

# NINA Rapport 440

## Miljøovervåkingsprogram for Ormen Lange landanlegg

### Overvåking av vegetasjon og jord – grunnlagsundersøkelse 2008

Per Arild Aarrestad  
Vegar Bakkestuen  
Odd Egil Stabbetorp  
Bodil Wilmann



LAGSPILL



ENTUSIASME



INTEGRITET



KVALITET

Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger

## **NINAs publikasjoner**

### **NINA Rapport**

Dette 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**

**Miljøovervåkingsprogram for  
Ormen Lange landanlegg**

**Overvåking av vegetasjon og jord –  
grunnlagsundersøkelse 2008**

Per Arild Aarrestad  
Vegar Bakkestuen  
Odd Egil Stabbetorp  
Bodil Wilmann

Aarrestad, P.A., Bakkestuen, V., Stabbetorp, O. E. & Wilmann, B.  
2009. Miljøovervåkingsprogram for Ormen Lange landanlegg.  
Overvåking av vegetasjon og jord – grunnlagsundersøkelse 2008.  
– NINA Rapport 440. 30 s.+ Vedlegg.

Trondheim, februar 2009

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-2006-4

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON

Per Arild Aarrestad

KVALITETSSIKRET AV

Inga E. Bruteig

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningsjef I. E. Bruteig (sign.)

OPPDRAGSGIVER

A/S Norske Shell

KONTAKTPERSONER HOS OPPDRAGSGIVER

Keith Roebuck, Mark Silverstone

FORSIDEBILDE

Ormen Lange landanlegg på Nyhamna, Aukra. © Hydro/Shell

Overvåkingsområde på Gulmyran, Fræna. © P.A. Aarrestad

NØKKEWORD

Gossa, Aukra, Fræna, Møre & Romsdal fylke, oljeindustri, pro-  
sessanlegg, miljøovervåking, luftforurensing, nitrogen gjødsling,  
eutrofiering, forsuring, vegetasjon, nedbørmyr, lynghei, plante-  
vekst, plantekjemi, jordanalyser, tungmetaller

KEY WORDS

Gossa, Aukra, Fræna, Møre & Romsdal county, oil industry, pro-  
cess plant, environmental monitoring, air pollution, nitrogen fer-  
tilization, eutrophication, acidification, vegetation, bogs, heath-  
land, plant growth, plant chemistry, soil analyses, heavy metals

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**

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

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

## Sammendrag

Aarrestad, P.A., Bakkestuen, V., Stabbetorp, O.E. & Wilmann, B. 2009. Miljøovervåkingsprogram for Ormen Lange landanlegg. Overvåking av vegetasjon og jord – grunnlagsundersøkelse 2008. – NINA Rapport 440. 30 s. + Vedlegg.

Ormen Lange landanlegg på øya Gossa i Aukra kommune mottar ubehandlet gass og lett olje (kondensat) fra Ormen Lange-feltet i Norskehavet. Ved produksjon av salgsgass og kondensat slipper landanlegget ut CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CH<sub>4</sub>, NMVOC (inklusive BTEX), SO<sub>2</sub> og mindre mengder tungmetaller etter utslippstillatelse gitt av Statens forurensningstilsyn (SFT). Anlegget startet opp i 2007, og A/S Norske Shell er operatør. Utslipp av nitrogen og svovelholdige gasser kan generelt påvirke terrestriske økosystemer ved forurensning og gjødsling av jordsmonn og vegetasjon. Utslippene fra landanlegget er beregnet til å ligge under gjeldende kritiske tålegrenseverdier for terrestriske naturtyper, men tålegrenseverdiene i influensområdet ligger nær overskridelsestersklene. For å kunne dokumentere eventuelle effekter av utslipp til luft av forurensende stoffer, ble det i 2008 etablert en overvåking av vegetasjon og jord i influensområdet fra Ormen Lange landanlegg. Overvåkingen er planlagt videreført ved jevne intervall etter samme metoder som ble benyttet i 2008, med første gjenanalyse i 2010. Overvåkingsparameterens nytteverdi vil bli fortløpende vurdert.

Det ble opprettet to overvåkingsområder, ett med mulig relativt høy avsetning av nitrogen nord for anlegget innenfor Gule-Stavvikmyran naturreservat i Fræna kommune (lokalitet Gulmyran), og ett sør for landanlegget på øya Gossa (lokalitet Aukra) med noe lavere avsetninger. Avsetningene er estimert ved modelleringer utført ved Norsk institutt for luftforskning (NILU). Innen hvert område utføres det en integrert overvåking av vegetasjonens artssammensetning, plantevekst og kjemisk innhold av planter og jord i to atskilte vegetasjonstyper – næringsfattig, røsslyngdominert fukthei og nedbørmyr.

Parametrene overvåkes innen avgrensede felter. Vegetasjonen overvåkes i permanent merkede ruter (0,5 m × 0,5 m), ti i hver vegetasjonstype på hver lokalitet, totalt 40 analyseruter. I hver rute registreres mengde av karplanter, moser og lav, samt vegetasjonssjiktens dekning. Plantevekst måles i hvert område på 20 individer av dvergbjørk, røsslyng og furutorvmose. Heigråmose og furutorvmose analyseres for plantenæringsstoffer og tungmetallene kopper (Cu), kvikksølv (Hg), bly (Pb) og sink (Zn), fem prøver av hver art fra hver lokalitet. Ti jord-/torvprøver knyttet til hver av vegetasjonsanalysene, analyseres for pH, Kjeldahl-nitrogen, ekstraherbare kationer, utbyttingskapasitet og basemetning, totalt 20 prøver fra hver lokalitet. Tungmetallene Cu, Hg, Pb og Zn måles i humusprøver av gytje/dy, fem prøver fra hver lokalitet. Myrvann analyseres for plantenæringsstoffer og tungmetaller, fem prøver fra hver lokalitet. De kjemiske analysene av planter og jord utføres av Norsk institutt for skog og landskap og NILU.

Resultatene fra grunnlagsundersøkelsen i 2008 viser at verdiene for de fleste overvåkingsparameterne er relativt like på de to lokalitetene og at de er representative for vegetasjon og jord i et næringsfattig miljø. Innhold av tungmetaller i jord, myrvann og planter er lavt. Mindre forskjeller mellom områdene kan skyldes forskjeller i lokal forurensning og tidligere bruk av arealene. Variasjonen i parametrene er imidlertid ikke større enn at de fleste parametrene med fordel kan gjenanalyseres etter samme metodikk i 2010. Deretter bør analysene gjentas hvert femte år. Lengdevekst av planter bør analyseres hvert år i forbindelse med vedlikehold av feltene.

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

## Abstract

Aarrestad, P.A., Bakkestuen, V., Stabbetorp, O.E. & Wilmann, B. 2009. Environmental monitoring program for the Ormen Lange Onshore Processing Plant. Monitoring of vegetation and soil – baseline study 2008. – NINA Report 440. 30 pp. + Attachments.

The Ormen Lange Onshore Processing Plant on the island Gossa in Aukra municipality receives unprocessed gas and condensate from The Ormen Lange field in the Norwegian Sea. During the processing of sales gas and condensate the plant emits CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CH<sub>4</sub>, NMVOC (inclusive BTEX), SO<sub>2</sub> and small amounts of heavy metals as specified in the discharge permit issued by the Norwegian Pollution Control Authority (SFT). The plant was put into operation in 2007 with A/S Norske Shell as the operator.

In general, emissions of nitrogen and sulphurous gasses can lead to acidification and fertilization of soil and vegetation. The deposition of nitrogen is estimated to be below the critical loads for terrestrial ecosystems found in the influenced area. However, the nitrogen background level is close to the critical loads for oligotrophic habitats. In order to document possible effects from emissions to air on the terrestrial ecosystem, a monitoring program for soil and vegetation was established in 2008. Soil and vegetation will be analysed in future using the same methods as established in this baseline study, and the benefit of the methods will be continuously evaluated.

Two monitoring sites were established, one with potentially relatively high N-depositions north of the plant on Gule-Stavikmyran Nature Reserve in Fræna municipal (locality Gulmyran), and one to the south on the island Gossa with less deposition (locality Aukra). Nitrogen depositions were estimated by the Norwegian Institute for Air Research. The monitoring program integrates analyses of species composition of ground vegetation, plant growth and chemical contents of soil and plants in two different habitats, wet oligotrophic heathland and raised bog, at both localities. The abundance of vascular plants, bryophytes and lichens are assessed within 0.5 m × 0.5 m quadrats, together with the percentage cover and height of different vegetation layers, totally twenty quadrats at each locality. Plant growth is measured at each locality on 20 individuals of *Betula nana*, *Calluna vulgaris* and *Sphagnum capillifolium*. Five samples of *Racomitrium lanuginosum* and *Sphagnum capillifolium* are collected from each locality and analysed for plant nutrients and heavy metals (Cu, Hg, Ni, Pb and Zn). Ten soil samples are collected from each habitat on each locality and analysed for pH, Kjeldahl-nitrogen, exchangeable elements, cation exchange capacity, base saturation and heavy metals, totally 40 samples. Five samples of peat mud from each locality are analysed for heavy metals. Peat water are analysed for chemical nutrients and heavy metals, five samples from each locality. The chemical analyses are carried out by the Norwegian Forest and Landscape Institute and at the Norwegian Institute for Air Research.

The analysed soil and vegetation parameters are representative for a nutrient-poor, acidic heathland and bog environment, and the values of the monitored variables are rather similar between the two sites. The contents of heavy metals in plants, soil and peat water are low. Small differences in measured variables may be caused by differences in earlier land use and local air pollution. First time reanalyses is planned in 2010, and we propose further reanalyses each fifth year. However, measurements of plant growth should be done each year in connection with maintenance of the monitoring sites.

Per Arild Aarrestad ([per.a.aarrestad@nina.no](mailto:per.a.aarrestad@nina.no)), Bodil Wilmann, NINA, NO-7485 Trondheim  
Vegar Bakkestuen, Odd Egil Stabbetorp, 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 Områdebeskrivelse</b> .....	<b>9</b>
2.1 Utvelgelse av overvåkingsområder, naturgrunnlag og vegetasjon.....	9
2.2 Ytre påvirkningsfaktorer .....	12
<b>3 Overvåkingsdesign, materiale og metoder</b> .....	<b>12</b>
3.1 Analyser av vegetasjonens artssammensetning .....	12
3.2 Plantevekst .....	14
3.3 Plantevevsprøver til kjemisk analyse .....	16
3.4 Jord og myrvannanalyser.....	16
<b>4 Resultater</b> .....	<b>19</b>
4.1 Flora og vegetasjonens artssammensetning.....	19
4.2 Plantevekst .....	20
4.3 Kjemisk innhold i planter .....	20
4.4 Kjemisk innhold i jord/torv .....	22
4.5 Kjemisk innhold i myrvann .....	24
<b>5 Vurdering av grunnlagsundersøkelsen som grunnlag for videre overvåking</b> .....	<b>25</b>
5.1 Valg av lokaliteter og vegetasjonstyper.....	25
5.2 Vegetasjonens artssammensetning .....	25
5.3 Plantevekst .....	25
5.4 Kjemisk innhold i planter .....	26
5.5 Kjemisk innhold i jord .....	26
5.6 Kjemisk innhold i myrvann .....	26
5.7 Tidsaspekt for gjenanalyser .....	26
<b>6 Referanser</b> .....	<b>28</b>
<b>7 Vedlegg</b> .....	<b>30</b>

## Forord

A/S Norske Shell har utarbeidet et miljøovervåkingsprogram for drift av Ormen Lange landanlegg som omhandler mulige effekter av utslipp til luft på det terrestriske miljø. I 2008 fikk NINA i oppdrag å utføre en grunnlagsundersøkelse som skulle være basis for den videre overvåkingen. Overvåkingen er planlagt som en langsiktig studie av vegetasjon og jordsmonn i influensområdet for utslipp til luft fra prosessanlegget på Nyhamna.

I prosessen har det vært et samarbeid med Norske Shell, Fylkesmannen i Møre & Romsdal og Aukra og Fræna kommuner. Norsk institutt for skog og landskap og Norsk institutt for luftforskning (NILU) bidrar med kjemiske analyser av planter, jord og jordvann.

Overingeniør Tommy Prestø ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) har bestemt vanskelige mosetaksa. Kontaktpersoner ved Norske Shell har vært Keith Roebuck, Mark Silverstone og Katrine Torvik, som takkes for et godt samarbeid.

Trondheim, februar 2009

Per Arild Aarrestad  
Prosjektleder



# 1 Innledning

Utbyggingen av landanlegget for Ormen Lange på Nyhamna på øya Gossa i Aukra kommune ble startet i 2003 og anlegget ble ferdigstilt for drift i 2007. Her mottas ubehandlet gass og kondensat fra Ormen Lange-feltet i Norskehavet ca 120 km vest for Kristiansund, og gassen tørkes og komprimeres før den sendes ut på markedet. Kondensat lastes i tankskip tilnærmelsesvis ukentlig fra eksport kai. Ved produksjon av salgsgass, stabilisert kondensat (NGL) og energiproduksjon har landanlegget fått utslippstillatelse av Statens Forurensingstilsyn (SFT) for CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CH<sub>4</sub>, NMVOC (inklusive BTEX) og SO<sub>2</sub>. Av disse er det trolig bare NO<sub>x</sub> og SO<sub>2</sub> som har potensial til å påvirke det terrestriske miljø ved eutrofiering og forsurening av miljøet. De planlagte utslippene er imidlertid relativt små med en utslippstillatelse på maksimalt 47,5 tonn NO<sub>x</sub> og 0,1 tonn SO<sub>2</sub> per år. Det er forventet et årlig utslipp på 10-20 tonn NO<sub>x</sub> ved normal drift av anlegget. I utslippene vil det også kunne være innhold av tungmetaller som kvikksølv, bly, nikkel, sink og kobber, men disse komponentene regnes ikke som vesentlige forurensingsfaktorer.

Utslipp og avsetninger av nitrogen og svovel kan generelt påvirke vegetasjon og jordsmonn når mengdene overskrider kritiske terskler (tålegrenser). Når NO<sub>x</sub> og SO<sub>2</sub> løses i vann frigjøres hydrogenioner, noe som bidrar til en forsurening av miljøet. Lav og mose tar opp regnvann direkte gjennom sine overjordiske deler og er lett utsatt for en slik forsurening. Et surere jordsmonn vil kunne føre til endringer i plantesamfunn da planter som trives bedre ved lave pH-verdier kan utkonkurrere arter som krever et mindre surt miljø.

NO<sub>x</sub> og SO<sub>2</sub> kan også tas opp direkte i planter gjennom spalteåpningene. Ved lave konsentrasjoner er NO<sub>x</sub> å regne som et plantenæringsstoff, noe som kan forårsake økt vekst hos karplanter, moser og lav, mens den ved høye konsentrasjoner er en plantegift (SFT 1992). Dersom for store mengder NO<sub>x</sub> tas opp over tid, oppstår akutte skader i form av nekrose (områder med dødt vev). Effekter av opptak av SO<sub>2</sub> gjennom spalteåpningene er bl.a. skader på membraner i kloroplastene, noe som igjen medfører redusert fotosyntese og redusert vekst. Moser og lav er spesielt ømfintlige artsgrupper.

En senking av pH i jordsmonnet som følge av tilførsel av nitrogen og svovelholdige syrer vil kunne påvirke løseligheten av ulike mineraler som er viktige plantenæringsstoffer. Disse kan bli tilgjengelig for planter, men de kan også vaskes bort med regnvann og føre til et mindre næringsrikt jordsmonn. Næringsfattige lyngdominerte vegetasjonstyper og nedbørmyrer er spesielt sårbare med hensyn til endringer i tilgangen på mineralnæring, nitrogen- og fosfatbasert næring. Disse er vanlig utbredt i influensområdet for utslipp fra Ormen Lange landanlegg og er valgt som vegetasjonstyper for overvåking.

Planter og mikroorganismer tar opp tilført nitrogen fra jord og luft og benytter dette som byggemateriale i celleproduksjonen. Økt nitrogentilgang kan således gi gjødslingseffekter og føre til økt biomasseproduksjon, samt endret artssammensetning i plantesamfunn og nedgang i artsdiversitet (Bobbink et al. 1988; Tamm 1991). Vegetasjonstyper som nedbørmyr og fuktig røsslynghei er tilpasset et lavt nitrogennivå og for mange arter i disse vegetasjonstypene er nitrogen den viktigste vekstbegrensende faktor for vekst (van der Eerden et al. 1991; Aerts et al. 1992; Malmer 1993).

I områder med lite nitrogennedfall har torvmosene evne til å ta opp og holde på atmosfærisk tilført nitrogen, noe som medfører økte konsentrasjoner av nitrogen i mosene (Lee & Studholme 1992). Noen moser blir favorisert av økt nitrogentilgang og viser økt vekst, mens andre viser tilbakegang. Ved høy nitrogenavsetning vil evnen til å immobilisere nitrogen avta. Mer nitrogen tilføres rotsonen og blir tilgjengelig for karplantene som således kan få økt vekst (Tomassen et al. 2000; Lamers et al. 2000). Endringer i konkurranseforholdet mellom torvmoser og karplanter kan også skyldes endringer i nedbrytningshastighet av strø og økt mineralisering av akkumulert organisk materiale ved økt nitrogentilførsel (Tybirk et al. 1995).

Tålegrensen for nitrogen er satt til 1000 mg N/m<sup>2</sup> per år for fuktig næringsfattig røsslynghei og 500 mg N/m<sup>2</sup> per år for nedbørmyr (Achermann & Bobbink 2003). Hvis denne grensen overskrides, kan det skje endringer i økosystemet. Dagens nitrogenavsetning i nærområdet til landanlegget varierer mellom 350 -500 mg N/m<sup>2</sup> per år (Hole & Tørseth 2002; Gjerstad et al. 2006). Med tanke på den relativt lave bakgrunnsavsetningen og en antatt maksimal total nitrogenbelastning på 10 mg N/m<sup>2</sup> per år sør for anlegget (Knudsen et al. 2002) er det ikke forventet vesentlige konsekvenser for det terrestrisk miljø som følge av utslipp til luft fra anlegget. Oppdatert konsekvensutredning fra 2008 (McInnes et al. 2008) har estimert enda lavere verdier med maksimal N-nedfall til 0,09 mg N/m<sup>2</sup> per år nord for anlegget.

Utslipp til luft skjer imidlertid i et område som fra før over lengre tid har hatt en lav nitrogenbelastning og hvor mye av vegetasjonen er tilpasset et nitrogenfattig jordsmonn. Samtidig er det forventet en betydelig økning av nitrogenavsetningen langs norskekysten i de nærmeste 50 til 100 år pga. av endret klima med mer nedbør (Hole & Enghardt 2008). Det er derfor viktig å overvåke miljøet med tanke på en eventuell eutrofiering (gjødsling) og forsurening av vegetasjon og jordsmonn som følge av utslipp av NO<sub>x</sub> fra anlegget, samt å overvåke opptak av forurensende stoffer i jord og planter med tanke på opptak i næringskjeder.

I denne forbindelse har A/S Norske Shell startet et overvåkingsprogram av mulige effekter av utslipp til luft på naturmiljøet. Formålet med overvåkingsprogrammet er å overvåke eventuelle effekter knyttet til driften av selve anlegget. Det er således ikke tatt hensyn til andre utslippskilder i nærmiljøet som f. eks. et eventuelt mobilt reservegasskraftverk med betydelig større utslipp av forurensende gasser. Programmet bygger på krav satt av SFT i tillatelse til virksomhet etter forurensingsloven, informasjon gitt i Norsk Hydros konsekvensutredning for Ormen Lange landanlegg (Norsk Hydro 2002) og konsekvensutredningen for utslipp til luft (Knudsen et al. 2002). Fylkesmannen i Møre og Romsdal og Aukra kommune har gitt innspill til programmet.

NINA har fått i oppdrag å overvåke det terrestriske miljø og dokumentere eventuell forsurening eller eutrofiering av vegetasjon og jordsmonn som følge av utslipp til luft, samt overvåke innhold av forurensede stoffer i planter, jord og jordvann.

Følgende tema inngår i overvåkingsprogrammet for vegetasjon og jord:

- Vegetasjonsovervåking av arter, individer og plantesamfunn inkludert kjemiske forbindelser i utvalgte planter
- Endringer i jord og jordvannskjemi, særlig med tanke på løselighet av mineralnæring og forurensede stoffer

Overvåkingen er planlagt utført som en grunnlagsundersøkelse i 2008 i to atskilte områder med forventet/mulig ulike avsetningsforhold og i to næringsfattige vegetasjonstyper, nedbørmyr og fuktig røsslynghei med lave tålegrenser for nitrogen. Analysene skal gjentas i 2010 etter samme metodikk som i 2008. Videre overvåking av vegetasjon er planlagt ved visse årlige intervaller. Overvåkingens nytteverdi vil evalueres nøye etter prøvetaking i 2010, med muligheter for endringer i målevariabler og metodikk.

Denne rapporten beskriver grunnlagsundersøkelsen i 2008 med etablering av overvåkingsfelt, metodikk, innsamlede data og en vurdering av grunnlagsundersøkelsen som basis for fremtidig overvåking. Det er lagt vekt på metodebeskrivelser og presentasjon av grunnlagsdata som basis for gjenanalyse i 2010.

## 2 Områdebeskrivelse

### 2.1 Utvelgelse av overvåkingsområder, naturgrunnlag og vegetasjon

Kriteriene for utvelgelse av overvåkingsområder var forekomst av vegetasjon følsom for eutrofiering ved økt nitrogennedfall og områder med ulik belastning av forurensede stoffer fra utslipp fra landanlegget. Det ble valgt ut to overvåkingsområder, ett sør på øya Gossa i Aukra kommune mellom Aukrasanden og Hjertvika - lokalitet *Aukra*, og ett ved Gulevatnet på Gule-Stavikmyran i Fræna kommune - lokalitet *Gulmyran* (**Figur 1-4**). Begge områdene inneholder elementer av nedbørmyr og fattige, fuktige røsslyngheier. I følge avsetningsverdier for nitrogen modellert ved Norsk institutt for luftforskning (McInnes et al. 2008) er avsetningene høyest på Gulmyran.



**Figur 1.** Kart med overvåkingslokalitetene Aukra og Gulmyran og plassering av Ormen Lange landanlegg på Gossa.

Lokaliteten Gulmyran ligger innenfor Gule-Stavikmyran naturreservat for atlantisk høgmyr, mens lokaliteten Aukra på Gossa ligger på privat grunn uten noen vernerestriksjoner. Det er på begge lokaliteter gjort avtale med grunneiere og forvaltning om bruk av områdene til miljøovervåking.

Begge overvåkingsområdene ligger på berggrunn av næringsfattig migmatittisk gneis med granittisk og granodiorittisk sammensetning (Sigmond et al. 1984), noe som gir opphav til artsfattige og lite næringskrevende vegetasjonstyper. Lokaliteten på Gossa har imidlertid et tynnere torvdekke og synes mer påvirket av tidligere torvuttak enn lokaliteten på Gule-Stavikmyran, som har mer velutviklede myrstrukturer.

I hvert område overvåkes to vegetasjonstyper som begge er sensitive til økt nitrogenpåvirkning.

1. Fuktig og næringsfattig røsslynghei på humusrik jord, her kalt fukthei
2. Nedbørmyr med fastmattevegetasjon og varierende grunnvannstand på dyp torv

Lokalitetene inneholder også høljer og åpne vannpytter for innsamling av myrvann til kjemiske analyser.

Det viste seg svært vanskelig å finne vegetasjonstyper med nøyaktig de samme artene på de to lokalitetene, men de dominerende artene og de økologiske forholdene i vegetasjonstypene på de to lokalitetene er nokså like. Både vegetasjon og miljøfaktorer vil således lett kunne sammenlignes for eventuelle endringer over tid.



**Figur 2.** Overvåkingsområde for fuktig røsslynghei (fukthei) på søre del av Gossa – lokalitet Aukra.





**Figur 3.** Overvåkingsområde for nedbørmyr på søre del av Gossa – lokalitet Aukra.



**Figur 4.** Overvåkingsområde for fuktig røsslynghei og nedbørmyr ved Gulevatnet i Fræna kommune, lokalitet Gulmyran.

## 2.2 Ytre påvirkningsfaktorer

Myrene på Gossa er mye påvirket av oppdyrking, drenering og utbygging av veier og anlegg. Samtidig er grunnvannstanden relativt lav både pga. av naturlig avrenning og drenering. Problemet på Gossa ble derfor å finne områder som både var lite påvirket og som hadde velutviklet fastmattevegetasjon på torv med relativ høy vannstand.

Lokaliteten Aukra ligger ca 100 m fra vei. Det går en sti gjennom området, samtidig som den ligger nær skole og annen bebyggelse. Området kan således være utsatt for slitasje, men ferdsele i området er likevel så liten at det trolig ikke vil påvirke vegetasjonen i de analyserte feltene. Lokaliteten er også oppmerket med et opplysningskilt som ber folk opptre varsomt. Området beites trolig av hjortevilt.

Lokalitet Gulmyran ligger ca 600 meter fra vei innen et vernet område (Gule-Satvvikmyran naturreservat). Ytre påvirkninger er minimale, men området beites trolig av hjortevilt.

## 3 Overvåkingsdesign, materiale og metoder

Innen hvert område utføres det en integrert overvåking av vegetasjonens artssammensetning, plantevekst og kjemisk innhold i planter og jord i to atskilte vegetasjonstyper. Parametrene overvåkes i fast merkede flater (**Vedlegg 1 og 2**).

### 3.1 Analyser av vegetasjonens artssammensetning

Formålet med denne undersøkelsen er å se om vegetasjonen endrer karakter ved at arter som er følsomme for nitrogengjødsling og forsuring endrer abundans. Metodikken som er benyttet følger delvis NINAs konsept for vegetasjonsøkologiske undersøkelser i programmet for terrestrisk naturovervåking (TOV) (jfr. Eilertsen & Often 1994; Bakkestuen et al. 2001), men er her tilpasset overvåking av homogene bestander. Metodikken er også sammenlignbar med metoder benyttet i StatoilHydros overvåkingsprogrammer for vegetasjon på Havmyran (Aarrestad et al. 1996), Tjeldbergodden og Terningvatn (Aarrestad & Wilmann 2002) i forbindelse med utslipp fra metanolanlegget på Tjeldbergodden og ved overvåking av utslipp til luft fra LNG-anlegget på Melkøya i Finnmark (Aarrestad et al. 2006, 2008).

#### **Analysefelt, analyseruter og oppmerking**

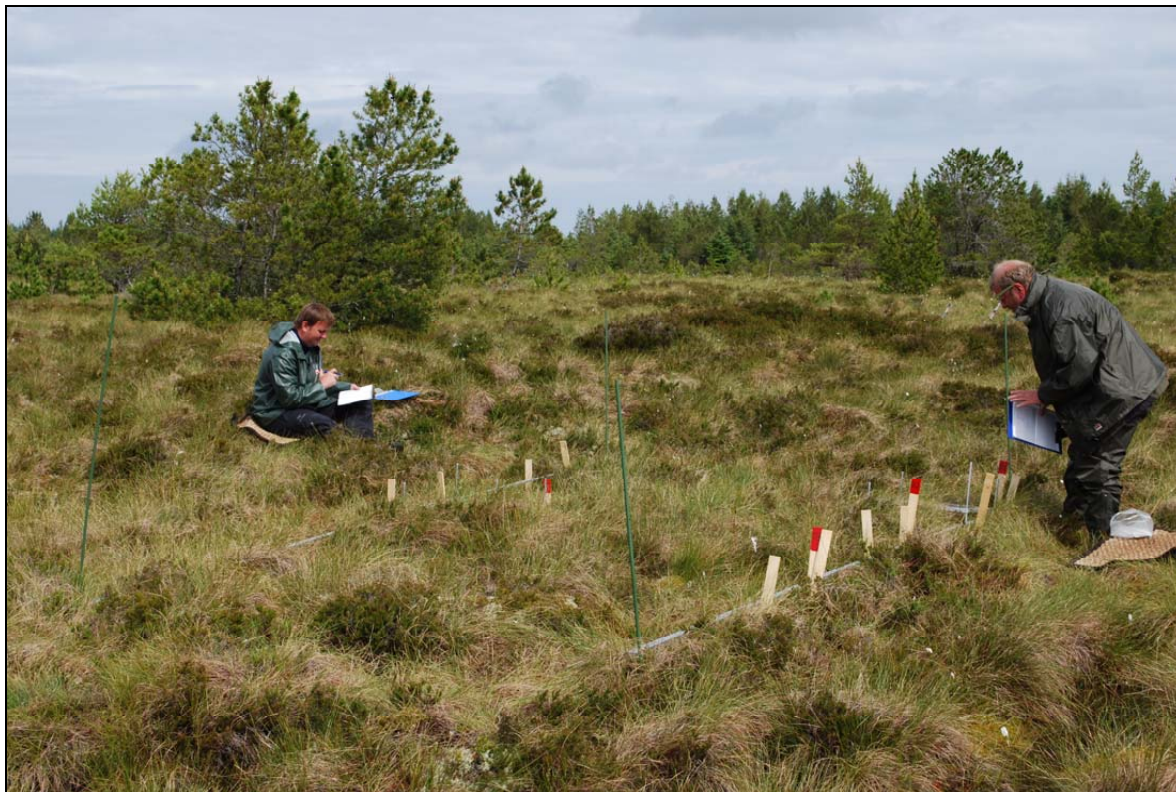
I hvert overvåkingsområde ble det lagt ut fire analysefelter for analyse av vegetasjonens artssammensetning, to i fuktig røsslynghei (fukthei) og to på nedbørmyr. Feltene ble valgt subjektivt slik at vegetasjonen innen hvert felt var mest mulig ensartet (homogen), (**Vedlegg 1 og 2**). De to feltene i fukthei på Aukra ble kalt A og B og feltene for nedbørmyr C og D. På Gulmyran ble feltene i fukthei kalt E og F og på nedbørmyr kalt G og H.

Analysefeltene var i utgangspunktet 2,5 x 5 m store, der den ene kortsiden ble valgt som grunnlinje med det nedre, venstre hjørne i feltet som nullpunkt. Fem analyseruter á 0,5 m x 0,5 m ble lagt ut tilfeldig langs langsiden, tre langs den ene siden og to langs den andre og nummerert fra 1 til 5 i stigende rekkefølge fra nullpunktet (**Figur 5 og Vedlegg 3**). Feltene E, F og H på Gulmyran fikk noe ulik størrelse og form da analyserutene her måtte tilpasses vegetasjonen som ble valgt i de først utlagte feltene på lokaliteten Aukra. I røsslyngfeltene E og F ble analyserutene lagt ut subjektivt innen et avgrenset areal på om lag 15 m<sup>2</sup>, og felt H besto av to linjer (Ha og Hb) á 2,5 m med analyseruter langs disse. Analysefeltene ble merket med lange pinner som ble stukket ned i jordsmonnet. UTM koordinater ble registrert for hver felt.

Analyserutene ble merket med en nummerert rød malt trepinne i nedre venstre hjørne av ruta (sett fra grunnlinja i feltet) og en pinne i diagonalt hjørne. Aluminiumsrør tilpasset analyseram-



mene ble satt ned i alle fire hjørner. De fleste av analyserutene er således lagt ut ved hjelp av "begrenset tilfeldig ruteplassering" (jfr. Økland 1990), men noen måtte legges ut rent subjektivt.



**Figur 5.** Felt D på nedbørmyr, lokalitet Aukra.

#### **Analyser av artsmengde og sjiktdekning**

Analyserutene ble undersøkt ved hjelp av analyserammer (0,5 m × 0,5 m) som var delt inn i 9 like store småruter (**Figur 6**). I hver av de 9 smårutene ble forekomst/fravær av alle arter av karplanter, moser og lav registrert. De 9 smårutene ble analysert med start i nederste venstre hjørne av analyseruta, fortløpende mot høyre (**Vedlegg 3**). Disse registreringene danner grunnlag for utregning av artenes smårutefrekvens, som nyttes som kvantitativ angivelse for hver art i analyseruta. I tillegg ble dekningen (projeksjonen i horisontalplanet) av hver art innen analyseruta angitt i prosent. Denne informasjonen gir et supplement til frekvensdataene, og er av betydning for vurdering av endrete dominansforhold i analyseruta over tid.

Prosent dekning av feltsjikt (karplantene) og bunnsjikt (moser og lav) ble registrert for hver analyserute. Analyserutene ble også fotografert med digitalt kamera fra ca. 1 m høyde for ekstra dokumentasjon av arter, mengdeforhold og struktur. Alle rutene ble analysert i perioden fra 15. til 18. juni 2008.

#### **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 blad- og busklav følger Krog et al. (1994) (**Vedlegg 5**). Vanskelige taksa ble samlet inn og senere bestemt til art på laboratorium ved hjelp av lupe og mikroskop.



**Figur 6.** Analyseramme (0,5 m x 0,5 m) for vegetasjonsanalyser med ni småruter for frekvensmål av arter.

### 3.2 Plantevekst

Formålet med denne undersøkelsen er å se om en eventuell eutrofiering som følge av utslipp til luft fra Ormen Lange landanlegg fører til endret vekstrate hos planter. Forskning viser at retrospektive studier for å se på vekst tidligere år kan gjøres bl.a. på krekling *Empetrum nigrum*, jfr. Blomberg (1972), røsslyng *Calluna vulgaris* (Carrol et al. 1999) og torvmoser *Sphagnum* spp. (Clymo 1970; Gunnarsson & Rydin 2000). I dette prosjektet har vi valgt å overvåke vekst hos dvergbjørk *Betula nana*, røsslyng *Calluna vulgaris* og furutorvmose *Sphagnum capillifolium*.

Tjue individer av dvergbjørk og røsslyng ble subjektivt valgt ut innenfor avgrensede felter med omtrent samme alder/størrelse på individene. Individene ble merket med pinne satt ned i bakken. Sidegreiner av hovedskudd ble merket med plastringer (**Figur 7**), og lengden av sidegreinen ble målt fra hovedgrein og til greinsspiss (for dvergbjørk enten til greinsspiss eller til feste av rakle).

Lengdevekst av furutorvmose ble utført med den såkalte "crancked wire"-metoden, jfr. Clymo (1970). Tjue bøydé stålstrenger ble satt ned i mosematter på hver lokalitet, og avstanden fra toppen av strengen ned til overflaten av mosene ble målt (**Figur 8**). Mosene vil vokse oppover strengen mens stålstrengen står fast i mosematten. Lengdevekst vil således ikke bli registrert før ved neste analyse, da ved å måle hvor mye av strengen som fortsatt er synlig. Alle felter for lengdevekst ble registrert med UTM koordinater.





**Figur 7.** Lengdevekstmåling av dvergbjørk (*Betula nana*).



**Figur 8.** Lengdevekstmåling av furutorvmose (*Sphagnum capillifolium*).

### 3.3 Plantevevsprøver til kjemisk analyse

#### **Innsamlingsmetodikk**

Det ble samlet inn fem prøver av heigråmose *Racomitrium lanuginosum* og fem prøver av furutorvmose *Sphagnum capillifolium* (Figur 8) fra hver av de to overvåkingsområdene til kjemisk analyse av miljøgifter (tungmetaller) og like mange prøver til analyse av kjemisk innhold (Kjeldahl-nitrogen og elementanalyse). Tungmetall kan lett akkumuleres i moser til konsentrasjoner mye høyere enn det som finnes i miljøet rundt, og gjør denne organismegruppene egnet for overvåking av forurensing.

Prøver fra heigråmose (øverste 2 cm av moseskuddene) ble samlet inn fra tuer på myr innen et avgrenset felt på ca 5 x 5 meter på hver lokalitet. Prøvene fra furutorvmose (øverste 0,5 cm, torvmosehodet) ble samlet inn fra utvalgte tuer benyttet til målinger av lengdevekst av samme art. Alt plantemateriale ble samlet inn ved bruk av Latex-hansker som ble skiftet for hver prøve. Prøver til analyse av miljøgifter ble oppbevart på lukkede polyetylenflasker, mens prøvene til analyse av kjemisk sammensetning ble oppbevart i papirposer. Alle prøver fra Gulmyran ble samlet inn 18. juni, mens prøvene fra Aukra ble samlet inn 19. juni under de samme værforhold (oppholdsvær).

#### **Kjemiske analyser**

Plantevevsprøver til analyse av kjemisk innhold ble satt i tørkeskap ved 25 °C ved NINA en til to dager etter innsamling og deretter homogenisert ved maling gjennom 1 mm sifter. Prøvene ble så analysert ved Norsk institutt for skog og landskap for totalt innhold av kationer/elementer (Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Sc, Se, Sr, Ti, V, Y, Zn) ved ICP (inductively coupled plasma emission spectroscopy) etter oppslutning med 72 % HCl og 70 % HNO<sub>3</sub> (i forholdet 1:5) i lukkede teflonbeholdere. Totalt nitrogen ble analysert etter Kjeldahl-metoden (alle metoder etter Ogner et al. 1999).

Innhold av tungmetallene Pb, Ni, Cu og Zn ble utført ved NILU etter metode NILU-U-100 (forskrift for bruk av induktivt koplet plasma massespektrometer, ICP-MS) og Hg etter metode NILU-U-62 (forskrift for bestemmelse av Hg i prøver av fast materiale ved kalddampgenerering/atomfluorescens-spektrofotometri).

### 3.4 Jord og myrvannanalyser

#### **Innsamlingsmetodikk jordprøver**

Det ble samlet inn 10 jordprøver fra fukthei og 10 prøver fra nedbørmyr fra hver av de to lokalitetene til kjemisk analyse av næringsinnhold (glødetap, pH, Kjeldahl-nitrogen og elementanalyse), og fem prøver fra hver lokalitet til tungmetallanalyse, totalt 50 prøver.

Jordprøver til kjemisk analyse av næringsinnhold ble samlet inn rett utenfor analyserutene for vegetasjonens artssammensetning, i tilsvarende vegetasjon som inne i ruta. Latex-hansker ble benyttet ved innsamlingen og skiftet for hver analyserute. Prøvene ble samlet i papirposer som videre ble oppbevart i åpne plastposer. I røsslungfeltene (A, B, E og F) bestod hver prøve av fire stikk som ble blandet til en prøve representativ for analyseruta. Prøvene ble her tatt fra det øvre humuslaget ned til 5 cm. I myrfeltene (C, D, G og H) ble det tatt to stikk rundt hver analyserute, blandet til en prøve representativ for ruta. Her ble de øverste 5 cm av levende torvmoser tatt bort, og torvprøver ble samlet fra de underliggende 5-10 cm.

Jordprøver til tungmetallanalyse ble tatt fra åpne dy-/gytjeflater (omdannet humus) på nedbørmyrlokalitetene fra det øverste 3 cm av jordsmonnet og oppbevart i lukkede polyetylen flasker (Figur 9). Alle prøver fra Gulmyran ble samlet inn 18. juni, mens prøvene fra Aukra ble samlet inn 19. juni under de samme værforhold (oppholdsvær).





**Figur 9.** Innsamling av humusprøve til analyse av tungmetaller fra gytje/dy-høl, lokalitet Aukra.

#### **Innsamlingsmetodikk vannprøver**

Det ble samlet inn fem myrvannsprøver fra åpne høljer/vann fra hver av de to lokalitetene til kjemisk analyse av næringsvariabler og det samme antall prøver ble samlet til tungmetallanalyse fra de samme vannpyttene. Prøvene ble samlet i øvre del av vannsøylen ned til 10 cm og oppbevart på polyetylen flasker. Prøvetakningen på Gulmyran ble utført 18. juni etter en natt med regnbyger, mens vannprøvene på Aukra ble samlet inn 19. juni, muligens med mindre regn natten før. Prøvene ble deretter sendt til laboratorier for kjemisk analyse. Prøvene på Gulmyran ble tatt i oppholdsvær, mens det under prøvetakningen på Aukra var lett yr.

#### **Kjemiske analyser av jord**

Humusprøver og torvprøver til kjemisk analyse av tilgjengelige plantenæringsstoffer ble tørket ved 25 °C og siktet gjennom 2 mm sifter ved NINA i Trondheim en til to dager etter innsamling og deretter analysert ved Norsk institutt for skog og landskap for pH (vann-ekstraksjon), glødetap (LOI), Kjeldahl total nitrogen – N ("flow injection" analyse) og  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ -ekstraherbare kationer etter metoder beskrevet i Ogner et al. (1999). Jordprøvene ble ekstrahert med 1M  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , titrert for utbyttbar aciditet ( $\text{H}^+$ ) og analysert på ICP for utbyttbare ioner og ekstraherbare elementer (Al, B, Ba, Be, C, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Se, Si, Sr, Ti, V, og Zn). Utbyttingskapasitet av kationer (CEC) ble regnet ut i henhold til  $\text{CEC}_{\text{NH}_4\text{NO}_3}$  = utbyttbar aciditet ( $\text{H}^+$ ) +  $\text{Na}^+$  +  $\text{K}^+$  +  $\text{Ca}^{++}$  +  $\text{Mg}^{++}$  (mmol(p+)/kg) jord. Basemetning (BS) ble regnet ut i henhold til  $\text{BS}_{\text{NH}_4\text{NO}_3}$  =  $(\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Mg}^{++} + \text{Ca}^{++})/\text{CEC}_{\text{NH}_4\text{NO}_3} \times 100\%$ .

Innhold av tungmetallene Pb, Ni, Cu og Zn ble utført ved NILU etter metode NILU-U-100 (forskrift for bruk av induktivt koplet plasma massespektrometer, ICPMS) og Hg etter metode NILU-U-62 (forskrift for bestemmelse av Hg i prøver av fast materiale ved kalddampgenerering/atomfluorescens-spektrofotometri).

### ***Kjemiske analyser av myrvann***

Ledningsevne (25°C), pH, elementer, ammonium og total nitrogen ble analysert ved Norsk institutt for skog og landskap. Innhold av elementer ble analysert ved ICP (Al-Zn), og innhold av ammonium og total nitrogen ved SFA ("Skalar Segmented flow analysis") etter metoder vist i Ogner et al. (1999).

Innhold av tungmetallene Pb, Ni, Cu og Zn ble utført ved NILU etter metode NILU-U-100 (forskrift for bruk av induktivt koplet plasma massespektrometer, ICPMS) og Hg etter metode NILU-U-60 (forskrift for bestemmelse av Hg i nedbør ved kalddampgenerering/atomfluorescens-spektrofotometri).

## 4 Resultater

### 4.1 Flora og vegetasjonens artssammensetning

Det ble totalt registrert 81 arter/artsgrupper ruteanalysene fra fukthei og nedbørmyr fra de to overvåkingsområdene, fordelt på 23 karplanter, 51 moser og 7 lav. De fleste artene er lite næringskrevende og karakteristiske for vegetasjonen i området. Flere er typiske kystarter, slike som heisiv *Juncus squarrosus*, kysttorvmose *Sphagnum austinii*, heiflette *Hypnum jutlandicum* og kystreinlav *Cladonia portentosa*. Nedbørmyrlokalitetene er noe artsrikere enn fuktheilokalitetene, med henholdsvis 62 og 50 registrerte arter. Mange av artene forekommer imidlertid i begge vegetasjonstyper (**Vedlegg 6-9**).

#### Fukthei

Fuktheia er karakterisert av et relativt tett lyngsjikt av røsslyng *Calluna vulgaris* med felles arter som kvitlyng *Andromeda polifolia*, dvergbjørk *Betula nana*, rome *Narthecium ossifragum*, heisiv *Juncus squarrosus*, heiflette *Hypnum jutlandicum*, furumose *Pleurozium schreberi*, heigråmose *Racomitrium lanuginosum*, myrskovmose *Odontoschisma elongatum*, bakkefrynse *Ptilidium ciliare* og syllav *Cladonia gracilis*. Andre vanlige arter er moser som sveltsigd *Dicranum bergeri* og ribbesigd *D. scoparium*, samt lavene lys reinlav *Cladonia arbuscula* og pigglav *C. uncialis*.

Antall arter i feltene er omtrent lik på de to lokalitetene (**Tabell 1**), men felt E på Gulmyran skiller seg noe fra de andre feltene ved innslag av myrarter som torvull *Eriophorum vaginatum* og flere torvmoser *Sphagnum* spp. Feltet ligger på noe dypere torvhumus enn de andre feltene med noe større helning på bakken, og det står nok på overgang mot bakkemyr.

#### Nedbørmyr

Feltene er lagt i fuktig fastmattevegetasjon med noe varierende grunnvannstand og er karakterisert av et åpent lyngsjikt, innslag av graminider og dominans av torvmoser *Sphagnum* spp. Felles arter er kvitlyng *Andromeda polifolia*, røsslyng *Calluna vulgaris*, klokkelyng *Erica tetralix*, rundsoldogg *Drosera rotundifolia*, torvull *Eriophorum vaginatum*, bjørneskjegg *Trichophorum cespitosum*, kysttorvmose *Sphagnum austinii*, furutorvmose *S. capillifolium*, vortetorvmose *S. papillosum*, dvergtorvmose *S. tenellum* og myrskovmose *Odontoschisma elongatum*.

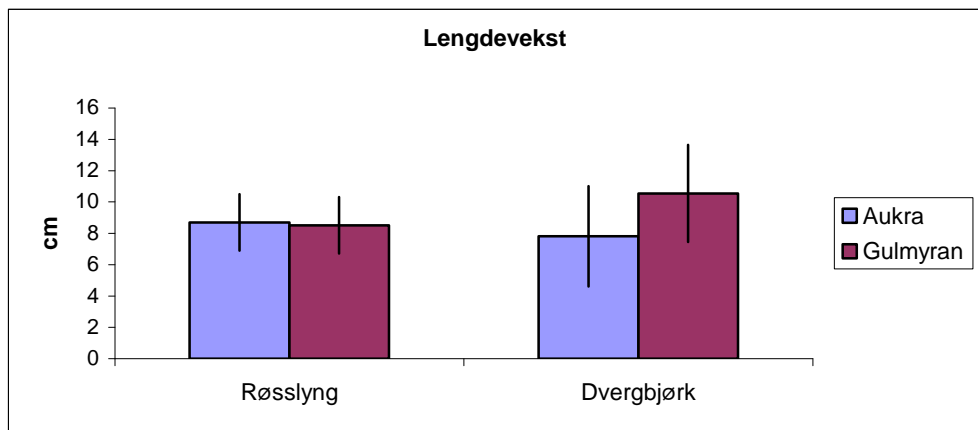
Myrrutene på Aukra skiller seg noe fra de på Gulmyran ved at de inneholder mer lyng, bla. krekling *Empetrum nigrum* og moser som heiflette *Hypnum jutlandicum* og furutorvmose *Pleurozium schreberi* knyttet til tuestrukturer. I tillegg mangler rome *Narthecium ossifragum*. Felt C på Aukra har flere mosearter enn de andre myrfeltene (**Tabell 1**), særlig gjelder dette levermoser. Feltene på Gulmyran har flere torvmoser som er knyttet til høyere vannstand som vass-torvmose *Sphagnum cuspidatum* og sumptorvmose *S. palustre*. Felt G på Gulmyran er det våtteste feltet og mangler lav. Noe av forskjellen i artssammensetning mellom lokalitetene kan skyldes at myrområdet på Aukra kan være påvirket av gjengroing etter tidligere torvuttak.

**Tabell 1.** Antall arter i ulike artsgrupper fordelt på vegetasjonstyper, lokaliteter og analysefelter.

Lokalitet Felter	Fukthei				Nedbørmyr			
	Aukra		Gulmyran		Aukra		Gulmyran	
	A	B	E	F	C	D	G	H
Karplanter	9	9	10	11	9	7	10	13
Bladmoser	8	5	10	8	13	10	8	8
Levermoser	6	7	4	6	15	9	5	10
Lav	5	4	5	3	3	3	0	4
Totalt	28	25	29	28	40	29	23	35

## 4.2 Plantevekst

Målingene av lengde på skudd av røsslyng (**Vedlegg 10**) viste omtrent samme gjennomsnittslengde på de to overvåkingsområdene (Figur 2), 8,69 cm på Aukra og 8,51 cm på Gulmyran med liten variasjon (SD  $\pm$  1,80 for begge lokaliteter). Målingene av lengde av skudd på dvergbjørk viste noe lavere gjennomsnittsverdi på Aukra enn på Gulmyran, henholdsvis 7,81 og 10,54 cm. Ved neste analyse vil lengden bli målt på de samme skuddene som i 2008 og den relative lengdeveksten vil bli beregnet.



**Figur 10.** Gjennomsnittslengde av røsslyng- og dvergbjørksskudd på de to overvåkingsområdene Aukra og Gulmyran. Standardavvik angitt.  $n = 20$  for hver art på hver lokalitet.

## 4.3 Kjemisk innhold i planter

### Plantenæringsstoffer

Gjennomsnittsverdier av utvalgte, detekterbare elementer (grunnstoffer) i moser ved ICP-analysen er gjengitt i **Tabell 2**, mens verdiene for hver prøve av alle detekterbare stoffer er vist i **Vedlegg 11**. For en rekke av de analyserte stoffene var nivåene i innsamla planteprøver under deteksjonsgrensen. Dette gjelder As, Be, Cd, Co, Li, Mo, Ni, Pb, Sc, Se og Y.

**Tabell 2.** Kjemisk innhold i plantevevsprøver av heigråmose (*Racomitrium lanuginosum*) og furutorvmose (*Sphagnum capillifolium*) fra overvåkingsfeltene på Aukra og på Gulmyran. Verdiene i tabellen er gjennomsnitt (Snitt) og standardavvik (SD) av fem prøver av hver mose på hver lokalitet.

Element	Måle-enhet	Heigråmose				Furutorvmose			
		Aukra		Gulmyran		Aukra		Gulmyran	
		Snitt	SD	Snitt	SD	Snitt	SD	Snitt	SD
Kj-N	mmol/kg	255,2	29,3	288,4	33,5	395,6	58,0	389,2	38,2
P	mmol/kg	7,1	1,5	7,2	3,6	12,7	2,6	10,3	3,0
Ca	mmol/kg	23,9	3,0	24,5	5,0	97,8	33,7	55,6	17,3
Fe	mmol/kg	4,0	0,3	2,8	0,4	4,1	0,6	2,6	0,3
K	mmol/kg	23,5	2,6	22,1	5,1	77,1	20,6	70,4	20,7
Mg	mmol/kg	47,8	3,9	44,2	5,4	87,6	7,3	85,5	22,5
Na	mmol/kg	11,6	1,2	13,8	1,8	64,7	15,4	79,4	11,2
S	mmol/kg	9,1	0,6	10,2	1,4	25,7	1,9	27,0	9,4

Den relative fordelingen av grunnstoffene er ganske lik for de to undersøkte mosene. Nitrogen er det enkeltstoff som finnes i størst mengde hos begge artene. Torvmosen har generelt høyere innhold av viktige makronæringsstoff som kalsium (Ca), kalium (K), magnesium (Mg) og natrium (Na), samt total nitrogen (Kj-N), fosfor (P) og svovel (S) sammenliknet med heigråmosen. For samtlige stoffer bortsett fra jern (Fe) er denne forskjellen statistisk signifikant (t-test,  $p=0,005$ ). Dette kan skyldes at torvmosen både tar opp næring fra myrvann og fra luft, mens heigråmosen vokser på tørre tuer og tar opp mindre næring fra myrvannet.

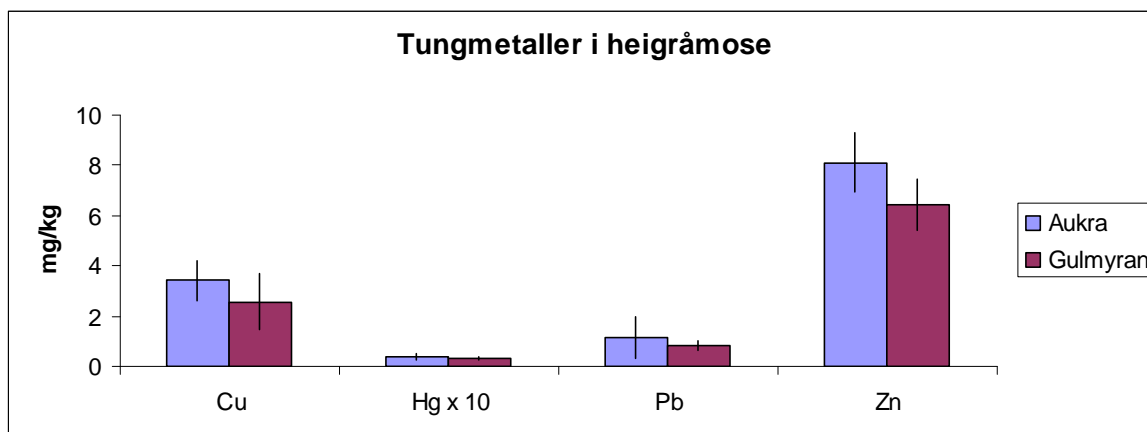
For heigråmose viser jern signifikant høyere gjennomsnittsverdier på Aukra enn på Fræna (t-test,  $p=0,001$ ). Natrium har høyest gjennomsnittsverdi på Gulmyran, men også variansen er høyere, slik at forskjellen er statistisk noe usikker (t-test med ulik varians,  $p=0,052$ ). De 6 øvrige stoffene viser ingen statistisk signifikante forskjeller i gjennomsnittsverdi mellom lokalitetene.

For furutorvmose viser kalsium signifikant høyere verdier på Aukra (t-test med ulik varians,  $p=0,037$ ). Det samme gjelder jern (t-test,  $p=0,004$ ). De 6 øvrige stoffene viser ingen statistiske signifikante forskjeller i gjennomsnittsverdi mellom lokalitetene.

### Tungmetaller

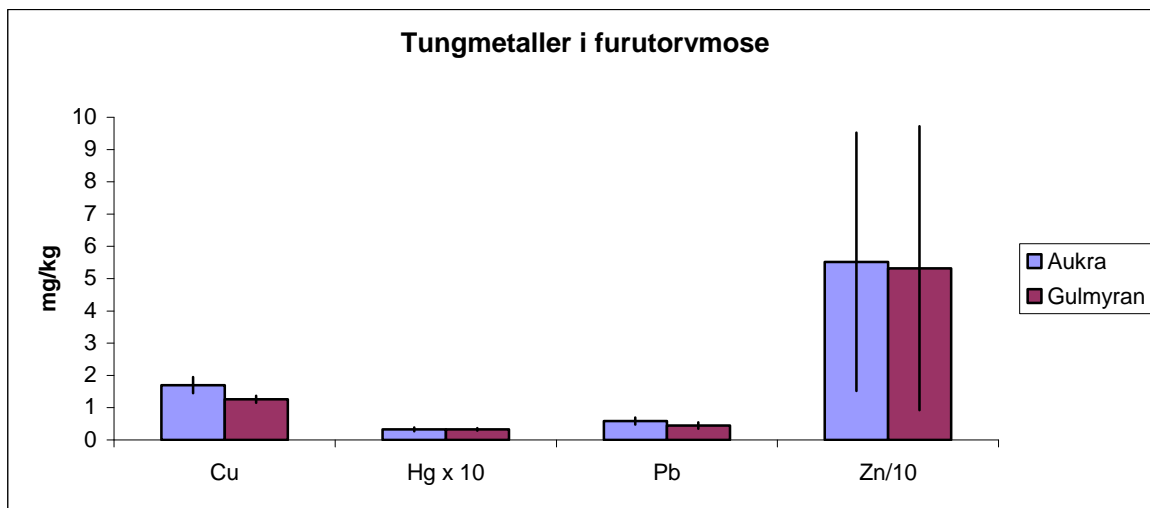
Resultatene viser at sink (Zn) er det tungmetallet som forekommer vanligst i det innsamla plantematerialet fra heigråmose og furutorvmose (**Figur 11** og **12**, **Vedlegg 11**). Det er også registrert bly, kobber og kvikksølv (Pb, Cu, Hg). Verdiene av kvikksølv er svært små, og nikkelinholdet (Ni) låg under deteksjonsgrensen for analysemetoden. Generelt viser prøvene fra Aukra noe høyere verdier av tungmetaller enn de fra Gulmyran.

For heigråmose er det ingen signifikante forskjeller i noen av tungmetallene mellom lokalitetene.



**Figur 11.** Innhold av tungmetallene Cu, Hg, Pb og Zn i plantep prøver av heigråmose (*Racomitrium lanuginosum*) fra lokalitetene Aukra og Gulmyran. Gjennomsnittsverdier og standardavvik for fem prøver fra hver lokalitet. Verdier for Hg er multiplisert med 10.





**Figur 12.** Innhold av tungmetallene Cu, Hg, Pb og Zn i planteprøver av furutorvmose (*Sphagnum capillifolium*) fra lokalitetene Aukra og Gulmyran. Gjennomsnittsverdier og standardavvik for fem prøver på hver lokalitet. Verdier for Hg er multiplisert med 10 og verdier av Zn er dividert med 10.

Kobberinnholdet i furutorvmose er signifikant høyere på Aukra (t-test,  $p=0,0219$ ), og verdiene i furutorvmose generelt er signifikant lavere enn tilsvarende prøver fra heigråmose (t-test,  $p<0,0005$ ). Også konsentrasjonene av bly i furutorvmose er størst på Aukra (t-test,  $p=0,0067$ ), og som for kobber er verdiene i furutorvmose signifikant lavere enn de i heigråmose (t-test,  $p=0,023$ ). Kvikksølv og sink i furutorvmose viser ingen signifikante forskjeller mellom lokalitetene. Konsentrasjonene av sink varierer mye mellom de enkelte prøvene, og de er signifikant høyere i furutorvmose enn tilsvarende konsentrasjoner i heigråmose (t-test med ulik varians,  $p=0,004$ ).

Sink er en naturlig bestanddel i plantene, og inngår i viktige fysiologiske prosesser. Det er derfor naturlig at nivået av dette metallet er høyere enn nivået av de andre tungmetallene, som ikke inngår naturlig i plantene. De viktigste kildene til bly (Pb), nikkel (Ni) og kvikksølv (Hg) er enten fra berggrunnen eller forurensning fra nære eller fjerne kilder. De generelt høyere verdiene på Aukra kan skyldes lokal forurensning da bergartene på de to lokalitetene er nokså lik.

## 4.4 Kjemisk innhold i jord/torv

### Næringsstoffer

De kjemiske analysene av plantenæringsstoffer og andre vekstrelaterte variabler (**Tabell 3**, **Vedlegg 12** og **13**) viser et generelt næringsfattig og surt jordsmonn både i fukthei og på nedbørmyr, og det er små forskjeller mellom parametrene innen vegetasjonstypene på de to ulike lokalitetene. Glødetap er den eneste variabelen som viser signifikant forskjell mellom fukthei-lokalitetene, med svakt høyere gjennomsnittverdi på Gulmyran (t-test,  $p=0,026$ ). Også for nedbørmyr viser glødetap signifikant høyere verdier på Gulmyran (t-test,  $p<0,001$ ), mens fosfor viser signifikant høyere verdier på Aukra (t-test,  $p=0,003$ ). For de øvrige analyserte jordvariablene er det ingen signifikante forskjeller mellom lokalitetene.

En prøve fra fuktheia på Gulmyran (E2) er ikke tatt med i gjennomsnittsberegningene i **Tabell 3**, da denne prøven var atypisk og inneholdt større mengder med mineraljord.

I tillegg til elementene vist i **Tabell 3** gav ICP-analysen informasjon om flere andre ekstraherbare elementer (**Vedlegg 12** og **13**) som kan benyttes i vurderinger i kjemisk innhold i jords-



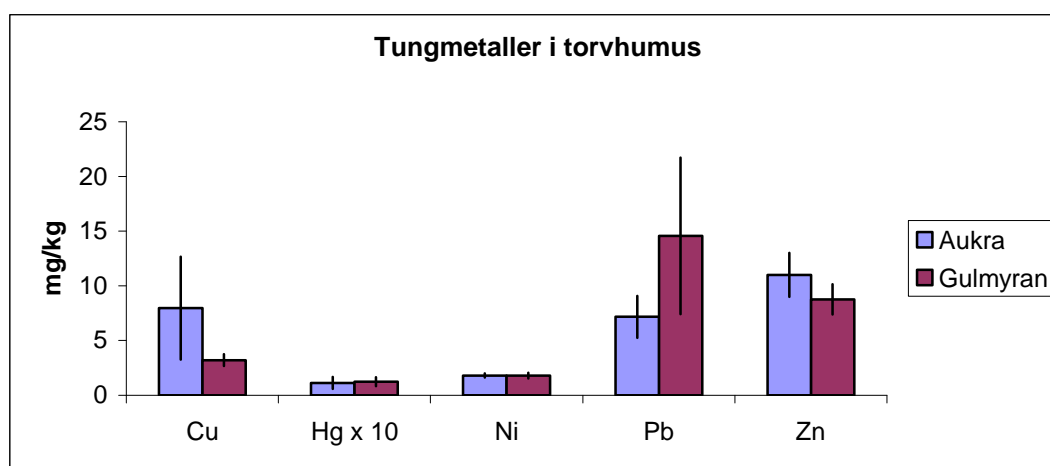
monnet ved gjenanalyser. Grunnstoffene Be, Cd, Cu, Cr, Li, Ni, Se og V var ikke detekterbare i analysene.

**Tabell 3.** Gjennomsnittsverdier av jordkjemiske data (Snitt) og standardavvik (SD) fra fukthei og nedbørmyr på Aukra og Gulmyran.  $n=10$ , unntatt fra fukthei på Gulmyran der  $n=9$ . pH i vannekstrakt (pH-v). Glødetap (Gl. tap) og basemetning (Basem) i %. Kjeldahl nitrogen (Kj-N) og ammoniumacetat-ekstraherbart P, H, Na, K, Ca, Mg og utbyttingskapasitet (Kap) i mmol/kg tørr jord.

Lokalitet		Gl. tap	pH-v	Kj-N	P	H	Na	K	Ca	Mg	Kap	Basem
<b>Fukthei</b>												
Aukra	Snitt	93,8	4,14	911	2,71	90,1	19,4	26,2	52,8	62,5	367	75,2
	SD	3,1	0,08	105	0,68	12,2	1,7	5,6	9,2	9,8	31	2,6
Gulmyran	Snitt	96,5	4,22	857	2,79	88,2	18,9	21,6	55,4	62,0	365	75,5
	SD	1,2	0,10	70	0,46	11,3	0,9	3,7	7,5	4,4	17	8,0
<b>Nedbørmyr</b>												
Aukra	Snitt	95,8	4,43	670	3,18	124,8	25,3	22,5	52,2	74,2	426	70,8
	SD	1,6	0,15	143	1,08	32,1	7,2	4,1	4,2	7,7	56	3,8
Gulmyran	Snitt	98,2	4,44	602	1,75	134,5	28,3	25,7	51,5	81,4	455	70,9
	SD	0,5	0,12	142	0,63	42,1	11,2	11,9	9,9	13,3	90	3,9

### Tungmetaller

Innholdet av tungmetaller (kobber, kvikksølv, nikkel, bly, sink) i torvhumusprøvene viser lave verdier med om lag samme mønster som vannprøvene (**Figur 13, Vedlegg 14**). Kobber har noe høyere gjennomsnitt og standardavvik på Aukra enn på Gulmyran, mens bly viser størst gjennomsnitt og standardavvik på Gulmyran. Gjennomsnittsverdiene er imidlertid ikke signifikant forskjellige for noen av tungmetallene som er målt.



**Figur 13.** Innhold av tungmetallene Cu, Hg, Ni, Pb og Zn i torvhumus (gytje/dy) fra lokalitetene Aukra og Gulmyran. Gjennomsnittsverdier og standardavvik for fem prøver på hver lokalitet. Verdier for Hg er multiplisert med 10.

## 4.5 Kjemisk innhold i myrvann

### Næringsstoffer

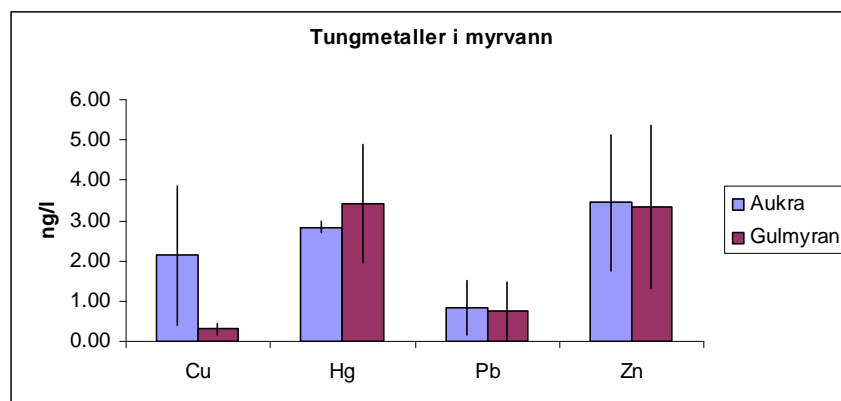
De kjemiske analysene av myrvann gjenspeiler et næringsfattig og surt miljø med lav pH. Begge lokaliteter viser lave kationkonsentrasjoner og lave nitrogenverdier, og fosforinnholdet var under deteksjonsgrensen for analysemetoden (**Tabell 4, Vedlegg 15**). Vannprøvene fra Aukra er imidlertid svakt mer næringsrike enn prøvene fra Gulmyran, vist ved signifikant høyere verdier (t-test) av ledningsevne ( $p=0,05$ ), total nitrogen ( $p=0,01$ ), Ca ( $p=0,01$ ), Fe ( $p=0,001$ ) og Na ( $p=0,05$ ).

**Tabell 4.** Innhold av næringsrelaterte variabler i myrvann fra lokalitetene Aukra og Gulmyran. Gjennomsnittsverdier (Snitt) og standardavvik (SD) for fem prøver på hver lokalitet.

Lokalitet		Aukra		Gulmyran	
Variabel	Enhet	Snitt	SD	Snitt	SD
Ledningsevne	$\mu\text{S/cm}$	81,18	7,68	70,14	6,17
pH		4,45	0,08	4,60	0,16
NH <sub>4</sub> -N	mg/l	0,10	0,01	0,16	0,06
Tot-N	mg/l	0,61	0,03	0,45	0,09
Ca	mg/l	0,52	0,06	0,33	0,04
Fe	mg/l	0,21	0,03	0,04	0,01
K	mg/l	0,22	0,15	0,19	0,13
Mg	mg/l	0,95	0,07	0,83	0,07
Na	mg/l	10,00	0,61	8,33	0,90
S	mg/l	0,49	0,16	0,43	0,12

### Tungmetaller

Innholdet av tungmetaller i myrvann er generelt lavt, men konsentrasjonene viser til dels store variasjoner innen hver lokalitet (**Figur 14, Vedlegg 15**). Kobber har signifikant svakt høyere verdier på Aukra enn på Gulmyran (t-test med ulik varians;  $p=0,0458$ ), og også større standardavvik. Kvikksølv viser størst standardavvik i prøvene fra Gulmyran, men i likhet med bly og sink er ikke middelverdiene signifikant forskjellige. Analyseverdiene av nikkel låg under deteksjonsgrensen for analysemetoden.



**Figur 14.** Innhold av tungmetaller (Cu, Hg, Pb og Zn) i myrvann fra lokalitetene Aukra og Gulmyran. Gjennomsnittsverdier og standardavvik for fem prøver fra hver lokalitet.

## 5 Vurdering av grunnlagsundersøkelsen som grunnlag for videre overvåking

Formålet med grunnlagsundersøkelsen er å legge til rette en overvåkingsmetodikk som kan fange opp eventuelle endringer i vegetasjon, planter og jord som kan skyldes utslipp av NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> og tungmetaller fra prosessanlegget på Nyhamna. Hovedtanken er å overvåke de samme parametrene i like vegetasjonstyper i to atskilte områder med ulik belastning. Det er således viktig at områdene er så like som mulig med hensyn til de valgte overvåkingsparametrene og at analysemetodikken er nøyaktig nok til å fange opp eventuelle endringer. Nedenfor gis en foreløpig vurdering av metodenes velegnethet i den videre overvåkingen. Endelig vurdering vil bli gitt etter gjenanalyse i 2010.

### 5.1 Valg av lokaliteter og vegetasjonstyper

Lokalitetene skulle i utgangspunktet representere ett maksimumsområde for avsetning av lufttransportert forurensing og ett område med lavere avsetning. Lokalitetene ble valgt ut fra beregnede avsetningsdata av nitrogen (McInnes et al. 2008) som viste at området på Fræna hadde høyere avsetninger enn på søre deler av Gossa. Det er imidlertid noe usikkert hvor mye nedfall de to lokalitetene får i løpet av året. Trolig vil varierende vindretninger gi ulike mengder nedfall fra år til år, men langtidsavsetningene er høyst sannsynlig ulike på de to lokalitetene.

Det andre kriteriet for utvelgelse av lokaliteter var vegetasjonstyper med lav tålegrense for nitrogenforurensing og mest mulig like vegetasjonstyper på de to lokalitetene. De to valgte vegetasjonstypene, fuktig røsslynghei og nedbørmyr, er begge vanlig utbredt innen influensområdet til prosessanlegget. Nedbørmyr er en av de mest sårbare vegetasjonstypene for nitrogenpåvirkning i Norge, og den fuktige røsslyngdominerte heia antas også å ha lav tålegrense for nitrogen. Vegetasjonstyper og lokalitetene skulle således være tilnærmet optimale for å vurdere effekter for utslipp til luft Ormen Lange landanlegg.

### 5.2 Vegetasjonens artssammensetning

Analysene av vegetasjonstypene viste at de valgte feltene innen hver type hadde omtrent lik artssammensetning og struktur. Det er imidlertid umulig å finne lokaliteter med helt identisk arter og miljøforhold når lokalitetene ligger så langt fra hverandre, og man må derfor godta visse ulikheter mellom lokalitetene. De karakteristiske og dominerende artene er imidlertid de samme på hver lokalitet.

Gjenanalyser av vegetasjonens artssammensetning i permanent merkede ruter vil gi nøyaktig informasjon om eventuelle endringer over tid, særlig når man benytter både den subjektive dekningskala og frekvensmetodikken ved mengdemålingene. Endringer i arter og artssammensetning som skyldes påvirkning av nitrogengjødsling og forsuring skjer sakte. Det er derfor viktig at en slik overvåking har et langsiktig perspektiv på minst 10-20 år.

### 5.3 Plantevekst

Målingene av lengder av skudd på røsslyng og dvergbjørk ble forsøkt utført på individer med omtrent samme størrelse for å unngå effekter av ulik veksthastighet pga. av ulik alder. Områdene beites av hjortevilt, noe som kan utgjøre et problem ved at de målte skuddene blir spist. Forhåpentligvis er 20 prøvetakninger av hver art på hver lokalitet nok til at et tilstrekkelig antall greinskudd kan gjenfinnes.

Individene for lengdevekst av rusttorvmose er merket med startpunkt i 2008 ved hjelp av "cranked wire"-metoden ved hjelp bøyde metallstrenger satt ned i torvmosen. Lengdevekst kan ikke måles før ved neste gjenanalyse. Så lenge metallstrengene ikke blir tråkket på, kan gjenanalyse utføres uten feilkilder. Også her er det et håp at 20 prøver er nok til å videreføre analysene.

## 5.4 Kjemisk innhold i planter

Heigråmose ble samlet fra toppen av tørre, eksponerte tuer som får tilført næring og eventuelt forurensede stoffer direkte fra nedbør og luft. Furutorvmose på nedbørmyr har i tillegg opptak av ioner fra myrvannet som også tilføres elementer kun fra nedbør og luft. Eventuelle endringer i plantekjemi kan således for begge arter relateres til endringer i luftforurensinger (jfr. Fremstad & Eilertsen 1994). Det kjemiske innholdet i plantene på de to lokalitetene er nokså like og variasjonen mellom prøvene er relativt små, bortsett fra Zn i furutorvmose. Lokalitetene og innsamlingsmetodikken skulle således være velegnet for videre overvåking av de fleste grunnstoffvariabler for å kunne gi indikasjoner på en eventuell forurensing.

## 5.5 Kjemisk innhold i jord

Analysene av plantenæringsrelaterte variabler viste at næringstilgangen innen samme vegetasjonstyper var omtrent lik og variasjonen mellom enkeltprøvene innen hver vegetasjonstype var relativt små. Grunnlagsundersøkelsen vil således være et godt grunnlag for en videre overvåking av disse parametrene. Analysene av tungmetallene i humusrik gytje/dy viste relativt store variasjoner for bly og til dels kobber. Variasjonen mellom enkeltprøvene tilsier at gjenanalyser av endringer i bly- og kobberinnhold kan bli noe usikker med så få prøver analysert.

## 5.6 Kjemisk innhold i myrvann

Myrvann fra nedbørmyr får tilførsel av næringsstoffer og forurensingsvariabler kun fra nedbør og er således velegnet for overvåking av avsetninger fra luftforurensing. De målte konsentrasjonene er imidlertid avhengig av nedbør før og under prøvetakning, og når på året analysene utføres. Det er således svært viktig at analysene på begge lokalitetene blir utført til samme tid på året, under samme værforhold og helst på samme dag.

Selv om myrvannsprøvene på Aukra viste svakt høyere næringsverdier enn på Gulmyran er næringsinnholdet begge steder så lavt at en eventuell eutrofieringsprosess pga økt nitrogennedfall lett kan oppdages. Variasjonene innen de fleste næringsparametrene innen en og samme lokalitet er relativt små, og parametrene er således velegnet for videre overvåking. Variasjonen i konsentrasjon av tungmetaller innen en og samme lokalitet er imidlertid store, og med fem prøver er opplegget lite følsomt ovenfor eventuelle små endringer ved gjenanalyser.

## 5.7 Tidsaspekt for gjenanalyser

Overvåkingen er designet for gjentaksanalyser. For overvåking av de enkelte parametrene er det en fordel med gjenanalyse så ofte som mulig for å unngå effekter av variasjoner mellom enkeltår. Gjenanalyser medfører imidlertid slitasje på vegetasjon og terreng og man må velge en middelvei som kan si noe om langtidsutviklingen samtidig som miljøet i analysefeltene bevares. På bakgrunn av dette foreslås det en første gjenanalyse etter to år og deretter hvert femte år. Dette er også standard metodikk ved andre overvåkingsprogram for vegetasjon (jfr. Aarrestad et al. 2006, 2008; Bakkestuen et al. 2007).

Metoden for måling av lengdevekst av røsslyng, dvergbjørk og furutorvmose er noe usikker med tanke på tråkk, beite og annen slitasje. Det bør derfor vurderes om ikke disse målingene bør utføres hvert år for å kunne erstatte eventuelle tap av individer. Lengdevekstmålingene kan utføres samtidig med et årlig vedlikehold av feltene, noe som har vist seg nødvendig i områder med menneskelig aktivitet og beite av dyr.

## 6 Referanser

- Aarrestad, P.A., Eilertsen, O. & Frisvoll, A.A. 1996. Overvåking av ombrotrof myr, Havmyran-Hitra 1995. Undersøkelser av vegetasjon, torv og myrvann. - NINA Oppdragsmelding 423: 1-78.
- Aarrestad, P.A. & Wilmann, B. 2002. Miljøovervåking på Tjeldbergodden og Terningvatn: overvåking av vegetasjon og næringsforhold i jord i 1993/94 og 2001. - NINA Oppdragsmelding 742: 1-45.
- Aarrestad, P.A., Bjerke, J.W., Hagen, D. & Tømmervik, H. 2006. Statoils overvåkingsprogram for Snøhvit. Overvåking av vegetasjon og jord - grunnlagsundersøkelser 2006. - NINA Rapport 210: 33 s. + Vedlegg.
- Aarrestad, P.A., Bjerke, J.W., Tømmervik, H., Bakkestuen, V., Hagen, D. & Wilmann, B. 2008. StatoilHydros miljøovervåkingsprogram for Snøhvit. Overvåking av vegetasjon og jord - gjenanalyse 2008. - NINA Rapport 421: 50 s. + Vedlegg.
- Aerts, R., Wallén, B. & Malmer, N. 1992. Growth-limiting nutrients in *Sphagnum*-dominated bogs subject to low and high atmospheric nitrogen supply. - *Journal of Ecology* 80: 131-140.
- Achermann, B. & Bobbink, R. (red.) 2003. Empirical critical loads for nitrogen. Expert Workshop, Berne, 11-13 November 2002. Proceedings. - Bern, Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape, SAEFL. (Environmental documentation 164).
- Bakkestuen, V., Stabbetorp, O. E. & Framstad, E. 2001. Terrestrisk naturovervåking. Vegetasjonsøkologiske undersøkelser av boreal bjørkeskog i Børgefjell nasjonalpark - reanalyser 2000. - NINA Oppdragsmelding 700: 1-41.
- Bakkestuen, V., Aarrestad, P.A., Stabbetorp, O.E. & Wilmann, B. 2007. Vegetasjonsøkologiske undersøkelser av boreal bjørkeskog i Lund og Åmotsdalen. - I Framstad, E., red. Natur i endring. Terrestrisk naturovervåking i 2006: Markvegetasjon, epifytter, smånagere og fugl. NINA Rapport 262. s. 16-32.
- Bates, J.W. 2000. Mineral nutrition, substratum, and pollution. - I: Shaw, A. J. & Goffinet, B., (red.): Bryophyte biology, s. 248-311. Cambridge University Press, Cambridge.
- Blomberg, K. 1972. Tillväxtstudier hos *Empetrum hermaphroditum* (Growth studies in *E. hermaphroditum*). - Trebetygsuppsatts, Botaniska inst., Stockholms universitet, 46 s.
- Bobbink, R., Hornung, M. & Roelofs, J.G.M. 1988. Essay review: The effects of air-borne nitrogen pollutants on species diversity in natural and semi-natural vegetation. - *Journal of Ecology* 86: 717-738.
- Carroll, J.A., Caporn, S.J.M., Cawley, L., Read, D.J. & Lee, J.A. 1999. The effect of increased deposition of atmospheric nitrogen on *Calluna vulgaris* in upland Britain. - *New Phytologist* 141: 423-431.
- Clymo, R.S. 1970. The growth of *Sphagnum*: methods of measurements. - *Journal of Ecology* 58: 13-49.
- Eerden, L.J. van der, Dueck, T.A., Berdowski, J.J.M., Greven, H.C. & van Dobben, H.F. 1991. Influence of NH<sub>3</sub> and (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> on heathland vegetation. - *Acta Botanica Neerlandica* 40: 281-296.
- Eilertsen, O. & Often, A. 1994. Terrestrisk naturovervåking. Vegetasjonsøkologiske undersøkelser av boreal bjørkeskog i Gutulia nasjonalpark. - NINA Oppdragsmelding 285: 1-69.
- Fremstad, E. & Eilertsen, O. 1994. Heigråmose (*Racomitrium lanuginosum*) som biomonitor på nitrogenforurensing. - NINA Oppdragsmelding: 1-21.
- Frisvoll, A., Elvebakk, A., Flatberg, K.I. & Økland, R.H. 1995. Sjekklister over norske mosar. Vitskapleg og norsk namneverk. - NINA Temahefte 4: 1-104.
- Gjerstad, K.I., Låg, M., Reitan, O. & Aarrestad, P.A. 2006. Spredningsberegninger og konsekvensvurderinger for utslipp til luft fra gasskraftverk i Elnesvågen. - NILU OR 86: 1-37.
- Gunnarsson, U. & Rydin, H. 2000. Nitrogen fertilization reduces *Sphagnum* production in bog communities. - *New Phytologist* 147: 527-537.
- Hole, L.R. & Tørseth, K. 2002. Deposition of major inorganic compounds in Norway 1978-1982 and 1997-2001 status and trends. - NILU OR 61/2002.
- Hole, L. & Engardt, M. 2008. Climate change impact on atmospheric nitrogen deposition in north-western Europe: A model study. - *Ambio* 37: 9-17.
- Holien, H. & Tønsberg, T. 2006. Norsk lavflora. - Tapir Akademisk Forlag, Trondheim. 224 s.
- Knudsen, S., Traaen, T. & Aarrestad, P.A. 2002. Ilandføringsterminalen for Ormen Lange. Konsekvenser av utslipp til luft. - NILU OR 47: 1-55.
- Krog, H., Østhagen, H. & Tønsberg, T. 1994. Lavflora. Norske busk- og bladlav. - Universitetsforlaget, Oslo. 368 s.

- Lamers, L.P.M., Bobbink, R. & Roelofs, J.G.M. 2000. Natural nitrogen filter fails in polluted raised bogs. - *Global Change Biology* 6: 583-586.
- Lee, J.A. & Studholme, C.J. 1992. Responses of Sphagnum species to polluted environments. – I: Bates, J. W. & Farmer, A. M., red. *Bryophytes and lichens in changing environment*. Clar-endon Press, Oxford. s. 314-322.
- Lid, J. & Lid, D. T. 2005. *Norsk flora*. - Det Norske Samlaget, Oslo. 1230s.
- Malmer, N. 1993. Mineral nutrients in vegetation and surface layers of Sphagnum dominated peat-forming systems. - *Advances in Bryology* 5: 223-248.
- Malmer, N. & Wallen, B. 1999. The dynamics of peat accumulation on bogs: mass balance of hummocks and hollows and its variation throughout a millennium. - *Ecography* 22: 736-750.
- Mc Innes, H., Knudsen, S., Solberg, S., Wathne, B.M., Høgåsen, T., Aarrestad, P.A. & Reitan, O. 2008. Ormen Lange landanlegg. Konsekvenser av utslipp til luft - oppdatering av tidligere rapport. - NILU OR 4/2008: 46.
- Norsk Hydro 2002. Norsk Hydro, Ormen Lange konsekvensutredning landanlegg på Nyhamna, november 2002. – Norsk Hydro rapport. Oslo. 236 s.
- Ogner, G., Wickstrøm, T., Remedios, G., Gjelsvik, S., Hensel, G.R., Jacobsen, J.E., Olsen, M., Skretting, E. & Sørli, B. 1999. The chemical analysis program of the Norwegian Forest Research Institute 2000. Ås. 23 s.
- Santesson, R., Moberg, R., Nordin, A., Tønsberg, T. & Vitikainen O. 2004. Lichen-forming and lichenicolous fungi of Fennoscandia. - *Museum og Evolution*, Uppsala University. 359 s.
- Sigmond, E., Gustavson, M. & Roberts, D. 1984. Berggrunnskart over Norge. M. 1 : 1 mill. - Norges geol. Unders., Statens kartverk. Nasjonalatlas for Norge, kartblad 2.2.1.
- SFT 1992. Virkninger av luftforurensinger på helse og miljø - anbefalte luftkvalitetskriterier. - Oslo, SFT-rapport 92:16.
- Tamm, C.O. 1991. Nitrogen in terrestrial ecosystems. - *Ecological Studies*. 81. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Tomassen, H., Smolders, A.J.P., Lamers, L.P.M. & Roelofs, J.G.M. 2000. Conservation of ombrotrophic bog vegetations: the effects of high atmospheric nitrogen deposition. – I: Rochefort, L. & Daigle, J. Y., red. *Sustaining our peatlands - proceedings of the 11th International Peat Congress*, Quebec, Canada. s. 253-261.
- Tybirk, K., Bak, J. & Henriksen, L.H. 1995. Basis for mapping of critical loads in Nordic sensitive terrestrial ecosystems. *TemaNord* 1995:610. - Nordic Council of Ministers, Copenhagen.
- Økland, R.H. 1990. Vegetation ecology: theory, methods and applications with reference to Fennoscandia. - *Sommerfeltia Suppl.* 1: 1-233.

## 7 Vedlegg

Vedlegg 1. Overvåkingsdesign for lokaliteten Aukra.

Vedlegg 2. Overvåkingsdesign for lokaliteten Gylmyran.

Vedlegg 3. Figurer over feltene A-G med analyseruter.

Vedlegg 4. UTM koordinater for innsamlingslokaliteter.

Vedlegg 5. Plantearter i vegetasjonsanalysene, latinske og norske navn.

Vedlegg 6. Vegetasjonsanalyser fra fukthei, prosent dekning.

Vedlegg 7. Vegetasjonsanalyser fra fukthei, frekvensmål.

Vedlegg 8. Vegetasjonsanalyser fra nedbørmyr, prosent dekning.

Vedlegg 9. Vegetasjonsanalyser fra nedbørmyr, frekvensmål.

Vedlegg 10. Lengdevekstmålinger for røsslyng og dvergbjørk.

Vedlegg 11. Plantekjemi og tungmetaller i heigråmose og furutorvmose.

Vedlegg 12. Jordkjemiske data fra ruteanalysene for vegetasjon fra fukthei.

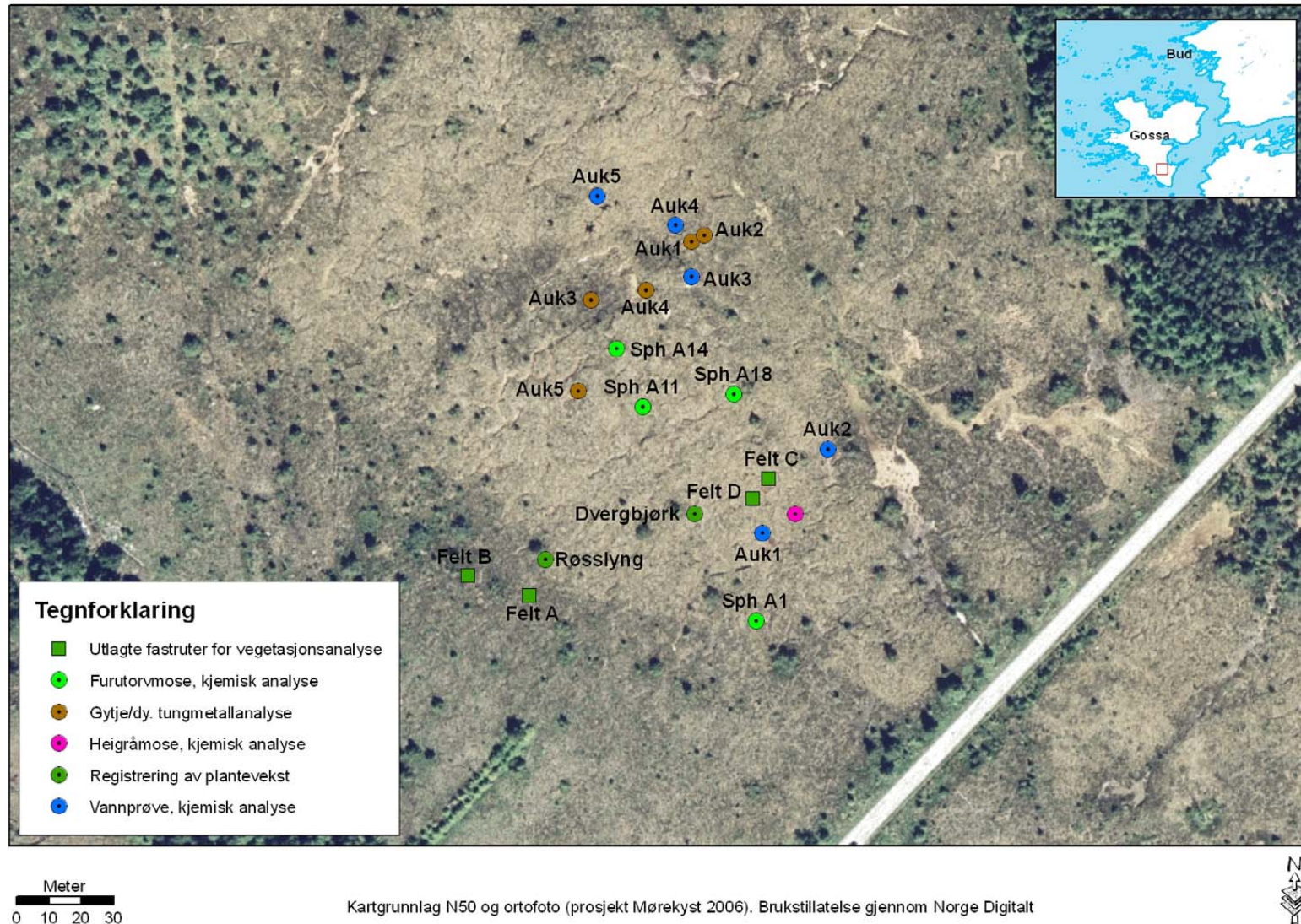
Vedlegg 13. Jordkjemiske data fra ruteanalysene for vegetasjon fra nedbørmyr.

Vedlegg 14. Tungmetaller i gytje/dy.

Vedlegg 15. Kjemisk innhold i myrvann.

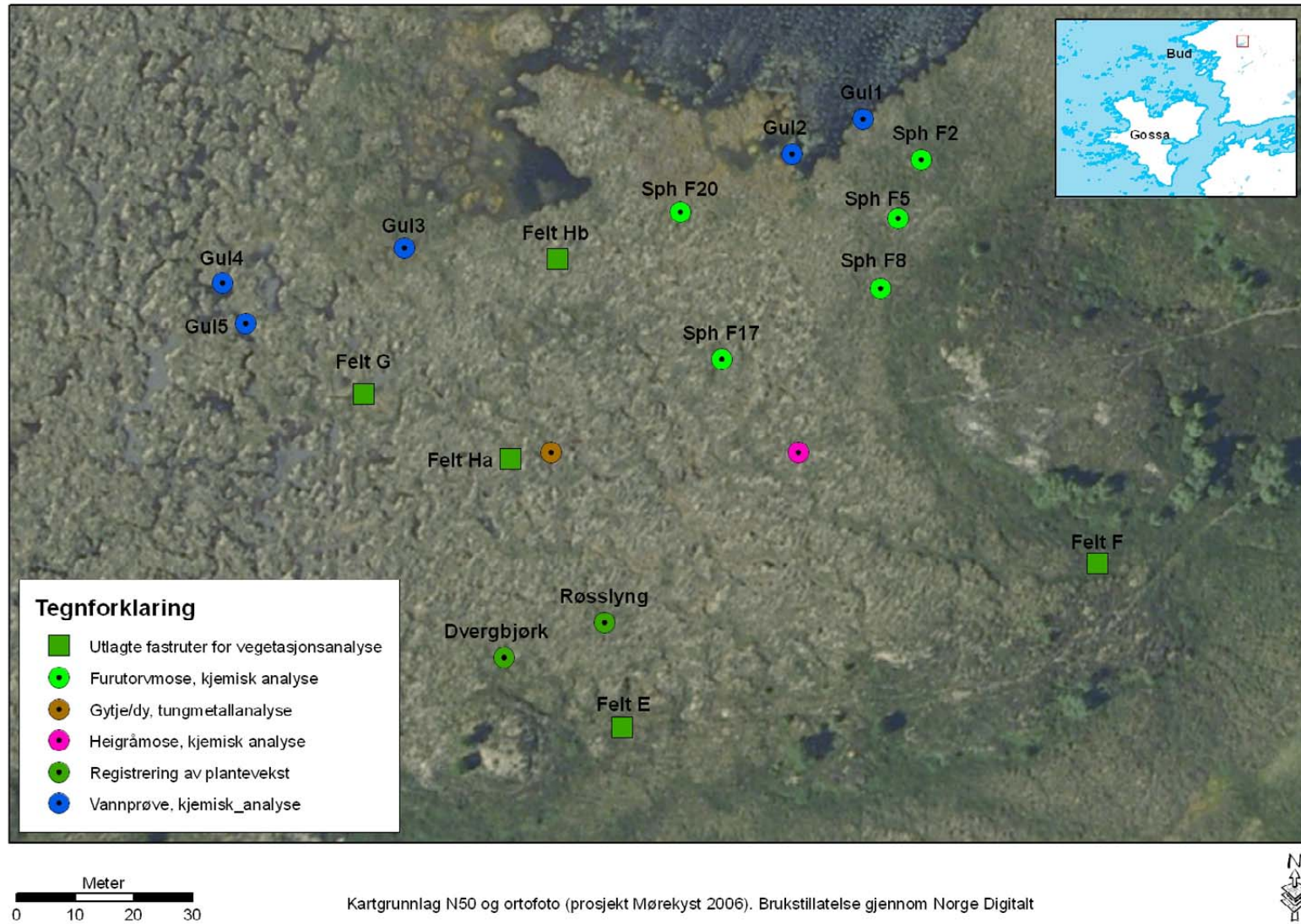


**Vedlegg 1.** Overvåkingsdesign for lokaliteten Aukra.

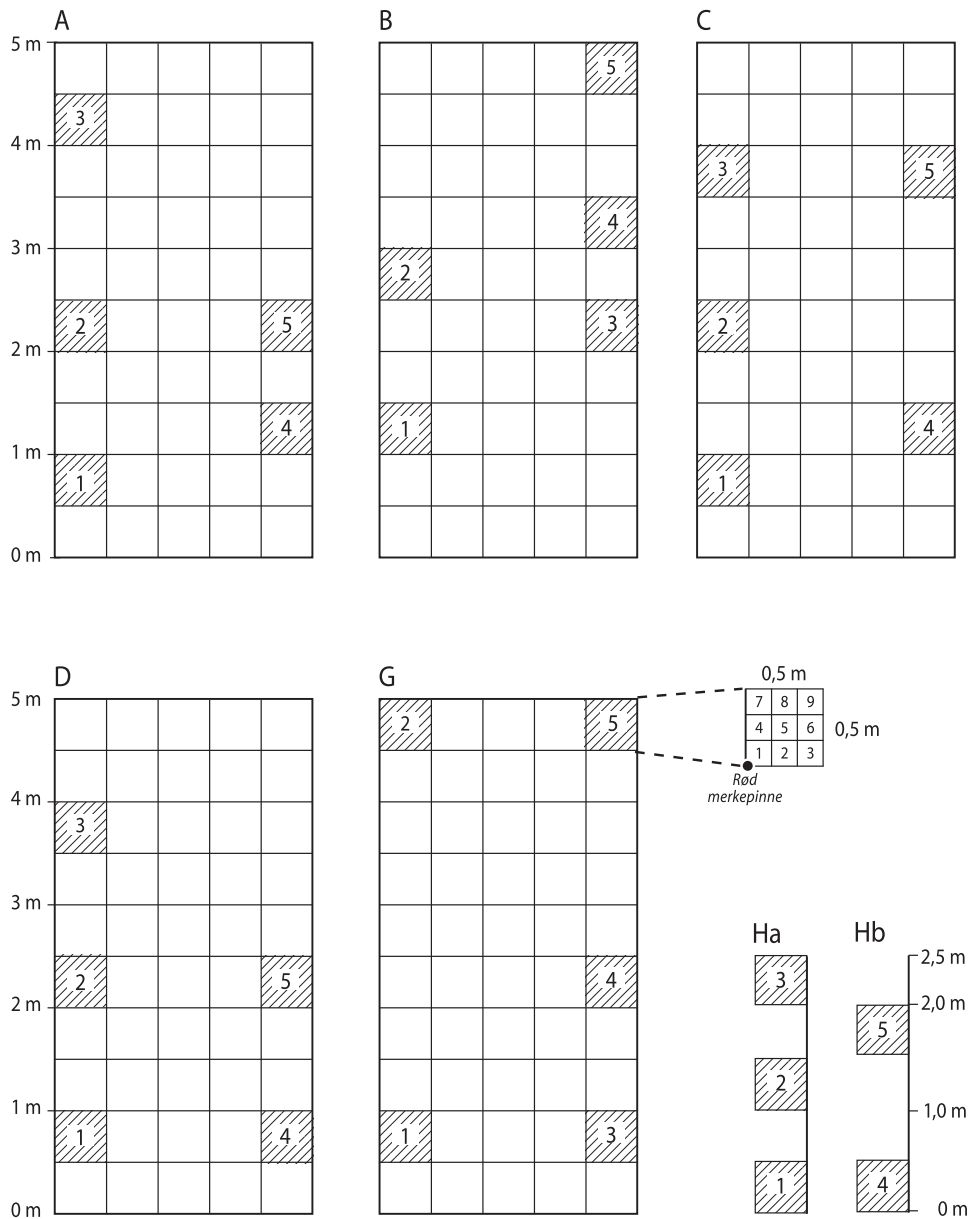




**Vedlegg 2.** Overvåkingsdesign for lokaliteten Gulmyran.



**Vedlegg 3.** Vegetasjonsanalysefeltene A, B, C, D, G, Ha og Hb med fordeling av analyseruter. I felt E og F er rutene lagt subjektivt innenfor avgrensede areal.



Vegetasjonsfelt	UTM koordinater
Felt A	0392586 6963793
Felt B	0392567 6963799
Felt C	0392660 6963829
Felt D	0392655 6963823
Felt E	0399539 6977418
Felt F	0399620 6977446
Felt G	0399495 6977475
Felt Ha	0399520 6977464
Felt Hb	0399528 6977498

**Vedlegg 4 . UTM koordinater for innsamlingslokaliteter.**

Lokalitet	Prøvetype	Felt-id	Base-id	UTM		
				Sone	UTM x	UTM y
<b>Plantevekst</b>						
Aukra	Betula nana	Bet A1 - Bet A20	Auk01-20	32V	392637	6963818
Gulmyran		Bet F1 - Bet F20	Gul21-40	32V	399519	6977430
Aukra	Calluna vulgaris	Cal A1 - Cal A20	Auk01-20	32V	392591	6963804
Gulmyran		Cal F1 - Cal F20	Gul21-40	32V	399536	6977436
Aukra	Sphagnum capillifolium	Sph A1	Auk01	32V	392656	6963785
		Sph A2	Auk02	32V	392656	6963785
		Sph A3	Auk03	32V	392647	6963804
		Sph A4	Auk04	32V	392641	6963824
		Sph A5	Auk05	32V	392642	6963828
		Sph A6	Auk06	32V	392613	6963819
		Sph A7	Auk07	32V	392613	6963819
		Sph A8	Auk08	32V	392608	6963827
		Sph A9	Auk09	32V	392604	6963836
		Sph A10	Auk10	32V	392621	6963851
		Sph A11	Auk11	32V	392621	6963851
		Sph A12	Auk12	32V	392620	6963858
		Sph A13	Auk13	32V	392620	6963858
		Sph A14	Auk14	32V	392613	6963869
		Sph A15	Auk15	32V	392623	6963868
		Sph A16	Auk16	32V	392632	6963872
		Sph A17	Auk17	32V	392632	6963872
		Sph A18	Auk18	32V	392649	6963855
		Sph A19	Auk19	32V	392649	6963847
		Sph A20	Auk20	32V	392668	6963836
Gulmyran	Sphagnum capillifolium	Sph F1	Gul01	32V	399591	6977520
		Sph F2	Gul02	32V	399590	6977515
		Sph F3	Gul03	32V	399593	6977512
		Sph F4	Gul04	32V	399587	6977513
		Sph F5	Gul05	32V	399586	6977505
		Sph F6	Gul06	32V	399585	6977503
		Sph F7	Gul07	32V	399582	6977507
		Sph F8	Gul08	32V	399583	6977493
		Sph F9	Gul09	32V	399580	6977484
		Sph F10	Gul10	32V	399573	6977487
		Sph F11	Gul11	32V	399570	6977495
		Sph F12	Gul12	32V	399568	6977502
		Sph F13	Gul13	32V	399558	6977507
		Sph F14	Gul14	32V	399564	6977487
		Sph F15	Gul15	32V	399565	6977486
		Sph F16	Gul16	32V	399566	6977477
		Sph F17	Gul17	32V	399556	6977481
		Sph F18	Gul18	32V	399553	6977485
		Sph F19	Gul19	32V	399552	6977487
		Sph F20	Gul20	32V	399549	6977506
<b>Humusprøver (gytje/dy)</b>						
Aukra	Humus Gytje-dy	Gytje A1	G1Auk	32V	392636	6963902
		Gytje A2	G2Auk	32V	392640	6963904
		Gytje A3	G3Auk	32V	392605	6963884
		Gytje A4	G4Auk	32V	392622	6963887
		Gytje A5	G5Auk	32V	392601	6963856
Gulmyran	Humus Gytje-dy	Gytje F1 - Gytje F5	G1Gul - G5G	32V	399527	6977465
<b>Vannprøver</b>						
Aukra	Vann fra hølje	Hølje A1	Auk01	32V	392658	6963812
		Hølje A2	Auk02	32V	392678	6963838
		Hølje A3	Auk03	32V	392636	6963891
		Hølje A4	Auk04	32V	392631	6963907
		Hølje A5	Auk05	32V	392607	6963916
Gulmyran	Vann fra tjern	Tjern F1	Gul01	32V	399580	6977522
		Tjern F2	Gul02	32V	399568	6977516
	Vann fra hølje	Hølje F3	Gul03	32V	399502	6977500
		Hølje F4	Gul04	32V	399471	6977494
		Hølje F5	Gul05	32V	399475	6977487

**Vedlegg 5. Plantearter i vegetasjonsanalysene, koder, latinske og norske navn.**

<b>Latinsk navn</b>	<b>Kode</b>	<b>Norsk navn</b>
<b>Lyng og dvergbusker</b>		
Andromeda polifolia	Andr pol	Kvitlyng
Arctous alpinus	Arct alp	Rypebær
Betula nana	Betu nan	Dvergbjørk
Calluna vulgaris	Call vul	Røsslyng
Empetrum nigrum	Empe nig	Krekling
Erica tetralix	Eric tet	Klokkelyng
Myrica gale	Myri gal	Pors
Pinus mugo	Pinu mug	Buskfuru
Pinus sylvestris	Pinu syl	Furu
Vaccinium vitis-idaea	Vacc vit	Tyttebær
<b>Urter</b>		
Dactylorhiza maculata	Dact mac	Flekkmarihand
Drosera longifolia	Dros lon	Smalsoldogg
Drosera rotundifolia	Dros rot	Rundsoldogg
Narthecium ossifragum	Nart oss	Rome
Pinguicula vulgaris	Ping vul	Tettegras
Potentilla erecta	Pote ere	Tepperot
Rubus chamaemorus	Rubu chm	Molte
<b>Gras og halvgras</b>		
Carex limosa	C limosa	Dystorr
Carex nigra var. nigra	C nig;ni	Vanleg slåttestorr
Eriophorum angustifolium	Erio ang	Duskull
Eriophorum vaginatum	Erio vag	Torvull
Juncus squarrosus	Junc squ	Heisiv
Molinia caerulea	Moli cae	Blåtopp
Trichophorum cespitosum	Tric ces	Bjørneskjegg
<b>Bladmoser</b>		
Brachythecium reflexum	Brac ref	Sprikelundmose
Brachythecium sp.	Brachytz	Lundmoseslekta
Dicranum bergeri	Dicr ber	Sveltsigd
Dicranum flexicaule	Dicr fle	Lyngsigd
Dicranum leioneuron	Dicr lei	Akssigd
Dicranum scoparium	Dicr sco	Ribbesigd
Hylocomium splendens	Hylo spl	Etasjemose
Hypnum jutlandicum	Hypn jut	Heiflette
Pleurozium schreberi	Pleu sch	Furumose
Racomitrium lanuginosum	Raco lan	Heigråmose
Rhytidiadelphus loreus	Rhyt lor	Kystkransmose
Sphagnum austinii	Sph aust	Kysttorvmose
Sphagnum capillifolium	Sph capi	Furutorvmose
Sphagnum centrale	Sph cent	Kratt-torvmose
Sphagnum cuspidatum	Sph cusp	Vasstorvmose
Sphagnum magellanicum	Sph mage	Kjøtt-torvmose
Sphagnum palustre	Sph palu	Sumptorvmose
Sphagnum papillosum	Sph papi	Vortetorvmose
Sphagnum rubellum	Sph rube	Raudtorvmose
Sphagnum strictum	Sph stri	Heitorvmose
Sphagnum subsecundum	Sph subs	Kroktorvmose

**Vedlegg 5. Plantearter i vegetasjonsanalysene, koder, latinske og norske navn.**

<b>Latinsk navn</b>	<b>Kode</b>	<b>Norsk navn</b>
Sphagnum tenellum	Sph tene	Dvergtorvmose
Warnstorfia fluitans	Warn flu	Vassnøkkemose
<b>Levermoser</b>		
Anastrophyllum minutum	Anas min	Tråddraugmose
Barbilophozia attenuata	Barb att	Piskskjeggmose
Barbilophozia floerkei	Barb flo	Lyngskjeggmose
Calypogeia azurea	Caly azu	Blåflak
Calypogeia muelleriana	Caly mue	Sumpflak
Calypogeia sp.	Calypogz	Flakmose
Cephalozia bicuspidata	Ceph bic	Broddglefsemose
Cephalozia lunulifolia	Ceph lun	Myrglefsemose
Cephalozia sp.	Cephaloz	Glefsemose
Cephaloziella sp.	Cephllaz	Pistremoseslekta
Cephaloziella rubella	Cepl rub	Raudpistremose
Cladopodiella fluitans	Clad flu	Myrsnutemose
Diplophyllum albicans	Dipl alb	Stripefoldmose
Frullania tamarisci	Frul tam	Matteblæremose
Gymnocolea inflata	Gymc inf	Torvdymose
Kurzia sp.	Kurzia z	Fingermoseslekta
Lophozia incisa	Loph inc	Lurvflik
Lophozia obtusa	Loph obt	Buttflik
Lophozia ventricosa	Loph ven	Grokornflik
Lophozia sp.	Lophoziz	Flikmose
Mylia anomala	Myli ano	Myrmuslingmose
Mylia taylorii	Myli tay	Raudmuslingmose
Odontoschisma elongatum	Odon elo	Myrskovlmose
Ptilidium ciliare	Ptil cil	Bakkefrynse
Riccardia latifrons	Rica lat	Sveltsaftmose
Scapania sp.	Scapaniz	Tvibladmose
Tritomaria polita	Trit pol	Bekkehoggdann
<b>Busklav</b>		
Cladonia arbuscula	Clad arb	Lys reinlav/Fjellreinlav
Cladonia furcata	Clad fur	Gaffellav
Cladonia gracilis	Clad gri	Syllav
Cladonia portentosa	Clad por	Kystreinlav
Cladonia rangiferina	Clad raa	Grå reinlav
Cladonia uncialis	Clad unc	Pigglav
Cladonia chlorophaea coll.	Clad/chl	Pulverbrunbeger/Kornbrunbeger

**Vedlegg 6.** Vegetasjonsanalyser i fukthei på Aukra og Gulmyran. % dekning av arter.

Analyseruter	Aukra					Gulmyran														
	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	E1	E2	E3	E4	E5	F1	F2	F3	F4	F5
<b>Lyng og dvergbusker</b>																				
Andr pol	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1	1	1		1	1
Arct alp											1	1								
Betu nan	1	1				2	3	1	5				3	1		1				
Call vul	40	45	20	45	50	55	45	35	40	40	40	20	30	35	50	25	50	55	35	30
Empe nig								1										1		1
Eric tet	3	15	2	2	1	5	1	2	8	1	5	3			6	1	1	1		
Pinu syl		1	1						10	1										
Vacc vit																1	1			
<b>Urter</b>																				
Dact mac											1									
Nart oss	10	10	1	15	10	5	4	12	2	7	20	1	7	12	15	3	1		1	
Pote ere	1	1																		
<b>Gras og halvgras</b>																				
C nig;ni																		1	1	2
Erio vag															2		1	1	20	30
Junc squ	1					1		3	2	2			7		12	2				
Moli cae	2			1	1															
Tric ces		2	10	2		3	5	5	5	1		2	10	7		5	4	20	2	
<b>Bladmoser</b>																				
Brac ref								1												
Brachytz				1																
Dicr ber											1		1	1	1	1	1	1		
Dicr sco	1			1	1	1	1	1	1	1									1	1
Hylo spl					1								10	3		1	7	10	12	5
Hypn jut	7	15	5	7	3	20	5	15	15	7	15	1	15	15	15	25	40	5	3	8
Pleu sch	1	1	1	1	1	2	1	1	5	5	2		2	1	10	15	2	10	15	20
Raco lan	7	3	10	5	1	1	5	2	2	20	5	15			2	1	2	3	1	2
Rhyt lor																1	1	2		
Sph aust												1		1						
Sph capi													1	1						
Sph papi														1						
Sph stri													1							
Sph tene												10		1						
<b>Levermoser</b>																				
Anas min								1	1	1			1							
Barb att																	1			
Barb flo																	1			
Caly azu																			1	
Ceph lun			1					1	1											
Dipl alb												1		1						
Frul tam	1	8	10	2			2	1	1											
Loph obt																			1	
Myli tay								1	1											
Odon elo		1	1				1		1	1			1	1	1		1			
Ptil cil	1	1			1	1	1	1		1					1	1	1		1	
Trit pol										1										
<b>Busklav</b>																				
Clad arb	1	3	2	2	1	1	2	1	1	1	1		1							
Clad fur																	1			
Clad gri	1		1	1		1			1			1	1		1	1	1			1
Clad por											10	7	2	7	8	1	2	10	3	30
Clad raa	1	1	8		1	1				1										
Clad unc		1	3	1	1					2	1	7		1	1					
Clad/chl			1												1					

**Vedlegg 7.** Vegetasjonsanalyser i fukthei på Aukra og Gulmyran. Frekvensmål av arter.

Analyseruter	Aukra					Gulmyran														
	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	E1	E2	E3	E4	E5	F1	F2	F3	F4	F5
<b>Lyng og dvergbusker</b>																				
Andr pol	1	1	1	1	2	6	4	5	6	6	4	1			4	2	1		1	3
Arct alp											1	4								
Betu nan	2	1				5	3	1	7				4	1		3				
Call vul	9	9	7	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Empe nig								1										1		1
Eric tet	8	9	6	7	2	9	2	9	9	3	9	9			4	3	1	2		
Nart oss																				
Pinu syl		1	1						2	1										
Vacc vit																2	2			
<b>Urter</b>																				
Dact mac											1									
Nart oss	9	9	4	9	9	9	9	9	9	9	9	8	9	9	9	9	3		3	
Pote ere	1	1																		
<b>Gras og halvgras</b>																				
C nig;ni																	4	2	6	
Erio vag															6		1	3	9	9
Junc squ	2					1		5	4	2			6		9	3				
Moli cae	3			2	2															
Tric ces		3	6	4		2	8	9	8	6		4	8	5		8	6	6	2	
<b>Bladmoser</b>																				
Brac ref								1												
Brachytz				2																
Dicr ber											1		5	1	2	4	4	1		
Dicr sco	1			1	2	1	1	2	1	2									1	1
Hylo spl				1									7	4		3	9	8	9	5
Hypn jut	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	1	9	9	9	9	9	8	9	9
Pleu sch	6	6	5	2	4	5	2	5	9	9	6		7	4	8	9	9	8	9	9
Raco lan	9	8	8	9	5	4	9	6	6	8	7	8			7	2	3	2	1	4
Rhyt lor																3	7	6		
Sph aust												2		1						
Sph capi													1	1						
Sph papi														1						
Sph stri													1							
Sph tene												9		5						
<b>Levermoser</b>																				
Anas min								2	1	4			1							
Barb att																1				
Barb flo																1				
Caly azu																		2		
Ceph lun			1					2	2											
Dipl alb												3		2						
Frul tam	1	9	6	7			5	2	2											
Loph obt																		1		
Myli tay								1	1											
Odon elo		1	1				1		4	6			6	4	3		3			
Ptil cil	2	2			1	7	4	1		2					1	2	3		3	
Trit pol										4										
<b>Busklav</b>																				
Clad arb	7	8	6	8	2	5	8	2	3	1	3		1							
Clad fur																1				
Clad gri	2		1	2		1			3		3	1			1	1	2			1
Clad por											9	9	7	8	8	3	2	9	1	9
Clad raa	1	1	7		1	1				3										
Clad unc		4	7	1	2					4	1	5		1	2					
Clad/chl			2											1						





**Vedlegg 8.** Vegetasjonsanalyser for nedbørmyr på Aukra og Gulmyran. % dekning av arter.

Analyseruter	Aukra					Gulmyran														
	C1	C2	C3	C4	C5	D1	D2	D3	D4	D5	G1	G2	G3	G4	G5	H1	H2	H3	H4	H5
Cepl rub		1	1		1									1				1		
Clad flu											1					1	1	1		1
Dipl alb		1	1	1	1		2												1	
Gymc inf																1				
Kurzia z		1			1											1	1	1		1
Loph inc					1															
Loph ven		1							1											
Lophoziz					1															
Myli ano									1											
Myli tay																2	7		15	
Odon elo	1	2	2	3	1	5	2	2	3		10	2	3	1	1	1	6	5	1	1
Ptil cil																		1		
Rica lat			1											1		1				
Scapaniz	1																			
<b>Busklav</b>																				
Clad arb			1		5	1	1									1				
Clad gri			1				1	1	3										1	1
Clad por	3			1		1	1	1									1	1	2	1
Clad unc																	2	1	1	1



**Vedlegg 9.** Vegetasjonsanalyser for nedbørrmyr på Aukra og Gulmyran. Frekvensmål av arter.

Analyseruter	Aukra					Gulmyran														
	C1	C2	C3	C4	C5	D1	D2	D3	D4	D5	G1	G2	G3	G4	G5	H1	H2	H3	H4	H5
Cepl rub		2	1		2									5				2		
Clad flu											2					1	3	2		7
Dipl alb		1	1	1	2		4												5	
Gymc inf																5				
Kurzia z		2			1											4	1	9		5
Loph inc					1															
Loph ven		2							1											
Lophoziz					1															
Myli ano									1											
Myli tay																3	6			7
Odon elo	5	9	8	8	5	6	6	7	5		9	5	7	1	3	6	8	9	2	7
Ptil cil																		1		
Rica lat			2											1		1				
Scapaniz	2																			
<b>Busklav</b>																				
Clad arb			1		6	1	1									2				
Clad gri			1				2	1	3										1	1
Clad por	3			2		3	2	1									4	6	5	2
Clad unc																	3	5	2	2

**Vedlegg 10.** Lengdevekstmålinger for røsslyng og dvergbjørk (mm).

Lokalitet		<b>Aukra</b>		<b>Gulmyran</b>	
Art		Individ nr	Lengde	Individ nr	Lengde
<b>Røsslyng</b>	<i>Calluna vulgaris</i>	1	81	1	55
		2	123	2	81
		3	85	3	101
		4	132	4	111
		5	84	5	85
		6	98	6	82
		7	80	7	81
		8	61	8	80
		9	105	9	90
		10	74	10	92
		11	86	11	90
		12	63	12	93
		13	77	13	80
		14	83	14	65
		15	97	15	96
		16	87	16	67
		17	62	17	122
		18	80	18	62
		19	90	19	111
		20	89	20	59
<b>Dvergbjørk</b>	<i>Betula nana</i>	1	85	1	87
		2	57	2	131
		3	148	3	70
		4	100	4	77
		5	88	5	60
		6	154	6	109
		7	93	7	80
		8	86	8	89
		9	102	9	84
		10	50	10	163
		11	59	11	98
		12	84	12	74
		13	62	13	108
		14	67	14	107
		15	23	15	125
		16	51	16	177
		17	49	17	97
		18	80	18	104
		19	60	19	145
		20	65	20	122

**Vedlegg 11 . Plantekjemi og tungmetaller i heigråmose og furutorvmose fra lokalitetene Aukra og Gulmyran.**

		Heigråmose					Furutorvmose														
		Aukra		Gulmyran					Aukra		Gulmyran										
		R1	R2	R3	R4	R5	R1	R2	R3	R4	R5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5
<b>Kjemisk innhold</b>																					
Al	mmol/kg	6.59	6.37	6.61	7.89	6.34	5.26	4.87	4.52	5.88	3.75	10.17	10.25	6.79	6.94	11.17	5.73	7.27	5	5.2	4.94
B	µmol/kg	173	148	162	140	149	110	150	121	140	200	304	355	385	347	268	242	266	260	285	254
Ba	µmol/kg	16	15	16	15	19	6	4	4	7	11	38	44	48	45	30	10	22	20	7	8
Ca	mmol/kg	24.4	20.7	22.6	23.2	28.8	25.2	18.5	20.7	27.3	31	87.2	67.9	100.6	79.1	154.2	42.3	84.3	56	53.4	42
Cu	µmol/kg	72	56	81	58	99	57	49	64	68	81	50	61	70	56	51	43	53	36	36	33
Fe	mmol/kg	4.07	3.85	3.91	4.57	3.74	2.97	2.85	2.59	3.27	2.25	4.81	4.44	3.69	3.25	4.08	2.49	3.17	2.44	2.41	2.49
K	mmol/kg	22.5	28.1	22	22	23	16.8	20.7	24	19.1	29.8	48.9	76.9	101.7	91	67.2	57	106.9	66.9	61.3	59.9
Mg	mmol/kg	51	46.4	48.7	41.8	51.2	43.9	41.7	37.6	45.7	52.3	92.2	84	91	94.2	76.6	79.4	125.2	77.4	76.2	69.3
Mn	mmol/kg	0.11	0.09	0.09	0.1	0.12	0.11	0.07	0.07	0.12	0.5	1.01	2.55	4.6	2.26	0.32	0.71	0.3	2.23	0.49	1.43
KjN	mmol/kg	262	275	282	208	249	257	300	266	278	341	402	393	446	437	300	447	406	369	349	375
Na	mmol/kg	12.26	9.75	11.16	11.94	12.93	14.64	12.51	12.16	16.44	13.19	78.04	44.71	72.76	51.55	76.22	70.67	98.34	80.15	71.98	76
P	mmol/kg	6.4	9.4	6.8	5.5	7.4	4.5	5.7	7.3	5.2	13.4	9.6	11.4	15.8	15	11.8	7.3	15.2	9.4	8.6	10.9
S	mmol/kg	9.76	9.34	9.33	8.16	8.81	9.33	9.7	8.76	10.84	12.17	24.92	25.39	28.54	26.42	23.44	22.94	43.66	24.28	22.03	22.01
Sr	µmol/kg	150	117	145	133	134	138	117	108	140	137	220	185	226	208	226	153	250	151	147	134
Ti	µmol/kg	338	310	332	407	312	215	206	178	236	129	363	322	214	224	175	170	195	170	168	154
Zn	µmol/kg	225	155	166	117	259	207	132	206	248	204	2019	1658	2225	1694	2707	581	1064	591	860	759
Cr	µmol/kg	51	40	38	42	34	39	37	34	39	35	187	101	296	120	399	50	57	62	67	89
Ga	µmol/kg	223	183	251	162	229	258	257	240	270	274	232	185	225	259	246	263	288	239	245	270
V	µmol/kg	19	20	18	18	17	18	16	20	19	16	15	11	10	11	13	11	10	10	7	12
<b>Tungmetaller</b>																					
Pb	µg/g	0.805	0.59	2.578	1.037	0.73	0.736	1.156	0.694	0.824	0.75	0.748	0.614	0.441	0.539	0.621	0.597	0.483	0.399	0.34	0.442
Ni	µg/g	0.3	-0.1	0.6	0.4	0.3	0.1	0.3	-0.1	0.1	0.2	0.5	0.2	-0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	-0.1	-0.1	-0.1
Zn	µg/g	7.1	10.1	8.2	7.3	7.9	6.4	6.9	6.4	7.7	4.9	23.9	13	88.1	105	46.1	27	19	54.7	127.4	38.3
Hg	µg/g	0.039	0.029	0.049	0.045	0.026	0.034	0.038	0.028	0.043	0.027	0.044	0.032	0.031	0.027	0.029	0.039	0.031	0.030	0.031	0.035
Cu	µg/g	2.4	3.6	3.1	3.4	4.6	2.7	1.6	1.9	4.4	2.2	2	1.5	1.9	1.7	1.4	1.4	1.2	1.1	1.3	1.3

**Vedlegg 12.** Jordkjemiske data fra ruteanalysene for vegetasjon fra fukthei.

- = verdier under deteksjonsgrensen for analysen.

		Aukra					Gulmyran														
	Enhet	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	E1	E2	E3	E4	E5	F1	F2	F3	F4	F5
Gl-tap	%	93.94	86.71	95.32	95.51	95.11	96.27	95.99	90.26	92.35	96.08	96.3	45.58	94.96	93.99	96.59	97.21	97.32	97.42	97.22	97.3
pH-vann		4.3	4.13	4.14	4.21	4.14	4.18	4.04	4.01	4.15	4.09	4.25	4.2	4.15	4.23	4.08	4.26	4.15	4.41	4.29	4.19
KjN	mmol/kg	996	1123	910	752	909	818	923	968	812	902	947	613	926	803	900	840	806	903	864	727
H	mmol/kg	79.2	75	101.4	92.6	84.6	100.4	93.6	73.7	88.8	111.2	72.8	55.4	90.8	103.9	85.8	83	104.8	74.9	84.4	93.6
Al	mmol/kg	5.42	2.89	2.39	4.01	1.92	2.26	2.18	3.2	5.18	5.97	4.41	11.72	7.07	6.71	3.02	1.09	1.56	0.81	1.25	1.6
B	µmol/kg	159	-	171	168	-	-	127	91	230	-	285	59	139	-	153	242	198	285	306	192
Ba	µmol/kg	92.9	155.2	131.4	103.5	105.7	80	85.1	79.8	76.6	161.8	126.4	54.1	170.5	100.3	126.5	78.3	84.4	78	155.3	123.4
C	mmol/kg	559	395	627	556	458	464	548	500	733	473	577	255	548	588	488	531	544	528	421	433
Ca	mmol/kg	57.03	48.78	70.79	44.67	55.16	45.59	57.14	38.85	60.65	49.49	54.68	13.98	46.88	47.27	59.98	53.48	49.21	69.9	56.49	60.98
Co	µmol/kg	8.3	8	8	11	7.5	6	10.5	9	10.6	23.3	11.3	9.8	24.3	19.7	14.7	5.5	7.2	5.4	5.8	8.6
Fe	mmol/kg	0.495	0.284	0.496	0.559	0.244	0.56	0.653	0.95	1.455	0.791	0.721	0.87	1.705	1.397	1.154	0.187	0.36	0.141	0.297	0.284
K	mmol/kg	34.41	19.06	29.13	28.64	21.69	21.41	27.56	22.05	34.92	23	21.46	10.31	25.08	26.17	20.36	22.98	23.29	22.07	18.89	13.65
Mg	mmol/kg	61.95	76.92	60.03	63.78	69.94	58.77	61.36	52.93	44.32	75.06	55.42	19.21	60.28	63.69	71.29	58.82	62.12	62.01	60.67	63.98
Mn	mmol/kg	0.52	0.088	0.942	0.344	0.332	0.406	0.363	0.869	0.993	0.149	1.603	0.111	0.19	0.52	0.229	0.627	0.441	1.106	0.392	0.095
Mo	µmol/kg	1.2	0.9	1.6	1.5	1.4	1.6	1.3	0.9	1.8	1.3	1.2	0.5	1.2	2.2	1.2	1.8	1.9	1.9	2.9	1.6
Na	mmol/kg	21.7	20.5	18.3	19.1	19.5	17.7	18.8	19.4	16.6	21.9	20	7.2	19.9	19.1	18.5	18.2	17.3	19.6	18.7	18.8
P	mmol/kg	3.01	2.85	3.26	2.62	2.43	1.94	2.52	2.33	1.97	4.23	2.71	0.37	2.65	2.67	2.16	3.53	3.01	3.22	3.05	2.13
Pb	µmol/kg	5.4	5.4	5	9.7	5.7	5.1	4.7	7.1	5.3	6.6	3.1	2.4	5.8	6.7	4.9	4.6	8.1	3.4	5.8	7.9
S	mmol/kg	4.11	2.7	4.43	4.01	3.26	3.46	3.51	3.56	4.01	3.7	4.35	1.71	3.98	3.67	3.29	3.45	3.61	3.54	3.09	2.48
Si	µmol/kg	273	190	350	265	239	353	190	263	357	294	400	247	351	310	177	219	325	291	440	285
Sr	µmol/kg	403.6	593.3	381.9	395.9	451.6	369.3	396.1	393.7	230.8	533.2	366	112.7	412	350.4	477.7	300.4	320.9	256.4	343.6	353.6
Zn	µmol/kg	612	370	670	822	560	578	581	352	392	830	640	160	817	686	725	630	687	671	593	695
Kap	mmol/kg	374.3	366.1	412.4	357.8	376.7	349.1	377.8	300.4	352.3	405.5	337.7	139.6	350.4	372.2	387.7	350	369	382.7	357.1	376.2
Basem	%	78.6	79.5	74.9	73.9	77.4	71	75	74.9	74.2	72.5	77.5	60.1	74	71.8	77.8	75.9	71.3	79.8	76.1	75.1

**Vedlegg 13.** Jordkjemiske data fra ruteanalysene for vegetasjon fra nedbørmyr.

- = verdier under deteksjonsgrensen for analysemetoden.

		Aukra					Gulmyran														
		C1	C2	C3	C4	C5	D1	D2	D3	D4	D5	G1	G2	G3	G4	G5	Ha1	Ha2	Ha3	Hb4	Hb5
GI-tap	%	94.99	91.71	95.1	95.7	95.99	97.01	96.93	96.62	96.98	96.98	98.16	97.52	98.27	97.99	97.66	98.01	98.27	97.99	99.27	98.58
pH-vann		4.23	4.36	4.32	4.26	4.33	4.63	4.6	4.43	4.46	4.64	4.51	4.43	4.5	4.43	4.61	4.4	4.25	4.25	4.42	4.56
KjN	mmol/kg	871	819	809	771	684	442	572	525	610	599	688	689	464	768	695	604	512	697	605	296
H	mmol/kg	98	110	102.7	92.4	101.1	173.7	186.1	131.8	131.4	120.3	157.4	177.3	209.7	115.2	121.4	130.5	86.3	81.3	99.7	165.9
Al	mmol/kg	7	7.97	6.36	7.17	5	12	14.41	6.29	7.36	7.17	2.53	3.21	2.22	2.29	1.74	1.96	1.86	1.73	1.74	3.63
Ba	µmol/kg	121.6	100.1	111	113.2	119.4	72.4	84.9	87.7	85.1	81.6	29.8	46	29.4	50.6	39.1	33.1	32.8	42	38.8	22.3
C	mmol/kg	457	496	494	585	535	374	336	389	481	739	591	434	524	631	537	682	514	446	513	527
Ca	mmol/kg	58.08	49.58	50.1	50.28	49.95	53.43	61.08	48.31	49.66	51.51	56.03	65.98	56.67	53.93	65.27	47.62	35.86	43.48	48.39	41.34
Co	µmol/kg	19.8	17.4	20.7	16.7	14.1	19.5	25.5	20	24.9	19.3	6.1	6.1	7.9	8.3	-	7.4	2.6	3.6	5.8	-
Fe	mmol/kg	2.417	2.559	2.515	2.183	1.493	3.012	4.5	1.483	2.135	2.019	1.469	3.227	1.174	1.442	1.178	1.039	0.675	0.612	0.468	0.755
K	mmol/kg	19.25	24.14	19.32	29.82	26.69	22.11	15.96	19.93	24.13	23.89	32.77	4.15	42.85	26.84	17.04	43.32	21.68	17.51	25.62	25.44
Mg	mmol/kg	76.08	72.29	69.86	68.57	68.87	86.2	89.03	65.64	72.8	72.28	85.04	107.1	95.97	77.16	85.41	74.72	61.47	67.16	76.84	83.34
Mn	mmol/kg	0.575	0.552	0.398	0.368	0.635	0.392	0.354	0.748	0.365	1.099	0.299	0.129	0.309	0.241	0.196	0.443	0.213	0.114	0.187	0.119
Mo	µmol/kg	1.8	2.4	2	1.5	2.2	6.9	5.7	3.1	2.8	3.9	5	5	5.5	3.4	5	4	2.1	1.7	3.6	6.7
Na	mmol/kg	22.1	22.1	20.7	21.8	22.3	34.7	42.1	21.1	25	21	32.5	26	57.2	22.7	23	23.2	20.2	20	23.8	33.9
P	mmol/kg	2.15	2.45	2.82	3.29	5.15	2.2	4.75	2.07	3.48	3.44	2.1	1.85	1.86	2.03	2.97	1.72	1.24	1.53	1.71	0.52
Pb	µmol/kg	7.1	8.2	5.8	4.9	6.4	7.9	6.9	-	3.8	5.2	6.1	9.8	-	5.7	-	4.4	3	4.6	7.9	-
S	mmol/kg	3.79	3.75	3.65	4.57	3.71	3.84	4.44	3.07	3.98	3.62	4.26	3.25	3.83	4.61	3.42	4.37	3.51	3.15	3.5	3.4
Si	µmol/kg	247	-	399	237	374	-	-	-	-	700	764	-	-	428	-	-	257	209	-	-
Sr	µmol/kg	554.9	442.1	473.1	446.5	400.9	375.2	421.1	350.6	386.7	348.2	316.9	452.4	287.5	359.9	375.1	261.7	286.3	384.9	323.6	207.4
Zn	µmol/kg	747	953	826	920	720	911	1090	789	1024	844	796	641	910	848	530	857	714	669	638	653
Kap	mmol/kg	408.8	401.1	383.5	382.4	389	510.6	545	402.3	426.3	415	505.4	553.9	615.7	427.4	463.1	442.6	323.3	340.3	400	474.9
Basem	%	75.7	72.3	73	75.7	73.7	65.8	65.7	66.9	69	70.5	68.7	67.9	65.8	72.9	73.7	70.3	73.2	76	75	65



**Vedlegg 14.** Tungmetaller i gytje/dy (mg/kg) fra lokalitetene Aukra og Gulmyran.

Lokalitet Prøvenr.	Aukra					Gulmyran				
	G1Auk	G2Auk	G3Auk	G4Auk	G5Auk	G1Gul	G2Gul	G3Gul	G4Gul	G5Gul
Pb	7.25	3.977	9.104	7.44	8.07	7.267	11.554	23.807	20.395	9.76
Ni	2	1.9	1.9	1.7	1.5	1.6	2	1.9	2	1.4
Cu	14.7	3.9	10.4	7.3	3.5	3.1	3.2	3.9	3.4	2.4
Zn	11.9	7.7	12.6	12.3	10.5	7.6	10.6	9.7	7.4	8.5
Hg	0.073995	0.07837	0.09357	0.10864	0.20861	0.09156	0.11039	0.16027	0.17028	0.08243

**Vedlegg 15. Kjemisk innhold av myrvann.**

Ledn. = ledningsevne. - = verdier under deteksjonsgrensen for analysemetoden.

Lokalitet		Aukra					Gulmyran					
Prøve		H1Auk	H2Auk	H3Auk	H4Auk	H5Auk	T1Gul	T2Gul	H3Gul	H4Gul	H5Gul	
<b>Kjemisk innhold</b>	Ledn.	µS/cm	66.6	86.3	85.4	87.3	80.3	62.8	79.5	64.9	74.6	68.9
	pH		4.6	4.41	4.41	4.4	4.42	4.82	4.44	4.73	4.42	4.58
	NH <sub>4</sub> -N	mg/l	0.09	0.1	0.1	0.1	0.11	0.12	0.22	0.24	0.12	0.1
	Total N	mg/l	0.61	0.64	0.62	0.6	0.56	0.35	0.6	0.51	0.39	0.39
	Al	mg/l	0.24	0.436	0.302	0.314	0.233	0.023	0.024	0.03	0.033	0.034
	Ca	mg/l	0.44	0.48	0.6	0.58	0.51	0.31	0.26	0.33	0.37	0.36
	Cu	mg/l	0.002	0.003	0.007	0.007	0.008	0.003	0.003	0.009	0.004	0.002
	Fe	mg/l	0.252	0.175	0.231	0.233	0.165	0.043	0.035	0.032	0.049	0.054
	K	mg/l	0.033	0.483	0.204	0.172	0.224	0.194	0.275	0.383	0.099	0.007
	Mg	mg/l	0.846	0.917	1.038	1.008	0.947	0.744	0.887	0.732	0.874	0.904
	Na	mg/l	8.921	10.16	10.63	10.48	9.793	7.239	9.979	8.188	7.963	8.301
	S	mg/l	0.447	0.799	0.398	0.381	0.422	0.668	0.411	0.344	0.387	0.356
Si	mg/l	0.22	0.08	0.22	0.18	0.16	0.04	0.02	0.06	0.03	0.03	
<b>Tungmetaller</b>	Pb	ng/ml	0.74	2.039	0.512	0.49	0.375	0.176	1.811	1.249	0.274	0.245
	Ni	ng/ml	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cu	ng/ml	0.55	0.56	3.56	4.32	1.7	0.38	0.44	0.37	0.12	0.21
	Zn	ng/ml	6.1	1.7	3.3	3.8	2.3	2.2	4.3	6.5	2	1.7
	Hg	ng/ml	2.65051	2.7321	2.97743	2.85749	2.92426	1.56371	4.11258	5.45833	2.95478	2.98382



# NINA Rapport 440

ISSN:1504-3312

ISBN: 978-82-426-2006-4



## 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)