

1934

NINA Rapport

Miljøovervåkingsprogram for Nyhamna landanlegg – Nyhamna, Gossa

Overvåking av vegetasjon og jord – endringer fra 2008 til 2020

Mari Jokerud, Tessa Bargmann, Linn Vassvik, Vegar Bakkestuen, Magni Olsen Kyrkjeide, Hilde Thelle Uggerud



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

Dette er NINAs ordinære 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 engelsk, som NINA Report.

NINA Temahefte

Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. Heftene har vanligvis en populærvitenskapelig form med vekt på illustrasjoner. NINA Temahefte kan også utgis på engelsk, som NINA Special Report.

NINA Fakta

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. 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 forskningsresultater i internasjonale vitenskapelige journaler og i populærfaglige bøker og tidsskrifter.

Miljøovervåkingsprogram for Nyhamna landanlegg – Nyhamna, Gossa

Overvåking av vegetasjon og jord – endringer i kjemiske
parametere fra 2008 til 2020

Mari Jokerud
Tessa Bargmann
Linn Vassvik
Vegar Bakkestuen
Magni Olsen Kyrkjeeide
Hilde Thelle Uggerud

Jokerud, M., Bargmann, T., Vassvik L., Bakkestuen, V., Kyrkjeide, M.O. & Uggerud, H.T. 2021. Miljøovervåkingsprogram for Nyhamna landanlegg – Nyhamna, Gossa. Overvåking av vegetasjon og jord – endringer i kjemiske parametere fra 2008 til 2020. NINA Rapport 1934. Norsk institutt for naturforskning.

Bergen, januar 2021

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-4711-5

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

KVALITETSSIKRET AV

Per Arild Aarrestad

ANSVARLIG SIGNATUR

Ass. forskningssjef Jørgen Rosvold (sign.)

OPPDRAKSGIVER

A/S Norske Shell

KONTAKTPERSON HOS OPPDRAGSGIVER

Ragnhild Båtnes Berntsen

FORSIDEBILDE

Venstre: Fastmattevegetasjon på atlantisk høymyr, Gule-Stavikmyrane naturreservat.

Øverst til høyre: Måleinstrument for NDVI (klorofyll/ grønnhetsindeks), FieldScout CM 1000 NDVI Meter.

Nederst til høyre: Røsslyng (*Calluna vulgaris*) i blomst.

© Mari Jokerud

NØKKEWORD

- Aukra, Harøya, Fræna, Møre & Romsdal fylke, Ormen Lange
- Oljeindustri, prosessanlegg, miljøovervåking
- Luftforurensing, nitrogengjødsling, eutrofiering, forsuring
- Vegetasjon, artssammensetning, nedbørsmyr, kystlynghei
- Plantekjemi, jordanalyser, jordvannanalyser, tungmetaller, gjenanalyser

KEY WORDS

- Aukra, Harøya, Fræna, Møre & Romsdal county, Ormen Lange
- Oil industry, process plant, environmental monitoring
- Air pollution, nitrogen fertilization, eutrophication, acidification
- Vegetation, species composition, bogs, heathland
- Plant chemistry, soil analyses, ground water analyses, heavy metals, re-analyses

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor
Postboks 5685 Torgarden
7485 Trondheim
Tlf: 73 80 14 00

NINA Oslo
Sognsveien 68
0855 Oslo
Tlf: 73 80 14 00

NINA Tromsø
Postboks 6606 Langnes
9296 Tromsø
Tlf: 77 75 04 00

NINA Lillehammer
Vormstuguvegen 40
2624 Lillehammer
Tlf: 73 80 14 00

NINA Bergen
Thormøhlens gate 55
5006 Bergen
Tlf: 73 80 14 00

www.nina.no

Sammendrag

Jokerud, M., Bargmann, T., Vassvik L., Bakkestuen, V., Kyrkjeeide, M.O. & Uggerud, H.T. 2021. Miljøovervåkingsprogram for Nyhamna landanlegg – Nyhamna, Gossa. Overvåking av vegetasjon og jord – endringer i kjemiske parametere fra 2008 til 2020. NINA Rapport 1934. Norsk institutt for naturforskning.

A/S Norske Shell sitt landanlegg i Nyhamna på øya Gossa i Aukra kommune mottar ubehandlet gass og lettolje (kondensat) fra Ormen Lange-feltet i Norskehavet. Fra og med desember 2018 får Nyhamna også tilført ubehandlet gass fra Aasta Hansteen-feltet. Ved produksjon av salgsgass og kondensat slipper landanlegget ut CO, CO₂, NO_x, CH₄, NMVOC (inklusive BTEX), SO₂ og mindre mengder tungmetaller etter utslippstillatelse gitt av Miljødirektoratet. Utslipp av nitrogen og svovelholdige gasser kan generelt påvirke terrestriske økosystemer ved forsurening og gjødsling av jordsmonn og vegetasjon. For å kunne dokumentere eventuelle effekter av utslipp til luft av forurensende stoffer, ble det i 2008 etablert en overvåking av vegetasjon, vann og jord i påvirkningsområdet fra Nyhamna landanlegg. Overvåkingen er videreført med noen justeringer i metodikk siden oppstart.

Det ble i 2008 opprettet to overvåkingsområder, ett med relativt høy avsetning av nitrogen nordøst for anlegget innenfor Gule-Stavikmyrane naturreservat i Fræna kommune (lokalitet Gulmyran), og ett sørvest for landanlegget på øya Gossa med mindre nitrogenavsetning (lokalitet Aukra, referanselokalitet). Etter analysen i 2016 anbefalte NINA å legge ned lokalitet Aukra, fordi den ikke lengre egnert seg som referanseområde på grunn av høyt beitetrykk fra hjortevilt, for nær beliggenhet til utslipp fra prosessanlegget på Nyhamna og lokal forurensing fra biltrafikk og nærliggende grøfting av myrområdet. I 2018 ble det derfor etablert en ny referanselokalitet innenfor Lomstjønnanaturreservat på Harøya i Ålesund kommune. Kystlyngheiene på Gulmyran har en mer fuktig utforming enn ved Lomstjønnanaturreservatet. Derfor ble det i 2020 opprettet to nye analysefelt av kystlynghei på Gulmyran med en tørrere utforming som ligner kystlyngheia på Lomstjønnanaturreservatet, og ett av de tidligere analysefeltene ble lagt ned.

Innen hvert område utføres en integrert overvåking av vegetasjonens artssammensetning og kjemisk innhold i planter, humusjord og jordvann i tre ulike næringsfattige vegetasjonstyper: 1) kystlynghei, 2) tuemyr og 3) fastmattemyr, begge de to siste på nedbørsmyr. Disse vegetasjonstypene anses å ha lave tålegrenser for forurensing og er følsomme for forsurening og eutrofiering. I tillegg ble det utført optiske målinger av plantenes grønnehet (NDVI), som gir en indikasjon på helsestilstanden til vegetasjonen. Her rapporteres resultater fra vegetasjonsundersøkelsen, og de kjemiske målingene av plantevev, jord og jordvann på Gulmyran og Lomstjønnanaturreservatet i 2020, samt en vurdering av endring av målte parametere over tid.

Generelt viser analysene at både de terrestriske og akvatiske økosystemer er i relativt god tilstand på begge lokaliteter. Vegetasjonsanalysene viser at vegetasjonen i alle tre naturtyper har en ganske lik artssammensetning på Lomstjønnanaturreservatet og Gulmyran. Utvalget av de nye kystlyngheifeltene på Gulmyran har således vært vellykket. Det er heller ingen store endringer i vegetasjonen over tid, men graminiden torvull har økt i mengde på myrfeltene på Gulmyran. Dette kan være en begynnende eutrofiering av vegetasjonen på grunn av økt nitrogenavsetning. Analysen av plantekjemien viser også at endringene over analyseårene er relativt små. Innholdet av både makro-næringsstoffer og sporelementer i plantevevsprøver er også sammenlignbare mellom lokalitetene. Innholdet av tungmetaller i plantevevsprøvene fra Gulmyran har hatt en generell nedgang. I likhet med analysene gjort på plantevevet viser de kjemiske analysene av jordvann og humusjord fra 2008 til 2020 små endringer i de overvåkede parametere på lokaliteten Gulmyran. Selv om det har vært en signifikant nedgang i pH i både jord og jordvann over analyseårene, er pH verdiene tilsvarende på Lomstjønnanaturreservatet, og utviklingen er lik på begge lokalitetene. Utviklingen i nitrogeninnholdet i jord og jordvann er også nokså lik på begge lokalitetene, og er foreløpig ikke forårsaket av nitrogenutslipp fra landanlegget. Konsentrasjonen av tungmetallene i både jord og jordvann er relativt små, og alle signifikante endringer på Gulmyran mellom 2008 og 2020 viser

tilbakegang av elementene. Det er likevel noe bekymringsfullt at innholdet av alle tungmetallene har økt i humusjord fra Gulmyran fra 2018 til 2020.

Foreløpig er det liten grunn til å tro at endringer i de fleste av parameterne skyldes utslipp fra Nyhamna landanlegg. Likevel er det viktig at man fortsetter innsamling av eksisterende parametere for bedre å vurdere utviklingen på Gulmyran i forhold til den nyopprettede referanselokaliteten, særlig gjelder dette den videre utviklingen av tungmetaller og økningen de to siste årene.

Mari Jokerud (mari.jokerud@nina.no), Tessa Bargmann (tessa.bargmann@nina.no), Linn Vassvik (linn.vassvik@nina.no), Norsk institutt for naturforskning (NINA), Thormøhlensgate 55, 5006 Bergen.

Vegar Bakkestuen (vegard.bakkestuen@nina.no), NINA, Sognsveien 68, 0855 Oslo.

Magni Olsen Kyrkjeeide (magni.kyrkjeeide@nina.no), NINA, Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim.

Hilde Thelle Uggerud (htu@nilu.no), Norsk institutt for luftforskning (NILU), Instituttveien 18, 2027 Kjeller.

Abstract

Jokerud, M., Bargmann, T., Vassvik L., Bakkestuen, V., Kyrkjeeide, M.O. & Uggerud, H.T. 2021. The environmental monitoring program for the Nyhamna Onshore Processing Plant – Nyhamna, Gossa. Monitoring of vegetation and soil – changes in chemical parameters from 2008 to 2020. NINA Report 1934. Norwegian Institute for Nature Research.

Shell has an onshore processing plant in Aukra municipality which receives unprocessed gas and condensate from the Ormen Lange field in the Norwegian Sea. Starting in December 2018, Nyhamna also receives unprocessed gas from the Aasta Hansteen field. During processing of sales gas and condensate, the plant emits CO, CO₂, NO_x, CH₄, NMVOC (including BTEX), SO₂ and small amounts of heavy metals, as specified in the discharge permit issued by the Norwegian Environment Agency. Emissions of nitrogen and sulphur containing gasses may affect terrestrial ecosystems through acidification and fertilization of soil and vegetation. To document the effects of emissions to air on terrestrial ecosystems, a monitoring program for vegetation, groundwater and soil was established in 2008. Monitoring has continued with some adjustments to methodology since the start of the program.

Two monitoring sites were established in 2008, one with a relatively high deposition of nitrogen north of the processing plant within the Gule-Stavmyrane nature reserve in Fræna municipality (Gulmyran) and one south of the plant with lower nitrogen deposition on the island Gossa (Aukra, reference site). After analyses in 2016, NINA recommended that the Aukra site be shut down as it was no longer suitable as a reference site due to relative high grazing impact from deer, close proximity to emissions from the processing plant on Nyhamna, and local pollution from traffic and nearby ditching of bogs. A new reference site within the Lomstjønnna nature reserve on Harøya in Ålesund municipality was therefore established in 2018. As the heaths on Gulmyran are generally wetter than on Lomstjønnna, we established two new plots in a drier heath-type on Gulmyran, and one of the earlier Gulmyran plots was discontinued.

Within each site, an integrated monitoring of species composition of the vegetation and chemical content in plants, soil and groundwater is carried out in three nutrient-poor vegetation types: 1) dry oligotrophic *Calluna vulgaris* dominated heathland, 2) hummocks and 3) wet oligotrophic lawns, both on raised bogs. These vegetation types are considered to have low critical loads for air pollution, and are sensitive to acidification and eutrophication. In addition, optical measurements of greenness (NDVI) were done, to give an indication of plant vitality at the study sites. This report presents results from the vegetation analysis, the chemical analyses of soil, groundwater and plant matter from Gulmyran and Lomstjønnna in 2020, as well as evaluates changes in the measured parameters over time.

In general, our analyses show that both the terrestrial and aquatic ecosystems are in relatively good condition on both sites. The vegetation analyses show that all three vegetation types have a similar species composition between sites. The selection of the new heathland plots on Gulmyran has thus been successful. There are no major changes in the vegetation over time, but *Eriophorum vaginatum* has increased in the hummock plots on Gulmyran. This may be an indication of eutrophication due to increased nitrogen deposition. The analyses of plant chemistry also show that changes over time are relatively small, and that the content of both macro-nutrients and trace elements in plant tissue samples is comparable between sites. The heavy metal content in plant tissue samples from Gulmyran has generally declined. In accordance with the analyses performed on the plant tissue, the chemical analyses of groundwater and soil from 2008 to 2020 show small changes in the monitored parameters at the Gulmyran site. Although there has been a significant decrease in pH in both soil and groundwater over time, the pH values are similar at Lomstjønnna, and the trend is the same at both sites. Changes in nitrogen content in soil and groundwater is also similar at both sites, and is therefore unlikely to be caused by nitrogen emissions from the processing plant at this time. Heavy metal concentrations in soil and groundwater are relatively small, and all significant changes on Gulmyran between 2008 and

2020 show a reduction in these elements. Nevertheless, it is somewhat worrying that the content of all heavy metals has increased in soil at Gulmyran from 2018 to 2020.

At this point, there is little reason to believe that changes in most of the parameters are due to emissions from the Nyhamna onshore facility. Nevertheless, it is important to continue collecting data in order to assess the changes at Gulmyran in relation to the newly established reference site, particularly in regard to heavy metal concentrations and the increase over the last two years.

Mari Jokerud (mari.jokerud@nina.no), Tessa Bargmann (tessa.bargmann@nina.no), Linn Vassvik (linn.vassvik@nina.no), Norwegian Institute for Nature Research (NINA), Thormøhlensgate 55, 5006 Bergen.

Vegar Bakkestuen (vegard.bakkestuen@nina.no), NINA, Sognsveien 68, 0855 Oslo.

Magni Olsen Kyrkjeeide (magni.kyrkjeeide@nina.no), NINA, Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim.

Hilde Thelle Uggerud (htu@nilu.no), Norwegian Institute for Air Research (NILU), Instituttveien 18, 2027 Kjeller.

Innhold

Sammendrag	3
Abstract	5
Innhold	7
Forord	8
1 Innledning	9
2 Områdebeskrivelse	10
2.1 Overvåkingsområder, naturgrunnlag og vegetasjon.....	10
2.2 Ytre påvirkningsfaktorer.....	12
2.3 Forurensingsbelastning.....	12
3 Overvåkningsdesign, materiale og metoder	13
3.1 Analyser av vegetasjon.....	14
3.2 Plantefysiologiske målinger.....	15
3.3 Kjemiske analyser av plantevev fra lav og moser.....	16
3.4 Kjemiske analyser av jordvann.....	17
3.5 Kjemiske analyser av humusjord.....	18
3.6 Statistisk bearbeiding av data.....	19
4 Resultat	20
4.1 Vegetasjonens artssammensetning.....	20
4.1.1 Vegetasjonstyper.....	20
4.1.2 Forskjeller i artssammensetning av vegetasjon.....	21
4.1.3 Endringer over tid.....	22
4.2 Grønnhet (NDVI).....	23
4.3 Kjemiske analyser av lav og moser.....	24
4.3.1 Makro-næringsstoffer i plantevevsprøver.....	24
4.3.2 Sporelementer i plantevevsprøver.....	25
4.3.3 Tungmetaller i plantevevsprøver.....	27
4.4 Kjemiske analyser av jordvann.....	29
4.4.1 Ledningsevne, pH og nitrogenkomponenter i jordvann.....	29
4.4.2 Tungmetaller i jordvann.....	30
4.5 Kjemiske analyser av humusjord.....	31
4.5.1 Glødetap, pH og nitrogenforbindelser i humusjord.....	31
4.5.2 Tungmetaller i humusjord.....	32
5 Diskusjon	33
5.1 Vegetasjon.....	33
5.2 Grønnhet (NDVI).....	33
5.3 Kjemisk innhold i planter.....	34
5.4 Kjemisk innhold i jordvann.....	34
5.5 Kjemisk innhold i humusjord.....	36
5.6 Hovedkonklusjon.....	36
6 Referanser	38
7 Vedlegg	41

Forord

A/S Norske Shell har utarbeidet et miljøovervåkningsprogram for drift av Nyhamna landanlegg som bla. omhandler effekter av utslipp til luft på naturmiljøet i influensområdet til bedriften. I overvåkningsprogrammet inngår en langsiktig studie av vegetasjon og jordsmonn av utslipp til luft fra prosessanlegget på Nyhamna. NINA har hatt ansvaret for overvåkningsstudiet fra oppstart i 2008. Denne rapporten omhandler innsamlede data fra 2018, samt en ny vurdering av mulige effekter på naturmiljøet.

I løpet av overvåkningsperioden har det vært et godt samarbeid med A/S Norske Shell, Fylkesmannen i Møre og Romsdal og kommunene Aukra, Fræna og tidligere Sandøy kommune. Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) ved Jan Erik Jacobsen og Norsk institutt for luftforskning (NILU) har alle år bidratt med kjemiske analyser av planter, jord og jordvann.

Kontaktperson ved Norske Shell ved oppstart var Mark Silverstone, fra 2013 til 2019 Siv Kristoffersen og siden 2020 har vår kontakt vært Ragnhild Båtnes Berntsen. I en tidlig fase var også Statnett ved Trygve Bersås en av oppdragsgiverne.

Heidi Elin Myklebost har bidratt i lagring og tilretteleggingen av dataene for analyse, Sindre Mølversmyr har klargjort og sendt innsamlede prøver for kjemiske analyser til samarbeidspartnerne våre, Øyvind Lynne bidro med vegetasjonsanalyser, og Per Arild Aarrestad har bidratt med tolkning av resultatene.

Vi ønsker å takke alle kontaktpersoner hos oppdragsgiver, institusjonene NILU og NIBIO og våre ingeniører for et godt samarbeid gjennom overvåkningsperioden.

Bergen, 08.01.2021

Mari Jokerud
Prosjektleder

1 Innledning

Utbyggingen av landanlegget på Nyhamna på øya Gossa i Aukra kommune ble startet i 2003, og anlegget ble ferdigstilt for drift i 2007. Her mottas ubehandlet gass fra Ormen Lange-feltet i Norskehavet ca. 120 km vest for Kristiansund. Fra og med desember 2018 får Nyhamna også tilført gass fra Aasta Hansteen-feltet, som ligger i den nordlige delen av Norskehavet, 300 km vest for Sandnessjøen. Gassen tørkes og komprimeres før den sendes ut på markedet.

Et program for å overvåke mulige effekter av utslipp til luft på det terrestriske naturmiljøet ble opprettet i 2008 på lokalitetene Aukra og Gulmyran.

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 jordvannkjemi, særlig med tanke på tungmetaller og nitrogenforbindelser.

En grunnlagsundersøkelse med alle komponenter ble utført i 2008 (Aarrestad et al. 2009). Denne ble re-analysert i 2010 (Aarrestad et al. 2011) og i 2016 (Aarrestad et al. 2017). I tillegg ble årlige analyser av plantevekst og kjemiske parametere i jord og jordvann samlet inn i perioden 2011 til 2015 (Aarrestad & Bakkestuen 2012, Aarrestad et al. 2013, Aarrestad et al. 2014, Aarrestad & Bakkestuen 2014, Aarrestad & Bakkestuen 2015).

NINA anbefalte å avslutte overvåkingen ved lokalitet Aukra etter reanalysen i 2016, da den ikke lengre egnet seg som referanseområde. Dette skyldtes at området hadde ytre påvirkninger som sterkt beitepress fra hjortevilt, grøfting og større urban bakgrunnsforurensing enn lokaliteten på Gulmyran (Aarrestad et al. 2017). Det ble derfor i 2018 etablert en ny referanselokalitet på Harøya ved Lomstjønnå, en øy sørvest for Gossa der nedfall fra bedriften høyst sannsynlig er særdeles lite (Jokerud et al. 2019). Lokaliteten har blitt analysert etter samme metodikk som overvåkingen på Gulmyran.

I 2018 utførte NINA flere målinger av fysiologiske egenskaper som kan si noe om plantenes helsetilstand. Dette ble videreført i 2020 og plantenes grønnet (NDVI) ble målt på et utvalg av arter på både Lomstjønnå og Gulmyran.

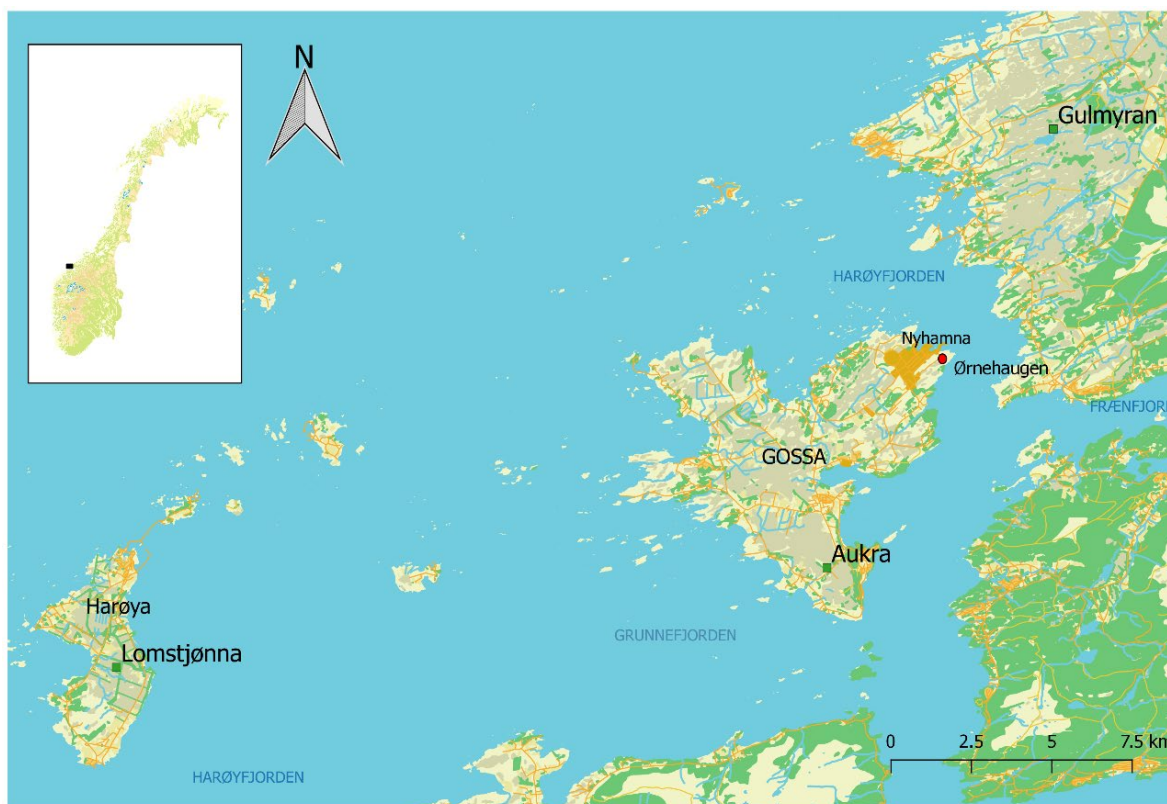
Her rapporteres endringer i vegetasjon, jord- og jordvannkjemi fra første grunnlagsundersøkelse i 2008 til tredje gjenanalyse i 2020 for Gulmyran, og for Lomstjønnå fra første grunnlagsundersøkelse i 2018 til første gjenanalyse i 2020. Vegetasjon, plante-, jord- og vannkjemi på de to lokalitetene blir også sammenlignet for å undersøke eventuelle forskjeller mellom lokalitetene. Dataene for plantevekst, samlet inn fra 2008 til 2015, og jordkjemi fra analyserutene av vegetasjon i 2008 og 2010, er rapportert tidligere og inngår ikke i denne rapporten. For endringer i plantevekst se Aarrestad og Bakkestuen (2015) og for jordkjemi se Aarrestad et al. (2011).

2 Områdebeskrivelse

2.1 Overvåkingsområder, naturgrunnlag og vegetasjon

Kriteriene for utvelgelse av overvåkingsområder var forekomst av vegetasjon følsom for eutrofi-ering (gjødsling) ved økt nitrogennedfall og som har ulik belastning av forurensende stoffer fra utslipp fra landanlegget (jf. Aarrestad et al. 2009). Etter befaring i 2008 ble det valgt ut to overvåkingsområder, ett sør på øya Gossa i Aukra kommune mellom Aukrasanden og Hjertvika – lokalitet Aukra, og ett ved Gulevatnet på Gule-Stavikmyrane naturreservat i daværende Fræna kommune – lokalitet Gulmyran (**Figur 1**), nå i Hustadvika kommune. Etter 2016 ble lokaliteten Aukra lagt ned og lokalitet Lomstjønnna naturreservat på Harøya i daværende Sandøy kommune ble opprettet i 2018 (**Figur 1**), nå i Ålesund kommune. Både Gulmyran og Lomstjønnna består av ombrotrof atlantisk høymyr som tilsvarer naturtypen nedbørsmyr (V3) og kalkfattige kystlyngheier (T34-C2) i Natur i Norge (NiN2.2.0) (Bratli 2019) (**Figur 2** og **Figur 3**). Naturtypen nedbørsmyr er delt inn i to enheter etter mikrostruktur på myr, tue og fastmatte, heretter kalt tuemyr og fastmattemyr. Kystlyngheiene på Gulmyran hadde en litt mer fuktig utforming enn ved Lomstjønnna, med flere fuktighetskrevede arter som heisiv, rome, torvull og torvmoser, derfor ble det i 2020 opprettet to nye analysefelter på Gulmyran med en tørrere utforming som ligner kystlyngheia på Lomstjønnna.

I følge avsetningsverdier for nitrogenen fra landanlegget på Nyhamna, modellert av Norsk institutt for luftforskning (McInnes et al. 2008), er lokalitetene Aukra og Gule-Stavikmyrane påvirket. Avsetningene er høyest på Gulmyran, mens den nye lokaliteten Lomstjønnna ikke er påvirket. Lomstjønnna er referanselokaliteten der vi forventer ingen til svært små endringer, mens Gulmyran er lokaliteten der vi forventer at det kan skje endringer hvis utslippene fra landanlegget på Nyhamna påvirker naturen.



Figur 1. Kart med overvåkingslokalitetene Gulmyran og Lomstjønnna, samt den gamle overvåkingslokaliteten Aukra, og plassering av Nyhamna landanlegg på Gossa (Nyhamna). Kartgrunnlag N50 kartdata. Brukstillatelse gjennom Kartverket.



Figur 2. Overvåkingsområdet på Gule-Stavikmyrane naturreservat i Hustadvika kommune, lokalitet Gulmyran. Med kystlynghei fremst i bildet, og atlantisk høymyr utgjør mesteparten av bildet. Foto: Per Arild Aarrestad.



Figur 3. Overvåkingsområde på Lomstjønna naturreservat i Ålesund kommune. Atlantisk høymyr utgjør store deler av bildet, mens plantet gran kan sees i bakgrunnen. Foto: Per Arild Aarrestad.

2.2 Ytre påvirkningsfaktorer

Lokalitet Gulmyran (**Figur 2**) ligger ca. 600 meter fra vei i et vernet område (Gule-Stavikmyrane naturreservat). Ytre påvirkninger er minimale, men området beites noe av hjortevilt. Lokalitet Lomstjønnna (**Figur 3**) ligger ca. 700 meter fra vei og ligger delvis innenfor Lomstjønnna naturreservat. Ytre påvirkninger antas å være minimale, men området beites også noe av hjortevilt og deler av det store myrkomplekset som lokaliteten ligger på, er grøftet og plantet med sitkagran.

2.3 Forurensingsbelastning

Nyhamna prosessanlegg på Aukra slipper ut CO, CO₂, NO_x, CH₄, NMVOC (flyktige organiske forbindelser unntatt metan), inklusiv BTEX (bensen, toluen, etylbensen og xylen) og SO₂, samt mindre mengder tungmetaller, der alle stoffene er regulert gjennom utslippstillatelsen. Det har vært gjennomført et modifieringsprosjekt på varmoljekjelene på Nyhamna, som har bidratt til nærmere en halvering av historiske NO_x-utslipp. Prosjektet var ferdigstilt 2016, og bekreftelsesmålinger ble gjennomført høst 2016. Utslippene er på nivå med kravene i tillatelsen.

Utslippene fra landanlegget var ved oppstart beregnet til å ligge under gjeldende kritiske nitrogen tålegrenseverdier for terrestriske naturtyper i påvirkningsområdet. Tålegrensen for nitrogen er satt til 1000 mg N/m² pr år for kystlynghei og 500 mg N/m² per år for nedbørsmyr (se Austnes et al. 2018, Bobbink & Hettelingh 2011). Hvis denne grensen blir overskredet, kan det skje endringer i økosystemet. Dagens nitrogenavsetning i nærområdet til landanlegget, basert på estimerte avsetninger i EMEPs rutenett på 50 x 50 km ligger på 574 mg N/m² pr år på Gulmyran og 494 mg N/m² pr år ved Lomstjønnna (Aas et al. 2017) for perioden 2012-2016. Den antatte maksimale totale nitrogenbelastningen fra anlegget er på 10 mg N/m² pr år og gjelder områdene nord for anlegget (Knudsen et al. 2002). Oppdatert konsekvensutredning fra 2008 (McInnes et al. 2008) har estimert enda lavere verdier med maksimal N-nedfall til 0,09 mg N/m² pr år nord for anlegget. Lokaliteten Lomstjønnna er således forventet å ha ingen eller mindre avsetninger fra landanlegget på Nyhamna enn lokaliteten Gulmyran. Gulmyran overskrider N-tålegrensen for nedbørsmyr på 500 mg N/m² pr år (Austnes et al. 2018) og utslipp fra landanlegget kan således påvirke dette økosystemet. Lomstjønnna ligger imidlertid i grenseområde for overskridelse av N-tålegrensen for nedbørsmyr på 500 mg N/m² pr år (Austnes et al. 2018) og små avsetninger kan påvirke økosystemet i mindre grad.

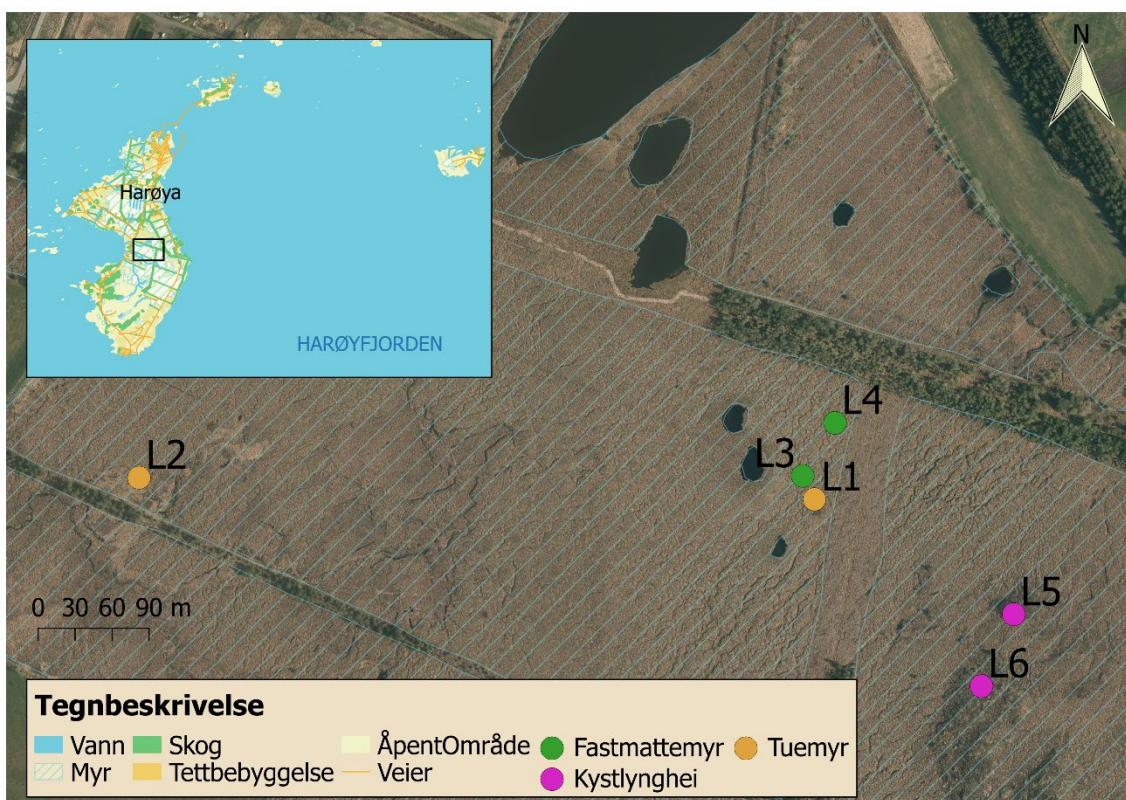
3 Overvåkingsdesign, materiale og metoder

Innen hvert område utføres det en integrert overvåking av vegetasjonens artssammensetning i tre vegetasjonstyper (kystlynghei, tuemyr og fastmattemyr) og kjemisk innhold i planter, jord og jordvann (økosystemanalyse). Overvåkingsparameterne er valgt ut fordi de kan respondere på forurensningstilstanden i området. For nærmere beskrivelse av felter, analyseruter og målepunkter for innsamling av jordprøver, vannprøver og plantevevsprøver på Gulmyran og Lomstjønnna se tidligere rapporter (Jokerud et al. 2019, Aarrestad et al. 2009, Aarrestad et al. 2011, Aarrestad et al. 2017). **Figur 4** viser lokaliteten Lomstjønnna med posisjonene til de seks analysefeltene som ble lagt ut i 2018 (L1-6). **Figur 5** viser lokaliteten Gulmyran med posisjonene til de fem analysefeltene som ble lagt ut i 2008 (Felt E, F, G, Ha og Hb), de to som ble lagt ut i 2010 (Felt K og L), samt de to nye feltene i kystlynghei som ble lagt ut i 2020 (Felt M og N).

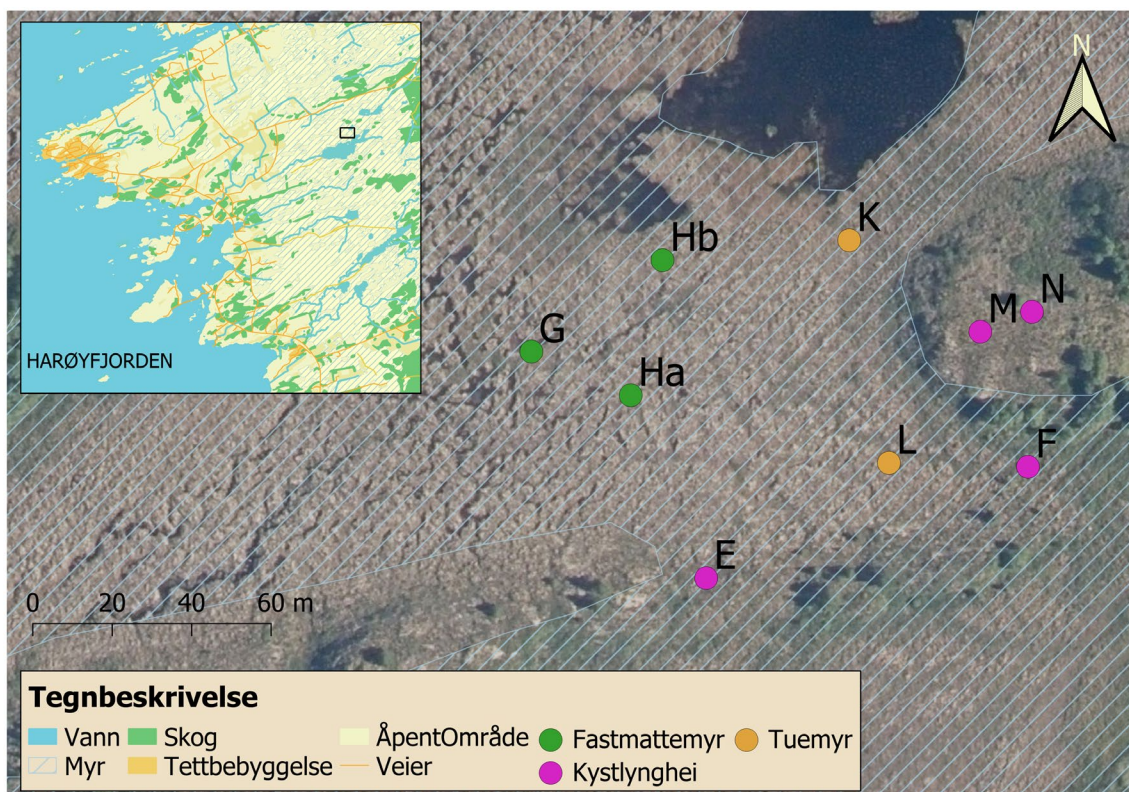
I perioden 14-18. juni i 2020 ble det utført en full vegetasjonsanalyse ved Lomstjønnna og Gulmyran. Siden det var for tørt for innsamling av jord- og jordvannsprøver i juni ble dette samlet inn 9.-11. august 2020 etter en periode med nedbør.

Nomenklatur

Navn på lav, moser og karplanter følger Artsdatabankens navnsetting (www.artsdatabanken.no/) fra 2020. Alle vitenskapelige artsnavn er oppgitt i **Vedlegg 1**.



Figur 4. Kart over lokaliteten Lomstjønnna på Harøya, samt posisjonen av de seks analysefeltene. Kartgrunnlag N50 kartdata og Ortofoto Sandøya 2016. Brukstillatelse gjennom Kartverket og Geovekst/Norge Digitalt.



Figur 5. Kart over lokaliteten Gulmyran på Gule/Stavikmyrane, samt posisjonen av de ni analysefeltene. Kartgrunnlag N50 kartdata og Ortofoto Romsdal 2018. Brukstillatelse gjennom Kartverket og Geovekst/Norge Digitalt.

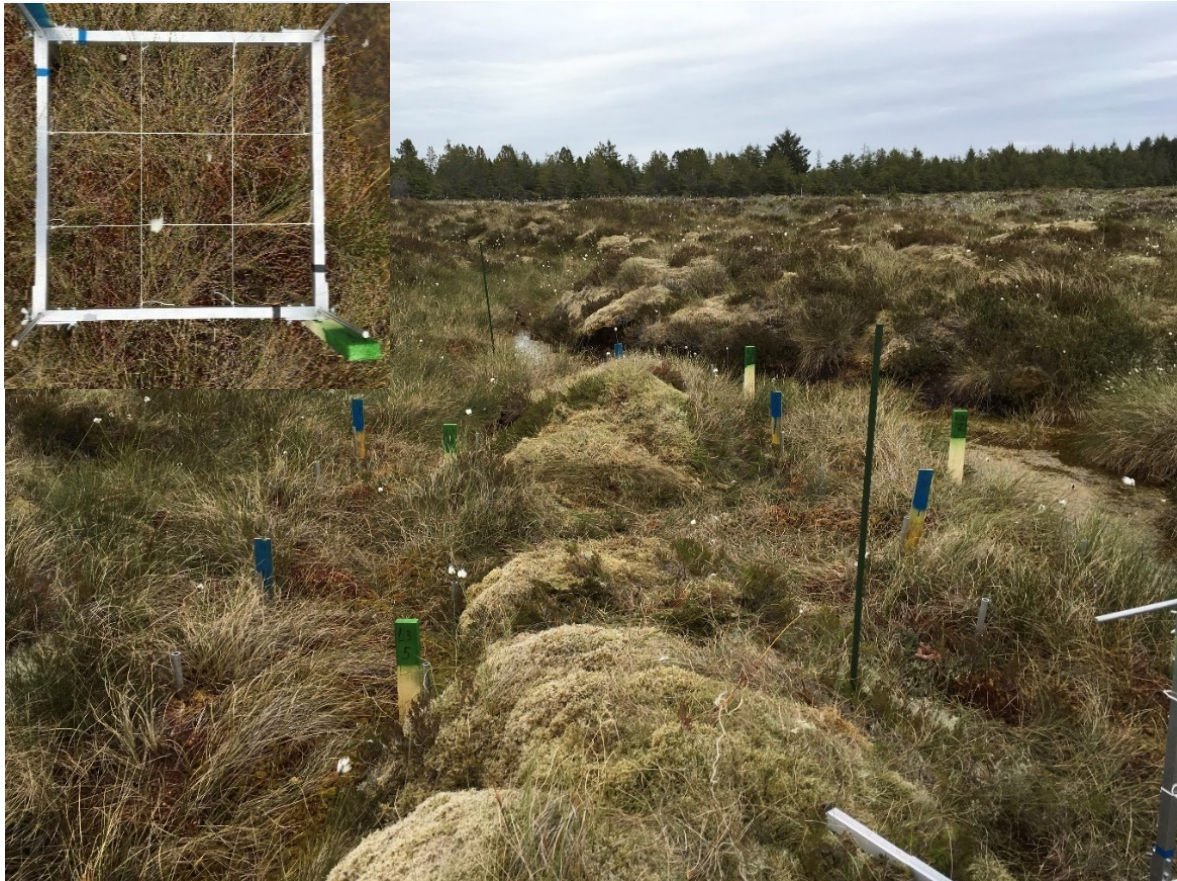
3.1 Analyser av vegetasjon

Endringer av artsforekomster og artsmengder

Fem analyseruter på 0,5m x 0,5m innen ett analysefelt ble undersøkt. Hver analyserute er delt inn i ni like store småruter (se **Figur 6**). I hver av de 9 smårutene ble forekomst og fravær av alle arter av karplanter, moser og lav registrert. De ni smårutene ble analysert med start i øverste venstre hjørne (mot nord) av analyseruta, deretter mot høyre. Disse registreringene danner grunnlag for utregning av artenes smårutefrekvens, som brukes som kvantitativ angivelse for hver art i analyseruta. I tillegg ble dekningsgraden (projeksjonen i horisontalplanet) av hver art innen analyseruta angitt i prosent. Over lengre tid kan disse to dekningsmålene vise ulike trender.

I 2020 ble det opprettet to nye analysefelt på Gulmyran med en tørrere utforming som er mer lik kystlyngheia på Lomstjønnå (Felt M og N). Vi fortsetter å analysere vegetasjonen i en av de to tidligere analysefeltene med kystlynghei i mer fuktig utforming (Felt F). Felt E ble ikke gjenanalysert fordi den hadde ett kraftig hjortetråkk rett igjennom flata som påvirker flere av analyserutene.

Totalt overvåkes ti analyseruter i kystlynghei, ti i tuemyr og ti i fastmattemyr på hver av de to lokalitetene, samt fem analyseruter av fuktig kystlynghei på Gulmyran (Felt F), totalt 65 analyseruter.



Figur 6. Analysefeltet L3 for fastmatte på Lomstjønna i 2018 med fem analyseruter. Analyseramme av aluminium delt i 9 småruter. Tuene med heigråmose midt i bildet er ikke med i analyserutene, da de tilhører vegetasjonstypen tuemyr. Foto: Mari Jokerud.

3.2 Plantefysiologiske målinger

Vi utførte plantefysiologiske målinger av vegetasjon på begge lokalitetene. Formålet med disse målingene var opprinnelig (Jokerud et al. 2019) å få indikasjoner på om vegetasjonen nær prosessanlegget på Nyhamna viste reduksjon i plantefysiologisk aktivitet som følge av lokale utslipp av NO_x og NMVOC, som sammen danner ozon og som fører til nekrose på bladverk. En slik indikasjon ville eventuelt vise seg som en klar forskjell i plantefysiologisk aktivitet mellom disse to lokalitetene. Vi har benyttet samme metodikk på vegetasjon i 2020 for å se om det er forskjeller i fotosynteseaktivitet mellom lokalitetene, da andre forurensinger kan bidra til redusert fotosyntese. Samlet gir disse målingene et godt grunnlag for å vurdere vegetasjonens helsetilstand. En stor forskjell mellom lokalitetene trenger likevel ikke være forårsaket av prosessanlegget. Utgangspunktet er først å vurdere om det er forskjeller. Hvis slike forskjeller detekteres, bør det gjøres nærmere vurderinger om disse skyldes prosessanlegget eller andre forhold, som for eksempel klimatiske forskjeller.

Optiske målinger av grønnet (NDVI)

NDVI (normalized difference vegetation index) er en indeks som er utviklet for optiske målinger av vegetasjonens grønnet, som representeres ved pigmentet klorofyll som brukes i fotosyntesen. Den har en skala fra -1 til $+1$, hvor negative verdier i all hovedsak er is og vann samt stein og sand helt uten fotosyntetiske organismer. Positive verdier indikerer tilstedeværelse av fotosyntetiske organismer, og de høyeste verdiene nær 1 oppnås gjerne i tropiske områder og i tempererte enger. Mengden klorofyll sier noe om helsetilstanden til planten, planter med mye klorofyll er i god helsetilstand. Tradisjonelt har NDVI blitt målt fra satellitter. I nyere tid har det blitt utviklet håndholdte instrumenter for optiske målinger på nært hold. Vi benyttet et instrument

av merket FieldScout CM 1000 NDVI Meter (Spectrum Technologies Inc., Illinois, USA) som har en "Point-and-shoot"-teknologi for å måle øyeblikkelig rødt (660 nm) og nær infrarødt (840 nm) lys (spektralband) som enheten bruker for å beregne NDVI (se **Figur 7**). Vi målte NDVI fra omtrent 1 m høyde og hver måling gjøres uten ytterligere forberedelser og er gjennomført på et par sekunder.

For å oppnå verdier per art valgte vi ut vegetasjonsflater dominert av én art, f.eks. en kvadratmeter dominert av røsslyng. Det er imidlertid tilnærmet umulig å finne flater med kun én art til stede. Vårt kriterium var derfor at den dominerende arten skulle dekke minst 70 % av ruta og at øvrige arter skulle ha lite bladverk. Basert på disse kriteriene fant vi åtte arter som vi kunne foreta målinger på. Disse var karplantene blokkebær, blåbær, tyttebær, molte, røsslyng og torvull, samt mosen furutorvmose (med innslag av andre torvmoser). Målingene er gjort på begge lokalitetene i området rundt rutene men ikke i selve vegetasjonsanalyserutene.



Figur 7. Instrument for optiske målinger av innhold av klorofyll, FieldScout CM 1000 NDVI Meter t.v., og røsslyng i full blomst t.h. Foto: Mari Jokerud.

3.3 Kjemiske analyser av plantevev fra lav og moser

Innsamlingsmetodikk

Det ble samlet inn fem prøver av heigråmose (**Figur 8a**) og fem prøver av furutorvmose (**Figur 8b**) i 2008, 2010 og 2016 fra hver av de to overvåkingsområdene (Aukra og Gulmyran) til kjemisk analyse av miljøgifter (tungmetaller) og like mange prøver til analyse av kjemisk næringsinnhold (Kjeldahl-nitrogen og elementanalyse). I forbindelse med utlegging av tuemyrfelter i 2010 og i 2016 ble det også samlet inn 5 planteprøver av lys reinlav (**Figur 8c**) fra hver av de to overvåkingsområdene. I 2018 ble det samlet inn fem prøver av heigråmose, furutorvmose og lys reinlav fra Lomstjønna, totalt 15 prøver, men ikke fra Gulmyran, da denne lokaliteten ikke hadde full reanalyse i 2018. I 2020 ble det samlet inn fem prøver av heigråmose, furutorvmose og lys reinlav fra begge lokalitetene, totalt 30 prøver.

Prøvene av heigråmose består av de øverste 2 cm av moseskuddene, prøvene med furutorvmose består av den øverste 1 cm (inkl. torvmosehodet) mens prøvene av lys reinlav består av de øverste 2 cm av laven og alle artene ble samlet inn fra utvalgte tuer på den atlantiske høymyra på hver lokalitet. Alt plantemateriale ble samlet inn ved bruk av latekshansker som ble skiftet for hver prøve. Planteprøvene til kjemisk analyse av miljøgifter og næringsstoffer ble oppbevart i papirposer i innsamling i felt og ble samlet inn fra tuer på nedbørsmyra innen et avgrenset felt på ca. 5 m x 5 m på hver lokalitet.



Figur 8 a) heigråmose, b) furutorvmose og c) lys reinlav. Foto: Per Arild Aarrestad.

Kjemiske analyser

Plantevevsprøver til analyse av kjemisk innhold ble satt i tørkeskap ved 25 °C i 72 timer og ble deretter homogenisert ved maling gjennom ei sikt med maskevidde på 1 mm. Prøvene ble så analysert ved NIBIO for totalt innhold av kationer/elementer (Al - aluminium, As - arsen, B - bor, Ba - barium, Be - beryllium, Ca - kalsium, Cd - kadmium, Co - kobolt, Cr - krom, Cu - kobber, Fe - jern, Ga - gallium, K - kalium, Li - litium, Mg - magnesium, Mn - mangan, Mo - molybden, Na - natrium, Ni - nikkel, P - fosfor, Pb - bly, S - svovel, Sc - scandium, Se - selen, Sr - strontium, Ti - titan, V - vanadium, Y - yttrium, Zn - sink) ved ICP (inductively coupled plasma emission spectroscopy) etter oppløsning med 72 % HCl og 70 % HNO₃ (i forholdet 1:5) i lukkede teflon-beholdere. Totalt nitrogen ble analysert etter Kjeldahl-metoden (alle metoder etter Ogner et al. 1999).

Innhold av tungmetallene bly (Pb), nikkel (Ni), kobber (Cu) og sink (Zn) ble utført ved NILU etter metode NILU-U-111 (forskrift for bestemmelse av elementer i biologisk materiale med ICPMS). I 2008 og i 2010 ble konsentrasjonen av kvikksølv (Hg) i prøvene bestemt med kalddampgenerering/atomfluorescensspektrometri (CV-AFS) (NILU-U-65 Forskrift for bestemmelse av biologisk materiale ved kalddampgenerering) og i 2016, 2018 og 2020 med ICPMS. Metodene er sammenlignbare.

3.4 Kjemiske analyser av jordvann

Jordvann fra åpne høljer (**Figur 9**) har i alle år blitt samlet inn under omtrent samme værforhold på lokalitetene for å unngå ulikheter knyttet til mengde regnvann mellom lokalitetene; fem prøver fra hver lokalitet i 2008, ti prøver fra 2010 og 2012 og 15 prøver fra 2013, 2014, 2015 og 2016. I 2018 og 2020 ble det samlet inn tilsvarende antall prøver fra Gulmyran og Lomstjønnna, totalt 30 prøver hvert år.

Prøvene har blitt analysert ved NIBIO med samme metodikk hvert analyseår. De ble analysert for ledningsevne, pH, elementer, nitrogen (N) som ammonium-nitrogen (NH₄⁺-N) og total Kjeldahl-nitrogen (Kj-N), i henhold til metoder i Ogner et al. (1999). Ledningsevnen til vann er et mål for kapasiteten til vannet til å lede elektrisk strøm. Den er direkte relatert til konsentrasjonen av salter/mineraler som er oppløst i vann, og derfor til totalt oppløste elementer. Mineraler kan avsettes fra luften til myrsystemet og oppløses til positivt ladede ioner og negativt ladede ioner, som leder elektrisitet. Således kan ledningsevnen i jordvann anvendes som et indirekte mål for luftforurensning. Ammonium-nitrogen er den viktigste kilden til nitrogen for plantevekst, og total

nitrogen er et mål på summen av organisk nitrogen. Innhold av tungmetallene bly, nikkel, kobber og sink ble utført ved NILU etter metode NILU-U-110 (Forskrift for bestemmelse av elementer i vann med ICPMS) og kvikksølv etter metode NILU-U-60 (Forskrift for bestemmelse av Hg i nedbør og analyse med kalddampgenerering/atomfluorescensspektrometri (CV-AFS)).



Figur 9. Område for vegetasjonsanalyse på fastmattemyr (G) og prøvetaking av jordvann på Gulmyran. Foto: Per Arild Aarrestad.

3.5 Kjemiske analyser av humusjord

I 2008 ble det samlet inn fem humusprøver fra det øverste 1 cm tykke laget av eksponert jord mot luft fra hver av lokalitetene Aukra og Gulmyran (**Figur 10**). I 2010, 2012, 2013, 2014 og 2016 ble antallet økt til ti prøver fra hver lokalitet. Det ble samlet inn 15 prøver fra Gulmyran og 15 prøver fra Lomstjønnna i 2018 og 2020. Prøvene ble samlet inn fra samme prøvested hvert år. Alle jordprøver ble samlet inn under samme værforhold både før og under innsamling på begge lokalitetene. Prøvene til analyser av nitrogenforbindelser ble umiddelbart lagt på fryselager og senere transportert til laboratorium i frossen tilstand pakket i tørris.

Fra 2013 til 2020 ble jordprøvene hvert år analysert for glødetap, pH, og nitrogen, total Kjeldahl-nitrogen, ammonium (NH_4^+) og nitrat (NO_3^-), i henhold til metoder i Ogner et al. (1999). Innhold av tungmetallene bly, nikkel, kobber og sink ble utført ved NILU etter metode NILU-U-112 (Forskrift for bestemmelse av elementer i geologisk materiale med ICPMS) i alle år. I 2008, 2010 og 2012 ble konsentrasjonen av kvikksølv i prøvene bestemt med CV-AFS (NILU-U-65) og i 2013, 2014, 2015, 2016, 2018 og 2020 med ICPMS (NILU-U-112). Metodene er sammenlignbare.



Figur 10. Innsamling av humusprøve fra torvjord eksponert for luftforurensing. Foto: Mari Jokerud.

3.6 Statistisk bearbeiding av data

De to nyopprettede kystlyngheifeltene med tilhørende analyseruter på Gulmyran i 2020 ble sammenlignet med kystlynghei-analyserutene fra Lomstjønnna i 2020 for å se om naturtypene på lokalitetene likner i artssammensetning. Undersøkelsen ble utført med en multivariat analyse (ordinasjon), som illustrerer ulikheter mellom analyserutene gjennom beregningen av forskjell i artssammensetning basert på forekomst og mengde av artene i rutene. Disse forskjellene er som regel flerdimensjonale, men kan vises grafisk gjennom en projeksjon på to dimensjoner. I denne projeksjonen vil ruter med lignende artssammensetning ligge nær hverandre og ruter med ulik artssammensetning vil ligge lengre fra hverandre. Vi brukte non-metric multidimensional scaling (NMDS) som ordinasjonsteknikk (Gotelli & Ellison 2004).

For å se på om det forekommer endringer i artssamfunnene mellom naturtypene på Gulmyran og Lomstjønnna ble det utført tosidige Wilcox-tester som er ettutvalgstester for parede datasett. Her ble både artenes frekvens og dekning testet for statistisk signifikans (p -verdi $\leq 0,05$). Nullhypotesen er at det ikke er signifikante endringer i verken artenes frekvens eller dekning mellom de to lokalitetene. Testene ble utført ved tosidig Wilcoxon da denne testen sammenlikner de samme stedfestede prøvene hvert analyseår. En ensidig Wilcox-test ble brukt for å teste for signifikante forskjeller i NDVI mellom lokalitetene.

For å teste om kjemivariablene på Gulmyran varierer systematisk over tid (mellom 2008-2020), ble det brukt lineare regresjonsmodeller med «år» som kontinuerlig forklarende variabel. Forskjeller i kjemivariablene mellom Lomstjønnna og Gulmyran ble også testet ved hjelp av en ensidig Wilcox-test. Alle statistiske analyser ble utført med programvaren R versjon 4.0.3 (R Core Team 2020).

4 Resultat

4.1 Vegetasjonens artssammensetning

4.1.1 Vegetasjonstyper

Kystlyngheiene på begge lokalitetene (tørr utforming; Gulmyran og Lomstjønnna) er karakterisert av et feltsjikt dominert av røsslyng og tyttebær og et bunnsjikt med relativ stor dekning av etasjemose og furumose. Andre vanlige arter med mindre dekning er blåbær, mjølbær, matteflette, heigråmose, og lys og grå reinlav. Vegetasjonen på de to lokalitetene har nokså lik artsrikhet, men artssammensetningen er noe ulik med 15 overlappende arter og 20 forskjellige arter. Den fuktige kystlynghei-flata på Gulmyran (Felt F), skiller seg fra de to tørrere kystlyngheilokalitetene på Gulmyran og fra kystlyngheiene på Lomstjønnna ved tilstedeværelse av mer fuktikrevende arter som torvull, duskull og torvmoser (**Tabell 1** og **Vedlegg 1**).

Tabell 1. Antall arter innen ulike artsgrupper i analyserutene for kystlynghei på Gulmyran (Felt M og N) og Lomstjønnna (Felt L5 og L6) for alle analyseårene. Først vises en fuktig utforming av kystlynghei på Gulmyran (Felt F - fuktig).

Lokalitet	Gulmyran (F – fuktig)				Gulmyran (M & N) 2020	Lomstjønnna (L5 & L6)	
	2008	2010	2016	2020		2018	2020
År							
Karplanter	12	12	14	14	9	18	16
Bladmoser	7	8	8	9	7	8	8
Levermoser	6	5	5	0	1	2	1
Lav	3	3	2	2	4	4	4
Totalt	28	28	29	25	21	32	29

Fastmattevegetasjonen på begge de ombrotrofe myrene er dominert av torvull, bjørneskjegg og torvmoser. Andre vanlige arter med mindre dekning er hvitlyng, røsslyng, rundsoldogg, klokkelyg og rome, heigråmose og levermosene rød muslingmose og skovlmose. Vegetasjonen på de to lokalitetene har nokså lik artsrikhet og har 22 felles arter og 23 arter som er forskjellige (**Tabell 2** og **Vedlegg 1**) Lomstjønnna har noe større forekomst av røsslyng enn det Gulmyran har. Fastmattevegetasjonen domineres av vortetorvmose, dvergtorvmose og rødtorvmose ved både Lomstjønnna og Gulmyran.

Tabell 2. Antall arter innen ulike artsgrupper i analyserutene for fastmattevegetasjon på den atlantiske høymyra på Gulmyran (Felt G og H) og Lomstjønnna (Felt L3 og L4) for alle analyseårene.

Lokalitet	Gulmyran (G & H)				Lomstjønnna (L3 & L4)	
	2008	2010	2016	2020	2018	2020
År						
Karplanter	14	14	15	14	13	13
Bladmoser	11	11	11	8	12	11
Levermoser	11	9	9	8	6	7
Lav	3	2	2	4	2	1
Totalt	39	36	37	34	33	32

Tuevegetasjonen på begge de ombrotrofe myrene er dominert av røsslyng, torvull, heigråmose og reinlav. Andre vanlige arter med mindre dekning er krekling og furumose. Vegetasjonen på de to lokalitetene har ganske lik artssammensetning og har 14 felles arter og 9 arter som er forskjellige (**Tabell 3** og **Vedlegg 1**). Lomstjønnna skiller seg imidlertid noe fra Gulmyran ved større forekomst av krekling og furumose, samt at klokkeling er funnet her, men ikke på Gulmyran.

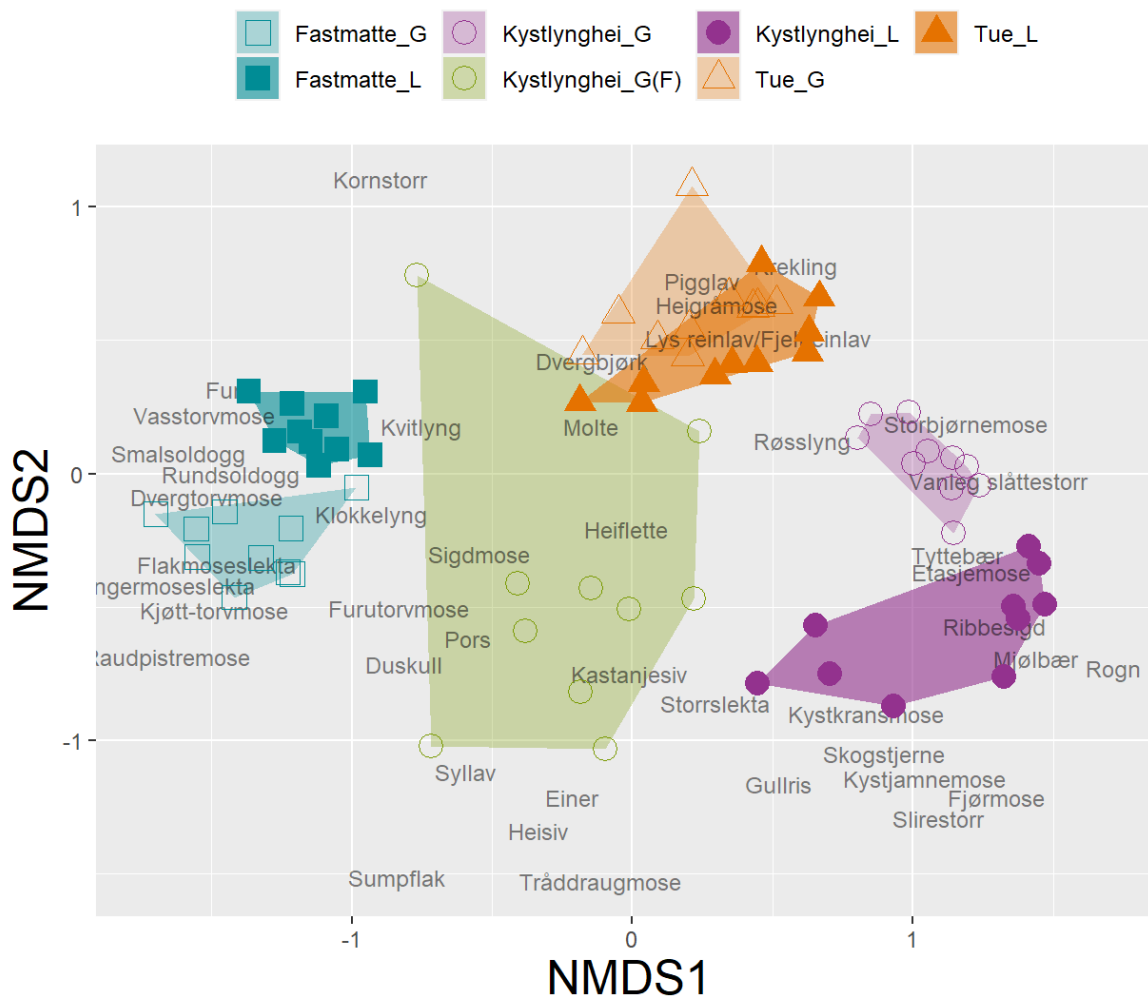
Tabell 3. Antall arter innen ulike artsgrupper i analyserutene for tuevegetasjon på den atlantiske høymyra på Gulmyran (Felt K og L) og Lomstjønnna (Felt L1 og L2) for alle analyseårene.

Lokalitet	Gulmyran (K & L)			Lomstjønnna (L1 & L2)	
	2010	2016	2020	2018	2020
År					
Karplanter	9	9	8	9	9
Bladmoser	6	5	3	7	6
Levermoser	2	3	0	1	1
Lav	7	6	5	5	5
Totalt	24	23	16	22	21

4.1.2 Forskjeller i artssammensetning av vegetasjon

Ordinasjon viser fordeling av arter langs to akser (**Figur 11**). Den første akse (NMDS1) viser mest sannsynlig en fuktighetsgradient, der fastmattemyrene ligger til venstre, tuemyrene i midten og kystlyngheiene til høyre. De fuktige kystlyngheiene har omtrent den samme plasseringen som tuemyrene. Den andre akse (NMDS2) viser mest sannsynlig en næringsgradient fra høyere til lavere næringstilgang. Øverst langs andre akse ligger tuemyrene som utelukkende får næring fra nedbør, mens fastmattemyrene har kontakt med vannspeilet på myra og kystlyngheia får næring fra berggrunnen. Vi ser at artsrikheten for kystlynghei på Gulmyran er lavere enn på Lomstjønnna (**Tabell 1**) og dette vises langs den andre akse (NMDS2) ved at Gulmyran er plassert høyere på akse en Lomstjønnna.

Ordinasjonsfiguren viser tydelige forskjeller mellom naturtypene og mellom lokalitetene. Tuemyrene overlapper en del i ordinasjonsfiguren, som viser at artssammensetningen er ganske lik på Gulmyran og Lomstjønnna. Fastmattemyrene og kystlyngheia overlapper ikke, men markfuktigheten er nokså lik på begge lokalitetene (NMDS1). Dette gjelder ikke kystlyngheiene på Gulmyran med den fuktige utformingen, da denne ligger mellom fastmattemyrene og de tørrere kystlyngheiene som ligger til høyre i ordinasjonen.



Figur 11. Ordinasjonsplott av artssammensetning viser hvordan hver naturtype og artene fordeler seg langs første (NMDS1) og andre akse (NMDS2) på Gulmyran (G) og Lomstjønnna (L). Ordinasjonsplottet viser tuemyr, fastmattemyr og kystlynghei for begge lokalitetene i 2020, samt den fuktigere utformingen av kystlynghei på Gulmyran som ble registrert i 2016 (Felt E) og 2020 (Felt F).

4.1.3 Endringer over tid

Av totalt ca. 80 arter i analyse materialet er det ingen arter som viser statistisk signifikante (p -verdi $\leq 0,05$), mengdeendringer over tid (**Tabell 4**). De største endringene på Gulmyran er knyttet til tilbakegang av bjørneskjegg, samt økning av rome, dvergtorf, rødteorf og torvull. På Lomstjønnna er det tilbakegang av lys reinlav og sveltskovmose, samt noen karplanter, rundsoldogg, kvitlyng og klokkelyng, mens det er en økning i dvergtorf.

I kystlyngheiene er det kun rome på Gulmyran som viser en økning i dekning. På fastmattemyrene på Gulmyran viser de fleste artene en økning i dekning eller frekvens, med unntak av bjørneskjegg som har tilbakegang på dekning. På Lomstjønnna er det tilbakegang i dekning på alle artene, mens når det kommer til frekvens viser dvergtorf en økning. I likhet med kystlyngheiene er det ikke store signifikante endringer på tuemyrene. Her er det bare torvull som er i økning når det kommer til dekning på Gulmyran, mens lys reinlav er i tilbakegang på dekning på Lomstjønnna.

Tabell 4. Arter som viser statistisk nær signifikante endringer ($p < 0,06$) i prosent dekning og/ eller frekvens i hver naturtype på lokalitetene Lomstjønnna (2018-2020) og Gulmyran (2008/2010-2020). Tabellen viser antall ruteanalyser innen hvert analysefelt der arten avtok (n^-), antall ruteanalyser der arten økte i mengde (n^+), endringsretning (R) og angir sannsynligheten for at medianendringen ikke er signifikant forskjellig fra 0 mot det tosidige alternativet.

		Dekning				Frekvens			
		n^-	n^+	R	p-verdi	n^-	n^+	R	p-verdi
Kystlynghei	Gulmyran (Felt F)								
	Rome	0	5	+	0,057				
Fastmattemyr	Gulmyran (Felt H)								
	Bjørneskjegg	5	0	-	0,058				
	Dvergtorvmose	0	5	+	0,058				
	Rødtorvmose	0	5	+	0,058				
	Lomstjønnna (Felt L3)								
	Dvergtorvmose					0	5	+	0,058
	Sveltskovlmosse	5	0	-	0,057				
	Rundsoldogg	5	0	-	0,058				
	Lomstjønnna (Felt L4)								
	Klokkelyng	5	0	-	0,054				
Kvitlyng	5	0	-	0,054					
Sveltskovlmosse	5	0	-	0,054					
Tuemyr	Gulmyran (Felt K)								
	Torvull	0	5	+	0,058				
	Lomstjønnna (Felt L1)								
	Lys reinlav/fjellreinlav	5	0	-	0,057				

4.2 Grønnhet (NDVI)

Grønnhets (klorofyll) målinger foretatt ved Gulmyran og ved Lomstjønnna indikerer at plantene er friske og sunne. Av de sju målte artene oppnådde molte (bare målt på Lomstjønnna), blokkebær, blåbær og røsslyng de høyeste NDVI-verdiene, i den rekkefølgen (se **Tabell 5**). Torvull og furutorvmose hadde de laveste verdiene, der torvull var lavere på Gulmyran og furutorvmose oppnådde en lavere verdi på Lomstjønnna. De fleste NDVI-verdiene var lik mellom lokalitetene, men både røsslyng og torvull oppnådde signifikant lavere verdier på Gulmyran (p -verdier henholdsvis 0,041 og 0,004). Generelt er NDVI-verdiene målt på Gulmyran på et lavere nivå. Unntaket er furutorvmose, men denne forskjellen er ikke signifikant.

Tabell 5. Grønnhet (NDVI) av planter ved Lomstjønnna og Gulmyran. Verdier oppgis som gjennomsnitt ± 1 standard avvik. Signifikante forskjeller ($p < 0,05$) er angitt med fet skrift.

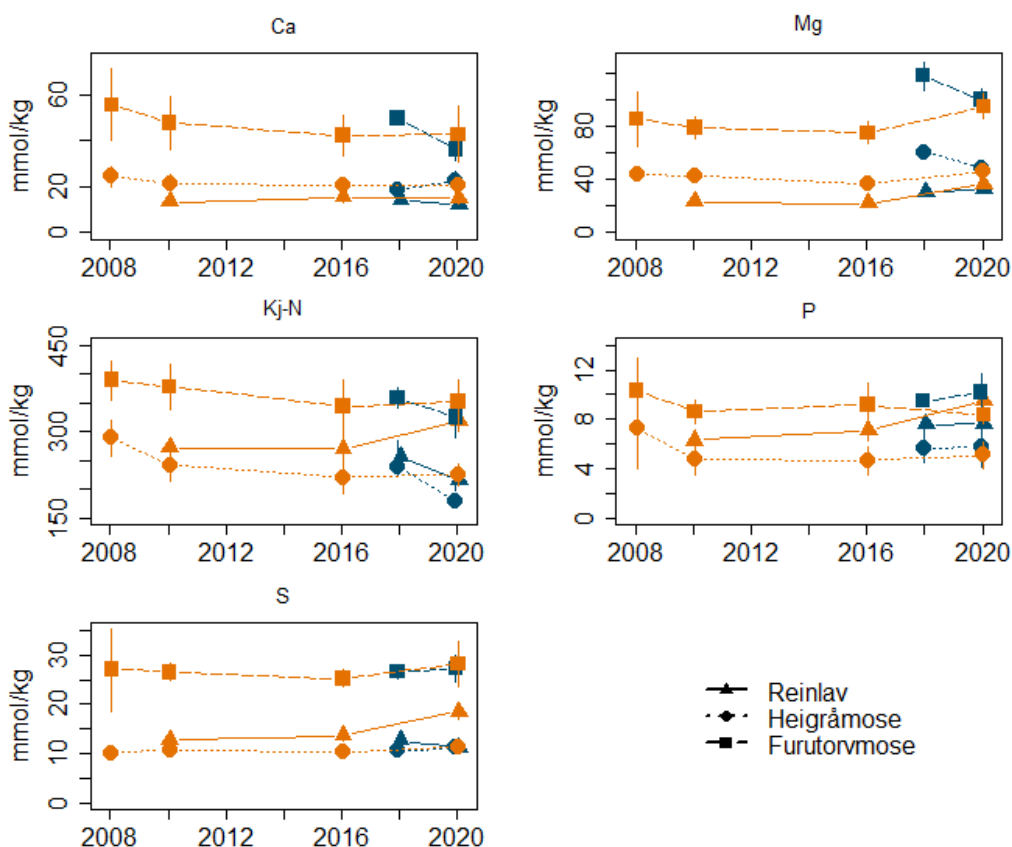
Art	Lomstjønnna	Gulmyran	p-verdi
Blokkebær	0,848 \pm 0,042	0,827 \pm 0,069	0,517
Blåbær	0,822 \pm 0,053	0,785 \pm 0,054	0,269
Tyttebær	0,782 \pm 0,070	0,735 \pm 0,085	0,285
Molte	0,859 \pm 0,047	Ikke målt	-
Røsslyng	0,805 \pm 0,054	0,74 \pm 0,074	0,041
Torvull	0,739 \pm 0,037	0,671 \pm 0,049	0,004
Furutorvmose	0,732 \pm 0,045	0,741 \pm 0,054	0,426

4.3 Kjemiske analyser av lav og moser

4.3.1 Makro-næringsstoffer i plantevevsprøver

Flere av de analyserte makro-næringsstoffene i prøver av lys reinlav viser statistisk signifikante endringer i konsentrasjon mellom analyseårene på Gulmyran. Konsentrasjonen av magnesium, Kjeldahl-nitrogen, fosfor og svovel har økt signifikant over tid (se **Figur 12** og **Tabell 6**, og **Vedlegg 2** for grunnlagsdata). Næringsstoffene i moseprøvene viser derimot få statistisk signifikante endringer, der bare Kjeldahl-nitrogen har hatt en signifikant nedgang over tid i prøvene av heigråmose.

Innholdet av makro-næringsstoffene i plantevevsprøver er nokså lik i prøvene fra Gulmyran og Lomstjønnna fra 2020. Det er likevel noen statistisk signifikante forskjeller mellom lokalitetene. I prøver av lys reinlav var det et lavere innhold av Kjeldahl-nitrogen (p-verdi = 0,012), fosfor (p-verdi = 0,037) og svovel (p-verdi = 0,012) i prøvene fra Lomstjønnna enn fra prøvene fra Gulmyran. Innholdet av Kjeldahl-nitrogen i prøvene av heigråmose var også signifikant lavere på Lomstjønnna enn på Gulmyran i 2020 (p-verdi = 0,022).



Figur 12. Gjennomsnittsverdier av makro-næringsstoffene kalsium (Ca), magnesium (Mg), Kjeldahl-nitrogen (Kj-N), fosfor (P) og svovel (S) i plantevevsprøver på Gulmyran (oransje) og Lomstjønnna (blå) fra 2008 til 2020 (mmol/kg). Punkter viser gjennomsnittsverdier i det respektive året og vertikale streker indikerer 95% konfidensintervaller for det respektive gjennomsnittet (= +/- 2 standardfeil).

Tabell 6. Modellestimater for forskjeller i makro-næringsstoffene kalsium (Ca), magnesium (Mg), Kjeldahl-nitrogen (Kj-N), fosfor (P) og svovel (S) i lys reinlav, heigråmose og furutorvmose på Gulmyran over tid (mmol/kg). «Skjæringspunkt» er modellens utgangsverdi på år 1 av tidsserien (2008). «År» er den årlige forskjellen mellom 2008 og årene etter. P-verdier: *** < 0,001, ** < 0,01, * < 0,05.

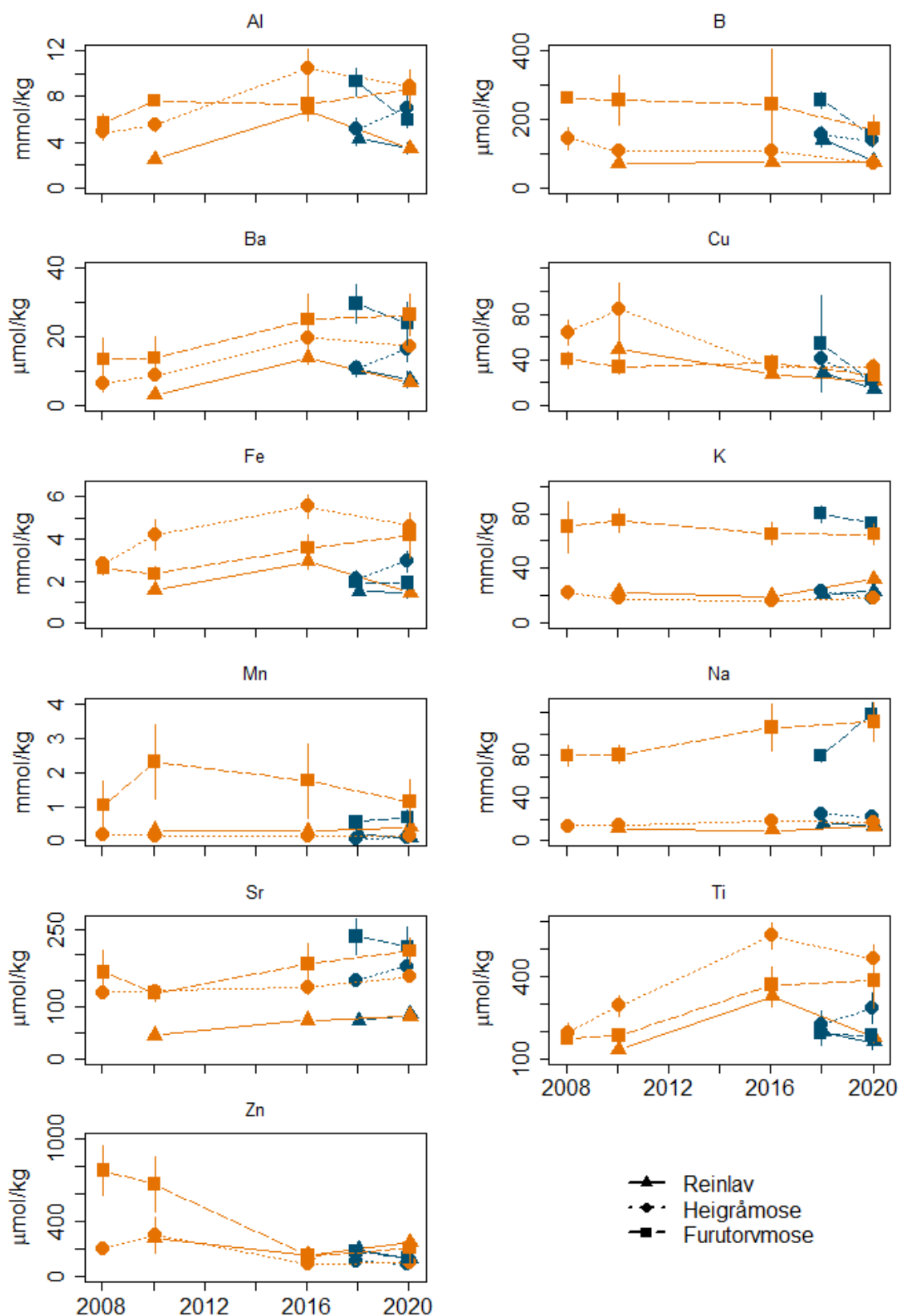
Grunnstoff	Lys reinlav		Heigråmose		Furutorvmose	
	Skjæringspunkt	År (p-verdi)	Skjæringspunkt	År (p-verdi)	Skjæringspunkt	År (p-verdi)
Ca	13,29	0,18	23,31	-0,26	52,48	-0,98
Mg	18,58	1,20 (**)	42,47	0,03	80,17	0,65
Kj-N	254,90	4,35 (*)	269,19	-4,63 (**)	384,72	-3,47
P	5,39	0,30 (***)	6,12	-0,13	9,67	-0,10
S	11,11	0,53 (***)	10,26	0,06	26,42	0,06

4.3.2 Sporelementer i plantevevsprøver

For en rekke av de analyserte grunnstoffene har verdiene vært under eller nær deteksjonsgrensen i flere av de fire analyseårene, og de er derfor utelukket fra videre analyser. Disse er arsen, beryllium, kadmium, kobolt, krom, gallium, litium, molybden, nikkel, bly, scandium, selen, vanadium og yttrium.

Mange av de analyserte sporelementene i plantevevsprøvene viser statistisk signifikante endringer i konsentrasjon mellom analyseårene på Gulmyran (se **Figur 13**, **Tabell 7** og **Vedlegg 2** og **Vedlegg 3** for grunnlagsdata). Dette gjelder hovedsakelig moseprøvene. I lys reinlav har konsentrasjonen av kobber hatt en nedgang, og konsentrasjonen av kalium og strontium økt mellom 2008 og 2020. Endringene gjennom årene er nokså lik for begge moseartene, der innholdet av aluminium, barium, jern, natrium, strontium og titan har økt, og innholdet av kobber og sink har hatt en nedgang over tid. I tillegg har innholdet av bor gått ned signifikant over tid i prøvene av heigråmose på Gulmyran.

Det er noen statistisk signifikante forskjeller i innholdet av sporelementer i plantevevsprøver fra Lomstjønnå og Gulmyran fra 2020. På lik linje med makro-næringsstoffene er det også generelt slik at innholdet av sporelementene er lavere i plantevev på Lomstjønnå enn på Gulmyran. I prøvene av lys reinlav er innholdet av kobber, kalium, mangan og sink signifikant lavere på Lomstjønnå (p-verdi = 0,012 for alle). Det samme gjelder prøvene av furutorvmose, der innholdet av aluminium, jern og titan er lavere på Lomstjønnå (p-verdi = 0,012 for alle). I prøvene av heigråmose er det kobber, jern og titan som er lavere på Lomstjønnå (p-verdi henholdsvis 0,036, 0,012 og 0,012), mens innholdet av bor og natrium er signifikant lavere på Gulmyran (p-verdi henholdsvis 0,011 og 0,012).



Figur 13. Gjennomsnittsverdier av sporstoffene aluminium (Al), jern (Fe), kalium (K), mangan (Mn), natrium (Na) (mmol/kg), og bor (B), barium (Ba), kobber (Cu), strontium (Sr), titan (Ti) og sink (Zn) ($\mu\text{mol/kg}$) i plantevevsprøver på Gulmyran (oransje) og Lomstjønnna (blå) fra 2008 til 2020. Punkter viser gjennomsnittsverdier i det respektive året og vertikale streker indikerer 95% konfidensintervaller for det respektive gjennomsnittet (= +/- 2 standardfeil).

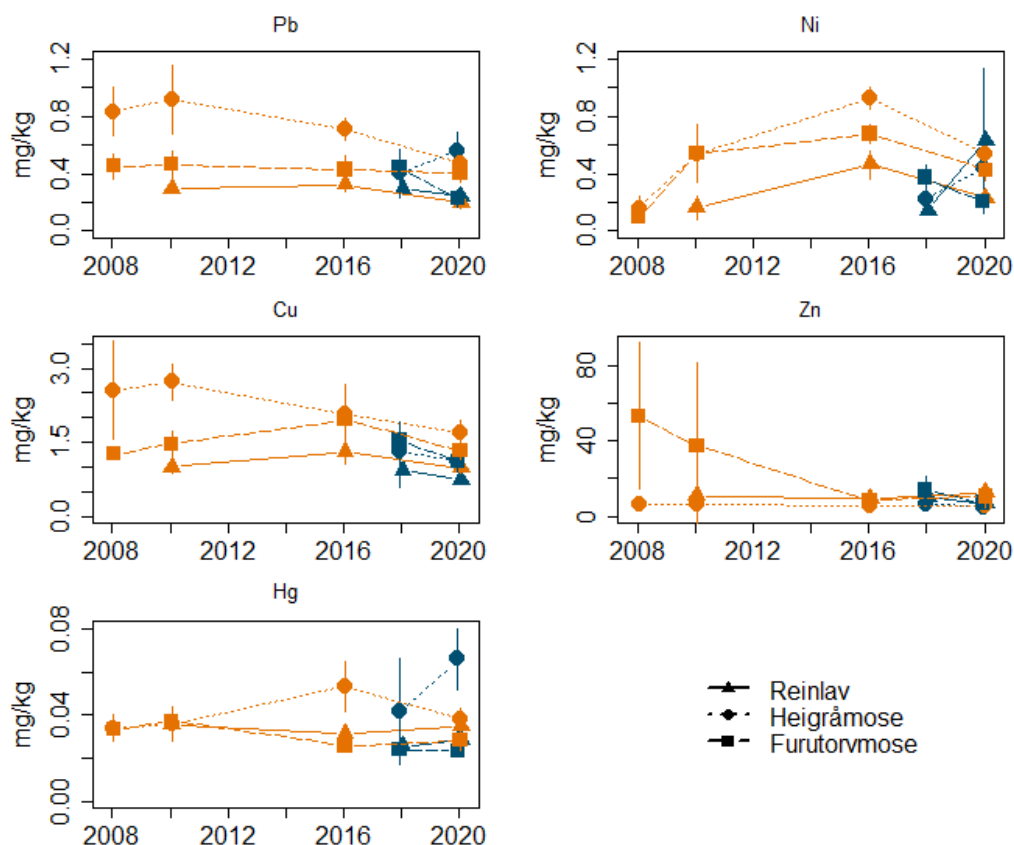
Tabell 7. Modellestimater for forskjeller i sporstoffene aluminium (Al), jern (Fe), kalium (K), mangan (Mn), natrium (Na) (mmol/kg), og bor (B), barium (Ba), kobber (Cu), strontium (Sr), titan (Ti) og sink (Zn) ($\mu\text{mol/kg}$) i lys reinlav, heigråmose og furutorvmose på Gulmyran over tid. «Skjæringspunkt» er modellens utgangsverdi på år 1 av tidsserien (2008). «År» er den årlige forskjellen mellom 2008 og årene etter. P-verdier: *** < 0,001, ** < 0,01, * < 0,05.

Grunnstoff	Lys reinlav		Heigråmose		Furutorvmose	
	Skjæringspunkt	År (p-verdi)	Skjæringspunkt	År (p-verdi)	Skjæringspunkt	År (p-verdi)
Al	3,19	0,14	5,12	0,42 (***)	6,28	0,18 (**)
B	70,68	0,32	133,03	-4,71 (**)	269,75	-6,75
Ba	4,26	0,49	7,26	1,06 (***)	12,87	1,23 (**)
Cu	53,71	-2,91 (**)	74,53	-3,74 (***)	38,89	-0,81 (*)
Fe	1,92	0,01	3,44	0,15 (**)	2,35	0,15 (***)
K	18,55	0,83 (*)	20,01	-0,28	72,83	-0,72
Mn	0,27	0,01	0,17	-0,00	1,67	-0,02
Na	10,34	0,16	14,47	0,29 (**)	77,93	2,94 (**)
Sr	38,84	3,81 (***)	125,84	2,37 (***)	144,04	4,92 (*)
Ti	164,55	6,45	234,90	25,33 (***)	165,86	20,27 (***)
Zn	259,36	-4,76	250,26	-14,43 (**)	743,84	-53,70 (***)

4.3.3 Tungmetaller i plantevevsprøver

For de fleste tungmetallene har innholdet i plantevevsprøver hatt en signifikant nedgang eller ikke endret seg signifikant på Gulmyran mellom 2008 og 2020 (se **Figur 14** og **Tabell 8**, og **Vedlegg 6** for grunnlagsdata). Signifikant nedgang over analyseårene kunne observeres for bly i plantevevsprøver av lys reinlav og heigråmose. Det var også en signifikant nedgang i innholdet av kobber og sink i prøver av heigråmose, og sink og kvikksølv i plantevevsprøvene av furutorvmose. Det er bare nikkelt som har hatt en signifikant økning i prøvene av heigråmose på Gulmyran mellom 2008 og 2020. Det er imidlertid nevneverdig at selv om det er en signifikant økning over alle analyseårene, har konsentrasjonen hatt en nedgang mellom 2018 og 2020.

Generelt er innholdet av tungmetaller lavere i plantevevsprøver fra Lomstjønnna enn fra Gulmyran i prøvene som ble tatt i 2020. Dette gjelder innholdet av kobber i både lys reinlav og heigråmose, innholdet av sink i lys reinlav, og innholdet av bly og nikkelt i furutorvmose (p-verdi = 0,012 for alle). Innholdet av kvikksølv i heigråmose derimot er lavere i plantevevsprøvene tatt fra Gulmyran (p-verdi = 0,012).



Figur 14. Gjennomsnittsverdier av tungmetallene bly (Pb), nikkel (Ni), kobber (Cu), sink (Zn) og kvikksølv (Hg) i plantevevsprøver på Gulmyran (oransje) og Lomstjønna (blå) fra 2008 til 2020 (mg/kg). Punkter viser gjennomsnittsverdier i det respektive året og vertikale streker indikerer 95% konfidensintervaller for det respektive gjennomsnittet (= +/- 2 standardfeil).

Tabell 8. Modellestimater for forskjeller i tungmetaller bly (Pb), nikkel (Ni), kobber (Cu), sink (Zn) og kvikksølv (Hg) i lys reinlav, heigråmose og furutorvmose på Gulmyran over tid (mg/kg). «Skjæringspunkt» er modellens utgangsverdi på år 1 av tidsserien (2008). «År» er den årlige forskjellen mellom 2008 og årene etter. P-verdier: *** < 0,001, ** < 0,01, * < 0,05.

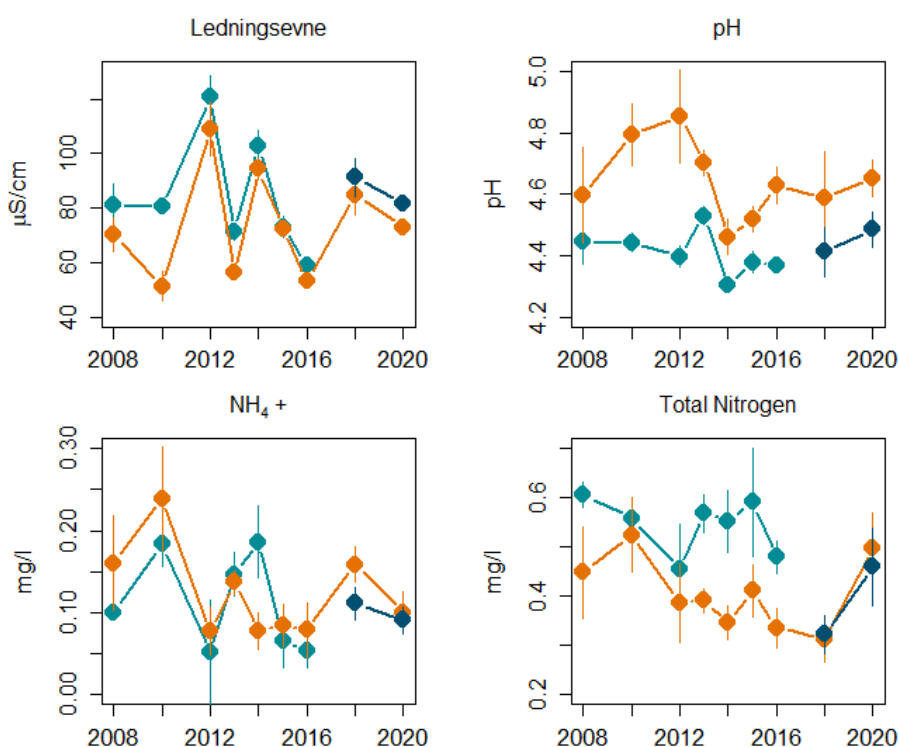
Tungmetall	Lys reinlav		Heigråmose		Furutorvmose	
	Skjæringspunkt	År (p-verdi)	Skjæringspunkt	År (p-verdi)	Skjæringspunkt	År (p-verdi)
Pb	0,33	-0,01 (*)	0,91	-0,03 (***)	0,46	-0,00
Ni	0,21	0,01	0,36	0,03 (*)	0,31	0,02
Cu	1,08	0,00	2,71	-0,08 (*)	1,41	0,02
Zn	9,67	0,16	6,52	-0,12 (**)	47,62	-3,67 (*)
Hg	0,03	-0,00	0,04	0,00	0,03	-0,00 (*)

4.4 Kjemiske analyser av jordvann

4.4.1 Ledningsevne, pH og nitrogenkomponenter i jordvann

Ledningsevnen i jordvann på Gulmyran varierer veldig fra år til år, og det er ingen signifikant endring fra 2008 til 2020 (se **Figur 15** og **Tabell 9**, og **Vedlegg 4** for grunnlagsdata). pH derimot, har hatt en signifikant nedgang over tid, selv om den har økt igjen siden 2014. Det har også vært en signifikant nedgang i innhold av ammonium i jordvann. Det har vært en nedgang i total nitrogen frem til 2018, men den økte kraftig i 2020.

Gjennomsnittlig ledningsevne for Lomstjønnna er signifikant høyere enn for Gulmyran i 2020 (p -verdi = 0,000), men det er ingen signifikant forskjell mellom lokalitetene i 2018. Gjennomsnittlig pH er signifikant lavere i jordvann på Lomstjønnna begge årene (p -verdi = 0,002 i 2018 og 0,001 i 2020). Det er ingen signifikante forskjeller i gjennomsnittlig innhold av ammonium eller total nitrogen mellom Lomstjønnna og Gulmyran i 2020, men gjennomsnittlig innhold av ammonium er signifikant lavere på Lomstjønnna i 2018 (p -verdi = 0,008).



Figur 15. Gjennomsnittsverdier av ledningsevne ($\mu\text{S/cm}$), pH, ammonium (NH_4^+ , mg/l) og total nitrogen (mg/l) i jordvann på Gulmyran (oransje), Aukra (grønn) og Lomstjønnna (blå) fra 2008 til 2018. Punkter viser gjennomsnittsverdier i det respektive året og vertikale streker indikerer 95% konfidensintervaller for det respektive gjennomsnittet (= +/- 2 standardfeil).

Tabell 9. Modellestimer for forskjeller i ledningsevne ($\mu\text{S/cm}$), pH, ammonium (NH_4^+ , mg/l), og totalt nitrogen (mg/l) i jordvann på Gulmyran over tid. «Skjæringspunkt» er modellens utgangsverdi på år 1 av tidsserien (2008). «År» er den årlige forskjellen mellom 2008 og årene etter. P -verdier: ** < 0,01, * < 0,05.

Variabel	Skjæringspunkt	År	p-verdi
Ledningsevne	70,54	0,46	
pH	4,71	-0,01	*
NH_4^+	0,16	-0,01	**
Total nitrogen	0,42	-0,00	

4.4.2 Tungmetaller i jordvann

Det har vært en signifikant nedgang i innholdet av både kobber og kvikksølv i jordvann på Gulmyran fra 2008 til 2020 (se **Figur 16** og **Tabell 10**, og **Vedlegg 7** for grunnlagsdata). Gjennomsnittlig innhold av bly, nikkel og sink har ikke endret seg signifikant over tid på Gulmyran. Innholdet av tungmetaller i jordvannet var generelt høyere på den opprinnelige referanselokaliteten Aukra, men den er på omtrent samme nivå for Gulmyran og den nye referanselokaliteten Lomstjønnna. Likevel er innholdet av kobber i jordvann signifikant høyere på Gulmyran enn Lomstjønnna i 2020 (p -verdi = 0,012). Dette er imidlertid en liten forskjell og det er ingen signifikant forskjell mellom lokalitetene i 2018. Det er også en signifikant forskjell i sinkinnholdet i jordvann mellom lokalitetene, der jordvannet fra Lomstjønnna har en lavere gjennomsnittlig innhold enn Gulmyran i 2020 (p -verdi = 0,01). Denne forskjellen er ikke signifikant i 2018.



Figur 16. Gjennomsnittsverdier av tungmetallene bly (Pb, ng/ml), nikkel (Ni, ng/ml), kobber (Cu, ng/ml), sink (Zn, ng/ml) og kvikksølv (Hg, ng/l) i jordvann på Gulmyran (oransje), Aukra (grønn) og Lomstjønnna (blå) fra 2008 til 2018. Punkter viser gjennomsnittsverdier i det respektive året og vertikale streker indikerer 95% konfidensintervaller for det respektive gjennomsnittet (= +/- 2 standardfeil).

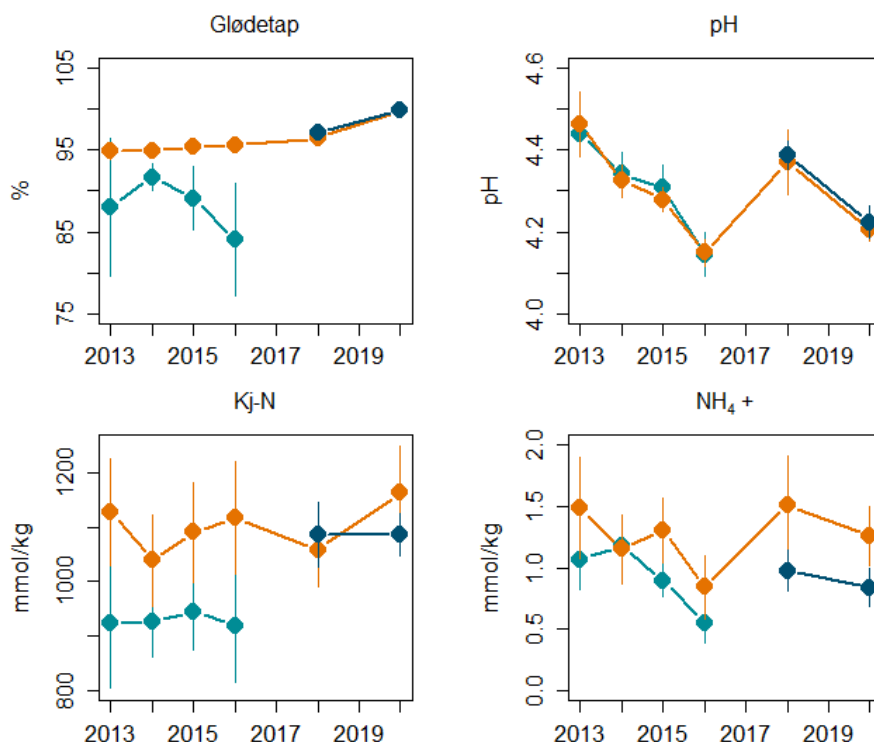
Tabell 10. Modellestimater for forskjeller i tungmetallene bly (Pb, ng/ml), nikkel (Ni, ng/ml), kobber (Cu, ng/ml), sink (Zn, ng/ml) og kvikksølv (Hg, ng/l) i jordvann på Gulmyran over tid. «Skjæringspunkt» er modellens utgangsverdi på år 1 av tidsserien (2008). «År» er den årlige forskjellen mellom 2008 og årene etter. P -verdier: *** < 0,001, * < 0,05.

Tungmetall	Skjæringspunkt	År	p-verdi
Pb	0,37	-0,01	
Ni	0,14	-0,00	
Cu	0,21	-0,01	***
Zn	2,86	0,04	
Hg	13,99	-0,50	*

4.5 Kjemiske analyser av humusjord

4.5.1 Glødetap, pH og nitrogenforbindelser i humusjord

Det har vært en signifikant økning i glødetap i humusjord fra Gulmyran fra 2008 til 2020 (se **Figur 17** og **Tabell 11**, og **Vedlegg 5** for grunnlagsdata). pH har hatt en signifikant nedgang, men selv om det ellers har vært en lineær nedgang fra 2013 til 2016, er gjennomsnittsverdien i 2018 nesten på samme nivå som i 2013. Hverken Kjeldahl-nitrogen eller ammonium har endret seg signifikant over tid på Gulmyran. Gjennomsnittlig glødetap, pH og Kjeldahl-nitrogen er på omtrent samme nivå på Gulmyran og Lomstjønnna, men glødetap er likevel signifikant høyere på Lomstjønnna enn på Gulmyran i årene 2018 og 2020 (p -verdi = 0,000 for begge år). Innhold av ammonium i humusjord derimot, er signifikant lavere på Lomstjønnna enn på Gulmyran (p -verdi = 0,012 i 2018 og 0,007 i 2020).



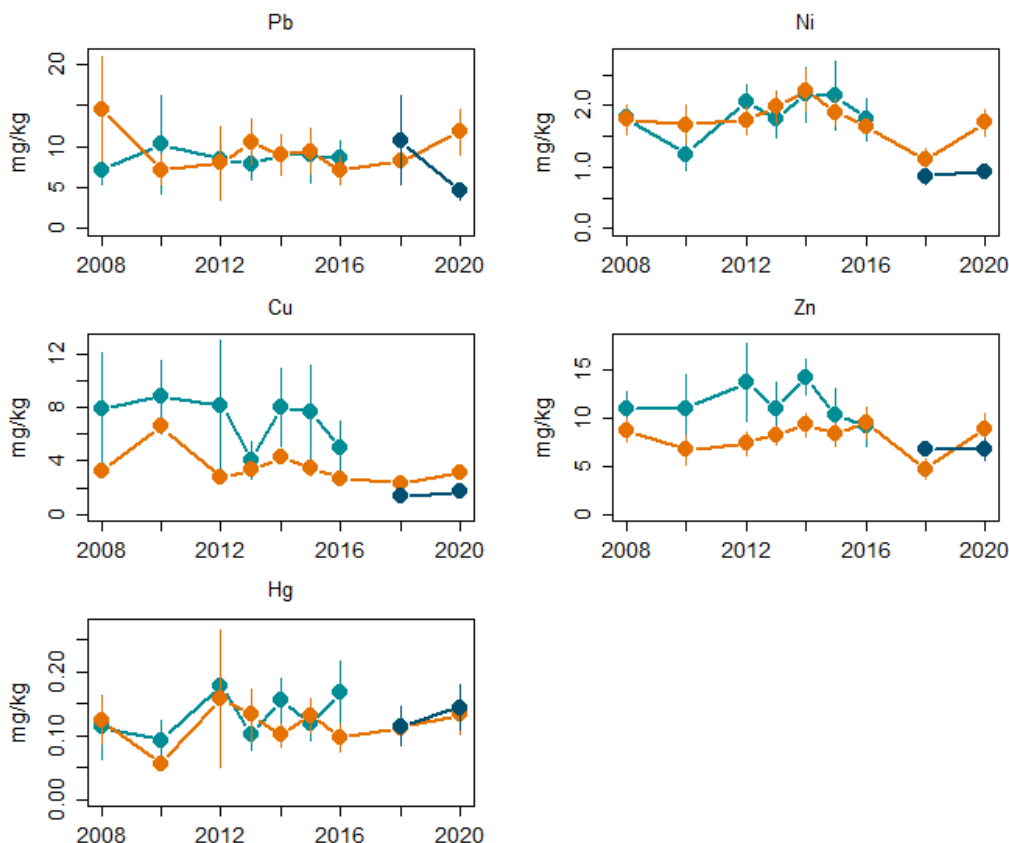
Figur 17. Gjennomsnittsverdier av glødetap (%), pH, ammonium (NH_4^+ , mmol/kg), og totalt nitrogen (Kj-N, mmol/kg) i humusjord på Gulmyran (oransje), Aukra (grønn) og Lomstjønnna (blå) fra 2008 til 2018. Punkter viser gjennomsnittsverdier i det respektive året og vertikale streker indikerer 95% konfidensintervaller for det respektive gjennomsnittet (= +/- 2 standardfeil).

Tabell 11. Modellestimater for forskjeller i glødetap (%), pH, ammonium (NH_4^+ , mmol/kg), og totalt nitrogen (Kj-N, mmol/kg) i humusjord på Gulmyran over tid. Skjæringspunkt er modellens utgangsverdi på år 1 av tids-serien (2008). «År» er den årlige forskjellen mellom 2008 og årene etter. P -verdi: *** < 0,001.

Variabel	Skjæringspunkt	År	p-verdi
Glødetap	90,96	0,66	***
pH	4,48	-0,02	***
Kj-N	1047,64	6,38	
NH_4^+	1,26	0,00	

4.5.2. Tungmetaller i humusjord

Kobber har hatt en signifikant nedgang i humusjord fra Gulmyran fra 2008 til 2020, men ingen av de andre tungmetallene har endret seg signifikant over tid (se **Figur 18** og **Tabell 12**, og **Vedlegg 8** for grunnlagsdata). Det er likevel verdt å nevne at innholdet av alle tungmetallene har økt i humusjord fra Gulmyran fra 2018 til 2020. Gjennomsnittlig innhold av bly, nikkel og kobber i humusjord fra Lomstjønnna er signifikant lavere enn fra Gulmyran i prøvene fra 2020 (p-verdi henholdsvis 0,004, 0,000 og 0,000). Det samme gjelder kobber i prøvene tatt i 2018 (p-verdi = 0,003). Det er ingen signifikante forskjeller i innholdet av sink og kvikksølv i humusjord mellom lokalitetene i 2020, men innholdet av sink i humusjord fra Gulmyran var signifikant lavere enn fra Lomstjønnna i prøvene som ble tatt i 2018.



Figur 18. Gjennomsnittsverdier av tungmetallene bly (Pb), nikkel (Ni), kobber (Cu), sink (Zn) og kvikksølv (Hg) i humusjord på Gulmyran (oransje), Aukra (grønn) og Lomstjønnna (blå) fra 2008 til 2018 (mg/kg). Punkter viser gjennomsnittsverdier i det respektive året og vertikale streker indikerer 95% konfidensintervaller for det respektive gjennomsnittet (= +/- 2 standardfeil).

Tabell 12. Modellestimater for forskjeller i tungmetallene bly (Pb), nikkel (Ni), sink (Zn) og kvikksølv (Hg) i humusjord på Gulmyran over tid (mg/kg). Skjæringspunkt er modellens utgangsverdi på år 1 av tidsserien (2008). «År» er den årlige forskjellen mellom 2008 og årene etter. P-verdi: *** < 0,001.

Tungmetall	Skjæringspunkt	År	p-verdi
Pb	9,20	0,01	
Ni	1,95	-0,03	
Cu	4,77	-0,19	***
Zn	7,95	-0,00	
Hg	0,10	0,00	

5 Diskusjon

5.1 Vegetasjon

Vegetasjonstyper og artssammensetningen

Vegetasjonssammensetningen på tuemyrene ved Lomstjønnå og Gulmyran er ganske lik (**Figur 11**). Fastmattevegetasjonen er også nokså lik på begge lokalitetene, men Gulmyran har noe mer næringskrevende arter enn Lomstjønnå. Markfuktighet er relativt lik på begge lokalitetene. I kystlyngheiene (Felt E og F) er markfuktighet høyere på Gulmyran enn ved Lomstjønnå, og vegetasjonen skiller seg ut med tilstedeværelse av flere fuktikrevende arter som torvull, heisiv, rome, bjørneskjegg og torvmoser. Derimot ser de to nye kystlyngheifeltene (M og N), ut til å være mye likere kystlyngheifeltene på Lomstjønnå. Kystlyngheifeltene og eventuelle endringen i disse, vil derfor bli enklere å sammenligne i fremtidige analyser.

Vegetasjonsendringer over tid

Lokalitet Lomstjønnå ble etablert i 2018 og det er bare to analyseår i datasettet. Det er derfor for tidlig å fastslå om endringene i antall arter på Lomstjønnå handler om mellomårsvariasjon eller om det skyldes endring. Det er derfor også vanskelig å sammenligne endringene i vegetasjonen på Lomstjønnå med de som skjer på Gulmyran. Likevel er det verdt å nevne at det en generell nedgang i antall arter som er registrert både på Lomstjønnå og Gulmyran (**Tabell 1**, **Tabell 2** og **Tabell 3**). Små variasjoner i antall arter er imidlertid vanlig ved reanalyser, og kan skyldes variasjon mellom år, naturlige endringer i vegetasjonen eller tidspunkt i vekstsesongen analysene er foretatt. Dessuten viser begge lokalitetene endring i samme retning på dette tidspunktet, og det er således ingen grunn til å tro at endringene skyldes utslipp fra landanlegget.

Ingen av enkeltartene på begge lokaliteter viser signifikante endringer i dekning eller frekvens (**Tabell 4**). Det er vist en svak framgang av torvull på et av tuemyrfeltene på Gulmyran. Dette kan være et første tegn på eutrofiering av vegetasjonen, da graminider (gress og halvgress) begunstiges av tilført nitrogen. Påvirkningsfaktorer kan føre til en negativ utvikling lenge etter at en påvirkning har skjedd, såkalt endringsskjeld, fordi betingelsene for bestandsvekst i et plante-samfunn kan forsvinne over tid (Kuussaari et al. 2009). Det kan derfor ta tid før vegetasjonssammensetningen i overvåkingsområdene blir merkbart forskjellige. Det for tidlig å se om det skjer endringer i vegetasjonen i kystlynghei i de nye feltene på Gulmyran. Så langt har verken kystlyngheifeltene på Lomstjønnå (2018-2020) eller det ene fuktige kystlyngheifeltet på Gulmyran (2008-2020) vist signifikante endringer i artenes dekning eller frekvens.

5.2 Grønnhet (NDVI)

NDVI-verdiene var generelt lavere i plantene målt på Gulmyran, og både røsslyng og torvull hadde signifikant lavere verdier på denne lokaliteten (se **Tabell 5**). Torvull er generelt lite grønn i juni, da undersøkelsen ble utført, og en større dekning av graminider med mange tørre fjorårsstrå på Gulmyran vil da bidra til redusert grønnhet sett ovenfra. I tillegg viste overvåkingen i 2016 (Aarrestad et al. 2017) at røsslyngen på Gulmyran var sterkt påvirket av frost og vintertørke med mye avdøying av lyng. Lavere NDVI-verdier på røsslyngen på Gulmyran kan således skyldes langtidsvirkninger etter denne hendelsen. For flere detaljer for plantefysiologiske målinger på Lomstjønnå se Jokerud et al. (2019). De lavere verdiene på Gulmyran kan være en indikasjon på at plantehelsen her er noe lavere enn på referanselokaliteten. Dette kan potensielt skyldes utslipp av forurensede stoffer fra landanlegget på Nyhamna, men størrelsen av NDVI-verdiene tyder imidlertid på at plantene på begge lokalitetene er relativt friske og sunne. Det er således liten grunn til å anta at utslippene fra landanlegget har påvirket plantehelsen i vesentlig grad. Få gjentaksanalyser fører imidlertid til at resultatene kan være vanskelig å tolke, og målinger av grønnhet bør derfor følges opp i den videre overvåkingen.

5.3 Kjemisk innhold i planter

Næringsstoffer

Generelt viser plantevevsprøvene fra Lomstjønnna og Gulmyran relativt like verdier av grunnstoffene, men med noe lavere verdier på Lomstjønnna enn på Gulmyran (**Figur 12**, **Figur 13**, **Tabell 6**, **Tabell 7**, **Vedlegg 2**, og **Vedlegg 3**). Dette kan i utgangspunktet skyldes ulike næringsinnhold i jordsmonnet mellom lokalitetene, eller høyere avsetninger fra luft og nedbør på Gulmyran. Unntaket er innholdet av bor og natrium i heigråmose, som er signifikant lavere på Gulmyran enn på Lomstjønnna. Et høyere innhold av natrium ved Lomstjønnna skyldes trolig at området er mer eksponert mot avsetning av salter fra havvann under stormepisoder.

Lys reinlav viser signifikant økning av makronæringsstoffene magnesium, total nitrogen (Kj-N), fosfor og svovel på Gulmyran (**Figur 12** og **Tabell 6**). I moseprøvene er det også flere grunnstoffer som har økt signifikant på Gulmyran, mens særlig kopper og sink har vist tilbakegang (**Figur 12** og **Tabell 7**). Denne tilbakegangen av kopper og sink i planteprøver er også vist i tungmetallanalysen (se under). Endringene i plantekjemien på Gulmyran over analyseårene er relativt små, og innholdet av både makro-næringsstoffer og sporelementer i plantevevsprøver er sammenlignbare mellom lokalitetene. Små endringer i kjemisk innhold av plantevev er generelt vanskelig å tolke, da vi ikke vet hvor mye av stoffene som slippes ut fra prosessanlegget, og hvor mye som plantene eventuelt tar opp.

Tungmetaller

Tungmetaller kan være skadelig for levende organismer. For de fleste tungmetallene har innholdet i plantevevsprøver hatt en signifikant nedgang eller ikke endret seg signifikant på Gulmyran mellom analyseårene (se **Figur 14**). Unntaket er nikkell, som har hatt en signifikant økning i heigråmose mellom 2008 og 2020, men med nedgang mellom 2016 og 2020. Innholdet av tungmetaller som er målt i plantevevet ved Lomstjønnna er generelt lavere eller på likt nivå som på Gulmyran. Det er bare kvikksølvinnholdet i plantevevsprøvene av heigråmose som er lavere på Gulmyran. I prøvene som ble tatt i 2018 derimot, var innholdet av kvikksølv mye lavere på Lomstjønnna, og på omtrent lik nivå som på Gulmyran de første analyseårene. Det trengs derfor flere datapunkter for å fastslå om denne forskjellen er konstant eller om det varierer over tid.

Det er en generell nedgang i innholdet av tungmetaller i plantevevsprøvene fra Gulmyran, og ingen sterk kontrast til innholdet av tungmetaller på Lomstjønnna. I en landsomfattende moseundersøkelse som har gått hvert femte fra 1977 til 2015, er det observert en generell nedadgående trend for tilførsel av langtransportert tungmetaller (Berg et al. 2011, Steinnes et al. 2016), noe som støtter opp under funnene i denne rapporten. Nivået av nikkell i mosene fra både Gulmyran og Lomstjønnna ligger også i samme konsentrasjonsnivå som resultatene fra moseundersøkelsen 2010 og 2015 i samme geografiske område, som indikerer at det er liten lokal innvirkning på begge lokalitetene. Det er således ingen indikasjon på at utslipp fra Nyhamna landanlegg påvirker plantene på dette tidspunktet. Det er likevel viktig at man samler inn data over flere år for å kunne sammenligne lokalitetene.

5.4 Kjemisk innhold i jordvann

Ledningsevne

Ledningsevnen i jordvann på Gulmyran varierer veldig fra år til år, og det er ingen signifikant endring over tid (**Figur 15**). Dette kan forklares ved at ledningsevnen i vann er svært avhengig av nedbørsmengdene i ukene før prøvetakning. Dette vises også ved at ledningsevnen på Lomstjønnna følger samme mønster som på Gulmyran, selv om den er signifikant høyere i 2020. Det er følgelig lite sannsynlig at utslippene fra Nyhamna prosessanlegg påvirker ledningsevnen i jordvannet.

pH

Det har vært en del variasjon i pH-verdien til jordvann over analyseårene, og parameteren viser en signifikant nedgang over tid på Gulmyran (**Figur 15**). Dette kan være et tegn til forsuring av jordvann. pH verdien har imidlertid økt relativt konstant siden 2014, noe som indikerer en forbedring av forsuringssituasjonen. pH-verdiene er signifikant høyere i jordvann fra Gulmyran enn fra Lomstjønnå, noe som indikerer at vekstforholdene for enkelte mer næringskrevende planter er bedre på Gulmyran. Siden utviklingen i pH-verdien på begge lokalitetene er ganske lik, er det lite sannsynlig at utslippene fra Nyhamna landanlegg er årsaken til endringene i pH-verdiene i jordvannet på Gulmyran.

Nitrogen

Nitrogen er det begrensende næringsstoff for plantevekst i flere terrestriske økosystemer. Høy nitrogen-avsetning fører til en økning av næringsstoffer i jord (eutrofiering, gjødsling), økt planteproduktivitet (spesielt gress), jordforsuring og mykorrhizainfeksjon, noe som påvirke artssammensetningen, inkludert faunaen (Bobbink et al. 2010). Økt primærproduksjon fører til redusert artsrikhet over tid. Eutrofiering av økosystemene på grunn av luftbåren nitrogen er av FN anerkjent som en av de største truslene mot verdens biologiske mangfold (Millennium Ecosystem Assessment 2005). Endringer i artssammensetning og mengde av plantene er den første parameteren som vil reagere på økt nitrogen avsetning, før økning vil skje i jordvann og jord (Bobbink & Hettelingh 2011). Dette er fordi den økte tilgangen av nitrogen vil umiddelbart bli tatt opp i planter for biomasseproduksjon. Når plantene ikke lenger kan ta opp mer nitrogen, vil nitrogen og hydrogen lekke ut til jordsmonnet og jordvannet.

Verdiene for total nitrogen og plantetilgjengelig ammonium i jordvann fra myr på både Gulmyran og Lomstjønnå er generelt lave (**Figur 15**) og typiske for fattige nedbørsmyrer. Lokalitetsverdiene ligger omtrent på samme nivå, noe som indikerer enten en lav produktivitet i økosystemet på begge lokaliteter eller at plantene her bruker opp alt tilgjengelig nitrogen. I tillegg viser ammonium en signifikant nedgang i jordvannet på Gulmyran fra 2008 til 2020, noe som igjen indikerer avtakende tilgang på nitrogen for opptak i plantene. Total nitrogen i jordvann fra Gulmyran gikk også signifikant tilbake fra 2008 til 2018, men har økt kraftig fra 2018 til 2020, og det er derfor ingen signifikant endring over hele analyseperioden. Jordvann fra Gulmyran viser således foreløpig ingen tegn til eutrofiering. Trolig tas det meste av tilført nitrogen på Gulmyran opp av vegetasjonen og gir grunnlag for økt vekst av torvull (se kap. 4.1.3, 4.4.1 og 5.1).

Tungmetaller

Innholdet av tungmetaller i jordvann fra Gulmyran har hatt en signifikant nedgang eller ikke endret seg signifikant mellom analyseårene (**Figur 16**). Det er likevel verdt å nevne at nikkel og kvikksølv økte direkte etter oppstart av prosessanlegget. Man kan således ikke helt se bort ifra at utslippene fra prosessanlegget kan være årsak til at mengden av kvikksølv og nikkel i jordvann fra Gulmyran har økt etter landanleggets oppstart. Selv om denne økningen er noe bekymringsfull, er det beroligende at det ikke finnes noen kumulativ økning over tid, og at innholdet av kvikksølv har hatt en signifikant nedgang over hele analyseperioden.

Innholdet av tungmetaller i jordvannet var generelt høyere på den opprinnelige referanselokaliteten Aukra, men Gulmyran og Lomstjønnå har omtrent samme nivåer. Likevel er innholdet av kobber og sink i jordvann signifikant høyere på Gulmyran enn på Lomstjønnå i prøvene som ble tatt i 2020. Da det bare er samlet inn data i to analyseår, er det for tidlig å si med sikkerhet at forskjellene skyldes forskjeller mellom lokalitetene eller mellomårsvariasjon. Det er likevel verdt å nevne at innholdet av tungmetaller i jordvannet på Gulmyran og Lomstjønnå er noenlunde likt på dette tidspunkt. Tungmetallinnholdet i jordvann ligger for begge lokaliteter (med ett unntak for sink på Gulmyran, **Vedlegg 7**, prøve G4) betydelig under øvre grenseverdier for god tilstand av ferskvann (Beckius & Keilen 2016). Øvre grenseverdi for god tilstand av bly er 1,2 ng/ml, nikkel 4 ng/ml, kopper 7,8 ng/ml, sink er 1,2 ng/ml og kvikksølv 47 ng/l. Jordvannet i myrene er således svært lite forurenset. Det må derfor antas at utslippen av tungmetaller i liten grad påvirker det akvatiske økosystemet i påvirkningsområdet.

5.5 Kjemisk innhold i humusjord

pH

Selv om pH har hatt en signifikant nedgang i humusjord fra Gulmyran over hele analyseperioden er gjennomsnittsverdien som ble målt i 2018 forholdsvis høy (**Figur 17**). Men, siden pH-verdien for humusjord fra Lomstjønnna er på samme nivå som på Gulmyran er det ingen grunn til å tro at denne endringen skyldes utslipp fra Nyhamna landanlegg. En nedgang i pH står i motsetning til resultater fra andre overvåkingsprogram i Norge der pH i jord over en 20 årsperiode stort sett øker (Framstad 2017, Framstad 2019a, Framstad 2019b). Dette fordi langtransportert sur nedbør har avtatt betraktelig, og fordi klimaendringene med et varmere klima fører til en raskere nedbrytning av humus, noe som frigjør næringsemner og hever pH i jord.

Nitrogen

Hverken Kjeldahl-nitrogen eller ammonium har endret seg signifikant over tid i humusjord på Gulmyran (**Figur 17**). Det er følgelig ingen indikasjon på at nitrogenutslipp fra Nyhamna prosessanlegg har ført til en målbar eutrofiering av jordsmonnet. Gjennomsnittlig Kjeldahl-nitrogen er også på omtrent samme nivå på Gulmyran og Lomstjønnna, mens innhold av ammonium i humusjord er signifikant lavere på Lomstjønnna enn på Gulmyran. Videre overvåking er nødvendig for å slå fast om det vil følge samme utviklingen på begge lokalitetene.

Tungmetaller

Som for jordvann er konsentrasjonene av tungmetallene i humusjord små, og innholdet av de fleste tungmetallene har ikke endret seg signifikant gjennom analyseårene (**Figur 18**). Verdiene ligger innenfor rammen for upåvirkede områder uten forurensing av sedimenter (Beckius & Keilen 2016), både på Gulmyran og på Lomstjønnna. Det må således antas at utslipp av tungmetaller i liten grad påvirker jordsmonnet i influensområdet. Det er bare kobber som har hatt en signifikant nedgang i prøvene av humusjord fra Gulmyran. Det er likevel verdt å nevne at innholdet av alle tungmetallene har økt i humusjord fra Gulmyran fra 2018 til 2020. Dette er noe bekymringsfullt da innhold av bly, nikkel og kobber i humusjord fra Lomstjønnna er signifikant lavere enn fra Gulmyran, og innholdet av sink har også økt til samme nivå etter å ha vært signifikant lavere på Gulmyran i 2018. Det er således svært viktig å følge med på hvordan innholdet av tungmetaller utvikler seg på begge lokalitetene i årene som kommer.

5.6 Hovedkonklusjon

Analysene viser at vegetasjonen i alle tre naturtyper har en ganske lik artssammensetning ved Lomstjønnna og Gulmyran. Dette betyr at utvalget av de nye kystlyngheifeltene på Gulmyran har vært vellykket, og at lokalitetene vil bli enklere å sammenligne i fremtidige analyser. Referanse-lokaliteten Lomstjønnna har bare vært analysert to ganger, og det er derfor ikke mulig å sammenligne endringene med de som har skjedd på Gulmyran over hele analyseperioden. Det har imidlertid skjedd en svak økning av torvull på myrene på Gulmyran, noe som kan være en start på eutrofiering av vegetasjonen ved at tilført nitrogen tas opp av plantene. Foreløpig er det ingen indikasjon på eutrofiering av jordvann og humusjord. Dette vil eventuelt først skje når vegetasjonen ikke klarer å ta opp all tilført nitrogen og omsette dette til økt biomassevekst. Påvirkningsfaktorer kan føre til en negativ utvikling lenge etter at en påvirkning har skjedd, såkalt endringsgjeld. Det kan derfor ta tid før vegetasjonssammensetningen i overvåkingsområdene blir merkbart forskjellige. Det er således viktig å videreføre overvåkingen av artssammensetningen av vegetasjonen.

Det er liten grunn til å anta at forskjellene i NDVI-verdiene som ble målt på Gulmyran og Lomstjønnna er forårsaket av utslipp av NO_x. På dette tidspunktet er det således ingen indikasjon på at utslipp fra Nyhamna landanlegg påvirker helsetilstanden til plantene, men målingene har bare vært utført to ganger. Her er det viktig at man samler inn data i flere år for å kunne sammenligne lokalitetene.

Analysen av plantekjemien viser at endringene over analyseårene er relativt små, og innholdet av både makro-næringsstoffer og sporelementer i plantevevsprøver er sammenlignbar mellom lokalitetene. Innholdet av de fleste tungmetallene er noe lavere i plantevevsprøver fra Lomstjønnna, men det er ingen sterk kontrast til Gulmyran. I tillegg er det en generell nedgang i innholdet av tungmetaller i plantevevsprøvene fra Gulmyran.

I likhet med analysene gjort på plantevevet viser de kjemiske analysene av jordvann og humusjord fra 2008 til 2020 små endringer i de overvåkede parametere på lokaliteten Gulmyran. Selv om det har vært en signifikant nedgang i pH i både jord og jordvann over analyseårene, er pH-verdiene tilsvarende på Lomstjønnna, og utviklingen lik på begge lokalitetene. Det er således lite sannsynlig at utslippene fra Nyhamna landanlegg er årsaken til endringene i pH-verdiene i jordvannet på Gulmyran. Utviklingen i nitrogeninnholdet i jord og jordvann er også nokså lik på begge lokalitetene, og er følgelig foreløpig ikke forårsaket av utslipp fra landanlegget.

Konsentrasjonen av tungmetallene bly, nikkel, kobber, sink og kvikksølv i både jord og jordvann er relativt små, og alle signifikante endringer på Gulmyran mellom 2008 og 2020 viser tilbakegang. Det er likevel noe bekymringsfullt at innholdet av alle tungmetallene har økt i humusjord på Gulmyran fra 2018 til 2020, spesielt når denne utviklingen ikke er lik for bly, nikkel og sink på Lomstjønnna. Det er således viktig å fortsette prøveinnsamlingen av tungmetaller, for å kunne følge med på hvordan innholdet utvikler seg på begge lokalitetene i årene som kommer.

6 Referanser

- Austnes, K., Lund, E., Sample, J.E., Aarrestad, P.A., Bakkestuen, V. & Aas, W. 2018. Overskridelser av tålegrenser for forsuring og nitrogen for Norge. Oppdatering med perioden 2012–2016. NIVA rapport M966 | 2018. Norsk institutt for vannforskning.
- Beckius, J. & Keilen, H.B. 2016. Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota - revidert 30.10.2020. M-608 | 2016. Miljødirektoratet.
- Berg, T., Pfaffhuber, K.A., Steinnes, E. & Uggerud, H.T. 2011. Atmosfærisk nedfall av tungmetaller i Norge. Landsomfattende undersøkelse i 2010. 1109 | 2011, TA 2859 | 2011. Klima- og forurensningsdirektoratet.
- Bobbink, R., Hicks, K., Galloway, J., Spranger, T., Alkemade, R., Ashmore, M., Bustamante, M., Cinnerby, S., Davidson, E. & Dentener, F. 2010. Global assessment of nitrogen deposition effects on terrestrial plant diversity: a synthesis. *Ecological Applications* 20(1): 30-59.
- Bobbink, R. & Hettelingh, J.-P. 2011. Review and revision of empirical critical loads and dose-response relationships: Proceedings of an expert workshop, Noordwijkerhout, 23-25 June 2010. Noordwijkerhout, Coordination Centre for Effects, National Institute for Public Health and the Environment (RIVM).
- Bratli, H., Halvorsen, R., Bryn, A., Arnesen, G., Bendiksen, E., Jordal, J.B., Svalheim, E.J., Vandvik, V., Velle, L.G., Øien, D.-I & Aarrestad, P.A. 2019. Beskrivelse av kartleggingsenheter i målestokk 1:5000 etter NiN (2.2.0). Utgave 1, kartleggingsveileder nr 4. Artsdatabanken, Trondheim; <http://www.artsdatabanken.no>.
- Framstad, E. 2017. Terrestrisk naturovervåking i 2016: Markvegetasjon, epifytter, smågnagere og fugl. Sammenfatning av resultater. NINA Rapport 1376. Norsk institutt for naturforskning.
- Framstad, E. 2019a. Terrestrisk naturovervåking i 2017: Markvegetasjon, epifytter, smågnagere og fugl. Sammenfatning av resultater. NINA Rapport 1608. Norsk institutt for naturforskning.
- Framstad, E. 2019b. Terrestrisk naturovervåking i 2018: Markvegetasjon, epifytter, smågnagere og fugl. Sammenfatning av resultater. NINA Rapport 1692. Norsk institutt for naturforskning.
- Gotelli, N.J. & Ellison, A.M. 2004. A primer of ecological statistics. Sinauer Associates Sunderland.
- Jokerud, M., Bargmann, T., Bjerke, J.W. & Aarrestad, P.A. 2019. Miljøovervåkingsprogram for Ormen Lange landanlegg – Nyhamna, Gossa. Overvåking av vegetasjon og jord – endringer i kjemiske parametere fra 2008 til 2018 og oppretting av ny referanselokalitet i Lomstjønnna naturreservat, Harøya. NINA Rapport 1615. Norsk institutt for naturforskning.
- Knudsen, S., Traaen, T. & Aarrestad, P.A. 2002. Ilandføringsterminalen for Ormen Lange. Konsekvenser av utslipp til luft. NILU OR 47. Norsk institutt for luftforskning.

- Kuussaari, M., Bommarco, R., Heikkinen, R.K., Helm, A., Krauss, J., Lindborg, R., Öckinger, E., Pärtel, M., Pino, J., Rodà, F., Stefanescu, C., Teder, T., Zobel, M. & Steffan-Dewenter, I. 2009. Extinction debt: a challenge for biodiversity conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 24: 564-571.
- McInnes, 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. Norsk institutt for luftforskning.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystem and human well-being: biodiversity synthesis. World Resources Institute.
- 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. Norwegian forest research institute, Chemical laboratories.
- R Core Team. 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org>.
- Steinnes, E., Uggerud, H.T., Pfaffhuber, K.A. & Torunn Berg, T. 2016. Atmospheric deposition of heavy metals in Norway, National moss survey 2015 M-594 | 2016. Miljødirektoratet.
- 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. Norsk institutt for naturforskning.
- Aarrestad, P.A., Bakkestuen, V., Stabbetorp, O.E. & Myklebost, H.E. 2011. Miljøovervåkingsprogram for Ormen Lange landanlegg og Reservegasskraftverk på Nyhamna, Gossa. Overvåking av vegetasjon og jord – gjenanalyser og nyetablering av overvåkingsfelter i 2010. NINA Rapport 690. Norsk institutt for naturforskning.
- Aarrestad, P.A. & Bakkestuen, V. 2012. Environmental monitoring program for the Ormen Lange Onshore Processing Plant and the Reserve Power Plant at Nyhamna, Gossa. Vegetation and soil - Annual report 2011. Plant growth studies 2008 - 2011. NINA Mini-report 366. Norsk institutt for naturforskning.
- Aarrestad, P.A., Bakkestuen, V. & Myklebost, H.E. 2013. Environmental monitoring program for the Ormen Lange Onshore Processing Plant at Nyhamna, Gossa. Vegetation and soil - annual report 2012. Plant growth of red bog moss and chemical content of soil and soil water 2008 – 2012. NINA Minirapport 440. Norsk institutt for naturforskning.
- Aarrestad, P.A. & Bakkestuen, V. 2014. Environmental monitoring program for the Ormen Lange Onshore Processing Plant at Nyhamna, Gossa. Vegetation and soil - annual report 2014. NINA Minirapport 519. Norsk institutt for naturforskning.
- Aarrestad, P.A., Bakkestuen, V. & Myklebost, H.E. 2014. Environmental monitoring program for the Ormen Lange Onshore Processing Plant at Nyhamna, Gossa. Vegetation and soil - annual report 2013. NINA Minirapport 483. Norsk institutt for naturforskning.

Aarrestad, P.A. & Bakkestuen, V. 2015. Environmental monitoring program for the Ormen Lange Onshore Processing Plant at Nyhamna, Gossa. Vegetation and soil - annual report 2015. NINA Minirapport 596. Norsk institutt for naturforskning.

Aarrestad, P.A., Bakkestuen, V., Stabbetorp, O.E. & Tøpper, J.P. 2017. Miljøovervåkingsprogram for Ormen Lange landanlegg–Nyhamna, Gossa. Overvåking av vegetasjon og jord–endringer fra 2008 til 2016. NINA Rapport 1348. Norsk institutt for naturforskning.

Aas, W., Hjellbrekke, A.-G., Fagerli, H. & Benedictow, A. 2017. Deposition of major inorganic compounds in Norway 2012-2016. 41 | 2017. Norwegian Institute for Air Research.

7 Vedlegg

Vedlegg 1. Artsliste for fastmattemyr, kystlynghei og tuemyr på Gulmyran (Gul) og Lomstjønnå (Lom).
«√» betyr at arten er tilstede.

Vitenskapelig navn	NorskNavn	Fastmatte		Kystlynghei			Tuemyr	
		Gul	Lom	Gul(F)	Gul	Lom	Gul	Lom
<i>Andromeda polifolia</i>	Kvitlyng	√	√	√			√	√
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>	Mjølbær				√	√		
<i>Betula nana</i>	Dvergbjørk	√	√	√			√	√
<i>Calluna vulgaris</i>	Røsslyng	√	√	√	√	√	√	√
<i>Empetrum nigrum</i>	Krekling		√		√		√	√
<i>Erica tetralix</i>	Klokkelyng	√	√	√		√		√
<i>Juniperus communis</i>	Einer			√				
<i>Myrica gale</i>	Pors	√		√				
<i>Pinus sylvestris</i>	Furu		√					
<i>Vaccinium myrtillus</i>	Blåbær				√	√		
<i>Vaccinium uliginosum</i>	Blokkebær				√			
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	Tyttebær			√	√	√		
<i>Sorbus aucuparia</i>	Rogn					√		
<i>Drosera anglica</i>	Smalsoldogg	√	√					
<i>Drosera rotundifolia</i>	Rundsoldogg	√	√					
<i>Lysimachia europaea</i>	Skogstjerne					√		
<i>Narthecium ossifragum</i>	Rome	√	√	√		√	√	√
<i>Pinguicula vulgaris</i>	Tettegras	√						
<i>Potentilla erecta</i>	Tepperot					√		
<i>Rubus chamaemorus</i>	Molte	√	√			√	√	√
<i>Solidago virgaurea</i>	Gullris					√		
<i>Agrostis capillaris</i>	Engkvein			√		√		
<i>Avenella flexuosa</i>	Smyle				√	√		
<i>Carex limosa</i>	Dystorr	√						
<i>Carex nigra var. nigra</i>	Vanleg slåttestorr				√	√		
<i>Carex sp.</i>	Storrslekta			√		√		
<i>Carex vaginata</i>	Slirestorr					√		
<i>Eriophorum angustifolium</i>	Duskull	√	√	√				
<i>Eriophorum vaginatum</i>	Torvull	√	√	√	√		√	√
<i>Juncus castaneus</i>	Kastanjesiv			√				
<i>Trichophorum cespitosum</i>	Bjørneskjegg	√	√	√		√	√	√
<i>Dicranum scoparium</i>	Ribbesigd				√	√		
<i>Dicranum sp.</i>	Sigdmose		√	√				
<i>Hylocomium splendens</i>	Etasjemose			√	√	√		√
<i>Hypnum cupressiforme</i>	Matteflette		√		√	√		√
<i>Hypnum jutlandicum</i>	Heiflette			√			√	
<i>Plagiothecium undulatum</i>	Kystjamnemos					√		
<i>Pleurozium schreberi</i>	Furumose		√	√	√	√	√	√
<i>Polytrichum commune</i>	Storbjørnemose				√			

<i>Ptilium crista-castrensis</i>	Fjørnøse					√		
<i>Racomitrium lanuginosum</i>	Heigråmose	√	√	√	√	√	√	√
<i>Rhytidiadelphus loreus</i>	Kystkransmose			√	√	√		
<i>Rhytidiadelphus sp.</i>	Kransmoseslekta		√					√
<i>Sphagnum capillifolium</i>	Furutorvmose	√	√					√
<i>Sphagnum cuspidatum</i>	Vasstorvmose	√	√					
<i>Sphagnum divinum</i>	Abelstorvmose	√	√					
<i>Sphagnum lindbergii</i>	Bjørnetorvmose			√				
<i>Sphagnum medium</i>	Kjøtt-torvmose	√		√				
<i>Sphagnum papillosum</i>	Vortetorvmose	√	√					
<i>Sphagnum quinquefarium</i>	Lyngtorvmose			√				
<i>Sphagnum rubellum</i>	Rødtorvmose	√	√					
<i>Sphagnum tenellum</i>	Dvergtorvmose	√	√					
<i>Aneura pinguis</i>	Feittmose	√						
<i>Barbilophozia floerkei</i>	Lyngskjeggmose					√		
<i>Calypogeia sp.</i>	Flakmoseslekta	√						
<i>Calypogeia sphagnicola</i>	Sveltflak		√					
<i>Cephalozia bicuspidata</i>	Broddglefsemose		√					
<i>Cephalozia lunulifolia</i>	Myrglefsemose	√						
<i>Cephalozia sp.</i>	Glefsemoseslekta	√	√					
<i>Cephaloziella rubella</i>	Raudpistremose	√						
<i>Cladopodiella fluitans</i>	Myrskovmose	√						
<i>Kurzia pauciflora</i>	Sveltfingermose		√					
<i>Kurzia sp.</i>	Fingermoseslekta	√						
<i>Mylia anomala</i>	Myrmuslingmose		√					
<i>Mylia taylorii</i>	Raudmuslingmose	√	√					
<i>Odontoschisma elongatum</i>	Myrskovmose	√						
<i>Odontoschisma sphagni</i>	Sveltskovmose	√	√					
<i>Ptilidium ciliare</i>	Bakkefrynse				√			√
<i>Cladonia arbuscula coll.</i>	Lys reinlav/fjellreinlav	√		√	√	√	√	√
<i>Cladonia rangiferina</i>	Grå reinlav	√	√	√	√	√	√	√
<i>Cladonia stellaris</i>	Kvitkrull				√		√	
<i>Cladonia sulphurina</i>	Fausklav						√	√
<i>Cladonia uncialis</i>	Pigglav				√	√	√	√
<i>Flavocetraria cucullata</i>	Gulskjerpe							√

Vedlegg 2. Plantekjemivariablene (mmol/kg) i plantevev på Gulmyran (G) og Lømsjøen (L). Plantevev av mosene *Racomitrium* (R1-5) og *Sphagnum* (S1-5), og lav *Cladonia* (C1-5).

Prøve-ID	Næringsvariabel (mmol/kg)									
	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	Kj-N	Na	P	S
G-R1	10,75	22,6	5,39	19	46,9	0,2	251	16,39	6,7	12,93
G-R2	10,2	22	4,92	18,1	47,9	0,09	201	16,73	5,1	10,59
G-R3	6,92	20,3	3,56	20,4	45,9	0,08	235	16,5	5,4	11,33
G-R4	7,59	20,9	4,27	18,9	49,6	0,15	227	17,24	4,8	10,7
G-R5	9,06	18,9	4,89	15,1	42,1	0,08	209	16,06	3,4	10,7
G-S1	7,41	62,5	3,52	77,2	107,3	1,7	362	103,3	9,2	28,55
G-S2	7,23	31,8	3,08	62,6	87,6	0,28	375	147,3	7,2	27,83
G-S3	10,56	45,8	5,65	65,3	103,6	2,05	402	97,65	9	36,63
G-S4	7,28	28,6	3,36	66,5	82,8	0,84	328	101,6	8,1	23,8
G-S5	10,56	45,1	5,1	52,7	94,3	0,84	292	105	8,2	24,11
G-C1	3,41	19,2	1,56	29,6	40,6	0,6	295	12,81	8,9	17,77
G-C2	3,81	13,8	1,66	31,6	34,6	0,18	341	13,05	9	20,21
G-C3	2,86	15,5	1,18	32,4	37,5	0,33	302	14,56	9,7	16,66
G-C4	3,21	14,4	1,26	32,2	36,1	0,53	314	11,96	9,6	17,63
G-C5	3,9	12,2	1,51	34,4	34,2	0,37	342	14,02	10,1	20,21
L-R1	7,41	23,9	3,28	16	50,4	0,09	171	22,13	4,6	11,54
L-R2	7,65	28,7	3,2	15,5	52,9	0,11	168	20,48	4,3	11,18
L-R3	5,66	15,6	2,24	19,1	41,3	0,05	180	23,59	6,9	9,83
L-R4	5,91	23,4	2,49	22,9	49,6	0,12	202	21,82	8,3	12,14
L-R5	8,31	21,4	3,44	17	49,3	0,06	176	21,85	4,5	10,89
L-S1	4,94	34,1	1,48	69,1	91,9	1,12	356	133,3	12,5	23,92
L-S2	6,93	42,4	1,95	76,8	113,4	0,53	356	129,2	8,5	29,58
L-S3	6,53	28,1	1,92	76,2	89,5	0,48	342	114,1	10,2	27,32
L-S4	5,99	36,3	2,45	76,1	104,4	0,51	307	106,9	11	30,64
L-S5	5,35	39,2	1,65	67,5	101,3	0,71	265	107,2	8,8	24,46
L-C1	4,11	13,1	1,7	22,8	36,8	0,11	244	15,42	6,7	11,56
L-C2	3,54	10,2	1,36	23,6	31,8	0,06	182	14,87	7,8	10,34
L-C3	2,93	10,2	1,32	22,9	32	0,05	213	14,16	8	10,96
L-C4	3,85	12	1,68	20,4	28,6	0,15	221	13,99	6,3	11,69
L-C5	2,83	14,8	1,05	27	35,8	0,12	223	14,16	9,4	11,7

Vedlegg 3. Plantekjemivariablene ($\mu\text{mol/kg}$) i plantevev på Gulmyran (G) og Lømsjøen (L). Plantevev av mosene *Racomitrium* (R1-5) og *Sphagnum* (S1-5), og lav *Cladonia* (C1-5).

Prøve-ID	Næringsvariabel ($\mu\text{mol/kg}$)									
	B	Ba	Cr	Cu	Ni	Pb	Sr	Ti	V	Zn
G-R1	70	19	32	28	14	4	164	554	23	91
G-R2	74	19	33	26	13	3	170	468	24	85
G-R3	70	16	25	37	11	3	153	421	17	99
G-R4	70	16	28	36	14	4	159	402	21	108
G-R5	75	17	27	44	14	4	147	472	23	88
G-S1	207	25	14	33	7	3	222	328	14	411
G-S2	172	29	20	23	7	3	191	259	19	167
G-S3	216	28	34	31	9	4	247	537	27	203
G-S4	97	16	17	21	8	2	173	331	17	127
G-S5	162	34	21	25	10	3	206	472	20	114
G-C1	87	7	13	21	7	2	88	177	6	200
G-C2	70	7	12	26	7	3	83	202	5	254
G-C3	70	5	10	19	3	2	81	152	5	191
G-C4	70	7	9	18	6	2	79	171	3	262
G-C5	70	8	11	20	5	2	78	179	5	302
L-R1	105	15	22	25	12	5	187	323	17	89
L-R2	158	23	17	28	10	4	211	312	16	78
L-R3	132	11	16	13	8	3	123	217	12	113
L-R4	146	17	14	26	7	3	180	223	12	90
L-R5	150	17	19	19	11	5	189	344	19	59
L-S1	156	13	8	22	3	1	165	149	6	160
L-S2	161	29	10	20	6	2	255	183	9	156
L-S3	123	21	8	22	5	1	181	184	8	137
L-S4	184	29	7	28	3	2	260	226	11	110
L-S5	147	28	7	19	3	1	221	174	7	105
L-C1	79	10	48	15	21	3	96	190	5	151
L-C2	80	5	26	11	11	2	76	166	5	120
L-C3	70	5	23	14	9	2	82	141	4	131
L-C4	70	7	27	16	11	3	78	185	8	118
L-C5	81	11	10	15	5	1	92	115	5	131

Vedlegg 4. Vannkjemivariablene ledningsevne, pH, total nitrogen og ammonium (NH₄⁺) for Gulmyran (G1-15) og Lomstjøenna (L1-15).

Prøve-ID	Ledningsevne pH Total nitrogen NH ₄ ⁺			
	µS/cm		mg/l	mg/l
G1	71,4	4,9	0,33	0,08
G2	72,3	4,71	0,32	0,07
G3	71,5	4,82	0,37	0,08
G4	73,8	4,66	0,85	0,26
G5	73,7	4,56	0,5	0,08
G6	73,3	4,58	0,57	0,1
G7	79,3	4,44	0,68	0,12
G8	73,4	4,62	0,54	0,1
G9	73,4	4,6	0,57	0,12
G10	73,1	4,66	0,52	0,11
G11	73,6	4,62	0,5	0,11
G12	71,9	4,65	0,43	0,07
G13	72,5	4,58	0,47	0,06
G14	72,6	4,61	0,46	0,07
G15	70,1	4,8	0,35	0,06
L1	85,7	4,42	0,53	0,13
L2	77,9	4,48	0,37	0,05
L3	83,4	4,71	0,16	0,06
L4	81,5	4,39	0,49	0,09
L5	85	4,37	0,67	0,13
L6	80,5	4,44	0,57	0,07
L7	73,8	4,58	0,67	0,14
L8	86,2	4,52	0,65	0,13
L9	78,8	4,43	0,44	0,07
L10	79,9	4,47	0,45	0,1
L11	80,2	4,45	0,43	0,08
L12	81,3	4,44	0,49	0,1
L13	87,8	4,39	0,32	0,06
L14	80,5	4,43	0,45	0,08
L15	83,8	4,76	0,21	0,06

Vedlegg 5. Jordkjemivariablene glødetap, pH, Kjeldahl-nitrogen (Kj-N), ammonium (NH_4^+) og nitrat (NO_3^-) for Gulmyran (G1-15) og Lomstjønnna (L1-15). Tallene i skråskrift er verdier som er under deteksjonsgrensen.

Prøve-ID	Glødetap %	pH	Kj-N mmol/kg	NH_4^+ mmol/kg	NO_3^- mmol/kg
G1	99,87	4,15	1142	1,15	0,05
G2	99,79	4,07	1211	0,74	0,05
G3	99,92	4,27	1038	0,64	0,06
G4	99,86	4,23	1278	0,68	0,06
G5	99,84	4,14	1266	1,52	0,06
G6	99,9	4,24	1281	0,9	0,06
G7	99,85	4,21	1216	0,88	0,05
G8	99,89	4,22	1046	1,13	0,06
G9	99,89	4,28	1056	1,67	0,05
G10	99,89	4,22	1225	1,36	0,07
G11	99,81	4,21	1461	2,19	0,05
G12	99,9	4,24	1388	1,99	0,05
G13	99,84	4,18	912	1,35	0,05
G14	99,93	4,2	873	1,5	0,07
G15	99,92	4,23	1046	1,21	0,06
L1	99,94	4,21	1095	1,35	0,05
L2	99,96	4,25	1054	0,87	0,06
L3	99,92	4,23	999	0,74	0,05
L4	99,94	4,22	1115	0,48	0,04
L5	99,93	4,28	1172	1,45	0,09
L6	99,94	4,19	1018	0,73	0,05
L7	99,93	4,23	931	0,73	0,06
L8	99,93	4,18	1205	0,67	0,05
L9	99,91	4,05	1049	0,73	0,06
L10	99,93	4,33	1005	1,12	0,05
L11	99,95	4,33	1118	0,54	0,07
L12	99,92	4,27	1157	1,09	0,05
L13	99,95	4,14	1122	0,46	0,05
L14	99,94	4,31	1110	0,92	0,05
L15	99,9	4,13	1144	0,66	0,05

Vedlegg 6. Tungmetaller nikkel (Ni), kobber (Cu), sink (Zn), bly (Pb) og kvikksølv (Hg) i plantevev fra Gulmyran og Lømsjøna. Plantevev av mosene *Racomitrium* (R1-5) og *Sphagnum* (S1-5), og lav *Cladonia* (C1-5).

Prøve-ID	Tungmetall (mg/kg)				
	Ni	Cu	Zn	Pb	Hg
G-R1	0,513	1,430	4,671	0,491	0,041
G-R2	0,551	1,345	4,657	0,494	0,043
G-R3	0,498	1,714	5,519	0,396	0,037
G-R4	0,515	1,845	6,100	0,456	0,029
G-R5	0,606	2,092	4,466	0,511	0,041
G-S1	0,350	1,542	22,450	0,349	0,028
G-S2	0,365	1,286	9,484	0,493	0,026
G-S3	0,527	1,429	7,618	0,476	0,036
G-S4	0,387	0,989	6,871	0,307	0,022
G-S5	0,490	1,435	6,792	0,415	0,030
G-C1	0,296	1,028	11,347	0,204	0,035
G-C2	0,255	1,128	13,536	0,260	0,040
G-C3	0,205	0,916	10,251	0,150	0,036
G-C4	0,215	0,857	12,874	0,186	0,030
G-C5	0,181	0,961	15,522	0,176	0,034
L-R1	0,497	1,282	4,666	0,653	0,077
L-R2	0,529	1,179	4,278	0,666	0,071
L-R3	0,276	0,693	6,322	0,299	0,050
L-R4	0,404	1,261	4,889	0,548	0,048
L-R5	0,505	1,134	3,843	0,607	0,083
L-S1	0,166	1,094	8,180	0,133	0,022
L-S2	0,246	1,089	8,737	0,272	0,024
L-S3	0,187	1,094	7,043	0,220	0,022
L-S4	0,236	1,280	5,709	0,302	0,027
L-S5	0,199	1,026	5,967	0,195	0,023
L-C1	1,576	0,822	8,450	0,311	0,029
L-C2	0,691	0,668	6,596	0,203	0,024
L-C3	0,295	0,580	6,912	0,225	0,026
L-C4	0,338	0,820	5,975	0,280	0,036
L-C5	0,244	0,805	7,185	0,196	0,026

Vedlegg 7. Tungmetaller nikkel (Ni, ng/ml), kobber (Cu, ng/ml), sink (Zn, ng/ml), bly (Pb, ng/ml) og kvikksølv (Hg, ng/l) i vannprøver fra Gulmyran (G1-G10) og Lomstjønnå (L1-L10). Tallene i skråskrift viser deteksjonsgrensen.

Prøve-ID	Tungmetall				
	Ni	Cu	Zn	Pb	Hg
G1	0,12	0,114	2,88	0,162	2,08
G2	0,12	0,062	3,69	0,158	1,51
G3	0,12	0,094	3,56	0,155	1,44
G4	0,12	0,075	14,93	0,262	12,36
G5	0,12	0,062	1,20	0,292	3,25
G6	0,12	0,062	1,20	0,343	4,23
G7	0,12	0,116	2,60	0,630	10,53
G8	0,12	0,074	2,03	0,309	3,53
G9	0,12	0,103	2,26	0,288	3,50
G10	0,12	0,051	6,35	0,257	3,20
L1	0,12	0,050	1,20	0,244	9,43
L2	0,12	0,050	1,20	0,378	2,92
L3	0,12	0,050	1,20	0,010	0,58
L4	0,12	0,077	2,97	0,582	5,31
L5	0,12	0,050	1,20	0,394	5,75
L6	0,12	0,103	1,20	0,424	5,64
L7	0,12	0,072	1,68	0,241	8,29
L8	0,12	0,050	1,20	0,532	5,80
L9	0,12	0,050	1,22	0,491	5,46
L10	0,12	0,050	1,20	0,327	4,45

Vedlegg 8. Tungmetaller nikkel (Ni), kobber (Cu), sink (Zn), bly (Pb) og kvikksølv (Hg) i jordprøver fra Gulmyran (G1-G10) og Lomstjønnå (L1-L10).

Prøve-ID	Tungmetall (mg/kg)				
	Ni	Cu	Zn	Pb	Hg
G1	1,44	2,54	11,82	7,16	0,054
G2	2,66	3,13	13,11	8,85	0,103
G3	1,57	2,77	10,07	13,71	0,092
G4	1,46	3,47	10,43	16,68	0,150
G5	2,33	3,84	9,67	14,62	0,176
G6	1,56	3,61	11,20	19,53	0,169
G7	1,46	2,71	4,45	4,70	0,085
G8	1,44	3,07	5,37	14,76	0,185
G9	1,52	2,89	7,27	14,46	0,244
G10	1,77	3,62	5,67	3,67	0,073
L1	0,81	1,71	5,33	3,28	0,126
L2	1,13	2,65	5,75	2,74	0,120
L3	0,72	1,18	4,89	3,28	0,122
L4	1,08	1,74	8,76	4,07	0,115
L5	0,91	1,62	6,68	5,90	0,129
L6	0,92	1,47	6,21	3,71	0,279
L7	1,11	1,73	9,69	5,39	0,107
L8	0,74	1,60	3,93	3,03	0,072
L9	0,77	1,39	6,12	4,47	0,112
L10	1,07	1,95	10,69	9,84	0,258

Norsk institutt for naturforskning, NINA, er en uavhengig stiftelse som forsker på natur og samspillet natur–samfunn.

NINA ble etablert i 1988. Hovedkontoret er i Trondheim, med avdelingskontorer i Tromsø, Lillehammer, Bergen og Oslo. I tillegg driver NINA Sæterfjellet avlsstasjon for fjellrev på Oppdal, og forskningsstasjonen for vill laksefisk på lms i Rogaland.

NINAs virksomhet omfatter både forskning og utredning, miljøovervåking, rådgivning og evaluering. NINA har stor bredde i kompetanse og erfaring med både naturvitere og samfunnsvitere i staben. Vi har kunnskap om artene, naturtypene, samfunnets bruk av naturen og sammenhenger med de store drivkreftene i naturen.

ISSN:1504-3312
ISBN: 978-82-426-4711-5

Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim

Besøks-/leveringsadresse: Høgskoleringen 9, 7034 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00, Telefaks: 73 80 14 01

E-post: firmapost@nina.no

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>



Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger