

# Undersøkelser i Storamos 2019

Åge Molversmyr



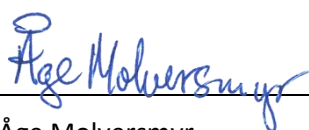
Prosjekttittel: Storamos 2019  
Prosjektnummer: 101562  
Institusjon: NORCE Norwegian Research Centre  
Oppdragsgiver(e): Hå og Time kommuner

Gradering: Åpen  
Rapportnr.: Miljø 5-2020  
ISBN: 978-82-8408- 074-1  
ISSN: -  
Antall sider: 26  
Publiseringsmnd.: Mars 2020  
Sitering: Molversmyr, Å., 2020. Undersøkelser i Storamos 2019.  
*NORCE rapport, Miljø 5-2020.*  
Bildetekst og kreditering: Alle bilder i rapporten er tatt av Åge Molversmyr (NORCE).

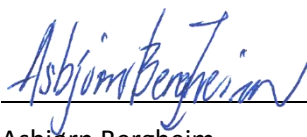
## Revisjoner

Rev.	Dato	Forfatter	Kontrollert av	Godkjent av	Årsak til revisjon

Stavanger, 16. mars 2020



Åge Molversmyr  
Prosjektleder



Asbjørn Bergheim  
Kvalitetssikrer



Catherine Boccadoro  
Leder

---

---

## FORORD

---

*Time og Hå kommuner ønsket i fellesskap å få utført en problemkartlegging for å belyse forholdene i Storamø, og hva som påvirker miljøtilstanden i innsjøen. Det ble inngått avtale med NORCE om å gjennomføre undersøkelser i innsjøen for å kartlegge dagens miljøtilstand relatert til virkningstypen eutrofiering, og for å belyse hva sedimentet i innsjøen kan ha å si for tilstanden.*

*Det var opprinnelig intensjon om at kommunene skulle gjennomføre kartlegging/prøvetaking av næringsstoffinnhold i tilløpsbekker, for å gi bedre grunnlag for å kunne vurdere hvor mye innsjøen tilføres fra eksterne kilder. Dette ble ikke gjennomført i 2019.*

*Prøvetaking og feltregistreringer er utført av Åge Molversmyr. For innsamlede prøver fra vannsøylen er akkrediterte kjemiske analyser utført av NIVA (Seksjon for kjemisk analyse) [fosfor- og klorofyllanalyser] og Eurofins Environment Testing Norway AS [nitrogenanalyser]. Analyse av planteplankton er utført av dr. scient Trond Stabell (Norconsult AS). Analyse av sedimentprøver og prøver fra utvekslingsforsøk er utført av Eurofins Environment Testing Norway AS og deres underleverandør (Eurofins Environment Sweden AB, Lidköping).*

*Sammenstilling av resultater og utarbeidelse av rapport er utført av Åge Molversmyr, mens Asbjørn Bergheim (nå Oxyvision AS) har vært faglig kvalitetssikrer for prosjektet.*

*Prosjektet er finansiert av Hå og Time kommuner, med bidrag fra Jæren vannområde.*

*Stavanger, 16. mars 2020*

*Åge Molversmyr, prosjektleder*

---

---

## INNHold

---

SAMMENDRAG .....	1
1 INNLEDNING .....	2
2 FAKTA OM STORAMOS .....	3
3 MATERIALE OG METODER .....	4
3.1 Vannsøyleundersøkelser.....	4
3.2 Sedimentundersøkelser.....	5
4 RESULTATER .....	6
4.1 Vannsøylen .....	6
4.2 Sedimentene.....	9
5 SAMMENFATTENDE DISKUSJON .....	15
5.1 Konklusjoner .....	17
6 REFERANSER .....	18
VEDLEGG.....	20

---

---

## SAMMENDRAG

---

Storamos er en eutrof (næringsrik) innsjø, med høyt fosforinnhold i vannet og tidvis høy algebiomasse og oppvekst av cyanobakterier (blågrønnalger). I forhold til beliggenhet og dagens aktiviteter i nedbørfeltet ville en normalt ikke forvente at innsjøen tilføres så store mengder fosfor som en antar må til for å resultere i den observerte tilstanden. Det er hevdet at avsetninger av marin leire i nedbørfeltet gjør at Storamos har naturlig høyt fosforinnhold, men ifølge NGUs løsmassekart finnes ikke slike avsetninger der. Marin grense på denne delen av Jæren er om lag 9 meter over dagens havnivå, mens Storamos ligger på 244 moh. En mulig forklaring på det høye trofinivået kan være at det skjer betydelig intern gjødsling, der fosfor tilføres fra sedimentene i innsjøen og gir grunnlag for algevekst. I tillegg til å oppdatere kunnskapen om innsjøens tilstand (sist undersøkt i 2013), ble derfor fosforinnholdet i innsjøsedimentene også kartlagt i 2019 for å belyse potensialet for at fosfor kan lekke ut fra sedimentet til vannsøylen under gitte betingelser.

Resultatene fra undersøkelsene i vannsøylen i 2019 viser at Storamos fortsatt er en klart eutrof innsjø. Fosforinnholdet i vannmassene er høyt, og det var en kraftig oppblomstring av blågrønnalger i august. Mengde og sammensetning av planteplanktonet gjennom veksts sesongen gjør at tilstanden i innsjøen var svært dårlig, vurdert i samsvar med gjeldende klassifiseringssystem.

I forhold til fosfor er det lavt innhold av nitrogen i Storamos, og resultater indikerer at nitrogen tidvis kan begrense algeveksten. Dette kan medvirke til oppvekst av blågrønnalger med evne til å fikserer nitrogenet fra lufta, som slik får fortrinn fremfor andre algetyper. Data fra tidligere undersøkelser kan indikere en svak trend til redusert fosforinnhold i innsjøen. Men mengde og sammensetning av planteplanktonet har variert en del, og resultatene tilsier totalt sett at tilstanden over lang tid har vært i overgangen mellom dårlig og svært dårlig.

Resultatene fra sedimentundersøkelsene viser at sedimentet i Storamos har høyt fosforinnhold, mellom 3 og 6 mg P/g tørrstoff i overflatesedimentet over innsjøen. Det er noe mer fosfor i sedimentet i de vestlige delene av innsjøen enn i de østlige. Nivået er på størrelse med det en har funnet i Frøylandsvatnet i Orrevassdraget, men noe lavere enn i Hålandsvatnet i Stavanger/Randaberg. En stor andel av fosforet foreligger på en form som potensielt kan løses ut i vannmassene. En har ikke tilstrekkelige data til å kunne vurdere om fosforinnholdet i sedimentet har endret seg over tid.

Fosforinnholdet avtar raskt nedover i sedimentet, til rundt 1 mg P/g tørrstoff fra om lag 15 cm og dypere. I dypere lag av sedimentet ble det observert betydelige mengder rester av godt bevart plantefiber som har hatt opphav i eksternt produsert plantemateriale. Kilden til dette er ukjent. Om lag 30 cm ned i sedimentet var det et tydelig skille, med overgang til mer grått/leiraktig sediment. Dette må antas å være avsatt i perioden før menneskelig aktivitet påvirket innsjøen i vesentlig grad.

Sedimentet må antas å spille en vesentlig rolle for tilstanden som observeres i Storamos. Hvor mye fosfor som løses ut fra sedimentet er avhengig av en rekke faktorer, og det har ikke vært mulig å gjøre spesifikke estimater av interne tilførsler i Storamos innenfor rammen av denne undersøkelsen. Men oppveksten av blågrønnalger i august 2019 ville ikke kunne skje uten at betydelige mengder fosfor var tilgjengelig, og hoveddelen av dette antas å ha kommet fra gruntliggende sedimenter.

For å bedre kunnskapsgrunnlaget ytterligere, kan disse oppfølgende undersøkelsene anbefales:

- Målinger av eksterne tilførsler for å kartlegge naturlig bakgrunnsnivå og antropogene tilførsler.
- Oppfølgende sedimentundersøkelse med enkle laboratorieforsøk for å kartlegge potensialet for fosforutlekking ved resuspensjon.
- Innsjøhistorisk undersøkelse for å få kunnskap om sedimentets alder, naturtilstanden til innsjøen, når eutrofieringen startet, og antakelig om kilder til avsetningene i ulike sedimentlag.

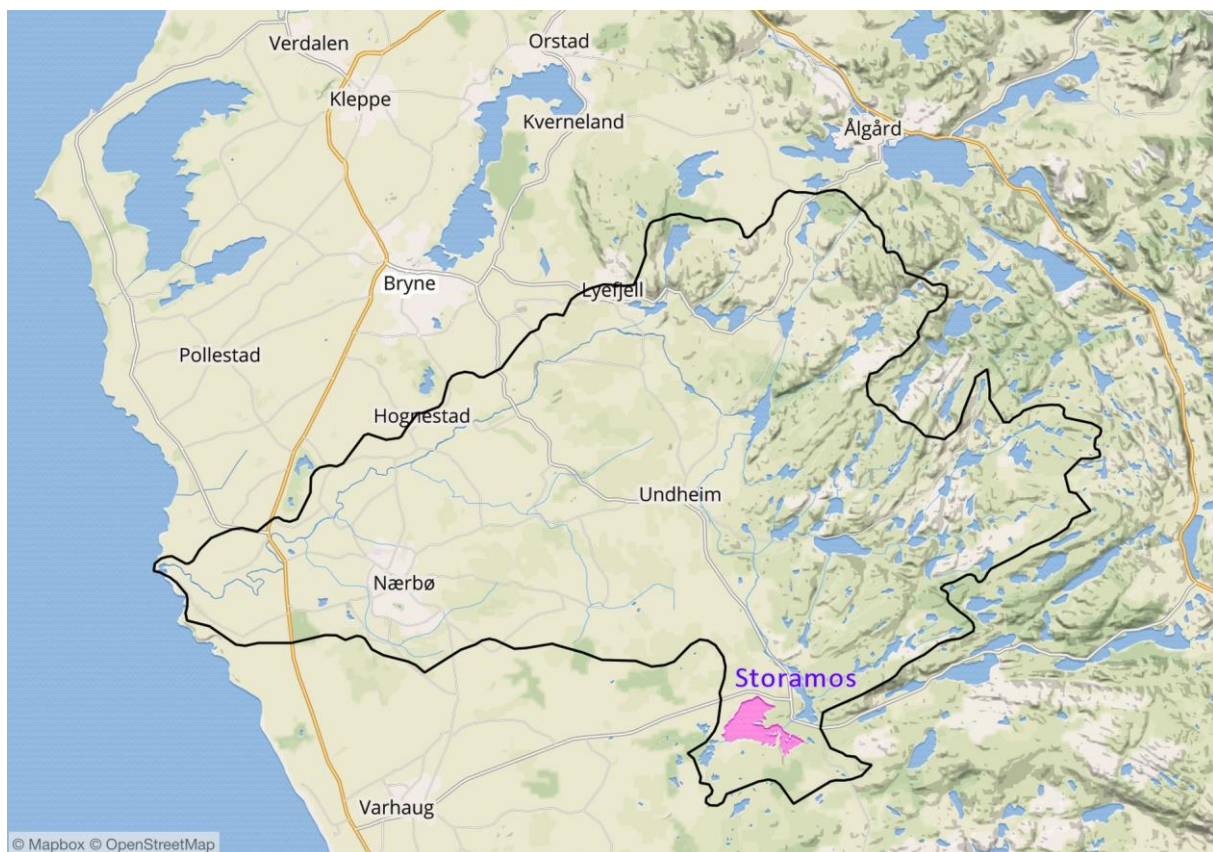
## 1 INNLEDNING

Storamos ligger på Høggjæren, øverst i den sørlige delen av Håvassdraget (figur 1). Storamos er en eutrof (næringsrik) innsjø, med relativt høyt fosforinnhold i vannet og tidvis høy algebiomasse og oppvekst av cyanobakterier (blågrønnalger). Etter forrige undersøkelse i 2013 ble tilstanden i innsjøen vurdert som svært dårlig (Molversmyr *et al.* 2014).

Det høye fosforinnholdet og den dårlige tilstanden i Storamos er uventet sett i forhold til innsjøens beliggenhet og aktivitetene i nedbørfeltet. Det er noe dyrka areal i nedbørfeltet, men bare ca. 13 % av totalarealet. En vil ikke forvente at aktivitetene i nedbørfeltet vil gi tilførsler av så store mengder fosfor som en antar må til for å resultere i den observerte tilstanden, og i en tiltaksanalyse fra 2008 ble det påpekt at det er vesentlige mengder fosfor som det er vanskelig å gjøre rede for (Molversmyr *et al.* 2008).

Storamos er antatt å ha naturlig høyt innhold av fosfor på grunn av avsetninger av marin leire (Steen Larsen 2017), noe som antakelig bygger på hvordan Abrahamsen *et al.* (1972) beskrev geomorfologien i området. Opprinnelig var det derfor planlagt at kommunene skulle kartlegge fosforinnholdet i aktuelle tilrenninger, men dette ble ikke gjennomført i 2019. Men det kommenteres at ifølge karttjenesten til NGU ([http://geo.ngu.no/kart/losmasse\\_mobil](http://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil)) er det ikke marin leire i nedbørfeltet til Storamos. Marin grense på denne delen av Jæren er om lag 9 meter over dagens havnivå, mens Storamos ligger på 244 moh. I følge nevnte karttjeneste består løsmassene i nedbørfeltet i hovedsak av tykke morener, avsmeltningsmorener, samt torv og myr.

En mulig forklaring på det høye trofinivået kan være at det skjer betydelig intern gjødsling, der fosfor tilføres fra sedimentene i innsjøen og gir grunnlag for algevekst. I tillegg til en vannsøyleundersøkelse ble derfor sedimentsammensetningen også kartlagt, og det ble gjort laboratorieforsøk for å belyse hvor mye av fosforet i sedimentet som kan tenkes å kunne lekke ut til vannsøylen under gitte betingelser.



Figur 1. Håvassdraget med Storamos.

## 2 FAKTA OM STORAMOS

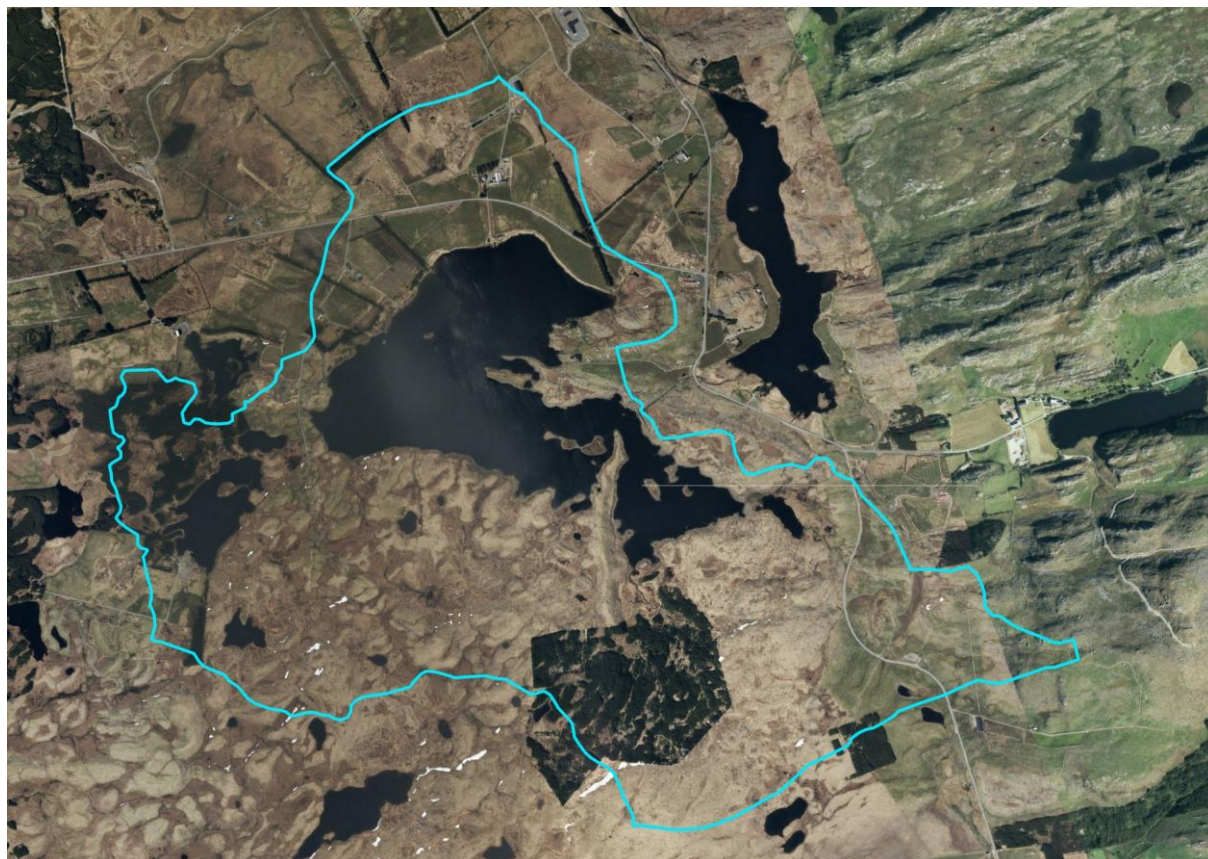
Opplysninger om Storamos er vist i tabell 1, som gjengir data fra NVEs innsjødatabase (tilgjengelig i NVE Atlas – atlas.nve.no) samt morfometriske data gjengitt av Molversmyr (2010a). Vannets oppholdstid er beregnet med utgangspunkt i morfometriske data og vannavrenning angitt i NVEs innsjødatabase.

Storamos har et relativt lite nedbørfelt (figur 2), og vannutskiftingen i innsjøen er moderat med en beregnet teoretisk oppholdstid på ca. et halvt år.

Storamos har vann-ID 028-1550-L. Målinger i 2013 viste at kalsiuminnholdet var i snitt 2,9 mg/l og farge (humus) var i snitt 28 mg/l Pt. Dette tilsier at Storamos tilhører vanntype L205 (kalkfattig, klar), som er brukt som grunnlag for klassifisering av vannkvalitet i denne rapporten.

Tabell 1. Data om Storamos  
(ID: 028-1550-L)

Parameter	Størrelse
Høyde over havet (m)	244
Nedbørfeltareal (km <sup>2</sup> )	7,19
Innsjøareal (km <sup>2</sup> )	1,35
Volum (mill. m <sup>3</sup> )	6,98
Maks. dyp (m)	23,5
Middeldyp (m)	5,2
Oppholdstid (år)	0,48



Figur 2. Storamos med nedbørfelt.

### 3 MATERIALE OG METODER

#### 3.1 Vannsøyleundersøkelser

Prøver fra vannsøylen ble tatt månedlig i perioden april - oktober, fra innsjøenes dypeste punkt (lokaliteten STO-1 i figur 3; se datavedlegg for tidsangivelse og tabell 3 for stedsangivelse). I felt ble det målt vertikalprofiler av temperatur og oksygen, samt siktedyp, og farge målt mot siktedypsskive. Prøver av overflatevann ble tatt som blandprøver av vannsøylen fra overflaten til ca. det dobbelte av siktedypet ved hjelp av en rørprøvetaker (Ramberghenter). Bunnvannsprøver ble tatt ca. 1 m over bunnen, med en standard prøvetaker for innsjøer (av type LIMNOS).

Prøvetakingen ble utført i samsvar med NS-ISO 5667-4:2016 (generelt), NS 9459:2004 og NS-EN 16698:2015 (planteplankton). Prøver til pH ble tatt i egne flasker, og analysert ved tilbakekomst til laboratoriet. Prøver ble transportert tilbake til NORCE Stavanger, hvor de ble konservert/forbehandlet. Prøver som ikke kunne konserveres ble sendt i kjølebagg til laboratoriet så raskt som mulig (ekspresspakke). Prøver for analyse av klorofyll-*a* ble filtrert ved NORCE Stavanger, og filtre umiddelbart lagt i ultrafrys (-80 °C). Ved forsendelse av filtrene til laboratoriet, ble filtrene pakket på tørris.

Følgende analysemetoder ble brukt (kjemiske analysemetoder vist i tabell 2):

**Temperatur og Oksygen.** Målt i felt med WTW Oxi 197 oksygenmåler tilkoblet en WTW TA 197 Oxi dybdesensor.

**Siktedyp.** Målt med standard siktedypsskive,  $d=20$  cm (etter NS EN ISO 7027-2:2019), og ved bruk av vannkikkert.

**Planteplankton.** Prøver for kvantitativt planteplankton ble konservert med sur lugol, og telt i omvendt mikroskop som beskrevet av Olrik *et al.* (1998) (i tråd med NS-EN 15204:2006). Biomasser ble bestemt i tråd med NS-EN 16695:2015.

Tabell 2. Kjemiske analysemetoder.

Parameter	Analysemetode
Total fosfor	NS 4725:1984*
Fosfat <sup>1</sup>	NS 4724:1984*
Total nitrogen	NS 4743:1993*
Nitrat+nitritt <sup>1</sup>	NS-EN ISO 13395:1996
pH	NS-EN ISO 10523:2012
Klorofyll- <i>a</i>	NS 4767:1983

\*automatisert metode basert på angitt standard.

<sup>1</sup> løst fraksjon (filtrert gjennom Whatman GF/C).

Vurdering av tilstanden er utført etter gjeldende veileder for klassifisering av miljøtilstand i vann (Direktoratsgruppen vanddirektivet 2018), og er basert på beregning av økologisk kvalitetskvotient (ecological quality ratio, EQR) for aktuelle parametere. Her beregnes forholdet mellom observert verdi og antatt referanseverdi, og angir dermed avvik fra referansetilstanden. Etter «normalisering» oppnås verdier (nEQR) mellom 0 og 1, der 1 er best (referansetilstand). Grensen mellom god og moderat er satt til nEQR = 0,6. Ytterligere beskrivelser av fremgangsmåten finnes i nevnte klassifiseringsveileder.

For vurdering av tilstand med tanke på eutrofieringseffekter legges det hovedvekt på mengde og sammensetning av planteplanktonet, der totalt biovolum, artssammensetning (PTI) og cyanobakterier (CyanoMax) i prøvene er bestemt. Sammen med klorofyll-*a* gir dette grunnlag for å beregne planteplanktonindeksene i klassifiseringssystemet.

Planteplanktonets artssammensetning beregnes med basis i fastsatte indeksverdier for ulike arter/taksa. Kun de med slike indeksverdier benyttes i beregningene, noe som kan gi usikkerhet dersom planteplanktonet har stort innslag av typer som ikke har fastsatte indeksverdier. I Storamøse gjaldt dette for ubestemte, coccale grønnalger som hadde en viss forekomst særlig i mai og juli (14-18 % av totalbiomassen: se datavedlegg). Men generelt var 90 % eller mer av algebiomassen arter med indeksverdi, og usikkerheten i PTI-estimatene vurderes å være lav.



### 3.2 Sedimentundersøkelser

Sedimentprøver ble samlet inn fra ulike lokaliteter i Storamosen den 21.10.2019, med tanke på å kartlegge fosforinnholdet i sedimentet i ulike deler av innsjøen og ved ulike dyp (figur 3 og tabell 3). Ved hver lokalitet ble det tatt opp sedimentkjerner med en Uwitec Corer ([www.uwitec.at](http://www.uwitec.at)) rørprøvetaker med prøverør av klar PVC (lengde: 60 cm, indre diameter: 59,5 mm). Kjernene ble transportert tilbake til laboratoriet i intakt form, hvor de ble splittet i ønskede sjikt for videre karakterisering og bruk i forsøk.

Ved lokalitetene STO-1 og STO-2 (se figur 3) ble kjerner splittet i 1 cm tynne sjikt, og utvalgte sjikt ble analysert for innhold av total fosfor og jern, samt vanninnhold og organisk stoff (glødetap). Ved samtlige lokaliteter ble dessuten de øverste 3 cm av sedimentet tatt ut og analysert for de samme parameterne. Tørrstoff ble bestemt i henhold til standard EN 12880:2000 etter tørking ved 105 °C, gløderest i henhold til standard EN 12879:2000 etter gløding ved 550 °C, mens innholdet av total fosfor og jern ble bestemt i henhold til EN ISO 11885 (ICP-OES) / SS 28311:1997.

Tabell 3. Prøvelokaliteter i Storamosen.

Lokalitet	EUREF89-UTM32N		Målt dyp (m)
	Øst (X)	Nord (Y)	
STO-1	314024	6504051	23,0
STO-2	313535	6503571	6,5
STO-3	314906	6503277	2,5
STO-4	314460	6503677	7,0
STO-5	314057	6503611	8,5
STO-6	313885	6503825	13,0
STO-7	314188	6504266	8,0
STO-8	314446	6504226	15,0



Figur 3. Prøvelokaliteter for sedimentprøver.

Fra lokalitetene STO-1 og STO-2 ble sedimentsjiktene 0-3 cm og 14-15 cm i tillegg karakterisert ved at ulike fosforfraksjoner ble bestemt ved en sekvensiell ekstraksjonsmetode beskrevet av Psenner *et al.* (1984), som modifisert av Hupfer *et al.* (1995) og Rydin (2000). Innholdet av total fosfor og løst fosfat i ekstraktene ble bestemt i henhold til NS-EN ISO 15681-1:2004. Fosfor i sedimentrestene etter ekstraksjonene ble analysert etter oppslutning med  $K_2S_2O_8$  ved 120 °C i 1 time. Tabell 4 viser en oversikt over sekvensielle ekstraksjonsprosedyrer, og hvilke fraksjoner en forventer å finne. Summen av redoks-labil P og løst uorganisk del av pH-labil P regnes som ikke-apatitt-bundet uorganisk fosfor (Non Apatite Inorganic P; NAIP) som antas å representere den delen av fosforet som kan frigjøres ved høy pH eller oksygensvinn. Refraktiv P estimeres som differansen mellom totalt P og summen av redoks-labil, pH-labil og organisk P (siden innholdet av løst og adsorbert P oftest er neglisjerbart). Dette omfatter former av fosfor som ikke vil frigjøres ved vanlige kjemiske og biologiske prosesser i innsjøen.

Tabell 4. Oversikt over sekvensiell prosedyre for ekstraksjon av fosfor, samt forventede fosforfraksjoner (etter Psenner *et al.* (1984) og Hupfer *et al.* (1995)).

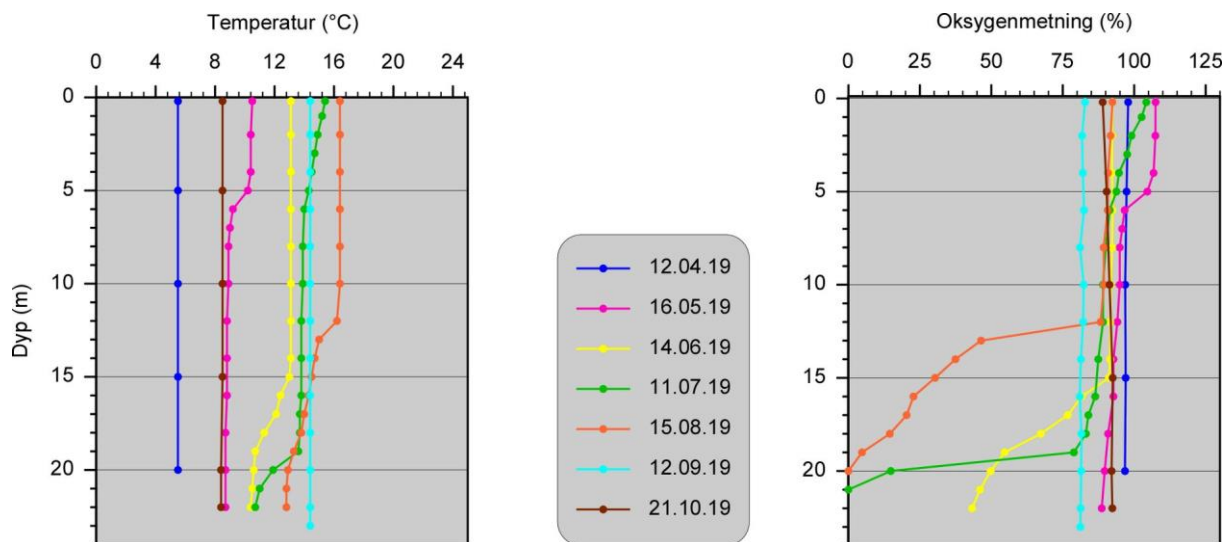
Ekstraksjonsmåte (tid)	Forventet P-fraksjon
1. 1 M $NH_4Cl$ (0,5 t)	Løst og adsorbert (svakt bundet) P.
2. 0,11 M $Na_2S_2O_4$ (1 t) (bikarbonat/dithionit)	Redoks-labil P. P bundet til jernhydroksid og manganforbindelser.
3. 1 M NaOH (16 t)	pH-labil P. P bundet til metalloksider (særlig Fe og Al); uorganiske P-forbindelser som er løsbare i lut (base), samt organisk P. Organisk P kan regnes som differansen mellom total fosfor og løst fosfat i ekstraktet.
4. 0,5 M HCl (16 t)	I hovedsak P bundet til kalsiummineraler, ofte som tungt løselig apatitt.
5. $K_2S_2O_8$ , 120°C (1t)	Tungtløselig P (residual-P).

## 4 RESULTATER

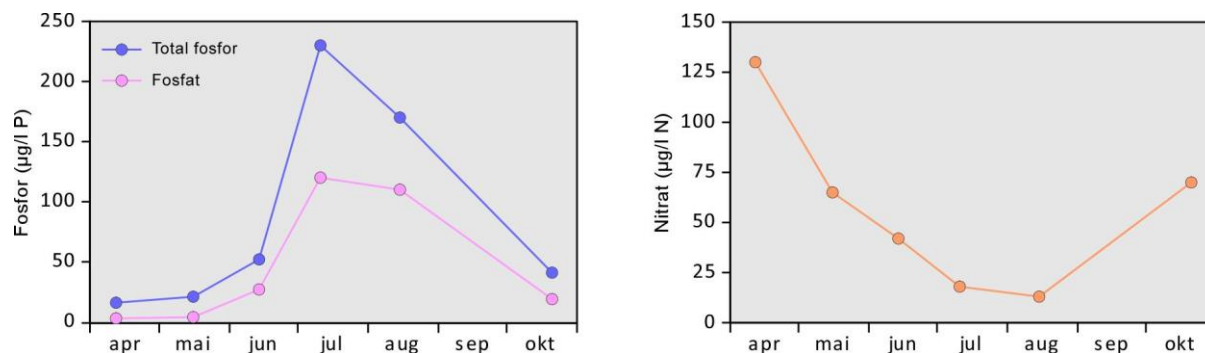
### 4.1 Vannsøylen

Det var temperatursjiktning av vannsøylen i Storamosen gjennom sommeren, målt ved prøvetakingene fra mai til august (figur 4). Oksygenforbruket i bunnvannet var betydelig, og det ble raskt oksygenfritt ved bunnen. I juli og august ble det målt høye konsentrasjoner av løst fosfat i bunnvannet (figur 5), som viser at fosfor ble frigjort fra sedimentet gjennom store deler av sommeren. Slik frigjøring skyldes bakterielle prosesser som medfører at fosfat bundet til jernforbindelser løses, men dette skjer først når nitraten i vannet er redusert som følge av denitrifisering. Og vi kan se av figur 5 at det relativt lave innholdet av nitrat i vannet ble raskt redusert, sammenfallende med perioden da fosfatinnholdet økte.

Det er usikkert hvor mye av dette fosfatet som ble tilgjengeliggjort for algevekst i de overliggende vannmassene. Fra figur 4 ser en at det var et dyptliggende sprangsjikt i juli, og at temperaturen i bunnvannet økte en del til målingen i august. Dette kan være et tegn på en viss omrøring i bunnvannet, men uansett er det tvilsomt om dette kan ha gitt vesentlig bidrag til intern gjødsling siden volumet av bunnvannet er lite. Med morfometriske data om innsjøen fra Sanni (1986) kan det f.eks. beregnes at hele vannsøylen under 17 meter inneholdt på det meste ca. 20 kg P (hvorav ca. 10 kg P som fosfat) dersom en antar at fosforinnholdet i bunnvannet (mål på 21 meters dyp) var representativt for hele denne vannsøylen. Og regner en med et gjennomsnittlig P-innhold i alger som angitt av Reynolds (1984), kan det anslås at i størrelsesorden 200 kg P måtte til for å gi den observerte biomasseøkningen fra juli til august. Dette tilsier at mye av fosforet kan ha kommet fra interne kilder, og mest sannsynlig fra gruntvannssedimentene.



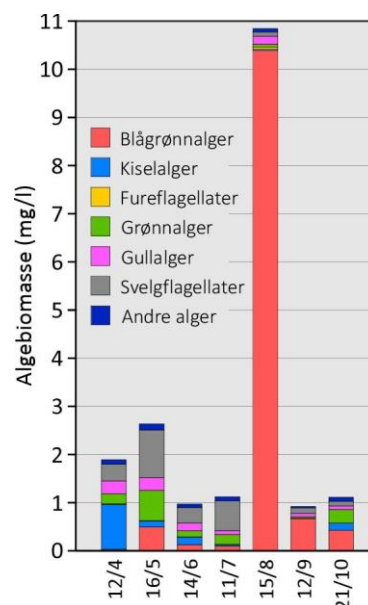
Figur 4. Temperatur og oksygen i Storamos i 2019.



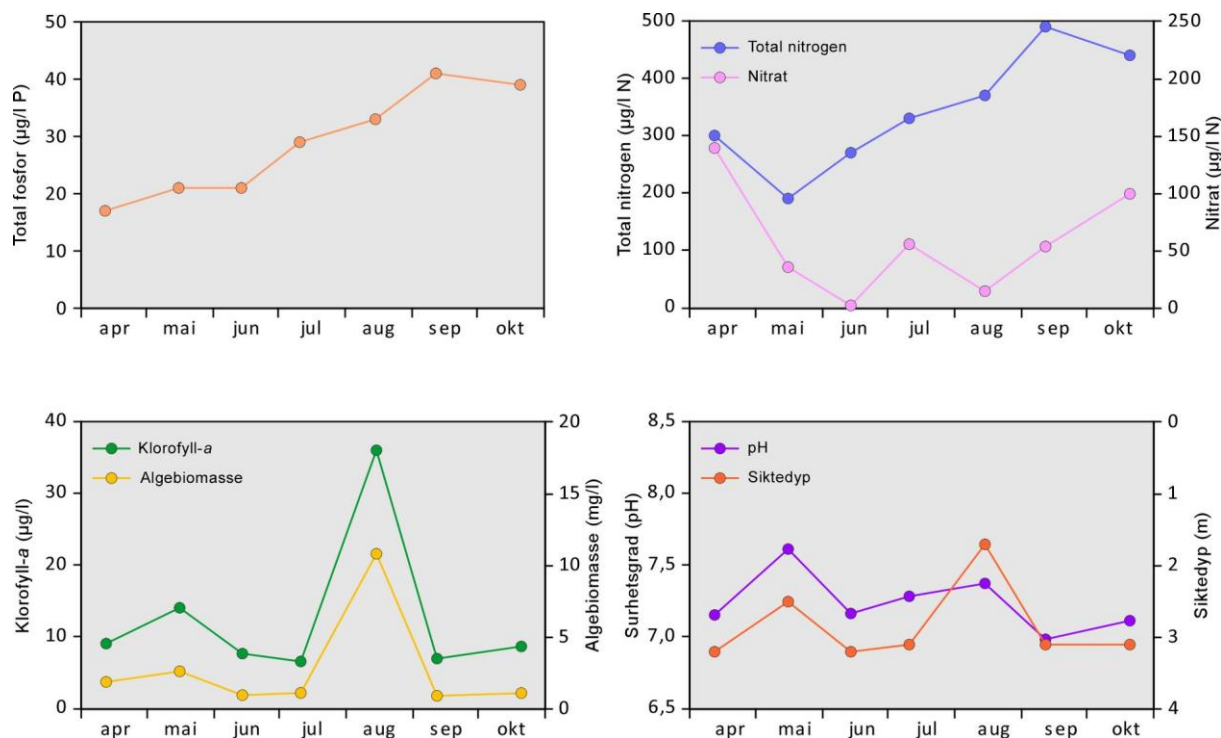
Figur 5. Fosfor (total-P og fosfat) og nitrat i bunnvannet i Storamos i 2019.

I overflatevannet økte fosfor- og nitrogeninnholdet utover sommeren (figur 7), og en fikk kraftig oppvekst av blågrønnalgen *Dolichospermum flos-aquae* (tidligere kalt *Anabaene flos-aquae*) i august (figur 6). Fra figur 7 ser en også at nitratinnholdet i vannet var redusert til nærmest null midt i juni, som følge av opptak i alger. Nitrogeninnholdet i Storamos er lavt i forhold til fosfornivået, og lavt N/P-forhold og nærmest fravær av nitrat i perioder indikerer at nitrogen tidvis kan begrense algeveksten. Dette kan ha vært medvirkende til den store oppveksten av blågrønnalgen i august, siden arten har evne til å fikserer nitrogenet i lufta og dermed få fortrinn fremfor andre algetyper. Samtidig har det som beskrevet ovenfor vært fosfor tilgjengelig for biomasseøkningen.

Totalt framsto Storamos i 2019 som klart eutrof vurdert ut fra planteplanktonbiomassen (figur 8), men utenom den store toppen i august var algemengdene mer moderate.

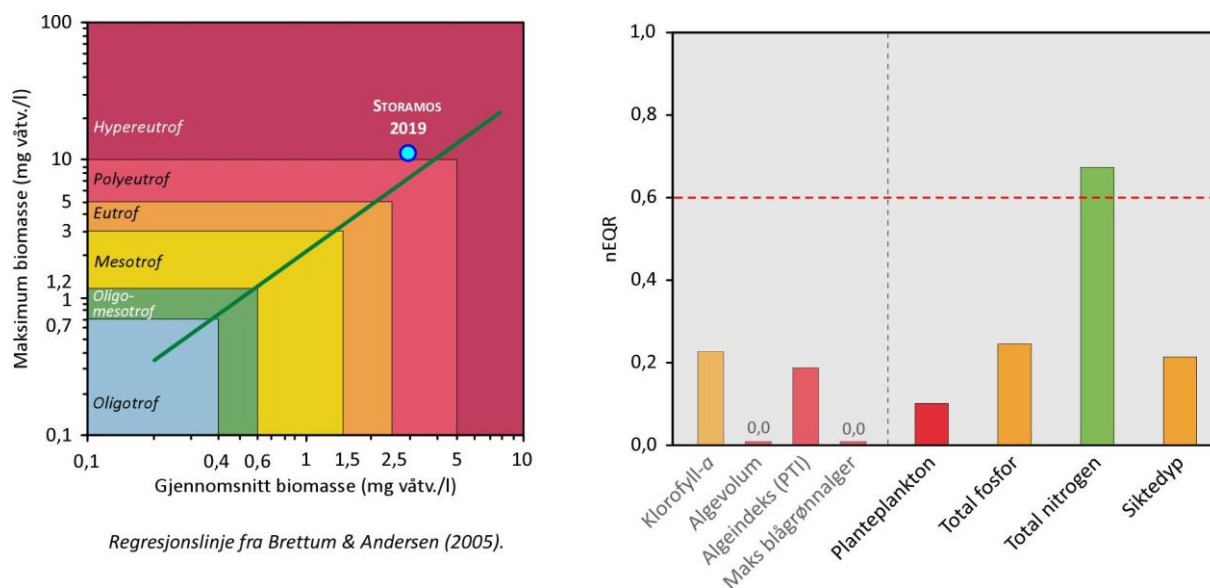


Figur 6. Algebiosmasse i Storamos i 2019.



Figur 7. Sesongutvikling av målte parametere i overflatevannet i Storamos i 2019.

Tilstanden i Storamos i 2019 vurdert i samsvar med klassifiseringssystemet under Vannforskriften er også vist i figur 8. Planteplanktonet, som er styrende her, indikerte svært dårlig tilstand. Av fysisk-kjemiske støtteparametere indikerte både fosforinnholdet i vannet og siktedypet i innsjøen dårlig tilstand, mens nitrogeninnholdet var lavt - tilsvarende god tilstand. Men som nevnt ovenfor kan lavt nitrogeninnhold heller være en ulempe enn en fordel når fosforinnholdet er så høyt som her, siden det kan favorisere oppvekst av nitrogenfikserende blågrønnalger.



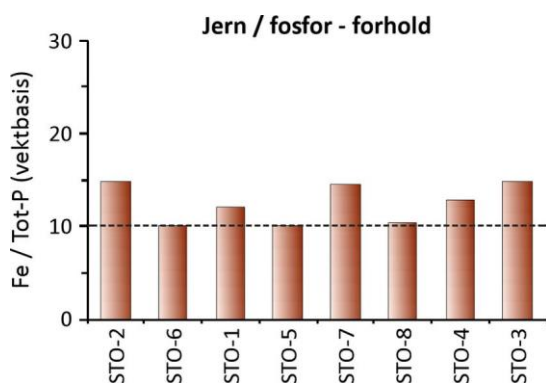
Figur 8. Tilstanden i Storamos i 2019. (Vurdering basert på algebiomasse, og vurdering etter gjeldende klassifiseringssystem.)

## 4.2 Sedimentene

Sedimentkjernene som ble tatt opp var om lag 30-35 cm lange, og sedimentet var i hovedsak gråsvart og relativt homogent i de øvre lagene. I overflatesedimentet (0-3 cm) var organisk innhold målt som glødetap i størrelsesorden 25-30 % av tørrstoffet (figur 11), som er svært likt det som ble målt i 1985 (Sanni 1986). I det østlige bassenget (STO-3 i figur 3) var organisk innhold litt høyere (38 %).

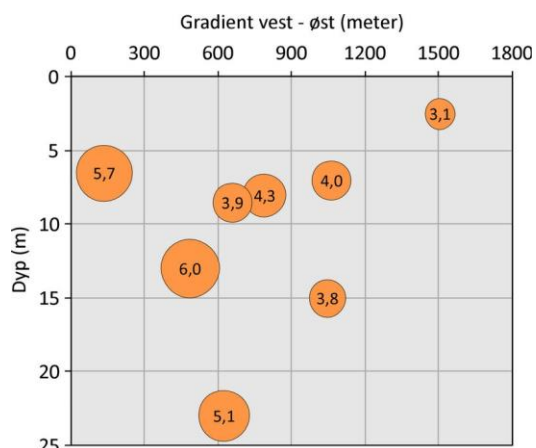
Fosforinnholdet i overflatesedimentet er høyt, og det var en nokså tydelig øst-vest gradient med det høyeste fosforinnholdet i sedimentet ved lokalitetene i det sør-vestlige delbassenget (figur 11 og 12). Som forventet var det også en tendens til høyere fosforinnhold i sedimentet i dypere deler av innsjøen, som normalt vil være en følge av at turbulente vannbevegelser stadig flytter de minste partiklene mot dypere partier (Blais & Kalff 1995), og at mer fosfor pr. vekt enhet er knyttet til små partikler enn til store. Men dette er ikke nok til å kunne forklare øst-vest trenden alene (figur 9).

Jerninnholdet i sedimentet varierte også betydelig, men viste en viss samvariasjon med fosfor. Jern er den viktigste faktoren for binding og immobilisering av fosfor i det øverste aerobe sedimentlaget i de fleste innsjøer (Scheffer 1998), og fosforutlekkningen fra sedimentet trenger ikke være høy selv om fosforinnholdet i sedimentet er høyt.



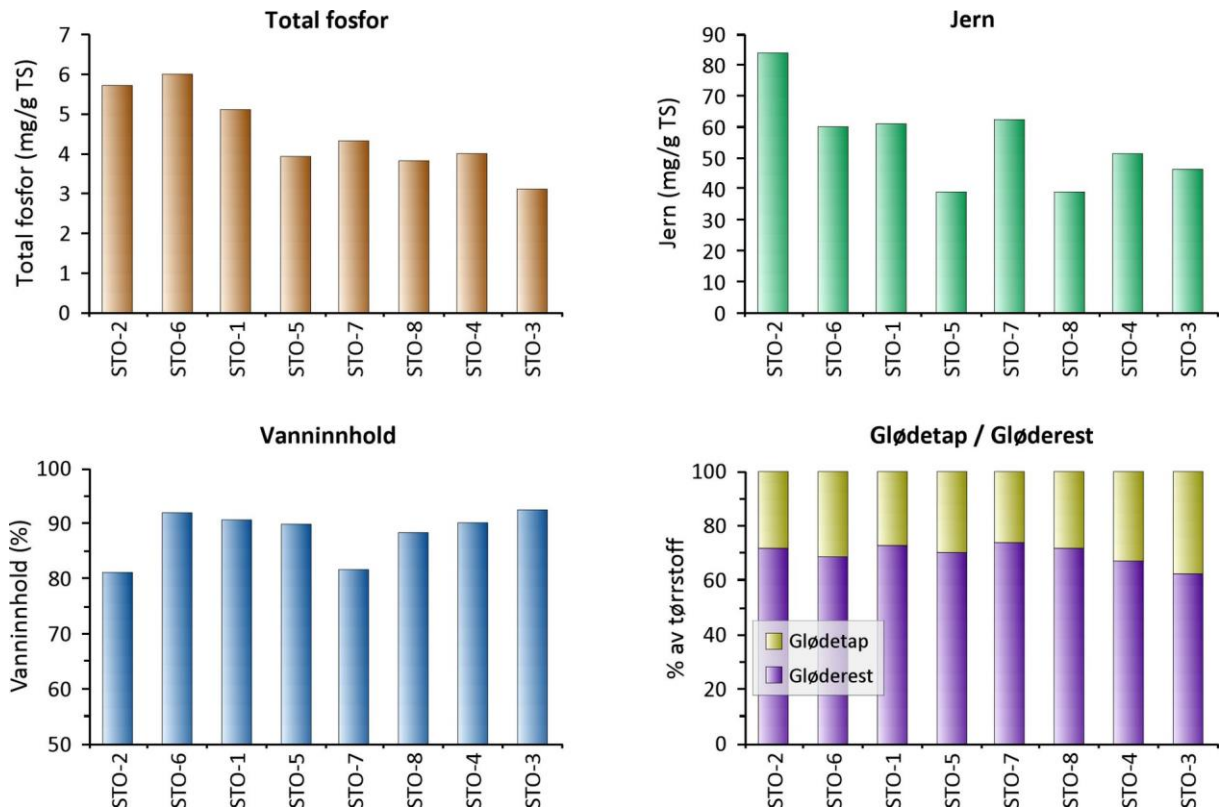
Figur 10. Forhold mellom jern og fosfor i sediment i Storamos (0-3 cm overflatesjikt).

Sammenlignet med andre innsjøer i regionen hvor tilsvarende undersøkelser er utført var fosforinnholdet i overflatesedimentet i Storamos på nivå med det en har funnet i Frøylandsvatnet i Orrevassdraget (Molversmyr & Andersen 2006), noe lavere enn i Hålandsvatnet i Stavanger/Randaberg (Molversmyr 2010b), og en del høyere enn i Bjårvatnet i Fuglestadåna (Molversmyr 2010c). Dette samsvarer bra med trofilitilstanden i disse innsjøene.

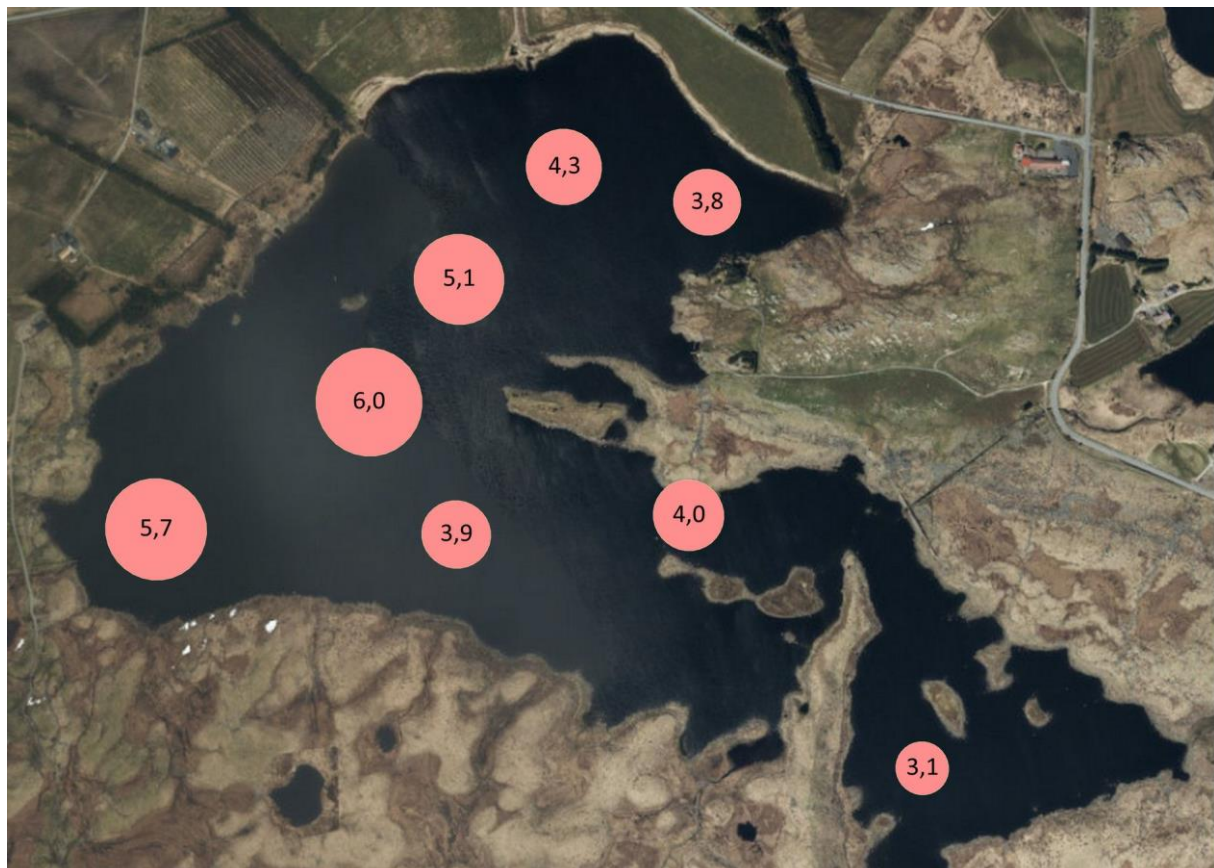


Figur 9. Fosfor i overflatesediment (0-3 cm) i Storamos i forhold til dyp og beliggenhet vest-øst. Tall angir mg P/g tørrstoff.

Det synes å være slik at jernet i sedimentet kan binde mer eller mindre permanent en mengde fosfor som tilsvarer om lag 10 % av sin egen vekt, og at det i stor grad er overskuddsfosfor som kan løses ut i vannet (Scheffer 1998). Ser en på forholdet mellom jern og fosfor i sedimentet i Storamos (figur 10) er forholdstallet lavt (mellom 10 og 15) ved alle de undersøkte lokalitetene. Resultatene indikerer at det er tilstrekkelig, men ikke spesielt mye, jern til stede som kan hindre utlekkning av fosfor ved normale forhold (så lenge overflatelaget av sedimentet er aerobt).



Figur 11. Fosfor, jern, vanninnhold og glødetap i overflatesediment (0-3 cm) i Storamos. (Prøvestasjoner som vist i figur 3, sortert etter beliggenhet fra vest mot øst.)



Figur 12. Fosfor i overflatesedimentet (0-3 cm) ved de ulike stasjonene i Storamos. Sirklenes diameter er proporsjonal med fosforinnholdet (tall angir mg P/g tørrstoff).

I 1985 ble det tatt en sedimentprøve i nærheten av lokalitet STO-7 (se figur 3), men ved 4 meters dyp nærmere land. Innholdet av fosfor i overflatesedimentet (0-1 cm) ble rapportert å være 1,8 mg P/g tørrstoff (Sanni 1986). Dette er en del lavere enn det som ble funnet i årets undersøkelse, hvor fosforinnholdet var mellom 3 og 6 mg P/g tørrstoff over innsjøen (figur 11 og 12). En kan imidlertid ikke uten videre konkludere med at fosforinnholdet i sedimentet har økt siden den gang, siden det vil variere med prøvedyp (forventet lavere P-innhold nærmere land) og siden usikkerheten ved analysen er betydelig. Laboratoriet oppgir  $\pm 25\%$  for fosforresultater i årets undersøkelse, og usikkerheten var antakelig større for analysene utført i 1985 siden bedre analysemetoder benyttes i dag. Fosforinnholdet i vannsøylen var dessuten betydelig høyere den gangen (se ovenfor), og det er forventet at dette ville reflekteres i sedimentet. Det er derfor uklart hvordan forholdene i sedimentet har utviklet seg over tid.

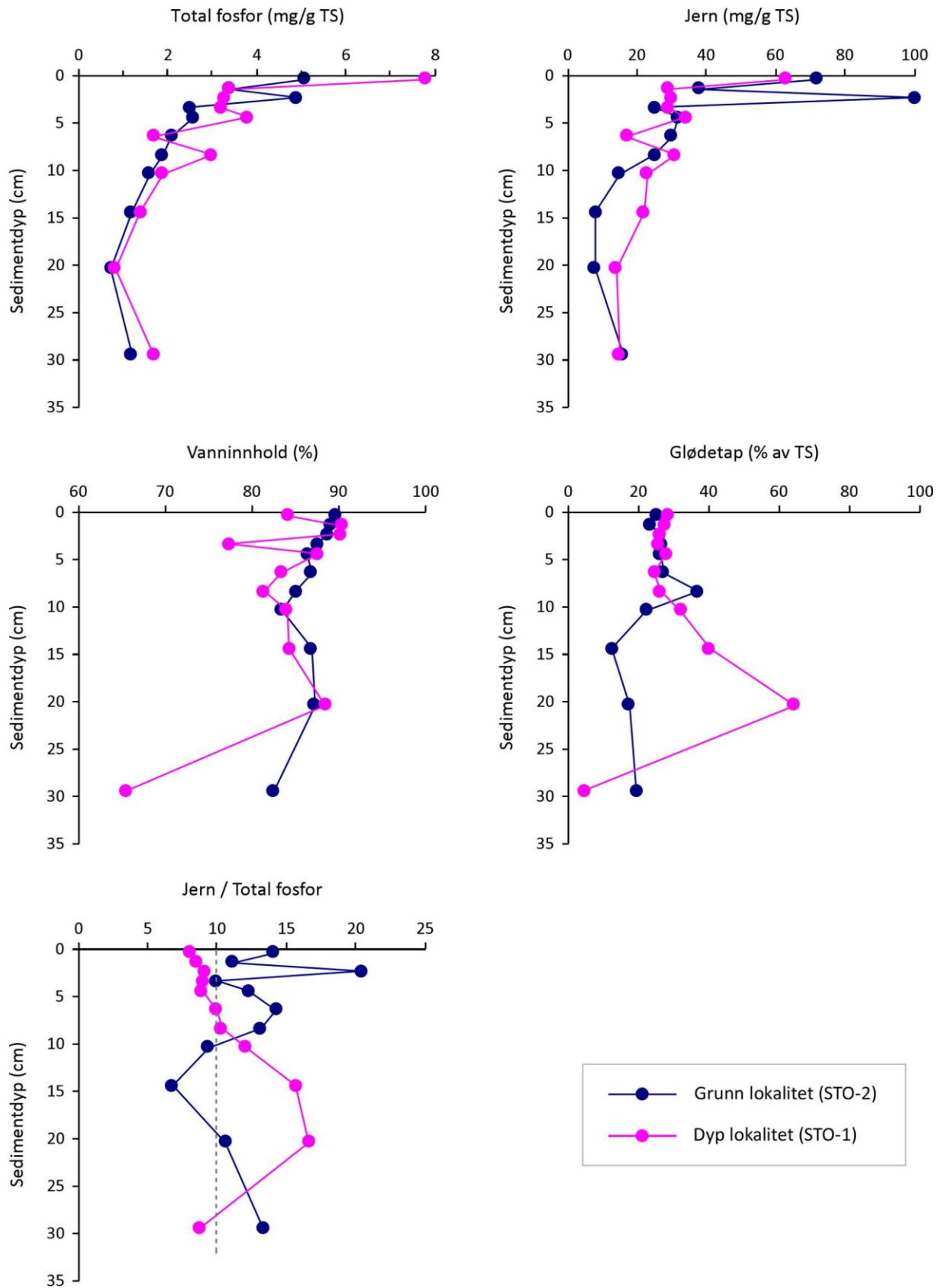
Fra STO-1 (dyp lokalitet; 23 meter; representerer bunnvann/hypolimnion) og STO-2 (grunn lokalitet; 6,5 meter; representerer overflatevann/epilimnion) ble det tatt sedimentkjerner som ble splittet i ulike sedimentsjikt og undersøkt for de samme parameterne som overflatesedimentet. Resultatene viser at fosforinnholdet i kjernene fra de to lokalitetene var relativt likt, og at det var betydelig høyere fosforinnhold i overflatesediment enn i dypere sedimentlag (figur 13). Det kommenteres at det høye fosforinnholdet i den øverste centimeteren i kjernen med dyptliggende sediment (STO-1) ikke står i forhold til hva som ble funnet i den neste centimeteren under, og kan være et resultat av den betydelige måleusikkerheten som knyttes til analysene.

Enkelte karakteristika ble observert ved splitting av kjernene, som vises igjen i resultatene. Kjernen hentet fra den dype lokaliteten (STO-1) hadde et tydelig skille om lag 29 cm ned i sedimentet, der det dypere liggende sedimentet var grått og leiraktig (se bilder i figur 14). Dette gjenspeiles tydelig i resultatene i figur 13, hvor prøven fra 29-30 cm i denne kjernen hadde vesentlig lavere vanninnhold og innhold av organisk stoff (målt som glødetap) i forhold til de andre prøvene fra kjernen. I de andre kjernene som var lange nok kunne en også se innslag av grått/leiraktig sediment i bunnen (ca. 25-30 cm ned i sedimentet), men ikke like tydelig som i kjernen fra den dype lokaliteten (STO-1). I kjernen fra grunn lokalitet (STO-2) var det innslag av mer gråaktig sediment også høyere opp, og her var det avtak i organisk innhold (målt som gjødetap) mellom 10-15 cm dyp (figur 13).

Resultatene i figur 13 viser dessuten en kraftig økning i organisk innhold i sedimentet fra dyp lokalitet (STO-1), fra ca. 10 cm dyp i sedimentet og ned mot det gråe/leiraktige laget (fra ca. 29 cm og dypere). Dette indikerer at avsatt materiale her i stor grad har hatt opphav i eksternt produsert plantemateriale, som brytes saktere ned enn organisk materiale fra planteplankton produsert i innsjøen (Meyers & Ishiwatari 1995) - og særlig under anaerobe forhold (Sobek *et al.* 2009). Resultatene samsvarer med at det ble observert rester av godt bevart plantefiber i området 15-20 cm ned i sedimentet, og spesielt tydelig rundt 20 cm.

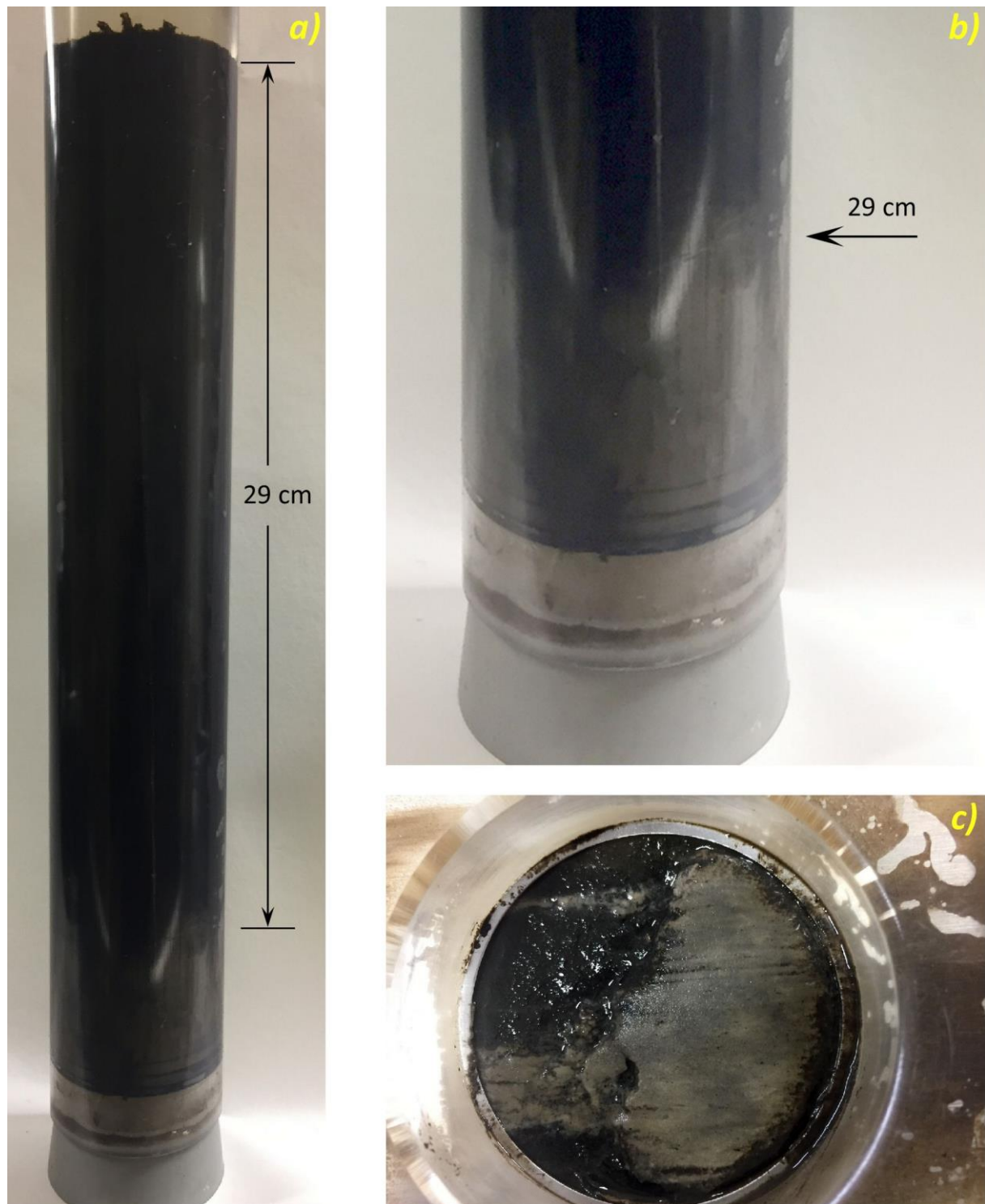
Resultatene fra kjernen fra grunt område (STO-2) viser en annen fordeling av organisk materiale nedover i sedimentet, som indikerer at avsetningen av sediment her er forskjellig fra de dypere områdene. Dette er forventet i og med at Storamos er betydelig vindutsatt, noe som ventelig medfører resuspensjon av grunnere sedimenter. Større og mindre turbulente bevegelser i vannet vil stadig flytte partikler mot dypere partier i innsjøen, og gjøre at sedimentet her etter hvert kan få en litt annen sammensetning enn det en finner på grunnere områder.

Hvor mye sediment som avsettes pr. år i Storamos (sedimentasjonsraten) er ukjent, og rammene for prosjektet gav ikke rom for å gjøre dateringsanalyser på de innsamlede kjernene. En vet derfor ikke når de ulike lagene i sedimentet ble avsatt. Det en vet er at sedimentasjonsraten kan være betydelig i næringsrike innsjøer med høy algevekst. I en undersøkelse av sedimentene i det næringsrike Frøylandsvatnet i Orrevassdraget fant en at laget ved 10 cm dyp i sedimentet var knappe 10 år gammelt (Molversmyr *et al.* 2006). En tilsvarende undersøkelse av sedimentene i det mye mindre



Figur 13. Fosfor, jern, vanninnhold og glødetap og forholdet mellom jern og fosfor i gruntvannssediment og dypvannssediment i Storamø.



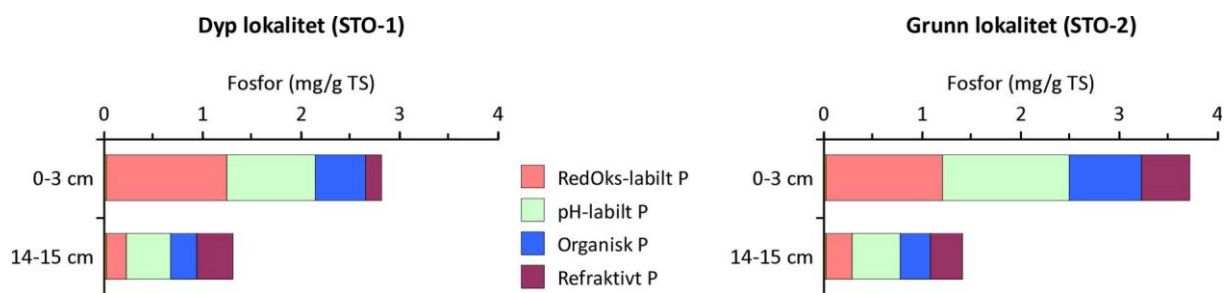


Figur 14. Bilder av sedimentkjerne fra lokalitet STO-1. Bilde a) viser den intakte sedimentkjernen som hadde et skille mellom mørkt, organisk sediment og lysere leirholdig sediment ved om lag 29 cm dyp i sedimentet. Bilde b) viser detaljer i et forstørret utsnitt. Bilde c) viser sedimentet (sett ovenfra) som fremkom ved splitting i overgangen mellom sedimentlagene.

næringsrike Seldalsvatnet øverst i Lutsivassdraget viste der at laget ved 10 cm dyp i sedimentet var om lag 40 år gammelt (Molversmyr *et al.* 2010). Storamosen er en næringsrik innsjø hvor sedimentasjonsraten må antas å være relativt høy; ganske sikkert vesentlig høyere enn i Seldalsvatnet, men kanskje ikke like høy som i Frøylandsvatnet. At laget 10 cm ned i sedimentet i Storamosen kan være i størrelsesorden 20 år gammelt er ikke en urimelig gjetning. Det gråe/leiraktige laget i bunnen av kjernene (ved ca. 30 cm dyp i sedimentet) antas å være avsatt lang tid tilbake, i perioden før menneskelig aktivitet fikk vesentlig påvirkning på innsjøen.

Men for Storamosen er disse antakelsene om sedimentets alder kun gjetninger, og det anbefales å gjøre en innsjøhistorisk undersøkelse tilsvarende de som ble gjort i Frøylandsvatnet og Seldalsvatnet. Da kan en få kunnskap om sedimentets alder, naturtilstanden til innsjøen, når eutrofieringen startet, og antakelig også informasjon om kilder organisk stoff som en finner for de ulike tidsperiodene. Per i dag er det f.eks. uklart hva som var kilden til de godt bevart plantefibrene som fantes i området 15-20 cm ned i dypvannssedimentet (lokalitet STO-1).

Med sediment fra lokalitetene STO-1 (dyp lokalitet) og STO-2 (grunn lokalitet) ble det også gjort analyser for å kartlegge på hvilken form fosforet i sedimentet foreligger. Fra kjerner ble overflatesediment (0-3 cm) og et dypere liggende sedimentlag (14-15 cm) tatt ut, og kartleggingen ble gjort ved en sekvensiell ekstraksjonsprosedyre (se avsnitt 3.2 og tabell 4 om fremgangsmåte og metoder). Resultatene er vist i figur 15.



Figur 15. Fosforfraksjoner målt i overflatesediment (0-3 cm) og i dypere sedimentlag (14-15 cm) ved dyp lokalitet (STO-1) og grunn lokalitet (STO-2) i Storamosen.

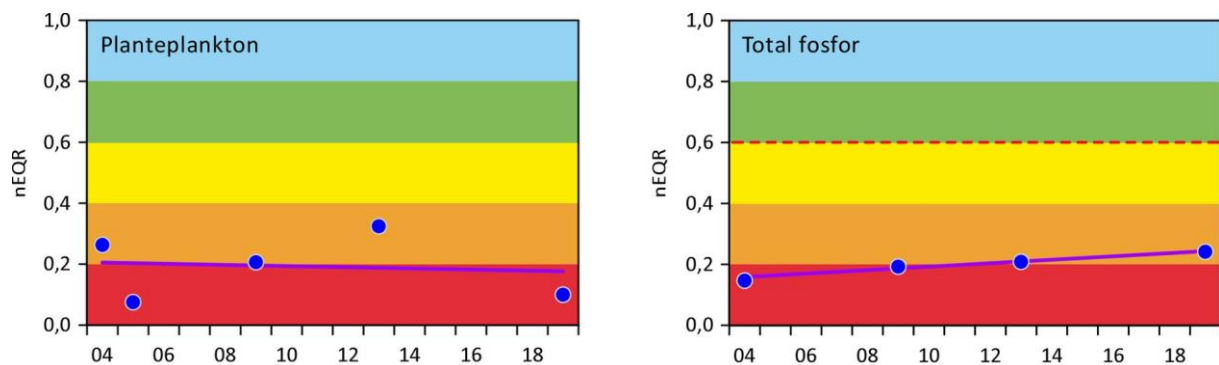
Som forventet var innholdet av løst og adsorbert P (fraksjonen som løses ut ved ekstraksjon med  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ; se tabell 4) svært lavt (< 0,5 % av total P), og blir neglisjerbar i grafiske fremstillinger. Andelen av fosforet som var bundet i redoks-labil P var betydelig, og utgjorde mer enn 40 % i overflatesedimentet ved STO-1 og drøye 30 % ved STO-2. I dypere sedimentlag var denne andelen noe lavere, i størrelsesorden 15-20 % av det totalt mye lavere fosforinnholdet. Det var også en vesentlig andel pH-labil P i sedimentet, i størrelsesorden 20 % i både overflatesediment og i dypere sedimentlag ved begge prøvelokalitetene. Organisk bundet P utgjorde rundt 20 % av total-P ved begge lokalitetene, både i overflatesediment og i dypere sedimentlag.

Andelen av fosforet i overflatesedimentet som er bundet i potensielt lett mobiliserbare fraksjoner (summen av redoks-labil og pH-labil P = NAIP; se avsnitt 3.2) er altså høy, og utgjorde 2,1 mg P/g TS ved STO-1 (om lag 3/4 av totalfosforet) og 2,5 mg P/g TS ved STO-2 (om lag 2/3 av totalfosforet). Dette er litt i overkant av det en fant i Hålandsvatnet (om lag 2 mg P/g TS; Molversmyr 2010b), men mindre enn det som ble funnet i Frøylandsvatnet (i overkant av 3 mg P/g TS) der andelen redoks-labil P også var høyere (Molversmyr & Andersen 2006). Andelen organisk bundet fosfor var lavere enn i Hålandsvatnet (35-40 % av totalfosforet), men i overkant av det en fant i Frøylandsvatnet (rundt 15 % av totalfosforet).

## 5 SAMMENFATTENDE DISKUSJON

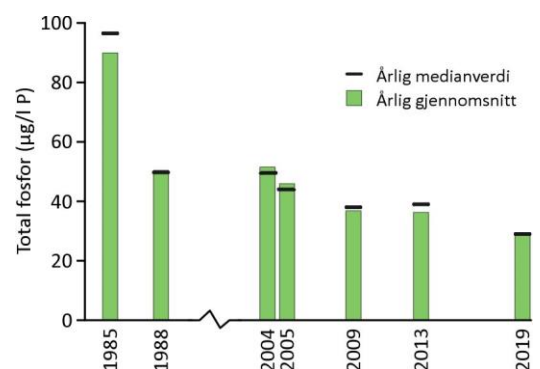
Resultatene fra undersøkelsene i vannsøylen i 2019 viser at Storamø fortsatt er en klart eutrof (næringsrik) innsjø, og en kraftig oppblomstring av blågrønnalgen *Dolichospermum flos-aquae* ble observert i august. Data fra tidligere undersøkelser viser at det i hovedsak er den samme blågrønnalgetypen som vokser opp når biomassen blir høy. Denne typen har evne til å fikse nitrogen fra lufta, og dermed få fortrinn fremfor andre algetyper dersom tilgjengeligheten på nitrogen i vannet er begrenset. Målingene viser at nitrogeninnholdet i vannet i Storamø er lavt, og et lavt N/P-forhold og nærmest fravær av nitrat i perioder indikerer at nitrogen tidvis kan begrense veksten av andre alger. Dette kan være en medvirkende årsak til oppvekst av denne algetypen, men den må samtidig ha tilgang til vesentlige mengder fosfor for å kunne vokse til en slik biomasse som ble observert i 2019 (se videre nedenfor).

Ser en på eksisterende data fra de siste 15 årene, kan det antydes en svak positiv utvikling med tanke på innhold av total fosfor, mens mengde og sammensetning av planteplanktonet har variert en del (figur 16). Tilstanden må uansett anses å være i området dårlig til svært dårlig. Som nevnt i kapittel 2 er vurderingene her gjort med utgangspunkt i at Storamø tilhører vanntype L205 (kalkfattig, klar), basert på eksisterende data som kan finnes i Vannmiljø (vannmiljo.miljodirektoratet.no).



Figur 16. Plantep plankton og fosforinnhold i Storamø (beregnete årlige nEQR-verdier).

Det kan også nevnes at eldre data fra 1985 (Sanni 1986) og 1988 (Faafeng & Severinsen 1994) viste høyere fosforinnhold enn det som er målt i senere tid, og utviklingen i Storamø fra 1970- og 80-tallet kan ligne den en har sett i andre sterkt belastede innsjøer på Jæren (Molversmyr 1992). I figur 17 er vist innhold av total fosfor i overflatevannet i Storamø (årlig gjennomsnittsverdi og medianverdi) for de årene det er utført undersøkelser der. Også de siste årene har det vært en avtakende trend, og resultatene fra 2019 viser de laveste fosforverdiene som er målt.



Figur 17. Innhold av fosfor i overflatevann i Storamø.

Resultatene fra sedimentundersøkelsene viste at det er betydelige mengder fosfor i sedimentet i Storamø, som potensielt kan mobiliseres under situasjoner og oksygensvikt og reduserende forhold i bunnvannet eller ved høy pH i overflatevannet. Vannsøyleundersøkelsen viste at forholdene i bunnvannet kan bli slik at fosfor lekker ut fra sedimentene, men som beskrevet under avsnitt 4.1 er det relativt lite fosfor som kan ventes å bli frigjort på denne måten.

I overflatevannet fant en ikke at pH økte nevneverdig i 2019, selv i juli da algebiomassen var svært høy. Men fra tidligere undersøkelser vet en at pH kan bli svært høy i perioder med kraftig algevekst (fotosynteseaktivitet), slik som i 2009 da pH i overflatevannet ble målt til nær 9,8 under en algeopp-

blomstring i starten av juli (Molversmyr 2010d). En vet at fosforutlekkningen fra sedimentet øker kraftig når pH i overliggende vann stiger høyere enn ca. 9,0, noe som bl.a. er demonstrert i laboratorieforsøk med sediment fra Storamø (Sanni 1986). Fosforfrigjøringen antas da å skje ved at hydroksylioner ( $\text{OH}^-$ ) bytter plass med fosfationer som er knyttet til jern i overflatesedimentet, og dermed reduserer sedimentets evne til å binde fosfor (Søndergaard *et al.* 2003). Hvor mye fosfor som vil frigjøres ved denne prosessen avhenger av hvor høy pH blir, hvor lenge situasjonen varer, og hvor store sedimentarealer som er påvirket. Sanni (1986) beregnet at fosforfrigjøringen i 1985 fra sedimentene i det nordre bassenget grunnet høy pH var ca. 36 kg P over en periode på én måned (med pH på 9,3 - 9,5). Nye anslag indikerer at fosforfrigjøringen kan ha vært noe større. Men i 2019 var pH neppe så høy og langvarig at dette kan ha forårsaket utlekking av den mengden fosfor som en må anta måtte til for å gi den observerte økningen av algebiomassen fra juli til august (se avsnitt 4.1).

Fosforfrigjøring forårsaket av resuspensjon kan være en annen viktig faktor. Storamø er sterkt vindpåvirket, og i perioder med kraftig vind vil sediment i innsjøen kunne bli resuspendert. Fosforrike sedimentpartikler som da blir ført ut i vannmassene vil kunne frigjøre fosfat, og under slike forhold kan den interne belastningen øke betydelig i forhold til situasjonen med et uforstyrret sediment (Søndergaard *et al.* 1992). Forsøk med sediment fra Frøylandsvatnet (Molversmyr & Andersen 2006) og Hålandsvatnet (Molversmyr 2010b) har vist at slik fosforfrigjøring kan være vesentlig i begge disse innsjøene. Tilsvarende forsøk er ikke utført for Storamø, men sedimentets sammensetning indikerer at det samme kan gjelde her. Det er derfor ikke usannsynlig at resuspensjon av sedimenter er en vesentlig faktor for intern fosforbelastning i Storamø, men oppfølgende undersøkelse (labforsøk) anbefales for å kartlegge dette.

I tillegg til prosessene nevnt ovenfor er det en rekke ulike forhold som har betydning for utvekslingen av fosfor mellom sediment og vann, og det er de rådende forholdene i innsjøen som til enhver tid avgjør hvor mye fosfor som eventuelt frigjøres. Mekanismene som styrer utveksling av fosfor er svært komplekse, og omfatter biologiske (f.eks. bakteriell aktivitet, mineralisering, bioturbasjon), kjemiske (f.eks. redoks, pH, jern/fosfor-forhold, nitrattilgjengelighet) og fysiske (f.eks. resuspensjon) faktorer (Søndergaard *et al.* 2001). De viktigste forholdene omtales kort her:

Diffusjon av fosfor til overliggende vann forårsaket av en konsentrasjonsgradient nedover i sedimentet vil skje nærmest kontinuerlig, og porevannet (som inneholder svært lite av fosforet i sedimentet) er viktig for denne transporten og representerer kontakten mellom overliggende vann og fosforet i sedimentet. Oppvirvling av sedimentoverflaten (f.eks. ved vinddrevet resuspensjon) kan øke denne utlekkningen betydelig (Golterman 2004).

Det øverste aerobe (oksygenholdige) sedimentsjiktet danner en effektiv barriere som motvirker utlekking av fosfor fra underliggende lag, og høyt bakterielt oksygenopptak i sedimentoverflaten medvirker til at det oksiderte toppsjiktet blir tynnere. Hvor langt ned i sedimentet oksygen (og nitrat) strekker seg vil avhenge av intensiteten av de mikrobielle prosessene, og høy temperatur vil øke mineraliseringshastigheten og redusere tykkelsen av det oksiderte sjiktet. Slike temperatur-effekter kan medføre vesentlig utlekking av fosfor fra aerobe sedimenter i grunne innsjøer (Jensen & Andersen 1992).

Turbulens i innsjøvannet er en nøkkelfaktor for utveksling av fosfat mellom sedimentet og vann, ikke bare ved at det medvirker til transport av løst fosfor ut fra sedimentet, men også ved at det tilfører oksygen til sedimentoverflaten og medvirker til å opprettholde det aerobe sjiktet i sedimentoverflaten. Mye av sedimentet i Storamø vil ha oksygenrikt overliggende vann, med antatt aerob (oksygenholdig) sedimentoverflate. Fravær av omrøring kan medføre betydelig utlekking av fosfor til vannet selv om overliggende vannmasser forblir aerobe (Sundby *et al.* 1986). Høy temperatur om sommeren, kombinert med vindstille perioder, kan derfor tenkes å medvirke til pulsvis frigivelse av fosfor fra sedimentet i Storamø, særlig om natten når respirasjonsprosesser dominerer.

Fisk kan på flere måter påvirke omsetningen av fosfor i en innsjø, og relatert til sedimentene er bentivorisk viktigst ved at de spiser bunndyr og organisk materiale i sedimentene. Betydelige mengder sedimentpartikler kan virvles opp når fisken roter i sedimentet etter mat (bioturbasjon). Vi

kjenner ikke til at slike fiskeslag finnes i Storamos, og det er ikke ventet at oppvirvling av sedimentpartikler gjennom bioturbasjon vil gi vesentlig frigivelse av fosfor her (se ovenfor om resuspensjon).

Til sist kan nevnes vannplanter (makrovegetasjon), som også kan påvirke omsetningen av næringsstoffer i innsjøen på ulike måter (f.eks. transport av fosfor fra og til sedimentet, hindre resuspensjon, oksygenendringer i vannet ved fotosyntese og respirasjon, økt pH som følge av fotosyntese). I Storamos har en imidlertid ikke observert bestander av vannplanter som kan tenkes å kunne gi nevneverdige effekter relatert til fosfor i sedimentet.

Hvor mye fosfor som løses ut fra sedimentet er som nevnt ovenfor avhengig av en rekke faktorer, og det har ikke vært mulig å gjøre spesifikke estimater av interne tilførsler i Storamos innenfor rammen av denne undersøkelsen. I Frøylandsvatnet (Molversmyr & Andersen 2006) og Hålandsvatnet (Molversmyr & Sanni 1990) er det beregnet at betydelige mengder fosfor frigjøres fra sedimentene uten å være forårsaket av særskilte forhold, og at det antakelig er en betydelig bakgrunnsbelastning fra sedimentene i slike næringsrike innsjøer. Tilsvarende kan derfor også gjelde for Storamos.

Ekstraordinære interne tilførsler vil normalt gjenspeiles i økt algebiomasse og/eller økt innhold av totalfosfor i vannet, slik den kraftige oppveksten av blågrønnalger i Storamos fra juli til august 2019 gir signal om. Som nevnt i avsnitt 4.1 kan det anslås at i størrelsesorden 200 kg P måtte til for å gi den observerte biomasseøkningen, og det er vanskelig å se for seg at denne mengden fosfor kan ha blitt tilført fra nedbørfeltet på så kort tid. Riktig nok viser data fra met.no at det kom mye nedbør i slutten av juli som kan ha medført økt utvasking av fosfor fra nedbørfeltet, men hoveddelen av fosforet må likevel antas å ha kommet fra sedimentene i innsjøen.

## 5.1 Konklusjoner

- I august 2019 var det en kraftig oppblomstring av blågrønnalgen *Dolichospermum flos-aquae* (tidligere kalt *Anabaene flos-aquae*) i Storamos. Mengde og sammensetning av planteplanktonet gjennom vekstsesongen gjør at tilstanden i innsjøen var svært dårlig, vurdert i samsvar med klassifiseringssystemet under Vannforskriften. Fosforinnholdet i vannet var også høyt, tilsvarende dårlig tilstand.
- Nitrogeninnholdet i vannet er lavt i forhold til fosforinnholdet, og lavt N/P-forhold og nærmest fravær av nitrat i perioder indikerer at nitrogen tidvis kan begrense algeveksten. Dette kan medvirke til oppvekst av blågrønnalgetyper som den nevnte, som har evne til å fikserer nitrogen fra lufta og dermed få fortrinn fremfor andre algetyper.
- Data fra tidligere undersøkelser kan indikere en svak trend til redusert fosforinnhold i innsjøen. Mengde og sammensetning av planteplanktonet har variert en del, og resultatene tilsier totalt sett at tilstanden over lang tid har vært i overgangen mellom dårlig og svært dårlig.
- Overflatesedimentet i Storamos har høyt fosforinnhold (3-6 mg P/g tørrstoff), og noe høyere i de vestlige delene av innsjøen enn i de østlige. Nivået er på størrelse med det en har funnet i Frøylandsvatnet i Orrevassdraget, men noe lavere enn i Hålandsvatnet i Stavanger/Randaberg. En stor andel av fosforet foreligger på en form som potensielt kan løses ut i vannmassene.
- Fosforinnholdet avtar raskt nedover i sedimentet, og fra om lag 15 cm og dypere var det rundt 1 mg P/g tørrstoff. I dypere lag i sedimentet fra dypt område i innsjøen var det økt innhold av organisk stoff, som falt sammen med observasjoner av rester av godt bevart plantefiber som har hatt opphav i eksternt produsert plantemateriale. Kilden til dette er ukjent.
- Om lag 30 cm ned i sedimentet var det et tydelig skille, med overgang til mer grått/leiraktig sediment. Dette må antas å være avsatt lang tid tilbake, i perioden før menneskelig aktivitet påvirket innsjøen i vesentlig grad.
- Sedimentet må antas å spille en vesentlig rolle for tilstanden som observeres i Storamos. Den kraftige oppveksten av blågrønnalger i august 2019 ville ikke kunne skje uten at betydelige mengder fosfor var tilgjengelig. Hoveddelen av dette fosforet må antas å ha kommet fra sediment i innsjøen, mest sannsynlig fra gruntliggende sedimenter.

## 6 REFERANSER

- Abrahamsen, J., P.F. Pallesen & T. Solbakken, 1972. Fylkeskompendium for Rogaland. Om naturvitenskapelige interesser knyttet til uregulerte og "ubetydelig" regulerte vassdrag. Bind II. *Kontaktutvalget for vassdragsreguleringer, Universitetet i Oslo*.
- Blais, J.M. & J. Kalff, 1995. The influence of lake morphometry on sediment focusing. *Limnol. Oceanogr.* 40: 582-588.
- Brettum, P. & T. Andersen, 2005. The use of phytoplankton as indicators of water quality. *NIVA, rapport nr. 4818-2005*.
- Direktoratsgruppen vanddirektivet, 2018. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiserings-system for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. *Direktoratsgruppen for gjennomføring av vannforskriften, Veileder 02:2018*.  
(<http://www.vannportalen.no/globalassets/nasjonalt/dokumenter/veiledere-direktoratsgruppa/Klassifisering-av-miljotilstand-i-vann-02-2018.pdf>).
- Faafeng, B. & G. Severinsen, 1994. Landsomfattende trofiundersøkelse av norske innsjøer. Kartpresentasjon av resultater fra Rogaland 1988 – 92. *NIVA, rapport 3091-1994*.
- Golterman, H.L., 2004. The chemistry of phosphate and nitrogen compounds in sediments. *Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 251s*.
- Hupfer, M., R. Gächter & R. Giovanoli, 1995. Transformation of phosphorus species in settling seston and during early sediment diagenesis. *Aquat. Sci.* 57: 305-324.
- Jensen, H.S & F.E. Andersen, 1992. Importance of temperature, nitrate and pH for phosphate release from aerobic sediments of four shallow, eutrophic lakes. *Limnol. Oceanogr.* 37: 577-589.
- Meyers, P.A. & R. Ishiwatari, 1995. Organic matter accumulation records in lake sediments. I: *Lerman, A., D.M. Imboden & J.R. Gat (eds.), Physics and Chemistry of Lakes, Springer, Berlin, pp. 279 - 328*.
- Molversmyr, Å., 1992. Statusrapport for Orrevassdraget. Undersøkelser i 1990 og 1991. *Rogalandforskning, rapport RF-55/92*.
- Molversmyr, Å., 2010a. En samling dybdekart for innsjøer på Jæren. *International Research Institute of Stavanger, rapport IRIS - 2010/146*.
- Molversmyr, Å., 2010b. Undersøkelser av sedimentene i Hålandsvatnet. *International Research Institute of Stavanger, rapport IRIS - 2010/114*.
- Molversmyr, Å., 2010c. Undersøkelser i Bjårvatnet 2009. *International Research Institute of Stavanger, rapport IRIS - 2010/133*.
- Molversmyr, Å., 2010d. Overvåking av Jærvassdrag 2009 – Datarapport. *International Research Institute of Stavanger, rapport IRIS - 2010/050*.
- Molversmyr, Å. & S. Sanni, 1990. Hålandsvatnet. Resipientundersøkelse. *Rogalandforskning, rapport RF-28/90*.
- Molversmyr, Å. & T. Andersen, 2006. Kartlegging og vurdering av interngjødsling i Frøylandsvatnet. *International Research Institute of Stavanger, rapport IRIS - 2006/017*.
- Molversmyr, Å., L. Bunting, A. Burgess & H. Bennion, 2006. Frøylandsvatnet: innsjøhistoriske undersøkelser. *International Research Institute of Stavanger, rapport IRIS - 2006/018*.
- Molversmyr, Å., M. Bechmann, H.O. Eggestad, A. Pengerud, S. Turtumøygaard & E. Rosvoll, 2008. Tiltaksanalyse for Jærvassdragene. *International Research Institute of Stavanger, rapport IRIS - 2008/028*.
- Molversmyr, Å., S. McGowan, G. Clarke, H. Bennion & H. Yang, 2010. Innsjøhistorisk undersøkelse i Seldalsvatnet. *International Research Institute of Stavanger, rapport IRIS - 2010/194*.
- Molversmyr, Å., S. Schneider, H. Edvardsen & M.A. Bergan, 2014. Overvåking av Jærvassdrag 2013 – Datarapport. *International Research Institute of Stavanger, rapport IRIS - 2014/025*.
- Olrik, K., P. Blomqvist, P. Brettum, G. Cronberg & P. Eloranta, 1998. Methods for quantitative assessment of phytoplankton in freshwaters. P. 1: Sampling, processing, and application in freshwater environmental monitoring programmes. *Naturvårdsverket, rapport 4860*.

- Psenner, R., R. Pucsko & M. Sager, 1984. Die Fraktionierung organischer und anorganischer Phosphorverbindungen von Sedimenten – Versuch einer Definition ökologisch wichtiger Fraktionen. *Arch. Hydrobiol./Suppl.* 70: 111-155.
- Reynolds, C.S., 1984. The ecology of freshwater phytoplankton. *Cambridge University Press, Cambridge, 384s.*
- Rydin, E., 2000. Potentially mobile phosphorus in Lake Erken sediment. *Water Res.* 34: 2037-2042.
- Sanni, S., 1986. Storamós: trofigrads- og sediment/vann-undersøkelse. *Rogalandsforskning, rapport AVF 3/86.*
- Scheffer, M., 1998. Ecology of shallow lakes. *Population and Community Biology Series 22, Chapman & Hall, London: 357s.*
- Sobek, S., E. Durisch-Kaiser, R. Zurbrügg, N. Wongfun, M. Wessels, N. Pasche & B. Wehrli, 2009. Organic carbon burial efficiency in lake sediments controlled by oxygen exposure time and sediment source. *Limnol. Oceanogr.*, 54: 2243-2254.
- Steen Larsen, E., 2017. Tiltaksplan for Håelva. *Time og Hå kommune, mai 2017.*
- Sundby, B., L.G. Anderson, P.O.J. Hall, Å. Iverfeldt, M.M.R. Van der Loeff & S.F.G. Westerlund, 1986. The effect of oxygen on release and uptake of cobalt, manganese, iron and phosphate at the sedimentwater interface. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 50: 1281-1288.
- Søndergaard, M., P. Kristensen & E. Jeppesen, 1992. Phosphorus release from resuspended sediment in the shallow and wind-exposed Lake Arresø, Denmark. *Hydrobiologia* 228: 91-99.
- Søndergaard, M., J. P. Jensen & E. Jeppesen, 2001. Retention and internal loading of phosphorus in shallow, eutrophic lakes. *TheScientificWorld* 1: 427-442.
- Søndergaard, M., J.P. Jensen & E. Jeppesen, 2003. Role of sediment and internal loading of phosphorus in shallow lakes. *Hydrobiologia* 506-509: 135-145.

---

---

## VEDLEGG

---

Analyseresultater og feltmålinger .....	21
Planteplankton .....	22
Sedimentanalyser .....	24



## Analysedate og feltmålinger, vannsøyle

028-1550-L													Prøvelok (EUREF89-UTM32N):		314024 Ø 6504051 N	
Storamos																
Dato	TP		F-MRP	TN		F-NO3		Kl-a	Biomass	Surhetsgrad		SD	Prøvedyp			
	µg/l	µg/l	µg/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	µg/l	mg vv./l	pH		m	Ovfl.	Bunn		
	Ovfl.	Bunn	Bunn	Ovfl.	Bunn	Ovfl.	Bunn	Ovfl.	Ovfl.	Ovfl.	Bunn	-	Ovfl.	Bunn		
12.apr. 2019	17	16	3	300	330	140	130	9,0	1,89	7,15	7,17	3,2	0-6 m	21 m		
16.mai. 2019	21	21	4	190	270	36	65	14	2,63	7,61	7,06	2,5	0-4 m	21 m		
14.jun. 2019	21	52	27	270	440	< 5	42	7,6	0,97	7,16	6,62	3,2	0-6 m	21 m		
11.jul. 2019	29	230	120	330	730	56	18	6,5	1,12	7,28	6,60	3,1	0-6 m	21 m		
15.aug. 2019	33	170	110	370	750	15	13	36	10,84	7,37	6,65	1,7	0-4 m	21 m		
12.sep. 2019	41	-	-	490	-	54	-	6,9	0,92	6,98	-	3,1	0-6 m	-		
21.okt. 2019	39	41	19	440	460	100	70	8,6	1,11	7,11	7,14	3,1	0-6 m	21 m		
Aritm. middel	28,7	88,3	47,2	341	497	58	56	12,7	2,79	7,24	6,87	2,8				
Tidsv. middel	29,2	101,9	56,8	341	535	50	46,9	13,2	2,98	7,25	6,84	2,8				
Maks	41	230	120	490	750	140	130	36	10,84	7,61	7,17	3,2				
Min	17	16	3	190	270	3	13	7	0,92	6,98	6,60	1,7				
Median	29	47	23	330	450	54	54	9	1,12	7,16	6,86	3,1				

## Målinger av temperatur og oksygen

028-1550-L													År: 2019		Prøvelok (EUREF89-UTM32N):		314024 Ø 6504051 N				
Storamos																					
Dyp (m) Dato	Temperatur (°C)							Oksygen (mg/l)							Oksygenmetning (%)						
	12.4	16.5	14.6	11.7	15.8	12.9	21.10	12.4	16.5	14.6	11.7	15.8	12.9	21.10	12.4	16.5	14.6	11.7	15.8	12.9	21.10
0,2	5,5	10,5	13,1	15,4	16,4	14,4	8,5	12,3	12,0	9,7	10,4	9,0	8,5	10,4	98	107	92	104	92	83	89
1				15,2							10,3							103			
2		10,4	13,1	14,9	16,4	14,4			12,0	9,7	10,0	9,0	8,4			107	92	99	92	82	
3				14,7							9,9							98			
4		10,4	13,1	14,5	16,4	14,4			11,9	9,7	9,7	8,9	8,4			107	92	95	91	82	
5	5,5	10,2		14,3			8,5	12,3	11,8		9,6			10,6	97	105		94			90
6		9,2	13,1	14,0	16,4	14,4			11,1	9,7	9,4	8,9	8,4			97	92	91	91	82	
7		9,0							11,1							96					
8		8,9	13,1	13,9	16,4	14,4			11,0	9,7	9,3	8,7	8,3			95	92	90	89	81	
9																					
10	5,5	8,9	13,1	13,9	16,4	14,4	8,5	12,2	11,0	9,7	9,2	8,8	8,4	10,7	97	95	92	89	89	82	91
11																					
12		8,8	13,1	13,8	16,2	14,4			10,9	9,6	9,2	8,7	8,4			94	92	89	88	82	
13				15,0								4,7							46		
14		8,8	13,1	13,8	14,7	14,4			10,8	9,6	9,1	3,8	8,3			93	92	87	37	81	
15	5,5			14,5			8,5	12,2		9,6		3,1		10,8	97	91		30			92
16		8,8	12,4	13,8	14,3	14,4			10,8	8,7	8,9	2,3	8,3			93	82	86	23	81	
17			12,1	13,7	14,0					8,3	8,7	2,1				77	84	20			
18		8,7	11,3	13,7	13,8	14,4			10,6	7,4	8,6	1,5	8,3			91	67	83	14	82	
19			10,7	13,6	13,3					6,1	8,2	0,5				55	79	5			
20	5,5	8,7	10,6	11,9	12,9	14,4	8,4	12,2	10,4	5,5	1,6	0,0	8,3	10,8	97	90	50	15	0	81	92
21			10,5	11,0	12,8					5,1	0,0						46	0			
22		8,7	10,4	10,7	12,8	14,4	8,4		10,3	4,8			8,3	10,8		89	43			81	92
23						14,4							8,3							81	
24																					

## Planteplankton

Blandprøve overflatevann (mg våtvekt/m<sup>3</sup>)

028-1550-L Storamos		År: 2019			Prøvelokalitet (EUREF89-UTM32N):		314024 Ø 6504051 N	
Dato:	12.4	16.5	14.6	11.7	15.8	12.9	21.10	
<b>BLÅGRØNNALGER</b>								
<i>Anathece</i>		3,36	44,66	8,65	35,11	0,39	2,25	
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>				25,53	255,48			
<i>Aphanizomenon gracile</i>		2,34						
<i>Aphanocapsa</i>	7,52		5,71					
<i>Dolichospermum flos-aquae</i>	2,61	16,81		34,28	9934,56	154,56	150,59	
<i>Dolichospermum spiroides</i>			12,67					
<i>Limnothrix</i>	22,86	426,01	52,42	0,85	45,53		0,27	
<i>Microcystis smithii</i>							8,35	
<i>Pseudanabaena limnetica</i>			13,14					
<i>Rhabdoderma lineare</i>		30,08						
<i>Snowella lacustris</i>					22,67			
<i>Woronichinia naegeliana</i>		14,95		29,35	91,30	515,18	264,84	
<b>BLÅGRØNNALGER TOTALT</b>	32,99	493,55	128,61	98,65	10384,65	670,12	426,30	
% Blågrønnalger:	1,7	18,7	13,3	8,8	95,8	72,7	38,3	
<b>KISELALGER</b>								
<i>Asterionella formosa</i>	510,45	91,50	151,99	4,35	3,47		1,20	
<i>Aulacoseira italica</i>	360,91	16,76	3,85	24,63	24,05	5,90	146,65	
<i>Fragilaria capucina</i>							1,30	
<i>Tabellaria flocculosa</i>	1,65	13,20						
<i>Ulnaria (&lt;60)</i>					1,31			
<i>Ulnaria (&gt;120)</i>	10,88							
<i>Ulnaria (60-120)</i>	46,63	4,85					0,22	
<b>KISELALGER TOTALT</b>	930,52	126,30	155,85	28,97	28,83	5,90	149,37	
% Kiselalger:	49,2	4,8	16,1	2,6	0,3	0,6	13,4	
<b>FUREFLAGELLATER</b>								
<i>Gymnodinium (&lt;12)</i>		6,75		6,95				
<i>Gymnodinium (&gt;20)</i>	5,48				33,79			
<i>Gymnodinium (12-20)</i>	8,32		5,02		12,46		0,61	
<b>FUREFLAGELLATER TOTALT</b>	13,79	6,75	5,02	6,95	46,25	0,00	0,61	
% Fureflagellater:	0,7	0,3	0,5	0,6	0,4	0,0	0,1	
<b>GRØNNALGER</b>								
<i>Ankistrodesmus fusiformis</i>	3,27	5,96	2,57					
<i>Ankyra judayi</i>				7,28				
<i>Botryococcus braunii</i>				16,42		8,23	19,00	
<i>Chlamydomonas (&lt;12)</i>	4,97	1,96	0,36	1,39				
<i>Chlamydomonas (&gt;12)</i>	17,92	18,21					7,85	
<i>Closterium acutum</i>	0,23	14,75	7,96	0,27	5,79	10,38	6,25	
<i>Coccale, koloni, m/gel, ubest.</i>	61,88	338,42	47,76	98,64	5,85	5,54	19,61	
<i>Coccale, koloni, u/gel, ubest.</i>	10,17	12,03	5,86					
<i>Coccale, solitær, m/gel, ubest.</i>		17,42		8,57			3,97	
<i>Coccale, solitær, u/gel, ubest.</i>	2,30		0,48	15,37	13,70	4,65	8,87	
<i>Coelastrum astroideum</i>					31,63	1,00		
<i>Coelastrum sphaericum</i>	2,01		4,22	13,42	2,28			
<i>Cosmarium</i>			1,46					
<i>Elakatothrix</i>		13,79					0,73	
<i>Eudorina elegans</i>				8,12				
<i>Gyromitus cordiformis</i>			2,21	5,75				
<i>Kirchneriella</i>							39,69	
<i>Lagerheimia genevensis</i>	3,78	9,77		1,32				
<i>Monoraphidium contortum</i>	25,44	47,49	11,10	18,06			10,57	
<i>Monoraphidium griffithii</i>	1,75							
<i>Monoraphidium komarkovae</i>	2,29							
<i>Mucidosphaerium pulchellum</i>	40,64	43,50	18,47	7,63			163,61	

## Planteplankton

Blandprøve overflatevann (mg våtvekt/m<sup>3</sup>)

028-1550-L Storamos		År: 2019			Prøvelokalitet (EUREF89-UTM32N):		314024 Ø 6504051 N	
Dato:	12.4	16.5	14.6	11.7	15.8	12.9	21.10	
<b>GRØNNALGER (fortsetter)</b>								
<i>Oocystis parva</i>	31,19	24,77	2,23					
<i>Pandorina morum</i>							1,60	
<i>Paramastix conifera</i>			6,25					
<i>Paulschulzia tenera</i>		23,30						
<i>Pediastrum duplex</i>				0,85				
<i>Scenedesmus ecornis</i>	1,70	1,71					0,55	
<i>Spondylosium planum</i>		37,90	13,97					
<i>Staurastrum anatinum</i>		6,89						
<i>Staurastrum chaetoceras</i>						2,89		
<i>Staurastrum paradoxum</i>		2,35	2,60			1,29		
<i>Staurodesmus cuspidatus</i>		9,77						
<i>Staurodesmus triangularis</i>				0,47				
GRØNNALGER TOTALT	209,54	629,97	127,51	203,54	59,25	33,98	282,30	
% Grønnalger:	11,1	23,9	13,1	18,1	0,5	3,7	25,4	
<b>GULLALGER</b>								
<i>Chromulina</i>	0,95			0,31			0,33	
<i>Chrysidiastrum catenatum</i>	10,34	22,34	17,81			9,09		
<i>Chrysococcus minutus</i>				1,29		1,57	0,43	
<i>Chrysococcus</i>			3,61	0,82	2,60	1,50	2,60	
<i>Chrysophyceae (&gt;8)</i>	56,96	47,04	13,09	5,38	80,29	43,13	17,07	
<i>Chrysophyceae (4-8)</i>	176,20	163,85	115,47	35,87	75,24	5,06	45,72	
<i>Dinobryon acuminatum</i>	1,31							
<i>Dinobryon bavaricum</i>		10,84						
<i>Dinobryon cylindricum</i>	10,40							
<i>Mallomonas akrokomos</i>				6,29	1,22			
<i>Mallomonas caudata</i>				20,09				
<i>Ochromonas</i>		1,95	7,24	5,48	5,19	6,22	3,63	
<i>Pseudopedinella</i>	6,05	13,97	2,96			1,59	2,05	
<i>Stichogloea doederleinii</i>				4,03				
GULLGER TOTALT	262,20	260,00	160,18	79,56	164,54	68,15	71,82	
% Gullalger:	13,9	9,9	16,5	7,1	1,5	7,4	6,5	
<b>CRYPTOMONADER</b>								
<i>Cryptomonas (&lt;24)</i>	136,04	223,50	34,47	208,64	9,76	2,71	6,39	
<i>Cryptomonas (&gt;32)</i>	17,44	56,62	4,13	69,07				
<i>Cryptomonas (24-32)</i>	177,92	255,07	19,90	153,21	44,31	1,94	41,28	
<i>Katablepharis ovalis</i>	1,74		1,77	2,78		90,29	8,52	
<i>Plagioselmis</i>	17,65	457,97	262,38	186,05	37,23	17,51	43,09	
CRYPTOMONADER TOTALT	350,78	993,16	322,65	619,74	91,30	112,44	99,29	
% Cryptomonader:	18,5	37,7	33,3	55,2	0,8	12,2	8,9	
<b>ANDRE ALGER</b>								
<i>Euglena</i>	1,35		2,07		15,02			
<i>Choanozoa</i>	2,02	4,73	1,80	5,88	11,73		1,19	
<i>Chrysochromulina parva</i>	29,33	19,97	12,40					
Picoplankton	23,35	10,58	7,11	50,25	21,89	12,45	54,72	
Ubestemt (2-4)	36,53	88,65	46,97	29,18	19,97	18,60	26,81	
ANDRE TOTALT	92,57	123,92	70,35	85,32	68,61	31,05	82,73	
% Andre alger:	4,9	4,7	7,3	7,6	0,6	3,4	7,4	
<b>TOTAL BIOMASSE (mg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1892,40</b>	<b>2633,66</b>	<b>970,16</b>	<b>1122,73</b>	<b>10843,41</b>	<b>921,64</b>	<b>1112,41</b>	

**Sedimenter Storamos 21.10.2019:**  
**Diverse stasjoner (0-3 cm sjikt)**

Stasjon	Vanninnhold (%)	Glødetap % av TS	Tot-P mg/g TS	Fe mg/g TS
STO-1	9	27	5,1	61
STO-2	19	28	5,7	84
STO-3	8	38	3,1	46
STO-4	10	33	4,0	51
STO-5	10	30	3,9	39
STO-6	8	32	6,0	60
STO-7	18	27	4,3	62
STO-8	12	29	3,8	39

**Sedimenter Storamos 21.10.2019:**  
**Sedimentprofil på 6,5 meters dyp (STO-2)**

Dybde-sjikt (cm)	Vanninnhold (%)	Glødetap % av TS	Tot-P mg/g TS	Fe mg/g TS
0-1	10	25	5,1	72
1-2	11	24	3,4	38
2-3	11	26	4,9	100
3-4	12	27	2,5	25
4-5	14	27	2,6	32
6-7	13	27	2,1	30
8-9	15	37	1,9	25
10-11	17	22	1,6	15
14-15	13	13	1,2	8
20-21	13	18	0,8	8
29-30	17	20	1,2	16

**Sedimenter Storamos 21.10.2019:**  
**Sedimentprofil på 23 meters dyp (STO-1)**

Dybde-sjikt (cm)	Vanninnhold (%)	Glødetap % av TS	Tot-P mg/g TS	Fe mg/g TS
0-1	16	29	7,8	63,0
1-2	10	28	3,4	29,0
2-3	10	27	3,3	30,0
3-4	23	26	3,2	29,0
4-5	12	28	3,8	34,0
6-7	17	25	1,7	17,0
8-9	19	26	3,0	31,0
10-11	16	32	1,9	23,0
14-15	16	40	1,4	22,0
20-21	12	65	0,8	14,0
29-30	34	5	1,7	15,0

**Sedimenter Storamos 21.10.2019 (0-3 cm sjikt)**

Stasjon	Vanninnhold (%)	Glødetap % av TS	Tot-P mg/g TS	Fe mg/g TS	Fosforfraksjoner					
					NH4Cl-P (mg/g TS)	BD-P (mg/g TS)	NaOH-P (mg/g TS)		HCl-P (mg/g TS)	Residual-P (mg/g TS)
					PO4-P	PO4-P	Tot-P	PO4-P	PO4-P	-
STO1, 0-3 cm	10	27	2,8	25	0,012	1,220	1,405	0,903	0,105	0,163
STO1, 14-15 cm	16	43	1,3	19	0,006	0,210	0,712	0,440	0,100	0,372
STO2, 0-3 cm	9	28	3,7	56	0,008	1,195	2,017	1,274	0,064	0,480
STO2, 14-15 cm	15	40	1,4	24	0,002	0,265	0,814	0,502	0,051	0,319



NORCE Norwegian Research Centre AS  
[www.norceresearch.no](http://www.norceresearch.no)