



Overvåking av kalkrike vannforekomster på Hadeland i Oppland fylke, 2018

FAUN RAPPORT R017-2019 | 2019 | Fiske- og vassdragsforvaltning |
Trond Stabell



Kolofon

Tittel

Overvåking av kalkrike vannforekomster på Hadeland i Oppland fylke, 2018

Rapportnummer

R017-2019

Forfatter

Trond Stabell

Årstall

2019

ISBN

978-82-8389-056-3

Tilgjengelighet

Fritt

Oppdragsgiver

Fylkesmannen i Oppland

Prosjektansvarlig oppdragsgiver

Ola Hegge

Prosjektleder i Faun

Trond Stabell

Kvalitetssikret av

Kristine Ø.Våge

Emneord

Vannovervåking, kalksjøer, klassifisering, økologisk tilstand, planteplankton, kransalger

Antall sider

28 + vedlegg

Sammendrag

I denne undersøkelsen har vi vurdert den økologiske tilstanden i 32 kalkrike innsjøer på Hadeland ved bruk av kvalitetselementet «planteplankton». Av disse innsjøene hadde fire «god» tilstand, mens 22 hadde «moderat» tilstand. De innsjøene som kom dårligst ut var Langtjernet, Skirstadtjernet, Øvre Falangtjern, Breidtjernet og Nedre Falangtjern med «dårlig» tilstand, mens Bråtåtjernet ble vurdert til å ha «svært dårlig» tilstand.

Kalksjøer er en prioritert naturtype i Norge, og i disse innsjøene på Hadeland finnes det kransalger, hvorav et betydelig antall er sjeldne i norsk natur.

Ved bruk av et vurderingssystem for vekstvilkår for kransalger, var det åtte innsjøer som ble ansett å ha «gode» vekstvilkår for kransalger, men disse var «betenkelige» i åtte innsjøer, og «dårlige» i 16 innsjøer. Dette var bedre enn i 2017 da fordelingen i 34 innsjøer (hvorav alle de 32 innsjøene i 2018 var inkludert) var 7 – 5 – 22.

Værforholdene i 2018 var spesielle med en svært tørr og varm periode fram til august. Det kan ha medført redusert avrenning og dermed generelt bedre forhold enn normalt.

Det var en viss sammenheng mellom vurderingene av økologisk tilstand og vekstvilkår for kransalger.

Forord

I perioden fra mai til oktober 2018 ble det i regi av Fylkesmannen i Oppland gjennomført månedlig innsamling av vannprøver for kjemisk - og biologisk analyse i 32 kalkrike innsjøer på Hadeland.

Feltarbeidet i innsjøene på Hadeland er gjennomført av Stein Roger Andersen. Gro Vestues, Håvard Lucassen, Jorunn Haugen, Ylva Svärd, Erik Friele Lie og Ola Hegge har deltatt som feltassistenter.

I innsjøer er mengden og sammensetningen av planteplankton en meget god indikator på den økologiske tilstanden. Kvalitetselementet «planteplankton» består av fire komponenter; totalt biovolum, indeks for artssammensetning (PTI), biovolum av cyanobakterier (Cyano_{max}) og klorofyll *a*.

De tre første av disse beregnes på bakgrunn av mikroskopisk analyse av planteplankton. Faun Naturforvaltning har utført denne analysen i alle innsjøprøvene.

Alle vannkjemiske analyser, inkl. klorofyll *a*, er gjennomført av SYNLAB AS.

Forsidebildet av Øvre Falangtjern er tatt av Benedicte Broderstad.

Faun Naturforvaltning ønsker å takke seniorrådgiver Ola Hegge, prosjektleder Benedicte Broderstad og øvrige involverte i dette prosjektet for et godt samarbeid.



Trond Stabell

Fyresdal, 14.6.2019

Innhold

Forord	3
1 Innledning.....	5
2 Metoder.....	6
2.1 Feltarbeid og analyser.....	6
2.2 Klassifisering.....	6
2.3 Utregning av nEQR for kvalitetselementet «planteplankton»	8
2.3 Lokalteter.....	8
3 Planteplankton i innsjøer	11
3.1 Sesongsuksesjon	11
3.2 Typisk suksesjonsmønster, næringsfattige innsjøer	12
3.3 Typisk suksesjonsmønster, næringsrike innsjøer	13
4 Vurdering av økologisk tilstand	14
4.1 Innsjøer med «god» økologisk tilstand.....	14
4.2 Innsjøer med «moderat» økologisk tilstand	15
4.3 Innsjøer med «dårlig» eller «svært dårlig» økologisk tilstand	17
5 Vurdering av vekstvilkår for kransalger.....	20
5.1 Faktorer som påvirker forekomsten av kransalger	20
5.2 Et vurderingssystem for kransalger.....	21
5.3 Innsjøer med «gode» vekstvilkår for kransalger	23
5.4 Innsjøer med «betenkelige» vekstvilkår for kransalger	24
5.5 Innsjøer med «dårlige» vekstvilkår for kransalger	25
6 Oppsummering av tilstand i innsjøer	25
8 Referanser.....	28
Vedlegg 1 Biomasse og sammensetning av planteplankton	29

1 Innledning

Innsjøer med kransalger tilhører ofte den prioriterte naturtypen kalksjøer. Oppland er det fylket i landet som har flest slike sjøer, og en stor andel av disse finner vi på Hadeland.

Det geografiske området som kalles Hadeland inkluderer de tre kommunene Gran, Lunner og Jevnaker. Det ligger innenfor Oslofeltet, hvor det i hovedsak er kambro-siluriske bergarter. Dominans av kalkstein og kalkholdig skifer gjør at berggrunnen er svært kalkrik.

Denne rapporten omhandler undersøkelsene i 2018 av 32 kalksjøer på Hadeland. I alle disse har det blitt funnet kransalger, hvorav flere arter er rødlistet. Mange av disse innsjøene har dermed fått høy verdi som viktig naturtype (A- eller B-verdi) (Mjelde 2016).

Forekomsten av kransalger på Hadeland ble undersøkt på slutten av 60-tallet, og igjen på 1990- og 2000-tallet. I noen av innsjøene hadde kransalgene i løpet av denne perioden forsvunnet helt, mens bestandene var redusert i flere andre (Langangen 2008, 2010). Kransalger er sensitive for eutrofiering (Blindow 1992). Økt tilførsel av næringssalter, med påfølgende økning i forekomsten av planteplankton og dårligere lysforhold, er en sannsynlig årsak til bortfallet av arter i innsjøene på Hadeland (Langangen 2008).

Det er utviklet et klassifiseringsverktøy for vurdering av økologisk tilstand i vannforekomster (Direktoratsgruppa 2018). Ved å benytte kvalitetselementet «planteplankton» i en slik klassifisering, får vi et temmelig nøyaktig mål på om en innsjø er oligotrof, mesotrof eller eutrof. Dersom dette gjøres over tid kan vi se om innsjøene beveger seg mot mer oligotrof- eller mer eutrof tilstand.

I ferskvann er eutrofiering nært knyttet til tilførsler av fosfor. For kransalger er det sannsynligvis ikke fosforet i seg selv som er problemet, men hvordan økt algevekst fører til dårligere lysforhold både på grunn av kraftigere lyssvekking i vannmassene, nedslamming pga. økt tilførsel av dødt, partikulært materiale, og pga. økt begroing av mikroskopiske alger på selve kransalgene. Nitrogen er normalt ikke begrensende faktor for algevekst i ferskvann i Norge, og er derfor lite relevant for å vurdere trofigraden til en vannforekomst. For kransalger er det imidlertid vist at høy konsentrasjon av nitrogenforbindelser kan virke hemmende på veksten (Barker et al. 2008, Lambert & Davy 2010). Ved en vurdering av hvor gode eller dårlige forholdene i en lokalitet er for kransalger, er derfor parametere knyttet til lysforhold og nitrogeninnhold mer relevante enn fosfor og forekomsten av planteplankton som sådan.

Dette gjør at vi i denne rapporten benytter to ulike systemer for å vurdere forholdene i innsjøene. Økologisk tilstand vurdert ut fra kvalitetselementet «planteplankton» er relevant for kransalger, men en slik klassifisering gir også et mer generelt inntrykk av fare for tap av biologisk mangfold og av lokalitetenes bruks- og rekreasjonsverdi. For å se mer spesifikt på vekstvilkårene for kransalger benytter vi et vurderingssystem ut fra parameterne «lysforhold» og «nitrogen».

Først presenterer vi resultatene for «økologisk tilstand» og for «vekstvilkår for kransalger» hver for seg. Til slutt oppsummerer vi vurderingene i en tabell med alle innsjøene hvor begge disse delene inngår. Dette håper vi vil gi en oversikt over hvilke innsjøer det er problemer i, hva disse problemene består i, og omfanget av dem.

2 Metoder

2.1 Feltarbeid og analyser

Fylkesmannen i Oppland har hatt ansvar for alt feltarbeid.

Prøvetakingen i innsjøene er gjennomført: 22. mai, 19. juni, 24. juli, 20. august, 25. september og 23. oktober.

Vannprøver ble i innsjøer som hovedregel samlet fra to ganger siktedyp. Alle vannkjemiske analyser er gjennomført av SYNLAB AS

En oversikt over analysene og metodene som har blitt benyttet er vist i tabell 1.

Tabell 1. Oversikt over analyser utført av VestfoldLAB AS og som er relevante i denne rapporten.

Analyse	Enhet	Metode
Fargetall	mg Pt/l	NS 4787
Kalsium	mg/l	NS-EN ISO 7980
Ammonium (NH ₄ -N)	mg/l	NS-EN ISO 11732 K3
Fosfat (PO ₄ -P)	mg/l	NS-EN ISO 15681-1
Nitrat (+nitritt) (NO ₃ -N)	µg/l	NS-EN ISO 13395 K5-1
Total fosfor (Tot-P)	µg/l	NS-EN ISO 15681-1
Total nitrogen (Tot-N)	µg/l	NS-EN ISO 13395 K5-1
Klorofyll A	µg/l	NS 4767
Totalt organisk karbon (TOC)	mg/l	NS-EN 1484 IR
Termostabile koliforme bakterier (TKB)	antall pr. 100 ml	NS 4792

Alle data for vannkjemi finnes i portalen Vannmiljø¹, og kan hentes ut der.

Prøver for planteplankton ble samlet på 30 ml plastflasker og konservert med ca. 0,3 ml (1 %) Lugols løsning. Et volum på 3 – 10 ml ble sedimentert ved bruk av Utermöhls metode (se f.eks. Tikkanen & Willén 1992). Planktonalgene ble bestemt til art, slekt eller gruppe. Enkelte taxa ble inndelt i ulike størrelseskategorier.

Informasjon om biomasse til alle registrerte taxa kan hentes ut fra portlen Vannmiljø. Oversikt over total biomasse ved hver prøvetaking og den relative forekomsten til ulike algeklasser er vist for alle innsjøene i vedlegg 1.

Forekomsten av planteplankton oppgis noen steder som total biomasse, andre steder som totalt biovolum. I kvalitetsveilederen benyttes betegnelsen biovolum, men med enheten mg/l, som ikke er en volumenhet. Dette kan virke forvirrende, men tettheten til planktonalgene settes normalt til 1,0 mg/mm³. Bruk av både mg og mm³ vil dermed gi samme verdi. Siden enheten i veilederen er oppgitt i mg/l, benytter vi betegnelsen biomasse heller enn biovolum.

2.2 Klassifisering

Den første utgaven av gjeldende klassifiseringsveileder som gir informasjon om aktuelle analyser for å vurdere tilstanden i bl.a. ferskvannsforekomster ble utgitt i 2013. I denne finnes også grenseverdier for inndeling i ulike kvalitetsklasser. Veilederen har blitt revidert i 2015 og i 2018 (Direktoratsgruppa, Vanndirektivet 2018).

¹ <http://vannmiljo.miljodirektoratet.no>

En viktig forandring mellom denne veilederen og tidligere norske klassifiseringssystemer var at det her ble tatt hensyn til naturlige karaktertrekk ved klasseinndelingen. Områder med ulik geologi vil for eksempel naturlig ha ulik bakgrunnstilførsel av næringssalter, og selv uten noen menneskelig påvirkning ville vannforekomstene framstå forskjellig både med hensyn til kjemiske og biologiske parametere. I stedet for å benytte målte verdier som utgangspunkt for klassifiseringen, benyttes derfor heller *avviket* fra en definert referansetilstand. Dette forholdstallet mellom målt verdi og referanseverdi kalles økologisk kvalitetskvotient (ecological quality ratio, EQR), og varierer fra 0 til 1, der 1 er best. Til slutt normaliseres EQR – verdiene (nEQR) for de ulike parametere på en slik måte at klassegrensene for nEQR alltid blir 0,8, 0,6, 0,4 og 0,2. For mer utdypende forklaring om EQR-verdier og normalisering av disse, henvises det til nevnte veileder (Direktoratsgruppa, Vanndirektivet 2018).

Innsjøene i denne undersøkelsen er kalkrike, men befinner seg i region «skog» (200 – 800 moh.) Det eneste unntaket er Jarevatnet som ligger i «lavland» (< 200 moh.). Samtidig er alle «kalkrike» (> 20 mg Ca/l), som gjør at ingen av vanntypene i klassifiseringsveilederen passer. Det anbefales da å benytte den vanntypen som har de strengeste klassegrensene (Direktoratsgruppa, Vanndirektivet 2018). Jarevatnet faller da i vanntype 8, som tilsier såkalt NGIG-type L-N1 («lavland, moderat kalkrik eller kalkrik, klar»), mens de øvrige blir plassert i vanntype 18 (L-N2a: «Skog, moderat kalkrik, klar») eller 19 (L-N3a: «Skog, moderat kalkrik, humøs»). I tabellene 2 - 4 er klassegrensene for disse innsjøtypene gitt for alle komponentene som er relevante i kvalitetselementet «planteplankton».

Tabell 2. Klassegrenser for innsjøtype L-N1 som er relevante for denne undersøkelsen. Enheten er mg/l for total biomasse og Cyano_{max}, µg/l for klorofyll *a*, total fosfor og totalt nitrogen. PII er dimensjonsløs.

Parameter	Referanseverdi	Maksimalverdi	I (Svært God)	II (God)	III (Moderat)	IV (Dårlig)	V (Svært dårlig)
Total biomasse	0,28	6,00	< 0,64	0,64 – 1,04	1,04 – 2,35	2,35 – 5,33	> 5,33
PII	2,09	4,00	< 2,26	2,26 – 2,43	2,43 – 2,60	2,60 – 2,86	> 2,86
Cyano _{max}	0,00	10,00	< 0,16	0,16 – 1,00	1,00 – 2,00	2,00 – 5,00	> 5
Klorofyll <i>a</i>	3		< 6	6 - 9	9 - 18	18 - 36	> 36
Total fosfor	6		< 10	10 – 17	17 – 26	26 – 42	> 42
Totalt nitrogen	275		< 425	425 – 675	675 – 950	950 – 1425	> 1425

Tabell 3. Klassegrenser for innsjøtype L-N2a som er relevante for denne undersøkelsen.

Parameter	Referanseverdi	Maksimalverdi	I (Svært God)	II (God)	III (Moderat)	IV (Dårlig)	V (Svært dårlig)
Total biomasse	0,18	4,00	< 0,40	0,40 – 0,64	0,64 – 1,60	1,60 – 3,79	> 3,79
PII	2,00	4,00	< 2,17	2,17 – 2,34	2,34 – 2,51	2,51 – 2,69	> 2,69
Cyano _{max}	0,00	10,00	< 0,16	0,16 – 1,00	1,00 – 2,00	2,00 – 5,00	> 5
Klorofyll <i>a</i>	2		< 4	4 - 6	6 - 13	13 - 27	> 27
Total fosfor	4		< 7	7 – 11	11 – 20	20 – 40	> 40
Totalt nitrogen	200		< 325	325 – 475	475 – 775	775 – 1350	> 1350

Tabell 4. Klassegrenser for innsjøtype L-N3a som er relevante for denne undersøkelsen.

Parameter	Referanseverdi	Maksimalverdi	I (Svært God)	II (God)	III (Moderat)	IV (Dårlig)	V (Svært dårlig)
Total biomasse	0,30	6,00	< 0,60	0,60 – 1,00	1,00 – 2,00	2,00 – 4,60	> 4,60
PII	2,09	4,00	< 2,26	2,26 – 2,43	2,43 – 2,60	2,60 – 2,86	> 2,86
Cyano _{max}	0,00	10,00	< 0,16	0,16 – 1,00	1,00 – 2,00	2,00 – 5,00	> 5
Klorofyll <i>a</i>	2,7		< 5,4	5,4 – 9,0	9,0 - 16	16 - 32	> 32
Total fosfor	6		< 11	11 – 16	16 – 30	30 – 55	> 55
Totalt nitrogen	275		< 475	475 – 650	650 – 1075	1075 – 1775	> 1775

For komponentene total biomasse, artssammensetning (PTI) og maksimal forekomst av cyanobakterier ($Cyano_{max}$) regnes EQR ut etter formelen:

$$EQR = \frac{\text{Observert verdi} - \text{maksimalverdi}}{\text{Referanseverdi} - \text{maksimalverdi}}$$

Det er ikke satt noen maksimalverdi for klorofyll *a*. EQR fastsettes da ved:

$$EQR (Kl. a) = \frac{\text{Referanseverdi}}{\text{Observert verdi}}$$

2.3 Utregning av nEQR for kvalitetselementet «planteplankton»

Utregning av normalisert EQR-verdi (nEQR) for kvalitetselementet planteplankton som helhet gjøres på følgende måte:

- 1) Ta gjennomsnittet av nEQR for klorofyll *a* og for nEQR for totalbiomasse av planteplankton. Gjennomsnittet benyttes fordi disse to analysene begge er et mål på mengden av planteplankton.
- 2) Artssammensetningen, uttrykt som PTI-verdi, skal tas med i betraktning. Ta derfor gjennomsnittet av nEQR verdi i 1) og nEQR-verdi for PTI.
- 3) Hvis nEQR for $cyano_{max}$ er større enn nEQR-verdi fra 2), blir verdien fra 2) den endelige nEQR-verdien for kvalitetselementet.
Hvis nEQR for $cyano_{max}$ er mindre enn nEQR-verdi fra 2): Ta gjennomsnittet av nEQR-verdiene i 1) og 2) og nEQR-verdi for $cyano_{max}$.

Et eksempel:

Parameter	nEQR
Klorofyll <i>a</i>	0,70
Biomasse, planteplankton	0,66
PTI	0,84
Cyanomax	0,56

$$1. (0,70 + 0,66)/2 = 0,68$$

$$2. (0,68 + 0,84)/2 = 0,76$$

$$3. Cyanomax < 0,76, \text{ derfor: } (0,68 + 0,84 + 0,56)/3 = 0,69$$

I dette tilfellet blir altså endelig nEQR for «planteplankton» på 0,69. Dersom nEQR-verdien for $cyano_{max}$ hadde vært større enn 0,76, ville endelig nEQR-verdi blitt 0,76.

En nEQR – verdi på 0,69 ville gitt tilstandsklasse «god». Dersom tilstanden ut fra kvalitetselementet «planteplankton» blir «god» eller «svært god», kan den endelige tilstanden nedgraderes dersom nEQR for totalfosfor er lavere. Dersom vi i eksempelet over hadde hatt en nEQR-verdi for fosfor på f.eks. 0,53, ville denne blitt styrende. Den endelige nEQR-verdien hadde da blitt 0,53 og den økologiske tilstanden «moderat». Parameteren totalfosfor kan ikke nedgradere tilstanden ytterligere dersom denne ut fra de biologiske analysene allerede er «moderat» eller dårligere.

2.3 Lokalteter

Alle innsjøene i denne undersøkelsen er kalkrike (tab. 5). I veilederen for klassifisering av miljøtilstand i vann (Direktoratsgruppa 2018) betegnes innsjøer som kalkrike dersom de har et kalsiuminnhold på over 20 mg/l. Den gjennomsnittlige konsentrasjonen av kalsium i disse innsjøene lå mellom 28 mg/l (Kruggerudtjernet) og 82 mg/l (Stortjernet) (se data på <http://vanmiljo.miljodirektoratet.no/>).

For fastsetting av innsjøtype inngår imidlertid flere komponenter, bl.a. humusinnhold. Dette varierte mellom 8 mg Pt/l (Korsrudtjern) og 35 mg Pt/l (Kjevlingen), Klassifiseringsveilederen karakteriserer

innsjøer som humøse dersom de har et fargetall over 30 mg Pt/l. Øvre Falangtjern, Nedre Falangtjern og Breidtjernet hadde i 2018 et gjennomsnittlig fargetall på 25 – 27 mg Pt/l. Disse innsjøene er tidligere karakterisert som «humøse», og til tross for verdier noe under grenseverdien for humøse innsjøer, opprettholdes den typifiseringen. Perioden fra mai til begynnelsen av august var usedvanlig nedbørfattig. Dette kan ha gjort at humusinnholdet i innsjøene var noe lavere enn normalt.

Bortsett fra Jarevatnet ligger alle innsjøene høyere enn 200 moh., i høyderegionen som kalles «skog (200 – 800 moh.)». Det er ikke angitt noen vanntype for «skog, kalkrik», og derfor benyttes «skog, middels kalkrik» (se avsnitt 2.2). Breidtjernet, Øvre og Nedre Falangtjern og Kjevlingen har såpass høyt humusinnhold at de havner i vanntype 19, med NGIG-type L-N3a. Jarevatnet er av vanntype 8 (NGIG: L-N1), mens alle de øvrige plasseres i vanntype 18 (NGIG: L-N2a) (tab. 5).

Beliggenheten til innsjøene er vist i figur 1.

Tabell 5. Oversikt over innsjøene i denne undersøkelsen.

Kode	Innsjø	NGIG-type	Vanmiljø-ID	UTM32N (Øst)	UTM32N (Nord)
BRE	Breidtjernet	L-N3a	012-63319	581636	6695270
BRA	Bråtåtjernet	L-N2a	012-63315	581096	6686294
BRÅ	Bråtåtjernet	L-N2a	012-63949	583890	6689201
ELS	Elgsjøen	L-N2a	012-48543	591045	6685846
ELT	Elgtjernet	L-N2a	012-63320	581535	6695806
FAL-N	Falangtjernet, nedre	L-N3a	012-63317	580481	6690655
FAL-Ø	Falangtjernet, øvre	L-N3a	012-63318	580791	6690300
GLO	Glorudtjernet	L-N2a	012-29221	580840	6691881
GRU	Grunningen	L-N2a	012-28757	581251	6695925
HAL	Hallomtjernet	L-N2a	012-49519	584717	6683721
JAR	Jarevatnet	L-N1	012-27499	585700	6695200
KAL	Kalvsjøtjernet	L-N2a	012-38096	586294	6684540
KJE	Kjevlingen	L-N3a	012-63416	584770	6686030
KOR	Korsrudtjernet	L-N2a	012-28752	583696	6688056
KRU	Krugerudtjernet	L-N2a	012-63308	589931	6688185
KÅR	Kårstadtjernet	L-N2a	012-28755	583696	6688056
LAN	Langtjernet	L-N2a	012-28756	581962	6694833
MAR	Markatjernet	L-N2a	012-63314	581807	6684679
NYB	Nyborgtjernet	L-N2a	012-63417	584788	6685461
OKS	Oksetjernet	L-N2a	012-63415	581231	6695555
ORE	Orentjernet	L-N2a	012-29232	581384	6686954
RAK	Raknerudtjernet	L-N2a	012-63950	585123	6690214
ROK	Rokotjernet	L-N2a	012-38093	583896	6688740
SKI	Skirstadtjernet	L-N2a	012-38092	580896	6692739
STO	Storetjernet	L-N2a	012-29229	583955	6682919
STR	Stortjernet	L-N2a	012-63321	582347	6696952
STU	Stumnetjernet	L-N2a	012-63313	590787	6687393
SVE	Sverigetjernet	L-N2a	012-63316	581017	6685800
VAS	Vassjøtjernet	L-N2a	012-38091	582494	6685043
VEL	Velotjernet	L-N2a	012-29230	580793	6686882
VIE	Vientjernet	L-N2a	012-29228	584505	6689547
ØYS	Øyskogtjernet	L-N2a	012-38094	584697	6688748

3 Planteplankton i innsjøer

I dette avsnittet skisserer vi en typisk biomasseutvikling av planteplankton gjennom vekstsesongen i henholdsvis næringsfattige og næringsrike innsjøer. Det kan være nyttig å ha disse mønstrene klart for seg før vi i neste avsnitt ser på resultatene fra innsjøene i denne undersøkelsen.

3.1 Sesongsuksessjon

Vinter

I vinterperioden er både vanntemperatur og lysinnstråling lav, noe som fører til at veksthastigheten til planteplankton er svært lav.

Mange innsjøer er islagt. Dersom det i tillegg er et lag med snø på isen kan lystilførselen under isen være tilnærmet null. Vannmassene vil da ligge helt i ro, og det tilføres ikke oksygen hverken fra fotosyntese eller fra atmosfæren.

Organisk materiale som gjennom forrige sesong har sunket ned til bunnen vil i løpet av vinteren brytes ned. Denne prosessen krever oksygen og frigjør næringssalter. Dersom det ikke tilføres oksygen til bunnvannet, og det er en kombinasjon av mye organisk materiale og en lang isleggingsperiode, kan alt oksygen i vannmassene like over sedimentoverflaten forbrukes. Dette gir *reduserende forhold*, som drastisk øker løseligheten til fosforholdige salter. Under slike forhold vil vi ved målinger registrere en svært høy konsentrasjon av fosfat i bunnvannet.

Vår

Etter isgang vil vannmassene varmes opp. Så lenge temperaturen er lav skal det lite vindpåvirkning til for å blande vannmassene. Innsjøen er inne i en periode med *fullsirkulasjon*. Planktonalger er svært små, og selv om lysinnstrålingen kan være sterk, vil lysforholdene for en enkelt algecelle likevel være dårlige, særlig i dypere innsjøer. Dette fordi algecellen bare i en kort periode er nær overflaten. Næringssalter som gjennom vinteren er frigjort i bunnvannet blandes nå inn i vannmassene pga. sirkulasjonen. Næringsforholdene er derfor gjerne gode, mens vanntemperaturen fortsatt er lav.

Under slike betingelser med lite lys, lav vanntemperatur og relativt høy konsentrasjon av bl.a. fosfor, er det vanligvis arter innenfor gruppen av kiselalger som vokser raskest. Disse vil da dominere samfunnet av planteplankton, og svært ofte danne det vi kaller en *våroppblomstring*.

Vannets tetthet avtar med økende temperatur, men *forskjellen* i tetthet pr. grad øker etter hvert som temperaturen stiger. Det betyr at det er mye større tetthetsforskjell på vannmasser med en temperatur på f.eks. 19 °C og 20 °C enn det er mellom vannmasser på henholdsvis 4 °C og 5 °C. Med økende vanntemperatur skal det dermed stadig mer energi til for å få vannmassene til å fullsirkulere. Selv i vindeksponerte innsjøer lar dette seg ikke lenger gjøre når temperaturen stiger opp mot 10 °C. Innsjøen blir da termisk sjiktet, og det vil nå bare være de øverste meterne av vannmassene som sirkulerer. Vi kan gjerne definere dette som overgangen til *sommerperioden*.

Sommer

I denne perioden vil både lysinnstråling og vanntemperatur være høy, og med permanent sjiktete vannmasser har vi nå fysisk sett en svært stabil periode. Våroppblomstringen av planteplankton har kollapset som et resultat av at alt av tilgjengelige næringssalter er brukt opp, pga. økt beitemetrykk fra dyreplankton som nå også har rukket å vokse opp, eller pga. temperatursjiktningen som gir økt tap via sedimentasjon ut av blandingssonen. For kiselalger er det gjerne en kombinasjon av disse faktorene som er årsak til at populasjonen bryter sammen. Mesteparten av fosforet i vannet er nå bundet opp i biomassen av planteplanktonet, og trekkes dermed ut av de øvre vannmassene når disse algene dør og synker ut av blandingsjiktet.

Like etter at vannmassene sjiktes får vi derfor gjerne en fase hvor det er lite alger og hvor vannet er mye klarere enn ellers. Dette fenomenet er såpass vanlig at vi gjerne kaller det for *klarvannsfasen*. Vanligvis vil denne inntreffe en eller gang i løpet av juni.

Nå går vi inn i den perioden som kanskje er den mest interessante. På grunn av den termiske sjiktningen vil tilførsler av næringssalter fra sedimentene, såkalte *interne kilder*, være svært begrenset. Skal biomassen av planteplankton nå øke igjen, vil det kreve tilførsel av næringssalter utenifra, altså *ekstern tilførsel* fra bekker, elver og diffus avrenning.

Det er dermed utviklingen av planktonsamfunnet gjennom sommerperioden som gir oss best innsikt i omfanget av eksterne tilførsler av næringssalter til innsjøen. Dersom slike tilførsler er veldig begrenset, vil biomassen av planteplankton holde seg lav. Tilføres derimot store mengder næringssalter vil forekomsten av alger øke raskt, siden lys- og temperaturforholdene er gode.

I en situasjon med gode lysforhold, høy vanntemperatur og god tilgang på næringssalter vil det ofte være en eller flere arter av grønnalger som dominerer samfunnet av planteplankton. Disse artene er imidlertid nokså bra føde for dyreplankton, og denne beitingen bidrar ofte til å holde den totale algebiomassen på et akseptabelt nivå.

En del cyanobakterier, noen fureflagellater, nåleflagellaten *Gonyostomum semen*, og enkelte andre arter omtales gjerne som problemarter. Fellestrekket for disse artene er at de er store og dermed lite beitbare for dyreplankton. Selv om de vokser langsomt, kan de derfor ha tilnærmet eksponentiell vekst. Hvis forholdene ligger til rette, og vekstsesongen er lang nok, kan en eller noen ganger flere av dem overta dominansen i samfunnet av planteplankton. På grunn av den lave veksthastigheten, skjer dette vanligvis på sensommeren eller høsten.

Hvis arter av denne typen først er tilstede, kan totalbiomassen bli mye høyere enn normalt. Uten særlige tap kan de bare fortsette å vokse til de har utnyttet alt av fosfor i vannmassene. Til slutt vil praktisk talt alt fosfor være bygget inn i algecellene, og svært lite er tilgjengelig for ytterligere vekst. På et tidspunkt vil det ikke være nok næringssalter til en ytterligere deling, og hele populasjonen kollapser.

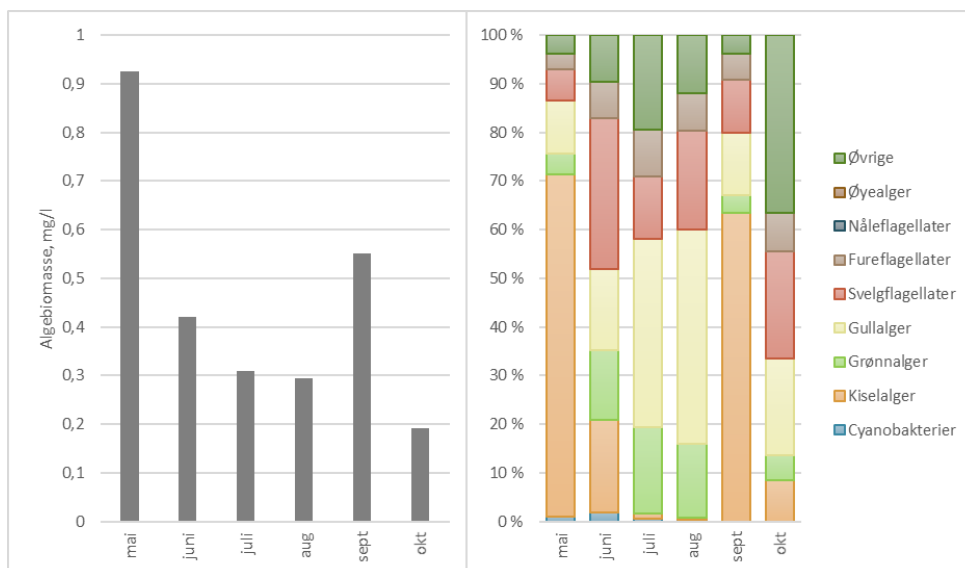
En del cyanobakterier har gassblærer i cellene, og når de dør kan de i første omgang heller flyte opp enn å synke til bunns. Algeoppblomstringen blir da veldig synlig ved at det dannes klumper av alger eller et malingsliknende belegg i overflaten.

Høst

Utover høsten blir lysforholdene igjen dårlige. Vanntemperaturen avtar inntil vannmassene på nytt fullsirkulerer. Organisk materiale som har sunket ut fra blandingsjiktet i løpet av sommeren, har blitt nedbrutt i dypet på samme måte som i vinterperioden. Fullsirkulasjonen på høsten vil derfor på nytt frakte næringssalter inn i vannmassene, og vi kan få en type oppblomstring som vi hadde på våren. Ofte vil det være samme art som dominerer her som under våroppblomstringen, men denne *høstoppblomstringen* er typisk noe mindre. Deretter vil forekomsten av planteplankton avta pga. stadig dårligere lysforhold.

3.2 Typisk suksesjonsmønster, næringsfattige innsjøer.

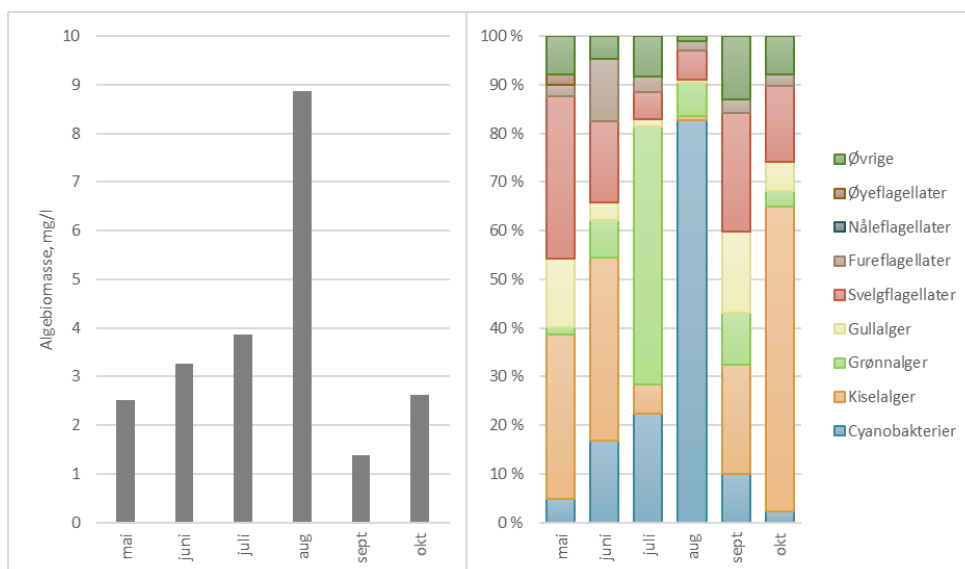
- Med en månedlig prøvetakingsfrekvens er det umulig å vite hvor nær toppen man treffer i vår- og høstoppblomstringen. Ofte vil vi derfor ikke registrere noen topp der. I eksempelet under ser vi hvordan det kan se ut dersom prøvetakingen skjer i nærheten av en slik topp (fig 2, venstre del). Maksimal biomasse på høsten påtreffes ofte i siste halvdel av september eller første halvdel av oktober.
- Dominans av kiselalger under vår- og høstoppblomstring (fig. 2, høyre del). Ellers et godt sammensatt samfunn, gjerne med små, lett beitbare arter. Gullalger utgjør ofte en stor andel av totalbiomassen.
- Maksimal biomasse er sjelden over 1 mg/L, og den er alltid lav i sommerperioden.



Figur 2. Eksempel på et typisk suksesjonsmønster av planteplankton i en næringsfattig innsjø

3.3 Typisk suksesjonsmønster, næringsrike innsjøer.

- Mest sannsynlig har det vært en våroppblomstring, men her har i tilfelle planktonprøven blitt tatt i forkant eller i etterkant av oppblomstringen (fig. 3, venstre del).
- Grønnalger dominerer i juli. Langsomtvoksende cyanobakterier med små tap («problemalge») bygger seg opp (fig. 3, høyre del).
- Stor oppblomstring av cyanobakterie i august. Her vet vi heller ikke hvor nær biomassetoppen vi treffer. Uten denne problemalgen i systemet ville mest sannsynlig dominansen til grønnalgene ha fortsatt, men da uten en slik kraftig topp i august.
- Etter kollaps av en oppblomstring trekkes næringsalter ut av systemet, og vi får en periode med mye mindre alger. I dette eksempelet skjer det i september.



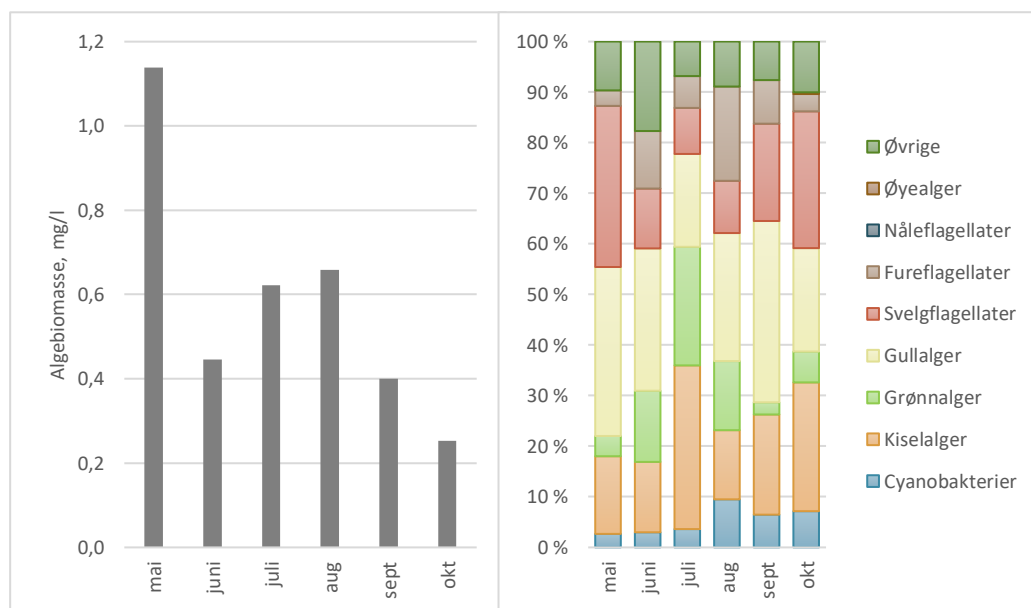
Figur 3. Eksempel på et typisk suksesjonsmønster av planteplankton i en næringsrik innsjø. Merk at skalering på y-aksen er annerledes enn i figur 2.

4 Vurdering av økologisk tilstand

4.1 Innsjøer med «god» økologisk tilstand

Av de totalt 32 innsjøene i denne undersøkelse, var det ingen som oppfylte kravene til «svært god» tilstand, men fire innsjøer var innenfor målsettingen om å ha minst «god» tilstand (tab. 6). Dette var Jarenvatnet, Korsrudtjernet, Nyborgtjernet og Kruggerudtjernet.

Figur 4 viser den gjennomsnittlige biomassen og sammensetningen av planteplankton for de fire innsjøene som kom ut med «god» økologisk tilstand. I og med at biomassen er klart høyere i mai enn resten av sesongen er det overveiende sannsynlig at prøvene ble tatt nær toppen av våroppblomstringen (jfr. figur 2). Resten av sesongen var biomassen relativt lav, og det var en god fordeling av ulike klasser av planteplankton gjennom hele vekstsesongen.



Figur 4. Biomasse og sammensetning av planteplankton. Gjennomsnitt av innsjøene med «god» tilstand.

Kiselalger pleier å dominere de små til moderate oppblomstringene på våren, men i denne undersøkelsen utgjorde denne algeklassen en ganske beskjeden andel av totalbiomassen selv i mai. I stedet var det gullalger og svelgflagellater som var de mest betydningsfulle algeklassene tidlig på sesongen. En svak biomasseøkning gjennom sommeren indikerer at det også til disse innsjøene har vært en viss tilførsel av næringssalter. Uten slik tilførsel vil vi forvente lavest forekomst av planteplankton i juli og august (jfr. fig. 2). Innslaget av grønnalger økte noe i juli og august, men de ble som forventet ikke dominerende. I næringsfattige systemer forekommer grønnalger normalt i relativt beskjedne mengder.

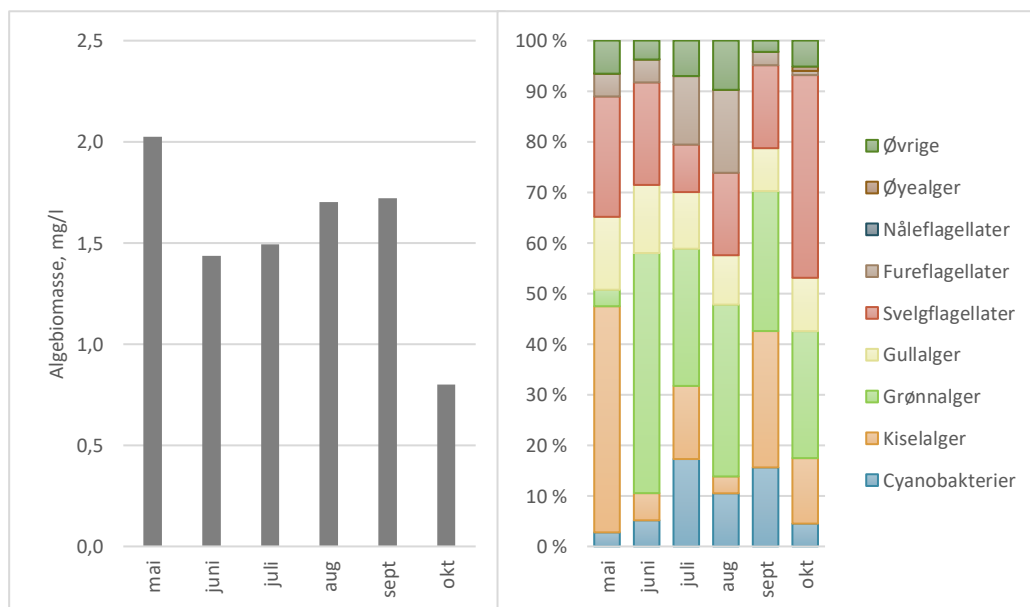
Av innsjøene med «god» tilstand ga kvalitetselementet «planteplankton» beste klasse («svært god») for alle, unntatt Nyborgtjernet som var akkurat på grensen mellom «svært god» og «god» tilstand. Innsjøene ble imidlertid trukket ned til tilstandsklassen «god» på grunn av noe forhøyet konsentrasjon av fosfor (tab. 6). Høyere fosforverdier gir potensiale for økt algevekst. Selv om dette ikke kom til uttrykk i årets resultater, er det tilstrekkelig til at tilstanden i vannforekomstene ikke bør karakteriseres som «svært god».

Tabell 6. Innsjøer som oppfylte kravet om minst «god» økologisk tilstand. Oppsummering av normaliserte EQR – verdier (nEQR), og endelig tilstandsklasse. Kl. = Klasse. SG = Klasse 1 (svært god), G = Klasse 2 (god), M = Klasse 3 (moderat). Der hvor total fosfor har vært styrende for endelig nEQR-verdi, er nEQR for kvalitetselementet «planteplankton» gitt i parentes.

Innsjø	Total fosfor		Klorofyll <i>a</i>		Biomasse		PTI		Cyano _{max}		Klasse	
	Kl.	nEQR	Kl.	nEQR	Kl.	nEQR	Kl.	nEQR	Kl.	nEQR	Kl.	nEQR
Jarenavatnet	G	0,73	SG	0,91	G	0,76	G	0,82	SG	0,91	G	0,73 (0,83)
Korsrudtjernet	G	0,70	SG	1,00	G	0,67	SG	0,92	SG	0,87	G	0,70 (0,88)
Nyborgtjernet	G	0,69	SG	1,00	SG	0,82	G	0,69	G	0,79	G	0,69 (0,80)
Krugerudtjern	G	0,64	SG	1,00	M	0,59	SG	0,87	SG	0,93	G	0,64 (0,83)

4.2 Innsjøer med «moderat» økologisk tilstand

Med økende tilførsel av næringssalter får vi også økt forekomst av planktonalger. Dersom vi sammenlikner gjennomsnittet av innsjøene i denne undersøkelsen som havnet i klassen «moderat» (fig. 5) med de som var i klassen «god» (fig. 4) registrerer vi at mønsteret gjennom sesongen er temmelig likt, men totalbiomassen er klart høyere. I innsjøene med «moderat» tilstand så vi også at totalbiomassen var like høy i september som i august. Sammenliknet med innsjøene med «god» tilstand, indikerer dette en høyere forekomst av større arter som vokser langsomt, men som samtidig er mer resistente mot beiting. I sammensetningen av ulike algeklasser ser vi at den relative forekomsten til kiselalger i disse innsjøene er større på våren enn de var i innsjøene med «god» tilstand. Med økt næringstilgang øker som forventet andelen av grønnalger og cyanobakterier utover sommeren. I gjennomsnitt utgjorde imidlertid ikke cyanobakterier mer enn 10 – 15% av totalbiomassen av planteplankton selv i denne perioden (fig. 5).



Figur 5. Biomasse og sammensetning av planteplankton. Gjennomsnitt av innsjøene med «moderat» tilstand.

Hele 22 av de 32 innsjøene i denne undersøkelsen havnet i denne kategorien. Åtte av innsjøene ble ut fra kvalitetselementet «planteplankton» vurdert til «god» tilstand, men denne ble trukket ned til «moderat» i disse innsjøene pga. forhøyede verdier for fosfor (tab. 7). Det er verdt å merke seg at innad i kvalitetselementet «planteplankton» kom komponenten klorofyll *a* gjennomgående bedre ut enn komponenten total biomasse, som er beregnet ut fra analyse i mikroskop. Ideelt sett bør det være god overensstemmelse mellom disse. For total biomasse og total fosfor var det imidlertid god overensstemmelse

mellom nEQR-verdier. Dette tyder på at nedjusteringene pga. fosforinnhold gir et riktigere bilde av tilstanden i innsjøene enn kvalitetselementet «planteplankton» ville ha gjort alene.

Tilstandsklassen «moderat» er vid, og det er stor forskjell på de innsjøene som ligger i øvre og nedre del av denne klassen. I innsjøer som Oksetjernet og Øyskogtjernet var totalbiomassen av planteplankton sjelden over 1 mg/l, mens den f.eks. i Raknerudtjernet og Sverigetjernet kunne være helt opp mot 4 mg/l.

Tabell 7. Innsjøer med «moderat» økologisk tilstand. Oppsummering av normaliserte EQR – verdier (nEQR), og endelig tilstandsklasse. Kl. = Klasse. SG = Klasse 1 (svært god), G = Klasse 2 (god), M = Klasse 3 (moderat), D = Klasse 4 (dårlig), SD = Klasse 5 (svært dårlig). Der hvor total fosfor har vært styrende for endelig nEQR-verdi, er nEQR for kvalitetselementet «planteplankton» gitt i parentes. Dersom fosfor er styrende med en nEQR verdi mindre enn 0,50, settes endelig nEQR til 0,50.

Innsjø	Total fosfor		Klorofyll <i>a</i>		Biomasse		PTI		Cyano _{max}		Klasse	
	Kl.	nEQR	Kl.	nEQR	Kl.	nEQR	Kl.	nEQR	Kl.	nEQR	Kl.	nEQR
Bråtatjernet	M	0,43	G	0,63	M	0,51	G	0,62	SG	0,87	M	0,59
Kalvsjøtjernet	M	0,44	G	0,76	M	0,58	M	0,50	G	0,76	M	0,58
Elgsjøen	M	0,57	SG	0,83	M	0,59	G	0,67	G	0,79	M	0,57 (0,69)
Oksetjernet	M	0,57	M	0,54	G	0,62	SG	0,89	G	0,79	M	0,57 (0,72)
Øyskogtjernet	M	0,56	SG	0,88	G	0,64	M	0,55	G	0,66	M	0,56 (0,65)
Markatjernet	D	0,38	G	0,62	M	0,45	M	0,55	G/ SG	0,80	M	0,54
Vassjøtjernet	M	0,53	SG	0,87	M	0,51	D	0,37	G	0,62	M	0,53
Storetjernet	M	0,51	SG	0,81	M	0,51	G	0,72	G	0,65	M	0,51 (0,68)
Glorudtjernet	M	0,52	G	0,73	D	0,36	M	0,47	G	0,65	M	0,51
Kårstadtjernet	M	0,51	SG	0,84	M	0,44	M	0,59	G	0,73	M	0,51 (0,62)
Velotjernet	M	0,45	M	0,49	M	0,51	M	0,50	G	0,62	M	0,50
Kjevlingen	D	0,36	M	0,54	D	0,26	M/ G	0,60	SG	0,85	M	0,50
Vientjernet	M	0,44	SG	0,94	M	0,55	SG	0,82	SG	0,85	M	0,50 (0,78)
Grunningen	M	0,42	G	0,66	M	0,55	G	0,64	G/ SG	0,80	M	0,50 (0,62)
Elgtjernet	D	0,31	SG	0,82	M	0,58	M	0,54	G	0,78	M	0,50 (0,62)
Orentjernet	M	0,45	M	0,54	D	0,38	M	0,49	G	0,69	M	0,47
Stortjernet	D	0,25	D	0,38	D	0,36	M	0,55	G	0,76	M	0,46
Raknerudtjernet	D	0,28	M	0,44	D	0,31	M	0,53	SG	0,97	M	0,45
Hallomtjernet	D	0,34	M	0,51	D	0,37	M	0,43	SG	0,93	M	0,43
Stumnetjernet	M	0,43	M	0,56	SD	0,00	M	0,56	G	0,66	M	0,42
Sverigetjernet	D	0,31	M	0,52	D	0,36	D	0,39	SG	0,98	M	0,42
Rokotjernet	M	0,47	G	0,66	D	0,39	D	0,30	M	0,52	M	0,41

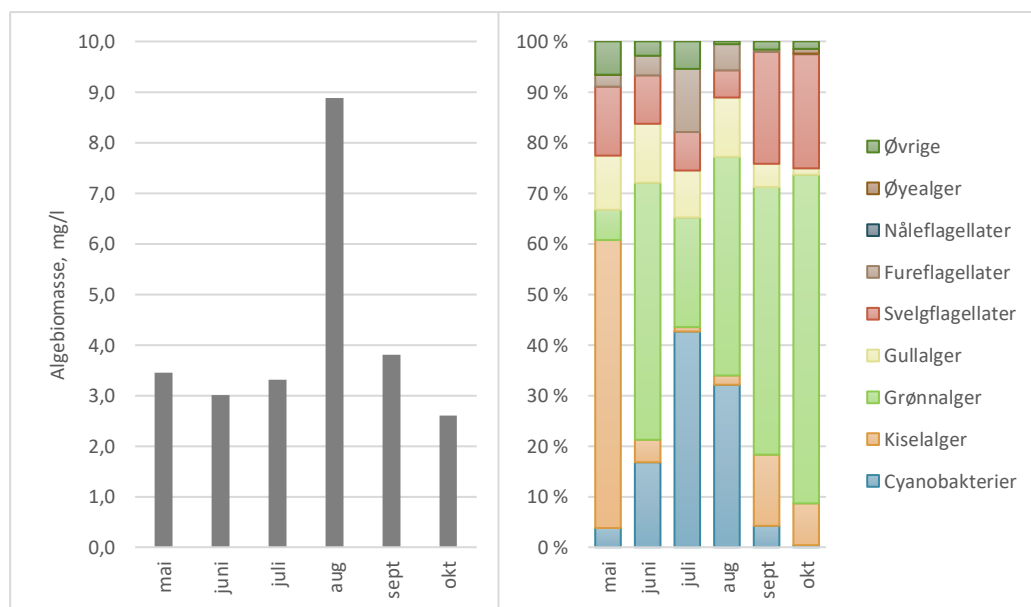
Etter en faglig vurdering burde Stumnetjernet ha fått tilstandsklasse «dårlig». Der var det i september en kraftig algeoppblomstring, med en totalbiomasse på over 8 mg/l. Også i perioden fra mai til august var forekomsten av planteplankton høy. Biomassen lå da på 3 – 5,5 mg/l. Under oppblomstringen i september var imidlertid samfunnet av planteplankton dominert av kiselalgen *Cyclotella*. Denne slekten er vanlig i næringsfattige innsjøer, noe som resulterte i en relativt høy PTI-verdi. Den store oppblomstringen ble heller

ikke fanget opp i analysen av klorofyll *a*. Vi har likevel valgt å følge prinsippene i klassifiseringsveilederen, og da havner også denne innsjøen i tilstandsklassen «moderat».

4.3 Innsjøer med «dårlig» eller «svært dårlig» økologisk tilstand

Innsjøer som havner i klassen «dårlig» eller «svært dårlig» ut fra kvalitetselementet planteplankton har som oftest en eller flere store algeoppblomstringer i løpet av vekstsesongen. Disse vil være så kraftige at vannet blir sterk farget og at innsjøens bruks- og rekreasjonsverdi blir svært begrenset. Det er stor fare for redusert biologisk mangfold i slike lokaliteter. Innsjøene som havner i denne kategorien bør derfor behandles noe grundigere enn de øvrige.

Dersom vi sammenlikner disse innsjøene med de øvrige i undersøkelsen (fig. 4 og 5), ser vi at totalbiomassen av planteplankton gjennomgående er høyere. Den store forskjellen finner vi imidlertid i den maksimale biomassen, som nå er vesentlig høyere (fig. 6). Dessuten er det påfallende at det ikke lenger er en noenlunde jevn fordeling mellom ulike algeklasser, men at en eller to klasser dominerer. Denne dominansen utgjøres vanligvis av kun en eller bare noen få arter. Dette er karakteristisk for et økosystem som er i dårlig balanse.



Figur 6. Biomasse og sammensetning av planteplankton. Gjennomsnitt av innsjøene med «dårlig» og «svært dårlig» tilstand.

I denne undersøkelsen ble den økologiske tilstanden i Langtjernet, Skirstadtjernet, Øvre Falangtjern, Nedre Falangtjern og Breidtjernet vurdert til å være «dårlig», mens den i Bråtåtjernet var «svært dårlig» (tab. 8).

Dersom vi ser på gjennomsnittet av disse innsjøene ser vi at totalbiomassen gjennom sesongen var på ca. 3 mg/l, bortsett fra i august hvor den var nesten tre ganger så høy (fig. 6). Mens cyanobakterier i næringsrike innsjøer gjerne dominerer på sensommeren og høsten, var dette ikke tilfellet i år. Den relative forekomsten av denne gruppen var høyest i juli, og falt tilbake utover høsten. I stedet var det grønnalger som dominerte i høstprøvene.

Denne utviklingen er ganske sikkert nært knyttet til de spesielle værforholdene vi hadde i 2018. Perioden fra mai til tidlig august var usedvanlig tørr og varm, mens det var mye nedbør i august og september. Ifølge værportalen yr.no var det for Østlandet som helhet ca. 4 grader varmere enn normalt i mai – juli, og med bare ca. halvparten av normal nedbørmengde. I august og september var det 30 – 35% mer nedbør enn normalt. Vannføringen i elver og bekker var svært lav sommeren 2018, og mange steder tørket de helt inn. Dette vil mange steder ha gitt lavere tilførsler av næringssalter til innsjøer enn vanlig, noe som igjen har begrenset veksten til næringskrevende cyanobakterier. Når vi så fikk nedbør i august var det hurtigvoksende grønnalger som kunne utnytte dette. Før mer langsomtvoksende arter av cyanobakterier kunne rekke å få et

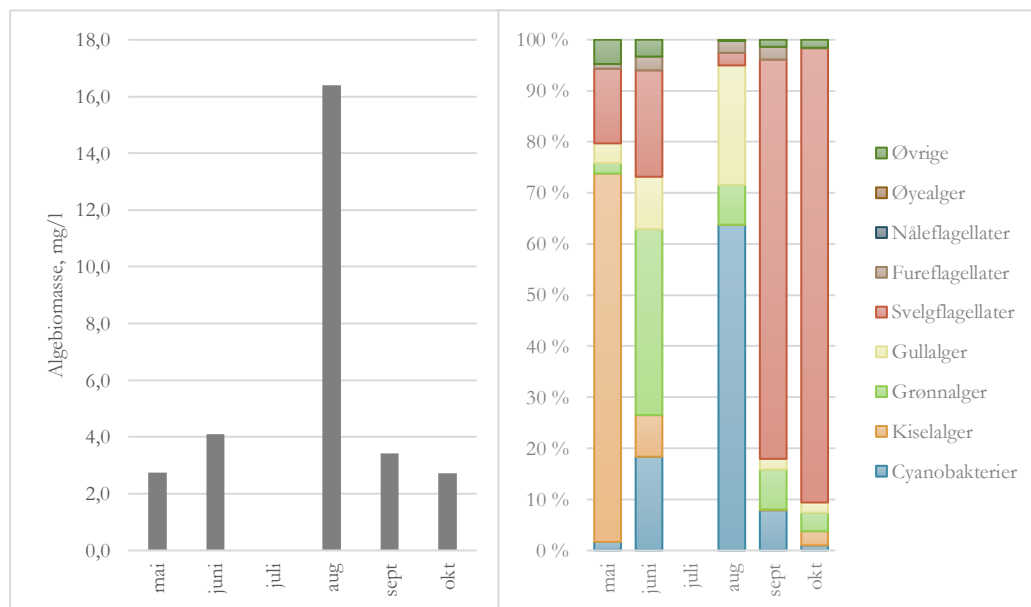
overtak, var sesongen over. Sammenliknet med 2017 fikk vi ikke på langt nær så store oppblomstringer av cyanobakterier i 2018, mens den relative forekomsten av grønnalger i de mest næringsrike sjøene var mye større i 2018 enn i 2017 (Stabell & Kiland 2018).

Tabell 8. Innsjøer med «dårlig» eller «svært dårlig» økologisk tilstand. Oppsummering av normaliserte EQR – verdier (nEQR), og endelig tilstandsklasse. Kl. = Klasse. D = Klasse 4 (dårlig), SD = Klasse 5 (svært dårlig)

Innsjø	Total fosfor		Klorofyll a		Biomasse		PTI		Cyano _{max}		Klasse	
	Kl.	nEQR	Kl.	nEQR	Kl.	nEQR	Kl.	nEQR	Kl.	nEQR	Kl.	nEQR
Langtjernet	D	0,28	M	0,52	D	0,32	D	0,38	G	0,72	D	0,40
Skirstadtjernet	M	0,45	G	0,66	D	0,37	D	0,28	D	0,36	D	0,39
Øvre Falangtjern	D	0,31	D	0,32	D	0,36	D	0,37	D	0,36	D	0,36
Breidtjernet	D	0,37	D	0,30	SD	0,01	D	0,39	G	0,77	D	0,27
Nedre Falangtjern	M	0,43	G	0,61	SD	0,02	M	0,49	SD	0,00	D	0,27
Bråtåtjern	SD	0,12	D	0,13	SD	0,00	SD	0,15	D	0,24	SD	0,11

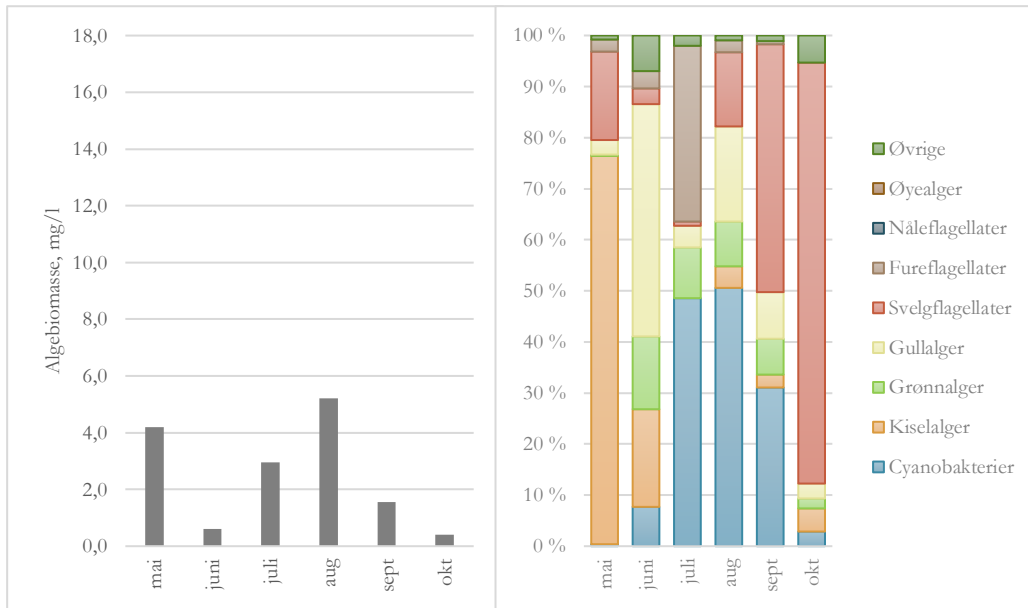
Verken i Langtjernet eller Skirstadtjernet var det noen større algeoppblomstringer gjennom sesongen, og tilstanden i disse innsjøene var helt på grensen til «moderat».

I Falangtjernene observerte vi i 2017 en meget kraftig oppblomstring av cyanobakterier på sensommeren (Stabell & Kiland 2018). Det var tendenser til dette i Nedre Falangtjern også i 2018 (fig. 7), mens vi ikke fant tilsvarende i Øvre Falangtjern (fig. 8). Slike oppblomstringer skjer hurtig, og med bare en prøvetaking per måned er det godt mulig å både treffe og bomme på en oppblomstring. At vi ikke registrerte fenomenet i Øvre Falangtjern er altså ingen garanti for at en oppblomstring ikke har inntruffet. Selv om disse innsjøene ligger nær hverandre tyder også resultatene fra de øvrige prøvedatoene på at utviklingen av planktonsamfunnene ikke var i fase.



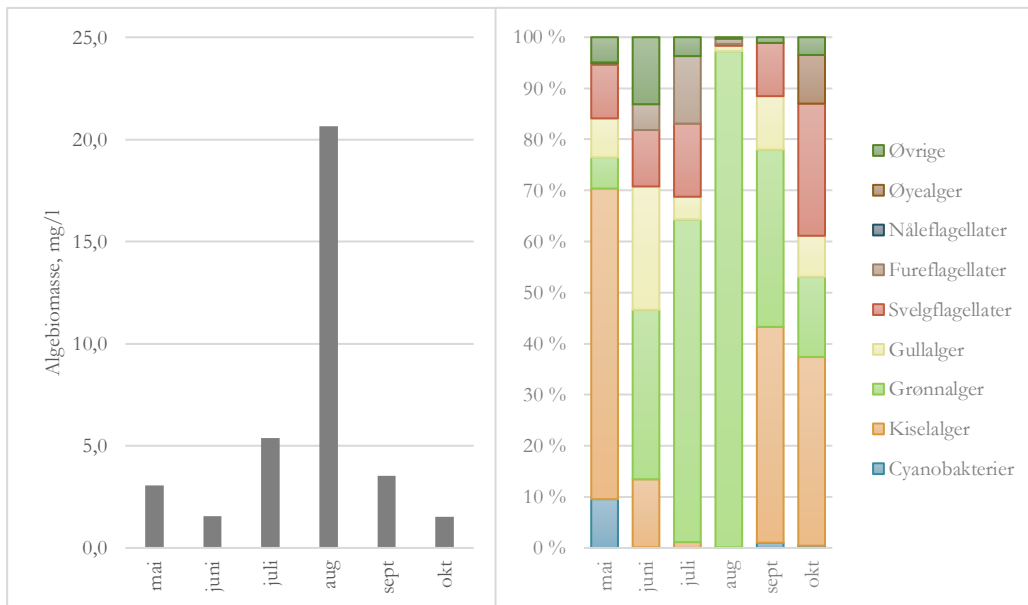
Figur 7. Nedre Falangtjernet. Biomasse og sammensetning av planteplankton i 2018

Selv om forholdene var klart bedre i 2018 enn i 2017 er det behov for resultater fra flere år før vi eventuelt kan antyde at forholdene i innsjøene er i bedring. Dette gjelder særlig når værforholdene var så uvanlige som det vi opplevde i 2018.



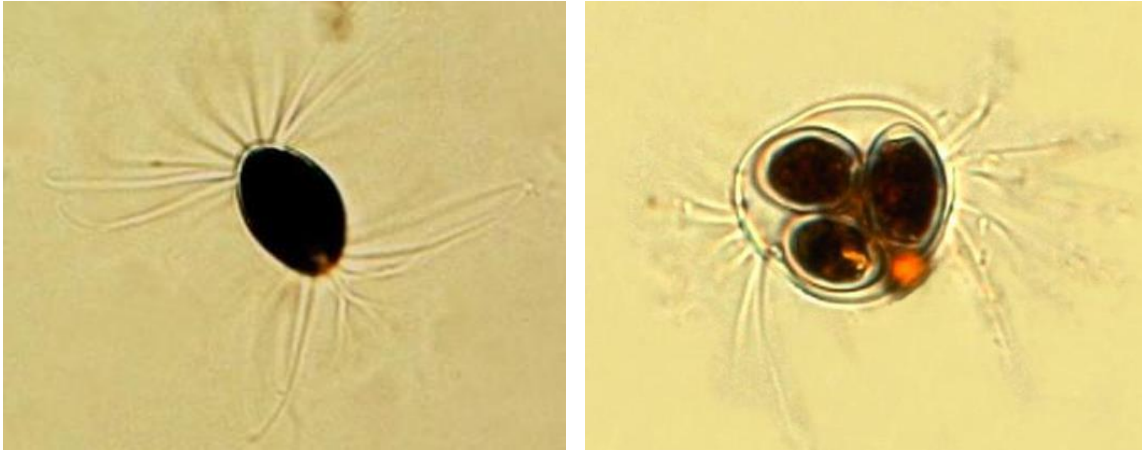
Figur 8. Øvre Falangtjernet. Biomasse og sammensetning av planteplankton i 2018.

Både i Breidtjernet og i Bråtåtjernet ble det registrert kraftige oppblomstringer, og i begge tilfeller var det grønnalger som dominerte. I Breidtjernet var forekomsten av planteplankton gjennom mesteparten av sesongen på et nivå som tilsvarte «moderat» tilstand. Unntaket var imidlertid i august, da vi fant meget høy tetthet av grønnalgen *Scenedesmus ecornis* (fig. 9). Denne oppblomstringen resulterte i at den endelige klassifiseringen for innsjøen ble dratt ned til «dårlig».

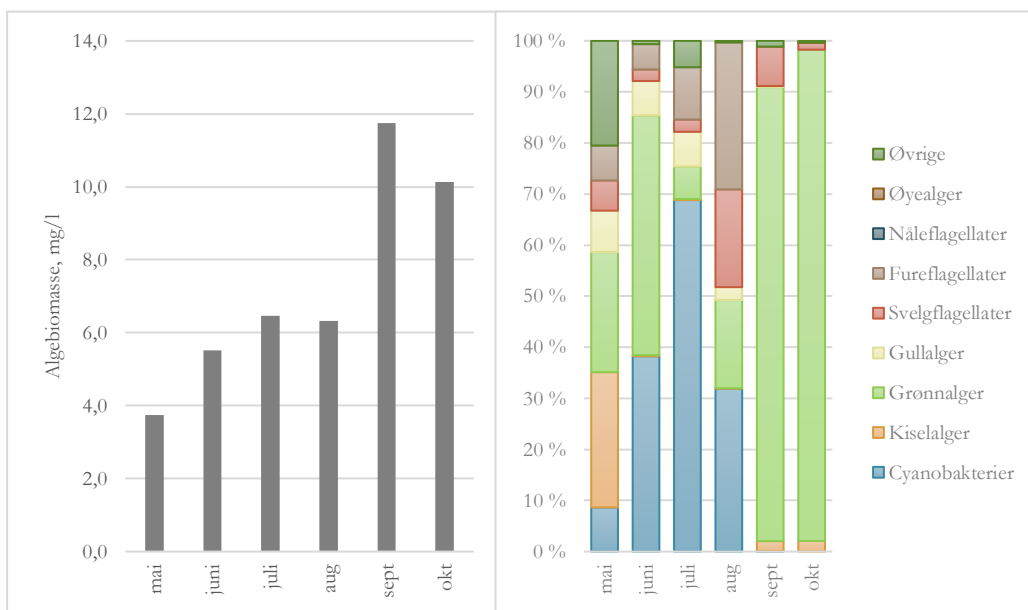


Figur 9. Breidtjernet. Biomasse og sammensetning av planteplankton i 2018

I Bråtåtjernet var det slekten *Lagerheimia* (fig. 10) som dominerte fullstendig på slutten av sesongen. Det er veldig uvanlig at en oppblomstring av grønnalger kommer så sent på sesongen, og ikke minst at den holder seg over både september og oktober (fig. 11). Igjen er det mest sannsynlig de spesielle værforholdene som er grunnen til dette. Regnskyllene på høsten ga svært høye fosforkonsentrasjoner i denne innsjøen. I september og oktober ble det funnet et innhold av totalfosfor på henholdsvis 110 og 150 $\mu\text{g/l}$ (se data i portalen Vannmiljø), og til tross for dårligere lysforhold utover høsten var det åpenbart denne slekten av grønnalger som best klarte å utnytte dette. Tilstanden i denne innsjøen ble i 2018 vurdert til «svært dårlig».



Figur 10. Grønnalgeslekten *Lagerheimia* som dominerte i Bråtåtjernet i september og oktober. Brunfargen skyldes at algene er konserverert med Lugol. Foto: Irina Olenina²



Figur 11. Bråtåtjernet. Biomasse og sammensetning av planteplankton i 2018.

5 Vurdering av vekstvilkår for kransalger

5.1 Faktorer som påvirker forekomsten av kransalger

Kransalger ser ut til å være sensitive for eutrofiering. Ved økt tilførsel av næringsalter blir det mer algevekst, noe som gir dårligere lysforhold og større sedimentasjon av organisk, partikulært materiale. Både dårligere gjennomtrenging av lys i vannmassene, nedslamming og økt forekomst av påvekstalger vil gi mindre lys, og dermed redusere fotosynteseaktiviteten og veksthastigheten til kransalgene (Blindow 1992). Store arter ser ut til å være mer sensitive enn små arter. Dersom en innsjø med kransalger beveger seg mot eutrofe forhold, kan vi derfor forvente at disse artene forsvinner helt, eller at vi kun får igjen små arter som nå bare befinner seg i innsjøens grunne områder (Blindow 1992, Mjelde 2014).

² <http://nordicmicroalgae.org/taxon/Lagerheimia%20ciliata>,
<http://nordicmicroalgae.org/taxon/Lagerheimia%20citriformis>

Det er også vist at andre faktorer, f.eks. jernutfelling (Rybak et al. 2017) eller innhold av nitrogenforbindelser som ammonium ($\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$) eller nitrat (NO_3^-) (Barker et al. 2008, Lambert & Davy 2010) kan ha negativ innvirkning på vekst av kransalger. De fleste nitrogenholdige salter løser seg lett i vann, noe som medfører at vannforekomster i områder med f. eks. mye landbruksvirksomhet kan få svært høye nitrogenkonsentrasjoner.

Selv om det vil være flere andre faktorer som påvirker hvor godt kransalger trives i en vannforekomst, vet vi altså at både lys og nitrogeninnhold kan ha betydning. Ved vurdering av vekstvilkår til kransalger finnes det ikke et klassifiseringssystem som vi har for vurdering av økologisk tilstand. Ut fra den litteraturen som foreligger mente likevel Mjelde (2014) at grenseverdier for nitrat og ammonium burde ligge på henholdsvis 500 $\mu\text{g/l}$ og 300 $\mu\text{g/l}$. I tillegg antydte hun at et humusinnhold tilvarende et fargetall på 30 – 40 mgPt/l og et tett helofyttbelte kombinert med siktedyp på under 2 meter, også ville være negativt for de fleste artene av kransalger.

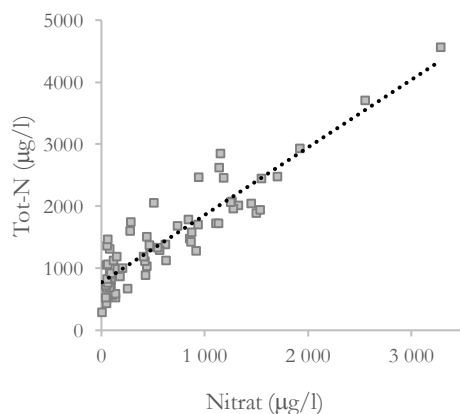
5.2 Et vurderingssystem for kransalger

Med kjennskap til at kransalger er avhengige av gode lysforhold og at de påvirkes negativt av høye nitrogenkonsentrasjoner, kombinert med et forslag til grenseverdier for relevante parametere, har vi konstruert et vurderingssystem som på en enkel måte kan gi inntrykk av hvor gunstige eller ugunstige levevilkårene for kransalger i en innsjø er (Stabell & Kiland 2018).

Dersom en verdi i et slikt system anses som uakseptabelt høy, må det være en overgangssone hvor verdiene er bekymringsfullt høye før vi kommer ned på et nivå som vurderes som akseptabelt. Vi har valgt å sette starten på denne overgangssonen ved 75% av oppgitt grenseverdi. At den settes akkurat der har vi ingen faglig begrunnelse for, annet enn at det er åpenbart at vi begynner å nærme oss grenseverdien når $\frac{3}{4}$ av denne er overskredet.

Mjelde (2014) oppgir eksakte grenseverdier for ammonium og nitrat, mens hun for lysrelaterte parametere antyder 30 – 40 mgPt/l for vannfarge og 2 meter for siktedyp. Vi har derfor valgt å benytte 35 mgPt/l som grenseverdi for vannfarge og 2 meter for siktedyp.

Både ammonium og nitrat tas raskt opp av planter og alger. Konsentrasjonene vi finner på et gitt tidspunkt kan derfor variere mye, f.eks. kan innholdet av nitrat bli svært lavt i næringsrike innsjøer i perioder med kraftig vekst av planteplancton. Det totale innholdet av nitrogen (tot-N) gir derfor et bedre innblikk i den totale nitrogenbelastningen til innsjøene. Mjelde (2014) oppga ikke noen grenseverdi for totalt nitrogen, men ved å benytte alle data fra 2016 og 2017 fra de undersøkte innsjøene på Hadeland fant vi en god sammenheng mellom nitratkonsentrasjonen og konsentrasjonen av det totale nitrogeninnholdet (fig. 12).



Figur 12. Sammenheng mellom konsentrasjon av nitrat og totalt nitrogen.

Ut fra denne regresjonen vil vi med en grenseverdi for nitrat på 500 µg/l få en tilsvarende grenseverdi for totalt nitrogen på 1300 µg/l.

Ammonium foreligger både på ionisert (NH₄⁺) og ikke ionisert form (ammoniakk, NH₃). Forholdet mellom disse formene, og dermed også giftigheten, reguleres av pH og temperatur. I undersøkelsene til Mjelde (2014) er ikke pH rapportert, men vi må anta at pH i disse kalksjøene i vekstsesongen normalt ligger mellom 8 og 9. I næringsrike innsjøer kan pH i perioder med kraftig fotosyntese også bevege seg godt over 9. Om sommeren kan derfor mer enn 50 % av ammoniuminnholdet være i form av ammoniakk. Siden ammoniakk også er et ekskresjonsprodukt er det svært giftig for vannlevende dyr, spesielt yngre livsstadier av laksefisk. I planter vil opptak av ammonium gi utskillelse av protoner i cellevæsken, og kan i høye konsentrasjoner forstyrre pH-reguleringen i cellene. Vi kjenner ikke til hvordan forholdet mellom NH₄⁺ og NH₃ påvirker veksten til kransalger, og må derfor bare ta utgangspunkt i den totale konsentrasjonen.

I sin rapport oppgir Mjelde (2014) også en grenseverdi på 20 µg/l for total fosfor. Det er ingen undersøkelser, så vidt vi vet, som sier at det er fosforet i seg selv som har negativ effekt på kransalger. Problemene er heller knyttet til endringene som skjer ved en eutrofiering, med dårligere lysforhold og økt produksjon av organisk materiale. Dette mener vi allerede fanges opp av de lysrelaterte målingene (fargetall, siktedyp). I vårt forslag til vurdering av vekstvilkårene for kransalger legger vi derfor ikke inn fosfor som en egen parameter.

Ut fra disse betraktningene fastsatte vi et vurderingssystem som vist i tabell 9.

Tabell 9. Vurderingssystem av vekstvilkår for kransalger ut fra parameterne nitrogen og lysforhold

Vekstvilkår for kransalger	Nitrogen			Lysforhold	
	NH ₄	NO ₃ + NO ₂	Tot-N	Fargetall	Siktedyp
Gode	< 225	< 375	< 975	< 26	> 2,7
Betenkelige	225 - 300	375 - 500	975 - 1300	26 - 35	2,0 – 2,7
Dårlige	> 300	> 500	> 1300	> 35	< 2,0

Det er viktig å være oppmerksom på at intensjonen med en slik klassifisering kun er å få en grov oversikt, og indikasjoner på hvor faren for tap- eller reduksjon av bestander av kransalger vil være størst. Kunnskapsgrunnlaget er pr. i dag begrenset, noe som gir store usikkerheter. Hvor er f.eks. forholdene dårligst; i innsjø A med nitratkonsentrasjon på 1000 µg/l og et siktedyp på 2,0 meter, eller i innsjø B hvor innholdet av nitrat er 2000 µg/l og siktedypet 2,5 meter? Vi vet ikke noe om den relative betydningen til disse parameterne, og har dermed ikke noe svar.

I klassifiseringssystemet for økologisk tilstand er det fem tilstandsklasser, mens vi på ingen måte har grunnlag for å gjøre en inndeling i mer enn tre klasser. Vi har valgt å benytte betegnelsene «gode», «betenkelige» og «dårlige» vekstvilkår for kransalger, og vi har bevisst valgt å unngå bruk av fargekodene som brukes ved klassifisering av økologisk tilstand. I stedet benytter vi lys grå markering for «gode» vekstvilkår, grå for «betenkelige» og mørk grå for «dårlige».

Siktedypet påvirkes mer av partikler enn av løste forbindelser, men samtidig sprer partikler lys i alle retninger. I en innsjø med høyt partikkelinnhold og siktedyp på 2 meter vil derfor lyset trenge dypere ned enn i en innsjø med samme siktedyp, men med lavt innhold av partikler. I tillegg absorberer løst organisk materiale høyfrekvent lys (blått, deretter grønt) veldig kraftig, som gjør at på noen meters dyp er det gjerne mest lys igjen i den røde delen av spekteret. Partikler absorberer derimot minst lys i det grønne området, slik at det er lys med disse bølglengdene som trenger dypest ned. Forholdet mellom løst- og partikulært materiale påvirker altså ikke bare mengden lys på et visst dyp, men også kvaliteten på dette lyset. Hvilken betydning dette eventuelt har for veksthastigheten til kransalger kjenner vi heller ikke.

Mangelen på slik kunnskap gjør at vi mener den beste tilnærming er at vi innad i hver av parameterne «nitrogen» og «lysforhold» benytter prinsippet om at «verste styre». Hvis f.eks. ammonium kommer ut i kategorien «god», nitrat i «betenkelig» og totalt nitrogen i «dårlig», blir vurdering av parameteren nitrogen i denne lokaliteten «dårlig».

Hva så dersom parameteren nitrogen vurderes som «dårlig» og lysforhold som «god»? Bør vi da benytte gjennomsnittet av disse, eller bør «verste styre» benyttes også her? Siden det er liten grunn til å tro at det er noen nær kobling mellom disse parameterne, mener vi at det vil være riktig å benytte «verste styre» også mellom disse.

Det betyr at den endelig vurderingen gjøres ut fra følgende matrise (tab. 10):

Tabell 10. Vurdering av vekstvilkår for kransalger. Matrise for endelig vurdering.

Vekstvilkår, nitrogen	Vekstvilkår, lysforhold		
	Gode	Middels	Dårlige
Gode	Gode	Betenkelige	Dårlige
Middels	Betenkelige	Betenkelige	Dårlige
Dårlige	Dårlige	Dårlige	Dårlige

Vi må understreke at dette er et første forsøk på å lage et vurderingssystem med kategorier for miljøtilstanden i kalksjøer ut fra vekstvilkår for kransalger. Vurderingssystemet er i stor grad basert på Mjelde (2014) sine betraktninger av miljøkrav for kransalger. Det kan sikkert være andre faktorer enn lys og nitrogen som påvirker om kransalger trives eller ikke, og kunnskapen om miljøkrav i kalksjøer kan over tid bli utviklet videre. Dersom det senere utvikles et bedre system ved bruk av de samme parameterne bør det være raskt å omregne resultatene i denne undersøkelsen til det systemet. Det er viktig for forvaltningen av slike innsjøer å kunne synliggjøre innsjøer som krever forbedringer for å ivareta kalksjøenes miljøverdier. Blant annet i den sammenheng kan et slikt vurderingssystem være av nytte.

5.3 Innsjøer med «gode» vekstvilkår for kransalger

Vurdert ut fra parameterne «nitrogen» og «lysforhold», og de grenseverdiene vi har satt, anses innsjøene i tabell 11 å ha gode vekstvilkår for kransalger.

Tabell 11. Innsjøer som i 2018 hadde «gode» vekstvilkår for kransalger.

Innsjø	Nitrogen			Lysforhold		Vekstvilkår for kransalger
	NH ₄	NO ₃ + NO ₂	Tot-N	Fargetall	Siktedyp	
Korsrudtjern	20	93	499	8	6,0	Gode
Storetjern	48	41	598	13	3,4	Gode
Kalvsjøtjern	47	110	629	17	3,3	Gode
Markatjernet	79	114	704	23	2,9	Gode
Rokotjern	84	59	792	18	2,8	Gode
Vassjøtjern	47	265	835	14	3,8	Gode
Krugerudtjernet	57	331	836	12	4,0	Gode
Hallomtjernet	104	153	793	15	2,8	Gode

5.4 Innsjøer med «betenkelige» vekstvilkår for kransalger

Av innsjøene som havnet i kategorien «betenkelige» vekstvilkår var det kun Oksetjern som overskred grenseverdien for ammonium, mens Sverigetjernet var den eneste innsjøen med et nitratinnhold som tilsa denne klassen. Konsentrasjonen av totalt nitrogen var derimot såpass høyt at alle innsjøene unntatt Nyborgtjernet havnet i denne klassen (tab. 12). Nyborgtjernet lå helt på grensen til «gode» vekstvilkår, men et fargetall noe over den fastsatte klassegrensen gjorde at den også ble plassert her. Siktedyp var en parameter som slo ut for Glorudtjern, Stortjernet og Sverigetjernet.

Tabell 12. Innsjøer som i 2018 hadde «betenkelige» vekstvilkår for kransalger.

Innsjø	Nitrogen			Lysforhold		Vekstvilkår for kransalger
	NH ₄	NO ₃ + NO ₂	Tot-N	Fargetall	Siktedyp	
Nyborgtjern	59	56	669	30	3,3	Betenkelige
Øyskogtjern	157	320	1058	8	4,4	Betenkelige
Glorudtjern	75	239	1023	19	2,3	Betenkelige
Stortjernet	197	46	1066	22	2,4	Betenkelige
Oksetjern	253	183	1046	24	3,8	Betenkelige
Skirstadtjern	224	280	1252	17	2,8	Betenkelige
Øvre Falangtjern	195	325	1238	26	2,9	Betenkelige
Sverigetjernet	73	413	1096	17	2,3	Betenkelige

5.5 Innsjøer med «dårlige» vekstvilkår for kransalger

For å havne i klassen for «dårlige» vekstvilkår, må en av komponentene «nitrogen» eller «lysforhold» vurderes som «dårlig».

I de innsjøene i denne undersøkelsen hvor vi fant slike kombinasjoner, havnet alle i kategorien «dårlig» for nitrogen unntatt Nedre Falangtjern og Bråtåtjernet. Begge disse hadde imidlertid svært lavt siktedyp. Lysforholdene var dårlige også i Kjevlingen og i Breidtjernet.

For Bråtåtjernet og Velotjernet var det kun innholdet av nitrat som lå over grenseverdien til «dårlige» vekstvilkår. Verdiene der lå i tillegg bare litt over denne grenseverdien, så disse to innsjøene er svært nær å havne i kategorien «betenkelige» vekstforhold.

Tabell 13. Innsjøer som i 2018 hadde «dårlige» vekstvilkår for kransalger.

Innsjø	Nitrogen			Lysforhold		Vekstvilkår for kransalger
	NH ₄	NO ₃ + NO ₂	Tot-N	Fargetall	Siktedyp	
Bråtåtjernet	88	536	1081	19	3,1	Dårlige
Velotjern	125	633	1244	18	3,6	Dårlige
Elgsjøen	52	1015	1384	12	3,1	Dårlige
Kårstادتjern	58	756	1237	28	3,1	Dårlige
Jarenvatnet	55	1633	1997	11	3,5	Dårlige
Orentjern	64	712	2245	16	2,8	Dårlige
Grunningen	54	1825	2713	21	3,7	Dårlige
Elgtjernet	187	1554	2565	24	3,8	Dårlige
Stumnetjernet	167	995	1630	24	2,4	Dårlige
Vientjern	248	633	1585	13	3,8	Dårlige
Langtjern	109	1554	2212	23	2,3	Dårlige
Nedre Falangtjern	99	397	1024	27	1,7	Dårlige
Bråtåtjernet	269	59	1264	28	1,3	Dårlige
Raknerudtjernet	312	1316	2245	22	2,4	Dårlige
Kjevlingen	199	513	1480	35	1,8	Dårlige
Breidtjernet	102	1018	1841	25	1,5	Dårlige

6 Oppsummering av tilstand i innsjøer

I de undersøkte kalksjøene på Hadeland er det en viss sammenheng mellom deres økologiske tilstand og vurderingen av vekstvilkårene for kransalger (tab. 17).

Av de innsjøene med «moderat» eller dårligere økologisk tilstand, var det Kalvsjøtjernet, Markatjernet, Vassjøtjernet, Storetjernet, Hallomtjernet og Rokotjernet hvor forholdene for kransalger så ut til å være gode, vurdert ut fra lysforhold og innhold av nitrogenforbindelser. I motsatt ende var det bare Jarenvatnet som hadde kombinasjonen «dårlige» forhold for kransalger og «god» økologisk tilstand. En overvekt av innsjøene med «moderat» eller dårligere økologisk tilstand ble vurdert til å ha «dårlige» vekstvilkår for

kransalger (tab. 14). Likevel så forholdene for kransalger generelt ut til å være bedre enn i 2017, og flere innsjøer havnet nå i beste kategori. Hovedårsaken til dette var lavere nitrogenverdier. I mange av innsjøene var disse bare på ca. halvparten av det som ble registrert i fjor. Nitrogensalter er lett løselige i vann, og det er nærliggende å tro at årsaken til denne forskjellen var lav avrenning i store deler av sesongen pga. tørt og varmt vær. Det er derfor behov for registreringer over flere år før vi kan se om resultatene fra 2018 er starten på en positiv trend.

Tabell 14. Klassifisering av økologisk tilstand og vekstvilkår for kransalger i kalksjøer på Hadeland i 2018. Innsjøene er rangert etter økologisk tilstand, hvor nEQR-verdier også er oppgitt.

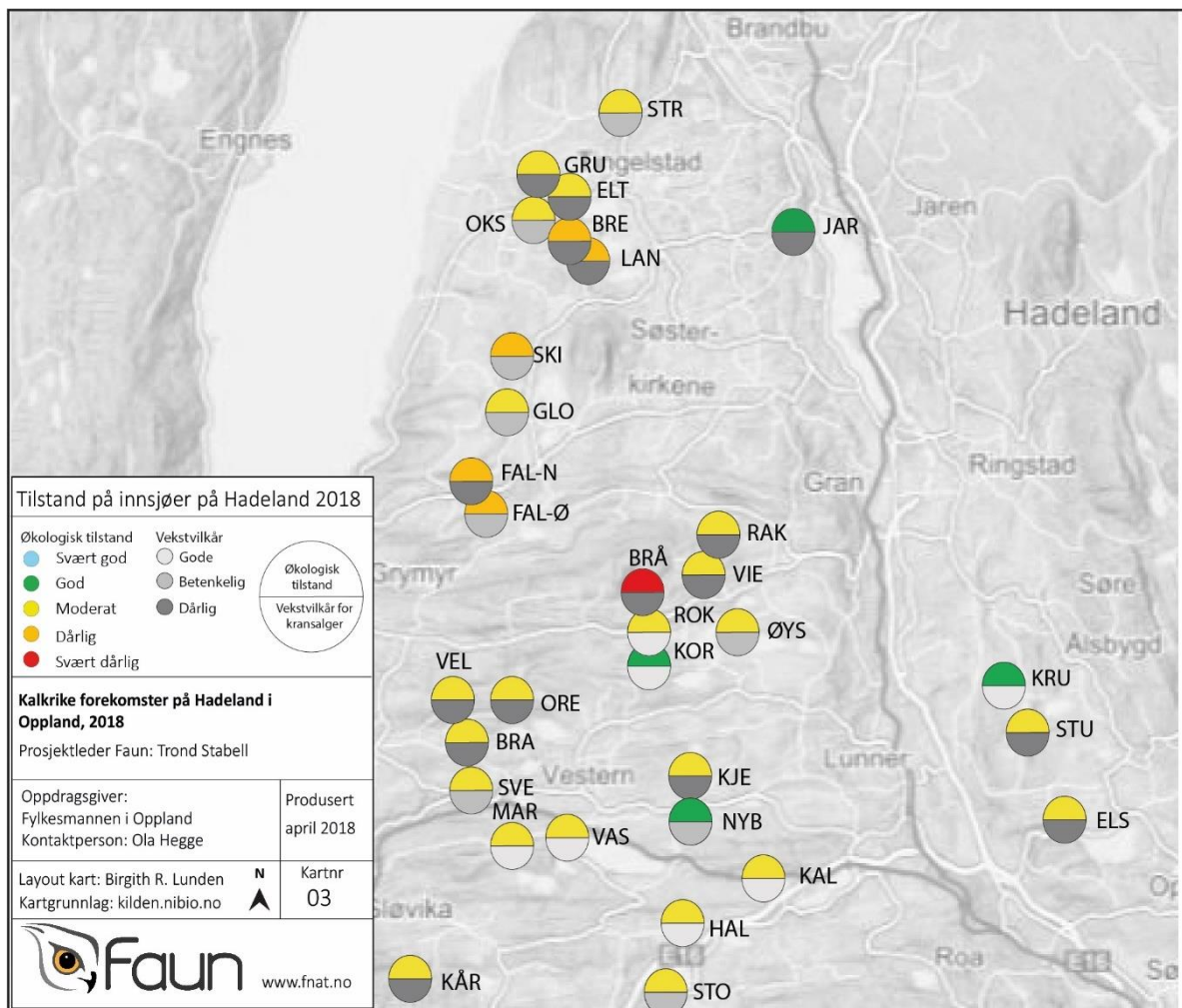
Kode	Innsjø	Økologisk tilstand, 2017	Økologisk tilstand, 2018	Vekstvilkår for kransalger, 2017	Vekstvilkår for kransalger, 2018
JAR	Jarevatnet	Moderat / 0,57	God / 0,73	Dårlige	Dårlige
KOR	Korsrudtjernet	God / 0,72	God / 0,70	Gode	Gode
NYB	Nyborgtjernet	God / 0,77	God / 0,69	Betenkelige	Betenkelige
KRU	Krugerudtjern	God / 0,71	God / 0,64	Dårlige	Gode
BRA	Bråtatjernet	Moderat / 0,51	Moderat / 0,59	Dårlige	Dårlige
KAL	Kalvsjøtjernet	Moderat / 0,42	Moderat / 0,58	Gode	Gode
ELS	Elgsjøen	Moderat / 0,52	Moderat / 0,57	Dårlige	Dårlige
OKS	Oksetjernet	God / 0,63	Moderat / 0,57	Gode	Betenkelige
ØYS	Øyskogtjernet	God / 0,67	Moderat / 0,56	Betenkelige	Betenkelige
MAR	Markatjernet	Moderat / 0,50	Moderat / 0,54	Dårlige	Gode
VAS	Vassjøtjernet	Moderat / 0,52	Moderat / 0,53	Betenkelige	Gode
STO	Storetjernet	Moderat / 0,57	Moderat / 0,51	Gode	Gode
GLO	Glorudtjernet	Moderat / 0,56	Moderat / 0,51	Dårlige	Betenkelige
KÅR	Kårstادتjernet	Moderat / 0,54	Moderat / 0,51	Dårlige	Dårlige
VEL	Velotjernet	Moderat / 0,55	Moderat / 0,50	Dårlige	Dårlige
KJE	Kjevlingen	Moderat / 0,50	Moderat / 0,50	Dårlige	Dårlige
VIE	Vientjernet	Moderat / 0,45	Moderat / 0,50	Dårlige	Dårlige
GRU	Grunningen	Moderat / 0,50	Moderat / 0,50	Dårlige	Dårlige
ELT	Elgtjernet	Moderat / 0,50	Moderat / 0,50	Dårlige	Dårlige
ORE	Orentjernet	Moderat / 0,57	Moderat / 0,47	Dårlige	Dårlige
STR	Stortjernet	Moderat / 0,50	Moderat / 0,46	Betenkelige	Betenkelige
RAK	Raknerudtjernet	Svært dårlig / 0,16	Moderat / 0,45	Dårlige	Dårlige
HAL	Hallomtjernet	Moderat / 0,50	Moderat / 0,43	Dårlige	Gode
STU	Stumnetjernet	Moderat / 0,56	Moderat / 0,42	Dårlige	Dårlige
SVE	Sverigetjernet	Moderat / 0,50	Moderat / 0,42	Dårlige	Betenkelige
ROK	Rokotjernet	Moderat / 0,44	Moderat / 0,41	Gode	Gode
LAN	Langtjernet	Moderat / 0,48	Dårlig / 0,40	Dårlige	Dårlige
SKI	Skirstادتjernet	Moderat / 0,54	Dårlig / 0,39	Betenkelige	Betenkelige
FAL-Ø	Øvre Falangtjern	Svært dårlig / 0,19	Dårlig / 0,36	Dårlige	Betenkelige
BRE	Breidtjernet	Moderat / 0,50	Dårlig / 0,27	Dårlige	Dårlige
FAL-N	Nedre Falangtjern	Svært dårlig / 0,19	Dårlig / 0,27	Dårlige	Dårlige
BRÅ	Bråtatjern	Dårlig / 0,26	Svært dårlig / 0,11	Dårlige	Dårlige

Av innsjøene i denne undersøkelsen fant Mjelde (2016) store forekomster av vasspest (*Elodea canadensis*) i Kårstادتjernet, Nedre Falangtjern, Sverigetjernet og i Storetjernet. Dette kan redusere mulighetene til å utvikle gode bestander av kransalger. De to første av disse innsjøene er allerede vurdert til å ha «dårlige» vekstvilkår for kransalger, men tilstedeværelsen av vasspest i to siste gjør at forholdene der muligens er dårligere enn det de henholdsvis «betenkelige» og «gode» vekstvilkårene indikerte.

For påvirkningen «eutrofiering» var det ingen forskjell mellom de to årene når hele datamaterialet sees under ett. I en del enkeltinnsjøer var imidlertid forholdene betydelig bedre i 2018 enn i 2017, f.eks. Jarenvatnet og Raknerudtjernet, mens de i andre var betydelig dårligere, f.eks. i Øyskogtjernet, Skirstadtjernet og Breidtjernet (tab. 14).

Det er ikke mulig å si med sikkerhet hva en slik forskjell mellom år skyldes. Plankton er små, hurtigvoksende organismer, så til en viss grad vil tilfeldigheter spille inn. Likevel er det fristende å antyde muligheten for at den spesielle sommeren har gitt oss noe informasjon om de viktigste tilførselskildene av næringsalter til innsjøene. Høy vanntemperatur og gode lysforhold vil gi meget gode vekstvilkår for planteplankton dersom tilgangen på næringsalter er til stede. I de innsjøene som i 2018 hadde minst like stor tilførsel av fosfor som i 2017, vil vi derfor forvente dårligere forhold i 2018. I innsjøene som pga. den tørre sommeren fikk lavere tilførsel av næringsalter enn vanlig, burde vi forvente bedre forhold i 2018 enn i 2017. Dersom tilgangen på næringsalter uteblir hjelper gode lys- og temperaturforhold lite.

Til tross for at det er betydelig usikkerheter i vurderingen av vekstvilkårene for kransalger (se avsnitt 5.2), er det liten tvil om at situasjonen i 2018 var dårligst i innsjøene Breidtjern, Kjevlingen, Raknerudtjern, Bråtatjern og Nedre Falangtjern. Disse innsjøene var de som ble vurdert til å ha dårligst vekstvilkår for kransalger, og var samtidig blant de som kom dårligst ut i klassifiseringen av økologisk tilstand (tab. 14, fig. 13).



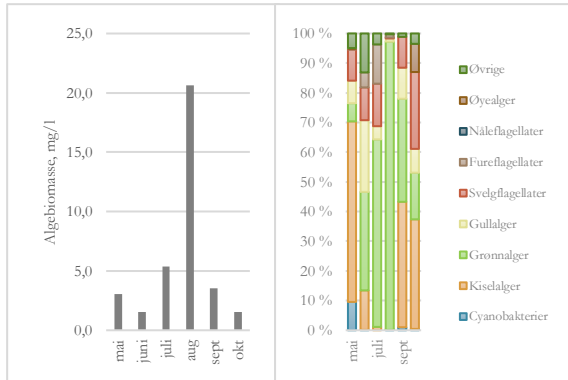
Figur 13. Økologisk tilstand og vurdering av vekstvilkår for kransalger i kalkrike innsjøer på Hadeland. Forkortelser som i tabell 5.

8 Referanser

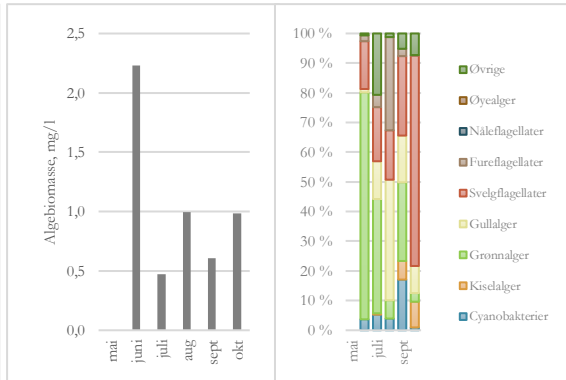
- Barker T, Hatton K, O'Connor M, Connor L, Moss B (2008). Effects of nitrate load on submerged plant biomass and species richness: results of a mesocosm experiment. *Fundamental and Applied Limnology – Archiv für Hydrobiologie* 173 (2): 89-100.
- Blindow I (1992). Decline of charophytes during eutrophication: comparison with angiosperms. *Freshwater Biology* 28: 9-14.
- Direktoratsgruppa, overvåkingsgruppa (2009). Veileder 02: 2009 – Overvåking av miljøtilstand i vann.
- Direktoratsgruppa, vanddirektivet (2018). Veileder 02:2018. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver.
- Lambert SJ & Davy AJ (2010). Water quality as a threat to aquatic plants: discriminating between the effects of nitrate, phosphate, boron and heavy metals on charophytes. *New Phytologist* 189: 1051-1059.
- Langangen A (2008). Innsjøene på Hadeland. En vurdering av deres nåværende tilstand med spesiell vekt på forekomsten av kransalger. Del 1. Innledning og innsjøene i Gran kommune. *Blyttia* 66: 104-120.
- Langangen, A. 2010. Innsjøene på Hadeland. En vurdering av deres nåværende tilstand med spesiell vekt på forekomsten av kransalger. Del 2. Lunner og Jevnaker kommuner. *Blyttia* 68: 17 - 46.
- Mjelde, M (2014). Handlingsplan for kalksjøer. Utredning av miljøkrav for kransalger og arter avtjønnsaks i kalksjøer - videreføring. NIVA rapp. 6685-2014.
- Mjelde M (2016). Undersøkelse av kalksjøer: Tilstandsundersøkelser i kalksjøer og undersøkelse, problemkartlegging og tiltaksutredning i Nyborgtjern. NIVA rapp. 7101-2016.
- Rybak M, Joniak T, Gąbka M & Sobczyński T (2017). The inhibition of growth and oospores production in *Chara hispida* L. as an effect of iron sulphate addition: Conclusions for the use of iron coagulants in lake restoration. *Ecological Engineering*. 105. 10.1016/j.ecoleng.2017.04.044.
- Stabell T & Kiland H (2018). Overvåking av kalkrike vannforekomster på Hadeland i Oppland fylke, 2018. Faun rapp. 015-2018
- Tikkanen T & Willén T (1992). Växtplanktonflora. Naturvårdsverket.

Vedlegg 1 Biomasse og sammensetning av planteplankton

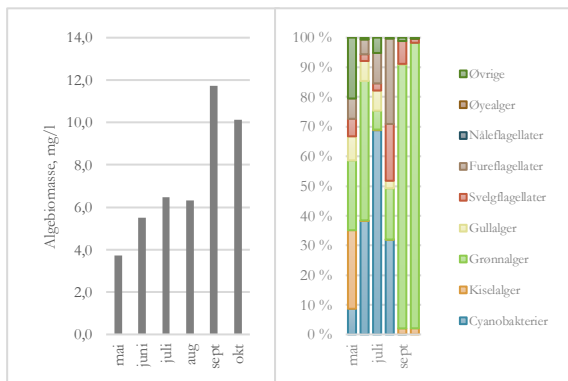
Vær oppmerksom på at skala på y-aksen endrer seg fra innsjø til innsjø.



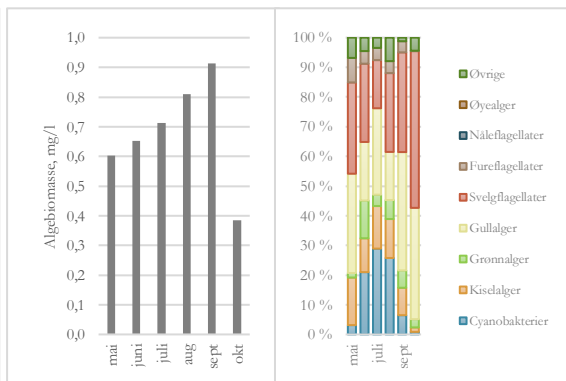
Figur V1. Biomasse og sammensetning, Breidtjernet



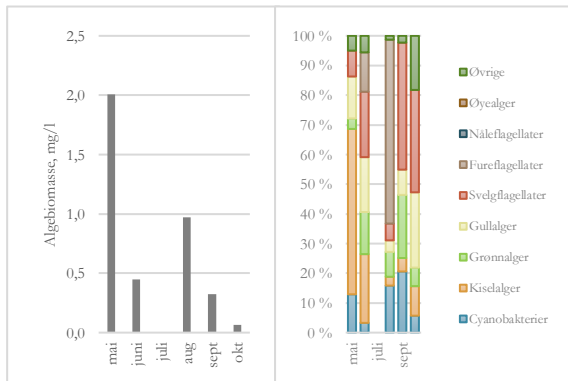
Figur V2. Biomasse og sammensetning, Bråtårtjernet



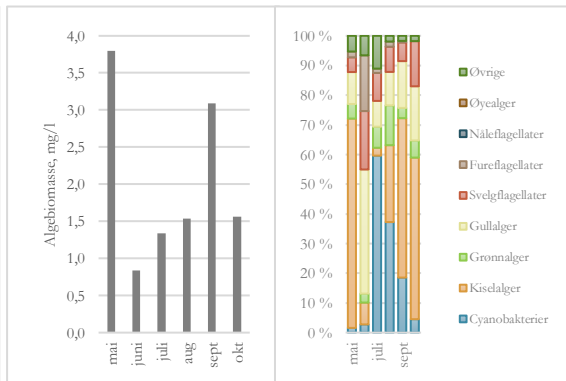
Figur V3. Biomasse og sammensetning, Bråtårtjernet



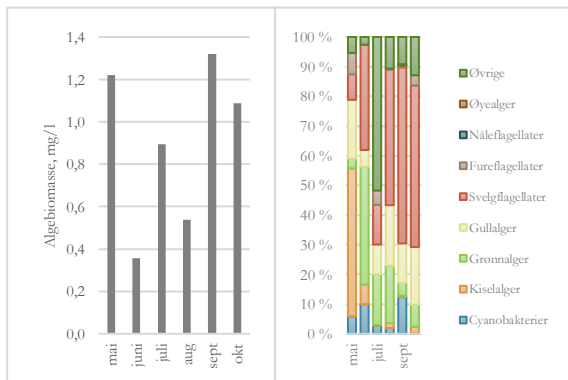
Figur V4. Biomasse og sammensetning, Elgsjøen



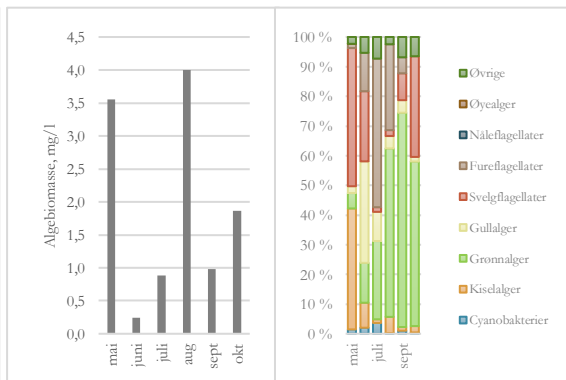
Figur V5. Biomasse og sammensetning, Elgtjern



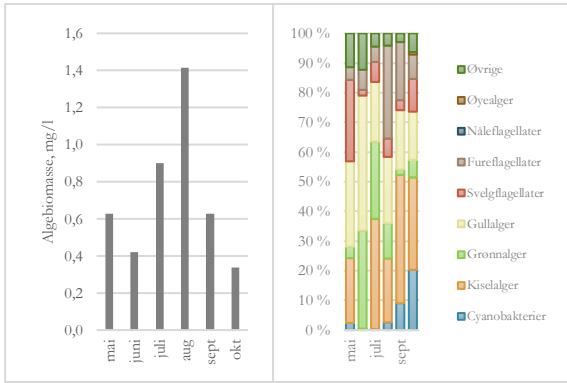
Figur V6. Biomasse og sammensetning, Glorudtjernet



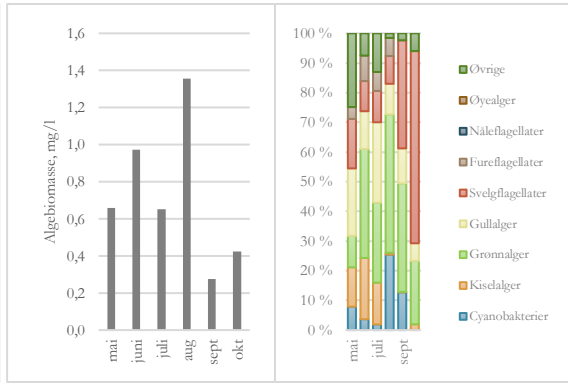
Figur V7. Biomasse og sammensetning, Grunningen



Figur V8. Biomasse og sammensetning, Hallomtjernet



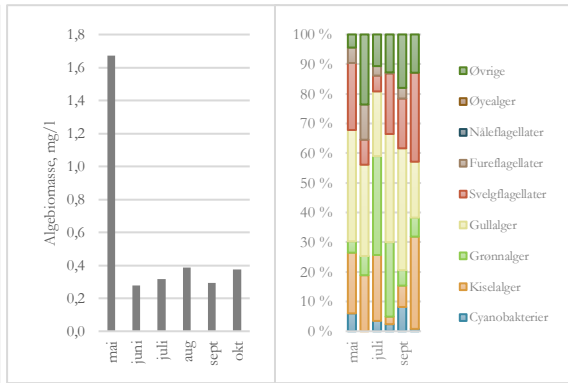
Figur V9. Biomasse og sammensetning, Jarenvatnet



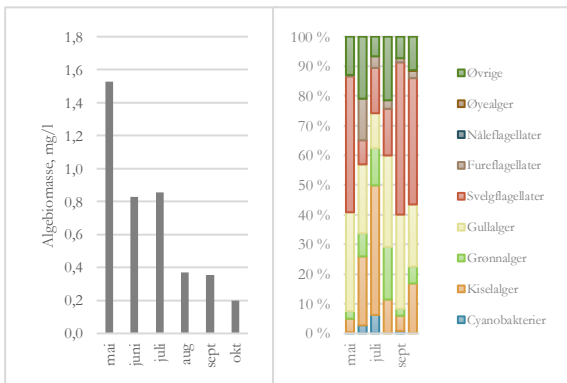
Figur V10. Biomasse og sammensetning, Kalvsjøtjern



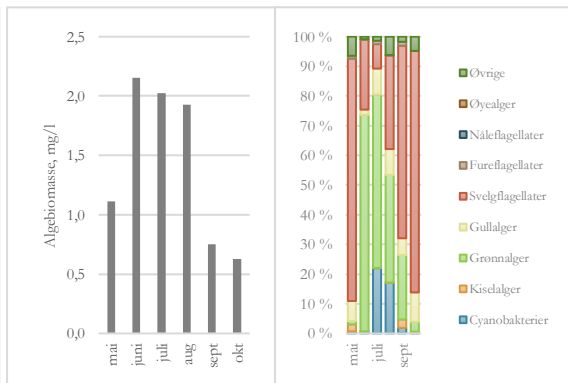
Figur V11. Biomasse og sammensetning, Kjevlingen



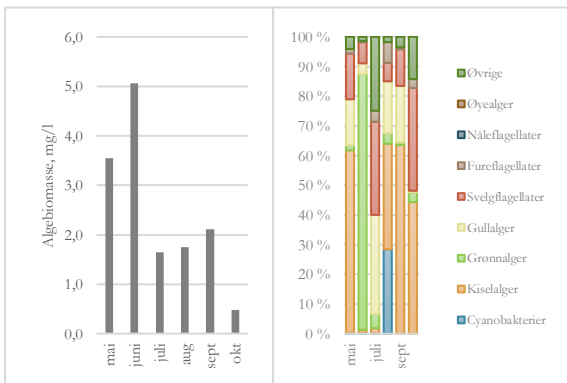
Figur V12. Biomasse og sammensetning, Korsrudtjern



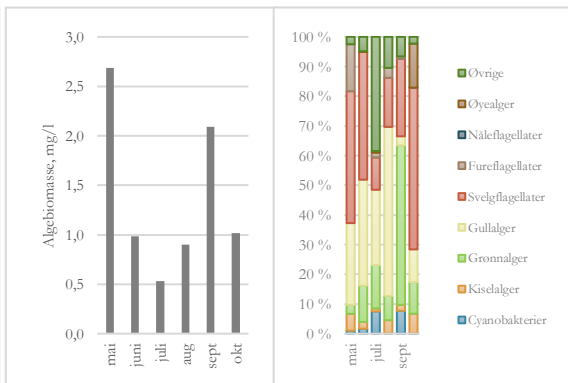
Figur V13. Biomasse og sammensetning, Kruggerdjtjern



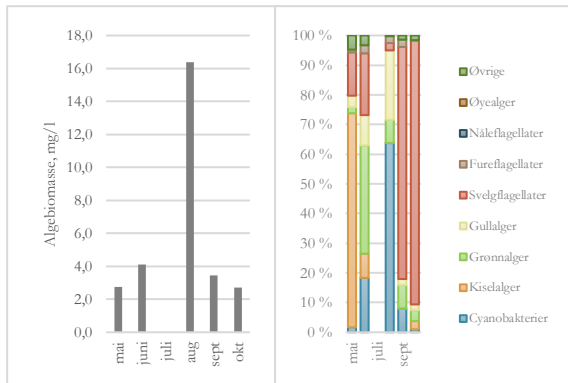
Figur V14. Biomasse og sammensetning, Kårstادتjern



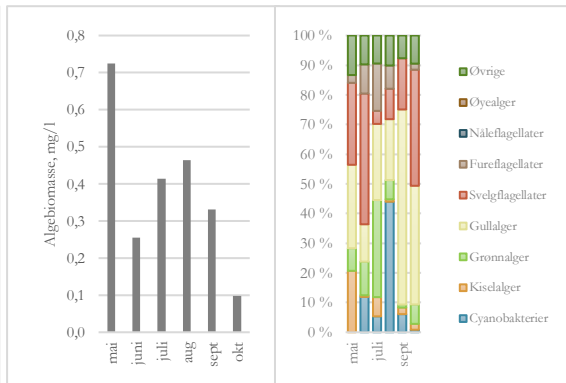
Figur V15. Biomasse og sammensetning, Langtjern



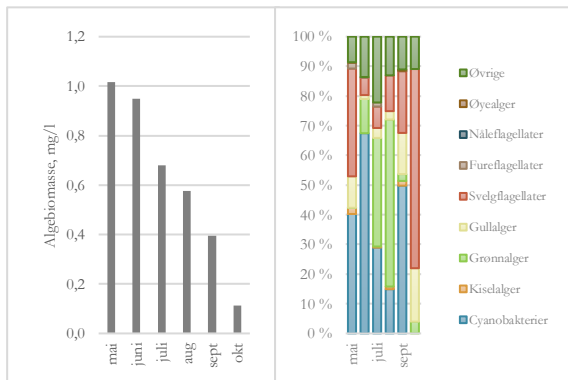
Figur V16. Biomasse og sammensetning, Marktjernet



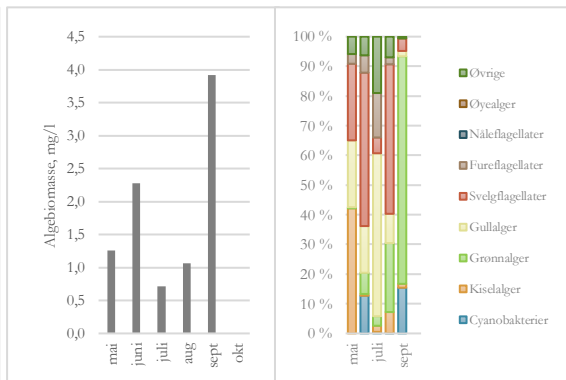
Figur V17. Biomasse og sammensetning, Nedre Falangtjern



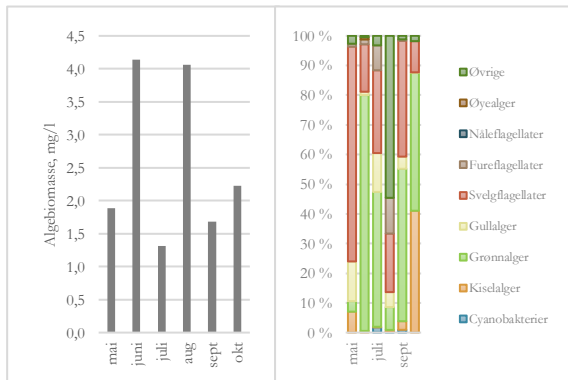
Figur V18. Biomasse og sammensetning, Nyborgtjern.



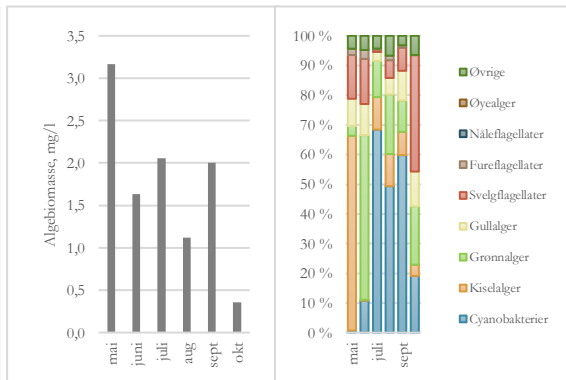
Figur V19. Biomasse og sammensetning, Oksetjern



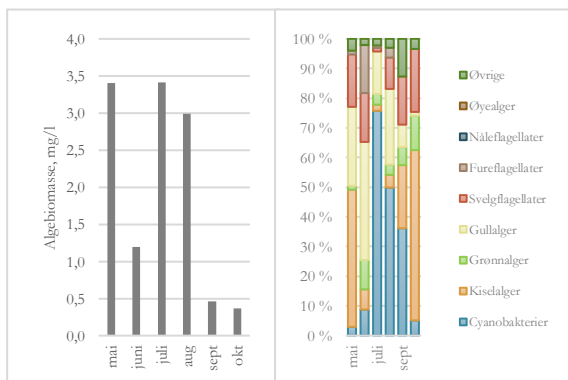
Figur V20. Biomasse og sammensetning, Orentjern



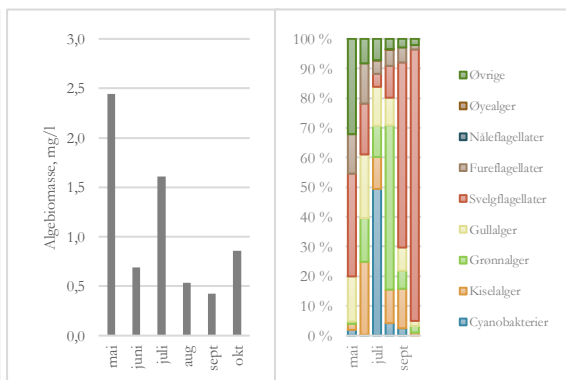
Figur V21. Biomasse og sammensetning, Raknerudtjern



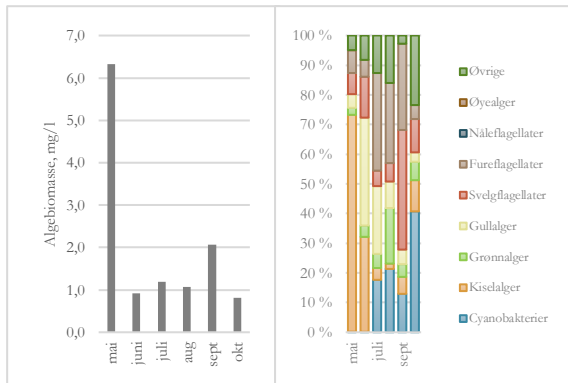
Figur V22. Biomasse og sammensetning, Rokotjern



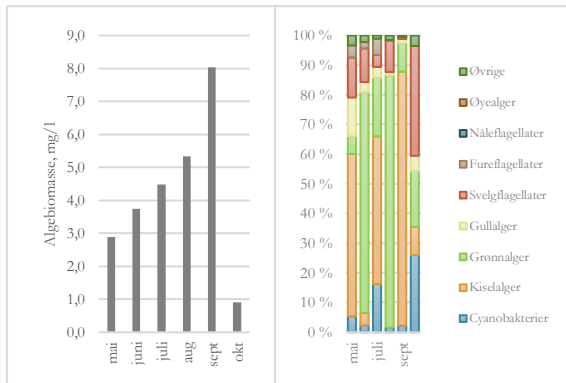
Figur V23. Biomasse og sammensetning, Skirstadtjern



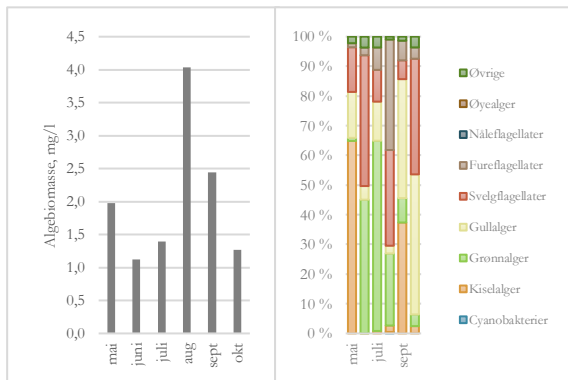
Figur V24. Biomasse og sammensetning, Storetjern



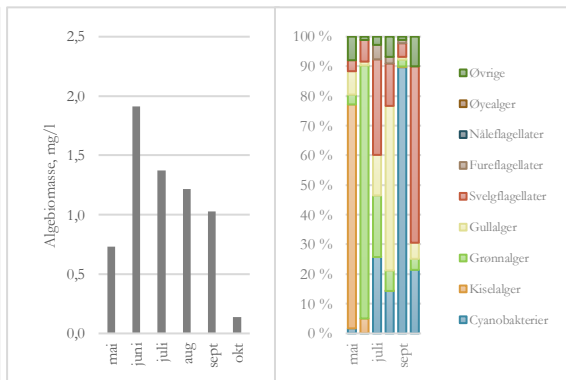
Figur V25. Biomasse og sammensetning, Stortjernet



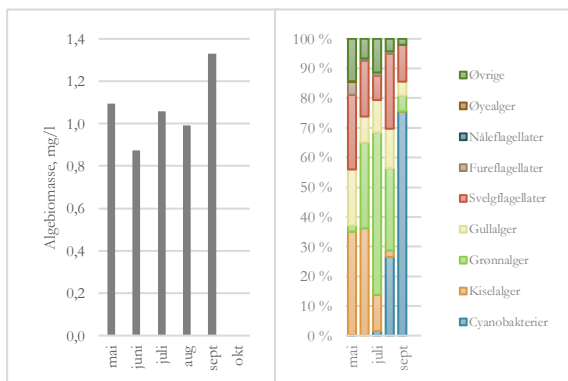
Figur V26. Biomasse og sammensetning, Stumtjernet



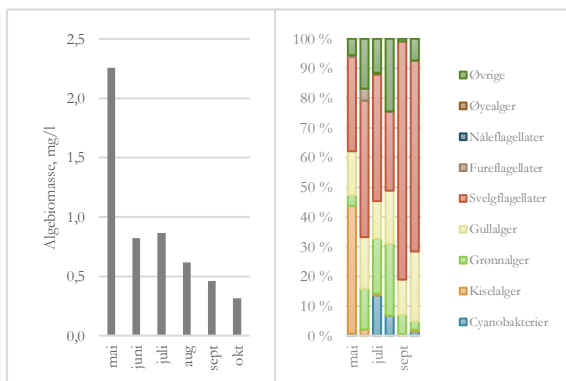
Figur V27. Biomasse og sammensetning, Sverigetjern



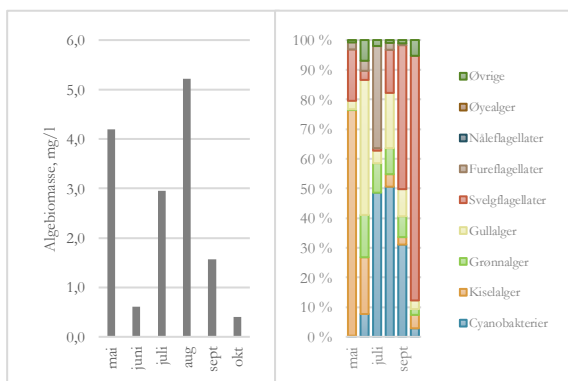
Figur V28. Biomasse og sammensetning, Vassjøtjern



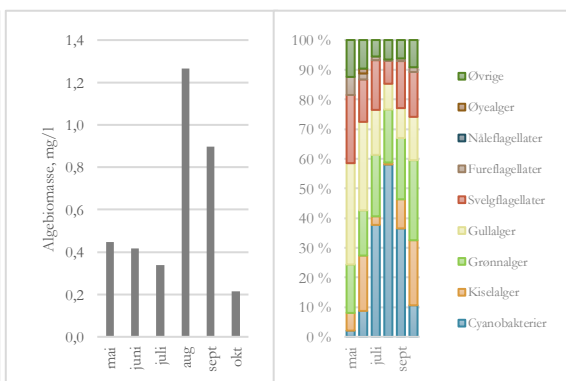
Figur V29. Biomasse og sammensetning, Velotjernet



Figur V30. Biomasse og sammensetning, Vientjern



Figur V31. Biomasse og sammensetning, Øvre Falangtjern



Figur V32. Biomasse og sammensetning, Øyskogtjern