

Mastergradsoppgave

Hans Kristian Aronssen

Klassifisering av økologisk tilstand i Fiskelaustjønn 2014 ved bruk av kvalitetselementene planteplankton og vannplanter.



Høgskolen i Telemark

Fakultet for allmennvitenskapelige fag

Mastergradsoppgave i natur, helse og miljøvern.

Hans Kristian Aronssen

Klassifisering av økologisk tilstand i
Fiskelaustjønn 2014 ved bruk av
kvalitetselementene planteplankton og
vannplanter.

Høgskolen i Telemark
Fakultet for allmennvitenskapelige fag
Institutt for natur, helse og miljøvern
Hallvard Eikas plass
3800 Bø i Telemark

<http://www.hit.no>

© 2015 Hans Kristian Aronssen

Sammendrag

Målsetning for oppgaven er å typifisere og klassifisere Fiskelaustjønn beliggende i Nome kommune, Telemark i henhold til klassifiseringsveileder 02:2013. Klassifiseringen er utført ved bruk av de biologiske kvalitetselementene planteplankton og vannplanter, i tillegg til fysiske - kjemiske parametere. Innsamling av prøvematerialet foregikk i perioden mai - september 2014. Analysearbeidet er utført ved Høgskolen i Telemark, Institutt for natur, helse og miljøvern fag.

Fiskelaustjønn er en relativt næringsfattig innsjø. Både fosfor og klorofyll a konsentrasjoner tilsvarer en oligotrof innsjø, med henholdsvis 6,6 µg P/l og 1,8 µg/l klorofyll a. Innsjøen har derimot et høyt nitrogeninnhold på 672 µg N/l, som tilsvarer et mesotroft nivå. De abiotiske parameterne for vannlokaliteten befinner seg gjennomgående i tilstandsklasse "svært god" til "god", med unntak av parameteren nitrogen, som havner i gruppen moderat. Totalvurderingen for de fysiske - kjemiske parameterne er tilstandsklassen "god".

Artssammensetning av planteplankton i en innsjø avhenger i stor grad av næringstilgang og surhetsgrad. Økt tilførsel av fosfor og nitrogen i vannmassene kan føre til betydelig endringer i samfunnet. I likhet med planteplankton er også vannplanter en biologisk parameter som i stor grad gir uttrykk for næringsforholdene i en innsjø. Trofiindeksen (TI_c) gir gode indikasjoner på næringsbelastningen i vannmassene. I indeksen inngår antallet av sensitive og tolerante arter mht eutrofiering, samt forholdet mellom disse. Både dominerende planteplanktonarter og vannplanter er blitt undersøkt ettersom de begge gir gode indikasjoner på vannkvaliteten i innsjøen. Artssammensetning av dyreplankton har også blitt undersøkt. De biologiske kvalitetselementene klorofyll a og vannplanter, tilsvarer henholdsvis tilstandsgruppen "svært god", og "god". De biologiske parameterne havner dermed i tilstandsgruppen "god".

En totalvurdering av de fysiske - kjemiske og biologiske parameterne i Fiskelaustjønn gir økologisk tilstandsklasse "god".

Abstract

In this thesis the lake Fiskelaustjønn, located in Nome municipality, Telemark has been typified and classified according to the classification guide 02: 2013. The classification was carried out using the biological elements phytoplankton and aquatic plants, as well as the physical - chemical parameters. The samples were collected in the period from May to September 2014, and analysed at Telemark University College, department of environmental and health studies.

Fiskelaustjønn is a lake relatively low in nutrients. Both phosphorus and chlorophyll a concentrations corresponds to an oligotrophic lake, with contents respectively at 6,6 and 1,8 µg/l. The lake, however has a high nitrogen content of 672 µg N/l, which corresponds to a mesotrophic lake. The abiotic parameters of the lake were all between the status class "very good" to "good", with the exception of the parameter nitrogen which ended up in the status class "moderate". Overall, the physical - chemical parameters landed in the status class "good".

The composition of phytoplankton species depends largely on the availability of nutrients and the lakes acidity. An increase in supply of phosphorus and nitrogen in the water can lead to significant changes in species composition. Aquatic plants are also a biological parameter that largely expresses the nutrient load in a lake. The trophic index (Tic) developed for aquatic plants provides good indications of the nutrient load in the water. It does this by looking at the presence of sensitive and tolerant species with respect to eutrophication, and the relationship between them. Dominant species of phytoplankton and aquatic plants have been investigated since they both can give good indications of the lake water quality. The species diversity of zooplankton have also been investigated. The biological parameters chlorophyll a and aquatic plants equals the status class "very good" and "good". Together these biological parameters were classified in the status class "good".

An overall assessment of the physical - chemical and the biological parameters places Fiskelaustjønn in the status class "good".

Innholdsfortegnelse

1 Innledning	7
2 Områdebeskrivelse.....	9
2.1 Nedbørsfelt.....	10
2.2 Innsjømorfometri.....	11
3 Materiale og metoder	12
3.1 Feltmetoder	12
3.2 Fysisk-kjemiske analyser	14
3.3 Biologiske analyser	15
3.3.1 Vannplanter	15
3.3.2 Plankton	15
3.4 Typifisering og klassifisering.....	16
3.4.1 Korrigering av parameterverdier	17
3.5 Feilkilder	17
4 Resultat og diskusjon	19
4.1 Typifisering	19
4.2 Fysisk-kjemiske parametere.....	20
4.3 Biologiske parametere.....	32
4.3.1 Planteplankton - sammensetning og næringsforhold	32
4.3.2 Dyreplankton - sammensetning.....	37
4.3.3 Vannplanter - næringsforhold og tilgroing	39
4.4 Klassifisering av økologisk tilstand.....	41
5 Konklusjon.....	43
Vedlegg.....	47

Forord

Denne masteroppgaven er utført ved Høgskolen i Telemark (HiT), Fakultet for allmennviteskaplige fag i Bø. Dette er en 60 studiepoengs masteroppgave i natur, helse og miljøvern fag. Førsteamanuensis Synne Kleiven har vært veileder i denne oppgaven. Jeg ønsker å takke Synne Kleiven som med svært god faglig kompetanse og mange konstruktive tilbakemeldinger har vært til stor hjelp i denne oppgaven.

Jeg vil også takke overingeniør Karin Brekke Li og senioringeniør Bjørn Steen for svært god veiledning, og tålmodighet under laboratoriearbeidet.

<Høgskolen i Telemark, Bø, 30.07.15>

<Hans Kristian Aronssen>

1 Innledning

Fiskelaustjønn er en innsjø som ligger i Nome kommune, Telemark. I likhet med de andre innsjøene i området har den aldri vært undersøkt tidligere og tilstanden er dermed lite kjent. I følge Vannforskriften skal innsjøer minimum ha "God økologisk status" innen 2021 for at miljømålet skal oppnås, med unntak av tilfeller der dette går sterkt utover samfunnsnyttene (Direktoratsgruppen Vanndirektivet 2013). Til innsjøklassifiseringen skal biologiske parametre, samt bruk av fysiske - kjemiske kvalitetselementer som støtteparametere inngå.

Fiskelaustjønn ble valgt ut som vannlokalitet da jeg har hatt sterk tilknytning til innsjøen gjennom mange år. Familiens hytte ligger nær ved innsjøen, og i løpet av de siste 10 årene har vi sett endringer i blant annet vannvegetasjonen. Fiskelaustjønn er en viktig ressurs for både dyr og mennesker. Ikke minst er innsjøen viktig for rekreasjon, da mest i form av fiske og bading. Vann til bruk på hytter blir også hentet fra innsjøen, dog ikke som drikkevann. Det estetiske er også viktig både for Venheim hyttefelt og turgåere i området.

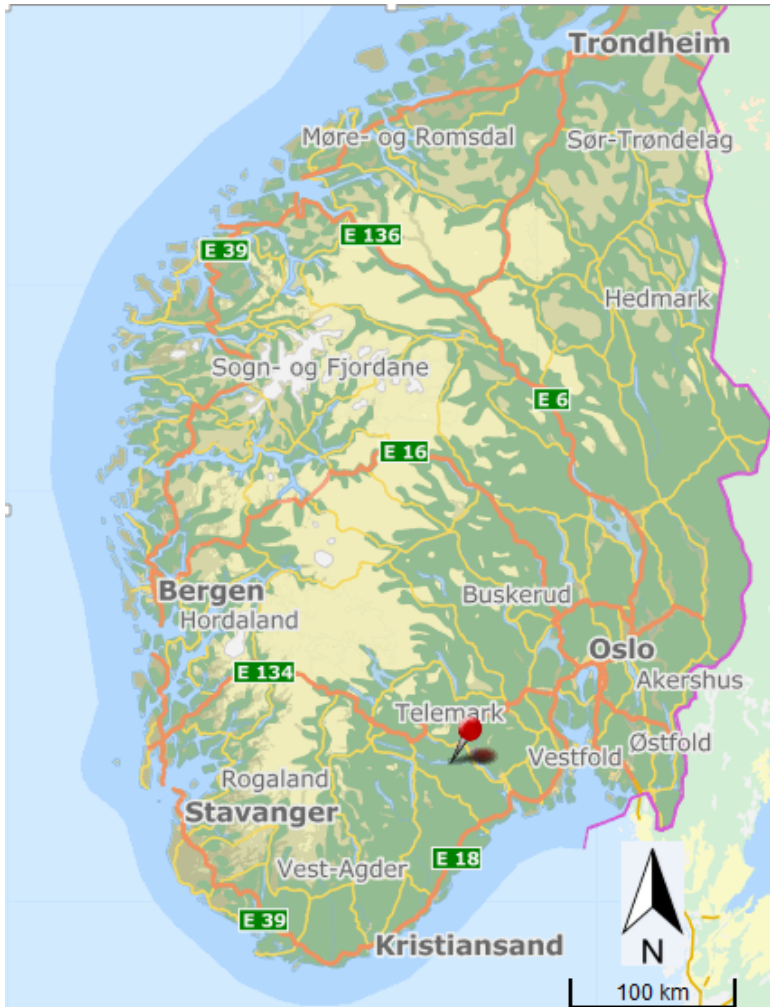
I de siste årene har Fiskelaustjønn fått en kraftig "oppblomstring" av vannplanten *Nymphaea alba coll* (Hvit nøkkerose). Denne arten dominerer nå lokaliteten totalt. Nøkkeroser trives godt på bløt bunn med mye organisk materiale i bukter og småtjern, uten store vannstandsvariasjoner (Branderud 1995). Økt begroing av vannplanter forekommer ofte når næringsforholdene i en innsjø endres fra næringsfattige til litt mer næringsrike forhold. Ved økende eutrofi-ering vil planteplankton, da spesielt cyanobakterier dominere og flytebladsplanter (Wetzel 2001). Fjerning av vannplanter ved bruk av mekaniske tiltak er en av de mest utbredte løsningene i innsjøer hvor tilgroing er blitt et problem (Økland 1995). Planteplanktonsamfunn er spesielt sensitive i forhold til forandringer i næringstilgang (Direktoratsgruppen Vanndirektivet 2013). Artssammensetningen av planteplankton gir derfor gode indikasjoner på næringsforholdene i innsjøen. I tillegg til næringstilgang er også innsjøens surhetsgrad (pH) viktig mht artssammensetning.

Hovedmålet for denne oppgaven er å karakterisere og klassifisere Fiskelaustjønn i henhold til klassifiseringsveileder 02:2013 (Direktoratsgruppen Vanndirektivet 2013). Klassifiseringen blir gjort ved bruk av de biologiske kvalitetselementene planteplankton og vannplanter. I tillegg undersøkes også artssammensetning av dyreplankton. Undersøkelsen av Fiskelaustjønn

kan benyttes for å få en bedre forståelse av de andre vannlokalitetene i området, som har liknende forhold.

2 Områdebeskrivelse

Fiskelaustjønn er en liten innsjø som ligger i Nome kommune, Lunde, Telemark (59.2867 °N, 8.9585 °Ø) (Figur 1). Innsjøen ligger opp mot Drangedalsheia, på Venheim hyttefelt.



Figur 1 Beliggenheten til Fiskelaustjønn (i Norge), vist med rød markør (Finn.no).

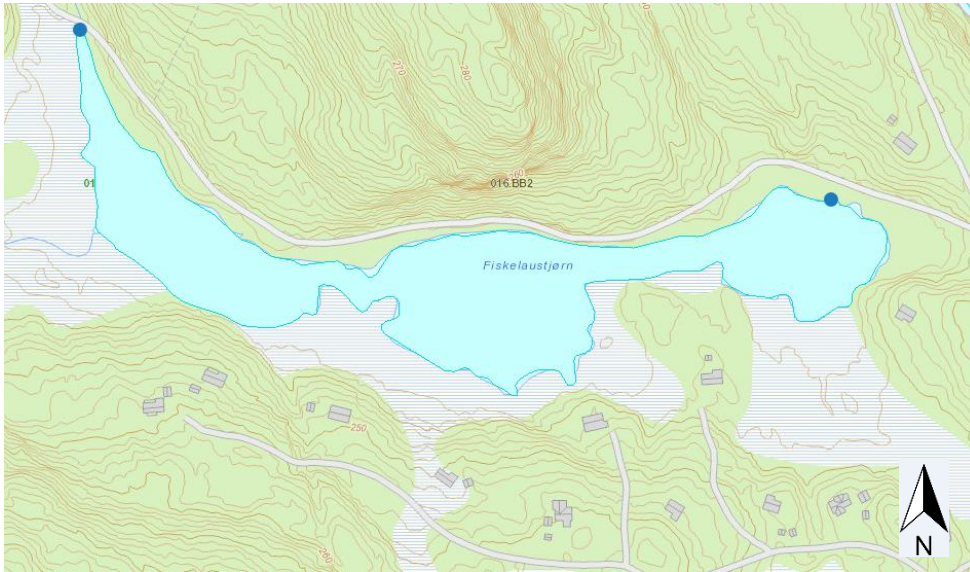
2.1 Nedbørsfelt

Innsjøen har et nedbørsfelt på 89, 23 km² som går langs hele Flåvatn og deler av Kviteseidvatnet (atlas.nve.no) (Figur 2).



Figur 2 Nedbørsfeltet til Fiskelaustjønn i gult, Fiskelaustjønn er avmerket med grønn prikk (atlas.nve.no).

Rundt innsjøen er det spredt hyttebebyggelse, totalt ligger det 14 hytter i nærområdet. Den ene siden av innsjøen er omgitt av en grusvei, mens den andre siden for det meste er dekket av myr (Figur 3). Myrvegetasjon finnes generelt sett langs store deler av innsjøene nær hyttefeltet. Mye barskog, små åser, myrlandskap samt en del mindre innsjøer karakteriserer mye av landskapet i nærområdet. Ettersom det ikke eksisterer jordbruk i nærheten av hyttefeltet, vil sannsynligvis de eneste lokale forurensningskildene i området være utslipp fra hyttebebyggelse og muligens noe fra bilferdsel på grusveiene. Atmosfærisk nedfall vil også være en forurensningskilde.



Figur 3 Fiskelaustjønn med nærliggende hyttefelt, samt innløp og utløpsbekk vist med blå sirkel. Myrterreng er vist med stiplede linjer (Atlas.nve.no).

Berggrunnen i område består av grunnfjell, som inneholder granitt og gneis (Ngu.no/kart lest 10.03.15). Granittisk gneis er vanlig over store deler av Norge, og har blitt dannet under høyt trykk, samt høye temperaturer. Gneis har ofte mange ulike sammensetninger av andre bergarter (Ngu.no lest 10.03.15). Gneis er en sur og næringsfattig bergart som forvitrer sakte og gir lite næring til planter (Økland 1998). Rundt innsjøen er det litt bart fjell, men mesteparten av området er dekket av myr, lyng og barskog.

2.2 Innsjømorfometri

Det eksisterer ingen dybdekart over Fiskelaustjønn, men innsjøen er svært grunn og maksdypet i innsjøen ble i felt målt til ca. 4 meter. Den nordvestlige delen av innsjøen er den grunneste delen, og har et dyp på rundt 1 meter. Innsjøen er oppdelt i 3 kulper, knyttet sammen av trange grunne "sund" (figur 3). Utløpsbekken til innsjøen ligger i den nordvestlige enden, og ender opp i Flåvatn. Innsjøen får tilførsel fra en liten innløpsbekk i den nordøstlige delen av innsjøen og får sannsynligvis tilført vann fra andre små bekker i perioder med mer nedbør. Innløp og utløpsbekken er vist i figur 3.

3 Materialet og metoder

3.1 Feltmetoder

Prøvene ble innsamlet fra Fiskelaustjønn ved månedlige prøver i vekstsesongen i perioden mai - september 2014. Prøvene ble tatt over de dypeste punktene fra 3 stasjoner i innsjøen (figur 4).



Figur 4 Fiskelaustjønn med de 3 prøvetakingsstasjonene inntegnet på kartet (Gulesider.no).

For hver stasjon ble det tatt prøver på tre ulike dyp: i overflaten, 2 meter og på 3 meter. I mai, den 15.05.14 ble det ikke tatt prøver på 2 meters dyp. En vannhenter med 1,5 liters volum og et innebygget termometer ble brukt for å samle inn vannprøvene. Temperaturen ble avlest fra termometeret fortløpende, mens vannprøvene ble tatt fra de ulike dypene. 1 liters plastflasker ble fylt opp og brukt til ulike vannkjemiske analyser. Egne literflasker ble brukt til klorofyll a og 100 ml glassflasker ble brukt til plankton og oksygenprøver. O₂ flaskene ble tilsatt 0,5 ml Winkler 1 (MnCl₂) og 0,5 ml Winkler 2 (NaOH og NaI) løsning før transport til laboratoriet for videre analyse.

Siktedyp ble målt med en secchiskive ved hjelp av en vannkikkert. Secchiskiva ble senket ned over det dypeste punktet i innsjøen til skiva ikke lenger var synlig. Sikteskiva ble så heist opp til at den akkurat kunne skimtes og avstanden ned til skiva ble målt.

Innsamling av plankton og vannplanter

Planteplankton og dyreplankton ble samlet inn ved hjelp av to håver med ulik maskevidde.

Det ble brukt en planteplanktonhåv med 25 µm maskevidde og en dyreplanktonhåv med 100 µm maskevidde. Håvene ble i tur slept etter båten rundt innsjøens dypeste punkt.

Innsamlingen av vannplanter foregikk i månedene august-september 2014. Det ble utført 3 separate innsamlinger i denne perioden. Klassifiseringsveileder 02:2013 (Direktoratsgruppen Vanddirektivet 2013) sier at denne registreringen skal foretas i løpet av sensommeren, i perioden juli-september. Det ble brukt båt til registreringen av disse vannplantene i tillegg til kasterive og vannkikkert. Mengden av enkeltarter funnet ble vurdert ut ifra en semi-kvantitativ skala, hvor 1=sjelden, 2=spredt, 3=vanlig, 4=lokalt dominerende og 5= dominerer lokaliteten.

Konservering og lagring

Vann til analyse av total fosfor og total nitrogen ble overført fra plastflasker til brune 100 ml glassflasker. Vannprøvene ble så konserverte med 1 ml 4 M svovelsyre (H_2SO_4). I likhet med Tot-P og Tot-N ble også vannprøvene for oksygen tilsatt 1 ml 4M svovelsyre (H_2SO_4). Prøvevann til andre vannkjemiske analyser ble lagret på 1 liters plastflasker. Klorofyll a prøvene ble filtrert gjennom et Glassmicrofiberfilter (GFC 47mm). Filtrene ble deretter pakket inn i aluminiumsfolie og fryst ned. De 100 ml store planktonflaskene ble konserverte i felt med lugols løsning, en jod-eddik løsning. Alle prøvene bortsett fra klorofyll a filtrene som ble fryst ned og lagret, og prøver for parametere som måtte analyseres fortløpende etter prøvetaking ble oppbevart mørkt på kjølerom inntil videre analyse.

3.2 Fysisk-kjemiske analyser

Analysearbeidet fant sted på laboratoriet ved Høgskolen i Telemark, institutt for natur, helse og miljøvern. pH, konduktivitet og fargetall ble analysert samme dag som vannprøvene var innhentet. Klorofyll a ble også filtrert samme dag. Oksygen og alkalinitet ble analysert innen 48 timer etter prøvetaking. De resterende fysiske-kjemiske parameterne ble analysert innen 5 måneder etter prøvetakning. Parametere, instrumenter og metoder benyttet til de fysiske-kjemiske analysene er fremstilt i tabell 1.

Tabell 1 Oversikt over de ulike analysemetodene samt instrumenter som er benyttet for bestemmelse av fysiske-kjemiske vannkvalitetsparametere i Fiskelaustjønn 2014.

Parameter	Instrument	Metode
pH	PHM 219 pH METER	NS 4720
Konduktivitet ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	WTW LF 320	NS-ISO 7888
Alkalinitet (mmol/l)	Mettler DL25 Titrator	NS 4754
O ₂ (mg/l)	Mettler DL25 Titrator	NS 4765
Fargetall (mg Pt/l)	Perkin Elmer Lambda 25	NS 4787
TOC (mg/l)	Aurora Model 1030	Intern metode
Siktedyp (m)	Secchiskive	
Ca ²⁺ (mg/l)	DIONEX IC100 Ionekromatograf	Intern metode
Mg ²⁺ (mg/l)	DIONEX IC100 Ionekromatograf	Intern metode
Na ⁺ (mg/l)	DIONEX IC100 Ionekromatograf	Intern metode
K ⁺ (mg/l)	DIONEX IC100 Ionekromatograf	Intern metode
NH ₄ ⁺ ($\mu\text{g}/\text{l}$)	DIONEX IC100 Ionekromatograf	Intern metode
NO ₃ ⁻ ($\mu\text{g}/\text{l}$)	DIONEX IC100 Ionekromatograf	Inter metode
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	DIONEX IC100 Ionekromatograf	Intern metode
Tot-N ($\mu\text{g}/\text{l}$)	FIALab-2500	Intern metode
Tot-P ($\mu\text{g}/\text{l}$)	Perkin Elmer Lambda 25	NS 4725

Syrenøytraliserende kapasitet (ANC)

ANC for innsjøen ble beregnet etter følgende formel:

$$\text{"ANC} = (\text{Ca}^{2+}) + (\text{Mg}^{2+}) + (\text{Na}^+) + (\text{K}^+) + (\text{NH}_4^+) - (\text{SO}_4^{2-}) + (\text{Cl}^-) + (\text{NO}_3^-)\text{" (Kalff 2002)}$$

Nitrat (NO₃⁻) er ikke tatt med i ANC beregningen, da kun 2 målinger var over deteksjonsgrensen.

3.3 Biologiske analyser

3.3.1 Vannplanter

Vannplanter har sitt normale habitat i vann, og deles ofte inn i sivvegetasjon og ekte vannplanter. Til klassifisering av økologisk tilstand blir kun de ekte vannplantene brukt. Artsbestemmelse av vannplantene ble gjort med hjelp fra førsteamanuensis Synne Kleiven, professor Arvid Odland og førsteamanuensis Stefanie Reinhardt. Artsbestemmelsen ble utført i henhold til Lid m.fl "Norsk, svensk, finsk flora" (1987). For tilstandsklassifisering av vannplanter ble trofiindeksen TI_c benyttet. Denne indeksen angir forholdet mellom antall arter som er sensitive for eutrofiering og arter som er tolerante mht eutrofiering. TI_c indeksen regnes ut ved bruk av følgende formel:

$$TI_c = \frac{N_s - N_T}{N} \times 100$$

N_s er antallet sensitive arter tilstede, N_T er antallet tolerante arter tilstede og N er totalt antall arter observert, inkludert indifferente arter.

Resultatet kan variere mellom +100 til -100 avhengig av antallet sensitive/tolerante arter. En verdi på +100 betyr at alle arter tilstede er sensitive mens en verdi på -100 betyr at alle arter er tolerante (Direktoratsgruppen Vanndirektivet 2013).

3.3.2 Plankton

Til klassifisering av økologisk tilstand kan planteplankton benyttes som kvalitetselement. Dyreplanktonindeksen er fremdeles under utvikling, og enda ikke implementert i klassifiseringsveilederen (Direktoratsgruppen Vanndirektivet 2013). For å artsbestemme de ulike individene i planktonprøvene ble et Olympus CX21 lysmikroskop benyttet og det ble brukt forstørrelser på 100x og 400x. Utstyr som objektglass, dekkglass og pipette ble også benyttet til artsbestemmelse. En til to dråper fra hver prøve ble plassert på objektglasset og undersøkt til nye arter ikke var å finne. Hver enkelt prøve ble undersøkt 5 ganger. Følgende litteratur ble benyttet til artsbestemmelse: Blomqvist m.fl "Djurplanktonkompendium" (1976), Blomqvist og Olsen "Växtplanktonkompendium" (1981) og Tikkanen og Willèn "Växtplanktonflora" (1992).

Plantep plankton

Klorofyll a innholdet i innsjøen er et mål på plankton biomasse og ble undersøkt samtidig med de fysiske-kjemiske analysene ved bruk av et Perkin Elmer Lambda 25 instrument. Analysen ble utført i henhold til norsk standard 4766. Trofisk indeks (PTI) ble ikke beregnet i denne oppgaven, ettersom det ikke ble tatt kvantitative planktonprøver. Fra de kvalitative håvprøvene ble dominerende arter i hver prøve notert. Disse artene kan igjen gi informasjon om vannkjemiske og biologiske forhold i innsjøen.

Dyreplankton

Artssammensetningen ble undersøkt og dominerende arter fra hver prøve ble notert.

3.4 Typifisering og klassifisering:

Karakterisering av innsjøen og klassifisering av fysiske- kjemiske og økologiske parametere ble utført i henhold til klassifiseringsveilederen 02:2013 (Direktoratsgruppen Vanndirektivet 2013). Klassifiseringsveilederen tar for seg både biologiske parametere og fysiske-kjemiske støtteparametere og klassifiserer innsjøens status i 5 ulike klasser med tilhørende grenseverdier. Disse klassene strekker seg fra svært dårlig til svært god tilstand. Middelveidien av sesongmålingene brukes ofte til bestemmelse av tilstand. Vannforskriften (Direktoratsgruppen Vanndirektivet 2013) sier at innsjøer minimum må ha god økologisk status innen 2021 for å oppnå miljømålet.

Ecological quality ratio (EQR) og kombinerer av parametere

Når de ulike parametere skal kombineres slik at innsjøen kan klassifiseres, må EQR verdier utregnes og videre normaliseres. Det regnes ut et gjennomsnitt av normalisert "ecological quality ratio verdier" (NEQR) for parametere som er sensitive for samme påvirkning, for eksempel de fysiske-kjemiske eutrofieringsparametere siktedyp, Tot-P og Tot-N. Forsuringsparametere pH, ANC og LAL er på sin side ikke sensitive for samme type påvirkning som eutrofieringsparametere. Skal man kombinere disse to, gjelder "det verste styrer prinsippet". De biologiske kvalitetselementene kombineres på samme måte som de fysiske-kjemiske beskrevet ovenfor. De abiotiske støtteparametere kan kun trekke ned innsjøen en tilstandsklasse, enten fra svært god til god eller fra god til moderat. Dersom et av de biologiske kvalitetselementene fører til at innsjøen havner i tilstandsgruppen moderat eller dårligere, trenger man ikke å bruke de fysiske-kjemiske støtteparametere (Direktoratsgruppen Vanndirektivet 2013).

Utregning av EQR og normalisering

Utregning av EQR verdier for hver parameter ble utført ved bruk av følgende formler:

$EQR = [Referanse]/[observert]$ (gjelder for blant annet klorofyll a). Denne formelen kan også snus, slik at man får: $EQR = [Observert]/[referanse]$. Sistnevnte formel gjelder for blant annet siktedyp. For vannplanter gjelder $EQR = (obs.verdi + 100)/(ref.verdi + 100)$, her legges det til + 100 for å unngå negative verdier. De ulike parameterne brukt i klassifiseringsprosedyren er normalisert etter følgende formel.

$$nEQR = \left[\left(\frac{EQR - \text{nedre EQR klassegrense}}{\text{øvre EQR grense} - \text{nedre EQR grense}} \right) \times 0,2 \right] + \text{nedre klassegrense}_n$$

(Direktoratsgruppen Vanndirektivet 2013)

3.4.1 Korrigerings av parameterverdier

Siktedyp

I følge klassifiseringsveilederen må klassegrensene for siktedyp humuskorrigeres ved bruk av fargetallet til innsjøen, samt grenseverdiene til klorofyll a. Klassegrensene for siktedyp ble korrigert etter følgende formel :

A= Fargetallet til innsjøen

$$\text{Siktedyp} = \frac{(\ln(95) - \ln(20))}{[(0,037 \times A^{0,60}) + (0,02 \times \text{chla})]}$$

Chla= klorofyll a verdi i $\mu\text{g/l}$

(Direktoratsgruppen Vanndirektivet 2013)

Alkalinitet

Ettersom alkaliniteten i alle prøvene er lavere enn 0,7 mmol/l må denne korrigeres etter følgende formel: Alkalinitet korrigert= alkalinitet målt – $0,0316 + 1000 * 10^{-\text{ph}}$

3.5 Feilkilder

De konserverte fosforprøvene ble brukt opp grunnet maskinell feil. Nytt prøvevann måtte dermed tappes fra plastflaske og konserveres på nytt et par måneder etter prøvene var innhentet.

Total nitrogenmåling fra stasjon C 12.08.14 var svært lav (51 $\mu\text{g/l}$), og er mest sannsynlig ukorrekt. Den ble derfor utelatt i denne oppgaven.

Til klassifisering av vannplanter ble trofiindeksen TI_c benyttet. Kun 3 ekte vannplanter ble funnet i innsjøen og gir dermed et dårlig grunnlag å basere et resultat på.

Konduktivitetmålingene fra prøvene 11.06.14 er mest sannsynlig feil. Ledningsevnen målt på disse prøvene var urealistisk lav, i forhold til målinger resten av sesongen. Disse prøvene ble ikke analysert på nytt, ettersom målingsresultatene først ble oppdaget i ettertid.

Dyreplanktonprøvene inneholdt litt for lite konserveringsmiddel (Lugols løsning) som førte til at noen av individene i prøvene hadde begynt å gå i oppløsning, og ble dermed vanskeligere å artsbestemme.

4 Resultat og diskusjon

4.1 Typifisering

Fiskelaustjønn befinner seg i Nome kommune og tilhører økoregionen Sørlandet. Innsjøen ligger i klimaregionen skog og er definert som en liten, kalkfattig mht. kalsium, humøs og svært grunn innsjø (tabell 2). Innsjøen tilhører vanntypekoden LN6 og type nr 17.

Alkaliniteten til innsjøen var svært lav, slik at innsjøen mht alkalinitet ligger på grensen til svært kalkfattig. Ettersom alkaliniteten lå helt på grensen mellom svært kalkfattig og kalkfattig, har jeg valgt å bruke kalsium som faktor til typifiseringen, og definert innsjøen som en kalkfattig innsjø. Typifiseringen av Fiskelaustjønn er gjort i henhold til Direktoratgruppen Vanndirektivet (2013)

Tabell 2 Oversikt over de ulike parameterne brukt til typifisering av Fiskelaustjønn 2014.

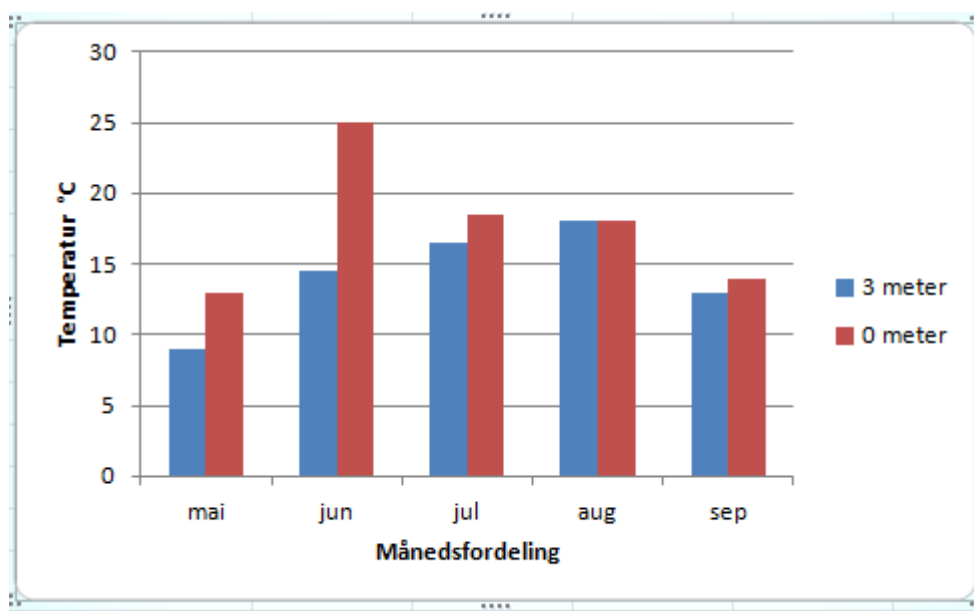
Parameter	Fiskelaustjønn
Vannkategori	Innsjø
Økoregion	Sørlandet
Klimaregion	Skog
Størrelse (Overflateareal)	0,03 km ²
Kalkinnhold	1,6 mg/l
Alkalinitet	0,047 mekv/l
Fargetall	50 mg Pt/l
TOC	7,1 mg/l
Middeldyp m	< 3 meter
Typebeskrivelse	Liten, kalkfattig, humøs, svært grunn
Innsjøtype nummer	17

4.2 Fysisk-kjemiske parametere

Temperatur

Temperaturen i innsjøen varierte fra 9 grader til 25 grader gjennom sesongen. Da de første prøvene ble tatt i mai varierte temperaturen i innsjøen fra 13 °C i overflaten til 9 °C på 3 meters dyp. Vårromrøringen var allerede over og vannmassene var stabile. Vårsirkulasjon i vannmassene får man tidlig på våren når overflatevannet oppvarmes til ca 4 °C og har samme tetthet som bunnvannet i innsjøen. Litt vindpåvirkning vil da kunne være nok til en omrøring på alle dyp (Ranneklev m.fl 2010).

Videre utover sommeren steg temperaturen på alle dyp. Innsjøens høyeste målte temperatur var 25 grader i overflaten den 11.06.14, og høyeste temperatur mot bunnen av innsjøen ble målt den 12.08.14 med 18 grader på 3 meters dyp. Temperaturmålinger i august viser at det var jevn temperatur på 18 grader i vannmassen fra overflaten til 3 meter dybde (figur 5). Dette kan tyde på at innsjøen er polymiktisk, med flere fullsirkulasjoner årlig. Innsjøen er relativt vindutsatt og svært grunn, slikt at vinden på sommeren til tross for tetthetsforskjeller i vannlagene kan føre en fullstendig omrøring av vannmassene. Stagnasjon av vannmassene i hypolimnion er generelt sett kortvarig i grunne innsjøer. De kan ha omrøring av vannmassene i lengre perioder, eller til og med ha en kontinuerlig omrøring. Dermed får man ingen permanent sommerstagnasjon (Wetzel 2001). Dette i motsetning til dimiktiske innsjøer, som er den vanligste typen i Norge, med to omrøringer. En omrøring på våren og en på høsten og to stagnasjonsperioder, sommer og vinter (Økland 1998). Vanntemperaturen ble kun målt på stasjon B, så det er mulig at den samme omrøringen ikke fant sted ved stasjon A. Dette kan komme av at stasjon B er mer vindutsatt enn stasjon A.



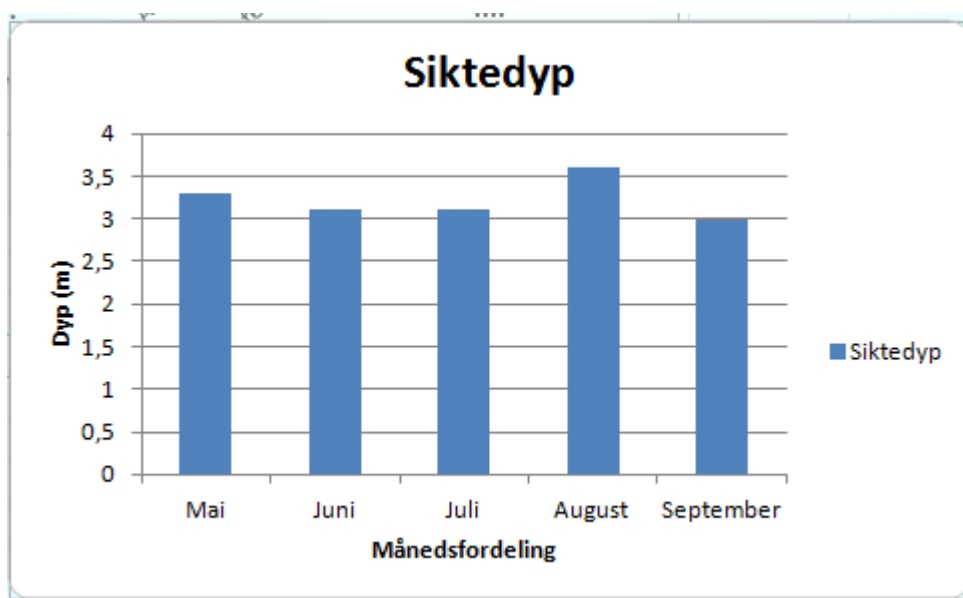
Figur 5 Vanntemperatur (°C) i Fiskelaustjønn, på 0 og 3 meters dyp (stasjon B) i perioden mai - september 2014.

Siktedyp

Siktedypet i en innsjø gjenspeiler mengden partikler og organisk stoff som er i vannmassen (Økland 1998). Da siktedypet ble målt, ble det observert en fremtredende gulbrun farge på vannet. Dette indikerer innhold av en del organisk materiale, spesielt humusstoffer. Gul farge kan også indikere innhold av kiselalger og gullalger (Wetzel 2001). Siktedypet i Fiskelaustjønn var lavest i september på 3 meter, og størst i august med 3,6 meter. Lysintensiteten ved siktedypet tilsvarer ca 10% av overflatelystet. Når lysintensiteten er på 1% av overflatelystet kaller vi dette kompensasjonsdypet som er nedre grense for fotosyntese (Cole 1994). Nedre grense for eufotisk sone er ikke analysert for Fiskelaustjønn, men ifølge Direktoratgruppen Vanndirektivet (2013) er eufotisk sone på cirka 2 x siktedypet. Fotosyntese vil dermed være mulig også på bunnen av innsjøen.

Siktedypet i en innsjø vil ofte variere gjennom året etter mengden alger i innsjøen. En økning i algemengden vil ofte føre til lavere siktedyp (Økland 1998). Klorofyll a mengdene i Fiskelaustjønn burde derfor ha vært lavest i august, når siktedypet var størst. Dette var dog ikke tilfellet, ettersom de høyeste klorofyll a konsentrasjonene ble målt i august (Vedlegg 1). Det er derfor sannsynlig at den lave planktonbiomassen i innsjøen hadde liten innvirkning på siktedypet, og at det var andre faktorer, eksempelvis humus som spilte inn.

Mengden organisk materialet i en innsjø har stor innvirkning på siktedypet. TOC og fargetall målinger gjennom sesongen kan dermed være med på å forklarer variasjonen i siktedypet. TOC verdiene varierte lite i perioden, men økte mye i september, det samme gjorde fargetallet (Vedlegg 1). I september var det perioder med mye nedbør (Vedlegg 2), som førte til stor tilførsel av humusstoffer og andre organiske forbindelser. Det er stor sannsynlighet for at dette var årsaken til at siktedypet ikke var større enn 3 meter i september. Det største siktedypet ble målt i august, da fargetallet var på sitt laveste. Variasjonene i målt siktedyp var små (3 meter - 3,6 meter), og det kan derfor ikke utelukkes at vær og lysforhold har virket inn på avlesningen. Gjennomsnittlig siktedyp var på 3,2 meter, og havner i følge Direktoratgruppen Vanndirektivet (2013) i tilstandsklassen svært god. Figur 10 viser siktedyp målt over innsjøens dyreste punkt, ved stasjon B.

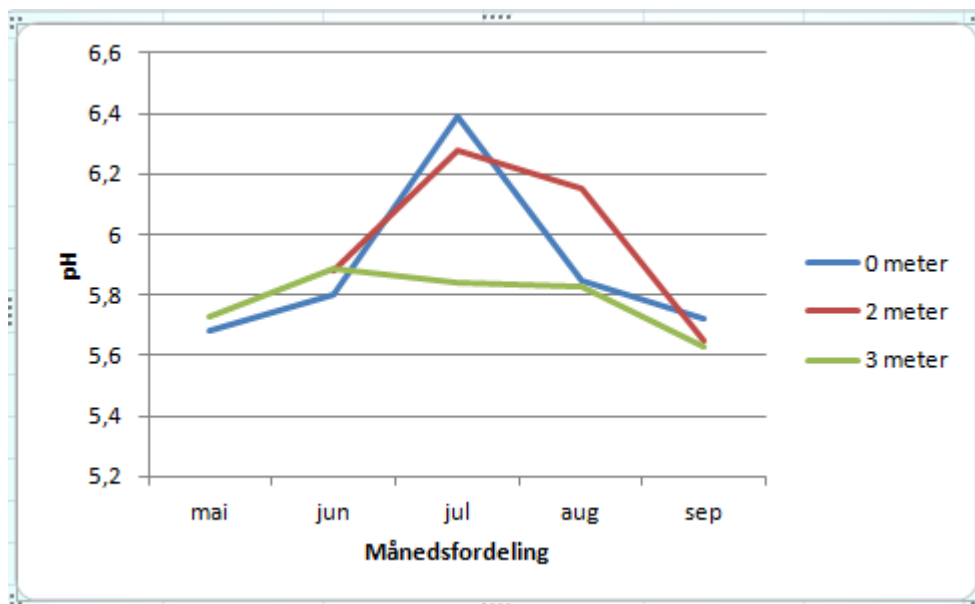


Figur 10 Siktedyp (m) målt ved stasjon B i perioden mai - september 2014 i Fiskelaustjønn.

pH

Innsjøens pH varierte fra 5,5 til 6,5. pH er logaritmisk, slik at en pH på 5 vil ha ti ganger høyere konsentrasjon av H^+ enn en pH på 6 (Kalff 2002). Innsjøen er dermed noe forsuret, noe som også var å forvente ettersom innsjøen mest sannsynlig inneholder mye humussyrer fra omgivelsene. Over lang tid kan økt myrutvikling i nedbørsfeltet eller en økt tilførsel av humussyrer fra skogsjorden føre til en forsurening av vannmassene (Økland 1995). I Telemark

fylke har mange vannlokaliteter vært preget av forsurening. Forsuring er fremdeles et problem i mange innsjøer i fylket, til tross for at utslipp av blant annet svovelforbindelser har blitt redusert kraftig i senere tid (Barland 2005). Ettersom det ikke ble tatt vannprøver under snøsmeltingen, er pH målinger fra september under høstomrøringen brukt til klassifiseringen. I en innsjø varierer pH gjennom hele året, og er ofte lavest på vårtiden og høsten. På våren er det ofte snøsmeltingen som har innvirkning på pH, mens det om høsten kan være kraftige nedbørsperioder som vasker forsurende stoffer fra jordsmonnet ut i innsjøen. pH var lavest i september da den ble målt til 5,5 på stasjon B. Hvis innsjøen blir surere enn dette vil bikarbonat bli fraværende (Økland 1995). Figur 6 viser pH utviklingen i innsjøen ved stasjon A i perioden mai - september. Resten av vannforekomsten hadde liknende svingninger gjennom sesongen (Vedlegg 1).

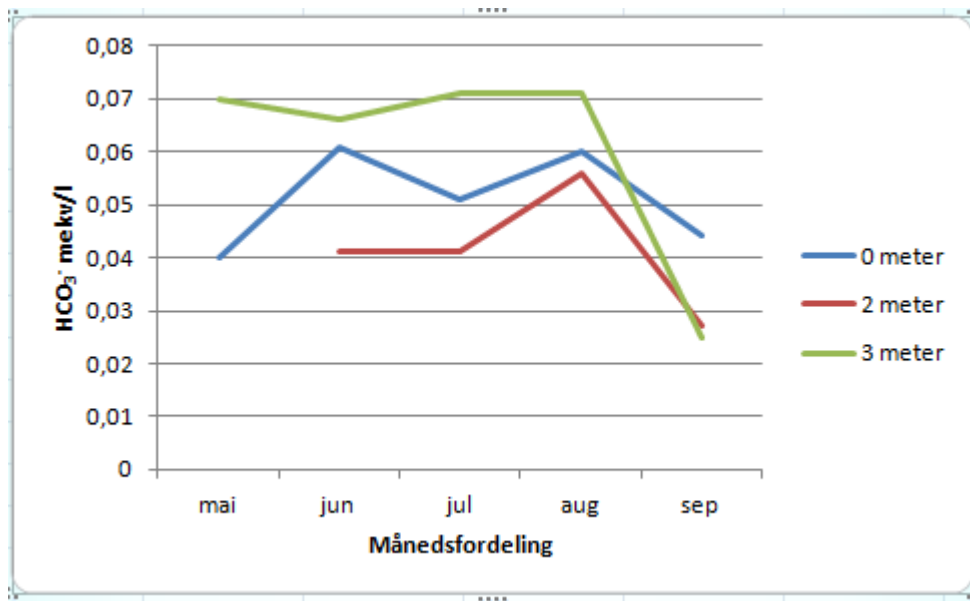


Figur 6: pH i Fiskelaustjønn på 0, 2 og 3 meters dyp (stasjon A) i perioden mai - september 2014.

Alkalinitet

Alkalinitet er et mål på en innsjøes bufferkapasitet. En innsjø som har høy alkalinitet er motstandsdyktig mot forsurening. Når alkaliniteten til en innsjø analyseres, undersøker man karbonat og bikarbonatinnholdet (Cole 1994). Alkaliniteten i en innsjø avhenger av berggrunnen i området. I Fiskelaustjønn var alkaliniteten lav og ble målt til 0,047 mekv/l. Etter klassifiseringsveilederen (Direktoratsgruppen Vanndirektivet 2013) ble Fiskelaustjønn med hensyn til

alkalinitet typifisert som en svært kalkfattig innsjø, som grenser mot kalkfattig. Alkaliniteten til en innsjø vil i stor grad spille inn på surhetsgraden. pH verdiene i en innsjø vil variere lite så lenge det er bikarbonat tilstede, men vil raskt synke når bikarbonatet er i ferd med å ta slutt (Økland 1998). Over lang tid med lav pH, kan bikarbonatet bli brukt opp (Berge og Johansen 1994). Figur 7 viser svingninger i alkalinitet gjennom sesongen ved stasjon A. Det kan ses at alkaliniteten var på sitt laveste i september da pH var lavest.



Figur 7: Alkalinitet (mekv/l) i Fiskelaustjønn på 0, 2 og 3 meters dyp (stasjon A) i perioden mai - september 2014.

Syrenøytraliserende kapasitet (ANC)

Acid neutralization capacity er innsjøens syrenøytraliseringssevne. Denne regnes ut ved å summere basekationer og trekke fra sterke syres anioner på følgende måte:

$$\text{ANC} = (\text{Ca}^{2+}) + (\text{Mg}^{2+}) + (\text{Na}^+) + (\text{K}^+) + (\text{NH}_4^+) - (\text{SO}_4^{2-}) + (\text{Cl}^-) + (\text{NO}_3^-) \quad (\text{Kalff 2002}).$$

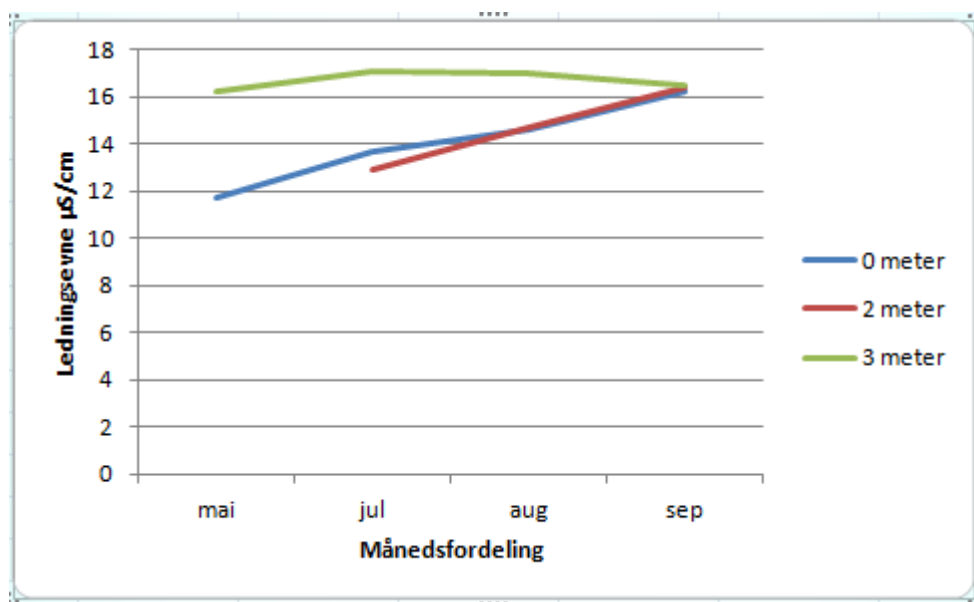
(Nitrat (NO_3^-) er ikke tatt med i beregningen).

Med en ANC på 101 $\mu\text{ekv/l}$ havner forsuringsparameteren i følge Direktoratgruppen Vanndirektivet (2013) i tilstandsgruppen svært god. Det ble dog ikke analysert prøver fra snøsmelting og på vinteren. ANC vil i likhet med både pH og alkalinitet variere gjennom året i en innsjø. I perioder med mye nedbør vil ANC bli lavere som følge av fortykning av vannmassene og at nedgangen i sterke syres anioner vil være mindre enn nedgangen av basekationer (Lydersen m.fl 2013). ANC ble også undersøkt i september, for å sjekke om nedbør i perioden hadde hatt stor påvirkning på forsuringsstatus. Men, det var tilnærmet lik ANC i september

som for resten av sesongen, med en konsentrasjon på 105 $\mu\text{ekv/l}$. Innsjøen er dermed i liten fare for økt forsuring. I følge Direktoratgruppen Vanndirektivet (2013) er ANC også naturlig høyere i humøse innsjøer enn i klare.

Konduktivitet

Konduktiviteten er et mål på den totale mengden negative og positive ladde ioner eller den totale mengden løste salter (Økland 1998). Ionene Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , SO_4^{2-} , Cl^- og HCO_3^- har størst innvirkning på konduktiviteten i en innsjø (Lydersen m.fl 2013). Konduktiviteten i Fiskelaustjønn var relativt lav og varierte fra 11 - 17 $\mu\text{S/cm}$. Konduktiviteten i lavalandsjøer i Norge er ofte mellom 10 - 50 $\mu\text{S/cm}$. I områder med mye kalkrike bergarter i nedbørsfeltet kan konduktiviteten bli flere ganger høyere. I de fleste innsjøer er det en god korrelasjon mellom saltholdighet og ledningsevne, med unntak av svært sure innsjøer, hvor H^+ ioner kan påvirke konduktiviteten (Økland 1998). Konduktiviteten varierte lite mellom de ulike stasjonene, men økte noe mot dypet (figur 8). Økt elektrolytisk ledningsevne mot dypet kan være et resultat av en mer omfattende nedbryting av organisk materialet (Lydersen m.fl 2000). Målinger fra juni måned er ikke tatt med i figuren nedenfor, da disse målingene mest sannsynlig er feilaktige men foreligger sammen med resten av analysedataene i Vedlegg 1.

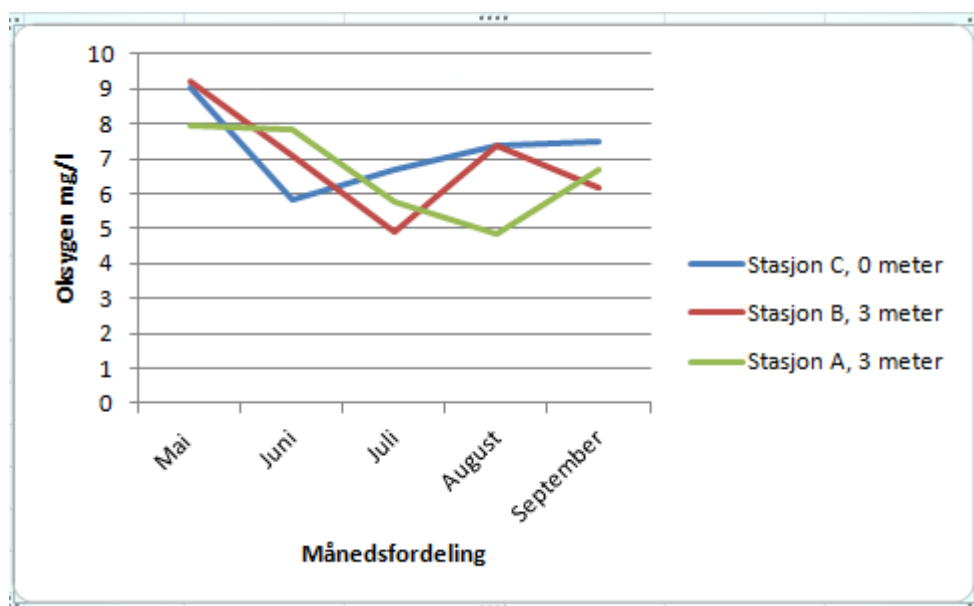


Figur 8 Konduktivitet ($\mu\text{S/cm}$) i Fiskelaustjønn på 0, 2 og 3 meters dyp (stasjon A) i perioden mai - september 2014.

Oksygen

O₂ konsentrasjonen i en innsjø varierer gjennom året etter hvor høy algeproduksjonen er og hvor stor nedbrytingen i innsjøen er. Mengden O₂ i vannmassene er også temperaturavhengig. Ved lav temperatur har oksygen en høyere løselighet og vannet vil da kunne holde på mer oksygen. Etter hvert som temperaturen stiger, vil oksygeninnholdet avta. Den laveste temperaturen målt i Fiskelaustjønn var på 9 grader, og vannmassene vil da inneholde 11,6 mg/l ved 100% metning. På det varmeste hadde innsjøen en temperatur på 25 grader i overflaten, og oksygenkonsentrasjonen vil da være 8,3 mg/l ved 100% metning (Wetzel 2001). Fiskelaustjønn er på grensen til å være en mesotrof innsjø. I eutrofe innsjøer vil man normalt få en klinograd oksygenkurve, som viser mye oksygen ved overflaten, som fort avtar mot bunnen av innsjøen. Mye organisk materialet fører til oksidative prosesser som tærer på oksygenet, og man får ofte tilnærmede anaerobe forhold i hypolimnion under sommerstagnasjon (Wetzel 2001). Fiskelaustjønn har relativt jevne oksygenkonsentrasjoner på de ulike dypene, bortsett fra målinger midt på sommeren på 3 meters dyp, samt en måling i den grunne delen av innsjøen ved stasjon C i juni. I juli avtok O₂ konsentrasjonene på 3 meters dyp, i de to dype "kulpene" i innsjøen, stasjon A og B (Vedlegg 1). Det ble også målt lavere konsentrasjoner i august på 3 meters dyp ved stasjon A, men ikke ved stasjon B. Innsjøen er delt opp i 3 "kulper" to av disse med et dyp på ca 4 meter. Det er mulig at fullsirkulasjon av vannmassene kun har forekommet ved stasjon B, ettersom denne delen av innsjøen kan være mer vindutsatt. Dette kan i så fall stemme godt overens med de målte verdiene. Hvis stagnasjonsperioder forekommer i deler av Fiskelaustjønn kan lave oksygenkonsentrasjoner inntreffe mot bunnen av innsjøen, da dystrofe innsjøer ofte har en høy nedbrytingsaktivitet. Den bakterielle nedbrytingen er størst nær bunnsedimentet og oksygenet kan avta kraftig i de siste centimeterne over bunnen (Økland 1998).

Figur 9 viser månedsvariasjoner i mengde O₂ (mg/l) på 3 meters dyp for stasjon A og B, samt overflatemålinger for stasjon C. Vi kan se i figuren at O₂ konsentrasjonen i overflaten ved stasjon C i juni var lavere enn O₂ mengden i resten av innsjøen på 3 meters dyp. Høy vann-temperatur i den grunne delen av innsjøen kan ha ført til høy biologisk nedbrytning, som dermed har tæret på oksygenet. I tillegg får også oksygen lavere løselighet når vanntemperaturen øker (Cole 1994).

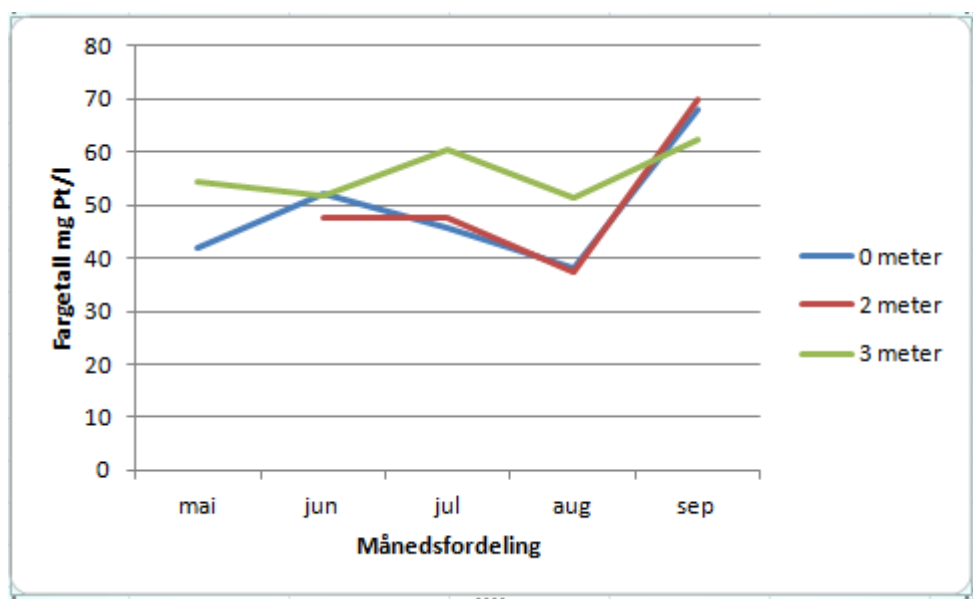


Figur 9 O_2 (mg/l) i Fiskelaustjønn på 0 meters dyp (stasjon C) og 3 meters dyp (Stasjon A, B) i perioden mai - september 2014.

Fargetall

Fargetall måles ved å sammenlikne prøven med standardiserte fargeskalaer. Fargetallet gir oss informasjon om humusinnholdet i innsjøen, selv om ikke alle humusstoffer trenger å gi innsjøen farge (Cole 1994 og Økland 1998). Fargetallet øker ofte mot bunnen av innsjøer på grunn av økende konsentrasjoner av oppløst organisk materialet (Wetzel 2001). Fargetallet i Fiskelaustjønn var i gjennomsnitt på 50 mg Pt/l. Innsjøen ble dermed typifisert som en polyhumøs innsjø ettersom den har et fargetall > 45 mg Pt/l (Økland 1998). Både det høye fargetallet og pH verdiene målt i september på < 6 i innsjøen tilsier at Fiskelaustjønn er en dystrof innsjø (Aagaard m. fl 2002). Mye myr i nedbørsfeltet gir avrenning av humusstoffer og økt fargetall (Berge 2002).

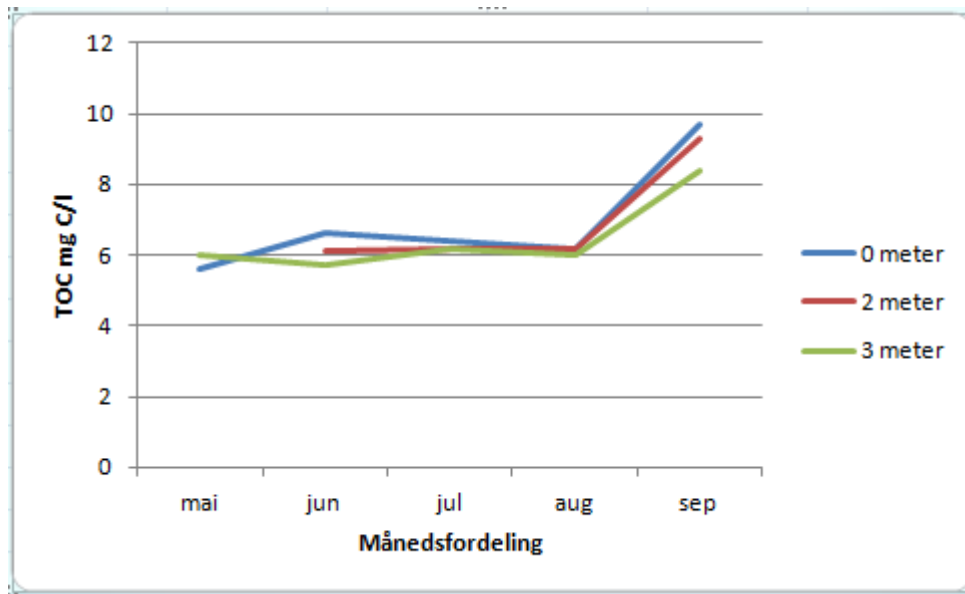
Fargetallet i innsjøen var høyest i september, noe som kan forklares med at det den 31. august og dagen før prøvetakningen den 8. september kom store nedbørsmengder (Vedlegg 2). Dette førte sannsynligvis til økt transport av humusstoffer til innsjøen og økt farge (Vedlegg 1). Fargetallet varierte noe ved de ulike stasjonene, men det var relativt like konsentrasjoner.



Figur 11 Fargetall (mg Pt/l) i Fiskelaustjønn på 0, 2 og 3 meters dyp (stasjon A) i perioden mai - september 2014.

Totalt organisk karbon (TOC)

TOC er et mål på den totale mengden organisk karbon i innsjøen. Dette er både døde og levende organismer, både produsert i og utenfor innsjøen. For eksempel plankton og rester av makroplanter, og liknende i innsjøen og fra nedbørsfelt (Økland 1998). TOC verdiene i Fiskelaustjønn var relativt jevne gjennom sesongen, med unntak av september. I september økte TOC konsentrasjonene i innsjøen fra rundt 6 mg C/l til ca 10 mg C/l. Denne store økningen kan mest sannsynlig forklares på samme måte som for fargetallet, med mye nedbør i forkant av prøvetakningen. Figur 12 viser sesongvariasjonene i TOC ved stasjon A, med størst mengde TOC i september. Det ble målt noe høyere TOC konsentrasjoner ved stasjon B og C enn ved stasjon A, men trenden er den samme, med en kraftig økning i september (Vedlegg 1).

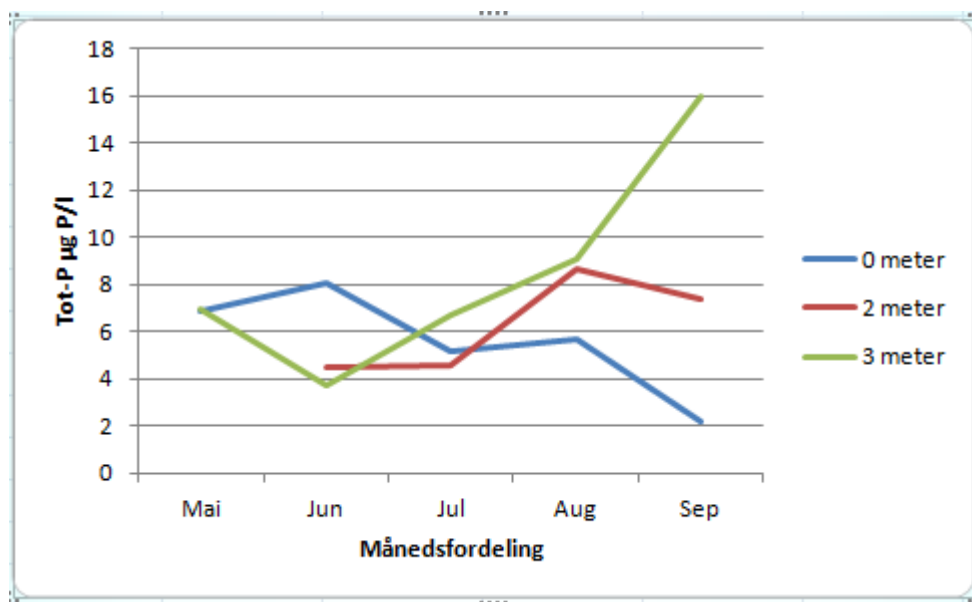


Figur 12 TOC (mg/l) i Fiskelaustjønn på 0, 2 og 3 meters dyp (Stasjon A) i perioden mai - september 2014.

Total fosfor

Fosfor blir vanligvis sett på som den begrensede faktoren for plantevekst i en innsjø, og dette er også tilfellet i Fiskelaustjønn som har et N:P forhold på over 100:1. I følge Faafeng (1997) har grunne innsjøer en tendens til å ha høyere N:P forhold enn dype. Gjennomsnittlig fosforkonsentrasjon i Fiskelaustjønn var 6,6 µg P/l. Dette tilsvarer en relativt næringsfattig innsjø med hensyn til fosfor. Totalfosfor konsentrasjonene i vannforekomsten tilsvarer tilstandgruppen svært god i henhold til Direktoratgruppen Vanndirektivet (2013). Fosforkonsentrasjonene i innsjøen var gjennom prøveperioden generelt sett lave, med unntak av 2 prøver på 3 meters dyp tatt 09.09.14. Stasjon A hadde fosforkonsentrasjon på 16,8 µg/l mens det for stasjon B ble målt konsentrasjon på hele 29,7 µg/l. Hvorfor stasjon B hadde nesten dobbelt så høy fosforkonsentrasjon som stasjon A er noe usikkert. Det er mulig at noe bunnsediment har kommet med i prøven på stasjon B og vært utslagsgivende. Slutten av august og starten av september var preget av mye nedbør som tilførte innsjøen mye organisk materiale. Den 31 august kom det 19,3 mm nedbør og den 8 september, dagen før prøvetakingen kom det 28,9 mm nedbør (Vedlegg 2). I en innsjø vil mye dødt organisk materialet som plankton og vannplanter, synke til bunns og lagres i sedimentet. Dette organiske materialet inneholder mye fosfor, som kan frigjøres til vannmassene ved blant annet mikrobiell nedbryting. I en grunn

innsjø kan fosfor også tilbakeføres til vannmassene ved at kraftig vind oppvirvler bunnsedimentet (Faafeng 1996). Dette kan være en av årsakene til de forhøyede fosforkonsentrasjonene i september. Figur 13 viser fosforkonsentrasjonene gjennom sesongen ved stasjon A i Fiskelaustjønn.

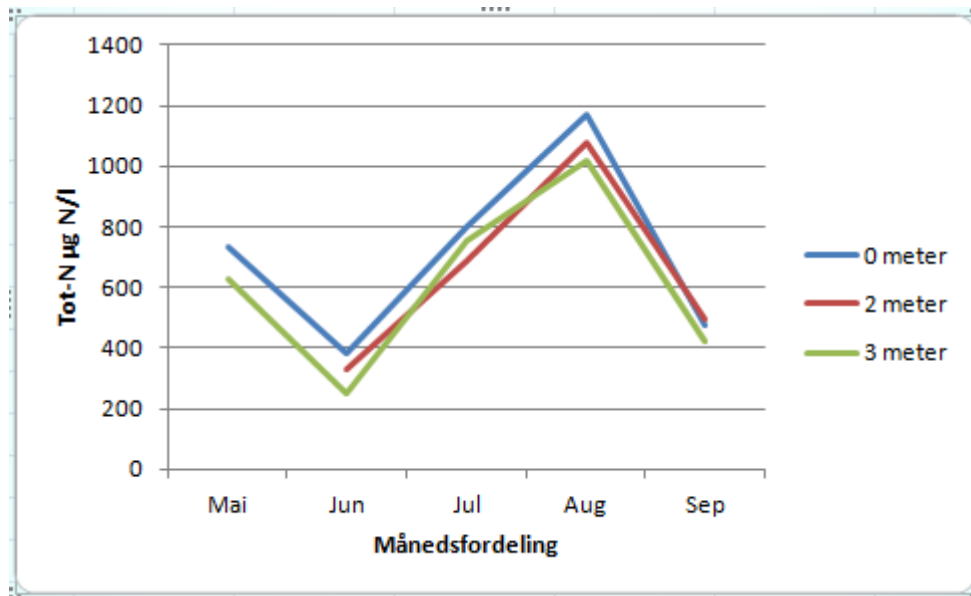


Figur 13 Total fosfor ($\mu\text{g P/l}$) i Fiskelaustjønn på 0, 2 og 3 meters dyp (stasjon A) i perioden mai - september 2014.

Total nitrogen

Det er flere ulike kilder til nitrogen i ferskvann, blant annet organiske forbindelser som aminosyrer, proteiner og humusforbindelser. Nitrogen i innsjøer blir tilført både med nedbør samt nitrogenfiksering i vannmassene og bunnsedimentet. Infiltrering av grunnvann er også en kilde til nitrogen (Wetzel 2001). Nitrogen får vanligvis ikke like stor oppmerksomhet som fosfor, til tross for å være et like nødvendig næringsstoff for levende organismer. Grunnen til dette er at nitrogen ofte finnes i tilstrekkelige mengder. Det er også ulike former for nitrogen i en innsjø, som (NO_3^-) og ammonium (NH_4^+). Planter har muligheten til å ta opp både NO_3^- og NH_4^+ men, foretrekker å ta opp sistnevnte (Cole 1994). Fiskelaustjønn hadde jevnt over et høyt innhold av totalnitrogen, med et gjennomsnitt på $673 \mu\text{g N/l}$. Nitrogenverdiene havner i følge klassifiseringsveilederen i tilstandsklassen moderat (Direktoratsgruppen Vanddirektivet 2013). Både fosfor og klorofyll a mengdene i innsjøen tilsvarer et oligotroft trofinivå, mens nitrogenmengdene tilsvarer et et eutroft trofinivå (Faafeng m.fl 1990). Mye humus i vannmas-

sene samt annet organisk materialet fører mest sannsynlig til det høye nitrogeninnholdet i innsjøen (Wetzel 2001). Nitrogenmengdene var jevnt over høye ved de ulike stasjonene, men var betraktelig lavere i juni og september enn resten av året. Figur 14 viser nitrogenkonsentrasjonene gjennom sesongen i Fiskelaustjønn (stasjon A).



Figur 14 Total nitrogen ($\mu\text{g N/l}$) i Fiskelaustjønn på 0, 2 og 3 meters dyp (stasjon A) i perioden mai - september 2014.

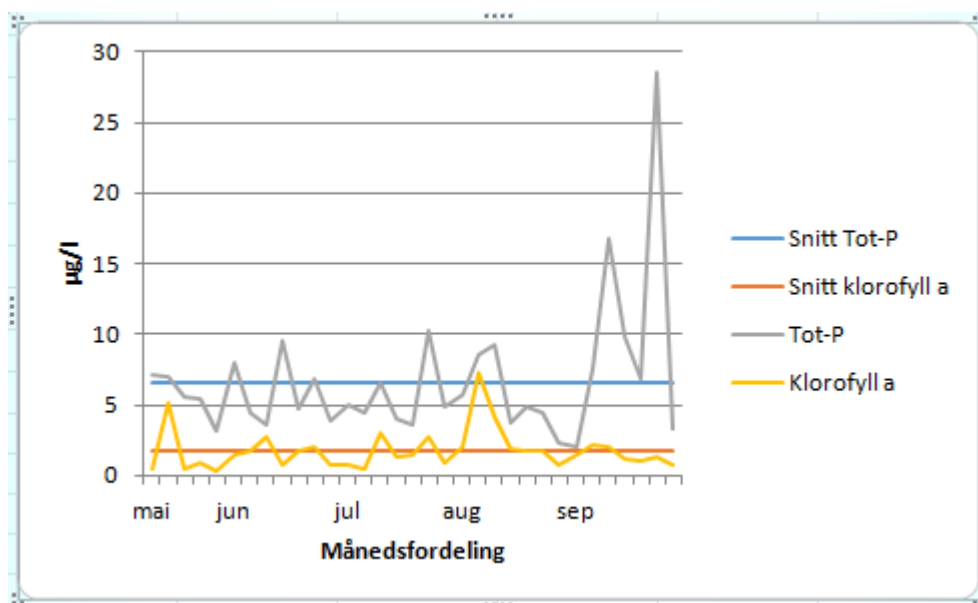
Nitrat (NO_3^-) og ammonium (NH_4^+)

I Fiskelaustjønn var det svært lite nitrat og kun 2 målinger var over deteksjonsgrensen. Mest sannsynlig har det meste av nitraten blitt tatt opp av alle vannplantene i innsjøen. NO_3^- kan også ha blitt redusert til N_2 ved denitrifikasjon under anaerobe forhold (Wetzel 2001 og Økland 1998). I motsetning til nitrat som det var svært lite av, var det en del ammonium i innsjøen. I følge Kalff (2002) dominerer ofte NH_4^+ i humøse innsjøer. Ammonium dannes når hetrotrofe bakterier bryter ned nitrogenholdig organiske forbindelser. Ammonium blir ofte raskt tatt opp av planter og har ofte lave konsentrasjoner under aerobe forhold. Lav pH kan være årsaken til ammonium konsentrasjonene i innsjøen ettersom nitrifikasjonen av NH_4^+ hemmes ved en pH på 5,4 til 5,7 (Kalff 2002). Anaerobe forhold ved bunnsedimentet i Fiskelaustjønn kan også føre til at nitrifikasjonen av ammonium til nitrat stopper opp (Wetzel 2001).

4.3 Biologiske parametere

Klorofyll a

Klorofyll a er et mål på planktonbiomasse (Kalff 2002). Fiskelaustjønn hadde lave klorofyll a konsentrasjoner med et gjennomsnitt på 1,8 $\mu\text{g/l}$ klorofyll a og ble etter klassifiseringsveilederen 02:2013 (Direktoratsgruppen Vanddirektivet 2013) plassert i tilstandsgruppen svært god. De høyeste klorofyll a konsentrasjonene ble målt henholdsvis i mai og september. Klorofyll a mengden i Fiskelaustjønn tilsier også at innsjøen er næringsfattig med en gjennomsnittlig klorofyll a konsentrasjon $< 2 \mu\text{g/l}$ (Økland 1995). Figur 15 viser variasjoner i klorofyll a og fosformengder fra mai - september i Fiskelaustjønn.



Figur 15 Tot-P ($\mu\text{g P/l}$) og klorofyll a ($\mu\text{g/l}$) i Fiskelaustjønn, alle målinger (alle stasjoner) med snittverdier i perioden mai - september 2014.

4.3.1 Planteplankton - sammensetning og næringsforhold

En rekke ulike planktongrupper ble funnet i Fiskelaustjønn og totalt ble det funnet 60 ulike taxa. Antall taxa funnet i prøvene gjennom sesongen varierte fra kun 8 i september til hele 27 taxa i prøvene i juni (Figur 16). Artslista for planteplankton vises i Vedlegg 4. Dominerende planktongrupper og arter har blitt undersøkt, ettersom viktige indikatorer vil kunne gi indika-

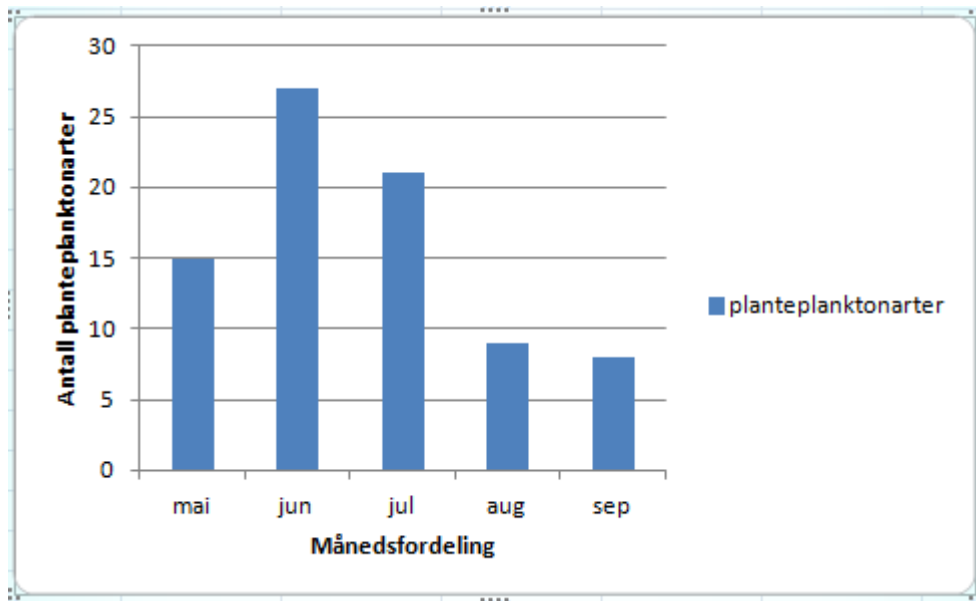
sjoner på trofigrad samt vannkvalitet. Enkeltarter som ikke var dominerende i prøvene er ikke blitt tatt med, da relativt få antall individer ikke nødvendigvis trenger å representere miljøforholdene i innsjøen. Tabell 3 gir en oversikt over dominerende planteplanktonarter funnet i innsjøen, samt hvilken gruppe disse tilhører.

Tabell 3 Dominerende planteplanktonarter fra Fiskelaustjønn i perioden mai - september 2014.

Dato	Gruppe	Dominerende planktonarter
15.05.14	<i>Chrysophyceae</i> (gullalger)	<i>Dinobryon bavaricum</i>
11.06.14	<i>Chlorophyceae</i> (grønnalger)	<i>Sphaerocystis Schroteri</i>
01.07.14	<i>Chrysophyceae</i> (gullalger)	<i>Dinobryon bavaricum</i>
12.08.14	<i>Chlorophyceae</i> (grønnalger)	<i>Botryococcus braunii</i>
	<i>Chrysophyceae</i> (gullalger)	<i>Uroglena sp</i>
	<i>Dinophyceae</i> (fureflagellat)	<i>Peridinium willei</i>
09.09.14	<i>Chlorophyceae</i> (grønnalger)	<i>Sphaerocystis Schroteri</i>

Planktonartene som dominerte i Fiskelaustjønn hørte til gruppene grønnalger (*Chlorophyceae*), gullalger (*Chrysophyceae*) samt fureflagellaten *Peridinium willei* (Tabell 3). De ulike planktongruppene har varierende forekomst gjennom sesongen. Generelt sett har gruppen gullalger størst forekomst i perioden mai – juni, men finnes også i relativt store mengder resten av året. Gullalgene danner ofte store populasjoner om våren etter fullsirkulasjon, når vanntemperaturen er lav (Nygaard og Kristiansen 2001).

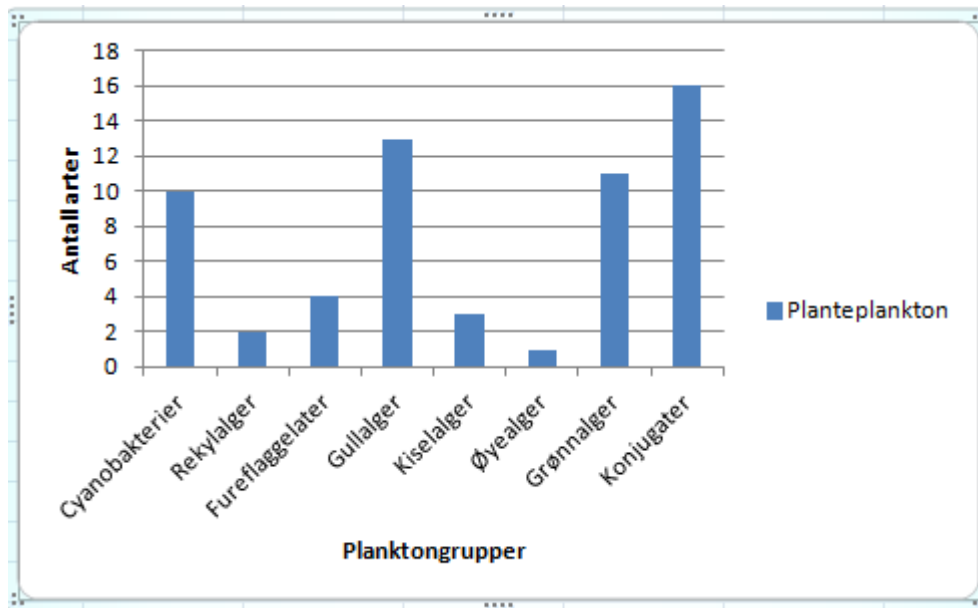
Fureflagellatene har en relativt spredt forekomst gjennom året, men har høyest bestand i juli – august. Typisk for grønnalgene er store populasjoner i sommermånedene juli – august (Brettum 1989).



Figur 16 Antall planteplanktonarter i Fiskelaustjønn i perioden mai - september 2014.

Det ble funnet flest arter innen gruppene gullalger, cyanobakterier, grønnalger og konjugater (figur 17).

Det var mange arter innen gruppen cyanobakterier, som er en gruppe som er karakteristisk for et eutroft miljø, sammen med en del grønnalger (Tikkanen og Willèn 1992). De ulike artene av cyanobakterier hadde liten forekomst i prøvene, og det ble funnet få individer av hver art. Til tross for at cyanobakteriene som gruppe indikerer eutrofe forhold, finnes de i de fleste vannforekomster. Næringsfattige innsjøer har ofte mange arter av cyanobakterier (Aagaard, mfl 2002) Mange av de blågrønne bakteriene funnet i Fiskelaustjønn er i følge Tikkanen og Willèn (1992) vanlig i de fleste typer vann, noen er også vanlige i humøse innsjøer.



Figur 17 Antall arter innen hver planteplanktongruppe i Fiskelaustjønn i perioden mai - september 2014.

De dominerende planteplanktonartene i Fiskelaustjønn hører til tre ulike grupper: gullalger, fureflagellater og grønnalger. Disse algegruppene, med unntak av en del grønnalger danner ofte store bestander i næringsfattige innsjøer med lite fosfor og nitrogen (Brettum 1989). I næringsfattige innsjøer er ofte planteproduksjonen lav, men, artsdiversiteten er allikevel høy. Innsjøer som er næringsfattige i tillegg til å være humøse og sure får lavere produksjon og artsdiversitet (Tikkanen og Willèn 1992). Gullalger og fureflagellater er blant algegruppene med størst prosentvis andel i næringsfattige miljøer. Fureflagellatene har størst prosentvis forekomst med Tot-P < 2 µg/l og Tot-N < 200 µg/l (Brettum 1989). At fureflagellatene trives best i næringsfattige miljøer er det litt uenighet rundt, i følge Tikkanen og Willèn (1992) er disse karakteristiske for eutrofe miljøer. Nygård og Kristiansen (2001) sier på sin side at de finnes i mange ulike vann typer, men ikke i de mest næringsrike. Grønnalger er en gruppe som finnes under både næringsrike og næringsfattige forhold (Brettum 1989, Nygaard og Kristiansen 2001). Mange grønnalgearter foretrekker næringsrike små dammer (Nygaard og Kristiansen 2001). Grønnalgene har størst prosentvis forekomst i vann med en Tot-P mellom 25-50 µg/l og Tot-N mellom 500 – 800 µg/l. Gullalgene danner sine største bestander i vann med en Tot-P mellom 2-5 µg/l og Tot-N fra 200 – 500 µg/l, men disse kan også forekomme under litt mer næringsrike forhold (Brettum 1989).

Ulike planktongrupper trives ved forskjellige N:P forhold i vannmassen. Grønnalgene har størst forekomst ved et N:P forhold fra 10-20 til 20-50 (optimum). Forekomsten av gullalger er størst ved N:P forholdet 50-100 (optimum) til > 100. Størst bestand av fureflagellatene har en i vann med N:P forhold på 50-100 (optimum). *Peridinium willei* er en av mange fureflagellater som trives under høye N:P forhold (Brettum 1989)

På samme måte som planktongruppene har ulike krav til næringsstoffer og forholdet mellom disse, har de også ulike preferanser mht surhetsgrad (pH). Fureflagellatene er gruppa som utgjør størst andel ved lav pH på mellom 4-5. Gullalgene har størst artsdiversitet i sure innsjøer (Økland 1995) og utgjør størst andel ved en pH mellom 5-7. Grønnalgene har også størst konsentrasjon ved en pH < 7 (Brettum 1989). I Fiskelaustjønn varierte pH gjennom sesongen fra 5,5 til 6,4, noe som stemmer relativt godt overens med de ulike planktongruppenes preferanser. De fleste algegruppene får avtagende populasjoner når pH synker under 5. En grunn til dette kan være at bikarbonat da ikke lenger er tilgjengelig som karbonkilde i innsjøen (Økland 1995)

Grønnalger som gruppe regnes som en relativt dårlig indikator på trofegrad, til tross for dette finnes det blant grønnalgene fortsatt flere gode indikatorarter (Brettum 1986). *Sphaerocystis schroteri* er en grønnalgeart som blir regnet som en relativt god indikatorart for næringsfattige, oligotrofe forhold (Brettum 1989, Tikkanen og Willèn 1992). Denne grønnalgen kan allikevel også registreres i mer næringsrike miljøer. En annen grønnalge som er en indikator på en oligotrof innsjø er arten *Botryococcus braunii* (Brettum 1989). Fureflagellaten *Peridinium willei* er i følge Brettum (1989) en art som indikerer oligotrofe forhold. Tikkanen og Willèn (1992) mener på sin side at arten har størst utbredelse under eutrofe forhold.

Gullalgen *Dinobryon bavaricum*, blir i følge Brettum (1989) plassert under mesotrofe forhold, mens Tikkanen og Willèn (1992) mener arten dominerer i det oligotrofe miljø.

Gullalgen *Uroglena sp* ble ikke artsbestemt, og er heller ingen god indikatorart.

De dominerende planteplanktonartene i Fiskelaustjønn indikerer generelt sett relativt næringsfattige forhold. Dette stemmer godt overens med den lave gjennomsnittlige fosforkonsentrasjonen på 6,6 µg/l.

4.3.2 Dyreplankton - sammensetning

I løpet av perioden mai - september ble det funnet 19 ulike dyreplankton-taxa i innsjøen (vedlegg 5). Av disse var 4 spesielt dominerende i prøvene: Calanoid hoppekreps (Copepoda), *Holopedium gibberum* (Cladocera), *Polyarthra vulgaris* og *Conochilus hippocrepis* (Rotatoria). De dominerende dyreplanktongruppene og artene varierte noe gjennom sesongen. Det var spesielt store endringer fra mai til juni. Calanoid hoppekreps som var den mest dominerende arten i mai, hadde stor tilbakegang i prøvene i juni der den hadde en relativt beskjeden forekomst. Juni prøven var tydelig dominert av gelekrepsen (*Holopedium gibberum*). En årsak til den kraftige tilbakegangen av hoppekrepsen kan ha vært stort predasjonspress fra fisk. I juli måned var det ingen arter som skilte seg ut som spesielt dominerende. I august og september var det derimot mye av hjuldyret *Conochilus hippocrepis* i prøvene (tabell 4).

Tabell 4 Oversikt over dominerende dyreplanktonarter fra Fiskelaustjønn i perioden mai - september

Dato	Dominerende dyreplanktonarter
15.05.14	<i>Polyarthra vulgaris</i> <i>Conochilus hippocrepis</i> <i>Calanoida hoppekreps</i>
11.06.14	<i>Holopedium gibberum</i>
01.07.14	Ingen dominerende arter
12.08.14	<i>Conochilus hippocrepis</i>
09.09.14	<i>Conochilus hippocrepis</i>

Antall arter av dyreplankton øker når næringstilgangen øker. Mengde og tilgjengeligheten av alger i vannmassene er i hovedsak avgjørende for dyreplankton (Løvik og Kjellberg 1982). I innsjøer som har et høyt innhold av fosfor og nitrogen kan mengden dyreplankton avta. Dette kan komme av at andelen av cyanobakterier øker. Disse er lite beitbare for dyreplankton (Faafeng m.fl 1990). Undervannsvegetasjonen i innsjøer kan være fordelaktig for store dyreplankton som *Daphnia*. Vannplantene utgjør gode skjulesteder for planktonet som reduserer predasjon fra fisk (Wetzel 2001). I likhet med planteplankton er også dyreplankton følsomme mot forsurening, og artsdiversiteten avtar med synkende pH. Det var et relativt beskjedent antall av cyclopoide hoppekreps i Fiskelaustjønn, noe som er en indikasjon på sure

forhold (Aagaard m. fl 2002). Hvis innsjøen blir så sur at planktonspisende fisk forsvinner vil ofte noen store dyreplanktonarter dominere (Økland 1995).

Dyreplanktonartene som var dominerende i prøvene fra Fiskelaustjønn er alle forsuringstolerante (Løvik m.fl 2006). De vil derfor være godt utrustet for perioder med lav pH. Det at innsjøen er humøs kan også virke dempende på surstress for dyreplanktonarter (Økland 1995).

4.3.3 Vannplanter - næringsforhold og tilgroing

I Fiskelaustjønn ble kun 3 ekte vannplanter lokalisert, det var flytebladsplantene *Nymphaea alba L. coll* (Hvit nøkkerose), *Potamogeton natans L* (Tjønnaks) og et individ av arten *Sparganium natans L* (Småpiggnopp) (tabell 5).

Tabell 5 Oversikt over ekte vannplanter lokalisert i Fiskelaustjønn, samt mengden hver art utgjør i innsjøen i perioden mai - september 2014. Prøvene er vurdert ut fra en semikvantitativ skala som går fra 1 til 5, hvor 1= sjelden, 2=spredd, 3=vanlig, 4=lokalt dominerende og 5= dominerer lokaliteten.

Latinsk navn	Norsk navn	Mengde arter
Nymphaeider		
<i>Nymphaea alba L. coll</i>	Hvit nøkkerose	5
<i>Potamogeton natans L</i>	Vanlig tjønnaks	3
<i>Sparganium natans L</i>	Småpiggnopp	1

Helt dominerende var hvit nøkkerose, som fantes i hele lokaliteten unntatt over de dypeste delene av innsjøen. Vannvegetasjonen bestod i hovedsak av nøkkeroser og tjønnaks. Undervannsvegetasjonen var helt fraværende. Det var dog også en del helofytter (sivvegetasjon) i grunne partier nær land, blant annet var det mye starr (*Carex*) og takrør (*Phragmites*). Nøkkeroser kan dekke hele vannflaten i små dammer og kan dekke store deler av større innsjøer (Økland 1995, Wetzel 2001). Nøkkeroser trives godt på bløt bunn med mye organisk materiale i bukter og småtjern, uten for store vannstandsvariasjoner (Branderud 1995). Flytebladsplantene påvirker det biologiske samfunnet i innsjøen og vokser ned til 3 meters dyp (Wetzel 2001). Dette er også tilfellet i Fiskelaustjønn, hvor vannplantene dekker nesten hele overflaten, unntatt de dypeste delene av innsjøen.

Når næringsforholdene i en innsjø øker fra næringsfattige til litt mer næringsrike, ser man ofte en økning i bestanden av flytebladsplantene tjønnaks og nøkkeroser (Wetzel 2001). Disse plantene tar i hovedsak opp næring fra bunnsedimentet, og tar opp CO₂ fra lufta (Aagaard 2002). I eutrofe innsjøer dominerer ofte planteplankton, spesielt cyanobakterier samt noen flytebladsplanter. Hvor langt sollyset trenger ned i vannmassene, har også mye å si for utbredelsen av vannplanter i innsjøen (Wetzel 2001).

Makrofyttene i en innsjø dominerer ofte når næringskonsentrasjonene er relativt lave, men med et høyt N:P forhold $\gg 10:1$ (Wetzel 2001). I Fiskelaustjønn er N:P forholdet > 100 . Når næringsmengdene i en grunn innsjø øker fra næringsfattige til litt mer næringsrike kan man ofte observere en tilgroing av vannplanter. Dette kan føre til at innsjøen gror igjen og til slutt blir til myr. Eutrofiering av en innsjø er en naturlig prosess som tar lang tid, den berører ofte grunne innsjøer, og er under stabile klimatiske forhold irreversibel (Økland 1995).

Av de tre ekte vannplantene lokalisert i Fiskelaustjønn var 2 av disse indifferente, og en art var sensitiv (Småpiggeknope). TIC indeksen for innsjøen ble beregnet til en verdi på 33,3. Etter å ha regnet ut EQR og normalisert denne havner kvalitetsselementet vannplanter i tilstandsklassen "god" (Direktoratsgruppen Vanddirektivet 2013).

I innsjøer hvor tilgroing av vannplanter har blitt et problem, kan fjerning av disse ved bruk av mekaniske tiltak være en av få mulige løsninger (Økland 1995). Dette er den mest utbredte metoden for fjerning av vannplanter og blir benyttet rundt om i hele verden. Denne metoden gir også få negative økologiske effekter.

Senking av vannstand vinterstid er en annen mulig løsning for å fjerne makrovegetasjon, vannsenkningen vil føre til at planterøttene fryser (Mjelde m.fl 2012).

Herbicider har blitt benyttet for å bekjempe gjengroing av vannvegetasjon i innsjøer. Lave konsentrasjoner av kobbersulfat dreper vannplantene, men skader ikke annet biologisk liv (Wetzel 2001).

Bruk av fiberduk til å dekke deler av innsjøen er også en mulighet for å redusere vannvegetasjonen der denne er mest utbredt (Mjelde m. fl 2008).

Biologiske tiltak som utsetting av den store gresskarpfen *Ctenopharyngodon idella*, som consumerer vannplanter har blitt gjort rundt om i verden. Denne metoden er dog ikke brukt i Norge da utsetting av fremmede arter ikke er lov (Mjelde m.fl 2012).

4.4 Klassifisering av økologisk tilstand

Fiskelaustjønn er blitt undersøkt ved bruk av vannplanter og planteplankton som biologiske kvalitetselement, samt fysiske-kjemiske støtte parametere. Det ble målt lave klorofyll a mengder i innsjøen, som med et innhold på 1,8 µg/l klorofyll a/l og en nEQR på 1 havner i tilstandsgruppen svært god. Ettersom dette er den eneste planteplankton indeksen som ble undersøkt vil kvalitetselementet planteplankton havne i denne klassen. Eutrofieringsindeksen TIC for vannplanter fikk en nEQR på 0,64, og havner dermed i tilstandsklassen god. Vannplantene viser den dårligste tilstandsklassen, og fører til at de biologiske parameterne samlet havner i tilstandsgruppen god.

Eutrofieringsparameterne Tot-P og siktedyp med en nEQR på 0,88 og 0,91 viser begge svært god tilstand, men ettersom Tot-N er i klassen moderat med en nEQR på 0,51 havner eutrofieringsparameterne samlet sett i klassen god. Forsuringsparameterne pH (nEQR 0,69) og ANC (nEQR 0,92) gir en gjennomsnittsverdi på 0,81 og tilstandsklassen svært god, på grensen til god. Samlet sett med de biologiske og de fysiske-kjemiske parameterne har innsjøen en god økologisk status (tabell 6).

Tabell 6 Klassifisering av Fiskelaustjønn 2014, med absolutte verdier, EQR og Normalisert EQR (nEQR).

	Verdi	EQR	nEQR	Klasse
Biologiske kvalitetselementer				
Planteplankton: Klorofyll a µg/l Totalvurdering planteplankton	1,8	1,1	1	Svært god Svært god
Vannplanter eutrofieringsindeks: TIC Totalvurdering vannplanter:	33,3	0,75	0,64 0,64	God God
Totalvurdering biologiske kvalitetselementer			0,64	God
Fysisk-kjemiske kvalitetselementer				
Total fosfor µg/l	6,6	0,75	0,88	Svært god
Total nitrogen µg/l	672	0,37	0,51	Moderat
Siktedyp, m	3,2	0,88	0,91	Svært god
Totalvurdering eutrofieringsparametere			0,76	God
pH	5,6	0,81	0,69	God
ANC, µekv/l	105	0,81	0,91	Svært god
Totalvurdering forsuringsparametere			0,80	Svært god
Totalvurdering for vannforekomsten			0,64	God

5 Konklusjon

Fiskelaustjønn er en humøs og moderat sur innsjø, som er å forvente, da det finnes mye myrområder i nedbørsfeltet. Med et fargetall på over 50 mg Pt/l blir innsjøen regnet som polyhumøs. Både konduktivitet og alkalinitet i innsjøen er lav, noe som gjenspeiler et lavt innhold av ioner i vannmassene, samt relativt lite bikarbonat. Næringsfattig, forvittringsresistent bergrunn er årsaken til den lave alkaliniteten.

De biologiske kvalitetselementene og de fysiske - kjemiske støtteparameterne for Fiskelaustjønn viser alle god til svært god status, med unntak av totalnitrogen som var den eneste parameteren som hadde moderat tilstand. I Fiskelaustjønn ble det jevnt over målt lave totalfosfor mengder, med unntak av 2 målinger i september på 3 meters dyp.

Fosforkonsentrasjonene i vannlokaliteten tilsier at innsjøen er relativt næringsfattig. Det var dog relativt mye nitrogen i vannmassene, men fosfor vil helt klart være den begrensende faktoren for plantevekst i innsjøen. PTI indeksen for planteplankton ble ikke undersøkt ettersom det ikke ble tatt kvantitative planktonprøver. De dominerende planktonartene i prøvene ble dog undersøkt, disse var alle forsuringstolerante og er dermed godt utrustet for perioder med lav pH. Både klorofyll a mengdene og planteplanktonartene som dominerte indikerte næringsfattige forhold. Artene *Dinobryon bavaricum*, *Sphaerocystis schroteri*, *Botryococcus braunii* og *Peridinium willei* har også størst utbredelse i moderat sure innsjøer, som også er tilfellet for Fiskelaustjønn. Ettersom PTI indeksen ikke ble utregnet, var klorofyll a den eneste parameteren for kvalitetselementet planteplankton som ble brukt i tilstandsklassifiseringen.

De biologiske kvalitetselementene og de fysiske - kjemiske støtteparameterne havner samlet sett i tilstandsklassen god. Tilstandsvurderingen av kvalitetselementet vannplanter er noe usikkert, da det kun ble funnet 3 ekte vannplanter i lokaliteten, hvor 2 av disse ble regnet som indifferente arter. Arten som ble regnet som sensitiv var småpiggnopp, og denne ble det kun funnet et individ av. Tjønnaks og spesielt hvit nøkkerose var derimot utbredt over hele lokaliteten. Et større antall arter vannplanter ville ha ført til et mer sikkert resultat.

Referanser/litteraturliste

Aagaard, K., Bækken, T. & Jonsson, B. (2002). Biologisk mangfold i ferskvann. Regional vurdering av sjeldne dyr og planter. NIVA Inr 4590-2002.

Barland, K. (2005). Regional overvåking av vannforekomster i Telemark 1970-2005. LabNett AS, Rapport-nr 2005-04.

Berge, D. & Johansen, S. (1994). De ulike forurensingers virkninger i ferskvannsresipienter. NIVA, Rapport-nr 2982.

Berge, D. (2002). Eikeren som ny drikkevannskilde for Vestfold. Opdaterende undersøkelse av hygieniske drikkevannsparemetre i Eikerens sydlige del 2001. Vestfold interkommunale vannverk. NIVA, Rapport-nr 4518-2002.

Blomqvist, P. & Olsen, P. (1981). Växtplanktonkompendium. Uppsala.

Blomqvist, P., Grundström, R., Johansson, J., Kinsten, B., Olofsson, H., Pejler, B. & Persson, G. (1976). Djurplanktonkompendium. Uppsala.

Brandrud, T. (1995). Vannvegetasjon i verneverdige grytehullsjøer på Romeriket. Supplerende undersøkelser 1995, samt en vurdering av vasspestutviklingen i Nordbytrjern. NIVA, Rapport-nr 3368.

Brettum, P. (1989). Alger som indikatorer på vannkvalitet. NIVA, Rapport-nr 2344.

Cole, G. (1994). Fourth edition, Textbook of Limnology. Waveland press, inc.

Direktoratsgruppa for vanndirektivet (2013). Veileder 02:2013, klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, innsjøer og elver.

Direktoratsgruppa for vanndirektivet (2009). veileder 02:2009 Overvåking miljøtilstand i vann.

Faafeng, B. (1997). Landsomfattende trofiundersøkelse av norske innsjøer. NIVA, Rapport-nr 3653.

- Faafeng, B. (1996). Innsjøsedimenter i Farstad og Lilandsvassdragene. Om betydningen av indre gjødsling for bedreing av vannkvaliteten. NIVA, Rapport-nr 3387.
- Faafeng, B., Brettum, P. & Hessen, D. (1990). Landsomfattende undersøkelse av trofitalstanden i 355 innsjøer i Norge. NIVA, Rapport-nr 2355.
- Kalff, J. (2002) Limnology. Prentice Hall.
- Lid, J., Lid, D. & Gjærevoll, O. (1987). Norsk, Svensk, Finsk flora.
- Lydersen, E., Holtan, M. & Darrud, M. (2013). Vannkjemiske effekter av avsmelting fra et snødeponi. Vann-nr 4: S, 507-517.
- Lydersen, E., Andresen, T., Brettum, P., Bekken, T., Lien, L., Lindstrøm, E., Mjelde, M., Oredalen, T., Solheim, A., Rørslett, B. (2000). Limnologiske undersøkelser i Breisjøen og Store Gryta, 1998/1999. - Bakgrunnsrapport Thermosprosjektet-. NIVA, rapport-nr 4307-2000.
- Løvik, J. & Kjellberg, G. (1982). Glåma i Hedmark. Delrapport om dyreplankton. Undersøkelser i tidsrommet 1978 - 80. NIVA, Rapport-nr 1384.
- Løvik, J., Lydersen, E. & Bækken, T. (2006). Flensjøen 2005. Undersøkelse av vannkjemi, dyreplankton og bunndyr før kalking. NIVA, Rapport-nr 5187.
- Mjelde, M., Berge, D. & Stabbetorp, O. (2008). Strandvegetasjonen i Vansjø. Kartlegging og forvaltningsstrategi. NIVA, Rapport-nr 5813.
- Mjelde, M. Berge, D. & Edvardsen, H. (2012). Kunnskapsgrunnlag for handlingsplan mot vasspest (*Elodea canadensis*) og smal vasspest (*Elodea nuttallii*) i Norge. NIVA, Rapport-nr 6416.
- Nygård, G. & Kristiansen, J. (2001). Dansk planteplankton 3. Utg. Gyldendals Fagbogsredaktion.
- Ranneklev, S., Molvær, J., Tjomsland, T. & Golmen, L. (2010). Common implementation strategy guidance on setting mixing zones under the EQS directive (2008/105/EC). Vurdering av retningslinjens betydning for norske forhold. KLIF. Niva, Rapport-nr 6080.
- Tikkanen, T. & Willén, T. (1992). Växtplanktonflora, Naturvårdsverket.

Wetzel, R (2001) Limnology, Lake and River Ecosystems. 3. Utg. Academic Press.

Økland, J. (1995). Vann og vassdrag 1. Ressurser og problemer. Forlaget Vett og Viten.

Økland, J. & Økland, K. A. (1998). Vann og vassdrag 3. Kjemi, fysikk og miljø 1. Utg. Forlaget Vett og Viten.

Internett referanser:

Algaebase.org (lest 05.05.15)

Artsdatabanken.no (lest 23.04.15)

Atlas.NVE.no (lest 09.03.15)

Finn.no/kart lest 09.03.15

Gulesider.no (lest 21.03.15)

Ngu.no/kart (lest 10.03.15)

Ngu.no (lest 10.03.15)

Yr.no (lest 12.04.15)

Vedlegg

Vedlegg 1: Fysisk-kjemiske parametere - Fiskelaustjønn

Vedlegg 2: Nedbørsdata for Lunde fra Gvarv meteorologisk stasjon 2014.

Vedlegg 3: Klorofyll a

Vedlegg 4: Taxonomisk oversikt over planteplankton i Fiskelaustjønn

Vedlegg 5: Taxonomisk oversikt over dyreplankton i Fiskelaustjønn

Vedlegg 6: Taxonomisk oversikt over vannplanter og helofytter i Fiskelaustjønn

Vedlegg 1: Fysiske-kjemiske parametere - Fiskelaustjønn.

* Tatt ut p.g.a. analysefeil

Dato	Stasjon	Dyp m	pH	KOND µS/cm	ALK mekv/l	O ₂ mg/l	Farg mg Pt/l	TOC mg C/l	Ca ²⁺ mg/l	Mg ²⁺ mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	NH ₄ ⁺ µg/l	NO ₃ ⁻ µg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	Cl ⁻ mg/l	Tot-N µg N/l	Tot-P µg P/l
15.05.14	A	0	5,7	11,7	0,040	9,6	42	5,6	1,3	0,3	0,8	0,2	26	< 10	1,2	0,8	737	7
15.05.14	A	3	5,7	16,2	0,070	8,0	55	6,0	1,8	0,4	0,9	0,2	29	< 10	1,3	0,9	628	7
15.05.14	B	0	6,1	11,6	0,042	9,6	40	5,6	1,3	0,3	0,8	0,1	48	< 10	1,1	0,7	625	6
15.05.14	B	3	5,9	12,0	0,043	9,2	41	6,1	1,3	0,3	0,8	0,1	43	< 10	1,1	0,7	649	6
15.05.14	C	0	5,6	11,0	0,024	9,0	47	6,9	1,0	0,3	0,8	0,1	21	< 10	1,1	0,6	584	3
11.06.14	A	0	5,8	*	0,061	7,7	52	6,6	1,3	0,3	0,9	0,1	113	< 10	1,1	0,7	382	8
11.06.14	A	2	5,9	*	0,041	8,4	48	6,1	1,3	0,3	0,9	0,1	74	< 10	1,1	0,7	327	5
11.06.14	A	3	5,9	*	0,066	7,8	52	5,7	1,7	0,4	0,9	0,2	63	< 10	1,3	0,8	251	4
11.06.14	B	0	6,2	*	0,045	7,2	53	6,4	1,4	0,3	0,8	0,1	82	< 10	1,1	0,7	417	8
11.06.14	B	2	6,1	*	0,043	7,3	55	6,5	1,4	0,3	0,8	0,1	78	< 10	1,0	0,7	464	5
11.06.14	B	3	6,0	*	0,056	7,1	43	5,8	1,6	0,3	0,8	0,2	63	< 10	1,1	0,7	281	8
11.06.14	C	0	5,9	*	0,040	5,8	42	7,3	1,2	0,3	0,8	0,1	41	< 10	1,0	0,7	416	4
01.07.14	A	0	6,4	13,7	0,051	7,3	46	6,4	1,5	0,3	0,9	0,1	73	< 10	1,2	0,8	864	5
01.07.14	A	2	6,3	12,9	0,041	7,5	48	6,2	1,4	0,3	0,9	0,1	77	< 10	1,2	0,7	802	5
01.07.14	A	3	5,8	17,1	0,071	5,8	61	6,2	1,9	0,4	1,0	0,2	73	< 10	1,3	0,8	687	7
01.07.14	B	0	6,5	13,3	0,046	7,3	45	6,5	1,6	0,3	0,9	0,2	69	< 10	1,2	0,7	752	4
01.07.14	B	2	6,5	13,2	0,045	7,5	43	6,6	1,6	0,3	0,9	0,1	68	13	1,1	0,7	861	4
01.07.14	B	3	6,1	15,6	0,061	4,9	51	6,2	1,8	0,4	0,9	0,1	72	< 10	1,1	0,8	794	10
01.07.14	C	0	6,5	12,9	0,046	6,7	39	6,8	1,5	0,3	0,9	0,1	68	< 10	1,2	0,7	804	5
12.08.14	A	0	5,9	14,6	0,060	7,1	38	6,2	1,6	0,4	0,9	0,2	122	< 10	1,2	0,9	1172	6
12.08.14	A	2	6,2	14,7	0,056	7,2	37	6,2	1,6	0,4	0,9	0,1	108	< 10	1,2	0,8	1080	9
12.08.14	A	3	5,8	17,0	0,071	4,8	52	6,0	1,9	0,4	1,0	0,2	92	< 10	1,2	0,8	1015	9
12.08.14	B	0	6,3	14,5	0,059	7,1	33	6,3	1,8	0,4	0,8	0,1	59	< 10	1,2	0,8	1079	5

Dato	Stasjon	Dyp m	pH	KOND µS/cm	ALK mekv/l	O ₂ mg/l	Farg mg Pt/l	TOC mg C/l	Ca ²⁺ mg/l	Mg ²⁺ mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	NH ₄ ⁺ µg/l	NO ₃ ⁻ µg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	Cl ⁻ mg/l	Tot-N µg N/l	Tot-P µg P/l
12.08.14	B	2	6,3	14,6	0,059	6,5	30	6,4	1,8	0,4	0,8	0,1	83	< 10	1,2	0,8	1176	4
12.08.14	B	3	6,3	14,6	0,060	7,4	30	6,5	1,8	0,4	0,9	0,1	110	< 10	1,2	0,8	1168	5
12.08.14	C	0	6,0	15,9	0,059	7,4	38	*	1,7	0,3	0,9	0,1	< 10	< 10	1,1	0,9	*	3
09.09.14	A	0	5,7	16,2	0,044	7,0	68	9,7	1,6	0,4	0,9	0,2	46	< 10	1,3	0,9	477	2
09.09.14	A	2	5,7	16,4	0,027	6,5	70	9,3	1,7	0,4	0,9	0,1	51	< 10	1,3	0,9	493	7
09.09.14	A	3	5,6	16,5	0,025	6,7	63	8,4	1,5	0,4	0,1	0,1	44	< 10	1,3	1,0	424	16
09.09.14	B	0	5,9	16,0	0,033	7,3	68	9,5	1,8	0,4	0,9	0,1	53	< 10	1,1	0,8	499	9
09.09.14	B	2	5,5	16,7	0,024	6,8	78	11,1	1,7	0,4	0,9	0,1	96	< 10	1,1	0,9	602	6
09.09.14	B	3	5,5	16,9	0,023	6,2	81	11,2	1,7	0,4	0,9	0,1	68	< 10	1,1	0,9	548	29
09.09.14	C	0	5,7	15,6	0,022	7,5	72	10	1,5	0,3	0,9	0,1	33	< 10	1,1	0,8	477	5

Siktedyp for Fiskelaustjønn i perioden mai-september 2014.

Dato	Stasjon	Siktedyp, M
15.05.14	B	3,3
11.06.14	B	3,1
01.07.14	B	3,1
12.08.14	B	3,6
09.09.14	B	3

Vanntemperatur for Fiskelaustjønn i perioden mai-september 2014.

Dato	Stasjon	Dyp M	Temperatur °C
15.05.14	B	0	13
15.05.14	B	3	9
11.06.14	B	0	25
11.06.14	B	3	14,5
01.07.14	B	0	18,5
01.07.14	B	3	16,5
12.08.14	B	0	18
12.08.14	B	3	18
09.09.14	B	0	14
09.09.14	B	3	13

Vedlegg 2: Nedbørsdata for Lunde, Gvarv meteorologisk stasjon, mai-september 2014
(Yr.no).

Måned	Total (mm)	Maks nedbør/døgn (mm)
Mai	49,2	22,4 mm 7. mai
Juni	34,7	14,1 mm 6. jun
Juli	49,7	9,3 mm 7. jul
August	106,5	19,3 mm 31 aug
September	57,0	28,9 mm 8. sep

Vedlegg 3: Klorofyll a mengder ($\mu\text{g/l}$) for Fiskelaustjønn i perioden mai - september 2014.

Dato	Stasjon	Dyp	Klorofyll a $\mu\text{g/l}$
15.05.14	A	0	0,5
15.05.14	A	3	5,2
15.05.14	B	0	0,5
15.05.14	B	3	0,9
15.05.14	C	0	0,3
11.06.14	A	0	1,5
11.06.14	A	2	1,8
11.06.14	A	3	2,7
11.06.14	B	0	0,8
11.06.14	B	2	1,7
11.06.14	B	3	2,1
11.06.14	C	0	0,8
01.07.14	A	0	0,7
01.07.14	A	2	0,5
01.07.14	A	3	3,0
01.07.14	B	0	1,3
01.07.14	B	2	1,5
01.07.14	B	3	2,8
01.07.14	C	0	0,9
12.08.14	A	0	2,1
12.08.14	A	2	7,3
12.08.14	A	3	4,1
12.08.14	B	0	1,9
12.08.14	B	2	1,8
12.08.14	B	3	1,8
12.08.14	C	0	0,7
09.09.14	A	0	1,4
09.09.14	A	2	2,2
09.09.14	A	3	2,1
09.09.14	B	0	1,2
09.09.14	B	2	1,0
09.09.14	B	3	1,3
09.09.14	C	0	0,8

Vedlegg 4: Taxonomisk oversikt for planteplankton i Fiskelaustjønn 2014. Inndeling i grupper etter Tikkanen & Willèn (1992).

Grupper	Arter	15.05.14	11.06.14	01.07.14	12.08.14	09.09.14	
Cyanophyceae	<i>Aphanothece clathrata</i>		X				
	<i>chroococcus minutus</i>		X				
	<i>Chroococcus turgidus</i>			X			
	<i>Coelosphaerium sp</i>	X					
	<i>Limnothrix planctonica</i>					X	
	<i>Merismopedia</i>			X			
	<i>Phormidium tenue</i>		X				
	<i>Planktothrix agardhii</i>				X		
	<i>Snowella lacustris</i>			X			
	<i>Snowella septentrionalis</i>			X			
Cryptophyceae	<i>Cryptomonas sp</i>		X	X			
	<i>Plagioselmis laucustris</i>					X	
Dinophyceae	<i>Ceratium hirundinella</i>	X					
	<i>gymnodinium sp</i>		X				
	<i>Peridinium sp</i>				X		
	<i>Peridinium willei</i>				X		
Chrysophyceae	<i>Bitrichia chodati</i>			X			
	<i>Bitrichia longispina</i>		X				
	<i>Bitrichia phaseolus</i>					X	
	<i>Chrysostephanosphaera</i>			X			
	<i>Dinobryon acuminatum</i>		X	X			
	<i>Dinobryon bavaricum</i>	X	X	X			
	<i>Dinobryon crenulatum</i>				X		
	<i>Dinobryon divergens</i>		X				
	<i>Dinobryon sociale var</i>	X				X	
	<i>Dinobryon sp</i>		X				
	<i>Spiniferomonas sp</i>		X				
	<i>Synura sp</i>	X		X			
	<i>Uroglena sp</i>	X	X	X	X		
Diatomophyceae	<i>Nitzschia sp</i>					X	
	<i>Tabellaria fenestrata</i>	X					
	<i>Tabellaria flocculosa</i>	X					
Euglenophyceae	<i>Phacus sp</i>		X				
Chlorophyceae	<i>Ankistrodesmus sp</i>		X				
	<i>Botryococcus braunii</i>	X	X	X	X		
	<i>Elakatothrix gelatinosa</i>		X				
	<i>Elakatothrix genevensis</i>		X	X		X	
	<i>Korshikoviella limnetica</i>				X	X	
	<i>Moneraphidium</i>			X			
	<i>Oocystis lacustris</i>		X	X			
	<i>Oocystis rhomboidea</i>		X	X			
	<i>Pandorina morum</i>				X		
	<i>Sphaerocystis schroeteri</i>	X	X	X			
	<i>Tetraspora</i>				X		
	Conjugatophyceae	<i>Closterium acerosum</i>	X				
		<i>Closterium kuetzingii</i>			X		
<i>Closterium sp</i>			X			X	
<i>Cosmarium portianum</i>			X				
<i>Genicularia elegans</i>			X				
<i>Micrasterias verrucosa</i>		X					
<i>Mougeotia sp</i>			X				
<i>Spondylosium planum</i>		X					
<i>Staurastrum anatinum</i>				X			
<i>Staurastrum paradoxum</i>			X				
<i>Staurodesmus</i>		X					

Grupper	Arter	15.05.14	11.06.14	01.07.14	12.08.14	09.09.14
Conjugatophyceae	<i>Staurodesmus crassus</i>		X			
	<i>Staurodesmus dejectus</i>			X		
	<i>Xanthidium armatum</i>	X				
	<i>Xanthidium sp</i>	X				
	<i>Xanthidium octocorne</i>			X		
	Sum	15	27	21	9	8

Vedlegg 5: Taxonomisk oversikt over dyreplankton i Fiskelaustjønn 2014. (Inndeling i grupper etter Blomqvist, m.fl (1976).

Grupper	Arter	15.05.14	11.06.14	01.07.14	12.08.14	09.09.14
Rotatoria	<i>Conochilus hippocrepis</i>	X	X	X	X	X
	<i>Ascomorpha sp</i>		X	X		
	<i>Asplanchna priodonta</i>	X				
	<i>Kellicottia longispina</i>	X		X	X	X
	<i>Keratella cochlearis</i>				X	
	<i>Polyarthra sp</i>		X			
	<i>Polyarthra vulgaris</i>	X	X	X	X	
	<i>Trichocercidae rousseleti</i>					X
Crustacea	<i>Bosmina longirostris</i>	X	X	X	X	
	<i>Bosmina longispina</i>		X			
	<i>Calanoida ubest. cop.</i>	X	X	X	X	X
	<i>Calanoida ubest. naup.</i>	X				X
	<i>Ceriodaphnia quadragula</i>		X			
	<i>Cyclopoida ubest. cop.</i>		X			X
	<i>Cyclopoida ubest. naup.</i>	X	X	X	X	X
	<i>Daphnia cucullata</i>		X		X	
	<i>Daphnia longispina</i>					
	<i>Diaphanosoma</i>	X	X	X		
	<i>Holopedium gibberum</i>		X	X	X	X
	Sum	9	13	9	9	8

Vedlegg 6: Taxonomisk oversikt over vannplanter og helofytter i Fiskelaustjønn 2014.

Grupper	Latinsk navn	Norsk navn
Ekte vannplanter	<i>Nymphaea alba L. coll</i>	Hvit nøkkerose
	<i>Potamogeton natans L</i>	Tjønnaks
	<i>Sparganium natans L</i>	Småpiggnopp
Helofytter og myrvegetasjon	<i>Carex lasiocarpa</i>	Trådstarr
	<i>Carex rostrata</i>	Flaskestarr
	<i>Carex vesicaria</i>	Sennegras
	<i>Menyanthes. trifoliata L</i>	Bukkeblad
	<i>Phragmites. australis</i>	Takrør
	<i>Scheuchzeria. palustris</i>	Sivblom