



MILJØ-  
DIREKTORATET

Overvåkningsrapport M-1777 | 2020 - 2020

# ØKOSTOR 2019: Basisovervåking av store innsjøer

UTARBEIDET AV:  
Norsk institutt for vannforskning (NIVA)  
Norsk institutt for naturforskning (NINA)



# KOLOFON

## Utførende institusjon (institusjonen er ansvarlig for innholdet i rapporten)

Norsk institutt for vannforskning (NIVA), Norsk institutt for naturforskning (NINA)

## Oppdragstakers prosjektansvarlig

Anne Lyrche Solheim

## Kontaktperson i Miljødirektoratet

Gunnar Skotte

## M-nummer

M-1777|2020

## År

2020

## Sidetall

203

## Miljødirektoratets kontraktnummer

17078025

## Utgiver

Miljødirektoratet, NIVA-rapport 7536-2020  
ISBN 978-82-577-7271-0

## Prosjektet er finansiert av

Miljødirektoratet

## Forfatter(e)

Lyrche Solheim, A., Schartau, A.K., Bongard, T., Bækkelie, K.A.E., Dahl-Hansen, G., Demars, B., Dokk, J.G., Gjelland, K.Ø., Hammenstig, D., Havn, T.B., Jensen, T.C., Lie, E.F., Mjelde, M., Persson, J., Sandlund, O.T., Skjelbred, B., Solhaug Jenssen, M.T., Walseng, B.

## Tittel - norsk og engelsk

ØKOSTOR 2019: Basisovervåking av store innsjøer. Uprøving av metodikk for overvåking og klassifisering av økologisk tilstand i henhold til vannforskriften.  
Surveillance monitoring of large Norwegian lakes 2019. Testing of methodology for monitoring and classification of ecological status according to the Water Framework Directive.

## Sammendrag - summary

Rapporten presenterer resultatene fra det 5. året med basisovervåking av økologisk tilstand i store norske innsjøer i henhold til vannforskriften. I 2019 omfattet programmet følgende ti innsjøer: Nisser, Tinnsjø, Norsjø, Eikeren, Gjende, Mjøsa, Randsfjorden, Tyrifjorden, Selbusjøen og Takvatnet. Resultatene for 2019 viser at Takvatnet er i *svært god* tilstand, mens Nisser, Tinnsjø, Mjøsa og Selbusjøen er i *god* økologisk tilstand ut fra de kvalitetsselementene som er lagt til grunn. Mjøsa hadde imidlertid betydelige oppblomstringer av cyanobakterier i store deler av strandsonen, noe som medførte advarsler mot bading i juli 2019. For Selbusjøen indikerer tidligere fiskeundersøkelser at tilstanden er dårlig pga fremmede høyrisikoarter (Mysis, ørekyt, gjedde). Norsjø, Randsfjorden og Tyrifjorden er i *moderat* tilstand pga regionalt fremmede høyrisikoarter (ørekyt eller mort), mens Eikeren er i moderat tilstand pga. redusert dominans av sik og ørret. For Norsjø er også vannplanter i *moderat* tilstand mht trofi-indeksen. Gjende er i *moderat* tilstand pga både planteplankton og fisk ( redusert ørretbestand). Usikkerheten i klassifiseringen er middels for de fleste innsjøene, men fortsatt høy for Gjende, pga manglende klassegrenser for biologiske kvalitetsselementer i bresjøer.

## 4 emneord

Basisovervåking, Store innsjøer,  
Vannforskriften, Økologisk tilstand

## 4 subject words

Surveillance monitoring, Large lakes, EU Water  
Framework Directive, Ecological status

## Forsidefoto

Eikeren 13. august 2019, Foto: Jonas Persson, NIVA

# Forord

Denne rapporten inneholder resultatene fra det 5. året av basisovervåkingen av økologisk tilstand i store innsjøer iht vannforskriften. Overvåkingen i 2019 har omfattet totalt ti innsjøer: Nisser, Tinnsjø, Norsjø, Eikeren, Tyrifjorden, Randsfjorden, Mjøsa og Gjende på Østlandet, Selbusjøen i Trøndelag og Takvatnet i Nord-Norge. Gjende, Mjøsa, Selbusjøen og Takvatnet er kun undersøkt mht de pelagiske kvalitetselementene i 2019. Arbeidet er utført som et samarbeid mellom NIVA og NINA på oppdrag fra Miljødirektoratet (kontrakt nr. 17078025). NIVA har prosjektledelsen, samt hovedansvar for planteplankton, vannplanter og fysisk-kjemiske kvalitetselementer, mens NINA har hovedansvar for krepsdyrplankton, litorale småkreps, bunndyr og fisk. Fisk ble undersøkt av NINA i et eget FoU prosjekt, men et utdrag av resultatene er inkludert i denne rapporten.

Prosjektgruppen har bestått av følgende personer:

Anne Lye Solheim, NIVA (prosjektleder NIVA, koordinering av feltarbeid og rapportering, ansvarlig vannkjemiske undersøkelser, hovedansvarlig for rapportering),

Ann Kristin Schartau, NINA (prosjektleder NINA, koordinering av feltarbeid og rapportering, ansvarlig krepsdyr- og bunndyrundersøkelser, medansvarlig for rapportering),

Jonas Persson, NIVA (koordinering av pelagisk feltarbeid, gjennomføring pelagisk feltarbeid på Østlandet, databearbeiding av vertikalprofiler),

Knut Andreas Eikland Bækkelie, NINA (koordinering av pelagisk feltarbeid, bunndyrundersøkelser, fiskeundersøkelser),

David Hammenstig, Akvaplan-niva (pelagisk feltarbeid i Takvatnet),

Geir Dahl-Hansen, Akvaplan-niva (pelagisk feltarbeid i Takvatnet),

Benoît Demars, NIVA (vannplanteundersøkelser),

Marthe Torunn Solhaug Jensen (vannplanteundersøkelser),

Marit Mjelde, NIVA (ansvarlig vannplanteundersøkelser),

Birger Skjelbred, NIVA (ansvarlig planteplanktonundersøkelser),

Thomas C. Jensen, NINA (krepsdyrundersøkelser),

Bjørn Walseng, NINA (krepsdyrundersøkelser),

John Gunnar Dokk, NIVA (pelagisk feltarbeid Gjende),

Torgeir B. Havn, NIVA (pelagisk feltarbeid Selbusjøen),

Karl Øystein Gjelland, NIVA (prosjektleder og koordinering fiskeundersøkelser),

Erik Friele Lie, NINA (fiskeundersøkelser),

Odd Terje Sandlund, NINA (fiskeundersøkelser).

Statens Naturoppsyn, SNO, har bistått med båt og båtførere for det pelagiske feltarbeidet på alle innsjøene, og takkes for glimrende samarbeid og koordinering ved seksjonssjef Arnstein Johnsen. SNO's båtførere Torbjørn Berglund, Finn Bjormyr, Odd Magne Kvålshagen, Tor Dahl, Gry Liljefors og Lars Tore Ruud takkes for utrettelig og profesjonell manøvrering av SNO-båtene, samt for utmerket feltassistanse til NINAs og NIVAs personell. Vi vil også takke Benno N. Dillinger (tidl. NINA, nå NIVA), Svein Erik Sloreid (tidl. NINA, nå pensjonist), som bisto med feltassistanse ved litoral prøvetaking og Vegard M. Ambjørndalen, NINA, for feltassistanse ved pelagisk prøvetaking i Selbusjøen. Universitetet i Tromsø - Norges Arktiske Universitet, v. Per-Arne Amundsen, takkes for utlån av båt til én runde med pelagisk prøvetaking i Takvatnet.

For Mjøsa er de pelagiske kvalitetselementene (vannkjemi, planteplankton og krepsdyrplankton) undersøkt av NIVA i et eget tiltaksrettet overvåkingsprosjekt finansiert av

Vassdragsforbundet for Mjøsa med tilløpselver (Lyche Solheim mfl. 2020). Jan-Erik Thrane, NIVA, har utført den pelagiske prøvetakingen i Mjøsa. Resultatene fra hovedstasjonen Skreia er rapportert her.

Tina Bryntesen ved NIVAs laboratorium har sammenstilt og kvalitetssikret alle rådata fra de vannkjemiske analysene, mens Siri Moy, NIVA, har utarbeidet tabeller i rapportens kapitler 2 og 3, og sammenstilt vedleggene. Stasjonskartene i figur 1 og i vedlegg A er utarbeidet av John Rune Selvik, NIVA. NIVAs instrumentsentral har vært behjelpelig med råd og teknisk støtte mht vedlikehold og bruk av multisensorsonden og rosettsampleren. Alle takkes for god innsats.

Vi vil også takke Hanne Edvardsen, firma Edvardsen Hannes hage, som har assistert under vannplanteregistreringene, Terje Bongard, NINA, som har bistått i forbindelse med bunndyrbestemmelsene og Eva Klausen, NVE, som har skaffet til veie vannstandsdata.

Fiskeundersøkelsene er gjennomført som del av et annet prosjekt (kontrakt nr. 19087219, Fisk i store innsjøer - FIST 2019), ledet av Karl Øystein Gjelland og Odd Terje Sandlund, NINA. Ytterligere informasjon om fiskeundersøkelsene og hvem som har bidratt til gjennomføring av disse presenteres i årsrapporten fra FIST 2019 (Gjelland mfl. under arbeid).

Sigrid Haande, NIVA, og Tor Atle Mo, NINA, har kvalitetssikret rapporten.

Oslo, september 2020

Anne Lyche Solheim, NIVA  
seniorforsker,  
seksjon for ferskvannøkologi

Ann Kristin Schartau, NINA  
seniorforsker

# Innhold

<b>Forord</b> .....	<b>3</b>
<b>Sammendrag</b> .....	<b>8</b>
<b>Summary</b> .....	<b>12</b>
<b>1. Innledning</b> .....	<b>16</b>
1.1 Bakgrunn .....	16
1.2 Mål og innhold .....	17
<b>2. Presentasjon av innsjøene</b> .....	<b>19</b>
2.1 Geografisk lokalisering .....	19
2.2 Vannstandsvariasjoner.....	21
2.3 Vanntyper .....	23
<b>3. Materiale og metoder</b> .....	<b>26</b>
3.1 Prøvetaking og klassifisering av alle kvalitetselementer unntatt fisk .....	26
3.1.1 Feltmetoder .....	26
3.1.2 Klassifisering av siktedyp og total fosfor i Gjende .....	28
3.1.3 Klassifiseringsmetode for småkreps mht eutrofiering .....	30
3.1.4 Klassifisering av litorale bunndyr.....	30
3.2 Fisk.....	31
3.2.1 Innsamlingsmetodikk .....	31
3.2.2 Fiskeindekser.....	32
3.2.3 Fremmede arter .....	33
3.3 Hydromorfologiske kvalitetselementer .....	33
<b>4. Resultater pr. kvalitetselement</b> .....	<b>34</b>
4.1 Fysisk-kjemiske parametere .....	34
4.1.1 Datagrunnlag .....	34
4.1.2 Klassifisering av økologisk tilstand for eutrofieringsrelevante parametere .....	35
4.1.3 Klassifisering av økologisk tilstand for forsuringsrelevante parametere.....	39
4.1.4 Vertikalprofiler av fysisk-kjemiske parametere: temperatur, oksygen, pH, ledningsevne og turbiditet.....	41
4.2 Planteplankton .....	42
4.2.1 Vertikalprofiler av klorofyll fluorescens.....	42
4.2.2 Artsantall og artssammensetning av planteplankton .....	45
4.2.3 Klassifisering av økologisk tilstand for planteplankton.....	48
4.3 Vannplanter .....	49
4.3.1 Artsantall og artssammensetning.....	50
4.3.2 Klassifisering av økologisk tilstand mht. eutrofiering .....	52

4.3.3	Klassifisering av økologisk tilstand mht. vannstandsregulering .....	53
4.3.4	Klassifisering av økologisk tilstand mht. forsurening .....	54
4.3.5	Endringer 2015-2019 .....	55
4.4	Småkreps og bunndyr .....	56
4.4.1	Artsantall og artssammensetning av småkreps .....	56
4.4.2	Krepsdyrplanktonet: tetthet og artssammensetning .....	59
4.4.3	Vurdering av økologisk tilstand basert på småkreps.....	61
4.4.4	Artsantall og artssammensetning av bunndyr i Eikeren .....	63
4.4.5	Vurdering av økologisk tilstand (Eikeren) basert på bunndyr .....	64
4.5	Fisk.....	64
4.5.1	Registrerte fiskearter og total fiskebiomasse .....	64
4.5.2	Økologisk tilstand.....	66
4.5.3	Fiskesamfunnet i den enkelte innsjø .....	68
<b>5.</b>	<b>Tilstandsvurdering pr. innsjø .....</b>	<b>72</b>
5.1	Innledning inkl. usikkerhetsvurdering .....	72
5.2	Nisser .....	74
5.3	Norsjø.....	78
5.4	Tinnsjø.....	82
5.5	Eikeren.....	86
5.6	Gjende.....	91
5.7	Mjøsa.....	96
5.8	Randsfjorden.....	100
5.9	Tyrifjorden .....	104
5.10	Selbusjøen.....	109
5.11	Takvatnet .....	113
5.12	Økologisk tilstand alle innsjøer inkl. usikkerhetsvurderinger .....	116
<b>6.</b>	<b>Referanser .....</b>	<b>122</b>
	<b>Vedlegg A. Dybdekart.....</b>	<b>128</b>
	<b>Vedlegg B. Oversikt over målestasjoner (tabeller med koordinater og kart) .....</b>	<b>139</b>
	<b>Vedlegg C. Vannkjemiske data fra blandprøver, samt siktedyp .....</b>	<b>148</b>
	<b>Vedlegg D. Vannkjemiske data fra enkeltdyp våren 2019 .....</b>	<b>161</b>
	<b>Vedlegg E. Vertikalprofiler av temperatur, oksygen, fluorescens, pH, ledningsevne og turbiditet basert på sondemålinger .....</b>	<b>164</b>
	<b>Vedlegg F. Planteplankton - supplerende resultater .....</b>	<b>185</b>
	F1. Absoluttverdier av alle parametere.....	185
	F2. Artssammensetning av planteplankton .....	185
	<b>Vedlegg G. Vannplanter - artslister .....</b>	<b>188</b>
	<b>Vedlegg H Småkreps og bunndyr - supplerende metodikk og resultater.....</b>	<b>190</b>

H1 Eutrofieringsindekser basert på småkreps (CIT) og bunndyr (ASPT) .....	190
H2 Beskrivelse av småkrepsfaunaen .....	191
H3 Småkreps - indeksverdier .....	197
H4 Bunndyr - indeksverdier og diversitet .....	198
<b>Vedlegg I. Tarmbakterier i Gjende .....</b>	<b>199</b>

## Sammendrag

Overvåking av store innsjøer er et eksplisitt krav i vannforskriften og ble igangsatt av Miljødirektoratet i 2015. Dette kravet bunner i den betydningen store innsjøer har for viktige økosystemtjenester for store befolkningsgrupper, bl.a. vannforsyning, rekreasjon, fiske, turisme, flomdemping og retensjon av næringssalter. Resultatene skal primært brukes til å fastsette økologisk tilstand, men vil også generere ny limnologisk og økologisk kunnskap om våre store innsjøer, inkludert biologisk mangfold, produktivitet, trofiske interaksjoner og selvrensingsevne. Denne kunnskapen kan i neste omgang brukes til å forbedre klassifiseringssystem og forvaltningsplaner for våre store innsjøer med hensyn til kombinasjoner av flere kjente påvirkninger (eutrofiering/regulering), samt nyere miljøutfordringer knyttet til klimaendringer og introduserte/invaderende arter.

Rapporten presenterer resultater fra basisovervåking av ti av Norges store innsjøer i 2019. Miljøtilstanden i store norske innsjøer har vært undersøkt tidligere, også før vanddirektivet, men for de fleste innsjøene har det vært tidsbegrensede undersøkelser av ulik varighet og omfang. Tidligere data gir derfor ikke grunnlag for en fullstendig klassifisering av dagens økologiske tilstand iht vannforskriften. Målsettingen med basisovervåkingen av store innsjøer er å klassifisere økologisk tilstand iht vannforskriften basert på overvåking av alle relevante kvalitetselementer. En tilleggs målsetting har vært tilpasning og utprøving av eksisterende metoder for overvåking og klassifisering til bruk i store, dype innsjøer.

Følgende ti innsjøer var med i overvåkingen i 2019: Nisser, Norsjø og Tinnsjø i økoregion Sørlandet, Eikeren, Gjende, Mjøsa, Randsfjorden og Tyrifjorden i økoregion Østlandet, Selbusjøen i Midt-Norge og Takvatnet i økoregion Finnmark og indre Troms. Gjende, Mjøsa, Selbusjøen, og Takvatnet overvåkes hvert år mht pelagiske kvalitetselementer. Gjende har vært undersøkt hvert år siden 2015, Selbusjøen hvert år siden 2016 og Takvatnet f.o.m. 2018. Mjøsa har vært overvåket mht pelagiske kvalitetselementer siden 1970-årene, men ble supplert med vannplanter og småkreps i 2017 (i regi av ØKOSTOR) og fisk i 2018 (i regi av FIST-prosjektet).

Overvåkingen i 2019 omfattet Norges største innsjø (Mjøsa) og de største innsjøene på Østlandet, samt Gjende i Jotunheimen, som er Norges mest ikoniske fjellsjø. Norsjø, Tinnsjø, Gjende og Selbusjøen er kalkfattige, Nisser er svært kalkfattig, mens Eikeren, Randsfjorden og Takvatnet er moderat kalkrike. Mjøsa og Tyrifjorden har kalsiumkonsentrasjon nær typegrensen kalkfattig/moderat kalkrik. Ingen av innsjøene er humøse, men Randsfjorden, Tyrifjorden og Selbusjøen har noe høyere humusinnhold enn de andre innsjøene. Tinnsjø og Takvatnet er svært klare, Eikeren og Mjøsa er nær typegrensen klar/svært klar. Gjende er turbid pga brepartikler og tilhører en vanntype som det foreløpig ikke er utviklet noe klassifiseringssystem for, men har her blitt klassifisert som om den var en kalkfattig, klar fjellsjø. Klassifiseringen av fosfor og siktedyp har imidlertid blitt korrigert mht bidraget fra brepartiklene ved bruk av modeller fra bresjøer i Alaska.

Selbusjøen er sterkt modifisert pga vannkraft. Miljømålet for denne er *godt* økologisk potensial. Økologisk potensial kan ikke vurderes ut fra klassifiseringssystemet for økologisk tilstand. Innsjøen er likevel klassifisert for å kunne vurdere effekter av reguleringen og andre



påvirkninger på økosystemet. Resultatene kan ikke brukes til å fastsette eventuelt avvik fra miljømålet i vannforskriften, men som innspill til videre forvaltning av sterkt modifiserte innsjøer.

Resultatene som presenteres for de fleste innsjøene omfatter alle biologiske kvalitetselementer og de generelle fysisk-kjemiske støtteparametere som har relevans for hhv eutrofiering (fosfor, nitrogen og siktedyp) og forsurening (pH, ANC og labilt aluminium), samt hydromorfologiske kvalitetselementer. I tillegg presenteres vertikalprofiler av klorofyll fluorescens, temperatur, oksygen, turbiditet, ledningsevne og pH. I Mjøsa, Selbusjøen og Takvatnet ble kun de pelagiske kvalitetselementene overvåket i 2019. Litorale småkrepser ble undersøkt i alle de øvrige innsjøene. Det samme gjaldt for vannplanter, unntatt i Gjende, der litoralsonen anses som uegnet for vannplanter. Litorale bunndyr ble kun undersøkt i Eikeren.

Metodikken følger stort sett retningslinjene i klassifiseringsveilederen, men prøvetaking på store vanddyb (>100 m) har medført behov for spesielt prøvetakingsutstyr, som normalt brukes i oseanografiske undersøkelser, sånn som rosett-sampler, multisensor-sonde, stor dyreplanktonhåv (Mysis-håv), samt båt med motorisert linehaler og løftekran til det pelagiske feltarbeidet. Dette utstyret gir samtidig en mer effektiv prøvetaking av hele vannsøylen og bedre romlig oppløsning på viktige fysisk-kjemiske parametere. Månedlige prøverunder i vekstsesongen ble gjennomført for de pelagiske kvalitetselementene (planteplankton, krepsdyrplankton og vannkjemi). Vannprøver og prøver av krepsdyrplankton ble også tatt på senvinteren i Gjende og Takvatnet, men lot seg ikke gjøre i de øvrige innsjøene pga usikker is. I Eikeren ble to pelagiske stasjoner prøvetatt for å sjekke representativiteten til den ene opprinnelige stasjonen. Litorale småkrepser ble prøvetatt tre ganger på 8-10 stasjoner pr. innsjø. Litorale bunndyr ble kun undersøkt i Eikeren, to ganger på 8 stasjoner. Vannplanter ble undersøkt én gang i juli/august for artssammensetning på 15-20 stasjoner, og nedre voksegrense ble registrert på 8 av disse stasjonene pr. innsjø.

En ny indeks for småkrepser mht eutrofieringseffekter er benyttet, selv om denne ennå ikke er inkludert i klassifiseringsveilederen.

Metodikken for innsamling av fisk utprøves i et eget FoU prosjekt (FIST-prosjektet) og omfatter garnfiske og hydroakustiske registreringer, som ble gjennomført i august/september i alle innsjøene unntatt Mjøsa, Selbusjøen og Takvatnet. I tillegg ble tråling utført i Nisser, Tinnsjø og Randsfjorden. Et utdrag av resultatene fra FIST-prosjektet er inkludert i denne rapporten.

Rapporten presenterer resultater for hvert enkelt kvalitetselement (på tvers av innsjøer) (kap. 4) og for hver enkelt innsjø (på tvers av kvalitetselementer) (kap. 5).

Vertikalprofilene av vannkjemiske parametere og temperatur viser at ingen av innsjøene hadde noe tydelig maksimum av klorofyll fluorescens, unntatt Gjende, som viste et tydelig maksimum på 17 m dyp under isen i april og fra 17-27 m i juli til tross for manglende temperatursjiktning. Det var en stor kiselalgeart som utgjorde mesteparten av disse toppene i fluorescens. Vi har foreløpig ingen forklaring på hvordan dette kan skje. Sommeren 2019 var varmere enn normalt, med maksimumstemperatur over 19 °C i de fleste innsjøene på Sørlandet og Østlandet i august, 17 °C i Tinnsjø og ca. 14-15 °C i Selbusjøen og Takvatnet, mens Gjende hadde 12 °C (fem grader varmere enn i 2017). Termoklinen lå på 15-20 m i de fleste innsjøene i Sør-Norge, men noe grunnere (5-10 m) i Selbusjøen og Takvatnet. I Gjende var det tydeligere sjiktning i vannmassene i 2018 og 2019 enn i 2015-, 2016 og 2017. Turbiditeten var lav i alle innsjøene

bortsett fra i Gjende, der den var mye høyere begge somrene 2018 og 2019 (>7 FTU) enn i årene 2015-2017 (<3 FTU). Årsaken er økt lufttemperatur som gir rask bresmelting og stor tilførsel av breparkler. Oksygengevinn i dypvannet ble ikke observert i noen av innsjøene, men Takvatnet hadde kraftig overmetning av oksygen (>110 %) i epilimnion i slutten av juli og >105 % mesteparten av sommeren fra overflaten og helt ned til 30 m dyp.

Artsantallet var generelt høyest for alle de biologiske kvalitetselementene i de moderat kalkrike innsjøene på Østlandet (Mjøsa, Randsfjorden, Tyrifjorden) og lavest i Gjende for alle sammenlignbare kvalitetselementer (planteplankton, småkreps og fisk). For vannplanter var artsantallet lavest i Tinnsjø.

De biologiske kvalitetselementene viste *svært god* eller *god* økologisk tilstand i alle innsjøene, med følgende unntak som ga *moderat* tilstand: Planteplankton og fisk i Gjende, vannplanter (trofi-indeksen) og fisk i Norsjø, fisk i Eikeren, Randsfjorden og Tyrifjorden. I Norsjø, Randsfjorden og Tyrifjorden skyldtes den *moderate* tilstanden for fisk nedgradering pga forekomst av regionalt fremmede høyrisikoarter (ørekryt eller mort), mens *moderat* tilstand i Eikeren og Gjende skyldes andre endringer i fiskesamfunnet: redusert dominans av sik og ørret i Eikeren, og redusert ørretbestand i Gjende.

Planteplankton gir *svært god* tilstand i alle innsjøene, unntatt Mjøsa, som får *god* tilstand og Gjende som får *moderat* tilstand, men Gjende kan være for strengt klassifisert pga manglende grenseverdier for bresjøer. Klorofyll-konsentrasjonene var svært lave (ca. 1 µg/l) i syv av innsjøene og ca. 1,5 µg/l i Norsjø og Gjende og nesten 3 µg/l i Mjøsa. Dominerende taksa var gullalger, kiselalger og svelgflagellater, som er typiske for oligotrofe innsjøer, bortsett fra Nisser som hadde mye grønnalger. Store kiselalger dominerte på sensommeren i Mjøsa og Gjende, og kan være et tegn på en svak eutrofieringspåvirkning. Maksimum biomasse av cyanobakterier i epilimnion var imidlertid svært lav i alle innsjøene, til tross for kraftig oppblomstring i strandsonen rundt Mjøsa i juli, noe som medførte badeforbud. Dette illustrerer at tilstanden på den pelagiske stasjonen langt fra land ikke reflekterer forholdene nær land i store innsjøer mht planteplankton.

Vannplanter indikerte *svært god* eller *god* tilstand i alle innsjøene unntatt Norsjø, som fikk *moderat* tilstand pga eutrofieringseffekter. Den *moderate* tilstanden i Norsjø er en forverring sammenlignet med 2015-undersøkelsen, da vannplantene var i *god* tilstand. To innsjøer synes å ha fått bedre tilstand for vannplanter: I Nisser indikerte foruringsindeksen at tilstanden er endret fra *moderat* i 2015 til *god* i 2019. I Tinnsjø indikerte reguleringsindeksen en forbedring fra *god* tilstand i 2015 til *svært god* tilstand i 2019. Totalt åtte rødlistearter ble registrert. Den fremmede arten vasspest ble funnet i Norsjø, Tyrifjorden, Randsfjorden og Eikeren, men dannet ikke store bestander i noen av innsjøene. Krypsiv ble funnet i moderate bestander i Nisser, Norsjø, Tinnsjø og i Eikeren og i små bestander i Randsfjorden og Tyrifjorden.

Krepsdyrplanktonet var dominert av hoppekreps i de fleste innsjøene, mens vannlopper hadde størst relativ forekomst i Tinnsjø. Andelen dafnier, som er de mest effektive algebeiterne, var høyest i Tinnsjø og Mjøsa og i dypere vannlag i de fleste andre innsjøene, med unntak av Nisser og Norsjø, der dafnier hadde svært lav forekomst. Den lave forekomsten av dafnier har trolig sammenheng med svært lavt kalkinnhold til Nisser, mens årsaken er uklar for Norsjø. Småkreps ble klassifisert til å ha *moderat* tilstand mht eutrofiering (den nye CIT-indeksen) i Eikeren, *god* tilstand i Nisser og Tyrifjorden og *svært god* tilstand i de andre innsjøene som ble undersøkt i

2019 (Norsjø, Tinnsjø, Gjende og Randsfjorden). Forsuringsindeksene for småkreps viste *svært god* tilstand i alle de kalkfattige innsjøene, inkludert Nisser, som er *svært* kalkfattig.

Tre av de sju innsjøene som ble undersøkt i 2019 hadde en artsfattig fiskefauna (1-6 arter) dominert av laksefisk. Dette var Nisser, Tinnsjø og Gjende, der sistnevnte kun har ørret. Norsjø, Eikeren, Tyrifjorden og Randsfjorden hadde en ganske artsrik fiskefauna (12-13 arter). Pelagisk fiskebiomasse per hektar var størst i Eikeren, Norsjø og Randsfjorden (12-16 kg/ha), middels i Nisser, Tinnsjø og Tyrifjorden (4,5-7 kg/ha) og *svært* lav i Gjende (0,3 kg/ha). Eutrofieringsindeksen WS-FBI viste *svært god* tilstand i alle de syv undersøkte innsjøene, unntatt Norsjø, som var akkurat på grensen *svært god/god*. NEFI indeksen ga *svært god* tilstand kun i Nisser, *god* i Norsjø, Tyrifjorden og Randsfjorden og *moderat* nær klassegrensen til *god* i Eikeren. Gjende ble kun klassifisert ved hjelp av %bestandsnedgang for ørret, som var eneste art, og den ga *moderat* tilstand på grensen *god/moderat*. Denne indeksen kunne ikke benyttes for tilstandsklassifisering av de øvrige innsjøene. Tilstanden for fisk ble imidlertid nedgradert fra *svært god* til *god* i Nisser og Tinnsjø, samt fra *god* til *moderat* i Norsjø, Randsfjorden og Tyrifjorden pga forekomst av regionalt fremmede fiskearter klassifisert med høy eller *svært* høy risiko i Fremmedartslista 2018. Nedgraderingen i økologisk tilstand for fisk påvirker den endelige klassifiseringen for fem av de syv innsjøene som ble undersøkt mht. fisk.

De vannkjemiske eutrofieringsparameterne ga *svært god* eller *god* tilstand i alle innsjøene. To innsjøer (Tinnsjø og Takvatnet) er ultraoligotrofe (Tot-P på 2 µg/l og siktedyp på 10-12 m). Syv innsjøer (Nisser, Norsjø, Eikeren, Mjøsa, Randsfjorden, Tyrifjorden og Selbusjøen) er oligotrofe (Tot-P på 4-5 µg/l og siktedyp på 5-8 m). Gjende hadde vesentlig høyere fosforkonsentrasjon (Tot-P på 8 µg/l, PO<sub>4</sub> på 6 µg/l) og lavere siktedyp (3,4 m) enn de andre innsjøene, hovedsakelig pga brepartikler. Bakterierprøvene fra Gjende viste ikke tegn til kloakkutslipp. Resultatene for Gjende ga *god* tilstand etter korrigeringsbidraget fra brepartiklene til Tot-P og siktedyp. Nitrogen var i *dårlig* tilstand i Eikeren og i *moderat* tilstand i Mjøsa, Randsfjorden og Tyrifjorden, men er ikke brukt i vurdering av samlet tilstand, da ingen av innsjøene tilfredsstilte kriteriene for nitrogenbegrensning av planteplankton.

De vannkjemiske forsuringsparameterne ga *svært god* tilstand i alle innsjøene der forsuring kan være en relevant påvirkning (kalkfattige innsjøer), bortsett fra i Nisser, der de ga *god* tilstand.

Samlet økologisk tilstand på tvers av alle de undersøkte kvalitetselementene viste at Nisser, Takvatnet var i *svært god* tilstand, mens Tinnsjø, Mjøsa og Selbusjøen var i *god* økologisk tilstand i 2019 ut fra de kvalitetselementene som er lagt til grunn. Mjøsa har *god* tilstand for planteplankton på den pelagiske stasjonen langt fra land, men likevel betydelige oppblomstringer av cyanobakterier i store deler av strandsonen, noe som medførte advarsler mot bading i juli 2019. For Selbusjøen indikerer tidligere fiskeundersøkelser at tilstanden er *dårlig* pga effekter av fremmede høyrisikoarter (Mysis, ørekyt, gjedde). Våre tilstandsvurderinger kan ikke kobles til økologisk potensial for Selbusjøen, og kan dermed ikke si noe om avstand fra målet om *godt* økologisk potensial, men er ment som innspill til en diskusjon om videre forvaltning av innsjøen. Norsjø, Randsfjorden og Tyrifjorden var i *moderat* tilstand pga forekomst av regionalt fremmede høyrisikoarter (ørekyt eller mort), mens Eikeren var i *moderat* tilstand pga. redusert dominans av sik og ørret. For Norsjø er også vannplanter i *moderat* tilstand mht trofi-indeksen. Gjende er i *moderat* tilstand pga både planteplankton og fisk ( redusert ørretbestand). Usikkerheten i klassifiseringen er middels for de fleste innsjøene, men høy for Eikeren pga usikker metode for vurdering av bestandsendringer for fisk, og høy for Gjende, pga manglende klassegrenser for biologiske kvalitetselementer i bresjøer.

## Summary

Monitoring of large lakes is an explicit requirement in the Water Framework Directive (WFD) and was initiated by the Norwegian Environment Agency in 2015. This requirement is based on the importance of large lakes for important ecosystem services for large human populations, e.g. water supply, recreation, fishing, tourism, flood reduction and nutrient retention. The results will primarily be used to determine ecological status but will also generate new limnological and ecological knowledge about our large lakes, including biodiversity, productivity, trophic interactions and self-purification ability. This knowledge can in turn be used to improve the classification system and management plans for our large lakes with regard to combinations of several known impacts (eutrophication / regulation), as well as recent environmental challenges related to climate change and introduced / invasive species.

The report presents results from surveillance monitoring of ten large Norwegian lakes in 2019. The environmental condition of large Norwegian lakes has been investigated previously, also before the WFD, but for most lakes there have been short-term studies of varying duration and scope. Previous data therefore do not provide a basis for a complete classification of the current ecological status in accordance with the WFD. The objective of the surveillance monitoring of large lakes is to classify ecological status in accordance with the WFD based on monitoring of all relevant quality elements. An additional objective has been the adaptation and testing of existing methods for monitoring and classification for use in large, deep lakes.

The following ten lakes were included in the monitoring in 2019: Nisser, Norsjø and Tinnsjø in the ecoregion Sørlandet, Eikeren, Gjende, Mjøsa, Randsfjorden and Tyrifjorden in Eastern Norway, Selbusjøen in Central Norway and Takvatnet in Troms. Gjende, Mjøsa, Selbusjøen and Takvatnet are monitored annually for pelagic quality elements. Gjende has been surveyed every year since 2015, Selbusjøen every year since 2016 and Takvatnet since 2018. Mjøsa has been monitored for pelagic quality elements since the 1970s but was supplemented with macrophytes and microcrustaceans in 2017 (as part of ØKOSTOR) and fish in 2018 (as part of the FIST project).

The monitoring in 2019 included Norway's largest lake (Mjøsa) and the largest lakes in Eastern Norway, as well as Gjende in Jotunheimen, which is Norway's most iconic mountain lake. Norsjø, Tinnsjø, Gjende and Selbusjøen have low alkalinity, Nisser has very low alkalinity (< 1 mg Ca/l), while Eikeren, Randsfjorden and Takvatnet have moderate alkalinity. Mjøsa and Tyrifjorden have a calcium concentration close to the type limit of low/moderate alkalinity. None of the lakes are humic, but Randsfjorden, Tyrifjorden and Selbusjøen have higher humic content than the other lakes. Tinnsjø and Takvatnet are very clear, Eikeren and Mjøsa are close to the type limit clear / very clear. Gjende is turbid due to glacial particles and thus belongs to a lake type for which no classification system has yet been developed but has been classified as if it were a low-alkalinity, clear mountain lake. However, the classification of phosphorus and secchi depth has been corrected for the contribution of glacial particles using models from glacial lakes in Alaska.

Selbusjøen is heavily modified due to hydropower. The environmental objective for this lake is *good* ecological potential. Ecological potential cannot be assessed on the basis of the classification system for ecological status. The lake is nevertheless classified to be able to assess the effects of the regulation and other impacts on the ecosystem. The results cannot be used to determine deviations from the WFD objective, but as input for further management of heavily modified lakes.

The results presented for most lakes include all biological quality elements and the general physico-chemical supporting parameters that are relevant for eutrophication (phosphorus, nitrogen and Secchi depth) and acidification (pH, ANC and labile aluminum), as well as hydromorphological quality elements. In addition, vertical profiles of chlorophyll fluorescence, temperature, oxygen, turbidity and conductivity are presented. In Mjøsa, Selbusjøen and Takvatnet, only the pelagic quality elements were monitored in 2019. Macrophytes were examined in all the other lakes, except Gjende, where the littoral zone is unsuitable for aquatic plants. Littoral benthic animals were only examined in Eikeren.

The methodology largely follows the guidelines in the classification guidance, but sampling at great water depths (>100 m) has led to the need for special sampling equipment, which is normally used in oceanographic surveys, such as rosette samples, multisensor probes, large zooplankton nets (Mysis net), as well as a boat with a motorized winch and lifting crane for the pelagic field work. This equipment also provides a more efficient sampling of the entire water column and better spatial resolution of important physico-chemical parameters. Monthly sampling during the growing season were conducted for the pelagic quality elements (phytoplankton, crustacean plankton and aquatic chemistry). Water samples and samples of crustacean plankton were also taken in late winter in Gjende and Takvatnet but could not be done in the other lakes due to unsafe ice-cover. In Eikeren, two pelagic stations were sampled to check the representativeness of only one station. Littoral microcrustaceans and benthic fauna were sampled three times and twice at 8-10 stations, respectively, per lake. Macrophytes were examined once in July / August for species composition and at 15-20 stations, and the lower growth limit was examined at 8 stations per lake.

A new index for microcrustaceans in terms of eutrophication effects has been used, although this is not yet included in the classification guidance.

The methodology for fish is developed in a separate R&D project (FIST) and includes net fishing and hydroacoustic registrations, which were made in August / September in all the lakes except Mjøsa, Selbusjøen and Takvatnet. In addition, trawling was done in Nisser, Tinnsjø and Randsfjorden. An excerpt of the results from the FIST-project is included in this report.

The report presents results for each individual quality element (across lakes) (Chapter 4) and for each individual lake (across quality elements) (Chapter 5).

The vertical profiles of physico-chemical parameters showed no deep chlorophyll maximum in any of the lakes, except Gjende, which had a clear fluorescens-maximum at 17 m depth under the ice in April and at 17-27 m depth in July despite the lack of temperature stratification. A large diatom species made up most of these peaks in fluorescence. We currently have no explanation for how this can happen, as diatoms are not known to have vertical migration ability in the water column. The summer of 2019 was warmer than normal, with a maximum temperature above 19 degrees in most lakes in Sørlandet and Østlandet in August, 17 degrees in Tinnsjø and approx. 14-15 degrees in Selbusjøen and Takvatnet. The glacial mountain lake Gjende had 12 degrees, which is five degrees warmer than in 2017. The thermocline developed between 15-20 m depth in most of the lakes in southern Norway but occurred at somewhat shallower depth (5-10 m) in Selbusjøen and Takvatnet. In Gjende, there was clearer stratification in the water masses in 2018 and 2019 than in 2015, 2016 and 2017. Turbidity was low in all the lakes except in Gjende, where it was much higher in both the summers of 2018 and 2019 (>7 FTU) than in the years 2015-2017 (< 3 FTU). The reason is increased temperature, which results in rapid glacier melting and a large supply of glacial particles. Oxygen depletion in the deep water was not observed in any of the lakes, but Takvatnet had a strong

supersaturation of oxygen (>110%) in the epilimnion at the end of July and >105% most of the summer from the surface and down to 30 m deep.

The biodiversity (species richness) was generally highest in the moderately calcareous lakes in Eastern Norway (Mjøsa, Randsfjorden, Tyrifjorden) for all the biological quality elements and lowest in Gjende for all comparable quality elements (phytoplankton, small crayfish and fish). For macrophytes, the number of species was lowest in Tinnsjø.

The biological quality elements showed *high* or *good* ecological status in all the lakes, with the following exceptions having *moderate* status: Phytoplankton in Gjende, macrophytes (trophic index) in Norsjø and fish in Norsjø, Eiker, Gjende and Tyrifjorden. In Norsjø and Tyrifjorden, the *moderate* status for fish was due to downgrading because of alien high-risk species, while there were other changes in the fish community in Eiker and in Gjende.

Phytoplankton was in *high* status in eight lakes, while Mjøsa had *good* status and Gjende had *moderate* status for this quality element, but the latter may be too strictly classified due to lack of status class boundaries for glacial lakes. The chlorophyll concentrations were very low (approx. 1 µg / l) in seven of the lakes and approx. 1,5 µg/l in Norsjø and Gjende and almost 3 µg/l in Mjøsa. The predominant taxa were chrysophytes, diatoms and cryptophytes, which are typical of oligotrophic lakes, except for Nisser where green algae were important. Large diatoms dominated in late summer in Mjøsa and Gjende, which may be a sign of a weak eutrophication. However, the maximum biomass of cyanobacteria in the epilimnion was very low in all the lakes, despite strong blooms in the near-shore areas around Mjøsa in July, which led to a bathing ban in many beaches. This illustrates that off-shore pelagic sampling stations may not reflect the situation in near-shore areas in large lakes.

Macrophytes indicated *high* or *good* status in all the lakes, except Norsjø, which got *moderate* status in terms of eutrophication effects. The *moderate* status in Norsjø represents a deterioration compared to a similar survey in 2015, when macrophytes were in *good* status. On the other hand, two lakes seem to have improved status for macrophytes: In Nisser, the acidification index indicated that a change from *moderate* in 2015 to *good* in 2019, while in Tinnsjø, the water level fluctuation index indicated an improvement from *good* status in 2015 to *high* status in 2019. A total of eight red list species were found. The alien species *Elodea canadensis* was found in Norsjø, Tyrifjorden, Randsfjorden and Eiker, but did not form large populations in any of the lakes. *Juncus bulbosus* was found in moderate populations in Nisser, Norsjø, Tinnsjø and in Eiker and in smaller populations in Randsfjorden and Tyrifjorden.

Crustacean plankton was dominated by copepods in most lakes, while cladocerans had the largest relative occurrence in Tinnsjø. The proportion of daphnids, which are the most effective grazers, was highest in Tinnsjø and Mjøsa and also in the deeper water layers in most other lakes, with the exception of Nisser and Norsjø, where daphnids had a very low occurrence. The low occurrence of daphnids in these two lakes is probably related to the very low calcium concentration in Nisser, while the reason is unclear for Norsjø. Microcrustaceans were classified in *moderate* status in terms of eutrophication (the new CIT index) in Eiker, *good* in Nisser and Tyrifjorden and *high* for the other lakes investigated for this quality element in 2019 (Norsjø, Tinnsjø, Gjende and Randsfjorden). The acidification indices for microcrustaceans showed *high* status in all the low alkalinity lakes, including Nisser, which has very low alkalinity.

Three of the seven lakes surveyed in 2019 had a species-poor fish fauna (1-6 species) dominated by salmonids. These were Nisser, Tinnsjø and Gjende, where the latter only have brown trout. Norsjø, Eiker, Tyrifjorden and Randsfjorden had a fairly species-rich fish fauna (12-13

species). Pelagic fish biomass per hectare was largest in Eikeren, Norsjø and Randsfjorden (12-16 kg/ha), medium in Nisser, Tinnsjø and Tyrifjorden (4.5-7 kg/ha) and very low in Gjende (0.3 kg/ha). The eutrophication index WS-FBI showed *high* status in six of the seven investigated lakes, while in Norsjø, the status result was exactly at the *high/good* boundary. The NEFI index gave *high* status only in Nisser, *good* in Norsjø, Tyrifjorden and Randsfjorden and *moderate* close to the boundary to *good* status in Eikeren. Gjende was classified as *moderate* status based on the population decline index. This index could not be used for status classification of the other lakes. However, the status of fish was downgraded from *high* to *good* in Nisser and Tinnsjø, as well as from *good* to *moderate* in Norsjø, Randsfjorden and Tyrifjorden due to the occurrence of regionally alien fish species classified with severe or high risk in the alien species list of 2018. The classification for fish had in several cases decisive impact on the final classification of ecological status, especially where the status is downgraded due to occurrence of severe or high risk alien species. The downgrading of ecological status for fish affected the final classification for five of the seven lakes where fish was investigated in 2019.

The physico-chemical eutrophication parameters were in *high* or *good* status in all the lakes. Two lakes (Tinnsjø and Takvatnet) are ultraoligotrophic (Tot-P of 2 µg/l and Secchi depth of 10-12 m). Five lakes (Nisser, Norsjø, Mjøsa, Randsfjorden, Tyrifjorden and Selbusjøen) are oligotrophic (Tot-P of 4-5 µg/l and Secchi depth of 5-8 m). Gjende had a significantly higher phosphorus concentration and lower Secchi depth than the other lakes (mean Tot-P of 8 µg/l, PO<sub>4</sub> of 6 µg/l and Secchi depth of 3,4 m) mainly due to the glacial particles. The bacterial samples from Gjende showed no signs of any sewage discharge. The status for these parameters in Gjende was *good* after correction of the contribution of the glacial particles to Tot-P and Secchi depth. Nitrogen was in *poor* status in Eikeren and in *moderate* status in Mjøsa, Randsfjorden og Tyrifjorden, but was not used in the overall classification in any of the lakes, because none of the lakes met the criteria for nitrogen limitation of phytoplankton.

The physico-chemical acidification parameters were in *high* status in all the lakes where acidification can be a relevant impact (low alkalinity lakes), except for Nisser, where they indicated *good* status.

Overall ecological status across all the examined quality elements shows that Nisser, Tinnsjø, Mjøsa and Selbusjøen are in *good* status based on the quality elements used. Lake Mjøsa had *good* status for phytoplankton at the off-shore pelagic station, but nevertheless developed significant blooms of cyanobacteria in large parts of the littoral zone, which led to warnings against swimming in July 2019. For Selbusjøen, previous fish surveys indicate that the status is *poor* due to effects of alien high-risk species (*Mysis*, minnow, pike). Our status assessments cannot be linked to the ecological potential of Lake Selbusjøen, and can thus not say anything about the distance from *good* ecological potential, but are intended as input to a discussion on further management of the lake. Norsjø, Randsfjorden and Tyrifjorden were in *moderate* status due to the occurrence of regionally alien high-risk species (minnow or roach), while Eikeren was in *moderate* status due to reduced dominance of common whitefish and brown trout. For Norsjø, macrophytes were also in *moderate* status with regard to the trophic index. Gjende is in *moderate* status due to both phytoplankton and fish (reduced brown trout population). The uncertainty in the classification is medium for most lakes, but high for Eikeren due to uncertainty related to the method used to assess population changes for fish species, and high for Gjende, due to the lack of class boundaries for biological quality elements in glacial lakes.

# 1. Innledning

## 1.1 Bakgrunn

EUs rammedirektiv for vann (vanddirektivet, European Commission 2000) ble integrert i norsk lovverk ved "Forskrift om rammer for vannforvaltningen", heretter omtalt som vannforskriften, som ble vedtatt av regjeringen den 15. desember 2006, og senere revidert i 2010 (Vannforskriften 2006, revidert 2010). Basisovervåking (surveillance monitoring *sensu* vanddirektivet) av store innsjøer er et eksplisitt krav i vannforskriften og ble igangsatt av Miljødirektoratet i 2015. Dette kravet bunner i den betydningen store innsjøer har for viktige økosystemtjenester for store befolkningsgrupper, bl.a. vannforsyning, rekreasjon, fiske, turisme, flomdemping og retensjon (tilbakeholdelse) av næringsalter og andre stoffer.

Store, dype innsjøer skiller seg fra mindre og grunnere innsjøer ved en rekke forhold. De har vesentlig større vannvolum, og vannmassene har lengre oppholdstid. Store, dype innsjøer har også en mye dypere termoklin om sommeren. De frie (pelagiske) vannmassene i store, dype innsjøer har større retensjon av næringsalter og er derfor mer oligotrofe enn mindre og grunnere innsjøer (Brett og Benjamin 2008). Dette skyldes den lange oppholdstiden som gir høy sedimentasjon av partikulært bundet fosfor. Den lange oppholdstiden gir også mer lysnedbrytning (foto-oksydasjon) av tilført humus fra nedbørfeltet. Store, dype innsjøer er derfor sjelden humøse. Disse limnologiske og økologiske forholdene i de pelagiske vannmassene er dermed annerledes enn i mindre, grunnere innsjøer. For planteplankton, næringsalter og siktedyp vil dette resultere i en referansetilstand med lavere algebiomasse, lavere fosforkonsentrasjon og høyere siktedyp enn i mindre, grunnere innsjøer med tilsvarende kalsium- og humus-innhold (Cardoso mfl. 2007, Lyche Solheim mfl. 2014, kap. 4.1 og 7.2 i Veileder 02:2018, Direktoratgruppen 2018<sup>1</sup>).

Et annet karakteristisk trekk er den lange strandlinjen med en blanding av områder som er eksponert for vind og bølger med steinete substrat, som gir lite egnede forhold for vannplanter og bunndyr, og mer beskyttede områder i bukter og vikene som har naturlig høyere produktivitet og flere arter. Dette gir totalt sett større variasjon av habitater i litoralsonen og dermed høyere artsdiversitet enn i mindre innsjøer. Samtidig vil forholdene i litoralsonen ikke påvirke forholdene i de frie vannmassene (pelagialen) i samme grad som i mindre, grunnere innsjøer, da vannvolumet i pelagialen er så stort.

Andre faktorer, som for eksempel større dominans av pelagiske fiskearter, vil også kunne ha betydning for både fysisk-kjemiske og biologiske forhold, inkludert trofiske interaksjoner (Terborgh 2015), som igjen kan ha betydning for innsjøenes selvrengingsevne.

På bakgrunn av de naturforholdene som er beskrevet ovenfor, er det spesielle utfordringer knyttet til hvordan store, dype innsjøer skal typifiseres og klassifiseres. Dette presenteres nærmere og drøftes i kap. 2.3. og videre utover i rapporten.

---

<sup>1</sup> Dersom ikke annet er angitt, er det alltid 2018-versjonen av Klassifiseringsveilederen som er benyttet. I den videre teksten er denne referert til som «Klassifiseringsveilederen (Veileder 02:2018)» og i referanselisten som «Veileder 02:2018».



Resultatene fra overvåkingen skal primært brukes til å fastsette økologisk tilstand, men vil også generere ny limnologisk og økologisk kunnskap om våre store innsjøer, inkludert biologisk mangfold, produktivitet, trofiske interaksjoner og selvrensingsevne. Denne kunnskapen kan i neste omgang brukes til å forbedre klassifiseringssystem og forvaltningsplaner for våre store innsjøer og ta hensyn til kombinasjoner av flere kjente påvirkninger (eutrofiering/regulering), samt nyere utfordringer knyttet til klimaendringer og introduserte/invaderende arter.

Vannforskriften setter som mål at minst *god* tilstand i vannforekomstene skal være nådd seinest i 2015 for vannområder i første planperiode, og innen 2021 for resten av landet. Vannforskriften krever også at tilstanden ikke skal forringes. Basisovervåkingen skal omfatte alle biologiske og fysisk-kjemiske kvalitetselementer og skal kunne avdekke eventuelle endringer over tid (trender) med rimelig grad av sikkerhet.

Vannforskriften krever også overvåking og klassifisering av kjemisk tilstand i store innsjøer, men dette er ikke inkludert i ØKOSTOR-programmet, da fokus her er på økologisk tilstand. Den økologiske tilstanden i de store innsjøene som er med i dette programmet, overvåkes iht kravene til basisovervåking og inkluderer alle kvalitetselementer, bortsett fra vannregionspesifikke stoffer (miljøgifter som ikke står på EU liste over prioriterte stoffer). Bunndyr overvåkes kun i et lite utvalg innsjøer pga metodiske problemer med prøvetaking og klassifisering. Det tas ut prøver for analyse av miljøgifter i fisk, samlet inn som en del av FIST-programmet, for bestemmelse av kjemisk tilstand, men disse resultatene rapporteres separat (se MILFERSK: <https://www.miljodirektoratet.no/om-oss/roller/miljoovervaking/overvakings-programmer/basisovervaking/ferskvann/>).

Store norske innsjøer har vært overvåket/undersøkt tidligere, også før vanddirektivet, men for de fleste innsjøene har det vært tidsbegrensede undersøkelser av ulik varighet og omfang. Det finnes likevel mye informasjon og data om store norske innsjøer. En metadataoversikt er gitt i Persson mfl. (2013), som vurderte om tidligere data kunne brukes til klassifisering av økologisk tilstand iht vannforskriftens krav. Konklusjonen var at ingen store innsjøer tilfredstilte kravet til nyere overvåkingsdata for alle kvalitetselementer, og at en fullstendig klassifisering av dagens økologiske tilstand ikke kunne gjennomføres uten nye undersøkelser. For de fleste innsjøene finnes det likevel eldre data som kan brukes sammen med nye data til å analysere trender for enkelte kvalitetselementer.

## 1.2 Mål og innhold

Overvåkingen i 2019 har omfattet totalt ti store innsjøer: Nisser, Tinnsjø, Norsjø i økoregion Sørlandet, Eikeren, Tyrifjorden, Randsfjorden, Mjøsa og Gjende i økoregion Østlandet, Selbusjøen i Trøndelag og Takvatnet i Finnmark og indre Troms. Gjende, Mjøsa, Selbusjøen og Takvatnet er kun undersøkt mht de pelagiske kvalitetselementene i 2019. De fire sistnevnte overvåkes hvert år mht de pelagiske kvalitetselementene. Mjøsa overvåkes i et eget tiltaksrettet overvåkingsprosjekt finansiert av Vassdragsforbundet for Mjøsa med tilløpselver (Lyche Solheim mfl. 2020), men resultatene fra hovedstasjonen over dypeste punkt rapporteres her.

Målsettingen med basisovervåkingen av store innsjøer i 2019 har vært å klassifisere økologisk tilstand iht vannforskriften og prøve ut metodikk for overvåking og tilstandsklassifisering av norske vannforekomster, som angitt i Klassifiseringsveilederen (Veileder 02:2018). En

tilleggsmålsetting er å videreutvikle ny overvåkingsteknologi som er egnet for store dype innsjøer.

De spesielle limnologiske og økologiske forholdene som skiller store, dype innsjøer fra mindre grunnere innsjøer vil også bli diskutert, som f.eks. dypere termoklin, lang oppholdstid og dermed større retensjon av næringssalter, høyere biodiversitet som følge av større habitatvariasjon og større forskjeller mellom litoralsonen og pelagialsonen.

De biologiske kvalitetselementene som er inkludert i klassifiseringen er planteplankton, litorale småkreps, vannplanter, bunndyr og fisk. Fisk ble undersøkt i et eget FoU prosjekt om metodikk for overvåking av fiskebestander i store innsjøer (FIST), og resultatene er brukt i denne rapporten etter ønske fra Miljødirektoratet. Litorale småkreps erstatter bunndyr som kvalitetselement i de fleste store innsjøene fordi tettheten og diversiteten av bunndyr ofte er lav pga. erosjon og utvasking av egnet substrat for bunndyr i strandsonen (bølgepåvirkning), noe som i mange store innsjøer er forsterket av betydelige vannstandsreguleringer. Selv om også litorale småkreps er utsatt for de samme forholdene, er tettheten av denne gruppen ofte noe høyere. Bunndyr ble likevel undersøkt i Eikeren for å bidra til økt kunnskapsgrunnlag for lite påvirkede store innsjøer.

I tillegg er krepsdyrplankton inkludert i overvåkingen, selv om dette ikke er et eksplisitt krav iht vannforskriften. Krepsdyrplankton kan imidlertid bidra til å forklare variasjoner i planteplanktonresponsen langs trofigradienten (Lyche Solheim 1995). Sammen med litorale småkreps er krepsdyrplanktonet dessuten relevant som indikator for forskjellige påvirkninger, som forsuring (Hobæk og Raddum 1980, Walseng og Schartau 2001, Schartau mfl. 2016) og eutrofiering (Karabin 1985, Lyche 1990, Straile og Geller 1998, Jensen mfl. 2013).

Alle de generelle fysisk-kjemiske kvalitetselementene/parameterne som kreves iht vannforskriften er inkludert i denne overvåkingen, dvs. næringssalter (fosfor og nitrogen), siktedyp, oksygen, turbiditet, pH, hovedioner for beregning av ANC og labilt aluminium. I tillegg er alle relevante parametere som trengs til typifiseringen av innsjøene inkludert, dvs. kalsium, alkalitet, farge og TOC.

Rapporten inneholder en presentasjon av innsjøene som ble overvåket i 2019, inkludert typifisering (Kap. 2), materiale og metoder (Kap. 3), resultater pr. kvalitetselement på tvers av alle innsjøene (Kap.4) og resultater pr. innsjø på tvers av alle kvalitetselementer (Kap. 5).

## 2. Presentasjon av innsjøene

### 2.1 Geografisk lokalisering

Totalt ti innsjøer var med i basisovervåkingen av store innsjøer i 2019: Nisser, Tinnsjø, Norsjø, Eikeren, Tyrifjorden, Randsfjorden, Mjøsa og Gjende på Østlandet, Selbusjøen i Trøndelag og Takvatnet i Nord-Norge. Vannforekomst-ID, vannområde og vannregion er vist i tabell 1 og geografisk lokalisering i Figur 1.

Dybdekart og stasjonskart for prøvetaking av pelagiske (vannkjemi, planteplankton, krepsdyrplankton) og litorale kvalitetselementer (litorale småkreps, bunndyr og vannplanter) er vist i hhv vedlegg A og B. Detaljer om lokaliseringen av prøvefisket finnes i FIST rapporten (Gjelland mfl. under utarbeid.)

<b>Tabell 1. Store innsjøer som var med i ØKOSTOR i 2019,</b>				
inkludert vannforekomst-ID, vannområde og vannregion fra Vann-nett: <a href="http://vann-nett.no/portal/">http://vann-nett.no/portal/</a>				
Innsjø	Fylke	Vannforekomst-ID	Vannområde	Vannregion
<b>Sørlandet</b>				
Nisser	Vestfold og Telemark	019-1267-L	Nidelva	Agder
Norsjø	Vestfold og Telemark	016-6-L	Midtre Telemark	Vestfold og Telemark
Tinnsjø	Vestfold og Telemark	016-2-1-L	Øst Telemark	Vestfold og Telemark
<b>Østlandet</b>				
Eikeren	Viken/Vestfold og Telemark	012-542-2-L	Eikeren	Innlandet og Viken
Gjende	Innlandet	002-147-L	Mjøsa	Innlandet og Viken
Mjøsa	Innlandet	002-118-1-L	Mjøsa	Innlandet og Viken
Randsfjorden	Innlandet	012-523-L	Randsfjorden	Innlandet og Viken
Tyrifjorden	Viken	012-522-2-L	Tyrifjorden	Innlandet og Viken
<b>Midt-Norge</b>				
Selbusjøen	Trøndelag	123-892-1-L	Nea-Nidelva	Trøndelag
<b>Finnmark og indre Troms</b>				
Takvatnet	Troms og Finnmark	196-2404-L	Bardu-Målselv	Troms og Finnmark



Figur 1 . Geografisk beliggenhet til de ni store innsjøene i ØKOSTOR i 2019. Sorte linjer og sort tekst gjelder vannregioner.

## 2.2 Vannstandsvariasjoner

Vannstanden i innsjøer reguleres av flere grunner, f.eks. vannkraft, flomvern, drikkevannsforsyning og jordbruksvanning. Noen ganger er innsjøene regulert til flere formål. Vannstanden i innsjøene kan også være preget av vassdragsreguleringer oppstrøms.

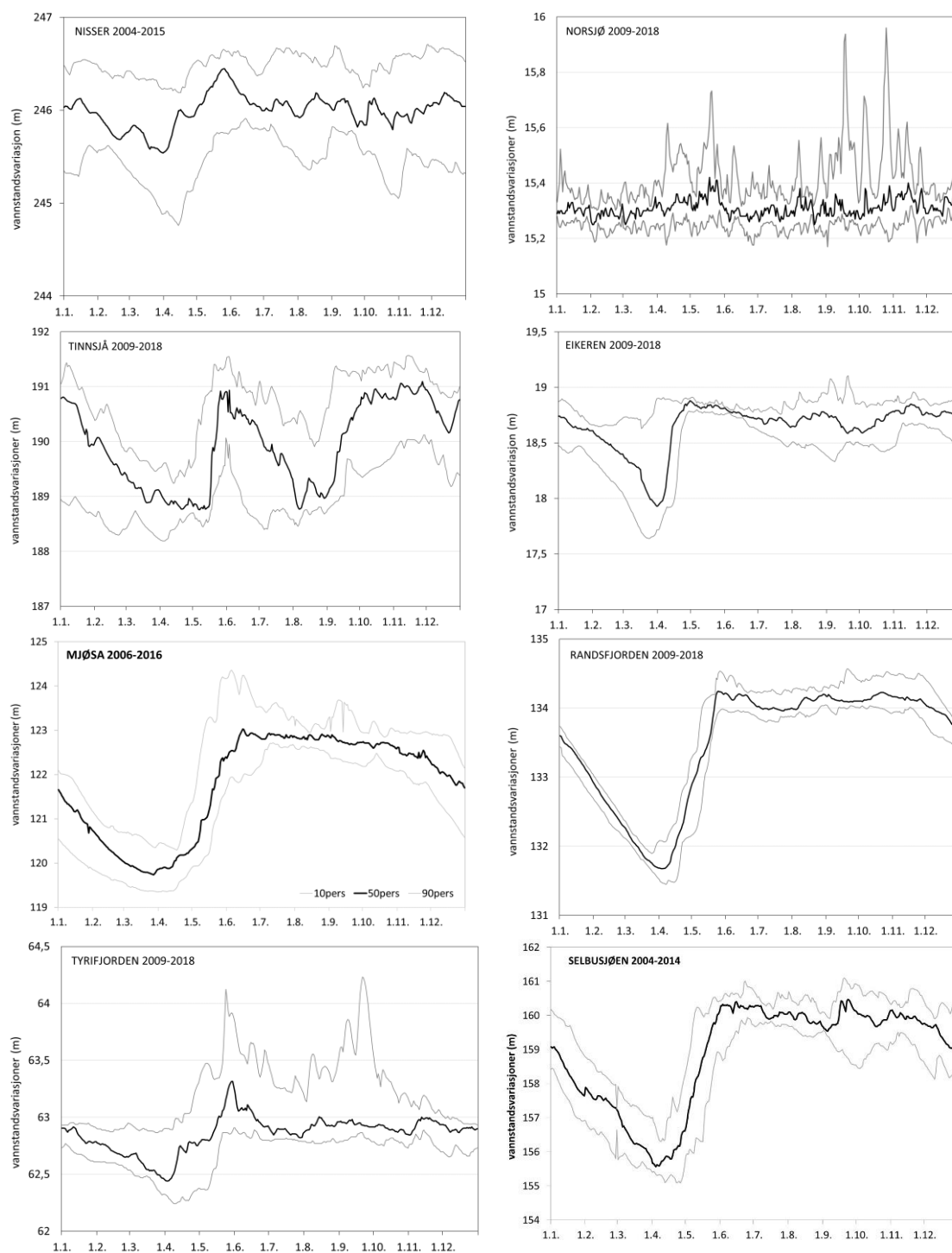
De ulike reguleringsformålene fører til ulik manøvrering av vannstanden gjennom året, noe som påvirker litoralsonen og de biologiske forholdene på flere måter. I et vannkraftsmagasin med kraftig nedtapping om vinteren/våren og en høy stabil vannstand utover sommeren og høsten vil biologien i litoralsonen påvirkes negativt, bl.a. i form av innfrysing, iserosjon og tørrlegging. Vannvegetasjonen utarmes eller forsvinner helt, avhengig av reguleringshøyden. Innsjøer som ligger nedstrøms kraftverk har ofte mer stabil vannstand enn den naturlige variasjonen, noe som er gunstig for vannvegetasjonen og som kan gi tilgroingsproblemer. En innsjø som er regulert for drikkevannsmål har korttidsreguleringer gjennom hele året, men vannstandsamplituden er betraktelig mindre enn i vannkraftmagasiner. Her vil man kunne få redusert utbredelse av enkelte arter, mens andre vil kunne øke.

I de siste 10-15 årene har såkalt effektkjøring blitt vanligere for flere kraftverk. Dette kan gi store korttidsvariasjoner i vannstanden i innsjøer og vannføringen i elver. Hvilken betydning dette har for litoralsonen i innsjøer er lite undersøkt. Undersøkelser i elver viser at effektkjøring har negative effekter på økologiske forhold (Bakken m. fl. 2016).

Vannstandsvariasjonene gjennom året og mellom år er vist i Tabell 2 og Figur 2.

**Tabell 2. Vannstandsvariasjoner i store innsjøer inkludert i ØKOSTOR i 2019,** LRV og HRV: høyeste og laveste regulerte vannstand (iht manøvreringsreglementene). Vinternedtapping: forskjell mellom laveste vannstand i april-mai og høyeste vannstand i november (se Mjelde mfl. 2013). Vinternedtapping og årsmedian er basert på reelle data for siste 10-års periode (vannstandsperiode). SMVF: Sterkt modifisert vannforekomst. n.a. = ikke relevant. - = data mangler.

Innsjø	LRV m.o.h.	HRV m.o.h.	Regulerings- høyde, m	Median- vannstand (m.o.h.)	Vinter- nedtapping, m	Vannstands- periode	SMVF
<b>Sørlandet</b>							
Nisser	243,8	246,8	3	246,0	0,85	2005-2015	-
Norsjø	15,15	15,3	0,15	15,3	0,34	2009-2018	-
Tinnsjø	187,2	191,2	4	189,8	2,61	2009-2018	-
<b>Østlandet</b>							
Eikeren	17,2	19	1,8	18,7	0,99	2009-2018	-
Gjende	n.a.	n.a.	0	984	n.a.	n.a.	-
Mjøsa	119,3	122,9	3,6	122,2	2,96	2006-2017	-
Randsfjorden	131,3	134,3	3	133,9	2,6	2009-2018	-
Tyrifjorden	62	63	1	62,9	0,62	2009-2018	-
<b>Midt-Norge</b>							
Selbusjøen	155	161,3	6,3	159	4,7	2004-2014	x
<b>Nord-Norge</b>							
Takvatnet	n.a.	n.a.	0	-	n.a.	n.a.	-



Figur 2. Vannstandsvariasjoner over året i de store innsjøene i Basisovervåkingsprogrammet ØKOSTOR i 2019 basert på data for siste 10-årsperiode (noe manglende data for enkelte innsjøer). Figurene viser medianvannstand (tykke sorte kurver), samt 10 og 90 persentiler (tynnere grå kurver). Y-aksen viser høyde over havet for innsjøenes overflate. NB! Skalaen varierer. Data fra Eva Klausen, NVE. Vannstandsdata mangler for de uregulerte sjøene (Gjende og Takvatnet).

Selbusjøen er utpekt som sterkt modifisert (SMVF) pga vannkraftregulering (<https://vannnett.no/portal>). Ingen av de andre innsjøene som ble overvåket i 2019 er sterkt modifisert, men alle unntatt Gjende og Takvatnet er regulert for andre formål (primært flomdemping). De fleste regulerte innsjøene har et klassisk vinternedtapingsmønster. Dette er særlig tydelig i Tinnsjø, Eikeren, Mjøsa, Randsfjorden og Selbusjøen, men Eikeren har betraktelig mindre

vannstandsamplitude enn de øvrige fire. Tinnsjø har også en tydelig sommernedtapping, som ytterligere forverrer forholdene for vannvegetasjonen. Norsjø avviker fra de øvrige innsjøene ved mindre, men svært hyppige vannstandsvariasjoner gjennom året.

## 2.3 Vanntyper

De spesielle limnologiske og økologiske forholdene i store, dype innsjøer som er beskrevet i kap. 1, 2.1 og 2.2 skaper utfordringer mht hvordan store, dype innsjøer bør typifiseres. Den økte retensjonen av fosfor i store, dype innsjøer sammenlignet med mindre, grunnere innsjøer gir naturlig mer næringsfattige forhold i pelagialen enn i litoralen (Brett og Benjamin 2008). Moderat kalkrike lavlandssjøer har naturlig høyere fosforkonsentrasjon enn kalkfattige lavlandssjøer (Cardoso mfl. 2007). Klassegrensene for moderat kalkrike innsjøer er ikke utviklet for store, dype innsjøer og har vesentlig høyere klassegrenser for planteplankton, næringssalter og siktedyp enn klassegrensene for kalkfattige, klare og dype innsjøer. Eksempelvis er god/moderat grensen hhv 4 µg/l for klorofyll a og 9 µg/l for total fosfor (Tot-P) for kalkfattige, klare, store, dype lavlandssjøer, mens tilsvarende klassegrenser for moderat kalkrike, klare, grunne lavlandssjøer er hhv 9 µg/l for klorofyll a og 17 µg/l for Tot-P. Vi derfor klassifisert alle moderat kalkrike, dype lavlandssjøer i ØKOSTOR-programmet som type L-105b (kalkfattige, klare, dype lavlandssjøer) dersom disse har en kalsiumkonsentrasjon < 10 mg/l, som er den nedre delen av kalsium-intervallet for moderat kalkrike innsjøer (4-20 mg Ca/L). For innsjøene som var med i overvåkingen i 2019 er L-105b brukt for planteplankton, næringssalter og siktedyp i Eikeren, Mjøsa, Randsfjorden og Tyrifjorden. For Takvatnet, som også er moderat kalkrik med Ca < 10 mg/l, og er en skogssjø i Nord-Norge, har vi, ut fra samme resonnement, benyttet klassegrensene for kalkfattige, klare skogssjøer for planteplankton, næringssalter og siktedyp. Dette er i tråd med klassifiseringsveilederen (kap. 4.1.3) Vannplanter er klassifisert iht klassegrensene for moderat kalkrike innsjøer (L-N-M201), da forholdene i litoralsonen er mindre påvirket av innsjøens størrelse og dybde. Forsuringsindeksene, samt de vannkjemiske forsuringsparameterne er ikke klassifisert i de moderat kalkrike innsjøene, da disse ikke er følsomme for forsurening.

Ifølge Klassifiseringsveilederen kan humustype baseres enten på fargetall (mg Pt/l) eller TOC (mg C/l), og tilsvarende kan kalsiumtypen baseres enten på kalsium (mg Ca/l) eller alkalitet (mekv/l). I denne rapporten er vanntypen primært satt med utgangspunkt i fargetall og kalsium, da både TOC og alkalitet forventes å være mer følsom for tilførsel av forurensende stoffer; hhv organisk stoff og forsurende forbindelser. I alle innsjøene som var med i 2019 overvåkingen var det likevel godt samsvar mellom vanntypen indikert ved hjelp av kalsium og alkalitet, og ved hjelp av fargetall og TOC.

Tabell 3 viser typedata og vanntype for hver innsjø ut fra typefaktorene høyderegion, kalsium og humus. Morfometriske data om størrelse og dybde i Tabell 3 viser at seks av innsjøene er svært store (>50 km<sup>2</sup>), mens de øvrige fire innsjøene er store (5-50 km<sup>2</sup>). Overflatearealet spenner fra 15 km<sup>2</sup> (Takvatnet) til Mjøsa, som er Norges største innsjø med et areal på 366 km<sup>2</sup>. Alle innsjøene er dype (>15 m middeldyp). Maksimum-dybden spenner fra 75 m i Takvatnet til 460 m i Tinnsjø, som er Norges fjerde dypeste innsjø. Norsjø, Tinnsjø, Gjende og Selbusjøen er typifisert som kalkfattige, selv om Gjende er nær typegrensen kalkfattig/svært kalkfattige. Nisser er svært kalkfattig, men nær typegrensen mot kalkfattig.

Ingen av innsjøene er humøse, men Norsjø, Randsfjorden, Tyrifjorden og Selbusjøen har mer humus enn de andre innsjøene med hhv 17, 22, 19 og 20 mg Pt/L. Tinnsjø, Gjende og Takvatnet er svært klare, mens Eikeren og Mjøsa er klare, men nær typegrensen til svært klar. Nisser er også en klar innsjø med humus-konsentrasjon på 14,5 mg Pt/l. Disse forholdene er kun representative for de frie vannmassene langt fra land, mens bukter og viker kan ha betydelig mer humus, særlig etter perioder med kraftig regn som vasker ut mye humus fra nedbørfeltet.

Gjende er brepåvirket og tilhører dermed en vanntype som det foreløpig ikke er utviklet noe klassifiseringssystem for. Gjende har derfor blitt forsøkt klassifisert som om den var en kalkfattig, svært klar fjellsjø (mht humus), men klassifiseringen av Tot-P og siktedyp er korrigert for bidraget fra brepartikler (kap. 3.1.2).



**Tabell 3. Vanntyper for de store innsjøene i Basisovervåkingsprogrammet ØKOSTOR i 2019.**

Kalsium og humus er gjennomsnittsverdier fra overvåkingsdataene i 2015 og 2019, mens for Gjende, Mjøsa, Selbusjøen og Takvatnet er verdiene basert på flere års data. Se for øvrig fotnoter under tabellen.

Innsjø	Vannforekomst-ID	Fylke	Vanntype (Vann-Nett) <sup>1</sup>	Vanntype korr. <sup>1</sup>	Typebeskrivelse	Norsk type nr. <sup>2</sup>	NGIG-type <sup>2</sup>	Øko-region	H.o.h. (m)	Overflateareal (km <sup>2</sup> )	Middeldyp (m) <sup>4</sup>	Maksdyp (m)	Kalsium (mg Ca/L)	Alkalitet (Alk-E) (mekv/L)	Humus (mg Pt/L)	TOC (mg/L)
<b>Sørlandet</b>																
Nisser	019-1267-L	Vestfold og Telemark	LSM48113	LSM48113	Skog, svært kalkfattig, klar	L202d	L-N5, L-N-M001	Sørlandet	247	76,3	93	234	0,95	0,02	14,5	2,92
Norsjø	016-6-L	Vestfold og Telemark	LSL42113	LSL42113	Lavland, kalkfattig, klar, dyp	L105b	L-N2b, L-N-M101	Sørlandet	15	55,2	87	171	2,02	0,10	17,3	2,82
Tinnsjø	016-2-1-L	Vestfold og Telemark	LSL42113	LSL42413	Lavland, kalkfattig, svært klar, dyp	L104	L-N2b, L-N-M101	Sørlandet	190	49,4	190	460	1,72	0,08	9,5	1,69
<b>Østlandet</b>																
Eikeren <sup>3</sup>	012-542-2-L	Viken / Vestfold og Telemark	LEL32113	LEL33113	Lavland, moderat kalkrik, klar, dyp (kalkfattig for planteplankton, næringssalter og siktedyp)	L107/L105b	L-N2b, L-N-M201	Østlandet	19	27,7	85	156	6,98	0,29	12,9	3,27
Gjende	002-147-L	Innlandet	LEM22413	LEH32423	Fjell, kalkfattig, svært klar, bresjø	L304	L-N7, L-N-M101	Østlandet	984	15,6	66	149	1,23	0,07	2,1	0,56
Mjøsa <sup>3</sup>	002-118-1-L	Innlandet	LEL43113	LEL42113	Lavland, moderat kalkrik, klar, dyp (kalkfattig for planteplankton, næringssalter og siktedyp)	L107/L105b	L-N2b, L-N-M201	Østlandet	123	366	155	453	5,63	0,22	11,2	2,03
Randsfjorden <sup>3</sup>	012-523-L	Innlandet	LEM43113	LEL43113	Lavland, moderat kalkrik, klar, dyp (kalkfattig for planteplankton, næringssalter og siktedyp)	L107/L105b	L-N2b, L-N-M201	Østlandet	135	140,1	44	131	6,54	0,22	21,9	4,32
Tyrifjorden <sup>3</sup>	012-522-2-L	Viken	LEL43113	LEL43113	Lavland, moderat kalkrik, klar, dyp (kalkfattig for planteplankton, næringssalter og siktedyp)	L107/L105b	L-N2b, L-N-M201	Østlandet	63	122,8	93	288	5,05	0,21	18,6	3,48
<b>Midt-Norge</b>																
Selbusjøen	123-892-1-L	Trøndelag	LML42113	LML42113	Lavland, kalkfattig, klar, dyp	L105b	L-N2b, L-N-M101	Midt-Norge	158	57	70	206	3,44	0,18	20,0	2,53
<b>Nord-Norge</b>																
Takvatnet	196-2404-L	Troms og Finnmark	LFM33112	LFM33413	Skog, moderat kalkrik, svært klar, dyp	L207	L-N5, L-N-M201	Nord-Norge - Indre	215	15	25	75	8,36	0,39	5,3	1,49

1 Vann-Nett koder som ikke stemmer med faktiske målinger er markert med rødt og korrigerede koder som foreslås basert på målingene er markert med grønt. Kodene er forklart i tabell 3.4 i Klassifiseringsveilederen. Nisser har typekode 8 for kalsium, som viser undertyper av kalsium med < 1 mg Ca/l: typekode 8 gjelder for innsjøer med 0,75-1 mg Ca/l.

2 Norsk type nr. iht klassifiseringsveilederen 2018. NGIG type er vanntyper som ble brukt ved interkalibreringen av klassegrenser for god økologisk tilstand i den nordiske interkalibreringsgruppen (NGIG). NGIG typene som er angitt gjelder for hhv planteplankton, Tot-P, Tot-N og siktedyp (L-Nx), vannplanter (L-N-Mxxx).

3 Eikeren, Mjøsa, Randsfjorden og Tyrifjorden er klassifisert som kalkfattige for planteplankton, Tot-P og siktedyp, men som moderat kalkrik type for vannplanter (se tekst).

4 Middeldyp er estimert fra maksdyp/3, dersom middeldyp ikke er angitt i Vann-Nett.

## 3. Materiale og metoder

Feltarbeid, prøvebearbeiding<sup>2</sup> og klassifiseringsmetodikk ble utført etter standard metoder beskrevet i Klassifiseringsveilederen (Veileder 02:2018), og er beskrevet nærmere for hvert kvalitetselement i ØKOSTOR-rapporten fra 2017 (Lyche Solheim mfl. 2018). Informasjon om materiale og metoder som er spesifikt for 2019 er gitt nedenfor.

### 3.1 Prøvetaking og klassifisering av alle kvalitetselementer unntatt fisk

#### 3.1.1 Feltmetoder

Feltarbeidet i de ti innsjøene ble gjennomført i perioden april - oktober 2019. Tabell 4 viser tidspunkt for feltarbeidet for de ulike biologiske kvalitetselementene og for de fysiske-kjemiske støtteparameterne. Pelagiske prøver av planteplankton, krepsdyrplankton og vannkjemi ble tatt på én stasjon over dypeste punkt i hver innsjø, med unntak av Eikeren, der to pelagiske stasjoner ble prøvetatt. Den andre stasjonen ligger lenger sør i innsjøen og ble introdusert som tillegg til det ordinære programmet fordi det sørlige bassenget har flere næringsrike innløpselver og derfor *a priori* ble antatt å kunne være påvirket av disse. Fiskeundersøkelsene i Eikeren i 2015 viste også høyere fisketetthet og biomasse i den sørlige delen (Lyche Solheim mfl. 2016).

Planteplankton, krepsdyrplankton og vannkjemi ble prøvetatt månedlig i vekstsesongen dvs. seks ganger i de fleste innsjøene (mai-oktober), men kun fem ganger i Gjende (juni-oktober) og fire ganger i Takvatnet (juni-september), pga kortere vekstsesong. I tillegg ble pelagiske prøver tatt fra isen på slutten av vinterstagnasjonen i april i Gjende og Takvatnet. Vinterprøvene omfattet vannkjemi fra separate enkeltdyp og krepsdyrplankton, som ble tatt med 90 µm håv. I Mjøsa, der den pelagiske prøvetakingen finansieres gjennom et eget tiltaksrettet overvåkingsprogram, var prøvetakingsfrekvensen hver 14. dag for de pelagiske kvalitetselementene (planteplankton, krepsdyrplankton og vannkjemi) på hovedstasjonen Skreia (Lyche Solheim mfl. 2020).

Vertikalprofiler av temperatur, oksygen, pH, ledningsevne og turbiditet ble målt med sonde gjennom hele vannsøylen (Vedlegg E). Resultatene vises både for hele vannsøylen og for de øverste 0-50 m, fordi variasjoner i termoklinen er lettere å identifisere når kun de øverste 0-50 m vises. I tillegg til disse parameterne ble det også målt vertikale profiler av klorofyll-fluorescens, som er inkludert i planteplankton kapitlet (Kap. 4.2). Tre forskjellige multisensorsonder var i bruk, der den ene ble brukt på Sørlandet (Nisser, Norsjø og Tinnsjø), den andre ble brukt på Østlandet (Eikeren, Randsfjorden, Tyrifjorden, Mjøsa, Gjende) og i Selbusjøen, mens den tredje ble brukt i Nord-Norge. Den sistnevnte sonden hadde ikke sensorer for pH og ledningsevne. Alle profilene er målt med den samme multisensorsonden pr innsjø. For å sjekke oksygenmålingene mot lab-analyser har vi også målt oksygen i bunnvannet med Winkler-metoden (Vedlegg D).

<sup>2</sup> De taksonomiske bestemmelsene av småkreps (vannlopper og hoppekreps) er oppdatert iht. Bledzki og Rybak (2016).

**Tabell 4. Tidspunkt for feltarbeid for hvert kvalitetselement i 2019.**

Kvalitetselementer: VK= Vannkjemi, PP = Planteplankton, KP = Krepsdyrplankton, VP = Vannplanter, SK = Litorale småkreps, BD = Bunndyr (opsjon finansiert i 2019). "(red.)" betyr redusert program og vil si kun pelagiske prøver (VK, PP, KP). Fisk ble undersøkt i eget FoU prosjekt (FIST) i følgende innsjøer: Nisser, Norsjø, Tinnsjø, Eikeren, Randsfjorden, og Tyrifjorden i uke 34-38.

Innsjøer 2019	Senvinter			Mai (Uke 21-22)			Juni (Uke 24-25)			Juli (Uke 28-29)			Aug (Uke 33-34)			Sept (Uke 36-37)			Okt (Uke 40-41)																	
	VK	PP	KP	VP	SK	BD	VK	PP	KP	VP	SK	BD	VK	PP	KP	VP	SK	BD	VK	PP	KP	VP	SK	BD	VK	PP	KP	VP	SK	BD						
<b>Sørlandet</b>																																				
Nisser							x	x	x				x	x	x				x	x	x				x	x	x	x	x	x						
Norsjø							x	x	x				x	x	x				x	x	x	x	x		x	x	x				x	x	x			
Tinnsjø							x	x	x				x	x	x	x			x	x	x				x	x	x				x	x	x			
<b>Østlandet</b>																																				
Eikeren							x	x	x				x	x	x	x	x		x	x	x	x	x		x	x	x				x	x	x			x
Gjende	x		x										x	x	x	x			x	x	x				x	x	x				x	x	x			
Mjøsa (red.)*							x	x	x				x	x	x				x	x	x				x	x	x				x	x	x			
Randsfjorden							x	x	x				x	x	x	x			x	x	x	x	x		x	x	x				x	x	x			
Tyrifjorden							x	x	x				x	x	x				x	x	x	x	x		x	x	x				x	x	x			
<b>Midt-Norge</b>																																				
Selbusjøen (red.)							x	x	x				x	x	x				x	x	x				x	x	x				x	x	x			
<b>Nord-Norge</b>																																				
Takvatnet (red.)	x		x										x	x	x				x	x	x				x	x	x									

\* Pelagiske prøver i Mjøsa tas i et annet prosjekt, data rapporteres også i ØKOSTOR for hovedstasjonen Skreia, som prøvetas hver 14. dag.

Målingene av pH med multisensorsonde viste usannsynlig høye verdier fra Nisser, Norsjø og Tinnsjø, som trolig skyldes skader på elektroden. Målingene fra mai var også mistenkelige for alle sjøene på Østlandet og Selbusjøen, trolig pga problemer med kalibreringen i forkant av mai-runden. Vi har derfor ikke vist disse resultatene i Vedlegg E. For klassifisering av pH benyttes uansett kun lab-målingene. Etter re-kalibrering av denne andre sonden i juni ble målingene pålitelige for resten av sesongen for innsjøene på Østlandet og for Selbusjøen. For den første sonden ble elektroden byttet ut, og nye rutiner for kalibrering og vedlikehold er etablert for å unngå at problemet gjentar seg i 2020.

Vannplanter og litorale småkreps ble ikke prøvetatt i Mjøsa, Selbusjøen og Takvatnet, da programmet for 2019 kun omfatter de pelagiske kvalitetselementene i disse tre innsjøene. Kartlegging av vannplanter i strandsonen ble heller ikke gjort i Gjende, da innsjøen er en fjellsjø med bratt, steinete strandsone, som er uegnet for vannplanter. Standard artsregistrering av vannplantene ble foretatt på 20 stasjoner i hver av innsjøene Nisser, Norsjø, Randsfjorden, Tyrifjorden og Tinnsjø, og på 15 stasjoner i Eikeren. De dypere deler av littoralsonen, inkludert registrering av nedre dybdegrens for vannplanter, ble kartlagt på 8 stasjoner i hver innsjø. Undersøkelsene ble foretatt i perioden fra begynnelsen av juli (Tinnsjø) til begynnelsen av september (Nisser).

Litorale småkreps ble prøvetatt på 8-10 stasjoner pr. innsjø tre ganger i løpet av vekstsesongen i alle innsjøene, unntatt Mjøsa, Selbusjøen og Takvatnet, som bare ble prøvetatt for pelagiske kvalitetselementer i 2019 (se Tabell 4). Litorale bunndyr ble kun prøvetatt i Eikeren på 8 stasjoner (se Vedlegg B) i mai og oktober. Fjærmygg (Chironomidae), fåbørstemark (Oligochaetae) og rundmark (Nematoda) ble ikke bestemt til art.

Dybdekart for alle innsjøene er gitt i Vedlegg A og geografiske koordinater for alle prøvetakings-stasjonene for de enkelte kvalitetselementene er gitt i Vedlegg B. Prøvetakingsdyp for vannkjemiske prøver er 0-10 m blandprøver fra epilimnion, samt fra dypere vannlag som angitt i Tabell 5.

**Tabell 5. Prøvetakingsdyp (m) for enkeltprøver i innsjøene i ØKOSTOR i 2019.**

Sørlandet			Østlandet						Midt-Norge	Nord-Norge
Nisser	Norsjø	Tinnsjø	Eikeren 1	Eikeren 2	Gjende	Mjøsa (Skreia)	Randsfjorden	Tyrifjorden	Selbusjøen	Takvatnet
0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
100	100	100	100	65	100	100	100	100	100	70
200	161	200	146		130	200	121	200	196	
224		300				300		278		
		400				400				
		450				443				

I denne rapporten presenteres aggregerte data i form av årsgjennomsnitt (eller maksimumsverdi, dersom dette er årsverdien, f.eks. for labilt aluminium eller for planteplanktonindeksen Cyanomax) for vannkjemiske parametere og for beregnede indekser (kapittel 4 og 5). Primærdata er gitt i vedleggene og vil rapporteres til Vannmiljøsystemet innen 30.09.2020.

### 3.1.2 Klassifisering av siktedyp og total fosfor i Gjende

#### Korrigeringsgrenser for siktedyp i Gjende:

Gjende er brepåvirket, noe som gir innsjøen den karakteristiske blågrønne fargen. Brepåvirkningen gir stor tilførsel av brepartikler om sommeren. Partiklene, som måles ved turbiditeten, sprer lyset og gir en grunnere eufotisk sone. Eufotisk sone er den øvre delen av vannsøylen der det er nok lys til en positiv netto primærproduksjon av planteplankton, og eufotisk dyp er den nedre dybdegrens for

denne sonen. Klassifiseringen av siktedyp som eutrofieringsparameter kan ikke gjøres uten først å korrigere siktedypsgrensene for brepartiklenes effekt på eufotisk dyp og dermed på siktedypet. En slik korrigering kan gjøres vha en empirisk modell som estimerer dypet for eufotisk sone ut fra turbiditeten (NTU) forårsaket av brepartiklene basert på data fra brepåvirkede innsjøer i Alaska (Edmundson og Koenings 1986). Den aktuelle modellen er:

$$\text{Log euphotic depth (m)} = 1,2270 - 0,6635 \text{ Log NTU } (r^2=0,94)$$

Deretter estimeres referanseverdien for siktedyp ut fra forholdet mellom eufotisk dyp og siktedyp, som er 3,4-4,9 (middelverdi 4,2) ganger dypere enn siktedypet i bresjøer (tabell 6 i Koenings og Edmundson 1991).

$$\text{Siktedyp}_{\text{ref}} \text{ (m)} = \text{Eufotisk dyp (m)} / 4,2$$

Dersom vi antar at brepartiklene er styrende for eufotisk dyp i Gjende og at planteplankton og humus har en helt ubetydelig rolle, kan vi beregne en referanseverdi for siktedyp i Gjende på 3,1 m, som er korrigert med hensyn til brepartiklene. Denne er basert på data fra juli, august og september i 2015, 2016 og 2017. Klassegrensene er deretter estimert ut fra denne referanseverdien og EQR verdiene for siktedyp for svært klare, kalkfattige fjellsjøer (Tabell 7.11 b for vanntype 23 i Klassifiseringsveilederen 02:2018). De nye klassegrensene er vist i Tabell 6 og er brukt i klassifiseringen av innsjøen i kap. 4 og 5.

**Tabell 6. Brepårtikkel-korrigerede referanseverdier og klassegrenser for siktedyp (m) i Gjende.** Korrigerede verdier er beregnet ut fra turbiditeten (FNU) og EQR verdier for klassegrensene for type 23 (se tekst for nærmere forklaring). Ref = referanseverdi, SG/G = klassegrensen svært god/god, G/M = klassegrensen god/moderat, M/D = klassegrensen moderat/dårlig, D/SD = klassegrensen dårlig/svært dårlig.

Innsjø	Norsk vanntype	Turbiditet (FNU)	Siktedyp (m)				
			Ref	SG/G	G/M	M/D	D/SD
Gjende	23*	1,5	3,1	2,7	2,4	1,6	1,0

\*Gjende er brepåvirket, men passer for øvrig inn i type 23 som er kalkfattige, svært klare fjellsjøer.

#### Totalfosfor (Tot-P) konsentrasjon i Gjende korrigert for bidraget fra brepartikler:

Tot-P konsentrasjonen påvirkes også av brepartiklene, som inneholder mye mineralisk fosfor (apatitt-fosfor), men som er utilgjengelig for planteplanktonet. For å beregne den biologisk tilgjengelige fosforkonsentrasjonen bør derfor fosforet i brepartiklene trekkes fra før innsjøen klassifiseres. Dette er gjort ved bruk av følgende modell (Edmundson og Koenings 1986), der Tot-P<sub>korr</sub> er den korrigerede biologisk relevante Tot-P konsentrasjonen, mens Tot-P<sub>målt</sub> er den faktisk målte Tot-P konsentrasjonen:

$$\text{Tot-P}_{\text{korr}} = 3,02 + 0,28 * \text{Tot-P}_{\text{målt}}, (r^2= 0,73).$$

Den målte Tot-P konsentrasjonen i Gjende i juli-september 2019 har en middelverdi på 9,3 µg/l i øvre del av vannmassen (0-10 m). Ved bruk av modellen ovenfor (setter inn 9,3 µg/l i formelen ovenfor for Tot-P<sub>målt</sub>) får vi da følgende middelverdi for korrigert biologisk relevant Tot-P i Gjende i 2017 (0-10m): Tot-P<sub>korr</sub> = 5,6 µg/l. Denne korrigerede Tot-P konsentrasjonen er brukt ved klassifiseringen av denne parameteren i innsjøen i kap. 4 og 5.

### 3.1.3 Klassifiseringsmetode for småkrepssammensetning mht eutrofiering

Småkrepssammensetning (både litorale og pelagiske) er følsomme for eutrofiering som en følge av flere fysiske og biologiske endringer som påvirker småkrepssammensetningen enten direkte eller indirekte. Disse endringer inkluderer reduserte lysforhold på grunn av økt planteplanktonbiomasse, forskyving fra bentisk til pelagisk dominert primærproduksjon, strukturelle endringer i miljøet (f.eks. færre vannplanter), endret størrelses-spektrum på fødepartiklene, endring av fødekonsentrasjonen og føde kvaliteten, forekomst av toksiske alger, endring i mengde og sammensetning av fiskesammensetning etc. (se Jensen mfl. 2013 for mer detaljert diskusjon av disse faktorene). Hvilke faktorer som er viktigst for endringen i småkrepssammensetningen langs trofigradienten er vanskelig å vurdere og sannsynligvis er det en kombinasjon av faktorer som fører til slike endringer.

I denne rapporten har vi anvendt et foreløpig forslag til klassifiseringssystem mht eutrofiering basert på småkrepssammensetning, krepssammensetningsindeksen CIT (Crustacean Index of Trophic status). Indeksen er basert på forholdet mellom antall arter som er sensitive overfor eutrofiering og det totale antall indikatorarter (eutrofieringssensitive og -tolerante):  $N_s / (N_s + N_t) \times 100$ , der  $N_s$  er antall følsomme arter og  $N_t$  er antall tolerante arter funnet i innsjøen. Verdien på indeksen kan variere mellom 0 og 100, og avtagende verdi indikerer økende næringsbelastning. Følsomme arter finnes primært i relativt næringsfattige innsjøer mens de får redusert forekomst (etterhvert bortfall) med økende trofigrad/ eutrofiering. Tolerante arter er arter som primært finnes i relativt næringsrike innsjøer og som ofte er sjeldne i næringsfattige innsjøer. I den foreløpige versjon av CIT inngår 23 indikatorarter av småkrepssammensetning som er inndelt i hhv. eutrofieringsfølsomme og eutrofieringstolerante arter der inndelingen er ekspertbasert på grunnlag av forekomst i et datasett på 72 innsjøer langs en trofigradient (se tabell H1-1 i Vedlegg H1). For å skille mellom endringer som skyldes eutrofiering og naturlige endringer med økende trofigrad er det fastsatt typespesifikke referanse- og klassegrenser (se tabell H1-2 i Vedlegg H1).

Datasettet som ligger til grunn for klassifiseringssystemet stammer primært fra små og middels store innsjøer der hver innsjø er representert med data fra én pelagisk stasjon og én litoral stasjon (representert med to forskjellige substrattyper) som er kombinert til en taksaliste. I tilstandsvurderingen presentert i denne rapporten, har vi kun brukt data fra litorale stasjoner. Siden de litorale prøvene fanger opp langt de fleste av de pelagiske artene, vurderer vi at usikkerheten i tilstandsklassifiseringen ikke er vesentlig høyere enn om både litorale og pelagiske prøver hadde vært brukt.

Samlet indeksverdi for en innsjø er beregnet ved å midle indeksverdiene for hver enkelt stasjon (8-10 stasjoner). For hver stasjon er taksalisten basert på totalt 6 prøver, dvs fra 2 ulike substrat (normalt eksponert strand med stein og beskyttet strand med finere substrat og vannplanter) og 3 ulike datoer.

Tilstandsklassifiseringen basert på CIT er beheftet med relativt stor usikkerhet da vi har begrenset med erfaringsgrunnlag for denne indeksen (som så langt heller ikke inkludert i det nasjonale klassifiseringssystemet).

### 3.1.4 Klassifisering av litorale bunndyr

Eikeren er moderat kalkrik, og forsuringssindeksene for bunndyr er dermed ikke relevante. Det finnes ikke noe nasjonalt klassifiseringssystem mht. eutrofiering, men vi har gjort en vurdering av tilstand mht. påvirkninger generelt (generell degradering) basert på ASPT-indeksen, der vi har benyttet klassegrenser iht. det svenske klassifiseringssystemet (se tabell H1-3 i Vedlegg H1). I det svenske systemet, som ikke er interkalibrert, er det etablert klassegrenser for tre ulike økoregioner; Centralslätten (Illies økoregion 14), Fennoskandiske skölden (økoregion 22) og Boreala höglandet (økoregion 20). De lavereliggende delene av Sørøst-Norge er angitt å tilhøre Illies økoregion 22, og vi har derfor benyttet klassegrensene for Fennoskandiske skölden ved klassifisering av Eikeren.

I 2015 ble data fra ulike stasjoner slått sammen dersom de lå nær hverandre og kunne antas å ha likt substrat og påvirkning. Dette ble gjort fordi enkeltprøver i noen tilfeller hadde for lavt antall dyr tilhørende indikatortaksa (se Lyche Solheim mfl. 2016). For 2019 er det beregnet indekser for de samme aggregerte stasjonene, men også enkeltvis for hver stasjon siden alle enkeltprøver tilfredstilte kriteriene for beregning av indekser.

## 3.2 Fisk

### 3.2.1 Innsamlingsmetodikk

Fisk som kvalitetselement ble i 2019 undersøkt i syv av ØKOSTOR-innsjøene i regi av FoU-prosjektet FIST (Fisk i store innsjøer): Nisser, Norsjø, Eikeren, Tinnsjø, Gjende, Randsfjorden og Tyrifjorden. Hensikten med FIST-prosjektet er å komme fram til kostnadseffektive metoder for overvåking av fisk i store innsjøer, samt å bidra med vurdering av den økologiske tilstanden i fiskesamfunnet.

For klassifisering på grunnlag av fisk iht vannforskriften skal det foreligge data om artssammensetning i fiskesamfunnet, mengden fisk, og bestandsstruktur for de viktigste fiskeartene. For registrering av artsinventar er det nødvendig med fangst i strandsonen og langs bunnen på dypere vann. Mengden fisk registreres med hydroakustikk (ekkolodd) i de frie vannmassene (pelagialen). Størrelses- og artssammensetning i pelagialen registreres ved fiske med trål (alternativt pelagiske garn; flytegarn). Fiskeundersøkelsene i 2019 ble gjennomført i alle innsjøene ved hjelp av både bunngarnfiske med nordiske oversiktsgarn (som består av 12 maskevidder 5-55 mm i paneler på 2,5 x 1,5 m) og hydroakustisk registrering av pelagisk fisk (med ekkolodd). I fire av innsjøene ble det dessuten gjennomført pelagisk prøvefiske: med pelagisk partrål i Nisser, Tinnsjø og Randsfjorden og med flytegarn i Gjende.

Innsatsen i bunngarnfisket var som følger: på fire stasjoner (seks stasjoner i Randsfjorden) fordelt i ulike deler av innsjøen ble det satt seks oversiktsgarn enkeltvis spredt i litoralsonen (0-15 m eller 0-20 m), og tre lenker á tre oversiktsgarn i tre soner ned til ca. 50 m. Det betyr 15 oversiktsgarn per stasjon, til sammen 60 garnnetter per innsjø (90 garnnetter i Randsfjorden). Denne innsatsen er basert på erfaringer gjort med bunngarnfiske med oversiktsgarn i FIST-prosjektet i 2016, 2017 og 2018 (Gjelland mfl. 2017, 2018, 2020).

Erfaringene fra 2015-2018 tilsier at partrål er en godt egnet metode for å samle fisk av de aller fleste størrelsesgruppene som lever i det pelagiske habitatet (Sandlund mfl. 2016, Gjelland mfl. 2013, 2017, 2018, 2020). Størrelsesfordelingen er viktig informasjon for sammenligning med de hydroakustiske dataene. Det ble derfor bestemt at pelagisk partrål skulle være standard metode for prøvefiske i de åpne vannmassene. Ved undersøkelsene i 2019 ble den samme partrålen benyttet som beskrevet i Gjelland mfl. (2018). Prosedyren for fiske med partrål er beskrevet i Sandlund mfl. (2016).

Ekkoloddregistreringene ble gjennomført med transekter i et sikksakk-mønster over innsjøen med en dekningsgrad nær 6, som antas å gi et godt statistisk grunnlag for tetthetsberegningene. Både ekkoloddkjøring og tråling blir gjennomført om natten, da dette generelt gir bedre registreringer av fiskesamfunnet. Mer detaljert informasjon om metodikken finnes i FIST-rapportene (Sandlund mfl. 2016, Gjelland mfl. 2018, 2019 og 2020).

### 3.2.2 Fiskeindekser

Tre indekser er tilgjengelige for klassifisering av de store innsjøene på grunnlag av kvalitetselement fisk. Dette er prosent bestandsnedgang (tabell 6-5 i Klassifiseringsveilederen; Veileder 02:2018), NEFI-indeksen (avsnitt 6.3.2 i veileder) og WS-FBI-indeksen (avsnitt 6.3.3 i veileder). De to første er indekser for generell påvirkning, mens WS-FBI er en eutrofieringsindeks. Det eksisterer i varierende grad historiske data fra innsjøene undersøkt i FIST 2019. Fremfor alt er det to usikkerhetsmomenter ved fiskeundersøkelser av eldre karakter; de ble gjennomført med standardgarn med middels til store maskevidder, og plasseringen av garn var ofte gjort med noe andre hensikter enn slik det gjøres i FIST. Det ble i mindre grad fisket i profundalen, og formålet var ofte å finne ut hvilke garnmasker som gav best fangst. Derfor ble det gjerne fisket på kjente, gode fiskeplasser. I tillegg er eldre data ofte presentert på et annet format, som kan gjøre sammenligninger vanskelig. Vi ha imidlertid valgt å bruke eldre rapporter for å bruke det sammenligningsgrunnlaget de tross alt gir. For samtlige innsjøer i FIST 2019 foreligger det resultater fra tidligere prøvefiske som har gitt oss mulighet til å benytte NEFI-indeksen der artsmangfoldet tillater det (gjelder ikke Tinnsjø og Gjende). For Gjende har vi fått tilgang til prøvefiske med garnserier gjennomført i regi av Fjellstyret i Vågå, dette har vi benyttet til å beregne %bestandsnedgang. For samtlige innsjøer har vi beregnet trofiindeksen WS-FBI.

WS-FBI-indeksen baserer seg på fordelingen av pelagisk fiskebiomasse i epi- og hypolimnion (dvs. over og under sprangsjiktet). Kvaliteten på de hydroakustiske registreringene i 2019 er god når det gjelder tetthet i form av antall fisk per areal. Biomasseberegningene er imidlertid svært avhengige av formelen mellom ekkostyrke (TS) og fiskens lengde (L) i cm, dette gjelder særlig de innsjøene der det ikke ble gjennomført pelagisk prøvefiske (Norsjø, Eikeren og Tyrifjorden). I denne rapporten ble det brukt den samme formelen som for FIST2017 og FIST2018;  $TS = 22,5(\log(L) - 68,6)$  (Gjelland mfl. 2019, 2020). Videre brukte vi artsspesifikke funksjoner for å regne lengde om til vekt, basert på data fra fangstene i prosjektet. Avvik mellom reell lengde og lengde predikert fra TS kan gi store utslag i biomasseberegningene. Vi antar at dette hovedsakelig vil være et skalerings spørsmål, slik at ratioen mellom epilimnetisk og hypolimnetisk biomasse vil være et sikrere mål enn biomasse per se. Denne ratioen er avgjørende for verdien til WS-FBI-indeksen. Sannsynligvis har verdiene av WS-FBI i disse innsjøene god pålitelighet, men verdien er også avhengig av en subjektiv vurdering av hvor overgangen mellom epi- og hypolimnion er. Nærmere vurderinger av disse usikkerhetene vil bli fulgt opp i FIST-rapporten (Gjelland mfl. under utarbeidelse).

Formlene for WS-FBI-indeksen som beskrevet i Klassifiseringsveilederen (Veileder 02:2018) gav negativ WS-FBI-verdi for Gjende, slik vi også observerte for innsjøene med lavest tetthet i FIST2018, og dette gjør indeksverdiene ikke tolkbare. For Gjende brukte vi derfor den samme formel-modifikasjonen som for innsjøer undersøkt i 2018 (se Lyche Solheim mfl. 2019). Dette innebar at vi endret det midterste leddet av formel-settet, slik at verdien av indeksen alltid blir positiv, men at verdien nær terskelgrenser endrer seg lite:

$$\widehat{BM}_{tot} = \frac{\min(\log(BM_{tot} + 1)) + 1}{\log(BM_{tot} + 1) + 1}$$

Modifikasjonen innebar en endring av konstanten  $\min(\log(BM_{tot}))$ ; vi adderte 1 til  $BM_{tot}$  før logaritmen ble beregnet i teller og nevner, for å sikre en positiv verdi. Videre valgte vi å bruke biomasseverdiene fra Takvatnet i 2018 som minste verdi, da den er vesentlig lavere enn minste verdi var ved utvikling av WS-FBI-indeksen. Ny verdi for konstanten  $\min(\log(BM_{tot}+1))$  var 0,0493. For de andre innsjøene i FIST 2019 undersøkelsene valgte vi å bruke den originale formelen for utregning av WS-FBI (Veileder 02:2018, Sandlund mfl. 2013).

NEFI-indeksen ('Norsk endringsindeks for fisk') baserer seg på dominansforholdene mellom fiskeartene i innsjøen, og kan anvendes for fiskesamfunn med flere enn tre arter dersom det foreligger



sammenlignbare prøvafiskedata fra tidligere. Dominansforholdene beskrives slik: dominerende art >25 % av fangsten, vanlig art 1-25 % av fangsten, og sjelden art <1 % av fangsten (Veileder 02:2018).

### 3.2.3 Fremmede arter

Fem av de undersøkte innsjøene i 2019 har bestander av fremmede arter. I Randsfjorden, Tyrifjorden, Tinnsjø, Norsjø og Nisser er det forekomster av én eller flere regionalt fremmede fiskearter<sup>3</sup>. Vi har fulgt kap. 3.5.9 i klassifiseringsveilederen (Veileder 02:2018) og vurderingene i Artsdatabankens Fremmedartsliste 2018 (Artsdatabanken 2020) som grunnlag i vår klassifisering av vannforekomster med regionalt fremmede fiskearter. Av de introduserte artene i ØKOSTOR 2019 er ørekyt og gjedde vurdert med *svært høy risiko*, og mort med *høy risiko* (Artsdatabanken 2020). Disse artene bør derfor påvirke tilstandsklassifiseringen. Det er imidlertid flere av de regionalt fremmede artene som trolig kan ha betydelig økologisk risiko.

Klassifiseringsveilederen presenterer ingen direkte prosedyre for hvordan tilstandsklassifiseringen skal gjennomføres for vannforekomster med fremmede arter. I vår vurdering har vi valgt å nedgradere tilstanden for det/de aktuelle kvalitetselementene med én tilstandsklasse der den innførte arten er en høyrisikoart (nEQR er satt som midtpunktet i klassen siden verdien ikke kan beregnes). Hvorvidt dette fører til en nedgradering av tilstanden for innsjøen samlet kommer an på tilstanden til de øvrige kvalitetselementene som er klassifisert. Uansett vil en slik prosedyre aldri gi bedre enn *god* tilstand for vannforekomsten.

Den økologiske effekten av en introdusert art er helt uavhengig av artens geografiske opprinnelse, og dagens kunnskap tyder på at i norske innsjøer har de regionalt fremmede artene lettere for å etablere seg og gi målbare økologiske effekter enn de nasjonalt fremmede artene. I vurderingen av introduserte arter i vannforskriften bør man derfor gjøre en konkret vurdering av hvilken effekt den introduserte arten kan ha hatt. I de fleste tilfeller er kunnskapene mangelfulle, og effektene bør vurderes i forhold til andre påvirkningsfaktorer. For eksempel vil en introdusert litoral art som ørekyt i en hardt regulert innsjø neppe bety så mye sammenlignet med den negative effekten av reguleringen. I en ellers nokså uberørt innsjø vil en fremmed art kunne være den avgjørende påvirkningsfaktoren, også fordi de kan bringe med seg parasitter.

## 3.3 Hydromorfologiske kvalitetselementer

I årets rapport er parameterne reguleringshøyde (RH) og forholdet mellom reguleringshøyde og siktedyp (SD) brukt i den endelige tilstandsklassifiseringen av innsjøene. Klassegrensene for de aktuelle parameterne er gitt i Klassifiseringsveilederen Tabell 6.19 (Veileder 02:2018). Resultatene er gitt for hver enkelt innsjø i kap. 5, og er basert på reguleringshøyden (Tabell 2), og årsgjennomsnitt for siktedyp (Tabell 7). Kombinasjon av disse med de øvrige kvalitetselementene for samlet klassifisering følger prosedyre beskrevet i kap. 3.5.5 og figur 3.6 i Klassifiseringsveilederen (Veileder 02:2018), som tilsier at tilstanden kun kan nedgraderes fra *svært god* til *god* dersom de hydromorfologiske kvalitetselementene (HyMo) er i dårligere enn *svært god* tilstand. Dersom alle biologiske og fysisk-kjemiske kvalitetselementer indikerer *svært god* eller *god* tilstand (men alle har nEQR > 0,70), mens HyMo er klassifisert til dårligere tilstand, vil den samlede nEQR verdien for innsjøen bli 0,70 (midtverdien i tilstandsklasse *god*).

<sup>3</sup> Artsdatabankens arbeid med fremmede fiskearter har i siste runde definert to grupper av fremmede arter: «nasjonalt fremmede» er arter som er innført fra områder utenfor Norges grenser, mens «regionalt fremmede» er arter som er flyttet mellom ulike vassdrag i Norge.

## 4. Resultater pr. kvalitetselement

### 4.1 Fysisk-kjemiske parametere

#### 4.1.1 Datagrunnlag

Datagrunnlaget for klassifisering av økologisk tilstand for de fysisk-kjemiske parameterne er vist i Tabell 7, rådata er i Vedlegg C. Datagrunnlaget er kun basert på prøver fra én stasjon pr. innsjø (bortsett fra Eikeren der to stasjoner ble prøvetatt og resultater er vist for hver av dem). Den/de pelagiske stasjonene er ikke nødvendigvis representative for hele innsjøen, særlig i innsjøer med flere bassenger, dersom disse har forskjellig produktivitet, oppholdstid og påvirkning (eks. Nisser, Tinnsjø, Mjøsa, Tyrifjorden, Selbusjøen, se kart med pelagisk stasjonsplassering i Vedlegg B).

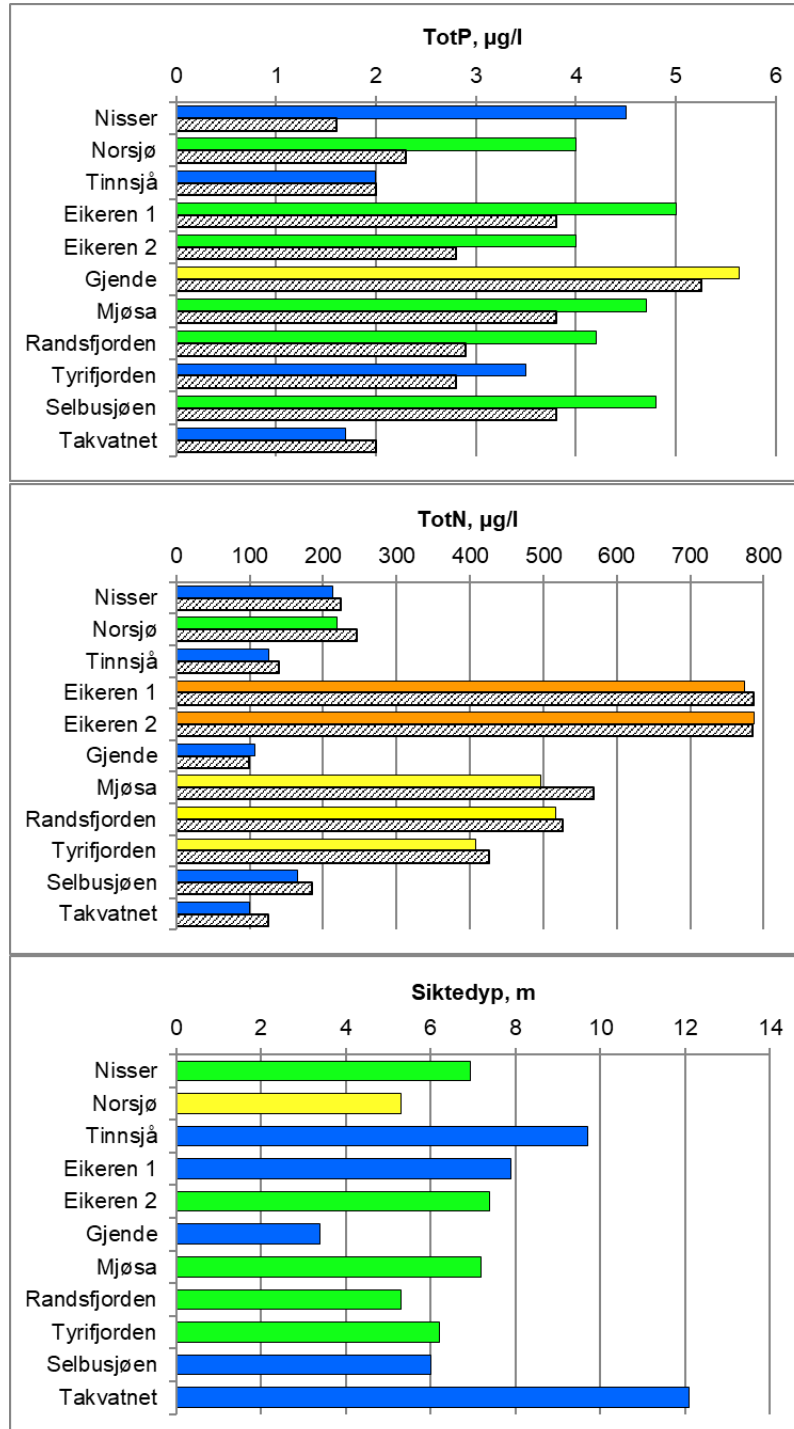
**Tabell 7. Datagrunnlag for klassifisering av økologiske tilstand for de fysisk-kjemiske støtteparametere fra 2019: total fosfor (Tot-P), total nitrogen (Tot-N), siktedyp, pH, ANC og labilt aluminium (L-Al). Rådata er vist i vedlegg C.**

Innsjø	Epilimnion							Hypolimnion				
	Statistisk uttrykk	Tot-P µg/L	Tot-N µg/L	Siktedyp, m	pH	ANC µekv/L	L-Al µg/L	Tot-P µg/L	Tot-N µg/L	pH	ANC µekv/L	L-Al µg/L
<b>Sørlandet</b>												
Nisser	min	2	200	6,0	5,9	34	9,0	1	220	5,9	38	13,0
	middel	4,5	213	7,0	6,0	51	14,3	1,6	224	6,1	46	16,6
	maks	9	220	9,5	6,1	68	20,0	2	230	6,7	58	23,0
Norsjø	min	3	180	4,7	6,6	100	4,0	2	240	6,6	97	4,0
	middel	4,0	218	5,3	6,7	113	7,2	2,3	246	6,7	109	6,8
	maks	6	250	7,2	6,8	134	12,0	3	260	6,8	122	12,0
Tinnsjø	min	1	110	8,0	6,4	81	3,0	1	130	6,6	80	3,0
	middel	1,8	127	9,7	6,7	97	4,7	2	140	6,7	92	4,4
	maks	3	140	14,0	6,9	126	7,0	3	150	6,8	109	8,0
<b>Østlandet</b>												
Eikeren 1	min	3	750	6,1	7,2	315	7,0	3	770	7,2	304	6,0
	middel	5,0	773	7,9	7,3	334	10,0	4	787	7,3	329	11,0
	maks	10	810	11,0	7,4	366	12,0	6	800	7,5	358	15,0
Eikeren 2	min	2	740	5,1	7,3	311	5,0	2	760	7,3	303	6,0
	middel	4,0	787	7,4	7,4	338	10,2	3	785	7,3	332	9,3
	maks	6	820	10,8	7,5	377	14,0	3	810	7,4	377	11,0
Gjende	min	5	52	1,6	6,7	73	0,0	5	62	6,7	72	0,0
	middel	8,2	107	3,4	6,8	82	0,8	7	99	6,8	82	1,5
	maks	14	140	5,5	6,9	91	2,0	11	130	6,9	91	5,0
Mjøsa	min	3	420	6,0	7,2	245	0,0	3	550	7,2	264	0,0
	middel	4,7	497	8,2	7,3	273	1,8	3,8	568	7,3	281	3,0
	maks	8	570	14,0	7,4	302	5,0	6	600	7,3	304	6,0
Randsfjorden	min	3	480	4,5	7,3	306	9,0	1	520	7,2	309	7,0
	middel	4,2	517	5,3	7,3	326	12,7	3	527	7,3	323	9,8
	maks	6	560	7,5	7,4	352	15,0	4	530	7,4	350	13,0
Tyrifjorden	min	3	380	4,5	7,0	245	8,0	2	420	7,0	236	9,0
	middel	3,5	408	6,2	7,2	257	11,8	2,8	427	7,1	252	10,7
	maks	5	460	10,1	7,4	286	20,0	4	450	7,2	274	14,0
<b>Midt-Norge</b>												
Selbusjøen	min	1	150	5,2	7,0	184	2,0	3	170	7,0	199	3,0
	middel	4,8	165	6,0	7,1	208	6,2	4	185	7,1	211	6,0
	maks	8	180	7,5	7,2	229	10,0	5	200	7,2	235	11,0
<b>Nord-Norge</b>												
Takvatnet	min	1	85	10,5	7,4	195	0,0	2	110	7,4	430	0,0
	middel	3,3	100	12,1	7,5	376	1,3	2	125	7,5	438	2,0
	maks	8	120	15,0	7,7	442	5,0	2	160	7,6	447	5,0

<sup>1</sup>Gjende: Tot-P verdien etter korrigering for bidraget fra brepartiklene er 5,6 µg/l for epilimnion og 5,3 µg/l for hypolimnion, (se kap. 3.1.2).

#### 4.1.2 Klassifisering av økologisk tilstand for eutrofieringsrelevante parametere

Middelverdier og tilstandsklasser for Tot-P, Tot-N og siktedyp i 2019 er gitt i Figur 3.



Figur 3. Tilstandsklassifisering av eutrofieringsparameterne total fosfor (Tot-P), total nitrogen (Tot-N) og siktedyp i innsjøene i ØKOSTOR 2019. Søylen viser gjennomsnittsverdier, og fargen indikerer tilstandsklassen (blått er svært god, grønn er god, gul er moderat, oransje er dårlig og rød er svært dårlig økologisk tilstand). Grå-skraverte søyler er hypolimnion-data. Tot-P-konsentrasjonen i Gjende er korrigert for bidraget fra brepartiklene (se kap. 3.1.2). Merk: Typespesifikke klassegrenser.

Tilstandsklasse er basert på typespesifikke klassegrenser og vil derfor variere avhengig av vanntypen, selv om absoluttverdiene for hver parameter kan være like for forskjellige innsjøer. Derfor vil en Tot-P konsentrasjon på f.eks. 4 µg/l kunne gi *svært god*, *god* eller *moderat* tilstand for innsjøer som tilhører forskjellige vanntyper. Næringssaltkonsentrasjoner er også angitt for hypolimnion, men er ikke benyttet for klassifisering, da klassegrenser kun gjelder for epilimnion.

### Total fosfor

Tinnsjø og Takvatnet er ultraoligotrofe (OECD 1982) med spesielt lav Tot-P konsentrasjon (< 2 µg/l). De øvrige innsjøene har en middelvei på 3,5-5,5 µg/l i epilimnion, som tilsvarer oligotrofe forhold. I Gjende var den målte fosforkonsentrasjonen i de øvre vannmassene (0-10 m) på 8,2 µg/l (Tabell 7 og 8), men mye av dette er mineralisk bundet fosfor i brepartiklene (apatitt), som ikke er biologisk tilgjengelig. Vi har derfor beregnet en «netto» fosforkonsentrasjon ved hjelp av en modell basert på data fra andre brepåvirkede innsjøer i Alaska (se Kap. 3.1.2). Vi får da en ny middelvei på 5,6 µg/l, som er mer relevant for klassifisering av økologisk tilstand og derfor brukt i Figur 3.

Klassifiseringen av Tot-P (Figur 3) gir *svært god* tilstand for fire av de ti innsjøene (Nisser, Tinnsjø, Tyrifjorden og Takvatnet). For Gjende blir tilstanden *moderat*, men klassifiseringen er usikker, da klassegrensene som er brukt gjelder klare fjellsjøer og ikke bresjøer, og modellen som er brukt for korrigering for fosforet i brepartiklene ikke er testet for andre norske bresjøer. De øvrige innsjøene får *god* tilstand. Norsjø og Eikeren (stasjon 2) er akkurat på grensen *svært god/god* (nEQR 0,80), og Randsfjorden er også nær denne grensen med nEQR 0,78 (Tabell 10).

Både konsentrasjonen og andelen orto-fosfat er vesentlig høyere i Gjende (5,6 µg/l og andel 0,68) enn i de andre innsjøene (0,36-0,51) (Tabell 8). Dette kan skyldes forvitring av brepartikler kombinert med begrenset biologisk opptak av fosfat, pga høy turbiditet og stort sirkulasjonsdyp mesteparten av vekstsesongen (se vertikalprofiler av turbiditet og temperatur i Vedlegg E). Dette gir sannsynligvis lysbegrensning av algeveksten, selv om både klorofyll-fluorescens og biovolum av planteplankton var høyere i Gjende enn i de andre innsjøene (kap.4.2).

**Tabell 8. Middelveier av total fosfor (Tot-P), orto-fosfat (PO<sub>4</sub>) og andel PO<sub>4</sub> av Tot-P i innsjøene som var med i ØKOSTOR i 2019.**

Tallene er basert på blandprøver fra 0-10m. For Gjende angir Tot-P den målte middelveien.

Innsjø	Tot-P µg/L	PO <sub>4</sub> µg/L	PO <sub>4</sub> /Tot-P
<b>Sørlandet</b>			
Nisser	4,5	2,1	0,47
Norsjø	4,0	1,8	0,45
Tinnsjø	2,0	0,9	0,46
<b>Østlandet</b>			
Eikeren 1	5,0	1,8	0,36
Eikeren 2	4,0	1,6	0,40
Gjende	8,2	5,6	0,68
Mjøsa	4,7	1,9	0,40
Randsfjorden	4,2	1,6	0,38
Tyrifjorden	3,5	1,8	0,51
<b>Midt-Norge</b>			
Selbusjøen	4,8	2,4	0,50
<b>Nord-Norge</b>			
Takvatnet	1,7	0,8	0,47

Tilsvarende resultater med høyere andel orto-fosfat av Tot-P i Gjende enn i andre store innsjøer ble også funnet i 2015, 2016, 2017 og 2018 (Lyche Solheim mfl. 2019).

Hypolimnion viser noe lavere fosforkonsentrasjon enn i epilimnion for alle innsjøene unntatt Tinnsjø og Takvatnet (Figur 3). Denne forskjellen mellom epi- og hypolimnion i de fleste innsjøene kan indikere antropogene tilførsler til de øvre vannmassene, f.eks. ved avrenning fra landbruksarealer ved kraftig nedbør om sommeren.

### Total nitrogen (Tot-N)

Resultatene for total nitrogen (Tot-N) (Figur 3) gir omtrent det samme bildet som total fosfor (Tot-P) for Nisser, Norsjø, Tinnsjø, Selbusjøen og Takvatnet med lave konsentrasjoner og *svært god* eller *god* tilstand. Mjøsa, Randsfjorden og Tyrifjorden har betydelig høyere Tot-N konsentrasjoner, som gir *moderat* tilstand, mens Eikeren har den klart høyeste konsentrasjonen (nær 800 µg/l på begge stasjonene), noe som gir *dårlig* tilstand. Dette skyldes sannsynligvis nitrogen-tilførsler fra jordbruksområdene rundt innsjøene (Lyche Solheim mfl. 2019). Alle de store Østlandssjøene har vesentlig dårligere tilstand for Tot-N enn de har for Tot-P. For Gjende er bildet motsatt, da den har svært lav konsentrasjon av Tot-N, som gir *svært god* tilstand i motsetning til Tot-P, som gir *moderat* tilstand. Denne forskjellen skyldes sannsynligvis lite N og mye P i brepartiklene i Gjende.

**Tabell 9. N/P-forhold og uorganisk løst nitrogen (nitrat NO<sub>3</sub> og ammonium NH<sub>4</sub>) i innsjøene som var med i ØKOSTOR i 2019. Tallene er basert på blandprøver fra 0-10m.**

Innsjø	Tot-N/Tot-P, minimum	NH <sub>4</sub> +NO <sub>3</sub> minimum, µg/l
<b>Sørlandet</b>		
Nisser	22	106
Norsjø	42	93
Tinnsjø	40	51
<b>Østlandet</b>		
Eikeren 1	81	601
Eikeren 2	130	568
Gjende	6	29
Mjøsa	60	323
Randsfjorden	92	331
Tyrifjorden	76	248
<b>Midt-Norge</b>		
Selbusjøen	19	44
<b>Nord-Norge</b>		
Takvatnet	48	20

Mulig nitrogenbegrensning av planteplankton ble vurdert ved å beregne forholdet mellom Tot-N og Tot-P, samt minimumskonsentrasjon av uorganiske løste nitrogenfraksjoner (nitrat og ammonium). Dersom vi finner Tot-N/Tot-P < 20 og NO<sub>3</sub>+NH<sub>4</sub> < 10 µg/l, anses N-begrensning å være sannsynlig (Schindler mfl. 2016). Resultatene i Tabell 9 viser at ingen av innsjøene tilfredsstilte begge kriteriene. Planteplanktonet i disse innsjøene antas derfor ikke å være N-begrenset, noe som tilsier at Tot-N ikke bør brukes i den samlede klassifiseringen av økologisk tilstand (se kap. 5).

### Siktedyp

Siktedypet bestemmes av konsentrasjonen av humus, uorganiske partikler og planteplankton. klassegrensene for hver innsjø tar hensyn til humusinnhold (modell og tabell 7.11 i Veileder 02:2018) for alle innsjøene unntatt Gjende. Klassegrensene for siktedyp i Gjende, som har svært lavt humusinnhold, men derimot mye brepartikler, er korrigert iht bidraget fra brepartiklene (se avsnitt 3.1.2). Siktedypet varierer fra 3,4 m i Gjende, til 12,1 m i Takvatnet, som er svært næringsfattig og

har lite humus (5 mg Pt/l) og lite partikler (turbiditet < 0,3 FNU). Tinnsjø har også stort siktedyp på ca. 10 m, Nisser, Mjøsa og Eikeren har 7-8 m (noe mindre på stasjon 2 nær sørenden av Eikeren enn på stasjon 1), mens Norsjø, Randsfjorden, Tyrifjorden og Selbusjøen har ca. 5-6 m siktedyp. De tre sistnevnte av disse får likevel *svært god* eller *god* tilstand, da årsaken til det relativt lave siktedypet skyldes en del humus (ca. 20 mg Pt/l), mens Norsjø får *moderat* tilstand, til tross for at den har omtrent samme humusinnhold og biomasse av planteplankton som Randsfjorden og Tyrifjorden. Den *moderate* tilstanden for siktedyp i Norsjø kan imidlertid skyldes for strenge klassegrenser, som ikke er korrigert for den relativt høye turbiditeten (se kap. 5.3 for utdypende diskusjon og vertikalprofilen for turbiditet i Vedlegg E).

Gjende ville fått *dårlig* tilstand for siktedyp, slik som i 2015 og 2016 (Lyche Solheim mfl. 2017), pga brepartiklenes effekt på siktedypet, men har både i 2017, 2018 og 2019 blitt klassifisert til *svært god* tilstand for siktedyp etter korrigering av klassegrenser i forhold til turbiditet i bresjøer (se kap. 3.1.2). Dette er nødvendig dersom siktedypet skal brukes som eutrofieringsparameter. Høy turbiditet kan imidlertid ha andre negative økologiske effekter bl.a. for fisk (se kap. 4.5). Turbiditeten i Gjende har økt de siste årene, trolig som følge av økt bresmelting. Dette diskuteres nærmere i kap. 5.6.

### Samlet klassifisering av eutrofieringsrelaterte fysisk-kjemiske parametere

Den samlede klassifiseringen av de eutrofieringsrelevante parametere (Tabell 10) er basert på middelvei av Tot-P og siktedyp for alle innsjøene, da ingen av innsjøene tilfredsstiller kriteriene for nitrogenbegrensning (N:P-forhold og konsentrasjon av uorganisk nitrogen) (Tabell 9).

**Tabell 10. Økologisk tilstand for vannkjemiske eutrofieringsparametere i innsjøene som er med i ØKOSTOR i 2019.** Tallene viser normaliserte EQR verdier (nEQR) basert på gjennomsnitt for prøver fra øvre del av vannmassen (0-10m). Samlet nEQR er middelvei av nEQR for Tot-P og siktedyp, da ingen av innsjøene tilfredsstiller kriteriene for nitrogenbegrensning (se tekst). Fargen viser tilstandsklassen: blått er *svært god*, grønt er *god*, gult er *moderat*, oransje er *dårlig* og rødt er *svært dårlig*.

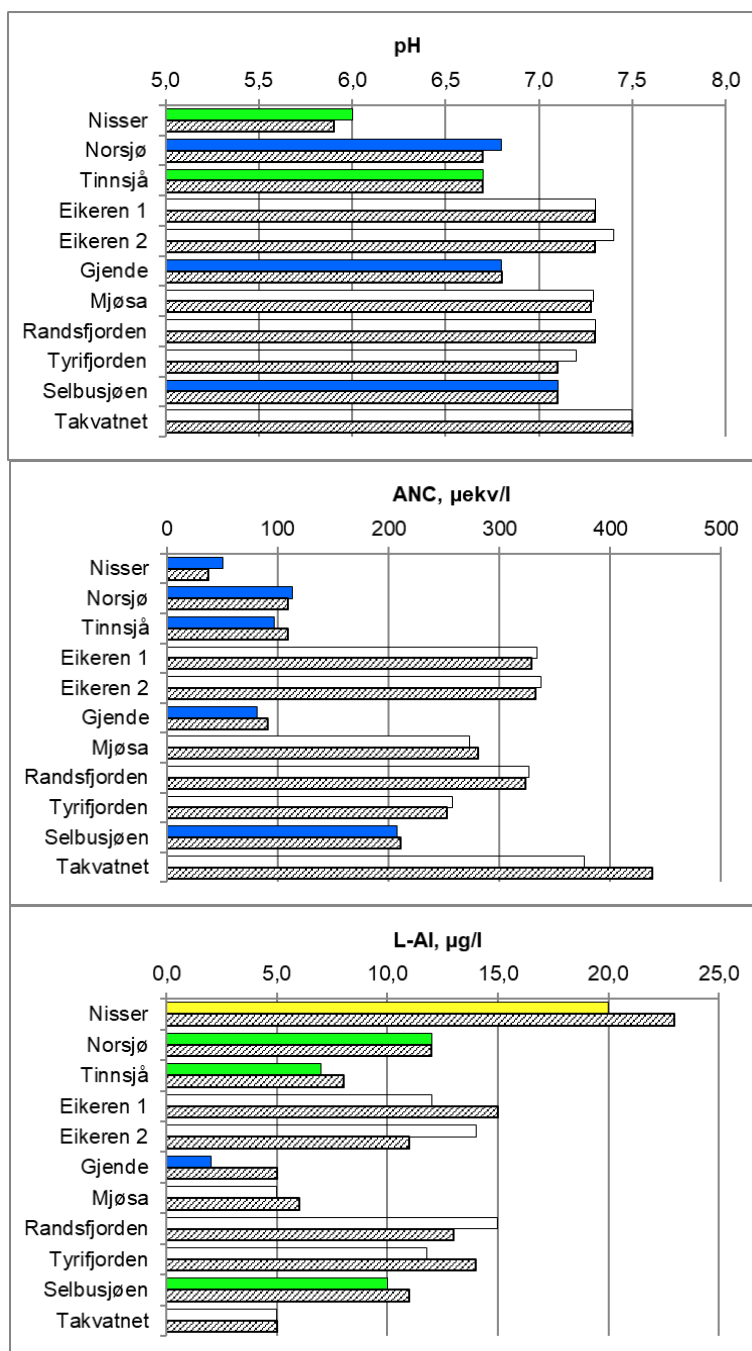
Innsjø	Norsk vanntype	Tot-P		Tot-N		Siktedyp		Eutrofieringsparametere
		middel-verdi	nEQR	middel-verdi	nEQR	middel-verdi	nEQR	samlet nEQR
<b>Sørlandet</b>								
Nisser	L202d	4,5	0,83	213	0,85	7	0,80	0,82
Norsjø	L105b	4	0,80	218	0,77	5,3	0,56	0,68
Tinnsjø	L104	2	1,00	127	1,00	9,7	1,00	1,00
<b>Østlandet</b>								
Eikeren 1	L107	5	0,73	773	0,34	7,9	0,84	0,78
Eikeren 2	L107	4	0,80	787	0,33	7,4	0,75	0,78
Gjende	L304	5,6	0,56	107	1,00	3,4	1,00	0,78
Mjøsa	L105b	4,7	0,75	497	0,50	7,2	0,72	0,74
Randsfjorden	L107	4,2	0,78	517	0,48	5,3	0,72	0,75
Tyrifjorden	L105b	3,5	0,89	408	0,59	6,2	0,79	0,84
<b>Midt-Norge</b>								
Selbusjøen	L105b	4,8	0,74	165	1,00	6	0,85	0,79
<b>Nord-Norge</b>								
Takvatnet	L207	1,7	1,00	100	1,00	12,1	0,96	0,98

Den samlede klassifiseringen av Tot-P og siktedyp gir *svært god* tilstand for fire av innsjøene (Nisser, Tinnsjø, Tyrifjorden og Takvatnet), mens de øvrige får *god* tilstand. De to stasjonene i Eikeren viste kun små forskjeller i Tot-P og siktedyp, men ingen forskjell i de samlede nEQR verdiene. Gjende og Selbusjøen er i *god* tilstand, men nær grensen mot *svært god*, mens Mjøsa og Randsfjorden har noe

lavere nEQR verdier, men er likevel i øvre del av tilstandsklasse *god*. Norsjø er omtrent midt i tilstandsklassen mht disse parameterne. Det er særlig siktedypet som trekker ned for Norsjø.

#### 4.1.3 Klassifisering av økologisk tilstand for forsursrelevante parametere

Figur 4 viser årsverdier (middelverdier for pH og ANC og maksimumsverdi for labilt aluminium, L-Al) og klassifisering av økologisk tilstand for pH, ANC og L-Al i 2019.



Figur 4. Tilstandsklassifisering av forsursparametere pH, syrenøytraliserende kapasitet (ANC) og uorganisk aluminium (L-Al) for de store innsjøene som var med i ØKOSTOR i 2019. Søylene viser sesongmessig gjennomsnittsverdi for pH og ANC og maksimumsverdi for L-Al. Fargen indikerer tilstandsklasse, se forklaring i Figur 3. Hvide søyler gjelder moderat kalkrike innsjøer som ikke kan klassifiseres mht forsursparametere. Gråskraverte søyler er hypolimnion-data. Merk: typespesifikke klassegrenser.

Nisser er den eneste innsjøen som viser tegn på forsuringproblemer da den får *moderat* tilstand for L-Al, men *god* tilstand for pH og *svært god* for ANC. De øvrige klassifiserte innsjøene er enten i *svært god* eller *god* tilstand for alle forsuringparameterne. For pH og ANC er det små forskjeller mellom årsverdiene for epilimnion og hypolimnion, men for L-Al er det litt høyere konsentrasjoner i hypolimnion enn i epilimnion i de fleste klassifiserte innsjøene, bortsett fra i Norsjø, der det er samme maksimumsverdi i hypo- og epilimnion (Figur 4). Forskjellene mellom konsentrasjonen i epi- versus hypolimnion er likevel små (ca. 1-3 µg/l) i de fleste innsjøene.

Forsuringsparameterne er ikke relevante for de moderat kalkrike innsjøene (Eikeren, Mjøsa, Randsfjorden, Tyrifjorden). Klassifiseringssystemet er ikke utviklet for hypolimnion, og resultatene fra hypolimnion er derfor ikke klassifisert.

Samlet klassifisering av forsuringparameterne (Tabell 11) basert på middelverdien av nEQR verdiene for de tre parameterne (pH, ANC og L-Al) gir *svært god* tilstand for fem av de seks innsjøene som kan klassifiseres mht forsuring, mens Nisser får *god* tilstand. Nisser har dermed lavest nEQR verdi (0,71) og har også lavest kalsium-konsentrasjon (0,95 mg/l) av alle innsjøene som var med i 2019-overvåkingen (Tabell 3). I 2015 hadde Nisser en samlet nEQR-verdi for forsuringparameterne på 0,74 (Lyche Solheim mfl. 2016), men den verdien var basert på tidligere klassifiseringsregler for kombinasjon av forsuringparameterne, dvs. medianverdi av de tre parameterne. Dersom dagens klassifiseringsregler brukes, dvs. middelverdi av de tre parameterne, får Nisser en samlet nEQR i 2015 på 0,70, som er omtrent lik verdien for 2019 i tabell 11.

**Tabell 11. Økologisk tilstand for vannkjemiske forsuringparameterne i innsjøene i ØKOSTOR i 2019.**

Tallene viser normaliserte EQR verdier (nEQR) basert på gjennomsnitt for prøver fra øvre del av vannmassen (0-10m). Den samlede verdien er basert på median av de tre parameterne. Fargen viser tilstandsklassen der blått er svært god, grønt er god, gult er moderat, oransje er dårlig og rødt er svært dårlig. N.a. betyr ikke relevant, da innsjøene er moderat kalkrike

Innsjønavn	Norsk Type	pH		ANC		Labilt Al		Forsuring samlet nEQR
		middel-verdi	nEQR	middel-verdi	nEQR	maks-verdi	nEQR	
<b>Sørlandet</b>								
Nisser	L202d	6,00	0,73	51	0,91	20,00	0,48	0,71
Norsjø	L105b	6,80	0,90	113	0,96	12,00	0,66	0,84
Tinnsjø	L104	6,70	0,80	97	1,00	7,00	0,73	0,84
<b>Østlandet</b>								
Eikeren 1	L107	7,30	n.a.	334	n.a.	12,00	n.a.	n.a.
Eikeren 2	L107	7,40	n.a.	338	n.a.	14,00	n.a.	n.a.
Gjende	L304	6,80	0,87	82	0,95	2,00	1,00	0,94
Mjøsa	L107	7,29	n.a.	273	n.a.	5,00	n.a.	n.a.
Randsfjorden	L107	7,30	n.a.	326	n.a.	15,00	n.a.	n.a.
Tyrifjorden	L107	7,20	n.a.	258	n.a.	11,80	n.a.	n.a.
<b>Midt-Norge</b>								
Selbusjøen	L105b	7,10	1,00	208	1,00	10,00	0,68	0,89
<b>Nord-Norge</b>								
Takvatnet	L207	7,50	n.a.	376	n.a.	5,00	n.a.	n.a.



#### 4.1.4 Vertikalprofiler av fysisk-kjemiske parametere: temperatur, oksygen, pH, ledningsevne og turbiditet

Resultatene for de aktuelle parametere for alle innsjøene oppsummeres nedenfor. Rådata er gitt i Vedlegg E.

##### Temperatur:

Temperatur-utviklingen gjenspeiler de klimatiske forholdene i hver innsjø. Sommeren 2019 var ganske varm på Østlandet, noe som ga varmere overflatevann og skarpere sjiktning enn i 2015 i de fleste innsjøene (Lyche Solheim mfl. 2016). Maksimumstemperaturen var ca. 19 °C i slutten av juli i de fleste Østlands-sjøene, og termoklinen lå stort sett mellom 10 m og 20 m (se nedre panel for hver innsjø i isopletdiagrammene i vedlegg E). Mjøsa og Tinnsjø hadde noe lavere temperatur i epilimnion enn de andre Østlands-sjøene pga store tilførsler av kaldt smeltevann fra hhv Jotunheimen og Hardangervidda på våren og forsommeren. De to stasjonene i Eikeren viste klare forskjeller i temperaturutviklingen, der stasjon 2, som ligger i den sørlige delen av innsjøen, ikke nådde like høy maksimumstemperatur som stasjon 1, men hadde en skarpere termoklin og en tydelig avkjølingsepisode i nedre del av metalimnion i august. Denne avkjølingen kan muligens skyldes en stående bølge, som kan ha oppstått ved kraftig sønnavind. En slik stående bølge gir en grunnere termoklin i den enden av innsjøen vinden kommer fra, dvs. sørenden i dette tilfellet, og en tilsvarende dypere termoklin i motsatt ende pga oppstuing av varmt overflatevann der. Gjende har en kortvarig sjiktning i juli og august og nådde en maksimumstemperatur på 10 °C, som er på samme nivå som i 2018, men tre grader høyere enn i 2015, 2016 og 2017. Selbusjøen hadde maksimumstemperatur på ca. 14 °C i juli/august, som er omtrent som i 2016, 2017 og 2018. Takvatnet utviklet en grunn og ganske skarp termoklin i juli-august og nådde en maksimumstemperatur på ca. 15 °C, som er to grader høyere enn i 2018 (Lyche Solheim mfl. 2019).

##### Oksygen:

Alle innsjøene har godt oksygenert vann fra overflate til bunnen hele vekstsesongen (minimum 80% metning på senvinteren i Gjende og Takvatnet). Norsjø, Tinnsjø, Eikeren, Tyrifjorden og Selbusjøen, hadde svak overmetning av oksygen i epilimnion i juni-juli pga primærproduksjon, noe som igjen skyldes gode lysforhold og litt varmere vann enn normalt. Takvatnet hadde overmetning i store deler av vannsøylen i mesteparten av vekstsesongen, noe som trolig skyldes svært klart vann (siktedyb på 10-15 m, tabell 7), som gir mulighet for primærproduksjon i store deler av vannsøylen. Oksygenkonsentrasjonen var 9-12 mg/l i alle innsjøene, unntatt i Nisser, Randsfjorden og Tyrifjorden der minimumskonsentrasjonen var 8 mg/l i overflatevannet i en kort periode i månedsskiftet juli/august, da overflatevannet hadde høyest temperatur. Dette er rett under grenseverdien *god/moderat* for oksygen, som gjelder for laksefisk (Direktoratsgruppen 2018). Det var godt samsvar mellom oksygen analysert ved hjelp av Winkler-metoden i den dypeste prøven (Vedlegg D) og det som ble målt med sonden (Vedlegg E).

##### Turbiditet:

De fleste innsjøene hadde svært lav turbiditet (<0,5 FTU), ofte under deteksjonsgrensen for både sonden og lab-målingene. Tinnsjø, Mjøsa, Selbusjøen og Takvatnet hadde svært lav turbiditet hele sesongen. Nisser, Norsjø, Eikeren, Randsfjorden og Tyrifjorden hadde en liten topp i turbiditeten på ca. 3 FNU i epilimnion i månedsskiftet juli/august, noe som kan skyldes utvasking av partikler fra nedbørfeltet etter kortvarig ekstremnedbør lokalt over Østlandet på den tiden. Mjøsa var også utsatt for slike nedbørsepisoder, men da primært på forsommeren. Partiklene fra disse episodene nådde ikke helt ut til hovedstasjonen Skreia, men sedimenterte nærmere land. For Gjende ga brepartiklene en turbiditet på over 6 FNU i vannmassene fra 0-10 m på sensommeren, noe som gjenspeiler bresmeltingen utover sommeren og tidlig høst 2019. På senvinteren (april) var det lav turbiditet i Gjende (1-2 FNU) (Vedlegg D og E). Tilsvarende resultater ble funnet i 2018, men da var

maksimumsturbiditeten >10 FNU pga en ekstremt varm sommer og dermed mer bresmelting. I de tidligere årene i ØKOSTOR-programmet (2015, 2016 og 2017) var maksimumsturbiditeten målt med sonde i Gjende mye lavere (< 3 FNU).

#### Ledningsevne:

Ledningsevnen gjenspeiler innsjøenes konsentrasjon av salter, som har en positiv sammenheng med kalsiuminnholdet. Ledningsevnen var lavest i Nisser og Gjende (< 1,5 mS/m), som har lavest kalsiumkonsentrasjon og høyest i Eikeren og Takvatnet (>6 mS/m), som har en relativt høy kalsiumkonsentrasjon (Tabell 3). Målingene gjort med sonde og i laboratoriet var i godt samsvar for alle innsjøene. I Takvatnet ble ledningsevnen kun målt i laboratoriet.

#### pH:

Sondemålingene i Nisser, Norsjø og Tinnsjø viste vesentlig høyere verdier enn laboratoriemålingene pga problemer med pH-elektroden. Sondemålingene er urimelig høye sammenlignet med tidligere data og anses som upålitelige. Vi benytter derfor kun laboratoriemålingene for beskrivelse av pH i innsjøene (Vedlegg C og D). Laboratoriemålingene av pH gjenspeiler forskjellen mellom innsjøenes kalsiumkonsentrasjon eller alkalitet med lave pH-verdier (5,9-6,1) i Nisser, som er svært kalkfattig, og høyest verdier (pH >7,0) i de mest kalkrike innsjøene (Eikeren, Mjøsa, Randsfjorden, Tyrifjorden og Takvatnet). Det var ingen klar forskjell i pH mellom epilimnion og hypolimnion i noen av innsjøene.

## 4.2 Planteplankton

Datagrunnlaget er basert på månedlige prøver gjennom vekstsesongen fra én stasjon pr. innsjø (to stasjoner i Eikeren). Resultatene gjelder derfor kun for denne (disse) stasjonen(e) og er ikke nødvendigvis representativ for hele innsjøen, dersom andre deler av innsjøen har andre forhold mht påvirkninger og oppholdstid. Et eksempel er Mjøsa, der Furnesfjorden er noe mer produktiv enn hovedbassenget som inngår i ØKOSTOR-rapporten (Lyche Solheim mfl. 2020). Et annet eksempel er Tyrifjorden, som har en kompleks bassengform med relativt grunne partier og rask gjennomstrømming i vest, grunne områder med øyer i nord og et langt dypbasseng (Holsfjorden) sentralt og i sydøst (Vedlegg A). Den ene stasjonen vi har i Tyrifjorden er derfor trolig kun representativ for Holsfjorden.

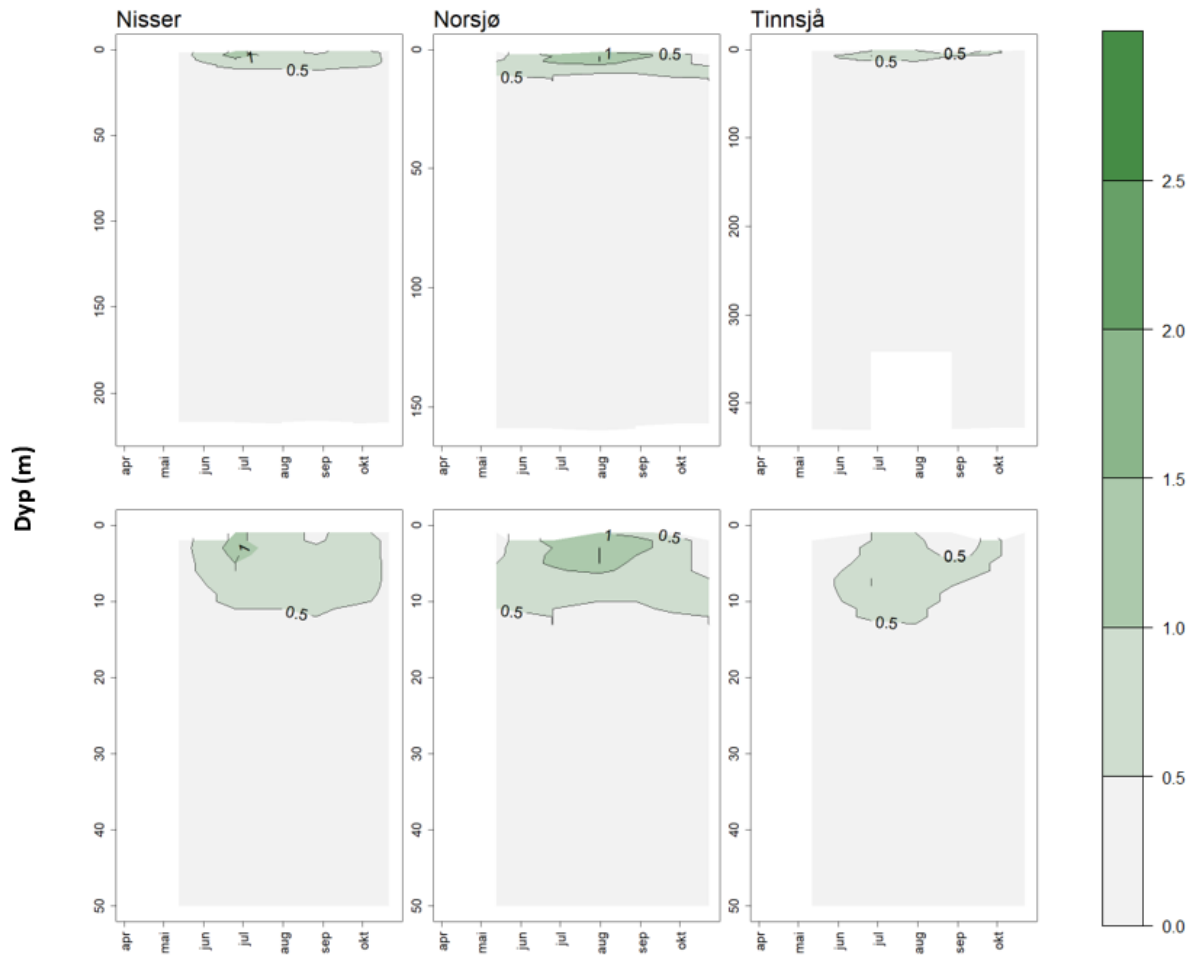
### 4.2.1 Vertikalprofiler av klorofyll fluorescens

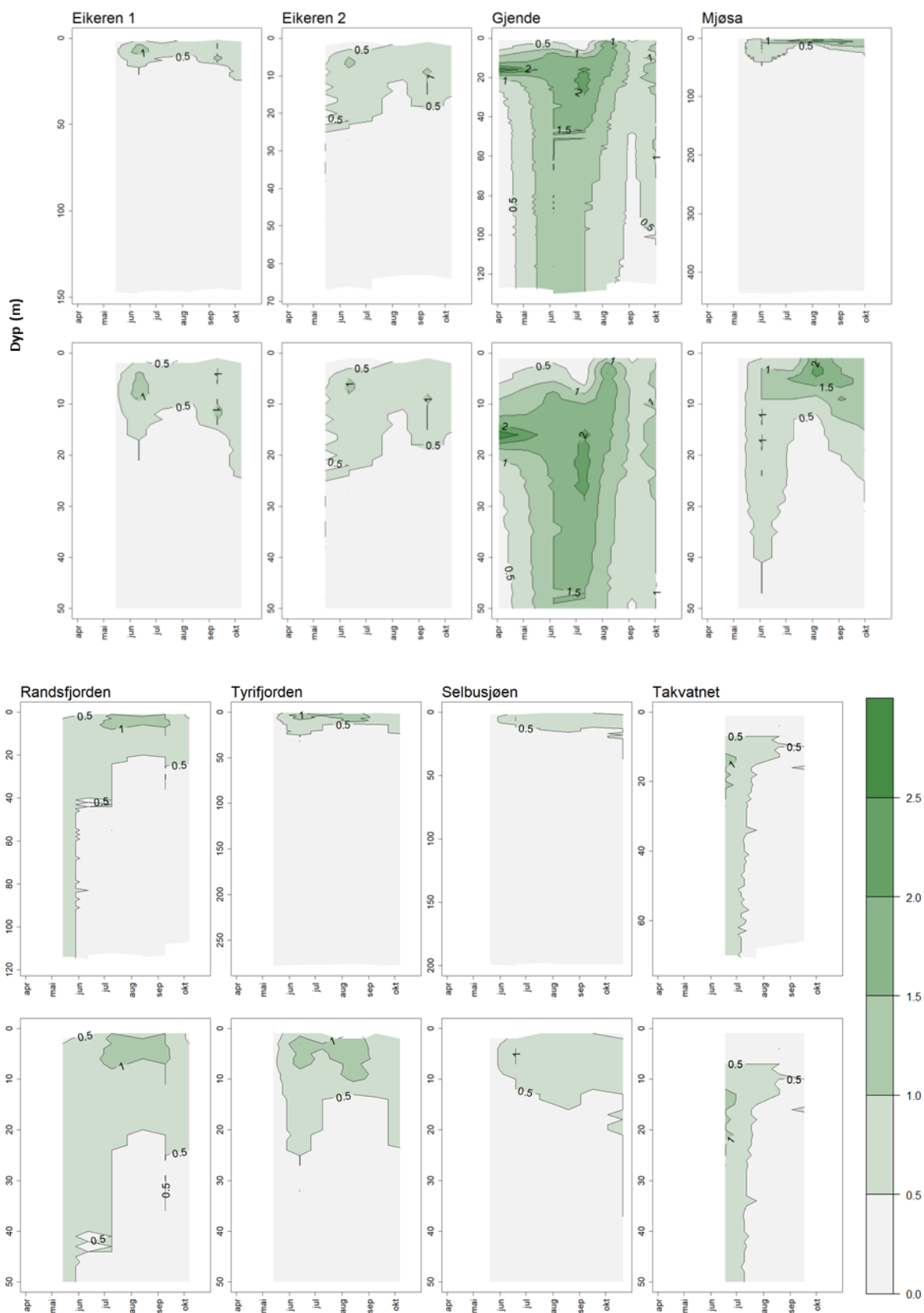
Klorofyllfluorescens er et mål på klorofyll-a konsentrasjon *in situ*, men er ikke direkte overførbart til det som måles som klorofyll-a konsentrasjon basert på absorbans i et spektrofotometer i laboratoriet (se kap. 3.4 i Lyche Solheim mfl. 2018).

Vertikalprofiler av klorofyllfluorescens gjennom hele vannsøylen er vist i Figur 5 for alle innsjøene. Profilene viser størst fluorescens i epilimnion i de fleste innsjøene i juni/juli, unntatt Mjøsa, som hadde en tydelig topp i månedsskiftet juli/august (se 4.2.2). I Randsfjorden og Tyrifjorden varte perioden med høyest fluorescens lenger enn i de andre innsjøene og strakte seg fra midten av juni til månedsskiftet august/september. Verdiene var likevel lave (< 1,5 µg/l). Randsfjorden hadde også lav, men målbar fluorescens i hele vannsøylen under vårsirkulasjonen i mai. De to stasjonene i Eikeren hadde omtrent samme lave fluorescens (stort sett < 1 µg/l) med samme fordeling i tid og rom. I Gjende var fluorescensen fordelt i hele vannsøylen fra topp til bunn pga den lange vårsirkulasjonen, men viste likevel et maksimum på ca. 15 m dyp i april og mellom 15-30 m i begynnelsen av juli. Gjende hadde også høyere fluorescens (>1,5 µg/l fra april til august) enn de andre innsjøene (< 1,5 µg/l), noe som kan ha sammenheng med høyere fosforkonsentrasjon. Planteplanktonet i Gjende har også høyere totalt biovolum enn de andre innsjøene (kap. 4.2), men er likevel lysbegrenset, noe som medfører lavere biologisk opptak av PO<sub>4</sub> enn hva det kunne vært (se kap. 4.1.2). Takvatnet hadde

tilsynelatende en topp i fluorescensen i metalimnion, men dette kan trolig skyldes kraftig lysinhibisjon i epilimnion pga stort siktedyp (10-12 m). De fleste innsjøene viser en svekning av fluorescensen mot overflaten, særlig i de mest lysintensive månedene juni/juli. Denne svekningen av fluorescensen skyldes lysinhibisjon i algecellene i de øvre vannmassene.

De fleste innsjøene er stratifiserte og har som forventet vesentlig høyere fluorescens i epilimnion enn i hypolimnion, mens innsjøene med svakt eller kortvarig utviklet stratifisering (eks. Gjende og Takvatnet) har en mer jevn fordeling av fluorescensen gjennom vannsøylen.

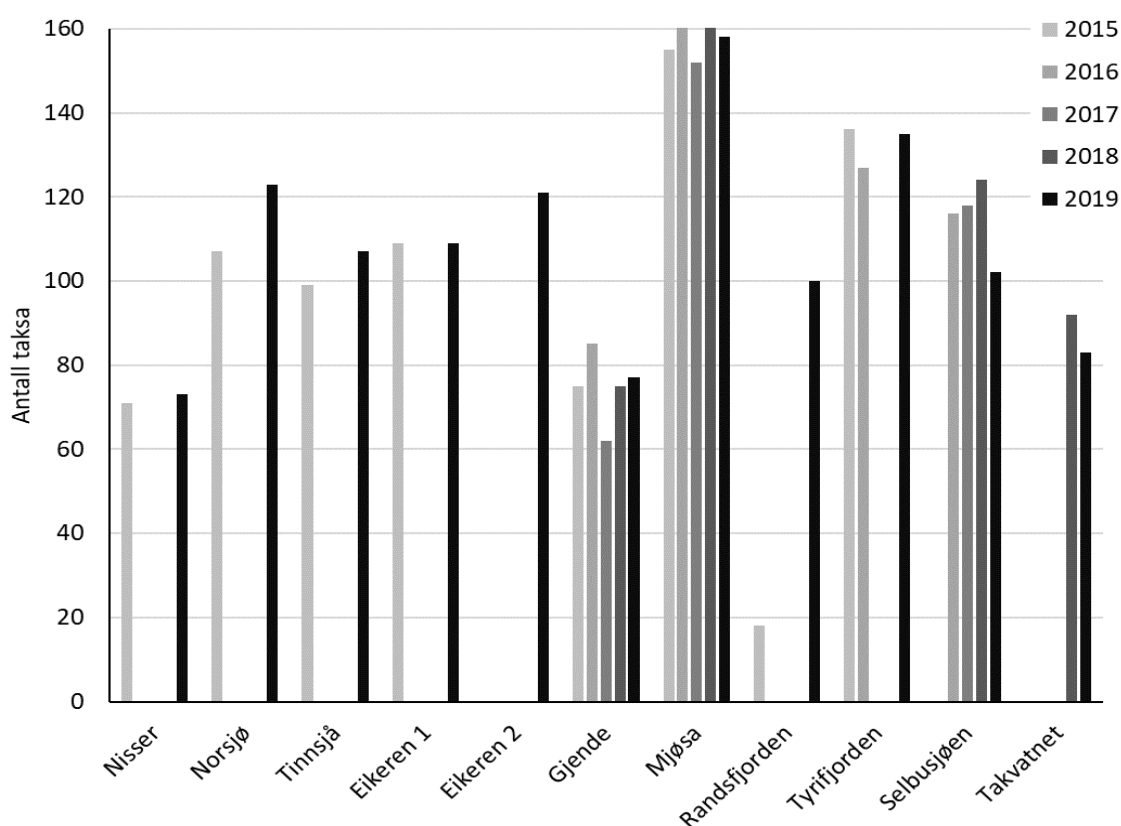




Figur 5. Vertikalprofiler av klorofyllfluorescens i innsjøene i ØKOSTOR 2019. Øvre paneler viser hele vannsøylen, mens nedre panel viser kun de øverste 50 meterne.

#### 4.2.2 Artsantall og artssammensetning av planteplankton

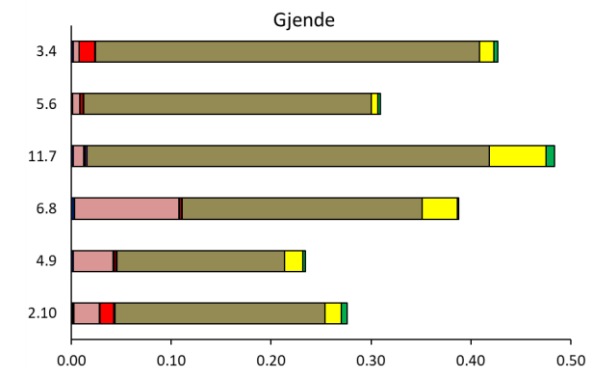
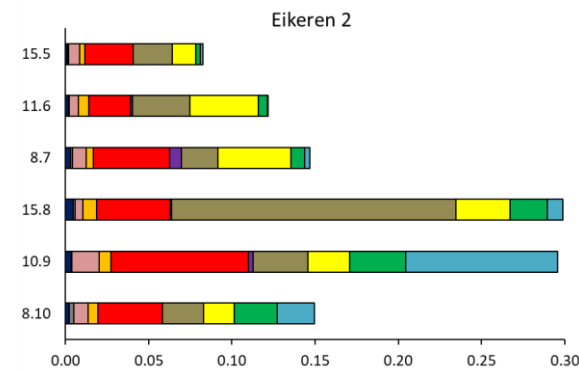
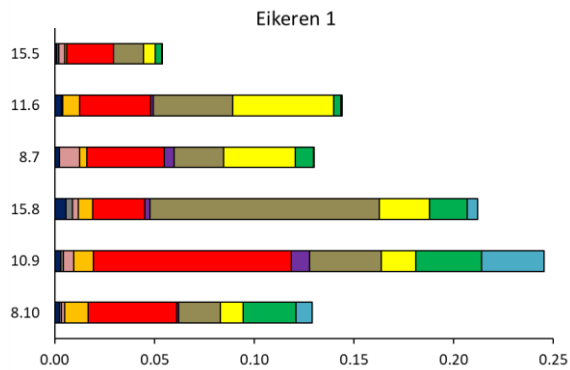
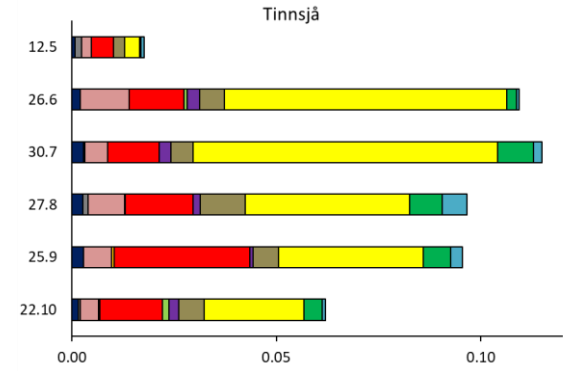
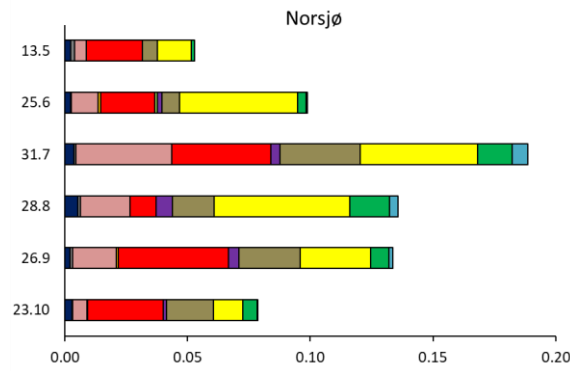
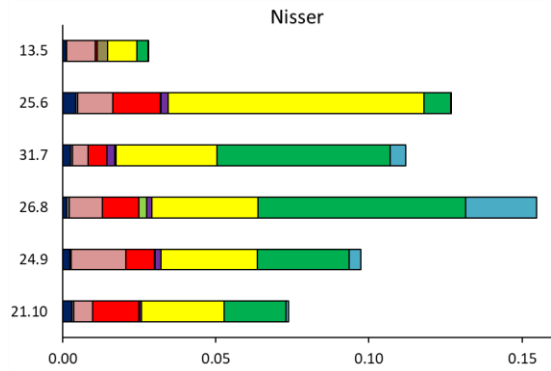
Artsantallet (dvs. antall taksa) av planteplankton varierer fra <80 i Nisser og Gjende til >150 i Mjøsa (Figur 6). Forskjellene mellom år er relativt små (unntatt Randsfjorden<sup>4</sup>). Antall taksa øker generelt med økende innsjøstørrelse, produktivitet (fosforkonsentrasjon) og kalkinnhold, som gir rom for bikarbonat-krevende arter. Økende vanntemperatur vil også generelt gi høyere artsantall (Stomp mfl. 2011). Høyt humusinnhold eller høy turbiditet vil derimot redusere antall arter pga lysbegrensning av planteplanktonproduksjonen, men innsjøer med moderat humusinnhold kan likevel ha høyt antall arter dersom andre forhold som nevnt ovenfor er tilstede. Andre faktorer som influerer på artsantallet av planteplankton er sirkulasjonsmønster og dybdeforhold, da dette styrer lystilgangen til primærproduksjonen. Dersom eufotisk sone er mindre enn sirkulasjonsdypet mesteparten av veksts sesongen vil mange arter forsvinne. Disse faktorene kan samlet forklare mye av forskjellene i antall taksa mellom innsjøene, og trolig også mellom årene.



Figur 6. Antall taksa som ble observert i innsjøene som var med i 2019-overvåkingen de årene de har vært med i ØKOSTOR.

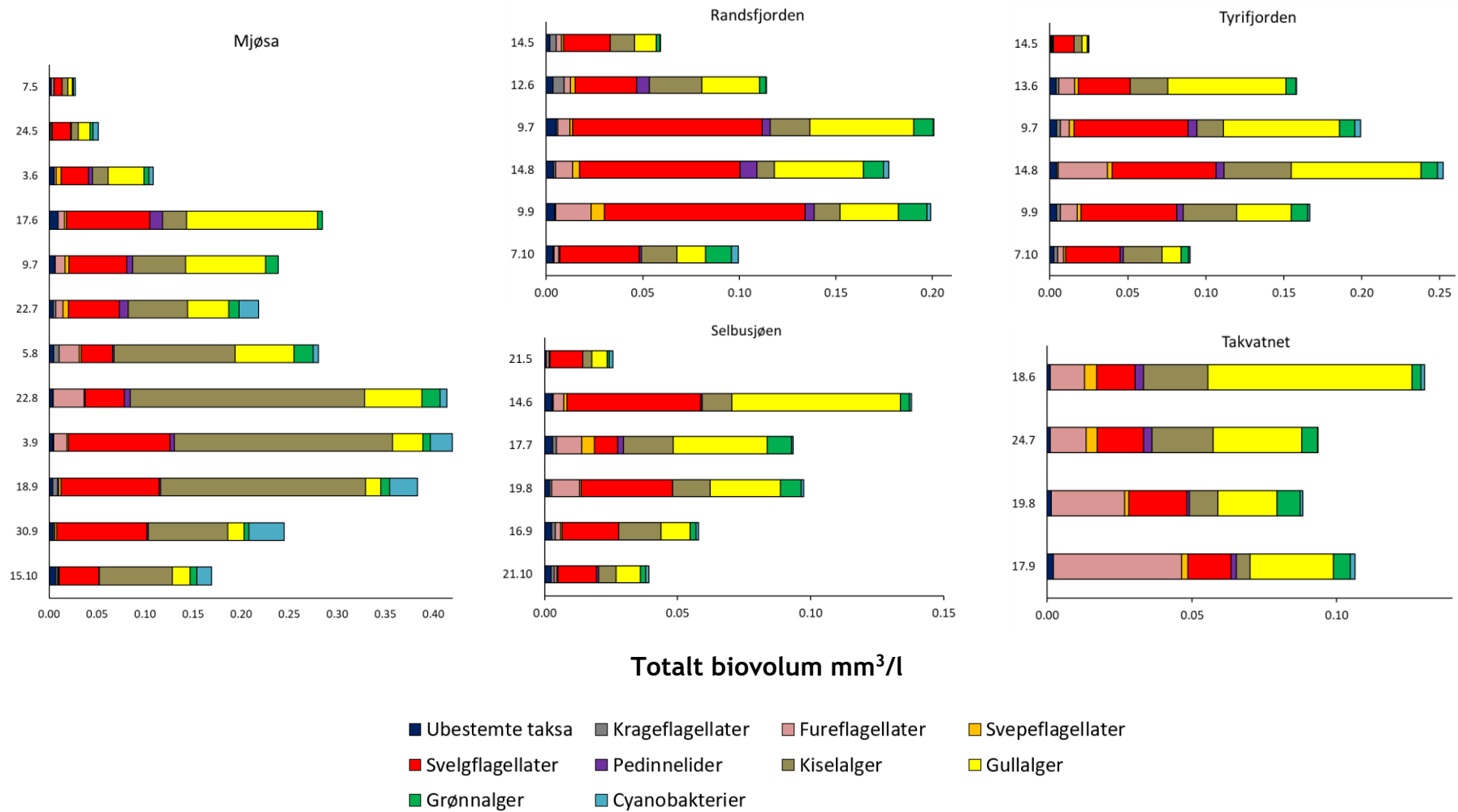
Gullalger, kiselalger og svelgflagellater dominerte planteplanktonet i de fleste innsjøene, men med betydelige andeler fureflagellater og grønnalger i noen av innsjøene (Figur 7). Denne sammensetningen av planteplanktongrupper er typisk for oligotrofe og svakt mesotrofe innsjøer. I Gjende og Mjøsa var kiselalgene dominante med typiske planktoniske slekter som *Aulacoseira*, *Asterionella*, *Cyclotella* og *Tabellaria*. I Gjende er planteplanktonet trolig lysbegrenset pga. mye brepartiklene og sirkulerende vannmasser mesteparten av veksts sesongen. I Mjøsa var ikke kiselalgene like dominerende tidlig i sesongen som i Gjende, men dominerte på ettersommeren og høsten.

<sup>4</sup> Planteplankton i Randsfjorden ble analysert av en annen operatør i 2015, som bruker en forenklet metodikk med grovere taksonomisk oppløsning.



**Totalt biovolum mm<sup>3</sup>/l**

- Ubestemte taksa    ■ Krageflagellater    ■ Fureflagellater    ■ Svepeflagellater
- Svelgflagellater    ■ Pedinnelider    ■ Kiselalger    ■ Gullalger
- Grønnalger    ■ Cyanobakterier



Figur 7. Kvantitativ fordeling av planteplanktonklasser oppgitt som totalt volum mm<sup>3</sup>/l (= mg/l) gjennom vekstsesongen i alle innsjøene i ØKOSTOR 2019. Merk ulik skala på x-aksen.

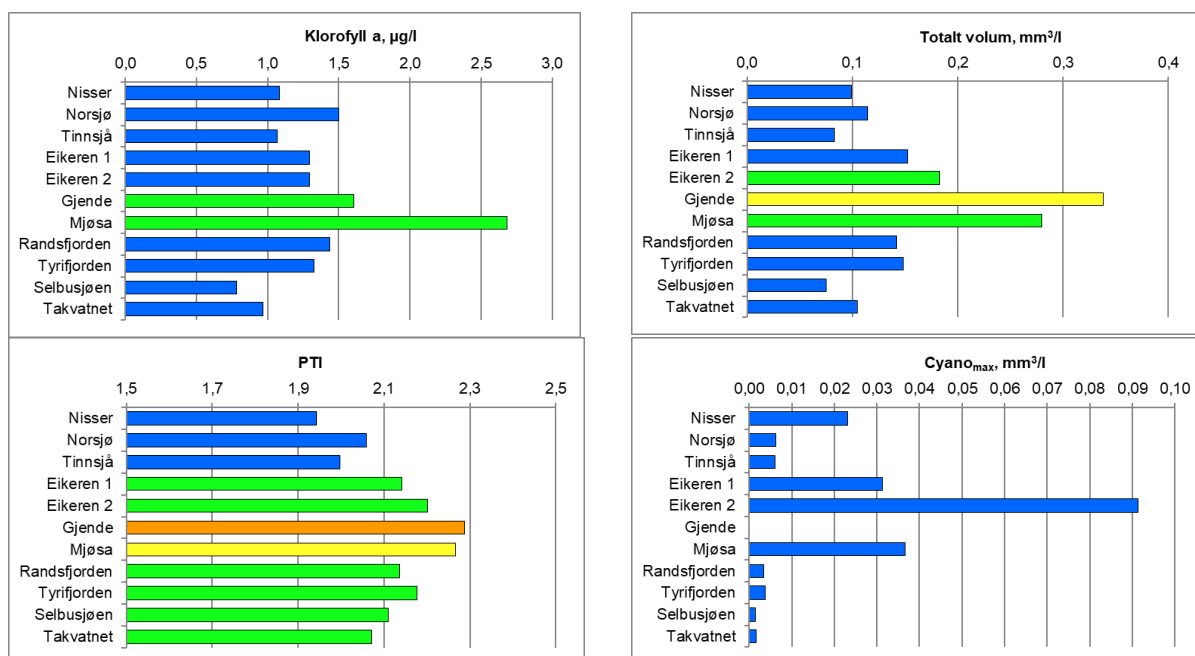
I de andre innsjøene var det gullalger og svelgflagellater som dominerte planteplanktonet, bortsett fra i Nisser, der grønnalgene var dominante. Gullalger var mest dominante i Tinnsjø, som er kalkfattig og ultraoligotrof, mens svelgflagellater var mest dominante i Randsfjorden, som har mest humus av alle innsjøene. Cyanobakteriene hadde størst andel av totalbiomassen på sensommeren i Nisser, Eikeren og Mjøsa. Denne artssammensetningen drøftes nærmere for hver innsjø i kapittel 5.

#### 4.2.3 Klassifisering av økologisk tilstand for planteplankton

Resultatene for hver av de fire parameterne som brukes for klassifisering av planteplankton er vist i Figur 8. Gjennomsnittlige klorofyllverdier var lave i alle innsjøene og varierte fra 0,8  $\mu\text{g/l}$  i Selbusjøen til 2,7  $\mu\text{g/l}$  i Mjøsa. Dette tilsvarer *svært god* tilstand i alle innsjøene unntatt Gjende og Mjøsa som får tilstandsklasse *god*. Lave verdier ble også observert for totalt biovolum, der middelveidene varierte fra 0,08  $\text{mm}^3/\text{l}$  i Selbusjøen til 0,34  $\text{mm}^3/\text{l}$  i Gjende. De fleste innsjøene får *svært god* tilstand også for denne parameteren, mens Mjøsa får *god* tilstand og Gjende *moderat* tilstand. De to stasjonene i Eikeren hadde lik gjennomsnittsverdi for klorofyll-a, men litt høyere biovolum ble funnet på stasjon 2 enn på stasjon 1. Begge stasjonene får *svært god* tilstand for klorofyll a, mens totalt biovolum gir *god* tilstand på stasjon 2 og *svært god* på stasjon 1.

PTI indeksen for artssammensetning ga *svært god* tilstand for Nisser, Norsjø, Tinnsjø, *god* tilstand for Eikeren (begge stasjoner), Randsfjorden, Tyrifjorden, Selbusjøen og Takvatnet. Mjøsa får tilstandsklasse *moderat* og Gjende får *dårlig* tilstand for denne parameteren. Dette skyldes dominans av storvokste kiselalger, som kan indikere noe mer næringsrike forhold i begge innsjøene.

Cyanobakterier forekom i ubetydelige mengder i alle innsjøene (Figurene 7 og 8) selv om maksimumsbiomassen var noe høyere i Nisser, Eikeren (særlig på stasjon 2) og Mjøsa enn i de andre innsjøene. Alle innsjøene fikk likevel *svært god* tilstand for denne parameteren. Forskjellene mellom stasjonene i Eikeren drøftes nærmere i kap. 5.5.



Figur 8. Økologisk tilstandsklassifisering av klorofyll a ( $\mu\text{g/l}$ ), totalt biovolum ( $\text{mm}^3/\text{l} \approx \text{mg/l}$ ), trofisk indeks (PTI) og maks biomasse av cyanobakterier (Cyano<sub>max</sub>,  $\text{mm}^3/\text{l} \approx \text{mg/l}$ ). Tilstanden er basert på typespesifikke grenseverdier iht vanntyper vist i Tabell 3 og klassegrenser fra klassifiseringsveilederen. Søylene viser gjennomsnittsverdier for hver innsjø, bortsett fra Cyano<sub>max</sub>, som viser maksimumsverdien. Økologisk tilstandsklasse er angitt med farge (se Figur 3).



Samlet klassifisering av den økologiske tilstanden for planteplankton er gitt i Tabell 12 og viser at de fleste innsjøene var i *svært god* tilstand, inkludert stasjon 1 i Eikeren. Stasjon 2 i Eikeren var i *god* tilstand. Det samme gjelder Mjøsa, mens Gjende var *moderat* tilstand. For Gjende var tilstanden forverret sammenlignet med de tidligere årene den har vært overvåket i ØKOSTOR-programmet, da innsjøen ble klassifisert til *god* tilstand for planteplankton. Den samlede nEQR-verdien i Gjende har gått ned fra 0,73-0,76 i perioden 2015-2017 til 0,66 i 2018 og nå altså helt ned til 0,50 i 2019. Mulige årsaker til denne forverringen drøftes i Kap. 5.6. Mjøsa har vært overvåket lenge og har også vist en reduksjon i den samlede nEQR verdien de siste tre årene sammenlignet med de foregående tre årene (Lyche Solheim mfl. 2020). Mjøsa hadde også kraftige oppblomstringer av cyanobakterier langs land i slutten av juli 2019, noe som trolig har sammenheng med styrtregn-episoder på forsommeren 2019 kombinert med stadig varmere vann (Lyche Solheim mfl. 2020). Selbusjøen ble klassifisert til *svært god* tilstand også i 2016, 2017 og 2018 med omtrent samme nEQR verdi som i 2019 (kap. 5.10 og 5.12).

**Tabell 12. Samlet klassifisering av tilstand for planteplankton angitt som normaliserte EQR verdier (nEQR) for epilimnion (0-10m) i de store innsjøene i ØKOSTOR i 2019.** Tilstanden er basert på kombinasjon av nEQR for klorofyll a, totalt volum, PTI og Cyano<sub>max</sub> iht klassifiseringsveilederens figur 4.1, s.48. Blå er *svært god* og grønn er *god* tilstand.

Innsjø	Norsk type	nEQR
<b>Sørlandet</b>		
Nisser	L202d	0,93
Norsjø	L105b	0,89
Tinnsjø	L104	0,95
<b>Østlandet</b>		
Eikeren 1	L105b	0,84
Eikeren 2	L105b	0,78
Gjende	L304	0,50
Mjøsa	L105b	0,64
Randsfjorden	L105b	0,83
Tyrifjorden	L105b	0,81
<b>Midt-Norge</b>		
Selbusjøen	L105b	0,89
<b>Nord-Norge</b>		
Takvatnet	L207	0,86

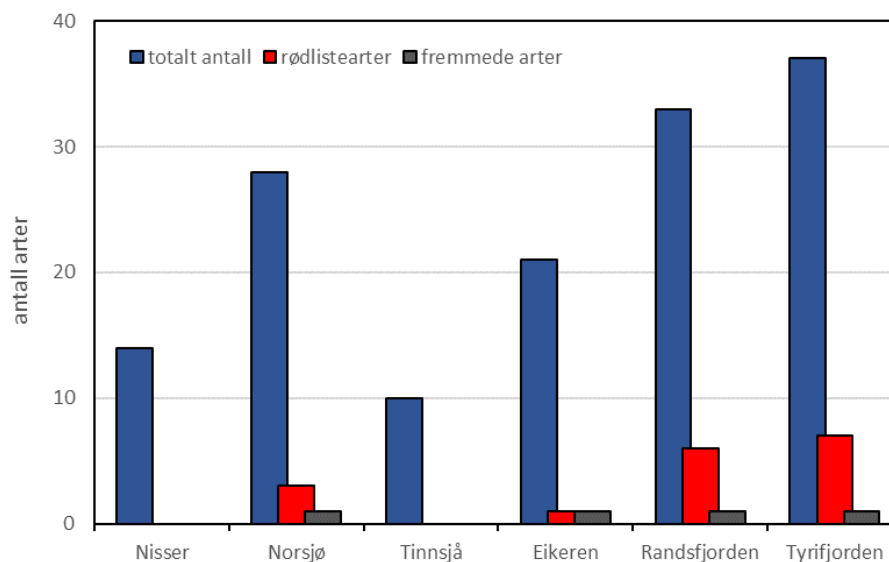
## 4.3 Vannplanter

I 2019 ble det foretatt vannplanteundersøkelser i 6 innsjøer: Nisser, Norsjø, Tinnsjø, Eikeren, Randsfjorden og Tyrifjorden. Nisser er en svært kalkfattig klar innsjø, Norsjø er kalkfattig og klar, Tinnsjø er kalkfattig og svært klar, mens Eikeren, Randsfjorden og Tyrifjorden<sup>5</sup> alle er moderat kalkrike og klare med noe mer humus i Randsfjorden enn i de andre innsjøene. Alle innsjøene er regulerte med størst reguleringshøyde i Tinnsjø (4 m) og minst reguleringshøyde i Norsjø (0,15 m) (Tabell 2). Ingen av innsjøene som er undersøkt for vannplanter i 2019 er utpekt som sterkt modifisert.

<sup>5</sup> Eikeren, Randsfjorden og Tyrifjorden er klassifisert som moderat kalkrik for vannplanter, men som kalkfattig for planteplankton, næringssalter og siktedyp, se tabell 3 og avsnitt 2.3 for mer informasjon.

### 4.3.1 Artsantall og artssammensetning

Antall registrerte arter varierte mye fra innsjø til innsjø. Høyest antall, 37 arter, ble registrert i Tyrifjorden, mens Randsfjorden og Norsjø hadde hhv. 33 og 28 arter (Figur 9 og vedlegg G). Lavest artsantall ble registrert i Tinnsjø, med 10 arter. Totalt 8 rødlistearter ble registrert i 2019; *Crassula aquatica* (VU), *Elatine hexandra* (NT), *E. hydropiper* (NT), *E. orthosperma* (NT), *Callitriche hermaphroditica* (NT), *Potamogeton pusillus* (EN), *Sparganium gramineum* (NT) og *Nitella flexilis* (NT)<sup>6</sup>. Den fremmede vannplanten vasspest *Elodea canadensis* ble registrert med spredte eller vanlige forekomster i Norsjø, Tyrifjorden, Randsfjorden og Eikeren, men har ikke dannet bestander med dominerende forekomst i noen av innsjøene (Vedlegg G).

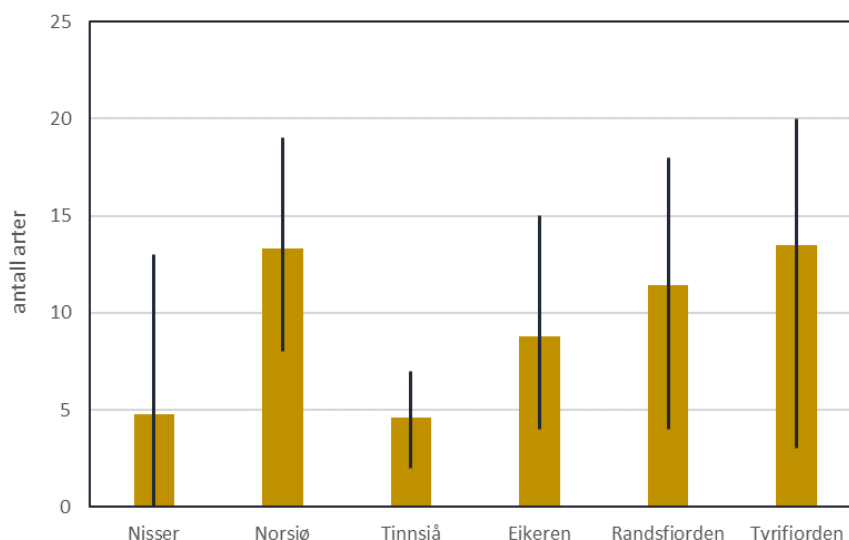


Figur 9. Totalt artsantall, rødlistearter og fremmede arter i hver innsjø.

Artsantallet varierte mye fra lokalitet til lokalitet i alle innsjøene (Figur 10). Størst var variasjonene i Tyrifjorden og Randsfjorden, noe som antyder stor habitatvariasjon. Det er minst variasjon i Tinnsjø, som er brådypp, mer erosjonsutsatt og har få beskyttede habitater.

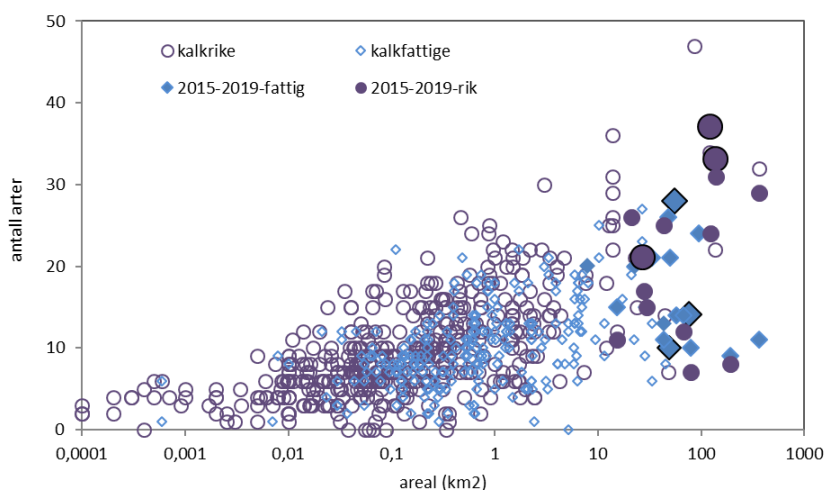
Alle innsjøene var preget av arter typiske for oligotrofe innsjøer, eks. kortsquddartene *Isoetes lacustris*, *I. echinospora*, *Littorella uniflora* og *Lobelia dortmanna*, og langskuddarten *Myriophyllum alterniflorum*. Artene danner bestander på flere lokaliteter i alle innsjøene. I Tyrifjorden, Randsfjorden og Norsjø er det stedvis store forekomster av de mer næringskrevende pusleplantene *Crassula aquatica* og *Elatine spp.*. Denne vegetasjonstypen er knyttet til silt- eller leirstrender og viser lokalt mer næringsrike forhold og finnes vanligvis ikke i kalkfattige innsjøer. Tyrifjorden og Randsfjorden, og til dels Eikeren, hadde også flere noe mer kalkkrevende langskuddarter. I Nisser og Tinnsjø var krypsiv, *Juncus bulbosus*, blant de vanligste artene, registrert på de fleste lokalitetene. Artssammensetningen i Tinnsjø og Nisser gjenspeiler den kalkfattige innsjøtypen, mens artssammensetningen av vannplanter i Norsjø antyder en mer kalkrik innsjøtype enn de pelagiske prøvene viser.

<sup>6</sup> NT=nær truet, VU=sårbar, EN=sterkt truet



Figur 10. Midlere artsantall og total variasjoner artsantall mellom lokalitetene i hver innsjø.

I relativt upåvirkete innsjøer er artsantall og artssammensetningen avhengig av flere faktorer, hvor kalsium/alkalinitet og innsjøareal er blant de viktigste. Generelt sett øker antall arter med innsjøarealet (Figur 11), noe som henger sammen med økende antall habitater, dvs. en stor innsjø kan gi rom for flere arter med ulike økologiske preferanser (Rørslett 1991, Mjelde 1997). I tillegg er det generelt flere arter som trives best i mer kalkrike forekomster, dvs. benytter  $\text{HCO}_3$  som karbonkilde (Mjelde 1997). De kalkfattige innsjøene som ble undersøkt i 2019 (Tinnsjø og Nisser) har derfor naturlig et lavere artsantall enn mer kalkrike innsjøer (Figur 9). Nisser har dessuten vært noe påvirket av forurening (Hindar 1989), som generelt fører til redusert artsantall. Tinnsjø har også lavere habitatvariasjon og større reguleringshøyde enn de øvrige innsjøene. Artsantallet i Norsjø ligger på nivå med de moderat kalkrike innsjøene og indikerer at deler av innsjøen er mer kalkrik enn de vannkjemiske resultatene fra vannmassene midtfjords antyder.



Figur 11. Sammenheng mellom totalt antall arter og innsjøareal for hhv. kalkfattige (typene 001, 002, 101 og 102) og kalkrike (typene LN-M201, -M202, -M301 og M302). Fylte lille sirkler: kalkrike innsjøer undersøkt i 2015-2019. Fylte blå firkanter: kalkfattige innsjøer undersøkt i 2015-2019. Innsjøer fra 2019 er forstørret. Åpne sirkler: data fra NIVAs database.

### 4.3.2 Klassifisering av økologisk tilstand mht. eutrofiering

#### Artssammensetning

Totalt antall arter av vannplanter (karplanter og kransalger) varierer langs trofiskalaen. Diversiteten er størst i svakt mesotroft vann mens antallet synker jevnt med økende eutrofiering (Mjelde 1997). Nedgangen skyldes først og fremst en forverring i lysforholdene (pga. økt planteplanktonbiomasse). Artsantallet varierer sterkt pga. innsjøenes ulike karakter (bl.a. innsjøstørrelse og -type, tilgjengelig habitat), andre påvirkninger (f.eks. forsuring, regulering), samt de ulike arters overlevelsestrategier. Arter som er tolerante overfor eutrofiering har ulike strategier; f.eks. kan vokse på grunt vann, har flyteblad på vannoverflaten eller har en langstrakt vekstform slik at de fort kommer til overflaten (mindre følsom for dårlig lys) eller har generelt lavere krav til lys enn andre planter.

Basert på Tlc-indeksen kan økologisk tilstand i forhold til eutrofiering karakteriseres som *svært god* i Eikeren og Tinnsjø, *god* i Nisser, Randsfjorden og Tyrifjorden, mens tilstanden er vurdert som *moderat* i Norsjø (Tabell 13). I en stor innsjø vil økologisk tilstand kunne variere fra område til område avhengig av lokale næringstilførsler. *Moderat* tilstand i Norsjø skyldes at enkelte områder i nord og vest har større innslag av tolerante og indifferente arter. Dersom innsjøen hadde blitt karakterisert som moderat kalkrik (L-N-M201), se kap. 4.3.1, ville tilstanden blitt karakterisert som *god*.

**Tabell 13. Økologisk tilstand for vannplanter i forhold til eutrofiering (Tlc-indeks) angitt ved indeksverdi og nEQR for hver innsjø undersøkt for vannplanter i ØKOSTOR 2019. Fargen indikerer tilstandsklassen, der blå er svært god, grønn er god og gul er moderat.**

NGIG type	Norsk type	Innsjø	Tlc	nEQR
L-N-M001	L202b	Nisser	78,6	0,73
L-N-M101	L105b	Norsjø	50,0	0,53
L-N-M101	L104	Tinnsjø	90	1,00
L-N-M201	L107	Eikeren	66,7	0,82
L-N-M201	L107	Randsfjorden	39,0	0,65
L-N-M201	L107	Tyrifjorden	35,1	0,63

#### Nedre voksegrense

Vegetasjonens utbredelse mot dypet er som regel bestemt av lysforholdene, som ofte er uttrykt ved siktedypet. Det er imidlertid ikke noen enkel sammenheng mellom siktedyp og lysintensiteten ved siktedypet. I litteraturen oppgis det at 1-15 % av overflatelyset er igjen ved siktedypet. Nedre dybdegrense for *Isoetes lacustris* er tidligere funnet å samsvare med et gjennomsnittlig relativt lysnivå på 6-10 % av innkommende PAR (fotosynteseaktiv stråling) (Rørslett og Brettum 1989).

I de fleste store og næringsfattige innsjøene i Norge (noe mindre vanlig i Nord-Norge) vil kortskuddarten *Isoetes lacustris* danne bestander på noe dypere vann og være dominerende ved vegetasjonens nedre grense. Arten ble registrert og dannet bestander i alle undersøkte innsjøer i 2019.

Nedre voksegrense for bestander av *Isoetes lacustris* varierte mellom 3,3 m dyp i Tyrifjorden og 6,1 m dyp i Tinnsjø (Tabell 14). I de fleste innsjøene ble det registrert enkeltindivider av andre arter dypere enn *Isoetes*-bestandene. Arter og livsformgrupper har ulike krav til lys (se f.eks. Middelboe og Markager 1997), og ofte går kransalgene og vannmosene dypere enn karplantene. Bestander av *Isoetes lacustris* er i Skandinavia ikke registrert dypere enn ca. 7 m dyp (Rørslett og Brettum 1989, Lydersen mfl. 2001).

Det var generelt en god sammenheng mellom nedre voksegrense og siktedypet. Variasjoner kan skyldes avvikende samsvar mellom siktedyp og lysintensitet, eventuelt andre faktorer som hydrostatisk trykk, substrat- og sedimenteringsforhold eller temperatur (se referanser i Rørslett og Johansen 1994).

**Tabell 14. Nedre voksegrense (m) for vannplanter i de store innsjøene i ØKOSTOR 2019. Dybder for nedre grense er korrigert til medianvannstand.**

Innsjø	siktedyp (m)	midlere grense <i>Isoetes lacustris</i> -bestander	absolutt nedre grense (enkeltplanter)	art ved absolutt nedre grense
Nisser	7	5,9	7,3	<i>Isoetes lacustris</i>
Norsjø	5,3	4,7	8,4	<i>Elodea canadensis</i>
Tinnsjø	9,7	6,1	8,8	<i>Nitella cf. opaca</i>
Eikeren	7,9	4,8	6,7	<i>Nitella cf. opaca</i>
Randsfjorden	5,3	4,3	7,0	<i>Elodea canadensis</i>
Tyrifjorden	6,2	3,3	6,9	<i>Nitella cf. opaca</i>

#### 4.3.3 Klassifisering av økologisk tilstand mht. vannstandsregulering

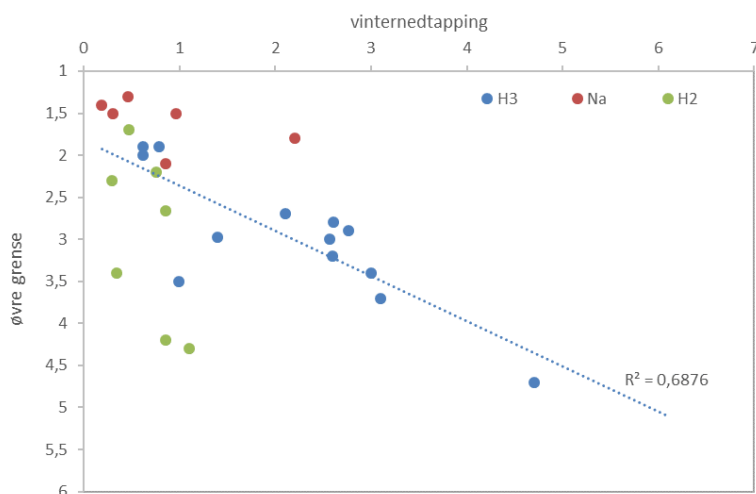
Wlc-indeksen er utviklet for vannkraftmagasiner. Tradisjonelt sett ble disse innsjøene tappet kraftig ned på sein vinteren/våren (vinternedtapping), og hadde en høy stabil vannstand utover sommeren og høsten. Litoralsonen og vannvegetasjonen påvirkes negativt av en slik regulering, bl.a. gjennom innfrysing, iserosjon og tørrlegging, slik at vannvegetasjonen utarmes eller forsvinner helt (bl.a. Hellsten 2001). I de senere år er manøvreringen av flere vannkraftmagasiner endret til mer bruk av korttidsreguleringer gjennom sesongen (effektkjøring) og større endringer fra år til år (Bakken mfl. 2016), noe som kan føre til økt belastning på litoralsonen. Dette er det foreløpig ikke tatt hensyn til i Wlc-indeksen. Andre typer reguleringer og manøvrering påvirker vannvegetasjonen på andre måter, f.eks. vil en innsjø som er regulert for drikkevannsformål ha korttidsreguleringer gjennom hele året, men vannstandssvingningene vil være betraktelig mindre enn i vannkraftmagasiner. Her vil man kunne få økt utbredelse av enkelte arter, mens andre reduseres.

Wlc indeksen har klassegrenser for nesten alle tilstandsklasser. Datamaterialet er imidlertid for mangelfullt til å kunne sette referanseverdier og klassegrense mellom *dårlig* og *svært dårlig* tilstand. Det er foreslått forskjellige klassegrenser for kalkfattige (<4 mg Ca/l) og kalkrike (>4 mg Ca/l) innsjøer. Basert på Wlc-indeksen viser vannvegetasjonen i Eikeren, Norsjø og Tinnsjø *svært god* tilstand, mens tilstanden i Nisser, Randsfjorden og Tyrifjorden er vurdert som *god* (Tabell 15). Flere av artene som forekommer i moderat kalkrike innsjøer var ikke inkludert ved utarbeidelse av WI-indeksen, noe som kan bidra til for lav indeksverdi i disse innsjøene.

**Tabell 15. Økologisk tilstand for vannplanter i forhold til vannstandsregulering (Wlc-indeks) angitt ved indeksverdi og nEQR for hver innsjø undersøkt for vannplanter i ØKOSTOR 2019. Fargen indikerer tilstandsklassen, der blå er svært god og grønn er god.**

NGIG type	Norsk type	Innsjø	Wlc	nEQR
L-N-M201	L107	Eikeren	23,8	0,90
L-N-M001	L202b	Nisser	-14,3	0,78
L-N-M101	L105b	Norsjø	17,9	0,90
L-N-M201	L107	Randsfjorden	15,2	0,72
L-N-M101	L104	Tinnsjø	-10,0	0,90
L-N-M201	L107	Tyrifjorden	18,9	0,78

Bestander av *Isoetes lacustris* ble registrert på flere lokaliteter i alle innsjøene. Det er en klar sammenheng mellom vannstandsregulering (illustrert ved vintervedtapping) og øvre grense for bestander av *Isoetes lacustris* (Figur 12). Økende reguleringshøyde vil skyve øvre bestandsgrense mot dypere vann, mens lysforholdene begrenser hvor dypt bestandene kan gå.



Figur 12. Sammenhengen mellom øvre grense for bestander av *Isoetes lacustris* og vintervedtapping i ØKOSTOR-innsjøene. Både regulerte innsjøer og naturlige innsjøer er inkludert. H3 betyr regulert for vannkraft med vintervedtapping, H2 betyr annen type regulering, Na betyr naturlig (uregulert eller svært liten regulering). Regresjonslinje for H3-innsjøer er inkludert.

#### 4.3.4 Klassifisering av økologisk tilstand mht. forsuring

Alkalinitet er regnet som viktig for artssammensetning av vannplanter pga. de ulike artenes og livsformgruppens krav til karbonkilde. De store og flerårige isoetidene, f.eks. *Isoetes* spp., har CO<sub>2</sub>-opptak fra sedimentet mens mange nymphaeider bruker CO<sub>2</sub> fra lufta. De fleste elodeidene trenger bikarbonat (HCO<sub>3</sub>) fra vannmassene, og er derfor følsomme for forsuring, da forsuringen gir mangel på bikarbonat. I forsuret vann reduseres også konsentrasjonen av oppløst CO<sub>2</sub> og vannplantene blir svært avhengige av sedimentet som karbonkilde i og med at diffusjon av CO<sub>2</sub> fra luft inn i stillestående vann er svært liten (Roelofs 1983). Mange isoetider og nymphaeider, samt noen elodeider er CO<sub>2</sub>-brukere, bl.a. krypsiv (*Juncus bulbosus*), og er derfor mest tolerante overfor forsuring.

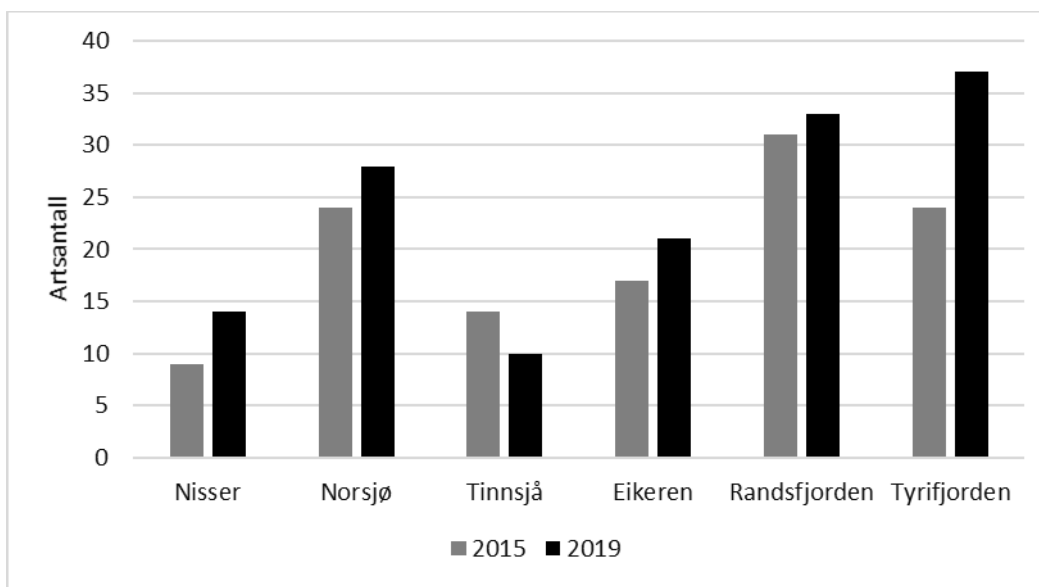
Klassegrenser for økologisk tilstand i forhold til forsuringseffekter på vannplanter er gitt ved Slc-indeksen. Effekter av forsuring er bare aktuelt å vurdere for svært kalkfattige (L-N-M001 og L-N-M002) og kalkfattige (L-N-M101 og L-N-M102) innsjøtyper. Basert på Slc-indeksen kan økologisk tilstand i forhold til forsuring karakteriseres som *svært god* i Norsjø og Tinnsjø, og *god* i Nisser (Tabell 16). Økologisk tilstand for moderat kalkrike innsjøer er ikke vurdert.

Tabell 16. Økologisk tilstand for vannplanter i forhold til forsuring (Slc-indeks) angitt ved indeksverdi og nEQR for de kalkfattige innsjøene som er undersøkt for vannplanter i ØKOSTOR 2019. Fargen indikerer tilstandsklassen, der blå er svært god og grønn er god.

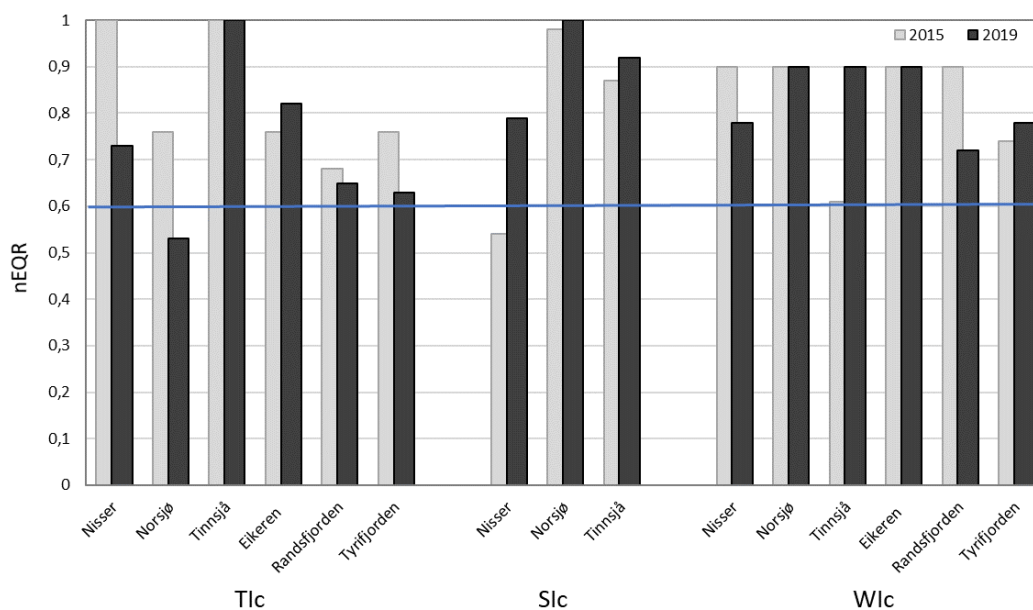
NGIG type	Norsk type	Innsjø	Slc	nEQR
L-N-M001	L202b	Nisser	-14,3	0,79
L-N-M101	L105b	Norsjø	25,0	1,00
L-N-M101	L104	Tinnsjø	0,0	0,92

### 4.3.5 Endringer 2015-2019

Vannvegetasjonen i Eikeren, Nisser, Norsjø, Randsfjorden, Tinnsjø og Tyrifjorden ble også undersøkt i 2015 (Lyche Solheim mfl. 2016). Undersøkelsene i 2019 viser noen endringer både i artsantall (Figur 13) og artssammensetning i forhold til tidligere. Høyere artsantall i 2019 enn i 2015 for de fleste innsjøene skyldes for en stor del at innsjøene ble undersøkt 0,5-2 måneder senere i 2019 enn i 2015, og vegetasjonen var derfor mer utviklet i 2019. Unntaket er Tinnsjø som ble undersøkt 14 dager tidligere i 2019, og var den eneste av innsjøene som hadde lavere artsantall i 2019 enn i 2015. Noe variasjon i hvilke deler av stasjonene som er undersøkt kan også gi noe ulike artsantall mellom år, særlig for arter med lav forekomst.



Figur 13. Endringer i artsantall for vannplanter fra 2015 til 2019.

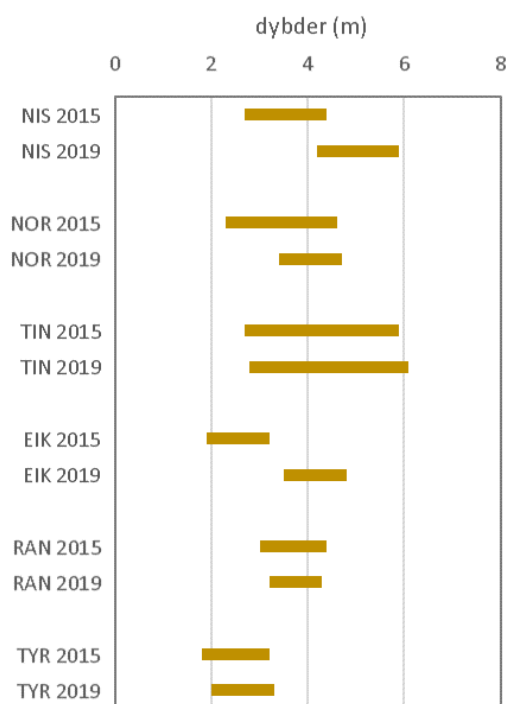


Figur 14. Endringer i nEQR-verdier for Tlc-, Slc- og Wlc-indeksene for vannplanter fra 2015-2019. Den blå horisontale linjen angir god/moderat grensen, som er miljømålet i vannforskriften for økologisk tilstand på nEQR-skalaen.

Også artssammensetningen, inkludert forholdet mellom sensitive og tolerante arter, er noe endret i flere av innsjøene fra 2015-2019. Imidlertid hadde de fleste innsjøene god eller svært god tilstand i forhold

til alle påvirkningsfaktorene både i 2015 og 2019 (Figur 14). Unntakene var Nisser som i 2019 viser en forbedret tilstand i forhold til forsurening og Norsjø som i 2019 hadde redusert tilstand i forhold til eutrofiering.

Bestandene av *Isoetes lacustris* i Nisser og Eikeren viser klare endringer fra 2015 til 2019, og fantes på dypere vann i 2019. I Norsjø er øvre grense noe forskjøvet mot dypere vann. I de øvrige innsjøene viste bestandene ingen endringer i dybdeutbredelse (Figur 15). I og med at endringene bare er registrert for 2-3 av 6 innsjøer regner vi med at dette ikke skyldes naturlig svingninger. Mulige årsaker kan skyldes forskjeller i tidspunktene for undersøkelsene de to årene, samt forskjeller i lokale værforhold, som kan ha påvirket lysforholdene eller vannstandsendringer/reguleringsforhold. Datamaterialet er imidlertid for lite til å kunne gi sikre årsakssammenhenger.



Figur 15. Dybdeutbredelse (øvre og nedre grenser) av *Isoetes lacustris*-bestander.

## 4.4 Småkreps og bunndyr

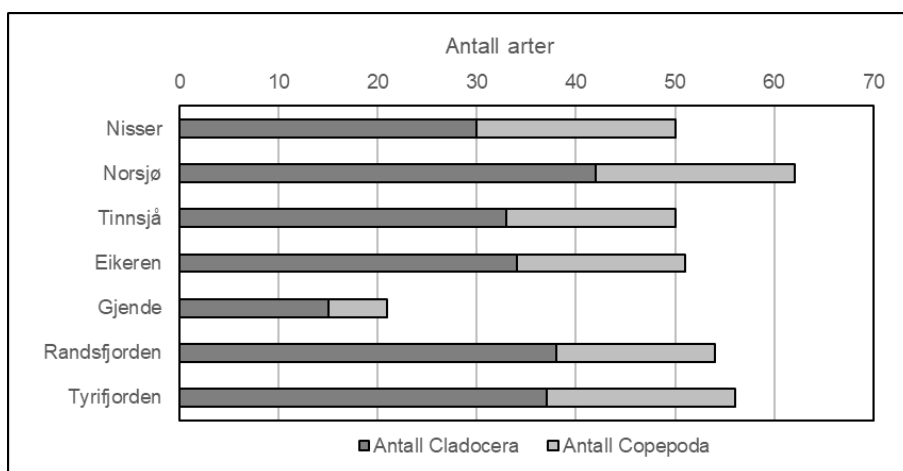
### 4.4.1 Artsantall og artssammensetning av småkreps

Artsrikdom av småkreps (planktoniske og litorale vannlopper og hoppekreps) varierte fra 21 arter (15 arter vannlopper og 6 arter hoppekreps) i Gjende til 62 arter (42 arter vannlopper og 20 arter hoppekreps) i Norsjø (Figur 16). Fra Takvatnet, Selbusjøen og Mjøsa er det kun tatt pelagiske prøver, og artsantallet er derfor ikke sammenlignbart med de andre innsjøene (Vedlegg H2).

Ancylus-sjøen var en viktig kilde i forbindelse med koloniseringen av ferskvannsorganismer til Norge. Innsjøen, som eksisterte i forbindelse med landhevningen etter siste istid, var en stor innsjø i området i og omkring dagens Østersjøen. Normalt har derfor østlige vassdrag en høyere diversitet enn vassdrag lenger vest i Norge. Det er derfor interessant å registrere at størst artsdiversitet av småkreps ble registrert i Norsjø, mens Tyrifjorden og Randsfjorden som begge ligger øst for Norsjø, hadde en lavere artsrikdom. Noe av forklaringen til høy artsrikdom i Norsjø kan være at stasjonene her er mer varierte



med hensyn til substrat, beliggenhet og vannkvalitet. Nisser (2015), Eikeren (2015), Tyrifjorden (2016)<sup>7</sup> og Gjende (2016) har vært undersøkt mht småkreps etter samme program tidligere. Noen flere arter ble påvist i 2019 enn forrige gang innsjøene ble undersøkt, (1 i Nisser, 4 i Eikeren, 2 i Tyrifjorden og 6 i Gjende), alle arter av kategorien «sjeldne». Vanlige og dominante arter var de samme begge år.



Figur 16. Artsantall av krepsdyrplankton (vannlopper Cladocera og hoppekreps Copepoda) i de undersøkte innsjøene i 2019 basert på både pelagiske og litorale prøver. Gjende, Takvatnet og Mjøsa er ikke tatt med i figuren da det her bare er tatt pelagiske prøver.

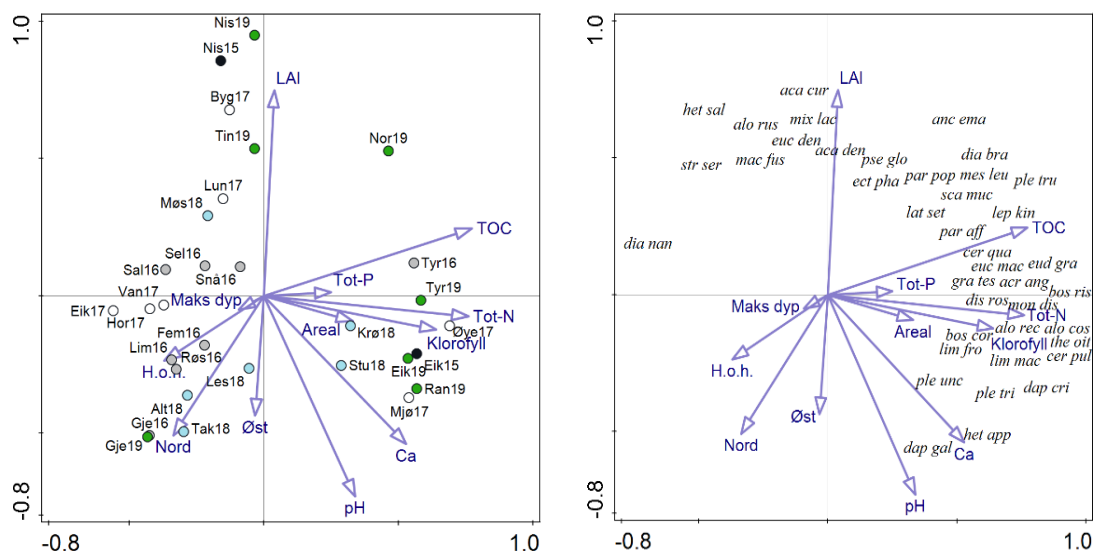
For å få et best mulig grunnlag for utvikling og utprøving av en ny indeks for eutrofiering viser vi resultatet av en PCA-analyse der datagrunnlaget er artsinventaret (tilstede/ ikke tilstede) av småkreps i tilsammen 26 innsjøer som er blitt undersøkt etter samme program (ØKOSTOR) i perioden 2015-2019 (Figur 17). Tre av innsjøene (Norsjø, Tinnsjø og Randsfjorden) er tidligere kun undersøkt mht krepsdyrplankton, mens data på både litorale småkreps og krepsdyrplankton foreligger for første gang fra 2019. Innsjøer undersøkt tidligere framgår av tekst til Figur 17. Fire av innsjøene (Nisser, Eikeren, Tyrifjorden og Gjende) har blitt undersøkt både i 2015 eller 2016 og i 2019 slik at analysen er basert på totalt 30 artslister. Innsjøer som ligger nær hverandre i PCA-plottet, har flere arter til felles enn innsjøer som ligger langt fra hverandre. For innsjøer som er undersøkt to ganger ligger punktene som representerer ulike år nær hverandre og indikerer at det er kun små mellom-år variasjoner i artssammensetningen.

1.-aksen forklarte 22,3 % av totalvariasjonen i materialet, mens 2.-aksen bidro med ytterligere 9.9 %. TOC (total organisk karbon), Tot-N og klorofyll var korrelert med 1.-aksen. Fordelingen av innsjøene viser at de mest næringsfattige innsjøene ligger i den venstre delen av 1.-aksen (f.eks. Eikesdalsvatnet, Hornindalsvatnet, Vangsvatnet og Salsvatnet), mens de mest næringsrike innsjøene (f.eks. Mjøsa, Øyeren, Randsfjorden, Eikeren og Tyrifjorden) er plassert i motsatt ende.

2.-aksen reflekterer en nord-sør gradient med de tre innsjøene i sør, Nisser, Byglandsfjorden og Lundevatnet, i øvre del av aksene. Aksene er også korrelert med pH og LAl, som bidrar til å skille innsjøene med svært lav alkalitet (øverst) fra de med moderat alkalitet (nederst). Norsjø, den mest artsrike lokaliteten av innsjøene som ble overvåket i 2019, har en isolert plassering i figuren der artssammensetningen reflekterer en forholdsvis næringsrik lokalitet, men samtidig med lav alkalitet. Artslista bestod både av mange forsuringsfølsomme arter men også tolerante arter som mangler i vannene vi finner ellers i den næringsrike enden av 1.-aksen. At Tinnsjø har et artsinventar med fellestrekk til Møsvatn kan forventes da de begge er sterkt regulert og ligger i samme geografiske område. Kort oppsummert kan vi si at resultatet primært er bestemt av produktivitet etterfulgt av geografi. Vektorene

<sup>7</sup> Fra Tyrifjorden ble det også tatt pelagiske krepsdyrprøver, men ikke litorale prøver, i 2015. Det er resultatene fra 2016 som er brukt for sammenligning med 2019-resultatene i denne rapporten.

for pH og innsjøareal går i en diagonal retning, med de store, nær nøytrale innsjøene til høyre og nederst, og de mindre og mer sure innsjøene oppe til venstre i figuren. Artsplottet viser at arter som er begunstiget av høyt næringssaltinnhold og samtidig tåler høy fiskepredasjon er assosiert med innsjøene på Østlandet. Kombinasjonen børstesnabelkreps *Bosmina longirostris*, børsthaleprikkdafnie *Ceriodaphnia pulchella* og sylfidehops *Thermocyclops oithonoides* er vanlige arter i slike innsjøer, og var også tilfelle i Norsjø, Eikeren, Randsfjorden og Tyrifjorden.



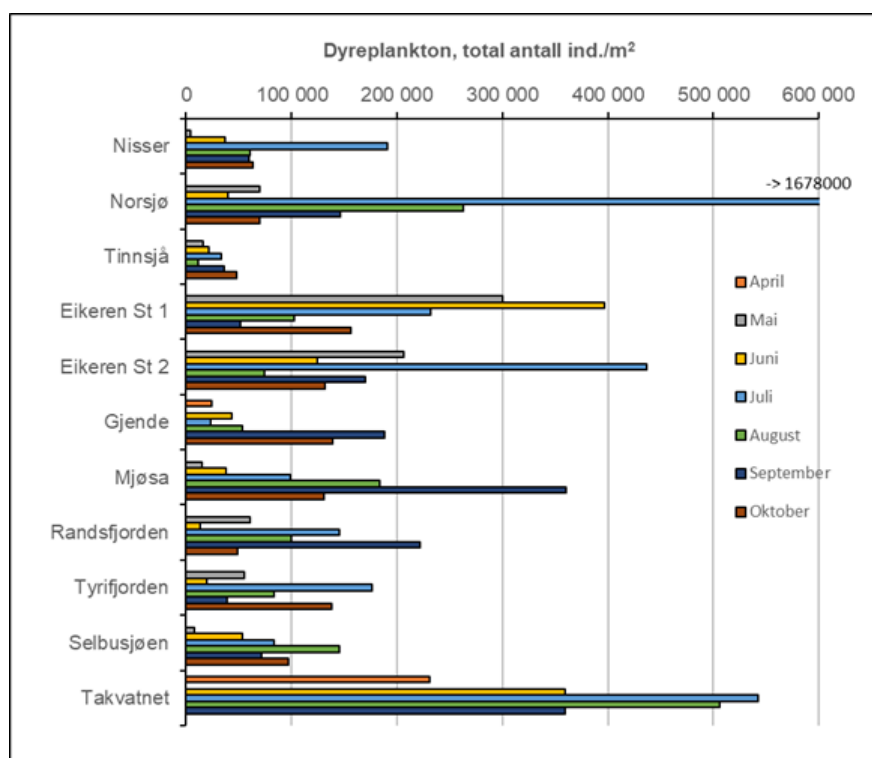
Figur 17. PCA-plot som illustrerer likheter og forskjeller i sammensetningen av småkrepsamfunnene i innsjøene fra ØKOSTOR der det er tatt både pelagiske og litorale prøver. Figuren er basert på tilstedeværelse/fravær av hver enkelt art i totalt 26 lokaliteter. Venstre figur: lokalitetsplott. Svarte sirkler 2015 (Eikeren og Nisser), grå sirkler 2016 (Snåsavatn, Femunden, Røssvatn, Salsvatnet, Limingen, Gjende, Selbusjøen og Tyrifjorden), hvite sirkler 2017 (Hornindalsvatnet, Eikesdalsvatnet, Vangsvatnet, Lundevatnet, Byglandsfjorden, Mjøsa og Øyeren), lysblå sirkler 2018 (Møsvatn, lešjåvri, Altevatnet, Takvatnet, Stuatoråvri, Krøderen), grønne sirkler 2019 (Nisser, Norsjø, Tinnsjø, Eikeren, Gjende, Randsfjorden og Tyrifjorden). Høyre figur: Artsplott. Miljøvariablene h.o.h., breddegrad, lengdegrad, areal, maks dyp, labilt aluminium, pH, klorofyll a, total nitrogen (Tot-N), kalsium, total organisk karbon og total fosfor (Tot-P) er lagt til passivt (dvs. at de ikke påvirker ordinasjonen) for å anskueliggjøre mulige forklaringsvariabler.

I Gjende er vannloppen gelekreps *Holopedium gibberum* en art som er i ferd å etablere seg, og i 2019 var den en vanlig art i planktonet og var dominerende på alle litorale stasjoner. *H. gibberum* ble ikke funnet i Gjende i 1896 (Huitfeldt-Kaas 1906). I 2015 ble den påvist i ett av håvtrekkene, i 2016 ble den kun påvist i håvtrekk tatt med mysishåven, selv om det da også ble tatt litorale småkrepsprøver, mens den var helt borte igjen i 2017. I 2018 ble gelekreps funnet i alle håvtrekk med unntak av i prøvene fra mars. I mysishåven fra august ble det registrert hele 2800 individer. En mulig forklaring på fremveksten av gelekreps de siste to årene kan være høyere vanntemperatur i Gjende.

Kombinasjonen av de calanoide hoppekrepsene allestedshops *Acanthocyclops denticornis* og prakthops *Mixidiatomus laciniatus*, som var vanlige i planktonet i både Nisser og Tinnsjø, er kun registrert i 10 innsjøer i Norge. Også i Bandak finner vi de to samme calanoidene. Dette er to opportunistiske arter, vidt utbredt i Norge, men som ofte må vike for andre calanoider som synes mer tolerante overfor fiskepredasjon, eksempelvis sørhops *Eudiaptomus gracilis* som er dominerende calanoide i de fleste vann i Sør-Norge.

#### 4.4.2 Krepssdyrplanktonet: tetthet og artssammensetning

Siden krepssdyrplanktonprøvene i innsjøene er tatt med planktonhåv, egner de seg ikke for kvantitative beregninger av tetthet (antall per volum- eller arealenhet). Antall dyr i prøvene gir likevel et grovt estimat på mengden av krepssdyrplankton i innsjøene. Tettheten varierte i løpet av sesongen, og ved stasjon 1 i Eikeren ble størst tetthet registrert allerede i juni (Figur 18). I Eikeren ble det tatt håvtrekk ved to stasjoner. Individ-tettheten var størst i juni ved stasjon 1 og i juli ved stasjon 2. Tetthetsmaksimum i juli ble også funnet i fem av de øvrige innsjøene. Norsjø hadde da en ekstremt stor individtetthet med 1678000 ind/m<sup>3</sup>, der nauplier og copepoditter av hoppekrepsene sørhops *E. gracilis* og vingehops *Cyclops scutifer* utgjorde størst andeler. I Gjende, Mjøsa og Randsfjorden var det størst tetthet i september. Unge stadier (nauplier og copepoditter) av hoppekrepsen vingehops *C. scutifer* er årsak til den høye tettheten i Gjende, noe som har vært tilfelle i alle årene innsjøen har vært undersøkt. I Randsfjorden og Mjøsa bidro nauplier og copepoditter av sørhops *E. gracilis*, sommerhops *Mesocyclops leuckarti* og sylfidehops *T. oithonoides* til høye tettheter. Den store calanoiden, *Heterocope appendiculata*, var i tillegg dominant i Randsfjorden. Selbusjøen var eneste innsjø der størst tetthet ble registrert i august. På dette tidspunkt dominerte gelekreps og snabelkreps i tillegg til nauplier og copepoditter av vingehops. I Tinnsjø, som gjennom hele året hadde lavest tetthet, ble det funnet flest dyr i oktober. Ved alle besøk var det total dominans av snabelkreps.



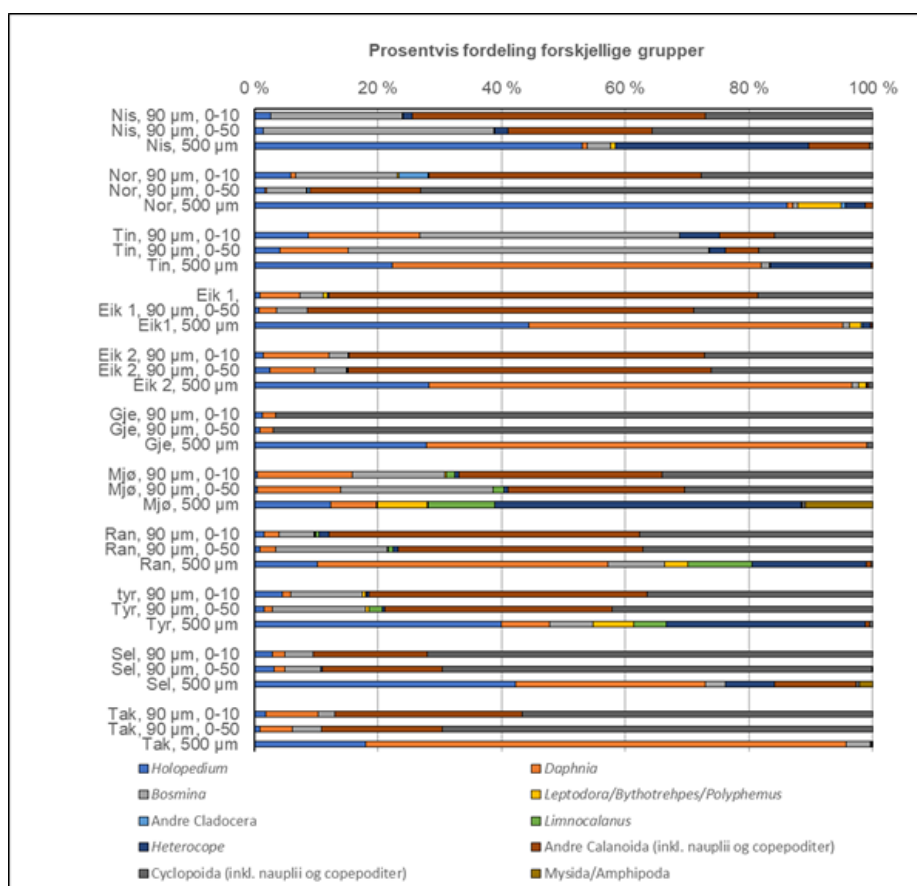
Figur 18. Tettheten av krepssdyrplankton, angitt som antall individer per m<sup>2</sup>, i prøvene tatt med 90 µm håv fra 0-50 m dyp på ulike tidspunkt i 2019. Dette er ikke et eksakt mål for tettheten av krepssdyrplankton i innsjøene, men gir likevel et inntrykk av variasjon i mengden dyr innen og mellom sjøer.

Fordelingen av krepssdyrplankton i forskjellige hovedgrupper er vist i Figur 19. Generelt er fordelingen i prøver tatt med 90 µm håv fra hhv 0-10 m og 0-50 m, ganske lik, og forskjellig fra prøver tatt med den store håven (maskevidde 500 µm). Små arter/taksa, f.eks. vannloppeslekten *Bosmina* og cyclopoide hoppekreps (i hovedsak nauplier og små copepoditter), er underrepresentert eller helt fraværende i den store håven fordi små dyr passerer gjennom maskene. Det er kun store individer av de små artene som kan bli fanget opp i den store håven. Tettheten av store arter (>1mm), som f.eks. glassrovkreps *Leptodora kindti* og langhalekreps *Bythotrephes longimanus*, underestimeres derimot ved bruk av den lille håven. Dette skyldes både at disse artene forekommer i lave tettheter og at de er hurtigsvømmende

(dvs. at de vanskeligere fanges opp i et vanlig håvtrekk). I trekkene med mysishåven var det i hovedsak gelekreps, dafniene *Daphnia galeata* og *D. longispina* samt hoppekrepsene sørhops *E. gracilis*, prakthops *M. laciniatus*, spasmehops *H. saliens* og kranshops *H. appendiculata* som dominerte.

Ved mange av prøvetakingene i Randsfjorden, Tyrifjorden og Mjøsa var istidsimmigranten flammekreps *Limnocalanus macrurus* dominant (>10%). De største krepsdyrplankton-artene, pungreke *Mysis relicta*, firetornet istidskreps *Pallasiola quadrispinosa* og trollistidskreps *Gammaracanthus lacustris*, ble alle funnet i 500 µm-prøvene fra Mjøsa. I Selbusjøen var pungreke vanlig, mens den kun var fåtallig i Eikeren.

Hoppekreps (nauplier, copepoditter og voksne individer) dominerte krepsdyrplanktonet i alle de undersøkte innsjøene i 2019, med unntak av Tinnsjø der vannloppen snabelkreps var dominant (0-50 m håvtrekk). Calanoide eller cyclopoide copepoditter var vanligst, mens voksne individer var i klart mindretall. I Eikeren dominerte de calanoide hoppekrepsene representert ved sørhops. I Gjende var det kun den cyclopoide hoppekrepsen vingehops som dominerte totalt. De øvrige innsjøene hadde en jevnere fordeling av calanoide og cyclopoide hoppekreps, men ofte noe overvekt av cyclopoide hoppekreps.



Figur 19. Relativ fordeling av hovedgrupper av krepsdyrplankton i tre prøvetyper fra de undersøkte innsjøene i 2019.

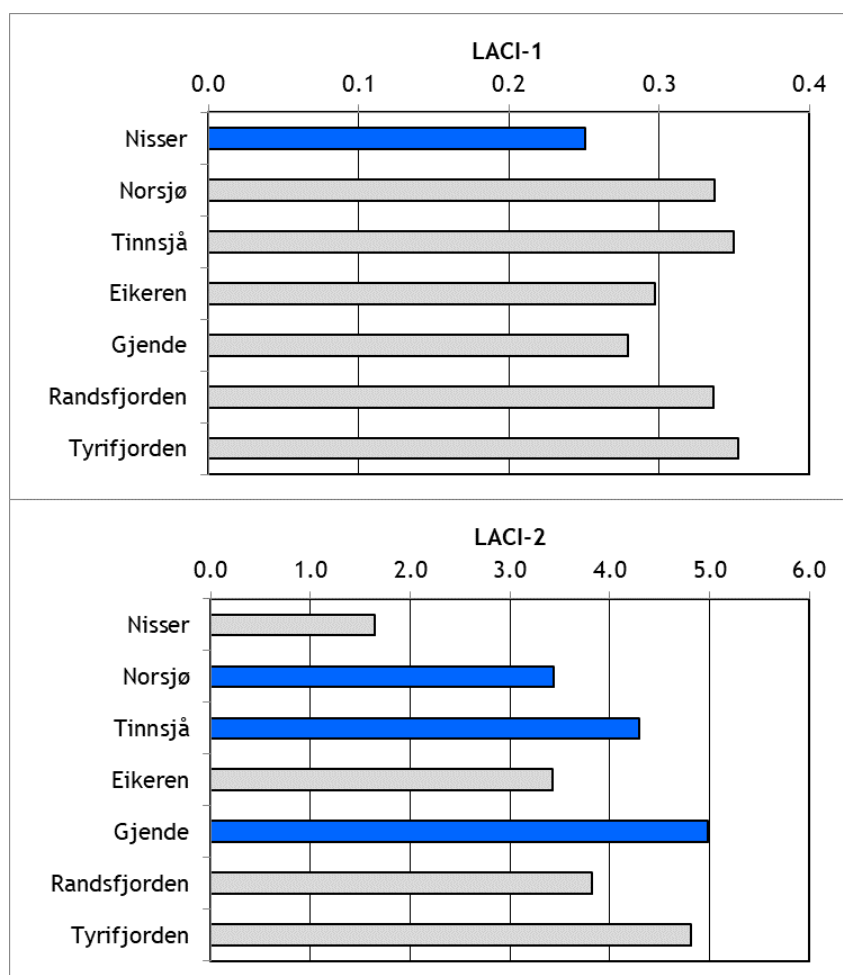
I Tinnsjø og Mjøsa utgjorde dafnier >10%. Denne gruppen spiller en viktig rolle i innsjøøkosystemet hvor de er viktig fiskeføde og også har en nøkkelrolle som algefiltratorer, og bidrar således til innsjøens selvrensende evne. Innsjøene i denne undersøkelsen er alle relativt næringsfattige, med lave algebiomasser. Dafnienes økologiske rolle som «rensaneanlegg» er viktigere i mer næringsrike innsjøer.

Gelekreps ble fanget i alle håvtrekkene, men aldri i store tettheter (<10%).

### 4.4.3 Vurdering av økologisk tilstand basert på småkreps

Klassifiseringssystemet for småkreps inkluderer to forsuringsindekser for innsjøer, LACI-1 (Lake Acidification Crustacean Index 1) og LACI-2 (Lake Acidification Crustacean Index 2) (Veileder 02:2018). Begge indekser er beregnet for alle innsjøer der det foreligger litorale krepsdyrprøver, men kun Nisser, Norsjø, Tinnsjø og Gjende er klassifisert mht. forsurening da de øvrige innsjøene er moderat kalkrike og derfor ikke forsuringsfølsomme. I tillegg har vi vurdert innsjøenes økologiske tilstand basert på et foreløpig forslag til klassifiseringssystem mht. eutrofiering basert på småkreps (CIT; Crustacean Index for Trophic status). Da det ikke er tatt litorale prøver i Mjøsa, Selbusjøen og Takvatn i 2019, er disse tre innsjøene ikke klassifisert mht. småkreps. I tilstandsvurderingen presentert i dette avsnittet, har vi lagt data fra alle litorale stasjoner til grunn for vurdering av den enkelte innsjø.

Småkrepsfaunaen i 2019 var preget av forsuringsfølsomme arter, hvilket indikerer at forsurening er et lite problem i disse innsjøene. Basert på gjennomsnitt av akkumulert artsliste for litorale prøver, varierer antall forsureningstolerante arter mellom 1 (Gjende) og 12 (Nisser), og tilsvarende for forsuringsfølsomme arter mellom 6 (Gjende) og 25 (Norsjø). Arter tilhørende slekten *Daphnia* regnes som spesielt forsuringsfølsomme. Det ble funnet dafnier i alle innsjøene, i Nisser riktignok i lave tettheter og kun i de pelagiske prøvene tatt med mysishåven (som ikke ble brukt i indeksberegningen).



Figur 20. Økologisk tilstand for småkreps (litorale prøver) mht. forsurening i ØKOSTOR-innsjøer undersøkt i 2019. Øverst: LACI-1 (Lake Acidification Crustacean Index 1), nederst: LACI-2 (Lake Acidification Crustacean Index 2). Fargen som angir tilstandsklassen (se figurtekst til Figur 3) er fastsatt med basis i typespesifikke klassegrenser (jf. Veileder 02:2018).

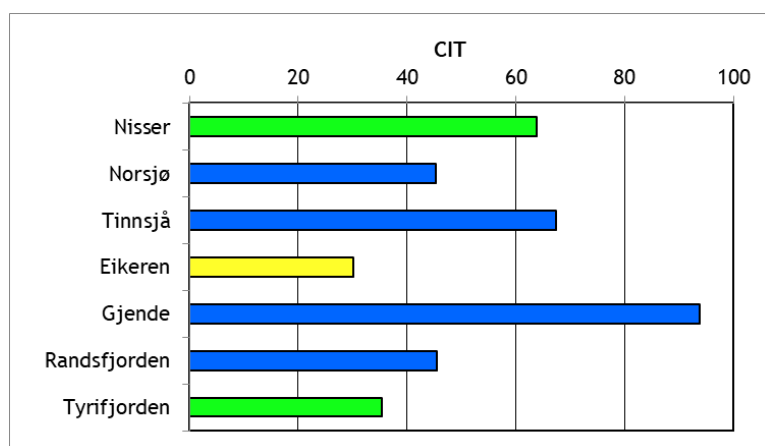
Bare Nisser, Norsjø, Tinnsjø og Gjende på Sør- og Østlandet er regnet som forsurningsfølsomme basert på vanntypen. Siden Norsjø, Tinnsjø og Gjende er kalkfattige og klare eller svært klare er tilstanden bestemt med LACI-2, som gir *svært god* økologisk tilstand for alle tre innsjøer (Figur 20). For disse tre innsjøene varierte LACI-1 mellom 0,28 (Gjende) og 0,35 (Tinnsjø). Selv om det er LACI-2 som er brukt i tilstandsklassifiseringen av de tre innsjøene kan det nevnes at LACI-1 også ville gitt *svært god* tilstand for disse innsjøene dersom indeksen hadde vært brukt i tilstandsklassifiseringen iht til de klassegrenser som er presentert i Lyche Solheim mfl. (2018).

Nisser er svært kalkfattig og klar, og tilstanden er bestemt med LACI-1 som gir *svært god tilstand* (Figur 20). Nisser har tidligere vært påvirket av forsuring, men ble kalket i 1996 (Henrikson mfl. 2005), og pH har etter dette stort sett holdt seg rundt 6. Dafnier ble første gang registrert i Nisser i 2012 og da i lave tettheter (Walseng, pers. medd.). De ble også registrert i 2015, også da i lave tettheter (Walseng, pers. medd.). Fraværet av dafnier i de litorale småkrepssprøvene i 2019 kan antakelig delvis ses i lys av at innsjøen gjennomgår en biologisk gjenhentingsprosess etter tiår med forsuring. I en slik periode er det vanlig at dafniene har sporadisk forekomst. Noen få dafnier ble dog funnet i krepssdyrplanktonet, men kun fra håvtrekkene tatt med mysishåven. Dette tilsier at de kun forekom i de dypere vannlagene i Nisser i 2019.

Alle de resterende innsjøene er moderat kalkrike og har høye verdier for både LACI-1 og LACI-2.

I de tre kalkfattige innsjøene (Norsjø, Tinnsjø og Gjende) varierte tilstanden i liten grad mellom stasjoner, og LACI-2 indikerte *svært god* tilstand på alle stasjonene. For Nisser var det en del variasjon mellom stasjoner, tilstanden basert på LACI-1 varierte mellom *dårlig* og *svært god* (vedlegg H3).

CIT-indeksen indikerte *svært god* tilstand mht. eutrofiering i Norsjø, Tinnsjø, Gjende og Randsfjorden, mens tilstanden i Nisser og Tyrifjorden var *god*. Eikeren har *moderat* tilstand, men er helt på grensen til *god* tilstand (Figur 21).



Figur 21. Økologisk tilstand for småkrepss (litorale prøver) mht. eutrofiering (CIT-indeks) i ØKOSTOR-innsjøer undersøkt i 2019. Fargen som angir tilstandsklassen (se figurtekst til Figur 3) er fastsatt med basis i typespesifikke klassegrenser presentert i Tabell H1.

For CIT var det liten variasjon mellom stasjoner i Tinnsjø og Gjende, og indeksen ga *svært god* økologisk tilstand for alle stasjoner i disse to innsjøene. I Norsjø, Eikeren og Randsfjorden tilsvarte variasjonen i CIT mellom stasjoner én tilstandsklasse. I Norsjø var det to stasjoner der CIT indikerte *god* tilstand, mens de resterende hadde *svært god* tilstand. Eikeren hadde seks stasjoner med *moderate tilstand* for CIT, mens de resterende to stasjoner hadde *god* tilstand. I Randsfjorden var det to stasjoner der CIT tilsa *god* tilstand, de resterende stasjoner hadde *svært god* tilstand for CIT. I Nisser og Tyrifjorden var variasjonen

i CIT mellom stasjoner noe større, tilsvarende to tilstandsklasser. Nisser hadde én stasjon der CIT tilsa *moderat* tilstand, åtte stasjoner med *god* tilstand og én stasjon med *svært god* tilstand. For Tyrifjorden fordelte stasjonene seg med tre stasjoner med *moderat* tilstand for CIT, fire med *god* tilstand og tre med *svært god* tilstand. En slik variasjon mellom stasjoner i økologisk tilstand for eutrofiering gjenspeiler antakelig lokale forskjeller i konsentrasjon av næringsstoffer, noe som igjen kan være forårsaket av forskjeller i lokale tilførsler.

#### 4.4.4 Artsantall og artssammensetning av bunndyr i Eikeren

Det ble totalt registrert 35 taksa av bunndyr i litorale prøver fra Eikeren i 2019. De mest artsrike gruppene var vårfluer (Trichoptera), og døgnfluer (Ephemeroptera), som totalt utgjorde 20 taksa<sup>8</sup>. Antall EPT-taksa (vårfluer, døgnfluer og steinfluer) varierte fra fire til 11 i enkeltprøver, og ni til 16 dersom en slår sammen prøvene fra vår og høst. Dette var omtrent som forventet, men eksempelvis lavere enn i Tyrifjorden (se Lyche Solheim mfl. 2016). Med hensyn til mengder av bunndyr var det gråsugge (*Asellus aquaticus*), fåbørstemark (Oligochaeta) og fjærmygg (Chironomidae) som dominerte i de fleste prøvene. Det store antallet gråsugge bidro til at det i vårprøvene ble talt tre ganger så mange dyr som i høstprøvene. Flest taksa ble likevel registrert om høsten (34, mot 27 om våren). Gråsugge er en isopode som er utbredt over store deler av Østlandet. Det er en tilpassingsdyktig art som er relativt tolerant for eutrofiering. I større antall kan gråsugge være en viktig del av dietten til fisk. Terskelindikatoren marflo (*Gammarus lacustris*), som er mindre tolerant mot både økt næringstilførsel og forsuring, er ikke registrert etter to års undersøkelser i Eikeren. Det er heller ikke registrert rødlistede eller fremmede bunndyrarter i Eikeren, verken i 2015 eller i 2019.

Kun få områder i innsjøen har et godt egnet substrat for steinfluer, som kun ble funnet med et fåtalls individer på våren, og da kun på stasjoner med grovere substrat. Vårfluer er derimot funnet med et fåtall individer i hver prøve. Eikeren ble også undersøkt som en del av ØKOSTOR i 2015, men datagrunnlaget er ikke helt sammenlignbart da bunndyr den gang kun ble tatt om våren (se Lyche Solheim mfl. 2016). Likevel er artsinventaret av bunndyr registrert i 2015 og 2019 ganske likt, og totalt er det registrert 36 taksa av bunndyr i Eikeren (se Figur H4.1 i vedlegg H4). Totalt antall taksa var likevel noe høyere i 2019 (35) enn i 2015 (30) trolig som følge av både vår- og høstprøver i 2019, men kun vårprøver i 2015. På grunn av sin geografiske nærhet kunne det være aktuelt å vurdere bunndyrfaunaen i Eikeren opp mot Tyrifjorden, som med sine 50 registrerte taksa er betydelig mer artsrik. Det er imidlertid mange forhold som kan bidra til forskjeller i bunndyrfaunaen mellom de to innsjøene. Blant disse forholdene hører betydelige forskjeller i størrelsen på nedbørfelt, avrenning, innsjøens morfologi og konnektivitet, samt fiskepredasjon.

I 2015 ble det rapportert høyest tetthet av pelagisk fisk i Eikeren i epilimnion i sør (se Lyche Solheim mfl., 2016), og det ble diskutert om variasjonen i fiskesamfunn mellom Eikerens nordlige, midtre og søndre del kunne være stabil, eller om det var et øyeblikksbilde (se Sandlund mfl. 2016). Etableringen av en ekstra pelagisk stasjon i sør i 2019 indikerte imidlertid ingen større forskjeller mellom nord og sør selv om den nye stasjonen i sør (stasjon 2) hadde noe mer planteplankton enn på hovedstasjonen (stasjon 1) (se Figur 7 og 8). Undersøkelser av fisk i 2019 viste at det på bunngarn ble fanget flere arter i nord, men at abbor, som er en effektiv litoral predator, var tilstede i hele innsjøen (se kap. 4.5). Enkelte bunndyrprøver tatt våren 2019 inneholdt et fåtalls ørekyt. Fiskepredasjon antas derfor å kunne være en strukturerende faktor, men at forskjellen i bunndyrsamfunnet mellom stasjoner hovedsakelig skyldes lokale forhold som substrat, tilgjengelig habitat og eksponering for bølger. Substratet på de åtte bunndyrstasjonene varierte fra fin sand og mudder i beskyttede vikar til stein og bart grunnfjell på mer eksponerte stasjoner. Under bølgesonen var det flere steder en del organisk materiale som dekket et grovere substrat.

<sup>8</sup> Fjærmygg (Chironomidae), fåbørstemark (Oligochaeta) og rundmark (Nematoda) ble ikke bestemt til art.

#### 4.4.5 Vurdering av økologisk tilstand (Eikeren) basert på bunndyr

Eikeren er moderat kalkrik og klar innsjø i lavlandet. Antall individer av bunndyr i prøvene varierte mellom 71 og 1405. Det er ikke utviklet noen klassegrenser for denne innsjøtypen, men vi har her klassifisert innsjøen ved bruk av det svenske klassifiseringssystemet (se kap. 3.2). Dataene som er samlet inn vil også brukes i arbeidet med å videreutvikle det norske klassifiseringssystemet.

Samlet klassifisering iht ASPT-indeksen for påvirkninger generelt viste *svært god* tilstand (nEQR = 1,00; Tabell 17). Tilstanden var *svært god* på seks av åtte stasjoner, og de to siste stasjonene viste *god* tilstand. Stasjonene som viste *god* tilstand iht. ASPT-indeksen (1 og 4) ligger begge på eller i nærheten av etablerte camping/badeplasser, men varierer for øvrig i substrat fra steinete (stasjon 1) til grus og sand (stasjon 4) og hvor eksponert stasjonen ligger for vind og bølger. Vi har valgt å bruke enkeltstasjonene for klassifisering i 2019, men for muligheten til å sammenligne med undersøkelsene fra 2015 oppgir vi også tilstanden til de aggregerte stasjonene. Tilstanden var *svært god* på to av de tre aggregerte stasjonene, mens området definert av stasjon 1 og 7 får *god* økologisk tilstand (Vedlegg H4). Stasjon 1 og 7 ble i 2015 slått sammen da de ble vurdert som ganske like (vindbeskyttet og med fint substrat), til tross for en viss geografisk avstand. I 2019 ble stasjon 1 flyttet på grunn av fysiske inngrep der stasjonen var plassert i 2015. Substratet var derfor grovere og mer eksponert, og sammenslåingen er derfor noe kunstig.

**Tabell 17. Økologisk tilstand for litorale bunndyr mht. generell degradering for de store innsjøene undersøkt i ØKOSTOR i 2019.**

Klassifiseringen er gjort på grunnlag av ASPT indeksen basert på det svenske klassifiseringssystemet (se Tabell 6). SG = Svært god (blå), G = God (grønn), M = Moderat (gul), D = Dårlig (oransje), SD = Svært dårlig (rød) tilstand.

Norsk type	Innsjø	ASPT	EQR	nEQR
L107	Eikeren	5,67	1,00	1,00

Vi har lite erfaring med å bruke ASPT-indeksen for innsjøer i Norge, og det er derfor usikkert om klassegrensene, som er hentet fra det svenske klassifiseringssystemet, er egnet for norske forhold.

Ved bruk av klassegrensene for kalkfattige, klare innsjøer får Eikeren samlet sett en *svært god* økologisk tilstand mht forsurening (nEQR = 0,89). Innsjøen er imidlertid moderat kalkrik og anses derfor ikke som forsuringfølsom.

## 4.5 Fisk

Her gis et sammendrag av resultatene fra undersøkelsene av fisk i FIST-prosjektet, som ble gjennomført i Nisser, Norsjø, Tinnsjø, Gjende, Eikeren, Randsfjorden og Tyrifjorden. Fiskeresultatene blir rapportert i sin helhet i en egen rapport (Gjelland mfl., under arbeid).

### 4.5.1 Registrerte fiskearter og total fiskebiomasse

En oversikt over registrerte fiskearter i innsjøene er gitt i Tabell 18. Gjende har en svært artsfattig fiskefauna med kun én art (ørret). Tinnsjø har en artsfattig fiskefauna (4 arter). Nisser har en middels artsrik fiskefauna (6 arter), mens fire innsjøer har en artsrik fauna (12-13 arter) der arter fra abbor- (Percidae), karpe- (Cyprinidae) og loddefamilien (Osmeridae) har stor betydning (Tabell 18).

Total beregnet biomasse av fisk (angitt i tonn) i de åpne vannmassene, total fiskebiomasse i kg per hektar i hhv. epilimnion og hypolimnion, samt antall fisk per art fanget i prøvefisket er presentert i Tabell 19. Innsjøene med høyest pelagisk fiskebiomasse per hektar er Eikeren med 16 kg/ha, Randsfjorden med 13 kg/ha og Norsjø med 12 kg/ha, mens Gjende hadde vesentlig lavere biomasse enn de andre med kun 0,28



kg/ha. Randsfjorden har størst totalbiomasse med 183 tonn fisk i pelagialen, etterfulgt av Tyrifjorden og Norsjø med hhv 88 tonn og 66 tonn.

**Tabell 18. Forekomst av fiskearter i de sju innsjøene som ble undersøkt i 2019.**

X betyr at arten ble fanget i vårt prøvofiske i 2019. (x) betyr at arten forekommer, men ikke ble fanget ved vårt prøvofiske i 2019. Xi og xi betyr at arten er introdusert, og henholdsvis fanget (Xi) og ikke fanget (xi) i vårt prøvofiske. - betyr at arten er tidligere registrert, men at den ikke lenger finnes i innsjøen

Fiskeart	Vitenskapelig navn	Nisser	Norsjø	Eikeren	Tinnsjø	Gjende	Tyrifjorden	Randsfjorden
Ørret	<i>Salmo trutta</i>	X	X	X	X	X	X	X
Laks	<i>Salmo salar</i>		x					
Røye	<i>Salvelinus alpinus</i>	X	X	x	X		X	X
Sik	<i>Coregonus lavaretus</i>	Xi	X	X			X	X
Krøkle	<i>Osmerus eperlanus</i>		X	X			X	X
Mort	<i>Rutilus rutilus</i>			X			Xi	xi
Vederbuk	<i>Leuciscus idus</i>			X				
Ørekyt	<i>Phoxinus phoxinus</i>	Xi	X	X	Xi		X	X
Karuss	<i>Carassius carassius</i>		x				xi	xi
Stam	<i>Squalius cephalus</i>			x				
Suter	<i>Tinca tinca</i>						xi	
Brasme	<i>Abramis brama</i>			x				
Gjedde	<i>Esox lucius</i>		X	x			x	Xi
Nipigga stingsild	<i>Pungitius pungitius</i>						x	x
Trepigga stingsild	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	xi	x	x			x	x
Abbor	<i>Perca fluviatilis</i>	X	X	X	x		X	X
Niøye	<i>Lampetra fluviatilis</i>		x				x	x
Ål	<i>Anguilla anguilla</i>		x	x				
Sum antall arter		6	12	13	4	1	13	12

De pelagiske fisketetthetene er tallmessig svært mye høyere i innsjøer med krøkle enn uten krøkle. Krøkle utgjør langt over 90 % av individantallet av pelagisk fisk i slike innsjøer (se f.eks. Randsfjorden i Tabell 19). På den andre siden er krøkle en liten og slank fisk, og den dominerer sjelden eller aldri biomassen i det pelagiske fiskesamfunnet. Den er likevel en viktig matkilde for fiskespisende arter som stor ørret og røye samt fiskespisende fugl pga sin raske turnover (korte generasjonstid). Selv om krøkle helt sikkert er en viktig konkurrent i planktonmatfatet for sik, klarer sik seg utmerket godt i nærværet av krøkle. Uten krøkle finner vi mye sik nær overflaten, med krøkle i innsjøen trekker siken på dypere vann. Dette er en klar indikasjon på et konkurranseforhold mellom de to artene.

Det var positivt å se at vi fikk en del røye i både bunngarnfangster og trålfangster i Nisser, Tinnsjø og Randsfjorden, samt i bunngarnfangster i Norsjø og Tyrifjorden (Tabell 19). Røye er en art vi antar er blant de mest sårbare overfor et varmere klima, og det er derfor viktig å holde ekstra godt øye med den i overvåkingen. Det vil være nyttig å få kartlagt gyteplasser for denne arten i de store innsjøene, og kanskje gi disse områdene en ekstra form for beskyttelse mot garnfiske.

Tetthet og biomasse har større og mindre avvik fra undersøkelsene i 2015. Forskjellene i tetthet er særlig knyttet til bestandsvariasjoner i rekruttering hos krøkle. Kunnskapen om naturlige bestandsvariasjoner

og rekruttering hos krøkle i norske innsjøer er imidlertid svært mangelfull. For biomasseestimatene kan vesentlige forskjeller skyldes både endringer i tetthet, samt metodiske endringer eller ulikt grunnlag for beregninger av gjennomsnittsvekt. Det er derfor gjerne større forskjeller i biomasseestimat enn i tetthetsestimat mellom undersøkelsene i 2015 og 2019 i samme innsjø. Forskjellene i fiskemengde og -biomasse vil bli nærmere belyst i rapporten fra FIST 2019 (Gjelland mfl., under arbeid).

**Tabell 19. Fangster ved prøvafisket og beregnet total biomasse av fisk i de åpne vannmassene i sju innsjøer undersøkt i 2019. Total biomasse (tonn) i de åpne vannmasser (epilimnion + hypolimnion) og biomasse (kg/ha) i hhv. epilimnion og hypolimnion er beregnet fra hydroakustiske registreringer (grå rader). Tabellen viser også antall fisk av ulike arter fanget i bunngarn og pelagisk partrål.**

Innsjø/ Fangstmetode	Total biomasse, tonn	Biomasse, kg/ha			Antall fisk										Sum	
		Epi + hypo- limnion	Epilimnion	Hypolimnion	Ørret	Røye	Sik	Krøkle	Mort	Vederbuk	Ørekyt	Gjedde	Abbor			
Nisser	34,5	4,55	2,99	1,56												
Bunngarn					27	23	36					42		97		225
Trål					12	11	68									91
Norsjø	65,7	11,93	11,6	0,33												
Bunngarn					6	72	32	143				3		673		929
Eikeren	44,2	15,93	2,73	13,2												
Bunngarn					2		33	234	75	17	10		248		619	
Tinnsjø	32,4	6,30	5,19	1,11												
Bunngarn					75	187						409				671
Trål					26	50										76
Gjende	0,43	0,28	0,28	0												
Bunngarn					148											148
Flytegarn					49											49
Randsfjorden	183	13,07	1,64	11,43												
Bunngarn						14	16	50				88	1	403		572
Trål						3	201	4139					1	1		4345
Tyrifjorden	88,4	7,25	1,17	6,08												
Bunngarn					75	187						409				671

#### 4.5.2 Økologisk tilstand

Økologisk tilstand basert på fiskeindeksen WS-FBI, NEFI-indeksen og %bestandsnedgang er presentert i Tabell 20. Datakvalitet og pålitelighet i klassifiseringen er gitt en kort vurdering for hver innsjø i kap. 4.5.3. WS-FBI-indeksen påvirkes mye av hvordan grensen mellom epilimnion og hypolimnion defineres. De alternativene vi har vurdert er på den ene side to ganger siktedyp (basert på tilnærming av produksjonsdyp), på den annen side basert på endringer i vanntemperatur med dyp. I Tabell 20 har vi brukt 2 x siktedyp (Vedlegg C), justert noe mht vertikal vanntemperaturprofil (Vedlegg E), og avrundet til nærmeste 5-meter dybdeintervall. En evaluering av hvordan WS-FBI-indeksen fungerer generelt, og spesifikt hvor sensitiv den er for grensesettingen mellom epi- og hypolimnion anbefales. I denne rapporten er tallgrunnlaget for fiskebiomasse i epi- og hypolimnion, som brukes for å beregne WS-FBI-verdier, basert på en modell for forholdet mellom TS (målstyrke) og fiskestørrelse (se kap. 3.2.2).

På grunnlag av det eksisterende datagrunnlaget er WS-FBI-indeksen benyttet i tilstandsklassifisering av fiskebestandene i samtlige av de syv innsjøene som ble undersøkt i 2019, mens NEFI-indeksen er brukt i fem av innsjøene og %bestandsnedgang for fisk i én innsjø (Gjende) (Tabell 20). Indeksen %bestandsnedgang ble vurdert å være godt egnet for å fange opp endringer i fiskesamfunnet i Gjende, fordi det finnes prøvofiskedata for mange år tilbake, slik at kravene til datagrunnlag er tilfredsstillende (se tabell 6.3 i Veileder 02:2018). Ørret er eneste fiskeart i Gjende, og med 40 % bestandsnedgang over en periode på maksimum åtte år ble tilstanden klassifisert til å ligge på grensen *god/moderat*.

WS-FBI viser tilstand i forhold til eutrofiering som påvirkningstype, og det er derfor som ventet at de fleste av de store innsjøene får tilstandsklassen *svært god* (Tabell 20). To av innsjøene i FIST 2019 har imidlertid endret tilstandsklasse basert på WS-FBI; Norsjø har gått fra *svært god* til å ligge på grensen *svært god/god*, mens Eikeren har gått motsatt vei fra *god* til *svært god*. NEFI-indeksen, som ikke er koblet til spesifikke påvirkninger, men angir endringer i dominansforhold mellom ulike arter, ga *svært god* tilstand i Nisser, *god* tilstand i Norsjø, Randsfjorden og Tyrifjorden og *moderat* tilstand (nær grensen *god/moderat*) i Eikeren.

**Tabell 20. Økologiske tilstand for fisk i store innsjøer undersøkt i 2019.**

Klassifiseringen er gjort på grunnlag av WS-FBI (modifisert formel for å unngå negative verdier ved lav tetthet; se kap. 3.3.2), NEFI og %bestandsnedgang (kun for Gjende). Ut over dette er det ikke datagrunnlag for å beregne noen av de øvrige fiskeindeksene. SG = Svært god (blå), G = God (grønn), M = Moderat (gul), D = Dårlig (oransje), SD = Svært dårlig (rød) tilstand.

Innsjø	Grense epi/hypol. (m) <sup>1</sup>	WS-FBI <sup>2</sup>			NEFI			%bestandsnedgang			Samlet tilstand fisk
		Verdi	EQR	nEQR	Verdi	EQR	nEQR	Verdi	EQR	nEQR	Tilstands klasse
Nisser	15	2,86	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00				G <sup>2</sup>
Norsjø	20	2,00	0,69	0,80	0,85	0,85	0,67				M <sup>2</sup>
Tinnsjø	20	2,49	0,86	0,91							G <sup>2</sup>
Eikeren	15	2,52	0,87	0,91	0,78	0,78	0,59				M
Gjende	10	6,04	2,08	1,00				40	0,63	0,60	M
Randsfjorden	15	2,78	0,96	0,97	0,86	0,86	0,68				M <sup>2</sup>
Tyrifjorden	15	2,90	1,00	1,00	0,83	0,83	0,64				M <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Basert på modifisert WS-FBI formel for å unngå negativ, ikke tolkbar verdi (se kap. 3.3.2).

<sup>2</sup> Nedgradert én tilstandsklasse pga. forekomst av regionalt fremmed høyrisikoart (se kap. 3.4).

Den samlede tilstanden for fisk er basert på den indeksen som gir dårligst tilstand, som er NEFI-indeksen i Eikeren og indeksen % bestandsnedgang i Gjende, som begge havner i *moderat* tilstand nær eller på klassegrensen *god/moderat*. I henhold til Klassifiseringsveilederen (Veileder 02:2018) skal vannforekomster med påviste vannlevende høyrisikoarter (se kap. 3.4) ikke ha bedre enn *god* tilstand. Vi har derfor nedgradert tilstanden én tilstandsklasse for fisk i Nisser, Norsjø, Tinnsjø, Randsfjorden og Tyrifjorden, noe som gir *god* tilstand i Nisser og Tinnsjø, men *moderat* tilstand i Norsjø, Randsfjorden og Tyrifjorden (Tabell 20). I alle disse innsjøene er det forekomst av regionalt introduserte fiskearter klassifisert med *høy* eller *svært høy* risiko i Fremmedartslista 2018, men mengden av disse artene varierer mellom innsjøene. Vi kjenner ikke til i hvilken grad de har gjort skade på det opprinnelige fiskesamfunnet og økosystemet. Tilstandsklassifiseringen for fisk i disse innsjøene er derfor usikker. Gjedde er en art som har stor negativ effekt på ørreten i de innsjøene der den har blitt introdusert. Ørekyt og mort derimot, kan ofte ha mindre tydelige effekter, men drastiske endringer i konkurranseforholdene er godt kjent. Mort kan også påvirke næringsstoffomsetningen mellom bunnsedimenter og de åpne vannmasser, inkludert transport av fosfor fra litorale sedimenter til pelagialen (Brabrand m.fl. 1990).

Hvorvidt den raskt økende forekomsten av gelekreps, som er en ny art i Gjende, kan settes i sammenheng med tilbakegang og dårlig kondisjon hos ørreten i innsjøen er høyst usikkert. Men vi anbefaler at dette blir fulgt opp gjennom en ny fiskeundersøkelse som også inkluderer diettundersøkelser og analyser av stabile isotoper hos fisk og byttedyr. Fisk er utslagsgivende for den endelige klassifiseringen av økologisk tilstand i de fleste innsjøene i ØKOSTOR 2019-undersøkelsen (kap. 5). Dette kan være utfordrende å håndtere for innsjøer som blir undersøkt og klassifisert hvert år, mens fisk er med i programmet bare hvert fjerde år (Gjende, Mjøsa, Selbusjøen og Takvatnet). Denne problemstillingen drøftes nærmere i kap. 5.12.

### 4.5.3 Fiskesamfunnet i den enkelte innsjø

#### Nisser

Nisser er en dyp innsjø (maksdyp 234 m) med variert morfologi. Innsjøen er ca 35 km lang, og er nærmest delt i to ved Fjone-sundet. Lengst i nord er innsjøen grunn med mange mindre øyer og skjær. Både hovedbassenget nord for Fjone, og store deler av innsjøen sør for Fjone er kjennetegnet ved bratte strender, bortsett fra de slakere sandstrendene ved Fjone og sørover mot Vik. Nisser er en regulert innsjø med reguleringshøyde på tre meter. Innsjøen er forbundet med Vråvatn oppstrøms gjennom to sluser. Innsjøen og tilløpselvene har en forsuringshistorikk og har vært kalket. Innsjøen har seks fiskearter, hvorav fem arter ble fanget ved prøvefiske med bunngarn i 2019 (Tabell 19). Abbor var den dominerende arten, mens ørret, røye og sik kan karakteriseres som vanlige arter i garnfangstene. Sik var dominerende i trålfangstene. Ørekyt er en introdusert art i Nisser og tas ikke med i beregning av NEFI.

For å sette en referansetilstand har vi benyttet resultater fra to prøvefiskeundersøkelser på 1970-tallet, én i august 1973 og én i august 1975 (Borgstrøm 1976). Disse undersøkelsene benyttet en annen garnserie enn det som ble benyttet i 2019, men ga det samme bildet av fiskesamfunnet som i dag, med abbor som dominerende art og de andre som vanlige. Sik dominerte både i flytegarnefangstene fra 70-tallet og 2015 (Sandlund mfl. 2016), og i trålfangstene i 2019 (Tabell 19). Ekkoloddregistreringene i 2015 indikerte en tetthet på 102 fisk/ha for alle størrelsesgrupper, mot 67,6 fisk/ha i 2019. Nedre terskel for enkelttekko var satt til -62 dB i 2015, som vil gi noe lavere gjennomsnittlig ekkostyrke for enkeltfisk og resultere i noe høyere tetthetsestimat. Dette kan forklare noe av forskjellene mellom år, men resultatene viser uansett at den pelagiske tettheten var lavere i 2019 enn i 2015. Trofiindeksen WS-FBI indikerte *svært god* tilstand i Nisser både i 2015 og 2019.

Ingen endringer i dominansforhold gir i utgangspunktet *svært god* tilstand for NEFI. Siden fiskesamfunnet i Nisser kan ha vært påvirket av forsuring på 1970-tallet er det stor usikkerhet om tilstanden på den tiden kan brukes som referansetilstand. Ørekyt fanget på bunngarn i 2019 er ikke tidligere registrert i Nisser, men fra nærliggende innsjøer (Hesthagen og Sandlund 2016). Den er av Artsdatabanken kategorisert som høyrisikoart i Fremmedartslista 2018 (Artsdatabanken 2020), og i henhold til Klassifiseringsveilederen nedjusteres derfor tilstanden til *god* for fisk som kvalitetselement i Nisser (Tabell 20).

#### Norsjø

Norsjø er en dyp innsjø (maksdyp 171 m), sentralt beliggende i Skiensvassdraget, og med en rekke større tilløpselver; Eidselva, Bøelva og Sauarelva. Innsjøen er regulert, men reguleringshøyden er kun 0,15 meter. Innsjøen er del av lakseførende strekning, med tolv registrerte fiskearter, inkludert ål (Tabell 18).

Norsjø ble prøvefisket med trål i 2015 (Sandlund mfl. 2016), og fangstene viste stor dominans av krøkle (92,4 % krøkle og 7,6 % sik). De pelagiske tetthetene var 875 årsyngel/ha og 373 eldre fisk/ha i 2015 (Sandlund mfl. 2016), mot 1781 årsyngel/ha og 564 eldre fisk/ha i 2019 (Gjelland mfl. under arbeid).

Tetthetene var altså større i 2019, og WS-FBI-indeksen som viste *svært god* tilstand i 2015, indikerte at tilstanden var redusert til *god*, om enn akkurat på grensen til *svært god*, i 2019 (Tabell 20).

Ved prøvefiske med bunn garn i 2019 ble det fanget seks arter. Vi har beregnet NEFI-indeksen ved å sammenlikne med et prøvefiske utført i 1974 (Borgstrøm 1974). Bunn garnene ble den gangen satt ned til ca. 25 m dybde. Sammenligning av dominansklasser med prøvefisket i 2019 er derfor gjort ved å sammenligne fangstene ned til den samme dybden. Garnserien som ble benyttet i 1974 fanger ikke de småvokste artene krøkle og ørekyt. Disse er derfor utelatt fra beregningen av NEFI. Vi har også valgt å utelate gjedde. Denne arten ble fanget i noen eksemplarer ved prøvefisket i 1974, men ikke i 2019. Det er sannsynlig at dette skyldes lavere fangbarhet med garn typen (nordisk oversiktsgarn) som ble benyttet i 2019, evt. også andre forskjeller i metodikk, som f.eks. hvilket habitat garnene ble satt i. Blant de fire artene som er brukt til å beregne NEFI har én art (ørret) endret dominansklasse fra vanlig til sjelden. Tre individer av ørekyt ble fanget på bunn garn i Norsjø. Som art er den på listen over høyrisikoarter på Fremmedartslista 2018 (Artsdatabanken 2020). Norsjø ligger i lavlandet, men vest for naturlig utbredelsesområde for arten. Det antas derfor at den er introdusert. Sammen med endringen i ørretbestanden gjør tilstedeværelse av ørekyt at Norsjø ender opp i tilstandsklasse *moderat* for kvalitetselement fisk (Tabell 20).

### Tinnsjø

Tinnsjø er Norges fjerde dypeste innsjø (maksdyp 460 m) med 4 m reguleringshøyde. Innsjøen er unik med fire ulike typer røye, som kan skilles i kroppsform, genetikk, og levevis (Østbye mfl. 2020). Vi har imidlertid ikke forsøkt å skille de ulike formene av røye i denne undersøkelsen. Av andre arter finner vi ørret rundt hele innsjøen, mens abbor er begrenset til områder rundt innløpselver fra mindre abbor sjøer i nærliggende områder. Det ble ikke fanget abbor i denne undersøkelsen, derimot ble det fanget mye ørekyt. Ørekyt er en art som kom inn mot slutten av 1900-tallet, trolig har den spredd seg nedstrøms etter å ha blitt introdusert i Møsvatn. Ørekyt ble fanget på alle stasjoner, og er en utpreget strandnær art som i liten grad går dypere enn 5 m. Ørret finnes også for det meste i de øvre vannlag, men går også noe dypere enn ørekyt. Røya trives derimot bedre på dypere vann, og det ble ikke fanget røye grunnere enn 10 m med bunn garn, og kun to individer i overflatetrålen. Totalt utgjorde ørekyt, røye og ørret henholdsvis 61, 28 og 11 % av bunn garnfangstene målt i antall. Andelen ørret i forhold til røye var nesten dobbelt så stor som i et prøvefiske gjennomført i 1976-1978 (Lunder og Enerud 1979), selv om vi hadde stor innsats i røyedominerte habitat. Det er lite trolig at dette skyldes maskeviddesammensetningen i garnene, og det er god grunn til å tro at ørret har blitt mer vanlig i Tinnsjø.

Røye går for å være en mer utpreget planktonbeiter enn ørret, men i Tinnsjø var det ørret som dominerte fangsten i tråltrekket på 0-8 m dyp. Her ble det fanget 28 ørret og 2 røye. Kontrasten var stor til tråltrekket på 18-27 m, der det utelukkende ble fanget røye, 48 stykker. Ekkoloddregistreringene indikerte tettheter på 6,1 ørret/ha og 32,5 røye/ha, totalt 38,7 fisk/ha, og 73,9 fisk/ha dersom vi tar med årsyngel (Gjelland mfl. under arbeid). Dette er tettheter i størrelsesorden med ekkoloddundersøkelser i 1992 (Brabrand 1994), og er også nært de registrerte tettheter i FIST 2015 (64,5 fisk/ha, hvorav 21,8 fisk/ha var større enn årsyngel) (Sandlund mfl. 2016). Trofiindeksen WS-FBI indikerte *svært god* tilstand for Tinnsjø. NEFI-indeksen egner seg ikke for bruk her, siden abbor er kjent for å være område spesifikk i innsjøen, og to stedegne arter er for lite til å regne NEFI-indeks på. Men den sterke tilstedeværelsen av høy-risikoarten ørekyt indikerer at den samlede tilstandsklassen for fisk ikke kan settes til bedre enn *god* (Tabell 20).

### Eikeren

Eikeren er en dyp lavlandssjø (maksdyp 156 m) med et relativt beskjedent nedbørfelt på begge sider av fylkesgrensen mellom Viken i nord og Vestfold og Telemark i sør. I direkte tilknytning til innsjøen ligger det grunne Fiskumvannet (19 meter dypt). Innsjøen er regulert med en reguleringshøyde på 1,8 meter.

Totalt 13 fiskearter er registrert i Eikeren. Eikeren fiskevernforening setter hvert år ut rundt 20.000 ørret yngel. Prøvefisket med bunngarn i 2019 resulterte i fangst av sju arter (Tabell 19). Av disse har vi utelatt krøkle og ørekyt fra beregningen av NEFI (småvokste arter som det finnes lite informasjon om i tidligere prøvefiskeundersøkelser). Vederbuk har vi tatt med i beregningen, men dominansklassen for denne arten er mer usikker enn for de andre artene. Den ble bare fanget på den nordlige stasjonen, som ligger i Eikeren, men nær sundet ut mot det næringsrike Fiskumvannet.

Vi har ikke gode data til å sette en referansetilstand for Eikeren. Referansetilstanden som er brukt til å beregne NEFI er basert på et prøvefiske i november-desember 1977 (Qvenild 1979). Metodiske forskjeller og tiden på året prøvefisket ble utført gjør at det er veldig usikkert hvor sammenlignbar undersøkelsen fra 1977 er med prøvefisket fra 2019. Bortsett fra krøkle og ørekyt ble de samme artene fanget i 1977 som i 2019. I tillegg ble det i 1977 fanget én brasme og enkelte gjedde. Disse to artene er også utelatt fra beregningen av NEFI. Dette gir en NEFI basert på fem arter, hvorav to arter har redusert dominansklasse (sik og ørret). Dette gir *moderat* tilstand.

Ved prøvefisket i 2015 ble det fanget svært mye krøkle på et overflatetrekk med trål, mens to andre tråltrekk gav moderate fangster med dominans av sik. Ekkolodddregistreringene indikerte tetthet på 896 fisk/ha i 2015, hvorav 448 krøkle/ha og 143 sik/ha større enn årsyngel (Sandlund mfl. 2016). Tilsvarende tall i 2019 var 1417 fisk/ha i 2019, hvorav 564 krøkle/ha og 52 sik/ha større enn årsyngel (Gjelland mfl. under arbeid). Trofiindeksen WS-FBI viste *god* tilstand i 2015, og *svært god* tilstand i 2019. Sett samlet blir NEFI-indeksen avgjørende for fastsettelse av den økologiske tilstanden for fisk, som settes til *moderat*, dog nær klassegrensen mot *god* (Tabell 20). I 2015 ble tilsvarende endringer i fiskesamfunnet (representert ved NEFI-indeksen) klassifisert til *moderat* (nEQR 0,59), altså eksakt det samme som i 2019, men usikkerheten ble vurdert som for stor til å bruke dette resultatet. Klassifisering av tilstanden for fisk i Eikeren i 2015 ble derfor basert kun på den pelagiske eutrofieringsindeksen, som ga *god* tilstand.

## Gjende

Gjende er en dyp innsjø (maksdyp 149 m), med bratte sider i store deler av innsjøen. Den er den eneste innsjøen i FIST 2019 som ikke er regulert. Den er preget av mye partikler fra breavrenning, slik at siktedypet som regel er relativt lavt om sommeren. Det er kun ørret i innsjøen. Fjellstyret i Vågå har gjennomført prøvefiske med garnserier i forholdsvis mange år, vi har fått tilgang på prøvefiskedata fra 1997, 2006, 2008, 2010, 2018, og 2019 gjennomført med standardgarn (bunngarn) i maskeviddene 21, 26, 29, 35 og 39 mm. Fra 1997 til og med 2010 var fangstene relativt stabile, med gjennomsnittlig variasjon på 12 %. Ved prøvefiske med tilsvarende garnserier i 2018 og 2019 var imidlertid tettheten (fangst per innsatsenhet) gått tilbake med 40 % sammenlignet med gjennomsnittet for prøvefiskene i 1997-2010. Tettheten i 2018 og 2019 var veldig lik. Denne bestandsnedgangen tilsvarer en tilstandsklasse i grenseland mellom *god* og *moderat*, ifølge klassifiseringsveilederen. Fisken var også i noe dårligere hold (kondisjonsfaktor) ved prøvefisket i 2019 sammenlignet med ved de tidligere prøvefiskene, og dette kan ha bidratt noe til redusert fangbarhet. Uansett er det grunn til noe bekymring over utviklingen. Den sterke tilbakegangen i tetthet gir, med basis i NEFI-indeksen, en tilstand i grenseland mellom *god* og *moderat* for kvalitetselementet fisk i Gjende (Tabell 20).

Ørret er en utpreget synsavhengig predator, og den høye og økende turbiditeten i Gjende gjør at den beiter nesten utelukkende i de øvre deler av vannmassene. Selv om vi definerte hypolimnion allerede fra 10 m dyp, registrert vi ikke ørret på større dyp med ekkoloddet. Dette gjør at den ordinære WS-FBI-indeksen ikke lar seg bruke, fordi den gir negativ verdi og dermed ikke kan tolkes. Vi brukte derfor vår modifiserte WS-FBI-indeks i Gjende, som indikerte *svært god* tilstand mht eutrofiering. Dette er ikke overraskende for Gjende, men vi må også påpeke at indeksen trolig har begrenset verdi i slike sterkt brepåvirkete innsjøer.

Den pelagiske fiskebiomassen i Gjende synes å være svært lav ut ifra ekkoloddregistreringene. Ørretens avhengighet av visuell beiting kan imidlertid ha medført at den hovedsakelig beiter så nært overflata at den havner i blindsona for ekkoloddet, og at de pelagiske tetthetene reelt er større enn det som ble registrert med ekkoloddet.

Hvorvidt nedgangen i tetthet og kondisjon hos ørret har en sammenheng med økningen av gelekreps (kap. 4.4) og/eller med økt turbiditet som følge av raskere bresmelting (kap. 4.1) eller andre forhold er uklart, men bør følges opp med nye undersøkelser.

### Randsfjorden

Randsfjorden er en dyp lavlandssjø (maksdyp 131 m) med 3,2 m reguleringshøyde. Fiskesamfunnet i Randsfjorden er relativt komplekst, med 12 registrerte arter (Tabell 18), og i tillegg bekkeniøye i tilløpsbekker. Mange av disse fanges imidlertid ikke ved vanlig prøvefiske med garn, enten fordi de er små og lite fangbare, og/eller fordi de har spesielle habitatkrav som ikke blir undersøkt i denne typen undersøkelser. Det ble fanget seks arter ved vårt prøvefiske med bunngarn og trål i 2019 (Tabell 19). En prøvefiskeundersøkelse gjort i 1984 (Nielsen mfl. 1985) gir grunnlag for å vurdere endringer i fiskesamfunnet basert på NEFI-indeksen. Prøvefiske med bunngarn i 1984 resulterte i fire arter: abbor, sik, gjedde og ørret. Ørekyt og krøkle ble ikke fanget, men dette skyldes at garnserien som ble brukt manglet små maskevidder. Disse to artene er derfor utelatt fra NEFI-beregningen. Abbor var da som nå den dominerende arten, mens sik var vanlig ved begge undersøkelsene. Røye og gjedde antas å ha holdt seg i dominansklasse sjelden, mens ørret har gått fra vanlig til sjelden. Dette gir *god* tilstand basert på NEFI. Gjedd ble for øvrig introdusert til Randsfjorden i 1854 (Huidtfeldt-Kaas 1918, Hesthagen og Sandlund 2012). Artsdatabanken betrakter arter innført etter 1800 som fremmede arter, mens Klassifiseringsveilederen gir rom for å betrakte den som naturlig hjemmehørende i innsjøen dersom den ble innført før år 1900. Vi har valgt å inkludere gjedde i utregningen av NEFI-indeksen, dvs. at den betraktes som naturlig hjemmehørende i Randsfjorden. Mort er imidlertid en introdusert art som kom til Randsfjorden i 1990-årene. Mort er klassifisert med *høy* risiko i Fremmedartslista 2018 (Artsdatabanken 2020). Introduksjon av mort påvirker derfor tilstandsklassifiseringen for fisk.

Krøkle er fullstendig dominerende i antall i det pelagiske fiskesamfunnet, men i biomasse er det sik som dominerer. Det ble også fanget flere røyer i trålen på dypt vann, samt én gjedde på rundt 5 kg og én abbor. De to sistnevnte artene er imidlertid så sjeldne i de pelagiske fangstene at de ble utelatt fra biomasseberegningene. Det ble ikke fanget niøye i trålen, men en sik hadde sugesår etter niøye i siden. Trofiindeksen WS-FBI gav tilstandsklasse *svært god*, mens NEFI-indeksen gav tilstandsklasse *god*. På grunn av forekomst av mort, som er kategorisert som høyrisikoart i Fremmedartslista 2018 (Artsdatabanken 2020), nedjusteres derfor tilstanden til *moderat* for fisk som kvalitetselement i Randsfjorden (Tabell 20).

### Tyrifjorden

Tyrifjorden er en innsjø med store dypområder (maksdyp 288 m), men også med noen grunnere partier. Steinsfjorden er en del av Tyrifjorden, men er delvis avskilt med et trangt sund og skiller seg kraftig fra resten av Tyrifjorden både i dybdeutvikling og fiskesamfunn. Vi har derfor, som i 2015, utelatt Steinsfjorden fra fiskeundersøkelsene i FIST 2019. Fiskesamfunnet i Tyrifjorden ble undersøkt med ekkolodd og trål i 2015, men ikke med bunngarn (Sandlund mfl. 2016). I 2015 ble det gjennomført tråling i Tyrifjorden, men dette ble ikke gjort i 2019. Sammenligningsgrunnlaget med tidligere undersøkelser i FIST-regi er derfor noe begrenset. Vi har imidlertid kunnet sammenligne resultatene fra bunngarnfisket i 2019 med resultater fra Tyrifjordundersøkelsen 1978-1981 (Berge 1983).

Seks arter fanget ved prøvefiske med bunngarn i 2019 (Tabell 19). Abbor var dominerende art. Sik og mort var vanlige, men mort er en introdusert art og tas ikke med i beregningen av NEFI. Røye var vanlig

på dypere vann (>15 m), men ble ikke fanget på grunt vann. I tillegg ble det fanget krøkle og ørekyt, men disse artene er utelatt fra beregningen av NEFI på grunn dårlige data om tidligere forekomst.

På begynnelsen av 1980-tallet utgjorde gjedde en stor andel av fangstene. Gjedde ble ikke fanget i 2019. Det er usikkert om dette skyldes en reell nedgang i bestanden eller er et resultat av metodiske forskjeller ved undersøkelsene. Vi har derfor valgt å utelate gjedde fra beregningen av NEFI-indeksen. NEFI basert på fire arter gir *god* tilstand. Det er nedgang i ørretbestanden som trekker ned tilstanden. Mort er klassifisert med høy risiko som fremmed art, dette medfører at tilstandsklassen skal settes ned ett trinn som følge av introduksjonen av mort i Tyrifjorden.

Undersøkelsene med ekkolodd indikerte at krøkle var svært dominerende i pelagialen i 2019 som i 2015. Basert på ekkoloddregistreringene utgjorde krøkle 97,1 % av fisk eldre enn årsyngel i epilimnion, og 60,5 % i profundalsona. Tilsvarende tall for trålfangsten i 2015 var 99,9 % og 66,2 % (Sandlund mfl. 2016). Arealtettheten av sik og krøkle større enn årsyngel ble beregnet til henholdsvis 28,1 og 322 fisk/ha i 2019 (Gjelland mfl. under arbeid), tilsvarende tall for 2015 var 32 og 239 fisk/ha (Sandlund mfl. 2016). Trofiindeksen WS-FBI gav tilstandsklassen *svært god*. NEFI-indeksen blir derfor styrende, slik at den samlede tilstandsklassen for fisk i Tyrifjorden blir *moderat* (Tabell 20).

## 5. Tilstandsvurdering pr. innsjø

### 5.1 Innledning inkl. usikkerhetsvurdering

I dette kapitlet presenteres tilstandsvurderingen enkeltvis for hver innsjø. De hvite radene i tabellene indikerer at det enten ikke er tatt prøver, ikke har vært datagrunnlag for beregning av den aktuelle indeksen, eller at indeksen er ekskludert i den endelige klassifiseringen pga. høy usikkerhet eller manglende relevans (se Lyche Solheim mfl. 2018, Tabell 10).

Resultater fra basisovervåkingen av store innsjøer i 2015 og 2016, samt fra ØKOSTOR-programmet i 2017 og 2018 er brukt for sammenligning med resultatene fra ØKOSTOR 2019. For de fleste innsjøene finnes det også eldre data for ett eller flere kvalitetselementer (Persson mfl. 2013), men disse er kun brukt hvis de er lett tilgjengelige. For selve tilstandsklassifiseringen er slike eldre data ikke benyttet da de kun unntaksvis tilfredsstillende kravene for klassifisering.

Usikkerhetsvurderinger av samlet klassifisering for hver innsjø er basert på følgende forhold:

1. Typologi-problemer:
  - a) Innsjøer som tilhører en vanntype det ikke foreligger klassifiseringssystem for, og der det ikke finnes noen relevante nærstående vanntyper, antas å ha høy usikkerhet.
  - b) Vannforekomster på grensen mellom to eller flere vanntyper antas å ha en mer usikker klassifisering enn vannforekomster langt fra typegrenser.
2. Inkonsistent resultat for kvalitetselementer eller enkeltindekser/parametere innen samme påvirkningstype gir økt usikkerhet. Inkonsistente resultater kan skyldes f.eks. avvikende enkeltmålinger, «tilfeldig» fravær av indikatorarter som normalt burde vært tilstede, eller lite representative data (f.eks. uegnet habitat) og kan gi utslag i form av:
  - a) Stor forskjell i tilstand mellom indekser for samme påvirkning innen et kvalitetselement, eks. bunndyrindekser for forsuring.




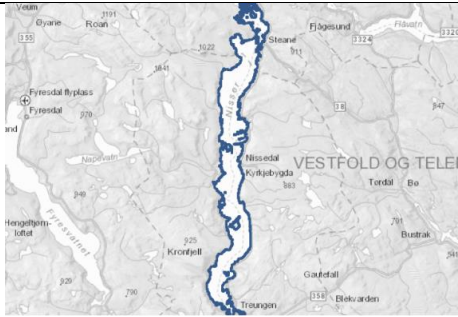
- b) Stor forskjell i tilstand mellom kvalitetselementer eller enkeltindekser/parametere som er følsomme for samme påvirkningstype (men klassifiseringen kan likevel ha lav usikkerhet hvis den er basert på minst 3 års data og forskjellen er konsistent mellom år).
3. Klassifisering basert på ett års data og/eller få kvalitetselementer eller der tilstanden varierer mye mellom år ( $>0,05$  nEQR-enheter), er mer usikker enn klassifisering basert på flere års data eller/og der tilstanden varierer lite mellom år.

Andre forhold som gir økt usikkerhet:

- For vannforekomster som er på eller nær en klassegrense vil selve tilstandsklassen være usikker (nEQR verdien kan likevel ha tallverdier som tilsvarer klassegrensene, f.eks. 0,60, som er god/moderat-grensen, og disse tallene er ikke mer usikre enn andre tall på nEQR-skalaen).
- Tilstedeværelse av andre påvirkninger enn dem som kan tilstandsvurderes med det nåværende klassifiseringssystemet (f.eks. forbygninger i strandsonen eller partikkel-påvirkning, som gir høy turbiditet og også kan gi nedslamming av strandsonen).
- Uklarheter om målestasjonene er representative for hele innsjøen. Eksempler på innsjøer med forskjeller i økologisk tilstand mellom forskjellige målestasjoner er Mjøsa og Vansjø (Lyche Solheim mfl. 2019 og Skarbøvik mfl. 2020).

De tre hovedpunktene ovenfor brukes til å vurdere usikkerheten til den samlede tilstandsklassifiseringen i tre nivåer; lav, middels og høy usikkerhet. Klassifiseringen er vurdert å ha høy usikkerhet dersom alle de tre forholdene gjelder, middels usikkerhet dersom minst ett av punktene gjelder, og lav dersom ingen av forholdene foreligger. Klassifiseringen vil også kunne vurderes å ha lav usikkerhet om den er basert på kun ett år med data, dersom ingen av de andre forholdene som er gitt ovenfor er aktuelle.

## 5.2 Nisser

					
Beliggenhet og vanntype		Morfometri og hydrologi*		Arealfordeling (%)*	
Vannforekomst-ID	019-1267-L	Areal nedbørfelt (km <sup>2</sup> )	1078	Sjø	15
Fylke(r)	Vestfold og Telemark	Innsjøareal (km <sup>2</sup> )	76,3	Bre	0
Kommune(r)	Kviteseid, Nissedal	Maks-dyp (m)	234	Skog	60
Økoregion	Sørlandet	Middeldyp (m)	93	Dyrket mark	1
Høyde over havet (m)	247	Volum (mill. m <sup>3</sup> )	7096	Myr	4
Kalsium (mg/L)	1,0	Midlere årlig avløp (mill. m <sup>3</sup> )	908	Snaufjell	16
Farge (mg Pt/L)	14,5	Teoretisk oppholdstid (år)	7,81	Urban	0
Typekode	L202d	Reguleringshøyde (m)	3		
Vanntype-beskrivelse	Skog, svært kalkfattig, klar, dyp				

\*<http://nevina.nve.no/>

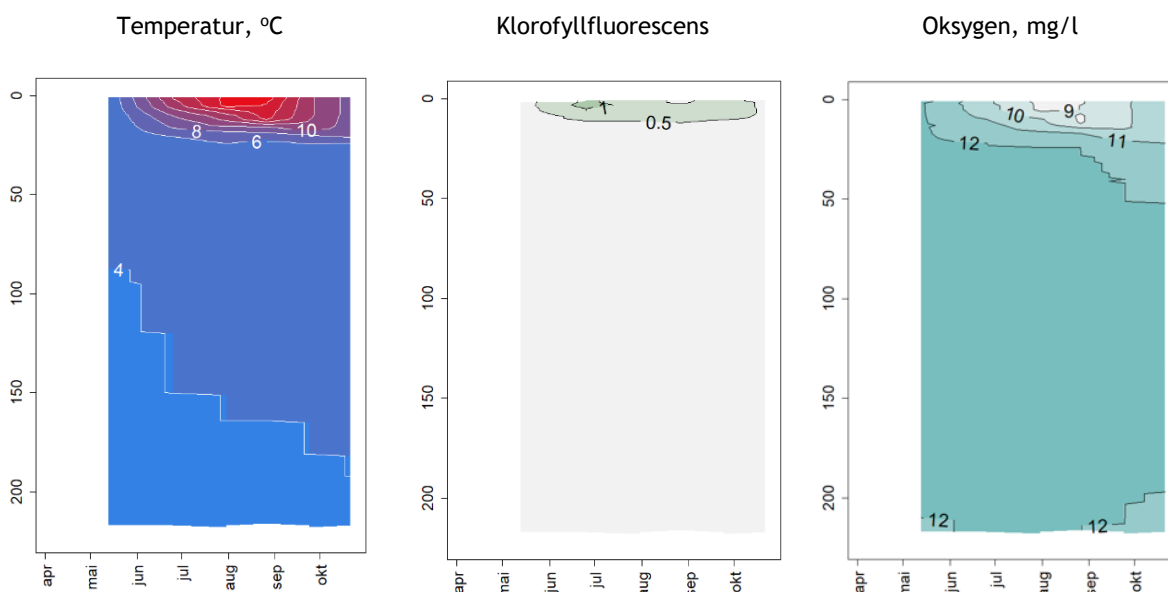
Nisser (vannforekomst-ID: 019-1267-L) er Vestfold og Telemarks nest største innsjø. Vråvatn i nord er forbundet med Nisser via slusene i Vrådal. Nisser er en del av Arendalsvassdraget som tilhører vannregion Agder. Vannets oppholdstid er lang (nær 8 år). Innsjøen er regulert med 3 meter, med en vintervedtapping på 0,9 m. Nedbørfeltet er dominert av skog og fjell, mens andelen dyrket mark er liten (1 %). Største tettsted er Treungen i sør med ca 600 innbyggere. Området rundt innsjøen er ellers preget av spredt bebyggelse og hytter, og innsjøen er et populært mål for friluftsliv og sportsfiske. Nisser ble kalket i 1996 og 1997 og var den gang ett av Europas største kalkingsprosjekter.

Innsjøen tilhører vanntype L202d, NGIG type L-N5 og L-N-M001 for svært kalkfattige, klare, skogssjøer. Alle kvalitetselementene er klassifisert ut fra denne vanntypen.

Fra Nisser finnes enkelte eldre undersøkelser av vannkjemi og plankton (1988) samt fisk (1970-tallet), og i forbindelse med kalkingsovervåkingen finnes tidsseriedata på vannkjemiske forsuringsparametere og småkrep (1990- og 2000-tallet) (Persson mfl. 2013). Innsjøen ble også undersøkt som en del av basisovervåkingen av store innsjøer i 2015 (Lyche Solheim mfl. 2016).

Følgende kvalitetselementer ble undersøkt i Nisser i 2019: Planteplankton og vannkjemi, vannplanter, småkrep (planktoniske og litorale) og fisk. Klassifiseringen av økologisk tilstand er basert på alle disse kvalitetselementene.

Vertikalprofilene av temperatur viste en termoklin omkring 15 m i juli - september. Maksimumstemperatur på ca. 19 °C ble målt i starten av august (Figur 22). Høye oksygenkonsentrasjoner (>80 % metning) ble målt gjennom hele vannsøylen i mesteparten av vekstsesongen, men < 9 mg/l i epilimnion i august.



Figur 22. Vertikalprofiler av temperatur (venstre), klorofyllfluorescens ( $\mu\text{g/l}$ ) (midten) og oksygenkonsentrasjon ( $\text{mg/l}$ ) (høyre) målt på den pelagiske stasjonen over dypeste punkt i Nisser fra mars til september 2019.

De vannkjemiske eutrofieringsparameterne ga *svært god* tilstand med en samlet nEQR på 0,82 i 2019, som var en bedring fra *god* tilstand i 2015. Fosforkonsentrasjonen var lav (4,5  $\mu\text{g/l}$ ), og typisk for oligotrofe innsjøer. Nitrogenkonsentrasjonen var også svært lav (213  $\mu\text{g/l}$ ). Siktedypet (7 m) indikerte *god* tilstand på grensen til *svært god* (nEQR 0,80).

De vannkjemiske forsuringsparameterne ga *god* tilstand med en samlet nEQR på 0,71, tilsvarende tilstand som i 2015. Innholdet av labilt aluminium (maks verdi: 20  $\mu\text{g/l}$ ) indikerte at innsjøen fremdeles kan være noe forsuret, og brukt alene ville denne gitt *moderat* tilstand.

De hydromorfologiske støtteparameterne, reguleringshøyde og forholdet mellom reguleringshøyde og siktedyp, indikerte at tilstanden mht. regulering er *god*, på grensen til *svært god* (nEQR 0,78).

Planteplanktonet var typisk for oligotrofe innsjøer med lav biomasse (klorofyll på ca. 1,1  $\mu\text{g/l}$  og biovolum på 0,1  $\text{mm}^3/\text{l}$ ). Fluorescens-målingene var også lave (<1,5  $\mu\text{g/l}$ ) gjennom hele sesongen og på alle dyp (Figur 22). Antall taksa var 73 i 2019 og 70 i 2015, noe som er lavere enn i de fleste av de andre innsjøene som var med i ØKOSTOR i 2019 (Figur 6). Den lave artsdiversiteten gjenspeilte det svært lave kalsiuminnholdet som forhindrer etablering av mer kalsiumkrevende arter (bikarbonatarter). Planteplanktonsamfunnet var dominert av grønnalger og gullalger, mens andelen svelgflagellater var lav. Nisser var den eneste innsjøen med grønnalgedominans blant innsjøene i 2019 overvåkingen. Den lange (> 40  $\mu\text{m}$ ) nåleformede arten *Monoraphidium griffithii* hadde størst biomasse blant grønnalgene og er trolig lite beitbar for dafnier (Figur 7 og Vedlegg F2). Cyanobakteriene hadde svært lav biomasse, men utgjorde en noe større andel av totalbiomassen på sensommeren. Tilsvarende biovolum og artssammensetning ble funnet også i 2015. Samlet gir planteplanktonet *svært god* tilstand (nEQR 0,93) i 2019 for Nisser, tilsvarende tilstand som i 2015.

Det ble totalt registrert 14 arter av vannplanter, noe som vurderes som lavt og forklares med at Nisser er svært kalkfattig og dessuten har vært langvarig forsuret. Artssammensetningen var typisk for kalkfattige innsjøer med størst forekomst av kortskuddsartene brasmegras (*Isoetes lacustris*) og botnegras (*Lobelia dortmanna*), samt langskuddsartene krypsiv (*Juncus bulbosus*) og tusenblad

(*Myriophyllum alterniflorum*). Krypsiv har moderate forekomster i innsjøen som helhet, men er observert med massebestander i enkelte bukter, noe som er et problem i mange svært kalkfattige og næringsfattige elver og innsjøer på Sørlandet. Alle de tre vannplanteindeksene, for hhv. eutrofiering, regulering og forsurening, ga *god* tilstand, og samlet tilstand for vannplanter i Nisser var også *god* (nEQR 0,73). Forsuringsindeksen indikerer en forbedring av tilstanden fra *moderat* i 2015 til *god* i 2019.

Småkrepsfaunaen i litoralsonen var artsrik (50 arter) til tross for at Nisser er regulert og ligger i en relativt artsfattig region med svært kalkfattig vann og langvarig forsurening. Stasjon 7, som ligger i en beskyttet bukt nordvest i innsjøen (se stasjonskart i Vedlegg B), var spesielt artsrik (36 arter i 2015 og 35 arter i 2019), med flere arter som ikke er registrert i andre deler av innsjøen. Slekten *Eucyclops* består av tre arter som alle er forsuringsfølsomme. Disse ble funnet på alle stasjoner og indikerte at Nisser i dag er lite forsuringssskadet. Vi har kunnet følge litoralfaunaen ved stasjon 4 siden 1993 og registrert hvordan den mest følsomme av disse artene, langhalehops *E. macrurus*, har etablert seg og økt i antall etter at innsjøen ble kalket i 1996.

Krepsdyrplanktonet var preget av lave tettheter med dominans av calanoide og cyclopoide hoppekreps samt små vannlopper (snabelkreps *Bosmina longispina*). Vannloppeslekten *Daphnia* er påvist ved flere tilfeller etter kalkingen av innsjøen i 1996, men aldri i større tettheter til tross for at vannkvaliteten vurderes som tilfredsstillende. Overvåkingen av flere andre store innsjøer etter kalking indikerer at dette kan skyldes fortsatt lave tettheter av svelgflagellater som er viktig næring for dafnier. Planteplanktonet i Nisser var dessuten dominert av en lang nåleformet grønnalge (*Monoraphidium griffithii*), som trolig er lite beitbar for dafnier (Figur 7 og Vedlegg F2). Ingen av de andre innsjøene hadde en slik dominans av grønnalger. Predasjon fra sik og røye, begge planktonspisende arter, kan også bidra til at dafniene sliter med å etablere seg til tross for akseptabel vannkvalitet.

Andelen forsuringsfølsomme arter i litoralsonen var relativt høy ved alle stasjoner og samlet gir forsuringsindeksen for småkreps (LACI-1) *svært god* tilstand (nEQR 1,00). Bunndyrundersøkelsene fra 2015 (ikke undersøkt i 2019) indikerte *dårlig* tilstand og viser at bunndyrsamfunnet fremdeles var forsuringssskadet på det tidspunktet (Lyche Solheim mfl. 2016). Den nye eutrofieringsindeksen for småkreps (CIT) varierte noe mellom stasjoner, og samlet gir denne *god* tilstand (nEQR 0,71) for Nisser.

Fiskeundersøkelsene indikerte at biomassen av fisk i de åpne vannmasser var relativt lav (4,6 kg/ha), noe som gjenspeiler innsjøens lave produktivitet. Fiskebiomassen var likevel vesentlig høyere enn i 2015 (1,0 kg/ha), men estimering av total biomasse er beheftet med betydelig usikkerhet (se Kap. 4.5). Tetthetene (antall/ha) indikerer da heller ingen store endringer fra 2015 til 2019 (Gjelland mfl. under arbeid). Mens abbor dominerte i bunngarnfangstene, var sik vanligste fiskeart i de åpne vannmassene. Ørekyt, fanget på bunngarn i 2019, er ikke tidligere registrert i Nisser. Både NEFI-indeksen og eutrofieringsindeksen for fisk ga *svært god* tilstand, men tilstanden for fisk er nedgradert til *god* (nEQR 0,70) pga. forekomst av ørekyt som er en regionalt fremmed art klassifisert med *høy* risiko i Fremmedartslista 2018.


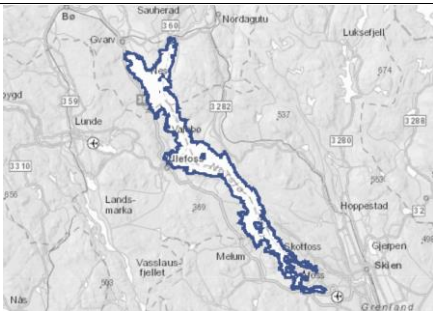
Samlet klassifisering ga *god* økologisk tilstand (nEQR 0,70) med fisk som utslagsgivende kvalitetselement (Tabell 21). De øvrige kvalitetselementene ga også *god* tilstand for Nisser, med unntak av planteplankton og vannkjemiske eutrofieringsparametere, som ga *svært god* tilstand.

**Konklusjon:** Undersøkelsene i 2019 indikerer at Nisser har *god* økologisk tilstand og tilfredsstiller derfor miljømålet iht vannforskriften. Klassifiseringen anses å ha middels usikkerhet fordi alle kvalitetselementer gir enten *god* eller *svært god* tilstand. Resultatet for de fleste undersøkte kvalitetselementene er også konsistent mellom år, unntatt vannplanter og invertebrater som har

forbedret tilstand mht forsuringspåvirkning fra moderat til god. På den annen side kunne bunndyr, som ikke ble undersøkt i 2019, gitt moderat eller dårligere tilstand for invertebrater, da bunndyr hadde dårlig tilstand i 2015 og labilt aluminium fortsatt indikerer en viss forsuringspåvirkning.

<b>Tabell 21. NISSER</b>				
<b>Økologisk tilstand angitt for hvert kvalitetselement og parameter som absoluttverdi, tilstandsklasse, EQR verdi og normalisert EQR verdi, og samlet for hele vannforekomsten nederst i tabellen.</b> Den samlede vurderingen er basert på det verste styrer prinsippet. Indekser og parametere uten farge angir manglende data, parametere som ikke er relevante eller som mangler klassegrenser for den aktuelle vanntypen, eller data som er for usikre til å inkluderes i totalvurderingen. SG = Svært god (blå), G = God (grønn), M = Moderat (gul), D = Dårlig (oransje), SD = Svært dårlig (rød).				
Kvalitetselement	Verdi	Klasse	EQR	nEQR
<b>Biologiske kvalitetselementer</b>				
Planteplankton: Klorofyll-a, µg/l	1,08	SG	1,20	1,00
Planteplankton: Totalt volum, mm <sup>3</sup> /l	0,10	SG	1,00	1,00
Planteplankton: Trofisk indeks, PTI	1,94	SG	0,94	0,86
Planteplankton: Cyano <sub>max</sub> , mm <sup>3</sup> /l	0,02	SG	1,00	0,97
<b>Totalvurdering planteplankton</b>		<b>SG</b>		<b>0,93</b>
Vannplanter eutrofieringsindeks: Tlc	78,60	G	0,92	0,73
Vannplanter reguleringsindeks: Wlc	-14,30	G		0,78
Vannplanter forsuringsindeks: Slc	-14,30	G		0,79
<b>Totalvurdering vannplanter</b>		<b>G</b>		<b>0,73</b>
Småkreps forsuringsindeks: LACI-1 (kun svært lav alk)	0,251	SG	1,05	1,00
Småkreps eutrofieringsindeks: CIT	63,81	G	0,78	0,71
<b>Totalvurdering invertebrater</b>		<b>G</b>		<b>0,71</b>
Fisk, NEFI: endring fiskesamfunn (generell)	1,00	SG	1,00	1,00
Fisk, WS-FBI: pelagisk fiskeindeks (eutrofiering)	2,86	SG	0,99	0,99
Fisk, %bestandsnedgang (generell)				
<b>Totalvurdering fisk (nedgradert pga fremmede arter)</b>		<b>G</b>		<b>0,70</b>
<b>Totalvurdering biologiske kvalitetselementer</b>		<b>G</b>		<b>0,70</b>
<b>Fysisk-kjemiske og hydromorfologiske kvalitetselementer</b>				
Total fosfor, µg/l	4,5	SG	0,67	0,83
Total nitrogen, µg/l	213	SG	0,70	0,85
Siktedyp, m	7,0	G	0,94	0,80
<b>Totalvurdering eutrofieringsparametere</b>		<b>SG</b>		<b>0,82</b>
pH	6,00	G	0,92	0,73
ANC, µekv/l	51,0	SG	0,94	0,91
LAL, µg/l	20	M	0,13	0,48
<b>Totalvurdering forsuringsparametere</b>		<b>G</b>		<b>0,71</b>
<b>Hydromorfologiske kvalitetselementer</b>				
Reguleringshøyde, m (RH = HRV-LRV)	3	G		0,70
Forholdet mellom reguleringshøyde og siktedyp (RH/2SD)	0,16	SG	0,63	0,85
<b>Totalvurdering hydromorfologiske støtteparametere</b>		<b>G</b>		<b>0,78</b>
<b>Totalvurdering for vannforekomsten</b>		<b>G</b>		<b>0,70</b>

## 5.3 Norsjø

					
Beliggenhet og vanntype		Morfometri og hydrologi*		Arealfordeling (%)*	
Vannforekomst-ID	016-6-L	Areal nedbørfelt (km <sup>2</sup> )	10383	Sjø	9,2
Fylke(r)	Vestfold og Telemark	Innsjøareal (km <sup>2</sup> )	55,2	Bre	0,04
Kommune(r)	Skien , Nome , Midt-Telemark	Maks-dyp (m)	171	Skog	46
Økoregion	Sørlandet	Middeldyp (m)	87	Dyrket mark	1,7
Høyde over havet (m)	15	Volum (mill. m <sup>3</sup> )	4802	Myr	4,9
Kalsium (mg/L)	2,0	Midlere årlig avløp (mill. m <sup>3</sup> )	8375	Snaufjell	35
Farge (mg Pt/L)	17,3	Teoretisk oppholdstid (år)	0,57	Urban	0,2
Typekode	L105b	Reguleringshøyde (m)	0,15		
Vanntype-beskrivelse	Lavland, kalkfattig, klar, dyp				

\*<http://nevina.nve.no/>

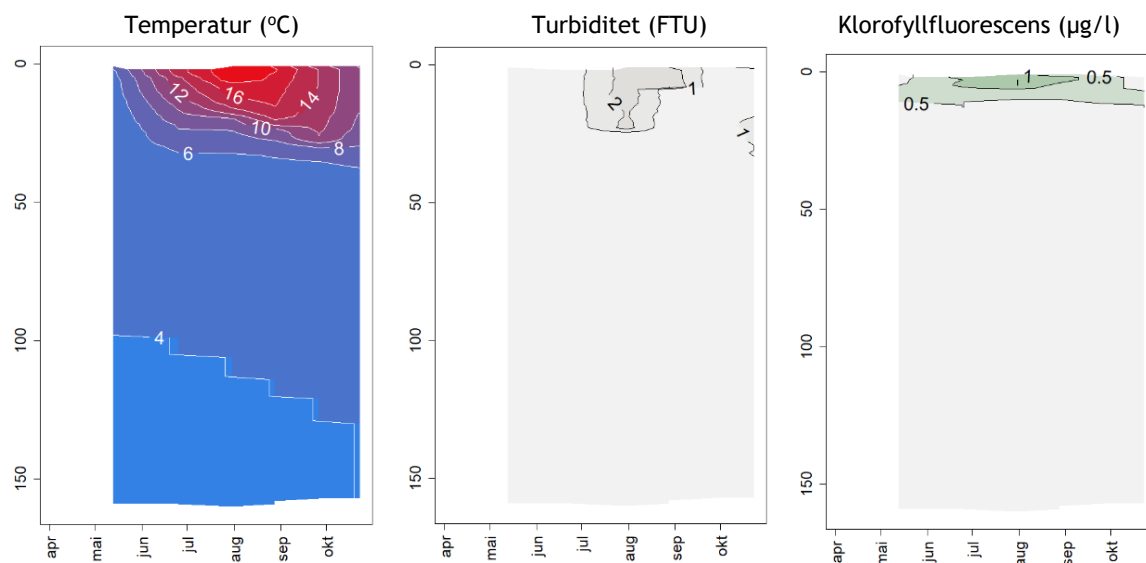
Norsjø (vannforekomst-ID: 016-6-L) er den nederste innsjøen i Skiensvassdraget, som tilhører vannregion Vestfold og Telemark. Nedbørfeltet er meget stort (>10 000 km<sup>2</sup>) og strekker seg fra Hardangervidda til Grenlandsfjorden, noe som genererer stor vanngjennomstrømning og gir en forholdsvis kort oppholdstid på 0,6 år. De største tilløpselvene er Tinnelva (via Heddalsvatnet og Saua) i nord-øst, Bøelva/Gvarvelva i nord-vest og Telemarksvassdraget i vest, som munner ut i Norsjø ved Ulefoss. Innsjøen er regulert, men kun med en liten reguleringshøyde på 0,15 m (Tabell 2). Nedbørfeltet er dominert av skog og fjell, og andelen dyrket mark er lav (< 2%). Innsjøen er definert som beskyttet område for drikkevann, har et naturreservat i nord-vest (Årnesbukta) og et beskyttet område for badevann ved Gåsodden i Fjærekilen helt i sørenden av Norsjø (Vann-nett).

Innsjøen tilhører vanntype L105b, NGIG type L-N2b, L-N-M101 for kalkfattige, klare, dype lavlandssjøer. Alle kvalitetselementene er klassifisert ut fra denne vanntypen.

I Norsjø er det tidligere gjennomført undersøkelser av vannkjemi (næringsalter, pH, alkalitet, hovedioner), planteplankton og dyreplankton på 1970- og 1980-tallet, samt vannvegetasjon tidlig på 1970-tallet (Persson mfl. 2013). Innsjøen ble også undersøkt som en del av basisovervåkingen av store innsjøer i 2015 (Lyche Solheim mfl. 2016).

Følgende kvalitetselementer ble undersøkt i Norsjø i 2019: Planteplankton, vannplanter, småkreps (planktoniske og litorale), fisk og vannkjemi. Klassifiseringen av økologisk tilstand er basert på alle disse kvalitetselementene.

Vertikalprofilene av temperatur viste en termoklin mellom 5 og 30 m og moderat turbiditet i epilimnion i juli og august, og lav klorofyll fluorescens (< 1,5 µg/l) i hele vekstsesongen (Figur 23). Turbiditeten i juli og august er trolig en kombinasjon av planteplankton og partikler fra nedbørfeltet etter flere kraftige nedbørsepisoder på den tiden. Vertikalprofilene av oksygen viste >90 % metning og minimum 9 mg/l gjennom vekstsesongen (Vedlegg E).



Figur 23. Vertikalprofiler av temperatur (°C, venstre), turbiditet (FTU, midten) og klorofyllfluorescens (µg/l, høyre) målt på den pelagiske stasjonen over dypeste punkt i Norsjø 2019.

De vannkjemiske eutrofieringsparameterne ga *god* tilstand, som er samme tilstand som i 2015. Fosforkonsentrasjonen var 4 µg/l, som er mye lavere enn i 2015, da middelverdien var dobbelt så høy, primært pga en svært høy verdi i juli 2015 (Lyche Solheim mfl. 2016). Det er uklart om den høye verdien i 2015 er reell eller om den kan skyldes kontaminering av prøven. Siktedypet på 5,3 m var imidlertid lavere enn i 2015 og ga *moderat* tilstand. Dette kan skyldes partikkeltilførsler i sommermånedene etter flere kraftige nedbørsepisoder i 2019. I 2015 var det storflom i september, noe som drastisk reduserte siktedypet fra nesten 7 m til under 3 m, men denne ekstremverdien ble ekskludert ved beregning av middelverdien. Dette viser likevel at lysforholdene i Norsjø fort påvirkes av partikkeltilførsler etter styrtregn eller flom.

De vannkjemiske forsuringsparameterne ga *svært god* tilstand, men nEQR-verdien på 0,82 var nær klassegrensen *svært god/god*. Dette er omtrent samme verdi som i 2015.

Hydromorfologiske støtteparametere, reguleringshøyde og forholdet mellom reguleringshøyde og siktedyp, indikerer at den hydromorfologiske tilstanden er *svært god*. Dette er som forventet med en så liten reguleringshøyde som 0,15 m.

Planteplanktonet bar preg av de oligotrofe forholdene med lav biomasse (klorofyll på ca. 1,5 µg/l og biovolum på 0,11 mm<sup>3</sup>/l). Fluorescensen var også lav (Figur 23). Gullalger, kiselalger og svelgflagellater og noe fureflagellater dominerte planktonet gjennom store deler av vekstsesongen på begge stasjoner. Det var svært lite cyanobakterier. Denne artssammen-setningen er karakteristisk for næringsfattige innsjøer. Antall registrerte taksa var 122 i 2019, som var noe høyere enn i 2015, da 108 taksa ble registrert (Figur 6). Samlet ble tilstanden for planteplankton *svært god* tilstand (nEQR 0,89) for Norsjø. Både artssammensetning og tilstand ga tilsvarende resultater i 2015, men nEQR verdien var da noe høyere (0,95).

Vi fant 28 arter av vannplanter i Norsjø i 2019, som er ganske høyt sammenlignet andre store innsjøer på Østlandet med tilsvarende kalsiuminnhold (Vedlegg G). Tre rødlistearter ble funnet: Skaftevjeblom, *Elatine hexandra* (nær truet), korsevjeblom, *Elatine hydropiper* (nær truet) og nordlig evjeblom, *Elatine orthosperma* (nær truet). Artssammensetningen for øvrig er likevel typisk for

kalkfattige innsjøer, men med fem tjønnaksarter, samt vasspest i små/moderate tettheter. Denne artssammensetningen ga *moderat* tilstand for eutrofieringsindeksen, noe som indikerer moderat eutrofieringspåvirkning i strandsonen av Norsjø. Både forsurings- og reguleringsindeksene for vannplanter ga *svært god* tilstand, noe som stemmer godt overens med tilstanden for de vannkjemiske forsuringsparameterne og de hydromorfologiske parameterne. I 2015 ble det kun funnet 24 arter vannplanter i Norsjø og eutrofieringsindeksen ga da *god* tilstand (Lyche Solheim mfl. 2016). Denne endringen kan være tilfeldig, men kan også indikere en større eutrofieringseffekt i 2019 enn i 2015.

Krepsdyrplanktonsamfunnet bestod av 14 arter. Calanoide og cyclopoide hoppekreps utgjorde >90% av antall individer i sesongen sett under ett, noe som i høy grad skyldes en meget høy tetthet av disse gruppene i juli (1 678 000 ind./m<sup>3</sup>). I 2015 utgjorde vannloppene ca 40% av individene og begge årene var snabelkreps *Bosmina longispina* den dominerende arten. Dafniene var representert ved hjelmdafnie *D. cristata* og nåledafnie *D. longispina*, der sistnevnte var noe mer vanlig. Denne artssammensetningen med stor dominans av hoppekreps kan indikere høy fiskepredasjon. Blant de mange litorale artene finner vi mange som er karakterisert som forsuringfølsomme, men også noen forsuringstollerante arter som f.eks. mosenebbkreps *Alona rustica*. Denne opptrer sammen med de forsuringfølsomme slektningene stripenebbkreps *A. costata* og brunstripenebbkreps *A. rectangula*, en kombinasjon som ikke er registrert i mange innsjøer. Norsjø var den mest artsrike av alle innsjøene i 2019 med 62 arter småkreps. Andelen forsuringfølsomme arter i litoralsonen var høy ved alle stasjoner, og Norsjø viser ingen tegn på forsuringseffekter. Basert på middelverdien for alle stasjonene hadde Norsjø *svært god* tilstand mht. eutrofiering basert på den nye CIT-indeksen. Samlet vurdering for invertebrater ble også *svært god* (bunnfauna ble ikke undersøkt i 2019).

Fiskeundersøkelsene viste at biomassen av fisk i de åpne vannmasser, basert på ekkoloddregistreringer, var dobbelt så høy (12 kg/ha) som i de andre kalkfattige innsjøene, og fire ganger så høy i 2019 sammenlignet med 2015 (3,1 kg/ha). Tettheten av fisk var også betydelig høyere i 2019 sammenlignet med 2015, noe som kan være knyttet til svingninger i rekruttering av krøkle (Gjelland mfl. under arbeid). Økte fangster og dominans av krøkle i de frie vannmasser tilsier økt fiskepredasjon på krepsdyrplanktonet. WS-FBI-indeksen viste *svært god* tilstand i 2015, mens den i 2019 var redusert til *god*, om enn akkurat på grensen til *svært god*. NEFI-indeksen ga også *god* tilstand i 2019 (denne ble ikke beregnet i 2015). Abbor og krøkle dominerte i bunngarnfangstene. Tilstanden for fisk er nedgradert fra *god* til *moderat* i 2019 (nEQR 0,50) og fra *svært god* til *god* i 2015 (nEQR 0,70) pga. forekomst av ørekyt som er en regionalt fremmed art klassifisert med *høy* risiko i Fremmedartslista 2018.

Samlet klassifisering ga *moderat* økologisk tilstand (nEQR 0,50), med fisk som utslagsgivende kvalitetselement etter nedgradering av tilstanden pga fremmede høyrisikoarter (Tabell 22). Vannplanter ga også *moderat* tilstand (nEQR 0,53). De øvrige biologiske kvalitetselementene, samt fysisk-kjemiske støtteparametere ga enten *svært god* eller *god* tilstand. De hydromorfologiske støtteparametere indikerte også at tilstanden var *svært god*. Eutrofieringsindeksen for vannplanter og den pelagiske fiskeindeksen indikerer at Norsjø var mer belastet med næringsalter i 2019 enn i 2015. Fosforkonsentrasjonen var imidlertid mye lavere i 2019 enn i 2015, men dette kan skyldes en ekstremverdi i 2015.


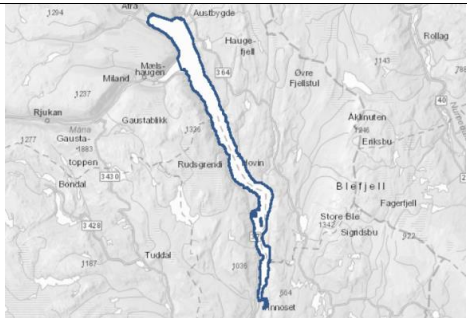
*Konklusjon: Undersøkelsene i 2019 indikerer at Norsjø har moderat økologisk tilstand, som følge av regionalt fremmede høyrisikoarter i fiskesamfunnet, og tilfredsstillende derfor ikke miljømålet iht vannforskriften. Vannplanter indikerer også moderat tilstand pga eutrofieringseffekter i strandsonen. Klassifiseringen anses å ha middels usikkerhet fordi tilstanden varierer mellom kvalitetselementer som er følsomme for samme påvirkning, men er konsistent mellom de to årene*



for alle kvalitetselementer unntatt fisk og vannplanter som begge har dårligere tilstand i 2019 enn i 2015.

<b>Tabell 22. NORSJØ.</b>				
<b>Økologisk tilstand angitt for hvert kvalitetselement og parameter som absoluttverdi, tilstandsklasse, EQR verdi og normalisert EQR verdi, og samlet for hele vannforekomsten nederst i tabellen.</b> Den samlede vurderingen er basert på det verste styrer prinsippet. Indekser og parametere uten farge angir manglende data, parametere som ikke er relevante eller som mangler klassegrenser for den aktuelle vanntypen, eller data som er for usikre til å inkluderes i totalvurderingen. SG = Svært god (blå), G = God (grønn), M = Moderat (gul), D = Dårlig (oransje), SD = Svært dårlig (rød).				
<b>Kvalitetselement</b>	<b>Verdi</b>	<b>Klasse</b>	<b>EQR</b>	<b>nEQR</b>
<b>Biologiske kvalitetselementer</b>				
Planteplankton: Klorofyll-a, µg/l	1,50	SG	0,87	0,92
Planteplankton: Totalt volum, mm <sup>3</sup> /l	0,11	SG	1,00	0,97
Planteplankton: Trofisk indeks, PTI	2,06	SG	0,92	0,83
Planteplankton: Cyano <sub>max</sub> , mm <sup>3</sup> /l	0,006	SG	1,00	0,99
<b>Totalvurdering planteplankton</b>		<b>SG</b>		<b>0,89</b>
Vannplanter eutrofieringsindeks: Tlc	50,00	M	0,84	0,53
Vannplanter reguleringsindeks: Wlc	17,90	SG		0,90
Vannplanter forsurningsindeks: Slc	25,00	SG	1,02	1,00
<b>Totalvurdering vannplanter</b>		<b>M</b>		<b>0,53</b>
Småkreps forsurningsindeks: LACI-2 (kun lav alk)	3,441	SG	1,65	1,00
Småkreps eutrofieringsindeks: CIT	45,22	SG	0,78	0,85
<b>Totalvurdering invertebrater</b>		<b>SG</b>		<b>0,85</b>
Fisk, NEFI: endring fiskesamfunn (generell)	0,85	G	0,85	0,67
Fisk, WS-FBI: pelagisk fiskeindeks (eutrofiering)	2	G	0,69	0,80
Fisk, %bestandsnedgang (generell)				
<b>Totalvurdering fisk (nedgradert pga fremmede arter)</b>		<b>M</b>		<b>0,50</b>
<b>Totalvurdering biologiske kvalitetselementer</b>		<b>M</b>		<b>0,50</b>
<b>Fysisk-kjemiske og hydromorfologiske kvalitetselementer</b>				
Total fosfor, µg/l	4,0	G	0,75	0,80
Total nitrogen, µg/l	218	G	0,80	0,77
Siktedyp, m	5,3	M	0,78	0,56
<b>Totalvurdering eutrofieringsparametere</b>		<b>G</b>		<b>0,68</b>
pH	6,7	SG	0,96	0,85
ANC, µekv/l	113,0	SG	0,95	0,96
LAL, µg/l	12	G	0,21	0,66
<b>Totalvurdering forsurningsparametere</b>		<b>SG</b>		<b>0,82</b>
<b>Hydromorfologiske kvalitetselementer</b>				
Reguleringshøyde, m (RH = HRV-LRV)	0,15	SG	3,33	1,00
Forholdet mellom reguleringshøyde og siktedyp (RH/2SD)	0,01	SG	7,07	1,00
<b>Totalvurdering hydromorfologiske støtteparametere</b>		<b>SG</b>		<b>1,00</b>
<b>Totalvurdering for vannforekomsten</b>		<b>M</b>		<b>0,50</b>

## 5.4 Tinnsjø

					
Beliggenhet og vanntype		Morfometri og hydrologi*		Arealfordeling (%)*	
Vannforekomst-ID	016-2-1-L	Areal nedbørfelt (km <sup>2</sup> )	3768	Sjø	11
Fylke(r)	Vestfold og Telemark	Innsjøareal (km <sup>2</sup> )	49,4	Bre	0
Kommune(r)	Notodden, Tinn	Maks-dyp (m)	460	Skog	23
Økoregion	Sørlandet	Middeldyp (m)	190	Dyrket mark	0
Høyde over havet (m)	190	Volum (mill. m <sup>3</sup> )	9700	Myr	7
Kalsium (mg/L)	1,7	Midlere årlig avløp (mill. m <sup>3</sup> )	3341	Snaufjell	56
Farge (mg Pt/L)	9,5	Teoretisk oppholdstid (år)	2,90	Urban	0
Typekode	L104	Reguleringshøyde (m)	4		
Vanntype-beskrivelse	Lavland, kalkfattig, svært klar, dyp				

\*<http://nevina.nve.no/>

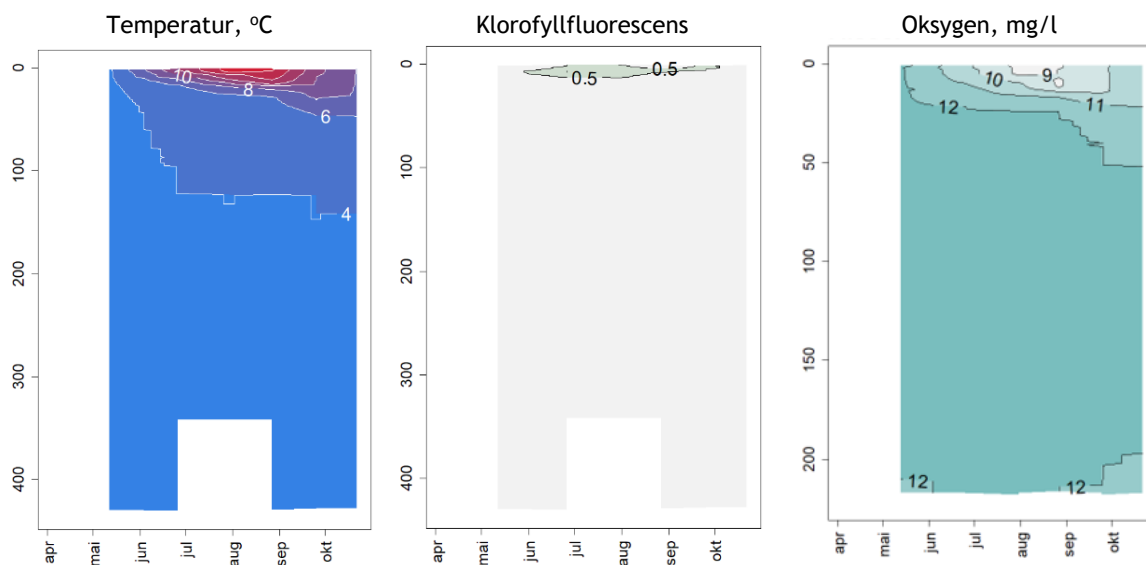
Tinnsjø (vannforekomst-ID: 016-2-1-L), også kalt Tinnsjøen, er Norges fjerde dypeste innsjø med en største dybde på 460 meter (271 meter under havnivå). De største tilløpselvene er Måna, som kommer fra Møsvatnet og Rjukan i vest, og Mår som kommer fra innsjøene Mår og Kalhovdfjorden i nord. Tinnsjø er en del av Skiensvassdraget som tilhører vannregion Vestfold og Telemark. Innsjøen er regulert og har en vannstand som varierer mellom 187,2 og 191,2 m.o.h., med en vinternedtapping på 2,6 m. Nedbørfeltet er dominert av skog og fjell, mens andelen dyrket mark er liten (<1 %). Bygda Atrå, som ligger i nordenden av innsjøen, har ca 300 innbyggere, men ellers er områdene rundt innsjøen preget av spredt bebyggelse. Innsjøen har bestander av ørret, røye og abbor, i tillegg til ørekyt som er introdusert.

Innsjøen tilhører vanntype L104, NGIG type L-N2b, L-N-M101 og L-N-BF1 for kalkfattige, klare, lavlandssjøer. Alle kvalitetselementene er klassifisert ut fra denne vanntypen.

Fra Tinnsjø finnes undersøkelser av fisk fra 1970- og 1990-tallet (se kap. 4.5). Innsjøen ble også undersøkt som en del av basisovervåkingen av store innsjøer i 2015 (Lyche Solheim mfl. 2016), men den gang uten overvåking av litorale krepssdyr.

Følgende kvalitetselementer ble undersøkt i Tinnsjø i 2019: Planteplankton og vannkjemi, vannplanter, småkrepss (planktoniske og litorale) og fisk. Klassifiseringen av økologisk tilstand er basert på alle disse kvalitetselementene.

Store tilførsler av kaldt smeltevann fra Hardangervidda på våren og forsommeren bidro til relativt lave overflatetemperaturer utover sommeren (Figur 24). Maksimumstemperatur på ca. 16 °C ble målt i overflatevannet i starten av august. Høye oksygenkonsentrasjoner (>9 mg/l) ble målt gjennom hele vannsøylen i hele vekstsesongen, bortsett fra i overflaten i august da 8 mg/l ble målt. Termoklinen varierte omkring 15 m i juli - september.



Figur 24. Vertikalprofiler av temperatur (venstre), klorofyllfluorescens (µg/l) (midten) og oksygenkonsentrasjon (mg/l) (høyre) målt på den pelagiske stasjonen over dypeste punkt i Tinnsjø fra mars til september 2019.

De vannkjemiske eutrofieringsparameterne ga *svært god* tilstand med en samlet nEQR på 1,00 i 2019, tilsvarende tilstand som i 2015. Fosforkonsentrasjonen var svært lav (1,8 µg/l), typisk for ultraoligotrofe innsjøer. Nitrogenkonsentrasjonen var også svært lav (127 µg/l). Begge næringssaltene samt siktedypet (9,7 m) indikerte *svært god* tilstand.

De vannkjemiske forsuringsparameterne ga *svært god* tilstand med en samlet nEQR på 0,84, tilsvarende tilstand som i 2015. pH og innholdet av labilt aluminium (maks verdi 7 µg/l) viste små avvik fra forventet naturtilstand.

Begge de hydromorfologiske støtteparameterne, reguleringshøyde og forholdet mellom reguleringshøyde og siktedyp, indikerte at tilstanden mht regulering er *god*.

Planteplanktonet var typisk for ultraoligotrofe innsjøer med lav biomasse (klorofyll på ca. 1,1 µg/l og biovolum på 0,08 mm<sup>3</sup>/l). Fluorescens-målingene indikerte også lave klorofyllverdier (<1 µg/l) gjennom hele sesongen og på alle dyp (Figur 24). Antall registrerte taksa var 106 i 2019 og 99 i 2015, som er på omtrent samme nivå som mange av de andre innsjøene som var med i ØKOSTOR 2019 (Figur 6). Planteplanktonsamfunnet gjenspeilte de næringsfattige forholdene med dominans av gullalger, som er mikotrofe og kan skaffe seg mer fosfor ved å beite på bakterier. Samlet ga planteplanktonet *svært god* tilstand i 2019 for Tinnsjø, tilsvarende tilstand som i 2015.

Kun 10 arter av vannplanter ble registret, noe som er lavest av alle innsjøene som var med i ØKOSTOR 2019. Årsaken til den lave artsdiversiteten, som var lav på alle stasjoner, er at Tinnsjø er brådyp (litoralsonen er smal), erosjonsutsatt og har få beskytta habitater. Artssammensetningen var for øvrig typisk for kalkfattige innsjøer. Krypsiv *Juncus bulbosus*, som er blant de mest forsurestolerante vannplantene, var vanlig forekommende på de fleste stasjoner sammen med tusenblad *Myriophyllum alterniflorum* og kortskuddsartene stivt brasmegras *Isoetes lacustris*, tjønngras *Littorella uniflora* og evjesoleie *Ranunculus reptans*. Alle de tre vannplanteindeksene, for hhv. eutrofiering, regulering og forsurening, ga *svært god* tilstand i 2019, mens reguleringsindeksen ga *god* tilstand på grensen til *moderat* i 2015. Årsaken til at reguleringsindeksen ga bedre tilstand i 2019 enn i 2015 kan være at

undersøkelsen i 2019 ble utført tidligere i sesongen enn i 2015 og dermed ikke hadde blitt utsatt for den årlige sommer-nedtappingen i Tinnsjø (Figur 2).

Småkrepsfaunaen var artsrik (50 arter) tatt i betraktning de næringsfattige forholdene og at litoralsonen er dårlig utviklet som en følge av reguleringen. Blant de undersøkte innsjøene i 2019 hadde Tinnsjø den laveste tettheten av planktoniske krepsdyr og det ble aldri registrert >50 000 ind./m<sup>3</sup>. Det samme var tilfelle i 2015. Vannloppene utgjorde derimot en høyere andel enn hoppekreps (> 50%), noe som ikke var tilfelle i noen av de øvrige vannene. Snabelkreps *Bosmina longispina* var den vanligste vannloppen, men også nåledafnia *Daphnia longispina* var en vanlig art og utgjorde >10% i enkelte prøver. I tillegg til store individer av gelekrepss *Holopedium gibberum*, allestedhops *Acanthocyclops denticornis* og langhalerovkreps *Bythotrephes longimanus*, indikerte dette et lavt predasjonstrykk fra fisk.

Andelen forsurningsfølsomme arter i litoralsonen var relativt høy ved alle stasjoner og samlet ga forsurningsindeksen for småkreps (LACI-2) *svært god* tilstand (nEQR 1,00). Eutrofieringsindeksen for småkreps (CIT) varierte i liten grad mellom stasjoner og samlet ga også denne *svært god* tilstand (nEQR 1,00) for Tinnsjø.

Fiskeundersøkelsene indikerte at biomassen av fisk i de åpne vannmasser var relativt lav (5,3 kg/ha), noe som gjenspeiler innsjøens lave produktivitet. Fiskebiomassen var likevel vesentlig høyere enn i 2015 (1,60 kg/ha), men estimering av total biomasse er beheftet med betydelig usikkerhet (se Kap. 4.5). Tetthetene (antall/ha) indikerer da heller ingen store endringer fra 2015 til 2019 (Gjelland mfl. under arbeid). Ørekyt, som ble introdusert til Tinnsjø på slutten av 1900-tallet, dominerte i bunngarnfangstene og utgjorde om lag 61 % av samlet fangst, mens røye og ørret utgjorde hhv. 11 og 28 %. I trålen ble det kun fanget røye og ørret. Innsjøen er unik med fire ulike typer røye, som kan skilles i kroppsform, genetikk og levevis. Siden forrige garnfiske (1976-78) har andelen ørret i forhold til røye økt til nær det dobbelte. Eutrofieringsindeksen for fisk ga *svært god* tilstand, men tilstanden for fisk er nedgradert til *god* (nEQR 0,70) pga. forekomst av ørekyt som er en regionalt fremmed art med høy risiko.

Samlet klassifisering ga *god* økologisk tilstand (nEQR 0,70) med fisk som utslagsgivende kvalitetselement (Tabell 23). De øvrige kvalitetselementene ga imidlertid *svært god* tilstand for Tinnsjø.

**Konklusjon:** *Undersøkelsene i 2019 indikerer at Tinnsjø har god økologisk tilstand og tilfredsstillende derfor miljømålet iht vannforskriften. Klassifiseringen anses å ha middels usikkerhet fordi alle kvalitetselementer gir enten god eller svært god tilstand og resultatet er konsistent mellom år for de fleste kvalitetselementene, bortsett fra vannplanter som hadde dårligere tilstand mht reguleringseffekter i 2015 (god tilstand nær grensen til moderat) enn i 2019 (svært god).*


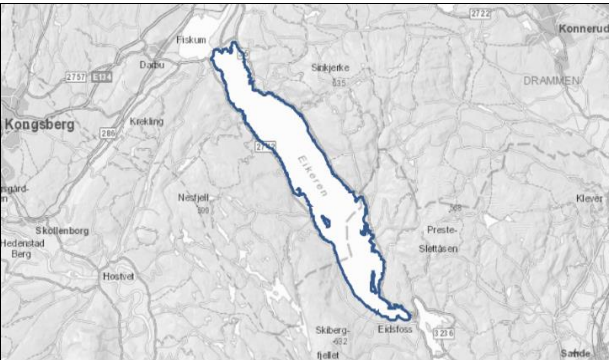
**Tabell 23. TINNSJÅ**

**Økologisk tilstand angitt for hvert kvalitetselement og parameter som absoluttverdi, tilstandsklasse, EQR verdi og normalisert EQR verdi, og samlet for hele vannforekomsten nederst i tabellen.** Den samlede vurderingen er basert på det

verste styrer prinsippet. Indekser og parametere uten farge angir manglende data, parametere som ikke er relevante eller som mangler klassegrenser for den aktuelle vanntypen, eller data som er for usikre til å inkluderes i totalvurderingen. SG = Svært god (blå), G = God (grønn), M = Moderat (gul), D = Dårlig (oransje), SD = Svært dårlig (rød).

Kvalitetselement	Verdi	Klasse	EQR	nEQR
<b>Biologiske kvalitetselementer</b>				
Planteplankton: Klorofyll-a, µg/l	1,07	SG	1,21	1,00
Planteplankton: Totalt volum, mm <sup>3</sup> /l	0,08	SG	1,01	1,00
Planteplankton: Trofisk indeks, PTI	2,00	SG	0,95	0,90
Planteplankton: Cyano <sub>max</sub> , mm <sup>3</sup> /l	0,01	SG	1,00	0,99
<b>Totalvurdering planteplankton</b>		<b>SG</b>		<b>0,95</b>
Vannplanter eutrofieringsindeks: Tlc	90,00	SG	1,06	1,00
Vannplanter reguleringsindeks: Wlc	-10,00	SG		0,90
Vannplanter forsøringsindeks: Slc	0,00	SG	0,82	0,92
<b>Totalvurdering vannplanter</b>		<b>SG</b>		<b>0,90</b>
Småkreps forsøringsindeks: LACI-2 (kun lav-alk)	4,299	SG	2,06	1,00
Småkreps eutrofieringsindeks: CIT	67,45	SG	1,16	1,00
<b>Totalvurdering invertebrater</b>		<b>SG</b>		<b>1,00</b>
Fisk, NEFI: endring fiskesamfunn (generell)				
Fisk, WS-FBI: pelagisk fiskeindeks (eutrofiering)	2,49	SG	0,86	0,91
Fisk, %bestandsnedgang (generell)				
<b>Totalvurdering fisk (nedgradert pga fremmede arter)</b>		<b>G</b>		<b>0,70</b>
<b>Totalvurdering biologiske kvalitetselementer</b>		<b>G</b>		<b>0,70</b>
<b>Fysisk-kjemiske og hydromorfologiske kvalitetselementer</b>				
Total fosfor, µg/l	20	SG	1,50	1,00
Total nitrogen, µg/l	127	SG	1,18	1,00
Siktedyp, m	9,7	SG	1,01	1,00
<b>Totalvurdering eutrofieringsparametere</b>		<b>SG</b>		<b>1,00</b>
pH	6,7	G	0,96	0,80
ANC, µekv/l	97,0	SG	1,04	1,00
LAl, µg/l	7	G	0,36	0,73
<b>Totalvurdering forsøringsparametere</b>		<b>SG</b>		<b>0,84</b>
<b>Hydromorfologiske kvalitetselementer</b>				
Reguleringshøyde, m (RH = HRV-LRV)	4	G		0,65
Forholdet mellom reguleringshøyde og siktedyp (RH/2SD)	0,21	G	0,49	0,79
<b>Totalvurdering hydromorfologiske støtteparametere</b>		<b>G</b>		<b>0,72</b>
<b>Totalvurdering for vannforekomsten</b>		<b>G</b>		<b>0,70</b>

## 5.5 Eikeren

					
Beliggenhet og vanntype		Morfometri og hydrologi*		Arealfordeling (%)*	
Vannforekomst-ID	012-542-2-L	Areal nedbørfelt (km <sup>2</sup> )	343	Sjø	12
Fylke(r)	Viken, Vestfold og Telemark	Innsjøareal (km <sup>2</sup> )	27,7	Bre	0
Kommune(r)	Øvre Eiker, Holmestrand	Maks-dyp (m)	156	Skog	77
Økoregion	Østlandet	Middeldyp (m)	85	Dyrket mark	9
Høyde over havet (m)	15	Volum (mill. m <sup>3</sup> )	2360	Myr	1
Kalsium (mg/L)	7,0	Midlere årlig avløp (mill. m <sup>3</sup> )	216	Snaufjell	0
Farge (mg Pt/L)	12,9	Teoretisk oppholdstid (år)	10,90	Urban	1
Typekode	L107/L105b	Reguleringshøyde (m)	1,8		
Vanntype-beskrivelse	Lavland, moderat kalkrik/ kalkfattig <sup>1</sup> , klar, dyp				

\*<http://nevina.nve.no/> 1: L105b kalkfattig brukt for planteplankton, næringssalter og siktedyp (se kap. 2.3)

Eikeren (vannforekomst-ID: 012-542-2-L) er den største innsjøen i tidligere Vestfold fylke, dersom man tar med den delen som ligger i Viken. I nordvest henger innsjøen sammen med Fiskumvannet gjennom et trangt sund. Innsjøen er en del av Drammensvassdraget og tilhører vannregion Innlandet og Viken. Vannets oppholdstid er lang (ca. 11 år). Innsjøen er regulert med en reguleringshøyde på 1,8 m og en vintervedtapping på 1,0 m. Nedbørfeltet er dominert av skog, men det er også en betydelig andel dyrket mark (9 %). I sør ligger et par mindre tettsteder med Eidsfoss som det viktigste, men ellers er områdene rundt innsjøen preget av spredt bebyggelse. Eikeren er fra og med 2005 blitt en betydelig drikkevannskilde for Vestfold.

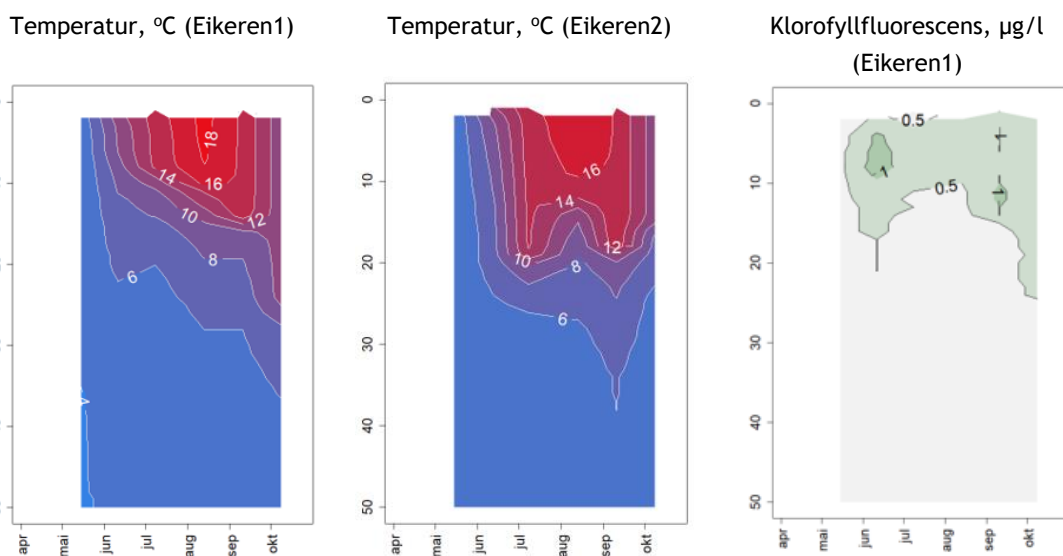
Innsjøen tilhører vanntype L107 for moderat kalkrike, klare lavlandssjøer, som brukes for klassifisering av vannplanter, men vanntype L105b for kalkfattige, klare, dype lavlandssjøer brukes for klassifisering av planteplankton, næringssalter og siktedyp (se kap. 2.3 for begrunnelse).

I Eikeren er det gjennomført flere undersøkelser av vannkjemi, planteplankton og krepsdyrplankton utover 2000-tallet og av fisk i 1979 (Persson mfl. 2013). Innsjøen ble også undersøkt som en del av basisovervåkingen av store innsjøer i 2015 (Lyche Solheim mfl. 2016).

Følgende kvalitetselementer ble undersøkt i Eikeren i 2019: Planteplankton, vannplanter, småkrep (planktoniske og litorale), bunndyr, fisk og vannkjemi. Klassifiseringen av økologisk tilstand er basert på alle disse kvalitetselementene. Planteplankton og vannkjemi er undersøkt på to pelagiske stasjoner og tilstanden er basert på gjennomsnittsverdier for disse. Stasjon 1 ble overvåket både i 2015 og 2019, mens stasjon 2 var ny i 2019. Den nye stasjonen ligger i sørlige del av innsjøen og ble opprettet for å

vurdere om denne delen er mer påvirket av næringsalter enn resten av innsjøen. Vedlegg B viser posisjonene for de to pelagiske stasjonene.

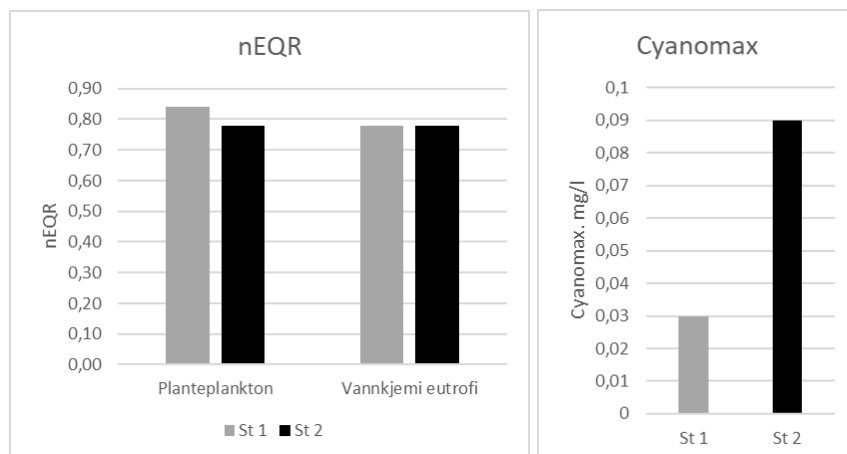
Vertikalprofilen av temperatur (Figur 25) viser en ganske tydelig termoklin fra 10-13 m dyp og en maksimumstemperatur på ca. 18 °C, målt i august. De to stasjonene i Eikeren viste klare forskjeller i temperaturutviklingen, der stasjon 2 (ny i 2019), som ligger i den sørlige delen av innsjøen, ikke nådde like høy maksimumstemperatur som stasjon 1 (overvåket både i 2015 og 2019), men hadde en tydeligere termoklin og en avkjølingsepisode i nedre del av metalimnion i august. Denne avkjølingen kan muligens skyldes en stående bølge, som kan ha oppstått ved kraftig sønnavind. Høye oksygenkonsentrasjoner (nær 100 % metning) ble målt gjennom hele vannsøylen i hele vekstsesongen (Vedlegg E).



Figur 25. Vertikalprofiler av temperatur på pelagisk stasjon 1 (venstre) og stasjon 2 (midten) samt klorofyllfluorescens på stasjon 1 (µg/l, høyre) målt i Eikeren fra mai til oktober 2019. Kun dybdesjiktet 0-50 m er vist for å lette sammenligningen av de to stasjonene mht temperatur-profiler.

Sammenligning av de to stasjonene (Figur 26) mht planteplankton viser *svært god* tilstand på stasjon 1 (nEQR 0,84) og *god* tilstand på stasjon 2 (nEQR 0,78). For cyanobakterier var det tydelig forskjell i maksimumsbiomasse, men nivåene var likevel lave og ga tilstandsklasse *svært god* på begge stasjonene. Det var ingen forskjell mellom de to stasjonene mht samlet tilstand for de vannkjemiske eutrofieringsparameterne, som ga *god* tilstand på begge stasjonene med identisk nEQR-verdi (0,78). Tilsvarende tilstandsklasser ble funnet for planteplankton og vannkjemi på stasjon 1 i 2015.

I 2019 var fosforkonsentrasjonen lav (4,5 µg/l) mens nitrogenkonsentrasjonen på 773 µg/l for innsjøen som helhet (gjennomsnitt av de to stasjonene) var høyere enn i noen av de øvrige innsjøene. Sammen med forhøyede konsentrasjoner av ammonium (se Vedlegg C) indikerte dette betydelige nitrogentilførsler fra jordbruksområdene rundt innsjøen. Siktedypet på 7,7 m indikerte at tilstanden er *god* (nEQR 0,79) nær grensen til *svært god*. De vannkjemiske forsuringsparameterne er ikke brukt i tilstandsklassifiseringen fordi innsjøen er moderat kalkrik og derfor ikke forsuringsfølsom. Hydromorfologiske støtteparametere, reguleringshøyde og forholdet mellom reguleringshøyde og siktedyp, indikerte at den hydromorfologiske tilstanden er *svært god*. Dette er som forventet med en såpass lav reguleringshøyde som 1,8 m.



Figur 26. Sammenligning av normaliserte EQR verdier (nEQR) for planteplankton og vannkjemiske eutrofieringsparametere (venstre) og maksimumsbiomasse av cyanobakterier (Cyanomax; høyre) mellom de pelagiske stasjonene 1 (St 1) og 2 (St 2) i Eikeren 2019.

Planteplanktonet bar preg av den lave fosforkonsentrasjonen med lav biomasse (klorofyll på ca. 1,3 µg/l og biovolum på 0,17 mm<sup>3</sup>/l). Fluorescensen var også lav (Figur 5.5). De to stasjonene hadde omtrent samme lave fluorescens (Vedlegg E). Antall taksar var 108 på stasjon 1 og 121 på stasjon 2, som er på samme nivå som flere av de andre store innsjøene som var med i ØKOSTOR 2019-overvåkingen (Figur 6). Gullalger, kiselalger og svelgflagellater dominerte planktonet på begge stasjoner. På ettersommeren og høsten, ble det registrert en større andel cyanobakterier, særlig på stasjon 2, noe som kan gjenspeile transport fra innsjøene oppstrøms Eikeren, som er svært påvirket av eutrofiering. Samlet ga planteplanktonet *svært god* tilstand for Eikeren, men nær klassegrensen *svært god/god* (snitt av to stasjoner).

Relativt få arter av vannplanter ble funnet i Eikeren, totalt 21 arter, sammenlignet med de andre store innsjøene på Østlandet med tilsvarende kalsiuminnhold som var med i ØKOSTOR 2019 undersøkelsen, som har over 30 arter (Vedlegg G). Artssammensetningen var likevel typisk for moderat kalkrike innsjøer. Det ble registrert en fremmed vannplante, vasspest *Elodea canadensis*, men denne forekom ikke i store tettheter. De vanligst forekommende artene var en rekke kortskuddsarter, samt krypsiv og tusenblad (Vedlegg G). Både eutrofieringsindeksen og reguleringsindeksen ga *svært god* tilstand i 2019. I 2015 var tilstanden *god* for eutrofieringsindeksen, men forskjellen i nEQR-verdi var liten og lå nær klassegrensen *svært god/god* begge årene (Figur 14). Reguleringsindeksen ga *svært god* tilstand begge årene.

Krepsdyrplanktonet i Eikeren var svært artsrikt med totalt 23 arter (samlet basert på 2 pelagiske stasjoner), og tilsvarende høy diversitet er ikke registrert i noen andre norske innsjøer. Den litorale krepsdyrfaunaen var artsfattig (51 arter i 2019 og 54 arter i 2015) sammenlignet med andre innsjøer med moderat kalkinnhold. Årsaken til den lave diversiteten i litoralsonen er uklar, men stemmer overens med tilsvarende funn for vannplanter. En mulig forklaring er at strandsonen kan være mer homogen og dermed ha lavere habitatdiversitet enn de øvrige innsjøene med tilsvarende kalkinnhold. Calanoide og cyclopoide hoppekreps utgjorde >80 % av antall individer i krepsdyrplanktonet ved begge stasjonene med størst forekomst av de calanoide hoppekrepsene. Vannlopper utgjorde en noe større andel ved stasjon 2 (17 %), enn ved stasjon 1 (9 %). De små vannloppene, pukkelryggsnabelkreps *Bosmina coregoni* og børstesnabelkreps *B. longirostris*, som er motstandsdyktige mot fiskepredasjon, var langt vanligere ved stasjon 2 enn ved stasjon 1. Spisshjelmdafnie *Daphnia cucullata*, som fins hovedsakelig i næringsrike vann med høyt predasjonstrykk fra karpefisk, ble også funnet ved stasjon



2, om enn fåtallig. Disse observasjonene tyder på større fiskepredasjon ved stasjon 2 enn ved stasjon 1. Svenskehops *Cyclops vicinus*, som tidligere var på rødlista, ble også funnet i planktonet.

Det ble registrert 35 taksa av bunndyr i Eikeren i 2019, hvorav 20 såkalte EPT-taksa. I mengde dominerte imidlertid gråsugge, fåbørstemark (*Oligochaeta*) og fjærmygg (*Chironomidae*). Dette er arter/grupper som er relativt tolerant for eutrofiering. Verken i 2015 eller i 2019 ble det registrert marflo eller noen rødlistede bunndyrarter i Eikeren.

Andelen eutrofieringsfølsomme arter av småkreps var moderat lav, og den nye eutrofieringsindeksen basert på småkreps (CIT) ga *moderat* tilstand for innsjøen samlet, men helt på grensen til *god* tilstand (nEQR 0,59). Eutrofieringsindeksen basert på bunndyr (ASPT) ga *svært god* tilstand for Eikeren, selv om tilstanden på et par av de litorale stasjonene avvek noe fra forventet naturtilstand. Samlet indikerte småkreps og bunndyr *god* tilstand. Eikeren er ikke klassifisert med hensyn til forurensningseffekter da den er moderat kalkrik og derfor ikke forurensningsfølsom.

Fiskeundersøkelsene viste at biomassen av fisk i de åpne vannmasser var moderat høy (16 kg/ha), men samlet noe lavere i 2019 (44,2 tonn) enn i 2015 (65,7 tonn). Det er uklart om disse forskjellene er signifikante, da estimering av total biomasse er beheftet med betydelig usikkerhet (se kap. 4.5). Tetthetene (antall/ha) indikerer da heller ingen store endringer fra 2015 til 2019 (Gjelland mfl. under arbeid). Krøkle dominerte i trålfangstene (gjennomført i 2015), og var sammen med abbor også den vanligste arten i bunngarnfangstene (samlet utgjorde disse 78 %). Eutrofieringsindeksen for fisk ga *svært god* tilstand i 2019 mot *god* tilstand i 2015. NEFI indeksen ga i 2019 imidlertid *moderat* tilstand pga redusert relativ forekomst av sik og ørret, men resultatet er usikkert pga forskjeller i metodikken som ligger til grunn for vurderingen av endringer i de relative forekomstene (prøvefiske senhøsten 1977). I 2015 ble tilsvarende endringer i fiskesamfunnet (representert ved NEFI-indeksen) klassifisert til *moderat* (nEQR 0,59), altså eksakt det samme som i 2019, men usikkerheten ble vurdert som for stor til å bruke dette resultatet.

Samlet klassifisering ga *moderat* økologisk tilstand, like under klassegrensen mot *god*, med fisk som utslagsgivende kvalitetselement (nEQR 0,59) (Tabell 24). De øvrige biologiske kvalitetselementene samt fysisk-kjemiske støtteparametere ga enten *svært god* eller *god* tilstand (men eutrofieringsindeksen for småkreps indikerte *moderat* tilstand nær grensen til *god* tilstand). De hydromorfologiske støtteparameterne indikerte at tilstanden var *svært god*. Både planteplankton, eutrofieringsindeksen for vannplanter og vannkjemiske eutrofiparametere indikerte at Eikeren var mindre belastet med næringsalter i 2019 enn i 2015.

**Konklusjon:** *Undersøkelsene i 2019 indikerer at Eikeren har moderat økologisk tilstand, som følge av endringer i fiskesamfunnet, og tilfredstiller derfor ikke miljømålet iht vannforskriften. Klassifiseringen anses å ha høy usikkerhet fordi tilstanden for fisk er veldig usikker pga forskjeller i metodikk som ligger til grunn for vurderingen av endringer i de relative forekomstene av sik og ørret (prøvefiske senhøsten 1977). Resultatet for fisk ligger dessuten helt på grensen mellom to tilstandsklasser. Tilstanden varierer også mye mellom kvalitetselementer som er følsomme for samme påvirkning, f.eks. svært god tilstand for planteplankton og vannplanter, men moderat tilstand for eutrofieringsindeksen for småkreps. Den særlige delen av Eikeren er noe mer påvirket av eutrofiering enn resten av innsjøen mht planteplankton i 2019. Fiskedata fra 2015 tyder også på dette. Det anbefales derfor at begge stasjonene overvåkes videre i ØKOSTOR-programmet. Den generelle anbefalingen for store innsjøer er å ha minimum tre pelagiske stasjoner pr. innsjø.*


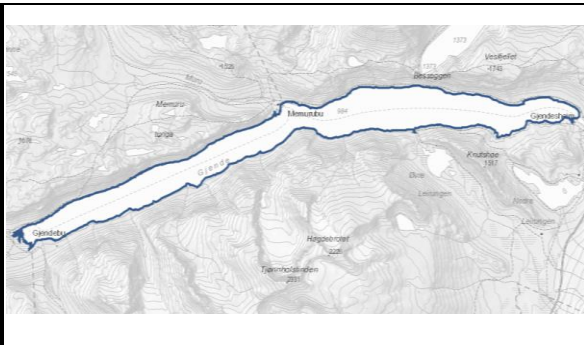
Tabell 24. EIKEREN.

Økologisk tilstand angitt for hvert kvalitetselement og parameter som absoluttverdi, tilstandsklasse, EQR verdi og normalisert EQR verdi, og samlet for hele vannforekomsten nederst i tabellen. Den samlede vurderingen er basert på det verste styrer prinsippet. Indekser og parametere uten farge angir manglende data, parametere som ikke er relevante eller som mangler klassegrenser for den aktuelle vanntypen, eller data som er for usikre til å inkluderes i totalvurderingen. SG = Svært god (blå), G = God (grønn), M = Moderat (gul), D = Dårlig (oransje), SD = Svært dårlig (rød). <sup>1</sup> For pelagiske kvalitetselementer er verdier basert på snitt av data fra to pelagiske stasjoner (Eikeren1, Eikeren2).

Kvalitetselement	Verdi	Klasse	EQR	nEQR
<b>Biologiske kvalitetselementer</b>				
Planteplankton: Klorofyll-a, µg/l	1,29	SG	1,01	1,00
Planteplankton: Totalt volum, mm <sup>3</sup> /l	0,17	SG	0,98	0,82
Planteplankton: Trofisk indeks, PTI	2,17	G	0,87	0,70
Planteplankton: Cyano <sub>max</sub> , mm <sup>3</sup> /l	0,06	SG	0,99	0,92
<b>Totalvurdering planteplankton<sup>1</sup></b>		SG		<b>0,81</b>
Vannplanter eutrofieringsindeks: Tlc	66,7	SG	0,96	0,82
Vannplanter reguleringsindeks: Wlc	23,8	SG		0,90
Vannplanter forsøringsindeks: Slc				
<b>Totalvurdering vannplanter</b>		SG		<b>0,82</b>
Bunnfauna forsøringsindeks: Forsøringsindeks 1	1			
Bunnfauna forsøringsindeks: MultiClear	3,94			
Bunnfauna forsøringsindeks: LAMI	5,53			
Bunnfauna eutrofieringsindeks: ASPT	5,67	SG	0,98	0,96
Småkreps forsøringsindeks: LACI-2 (kun lav alk)	3,43			
Småkreps eutrofieringsindeks: CIT	30,13	M	0,52	0,59
<b>Totalvurdering invertebrater</b>		G		<b>0,77</b>
Fisk, NEFI: endring fiskesamfunn (generell)	0,78	M	0,78	0,59
Fisk, WS-FBI: pelagisk fiskeindeks (eutrofiering)	2,52	SG	0,87	0,92
Fisk, %bestandsnedgang (generell)				
<b>Totalvurdering fisk</b>		M		<b>0,59</b>
<b>Totalvurdering biologiske kvalitetselementer</b>		M		<b>0,59</b>
<b>Fysisk-kjemiske og hydromorfologiske kvalitetselementer</b>				
Total fosfor, µg/l	4,5	G	0,67	0,76
Total nitrogen, µg/l	780	D	0,22	0,33
Siktedyp, m	7,7	G	0,92	0,79
<b>Totalvurdering eutrofieringsparametere<sup>1</sup></b>		G		<b>0,77</b>
pH	7,40			
ANC, µekv/l	336			
LAL, µg/l	13			
<b>Totalvurdering forsøringsparametere<sup>1</sup></b>				
<b>Hydromorfologiske kvalitetselementer</b>				
Reguleringshøyde, m (RH = HRV-LRV)	1,8	G		0,76
Forholdet mellom reguleringshøyde og siktedyp (RH/2SD)	0,12	SG		0,94
<b>Totalvurdering hydromorfologiske støtteparametere</b>		SG		<b>0,85</b>
<b>Totalvurdering for vannforekomsten</b>		M		<b>0,59</b>

<sup>1</sup> Klassifisering basert på snitt av data fra to pelagiske stasjoner (Eikeren1, Eikeren2).

## 5.6 Gjende

					
Beliggenhet og vanntype		Morfometri og hydrologi*		Arealfordeling (%)	
Vannforekomst-ID	002-147-L	Areal nedbørfelt (km <sup>2</sup> )	376	Innsjø	8
Fylke(r)	Oppland	Innsjøareal (km <sup>2</sup> )	15,6	Bre	11
Kommune(r)	Lom, Vågå	Maks-dyp (m)	149	Skog	2
Økoregion	Østlandet	Middeldyp (m)	66	Dyrket mark	0
Høyde over havet (m)	984	Volum (mill. m <sup>3</sup> )	1030	Myr	1
Kalsium (mg/L)	1,3	Midlere årlig avløp (mill. m <sup>3</sup> )	496	Snaufjell	76
Farge (mg Pt/L)	2,0	Teoretisk oppholdstid (år)	2,08	Urban	0
Typekode	L307 (L304)	Reguleringshøyde (m)	-		
Vanntype-beskrivelse	Bresjø, fjell, kalkfattig, svært klar, dyp				

\*<http://nevina.nve.no/>

Gjende ligger i Jotunheimen nasjonalpark og er en av Norges mest kjente fjellsjøer. Tusenvis av turister besøker området hvert år, og det går rutebåt på innsjøen om sommeren. Gjende er en typisk brepåvirket fjellsjø med lang og smal bassengform og en karakteristisk blågrønn farge pga brepartiklene. Innsjøen er kalkfattig og så å si uten humus (Tabell 3). Gjende tilhører vannregion Innlandet og Viken og vannområdet Mjøsa. Utløpselva Sjoa er en tilløpselv til Gudbrandsdalslågen.

Tidligere undersøkelser i Gjende er ikke systematisert, men det finnes noe informasjon om kranstalger (Økland og Økland 1996), samt generell informasjon om at det skal være godt fiske i Gjende, primært i utløpet (Gjende-osen) pga store mengder av den såkalte Gjende-flua, som er en knottart med larver som er attraktive for ørreten (<https://sjodalen.no/artikler/fiskerne-ved-gjende>). Universitetet i Oslo har også i en årrekke målt dybdeprofiler av generelle fysisk-kjemiske parametere i Gjende i forbindelse med kurs for limnologistudenter, men disse dataene er ikke tilgjengelige.

Det finnes ikke noe klassifiseringssystem for bresjøer (type L311) pga mangelfullt med overvåkingsdata fra slike innsjøer. Vi har derfor valgt å klassifisere alle kvalitetselementene iht klassegrensene for vanntype L304, tidl. 23 (kalkfattig, svært klar fjellsjø). Tot-P konsentrasjonen er også korrigert for bidraget fra brepartiklene før klassifiseringen er gjort. Dette gir en klassifisering som er mer korrekt for den biologiske relevante delen av fosforet. Klassegrensene for siktedyp er korrigert for bidraget fra brepartikler til lyssvekningen, se kap. 3.1.2 for detaljer.

Gjende ble i 2019 undersøkt for vannkjemi, planteplankton, småkreps (pelagiske og litorale) og fisk. Vannkjemi, planteplankton og krepssdyrplankton ble også undersøkt på sen vinteren (april). Klassifiseringen av økologisk tilstand er basert på alle disse kvalitetselementene.

Vintermålingen av temperatur var i underkant av 4°C (Figur 28), som er høyere enn i de tidligere årene innsjøen har vært med i ØKOSTOR-programmet, da minimumstemperaturen ble målt til < 2°C i de øvre 40 meterne av vannsøylen (Lyche Solheim m.fl. 2017, 2019). Dette kan muligens skyldes tidligere snøsmelting i 2019, som ga mulighet for solinnstråling gjennom isen om våren (Figur 27).



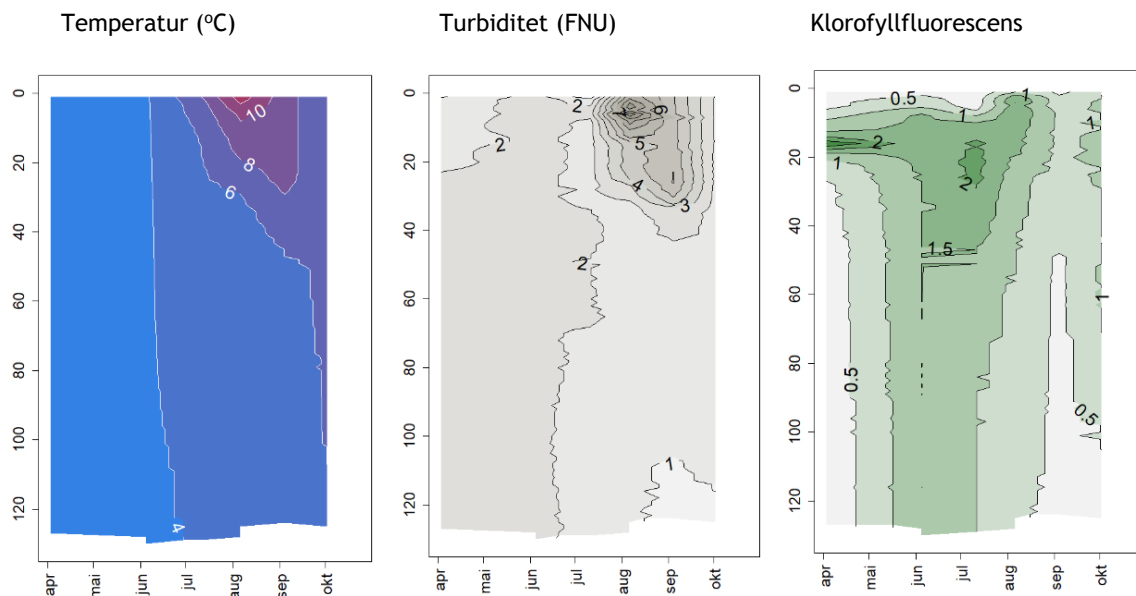
Figur 27. Vinterfeltarbeid på Gjende 3. april 2019. Foto: Jonas Persson, NIVA.

Vertikalprofilene av temperatur, klorofyll og turbiditet i Gjende 2019 (Figur ) gjenspeiler for øvrig en varm sommer, som ga stor bresmelting. De høye luft-temperaturene ga en betydelig, om enn kortvarig termisk sjiktning fra midten av juli til begynnelsen av september til tross for stor tilførsel av kaldt brevann. Maksimumstemperaturen i overflatelaget var på 10 °C i august, som også ble funnet i 2018, men er tre grader høyere enn i 2017 (Lyche Solheim mfl. 2018). Turbiditeten var også svært høy i overflatelaget på sensommeren med verdier over 7 FNU, som er 3 ganger høyere enn i 2017, men ikke fullt så høy som i 2018, da maksimumsverdien var >10 FNU. Klorofyll-fluorescensen var også høyere enn ved tidligere undersøkelser (2015-2019), med et maksimum på >2 µg/l i metalimnion i juli og også i april under isen. Det er uklart om de lavere verdiene i epilimnion enn i resten av vannsøylen er reelle eller om de skyldes lysinhibisjon i algecellene. Til tross for temperatursjiktningen i juli-september ble det målt tydelig klorofyllfluorescens i hele vannsøylen. Dette ble også funnet Takvatnet, men ikke i de andre innsjøene, som har minimal fluorescens i hypolimnion (Vedlegg E).

Oksygenprofilene (Vedlegg E) viste <85 % metning under isen i april og i september, som er lavere enn i de andre innsjøene, som alle hadde >90 % metning hele sesongen. Oksygenkonsentrasjonen var likevel aldri under 9 mg/l pga de lave temperaturene i epilimnion.

Fosforkonsentrasjonen (Tot-P) i Gjende var relativt høy (8 µg/l) i 0-10 m sjiktet, men kun 5,6 µg/l når det korrigeres for fosforinnholdet i breslammet. Kloakkpåvirkning er ikke sannsynlig ettersom svært lite koliforme bakterier ble påvist i prøver fra forskjellige dyp og tidspunkter (Vedlegg I). Den korrigerede Tot-P-konsentrasjonen er likevel høy nok til å gi moderat tilstand (Tabell 25), og er identisk med fosfat-konsentrasjonen i 0-10 m sjiktet. I april 2019 varierte fosfat-konsentrasjonen fra 1-5 µg/l

i forskjellige dyp (Vedlegg D). Målinger fra perioden 2015-2018 ga Tot-P konsentrasjoner som varierte fra 6 µg/l i 2016 til 29 µg/l i 2018, mens den korrigerte konsentrasjonen varierte fra 5 µg/l i 2016 til 11 µg/l i 2018. Middelverdiene fra 2015 og 2019 er imidlertid ikke direkte sammenlignbare med de fra 2016-2018, da antall prøverunder var fem i 2015 og 2019, men bare tre i mellomårene.



Figur 28. Vertikalprofiler av temperatur (°C, venstre), turbiditet (FNU, midten) og klorofyllfluorescens (µg/l, høyre) målt på den pelagiske stasjonen over dypeste punkt i Gjende 2019.

Gjennomsnittlig siktedyp var på 3,4 m i 2019 som er lavere enn det vi har målt de tidligere årene (2015-2018). Tilstanden for siktedyp, med bruk av klassegrenser korrigert for bidraget fra brepartiklene, blir da *svært god*. I 2015 var siktedypet 5,7 m, mens det var hhv 4,9, 5,5 og 4,0 i 2016, 2017 og 2018. Siktedypet i 2019 er dermed lavere enn noen av tidligere årene, noe som trolig har sammenheng med variasjoner i bresmeltingen. Særlig de siste to årene har somrene vært spesielt varme og gitt større bresmelting enn de foregående tre årene. Som for fosfor var middelverdiene fra 2015 og 2019 imidlertid ikke direkte sammenlignbare med de fra 2016-2018.

Samlet vurdering for Tot-P og siktedyp gir *god* tilstand i 2019, nær grensen til *svært god* (nEQR 0,78). Tilstandsklassifiseringen for de fysiske-kjemiske eutrofieringsparameterne har økt sikkerhet etter korrigeringen for bidraget fra brepartiklene til både siktedyp og Tot-P.

De vannkjemiske forsuringsparameterne ga *svært god* tilstand med en pH-verdi på 6,8, ANC-verdi på 82 µekv/l og labilt aluminium på 2 µg/l (maksimumsverdi). Tilsvarende resultater ble funnet i 2015-2018 og viser at Gjende ikke er påvirket av forsurening til tross for lav kalsiumkonsentrasjon (1,2 mg/l).

Planteplanktonet, som hadde en biomasse på 0,34 mm<sup>3</sup>/l, var totalt dominert av storvokste kiselalger (Figur 7) og var ujevnt fordelt i vannsøylen med høyest biomasse i termoklinen fra 15-25 m i april og juli (Figur ). Sedimentasjonen bremses opp i termoklinen og kan forklare hvorfor kiselalgene hadde størst biomasse der i juli. Det er likevel uklart hvorfor også april-målingene som var uten temperatursjiktning ga et biomasse-maksimum i dette dybdesjiktet. Biomassen i overflatelaget (0-10 m) var omtrent den samme som i tidligere år (2015-2018), men artssammensetningen i 2019 var totalt dominert av *Asterionella formosa*, som er en mer næringskrevende kiselalge enn de artene/slektene som dominerte tidligere (*Cyclotella* og *Tabellaria*) (se Vedlegg F2). Denne endringen ga *dårlig* tilstand

for PTI-indeksen og en betydelig lavere nEQR-verdi for planteplanktonet totalt sett (0,50 i 2019 mot 0,66-0,76 tidligere). Det er sannsynlig at høyere temperatur sommeren 2019 også kan ha bidratt til å øke innslaget av slike arter. Den høye turbiditeten på sensommeren 2019 og relativt høy konsentrasjon av orto-fosfat tilsier at planteplanktonet primært var begrenset av lys og ikke av næringssalter.

Småkrepsresultatene viser svært lavt artsantall (20 arter, som var 5 flere enn i 2016) sammenlignet med de andre innsjøene i 2019 overvåkingen (Figur 16). Dette kan delvis tilskrives at litoralsonen består av store stein og blokker, noe som underbygges av få dyr i litoralsonen. Tettheten av krepsdyrplankton var moderat lav sammenlignet med de øvrige innsjøene, men var vesentlig lavere enn i de tidligere årene (Lyche Solheim mfl. 2016, 2017, 2018, 2019). Basert på forsuringsindeksen LACI 2 er innsjøen ikke forsuret (*svært god* tilstand). Eutrofieringsindeksen CIT ga *svært god* økologiske tilstand for alle stasjoner. Vingehops *Cyclops scutifer* dominerte i planktonet i tillegg til at nåledafnie *Daphnia longispina* var vanlig forekommende art. Resultatene fra 2019 viser at gelékreps *Holopedium gibberum* er i ferd med å etablere seg i Gjende. Den var vanlig både i de åpne vannmasser og i litoralsonen, men tidligere (2015-2018) manglet den helt eller ble kun funnet med et fåtalls individer. Som i 2015-2018, hadde store dafnier lav andel i håvtrekkene fra 0-50 m, men dominerte totalt i 500 µm håvtrekkene fra hele vannsøylen, noe som tyder på at dafniene primært finnes under 50 m dyp. Da dafnier er mer utsatt for fiskepredasjon enn hoppekreps, kan denne dybdefordelingen skyldes unnavvikelse fra fisk eller også UV-stråling i de øvre vannlagene.

Fiskeundersøkelsene i Gjende i 2019 viser at bestanden av ørret, som er eneste fiskeart, har svært lav biomasse og ser ut til å ha gått tilbake 40 % etter 2010. Fisken var også i noe dårligere hold (kondisjonsfaktor) ved prøvefisket i 2019 sammenlignet med tidligere. Reduserte lysforhold pga. økt turbiditet i 2018 og 2019 er en mulig forklaring på nedgangen i tetthet og kondisjon hos ørret. Hvorvidt endringene i krepsdyrplanktonet, med økt forekomst av gelekreps i 2019, også har hatt en negativ effekt er mer usikkert, og det bør gjennomføres nye fiskeundersøkelser før endelig konklusjon kan trekkes. Resultatene viser *moderat* tilstand med nEQR akkurat på grensen *god/moderat* (0,60).

Betydningen av næringssalter («bottom-up»-kontroll) versus fiskepredasjon («top-down»-kontroll) for de biologiske interaksjonene i Gjende er vanskelig å vurdere, men brepartiklene, som har gitt dårligere lysforhold i 2018 og 2019 enn i de tidligere årene kombinert med lav kondisjonsfaktor hos ørreten kan tyde på at fisken er fødebegrenset («bottom-up» kontroll). Planteplanktonet var trolig lysbegrenset, hadde samme biovolum som tidligere, men var totalt dominert av en relativt næringskrevende og stor kiselalge (*Asterionella formosa*) (se avsnittet om planteplankton ovenfor). Denne anses som er lite beitbar for vannlopper, men kan trolig beites av hoppekreps. Det var likevel vesentlig lavere tetthet av krepsdyrplankton enn tidligere og mer gelékreps, som har liten næringsverdi for ørreten. Dette styrker vurderingen av at næringskjeden i Gjende primært er fødebegrenset/lysbegrenset («bottom up»-kontroll).

Samlet indikerer resultatene *moderat* økologisk tilstand for Gjende, med planteplankton som utslagsgivende kvalitetselement (Tabell 25). Tidligere (2015-2018) har tilstanden vært *god*. Det er imidlertid høy usikkerhet knyttet til klassifiseringen, da klassegrensene for planteplankton i vanntype L304 ikke er tilpasset brepåvirkningen, og vi mangler data for vannplanter og bunndyr. Den relative endringen i planteplanktonet med sterkt økende dominans av mer næringskrevende kiselalger er likevel påfallende uavhengig av vanntype.

Flere data fra andre bresjøer er nødvendig for å utvikle et klassifiseringssystem for denne vanntypen før Gjendes økologiske tilstand kan klassifiseres med større grad av sikkerhet. Sammenligning med tilsvarende data fra tidligere år (2015-2018) er oppsummert i kap. 5.12.

**Konklusjon:** Undersøkelsene i 2019 indikerer at Gjende har moderat økologisk tilstand ut fra planteplankton og fisk og tilfredsstillende dermed ikke miljømålet iht vannforskriften. Klassifiseringen anses å ha høy usikkerhet fordi innsjøen tilhører en vanntype som foreløpig mangler klassegrenser for planteplankton. Det tas forbehold om at andre kvalitetselementer kunne ha endret resultatet. I tillegg er det uklart om den pelagiske stasjonen er representativ for hele innsjøen, og om alle påvirkninger er fanget opp. De observerte endringene i turbiditet, siktedyp, planteplankton, krepsdyrplankton og fisk bør følges opp med nye undersøkelser.


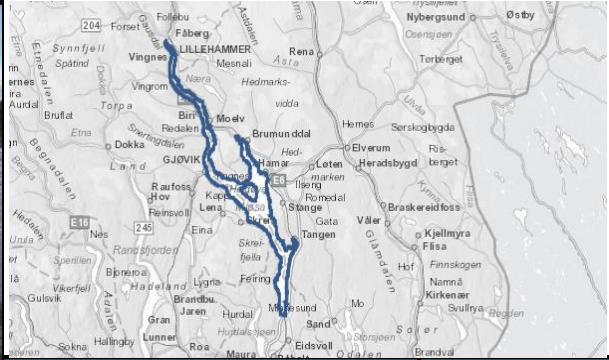
**Tabell 25. GJENDE**

**Økologisk tilstand angitt for hvert kvalitetselement og parameter som absoluttverdi, tilstandsklasse, EQR verdi og normalisert EQR verdi, og samlet for hele vannforekomsten nederst i tabellen.** Den samlede vurderingen er basert på det

verste styrer prinsippet. Indekser og parametere uten farge angir manglende data, parametere som ikke er relevante eller mangler klassegrenser for den aktuelle vanntypen, eller har for usikre data til å inkluderes i totalvurderingen. SG = Svært god (blå), G = God (grønn), M = Moderat (gul), D = Dårlig (oransje), SD = Svært dårlig (rød).

Kvalitetselement	Verdi	Klasse	EQR	nEQR
<b>Biologiske kvalitetselementer</b>				
Planteplankton: Klorofyll-a, µg/l	1,60	G	0,50	0,77
Planteplankton: Totalt volum, mm <sup>3</sup> /l	0,34	M	0,91	0,55
Planteplankton: Trofisk indeks, PTI	2,29	D	0,74	0,34
Planteplankton: Cyano <sub>max</sub> , mm <sup>3</sup> /l	0,00	SG	1,00	1,00
<b>Totalvurdering planteplankton</b>		M		0,50
Småkreps forsøringsindeks: LACI-2 (kun lav alk)	4,981	SG	2,38	1,00
Småkreps eutrofieringsindeks: CIT	93,75	SG	1,61	1,00
<b>Totalvurdering invertebrater</b>		SG		1,00
Fisk, NEFI: endring fiskesamfunn (generell)				
Fisk, WS-FBI: pelagisk fiskeindeks (eutrofiering)	6,04	SG	2,08	1,00
Fisk, %bestandsnedgang (generell)	40	M	0,63	0,60
<b>Totalvurdering fisk</b>		M		0,60
<b>Totalvurdering biologiske kvalitetselementer</b>		M		0,50
<b>Fysisk-kjemiske kvalitetselementer</b>				
Total fosfor, µg/l	5,6	M	0,36	0,56
Total nitrogen, µg/l	107	SG	1,17	1,00
Siktedyp, m	3,4	SG	1,10	1,00
<b>Totalvurdering eutrofieringsparametere</b>		G		0,78
pH	6,8	SG	0,97	0,87
ANC, µekv/l	82	SG	0,96	0,95
LAL, µg/l	2	SG	1,25	1,00
<b>Totalvurdering forsøringsparametere</b>		SG		0,94
<b>Hydromorfologiske kvalitetselementer</b>				
Reguleringshøyde, m (RH = HRV-LRV)	0	SG		1,00
Forholdet mellom reguleringshøyde og siktedyp (RH/2SD)	0	SG		1,00
<b>Totalvurdering hydromorfologiske støtteparametere</b>		SG		1,00
<b>Totalvurdering for vannforekomsten</b>		M		0,50

## 5.7 Mjøsa

					
Beliggenhet og vanntype		Morfometri og hydrologi*		Arealfordeling (%)*	
Vannforekomst-ID	002-118-1-L	Areal nedbørfelt (km <sup>2</sup> )	16568	Innsjø	6
Fylke(r)	Viken, Innlandet	Innsjøareal (km <sup>2</sup> )	366,0	Bre	2
Kommune(r)	Eidsvoll, Hamar, Ringsaker, Stange, Lillehammer, Gjøvik, Østre Toten	Maks-dyp (m)	453	Skog	36
Økoregion	Østlandet	Middeldyp (m)	155	Dyrket mark	6
Høyde over havet (m)	123	Volum (mill. m <sup>3</sup> )	56244	Myr	5
Kalsium (mg/L)	5,5	Midlere årlig avløp (mill. m <sup>3</sup> )	11316	Snaufjell	39
Farge (mg Pt/L)	11,2	Teoretisk oppholdstid (år)	4,89	Urban	0,5
Typekode	L107/L105b	Reguleringshøyde (m)	3,61		
Vanntype-beskrivelse	Lavland, moderat kalkrik/ kalkfattig <sup>1</sup> , klar, dyp				

\*<http://nevina.nve.no/> 1: L105b kalkfattig brukt for planteplankton, næringsalter og siktedyp (se kap. 2.3)

Mjøsa er Norges største innsjø. Den er et eget vannområde (Mjøsa) og tilhører vannregion Innlandet og Viken. Gudbrandsdalslågen er største tilløpselv, som drenerer store arealer dominert av skog og fjellområder, mens lokale tilløpselver rundt innsjøen har større andel dyrket mark i nedbørfeltet. Mange byer og tettsteder ligger ved Mjøsa. Innsjøen er naturlig kalkfattig, men har et noe forhøyet kalsiumnivå over typegrensen kalkfattig/moderat kalkrik, trolig som følge av gjødsling av dyrket mark.

Økosystemtjenester fra Mjøsa er av stor betydning for mange brukerinteresser, inkludert drikkevannsforsyning til ca. 100 000 personer i innsjøens umiddelbare nærhet, samt 150 000 personer nedstrøms, dvs. ca. 5 % av Norges befolkning. Innsjøen og tilløpselvene brukes også til vanning av store landbruksarealer og som vannkilde for flere industribedrifter. Bading og båtliv er viktige rekreasjonsaktiviteter for mange tusen mennesker i sommerhalvåret. Sportsfiske etter mjøsørret og lagesild er også av stor betydning. Det finnes også en rekke andre fiskearter i Mjøsa som utnyttes i varierende grad. Årlig fiskeavkastning er anslått til ca. 4-7 kg/ha.

Mjøsa var overbelastet med næringsalter på 1970-tallet, noe som forårsaket uønskede oppblomstringer av giftige cyanobakterier. Etter en massiv innsats for begrenning av utslipp av næringsalter (Mjøsaksjonen) i alle relevante sektorer (kommunalt avløp, spredt avløp, landbruk og industri) ble innsjøen gradvis restituert utover på 1980-tallet.

Klimaendringer med varmere vann, mer nedbør og dermed noe større tilførsler av næringsalter har de senere år (særlig etter 2010) gitt noe økt algevekst igjen. Det er derfor viktig å følge med på denne



utviklingen ved videreføring av overvåkingen som har pågått årlig siden 1972, og som har gitt grunnlag for trendanalyser av næringssalter, planteplankton og krepsdyrplankton (Lyche Solheim mfl. 2020).

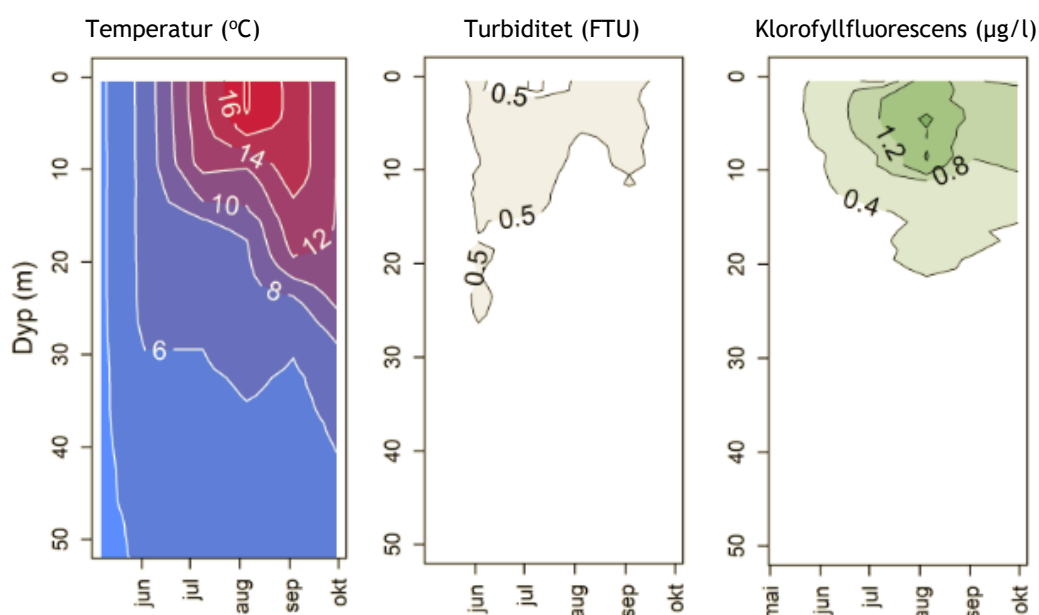
Andre påvirkninger omfatter bl.a. hydromorfologiske inngrep, inkludert regulering av vannstanden med en regulerings høyde på 3,5 m og en vintervedtapping på 3 m, samt større forbygninger i strandsonen i forbindelse med nyere utbygging av vei og jernbane på østsiden av Mjøsa.

Innsjøen tilhører vanntype L107 for moderat kalkrike, klare lavlandssjøer, som brukes for klassifisering av vannplanter, men vanntype L105b for kalkfattige, klare, dype lavlandssjøer brukes for klassifisering av planteplankton, næringssalter og siktedyp (se kap. 2.3 for begrunnelse).

Følgende kvalitetselementer ble undersøkt i Mjøsa i 2019: Planteplankton, krepsdyrplankton, samt fysisk-kjemiske og hydromorfologiske støtteparametere. Klassifiseringen av økologisk tilstand er basert på alle disse kvalitetselementene, unntatt krepsdyrplankton, som det ikke er utviklet noe klassifiseringssystem for.

Resultatene som vises for de pelagiske kvalitetselementene er basert på målinger fra hovedstasjonen Skreia ved dypeste punkt i innsjøen. Resultater for andre målestasjoner er vist i Lyche Solheim mfl. (2020), basert på tiltaksorientert overvåking i regi av Vassdragsforbundet for Mjøsa med tilløpselver.

Vertikalprofiler av temperaturutviklingen (Figur 269) viser en tydelig utviklet termoklin i dybdesjiktet 10-30 m og en maksimumstemperatur på ca. 17 °C i epilimnion i juli-august, som er 2 grader høyere enn i 2017 og det samme som i 2018, som var en ekstremt varm og tørr sommer. 2019 var også varmere enn normalt. Turbiditeten var lav (<1 FTU), men var høyest i epilimnion, bortsett fra i månedsskifte mai/juni der partikkelrester av vårflommen trolig er forklaringen på turbiditeten i vannsøylen ned til ca. 25 m. Fluorescensen var lav (<1,5 µg/l), men høyest i epilimnion i juli-august. Oksygenmetningen var >90% og konsentrasjonen >9 mg/l gjennom hele vannmassen hele sesongen (Vedlegg E).



Figur 26. Vertikalprofiler av temperatur, turbiditet og klorofyllfluorescens i vannsøylen 0-50 m, målt på den pelagiske stasjonen over dypeste punkt i Mjøsa fra mai til oktober 2019. Profiler fra hele vannsøylen er vist i vedlegg E.

Fosforkonsentrasjonen i epilimnion hadde en middelvei på 4,7 µg/l i perioden mai-oktober, som tilsvarer *god* tilstand. Siktedypet hadde en middelvei på 7,2 m, som også tilsvarer *god* tilstand. Nitrogenkonsentrasjonen (Tot-N) hadde middelvei på 497 µg/l, som tilsvarer *moderat* tilstand, men nitrogen er ikke brukt i klassifiseringen da planteplanktonet er fosforbegrenset. De vannkjemiske eutrofieringsparameterne (Tot-P og siktedyp) samlet gir *god* tilstand, mens de hadde *svært god* tilstand de øvrige årene etter 2016. Forsuringsparameterne er ikke klassifisert, da Mjøsa ikke er forsuringfølsom pga sin relativt høye kalsiumkonsentrasjon (> 5 mg/l). De hydromorfologiske kvalitetselementene viste *god* tilstand.

Planteplanktonet hadde omtrent samme biomasse som i de senere år, men noe lavere enn i 2018. Størst biomasse ble registrert i slutten av august og begynnelsen av september (totalt biovolum på 0,42 mm<sup>3</sup>/l) med dominans av store kiselalger, samt mindre innslag av andre algeklasser. Diversiteten av planteplankton var høyere i Mjøsa med 157 registrerte taksa enn i noen av de andre innsjøene i ØKOSTOR 2019 (Figur 6). Årsaken til den høye biodiversiteten er sannsynligvis den relativt høye kalsiumkonsentrasjonen som gir mulighet for bikarbonatkrevende arter, samt innsjøens størrelse. Det var lite cyanobakterier, men noe mer enn i de senere år, særlig i slutten av juli og i september. I slutten av juli var det også for første gang på mange år massive oppblomstringer av cyanobakterier langs land i Mjøsa. Årsaken er trolig en kombinasjon av stadig varmere vann og avrenning av fosfor og nitrogen fra jordbruksarealene rundt Mjøsa etter flere styrtregneperioder i juni (Lyche Solheim mfl. 2020). Den totale økologiske tilstanden for planteplankton på hovedstasjonen var likevel *god*, men nEQR-verdien (0,64) var den laveste siden 2014 og relativt nær klassegrensen *god/moderat*. Langtidsutviklingen av planteplanktonet (Lyche Solheim mfl. 2020) viser at planteplanktonbiomassen er mer enn halvert siden eutrofieringsperioden på 1970-tallet, og at også artssammensetningen har endret seg i oligotrof retning. Men også etter årtusenskiftet har det vært enkelte år med økte algemengder, særlig koblet til flomepisoder, som gir økt tilførsel av næringsalter, i varme år, og i år med lav biomasse av store vannlopper.

Det var uvanlig mye krepssdyrplankton i Mjøsa i 2019, noe som også ble funnet i 2018. Biomassen var like høy som på 1980-tallet og var dominert av en hoppekrepsart (*Eudiaptomus gracilis*), men med betydelige innslag av andre hoppekrepsarter (den storvokste istidsimmigranten flammekreps *Limnocalanus macrurus*, samt de småvokste artene sommerhops *Mesocyclops leuckarti* og sylfidehops *Thermocyclops oithonoides*) og vannloppene hjelmdafnie *Daphnia cristata* og snabelkreps *Bosmina longispina*. Forklaringen på den høye biomassen de siste to årene er uavklart, men både temperaturforhold, algeproduksjon og fiskepredasjon, samt interaksjoner mellom disse variablene spiller trolig en rolle. Andelen dafnier var lav (15%), men hadde en markert topp i september da andelen var 50% av totalt antall individer i håvtrekk fra 0-50 m (Lyche Solheim mfl. 2020). Mjøsa hadde moderate tetthet av krepssdyrplankton i disse håvtrekkene sammenlignet med de øvrige innsjøene som var med i ØKOSTOR i 2019 (Figur 18). De største artene i de pelagiske prøvene, pungreke *Mysis relicta*, firetonnet istidskreps *Pallasiola quadrispinosa* og trollistidskreps *Gammaracanthus lacustris*, ble alle funnet i 500 µm prøvene.

Samlet klassifisering gir *god* økologisk tilstand med planteplankton som utslagsgivende kvalitetselement (nEQR 0,64) (Tabell 26). Dette samsvarer med resultatene for eutrofieringsindeksen for de fysisk-kjemiske støtteparameterne for eutrofiering. De hydromorfologiske støtteparameterne indikerer også at tilstanden er *god*.

**Konklusjon:** Undersøkelsene i 2019 indikerer at Mjøsa (hovedstasjon Skreia) har god økologisk tilstand og tilfredsstillende derfor miljømålet iht vannforskriften. Klassifiseringen anses å ha lav usikkerhet mht eutrofieringseffekter fordi resultatet er i tråd med tidligere data fra de siste to tiårene. Oppblomstring av cyanobakterier i strandsonen i juli 2019 kan likevel være et tegn på eutrofiering, trolig knyttet til avrenning fra landbruksarealer etter episoder med styrtregn i juni.


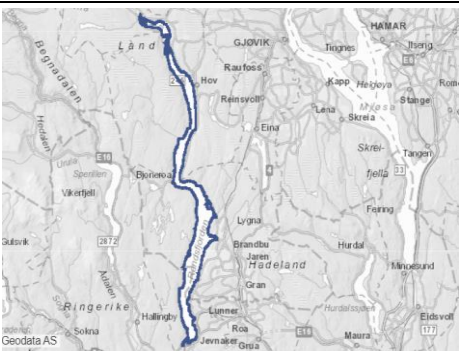
**Tabell 26. MJØSA**

Økologisk tilstand angitt for hvert kvalitetselement og parameter som absoluttverdi, tilstandsklasse, EQR verdi og normalisert EQR verdi, og samlet for hele vannforekomsten nederst i tabellen. Den samlede vurderingen er basert på det verste styrer prinsippet. Indekser og parametere uten farge angir manglende data, parametere som ikke er relevante eller som mangler klassegrenser for den aktuelle vanntypen, eller data som er for usikre til å inkluderes i totalvurderingen.

SG = Svært god (blå), G = God (grønn), M = Moderat (gul), D = Dårlig (oransje), SD = Svært dårlig (rød).

Kvalitetselement	Verdi	Klasse	EQR	nEQR
<b>Biologiske kvalitetselementer</b>				
<b>Planteplankton</b>				
Planteplankton: Klorofyll-a, µg/l	2,7	G	0,49	0,70
Planteplankton: Totalt volum, mm <sup>3</sup> /l	0,28	G	0,95	0,71
Planteplankton: Trofisk indeks, PTI	2,27	M	0,82	0,58
Planteplankton: Cyano <sub>max</sub> , mm <sup>3</sup> /l	0,04	SG	1,00	0,95
<b>Totalvurdering planteplankton</b>		G		0,64
<b>Totalvurdering biologiske kvalitetselementer</b>		G		0,64
<b>Fysisk-kjemiske kvalitetselementer</b>				
Total fosfor, µg/l	4,7	G	0,64	0,75
Total nitrogen, µg/l	497	M	0,35	0,50
Siktedyp, m	7,2	G	0,87	0,72
<b>Totalvurdering eutrofieringsparametere</b>		G		0,74
pH	7,30			
ANC, µekv/l	273			
LAL, µg/l	5,0			
<b>Totalvurdering forsuringsparametere</b>				
<b>Hydromorfologiske kvalitetselementer</b>				
Reguleringshøyde, m (RH = HRV-LRV)	3,6	G	0,14	0,67
Forholdet mellom reguleringshøyde og siktedyp (RH/2SD)	0,25	G	0,40	0,72
<b>Totalvurdering hydromorfologiske støtteparametere</b>		G		0,70
<b>Totalvurdering for vannforekomsten</b>		G		0,64

## 5.8 Randsfjorden

					
Beliggenhet og vanntype		Morfometri og hydrologi*		Arealfordeling (%)*	
Vannforekomst-ID	012-523-L	Areal nedbørfelt (km <sup>2</sup> )	3689	Sjø	7,4
Fylke(r)	Innlandet og Viken	Innsjøareal (km <sup>2</sup> )	140,7	Bre	0
Kommune(r)	Jevnaker , Gran , Søndre Land , Nordre Land	Maks-dyp (m)	131	Skog	64
Økoregion	Østlandet	Middeldyp (m)	52	Dyrket mark	5,3
Høyde over havet (m)	135	Volum (mill. m <sup>3</sup> )	7305	Myr	9,6
Kalsium (mg/L)	6,5	Midlere årlig avløp (mill. m <sup>3</sup> )	1827	Snaufjell	7
Farge (mg Pt/L)	21,9	Teoretisk oppholdstid (år)	4,00	Urban	0,3
Typekode	L107/L105b	Reguleringshøyde (m)	3,2		
Vanntype-beskrivelse	Lavland, moderat kalkrik/ kalkfattig <sup>1</sup> , klar, dyp				

\*<http://nevina.nve.no/> 1: L105b kalkfattig brukt for planteplankton, næringsalter og siktedyp (se kap. 2.3)

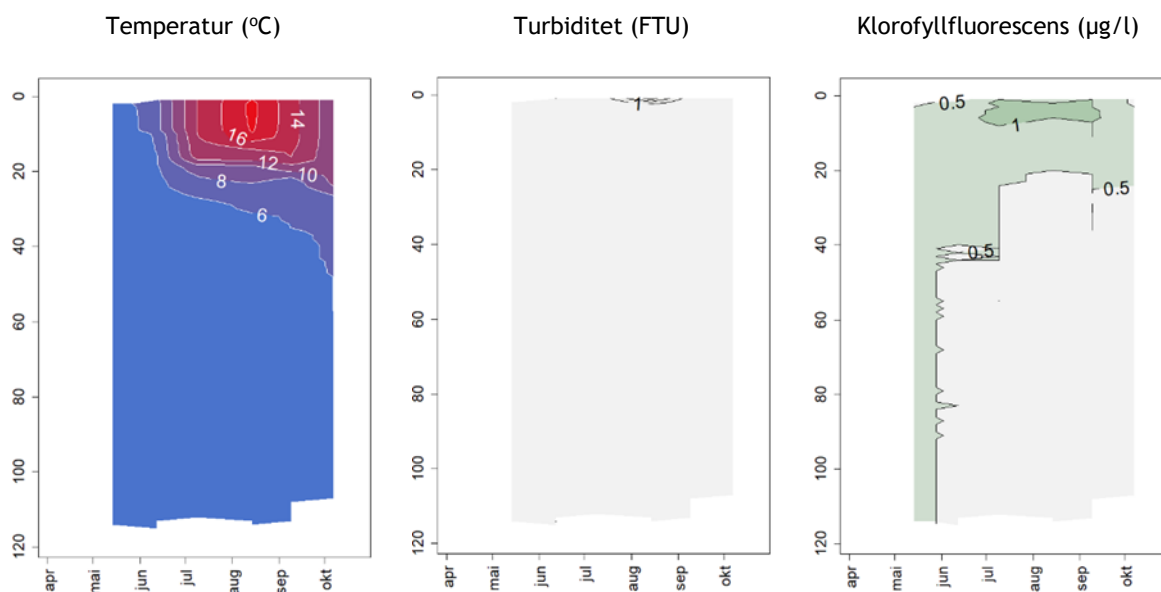
Randsfjorden (vannforekomst-ID: 012-523-L) er Norges fjerde største innsjø og den største i Drammensvassdraget, som tilhører vannregion Innlandet og Viken. Nedbørfeltet er stort og strekker seg fra nordenden av Etna-Dokka-vassdraget til utløpet ved Jevnaker, der Randselva starter. De største tilløpselvene er Etna og Dokka, som begge munner ut i Dokka-deltaet i nordenden av innsjøen. Innsjøen er regulert med en reguleringshøyde på 3,2 m (Tabell 2) og klassisk vintervedtapping, men har ellers stabil vannstand (Figur 2). Nedbørfeltet er dominert av skog, og andelen dyrket mark er på 5 % og inkluderer kalkrike områder på Hadeland. Innsjøen er definert som beskyttet område for drikkevann (Odnas vannverk), har et naturreservat i nord (Dokka-deltaet) og et beskyttet område for badevann ved Ulsnestangen i Røykenvika på østsiden av Randsfjorden (Vann-nett).

Innsjøen tilhører vanntype L107 for moderat kalkrike, klare lavlandssjøer, som brukes for klassifisering av vannplanter, men vanntype L105b for kalkfattige, klare, dype lavlandssjøer brukes for klassifisering av planteplankton, næringsalter og siktedyp (se kap. 2.3 for begrunnelse). Randsfjorden har noe mer humus enn de andre innsjøene som ble overvåket i ØKOSTOR i 2019 (fargetall i faktaboksen ovenfor).

I Randsfjorden er det tidligere gjennomført undersøkelser av vannkjemi (næringsalter, pH, alkalitet), planteplankton og dyreplankton i flere perioder: 1978-1981, 1988-2005, samt vannvegetasjon i 1978-1980 og bunndyr og fisk i 1984 (mer info i Persson mfl. 2013). Innsjøen er blitt rutinemessig overvåket siden 1991 hvert år i regi av Randsfjordforbundet (Løvstad og Lucasen 2020), og ble også undersøkt som en del av basisovervåkingen av store innsjøer i 2015 (Lyche Solheim mfl. 2016), men den gang uten litorale småkreps.

Følgende kvalitetselementer ble undersøkt i Randsfjorden i 2019: Planteplankton, vannplanter, småkreps (planktoniske og litorale), fisk og vannkjemi. Klassifiseringen er basert på alle disse.

Vertikalprofilene av temperatur viste en termoklin mellom 10 og 25 m og maksimums-temperatur på 19 °C i august. Innsjøen hadde lav turbiditet og lav klorofyll fluorescens (<1,5 µg/l) i hele vekstsesongen (Figur ). Fluorescens ble observert i hele vannsøylen i mai, da det var vårsirkulasjon i innsjøen. Vertikalprofilene av oksygen viste >90 % metning i hele vannsøylen gjennom vekstsesongen, og minimum 8 mg/l i epilimnion i august (Vedlegg E).



Figur 30. Vertikalprofiler av temperatur (°C, venstre), turbiditet (FNU, midten) og klorofyllfluorescens (µg/l, høyre) målt på den pelagiske stasjonen over dypeste punkt i Randsfjorden 2019.

De vannkjemiske eutrofieringsparameterne ga *god* tilstand (nEQR= 0,74), som er samme tilstand som i 2015 ved bruk av samme vanntype<sup>9</sup>. Fosforkonsentrasjonen var 4,2 µg/l, som er litt lavere enn i 2015, da middelverdien var 5 µg/l, men denne forskjellen er innenfor usikkerheten i analysen. Middelverdien for siktedyp på 5,3 m var omtrent som i 2015 (5,2 m) (Lyche Solheim mfl. 2016), men betydelig lavere enn på 1990-tallet pga økende humustilførsel fra nedbørfeltet (Løvstad og Lucassen 2020). De vannkjemiske forsurningsparameterne er ikke relevante for Randsfjorden, da den er moderat kalkrik og dermed ikke følsom for forsuring. Hydromorfologiske støtteparametere, reguleringshøyde og forholdet mellom reguleringshøyde og siktedyp, indikerer at den hydromorfologiske tilstanden er *god* (nEQR 0,69). Dette er som forventet med en reguleringshøyde på 3,2 m.

Planteplanktonet har lav biomasse (klorofyll på 1,4 µg/l og biovolum på 0,14 mm<sup>3</sup>/l). Fluorescensen var også lav (Figur ). Den lave biomassen skyldes primært lav fosforkonsentrasjon, men reduserte lysforhold pga økt humus i de senere år kan også bidra til dette (Løvstad og Lucassen 2020). Svelgflagellater og gullalger dominerte planktonet gjennom store deler av vekstsesongen. Det var svært lite cyanobakterier. Denne artssammensetningen er karakteristisk for næringsfattige innsjøer. Totalt 100 planteplanktontaksa ble registrert, som er færre enn i de andre store moderat kalkrike

<sup>9</sup> I 2015 ble alle innsjøene klassifisert som kalkfattige, klare, dype lavlandssjøer og som den vanntypen de har ut fra kalsium- og humus-innhold. For Randsfjorden ble resultatene i kap. 5 i Lyche Solheim m.fl. 2016 oppgitt ut fra grenseverdiene for kalkfattige, klare, dype lavlandssjøer, som ga *god* tilstand for planteplankton og vannkjemiske eutrofieringsparametere, men det ble presisert at tilstanden var *svært god* ved bruk av grenseverdiene for moderat kalkrike, klare lavlandssjøer.

innsjøene på Østlandet. Samlet gir planteplanktonet *svært god* tilstand (nEQR 0,83) for Randsfjorden i 2019, som er bedre enn i 2015, da tilstanden var *god* (nEQR 0,75).

Vi fant 33 arter av vannplanter i Randsfjorden i 2019 (Vedlegg G), som er ganske høyt sammenlignet med andre store innsjøer på Østlandet med tilsvarende kalsiuminnhold (Figur 9). Seks rødlistearter ble funnet: Firling *Crassula aquatica* (sårbar), korsevjeblom *Elatine hydropiper* (nær truet), høstvasshår *Callitriche hermaphroditica* (nær truet), granntjønnaks *Potamogeton pusillus* (sterkt truet), sjøpiggeknope *Sparganium gramineum* (nær truet) og glansglattkrans *Nitella flexilis* (nær truet). Artssammensetningen for øvrig er typisk for næringsfattige innsjøer, men med flere kalkkrevende langskuddsarter, inkludert vasspest *Elodea canadensis* i moderate tettheter. Vasspest er definert som en fremmed art. Denne artssammensetningen ga *god* tilstand for eutrofieringsindeksen, noe som indikerer svak eutrofieringspåvirkning i strandsonen av Randsfjorden. Dette er i tråd med observasjoner av påvekstalg i strandsonen i de senere år (Løvstad og Lucassen 2020). I 2015 ble det funnet 31 arter vannplanter i Randsfjorden, og eutrofieringsindeksen ga også da *god* tilstand (Lyche Solheim mfl. 2016). Reguleringsindeksen ga *god* tilstand i 2019, som er i tråd med de hydromorfologiske parameterne. I 2015 var denne reguleringsindeksen i *svært god* tilstand.

Krepsdyrsamfunnet i Randsfjorden utmerker seg med totalt 85 registrerte arter, som er flere enn i noen andre norske innsjøer. Den er vår best undersøkte lokalitet med hensyn til krepsdyr grunnet forundersøkelser som ble gjort i Dokkadeltaet i forbindelse med vassdragsreguleringen av Etna/Dokka i perioden 1987-90. I 2019 fant vi 54 arter småkreps, der tre vannlopper var nye for innsjøen; hydrakreps *Anchistropus emarginatus*, enøyekreps *Monospilus dispar* og bukstripekreps *Pleuroxus aduncus*. Vannlopper utgjorde 20% av krepsdyrplanktonet med høyest tetthet av snabelkreps *Bosmina longispina*. I 2015 utgjorde vannloppene til sammenligning ca 10%. Den lave andelen store vannlopper tilsier høy fiskepredasjon fra sik og krøkle (se fiskeavsnittet nedenfor) og dermed lite beitetrykk på planteplanktonet. Den økologiske tilstanden for småkreps mht eutrofiering for innsjøen som helhet var *svært god*, selv om to litorale stasjoner tilsa *god* tilstand. Randsfjorden er ikke klassifisert mht forsurening, da den ikke er forsuringfølsom. Krepsdyrsamfunnet i Randsfjorden har mange fellestrekk med Tyrifjorden, som ligger ca. 10 km nedstrøms.

Fiskesamfunnet i Randsfjorden er relativt komplekst, med 12 registrerte arter. Det ble fanget seks arter ved vårt prøvefiske med bunn garn og trål i 2019. Krøkle er fullstendig dominerende i antall i det pelagiske fiskesamfunnet, men i biomasse er det sik som dominerer. Biomassen var nest høyest av de undersøkte innsjøene i 2019 med 13 kg/ha i de åpne vannmasser (Tabell 19). Ørretbestanden har gått tilbake fra vanlig til sjelden siden 1980-tallet, noe som gir *god* tilstand for NEFI-indeksen, mens den pelagiske trofi-indeksen, WS-FBI, ga *svært god* tilstand. Gjedde betraktes som naturlig hjemmehørende i Randsfjorden, da den ble introdusert så tidlig som midt på 1800-tallet. Men mort ble introdusert på 1990-tallet, og er klassifisert med høy risiko i Fremmedartlista 2018. Sammen med NEFI-indeksen, gjør dette at tilstandsklassen for fisk blir redusert fra *god* til *moderat*. I 2015 ble fisk klassifisert til *god* tilstand basert på WS-FBI som ga *svært god* tilstand og nedgradering til *god* tilstand pga mort. NEFI-indeksen kunne ikke beregnes i 2015.

Samlet klassifisering ga *moderat* økologisk tilstand (nEQR 0,50), med fisk som utslagsgivende kvalitetselement (Tabell 27). Vannplanter, vannkjemiske eutrofiparametere og hydromorfologiske støtteparametere ga *god* tilstand, mens planteplankton og småkreps ga *svært god* tilstand.

**Konklusjon:** Undersøkelsene i 2019 indikerer at Randsfjorden har *moderat* økologisk tilstand med fisk som utslagsgivende kvalitetselement, noe som skyldes en regional fremmed høyrisikoart (mort). Innsjøen tilfredsstillter derfor ikke miljømålet iht vannforskriften. Vannplanter, vannkjemiske


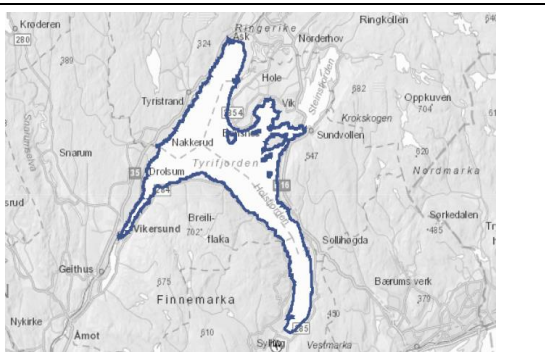
eutrofiparametere og hydromorfologiske støtteparametere indikerer god tilstand, mens planteplankton og småkreps gir svært god tilstand. Klassifiseringen anses å ha middels usikkerhet fordi alle kvalitetselementer unntatt fisk er i svært god eller god tilstand, mens fisk er i moderat tilstand i 2019, men var i god tilstand i 2015, trolig pga manglende beregning av NEFI-indeksen da.

**Tabell 27. RANDSFJORDEN.**

Økologisk tilstand angitt for hvert kvalitetselement og parameter som absoluttverdi, tilstandsklasse, EQR verdi og normalisert EQR verdi, og samlet for hele vannforekomsten nederst i tabellen. Den samlede vurderingen er basert på det verste styrer prinsippet. Indekser og parametere uten farge angir manglende data, parametere som ikke er relevante eller som mangler klassegrenser for den aktuelle vanntypen, eller data som er for usikre til å inkluderes i totalvurderingen. SG = Svært god (blå), G = God (grønn), M = Moderat (gul), D = Dårlig (oransje), SD = Svært dårlig (rød).

Kvalitetselement	Verdi	Klasse	EQR	nEQR
<b>Biologiske kvalitetselementer</b>				
Planteplankton: Klorofyll-a, µg/l	1,44	SG	0,90	0,95
Planteplankton: Totalt volum, mm <sup>3</sup> /l	0,14	SG	0,99	0,90
Planteplankton: Trofisk indeks, PTI	2,14	G	0,89	0,74
Planteplankton: Cyano <sub>max</sub> , mm <sup>3</sup> /l	0,003	SG	1,00	1,00
<b>Totalvurdering planteplankton</b>		<b>SG</b>		<b>0,83</b>
Vannplanter eutrofieringsindeks: Tlc	39,40	G	0,80	0,65
Vannplanter reguleringsindeks: Wlc	15,20	G		0,72
Vannplanter forsuringindeks: Slc				
<b>Totalvurdering vannplanter</b>		<b>G</b>		<b>0,65</b>
Småkreps forsuringindeks: LACI-2 (kun lav alk)	3,825			
Småkreps eutrofieringsindeks: CIT	45,51	SG	0,78	0,85
<b>Totalvurdering invertebrater</b>		<b>SG</b>		<b>0,85</b>
Fisk, NEFI: endring fiskesamfunn (generell)	0,86	G	0,86	0,68
Fisk, WS-FBI: pelagisk fiskeindeks (eutrofiering)	2,78	SG	0,96	0,97
Fisk, %bestandsnedgang (generell)				
<b>Totalvurdering fisk (nedgradert pga fremmede arter)</b>		<b>M</b>		<b>0,50</b>
<b>Totalvurdering biologiske kvalitetselementer</b>		<b>M</b>		<b>0,50</b>
<b>Fysisk-kjemiske kvalitetselementer</b>				
Total fosfor, µg/l	4,2	G	0,71	0,78
Total nitrogen, µg/l	517	M	0,34	0,48
Siktedyp, m	5,3	G	0,90	0,72
<b>Totalvurdering eutrofieringsparametere</b>		<b>G</b>		<b>0,75</b>
pH	7,30			
ANC, µekv/l	326			
LAL, µg/l	15			
<b>Totalvurdering forsuringparametere</b>				
<b>Hydromorfologiske kvalitetselementer</b>				
Reguleringshøyde, m (RH = HRV-LRV)	3	G		0,70
Forholdet mellom reguleringshøyde og siktedyp (RH/2SD)	0,28	G	0,35	0,68
<b>Totalvurdering hydromorfologiske støtteparametere</b>		<b>G</b>		<b>0,69</b>
<b>Totalvurdering for vannforekomsten</b>		<b>M</b>		<b>0,50</b>

## 5.9 Tyrifjorden

					
Beliggenhet og vanntype		Morfometri og hydrologi*		Arealfordeling (%)*	
Vannforekomst-ID	012-522-2-L	Areal nedbørfelt (km <sup>2</sup> )	9907	Sjø	7,8
Fylke(r)	Viken	Innsjøareal (km <sup>2</sup> )	122,8	Bre	0
Kommune(r)	Ringerike , Hole , Modum , Lier	Maks-dyp (m)	288	Skog	60
Økoregion	Østlandet	Middeldyp (m)	93	Dyrket mark	4,3
Høyde over havet (m)	63	Volum (mill. m <sup>3</sup> )	13130	Myr	7,9
Kalsium (mg/L)	5,1	Midlere årlig avløp (mill. m <sup>3</sup> )	5190	Snaufjell	13
Farge (mg Pt/L)	18,6	Teoretisk oppholdstid (år)	2,53	Urban	0,3
Typekode	L107/L105b	Reguleringshøyde (m)	1		
Vanntype-beskrivelse	Lavland, moderat kalkrik/ kalkfattig <sup>1</sup> , klar, dyp				

\*<http://nevina.nve.no/> 1: L105b kalkfattig brukt for planteplankton, næringsalter og siktedyp (se kap. 2.3)

Tyrifjorden (vannforekomst-ID: 012-522-2-L) er Norges femte største innsjø og den nest største i Drammensvassdraget og tilhører vannregion Innlandet og Viken. Nedbørfeltet er stort og strekker seg fra fjellområdene i Valdres og Etnedal til utløpet ved Vikersund, der Drammenselva starter. Den største tilløpselva er Storelva, som munner ut i Tyrifjorden i nord-vest og omfatter flere store vassdrag: Begna/Ådalselva og Randselva, samt det mindre vassdraget Sogna. Innsjøen er regulert med en reguleringshøyde på 1 m (Tabell 2). Nedbørfeltet er dominert av skog, og andelen dyrket mark er på 4 %. Innsjøen er definert som beskyttet område for drikkevann, har et naturreservat i nord-vest (Averøya) og et beskyttet område for badevann ved Bønsnestangen i nord (Vann-nett). Tyrifjorden har en kompleks bassengform med en vestre del med rask vanngjennomstrømning og en midtre/østre del (Holsfjorden), som er dyp og har vesentlig mindre vanngjennomstrømning. Hele den nordlige delen av bassenget er ganske grunt med mange øyer og har vannutveksling med Steinsfjorden ved Sundvollen. Holsfjorden er drikkevannskilde for Asker og Bærum og er også planlagt som hovedvannkilde for Oslo.

Innsjøen tilhører vanntype L107 for moderat kalkrike, klare lavlandssjøer, som brukes for klassifisering av vannplanter, men vanntype L105b for kalkfattige, klare, dype lavlandssjøer brukes for klassifisering av planteplankton, næringsalter og siktedyp (se faktaboks ovenfor, samt kap. 2.3 for begrunnelse).

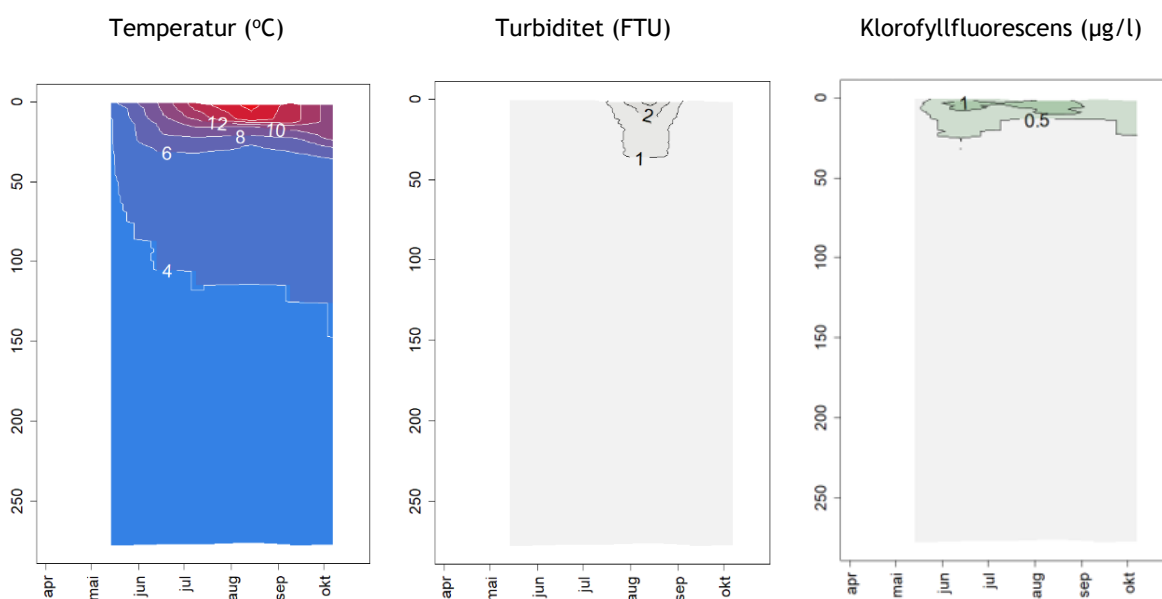
I Tyrifjorden er det tidligere gjennomført undersøkelser av vannkjemi (næringsalter, pH, alkalitet) og planteplankton i flere perioder: 1972-1996, 2003, krepsdyrplankton i 1988 og 2011, samt vannvegetasjon i 1979-1981, bunndyr i 2009 (kun ved Vikersund) og fisk i 1978-81 (se bl.a. Persson mfl. 2013). Innsjøen ble også undersøkt som en del av basisovervåkingen av store innsjøer i 2015 og



2016 (Lyche Solheim mfl. 2016, 2017). I denne rapporten vil kun resultatene fra 2015 og 2016 bli brukt til sammenligning med resultatene fra 2019.

Følgende kvalitetselementer ble undersøkt i Tyrifjorden i 2019: Planteplankton, vannplanter, småkreps (planktoniske og litorale), fisk og vannkjemi. Klassifiseringen av økologisk tilstand er basert på alle disse kvalitetselementene.

Vertikalprofilene av temperatur viste en termoklin mellom 10 og 30 m og maksimumstemperatur på 19 °C i august. Innsjøen hadde lav turbiditet mesteparten av vekstsesongen med unntak av en topp på 1-3 FTU i epilimnion i august, trolig som følge av partikler fra nedbørfeltet etter episoder med styrtregn. Klorofyll fluorescensen var lav i hele vekstsesongen (<1,5 µg/l) (Figur ). Vertikalprofilene av oksygen viste >90 % metning i hele vannsøylen gjennom vekstsesongen, og minimum 8 mg/l i epilimnion i august (Vedlegg E).



Figur 31. Vertikalprofiler av temperatur (°C, venstre), turbiditet (FTU, midten) og klorofyllfluorescens (µg/l, høyre) målt på den pelagiske stasjonen over dypeste punkt i Tyrifjorden 2019.

De vannkjemiske eutrofieringsparameterne ga *god* tilstand (nEQR= 0,75), som er samme tilstand som i 2015 og 2016 (Lyche Solheim mfl. 2016, 2017). Fosforkonsentrasjon ga *svært god* tilstand i 2019 mot *god* i 2015 og 2016. Middelverdien (og variasjonsbredde) av fosforkonsentrasjonen har avtatt fra 6,4 µg/l (5-8) i 2015 til 4,7 µg/l (4-7) i 2016 og var kun 3,5 µg/l (3-5) i 2019. Årsaken er uklar, men endringen er såpass liten at det trolig kan ligge innenfor måleusikkerheten. Middelverdien for siktedyp var 5,4 m, som er omtrent som i 2015 (5,4 m) og 2016 (5,8 m), dersom mai-verdien, som kun ble målt i 2019, blir ekskludert (Lyche Solheim mfl. 2016, 2017 og Tabell 28).

De vannkjemiske forsuringsparameterne er ikke relevante for Tyrifjorden, da den er moderat kalkrik og dermed ikke følsom for forsurening. Dersom klassegrensene for kalkfattige, klare innsjøer brukes, blir den samlede tilstanden for disse parameterne *svært god* (Tabell 28).

Hydromorfologiske støtteparametere, reguleringshøyde og forholdet mellom reguleringshøyde og siktedyp, indikerer at den hydromorfologiske tilstanden er *svært god* (nEQR 0,90). Dette er som forventet med en reguleringshøyde på kun 1 m.

Planteplanktonet bærer preg av de oligotrofe forholdene med lav biomasse (klorofyll på 1,3 µg/l og biovolum på 0,15 mm<sup>3</sup>/l). Fluorescensen var også lav (Figur ). Antall registrerte taksa var 135 i 2019 og omtrent det samme i 2015 og 2016, som ga den nest høyeste diversiteten blant innsjøene som var med i ØKOSTOR 2019. Dette skyldes trolig en kombinasjon av størrelsen, moderat kalkinnhold, som gir rom for bikarbonatkrevende arter, og kompleks bassengform med flere grunne områder i nord og vest som kan tenkes å ha noe høyere produktivitet. Svelgflagellater og gullalger dominerte planktonet gjennom store deler av vekstsasjonen med noe innslag av kiselalger og fureflagellater. Det var svært lite cyanobakterier. Denne artssammensetningen er karakteristisk for oligotrofe innsjøer. Trofiindeksen (PTI) ga *god* tilstand i 2019, men *svært god* i 2015 og 2016. Dette tyder på innslag av noe mer næringskrevende taksa i 2019. Samlet får planteplanktonet *svært god* tilstand for Tyrifjorden, men nEQR-verdien (0,81) er nær grensen *svært god/god*. Tilstandsklassen var den samme i 2015 og 2016 ved bruk av samme vanntype (kalkfattig), men nEQR-verdien var lavere i 2019 enn i de tidligere årene (hhv 0,88 i 2015 og 0,84 i 2016).

Vannplantesamfunnet i Tyrifjorden har høy diversitet med 37 arter i 2019, som er det høyeste artsantallet av ØKOSTOR-innsjøene som ble undersøkt i 2019 (Vedlegg G). I 2015 ble det bare funnet 24 arter vannplanter i Tyrifjorden. Høyere artsantall i 2019 skyldes for en stor del at innsjøene ble undersøkt flere uker senere enn i 2015, og vegetasjonen var derfor mer utviklet i 2019. Vasspest, *Elodea canadensis*, som er definert som en fremmed art, ble registrert, men dannet ikke store bestander. Totalt syv rødlistearter ble registrert i Tyrifjorden i 2019: Firling *Crassula aquatica* (sårbar), skaftevjeblom *Elatine hexandra* (nær truet), korsevjeblom *E. hydropter* (nær truet), nordlig evjeblom *E. orthosperma* (nær truet), høstvasshår *Callitriche hermaphroditica* (nær truet), granntjønnaks *Potamogeton pusillus* (sterkt truet) og glansglattkrans *Nitella flexilis* (nær truet). Artsantallet varierte mye fra lokalitet til lokalitet, noe som antyder stor habitatvariasjon. I Tyrifjorden fantes stedvis store forekomster av de mer kalk-krevende pusleplantene firling *Crassula aquatica* og flere evjeblomarter *Elatine* spp. Denne vegetasjonstypen er knyttet til silt- eller leir-strender og viser lokalt rikere forhold. Den finnes vanligvis ikke i kalkfattige innsjøer. Tyrifjorden hadde også flere noe mer kalkkrevende langskuddarter. Denne artssammensetningen ga *god* tilstand for eutrofieringsindeksen (nEQR 0,63), noe som indikerer svak eutrofieringspåvirkning i strandsonen av Tyrifjorden. Eutrofieringsindeksen ga også i 2015 *god* tilstand, men med høyere nEQR verdi (0,76) (Lyche Solheim mfl. 2016). Denne endringen kan skyldes de ulike tidspunktene vegetasjonen ble undersøkt, men kan også indikere en litt større eutrofieringseffekt i 2019 enn i 2015. Reguleringsindeksen ga også *god* tilstand i 2019 dog nær grensen til *svært god* (nEQR 0,78), tilsvarende som i 2015.

Krepsdyrsamfunnet i Tyrifjorden har vært studert helt tilbake til 1800-tallet (Sars 1918). ØKOSTOR-undersøkelsen i 2016 er den første grundige dokumentasjonen av både planktoniske og litorale krepsdyr (56 arter) og ble gjentatt i 2019 da det ble funnet 57 arter. Det totale artsantallet ved de 10 litoralstasjonene varierte mellom 24 og 41 arter. Færrest arter ble funnet ved stasjonene i Holsfjorden, mens den mest artsrike lokaliteten (st. 6) ligger ved Tyristrand. Tyrifjorden er ikke klassifisert med hensyn til forsuring da den er moderat kalkrik og derfor ikke forsuringfølsom. Indeksen med hensyn til trofi (CIT) varierte med to tilstandsklasser og ble vurdert til *god* for hele innsjøen samlet. Istidsrelikten flammekreps *Limnocalanus macrurus* forekommer tallrik i planktonet gjennom hele sesongen 2019, der den med unntak av mai har tilhold i de dypere vannlag. Vannloppene utgjør i snitt ca 20 % av det totale individtallet i krepsdyrplanktonet, med snabelkreps *Bosmina longispina* som dominant og med gelekreps *Holopedium gibberum* og hittedafnie *Daphnia galeata* som vanlige arter. Situasjonen i planktonet var omtrent uendret fra 2016. Alle dominante og vanlige arter i litoralsonen ble funnet både i 2016 og 2019.

Fiskebiomassen i Tyrifjorden var relativt sett lavere enn i de andre moderat kalkrike innsjøene i 2019 med kun 7,2 kg/ha mot 16 og 13 kg/ha i hhv Eikeren og Randsfjorden (Tabell 19). Undersøkelsene med ekkolodd indikerte at krøkle var svært dominerende i pelagialen. Arealtettheten av krøkle var noe høyere i 2019 (322 fisk/ha) enn i 2015 (239 fisk/ha). Fiskesamfunnet i Tyrifjorden er relativt komplekst, med 13 registrerte arter. Seks arter ble fanget ved prøvefiske med bunngarn i 2019. Abbor var dominerende art i bunngarnfangstene og sik og mort var vanlige. Røye var vanlig på dypere vann (>15 m), men ble ikke fanget på grunt vann. I tillegg ble det fanget krøkle og ørekyt. På begynnelsen av 1980-tallet utgjorde gjedde en stor andel av fangstene, men ble ikke fanget i 2019. Det er usikkert om dette skyldes en reell nedgang i bestanden eller er et resultat av metodiske forskjeller ved undersøkelsene. Eutrofieringsindeksen WS-FBI ga *svært god* tilstand. NEFI basert på fire arter ga *god* tilstand pga redusert dominans av ørret. Tilstandsklassen er satt ned fra *god* til *moderat* pga forekomst av mort som er en regionalt fremmed høyrisikoart.

Samlet klassifisering ga *moderat* økologisk tilstand (nEQR 0,50), med fisk som utslagsgivende kvalitetselement pga introduksjon av mort (Tabell 28). Vannplanter, småkreps (trofi-indeks) og vannkjemiske eutrofieringsparametere ga *god* tilstand (nEQR hhv 0,63, 0,69 og 0,75), mens planteplankton og hydromorfologiske støtteparametere ga *svært god* tilstand.


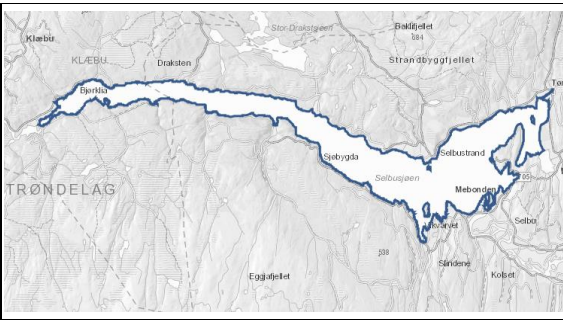
*Konklusjon: Undersøkelsene i 2019 indikerer at Tyrifjorden har moderat økologisk tilstand med fisk som utslagsgivende kvalitetselement, noe som skyldes en regionalt fremmed høyrisikoart (mort). Innsjøen tilfredsstiller derfor ikke miljømålet iht vannforskriften. Vannplanter, småkreps (trofi-indeks) og vannkjemiske eutrofieringsparametere ga god tilstand, mens planteplankton og hydromorfologiske støtteparametere ga svært god tilstand. Klassifiseringen anses å ha middels usikkerhet fordi tilstanden er god eller svært god for de fleste kvalitetselementene og konsistent mellom år, bortsett fra for fisk som hadde bedre tilstand i 2015 enn i 2019.*

Tabell 28. TYRIFJORDEN.

Økologisk tilstand angitt for hvert kvalitetselement og parameter som absoluttverdi, tilstandsklasse, EQR verdi og normalisert EQR verdi, og samlet for hele vannforekomsten nederst i tabellen. Den samlede vurderingen er basert på det verste styrer prinsippet. Indekser og parametere uten farge angir manglende data, parametere som ikke er relevante eller som mangler klassegrenser for den aktuelle vanntypen, eller data som er for usikre til å inkluderes i totalvurderingen. SG = Svært god (blå), G = God (grønn), M = Moderat (gul), D = Dårlig (oransje), SD = Svært dårlig (rød).

Kvalitetselement	Verdi	Klasse	EQR	nEQR
<b>Biologiske kvalitetselementer</b>				
Planteplankton: Klorofyll-a, µg/l	1,33	SG	0,98	0,99
Planteplankton: Totalt volum, mm <sup>3</sup> /l	0,15	SG	0,99	0,88
Planteplankton: Trofisk indeks, PTI	2,18	G	0,87	0,70
Planteplankton: Cyano <sub>max</sub> , mm <sup>3</sup> /l	0,004	SG	1,00	1,00
<b>Totalvurdering planteplankton</b>		SG		<b>0,81</b>
Vannplanter eutrofieringsindeks: Tlc	35,10	G	0,78	0,63
Vannplanter reguleringsindeks: Wlc	18,90	G		0,78
Vannplanter forsøringsindeks: Slc	n.a.			
<b>Totalvurdering vannplanter</b>		G		<b>0,63</b>
Småkreps forsøringsindeks: LACI-2 (kun lav alk)	4,818	SG	2,31	1,00
Småkreps eutrofieringsindeks: CIT	35,37	G	0,61	0,69
<b>Totalvurdering invertebrater</b>		G		<b>0,69</b>
Fisk, NEFI: endring fiskesamfunn (generell)	0,83	G	0,83	0,64
Fisk, WS-FBI: pelagisk fiskeindeks (eutrofiering)	2,9	SG	1,00	1,00
Fisk, %bestandsnedgang (generell)				
<b>Totalvurdering fisk (nedgradert pga fremmede arter)</b>		M		<b>0,50</b>
<b>Totalvurdering biologiske kvalitetselementer</b>		M		<b>0,50</b>
<b>Fysisk-kjemiske kvalitetselementer</b>				
Total fosfor, µg/l	3,5	SG	0,86	0,89
Total nitrogen, µg/l	408	M	0,43	0,59
Siktedyp, m	6,2	G	0,94	0,79
<b>Totalvurdering eutrofieringsparametere</b>		SG		<b>0,84</b>
pH	7,2			
ANC, µekv/l	258			
LAL, µg/l	20			
<b>Totalvurdering forsøringsparametere</b>				
<b>Hydromorfologiske kvalitetselementer</b>				
Reguleringshøyde, m (RH = HRV-LRV)	1	G		0,80
Forholdet mellom reguleringshøyde og siktedyp (RH/2SD)	0,08	SG	1,24	1,00
<b>Totalvurdering hydromorfologiske støtteparametere</b>		SG		<b>0,90</b>
<b>Totalvurdering for vannforekomsten</b>		M		<b>0,50</b>

## 5.10 Selbusjøen

					
Beliggenhet og vanntype		Morfometri og hydrologi*		Arealfordeling (%)*	
Vannforekomst-ID	123-892-1-L	Areal nedbørfelt (km <sup>2</sup> )	2876	Sjø	8
Fylke(r)	Trøndelag	Innsjøareal (km <sup>2</sup> )	57,0	Bre	0
Kommune(r)	Trondheim, Selbu	Maks-dyp (m)	206	Skog	33
Økoregion	Midt-Norge	Middeldyp (m)	70	Dyrket mark	2
Høyde over havet (m)	161	Volum (mill. m <sup>3</sup> )	4034	Myr	13
Kalsium (mg/L)	3,4	Midlere årlig avløp (mill. m <sup>3</sup> )	2817	Snau fjell	37
Farge (mg Pt/L)	19,9	Teoretisk oppholdstid (år)	1,43	Urban	0
Typekode	L105b	Reguleringshøyde (m)	6,3		
Vanntype-beskrivelse	Lavland, kalkfattig, klar, dyp				

\*<http://nevina.nve.no/>

Selbusjøen (vannforekomst-ID: 123-892-1-L) er den største innsjøen i Sør-Trøndelag. Selbusjøen er en del av Nea-Nidelvvasstraumen som tilhører vannregion Trøndelag. Innsjøen har vært regulert helt siden 1919, og har nå en vannstand som varierer mellom 161,3 og 155 m.o.h., med en vinternedtapning på 4,7 m. Nedbørfeltet er dominert av skog og fjell, mens andelen dyrket mark er liten (2 %). Områdene rundt den østlige delen av sjøen er tettest befolket, mens vestover er det bare spredt bebyggelse. Det er en del jordbruksvirksomhet i den sør-østlige delen.

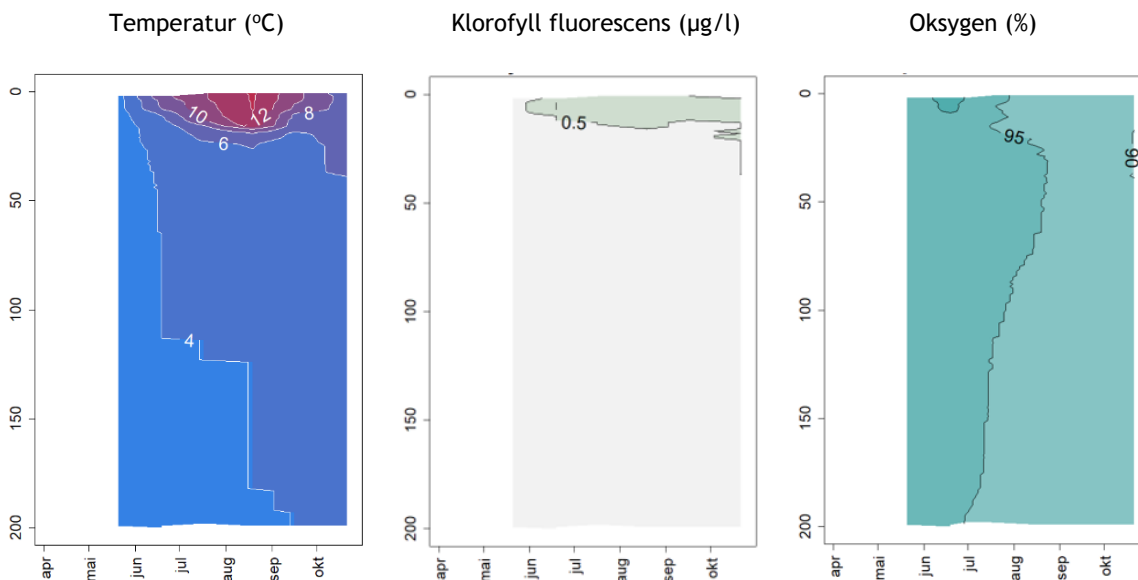
Da Selbusjøen er sterkt modifisert, er dens miljømål *godt* økologisk potensial, og ikke *god* økologisk tilstand. Dette er beskrevet som «forhold som gir et fungerende akvatisk økosystem» (<https://vannnett.no/portal>), men er ikke nærmere konkretisert. Det finnes ikke klassegrenser for økologisk potensial i dagens klassifiseringssystem. Økologisk potensial er derfor som regel definert ut fra hvilke tiltak som kan gjennomføres uten at det går utover samfunnsnyttene av reguleringen, se for øvrig kap. 5.1. Resultatene nedenfor kan derfor ikke oversettes til økologisk potensial, men kan si noe om effekter av reguleringen og evt. andre påvirkninger på økosystemet.

Innsjøen tilhører vanntype 6, NGIG type L-N2b og L-N-M101 for kalkfattige, klare, dype lavlandssjøer. Alle kvalitetselementene er klassifisert ut fra denne vanntypen.

Selbusjøen er undersøkt årlig siden 2016 som en del av ØKOSTOR-programmet, men kun i 2016 ble det gjennomført en full undersøkelse av alle aktuelle kvalitetselementer. Innsjøen har vært gjenstand for flere omfattende undersøkelser siden tidlig på 1970-tallet, men vannplanter har ikke vært undersøkt tidligere (Persson mfl. 2013).

Selbusjøen er i 2019 undersøkt for fysisk-kjemiske støtteparametere, planteplankton og krepdyrplankton. Tilstandsvurderingen er basert på klassifiseringssystemet for økologisk tilstand for fysisk-kjemiske støtteparametere og planteplankton.

Den termiske sjiktningen var relativt velutviklet i Selbusjøen fra midten av juli til starten av september med en ganske tydelig termoklin mellom 10 og 20 m dyp (Figur 27). Maksimumstemperaturen var 14 °C i epilimnion i august, omtrent som i tidligere år i perioden 2016-2018.



Figur 27. Vertikalprofiler av temperatur (venstre), klorofyllfluorescens (midten) og oksygenmetning (høyre) i 0-50 m sjiktet målt på den pelagiske stasjonen over dypeste punkt i Selbusjøen fra mai til oktober 2019.

De vannkjemiske eutrofieringsparameterne ga *god* tilstand med en samlet nEQR på 0,79, dvs *god* nær grensen til *svært god* tilstand. Fosforkonsentrasjonen var relativt lav i 2019 (4,8 µg/l) (Vedlegg C), om enn noe høyere enn i 2016 og 2017, og indikerte *god* tilstand. I 2018 indikerte imidlertid fosforkonsentrasjonen *moderat* tilstand pga enkelte høye verdier på sommeren. Som i tidligere år var nitrogenkonsentrasjonen lav i 2019 (195 µg/l). Siktedypet (5,2-7,5 m med en middelværdi på 6,0 m) er typisk for klare innsjøer med moderat humusinnhold (20 mg Pt/l), og indikerte *svært god* tilstand i 2019 (Figur 3), som i 2016 og 2019, mot *moderat* tilstand i 2017.

De vannkjemiske forsuringsparameterne ga *svært god* tilstand med en samlet nEQR på 0,89. Innholdet av labilt aluminium var lavt gjennom hele sesongen (maks verdi: 10 µg/l). Resultatene fra 2019 var på samme nivå som i årene 2016 - 2018.

Planteplanktonbiomassen målt som klorofyll a lå under referanseverdien for innsjøtypen med middelværdi på 0,8 µg/l. Fluorescens-målingene indikerte også lave verdier (<1 µg/l) gjennom hele sesongen og på alle dyp (Figur 27). Planteplanktonsamfunnet var relativt artsrikt med drøyt 100 registrerte taksa i 2019 (Figur 6). Artssammensetning var dominert av gullalger, som er mikсотrofe og kan klare seg i så næringsfattig miljø ved å beite på fosforrike bakterier, samt kiselalger og svelgflagellater. Det var også innslag av flere andre algegrupper som er vanlige i næringsfattige innsjøer. Den økologiske tilstanden for planteplankton var *svært god* i 2019, som i de tidligere årene med tilsvarende overvåking (2016-2018).

Krepsdyrplanktonet var dominert av cyclopoide hoppekreps. Tettheten av dafnier i dyp grunnere enn 50 m var lav i alle år, noe som muligens kan skyldes predasjon fra røye, men kan også skyldes lav produktivitet i pelagialen. Tidligere undersøkelser i Selbusjøen viser dessuten at introduksjon av

pungreke, *Mysis relicta*, som også ble funnet i perioden 2016-2019 har redusert mengden av krepssdyrplankton, og spesielt mengden av vannlopper som *Bosmina* spp. og *Daphnia* spp. (Langeland mfl. 1991).

Resultatene fra 2019, tilsvarende som i 2017 og 2018, indikerte at Selbusjøen har *god* økologisk tilstand (Tabell 29) mot *dårlig* tilstand i 2016 (Lyche Solheim mfl. 2017). Forskjellene mellom år skyldes at tilstandsklassifiseringen i årene 2017 - 2019 kun er basert på et fåtall kvalitetselementer (planteplankton, fysisk-kjemiske støtteparametere samt hydromorfologiske støtteparametere i 2019), mens den i 2016 var basert også på vannplanter, småkrepss og fisk. Det var fisk som er utslagsgivende for resultatet i 2016. De andre undersøkte kvalitetselementene var enten i *god* eller *svært god* tilstand. I 2019 var det de hydromorfologiske støtteparametere som var utslagsgivende kvalitetselement. Disse parameterne (reguleringshøyde og forholdet mellom reguleringshøyde og siktedyp) indikerte at tilstanden var *dårlig*, men dette gjenspeiles ikke i noen av de øvrige kvalitetselementene undersøkt i 2019. Samlet kan Selbusjøen ikke få dårligere tilstand enn *god* (nEQR=0,70), da de hydromorfologiske støtteparameterne kun kan nedgradere den samlede tilstanden til *god*, jf. prosedyren for samlet klassifisering som beskrevet i kap. 3.5.5 og figur 3.6 i Klassifiseringsveilederen (Veileder 02:2018). Fisk ville sannsynligvis gitt en vesentlig dårligere tilstand for Selbusjøen dersom undersøkelse av fisk hadde inngått i overvåkingen i 2019.

**Konklusjon:** Undersøkelsene i 2019 indikerer at Selbusjøen har *god* økologisk tilstand ut fra vannkjemiske eutrofieringsparametere, samt ut fra reglene for kombinasjon med de hydromorfologiske støtteparameterne, og tilfredsstillende derfor miljømålet iht vannforskriften mht disse kvalitetselementene. Klassifiseringen i 2019 for de utvalgte kvalitetselementene anses å ha middels usikkerhet fordi tilstanden er konsistent med resultater fra 2016, 2017 og 2018 for planteplankton og forsuringsparameterne, mens tilstanden for siktedyp og fosfor varierer noe mellom år. Fiskeundersøkelsene i 2016 indikerte imidlertid *dårlig* økologisk tilstand pga negativ effekt av introduserte arter på fisk, mulig kombinert med langtidseffekter av vannstandsreguleringen. Innsjøens tilstand mht fisk kan ikke vurderes for 2019, men har neppe endret seg mye fra den *dårlige* tilstanden i 2016, fordi de samme påvirkningene som i 2016 fortsatt gjelder. Tilstandsklassifiseringen kan imidlertid ikke relateres til innsjøens miljømål, som er *godt* økologisk potensial. Ifølge Vann-nett har innsjøen moderat økologisk potensial, og tilfredsstillende dermed ikke miljømålet for SMVF-sjøer i vannforskriften.


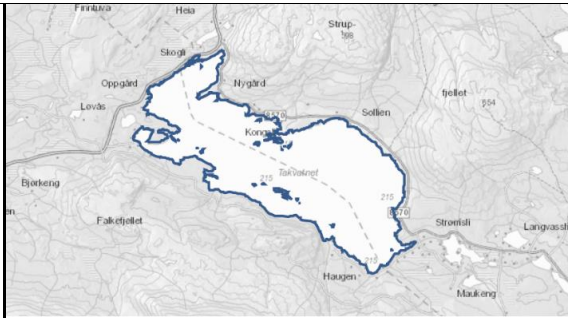
**Tabell 29. SELBUSJØEN**

Økologisk tilstand angitt for hvert kvalitetselement og parameter som absoluttverdi, tilstandsklasse, EQR verdi og normalisert EQR verdi, og samlet for hele vannforekomsten nederst i tabellen. Den samlede vurderingen er basert på det verste styrer prinsippet. Indekser og parametere uten farge angir manglende data, parametere som ikke er relevante eller som mangler klassegrenser for den aktuelle vanntypen, eller data som er for usikre til å inkluderes i totalvurderingen. SG = Svært god (blå), G = God (grønn), M = Moderat (gul), D = Dårlig (oransje), SD = Svært dårlig (rød).

Kvalitetselement	Verdi	Klasse	EQR	nEQR
<b>Biologiske kvalitetselementer</b>				
Planteplankton: Klorofyll-a, µg/l	0,78	SG	1,66	1,00
Planteplankton: Totalt volum, mm <sup>3</sup> /l	0,08	SG	1,01	1,00
Planteplankton: Trofisk indeks, PTI	2,11	G	0,90	0,77
Planteplankton: Cyano <sub>max</sub> , mm <sup>3</sup> /l	0,001	SG	1,00	1,00
<b>Totalvurdering planteplankton</b>		SG		<b>0,89</b>
<b>Totalvurdering biologiske kvalitetselementer</b>		SG		<b>0,89</b>
<b>Fysisk-kjemiske kvalitetselementer</b>				
Total fosfor, µg/l	4,8	G	0,63	0,74
Total nitrogen, µg/l	165	SG	1,06	1,00
Siktedyp, m	6,0	SG	0,96	0,85
<b>Totalvurdering eutrofieringsparametere</b>		G		<b>0,79</b>
pH	7,1	SG	1,01	1,00
ANC, µekv/l	208,0	SG	1,37	1,00
LAL, µg/l	10	G	0,25	0,68
<b>Totalvurdering forsuringsparametere</b>		SG		<b>0,89</b>
<b>Hydromorfologiske kvalitetselementer</b>				
Reguleringshøyde, m (RH = HRV-LRV)	6,3	D		0,30
Forholdet mellom reguleringshøyde og siktedyp (RH/2SD)	0,53	M	0,19	0,46
<b>Totalvurdering hydromorfologiske støtteparametere</b>		D		<b>0,38</b>
<b>Totalvurdering for vannforekomsten (nedgradering pga hydromorfologiske støtte parametere)</b>		G		<b>0,70</b>



## 5.11 Takvatnet

					
Beliggenhet og vanntype		Morfometri og hydrologi*		Arealfordeling (%)*	
Vannforekomst-ID	196-2404-L	Areal nedbørfelt (km <sup>2</sup> )	59	Sjø	27
Fylke(r)	Troms og Finnmark	Innsjøareal (km <sup>2</sup> )	15,0	Bre	0
Kommune(r)	Målselv, Balsfjord	Maks-dyp (m)	75	Skog	42
Økoregion	Finnmark og indre Troms	Middeldyp (m)	25	Dyrket mark	2
Høyde over havet (m)	215	Volum (mill. m <sup>3</sup> )	375	Myr	4
Kalsium (mg/L)	8,7	Midlere årlig avløp (mill. m <sup>3</sup> )	40,6	Snaufjell	18
Farge (mg Pt/L)	5,3	Teoretisk oppholdstid (år)	9,24	Urban	0
Typekode	L207	Reguleringshøyde (m)	0		
Vanntype-beskrivelse	Skog, moderat kalkrik, svært klar, dyp				

\*<http://nevina.nve.no/>

Takvatnet (vannforekomst-ID: 196-2404-L) er en relativt liten innsjø sammenlignet med andre innsjøer som inngår i ØKOSTOR-programmet. Innsjøen ligger i et sidevassdrag til Målselvvassdraget i vannregion Troms og Finnmark. Takvatnet har et lite nedbørfelt, dominert av vann, skog og fjell, mens andelen dyrket mark er svært liten (2 %). Oppholdstiden er lang (ca. 9 år). Humusnivået er svært lavt med en farge på ca. 5 mg Pt/L. Veier og jordbruk ved vannet påvirker tilstanden i liten grad, og det ingen andre kjente påvirkninger til innsjøen. Innsjøen har en bestand av ørret, i tillegg til røye og trepigget stingsild som begge er introdusert.

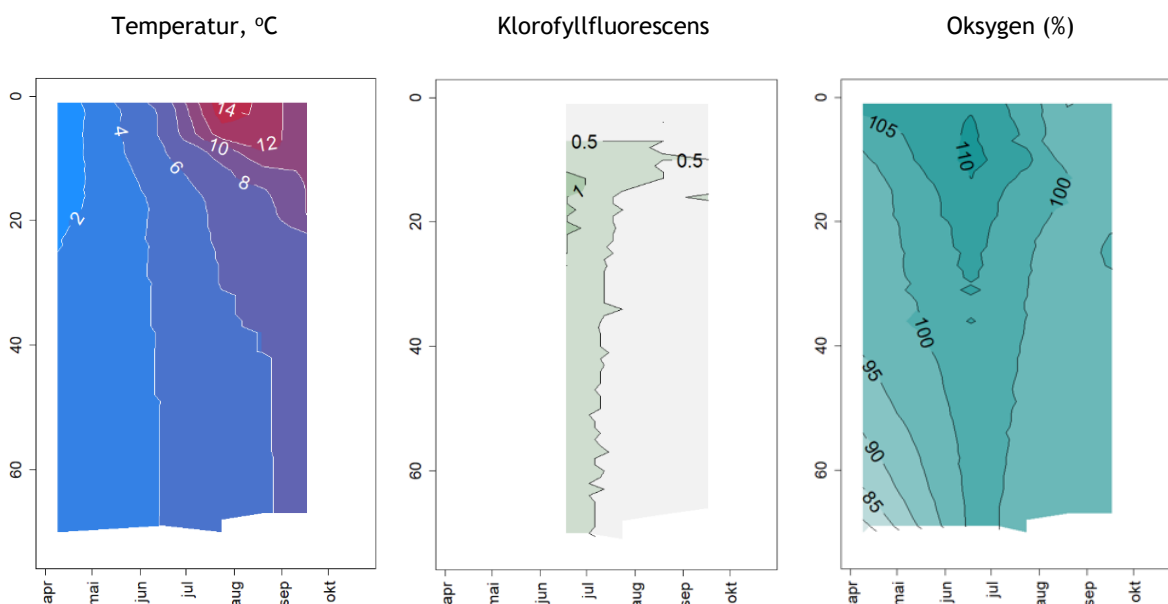
Innsjøen tilhører vanntype L207 og NGIG type L-N-M201 for moderat kalkrike, klare, skogssjøer. Vannplanter er klassifisert ut fra denne vanntypen, mens planteplankton og vannkjemi er klassifisert ut fra en kalkfattig skogssjø (NGIG-L-N5), da det ikke finnes klassegrenser for moderat kalkrike skogssjøer. Beliggenheten i indre Troms med et nedbørfelt totalt dominert av vann, skog og snaufjell tilsier at NGIG L-N5 er en mer representativ vanntype for naturtilstanden for planteplankton og vannkjemi enn vanntypen for moderat kalkrike lavlandssjøer (NGIG L-N1).

Takvatnet ble første gang undersøkt i 2018 som en del av ØKOSTOR-programmet, og da ble det gjennomført full undersøkelse av alle aktuelle kvalitetselementer. Fra Takvatnet finnes limnisk data fra et stort antall undersøkelser og forskningsprosjekter gjennomført av Universitetet i Tromsø (nå Norges Arktiske universitet) og andre i perioden 1984-d.d., men kun et fåtall av disse tilfredsstillende kravene til økologiske tilstandsklassifisering (Persson mfl. 2013).

Takvatnet ble i 2019 undersøkt for fysisk-kjemiske støtteparametere, planteplankton og krepsdyrplankton. Tilstandsvurderingen er basert på klassifiseringssystemet for økologisk tilstand for fysisk-kjemiske støtteparametere og planteplankton.

Temperaturprofilen viser at Takvatnet utviklet en grunn og ganske tydelig termoklin i juli-august med en maksimumstemperatur på ca. 15 °C (Figur 28) som er 2 grader høyere enn i 2018. Det ble

målt overmetning av oksygen (>100 %) i store deler av vannsøylen mesteparten av vekstsesongen, og i juni var det en kraftig overmetning i epilimnion (>110 %). Årsaken til overmetningen i Takvatnet har sammenheng med at primærproduksjonen kan foregå i store deler av vannsøylen pga svært klart vann (siktedyp på 10-15 m, tabell 7), lys hele døgnet og vårsirkulasjon av vannmassene på forsommeren.



Figur 28. Vertikalprofiler av temperatur (venstre) og klorofyllfluorescens ( $\mu\text{g/l}$ , midten) og oksygen-metning (høyre) målt på den pelagiske stasjonen over dypeste punkt i Takvatnet fra april til september 2019.

De vannkjemiske eutfieringsparameterne ga, tilsvarende som i 2018, *svært god* tilstand (nEQR 0,98). Fosforkonsentrasjonen var lav (1,7  $\mu\text{g/l}$ ), og gjenspeiler de næringsfattige forholdene. Nitrogenkonsentrasjonen var også *svært* lav (100  $\mu\text{g/l}$ ), mens siktedypet var høyt (12,1 m).

Takvatnet er uregulert, og begge de hydromorfologiske støtteparameterne (reguleringshøyde og forholdet mellom reguleringshøyde og siktedyp) ga derfor *svært god* tilstand.

Planteplanktonet var typisk for ultraoligotrofe innsjøer med lav biomasse (klorofyll på ca. 1  $\mu\text{g/l}$  og biovolum på 0,1 mg/l). Drøyt 80-90 taksa ble registrert i hhv 2018 og 2019 (Figur 6), noe som er lavere enn de andre moderat kalkrike innsjøene som var med i ØKOSTOR i 2019, men likevel relativt høyt til å være en innsjø med så ekstremt lite fosfor. Artssammensetningen var dominert av gullalger, som er mikсотrofe og kan skaffe seg mer fosfor ved å beite på bakterier. I september ble det registrert dominans av fureflagellater. Takvatnet hadde tilsynelatende en topp i fluorescensen i metalimnion (Figur 28), men dette skyldes trolig kraftig lysinhibisjon i epilimnion fordi vannet var *svært* klart. Samlet ga planteplanktonet *svært god* tilstand for Takvatnet, tilsvarende resultat som i 2018.

Krepsdyrplanktonet var også preget av de næringsfattige forholdene, med lave tettheter og dominans av hoppekreps. Vannloppene, og da særlig dafnier, utgjorde imidlertid en vesentlig større andel i 2019 (<10 %) enn i 2018 (1-2 %). Artssammensetningen tyder på at predasjon fra fisk kan være en betydelig strukturerende faktor for krepsdyrsamfunnet. Takvatnet har da også en stor bestand av trepigget stingsild, som er en effektiv planktonspiser. De lave tetthetene av dyreplankton sammen med lave planteplanktonbiomassen indikerer likevel at næringskjeden primært er styrt av begrenset

fødetilgang («bottom-up» kontroll). Tetthetsmaksimum ble i 2019 registrert i juli-august, mot juni i 2018. Denne forskjellen må ses i sammenheng med at forsommeren var varmere i 2018 sammenlignet med 2019.

Samlet klassifisering ga *svært god* økologisk tilstand (nEQR 0,86) i 2019, med planteplankton som utslagsgivende kvalitetselement (Tabell 30).

**Konklusjon:** Undersøkelsene i 2019 indikerer at Takvatnet har svært god økologisk tilstand ut fra planteplankton, fysisk-kjemiske og hydromorfologiske støtteparametere, og tilfredsstillende derfor miljømålet iht vannforskriften. Klassifiseringen i 2019 for de utvalgte kvalitetselementene anses å ha lav usikkerhet fordi tilstanden er konsistent med resultater fra 2018. Samlet er imidlertid usikkerheten middels, da kun et utvalg av kvalitetselementene ble undersøkt i 2019. Fiskeundersøkelsene i 2018 indikerte god økologisk tilstand pga negativ effekt av introduserte arter på fisk. Fisk ville derfor sannsynligvis redusert tilstanden til god også i 2019.

<b>Tabell 30. TAKVATNET</b>				
<b>Økologisk tilstand angitt for hvert kvalitetselement og parameter som absoluttverdi, tilstandsklasse, EQR verdi og normalisert EQR verdi, og samlet for hele vannforekomsten nederst i tabellen.</b>				
Den samlede vurderingen er basert på det verste styrer prinsippet. Indekser og parametere uten farge angir manglende data, parametere som ikke er relevante eller som mangler klassegrenser for den aktuelle vanntypen, eller data som er for usikre til å inkluderes i totalvurderingen. SG = Svært god (blå), G = God (grønn), M = Moderat (gul), D = Dårlig (oransje), SD = Svært dårlig (rød).				
Kvalitetselement	Verdi	Klasse	EQR	nEQR
<b>Biologiske kvalitetselementer</b>				
Planteplankton: Klorofyll-a, µg/l	0,97	SG	1,35	1,00
Planteplankton: Totalt volum, mm <sup>3</sup> /l	0,10	SG	1,00	1,00
Planteplankton: Trofisk indeks, PTI	2,07	G	0,88	0,72
Planteplankton: Cyano <sub>max</sub> , mm <sup>3</sup> /l	0,002	SG	1,00	1,00
<b>Totalvurdering planteplankton</b>		<b>SG</b>		<b>0,86</b>
<b>Totalvurdering biologiske kvalitetselementer</b>		<b>SG</b>		<b>0,86</b>
<b>Fysisk-kjemiske kvalitetselementer</b>				
Total fosfor, µg/l	1,7	SG	1,76	1,00
Total nitrogen, µg/l	100,0	SG	1,50	1,00
Siktedyp, m	12,1	SG	0,98	0,96
<b>Totalvurdering eutrofieringsparametere</b>		<b>SG</b>		<b>0,98</b>
pH	7,5			
ANC, µekv/l	376,0			
LAL, µg/l	5,0			
<b>Totalvurdering forsuringsparametere</b>				
<b>Hydromorfologiske kvalitetselementer</b>				
Reguleringshøyde, m (RH = HRV-LRV)	0	SG		1,00
Forholdet mellom reguleringshøyde og siktedyp (RH/2SD)	0,00	SG		1,00
<b>Totalvurdering hydromorfologiske støtteparametere</b>		<b>SG</b>		<b>1,00</b>
<b>Totalvurdering for vannforekomsten</b>		<b>SG</b>		<b>0,86</b>

## 5.12 Økologisk tilstand alle innsjøer inkl. usikkerhetsvurderinger

Oversikten over økologisk tilstand i alle innsjøene, samt tilstandsklasse for hvert kvalitetselement pr. innsjø, samt for alle årene innsjøene er undersøkt i basisovervåkingen av store innsjøer, inkl. ØKOSTOR, er vist i Tabell 31. For å kunne sammenligne resultatene i 2019 med tidligere års resultater for de samme innsjøene har vi oppdatert resultatene fra tidligere år (2015-2018) mht tilstandsklasser og nEQR for kvalitetselementer som har fått nye indekser siden 2015. Dette gjelder vannplanter mht indekser for forsurening (Slc) og regulering (Wlc), småkreps mht eutrofiering (CIT) og bunndyr mht ASPT. Småkreps og bunndyr er også slått sammen til ett kvalitetselement kalt invertebrater, da småkreps ikke er noe eget kvalitetselement i vannforskriften. Samlet tilstand for invertebrater er basert på dagens samveiiingsregler, dvs. midling av indekser som gjelder samme påvirkning og deretter det verste styrer for forskjellige påvirkninger. Kun Nisser kunne i 2015 klassifiseres med basis i både forsuringindekser og eutrofieringsindekser for både bunndyr og småkreps. Eutrofieringsindekser for både bunndyr og småkreps er brukt for Eikeren både i 2015 og 2019. For de øvrige innsjøene og årene er klassifiseringen av invertebrater basert på enten bunndyr eller småkreps. For de moderat kalkrike innsjøene er forsuringindeksene for invertebrater ikke brukt. For fisk er tilstanden nedgradert én tilstandsklasse ved forekomst av regionalt fremmede høyrisikoarter. De hydromorfologiske kvalitetselementene er nå inkludert for alle innsjøer og år. Resultatene for de vannkjemiske forsuringparameterne har også blitt oppdatert mht kombinasjonsregler, slik at resultatene for hvert år nå er basert på gjennomsnitt av de tre parameterne pH, ANC og L-Al, og ikke på median som ble brukt i 2015-2017. For Gjende har resultatet for eutrofieringsparameterne blitt korrigert for bidraget fra brepartiklene for 2015-2016, slik at resultatene nå er sammenlignbare med 2017, 2018 og 2019.

Klassifiseringsresultater samlet for alle år er bare gjort for innsjøer med minst tre års data for de pelagiske kvalitetselementene (planteplankton og vannkjemi). For disse kvalitetselementene er den samlede tilstanden for alle år basert på middelveidier av nEQR for hvert enkeltår. For de andre kvalitetselementene (vannplanter, invertebrater og fisk) er samlet klassifisering for alle år også basert på middelveidier av nEQR for hvert enkeltår selv om det i noen tilfeller kun finnes ett år med data. Begrunnelsen for dette er at disse kvalitetselementene endrer seg langsommere enn de pelagiske kvalitetselementene, og at totalresultatet på tvers av kvalitetselementer ellers ville blitt misvisende for innsjø-økosystemene som helhet. Denne tilnærmingen bør drøftes nærmere, da den er beheftet med betydelig usikkerhet og ikke følger klassifiseringsveilederens anbefaling om bruk av minst tre års data for alle kvalitetselementene for å få en pålitelig klassifisering.

Alternativt kunne vi begrenset klassifiseringen på tvers av årene til kun de kvalitetselementene som har minst tre års data. Da ville klassifiseringen av disse kvalitetselementene vært mer pålitelig, men klassifiseringen av innsjøen ville vært mer ufullstendig. En slik alternativ tilnærming ville også medført tilsynelatende endringer i tilstanden fra år til år etter hvert som flere og flere kvalitetselementer får tre års observasjoner. Med nåværende rulleringssyklus på 4 år vil det gå minst 9 år før alle kvalitetselementene har vært igjennom tre runder med overvåking og en helhetlig klassifisering for hele innsjø-økosystemet ville vært mulig. Vi velger derfor å benytte den første tilnærmingen i den samlede klassifiseringen for alle år som beskrevet i avsnittet ovenfor.

**Tabell 31. Samlet økologisk tilstand for de store innsjøene i ØKOSTOR i 2019, samt tidligere års ØKOSTOR-resultater.**

Tallene angir normalisert EQR verdi. Kvalitets-elementet som er avgjørende for klassifiseringen av den enkelte innsjø er uthevet med **fet skrift**. Farger angir tilstandsklassen: SG = Svært god (blå), G = God (grønn), M = Moderat (gul), D = Dårlig (oransje), SD = svært dårlig (rød). Usikkerhetsnivåene er forklart i teksten under tabellen, der 2 er middels og 3 er høy. Kvalitets-elementer som ikke er undersøkt eller ikke er relevante for den aktuelle vann typer er markert med n.a. For Gjende er tilstanden for de vannkjemiske eutrofieringsparameterne korrigert for bidraget fra brepartikler. Tilstand for fisk er nedgradert én klasse i Nisser, Norsjø, Tinnsjø, Randsfjorden, Tyrifjorden og Takvatnet pga. introduserte fiskearter.

Innsjø	Vannforekomst-ID	Norsk type	Typebeskrivelse	år	Planteplankton	Vannplanter	Invertebrater	Fisk	Vannkjemieutrof	Vannkjemiforsuring	Hydro-morfologi	Totalt	Usikkerhet
<b>Sørlandet</b>													
Nisser	019-1267-L	L202d	Skog, svært kalkfattig, klar	2015	0,99	0,54	0,51	0,70	0,72	0,70	0,74	0,51	3
				2019	0,93	0,73	0,71	0,70	0,82	0,71	0,78	0,70	2
Norsjø	016-6-L	L105b	Lavland, kalkfattig, klar, dyp	2015	0,94	0,76	0,97	0,70	0,64	0,84	0,95	0,64	2
				2019	0,89	0,53	0,85	0,50	0,68	0,82	1,00	0,50	2
Tinnsjø	016-2-1-L	L104	Lavland, kalkfattig, svært klar, dyp	2015	1,00	0,61	0,84	0,70	0,82	0,84	0,72	0,61	2
				2019	0,95	0,90	1,00	0,70	1,00	0,84	0,72	0,70	2
<b>Østlandet</b>													
Eikeren	012-542-2-L	L107	Lavland, moderat kalkrik, klar (kalkfattig, klar, dyp for planteplankton, næringssalter og siktedyp)	2015	0,91	0,76	0,796	0,71	0,73	n.a.	0,83	0,71	2
				2019	0,81	0,82	0,77	0,59	0,78	n.a.	0,85	0,59	3
Gjende	002-147-L	L311	Fjell (bresjø), kalkfattig, svært klar, dyp	2015	0,76	n.a.	0,39	n.a.	0,74	0,83	1,00	0,74	3
				2016	0,74	n.a.	1,00	n.a.	0,81	0,84	1,00	0,74	3
				2017	0,73	n.a.	n.a.	n.a.	0,75	0,91	1,00	0,73	3
				2018	0,66	n.a.	n.a.	n.a.	0,80	0,92	1,00	0,66	3
				2019	0,50	n.a.	1,00	0,60	0,78	0,94	1,00	0,50	3
				alle	0,68	n.a.	0,80	0,60	0,78	0,89	1,00	0,60	3
Mjøsa	002-118-1-L	L105b	Lavland, moderat kalkrik, klar (kalkfattig, klar, dyp for planteplankton, næringssalter og siktedyp)	2016	0,71	n.a.	n.a.	n.a.	0,81	n.a.	0,72	0,71	1
				2017	0,70	0,70	0,69	n.a.	0,83	n.a.	0,72	0,69	2
				2018	0,64	n.a.	n.a.	0,87	0,87	n.a.	0,69	0,64	2
				2019	0,64	n.a.	n.a.	n.a.	0,74	n.a.	0,70	0,64	1
				alle	0,67	0,70	0,69	0,87	0,81	n.a.	0,71	0,67	2
Randsfjorden	012-523-L	L107	Lavland, moderat kalkrik, klar (kalkfattig, klar, dyp for planteplankton, næringssalter og siktedyp)	2015	0,75	0,68	0,88	0,70	0,69	n.a.	0,69	0,68	2
				2019	0,83	0,65	0,85	0,50	0,74	n.a.	0,69	0,50	2
Tyrifjorden	012-522-2-L	L107 / L105b	Lavland, moderat kalkrik, klar (kalkfattig, klar, dyp for planteplankton, næringssalter og siktedyp)	2015	0,88	0,74	0,83	0,70	0,64	n.a.	0,90	0,64	2
				2016	0,84	n.a.	0,73	n.a.	0,73	n.a.	0,90	0,73	1
				2019	0,81	0,63	0,69	0,50	0,75	n.a.	0,90	0,50	2
				alle	0,84	0,69	0,75	0,60	0,71	n.a.	0,90	0,60	2

Innsjø	Vannforekomst-ID	Norsk type	Typebeskrivelse	år	Planteplankton	Vannplanter	Invertebrater	Fisk	Vannkjemi eutrof	Vannkjemi forsuring	Hydro-morfologi	Totalt	Usikkerhet
<b>Midt-Norge</b>													
Selbusjøen	123-892-1-L	L105b	Lavland, kalkfattig, klar, dyp (SMVF)	2016	0,88	0,75	0,83	0,27	0,96	0,90	0,401	0,27	2
				2017	0,90	n.a.	n.a.	n.a.	0,70	0,89	0,33	0,70	2
				2018	0,86	n.a.	n.a.	n.a.	0,86	0,90	0,49	0,70	2
				2019	0,89	n.a.	n.a.	n.a.	0,79	0,89	0,38	0,70	2
				alle	0,88	0,75	0,83	0,27	0,83	0,90	0,40	0,27	2
<b>Nord-Norge</b>													
Takvatnet	196-2404-L	L207	Skog, moderat kalkrik, svært klar, dyp	2018	0,87	1,00	1,00	0,70	0,98	n.a.	1,00	0,70	2
				2019	0,86	n.a.	n.a.	n.a.	0,98	n.a.	1,00	0,86	1

Resultatene for 2019 viser at Nisser, Tinnsjø, Mjøsa og Selbusjøen er i *god* økologisk tilstand ut fra de kvalitetselementene som er lagt til grunn, men sistnevnte ble i 2016 klassifisert med *dårlig* tilstand pga effekter av fremmede arter på fisk. Det er sannsynlig at tilstanden for fisk i Selbusjøen ikke er endret etter 2016. Mjøsa hadde betydelige oppblomstringer av cyanobakterier i store deler av strandsonen i juli 2019, noe som avviker fra forholdene på de pelagiske stasjonene langt fra land, og kan være et tegn på lokal eutrofiering. For Norsjø, Eikeren, Gjende, Randsfjorden og Tyrifjorden ble fisk klassifisert med *moderat* økologisk tilstand enten pga forekomst av regionalt fremmede fiskearter som førte til at tilstanden ble nedgradert fra *god* til *moderat* (Norsjø, Randsfjorden og Tyrifjorden) eller pga andre endringer i fiskesamfunnet (Eikeren og Gjende). For Norsjø var også vannplanter i *moderat* tilstand mht trofi-indeksen, og i Gjende var også planteplankton i *moderat* tilstand. Takvatnet var i *svært god* tilstand i 2019 (basert kun på pelagiske kvalitetselementer), men var i *god* tilstand i 2018 pga nedgradering av tilstanden for fisk som følge av regionalt fremmede arter.

Planteplankton er det utslagsgivende kvalitetselementet (laveste nEQR-verdi) i tre av ti innsjøer (Gjende, Mjøsa og Takvatnet), mens fisk var utslagsgivende i seks innsjøer (Nisser, Norsjø, Tinnsjø, Eikeren, Randsfjorden og Tyrifjorden). Vannplanter, invertebrater (småkreps og/eller bunndyr) og vannkjemiske eutrofierings- eller forsuringsparameterne var ikke utslagsgivende i noen av de ti innsjøene i 2019.

I Selbusjøen var de hydromorfologiske kvalitetselementene utslagsgivende for tilstanden i 2019, noe som må forventes i en sterkt modifisert vannforekomst i et år da hverken vannplanter eller fisk ble undersøkt. Resultatene kan ikke tolkes som økologisk potensial, men som et uttrykk for økosystemets respons på de relevante påvirkningene mht til de undersøkte kvalitetselementene.

Usikkerheten i tilstandsvurderingen i 2019 anses som lav for Mjøsa og Takvatnet, middels for seks av innsjøene, og høy for Eikeren og Gjende. Begrunnelsen for usikkerheten er nærmere angitt i de enkelte innsjøkapitlene ovenfor, samt kort oppsummert for hver innsjø i det følgende.

**Nisser** ble klassifisert til *god* økologisk tilstand i 2019 med fisk som utslagsgivende kvalitetselement. Tilstanden for fisk i Nisser er nedgradert fra *svært god* til *god* pga forekomst av én regionalt fremmed høyrisikoart (ørektyt). De øvrige kvalitetselementene fikk enten *svært god* eller *god* tilstand. Artsantallet var lavt for planteplankton og vannplanter pga svært lav alkalitet, som hindrer etablering av bikarbonatkrevende arter. Småkrepsfaunaen var derimot artsrik. Den samlede klassifiseringen anses å ha middels usikkerhet, da tilstanden er *svært god* eller *god* for alle kvalitetselementene, men vesentlig bedre enn i 2015, da innsjøen fikk *moderat* tilstand for både vannplanter og invertebrater pga negative effekter av forsurening. For vannplanter kan forskjellen mellom de to årene være reell og skyldes gjenhenting etter forsureningen. Dette støttes av at forsuringsindeksen for vannplanter har bedret seg fra *moderat* i 2015 til *god*, nær grensen til *svært god*, i 2019, mens eutrofieringsindeksen har gått motsatt vei fra *svært god* til *god* (Figur 14). For invertebrater er tilstanden ikke sammenlignbar mellom de to årene, da bunndyr kun ble undersøkt i 2015, mens småkreps ble undersøkt både i 2015 og 2019.

**Norsjø** ble klassifisert til *moderat* økologisk tilstand i 2019 med fisk som utslagsgivende kvalitetselement. Tilstanden for fisk i Norsjø er nedgradert fra *god* til *moderat* pga forekomst av én regionalt fremmed høyrisikoart (ørektyt). Vannplanter fikk også *moderat* tilstand i 2019 pga eutrofieringseffekter i strandsonen. De øvrige kvalitetselementene viste *svært god* eller *god* tilstand. Artsantallet var høyt for alle de biologiske kvalitetselementene sammenlignet med de øvrige kalkfattige innsjøene og var med på nivå med de moderat kalkrike innsjøene. Dette kan muligens ha sammenheng med at Norsjø har noe høyere alkalitet og produktivitet, samt varmere vann i epilimnion

enn de andre kalkfattige innsjøene. Den samlede klassifiseringen anses å ha middels usikkerhet, da tilstanden spriker fra *svært god* til *moderat* for kvalitetselementer som er følsomme for samme påvirkning, og heller ikke er konsistent mellom år for fisk og vannplanter, som begge fikk *moderat* tilstand i 2019 og *god* tilstand i 2015.

**Tinnsjø** har *god* økologisk tilstand med fisk som utslagsgivende kvalitetselement. Tilstanden for fisk i Tinnsjø er nedgradert fra *svært god* til *god* pga forekomst av én regionalt fremmed høyrisikoart (ørekyt). De hydromorfologiske kvalitetselementene får også *god* tilstand pga en relativt stor reguleringshøyde (4 m). Alle de øvrige kvalitetselementene får *svært god* tilstand i 2019. Artsantallet var lavt for fisk (4 arter) og vannplanter (10 arter), men middels for planteplankton (106 taksa) og småkreps (50 arter) sammenlignet med de andre innsjøene som var med i ØKOSTOR i 2019. Klassifiseringen anses å ha lav usikkerhet da alle kvalitetselementene er i *svært god* eller *god* tilstand og tilsvarende resultater ble funnet i 2015, bortsett fra vannplanter der reguleringsindeksen ga vesentlig dårligere tilstand i 2015 (*god* nær grensen *god/moderat*) sammenlignet med 2019 (*svært god*). Det er uklart hvorfor slike regulerings effekter på vannplanter ikke ble påvist i 2019.

**Eikeren** har *moderat* økologisk tilstand med fisk som utslagsgivende kvalitetselement ut fra endringer i fiskesamfunnet (mer krøkle og mindre sik og ørret), men nEQR-verdien er rett under grensen *god/moderat* (0,59). De øvrige kvalitetselementene er klassifisert som *svært god* tilstand, med unntak av invertebrater som får *god* tilstand (basert på data for både småkreps og bunndyr), men ganske nær grensen *god/svært god* (nEQR 0,77). Det var imidlertid stor forskjell mellom resultatet for litorale småkreps, som ga *moderat* tilstand for eutrofieringsindeksen, og bunndyr, som ga *svært god* tilstand basert på ASPT indeksen. Artsantallet var ikke spesielt høyt for noen av de biologiske kvalitetselementene (med unntak av krepsdyrplankton), sammenlignet med de andre store innsjøene med moderat kalkinnhold. I 2015 ble innsjøen klassifisert til *god* tilstand, da alle kvalitetselementene var enten *svært god* eller *god*. Den gangen ble tilsvarende endringer i fiskesamfunnet (representert ved NEFI-indeksen) klassifisert til *moderat* (nEQR 0,59), altså eksakt det samme som i 2019, men usikkerheten ble vurdert som for stor til å bruke dette resultatet. Klassifisering av tilstanden for fisk i Eikeren i 2015 ble derfor basert kun på den pelagiske eutrofieringsindeksen, som ga *god* tilstand og var utslagsgivende for den samlede klassifiseringen det året. Usikkerheten er vurdert som høy pga forskjeller i metodikk som ligger til grunn for NEFI-indeksen mht vurderingen av redusert relativ forekomst av fiskebestander (sik og ørret) (prøvefiske senhøsten 1977). Dessuten er det stor forskjell på tilstanden for kvalitetselementer/indeks som er følsomme for samme påvirkning, f.eks. *svært god* tilstand for både planteplankton og vannplanter, samt for bunndyr, men *moderat* tilstand for eutrofieringsindeksen for småkreps.

**Gjende** er en bresjø som vi ikke har klassifiseringssystem for, men vha modeller basert på data fra bresjøer i Alaska har både Tot-P og siktedyp blitt korrigert for bidraget fra brepartiklene, slik at resultatene for de vannkjemiske eutrofieringsparameterne, som gir *god* tilstand, blir mindre usikre. Tilstanden for planteplankton, som er klassifisert ut fra klassegrensene for kalkfattige, klare, fjellsjøer, ga imidlertid *moderat* tilstand i 2019, mot *god* tilstand i årene 2015-2018. Tilstanden for fisk er også *moderat*. En mulig årsak kan være økt turbiditet og redusert siktedyp fra nesten 6 m i 2015 til 4 m i 2018 og drøyt 3 m i 2019. Dette skyldes sannsynligvis klimaendringer som gir økt temperatur og dermed økt bresmelting. Forverringen av lysforholdene kombinert med sirkulerende vannmasser og god tilgang på biotilgjengelig ortofosfat favoriserer store kiselalger, som er tilpasset svakt lys. Etter flere år med uttak av bakterieprøver ser det ikke ut til at kloakkutslipp kan forklare den relativt høye ortofosfat-konsentrasjonen, men at denne trolig skyldes gradvis frigjøring fra det utilgjengelige apatitt-fosforet i brepartiklene etter hvert som disse forvitrer/eroderer. Vekstsesongen kan også være forlenget, noe kiselalgebiomassen under isen i april 2019 tyder på. For fisk, som er



visuelle predatorer, vil et dårligere lysklima kunne svekke tilgangen på mat og forklare den observerte bestandsreduksjonen og den dårlige kondisjonen hos ørretbestanden. Totalresultatet for både 2019 og samlet for alle årene blir *moderat*, men anses å ha høy usikkerhet fordi vi bare har ett år med data for fisk, og fordi klassegrensene for planteplankton i bresjøer mangler. Data fra andre bresjøer er nødvendig for å kunne utvikle et mer typetilpasset klassifiseringssystem for planteplankton i bresjøer. Bunndyrindeksene, som kun inngår i tilstandsklassifiseringen i 2015, gir dessuten svært sprikende resultat sammenlignet med småkrepsindeksene som ble benyttet i 2016 og 2019.

**Mjøsa** har *god* eller *svært god* tilstand for alle de undersøkte kvalitetselementene både i 2019 og i årene 2016-2018. Reguleringsindeksen for vannplanter ville gitt *moderat* tilstand (undersøkelser utført i 2017), men denne er ikke brukt i klassifiseringen fordi klassegrensene er veldig forskjellige for moderat kalkrike og kalkfattige innsjøer, og Mjøsa er nær typegrensen. Bruk av klassegrensene for kalkfattige innsjøer ville ha gitt *svært god* tilstand. Den relativt store vinternedtappingen av Mjøsa (3 m), samt de omfattende forbygningene langs strandsonen kan godt ha negative effekter på vannplantene, men klassifiseringssystemet for reguleringsindeksen må drøftes nærmere før den kan brukes med sikkerhet i Mjøsa og andre innsjøer som er nær typegrensen kalkfattig/moderat kalkrik. Fiskesamfunnet indikerer *svært god* tilstand mht effekter av eutrofiering (undersøkelser utført i 2018), men andre fiskeindekser kunne ikke beregnes pga manglende data om referansetilstanden for fisk i Mjøsa. Totalresultatet både for 2019 og samlet for alle årene fra 2016-2019 er angitt med middels usikkerhet fordi vi kun har ett år med data for vannplanter, litorale invertebrater og fisk. Flere av de aktuelle fiskeindeksene kan heller ikke benyttes pga usikkerhet knyttet til klassegrensene eller mangelfull kunnskap om naturtilstanden, noe som også begrunner hvorfor usikkerheten er angitt som middels. Tilstanden for de pelagiske kvalitets-elementene er imidlertid klassifisert med lav usikkerhet, da de stemmer godt overens med de lange tidsseriene som finnes for disse (Lyche Solheim mfl. 2020). Det påpekes at nEQR verdien for planteplankton har blitt redusert fra ca. 0,71 i 2016 og 2017 til 0,64 i 2018 og 2019, og at det var kraftige oppblomstringer av cyanobakterier i strandsonen i Mjøsa i juli 2019. Den mest sannsynlige årsaken til denne forverringen er klimaendringene, som gir varmere vann og trolig større tilførsler av fosfor fra landbruket ved hyppige episoder med styrtregn om sommeren (Lyche Solheim mfl. 2020).

**Randsfjorden** har *moderat* økologisk tilstand med fisk (mørt som introdusert høyrisikoart) som utslagsgivende kvalitetselement. Planteplankton fikk imidlertid *god* tilstand i 2015 og *svært god* i 2019, mens de vannkjemiske eutrofieringsparameterne fikk *god* tilstand begge disse årene. De hydromorfologiske støtteparametere ble også klassifisert til *god* tilstand begge årene. I 2015 var vannplanter utslagsgivende for den samlede tilstanden, og viste tegn på svak eutrofiering i strandsonen begge årene. Det relativt høye humusinnholdet, som gir dårligere lysforhold, kan også gi utslag på trofi-indeksen for vannplanter. Eutrofieringseffekten er dermed usikker. Randsfjorden har høyt artsantall for vannplanter, småkreps og fisk, noe som sannsynligvis skyldes stor habitatdiversitet med det grunne Dokka-deltaet og mer kalkfattig vann i nordenden kombinert med mer kalkrikt og dypt vann i midtre/søndre deler. Klassifiseringen anses å ha middels usikkerhet, da fisk var i *god* tilstand i 2015, men i *moderat* tilstand i 2019, mens de andre kvalitetselementene var i *god* eller *svært god* tilstand begge år.

**Tyrifjorden** har *moderat* økologisk tilstand med fisk (mørt som introdusert høyrisikoart) som utslagsgivende kvalitetselement. De øvrige kvalitetselementene har *god* eller *svært god* tilstand, både i 2019 og samlet for de tre årene innsjøen har vært overvåket i regi av ØKOSTOR. Tyrifjorden har høyt artsantall for alle de biologiske kvalitetselementene, noe som sannsynligvis skyldes stor habitatdiversitet og en kompleks morfometri med flere grunne områder i vest og nord. Vannplanter og småkreps er i *god* tilstand, men viser tegn til svak eutrofiering i strandsonen, noe som underbygges

av de vannkjemiske eutrofieringsparameterne. Planteplanktonet er i *svært god* tilstand, men nEQR-verdien er redusert i perioden 2015-2019 og nærmer seg nå klassegrensen *svært god/god*. Den pelagiske stasjonen er neppe representativ for hele innsjøen, men kun for Holsfjorden. Klassifiseringen anses å ha middels usikkerhet fordi tilstanden for fisk var *god* i 2015, men *moderat* i 2019, og de pelagiske kvalitetselementene er neppe representative for hele innsjøen. Tilstanden for de fleste kvalitetselementene er *god* eller *svært god* og konsistent mellom år.

**Selbusjøen** har *svært god* eller *god* tilstand for de pelagiske kvalitetselementene som har vært overvåket hvert år siden 2016, mens de hydromorfologiske støtteparameterne svinger mellom *moderat* og *dårlig* tilstand fra år til år. Det er de hydromorfologiske støtteparameterne som er utslagsgivende for totalresultatet (nedgraderer tilstanden fra *svært god* til *god*) i årene 2017-2019. Ved overvåkingen i 2016, der også fisk ble undersøkt, fikk imidlertid innsjøen *dårlig* tilstand fordi fiskesamfunnet er negativt påvirket av utsetting av fremmede arter på 1970-tallet, samt trolig også pga langtidseffekter av reguleringen. Klassifisering av de pelagiske kvalitetselementene anses å ha middels usikkerhet fordi tilstanden for planteplankton og vannkjemiske forsuringsparametere var i *svært god* tilstand alle årene, mens vannkjemiske eutrofieringsparametere har variert mellom *god* og *svært god*. Tilstanden i 2019 anses imidlertid ikke å være representativ for innsjøen fordi fisk, som i 2016 indikerte at tilstanden var *dårlig*, ikke ble undersøkt i 2019. Vurdering av resultatene for de fire årene samlet gir *dårlig* tilstand pga fisk. Tilstandsklassifiseringen kan imidlertid ikke relateres til innsjøens miljømål, som er *godt* økologisk potensial. Ifølge Vann-nett har innsjøen *moderat* økologisk potensial og tilfredsstillende dermed ikke miljømålet for SMVF-sjøer i vannforskriften.

**Takvatnet** har *svært god* tilstand for alle de undersøkte kvalitetselementene i 2019 (planteplankton, vannkjemiske eutrofieringsparametere og hydromorfologiske støtteparametere). Tilstanden i 2018, da også småkrepser, vannplanter og fisk ble undersøkt, ble nedgradert fra *svært god* til *god* pga forekomst av regionalt fremmede fiskearter. Krepserdyrplankton er også undersøkt i 2019, men ikke klassifisert, da den nye eutrofieringsindeksen, CIT, krever data på litorale krepserdyr, som ikke ble undersøkt i 2019. Klassifisering av de pelagiske kvalitetselementene anses å ha middels usikkerhet fordi tilstanden for planteplankton og vannkjemiske eutrofieringsparametere var i *svært god* tilstand begge årene, men anses imidlertid ikke å være representativ for innsjøen fordi fisk, som i 2018 indikerte at tilstanden var *god*, ikke ble undersøkt i 2019. Da resultatet for fisk i 2018 skyldes nedgradering fra *svært god* til *god* pga forekomst av trepigget stingsild og røye som er regionalt fremmede arter, er det overveiende sannsynlig at dette også ville blitt resultatet dersom fisk hadde blitt undersøkt i 2019. Vurdering av resultatene for de to årene samlet gir *god* tilstand pga fisk.

## 6. Referanser

- Arnekleiv, J.V., Koksvik, J. & Koksvik J.I. 2004. Økologisk tilstandsrapport for Snåsavatnet år 2000 med vekt på plankton, mysis og fisk. - NTNU Vitenskapsmuseet Rapp. Zool. Ser. 2004, 1:1-49.
- Arnekleiv, J.V., Koksvik, J., Rønning, L. & Kjærstad, G. 2006. Tiltaksrettet fiskebiologisk undersøkelse i Selbusjøen og Nea 2001-2005. - NTNU Vitenskapsmuseet Rapp. Zool. Ser. 2006, 2: 1- 83.
- Artsdatabanken. 2020. Fremmede arter i Norge - med økologisk risiko 2018. Trondheim: Artsdatabanken.
- Bakken, T. H., Forseth, T. og Harby, A. (red.). 2016. Miljøvirkninger av effektkjøring: Kunnskapsstatus og råd til forvaltning og industri. - NINA Temahefte 62. 205 s.

- Berge, D. (red.) 1983. Tyrifjordundersøkelsen 1978-1981. Sammenfattende sluttrapport. Tyrifjordutvalget.
- Bledzki, L.A. & Rybak, J.I. 2016. Freshwater Crustacean Zooplankton of Europe: Cladocera & Copepoda (Calanoida, Cyclopoida) Key to species identification, with notes on ecology, distribution, methods and introduction to data analysis. Springer.
- Borgstrøm, R. 1974. Oppsamlings-skjønn for Norsjø m. v. Ovenforliggende regulerings virkning på fiskebestander og utøvelsen av fisket. Redegjørelse etter oppdrag fra Vest-Telemark herredsrett. Rapport nr. 21, Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske, UiO.
- Borgstrøm, R. 1976. Skjønn Nisser og Fyresvatn. Ovenforliggende regulerings virkning på fisket i Nisser, Borstadvatn og Fyresvatn/Drang. Rapport nr. 27, Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske, UiO.
- Brabrand, Å., Faafeng, B.A., Nilssen, J.P.M., 1990. Relative Importance of Phosphorus Supply to Phytoplankton Production: Fish Excretion versus External Loading. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 1990, 47(2): 364-372, <https://doi.org/10.1139/f90-038>
- Brabrand, Å. 1994. Tetthet, biomasse og størrelsesfordeling av pelagisk fiskebestand i Tinnsjøen, Telemark, beregnet med hydroakustikk. Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske, Universitetet i Oslo, Oslo.
- Brett, M.T., Benjamin, M.M., 2008. A review and reassessment of lake phosphorus retention and the nutrient loading concept. - *Freshw. Biol.* 53:194-211.
- Cardoso, A.C., Solimini, A., Premazzi, G., Carvalho, L., Lyche Solheim, A. and Rekolainen, S., 2007. Phosphorus reference concentrations in European lakes. - *Hydrobiologia* 584: 3-12.
- Edmundson, J.A., Koenings, J.P., 1986. The effects of glacial silt on primary production through altered light regimes and phosphorus levels in Alaska lakes. FRED Report 68, Alaska Department of Fish and Game, Division of Fisheries Rehabilitation, Enhancement and Development (FRED): 25 s.
- European Commission, 2000. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and the Council of 23rd October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy (Official Journal L 327, 22/12/2000 p. 1-72), ([https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:5c835afb-2ec6-4577-bdf8-756d3d694eeb.0004.02/DOC\\_1ogformat=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:5c835afb-2ec6-4577-bdf8-756d3d694eeb.0004.02/DOC_1ogformat=PDF)).
- Faafeng, B., Brettum, P. og Hessen, D.O. 1990. Landsomfattende undersøkelse av trofitalstanden i 355 innsjøer i Norge. NIVA-rapport 2355, 57 sider, ISBN 82-577-1638-3.
- Gjelland, K.Ø., Sandlund, O.T., Andersen, O., Bremset, G., Bækkelie, K.A.E., Davidsen, J.G., Eloranta, A., Pettersen, O., Rønning, L., Rustadbakken, A., Saksgård, L., Saksgård, R. & Sjursen, A.D. 2017. Metodeutvikling: overvåking av fisk i store innsjøer (FIST) i 2016. NINA Rapport 1573. Norsk institutt for naturforskning.
- Gjelland, K.Ø., Sandlund, O.T., Postler, C., Bækkelie, K.A., Eloranta, A., Pettersen, O., Solberg, I. & Saksgård, R. 2018. Overvåking av fisk i store innsjøer (FIST) i 2017. NINA Rapport 1644. Norsk institutt for naturforskning.
- Gjelland, K.Ø., Bækkelie, K.A., Brabrand, Å., Kristoffersen, R., Svenning, M-A., Eloranta, A., Pettersen, O., Saksgård, R., Solberg, I. & Sandlund, O.T. 2020. Overvåking av fisk i store innsjøer - FIST 2018. NINA Rapport 1749. Norsk institutt for naturforskning.
- Gjelland, K.Ø., Rustadbakken, A., Haugen, T.O. & Sandlund, O.T. 2013. Forsøk med trål og ekkolodd i Mjøsa, 2012 - NINA Rapport 927. 27 s. + vedlegg

- Halvorsen, G., Storeid, S.-E. & Walseng, B. 1996. Dokka-deltaet - ferskvannsbiologiske konsekvenser av utbyggingen i Dokkavassdraget. NINA oppdragsmelding 437: 1-101.
- Hellsten, S. 2001. Effects of lake water level regulation on aquatic macrophytes stands and options to predict these impacts under different conditions. *Acta Botanica Fennica* 171: 47 pp.
- Henrikson, L., A. Hindar, and I. Abrahamsson. 2005. Restoring acidified lakes: an overview. In *The Lakes Handbook, Volume 2 Lake Restoration and Rehabilitation*, ed. P.E. O'Sullivan and C.S.Reynolds, 560 pp. Blackwell Publishing.
- Hesthagen, T. & Sandlund, O.T. 2012. Gjedde, sørv og suter: status, vektorer og tiltak mot uønsket spredning NINA report. Norwegian Institute for Nature Research.
- Hesthagen, T. & Sandlund, O.T. 2016. Spredning av ferskvannsfisk i Norge. En fylkesvis oversikt og nye registreringer i 2015. NINA Rapport 1205. 54 s.
- Hindar, A., 1989. Prosjektering av kalkingstiltak i Nisser og Arendalsvassdraget. NIVA-rapport 2340: 30 s.
- Hobæk, A. og Raddum, G.G. 1980. Zooplankton communities in acidified regions of South Norway. SNSF-prosjektet IR 75/80, 132 s.
- Huitfeldt-Kaas, H. 1906. Planktonundersøgelser i norske vande. Christiania, Nationaltrykkeriet.
- Jensen, T.C., Dimante-Deimantovica, I., Schartau, A.K. og Walseng, B. 2013. Cladocerans respond to differences in trophic state in deeper nutrient poor lakes from Southern Norway. - *Hydrobiologia* 715: 101-112. <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-012-1413-5>.
- Karabin, A. 1985. Pelagic zooplankton (Rotatoria+Crustacea) variation in the process of lake eutrophication. I. Structural and quantitative features. - *Ekol. Pol.*, 33, 4: 567-616.
- Kildemo, K. 1982. Livssyklus, vertikalfordeling og døgnmigrasjon hos krepsdyrplanktonet i en nordnorsk innsjø (Takvatnet. Hovedoppgave (cand. scient.) i akvatisk biologi ved Universitetet i Tromsø høsten 1982. 122 sider.
- Koenings, J.P., Edmundson, J.A. 1991. Secchi disk and photometer estimates of light regimes in Alaskan lakes: Effects of yellow color and turbidity. - *Limnol. Oceanogr.* 36: 91-105.
- Langeland, A. 1981. Decreased zooplankton density in two Norwegian lakes caused by predation of recently introduced *Mysis relicta*. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 21: 926-937.
- Langeland, A., Koksvik, J.I. og Nydal, J. 1986. Reguleringer og utsettinger av *Mysis relicta* i Selbusjøen - virkninger på zooplankton og fisk. - *K. Norske Vidensk. Selsk. Mus. Rapport Zool. Ser.* 1986, 2: 1-72.
- Langeland, A., Koksvik, J.I. og Nydal, J. 1991. Impact of the introduction of *Mysis relicta* on the zooplankton and fish populations in a Norwegian lake. - *American Fisheries Society Symposium* 9: 98-114.
- Lunder, K., Enerud, J. & Fiskerikonsulentene i Ø.-N. 1979. Fiskeribiologiske undersøkelser i Tinnsjøen: Tinn og Notodden kommuner, Telemark fylke 1976-78. Fiskerikonsulentene i Øst-Norge, Oslo.
- Lyche A. 1990. Cluster Analysis of plankton community structure in 21 lakes along a gradient of trophy. - *Verh. int. Ver. Limnol.* 24: 586-591
- Lyche Solheim, A. 1995. Impact of pelagic food web structure on carbon and phosphorus turnover in lakes with special emphasis on the role of large grazers. Dr. philos. avhandling, Biologisk institutt, Universitet i Oslo.
- Lyche Solheim, A., Phillips, G., Drakare, S., Free, G., Järvinen, M., Skjelbred, B., Tierney, D., Trodd, W. 2014. Water Framework Directive Intercalibration Technical Report. Northern Lake

- Phytoplankton ecological assessment methods. 01/2014; Report EUR 26503 EN, doi:10.2788/70684. Publisher: Luxembourg: Publications Office of the European Union, Editor: Sandra Poikane, ISBN 978-92-79-35455-7.
- Lyche Solheim, A., Schartau, A.K., Bongard, T., Bækkelie, K.A.E., Edvardsen H., Fosholt Moe, T., Jensen, T.C., Mjelde, M., Persson, J., Sandlund, O.T., Skjelbred, B., Walseng, B. 2017. ØKOSTOR: Økosystemovervåking av store innsjøer 2016. Utprøving av metodikk for overvåking og klassifisering av økologisk tilstand iht vannforskriften. Surveillance monitoring of large lakes 2016. Testing of methodology for monitoring and classification of ecological status according to the WFD. Miljødirektoratet-rapport 815/2017, NIVA-rapport 7182: 197 s.
- Lyche Solheim, A., Schartau, A.K., Bongard, T., Bækkelie, K.A.E., Edvardsen H., Jensen, T.C., Mjelde, M., Persson, J., Rustadbakken, A., Sandlund, O.T., Skjelbred, B., 2016. ØKOSTOR: Økosystemovervåking av store innsjøer 2015. Utprøving av metodikk for overvåking og klassifisering av økologisk tilstand iht vannforskriften. Surveillance monitoring of large lakes 2015. Testing of methodology for monitoring and classification of ecological status according to the WFD. Miljødirektoratet-rapport 587/2016, NIVA-rapport 7070: 151 s.
- Lyche Solheim, A., Schartau, A.K., Bongard, T., Bækkelie, K.A.E., Dokk, J.G., Edvardsen H., Fosholt Moe, T., Gjelland, K.Ø., Hobæk, A., Håvardstun, J., Jensen, T.C., Mjelde, M., Persson, J., Sandlund, O.T., Skjelbred, B., Walseng, B. 2018. ØKOSTOR 2017: Økosystemovervåking av store innsjøer 2016. Utprøving av metodikk for overvåking og klassifisering av økologisk tilstand iht vannforskriften. Surveillance monitoring of large lakes 2016. Testing of methodology for monitoring and classification of ecological status according to the WFD. Miljødirektoratet-rapport 1086/2018, NIVA-rapport 7287: 193 s.
- Lyche Solheim, A., Schartau, A.K., Bongard, T., Bækkelie, K.A.E., Dahl-Hansen, G., Demars, B., Dokk, J.G., Hammenstig, D., Jensen, T.C., Mjelde, M., Persson, J., Sandlund, O.T., Skjelbred, B., Solhaug Jenssen, M.T., Walseng, B., 2019. ØKOSTOR 2018. Basisovervåking av store innsjøer. Utprøving av metodikk for overvåking og klassifisering av økologisk tilstand i henhold til vannforskriften. Surveillance monitoring of large lakes 2018. Testing of methodology for monitoring and classification of ecological status according to the WFD. Miljødirektoratet rapport nr. M-1464, NIVA rapport 7414-2019: 178 s.
- Lyche Solheim, A., Thrane, J.E., Skjelbred, B., Økelsrud, A., Håll, J., Røst Kile, M., 2020. Tiltaksorientert overvåking i vannområde Mjøsa 2019. Årsrapport for 2019. NIVA-rapport 7491-2019: 151 s.
- Lydersen, E., Andersen, T., Brettum, P., Bækken, T., Lien, L., Lindstrøm, E-A., Mjelde, M., Oredalen, T.J., Lyche Solheim, A., Rørslett, B. 2001. Limnologiske undersøkelser i Breisjøen og Store Gryta, 1998/1999. Bakgrunnsrapport Thermosprosjektet. NIVA-rapport lnr. 4307.
- Løvik J. E. og Skjelbred B. 2013. Overvåking av innsjøer i Sjoavassdraget og Vinstravassdraget 2013. NIVA-rapport 6601-2013, 36 s.
- Løvstad, Ø. og Lucassen, H. 2020. Vassdragsovervåking i Randsfjorden og sidevassdrag 2019. Langsiktig utvikling i vannkvalitet. Limnoconsult rapport: 34 s.
- Middelboe, A.L. og Markager, S. 1997. Depth limits and minimum light requirements of freshwater macrophytes. - *Freshwater Biology* 37: 553-568.
- Mjelde, M. 1997. Virkninger av forurensning på biologisk mangfold: Vann og vassdrag i by- og tettstedsnære områder. Vannvegetasjon i innsjøer - effekter av eutrofiering. En kunnskapsstatus. - NIVA-rapport lnr. 3755-97.
- Mjelde, M., Hellsten, S., Ecke, F. 2013. Water level drawdown index for aquatic macrophytes in Nordic lakes. - *Hydrobiologia* 704: 141-151.

- OECD, 1982. Eutrophication of waters: monitoring, assessment and control. Paris: Organisation of Economic Co-operation and Development (OECD).
- Persson, J., Lyche Solheim, A., Schartau, A.K., Sandlund, O.T., Walseng, B., 2013. Store innsjøer i Norge: Kan eksisterende data brukes til klassifisering av økologisk og kjemisk tilstand iht vannforskriften? - NIVA rapport 6605-2013: 47 s.
- Qvenild, T. 1979. Fiskeribiologiske undersøkelser i Eikeren. Årsrapport 1978. DVF - Fiskerikonsulentene i Øst-Norge
- Roelofs, J.G.M. 1983. Impact of acidification and eutrophication on macrophyte communities in soft waters in the Netherlands. I. Field observations. - Aquatic Botany 17: 139-155.
- Rørslett, B. 1991. Principal determinants of aquatic macrophyte richness in northern European lakes. - Aquatic Botany 39: 173-193.
- Rørslett, B., Brettum, P. 1989. The genus *Isoetes* in Scandinavia: an ecological review and perspectives. - Aquatic Botany 35: 223-261.
- Rørslett, B., Johansen, S.W. 1994. Dynamic response of the submerged macrophyte, *Isoetes lacustris*, to alternating light levels under field conditions - Aquatic Botany 51 (1995) 223-242.
- Sandlund, O.T. (red.), Brabrand, Å., Gjelland, K.Ø., Høitomt, L.E., Linløkken, A.N., Olstad, K., Pettersen, O. og Rustadbakken, A. 2016. Overvåking av fiskebestander i store innsjøer. Metodeutprøving og anbefalinger. - NINA Rapport 1274, 64 s. + vedlegg
- Sandlund, O.T., Næsje, T.F., Klyve, L. & Lindem, T. 1985. The vertical distribution of fish species in Lake Mjøsa, Norway, as shown by gill net catches and echo sounder. - Rep. Inst. Freshwat. Res. Drottningholm 62: 136 149.
- Sars, G.O. 1918. An account of the Crustacea of Norway. VI Copepoda, Cyclopoida. - Bergen, 225 s.
- Schartau, A.K., Fjellheim, A., Garmo, Ø., Halvorsen, G.A., Hesthagen, T., Saksgård, R., Skancke, L.B., Walseng, B., 2016. Effekter av langtransporterte forurensinger - overvåking av innsjøer 2012-2014. Forsuringstilstand og trender. - Miljødirektoratet rapport M-503 | 2016, 182 s.
- Schindler, D., Carpenter, S.R., Chapra, S.C., Hecky, R.E., Orihel, D.M. 2016. Reducing phosphorus to curb lake eutrophication is a success. - Environ. Sci. Technol. 2016, 50: 8923-8929.
- Spikkeland I., Domen D., Haga A. og D. Krogstad 2020a. Biologisk mangfold i Stikletjern, Marker. Østfoldmuseene avdeling Haldensvassdraget. Ørje. Rapport 3/2019: 28 sider.
- Spikkeland I., Domen D., og A. Haga 2020b. Müller - Sars. Biologisk stasjon Ørje. Rapport 2020: 28 sider.
- Stomp, M., Huisman, J., Mittelback, G.G., Litchman, E., Klausmeier, C.A., 2011. Large-scale biodiversity patterns in freshwater phytoplankton. Ecology. 92: 2096-2107. <https://doi.org/10.1890/10-1023.1>
- Straile, D. og Geller, W. 1998: Crustacean zooplankton in Lake Constance from 1920 to 1995: Response to eutrophication and re-oligotrophication. - Advances in Limnology. 53: 255-274.
- Terborgh, J.W. 2015. Toward a trophic theory of species diversity. PNAS 112: 11415-11422.
- Vannforskriften 2006. Forskrift om rammer for vannforvaltningen. Revidert 2010. Miljøverndepartementet. <http://www.lovdatab.no/cgi-wift/1dles?doc=/sf/sf/sf-20061215-1446.html>
- Veileder 02:2018. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Norsk klassifiseringssystem iht vannforskriften. Direktoratgruppen Vanndirektivet. Revidert 2018.

- Walseng, B. og Schartau, A.K.L. 2001. Crustacean communities in Canada and Norway: comparison of species along a pH gradient. - *Water Air Soil Pollut.* 130: 1319-1324.
- Økland, J. og Økland, K.A. 1996. Vann og vassdrag. 2. Økologi. Vett og Viten AS: 309 s.
- Østbye, K., Hassve, M.H., Tamayo, A.-M.P., Hagenlund, M., Vogler, T. & Præbel, K. 2020. "And if you gaze long into an abyss, the abyss gazes also into thee": four morphs of Arctic charr adapting to a depth gradient in Lake Tinnsjøen. - *Evolutionary Applications.* ISSN 1752-4571. 13(6), s 1240-1261 . doi: 10.1111/eva.12983.

# Vedlegg A. Dybdekart

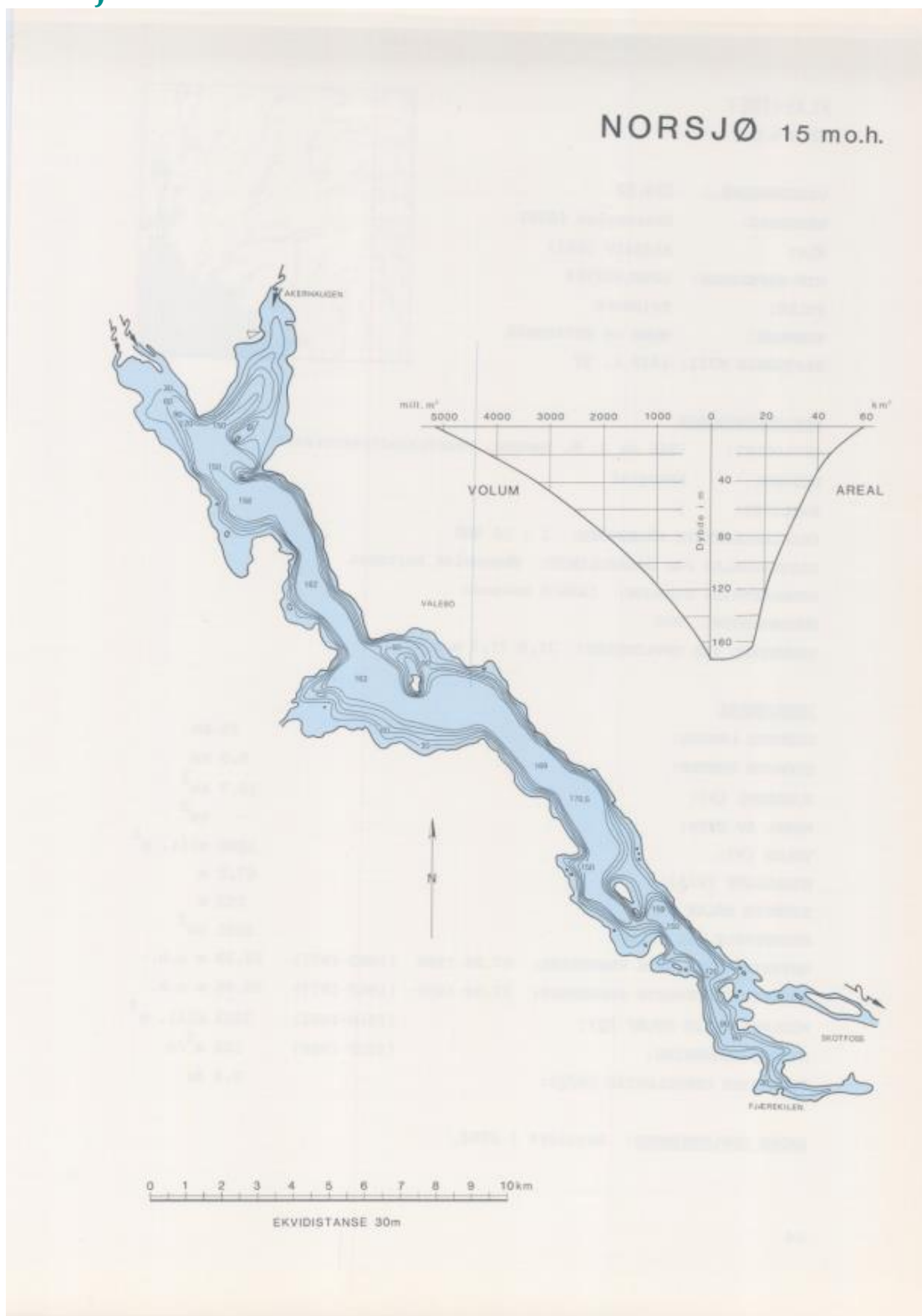
Dybdekart er hentet fra NVE



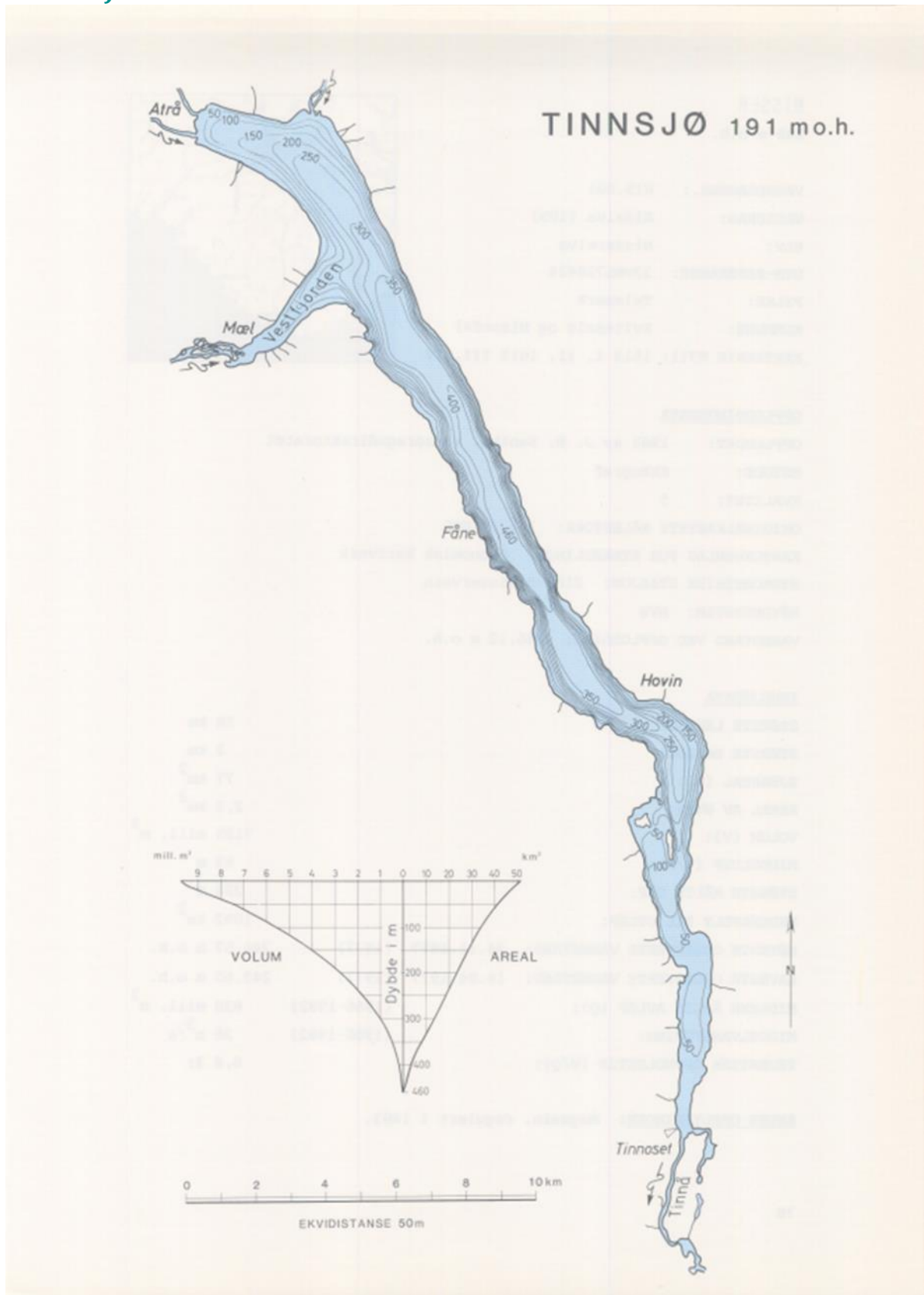
# Nisser



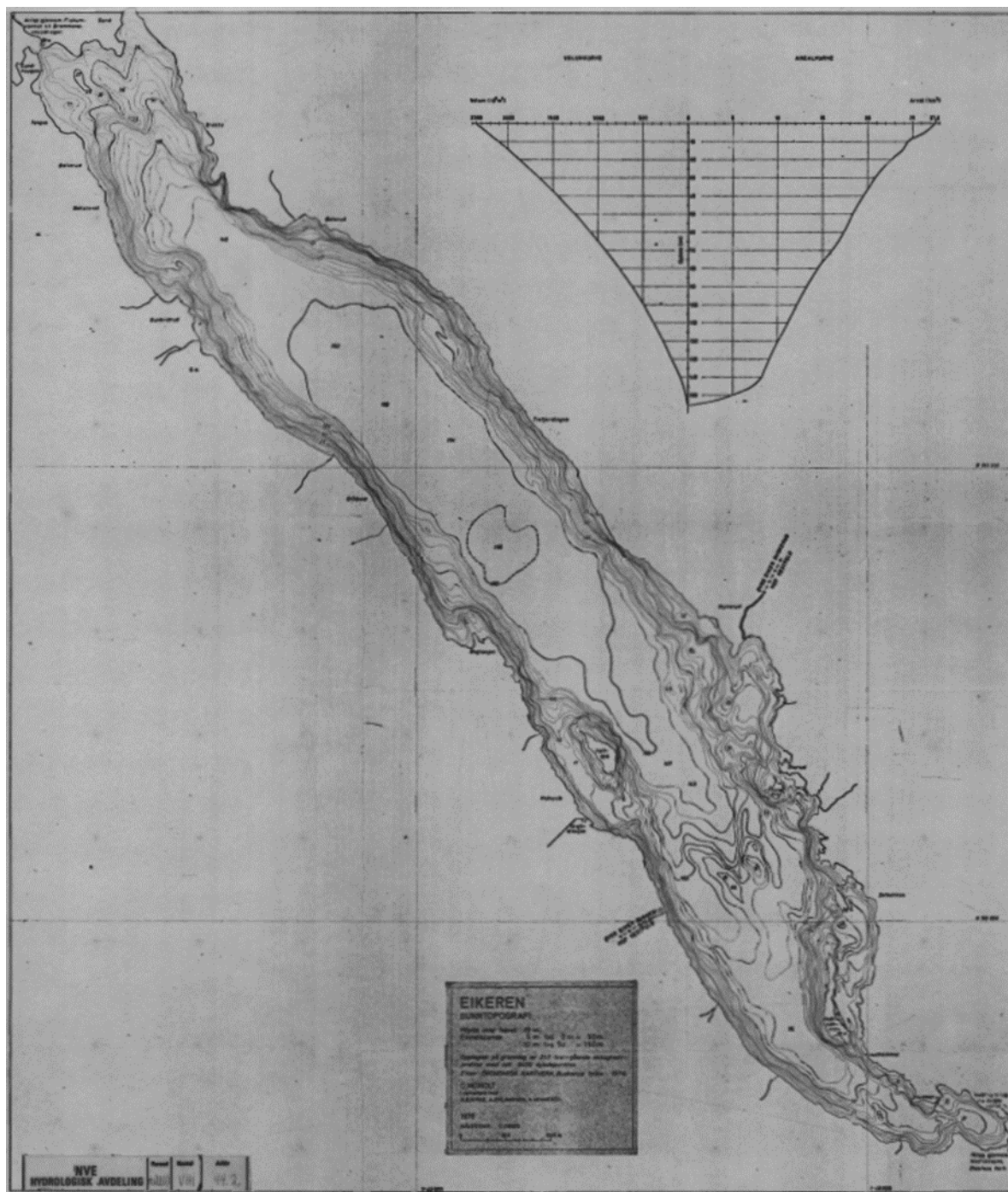
# Norsjø



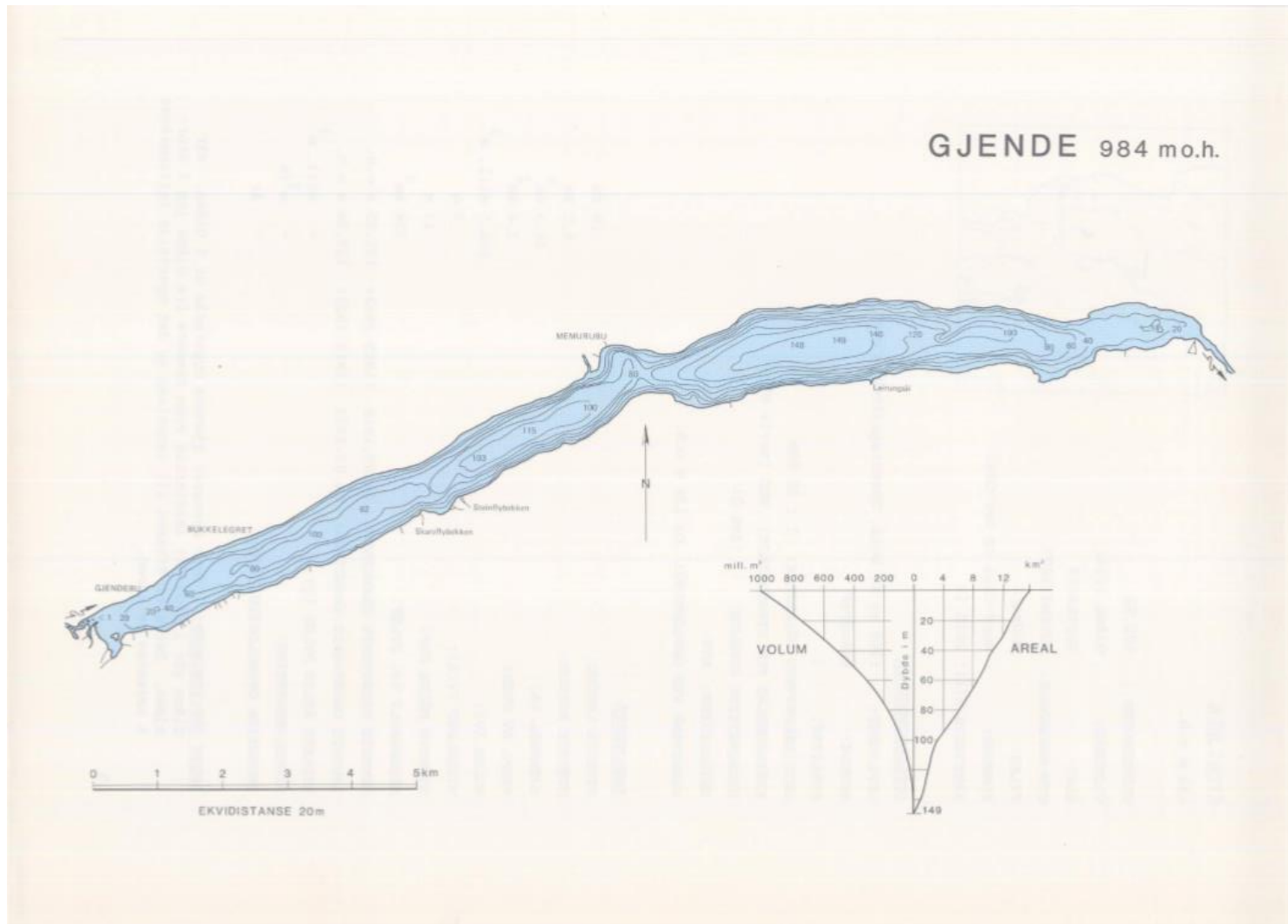
# Tinnsjø



# Eikeren



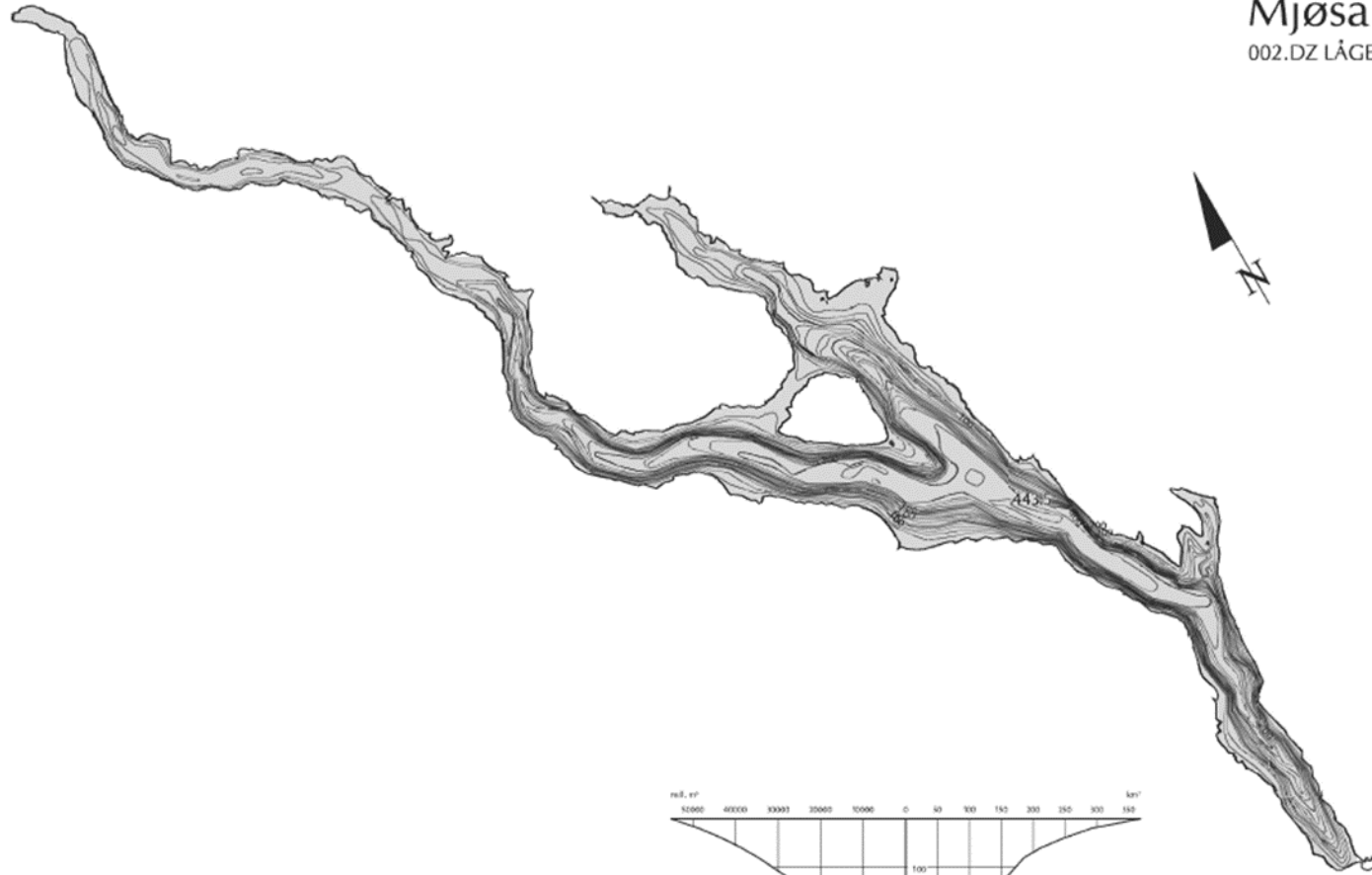
# Gjende



# Mjøsa

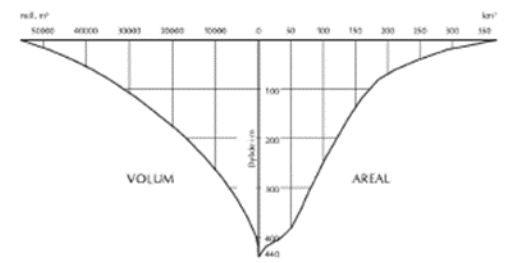


Mjøsa  
002.DZ LÅGEN



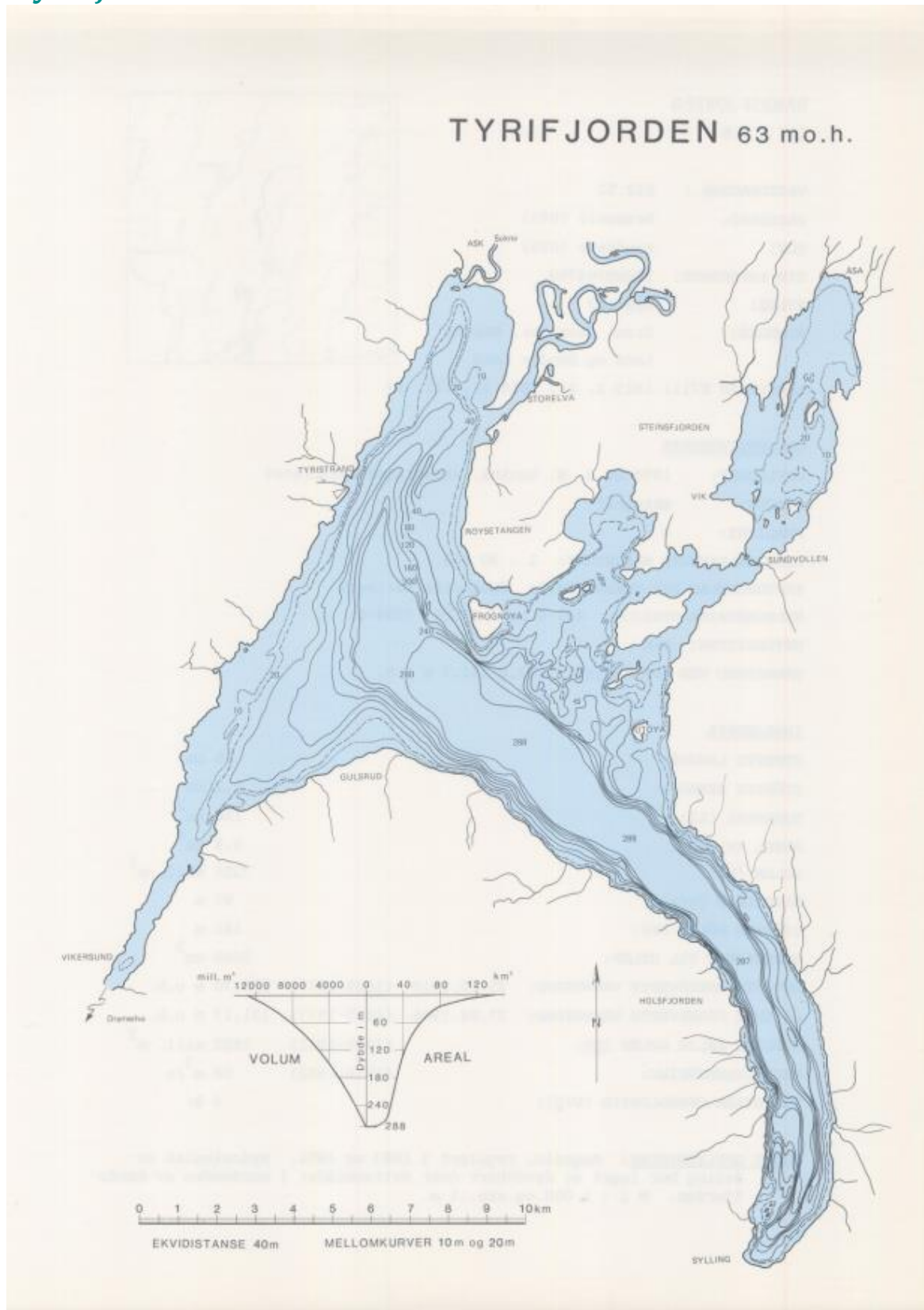
0 10 km  
Målestokk: 1:250000  
(Kartformat A3)

Vannstand fra N250-kart: 123 moh.  
Oppmålt i 1900  
Ekvidistanse 20 m





# Tyrifjorden

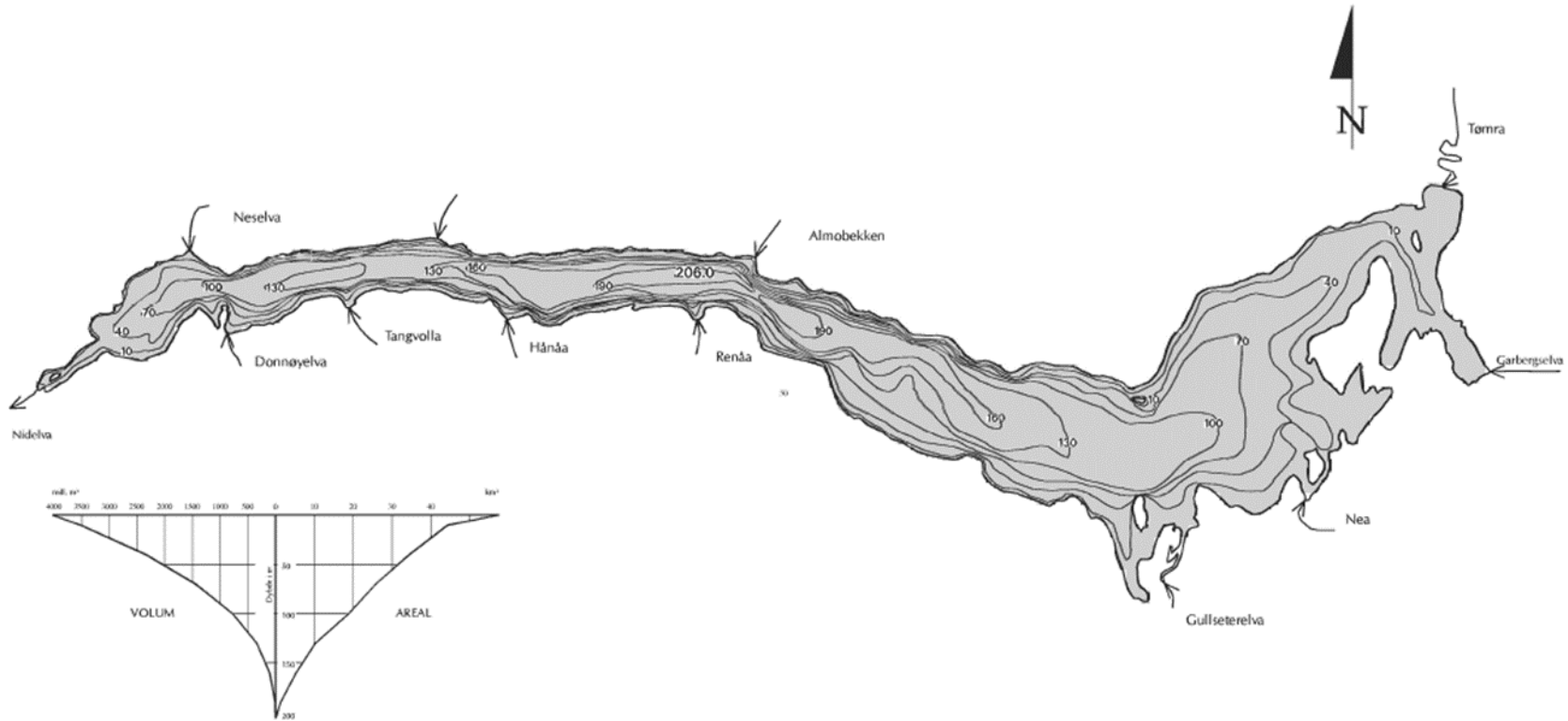




# Selbusjøen



## Selbusjøen 123.Z NIDELVASSDRAGET



Målestokk: 1:82000  
(Kartformat A3)

Vannstand ved opplodding: 161 m.o.h.  
Oppmålt i 1960  
Ekvidistanse 30 m

NVE4M 14.05.1997 #0

## Takvatnet



## Vedlegg B. Oversikt over målestasjoner (tabeller med koordinater og kart)

Pelagiske stasjoner			
Innsjø	Dyp	Breddegrad	Lengdegrad
Nisser	234	59,249583	8,50175
Norsjø	171	59,262367	9,405217
Tinnsjø	460	59,883317	8,929433
Eikeren 1	156	59,65185	9,938267
Eikeren 2	75	59,600418	10,001268
Gjende	140	61,4930	8,6959
Mjøsa	443	60,64139	11,11081
Randsfjorden	131	60,37013	10,39066
Tyrifjorden	288	59,992283	10,25465
Selbusjøen	206	63,2604	10,8102
Takvatnet	80	69,106533	19,117683

Vannplanter								
Norsjø			Nisser			Tinnsjø		
Stasjon	Breddegrad	Lengdegrad	Stasjon	Breddegrad	Lengdegrad	Stasjon	Breddegrad	Lengdegrad
VP-1	59,3739	9,1843	VP-1	59,32184	8,4722	VP-1	59,981216	8,764271
VP-2	59,3802	9,2395	VP-2	59,31027	8,49445	VP-2	59,985728	8,809852
VP-3	59,3866	9,2608	VP-3	59,30128	8,46973	VP-3	59,983158	8,833934
VP-4	59,3541	9,208	VP-4	59,27468	8,46783	VP-4	59,947843	8,824781
VP-5	59,3521	9,2592	VP-5	59,26365	8,51632	VP-5	59,929814	8,800964
VP-6	59,3249	9,2417	VP-6	59,23465	8,45282	VP-6	59,936309	8,845722
VP-7	59,3153	9,2591	VP-7	59,24048	8,5112	VP-7	59,934195	8,884462
VP-8	59,2955	9,2727	VP-8	59,21748	8,492	VP-8	59,863565	8,957875
VP-9	59,283	9,2791	VP-9	59,19843	8,4605	VP-9	59,846747	8,947179
VP-10	59,2798	9,3057	VP-10	59,19537	8,50941	VP-10	59,837705	9,007629
VP-11	59,3044	9,3251	VP-11	59,1784	8,50408	VP-11	59,812867	9,006301
VP-12	59,2971	9,3586	VP-12	59,1729	8,48314	VP-12	59,807074	8,997513
VP-13	59,2634	9,381	VP-13	59,14093	8,46526	VP-13	59,802484	9,011937
VP-14	59,269	9,4141	VP-14	59,1228	8,50902	VP-14	59,777207	9,030226
VP-15	59,2407	9,3976	VP-15	59,12103	8,47254	VP-15	59,769513	9,02046
VP-16	59,2216	9,4266	VP-16	59,10024	8,48933	VP-16	59,76315	9,02211
VP-17	59,2157	9,458	VP-17	59,07934	8,53694	VP-17	59,742624	9,02412
VP-18	59,217	9,4875	VP-18	59,05814	8,4696	VP-18	59,73928	9,030713
VP-19	59,1981	9,4816	VP-19	59,05517	8,511	VP-19	59,732547	9,021295
VP-20	59,1881	9,5426	VP-20	59,01657	8,51074	VP-20	59,726554	9,029315

Vannplanter								
Eikeren			Randsfjorden			Tyrifjorden		
Stasjon	Breddegrad	Lengdegrad	Stasjon	Breddegrad	Lengdegrad	Stasjon	Breddegrad	Lengdegrad
VP-1	59,70332	9,86279	VP-1	60,8008	10,1671	VP-1	60,1291	10,1779
VP-2	59,69239	9,84975	VP-2	60,801	10,2135	VP-2	60,0933	10,1771
VP-3	59,69177	9,8769	VP-3	60,7807	10,2422	VP-3	60,0558	10,1804
VP-4	59,6757	9,87119	VP-4	60,7773	10,2213	VP-4	60,0642	10,2197
VP-5	59,68361	9,89725	VP-5	60,7492	10,2317	VP-5	60,0838	10,2385
VP-6	59,67086	9,93323	VP-6	60,746	10,2413	VP-6	60,0738	10,2554
VP-7	59,6421	9,93014	VP-7	60,7148	10,3121	VP-7	60,0642	10,2467
VP-8	59,64473	9,97731	VP-8	60,5972	10,3074	VP-8	60,058	10,294
VP-9	59,64264	9,98587	VP-9	60,5219	10,2951	VP-9	60,0434	10,2436
VP-10	59,63097	9,9553	VP-10	60,4897	10,4361	VP-10	59,9863	10,301
VP-11	59,62701	9,99882	VP-11	60,4669	10,4636	VP-11	59,9102	10,298
VP-12	59,61979	10,0057	VP-12	60,444	10,3929	VP-12	59,9636	10,2856
VP-13	59,60574	10,00757	VP-13	60,429	10,4681	VP-13	59,9921	10,2198
VP-14	59,59877	10,0242	VP-14	60,397	10,4288	VP-14	60,0198	10,1396
VP-15	59,59323	10,03699	VP-15	60,3907	10,3674	VP-15	60,0073	10,062
VP-16			VP-16	60,3704	10,3591	VP-16	59,994	10,0416
VP-17			VP-17	60,3336	10,349	VP-17	59,9829	10,0134
VP-18			VP-18	60,2838	10,4078	VP-18	60,0399	10,0541
VP-19			VP-19	60,27	10,4124	VP-19	60,0926	10,1252
VP-20			VP-20	60,262	10,386	VP-20	60,1148	10,1495

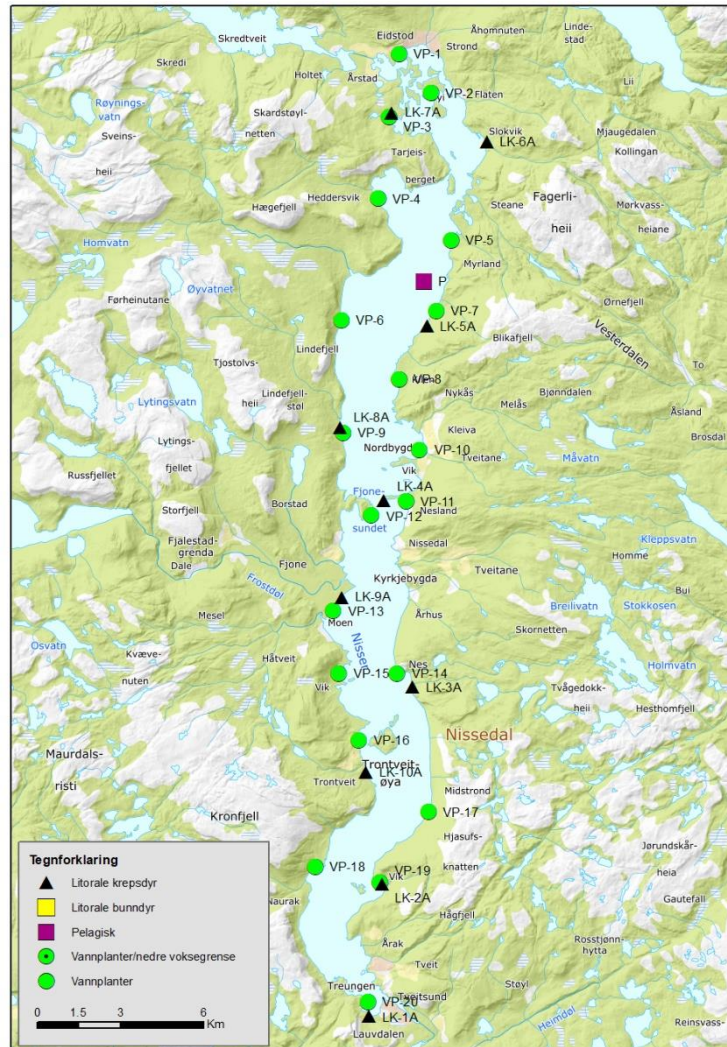
Celler markert i grått indikerer at nedre voksegrense er kartlagt i tillegg til litoralundersøkelser

Litorale krepsdyr								
Nisser			Norsjø			Tinnsjø		
Stasjon	Breddegrad	Lengdegrad	Stasjon	Breddegrad	Lengdegrad	Stasjon	Breddegrad	Lengdegrad
LK-1A	59,01192481	8,51241568	LK-1A	59,1909167	9,5371833	LK-1A	59,7266739	9,0287761
LK-1B	59,01192481	8,51241568	LK-1B	59,1909167	9,5371833	LK-1B	59,7266739	9,0287761
LK-2A	59,05471739	8,51222791	LK-2A	59,2144333	9,4894833	LK-2A	59,813221	9,0284059
LK-2B	59,05471739	8,51222791	LK-2B	59,2144333	9,4894833	LK-2B	59,813221	9,0283719
LK-3A	59,11905450	8,51930360	LK-3A	59,2420987	9,4417866	LK-3A	59,8376339	9,004503
LK-3B	59,11905450	8,51930360	LK-3B	59,2420987	9,4417866	LK-3B	59,8377214	9,0052043
LK-4A	59,17808410	8,48997270	LK-4A	59,3057323	9,3191800	LK-4A	59,9873456	8,8302057
LK-4B	59,17808410	8,48997270	LK-4B	59,3054833	9,3208000	LK-4B	59,9873456	8,8302057
LK-5A	59,23550161	8,50635457	LK-5A	59,3501500	9,2605666	LK-5A	59,9776674	8,7730327
LK-5B	59,23550161	8,50635457	LK-5B	59,3501500	9,2605666	LK-5B	59,9777958	8,7724441
LK-6A	59,29651240	8,53252320	LK-6A	59,3649098	9,1880795	LK-6A	59,9316312	8,7992779
LK-6B	59,29651240	8,53252320	LK-6B	59,3649098	9,1880795	LK-6B	59,9316312	8,7992779
LK-7A	59,30272040	8,47113210	LK-7A	59,3248407	9,2605324	LK-7A	59,9178335	8,8707801
LK-7B	59,30272040	8,47113210	LK-7B	59,3255126	9,2604082	LK-7B	59,9178335	8,8707801
LK-8A	59,20015180	8,45829570	LK-8A	59,2850500	9,2687167	LK-8A	59,8641017	8,9353019
LK-8B	59,20015180	8,45829570	LK-8B1	59,2845000	9,2692500	LK-8B	59,8641017	8,9353019
LK-9A	59,14565126	8,46987457	LK-8B2	59,2934333	9,2639500	LK-9A	59,8073235	8,9926218
LK-9B	59,14565126	8,46987457	LK-9A	59,2576000	9,3955333	LK-9B	59,8079059	8,9941592
LK-10A	59,09031589	8,49552747	LK-9B	59,2576833	9,3949833	LK-10A	59,7685289	9,018944
LK-10B	59,09031589	8,49552747	LK-10A	59,2215167	9,4229167	LK-10B	59,7685289	9,018944
			LK-10B	59,2215167	9,4229167			

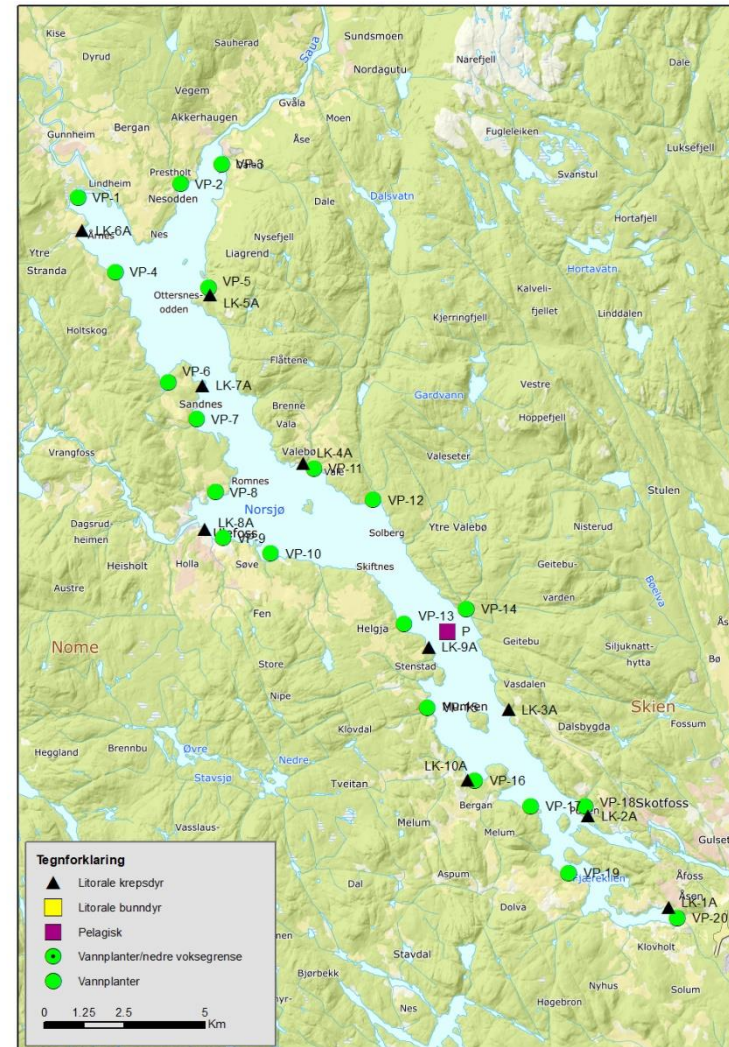
Litorale krepsdyr								
Gjende			Randsfjorden			Tyrifjorden		
Stasjon	Breddegrad	Lengdegrad	Stasjon	Breddegrad	Lengdegrad	Stasjon	Breddegrad	Lengdegrad
LK-1A	61,4552000	8,5043000	LK-1A	60,2403194	10,39938949	LK-1A	59,898285	10,308735
LK-1B	61,4552000	8,5043000	LK-1B	60,2402493	10,39922394	LK-1B	59,898285	10,308735
LK-2A	61,4616000	8,5643000	LK-2A	60,3430989	10,39947530	LK-2A	59,9969007	10,282741
LK-2B	61,4616000	8,5643000	LK-2B	60,3430802	10,39946710	LK-2B	59,9969007	10,282741
LK-3A	61,4763000	8,6202000	LK-3A	60,472369	10,45744520	LK-3A	60,0520692	10,277979
LK-3B	61,4763000	8,6202000	LK-3B	60,472369	10,45744520	LK-3B	60,0520692	10,277979
LK-4A	61,4853000	8,6761000	LK-4A	60,6269738	10,36542659	LK-4A	60,0722863	10,256233
LK-4B	61,4853000	8,6761000	LK-4B	60,6269738	10,36542659	LK-4B	60,0722863	10,256233
LK-5A	61,4880000	8,7614000	LK-5A	60,7149306	10,30977950	LK-5A	60,0791307	10,168596
LK-5B	61,4880000	8,7614000	LK-5B	60,7149306	10,30977950	LK-5B	60,0791307	10,168596
LK-6A	61,4987000	8,7997000	LK-6A	60,791615	10,16121444	LK-6A	60,0820165	10,113452
LK-6B	61,4987000	8,7997000	LK-6B	60,791615	10,16121444	LK-6B	60,0820165	10,113452
LK-7A	61,4974000	8,7595000	LK-7A	60,6971622	10,29732931	LK-7A	60,0431766	10,060836
LK-7B	61,4974000	8,7595000	LK-7B	60,6971622	10,29732931	LK-7B	60,0431766	10,060836
LK-8A	61,4824000	8,6113000	LK-8A	60,6135664	10,33345342	LK-8A	59,9954504	10,041718
LK-8B	61,4824000	8,6113000	LK-8B	60,6135664	10,33345342	LK-8B	59,9954504	10,041718
			LK-9A	60,4992409	10,37978604	LK-9A	60,0142613	10,162496
			LK-9B	60,4992409	10,37978604	LK-9B	60,0142613	10,162496
			LK-10A	60,3503795	10,36114550	LK-10A	59,9772463	10,26589
			LK-10B	60,3503795	10,36114550	LK-10B	59,9772463	10,26589

Litorale krepsdyr			Litorale bunndyr		
Eikeren			Eikeren		
Stasjon	Breddegrad	Lengdegrad	Stasjon	Breddegrad	Lengdegrad
LK-1A	59,593078	10,0374474	LB-1	10,025980	59,592640
LK-1B	59,5931863	10,0373799	LB-2	9,992731	59,637204
LK-2A	59,6371182	9,9926896	LB-3	9,961301	59,651376
LK-2B	59,6371701	9,9924817	LB-4	9,895980	59,683664
LK-3A	59,6512412	9,9612967	LB-5	9,843134	59,696021
LK-3B	59,651286	9,96131573	LB-6	9,903399	59,660409
LK-4A	59,6835495	9,89571035	LB-7	9,930512	59,641630
LK-4B	59,6835962	9,8958649	LB-8	9,970786	59,614262
LK-5A	59,6961097	9,84329659			
LK-5B	59,695793	9,84366172			
LK-6A	59,6603997	9,90338118			
LK-6B	59,6603997	9,90338118			
LK-7A	59,6420377	9,9314422			
LK-7B	59,6419545	9,93156796			
LK-8A	59,6142892	9,9707333			
LK-8B	59,6142698	9,9709277			

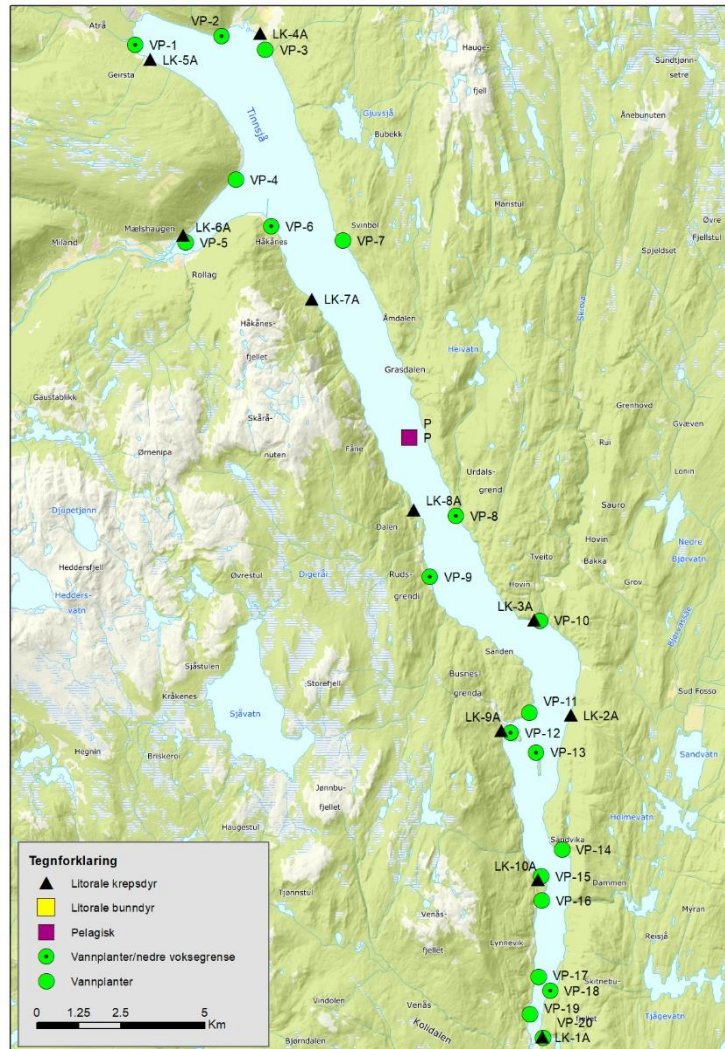
### Nisser



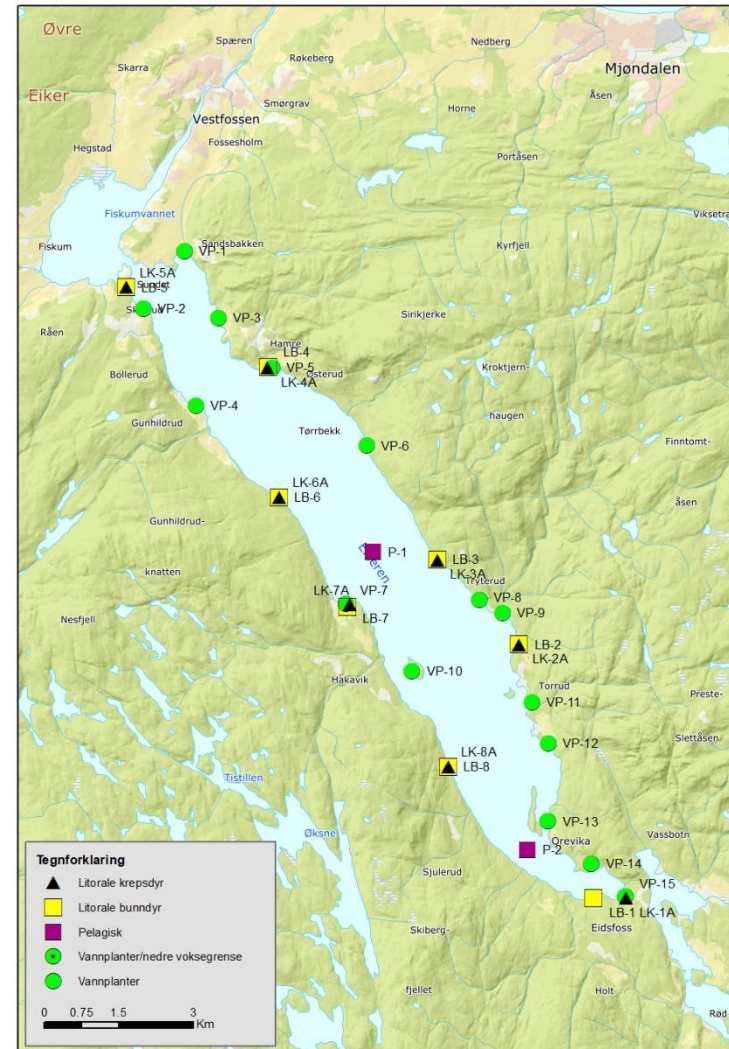
### Norsjø



### Tinnsjø

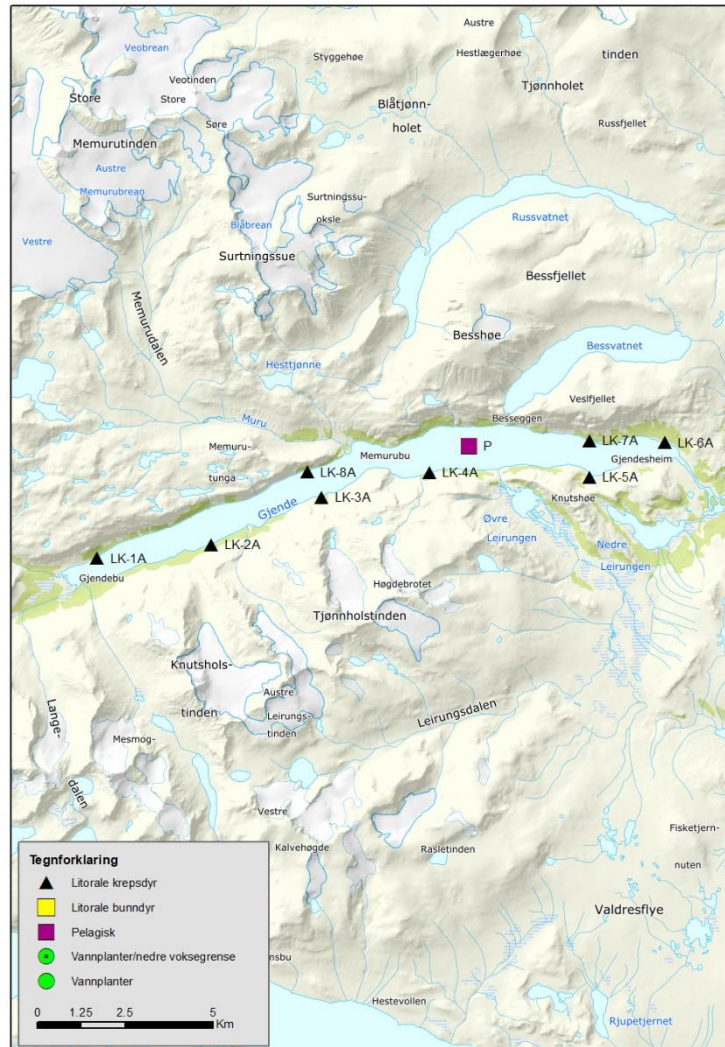


### Eikeren

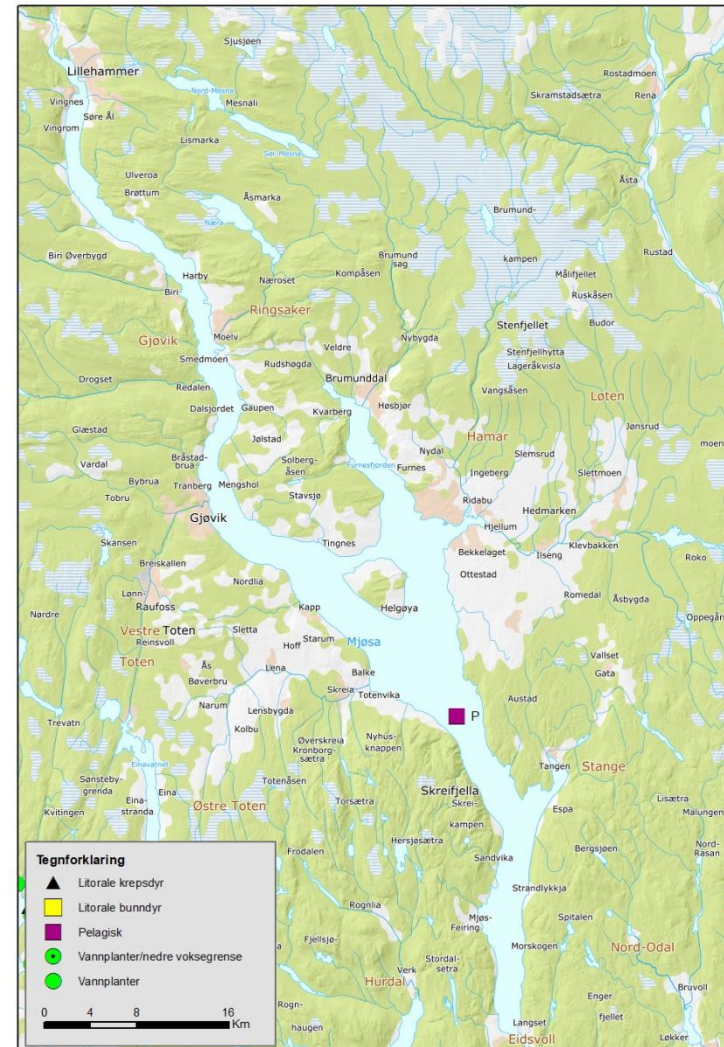




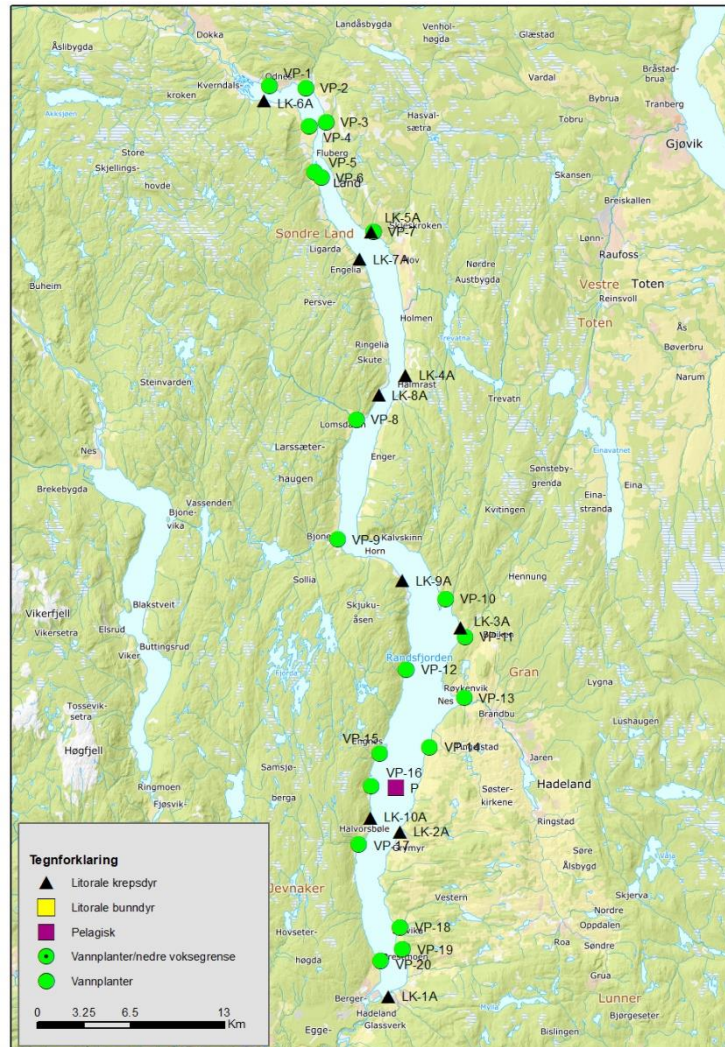
### Gjende



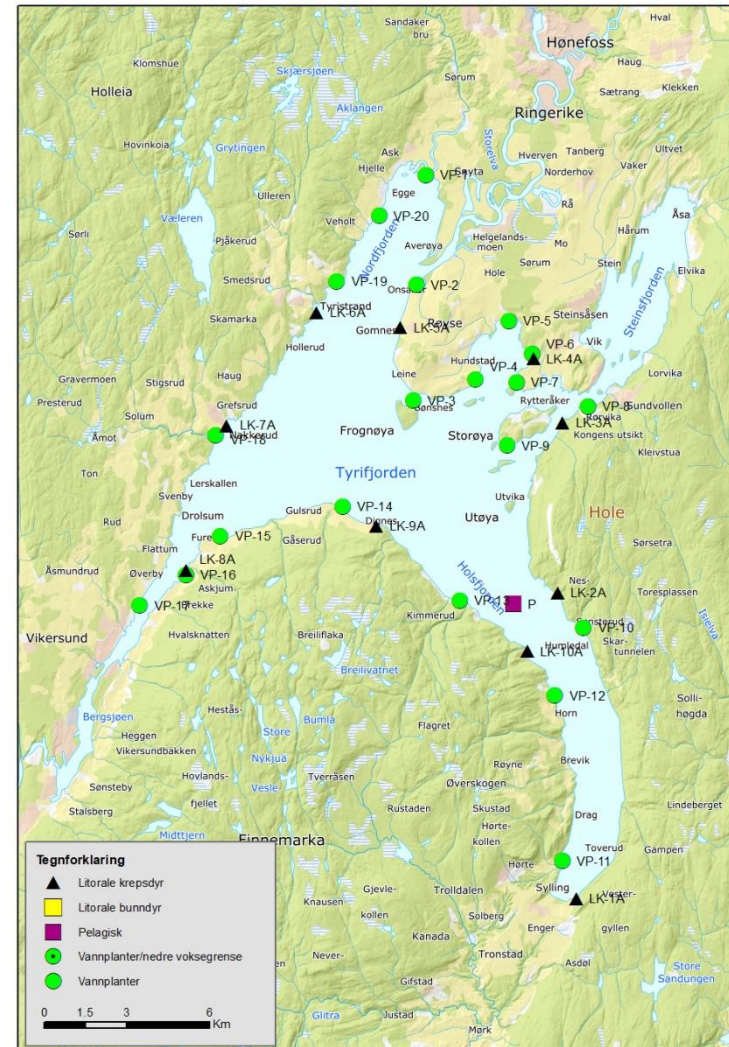
### Mjøsa



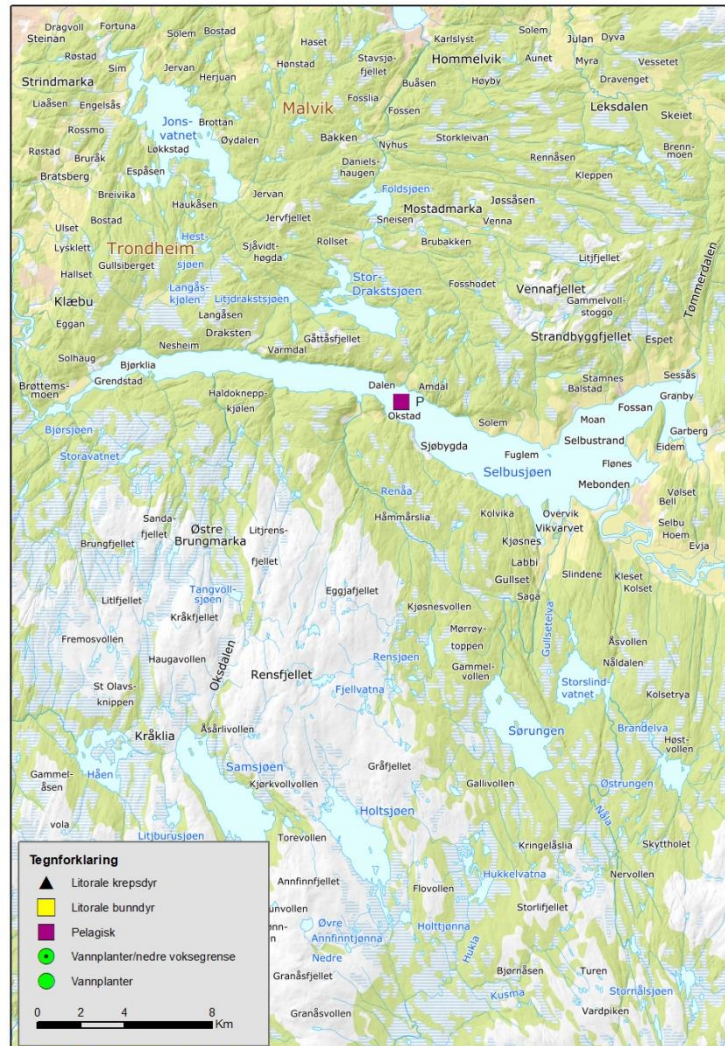
### Randsfjorden



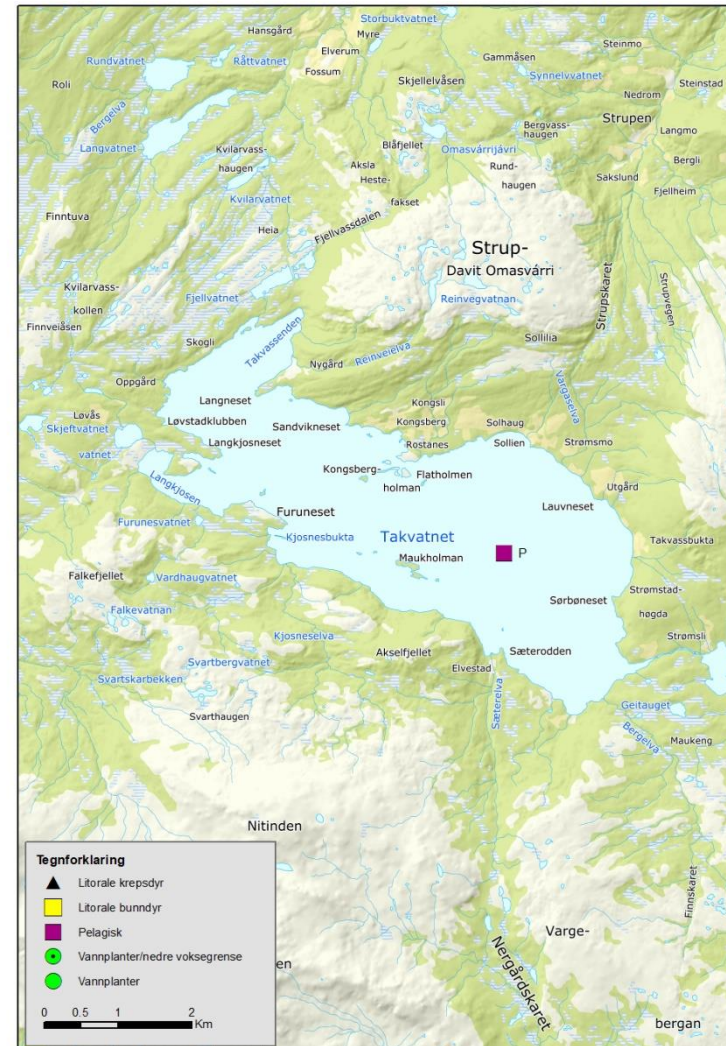
### Tyrifjorden



### Selbusjøen



### Takvatnet



# Vedlegg C. Vannkjemiske data fra blandprøver, samt siktedyp

Nisser		Epilimnion (0-10m)						min	middel	maks
parameter	enhet	13.05.2019	25.06.2019	31.07.2019	26.08.2019	24.09.2019	21.10.2019			
Konduktivitet	mS/m	1,27	1,1	1,12	1,14	1,12	1,11	1,1	1,1	1,3
pH		6,1	6,07	6,08	5,91	6,07	5,98	5,9	6	6,1
Turbiditet	FNU	0,46	<0,3	0,36	<0,3	<0,3	0,33	<0,3	0,3	0,5
Farge	mg Pt/l	14	15	14	14	15	15	14	14,5	15
Al	µg/l	104	107	98,8	103	105	107	98,8	104,1	107
Al/IL	µg/l	37	40	30	39	40	34	30	36,7	40
Al/L	µg/l	20	11	20	12	9	14	9	14,3	20
Al/R	µg/l	57	51	50	51	49	48	48	51	57
Alkalitet	mmol/l	0,053	0,053	0,049	0,047	0,06	0,061	0,047	0,054	0,061
ANC	µEkv/L	34	48	39	50	68	67	34	51	68
Klf-A	µg/l	<0,31	1,5	1,4	1,2	1,3	0,95	<0,31	1,1	1,5
Ca	mg/L	0,79	1,01	0,82	0,99	1,03	1,18	0,79	0,97	1,18
Cl	mg/L	0,84	0,89	0,86	0,87	0,79	0,82	0,79	0,85	0,89
K	mg/L	0,12	0,12	0,11	0,13	0,57	0,16	0,11	0,2	0,57
Mg	mg/L	0,14	0,16	0,14	0,15	0,16	0,17	0,14	0,15	0,17
Na	mg/L	0,79	0,8	0,81	0,79	0,82	0,84	0,79	0,81	0,84
NH <sub>4</sub>	µg/l	<2	<2	3	11	15	10	<2	6,8	15,0
NO <sub>3</sub>	µg/l	140	120	120	95	96	97	95	111	140
PO <sub>4</sub>	µg/l	5	<1	5	<1	1	<1	<1	2,1	5
SO <sub>4</sub>	mg/L	0,97	0,96	0,89	0,88	0,87	0,81	0,8	0,9	1
TOC	mg/l	2,4	2,6	2,5	2,9	2,6	2,8	2,4	2,6	2,9
TOT-N	µg/l	220	220	200	210	220	210	200	213	220
TOT-P	µg/l	8	2	9	4	2	2	2	4,5	9
Siktedyp	m	9,5	6,5	6,4	6,5	6	6,8	6	7,0	9,5

For verdier under deteksjonsgrensen er halve deteksjonsgrensen benyttet for beregning av min-, middel-, og maksverdi

Nisser		Hypolimnion (20-217m)						min	middel	maks
parameter	enhet	13.05.2019	25.06.2019	31.07.2019	26.08.2019	24.09.2019	21.10.2019			
Konduktivitet	mS/m		1,13	1,15	1,14	1,15	1,14	1,13	1,14	1,15
pH			6	5,98	6,68	5,96	5,93	5,9	6,1	6,7
Turbiditet	FNU		<0,3	<0,3	0,41	<0,3	<0,3	<0,3	0,2	0,4
Farge	mg Pt/l		14	14	17	13	14	13	14,4	17
Al	µg/l		101	99,7	103	100	104	100	102	104
Al/IL	µg/l		34	27	41	35	32	27	34	41
Al/L	µg/l		14	23	15	13	18	13	16,6	23
Al/R	µg/l		48	50	56	48	50	48	50	56
Alkalitet	mmol/l		0,054	0,046	0,085	0,055	0,057	0,046	0,059	0,085
ANC	µEkv/L		43	38	44	46	58	37,6	45,8	57,8
Ca	mg/L		0,99	0,84	0,98	0,95	1,12	0,84	0,98	1,12
Cl	mg/L		0,9	0,9	0,94	0,82	0,83	0,82	0,88	0,94
K	mg/L		0,11	0,11	0,12	0,13	0,13	0,11	0,12	0,13
Mg	mg/L		0,16	0,14	0,16	0,14	0,17	0,14	0,15	0,17
Na	mg/L		0,8	0,84	0,81	0,79	0,82	0,79	0,81	0,84
NH <sub>4</sub>	µg/l		<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
NO <sub>3</sub>	µg/l		140	140	140	130	130	130	136	140
PO <sub>4</sub>	µg/l		<1	1	<1	1	<1	<1	0,7	1
SO <sub>4</sub>	mg/L		1,03	0,95	0,96	0,87	0,88	0,9	0,9	1
TOC	mg/l		2,4	2,4	2,5	2,3	2,4	2,3	2,4	2,5
TOT-N	µg/l		230	220	220	230	220	220	224	230
TOT-P	µg/l		2	2	16	2	<1	<1	1,6	2
O <sub>2</sub>	mg/l		11,35	11,1	10,76	11,19	10,56	10,6	11,0	11,4

For verdier under deteksjonsgrensen er halve deteksjonsgrensen benyttet for beregning av min-, middel-, og maksverdi. Celler markert i grått er utelatt fra beregning av min-, middel- og maksverdi, da prøven trolig var kontaminert. Mai, ingen data pga problemer med prøvetaker.

Norsjø		Epilimnion (0-10m)						min	middel	maks
parameter	enhet	13.05.2019	25.06.2019	31.07.2019	28.08.2019	24.09.2019	23.10.2019			
Konduktivitet	mS/m	1,9	1,9	1,77	1,92	1,87	1,87	1,8	1,9	1,9
pH		6,68	6,82	6,8	6,61	6,7	6,7	6,6	6,7	6,8
Turbiditet	FNU	0,58	0,61	0,38	<0,3	0,47	0,72	<0,3	0,5	0,7
Farge	mg Pt/l	16	18	16	14	17	18	14	16,5	18
Al	µg/l	64,6	77	54,8	60,1	62	67,4	54,8	64,3	77,0
Al/IL	µg/l	16	19	9	13	15	18	9,0	15,0	19,0
Al/L	µg/l	9	7	12	5	4	6	4,0	7,2	12,0
Al/R	µg/l	25	26	21	18	19	24	18,0	22,2	26,0
Alkalitet	mmol/l	0,097	0,109	0,099	0,083	0,106	0,111	0,083	0,101	0,111
ANC	µEkv/L	112	109	100	110	116	134	100	113	134
Klf-A	µg/l	0,51	1,5	2,6	1,9	1,5	1	0,5	1,5	2,6
Ca	mg/L	2,14	2,1	1,86	2,02	2,06	2,37	1,86	2,09	2,37
Cl	mg/L	1,36	1,44	1,18	1,17	1,19	1,13	1,13	1,25	1,44
K	mg/L	0,22	0,2	0,19	0,2	0,23	0,24	0,19	0,21	0,24
Mg	mg/L	0,26	0,26	0,22	0,24	0,24	0,27	0,22	0,25	0,27
Na	mg/L	1,15	1,18	1,03	1	1,09	1,09	1	1,09	1,18
NH <sub>4</sub>	µg/l	5	<2	4	8	11	8	<2	6,2	11,0
NO <sub>3</sub>	µg/l	160	130	89	86	95	110	86	112	160
PO <sub>4</sub>	µg/l	4	<1	2	1	3	<1	<1	1,8	4
SO <sub>4</sub>	mg/L	1,06	1,15	1,01	0,98	0,95	0,96	1,0	1,0	1,2
TOC	mg/l	2,5	2,9	2,5	2,8	2,8	2,9	2,5	2,7	2,9
TOT-N	µg/l	250	240	180	200	220	220	180	218	250
TOT-P	µg/l	6	3	3	4	5	3	3	4	6
Siktedyp	m	7,2	4,75	4,7	4,9	5,5	4,7	4,7	5,3	7,2

For verdier under deteksjonsgrensen er halve deteksjonsgrensen benyttet for beregning av min-, middel-, og maksverdi.

Norsjø		Hypolimnion (20-161m)						min	middel	maks
parameter	enhet	13.05.2019	25.06.2019	31.07.2019	28.08.2019	24.09.2019	23.10.2019			
Konduktivite	mS/m		1,91	1,9	1,93	1,95	1,91	1,90	1,92	1,95
pH			6,71	6,75	6,63	6,66	6,63	6,6	6,7	6,8
Turbiditet	FNU		<0,3	0,31	0,4	<0,3	<0,3	<0,3	0,2	0,4
Farge	mg Pt/l		15	15	<2	14	14	14,0	14,5	15,0
Al	µg/l		61,9	57,6	54,2	56,1	53,2	53,2	56,6	61,9
Al/IL	µg/l		15	11	16	14	13	11	13,8	16
Al/L	µg/l		7	12	5	6	4	4,0	6,8	12
Al/R	µg/l		22	23	21	20	17	17,0	20,6	23
Alkalitet	mmol/l		0,106	0,098	0,084	0,102	0,103	0,084	0,099	0,106
ANC	µEkv/L		106	97	104	117	122	97	109	122
Ca	mg/L		2,15	1,93	2,09	2,18	2,28	1,93	2,13	2,28
Cl	mg/L		1,44	1,42	1,49	1,37	1,38	1,37	1,42	1,49
K	mg/L		0,2	0,2	0,2	0,23	0,21	0,20	0,21	0,23
Mg	mg/L		0,26	0,24	0,25	0,25	0,27	0,24	0,25	0,27
Na	mg/L		1,13	1,13	1,14	1,19	1,18	1,13	1,15	1,19
NH <sub>4</sub>	µg/l		<2	<2	<2	3	<2	<2	1,4	3
NO <sub>3</sub>	µg/l		160	150	150	150	150	150	152	160
PO <sub>4</sub>	µg/l		2	2	<1	2	<1	<1	1,4	2,0
SO <sub>4</sub>	mg/L		1,18	1,09	1,1	1,01	1,02	1,0	1,1	1,2
TOC	mg/l		2,4	2,3	2,3	2,2	2,2	2,2	2,3	2,4
TOT-N	µg/l		250	240	240	260	240	240	246	260
TOT-P	µg/l		11	2	3	2	2	2	2,3	3,0
O <sub>2</sub>	mg/l		11,41	11,47	10,96	11,2	10,75	10,8	11,2	11,5

For verdier under deteksjonsgrensen er halve deteksjonsgrensen benyttet for beregning av min-, middel-, og maksverdi. Celler markert i grått er utelatt fra beregning av min-, middel- og maksverdi, da Tot-P prøven trolig var kontaminert og fargemålingen må være feil. Mai, ingen data pga problemer med prøvetaker.

Tinnsjå parameter	enhet	Epilimnion (0-10m)					min	middel	maks	
		12.05.2019	26.06.2019	30.07.2019	27.08.2019	25.09.2019				22.10.2019
Konduktivitet	mS/m	1,29	1,31	1,35	1,24	1,4	1,39	1,24	1,33	1,40
pH		6,9	6,8	6,7	6,4	6,7	6,8	6,4	6,7	6,9
Turbiditet	FNU	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Farge	mg Pt/l	7	10	8	10	8	9	7	8,7	10
Al	µg/l	28	40,2	27,6	31,5	29	31,9	27,6	31,4	40,2
Al/IL	µg/l	8	9	6	7	<5	<5	<5	5,8	9
Al/L	µg/l	4	3	7	4	4	6	3	4,7	7
Al/R	µg/l	12	12	13	11	9	11	9	11,3	13
Alkalitet	mmol/l	0,113	0,099	0,093	0,116	0,101	0,123	0,093	0,108	0,123
ANC	µEkv/L	95	91	81	89	99	126	81	97	126
Klf-A	µg/l	<0,3	1,4	1,3	1,3	1,5	0,77	<0,3	1,1	1,5
Ca	mg/L	1,83	1,73	1,54	1,66	1,76	2,33	1,54	1,81	2,33
Cl	mg/L	0,52	0,77	0,5	0,52	0,54	0,49	0,49	0,56	0,77
K	mg/L	0,16	0,16	0,15	0,16	0,17	0,17	0,15	0,16	0,17
Mg	mg/L	0,16	0,16	0,14	0,15	0,16	0,16	0,14	0,16	0,16
Na	mg/L	0,64	0,79	0,62	0,63	0,73	0,67	0,62	0,68	0,79
NH <sub>4</sub>	µg/l	2	<2	<2	3	5	<2	<2	2,2	5,0
NO <sub>3</sub>	µg/l	87	59	54	48	54	58	48	60	87
PO <sub>4</sub>	µg/l	3	<1	1	<1	1	<1	<1	1,1	3,0
SO <sub>4</sub>	mg/L	1	1,02	0,97	0,95	0,9	0,9	0,9	0,96	1,02
TOC	mg/l	1,3	1,7	1,6	1,8	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8
TOT-N	µg/l	140	140	110	120	130	120	110	127	140
TOT-P	µg/l	2	2	1	3	2	1	1	1,8	3
Siktedyp	m	14	8	8,4	9,5	10	8,5	8	9,7	14

For verdier under deteksjonsgrensen er halve deteksjonsgrensen benyttet for beregning av min-, middel-, og maksverdi.

Tinnsjå parameter	enhet	Hypolimnion (20-424m)					min	middel	maks	
		12.05.2019	26.06.2019	30.07.2019	27.08.2019	25.09.2019				22.10.2019
Konduktivitet	mS/m		1,35	1,38	1,09	1,37	1,34	1,1	1,3	1,4
pH			6,8	6,7	6,6	6,7	6,6	6,6	6,7	6,8
Turbiditet	FNU		<0,3	<0,3	0,33	<0,3	<0,3	<0,3	0,2	0,3
Farge	mg Pt/l		7	7	15	7	6	6	8,4	15
Al	µg/l		27	27,3	27,1	28,2	26,6	26,6	27,2	28,2
Al/IL	µg/l		<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Al/L	µg/l		3	8	4	3	4	3	4,4	8
Al/R	µg/l		8	13	9	8	9	8	9,4	13
Alkalitet	mmol/l		0,097	0,092	0,075	0,096	0,095	0,075	0,091	0,097
ANC	µEkv/L		89	80	87	97	109	80	92	109
Ca	mg/L		1,79	1,59	1,75	1,82	2,06	1,59	1,8	2,06
Cl	mg/L		0,57	0,55	0,57	0,5	0,51	0,5	0,54	0,57
K	mg/L		0,15	0,15	0,15	0,17	0,17	0,15	0,16	0,17
Mg	mg/L		0,16	0,14	0,15	0,15	0,16	0,14	0,15	0,16
Na	mg/L		0,64	0,64	0,63	0,66	0,65	0,63	0,64	0,66
NH <sub>4</sub>	µg/l		<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
NO <sub>3</sub>	µg/l		83	79	78	72	76	72	78	83
PO <sub>4</sub>	µg/l		<1	2	<1	1	<1	<1	0,9	2,0
SO <sub>4</sub>	mg/L		1,13	1,05	1,06	0,94	0,97	0,94	1,03	1,13
TOC	mg/l		1,2	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,3	1,4
TOT-N	µg/l		140	140	150	140	130	130	140	150
TOT-P	µg/l		3	2	2	2	1	1	2	3
O <sub>2</sub>	mg/l		11,19	11,32	10,54	11,06	10,81	10,5	11	11,3

For verdier under deteksjonsgrensen er halve deteksjonsgrensen benyttet for beregning av min-, middel-, og maksverdi. Mai, ingen data pga problemer med prøvetaker.

Eikeren st1		Epilimnion (0-10m)						min	middel	maks
parameter	enhet	15.05.2019	11.06.2019	09.07.2019	13.08.2019	10.09.2019	08.10.2019			
Konduktivitet	mS/m	6,92	7	7,12	7,19	7,19	7,21	6,92	7,11	7,21
pH		7,3	7,36	7,39	7,36	7,33	7,23	7,2	7,3	7,4
Turbiditet	FNU	0,81	<0,3	<0,3	0,3	0,34	<0,3	<0,3	0,3	0,8
Farge	mg Pt/l	12	12	12	11	11	11	11	11,5	12
Al	µg/l	31,6	33,4	29,2	28,1	26	26,1	26,0	29,1	33,4
Al/IL	µg/l	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Al/L	µg/l	9	12	12	12	8	7	7	10	12
Al/R	µg/l	14	17	17	17	13	12	12	15	17
Alkalitet	mmol/l	0,306	0,313	0,322	0,24	0,242	0,3	0,240	0,287	0,322
ANC	µEkv/L	346	333	322	315	323	366	315	334	366
Klf-A	µg/l	0,46	1,1	1,1	1,2*	2	1,9	0,5	1,3	2
Ca	mg/L	7	6,78	6,58	6,67	6,8	7,33	6,58	6,86	7,33
Cl	mg/L	6,45	6,5	6,45	7	6,86	6,7	6,45	6,66	7
K	mg/L	0,78	0,75	0,76	0,75	0,76	0,64	0,64	0,74	0,78
Mg	mg/L	1,15	1,14	1,11	1,11	1,09	1,06	1,06	1,11	1,15
Na	mg/L	4,54	4,53	4,47	4,6	4,55	4,92	4,47	4,60	4,92
NH <sub>4</sub>	µg/l	13	7	<2	4	11	10	<2	7,7	13
NO <sub>3</sub>	µg/l	690	620	630	610	590	600	590	623	690
PO <sub>4</sub>	µg/l	2	2	2	1	2	2	1	1,8	2
SO <sub>4</sub>	mg/L	4,04	4,21	4,06	4,22	4,19	4,09	4	4,1	4,2
TOC	mg/l	3,2	3,2	3,2	3,1	3,2	3,2	3,1	3,2	3,2
TOT-N	µg/l	760	810	790	750	760	770	750	773	810
TOT-P	µg/l	4	10	6	3	4	3	3	5	10
Siktedyp	m	11	6,5	9,2	7,5	6,1	7	6,1	7,9	11,0

For verdier under deteksjonsgrensen er halve deteksjonsgrensen benyttet for beregning av min-, middel-, og maksverdi. Celler markert med \*: prøven ble oppbevart i romtemperatur flere dager før analyse.

Eikeren st1		Hypolimnion (20-146m)						min	middel	maks
parameter	enhet	15.05.2019	11.06.2019	09.07.2019	13.08.2019	10.09.2019	08.10.2019			
Konduktivitet	mS/m	6,95	6,99	7,19	7,13	7,11	7,07	6,95	7,07	7,19
pH		7,32	7,34	7,49	7,33	7,26	7,17	7,2	7,3	7,5
Turbiditet	FNU	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Farge	mg Pt/l	12	12	12	12	11	12	11	11,8	12
Al	µg/l	31,1	34	32,6	29,8	28,6	29,2	28,6	30,9	34
Al/IL	µg/l	8	9	<5	<5	<5	7	<5	5,3	9
Al/L	µg/l	12	6	15	14	10	9	6	11	15
Al/R	µg/l	20	15	20	19	15	16	15	17,5	20
Alkalitet	mmol/l	0,312	0,314	0,326	0,241	0,237	0,3	0,237	0,288	0,326
ANC	µEkv/L	350,422	325	321	304	313	358	304	329	358
Ca	mg/L	7,06	6,76	6,55	6,61	6,65	7,23	6,55	6,81	7,23
Cl	mg/L	6,46	6,47	6,56	6,91	6,72	6,61	6,46	6,62	6,91
K	mg/L	0,75	0,73	0,72	0,71	0,76	0,79	0,71	0,74	0,79
Mg	mg/L	1,15	1,1	1,1	1,08	1,1	1,06	1,06	1,10	1,15
Na	mg/L	4,51	4,41	4,58	4,52	4,46	4,77	4,41	4,54	4,77
NH <sub>4</sub>	µg/l	<2	<2	14	<2	<2	4	<2	1,6	4
NO <sub>3</sub>	µg/l	640	620	620	660	650	640	620	638	660
PO <sub>4</sub>	µg/l	2	<1	2	1	2	2	<1	1,6	2
SO <sub>4</sub>	mg/L	4,03	4,17	4,06	4,2	4,17	4,09	4	4,1	4,2
TOC	mg/l	3,2	3,2	3,2	3	3	3	3,0	3,1	3,2
TOT-N	µg/l	770	800	790	780	790	790	770	787	800
TOT-P	µg/l	3	6	3	3	4	4	3,0	3,8	6
O <sub>2</sub>	mg/l	12,19	12,19	12,01	11,43	11,67	11,55	11,4	11,8	12,2

For verdier under deteksjonsgrensen er halve deteksjonsgrensen benyttet for beregning av min-, middel-, og maksverdi. Celler markert i grått er utelatt fra beregning av min-, middel- og maksverdi, da prøven trolig var kontaminert.



Eikeren st2		Epilimnion (0-10m)					min	middel	maks	
parameter	enhet	15.05.2019	11.06.2019	09.07.2019	13.08.2019	10.09.2019				08.10.2019
Konduktivitet	mS/m	6,97	7,05	7,29	7,23	7,29	7,64	7	7,2	7,6
pH		7,32	7,4	7,5	7,41	7,34	7,32	7,3	7,4	7,5
Turbiditet	FNU	0,64	<0,3	<0,3	<0,3	0,4	0,52	<0,3	0,3	0,6
Farge	mg Pt/l	12	12	12	11	11	13	11	11,8	13
Al	µg/l	32,8	33,7	32,3	29,2	28,3	29,6	28,3	31	33,7
Al/IL	µg/l	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Al/L	µg/l	9	14	13	11	9	5	5	10,2	14
Al/R	µg/l	14	19	18	16	14	10	10	15,2	19
Alkalitet	mmol/l	0,306	0,31	0,329	0,24	0,248	0,317	0,240	0,292	0,329
ANC	µEkv/L	371	316	326	311	327	377	311	338	377
Klf-A	µg/l	0,56	0,9	1,1	1,1*	2,3	1,8	0,56	1,33	2,30
Ca	mg/L	7,2	6,57	6,6	6,6	6,83	7,13	6,57	6,82	7,20
Cl	mg/L	6,5	6,59	6,63	6,94	7,03	6,9	6,50	6,77	7,03
K	mg/L	0,81	0,76	0,74	0,74	0,77	0,83	0,74	0,78	0,83
Mg	mg/L	1,21	1,07	1,12	1,1	1,1	1,17	1,07	1,13	1,21
Na	mg/L	4,79	4,49	4,62	4,57	4,67	5,03	4,49	4,70	5,03
NH <sub>4</sub>	µg/l	<2	<2	12	6	15	18	<2	8,8	18
NO <sub>3</sub>	µg/l	690	630	620	610	590	550	550	615	690
PO <sub>4</sub>	µg/l	3	<1	2	1	1	2	<1	1,6	3,0
SO <sub>4</sub>	mg/L	4,07	4,03	4,03	4,19	4,18	3,92	3,9	4,1	4,2
TOC	mg/l	4,1	3,3	3,3	3,1	3,2	3,3	3,1	3,4	4,1
TOT-N	µg/l	780	820	800	800	740	780	740	787	820
TOT-P	µg/l	6	5	4	3	2	4	2	4	6
Siktedyp	m	10,8	7,5	6,1	8,5	6,3	5,1	5,1	7,4	10,8

For verdier under deteksjonsgrensen er halve deteksjonsgrensen benyttet for beregning av min-, middel-, og maksverdi. Celler markert med \*: prøven ble oppbevart i romtemperatur flere dager før analyse.

Eikeren st2		Hypolimnion (20-65m)					min	middel	maks	
parameter	enhet	15.05.2019	11.06.2019	09.07.2019	13.08.2019	10.09.2019				08.10.2019
Konduktivitet	mS/m	6,99	7,01	7,15	7,14	7,09	7,17	6,99	7,09	7,17
pH		7,35	7,36	7,4	7,4	7,25	7,25	7,3	7,3	7,4
Turbiditet	FNU	0,77	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	0,3	0,77
Farge	mg Pt/l	12	12	12	12	11	12	11	11,8	12
Al	µg/l	31,4	33	30,8	30,7	28,8	28,2	28,2	30,5	33
Al/IL	µg/l	<5	<5	<5	<5	<5	6	<5	3,1	6
Al/L	µg/l	11	10	9	11	6	9	6	9,3	11
Al/R	µg/l	16	15	14	16	11	15	11	14,5	16
Alkalitet	mmol/l	0,303	0,309	0,322	0,237	0,237	0,295	0,237	0,284	0,322
ANC	µEkv/L	352	334	322	305	303	377	303	332	377
Ca	mg/L	7,08	6,88	6,6	6,57	6,65	7,43	6,57	6,87	7,43
Cl	mg/L	6,52	6,46	6,48	6,82	6,73	6,32	6,32	6,56	6,82
K	mg/L	0,77	0,76	0,73	0,74	0,74	0,78	0,73	0,75	0,78
Mg	mg/L	1,15	1,13	1,1	1,1	1,04	1,1	1,04	1,10	1,15
Na	mg/L	4,56	4,53	4,5	4,47	4,4	4,58	4,40	4,51	4,58
NH <sub>4</sub>	µg/l	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
NO <sub>3</sub>	µg/l	640	720	630	650	660	620	620	653	720
PO <sub>4</sub>	µg/l	2	<1	2	2	1	1	1	1,6	2
SO <sub>4</sub>	mg/L	4,07	4,1	4,05	4,2	4,2	3,87	3,9	4,1	4,2
TOC	mg/l	3,1	3,2	3,1	3	3	2,9	2,9	3,1	3,2
TOT-N	µg/l	760	790	770	790	790	810	760	785	810
TOT-P	µg/l	3	3	3	3	2	3	2	2,8	3
O <sub>2</sub>	mg/l	11,95	12,02	11,78	11,54	11,55	11,56	11,5	11,7	12

For verdier under deteksjonsgrensen er halve deteksjonsgrensen benyttet for beregning av min-, middel-, og maksverdi.

Gjende		Epilimnion (0-10m)					min	middel	maks
parameter	enhet	05.06.2019	09.07.2019	06.08.2019	04.09.2019	02.10.2019			
Konduktivitet	mS/m	1,09	1,12	1,04	1,09	1,12	1,04	1,09	1,12
pH		6,71	6,92	6,76	6,71	6,74	6,7	6,8	6,9
Turbiditet	FNU	1,8	1,1	6,4	3,8	1	1	2,8	6,4
Farge	mg Pt/l	3	<2	3	3	<2	<2	2,2	3
Al	µg/l	45,8	38,4	211	42,1	42,5	38,4	76	211
Al/IL	µg/l	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Al/L	µg/l	1	0	2	1	0	0	0,8	2
Al/R	µg/l	6	<5	7	6	<5	<5	4,8	7
Alkalitet	mmol/l	0,088	0,104	0,083	0,102	0,103	0,083	0,096	0,104
ANC	µEkv/L	87	76	73	83	91	73	82	91
Klf-A	µg/l	0,82	1,6	2,6	1,8	1,2	0,8	1,6	2,6
Ca	mg/L	1,42	1,23	1,15	1,33	1,47	1,15	1,32	1,47
Cl	mg/L	0,17	0,15	0,18	0,18	0,16	0,15	0,17	0,18
K	mg/L	0,18	0,14	0,18	0,16	0,15	0,14	0,16	0,18
Mg	mg/L	0,27	0,26	0,24	0,27	0,27	0,24	0,26	0,27
Na	mg/L	0,39	0,37	0,38	0,38	0,41	0,37	0,39	0,41
NH <sub>4</sub>	µg/l	<2	12	11	4	10	<2	7,6	12
NO <sub>3</sub>	µg/l	59	35	18	27	38	18	35	59
PO <sub>4</sub>	µg/l	5	3	13	3	4	3	5,6	13
SO <sub>4</sub>	mg/L	0,91	0,94	0,91	0,91	0,92	0,9	0,9	0,9
TOC	mg/l	0,59	0,46	1,1	0,62	0,4	0,4	0,6	1,1
TOT-N	µg/l	130	52	130	140	85	52	107	140
TOT-P	µg/l	8	9	14	5	5	5	8,2	14
Siktedyp	m	3,4	4,5	1,6	2,2	5,5	1,6	3,4	5,5

For verdier under deteksjonsgrensen er halve deteksjonsgrensen benyttet for beregning av min-, middel-, og maksverdi

Gjende		Hypolimnion (20-139m)					min	middel	maks
parameter	enhet	05.06.2019	09.07.2019	06.08.2019	04.09.2019	02.10.2019			
Konduktivitet	mS/m	1,24	1,15	1,16	1,28	1,12	1,12	1,19	1,28
pH		6,8	6,9	6,72	6,62	6,74	6,6	6,8	6,9
Turbiditet	FNU	2	0,86	1,8	78	1	0,9	1,4	2
Farge	mg Pt/l	3	2	2	4	<2	<2	2,4	4
Al	µg/l	73,7	44	101	842	42,5	42,5	65,3	101
Al/IL	µg/l	<5	<5	<5	10	<5	<5	<5	<5
Al/L	µg/l	5	0	1	4	0	0	2	5
Al/R	µg/l	10	<5	6	14	<5	<5	5	10
Alkalitet	mmol/l	0,095	0,105	0,078	0,089	0,103	0,078	0,094	0,105
ANC	µEkv/L	91	76	72	89	91	72	84	91
Ca	mg/L	1,57	1,26	1,25	1,43	1,47	1,25	1,4	1,57
Cl	mg/L	0,41	0,16	0,19	0,41	0,16	0,16	0,27	0,41
K	mg/L	0,17	0,13	0,18	0,3	0,15	0,13	0,19	0,3
Mg	mg/L	0,29	0,26	0,26	0,3	0,27	0,26	0,28	0,3
Na	mg/L	0,41	0,37	0,4	0,54	0,41	0,37	0,43	0,54
NH <sub>4</sub>	µg/l	4	<2	11	<2	10	<2	5,4	11
NO <sub>3</sub>	µg/l	52	44	46	43	38	38	44,6	52
PO <sub>4</sub>	µg/l	5	3	8	290	4	3	5	8
SO <sub>4</sub>	mg/L	0,88	0,95	1,22	1,15	0,92	0,9	1	1,2
TOC	mg/l	0,68	0,7	0,69	1,1	0,4	0,4	0,6	0,7
TOT-N	µg/l	120	62	130	270	85	62	99,3	130
TOT-P	µg/l	8	5	11	320	5	5	7,3	11
O <sub>2</sub> maksdyp	mg/l	11,11	11,5	14,27	11,27	10,31	10,3	11,7	14,3

Celler markert i grått er utelatt fra beregning av min-, middel- og maksverdi. Vannhenter var mest sannsynlig i kontakt med bunnen. For verdier under deteksjonsgrensen er halve deteksjonsgrensen benyttet for beregning av minimumsverdi og middelverdi.

Mjøsa, Skreia		Epilimnion (0-10m)											min	middel	maks	
parameter	enhet	07.05.2019	24.05.2019	03.06.2019	17.06.2019	09.07.2019	22.07.2019	05.08.2019	22.08.2019	03.09.2019	18.09.2019	30.09.2019				15.10.2019
Konduktivitet	mS/m	4,58		4,61		4,21		4,41		4,32		4,44		4,21	4,43	4,61
pH		7,23		7,28		7,38		7,34		7,22		7,27		7,22	7,29	7,38
Turbiditet	FNU	0,66		< 0,3		0,47		0,42		0,38		< 0,3		< 0,3	0,37	0,66
Farge	mg Pt/l	10		12		13		12		11		12		10	12	13
Al/IL	µg/l	< 5		< 5		< 5		< 5		< 5		< 5		< 5	< 5	< 5
Al/L	µg/l	1		2		3		0		5		0		0	1,8	5
Al/R	µg/l	6		7		8		< 5		10		< 5		< 5	6,0	10
Alkalitet	mmol/l	0,265		0,264		0,261		0,203		0,196		0,247		0,196	0,239	0,265
ANC	µEkv/L	278		302		245		263		268		281		245	273	302
Klf-A	µg/l	0,31	0,4	1,4	2,7	2,8	2,1	3,1	3,6	3,1	3,2	2,7	2,1	1,4	2,68	3,6
Ca	mg/L	5,99		6,38		5,17		5,68		5,79		5,92		5,17	5,82	6,38
Cl	mg/L	1,47		1,52		1,25		1,45		1,44		1,36		1,25	1,42	1,52
K	mg/L	0,65		0,71		0,6		0,65		0,64		0,64		0,6	0,65	0,71
Mg	mg/L	0,78		0,83		0,7		0,75		0,74		0,71		0,7	0,75	0,83
Na	mg/L	1,18		1,32		1,07		1,16		1,13		1,2		1,07	1,18	1,32
NH <sub>4</sub>	µg/l	< 2	< 5	< 2	4	29	22	8	13	3	35	11	67	< 2	16	67
NO <sub>3</sub> (+NO <sub>2</sub> 24.05.)	µg/l	420	480	440	420	300	360	340	310	340	370	340	370	300	374	480
PO <sub>4</sub>	µg/l	< 1	3	2	1	2	2	2	2	< 1	3	2		< 1	1,9	3
Si	mg/l	1,28		1,28		1,19		1,09		0,98		0,92		0,92	1,12	1,28
SO <sub>4</sub>	mg/L	3,93		4,11		3,62		4,04		3,97		3,8		3,62	3,91	4,11
TOC	mg/l	1,9	1,9	2,1	2,4	2,3	2,4	2,2	2,2	2,1	2,5	2	2,6	1,9	2,22	2,6
TOT-N	µg/l	540	550	570	570	460	480	450	420	450	490	440	540	420	497	570
TOT-P	µg/l	3	4	5	8	5	4	3	7	4	6	3		3	4,7	8
Siktedyp	m	14	12	8	6,2	6	6,7	6,5	7	7	8	8,5	8,5	6	7,2	8,5

Celler markert i grått er utelatt fra beregning av min-, middel- og maksverdi iht avtale med Vassdragsforbundet for Mjøsa med tilløpselver. For verdier under deteksjonsgrensen er halve deteksjonsgrensen benyttet for beregning av min-, middel-, og maksverdi

Mjøsa, Skreia		Hypolimnion (20-443)						min	middel	maks
parameter	enhet	07.05.2019	03.06.2019	09.07.2019	05.08.2019	03.09.2019	30.09.2019			
Konduktivitet	mS/m	4,66	4,69	4,76	4,69	4,71	4,72	4,66	4,705	4,76
pH		7,24	7,24	7,29	7,34	7,21	7,34	7,21	7,28	7,34
Turbiditet	FNU	0,41	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	0,19	0,41
Farge	mg Pt/l	10	10	10	10	10	11	10	10,2	11
Al/IL	µg/l	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Al/L	µg/l	0	6	3	5	1	3	0	3	6
Al/R	µg/l	< 5	11	8	10	6	8	< 5	7,58	11
Alkalitet	mmol/l	0,263	0,264	0,278	0,201	0,204	0,261	0,201	0,245	0,278
ANC	µEqv/L	283	304	264	264	270	299	264	281	304
Ca	mg/L	6,15	6,62	5,87	5,93	6,17	6,49	5,87	6,21	6,62
Cl	mg/L	1,49	1,62	1,54	1,59	1,63	1,55	1,49	1,57	1,63
K	mg/L	0,66	0,71	0,66	0,66	0,66	0,69	0,66	0,67	0,71
Mg	mg/L	0,79	0,83	0,77	0,78	0,77	0,77	0,77	0,79	0,83
Na	mg/L	1,21	1,35	1,21	1,24	1,2	1,3	1,2	1,25	1,35
NH <sub>4</sub>	µg/l	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	5	< 2	1,7	5
NO <sub>3</sub>	µg/l	450	490	450	460	470	450	450	462	490
PO <sub>4</sub>	µg/l	1	3	2	2	1	2	1	1,83	3
Si	mg/l	1,29	1,25	1,22	1,23	1,22	1,19	1,19	1,23	1,29
SO <sub>4</sub>	mg/L	4,03	4,37	4,13	4,27	4,37	4,15	4,03	4,22	4,37
TOC	mg/l	1,9	2	2	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	2
TOT-N	µg/l	580	600	570	550	550	560	550	568	600
TOT-P	µg/l	3	6	26	4	3	3	3	3,8	6

For verdier under deteksjonsgrensen er halve deteksjonsgrensen benyttet for beregning av min-, middel-, og maksverdi. Celler markert i grått er utelatt fra beregning av min-, middel- og maksverdi, da prøven trolig var kontaminert.

Randsfjorden		Epilimnion (0-10m )						min	middel	maks
parameter	enhet	14.05.2019	12.06.2019	09.07.2019	14.08.2019	09.09.2019	07.10.2019			
Konduktivitet	mS/m	4,83	4,89	4,76	4,83	4,75	4,94	4,75	4,83	4,94
pH		7,32	7,38	7,42	7,28	7,25	7,26	7,3	7,3	7,4
Turbiditet	FNU	0,66	<0,3	<0,3	<0,3	0,37	0,31	<0,3	0,3	0,7
Farge	mg Pt/l	22	22	24	22	22	22	22	22,3	24
Al	µg/l	38,3	43,7	44,1	40,6	39	41,2	38,3	41,2	44,1
Al/IL	µg/l	8	<5	<5	<5	<5	<5	<5	3,4	8
Al/L	µg/l	9	13	15	15	13	11	9	12,7	15
Al/R	µg/l	17	18	20	20	18	16	16	18,2	20
Alkalitet	mmol/l	0,311	0,306	0,305	0,229	0,231	0,285	0,229	0,278	0,311
ANC	µEkv/L	352	346	306	308	313	332	306	326	352
Klf-A	µg/l	0,49	0,64	2	1,9	2,4	1,2	0,5	1,4	2,4
Ca	mg/L	7,23	7,17	6,38	6,52	6,68	6,84	6,38	6,80	7,23
Cl	mg/L	1,41	1,45	1,34	1,39	1,4	1,32	1,32	1,39	1,45
K	mg/L	0,57	0,57	0,53	0,58	0,53	0,58	0,53	0,56	0,58
Mg	mg/L	0,79	0,81	0,71	0,72	0,7	0,72	0,70	0,74	0,81
Na	mg/L	1,23	1,22	1,2	1,21	1,16	1,2	1,16	1,20	1,23
NH <sub>4</sub>	µg/l	<2	<2	<2	<2	<2	6	<2	1,8	6
NO <sub>3</sub>	µg/l	370	420	330	330	330	340	330	353	420
PO <sub>4</sub>	µg/l	3	<1	2	13	<1	2	<1	3,5	13
SO <sub>4</sub>	mg/L	3,64	3,6	3,59	3,91	3,77	3,55	3,6	3,7	3,9
TOC	mg/l	3,9	3,9	4,2	3,9	4	4	3,9	4	4,2
TOT-N	µg/l	510	550	510	480	490	560	480	517	560
TOT-P	µg/l	4	6	4	29	3	4	3	4,2	6
Siktedyp	m	7,5	5	4,5	4,5	4,5	5,8	4,5	5,3	7,5

For verdier under deteksjonsgrensen er halve deteksjonsgrensen benyttet for beregning av min-, middel-, og maksverdi. Celler markert i grått er utelatt fra beregning av min-, middel- og maksverdi da prøven trolig var kontaminert..

Randsfjorden		Hypolimnion (20-121m)						min	middel	maks
parameter	enhet	14.05.2019	12.06.2019	09.07.2019	14.08.2019	09.09.2019	07.10.2019			
Konduktivitet	mS/m	4,94	5	4,99	4,94	4,91	4,77	4,77	4,93	5
pH		7,34	7,39	7,38	7,37	7,18	7,19	7,2	7,3	7,4
Turbiditet	FNU	0,56	0,39	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	0,3	0,6
Farge	mg Pt/l	22	21	22	22	21	21	21	21,5	22
Al	µg/l	36,9	43	38,8	38,9	36,9	38,6	36,9	38,9	43
Al/IL	µg/l	8	6	8	<5	<5	<5	<5	4,9	8
Al/L	µg/l	8	13	10	10	7	11	7	9,8	13
Al/R	µg/l	16	19	18	15	12	16	12	16	19
Alkalitet	mmol/l	0,305	0,307	0,316	0,228	0,235	0,277	0,228	0,278	0,316
ANC	µEkv/L	350	321	317	309	316	328	309	323	350
Ca	mg/L	7,28	6,8	6,68	6,61	6,83	6,79	6,61	6,83	7,28
Cl	mg/L	1,43	1,64	1,45	1,49	1,52	1,35	1,35	1,48	1,64
K	mg/L	0,56	0,52	0,53	0,54	0,53	0,58	0,52	0,54	0,58
Mg	mg/L	0,79	0,72	0,74	0,74	0,72	0,7	0,70	0,74	0,79
Na	mg/L	1,24	1,34	1,22	1,22	1,2	1,19	1,19	1,24	1,34
NH <sub>4</sub>	µg/l	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
NO <sub>3</sub>	µg/l	420	370	370	380	390	360	360	382	420
PO <sub>4</sub>	µg/l	2	<1	2	3	<1	2	<1	1,7	3,0
SO <sub>4</sub>	mg/L	3,66	3,67	3,69	3,82	3,8	3,44	3,44	3,68	3,82
TOC	mg/l	4,6	3,9	3,9	3,7	3,7	3,7	3,7	3,9	4,6
TOT-N	µg/l	530	530	530	520	530	520	520	527	530
TOT-P	µg/l	3	4	3	4	3	<1	<1	2,9	4
O <sub>2</sub>	mg/l	12,11	12,09	11,75	11,09		10,72	10,7	11,6	12,1

For verdier under deteksjonsgrensen er halve deteksjonsgrensen benyttet for beregning av min-, middel-, og maksverdi.

Tyrifjorden		Epilimnion (0-10m)					min	middel	maks	
parameter	enhet	14.05.2019	13.06.2019	09.07.2019	14.08.2019	09.09.2019	07.10.2019			
Konduktivitet	mS/m	3,97	3,78	4,05	4,03	4,03	4,02	3,78	3,98	4,05
pH		7,21	6,98	7,35	7,22	7,12	7,07	7	7,2	7,4
Turbiditet	FNU	0,49	0,47	<0,3	0,38	0,32	0,45	<0,3	0,38	0,49
Farge	mg Pt/l	17	19	19	18	17	18	17	18	19
Al	µg/l	37,5	48,5	43,6	40,5	38,6	40,6	37,5	41,6	48,5
Al/IL	µg/l	10	7	10	<5	<5	7	<5	6,5	10
Al/L	µg/l	8	13	10	20	11	9	8	11,8	20
Al/R	µg/l	18	20	20	25	16	16	16	19,2	25
Alkalitet	mmol/l	0,244	0,225	0,255	0,19	0,185	0,224	0,185	0,221	0,255
ANC	µEkv/L	263	253	248	245	250	286	245	257	286
Klf-A	µg/l	<0,31	0,21	1,7	2,6	2	1,3	<0,31	1,3	2,6
Ca	mg/L	5,21	5,01	4,89	4,89	5	5,55	4,89	5,09	5,55
Cl	mg/L	1,69	1,6	1,63	1,74	1,69	1,67	1,60	1,67	1,74
K	mg/L	0,47	0,45	0,46	0,47	0,48	0,53	0,45	0,48	0,53
Mg	mg/L	0,73	0,7	0,7	0,7	0,68	0,69	0,68	0,7	0,73
Na	mg/L	1,44	1,36	1,39	1,41	1,37	1,5	1,36	1,41	1,5
NH <sub>4</sub>	µg/l	<2	5	7	8	18	37	<2	12,7	37
NO <sub>3</sub>	µg/l	330	270	260	240	250	260	240	268	330
PO <sub>4</sub>	µg/l	2	<1	2	2	2	2	0,5	1,8	2
SO <sub>4</sub>	mg/L	2,91	2,94	2,93	3,04	2,98	2,92	2,91	2,95	3,04
TOC	mg/l	3,1	3,3	3,7	3,2	3,2	3,3	3,1	3,3	3,7
TOT-N	µg/l	410	410	400	380	390	460	380	408	460
TOT-P	µg/l	3	3	4	5	3	3	3	3,5	5
Siktedyp	m	10,1	6	5,8	4,5	4,6	6,2	4,5	6,2	10,1

For verdier under deteksjonsgrensen er halve deteksjonsgrensen benyttet for beregning av min-, middel-, og maksverdi.

Tyrifjorden		Hypolimnion (20-284m)					min	middel	maks	
parameter	enhet	14.05.2019	13.06.2019	09.07.2019	14.08.2019	09.09.2019	07.10.2019			
Konduktivitet	mS/m	3,96	3,92	4,1	4,03	4,05	4,03	3,92	4,02	4,10
pH		7,16	7,15	7,21	7,17	7,08	7,03	7,03	7,1	7,2
Turbiditet	FNU	0,48	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	0,2	0,5
Farge	mg Pt/l	17	17	17	17	16	16	16	16,7	17
Al	µg/l	37,6	41,8	36,6	38,1	37	37,5	36,6	38,1	41,8
Al/IL	µg/l	6	6	6	<5	<5	<5	<5	4,3	6,0
Al/L	µg/l	9	14	10	10	10	11	9	10,7	14
Al/R	µg/l	15	20	16	15	15	16	15	16,2	20
Alkalitet	mmol/l	0,233	0,262	0,241	0,188	0,181	0,226	0,181	0,222	0,262
ANC	µEkv/L	269	251	239	236	245	274	236	252	274
Ca	mg/L	5,3	5,03	4,8	4,82	5	5,39	4,8	5,06	5,39
Cl	mg/L	1,69	1,66	1,71	1,79	1,8	1,75	1,66	1,73	1,8
K	mg/L	0,5	0,45	0,45	0,45	0,48	0,49	0,45	0,47	0,50
Mg	mg/L	0,75	0,7	0,69	0,69	0,69	0,7	0,69	0,7	0,75
Na	mg/L	1,46	1,4	1,43	1,43	1,43	1,55	1,4	1,45	1,55
NH <sub>4</sub>	µg/l	<2	<2	<2	<2	<2	6	<2	1,8	6
NO <sub>3</sub>	µg/l	340	280	300	300	300	300	280	303	340
PO <sub>4</sub>	µg/l	2	<1	1	2	2	1	<1	1,4	2
SO <sub>4</sub>	mg/L	2,94	3,02	2,95	3,04	3,03	2,97	2,94	2,99	3,04
TOC	mg/l	3,1	3,1	3,1	2,9	3	2,9	2,9	3	3,1
TOT-N	µg/l	420	430	420	420	420	450	420	427	450
TOT-P	µg/l	3	13	4	3	2	2	2,0	2,8	4,0
O <sub>2</sub>	mg/l	11,74	11,69	11,69	11,34	11,22	11,15	11,2	11,5	11,7

For verdier under deteksjonsgrensen er halve deteksjonsgrensen benyttet for beregning av min-, middel-, og maksverdi. Celler markert i grått er utelatt fra beregning av min-, middel- og maksverdi, da prøven trolig var kontaminert.

Selbusjøen		Epilimnion (0-10m)						min	middel	maks
parameter	enhet	01.05.2019	19.06.2019	17.07.2019	19.08.2019	16.09.2019	21.10.2019			
Konduktivitet	mS/m	3,03	2,75	2,71	2,81	3,51	2,92	2,7	3	3,5
pH		7,06	7,11	7,19	7,14	7,05	6,95	7,0	7,1	7,2
Turbiditet	FNU	0,36	<0,3	0,32	<0,3	<0,3	0,36	<0,3	0,2	0,4
Farge	mg Pt/l	19	19	22	19	20	21	19	20	22
Al	µg/l	37,9	38,9	38,8	33,2	35,8	37,7	33,2	37,1	38,9
Al/IL	µg/l	<5	<5	9	<5	<5	6	<5	4,2	9
Al/L	µg/l	10	2	6	6	8	5	2	6,2	10
Al/R	µg/l	15	7	15	11	13	11	7	12	15
Alkalitet	mmol/l	0,199	0,193	0,2	0,156	0,198	0,193	0,156	0,190	0,200
ANC	µEkv/L	226	198	184	203	206	229	184	208	229
Klf-A	µg/l	<0,31	1	1,5	1	0,58	0,45	<0,31	0,8	1,5
Ca	mg/L	3,89	3,42	3,09	3,45	3,66	3,88	3,09	3,57	3,89
Cl	mg/L	1,72	1,63	1,58	1,51	1,81	1,55	1,51	1,63	1,81
K	mg/L	0,41	0,34	0,35	0,34	0,37	0,39	0,34	0,37	0,41
Mg	mg/L	0,55	0,51	0,48	0,5	0,53	0,53	0,48	0,52	0,55
Na	mg/L	1,32	1,19	1,19	1,14	1,22	1,25	1,14	1,22	1,32
NH <sub>4</sub>	µg/l	<2	<2	10	6	13	2	<2	5,5	13
NO <sub>3</sub>	µg/l	79	59	44	38	61	60	38,0	56,8	79,0
PO <sub>4</sub>	µg/l	7	2	2	1	2	<1	<1	2,4	7,0
SO <sub>4</sub>	mg/L	1,3	1,19	1,09	1,14	1,31	1,17	1,1	1,2	1,3
TOC	mg/l	2,5	2,4	2,7	2,5	2,8	2,9	2,4	2,6	2,9
TOT-N	µg/l	180	160	150	160	180	160	150	165	180
TOT-P	µg/l	8	5	8	3	4	<1	<1	4,8	8
Siktedyp	m	7,5	5,8	5,2	5,2	6,2	6	5,2	6,0	7,5

For verdier under deteksjonsgrensen er halve deteksjonsgrensen benyttet for beregning av min-, middel-, og maksverdi

Selbusjøen		Hypolimnion (20-194m)						min	middel	maks
parameter	enhet	01.05.2019	19.06.2019	17.07.2019	19.08.2019	16.09.2019	21.10.2019			
Konduktivitet	mS/m	3,02	2,99	3,01	3,06	3	3,05	2,99	3,02	3,06
pH		7,07	7,15	7,12	7,2	6,97	7,09	7	7,1	7,2
Turbiditet	FNU	<0,3	0,35	<0,3	0,36	<0,3	<0,3	<0,3	0,2	0,4
Farge	mg Pt/l	19	19	19	18	18	18	18	18,5	19
Al	µg/l	38,1	44,2	33,9	36,6	34,1	34,2	33,9	36,9	44,2
Al/IL	µg/l	6	<5	8	6	<5	9	<5	5,7	9
Al/L	µg/l	11	4	6	6	6	3	3	6	11
Al/R	µg/l	17	9	14	12	11	12	9	12,5	17
Alkalitet	mmol/l	0,203	0,208	0,207	0,158	0,16	0,198	0,158	0,189	0,208
ANC	µEkv/L	206	213	199	203	207	235	199	211	235
Ca	mg/L	3,58	3,76	3,5	3,61	3,79	4,06	3,50	3,72	4,06
Cl	mg/L	1,68	1,71	1,79	1,8	1,95	1,69	1,68	1,77	1,95
K	mg/L	0,38	0,36	0,36	0,37	0,38	0,4	0,36	0,38	0,40
Mg	mg/L	0,53	0,54	0,53	0,52	0,54	0,54	0,52	0,53	0,54
Na	mg/L	1,25	1,22	1,25	1,24	1,25	1,28	1,22	1,25	1,28
NH <sub>4</sub>	µg/l	<2	<2	<2	<2	4	<2	<2	1,5	4
NO <sub>3</sub>	µg/l	80	76	76	81	88	68	68	78	88
PO <sub>4</sub>	µg/l	3	<1	2	2	2	1	<1	1,8	3
SO <sub>4</sub>	mg/L	1,3	1,32	1,27	1,29	1,4	1,21	1,2	1,3	1,4
TOC	mg/l	2,7	2,4	2,4	2,5	2,6	3,1	2,4	2,6	3,1
TOT-N	µg/l	190	170	170	200	200	180	170	185	200
TOT-P	µg/l	5	4	3	4	3	4	3	3,8	5
O <sub>2</sub>	mg/l	12,23	11,99	11,36	11,02	11,09	10,72	10,7	11,4	12,2

For verdier under deteksjonsgrensen er halve deteksjonsgrensen benyttet for beregning av min-, middel-, og maksverdi

Takvatnet		Epilimnion (0-10m)				min	middel	maks
parameter	enhet	06.06.2019	24.07.2019	19.08.2019	17.09.2019			
Konduktivitet	mS/m	6,12	6,12	6,47	6,08	6,08	6,2	6,47
pH		7,52	7,68	7,53	7,41	7,4	7,5	7,7
Turbiditet	FNU	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Farge	mg Pt/l	6	5	5	5	5	5,3	6
Al	µg/l	8,9	7,3	7,5	6,7	6,7	7,6	8,9
Al/IL	µg/l	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Al/L	µg/l	0	0	0	5	0	1,3	5
Al/R	µg/l	<5	<5	5	10	<5	5	10
Alkalitet	mmol/l	0,329	0,462	0,329	0,415	0,329	0,384	0,462
ANC	µEkv/L	195	438	442	431	195	376	442
Klf-A	µg/l	1,2	0,96	0,81	0,89	0,81	0,97	1,2
Ca	mg/L	8,13	7,88	8,01	8,05	7,88	8,02	8,13
Cl	mg/L	3,69	3,4	4,19	3,74	3,40	3,76	4,19
K	mg/L	0,65	0,66	0,68	0,68	0,65	0,67	0,68
Mg	mg/L	1,03	1,01	1,05	0,99	0,99	1,02	1,05
Na	mg/L	2,27	2,05	2,46	2,05	2,05	2,21	2,46
NH <sub>4</sub>	µg/l	3	<2	<2	9	<2	3,5	9
NO <sub>3</sub>	µg/l	39	25	19	25	19	27	39
PO <sub>4</sub>	µg/l	<1	1	<1	1	<1	0,8	1
SO <sub>4</sub>	mg/L	14,6	2,25	2,37	2,46	2,3	2,4	2,5
TOC	mg/l	1,5	1,4	1,5	1,6	1,4	1,5	1,6
TOT-N	µg/l	120	95	85	100	85	100	120
TOT-P	µg/l	8	2	1	2	1	3,3	8
Siktedyp	m	10,5	11	15	12	10,5	12,1	15

For verdier under deteksjonsgrensen er halve deteksjonsgrensen benyttet for beregning av min-, middel-, og maksverdi. Celler markert i grått er utelatt fra beregning av min-, middel- og maksverdi pga feil.

Takvatnet		Hypolimnion (20-70m)				min	middel	maks
parameter	enhet	06.06.2019	24.07.2019	19.08.2019	17.09.2019			
Konduktivitet	mS/m	6,36	6,11	6,56	6,22	6,11	6,31	6,56
pH		7,48	7,58	7,5	7,39	7,4	7,5	7,6
Turbiditet	FNU	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Farge	mg Pt/l	6	6	5	5	5	5,5	6
Al	µg/l	9,2	8,2	10,8	8,6	8,2	9,2	10,8
Al/IL	µg/l	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Al/L	µg/l	0	5	0	3	0,0	2,0	5,0
Al/R	µg/l	<5	10	5	8	<5	6,4	10
Alkalitet	mmol/l	0,456	0,45	0,33	0,416	0,33	0,413	0,456
ANC	µEkv/L	447	430	438	437	430	438	447
Ca	mg/L	8,2	7,74	8,05	8,19	7,74	8,05	8,20
Cl	mg/L	4,18	3,47	4,44	4,05	3,47	4,04	4,44
K	mg/L	0,67	0,67	0,69	0,7	0,67	0,68	0,70
Mg	mg/L	1,08	1,01	1,07	1,03	1,01	1,05	1,08
Na	mg/L	2,49	2,09	2,51	2,18	2,09	2,32	2,51
NH <sub>4</sub>	µg/l	5	3	3	12	3	5,8	12
NO <sub>3</sub>	µg/l	39	38	38	42	38	39	42
PO <sub>4</sub>	µg/l	<1	2	1	2	<1	1,4	2
SO <sub>4</sub>	mg/L	2,7	2,25	2,43	2,51	2,3	2,5	2,7
TOC	mg/l	1,5	1,3	1,4	1,5	1,3	1,4	1,5
TOT-N	µg/l	120	110	110	160	110	125	160
TOT-P	µg/l	2	2	2	2	2	2	2
O <sub>2</sub>	mg/l	12,2	11	10,7	10,78	10,7	11,2	12,2

For verdier under deteksjonsgrensen er halve deteksjonsgrensen benyttet for beregning av min-, middel-, og maksverdi.



# Vedlegg D. Vannkjemiske data fra enkeltdyp våren 2019

For verdier under deteksjonsgrensen er halve deteksjonsgrensen benyttet for beregning av min-, middel-, og maksverdi.

Gjende		Enkeltdyp 03.04.2019						min	middel	maks
parameter	enhet	0,5m	5m	20m	50m	100m	139m			
Konduktivitet	mS/m	1,61	1,33	1,2	1,11	1,16	1,17	1,11	1,26	1,61
pH		6,96	6,91	6,83	6,83	6,8	6,79	6,8	6,9	7
Turbiditet	FNU	1	1,2	1,6	2	2,2	2,2	1	1,7	2,2
Farge	mg Pt/l	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Al	µg/l	43,4	50,9	62,6	90	87,9	88,5	43,4	70,6	90
Al/IL	µg/l	<5	<5	<5	<5	<5	6	<5	3,1	6
Al/L	µg/l	2	0	0	0	0	0	0	0,3	2
Al/R	µg/l	7	<5	<5	<5	<5	<5	<5	3,3	7
Alkalitet	mmol/l	0,12	0,107	0,1	0,094	0,093	0,095	0,093	0,102	0,120
ANC	µEkv/L	109	105	95	89	88	89	88	96	109
Ca	mg/L	1,89	1,76	1,6	1,48	1,47	1,49	1,47	1,62	1,89
Cl	mg/L	0,22	0,21	0,21	0,19	0,29	0,31	0,19	0,24	0,31
K	mg/L	0,18	0,18	0,16	0,15	0,19	0,17	0,15	0,17	0,19
Mg	mg/L	0,38	0,36	0,32	0,3	0,3	0,3	0,30	0,33	0,38
Na	mg/L	0,48	0,44	0,42	0,39	0,44	0,46	0,39	0,44	0,48
NH <sub>4</sub>	µg/l	<2	<2	<2	<2	52	13	<2	11,5	52
NO <sub>3</sub>	µg/l	67	59	54	54	60	65	54	59,8	67
PO <sub>4</sub>	µg/l	1	2	3	4	5	4	1	3,2	5
SO <sub>4</sub>	mg/L	1,47	1,27	1,12	1,03	1,02	1,03	1	1,2	1,5
TOC	mg/l	0,39	0,48	0,39	0,33	0,57	0,42	0,3	0,4	0,6
TOT-N	µg/l	95	86	92	79	140	110	79	100	140
TOT-P	µg/l	3	3	4	5	7	6	3	4,7	7
O <sub>2</sub>	mg/l						10,13			

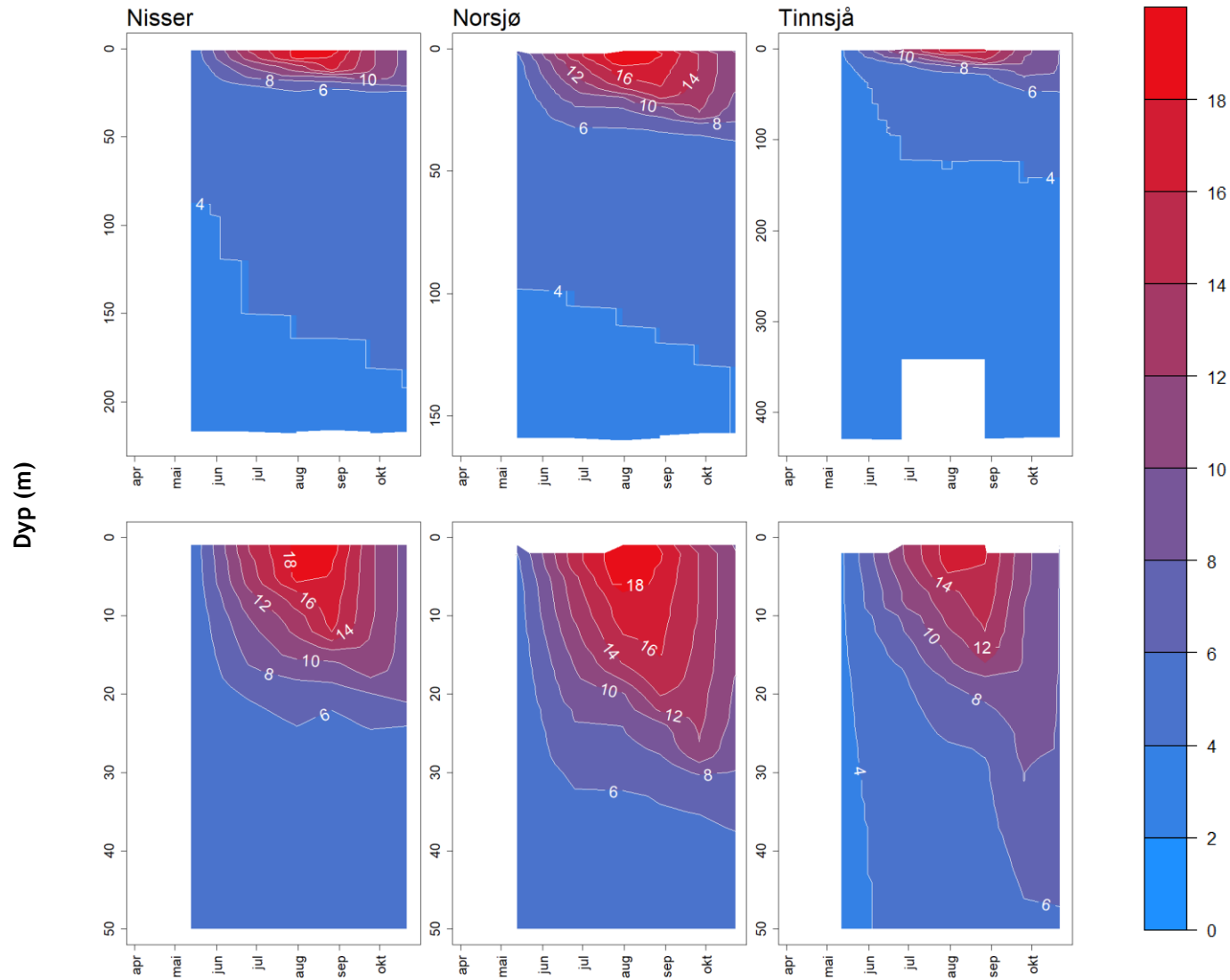
Takvatnet		Enkeltdyp 09.04.2019					min	middel	maks
parameter	enhet	0,5m	5m	20m	50m	70m			
Konduktivitet	mS/m	6,37	6,32	6,21	6,14	6,2	6,14	6,25	6,37
pH		7,51	7,54	7,56	7,52	7,39	7,4	7,5	7,6
Turbiditet	FNU	0,32	<0,3	<0,3	<0,3	0,34	<0,3	0,2	0,3
Farge	mg Pt/l	5	5	5	5	4	4	4,8	5
Al	µg/l	5,8	4,8	4,7	4,5	4	4,0	4,8	5,8
Al/IL	µg/l	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Al/L	µg/l	0	0	0	0	0	0	0	0
Al/R	µg/l	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Alkalitet	mmol/l	0,457	0,459	0,451	0,445	0,444	0,444	0,451	0,459
ANC	µEkv/L	488	480	471	499	467	467	481	499
Ca	mg/L	8,65	8,48	8,29	8,69	8,73	8,29	8,57	8,73
Cl	mg/L	3,57	3,37	3,29	3,25	3,69	3,25	3,43	3,69
K	mg/L	0,73	0,73	0,73	0,77	0,71	0,71	0,73	0,77
Mg	mg/L	1,09	1,07	1,06	1,09	1,07	1,06	1,08	1,09
Na	mg/L	2,31	2,19	2,13	2,21	2,15	2,13	2,2	2,31
NH <sub>4</sub>	µg/l	14	12	19	11	<2	<2	11,4	19
NO <sub>3</sub>	µg/l	43	35	39	45	97	35	52	97
PO <sub>4</sub>	µg/l	2	1	<1	<1	<1	<1	0,9	2
SO <sub>4</sub>	mg/L	2,34	2,26	2,21	2,18	2,75	2,18	2,35	2,75
TOC	mg/l	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,4	1,5
TOT-N	µg/l	120	110	110	130	160	110	126	160
TOT-P	µg/l	7	4	4	3	4	3	4,4	7
O <sub>2</sub>	mg/l					10,26			

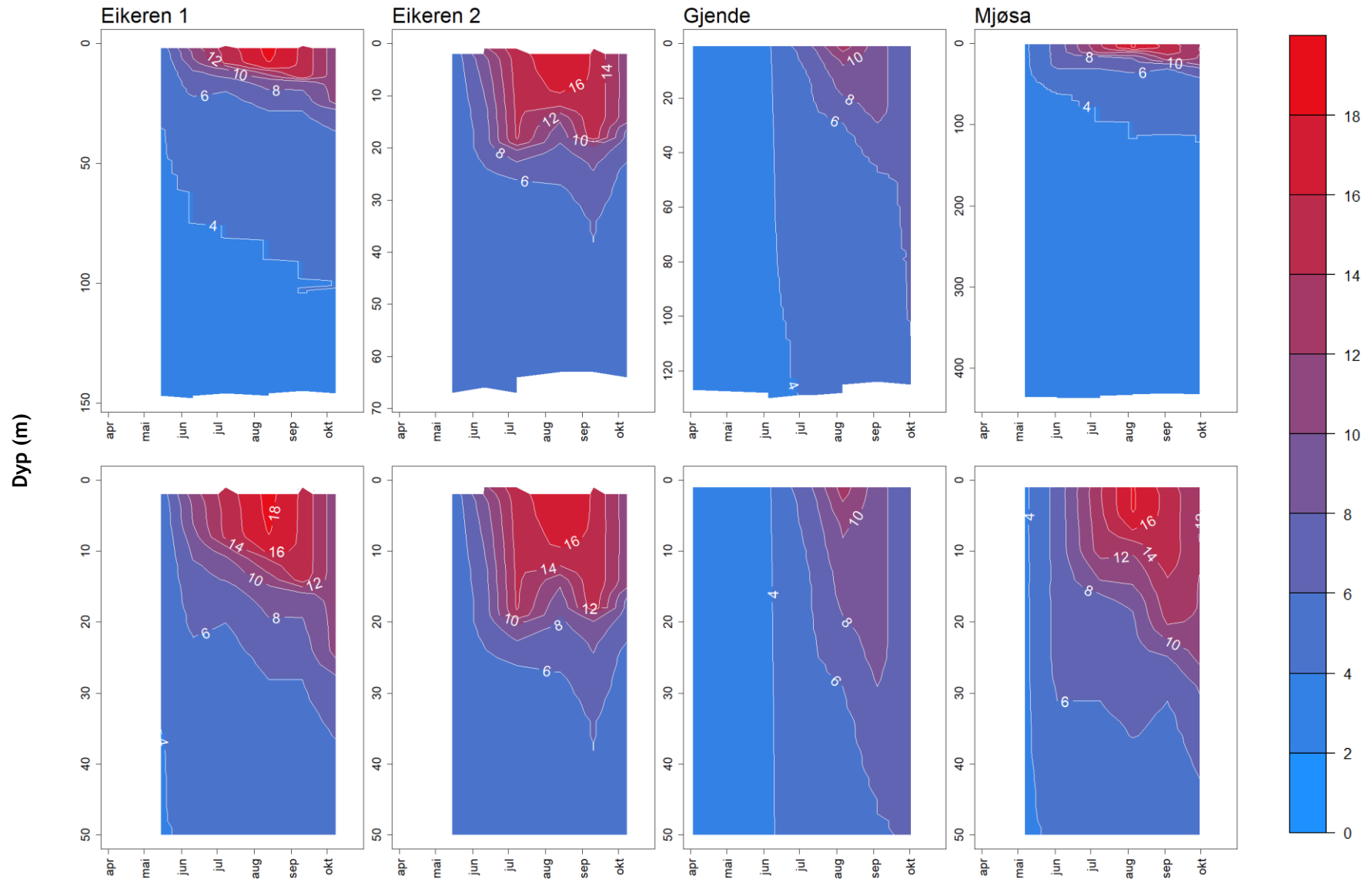
Mjøsa, Skreia		Vannkjemiske data fra enkeltdyp 07.05.2019											
parameter	enhet	0,5m	5m	20m	50m	100m	200m	300m	400m	428m	min	middel	maks
Konduktivitet	mS/m	4,58	4,6	4,58	4,55	4,56	4,6	4,72	4,78	4,78	4,55	4,64	4,78
pH		7,26	7,23	7,24	7,26	7,25	7,29	7,27	7,25	7,18	7,18	7,25	7,29
Turbiditet	FNU	0,39	0,38	0,48	0,35	0,63	0,47	0,33	0,43	0,6	0,33	0,45	0,63
Farge	mg Pt/l	10	10	10	10	10	10	10	11	11	10	10,2	11
Al/IL	µg/l	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Al/L	µg/l	1	0	2	0	1	2	3	0	4	0	1,4	4
Al/R	µg/l	6	< 5	7	< 5	6	7	8	< 5	9	< 5	5,61	9
Alkalitet	mmol/l	0,259	0,262	0,261	0,261	0,262	0,264	0,264	0,268	0,276	0,259	0,264	0,276
ANC	µEkv/L	280	278	282	279	279	279	287	288	288	278	282	288
Ca	mg/L	6,04	5,92	6	5,99	5,98	6	6,22	6,31	6,29	5,92	6,08	6,31
Cl	mg/L	1,47	1,52	1,49	1,47	1,45	1,45	1,48	1,5	1,5	1,45	1,48	1,52
K	mg/L	0,65	0,68	0,65	0,65	0,65	0,65	0,66	0,68	0,67	0,65	0,66	0,68
Mg	mg/L	0,78	0,78	0,79	0,78	0,79	0,78	0,8	0,81	0,8	0,78	0,79	0,81
Na	mg/L	1,18	1,25	1,2	1,19	1,17	1,16	1,21	1,17	1,2	1,16	1,19	1,25
NH <sub>4</sub>	µg/l	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
NO <sub>3</sub>	µg/l	420	410	410	420	420	420	460	480	480	410	436	480
PO <sub>4</sub>	µg/l	< 1	< 1	1	< 1	1	1	1	1	1	< 1	0,8	1
Si	mg/l	1,28	1,27	1,27	1,26	1,26	1,27	1,27	1,27	1,26	1,26	1,27	1,28
SO <sub>4</sub>	mg/L	3,92	3,88	3,85	3,87	3,89	3,89	4,02	4,09	4,07	3,85	3,94	4,09
TOC	mg/l	1,9	2	2	1,9	1,9	1,9	1,9	2	2	1,9	1,9	2
TOT-N	µg/l	530	530	560	510	540	500	580	600	600	500	550	600
TOT-P	µg/l	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
O <sub>2</sub>										11,61			

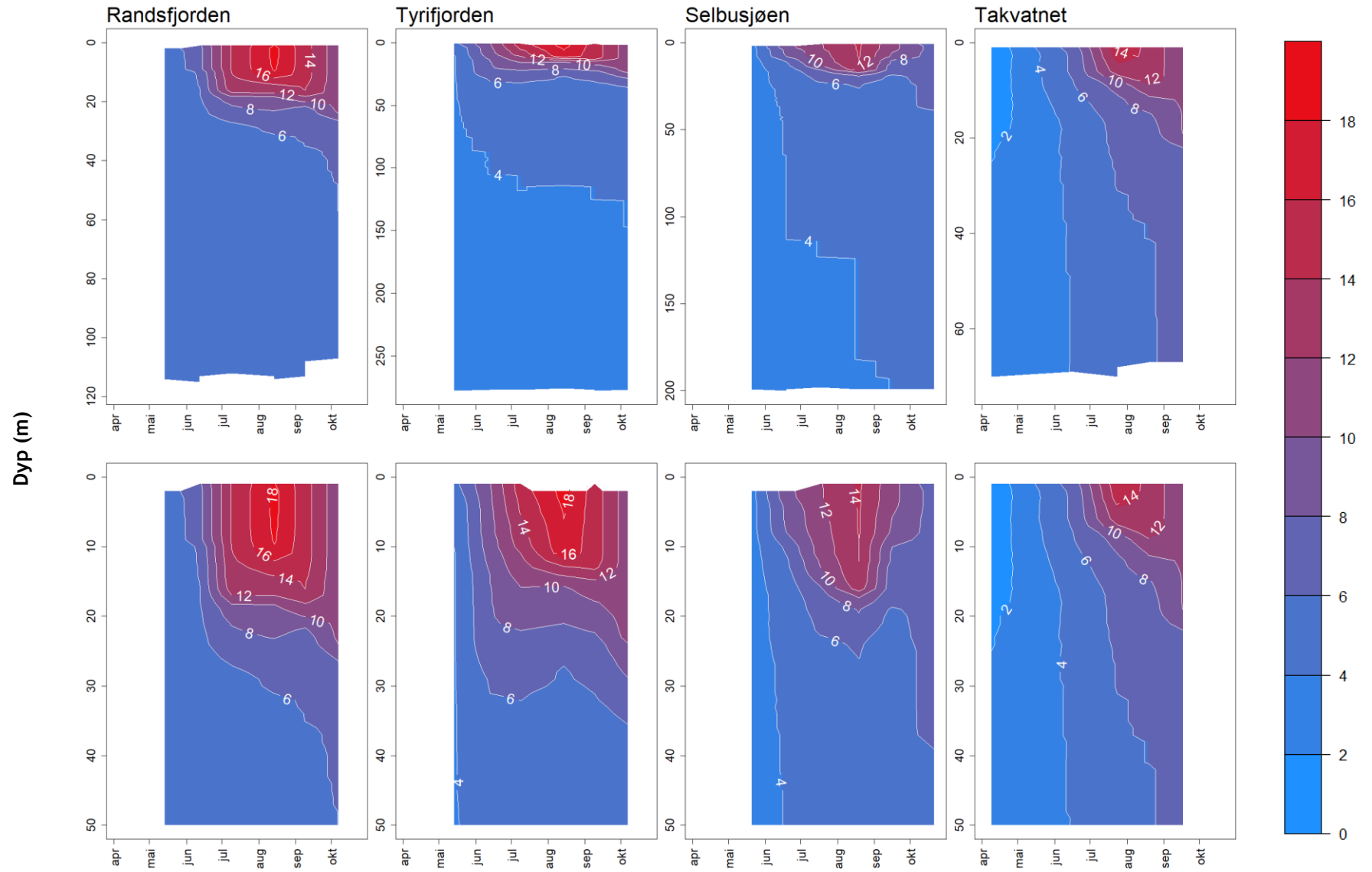
## Vedlegg E. Vertikalprofiler av temperatur, oksygen, fluorescens, pH, ledningsevne og turbiditet basert på sondemålinger

pH-målinger mangler i Nisser, Norsjø og Tinnsjø pga instrumentproblemer. pH og ledningsevne mangler i Takvatnet pga bruk av sonde uten disse.

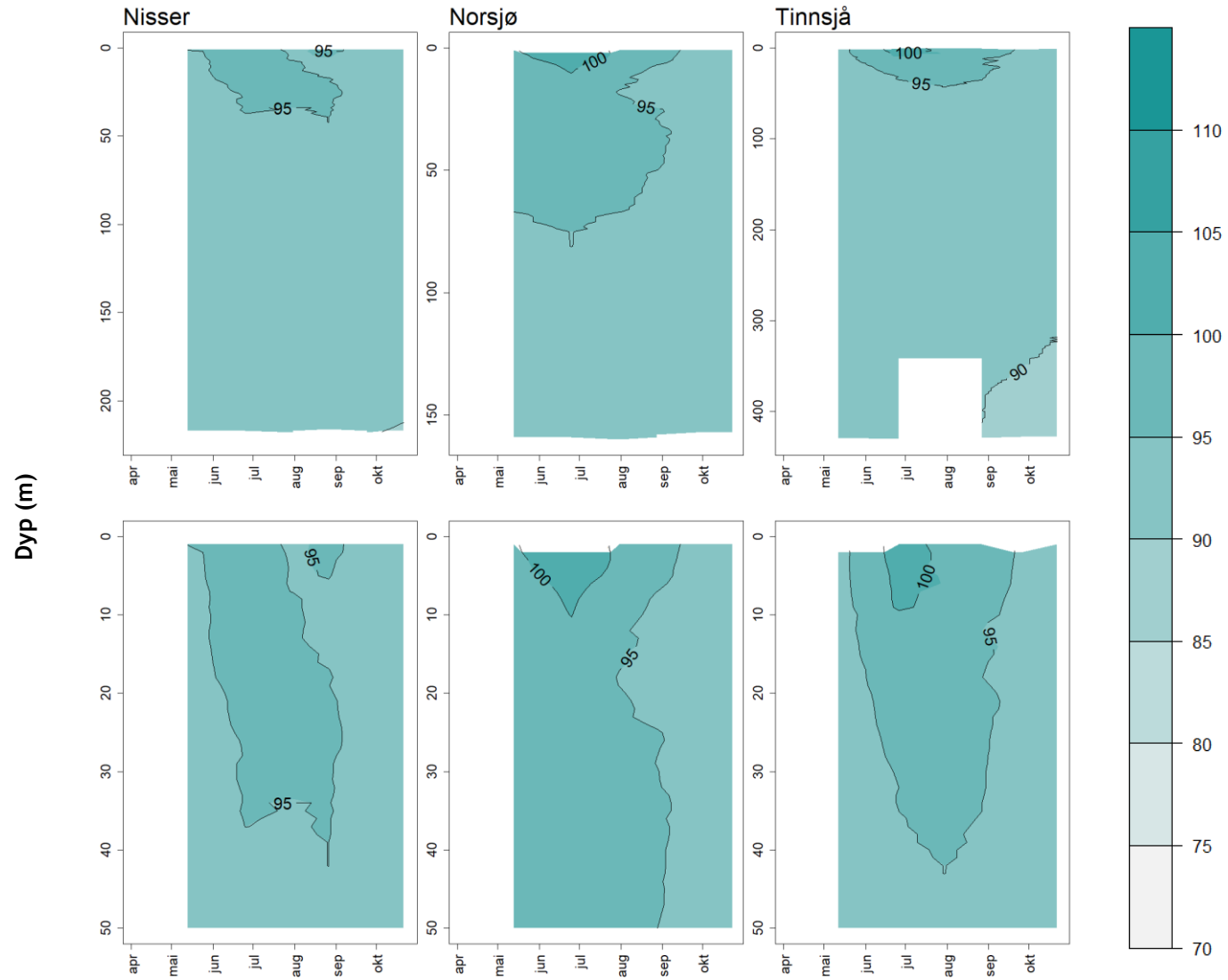
# Temperatur (°C)



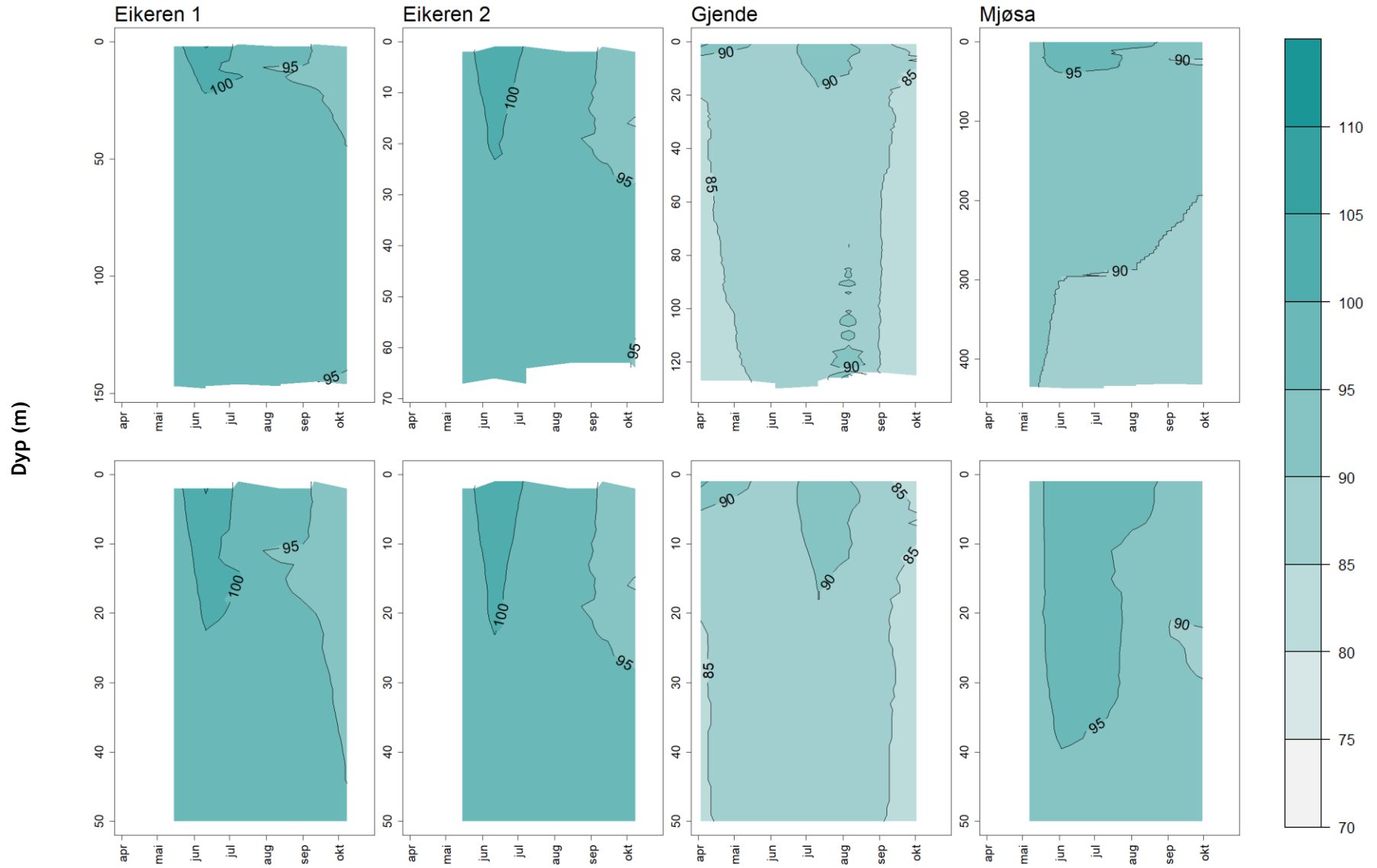


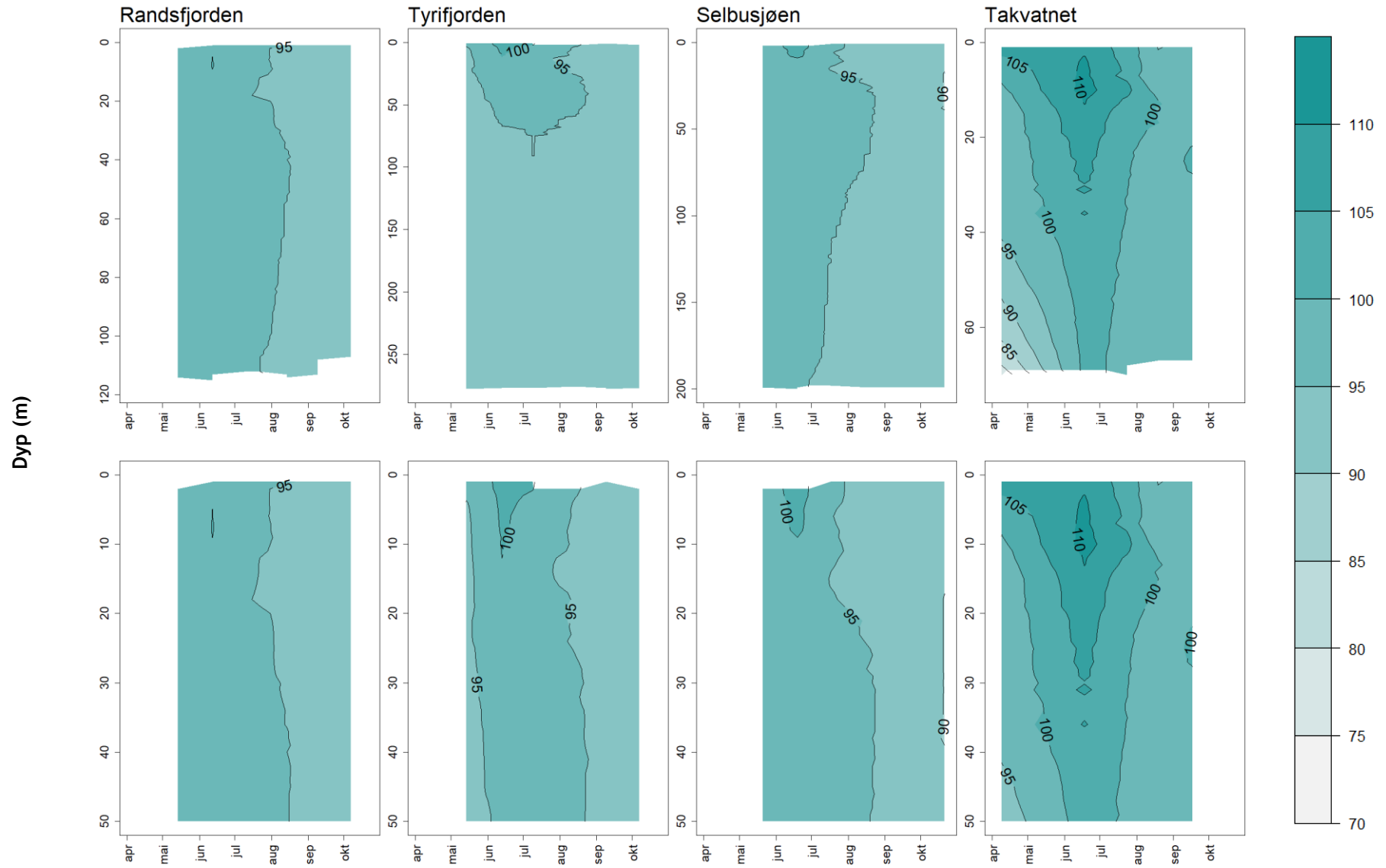


# Oksygen metning (%)

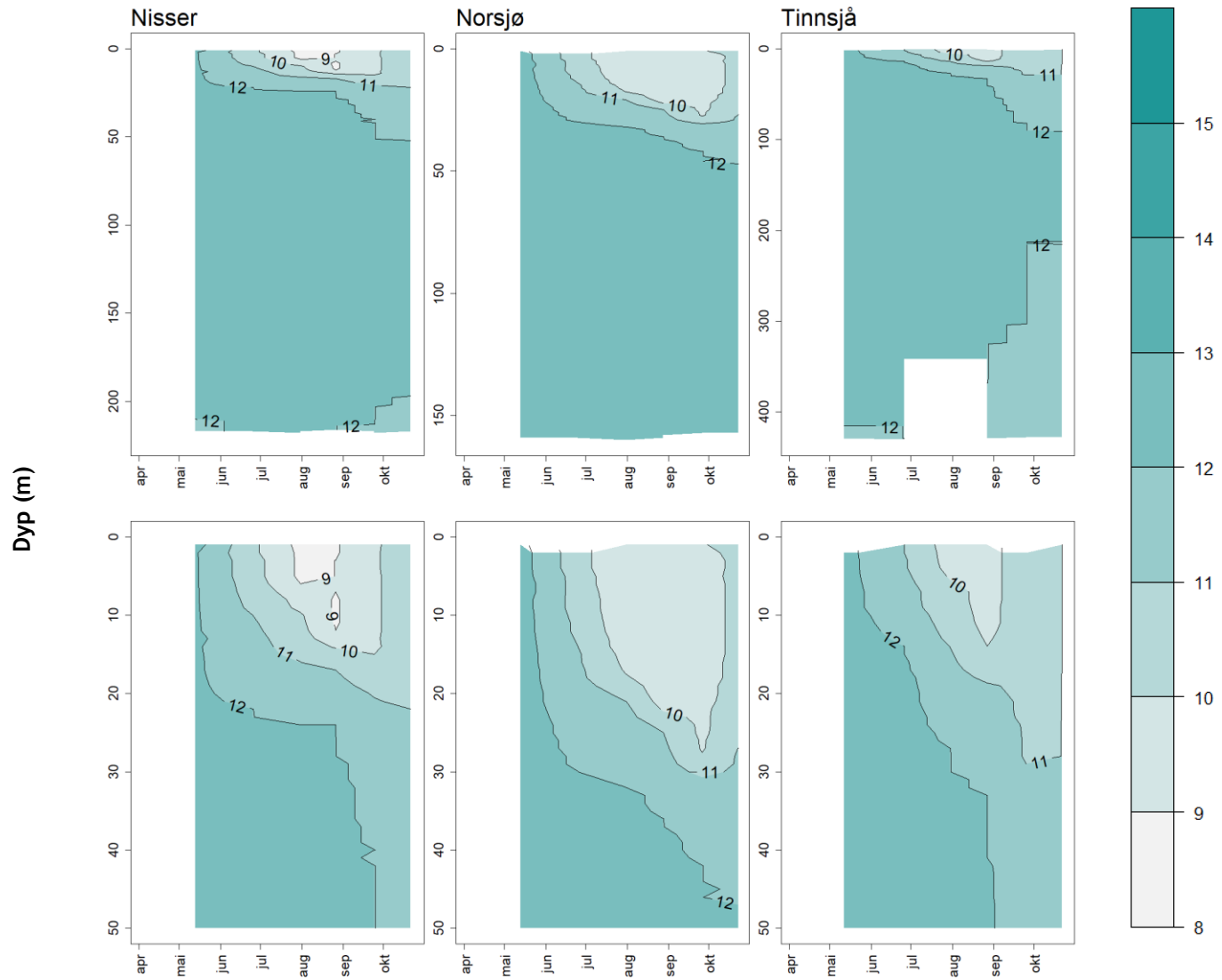


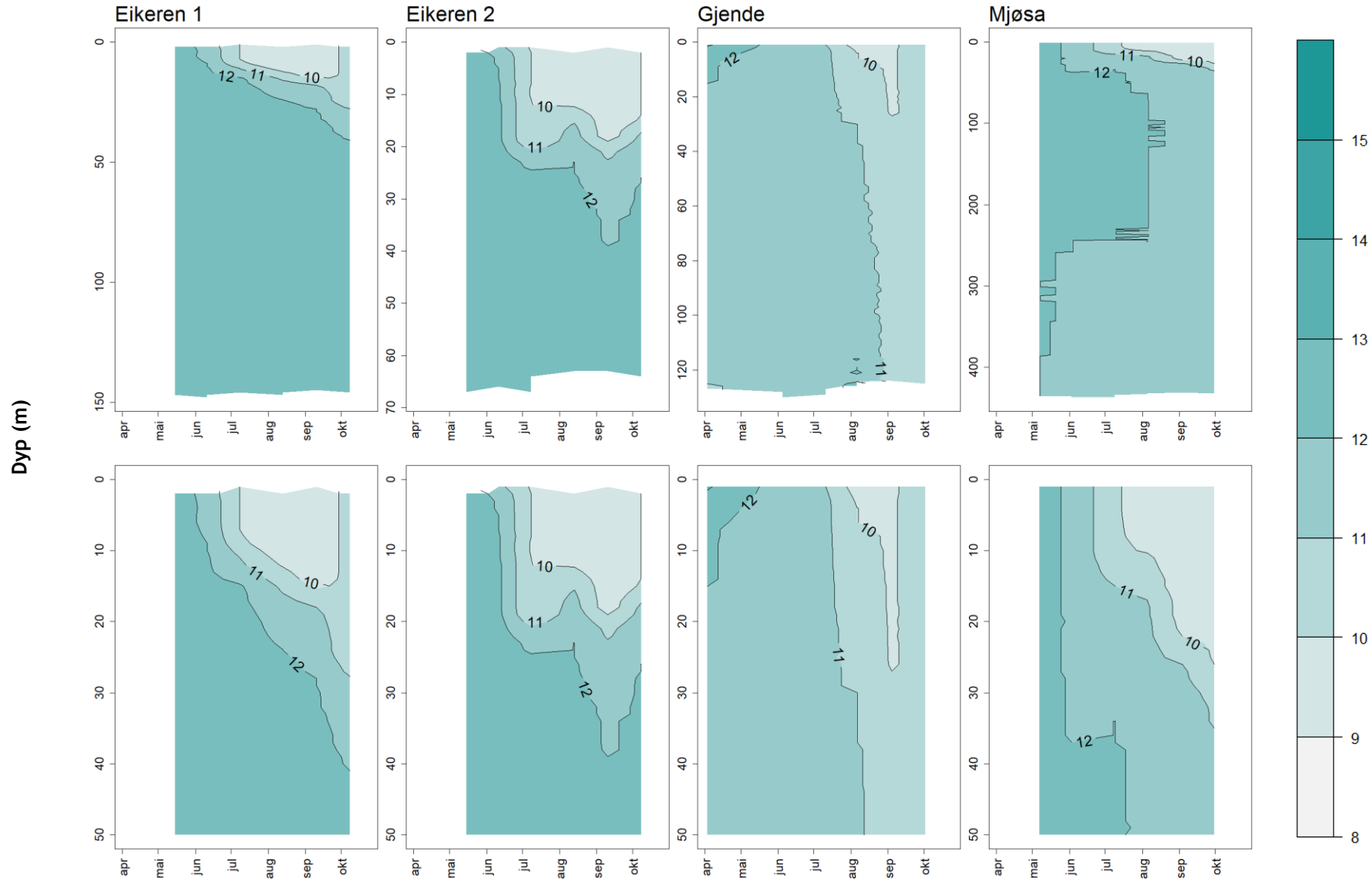


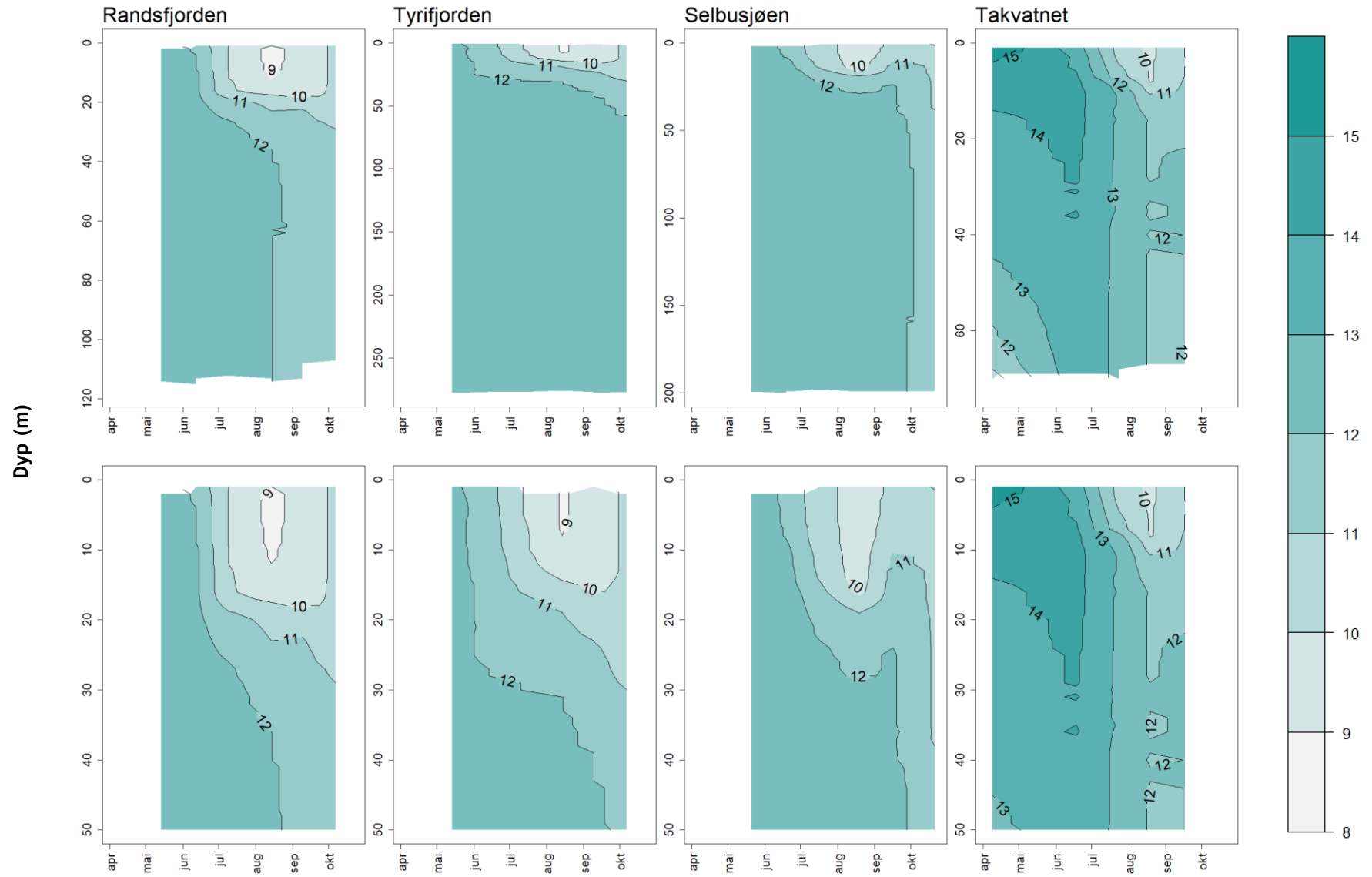




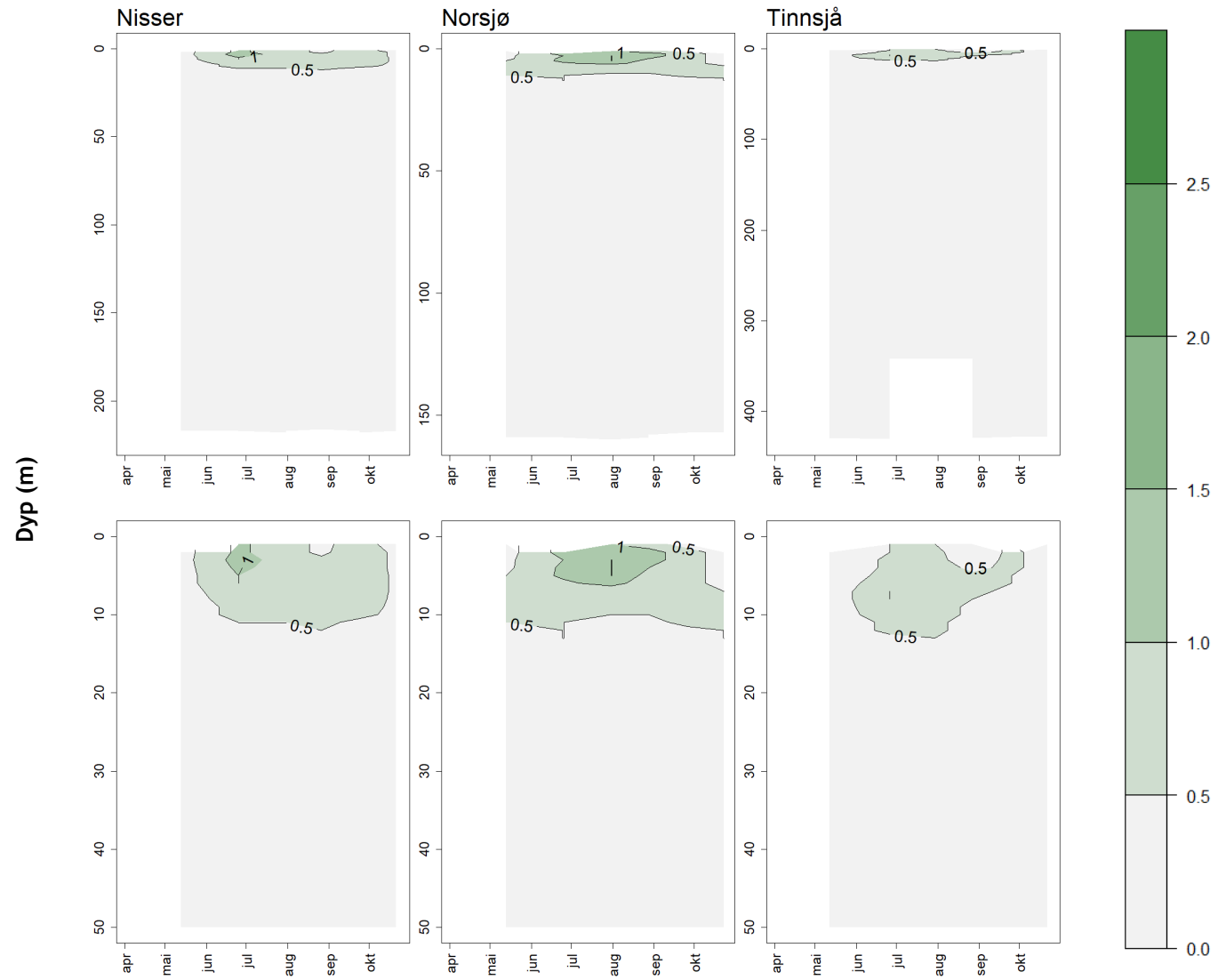
# Oksygen (mg/L)

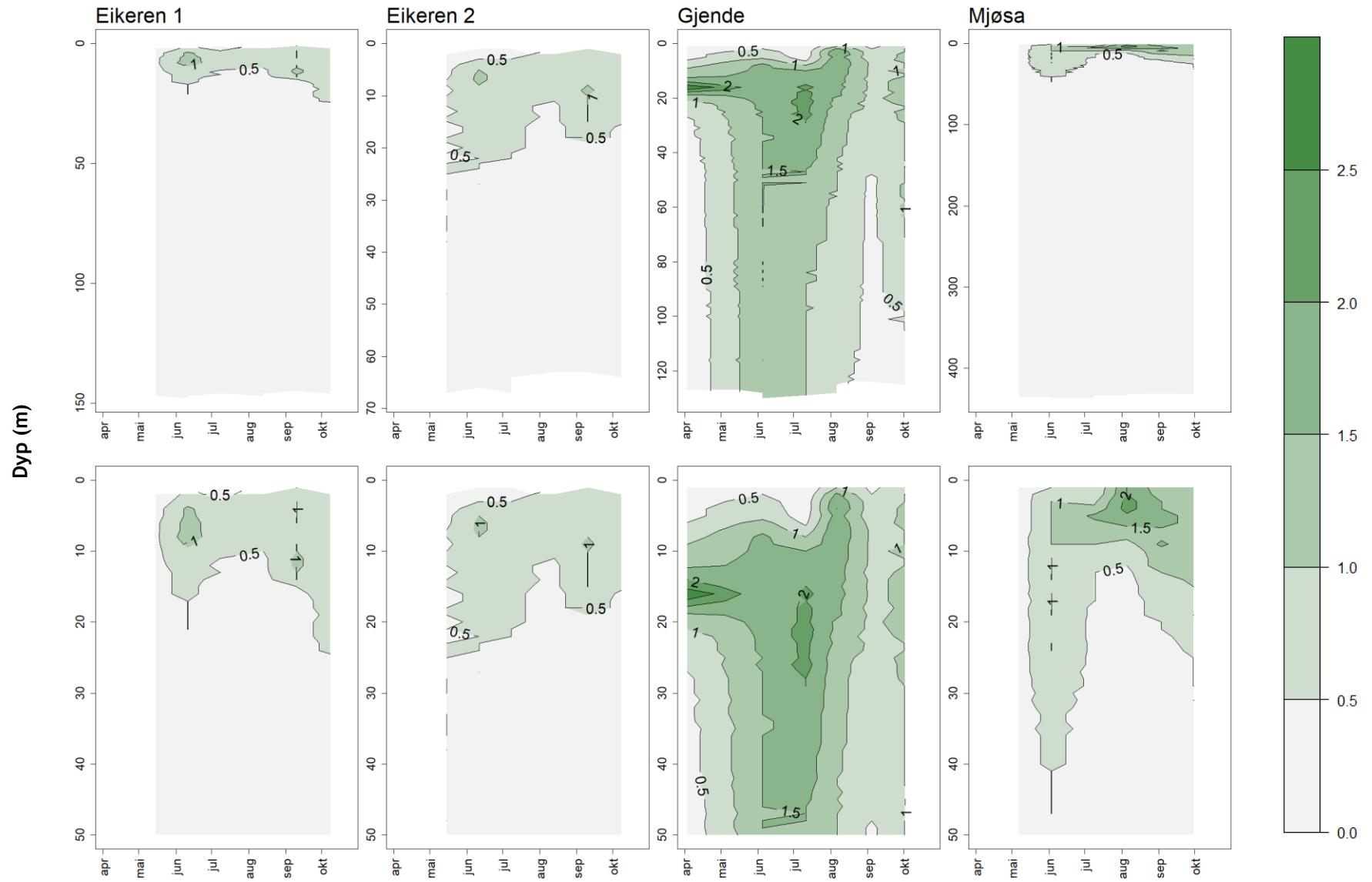


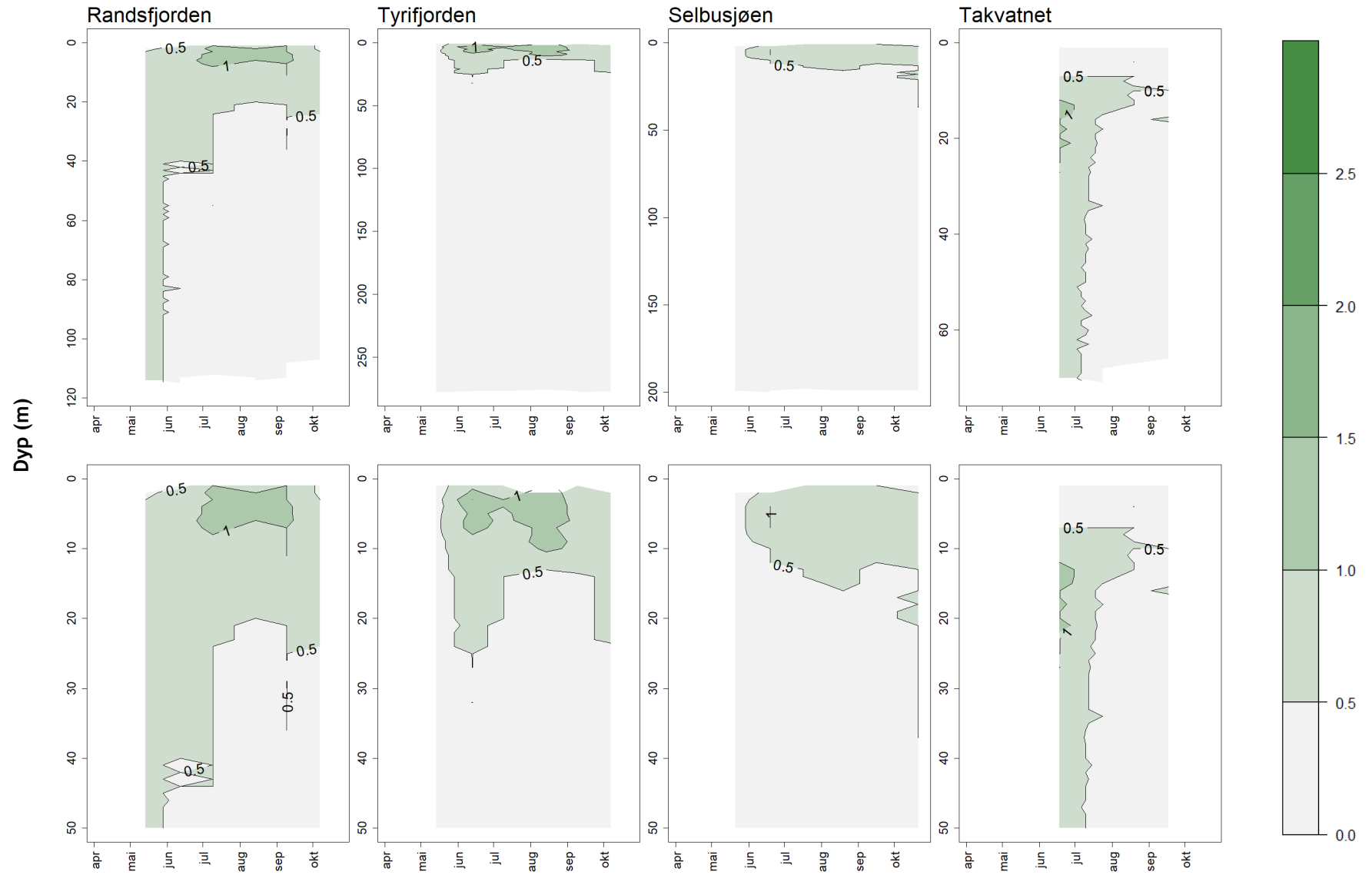




# Fluorescens



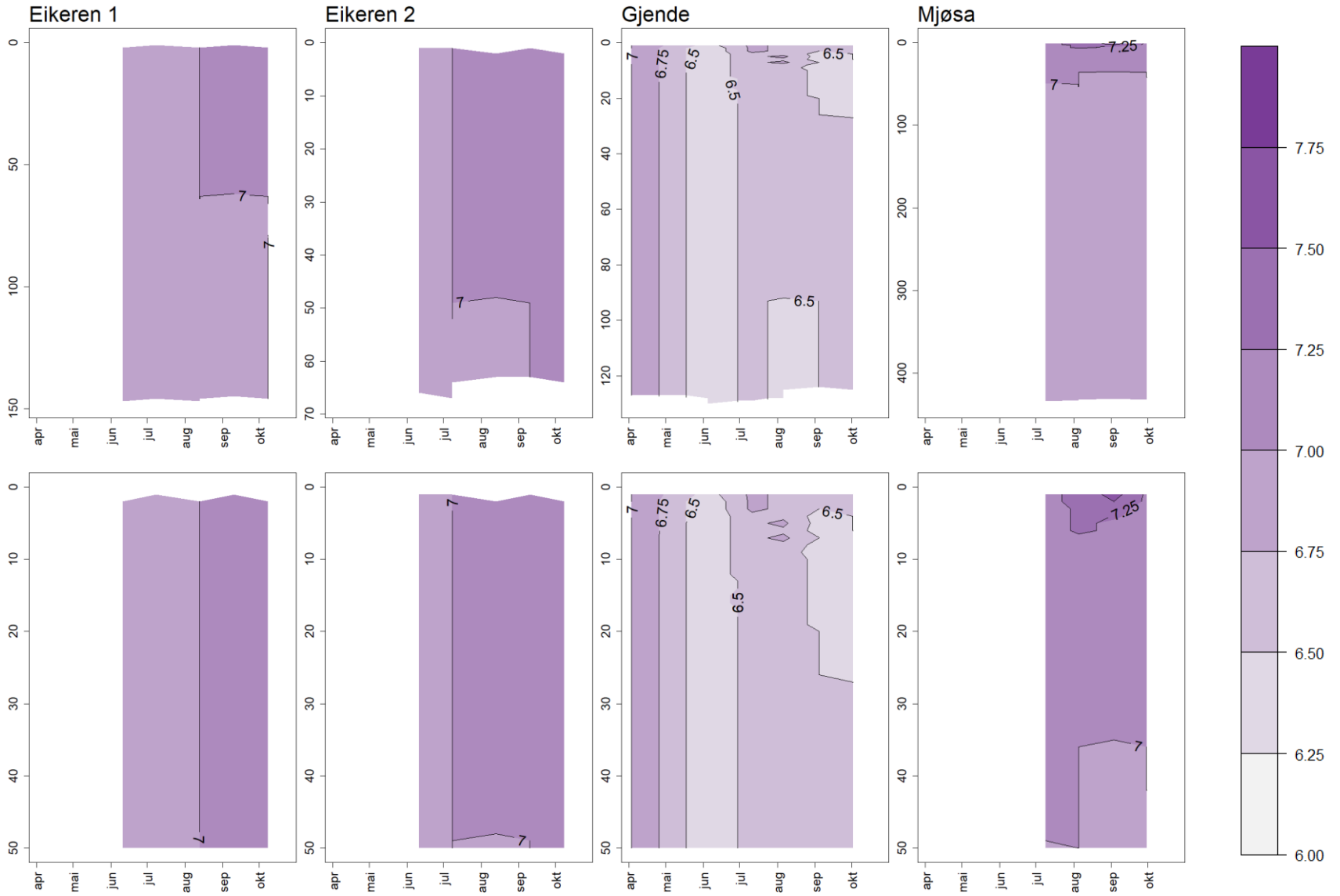


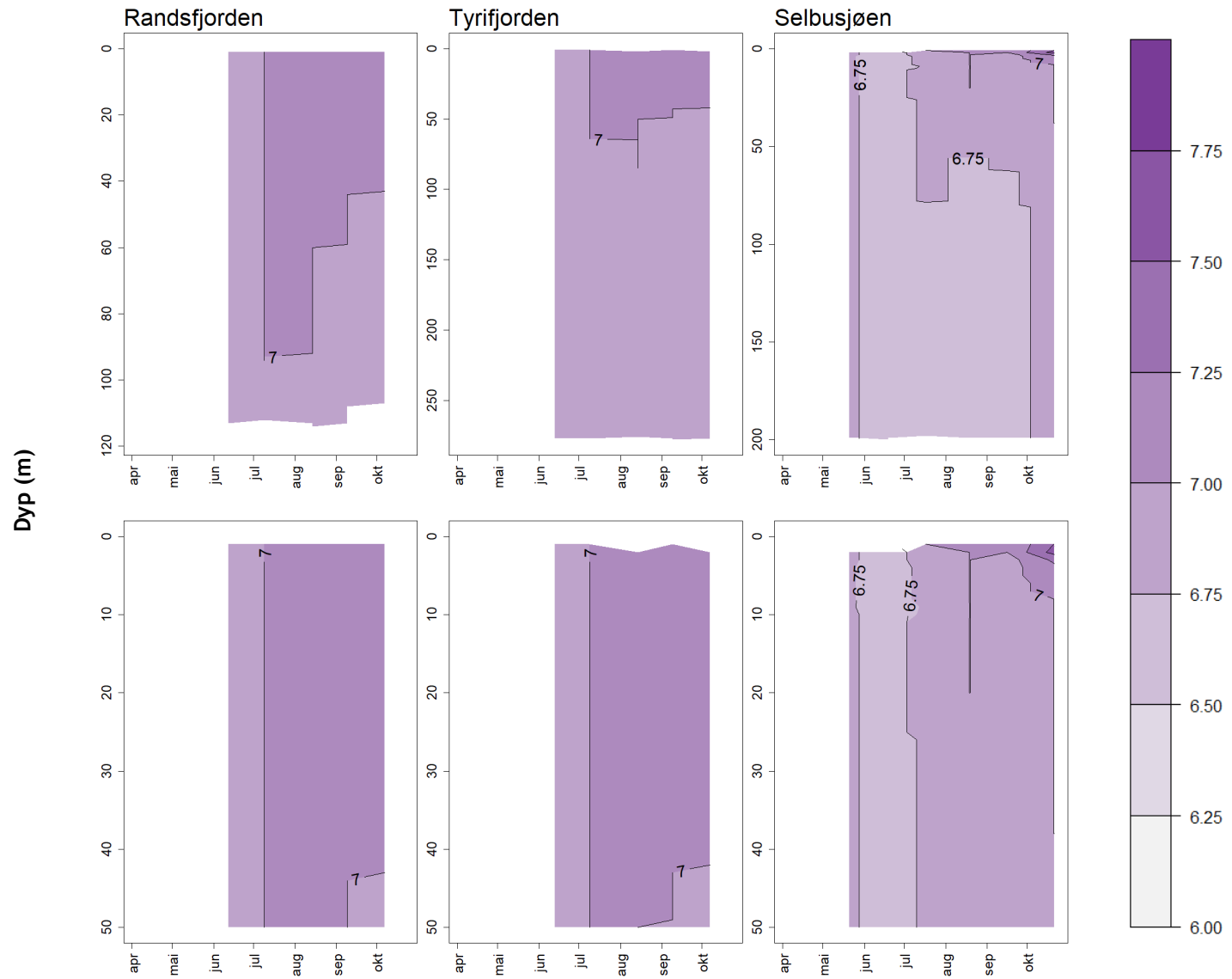




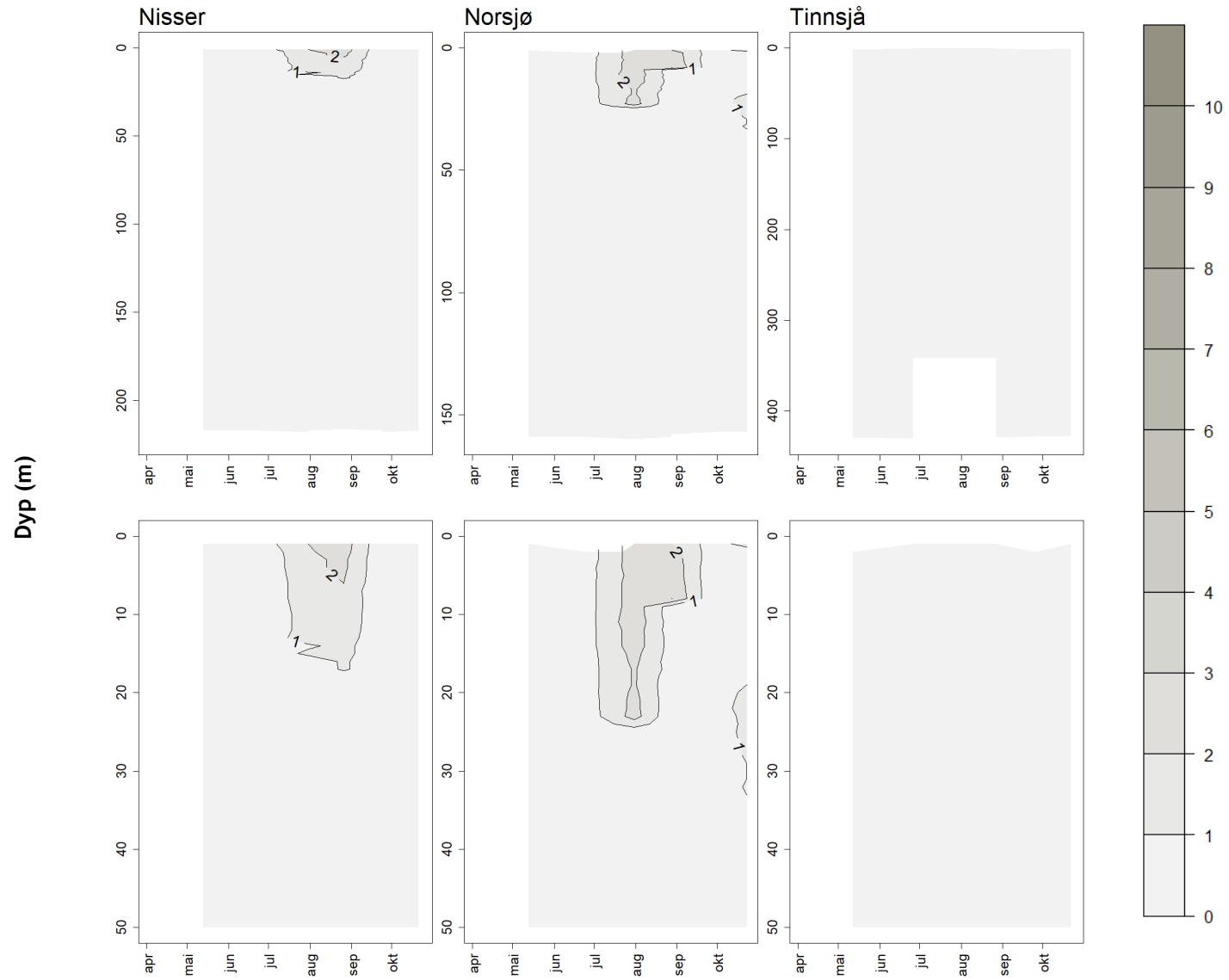
# pH

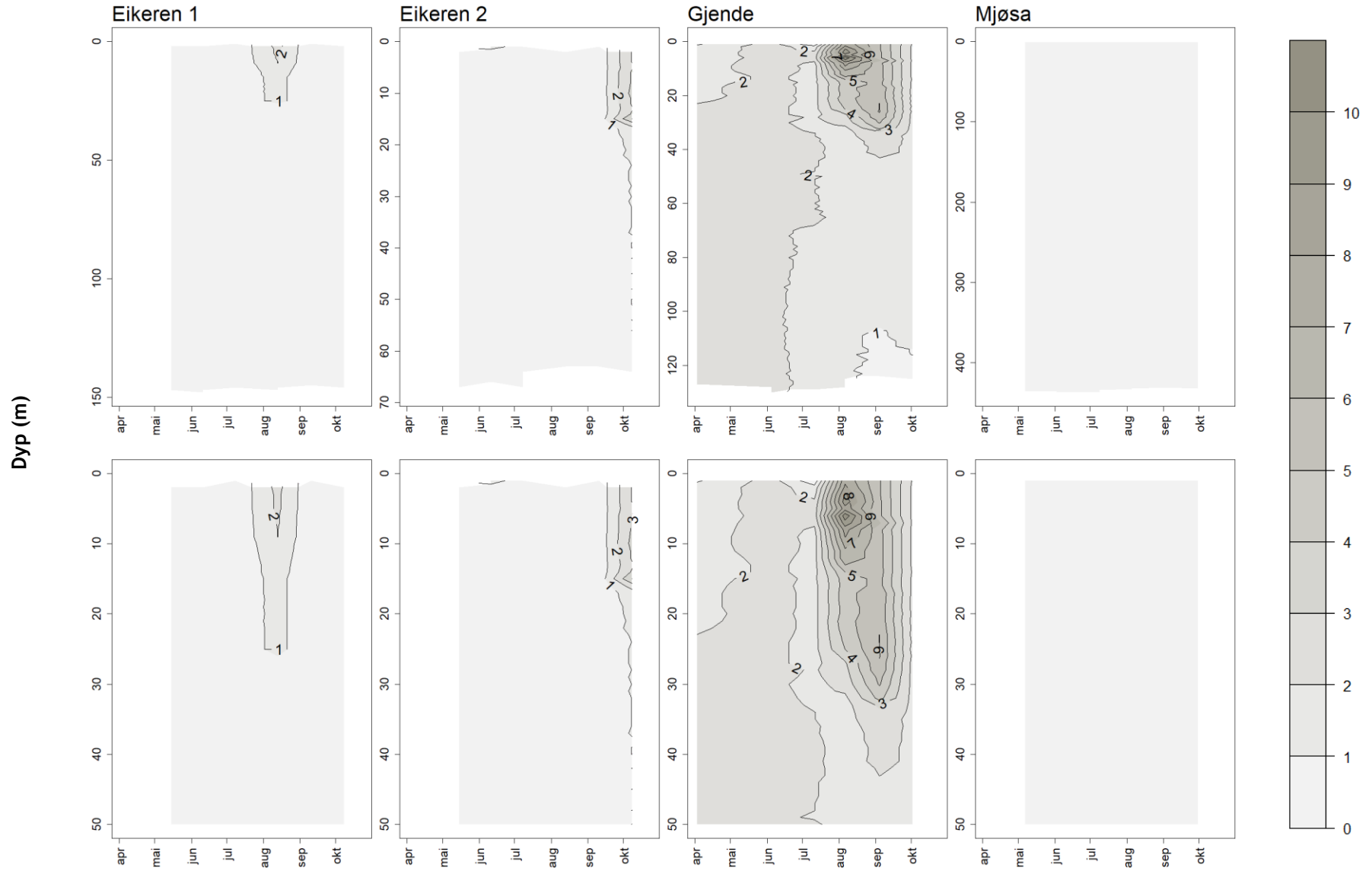
Dyp (m)

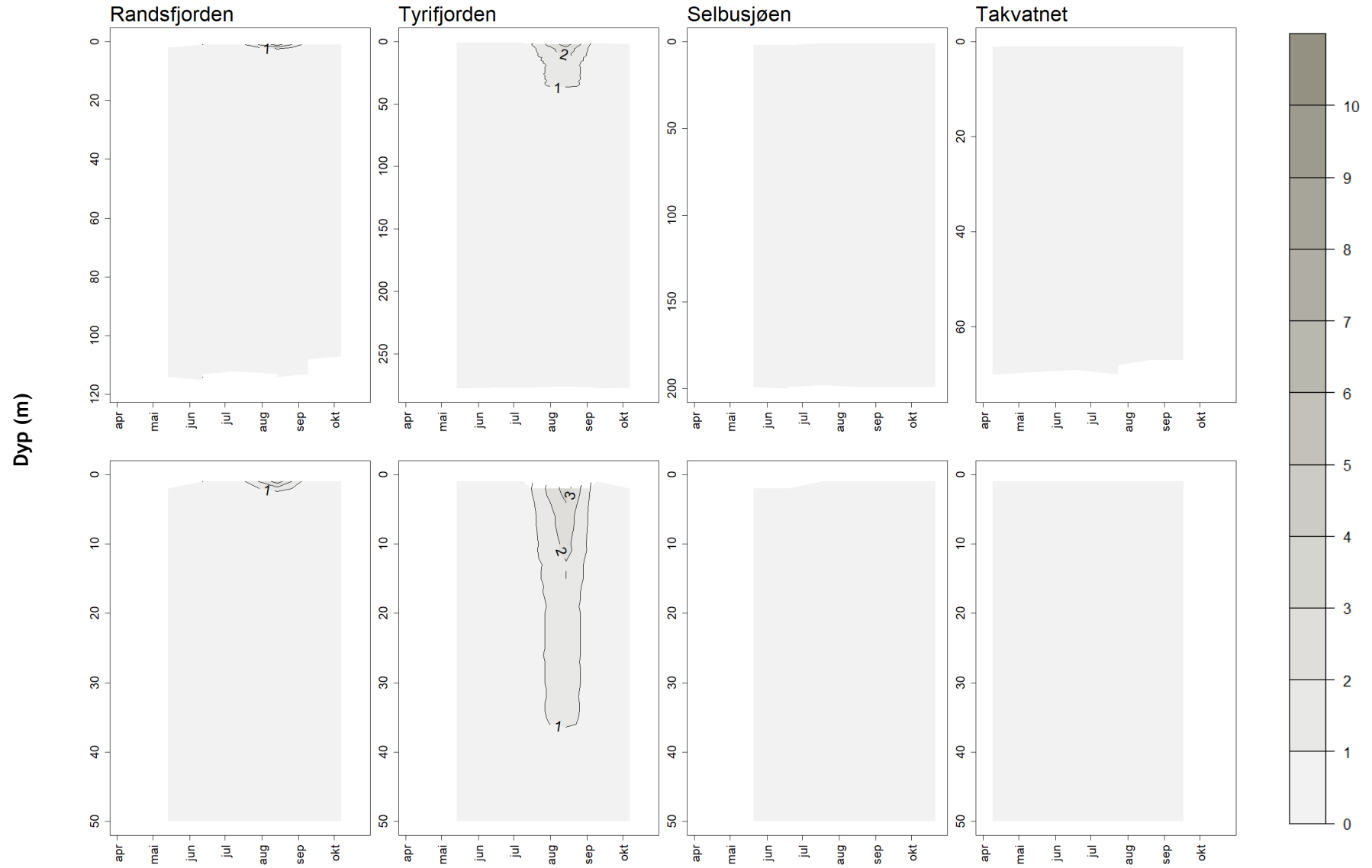




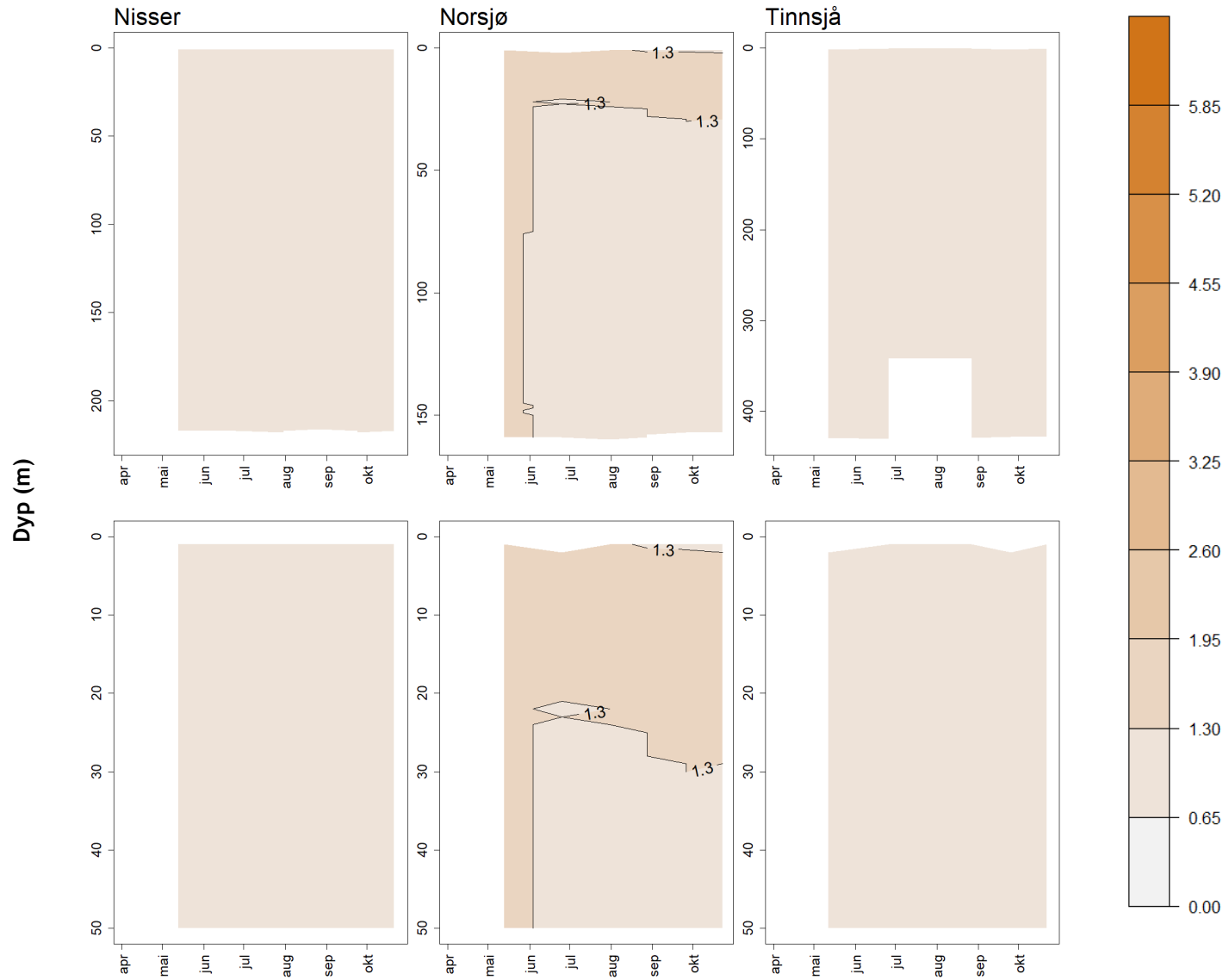
# Turbiditet (FTU)

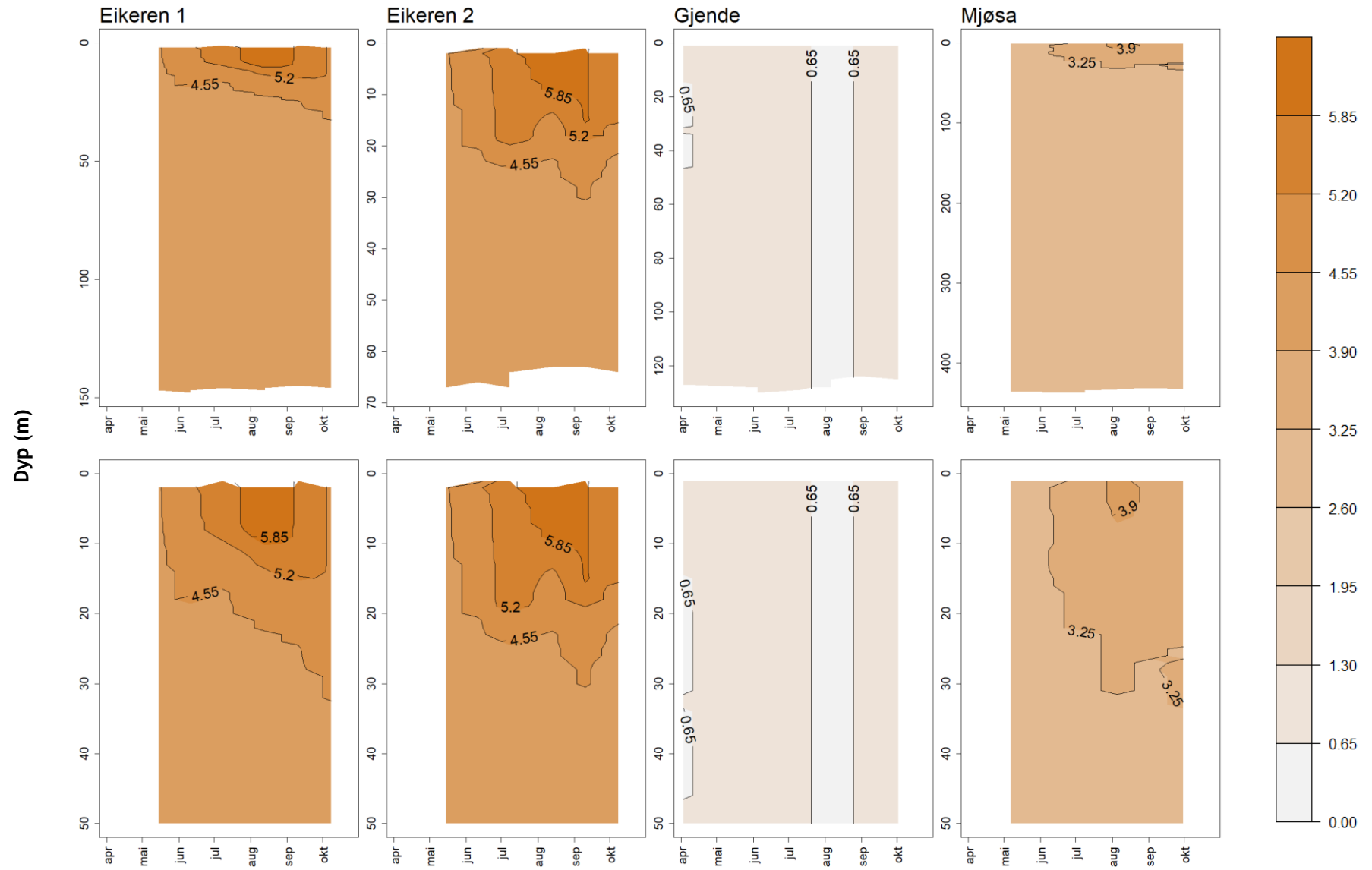


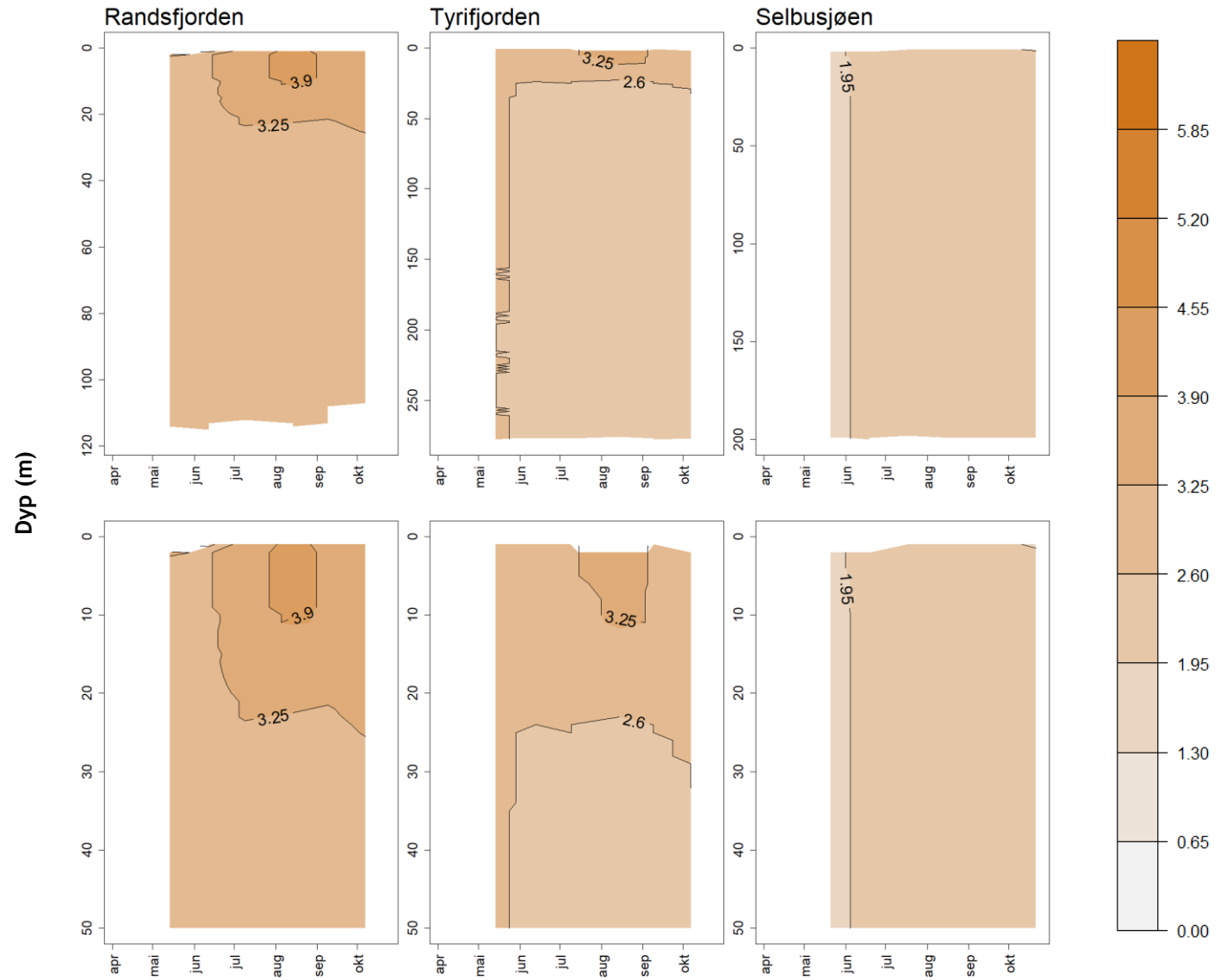




# Ledningsevne (mS/m)









# Vedlegg F. Planteplankton – supplerende resultater

## F1. Absoluttverdier av alle parametere

Absoluttverdier av alle parametere som er brukt i klassifiseringen av planteplankton i basisovervåkingssjøene i ØKOSTOR 2019. Tallene angir middelværdier gjennom sesongen av klorofyll a, totalt volum og PTI og maksverdi for totalt volum av cyanobakterier (Cyano<sub>max</sub>) iht Klassifiseringsveilederen (Veileder 02:2018).

Norsk Type nr.	Innsjønavn	Klorofyll µg/l	Totalt volum mm <sup>3</sup> /l	PTI	Cyano <sub>max</sub> mm <sup>3</sup> /l
L202d	Nisser	1,08	0,10	1,94	0,023
L105b	Norsjø	1,50	0,11	2,06	0,006
L104	Tinnsjø	1,07	0,08	2,00	0,006
L107	Eikeren 1	1,29	0,15	2,14	0,031
L107	Eikeren 2	1,29	0,18	2,20	0,091
L304	Gjende	1,60	0,34	2,29	0,000
L105b	Mjøsa	2,68	0,28	2,27	0,037
L107	Randsfjorden	1,44	0,14	2,14	0,003
L105b	Tyrifjorden	1,33	0,15	2,18	0,004
L105b	Selbusjøen	0,78	0,08	2,11	0,001
L207	Takvatnet	0,97	0,10	2,07	0,002

## F2. Artssammensetning av planteplankton

### Nisser

Verdiene for klorofyll a og totalt volum var lave, og Nisser fikk tilstandsklassen *svært god* for disse parametere. De dominerende gruppene var gullalger og grønnalger med mindre andeler fureflagellater og svelgflagellater. Gullalgene besto for det meste av flagellater som *Chromulina*, *Mallomonas* og *Ochromonas*. Grønnalgene, som dominerte planktonet i juli og august, besto for det meste av *Monoraphidium griffithii*, en >40 µm lang nåleformet art, som trolig er lite beitbar for mange vannlopper. En slik dominans av grønnalger ble kun funnet i Nisser, men ikke i de andre innsjøene som var med i 2019 overvåkingen. Sammensetningen av planteplanktonet (PTI) viste et planteplanktonsamfunn som ga tilstandsklassen *svært god*. Det totale volumet av cyanobakterier var så lavt at tilstandsklassen ble *svært god* for Cyano<sub>max</sub>. Totalvurderingen av Nisser i 2019 basert på planteplanktonet ga tilstandsklassen *svært god* med nEQR på 0,93.

### Norsjø

Verdiene for klorofyll a og totalt volum var lave og Norsjø fikk tilstandsklassen *svært god* for disse parametere. Planteplanktonsamfunnet var variert og besto for det meste av gullalger, kiselalger,

svelgflagellater, fureflagellater og grønnalger. Sammensetningen av planteplanktonet (PTI) viste et planteplanktonsamfunn som ga tilstandsklassen *svært god*. Det totale volumet av cyanobakterier var så lavt at tilstandsklassen ble *svært god* for  $Cyano_{max}$ . Totalvurderingen av Norsjø i 2019 basert på planteplanktonet ga tilstandsklassen *svært god* med nEQR på 0,89.

### Tinnsjø

Verdiene for klorofyll a og totalt volum var lave og Tinnsjø fikk tilstandsklassen *svært god* for disse parameterne. De dominerende gruppene var gullalger og svelgflagellater med mindre andeler kiselalger og fureflagellater. Gullalgene besto av flagellater fra ulike slekter. Sammensetningen av planteplanktonet (PTI) viste et planteplanktonsamfunn som ga tilstandsklassen *svært god*. Det totale volumet av cyanobakterier var så lavt at tilstandsklassen ble *svært god* for  $Cyano_{max}$ . Totalvurderingen av Tinnsjø i 2019 basert på planteplanktonet ga tilstandsklassen *svært god* med nEQR på 0,95.

### Eikeren

Verdiene for klorofyll a og totalt volum var lave på begge stasjonene og Eikeren fikk tilstandsklassen *svært god* for disse parameterne (tilstandsklassen ble *svært god* også om klassegrensene for vanntype L105b benyttes). De dominerende gruppen var kiselalger og svelgflagellater samt mindre andeler gullalger og fureflagellater. Det var noe høyere andel cyanobakterier på stasjonen i sør, Eikeren 2. Cyanobakterier hadde også tre ganger så høy maksimumbiomasse på denne stasjonen sammenlignet med stasjon 1. Dette har sammenheng med tilførsel av planteplankton fra de eutrofierte innsjøene i nedslagsfeltet i sør, som Hillestadvannet. Det totale volumet av cyanobakterier var imidlertid så lavt at tilstandsklassen ble *svært god* for  $Cyano_{max}$  på begge stasjonene. Sammensetningen av planteplanktonet (PTI) viste et planteplanktonsamfunn som ga tilstandsklassen *svært god*. Totalvurderingen av Eikeren 2019 basert på planteplanktonet ga tilstandsklassen *svært god* med nEQR på 0,93 (henholdsvis 0.97 for Eikeren 1 og 0.92 for Eikeren 2).

### Gjende

Verdiene for klorofyll a og totalt volum var forholdsvis høye og Gjende fikk henholdsvis tilstandsklassene *god* og *moderat* for disse parameterne. Den dominerende arten gjennom hele sesongen var kiselalgen *Asterionella formosa*. Det ble også observert mindre andeler fureflagellater og gullalger. Ved prøvetakingen fra isen 3. april ble det observert klorofyllmaksimum på 16 m. Prøven herfra besto også nesten utelukkende av *A. formosa*. Andelen *A. formosa* har økt betydelig i 2019 i forhold til foregående år. Oppblomstringen av *A. formosa* startet allerede på høsten 2018 og observasjonene fra april tyder på at algen har holdt det gående under isen gjennom vinteren. Tidligere har det også vært dominans av kiselalger i Gjende, men da hovedsakelig *Cyclotella* (PTI-verdi 1.899) og *Tabellaria flocculosa* (PTI 2.141). *A. formosa* har høyere PTI-verdi enn disse (PTI 2.399), og kan forklare hvorfor PTI ga tilstandsklasse dårlig i 2019. Det ble ikke observert cyanobakterier i noen av prøvene så tilstandsklassen ble *svært god* for  $Cyano_{max}$ . Totalvurderingen av Gjende i 2019 basert på planteplanktonet ga tilstandsklassen *moderat* med nEQR på 0,50. Det bemerkes at klassegrenser for bresjøer fortsatt mangler og at klassegrensene som er brukt for kalkfattige fjellsjøer kan være for strenge og gi for dårlig tilstand. Resultatet er derfor svært usikkert, men den relative endringen som skyldes økt dominans av *A. formosa* er et sikkert tegn på at planteplanktonet i Gjende er i endring mot et mer eutroft samfunn. Det gjenstår å se om andelen *A. formosa* går tilbake igjen eller om dette blir en mer langvarig trend. Hvorvidt denne endringen kan forklares med den store økningen i turbiditet i 2018 og 2019 sammenlignet med de tidligere årene er uklart, men disse resultatene er viktige å følge opp med nye undersøkelser.

### Mjøsa

Verdiene for klorofyll a og totalt volum var forholdsvis lave, og Mjøsa fikk tilstandsklassen *god* for disse parameterne. De dominerende gruppene i første delen av sesongen var gullalger og svelgflagellater, utover sommeren var det kiselalgene som dominerte. I Mjøsa var det planktoniske former av *Tabellaria flocculosa* som dominerer og denne arten dominerte også i 2019; i noen av prøvene ble det også observert mye av den kjededannende *Fragilaria crotonensis*. Sammensetningen av planteplanktonet (PTI) viste et planteplanktonsamfunn som ga tilstandsklassen *moderat*, på grensen til *god*. Det totale volumet av cyanobakterier var så lavt at tilstandsklassen ble *svært god* for  $Cyano_{max}$ . Totalvurderingen av Mjøsa i 2019 basert på planteplanktonet ga tilstandsklassen *god* med nEQR på 0,67.

### Randsfjorden

Verdiene for klorofyll a og totalt volum var lave og Randsfjorden fikk tilstandsklassen *svært god* for disse parameterne (tilstandsklassen ble *svært god* også om klassegrensene for vanntype L105b benyttes). De dominerende gruppen var gullalger og svelgflagellater samt mindre andeler kiselalger, fureflagellater og grønnalger. Gullalgene besto også her av flagellater, som *Chromulina* og *Mallomonas*. Sammensetningen av planteplanktonet (PTI) viste et planteplanktonsamfunn som ga tilstandsklassen *svært god*. Det totale volumet av cyanobakterier var så lavt at tilstandsklassen ble *svært god* for  $Cyano_{max}$ . Totalvurderingen av Randsfjorden 2019 basert på planteplanktonet ga tilstandsklassen *svært god* med nEQR på 0,97.

### Tyrifjorden

Verdiene for klorofyll a og totalt volum var lave og Tyrifjorden fikk tilstandsklassen *svært god* for disse parameterne (klassegrensene for L105b benyttes). De dominerende gruppene var gullalger og svelgflagellater med mindre andeler kiselalger, grønnalger og fureflagellater. Også her besto gullalgene for det meste av flagellater. Kiselalgene besto for det meste av sentriske arter. Sammensetningen av planteplanktonet (PTI) viste et planteplanktonsamfunn som ga tilstandsklassen *god* (klassegrensene for L105b benyttes). Det totale volumet av cyanobakterier var så lavt at tilstandsklassen ble *svært god* for  $Cyano_{max}$ . Totalvurderingen av Tyrifjorden 2019 basert på planteplanktonet ga tilstandsklassen *svært god* med nEQR 0,81 ved bruk av klassegrensene for L105b.

### Selbusjøen

Verdiene for klorofyll a og totalt volum var lave, og Selbusjøen fikk tilstandsklassen *svært god* for disse parameterne. De dominerende gruppene var gullalger og svelgflagellater samt mindre andeler kiselalger, grønnalger og fureflagellater. Også her besto gullalgene for det meste av ulike flagellater, som *Chrysococcus*, *Mallomonas* og *Spiniferomonas*. Sammensetningen av planteplanktonet (PTI) viste et planteplanktonsamfunn som ga tilstandsklassen *god*. Det totale volumet av cyanobakterier var så lavt at tilstandsklassen ble *svært god* for  $Cyano_{max}$ . Totalvurderingen av Selbusjøen i 2019 basert på planteplanktonet ga tilstandsklassen *svært god* med nEQR på 0,89.

### Takvatnet

Verdiene for klorofyll a og totalt volum var lave og Takvatnet fikk tilstandsklassen *svært god* for disse parameterne. Den dominerende gruppen var gullalger, mest flagellater som *Chrysococcus* og *Mallomonas* samt mindre andeler kiselalger, grønnalger, svelgflagellater og fureflagellater. Sammensetningen av planteplanktonet (PTI) viste et planteplanktonsamfunn som ga tilstandsklassen *god*. Det totale volumet av cyanobakterier var så lavt at tilstandsklassen ble *svært god* for  $Cyano_{max}$ . Totalvurderingen av Takvatnet i 2019 basert på planteplanktonet ga tilstandsklassen *svært god* med nEQR på 0,86.

## Vedlegg G. Vannplanter – artslister

Tabell G1. Vannvegetasjonen i ØKOSTOR-innsjøene 2019. NIS = Nisser, NOR = Norsjø, TIN = Tinnsjå, EIK = Eikeren, RAN = Randsfjorden og TYR = Tyrifjorden. Kolonnene til venstre viser sensitive (S) og tolerante (T) arter for eutrofiering (T), forsuring (S) og vannstandsregulering (W). Forekomst: 1=sjelden, 2=spredt, 3=vanlig, 4=lokalt dominerende og 5=dominerer lokaliteten. +: driveksempplar. x: forekommer (mengde ikke vurdert). Rødliste-status (Henriksen & Hilmo 2015) er vist (NT=nær truet, VU=sårbar)

T	S	W	Latinske navn	Norske navn	Innsjøer					
					NIS	NOR	TIN	EIK	RAN	TYR
			<b>ISOETIDER kortskuddsplanter</b>							
S	S		<i>Crassula aquatica</i> <sup>VU</sup>	Firling					1-2	1-2
T	S		<i>Elatine hexandra</i> <sup>NT</sup>	Skaftevjebloom		2				1-2
S	S	S	<i>Elatine hydropiper</i> <sup>NT</sup>	Korsevjebloom		2			2-3	1-2
S	S		<i>Elatine orthosperma</i> <sup>NT</sup>	Nordlig evjebloom		2				2
S	S	T	<i>Eleocharis acicularis</i>	Nålesivaks	1-2	2-3		3	3	3
S	T		<i>Isoetes echinospora</i>	Mjukt brasmegras	1-2	3		2-3	3-4	3
S	T	S	<i>Isoetes lacustris</i>	Stivt brasmegras	3	3	3-4	3	2-3	3
S	S	T	<i>Limosella aquatica</i>	Evjebrodd		1				
S	T	S	<i>Littorella uniflora</i>	Tjønngras		4	3	3-4	2-3	3
S	T	S	<i>Lobelia dortmanna</i>	Botngras	3	3	1-2	3	3	3
S	S	T	<i>Ranunculus reptans</i>	Evjesoleie	2	3	3	3	3-4	3
S	T	T	<i>Subularia aquatica</i>	Sylblad	2-3	3		2-3	4	3
			<b>ELODEIDER langskuddsplanter</b>							
S	S	T	<i>Callitriche hamulata</i>	Klovasshår	2	3	2-3			2
S		T	<i>Callitriche hermaphroditica</i> <sup>NT</sup>	Høstvasshår					2-3	2
S	S	T	<i>Callitriche palustris</i>	Småvasshår		2			2-3	2
T	S	S	<i>Elodea canadensis</i>	Vasspest		2-3		3	3	3
S	T	T	<i>Juncus bulbosus</i>	Krypsiv	3	3	3	3	1-2	2
S	S	S	<i>Myriophyllum alterniflorum</i>	Tusenblad	2-3	3-4	3	3-4	3	3-4
	S	S	<i>Potamogeton alpinus</i>	Rusttjønnaks		1-2			2	1
	S	S	<i>Potamogeton berchtoldii</i>	Småttjønnaks		2		2		2
S	S		<i>Potamogeton gramineus</i>	Grastjønnaks		1-2		2	2-3	2
T	S	S	<i>Potamogeton obtusifolius</i>	Butt-tjønnaks		1-2			1-2	1-2
	S		<i>Potamogeton perfoliatus</i>	Hjertetjønnaks		2		1-2	3	3
S			<i>Potamogeton praelongus</i>	Nøkketjønnaks				2		
T			<i>Potamogeton pusillus</i> <sup>EN</sup>	Granntjønnaks					3	2
T			<i>Ranunculus aquatilis</i>	kystvassoleie						1-2
S			<i>Ranunculus confervoides</i>	Dvergvassoleie					2-3	1-2
S	S	S	<i>Ranunculus peltatus</i>	Storvassoleie				2?		2-3
			<i>Ranunculus trichophyllus</i>	Småvassoleie					3	
S	T		<i>Utricularia intermedia</i>	Gytjebærerrot	2	1-2				
S	T		<i>Utricularia minor</i>	Småblærerrot					1-2	
			<i>Utricularia stygia</i>	Sumpblærerrot					1	
	S	T	<i>Utricularia vulgaris</i>	Storblærerrot	2-3		2			1-2

Tabell G1. forts.

T	S	W	Latinske navn	Norske navn	Innsjøer					
					NIS	NOR	TIN	EIK	RAN	TYR
			<b>NYMPHAEIDER flytebladsplanter</b>							
	T	S	<i>Nuphar lutea</i>	Gul nøkkerose		2		2		2
			<i>Nuphar lutea x pumila (=N. x spenneriana)</i>				1-2			
S	S	S	<i>Nuphar pumila</i>	Soleinøkkerose				1-2	2	
	T	S	<i>Nymphaea alba L. coll.</i>	Hvit nøkkerose	1-2	1-2				
T	S	S	<i>Persicaria amphibia</i>	Vass-slirekne						2
	S	S	<i>Potamogeton natans</i>	Vanlig tjønnaks	1-2	2			3	1-2
		S	<i>Sagittaria sagittifolia</i>	Pilblad				1-2		3
S	T	T	<i>Sparganium angustifolium</i>	Flotgras	2	3	1-2	1-2	2	3
T		S	<i>Sparganium emersum</i>	Stautpiggeknoopp		1-2			1-2	2
	S		<i>Sparganium gramineum</i> <sup>NT</sup>	Sjøpiggeknoopp					1-2	
			<b>LEMNIDER frittflytende planter</b>							
T	S	S	<i>Lemna minor</i>	Andemat					1-2	2
T	S		<i>Spirodela polyrhiza</i>	Stor andemat					1	
			<b>KRANSALGER</b>							
S			<i>Chara globularis</i>	Vanlig kransalge						2
			<i>Nitella flexilis</i> <sup>NT</sup>	Glansglattkrans				1-2	1-2	1-2
S	S		<i>Nitella opaca</i>	Mattglattkrans		3	3	3	3	3
			<b>totalt antall arter</b>		<b>14</b>	<b>28</b>	<b>10</b>	<b>21</b>	<b>33</b>	<b>37</b>

# Vedlegg H Småkreps og bunndyr – supplerende metodikk og resultater

## H1 Eutrofieringsindekser basert på småkreps (CIT) og bunndyr (ASPT)

Tabell H1-1. Totalt 23 indikatorarter av småkreps tilhørende gruppene vannlopper (Cladocera) og hoppekreps (Copepoda) inngår i Crustacean Index for Trophic status (CIT). Sensitive arter finnes primært i relativt næringsfattige innsjøer mens de får redusert forekomst (etterhvert bortfall) ved eutrofiering. Tolerante arter finnes primært i relativt næringsrike innsjøer og er ofte er sjeldne i upåvirkede innsjøer.

Sensitive arter	Tolerante arter
<i>Holopedium gibberum</i>	<i>Diaphanosoma brachyurum</i>
<i>Bosmina longispina</i>	<i>Sida crystallina</i>
<i>Ophryoxus gracilis</i>	<i>Ceriodaphnia pulchella</i>
<i>Alonella excisa</i>	<i>Daphnia cristata</i>
<i>Alonopsis elongata</i>	<i>Daphnia cucullata</i>
<i>Cyclops scutifer</i>	<i>Bosmina coregoni</i>
<i>Acanthocyclops robustus</i>	<i>Bosmina longirostris</i>
	<i>Alona rectangula</i>
	<i>Pleuroxus truncatus</i>
	<i>Leptodora kindti</i>
	<i>Eudiaptomus gracilis</i>
	<i>Eucyclops macrurus</i>
	<i>Cyclops vicinus</i>
	<i>Megacyclops viridis</i>
	<i>Mesocyclops leuckarti</i>
	<i>Thermocyclops oithonoides</i>

Tabell H1-2. Referanseverdi og klassegrenser (absolutt verdi) for krepsdyrindeksen CIT. Pga. begrenset datagrunnlag er det ikke fastsatt referansetilstand og klassegrenser for svært kalkfattige, humøse og svært humøse innsjøer eller for kalkrike innsjøer.

Tilstandsklasse	Svært kalkfattige, svært klare og klare innsjøer	Kalkfattige og moderat kalkrike, svært klare og klare innsjøer	Kalkfattige og moderat kalkrike, humøse og svært humøse innsjøer
Referanseverdi	82.06	58.21	38.60
Svært god	>72.32	>40.87	>29.87
God	>54.24-72.32	>30.65-40.87	>22.40-38.60
Moderat	>36.16-54.24	>20.44-30.65	>14.94-29.87
Dårlig	>18.08-36.16	>10.22-20.44	>7.47-14.94
Svært dårlig	≤18.08	≤10.22	≤7.47

Tabell H1-3. Referanse- og klassegrenser (absolutt verdi) for bunndyrindeksen ASPT (Average Score Per Taxon), angitt for tre ulike økoregioner iht. til det svenske klassifiseringssystemet (HVMFS 2013:19, elektronisk versjon oppdatert 2019-01-01).

Illies økoregion	Svensk økoregion	Referanse	SG/G	G/M	M/D	SD/D
14	Centralslätten	5,85	5,56	5,00	2,93	1,46
22	Fennoskandiske skölden	5,8	5,22	4,06	2,61	1,45
20	Boreala höglandet	5,6	3,36	2,52	1,68	0,84

## H2 Beskrivelse av småkrepssfaunaen

### Nisser

Småkrepssfaunaen i Nisser ble undersøkt som en del av ØKOSTOR i 2019, og det ble tatt både med planktoniske og litorale prøver. Tilsvarende undersøkelse ble gjennomført i 2015 som et eget FoU-prosjekt (men se Lyche Solheim mfl. 2017). Nisser ble i forbindelse med kalkingsovervåkingen undersøkt for både planktoniske og litorale krepsdyr i 1993. Etter at det ble kalket i 1996 er innsjøen prøvetatt årlig fram til 2018. Det foreligger kvantitative planktonprøver fra 11 dyp (0 - 50m) og tre datoer fra alle år. I tillegg til planktoniske prøver er det også tatt litoralprøver tre ganger årlig ved Sundsodden (st. 4 i ØKOSTOR). *Daphnia* sp. er påvist ved flere tilfeller etter kalkingen av innsjøen i 1996, men aldri i større tettheter. Etter kalkingen, som var den største kalkingsinnsatsen i en norsk innsjø (11 millioner), har pH holdt seg stabil på rundt 6,0. Grunnen til at pH har vært relativt stabil, skyldes en kombinasjon av innsjøens lange oppholdstid (ca 6 år), at det kalkes i småvann oppstrøms Nisser samt at tilførselene av sur nedbør gradvis har avtatt. Hvorfor dafnier ved dagens pH ikke har etablert seg i større tettheter er usikkert. Noe av forklaringen kan skyldes predasjon fra røye og sik, men prøvefrisket indikerer at dette ikke kan være eneste årsak til de lave tetthetene av dafnier. Heller ikke i Fyresvatn og Nesvatn, som også tilhører Arendalsvassdraget, har dafnier etablert seg i større tettheter. I Bjerkreimvassdraget, som ble kalket på samme tid som Nisser, skulle det ta 20 år før det plutselig ble en oppblomstring av dafnier, noe som skjedde samtidig med en endring i sammensetningen av planteplanktonet. Flagellater, som er viktig næring for dafnier var kun blitt påvist fåtallig etter kalking, helt til det året vi kunne registrere en oppblomstring av dafnier. I 2016 og 2019 ble det funnet mange forsuringfølsomme arter i Nisser. Litoral stasjon 7, som ligger i den nordvestre delen av innsjøen, skiller seg ut som den mest artsrike med 35 arter (36 arter i 2016). Et individ av den forsuringfølsomme calanoiden langhalekrepss *Eucyclops macrurus* ble funnet året etter at det var kalket ved Sundsodden (st. 4). Etter år 2000 ble den funnet årlig, ofte i større tettheter. I forbindelse med basisovervåkingen i 2015 og 2019 er den blitt registrert ved samtlige 10 stasjoner, ofte som en vanlig art.

### Norsjø

Småkrepssfaunaen i Nisser ble undersøkt som en del av ØKOSTOR for første gang i 2019, og det ble tatt både med planktoniske og litorale prøver. Krepsdyrplanktonet ble også undersøkt som en del av regional trofi-programmet i 1986/87 (Faafeng mfl. 1990), men den gang ble kun vannloppene bestemt til art. Norsjø, den mest artsrike av lokalitetene i 2019 med 62 arter småkrepss, ligger under marin grense og tilhører Skiensvassdraget. Planktonsamfunnet bestod av 14 arter, 8 vannlopper og 6 hoppekrepss. Kun de to rovformene, rovkrepss *Polyphemus pediculus* og langhalerovkrepss *Bythotrephes longimanus* ble ikke funnet i 1987 (jf. Dag Hessen unpubl.). At disse manglet den gang kan skyldes at prøvene ble tatt fra 10 meters dyp. Hoppekrepssfaunaen i 2019 bestod av tre calanoide hoppekrepss der sørhops *E. gracilis* var vanligst, mens prakthops *M. laciniatus* og spasmehops *H. saliens* ble funnet

i mindre tettheter. Det ble også registrert tre cyclopoide hoppkreps, vingehops *C. scutifer*, sommerhops *M. leuckarti* og sylfidehops *T. oithonoides*, der de to sistnevnte ofte er vanlige i vann med høyt predasjonstrykk fra fisk. Vingehops forekom imidlertid i størst tettheter, og da i form av copepoditter og voksne individer fram til og med juli. I august var det en ny generasjon på gang i form av nauplier og små copepoditter. Blant de litorale artene finner vi mange som er karakterisert som følsomme, men også forsuretolerante arter som f. eks. mosenebbkreps *Alona rustica*. Den opptrer sammen med slektningene stripenebbkreps *A. costata* og brunstripenebbkreps *A. rectangula*, en kombinasjon som ikke registrert i mange innsjøer. De to sistnevnte artene forekommer nesten utelukkende ved pH>6,0, mens mosenebbkreps er funnet ved lave pH-verdier. Hoppekrepsen poppeihops *Paracyclops poppei* er den mest sjeldne i artslista fra Norsjø. De første funnene i Norge ble gjort på 1990-tallet. Nye funn de seinere årene har resultert i at den nå er registrert i nær 1% av de undersøkte lokalitetene, alle på sørøstlandet hvorav de fleste rundt Oslo. Nesten alle funnene er gjort i lavlandet (< 230 moh.) og da i dammer eller sakteflyende partier av elver. Den er assosiert med nøytrale, næringsrike lokaliteter der den kan leve sammen med slektningene stutthalehops og frynehops, som begge ble funnet i Norsjø. pH i funnlokalitetene varierer mellom 5,0 and 7,9 mens ledningsevne er 1,5-45 mS/m.

### Tinnsjø

Småkrepsfaunaen i Tinnsjø ble undersøkt som en del av ØKOSTOR for første gang i 2019, og det ble tatt både med planktoniske og litorale prøver. Krepsdyrplanktonet ble også undersøkt som en del av regional eutrofi-programmet i (Faafeng mfl. 1990). Til å være en næringsfattig innsjø med en dårlig utviklet litoralsone som følge av regulering, har Tinnsjø med hele 50 arter, registrert i 2019, en relativt høy artsdiversitet, blant annet like mange som Eikeren. Planktonsamfunnet var imidlertid mer artsfattig med 8 arter versus 23 i Eikeren. Krepsdyrsamfunnet i Tinnsjø hadde mange fellestrekk med Nisser og alle planktonartene i Nisser ble også funnet i Tinnsjø, blant annet de tre calanoidene allestedshops *Acanthodiptomus denticornis*, prakthops *Mixodiptomus laciniatus* og spasmehops *Heterocope saliens*. Kombinasjonen av allestedshops og prakthops er kun registrert i 21 vann i Norge og tar vi også med spasmehops og vingehops *Cyclops scutifer*, står vi igjen med 12 vann hvorav de fleste ligger på Hitra. Foruten Tinnsjø finner vi denne kombinasjonen også i Bandak og Møsvatn. Mens nåledafnia *D. longispina* kun ble påvist i mysishåven i Nisser var den vanlig/dominant art i Tinnsjø. I tillegg til store individer av gelekreps, allestedshops og langhalerovkreps, indikerer dette et lavt predasjonstrykk fra fisk. De fire artene som ble registrert i forbindelse med undersøkelse i 1986/87 (Dag Hessen unpubl.), var også en del av planktonet i 2019. At snabelkreps *B. longispina* ikke ble funnet i den gang skyldes høyst sannsynlig at prøvene ble tatt fra de øverste 10 m, mens snabelkreps ofte står dypere. Blant de litorale krepsdyrene finner vi mange arter som er karakterisert som følsomme, men også forsuretolerante arter som f.eks. mosenebbkreps *Alona rustica*. Liksom Norsjø ble også slektningen brunstripenebbkreps *A. rectangula* funnet. Denne er nesten utelukkende registrert ved pH>6,0.

### Eikeren

Småkrepsfaunaen i Nisser ble undersøkt som en del av ØKOSTOR i 2019, og det ble tatt både med planktoniske og litorale prøver. Tilsvarende undersøkelse ble gjennomført i 2015 som et eget FoU-prosjekt (men se Lyche Solheim mfl. 2017). Med hensyn til krepsdyrplankton er Eikeren er en av de mest artsrike lokalitetene i Norge, om ikke den mest artsrike med totalt 23 arter. Også i 2015 ble Eikeren karakterisert som meget artsrik, den gang med 20 krepsdyrarter i planktonet. Siden innsjøen består av to bassenger, ble det før undersøkelsene i 2019 bestemt å opprette en ny stasjon i det nordlige bassenget (st. 2). Alle artene funnet i 2019 er registrert på denne stasjonen (13 vannlopper og 10 hoppekreps), mens det ved stasjon 1 ble registrert 20 arter (11 vannlopper og 9 hoppekreps). Med unntak av svenskehops *Cyclops vicinus*, er alle artene forholdsvis vanlige i Norge. Med unntak av



to innsjøer i Trøndelag er arten kun funnet i områdene rundt Oslofjorden. De fleste funnene er fra små og mellomstore vann. pH i funnlokalitetene varierer fra 6,8 til 7,8. I følge litteraturen fins den i et vidt spenn av lokaliteter. Det antas imidlertid at arten er mer vanlig enn hva antall funn indikerer. Svenskehops er høyst sannsynlig oversett da den er en vinterform som har diapause om sommeren. Utseendemessig minner den mest om vingehops som er den vanligste planktoniske hoppekrepsen. Mengdeforholdet av arter ved de to stasjonene i Eikeren kan tyde på et sterkere predasjonstrykk fra fisk ved stasjon 2. Et eksempel er de to bosmina-artene, pukkelyggsnabelkreps *Bosmina coregoni* og børstesnabelkreps *B. longirostris* som var langt vanligere her enn ved stasjon 1. Spisshjelmdafnie *Daphnia cucullata* ble også funnet ved stasjon 2, riktignok fåtallig. Dette er en dafnie som hovedsakelig fins i næringsrike vann med høyt predasjonstrykk fra karpefisk. Forskjeller mellom stasjonene mht. predasjon fra fisk støttes også av større tettheter av de store rovformene langhalerovkreps *B. longimanus* og glasskreps *Leptodora kindti* samt den store calanoiden kranshops *Heterocope appendiculata* ved stasjon 1. I 2015 ble istidsimmigranten flammekres *Limnocalanus macrurus* funnet fåtallig i mysishåven og det ble den gang stilt spørsmålsteget ved om det kunne skyldes «forurensing». Arten er tidligere ikke funnet i Eikeren og heller ikke i 2019 ble arten påvist. Det er derfor naturlig å konkludere med at det usikre funnet i 2016 ikke er gyldig. Den litorale krepssdyrfaunaen var overraskende artsfattig, særlig tatt i betraktning av den artsrike faunaen i planktonet. Totalt ble det registrert 51 arter (34 vannlopper og 17 hoppekreps) i 2019. Det ble funnet 54 arter (37 vannlopper og 17 hoppekreps) da innsjøen ble undersøkt i 2015/16.

### Gjende

Gjende ble undersøkt for krepssdyrplankton og litorale krepssdyr i 2019. Tilsvarende undersøkelse ble gjennomført i 2016 (se Lyche Solheim mfl. 2017), mens kun krepssdyrplanktonet ble undersøkt i 2017 og 2018. Vannloppen gelekreps *Holopedium gibberum*, en art som er i ferd å etablere seg i Gjende, var i 2019 vanlig både i pelagialen og på alle litorale stasjoner. *H. gibberum* ble ikke funnet i 1896 (Huitfeldt-Kaas 1906) og heller ikke i 2013 (Løvik og Skjelbred 2013). I 2015 ble den registrert for første gang men bare med noen få individer. De neste to årene ble det kun funnet noen få eller ingen gelékreps, men fra 2018 har mengdene økt (<https://blogg.forskning.no/blogg-ferskvannsbloggen/gelkreps-til-fjells/1695882>). Ellers er det stor dominans av vingehops *Cyclops scutifer* i tillegg til at nåledafnie *D. longispina* var vanlig forekommende i planktonet. Noen få individer av snabelkreps *B. longispina* ble funnet i mysishåven i august. Den er påvist tidligere, også i 1896, men har aldri forekommet i større tettheter. I de to vannene nedstrøms, Øvre- og Nedre Sjødalsvann, var den dominerende art i 1896. Også i Bessvatn, som drenerer til Gjende, forekom den i høye tettheter selv om vingehops var dominerende art her. I litoralsonen var harpekreps *Alonopsis harpae* den vanligste vannloppen i 2019 i tillegg til gelekreps. Den ble funnet ved alle stasjoner og var dominerende art på enkelte av disse. Andre arter som ble funnet ved flere stasjoner og i større antall var *Alona affinis*, *Alonopsis elongata*, *Chydorus sphaericus* og *Eurycerus lammellatus*. Alle er arter som er vanlig i næringsfattige innsjøer og også i høyereliggende områder. I 2016 var de samme artene til stede, men da var litoralen totalt dominert av nauplier og copepoditter fra vingehops. Stasjon 5, i den sørøstre delen av vannet, hadde den størst artsdiversitet.

### Mjøsa

Kun krepssdyrplanktonet ble undersøkt i Mjøsa i 2019. Krepssdyrplanktonet er undersøkt som en del av ØKOSTOR også i 2017 og 2018, mens den litorale småkrepssfaunaen kun ble undersøkt i 2018 (se Lyche Solheim mfl. 2019). I Mjøsa er det de samme artene som dominerer planktonet i 2019 som i de to foregående årene (Lyche Solheim mfl. 2018, 2019). Istidsimmigranten flammekrepss *Limnocalanus macrurus* ble funnet tallrik i trekket fra 0-50 m i både mai og juni. Seinere i sesongen ble den nesten uten unntak kun fanget i mysishåven. At den står dypt i vannmassene utover sommeren, kan skyldes både økt predasjon fra fisk og at den trives best i de kjøligere vannlagene

(istidsimmigrant). Relikthops *Cyclops lacustris* er også en istidsimmigrant som ble beskrevet fra Mjøsa og Tyrifjorden allerede i 1918 (Sars 1918). I de seinere årene har den også blitt registrert på norsk side i Store Le samt i fire innsjøer i Haldenvassdraget. Ifølge den norske rødlista av 2005 ble relikthops vurdert som kritisk truet (CR), men dette ble nedjustert til livskraftig (LC) i 2015, noe som blant annet skyldes nye funn i Haldenvassdraget. Av det totale individtallet av krepsdyr utgjør vannloppene 20-40%, med størst andel i 2019. *Bosmina* sp ut er noe mer vanlig enn dafnier, mens gelekreps utgjør en mindre andel. Tettheten er gjennomgående noe høyere i 2019 enn i de to foregående årene da det med få unntak ble registrert <math><100\ 000\ \text{ind./m}^3</math>. I september 2019 ble det talt >math>>350\ 000\ \text{ind./m}^3</math>. Når vi sammenligner 2019 med hva som ble funnet i planktonsamfunnet i juli 1896 (se vedlegg H1 i Lyche Solheim mfl. 2018) har det ikke vært noen endringer i artssammensetningen. Større dominans av hoppekreps i 1896 (Huitfeldt-Kaas 1906) sammenlignet med våre undersøkelser skyldes sannsynligvis at prøvene i 1896 ble tatt fra <math><6\ \text{m}</math> dyp, mens våre prøver dekker vannsøylen 0-50 meter. At cyclopoide hoppekreps domineres av sommerhops *Mesocyclops leuckarti* og sylfidehops *Thermocyclops oithodonides* kan indikere et visst predasjonstrykk fra fisk. Dette forsterkes ved at dafniene blant annet er representert ved hjelmdafnie *Daphnia cristata* som var en dominant art i planktonet ved begge besøk i september. Ser vi bort fra at vingehops er erstattet med relikthops består planktonsamfunnet i Mjøsa av de samme artene som i Randsfjorden og Tyrifjorden.

### Randsfjorden

Randsfjorden ble undersøkt med hensyn til planktoniske og litorale krepsdyr som en del av ØKOSTOR-programmet for første gang i 2019. Planktonsamfunnet ble også undersøkt som en del av ØKOSTOR i 2015. På grunn av forundersøkelser som ble gjort i Dokkadeltaet i forbindelse med utbyggingen av Etna/Dokka er Randsfjorden antageligvis vår best undersøkte lokalitet med hensyn til krepsdyr (Halvorsen mfl. 1996). Det ble tatt planktoniske (1 stasjon) og litorale krepsdyrprøver (3 stasjoner) hver 14. dag i 4 år. Undersøkelsen resulterte i en artsliste på 82 arter (54 arter vannlopper og 28 arter hoppekreps), og Randsfjorden er den lokaliteten i Norge der det er registrert flest arter. I Gjølssjøen og Stikletjern i Marker er det funnet respektive 78 (54 arter vannlopper og 28 arter hoppekreps) og 76 arter (54 arter vannlopper og 28 arter hoppekreps) (Spikkeland mfl. 2020 a,b). Også disse to lokalitetene har vært gjenstand for intensive studier. I forbindelse med Økostor 2019 ble det påvist 54 arter (38 arters vannlopper og 16 arter hoppekreps). Tre arter av vannlopper var nye for innsjøen i 2019; hydrakreps *Anchistropus emarginatus*, enøyekreps *Monospilus dispar* og bukstripekreps *Pleuroxus aduncus*. Samlet artsantall for innsjøen er derfor 85 arter (57 arters vannlopper og 28 arter hoppekreps). Arter som ikke ble funnet i 2019, er nesten utelukkende arter som kan karakteriseres som sjeldne. Mens vannloppene utgjorde ca 10% av totalt individtall i 2015, var andelen 20% i 2019, noe som i hovedsak var forårsaket av høye tettheter av snabelkreps *Bosmina longispina* i både juli og september. Både med hensyn til totale tettheter, artssammensetning samt fordeling mellom arter var det stor likhet med Tyrifjorden som kun er adskilt fra Randsfjorden med en ca. 10 km lang elvestrekning (Storelva).

### Tyrifjorden

Tyrifjorden ble undersøkt for krepsdyrplankton og litorale krepsdyr i 2019. Tilsvarende undersøkelse ble gjennomført i 2016 (se Lyche Solheim mfl. 2017), mens kun krepsdyrplanktonet ble undersøkt i 2015. Dyreplanktonet i innsjøen har vært studert helt tilbake til 1800-tallet, først av G.O. Sars (upubl.). ØKOSTOR-undersøkelsen i 2016 er den første grundige dokumentasjonen av litorale krepsdyr. Til sammen ble det den gang funnet 56 arter (38 arter vannlopper og 18 arter hoppekreps), der nesten alle de planktoniske artene også ble registrert i litoralsonen. I 2019 ble det funnet 57 arter (37 arter vannlopper og 20 arter). Istidsimmigranten flammekreps *Limnocalanus macrurus* forekommer tallrik i planktonet gjennom hele sesongen 2019 med unntak av september da det kun

ble funnet et fåtall individer. Håvtrekkene indikere at arten holder til i de dypere vannlag. Unntak er i mai da den også ble funnet i håvtrekket fra de øverste 10 m. Ellers var den vanlig/dominant både i håvtrekket fra 0-50 m og i mysishåven. Calanoidene sørhops *Eudiaptomus gracilis* og kranshops *Heterocope appendiculata* var også vanlig/dominante. Førstnevnte ble funnet gjennom hele sesongen, mens kranshops først dukket opp i juli og var borte i oktober. Cyclopoidene var også representert med tre arter, vingehops *Cyclops scutifer*, sommerhops *Mesocyclops leuckarti* og sylfidehops *Thermocyclops oithonoides*. De to sistnevnte artene er ofte assosiert med mer næringsrike vann og med et visst predasjonstrykk fra planktonspisende fisk. Vannloppene utgjør i snitt ca 20% av det totale individtallet i krepsdyrplanktonet, med snabelkreps *Bosmina longispina* som kunne være dominant og med gelekreps *Holopedium gibberum* og hittedafnie *Daphnia galeata* som vanlige arter. Situasjonen i planktonet var omtrent uendret fra 2016. Alle dominante og vanlige arter i litoralsonen ble funnet både i 2016 og 2019. Det totale artsantallet ved de 10 litoralstasjonene varierte mellom 24 og 41 arter. Færrest arter ble funnet ved stasjonene som var knyttet til Holsfjorden, mens den mest artsrike lokaliteten (st. 6) ligger ved Tyrstrand.

### Selbusjøen

Selbusjøen ble undersøkt med hensyn til planktoniske og litorale krepsdyr som en del av ØKOSTOR i 2016 (se Lyche Solheim mfl. 2017). I årene 2017-2019 er kun krepsdyrplanktonet undersøkt. Det er gjennomført omfattende studier av dyreplanktonet i Selbusjøen etter introduksjon av pungreke *Mysis relicta* i 1973 (se bl.a. Langeland mfl. 1986, Arnekleiv mfl. 2006). Krepsdyrplanktonet i Selbusjøen har vært dominert av hoppekreps i de fire årene vannet har vært undersøkt som en del av basisovervåkingen; calanoidene trønderhops *Arctodiaptomus laticeps* og kranshops *Heterocope appendiculata* samt cyclopoiden vingehops *Cyclops scutifer*. I tillegg ble spasmehops *H. saliens* funnet fåtallig i to prøver. Vannlopper har utgjort <6% av det totale individantallet i alle år. Kun ett individ av snabelkreps *B. longispina* ble funnet i mai-prøvene i 2019, ellers var vannlopper helt fraværende ved denne datoen. I perioden juni - august økte tettheten av vannlopper, representert ved gelekreps *Holopedium gibberum*, nåledafnie *Daphnia longispina*, hittedafnie *D. galeata* og snabelkreps *Bosmina longispina*. Ved det siste besøket i oktober var det igjen stor overvekt av hoppekreps. I 1973 ble det satt ut ca 100 000 individer av pungreke fra Blåsjön i Selbusjøen, og den er fortsatt tilstede i betydelig antall. Tiltaket var tenkt for å bedre fiskens næringsforhold. Pungreke har 1-2-årig livssyklus, der unge individene spiser planteplankton og andre små organiske partikler. Seinere, ved ca 7-8 mm lengde, begynner den å spise krepsdyr og da synes *Daphnia* sp. og *Bosmina* sp. å være førstevalget. I 2019 ble det registrert 5-82 dyr pr. m<sup>2</sup>. I 2018 var tilvarende tall 7-101 dyr pr. m<sup>2</sup> noe som er lavere enn tidlig på 80-tallet. Den gang ble det registrert 78-217 dyr pr. m<sup>2</sup> gjennom sesongen (Langeland mfl. 1986). I 2002 (Arnekleiv mfl. 2006) ble det konstatert en nedgang mot samme nivå som i 2018. Til sammenligning ble det i Snåsavatn registrert 100-400 dyr pr. m<sup>2</sup> (Arnekleiv mfl. 2004). Tidligere undersøkelser i Selbusjøen konkluderte med at introduksjon av mysis hadde redusert mengden av krepsdyrplankton, og spesielt mengden av vannlopper (Langeland mfl. 1991). I tillegg bidrar også røye til et betydelig predasjonstrykk på store vannlopper. Fra 1974, det vil si året etter introduksjon av mysis, og i årene fram til og med 1980 (unntatt 1978) foreligger det kvantitative krepsdyrprøver ned til 20 m (Langeland 1981). Allerede syv år etter introduksjon av mysis var de to calanoide hoppekrepsene prakthops og allestedshops forsvunnet, og de er ikke registrert seinere. Dette er to store calanoide-arter som må antas å ha vært prefererte byttedyr til mysis like etter introduksjonen. I tillegg ble det konkludert med at snabelkreps var et viktig byttedyr (Langeland 1981, Langeland mfl. 1991). Prøver tatt i august indikerer derimot at både gelekreps og dafnier synes å sameksistere greit med mysis til tross for at dette er store krepsdyr som antas å kunne være attraktive byttedyr. Sammenlignet med data fra respektive 7. august 2003 og 2. september 2004 (Arnekleiv mfl. 2006), indikerer overvåkingen i 2016-2019 (ØKOSTOR) kun små endringer både i artssammensetning og dominansforhold til planktoniske krepsdyr.

### Takvatnet

Takvatnet ble undersøkt med hensyn til planktoniske og litorale krepsdyr som en del av ØKOSTOR i 2018 (se Lyche Solheim mfl. 2019). I 2019 ble kun krepsdyrplanktonet undersøkt. Det finnes god dokumentasjon av planktonet i Takvatnet. Blant annet ble vannet grundig undersøkt gjennom hele sesongen i 1981 der resultatene er presentert i en hovedoppgave (Kildemo 1982). I 1981 ble det påvist 6 arter; vannloppene gelekreps *Holopedium gibberum*, nålekreps *Daphnia longispina* og snabelkreps *Bosmina longispina*, samt hoppekrepsene nordhops *Eudiaptomus graciloides*, kranshops *Heterocope appendiculata* og vingehops *Cyclops scutifer*. I 2019 kan vi konstatere at det er kommet til fire nye arter på artslista; vannloppene hittedafnie *D. galeata*, rovkreps *Polyphemus pediculus* og langhalerovkreps *Bythotrephes longimanus* samt hoppekrepsen kjempehops *Megacyclops gigas*. Med unntak av hittedafnia var det snakk om et fåtall individer av de tre øvrige artene. Med hensyn til den prosentvise sammensetningen av krepsdyr var det stor likhet mellom 1981 og 2018 med total dominans av calanoide og cyclopoide hoppekreps inklusive copepoditter og nauplier. Vannlopper utgjorde 1-2 %. I 2019 var bildet endret ved at vannlopper utgjør >10% og der dafnier, hovedsakelig hittedafnia samt snabelkreps, bidrar mest til dette. Individantallet var sammenlignbare i de to årene innsjøen har vært undersøkt i forbindelse med Økoston. Størst tetthet (>500 000 ind/m<sup>3</sup>) ble registrert i juni i 2018, mens tetthetstoppen kom i juli og august i 2019. Forskjellen kan sees i sammenheng med at forsommeren var varmere i 2018 enn i 2019.

## H3 Småkreps – indeksverdier

Krepsdyrindekser (forsuring: LACI-1 og LACI-2; eutrofiering: CIT) beregnet for litorale stasjoner basert på aggregerte artslister i 2019; den enkelte stasjon er representert med arter registret i prøver fra to ulike substrater og tre prøvetakingsdatoer. NB1. Klassifiseringssystemet for småkreps er basert på at både litorale og pelagiske prøver ligger til grunn for beregning av forsuringindeksene. Her er klassifiseringssystemet brukt på litorale prøver alene, og tilstandsklassifiseringen er derfor noe mer usikker. NB2. CIT-indeksen er utviklet i april 2020, og vi har derfor ingen tidligere erfaringer med denne. Indeksen er så langt heller ikke inkludert i det nasjonale klassifiseringssystemet.

Innsjø	Stasjon	LACI-1	LACI-2	CIT	Innsjø	Stasjon	LACI-1	LACI-2	CIT
Nisser	St 1	0,207	0,870	60,00	Gjende	St 1	0,167	3,383	100,00
Nisser	St 2	0,238	1,517	66,67	Gjende	St 2	0,364	7,819	75,00
Nisser	St 3	0,304	1,708	75,00	Gjende	St 3	0,333	5,479	100,00
Nisser	St 4	0,226	1,299	63,64	Gjende	St 4	0,200	3,160	100,00
Nisser	St 5	0,278	2,200	62,50	Gjende	St 5	0,286	2,298	100,00
Nisser	St 6	0,241	2,546	60,00	Gjende	St 6	0,364	6,702	100,00
Nisser	St 7	0,286	1,773	70,00	Gjende	St 7	0,273	5,585	100,00
Nisser	St 8	0,222	1,886	66,67	Gjende	St 8	0,250	5,426	75,00
Nisser	St 9	0,263	1,271	50,00					
Nisser	St 10	0,241	1,414	63,64					
Norsjø	St 1	0,382	4,210	42,86	Randsfjorden	St 1	0,353	4,902	38,46
Norsjø	St 2	0,351	3,248	37,50	Randsfjorden	St 2	0,292	3,766	45,45
Norsjø	St 3	0,314	2,333	46,15	Randsfjorden	St 3	0,308	2,809	54,55
Norsjø	St 4	0,300	2,357	42,86	Randsfjorden	St 4	0,393	4,153	41,67
Norsjø	St 5	0,313	2,498	53,85	Randsfjorden	St 5	0,423	4,787	33,33
Norsjø	St 6	0,324	3,494	40,00	Randsfjorden	St 6	0,333	2,450	41,67
Norsjø	St 7	0,371	4,500	46,67	Randsfjorden	St 7	0,300	3,957	45,45
Norsjø	St 8	0,324	5,200	41,67	Randsfjorden	St 8	0,281	4,021	50,00
Norsjø	St 9	0,367	4,000	46,15	Randsfjorden	St 9	0,273	3,702	50,00
Norsjø	St 10	0,321	2,567	54,55	Randsfjorden	St 10	0,409	3,702	54,55
Tinnsjø	St 1	0,342	3,279	50,00	Tyrifjorden	St 1	0,333	2,587	33,33
Tinnsjø	St 2	0,286	2,600	75,00	Tyrifjorden	St 2	0,333	3,783	25,00
Tinnsjø	St 3	0,375	4,364	71,43	Tyrifjorden	St 3	0,367	4,973	30,77
Tinnsjø	St 4	0,400	5,571	55,56	Tyrifjorden	St 4	0,353	4,793	42,86
Tinnsjø	St 5	0,320	3,257	62,50	Tyrifjorden	St 5	0,286	3,261	28,57
Tinnsjø	St 6	0,385	6,400	62,50	Tyrifjorden	St 6	0,415	10,601	35,71
Tinnsjø	St 7	0,333	4,767	70,00	Tyrifjorden	St 7	0,394	5,435	42,86
Tinnsjø	St 8	0,318	4,381	87,50	Tyrifjorden	St 8	0,353	4,109	38,46
Tinnsjø	St 9	0,379	3,960	70,00	Tyrifjorden	St 9	0,360	4,133	46,15
Tinnsjø	St 10	0,360	4,411	70,00	Tyrifjorden	St 10	0,333	4,504	30,00
Eikeren	St 1	0,343	5,326	21,05					
Eikeren	St 2	0,222	1,25	27,27					
Eikeren	St 3	0,321	3,597	37,50					
Eikeren	St 4	0,348	3,945	27,27					
Eikeren	St 5	0,355	4,274	30,77					
Eikeren	St 6	0,286	3,044	40,00					
Eikeren	St 7	0,233	2,587	28,57					
Eikeren	St 8	0,269	3,390	28,57					

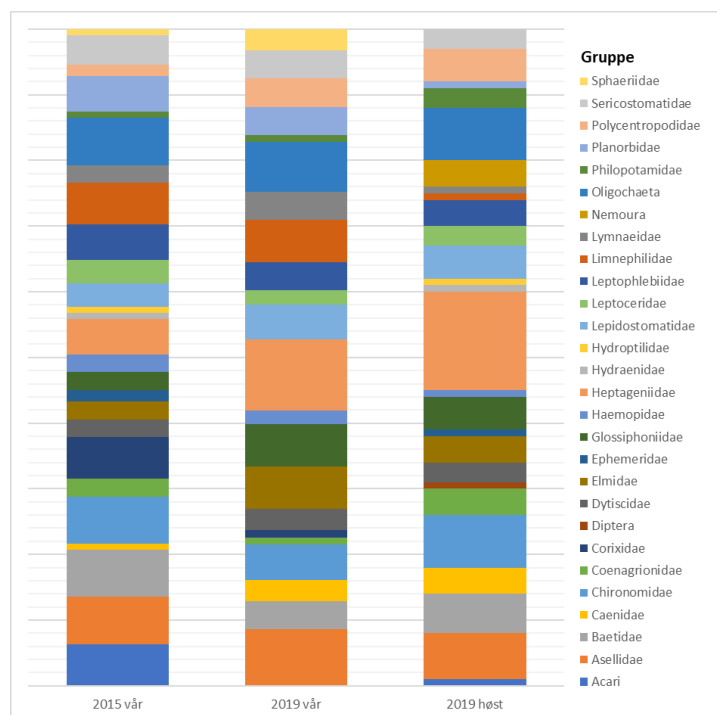
## H4 Bunndyr – indeksverdier og diversitet

Bunndyrindekser beregnet for aggregerte prøver (2-3 stasjoner) basert på snitt av vår- og høstprøver. Aggregert prøver representerer stasjoner med tilsvarende substrattypen og påvirkning innenfor innsjøen.

Innsjø	Stasjon litorale bunndyr (aggregert)	Opprinnelige stasjoner (se kart)	Indeks 1	MultiClear	LAMI	ASPT
Eikeren	Eikeren 1	1,7	1	5.00	5.611	5.056
	Eikeren 2	2,3,4	1	5.00	6.167	6.350
	Eikeren 3	6,8	1	5.00	4.944	6.050
	Eikeren (gjennomsnitt alle stasjoner)		1	5.00	5.574	5.819

Bunndyrindekser beregnet for enkeltstasjoner basert på snitt av vår- og høstprøver.

Innsjø	Stasjon	Indeks 1	MultiClear	LAMI	ASPT
Eikeren	Eikeren 1	1	4.00	5.58	5.06
	Eikeren 2	1	4.00	5.89	5.56
	Eikeren 3	1	4.50	6.08	6.13
	Eikeren 4	1	4.00	5.97	4.72
	Eikeren 5	1	4.00	5.67	6.10
	Eikeren 6	1	4.00	4.74	6.00
	Eikeren 7	1	4.00	5.75	6.13
	Eikeren 8	1	3.00	4.57	5.67
	Gjennomsnitt	1	3.94	5.53	5.67



**Figur H4.1.** Bunndyrsdiversitet vist som taksonomiske grupper (familier, eller ordener dersom taksa ikke er bestemt til familie), registrert i Eikeren 2015 og 2019. Høyden til hver gruppe gjenspeiler antall taksa per gruppe (målt i %) i forhold til totalt antall taksa registrert.

# Vedlegg I. Tarmbakterier i Gjende



SYNLAB Analytics & Services Norway AS  
Hamar  
NO 980 800 873 MVA  
Bekkeliveien 2  
2315 Hamar  
Telefon: +47 4000 7001  
kundeservice@synlab.no  
www.synlab.no

Vågå kommune  
Vannprøver  
Edvard Stormsveg 2  
2680 VÅGÅ

Dato: 11.06.2019  
Prøve ID: 2019-10558  
ver 1

## ANALYSERESULTATER

Prøvemottak: 06.06.19

Analyseperiode: 06.06.19 - 11.06.19

2019-10558-1

Vann, overflate

Tatt ut: 05.06.19 - 05.06.19

### Referanse: Gjende - 0,5 m djup

Parameter	Resultat	Enhet	Metode	Målesikkerhet
Koliforme bakterier	<1	MPN/100ml	NS-EN ISO 9308-2	0 - 1
E.coli	<1	MPN/100ml	NS-EN ISO 9308-2	0 - 1
Intestinale enterokokker	<1	kde/100ml	NS-EN ISO 7899-2	0 - 1
Clostridium perfringens	2	kde/100ml	NS-EN ISO 14189	1 - 3

2019-10558-2

Vann, overflate

Tatt ut: 05.06.19 - 05.06.19

### Referanse: Gjende - 20 m djup

Parameter	Resultat	Enhet	Metode	Målesikkerhet
Koliforme bakterier	<1	MPN/100ml	NS-EN ISO 9308-2	0 - 1
E.coli	<1	MPN/100ml	NS-EN ISO 9308-2	0 - 1
Intestinale enterokokker	<1	kde/100ml	NS-EN ISO 7899-2	0 - 1
Clostridium perfringens	<1	kde/100ml	NS-EN ISO 14189	0 - 2

2019-10558-3

Vann, overflate

Tatt ut: 05.06.19 - 05.06.19

### Referanse: Gjende - 100 m djup

Parameter	Resultat	Enhet	Metode	Målesikkerhet
Koliforme bakterier	<1	MPN/100ml	NS-EN ISO 9308-2	0 - 1
E.coli	<1	MPN/100ml	NS-EN ISO 9308-2	0 - 1
Intestinale enterokokker	<1	kde/100ml	NS-EN ISO 7899-2	0 - 1
Clostridium perfringens	<1	kde/100ml	NS-EN ISO 14189	0 - 2

< betyr: Mindre enn

Med hilsen

Elin Galaasen  
Ansvarlig mikrobiologi



SYNLAB Analytics & Services Norway AS  
Hamar

NO 980 800 873 MVA  
Bekkeliveien 2  
2315 Hamar  
Telefon: +47 4000 7001  
kundeservice@synlab.no  
www.synlab.no

Vågå kommune  
Vannprøver  
Edvard Stormsveg 2  
2680 VÅGÅ

Dato: 09.08.2019  
Prøve ID: 2019-14650  
ver 1

## ANALYSERESULTATER

Prøvemottak: 07.08.19

Analyseperiode: 07.08.19 - 09.08.19

2019-14650-1

Vann, overflate

Tatt ut: 06.08.19 - 06.08.19

### Referanse: Gjende - djup 0,5m

Parameter	Resultat	Enhet	Metode	Måleusikkerhet
Koliforme bakterier	<1	MPN/100ml	NS-EN ISO 9308-2	0 - 1
E.coli	<1	MPN/100ml	NS-EN ISO 9308-2	0 - 1
Intestinale enterokokker	<1	kde/100ml	NS-EN ISO 7899-2	0 - 1
Clostridium perfringens	<1	kde/100ml	NS-EN ISO 14189	0 - 2

2019-14650-2

Vann, overflate

Tatt ut: 06.08.19 - 06.08.19

### Referanse: Gjende - djup 20m

Parameter	Resultat	Enhet	Metode	Måleusikkerhet
Koliforme bakterier	4	MPN/100ml	NS-EN ISO 9308-2	3 - 5
E.coli	<1	MPN/100ml	NS-EN ISO 9308-2	0 - 1
Intestinale enterokokker	<1	kde/100ml	NS-EN ISO 7899-2	0 - 1
Clostridium perfringens	<1	kde/100ml	NS-EN ISO 14189	0 - 2

2019-14650-3

Vann, overflate

Tatt ut: 06.08.19 - 06.08.19

### Referanse: Gjende - djup 100m

Parameter	Resultat	Enhet	Metode	Måleusikkerhet
Koliforme bakterier	<1	MPN/100ml	NS-EN ISO 9308-2	0 - 1
E.coli	<1	MPN/100ml	NS-EN ISO 9308-2	0 - 1
Intestinale enterokokker	<1	kde/100ml	NS-EN ISO 7899-2	0 - 1
Clostridium perfringens	<1	kde/100ml	NS-EN ISO 14189	0 - 2

< betyr: Mindre enn

Med hilsen

Elin Galaasen  
Ansvarlig mikrobiologi





SYNLAB Analytics & Services Norway AS  
Hamar  
NO 080 800 873 MYA  
Bekkeliveien 2  
2315 Hamar  
Telefon: +47 4000 7001  
kundeservice@synlab.no  
www.synlab.no

Vågå kommune  
Nærings- og driftssekt.- avløp  
Edvard Stormsv. 2  
2680 VÅGÅ

Dato: 09.09.2019  
Prove ID: 2019-16884  
vw 1

## ANALYSERESULTATER

Provasjonsdato: 05.09.19

Analysesperiode: 05.09.19 - 09.09.19

2019-16884-1

Vann, overflate

Tatt ut: 04.09.19 - 04.09.19

### Referanse: Gjende - 0,5 m dyp

Parameter	Resultat	Enhet	Metode	Målemåkehet
Koliforme bakterier	6	MPN/100ml	NS-EN ISO 9308-2	5 - 7
E.coli	<1	MPN/100ml	NS-EN ISO 9308-2	0 - 1
Intestinale enterokokker	<1	kde/100ml	NS-EN ISO 7899-2	0 - 1
Clostridium perfringens	<1	kde/100ml	NS-EN ISO 14189	0 - 2

2019-16884-2

Vann, overflate

Tatt ut: 04.09.19 - 04.09.19

### Referanse: Gjende - 20 m dyp

Parameter	Resultat	Enhet	Metode	Målemåkehet
Koliforme bakterier	4	MPN/100ml	NS-EN ISO 9308-2	3 - 5
E.coli	<1	MPN/100ml	NS-EN ISO 9308-2	0 - 1
Intestinale enterokokker	<1	kde/100ml	NS-EN ISO 7899-2	0 - 1
Clostridium perfringens	<1	kde/100ml	NS-EN ISO 14189	0 - 2

2019-16884-3

Vann, overflate

Tatt ut: 04.09.19 - 04.09.19

### Referanse: Gjende - 100 m dyp

Parameter	Resultat	Enhet	Metode	Målemåkehet
Koliforme bakterier	2	MPN/100ml	NS-EN ISO 9308-2	2 - 2
E.coli	2	MPN/100ml	NS-EN ISO 9308-2	1 - 3
Intestinale enterokokker	<1	kde/100ml	NS-EN ISO 7899-2	0 - 1
Clostridium perfringens	<1	kde/100ml	NS-EN ISO 14189	0 - 2

< betyr: Mindre enn

Med hilsen

Elin Galaasen  
Ansvarlig mikrobiologi



SYNLAB Analytics & Services Norway AS  
Hamar  
NO 980 800 873 MVA  
Bekkeliveien 2  
2315 Hamar  
Telefon: +47 4000 7001  
kundeservice@synlab.no  
www.synlab.no

Vågå kommune  
Nærings- og driftssekt.- avløp  
Edvard Stormsv. 2  
2680 VÅGÅ

Dato: 07.10.2019  
Prove ID: 2019-19467  
vr 1

## ANALYSERESULTATER

Provsomtid: 03.10.19

Analysesperiode: 03.10.19 - 07.10.19

2019-19467-1

Vann, overflate

Tatt ut: 02.10.19 - 02.10.19

### Referanse: Gjende - 1,5 m djup

Parameter	Resultat	Enhet	Metode	Måleusikkerhet
Koliforme bakterier	<1	MPN/100ml	NS-EN ISO 9308-2	0 - 1
E.coli	<1	MPN/100ml	NS-EN ISO 9308-2	0 - 1
Intestinale enterokokker	<1	kde/100ml	NS-EN ISO 7899-2	0 - 1
Clostridium perfringens	<1	kde/100ml	NS-EN ISO 14189	0 - 2

2019-19467-2

Vann, overflate

Tatt ut: 02.10.19 - 02.10.19

### Referanse: Gjende - 20 m djup

Parameter	Resultat	Enhet	Metode	Måleusikkerhet
Koliforme bakterier	<1	MPN/100ml	NS-EN ISO 9308-2	0 - 1
E.coli	<1	MPN/100ml	NS-EN ISO 9308-2	0 - 1
Intestinale enterokokker	1	kde/100ml	NS-EN ISO 7899-2	1 - 1
Clostridium perfringens	<1	kde/100ml	NS-EN ISO 14189	0 - 2

2019-19467-3

Vann, overflate

Tatt ut: 02.10.19 - 02.10.19

### Referanse: Gjende - 100 m djup

Parameter	Resultat	Enhet	Metode	Måleusikkerhet
Koliforme bakterier	<1	MPN/100ml	NS-EN ISO 9308-2	0 - 1
E.coli	<1	MPN/100ml	NS-EN ISO 9308-2	0 - 1
Intestinale enterokokker	<1	kde/100ml	NS-EN ISO 7899-2	0 - 1
Clostridium perfringens	<1	kde/100ml	NS-EN ISO 14189	0 - 2

< betyr: Mindre enn

Med hilsen

*Ingeborg Tønseth*

Ingeborg Tønseth  
Laboratorieleder

### Miljødirektoratet

**Telefon:** 03400/73 58 05 00 | **Faks:** 73 58 05 01

**E-post:** [post@miljodir.no](mailto:post@miljodir.no)

**Nett:** [www.miljodirektoratet.no](http://www.miljodirektoratet.no)

**Post:** Postboks 5672 Torgarden , 7485 Trondheim

**Besøksadresse Trondheim:** Brattørkaia 15, 7010 Trondheim

**Besøksadresse Oslo:** Grensesvingen 7, 0661 Oslo

Miljødirektoratet jobber for et rent og rikt miljø. Våre hovedoppgaver er å redusere klimagassutslipp, forvalte norsk natur og hindre forurensning.

Vi er et statlig forvaltningsorgan underlagt Klima- og miljødepartementet og har mer enn 700 ansatte ved våre to kontorer i Trondheim og Oslo, og ved Statens naturoppsyn (SNO) sine mer enn 60 lokalkontor.

Vi gjennomfører og gir råd om utvikling av klima- og miljøpolitikken. Vi er faglig uavhengig. Det innebærer at vi opptre selvstendig i enkeltsaker vi avgjør, når vi formidler kunnskap eller gir råd. Samtidig er vi underlagt politisk styring. Våre viktigste funksjoner er at vi skaffer og formidler miljøinformasjon, utøver og iverksetter forvaltningsmyndighet, styrer og veileder regionalt og kommunalt nivå, gir faglige råd og deltar i internasjonalt miljøarbeid.