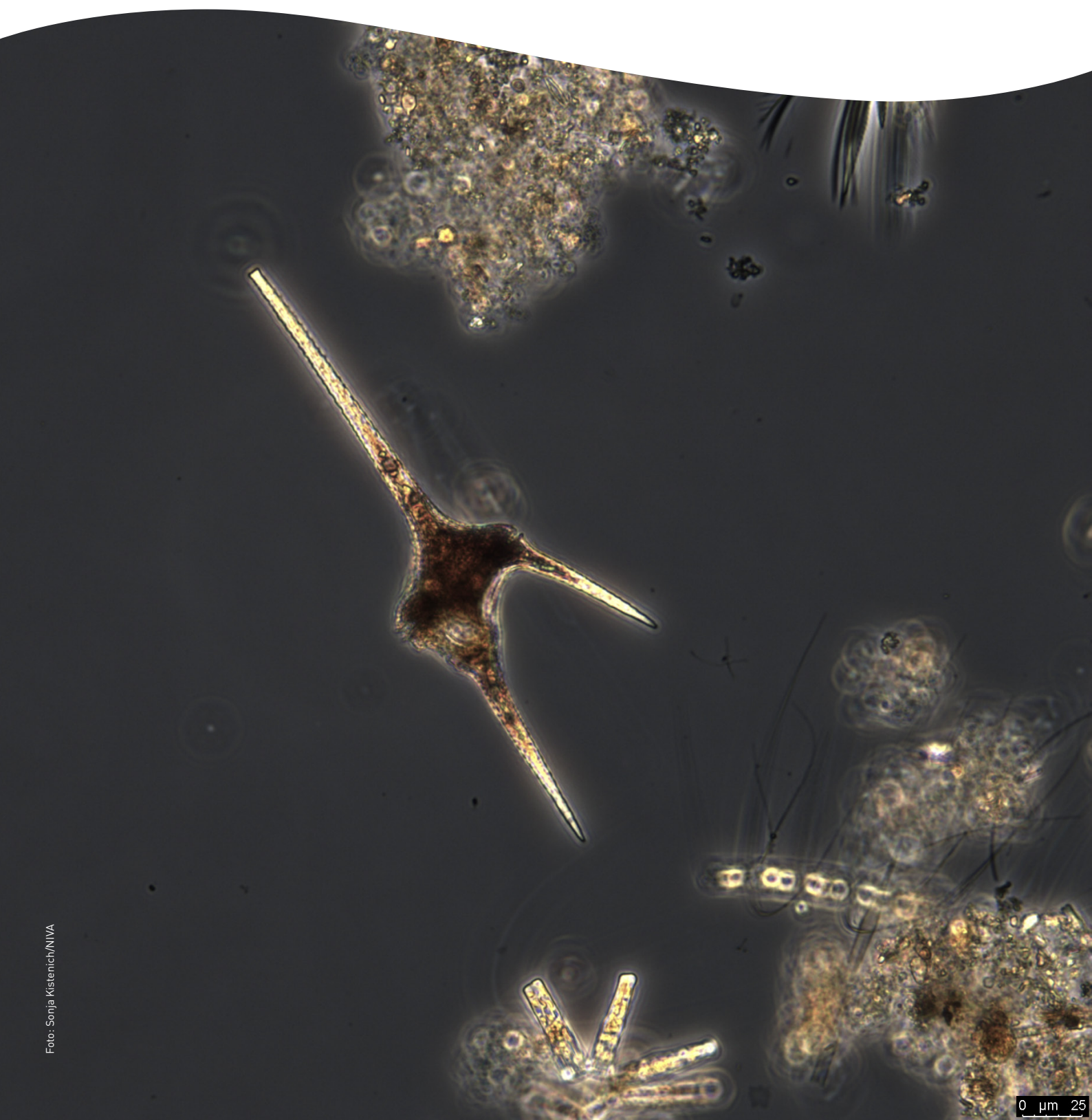


Overvåking av Ytre Oslofjord 2019-2023

Årsrapport 2020



Norsk institutt for vannforskning

RAPPORT

Hovedkontor
Økernveien 94
0579 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Sør
Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Innlandet
Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Vest
Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Danmark
Njalsgade 76, 4. sal
2300 København S, Danmark
Telefon (45) 39 17 97 33

Internett: www.niva.no

Tittel Overvåking av Ytre Oslofjord 2019-2023 - Årsrapport 2020	Løpenummer 7669-2021	Dato 17.11.2021
Forfatter(e) Anette Engesmo Andre Staalstrøm Sandra Gran Gunhild Borgersen Bjørnar Beylich Øyvind Kaste Mats Walday	Fagområde Overvåking	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Oslofjorden	Sider 58 + vedlegg

Oppdragsgiver(e) Fagrådet for Ytre Oslofjord	Oppdragsreferanse Petter Talleraas
	Utgitt av NIVA Prosjektnummer 200250

Sammendrag

Denne rapporten sammenfatter resultatene av miljøovervåkingen i Ytre Oslofjord 2020. Det er gjennomført tilførselsberegninger for 2019. Jordbruk er største enkeltkilde for menneskeskapte tilførsler av fosfor og nitrogen til fjorden. Tilførsler fra befolkning utgjør om lag 25% av de totale tilførslene av både fosfor og nitrogen, og bidraget fra avløpsrensaneanlegg ser ut til å ha økt noe i senere år. Videre ble det gjennomført vannmasseundersøkelser ved 17 stasjoner der hydrologiske forhold, samt fysiske, kjemiske og biologiske parametere ble undersøkt og klassifisert etter veileder O2:2018. Ni av stasjonene får *moderat* tilstand, mens resten får *god*. Undersøkelser og klassifisering av bløtbunnfauna på fem stasjoner viste *god* tilstand, unntatt i Drammensfjorden hvor den var *moderat*. I 2020 ble det også gjennomført SPI-undersøkelser i antatt trålpåvirkete områder ytterst i Ytre Oslofjord for å vurdere effekt av tråling på havbunnen. Analysen av SPI-bildene og overflatebildene viste i mange tilfeller forstyrrelser i sedimentet som antas kommer fra trållaktivitet.

Fire emneord	Four keywords
1. Miljøovervåking	1. Environmental monitoring
2. Tilførsler	2. Discharge
3. Eutrofi	3. Eutrophication
4. Bløtbunn (bentos)	4. Benthos surveys

Denne rapporten er kvalitetssikret iht. NIVAs kvalitetssystem og godkjent av:

Mats Walday
Prosjektleder

Paul Ragnar Berg
Forskningsleder

ISBN 978-82-577-7405-9
NIVA-rapport ISSN 1894-7948

© Norsk institutt for vannforskning. Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse.

Overvåking av Ytre Oslofjord 2019-2023
Årsrapport 2020

Forord

NIVA har på oppdrag av Fagrådet for Ytre Oslofjord gjennomført miljøovervåkning i Oslofjorden i 2020. Overvåkingen er del av et omfattende program som har pågått siden 2001 og det gjennomføres i programperioder av fem år. 2020 er det andre året i en ny periode der hele programmet driftes fra NIVA. Området som undersøkes er avgrenset av Drøbaksterskelen mot Indre Oslofjord, Kragerøområdet i vest og Iddefjorden i øst.

I 2020 har det vært utført tilførselsberegninger, vannmasseundersøkelser og undersøkelser av bløtbunn.

Øyvind Kaste har vært ansvarlig for kapittelet om tilførsler.

Anette Engesmo har vært ansvarlig for vannmasseundersøkelser. Innsamling av prøver ble gjort med Universitetet i Oslos forskningsfartøy F/F Trygve Braarud og vi vil gjerne takke Sindre Holm og hans mannskap for godt samarbeid. Feltarbeidet ble koordinert av Anette Engesmo og gjennomført av Louise Valestrand, André Staalstrøm, Malene Vågen Dimmen, Anne Luise Ribeiro, Caroline Mengeot, Kirk Mayer og Isabel Doyer.

Feltinnsamlingen på bløtbunn er gjort av Bjørnar Beylich og Marijana Brkljacic. Sortering av bløtbunnsfauna av Eli Johansen, mens artsidentifisering er gjort av Gunhild Borgersen (flerbørstemark), Rita Næss (bløtdyr) og Marijana Brkljacic (krepssdyr, pigghuder, varia). Databehandling og beregning av indekser for bunnfauna er gjort av Gunhild Borgersen. Analyse av kornfordeling er gjort av Akvaplan-niva AS.

Kjemiske analyser er utført ved NIVAs laboratorium og av Eurofins, ansvarlig for koordinering av kjemiske analyser har vært Malene Vågen Dimmen. Hydrografidata ble analysert og kvalitetssikret av André Staalstrøm. Planktonprøvene ble opparbeidet og analysert av Sonja Kistenich og kvalitetssikret av Anette Engesmo. Multivariate analyser ble utført av Sandra Gran. Gunhild Borgersen har vært fagansvarlig for bløtbunnsfauna og Bjørnar Beylich har hatt ansvar for SPI-undersøkelser.

Mats Walday har vært prosjektleder for arbeidet, Anette Engesmo har fungert som hans stedfortreder i deler av perioden. Petter Talleraas har vært kontaktperson hos Fagrådet for Ytre Oslofjord.

Oslo, 17. november 2021

Mats Walday

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	10
1.1	Ytre Oslofjord.....	10
1.2	Været i 2020.....	12
2	Metodikk	14
2.1	Tilførsler av næringsalter til Ytre Oslofjord – norske kilder	14
2.2	Vannmasser	15
2.3	Planteplankton.....	16
2.4	Multivariate analyser	16
2.5	Bløtbunn	16
3	Tilførsler i fra land	17
3.1	Beregnete kildefordelte tilførsler av fosfor og nitrogen	17
3.2	Målte tilførsler via elver.....	20
3.3	Variasjon i tilførslene mellom år.....	21
4	Vannmasser	24
4.1	Vannkvaliteten i vannmassene i perioden 2018-2020	25
4.2	Endringer over tid	27
4.3	Hva er årsaken til lavt siktdyp?	27
4.4	Næringsalter i hele vannsøylen.....	29
4.5	Oksygenforholdene langs bunn	30
5	Planteplankton	33
5.1	Multivariate analyser av planteplanktonsamfunnet	34
5.2	Planteplanktonsamfunnet i 2020	37
6	Bløtbunn	43
6.1	Bløtbunnsfauna i Ytre Oslofjord	43
6.1.1	Fauna og organisk belastning	43
6.1.2	Biologisk og funksjonelt mangfold	45
6.1.3	Indikatorarter og bioturbasjon.....	46
6.2	Bløtbunnsfauna og SPI i Drammensfjorden.....	48
6.3	Tråling og effekter.....	49
7	Oppsummering	54
8	Referanser	56

Sammendrag

Miljøtilstanden til Ytre Oslofjord har blitt overvåket i regi av Fagrådet for Ytre Oslofjord siden 2001. I 2019 startet en ny programperiode hvor hele overvåkningsprogrammet utføres av NIVA, i samarbeid med Universitet i Oslo og Eurofins. I 2020 har det blitt utført tilførselsberegninger, vannmasseundersøkelser av hydrografiske forhold, planteplankton og kjemiske støtteparametere ved 17 stasjoner, bunnundersøkelser (bentos) av fauna på bløtbunn på fem stasjoner og sedimentprofilundersøkelser på 23 stasjoner.

Året 2020 var et uvanlig varmt år. Gjennomsnittlig lufttemperatur for hele landet var 2,4°C over normalen, mot 1,2°C året før. Det var spesielt vintertemperaturen som var over normalen. Nedbøren i 2020 var 125 % over normalen, mot 115 % året før.

På grunn av rapporteringsrutinene til de nasjonale kilderegistrene og behov for etterfølgende bearbeiding, er kun tilførselsdata fra 2019 tilgjengelig for denne rapporten. Jordbruk var som i tidligere år største enkeltkilde for menneskeskapt tilførsel av fosfor og nitrogen til Ytre Oslofjord. Tilførsler fra befolkning utgjør om lag 25 % av de totale tilførselene av både fosfor og nitrogen. Industriutslipp av fosfor har gått vesentlig ned de senere år. Utslipp fra befolkning synes å ha hatt en liten økning i senere år, noe som er naturlig å knytte til befolkningsveksten i samme tidsrom. De fire største vassdragene (Glomma, Drammenselva, Numedalslågen og Skienselva) representerer nær 90 % av ferskvannstilførselen til Ytre Oslofjord inkl. Indre Oslofjord. De langsiktige trendene viser økende tilførsler av nitrogen og fosfor for flere av vassdragene. Dette kan i stor grad knyttes til økt vannføring i elvene. I sammenheng med flom blir det vanligvis en kraftig økning i konsentrasjonene av partikler og organisk stoff. Det gjør elvevannet grumsete og brunfarget, noe som ofte også kan observeres i sjøen utenfor elvemunningene. Partiklene og det organiske stoffet fører også med seg ekstra næringsalter til kystområdene i løpet av slike flomepisoder. Det er behov for mer forskning på hva som skjer med partiklene og det organiske stoffet etter at det er kommet ut i kystvannet, samt hvor biotilgjengelig næringsstoffene som er bundet til partikler og organisk stoff er for primærprodusenter i sjøen.

Det ble gjennomført undersøkelser ved 17 vannmassestasjoner i 2020. Vannkvaliteten på alle stasjoner (med unntak av Torbjørnskjær, der kun dypvann prøvetas i dette programmet) ble klassifisert etter Veileder 02:2018. Denne legger hovedvekt på det biologiske kvalitetselementet planteplankton og i 2020 ga sju stasjoner *god* tilstand: Larviksfjorden, Sandefjordsfjorden, Bolærne, Vestfjorden ved Tønsberg, Mossesundet, Krokstadfjorden og Leira i Hvaler. De resterende ni stasjonene ble klassifisert til *moderat* tilstand: Frierfjorden, Drammensfjorden (D-2 og D-3), samt Hvaler-stasjonene Skjebergkilen, Sponvika, Ramsø, Haslau, Ringdalsfjorden og Iddefjorden.

Det er en trend over hele Skandinavia med brunere ferskvann. Drammenselva viser økende tilførsel av organisk stoff og partikulært materiale, men øvrige elver har ikke datagrunnlag for å vise en tilsvarende trend. Det ble gjennomført multivariate analyser for å se på påvirkningen av klorofyll-a og løst organisk karbon (DOC) på siktdypet. Analysen viste at DOC har særlig påvirkning på siktdypet i Drammensfjorden (D-3) og deler av Hvaler (Leira, Haslau og til dels Ringdalsfjorden), mens klorofyll-a har stor påvirkning i Mossesundet og Ringdalsfjorden.

For planteplankton kan man oppsummere med at det så ut til å være en normal sommersituasjon på stasjonene og generelt ble det ikke observert noe som anses å være utenom det vanlige i prøvene fra 2020.

Bunnprøver for analyse av bløtbunnsfauna ble tatt på fem stasjoner. Stasjonene i Tønsbergfjorden (TØ-1), Ringdalsfjorden (R-5), ved Breiangeren (OF-5) og Haslau (S-9) hadde alle *god* tilstand for bløtbunnsfauna, mens stasjonen i Drammensfjorden (DD-1) fikk *moderat* tilstand. Undersøkelsen viste midlertid et sprik mellom den økologiske tilstandsklassen for bløtbunnsfauna og tilstanden for organisk belastning. Dette kan forklares ved at høyt innhold av totalt organisk karbon (TOC) kan være gunstig for bunnfauna ved at det gir et høyt næringsgrunnlag, og ikke påvirker fauna negativt dersom oksygenforholdene er gode.

Enkelte av stasjonene i Ytre Oslofjord har en fauna som beskrives som fattig, dvs. at det er få individer og arter til stede. På tross av dette oppnår stasjonene *god* tilstand, og det oppfattes som en svakhet ved klassifiseringssystemet for bløtbunnsfauna at verken diversitetsindeksene eller de andre indeksene som benyttes gir noe utslag på fattig fauna.

Undersøkelsen fra Drammensfjorden viser at det har vært en markant endring i tilstand for bløtbunnsfauna, fra en helt livløs sjøbunn i 2018 til en normalt artsrik og individrik fauna i 2020. Dette skyldes trolig en dypvannfornyelse vinteren 2019, som førte til økt oksygeninnhold i bunnvannet over en periode frem mot prøvetakingen av bunnfauna i 2020. Også undersøkelser av bunnforholdene i Drammensfjorden basert på SPI-bilder viser at det har vært stor variasjon i oksygenforholdene over en lenger tidsperiode (2007-2018). Enkelte år er sedimentene helt anoksiske, mens andre år er oksygenforholdene vurdert til gode.

I 2020 ble det gjennomført sedimentprofil-undersøkelser (SPI) av bunnsedimentene i antatt trålpåvirkete områder ytterst i Ytre Oslofjord for å vurdere effekt av tråling på havbunnen. Analysen av SPI-bildene og overflatebildene viste i mange tilfeller forstyrrelser i sedimentet som antas kommer fra trållaktivitet.

Summary

Title: Monitoring of outer Oslofjord 2019-2023. Annual Report for 2020.

Year: 2021

Author(s): Anette Engesmo, André Staalstrøm, Sandra Gran, Gunhild Borgersen, Bjørnar Beylich, Øyvind Kaste, Mats Walday

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577-7405-9

The environmental condition of Outer Oslofjord has been monitored under the auspices of the 'Fagråd (Academic Council) for Ytre Oslofjord' since 2001. In 2019, a new program period began where the entire monitoring program is carried out by NIVA, in collaboration with the University of Oslo and Eurofins. In 2020, calculations of discharges to the fjord, water mass surveys of hydrographic conditions, phytoplankton and chemical support parameters have been carried out at 17 stations. Benthic surveys of fauna on soft bottoms at five stations and sediment profile surveys at 23 stations were also performed.

The year 2020 was an unusually hot year. The average air temperature for the whole country was 2.4°C above normal, compared to 1.2°C the year before. It was especially the winter temperature that was above normal. Precipitation in 2020 was 125% above normal, compared with 115% the year before.

As in previous years, agriculture was the largest single source for man-made supplies of phosphorus and nitrogen to the Outer Oslofjord. Inputs from the population make up about 25% of the total inputs of both phosphorus and nitrogen. Emissions from the population seem to have increased slightly in recent years, probably linked to population growth during the same period. The four largest rivers (Glomma, Drammenselva, Numedalslågen and Skienselva) represent close to 90% of the freshwater supply to the Outer Oslofjord, including the Inner Oslofjord. The long-term trends show increasing inputs of nitrogen and phosphorus for several of the rivers. This can largely be linked to increased water flow in the rivers. In connection with floods, there is usually a sharp increase in the concentrations of particles and organic matter. This makes the river water cloudy and brown, which can often also be observed in the sea outside the estuaries. The particles and the organic matter also bring extra nutrients to the coastal areas during such flood episodes. There is a need for more research on what happens to the particles and the organic matter after it has entered the coastal water, as well as how bioavailable the nutrients that are bound to particles and organic matter are for primary producers in the sea.

Surveys were conducted at 17 water mass stations in 2020. The water quality at all stations (except for Torbjørnskjær, where only deep water is sampled in this program) was classified according to Guide 02: 2018. This puts the main emphasis on the biological quality element phytoplankton and in 2020, seven stations were classified as *good condition*: Larviksfjorden, Sandefjordsfjorden, Bolærne, Vestfjorden by Tønsberg, Mossesundet, Krokstadfjorden and Leira in Hvaler. The remaining nine stations were classified as *moderate*: Frierfjorden, Drammensfjorden (D-2 and D-3), as well as the Hvaler stations Skjebergkilen, Sponvika, Ramsø, Haslau, Ringdalsfjorden and Iddefjorden.

There is a general trend all over Scandinavia with browner fresh water. The Drammenselva river shows an increasing supply of organic matter and particulate matter, but other rivers do not have sufficient data to identify a similar trend. Multivariate analyzes were performed to look at the effect of chlorophyll-a and dissolved organic matter (DOC) on the secchi-depth. The analysis showed that

DOC has a particular impact in Drammensfjorden (D-3) and parts of Hvaler (Leira, Haslau and partly Ringdalsfjord), while chlorophyll-a has a large impact in Mossesundet and Ringdalsfjord.

For phytoplankton, it can be summarized that there seemed to be a normal summer situation at all stations in the samples from 2020.

Samples for analysis of soft bottom fauna were taken at five stations. The stations in the Tønsbergfjord (TØ-1), Ringdalsfjord (R-5), by Breiangeren (OF-5) and Haslau (S-9) showed *good* condition for soft bottom fauna, while the station in the Drammensfjord (DD-1) showed *moderate* condition. However, the study showed a gap between the ecological condition class for soft bottom fauna and the condition for organic matter. This can be explained by a high content of TOC that can be beneficial for benthic fauna by providing food, but don't adversely affect the fauna if the oxygen conditions are good.

Some of the stations in the Outer Oslofjord have a fauna that we describe as poor, i.e. there are few individuals and species present. Despite this, the stations achieve *good* condition, and this is perceived as a weakness in the classification system for soft-bottom fauna.

The surveys in Drammensfjord shows that there has been a marked change in the condition of soft bottom fauna, from a completely lifeless seabed in 2018 to a normal species-rich and individual-rich fauna in 2020. This is likely a result of a deep-water renewal in winter in 2019, which led to increased oxygen content in the bottom water in the period leading up to the sampling of benthic fauna in 2020. Studies of the bottom conditions in the Drammensfjord based on SPI images also show that there has been great variation in the oxygen conditions over a longer period of time (2007-2018). In some years the sediments are completely anoxic, while in other years the oxygen conditions are considered as good.

In 2020, SPI surveys were conducted in assumed trawl-affected areas in the outermost parts of the Outer Oslofjord to assess the effect of trawling on the seabed. The analysis of the SPI images and the surface images showed in many cases disturbances in the sediment which are assumed to come from trawl activity.

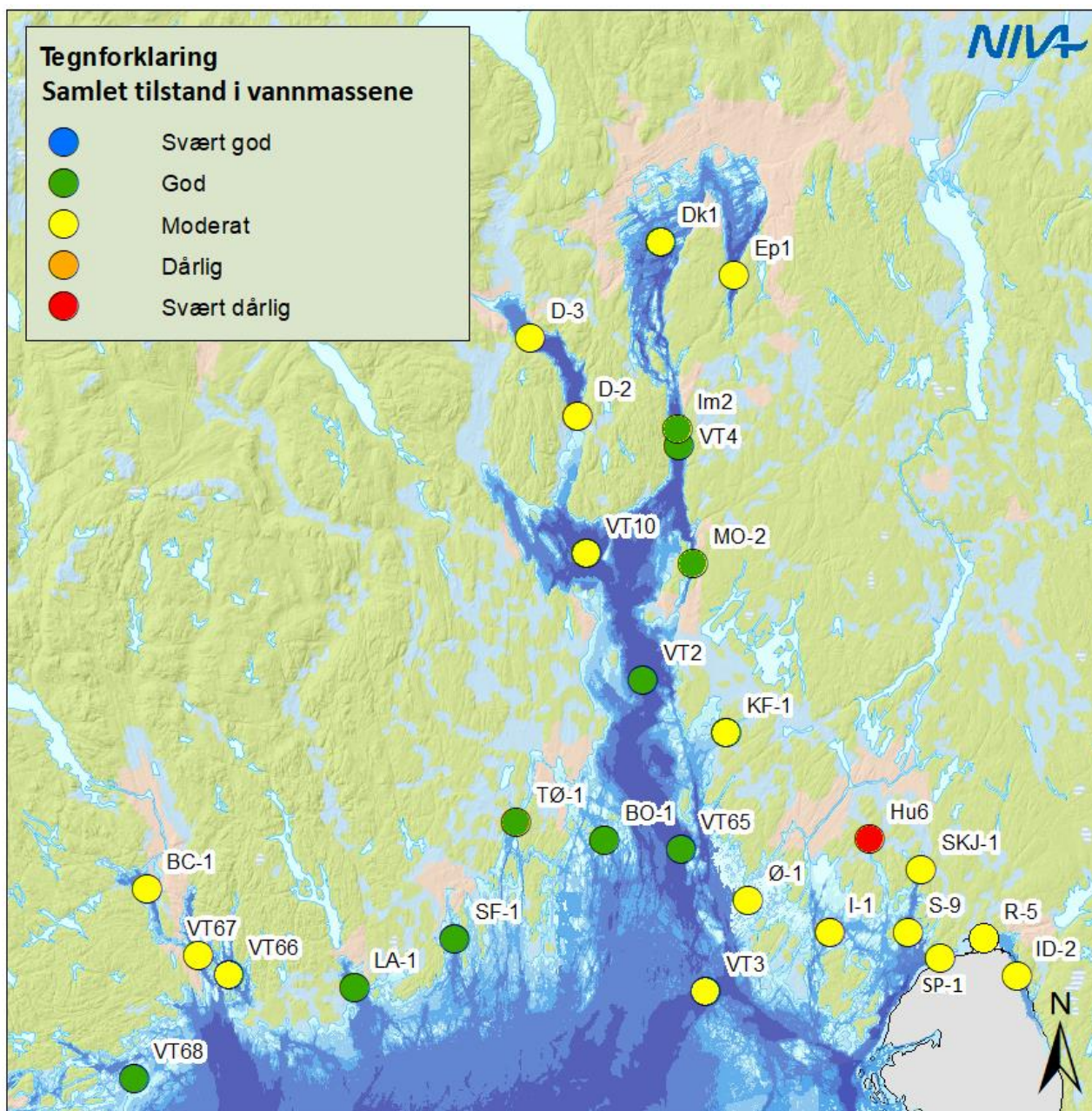
1 Innledning

1.1 Ytre Oslofjord

NIVA utførte i 2020, på oppdrag fra Fagrådet for Ytre Oslofjord, miljøovervåkning i Ytre Oslofjord. Miljøtilstanden til Ytre Oslofjord har blitt overvåket i regi av Fagrådet for Ytre Oslofjord siden 2001. Programmet utføres i programperioder over fem år og i 2019 startet en ny programperiode der hele programmet driftes av NIVA, i samarbeid med Universitetet i Oslo og Eurofins. Det utføres årlige vannmasseundersøkelser og tilførselsberegninger av både lokale tilførsler og langtransporterte næringsstoffer fra elvene. I tillegg utføres det jevnlig undersøkelser på hardbunn og bløtbunn. I 2020 har det blitt utført tilførselsberegninger, vannmasseundersøkelser og bløtbunnundersøkelser. Resultatene av disse undersøkelsene presenteres her og i to fagrapporter: Engesmo m.fl. (2021) og Beylich m.fl. (2021).

Miljøovervåkning er et nyttig verktøy for å skaffe et bilde av tilstanden og utviklingen til et økosystem. Oslofjorden er et økosystem som er omfattende overvåket, men hvor områdets kompliserte topografi, utstrakt menneskelig tilstedeværelse langs kysten og store ferskvannstilførsler gjør det utfordrende å forstå hvordan systemet vil reagere på påvirkninger. Målet med overvåkingen er å fremskaffe informasjon om miljøtilstanden i fjorden, med fokus på eutrofiering, og å sikre et godt kunnskapsgrunnlag. Dette er nødvendig både forvaltningsmessig i forhold til tiltak og politiske beslutninger samt for å sikre befolkningens rett til informasjon om miljøets tilstand. I overvåkningsprogrammet er det tatt hensyn til krav i EUs vanddirektiv, i Norge implementert som Vannforskriften. Genererte data innrapporteres til databasen Vannmiljø og brukes til å klassifisere etter gjeldende Veileder (02:2018). SPI-data leveres foreløpig ikke til Vannmiljø, men det jobbes med en løsning som skal kunne overføre også disse dataene til Vannmiljø.

Overvåkningsprogrammet for Ytre Oslofjord dekker et område som strekker seg fra Kragerøområdet i vest til Iddefjorden i øst og innover i fjorden til Drøbaksterskelen, inkludert Drammensfjorden (Figur 1). Indre Oslofjord, fra Drøbaksundet og nordover er ikke inkludert i dette programmet, men dekkes av et eget overvåkningsprogram under Fagrådet for vann & avløpsteknisk samarbeid. I tillegg drifter Miljødirektoratet et omfattende overvåkningsprogram, ØKOKYST, hvor delprogram ØKOKYST Skagerrak inkluderer åtte vannmassestasjoner, sju hardbunnstasjoner og seks bløtbunnstasjoner, plassert sentralt i fjorden. For å vurdere eventuelle tiltak for å bedre vannkvaliteten i området, anbefales det derfor at resultater fra alle tre programmer vurderes samlet. Resultater fra Miljødirektoratets overvåkningsprogram for Skagerrak er beskrevet i Fagerli m.fl. (2021), og noen av resultatene er også presentert i denne rapporten. Resultater fra overvåking av indre Oslofjord er beskrevet i Staalstrøm m.fl. (2020). Til sammen utgjør disse tre programmene en grundig miljøovervåking av Oslofjorden. I tillegg er vannkvaliteten i vannforekomsten Hunnebunn som ligger på grensa mellom Fredrikstad og Sarpsborg kommune nylig beskrevet av Staalstrøm & Yakushev (2020).



Figur 1. Samlet økologisk tilstand for vannmassene hovedsakelig basert på data for perioden 2018-2020. Stasjoner fra Ytre Oslofjord-programmet, Økokyst Skagerrak (Fagerli m.fl. 2021) og Indre Oslofjord-programmet (Staalstrøm m.fl. 2020), samt en stasjon i Hunnebunn, Hu6 (data fra 1999-2017), er inkludert.

1.2 Været i 2020

Året 2020 var et uvanlig varmt år. Gjennomsnittstemperaturen for hele landet var 2,4°C over normalen, mot 1,2°C året før (met.no). Dette er varmere enn i 2014, som til da var det varmeste året, med en temperatur som i snitt var 2,2°C over normalen. I Tabell 1 vises månedlig lufttemperatur målt på Færder fyr som ligger i Ytre Oslofjord. Her var gjennomsnittstemperaturen 1,8°C over normalen hele 2020 sett under ett. Det var spesielt vintertemperaturen som var over normalen. I mai og i juli var det kaldere enn normalen.

Tabell 1. Statistikk for lufttemperaturen i 2020 ved Færder fyr hentet fra yr.no¹

Måned	Gjennomsnittstemperatur (°C)	Normal (°C)	Avvik (°C)
Januar	5,8	1,0	4,8
Februar	4,5	0,3	4,2
Mars	4,3	2,2	2,1
April	7,3	5,9	1,4
Mai	10,2	11,0	-0,8
Juni	18,2	15,0	3,2
Juli	16,0	17,6	-1,6
August	18,1	17,5	0,6
September	14,6	14,0	0,6
Oktober	10,7	9,4	1,3
November	8,3	5,5	2,8
Desember	5,0	2,6	2,4

Hele landet sett under ett, så var 2020 noe våtere enn 2019 (met.no). Nedbøren i 2020 var 125 % over normalen, mot 115 % året før. Til sammenligning var 2011 det våteste året (130 %) og 1915 det tørreste (75 %). I 2018 var det ekstremt tørt i perioden mai-august, med kun 74 % av den normale nedbøren.² Meteorologisk institutt melder at lufttemperaturen på Østlandet har vært jevnt varmere enn normalen etter 1988, med tendens til fortsatt oppvarming. Hovedtendensen for nedbør de siste drøyt 100 år er at det har blitt våtere, spesielt de drøyt siste 20 årene³.

I Figur 2 vises vannføring i de tre store elvene Glomma, Drammenselva og Numedalslågen, samt samlet avrenning til Indre Oslofjord for 2019 og 2020. I 2020 var det mye ferskvannstilførsel i juni og juli, mens det var lite i september, før det igjen kom en topp i oktober/november. Vannføring for 2019 og 2020 er sammenlignet i Tabell 2. Det var 16,8 % mer ferskvannstilførsel til Ytre Oslofjord i 2020 sammenlignet med året før.

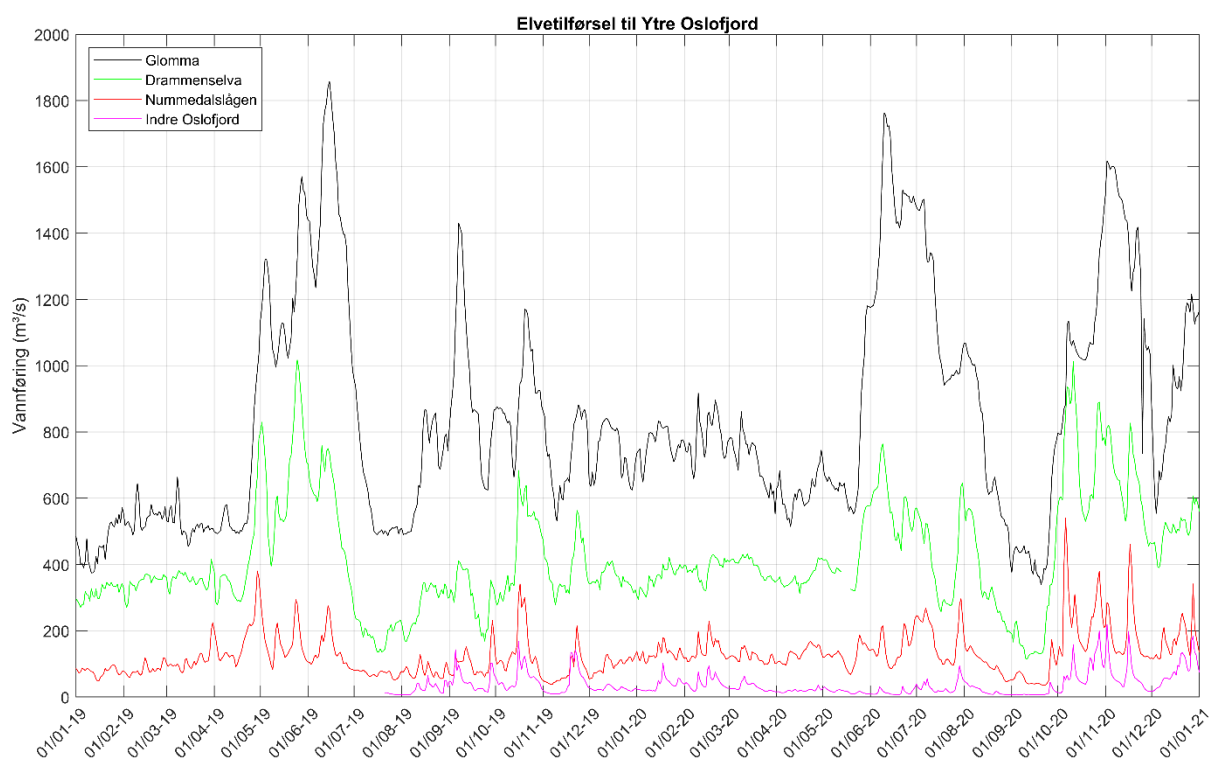
¹ <https://www.yr.no/nb/historikk/tabell/1-33475/Norge/Vestfold%20og%20Telemark/F%C3%A6rder/F%C3%A6rder%20fyr?q=2020-06>

² <https://www.met.no/vaer-og-klima/maanedens-vaer-vs-klima>

³ <https://www.met.no/vaer-og-klima/klima-siste-150-ar>

Tabell 2. Årlig ferskvannstilførsel fra de tre største elvene (mill. m³/år).

Elv	2019	2020	Prosentvis økning
Glomma	24690	28446	15,2
Drammenselva	12199	14096	15,6
Numedalslågen	3472	4612	32,8
Samlet	40361	47154	16,8



Figur 2. Vannføring i de tre største elvene Glomma, Drammenselva og Numedalslågen i 2019-2020. Til sammenligning er alle elvene som renner ut i Indre Oslofjord summert.

2 Metodikk

2.1 Tilførsler av næringsalter til Ytre Oslofjord – norske kilder

Estimater av tilførsler fra ulike kilder til Ytre Oslofjord omfatter næringsaltene fosfor og nitrogen, men det er også tatt inn noe informasjon om organisk stoff for 2019. Kildedefordelingen av tilførslene i 2019 (Guerrero og Sample 2020) er basert på NIVAs TEOTIL-modell, mens tilførsler med de store elvene er beregnet fra Elveovervåkingsprogrammet (Braaten m.fl. 2020).

TEOTIL-modellen (Tjomsland m.fl. 2010) benyttes hvert år i et prosjekt for Miljødirektoratet der man følger utviklingen i utslipp fra ulike kilder til ulike kystavsnitt (Selvik m.fl. 2007). Modellen brukes også som et verktøy for å estimere tilførsler av næringsalter fra områder som ikke fanges opp av stasjoner i det landsomfattende Elveovervåkingsprogrammet. Modellens grunnlagsdata kan brukes til å aggregere informasjon for vassdragsområdene som drenerer til Ytre Oslofjord.

De nasjonale rapporteringsrutinene for kildespesifikke data og behovet for etterfølgende bearbeiding gjør at resultater fra det enkelte år først foreligger sent på høsten året etter. Figurer og resultater i denne rapporten gjelder derfor for året 2019. Modellen bruker kildespesifikke data fra følgende nasjonale databaser:

- «Befolkning» - avløp fra renseanlegg og spredt bebyggelse er basert på anleggseiernes årlige rapportering til Miljødirektoratet gjennom ALTINN. Dataene tilrettelegges av SSB på oppdrag fra Miljødirektoratet.
- «Industri» - industrianlegg med egne utslipp utenom offentlig nett. Basert på bedriftenes egenrapportering til Miljødirektoratet (norskeutslipp.no)
- «Jordbruk» – tapskoeffisienter for jordbruksarealer bygger på målinger av stofftap til vann i «JOVA-feltene» (Eggestad m.fl. 2004). NIBIO oppdaterer koeffisientsettet årlig på basis av landbruksstatistikk og endringer i jordbrukspraksis.
- «Akvakultur» – kilden er av marginal betydning i Oslofjorden, men er basert på næringens innrapportering av driftsparametere gjennom «ALTINN» og NIVAs beregning av tap av nitrogen og fosfor til vann. Settefiskproduksjon og ørretproduksjon i innlandet inngår ikke i rapporteringen. Fredrikstad Seafoods landbaserte anlegg kom i produksjon i 2019, men har ikke kommet inn i statistikken ennå (forventet utslipp iht. utslippstillatelse fra 2015: 72 tonn Nitrogen/0.85 tonn fosfor).
- «Natur / bakgrunn» – tapskoeffisienter for områder uten særlig menneskelig påvirkning basert på NIVAs målinger i sjøer og bekker i Norge gjennom mange år.

I modellen blir de kildespesifikke data tilordnet små nedbørfelt («REGINE-enheter») som deretter akkumuleres nedover i vassdragene for til slutt å omfatte det som tilføres sjøen. I modellen beregnes en tilbakeholdelse (retensjon) i innsjøer langs hovedløpene av elvene.

For den naturlige avrenning gjøres en årlig justering ut ifra vannføring. For de andre parametere legges ikke inn noen variasjon i forhold til klimavariabel. Modellen gir en god fordeling mellom ulike kilder som bidrar til tilførslene det enkelte år, men størrelsen på de virkelige tilførslene i det enkelte år er også styrt av klimatiske faktorer som ikke inngår i modellen.

Den nasjonale overvåkingen av de store elvene (Elveovervåkingsprogrammet) måler mengder av ulike stoff som transporteres til marine områder med vassdragene. Denne overvåkingen er i

hovedsak basert på månedlige vannprøver fra elvene og må suppleres med modellerte tilførsler for de områdene som ikke overvåkes for å kunne gi et bilde av de totale tilførslene til kystområdene.

2.2 Vannmasser

Det ble foretatt undersøkelser ved 17 vannmassestasjonene i 2020 (Tabell 3). Plasseringen av disse er også vist i Figur 1.

Tabell 3. Vannmassestasjoner som er blitt overvåket i Ytre Oslofjord programmet i 2020. Stasjonene har vært besøkt syv ganger i løpet av året (januar, februar, juni, juli, august, september og november). Stasjon Ø-1, I-1 og S-9 har i tillegg blitt undersøkt i mars, mai og oktober på oppdrag for Borregaard AS.

Stasjonsnavn:	NIVA Kode:	VannlokalitetID:	Breddegrad:	Lengdegrad:
Frierfjorden	BC-1	38293	59,104	9,618
Larviksfjorden	LA-1	38287	59,019	10,052
Sandefjordsfjorden	SF-1	38300	59,077	10,246
Tønsbergfjorden (Vestfjorden)	TØ-1	38288	59,203	10,355
Bolærne	BO-1	89847	59,190	10,536
Midtre Drammensfjord, Dramstadbukta	D-2	38286	59,628	10,421
Indre Drammensfjord, Solumstranda	D-3	38299	59,706	10,314
Mossesundet, Kippenes	MO-2	38297	59,484	10,678
Krokstadfjorden	KF-1	101543	59,289	10,729
Leira, Vesterelva	Ø-1	38289	59,138	10,843
Ramsø, Østerelva	I-1	38290	59,109	11,002
Singlefjorden, Haslau	S-9	38292	59,114	11,162
Skjebergskilen ved Sildevika	SKJ-1	96451	59,180	11,180
Sponvika	SP-1	89848	59,090	11,231
Ringdalsfjorden, Isebakke	R-5	38291	59,112	11,314
Kjellvik, Iddefjorden	ID-2	38298	59,075	11,391
Torbjørnskjær*	OF-1	38281	59,040	10,761

* Er også inkludert i Miljødirektoratets overvåkningsprogram ØKOKYST Skagerrak, der med stasjonskode VT3.

Ved Hvaler var det inkludert tre ekstra prøvetakinger, finansiert av Borregaard, på tre stasjoner: Ø-1, I-1 og S-9. I tillegg var stasjon SKJ-1 Skjebergskilen inkludert i programmet og finansiert av Vannområde Glomma Sør. Stasjon SP-1 Sponvika var inkludert i programmet og finansiert av Statsforvalteren i Østfold.

Alle innsamlinger ble utført med Universitet i Oslos forskningsfartøy «Trygve Braarud». Analysene er i hovedsak utført av Eurofins, med unntak av silikat og klorofyll-a som er analysert ved NIVAs kjemilaboratorium i Oslo. Alle analyser er foretatt i henhold til metoder gitt i prosjektbeskrivelsen.

Tidligere har to stasjoner i Grenlandsfjordene (VT67 Langesundsfjorden og VT66 Håøyfjorden) og fire stasjoner i sentrale deler av Ytre Oslofjord (VT3 Torbjørnskjær, VT65 Missingene, VT2 Bastø og VT10 Breiangeren) vært med i overvåkningsprogrammet for Ytre Oslofjord, men da med andre stasjonskoder. Disse stasjonene er nå overført til Miljødirektoratets overvåkningsprogram ØKOKYST for Skagerrak. Dette programmet har også inkludert en stasjon i Jomfrulandsrenna (VT68). Utvalgte data fra ØKOKYST Skagerrak er inkludert i denne rapporten, for en fullstendig gjennomgang av resultatene henvises det til Fagerli m.fl. (2021). Næringsssalter fra 50-440 m på stasjon Torbjørnskjær (VT-3/OF-1) er fortsatt en del av overvåkingen av Ytre Oslofjord.

Følgende parametere har inngått i prøvetakingsprogrammet i 2020:

Fysiske:	Saltholdighet, temperatur, siktdyp
Kjemiske:	Nitrat + nitritt, fosfat, silikat, totalt nitrogen, total fosfor, oksygen og DOC
Biologiske:	Klorofyll- α , kvalitative og kvantitative analyser av planteplankton

Ved alle stasjoner ble næringssalter (nitrat+nitritt, fosfat og silikat) samlet inn fra 2, 5 og 10 m dyp. Total-nitrogen og total-fosfor ble kun tatt fra 2 m dyp. Klorofyll- α og kvantitative prøver for planteplankton ble samlet på 2 m dyp i perioden juni-september. Saltholdighet, temperatur og oksygen ble målt i vertikale profiler fra overflaten til dypeste dyp. Løst organisk karbon (DOC) ble samlet inn fra 2 m dyp på alle stasjoner med unntak av Krogstadfjorden (KF-1), Vestfjorden (TØ-1), Sponvika (SP-1) og Skjebergskilen (SKJ-1). Mer inngående område- og metodebeskrivelser er gitt i fagrapporten for vannmasser og tilførsler, Engesmo m.fl. (2021).

2.3 Planteplankton

Det ble gjennomført kvantitative (telleprøver) og kvalitative (håvtrekk) undersøkelser av planteplanktonsamfunnet ved ni stasjoner i 2020: Frierfjorden (BC-1), Larviksfjorden (LA-1), Sandefjordsfjorden (SF-1), Bolærne (BO-1), Vestfjorden (TØ-1), Drammensfjorden (D-2), Kippenes (MO-2), Haslau (S-9) og Ringdalsfjorden (R-5). Det samles inn planteplankton- og klorofyll- α prøver fire ganger per år (juni, juli, august og september). Resultatene av disse prøvene er også oppsummert i Engesmo m.fl. (2021).

Planteplankton er analysert ved NIVAs planteplanktonlaboratorium i Oslo. Artene ble identifisert i omvendt lysmikroskop (Thronsen m.fl. 2003) og kvantifisert i henhold til Utermöhl's metode (Utermöhl 1958), som beskrevet i NS-EN 15972:2011. Biovolum for hver art ble beregnet i henhold til HELCOM 2006 (Olenina m.fl. 2006) og omregnet til karbonverdier i henhold til Menden-Deuer & Lessards metode (Menden-Deuer & Lessards 2000). Det gir en beregnet algekarbonbiomasse for hvert takson som identifiseres. Som taksonomisk referanse ble www.algaebase.org⁴ brukt.

2.4 Multivariate analyser

Det ble gjennomført multivariate analyser for planteplanktondataene og siktdyp: Non-Metric Multidimensional Scaling (NMDS) analyser basert på Bray-curtis ulikhetsmatriser (Bray & Curtis 1957) ble utført for å utforske samfunnsmønstre ved bruk av metaMDS-funksjonen i R "vegan" pakke (Oksanen m.fl. 2020). Permutational multivariate analyses of variance (PERMANOVA) og Distance-based Redundancy Analysis (dbRDA) på Hellinger-transformerte data ble da utført ved hjelp av "adonis" og "dbrda" funksjonene for å analysere sammenheng mellom miljøfaktorer og de forskjellige studerte planktonsamfunnene.

2.5 Bløtbunn

I 2020 ble det foretatt undersøkelser av sedimentkvalitet (SPI) og faunasammensetning på hhv. 23 og fem stasjoner. Sedimentkvalitet ble undersøkt i Drammensfjorden og i ytre deler av Ytre Oslofjord, mens fauna ble undersøkt i Breiangeren og utvalgte randområder. Samtlige resultater og nærmere beskrivelse av stasjonsplassering og metodikk er gitt i fagrapporten (Beylich m.fl. 2021).

⁴ <https://www.algaebase.org/>

3 Tilførsler fra land

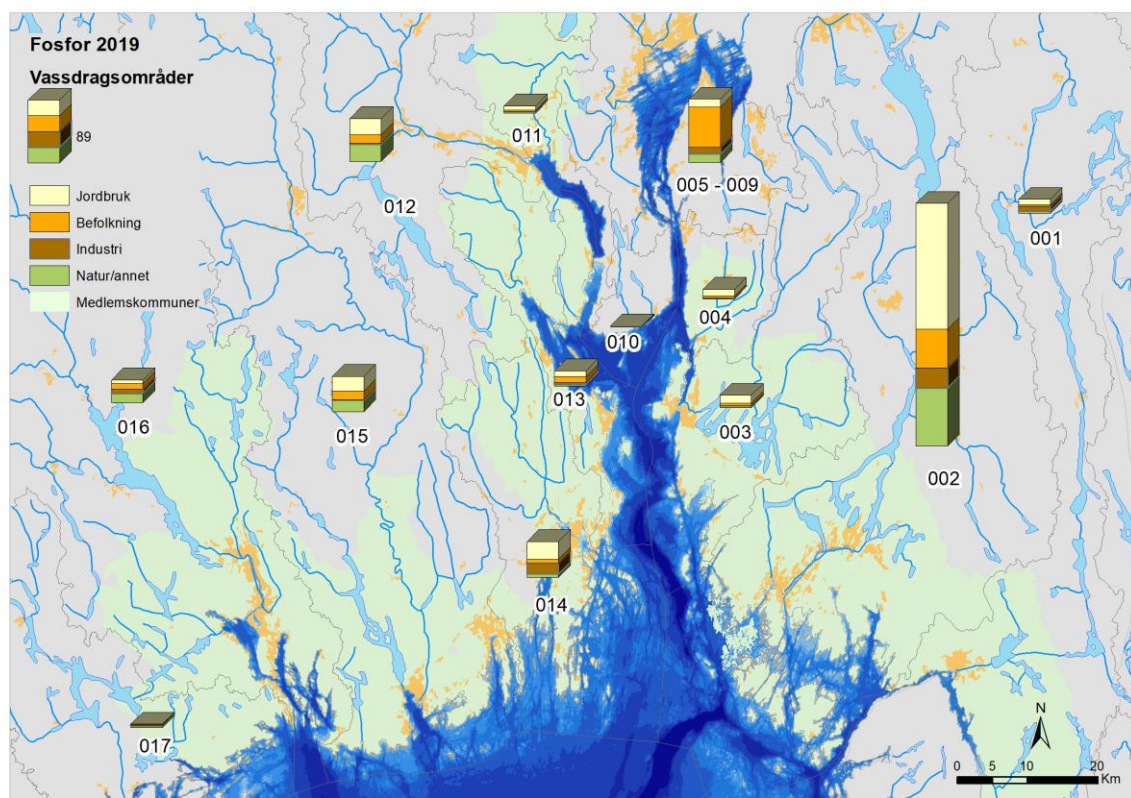
3.1 Beregnede kildefordelte tilførsler av fosfor og nitrogen

På grunn av rapporteringsrutinene til de nasjonale kilderegistrene og behov for etterfølgende bearbeiding, er kun data fra 2019 tilgjengelig for denne rapporten. Kildefordelingen av tilførslene i 2019 (Guerrero og Sample 2020) er basert på NIVAs TEOTIL-modell.

Tilførslene som er presentert i denne rapporten gjelder all ferskvannstilrenning til Ytre Oslofjord, dvs. avrenning fra hele landområdet som har naturlig drenering mot fjorden. Mesteparten av disse tilførslene kommer via de store elvene, men det inkluderer også tilførsler som går via mindre bekker. Fra en mindre del av landarealet som ligger nærmest fjorden, og hvor det ikke er synlige bekker, kan noe av avrenningen gå direkte til fjorden via grunnvannet eller renne av på overflaten.

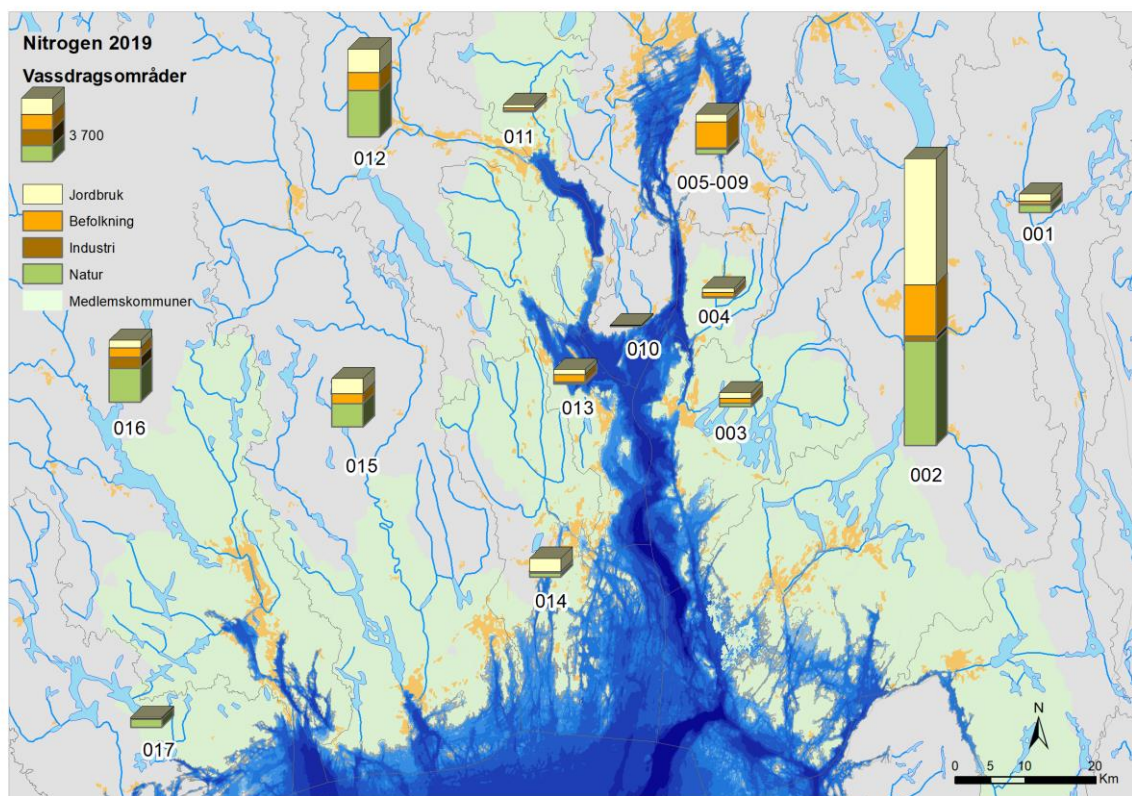
Modellerte tilførsler i 2019

De kildefordelte tilførslene til Indre Oslofjord og Ytre Oslofjord i 2019 er vist på kart for hvert vassdragsområde i Figur 3 og Figur 4. Vassdragsområdene er nummerert med Regine-enheter⁵.



Figur 3. Fordeling av beregnede kildefordelte tilførsler av fosfor (2019) fra ulike kilder fordelt på de ulike vassdragsområdene som drenerer til Ytre Oslofjord. Tilførsler til Indre Oslofjord er også vist (område 005-009), men tallet er ikke direkte relevant for hvor mye som transporteres ut til Ytre Oslofjord. Tilførsler med havstrømmer inngår ikke i denne figuren.

⁵ <https://www.nve.no/karttjenester/kartdata/vassdragsdata/nedborfelt-regine/>



Figur 4. Fordeling av tilførsler av nitrogen (2019) fra ulike kilder fordelt på de ulike vassdragsområdene som drenerer til Ytre Oslofjord (angitt med nummer på kartet). Tilførsler til Indre Oslofjord er også vist (område 005-009), men tallet er ikke direkte relevant for hvor mye som transporteres ut til Ytre Oslofjord. Tilførsler med havstrømmer inngår ikke i denne figuren.

Tilførslene til Indre Oslofjord (vassdragsområde 005-009) er dominert av avløp fra befolkning på grunn av de store befolkningsskonsentrasjonene i Oslo og omkringliggende områder. Denne tilførselen er ikke direkte relevant for hvor mye næringsstoffer som transporteres ut til Ytre Oslofjord, siden dette vil avhenge av interne prosesser i Indre og Ytre Oslofjord og vannutvekslingen mellom de to fjordbassengene. Næringsstoffer fra andre land transporteres også til Ytre Oslofjord med havstrømmene, men disse er ikke inkludert i tilførselsberegningene.

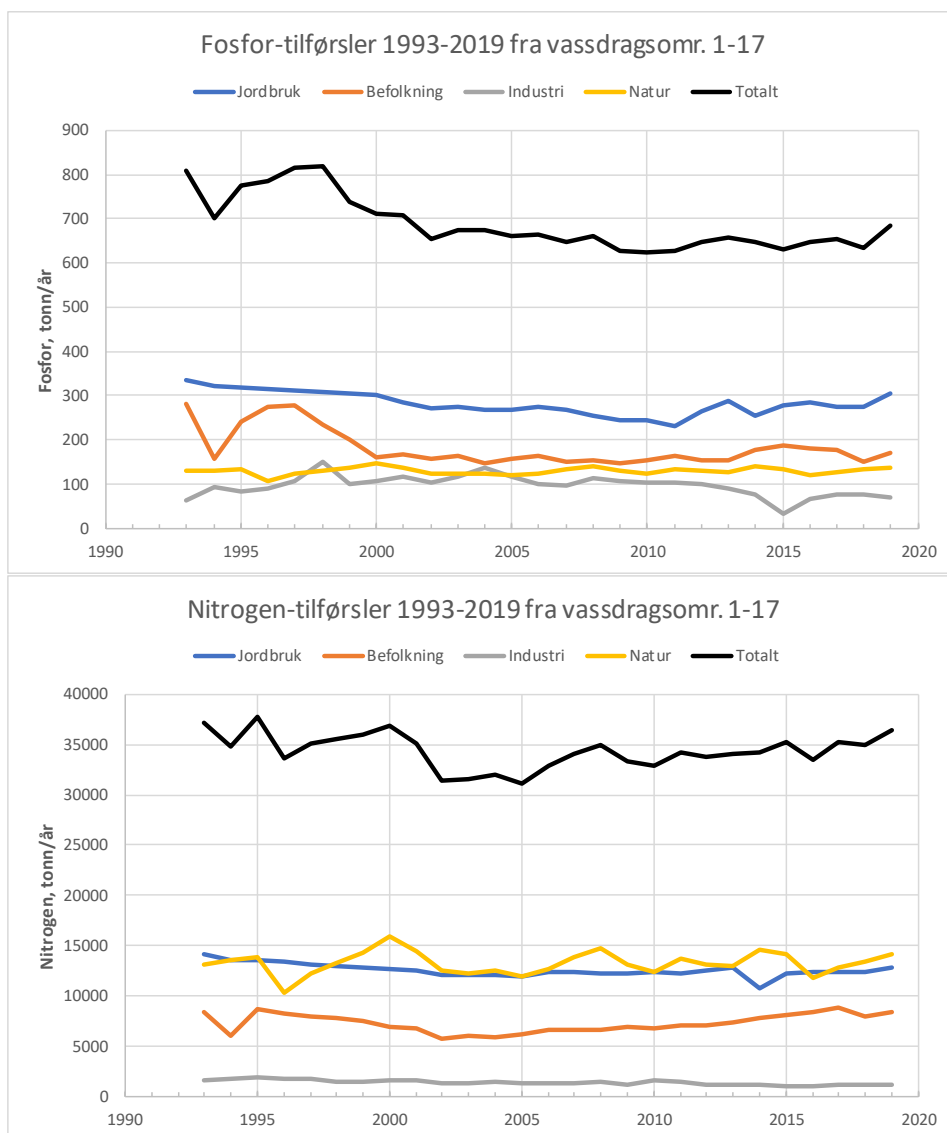
Basert på beregningene fra TEOTIL var jordbruket den største enkeltkilden for tilførsler av fosfor til Ytre Oslofjord i 2019, med 45 % av de totale tilførslene. Deretter fulgte befolkning (kloakkavløp) med 25 %, naturlig avrenning fra utmark med 20 % og industri med 10 %. For nitrogen utgjorde avrenning fra utmark 39 %, jordbruk 35 %, befolkning 23 % og industriutslipp 3 %.

Hovedandelen av tilførslene er knyttet til de fire største elvene: Glomma, Drammenselva, Numedalslågen og Skienselva. Små, kystnære vassdrag kan, relativt sett, også ha betydelige tilførsler fra befolkning, jordbruk og industri. Noen av tilførslene, f.eks. fra de større renseanleggene, går dessuten direkte til sjø.

Utviklingstrender, 1993-2019

Utviklingen i de teoretisk beregnede tilførslerne av fosfor og nitrogen over tid (1993-2019) er vist samlet for alle vassdragsområdene i Figur 5.

For fosfor har det vært en nedgang i de totale tilførslerne til rundt 2010. Deretter har verdiene flatet ut, eller vist en svak økning i senere år. Dersom en ser på de enkelte kildene, viste landbruket en avtakende trend fram til rundt 2011 for deretter å vise en svak økning. Tilførslerne fra befolkning avtok betydelig fram til ca. 2000, lå deretter nokså flatt fram til rundt 2010 og har deretter vist en svak oppgang. Industriutslipp av fosfor har gått merkbart ned siden rundt 2004 og utgjør nå under 15 % av de menneskeskapte utslippene.



Figur 5. Tilførsler av fosfor og nitrogen fra vassdragsområdene som drenerer til Ytre Oslofjord i perioden 1993-2019. Beregnet ved hjelp av TEOTIL-modellen.

De totale tilførslerne av nitrogen viste en nedadgående trend fram til rundt 2002-2005, for deretter å øke forholdsvis jevnt fram til i dag. Noe av årsaken til de høye verdiene i starten av perioden var betydelige tilførsler fra utmarksområder i forbindelse med de store flommene på Østlandet i 1995 og 2000. Tilførslerne fra landbruket viste en svak avtakende tendens fram til rundt 2005, og har holdt seg

relativt konstante siden. Tilførslene fra befolkning avtok fram til 2002, men har deretter hatt en jevn økning i takt med befolkningsveksten i området.

3.2 Målte tilførsler via elver

Miljøtilstanden i et utvalg av norske elver er overvåket regelmessig siden 1990 gjennom det nasjonale Elvetilførselsprogrammet, som fra 2017 byttet navn til Elveovervåkingsprogrammet (Braaten m.fl. 2020). Programmet består i dag av 20 såkalte hovedelver som er spredt langs Norges kyst fra Glomma i sørøst til Pasvikelva på grensen mot Russland. De fire største elvene som munner ut i Ytre Oslofjord; Glomma, Drammenselva, Numedalslågen og Skienselva, er blant elvene som overvåkes i programmet, som inkluderer månedlige analyser av en rekke vannkjemiske komponenter. I Glomma og Drammenselva tas det i tillegg ekstra prøver i mai og juni hvert år, for å få en bedre dokumentasjon på vannkvaliteten gjennom vårflommen. Sammen med vannføringsdata beregnes stofftransport via elvene, og langtidstrendene i elvetilførslene oppdateres årlig etter hvert som nye data kommer til.

Elvetilførsler i 2019

Hovedandelen av nærings salt-tilførslene til Ytre Oslofjord er knyttet til de fire elvene; Glomma, Drammenselva, Numedalslågen og Skienselva. Disse elvene representerer til sammen nær 90 % av ferskvannstilførselen til Indre og Ytre Oslofjord. De totale tilførslene av nitrogen, fosfor, totalt organisk karbon (TOC) og silisium (SiO₂) i 2019 i de fire elvene fordeler seg som vist i Tabell 4. I 2019 stod de samlet sett for om lag 90 % av fosfor-tilførslene og 70 % av nitrogen-tilførslene til Ytre Oslofjord, dersom en tar utgangspunkt i tilførselstallene som framkommer av TEOTIL-modellen (Braaten m.fl. 2020, Guerrero og Sample 2020). Av de fire elvene bidrar Glomma med ca. 80 % av fosfor-tilførslene og ca. 60 % av nitrogen-tilførslene.

Tabell 4. Vannføring og tilførsel av totalt fosfor (Tot-P), totalt nitrogen (Tot-N), totalt organisk karbon (TOC) og silisium (SiO₂) fra de fire største vassdragene rundt Ytre Oslofjord i 2019. Data fra Elveovervåkingsprogrammet (Braaten m.fl.2020).

Elv	Nedbørfelt (km ²)	Vannføring (1000 m ³ /d)	Tot-P (tonn)	Tot-N (tonn)	TOC (tonn)	SiO ₂ (tonn)
Glomma	41 918	68 724	505	16 007	120 633	93 974
Drammenselva	17 034	30 040	58	5 080	39 925	32 190
Numedalslågen	5 577	23 520	39	1 814	16 477	13 477
Skienselva	10 772	12 232	31	1 948	22 347	18 786

Utviklingstrender siste 30 år (1990-2019)

Siden 1988 har lufttemperaturen jevnt over vært høyere enn normalen, og for året som helhet var 2019 ca. 1,5 grader varmere enn normalen på Østlandet. Nedbørstatistikken viser en tendens mot et våtere klima, spesielt de siste 20 årene. Østlandet mottok i 2019 ca. 125 % mer nedbør enn langtidsnormalen (1961-1990)⁶. Dette medfører generelt en økende ferskvannstilførsel til Ytre

⁶ <https://www.met.no/publikasjoner/met-info>

Oslofjord. Både Glomma og Drammenselva viser en signifikant økende trend i vannføring siden 1990 (Tabell 5).

Når det gjelder næringsstoffer har Drammenselva og Numedalslågen en signifikant økende trend i både fosfat og totalt fosfor, mens Glomma kun har signifikant økning i fosfat. Både Glomma, Drammenselva og Numedalslågen viser en signifikant økning i tilførslene av totalt nitrogen. Det er verdt å merke seg at både Glomma og Drammenselva har en signifikant nedgang i ammonium, mens nitrat ikke viser noen endring.

Tabell 5. Trender i tilførsler fra de fire største vassdragene rundt Ytre Oslofjord i løpet av de 30 siste årene (1990-2019). Tabellen viser p-verdier og farge indikerer om trendene er statistisk signifikante. Lave p-verdier indikerer stor grad av sannsynlighet for at endringer er reelle (signifikante). Data fra Elveovervåkingsprogrammet (Braaten m.fl. 2020).

Trender i elvetilførsler, 1990-2019.									
Elv	Q	SPM	SiO ₂	TOC*	Tot-P	PO ₄	Tot-N	NH ₄	NO ₃
Glomma	0.030	0.544	0.032	0.094	0.568	0.038	0.010	0.000	0.059
Drammenselva	0.010	0.019	0.000	0.003	0.005	0.006	0.030	0.002	0.069
Numedalslågen	0.164	0.125	0.003	0.880*	0.027	0.009	0.003	0.022	0.108
Skienselva	0.116	0.721	0.007	0.786*	0.412	0.412	0.116	0.005	0.000
	Nedadgående, statistisk signifikant (p<0.05)								
	Oppadgående, statistisk signifikant (p<0.05)								

*Trendanalyse startet i 1999 på grunn av lite data i perioden 1990-1998.

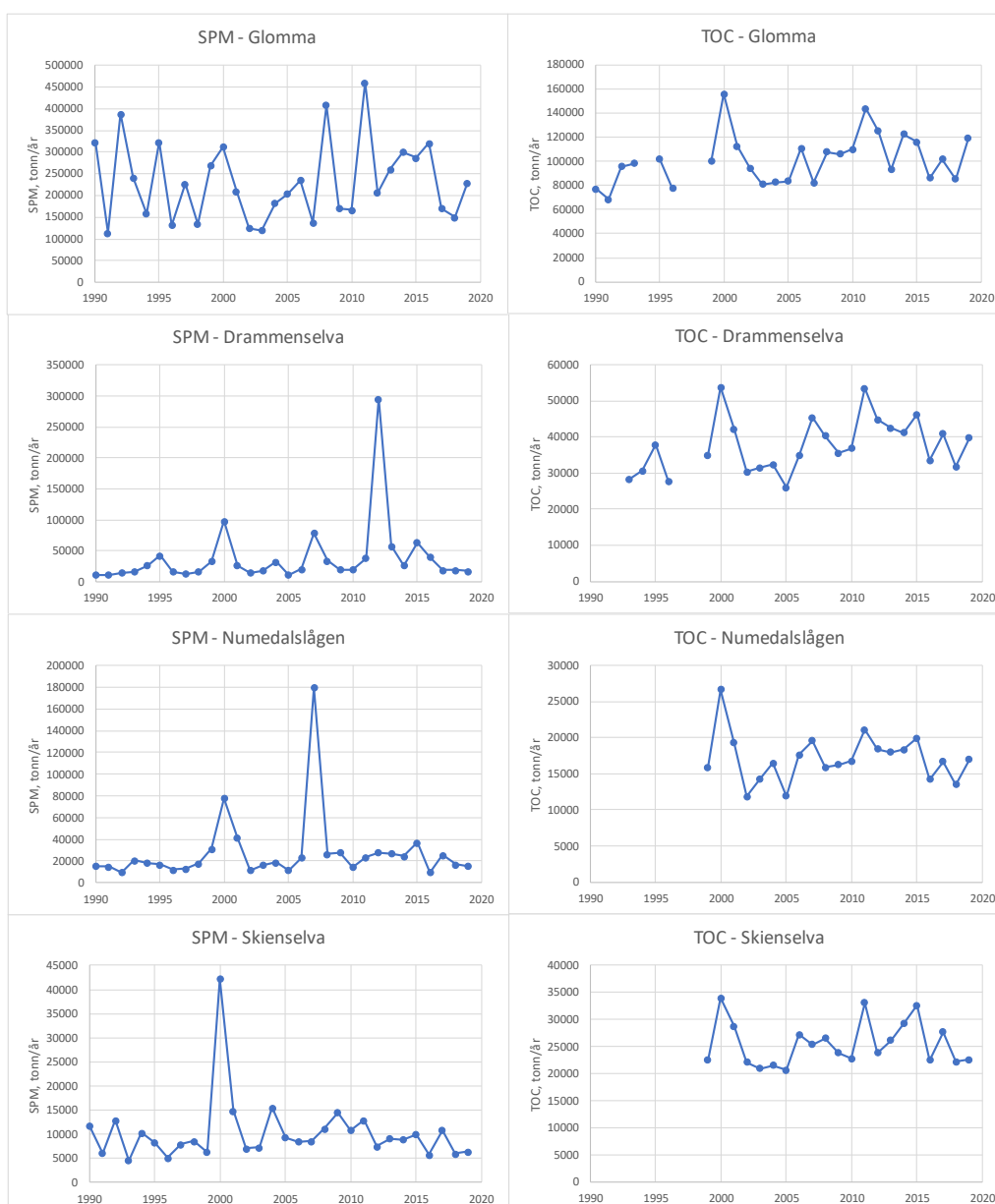
Det betyr at økningen i tilførslene av totalt nitrogen hovedsakelig utgjøres av organisk bundet nitrogen, som igjen er knyttet til økningen i totalt organisk karbon som er observert i mange vassdrag de siste 25-30 årene (Garmo og Skancke 2020). Utviklingen kobles til redusert sur nedbør og varmere klima, og konsentrasjonene i overflatevann blir gjerne høyest i skogdominerte nedbørfelt (Monteith m.fl. 2007, de Wit m.fl. 2016, Hindar m.fl. 2020). Blant de fire største elvene rundt Ytre Oslofjord er det imidlertid bare Drammenselva som viser en signifikant TOC-økning siden 1990.

En annen ting som er verdt å merke seg er at alle de fire elvene viser en signifikant økning i tilførslene av silisium siden 1990. Det gir i utgangspunktet et større vekstgrunnlag for kiselalger i sjøen, men om tilførslene av organisk stoff (TOC) og partikler (SPM) øker samtidig, kan dette gi dårligere lysforhold og reduserte betingelser for vekst av planteplankton. Blant de største elvene rundt Ytre Oslofjord var det kun Drammenselva som viser en signifikant økning i partikkeltransport siden 1990.

3.3 Variasjon i tilførslene mellom år

Et våtere klima øker sannsynligheten for hyppigere og større flommer i elvene. I samband med flom blir det vanligvis også en kraftig økning i konsentrasjonen av partikler (SPM) og organisk stoff (TOC). Det gir elvene grumsete og ofte brunfarget vann, noe som ofte også kan observeres i sjøen utenfor elvemunningene. Partiklene fører også med seg ekstra fosfat (som har sterk bindingsevne til leirminerale) mens det organiske materialet fører med seg organisk bundet fosfor og nitrogen. Økt flomfrekvens bidrar derfor til å øke den samlede næringsstofftransporten fra elver til kystområdene. Det er behov for mer forskning på hva som skjer med partiklene og det organiske stoffet etter at det er kommet ut i kystvannet, samt hvor biotilgjengelig næringsstoffene som er bundet til partikler og organisk stoff er for primærprodusenter i sjøen.

Det er store mellomårlege forskjeller i elvenes stofftransport. Dette skyldes dels at forekomsten av større flommer varierer mellom år, men også at det i stor grad er tilfeldig om en «treffer» flommene gjennom det månedlige prøvetakingsprogrammet. Suspenderte partikler (SPM) er en parameter som i stor grad er knyttet til kortvarige flomepisoder, og som dermed er vanskelig å dokumentere gjennom månedlig prøvetaking. Det medfører at det ofte er store år-til-år variasjoner i estimatene for partikkeltransport i elvene, noe som igjen medfører at det er få av elvene som viser en tydelig trend over tid. Figur 6 viser at det har vært en betydelig år-til-år variasjon både i transport av SPM og TOC i Glomma, Drammenselva, Numedalslågen og Skienselva i perioden 1990-2019. Problemene med å «treffe» flommene med månedlig vannprøvetaking medfører også at den totale partikkeltransporten i løpet av et år vanligvis blir underestimert (Skarbøvik m.fl. 2012).



Figur 6. År-til-år variasjon i transport av suspendert partikulært materiale (SPM) og totalt organisk karbon (TOC) i Glomma, Drammenselva, Numedalslågen og Skienselva i perioden 1990-2019. Data fra Elveovervåkingsprogrammet (Braaten m.fl.2020).

Rapporterte kildedata for avløp, industri og jordbruk (kapittel 3.1) viser også en del mellomårlige forskjeller, selv om man skulle forvente at disse var mer stabile. Dette kan reflektere usikkerhet i den årlige utslippsrapporteringen, men det er også andre forhold som kan forårsake variasjon: Intensive nedbørsperioder kan gi overløp på avløpsnett og derved gi variasjon i tilførte mengder til rensanleggene. Produksjonsmessige forhold kan også gi endrede utslipp fra industrianlegg. I tillegg vil mellomårlige forskjeller i nedbør føre til variasjon i elvenes vannføring og dermed også estimatene for næringsstoffavrenning fra utmarksområder.

4 Vannmasser

I denne rapporten er det valgt å følge Veileder 02:2018 (Miljødirektoratet, 2018), som er Miljødirektoratets klassifiseringssystem som skal brukes for å vurdere tilstand i vannforekomster. Dette er i tråd med det som står om resipientundersøkelser i Avløpsdirektivet, hvor det fastslås at hensikten er å følge Miljødirektoratets klassifiseringssystem. I veilederen legges det stor vekt på biologiske kvalitetselementer og planteplankton, ved parameteren klorofyll- a , som brukes for klassifisering av økologisk tilstand i vannmassene.

Tidligere i dette overvåkningsprogrammet (frem til 2019) har det blitt beregnet middelveidien av klorofyll- a for sommermånedene, i tråd med den gamle veilederen (97:03). Dette betyr middelveidien for juni til august. Her er det valgt å beregne 90-persentilen for de målingene som finnes, som inkluderer målinger fra september, og på Hvaler-stasjonene I-1, Ø-1 og S-9 også data fra mars, mai og oktober. Veileder 02:2018 krever at det tas målinger i hele vekstsesongen, men i vurderingene som gjøres her er ikke våroppblomstringen med. Til gjengjeld er mulige tidlige høstoppblomstringer tatt med i vurderingen. Hensikten med å følge Veileder 02:2018 er blant annet å få grunnlag for å bestemme om det kreves tiltak i vannforekomstene (Vannforskriften 2006, § 4). Det er ikke lenger ønskelig at vannforekomster klassifiseres etter den utdaterte Veileder 97:03.

Dette betyr at klassifisering for klorofyll- a som gjøres her, ikke kan sammenlignes direkte med klassifisering som er gjort i tidligere rapporter. Men for alle støtteparameterne brukes samme grenseverdier i Veilederen 02:2018 og 97:03, så de kan sammenlignes direkte med tidligere rapporter. For at det skal være mulig å se på utviklingen av planteplankton over tid, har klassifiseringen for det som fins av historiske data tilbake til 2001 blitt gjort på nytt, i tråd med Veileder 02:2018. Resultatene er å finne i Vedlegg A.

I denne rapporten er de statistiske parameterne som inngår i vurderingene beregnet etter følgende metoder:

1. For hver dato tas det middelveidien av alle målinger som finnes mellom 0 og 10 m. I 2019 har det blitt tatt målinger ved 2, 5 og 10 m for en del av parameterne, mens klorofyll- a og Tot-N og Tot-P bare ble målt ved 2 m. Tilbake i tid har det i noen år vært gjort målinger på andre dyp. For parameteren klorofyll- a skal middelveidien av målingene mellom 0 og 10 m brukes, men det er ikke aktuelt i dette programmet, siden det bare foreligger data fra et dyp.
2. For næringssaltene tas middelveidien av verdiene for hver dato innenfor sommermånedene (juni-august) og i vintermånedene (januar, februar og desember) i løpet av en periode på tre år. Den nyeste sommerverdien gjelder altså fra juni 2018 til august 2020 og vinterverdien fra januar 2018 til desember 2020.
3. For klorofyll- a krever veileder 02:2018 at det skal prøvetas hver måned fra februar til oktober, og hver 14. dag i de første to av disse månedene. Det skal tas 90-prosentilverdien for alle målinger fra hele denne perioden over en periode på minst tre år. I dette overvåkningsprogrammet er det kun prøver fra juni, juli, august, september og oktober, og derfor er det i tidligere rapporter valgt å følge Veileder 97:03 hvor det skal tas middelveidien av klorofyll- a for juni til august. I denne rapporten er det valgt å forsøke å følge veilederen, til tross for at datagrunnlaget ikke er tilstrekkelig; for klorofyll- a tas 90-prosentilverdien for alle målinger fra juni til oktober i løpet av en periode på tre år.

4.1 Vannkvaliteten i vannmassene i perioden 2018-2020

I Veileder 02:2018 er det ingen tydelig beskrivelse av hvordan gjennomsnittlig saltholdighet skal beregnes for en vannforekomst, men det skal gjelde for overflatelaget og det kan i veilederen tolkes som de øverste 10 meterne. Hvis saltholdighetsmålingene fra 0-10 m midles over hele året får de fleste stasjonene en saltholdighet over 25 PSU, som tilsier at disse stasjonene er i vanntypen «beskyttet kyst/fjord». Unntaket er stasjonene i Frierfjorden, Drammensfjorden og Iddefjorden, som er klart ferskvannspåvirket (Tabell 6). Overflatelaget på mange av stasjonene er ofte bare 5 m tykt. Dette gjelder spesielt disse tre fjordområdene, og saltholdigheten midlet over 0-5 m er betraktelig lavere. Det samme kan sies om stasjonene i Hvaler, muligens med unntak av stasjon Ø-1. Klassegrensene for næringssalter er avhengig av saltholdigheten, og det er valgt å bruke saltholdigheten midlet over 0-5 m for å definere stasjonens saltholdighet. Klassifisering fra hver stasjon, basert på data tilbake til 2001, er vist i Figur 1.

Klassifisering for perioden 2018-2020 er vist i Tabell 6 på neste side. Av de 16 stasjonene som er klassifisert så får ni den samlede tilstanden *moderat*. Resultatene fra tabellen er også vist på kart i Figur 1, sammen med andre overvåkningsstasjoner i området rundt Oslofjorden. Det er kun brukt data fra vannmassene. Det er litt varierende hvilke parametere som trekker tilstanden ned. På stasjon SKJ-1 Skjebergkilen og BC-1 Frierfjorden er det klorofyll-a som er utslagsgivende. I Frierfjorden vil også støtteparameterne trekke tilstanden ned til *moderat*. I Skjebergkilen var det også *dårlig* siktdyp og mye nitrat på vinteren.

I Drammensfjorden og Iddefjorden (samt i Frierfjorden) trekker parameteren oksygen alene tilstanden ned til *moderat*. I alle disse områdene er det også høye nivåer av næringssalter. I Frierfjorden var det bedre forhold for nitrogen enn det har vært tidligere.

På stasjonene MO-2 Mossesundet, Ø-1 Leira, LA-1 Larviksfjorden, BO-1 Bolærne, TØ-1 Vestfjorden, KF-1 Krokstadjorden og SF-1 Sandefjordsfjorden var den samlede tilstanden *god*. I Mossesundet og Vestfjorden ved Tønsberg var det *moderat* tilstand for nitrogen på vinteren, men dette er ikke tilstrekkelig for å trekke tilstanden ned til *moderat*. Dette skyldes at tilstanden for alle vinterparameterne skal midles, slik at de andre parameterne trekker tilstanden for støtteparameterne opp. I Krokstadjorden var siktdypet *dårlig*, men heller ikke dette er nok for å trekke den samlede tilstanden ned til *moderat*.

NIVA 7669-2021

Tabell 6. Klassifisering av vannmassene basert hovedsakelig på data fra 2018-2020. Data for siktdyp er fra sommeren 2020, og oksygentilstanden er fra desember 2020. Det er også noen unntak på enkelte stasjoner pga. manglende data. Merk at kun data for juni til september har blitt benyttet for å beregne 90-persentilen for klorofyll- α på alle stasjoner utenom I-1, Ø-1 og S-9, som også har målinger i mars, mai og oktober.

Stasjon	Sal. (psu)	KlFA ($\mu\text{g/L}$) Feb.-Okt.	TOTN ($\mu\text{g N/L}$)	NO3+NO3 ($\mu\text{g N/L}$)	TOTP ($\mu\text{g P/L}$)	PO4 ($\mu\text{g P/L}$)	TOTN ($\mu\text{g N/L}$)	NO3+NO3 ($\mu\text{g N/L}$)	TOTP ($\mu\text{g P/L}$)	PO4 ($\mu\text{g P/L}$)	Oksygen tilstand	Siktdyp (m)	Samlet tilstand
	0-5 m												
D-2**	2.5		330	181	8.9	3.3	393	233	12.2	9.0	SD	3.3	M
D-3*	2.6	3.49	374	194	7.9	2.5	475	282	16.3	11.7	SD	3.4	M
BC-1	7.5	7.09	352	136	8.7	3.2	385	201	13.0	11.5	SD	4.4	M
ID-2+	10.3	6.22	362	112	10.8	1.9	607	286	20.3	14.6	SD	2.1	M
R-5^	10.8	6.15	359	82.6	14.2	3.7	649	310	23.6	16.9	M	2.4	M
I-1	18.5	2.28	286	88.1	10.9	3.1	364	147	20.2	14.7	SG	2.5	M
SP-1 ^a	19.2	5.64	262	37.4	12.6	2.8	308	137	29.2	22.3	SG	2.9	M
S-9	22.5	5.28	254	32.7	10.6	2.2	384	156	20.2	14.7	G	3.5	M
MO-2	23.6	5.37	205	22.8	8.6	2.1	315	143	20.6	15.6	SG	6.7	G
SKJ-1 ^a	23.9	7.01	226	18.4	12.1	1.6	271	127	21.1	15.3	SG	3.0	M
Ø-1	24.0	4.46	244	21.9	13.5	2.1	316	118	20.0	14.5	SG	4.2	G
LA-1	26.0	2.70	210	10.1	10.6	2.5	240	90	20.3	14.5	SG	6.6	G
BO-1	26.2	2.64	187	7.7	9.4	1.6	248	103	18.5	14.9	SG	8.4	G
TØ-1	27.2	4.59	201	10.0	12.2	2.7	320	125	23.8	16.7	G	7.2	G
KF-1	27.3	3.77	201	7.2	11.2	2.6	287	105	21.8	16.6	SG	3.8	G
SF-1	27.8	2.87	200	6.9	11.4	1.9	273	104	21.5	15.1	SG	7.9	G

* Klassifisering på vinteren basert på data fra 2017-2019.

^ Klassifisering av nitrat på sommeren basert på data fra 2019-2020.

+ Klassifisering på stasjon ID-2 er basert på data fra 2019-2020.

^a Klassifisering på vinteren basert på data fra 2018-2019.

4.2 Endringer over tid

I Vedlegg A er det beregnet middelværdier for alle støtteparameterne basert på data tilbake til 2001. Det er en tabell for hver av stasjonene, hvor endringer over tid er beskrevet i tabelltekstene. Det er også beregnet 90-persentilen for målinger av klorofyll-a, basert på tilgjengelig data. Det må påpekes at datagrunnlaget vanligvis ikke tilfredsstillende kravene for klorofyll-a i henhold til Veileder 02:2018. Dette skyldes hovedsakelig at det mangler data fra våroppblomstringen. Det er likevel valgt å bruke 90-persentilen, siden prøveprogrammet ofte fanger opp høstoppblomstringer. Disse dataene er viktige å ta i betraktning, og har som regel ikke blitt gjort i tidligere vurderinger når det er blitt beregnet middelværdi for kun sommersesongen (jun.-aug.).

Her følger en kort oppsummering av endringer over tid. Generelt så kan en si at tilstanden for nitrogen er for høy mange steder, men at det har vært en positiv trend i mange områder. For fosfor har det vært en generell positiv trend, og tilstanden er *god* eller *svært god* mange steder. For klorofyll-a har det vært en positiv trend i Drammensfjorden, Singlefjorden og Mossesundet, men datagrunnlaget er ikke tilfredsstillende. I Iddefjorden og Ringdalsfjorden har det vært liten endring, og tilstanden ligger nær grensa mellom *god* og *moderat*. I Skjebergkilen er det ikke data for å si noe om endring over tid, men her er tilstanden *moderat*. I Frierfjorden er det en litt spesiell situasjon. Det har vært en positiv trend for både nitrogen og fosfor, men det er fortsatt for mye nitrogen (*moderat* tilstand). Samtidig har en de siste årene sett en forverring når det gjelder klorofyll-a og tilstanden er nå *moderat*. Dette skjer samtidig som det har vært en nedgang i tilførselene av nitrat fra Skiensvassdraget (men samtidig en økning i tilførsel av silikat) (se kap. 3).

Krokstadjorden skiller seg ut. Der var det mye planteplankton, men svært lite næringssalter i perioden 2016-2019. Men klassifiseringen for 2018-2020 gir *svært god* tilstand for klorofyll-a, og fortsatt lite næringssalter. I 2019 ble det rapportert om masseoppblomstring av trådformede grønnalger på strendene i Kurefjorden som ligger i nærheten. Det kan tenkes at disse algene sammen med store mengder planteplankton har brukt opp næringssaltene i overflatelaget. I perioden 2018-2020 ble det ikke målt høye konsentrasjoner av klorofyll-a, men det er mulig at prøvetakningen ikke har samsvart med algeoppblomstringer.

Fra 2021 har prøvetakningsfrekvensen i overvåkningsprogrammet blitt endret, slik at det skal være større mulighet for å fange opp våroppblomstringen. Parameteren ammonium er også tatt inn i programmet.

4.3 Hva er årsaken til lavt siktdyp?

Siktdypet i havet forteller oss hvor dypt lyset trenger ned i vannsøylen. Lavt siktdyp kan skyldes flere faktorer hvor de viktigste er:

1. Partikler i vannet
2. Løst organisk stoff (DOC)
3. Planteplankton (som kan måles med klorofyll-a)

I overvåkningsprogrammet for Ytre Oslofjord har klorofyll-a og siktdyp blitt målt i mange år, men DOC ble tatt inn i programmet fra 2019. Her er det gjort en statistisk analyse hvor DOC og klorofyll-a er brukt som forklaringsvariabler for observert siktdyp. Turbiditet som er et mål på partikler i vannet kunne vært brukt i analysen, men det har ikke vært målinger på alle stasjoner. Den statistiske analysen går forenklet ut på å normalisere variablene så de har lik variabilitet, og deretter blir det

sett på samvariasjonen mellom forklaringsvariablene og siktdyp. Resultatene fra analysene er vist i Tabell 7 og Vedlegg B.

Tabell 7. Statistisk analyse (PERMANOVA) av sammenhengen mellom siktdyp, løst organisk stoff (DOC) og klorofyll-a (Klf-a). DOC og Klf-a er brukt som variabler for å forklare variasjonen i observert siktdyp som er vist i høyre kolonne. Tallene i de tre midterste kolonnen angir hvor mye av variansen som kan forklares av variablene. Tallet i parentes er p-verdien, som indikerer om resultatet er signifikant ($p < 0,05$, merket rødt).

Stasjon	% varians (p-verdi)			Siktdyp (m)
	DOC	Klf-a	Rest	
BC-1	0,05 (0,95)	32,1 (0,15)	67,8	4,4
LA-1	28,6 (0,21)	7,8 (0,53)	63,6	6,6
SF-1	0,1 (0,97)	12,1 (0,48)	87,9	7,9
BO-1	33,6 (0,12)	17,6 (0,25)	48,8	8,4
D-3	73,9 (0,01)	0,4 (0,80)	25,7	3,4
D-2	1,0 (0,83)	4,6 (0,64)	94,4	3,3
MO-2	5,0 (0,40)	62,3 (0,03)	32,8	6,7
Ø-1	48,6 (0,02)	1,4 (0,60)	49,9	4,2
I-1	13,2 (0,26)	0,3 (0,85)	86,5	2,5
S-9	33,0 (0,04)	2,1 (0,58)	64,9	3,5
R-5	26,1 (0,03)	60,2 (0,004)	13,7	2,4
ID-2	13,3 (0,35)	14,0 (0,45)	72,7	2,1
Ytre OF	34,4 (0,001)	3,2 (0,02)	62,4	

Klorofyll-a forklarer mesteparten av variabiliteten til siktdypet i Mossesundet (MO-2) og i Ringdalsfjorden (R-5), og resultatet er signifikant. Klorofyll-a forklarer mye av variabiliteten også i Frierfjorden (BC-1), men her er ikke resultatet signifikant. Basert på tilgjengelig tallgrunnlag forklarer klorofyll-a kun en liten del av variabiliteten i siktdypet på 10 av de 13 stasjonene som er med i analysen.

DOC forklarer mer enn en fjerdedel av variabiliteten i siktdypet på syv av 13 stasjoner. DOC bidrar altså til å forklare betydelig mer av variabiliteten enn det klorofyll-a gjør. På de fleste av stasjonene er det en betydelig rest, og det betyr at partikler i vannet også har stor betydning på siktdypet. Stasjon D-3 og R-5 skiller seg litt ut. På stasjon D-3 innerst i Drammensfjorden forklarer DOC mesteparten av variabiliteten, og en kan si at årsaken til lavt siktdyp er mye løst organisk stoff i vannet. På stasjon R-5 i Ringdalsfjorden utenfor Halden forklarer klorofyll-a mesteparten av variabiliteten, mens DOC forklarer resten. Her kan en si med sikkerhet at partikler i vannet har liten betydning for det lave siktdypet i vannet.

I Hvaler (stasjon Ø-1, I-1 og S-9) er det lavt siktdyp, lavest på I-1 med 2,5 m sommeren 2020. På disse stasjonene har siktdyp stor betydning på klassifiseringen av den samlede tilstanden for vannmassene. Tilstanden utenfor Glommas vestre løp (Ø-1 Leira) har samlet tilstand *god*, men siktdyp havner i klassen *dårlig*. Fra tabell 7 ser vi at klorofyll-a forklarer svært lite av variasjonen i siktdyp. Av det kan vi slutte at det dårlige siktdypet enten skyldes mye løst organisk stoff eller mye partikler i vannet.

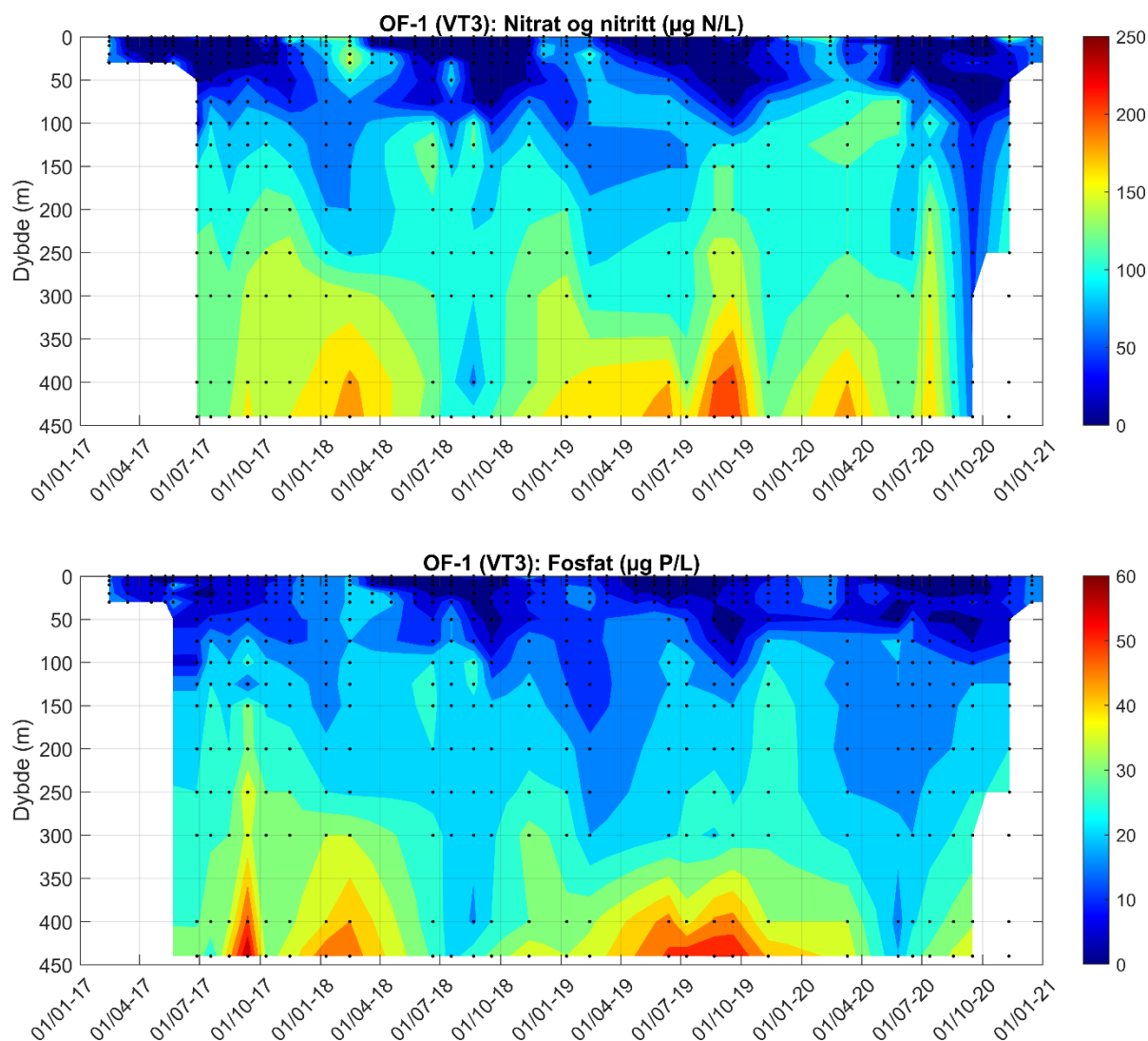
Resultatene fra den statistiske analysen avhenger i stor grad av bredden i datagrunnlaget. En parameter kan bare bidra til å forklare siktdyp, om hele variasjonsspekteret til parameteren er med i observasjonene. Foreløpig er det samlet inn DOC for to år (2019-2020), og det er bare data fra disse to årene som er inkludert i analysen. Derfor er tallgrunnlaget foreløpig litt lite, og resultatene kan være påvirket av manglende data. I årene som kommer vil datagrunnlaget bli bedre, og det er også forventet at den statistiske analysen vil gi sikrere konklusjoner.

4.4 Næringsalter i hele vannsøylen

Overflatelaget tilføres næringsalter med avrenning fra land og når dypvann blandes opp i løpet av vinteren. Mens vekstsesongen for planteplankton pågår, er det en tydelig vertikal gradient i næringsaltene, med lave verdier i overflatelaget og økende verdier nedover i dypet. For å overvåke denne utviklingen tas det på stasjonen Torbjørnskjær vannprøver fra 50 til 440 m dyp som analyseres for silikat, nitrat + nitritt og fosfat i overvåkningsprogrammet for Ytre Oslofjord. Stasjonen har betegnelsen OF-1 i dette programmet. I Miljødirektoratets overvåkningsprogram analyseres vannprøver fra 0 til 30 m, men da har stasjonen betegnelsen VT3. Konsentrasjon av nitrat og fosfat er vist i Figur 7. I denne figuren er data fra 50-440 m satt sammen med data som samles inn fra 0-30 m i Økokyst Skagerrak-programmet (Fagerli m.fl. 2021).

I figuren vises det hvordan konsentrasjonen av både nitrat og fosfat blir veldig lav i overflatelaget i løpet av vekstsesongen. Næringssaltkonsentrasjonene blir lave helt ned til 50 m dyp. Det ser ut til at denne næringsfattige vannmassen blandes nedover i dypet, og ved for eksempel 150 m dyp er de laveste verdiene observert på vinteren. Dette mønsteret finner man også igjen hvis man ser på temperaturutviklingen i vannsøylen. Da finner man de høyeste temperaturene på vinteren, som skyldes at det varme overflatevannet blandes nedover i vannsøylen. Denne blandingen innebærer også at næringsrikt vann i dypet blandes opp mot overflaten, som betyr at det er en fluks av næringsrikt vann til overflatelaget i løpet av vinteren.

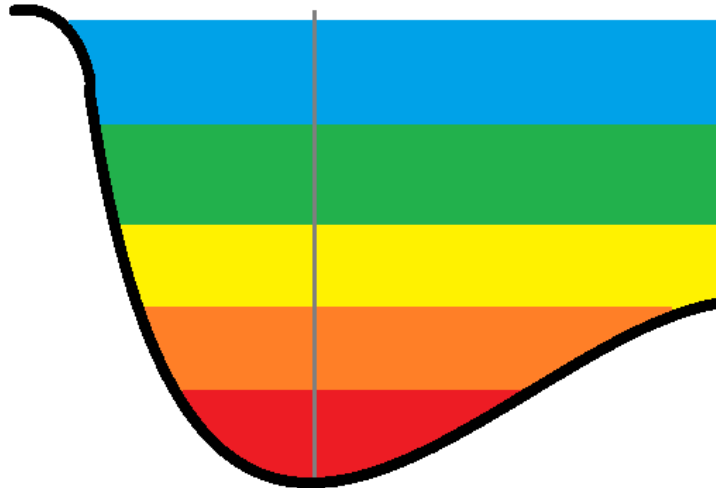
Sommeren 2019 var det høye verdier av fosfat i dypvannet på stasjon OF-1 (440 m). I juli-august var verdien 55 µg P/L, som er blant de 5 % høyeste verdiene som er målt i dette dypet i løpet av perioden 2006-2020. Dette kan ha en sammenheng med lave oksygenverdier som er observert i dette dypet i denne perioden (Fagerli m.fl. 2021).



Figur 7. Konturplott av nitrat + nitritt og fosfat på stasjon OF-1 (VT3) Torbjørnskjær. De svarte punktene viser hvor det er måledata.

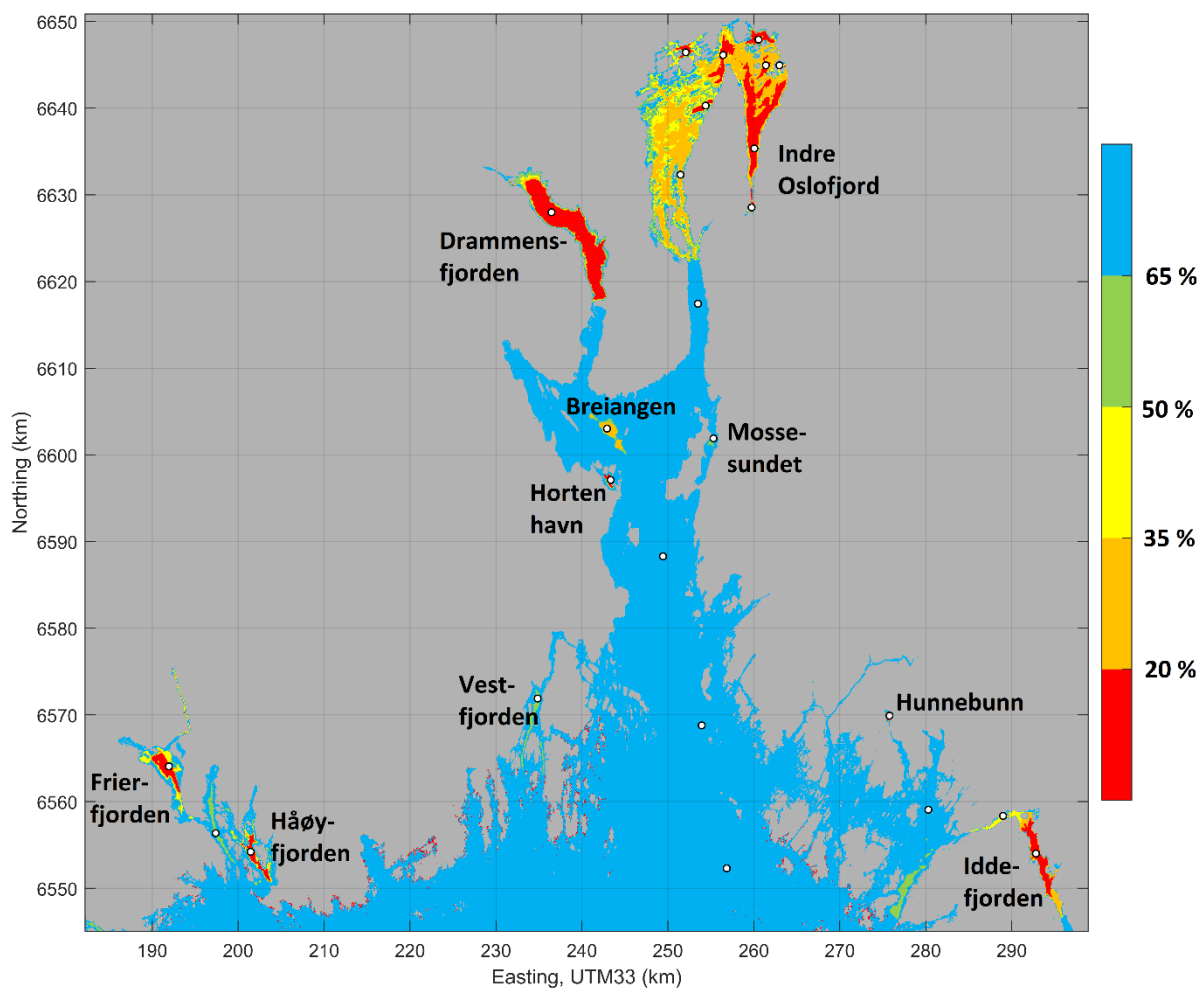
4.5 Oksygenforholdene langs bunn

I dette kapitlet vil vi benytte målinger av oksygen fra stasjonene til å estimere oksygenforhold i hele fjorden. Dette gir et inntrykk av hvor store områder som har lave oksygenforhold, selv om det vil være usikkerheter knyttet til at antagelsen om horisontale oksygenflater. Det er for eksempel lavere oksygenkonsentrasjon på stasjon D-3 innerst i Drammensfjorden, enn på samme dyp på stasjon D-2 rett innenfor Svelvik. I Figur 8 er det skissert hvordan målinger fra en profil blir brukt til å estimere oksygenforholdene.



Figur 8. Skisse av hvordan målinger fra en profil (grå vertikal linje) blir brukt til å estimere oksygenforholdene langs bunn. Bunnen er her vist som en tykk svart linje. Fargeskalaen angir oksygenkonsentrasjon i vannmassen fra rød (lav) til blå (høy).

I Figur 9 vises de estimerte oksygenforholdene langs bunn i hele Ytre Oslofjord. Datagrunnlaget er fra slutten av 2020. Foruten Indre Oslofjord så finnes store bunnarealer med nær oksygenfritt vann i Frierfjorden og Håøyfjorden i Grenland, i Drammensfjorden og Iddefjorden. Det er også kjent at det er anoksiske vannmasser i Horten havn og i Hunnebunn i Hvaler. Det ble rapportert om dårlige oksygenforhold i Breiangen i 2020 (Fagerli m.fl. 2021) over et bunnareal på mer enn 3 km². Dette ble knyttet til økt mengde næringsalter og planteplankton i vannmassen. I Vestfjorden ved Tønsberg og i Singlefjorden var oksygenforholdene i klassen *god* (50-65 %). I resten av bunnarealene ser det ut til å være mer enn 65 % oksygenmetning langs bunnen, men det tas forbehold om at det kan være mange forsenkninger i bunntopografien hvor det ikke er gjort målinger.

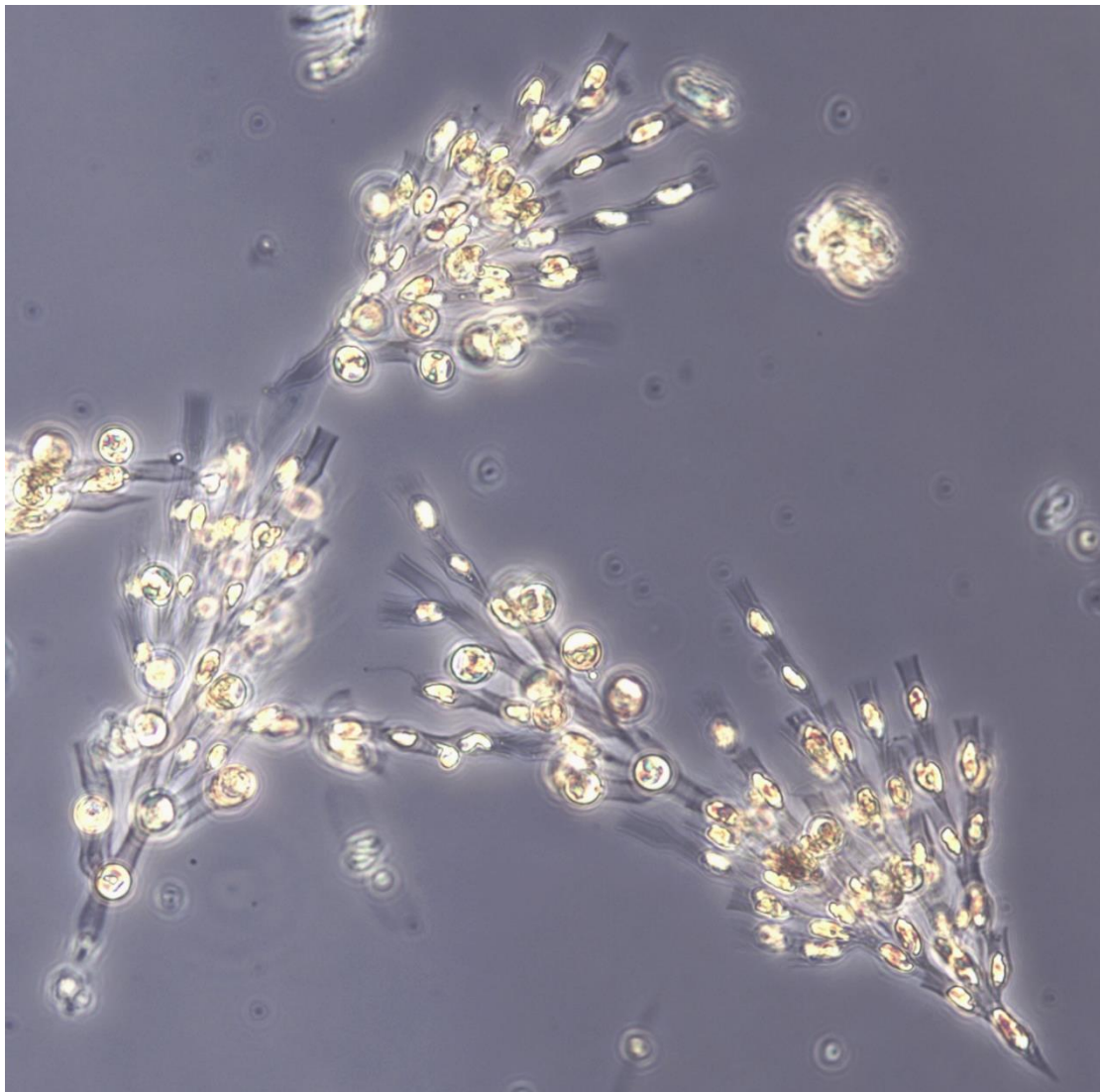


Figur 9. Oksygenforhold langs bunnen i Oslofjorden. Kartet viser situasjonen slik den var i slutten av 2020. Fargeskalaen angir oksygenmetning langs bunn. De hvite prikkene viser målepunktene som er brukt.

5 Planteplankton

Planteplankton er encellede frittlevende mikroskopiske organismer. Veksten til planteplankton er styrt av en rekke faktorer. En av de viktigste faktorene er tilgang på næringssaltene nitrogen og fosfor, samt silikat for gruppen kiselalger. I tillegg vil fysiske forhold som temperatur, lys, sjiktning i vannmassen og annen biologisk aktivitet som beiting, kunne påvirke vekst, sammensetning og økning av biomasse. Siden planteplankton responderer relativt hurtig på endringer i vekstforholdene vil økning i næringssaltkonsentrasjon (eutrofiering) kunne føre til en økning i biomasse dersom øvrige faktorer tilsier det. Eutrofiering kan resultere i at enkelte arter danner masseoppblomstringer utenom de vanlige blomstringsperiodene og føre til endret artsmangfold.

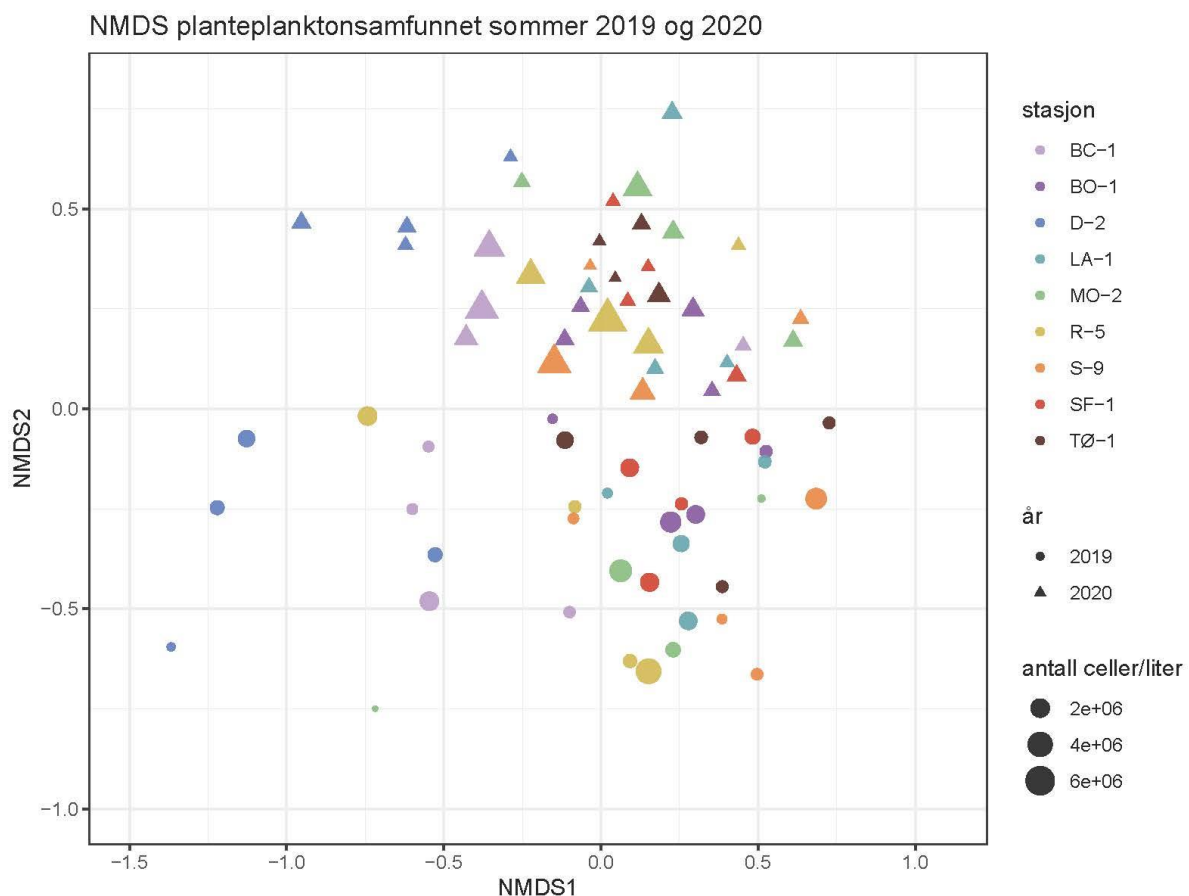
Det ble analysert planteplanktonprøver fra Drammensfjorden (D-2), Tønsberg (TØ-1), Bolærne (BO-1), Larviksfjorden (LA-1), Sandefjordsfjorden (SF-1), Frierfjorden (BC-1), Ringdalsfjorden (R-5) og Kippenes, Mossesundet (MO-2) i juni, juli, august og september 2020. Stasjon Haslau (S-9) i Hvaler hadde i tillegg planteplanktonprøver i mars, mai og oktober, finansiert av Borregaard. Fra 2021 legges programmet om for å bedre fange opp den viktige vårperioden.



Figur 10. Gullalgen *Dinobryon divergens* fra stasjon D-2 i Drammensfjorden.

5.1 Multivariate analyser av planteplanktonsamfunnet

For å se på trender i samfunnsstrukturen ble planteplanktonsamfunnet (fra juni til september) analysert med NMDS. NMDS er en multivariat analyse for å identifisere forskjeller eller mønster i samfunnet, både mellom stasjoner og mellom prøvetakninger. Figur 11 viser en konsekvent forskjell i β -diversitet (diversitet mellom samfunn) både mellom stasjoner og mellom prøvetakingstidspunkt, men det er tydelig forskjell mellom de to årene, der alle prøver fra 2020 samler seg øverst i diagrammet og alle prøvene fra 2019 samler seg nederst i diagrammet. Videre skiller seg Drammensfjorden (D-2), Frierfjorden (BC-1), og til en viss grad Ringdalsfjorden (R-5), tydelig fra de øvrige stasjonene.



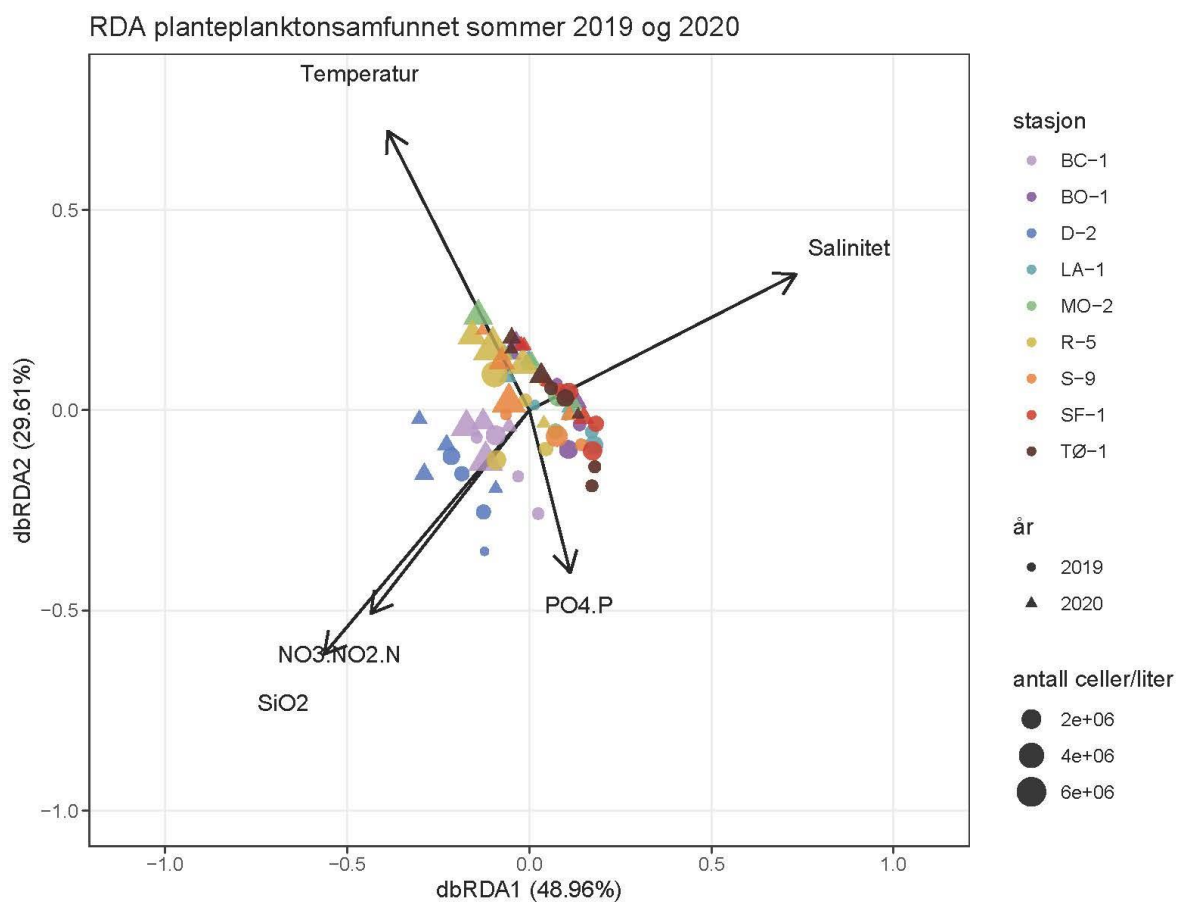
Figur 11. NMDS (nonmetric multidimensional scaling) analyse av planteplanktonsamfunnet basert på Bray-Curtis-dissimilariteter. Stasjonene er separert på farge, årstallet på symbol og celleantall på størrelsen av symbolet.

Multivariate analyser (PERMANOVA og RDA) ble benyttet for å se på hvilke kjemiske og fysiske parametere som har størst påvirkning på planteplanktonsamfunnet i sommersesongen 2019 og 2020. PERMANOVA-analysen viste at de fysiske faktorene temperatur og salinitet, samt næringssaltene nitrat + nitritt og silikat alle hadde signifikant påvirkning på planteplanktonsamfunnet. De analyserte faktorene forklarer om lag 25 % av variasjonen i prøvene (Tabell 8).

Figur 12 viser at salinitet hadde særlig innvirkning i Drammensfjorden (D-2) og Frierfjorden (BC-1), samt i mindre grad, Ringdalsfjorden (R-5). Disse stasjonene er i figuren plassert motsatt av salinitets-pilens retning, noe som indikerer lav salinitet. Videre ser man at de to årene skiller seg på temperatur og at det var høyere temperatur i 2020, i forhold til 2019. De to Hvaler-stasjonene, Haslau og Ringdalsfjorden, plasseres i samme retning som pilen på akse for temperatur, noe som kan indikere høyere temperatur i disse områdene. Plasseringen av Drammensfjorden og Frierfjorden mot nitrogen+nitritt og silikat tyder også på at næringssaltspåvirkningen var stor i disse områdene. Det påvises også en svak korrelasjon mellom planteplanktonsamfunnet og påvirkning forårsaket av fosfat i Drammensfjorden og Frierfjorden, noe som kan være relatert til ferskvannstilførsel.

Tabell 8. Resultater av PERMANOVA analyse for effekten av forskjellige abiotiske faktorer på planktonsamfunnets i løpet av en toårsperiode (2019-2020) i sommersesongen. $p < 0,05$ er markert med rødt og anses å vise at det er en signifikant effekt av faktorene på planktonsamfunnet. P-verdier ble oppnådd ved bruk av 999 permutasjoner. Df = frihetsgrader, SS = sum of squares, MS = mean squares, F.Modell = statistisk verdi.

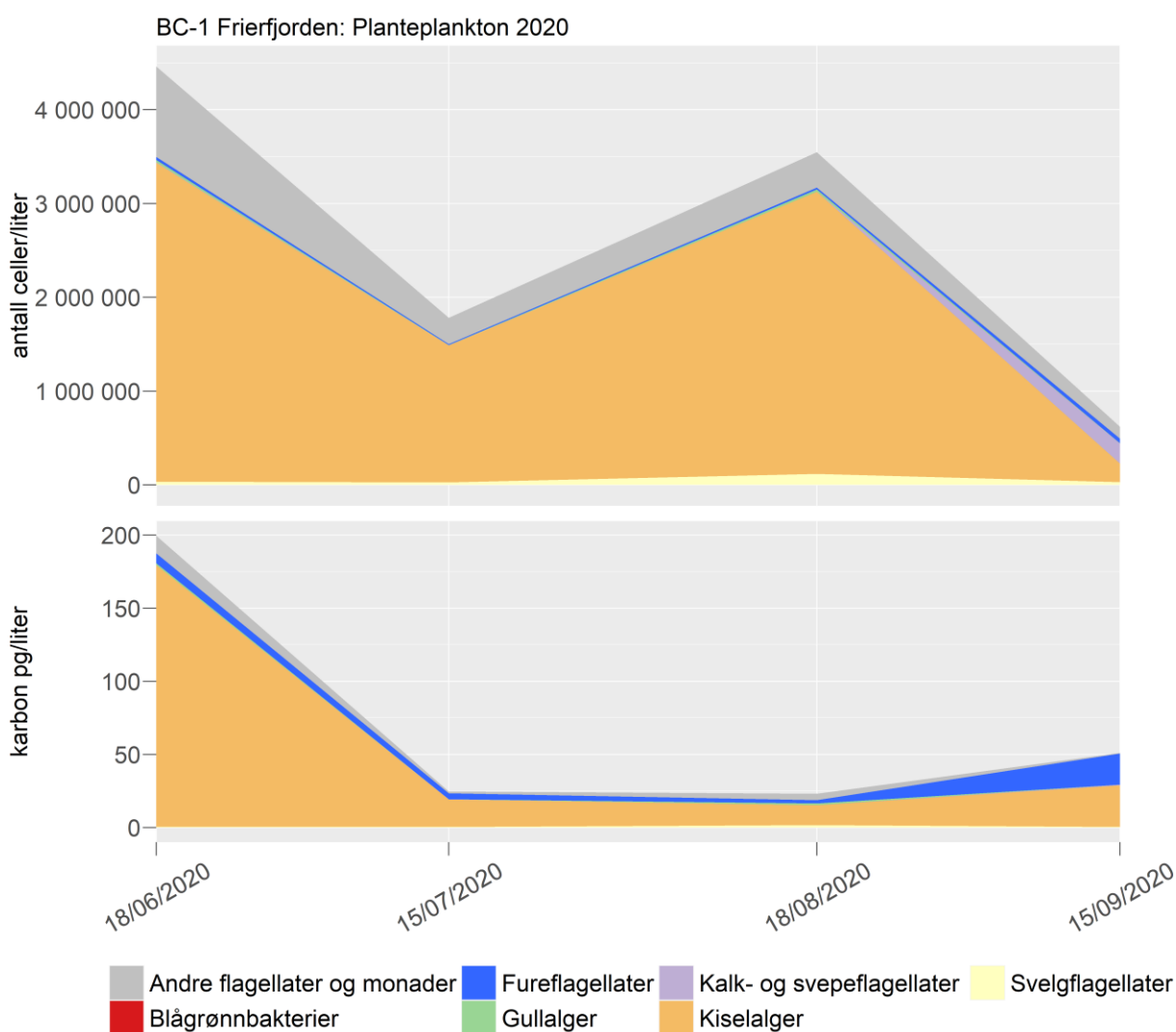
	Kilde	Df	SS	MS	F. Modell	R2	% Var.	P (perm)
Ytre Oslofjord, alle stasjoner	Temperatur	1	1,231	1,231	6,95	0,079	7,88	0,001
	Salinitet	1	1,686	1,686	9,52	0,108	10,79	0,001
	NO3+NO2	1	0,310	0,310	1,75	0,020	1,99	0,020
	PO4	1	0,118	0,118	0,67	0,008	0,76	0,830
	SiO2	1	0,587	0,587	3,31	0,038	3,76	0,001
	Rester	66	11,691	0,177		0,748	74,83	
	Totalt	71	15,624			1		



Figur 12. Distance-based redundancy analysis (dbRDA) av planteplanktonsamfunnet og fysiske og kjemiske faktorer. Pilene peker i retningen den tilhørende faktoren endrer seg raskest, mens lengden på pilene er proporsjonal med graden av korrelasjon mellom ordneringen og faktoren (Oksanen 2015). Stasjonene er separert på farge, årstallet på symbol og celleantall på størrelsen av symbolet.

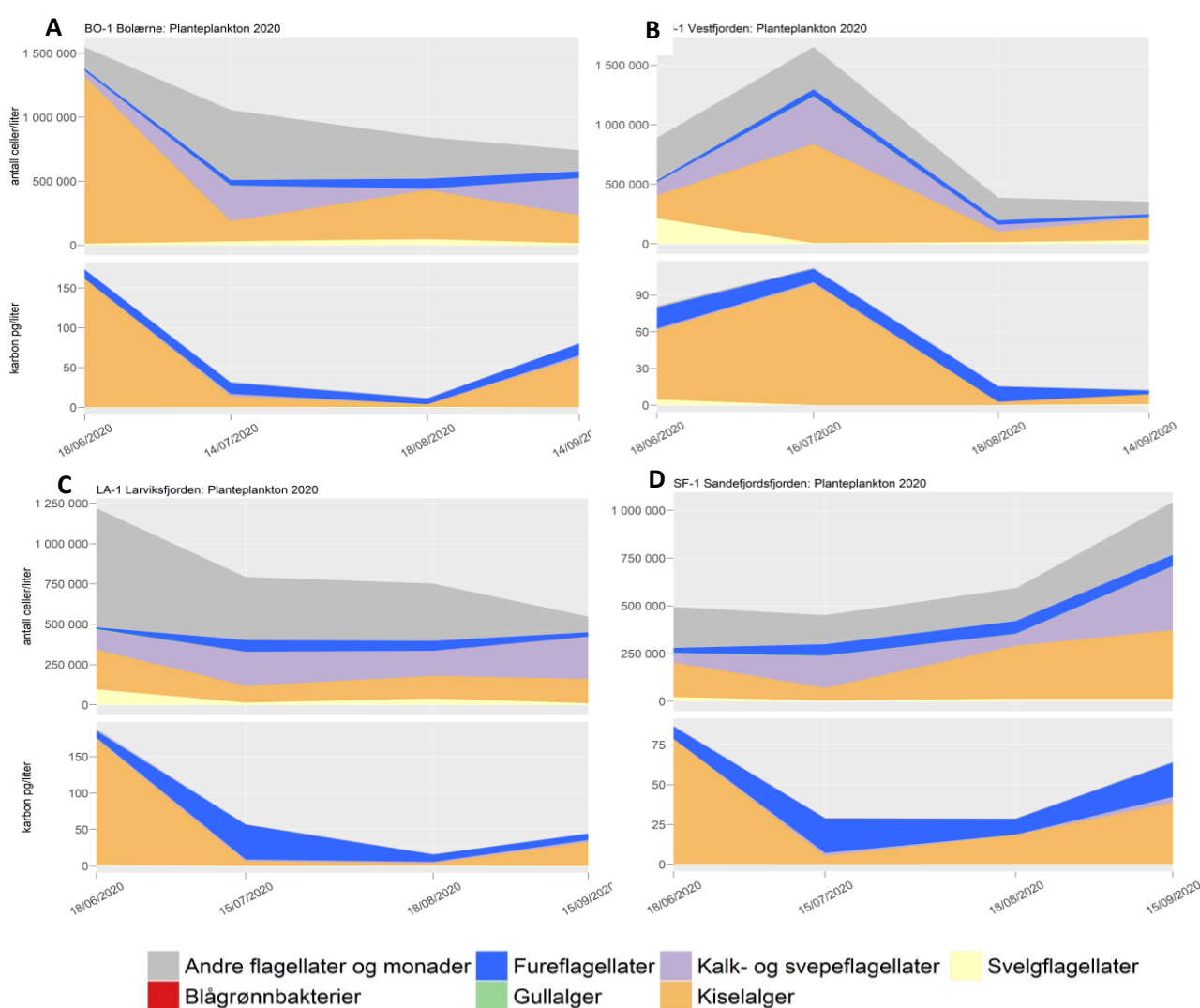
5.2 Planteplanktonsamfunnet i 2020

Frierfjorden (BC-1) er et meget ferskvannspåvirket område. Planteplanktonsamfunnet var tydelig preget av ferskvannspåvirkning med kiselalger knyttet til ferskvann, samt innslag av både gullalger og grønnalger. Det var kiselalgene som dominerte planteplanktonsamfunnet på stasjonen gjennom hele sommeren (Figur 13). I juni var det ferskvannsarten *Diatoma tenuis* som dominerte i både antall og biomasse. I juli og august var det den marine arten *Chaetoceros tenuissimus* som dominerte. *Chaetoceros* er en tallrik slekt som oftest danner relativt lange kjeder av celler, men *C. tenuissimus* er en art som kun opptrer som små enkeltceller, derfor vil de på tross av høye celledtall bidra med relativt lite biomasse. Det var færre alger i september og stor diversitet med en del kiselalger, stor diversitet av fureflagellater, samt et mindre antall av kalkflagellaten *Emiliana huxleyi*.



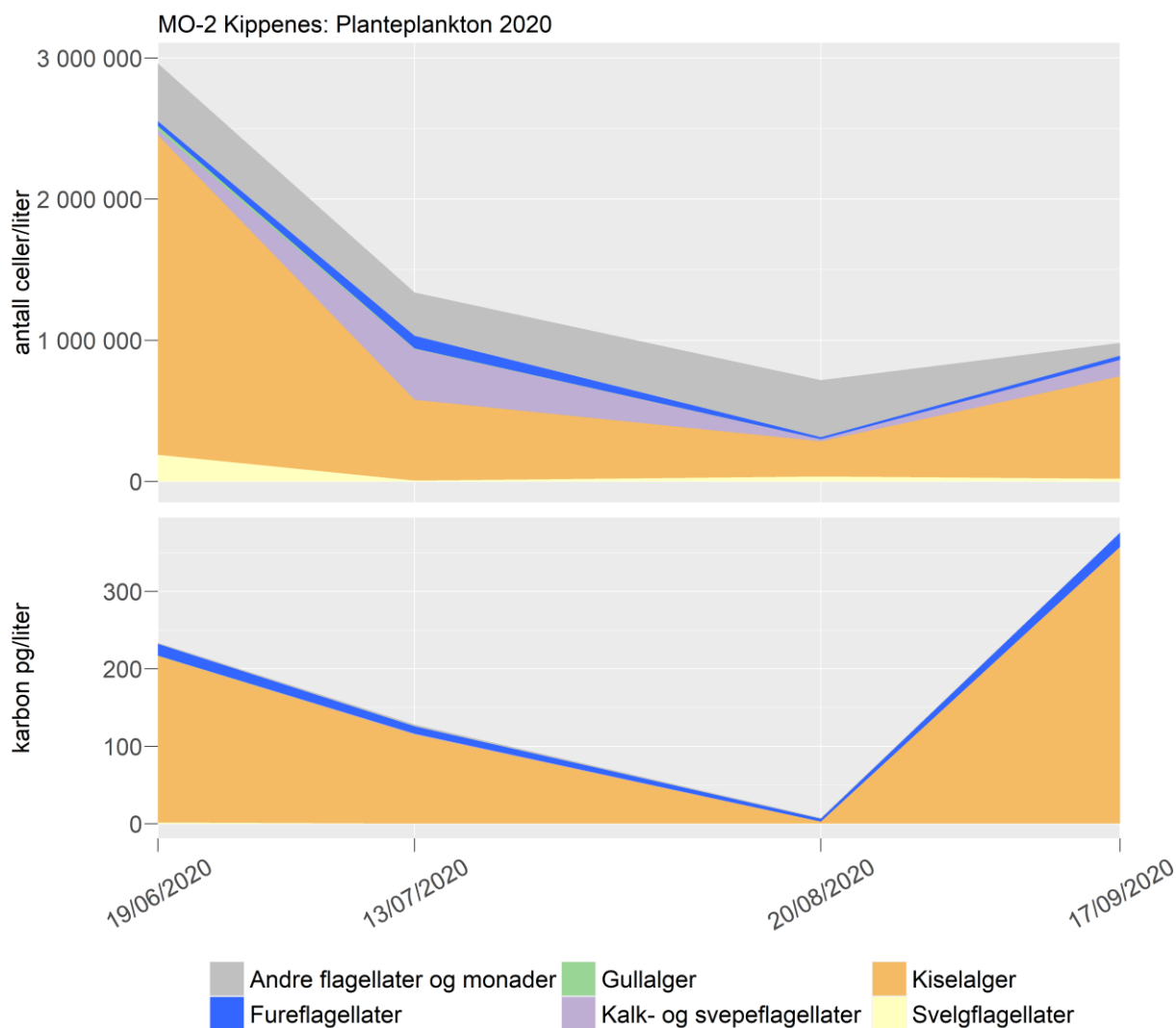
Figur 13. Planteplanktonsamfunnet i 2020 på stasjon BC-1 Frierfjorden, vist som antall celler per liter (øverst) og mengde karbon per liter (nederst). Diagrammet er delt inn i funksjonelle grupper: Kiselalger (oransje), fureflagellater (blå), kalk- og svepeflagellater (lilla), svelgflagellater (lys gul), blågrønnbakterier (rød) og grønnalger (grønn), samt andre flagellater og monader (grå).

De resterende stasjonene på vestsiden av fjorden, Larviksfjorden (LA-1), Sandefjordsfjorden (SF-1), Vestfjorden ved Tønsberg (TØ-1) og Bolærne (BO-1) hadde alle relativt like sommersamfunn av planteplankton i 2020 (Figur 14). Juniprøvetakningen var dominert av kiselalgene *Chaetoceros curvisetus*, *Guinardia flaccida* og *Proboscia alata*. Særlig *G. flaccida* og *P. alata* er store arter som bidrar med mye biomasse. I tillegg var det en del av kalkflagellaten *Emiliana huxleyi* og ubestemte flagellater ved Tønsberg og svepeflagellatslekten *Chrysochromulina*, samt ubestemte flagellater i Larviksfjorden. I juli var det færre planteplankton ved alle stasjonene unntatt Tønsberg, der var det en del kiselalger, dominert av *Cerataulina pelagica*, samt kalkflagellaten *E. huxleyi*. Den giftige fureflagellatslekten *Dinophysis* var representert med flere arter på alle stasjonene i juni og juli, og særlig var det mye *D. norvegica* i Larviksfjorden i juli. Det var relativt lite planteplankton i prøvene i august. I september var det også relativt lite planteplankton, men det var stor diversitet av både fureflagellater og kiselalger.



Figur 14. Planteplanktonsamfunnet i 2020 på stasjon A) BO-1 Bolærne, B) TØ-1 Tønsberg, C) LA-1 Larviksfjorden og D) SF-1 Sandefjordsfjorden. Presentert som antall celler per liter (øverst) og mengde karbon per liter (nederst). Diagrammene er delt inn i funksjonelle grupper: Kiselalger (oransje), fureflagellater (blå), kalk- og svepeflagellater (lilla), svelgflagellater (lys gul), blågrønnbakterier (rød) og grønnalger (grønn), samt andre flagellater og monader (grå).

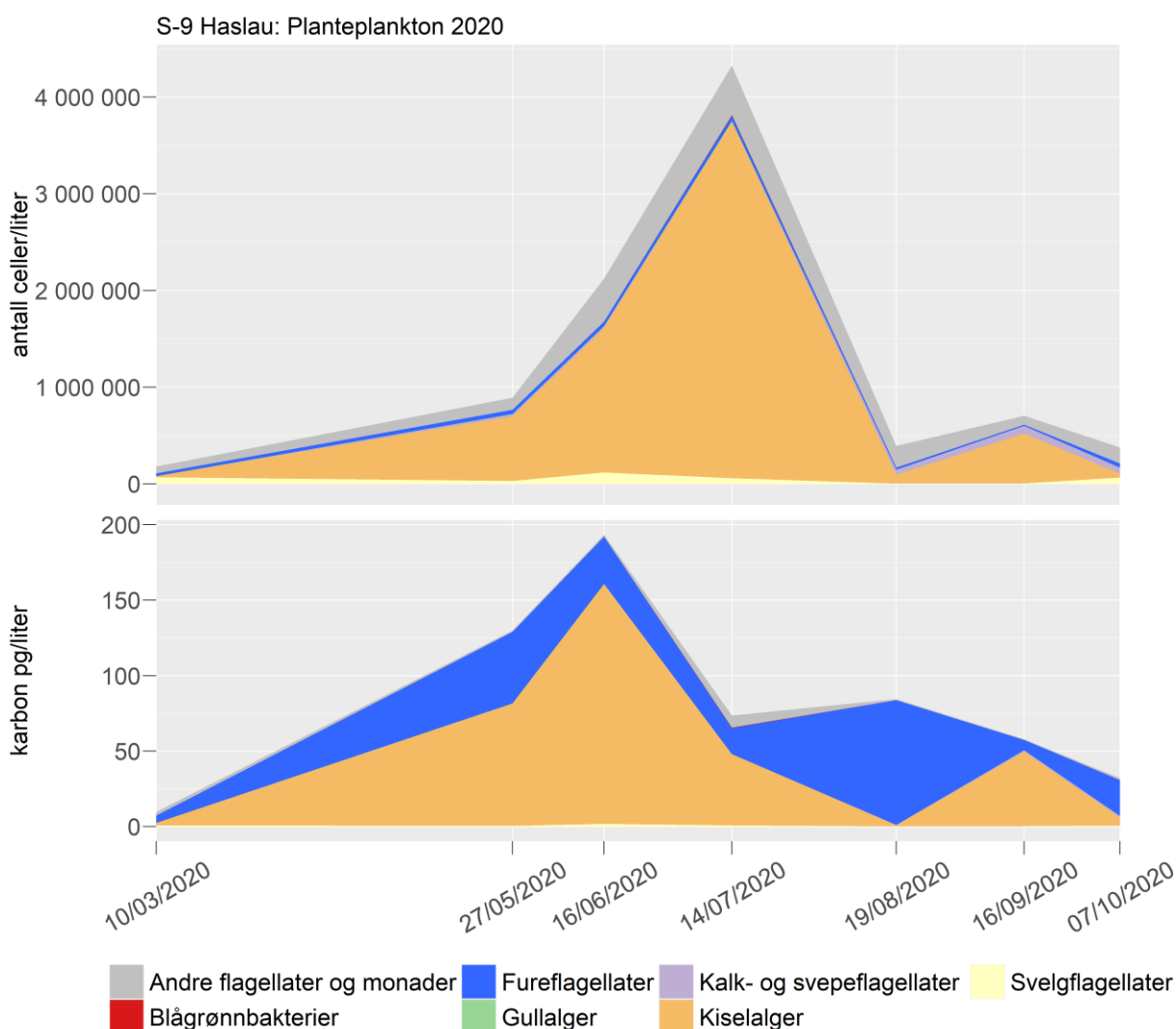
Stasjonen i Mossesundet ved Kippenes (MO-2) var dominert av kiselalger gjennom hele sommeren (Figur 16). I juni var det *Chaetoceros curvisetus* som dominerte i antall og biomasse. I juli var det den potensielt giftige kiselalgeslekten *Pseudo-nitzschia*, sammen med en liten populasjon av kalkflagellaten *Emiliania huxleyi* og ubestemte flagellater. I september var det *Dactyliosolen fragilissimus* som dominerte, dette er en stor art der få celler kan utgjøre betydelig biomasse.



Figur 16. Planteplanktonsamfunnet i 2020 på stasjon MO-2 Mossesundet, vist som antall celler per liter (øverst) og mengde karbon per liter (nederst). Diagrammet er delt inn i funksjonelle grupper: Kiselalger (oransje), fureflagellater (blå), kalk- og svepeflagellater (lilla), svelgflagellater (lys gul), blågrønnbakterier (rød) og grønnalger (grønn), samt andre flagellater og monader (grå).

Det samles planteplankton-prøver fra to stasjoner i Hvaler: Haslau (S-9) og Ringdalsfjorden (R-5). Stasjonen Haslau ligger i Singlefjorden øst i Hvaler og på denne stasjonen ble det samlet tre ekstra planteplanktonprøver, i mars, mai og oktober (Figur 17). Det var kiselalgene som dominerte på stasjonen i hele perioden. I mars var det lite planteplankton og resultater fra ØKOKYST-programmet viser at våroppblomstringen var i april i 2020 (Fagerli m.fl. 2021), det er derfor sannsynlig at prøvetakningen i Hvaler ikke fikk med seg våroppblomstringen. Det var også lite plankton i mai, men kiselalgen *Chaetoceros curvisetus* dominerte tallmessig, samt at fureflagellatene bidro med en del

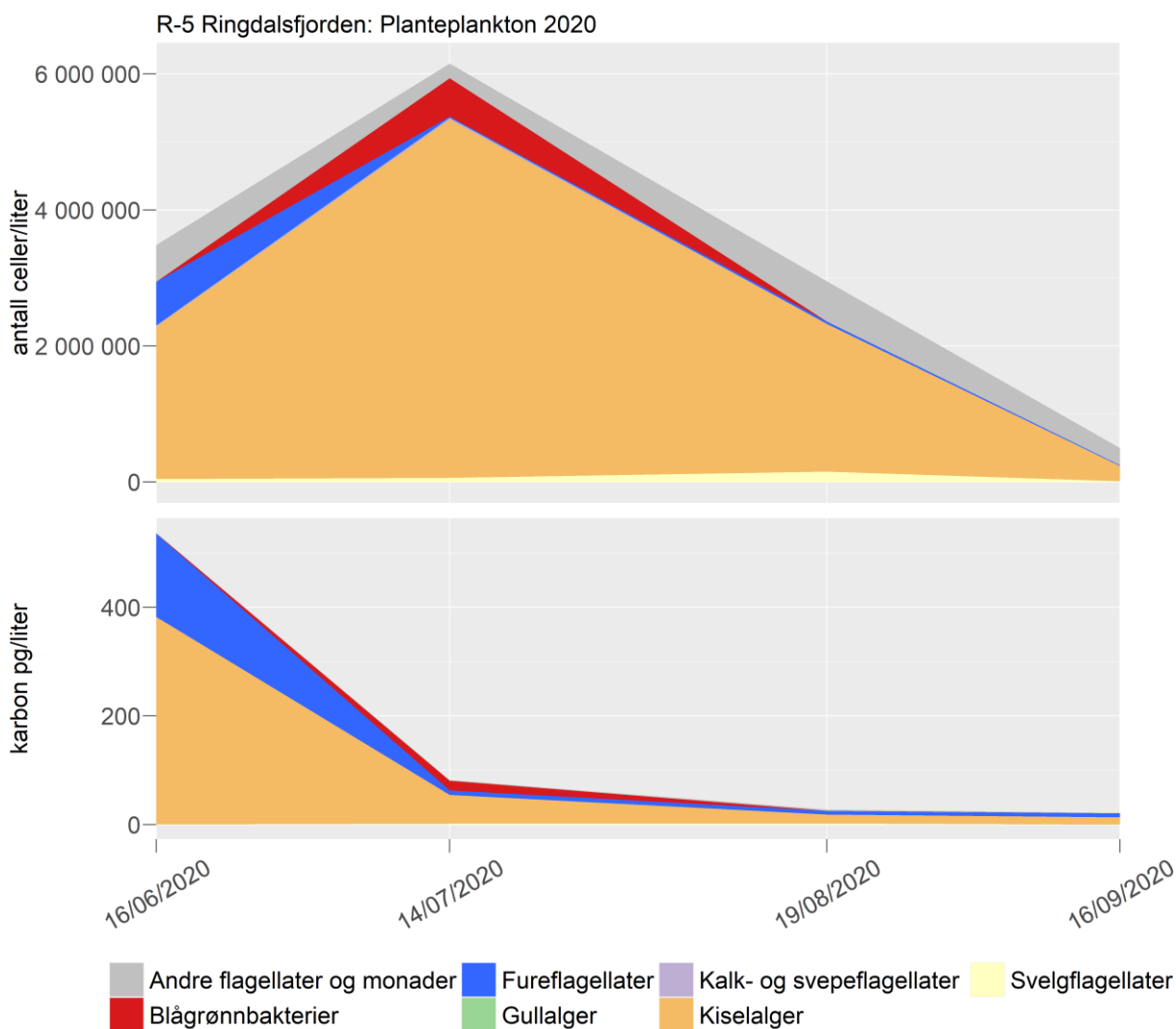
biomasse. Slekten *Chaetoceros* dominerte planteplanktonsamfunnet også i både juni og juli, i juni dominerte *C. curvisetus*, der en moderat mengde store celler sto for mye biomasse. Årets høyeste klorofyllmåling på stasjonen var i juli, da dominerte *C. thronsdensii*, men flere andre arter var også representert, særlig var cf. *Cyclotella choctawhatcheana* tallrik. Utover høsten var det relativt lite plankton, men det var høy diversitet på stasjonen, særlig av fureflagellater. I august ble den heterotrofe fureflagellaten *Noctiluca scintillans* registrert i den kvantitative prøven, den ble også registrert i håvtrekket fra september. Denne arten kan danne masseoppblomstringer og er en av de viktigste artene som forårsaker morild. Arten er veldig stor og få celler dominerer biomassen. Det ble også registrert forholdsvis høye verdier av den giftige fureflagellatslekten *Dinophysis* gjennom hele perioden på Haslau.



Figur 17. Planteplanktonsamfunnet i 2020 på stasjon S-9 Haslau, vist som antall celler per liter (øverst) og mengde karbon per liter (nederst). Diagrammet er delt inn i funksjonelle grupper: Kiselalger (oransje), fureflagellater (blå), kalk- og svepeflagellater (lilla), svelgflagellater (lys gul), blågrønnbakterier (rød) og grønnalger (grønn), samt andre flagellater og monader (grå).

Ringdalsfjorden er lenger inn i Hvaler enn Singlefjorden og området er tydelig ferskvannspåvirket. Planteplanktonsamfunnet var likevel relativt likt det som ble funnet i Hvaler og kiselalgene dominerte hele perioden (

Figur 18). Det var også en del innslag av typiske ferskvannsalger som grønnalger, gullalger og blågrønnbakterier. Særlig ble det registret mye av blågrønnbakterien *Snowella* spp. i juli.



Figur 18. Planteplanktonsamfunnet i 2020 på stasjon R-5 Ringdalsfjorden, vist som antall celler per liter (øverst) og mengde karbon per liter (nederst). Diagrammet er delt inn i funksjonelle grupper: Kiselalger (oransje), fureflagellater (blå), kalk- og svepeflagellater (lilla), svelgflagellater (lys gul), blågrønnbakterier (rød) og grønnalger (grønn), samt andre flagellater og monader (grå).

Ved evaluering av planktonsituasjonen er det vanlig å kommentere på hvorvidt programmet har lyktes i å fange opp våroppblomstringen, samt hvorvidt mengde og sammensetning av taxa faller innenfor normal variasjon. Dette programmet er ikke designet for å fange opp våroppblomstringen og den lave frekvensen av prøver gjør det utfordrende å kommentere på normal-tilstanden. Oppsummert kan man si at det så ut til å være en normal sommersituasjon på stasjonene i 2020 og at det ikke ble observert noe som anses å være utenom det vanlige.

6 Bløtbunn

6.1 Bløtbunnsfauna i Ytre Oslofjord

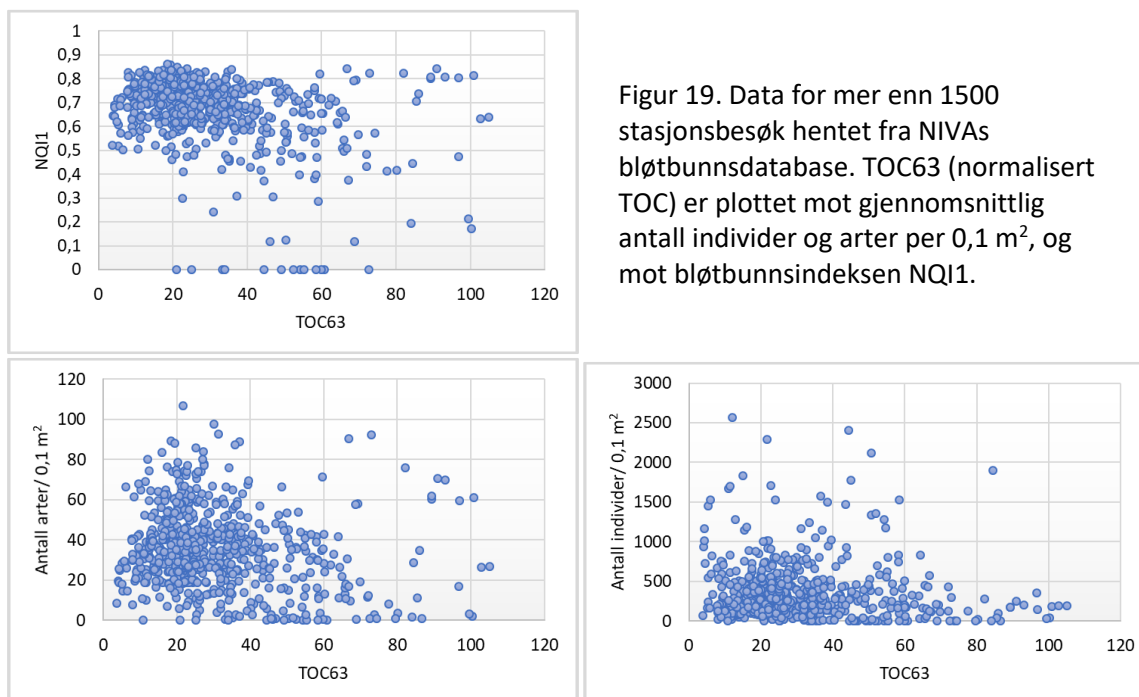
6.1.1 Fauna og organisk belastning

Undersøkelsen i Ytre Oslofjord i 2020 viste et sprik mellom den økologiske tilstandsklassen for bløtbunnsfauna og tilstanden for organisk belastning (Beylich m.fl. 2021). For eksempel hadde stasjonen i Ringdalsfjorden (Iddefjorden) høyt innhold av total organisk karbon (TOC) og ble derfor klassifisert til *svært dårlig* tilstand for organisk innhold, mens bløtbunnsfauna ble klassifisert til *god* tilstand (Tabell 9). Stasjonen ved Haslau hadde *moderat* tilstand for organisk innhold og *god* tilstand for bløtbunnsfauna, mens i Drammensfjorden var det motsatt.

Tabell 9. Innhold av innhold av organisk karbon (TOC), normalisert TOC (TOC63) og totalt nitrogen i sedimentet på stasjonene undersøkt i Ytre Oslofjord i 2020. Normalisert EQR (nEQR) er beregnet som et gjennomsnitt av bløtbunnsindeksen nEQR-verdier. Fargen gir en indikasjon på tilstanden for organisk innhold i sedimentet (TOC63) og økologisk tilstand for bløtbunnsfauna (nEQR). Rød=*svært dårlig* tilstand, gul=*moderat* tilstand, grønn=*god* tilstand.

Stasjon	Totalt organisk karbon (TOC) mg/g	Totalt nitrogen mg/g	TOC63 normalisert	nEQR gjennomsnitt
R-5 Ringdalsfjorden	52,6	3,73	57,0	0,66
OF-5 Breiangen	19,1	2,15	20,4	0,73
S-9 Haslau	24	2,64	28,5	0,76
TØ1 Tønsbergfjorden	23,5	2,6	24,1	0,64
DD-1 Drammensfjorden	17,9	1,69	22,5	0,59

Det er ikke uvanlig at det er et sprik mellom tilstandsklassifiseringen for bløtbunnsfauna og organisk innhold. En gjennomgang av data fra 1500 stasjonsbesøk (fra hele Norge, 2001-2021) hentet fra NIVAs bløtbunnsdatabase viser at det er liten sammenheng mellom innholdet av normalisert organisk karbon (TOC63) og bløtbunnsindeksen NQI1 (Figur 19). Grenseverdien mellom tilstandsklasse *god* og *moderat* for NQI1 varierer litt fra vanntype til vanntype, men ligger på omkring 0,5. Blant stasjonene med TOC63-innhold i sedimentet på under 20 mg/g, som er grenseverdien mellom *god* og *svært god* tilstand for organisk innhold, er det kun noen få som har NQI1-verdi under 0,5. For stasjoner med TOC63-innhold over 20 mg/g, er det noe mer spredning, selv om flertallet av stasjonene fortsatt har NQI over 0,5. Det samme gjelder for stasjoner med TOC63 på over 40 mg/g, noe som tilsvarer *svært dårlig* tilstand for organisk innhold. Det er altså ganske vanlig at stasjoner med *god* eller *svært god* tilstand kan ha høyt organisk innhold. Figur 19 viser også at blant stasjoner med lavt innhold av TOC63 er det stasjoner med både mange og få arter og individer, mens blant stasjonene med høyt innhold av TOC63 er det i hovedsak få arter og individer.



Figur 19. Data for mer enn 1500 stasjonsbesøk hentet fra NIVAs bløtbunnsdatabase. TOC63 (normalisert TOC) er plottet mot gjennomsnittlig antall individer og arter per 0,1 m², og mot bløtbunnsindeksen NQI1.

De fleste bløtbunnsområder ligger under den eufotiske sonen, altså dypere enn der det er lys nok for algenes fotosyntese. Dette betyr at det bentiske økosystemet er avhengig av primærproduksjonen i vannmassene over for å overleve. Planteplankton som synker ned eller små avrevne biter fra tang eller tare fungerer som matkilde for bunnfauna, i tillegg til terrestrisk plantemateriale som tilføres via bekker og elver eller avrenning fra land. Det kan derfor virke noe paradoksal at TOC-innhold ned mot null klassifiseres som *svært god* tilstand for organisk innhold, siden dette betyr svært lite eller ingen mat for bunndyrene som lever der.

Organisk materiale som havner på bunnen vil enten bli spist eller nedbrutt av bunnfauna, eller nedbrutt mikrobielt under oksiske eller anoksiske forhold (med eller uten oksygen til stede). Dersom vannutskiftingen er god og det tilføres nytt, oksygenrikt sjøvann til bunnen jevnlig, vil denne nedbrytingen normalt skje under oksiske forhold. Under slike forhold kan høyt innhold av TOC virke positivt ved at næringsgrunnlaget øker samtidig som oksygenforholdene er gode. Større eller mindre mengder organisk materiale i et innelukket basseng med dårlig vannutskifting kan derimot ha stor negativ effekt på bunnsamfunnet. Ved nedbrytingen forbrukes det oksygen, og over tid kan all oksygenet bli brukt opp og det kan oppstå oksygenfrie bunnsedimenter og bunnvann. Videre nedbryting av organisk materiale under oksygenfrie forhold fører til at det dannes gasser som metan eller hydrogensulfid som er giftig for de fleste dyrene i havet.

Det er altså ikke nødvendigvis mengden tilført organisk materiale som påvirker bunnsamfunnet, men graden av anoksi. Dersom oksygenforholdene er gode kan høyt innhold av TOC være gunstig for bunnfauna ved at det gir et høyt næringsgrunnlag. Dersom oksygenforholdene er dårlige vil derimot høye tilførsler av organisk materiale være svært ugunstig fordi det vil føre til anoksiske bunnsedimenter og utvikling av hydrogensulfid eller metan.

6.1.2 Biologisk og funksjonelt mangfold

Biologisk mangfold i naturen kan måles og beskrives på mange ulike måter. Et enkelt, intuitivt og informativt mål på biologisk mangfold er antallet arter som er til stede. Jo flere arter som er til stede i området eller habitatet man undersøker, desto høyere er det biologiske mangfoldet.

Diversitetsindekser er et annet mål på biologisk mangfold. Det finnes mange slike indekser, og i systemet for tilstandsklassifisering av bløtbunnsfauna benyttes to ulike diversitetsindekser: Shannon-Wiener indeksen (H') og Hurlberts indeks (ES_{100}). Felles for disse to er at de også tar hensyn til antallet individer og individenes fordeling på artene: Dersom en art er svært dominerende og har et høyt antall individer sammenlignet med de andre artene som er til stede, vil dette gjøre indeksverdiene lavere og altså gi lavere artsdiversitet. Dette er ofte tilfelle i områder med høy organisk belastning, da noen få tolerante eller opportunistiske arter kan bli veldig tallrike. Dersom artene som er til stede derimot har omtrent like mange individer seg imellom (høy jevnhet), vil dette gi høy indeksverdi og altså høy artsdiversitet. Individfordelingen er mer utslagsgivende for indeksverdien enn selve artsantallet. Dette betyr at grabbprøver med få arter og få individer (såkalt fattig fauna) kan få en høy artsdiversitet dersom hver art har omtrent like mange individer. Slik fattig fauna finner man f.eks. i områder med industriforensning (miljøgifter), lite tilgang på mat eller oksygenvinn. Det er en svakhet ved klassifiseringssystemet for bløtbunnsfauna at verken diversitetsindeksene eller de andre indeksene som benyttes gir noe utslag på fattig fauna (Borgersen m.fl. 2019). Et område kan gå fra å ha en arts- og individrik fauna til en arts- og individfattig fauna uten at indeksverdiene endres vesentlig og tilstanden forblir den samme. I alle undersøkelser er det derfor viktig at resultatene vurderes ut fra andre parametere enn bare indeksverdiene, f.eks. artssammensetning, miljøvariable, lokalkunnskap eller historikk. Slike ekspertvurderinger krever midlertid bred og god fagkunnskap, og det må dokumenteres på hvilket grunnlag vurderingene gjort.

Stasjon OF-1 (BT137) ved Torbjørnskjær vest for Hvaler er et eksempel på en slik endring i faunaen som indeksene ikke klarer å fange opp. Stasjonen har blitt undersøkt i regi av Fagrådet for Ytre Oslofjord i 2003, 2008 og 2015, og fra 2017 ble stasjonen en del av stasjonsnettverket i ØKOKYST-programmet. Det har vært en markant nedgang i antall arter og individer fra 2003 og 2008-undersøkelsene til perioden 2015-2018. Samtidig har den økologiske tilstanden (nEQR) vært mer eller mindre uendret i hele tidsperioden. Et annet eksempel er stasjon A05/BT40 ved Færder som har blitt undersøkt årlig fra 1990 og frem til i dag, med unntak av årene 2011-2012. Også her har antall arter og individer gått ned, samtidig som nEQR-verdien har økt, og den økologiske tilstanden har blitt klassifisert til *svært god* enkelte år. Tidsseriene for nEQR, antall arter og individer for begge disse stasjonene er vist i Walday m.fl. 2019.

På to stasjoner som ligger lenger inn i fjorden har det vært motsatt utvikling enn på de to stasjonene i ytre deler av Ytre Oslofjord som er beskrevet over. Stasjon OF-4 (BT80) ved Bastøy og OF-5 ved Breiangen har begge hatt en økning i antall arter og individer i perioden 1997-2018. Også på stasjon OF-7 (BT71) ved Hvitsten har det vært en kraftig økning i antall registrerte individer de siste årene (Walday m.fl. 2019). Til tross for denne økningen er fauna på f.eks. OF-5 beskrevet som fattig, med 15-20 arter og noe over 100 individer per grabbprøve. Begrepene fattig fauna, artsfattig og individfattig benyttes ofte i beskrivelsen av resultatene fra bløtbunnsundersøkelser. Slike begrep kan fremstå som subjektive, og er det til en viss grad også, da de baserer seg på faglig skjønn og erfaring siden det ikke finnes noen klassegrenser for disse parameterne. I Borgersen m.fl. (2019) presenteres predikerte naturtilstandsverdier for antall arter og individer for ulike vanntyper i Skagerrak og andre økoregioner. Naturtilstandsverdiene er beregnet på grunnlag av data fra definerte referanseområder i en gitt avstand fra kjente påvirkningskilder (Pedersen m.fl. 2016). Resultatene viste at i referanseområder i Skagerrak kan det forventes å finne 44 arter og 275 individer per grabbprøve i vanntype 1, 2 og 3, og 31 arter og 185 individer i vanntype 5. På OF-5 (med vanntype 3) var det i

gjennomsnitt 24 arter og 126 individer per grabbprøve i 2021 (Beylich m.fl. 2021), altså halvparten av hva man kunne forvente å finne i et referanseområde i denne vanntypen. Til tross for dette gir indeksene *god* tilstand for bløtbunnsfauna på OF-5.

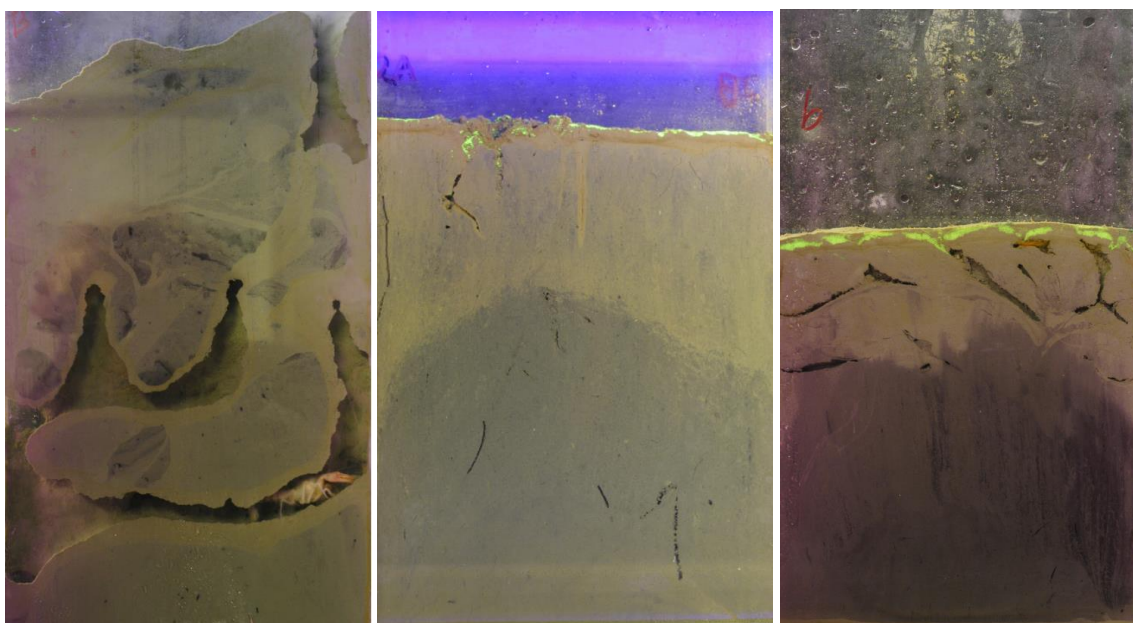
Funksjonelt mangfold, eller funksjonell diversitet, er en annen måte å beskrive mangfold i naturen på. Funksjonelt mangfold er et mål på det samlede antall funksjonelle egenskaper som finnes i et artssamfunn, habitat eller økosystem. De funksjonelle egenskapene til en art vil avgjøre hvordan arten responderer på miljøforhold og hvordan arten påvirker økosystemet som den er en del av. Bioturbasjon er et eksempel på en viktig funksjon som bunndyr utfører, og som påvirker og endrer det fysiske og kjemiske miljøet i sedimentet (se 6.1.3). Et artssamfunn kan ha høyt eller lavt funksjonelt mangfold, og jo høyere det funksjonelle mangfoldet er, desto bedre vil samfunnet kunne tilpasse seg endringer i miljøforholdene. Funksjonell diversitet henger til en viss grad sammen med taksonomisk diversitet, altså det vi normalt tenker på som biologisk mangfold eller artsdiversitet. Men et samfunn med høy artsdiversitet kan likevel ha lavt funksjonelt mangfold dersom artene i stor grad har de samme funksjonelle egenskapene. Motsatt kan et samfunn med lav artsdiversitet ha høyt funksjonelt mangfold. Samfunn med lavt funksjonelt mangfold antas å være mer sårbare for endringer i miljøforhold, og undersøkelser av funksjonelt mangfold kan derfor være et nyttig verktøy for å undersøke effekter av f.eks. en forstyrrelse eller miljøpåvirkning.

6.1.3 Indikatorarter og bioturbasjon

Bioturbasjon betyr omrøring i sedimentet og er en viktig funksjon som bunndyr utfører. Bunndyrene bidrar til bioturbasjon når de graver i sedimentet, svelger sediment og avsetter feces («avføring»), og bygger og vedlikeholder gangsystem og ved gjenfylling av forlatte gangsystem og huler (Figur 20). Bioturbasjon bidrar ved at det blir ledet oksygen fra vannmassene ned i sedimentet, og til utveksling av næringsstoffer mellom sediment og vannmasser. Bioturbatorer kan på denne måten forbedre miljøbetingelsene for alle artene på en lokalitet. Fravær av slike arter kan derimot bidra til å gjøre miljøbetingelsene dårligere.

Både flerbørstemark, krepsdyr, muslinger, snegler og pigghuder kan være bioturbatorer. Det vil midlertid være stor forskjell mellom artene i hvilken grad de bidrar til omrøringen. De faktorene som i størst grad påvirker en arts evne til bioturbasjon er størrelse, mobilitet og gravedyp. For eksempel lever flerbørstemarken *Heteromastus filiformis* i forgrenede ganger som kan nå 20-30 cm ned i sedimentet. Arten har imidlertid en lang og svært tynn kroppsform, som gjør at hvert enkelt individ bidrar mindre til omrøringen sammenlignet med større arter. Blant noe større bioturbatorer finner vi pigghuder som sjømus og slangestjerner. Sjømus kan bli relativt store (9 cm), og den vanligste arten i Norge, sandsjømus (*Echinocardium cordatum*), graver ned til 5-10 cm i leire. Også slangestjerner er av en viss størrelse og kan bli tallrike. For eksempel er fin og grov mudderslangestjerne, *Amphiura filiformis* og *A. chiajeii*, vanlig i Oslofjorden. Disse slangestjernene graver seg ned til 3-8 cm, og bidrar derfor til god omrøring i overflatesedimentet. Sjøstjerner og kråkeboller er det mindre vanlig å finne på bløtbunn i Skagerrak, da dette i hovedsak er hardbunnarter. Andre bioturbatorer av en viss størrelse omfatter flere arter krepsdyr som lager ganger i mudder og leire, slik som *Calocaris macandreae* (blind mudderreke), *Upogebia deltaura*, *Callianassa subterranea* og *Nephraps norvegicus*.

Det er mange flere arter av flerbørstemark som bidrar til omrøring i større eller mindre grad, avhengig av størrelse, mobilitet og gravedyp, samt muslinger (f.eks. av slekten *Thyasira* som er ganske vanlig). I Berge m.fl. 2011 gis det en oversikt over bioturbatorer som er registrert fra Oslofjorden i perioden 1993-2009 i NIVAs bløtbunnsdatabase, samt informasjon om de enkelte artenes bioturbasjonsbiologi.



Figur 20. Bilder av gravende aktivitet hos ulike bunndyr i akvarium. Til venstre: blind mudderreke *Calocaris macandreae*, i midten: muslingen *Thyasira sarsii*, til høyre: flerbørstemarken *Nephtys*. Foto: Karl Norling, hentet fra Berge m.fl. 2011.

6.1.4 ØKOKYST-stasjoner

Miljødirektoratets ØKOKYST-program undersøkte fire stasjoner i Ytre Oslofjord i 2020 og klassifiseringen av disse er vist i Tabell 10. I samme tabell er også resultater fra to stasjoner i programmet «Lange tidsserier» vist. Alle stasjonene bortsett fra Håøyfjorden viste *god* tilstand. Forholdene på disse stasjonene er nærmere beskrevet av Fagerli m.fl. (2021).

Tabell 10. Økologisk tilstand for BKE bløtbunnsfauna for stasjonene i Økokyst Skagerrak, 2020. Gjennomsnittlig antall arter (S) og antall individ (N) er også vist. Indekser med tilhørende nEQR-verdi er beregnet for snittet av de fire grabbvise prøvene (0,1 m²). NQI1=Norwegian Quality Index; H'=Shannons diversitetsindeks; ES₁₀₀=Hurlberts diversitetsindeks; NSI₂₀₁₂=Norwegian Sensitivity Index; ISI₂₀₁₂=Indicator Species Index. ES₁₀₀ kunne ikke beregnes for BT40 fordi antall individ var under hundre for samtlige prøver, og på stasjon BT137 er den basert på kun tre prøver. Oransje=*dårlig* tilstand, gul=*moderat*, grønn=*god*, blå =*svært god*. Tabell hentet fra Fagerli m.fl. 2021.

Økologisk tilstand for bløtbunnsfauna									
Stasjon	Grabb	S	N	NQI1	H'	ES ₁₀₀	NSI ₂₀₁₂	ISI ₂₀₁₂	Gj.snitt EQR
Hvitsten BT71	Grabbverdi	39	387	0,77	3,6	22	24	9,4	-
	nEQR (grabb)	-	-	0,75	0,68	0,64	0,76	0,84	0,73
Bastøy BT80	Grabbverdi	54	662	0,82	3,8	25	23	10,2	-
	nEQR (grabb)	-	-	0,80	0,70	0,71	0,70	0,87	0,76
Torbjørnsskiær BT137	Grabbverdi	27	373	0,67	3,3	16	22	8,2	-
	nEQR (grabb)	-	-	0,64	0,59	0,50	0,67	0,73	0,63
Færder BT40 (A05*)	Grabbverdi	23	66	0,75	4,0	-	26	9,8	-
	nEQR (grabb)	-	-	0,72	0,76	-	0,82	0,86	0,79
BT41 (A36*)	Grabbverdi	32	401	0,63	3,3	18	22	8,5	-
	nEQR (grabb)	-	-	0,59	0,60	0,56	0,68	0,80	0,65
Håøyfjord BT128	Grabbverdi	7	205	0,42	1,1	6	16	5,6	-
	nEQR (grabb)	-	-	0,30	0,22	0,21	0,42	0,32	0,29

* Stasjoner prøvetatt i programmet «Lange tidsserier»

6.2 Bløtbunnsfauna og SPI i Drammensfjorden

Stasjon DD-1 i Drammensfjorden var helt livløs og fikk *svært dårlig* tilstand for bløtbunnsfauna i 2018. I 2020 ble det derimot registrert en normalt artsrik og individrik fauna på denne stasjonen, og den økologiske tilstanden ble klassifisert til *moderat* (men nært grensen til *god*, altså i helt øvre sjikt av tilstandsklasse *moderat*). Variasjon i oksygeninnholdet i bunnvannet kan trolig forklare denne store endringen i bunnfauna fra 2018 til 2020.

Drammensfjorden er adskilt fra resten av fjordsystemet av et smalt og grunt sund ved Svelvik. Overflatelaget er preget av den store ferskvannstilførselen fra Drammenselva og har følgelig svært lav saltholdighet. Dette lette og ferske vannet ligger over et saltene og tyngre vannlag som på grunn av den grunne terskelen er fanget inne i fjorden. Det tunge vannet skiftes bare ut når det når det kommer vann som er enda tyngre inn over terskelen og det vil da skje en dypvannsfornyelse. I perioden mellom dypvannsfornyelsene vil oksygenet i bunnvannet og i sedimentene sakte brukes opp pga. bunndyrenes respirasjon og bakteriell nedbryting av organisk materiale (se avsnitt 6.1.1), og det kan oppstå anoksiske forhold.

I 2016 var det en dypvannsfornyelse i Drammensfjorden, og oksygeninnholdet i bunnvannet var for en kort periode oppe i over 2 ml/l på stasjon D2. Oksygenet ble midlertid raskt oppbrukt, og fra midten av 2016 og frem til 2019 var det svært lave oksygenkonsentrasjoner i bunnvannet (Walday m.fl. 2019). I januar 2019 var det fortsatt tilnærmet anoksiske forhold (0,03 ml oksygen/l), men i løpet av vinterperioden skjedde det en utskiftning av bunnvannet og i juni hadde oksygeninnholdet økt til 2,7 ml/l (Engesmo m.fl. 2020). Etter dette har oksygeninnholdet blitt redusert over tid, til 1,43 ml/l i juni 2020 (Engesmo m.fl. 2021), som var tidspunktet for prøvetaking av bunnfauna i 2020.

Da bunnfauna ble prøvetatt i juni 2018 hadde det altså vært anoksiske forhold i bunnvannet siden 2016, og alle bunndyrene hadde enten dødd eller flyttet seg vekk fra de anoksiske vannmassene. I perioden frem mot prøvetakingen i 2020 hadde imidlertid oksygenforholdene vært bedre siden juni året før, slik at bunnfauna da har rekolonisert området. Fauna var i 2020 dominert av tolerante eller opportunistiske arter som trolig kan tåle litt dårlige oksygenforhold, slik som flerbørstemarkene *Prionospio cirrifera*, *Chaetozone setosa* og *Spiophanes kroyeri*, og muslingen *Thyasira sarsi*. Til sammen utgjorde disse fire artene 77 % av alle individene. Det ble ikke funnet noen krepsdyr, som er den dyregruppen som er mest sensitiv for lave oksygenivåer.

NIVA har tidligere vurdert endringer i bunnforholdene i Drammensfjorden basert på SPI-bilder (Walday m.fl. 2019). Vurderingene viste at det var stor variasjon i oksygenforholdene på stasjon DD-1 (109 m) som ligger rett på innsiden av Svelviksundet. Enkelte år har det vært gode oksygenforhold (2008, 2010), andre år har det vært helt anoksiske (2009, 2018), eller en mellomting (2007, 2011). Ved stasjonen D-3 (97 m) som ligger utenfor Grunnvik og lenger inn i Drammensfjorden er det lite variasjon. Der er sedimentet stort sett anoksiske (2007, 2008, 2009, 2010, 2018), men hadde noen børstemark og tegn til noe oksygen i sedimentet i 2011. Andre stasjoner i Drammensfjorden er kun utført sporadisk, og gradienter har kun vært gjort i 2009 og 2020, og da på ulike plasser. Gradienten i 2020 ble tatt fra Gilhusodden og utover, og den viste at det var gode oksygenforhold ned til 40-50 meter. Fra 50 meter viste bildene gradvis dårligere oksygenforhold, og fra 70 m var sedimentet tilsynelatende helt anoksiske. Gradienten i 2009 ble tatt ved Grimsrudbukta, litt lenger ut i Drammensfjorden. Der var det gode oksygenforhold ned til 60 meter. På 70 og 80 meters dyp var det både fauna og oksisk sediment, men tydelig tegn på dårligere oksygenforhold. Basert på fargene i sedimentet kan det også se ut som det tidvis kan være helt anoksiske der. På samme undersøkelse var bunnen helt anoksiske på 60 meters dyp ved Nøstodden som ligger i nærheten av gradienten som ble

undersøkt i 2020. Hyppigere undersøkelser av dybdegradienter i Drammensfjorden vil kunne gi et bedre innblikk i variasjonen i bunnforhold.

6.3 Tråling og effekter

Bunntråling etter dyphavsreke (*Pandalus borealis*) har en lang tradisjon og er utbredt i Oslofjorden. Skagerrak er blant de mest intenst trålte kystområder i verden og bunntråling er pekt på som en viktig påvirkningsfaktor på fjordøkosystemet de siste 100 årene (Olsgard m.fl. 2008; Moland m.fl. 2021). Undersøkelser av lange tidsserier for bløtbnnsfauna i ytre deler av Ytre Oslofjord viser at det over tid har blitt både færre arter og færre individer, altså at fauna har blitt mer fattig (Walday m.fl. 2019). I områder med intensiv tråling har det vært en reduksjon i andelen dyptgravende dyr, og økning i andelen dyr som lever i sedimentoverflaten, og dette kan indikere at faunasammensetningen er påvirket av trålingen.

I 2020 ble det derfor gjennomført SPI-undersøkelser i antatt trålpåvirkete områder ytterst i Ytre Oslofjord for å vurdere effekt av tråling. Undersøkelsene ble gjennomført på lokaliteter i tre kategorier; områder med mye, noe og lite/ingen tråling. Stasjoner ble valgt med utgangspunkt i rasterkart fra Fiskeridirektoratets kartløsning Yggdrasil som viser intensitet av fiske basert på GPS-logger fra fiskefartøy. Fartøyene kan flagge elektronisk at de driver aktivt fiske, og rasterkartet lages på bakgrunn av fiskefartøyenes koordinater når dette flagget er skrudd på. Aktivt fiske kan bety både tråling eller annen type fiske, men basert på habitatstype kan man gjøre antagelser om metode. Det er også en del fiskefartøyer som ikke flagger i GPS-loggen at de driver aktivt fiske. Det ble derfor også benyttet kart med loggede trålspor fra 1-2 trålere som var tilgjengelig om bord på «Trygve Braarud». Kartene over trålspor baserer seg på båtens koordinat; ikke trålens, i tillegg loggføres det gjerne som trålspor også mens trålen er på vei opp og ned. Dette gjør at kartene ofte har noe misvisning der trålsprene starter, svinger eller slutter. I den forbindelse ble sjøkart vurdert med tanke på topografi, og vi forsøkte å utelukke områder der vi mener trålen ikke går til tross for at området er loggført med trålspor. Plasseringen av stasjonene er vist i Figur 22.

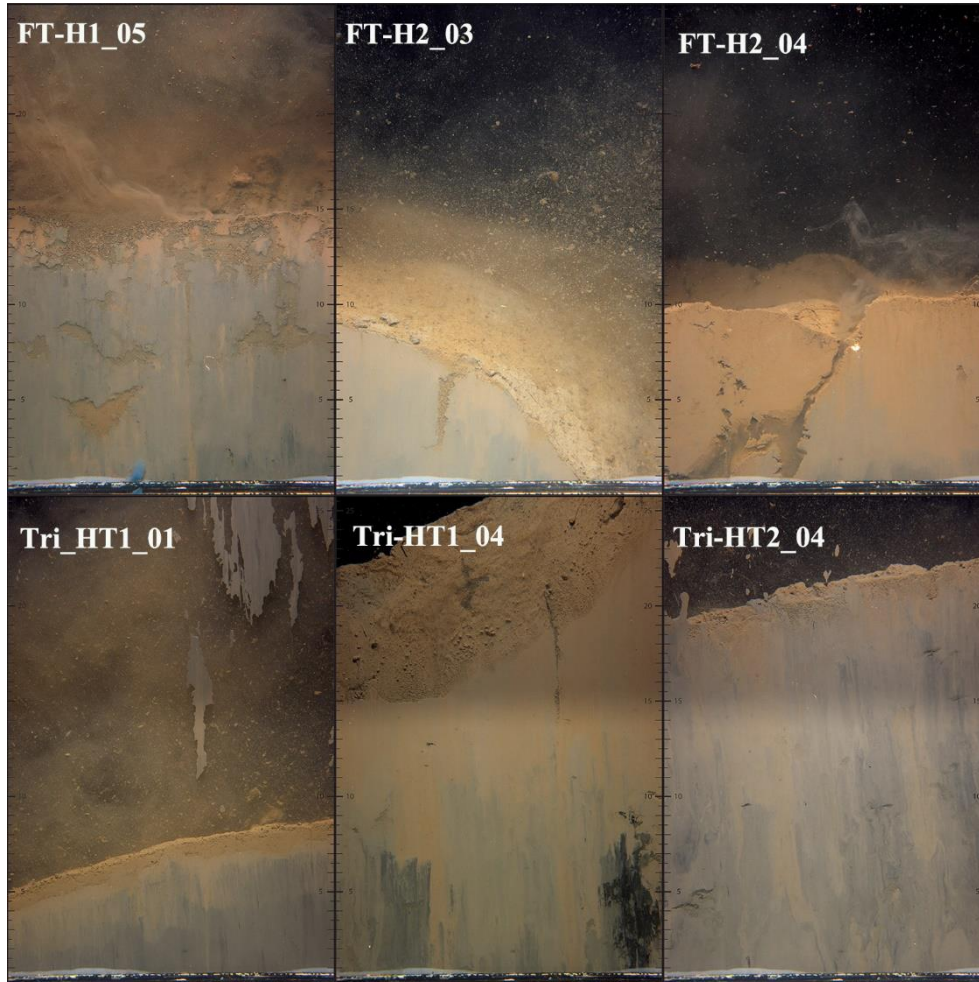
Effekt av tråling ble vurdert ut fra forekomst av leirklumper på overflaten, spor/furer i sedimentet, lagdelinger som kan skyldes sedimentering av oppvirket sediment, antall gravehull og børstemarkrør observert på overflate-bildene, og de parametere som inngår i analysen av BHQ-indeksen (Benthic Habitat Quality).

Analysen av SPI-bildene og overflatebildene fra Ytre Oslofjord viste i mange tilfeller forstyrrelser som nevnt ovenfor, men det kan ikke utelukkes at noe av dette kan være spor etter annen aktivitet enn tråling, inkludert tidligere grabb- og SPI-skudd. Siden disse er vanskelige å skille fra hverandre har vi valgt å regne alle forstyrrelser som mulig påvirkning fra trål.

Eksempler på forstyrrelser av sedimentet med mulige spor etter trållaktivitet er vist i Figur 21:

- FT-H1_05 viser en slags leirmosaikk som er et tegn på massive omveltninger i sedimentet.
- FT-H2_03 viser en dyp fure i sedimentet som kan være forårsaket av en tråldør; sedimentoverflaten ser intakt ut, vi antar det skyldes at skaden er eldre og at fauna igjen har etablert seg i sporet.
- FT-H2_04 viser et dypt spor i sedimentet som kan skyldes tråling.
- Tri_HT1_01 viser et distinkt lag på ca. 1 cm tykkelse som antagelig skyldes re-sedimentering av oppvirket sediment.
- Tri-HT1_04 viser muligens et dypt spor i sedimentet, men vi er noe mer usikre på dette bildet, da sporet også kan komme av at kamerariggen har sklidd før bildet ble tatt.

- Tri-HT2-04 viser leirklumper på sedimentoverflaten. Bildet er også forstyrret av at leire fra forrige bilde har festet seg på prismeglasset, men det tolkes som mulig trålskade ettersom leirklumpene ligger litt i bakgrunnen.



Figur 21: Bildeeksempler på sedimentforstyrrelse som kan være forårsaket av trållaktivitet.

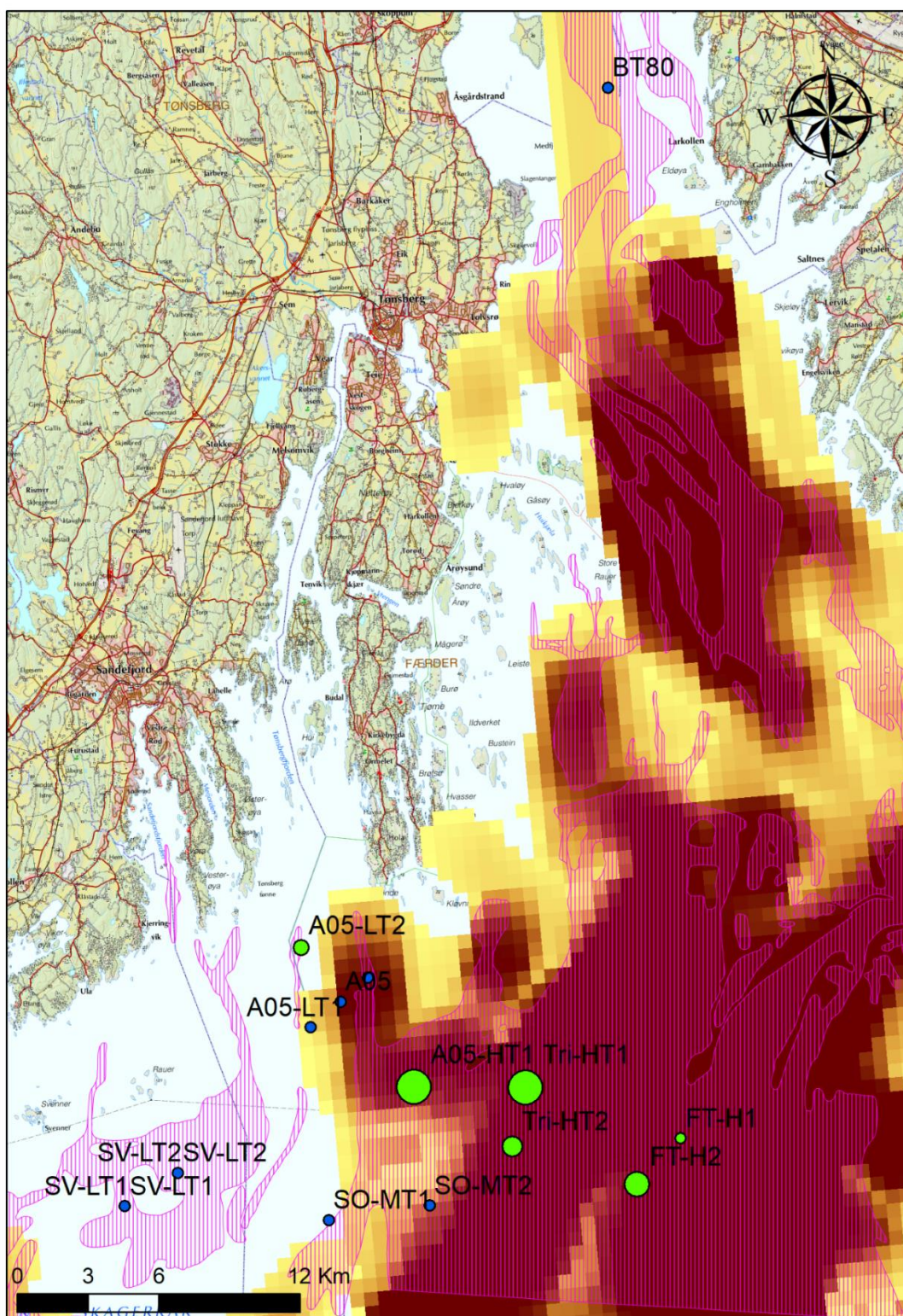
Tabell 11 viser en oversikt over stasjonene og mulige spor fra trållaktivitet i området. I Figur 22 settes dette i sammenheng med kart over trållaktivitet. Det rosa skraverte arealet angir fiskeplasser for aktiv redskap i kartdata for «kystnære fiskeridata» fra Fiskeridirektoratet⁷. I tillegg vises intensitet av fiske i området i henhold til data fra «2017 – Norske fartøy K2» fra Fiskeridirektoratet. Dette er data fra 2. kvartal 2017, der gul farge indikerer litt aktivitet og rød mye aktivitet. I tillegg er tilsvarende kartlag for 3. og 4. kvartal lagt i bakgrunnen slik at områder som er trållt på disse tidspunktene, men ikke i 2. kvartal, også kommer frem i kartet. Det er også viktig å merke seg at fiskefartøy under 15 meters lengde ikke er pliktig til å logge fiske i dette systemet. Det vil si at det kan være mye tråll utført av mindre fartøy i et område uten at det vises i kartet. Figur 22 **Error! Reference source not found.** viser tydelig at stasjonene med mye spor etter trållaktivitet befinner seg i områdene der det trålls mye, men noen av stasjonene uten tegn til trållaktivitet ligger også i områder der det trålls. Moland m.fl. 2021 mener å se en «nær 100 % dekningsgrad av trållspor på bunnen dypere enn 60 meter».

⁷ <https://www.fiskeridir.no/Sjoeareal/Areal/Kystnaere-fiskeridata>

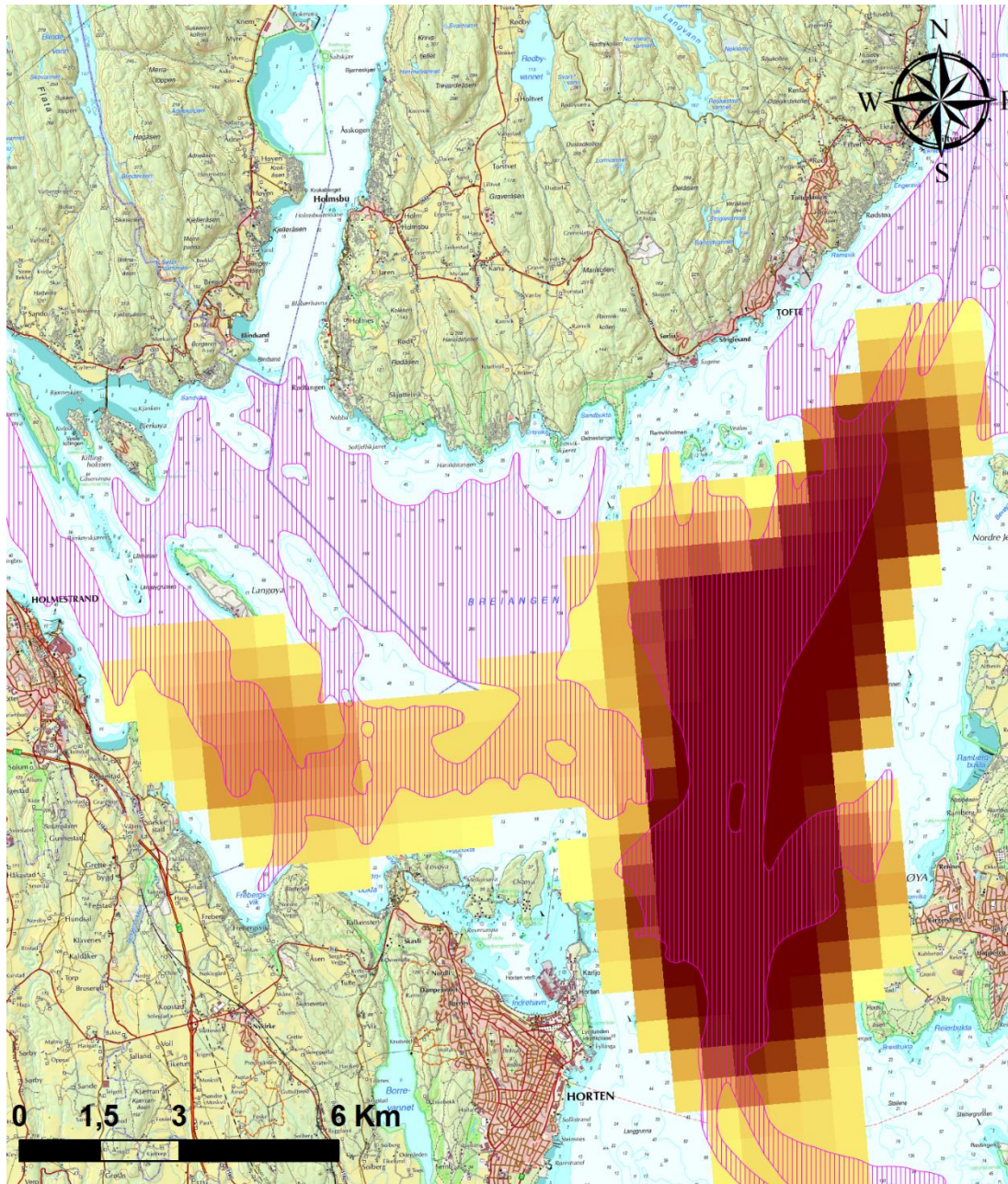
Deres undersøkelse er på en mye grovere skala, og vi oppfatter det ikke som motstridende at vi kan finne punkter uten tegn til synlig påvirkning. Flertallet av våre punkter uten synlige tegn til påvirkning befinner seg også i randsonen av det kartene basert på GPS-logging definerer som trålområder. Det er derfor også tenkelig at stasjonen befinner seg på et punkt der trålende fartøy har befunnet seg, men selve trålen ikke går. Stasjonen A05 og A05_HT2 er de eneste av våre stasjoner som befinner seg midt i et antatt trålspor, der det ikke viste synlige tegn til tråling. Begge stasjonene befinner seg i samme område på henholdsvis 55 og 80 m dyp.

Tabell 11. SPI-stasjoner i Ytre Oslofjord vurdert med tanke på tegn til tråling. Stasjonsnavn, koordinater i WGS84 Desimalgrader, vanddyb, n antall SPI bilder, antall SPI-bilder med tegn til trålspor, n antall overflatebilder, antall overflatebilder med tegn til trålspor, gjennomsnittlig antall tydelige gravhull på overflatebildene, og total andel av både SPI- og overflatebilder med mulige spor etter tråling. Merk at fargekodene i siste kolonne kun er laget som et visuelt virkemiddel, og ikke er en tilstandsklassifisering.

Stasjon	Bredde-grad	Lengde-grad	Dyp (m)	SPI n	Trålspor SPI	Overflate n	Trålspor overflate	Overflate gravehull	Andel bilder med spor etter tråling
FT-H1	10,62068	58,95804	170	5	1	0	na	na	0,20
FT-H2	10,58782	58,94101	187	4	2	0	na	na	0,50
GL-1	9,79830	59,02254	203	4	0	0	na	na	0,00
SV-LT2	10,24944	58,94904	112	4	0	0	na	na	0,00
SV-LT1	10,20965	58,93676	114	4	0	0	na	na	0,00
A05	10,37179	59,01304	55	4	0	3	0	10	0,00
A05-HT1	10,42483	58,98	126	3	1	4	4	0	0,71
Tri-HT1	10,50722	58,97894	166	4	3	3	2	2	0,71
Tri-HT2	10,49649	58,95657	175	4	2	3	1	2	0,43
SO-MT2	10,43440	58,93467	150	4	0	2	0	9	0,00
SO-MT1	10,36006	58,92994	144	4	0	3	0	4	0,00
SV-LT1	10,20965	58,93677	114	4	0	3	0	7	0,00
SV-LT2	10,24944	58,94904	112	4	0	3	0	7	0,00
A05-LT1	10,34949	59,00352	58	4	0	3	0	10	0,00
A05-HT2	10,39262	59,02186	80	3	0	2	0	7	0,00
A05-LT2	10,34352	59,03396	62	4	1	4	1	5	0,25
BT80	10,58533	59,359	306	1	0	0	0	6	0,00



Figur 22. Kart over Ytre Oslofjord med SPI-stasjoner som ble vurdert med tanke på spor etter tråling. Størrelsen på den grønne prikken vokser med andelen av bilder som viser tegn til trålaktivitet, blå prikk indikerer ingen synlige tegn til tråling. Området skravert i rosa er fiskeplasser for aktiv fiske basert på kartlag fra Fiskeridirektoratet («Kystnære fiskeridata – fiskeplasser for aktiv redskap») Gul og rød farge representerer henholdsvis lav og høy trålintensitet basert på GPS-logging av fiskefartøyer og er hentet fra kartlaget «2017 – Norske fartøy K2» fra Fiskeridirektoratet.



Figur 23. Kart over trålkativitet for Horten og Breianger. Området skravert i rosa er fiskeplasser for aktiv fiske basert på kartlag fra Fiskeridirektoratet («Kystnære fiskeridata – fiskeplasser for aktiv redskap») Gul og rød farge representerer henholdsvis lav og høy trålintensitet basert på GPS-logging av fiskefartøyer og er hentet fra kartlaget «2017 – Norske fartøy K2» fra Fiskeridirektoratet. Fartøy under 15 meter er ikke pliktig til å loggføre tråling i henhold til dette systemet.

7 Oppsummering

Miljøovervåking i Ytre Oslofjord har i 2020 inkludert tilførselsberegninger, overvåking av vannmasser og bløtbunnsundersøkelser.

Tall fra meteorologisk institutt viser at det generelt blir varmere og våtere i Norge⁸. 2020 var et svært varmt år. På Færder fyr som ligger i Ytre Oslofjord var gjennomsnittstemperaturen 1,8°C over normalen hele 2020 sett under ett. Det var spesielt vintertemperaturen som var over normalen. I mai og i juli var det kaldere enn normalen. Det var mer nedbør i 2020 enn i 2019, og med omtrent 17 % mer ferskvannsavrenning til fjorden enn året før. Klimatiske endringer er forventet å ha påvirkning på fjordens vannkvalitet og biologi.

Ytre Oslofjord tilføres næringsalter og partikulært materiale fra et nedbørsfelt som dekker nesten hele Østlandet. Det er fire store elver (Glomma, Drammenselva, Numedalslågen og Skienselva) som står for over 90 % av ferskvannstilførselene til Ytre Oslofjord. Tradisjonelt sett er det vanlig å diskutere nitrogen og fosfor som de viktigste tilførte næringssaltene og mengden tilførsler vil være nært knyttet mot vannføring i de store elvene. Det er en langsiktig trend at vannføringen øker og dermed også tilførselene – på tross av implementerte tiltak for å begrense menneskeskapte tilførsler.

Klassifisering av vannmassene for perioden 2018-2020 viser at av de 16 stasjonene som er klassifisert så får ni tilstanden *moderat*. Det er litt varierende hvilke parametere som trekker tilstanden ned. På stasjon SKJ-1 Skjebergkilen og BC-1 Frierfjorden er det klorofyll-a som er utslagsgivende. I Frierfjorden gir støtteparameterne også *moderat* tilstand, og i Skjebergkilen var det også *dårlig* siktdyp og mye nitrat på vinteren.

I Drammensfjorden, Frierfjorden og Iddefjorden trekker parameteren oksygen alene tilstanden ned til *moderat*. I alle disse områdene er det også høye nivåer av næringsalter. I Frierfjorden var det bedre forhold for nitrogen enn det har vært tidligere.

På stasjonene MO-2 Mossesundet, Ø-1 Leira, LA-1 Larviksfjorden, BO-1 Bolærne, TØ-1 Vestfjorden, KF-1 Krokstadfjorden og SF-1 Sandefjordsfjorden var den samlede tilstanden *god*. I Mossesundet og Vestfjorden ved Tønsberg var det *moderat* tilstand for nitrogen på vinteren, men dette er ikke tilstrekkelig for å trekke tilstanden ned til *moderat*. Dette skyldes at tilstanden for alle vinterparameterne skal midles, slik at de andre parameterne trekker tilstanden for støtteparameterne opp. I Krokstadfjorden var siktdypet *dårlig*, men heller ikke dette er nok for å trekke den samlede tilstanden ned til *moderat*.

Generelt så kan en si at nivåene av nitrogen var for høye mange steder, men at det har vært en positiv trend i mange områder. For fosfor har det vært en generell positiv trend, og tilstanden er *god* eller *svært god* mange steder. For klorofyll-a har det vært en positiv trend i Drammensfjorden, Singlefjorden og Mossesundet, men datagrunnlaget her er ikke tilfredsstillende. I Iddefjorden og Ringdalsfjorden har det vært liten endring, og tilstanden ligger nær grensa mellom *god* og *moderat*. I Skjebergkilen er det ikke datagrunnlag for å si noe om endring over tid, men her er tilstanden *moderat*. I Frierfjorden er det en litt spesiell situasjon. Det har vært en positiv trend for både nitrogen og fosfor, men det er fortsatt for mye nitrogen (*moderat* tilstand). Samtidig har en de siste årene sett en forverring når det gjelder

⁸ <https://www.met.no/vaer-og-klima/klima-siste-150-ar>

klorofyll-a og tilstanden er nå *moderat*. Dette skjer samtidig som det har vært en nedgang i tilførslene av nitrat fra Skiensvassdraget (men samtidig en økning i tilførsel av silikat).

Klorofyll-a forklarer mesteparten av variabiliteten til siktdypet i Mossesundet og i Ringdalsfjorden, og resultatet er signifikant. Klorofyll-a forklarer mye av variabiliteten også i Frierfjorden, men her er ikke resultatet signifikant. Basert på det tallgrunnlaget som er tilgjengelig, så forklarer klorofyll-a kun en liten del av variabiliteten i siktdypet på 10 av de 13 stasjonene som er med i analysen.

Løst organisk karbon (DOC) forklarer mer enn en fjerdedel av variabiliteten i siktdypet på syv av de 13 stasjonene. DOC bidrar altså til å forklare betydelig mer av variabiliteten enn det klorofyll-a gjør. På de fleste av stasjonene er det imidlertid en betydelig del av variabiliteten som hverken forklares av DOC eller Klorofyll-a, og det betyr at partikler i vannet også har stor betydning på siktdypet. Stasjonene D-3 innerst i Drammensfjorden og R-5 i Ringdalsfjorden utenfor Halden skiller seg litt ut, ved at partikler i vannet ser ut til å ha liten betydning for siktdypet. På stasjon D-3 forklarer DOC mesteparten av variabiliteten, og en kan si at årsaken til lavt siktdyp er mye løst organisk stoff i vannet. På stasjon R-5 forklarer klorofyll-a mesteparten av variabiliteten, mens DOC forklarer resten. Her kan en si med relativt stor sikkerhet at partikler i vannet har liten betydning for det lave siktdypet i vannet.

Stasjonene i Tønsbergfjorden, Ringdalsfjorden, Breiangen og Haslau hadde alle *god* tilstand for bløtbunnsfauna, mens stasjonen i Drammensfjorden fikk *moderat* tilstand. Det var imidlertid et sprik mellom den økologiske tilstandsklassen og tilstanden for organisk belastning. Forutsatt at oksygenforholdene er gode kan høyt innhold av TOC på bunnen være gunstig for bunnfauna, fordi det gir et høyt næringsgrunnlag for dyrene.

Enkelte av stasjonene i Ytre Oslofjord har en fauna som beskrives som fattig, dvs. at det er få individer og arter til stede. På tross av dette oppnår stasjonene *god* tilstand, og det oppfattes som en svakhet ved klassifiseringssystemet for bløtbunnsfauna at verken diversitetsindeksene eller de andre indeksene som benyttes gir noe utslag på fattig fauna. Et område kan gå fra å ha en arts- og individrik fauna til en arts- og individfattig fauna (eller motsatt) uten at indeksverdiene endres vesentlig og tilstanden forblir den samme. En viktig økologisk funksjon som bunndyr utfører gjennom sine aktiviteter, er bioturbasjon. Bioturbasjon bidrar til å holde sedimentene godt omrørt og er positivt bl.a. for mengden oksygen. Bioturbatorer kan på denne måten forbedre miljøbetingelsene for alle artene på en lokalitet, mens fravær av slike arter kan derimot bidra til å gjøre miljøbetingelsene dårligere.

I Drammensfjorden observerer vi at det har vært en markant endring i tilstand for bløtbunnsfauna, fra en helt livløs sjøbunn i 2018 til en normalt artsrik og individrik fauna i 2020. Dette skyldes trolig en dypvannfornyelse vinteren 2019, som førte til økt oksygeninnhold i bunnvannet over en periode frem mot prøvetakingen av bunnfauna i 2020. Også undersøkelser av bunnforholdene i Drammensfjorden, basert på SPI-bilder, viser at det har vært stor variasjon i oksygenforholdene over en lenger tidsperiode (2007-2018).

Bunntråling etter dyphavsreke (*Pandalus borealis*) har en lang tradisjon og er utbredt i Oslofjorden, og Skagerrak er blant de mest intenst trålte kystområder i verden. I 2020 ble det derfor gjennomført SPI-undersøkelser i antatt trålpåvirkete områder ytterst i Ytre Oslofjord for å vurdere effekt av tråling på havbunnen. Analysen av SPI-bildene og overflatebildene viste i mange tilfeller forstyrrelser i sedimentet som med stor sannsynlighet kommer fra trållaktivitet. Det er sannsynlig at disse forstyrrelsene påvirker faunasammensetningen og de biogeokjemiske bunnforholdene.

8 Referanser

Berge, JA., Borgersen, G. og Norling, K. 2011. Potensielle bioturbatorer i deponiet ved Malmøykalven. Norsk institutt for vannforskning (NIVA-rapport; 6138)

Beylich, B, Borgersen, G, Walday, M. (2021). Overvåking av Ytre Oslofjord 2019-2023. Bunnundersøkelser i 2020. Fagrapport. (NIVA-rapport;7631, Research report, 2021)

Borgersen, G., Trannum, H.C., Gundersen, H., Vedal, J. (2019). Oppdatering av bløtbunnsartenes sensitivetsverdier. (NIVA-rapport; 7366)

Braaten HFV, Gundersen CB, Kaste Ø, Sample JE, Hjermann DØ, Norling MD, Guerrero JL, Allan I, Nizzetto L. 2020. The Norwegian river monitoring programme 2019 – water quality status and trends. NIVA report 7564, 87 pp.

Bray, R., & Curtis, T. 1957. An Ordination of the Upland Forest Communities of Southern Wisconsin. Bray, J. R., & Curtis, J. T. (1957). An Ordination of the Upland Forest Communities of Southern Wisconsin. *Ecological Monographs*, 27(4), 325–349. <https://doi.org/10.1890/1>

de Wit, H.A.; Valinia, O.; Weyhenmeyer, GA.; Futter, M.N.; Kortelainen, P.; Austnes, K.; Hessen, D.O.; Råike, A.; Laudon, H.; Vuorenmaa, J, 2016. Current Browning of Surface Waters Will Be Further Promoted by Wetter Climate. *Environmental Science & Technology Letters*. Doi: 10.1021/acs.estlett.6b00396.

Eggestad, H.O., Vagstad, N., Bechmann, M. 2004. Tap av nitrogen og fosfor fra jordbruksarealer i Norge. Metodikk brukt for rapportering inn i TEOTIL-systemet fom. År 2000. Jordforsk rapport 04/01. Engesmo, A., Staalstrøm, A., Selvik, J.R., Kistenich, S. 2020. Tilførsler og undersøkelser i vannmassene i 2019. Fagrapport. NIVA-rapport 7513-2020. 56 sider.

Engesmo, A., Staalstrøm, A; Selvik, JR; Kistenich, S. 2020. Overvåking av Ytre Oslofjord 2019-2023. Tilførsler og undersøkelser i vannmassene i 2019. Fagrapport. NIVA-rapport;7513-2020. 56s. + vedlegg.

Engesmo, A., Staalstrøm, A., Selvik, J.R., Kistenich, S. 2021. Tilførsler og undersøkelser i vannmassene i 2020. Fagrapport. NIVA-rapport 7626-2021. 57 sider.

Fagerli, CW., HC Trannum, A Staalstrøm, W Eikrem, A Deininger, K Sørensen, S Marty. 2021. Økokyst – DP Skagerrak. Årsrapport 2020. NIVA-rapport 7627-2021. 129s.

Garmo, Ø. og Skancke, LB. 2020. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport – Vannkjemiske effekter 2019. NIVA-rapport 7550, Miljødirektoratet rapport M-1770/2020, 93 S.

Guerrero JL, Sample JE. 2020. Kildefordelte tilførsler av nitrogen og fosfor til norske kystområder i 2019 –tabeller, figurer og kart. NIVA-rapport 7599, 99 s.

Hindar, A.; Garmo, Ø.; Austnes, K. and J.E. Sample, 2020. Nasjonal innsjøundersøkelse 2019. NIVA-rapport 7530-2020. Miljødirektoratet rapport M-1876|2020

Menden-Deuer, S. & Lessard, E.J. 2000. Carbon to volume relationships for dinoflagellates, diatoms, and other protist plankton. *Limnology and Oceanography*, 45, 569-579.

Moland, E. Synnes, AE, Naustvoll, LJ, Brandt, CF, Norderhaug, KM, Thormar, J, Biuw, M, Jorde, PE, Knutsen, H, Dahle, G, Jelmert, A, Bosgraaf, S, Olsen EM, Deininger, A, Haga, A. (2021). Krafttak for kysttorsken. Kunnskap for stedstilpasset gjenoppbygging av bestander, naturtyper og økosystem i Færder- og Ytre Hvaler nasjonalparker. Rapport fra havforskningen ISSN:1893-4536

Monteith, D.T., J.L. Stoddard, C.D. Evans, H.A. de Wit, M. Forsius, T. Høgåsen, A. Wilander, m.fl. 2007. Dissolved organic carbon trends resulting from changes in atmospheric deposition chemistry. *Nature* 450: 537–540.

Oksanen J, Guillaume F.B, Friendly M, Kindt R, Legendre P, McGlinn D, Minchin P.R, O'Hara R.B, Simpson G.L, Solymos P, Stevens H.H.H, Szoecs E, Wagner H. (2020). *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.5-7. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>

Oksanen, J. (2015) "Multivariate Analysis of Ecological Communities in R: vegan tutorial"

Olenina, I., Hajdu, S., Andersson, A., Edler, L., Wasmund, N., Busch, S., Göbel, J., Gromisz, S., Huseby, S., Huttunen, M., Jaanus, A., Kokkonen, P., Ledaine, I., Niemkiewicz, E., 2006: Biovolumes and size-classes of phytoplankton in the Baltic Sea. *Baltic Sea Environment Proceedings* 106, 144pp.

Olgard, F., Schaanning, M. T., Widdicombe, S., Kendall, M. A., & Austen, M. C. (2008). Effects of bottom trawling on ecosystem functioning. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 366(1-2), 123–133. <https://doi.org/10.1016/J.JEMBE.2008.07.036>

Pedersen, A., Alve, E., Alvestad, T., Borgersen, G., Dolven, J.K., Gundersen, H., Hess, S., Kutti, T., Rygg, B., Velvin, R., Vedal, J. (2016). Bløtbunnsfauna som indikator for miljøtilstand i kystvann. Miljødirektoratets rapportserie M-633.

Selvik, J.R; Tjomsland, T.; Eggestad, H.O., 2007. Teoretiske tilførselsberegninger av nitrat+nitritt og fosfor til norske kystområder i 2006. NIVA-rapport 5512, TA-2347/2007.

Skarbøvik, E., Stålnacke, P., Bogen, J., & Bønsnes, T. E. (2012). Impact of sampling frequency on mean concentrations and estimated loads of suspended sediment in a Norwegian river: implications for water management. *Science of the Total Environment*, 433, 462-471.

Staalstrøm, A. & Yakushev, E. 2020. Vurdering av mulige tiltak for å bedre vannkvaliteten i Hunnebunn. NIVA-rapport 7451-2020, 30 sider.

Staalstrøm, A., Engesmo, A., Andersen, G.S., Hjermann, D.Ø. 2020. Undersøkelse av hydrografiske og biologiske forhold i Indre Oslofjord, Årsrapport 2019. NIVA-rapport 7515-2020. 91 sider.

Thronsen C J, Hasle GR, Tangen K. 2003. Norsk kystplanktonflora. Almater Forlag, Oslo. 341 pp.

Tjomsland, T.; Selvik, J.; Brænden, R., 2010. Teotil - Model for calculation of source dependent loads in river basins. NIVA-rapport 5914-2010.

Utermöhl H. 1958. Zur Vervollkommung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. Mitt. int. Verein. theor. angew. Limnol. 9, 1-38

Vannforskriften (2006). Forskrift om rammer for vannforvaltning (FOR-2019-12-12-1760). Hentet fra <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2006-12-15-1446>

Veileder 02:2018. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver.

Walday, M., Borgersen, G., Beylich, B., Eikrem, W., Gitmark, J., Naustvoll, L. J., Selvik, J. R., Staalstrøm, A., 2019. Overvåking av Ytre Oslofjord i 2014-2018. 5-årsrapport. NIVA-rapport 7423-2019. 99 s + vedlegg.

Vedlegg A. Klassifisering av hver stasjon

I dette vedlegget er klassifiseringene basert på klorofyll-*a*, næringsalter i sommersesongen (juni-august) og næringsalter i vintersesongen (desember-februar). Siktdyp og oksygen i dypvannet er ikke tatt med her. Fargen angir tilstandsklassen. Rødt = *svært dårlig*. Oransj = *dårlig*. Gult = *moderat*. Grønt = *god*. Blått = *svært god*. Grenseverdiene for å beregne nEQR-verdi har blitt justert etter saltholdigheten i 0-5 m basert på CTD data fra 2019, og disse er vist nederst i tabellene for hver stasjon. Klorofyll-*a* er klassifisert basert på grenseverdier som gjelder for vanntype S3, beskyttet kyst i Skagerrak.

Frierfjorden (BC-1)

Tabell 1. Klassifisering av stasjon BC-1. I 2016-2012 var det mer planteplankton enn i perioden før.

Det har vært en økning i mengde nitrat på sommeren de siste fire årene, men noe mindre fosfat.

Årstall		P90 KlfA		Sommer				Vinter			
		Klorofyll a	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4	
2001 - 2003											
2002 - 2004		6.00	395.38	185.79	18.88						
2003 - 2005		4.23	375.27	209.09	21.27						
2004 - 2006		4.03	359.50	206.54	22.21	13.00					
2005 - 2007		3.07	365.66		27.30						
2006 - 2008							342.55		30.55		
2007 - 2009											
2008 - 2010											
2009 - 2011											
2010 - 2012											
2011 - 2013			301.77		21.01		355.89		29.18		
2012 - 2014			324.02		13.54		430.71		16.98		
2013 - 2015		4.50	349.69	134.18	13.81	5.29	466.54	212.46	17.98	13.27	
2014 - 2016		5.52	348.87	132.45	14.07	5.36	464.38	210.75	16.64	13.16	
2015 - 2017		5.61	345.70	127.44	13.73	5.39	425.40	201.91	18.33	14.64	
2016 - 2018		7.26	370.96	131.26	12.49	3.84	386.89	196.53	16.33	9.48	
2017 - 2019		7.56	381.68	144.32	11.73	3.70	375.64	197.02	16.47	10.52	
2018 - 2020		7.09	351.67	136.04	8.68	3.19	384.67	200.92	13.04	11.46	

	P90 KlfA	Sommer				Vinter			
nEQR	Klorofyll a	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4
1.00	2.98	0	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0
0.80	3.92	250	83	8.7	2.3	267	134	12.3	8.4
0.60	6.90	374	134	12.7	4.1	388	209	16.3	10.9
0.40	9.00	532	197	23.2	8.9	554	309	28.7	19.1
0.20	18.00	800	344	54.2	25.8	800	457	54.2	34.3
0.00	27.0	1068	492	85.2	42.7	1046	604	79.6	49.5

Larviksfjorden (LA-1)

Tabell 2. Klassifisering av stasjon LA-1. Ingen betydelig endring i de siste årene.

Årstall		P90 Klfa		Sommer				Vinter		
		Klorofyll a	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4
2001 - 2003		4.40	264.58	16.20	25.08	7.00				
2002 - 2004		3.64	248.31	31.25	19.46					
2003 - 2005										
2004 - 2006										
2005 - 2007										
2006 - 2008										
2007 - 2009										
2008 - 2010			242.35		14.65					
2009 - 2011		4.87	230.71	4.14	13.40	2.52				
2010 - 2012		4.23	209.68	4.15	11.99	2.56				
2011 - 2013		4.23	211.74	5.93	11.13	3.42	248.88	85.36	21.96	14.88
2012 - 2014		2.99	227.10	7.01	11.94	3.23	291.77	111.48	22.46	16.16
2013 - 2015		2.38	227.15	8.37	12.74	3.27	294.48	114.01	23.93	16.50
2014 - 2016		2.79	224.65	6.16	12.04	2.47	310.41	120.65	23.36	15.67
2015 - 2017		2.95	199.55	7.12	11.81	2.72	262.27	102.68	23.34	15.74
2016 - 2018		3.04	210.17	11.56	11.90	3.28	263.71	106.66	22.95	15.78
2017 - 2019		3.27	220.07	13.54	11.70	3.11	240.35	87.05	20.98	13.88
2018 - 2020		2.70	209.55	10.10	10.63	2.50	239.73	89.65	20.28	14.51

	P90 Klfa	Sommer				Vinter			
nEQR	Klorofyll a	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4
1.00	2.98	0	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0
0.80	3.92	250	12	11.5	3.5	291	97	20.0	14.5
0.60	6.90	330	23	16.0	7.0	380	125	25.0	21.0
0.40	9.00	500	65	29.0	16.0	560	225	42.0	34.0
0.20	18.00	800	250	60.0	50.0	800	350	60.0	50.0
0.00	27.0	1100	435	91.0	84.0	1040	475	78.0	66.0

Sandefjordsfjorden (SF-1)

Tabell 3. Klassifisering av stasjon SF-1. Ingen betydelig endring i de siste årene.

Årstall		P90 Klfa		Sommer				Vinter		
		Klorofyll a	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4
2001	-	2003	4.10	283.23		24.42				
2002	-	2004	3.90	253.04		14.75	8.75			
2003	-	2005	1.67	223.62		20.42				
2004	-	2006								
2005	-	2007	1.64							
2006	-	2008								
2007	-	2009	4.40							
2008	-	2010		238.30		14.16				
2009	-	2011	6.94	239.01	9.15	13.60	2.47			
2010	-	2012	5.02	230.86	9.69	12.61	2.69			
2011	-	2013	5.02	248.64	7.85	12.61	3.27	265.75	93.14	22.68
2012	-	2014	3.38	266.70	2.48	13.10	3.25	291.77	109.90	22.47
2013	-	2015	3.38	268.74	2.85	13.58	3.08	296.71	119.74	24.91
2014	-	2016	3.52	253.55	2.64	12.95	2.33	320.94	127.62	24.42
2015	-	2017	4.31	228.94	7.66	14.45	2.43	280.05	112.45	24.40
2016	-	2018	3.98	222.58	10.79	14.05	2.64	275.64	107.20	23.61
2017	-	2019	3.94	227.17	12.21	14.15	2.57	251.42	91.97	21.31
2018	-	2020	2.87	199.60	6.88	11.36	1.87	273.31	103.73	21.48

	P90 Klfa	Sommer				Vinter			
nEQR	Klorofyll a	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4
1.00	2.98	0	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0
0.80	3.92	250	12	11.5	3.5	291	97	20.0	14.5
0.60	6.90	330	23	16.0	7.0	380	125	25.0	21.0
0.40	9.00	500	65	29.0	16.0	560	225	42.0	34.0
0.20	18.00	800	250	60.0	50.0	800	350	60.0	50.0
0.00	27.0	1100	435	91.0	84.0	1040	475	78.0	66.0

Vestfjorden (TØ-1)

Tabell 4. Klassifisering av stasjon TØ-1. Det var en økning i mengde nitrat på sommeren i perioden 2015-2019, sammenlignet med perioden før. I den siste perioden var tilstanden *svært god* for nitrat på sommeren, men *moderat* på vinteren.

Tabell 5.

Årstall		P90 KlFA		Sommer				Vinter			
		Klorofyll a	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4	
2001 -	2003	6.00	318.35	95.50	30.54	7.60					
2002 -	2004	4.97	292.12	80.71	17.96	8.43					
2003 -	2005	3.28	279.81	68.78	21.62	8.60					
2004 -	2006	3.27	261.36	72.18	21.93	8.67					
2005 -	2007	4.04									
2006 -	2008		285.30		19.42		351.26		28.34		
2007 -	2009	6.06									
2008 -	2010		248.86		16.88						
2009 -	2011	6.83	255.44	10.69	16.80	3.42					
2010 -	2012	6.16	258.58	14.32	15.59	3.93					
2011 -	2013	6.46	304.20	39.69	15.62	4.12					
2012 -	2014	6.46	320.31	33.84	14.93	3.99	330.74	167.97	23.75	17.03	
2013 -	2015		305.73		14.20	3.77					
2014 -	2016		270.44		13.36	3.36	341.52	181.86	23.72	17.59	
2015 -	2017		320.22		17.62	4.38	313.11		23.39	17.65	
2016 -	2018		309.80		17.97	4.64	329.06		24.28	17.28	
2017 -	2019	5.50	313.00	69.07	17.45	4.32	305.69	110.21	22.38	15.96	
2018 -	2020	4.59	201.32	9.99	12.20	2.66	319.62	125.00	23.79	16.66	

	P90 KlFA	Sommer				Vinter			
nEQR	Klorofyll a	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4
1.00	2.98	0	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0
0.80	3.92	250	12	11.5	3.5	291	97	20.0	14.5
0.60	6.90	330	23	16.0	7.0	380	125	25.0	21.0
0.40	9.00	500	65	29.0	16.0	560	225	42.0	34.0
0.20	18.00	800	250	60.0	50.0	800	350	60.0	50.0
0.00	27.0	1100	435	91.0	84.0	1040	475	78.0	66.0

Bolærne (BO-1)**Tabell 6.** Klassifisering av stasjon BO-1. Ingen betydelig endring i de siste årene, men kun data tilbake til 2017.

Årstall		P90 Klfa	Sommer				Vinter			
		Klorofyll a	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4
2001 - 2003										
2002 - 2004										
2003 - 2005										
2004 - 2006										
2005 - 2007										
2006 - 2008										
2007 - 2009										
2008 - 2010										
2009 - 2011										
2010 - 2012										
2011 - 2013										
2012 - 2014										
2013 - 2015										
2014 - 2016										
2015 - 2017										
2016 - 2018										
2017 - 2019		2.98	211.88	9.18	10.45	1.98	261.36	102.51	19.19	14.66
2018 - 2020		2.64	186.94	7.73	9.41	1.60	247.76	102.82	18.46	14.90

nEQR	P90 Klfa	Sommer				Vinter			
	Klorofyll a	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4
1.00	2.98	0	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0
0.80	3.92	250	12	11.5	3.5	291	97	20.0	14.5
0.60	6.90	330	23	16.0	7.0	380	125	25.0	21.0
0.40	9.00	500	65	29.0	16.0	560	225	42.0	34.0
0.20	18.00	800	250	60.0	50.0	800	350	60.0	50.0
0.00	27.0	1100	435	91.0	84.0	1040	475	78.0	66.0

Drammensfjorden (D-3)

Tabell 7. Klassifisering av stasjon D-3. Ingen betydelig endring i mengden nitrat, men en nedgang i fosfor.

Årstall		P90 Klfa Klorofyll a	Sommer				Vinter			
			Tot-N	NO3	Tot-P	PO4	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4
2001 - 2003		6.20	393.46	162.42	27.07					
2002 - 2004		12.60	391.38	184.50	24.62					
2003 - 2005										
2004 - 2006										
2005 - 2007										
2006 - 2008										
2007 - 2009										
2008 - 2010			379.07		27.54					
2009 - 2011		7.90	392.30	192.94	27.09	3.11				
2010 - 2012		2.12	396.88	211.02	24.19	3.23				
2011 - 2013		2.02	402.72	204.04	15.86	2.96				
2012 - 2014		5.40	386.65	179.71	14.29	3.55				
2013 - 2015		5.40	391.85	176.16	12.42	3.76				
2014 - 2016		5.40	373.75	166.73	13.17	3.93	627.78	252.97	5.27	
2015 - 2017		2.38	398.16	195.14	12.33	4.00	448.35	245.70	18.19	10.20
2016 - 2018		4.15	381.22	184.36	11.92	3.94				
2017 - 2019		4.15	404.23	202.72	9.88	3.52	475.10	282.01	16.26	11.65
2018 - 2020		3.49	373.86	194.40	7.85	2.45				

nEQR	P90 Klfa Klorofyll a	Sommer				Vinter			
		Tot-N	NO3	Tot-P	PO4	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4
1.00	2.98	0	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0
0.80	3.92	250	97	8.0	2.0	261	143	10.5	7.0
0.60	6.90	383	156	12.0	3.5	385	226	14.5	9.0
0.40	9.00	538	223	22.0	7.5	553	326	26.0	16.0
0.20	18.00	800	363	53.0	21.0	800	478	53.0	31.0
0.00	27.0	1062	503	84.0	34.5	1047	630	80.0	46.0

Drammensfjorden (D-2)

Tabell 8. Klassifisering av stasjon D-2. Det er ikke klassifisert for klorofyll-a for perioden 2013-20 siden det var svært lite data. Ingen betydelig endring i mengden nitrat, men en nedgang i fosfor.

Årstall		P90 Klfa		Sommer				Vinter			
		Klorofyll a	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4	
2001 -	2003	5.40	373.04	175.85	27.53						
2002 -	2004	10.22	336.29	167.43	23.29	19.75					
2003 -	2005	7.29	322.11	166.04	21.79						
2004 -	2006	7.50	334.17	166.43	27.10	25.45					
2005 -	2007	5.08									
2006 -	2008		376.06		32.39		327.71		32.54		
2007 -	2009	24.07					353.17	262.14	28.44	22.13	
2008 -	2010		343.39		23.39						
2009 -	2011	12.85	342.53	171.94	24.14	2.75	463.73	267.89	31.36	6.92	
2010 -	2012	5.19	346.66	193.21	23.06	3.62					
2011 -	2013	2.86	376.53	196.38	16.88	3.39					
2012 -	2014	6.70	377.21	164.60	15.53	3.89	546.69		16.79	4.89	
2013 -	2015		398.40		13.92	3.80					
2014 -	2016		376.69		14.80	4.31	481.35		15.71	6.82	
2015 -	2017		405.44		14.24	3.96	378.69		14.60	9.10	
2016 -	2018		366.09		13.14	4.31					
2017 -	2019		384.15		10.81	3.63	393.00	232.77	12.18	9.00	
2018 -	2020		329.96	180.56	8.85	3.30					

	P90 Klfa	Sommer				Vinter			
nEQR	Klorofyll a	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4
1.00	2.98	0	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0
0.80	3.92	250	97	8.0	2.0	261	143	10.5	7.0
0.60	6.90	383	156	12.0	3.5	385	226	14.5	9.0
0.40	9.00	538	223	22.0	7.5	553	326	26.0	16.0
0.20	18.00	800	363	53.0	21.0	800	478	53.0	31.0
0.00	27.0	1062	503	84.0	34.5	1047	630	80.0	46.0

Mossesundet (MO-2)

Tabell 9. Klassifisering av stasjon MO-2. Det var mer nitrat på sommeren i 2017-2020, enn i perioden rett før. Samtidig var det en nedgang i fosfor.

Årstall		P90 Klfa		Sommer				Vinter			
		Klorofyll a	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4	
2001 - 2003		9.88	288.46	40.75	28.08						
2002 - 2004		6.95	269.62	70.93	15.31	8.92					
2003 - 2005		2.93	213.15	66.95	19.17						
2004 - 2006		2.13	208.61	66.63	19.35	9.79					
2005 - 2007		2.25									
2006 - 2008			241.64		14.44		251.45		25.83		
2007 - 2009		5.89									
2008 - 2010			257.87		13.72						
2009 - 2011		7.18	262.49	38.60	14.85	2.41					
2010 - 2012		7.39	249.12	28.98	13.40	2.82					
2011 - 2013		5.81	275.53	44.54	13.10	3.45	279.51	131.86	24.46	18.04	
2012 - 2014		5.81	266.59	38.59	13.34	3.75	298.44	142.00	22.51	17.14	
2013 - 2015		5.81	268.30	39.92	13.24	3.61	303.57	135.12	23.93	18.61	
2014 - 2016		5.59	260.20	25.51	13.78	3.26	325.89	139.87	22.68	16.95	
2015 - 2017		7.14	263.67	22.19	12.16	2.96	319.17	153.66	23.50	17.50	
2016 - 2018		6.31	256.15	20.60	12.19	3.19	313.20	146.61	23.70	16.98	
2017 - 2019		6.31	246.24	26.58	10.28	2.73	298.28	146.99	21.96	16.42	
2018 - 2020		5.37	205.18	22.77	8.60	2.13	314.62	143.32	20.65	15.59	

	P90 Klfa	Sommer				Vinter			
nEQR	Klorofyll a	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4
1.00	2.98	0	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0
0.80	3.92	250	12	11.5	3.5	291	97	20.0	14.5
0.60	6.90	330	23	16.0	7.0	380	125	25.0	21.0
0.40	9.00	500	65	29.0	16.0	560	225	42.0	34.0
0.20	18.00	800	250	60.0	50.0	800	350	60.0	50.0
0.00	27.0	1100	435	91.0	84.0	1040	475	78.0	66.0

Krokstadjorden (KF-1)

Tabell 10. Klassifisering av stasjon KF-1. Det var *moderat* tilstand for planteplankton i perioden 2016-2019, men i de tre siste årene har det ikke vært målt høye verdier av klorofyll a. Det har vært en markant nedgang av næringssalter på sommeren, når perioden 2016-2020 blir sammenlignet med perioden 2001-2004.

Årstall		P90 KlFA	Sommer				Vinter			
		Klorofyll a	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4
2001 -	2003	8.65	288.50	43.59	30.65	8.75				
2002 -	2004	8.65	263.88	48.96	19.65	9.69				
2003 -	2005									
2004 -	2006									
2005 -	2007									
2006 -	2008									
2007 -	2009									
2008 -	2010									
2009 -	2011									
2010 -	2012									
2011 -	2013									
2012 -	2014									
2013 -	2015									
2014 -	2016									
2015 -	2017									
2016 -	2018	8.47	232.92	13.67	12.22	3.07				
2017 -	2019	7.97	232.12	16.19	11.07	2.91	275.96	91.59	21.27	15.28
2018 -	2020	3.77	200.84	7.20	11.24	2.59	287.27	105.27	21.77	16.55

nEQR	P90 KlFA	Sommer				Vinter			
	Klorofyll a	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4
1.00	2.98	0	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0
0.80	3.92	250	12	11.5	3.5	291	97	20.0	14.5
0.60	6.90	330	23	16.0	7.0	380	125	25.0	21.0
0.40	9.00	500	65	29.0	16.0	560	225	42.0	34.0
0.20	18.00	800	250	60.0	50.0	800	350	60.0	50.0
0.00	27.0	1100	435	91.0	84.0	1040	475	78.0	66.0

Leira (Ø-1)

Tabell 11. Klassifisering av stasjon Ø-1. Det har vært en nedgang i næringsalter i perioden 2001-2020.

Årstall		P90 Klfa		Sommer				Vinter			
		Klorofyll a	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4	
2001 -	2003	5.20	260.73	56.85	27.03						
2002 -	2004	4.58	242.12	50.00	19.88	31.50					
2003 -	2005										
2004 -	2006										
2005 -	2007										
2006 -	2008										
2007 -	2009		239.28		13.54						
2008 -	2010	4.61	234.31	32.44	13.70	2.36					
2009 -	2011	5.06	226.77	43.93	13.77	3.00					
2010 -	2012	4.69	207.62	33.79	11.76	3.17					
2011 -	2013	4.42	242.33	35.91	11.50	3.66	252.51	101.75	22.66	15.16	
2012 -	2014	4.00	244.73	30.49	11.54	3.65	287.64	112.31	22.73	16.81	
2013 -	2015	4.23	254.40	27.21	12.51	3.64	268.74	104.65	22.95	17.19	
2014 -	2016	5.50	233.68	20.52	12.35	3.09	286.40	116.76	22.03	16.00	
2015 -	2017	6.05	220.07	11.40	12.75	3.04	281.78	110.02	23.02	16.20	
2016 -	2018	5.22	215.00	12.49	11.93	3.18	295.51	112.99	23.54	16.42	
2017 -	2019	4.54	227.32	21.77	11.12	2.85	285.13	98.75	20.80	14.53	
2018 -	2020	4.46	243.75	21.85	13.52	2.12	315.79	118.16	20.03	14.45	

	P90 Klfa	Sommer				Vinter			
nEQR	Klorofyll a	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4
1.00	2.98	0	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0
0.80	3.92	250	12	11.5	3.5	291	97	20.0	14.5
0.60	6.90	330	23	16.0	7.0	380	125	25.0	21.0
0.40	9.00	500	65	29.0	16.0	560	225	42.0	34.0
0.20	18.00	800	250	60.0	50.0	800	350	60.0	50.0
0.00	27.0	1100	435	91.0	84.0	1040	475	78.0	66.0

Ramsø (I-1)

Tabell 12. Klassifisering av stasjon I-1. Det har vært svært høye konsentrasjoner av nitrat på sommeren helt siden 2001, mens det har blitt mindre fosfat. Det var noe mer plankton i 2016-2019 sammenlignet med perioden før, men i siste periode var tilstanden *svært god*.

Årstall		P90 Klfa	Sommer				Vinter			
		Klorofyll a	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4
2001	- 2003	5.10	289.26	145.81	18.44	14.33				
2002	- 2004	3.58	281.42	126.85	15.05	8.42	288.93	154.67	21.86	10.75
2003	- 2005	2.65	265.58	111.15	17.63	8.42	298.13	180.64	24.06	11.36
2004	- 2006	2.70	256.50	100.84	18.71	9.21	276.07	163.29	24.07	11.36
2005	- 2007	2.64	278.00		20.04		266.17	147.50	26.50	14.75
2006	- 2008	2.75	290.08	106.90	16.06	8.17	276.90		26.56	
2007	- 2009	2.57	283.62		15.49					
2008	- 2010	3.50	276.31	84.48	15.98	3.50				
2009	- 2011	2.98	275.35	107.61	15.88	3.53				
2010	- 2012	4.25	260.84	88.72	14.12	3.73				
2011	- 2013	3.25	355.60	141.17	14.61	5.05				
2012	- 2014	3.47	372.67	115.64	15.47	5.27	330.34	124.60	22.83	14.99
2013	- 2015	2.96	383.58	160.04	15.16	5.18				
2014	- 2016	3.00	341.92	117.85	14.81	4.66	310.93	121.67	22.48	15.81
2015	- 2017	2.98	318.52	127.00	13.51	4.64	323.91		23.09	17.44
2016	- 2018	6.66	294.93	87.33	12.82	4.57	334.33		23.05	17.14
2017	- 2019	4.74	298.42	106.67	11.63	4.06	323.74		21.43	15.97
2018	- 2020	2.28	286.22	88.05	10.94	3.11	364.08	147.42	20.25	14.71

nEQR	P90 Klfa	Sommer				Vinter			
	Klorofyll a	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4
1.00	2.98	0	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0
0.80	3.92	250	12	11.5	3.5	291	97	20.0	14.5
0.60	6.90	330	23	16.0	7.0	380	125	25.0	21.0
0.40	9.00	500	65	29.0	16.0	560	225	42.0	34.0
0.20	18.00	800	250	60.0	50.0	800	350	60.0	50.0
0.00	27.0	1100	435	91.0	84.0	1040	475	78.0	66.0

Haslau (S-9)

Tabell 13. Klassifisering av stasjon S-9. Det var noe mer plankton i 2014-2019 sammenlignet med perioden før, men i siste periode var tilstanden *god*. Det har vært en nedgang i mengden nitrat, men tilstanden er fortsatt *moderat* både sommer og vinter.

Årstall		P90 KlfA	Sommer				Vinter			
		Klorofyll a	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4
2001 - 2003		9.63	283.08	88.81	15.37		345.00	180.25	25.88	13.57
2002 - 2004		5.84	274.03	89.44	14.03	7.90	322.11	171.56	24.39	11.50
2003 - 2005		5.15	258.74	82.94	18.26		291.94	139.56	24.94	11.69
2004 - 2006										
2005 - 2007			252.13		23.56					
2006 - 2008										
2007 - 2009			277.06		14.44					
2008 - 2010		6.97	256.62	50.30	14.91	2.13				
2009 - 2011		6.60	253.93	72.09	14.89	2.95				
2010 - 2012		5.12	247.13	55.03	13.29	3.76				
2011 - 2013		5.17	312.26	77.73	12.59	4.69				
2012 - 2014		5.56	314.23	65.88	12.86	4.36	326.82	145.58	22.31	16.58
2013 - 2015		6.67	332.15	66.38	13.15	4.54				
2014 - 2016		6.90	295.99	41.32	13.42	3.77	307.90	126.17	22.89	16.81
2015 - 2017		8.18	283.75	37.75	13.37	4.05	319.02	127.38	23.72	16.87
2016 - 2018		8.18	257.65	36.18	12.81	3.60	323.90	124.49	24.29	16.52
2017 - 2019		6.99	271.14	44.70	11.87	3.23	333.50	133.38	22.31	15.46
2018 - 2020		5.28	253.52	32.70	10.59	2.16	383.96	155.66	20.19	14.69

nEQR	P90 KlfA	Sommer				Vinter			
	Klorofyll a	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4
1.00	2.98	0	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0
0.80	3.92	250	12	11.5	3.5	291	97	20.0	14.5
0.60	6.90	330	23	16.0	7.0	380	125	25.0	21.0
0.40	9.00	500	65	29.0	16.0	560	225	42.0	34.0
0.20	18.00	800	250	60.0	50.0	800	350	60.0	50.0
0.00	27.0	1100	435	91.0	84.0	1040	475	78.0	66.0

Skjebergkilen (SKJ-1)

Tabell 14. Klassifisering av stasjon SKJ-1. Kun tilstrekkelig datagrunnlag for perioden 2018-2020. Klorofyll a gir tilstand *moderat*, og det er mye nitrat på vinteren.

Årstall		P90 KlfA		Sommer				Vinter			
		Klorofyll a	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4	
2001	-	2003									
2002	-	2004									
2003	-	2005									
2004	-	2006									
2005	-	2007									
2006	-	2008									
2007	-	2009									
2008	-	2010									
2009	-	2011									
2010	-	2012									
2011	-	2013									
2012	-	2014									
2013	-	2015									
2014	-	2016									
2015	-	2017									
2016	-	2018									
2017	-	2019									
2018	-	2020	7.01	226.02	18.38	12.08	1.64	271.38	126.74	21.12	15.29

	P90 KlfA	Sommer				Vinter			
nEQR	Klorofyll a	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4
1.00	2.98	0	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0
0.80	3.92	250	12	11.5	3.5	291	97	20.0	14.5
0.60	6.90	330	23	16.0	7.0	380	125	25.0	21.0
0.40	9.00	500	65	29.0	16.0	560	225	42.0	34.0
0.20	18.00	800	250	60.0	50.0	800	350	60.0	50.0
0.00	27.0	1100	435	91.0	84.0	1040	475	78.0	66.0

Sponvika (SP-1)

Tabell 15. Klassifisering av stasjon SP-1. Kun tilstrekkelig datagrunnlag for perioden 2017-2020. Mye nitrat på sommeren i hele perioden. Også mye fosfor på vinteren.

Årstall		P90 Klfa	Sommer				Vinter			
		Klorofyll a	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4
2001 - 2003										
2002 - 2004										
2003 - 2005										
2004 - 2006										
2005 - 2007										
2006 - 2008										
2007 - 2009										
2008 - 2010										
2009 - 2011										
2010 - 2012										
2011 - 2013										
2012 - 2014										
2013 - 2015										
2014 - 2016										
2015 - 2017										
2016 - 2018										
2017 - 2019		6.31	278.44	49.39	13.46	4.04				
2018 - 2020		5.64	261.53	37.36	12.56	2.81	307.91	137.26	29.19	22.25

nEQR	P90 Klfa	Sommer				Vinter			
	Klorofyll a	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4
1.00	2.98	0	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0
0.80	3.92	250	12	11.5	3.5	291	97	20.0	14.5
0.60	6.90	330	23	16.0	7.0	380	125	25.0	21.0
0.40	9.00	500	65	29.0	16.0	560	225	42.0	34.0
0.20	18.00	800	250	60.0	50.0	800	350	60.0	50.0
0.00	27.0	1100	435	91.0	84.0	1040	475	78.0	66.0

Ringdalsfjorden (R-5)

Tabell 16. Klassifisering av stasjon R-5. Svært mye næringsalter på denne stasjonen, både nitrogen og fosfor, helt tilbake til 2001. I den siste perioden (2018-2020) har det på sommeren vært en liten nedgang av både nitrogen og fosfor, men tilstanden for nitrogen på vinteren er *dårlig*.

Årstall		P90 KlfA		Sommer				Vinter			
		Klorofyll a	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4	
2001	- 2003	18.70	429.13	194.82	35.39		543.25	352.93	30.38		
2002	- 2004	17.38	408.16	173.28	27.11	16.86	537.94	374.67	27.78	11.06	
2003	- 2005	7.15	393.45	170.44	27.79		478.69	335.88	27.69	15.43	
2004	- 2006	6.99	386.41	143.65	30.18	20.79	480.86	315.43	27.64	19.42	
2005	- 2007	7.23	419.54		32.83		458.58	267.92	29.75	21.92	
2006	- 2008	6.31	436.98	160.90	31.65	18.45	504.80		29.55		
2007	- 2009	7.09	414.94		31.14						
2008	- 2010	6.78	398.26	148.48	35.13	7.91					
2009	- 2011	6.54	422.38	195.91	33.44	6.19					
2010	- 2012	5.96	405.81	178.31	27.31	5.88					
2011	- 2013	7.59	452.21	184.81	21.37	5.60					
2012	- 2014	7.96	422.07	136.06	19.07	5.03	491.20	307.00	21.90	10.14	
2013	- 2015		451.04		17.99	5.90					
2014	- 2016		408.61		19.67	6.50	555.58		22.18	12.33	
2015	- 2017		397.19		19.89	6.68	590.19		27.63	18.57	
2016	- 2018		371.70		19.09	6.47	578.97		28.39	17.70	
2017	- 2019		378.73		16.39	4.92	548.43		28.62	20.99	
2018	- 2020	6.15	358.56	82.56	14.18	3.70	648.85	310.00	23.64	16.89	

	P90 KlfA	Sommer				Vinter			
nEQR	Klorofyll a	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4
1.00	2.98	0	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0
0.80	3.92	250	64	9.6	2.7	274	122	14.7	10.3
0.60	6.90	362	105	13.6	4.8	391	187	18.7	13.5
0.40	9.00	523	162	24.7	10.8	556	287	32.2	23.1
0.20	18.00	800	319	55.7	32.2	800	428	55.7	38.6
0.00	27.0	1077	477	86.7	53.5	1044	570	79.1	54.0

Iddefjorden (ID-2)

Tabell 17. Klassifisering av stasjon ID-2. Det har vært en betydelig nedgang i mengden fosfor på sommeren i perioden 2007-2020.

Årstall		P90 Klfa		Sommer				Vinter			
		Klorofyll a	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4	
2001 - 2003											
2002 - 2004											
2003 - 2005											
2004 - 2006											
2005 - 2007			353.31		32.88						
2006 - 2008											
2007 - 2009			379.77		64.89						
2008 - 2010		7.61	389.77	138.04	68.94	4.67					
2009 - 2011		7.34	398.76	176.64	58.37	3.58					
2010 - 2012		5.06	402.44	208.49	27.52	3.71					
2011 - 2013		5.33	457.87	213.52	20.91	3.85					
2012 - 2014		6.22	437.34	197.07	22.17	4.04	484.45		23.95	8.36	
2013 - 2015		6.91	472.72	207.82	19.48	4.59					
2014 - 2016		7.96	411.74	161.58	20.72	4.94					
2015 - 2017											
2016 - 2018											
2017 - 2019											
2019 - 2020		6.22	361.67	111.51	10.80	1.88	606.67	285.56	20.33	14.58	

	P90 Klfa	Sommer				Vinter			
nEQR	Klorofyll a	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4
1.00	2.98	0	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0
0.80	3.92	250	67	9.4	2.6	273	124	14.4	10.1
0.60	6.90	364	109	13.4	4.7	390	191	18.4	13.1
0.40	9.00	525	167	24.4	10.6	555	291	31.7	22.5
0.20	18.00	800	323	55.4	31.2	800	433	55.4	37.9
0.00	27.0	1075	479	86.4	51.8	1045	575	79.2	53.3

Vedlegg B. Siktdypanalyse

Resultater av PERMANOVA analyse for effekten av klorofyll-a og DOC på siktdyp i løpet av en toårsperiode (2019-2020) i sommersesongen. $p < 0,05$ er markert med rødt og anses å vise at det er en signifikant effekt av faktorene på planktonsamfunnet. P-verdier ble oppnådd ved bruk av 999 permutasjoner. Df = frihetsgrader, SS = sum of squares, MS = mean squares, F,Modell = statistisk verdi.

Stasjon	Kilde	Df	SS	MS	F,Modell	R2	%Var,	P (perm)
BC-1	DOC	1	0,000	0,000	0,004	0,000	0,05	0,953
	KlfA	1	0,348	0,348	2,842	0,321	32,13	0,150
	Rester	6	0,735	0,123		0,678	67,82	
	Totalt	8	1,084			1	100	
BO-1	DOC	1	0,306	0,306	3,441	0,336	33,60	0,115
	KlfA	1	0,160	0,160	1,799	0,176	17,57	0,251
	Rester	5	0,445	0,089		0,488	48,83	
	Totalt	7	0,911			1	100	
D-2	DOC	1	0,009	0,009	0,052	0,010	0,97	0,831
	KlfA	1	0,043	0,043	0,245	0,046	4,62	0,642
	Rester	5	0,877	0,175		0,944	94,41	
	Totalt	7	0,929			1	100	
D-3	DOC	1	0,528	0,528	14,391	0,739	73,91	0,012
	KlfA	1	0,003	0,003	0,080	0,004	0,41	0,800
	Rester	5	0,183	0,037		0,257	25,68	
	Totalt	7	0,714			1	100	
I-1	DOC	1	0,128	0,128	1,684	0,132	13,24	0,258
	KlfA	1	0,003	0,003	0,037	0,003	0,29	0,850
	Rester	11	0,836	0,076		0,865	86,47	
	Totalt	13	0,967			1	100	
ID-2	DOC	1	0,143	0,143	0,914	0,133	13,30	0,353
	KlfA	1	0,151	0,151	0,961	0,140	13,98	0,447
	Rester	5	0,785	0,157		0,727	72,73	
	Totalt	7	1,079			1	100	
LA-1	DOC	1	0,236	0,236	2,249	0,286	28,60	0,212
	KlfA	1	0,064	0,064	0,614	0,078	7,81	0,534
	Rester	5	0,524	0,105		0,636	63,59	
	Totalt	7	0,824			1	100	
MO-2	DOC	1	0,046	0,046	0,758	0,050	4,96	0,398
	KlfA	1	0,578	0,578	9,507	0,623	62,28	0,030
	Rester	5	0,304	0,061		0,328	32,76	
	Totalt	7	0,928			1	100	
Ø-1	DOC	1	0,609	0,609	9,734	0,486	48,61	0,015
	KlfA	1	0,018	0,018	0,290	0,014	1,45	0,600
	Rester	10	0,625	0,063		0,499	49,94	
	Totalt	12	1,252			1	100	
R-5	DOC	1	0,203	0,203	9,537	0,261	26,13	0,028
	KlfA	1	0,466	0,466	21,958	0,602	60,17	0,004
	Rester	5	0,106	0,021		0,137	13,70	
	Totalt	7	0,775			1	100	
S-9	DOC	1	0,509	0,509	5,603	0,330	33,05	0,041
	KlfA	1	0,032	0,032	0,352	0,021	2,08	0,577
	Rester	11	1,000	0,091		0,649	64,88	
	Totalt	13	1,541			1	100	
SF-1	DOC	1	0,000	0,000	0,003	0,001	0,05	0,971
	KlfA	1	0,095	0,095	0,686	0,121	12,07	0,480
	Rester	5	0,695	0,139		0,879	87,88	
	Totalt	7	0,791			1	100	
Ytre OF	DOC	1	1,863	1,863	61,228	0,344	34,40	0,001
	KlfA	1	0,175	0,175	5,736	0,032	3,22	0,017
	Rester	111	3,377	0,030		0,624	62,37	
	Totalt	113	5,415			1	100	

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) er Norges viktigste miljøforskningsinstitutt for vannfaglige spørsmål, og vi arbeider innenfor et bredt spekter av miljø, klima- og ressurs spørsmål. Vår forskerkompetanse kjennetegnes av en solid faglig bredde, og spisskompetanse innen mange viktige områder. Vi kombinerer forskning, overvåkning, utredning, problemløsning og rådgivning, og arbeider på tvers av fagområder.



Norsk institutt for vannforskning

Økernveien 94 • 0579 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no