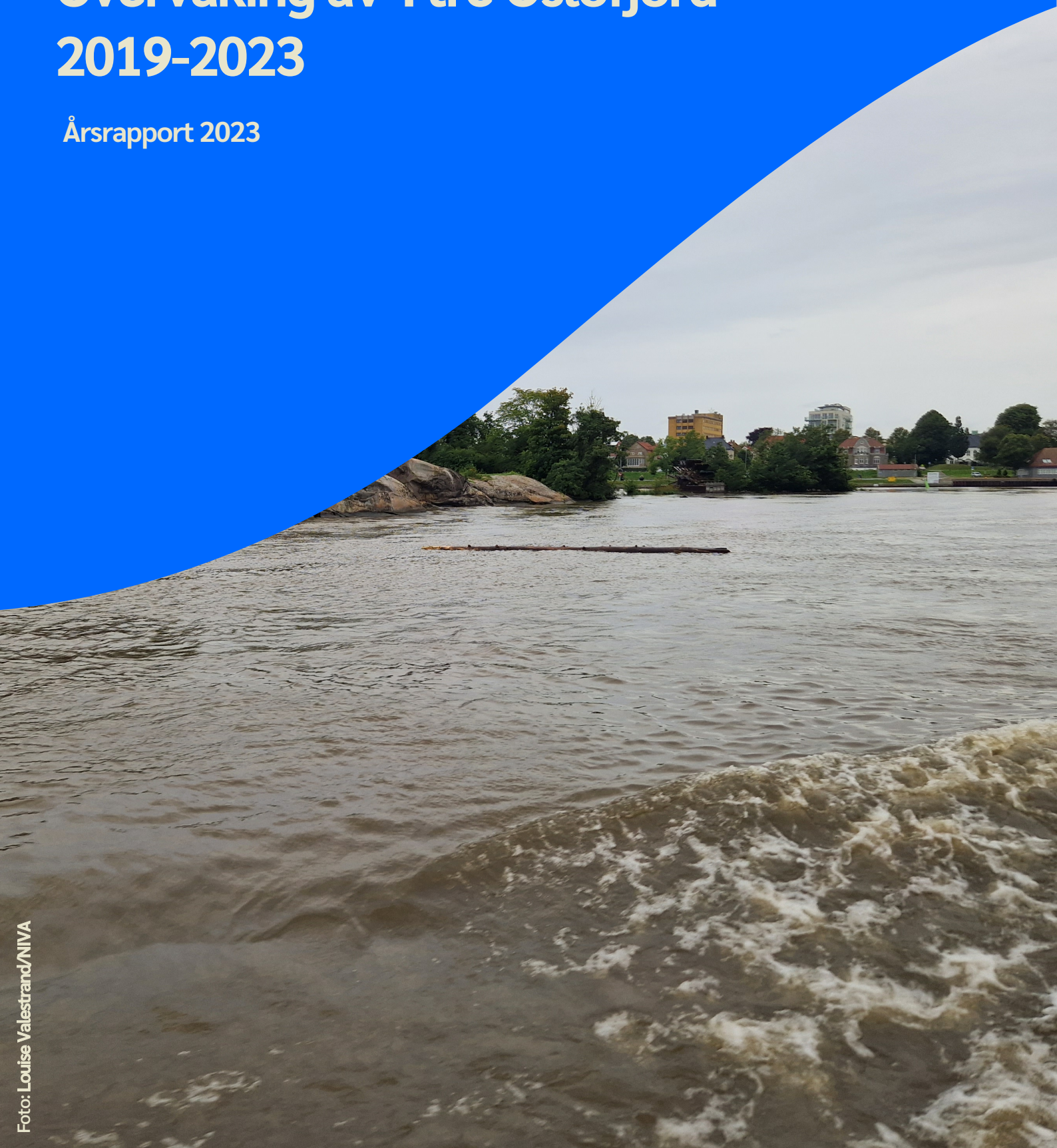


7998-2024

Overvåking av Ytre Oslofjord 2019-2023

Årsrapport 2023



Rapport

Løpenummer: 7998-2024

ISBN 978-82-577- 7735-7
NIVA-rapport
ISSN 1894-7948

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

Anette Engesmo
Hovedforfatter

Paul R. Berg
Kvalitetssikrer

Ailbhe Macken
Forskningsleder

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

www.niva.no

Norsk institutt for vannforskning

Tittel norsk/engelsk

Overvåking av Ytre Oslofjord 2019-
2023 - Årsrapport 2023

Sider

75 + vedlegg

Dato

15.05.2024

Forfatter(e)

Anette Engesmo, Sandra Gran,
Gunhild Borgersen, Bjørnar Beylich,
Øyvind Kaste, Pipatthra Saesin,
Louise Valestrand, Therese Harvey og
Kai Sørensen

Fagområde

Overvåking

Distribusjon

Åpen

Oppdragsgiver(e)

Fagrådet for Ytre Oslofjord

Kontaktperson hos oppdragsgiver

Nina Rukke

Utgitt av NIVA

Prosjektnummer 230250

Sammendrag

Basert på beregningene fra TEOTIL var jordbruket den største enkeltkilden for tilførsler av fosfor til ytre Oslofjord i 2022, med 50 % av de totale tilførslene. Deretter fulgte befolkning (kloakkavløp) med 20 %, naturlig avrenning fra utmark med 16 % og industri med 9 %. For nitrogen utgjorde jordbruk 40 %, avrenning fra utmark 31 %, befolkning 25 % og industriutslipp 4 % av tilførslene. Glomma har klart størst tilførsel av næringsstoffer til fjorden. Det ble i 2023 gjennomført vannmasseundersøkelser ved 18 stasjoner, samt undersøkelser av bløtbunnsfauna ved fem stasjoner og undersøkelser av sedimentforhold ved 22 stasjoner. Av vannmassestasjonene får 14 den samlede tilstandsklassen «moderat», mens de resterende fire får «god» tilstand. Stasjonene som oppnår «god» tilstandsklasse er Sandefjordsfjorden og Larviksfjorden, samt de to Hvaler-stasjonene Sponvika og Leira (Vesterelva). Det var uvanlige høye konsentrasjoner av planteplankton i 2023. Stasjonene som er undersøkt for bløtbunnsfauna får «moderat» tilstand i Drammensfjorden og Tønsbergfjorden og «god» tilstand ved Breianger, Hvaler og i Ringdalsfjorden. Det ble gjennomført ekstra analyser i forbindelse med ekstremværet «Hans» og de påfølgende styrtregnperiodene høsten 2023, disse resultatene er oppsummert og inkludert for hele Oslofjorden.

Emneord: Miljøovervåking, eutrofiering, oksygenkonsentrasjon, flom

Keywords: Environmental monitoring, eutrophication, oxygen concentration, flood

Innholdsfortegnelse

Forord	4
Sammendrag	5
Summary	6
1 Introduksjon	7
1.1 Ytre Oslofjord	7
1.2 FerryBox-systemet	8
1.3 Været i 2023	9
2 Tilførsler fra land	12
2.1 Modellerte tilførsler fordelt på kilder	12
2.2 Estimerte tilførsler via de fire største elvene	15
2.3 Middelkonsentrasjoner i elvene i 2023	19
3 Vannmasser	20
3.1 Klassifisering av vannmasser	21
3.2 Vannkvalitet i vannmassene i perioden 2021-2023	22
3.3 Siktdyp	26
4 Planteplankton	28
4.1 Klassifisering av planteplankton	28
4.2 Planteplanktonsamfunnet i 2023	29
4.3 Skadelige alger	31
5 Flomåret 2023	33
5.1 Ekstra prøver i Oslofjorden	34
5.2 Resultater	36
6 Bløtbunn	53
6.1 Klassifisering av bløtbunnsfauna	56
6.2 Klassifisering av sedimentforhold med SPI	62
7 Oppsummering	72
8 Referanser	74
9 Vedlegg A – Modellerte tilførsler fra TEOTIL 2022	76

Forord

NIVA har på oppdrag av Fagrådet for Ytre Oslofjord gjennomført miljøovervåkning i Oslofjorden i 2023. Overvåkingen er del av et omfattende program som har pågått siden 2001 og det gjennomføres i programperioder av fem år. 2023 er det siste året i den pågående programperioden og hele programmet driftes av NIVA. Området som undersøkes er avgrenset av Drøbaksterskelen mot Indre Oslofjord, Kragerøområdet i vest og Iddefjorden i øst.

I 2023 har det vært utført tilførselsberegninger for 2022, samt vannmasseundersøkelser og undersøkelser av bløtbunnsfauna og sedimentforhold.

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 Anette Engesmo, Louise Valestrand, Thomas Heggem, Susanne Jørgensen og Anfisa Berezina og Pipatthra Saesin.

Kjemiske analyser er utført ved NIVAs laboratorium og av Eurofins, ansvarlig for koordinering av kjemiske analyser har vært Susanne Jørgensen. Hydrografidata ble analysert og kvalitetssikret av Pipatthra Saesin. Planktonprøvene ble opparbeidet og analysert av Sonja Kistenich og Vladyslava Hostyeva, og kvalitetssikret av Sandra Gran og Anette Engesmo. Dataanalyser ble utført av Sandra Gran.

Anette Engesmo har vært ansvarlig for kapitlet som sammenstiller flomresultater fra 2023. Satellittdata er sammenstilt av Therese Harvey og kvalitetssikret av Kai Sørensen.

Det er inkludert sondedata fra FerryBox-systemet om bord M/S Color Fantasy i denne rapporten. Sodedata fra FerryBox-systemet er plottet av Anfisa Berezina.

Gunhild Borgersen har vært ansvarlig for bløtbunnsundersøkelser. Bjørnar Beylich var ansvarlig for undersøkelser av sedimentforhold. Bløtbunnsfeltarbeidet ble gjennomført av Gunhild Borgersen og Bjørnar Beylich.

Mats Walday har vært prosjektleder for arbeidet. Petter Talleraas og Nina Rukke har vært kontaktpersoner hos Fagrådet for Ytre Oslofjord.

Oslo, 15 mai 2024

Anette Engesmo

Sammendrag

Grunntanken bak miljøovervåkning er å skaffe til veie nødvendig informasjon om vannforekomsters økologiske tilstand. Ved å samle inn informasjon om definerte fysisk-, kjemiske- og biologiske parametere danner man ett samlet kunnskapsgrunnlag for å avklare den økologiske tilstanden i en vannforekomst (Veileder 02:2018). Denne rapporten sammenfatter resultatene for Fagrådet i Ytre Oslofjords overvåkningsprogram i 2023, der det ble det gjennomført vannmasse- og bløtbunnsundersøkelser, samt tilførselsberegninger. 2023 var ett uvanlig vått år på Østlandet og det er viet mye plass for konsekvensene av ekstremværet «Hans» og de påfølgende styrtregn-periodene.

På grunn av rutiner rundt ferdigstilling og kvalitetssikring av dataene leveres tilførselsberegninger ett år i etterkant og det er derfor data fra 2022 som er inkludert i denne rapporten. Modellerte tilførsler av fosfor og nitrogen fra ulike kilder viser at jordbruket var den største enkeltkilden for både fosfor- og nitrogenforbindelser. Kommunalt avløp sto for henholdsvis 20 % av fosfortilførselene og 25 % av nitrogentilførselene i 2022.

Vannmasseovervåkingen gjennomføres i den såkalte *pelagialen*, altså de delene av fjorden som ikke er direkte knyttet til bunnen eller kysten – de frie vannmassene og organismene som lever der. Det ble gjennomført sju runder vannmasseovervåking på 18 stasjoner i 2023, i tillegg ble det gjennomført tre ekstra prøvetakninger på fem stasjoner i Hvaler. Av de undersøkte stasjonene fikk 14 den samlede tilstandsklassen «moderat», mens de resterende fire får «god» tilstand. Stasjonene som oppnår «god» tilstandsklasse er Sandefjordsfjorden og Larviksfjorden, samt de to Hvaler-stasjonene Sponvika og Leira (Vesterelva). Det var hovedsakelig mengden næringsstoffer, oksygenforholdene ved bunn og siktdypet som trakk klassifiseringen ned. Det observeres en generell trend der tilstanden er bedre på de sentrale stasjonene med god vannutskiftning enn stasjonene inne i fjordarmene. Det var uvanlige mye planteplankton i 2023, med stadige oppblomstringer gjennom hele året av et omfang vi ikke vanligvis ser i Oslofjorden. Gjennom sensommeren og høsten ble det på grunn av flommene gjennomført ekstra analyser av overflatevannet i hele Oslofjorden med satellitt, FerryBox-systemet og i forbindelse med prøvetakningen til Havforsuringsprogrammet og overvåkningsprogrammene i både Indre- og Ytre Oslofjorden. Disse analysene viste at fjorden var uvanlig mørk og hadde lav saltholdighet gjennom store deler av høsten. Det var de to styrtregnperiodene i slutten av august og september som hadde størst påvirkning på miljøet i fjorden. Ettersom mengden humus-stoffer ble blandet ut ble det gradvis bedre lysforhold og næringsstoffene som ble tilført med flomvannet la da grunnlag for en kraftig planteplanktonoppblomstring i oktober.

Bløtbunnsfauna er virvelløse dyr som lever på overflaten av leire, mudder eller sandbunn, eller som graver seg ned i bunnsedimentet. Endringer i artssammensetningen gjenspeiler den sammenlagte responsen til mange arter og reflekterer i stor grad de lokale miljøforholdene, og bunndyr som lever i eller på bløtbunn blir derfor brukt som indikatorer på miljøtilstand. Den økologiske tilstanden for bløtbunnsfauna på de fem stasjonene som inngikk i Fagrådets program i 2023 viste «moderat» tilstand i Drammensfjorden og Tønsbergfjorden og «god» tilstand ved Breiangen, Hvaler og i Ringdalsfjorden. På stasjonene i Drammensfjorden og ved Breiangen har det vært en økning i antall individer og arter av bunndyr, med en forbedring av den økologiske tilstanden i perioden fra 2018 til 2023. På stasjonene i Tønsbergfjorden, Ringdalsfjorden og ved Hvaler har det derimot vært en nedgang i antall arter og individer i den samme perioden.

Summary

Environmental monitoring is conducted to obtain necessary information about the ecological condition of water bodies. This report summarizes the results for “Fagrådet for Ytre Oslofjords” monitoring program in 2023, in which water mass and soft bottom surveys were conducted, as well as calculations of riverine discharges. 2023 was an unusually wet year in Eastern Norway and much space has been devoted to the consequences of the extreme weather incident «Hans» and the subsequent torrential rain periods.

Due to routines around completion and quality assurance of the input data, supply calculations of riverine discharges are delivered with a one-year time lag, and it is therefore data from 2022 that is included in this report. Modelled inputs of phosphorus and nitrogen from various sources show that agriculture was the single largest source for both phosphorus and nitrogen compounds to Outer Oslofjorden. Domestic wastewater accounted for 20% of phosphorus inputs and 25% of nitrogen inputs, respectively, in 2022.

The water mass monitoring is carried out in the so-called pelagic zone, i.e. the parts of the fjord that are not directly connected to the bottom or the coast – the free water masses and organisms that live there. Seven rounds of water mass monitoring were carried out at 18 stations in 2023, in addition three additional samplings were carried out at five stations in the Hvaler-area. Of the stations surveyed, 14 received the overall classification «moderate», while the remaining four received «good» condition. The stations that achieved «good» condition were Sandefjordsfjorden and Larviksfjorden, as well as the two Hvaler-stations Sponvika and Leira (Vesterelva). It was mainly the amount of nutrients, the oxygen conditions at the bottom and the Secchi depth that pulled the classification down. The conditions are generally better at the central stations with good water exchange compared to the stations inside the fjord arms. There was an unusually high amount of phytoplankton in 2023, with constant blooms throughout the year on a scale we do not usually see in Oslofjorden. Throughout late summer and autumn, due to the extreme weather and torrential rain episodes, additional analyses of the surface waters of the entire Oslofjord were carried out by satellite, the FerryBox system and in connection with the sampling for the Ocean Acidification Program and the monitoring programs in both the inner- and outer Oslofjord. These analyses showed that the fjord was unusually dark and had low salinity throughout large parts of the autumn. It was the two torrential rain periods at the end of August and September that had the greatest impact on the environment in the fjord. As the amount of humic substances were mixed out, light conditions gradually improved and the nutrients supplied with the flood water then laid the foundation for a strong phytoplankton bloom in October.

Soft-bottom fauna are invertebrates that live on the surface of clay, mud or sandy bottoms, or that burrow into the bottom sediment. Changes in species composition reflect the combined response of many species and largely reflect the local environmental conditions, and benthic animals living in or on soft bottoms are therefore used as indicators of environmental status. The ecological condition of the soft-bottom fauna at the five stations that were part of this monitoring program in 2023 showed «moderate» condition in Drammensfjorden and Tønsbergfjorden and «good» condition at Breianger, Hvaler and in Ringsdalsfjorden. At the stations in the Drammensfjord and at Breianger, an increase in the number of individuals and species of benthic animals have been observed, with an improvement in the ecological condition in the period 2018 to 2023. On the other hand, at the stations in Tønsbergfjorden, Ringsdalsfjorden and Hvaler, there has been a decrease in the number of species and individuals in the same period.

1 Introduksjon

1.1 Ytre Oslofjord

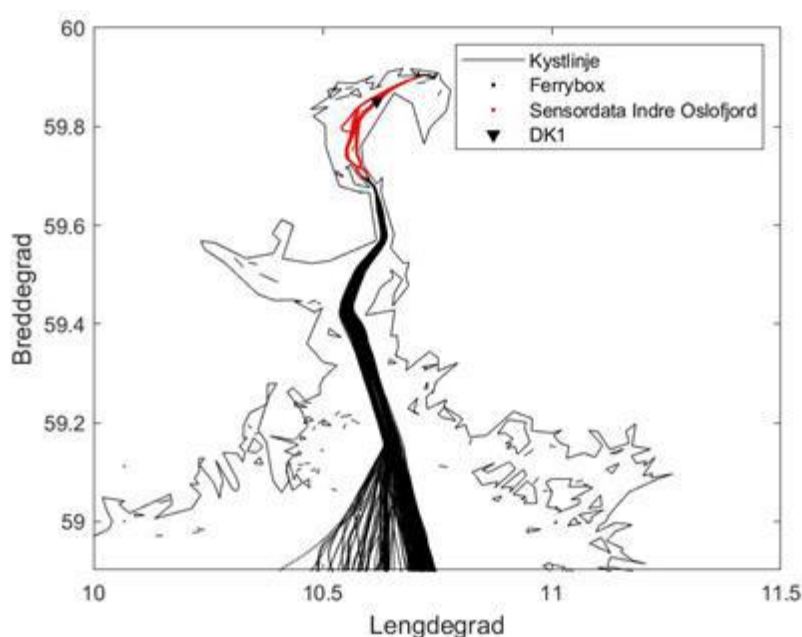
NIVA utførte i 2023, på oppdrag fra Fagrådet for Ytre Oslofjord, miljøovervåkning i Ytre Oslofjord. Miljøtilstanden til Ytre Oslofjord har blitt overvåket i regi av Fagrådet for Ytre Oslofjord siden 2001. Programmet utføres i programperioder over fem år og i 2019 startet en ny programperiode der hele 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. Grunnet datahåndteringsrutiner rapporteres tilførselsberegningene etterskuddsvis. I 2023 har det blitt utført vannmasse- og bløtbunnsundersøkelser, samt tilførselsberegninger for 2022. Resultatene av disse undersøkelsene presenteres her og i fagrapportene for vannmasser: Engesmo m.fl. (2024) og bløtbunnsfauna: Borgersen og Beylich (2024).

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 med tanke på 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 vanndirektiv, i Norge implementert gjennom Vannforskriften. Genererte data innrapporteres til databasen Vannmiljø og brukes til å klassifisere tilstand etter gjeldende Veileder (02:2018).

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. 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 bløtbunnsstasjoner, 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 omtales i en egen rapport fra Norconsult, som er under utarbeidelse. Årsrapportene for 2023 fra ØKOKYST forventes publisert medio juni 2024. Resultater fra overvåkning av indre Oslofjord i 2024 er under utarbeidelse og forventes publisert i begynnelsen av juni. Vannkvaliteten i vannforekomsten Hunnebunn som ligger på grensen mellom Fredrikstad og Sarpsborg kommune er beskrevet av Staalstrøm & Yakushev (2020). På oppdrag fra Porsgrunn- og Bamble kommune ble det i 2023 også gjennomført en resipientundersøkelse i Frierfjorden, Eidangerfjorden og Langesundsfjorden i Grenland i forbindelse med utslipp av kommunalt avløpsvann. Resultatene av denne undersøkelsen er tilgjengelig i Staalstrøm og Berezina (2024). I tillegg samles høyfrekvente sensordata fra FerryBox-systemet i området.

1.2 FerryBox-systemet

FerryBox er et system av sensorer koblet mot en datamaskin som sender måledata, posisjon og tidspunkt over nett til NIVA langs skipsruten (Figur 1). På M/S Color Fantasy befinner FerryBoxen seg i maskinrommet. Den har et vanninntak i skroget på omtrent 4 meters dyp der vann trekkes inn ved hjelp av en peristaltisk pumpe. Vannet pumpes via et kort rørsystem forbi sensorene, der automatiske målinger gjennomføres, før det går ut gjennom et utløp i skipsskroget. Systemet har en observasjonsfrekvens på annen hver dag i Oslofjorden og med ett minutt målefrekvens dekkes, avhengig av fart, hver 300-500 m langs måletransektet (Eikrem m.fl. 2024). Det mangler data i januar og februar grunnet at skipet var i dokk i januar samt sensorfeil til midten av februar. I denne rapporten er det inkludert saltholdighet, temperatur, turbiditet, cDOM-fluorescens (fDOM) og klorofyll-a fluorescens fra FerryBox-systemet.



Figur 1 M/S Color Fantasy går mellom Oslo-Kiel. Kartutsnitt viser skipets rute i Skagerrak og Oslofjorden.

1.2.1. Kalibrering av sensorer

FerryBox er en automatisk måleplattform, med sensorer som måler kontinuerlig. Data logges hvert minutt. Dataene må kontrolleres for ikke ønskede målinger, for eksempel hvis pumpen ikke går, når båten er i havn eller om en feil har oppstått.

Klorofyll-a fluorescens sensoren korrigeres for begroing. Dette korrigeres etter manuell inspeksjon av alle dataene. Klorofyll-a fluorescens må også kalibreres mot naturlige vannprøver for å kunne gi et «proxy» på konsentrasjon av klorofyll-a. På NIVA gjøres dette med innsamling av prøver for *in vitro* spektrofotometrisk bestemmelse av klorofyll-a konsentrasjon gjennom hele året, og ved en regresjonsanalyse av den sanne konsentrasjonen mot den målte klorofyll-a fluorescensen. Sensorer for temperatur og saltholdighet ble kvalitets-kontrollert regelmessig med laboratorie-målinger av saltholdighet og med termometer om bord på båten. Dataene ble kontrollert ved sammenligning av temperatursensor ved innløp og temperatursensoren inne i termosalinografen. Sensorer for turbiditet og cDOM fluorescens blir kalibrert med kjente standarder. Mer utfyllende informasjon om FerryBox-systemet er tilgjengelig i for eksempel Eikrem m.fl. (2024).

1.3 Været i 2023

Meteorologisk institutt (MET) bruker perioden 1991-2020 som «normalperiode» og været for 2023 angis med denne perioden som referanse. Hvis lufttemperatur og nedbør i en periode ligger innenfor 25 og 75 persentilene så betegnes det som «normalt». Er lufttemperaturen over 75 persentilen betegnes den som «svært varm», og er den utenfor det som er observert i normalperioden betegnes den som «ekstremt varm» (Gangstø m.fl. 2023).

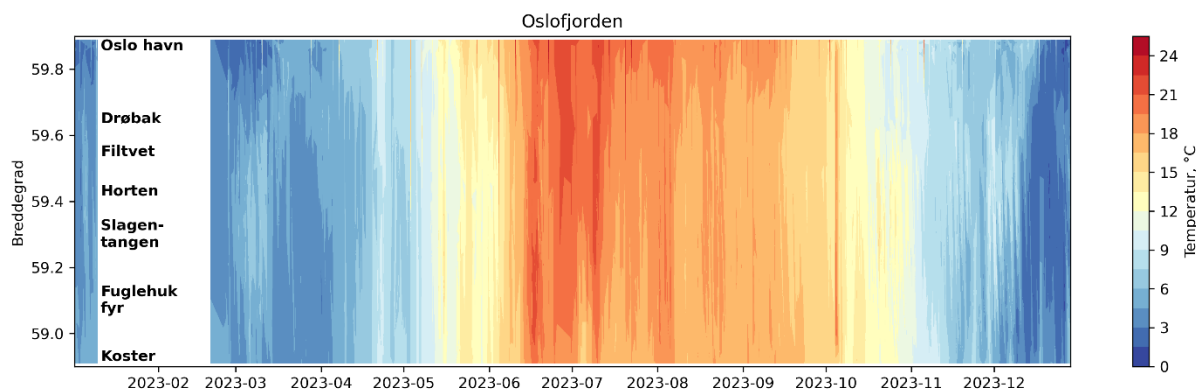
Året 2023 var i Sør-Norge klassifisert som «normalt» sett under ett og på landsbasis var lufttemperaturen 0,1 °C under normalen (Gangstø m.fl. 2023). Gjennomsnittstemperaturen ved Færder var 8,7 °C, som er 0,2 °C over normaltemperaturen. Tabell 1 viser månedlig lufttemperatur målt på Færder fyr i Ytre Oslofjord. Det var store temperatursvingninger i 2023: Januar, februar, juni og september var betydelig varmere enn vanlig, mens november og desember var usedvanlig kalde måneder.

Tabell 1 Statistikk for lufttemperaturen i 2023 ved Færder fyr, hentet fra www.yr.no¹. Blå og røde tall indikerer hhv. under og over normaltemperatur.

Måned	2023 – snitt temperatur (°C)	Normal (°C)	Avvik (°C)
Januar	2,6	1,0	1,6
Februar	3,6	0,3	3,3
Mars	1,9	2,2	-0,3
April	6,5	5,9	0,6
Mai	11,5	11,0	0,5
Juni	17,8	15,0	2,8
Juli	16,7	17,6	-0,9
August	16,9	17,5	-0,6
September	16,0	14,0	2,0
Oktober	8,8	9,4	-0,6
November	2,5	5,5	-3,0
Desember	-0,3	2,6	-2,9

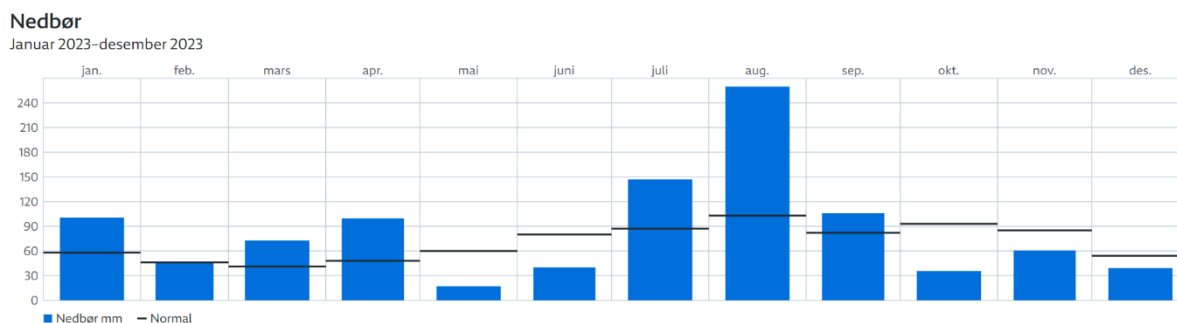
I Figur 2 vises vanntemperaturen målt på ca. 4 m dyp langs ruta til M/S Color Fantasy. I figuren vises temperaturen fra Koster til Oslo havn i 2023. Det var relativt liten forskjell i temperatur mellom sør og nord i fjorden. I de indre delene av Oslofjorden er det kaldere om vinteren og varmere om sommeren, sammenlignet med lengre ut i fjorden. Temperaturen varierte i løpet av året som følge av sesongmessig oppvarming i sommerhalvåret og avkjøling i vinterhalvåret. Den høyeste vanntemperaturen ble observert i begynnelsen av juli, med temperaturer opp mot 23 °C i store deler av fjorden, som er et resultat av de høye lufttemperaturene i juni. Den usedvanlig kalde lufttemperaturen i november og desember førte til en rask nedkjøling av fjorden og de laveste temperaturene ble observert i desember, med verdier ned mot 0 °C.

¹ <https://www.yr.no/nb/historikk/tabell/5-27500/Norge/Vestfold/F%C3%A6rder/F%C3%A6rder%20fyr?q=2023>



Figur 2 Måledata for vanntemperatur (fargeskala) fra FerryBox-systemet over tid (x) i 2023 fra Koster til Oslo Havn mellom 58,9-59,9 °N (y).

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 årene². 2023 følger denne trenden og på Østlandet sørget ekstremværet «Hans» for at året kunne klassifiseres som «svært vått» eller «ekstremt vått» (Gangstø m.fl. 2023). Flommene på Østlandet og deres effekt på Oslofjorden er diskutert nærmere i Avsnitt 6 «Flomåret 2023». Figur 3 viser nedbøren på Blindern i Oslo i 2023, januar, mars og april var våte måneder, før det var særlig lite nedbør i mai og juni. Sommeren og høsten var preget av ekstremvær, juli og særlig august var måneder med ekstremt mye nedbør.



Figur 3 Nedbørdata for 2023 fra meteorologisk stasjon på Blindern i Oslo. Figur fra www.yr.no³. De blå søylene viser antall mm nedbør per måned. De svarte linjene viser normalnedbøren, som vil si middelverdien for perioden 1991-2020.

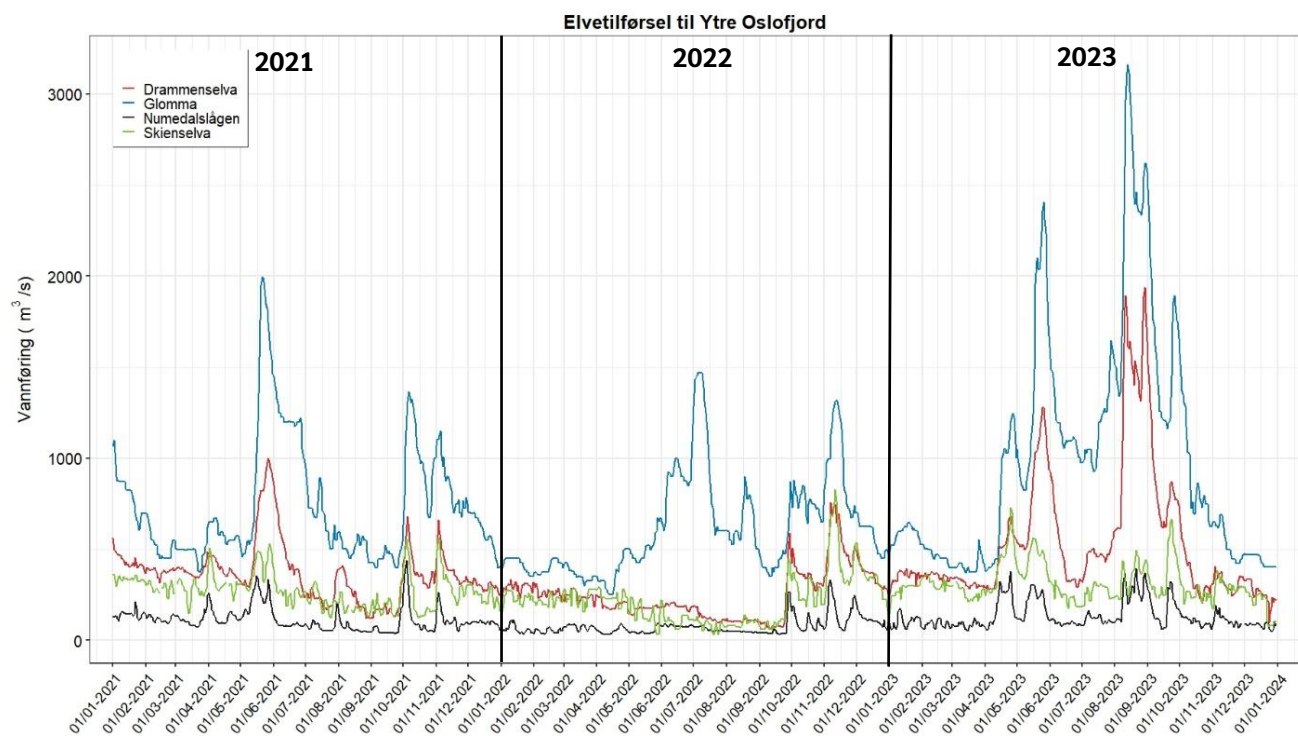
I Figur 4 vises vannføring fra 2021-2023 for de fire store elvene som drenerer til Ytre Oslofjord: Glomma, Drammenselva, Numedalslågen og Skienselva. Både Figur 4 og Tabell 2 illustrerer at 2023 var et ekstremt vått år med store mengder ferskvannstilførsel. Glomma er den elven som står for desidert størst ferskvannstilførsel til Oslofjorden. På tross av at juni hadde relativt lite nedbør var det en betydelig

² <https://www.met.no/vaer-og-klima/klima-siste-150-ar/regionale-kurver/ostlandet-siden-1900>

³ <https://www.yr.no/nb/historikk/graf/1-73738/Norge/Oslo/Oslo/Blindern?q=2023>

vannføring i både Glomma og Drammenselva. I tillegg var det tre betydelige flomhendelser i august, september og oktober som til sammen sørget for at 2023 var ett ekstremt vått år.

Vannføring for de tre siste årene er sammenlignet i Tabell 2. Samlet vannføring til Ytre Oslofjord fra de fire store elvene var i betydelig høyere i 2023 sammenlignet med det usedvanlig tørre året 2022 (72 % høyere), men også høyere enn 2021 (32 % høyere).



Figur 4 Vannføring i de fire største elvene Glomma, Drammenselva, Numedalslågen og Skienselva fra 2021-2023. Data hentet fra sildre.nve.no; hhv. fra målestasjonene Solbergfoss (Glomma), Mjøndalen bru (Drammenselva), Holmfoss (Numedalslågen) og Skotfoss (Skienselva).

Tabell 2 Årlig ferskvannstilførsel fra de fire største elvene til Ytre Oslofjord (mill. m³/år).

Elv	2021	2022	2023	Prosentvis endring 2021-2023	Prosentvis endring 2022-2023
Drammenselva	11703	7832	16904	44	116
Glomma	23358	19255	31269	34	62
Numedalslågen	3592	2380	4230	18	78
Skienselva	8578	6710	9729	13	45
Totalt	47231	36177	62132	32	72

2 Tilførsler fra land

Tilførslene av fosfor og nitrogen fra hele nedbørfeltet til Ytre Oslofjord er estimert ved hjelp av modellen TEOTIL (kapittel 2.1). Estimerte tilførsler fra de fire største elvene som renner inn i Ytre Oslofjord er basert på månedlige vannanalyser samt daglige vannføringsdata fra NVE (kapittel 2.2).

2.1 Modellerte tilførsler fordelt på kilder

Kildefordelingen av tilførslene fra land er basert på NIVAs TEOTIL-modell (Selvik m.fl. 2007, Tjomsland m.fl. 2010). Modellen er nærmere beskrevet i Engesmo m.fl. (2022). På grunn av rapporteringsrutinene til de nasjonale kilderegistrene og behov for etterfølgende bearbeiding, er kun data fra 2022 tilgjengelig for denne rapporten. Data for vassdragsområdene som drenerer til Ytre Oslofjord (001-017) er hentet ut fra det nasjonale datasettet som inngår i de årlige TEOTIL-rapportene (Sample 2024).

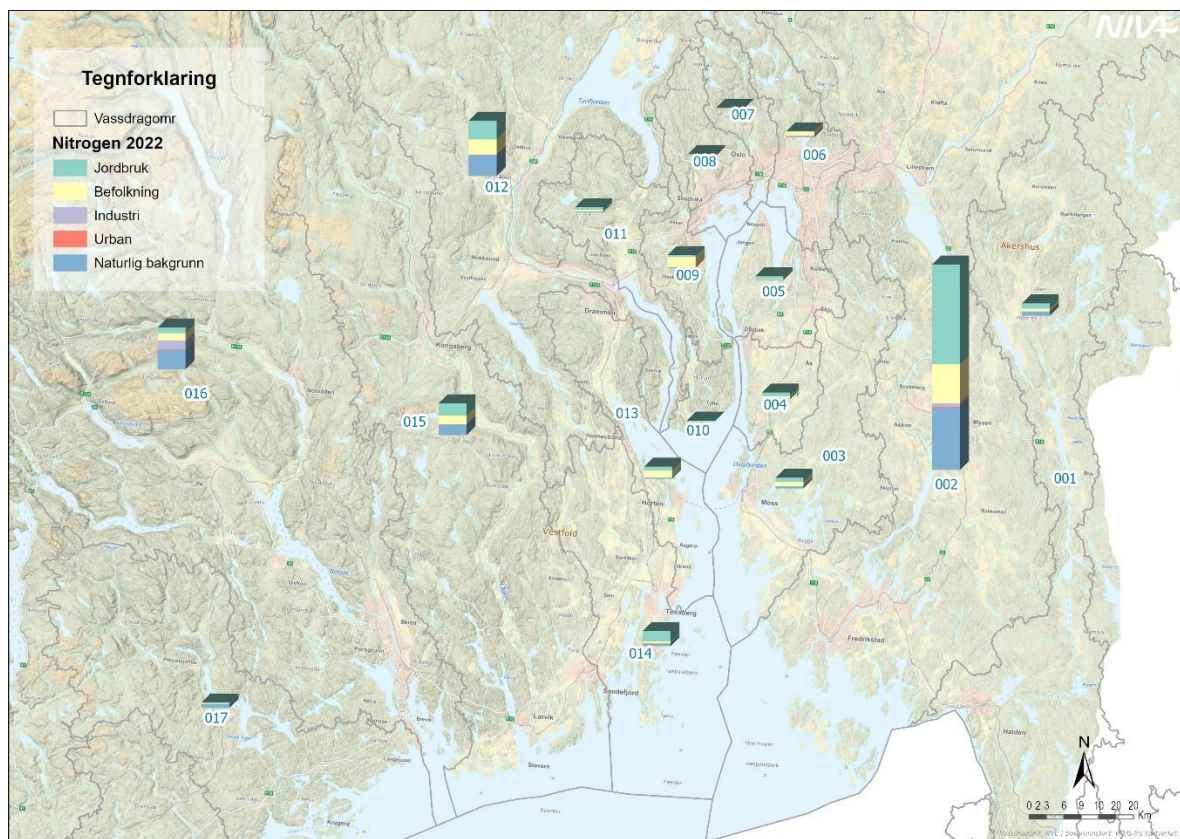
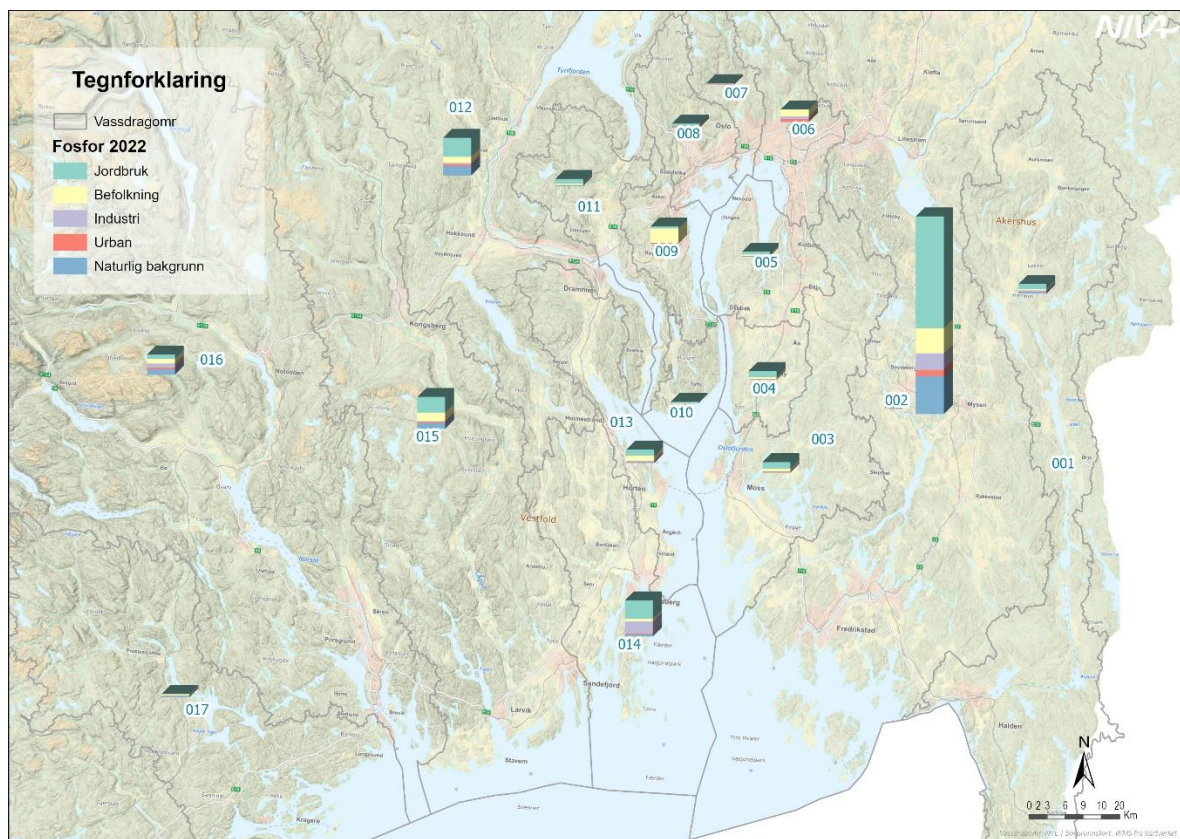
De beregnede tilførslene fra vassdragsområdene 001-017 omfatter all tilrenning av ferskvann til Ytre Oslofjord, dvs. avrenning fra hele landområdet som har naturlig drenering mot fjorden. Mesteparten av disse tilførslene kommer via de store elvene, men det inkluderer også tilførsler via mindre bekker. 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 2022

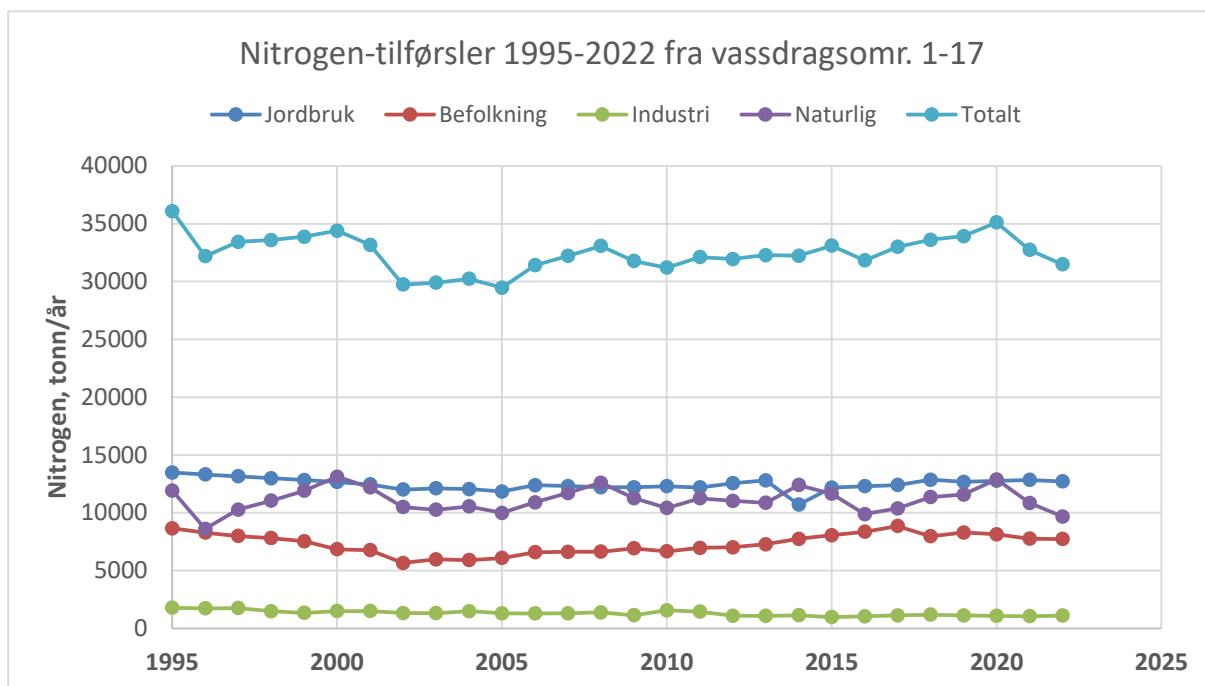
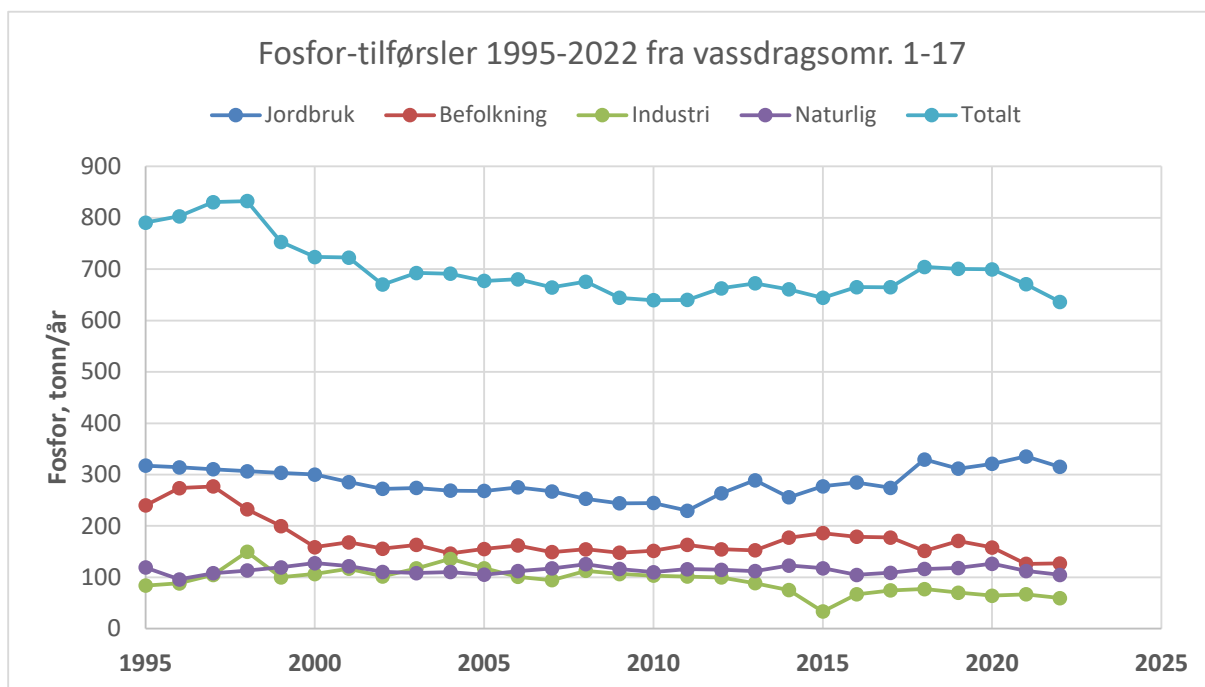
De kildefordelte tilførslene til Indre Oslofjord og Ytre Oslofjord i 2022 er vist på kart for hvert vassdragsområde i Figur 5. Grunnlagsdataene fra TEOTIL er vist i tabellform i Vedlegg A. Tilførslene til Indre Oslofjord (vassdragsområde 005-009) er dominert av avløp fra befolkning på grunn av de store befolkningskonsentrasjonene i Oslo og omkringliggende områder. Denne tilførselen er ikke direkte relevant for hvor mye næringssalter som transporteres ut til ytre Oslofjord, siden dette vil avhenge av interne prosesser i indre og ytre Oslofjord og vannutvekslingen mellom de to fjordbassengene. Næringssalter 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 2022, med 50 % av de totale tilførslene. Deretter fulgte befolkning (kloakkavløp) med 20 %, naturlig avrenning fra utmark med 16 % og industri med 9 %. For nitrogen utgjorde jordbruk 40 %, avrenning fra utmark 31 %, befolkning 25 % og industriutslipp 4 % av tilførslene.

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 direkte til fjorden.



Figur 5. Beregnede kildefordelte tilførsler av fosfor (øverst) og nitrogen (nederst) i 2022 fra de ulike vassdragsområdene som drenerer til Ytre Oslofjord. Tilførsler fra område 005-009 går via Indre Oslofjord. Basert på data fra TEOTIL-prosjektet (Sample 2024).



Figur 6. Kildefordelte tilførsler av fosfor (øverst) og nitrogen (nederst) til Ytre Oslofjord 1995-2022 fra landområdene som drenerer til Ytre Oslofjord. Basert på data fra TEOTIL-prosjektet (Sample 2024).

Utviklingstrender, 1995-2022

Utviklingen i de teoretisk beregnede tilførslerne av fosfor og nitrogen over tid (1995-2022) er vist samlet for alle vassdragsområdene i Figur 6. For fosfor var det en klar nedgang i de totale tilførslerne fra 1998 til 2002. Deretter flatet verdiene ut, men med en midlertidig økning i perioden 2018-2020. Dersom en ser på fosfortilførsler fra de enkelte kildene, viste landbruket en avtakende trend fram til rundt 2011 – for deretter å øke igjen fram til 2018. Fosforbidraget fra befolkningen avtok betydelig fram til 2000 pga. høy aktivitet med bygging av nye kloakkrenseanlegg. Deretter har verdiene ligget nokså flatt inntil verdiene økte litt igjen i perioden 2014-2015. Siden 2015 har bidraget fra befolkning igjen vist en nedadgående tendens og var i 2021-2022 på det laveste nivået siden tidsserien startet i 1995. Industriutslipp av fosfor har vist en svakt fallende tendens gjennom overvåkingsperioden og utgjorde 9 % av de totale tilførslerne i 2022.

De totale tilførslerne av nitrogen viste en nedadgående trend fram til rundt 2002-2005, for deretter å øke forholdsvis jevnt fram til 2020. 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. Lav vannføring i elvene i 2022 førte til at nitrogen-tilførslerne fra utmark var noe lavere enn 2021, som var et tilnærmet normalår i forhold til vannføring, og 2020 som var et relativt vått år. Tilførslerne fra landbruket viste en svak avtakende tendens fram til rundt 2005, og har siden holdt seg på et relativt konstant nivå. Tilførslerne fra befolkning avtok fram til 2002, men hadde deretter en jevn økning fram til 2017. De siste fem årene har tilførslerne fra befolkning ligget på et noe lavere nivå enn tilfellet var i 2017.

2.2 Estimerte tilførsler via de fire største elvene

De fire store elvene som munner ut i ytre Oslofjord, Glomma, Drammenselva, Numedalslågen og Skienselva, har vært en del av det nasjonale Elveovervåkingsprogrammet siden 1990 (Kaste m.fl. 2023). Programmet har månedlige (eller hyppigere) analyser av ulike vannkjemiske komponenter. Ved hjelp av data fra disse analysene og vannføringsdata fra NVE estimeres det hvert år stofftransport via elvene til kysten.

Tabell 3 viser beregnede tilførsler av ferskvann og næringsstoffer fra de fire største vassdragene rundt ytre Oslofjord i 2022. Vannføringsdata som benyttes her er skalert fra nærmeste NVE-stasjon for å dekke hele nedbørfeltet til vannkjemistasjonene i Elveovervåkingsprogrammet, og derfor avviker vannføringstallene i Tabell 2 og Tabell 3 noe.

Tabell 3. Tilførsel av ferskvann og næringssalter fra de fire største elvene rundt Ytre Oslofjord i 2022. Vannføringen i elvene er skalert fra nærmeste NVE-stasjon for å dekke hele nedbørfeltet til vannkjemistasjonene i Elveovervåkingsprogrammet.

Elv	Nedbørfelt (km ²)	Vannføring (mill m ³ /år)	Tot-P (tonn/år)	Tot-N (tonn/år)	TOC (tonn/år)	SiO ₂ (tonn/år)
Glomma	41918	20067	287	10655	74285	72885
Drammenselva	17034	7425	45	3123	26436	22148
Numedalslågen	5577	2550	45	1076	15119	10207
Skienselva	10772	7283	35	1964	21741	17384

De fire elvene bidrar til sammen med nær 90 % av ferskvannstilførselene til Ytre Oslofjord i et gjennomsnittså, og av dette bidrar Glomma alene med over halvparten av vannet. Glomma bidrar også med de klart største tilførslerne av næringsstoffer. Transporten av fosfor og nitrogen i Glomma-utløpet var i 2022 hhv. 2,3 og 1,7 ganger høyere enn de tre andre elvene til sammen.

Langtidstrend 1990-2022

Elveovervåkingsprogrammet analyserer hvert år langtidstrender i konsentrasjoner og tilførsler av en rekke parametere. Tabell 4 gir en oversikt over observerte trender i Glomma, Drammenselva, Numedalslågen og Skienselva i perioden fra 1990 til 2022. Figur 7 og Figur 8 viser den årlige transporten av Tot-P, Tot-N, nitrat og ammonium i de samme elvene, dvs. grunnlagsdataene for trendanalysene i Tabell 4.

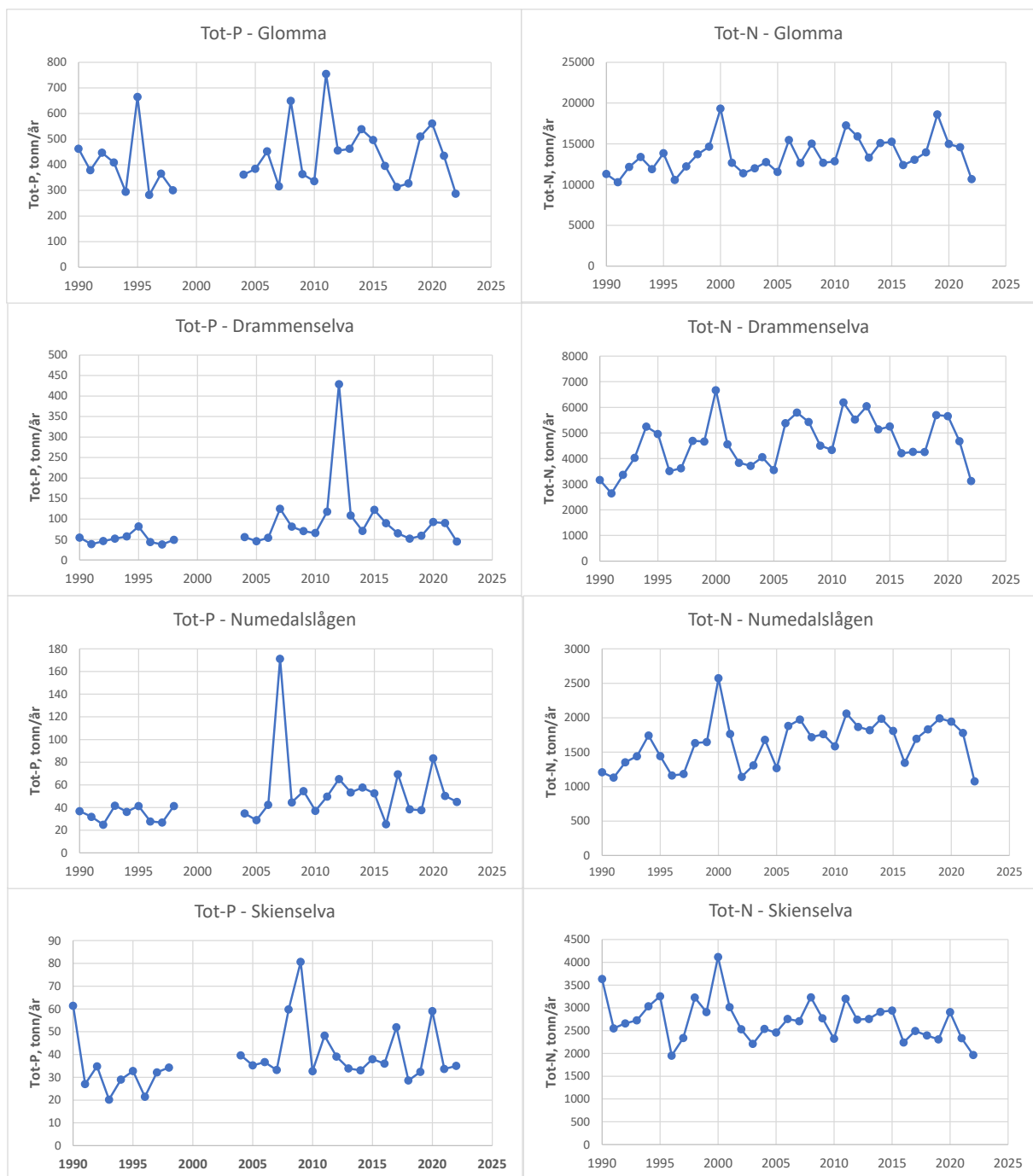
Drammenselva har vist en økende trend i vannføring de siste 30 årene. Fram til 2021 hadde også Glomma en økende trend, men lavere vannføring enn normalt i 2022 førte til at trenden ikke lenger var signifikant. Det er også interessant å merke seg at både Glomma, Drammenselva og Numedalslågen har hatt en signifikant økning i tilførslene av silikat, som er et viktig næringsstoff for kiselalger i sjøen. Den regionale undersøkelsen av 1000 norske innsjøer i 2019 bekreftet også at silikat hadde økt siden forrige undersøkelse av de samme innsjøene i 1995 (Hindar m.fl. 2020). Årsaken til økningen er foreløpig ikke kjent, men det foreligger hypoteser om at det kan skyldes økt forvitring av berggrunnen pga. økt temperatur eller ha kobling til TOC-økningen som er observert i mange innsjøer og elver de siste 25-30 årene. Drammenselva og Numedalslågen viser en signifikant økende transport av partikler (SPM), mens bare Drammenselva viser en signifikant økende transport av organisk stoff (TOC). Det har generelt vært en økende TOC-trend (brunere vann) i mange innsjøer og elver på Østlandet de siste 30 årene (Vogt og Skancke 2023), men mye av økningen skjedde på 1990-tallet og fanges ikke opp i trendanalysen for TOC som hadde startpunkt i 1999 (se fotnote til Tabell 4).

Tabell 4. Trender i vannføring (Q) og transport av partikler (SPM), silikat (SiO₂), organisk stoff (TOC) og ulike fraksjoner av fosfor og nitrogen i Glomma, Drammenselva, Numedalslågen og Skienselva i perioden 1990-2022. Tallene viser gjennomsnittlig endring per år for stoffer som viser en signifikant trend over tid. Basert på data fra Elveovervåkingsprogrammet (Kaste m.fl. 2023). Blanke celler har ingen signifikant trend.

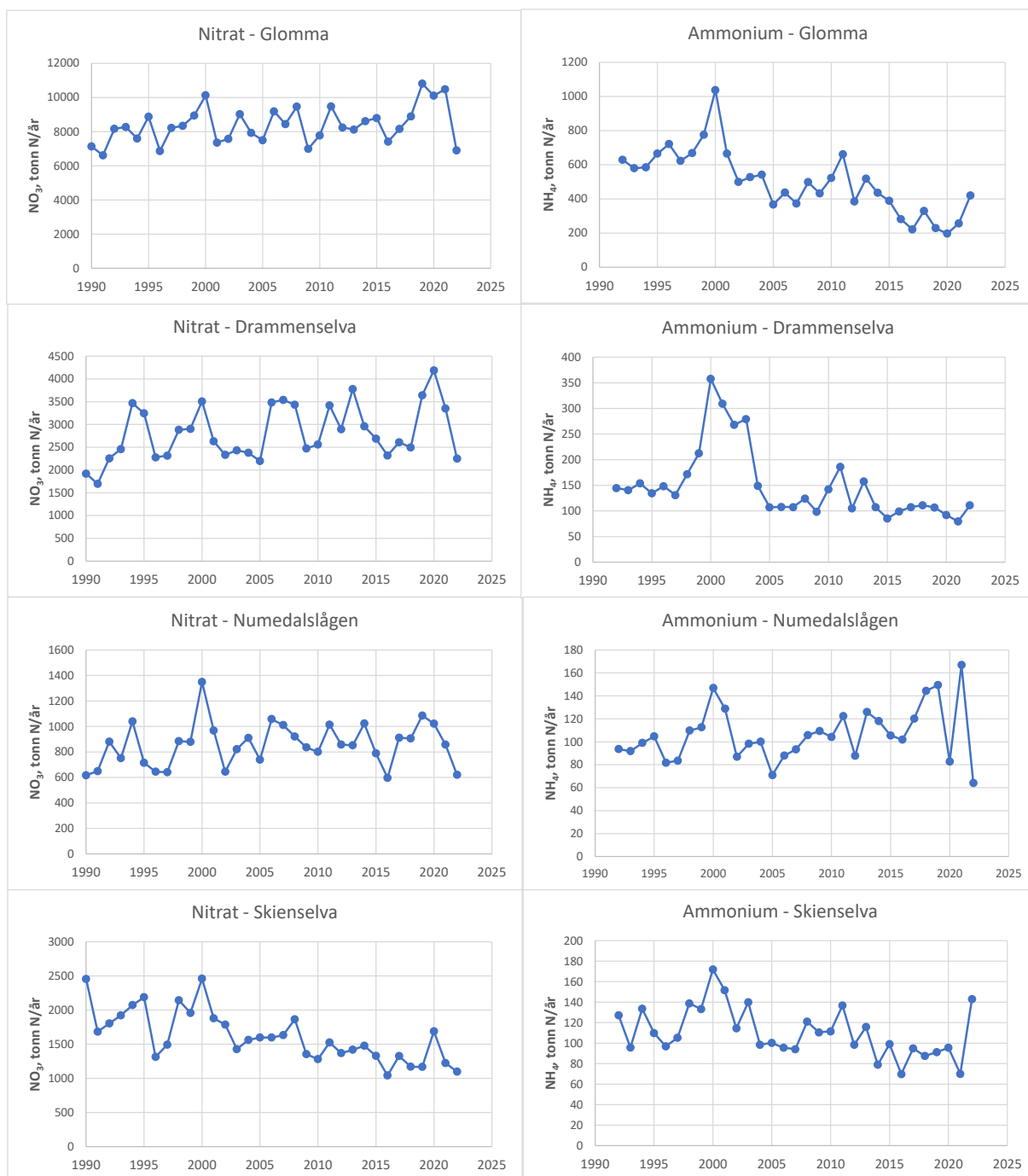
Elv	Q, mill m ³ /år	SPM tonn/år	SiO ₂ tonn/år	TOC* tonn/år	Tot-P tonn/år	PO ₄ tonn/år	Tot-N tonn/år	NH ₄ tonn/år	NO ₃ tonn/år
Glomma			511			3.6	81	-16.4	47
Drammenselva	76	434	241	494	1.2	0.6		-2.2	
Numedalslågen		457	84		0.8	0.7	16		
Skienselva							-19	-1.4	-29

	Signifikant nedadgående trend (p < 0.05)	* Trend-analyse for TOC starter i 1999
	Signifikant oppadgående trend (p < 0.05)	

Som Figur 7 viser er det forholdsvis stor år-til-år variasjon i transporten av total fosfor og i tillegg er det et hull i dataserien fra 1999 til 2003 (prøvene ble analysert ved et annet laboratorium og resultatene måtte forkastes pga. store avvik fra tidsserien før og etter). Drammenselva og Numedalslågen viser likevel en signifikant økende transport av Tot-P siden 1990. Fosfat (PO₄) i elver er ofte knyttet til partikler og øker derfor gjerne i forbindelse med flommer. Alle de fire elvene, bortsett fra Skienselva, har hatt en signifikant økning i fosfat-transporten i overvåkingsperioden.



Figur 7. Årlige tilførsler av total fosfor (venstre) og nitrogen (høyre) i de fire største vassdragene rundt Ytre Oslofjord 1990 - 2022. Data fra Elveovervåkings-programmet (Kaste m.fl. 2023).



Figur 8. Årlige tilførsler av nitrat (venstre) og ammonium (høyre) i de fire største vassdragene rundt Ytre Oslofjord 1990 - 2022. Data fra Elveovervåkings-programmet (Kaste m.fl. 2023).

Transporten av totalt nitrogen har økt i Glomma og Numedalslågen, mens ammonium (NH₄) har avtatt i tre av fire elver. Transporten av nitrat (NO₃) har økt i Glomma. I 2021 hadde også Drammenselva og Numedalslågen signifikant økende NO₃-trender, men lavere vannføring enn normalt i 2022 er trolig hovedårsak til at trendene ikke lenger var signifikante når tidsserien ble forlenget til og med 2022.

Den avtakende NO₃-trenden i Skienselva skyldes trolig at NO₃-konsentrasjonen i vassdraget er mindre påvirket av lokale kilder, og er i større grad styrt av langtransporterte luftforurensninger. Redusert avsetning av nitrogen fra langtransportert forurenset luft og nedbør siden 1990 har ført til nedgang i konsentrasjonene av NH₄ og NO₃ i mange vassdrag i Sør-Norge (Vogt og Skancke 2023). Reduserte lokale utslipp kan også i noen grad ha bidratt til reduserte tilførsler av NH₄ i Glomma, Skienselva og Drammenselva, men det må samtidig bemerkes at NH₄ utgjør en svært liten andel av den totale nitrogentransporten i elvene (NH₄ utgjorde kun ca. 4% av Tot-N transporten i Glomma i 2022).

2.3 Middelkonsentrasjoner i elvene i 2023

Glomma hadde de høyeste middelkonsentrasjonene av partikler, silikat, total fosfor (Tot-P), fosfat, totalt nitrogen (Tot-N) og nitrat i 2023⁴ (Tabell 5). Ekstremværet «Hans» i august 2023 var med på å trekke opp middelkonsentrasjonene for de fleste av de målte komponentene i 2023. Dette gjaldt spesielt for Drammenselva, men også i Glomma og dels i Numedalslågen. I Drammenselva var middelkonsentrasjonen av total fosfor i 2023 dobbelt så høy som i 2022, mens økningen i total nitrogen var mer moderat med rundt 20 %. Flommene rammet hovedsakelig elvene i det sentrale Østlandsområdet, og effektene var mindre tydelige i Skienselva.

Samlet vannføring til Ytre Oslofjord fra de fire store elvene var 45-115 % høyere i 2023 enn i 2022 (Tabell 3), men transportberegningene for elvene for 2023 er ikke klare og vi vet derfor ikke hvordan den høyere vannføringen i elvene påvirket den totale tilførselen av de ulike stoffene i 2023.

Tabell 5. Middelkonsentrasjoner av utvalgte stoffer i elvene i 2023. Data fra Elveovervåkingsprogrammet.

	SPM mg/l	SiO ₂ mg/l	TOC mg/l	Tot-P µg/l	PO ₄ -P µg/l	Tot-N µg/l	NO ₃ -N µg/l	NH ₄ -N µg/l
Glomma	10,0	4,0	4,7	20	11	526	296	9
Drammenselva	6,7	3,4	4,0	11	6	421	245	6
Numedalslågen	6,6	3,9	4,7	13	7	389	190	22
Skienselva	1,5	2,4	3,1	4	2	269	112	24

⁴ Vannkjemiske data (konsentrasjoner i vannprøver) fra elvene foreligger for 2023, men fordi vannføringsdataene ikke er ferdig kvalitetssikret fra NVE, kan det foreløpig ikke beregnes transport/tilførsler for dette året.

3 Vannmasser

I 2023 ble det gjennomført vannmasseovervåkning på 18 stasjoner i Ytre Oslofjord (Tabell 6). Prøvetakning ble gjennomført sju ganger i 2023 i månedene februar, mars, mai, juni, august, september og november. I tillegg ble fem av stasjonene i Hvaler-området (Ø-1, I-1, I-4, I-5 og S-9) prøvetatt også i april, juli og oktober, totalt ti ganger. Alle innsamlinger er foretatt av NIVA med Universitet i Oslos forskningsfartøy F/F Trygve Braarud, med unntak av de ekstra innsamlingene i Hvaler som er gjort av NIVA i samarbeid med SH Maritim ombord M/S Springeren.

Det gjennomføres prøvetakning av fysiske parametere: saltholdighet, temperatur og siktdyp, kjemiske parametere: Tot-P, Tot-N, løste næringssalter ($\text{NO}_2 + \text{NO}_3$, NH_4 , PO_4 og SiO_2), oksygen (målt med sonde gjennom vannsøylen) og løst organisk karbon (DOC), samt biologiske parametere: klorofyll-a, kvalitative og kvantitative analyser av planteplankton. Videre informasjon om prøvetakning og prøvetakningsfrekvens, samt en oppsummering av dataene er tilgjengelig i fagrapporten for vannmasser som ble publisert tidligere i år (Engesmo m.fl. 2024).

Tabell 6 Vannmassestasjoner som er blitt overvåket i Ytre Oslofjord-programmet i 2023 og deres tilsvarende vanntyper basert på vann-nett.no. Vannlokalitet-ID er hentet fra vannmiljo.miljodirektoratet.no. Koordinater er gitt i WGS84.

Stasjonsnavn	NIVA kode	Vann lokalitet-ID	Breddegrad	Lengdegrad	Vanntype	
Frierfjorden	BC-1	38293	59,1044	9,6180	S5	Sterkt ferskvannspåvirket fjord
Bolærne*	BO-1	89847	59,1899	10,5362	S2	Moderat eksponert kyst
Midtre Drammensfjord	D-2	38286	59,6278	10,4210	S5	Sterkt ferskvannspåvirket fjord
Indre Drammensfjord	D-3	38299	59,7059	10,3135	S5	Sterkt ferskvannspåvirket fjord
Ramsø, Østerelva	I-1	38290	59,1094	11,0020	S3	Beskyttet kyst/fjord
Kallera**	I-4	002-4230-R	59,1845	10,9514	R108	Svært stor, moderat kalkrik, humøs elv
Isegransbukta**	I-5	002-4230-R	59,201	10,947	R108	Svært stor, moderat kalkrik, humøs elv
Kjellvik, Iddefjorden	ID-2	38298	59,0745	11,3850	S5	Sterkt ferskvannspåvirket fjord
Krokstadfjorden	KF-1	101543	59,2887	10,7290	S2	Moderat eksponert kyst
Larviksfjorden	LA-1	38287	59,0193	10,0516	S2	Moderat eksponert kyst
Kippenes	MO-2	38297	59,4843	10,6781	S3	Beskyttet kyst/fjord
Ringdalsfjorden	R-5	38291	59,1117	11,3143	S5	Sterkt ferskvannspåvirket fjord
Haslau, Singlefjorden	S-9	38292	59,1143	11,1617	S3	Beskyttet kyst/fjord
Sandefjordsfjorden/ Kvernberget	SF-1/ SF-3	38300	59,0680	10,2475	S3	Beskyttet kyst/fjord
Skjebergkilen	SKJ-1	96451	59,1800	11,1800	S3	Beskyttet kyst/fjord
Sponvika	SP-1	89848	59,0897	11,2317	S3	Beskyttet kyst/fjord
Vestfjorden	TØ-1	38288	59,2028	10,3554	S3	Beskyttet kyst/fjord
Leira, Vesterelva	Ø-1	38289	59,1365	10,8340	S1	Åpen eksponert kyst

*Stasjon BO-1 Bolærne ligger inne i Færder nasjonalpark.

** Stasjon I-4 Kallera og I-5 Isegransbukta er lagt så langt som mulig inn mot Glommas utløp utenfor Fredrikstad, derfor er disse stasjonene ferskvannsstasjoner iht. vann-nett, de er i klassifiseringen av tilstand behandlet som vanntype S5 – Sterkt ferskvannspåvirket fjord.

3.1 Klassifisering av vannmasser

I denne rapporten er det klassifisert ifølge Veileder 02:2018 (Direktoratsgruppen vanndirektivet 2018), som er Miljødirektoratets klassifiseringssystem 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, inkludert planteplankton, ved parameteren klorofyll-a, som brukes for klassifisering av økologisk tilstand i vannmassene. Det er flere uklarheter i Veileder 02:2018, i avsnittene under er det derfor beskrevet hvilke valg som er tatt i forhold til klassifisering av de forskjellige elementene. Dette er også diskutert i mer detalj i tidligere årsrapporter for dette programmet. Miljødirektoratet jobber, i samarbeid med NIVA og HI, med en ny utgave av klassifiseringsveilederen som både vil tydeliggjøre og lette klassifiseringsarbeidet, og innebærer betydelige endringer på klassegrenser for enkelte parametere (se bl.a. Walday m.fl. 2023). For å holde resultatene sammenlignbare med tidligere rapporter er de foreslåtte endringene ikke inkludert i denne rapporten, men vi anbefaler på det sterkeste å følge den nye klassifiseringsveilederen så snart denne foreligger.

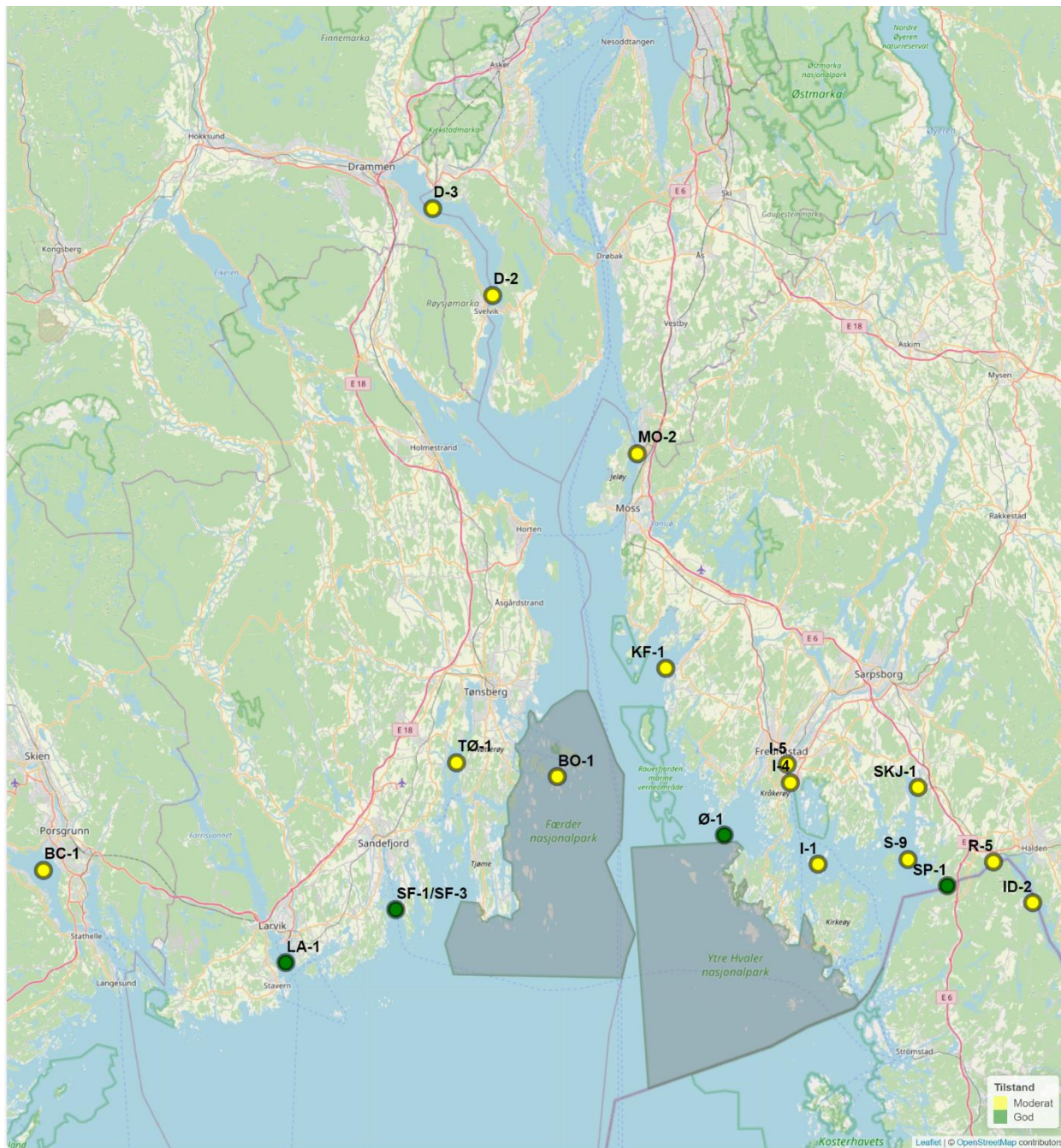
Prøvetakningsfrekvensen i dette programmet er lavere enn minstekravene i Veileder 02:2018. Det er derfor forsøkt å spre prøvetakingene utover året på en slik måte at både vinter- og sommerperioden blir ivaretatt, men også den økologisk viktige våroppblomstringen. Dette innebærer at det ikke lenger samles prøver i juli, istedenfor inkluderes september-prøvetakingen i sommerklassifiseringen. Prøvetakingen i november legges så sent som mulig i måneden og inkluderes i vinterklassifiseringen.

I veilederen er det forskjellige klassegrenser for klorofyll-a for de ulike vanntypene i Skagerrak (se tabell 9.3 i Veileder 02:2018), men for vanntype S5 (Sterkt ferskvannspåvirket fjord) fins det ikke klassegrenser for klorofyll-a; der vil i prinsippet støtteparameterne alene bestemme klassifiseringen av vannmassene. Dette fører som regel til en dårlig klassifisering, ettersom det generelt er lave siktdyp og dårlige oksygenforhold i mange av disse vannforekomstene som trekker klassifiseringen ned. Klorofyll-a derimot, er et biologisk kvalitetselement og hvis det inkluderes kan støtteparameterne kun trekke tilstandsklassen ned til moderat ifølge veilederen (se figur 3.6 i Veileder 02:2018). Vi har valgt å klassifisere stasjonene i vanntype S5 for klorofyll-a etter klassegrensene til vanntype S3 (Beskyttet kyst/fjord), som er konsekvent i forhold til det som er gjort foregående år i denne programperioden. Det bemerkes at dersom Veileder 02:2018 hadde blitt fulgt på dette punktet ville både stasjonene i Drammensfjorden, Frierfjorden og deler av Hvaler blitt klassifisert til «dårlig» eller «svært dårlig» tilstand.

For støtteparameterne fins det to tabeller i Veileder 02:2018: tabell 9.26 som gjelder for saltholdighet over 18 psu, og tabell 9.27 som gjelder for saltholdighet lavere enn 18 psu. I denne rapporten blir valg av tabell basert på middelverdien av saltholdighet målt i 0-5 m dyp for hele 2023. I tabell 9.27 fins det ikke klassegrenser for oksygen og ammonium. For oksygenforholdene er det ikke vist noen sammenheng mellom oksygen i bunnlaget og saltholdighet i overflatelaget. Klassegrensene for oksygen er basert på hvordan leveforholdene for dyrelivet i dypvannet er, og dette er uavhengig av saltholdigheten i overflatelaget. Når det gjelder oksygen har det derfor blitt benyttet klassegrenser fra tabell 9.26 for alle stasjonene. Ammonium er også klassifisert med klassegrenser hentet fra tabell 9.26.

3.2 Vannkvalitet i vannmassene i perioden 2021-2023

Klassifisering for perioden 2021-2023 er oppsummert i Figur 9 og fullstendig klassifisering av både klorofyll-a og de fysisk-kjemiske støtteparametrene er vist i Tabell 7. Av de 18 stasjonene som er prøvetatt i 2023 får 14 stasjoner den samlede tilstanden «moderat», mens de resterende fire får «god» tilstand. Stasjonene som oppnår «god» tilstandsklasse er Sandefjordsfjorden og Larviksfjorden, samt de to Hvaler-stasjonene Sponvika og Leira (Vesterelva). Det er hovedsakelig mengden næringssalter, oksygenforholdene ved bunn og siktdypet som trekker klassifiseringen ned i de fleste områder. I tillegg ses det en generell trend der tilstanden er bedre på de sentrale stasjonene med god vannutskiftning enn stasjonene inne i fjordarmene.



Figur 9 Vannmassestasjonene som har vært inkludert i Ytre Oslofjord-overvåkingsprogrammet i 2023. Fargen på symbolet viser tilstandsklasse for stasjonen. I tillegg vises de to nasjonalparkene Færder og Ytre Hvaler som skraverte områder.

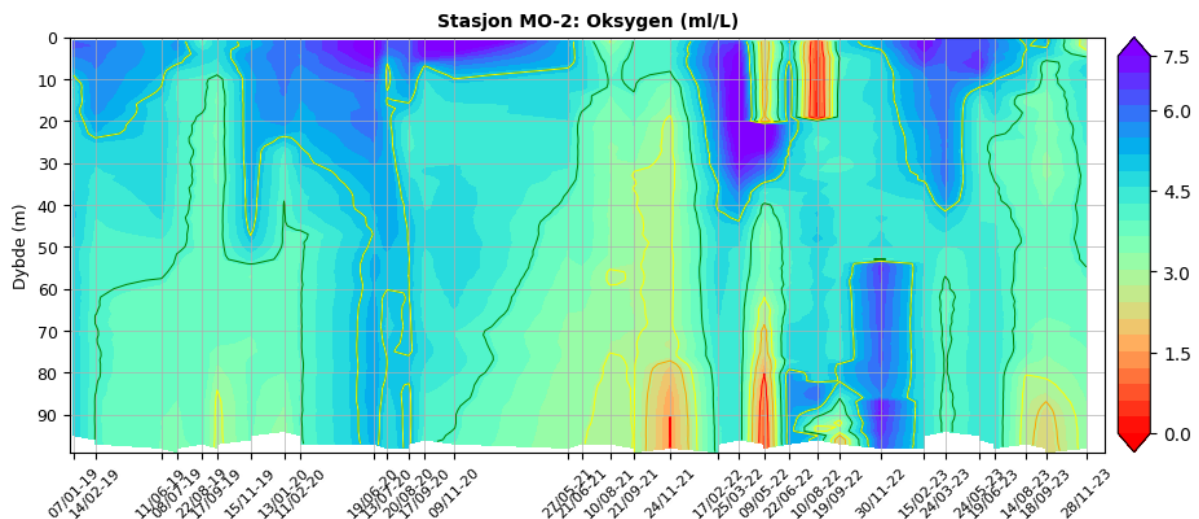
Den eneste stasjonen i Grenland som er inkludert i dette programmet ligger i Frierfjorden (BC-1) og her er det vinterkonsentrasjonene av fosfat og Tot-N som sammen med oksygenkonsentrasjonen trekker klassifiseringen ned til moderat. Det var en dypvannsfornyelse sommeren 2023, men i løpet av høsten er det igjen dårlige oksygenforhold ved bunnen.

Stasjonene i Larviksfjorden (LA-1) og Sandefjordsfjorden (SF-3) er begge sentralt plassert og er av de minst ferskvannspåvirkede stasjonene i programmet. Begge stasjonene oppnår god tilstandsklasse. Sandefjordsfjorden er også den eneste stasjonen i programmet som oppnår god tilstand for siktdyp.

Det er to stasjoner i Tønsberg-området, en inne i Tønsbergfjorden (TØ-1) og mer sentralt plassert ved Bolærne (BO-1), som begge får moderat tilstandsklasse. Det er oksygenkonsentrasjonen som trekker tilstanden ned på begge stasjoner. Stasjonen ved Bolærne ligger inne i Færder nasjonalpark.

Drammensfjorden er det mest ferskvannspåvirkede området i programmet, gjennomsnittlig saltholdighet i overflatelaget lå på om lag 2 psu i 2023. Under ferskvannslaget kommer det en tydelig sjiktning av vannet og dypere enn om lag 10 meter er det tilnærmet full salinitet. Drammensfjorden er preget av lav estuarin sirkulasjon, noe som fører til dårlig omrøring av vannmassene og betydelige oksygenproblemer ved bunn. Begge stasjonene (D-2 og D-3) har svært dårlig oksygenforhold. Det er dette, samt nitrogenkonsentrasjonen for både sommer og vinter som trekker stasjonene ned til moderat klassifisering.

Stasjonen i Mossesundet (MO-2) er relativt lite ferskvannspåvirket og oppnår god klassifisering for næringssalter. Det er moderat siktdyp på stasjonen. De senere årene har det blitt målt stadig dårligere oksygenforhold og ved flere anledninger har målingene vært nede i tilstandsklasse dårlig (Figur 10). Stasjonen oppnår derfor kun moderat klassifisering.



Figur 10 Oksygenkonsentrasjon målt i ml/l på stasjon MO-2 fra 2019 til 2023. Det er tegnet inn konturlinjer for 4.5 ml/l (grønn), 3.5 ml/l (gul), 2.5 ml/l (oransje) og 1.5 ml/l (rød), noe som er tilsvarende klassegrensene for oksygenkonsentrasjoner.

Krokstadjorden får moderat klassifisering, det er siktdypet og oksygenforholdene som er utslagsgivende for klassifiseringen.

Leira (Ø-1) er den ytterste stasjonen i Hvaler-området. Denne ligger utenfor Glommas vestre utløp, nærme grensen til Ytre Hvaler nasjonalpark. Stasjonen er en av de mindre ferskvannspåvirkede stasjonene i Hvaler og oppnår god klassifisering. Stasjon I-1 ligger på Ramsøflaket, utenfor Glommas østre utløp, her er overflatelaget tydelig ferskvannspåvirket og svært dårlige oksygenforhold trekker tilstanden ned til moderat. Alle stasjonene i Hvaler-området har dårlig eller svært dårlig siktdyp.

Det er inkludert to stasjoner rett utenfor gamlebyen i Fredrikstad (I-4 og I-5) som er plassert så langt oppe i elveløpet at de per definisjon er ferskvannsstasjoner. Begge stasjonene er relativt grunne og i perioder med høy vannføring i Glomma vil det være kun ferskvann på stasjonene, men normalt har de et ferskvannslag i de øverste fem meterne og et saltvannslag lengre ned. I dette programmet klassifiseres de som vanntype S5 (sterkt ferskvannspåvirket fjord) og begge kommer ut med moderat klassifisering. Det er hovedsakelig næringssaltkonsentrasjonene som trekker ned, særlig måles det høye vinterverdier av fosfat. Det er også veldig dårlig siktdyp på stasjonene.

Lengre inn i Hvaler ligger Singlefjorden (stasjon S-9) som også er tydelig ferskvannspåvirket, særlig i sommerperioden. Stasjonen klassifiseres som moderat, det er tidvis dårlige oksygenforhold, samt dårlig siktdyp som trekker klassifiseringen ned. Innerst i Singlefjorden ligger Skjebergskilen (SKJ-1), også her er det oksygenforholdene og siktdyp som trekker tilstandsklassifiseringen ned til moderat.

Innerst i Hvaler finner man fjordsystemet Ringdalsfjorden-Iddefjorden, og ved munningen til dette fjordsystemet ligger Sponvika (SP-1). Dette er den andre stasjonen i Hvaler som oppnår god tilstand. Innenfor terskelen til Ringdalsfjorden ligger stasjon R-5, det ble målt dårlige både vinter- og sommerverdier av nitrogenforbindelser på stasjonen, kombinert med svært dårlig oksygenforhold og dårlig siktdyp trekkes tilstandsklassen ned til moderat. Den innerste stasjonen i Hvaler ligger i Iddefjorden (ID-2) og er også betydelig ferskvannspåvirket. Det er svært dårlige oksygenforhold på stasjonen. I 2023 var det en dypvannsfornyelse i mars, men allerede på prøvetakningen i mai ble det målt dårligere forhold og situasjonen forverret seg utover sommeren til det igjen var helt anoksiske forhold i august. Det ble målt høye sommerverdier av nitrogenforbindelser og høye vinterverdier av fosfat og Tot-N. I tillegg var det dårlig siktdyp på stasjonen.

Det måles meget høye ammonium-verdier i Frierfjorden, Drammensfjorden og hele Hvaler-området, særlig innerst i systemet (Iddefjorden og Ringdalsfjorden). Dette er en effekt som til dels skjules i klassifiseringen ettersom klassegrensene for ammonium er unaturlig høye (Walday m.fl. 2023). Nye klassegrenser for ammonium er under utarbeidelse og vil være klare i slutten av 2024. Ammonium er en av de mest biotilgjengelige formene for uorganisk nitrogen (Mulholland og Lomas 2008), og at det er relativt store mengder tilgjengelig gjennom sommerperioden tyder på betydelig eutrofiering i området som planteplanktonet ikke klarer å omsette til biomasse.

Tabell 7 Klassifisering av vannmassene basert på data fra 2021-2023 (unntaket er stasjon I-5 som prøvetas for første gang i 2023). Data for siktdyp er fra sommeren 2023. Oksygentilstanden er basert på den laveste oksygenverdien målt på det dypeste dypet ved hver stasjon over de tre årene.

Stasjon	Vanntype	Sal. (psu) 0-5 m	Klf-a (µg/L)	TOTP (µg/L)	PO ₄ (µg/L)	TOTN (µg/L)	NO ₃ +NO ₂ (µg/L)	NH ₄ (µg/L)	TOTP (µg/L)	PO ₄ (µg/L)	TOTN (µg/L)	NO ₃ +NO ₂ (µg/L)	NH ₄ (µg/L)	Oksygen Tilstand	Siktdyp (m) gjenn. (mai-aug. 2021- 2023)	Samlet Tilstand
		Hele året (2023)	Feb.- Okt. (2021- 2023)	Sommer (jun.-sep. 2021-2023)					Vinter (nov.-feb. 2021-2023)							
D-3*	S5	1,8	2,77	6,2	2,2	370	160	31	5,1	6,45	465	300	26	SD	2,49	M
D-2*	S5	2,1	3,57	6,6	2,1	350	110	21	5,45	9,25	445	210	17	SD	2,67	M
I-5*	S5	3,2	2,84	9,35	4,55	390	200	25,5	21	18,5	240	90,5	14	M	1,43	M
I-4*	S5	5,6	2,5	10,5	5,05	400	170	39,5	18	17	445	100	49,5	G	1,93	M
BC-1*	S5	5,8	4,72	8,5	1,5	300	60	28	9,7	12,5	395	145	32,5	SD	4,13	M
ID-2*	S5	10,4	6,85	9,1	1,5	430	170	66	12	10,3	545	210	14,5	SD	2,26	M
R-5*	S5	11,6	6,08	10	3	390	86	42	15	14,5	615	175	49,5	SD	2,20	M
I-1	S3	18,4	3,2	9,6	1,2	290	11	24,5	17	14	240	77	13,3	SD	2,56	M
SKJ-1	S3	19,7	5,18	12	1,9	280	3,5	16	15	14	250	66	8,3	M	3,56	M
SP-1	S3	20,1	4,4	12	2	270	14	21	17	13	280	69,5	15,5	G	3,01	G
S-9	S3	21,3	5,34	10,5	1,2	270	5,15	14,5	17,5	12,5	235	75,5	14	M	3,30	M
LA-1	S2	23,3	2,94	8,7	1	220	1	8,4	17,5	9,8	280	67	12	G	5,86	G
BO-1	S2	23,4	2,95	8,5	1,1	210	1	8,6	16	11,8	265	90,5	9,55	M	5,62	M
MO-2	S3	23,5	4,3	7	1	220	1	6,3	14	13	270	110	6,6	D	5,32	M
Ø-1	S1	23,9	3,7	9,1	1	215	2,25	12,5	15	12	250	74,5	8,95	G	4,08	G
KF-1	S2	24,2	3,8	11	2,2	240	3,2	14	16	15	260	83	14	M	3,66	M
TØ-1	S3	24,4	2,82	10	1,5	230	1	11	19	13	300	120	15	D	5,57	M
SF-3	S3	25,0	3,91	9,7	1,4	220	1	10	18	12	250	55,5	12,5	G	6,86	G

* Klf-A klassifisering basert på vanntype S3, ettersom S5 ikke har klassegrenser.

^a Klassifisering basert på tabell 9.27, PSU 5, i veileder 02:2018.

^b Klassifisering basert på tabell 9.27, PSU 18, i veileder 02:2018.

^c Klassifisering basert på tabell 9.26 i veileder 02:2018.

3.3 Siktdyp



Figur 11 Siktdypet måles ved at en hvit Secchi-skive senkes ned i vannsøylen til man ikke lenger kan se den. Siktdypet er det dypet der du akkurat får øye på skiven når den trekkes opp igjen. Fargen på vannet forteller også mye om egenskapene til vannet. Brunt vann tyder ofte på betydelig ferskvannspåvirkning.

Siktdypet er et mål for hvor klart vannet i overflaten er, illustrert i Figur 11, og er inkludert i klassifiseringssystemet som en fysisk-kjemisk støtteparameter. Der det er mye partikler i vannet vil det være grumsete vann og tilsvarende dårlig siktdyp. Dette gir dårligere levestandarder for alle organismer som lever på bunnen av fjorden. Dårlig siktdyp er tett knyttet til begrepet «kystformørkning» som er observert i både Skagerrak og Nordsjøen i de senere år. Man antar at kystformørkningen er knyttet til økt tilførsel av DOC (løst organisk karbon). DOC bidrar til økt lyssvekning i vannsøylen og mindre lys trenger ned i dypet. I Skagerrak er det allerede høye konsentrasjoner av DOC og cDOM, som er den fargede delen av det organiske stoffet, i forhold til andre norske kystområder (Frigstad m.fl. 2020).

Det er generelt veldig dårlig siktdyp i Oslofjorden, når tidligere klassifisering oppdateres med tall fra 2023 er det kun stasjonen i Sandefjordsfjorden som oppnår god klassifisering. Seks stasjoner kommer i tilstandsklasse moderat, ti stasjoner i tilstandsklasse dårlig og en stasjon i tilstandsklasse svært dårlig. Det er særlig stasjonene på Østfold-siden (Mossesundet, Krokstadfjorden og hele Hvaler) som har de dårligste siktdypene.

Som nevnt forteller siktdypet oss hvor dypt lyset trenger ned i vannsøylen. Eufotisk dyp definert som 1 % lysdyp settes i Oslofjorden til ca. 2 ganger siktdypet (Aas m.fl. 2014). Lavt siktdyp kan skyldes flere faktorer hvor de viktigste er partikler i vannet, løst organisk stoff (DOC) og planteplankton (målt som klorofyll-a). I Oslofjorden forklarer DOC betydelig mer av de lave siktdypene i fjorden enn klorofyll, men det er en stor rest som ikke forklares av parameterne som måles i programmet i dag (Tabell 8). Sannsynligvis er en betydelig del av denne resten turbiditet, altså partikler i vannet. Ved den innerste stasjonen i Drammensfjorden og i Hvaler-området forklarer DOC-konsentrasjonen en betydelig del av det observerte siktdypet. Ettersom dette er områder med stor ferskvannstilførsel fremstår det fornuftig at DOC er en viktigere forklaringsvariabel for siktdypet her enn i mer åpne områder og når man har sterk

partikkelpåvirkning. Dersom alle målingene i hele programmet slås sammen forklarer DOC alene 24 % av variabiliteten i siktdyp, mens klorofyll-a konsentrasjonen forklarer kun 3 %. Når dataene fra 2023 ble inkludert ble klorofyll-a konsentrasjonen en viktigere forklaringsvariabel enn den har vært tidligere år, noe som sannsynligvis forklares av at det har vært veldig mye algevekst i 2023. Det er store lokale forskjeller, for eksempel er klorofyll-a en viktig forklaringsvariabel for siktdypet i de mer åpne områdene som Mossesundet, Bolærne, Larviksfjorden og Sandefjordsfjorden.

Tabell 8 Statistisk analyse (PERMANOVA) av sammenhengen mellom siktdyp, DOC og klorofyll-a fra 2019-2023. Tallene i de tre midterste kolonnene angir hvor mye av variansen som kan forklares av variablene DOC og klorofyll-a. Tallet i parentes er p-verdien, som indikerer om resultatet er signifikant ($p < 0,05$, er markert rødt). Siktdyp-verdiene er fra perioden 2021-2023.

Stasjon	% varians (p-verdi)			Siktdyp (m)
	DOC	Klf-a	Rest	
BC-1	0,90 (0,665)	0,76 (0,692)	98,34	4,13
BO-1	12,32 (0,036)	29,37 (0,002)	58,31	5,62
D-2	8,12 (0,158)	3,63 (0,332)	88,25	2,67
D-3	23,02 (0,012)	0,07 (0,883)	76,91	2,49
I-1	29,52 (0,001)	0,39 (0,644)	70,09	2,56
I-4	0,12 (0,881)	0,27 (0,815)	99,61	1,93
I-5	37,16 (0,117)	1,22 (0,720)	61,62	1,43
ID-2	24,84 (0,002)	14,74 (0,022)	60,42	2,26
KF-1	24,13 (0,043)	1,93 (0,511)	73,94	3,66
LA-1	12,24 (0,069)	17,83 (0,035)	69,93	5,86
MO-2	3,03 (0,324)	23,25 (0,008)	73,72	5,32
R-5	23,52 (0,017)	0,17 (0,812)	76,31	2,20
S-9	25,20 (0,001)	12,89 (0,006)	61,91	3,30
SF-1/SF-3	4,37 (0,315)	24,36 (0,027)	71,27	6,86
SKJ-1	19,17 (0,077)	0,25 (0,831)	80,58	3,56
SP-1	31,62 (0,020)	0,00 (0,995)	68,38	3,01
TØ-1	4,45 (0,384)	7,46 (0,312)	88,09	5,57
Ø-1	38,56 (0,001)	11,64 (0,004)	49,80	4,08
Totalt ytre OF	24,50 (0,001)	2,60 (0,001)	72,90	

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. Tallgrunnlaget i denne analysen er foreløpig relativt lite, og resultatene kan være påvirket av manglende data. Dersom man ønsker sikrere svar på hvorfor det er dårlig siktdyp i Oslofjorden, kan det være hensiktsmessig å inkludere parametere som måler partikler og farget stoff i overvåkningsprogrammet, aktuelle parametere vil være turbiditet, farget løst organisk materiale (cDOM) og totalt suspendert materiale (TSM, både organisk og uorganisk materiale).

4 Planteplankton

Planteplankton er encellede frittlevende mikroskopiske organismer. Deres vekst er styrt av en rekke faktorer. Blant de viktigste 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 mengde (biomasse). Planteplankton går gjennom en naturlig suksesjon i løpet av året med våroppblomstring tidlig på året. Våroppblomstringen er et viktig næringsgrunnlag for dyrelivet i havet. Etter oppblomstringen må planteplanktonet tilføres næringssalter fra *in situ* regenerering av organisk materiale, underliggende vannmasser eller via avrenning for igjen å kunne bygge opp høy biomasse. Ved tilførsel av næringssalter utover naturlig mengder, kan resultatet bli det som ofte kalles eutrofiering (økt planteproduksjon).

Planteplanktonceller kan dele seg så ofte som en gang i døgnet, noe som gir enormt potensiale for vekst. En celle kan bli til 1000 i løpet av 10 døgn. Denne veksten fortsetter frem til ressursene er oppbrukt og algepopulasjonen kan da kollapse raskt. På grunn av den raske responsen på næringssalter, samt rask vekst kan planteplanktonsamfunnet variere stort i tid og rom og store endringer kan komme på kort tid. Dette er et viktig bakteppe for tolkning av planteplanktondataene; prøvene gir øyeblikksbilder og bidrar med lite informasjon om situasjonen mellom prøvetakninger. Derfor er det viktig med høy-frekvens data som kan komplimentere overvåkingen, for eksempel fra FerryBox-systemet.

4.1 Klassifisering av planteplankton

Planteplankton er et biologisk kvalitetselement som klassifiseres utelukkende ved hjelp av konsentrasjonen av klorofyll-a, som da fungerer som en proxy for mengden av planteplankton. Klorofyll-a er et fotopigment som deles av alle fotosyntetiserende alger. Det er imidlertid stor forskjell på klorofyll-a innhold mellom planteplanktongrupper, i tillegg varierer det med andre faktorer som cellens fysiologiske status, lysforhold og tilgang på næringssalter (Sakshaug 1977). På grunn av dette er klorofyll-a en omdiskutert indikator for planteplanktonbiomasse.

I dette programmet, som i overvåkningsprogrammer generelt, benyttes mengden planteplankton som en eutrofi-indikator og i det norske klassifiseringssystemet er det 90-persentilen for hele vekstsesongen som kalkuleres og klassifiseres (Veileder 02:2018). For at 90-persentilen gjennom vekstsesongen skal klare å fange opp den faktiske algesituasjonen er man avhengig av at våroppblomstringen fanges opp av prøvetakningen. Dette gjør 90-persentilen sårbar, særlig for programmer med lav prøvetakningsfrekvens. Tidligere var det sommermiddelverdien som utgjorde klorofyllklassifiseringen i Norge (Molvær m.fl. 2005) og i våre nordiske naboland er det fortsatt sommermiddelverdien som brukes (Carstensen 2016). Argumentet for å benytte seg av sommermiddelverdien i forhold til eutrofieffekter er at de næringsstoffene som akkumuleres gjennom vinteren utarmes av den naturlige våroppblomstringen. Når denne næringen er brukt opp vil det likevel være et samfunn av planteplankton som er klare til å vokse, dersom forholdene igjen ligger til rette for det. Derfor kan man anta at planteplanktonoppblomstringer etter den opprinnelige våroppblomstringen er et resultat av pulser av ny næring, altså eutrofi.

Den norske veilederen er for øyeblikket under revisjon og selv om vi ikke ønsker å forskuttere dette arbeidet har vi her valgt å vise hvordan klorofyll-klassifiseringen ville blitt for 2023 dersom grenseverdiene på Svensk side av grensen ville blitt benyttet (HVMFS 2019:25⁵) (Tabell 9). Det er

⁵<https://www.havochvatten.se/download/18.4705beb516f0bcf57ce1c145/1576576601249/HVMFS%202019-25-ev.pdf>

tidligere gjennomført en interkalibrering for klorofyll-a for Norge, Sverige og Danmark i de vanntypene i Skagerrak vi deler, i Oslofjorden er det derfor mulig å benytte seg av de svenske verdiene for klassifisering av sommermiddelverdi (Carstensen m.fl. 2016). Ved klassifisering av EQR er det vanlig å benytte seg av data fra tre år av gangen, dette eksemplet inneholder kun data fra 2023 og den Norske klassifiseringen blir derfor dårligere enn klassifiseringen i Tabell 7 som baserer seg på data fra de tre siste årene. Det er likevel verdt å merke seg at klorofyllklassifiseringen ville vært betydelig dårligere dersom klassegrensene fra Sverige, som er bedre egnet for å plukke opp eutrofieffekter, ville blitt benyttet.

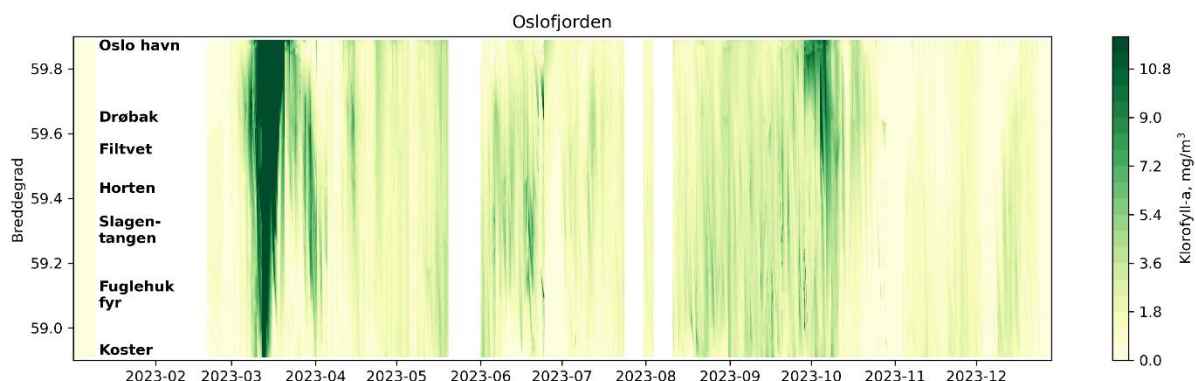
Tabell 9 Klorofyll-a konsentrasjoner fra 2023 klassifisert etter hhv. Norsk og Svensk klassifiseringsmetodikk. Alle stasjoner med vanntype S5 er klassifisert med klassegrenser fra S3.

		Norsk klassifisering	Svensk klassifisering
Stasjon	Vanntype	90-persentil	Sommermiddel
BC-1	S5	3,70	3,33
BO-1	S2	4,18	3,04
D-2	S5	1,69	1,25
D-3	S5	1,46	1,23
KF-1	S2	5,19	3,92
LA-1	S2	5,30	1,82
MO-2	S3	4,91	2,81
SF-3	S3	7,98	4,21
SKJ-1	S3	7,31	4,74
SP-1	S3	8,65	2,80
TØ-1	S3	5,60	4,05
I-1	S3	2,76	1,69
I-4	S5	2,42	2,18
I-5	S5	2,87	2,57
S-9	S3	5,99	4,75
Ø-1	S1	4,51	3,99
ID-2	S5	7,55	6,48
R-5	S5	7,20	4,7

4.2 Planteplanktonsamfunnet i 2023

I 2023 ble det analysert planteplanktonprøver fra syv stasjoner: Drammensfjorden (D-2), Tønsberg (TØ-1), Larviksfjorden (LA-1), Ringdalsfjorden (R-5) og Haslau i Singlefjorden (S-9) i Hvaler, Krokstadfjorden (KF-1) og Mossesundet (MO-2). Planteplanktonsamfunnet blir analysert ved alle prøvetakninger, med unntak av november. Veileder 02:2018 definerer vekstsesongen for planteplankton til å vare fra februar til utgangen av oktober og dette er grunnlaget for at klorofyll-a og planteplanktonanalyser ikke er inkludert i november.

2023 var et år preget av betydelige mengder planteplankton, både sentralt i fjorden og ikke minst inne i Hvaler. Merk at skalaen på FerryBox-figuren går til 12 µg/L klorofyll noe som er mye høyere konsentrasjoner enn det har vært de senere år (Figur 12).



Figur 12 Måledata for klorofyll-a-fluorescens (fargeskala) fra FerryBox-systemet over tid (x) i 2023 fra Koster til Oslo Havn mellom 58,9-59,9 °N (y).

Det var to oppblomstringer i løpet av sen vinter/tidlig vår 2023, da det var betydelige klorofyll-a verdier i Larviksfjorden (7,4 µg/L) og Sandefjordsfjorden (7,8 µg/L) allerede i midten av februar. Denne oppblomstringen var dominert av kiselalgeslektene *Skeletonema* og *Thalassiosira*. Det ble også registrert relativt høye klorofyllverdier i de ytre delene av Hvaler og i Grenland, men utover dette var det lite klorofyll-a på alle stasjoner. På dette tidspunktet var det dessverre sensorfeil på FerryBox-systemet og det er derfor ikke mulig å si mer om omfanget til oppblomstringen.

Deretter var det en ny, sannsynligvis kraftigere oppblomstring i hele Oslofjorden i mars, dominert av kiselalgeslekten *Chaetoceros*. Oppblomstringen hadde lengst varighet innenfor Horten og i indre Oslofjord. I indre Oslofjord ble det ved Nesodden registrert klorofyllverdier opp i 20 µg/L i midten av mars.

Ved prøvetakningen i Hvaler i april var det relativt høye klorofyllverdier ved Ramsøflaket (3,8 µg/L) og i Singlefjorden (3,9 µg/L), planteplanktonsamfunnet var da dominert av kiselalgen *Guinardia delicatula*, sammen med kiselflagellaten *Apedinella radians* og andre små flagellater.

Det var igjen høye klorofyllverdier ved prøvetakningen i mai. Spesielt høyt var det på stasjonene inne i Hvaler, der særlig Ringdalsfjorden (11 µg/L), Sponvika (13 µg/L) og Iddefjorden (6,1 µg/L) hadde høye klorofyllverdier. Det finnes bare biologiske data fra stasjonen i Ringdalsfjorden, der var det kiselalgen *Thalassionema nitzschioides* og store svelgflagellater som dominerte. I tillegg var det mindre oppblomstringer i både Krokstadfjorden (3,6 µg/L) hvor samfunnet var dominert av store *Chaetoceros*-arter, Mossesundet (4 µg/L) dominert av arter fra kiselalgeslekten *Chaetoceros* og i Larviksfjorden (3,2 µg/L) hvor det var kalkflagellaten *Emiliania huxleyi* og uidentifiserte flagellater som dominerte.

I juni var det høye klorofyllverdier i Frierfjorden (4 µg/L), men dette programmet har ikke biologiske analyser av planteplankton i Grenlandsområdet og det er derfor ikke kjent hvilke arter som dominerte. Det var også høye klorofyllverdier i Hvaler, særlig i Iddefjorden (9,3 µg/L) og Ringdalsfjorden (4,3 g/L). Planteplanktonprøven fra Ringdalsfjorden var dominert av kiselalgeslektene *Cyclotella* og *Chaetoceros*. Det var også relativt høye verdier av klorofyll-a på de to Fredrikstad-stasjonene Kallera (2,8 µg/L) og

Isegranbukta (3,4 µg/L), særlig sett i relasjon til at det pleier å være veldig lave klorofyllnivåer på disse stasjonene. De resterende stasjonene hadde klorofyll-a konsentrasjoner under 2 µg/L.

Det var generelt høye klorofyllverdier gjennom hele sommeren i Hvaler. Under prøvetakningen i juli var det stasjonen i Singlefjorden som hadde høyest klorofyllkonsentrasjon (5,3 µg/L) og det var små encellede kiselalger av slekten *Chaetoceros* som dominerte sammen med slekten *Cyclotella*. Det var også mye uidentifiserte flagellater og monader, samt gullalger på stasjonen.

Prøvetakningen i august skjedde i uken etter ekstremværet «Hans» og det var lave klorofyllverdier de fleste steder. Unntaket var i Krokstadjorden (4 µg/L), Sandefjordsfjorden (3,4 µg/L) og deler av Hvaler, der Iddefjorden hadde den høyeste klorofyllkonsentrasjonen med 4,7 µg/L. Det ble registrert mye ferskvannsrelaterte alger i prøvene i august, særlig grønnalger, gullalger og kiselalger assosiert med ferskvann. Det var mer ferskvannssarter på østsiden av fjorden enn vestsiden.

Utover høsten var det stadig anløp til nye oppblomstringer, som sannsynligvis ble begrenset av lystilgangen da vannet var så mørkt. Ved prøvetakningen i september var det mye klorofyll i stort sett hele fjorden. Ved Tønsberg var klorofyllkonsentrasjonen 9,2 µg/L, det høyeste målt på stasjonen, og biomassen ble dominert av den morild-produserende fureflagellaten *Noctiluca scintillans*.

Det er kun prøvetakning i Hvaler i oktober, men ved denne prøvetakningen var det lave klorofyllverdier og lite planteplankton i prøvene. Samtidig ser man av FerryBox-dataene at det kom en kraftig høstopplomstring i hele fjorden i oktober, spesielt innenfor Horten og i indre Oslofjord innenfor Drøbak.

Det var lite planteplankton og lave klorofyll-a verdier i Drammensfjorden ved alle prøvetakninger og det var mye ferskvannssarter.

4.3 Skadelige alger

Planteplankton kan produsere en rekke forskjellige toksiner, noe som oftest assosieres med skjellforgiftning⁶. Mattilsynet finansierer ett stort overvåkningsprogram for skjellforgiftning, som driftes av HI og NIVA og blant annet står for portalen «blåskjellvarslet»⁷. Dette er et relativt lite problem i Norge, sammenlignet med mange andre steder i verden, likevel blir det hvert år registrert store mengder giftige alger i norsk kystvann. De viktigste formene for skjellforgiftning i Norge er:

- DSP (Diarrhetic Shellfish Poisoning), hovedsakelig forårsaket av fureflagellatslekten *Dinophysis*.
- PSP (Paralytic Shellfish Poisoning), hovedsakelig forårsaket av fureflagellatslekten *Alexandrium*.
- ASP (Amnesic Shellfish Poisoning), hovedsakelig forårsaket av kiselalgeslekten *Pseudo-nitzschia*.

I tillegg til direkte toksinproduserende alger er det mange algerarter som er skadelige eller giftige for fisk. Dette kan være via toksinproduksjon (der den faktiske toksinprofilen ofte ikke er avklart), men også via slimproduksjon som irriterer og/eller tetter gjellene og epitelvevet til fisken. I Oslofjorden er kjente fiskegiftige alger for eksempel fureflagellatslektene *Karenia* og *Karlodinium*, nålflagellaten *Heterosigma akashiwo*, kiselflagellater fra slekten *Pseudochattonella* og *Vicicitus*, samt svepeflagellater fra slektene *Chrysochromulina* og *Prymnesium*. Alger kan også forårsake mekanisk skade på fisken, for

⁶ <https://www.fhi.no/nettpub/smittevernveilederen/sykdommer-a-a/skjellforgiftning---veileder-for-he/>

⁷ <https://www.matportalen.no/verktoy/blaskjellvarsel/>

eksempel kiselalgeslekten *Chaetoceros* har «børster» eller pigger som stikker ut av hvert av sine fire hjørner, ved høye konsentrasjoner av algene eller dersom det er spesielt kraftige typer kan disse forårsake mekanisk skade på gjellene til fisken, eventuelt tette gjellene.

Kiselalgeslekten *Chaetoceros* er meget artsrik og den er veldig vanlig i Oslofjorden, de siste årene fremstår det som den i større grad dominerer biomassen ved oppblomstringer og dette kan forårsake problemer for fisk.

Hvert år blir det registrert en mengde potensielt toksiske alger i prøvene fra Oslofjorden. Det er fureflagellater fra slektene *Dinophysis* og *Alexandrium* som er mest vanlige og slik var det også i 2023.

Alexandrium ble registrert i **Larviksfjorden** i februar, mars og august. *Alexandrium* cf. *pseudogonyaulax* ble registrert i februar (240 celler/L), samt i håvtrekk fra februar og mars. Det var *Dinophysis* til stede ved alle prøvetakninger, men *Dinophysis acuta* ble kun funnet i håvtrekket fra februar. Det ble i tillegg registrert en del celler fra slekten *Karenia* og andre nakne fureflagellater i august, disse er potensielt fiskeskadelige.

På stasjonen ved **Tønsberg** (i Vestfjorden) ble *Alexandrium* registrert i juni, august og september, samt i håvtrekkene fra februar og mars. *Alexandrium pseudogonyaulax* ble registrert i februar, mars, juni (360 celler/L) og september (720 celler/L), samt i håvtrekkene fra mai og august. Det var *Dinophysis* alle prøvetakninger, men *Dinophysis acuta* kun i håvtrekk fra februar og mars.

Det ble ikke registrert skadelige alger i **Drammensfjorden**.

Fureflagellatene, inkludert *Dinophysis*, dominerte biomassen i **Mossesundet** i mars. *Dinophysis acuta* ble registrert i februar og mars. *Alexandrium pseudogonyaulax* ble registrert i februar, mars og september.

I **Krokstadfjorden** ble *Alexandrium* spp registrert i februar, mars og mai. *Alexandrium pseudogonyaulax* ble registrert i juni (360 celler/L) og august (720 celler/L), samt i håvtrekket for september. *Dinophysis* ble observert ved alle prøvetakninger, *Dinophysis acuta* ble registrert i juni.

I Hvaler blir det analysert biologiske prøver fra to stasjoner. I **Singlefjorden (Haslau)** ble *Alexandrium* registrert i februar, mars og mai til september. Det var mye *Alexandrium pseudogonyaulax* i juli (4000 celler/L). *Dinophysis* ble registrert ved alle prøvetakninger, men *Dinophysis acuta* ble kun registrert i håvtrekk (fra februar, mars, juli og september). I tillegg ble det registrert litt av den fiskegiftige svepeflagellatslekten *Chrysochromulina* i mai og juni, samt en del *Karenia* i september. I

Ringdalsfjorden ble *Alexandrium* registrert i februar, mars, august og september. *Alexandrium pseudogonyaulax* i august (1400 celler). *Dinophysis* ble registrert ved alle prøvetakninger, *Dinophysis acuta* i februar, samt i håvtrekkene fra februar, mars, mai og juni.

5 Flomåret 2023

Dette kapitlet sammenfatter ekstra prøvetakning, analyser og resultater i Oslofjorden i forbindelse med flommene på Østlandet sensommeren og høsten 2023. Den ekstra innsatsen startet med ekstremværet «Hans» som rammet Østlandet fra 7 til 9 august og ble opprettholdt gjennom de påfølgende episodene med kraftig regn i slutten av august og slutten av september.

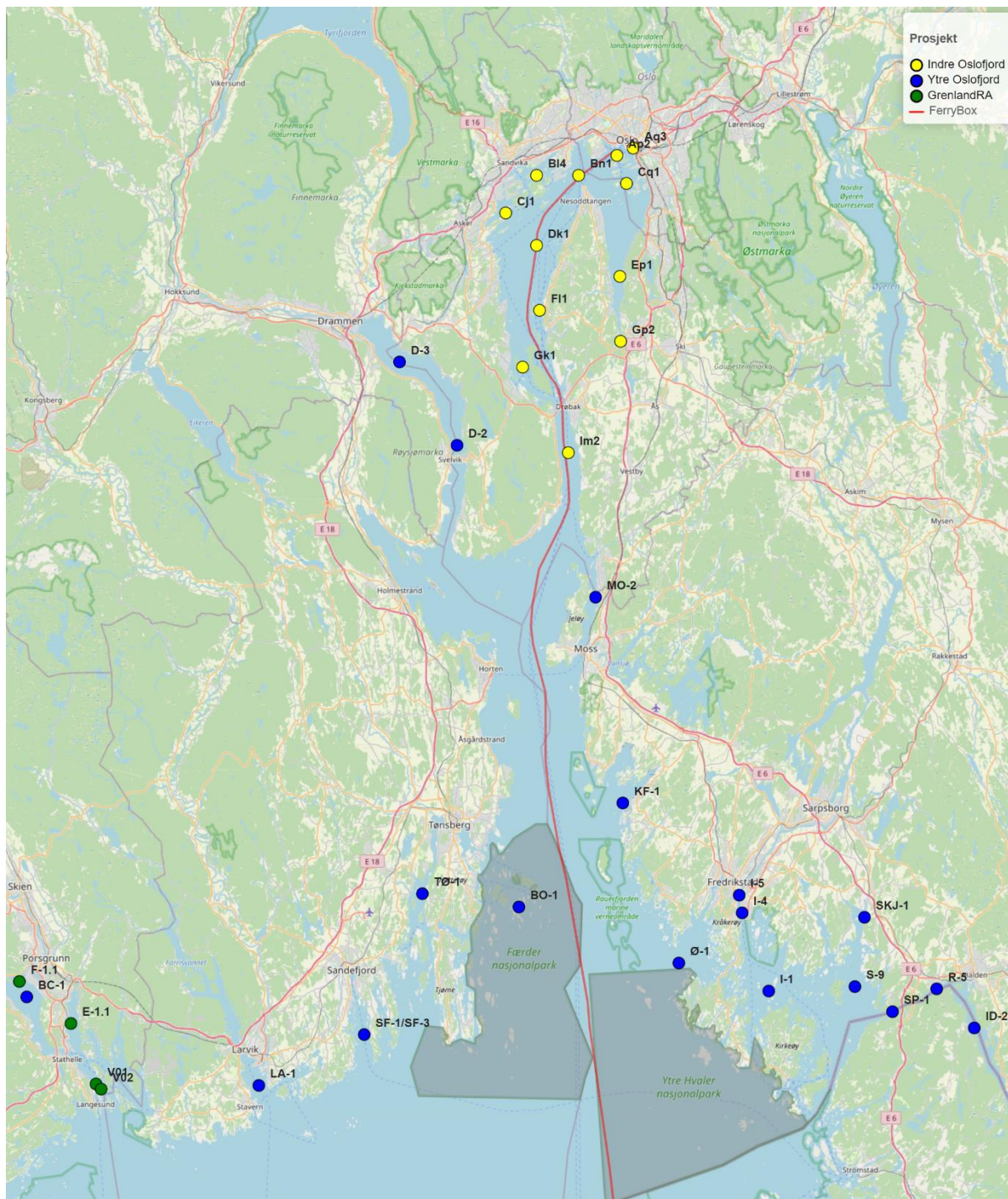
Feltarbeidet ble gjennomført i forbindelse med annen prøvetakning i følgende overvåkningsprogrammer: Elveovervåkningsprogrammet og Havforsuringsprogrammet (finansiert av Miljødirektoratet), Overvåkningsprogrammet i Indre Oslofjord (finansiert av Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i Indre Oslofjord) og Eutrofiovervåkningsprogrammet i Ytre Oslofjord (finansiert av Fagrådet for Ytre Oslofjord). Innholdet i dette kapitlet inngår i denne rapporten og Årsrapporten for overvåkningsprogrammet i Indre Oslofjord (Valestrand m.fl. 2024, in prep). Resultatene fra de ekstra undersøkelsene gjort i ferskvann vil bli ferdigstilt i september 2024. Resultatene fra både ferskvann og marine undersøkelser vil deretter sammenstilles i ett frittstående notat som distribueres samtlige oppdragsgivere. Ekstra prøver og analyser omtalt i dette kapitlet ble finansiert av henholdsvis Statsforvalteren i Oslo og Viken, Statsforvalteren i Vestfold og Telemark, Miljødirektoratet og Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i Indre Oslofjord.



Figur 13 Flompåvirket vann ved Glommas utløp i Fredrikstad i august 2023. Foto: Louise Valestrand/NIVA

5.1 Ekstra prøver i Oslofjorden

Det ble samlet en del ekstra vannprøver i forbindelse med pågående overvåkning gjennom høsten 2023, hvilke stasjoner og programmer som var involvert er oppsummert i Figur 14. En kort sammenfatning av hvilke ekstra analyser som ble utført er oppsummert under.



Figur 14 Vannmassestasjoner der data er inkludert i flomanalysene. Det er inkludert stasjoner fra følgende overvåkingsprogrammer: Indre Oslofjord (gult), Ytre Oslofjord (blått), Tiltaksrettet overvåkning for Porsgrunn og Bamble kommune (grønt). I tillegg er FerryBox-transektet inkludert i rødt.

I forbindelse med **Indre Oslofjord programmet** ble det samlet ekstra vannprøver på følgende datoer:

- 11.08. 2023: cDOM prøver fra overflatevannet ved ti stasjoner.
- 29.08.2023: cDOM prøver fra overflatevannet ved ti stasjoner, vannprøver til klorofyll-a, DOC og løste næringssalter på stasjon Im2 i Drøbaksundet, samt turbiditet, Tot-N og Tot-P på ti stasjoner.
- 11.09.2023: cDOM prøver fra overflatevannet ved ti stasjoner, vannprøver til klorofyll-a, DOC og løste næringssalter på stasjon Im2 i Drøbaksundet, samt turbiditet, Tot-N og Tot-P på ti stasjoner.
- 23.10.2023: cDOM prøver fra overflatevannet ved ti stasjoner.

I forbindelse med **Ytre Oslofjord programmet** ble det samlet ekstra vannprøver på følgende datoer:

- August-toktet ble gjennomført fra 14-16 august og på samtlige stasjoner ble det også samlet vann fra 0 m som ble analysert for klorofyll-a, turbiditet, DOC og cDOM. I tillegg ble cDOM analysert fra 2 m.
- September-toktet ble gjennomført fra 18-20 september og på samtlige stasjoner ble det også samlet vann fra 0 m som ble analysert for klorofyll-a, turbiditet og DOC.
- Prøvetakningen i Grenlandsområdet 19.10.2023 ble utvidet til å samle klorofyll-a og DOC prøver på fem stasjoner.
- Prøvetakningen i Hvalerområdet 31.10.2023 ble utvidet med to ekstra stasjoner (ID-2 og R-5) og det ble samlet ekstra vannprøver fra 0 meter som ble analysert for klorofyll-a, turbiditet, DOC og cDOM, samt at cDOM ble analysert fra 2 m.

I forbindelse med **Havforsuringsprogrammet** ble det samlet inn ekstra vannprøver med FerryBox-systemet om bord på M/S Color Fantasy på følgende datoer:

- 13.08.2023: ekstra vannprøver til cDOM, klorofyll-a, DOC og næringssalter fra fire stasjoner.
- 17.08.2023: ekstra vannprøver til cDOM, klorofyll-a, DOC, TSM og næringssalter fra fem stasjoner.
- 23.08.2023: ekstra vannprøver til cDOM, klorofyll-a, DOC og næringssalter fra fem stasjoner.
- 29.08.2023: ekstra vannprøver til cDOM fra to stasjoner og klorofyll-a, DOC og næringssalter fra tre stasjoner.
- 20.09.2023: ekstra vannprøver til cDOM, klorofyll-a, DOC og næringssalter fra fem stasjoner.

I tillegg er det benyttet sensordata fra FerryBox-systemet om bord på M/S Color Fantasy og det er analysert satellittdata fra den relevante perioden.

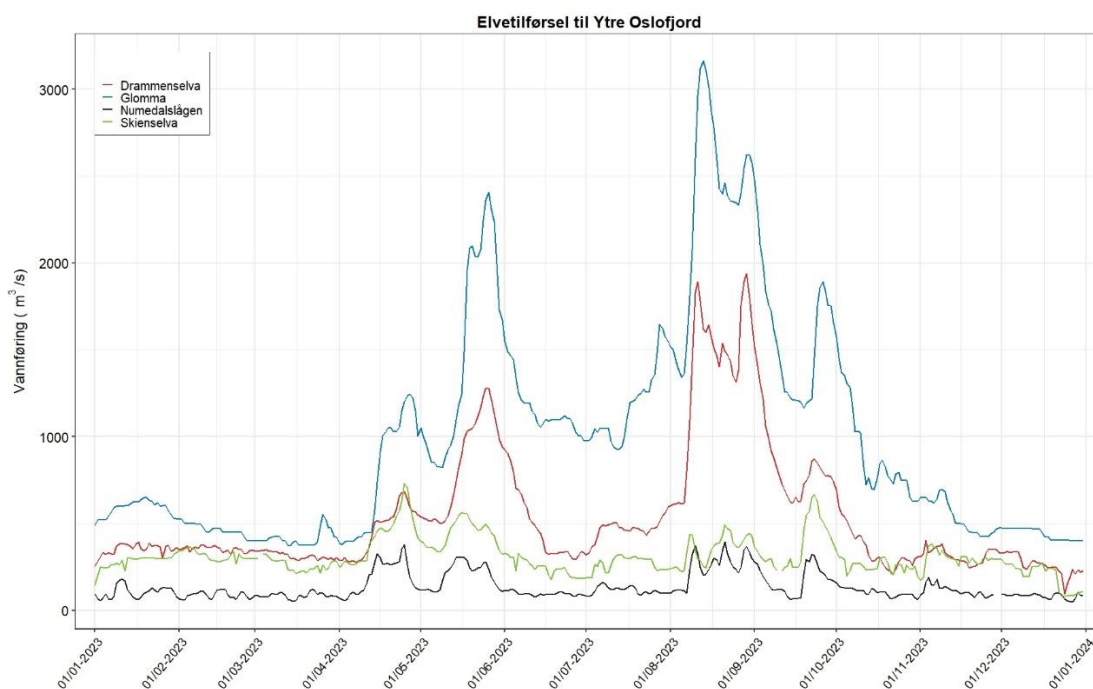
Alle resultater er innrapportert til vannmiljø sammen med resterende data fra de respektive programmene.

5.2 Resultater

5.2.1. Bakgrunn

De siste 100 årene har været i Norge tendert til å bli våtere og varmere. Året 2023 fulgte denne trenden og Østlandet kunne klassifiseres som «svært vått» eller «ekstremt vått», mye på grunn av ekstremværet «Hans» og de to påfølgende flomhendelsene utover høsten (Gangstø m.fl. 2023). «Hans» var den største flommen på Østlandet siden «Vesleofsen» i 1995 (Faafeng m.fl. 1996) men i motsetning til vårflokker, rammet «Hans» på sensommeren og hadde derfor lite bidrag fra snøsmelting. Vannføring, stofftransport og tilførsler til Oslofjorden vil bli behandlet i detalj i avsnittene om ferskvann fra Elveovervåkningsprogrammet, men vannføringen fra de fire største elvene inkluderes her som bakgrunnsinformasjon.

Vannføringen i de fire største elvene med utløp i Oslofjorden var generelt høy i 2023. Totalt sett var vannføringen 32 % høyere enn 2021, som anses som et normalår, og hele 72 % høyere enn 2022 som var ett svært tørt år på Østlandet. Det var en betydelig økning i vannføringen i Glomma og Drammenselva i begynnelsen av august som ble forårsaket av ekstremværet «Hans». Det var i tillegg to perioder med kraftig nedbør etter «Hans» som også hadde påvirkning på miljøet i Oslofjorden. Den første var i slutten av august, etter denne roet været seg i en periode, før det igjen kom kraftig nedbør i slutten av september (Figur 15). Disse tre hendelsene hadde en betydelig påvirkning på vannmiljøet i Oslofjorden store deler av høsten og vinteren 2023.



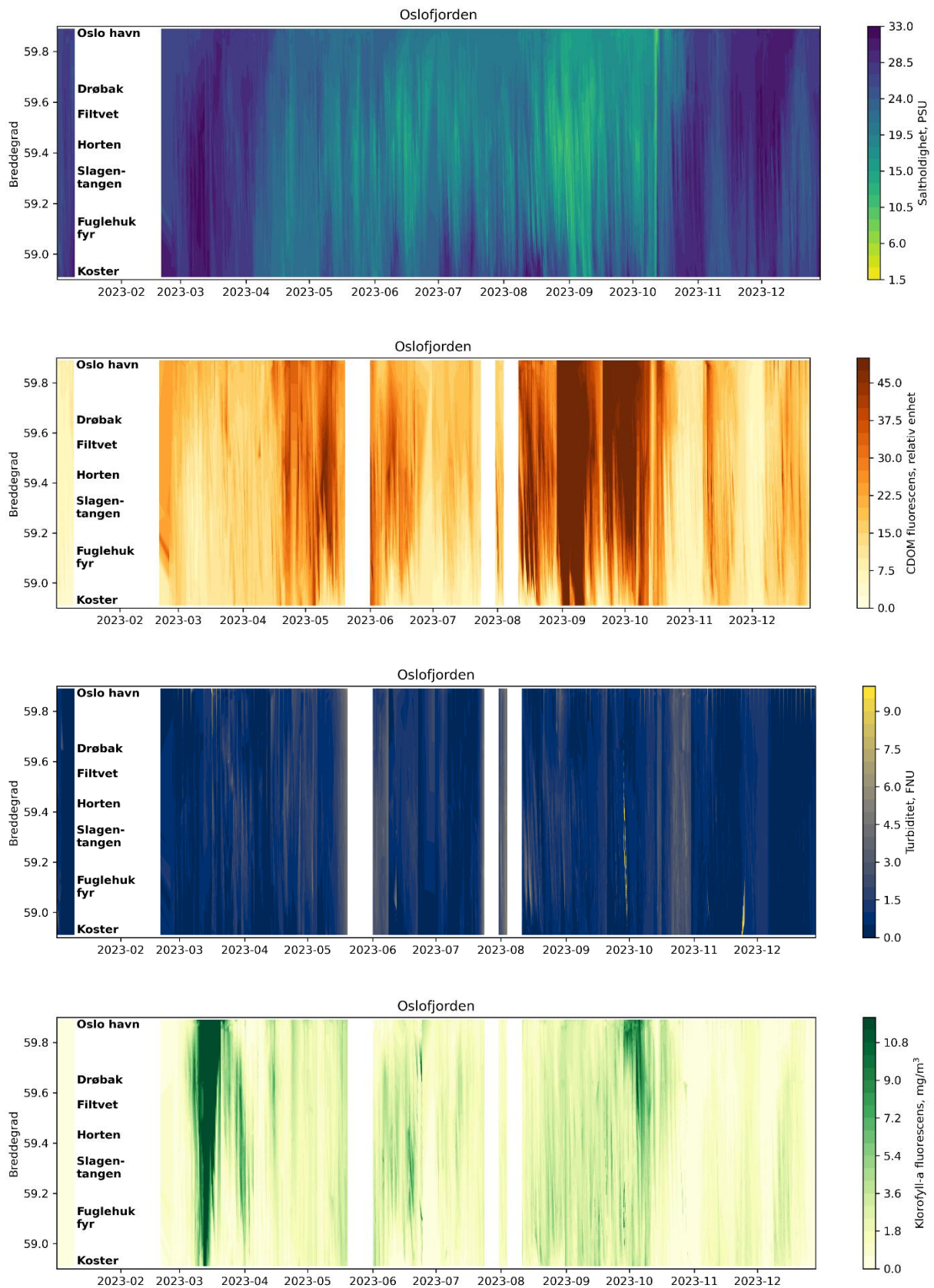
Figur 15 Vannføring i de fire største elvene Glomma, Drammenselva, Numedalslågen og Skienselva fra 2023. Data hentet fra sildre.nve.no; hhv. fra målestasjonene Solbergfoss (Drammenselva), Mjøndalen bru (Glomma), Holmfoss (Numedalslågen) og Skotfoss (Skienselva).

5.2.2. FerryBox

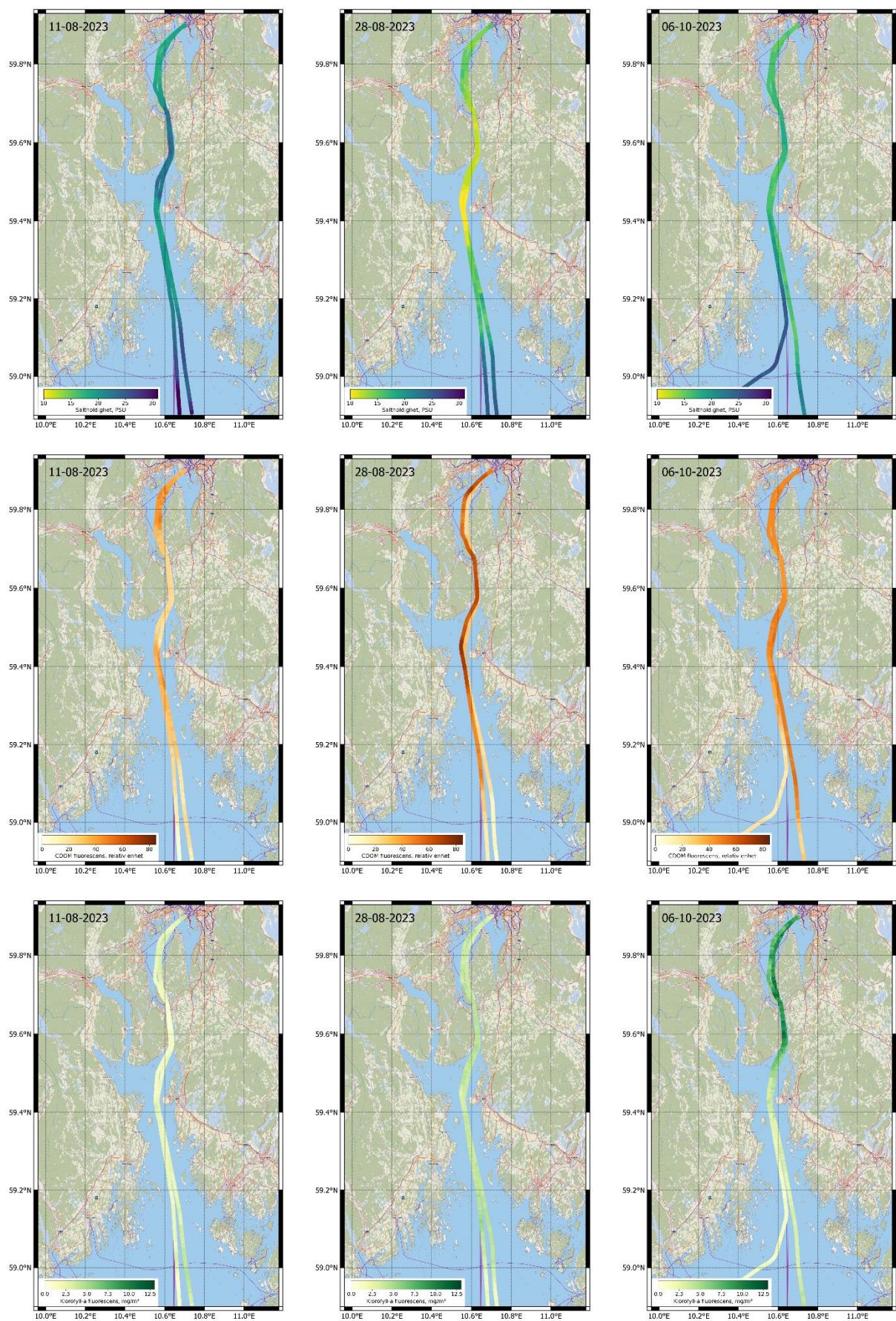
Det er inkludert data som salinitet, cDOM fluorescens, turbiditet og klorofyll-a-fluorescens, fra FerryBox-systemet om bord på M/S Color Fantasy (Figur 16). Dataene for hele 2023 vises, da dette gir sammenligningsgrunnlag for flomperioden. M/S Color Fantasy går i rute mellom Kiel og Oslo og er i Oslofjorden annenhver dag. Dette gir høyfrekvente data som er ideelle for å følge ekstremhendelser som flom, men det er verdt å merke at skipets rute går midtfjords, slik at påvirkninger fra flomvann skal være betydelige før de detekteres i disse målingene, da målingene ikke gjennomføres nærme elveutløpene. Vanninntaket er på ca. 4-5 meters dyp så ferskvannslag med økt innhold av partikler og oppløst organisk materiale må være relativt dypt for å bli detektert.

Data fra FerryBox-systemet viser at fjorden hadde lav salinitet og var mørk (altså høye verdier av cDOM). Oslofjorden er generelt et meget ferskvannspåvirket område og midtfjords ligger vanligvis saliniteten på rundt 25 PSU, selv om perioder med lavere saltholdighet er vanlig. Likevel var det lange perioder i løpet av 2023 der saltholdigheten var usedvanlig lav, helt nede i rundt 10 PSU, spesielt gjelder dette slutten av august, store deler av september og begynnelsen av oktober. Dette tyder på at det ikke var «Hans», men de to senere styrtregnperiodene som hadde størst påvirkning på Oslofjorden.

Det observeres en tydelig sammenheng mellom saltholdighet og mengden farget stoff i vannet (cDOM). Som vist i Figur 17 starter det med lav saltholdighet den 11.08.2023 i Indre Oslofjord og ved Moss-Breiangen, som begge er områder med sterk elvetilførsel. Det er også i de samme områdene at cDOM fluorescens er høyest. På dette tidspunktet har ikke vann fra Glomma nådd midtfjords ennå. Derimot mot slutten av august er det generelt lav saltholdighet i hele fjorden, samtidig som det er målt høy cDOM fluorescens. Generelt kan man si at der det er lav saltholdighet er det høye cDOM fluorescens-verdier, dette fordi det fargede stoffet i stor grad er humus-stoffer (gulstoff) som fraktes ut med elvevann. Elvevannet inneholder også en betydelig mengde partikler, noe som ses på turbiditetsmålingene. Med flomvannet kommer også store mengder næringsstoffer som potensielt kan stimulere nye algeoppblomstringer i en periode da det vanligvis mangler næringsstoffer. Men for at planktonet skal kunne vokse trenger de også nok lys, noe som under ekstremvær og store flomhendelsene blir en begrensende faktor på grunn av de høye tilførslene av partikler og humus-stoffer som reduserer mengden og kvaliteten på lyset. Når ferskvannet etter hvert blandes ut i saltvannet, og cDOM og partikler blir fortynnet kan man se at klorofyll-a verdiene blir høyere og det resulterer i en betydelig algeoppblomstring i oktober (Figur 16 og Figur 17).



Figur 16 Måledata for salinitet (øverst), etterfulgt av cDOM fluorescens, turbiditet og klorofyll-a-fluorescens (nederst) fra FerryBox-systemet om bord på M/S Color Fantasy, over tid (x) i 2023 fra Koster til Oslo Havn mellom 58,9-59,9 °N (y).

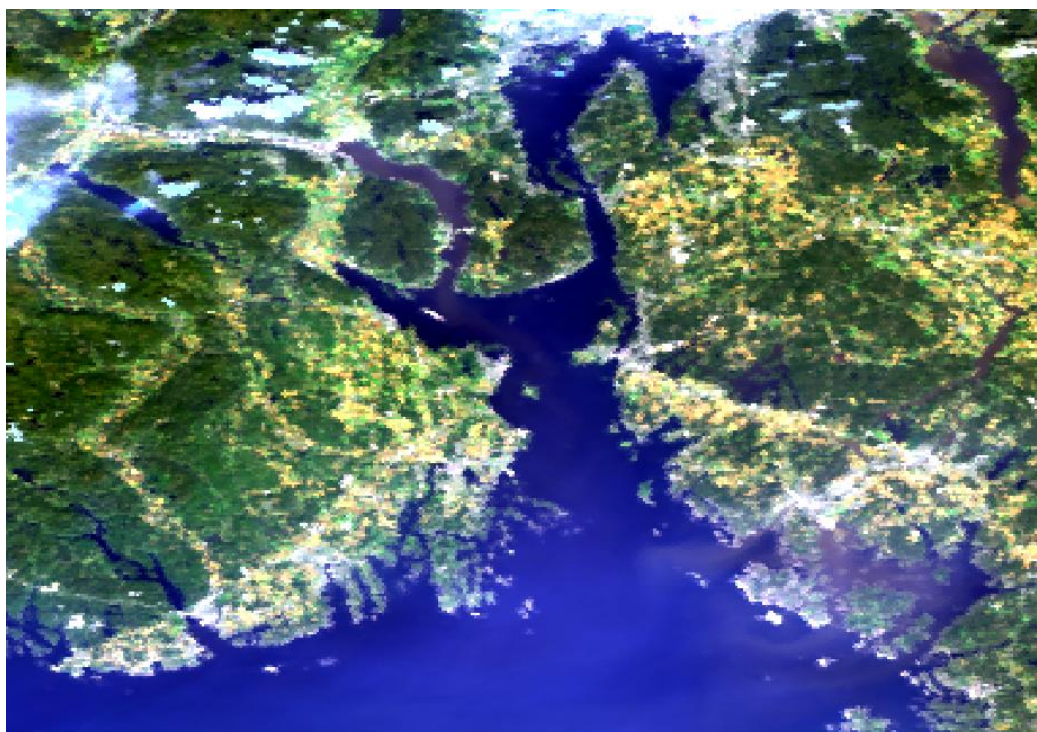


Figur 17 Utvikling av saltholdighet i PSU (øverst), cDOM fluorescens i mg/m^3 (midten) og klorofyll-a fluorescens i mg/m^3 (nederst) fra FerryBox den 11.08.2023, 28.08.2023, og 06.10.2023.

5.2.3. Satellitt

Det er inkludert satellittdata fra Copernicus satellitten Sentinel-3⁸ der klorofyll-a, totalt suspendert materiale (TSM) og turbiditet er beregnet fra OLCI sensoren (Ocean and Land Colour Instrument). Det er viktig å påpeke at på dager med skydekke (som når det regner) vil satellittbildene kun vise skyer, altså har man kun satellittdata fra periodene mellom ekstremværhendelsene. På skyfrie dager kan man se den geografiske spredningen i fjorden over tid. Den geografiske spredningen av TSM i Oslofjorden høsten 2023, samt tidsserier for stasjonsdata med Sentinel-3 data sammen med *in situ* målinger viser endring over tid fra våren til oktober 2023. På samme måte som FerryBox data gir også satellittdata høyfrekvente data som kan brukes til å følge endringer, i tillegg til *in situ* målingene for å studere tilførsler fra land. Satellittdata gir derfor også et komplementerende bilde av hva som skjer geografisk på samme tidspunkt og over et større område under en periode med ekstremvær.

Et satellittbilde fra Copernicus satellitten Sentinel-3 over Oslofjorden den 2 september 2023 etter den andre kraftige nedbørsperioden viser stor ferskvannspåvirkning fra Drammenselva til Drammensfjorden og fra Glomma til Hvaler med tydelige partikkelskyer som strekker seg langt ut i Oslofjorden (Figur 18).

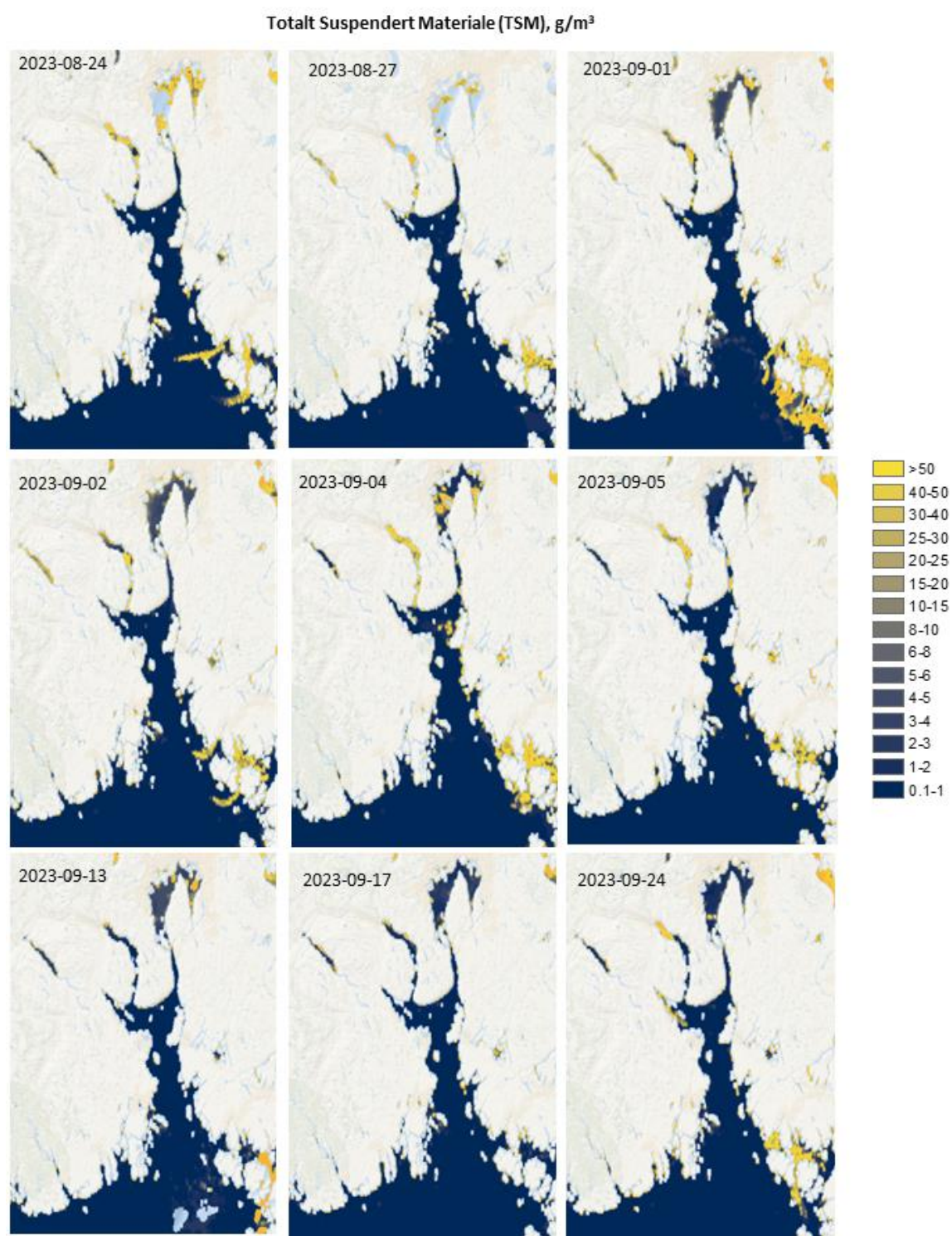


Figur 18. Satellittbilde fra Copernicus satellitten Sentinel-3 over Oslofjorden den 2 september 2023.

Tidsserie med satellittbilder over Oslofjorden fra slutten av august og september 2023 (Figur 19) viser elvepåvirkningen som relative konsentrasjonene av TSM. Tydelige elveskyer med ferskvann med høye TSM verdier fra Glomma som sprer seg ut i fjorden via Hvaler i ulike retninger etter mye regn syns den 24/8 og 2/9. Hvaler-området er betydelig ferskvannspåvirket med høy variabilitet under perioden med en større spredning av TSM over hele Hvaler-området mellom de kraftige regnskyllene med en mer stille periode, men lavere TSM konsentrasjoner i midten av september. Høye verdier i indre Oslofjorden syns i starten av august og i starten av september, mens Drammensfjorden har veldig høye TSM-verdier stort

⁸ Prosessert med ONNS atmosfæres korreksjon og vannparameter modell for bildene av totalt suspendert materiale av HEREON i rammen for EU Horizon prosjektet AqualNFRA ([AqualNFRA Home](#)). Figurer med klorofyll-a og turbiditets-data er prosessert med C2RCC atmosfæres-korreksjon og vannparameter-modell av Brockmann GmbH i rammen for Miljødirektoratets pågående utviklingsprosjekt 'Vannovervåking med satellitt (ØKOSAT)'. Alle resultater er preliminære (resultatene er under evaluering) og absolutte verdi skal ikke brukes uten at det er fokus på den relative forandringen.

sett gjennom hele perioden som kommer fra Drammenselva, men det er tydeligst også der etter kraftig nedbør. Numedalslågen som renner ut i Larviksfjorden er mindre påvirket med lavere vannføring, men viser høyere TSM-verdier enn ute i den åpne delen av fjorden.



Figur 19 Tidsserie av bilder fra Sentinel-3 OLCI data med konsentrasjon av totalt suspendert materiale (TSM) (g/m³) i august og september 2023 (ONNS prosessert). Alle resultater er preliminnære (resultater under evaluering) og absolutte verdi skal ikke brukes uten at det er fokus på den relative forandringen.

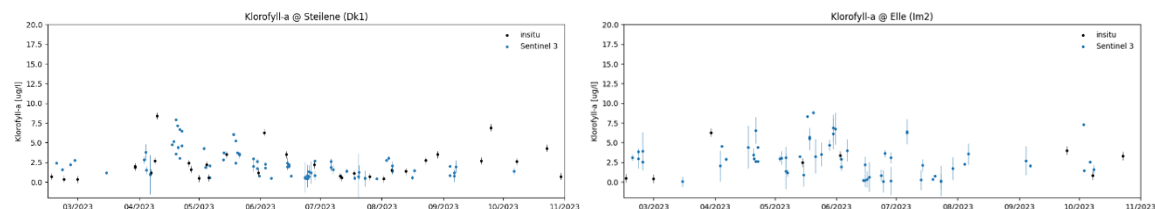
Satellittdata vises også i figurer sammen med *in situ*-data for utvalgte overvåkningsstasjoner i ulike deler av Oslofjorden for turbiditet og noen stasjoner for klorofyll-a (Figur 20). Ofte sammenfaller satellittdata med *in situ*-målinger, men satellittdata kan også komplementere med data fra skyfrie dager i perioden og dermed gi hyppeligere data.

Indre Oslofjord

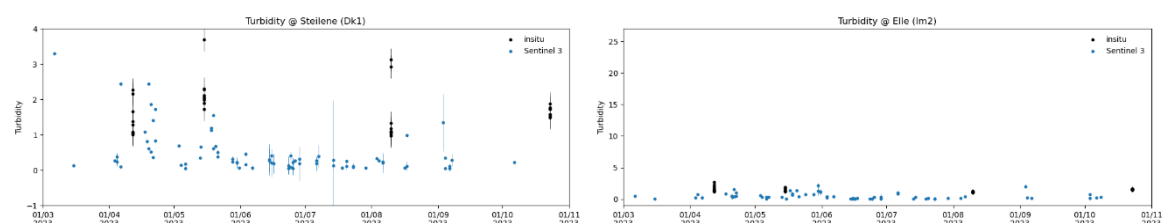
Klorofyll-a

Dk1 Steilene

Im2 Elle i Drøbaksundet



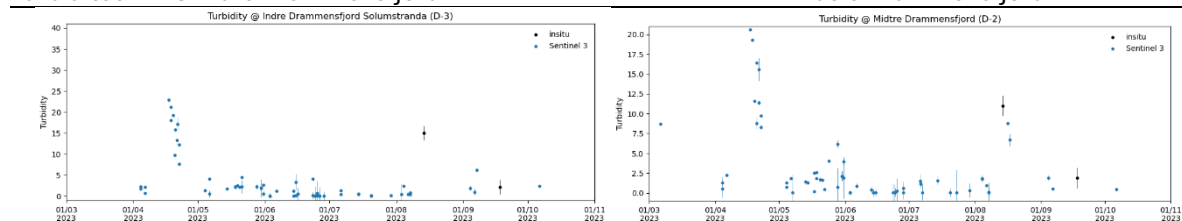
Turbiditet



Drammensfjorden

Turbiditet D-3 Indre Drammensfjord

D-2 Midtre Drammensfjord

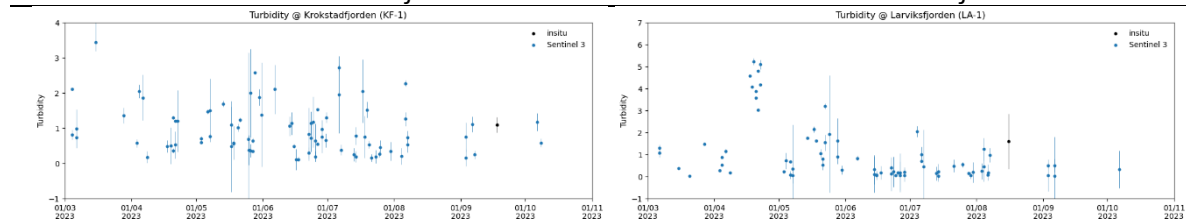


Ytre Oslofjord

Turbiditet

KF-1 Krokstadjfjorden

LA-1 Larviksfjorden

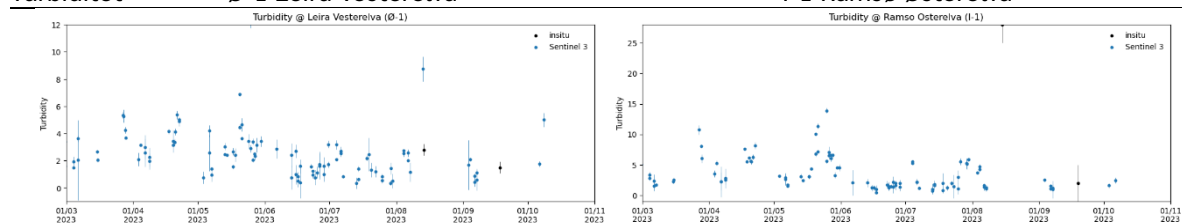


Hvaler

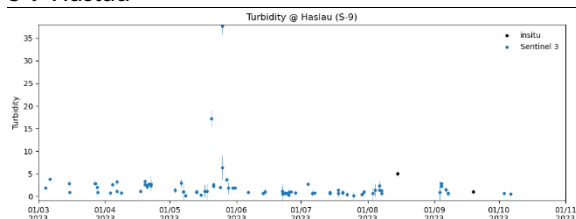
Turbiditet

Ø-1 Leira Vesterelva

I-1 Ramsø Østerelva



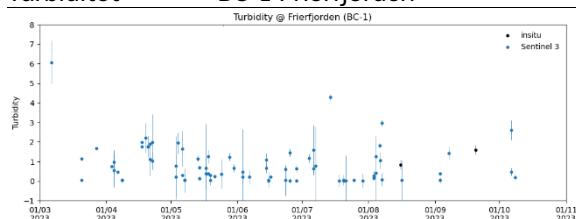
S-9 Haslau



Grenland

Turbiditet

BC-1 Frierfjorden

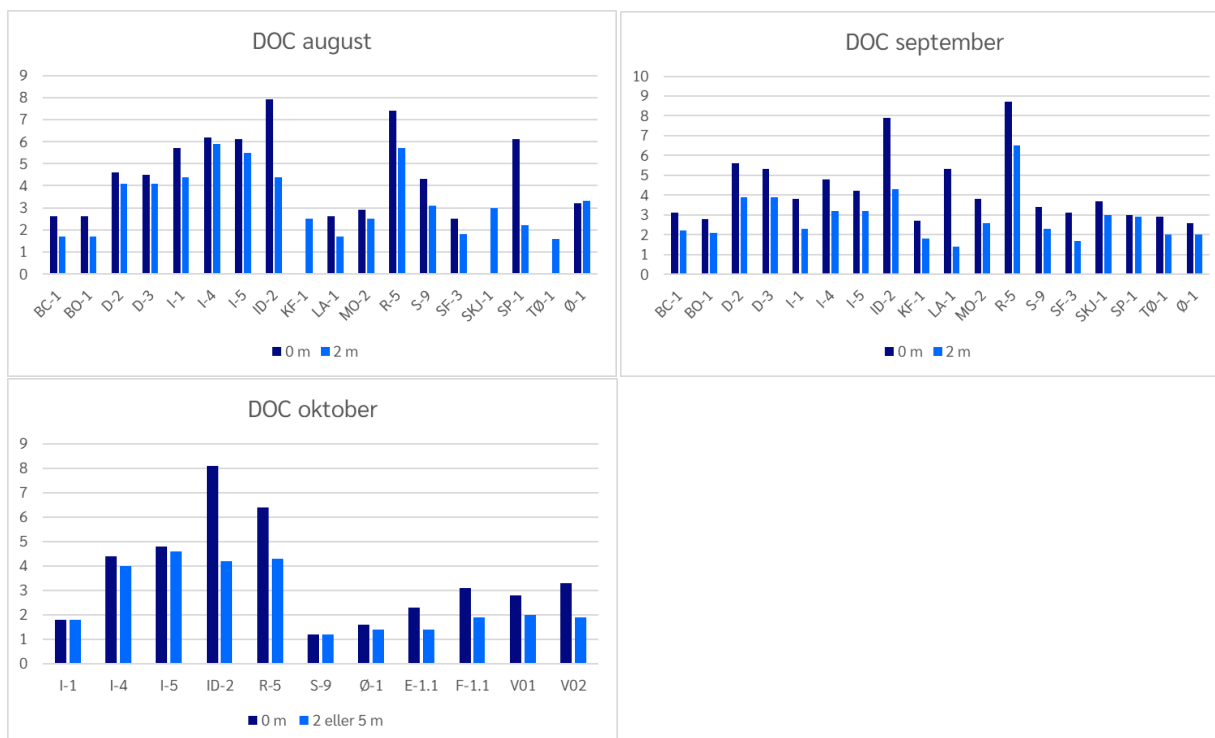


Figur 20 Tidsserier i 2023 med klorofyll-a konsentrasjon (mg/m^3) og turbiditet (FNU) fra in situ-målinger og satellittdata av middelverdien av 5-9 pixler fra omkring stasjonen, der Sentinel-3 data vises som blå punkter og in situ som sorte punkter. Satellittdata er Sentinel-3A & B (begge C2RCC prosessert). Usikkerheten til satellittdata er standardavviket for hver dag og for in situ-data med 20 % avvik. Merk at y-verdier er forskjellige for de ulike stasjonene. Alle satellitt-resultater er foreløpige (resultater under evaluering) og absolutte verdier skal ikke brukes uten at det er fokus på den relative forandringen.

5.2.1. Siktdyp og lysforhold

Det er generelt dårlige lysforhold i Oslofjorden, og det har vært kjent i mange år at fjorden blir mørkere. Dette er også ett kjent fenomen lenger ut i Skagerrak og i Nordsjøen (Frigstad m.fl. 2020). Der det er mye partikler i vannet vil det bli grumsete vann og tilsvarende dårlig siktdyp, noe som gir dårligere leveforhold for alle organismer som lever i vannmassene og på bunnen av fjorden. Dårlig siktdyp er tett knyttet til begrepet «kystformørkning» som er observert i både Skagerrak, Nordsjøen og Østersjøen i de siste tiårene senere år. Man antar at formørkningen er knyttet til økt tilførsel av blant annet løst organisk karbon (DOC). DOC bidrar til økt lyssvekking i vannsøylen og mindre lys trenger ned i dypet. I kombinasjon med turbiditet som også reduserer siktdypet og lysmengden til dypet, vil DOC og spesielt den fargede andelen (cDOM) av DOC endre kvaliteten på lyset. Spesielt vil cDOM absorbere den blå delen av lyset, noe som gjør at denne viktige delen av lysspekteret for planteplanktonets pigmenter for å opprettholde primærproduksjonen reduseres relativt sett mer enn total lysmengde. Dette er også med på å forklare at vannet blir mørkere ved at en større andel av det blå lyset blir borte og ikke reflekteres tilbake til overflaten som gir den normale blågrønne fargen for kystvannet. Vannets farge presses over mot rødt som observeres mørkere og brunere. Som beskrevet tidligere så anslår man at vi har den teoretiske nedre voksegrense for alger ved ca. 1 % lysdyp som i Oslofjorden tilsvarer ca. 2 x siktdypet, men pga. denne kvalitetsendringen av lyset kan denne grensen faktisk ligge grunnere.

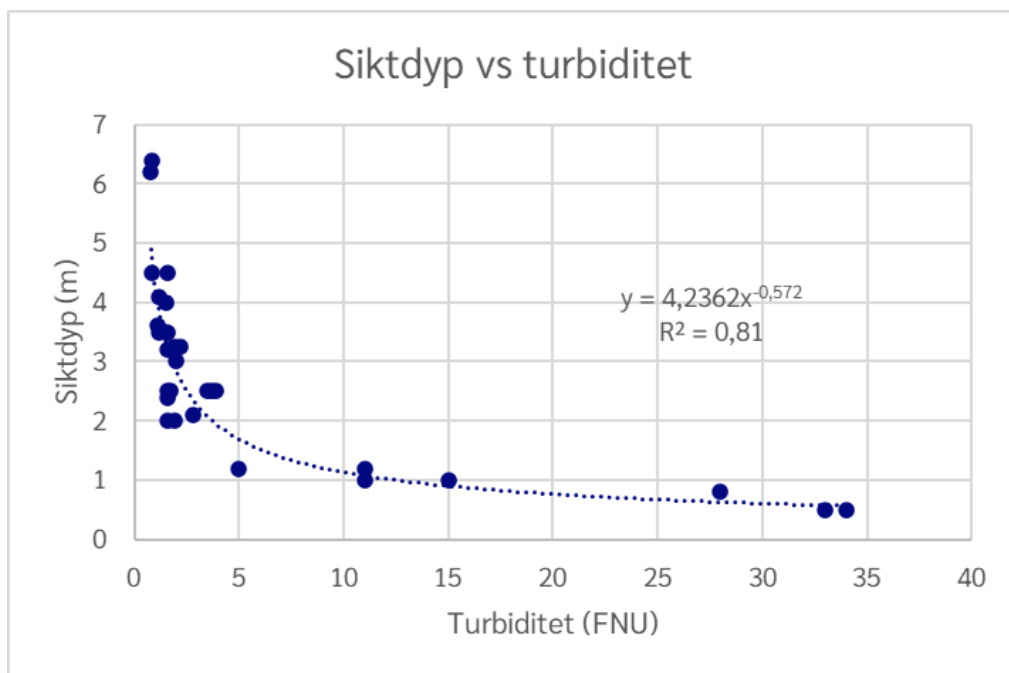
Det samles inn prøver for DOC i programmene i både Indre- og Ytre Oslofjord. I Ytre Oslofjord ble mengden DOC i overflatelaget (0 meter) og 2 meter sammenlignet (Figur 21). Her ser man at det er høyere konsentrasjoner av DOC i 0 meter laget gjennom høsten, spesielt der det er betydelig ferskvannspåvirkning.



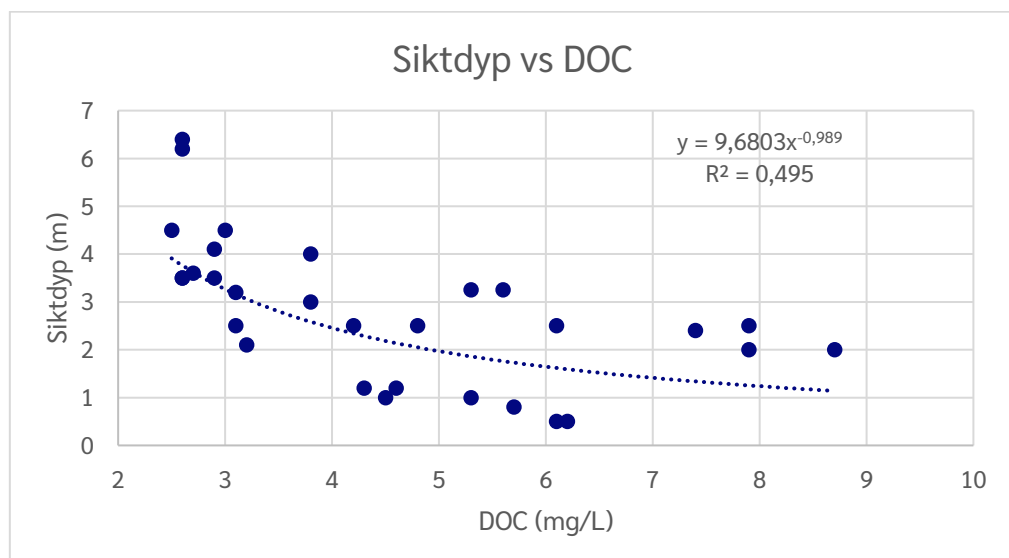
Figur 21 Sammenligning av DOC målinger fra 0 og 2 meter i Ytre Oslofjord fra august, september og oktober 2023. Oktober-prøvetakningen er fra Hvaler (Ø-1, I-1, I-4, I-5, R-5, S-9 og ID-2) og Grenland (E-1.1, F-1.1, V01 og V02). Grenlandsprøvene fra oktober er tatt på 0 og 5 meter.

Ferskvannet bringer også med seg store mengder partikler som vil ha stor påvirkning på lysforholdene i fjorden. Turbiditet er et mål på partikkelbelastning og ved å plote siktdypet opp mot turbiditetsmålinger ser man at turbiditeten alene kan forklare opp mot 81 % av variansen i siktdyp (Figur 22). Mengden DOC (

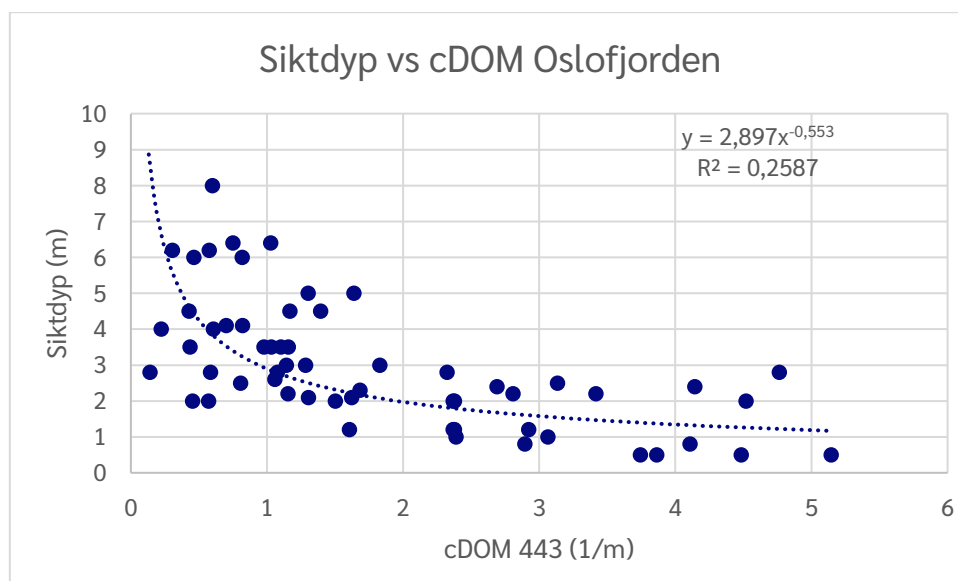
Figur 23) og cDOM (Figur 24) påvirker også lysforholdene i vannet, hvor 49% av variansen i siktdypet kan forklares av DOC og 25% av cDOM i dette datasettet. For DOC er det kun plottet et utvalg av data fra Ytre Oslofjord fra august og september. Derimot er det plottet cDOM fra hele fjorden ved både 0 og 2 m fra august og september, og kan derfor ikke sammenlignes direkte med de to andre figurene. Ut fra observasjonene om påvirkning på lysforholdene viser dette at det er turbiditeten som er dominerende for redusert siktdyp for dette datasettet og bekrefter det vi observerte i de statistiske analysene i kap. 3.3 og Tabell 8.



Figur 22 Sammenhengen mellom siktdyp og turbiditet i overflatelaget (0 m) i ytre Oslofjord i august og september 2023.

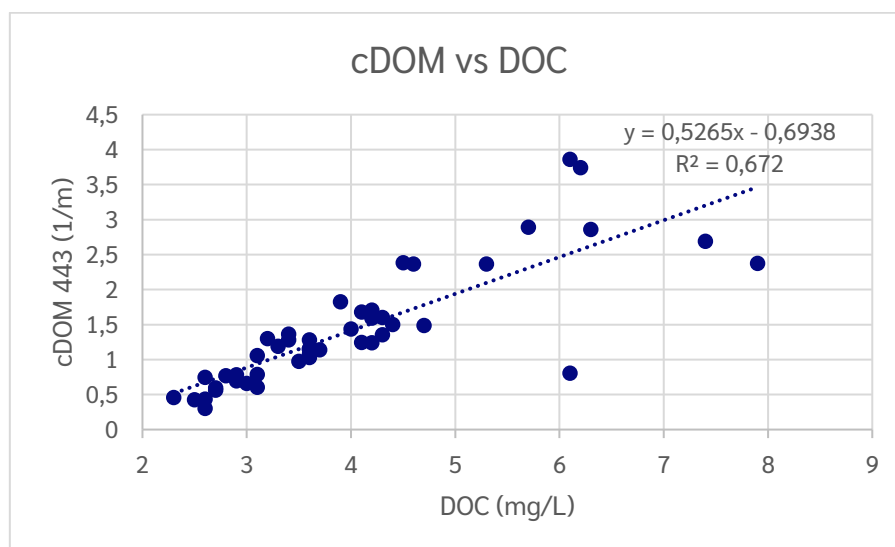


Figur 23 Sammenhengen mellom siktdyp og DOC i overflatelaget (0 m) i Ytre Oslofjord i august og september 2023.

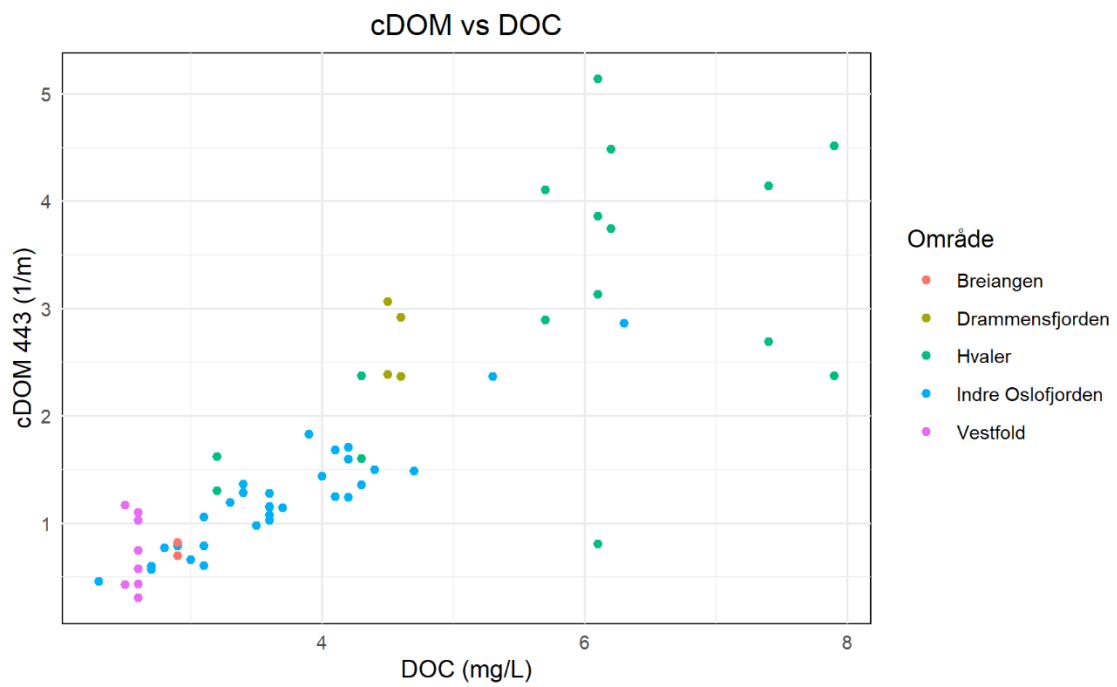


Figur 24 Sammenheng mellom siktdyp og cDOM fra 0 og 2m i hele Oslofjorden i august og september 2023.

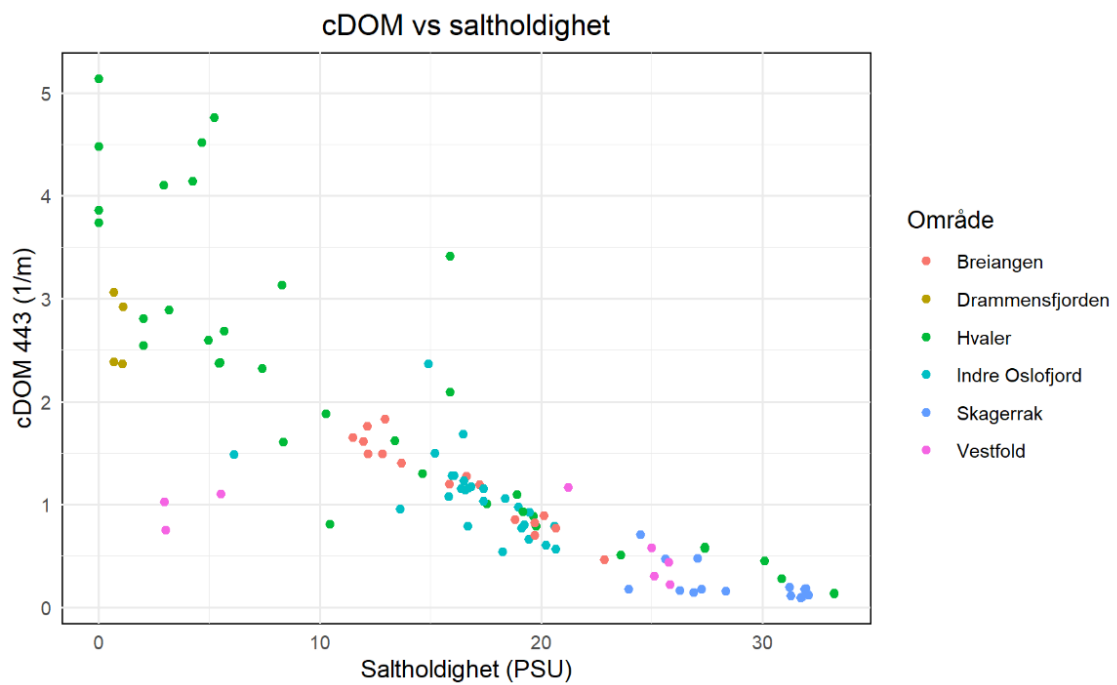
Som nevnt er cDOM den fargede delen av DOC, og absorberer sterkest i den blå delen av lysspekteret og gir fjorden sin mørke farge. Som vist i Figur 25 er det positiv korrelasjon mellom DOC og cDOM i datasettet fra hele Oslofjorden. Legg merke til at DOC skalaene starte på 2 mg/l som betyr at det er en andel av DOC som ikke er farget. Unntaket hvor DOC er høy og cDOM er lav er ved Sponvika i august, hvor det ikke ennå er en sterk ferskvannstilførsel (se forklaring til Figur 27). Studier har også vist at cDOM:DOC forholdet er høyere i områder hvor cDOM har størst effekt på siktdypet (Harvey m.fl. 2015). I Figur 26 vises sammenhengen mellom cDOM og DOC for ulike områder. Der vises det en tendens til at det høyeste cDOM:DOC forholdet er Hvaler-området. Igjen er unntaket Sponvika, i tillegg til Missingene, som i starten av flomperioden fortsatt hadde høy saltholdighet og var mindre påvirket av flomvannet. Det er også en tydelig sammenheng mellom cDOM og saltholdighet (Figur 27), hvor området med lavest saltholdighet er områdene med høyest cDOM. I dette tilfellet er det Hvaler-området som er sterkt påvirket av elvetilførsel fra Glomma.



Figur 25 Sammenhengen mellom cDOM og DOC fra 0-2m i hele Oslofjorden i august og september 2023.



Figur 26 Sammenhengen mellom cDOM og DOC ut fra ulike områder i Oslofjorden basert på data fra 0 og 2m i august og september 2023.

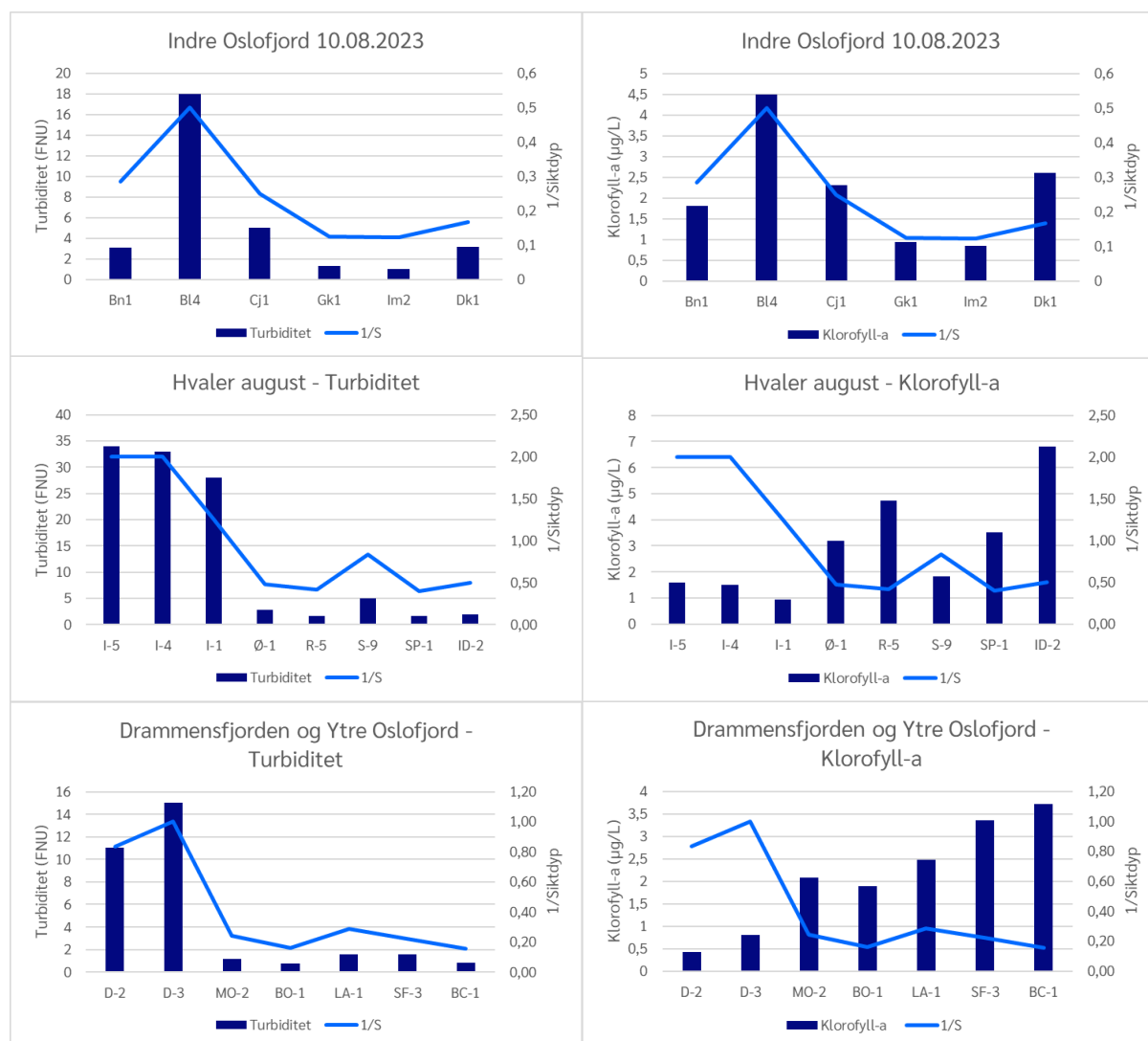


Figur 27 Sammenhengen mellom cDOM og saltholdighet ut fra ulike områder i Oslofjorden basert på data fra 0 og 2m i august og september 2023.

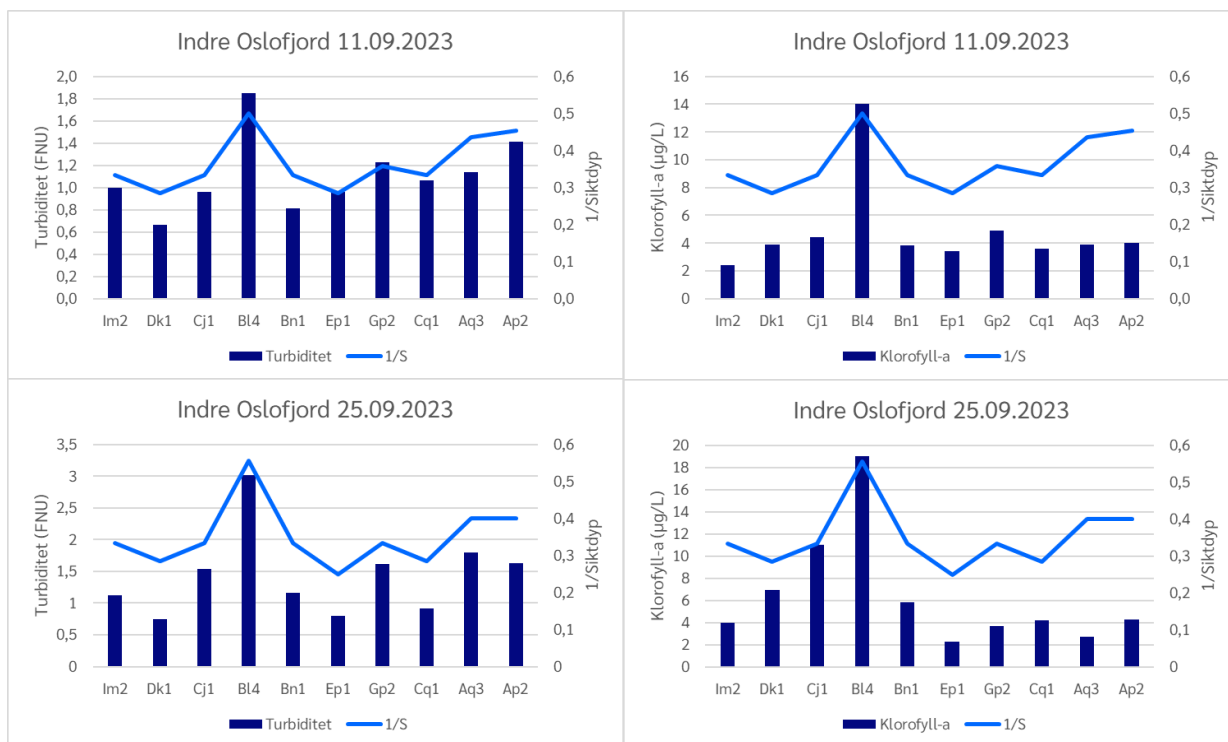
Under er inverst siktdyp (1/siktdyp), turbiditetsmålinger og klorofyll-a-konsentrasjoner plottet mot hverandre i forskjellige deler av fjorden (indre Oslofjord, Drammensfjorden og sentrale deler av ytre Oslofjord, samt Hvaler) for prøvetakningene i august (Figur 28), september (Figur 29 og Figur 30). Siktdypet er plottet inverst fordi det har et inverst forhold til turbiditet, altså vil det ved høy turbiditet være lavt siktdyp og grumsete vann, mens det ved lav turbiditet vil være høyt siktdyp og klart vann.

Normalt sett observeres det en negativ sammenheng mellom turbiditet og klorofyll-a-konsentrasjon, der det er høy turbiditet er vannet for mørkt til at planteplanktonet klarer å vokse, på tross av at ferskvannet også kommer med store mengder næringssalter. Bærumsbassenget (BL4) skiller seg ut i august, ved at det både måles høye verdier av turbiditet og klorofyll-a (Figur 28).

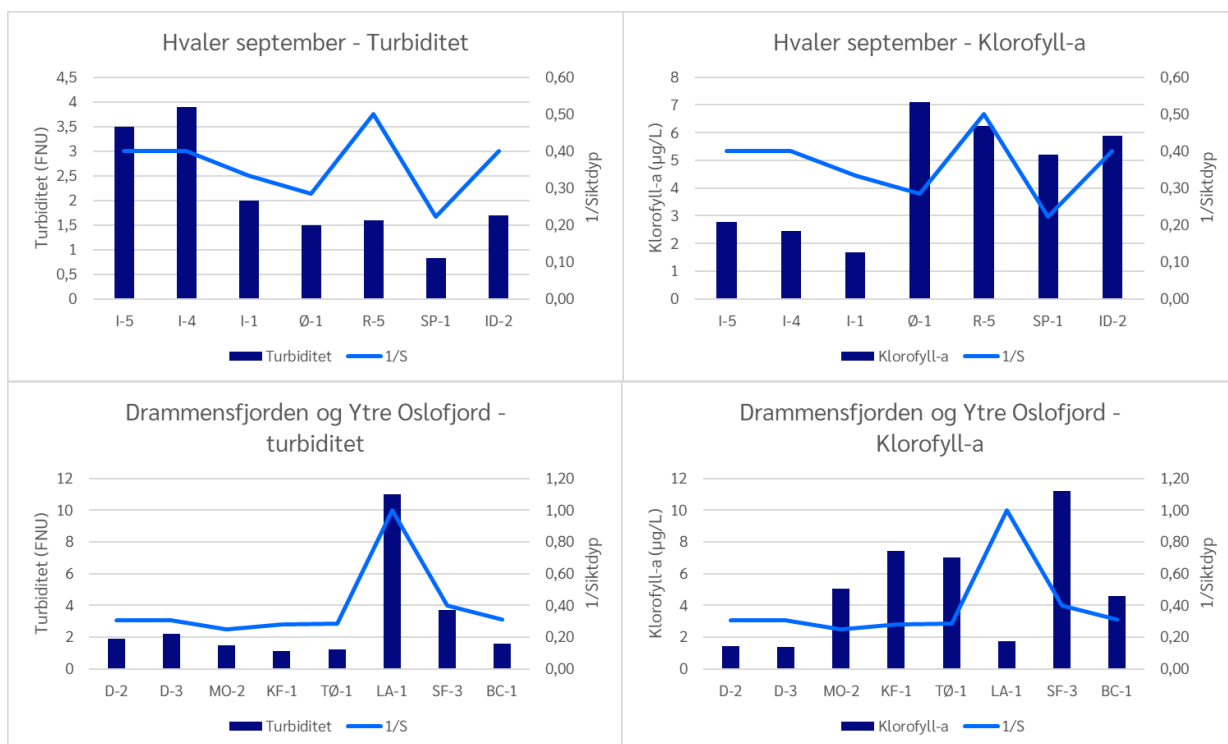
I september har turbiditetsverdiene gått betydelig ned i forhold til august, likevel er det siktdyp på mellom 2 og 3 meter, med mørkt, brunt vann i hele indre Oslofjord (Figur 31). Samtidig er det høye klorofyll-a verdier i hele den indre delen av fjorden og det registreres en betydelig kiselalgeoppblomstring. Bærumsbassenget (BL4) skiller seg igjen ut med ekstremt høye klorofyll-a verdier.



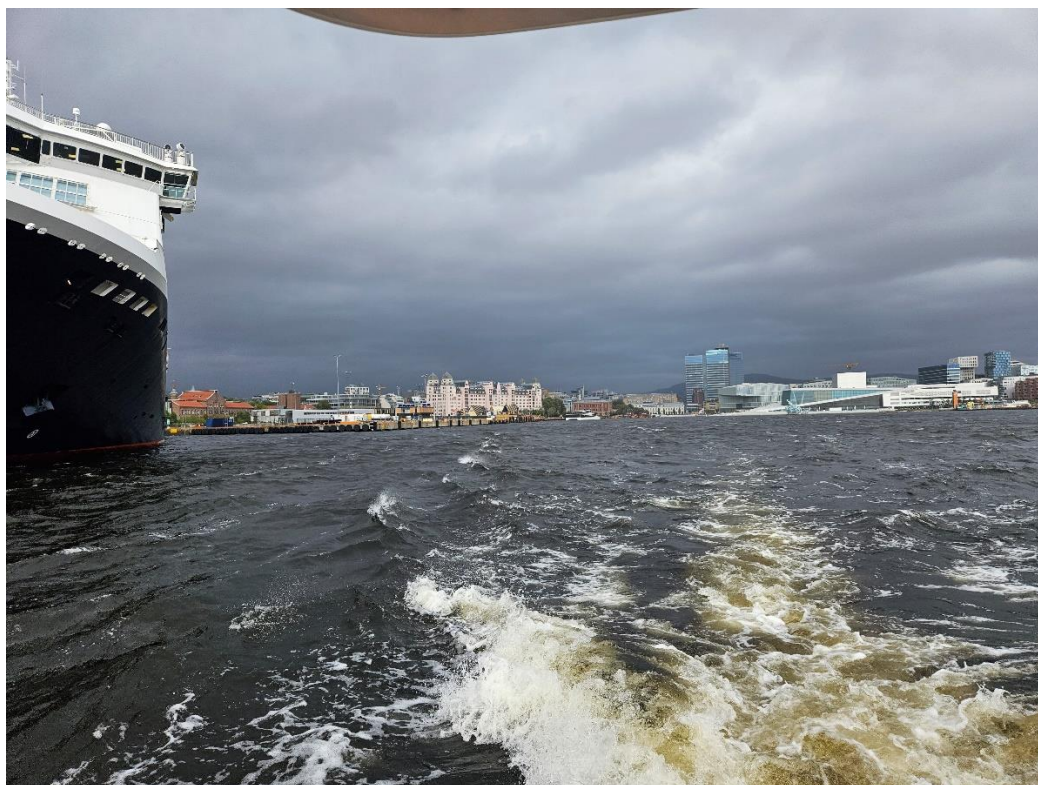
Figur 28 Inverse siktdyp (1/siktdyp) plottet mot turbiditet (FNU) til venstre og klorofyll-a (µg/L) til høyre i august 2023 for indre Oslofjord, Hvaler og Drammensfjorden og sentrale deler av ytre Oslofjord.



Figur 29 Inverse siktdyp (1/siktdyp) plottet mot turbiditet (FNU) til venstre og klorofyll-a ($\mu\text{g/L}$) til høyre for to prøvetakninger i september 2023 for indre Oslofjord.



Figur 30 Inverse siktdyp (1/siktdyp) plottet mot turbiditet (FNU) til venstre og klorofyll-a ($\mu\text{g/L}$) til høyre i september 2023 for Hvaler og Drammensfjorden og sentrale deler av ytre Oslofjord.



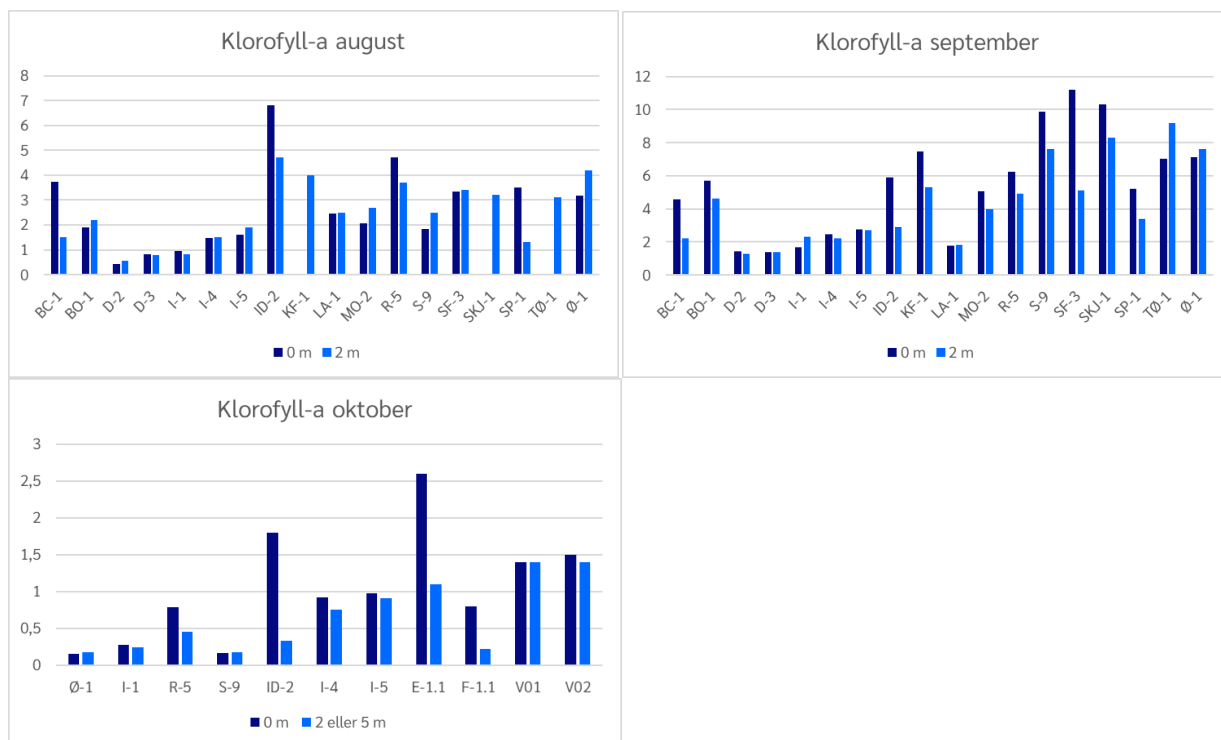
Figur 31 Brunt vann i Indre Oslofjord, like utenfor stasjonen i Bjørvika (Aq3) den 25 september 2023.

5.2.2. Plante- og dyreplankton

Det er stor forskjell i de fysiske egenskapene til ferskvann og saltvann, derfor er det et kjent fenomen at ferskvannet som kommer fra elvene legger seg over saltvannet som et eget lag. Ved flomhendelser forsterkes denne effekten på grunn av den store mengden ferskvann som raskt tilføres systemet. Det er derfor nærliggende å tro at det kan være veldig forskjellige samfunn av planteplankton i ferskvannslaget og det underliggende marine vannet. Det ble analysert klorofyll-a fra både 0 og 2 meter i Ytre Oslofjord (standardprøvene i programmet tas på 2 m) og sammenligning av disse målingene er vist i Figur 32. Det er inkludert noen ekstra analyser fra Grenlandsområdet i oktober, her er 0 meter sammenlignet med 5 meter, ettersom prøvene i dette programmet samles på 5 m dyp (Staalstrøm og Berezina 2024). Fra Indre Oslofjordprogrammet er det ikke mulig å gjennomføre slike sammenligninger, da standardprøvene i dette programmet er en integrert prøve mellom 0 og 2 meter.

Klorofyll-målinger viser at det på flere stasjoner var en del høyere klorofyll-målinger i 0 meter i forhold til målingene gjort ved 2 m dyp. Særlig gjelder dette stasjoner som typisk sett er sterkt ferskvannspåvirket, som Frierfjorden (BC-1) og to av de andre Grenland-stasjonene (E-1.1 og F-1.1) samt i store deler av Hvaler. Drammensfjorden er det mest ferskvannspåvirkede området i Oslofjorden, men effekten ses ikke her.

Sandefjordsfjorden er en av de minst ferskvannspåvirkede områdene i Ytre Oslofjord, og i august var det liten forskjell mellom 0 og 2 meter på stasjonen i Sandefjordsfjorden, men i september var det betydelig forskjell mellom de to prøvene og det ble målt hele 11,2 µg/L klorofyll-a i overflatelaget.



Figur 32 Sammenligning av klorofyll-a målinger ($\mu\text{g/L}$) fra 0 og 2 meter i Ytre Oslofjord fra august, september og oktober 2023. Oktober-prøvetakningen er fra Hvaler (Ø-1, I-1, I-4, I-5, R-5, S-9 og ID-2) og Grenland (E-1.1, F-1.1, V01 og V02). Grenlandsprøvene fra oktober er tatt på 0 og 5 meter.

Det ble observert veldig mye ferskvannsrelaterte arter i de biologiske analysene i både august og september, og utvalgte bilder av disse vises i Figur 33.

Overvåkningsprogrammet i Indre Oslofjord har inkludert dyreplankton i sin overvåkning fra 2023. I august utgjorde ferskvannsvannlopper i familien *Daphniidae* 5 % av det totale dyreplanktonsamfunnet i denne prøven. Det er ikke vanlig å finne denne familien i saltvann, så det er nærliggende å tro at disse er transportert hit med ferskvannet fra «Hans».

Planteplanktonsamfunnet var veldig påvirket av ferskvannsarter i august og september, særlig gjaldt dette stasjonen i Mossesundet og Hvaler. Det ble registrert mindre ferskvannsarter på vestsiden enn på østsiden av fjorden.



Figur 33 Ferskvannssarter av dyreplankton (A) og planteplankton (B-D) fra de biologiske analysene. A: Ferskvannssloppen Daphniidae fra stasjon Dk1 Steilene utenfor Nesodden i august. Foto: Kristine Hopland Sperre/Akvaplan-niva, B: kiselalgen *Asterionella formosa* fra Drammensfjorden i september, C: Grønnalgen *Parapediastrium biradiatum* fra Mossesundet i august, D: Grønnalge av slekten *Staurastrum* fra Mossesundet i august. Foto: Sonja Kistenich/NIVA.

6 Bløtbunn

Bløtbunnsfauna er virvelløse dyr som lever på overflaten av leire, mudder eller sandbunn, eller som graver seg ned i bunnsedimentet. De vanligste dyregruppene er flerbørstemark, muslinger, snegler, krepsdyr og pigghuder som slangestjerner, sjømus og sjøpølser (Figur 34).



Figur 34. Bløtbunnsfauna fra Ytre Oslofjord: slangestjerner og ulike arter av flerbørstemark (venstre) og sikterest fra prøvetaking bestående av bunndyr, leire og skjellrester (høyre). Foto: NIVA

I marine områder blir bunndyr som lever i eller på bløtbunn brukt som indikatorer på miljøtilstand og er et nyttig verktøy for å beskrive økologisk status. Bløtbunnsfauna er rike på arter, og de fleste bunndyrene er relativt stasjonære, det vil si at de ikke forflytter seg så mye rundt, men hovedsakelig oppholder seg på samme sted over tid. Endringer i artssammensetningen gjenspeiler derfor den sammenlagte responsen til mange arter og reflekterer i stor grad de lokale miljøforholdene.

Bunndyrene påvirkes blant annet av organisk belastning ved at organisk materiale eller plankton synker ned til bunnen. Dette er mat for bunndyrene og helt nødvendig for bunnsamfunnets overlevelse. Men hvis vannutskiftningen er begrenset og de organiske tilførselene store, kan oksygenkonsentrasjonen i bunnvannet bli lav som følge av at nedbrytning av det organiske materialet. Dette fører til redusert arts mangfold og endringer i forekomst av ømfintlige og tolerante arter. Ved stor påvirkning kan artsantallet bli sterkt redusert, og individtettheten bli ekstremt høy fordi noen få tolerante arter dominerer. I verste fall kan havbunnen bli anoksisk og helt uten bunndyr.

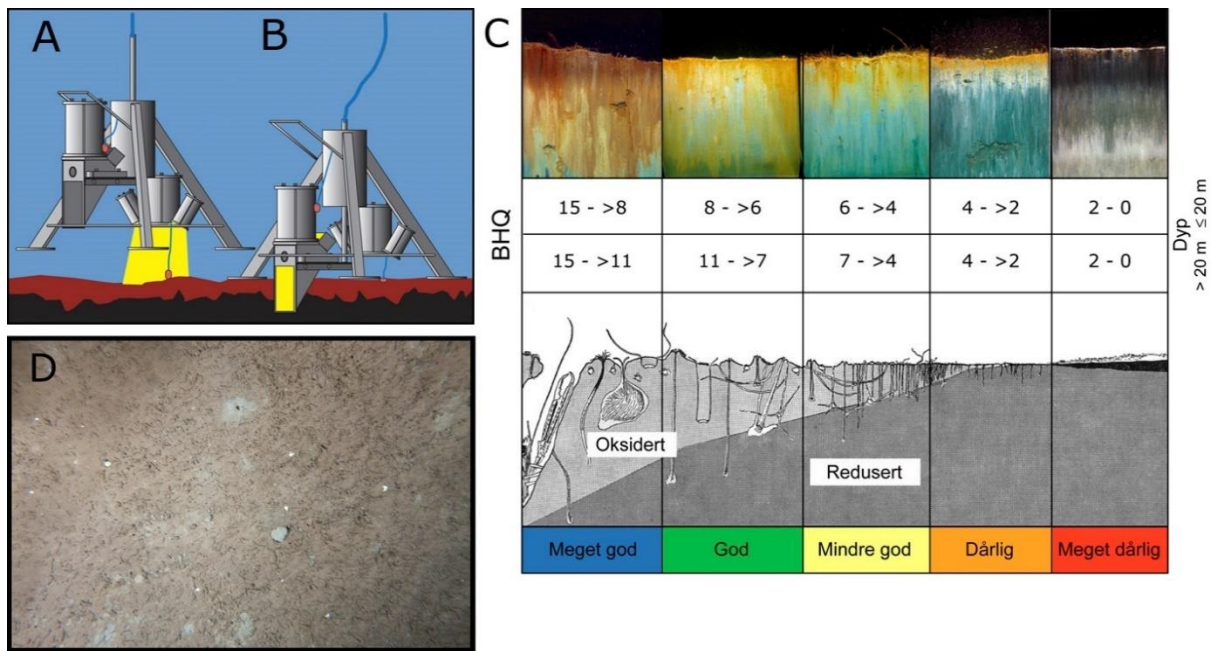
Bløtbunnsfauna kan undersøkes ved å samle inn bunnprøver med en grabb, eller ved å ta et horisontalt profilbilde av sedimentet (SPI) (Figur 35). Grabbprøvene blir opparbeidet kvantitativt ved at alle dyr blir artsbestemt og alle individer talt. På grunnlag av artsdataene blir det beregnet ulike indekser som benyttes til å gi en tilstandsklassifisering av bunnfauna. Økologisk tilstand for bløtbunnsfauna bestemmes ut fra nEQR-verdien (normalisert Ecological Quality Ratio) som gir en samlet tilstandsklassifisering basert på de fem indeksene for bløtbunnsfauna som benyttes i Vannforskriften (Veileder 02:2018).



Figur 35. Van Veen-grabb (venstre) som benyttes til prøvetaking av bløtbunnsfauna og SPI-kamera (høyre) som tar et horisontalt bilde av sedimentet. Foto: NIVA

Sedimentprofilfotografering (SPI) er en rask metode for visuell kartlegging og klassifisering av bløtbunn. Teknikken kan sammenlignes med et omvendt periskop som ser horisontalt inn i de øvre 20 cm av sedimentet. Et digitalt kamera med blits er montert i et vanntett hus på en rigg med tre ben. Riggene senkes ned til sedimentoverflaten slik at en vertikal glassplate presses ned i sedimentet. Bildet tas gjennom glassplaten via et skråstilt speil hvilket til sammen utgjør prismet, og ned i sedimentet uten å forstyrre strukturer i sedimentet. Resultatet blir digitale fotografier med detaljer både av strukturer og farger av overflatesedimentet.

Fra bildene kan en beregne en miljøindeks (Benthic Habitat Quality index; BHQ-indeks) ut fra strukturer i sedimentoverflaten (rør av børstemark, fødegroper og ekskrementhauger) og strukturer under sedimentoverflaten (bløtbunnsfauna, faunaganger og oksiderte tomrom i sedimentet) samt redoksforhold i sedimentet. BHQ-indeksen klassifiseres til en av fem tilstandsklasser som spenner fra meget dårlig til meget god tilstand (Rosenberg m. fl. 2004). Metoden inngår ikke som et kvalitetselement i Vannforskriften, men benyttes som et supplement til klassifisering av økologisk tilstand hos bunnfauna. Metoden er rask og krever mindre etterarbeid enn faunaundersøkelser og kan derfor dekke et større geografisk område enn ordinær prøvetaking av bunnfauna med grabb. I tillegg er SPI-bildene egnet til å skille anoksisk sjøbunn fra sjøbunn med oksygentilgang. Dette skyldes kort fortalt at ved fravær av oksygen vil manganoksid og jernoksid bli brukt som elektronakseptor i biokjemiske reduksjonsprosesser. Denne reduksjonen av jern og mangan fører til dannelse av jernsulfider og mangansulfider som er svarte i fargen. Ved fornyet tilgang på oksygen vil disse sulfidene igjen kunne brytes ned og sedimentet vil igjen endre farge. Fra bildene vurderer vi også tykkelsen på det øverste laget i sedimentet, denne tykkelsen korresponderer godt med en brå overgang i sediments redoxpotensiale (redoxpotential discontinuity -RPD), som igjen er et skille mellom anoksiske og oksiske forhold i sedimentet (Simone og Grant, 2017; Rosenberg m.fl. 2001). Når RPDen blir vurdert visuelt basert på bilder, omtales den som aRPD (apparent redoxpotential discontinuity). Tykkelsen på det øvre laget ned til aRPD er et resultat av en kombinasjon av de kjemiske prosessene nevnt over, og omrøring av sediment ved hjelp av organismer (bioturbasjon). En lav aRPD indikerer dårlige oksygenforhold, noe som gjerne skyldes en kombinasjon av lite oksygen i vannmassene og eutrofiering.



Figur 36. Prinsippskisse for SPI-kamera og bildeanalyse. (A) Rigg over bunnen. Gult antyder at bilde av overflaten tas. (B) Kamera med prismet som har trengt ned i sedimentet og SPI bildet eksponeres. (C) Modell av endringer i faunatype fra upåvirkede bunnsedimenter med en rik, dyptgravende fauna (Meget god) til en grunnlevende, fattig fauna i påvirkede områder (Meget dårlig). Sedimentprofilbildet er vist i toppen av figuren, der brunt farget sediment indikerer oksidert, bioturbert sediment mens sortfarget sediment indikerer reduserte forhold. Grenseverdier for BHQ-miljøkvalitetsindeks for vanddyb ≤ 20 meter og > 20 m i samme skala som benyttes for marine sedimenter i EUs vanddirektiv er vist nederst (Pearson og Rosenberg 1978, Nilsson og Rosenberg 1997, Rosenberg et al. 2004, Nilsson og Rosenberg 2006). (D) Eksempel av et overflatebilde med strukturer og børstemarkrør synlig.

6.1 Klassifisering av bløtbunnsfauna

Den økologiske tilstanden for bløtbunnsfauna på de fem stasjonene som inngikk i Fagrådets program i 2023 viste «moderat» tilstand i Drammensfjorden og Tønsbergfjorden og «god» tilstand ved Breiangen, Hvaler og i Ringdalsfjorden (Borgersen og Beylich 2024). Alle stasjonene har blitt undersøkt tidligere, med den eldste tidsserien helt tilbake til 1980 (S-9 Haslau ved Hvaler, se Tabell 10). Her ser vi nærmere på hvordan tilstanden på bunnen har utviklet seg over tid med antall arter og individer som er registrert, organisk innhold i sedimentet og økologisk tilstand for bløtbunnsfauna. På de stasjonene hvor det foreligger informasjon om oksygeninnholdet i dypvannet vil tilstanden for bløtbunnsfauna ses i sammenheng med oksygeninnholdet, som er en viktig faktor for bunndyrene. Ingen av stasjonene i denne undersøkelsen ligger innenfor nasjonalparkene Færder og Ytre Hvaler.

Tabell 10. Oversikt over de fem stasjonene som inngår i fagrådets program i 2023, og hvilke år det ble foretatt undersøkelse av bløtbunnsfauna på de ulike stasjonene.

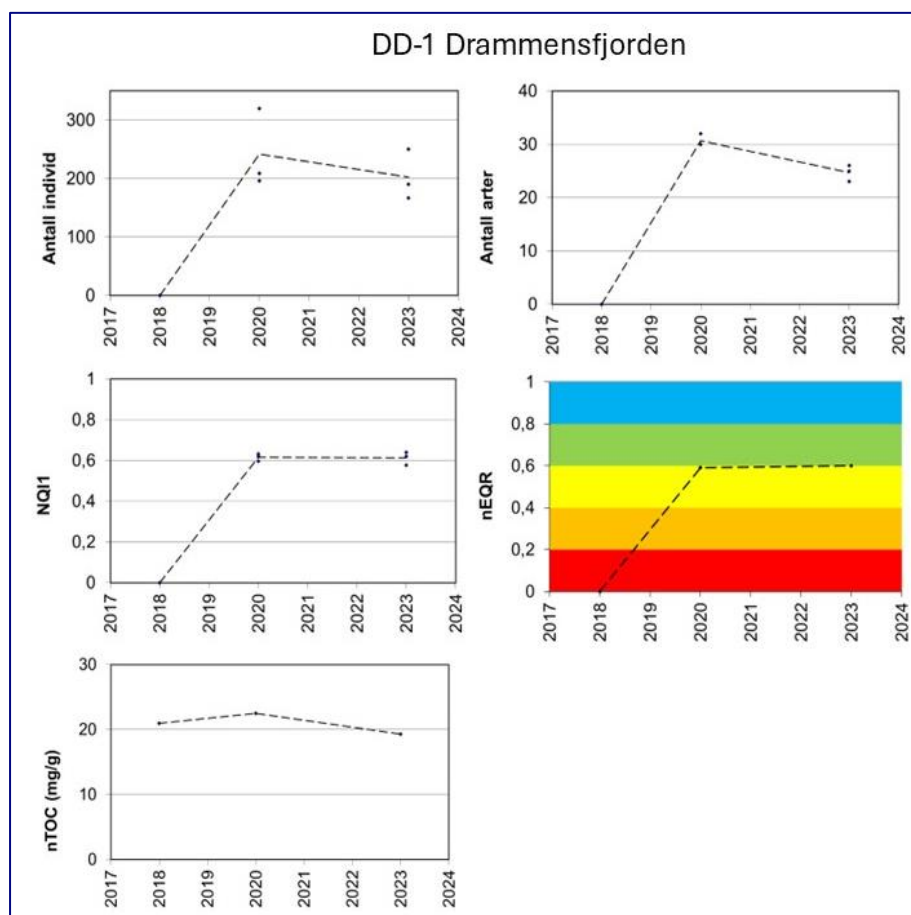
År	TØ-1 Tønsbergfjorden	DD-1 Drammensfjorden	OF-5 Breiangen	R-5 Ringdalsfjorden	S-9 Haslau
1980					x
1990					x
1991			x		
1994					x
2001			x	x	
2002	(x)			x	
2003				x	
2004				x	
2008			x	x	
2011				x	x
2013	x				
2015			x	x	
2018	x	x	x	x	x
2020	x	x	x	x	x
2023	x	x	x	x	x

(x) indeksverdier er ikke beregnet

Drammensfjorden

Stasjon DD-1 Drammensfjorden ligger rett nord for Svelviksundet, i nærheten av hydrografistasjonen D-2. Stasjonen ble undersøkt for bløtbunnsfauna 2018, 2020 og 2023 (Figur 37). I 2018 var det livløst og det ble ikke funnet noen bunndyr på bunnen. Økologisk tilstand ble da «svært dårlig». I 2020 ble det registrert over 30 arter og 200 individer, og stasjonen fikk «moderat» tilstand (men rett under grensen til «god»). Stasjonen fikk kun «moderat» på grunn av dominans av tolerante eller opportunistiske arter, og at fauna generelt var dominert av flerbørstemark og muslinger. Det ble ikke funnet noen krepsdyr, og kun noen få individer fra andre dyregrupper. I 2023 var det en liten nedgang i antall individer og arter, men ikke noe mer enn det man kan forvente seg av naturlig variasjon i tid og rom. Også i 2023 ble tilstanden «moderat», men akkurat på grensen til «god» tilstand. Innholdet av organisk karbon viste «god» tilstand i 2018 og 2020, og «svært god» tilstand i 2023.

Oksygenforholdene i bunnvannet i Drammensfjorden har vært dårlige i hele perioden fra 2018 til 2023 (Naustvoll m.fl. 2019; Engesmo m.fl. 2021; Engesmo m.fl. 2024), men vannmassestasjonen der det måles oksygen ligger dypere (stasjon D-2 er 121 m dyp) enn bløtbunnsstasjonen (på 106 m dyp). Med unntak av 2018 var oksygenforholdene i bunnvannet på den noe grunnere bløtbunnsstasjonen tilsynelatende bedre enn på vannmassestasjonen. Vannmassestasjonen D-3 som ligger lenger inn i Drammensfjorden hadde også dårlige oksygenforhold. Sedimentprofil-bildene viser også at 2018 skilte seg ut som et år med svært dårlige forhold i sedimentet på stasjon DD-1 (Tabell 12).

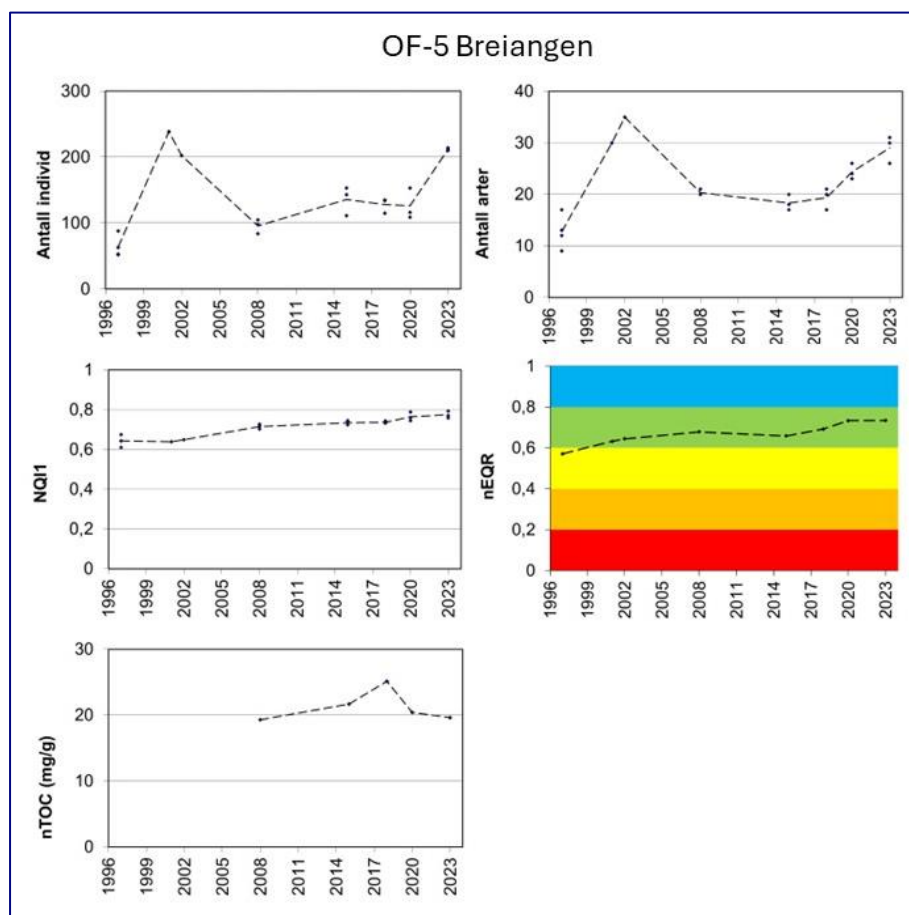


Figur 37. Antall arter, individer, norsk kvalitetsindeks (NQI1), nEQR og innhold av normalisert organisk karbon for bløtbunnsfauna (pr grabb) i tidsrommet 2018-2023 for DD-1 Drammensfjorden. Punkter: verdier pr grabb. Linjer: gjennomsnitt for alle parallelle grabber. Fargen for nEQR angir tilstandsklasse (Veileder 02:2018).

Breiangen

Stasjon OF-5 Breiangen ligger i et relativt dypt område (200 m dyp) mellom Holmestrand og Moss. På denne stasjonen er det bløtbunnsdata helt tilbake til 1997. Antall arter og individer har variert noe gjennom perioden, med en topp i 2002, og deretter en nedgang til 2008 (Figur 38). De siste ti årene har det vært en økning i både individtall og antall arter. Både indeksen NQI1 og nEQR har økt i perioden 1997-2023, og de økologiske tilstande for bløtbunnsfauna har gått fra «moderat» i 1997 til «god» tilstand i 2023. Det organiske innholdet har vist «god» eller «svært god» tilstand alle årene i perioden.

Breiangen er sterkt påvirket av tilførsler fra Drammensfjorden, og oksygenforholdene ved bunn er moderat eller dårligere (Staalstrøm m.fl. 2022). I de dypeste delene er oksygenforholdene nær å klassifiseres som «svært dårlige», til tross for at dette er et relativt åpent område med antatt god vannutskifting. Det har vært en økning i mengde planteplankton fra perioden 2003-2008 til 2018-2020, som antas å bidra til de forverrede oksygenforholdene. For bløtbunnsfauna har derimot utviklingen vært i positiv retning i den samme perioden. Dette kan bety at økt tilførsel av planteplankton fra vannmassene gir økt mattilgang for bunndyrene og dermed økt sekundærproduksjon, og at de dårlige oksygenforholdene foreløpig ikke har hatt noen negativ effekt.

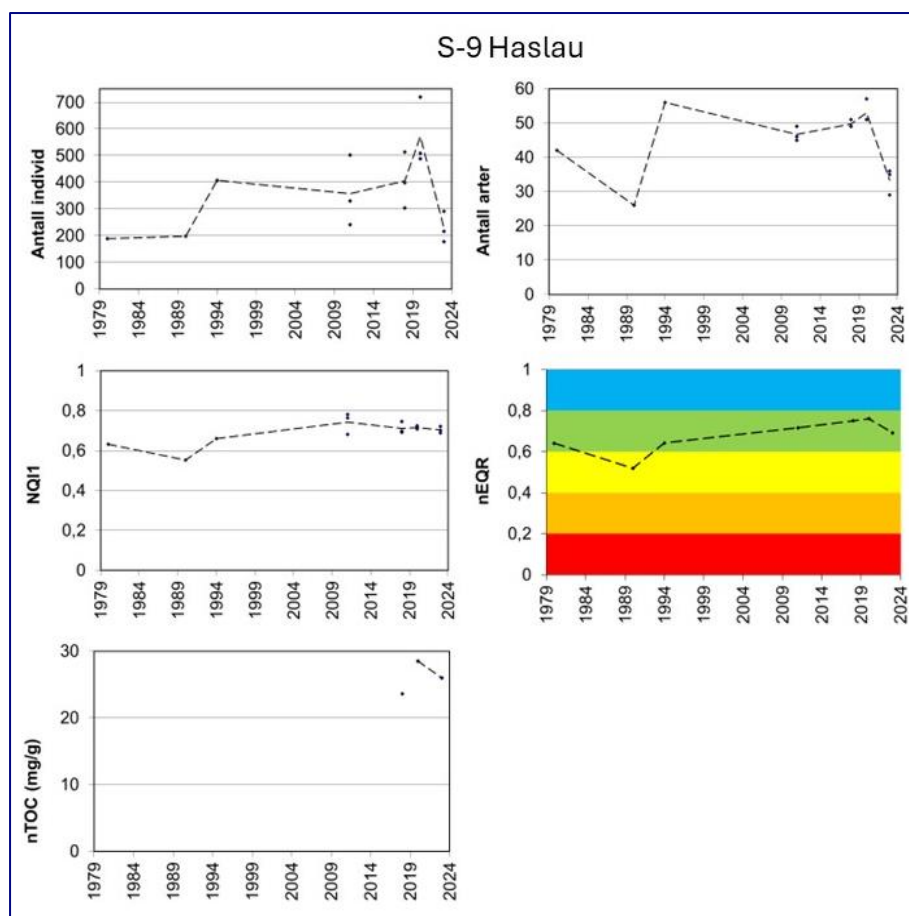


Figur 38. Antall arter, individer, norsk kvalitetsindeks (NQI1), nEQR og innhold av normalisert organisk karbon for bløtbunnsfauna (pr grabb) i tidsrommet 1997-2023 for OF-5 Breiangen. Punkter: verdier pr grabb. Linjer: gjennomsnitt for alle parallelle grabber. Fargen for nEQR angir tilstandsklasse (Veileder 02:2018).

Haslau/Hvaler

S-9 Haslau ligger i Singlefjorden i Hvaler-området og har den lengste tidsserien fra 1980 til 2023. Antall arter og individer har variert litt i tidsperioden, og var høyest i perioden 1994-2020. Fra 2020 til 2023 var det en nedgang i både antall arter og individer (Figur 39). NQI1 og nEQR har økt jevnt fra 1990 til 2020, fra 1994 og utover har det vært «god» tilstand. Fra 2020 til 2023 var det en liten nedgang i nEQR, men tilstanden ble fortsatt klassifisert til «god». Det mangler data for organisk karbon for det meste av tidsperioden, men det som er tilgjengelig viser at tilstand for organisk innhold er i grenseland mellom «god» og «moderat» ved de to siste undersøkelsene i 2020 og 2023.

Oksygenforhold i bunnvann på stasjon S-9 Haslau viste «moderat» tilstand (se kapittel 3.2 og Tabell 7).

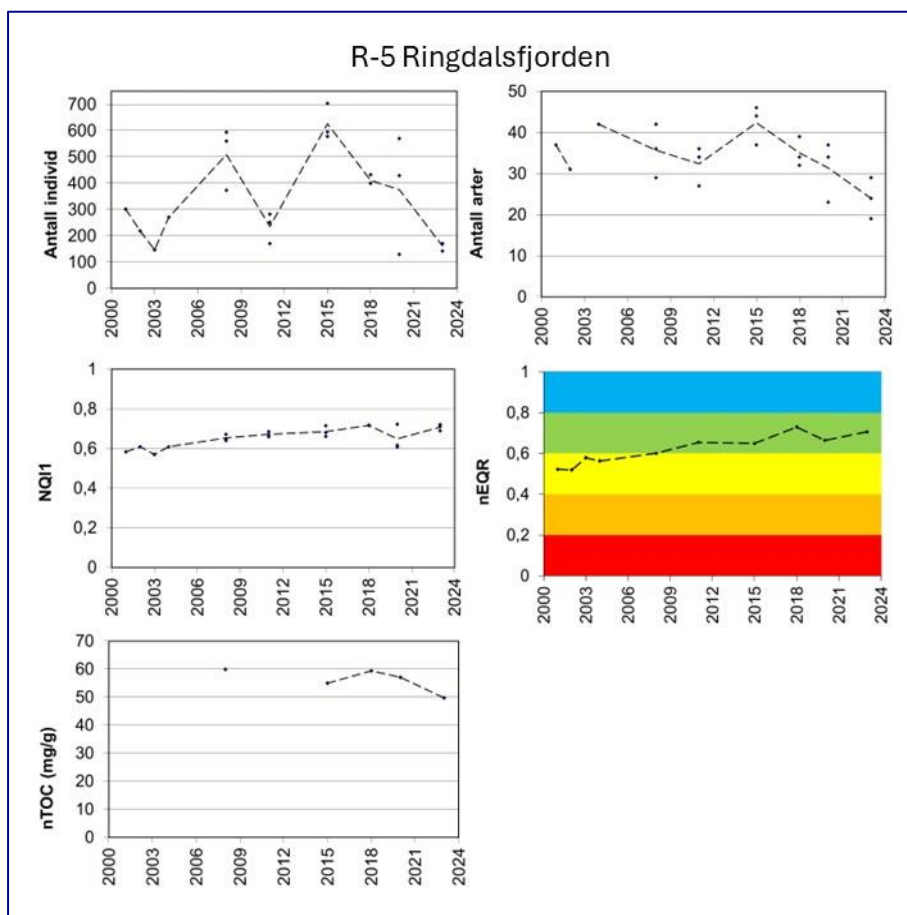


Figur 39. Antall arter, individer, norsk kvalitetsindeks (NQI1), nEQR og innhold av normalisert organisk karbon for bløtbunnsfauna (pr grabb) i tidsrommet 1980-2023 for S-9 Haslau. Punkter: verdier pr grabb. Linjer: gjennomsnitt for alle parallelle grabber. Fargen for nEQR angir tilstandsklasse (Veileder 02:2018).

Ringdalsfjorden

Stasjon R-5 innenfor terskelen til Ringdalsfjorden har en tidsserie fra 2001. Antall arter og individer har variert litt gjennom tidsperioden, men det er en nedadgående trend fra 2015 til 2023. I 2023 ble det laveste antallet individer og arter i perioden registrert (Figur 40). Til tross for dette har NQI1 og nEQR likevel økt jevnt, og den økologiske tilstanden har forbedret seg fra «moderat» i perioden 2001-2008 til «god» i perioden 2011-2023. Det mangler data for organisk karbon for mye av perioden, men de data som foreligger viser alle «svært dårlig» tilstand for organisk innhold.

Oksygenforholdene på stasjon R-5 er svært dårlige (se kapittel 3.2 og Tabell 7), og både vinter- og sommerkverdiene av nitrogen, samt siktdyp, viser dårlige tilstand. I dette området er det altså mange parametre som peker i samme negative retning, inkludert arts- og individtall for bunndyrene. nEQR og økologisk tilstand for bløtbunnsfauna har derimot holdt seg stabil og i «god» tilstand. Men dersom den negative trenden fortsetter er det grunn til å tro at også nEQR-verdien for bløtbunnsfauna vil reduseres og at tilstanden vil endres i negativ retning.

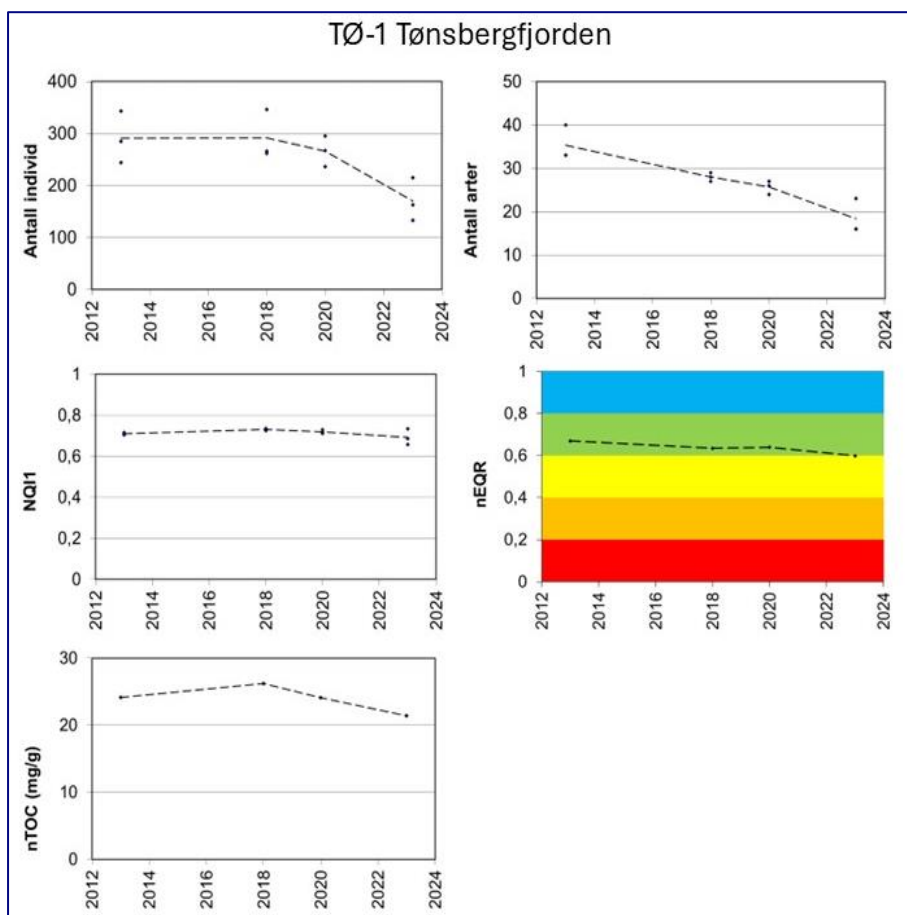


Figur 40. Antall arter, individer, norsk kvalitetsindeks (NQI1), nEQR og innhold av normalisert organisk karbon for bløtbunnsfauna (pr grabb) i tidsrommet 2001-2023 for R-5 Ringdalsfjorden. Punkter: verdier pr grabb. Linjer: gjennomsnitt for alle parallelle grabber. Fargen for nEQR angir tilstandsklasse (Veileder 02:2018).

Tønsbergfjorden

Stasjon TØ-1 i Tønsbergfjorden har blitt undersøkt for bløtbunnsfauna i 2013, 2018, 2020 og 2023. Antall individer og arter har gått ned i perioden (Figur 41). Det har også vært en svak nedgang i nEQR, og tilstanden har gått fra «god» i periode 2013-2020 til «moderat» i 2023 (men akkurat på grensen). Innholdet av organisk karbon har variert litt, men tilstanden for organisk innhold har vært «god» alle årene. NQI1 har vært relativt stabil gjennom hele tidsperioden.

Stasjoner får moderat tilstandsklasse for oksygen i bunnvann (se kapittel 3.2 og Tabell 7).



Figur 41. Antall arter, individer, norsk kvalitetsindeks (NQI1), nEQR og innhold av normalisert organisk karbon for bløtbunnsfauna (pr grabb) i tidsrommet 2013-2023 for TØ-1 Tønsbergfjorden. Punkter: verdier pr grabb. Linjer: gjennomsnitt for alle parallelle grabber. Fargen for nEQR angir tilstandsklasse (Veileder 02:2018).

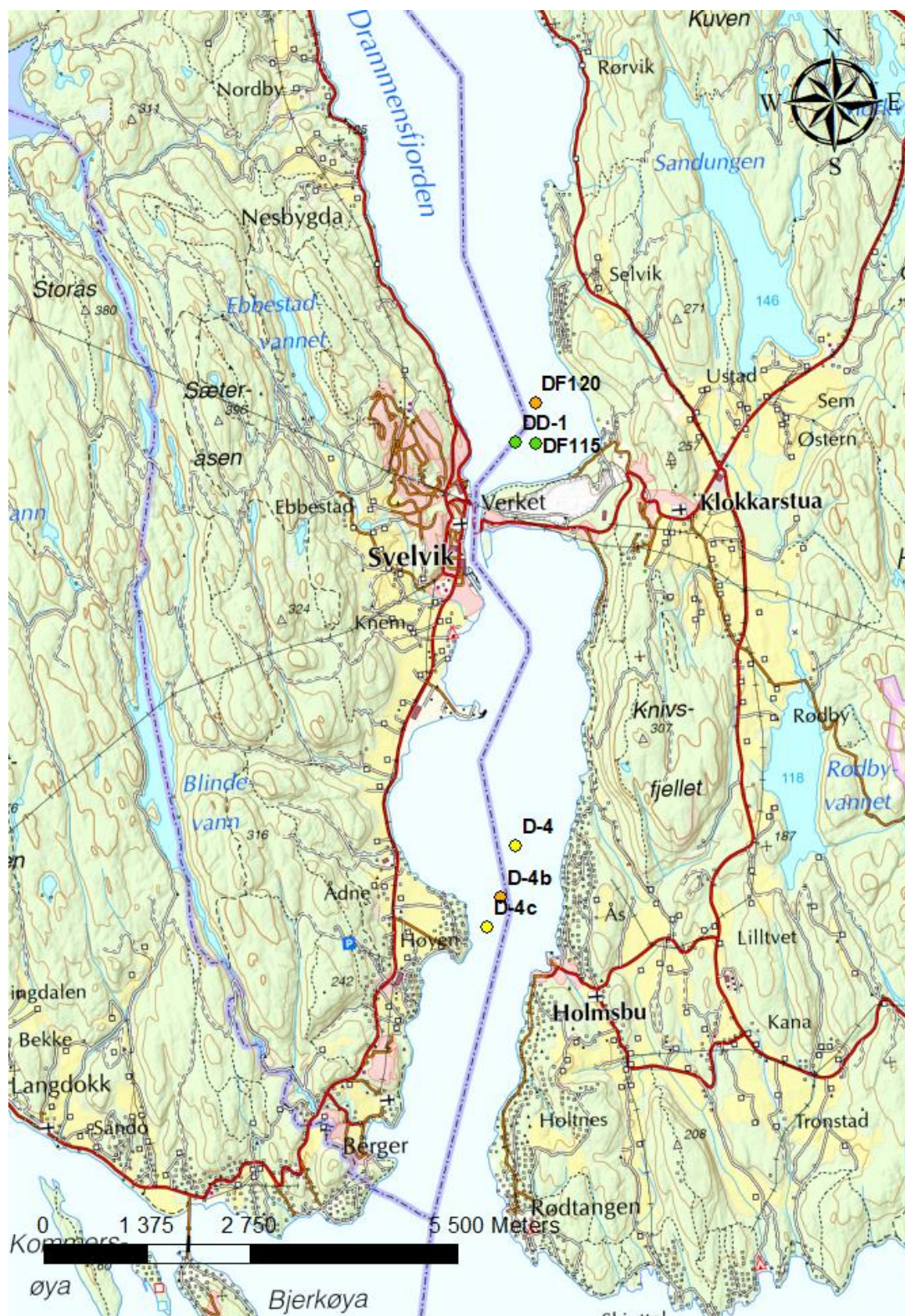
6.2 Klassifisering av sedimentforhold med SPI

Resultater fra SPI-undersøkelsene er vist i Tabell 11 og Figur 42 - Figur 44. Tilstandsklasse 2, «god» er angitt med grønn farge, tilstandsklasse 3 «mindre god» med gul farge og tilstandsklasse 4 «dårlig» er angitt med oransje farge.

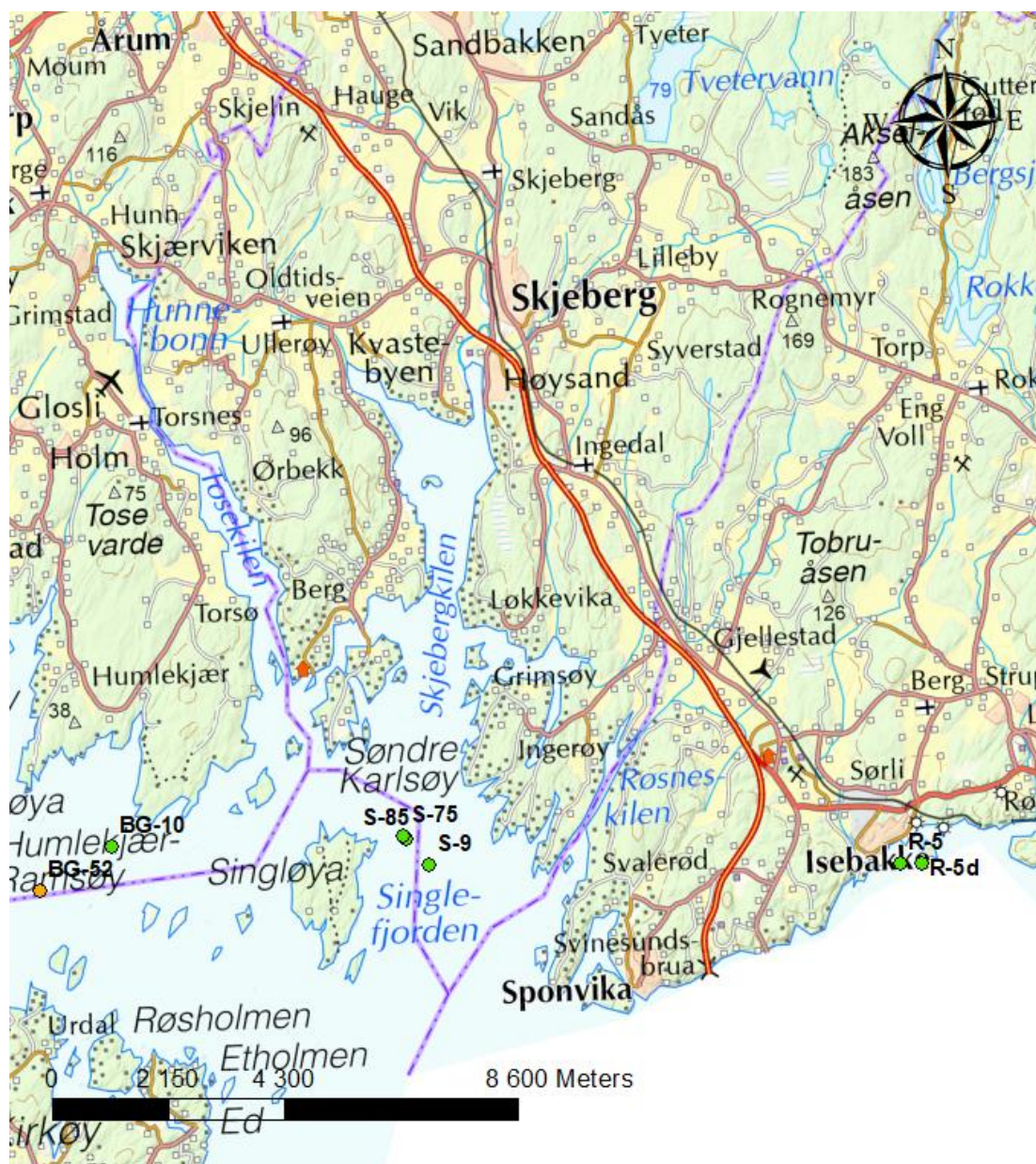
Tabell 11. Resultater for SPI-stasjoner, med vanddyb, tilstandsklasse, gjennomsnittlig BHQ, n antall bilder, loddvekt, kameraets penetrasjonsdyb i sedimentet og gjennomsnittlig aRPD. Tilstandsklasse 2, «god» er angitt med grønn farge, tilstandsklasse 3 «mindre god» med gul farge og tilstandsklasse 4 «dårlig» er angitt med oransje farge.

Område	Stasjon	Dyp (m)	Lat	Long	Tilstands-klasse	BHQ	n	Loddvekt	Penet. Dyp (cm)	aRPD (cm)
Ringdalsfj.	R-5d	45	11,32133	59,11175	2	7,5	4	16,8 kg	19,5	3,1
Ringdalsfj.	R-5	33	11,3145	59,11186	2	8,0	5	16,8 kg	17,9	3,0
Hvaler	S-9	95	11,16227	59,11423	2	9,7	3	16,8 kg	15,3	4,3
Hvaler	S-85	85	11,15538	59,11849	2	9,0	3	16,8 kg	23,9	4,4
Hvaler	S-75 *	75	11,15405	59,11919	2		0	16,8 kg	18,3	
Hvaler	BG-10	32	11,0602	59,11887	2	8,3	3	16,8 kg	16,7	2,6
Hvaler	BG-52	52	11,0366	59,11191	4	3,7	3	16,8 kg	25,1	1,3
Tønsbergfj.	TØ-1	45	10,35525	59,20279	2	7,8	4	16,8 kg	17,2	2,2
Rauer	H-1	353	10,61082	59,24558	2	8,2	6	16,8 kg	21,5	2,9
Rauer	H-1_290	290	10,6059	59,25741	3	6,0	1	16,8 kg	24,3	3,2
Rauer	H-1_190	190	10,63331	59,25227	2	8,0	3	16,8 kg	22,5	3,2
Rauer	H-1_100	98,5	10,63269	59,25675	2	9,0	2	16,8 kg	20,3	3,3
Breiangen	OF-5	193	10,46207	59,48635	3	7,0	5	0,0 kg	19,5	3,3
Breiangen	OF-5-167	167	10,44658	59,49834	2	8,0	5	0,0 kg	17,4	4,1
Breiangen	OF-5-140	140	10,44278	59,50217	2	9,3	3	0,0 kg	18,5	3,9
Breiangen	OF-5-108	108	10,44175	59,50584	2	9,2	5	0,0 kg	12,5	3,3
Drammensfj.	D-4c*	38	10,41208	59,56529	3		0	16,8 kg	2,8	2,1
Drammensfj.	D-4b	30	10,41564	59,56878	4	4,0	1	26 kg	16,5	1,4
Drammensfj.	D-4	21	10,41921	59,57494	3	7,0	2	26 kg	15,3	2,9
Drammensfj.	DD-1	108	10,42137	59,62313	2	7,6	5	16,8 kg	19,9	2,4
Drammensfj.	DF120	120	10,42631	59,62782	4	4,0	5	0,0 kg	22,4	1,0
Drammensfj.	DF115	115	10,42618	59,62306	2	7,3	3	0,0 kg	12,2	2,5

* n angir antall bilder av god nok kvalitet for BHQ-analyse, der n = 0 er tilstandsklasse et konservativt estimat basert på 3 bilder av dårlig kvalitet.



Figur 42. Tilstandsklasser ved SPI-stasjoner i Drammensfjorden angitt med fargekode. Grønn tilsvarende tilstandsklasse 2, «god». Gul tilsvarende tilstandsklasse 3, «mindre god». Oransje tilsvarende tilstandsklasse 4, «dårlig». Ved stasjon D-4c var SPI-kameraets penetrasjon i sediment for lav, slik at det ikke var mulig å fastsette en BHQ, tilstandsklasse 3 er en konservativ vurdering av bildene.



Figur 43. Tilstandsklasser ved SPI-stasjoner i Hvalerområdet angitt med fargekode. Grønn tilsvarer tilstandsklasse 2, «god». Gul tilsvarer tilstandsklasse 3, «mindre god». Oransje tilsvarer tilstandsklasse 4, «dårlig». Ved S-75 var bildene forstyrret av leirklumper og/eller at kameraet har sklidd litt og forhindrer en BHQ-analyse. Det var dog mulig å se nok på bildene til å gi en konservativ vurdering som tilsier tilstandsklasse 2.

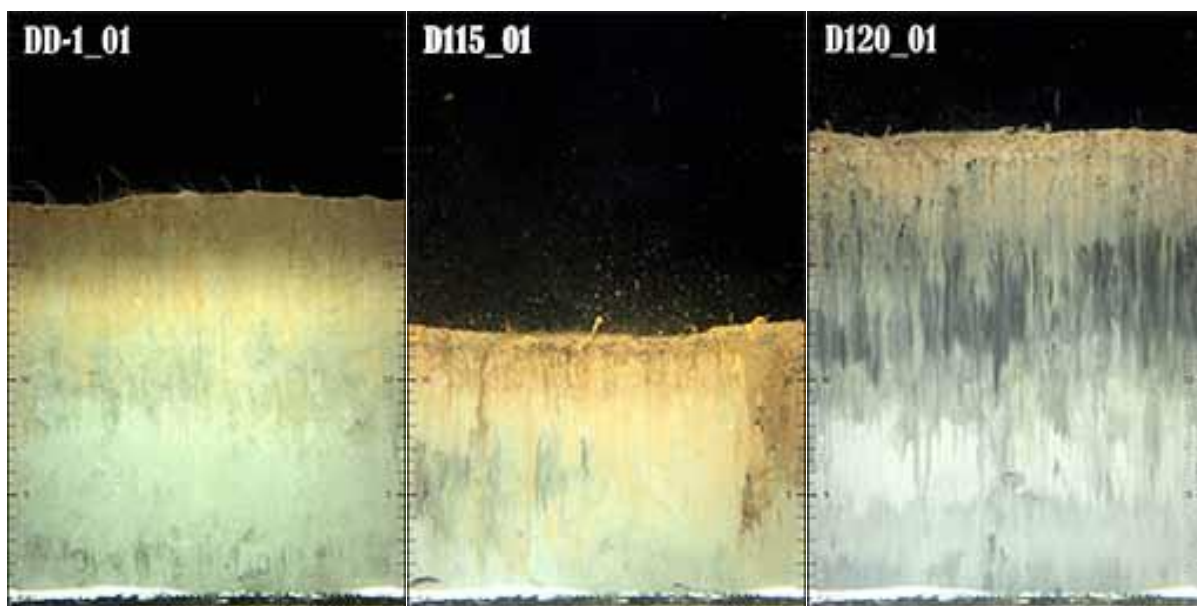


Figur 44. Tilstandsklasser ved SPI-stasjoner i sentrale deler av Ytre Oslofjord samt Tønsberg-området angitt med fargekode. Grønn tilsvarer tilstandsklasse 2, «god». Gul tilsvarer tilstandsklasse 3, «mindre god». Oransje tilsvarer tilstandsklasse 4, «dårlig».

DD-1, Drammensfjorden

Ved DD-1 i Drammensfjorden viser SPI-bilder stor variasjon i sediment-tilstand mellom ulike år (Tabell 12 og Figur 45). Det er rimelig å gå ut fra at variasjonen i stor grad skyldes oksygenmangel i sedimentet som igjen kan tilskrives manglende dypvannsfornyelse og oksygen i bunnvannet.

I 2023 ble DD-1 basert på SPI-bilder klassifisert til tilstandsklasse II (god), vi kunne allerede i felt se at det ikke var anoksiske forhold på stasjonen, derfor valgte vi å prøveta dybdegradienten på stasjonen fra 108m på DD-1 og nedover. På 115m var det fortsatt god tilstand, men på 120m ser vi at sedimentet stort sett er svart, noe som indikerer oksygensvikt og tilstedeværelse av H_2S . Vi observerer børstemarkrør på 120m, og vi antar at disse er tomme rør og at børstemarken er død, men det indikerer at det også her har vært tilgang på oksygen i relativt nær fortid.



Figur 45 Bilder fra SPI-stasjoner i Drammensfjorden.

Tabell 12 : SPI-analyser av stasjonen DD-1, med Tilstandsklasse (TK), BHQ-indeks og aRPD i cm. For samtlige av årene er undersøkelsen utført i mai/juni. Tilstandsklasse 2, «god» er angitt med grønn farge, tilstandsklasse 3 «mindre god» med gul farge, tilstandsklasse 4 «dårlig» er angitt med oransje farge, mens tilstandsklasse 5 «svært dårlig» er angitt med rød farge.

Stasjon	Dato	Longitude	Latitude	Dyp	TK	BHQ	aRPD
DD-1	28.06.2007	10,4213	59,6232	107	3	4,7	0,8
DD-1	22.05.2008	10,42123	59,62323	105,7	2	8,0	2,6
DD-1	04.06.2009	10,4213	59,62325	108,5	4	2,3	0,2
DD-1	18.05.2010	10,42128	59,62345	109	2	8,3	2,3
DD-1	31.05.2011	10,42157	59,62328	109	3	6,3	1,1
DD1	13.06.2018	10,42155	59,62332	108	5	1,0	0,0
DD-1	13.06.2023	10,42137	59,62313	108	2	7,6	2,4

D-4 Ytre Drammensfjord

Stasjonen D-4 ble i 2018 og 2023 klassifisert til tilstandsklasse III (moderat) mot tidligere tilstandsklasse II (god). Klassifisering i 2023 er helt på grensen til tilstandsklasse II. Det er ingen indikasjon på at nedgangen kan relateres til oksygen, hverken basert på farge eller aRPD, området ligger grunt og har god vannutskifting. Fra 2011 til 2023 har kameraets penetrasjonsdyp i sediment vært noe høyere enn 2007-2010, noe som indikerer mykere sediment. Penetrasjonsdypet i 2023 er dog ikke direkte sammenlignbart da kameraet hadde ekstra loddvekt påmontert. Vi ser også en lavere BHQ, grunnet mindre spor et gravende organismer i det førstnevnte perioden. En oversikt over tilstandsklasse fra 2007 til 2023 er vist i Tabell 13.

Tabell 13 : SPI-analyser av stasjonen D-4, med Tilstandsklasse, BHQ-indeks og aRPD i cm.

Tilstandsklasse 2 «god» er angitt med grønn farge og tilstandsklasse 3 «mindre god» med gul farge.

Stasjon	Dato	Longitudo	Latitude	Dyp	TK	BHQ	aRPD	Penet. dyp
D-4	28.06.2007	10,4199	59,5747	22	2	8,7	2,6	9,3
D-4	22.05.2008	10,41982	59,57472	21,4	2	9,0	2,8	9,3
D-4	04.06.2009	10,41953	59,57472	21,5	2	8,0	2,3	8,8
D-4	19.05.2010	10,41932	59,57482	21,5	2	9,0	2,8	8,0
D-4	31.05.2011	10,41942	59,57472	21,2	2	7,3	1,7	11,1
D-4	19.08.2014	10,41949	59,57452	22	2	7,7	3,3	12,1
D4	13.06.2018	10,41962	59,57458	22	3	5,7	2,0	11,2
D-4	13.06.2023	10,41921	59,57494	21	3	7,0	2,9	15,3*

* Det ble benyttet noe mer lodd på kameraet i 2023 enn i de andre årene.

BG-10, Hvaler øst for Ramsøy

SPI Bilder fra BG-10 viser at det har vært relativt stabile forhold på stasjonen i de årene vi har bilder fra (Tabell 14). 2010 skiller seg ut ved å være i tilstandsklasse III (moderat). Lavere BHQ-indeks og dermed også tilstandsklasse i 2010 skyldes færre observasjoner av børstemark og av annen fauna, samt mindre spor etter graveaktivitet. Ettersom aRPD er på samme nivå som de andre årene, og at vi ikke ser tegn til mørkere sediment, har vi ingen indikasjon på at dette har med oksygenforhold å gjøre.

På BG-52 som ligger ca. 20 meter dypere ble sediment klassifisert til tilstandsklasse IV (dårlig). Både lavere aRPD og mørk farge i sedimentet indikerer at dette kan kobles mot dårligere oksygenforhold.

Tabell 14 : SPI-analyser av stasjonen BG-10, med Tilstandsklasse, BHQ-indeks og aRPD i cm. For samtlige av årene er undersøkelsen utført i mai/juni. I 2007 ble stasjonen prøvetatt under et annet navn. Tilstandsklasse 2 «god» er angitt med grønn farge og tilstandsklasse 3 «mindre god» med gul farge.

Stasjon	Dato	Longitudo	Latitude	Dyp	TK	BHQ	aRPD
GF-4*	26.06.2007	11,0604	59,1188	34	2	8,7	2,2
BG-10	28.05.2009	11,06027	59,11887	33	2	9,0	2,5
BG-10	21.05.2010	11,0601	59,11902	34	3	6,0	2,3
BG-10	09.06.2023	11,0602	59,11887	32	2	8,3	2,6

* BG-10 ble prøvetatt under et annet navn i 2007.

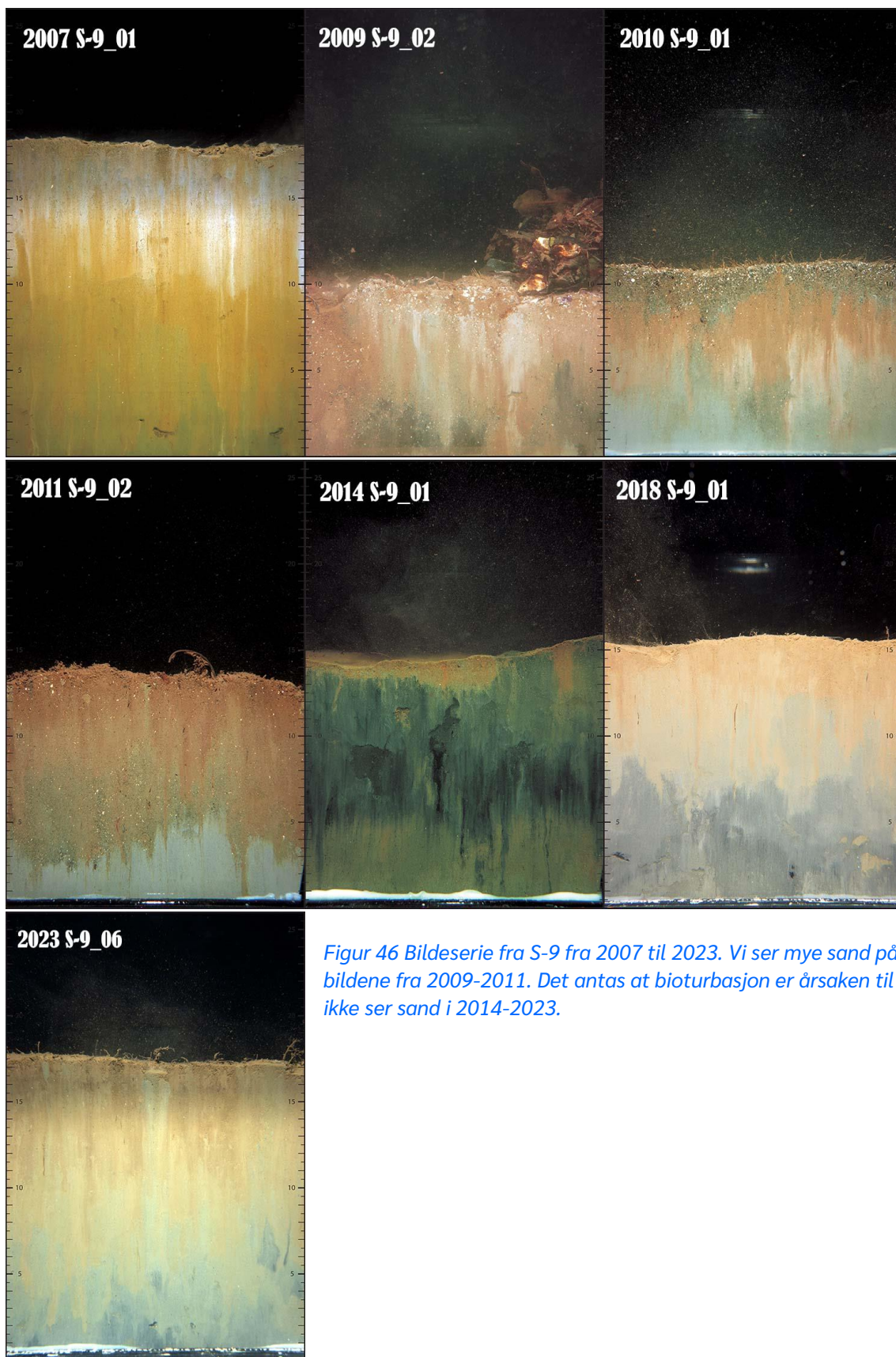
S-9, Haslau

Bildene fra S-9 viser noe variasjon mellom tilstandsklasser i ulike år (Tabell 15), men stort sett god tilstand med tilstandsklasse I og II. Til tross for at tilstandsklassen er relativt stabil ser vi en del endringer ved stasjonen mellom 2007 og 2023. I 2007 ser det ut til å være relativt mykt og finpartikulært sediment. I 2009 ser man mye hvite partikler som antagelig er skjellsand, samt grus og grov sand i sedimentoverflaten. På bildene fra 2010 ser vi at topplaget er dominert av grov sand. For begge disse årene er kameraets penetrasjonsdyp i sediment også vesentlig redusert fra 18 cm til 9-10 cm. Noe som indikerer hardere sediment som også er forenelig med mer sand i sedimentet. I 2011 ser vi fortsatt sand, nå også lenger ned i sedimentet; noe som kan skyldes bioturbasjon. I 2014 er sedimentet noe mørkere og det er en lavere aRPD som antyder at det er dårlige oksygenforhold i sedimentet. I 2018 og 2023 ser oksygenforholdene bedre ut og det er ikke mulig å se sand i sedimentet. Det antas at dette skyldes bioturbasjon og at sanden har blitt blandet såpass godt med finpartikulært materiale at den ikke er mulig å skille ut visuelt på et bilde. En serie med bilder fra de ulike årene er som viser endringene beskrevet over vises i Figur 46.

Tabell 15 : SPI-analyser av stasjonen S-9, med Tilstandsklasse, BHQ-indeks og aRPD i cm.

Tilstandsklasse 1 «svært god» er angitt med blå farge, tilstandsklasse 2 «god» er angitt med grønn farge og tilstandsklasse 3 «mindre god» med gul farge.

Stasjon	Dato	Longitude	Latitude	Dyp	TK	BHQ	aRPD	Penet. dyp
S-9	26.06.2007	11,1619	59,1143	95	1	12,0	5,8	18,0
S-9	28.05.2009	11,16227	59,11424	95	3	6,0	1,5	10,3
S-9	21.05.2010	11,16225	59,11443	95	2	9,0	4,0	9,0
S-9	30.05.2011	11,16208	59,11447	95	2	8,7	2,6	14,3
S-9	21.08.2014	11,16223	59,11424	93	3	6,8	1,0	14,2
S-9	25.04.2018	11,16234	59,11431	95	1	11,3	4,0	12,9
S-9	09.06.2023	11,16227	59,11423	95	2	9,7	4,3	15,3



Figur 46 Bildeserie fra S-9 fra 2007 til 2023. Vi ser mye sand på bildene fra 2009-2011. Det antas at bioturbasjon er årsaken til at vi ikke ser sand i 2014-2023.

R-5 Ringdalsfjorden

SPI-bilder fra R-5 Ringdalsfjorden ble klassifisert til tilstandsklasse II (god). Det samme gjelder perioden 2007-2011 (Tabell 16). Altså ser det ut til å være lite variasjon i tilstand på stasjonen. Vi tok også bilder ca. 12 metere dypere på R-5d, også her ble bildene klassifisert til klasse II (god) og aRPD-en var omtrent den samme. Vi ser derfor ingen indikasjon på dårligere oksygenforhold med økende dyp i dette området. 45m dyp (mot maksimalt dyp ca. 46-47m) var det dypeste vi fant i området uten å risikere å treffe sjøkabler.

Tabell 16 : SPI-analyser av stasjonen R-5, med Tilstandsklasse (TK), BHQ-indeks og aRPD i cm. Tilstandsklasse 2 «god» er angitt med grønn farge.

Stasjon	Dato	Longitude	Latitude	Dyp	TK	BHQ	aRPD
R-5	26.06.2007	11,3137	59,1118	33	2	7,7	2,4
R-5	05.06.2008	11,31378	59,11177	33	2	10,0	2,5
R-5	29.05.2009	11,31363	59,11178	33,5	2	7,3	2,0
R-5	21.05.2010	11,3136	59,11165	33	2	9,3	4,6
R-5	30.05.2011	11,31353	59,11197	33,5	2	9,0	3,6
R-5	09.06.2023	11,3145	59,11186	33	2	8,0	3,0

H-1 Rauer

SPI-bilder på H-1 Rauer ble klassifisert til tilstandsklasse II (god) i 2023. Stasjonen viser noe variasjon i tilstand over tid (Tabell 17). I 2011 og 2018 ble stasjonen klassifisert til tilstandsklasse III (moderat). I begge disse årene var aRPD litt lavere enn ellers, noe som kan indikere dårligere oksygenforhold, men det var ingen tegn til oksygenmangel basert på sedimentets farge. I tillegg var det i 2011 og 2018 mindre spor etter gravende organismer, noe som i seg selv kan gi mindre bioturbasjon og dermed en lavere aRPD. Det var også færre børstemarkrør disse to årene. Det bemerkes at det tråles en del ved stasjonen noe som også kan påvirke både børstemark og gravende organismer.

Det ble også tatt bilder i en dybdegradient i området rundt H-1; på 100, 190 og 290m. På 100 og 190m ble sedimentet klassifisert til tilstandsklasse II (god) og på 290m ble det klassifisert til klasse III (moderat). På sistnevnte stasjon fikk vi kun ett bilde med tilstrekkelig lite forstyrrelser i sedimentet (leirklumper, hull etc.) til at vi kunne regne ut en BHQ-indeks. Det er usikkert om disse forstyrrelsene i sedimentet skyldes tråling eller andre forhold.

Tabell 17: SPI-analyser av stasjonen H-1, med Tilstandsklasse (TK), BHQ-indeks og aRPD i cm. Tilstandsklasse 1 «svært god» er angitt med blå farge, tilstandsklasse 2 «god» er angitt med grønn farge og tilstandsklasse 3 «mindre god» med gul farge.

Stasjon	Dato	Longitude	Latitude	Dyp	TK	BHQ	aRPD
H-1	25.06.2007	10,6094	59,2453	343	2	10,0	3,7
H-1	09.06.2008	10,60933	59,2453	352	2	9,8	4,9
H-1	18.05.2009	10,60945	59,24537		1	10,3	4,2
H-1	20.05.2010	10,60955	59,24553	352	2	9,8	3,0
H-1	31.05.2011	10,60893	59,24538	352	3	6,3	1,8
H-1	21.08.2014	10,60948	59,24523	348	2	9,5	4,6
H1	13.06.2018	10,60945	59,24537	350	3	6,7	2,5
H-1	12.06.2023	10,61082	59,24558	353	2	8,2	2,9

OF-5, Breianger

Stasjonen OF-5 har noe variasjon i tilstandsklasse mellom ulike år (Tabell 18). Stort sett blir stasjonen klassifisert som tilstandsklasse II (god) eller bedre, men i 2011 og 2023 fikk den tilstandsklasse III (moderat). I 2023 var det helt på grensen mellom tilstandsklasse II og III. Det er ikke nok grunnlag til å si at dette skyldes oksygenforhold, men en redusert aRPD i 2011 kan peke i denne retningen.

*Tabell 18 : SPI-analyser av stasjonen OF-5, med Tilstandsklasse (TK), BHQ-indeks og aRPD i cm.
Tilstandsklasse 1 «svært god» er angitt med blå farge, tilstandsklasse 2 «god» er angitt med grønn farge og tilstandsklasse 3 «mindre god» med gul farge.*

Stasjon	Dato	Longitude	Latitude	Dyp	TK	BHQ	aRPD
OF5	13.06.2018	10,45823	59,48685	198	2	8,3	2,8
OF-5	28.06.2007	10,4583	59,4866	199	2	10,3	4,9
OF-5	21.02.2008	10,45867	59,48677	198	1	11,7	6,1
OF-5	09.06.2008	10,45825	59,48662	198,3	1	11,5	4,8
OF-5	02.06.2009	10,45868	59,48657	198,5	2	9,0	4,2
OF-5	18.05.2010	10,45825	59,48675	199	2	8,0	2,6
OF-5	31.05.2011	10,4591	59,48633	200	3	6,7	2,0
OF-5	19.08.2014	10,45871	59,48719	197	2	8,3	3,8
OF-5	13.06.2023	10,46207	59,48635	193	3	7,0	3,3

TØ-1, Tønsberg

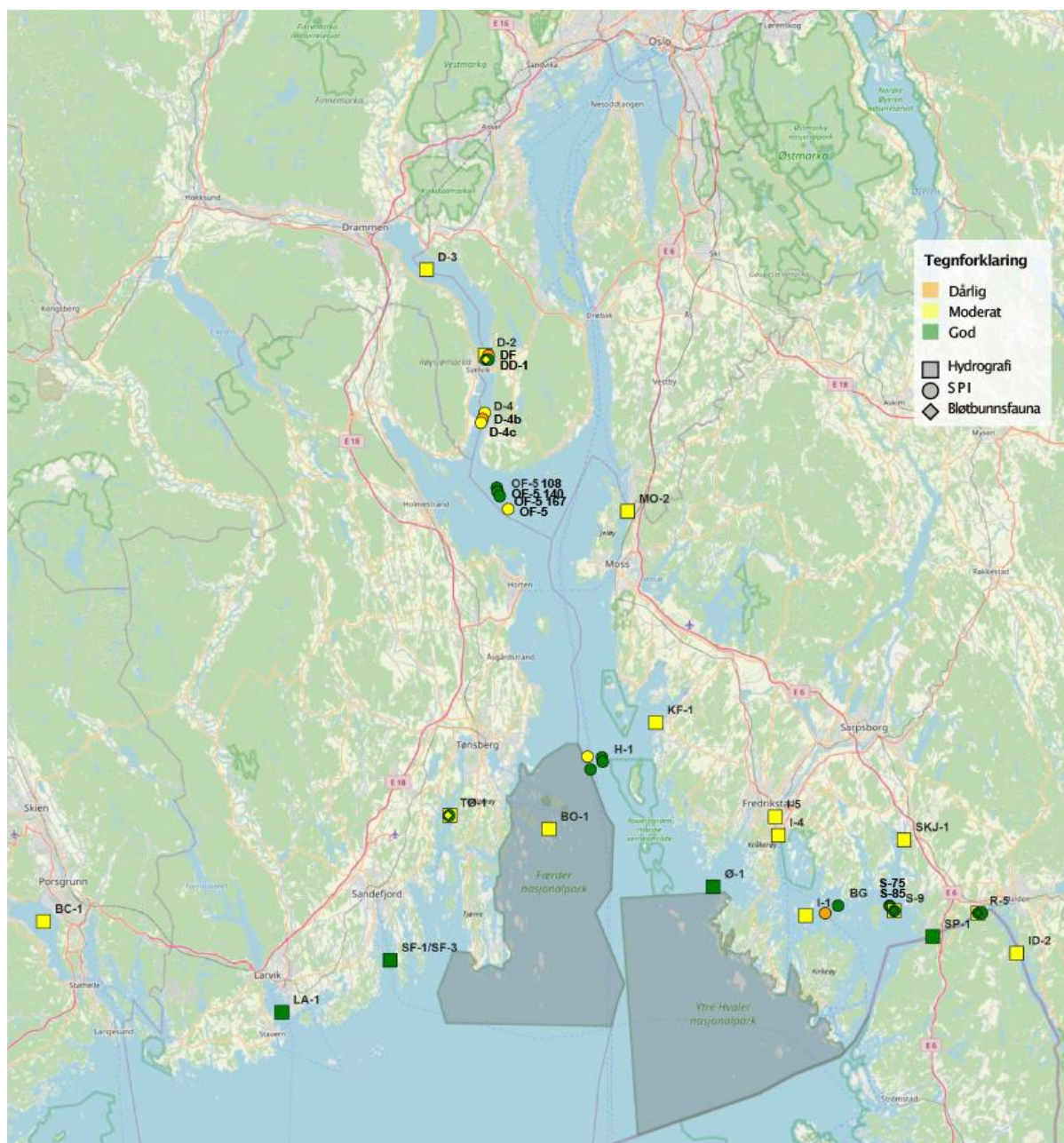
SPI-bildene på stasjonen TØ-1 ble klassifisert til tilstandsklasse II (god), samme tilstand som i årene 2007-2011 (Tabell 19). Basert på SPI-bildene kan det se relativt stabilt ut på stasjonen. Det bemerkes at tidsserien med SPI-bilder er fra 2007-2011 og 2023, mens faunaprøvene er tatt fra 2012-2023.

*Tabell 19 : SPI-analyser av stasjonen TØ-1, med Tilstandsklasse (TK), BHQ-indeks og aRPD i cm.
Tilstandsklasse 2 «god» er angitt med grønn farge.*

Stasjon	Dato	Longitude	Latitude	Dyp	TK	BHQ	aRPD
TØ-1	27.06.2007	10,3546	59,2026	46	2	9,0	1,7
TØ-1	22.05.2008	10,3545	59,20253	45,9	2	11,0	3,4
TØ-1	19.05.2009	10,35465	59,20275	46	2	8,3	2,6
TØ-1	25.05.2010	10,35495	59,20273	46,5	2	10,3	2,5
TØ-1	23.05.2011	10,35453	59,20257	46	2	10,5	2,6
TØ-1	12.06.2023	10,35525	59,20279	45	2	7,8	2,2

7 Oppsummering

I denne rapporten er resultatene for Fagrådet i Ytre Oslofjords overvåkningsprogram i 2023 sammenfattet, etter gjennomførte vannmasse- og bløtbunnsundersøkelser. Det ble også gjort tilførselsberegninger for 2022. Klassifiserte resultater for alle undersøkelser er oppsummert i Figur 47.



Figur 47 Oppsummering av alle klassifiserte resultater fra overvåkingen i 2023. Fargen tilsvarende tilstandsklassifisering iht. Veileder 02:2018. Kvadrater = vannmassestasjoner (hydrografi), sirkler = SPI-stasjoner, diamanter = bløtbunnsfauna.

På grunn av rutiner rundt ferdigstilling og kvalitetssikring av dataene leveres tilførselsberegninger ett år i etterkant og det er derfor data fra 2022 som er tilgjengelige for denne rapporten. Modellerte tilførsler av fosfor og nitrogen fra ulike kilder viser at jordbruket var den største enkeltkilden for fosfortransport til Ytre Oslofjord i 2022, med 50 % av de totale tilførslene. Deretter fulgte kommunalt avløp med 20 %, naturlig avrenning fra utmark med 16 % og industri med 9 %. For nitrogen utgjorde jordbruk 40 %, avrenning fra utmark 31 %, kommunalt avløp 25 % og industriutslipp 4 % av tilførslene. De totale tilførslene av fosfor er lavere i dag enn på 1990-tallet, men ellers har de totale tilførslene av fosfor og nitrogen til Ytre Oslofjord endret seg lite de siste 20 årene. De fire største elvene Glomma, Drammenselva, Numedalslågen og Skienselva representerer i et gjennomsnittsnår nær 90 % av ferskvannstilførselene til Ytre Oslofjord, og av dette bidrar Glomma alene med over halvparten av vannet. Transporten av fosfor og nitrogen i Glomma-utløpet var i 2022 hhv. 2,3 og 1,7 ganger høyere enn de tre andre elvene til sammen. Tre av fire elver har hatt en statistisk signifikant økning i tilførslene av silikat, som er et viktig næringsstoff for marine kiselalger. Drammenselva og Numedalslågen har hatt en signifikant økning i transporten av totalt fosfor siden 1990, mens Glomma og Numedalslågen har hatt en tilsvarende økning i transporten av totalt nitrogen.

Av de 18 vannmassestasjonene som er prøvetatt i 2023 så får 14 den samlede tilstanden moderat, mens de resterende fire får god tilstand. Stasjonene som oppnår «god» tilstandsklasse er Sandefjordsfjorden og Larviksfjorden, samt de to Hvaler-stasjonene Sponvika og Leira (Vesterelva). Det er hovedsakelig mengden næringssalter, oksygenforholdene ved bunn og siktdypet som trekker klassifiseringen ned i de fleste områder. I tillegg ses det en generell trend der tilstanden er bedre på de sentrale stasjonene med god vannutskiftning enn stasjonene inne i fjordarmene. Det var unormalt høye mengder planteplankton i 2023, og året bar preg av stadig nye oppblomstringer gjennom året.

August startet med ekstremværet «Hans» og i slutten av august og slutten av september var det to styrtregnerperioder som preget miljøet i Oslofjorden gjennom høsten. Disse hendelsene, sammen med vårfloppen, som også var kraftig, sørget for at 2023 ble karakterisert som ett «ekstremt vått» år på Østlandet. Ferskvannstilførselen med elvene var hhv. 32 % høyere enn 2021, som anses som et normalår, og hele 72 % høyere enn 2022 som var et unormalt tørt år. Dette førte til at fjorden hadde uvanlig lav salinitet. Ferskvannet bringer også med seg store mengder næringsstoffer og mye partikler og humus-stoffer, noe som igjen førte til at fjorden også var uvanlig mørk. Dette hemmet planteplanktonveksten gjennom deler av høsten, men ettersom at saliniteten gikk opp og humus-stoffene ble blandet ut i fjordvannet lå forholdene til rette for en ny kraftig planteplanktonoppblomstring som kom i oktober.

Den økologiske tilstanden for bløtbunnsfauna på de fem stasjonene som inngikk i Fagrådets program i 2023 viste «moderat» tilstand i Drammensfjorden og Tønsbergfjorden og «god» tilstand ved Breianger, Hvaler og i Ringsdalsfjorden. På stasjonene i Drammensfjorden og ved Breianger har det vært en økning i antall individer og arter av bunndyr, og en forbedring av den økologiske tilstanden i perioden fra 2018 til 2023. På stasjonene i Tønsbergfjorden, Ringsdalsfjorden og ved Hvaler har det derimot vært en nedgang i antall arter og individer i den samme perioden.

Dersom man går noe lenger tilbake i tid ser bildet litt annerledes ut. Stasjonen i Tønsbergfjorden har gått fra «god» tilstand i perioden 2013-2020 til «moderat» tilstand i 2023. I Ringsdalsfjorden har derimot den økologiske tilstanden forbedret seg fra «moderat» i perioden 2001-2008 til «god» i perioden 2011-2023. På stasjon S-9 Haslau ved Hvaler og OF-5 ved Breianger har også tilstanden forbedret seg de siste 20-30 årene. Av de fire stasjonene hvor det er tidsserier på mer enn 10 år, viser 3 av 4 stasjoner en generell forbedring dersom man går mer enn 10 år bakover. De siste fem årene har derimot 3 av 4 stasjoner hatt en nedgang i antall arter og individer.

8 Referanser

- Aas E, Høkedal J, Sørensen K. 2014. «Secchi depth in the Oslofjord–Skagerrak area: theory, experiments and relationships to other quantities». *Ocean Science*, 10(2), 177–199.
- Borgersen, G., Beylich, B. 2024. «Overvåking av Ytre Oslofjord 2019–2023. Bunnundersøkelser i 2023». Fagrapport. NIVA-rapport 7974-2024. Norsk institutt for vannforskning.
- Carstensen, J. 2016. «Intercalibration of chlorophyll a between Denmark, Norway and Sweden. Western Baltic (BC6), Kattegat (NEA8b) and Skagerrak (NEA8a, NEA9 and NEA10)». Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 38 pp. Technical Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy No. 76, <http://dce2.au.dk/pub/TR76.pdf>
- Eikrem W, Valestrand L, Norli M, Harvey T, Saesin P. 2024. «Årsovervåkning med FerryBox og satellittdata i Indre Oslofjord 2023 – Datarapport». NIVA rapport 7972-2024.
- Engesmo A, Staalstrøm A, Selvik JR, Kistenich S. 2021. «Overvåking av Ytre Oslofjord 2019–2023. Tilførsler og undersøkelser i vannmassene i 2020. Fagrapport». NIVA-rapport 7626-2021. 56 sider + vedlegg.
- Engesmo A, Staalstrøm A, Gran S, Kaste Ø. 2022. «Overvåking av Ytre Oslofjord 2019–2023. Tilførsler og undersøkelser i vannmassene i 2021 – Fagrapport». NIVA-rapport 7759-2022. 55s. + vedlegg.
- Engesmo A, etc 2024. «Overvåking av Ytre Oslofjord 2019–2023. Tilførsler og undersøkelser i vannmassene i 2021 – Fagrapport». NIVA-rapport 7981-2024. 49 sider + vedlegg.
- Frigstad H, Kaste O, Deininger A, Kvalsund K, Christensen G, Bellerby R.G.J, Sørensen K, Norli M, King A L. 2020. «Influence of Riverine Input on Norwegian Coastal Systems». *Frontiers in Marine Science*, 7, 332. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00332>
- Faafeng B, Berge JA, Bjerkeng B, Helland A, Holtan H, Holtan G, Kjellberg G, Källquist TS, Moy F, Skulberg OM, Sørensen K, Walday M. 1996. «Flommen på Østlandet våren 1995. Sammenstilling av NIVAs undersøkelser med spesiell vekt på måleprogrammet i Glomma og Vorma». NIVA-rapport 3840, 80 sider.
- Gangstø R, Grinde L, Heiberg H, Mamen J, Tajet HTT, Tunheim K, Aaboe S. 2023. «Været i Norge. Klimatisk månedsoversikt. Året 2023». *MET info*, no. 13-2023, 27 sider.
- Harvey T, Kratzer S, Andersson A. 2015. «Relationships between colored dissolved organic matter and dissolved organic carbon in different coastal gradients of the Baltic Sea». *Ambio*, 44, 392–401.
- Hindar A, Garmo Ø, Austnes K, Sample JA. 2020. «Nasjonal innsjøundersøkelse 2019». Miljødirektoratet, rapport M-1876|2020, NIVA-rapport 7530-2020, 86 sider.
- Kaste Ø, Gundersen CB, Sample J, McGovern M, Skancke LB, Allan I, Jenssen MTS, Bæk K, Skogan OA. 2023. «The Norwegian river monitoring programme 2022 – water quality status and trends». Norwegian Environment Agency, report M-2611/2023, NIVA report 7903, 61 sider.
- Molvær J, Velvin R, Berg I, Finneland T, Bratli JL. 2005. «Resipientundersøkelser i fjorder og kystfarvann. EUs avløpsdirektiv Versjon 3 - oppdatert I 2005», SFT rapport TA-1890/2005, ISBN 82-7655-459-8, 54 sider.
- Mulholland M. R., Lomas M. W. 2008. «Chapter 7 - nitrogen uptake and assimilation» i *Nitrogen in the marine environment* 2nd ed. Eds. Capone D. G., Bronk D. A., Mulholland M. R., Carpenter. E. J. (San Diego: Academic Press) side 303–384

- Naustvoll LJ, Selvik JR, Walday M. 2019. «Overvåking av Ytre Oslofjord 2014-2018. Tilførsler og undersøkelser i vannmassene i 2018. Fagrapport». NIVA-rapport 7411-2019. 30 sider+vedlegg.
- Nilsson, H. C. and Rosenberg, R. (1997) 'Benthic habitat quality assessment of an oxygen stressed fjord by surface and sediment profile images', *Journal of Marine Systems*. Elsevier, 11(3-4), pp. 249-264. doi: 10.1016/S0924-7963(96)00111-X.
- Nilsson, H. and Rosenberg, R. (2006) 'Collection and interpretation of Sediment Profile Images (SPI) using the Benthic Habitat Quality (BHQ) index and successional models', 26. Norsk institutt for vannforskning. Available at: <https://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/213195>
- Pearson, TH and Rosenberg, R. (1978) 'Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment.' doi: 10.2983/035.034.0121U1.10.
- Rosenberg, R., Nilsson, H. C., & Diaz, R. J. (2001). Response of benthic fauna and changing sediment redox profiles over a hypoxic gradient. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 53(3), 343-350.
- Rosenberg, R. et al. (2004) 'Marine quality assessment by use of benthic species-abundance distributions: a proposed new protocol within the European Union Water Framework Directive', *Marine Pollution Bulletin*. Pergamon, 49(9-10), pp. 728-739. doi: 10.1016/J.MARPOLBUL.2004.05.013.
- Sakshaug E. 1977. "Limiting nutrients and maximum growth rates for diatoms in Narragansett Bay". *J. exp. mar. Biol. Ecol.* 28:109-123.
- Sample JE. 2024. Kildefordelte tilførsler av nitrogen og fosfor til norske kystområder i 2022 – tabeller, figurer og kart. Miljødirektoratet rapport M-2730|2024, NIVA-rapport 7963, 97 sider.
- Selvik JR, Tjomsland T, Eggestad HO. 2007. «Teoretiske tilførselsberegninger av nitrat+nitritt og fosfor til norske kystområder i 2006». NIVA-rapport 5512, TA-2347/2007.
- Simone M. and Grant J. 2017. "Visual Assessment of Redoxcline Compared to Electron Potential in Coastal Marine Sediments." *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 188:156-62.
- Staalstrøm A & Berezina A. 2024. «Overvåking for Porsgrunn og Bamble kommune i 2023». NIVA-rapport 7967-2024, 28 sider.
- Staalstrøm, A; Walday, MG; Vogelsang, C; Frigstad, H; Borgersen, G; Albretsen, J; Naustvoll, LJ. (2022). Utredning av behovet for å redusere tilførslene av nitrogen til Ytre Oslofjord. NIVA-rapport 7723-2022. Miljødirektoratet-rapport M-2065.
- Staalstrøm A & Yakushev E. 2020. «Vurdering av mulige tiltak for å bedre vannkvaliteten i Hunnebunn». NIVA-rapport 7451-2020, 30 sider.
- Tjomsland T, Selvik J. Brænden R. 2010. «Teofil - Model for calculation of source dependent loads in river basins». NIVA-rapport 5914-2010.
- Vogt RD, Skancke LB. 2023. Overvåking av langtransportert forurensset luft og nedbør. Årsrapport – Vannkjemiske effekter 2022. Miljødirektoratet, rapport M-2572|2023, NIVA-rapport 7900, 99 sider.

9 Vedlegg A – Modellerte tilførsler fra TEOTIL 2022

Fosfor (tonn)

Regine nr.	År	Jordbruk	Befolkning	Industri	Urban	Nat. bakgr.	Totalt
001.	2022	7.3	2.3	2.0	0.6	2.3	14.5
002.	2022	170.6	38.2	25.1	9.3	58.1	301.2
003.	2022	10.2	3.8	0.0	0.8	1.3	16.1
004.	2022	9.6	2.8	0.0	0.5	0.9	13.8
005.	2022	4.1	2.0	0.0	0.6	0.6	7.2
006.	2022	0.4	10.3	4.1	4.0	0.5	19.3
007.	2022	0.6	0.1	0.0	1.0	0.5	2.2
008.	2022	3.3	0.2	0.0	1.9	0.6	6.0
009.	2022	3.1	22.0	0.0	0.8	0.5	26.3
010.	2022	1.5	0.4	0.0	0.2	0.3	2.3
011.	2022	7.4	1.7	0.0	0.5	1.2	10.8
012.	2022	28.9	9.5	1.9	2.6	14.5	57.4
013.	2022	9.5	7.4	1.3	1.1	1.2	20.5
014.	2022	28.3	4.2	18.4	1.1	3.2	55.2
015.	2022	23.9	13.1	0.3	2.2	8.9	48.5
016.	2022	6.1	7.5	6.0	2.5	8.6	30.5
017.	2022	0.5	1.6	0.6	0.3	1.8	4.7

Nitrogen (tonn)

Regine nr.	År	Jordbruk	Befolkning	Industri	Urban	Nat. bakgr.	Totalt
001.	2022	393.9	190.2	31.4	5.6	294.1	915
002.	2022	7317.3	2851.5	243.1	82.9	4572.3	15067
003.	2022	300.4	326.6	0.0	7.9	143.5	778
004.	2022	257.5	168.6	0.0	3.3	53.0	482
005.	2022	187.7	59.9	0.0	6.8	44.8	299
006.	2022	16.2	272.4	81.5	32.7	45.2	448
007.	2022	17.3	2.6	0.0	7.7	35.5	63
008.	2022	97.0	3.7	0.0	14.6	37.7	153
009.	2022	106.9	774.5	20.7	6.8	33.9	943
010.	2022	47.6	14.4	0.0	1.5	18.9	82
011.	2022	196.2	109.5	0.0	3.8	67.9	377
012.	2022	1368.1	1106.7	12.0	23.2	1550.2	4060
013.	2022	292.7	496.1	20.7	7.9	78.0	895
014.	2022	776.2	107.4	40.8	7.8	177.2	1109
015.	2022	882.2	655.1	3.8	16.4	786.0	2344
016.	2022	422.9	535.0	654.8	20.8	1441.0	3074
017.	2022	35.7	59.9	1.8	2.2	298.0	398



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 ressurssspørsmål. 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.