

Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord

► **Miljøovervåking i Indre Oslofjord 2018**

Vedleggsrapport

Oppdragsnr.: 5145099 Dokumentnr.: 5145099-11 Versjon: J03 Dato: 2019-05-23



Oppdragsgiver:	Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord
Oppdragsgivers kontaktperson:	Svanhild Fauskrud
Rådgiver:	Norconsult AS, Vestfjordgaten 4, NO-1338 Sandvika
Oppdragsleder:	Elisabeth Lundsør
Fagansvarlig:	Vannundersøkelser: Pernille Bechmann Hardbunn og biogeografi: Elisabeth Lundsør Plankton: Elisabeth Lundsør Analyser vann: ALS Laboratory
Andre nøkkelpersoner:	Jane Dolven, Håkon Gregersen, Omar al-Khayat, Torbjørn Kornstad, Karin Raamat og Sara Rydbeck

Vi ønsker å takke alle våre utmerkede samarbeidspartnere, spesielt Sindre Holm, Tom Opsahl, Jan Sundøy, Leif Arild Huseby og Tor Eigil Wold på F/F Trygve Braarud, Steph Johan Holm (SH Maritim), og alle hos ALS. Takk også til Birgitte Kasin Hønsvall (Universitetet i Sørøst-Norge).

I tillegg vil vi som har jobbet med overvåkingen takke alle i «Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord» for et spennende oppdrag og flott samarbeid. En spesiell takk til leder av «Utvalg for miljøovervåking» Knut Bjørnskau og sekretær Svanhild Fauskrud for god og informativ kommunikasjon.

J03	2019-05-23	Godkjent	Pernille Bechmann, Elisabeth Lundsør, Omar Al Kayaat, Håkon Gregersen, Karin Rahmat og Anne Fevang	Elisabeth Lundsør og Leif Simonsen	Elisabeth Lundsør
B02	2019-05-05	For gjennomgang hos oppdragsgiver	Pernille Bechmann, Elisabeth Lundsør, Omar Al Kayaat, Håkon Gregersen, Karin Rahmat og Anne Fevang	Elisabeth Lundsør, Leif Simonsen	Elisabeth Lundsør
A01	2019-05-02	Utkast	Pernille Bechmann, Elisabeth Lundsør, Omar Al Kayaat, Håkon Gregersen, Karin Rahmat og Anne Fevang		
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

► Sammen drag

Overvåkingsprogrammet i Indre Oslofjord har pågått siden 1970-årene og innebærer undersøkelser av marinbiologi samt hydrografiske og hydrokjemiske parametere i fjorden. Programmet har som mål å gi løpende informasjon om fjordens status og kartlegge hvordan miljøforholdene i fjorden endrer seg over tid. Områdene rundt Indre Oslofjord er i stadig vekst noe som fører til økt belastning på systemet og behov for utslippsreducerende tiltak. Miljøovervåking i Indre Oslofjord er derfor avgjørende for å beholde oversikten over utviklingen. Dataene som samles inn i overvåkingsprogrammet brukes også i planlegging av ny aktivitet i og rundt fjorden, med fokus på å ivareta og forbedre miljøet.

Sommeren 2018 var spesielt tørr og varm. Det er den varmeste sommeren som er registrert ved Blindern målestasjon og en av de tre tørreste. Dette medførte også svært lav avrenning fra bekker og vassdrag.

Mot slutten av 2017 lå forholdene til rette for utskifting av bunnvann i Bunnefjorden og i perioden fra februar til mars var det en delvis utskifting som medførte at overgangen mellom «dårlig» og «svært dårlig» tilstand på Ep1 var på ca. 120 m i mai sammenlignet med ca. 85 m i februar. I august og oktober ble oksygenkonsentrasjonene lavere igjen. Fra desember 2017 til april 2018 var det en dypvannsfornyelse i Vestfjorden som ga oksygenkonsentrasjoner tilsvarende «svært god» og «god» tilstand helt inn til Oksval (Cp2).

Samlet klassifisering av næringssalter i perioden 2016-2018 viser som før at det i sommerperioden er «god» og «svært god» tilstand i alle vannforekomstene, men i vintermånedene er tilstanden «moderat» og «dårlig». Konsentrasjonene av nitrogen i dypvannet viser ingen synlig trend i endring i konsentrasjon siden 2013-2014. Vestfjorden og Bunnefjorden har generelt høyere konsentrasjoner enn utenfor Drøbakterskelen (Im2) på 60 m dyp.

For klorofyll a ligger sommerverdiene for alle vannforekomstene noe lavere enn i 2017. I 2018 er det en endring i antall dyp som inngår i klassifiseringen og selv om de fleste vannforekomstene havner innenfor klassegrensene «god» kommer «Oslofjorden» (Vestfjorden) ut med «moderat» tilstand. Planktonprøvene viste mye små flagellater i sommerperioden, men med en våroppblomstring av kiselalger og to nye topper på sommeren og i oktober.

► Innhold

1	Innledning	6
1.1	Overvåkingsprogrammet	6
1.2	Bakgrunn for overvåkingen	8
2	Vær og klima	9
2.1	2018 sammenlignet med tidligere	9
2.2	Referanser	10
3	Hydrografi og hydrokjemi	11
3.1	Innledning	11
3.1.1	Vannforekomster og vanntyper	13
3.1.2	Overvåkingsstasjoner	14
3.1.3	Prøvetakingsfartøy og hydrografisk utstyr	15
3.1.4	Oksygenkonsentrasjon og klassifisering av bunnvann	15
3.2	Resultater	15
3.2.1	Dypvannsfornyelse i Indre Oslofjord	15
3.2.2	Hydrografisk utvikling på utvalgte stasjoner gjennom 2018	17
3.2.3	Overflatevannets temperatur	28
3.3	Referanser	31
4	Planteplankton og støtteparametere	32
4.1	Innledning	32
4.2	Metodikk	35
4.2.1	Prøvetakingsstasjoner	35
4.2.2	Prøveinnsamling klorofyll a og næringsstoffer	35
4.2.3	Prøveinnsamling planteplankton taxa	35
4.2.4	Klassifisering av klorofyll a, næringsstoffer og siktedyp	35
4.3	Resultater og diskusjon	38
4.3.1	Klorofyll a	38
4.3.2	Sammenheng mellom klorofyll a og planteplankton taxa	42
4.3.3	Næringssalter i fjorden	44
4.3.4	Siktedyp	48
4.4	Referanser	51
5	Biogeografi: Kartlegging og modellering av marin natur	52
5.1	Innledning	52
5.2	Datainnsamling 2018	53
5.3	Modellering i 2018	56
5.3.1	Programvare	60
5.3.2	Modellen	60

5.3.3	Usikkerheter	61
6	Undersøkelse av hyperbentos (reker) i 2018	64
6.1	Innledning	64
6.2	Materiale og metode	64
6.3	Resultater og diskusjon	67
6.4	Referanser	69
7	Foraminiferer som miljøindikator for vannkvalitet og levevilkår på sjøbunnen i Indre Oslofjord	71
8	Blågrønnalger fra Årungen til Bunnefjorden	74
Vedlegg		77
1.	Overvåkingsstasjoner og prøvetakingsdyp	77

1 Innledning

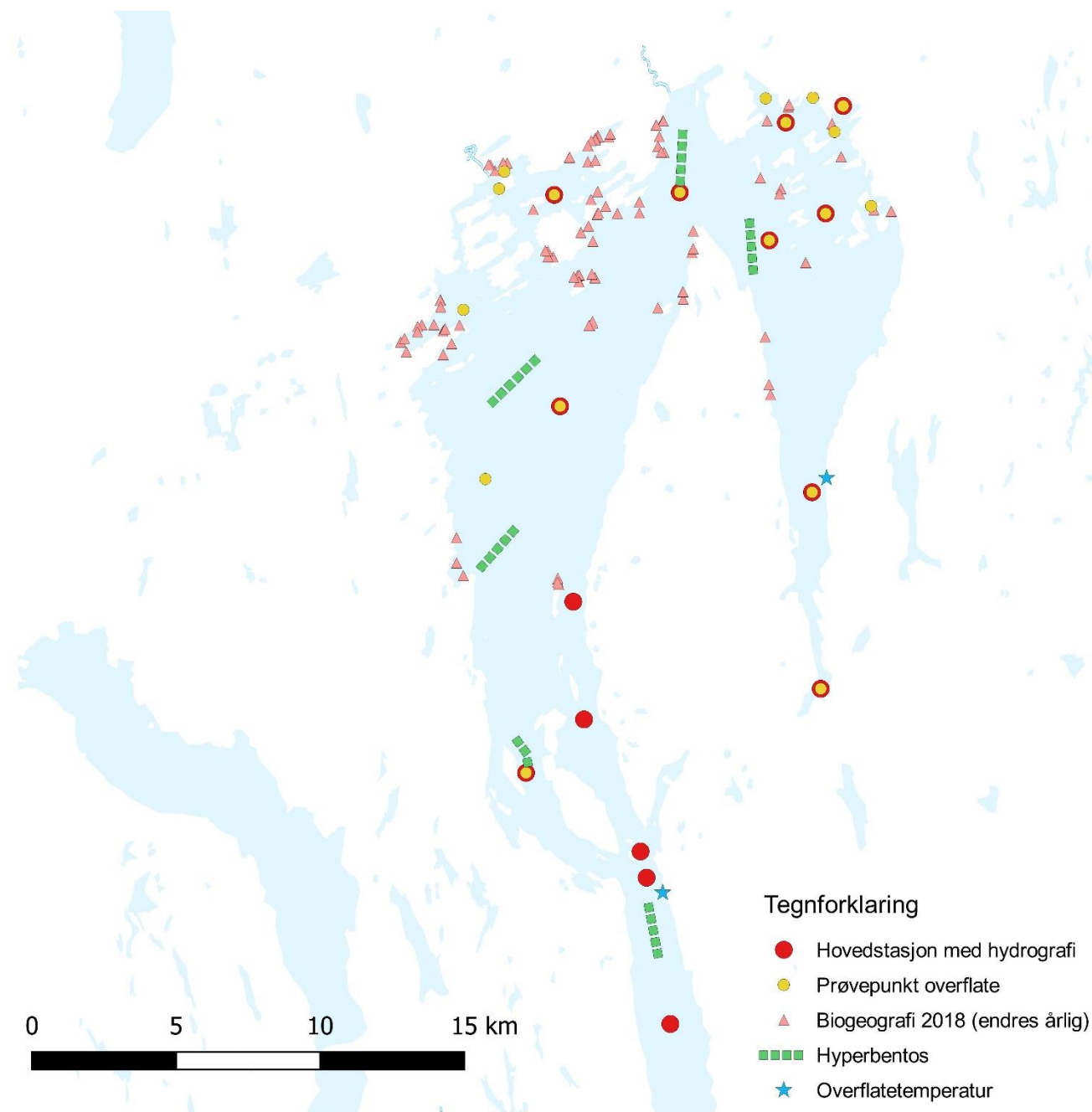
1.1 Overvåkingsprogrammet

Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord har ansvar for miljøovervåkingsprogrammet i Indre Oslofjord, som har vært gjennomført siden 1970-årene. Programmet for 2018 består av følgende hovedaktiviteter (Figur 1):

- Innsamling av vannprøver for analyse av klorofyll a, plankton og næringssalter, samt data for hydrografi og siktedyp (totalt 18 tokt)
- Biogeografi-feltarbeid (august)
- Innsamling av hyperbentos (oktober)

Overvåkingsprogrammet har som mål å gi løpende informasjon om fjordens status og kartlegge hvordan miljøforholdene i fjorden endrer seg over tid. Kort oppsummert gir programmet informasjon om næringssaltkonsentrasjonen i fjorden, algeoppblomstringer, oksygenkonsentrasjonen i vannmassene, vannutskiftning og dypvannsfornyelser. I tillegg overvåkes horisontal-utbredelsen og nedre voksegrense av fastsittende alger (ikke gjennomført i 2018). Levevilkår for organismer på havbunnen blir utledet gjennom studie av hyperbentos. Det gjøres også biomarkør-analyser for å undersøke hvilke effekter ulike miljøgifter har på torskebestanden i Indre og Ytre Oslofjord (dette ble gjort i 2015 og 2017).

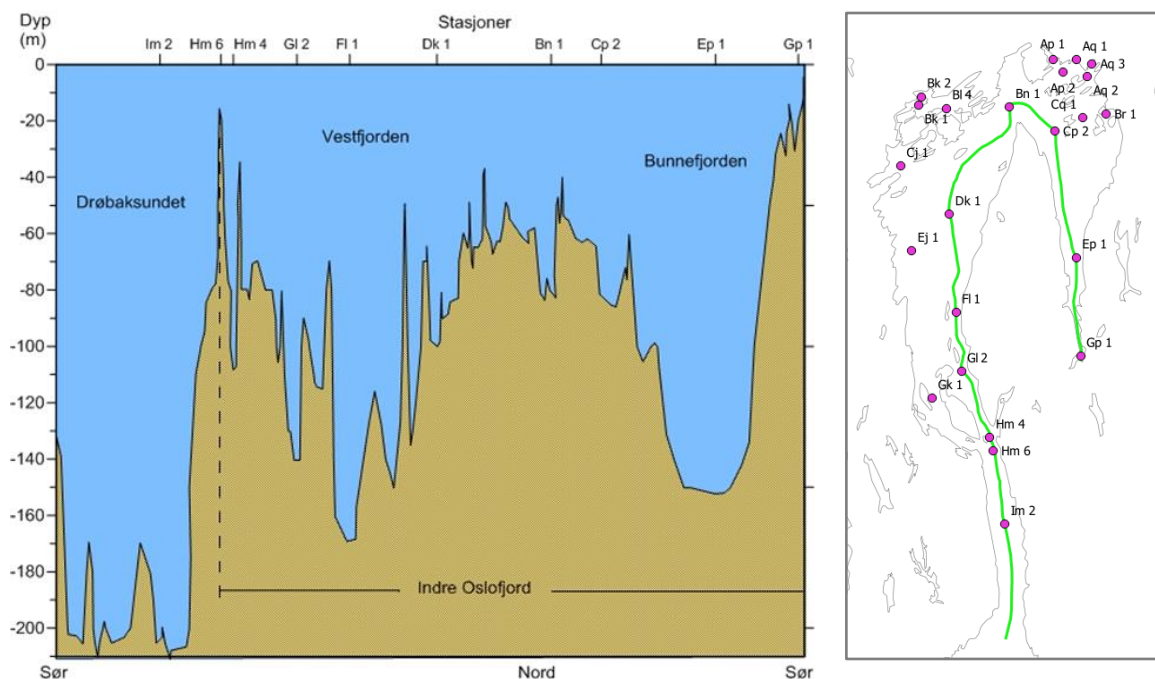
Norconsult AS har gjennomført overvåkingsprogrammet i 2018 i tett samarbeid med Universitetet i Oslo (UiO) med forskningsfartøyet Braarud og SH-Maritim. Analyser av vann er gjennomført ved ALS.



Figur 1. Oversikt over stasjoner i Indre Oslofjord hvor hovedaktivitetene i overvåkningsprogrammet har foregått i 2018.

1.2 Bakgrunn for overvåkingen

Indre Oslofjord er en terskelfjord med et areal på 190 km². Fjorden har forbindelse til Skagerrak gjennom Drøbaksundet. Terskelen i fjordmunningen er svært grunn med et vanddyp på kun 20 m. Flere terskler innover i fjorden deler Indre Oslofjord i store og små bassenger. Den varierende bunntopografien (Figur 2) påvirker vannsirkulasjonen i fjorden.



Figur 2. Topografien i Indre Oslofjord (venstre). Fjorden har mange terskler som begrenser utskiftning av bunnvannet, spesielt i Indre del. Kartet til høyre viser hvilken rute som er brukt for å tegne profilet.

Det smale innløpet og den grunne terskelen begrenser bunnvannutskiftningen til Indre Oslofjord. I Vestfjorden skjer likevel bunnvannutskiftningen årlig mens det lenger inn i Bunnefjorden vanligvis kun skjer hvert 3.-4. år.

Overgjødning har vært et av hovedproblemene i Indre Oslofjord siden starten av 1900-tallet. Det er flere årsaker til dette: 1) Stadig økende befolkning og industri rundt fjorden har ført til økt tilførsel av næringssalter og organisk materiale, med påfølgende eutrofiering. Eutrofieringen har medført algeoppblomstringer med påfølgende oksygensvinn i bunnvannet der biomassen brytes ned. 2) Fjerning av næringssalter (fosfor og nitrogen) i prosessen med rensing av avløpsvann har kommet på plass først i senere tid. 3) Begrenset vannutskiftning i fjorden. Fjordens innelukkede karakter, med flere terskel-adskilte bassenger og et smalt (ca. 1 km), grunt (ca. 20 m) innløp nord for Drøbak begrenser vannsirkulasjonen og dypvannsfornyelsen, spesielt i de indre deler av fjorden.

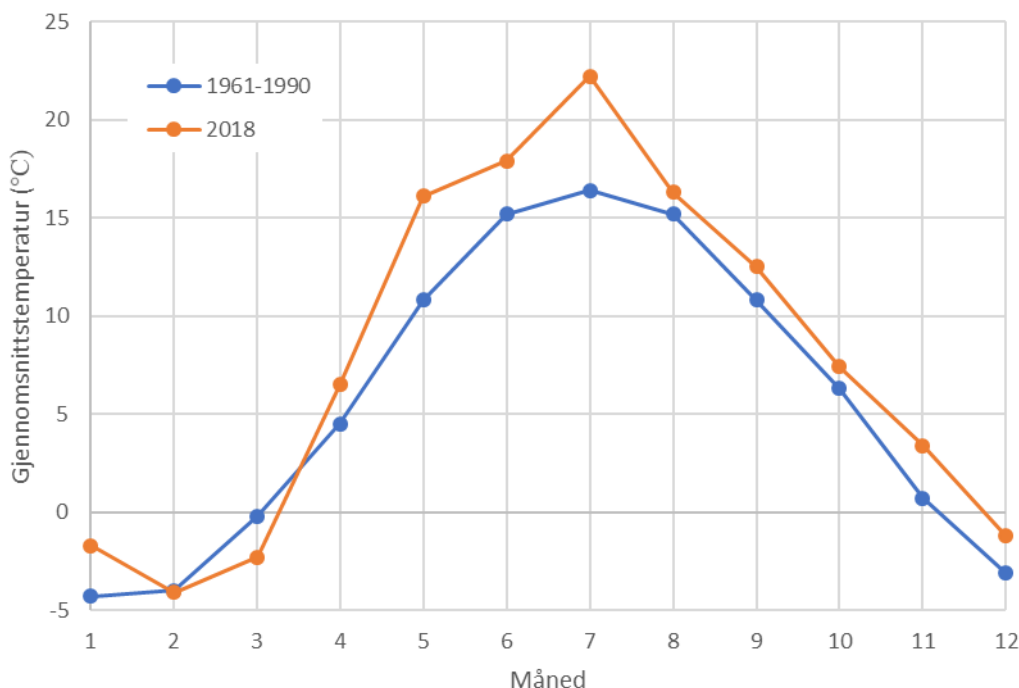
Generelt har tilførselen av næringssalter blitt gradvis redusert fra og med 1970-tallet, noe som har resultert i en konsentrasjonsnedgang i planteplankton (klorofyll a) i vannmassene. Men områdene rundt Indre Oslofjord er i stadig vekst noe som vil gi en økende belastning på systemet, og økende krav til tiltak for å redusere/stoppe utslipp. Miljøovervåking i Indre Oslofjord er avgjørende for å beholde oversikten over utviklingen i området. Dette både i forhold til planlegging av ny aktivitet i/rundt fjorden og for å sikre bærekraftig bruk av fjorden slik at den kan fortsette å være en viktig ressurs for næringsaktivitet og rekreasjon i fremtiden.

2 Vær og klima

2.1 2018 sammenlignet med tidligere

Sommeren 2018 var eksepsjonell når det kommer til været. Ifølge Meteorologisk institutt var gjennomsnittstemperaturen for hele landet 1,8°C over normalen (temperaturmålinger mellom 1961-1990). Sommeren 2018 ble den 6. varmeste siden 1900 (Meteorologisk institutt, 2018).

De største temperaturavvikene var på Østlandet med 3-4 grader over normalen (Meteorologisk institutt, 2018). I Oslo (Blindern målestasjon) var gjennomsnittstemperatur i mai og juli 5,3 og 5,8°C varmere enn normalverdi (Figur 3) og for perioden juni-august var temperaturen 3,2 grader over normalen (Meteorologisk institutt, 2018). Blindern stasjon var også en av de varmeste stasjonene i landet (Meteorologisk institutt, 2018).



Figur 3: Månedlige gjennomsnittstemperaturer målt i Oslo (Blindern) i 2018 og normalverdier beregnet fra 1961-1990 data. Data hentet fra Meteorologisk institutt. (eKlima.no)

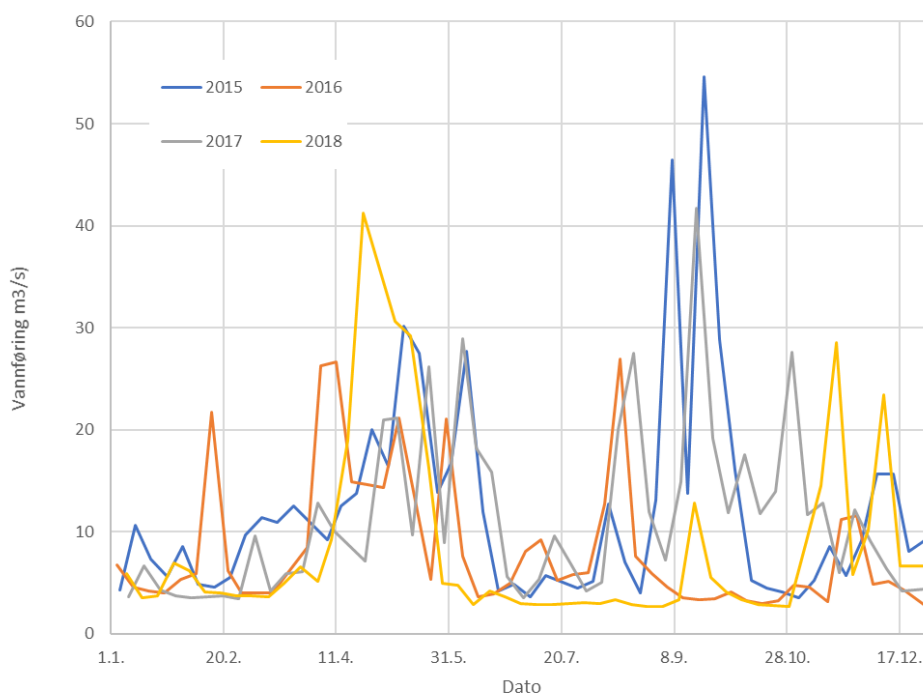
På landsbasis var nedbørsmengden i perioden juni til august 2018 litt over normalen (ca. 10 %). Østlandet hadde generelt lavere nedbørsmengder enn normalt og ved Blindern målestasjon var nedbøren i juni-august kun 48 % av normalen (Meteorologisk institutt, 2018).

Meteorologisk institutt har oppsummert sommeren 2018 i en rapport som heter «Tørkesommeren 2018» (Meteorologisk institutt, 2019). Denne fokuserer på perioden mai-juli og mai-august istedenfor juni-august, som normalt regnes som sommermånedene. Dette fordi varmen og tørken i 2018 startet allerede i mai.

Perioden mai-august 2018 var den varmeste observert ved Blindern med en gjennomsnittstemperatur på 18,1 °C og tredje laveste nedbør siden målestart i 1937.

Framskrivninger viser at det må forventes enda varmere somre fremover. Nedbørsmengden er forventet å øke, men i mindre grad enn temperaturen. Totalt vil det gi en liten økning i tørke som følge av økt fordamping, men det vil også kunne forekomme ekstreme år som 2018.

Samlet vannføring i elver i Oslo til Indre Oslofjord: Lysakerelva, Akerselva, Hoffselva, Ljanselva, Frognerelva, Mærradalsbekken, Hovinbekken og Alna er vist i Figur 4. Grafen viser at det var en mer intens våravrenning med kortere varighet i 2018 sammenlignet med 2015-2017. I tillegg viser grafen lav vannføring i elvene i hele perioden fra juni til ut i september. Høsten var mer tilsvarende tidligere. I tillegg til elvene vist i grafen er Sandvikselva og Drammenselva viktig for tilførsel til Indre Oslofjord.



Figur 4: Samlet vannføring i elver til Indre Oslofjord: Lysakerelva, Akerselva, Hoffselva, Ljanselva, Frognerelva, Mærradalsbekken, Hovinbekken og Alna. Basert på ukkesnitt (noen ganger kortere eller lenger midlingsperioder). Data fra Oslo VAV.

2.2 Referanser

eKlima.no. Klimadata fra Meteorologisk institutt.

http://sharki.oslo.dnmi.no/portal/page?_pageid=73,39035,73_39049&_dad=portal&_schema=PORTAL

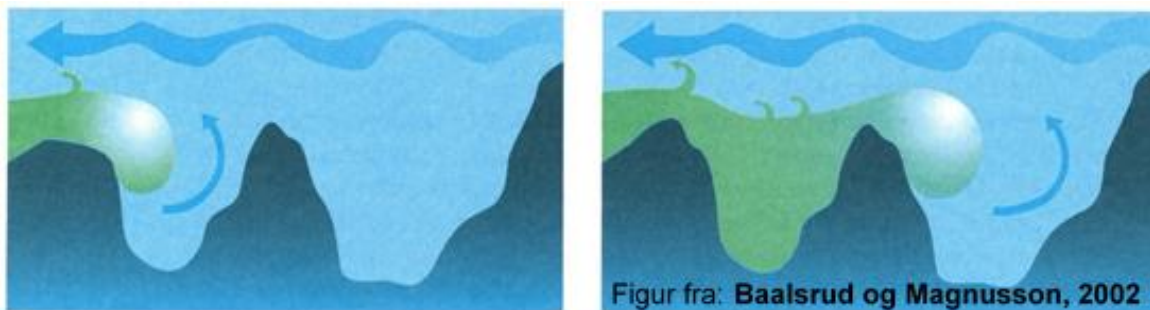
Meteorologisk institutt. 2018. Været i Norge. Klimatologisk månedsoversikt August 2018. no. 08/2018 ISSN 1894-759X. KLIMA. Oslo, 04.09.2018. 29 sider

Meteorologisk institutt. 2019. Tørkesommeren 2018. 14/2019. ISSN 1894-759X. KLIMA. Oslo, 04.01.2019, 79 sider

3 Hydrografi og hydrokjemi

3.1 Innledning

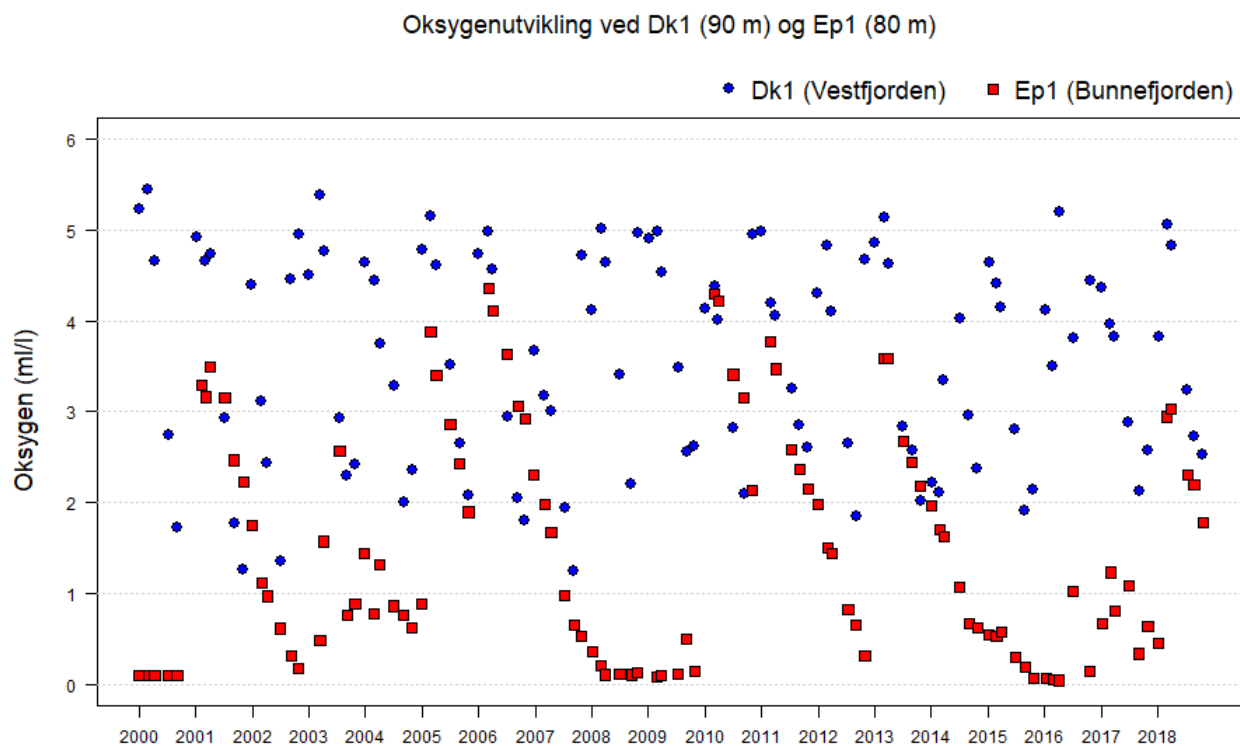
Dypvannet i Indre Oslofjord fornyes gjennom tilførsel av tyngre sjøvann fra Ytre Oslofjord og Skagerrak over Drøbaksterskelen. Denne dypvannsutskiftningen er i stor grad bestemt av tetthetsforskjeller i vannmassene. Vannet som strømmer inn i Vestfjorden må ha en høyere tetthet (være tyngre) enn bunnvannet som allerede finnes der for å få til en vannutskiftning. Og tilsvarende videre innover i fjorden, må vannet i Vestfjorden ha høyere tetthet enn dypvannet i Bunnefjorden, for at det skal kunne skje en dypvannsfornyelse i Bunnefjorden. Metrologiske faktorer, slik som vindretning og vindstyrke er også av avgjørende betydning for dypvannsutskiftningen. Lange, kalde vintre med vind fra nord er gunstige for å få en vannutskiftning.



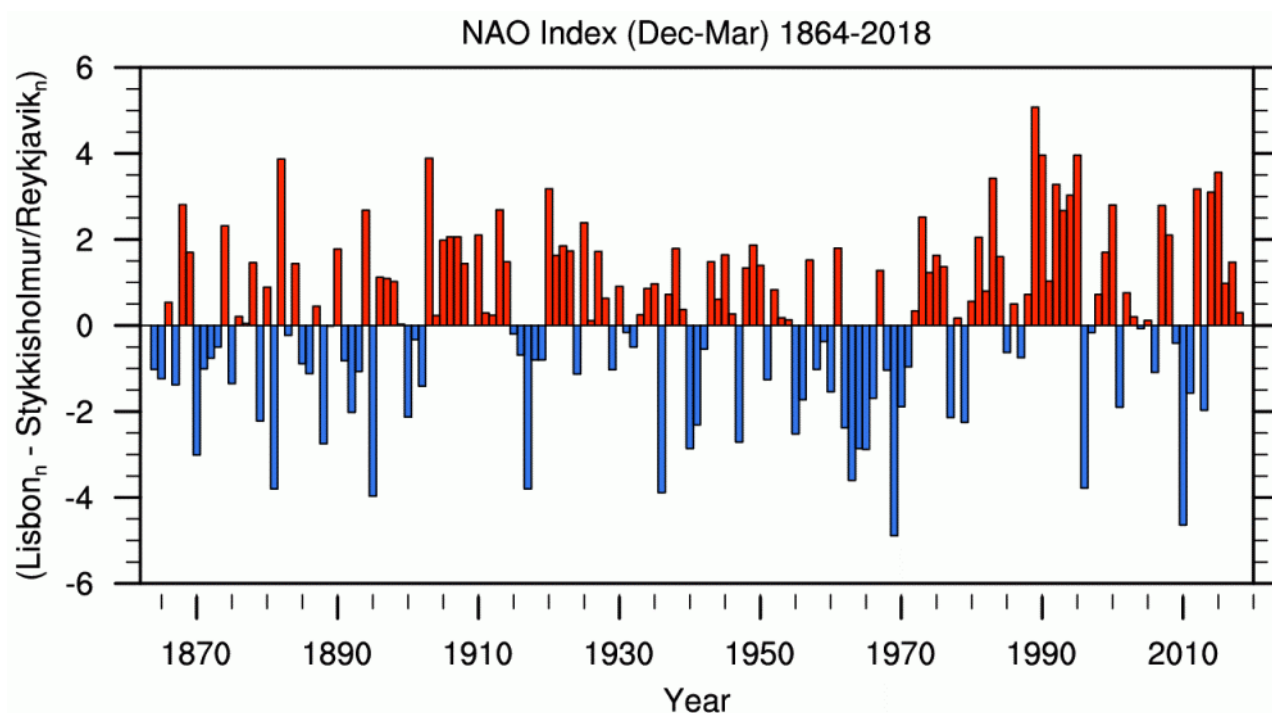
Figur 5. Skjematisk illustrasjon som viser tilførsel av tyngre oksygenrikt vann fra ytre fjord inn i Indre Oslofjord (figur hentet fra Baalsrud og Magnusson, 2002).

Normalt skjer det en årlig dypvannsutskiftning i Vestfjorden, mens det i Bunnefjorden i snitt kun skjer hvert 3. – 4. år (Baalsrud og Magnusson, 2002). Høyere vannutskiftningsfrekvens i Vestfjorden enn Bunnefjorden skyldes flere faktorer. Vestfjorden ligger nærmere inn-/utløpet av fjorden og påvirkes derfor lettere av tetthetsvariasjoner i vannet utenfor Drøbaksterskelen. I tillegg synker egenvekten i bunnvannet i Vestfjorden hurtigere enn i Bunnefjorden, ved at ferskt overflatevann raskere blandes inn i underliggende saltene (tyngre) vann. Raskere innblanding i Vestfjorden kan ha flere årsaker: f.eks. rådende vindretninger, skipstrafikk, tidevannsstrømmer og tilførsel av rensset avløpsvann (ferskvann). I tillegg finnes det i Vestfjorden terskel-initierte tidevannsbølger («Indre bølger» på terskeldyp) som skaper turbulens som medfører økt blanding. Sistnevnte finnes ikke i Bunnefjorden.

Fjordsystemet påvirkes også av klimatiske faktorer slik som den Nord-Atlantisk oscillasjon (NAO). Fenomenet kjennetegnes av sykliske fluktuasjoner i lufttrykket og endringer i vind- og trykksystemer over Nord-Atlanteren, spesielt mellom Island og Asorene. Dette påvirker værsystemene i Nord-Atlanteren. Det er utviklet en NAO-indeks som gir informasjon om variasjonen i lavtrykk- og høytrykkforholdet i Nord-Atlanteren vinterstid. Høy (positiv) indeks indikerer lavtrykk over Island i forhold til Asorene. Dette gir mildvær i Skandinavia og sørlige vinder blir mer fremtredende. Lav (negativ) indeks indikerer høytrykk over Island, noe som resulterer i kalde vintre i Skandinavia med mye vind fra nord. I årene 2001, 2005 og 2010 var NAO-indeksen tydelig negativ (Figur 7) og vintrene i Sør-Norge kalde. Vedvarende vind fra nord/nord-østlig retning resulterer i at det lavsaline, lette overflatevannet i Indre Oslofjord ble ført ut av fjorden. Dermed ble det plass til at tyngre vann kunne stige opp over Drøbaksterskelen inn i fjorden. Dette resulterte i at det foregikk en dypvannsfornyelse i det meste av Indre Oslofjord, inklusive Bunnefjorden, disse tre vintrene (Figur 6).



Figur 6. Oksygenutvikling i dypvannet i Vestfjorden (Dk1) og Bunnefjorden (Ep1) i perioden 2000-2018.



Figur 7. North Atlantic Oscillation (NAO) indeks (desember-mars) de siste 150 år. Kilde: Hurrell, J. & National Center for Atmospheric Research Staff (Eds), aug. 2018.

Undersøkelser av naturtilstand, ved hjelp av foraminiferundersøkelser bakover i tid, viser generelt gode oksygenforhold i fjordsystemet frem til slutten av 1800-tallet. Menneskelig påvirkning har senere ført til redusert oksygen i bunnvannet (spesielt i Bunnefjorden), sannsynligvis som følge av økt tilførsel av næringssalter og organisk materiale til fjordsystemet. I de dypeste deler av Bunnefjorden startet den negative utviklingen allerede på slutten av 1800-tallet og tiltok utover 1900-tallet, med etablering av anoksiske bunnsedimenter på 1950-tallet (Dolven & Alve, 2010). Disse lavoksygenforholdene har vedvart frem til i dag, med svake tegn til bedringer de senere år. Noe av årsaken til forbedringen er antatt å være forbedret renseteknologi ved Bekkelaget renseanlegg (i 2001) som har bidratt til forbedrede oksygenforhold i Bunnefjorden.

Selv om forurensningsbelastningen har avtatt de siste tiårene, er det fremdeles mye «oksygengjeld» i sedimentene. Dette fører til en tidsforsinkelse med hensyn til restituerende av bunnfaunaen. Gode oksygenforhold er viktig for å opprettholde biodiversiteten i hele området og det er etablert tentative mål for oksygenkonsentrasjonen i de ulike bassengene. Det opereres med tre ambisjonsnivåer: lavt, middels og høyt ut ifra antatt mulighet om hvilke konsentrasjoner området naturlig kan oppnå av forbedret vannkvalitet ved reduksjon av forurensningstilførsler.

3.1.1 Vannforekomster og vanntyper

Indre Oslofjord-programmet inkluderer overvåking i syv forskjellige vannforekomster (Tabell 1). Alle vannforekomstene inngår i økoregion Skagerrak og er tilordnet en vanntype basert på ulike fysiske og kjemiske faktorer. I Tabell 1 er det vist en oversikt over hvilke vannforekomster og vanntype de forskjellige overvåkede stasjonene tilhører.

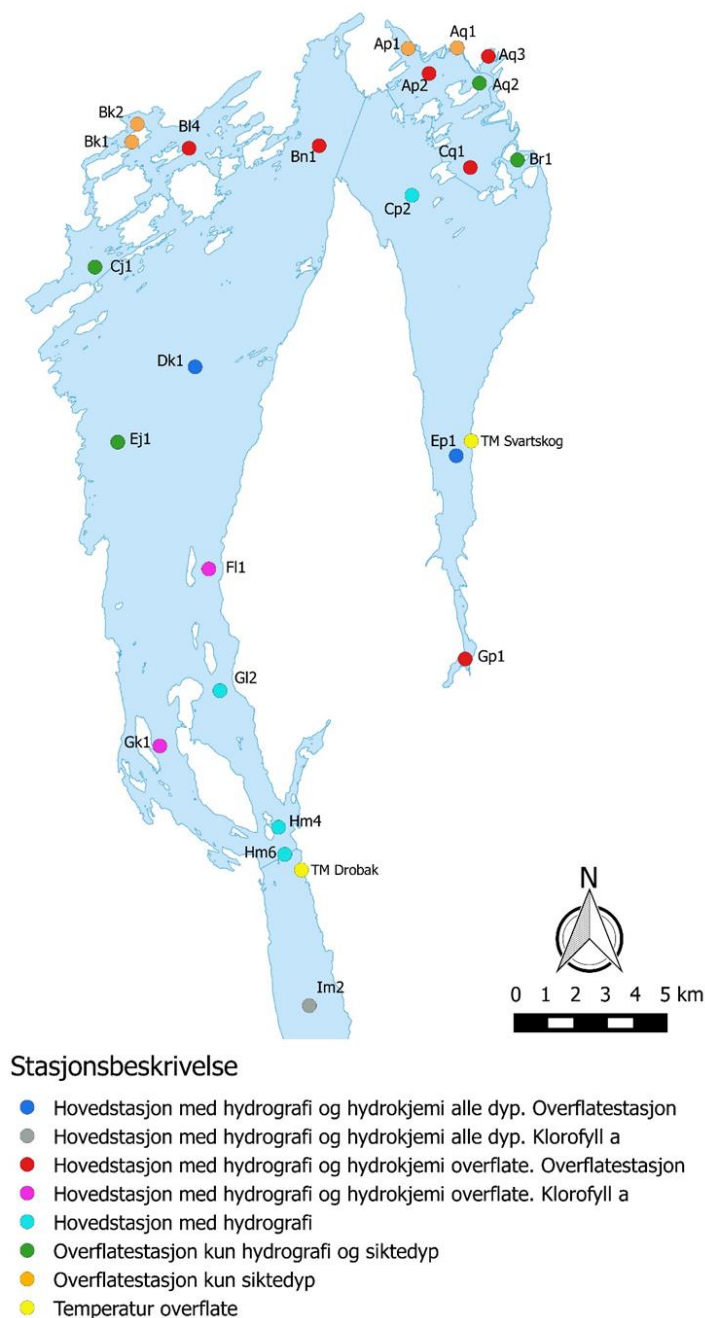
Tabell 1. Overvåkingsprogrammets vannforekomster med respektive vanntyper og stasjoner ihht. Vann-nett.no.

Vannforekomst	Vanntype	Stasjoner i vannforekomsten
Oslofjorden (Vestfjorden)	Moderat eksponert kyst	Bn1, Dk1, Ej,1, Fl1, Gl2, Gk2, Hm4, Hm6
Holmenfjorden	Sterkt ferskvannspåvirket fjord*	Cj1
Oslo havn og by	Beskyttet kyst/fjord	Aq3, Br1
Bekkelagsbassenget	Beskyttet kyst/fjord	Ap1, Ap2, Aq1, Aq2, Cq1,
Sandvika	Sterkt ferskvannspåvirket fjord	Bk2, Bk1 og Bl4
Bunnefjorden	Beskyttet kyst/fjord	Cp2, Ep1
Bunnebotn	Sterkt ferskvannspåvirket fjord*	Gp1
Hurum	Beskyttet kyst/fjord	Im2

* Bunnebotn og Holmenfjorden er i Vann-nett registrert som beskyttet/kyst fjord. Fylkesmannen i Oslo og Akershus er imidlertid enig i Norconsults vurdering om at disse bør typifiseres som «sterkt ferskvannspåvirket fjord» og skal oppdatere typifiseringen.

3.1.2 Overvåkingsstasjoner

I 2018 ble det gjennomført totalt 18 tokt for undersøkelse av hydrografi og hydrokjem i Indre Oslofjord. Undersøkelsene varierer i omfanget på de ulike stasjonene. Stasjonsnettet er vist i Figur 8 og koordinater er gitt i Vedlegg 1. I tillegg til toktene er temperaturen målt kontinuerlig i overflaten (ca. 1 meters vanddyb) på to stasjoner. Den ene måleren er plassert ved Biologisk stasjon ved Drøbak, og den andre måleren ved en privat brygge ved Svartskog i Bunnefjorden (Figur 8). Koordinater for plasseringen er vist i Vedlegg 1.



Figur 8. Stasjonsnett for vannprøver, hydrografi- og temperaturmålinger i Indre Oslofjord i 2018.

3.1.3 Prøvetakingsfartøy og hydrografisk utstyr

Seks av toktene ble gjennomført med F/F Trygve Braarud som har en Seabird CTD-sonde (modell SBE 9 plus), som måler salinitet (conductivity), temperatur, dyp (dvs. trykk), turbiditet, fluorescens og oksygen. I tillegg ble to CTD'er av typen SAIV modell SD204 med tilleggssensorer montert på samme rigg for innsamling av backupdata. Rigger med måleutstyr ble senket ned og opp gjennom vannsøylen med en hastighet på 0,5 m/s. De nederste 1-2 meter mot havbunnen ble ikke målt for å være sikker på at utstyret ikke skulle komme ned i bunnen, da dette vil kunne ødelegge utstyret og påvirke resultatene.

På tolv av toktene (overflatetokt) ble SH-Maritims båter benyttet for innhenting av hydrografiske data. I disse tilfellene ble en SAIV STD/CTD modell SD204 med ekstra påmonterte turbiditet-, oksygen- og fluorescencesensorer benyttet. Sonden ble ført gjennom vannsøylen med en hastighet på 0,5-1 m/s.

I 2018 er det i tillegg til å måle konsentrasjon av oksygen med CTD tatt vannprøver av bunnvannet i Bunnefjorden (80, 90, 100, 125 og 150 m) for analyse av H₂S.

Ytterligere spesifikasjoner for instrumentene er gitt i tidligere vedleggsrapport (Norconsult, 2016).

3.1.4 Oksygenkonsentrasjon og klassifisering av bunnvann

Oksygenkonsentrasjonene i bunnvannet i norske fjorder er hovedsakelig relatert til vannutskiftningsfrekvens samt tilførsel og nedbrytning av organisk materiale (som er oksygenkrevende). Vannutskiftningen vil variere fra fjord til fjord bl.a. ut i fra fjordens utforming (innsnevringer, terskler og fjordens dybde) og strømforhold. Stor tilførsel av organisk materiale og dårlig vannutskifting i bunnvannet gir dårlige livsbetingelser for organismene som lever der. Tilstandsklasser for oksygenkonsentrasjonen i dypvannet er vist i Tabell 2.

Tabell 2. Klassifisering av oksygen i dypvann (Veileder 02:2018). * Beregnet ved saltholdighet 33 og temperatur 6 °C.

Parameter	I Svært god	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært Dårlig
Oksygen (mL O ₂ /L)	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5
Oksygen metning (%)*	>65	65-50	50-35	35-20	<20

3.2 Resultater

3.2.1 Dypvannsfornyelse i Indre Oslofjord

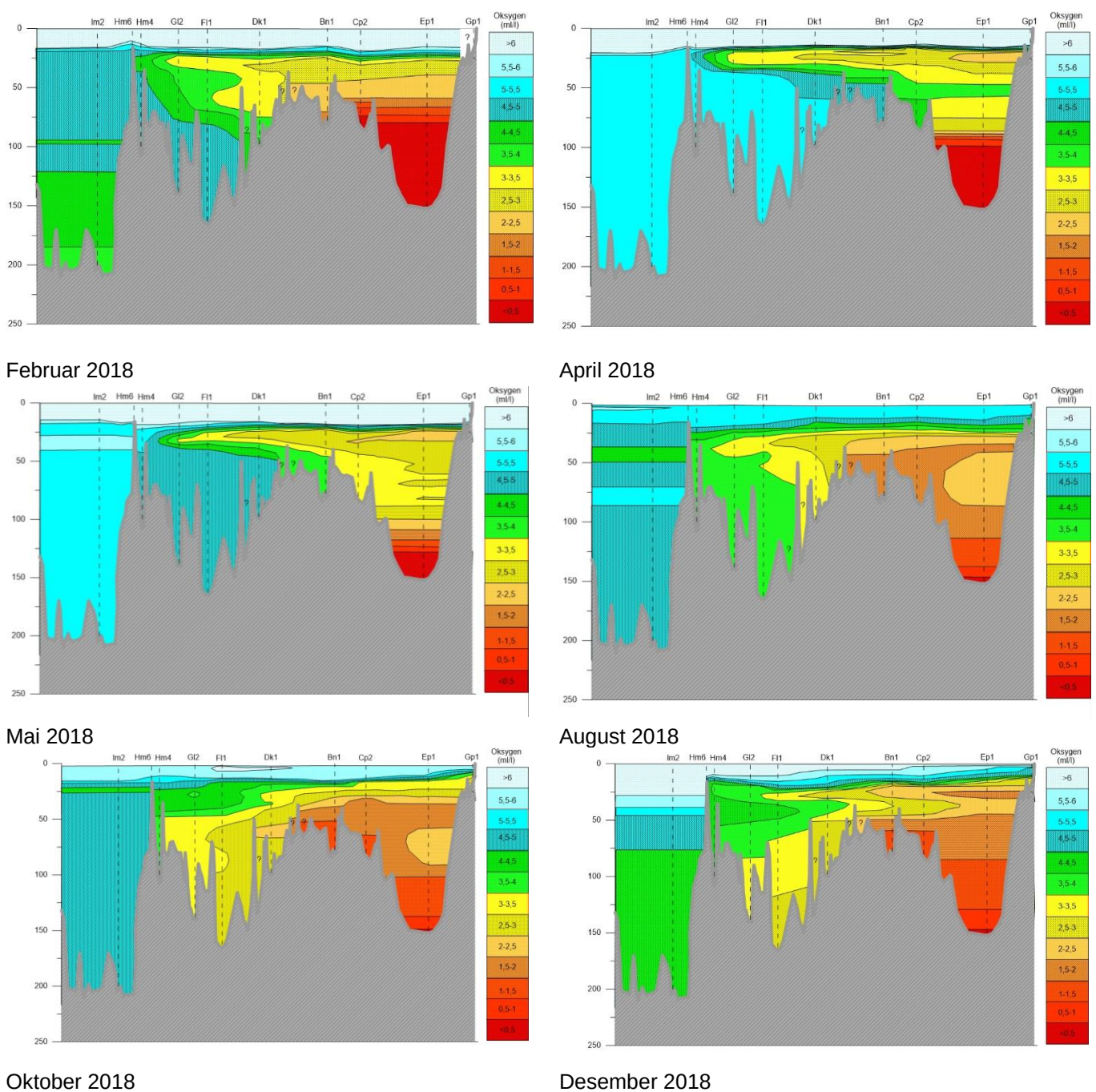
Hydrografiske plott gjennom fjorden på utvalgte tidspunkt i 2018 (Figur 9) viser store oksygenvariasjoner i vannmassene i Indre Oslofjord. Fra desember 2017 til april 2018 var det en dypvannsfornyelse i Vestfjorden som ga oksygenkonsentrasjoner tilsvarende «svært god» og «god» tilstand helt inn til Oksval (Cp2). I Bunnefjorden var det en delvis utskifting som medførte at overgangen mellom «dårlig» og «svært dårlig» tilstand på Ep1 var på ca. 120 m i mai sammenlignet med ca. 85 m i februar. I august og oktober ble oksygenkonsentrasjonene lavere igjen. Mellom oktober og desember kom det inn noe oksygenrikt vann som medførte økte konsentrasjoner i Vestfjorden på 50-75 m dyp.

Det er vanlig at Vestfjorden blir tilført «pulser» med nytt vann over Drøbakterskelen og dette kan skje både en til flere ganger per år, men oftest på senhøsten og om vinteren. Disse «pulsene» resulterer i økte oksygenkonsentrasjoner i vannmassene i Vestfjorden, og også lenger inn i fjorden i de dypeste deler av Lysakerfjorden og de mellomliggende vannmassene i Bunnefjorden.

Dypvannet fornyes gjennom tilførsel av tyngre sjøvann fra Ytre Oslofjord og Skagerrak. For at dette skal skje må vannet som strømmer inn i fjorden ha større tetthet enn vannet som allerede er i fjorden. Omfanget av

dypvannsfornyelsen vil kunne variere fra år til år. I noen tilfeller, hvor tetthetsforskjellen mellom to bassenger ikke er store nok til å medføre en fullstendig dypvannsfornyelse vil det likevel kunne skje fornyelse av de mellomliggende vannmasser.

Vann som tilføres Indre Oslofjord gjennom Drøbaksundet vil normalt inneholde betydelig høyere oksygenkonsentrasjoner og lavere næringssaltinnhold enn hva som allerede finnes i Indre Oslofjord, noe som vil ha en positiv effekt på vannkvaliteten.



Figur 9. Figurene viser oksygenforholdene i Indre Oslofjord fra februar til desember 2018.

Resultater fra analyse av H₂S i Bunnefjorden (Ep1) er vist i Tabell 3. Resultatene viser en reduksjon i hvor høyt opp i vannmassene det er H₂S, samt en reduksjon i konsentrasjon i de dypeste prøvene. Til mai senkes grensen mellom vann med og uten H₂S ytterligere, men konsentrasjonen i bunnvannet øker. I september og oktober er det kun målt H₂S i lave konsentrasjoner i prøvene fra 150 m dyp og i desember er det ikke H₂S i noen av prøvene.

Tabell 3. Resultater fra analyse av H₂S i Bunnefjorden (Ep1)

Dyp (m)	H ₂ S (mg/l)					
	Februar	April	Mai	September	Oktober	Desember
80	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
90	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
100	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
125	0,29	0,17	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
150	0,41	0,35	0,79	0,02	0,16	<0,01

3.2.2 Hydrografisk utvikling på utvalgte stasjoner gjennom 2018

Hydrografisk utvikling av temperatur, salinitet og oksygenkonsentrasjon gjennom 2018 (februar til desember) i 8 utvalgte stasjoner i Indre Oslofjord er vist i Figur 10 - Figur 18. Resultatene er presentert fra ytterst i fjorden og innover. Først vises forholdene utenfor Drøbaksterskelen i Drøbaksundet (Im2, Figur 10), deretter Gråøyrenna (Gk1; Figur 11), ved Håøya (Gl2; Figur 12), ved Spro (Fl1; Figur 13), ved Steilene (Dk1; Figur 14), i Bærumsbassenget (Bl4; Figur 15), i Lysakerfjorden (Bn1; Figur 16), i Bekkelagsbassenget (Cq1; Figur 17) og til sist ved Svartskog i Bunnefjorden (Ep1; Figur 18).

Temperaturrendringer i fjorden gjennom året følger sesongene og er omtrent lik på alle stasjoner. De største endringene finner sted i øvre del av vannsøylen (ca. 0-20 meter). Som normalt er det i 2018 en typisk oppvarming av overflatevann gjennom våren-sommeren med de varmeste temperaturer på sensommeren (august). De hydrografiske plottene inneholder ikke data fra overflatetoktene i juni til august og inkluderer derfor ikke data fra perioden vannet er varmest helt i overflaten. Utover høsten avkjøles overflatevannet, det blir tyngre og synker ned i dypere vannmasser utover høsten og vinteren.

Sesongmessige variasjoner i salinitet er, som for temperatur, størst i de øverste 0-20 meter. Alle undersøkte stasjoner viser varierende salinitet i dette overflatelaget gjennom året. Lavest salinitet ble for samtlige stasjoner registrert i mai. Deretter økte salinitet igjen på alle stasjoner frem til desember, med unntak av utenfor Drøbaksterskelen der saliniteten sank litt fra oktober til desember. Salinitetsvariasjoner i overflatelaget er hovedsakelig relatert til mengden ferskvann som tilføres fjorden (nedbør, elvetilførsel og avrenning fra land). I 2018 var det en kraftig våravrenning i april og mai etterfulgt av en tørr sommer med lite avrenning. I underliggende vannmasser er det kun små variasjoner gjennom året. Saliniteten i dypvannet varierer noe fra basseng til basseng. Høyest salinitet finner vi i dypvannet i Drøbaksundet (Im2). Gjennom dypvannsfornyingsprosessene som jevnlig skjer i Indre Oslofjord vil vann med høy salinitet og tetthet føres inn fra ytre fjord og øke saliniteten i dypvannet i innenforliggende bassenger. I april og mai er det økt salinitet i bunnvannet på alle stasjoner bortsett fra i Bærumsbassenget. I Bunnefjorden og i Bekkelagsbassenget er forskjellen mindre enn på de andre stasjonene.

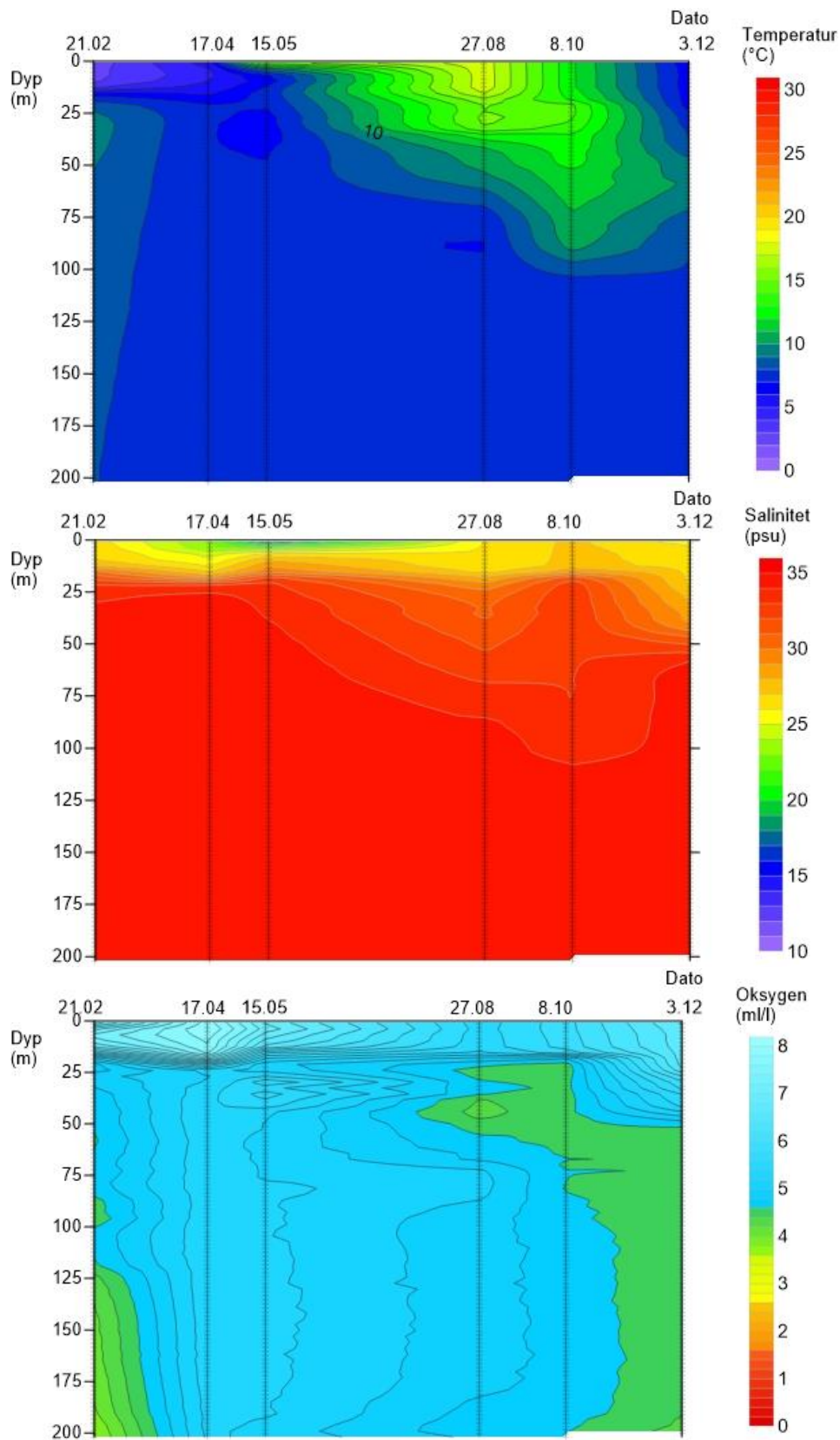
Med hensyn på oksygen, er det store variasjoner i fjorden gjennom året, og lokale variasjoner fra basseng til basseng. I Drøbaksundet (stasjon Im2) er oksygenforholdene gode eller svært gode (tilstandsklasse I og II) gjennom hele vannsøylen fra februar til desember 2018. Dette er naturlig da stasjonen ligger utenfor Drøbaksterskelen og i Ytre Oslofjord som har kontinuerlig god vannutskiftning.

Innenfor Drøbaksterskelen er situasjonen en annen. Oksygenkonsentrasjon er stort sett god eller svært god i de øverste 15-20 meter fra februar til desember (2018), men under 20 meter er det store sesongvariasjoner. I Vestfjorden (Gl2, Fl1 og Dk1) var oksygenforholdene svært gode til gode gjennom vinteren og frem til mai

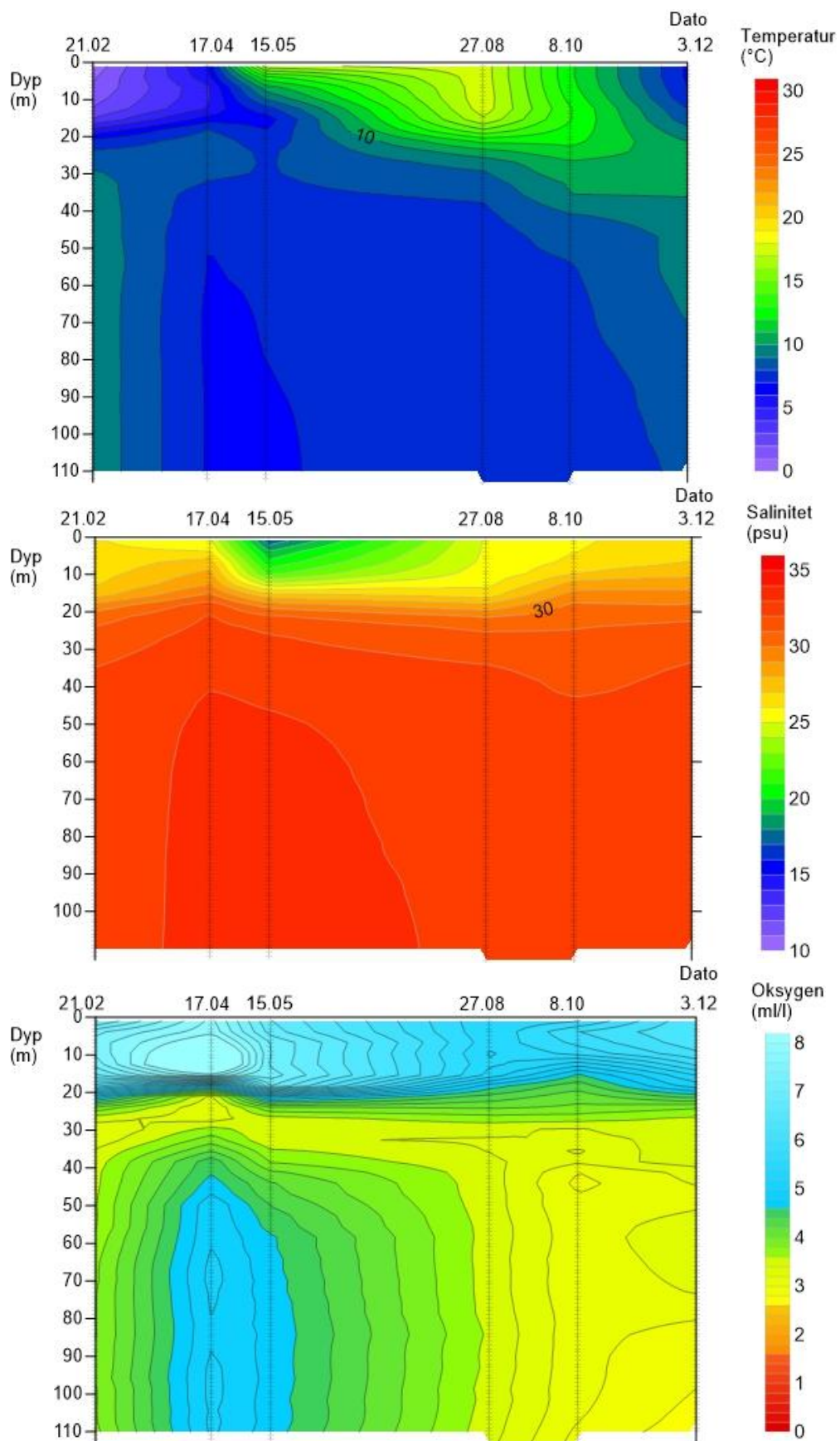
2018, men forholdene ble forverret utover høsten og vinteren. Mellom oktober og desember ble litt oksygenrikt vann tilført Vestfjorden fra ytre fjord og konsentrasjonene økte litt igjen i mellomliggende vannmasser. Lenger inn i Indre Oslofjord, i Lysakerfjorden (Bn1), var oksygenforholdene moderate, svært gode i april og gode i mai. Konsentrasjonene ble deretter lavere og fra august var konsentrasjonene i vann dypere enn 50 m i svært dårlig tilstand.

Det var en delvis dypvannsfornyelse i Bunnefjorden (Ep1) i løpet av 2018. Mellomliggende vannmasser mellom ca. 50 m vanddyb hadde konsentrasjoner i tilstandsklasse II i april før konsentrasjonene igjen sank til tilstandsklasse III og IV. Grensen mellom dårlig og svært dårlig tilstand ble forskjøvet fra ca. 85 m i februar til ca. 120 i mai. Denne grensen har igjen forflyttet seg oppover i vannsøylen, men konsentrasjonene i bunnvannet er likevel høyere enn de var i februar.

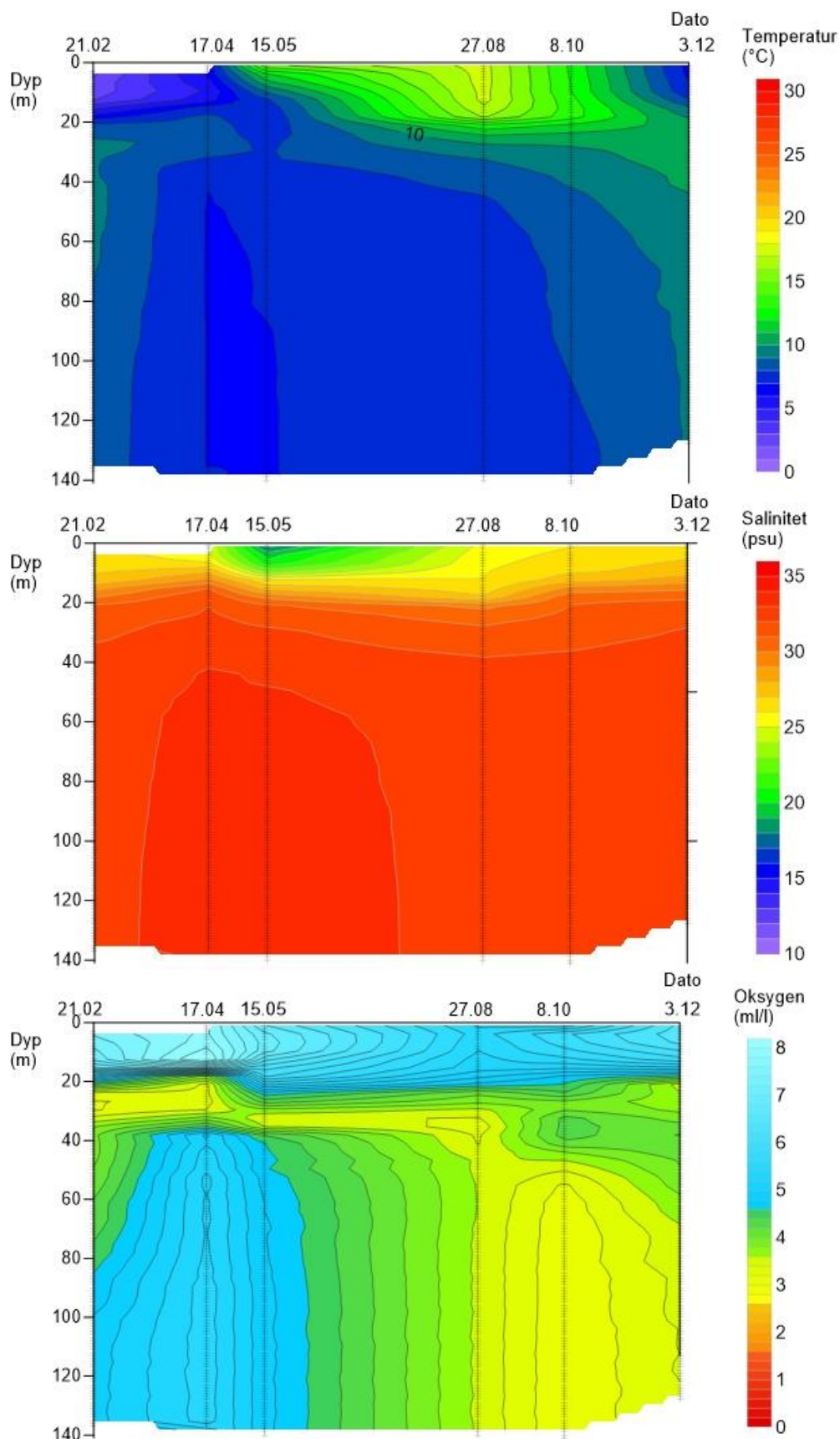
I Bærumsbassenget er det kjent at bunnvannet (dypere enn 25m) har vært generelt anoksisk tilbake til 1700-tallet og at redoksgrensen (dvs. grensen mellom vann med og uten fritt oksygen) flyttet seg oppover i vannsøylen mot 20 meter allerede i løpet av 1800-tallet. Det antas at årsaken delvis skyldes den generelle forurensningssituasjonen i Indre Oslofjord og dels naturlige begrensninger i dypvannsfornyelsen (grunt terskeldyp) i Bærumsbassenget (Alve m.fl., 2009). Likevel synes det å være enkelte korte episoder hvor oksygenforholdene viser forbedrede forhold også under 20 meters vanddyb. Siste gang var i juni 2013 (Berge m.fl., 2015), høsten 2016 og våren 2017. Det har ikke vært noen slik episode i 2018. I Bekkelagsbassenget (Cq1) (Figur 17) var oksygenforholdene under 20 m vanddyb dårlige til svært dårlige (tilstandsklasse IV til V) det meste av året, med en noe bedre tilstand i april med moderate forhold (tilstandsklasse III).



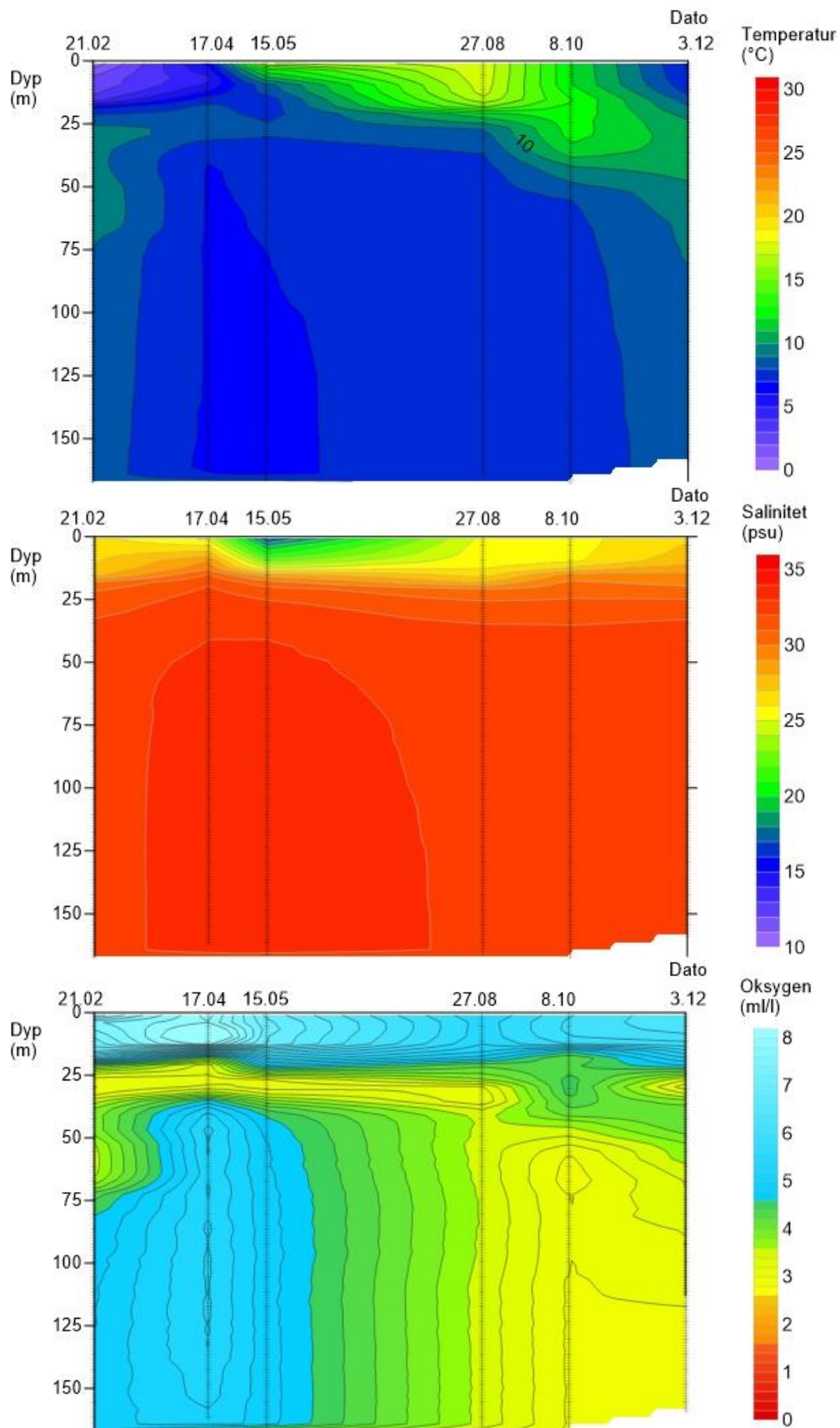
Figur 10. Hydrografisk utvikling i ulike dyp i stasjon Im2 i Drøbaksundet utenfor Drøbaksterskelen fra februar til desember 2018. Øverst: temperatur (°C). I midten: salinitet (psu). Nederst: oksygen (ml/l).



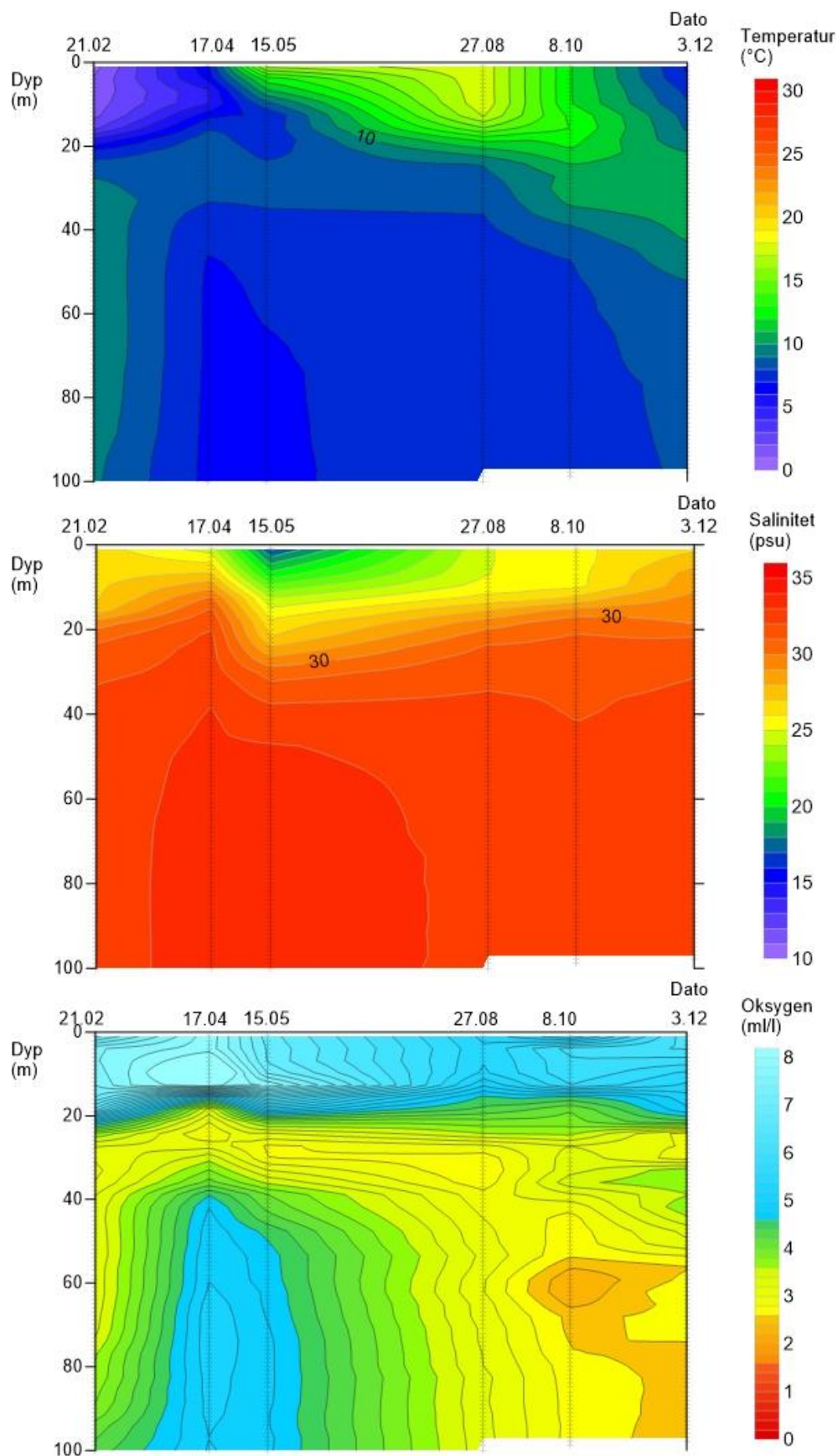
Figur 11. Hydrografisk utvikling i ulike dyp i stasjon Gk1 i Gråøyrenna fra februar til desember 2018. Øverst: temperatur (°C). I midten: salinitet (psu). Nederst: oksygen (ml/l).



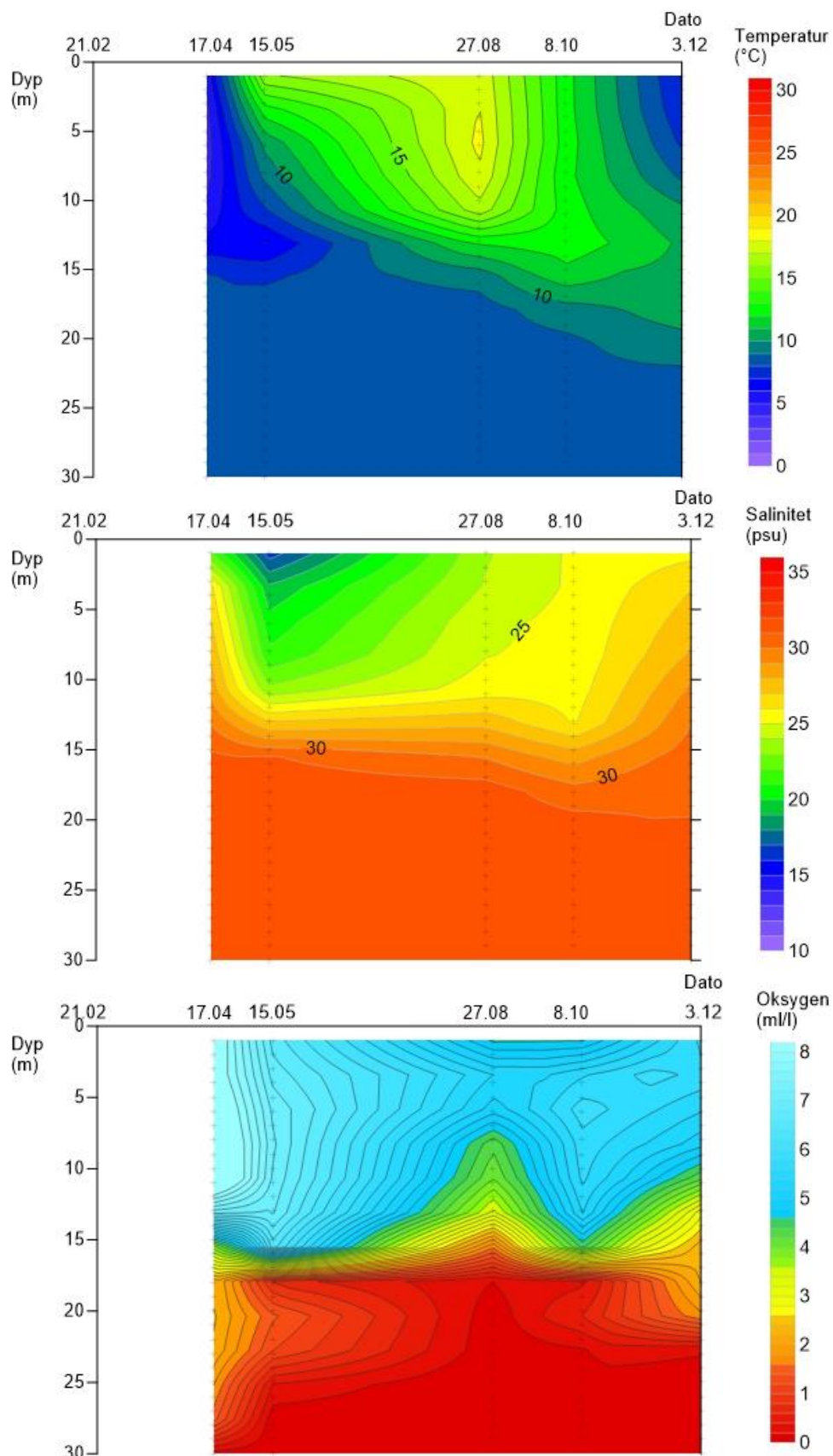
Figur 12. Hydrografisk utvikling i ulike dyp i stasjon G12 ved Håøya i Vestfjorden fra februar til desember 2018. Øverst: temperatur (°C). I midten: salinitet (psu). Nederst: oksygen (ml/l).



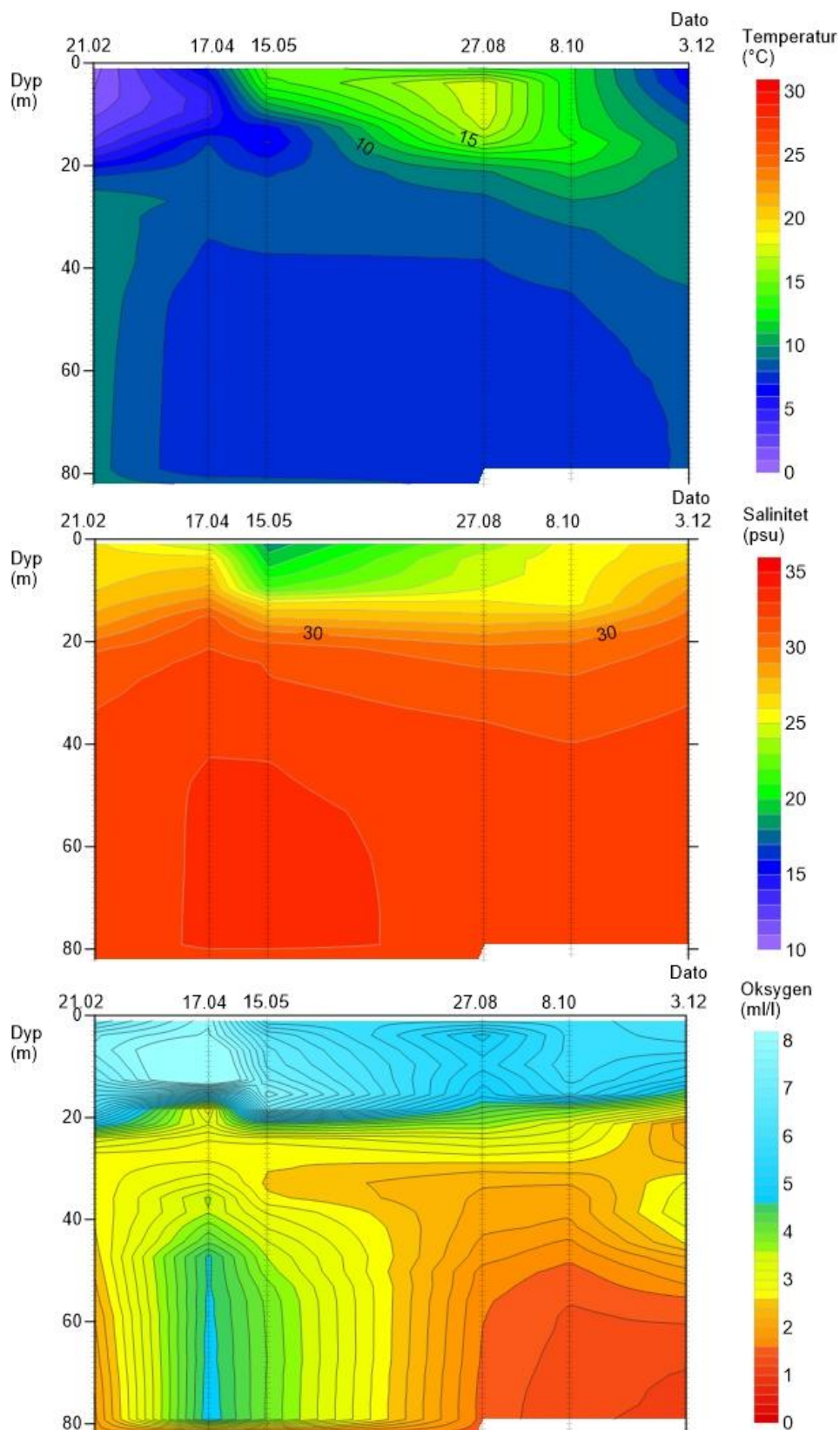
Figur 13. Hydrografisk utvikling i ulike dyp i stasjon F11 i Spro fra februar til desember 2018. Øverst: temperatur (°C). I midten: salinitet (psu). Nederst: oksygen (ml/l).



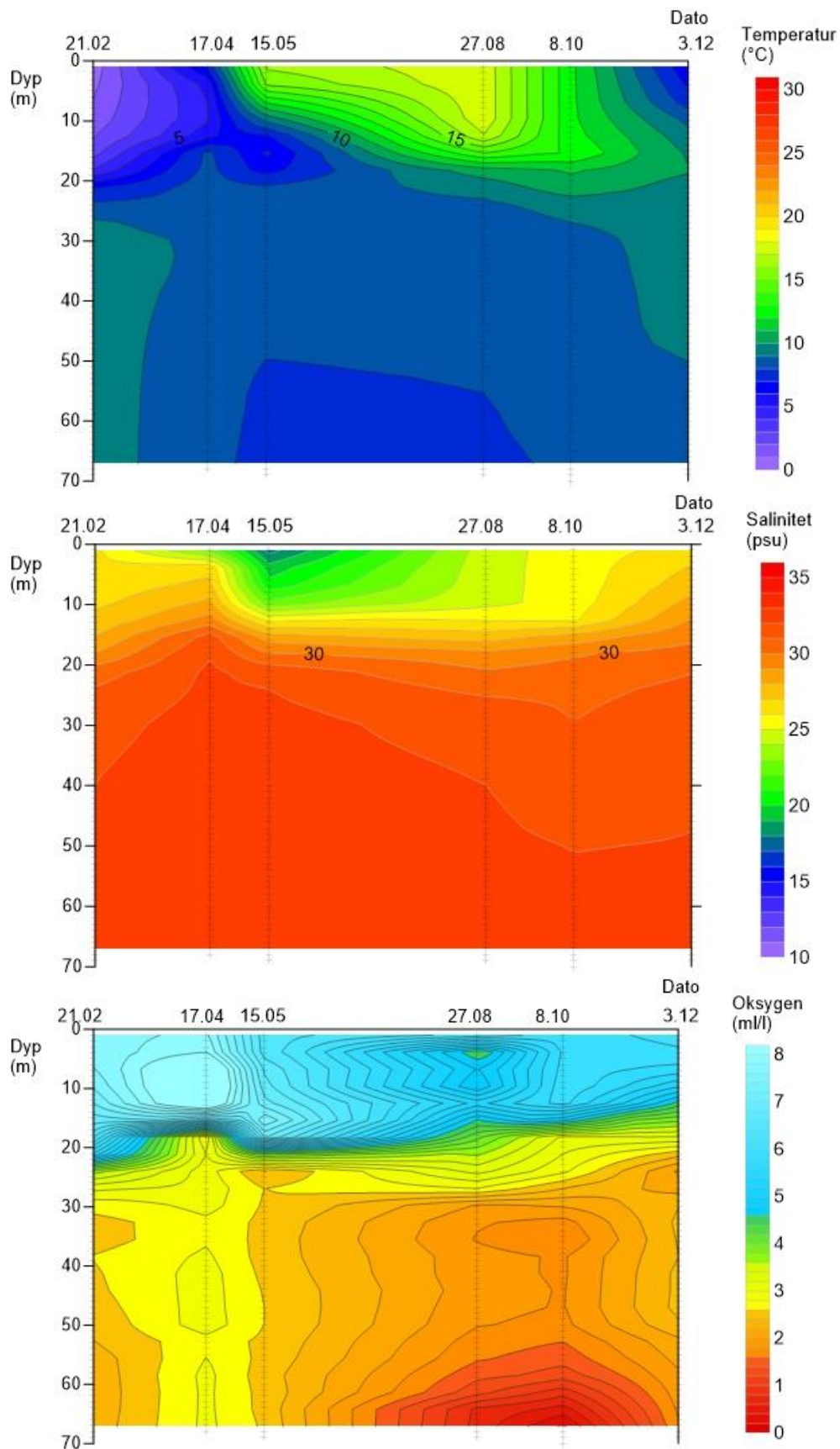
Figur 14. Hydrografisk utvikling i ulike dyp i stasjon Dk1 ved Steilene i Vestfjorden fra februar til desember 2018. Øverst: temperatur (°C). I midten: salinitet (psu). Nederst: oksygen (ml/l).



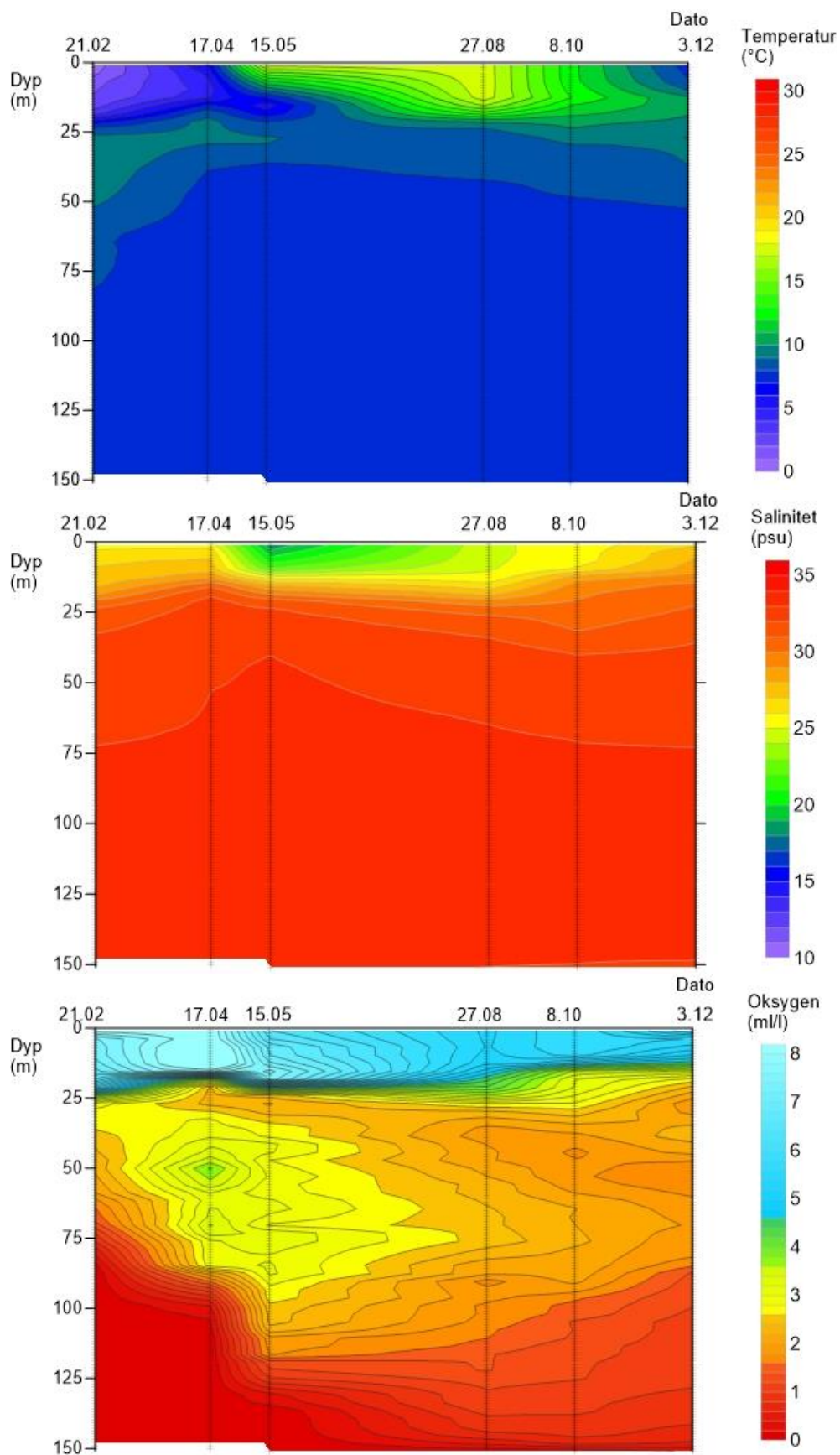
Figur 15. Hydrografisk utvikling i ulike dyp i stasjon B14 i Bærumssjøen fra april til desember 2018. Øverst: temperatur (°C). I midten: salinitet (psu). Nederst: oksygen (ml/l). Hydrografiske undersøkelser ble ikke gjennomført i Bærumssjøen i februar pga. is.



Figur 16. Hydrografisk utvikling i ulike dyp i stasjon Bn1 i Lysakerfjorden fra februar til desember 2018. Øverst: temperatur (°C). I midten: salinitet (psu). Nederst: oksygen (ml/l).



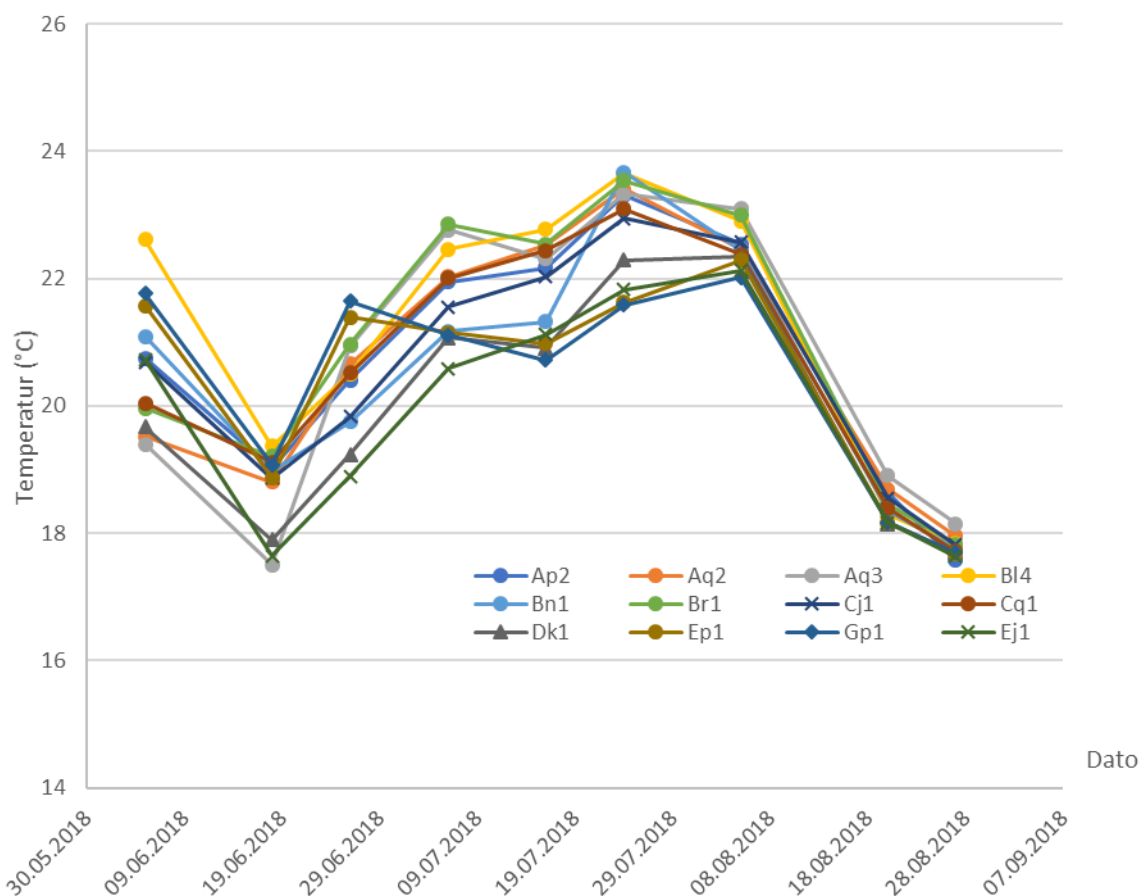
Figur 17. Hydrografisk utvikling i ulike dyp i stasjon Cq1 i Bekkelagsbassenget fra februar til desember 2018. Øverst: temperatur (°C). I midten: salinitet (psu). Nederst: oksygen (ml/l).



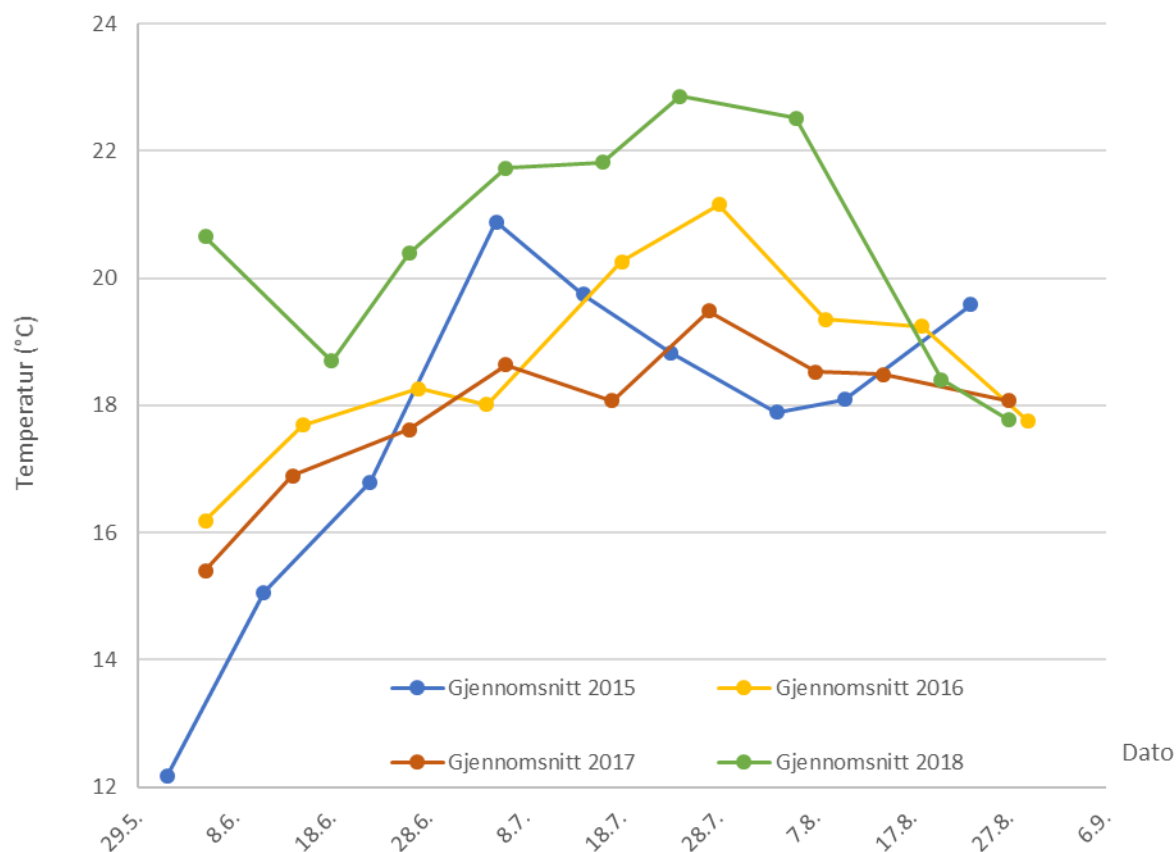
Figur 18. Hydrografisk utvikling i ulike dyp i stasjon Ep1 i Svartskog, Bunnefjorden, fra februar til desember 2018. Øverst: temperatur (°C). I midten: salinitet (psu). Nederst: oksygen (ml/l).

3.2.3 Overflatevannets temperatur

Overflatetemperaturen er registrert på overflatetoktene om sommeren (Figur 19). På disse stasjonene ble det målt temperatur ca. hver tiende dag gjennom hele sommeren. Resultatene viser at temperaturene i overflatevannet sommerstid var høyere enn normalt (Berge m.fl., 2015) og høyere enn de foregående tre år (Figur 20). Temperaturen er høy tidlig i juni, synker til midten av juni og stiger deretter frem til slutten av juli. Fra siste halvdel av august er temperaturen nede på samme nivå som i 2015, 2016 og 2017.

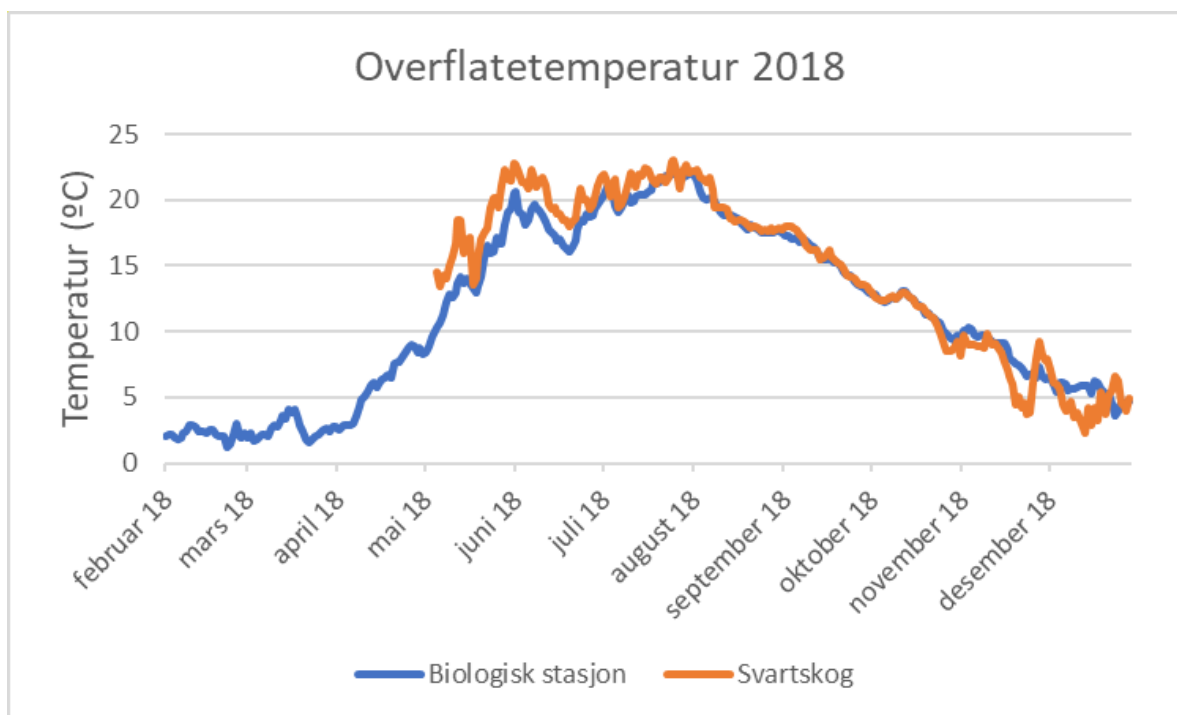


Figur 19. Temperatur i overflaten (1 m) i sommerperioden 2018.

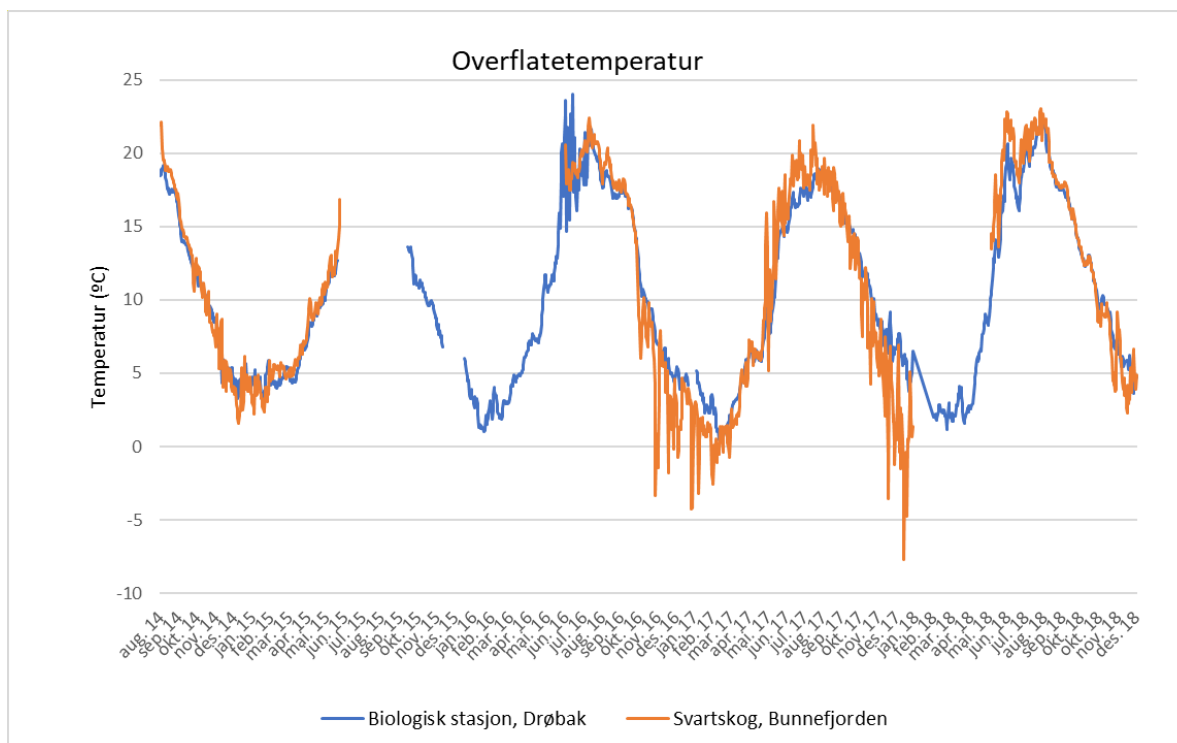


Figur 20. Sammenligning av gjennomsnittlig overflatetemperatur sommeren 2015 - 2018.

Det er utplassert automatiske loggere på en stasjon i Bunnefjorden og en ved Drøbak. Temperatur målt i 2018 er vist i Figur 21 og temperatur fra august 2014 til årsslutt 2018 er vist i Figur 22. Temperaturene målt i 2018 er høyere enn det som ble målt i 2015-2017 frem til midten av august. Vinteren 2016-2017 og første del av vinteren 2017-2018 er det målt lavere temperaturer i Bunnefjorden enn det som ble målt vinteren 2014-2015. Fra vinteren 2015-2016 har vi ikke måledata.



Figur 21. Temperatur i overflatevannet i Bunnefjorden og ved Drøbak i 2018.



Figur 22. Temperatur i overflatevannet i Bunnefjorden og ved Drøbak i 2014-2018.

3.3 Referanser

- Alve, E., Helland, A., Magnusson, J. 2009. Bærumsbassengetet naturlig anoksisk basseng?. NIVA rapport nr 5735-2009. 30s.
- Baalsrud, K. og Magnusson, J., 2002. Indre Oslofjord – natur og miljø. Fagrådet for vann og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord, 135 sider.
- Berge, J.A., Amundsen, Gitmark, J., R., Gundersen, H., Hylland, K., Johnsen, T.M., Ledang, A.B., Norli, M., Lømsland, E.R., Staalstrøm, A. og Strand, D.A., 2015. Overvåking av Indre Oslofjord i 2014 – Vedleggsrapport. NIVA Rapport nr. 6834: 104 sider.
- Dolven, J.K. og Alve, E., 2010. Naturtilstanden i Indre Oslofjord. Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord. Rapport no. 106. ISBN 978-82-91885-39-1. 86 s.
- Direktoratsgruppa Vanndirektivet. 2018. Veileder 02:2018. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Norsk Klassifiseringssystem for vann i henhold til vannforskriften. 222 sider.
- Hurrell, J. og National Center for Atmospheric Research Staff (Eds), 2018. "The Climate Data Guide: Hurrell North Atlantic Oscillation (NAO) Index (station-based)." <https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/hurrell-north-atlantic-oscillation-nao-index-station-based> (Last modified aug. 2018).
- Norconsult, 2016. Overvåking av Indre Oslofjord. 2015. Vedleggsrapport. Rapport til Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord. Dokumentnr.: 5145099-02 Versjon: J04.
- Norconsult, 2017. Overvåking av Indre Oslofjord. 2016. Vedleggsrapport. Rapport til Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord. Dokumentnr.: 5145099-04 Versjon: B02.
- Norconsult, 2018. Overvåking av Indre Oslofjord. 2017. Vedleggsrapport. Rapport til Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord. Dokumentnr.: 5145099-08 Versjon: J04.

4 Planteplankton og støtteparametere

4.1 Innledning

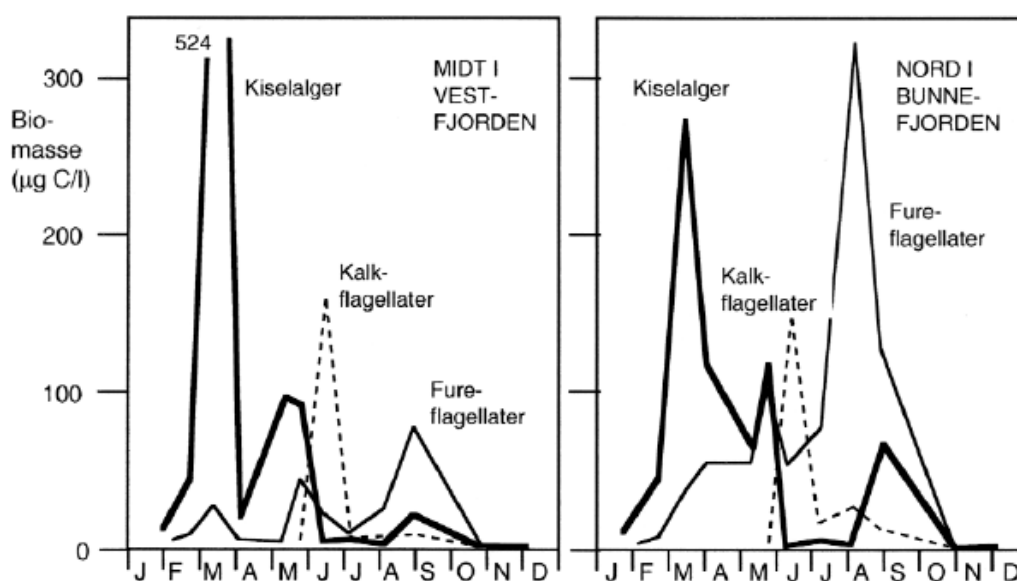
Klorofyll a er et mål på planteplanktonproduksjonen i vannmassene og inngår som et biologisk kvalitetselement i Vannforskriften (Veileder 02:2018).

Mer fokus og effektivitet i renseanleggene har ført til en gradvis nedgang i konsentrasjonen av planteplankton i Indre Oslofjord de siste 30-40 årene.

Sammensetningen og mengde planktonalger vil til enhver tid være styrt av forholdet mellom tilgang på lys og næring og tap i form av beiting eller utsynking. Den årlige syklusen i planteplanktonsamfunnet i Indre Oslofjord er i utgangspunktet typisk for norske kystvannsforekomster. Vinterstid dvs. november, desember og januar er det så lite lys tilgjengelig at veksten blir liten selv om det er rik tilgang på næringssalter (Tabell 9). Når lysforholdene bedres vil produksjonen komme i gang. I Indre Oslofjord, som er et relativt beskyttet område, ser vi normalt en betydelig våroppblomstring, dominert av kiselalger, i februar eller mars, mens den i andre deler av landet kan komme en måned senere. Kiselalgene er avhengig av tilgang på silisium for vekst og deling. Næringsmangel, beiting og utsynking blir etter hvert begrensninger som gjør at og algevekst/produksjonen stopper opp. I sommerperioden, når tilgangen til silisium i overflatelaget (ca. 0-8m) er liten, dominerer andre grupper som dinoflagellater (fureflagellater) og coccolitoforider (kalkflagellater) (Paasche & Ostergren, 1980; Paasche, 2005).

Når vårfloppen bringer næringsrikt elvevann ut til fjorden sent på våren eller tidlig om sommeren vil vi kunne se en ny oppblomstring og igjen på høsten når sprangsjiktet svekkes som følge av sirkulasjon i vannmassene slik at næringsrikt bunnvann føres til overflaten og algene får tilgang på mer næring nedenfra samtidig som lystilgangen fortsatt er god. Bunnefjorden er permanent lagdelt og der er sirkulasjonen mellom bunnvann og overflatevann svært begrenset.

Typisk årssyklus for planteplankton i to områder i Indre Oslofjord; Vestfjorden og Bunnefjorden, er vist i Figur 23.

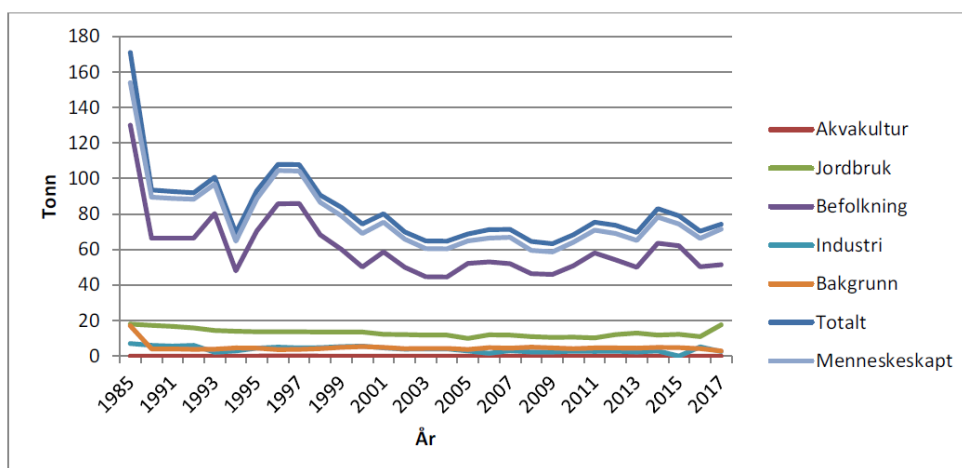


Figur 23. Typisk årssyklus for planteplankton (målt i biomasse ug C/l). (Paasche & Ostergren, 1980; Paasche, 2005)

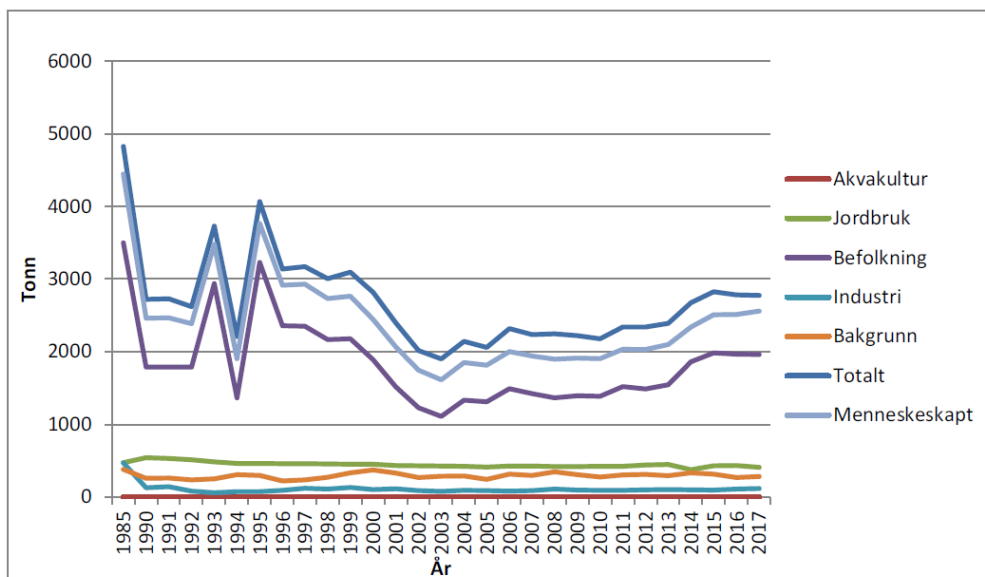
Næringssaltene som tilføres Indre Oslofjord kommer fra flere kilder, eksempelvis avrenning fra land, avløp og med kyststrømmen fra Skagerrak. De senere årene har de langtransporterte tilførslene blitt redusert og rensegraden til avløpsanleggene betydelig forbedret. I tillegg slippes ikke lenger avløpsvannet ut i overflaten, slik det gjorde frem til 1980-tallet, men på større dyp.

NIVA har beregnet utslipp av nitrogen og fosfor til norske kystområder i 1985 og hvert år siden 1990. Beregningene er gjort med TEOTIL-modellen. Denne ble reprogrammet i 2017. Datagrunnlaget består av avløpsdata (rapportert inn av anleggseiere gjennom ALTINN og tilrettelagt av statistisk sentralbyrå (SSB)), produksjonsdata fra fiskeoppdrett (rapportert inn gjennom ALTINN og tilrettelagt av Fiskeridirektoratet), industridata (rapportert inn til og tilrettelagt av Miljødirektoratet), tapskoeffisienter for norsk jordbruk (tilrettelagt av NIBIO basert på nasjonale statistikk og empiriske data) og avrenningskoeffisienter for norske naturområder (basert på empiriske data tilrettelagt av NIVA) (Selvik & Sample, 2018).

Beregningene viser at mesteparten av de tilførte næringsstoffene er menneskeskapt og stammer fra befolkningen (Selvik & Sample, 2018). Siden 1985 er tilførslene kraftig redusert, men de senere år (siden 2003) har det vært en svak økning igjen (Figur 24 og Figur 25).



Figur 24. Menneskeskapt tilførsel til Indre Oslofjord av fosfor (tonn/år). Figur hentet fra (Selvik & Sample, 2018).



Figur 25. Menneskeskapt tilførsel til Indre Oslofjord av nitrogen (tonn/år). Figur hentet fra (Selvik & Sample, 2018).

4.2 Metodikk

4.2.1 Prøvetakingsstasjoner

Prøvetakingsstasjoner for klorofyll a og planteplankton taxa samt støtteparametere (næringssalter og siktedyp) er vist i kapittel 2 under Figur 8 og Tabell 14 i vedlegg 1.

4.2.2 Prøveinnsamling klorofyll a og næringsstoffer

Vannprøver, for innsamling av data om klorofyll a og næringsstoffer, ble innhentet med Niskin vannhenter på rosett på hoved- og kombinasjonstokt. På overflatetokt ble vannprøver tatt med Ruttner håndholdt vannhenter. Prøver fra 0-2 m ble på alle tokte tatt med 2 m langt rør som rommer 2L.

Vannprøvene ble overført til egnet emballasje, holdt kjølig og transportert til ALS Laboratory Group der analyser ble gjennomført.

Prøvetakingen av klorofyll a er i 2018 utført i henhold til Veileder 02:2013 rev 2015 med hensyn på frekvens og prøvetakingsdyp. Det er beregnet 90-percentil for klorofyll a øverste 5 m vanddyp på hver stasjon for hele vekstsesongen (februar-oktober). Målinger med konsentrasjon $<0,25 \mu\text{g/l}$ (rapporteringsgrensen for analysen) er satt til $0,25 \mu\text{g/l}$. Det er noe usikkerhet mht. klassifiseringen av klorofyll a siden hyppigheten for prøvetaking har variert i perioden 2012-2018 både i forhold til prøvetakingsdyp og frekvens.

4.2.3 Prøveinnsamling planteplankton taxa

I 2018 er det samlet inn planteplankton fra vannprøver for kvantitativ analyse av planteplankton fra 0-2 m og 5 m på Dk1 (Steilene) og Ep1 (Svartskog, Bunnefjorden). Disse prøvene konserveres med lugol og analyseres i omvendt mikroskop i henhold til NS-EN 15972:2011 (Veiledning for kvantitative og kvalitative undersøkelser av marine planktonalger) samt NS-EN 15204:2006 (Utermöhls metode med omvendt mikroskop). I tillegg gjennomføres håvtrekk på alle hovedtokte for kvalitativ analyse av planteplankton.

4.2.4 Klassifisering av klorofyll a, næringsstoffer og siktedyp

Planteplankton er det første leddet i den marine næringskjeden. Temperatur, tilgang på lys og tilgang på næringssalter påvirker veksten og biomassen av planteplankton. Planteplankton reagerer raskt på endringer og er derfor en god miljøindikator. Vanligvis finner det sted en oppblomstring av planteplankton om våren når lys og temperatur øker. I tillegg kan det ofte være flere mindre oppblomstringer i løpet av sommer- og høstsesongen. Kraftig eutrofiering kan føre til masseoppblomstring av enkelte arter utenom naturlig vekstperiode. Dette kan føre til redusert biologisk mangfold da hurtigvoksende, opportunistiske arter vil kunne fortrenge andre arter ved å bruke opp næringsgrunnlaget.

Klorofyll a er et indirekte mål på algebiomasse. I henhold til Veileder 02:2013 skal klorofyll a måles på 5 meters dyp hver 14. dag de første to månedene i vekstsesongen (februar og mars) og månedlig frem til utgangen av oktober. Klassifisering av klorofyll a skal gjennomføres på grunnlag av 90-persentilen for prøver fra 5 m og baseres på data fra minimum 3, helst 6 år. I september 2018 ble klassifiseringsveilederen oppdatert. Det er nå anbefalt prøvetaking for klorofyll a på 0, 5 og 10 m dyp for klassifisering, mens frekvensen fortsatt er den samme.

Tilstandsklassegrensene varierer mellom de ulike økoregionene og med ulike vanntyper. Tilstandsklassegrensene for økoregion Skagerak er vist i Tabell 4. Disse tilstandsklassene er oppdatert i 2018.

Tabell 4. Tilstandsklasser for klorofyll a i økoregion Skagerak (Veileder 02:2018) som Indre Oslofjord er en del av.

Vanntype	Vanntype nr.	Salinitet	Referanse-tilstand	I Svært god	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært Dårlig
Ekspontert	1	>25	2,57	<3,53	3,53-5,26	5,26-11	11-20	>20
Moderat ekspontert	2	>25	3,13	<3,95	3,95-5,53	5,53-9	9-18	>18
Beskyttet	3	>25	2,98	<3,92	3,92-6,9	6,9-9	9-18	>18
Sterkt Ferskvannspåvirket*	5	5-25	-	-	-	-	-	-

*Vanntypen inngår ikke i klassifiseringssystemet for planteplankton

Ved endring i tilstandsklassene har referansetilstanden og øvre grense for tilstandsklasse I økt litt for begge vanntypene som er aktuelle i Indre Oslofjord (type 2 og 3). For tilstandsklasse II har øvre grense blitt litt redusert for vanntype 2 og litt økt for vanntype 3. Resten av grensene er uendret. Dette medfører at tilstandsklasse II har blitt smalere og tilstandsklasse III bredere for vanntype 2. For vanntype 3 har tilstandsklasse II lik bredde, men er forskjøvet til noe høyere verdier, mens tilstandsklasse III har blitt smalere. Hvis data fra siste periode sees mot gamle og nye tilstandsklassegrenser kan det observeres at flere av verdiene endres fra tilstandsklasse III til II eller fra tilstandsklasse II til I. I Vestfjorden som er vanntype 2 er det noen verdier som endres fra tilstandsklasse II til III.

Veileder 02:2018 benyttes også for klassifisering av næringsstoffer og siktedyp, grenseverdiene er ikke oppdatert siden versjonen fra 2013. Siktedyp og konsentrasjon av næringsstoffer fungerer som støtteparametere til de biologiske kvalitetselementer når økologisk tilstand skal bestemmes.

Mengden næringsstoffer er avgjørende for vekst av planteplankton. Konsentrasjonen av næringssalter varierer gjennom året i vannmassene. Om vinteren er konsentrasjonene høyere som følge av lav biologisk aktivitet og dermed lavt forbruk av næringssalter. Forhøyede konsentrasjoner som følge av tilførsler som er jevne gjennom året (f.eks. utslipp av kommunalt avløpsvann) fanges derfor best opp ved klassifisering av prøver fra vinterperioden. Om sommeren er forbruket av næringssalter høyere og konsentrasjonene i vannmassen synker. Økte tilførsler om sommeren (f.eks. avrenning fra jordbruk) oppdages vanligvis best ved klassifisering av prøver fra sommermånedene.

Vinterklassifisering gjennomføres på prøver tatt etter siste oppblomstring av plankton om høsten og før våroppblomstringen, i perioden desember til februar. Sommerklassifisering gjennomføres for perioden juni til august.

Tilstandsklassifisering med hensyn på næringsstoffer skal gjøres med prøver fra overflatelaget (0 – 15 m i henhold til Veileder 02:2013 – Revidert i 2015 og 0-10 m i henhold til Veileder 02:2018) og skal helst baseres på 3 års data. Tidligere har det vært anbefalt å ha minimum 10 prøvetakingstidspunkt for å gjennomføre tilstandsklassifisering. Det er ikke lenger oppgitt et bestemt antall prøver anbefalt for tilstandsklassifisering. Det anbefales prøvetaking hver 2. uke for å fange opp variasjoner innenfor sesongen.

Grenser for de ulike tilstandsklassene for næringsstoffer i vann med salinitet over 18 psu er vist i Tabell 5. For vann med salinitet mellom 5 og 18 psu er tilstandsklasser vist i Tabell 6. Det benyttes lineær sammenheng for salinitet mellom 5 og 18 psu.

Tabell 5. Tilstandsklasser for næringsstoffer og siktedyp i vann med salinitet over 18 psu (Veileder 02:2018).

Årstid	Parameter	I Svært god	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært Dårlig
Overflatelag Sommer (jun.-aug.)	Total fosfor ($\mu\text{g P/L}$)	<11,5	11,5-16	16-29	29-60	>60
	Fosfat ($\mu\text{g P/L}$)	<3,5	3,5-7	7-16	16-50	>50
	Total nitrogen ($\mu\text{g N/L}$)	<250	250-330	330-500	500-800	>800
	Nitrat ($\mu\text{g N/L}$)	<12	12-23	23-65	65-250	>250
	Ammonium ($\mu\text{g N/L}$)	<19	19-50	50-200	200-325	>325
	Siktedyp (m)	>7,5	7,5-6	6-4,5	4,5-2,5	<2,5
Overflatelag Vinter (des.-feb.)	Total fosfor ($\mu\text{g P/L}$)	<20	20-25	25-42	42-60	>60
	Fosfat ($\mu\text{g P/L}$)	<14,5	14,5-21	21-34	34-50	>50
	Total nitrogen ($\mu\text{g N/L}$)	<291	291-380	380-560	560-800	>800
	Nitrat ($\mu\text{g N/L}$)	<97	97-125	125-225	225-350	>350
	Ammonium ($\mu\text{g N/L}$)	<33	33-75	75-155	155-325	>325

Tabell 6. Tilstandsklasser for næringsstoffer og siktedyp i vann med salinitet 5 – 18 psu (Veileder 02:2018).

Årstid	Parameter	Salinitet	I Svært god	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært Dårlig
Overflatelag Sommer (Juni-August)	Total fosfor ($\mu\text{gP/l}$)	5	<8	8-12	12-22	22-53	>53
		18	<11,5	11,5-15,5	15,5-28	28-59	>59
	Fosfat-fosfor ($\mu\text{gP/l}$)	5	<2	2-3,5	3,5-7,5	7,5-21	>21
		18	<3,5	3,5-6,5	6,5-15	15-46	>46
	Total nitrogen ($\mu\text{gN/l}$)	5	<250	250-383	383-538	538-800	>800
		18	<250	250-337	337-505	505-800	>800
	Nitrat-nitrogen ($\mu\text{gN/l}$)	5	<97	97-156	156-223	223-363	>363
		18	<24	24-41	41-86	86-265	>265
	Siktedyp (m)	5	>7	7-4,5	4,5-2,5	2,5-1,5	<1,5
		18	>7,5	7,5-6	6-4	4-2,5	<2,5
Overflatelag Vinter (Desember-Februar)	Total fosfor ($\mu\text{gP/l}$)	5	<10,5	10,5-14,5	14,5-26	26-53	>53
		18	<20	20-24	24-40	40-59	>59
	Fosfat-fosfor ($\mu\text{gP/l}$)	5	<7	7-9	9-16	16-31	>31
		18	<14,5	14,5-19	19-32	32-48	>48
	Total nitrogen ($\mu\text{gN/l}$)	5	<261	261-385	385-553	553-800	>800
		18	<291	291-398	398-559	559-800	>800
	Nitrat-nitrogen ($\mu\text{gN/l}$)	5	<143	143-226	226-326	326-478	>478
		18	<97	97-139	139-239	239-367	>367

Siktedyp er et mål på vannets klarhet. Siktedyp måles ved å føre en hvit secciskive ned i vannet til den blir usynlig. Deretter trekkes skiven sakte opp og når den kommer til syne avleses avstanden fra skiven til vannoverflaten. Prosedyren gjentas tre ganger og et snitt av målte dyp beregnes.

Dårlig sikt kan skyldes forhøyet algevekst og være tegn på dårlig vannkvalitet. Men dårlig sikt kan også skyldes naturlige prosesser, som for eksempel tilførsel av finpartikulært materiale (sediment) gjennom avrenning fra land. Grenseverdier for tilstandsklassene for siktedyp er gitt i Tabell 5 og Tabell 6.

4.3 Resultater og diskusjon

4.3.1 Klorofyll a

Resultatene er vist i Tabell 7. Kun fem av vannforekomstene kan klassifiseres. De to siste tilhører vanntypen «Sterkt ferskvannspåvirket fjord» som på det nåværende tidspunkt ikke har tilegnede klassegrenser jf. Veileder 02:2018.

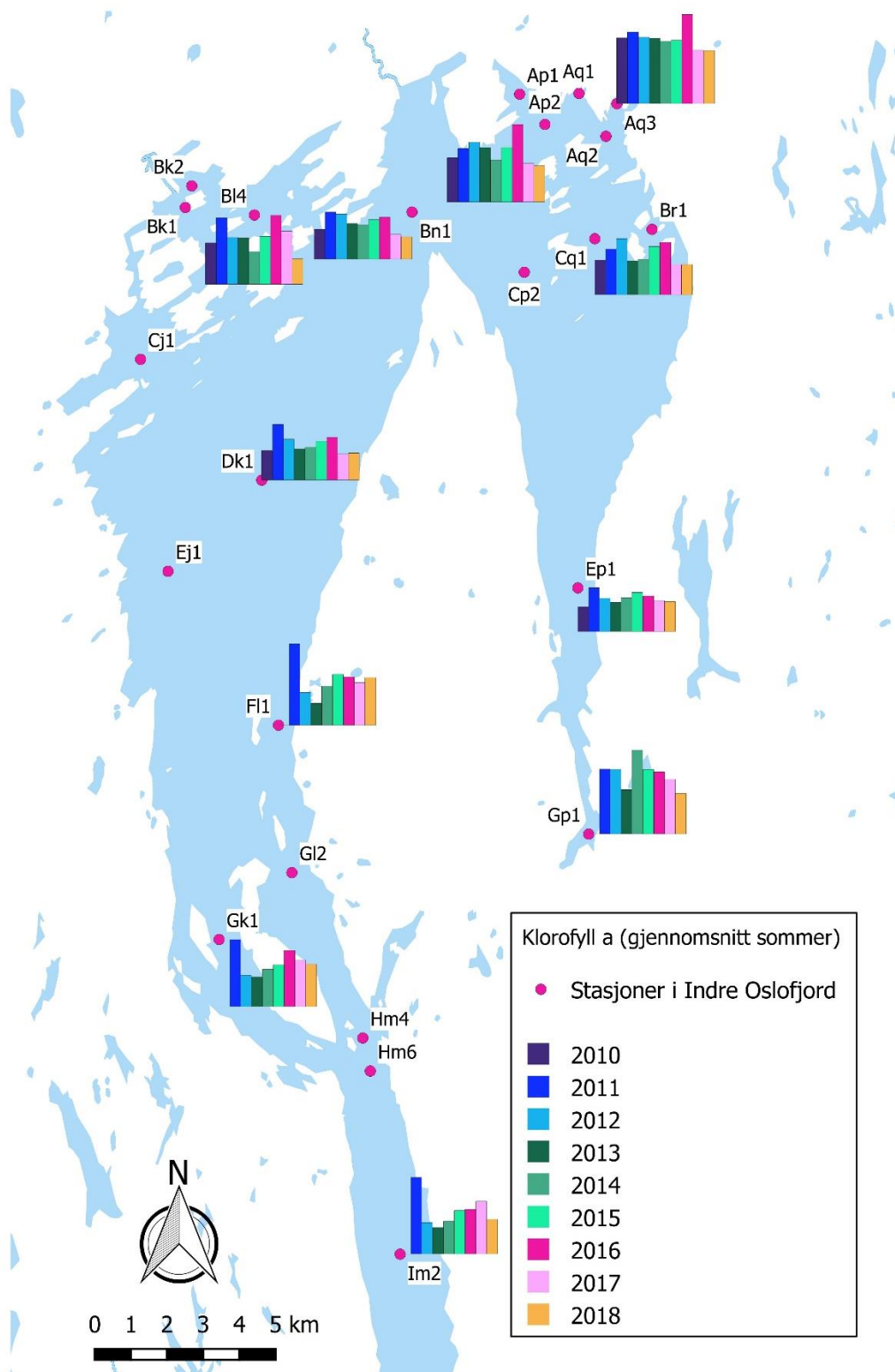
I Veileder 02:2018 er det endret fra at klassifisering skal gjøres basert på prøver fra 5 m til at prøver skal gjøres basert på prøver fra 0, 5 og 10 m dyp. Siden 2015 er det tatt prøver fra 0-2 og 5 m ved hver prøvetaking. Hvis 90-persentil for hvert år sees på separat er det relativt stor variasjon mellom de to dypene og hvilket dyp som har høyeste verdi varierer mellom årene og de ulike vannforekomstene. Dersom det sees på 90-persentil for 3 eller 4 år (2015-2017, 2016-2018 og 2015-2018). Ligger 90-persentil for 5 m litt høyere enn for 0-2 + 5 m, men innenfor samme tilstandsklasse (med unntak av Hurum og Vestfjorden i perioden 2016-2018). Målinger av fluorescens med CTD viser at konsentrasjon av klorofyll a på 10 m kan være både høyere og lavere enn på 0-2 og 5 m. Innsamling av prøver fra 10 m i Indre Oslofjord forventes ikke å ha en stor effekt på beregnet 90-persentil.

Fire av de fem vannforekomstene det er tilstandsklasser for klassifiseres i tilstandsklasse II (god) og Vestfjorden klassifiseres i tilstandsklasse III (moderat) iht. konsentrasjon av klorofyll a basert på perioden 2016-2018. Alle vannforekomstene har lavere konsentrasjoner i 2018 sammenlignet med 2017 og 2016. Noe som kan ha sammenheng med den lave avrenningen fra land i sommerperioden.

Tabell 7. Klassifisering av klorofyll a-verdier fra 0-2 og 5 m vanddyb i vannforekomstene i Indre Oslofjord 2016-2018. Fargekoder er iht. tilstandsklasser i Veileder 02:2018. nEQR er ikke beregnet for vannforekomstene Bunnebotn og Sandvika da det ikke finnes tilstandsklasser for vanntypene her.

Vannforekomst	Vanntype	Prøvetakingstasjon	Verdier i vekstsesong Chl a				nEQR
			2016	2017	2018	2016-2018	2016-2018
Oslofjorden (Vestfjorden)	S2	Dk1, Fl1, Gk1, Bn1	4,90	5,98	5,55	5,60	0,59
Bekkelagsbassenget	S3	Ap2, Cq1	5,56	9,65	4,53	6,20	0,63
Bunnefjorden	S3	Ep1	5,03	13,40	4,58	6,32	0,62
Hurum	S3	Im2	4,45	3,67	3,34	4,09	0,78
Oslo havn og by	S3	Aq3	6,48	10,50	5,68	6,60	0,61
Bunnebotn	S5	Gp1	5,48	11,00	3,95	6,54	
Sandvika	S5	Bl4	5,36	8,46	4,20	5,68	

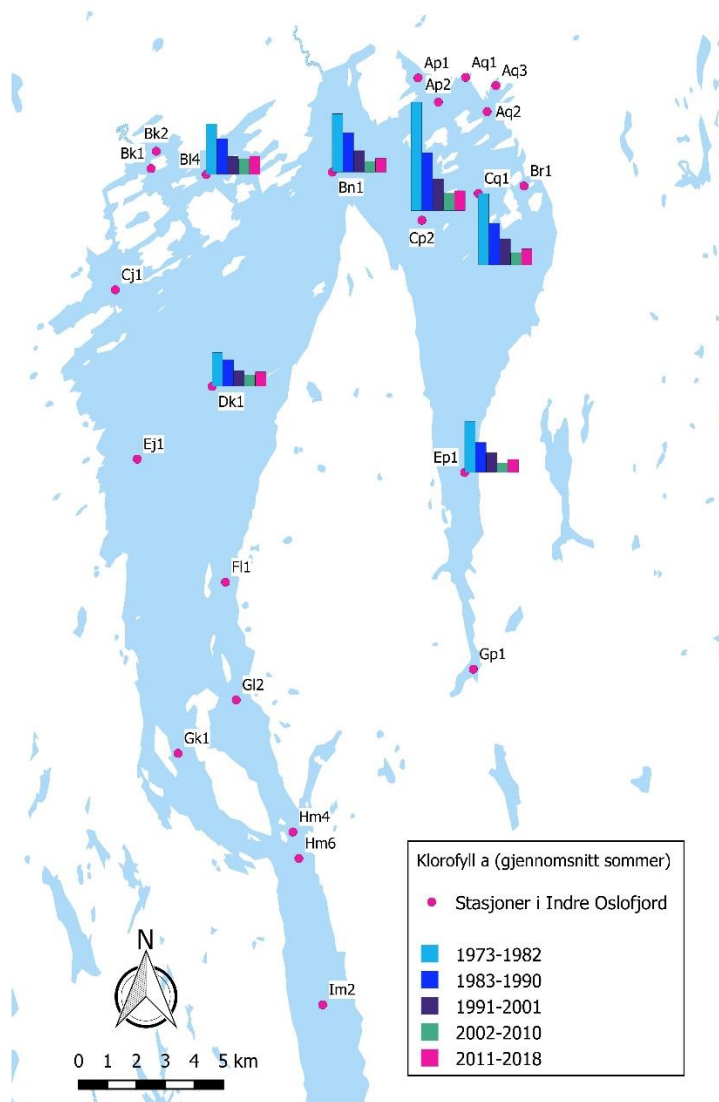
Innsamlede data viser en tydelig nedadgående trend fra 1970-tallet og fremover med hensyn til klorofyll a konsentrasjon. Men siste måleperiode (2011-2017) viser igjen en svak økning i klorofyll a selv om konsentrasjoner i 2018 var lavere enn i 2017 (Tabell 8, Figur 26 og Figur 27).



Figur 26. Årlige variasjoner i gjennomsnittlig konsentrasjon av klorofyll a (0-2 m) i sommermånedene (juni-august) i perioden 2010-2018 på utvalgte stasjoner i Indre Oslofjord.

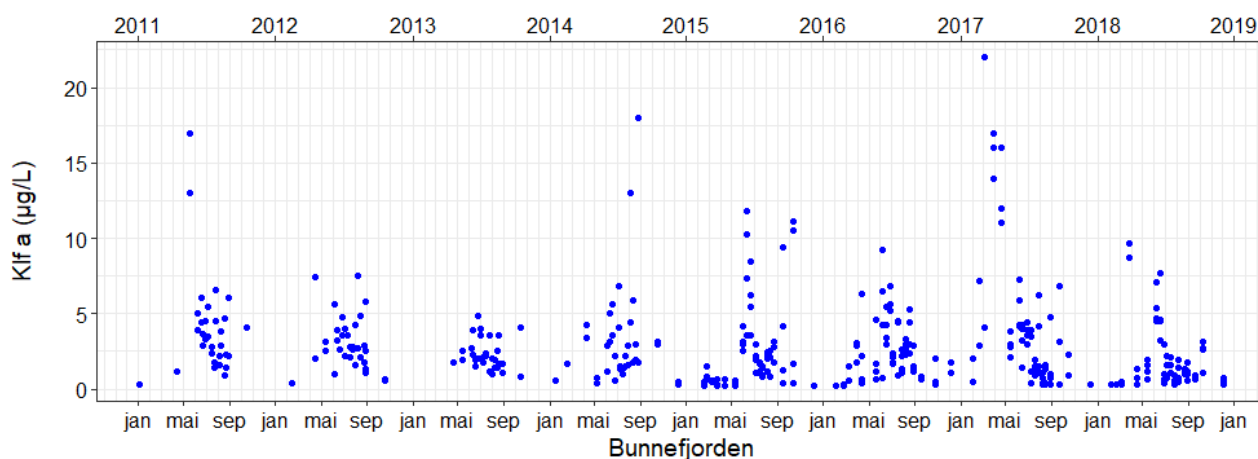
Tabell 8. Gjennomsnittlig konsentrasjon av klorofyll a ($\mu\text{g/L}$) i overflatelaget (0-2 m vanndyp) for sommermånedene (juni-august) i utvalgte perioder fra 1973 til og med 2018. Data fra 1973-2014 er innsamlet av NIVA (data fra Berge m.fl., 2015), og data 2015-2018 er innsamlet av Norconsult. Resultatene er plottet i figuren nedenfor.

Klorofyll a ($\mu\text{g/L}$) middelverdier juni-august					
Stasjon	1973-1982	1983-1990	1991-2001	2002-2010	2011-2018
Ap 2	18,0	9,6	5,3	2,9	3,3
Bl 4	8,4	6,0	3,0	2,6	3,1
Bn 1	9,7	6,6	3,6	1,8	2,3
Cq 1	11,9	7,0	4,4	2,1	2,7
Dk 1	5,6	4,4	2,6	1,9	2,4
Ep 1	8,5	5,0	3,3	1,6	2,2

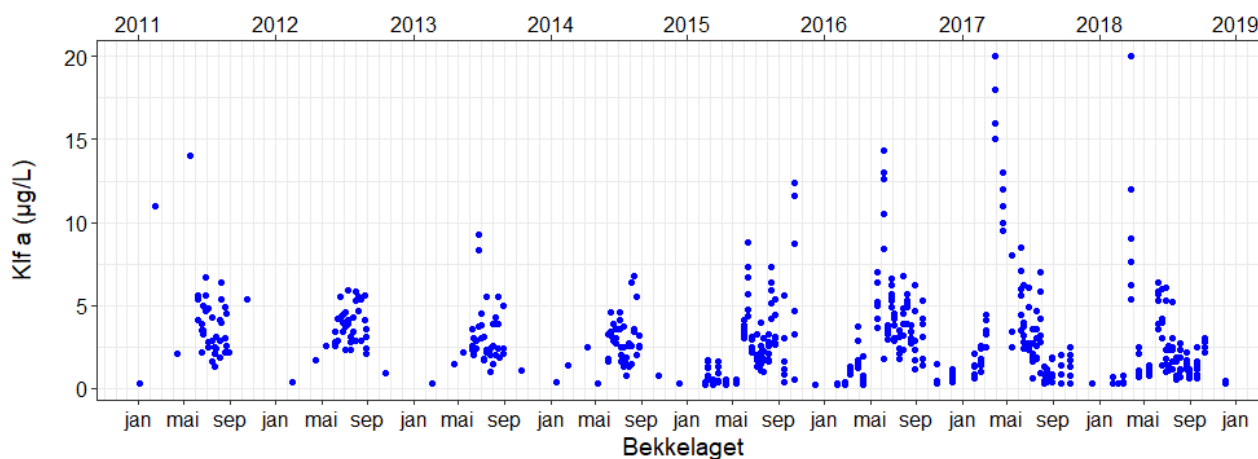


Figur 27. Gjennomsnittlig konsentrasjon av klorofyll a ($\mu\text{g/L}$) i overflatelaget (0-2 m vanndyp) for sommermånedene (juni-august) i utvalgte perioder fra 1973 til og med 2018. Data fra 1973-2014 er innsamlet av NIVA (data hentet fra Berge m.fl., 2015), og data 2015-2018 er innsamlet av Norconsult.

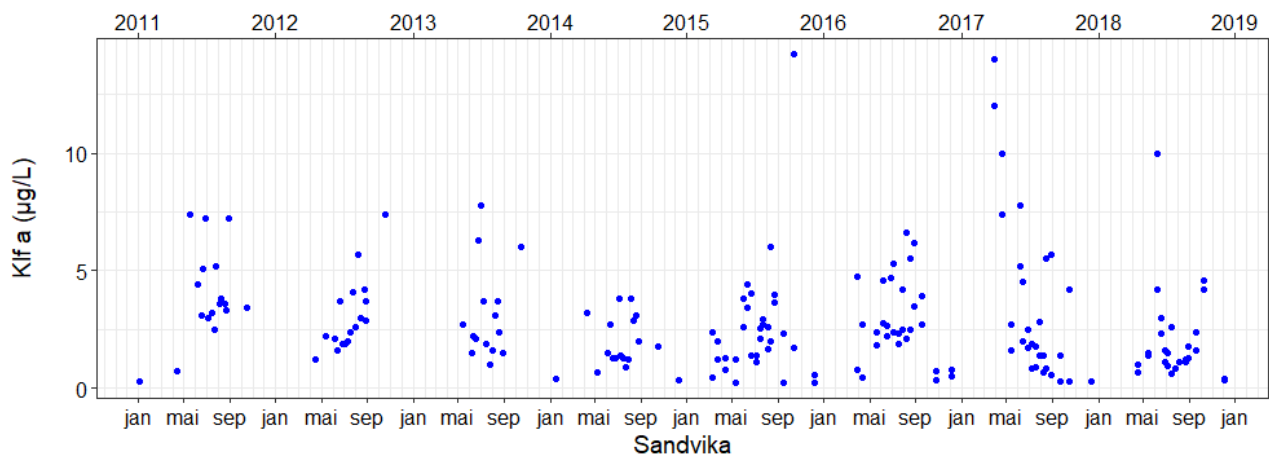
I figurene under vises samleplott av stasjonene som inngår i de ulike vannforekomstene. Resultatene viser at det i 2018, som tidligere i 2015-2017, er observert noe høyere klorofyll a-konsentrasjoner enn i forrige 4-årsperiode i Indre Oslofjord (Figur 28-Figur 31). Aller høyest var det i Bunnefjorden og Bekkelaget i mars og april. Dataene viser vår og sommeroppblomstring, men ikke en kraftig høst-oppblomstring slik vi så i 2015.



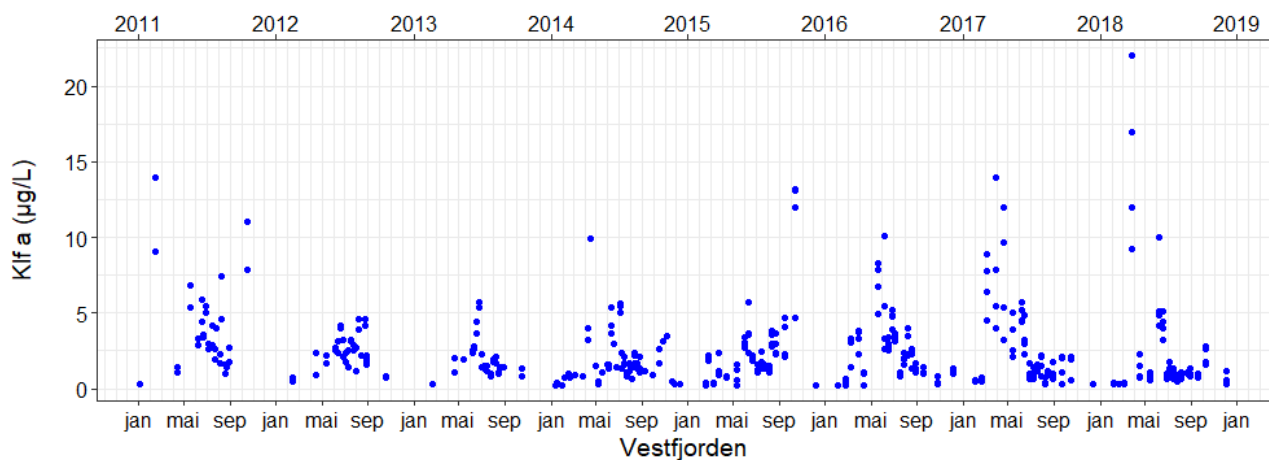
Figur 28. Klorofyll a målt i overflatelaget (0-5 m) i vannforekomst Bunnefjorden i perioden 2011-2018.



Figur 29. Klorofyll a målt i overflatelaget (0-5 m) på stasjon Aq3, Ap2 og Cq1 i vannforekomst «Bekkelaget» og «Oslo havn og by» i perioden 2011-2018.



Figur 30. Klorofyll a målt i overflatelaget (0-5 m) på stasjon B14 i vannforekomst «Sandvika» i perioden 2011-2018.

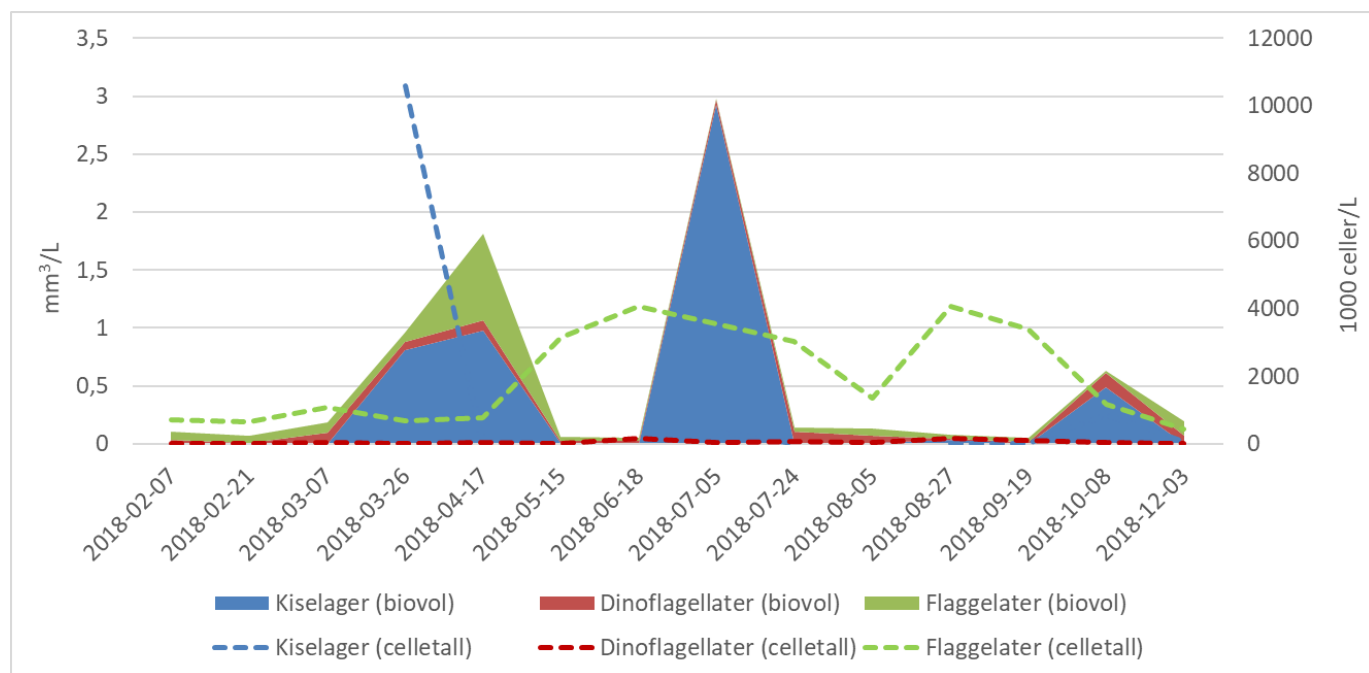


Figur 31. Klorofyll a målt i overflatelaget (0-5 m) på stasjon Dk1 og Bn1 i vannforekomst «Oslofjorden» (Vestfjorden) i perioden 2011-2018.

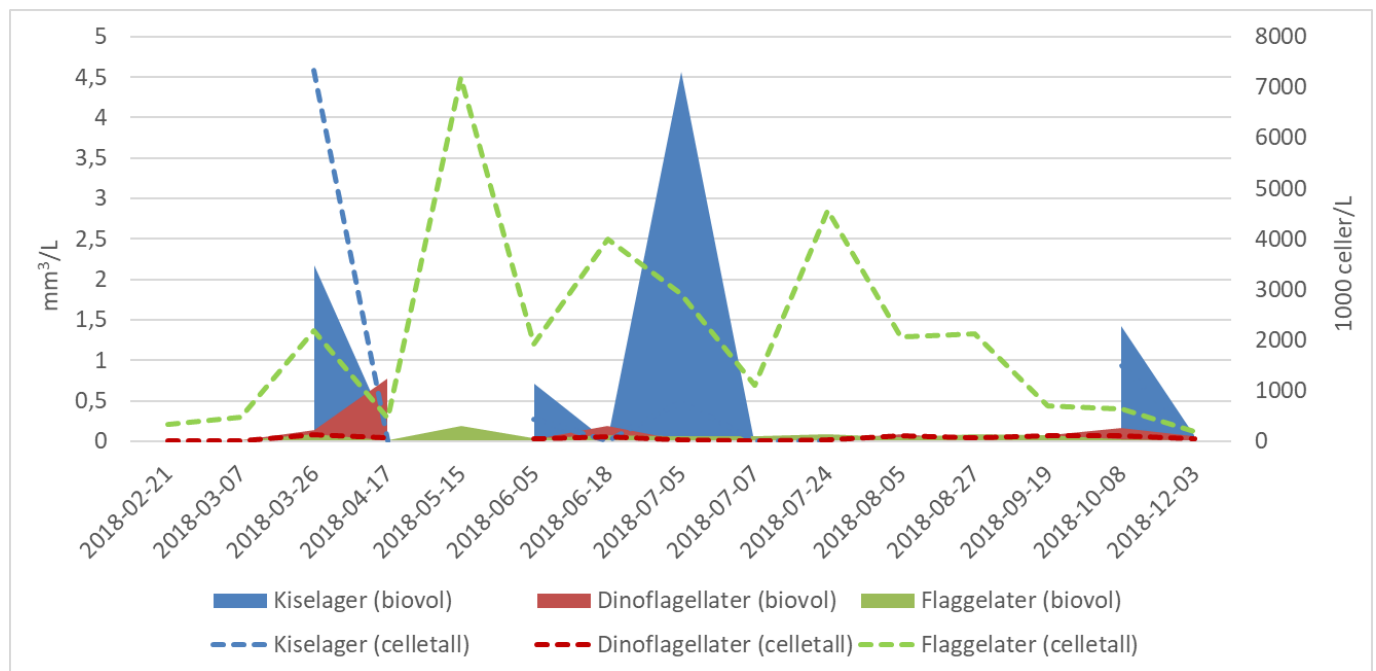
4.3.2 Sammenheng mellom klorofyll a og planteplankton taxa

Sommeren 2018 var spesielt tørr og med lite avrenning fra land og overløp. Resultatene fra de ulike vannforekomstene viser at det i 2018 var noe lavere klorofyll a-konsentrasjoner enn tidligere år i Indre Oslofjord (se eksempel fra vannforekomstene Oslofjorden og Bunnefjorden, henholdsvis i Figur 31 og Figur 28). En stor våroppblomstring ble observert i både Vestfjorden og Bunnefjorden i mars måned (Figur 33). Denne store oppblomstringen var dominert av kiselalgene *Pseudo-nitzschia sp* og *Skeletonema sp*. Hele sommeren var det få større alger, men svært mange små flagellater. Det var relativt lite kiselalger og dinoflagellater sammenlignet med tidligere, men i juli og i oktober var det økte forekomster av kiselalgene *Cerataulina sp* og flere chaetoceros-arter (Figur 32 og Figur 33). Det er vanlig at små flagellater dominerer i

sommerperioden, men at det er så lite av andre grupper kan ha sammenheng med noe mindre næring i overflatevannet denne sommeren.



Figur 32. Utvikling i algebiomasse og celletall for de ulike algegruppene ved Steilene (Dk1) i Vestfjorden 5m dyp gjennom året 2018.



Figur 33. Utvikling i algebiomasse og celletall for de ulike algegruppene ved Svartskog (Ep1) i Bunnefjorden 5m dyp gjennom året 2018.

4.3.3 Næringssalter i fjorden

Konsentrasjonene av næringssalter i fjorden er betydelig redusert siden 1970-tallet grunnet innføring av stadig forbedrede renseprosesser for avløpsvann.

Endring i hvilke dyp som skal inkluderes ved tilstandsklassifisering får kun effekt i de vannforekomstene der det tas prøver på større dyp enn 10 m. I denne undersøkelsen er det Vestfjorden (Oslofjorden), Bunnefjorden og Hurum. I Vestfjorden er det tre overflatestasjoner som prøvetas for kjemiske parametere i tillegg til Dk1 som prøvetas på mange dyp. I Bunnefjorden og Hurum er det kun stasjonene der det tas prøver i flere dyp som prøvetas for kjemisk analyse. Effekten av å endre dyp som inkluderes i tilstandsklassifiseringen er derfor størst i disse vannforekomstene.

For perioden 2016-2018 medfører endret dyp fra 0-15 m til 0-10 m en endring fra tilstandsklasse II til I med hensyn på nitrat i sommermånedene i Bunnefjorden og Hurum og en endring fra tilstandsklasse III til II med hensyn på fosfat i vintermånedene i Bunnefjorden. Resten av verdiene er i samme tilstandsklasse uavhengig om gjennomsnitt for 0-10 m eller 0-15 m vurderes.

Resultatene for klassifisering av næringsstoffer er vist i Tabell 9. For sommerperioden ligger gjennomsnittlig konsentrasjonen av alle de ulike næringssaltparametere stort sett i tilstandsklasse I og II («svært god» og «god» tilstand). Bekkelaget, Hurum og Vestfjorden har konsentrasjon av total fosfor i tilstandsklasse III og Bunnebotn har konsentrasjon av nitrat i tilstandsklasse IV.

Tilstanden er generelt dårligere i vinterperioden hvor flere av parameterne har konsentrasjoner som tilsvarer tilstandsklasse III («moderat» tilstand) og IV («dårlig» tilstand). Bunnebotn har noe dårligere tilstand i vinterperioden sammenlignet med de andre vannforekomstene, men det er verd å merke seg at vinterdatasettet for Bunnebotn er svært begrenset grunnet at det ofte er tykk sjøis på stasjonen i perioden desember-februar og dermed ikke mulig å prøveta stasjonen.

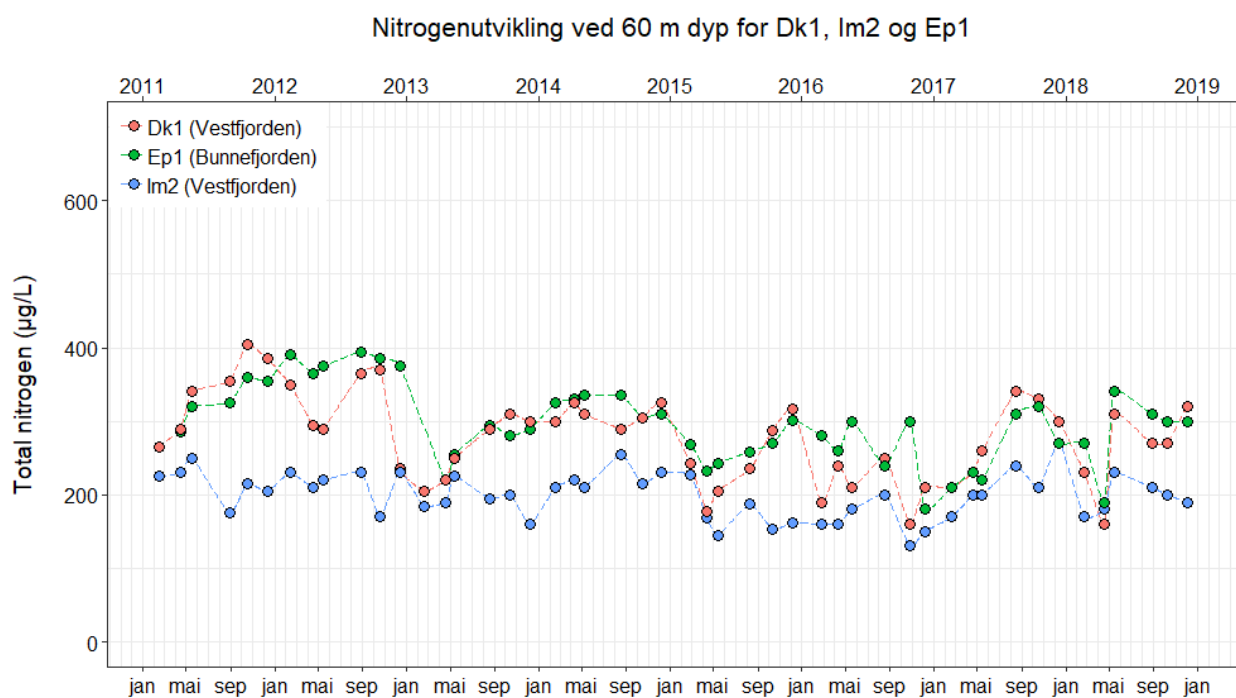
Tabell 9. Klassifisering av gjennomsnittlige næringsstoffkonsentrasjoner i overflatelaget (0-10 m) i Indre Oslofjord for perioden 2016-2018. Sommer- og vinterdata klassifisert i henhold til tilstandsklasser for kystvann med salinitet >18 psu i henhold til Veileder 02:2018. Vinterdata fra Bunnebotn er svært begrenset (kun 2018 eller 2015) og klassifiseringen er derfor mer usikker enn i de andre vannforekomstene (derav skravert).

Periode	Næringssalter, (µg/l)	Vannforekomst (snitt for 2016-2018)						
		Bekke- laget	Bunne- botn	Bunne- fjorden	Hurum	Oslo havn	Sandvika	Vest- fjorden
Sommer (juni- august)	Total fosfor	18	15	13	19	16	15	17
	Fosfat	1,5	1,3	1,0	1,2	1,7	1,0	1,3
	Total nitrogen	199	249	181	156	254	218	189
	Nitrat	4,0	67	2	5	14	3,5	2,8
	Ammonium	6,0	17	4,9	6,3	16	8,0	4,3
Vinter (desember- februar)	Total fosfor	34	60	37	31	31	47	35
	Fosfat	19	25	20	14	21	24	19
	Total nitrogen	331	406*	347	266	341	380	313
	Nitrat	218	290*	226	145	223	233	203
	Ammonium	6,3	12	3,8	4,7	9,1	9	5,1

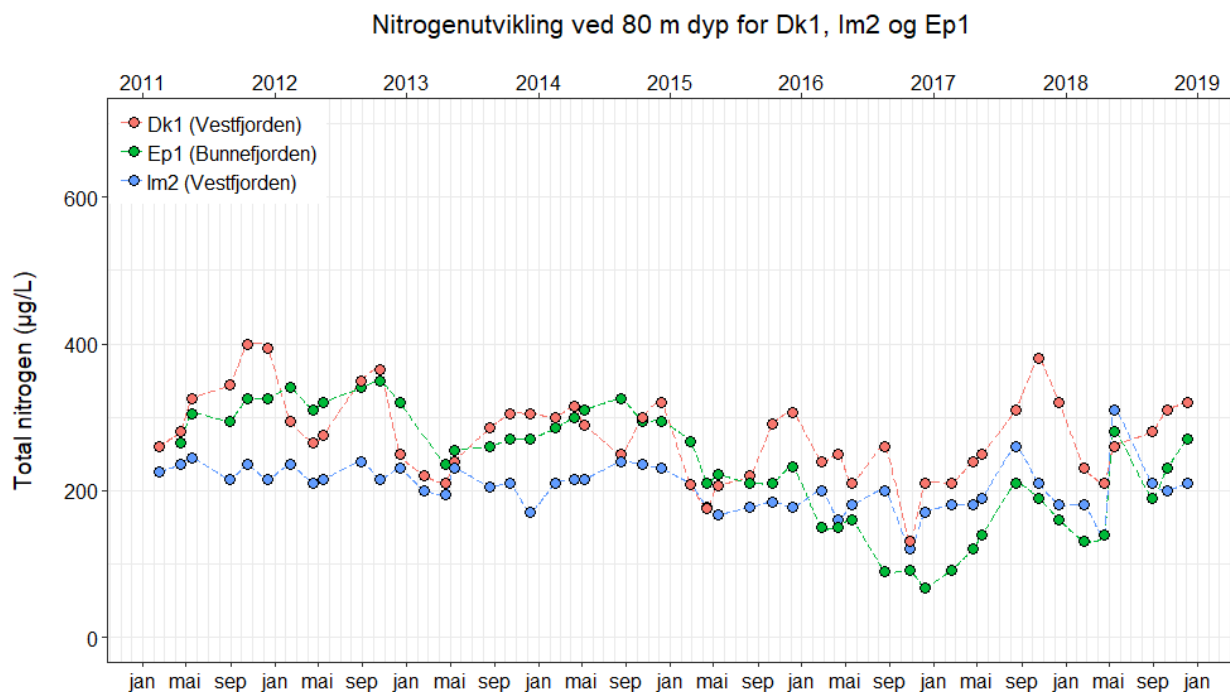
* Kun data fra 2015

Utviklingen i nitrogenkonsentrasjoner i dypvannet de siste 5 årene er vist i Figur 34 og Figur 35. Det er ingen synlig trend i endring i konsentrasjon siden 2013-2014. Vestfjorden og Bunnefjorden har generelt høyere konsentrasjoner enn utenfor Drøbakterskelen (Im2) på 60 m dyp. På 80 m dyp veksler det mer hvilken stasjon som har høyest konsentrasjon.

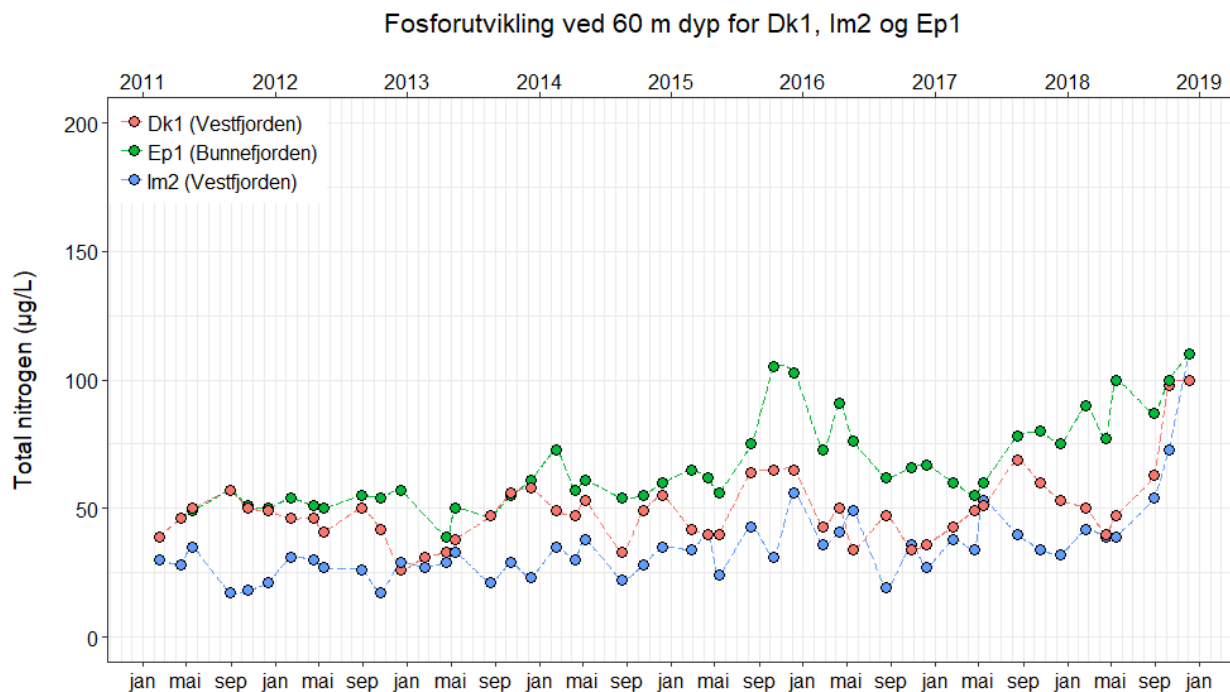
Fosforkonsentrasjonene i dypvannet i Vestfjorden ligger på omtrent samme nivå som ved Drøbakterskelen og konsentrasjonene har økt noe i 2018. I Bunnefjorden har konsentrasjon økt noe de siste par årene, men forskjellen mellom Bunnefjorden og de to andre stasjonene er nå redusert. Dette er vist i Figur 36 og Figur 37.



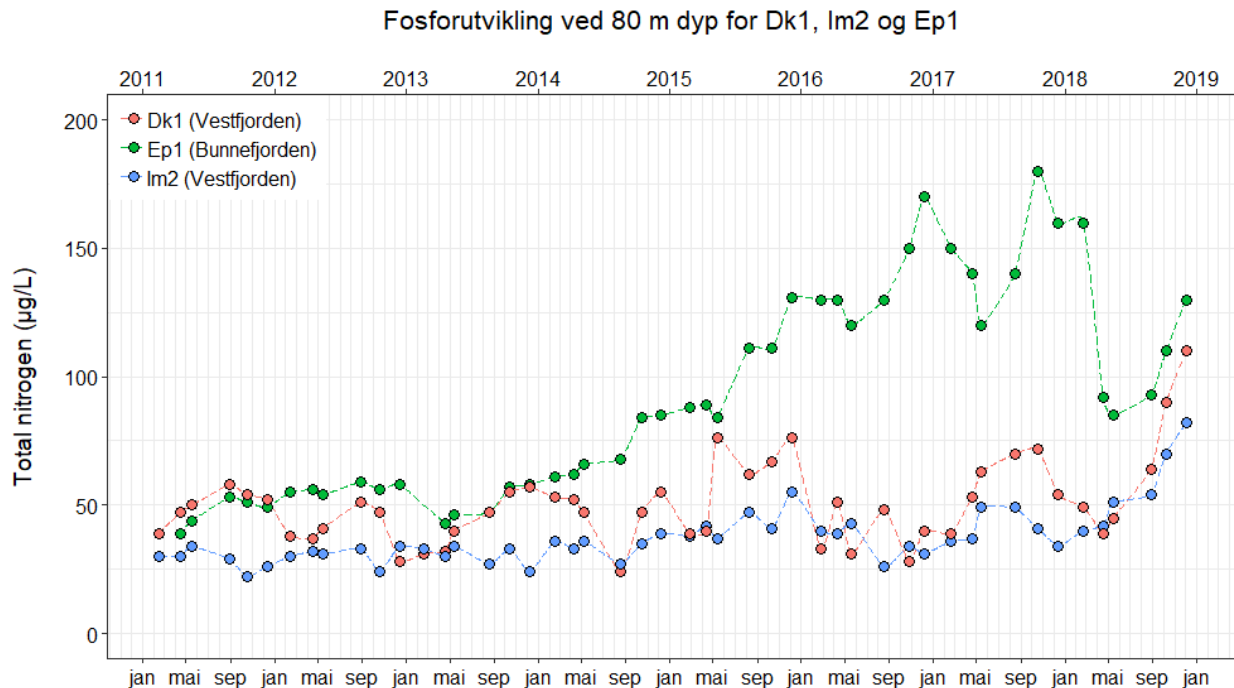
Figur 34. Nitrogenkonsentrasjoner (tot-N) ved 60 m dyp for stasjonene Dk1 (Vestfjorden) (rød linje), Ep1 (Bunnefjorden) (grønn linje) og Im2 (utenfor Drøbakterskelen) (blå linje).



Figur 35. Nitrogenkonsentrasjoner (tot-N) ved 80 m dyp for stasjonene; Dk1 (Vestfjorden) (rød linje), Ep1 (Bunnefjorden) (grønn linje) og Im2 (utenfor Drøbakerskelen) (blå linje).



Figur 36. Fosforkonsentrasjoner (tot-P) ved 60 m dyp for stasjonene; Dk1 (Vestfjorden) (rød linje), Ep1 (Bunnefjorden) (grønn linje) og Im2 (utenfor Drøbakerskelen) (blå linje).



Figur 37. Fosforkonsentrasjoner (tot-P) ved 80 m dyp for stasjonene; Dk1 (Vestfjorden) (rød linje), Ep1 (Bunnefjorden) (grønn linje) og Im2 (utenfor Drøbakerskelen) (blå linje).

4.3.4 Siktedyp

Siktedypet er et mål på hvor mye partikler, løst organisk materiale (karbon) og plankton (hovedsakelig planteplankton) som finnes i vannmassene. Lite av de tre faktorene gir godt siktedyp. Tilførsel av partikler og løst organisk materiale skjer hovedsakelig via elver, avrenning fra land og ved tilførsler av avløpsvann/overvann. Slike tilførsler er nært knyttet opp mot nedbørmengder, ved at økt nedbør gir økte tilførsler av partikler og organisk materiale. Mengden plankton i vannmassene er relatert til tilførsel av næringssalter og abiotiske faktorer (som temperatur, salinitet og lys). Når planteplanktonets behov for de abiotiske faktorene er tilfredsstilt vil mengden næringssalter være den styrende faktoren for mengden planteplankton i vannmassene. Høy tilførsel av næringssalter vil gi økt algeoppblomstring (økt mengde klorofyll a) i overflatevannet og resultere i redusert siktedyp.

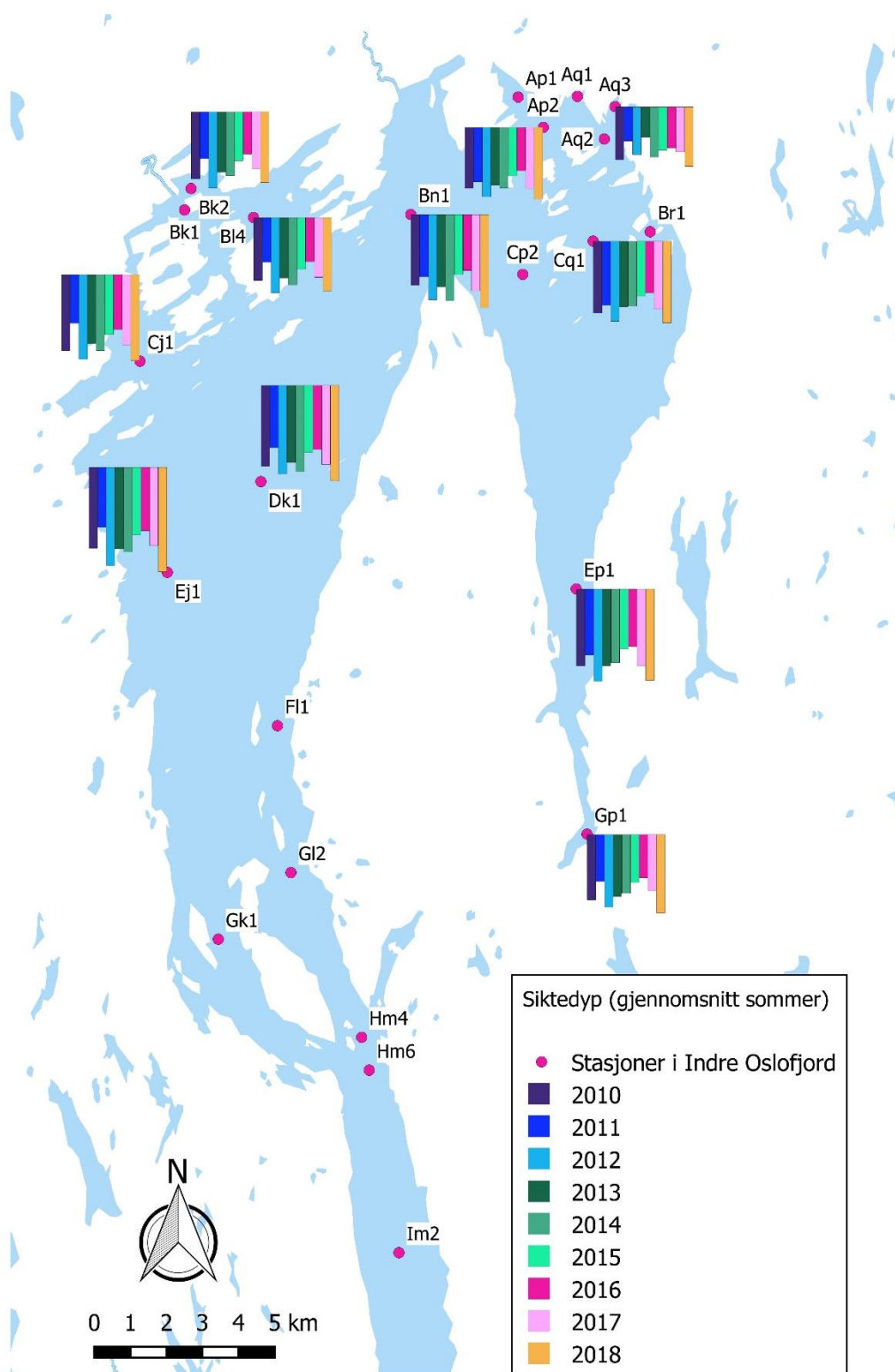
Generelt har siktedypet i fjorden forbedret seg fra 1970-tallet frem til i dag. Størst forbedring finner man i Lysakerfjorden, Oslo Indre havn og Bunnefjorden. Men det er fortsatt årlige variasjoner (Figur 38). I 2016 var gjennomsnittlig siktedyp i sommermånedene generelt sett dårligere enn andre år i måleperioden 2010-2017, mens det i 2017 og 2018 igjen har vært bedre.

Tabell 10. Klassifisering av siktedyp (m) i sommermånedene jf. Veileder 02:2018.

Stasjon	Gjennomsnittlig siktedyp i sommermånedene (m)	
	2013-2015	2016-2018
Ap1	4,0	4,1
Ap2	4,2	4,4
Aq1	3,8	4,1
Aq2	3,7	4,3
Aq3	3,1	3,7
Bk1	4,0	4,2
Bk2	4,4	4,3
Bl4	4,5	4,5
Bn1	5,5	5,7
Br1	4,6	4,6
Cj1	5,2	5,3
Cq1	4,7	5,1
Dk1	5,8	6,0
Ej1	5,9	6,2
Ep1	5,3	5,7
Gp1	4,3	4,5
Im2	6,0	6,5

Klassifisering av siktedypet for sommermånedene (gjennomsnitt av målinger i juni-august i tre år) viser at siktedypet har blitt forbedret i perioden 2016-2018 sammenlignet med perioden 2013-2015. En sammenligning med perioden 2015-2017 (Norconsult, 2018) viser også en forbedring i forhold til forrige periode det ble gjennomført klassifisering for.

Generelt er det en god korrelasjon mellom siktedyp og konsentrasjon av klorofyll a. Endringer i klorofyll a-konsentrasjoner kan likevel ikke forklare den observerte forverringen i siktedyp over tid i en periode før de siste to årene. Nedgang i siktedyp i de fire vannforekomstene Bekkelaget, Bunnefjorden, Sandvika og Vestfjorden, spesielt om sommeren, i perioden fra 2005 til 2016 er også registrert av NIVA (Frigstad m.fl. 2017). NIVA forklarer dette med data som viser økt tilførsel av løst totalt organisk karbon (TOC) til Indre Oslofjord via Akerselva, Alnaelva og Lysakerelva i perioden 2000-2016. Økt organisk karbon i vannmassene påvirker fargen på vannet, noe som igjen fører til endringer i lysforholdene i kystvannet og dermed også siktedypet. Denne såkalte «browning»-effekten er observert i elver i boreale og tempererte områder over hele verden og skyldes trolig økt nedbør og redusert pH på grunn av klimaendringer (de Wit et al., 2016). Det også viser seg at det er en tydelig økning i DOC i norske innsjøer og spesielt i sør-øst Norge (Finstad et al. 2016). Lite nedbør sommeren 2018 har ført til lavere tilførsel av TOC med elvene sammenlignet med det som er vanlig. Dette kan være årsaken til at siktedypet i sommer har vært bedre enn i 2017 selv om konsentrasjonen av klorofyll a på flere stasjoner har vært lik som i 2017.



Figur 38. Årlige variasjoner i gjennomsnittlig sommersiktedyp i perioden 2010-2018 på utvalgte stasjoner i Indre Oslofjord.

4.4 Referanser

- Berge m.fl., 2015. Berge, J.A., Amundsen, Gitmark, J., R., Gundersen, H., Hylland, K., Johnsen, T.M., Ledang, A.B., Norli, M., Lømsland, E.R., Staalstrøm, A. og Strand, D.A., 2015. Overvåking av Indre Oslofjord i 2014 – Vedleggsrapport. NIVA Rapport nr. 6834: 104 sider.
- De Wit et al. 2016. Current Browning of Surface Waters will be Further Promoted by Wetter Climate. Environ. Sci. Technol. Lett., Just Accepted Manuscript • DOI: 10.1021/acs.estlett.6b00396 • Publication Date (Web): 04 Nov 2016. Downloaded from <http://pubs.acs.org> on November 7, 2016
- Direktoratsgruppa Vanndirektivet. 2015. Veileder 02:2013, revidert 2015. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Norsk Klassifiseringssystem for vann i henhold til vannforskriften. 229 sider.
- Direktoratsgruppa Vanndirektivet. 2018. Veileder 02:2018. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Norsk Klassifiseringssystem for vann i henhold til vannforskriften. 222 sider.
- Finstad, A. G. et al. 2016. From greening to browning: Catchment vegetation development and reduced S-deposition promote organic carbon load on decadal time scales in Nordic lakes. Sci. Rep. 6, 1–8.
- Frigstad m. fl., 2017. Frigstad, H., Andersen, G. S. og Walday, M. Har vannkvaliteten i Indre Oslofjord blitt dårligere – og hva er i så fall årsakene? Notat. 2017-09-22. Journalnr. 1230/17. 12 sider
- Norconsult, 2018. Overvåking av Indre Oslofjord. 2017. Vedleggsrapport. Rapport til Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord. Dokumentnr.: 5145099-08 Versjon: J04.
- Norsk Standard. 2006. NS-EN 15204:2006. Utermöhls metode med omvendt mikroskop. Utgave 1. 48 sider
- Norsk Standard. 2011. NS-EN 15972:2011. Veiledning for kvantitative og kvalitative undersøkelser av marine planktonalger. Utgave 1. 32 sider
- Paasche, E. FORELESNINGER I MARIN BIOLOGI BOTANISK DEL (2005). Undervisningskompendium. Universitetet i Oslo. 61sider
- Paasche, E., & Ostergren, I. (1980). The annual cycle of plankton diatom growth and silica production in the inner Oslofjord, Norway. Limnology & Oceanography, 25(3), 481–494. [http://doi.org/10.1016/0198-0254\(80\)96048-3](http://doi.org/10.1016/0198-0254(80)96048-3)
- Selvik, J. R., & Sample, J. E. 2018. Kildefordelte tilførsler av nitrogen og fosfor til norske kystområder i 2017 – tabeller, figurer og kart, (RAPPORT L.NR. 7312-2018), 66 sider

5 Biogeografi: Kartlegging og modellering av marin natur

5.1 Innledning

FN's Rio-konvensjon fra 1992 (UN 1992) forplikter alle land til å kjenne til og ivareta sitt biologiske mangfold. I oppfølgingen av konvensjonen ble det etablert et nasjonalt program for kartlegging og overvåking av biologisk mangfold i Norge. Programmet ble startet opp i 2003. Naturmangfoldloven (2009) har som formål å ta vare på naturens mangfold og de økologiske prosessene gjennom bærekraftig bruk og vern. Den er det tydeligste holdepunktet for forvaltning av norsk natur og inneholder et bredt spekter av virkemidler. Loven stiller klare krav til kunnskapsgrunnlaget i forbindelse med aktivitet som kan påvirke naturens mangfold. I lovens § 8 står det blant annet:

«Offentlige beslutninger som berører naturmangfoldet skal så langt det er rimelig bygge på vitenskapelig kunnskap om arters bestandssituasjon, naturtypers utbredelse og økologiske tilstand, samt effekten av påvirkninger.»

Derfor er det ikke bare viktig, men et lovpålagt ansvar å kartlegge natur i områder som påvirkes av menneskers samfunnsutvikling.

Kartlegging av marine naturtyper i indre Oslofjord er godt i gang. En grov kartlegging av marine bunntyper i hele indre Oslofjord ble gjennomført i et samarbeidsprosjekt mellom Norsk institutt for vannforskning (NIVA) og Universitetet i Oslo (UiO) i 2005 og 2007. Bunnefjorden er kartlagt ved nærmere 2500 observasjoner, innsamlet med undervannskamera av NIVA i perioden 2005-2013. Transekter fra strandlinjen og ned til ca. 30 m dyp er godt dokumentert i dette området. Naturtypene som ble observert på filmene er klassifisert i henhold til det europeiske systemet EUNIS og Naturtyper i Norge (NiN, versjon 1). 15. april 2015 ble en betydelig oppdatering av dette systemet lansert. Systemet kalles Natur i Norge versjon 2.0 (NiN 2). I tillegg til en videreføring av kartleggingsprogrammet i 2015 ble det derfor nødvendig å oversette tidligere data fra NiN 1 til NiN 2. En nærmere beskrivelse av dette er gitt i tidligere rapporter fra overvåkningsprogrammet. Fra og med 2015 ble strategien for innsamling av data også modifisert og det samles nå inn data ved filming av punkter i fjorden. Punktene blir generert tilfeldig med utgangspunkt i at de skal dekke 1) en gradient på 0-30 m dyp 2) størst mulig del av forskjellige bunnsstrat 3) størst mulig del av fjorden og 4) enkelte dypere punkter. 5) etter hvert også fylle usikkerhet i modellen.

5.2 Datainnsamling 2018

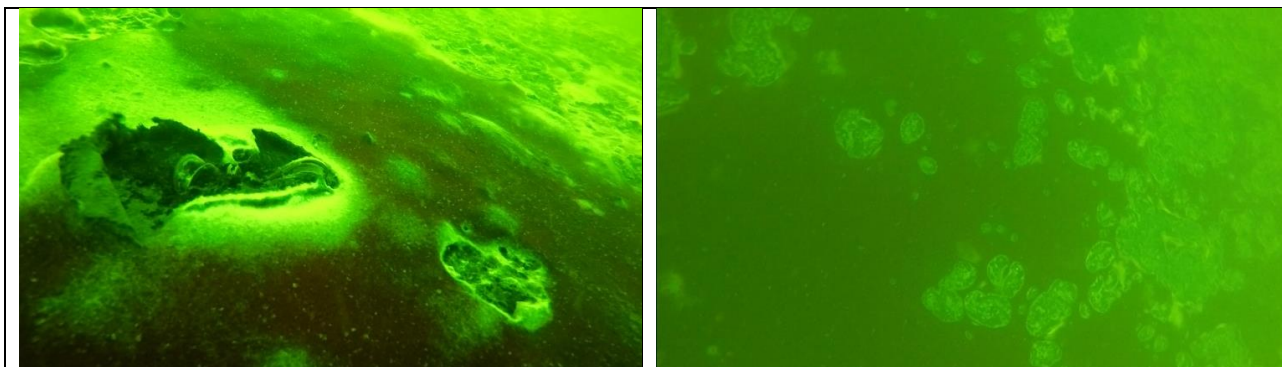


Figur 39 Vanligste NiN2 kategori i 2017 var M1-4 «sagtangbunn», her ved Flaskebekk på Nesodden (foto: Håkon Gregersen/Norconsult).

Tilsvarende årene 2015, -2017 ble det i 2018 undersøkt ytterligere 98 punkter med dropkamera. Det naturmiljøet som ble observert hyppigst (13 % av observasjonene) i 2018 falt innunder NiN 2-kategorien M7-3 «Salt undervannseng i hydrolitoral». Derneft kom M1-4, «Sagtangbunn», M4-7, «Grunn grus- og steinbunn med finmateriale» og M5-4 «Finmaterialdominert afotisk bunn», i 9% av registreringene. Etter dette var observasjonene M13-1 «Periodisk anoksisk sedimentbunn» (figur 2). (7%), M4-5 «Grunn finsedimentbunn» (6%) og M4-2 «Grunn løs mudderbunn» (5%). Tabell 3 viser en oversikt over funnene i 2018. Det er viktig å understreke at det ble trukket inn forvaltningsrelevante naturtyper for å styrke modellen nettopp for slike områder. Aktuelle områder som levested for ålegress ble derfor undersøkt (se bilde av naturmiljø M7-3 i figur 3.). Hyppigst forekommende ved tilfeldig utvalg blir derfor fortsatt naturmiljøet M1-4, ettersom M7-3 ble oppsøkt spesielt.

Tabell 11 Oversikt over observasjoner i 2018

NiN 2	Beskrivelse	Antall	%	Gjennomsnittsdyp
M7-3	Salt undervannseng i hydrolitoral	13	13 %	-6
M1-4	Sagtangbunn	9	9 %	-7
M4-7	Grunn grus- og steinbunn med finmateriale	9	9 %	-4
M5-4	Finmaterialdominert afotisk bunn	9	9 %	-20
M13.1	Periodisk anoksisk sedimentbunn	7	7 %	-10
M4-5	Grunn finsedimentbunn	6	6 %	-4
M4-2	Grunn løs mudderbunn	5	5 %	-3
M4-4	Grunn grovere blandet sandbunn	5	5 %	-2.5
M7-1	Brakk undervannseng i hydrolitoral	5	5 %	-4,0
M4-15	Eufotisk marin finmaterialrik bunn med erosjonsmotstand	4	4 %	-
M4-6	Grunn grus- og steinbunn	4	4%	-1
M4-16	Finsedimentbunn i rødalgebeltet	3	3 %	-11
M1-11	Nokså brakk beskyttet øvre circalitoral fastbunn	3	3 %	-4
M15-1	Løst mudder og silt- og leirdominert	2	2 %	-3
M4-10	Grunn skjellsandbunn	2	2 %	-4
M4-12	Sandbunn i rødalgebeltet	2	2 %	-12
M4-13	Løs mudderbunn i rødalgebeltet	2	2 %	-9
M1-1	Beskyttet algebunn	1	1 %	-0,3
M1-17	Eufotisk sublitoral bergvegg	1	1 %	-1
M1-2	Svakt eksponert sublitoral fastbunn	1	1 %	-6
M13-2	Periodisk anoksisk sedimentbun	1	1 %	-12
M2-13	Beskyttet afotisk bergvegg i øvre sublitoral	1	1 %	-14
M2-6	Litt beskyttet afotisk fastbunn i øvre sublitoral	1	1 %	-
M4-1	Grunn sandbunn	1	1 %	-16.5
M4-25	Brakk eufotisk organisk finmaterialdominert bunn	1	1 %	-0.5
M5-2	Finmaterialdominert afotisk bunn	1	1 %	-
M4-25	Brakk eufotisk uten finmateriale	1	1 %	-0,5
Totalt		98		

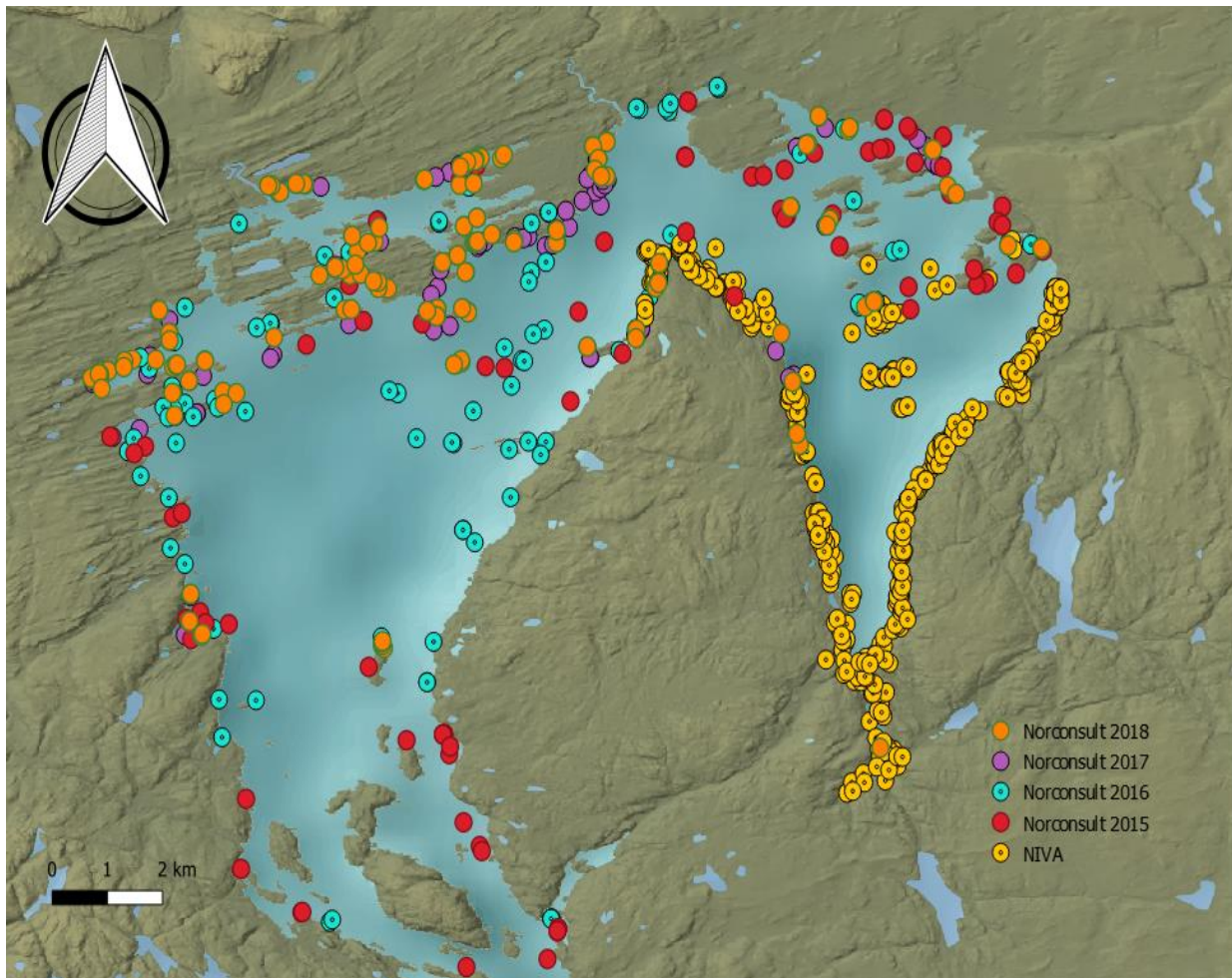


Figur 40 Her er bløtbunn med bakteriematte på 10 meters dyp i Holtekilen. Punktet er klassifisert som M13.1 «Periodisk anoksisk sedimentbunn».



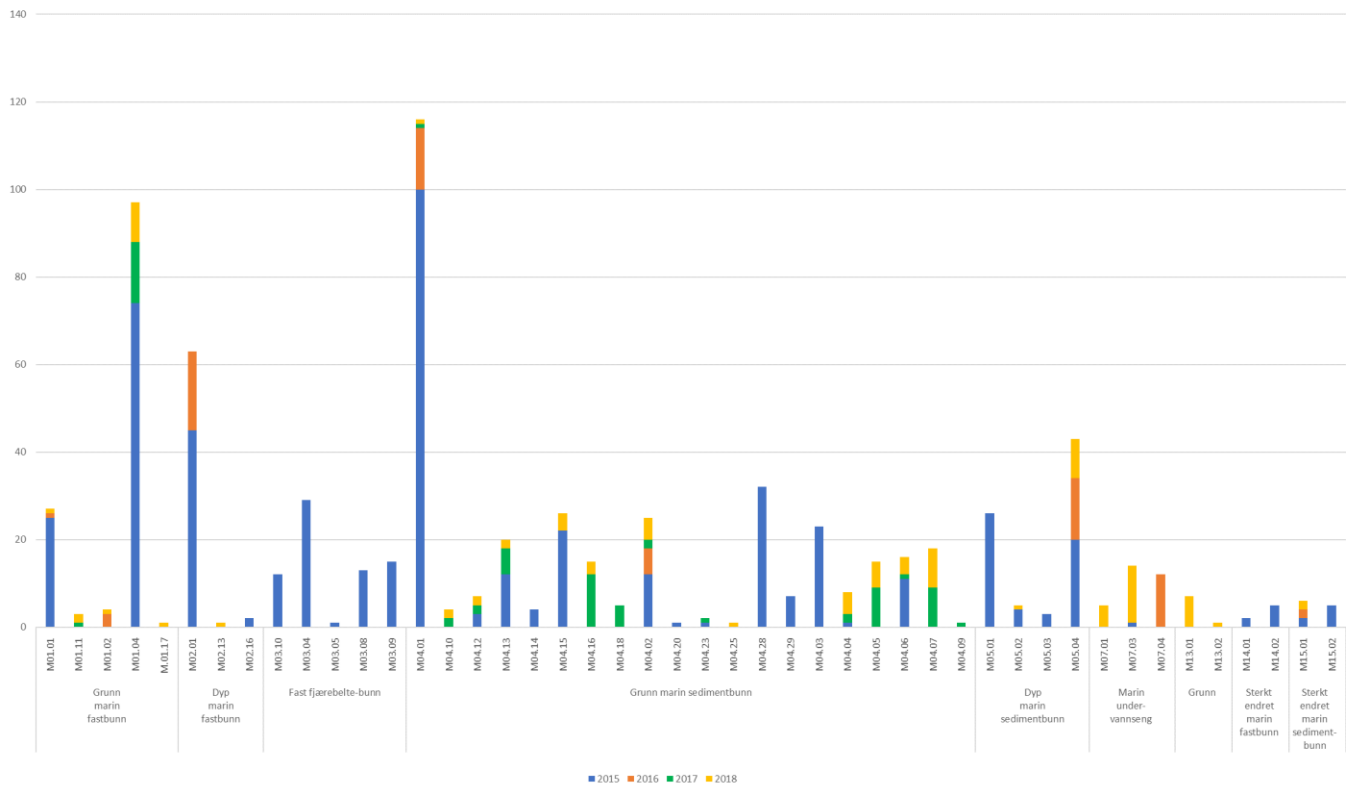
Figur 41 Det ble valgt ut arealer med spesielt forvaltningsrelevant betydning for tilpasning av modellen, her fra ålegresseng innerst i Sandvika (foto: Håkon Gregersen/Norconsult).

5.3 Modellering i 2018



Figur 42: Fordeling av undersøkte punkter

Enkelte punkter fra gamle datasett måtte ekskluderes fordi posisjonsangivningen var for unøyaktig eller usikkerheten ved typeinndelingen og oversettelsen fra NiN 1 til NiN 2 var for stor. Til grunn for modelleringen utført i 2018 lå til slutt data fra 751 punkter spredt over hele Indre Oslofjord. Totalt er det registrert 49 ulike NiN-typer av sjøbunn i dette datasettet (se oversikt i Tabell 11 Oversikt over observasjoner i 2018 og Tabell 12).



Figur 43: Oversikt over antall kartlagte punkter pr NiN-kategori. 2015 representerer alle data fremt t.o.m. 2015.

Fordelingen og utbredelsen av de ulike bunntypene som beskrives ved hjelp av NiN-systemet vil avhenge av fysiske miljøforhold som skaper ulike miljøgradienter i fjordsystemet. Blant de mest fremtredende av disse gradientene er dyp, grad av helning på sjøbunnen, helningsretning, grad av kupert terreng, mulig påvirkning fra landmasser og ferskvann, samt eksponering og grad av vannutskifting.

Hele Indre Oslofjord ligger relativt beskyttet, og områdene er i stor grad preget av båttrafikk som har ukjent innvirkning på de lokale forholdene sett i sammenheng med eksponering. Generelt vil både strøm og eksponering til dels være korrelert med avstand inn fjorden og med forekomster av substrattypen «bart fjell».

I 2015-2018 ble data brukt som prediksjonsvariabler trukket ut av kart over:

- 1) Dyp – detaljerte dybdekart i 1 x 1 m oppløsning (NGU)
- 2) Helning – basert på de detaljerte dybdekartene (Norconsult)
- 3) Helningsretning – basert på de detaljerte dybdekartene (Norconsult)
- 4) Avstand fra land – basert på kart over kystkontur med 1 x 1 m oppløsning (NGU)
- 5) Avstand inn fjord – basert på avstand inn fjorden i en gradient fra utenfor Drøbak og inn til innerste tupp av Bunnefjorden med 10 x 10 m oppløsning (Norconsult)
- 6) Kurvatur – laget basert på de detaljerte dybdekartene (Norconsult)
- 7) Kart over bunnsstrukturer (NGU)

For utvalget av målepunkter i 2018 valgte vi å fokusere på områder med over 20 meters dyp og hvor treffsikkerheten i modellen var under 0.2 (Se figur 8 for oversikt over treffsikkerheten i modellen). I tillegg ble det tatt ut et utvalg av punkter som ble valgt ut pga. sin beliggenhet i spesielle forvaltningsrelevante natur,

herav naturtypene skjellsandbunn og ålegresseng. Omtrent 85 punkter ble valgt tilfeldig fra modellgenerering av områdene, mens 13 punkter ble valgt i forvaltningsrelevante naturtyper Figur 42 viser målepunktene som ble valgt ut til 2018-målingene, i tillegg til punktene for tidligere år og punktene NIVA har brukt.

Tabell 12 Oversikt over observasjonsdata som ligger til grunn for modelleringen i 2018

NiN2	Forklaring	Antall obs	% av obs	Kommentar
M4-1	Grunn marin sedimentbunn (eufotisk) - grunn sandbunn	116	15,44	
M1-4	Grunn, marin fastbunn - Sagtangbunn	97	13,4	
M2-1	Dyp marin fastbunn - øvre sublitoral med lite strøm	63	8,3	
M5-4	Dyp marin sedimentbunn (afotisk) - finmaterierik sedimentbunn i øvre sublitoral	43	5,7	M4-28 skal antagelig også inn her.
M4-28	Grunn marin sedimentbunn (eufotisk) - brakk løs kalkmudderbunn	32	4,2	Antagelig egentlig M5-4 (oversatt fra NIVA-data)
M3-4	Fast fjæreltebunn - dominert av blæretang	29	3,9	
M4-15	Grunn marin sedimentbunn (eufotisk) - finmaterierik sedimentbunn i rødalgebeltet	28	3,7	
M1-1	Grunn, marin fastbunn - Grønnalgebunn	26	3,6	
M5-1	Dyp marin sedimentbunn (afotisk) - sandbunn i øvre sublitoral	26	3,5	
M4-2	Grunn marin sedimentbunn (eufotisk) - grunn, løs mudderbunn	25	3,3	
M4-3	Grunn marin sedimentbunn (eufotisk) - grunn fin til middels grusbunn	24	3,2	
M4-13	Grunn marin sedimentbunn (eufotisk) - løs mudderbunn i rødalgebeltet	20	2,7	
M4-7	Grunn grus- og steinbunn med finmat	18	2,4	
M4-6	Grunn marin sedimentbunn (eufotisk) - grunn grus og steinbunn	16	2,1	
M3-9	Fast fjæreltebunn - dominert av strandsnegl, blåskjell og rur	15	2,0	
M4-16	Finsedimentbunn i rødalgebeltet	15	2,0	
M4-5	Grunn finsedimentbunn	15	2,0	
M7-3	Marin undervannseng - Grunn saltvannseng (ålegras)	14	1,8	
M3-8	Fast fjæreltebunn - dominert av strandsnegl og blåskjell	13	1,7	
M3-10	Fast fjæreltebunn - dominert av filamentøse alger	12	1,6	
M7-4	Sublitoral saltvannseng	12	1,6	
M4-4	Grunn grovere blandet sandbunn	8	1,1	
M13.1	Periodisk anoksisk sedimentbunn	7	0,9	
M4-12	Grunn marin sedimentbunn (eufotisk) - sandbunn i rødalgebeltet	7	0,9	
M4-29	Grunn marin sedimentbunn (eufotisk) - hydrolitoral sandbunn	7	0,9	
M14-2	Sterkt endret marin fastbunn - grunn	5	0,7	
M15-2	Sterkt endret marin sedimentbunn - løsbunn	5	0,7	
M4-18	Algegytjebunn i rødalgebeltet	5	0,7	
M7-1	Brakk undervannseng i hydrolitoral	5	0,7	
M5-2	Dyp marin sedimentbunn (afotisk) - løs mudderbunn i øvre sublitoral	5	0,7	
M1-2	Rødalgebunn	4	0,5	
M15-1	Sterkt endret sand- og grusbunn	4	0,5	
M4-10	Grunn skjellsandbunn	4	0,5	

M4-14	Grunn marin sedimentbunn (eufotisk) - grus og steinbunn i rødalgebeltet	4	0,5	
M1-11	Nokså brakk beskyttet øvre circalitoral fastbunn	3	0,4	
M5-3	Dyp marin sedimentbunn (afotisk) - fin grus til steinbunn i øvre sublitoral	3	0,4	
M14-1	Sterkt endret marin fastbunn - tidevannssonen	2	0,3	
M2-16	Dyp marin fastbunn - noe strømpåvirket bergvegg i atlantisk vann	2	0,3	Antagelig M2-14?: lite strømpåvirket bergvegg (oversatt fra NIVA)
M4	Grunn marin sedimentbunn (eufotisk) - grunn grovere blandet sandbunn	2	0,3	
M1-17	Eufotisk sublitoral bergvegg	1	0,1	
M13-2	Periodisk anoksisk sedimentbun	1	0,1	
M2-13	Beskyttet afotisk bergvegg i øvre sublitoral	1	0,1	
M3-5	Fast fjærebeltbunn - dominert av spiraltang	1	0,1	
M4-20	Grunn marin sedimentbunn (eufotisk) - ruglbunn i rødalgebeltet	1	0,1	
M4-23	Grunn marin sedimentbunn (eufotisk) - brakk fin til middels grusbunn	1	0,1	
M4-25	Brakk eufotisk organisk finmaterialdominert bunn	1	0,1	
M4-9	Grunn algegytjebunn	1	0,15	



Figur 44 (Tv.) Ålegresseng ved Grimsøya og th. Ålegressforekomst med bergnebb i Sandvika innefor Kadettangen.

For hvert observasjonspunkt ble det trukket ut verdier fra de syv kartlagene. Disse verdiene ble brukt som prediksjonsvariabler i oppbyggingen av en multivariat statistisk modell av typen multinomisk logistisk modell. Programvaren R, med tilleggspakkene mlogit, raster og gdal, ble brukt til den statistiske modelleringen og prediksjonene, og en kombinasjon av GIS-programvarene GRASS og QGIS ble brukt til bearbeidingen av kart og presentasjon av resultatene. Samtlige av disse programvarene er åpent tilgjengelig.

Den multinomiske modellen vi har bygget beskriver sannsynlig fordeling av de ulike bunntypene (etter NiN 2) i fjorden basert på hvor de ulike bunntypene allerede er observert. I tillegg til å ta hensyn til miljøforholdene på stedet, tar den hensyn til observerte forekomster av andre bunntyper ved lignende miljøforhold. Dette betyr at den predikerte sannsynligheten for at en bestemt bunntype skal finnes i et område også er beregnet ut ifra sannsynlighetene for samtlige av de resterende bunntypene som inngår i responsmatrisen. På denne måten tar den også hensyn til artsinteraksjoner der tilstedeværelse av arter danner grunnlaget for typifiseringen. En teknisk beskrivelse av modelltypen kan leses i dokumentasjonen for R-pakken mlogit (<https://cran.r-project.org/web/packages/mlogit/index.html>).

5.3.1 Programvare

I dette prosjektet har vi i hovedsak benyttet programvare med åpen kildekode i databehandlingen:

1. R software (CRAN) - The R Project for Statistical Computing: <https://www.r-project.org/> Spesifikke pakker:
 - mlogit
 - raster
 - gdal
2. GRASS - Geographic Resources Analysis Support System (OSGeo): <https://grass.osgeo.org/>
3. QGIS (OSGeo): <http://www.qgis.org/en/site/>

5.3.2 Modellen

I modellseleksjonen brukte vi i hovedsak Akaikes informasjonskriterie (AIC) som vurderingsgrunnlag. Modellen ble bygget ved gradvis inkludering av parametere basert på AIC-verdier, hvor beste modell er den som oppnår lavest AIC-verdi. Den beste modellen dannet til slutt grunnlaget for de biogeografiske kartene som presenteres nedenfor. Her presenteres kun den beste modellen fra hver seleksjonsrunde med tilhørende AIC-verdier.

Tabell 13: Oversikt AIC-verdi for hver runde i modellseleksjon. Beste modell anses å være den med lavest AIC-verdi.

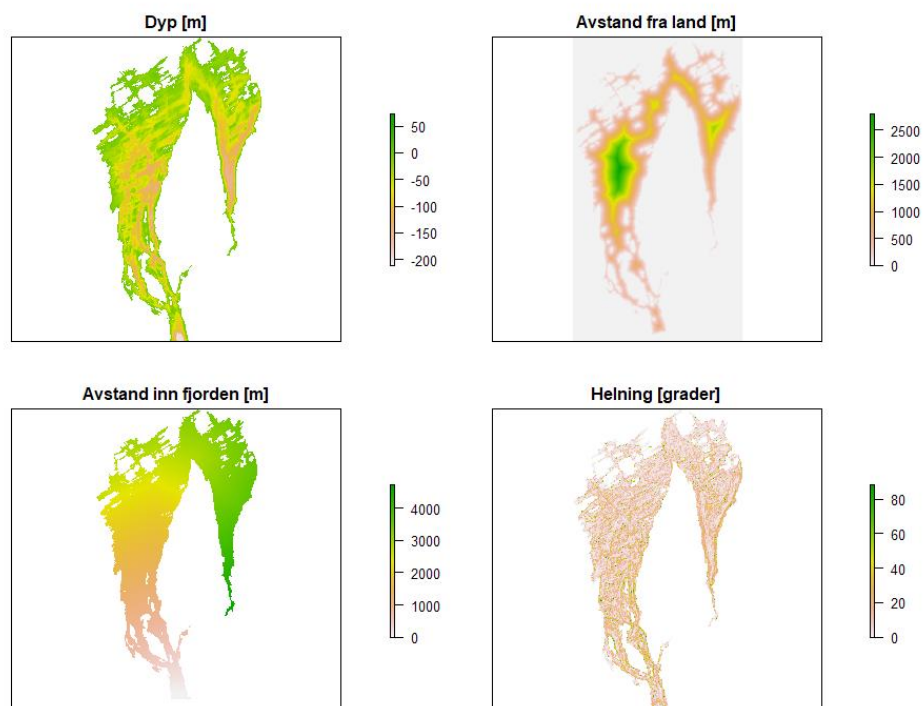
Runde	Modell	Spesifikasjon	AIC-verdi
1	m2	NiN 2 ~ 1 Dyp	3620
2	m2.4	NiN 2 ~ 1 Dyp + log(Avstand inn fjord)	3420
3	m2.7.4	NiN 2 ~ 1 Dyp + log(Avstand inn fjord) + Avstand til land	3170
4	m2.7.4.3	NiN 2 ~ 1 Dyp + log(Avstand inn fjord) + Avstand til land + Helning	3120

Den beste modellen inkluderte dyp, avstand inn fjorden, avstand fra land og helning på substratet som prediksjonsvariabler.

Dyp var også i 2018 prediksjonsvariabelen som forklarte desidert mest av variasjonen i observasjonene. Den groveste inndelingen av NiN er basert på dyp og på bunnsbunn (hardbunn eller bløtbunn). Det var derfor heller ikke overraskende at begge avstandsmålene og helningsgrad bidro med betydelig forklaringsevne. Avstand fra Drøbaksområdet og inn fjorden vil i stor grad representere gradienten over tersklene i fjorden, der bunnforholdene forventes å variere som følge av varierende grad av vannutskiftning (se foregående kapitler). Begge avstandsmålene vil forventes å være korrelerte med både bølgeeksponering, påvirkning fra båttrafikk og strøm, noe som også kan være årsak til avstandsvariablenes forklaringsevner. En del av forklaringsevnen i avstand fra land skyldes sannsynligvis påvirkning fra landmasser ved f.eks. tilførsel av partikler via avrenning og lignende. Helningsgrad vil være av direkte betydning for i hvilken grad partikler har mulighet til å sedimenteres og dermed også forekomster av NiN-typene. Inkludering av et interaksjonsledd med disse to variablene førte til en svak forbedring av AIC-verdi, men basert på den relativt store økningen av parametere i modellens prediktor med denne inkluderingen (20), og usikkerheten som følger med begrensede data, besluttet vi likevel å ekskludere dette leddet også i år (samme som i 2017).

Bunntypekartene viste forholdsvis dårlig forklaringskraft i modelleringen. Med flere data og større dekning av undersøkte punkter i hele fjorden er det imidlertid sannsynlig at en modell med denne variabelen inkludert vil slå bedre ut.

Kartgrunnlaget med prediksjonsvariablene ble konvertert til et rastersett med 10 x 10 m oppløsning. Dette kartsettet ble brukt for å lage et oppsummeringskart over den mest sannsynlige geografiske fordelingen av NiN 2-typer basert på modellprediksjonene.

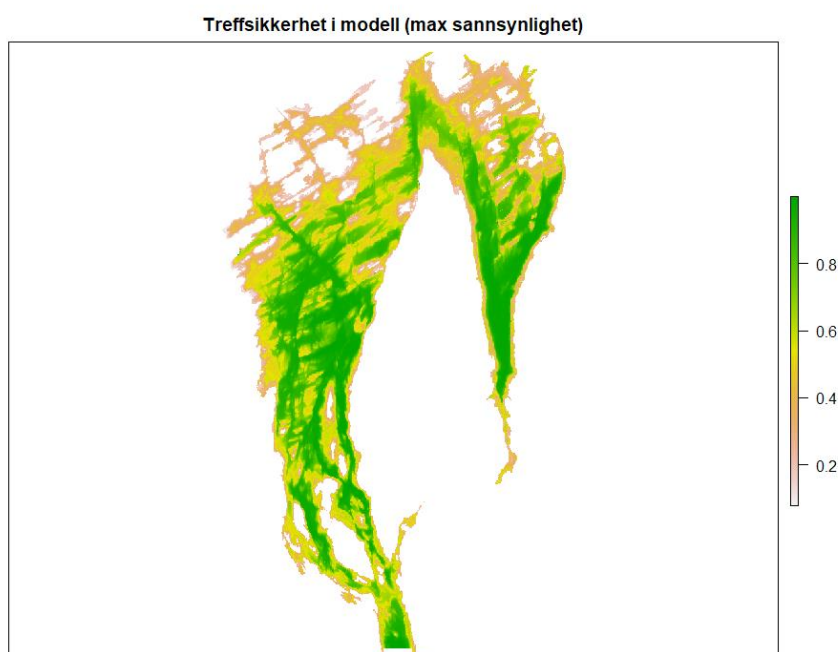


Figur 45: Oversikt over miljøgradientene som ble inkludert i den beste modellen (2018)

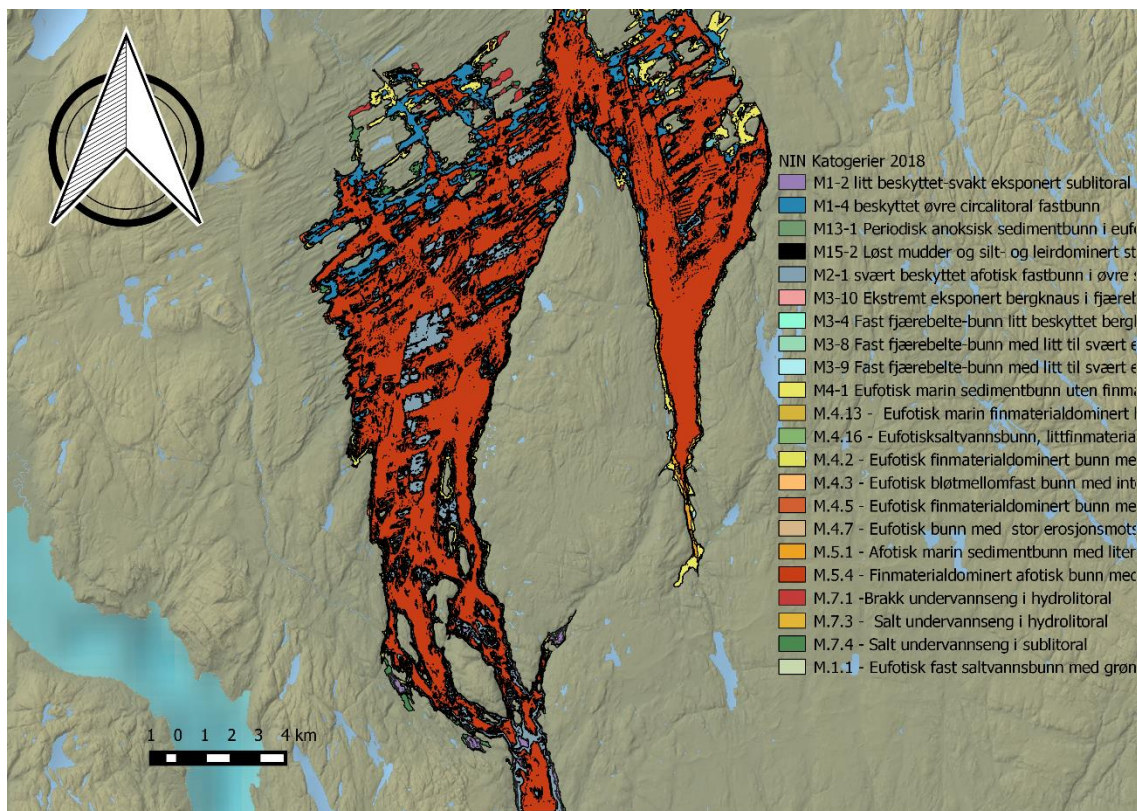
5.3.3 Usikkerheter

Observasjoner innen kategorier med færre enn 3 observasjoner ble ekskludert fordi prediksjoner ville blitt for usikre for disse kategoriene. Blant observasjonene er punkter fra Bunnefjorden overrepresentert, og det er rimelig å anta at modellen fortsatt er bedre tilpasset i dette området enn i andre deler av Indre Oslofjord per dags dato. Naturtypen ålegresseng, som vies oppmerksomhet i forvaltningssammenheng, er registrert i liten grad. Denne naturtypen ble ikke funnet på noen prøvepunkter i 2017. Det kan være hensiktsmessig å inkludere prøvepunkter med større sannsynlighet for å finne utvalgte naturtyper, som er viktige for forvaltningen. Det har også tidligere vært fremhevet viktigheten av å sjekke områdene i vest (Asker / Bærum) for å vurdere sannsynligheten for overestimering av enkelte NiN-kategorier, samt spesielt validere utbredelsen av M1-1 («grønnalgebunn») versus ålegrasforekomster eller tangsamfunn (Norconsult 2016).

Det oppsummerende biogeografiske kartet som presenteres (Figur 47) viser bunntypen modellen har predikert høyest sannsynlighet for i hver kartcelle på 10 x 10 m. Dette betyr at mindre vanlige bunntyper sannsynligvis underestimeres i oppsummeringen dersom de ikke er knyttet til svært spesifikke miljøforhold. Som støtte i forvaltningssaker kan det derfor være hensiktsmessig å benytte sannsynlighetskart (Figur 46). De biogeografiske kartene kan brukes som vurderingsgrunnlag, men det bør likevel alltid gjennomføres feltundersøkelser der en detaljert oversikt er nødvendig.



Figur 46: Høyeste predikerte sannsynlighet i modellen.



Figur 47: Oversiktskart som viser NiN-typer med høyest predikert sannsynlighet for tilstedeværelse i hvert område basert på beste modell i 2018. Kartet er laget i vektorformat, basert på prediksjonskartet som er et rasterkart med 10 x 10 m oppløsning.

6 Undersøkelse av hyperbentos (reker) i 2018

6.1 Innledning

Hyperbentosundersøkelser har vært gjennomført regelmessig flere steder både i Indre og Ytre Oslofjord tilbake til tidlig 1950-tallet. I starten og frem til 1990-tallet ble undersøkelsene gjennomført av Fredrik Beyer ved UiO. I perioden 2000-2014 ble undersøkelsene utført av NIVA i samarbeid med UiO (Magnusson m.fl., 2001), og fra 2015 overtok Norconsult.

Hyperbentos brukes som miljøindikatorer for vannkvalitet og levevilkår på sjøbunnen i dypområdene, hvor individ- og artsantall påvirkes av varierende oksygenforhold i dypvannet. I tilfeller der oksygenforholdene forringes migrerer mobile hyperbentos-organismer til områder med bedre forhold (Beyer og Indrehus, 1995).

Reker er den gruppen av hyperbentos som er gitt størst fokus i indre Oslofjord-undersøkelsene. Dette fordi krepsdyr (og spesielt reker) er en organismegruppe som viser god korrelasjon mellom artsmangfold og oksygenforholdene i vannet (Buhl-Mortensen et al., 2009). I tillegg er det dokumentert at flere rekearter (eksempelvis *Pandalina profunda* og *Pandalus borealis*) relativt raskt (<6 måneder) vil rekolonisere et bunnområde dersom forholdene forbedrer seg (Beyer og Indrehus, 1995).

Tidligere undersøkelser viser at det ikke forekommer reker når oksygenkonsentrasjonen er lavere enn 1 ml/l og at man må opp i konsentrasjoner på 2,5-3 ml/l for å oppnå relativt høye individ- og artsantall (Berge m.fl., 2014). Det er siden tidlig 2000-tallet observert rundt 14 forskjellige rekearter i Indre Oslofjord.

6.2 Materiale og metode

Innsamling av hyperbentos gjennomføres i samarbeid med F/F Trygve Braarud (UiO), en gang per år langs syv transekter i dypområdene i fjorden (Figur 49). Rekene samles inn med en Beyer-slede (Figur 48), som har en innsamlingshåv med maskevidde på 0,5 mm. Sleden dras over bunnen over en strekning på ca. 1 km før håven lukkes. Sleden har påmontert en transponder som gjør at sledens plassering (dyp) og posisjon kan overvåkes under trålingen. Håven samler kun inn organismer på og like over bunnen, ikke på vei ned/opp gjennom vannsøylen. Alle innsamlede individer er minimumstall i forhold til reell forekomst. For nærmere beskrivelse av innsamlingsmetoder henvises til Beyer og Indrehus (1995).



Figur 48. Beyer-slede brukt til innsamling av hyperbentos i utvalgte områder av Indre Oslofjord. (Foto: J. Dolven)

Innsamlede organismer identifiseres til hovedgruppe (klasse/familie) og resultatene presentert iht. samme dyregrupper som i Berge m.fl. (2015). Rekene er bestemt til art eller slekt (evt. høyere taksonomisk nivå der art/slekt ikke er mulig å definere) og volumtettheten er beregnet.

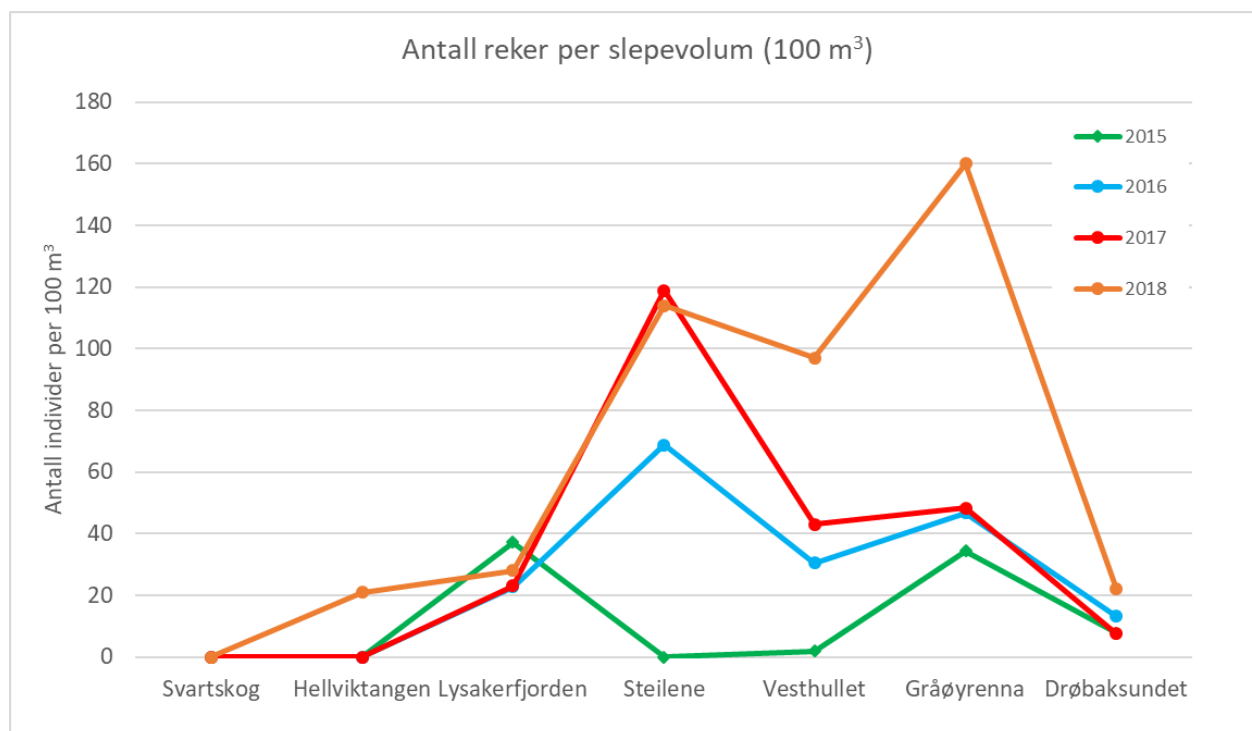
Ved Svartskog var det svært dårlige oksygenkonsentrasjoner i bunnvannet (<1ml/l) og bunnvann med H₂S-lukt. Prøveinnsamling ble derfor ikke gjennomført i denne lokaliteten.



Figur 49. Lokalisering av de syv transektene som tråles i overvåkingen av hyperbentos i Indre Oslofjord. I oktober 2018, da innsamlingen fant sted, var oksygenforholdene ved Svartskog (i Bunnefjorden) lavere enn 1 ml/l. Tråling ble derfor ikke gjennomført ved Svartskog.

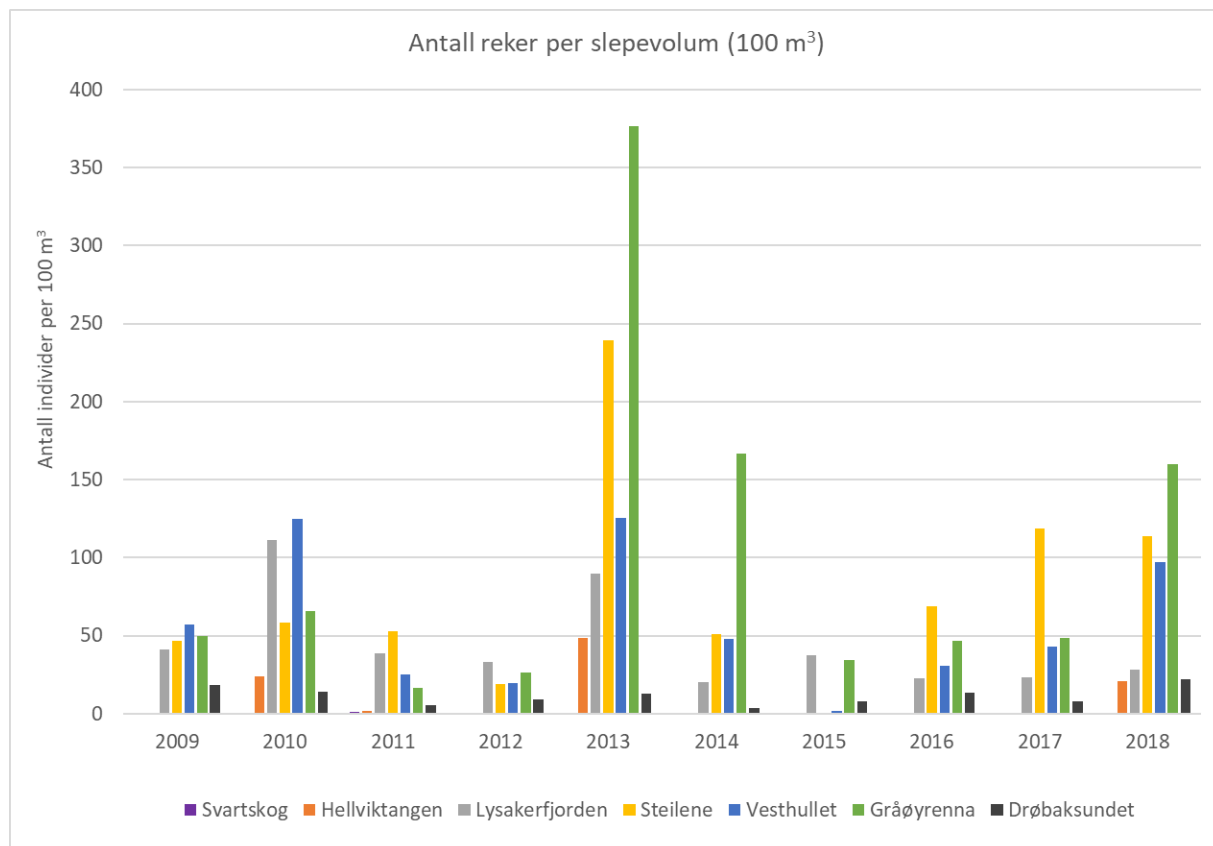
6.3 Resultater og diskusjon

Individtetthet (rekeindivider per 100 m³) for innsamlede stasjoner i årene 2015-2018 er vist i Figur 50. Høyest individtetthet i denne perioden er funnet ved Gråøyrenna i 2018. Steilene, Vesthullet, Lysakerfjorden, Drøbaksundet og Hellviktangen følger deretter. Størst økning i individtettheten ble observert ved Gråøyrenna hvor det økte fra 48 i 2017 til 160 i 2018. Største mellomårslige variasjoner er funnet på Steilene, hvor individtettheten økte fra 0 i 2015, til 69 i 2016, til 119 i 2017 og, med en liten nedgang, til 114 rekeindivider per 100 m³ i 2018. Vesthullet har noe variasjon i individtetthet fra år til år (henholdsvis 2, 31, 43 og 97 rekeindivider per 100 m³ i årene 2015-2018), men på de andre stasjonene er de mellomårslige variasjoner svært begrenset.



Figur 50. Antall rekeindivider per slepevolum (100 m³) i undersøkte stasjoner i 2015-2018.

Data for mellomårslige variasjoner i individtettheten (antall reker per 100 m³) over et lenger tidsrom (2009-2018) er vist i Figur 51. Det er de senere år kun sporadisk blitt observert reker i Bunnefjorden (Berge m.fl., 2015). Samlet sett (for alle stasjoner) var konsentrasjonen høyest i 2013, samme år som det fant sted en dypvannsfornyelse i Indre Oslofjord (dvs. vinteren 2012-2013). Dypvannsfornyelsen resulterte i økte oksygenkonsentrasjonen i bunnvannet (inkludert Bunnefjorden; jf. Figur 6). Likevel ble det i 2013 ikke funnet reker ved Svartskog, kun ved Hellviktangen (Berge m.fl., 2015). I 2015 var individtettheten av reker spesielt lav, noe som antakeligvis skyldes generelt lave oksygenkonsentrasjoner i Indre Oslofjord gjennom høsten 2015. Data fra 2016-2018 viser en stadig økning i individtettheten i mesteparten av stasjonene. Lysakerfjorden viser en stabil individtetthet i de siste tre årene, 23 individer per 100 m³ i 2016 og 2017, og 28 individer per 100 m³ i 2018. Steilene hadde en liten, men ikke betydelig nedgang fra 2017 til 2018, hhv. fra 119 til 114 individer per 100 m³.



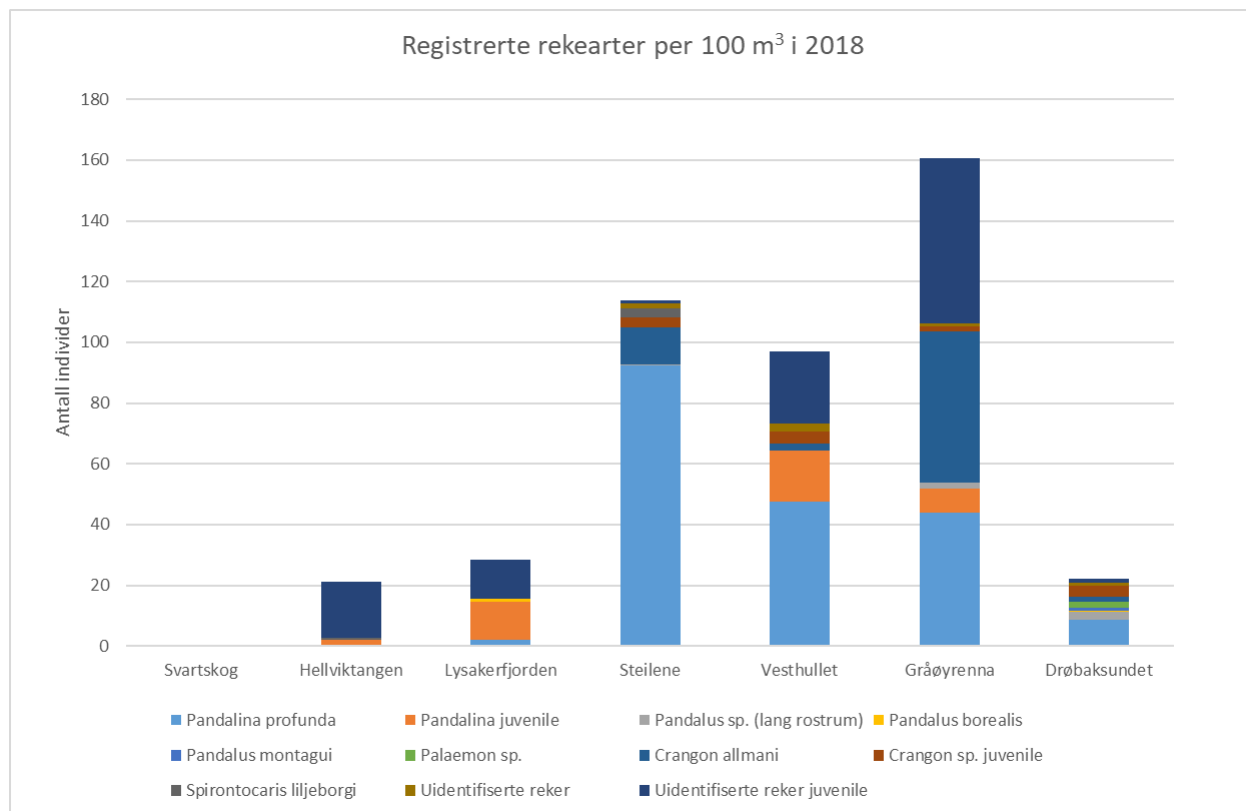
Figur 51. Individtetthet (antall reker per 100 m³) på undersøkte stasjoner i 2009-2018. Data fra 2009-2014 er innsamlet av NIVA (Berge m. fl. 2010; 2011; 2012; 2013; 2014), mens data fra 2015-2018 er innsamlet av Norconsult.

Antall rekearter funnet på hver stasjon (i perioden 2009-2018) varierer noe fra år til år, men ligger i de fleste tilfeller mellom 2-5 arter. Hvis man ser bort fra Svartskog, hvor man sjeldent finner reker, er det Hellviktangen og Lysakerfjorden som har størst variasjon i antall arter. Dette er naturlig da disse områdene er lokalisert lengst inn i fjorden og dermed vil være mest følsomme for redusert oksygenkonsentrasjon i bunnvannet pga. begrenset dypvannutskiftning.

De senere år er det spesielt to arter som har dominert rekefaunaen i Indre Oslofjord; *Pandalina profunda* og *Crangon allmanni*. I tillegg er det ofte et høyt antall juvenile individer av *Pandalina* sp. (se eksempel fra 2018 i Figur 52).

I 2016 var det en høy andel juvenile rekeindivider (inkludert *Crangon* sp. juvenil) i Indre Oslofjord, spesielt i Gråøyrenna, Vesthullet og Steilene hvor antall juvenile individer utgjorde mer enn 70% av rekefaunaen. I 2017 var andelen kraftig redusert (<5%) med unntak av Lysakerfjorden hvor %-andelen fremdeles lå på ca. 50%. Antall juvenile har økt betydelig i 2018 med høyest prosentandelen i Hellviktangen og Lysakerfjorden (hhv. 95% og 90%). En del lavere %-andelen ble observert i Vesthullet og Gråøyrenna (hhv. 46% og 40%).

I Drøbaksundet er det vanligvis stor varians (mange arter), selv om individtettheten er lavere her. *Pandalus montagui* og *Palaemon* sp. ble kun funnet i Drøbaksundet i 2018.



Figur 52. Antall individer (per 100 m³) av registrerte rekearter på de ulike stasjoner i 2018.

6.4 Referanser

- Berge m.fl. 2010. Berge, J.A, Amundsen, Bjerkeng, B., Bjerknes, E., Espeland, S.H., Hylland, K., Imrik, C., Johnsen, T., Lømsland, E.R., Magnusson, J., Nilsson, H.C., Rohrlack, T., Sørensen, K., Walday, M. Overvåking av forurensningssituasjonen i Indre Oslofjord 2009. NIVA Rapport nr. 5985: NIVA 145 sider.
- Berge m.fl. 2011. Berge, J.A, Amundsen, Bjerkeng, B., Borgersen, G., Bjerknes, E., Gitmark, J.K., Gjøsæter, J., Grung, M., Gundersen, H., Holt, T.F., Hylland, K., Johnsen, T., Knutsen, H., Ledang, A.B., Lømsland, E.R., Magnusson, J., Nerland, I.L., Olsen, E.M., Paulsen, Ø., Rohrlack, T., Sørensen, K., Walday, M. Overvåking av forurensningssituasjonen i Indre Oslofjord 2010. NIVA Rapport nr. 6181: 137 sider.
- Berge m.fl. 2012. Berge, J.A, Amundsen, R., Bergland, K., Bjerkeng, B., Gitmark, J., Gjøsæter, J.(HI), Holt, T.F., Hylland, K., Johnsen, T.M., Knutsen, H. (HI), Kroglund, T., Olsen, E.M. (HI), Paulsen, Ø. (HI), Ledang, A.B., Lømsland, E.R., Magnusson, J., Rohrlack, T., Sørensen, K. 2012. Overvåking av Indre Oslofjord i 2011 – Vedleggsrapport. NIVA, Oslo. Rapport nr. 6372. 154 s.
- Berge m.fl. 2013. Berge, J.A., Amundsen, R., Fredriksen, L., Bjerkeng, B., Gitmark, J., Holt, T.F., Haande, S., Hylland, K., Johnsen, T., Kroglund, T., Ledang, A., Lenderink, A., Lømsland, E.R., Norli, M., Magnusson, J., Rohrlack, T., Sørensen, K., Wisbech, C. 2012. Overvåking av Indre Oslofjord i 2012 – Vedleggsrapport. NIVA, Oslo. Rapport nr. 6534. 142 s.
- Berge m.fl. 2014. Berge, J.A., Amundsen, R., Bratrud, T., Bølling, N., Erdahl, E., Gitmark, J., Gundersen, H., Hindchcliffe, C., Holth, T., Haande, S., Hylland, K., Johnsen, T., Kroglund, T., Ledang, A., Norli, M.,

Lønnsland, Evy., Staatsrøm, A., Wisbech, C., Wolf, R. 2014. Overvåking av Indre Oslofjord i 2013 – Vedleggsrapport. NIVA, Oslo. Rapport nr. 6698-2014. 131 s.

Berge m.fl. 2015. Berge, J.A., Amundsen, Gitmark, J., R., Gundersen, H., Hylland, K., Johnsen, T.M., Ledang, A.B., Norli, M., Lømsland, E.R., Staalstrøm, A. og Strand, D.A., 2015. Overvåking av Indre Oslofjord i 2014 – Vedleggsrapport. NIVA Rapport nr. 6834: 104 sider.

Beyer, F. og Indrehus, J., 1995. Overvåkning av forurensningssituasjonen i Indre Oslofjord. Effekter av forurensning og dypvannsutskiftning på faunaen langs bunnen av Oslofjorden basert på materiale samlet siden 1952. Statlig program for forurensningsovervåkning. Rapport nr. 621/95. Biologisk institutt, UiO. NIVA-rapport l.nr. 3324.

Magnusson, J., m.fl., 2001. Magnusson, J., Berge, J.A., Bjerkeng, B., Bokn, T., Gjøsæter, J., Johnsen, T., Lømsland, E.R., Schram, T.A., Solli, A. Overvåking av forurensningssituasjonen i Indre Oslofjord i 2000. NIVA Rapport nr. 4387: 86 sider.

7 Foraminiferer som miljøindikator for vannkvalitet og levevilkår på sjøbunnen i Indre Oslofjord

Teksten er et utdrag fra «Sluttrapport: Foraminiferer som miljøindikator for vannkvalitet og levevilkår på sjøbunnen i Indre Oslofjord», skrevet av Jane Dolven (Norconsult), Elisabeth Alve (UiO) og Silvia Hess (UiO).

Foraminiferer er små (vanligvis <0,5 mm) bunnlevende, marine, encellede organismer med et skall av kalk eller sammenkittede korn (agglutinerte). Som en del av organismesamfunnet på bløtbunn, påvirkes foraminiferene av flere typer miljøbelastninger, spesielt organisk belastning og endringer i oksygenforholdene i bunnvannet. Tidligere undersøkelser i Indre Oslofjord har vist at bunnlevende foraminiferer reflekterer miljøforholdene de lever i og kan dermed brukes til å gi informasjon om økologisk tilstand og levevilkår på sjøbunnen.

For å kartlegge dagens tilstand i Indre Oslofjord og like utenfor Drøbaksterskelen, og å si noe om utviklingstrenden i fjordsystemet, ble det i oktober 2017 samlet inn bunnsedimenter på 12 stasjoner. Bunnsedimentene ble undersøkt med hensyn på levende foraminiferfaunaer, kornfordeling, total organisk karbon og C/N-forhold. I tillegg ble det gjennomført hydrografiske målinger (temperatur, salinitet og oksygen) gjennom vannsøylen på hver av stasjonene. Variabiliteten i foraminiferfaunaen er undersøkt for en sterkt belastet stasjon (St 2) og en referansestasjon (Im4x).

Resultatene viser at den økologiske tilstanden (nEQR) er Svært god (tilstandsklasse I) utenfor Drøbaksterskelen og innover i Vestfjorden (Figur 53). Deretter forringes tilstanden gradvis innover i fjorden til Bunnefjorden hvor den økologiske tilstanden er Svært dårlig (V). I to sub-bassenger avviker tilstanden fra tilstanden i deres respektive hovedbasseng: 1) Det delvis «isolerte» Steilenebassenget (St2) i Vestfjorden hvor forholdene er dårligere enn i Vestfjorden forøvrig, dvs. tilstandsklasse IV (Dårlig), og 2) den nordøstre del av Bekkelagsbassenget (RC5 og RC9) hvor tilstanden er i klasse II (God), dvs. bedre enn nærliggende stasjoner. Sistnevnte indikerer at den positive utviklingen observert i perioden 2008-2010 (Hess m. fl. 2014), som ble initiert i forbindelse med flytting av utløpsledningen fra Bekkelaget renseanlegg i 2001 (Berge m. fl. 2011), fremdeles fortsetter. I de indre deler av fjorden (Bunnefjorden) er det et stort avvik mellom dagens økologiske tilstand (Svært dårlig) og naturtilstanden (Svært god til god tilstand) som tidligere er beregnet basert på fossile foraminiferfaunaer i daterte sedimentkjerner (Dolven og Alve, 2010). I ytre deler av Vestfjorden og utenfor Drøbaksterskelen samsvarer nåværende tilstand godt med naturtilstanden.

Variabilitetsstudien omfattet beregning av kumulativt antall arter for to stasjoner, henholdsvis utenfor Drøbaksterskelen (Im4x) og Steilenebassenget (St2). Resultatene viser at det kumulative artsantallet utenfor Drøbak øker jevnt fra 41 til 73 for replikat 1 til 6, antallet stabiliserer seg på 75 arter fra og med den 7. replikaten og ender på 76 arter med den 10. replikaten. Det kumulative antall arter i Steilenebassenget øker jevnt fra 17 til 31 for de første 9 replikatene og ingen nye arter introduseres med replikat nummer 10.

For faunaindeksene H'log2, ES100, NQI og jevnhet (J') ble gjennomsnittlige verdier med 95 % konfidensintervall beregnet for tre til og med ti replikater. Artsdiversitetsindeksene H'log2 og ES100 samt den sammensatte indeksen NQI viser betydelig høyere verdier utenfor Drøbak enn i Steilenebassenget. Det er ingen signifikant forskjell mellom replikatene for noen av indeksene.

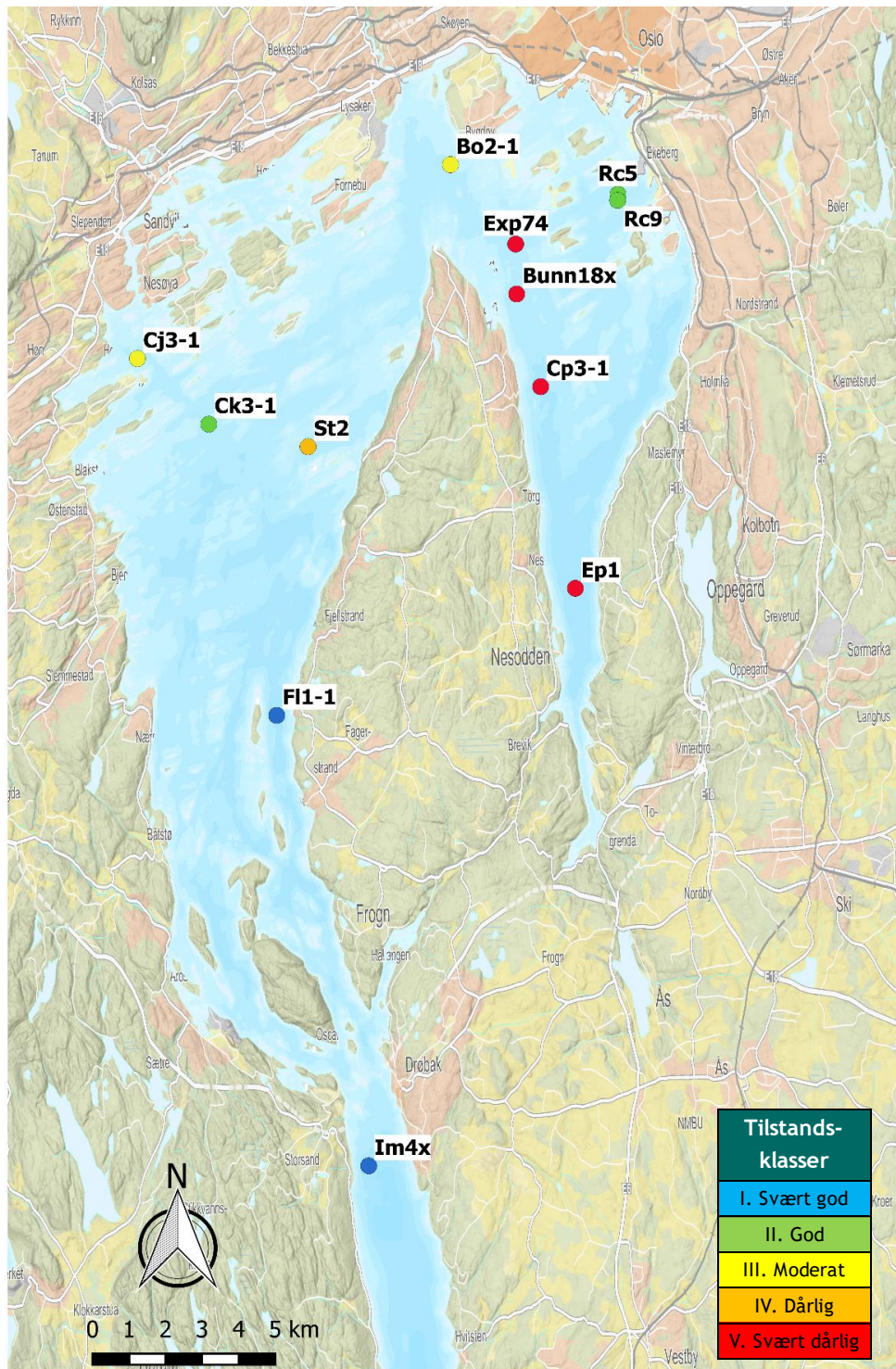
Det er heller ingen signifikant forskjell mellom replikatene for jevnheten som viste dobbelt så høye verdier i Drøbak som ved Steilene. Som forventet avtok variabiliteten med økende antall replikater. Sistnevnte var mest påtakelig ved Drøbak.

Det er generelt svært høyt organisk karbon (TOC)-innhold i overflatesedimentene i Indre Oslofjord, og innholdet korrelerer godt med både diversitetsindeksene og den sammensatte indeksen NQI. Unntaket er

representert ved en stasjon i Bekkelagsbassenget (RC5), som ble kunstig tildekket med ren marin leire i 2007, og dermed har et lavt TOC-innhold.

Korrelasjonen mellom foraminiferdata og målte oksygenkonsentrasjoner i bunnvannet er svært god. Dette gir en sterk indikasjon på at oksygen er en av de viktigste faktorene som styrer faunasammensetningen i Indre Oslofjord.

Resultatene indikerer at den negative utviklingen i levevilkårene på bunnen er knyttet til økt tilførsel av organisk materiale til Indre Oslofjord fra naturtilstanden og frem til i dag.



Figur 53. Økologisk tilstand i utvalgte områder av Indre Oslofjord basert på foraminiferundersøkelser i oktober 2017. Foraminiferdataene er basert på gjennomsnittsverdier for levende faunaer i fire replikater per stasjon. Klassegrenser er iht. Alve m.fl. submitted 2018.

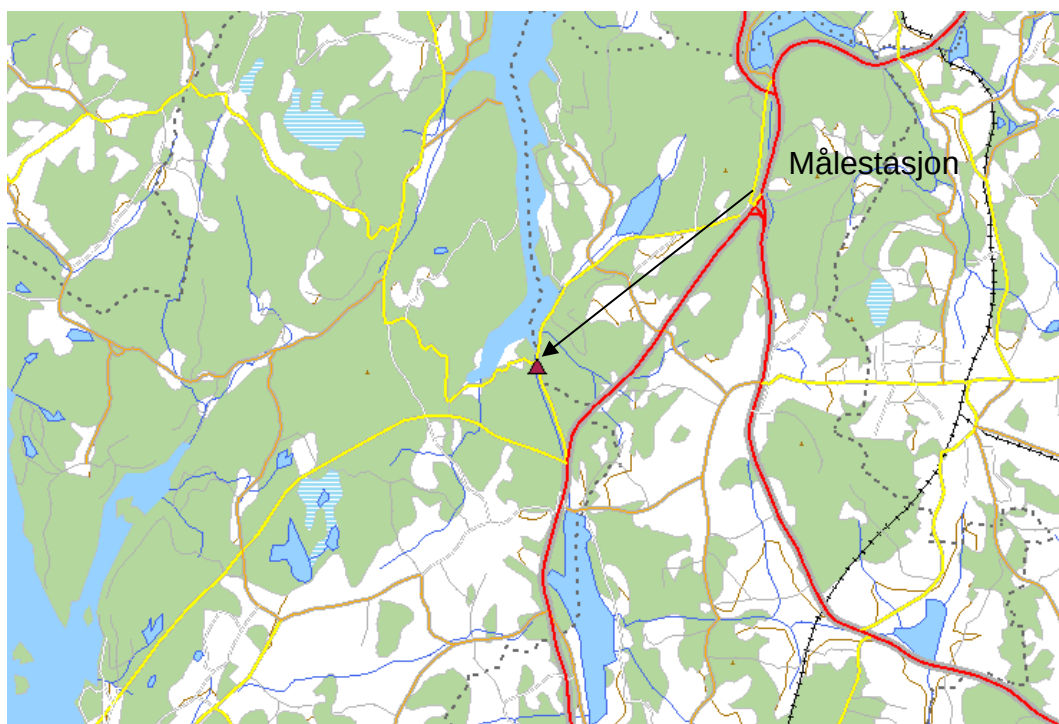
8 Blågrønnalger fra Årungen til Bunnefjorden

Det er ikke meldt om oppblomstring av giftige blågrønnalger fra Årungen til Bunnefjorden i 2018

Undersøkelsene er gjennomført av NIVA for PURA og teksten under er sammenfattet av Fagrådet, basert på tidligere rapporter.

Overgjødningen fra menneskeskapte kilder er en av årsakene til at masseutviklinger av blågrønnalger er et vanlig fenomen i Norge, gjerne på sensommeren. Mange blågrønnalger kan produsere giftstoffer som kan påvirke human helse. Hver sommer transporteres potensielt giftproduserende blågrønnalger fra Årungen via Årungenelva til Bunnefjorden.

Tidligere trodde man at algene dør ved kontakt med saltvann. Observasjoner i august 2007 viste imidlertid at blågrønnalger overlever i noe tid i sjøvann og kan opptre i deler av Bunnefjorden og forringe badevannskvaliteten der (det ble advart mot bading). I 2008 ble det derfor satt i gang overvåking av transport av blågrønnalger fra Årungen til Bunnefjorden på en stasjon i Årungenelva (Figur 54).



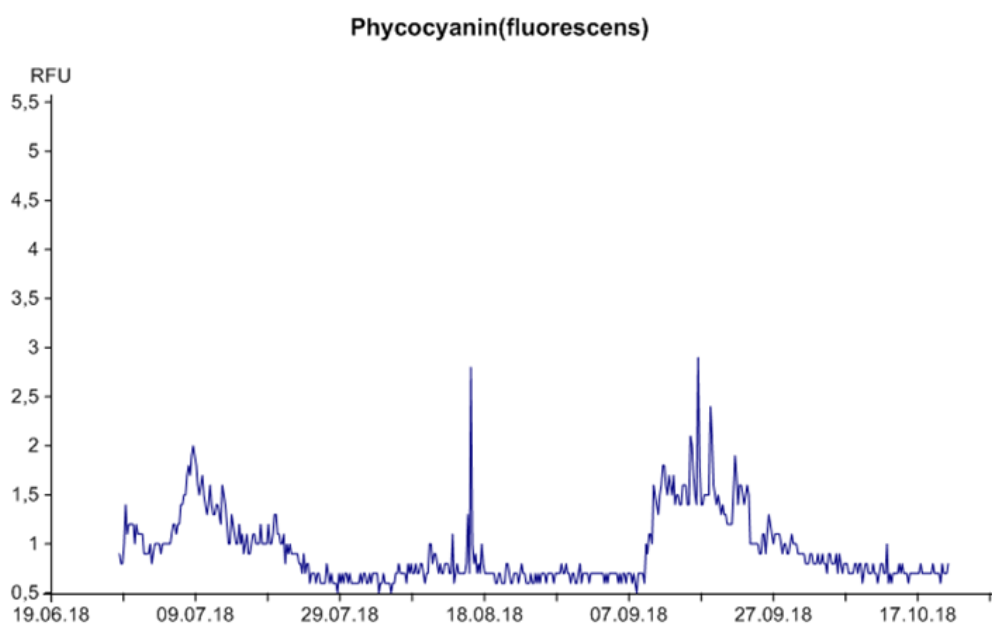
Figur 54: Stasjon for måling av blågrønnalger i Årungenelva.

Siden 2008 har man overvåket transporten av blågrønnalger fra Årungen til Bunnefjorden ved en stasjon i Årungenelva ved bruk av en sensor som kontinuerlig måler mengden av phycocyanin, et pigment som blågrønnbakterier har, og også konduktivitet, temperatur og vannføring i elven.

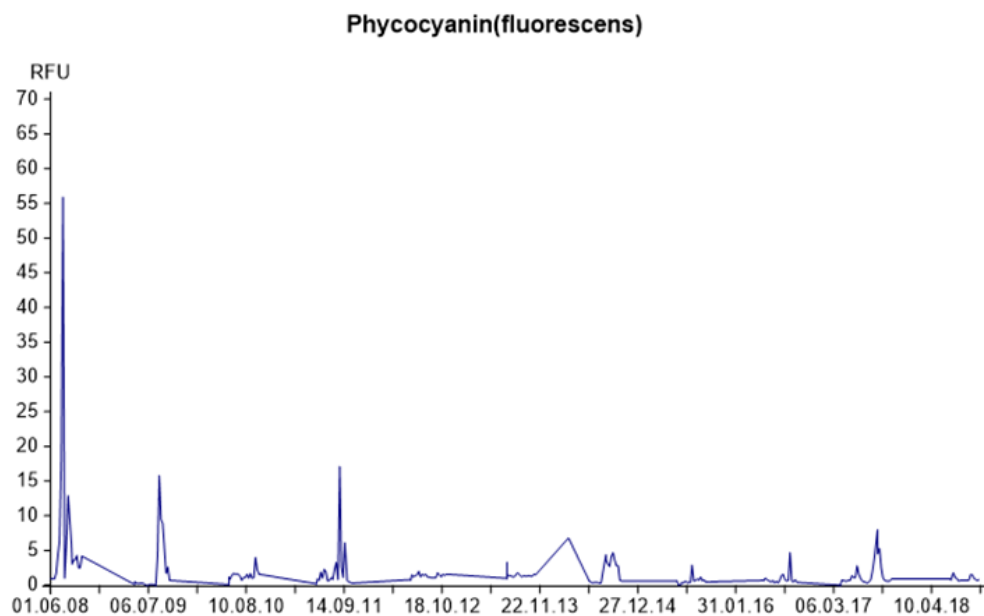
Dataene fra alle år finnes her: <http://www.aquamonitor.no/aarungselva/>

Blågrønnbakterier utgjorde en relativt liten del av planteplanktonsamfunnet i Årungen i 2018 og største andel ble observert i juni og september. Sensoren i Årungenelva registrerte en liten økning i mengden av phycocyanin (blågrønnbakterier) i slutten av juni og september og dette sammenfaller med den økte forekomsten av blågrønnbakterier i Årungen (Figur 55). Den totale mengden transport av blågrønnalger gjennom sesongen var relativt liten.

En sammenstilling av resultatene tilbake til 2008 er vist i Figur 56.



Figur 55: Målt mengde phycocyanin som er et pigment i cyanobakterier i 2018.



Figur 56: Målt mengde phycocyanin som er et pigment i cyanobakterier for perioden 2008 til 2018.

I 2018 ble det ikke meldt om algeoppblomstringer eller transport av algetoksiner av betydning fra Årungen og ut i Bunnefjorden. Det var derfor ikke nødvendig å gå ut med noen advarsler mot bading i Bunnefjorden slik som i 2007.

Vedlegg

Rådata for hydrografi, hydrokjemii og plankton kan lastes ned fra <http://vannmiljo.miljodirektoratet.no/>. Både disse dataene NiN-data og script kan også fås ved å kontakte Fagrådet: svanhild.fauskrud@vav.oslo.kommune.no

1. Overvåkingsstasjoner og prøvetakingsdyp

Tabell 14. Koordinater for stasjoner vann Indre Oslofjord 2017.

Stasjons-nr.	Stasjonsnavn	Nord	Øst	Dyp (m)	Vannforekomst	Vanntype-nr.
Ap1	Frognerkilen	59 54.553	10 42.081	12	Bekkelagsbassenget	3
Ap2	Kavringen V	59 54.092	10 42.808	25	Bekkelagsbassenget	3
Aq1	Pipervika/Rådhuset	59 54.541	10 43.843	12	Oslo havn og by	3
Aq2	Sandtangen/ Hovedøya N	59 53.892	10 44.609	21,5	Bekkelagsbassenget	3
Aq3	Bjørsvika	59 54.372	10 44.957	8	Oslo havn og by	3
Bk1	Kalvøya SV	59 52.987	10 32.089		Sandvika	5
Bk2	Sandviksbukta	59 53.306	10 32.296		Sandvika	5
Bl4	Bærumsbassenget	59 52.850	10 34.131	30	Sandvika	5
Bn1	Lysakerfjorden	59 52.838	10 38.804	82	Oslofjorden	2
Br1	Paddehavet	59 52.488	10 45.900	14	Oslo havn og by	3
Cj1	Holmenfjorden	59 50.741	10 30.660	55	Holmenfjorden	5*
Cp2	Oksval	59 51.900	10 42.083	80	Bunnefjorden	3
Cq1	Bekkelagsbassenget	59 52.371	10 44.200	70	Bekkelagsbassenget	3
Dk1	Steilene	59 48.900	10 34.163	100	Oslofjorden	2
Ej1	Veas	59 47.575	10 31.329	100	Oslofjorden	2
Ep1	Svartskog	59 47.178	10 43.427	150	Bunnefjorden	3
Fl1	Spro	59 45.244	10 34.484	166	Oslofjorden	2
Gk1	Gråøyrenna	59 42.073	10 32.585	114	Oslofjorden	2
Gl2	Håøya	59 43.043	10 34.778	140	Oslofjorden	2
Gp1	Bunnebotn	59 43.507	10 43.558	15	Bunnebotn	5*
Hm4	Oscarsborg	59 40.556	10 36.749	100	Oslofjorden	2
Hm6	Drøbak-terskel	59 40.061	10 36.947	19	Oslofjorden	2
Im2	Elle	59 37.322	10 37.693	202	Hurum	3

* Bunnebotn og Holmenfjorden er i Vann-nett registrert som vanntype 3 (beskyttet kyst fjord). Fylkesmannen i Oslo og Akershus er imidlertid enig i Norconsults vurdering om at disse bør typifiseres som vanntype 5 (sterkt ferskvannspåvirket fjord).

Tabell 15. Koordinater for stasjoner vann Indre Oslofjord 2017.

Stasjonsnavn	Nord (DDM)	Øst (DDM)	Latitude	Longitude
Bunnefjorden (Svartskog)	59 47.4372	10 43.8000	59.79062	10.73300
Drøbak Biologiske stasjon	59 39,7747	10 37,5330	59.6629	10.6255