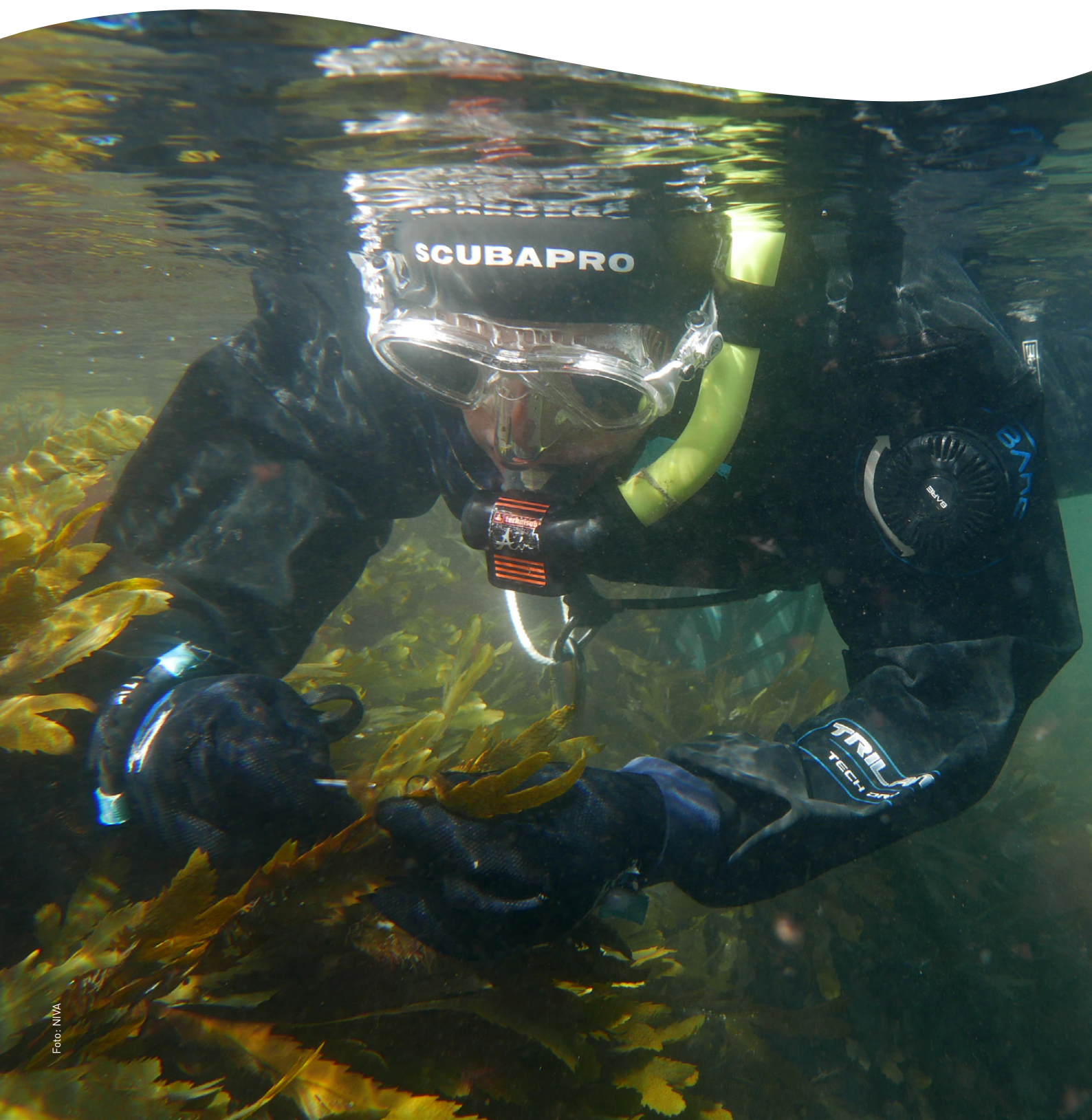




Overvåking av Ytre Oslofjord 2014-2018

Årsrapport for 2017



RAPPORT

Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00

Internett: www.niva.no

NIVA Region Sør

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

NIVA Region Innlandet

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

NIVA Region Vest

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

NIVA Danmark

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

Tittel Overvåking av Ytre Oslofjord 2014-2018. Årsrapport for 2017.	Løpenummer 7283-2018	Dato 07.08.2018
Forfatter(e) Walday, Mats Gitmark, Janne Naustvoll, Lars Johan (HI) Selvik, John Rune	Fagområde Overvåking	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Ytre Oslofjord	Sider 38

Oppdragsgiver(e) Fagråd for Ytre Oslofjord	Oppdragsreferanse Bjørn Svendsen
	Utgitt av NIVA Prosjektnummer 17250

<p>Sammendrag</p> <p>Jordbruk er den største enkeltkilden for tilførsler av både menneskeskapt fosfor og nitrogen til Ytre Oslofjord. Økt landbruk og befolkningsvekst rundt Ytre Oslofjord vil føre til en økt belastning på fjorden hvis ikke reduserende tiltak gjennomføres. Glomma, Drammenselva, Numedalslågen og Skienselva står for nær 90% av ferskvannstilførselen til Ytre Oslofjord og vannføringen i disse elvene er økende. Det er også målt en signifikant økning i tilførsler av nitrogen og fosfor fra Glomma, Drammenselva og Numedalslågen som knyttes til den økte vannføringen.</p> <p>Tilstanden for vannmassene ved stasjoner nær de åpne delene av fjordområdet klassifiserte til «god» i 2017. Det samme gjaldt for Larviksfjorden og Leira ved Hvaler, mens øvrige fjordområder har forhøyede nivåer av næringssalter – særlig Drammensfjorden og Iddefjorden/Ringdalsfjorden, og havnet i dårligere tilstandsklasser. Drammensfjorden og Iddefjorden/Ringdalsfjorden, samt Frierfjorden har også dårlige oksygenforhold i bunnvannet. Våroppblomstringen av planteplankton fant sted i mars i 2017, som anses som den «historiske normalperioden» for våroppblomstringen.</p> <p>Stillehavsvøsters ble første gang registrert i 2014, da på 6 stasjoner. I 2017 ble det registrert stillehavsvøsters på 10 stasjoner. Høy forekomst av kiselalger/ blågrønnalger og tarmgrønne på stasjoner ved Sandefjord, og delvis Stavern, Hankø og Leira, er en indikasjon på næringssaltpåvirkning. Det er ikke funnet klar sammenheng mellom artssammensetningen og næringssalter målt i vannmassene i nærheten. Nedre voksegrenseindeksen basert på nedre voksegrense for 9 makroalger, ga «god» økologisk tilstand på to stasjoner og «moderat» økologisk tilstand på 6 stasjoner.</p>

<p>Fire emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Marin Overvåking Miljøtilstand Eutrofi 	<p>Four keywords</p> <ol style="list-style-type: none"> Marine Monitoring Environmental quality Eutrophication
---	--

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

Mats Walday
Prosjektleder

Guri S. Andersen
Kvalitetssikrer

ISBN 978-82-577-7018-1
NIVA-rapport ISSN 1894-7948

Overvåking av Ytre Oslofjord 2014-2018
Årsrapport for 2017

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	3
2	Metodikk	4
2.1	Tilførsler	4
2.2	Vannmasser	5
2.3	Hardbunn	6
3	Klimatiske forhold	7
4	Tilførsler	9
4.1	Beregnete kildefordelte tilførsler	9
4.2	Målte tilførsler via elver	12
5	Vannmasser	14
5.1	Tilstandsvurdering av Ytre Oslofjord 2017	14
5.2	Frierfjorden og de vestlige deler av Ytre Oslofjord	14
5.3	Åpen fjord, Vestfold	16
5.4	Indre deler av Ytre Oslofjord	16
5.5	Åpen fjord, Østfold	16
5.6	Hvalerområdet	16
5.7	ØKOKYST-programmet i Ytre Oslofjord	16
5.8	Planteplankton	17
5.8.1	Planteplankton i 2017	18
5.8.2	Frierfjorden og de vestlige delene av Oslofjorden	18
5.8.3	Åpen fjord, Vestfold	19
5.8.4	Indre del av Ytre Oslofjorden	20
5.8.5	Åpen fjord, Østfold	21
5.8.6	Hvalerområdet	21
6	Hardbunn	23
6.1	Undersøkelser i fjæresonen	23
1.1.2	Øvre nivå av strandsonen	24
1.1.3	Nedre nivå av strandsonen	25
1.2	Undersøkelser av nedre voksegrense	28
2	Samlet vurdering	32
3	Referanser	34

Sammendrag

Jordbruk er den største enkeltkilden for tilførsler av både menneskeskapt fosfor og nitrogen til Ytre Oslofjord. Tilførsler av fosfor fra befolkning (avløp) og naturlig avrenning er omtrent like store og cirka halvparten av det jordbruk tilfører fjorden. Utslipp av fosfor fra industri er redusert de senere år, mens utslipp av fosfor og nitrogen fra befolkningen har økt. Ambisjoner om en større landbruksproduksjon og en forventet befolkningsvekst rundt Ytre Oslofjord kan medføre en ytterligere økning i uønskede tilførsler til fjorden dersom reduserende tiltak ikke gjennomføres.

De fire største vassdragene (Glomma, Drammenselva, Numedalslågen og Skienselva) står for nær 90% av ferskvannstilførselen til Ytre Oslofjord og det er registrert en signifikant økende vannføring de siste årene (1990-2016). Samtidig er det målt en signifikant økning i tilførsler av nitrogen og fosfor fra tre av vassdragene (Glomma, Drammenselva, Numedalslågen), som i sin tur knyttes til den økte vannføringen.

Tilstanden for vannmassene ved stasjoner nær de åpne delene av fjorden ble klassifisert til «god» i 2017. Det samme gjaldt for Larviksfjorden og Leira ved Hvaler, mens øvrige fjordområder har forhøyede nivåer av næringssalter – særlig Drammensfjorden og Iddefjorden/Ringdalsfjorden. Drammensfjorden og Iddefjorden/Ringdalsfjorden, samt Frierfjorden har også dårlige oksygenforhold i bunnvannet, noe som også fører til at de generelt havner i en dårligere tilstandsklasse. Fluorescensdata fra «Ferryboks» indikerer at våroppblomstringen av planteplankton fant sted i mars i 2017, slik den har siden 2015, og dette anses som den «historiske normalperioden» for våroppblomstringen i Ytre Oslofjord. Etter våroppblomstringen avtok mengden planteplankton, men en ny økning ble registrert i de indre delene av Ytre Oslofjord i siste halvdel av mai 2017. I juni var det også en markant økning av planteplankton, størst i de indre deler av overvåkingsområdet. Etter dette avtok planteplanktonmengden frem til midten av oktober, bortsett fra en mindre økning fra slutten av september.

I 2017 ble det gjennomført undersøkelser av flora og fauna på hardbunn i fjæresonen (kvantitative rammeundersøkelser) på 15 stasjoner og undersøkelser av nedre voksegrense for utvalgte makroalger på 8 stasjoner. Stillehavsøsters (*Crassostrea gigas*) ble registrert for første gang i 2014, da på 6 stasjoner. I 2017 ble det registrert stillehavsøsters på 10 rammestasjoner. Høy forekomst av kiselalger/ blågrønnalger og tarmgrønske (*Ulva intestinalis*) på stasjon G9 ved Sandefjord, og delvis også på stasjon G10 ved Stavern og G20 ved Hankø og G21 i Leira, er en indikasjon på næringssaltpåvirkning. Det er imidlertid ikke funnet klare sammenhenger mellom artssammensetningen på stasjonene og næringssalter målt i vannmassene i nærheten.

Beregninger av nedre voksegrenseindeksen ut fra registrering av nedre voksegrense for 9 arter, ga «god» økologisk tilstand på to stasjoner og «moderat» økologisk tilstand på 6 stasjoner.

Summary

Title: Monitoring of outer Oslofjord 2014-2018. Annual Report for 2017.

Year: 2018

Author(s): Walday, Mats; Gitmark, Janne; Naustvoll, Lars Johan (HI); Selvik, John Rune; Norli, Marit

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577-7018-1

Agriculture is the largest single source of anthropogenic phosphorus and nitrogen supplies to the outer Oslofjord. Ambitions to increase agricultural production locally, and the expected population growth around the outer Oslofjord, will lead to an increase in undesirable supplies to the fjord if counteracting measures are not taken.

The state of the water masses on stations facing the open parts of the fjord were defined as “good” in 2017. The same was true for Larviksfjorden and Leira at Hvaler, while other fjord areas had elevated levels of nutrient - especially the Drammen Fjord and Iddefjorden / Ringdalsfjorden. The latter areas, as well as the Frierfjord, have poor oxygen conditions in the bottom water as well.

Benthic investigations in Outer Oslo fjord included in 2017 surveys of hard bottom flora and fauna in the littoral zone (quantitative quadrat registrations) at 15 stations and surveys of lower growth limit for a selection of macroalgae at 8 stations.

In 2014 the introduced species pacific oyster (*Crassostrea gigas*) was registered at 6 stations, in 2017 it was registered at 10 of the 15 “quadrat-stations”.

High prevalence of diatoms- and blue-green algae and the opportunistic green algae, *Ulva intestinalis* was observed in the littoral zone at 4 stations (G9 by Sandefjord, G10 by Stavern and G20 and G21 north of the Hvaler islands) and indicate eutrophication. However, there are no obvious correlation between species composition at the stations and nutrients measured in the surface water at nearby hydrographic stations.

Using the Multi Species Macroalgae Depth Index (MSMDI), 2 stations were classified to be in “good” ecological condition and 6 stations in “moderate” condition.

Forord

NIVA og Havforskningsinstituttet (HI) gjennomfører, på oppdrag fra Fagrådet for Ytre Oslofjord, overvåking av det marine miljøet i Ytre Oslofjord. Den foreliggende rapport beskriver og vurderer resultater fra undersøkelser som er blitt gjennomført i 2017.

De fleste vannprøver er samlet inn fra HI's forskningsfartøy G.M. Dannevig. Marit Norli fra NIVA har gjennomført vannprøveinnsamling utenom det som er gjort med G.M. Dannevig. John Rune Selvik er ansvarlig for tilførselsberegningene. Lars Naustvoll fra HI er ansvarlig for gjennomføring og rapportering av vannmasseundersøkelsene. Hardbunn i fjorden er undersøkt av Camilla With Fagerli, Janne Gitmark, Siri Moy og Maia R Kile. Janne Gitmark har beregnet indekser og forfattet kapittelet om hardbunn. Jens Vedal har tilrettelagt og sendt over data til Vannmiljø. Mats Walday fra NIVA er oppdragstakers prosjektleder og har redigert rapporten. Bjørn Svendsen er kontaktperson for oppdragsgiver.

Oslo, 7. august 2018

Mats Walday

1 Innledning

De fysiske og kjemiske forholdene i Oslofjordsystemet er i stor grad påvirket av prosesser utenfor området, hvor hendelser i Nordsjøen og Skagerrak i enkelte år og perioder av året kan ha stor betydning. Samtidig vil elvetilførsler av næringsalter og organisk materiale i perioder av året med høy vannføring være styrende for miljøbetingelsene i Oslofjorden og tilstøtende fjorder.

Overvåkningsprogrammet for Ytre Oslofjord skal fremskaffe informasjon om miljøtilstanden i fjorden, med fokus på eutrofiering. I overvåkningsprogrammet er det tatt hensyn til krav i EUs vanndirektiv, i Norge implementert som vannforskriften, og SFT (nå Miljødirektoratet) sin klassifisering av miljøkvalitet (Veileder 1997:03).

Det er i 2017 gjennomført undersøkelser av vannmasser på 17 stasjoner. På hardbunn ble det gjort undersøkelser av nedre voksegrense for utvalgte makroalger på 8 stasjoner og rammeregistreringer av dyr og alger i fjæresonen på 15 stasjoner. Tre ekstra innsamlinger i vannmassene på tre stasjoner i Hvaler er utført for Borregaard AS. I tillegg til dette har arbeidet også omfattet beregninger av tilførsler til Ytre Oslofjord for 2016.

Det produseres årlige fagrapporter fra undersøkelsene av vannmasser og beregning av tilførsler i Ytre Oslofjord. Det utarbeides også egne fagrapporter for bunnundersøkelsene. Fagrapportene er holdt i en enkel form med presentasjon av metodikk, omfang av prøvetaking og resultater. Videre sammenstilling, vurdering og drøfting av sammenhenger mellom resultatene for 2017 blir først gjort i årsrapporten som følger under.

2 Metodikk

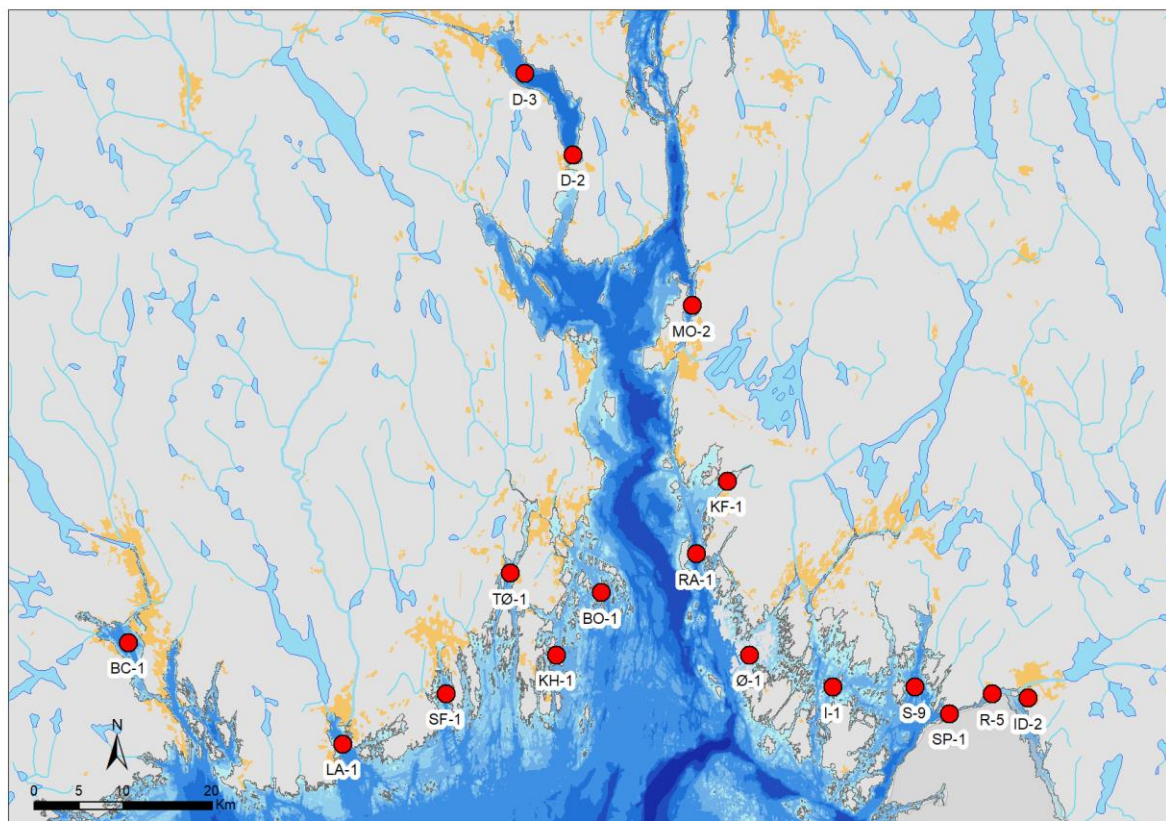
All metodikk som ble brukt ved overvåkingen i 2017 er nærmere beskrevet i de to fagrapportene for hhv. vannmasse- og bunnundersøkelser (Naustvoll et al. 2018, Gitmark et al. 2018).

2.1 Tilførsler

På grunn av rutiner knyttet til datarapportering og bearbeiding av data er det kun data fra 2016 som er tilgjengelig for denne rapporten. Modellerte, kildefordelte tilførsler til Ytre Oslofjord er basert på resultater fra NIVAs TEOTIL-modell (se f.eks. Tjomsland et al., 2010 / Selvik et al., 2007). Modellen oppdateres med nye data fra de viktigste kildene hvert år gjennom det statlige prosjektet på elveovervåking der man følger utviklingen i hva ulike kilder bidrar med når det gjelder utslipp til kystområdene. Modellen brukes også som et verktøy for å estimere tilførsler av næringsalter fra områder som ikke favnes av overvåkingen av elver i det statlige elvetilførselsprogrammet (RID). Miljødirektoratets elvetilførselsprogram (Skarbøvik et al. 2017) har pågått siden 1990 og har fulgt 10 «hovedelver» i Norge, med månedlige analyser av konsentrasjonene av ulike vannkjemiske komponenter i hele perioden. Trendene i elvetilførslene oppdateres årlig etter hvert som nye data kommer til.

2.2 Vannmasser

Det er i 2017 gjennomført undersøkelser av vannmasser på 17 stasjoner (Figur 1).



Figur 1. Kartet viser de 17 vannmassestasjoner som ble overvåket i 2017.

Ved tilstandsklassifisering av 2017-data er det i størst mulig grad fulgt de anbefalinger som er gitt i veileder 02:2013 «Klassifisering av miljøtilstand i vann». For de fysisk/kjemiske parameterne tilfredsstiller 2017-programmet krav til data og det er foretatt en klassifisering i henhold til veilederen, med ett unntak: Veilederen anbefaler at man foretar en klassifisering basert på 3 års data samlet. I årets rapport er det valgt å gi tilstandsvurderingen kun for 2017. Dette gjør det enklere å sammenligne årets tilstand med tidligere år. I tillegg er det i overvåkningsprogrammet for YO benyttet ulike innsamlingsdyp for de kjemiske parameterne, noe som vanskeliggjør en samlet vurdering. Det er her besluttet å benytte data fra 0 – 10 m dyp da dette er angitt dybdeintervall både i SFT 1997:3 og Veileder 02:2013 og gir en robust tilstandsvurdering av overflatelaget. I henhold til veileder 02:2013 skal det benyttes oksygendata fra dypeste dyp for tilstandsvurdering av en vannforekomst. Dataene skal samles inn i den perioden av året da oksygenkonsentrasjon er lavest. Dette varierer noe, men er normalt i perioden september til november.

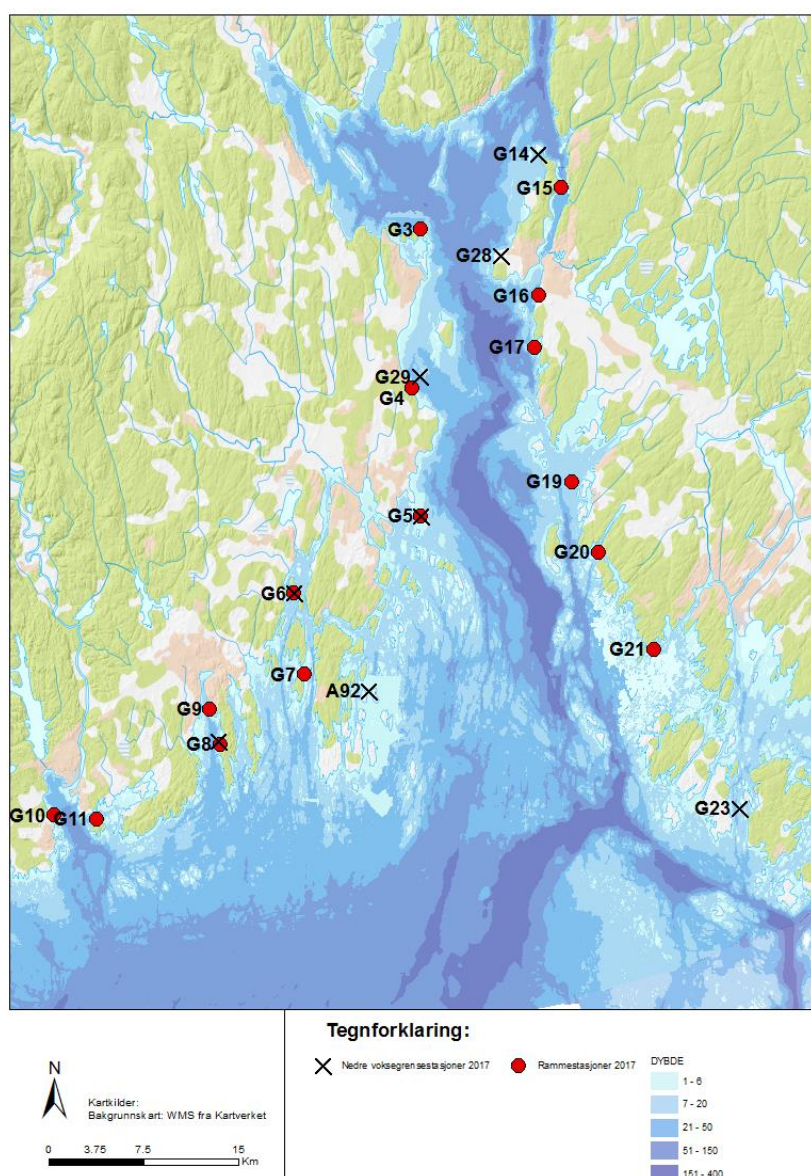
For det biologiske kvalitetselementet klorofyll a, er det foretatt en klassifisering basert på SFT 1997:03. Årsaken til dette er at programmet for 2017 ikke tilfredsstiller de krav til data som er angitt i veileder 02:2013, når det gjelder periode for innsamling og antall prøver som er nødvendig for de statistiske beregningene.

I år er det for hver stasjon foretatt én samlet vurdering for sommerperioden og én for vinterperioden. Vurderingen er gjort i henhold til de kriterier som er gitt i SFT 1997:3 og veileder

02:2013. I den samlede vurderingen er det valgt å ikke inkludere siktdyp. Årsaken er at denne parameteren har en del svakheter som vanskeliggjør sammenligning av dataene, blant annet fordi siktdyp er avhengig av lysforhold og værforhold den aktuelle dagen, faktorer det er vanskelig å korrigere for med det eksisterende datagrunnlaget.

2.3 Hardbunn

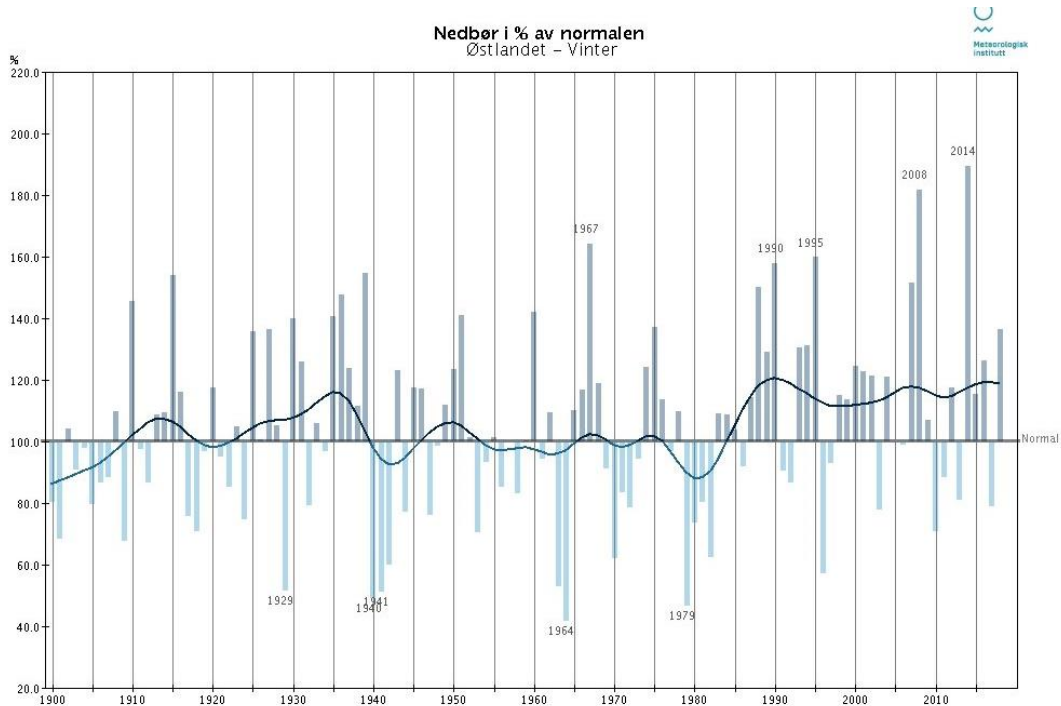
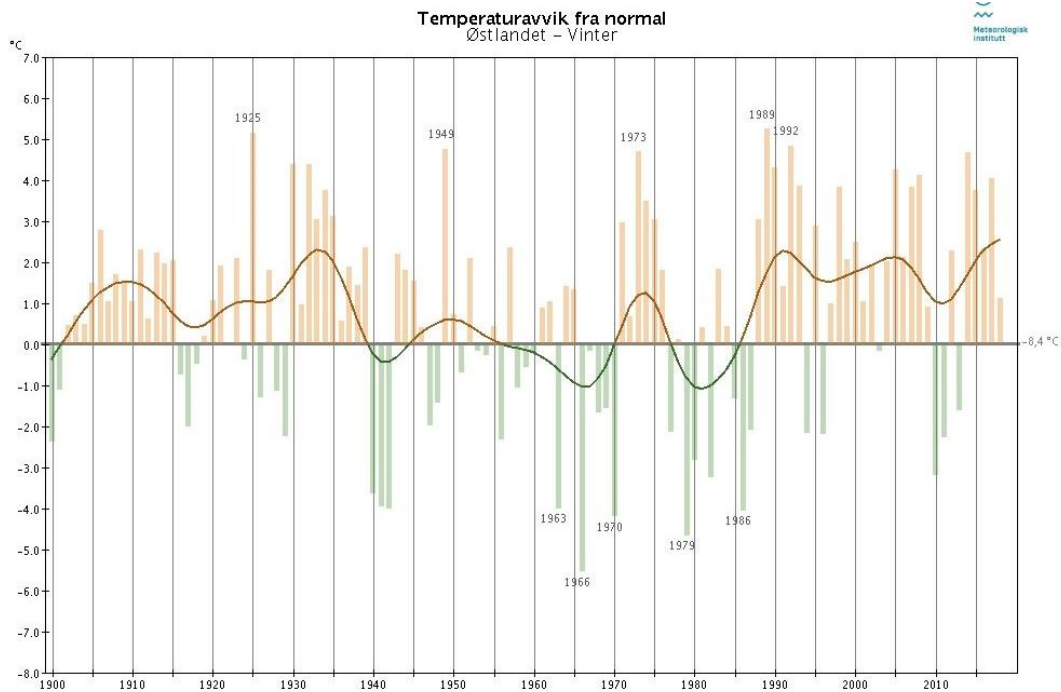
I 2017 ble det foretatt registreringer av nedre voksegrense for utvalgte makroalger på 8 stasjoner og rammeregistreringer av dyr og alger i fjæresonen på 15 stasjoner (**Figur 2**). Med fjæresonen menes her littoralsonen og øverst i sublittoralsonen (sonen under lavvannsmerket). Nedre voksegrense-stasjonene er tidligere blitt undersøkt i 2016, 2010 og 2007 og metodikken brukes under Vanndirektivet og medfører dykking. Rammestasjonene er tidligere blitt undersøkt i 2016, 2014, 2010, 2009 og 2007 (ikke alle stasjonene er undersøkt hvert av årene). Stasjons- og metodebeskrivelser er gitt i fagrapporten (Gitmark et al. 2018).



Figur 2. Kartet viser hardbunnstasjoner som ble undersøkt i 2017. Rammestasjonene er merket med røde sirkler. Nedre voksegrensestasjoner er merket med sorte kryss.

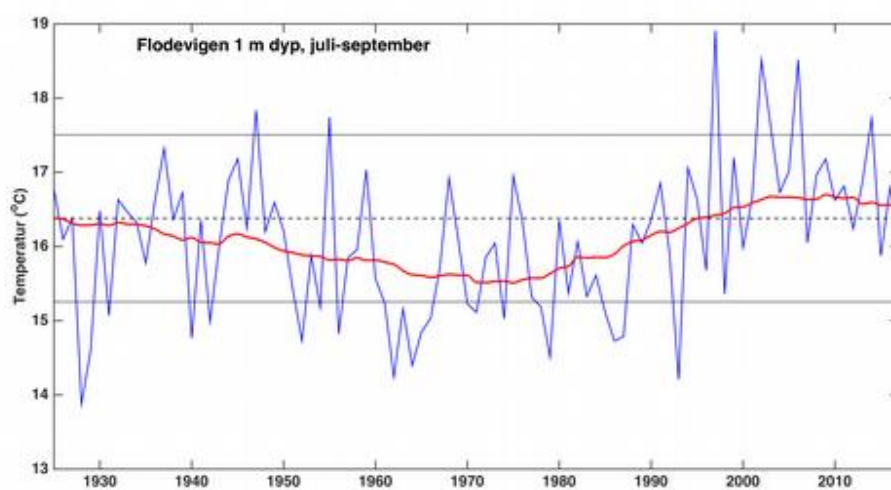
3 Klimatiske forhold

Meteorologisk institutt melder at lufttemperaturen på Østlandet har vært jevnt varmere enn normalen etter 1988, med tendens til fortsatt oppvarming. Hovedtendensen for nedbør de siste drøyt 100 år er at det har blitt våtere, spesielt de drøyt siste 20 årene. Figurene nedenfor er fra Meteorologisk institutt og viser utviklingen av temperatur og nedbør vinterstid på Østlandet siden år 1900. For nærmere info se <https://www.met.no/vaer-og-klima/klima-siste-150-ar>

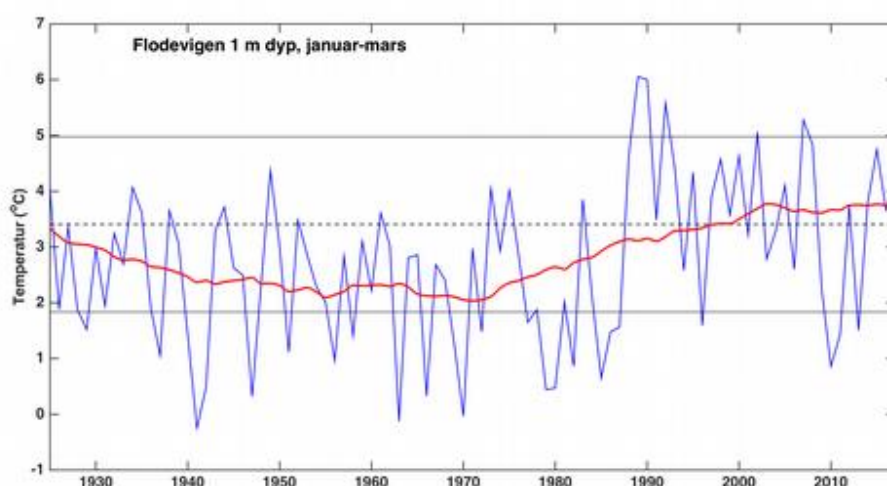


I Flødevigen ved Arendal måler Havforskningsinstituttet sjøtemperaturen kontinuerlig. Målingene representerer store deler av den norske Skagerrak-kysten godt. Informasjonen nedenfor er hentet fra www.hi.no. Resultater fra målinger på 1 m dyp er vist i Figur 3 og Figur 4.

Både vinter- og sommertemperaturene i øvre vannlag i Flødevigen har fra 1990-tallet vært preget av noen av de høyeste verdiene siden målingene startet på 1920-tallet. Sommertemperaturene i Skagerrak har holdt seg høye siden midt på 1990-tallet. Årene 1997, 2002 og 2006 var spesielt varme og sommeren 2014 var også relativt varm, mens somrene etter dette har hatt nær normale overflatetemperaturer sammenliknet med langtidsmiddelet. Vintertemperaturene i Skagerrak, representert med middelværdi for perioden januar-mars, har holdt seg høye siden slutten av 1980-tallet. Spesielt varme vintre var det i perioden 1990-2009, mens vintrene 2010, 2011 og 2013 var vesentlig kaldere enn normalt for de siste 30 årene med gjennomsnittstemperaturer mer lik de i den historiske perioden fra 1920-tallet til 1980-tallet. I 2017 var vintertemperaturen (januar-mars) litt varmere enn normalt, mens sommertemperaturen (juli-september) lå litt lavere enn normalt.



Figur 3. Sommertemperatur (juli-sept.) på 1 m dyp i Flødevigen sammenlignet med langtidsmiddelet (stiplet linje).



Figur 4. Vintertemperatur (jan-mars) på 1 m dyp i Flødevigen sammenlignet med langtidsmiddelet (stiplet linje).

4 Tilførsler

4.1 Beregnede kildefordelte tilførsler

På grunn av rutiner knyttet til datarapportering og bearbeiding av data er det kun data fra 2016 som er tilgjengelig for denne rapporten. Data fra kilderegistrene er som tidligere år bearbeidet i TEOTIL og viste ingen dramatiske endringer i 2016 (Selvik og Sample, 2017).

Flere nedleggelse av industrianlegg rundt Ytre Oslofjord de senere år har resultert i reduserte tilførsler av næringsalter fra industri. Det kan nevnes at området ved cellulosefabrikken på Tofte nå er ryddet og klargjort for eventuelle nye etableringer.

Jordbruk er den største enkeltkilden for tilførsler av menneskeskapt fosfor og nitrogen (Figur 5 og Figur 6). I 2011 ble det i Stortingsmeldingen «Velkommen til bords» (nr. 9, 2011-2012) presentert en ambisjon om at produksjonen i landbruk skulle økes med 20 % innen 2030 og holde følge med befolkningsveksten nasjonalt og internasjonalt. I Østfold var det etablert en forskrift om redusert jordbearbeiding om høsten (et viktig tiltak innen jordbruket for å redusere fosforavrenning). Etter nytt mål om økt matproduksjon ble forskriften endret med økt jordbearbeiding om høsten som resultat (høstveteproduksjon). Kryssende målsettinger mellom miljømål for vann og nasjonalt mål om økt matproduksjon medførte bl.a. at flere vannområder i Østfold bad Klima- og miljødepartementet og Landbruks- og matdepartementet om avklaringer på nasjonalt nivå. Bondelaget i Østfold og vannregionen har organisert flere møter for å skape dialog rundt temaet (se f.eks.

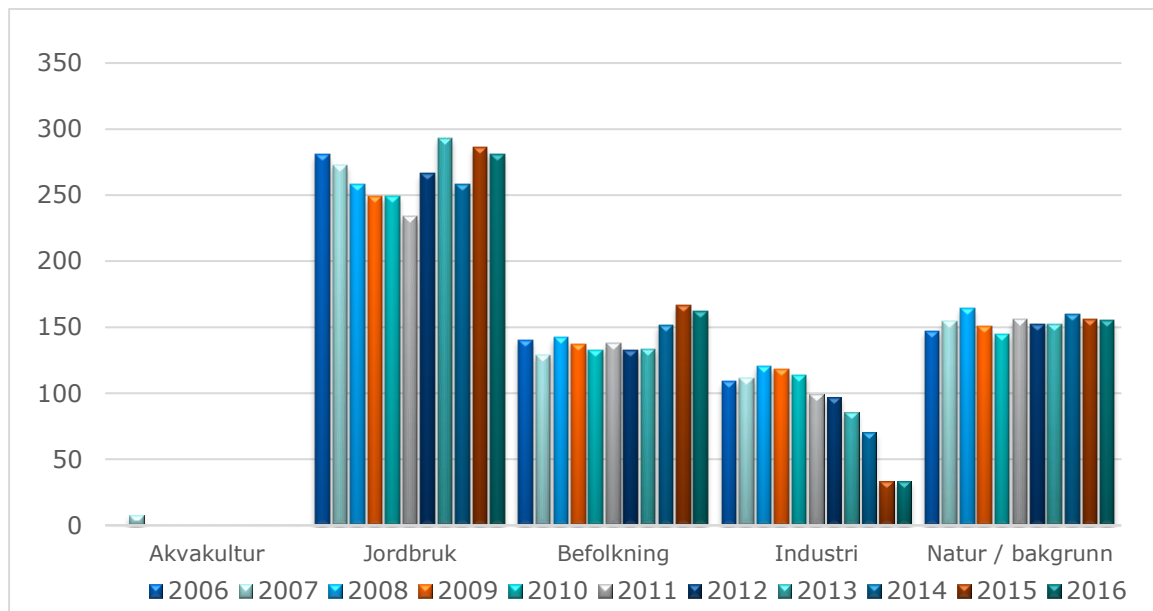
http://www.vannportalen.no/globalassets/vannregioner/glomma/publikasjon_vannforvaltning_sider_digital.pdf).

Befolkningsveksten rundt Oslofjorden har vært betydelig i flere år (Tabell 1). I årene fremover forventes en fortsatt befolkningsvekst rundt Ytre Oslofjord og flere kommuner opererer med ca. 2% årlig vekst i sine kommuneplaner. Befolkningsvekst har konsekvenser for håndtering av avløp fra befolkningen fordi kapasiteten må utvikles i takt med befolkningsutviklingen. Dersom netto tilførsel til fjordområdet ikke skal øke, må også anleggenes effektivitet økes. De fleste større renseanlegg har høy effektivitet (87,9 % rensegrad) for rensing av fosfor (primærfelling), men det er ingen anlegg som er bygget for nitrogensrensing (Fagråd for Ytre Oslofjord, 2017). Tre anlegg har biologisk rensing for fjerning av organisk stoff (sekundærfelling). Med utgangspunkt i anleggenes kapasitet i 2003, vil en økning i belastningen på 25% medføre krav om sekundærfelling. Figur 5 og Figur 6 indikerer at det er en økning i tilførslene av både fosfor og nitrogen fra befolkningen. SSB har gjennomført noen metodiske endringer og det har blitt gjennomført nye modellkjøringer tilbake til 2002 for å få mest mulig sammenlignbare tall.

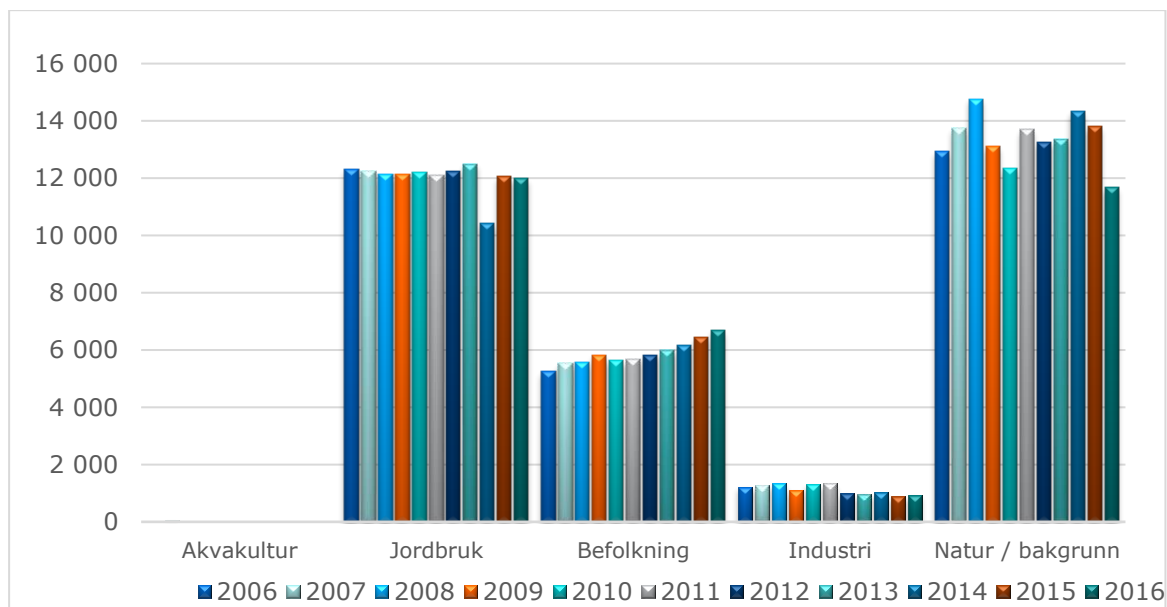
Tabell 1. Tall fra SSBs statistikk over «Folkemengde og befolkningsendringar».

Fylke	Endring (%) 2013-2018
Østfold	4.8
Akershus	8.4
Buskerud	4.7
Vestfold	4.3
Telemark	1.5

Utslipp fra akvakultur har vært svært begrenset i Ytre Oslofjord. Det er under planlegging et nytt landbasert oppdrettsanlegg i Fredrikstad med moderne resirkuleringsteknologi som ble omtalt i fjorårets rapport (Walday et al. 2016). Første innsetting av fisk forventes mot slutten av 2018.



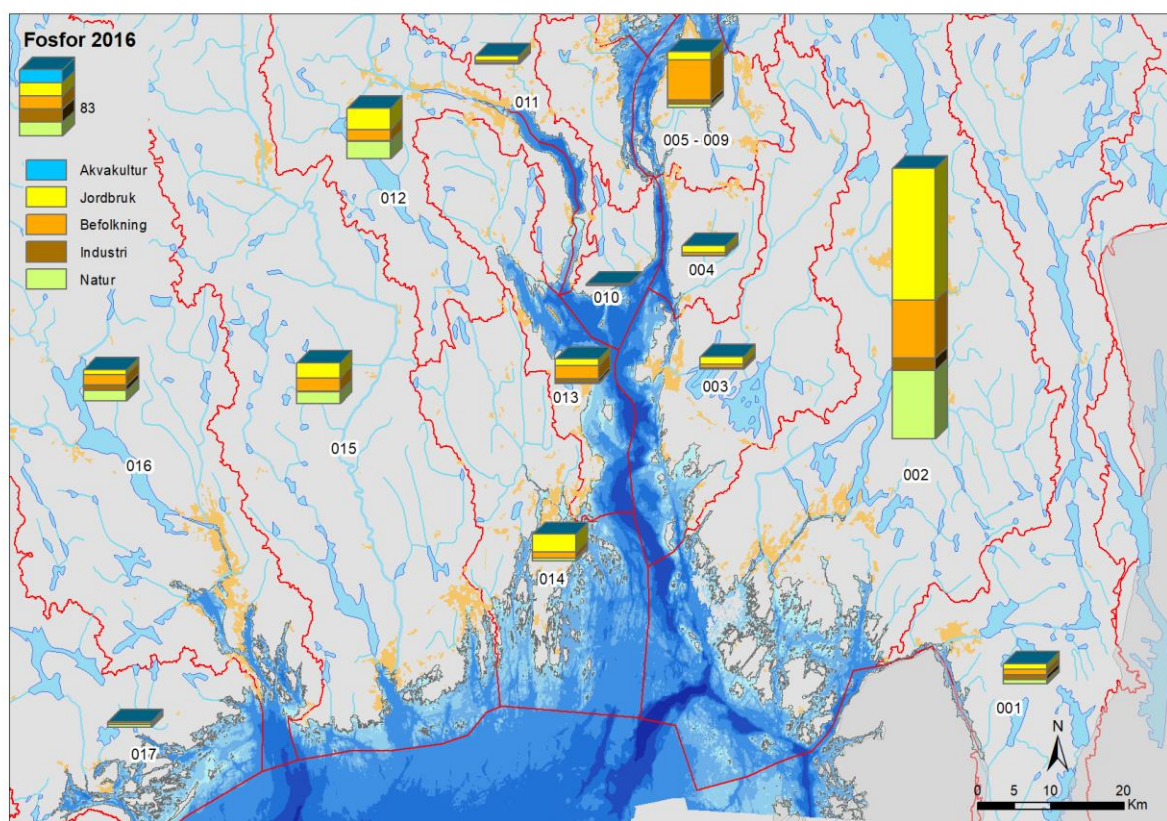
Figur 5. Teoretisk beregnede kildefordelte tilførsler av fosfor (tonn/år) til Ytre Oslofjord fra landområdene som drenerer direkte til Ytre Oslofjord. Dette inkluderer avløpsanlegg og industrianlegg med direkte utslipp til fjorden, men tilførsler fra Indre Oslofjord og langtransport med havstrømmene inngår ikke.



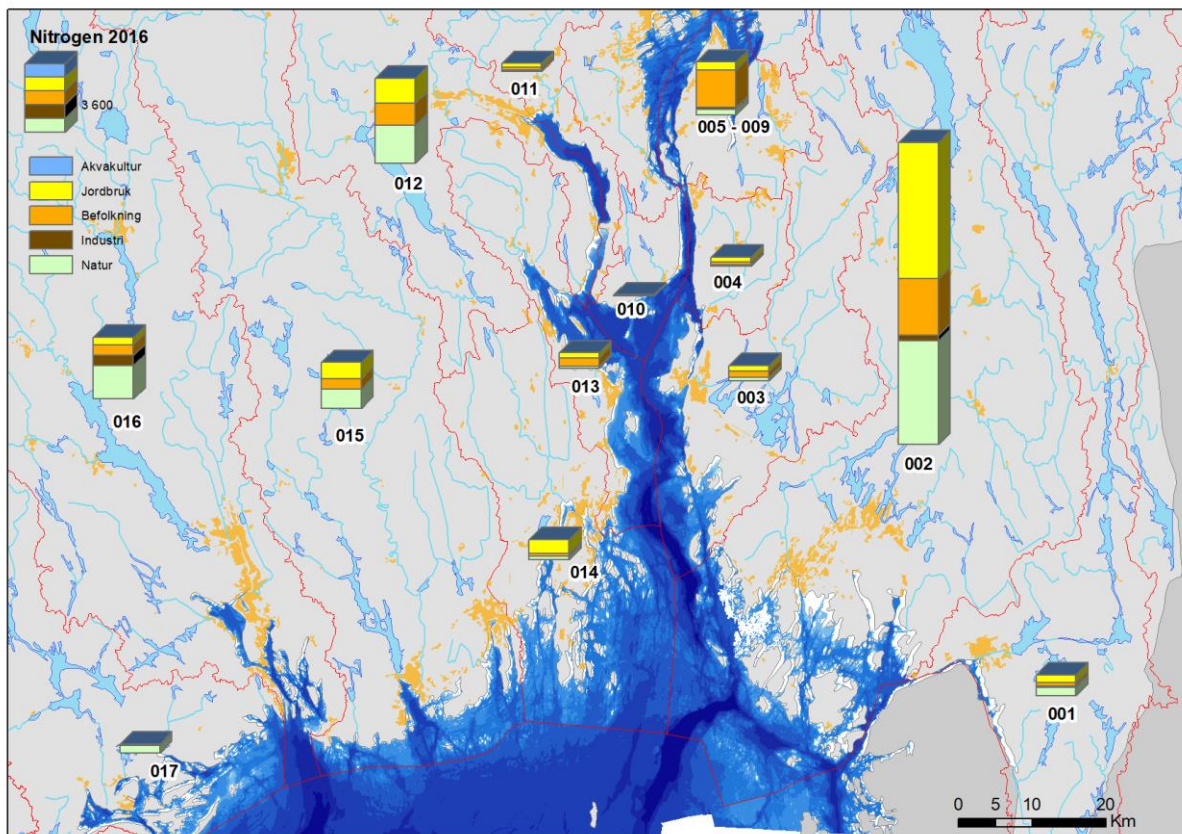
Figur 6. Teoretisk beregnede kildefordelte tilførsler av nitrogen (tonn/år) til Ytre Oslofjord fra landområdene som drenerer direkte til Ytre Oslofjord. Dette inkluderer avløpsanlegg og industrianlegg med direkte utslipp til fjorden, men tilførsler fra Indre Oslofjord og langtransport med havstrømmene inngår ikke.

Kartene nedenfor (Figur 7 og Figur 8) viser kildefordeling av tilførsler via vassdragsområdene rundt Ytre Oslofjord. Glomma er åpenbart største bidragsyter. Kildefordelingen i de ulike vassdragsområdene reflekterer vassdragsområdenes størrelse og fordelingen av arealtyper (jordbruk, skog osv.), men gir i utgangspunktet ingen antydning om hvor det er mest hensiktsmessig å innføre utslippsbegrensende tiltak før man kobler dette nærmere med tilstanden i sjøresipientene.

Tilførslene til Indre Oslofjord er også vist på kartene. Kildene til tilførsler av næringsalter i Indre Oslofjord er dominert av avløp fra befolkning på grunn av relativt lite jordbruk og store befolkningskonsentrasjonene i nedbørfeltet (Figur 7 og Figur 8).



Figur 7. Fordeling av beregnede kildefordelte tilførsler av fosfor (tonn) fra ulike kilder i de ulike vassdragsområdene som drenerer til Ytre Oslofjord. Tilførsler til Indre Oslofjord er også vist (område 005-009), men er ikke direkte relevant for hvor mye som transporteres ut til Ytre Oslofjord. Tilførsler med havstrømmer inngår ikke i denne figuren.



Figur 8. Fordeling av tilførsler av nitrogen fra ulike kilder i de ulike vassdragsområdene som drenerer til Ytre Oslofjord (angitt med nummer på kartet). Tilførsler til Indre Oslofjord er også vist (område 005-009), men er ikke direkte relevant for hvor mye som transporteres ut til Ytre Oslofjord. Tilførsler med havstrømmer inngår ikke i denne figuren.

4.2 Målte tilførsler via elver

Miljødirektoratets elvetilførselsprogram (Skarbøvik et al. 2017) har pågått siden 1990 og har fulgt 10 «hovedelver» i Norge med månedlige analyser av konsentrasjonene av ulike vannkjemiske komponenter i hele perioden. Trendene i elvetilførslene (Tabell 2) oppdateres årlig etter hvert som nye data kommer til.

Elvetilførselsprogrammet angir at de mellomårlige forskjeller i tilførsler av næringssalter og partikler i stor grad kan forklares med de mellomårlige forskjeller i vannføring (Skarbøvik et al. 2013). Tabell 3 viser at vannføringen er signifikant økende i alle fire vassdrag som drenerer til Ytre Oslofjord. Hvis man analyserer tilførslene ved å fjerne effekten av vannføringen er det ingen påviselig trend i materialet utenom Numedalslågen, men det er jo de faktiske tilførsler til fjordområdet som er av interesse her.

Glomma, Drammenselva og Numedalslågen har en signifikant økende transport av total-nitrogen, men ingen trend er synlig for Skienselva. For nitrat er det bare Drammenselva som viser økende tendens, mens Skienselva viser en nedadgående tendens. Utenom Numedalslågen (ingen trend) viser vassdragene nedgang for ammonium. Alle unntatt Skienselva viser en økende transport av fosfat, mens det for total-fosfor kun er Drammenselva og Numedalslågen som øker. Økende vannføring kan

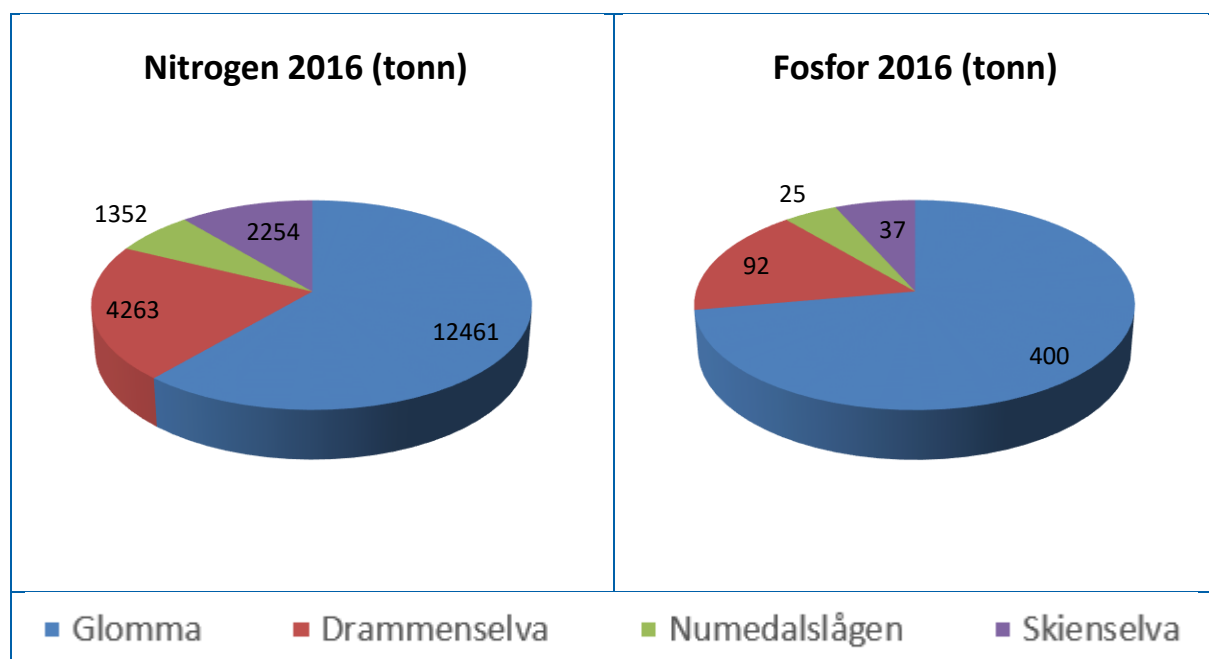
gi økt erosjon og økt transport av fosfor. Drammenselva og Numedalslågen viser også økende partikkeltransport (SPM).

Tabell 2. Trender i tilførsler til elver som overvåkes gjennom Miljødirektoratets elvetilførselsprogram (RID - Riverine inputs and direct discharges to Norwegian coastal waters) (etter Skarbøvik et al. 2017). Tabellen viser p-verdier og farge indikerer grad av statistisk signifikans. Q = vannføring, SPM = partikler.

Elvetilførsler-langtids, 1990-2016							
River	Q	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Tot-N	PO ₄ -P	Tot-P	SPM
Glomma	0.0231	0.0000	0.2516	0.0207	0.0231	0.3070	0.2516
Drammenselva	0.0081	0.0131	0.0764	0.0056	0.0009	0.0005	0.0014
Numedalslågen	0.0477	0.2035	0.5455	0.0056	0.0318	0.0390	0.0836
Skienselva	0.0231	0.0165	0.0003	0.6920	0.4656	0.1754	0.6022

	Nedadgående, statistisk signifikant ($p < 0.05$)
	Nedadgående, ikke statistisk signifikant ($0.05 < p < 0.1$)
	Oppadgående, statistisk signifikant ($p < 0.05$)
	Oppadgående, ikke statistisk signifikant ($0.05 < p < 0.1$)

Glomma er den desidert største bidragsyter til transporten av fosfor og nitrogen til Ytre Oslofjord og fordelingen mellom elvene i 2016 er vist i Figur 9 .



Figur 9. Transport av nitrogen og fosfor i tonn til Ytre Oslofjord fra de fire elvene Glomma, Drammenselva, Numedalslågen og Skienselva i 2016.

5 Vannmasser

5.1 Tilstandsvurdering av Ytre Oslofjord 2017

Det er stor variasjon i miljøtilstand mellom de ulike stasjonene i Ytre Oslofjord-programmet. Stasjoner som ligger i de ytre delene av sidefjordene og stasjoner i de vestlige delene har generelt bedre miljøforhold enn de som ligger lengre inn i sidefjordene. Klassifiseringen for de stasjoner som inngikk i programmet i 2017 er gitt i Tabell 3. I kolonnen «samlet vurdering» er ikke siktdyp inkludert i analysen. Siktdypet er målt ved samtlige prøvetakinger, så sant det ikke har vært for lite dagslys (data er gitt i fagrapporten for 2017; Naustvoll et al. 2018). Siktdyp er i seg selv en usikker parameter, og det er stilt spørsmål ved bruken av denne i klassifiseringssystemene. «Samlet vurdering» er her kun basert på kjemiske parametere og klorofyll. Dersom «siktdyp» ble inkludert ville kun to stasjoner fått samlet vurdering «god», øvrige ville havne i «moderat» eller dårligere. For oksygen er det for klassifiseringen benyttet høstverdier i dypvann i henhold til anbefaling i Veileder 02:2013 -rev2015. Samtlige oksygendata er vist i Naustvoll et al. 2018.

5.2 Frierfjorden og de vestlige deler av Ytre Oslofjord

Inne i Frierfjorden har det over mange år blitt registrert noe forhøyede nitrogenkonsentrasjoner. I 2017 ble det målt forhøyede konsentrasjoner av nitrat som resulterte i «moderat» tilstandsklasse for denne parameteren. Dette er samme tilstand som i 2016. For parameteren total-N var tilstanden i 2016 «god», mens den for 2017 er satt til «moderat». For både fosfat og total-P var tilstanden i 2017 satt til «god» i både sommer- og vinterperioden. Dette er en reduksjon med én tilstandsklasse for vinteren sammenlignet med 2016. På grunn av flere terskler ut mot åpen kyst har Frierfjorden en utfordring når det gjelder utskiftning av bunnvannet og den er ekstra sårbar for organiske tilførsler. Det ble ikke registrert noen utskiftning av bunnvann i 2016/2017, noe som resulterte i tilstandsklassen «svært dårlig» for oksygen i 2017. I en samlet vurdering, basert på kjemiske parametere, oksygen og klorofyll, er tilstanden i Frierfjorden i 2017 satt til «svært dårlig», der oksygenkonsentrasjon i bunnvannet er utslagsgivende.

Under programmet ØKOKYST-Skagerrak er det i 2017 overvåket to stasjoner i Grenlandsfjordene: Håøyfjorden (VT66) og Langesundsfjorden (VT67), hvor begge ble prøvetatt 11 ganger i 2017 (Fagerli et al. 2018). Tilstandsklassifiseringen for disse to stasjonene, basert på minimum fem sammenhengende år med data, viser «god» eller «meget god» tilstand for næringsalter, og tilfredsstillende dermed vanndirektivets krav, men kun moderat for siktdyp, og hhv. «meget dårlig» og «moderat» for oksygen i bunnvannet.

For Larviksfjorden er den samlede vurderingen i 2017 satt til «god». Utslagsgivende parameter for 2017-tilstanden var konsentrasjon av total-P. Øvrige parametere var for det meste i «meget god» tilstand. Samlet vurdering er lik den i 2016 for sommerperioden, mens tilstanden er bedret med én tilstandsklasse for vinterperioden. Bedring i nitratforholdene har ført til bedre vintertilstand i Larviksfjorden.

Samlet vurdering for Sandefjordsfjorden var i 2016 «moderat» for både vinter og sommer. I 2017 var tilstanden noe bedret med «god» og «moderat» for henholdsvis vinter og sommer. For 2017 var nitrat og total-P utslagsgivende for den samlede sommerklassifiseringen.

Forhøyede konsentrasjoner av nitrat resulterte i «dårlig» tilstand i den samlede vurderingen for sommeren for Vestfjorden ved Tønsberg. Dette er én tilstandsklasse dårligere enn i 2016. For vinterperioden er det derimot en bedring i samlet tilstand fra «moderat» i 2016 til «god» i 2017.

Tabell 3. Miljøklassifisering av stasjonene i Ytre Oslofjord basert på 2017-data. Data fra de øvre 10 meter er benyttet slik det er angitt i Veileder 02:2013 – rev2015. For oksygen er det benyttet høstverdier i dypvann i henhold til anbefaling i Veileder 02:2013 -rev2015. For klorofyll a er klassifiseringssystemet i SFT 1997:03 benyttet. Det er foretatt korrigering for saltholdighet. Samlet vurdering er basert på stasjonens dårligste parameter, men inkluderer ikke siktdyp.

Stasjon	Sesong	Nitrat (µg/l)	Fosfat (µg/l)	Tot P (µg/l)	Tot N (µg/l)	Klorofyll a (µg/l)	Oksygen (ml/l)	Siktdyp (m)*	Samlet vurdering
Frierfjorden og de vestlige deler av Ytre Oslofjord									
Frierfjorden BC-1	Sommer	99	5,7	15,2	367	3,9	0,13	3,7	V
	Vinter	130	14,4	21,3	343				III
Larviksfjorden LA-1	Sommer	10,2	3,1	12,4	191,6	1,3	4,8	4,5	II
	Vinter	74	14,9	21,6	222				II
Sandefjordsfjorden SF-1	Sommer	25,6	4,7	18,3	233	1,9	4,1	4,7	III
	Vinter	77,4	15,3	22	224				II
Vestfjorden TØ-1	Sommer	78	7	27,4	488,5	2,9	2,6	4	IV
	Vinter	116	16,9	22,6	288,3				II
Indre deler av Ytre Oslofjord									
Indre Drammensfjord D-3	Sommer	260	5,7	12,4	438	1,5	0,14	3,2	V
	Vinter	255	19,5	24,4	470				III
Midtre Drammensfjord D-2	Sommer	180	5,6	14,2	456	2,8	0,13	3,2	V
	Vinter	178	17	12,8	385				III
Kippenes MO-2	Sommer	48	4,4	11,2	273	2,1	3,6	5,3	III
	Vinter	148	17,4	23,9	311				III
Hvalerområdet									
Leira Ø-1	Sommer	12,5	3,9	11,2	203	1,7	4,5	4,2	II
	Vinter	78,5	15,6	23,8	308				II
Ramsø I-1	Sommer	57,7	5,5	12,6	339	2,3	3,5	3,5	III
	Vinter	94	16,4	23	384				III
Haslau S-9	Sommer	25,9	4,2	13	254	5,6	3	3,7	III
	Vinter	99,4	15,3	24,4	379				II
Sponvika (SP-1)	Sommer	32,7	5	14,4	280	4,6	4,2	4,7	III
	Vinter	x	x	x	x				x
Ringdalsfjorden RA-5	Sommer	82	9,7	18	347	6,8	1,8	3,3	IV
	Vinter	180	31	34	569				IV
Midtre Iddefjorden ID-2	Sommer	191	8,4	13,9	417	6,3	0,14	3,2	V
	Vinter	172	80	71,4	398				V
Åpen fjord, Østfold									
Rauerfjorden RA-1	Sommer	8,2	3,3	13,2	247	2,2	4,7	6	II
	Vinter	83	15,2	22,9	319				II
Krokstadfjorden KF-1	Sommer	16,3	3,8	11,8	254	2	4,3	5,3	II
	Vinter	88	15	23	311				II
Åpen fjord, Vestfold									
Kongsholmen (KH-1)	Sommer	23	5,9	15,6	316	1,4	4,2	6,7	II
	Vinter	95	15,4	21	280				II
Bolærne (BO-1)	Sommer	12,2	2,7	12,3	228	2,3	4,4	5,7	II
	Vinter	86,6	15,4	22,2	290				II

*siktdypet vil være svært avhengig av lysforholdene den aktuelle dagen, blant annet tidspunkt på dagen for prøvetakning. Denne parameteren er ikke inkludert i «Samlet vurdering» av tilstanden.

Fargen angir miljøklasse: **I - Svært god**, **II - God**, **III - Moderat**, **IV - dårlig** og **V - Svært dårlig**.

5.3 Åpen fjord, Vestfold

Stasjonene Kongsholmen og Bolærne ligger relativt eksponert ut mot ytre del av Oslofjorden på utsiden av Tjøme. Begge stasjonene har god vannutskifting mot den åpne delen av fjorden. Ved begge stasjoner var samlet vurdering «god» både vinter og sommer 2017.

5.4 Indre deler av Ytre Oslofjord

I indre deler av Ytre Oslofjord er det tre stasjoner, to i Drammensfjorden og en ved Kippenes i Mossesundet. For alle stasjonene var nitratkonsentrasjonene i tilstandsklasse «moderat» til «dårlig» i sommer- og vinterperioden 2017. For Kippenes var dette utslagsgivende i den samlede vurderingen. Stasjonene inne i Drammensfjorden ligger begge innenfor terskelen ved Svelvik og oksygenforholdene i bunnvannet har vært «svært dårlig» en lengre periode. For begge stasjonene fører oksygenforholdene til at samlet vurdering for sommeren er «svært dårlig». Basert på vinterdata er samlet vurdering for begge stasjonene «moderat» i 2017. Sammenlignet med data fra 2016 er det en forverring for stasjonen rett innenfor Svelvik for vinteren, mens det for de to øvrige er lik samlet vurdering de to årene.

5.5 Åpen fjord, Østfold

Den samlede vurderingen av stasjonene i Rauerfjorden og Krokstadfjorden var «god» for vinter- og sommerperioden i 2017. For Krokstadfjorden er dette en bedring med én tilstandsklasse sammenlignet med sommerperioden 2016, mens det ikke er noen endring for stasjonen Rauerfjorden.

5.6 Hvalerområdet

Stasjonene rundt Hvaler danner en gradient i miljøtilstand fra de ytre områdene (Leira) til de indre delene (Iddefjorden). Denne gradienten kan også ses i den samlede vurderingen, der stasjon «Leira» får tilstandsklasse «god», mens stasjonen i Iddefjorden får tilstandsklasse «svært dårlig» (Tabell 3).

Som i 2016 er vurdering av Haslau i 2017 «moderat» og «god», henholdsvis sommer og vinter. Sommertilstanden er styrt av forhøyede nivåer av nitrat. Ved Ramsø er vintertilstanden i 2017 redusert med en tilstandsklasse i forhold til 2016 og samlet vurdering blir i 2017 «moderat». For sommerperioden er det også i 2017 målt forhøyede konsentrasjoner av Total-N og Nitrat-nitrogen som resulterer i «moderat tilstand».

For Iddefjorden er det i 2017 oksygenforholdene som er utslagsgivende for samlet vurdering i sommerperioden, mens fosfat og total-P er utslagsgivende for vinterperioden. Sammenlignet med 2016 er tilstanden redusert med én tilstandsklasse vinteren 2017. Ringdalsfjorden fikk samlet vurdering «dårlig», med nitrat og total-N som utslagsgivende parametere for henholdsvis sommer- og vinterperioden. For stasjonen «Sponvika» er det kun data nok til å vurdere sommerperioden. Samlet vurdering ble «moderat» på grunn av forhøyede konsentrasjoner av nitrat.

5.7 ØKOKYST-programmet i Ytre Oslofjord

Programmet ØKOKYST-Skagerrak under Miljødirektoratet undersøker også hydrografistasjoner i Ytre Oslofjord. Flere av stasjonene er tidligere år undersøkt under Fagrådets program. Resultatene fra 2017 er rapportert i Fagerli et al. 2018.

Tabell 4 nedenfor viser tilstanden på ØKOKYST-stasjonene i 2017. Tilstandsklassifiseringen er for de fleste stasjoner basert på flere påfølgende års resultater. Det er «god» eller «svært god» tilstand på de sentrale stasjonene, mens de to stasjonene i Grenlandsfjordene har henholdsvis «moderat» og «meget dårlig» tilstand – for begge er oksygenforholdene i bunnvannet blant de utslagsgivende parameterne for klassifiseringen.

Tabell 4. Samlet tilstandsvurdering for stasjoner under ØKOKYST-programmet for Skagerrak basert på støtteparametere innhentet i vinter-, sommer- og høstperioden. Klassifiseringen er også basert på innsamlinger som tidligere ble gjort under Fagrådets overvåkingsprogram. Dårligste parameter er utslagsgivende. Parameter og periode som er utslagsgivende for de ulike vannforekomstene er gitt. Tabell fra Fagerli et al. 2018.

Stasjonsnummer og navn	År	Tilstands klasse	Utslagsgivende parameter
VT10 Breiangen	2013-2017	God (0,60)	TotP
VT2 Bastø	2017	Svært god (0,82)	TotP, PO ₄
VT65 Missingene	2014-2017	God (0,70)	Sikt, O ₂ , NO ₃
VT3 Torbjørnskjær	2013-2017	God (0,70)	TotP
VT67 Langesundsfjorden	2012-2017	Moderat (0,50)	Sikt, O ₂ , NO ₃
VT66 Håøyfjorden	2012-2017	Svært dårlig (0,10)	O ₂
VT4 Hvitsten	2017	God (0,74)	NO ₃

5.8 Planteplankton

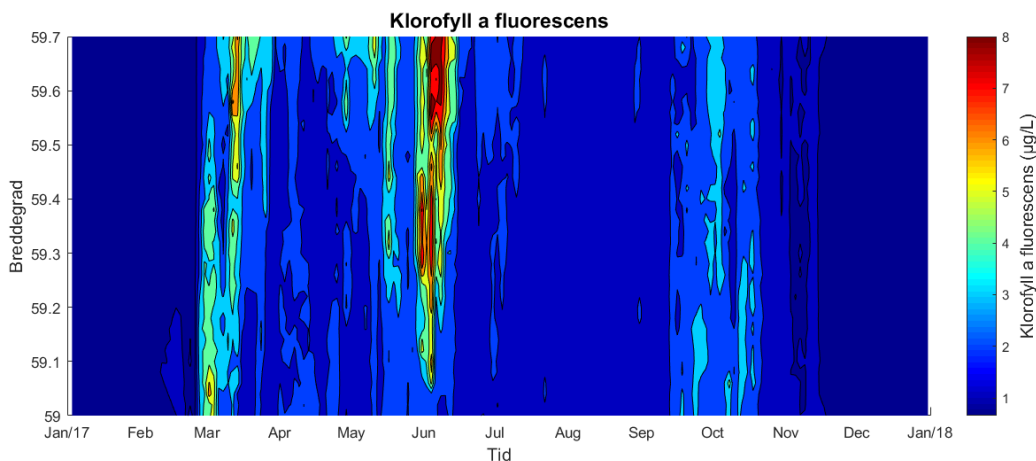
Planteplanktonets artssammensetning og biomasse er knyttet til miljøforhold som vannsøylestabilitet, næringssaltmengder, temperatur og saltholdighet (brakkevannarter). Planteplanktonet viser betydelig variasjon i biomasse og sammensetning innenfor og mellom år, men noen trekk går igjen hos planteplanktonet i Ytre Oslofjord fra år til år: Våroppblomstringen finner sted så snart man har tilstrekkelig lagdeling i vannsøyle og tilstrekkelig med lys. Lys er nødvendig for planteplanktonets fotosyntese, mens lagdelingen sørger for at planktonet i større grad blir værende i den lysrike delen av vannsøyle. Lagdelingen i fjorden initieres som følge av ferskvannstilførsel. Våroppblomstringen i Oslofjorden er normalt en gang i perioden mellom slutten av februar til midten av mars og er dominert av kiselalger som raskt reduserer mengden silikat, nitrogen og fosfat i vannmassene. I sommerperioden er det generelt lavere tetthet av planteplanktonet, som da er dominert av små flagellater. I enkelte år vil større former av fureflagellater være fremtredende i kortere perioder. I Oslofjordssystemet er det normalt med en eller flere oppblomstringer av kiselalger i løpet av sommerperioden. Disse er oftest knyttet til avrenningsperioder fra land som fører til en økning i vannets nitrogen- og silikatkonsentrasjon, de viktigste næringsstoffene for kiselalger. I enkelte år registreres det tilførsel av næringssalter fra dypere liggende vannlag enten ved vindpåvirkning eller lav tilførsel av ferskvann (som fører til økt omrøring i vannmassene). Slike

situasjoner inntreffer oftere ved de eksponerte stasjonene enn inne i sidefjordene, og fører med seg økninger i fosfat- og nitratkonsentrasjoner som stimulerer vekst av flagellater og fureflagellater i større grad enn kiselalger.

I enkelte år vil det finne sted en høstoppblomstring i august – oktober. Oppblomstringen er oftest knyttet til mye vind (høststormer) eller mye nedbør. Avhengig av miljøforholdene vil denne oppblomstringen domineres av enten kiselalger eller fureflagellater.

5.8.1 Planteplankton i 2017

Det innhentes kun data for tolkning av planteplanktonaktivitet (kvantitative prøver og klorofyll-a) i sommer- og høstperioden (juni til og med september). Det innhentes ikke kjemiske data (næringssalter) i vårperioden, og det er dermed vanskelig å angi tidspunktet for våroppblomstringen i sidefjordene. Basert på fluorescens-data fra «Ferryboks» i den sentrale delen av Oslofjorden fant våroppblomstringen i 2017 sted i første halvdel av mars i de ytre delene, mens oppblomstringen spredte seg til de indre delene i siste halvdel av mars (Figur 10). Våroppblomstringen har funnet sted i løpet av mars måned siden 2015, og anses også som den «historiske normalperioden» for våroppblomstringen. Etter våroppblomstringen avtok mengden planteplankton, inntil en ny økning fant sted i de indre delene av Ytre Oslofjord i siste halvdel av mai 2017. En tilsvarende suksessjon ble registrert også i 2016. I juni ble det registrert en markant økning i fluorescensen fra de indre til de ytre delene, med høyest intensitet i de indre deler. Etter denne markante oppblomstringen i juni avtok planteplanktonmengden. En mindre økning i fluorescens ble registret i siste halvdel av september frem til midten av oktober i hele Oslofjorden. Et lignende mønster ble også observert fra juli til oktober i 2016, med unntak av at det i 2016 stort sett ble registrert økninger fra indre del av fjorden ut til midtre del (Bastø).

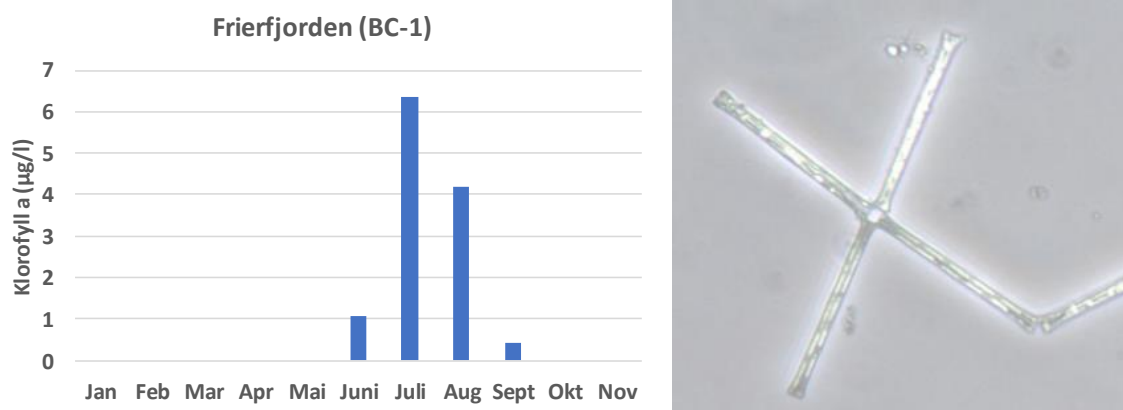


Figur 10. Konturplott av klorofyll-a fluorescens på 4 m dyp i 2017. Data er vist for området fra Torbjørnshjørn og opp til Drøbak.

5.8.2 Frierfjorden og de vestlige delene av Oslofjorden

Artene som i 2017 var tilstede på stasjonene Larviksfjorden, Sandefjordsfjorden og Vestfjorden skilte seg merkbart fra artene som ble funnet i Frierfjorden. I den første gruppen fantes arter som er vanlige i områder som hovedsakelig er influert av marine vannmasser, mens artssammensetningen i Frierfjorden var dominert av arter som foretrekker lave saltholdigheter.

I 2017 var det et markant maksimum i klorofyll-a i juli i Frierfjorden (Figur 11). Planteplanktonet var på det tidspunktet dominert av kiselalgene *Diatoma tenuis*, *Cyclotella* og *Pseudo-nitzschia*. Blant fureflagellatene var det først og fremst *Heterocapsa rotundata* som var tallrik. Samme arten var tilstede i oktober, men i lavere tetthet. I tillegg var det forhøyede mengder av flagellaten *Dinobryon divergens* i Frierfjorden.



Figur 11. Utviklingen i mengden klorofyll-a i Frierfjorden 2017 (venstre). I juli var kiselalgen *Diatoma tenuis* tallrik i Frierfjorden (høyre). Foto: Havforskningsinstituttet, Algelaboratoriet

I Larviksfjorden var det moderate mengder planteplankton (målt som klorofyll-a) i sommerperioden. Maksimum konsentrasjon ble registrert i september, med 3,6 µg/l. Planteplanktonet var i juni-juli dominert av fureflagellater, slektene *Gymnodinium* og *Tripes*. Fra juni til august var det en jevn økning i kalkalgen *Emiliania huxleyi*, en art som resulterer i turkist vann. Økningen i klorofyll-a i september sammenfaller med en økning i mengder av kiselalgene *Skeletonema*, *Dactyliosolenia fragilissimus* og *Leptocylindrus danicus*.

Forløpet i utviklingen av planteplanktonbiomasse var nok så lik for Larviksfjorden og Sandefjordsfjorden. Maksimum klorofyll-a ble målt i september med 5,2 µg/l i Sandefjordsfjorden. I sommermånedene juni og juli var fureflagellater fremtredende i Sandefjordsfjorden (*Gymnodinium*, *Heterocapsa* og *Prorocentrum*). Dominerende alger i forbindelse med maksimum i september var kiselalgene *Skeletonema*, *Dactyliosolenia fragilissimus*, *Chaetoceros* spp og *Leptocylindrus danicus*. Sammenlignet med Larviksfjorden var det i september noe høyere tetthet av fureflagellater (*Tripes furca*, *Heterocapsa rotundata*, *Gymnodinium*).

I Vestfjorden (Tønsberg) var forløpet noe annerledes enn ved Larvik og Sandefjord. Maksimum klorofyll-a konsentrasjon ble målt i juni (4,3 µg/l), med avtakende biomasse i juli-august før en mindre økning fant sted i oktober. Planteplanktonet var i juni dominert av fureflagellatene *Dinophysis* spp og *Tripes* spp. samt kiselalgene *Skeletonema*, *Dactyliosolenia fragilissimus*, *Gunardia delicatula*, *Pseudo-nitzschia* og *Navicula*. I juli og august var det en blanding av kiselalger og fureflagellater der *Prorocentrum cordatum* var tallrik i juli og kiselalgen *Skeletonema* i august.

5.8.3 Åpen fjord, Vestfold

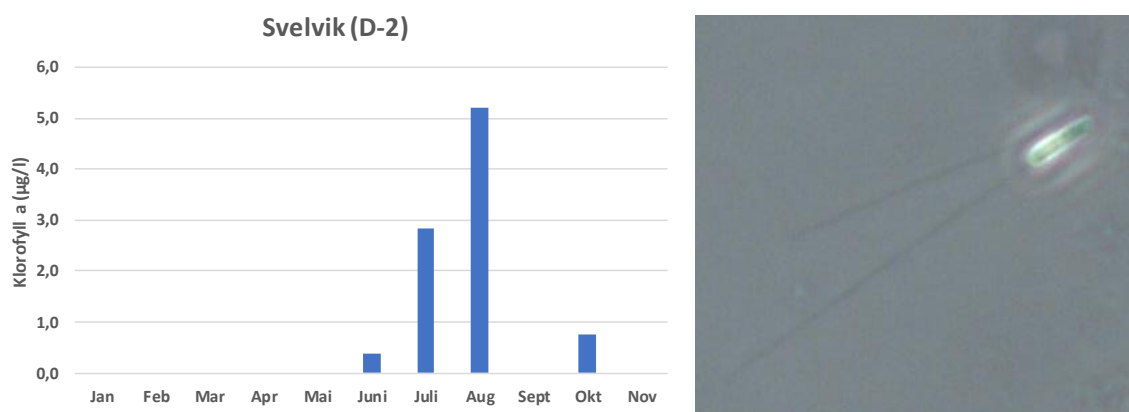
Stasjonene «Kongsholmen» og «Bolærne» ligger på utsiden av Tjøme. Førstnevnte har god vannsirkulasjon, mens «Bolærne» ligger noe mer beskyttet, vendt inn mot Tønsberg. De to stasjonene viste noe ulik utvikling gjennom overvåkningsperioden i 2017. Ved «Kongsholmen» var det en jevn reduksjon i klorofyll-konsentrasjon fra juni til august, et mønster som passer med

observasjoner av fluorescens fra «Ferryboks» for Oslofjorden. Ved «Bolærne» var det derimot noe mer variasjon, med en reduksjon mellom juni og juli før en økning fra juli til august. I sistnevnte periode var klorofyll-konsentrasjonen høyere ved Bolærne enn ved Kongsholmen. Begge stasjonene viste maksimum konsentrasjon i oktober 2017, med 3 µg/l ved Bolærne og 3,6 µg/l ved Kongsholmen. I juni var fureflagellatene *Tripos fusus* og *T. muelleri*, samt *Scrippsiella* sp tallrike ved Bolærne. I tillegg var kiselalgene *Skeletonema*, *Chaetoceros laciniosus* og *Dactyliosolen fragillissimus* tallrike. I oktober 2017 var det høy diversitet i planteplanktonet, og *Leptocylindrus danicus*, *Dactyliosolen fragillissimus*, *Pseudo-nitzschia*, *Skeletonema* og *Cerataulina pelagica* var mest fremtredende, mens slekten *Gymnodinium* dominerte blant fureflagellatene.

5.8.4 Indre del av Ytre Oslofjorden

I indre del av Ytre Oslofjord gjennomføres overvåkingen i Drammensfjorden og ved Kippenes i Mossesundet. I tidligere år har det vært registrert en gradient i mengde klorofyll-a i Drammensfjorden fra den indre stasjonen (Solumstranda) til den ytre stasjonen (Svelvik), med de høyeste konsentrasjonene i ytre delen. For nitrogen (næringssalter) er det normalt omvendt, med en gradient med avtagende konsentrasjoner ut mot Breiangeren. Årsaken til gradienten i klorofyll-a er partikkeltilførsel og ferskvannsavrenning til Drammensfjorden. Ved stor avrenning vil vannets hastighet være så høy at planteplanktonet ikke blir værende inne i fjorden, men fortløpende transporteres ut. Samtidig fører ferskvannet til stor tilførsel av partikler som reduserer lysforholdene i fjorden. I år med redusert tilførsel av ferskvann vil derimot planteplanktonet være i stand til å bygge biomasse inne i fjorden, oftest med et maksimum ved Svelvik, der vannets oppholdstid er lengre og mengden næringssalter forholdsvis høy.

I 2017 ble det registrert høyere konsentrasjoner av klorofyll-a ved Svelvik (5,2 µg/l i august) enn ved Solumstranda (3,6 µg/l i august). Selve forløpet i perioden juni til oktober var det samme ved begge stasjonene, med lave klorofyll-a verdier i juni, økende i juli, med maksimum i august før det avtok innen oktober (Figur 12). Sammenlignet med de mer marine stasjonene er det betydelig lavere artsmangfold ved stasjoner i områder som er sterkt ferskvannspåvirket. De kvantitative prøvene viste at planteplanktonet var dominert av kiselalgene *Cyclotella* sp, *Chaetoceros tenuissimus*, *C. thronsdensii* og *Diatoma tenuis* i august. Dette er kiselalger som er vanlig å observere i ferskvannspåvirkede områder. Det registreres normalt relativt få fureflagellater i ferskvannspåvirkede områder, men ved Svelvik var *Prorocentrum cordatum* og en liten uidentifisert fureflagellat fremtredende i juli. Av flagellater var *Dinobryon divergens* og *D. suecicum* vanlige i juni-august.



Figur 12. Klorofyll-a (µg/l) ved stasjonen «Svelvik» i 2017 (venstre) og den fremtredende arten *Chaetoceros thronsdensii* (høyre). Foto: Havforskningsinstituttet, Algelaboratoriet

Forholdene ved Kippenes er annerledes enn i Drammensfjorden. Ved Kippenes ble det i 2017 målt lave klorofyll-konsentrasjoner i juni, økning i juli (4,5 µg/l), før det avtok i august. Maksimum ble registrert i september med 5,6 µg/l. I juni var det en blanding av fureflagellater og kiselalger og en høy diversitet i planteplanktonsammensetningen. I juli var det først og fremst fureflagellaten *Prorocentrum cordatum*, *Heterocapsa rotundata* og *Gymnodinium* sp., samt kiselalgene *Cyclotella*, *Dactyliosolen fragilissimus* og *Chaetoceros* spp. som var fremtredende. Planteplanktonets sammensetning anses som typisk for stasjoner som er påvirket både av marine vannmasser og av ferskvann. I forbindelse med klorofyll-maksimumet i september var kiselalgene *Skeletonema*, *Chaetoceros* spp. (spesielt *Chaetoceros danicus*) og *Dactyliosolen*, samt fureflagellaten *Tripos furca* fremtredende.

5.8.5 Åpen fjord, Østfold

Rauerfjorden og Krokstadjorden ligger begge relativt åpent, med god kontakt til Oslofjorden. Ved «Rauerfjorden» var det avtakende klorofyll-a konsentrasjon fra juni til august, mens det ved stasjonen «Krokstadjorden» var relativt jevn konsentrasjon i denne perioden. Ved begge stasjonene var det en markant økning i klorofyll-a i september/oktober. Maksimum klorofyll-a konsentrasjon ved «Rauerfjorden» var 4 µg/l og ved «Krokstadjorden» var den 12 µg/l. Observasjonen ved «Rauerfjorden» passer med fluorescens-målingen med «Ferryboks», som viste økte mengder planteplankton i juni og september/oktober. Det samme mønsteret ble observert ved stasjon «Kongsholmen», noe som indikerer at utviklingen i planteplankton ved begge disse stasjonene var relativt lik utviklingen som fant sted i de sentrale delene av Oslofjorden i 2017.

5.8.6 Hvalerområdet

Stasjonene i Hvalerområdet utgjør en gradient innover i fjordsystemet fra den ytre stasjonen «Leira» til den innerste stasjonen «Iddefjorden». Klorofyll-a ble målt på alle stasjonene. Prøver for planteplanktonmengde og -sammensetning ble tatt ved stasjonene «Haslau», og «Ringdals-fjorden». Klorofyll-konsentrasjonene ved stasjonene i 2017 er vist i Figur 13. I Hvaler-området er det vanlig å registrere høyest konsentrasjoner av klorofyll-a i de indre delene av området (Ringdalsfjorden), med avtagende mengder utover i fjordsystemet. Som oftest er konsentrasjonen mer stabilt høyere i de indre delene, mest sannsynlig på grunn av jevnere tilførsel av næringsalter fra avrenning.

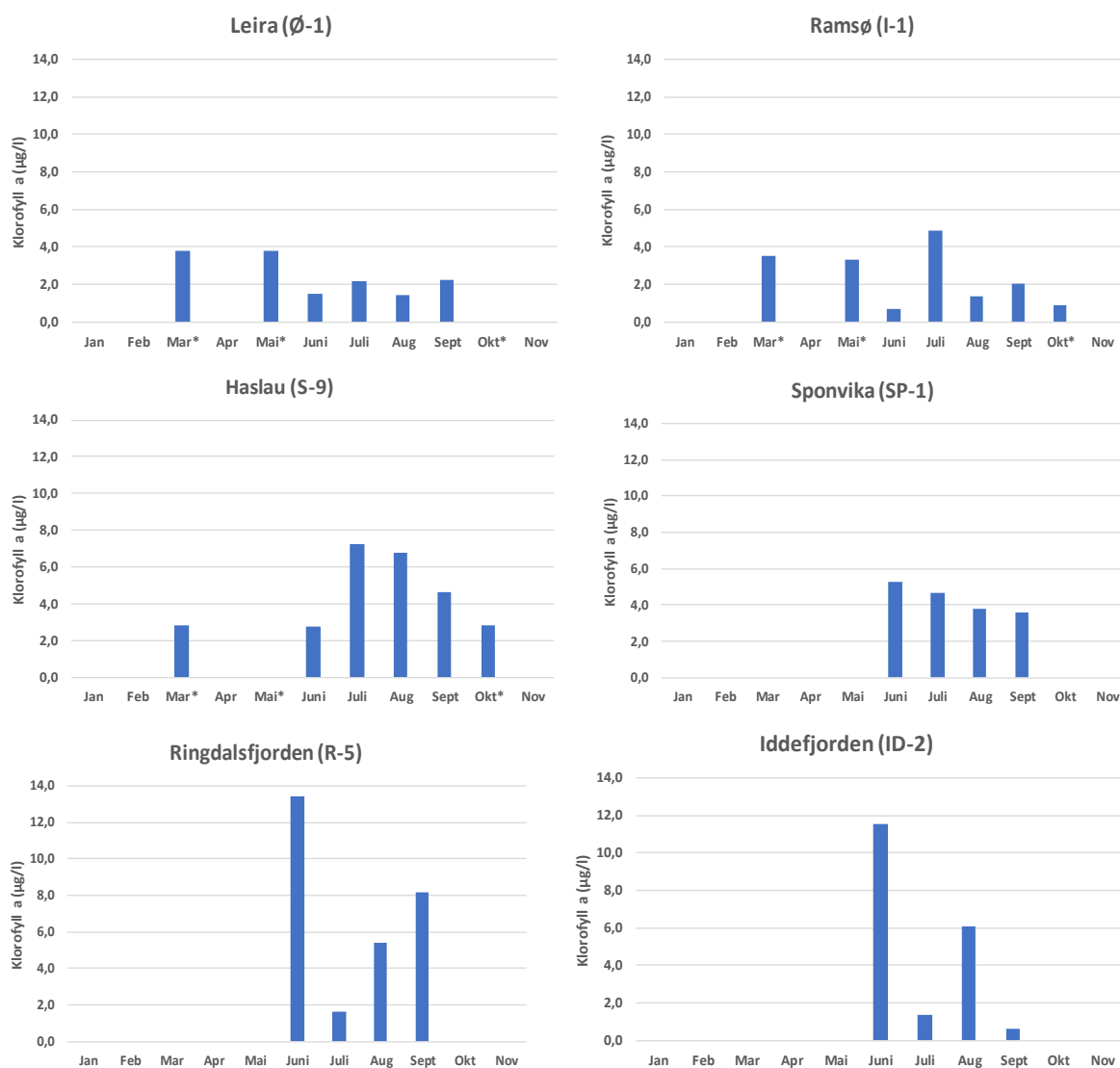
I 2017 ble den høyeste konsentrasjonen av klorofyll-a målt på stasjonen «Ringdalsfjorden» (13,5 µg/l), etterfulgt av «Iddefjorden» (11,8 µg/l), begge i juni måned. Disse to stasjonene hadde vesentlig høyere klorofyll-konsentrasjon enn de øvrige stasjonene (Figur 13). Også ved «Sponvika» var det maksimum i juni, mens det ved «Haslau» ble målt høyest konsentrasjon i juli (ca. 6 µg/l). Ved de ytre stasjonene var det maksimum i juli ved «Ramsø», mens det ved «Leira» var maksimum i mars og mai.

Ved de ytre to stasjonene varierte konsentrasjonen av klorofyll-a i løpet av sommer-høstperioden. Ved de midtre stasjonene (Sponvika og Haslau) var det en jevn reduksjon i konsentrasjon i etterkant av maksimum. De to indre stasjonene hadde en markant reduksjon mellom juni og juli, for deretter å øke frem til august. Ved «Ringdalsfjorden» økte konsentrasjonen ytterligere i september, mens den ved «Iddefjorden» avtok.

Ved Haslau ble det i juli registret relativt høye konsentrasjoner av fureflagellatene *Dinophysis acuminata*, *Heterocapsa triquetra*, *Tripos* spp., *Prorocentrum micans* og *P. cordatum*. Tettheten av kiselalger var da relativt lav med unntak av *Pseudo-nitzschia* sp. og *Chaetoceros* spp. I august var konsentrasjonen av *Tripos* spp. redusert, mens mengden *Scrippsiella* sp., *Prorocentrum micans* og *P. cordatum* hadde økt. Også mengden av kiselalgene *Chaetoceros* sp., *Dactyliosolen fragilissimus* og

Cerataulina pelagica hadde økt. I september var det spesielt fureflagellaten *Prorocentrum cordatum* og kiselalgene *Chaetoceros* sp., *Dactyliosolen fragilissimus* som hadde økt i mengde. Ved Haslau ble brakkvannsformene *Dinobryon* spp., *Scenedesmus* sp., og *Asterionella formosa* kun registrert sporadisk i 2017, og aldri i høye tettheter.

I Ringdalsfjorden var innslaget av brakkvannsformer høyere enn ved Haslau og da spesielt i september og ved klorofyll-maksimum i juni. I september var planteplanktonet dominert av kiselalger. Arter som *Chaetoceros subtilis*, *C. tenuissimus*, *Pseudo-nitzschia* sp., og *Thalassionema nitzschoides* var fremtredende i september. Av fureflagellater var det kun *Prorocentrum cordatum* som var tilstede i moderate tetthet. I forbindelse med klorofyll-maksimum i juni var det moderate mengder av fureflagellater, der *Heterocapsa triquetra* var den mest tallrike. I juni var det kiselalger som dominerte planteplanktonet, der slekten *Cyclotella* dominerte i antall, en art som er vanlig i ferskvannspåvirkede områder. I tillegg var *Chaetoceros lacinosus* og *C. throndsenii* tallrike. I perioden mellom juni og september var det relativt sett mer fureflagellater enn kiselalger, der blant annet *Prorocentrum cordatum* hadde maksimum tetthet i august.



Figur 13. Klorofyll-a ($\mu\text{g/l}$) for perioden juni til oktober for stasjonene i Hvalerområdet i 2017.

6 Hardbunn

6.1 Undersøkelser i fjæresonen

Dyr og alger i fjæra utsettes for store svingninger i temperatur og saltholdighet, samtidig som de tørres ut i lavvannsperioder. Naturlige faktorer som f.eks. bølge-, strøm- og eksponeringsgrad, ferskvannspåvirkning, substrattype og isskuring kan påvirke artssammensetningen lokalt. Forskjeller mellom stasjoner kan derfor være naturgitte. Men forskjeller i artssammensetting kan også gjenspeile forskjeller i andre miljøforhold.. For eksempel vil utslipp av avløpsvann kunne gi endrede vekstforhold for fastsittende alger og dyr. En svak konsentrasjonsøkning av næringssalter kan virke gunstig på algesamfunnet og medføre at artsrikheten øker (gjødslingseffekt). Større konsentrasjonsøkninger av næringssalter vil imidlertid gi redusert artsantall med dominans av noen få arter. Ofte vil det være små hurtigvoksende grønnalger og enkelte trådformete brunalger (ofte omtalt som "sly") som øker i mengde og dominerer fordi de raskt kan utnytte overskuddet av næringssalter. De flerårige algene blir lett overgrodd av de hurtigvoksende algene, noe som kan resultere i at tang og tare reduseres og etter hvert forsvinner.

Til sammen ble det registrert 89 arter/taxa (heretter kalt taxa) av alger og dyr på de 15 rammestasjonene som ble undersøkt i 2017. Av disse var 51 alger og 38 dyr (Tabell 5). Det ble registrert flest algetaxa på Ravnøy og Risholmen (G6 og G20, 24 taxa), og færrest på Hui og Fuglevik (G7 og G17, 12 taxa). Av dyr ble det registrert flest taxa på stasjon Hellesøy (G8, 25 taxa), og færrest på Lillevikodden ved Stavern (G10, 6 taxa).

Tabell 5. Antall taxa av alger og dyr i fjæresonen (rammeundersøkelser) i 2007, 2009, 2010, 2014, 2016 og 2017.

	2017	2016	2014	2010	2009	2007
Antall stasjoner	15	15	16	24	10	25
Antall taxa alger	51	57	44	39	50	74
Antall taxa dyr	38	35	31	39	39	44

Tabell 6. Stasjonsnummer og -navn, og det vannområde de ligger i, for hardbunnstasjoner undersøkt i 2017.

Stasjonsnr	Stasjonsnavn	Vannområde	Undersøkelse
G3	Østøya	Hårfagrebaen - Hortenskrakken	Ramme
G4	Teisberget	Breiangen - øst	Ramme
G5	Torgersøy	Ytre Oslofjord - vest	Ramme Nedre vg
G6	Ravnøy	Vestfjorden - søndre	Ramme Nedre vg
G7	Hui	Tønsbergfjorden - ytre	Ramme
G8	Hellesøy	Sandefjordsfjorden - ytre	Ramme Nedre vg
G9	Åsnes	Sandefjordsfjorden - ytre	Ramme
G10	Lillevikodden	Larviksfjorden	Ramme
G11	Malmø Nord	Viksfjorden	Ramme
G14	Bevøya S	Breiangen - øst	Nedre vg
G15	Kippenes	Mossesundet - ytre	Ramme
G16	Kallum	Midtre Oslofjord - øst	Ramme
G17	Fuglevik syd/Rumpa	Midtre Oslofjord - øst	Ramme
G19	Rødskjær	Ytre Oslofjord - øst	Ramme
G20	Risholmen	Risholmsundet (v. Hankø)	Ramme
G21	Hue	Lera	Ramme
G23	Kråka	Løperen	Nedre vg
G28	Gullholmen	Breiangen - øst	Nedre vg
G29	Småskjær	Midtre Oslofjord - vest	Nedre vg
A92	Kongsholmen	Årøysund - Hvasser	Nedre vg

1.1.2 Øvre nivå av strandsonen

En likhetsanalyse av strandsamfunnene ble utført med den statistiske programpakken PRIMER 5.2 (Clarke & Gorley 2001). Resultatene fra øvre rammenivå viser at tre stasjoner (G9, G10, G21) hadde arts-samfunn som skilte seg ut fra resten av stasjonene (Figur 14).

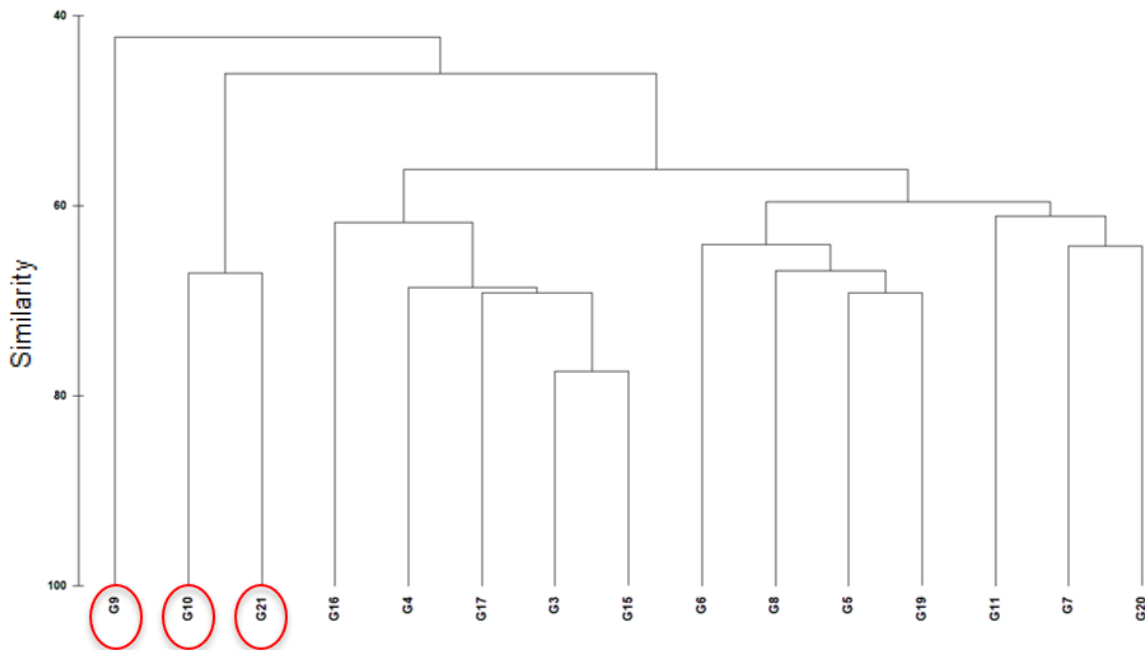
På alle de tre stasjonene ble det registrert høy forekomst av tarmgrønske (*Ulva intestinalis*) sammenliknet med de resterende stasjonene, mens det ble registrert lav/ingen forekomst av blåskjell (*Mytilus edulis*) og fjærerur (*Semibalanus balanoides*). Det ble registrert få arter på stasjon G9 i Sandefjordsfjorden og G10 ved Stavern i Larviksfjorden. På stasjon G9 og G21 ved Leira ble det registrert høyere forekomst av kiselalger/blågrønnalger sammenliknet med de resterende stasjonene. På stasjon G10 ble det i tillegg registrert en høyere forekomst av hurtigvoksende brunalger i slekten *Ectocarpus* (sli) sammenliknet med de andre stasjonene.

Kisel- og blågrønnalgene danner et glatt belegg på bunnen mens tarmgrønske er hurtigvoksende grønnalger som kan danne tette «tepper». Det er sannsynlig at stor vekst av disse algene hemmer veksten av andre alger og dyr.

Stasjon G10 ligger i nærheten av utløpet til Numedalslågen, mens stasjon G21 ligger sørvest for utløpet til Glomma (Vesterelva). Det er sannsynlig at påvirkning fra disse elvene fører til lavere artsantall og økt forekomst av hurtigvoksende alger som sli, tarmgrønser og kisel- og blågrønnalger.

Øvre nivå på stasjon G9 ligger svært grunt, og har liten helningsgrad. Det er også observert mye andefugl på stasjonen, og i 2016 ble det registrert svært mye fugleavføring ved stasjonen. Det er

sannsynlig at den store mengden fugleavføring gir økt næringstilgang, som igjen fremmer veksten av hurtigvoksende alger som tarmgrønske og kisel- og blågrønnalger. Det har tidligere vært endel tang i det øvre nivået på denne stasjonen. I 2014 ble det ikke registrert tang i øvre nivå, i 2016 ble det registrert tang i 10 av 100 ruter, og i 2017 ble det registrert tang i 27 av 100 ruter. Det er trolig at isskuring i de foregående vintre som har fjernet tungen, mens den nå vokser tilbake på stasjonen.



Figur 14. Klusteranalyse som viser likhet mellom de ulike rammestasjonene i øvre nivå i fjæra i 2017. Røde sirkler markerer de tre stasjonene som skiller seg mest ut i undersøkelsen (G9 Sandefjordsfj., G10 Larviksfj. og G21 ved Leira).

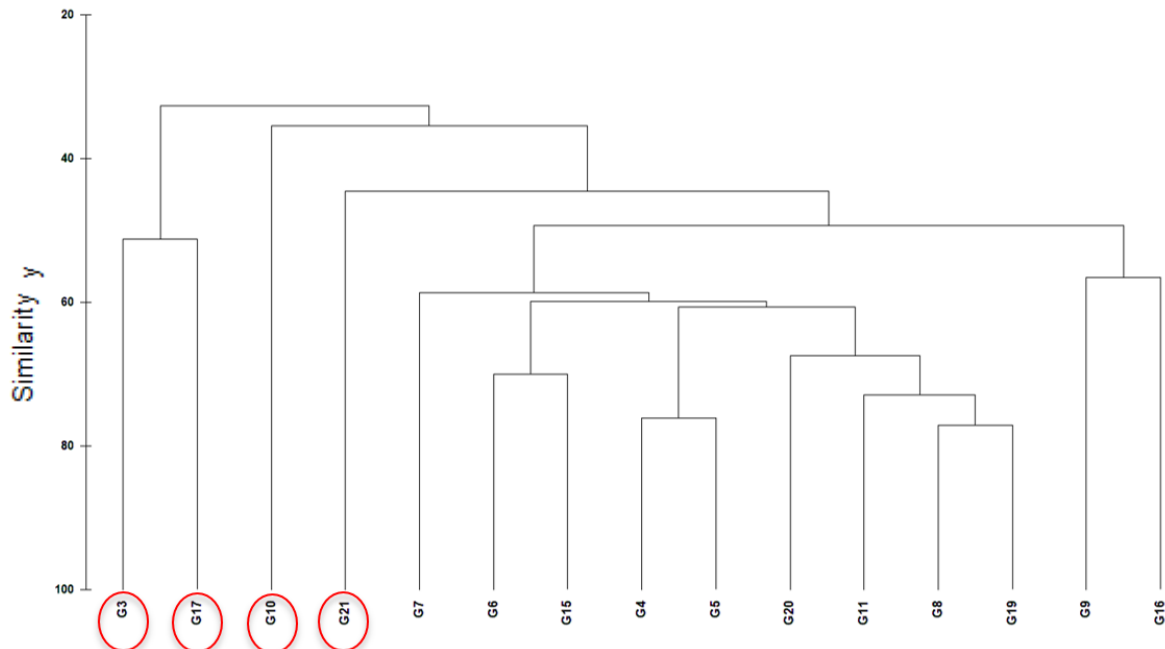
1.1.3 Nedre nivå av strandsonen

Likhetsanalyse av resultatene fra nedre rammenivå på de ulike stasjonene viser at stasjon G3 ved Horten og G17 ved Årefjorden har mer enn 50 % likhet, men at artssammensetningen på disse to stasjonene skiller seg fra de resterende stasjonene. Også artssammensetningen på stasjon G10 ved Stavern i Larviksfjorden og G21 Leira skiller seg fra de resterende stasjonene (Figur 15).

På stasjon G3 ved Horten og G17 ved Årefjorden ble det registrert juvenile blåskjell i 100 av 100 ruter, det ble også registrert stor forekomst av rekeklo (*Ceramium rubrum*). På stasjon G3 ble det registrert høye forekomster av bleikgrønndusk (*Cladophora albida*). Det ble registrert lavere forekomster av tang på disse to stasjonene sammenliknet med de resterende stasjonene. På stasjon G17 ble det ikke registrert noen tangarter, og på stasjon G3 ble det kun registrert blæretang i 11 av 100 ruter.

Det er sannsynlig at den høye forekomsten av blåskjell på stasjon G3 og G17 fortrenger arter som i større grad er til stede ved de øvrige stasjonene. Stasjonene er relativt utsatt for bølgeeksponering, spesielt stasjon G17 ved Årefjorden, og det er mulig dette gjør det vanskeligere for arter å etablere seg på stasjonene. Disse stasjonene ligger også geografisk nærme hverandre slik at hydrografiske forhold, som mengde næringssalter i vannmassene og grad av ferskvannspåvirkning kan være svært

like og kanskje avgjørende for hvilke organismer som finnes der. Undersøkelsene viser at det er store nedslag av blåskjellarver på flere av stasjonene, men at det er svært få av blåskjellene som overlever og vokser opp.



Figur 15. Klusteranalyse som viser likhet mellom de ulike rammestasjonene i nedre nivå i fjæra i 2016. Røde sirkler markerer de fire stasjonene som skiller seg mest ut i undersøkelsen.

På stasjon G10 ved Stavern ble det registrert høye forekomster av tarmgrønske (*Ulva* spp.), krøllhårsalge (*Chaetomorpha linum*) og grønndusk (*Cladophora* spp.). Stasjonen hadde også den høyeste forekomsten av brakkvannsrur (*Balanus improvisus*) av alle de undersøkte stasjonene, mens det ikke ble registrert fjærerur (*Semibalanus balanoides*).

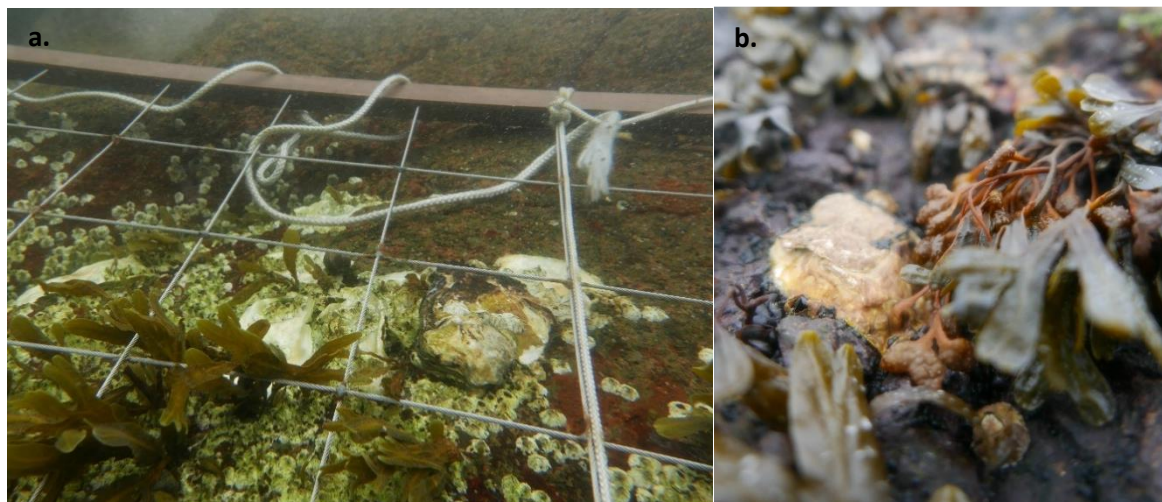
Stasjon G10 ligger like ved utløpet til Numedalslågen, og det er sannsynlig at ferskvann- og næringstilførsel fra disse elvene fører til økt forekomst av hurtigvoksende alger som bl.a. tarmgrønser og grønndusker og brakkvannsrur.

På stasjon G21 Leira ble det registrert høye forekomster av vanlig grønndusk (*Cladophora rupestris*) og brakkvannsrur (*Balanus improvisus*). G21 er den eneste stasjonen det ble registrert krusblekke (*Phyllophora pseudoceranoides*). Det ble kun registrert blåskjell (juvenile) i 1 av 100 ruter

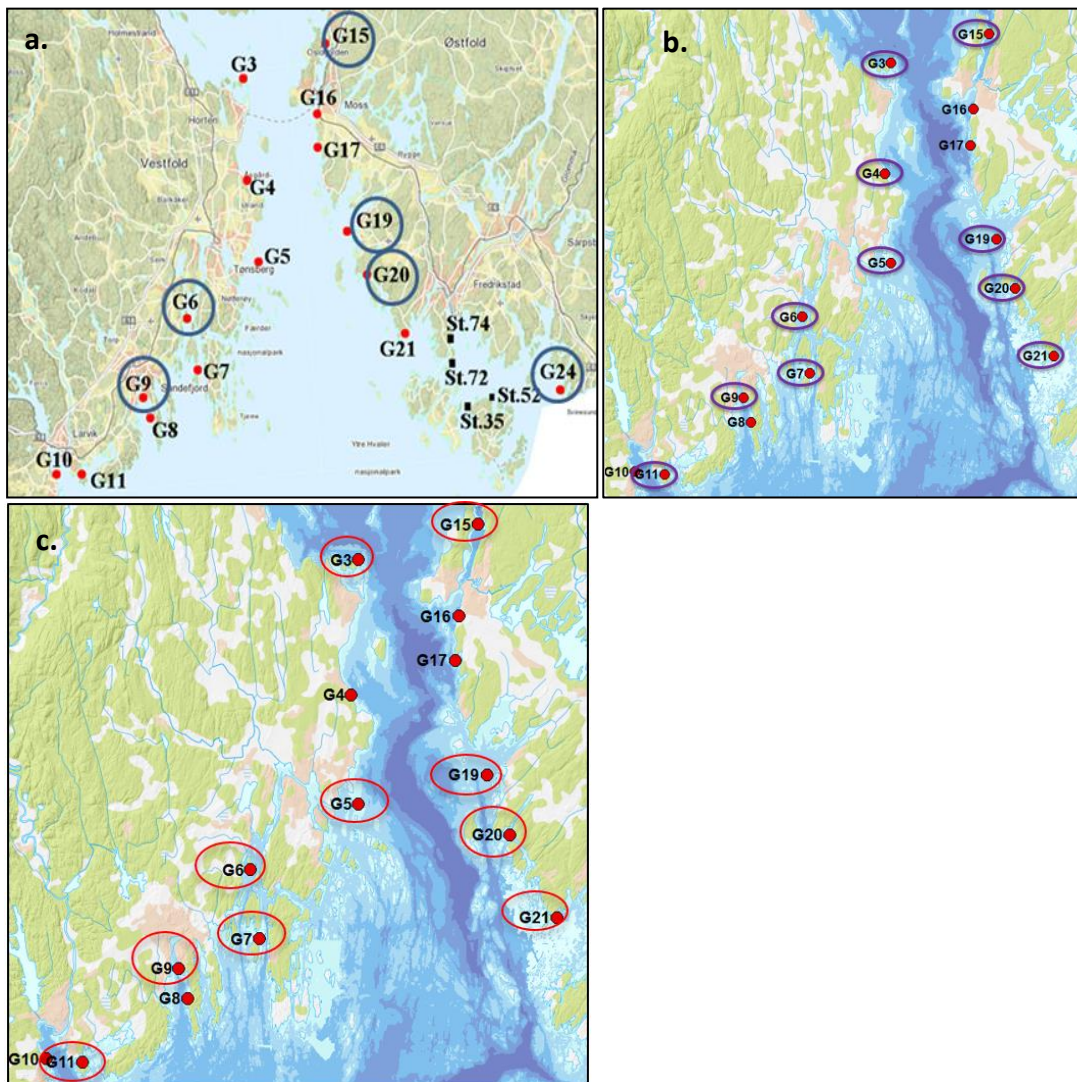
Stasjon G21 ligger sørvest for utløpet til Glomma (Vesterelva) og rammestasjonen er ganske dyp/bratt. Ferskvannstilførselen fra Glomma fører trolig til økt forekomst av brakkvannsrur. Det at rammene på stasjonen ligger relativt dypt er trolig årsaken til at dette er eneste stasjon det er registrert krusblekke; en art som kan vokse nederst i fjæresonen, men er vanligere å finne dypere.

Stillehavstøsters (*Crassostrea gigas*) er en fremmed art som er i ferd med å etablere seg i Skagerrak (Figur 16). Stillehavstøsters var ikke observert før den i 2014 ble funnet på 6 stasjoner (Figur 17a), spesielt var forekomsten av juvenile stillehavstøsters høy ved stasjon G6 Ravnøy, G15 Kippenes og G20 Risholmen. I 2016 ble det observert stillehavstøster på 11 stasjoner (Figur 17b). Spesielt på stasjonen i Tønsbergfjorden (G6) var forekomsten høy. Ved Kippenes (G15) ble det observert store

forekomster av døde stillehavsøsters (kun nedre skall, eller tomme skall, er igjen på fjellet). I 2017 ble det observert stillehavsøsters på 10 av de 15 stasjonene (Figur 17c). Stillehavsøsters ble registrert på stasjon G4 Teisberget i 2016, men ikke i 2017. I 2017 var det høy forekomst av stillehavsøsters på to stasjoner: i Tønsbergfjorden på G6 og på stasjon G15 Kippenes.



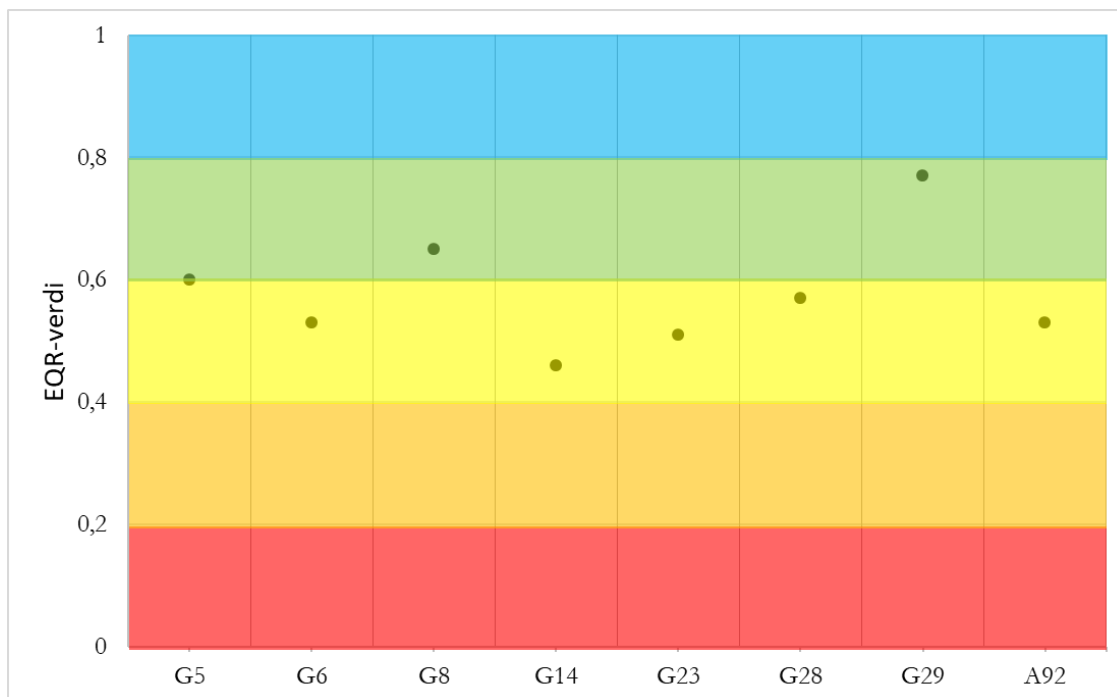
Figur 16 a. Stillehavsøsters (*Crassostrea gigas*) på stasjon G6. **b.** Stillehavsøsters på stasjon G15



Figur 17. a. Rammestasjoner undersøkt i 2014. På stasjoner merket med blå ring ble det registrert stillehavsosters (*Crassostrea gigas*). b. Rammestasjoner undersøkt i 2016. På stasjoner merket med lilla ring ble det registrert stillehavsosters. c. Rammestasjoner undersøkt i 2017. På stasjoner merket med rød ring ble det registrert stillehavsosters.

1.2 Undersøkelser av nedre voksegrense

Registrering av nedre voksegrense for 9 utvalgte arter på 8 stasjoner ga «god» tilstand på to av stasjonene (G8 Hellesøy og G29 Småskjær, EQR hhv. 0,65 og 0,77) og «moderat» økologisk tilstand (EQR-verdier mellom 0,46 og 0,60) på resterende stasjoner (Figur 18). Stasjon G5 utenfor Tønsberg har EQR-verdi på 0,6; dette er øvre verdi for «moderat» økologisk tilstand, og på grensen til «god».



Figur 18. nEQR-verdi for kvalitetselementet makroalger basert på nedre voksegrenseindeksen (MSMDI) på de 8 stasjonene undersøkt i 2017. De ulike fargene indikerer økologisk tilstand: I - Svært god, II - God, III - Moderat, IV - dårlig og V - Svært dårlig.

Tabell 7 viser nEQR-verdi og økologisk tilstand beregnet på nedre voksegrensestasjonene undersøkt i 2017, 2016, 2010 og 2007. Beregning av nEQR-verdi er vist i Vedlegg A. Det har generelt blitt en forverring i nedre voksegrense på de undersøkte stasjonene (Tabell 7). På stasjon G5 Torgersøy, G8 Hellesøy, G23 Kråka, G29 Småskjær og A92 Kongsholmen var det ingen endring i økologisk tilstand fra 2016 til 2017, men en forverring fra tidligere undersøkelser (med unntak av G29 som ble undersøkt for første gang i 2016). På G14 Bevøya S var det en forbedring fra «dårlig» i 2016 til «moderat» i 2017.

Tabell 7. nEQR-verdi for kvalitetselementet makroalger basert på nedre voksegrenseindeksen (MSMDI) på de 12 stasjonene undersøkt i 2016, 2010 og 2007. De ulike fargene indikerer økologisk tilstand: I - Svært god, II - God, III - Moderat, IV - dårlig og V - Svært dårlig.

	G3	G5	G6	G8	G14	G23	G26	G27	G28	G29	St 52	A92
2007	0,76*	0,83	0,50	0,68***	0,68**	0,60	0,75	0,63	-	-	-	-
2010	0,66	0,71	0,55	0,87	0,54	0,74	0,80	0,68	-	-	0,60	0,63
2016	0,66	0,60	0,63	0,63	0,37	0,49	0,75	0,60	0,64	0,80	0,53	0,43
2017	-	0,60	0,53	0,65	0,46	0,51	-	-	0,57	0,77	-	0,53

Det er to ulike beregninger av nedre voksegrenseindeksen. En metode hvis det er første gang stasjonen blir undersøkt, og en annen dersom stasjonen er undersøkt tidligere. Ved første registrering blir ikke de artene (av de ni utvalgte makroalgene) som ikke observeres på stasjonen tatt med i summeringen av poengverdi. Ved gjenbesøk av en stasjon vil en art som tidligere har blitt observert, men ikke funnet i registreringsåret, få en poengverdi på 0, og dermed gi en dårligere poengsum (og dermed dårligere EQR-verdi) (Veileder 02:2013-revidert 2015).

Årsaken til endringen i EQR-verdiene er delvis at arter som tidligere er registrert på stasjonen ikke er gjenfunnet. F.eks. på stasjon G6 ble det registrert svartkluft (*Furcellaria lumbricalis*) og skolmetang (*Halidrys siliquosa*) i 2016, men disse artene ble ikke gjenfunnet i 2017. På flere av stasjonene hvor enkelte av nedre voksegrenseartene ikke ble gjenfunnet i undersøkelsene gjort i 2016, ble det ikke registrert grunnere nedre voksedyp for de andre artene. Dette kan tyde på at det er andre årsaker enn eutrofi til at nedre voksegrenseindeksen har blitt dårligere på de fleste stasjonene.

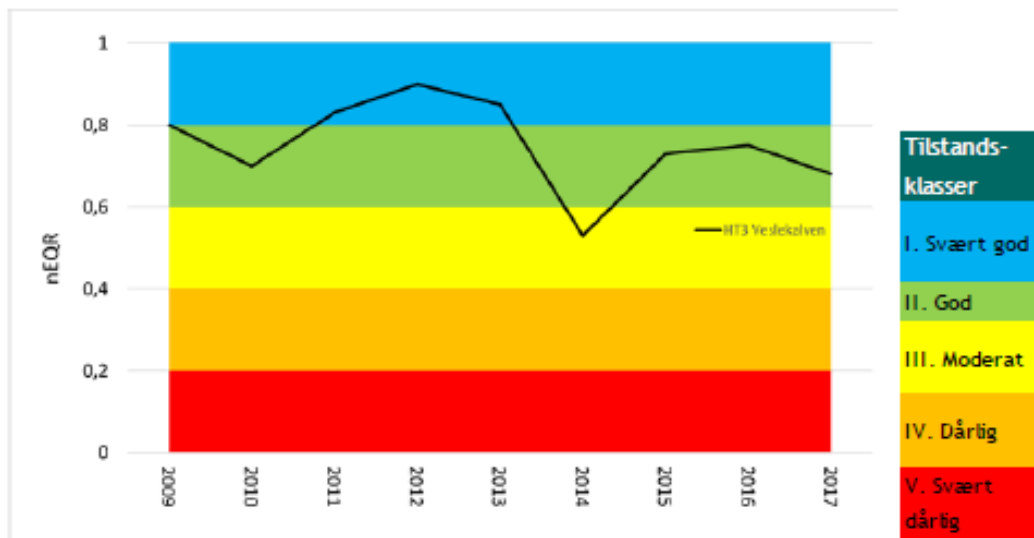
Flere av nedre voksegrensestasjonene går over i bløtbunn før 20 m dyp, og stasjonene er generelt preget av sedimentert fjell (Figur 19). Sediment på bunnen (nedslamming) kan hindre alger og dyr i å feste og etablere seg, og nedslamming har vært antatt å være en viktig årsak til at f.eks. sukkertare ikke har reetablert seg på steder den har forsvunnet (Moy mfl. 2008). Det er ikke gjort kvantitative mål av graden av nedslamming på bunnen i 2016, men registreringene gjort i 2007 og 2010 viser at nedslamming dekker over 50 % av bunnen på de fleste stasjoner/dyp. Det er oftest noe lavere nedslamming i de øverste meterne hvor det er større vannbevegelse (bølgeeksponering) som vasker bort partikler.

Nedre voksegrenseartene blir oftest registrert i svært spredte forekomster i Ytre Oslofjord, og det er mulig at mangel på egnet substrat er en viktig begrensende faktor for voksedypet.

Miljødirektoratets ØKOKYST-program for Skagerrak registrerte også en forverring av MSMDI-indeksen på tre av sine fire stasjoner i 2017 (Fagerli et al. 2018). Tilstanden var «god» på Veslekalven (HT3, Figur 20) og Færder (HT4), mens den var moderat ved Østøya (HR152) nord for Horten og «dårlig» på Akerø (HT5) utenfor Hvalerøyene. Det var kun ved Færder som indeksen ikke var blitt dårligere siden 2016. Det samme ble registrert ved den eksponerte stasjonen Lyngholmen (A3) sør for Tønsberg tønne. Stasjonen overvåkes under programmet Lange tidsserier og viste i likhet med de fleste andre Oslofjord-stasjoner en generelt dårligere MSMDI-indeks i 2017 enn tidligere.



Figur 19. Fjell dekket av sediment på stasjon G23. Rød pil peker på rødalgen fagerving (*Delesseria sanguinea*).



Figur 20. Nedre voksegrenseindeksen (MSMDI) beregnet for stasjon HT3 Veslekalven for perioden 2009-2017. Stasjonen er frem til 2016 overvåket under Fagrådets program. Figur fra ØKOKYST DP Skagerrak årsrapport for 2017 (Fagerli et al. 2018).

2 Samlet vurdering

Det er stor variasjon i miljøtilstand mellom de ulike stasjonene i Ytre Oslofjord-programmet. Generelt har stasjoner som ligger i de ytre delene av sidefjordene og i de vestlige delene bedre miljøforhold enn de som ligger lengre in i sidefjordene. Samlet vurdering av vannkvalitet på hver av stasjonene varierer mellom «god» og «svært dårlig».

Undersøkelsene av vannmassene viser som tidligere år at fjorden generelt er påvirket av en betydelig tilgang på næringssalter og høy primærproduksjon, som gir oksygenmangel i dypområder når vannutskiftingen er dårlig. Overvåkingen av elvene som drenerer til Ytre Oslofjord viser stort sett økning i vannføring og stofftilførsel, som bidrar til økt belastning på fjordsystemet. Jordbruk er den største enkeltkilden for tilførsler av både menneskeskapt fosfor og nitrogen, og Norges ambisjon om 20 % økt landbruksproduksjon innen 2030 (Stortingsmelding 9, 2011-2012) kan medføre en ytterligere økning i uønskede tilførsler til fjorden. Det er videre ventet en befolkningsvekst rundt Ytre Oslofjord som også vil føre til økt belastning på renseanleggene. For å hindre at dette resulterer i økt netto tilførsel av næringssalter til fjordområdet må anleggenes effektivitet økes.

På flere stasjoner i Hvaler og i vestlige deler av fjorden ble det målt lave vinterkonsentrasjoner av nitrat og nitritt. Årsaken er mest sannsynlig vinterproduksjon av planteplankton i overflaten i forkant av målingene. De høye fosfatkonsentrasjoner som ble målt i Ringdalsfjorden og Iddefjorden vinteren 2017 var et resultat av at fosfatrikt bunnvann ble blandet inn høyere opp i vannmassene høsten 2016.

Overvåkingsstasjoner tett opptil hovedfjorden hadde utskifting av bunnvannet i løpet av vinter/vår, og det ble målt relativt gode oksygenforhold ved disse stasjonene. I de mer lukkede fjordene var det ingen utskiftninger av bunnvann, og dette er noe av årsaken til dårlige oksygenforhold i disse områdene.

De stasjoner som har «meget dårlig» tilstand har det på bakgrunn av dårlige oksygenforhold i bunnvannet. Vinteren 2017 hadde Iddefjorden (ID-2) også «meget dårlig» tilstand grunnet de høye fosfatnivåene som er omtalt ovenfor. Kombinasjonen av en bunntopografi med terskler som begrenser vannutskifting og høye tilførsler av organisk materiale og næringssalter er årsak til de dårlige oksygenforholdene ved bunnen. Det har foregått trebasert industrivirksomhet langs Tista i over 200 år, men undersøkelser gjort i Iddefjorden i 1920-årene rapporterte en tilsynelatende normal bunnfauna i hele fjorden (Jägerskiöld 1971), og det antas at anoksiske forhold begynte å prege bunnforholdene siden 1930-årene. I mer enn 100 år har det vært målt meget dårlige oksygenforhold i Frierfjorden (Alve 2000, med referanser), men studiene av Alve (2000) indikerer en gradvis økende negativ påvirkning på oksygenforhold i bunnvann og overflatesedimenter med økende antropogen aktivitet rundt og oppstrøms fjorden helt siden 1600-tallet. Økte organiske tilførsler grunnet menneskelig aktivitet har også, sammen med klimatiske endringer, medvirket til dårligere oksygenforhold i Drammensfjorden (Alve 1991).

Sammenlignet med de mer marine stasjonene er det betydelig lavere artsmangfold i planteplanktonet ved stasjoner i områder som er sterkt ferskvannspåvirket.

Det har i flere år vært meldt om dårlig forekomst av blåskjell. Dette gjelder ikke bare Oslofjorden, men også helt opp til nord for Trondheimsfjorden. De varme vintre i de senere år kan antagelig

påvirke oppbyggingen av kjønnceller hos skjellene og medføre dårligere rekruttering. Havforskningsinstituttet har funnet den dødelige parasitten *Marteilia refringens* i blåskjell på Vestlandet. Det kan imidlertid være andre årsaker og kombinasjoner av ulike påvirkninger som er negative for blåskjellene. Våre rammeundersøkelser viser at det er store nedslag av blåskjellarver på flere av stasjonene i Oslofjorden, men at det er svært få av blåskjellene som overlever og vokser opp.

Overvåkingsprogrammet registrerte stillehavsosters for første gang i 2014, og undersøkelsene i 2016 viste at arten hadde spredd seg hurtig. I 2017 ble det observert stillehavsosters på 10 av de 15 stasjonene og det var særlig høy forekomst på to stasjoner: Tønsbergfjorden (G6) og Jeløya (G15). Stillehavsosters har nå etablert seg som en ny art i norske farvann fra svenskegrensen til Hordaland og den regnes som en miljøutfordring i norske farvann.

Det har generelt blitt en forverring i nedre voksegrense på de undersøkte stasjonene. Årsaken til endringen i EQR-verdiene er delvis at arter som tidligere er registrert på stasjonen ikke er gjenfunnet ved senere undersøkelser – dette er ikke nødvendigvis koblet til eutrofi. Det kan være andre årsaker enn eutrofi til at nedre voksegrenseindeksen har blitt dårligere på de fleste stasjonene: Mange av stasjonene er for eksempel preget av sedimentert fjell. Sediment på bunnen (nedslamming) kan hindre alger og dyr i å feste og etablere seg. Drammenselva og Numedalslågen har begge hatt økt partikkeltilførsel (målt som SPM) til vannmassene i den perioden de har vært overvåket under elveovervåkingsprogrammet (RID). Brunere kystvann kan også redusere nedre voksegrense: Økt terrestrisk eksport av DOC til kystområder er observert som såkalt 'browning', med negative virkninger på primær- og sekundærproduksjon, og et mulig skifte fra visuelle rovdyr (fisk) til ikke-visuelle rovdyr (gelatinøst plankton) (Dupont & Aksnes 2013).

Nedre voksegrenseartene blir oftest registrert i svært spredte forekomster i Ytre Oslofjord, og det er mulig at mangel på egnet substrat er en viktig begrensende faktor for voksedypet.

3 Referanser

- Alve E. 1991. Foraminifera, climatic change, and pollution: a study of late Holocene sediments in Drammensfjord, southeast Norway. *The Holocene*, 1 (1991) pp. 243-261.
- Alve E. 2000. Environmental Stratigraphy. A case study reconstruction bottom water oxygen conditions in Frierfjord, Norway, over the past five centuries. In: Martin R.E. (ed.) *Environmental Micropaleontology*, Volume 15 Topics in Geobiology. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, 2000.
- Clarke, K.R & R.N. Gorley 2001. PRIMER (Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research) v5; User Manual/Tutorial. Plymouth Marine Laboratory, Plymouth. England.
- Dupont N. & Aksnes D. L. 2013. Centennial changes in water clarity of the Baltic Sea and the North Sea. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 131, 282–289.
- Fagerli CW, Staalstrøm A, Trannum HC, Gitmark JK, Eikrem W, Marty S, Sørensen K. ØKOKYST - DP Skagerrak. Årsrapport 2017. Rapport M-1007. Miljødirektoratet. 83s.
- Fagråd for Ytre Oslofjord, 2017. Sammenstillinger renseanlegg i medlemskommunene 2015. Notat.
- Gitmark et al. 2018 Overvåking av Ytre Oslofjord 2014-2018. Bentosundersøkelser 2017. Fagrapport. NIVA-rapport 7272-2018. 24s.
- Jägerskiöld L.A. 1971. A survey of the marine benthonic macrofauna along the Swedish west coast, 1921-38. *Kungl. Vetenskap- och vitterhetssamhället, Göteborg*, p. 1-46
- Moy, F., Aure, J. (HI), Falkenhaug, T. (HI), Johnsen, T., Lømsland, E., Magnusson, J., Norderhaug, K., Omli, L. (HI), Pedersen, A., Rygg, B. 2008. Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge. Kystovervåkingsprogrammet. Årsrapport for 2007. SPFO-rapport 1024/2008.
- Naustvoll et al. 2018, Overvåking av Ytre Oslofjord 2014-2018. Tilførsler og undersøkelser i vannmassene i 2017. Fagrapport. NIVA-rapport 7274-2018. 101s.
- Selvik, J.R. og J.E. Sample, 2017. Kildefordelte tilførsler av nitrogen og fosfor til norske kystområder i 2016 – tabeller, figurer og kart. NIVA-rapport 7205-2017.
- Selvik, J.R; Tjomsland, T.; Eggestad, H.O., 2007. Teoretiske tilførselsberegninger av nitrogen og fosfor til norske kystområder i 2006. NIVA-rapport 5512, TA-2347/2007.
- Skarbøvik, E.; Allan, I.; Sample, J.E.; Greipsland, I.; Selvik, J.R.; Schanke, L.B.; Beldring, S.; Stålnacke, P. og Ø. Kaste, 2017. Elvetilførsler og direkte tilførsler til norske kystområder – 2016. NIVA-rapport 7217-2017, 85s.
- Tjomsland, T.; Selvik, J.; Brænden, R., 2010. Teotil - Model for calculation of source dependent loads in river basins. NIVA-rapport 5914-2010.
- Veileder 02:2013 – revidert 2015. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Miljødirektoratet.
- Veileder 1997:03. SFT Veileder 97:03. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystvann. SFT-rapport TA-1467/1997. Miljødirektoratet (SFT).

Vedlegg A.

Beregning av nedre voksegrenseindeks

STASJON	G5	Poeng	G5	Poeng	G5	Poeng	G5	Poeng	G6	Poeng	G6	Poeng	G6	Poeng	G6	Poeng
DATO	7.9.07		18.8.10		27.9.16		27.9.17		7.9.07		16.8.10		28.9.16		26.9.17	
MAX DYKKEDYP	17		14		14		14		16		16		16		15	
VANNTYPE	2		2		2		2		3		3		3		3	
Arter / Nedre voksedyp																
<i>Chondrus crispus</i>	8	4	8	4	1	2	-	0	6	3	6	3	3	2	6	3
<i>Furcellaria lumbricalis</i>	8	4	4	2	10,7	5	6	3	3	2	1	2	2,2	2	-	0
<i>Halidrys siliquosa</i>	-		-		-				2	2	2	2	1,5	2	-	0
<i>Saccharina latissima</i>	6	3	8	4	7	3	6,5	3	-		-		-			
<i>Phyllophora pseudoceranoides</i> <i>/Coccotylus truncatus</i>	14	4	12	3	11	3	13,1	4	8	3	10	4	13	5	13	5
<i>Rhodomela confervoides</i>	14	5	12	4	12	4	11,8	3	-		-		11	4	9,1	4
<i>Delesseria sanguinea</i>	16	4	14	4	13,8	4	13,7	4	-		-		10,5	4	11	4
<i>Phycodrys rubens</i>	16	5	14	4	-	0	13,7	4	-		-		-			
Sum		29		25		21		21		10		11		19		16
Antall		7		7		7		7		4		4		6		6
Gjennomsnitt		4,14		3,57		3,00		3,00		2,50		2,75		3,17		2,67
EQR		0,83		0,71		0,60		0,60		0,50		0,55		0,63		0,53

STASJON	G8	Poeng	G8	Poeng	G8	Poeng	G8	Poeng	G14	Poeng	G14	Poeng	G14	Poeng	G14	Poeng
DATO	6.9.07		17.8.10		28.9.16		25.9.17		12.10.07		10.9.10		26.9.16		25.9.17	
MAX DYKKEDYP	10		18		17		20		15		15		16		16,8	
VANNTYPE	3		3		3		3		2		2		2		2	
Arter / Nedre voksedyp																
<i>Chondrus crispus</i>	10	4	10	4	5	3	10,2	5	6	4	6	4	1	2	-	0
<i>Furcellaria lumbricalis</i>	3	2	*		11,1	4	7,1	3	-		3	2	-	0	-	0
<i>Halidrys siliquosa</i>	8	4	9	4	9,7	4	10,5	5	-		-		-			
<i>Saccharina latissima</i>	3	2	4	3	3	2	8,2	5	-		8	4	3,8	2	3,4	2
<i>Phyllophora pseudoceranoides</i> <i>/Coccotylus truncatus</i>	10	4	*		5	3	9,5	4	8	3	3	2	10,7	3	13	4
<i>Rhodomela confervoides</i>	10	4	16	5	11,9	4		0	4	2	10	4	5	3	2	2
<i>Delesseria sanguinea</i>	10	4	18	5	15,2	5	13	4	15	4	10	3	10,8	3	13,9	4
<i>Phycodrys rubens</i>	8	3	16	5	-	0		0	15	4	-	0	-	0	14,2	4
Sum		27		26		25		26		17		19		13		16
Antall		8		6		8		8		5		7		7		7
Gjennomsnitt		3,38		4,33		3,13		3,25		3,40		2,71		1,86		2,29
EQR		0,68		0,87		0,63		0,65		0,68		0,54		0,37		0,46

STASJON	G23	Poeng	G23	Poeng	G23	Poeng	G23	Poeng	G28	Poeng	G28	Poeng	G29	Poeng	G29	Poeng
DATO	4.10.07		17.9.10		5.9.16		6.9.17		26.9.16		25.9.17		27.9.16		25.9.17	
MAX DYKKEDYP	14-bl		14		15		13		24		23		20		18	
VANNTYPE	3		3		3		3		2		2		2		2	
Arter / Nedre voksedyp																
<i>Chondrus crispus</i>	4	2	6	3	-	0	-	0	2,2	2	2,1	2	1,1	2	-	0
<i>Furcellaria lumbricalis</i>	4	2	4	2	6	3	5,3	3	9	4	2,1	2	8,6	4	7,1	4
<i>Halidrys siliquosa</i>	-		-		-		-		-		-		-		-	
<i>Saccharina latissima</i>	6	3	12	5	6	3	5,8	3	9	4	7	3	-		11,3	5
<i>Phyllophora pseudoceranoides</i> <i>/Coccotylus truncatus</i>	10	4	12	5	12	5	12,3	5	9	3	11,5	3	13,6	4	13,1	4
<i>Rhodomela confervoides</i>	2	2	12	4	-	0	-	0	-		-		12,5	5	13,5	5
<i>Delesseria sanguinea</i>	10	4	12	4	12	4	12,3	4	11	3	12,2	4	16,7	4	15,3	4
<i>Phycodrys rubens</i>	13	4	8	3	2	2	4,2	3	-		9,7	3	16,7	5	15,3	5
Sum		21		26		17		18		16		17		24		27
Antall		7		7		7		7		5		6		6		7
Gjennomsnitt		3,00		3,71		2,43		2,57		3,20		2,83		4,00		3,86
EQR		0,60		0,74		0,49		0,51		0,64		0,57		0,80		0,77

STASJON	A92	Poeng	A92	Poeng	A92	Poeng
DATO	4.6.10		27.9.16		27.9.17	
MAX DYKKEDYP	30		20		19	
VANNTYPE	3		3		3	
Arter / Nedre voksedyp						
<i>Chondrus crispus</i>	6	3	1	2	5,6	3
<i>Furcellaria lumbricalis</i>	2	2	-	0	1	2
<i>Halidrys siliquosa</i>	3	2	6,7	3	3	2
<i>Saccharina latissima</i>	-		4	3	7,2	4
<i>Phyllophora pseudoceranoides</i> <i>/Coccotylus truncatus</i>	-		15	5	-	0
<i>Rhodomela confervoides</i>	12	4	-	0	-	0
<i>Delesseria sanguinea</i>	12	4	13	4	14,6	5
<i>Phycodrys rubens</i>	12	4	-	0	14,6	5
Sum		19		17		21
Antall		6		8		8
Gjennomsnitt		3,17		2,13		2,63
EQR		0,63		0,43		0,53

- På stasjon G3 og G8 har arter som ble registrert i 2007 men ikke i 2010 ikke fått poengverdi 0 fordi transektretningen /plassering ble endret i 2010.

- På de stasjonene (G3, G5, G8, G14) hvor det er registrert spredt forekomst av enkelte av de utvalgte makroalgene på nederste dykkedyp er poengverdien tatt med i summering av poengverdi dersom poengverdien er 4 eller høyere (merket lys grått).

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsniv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no