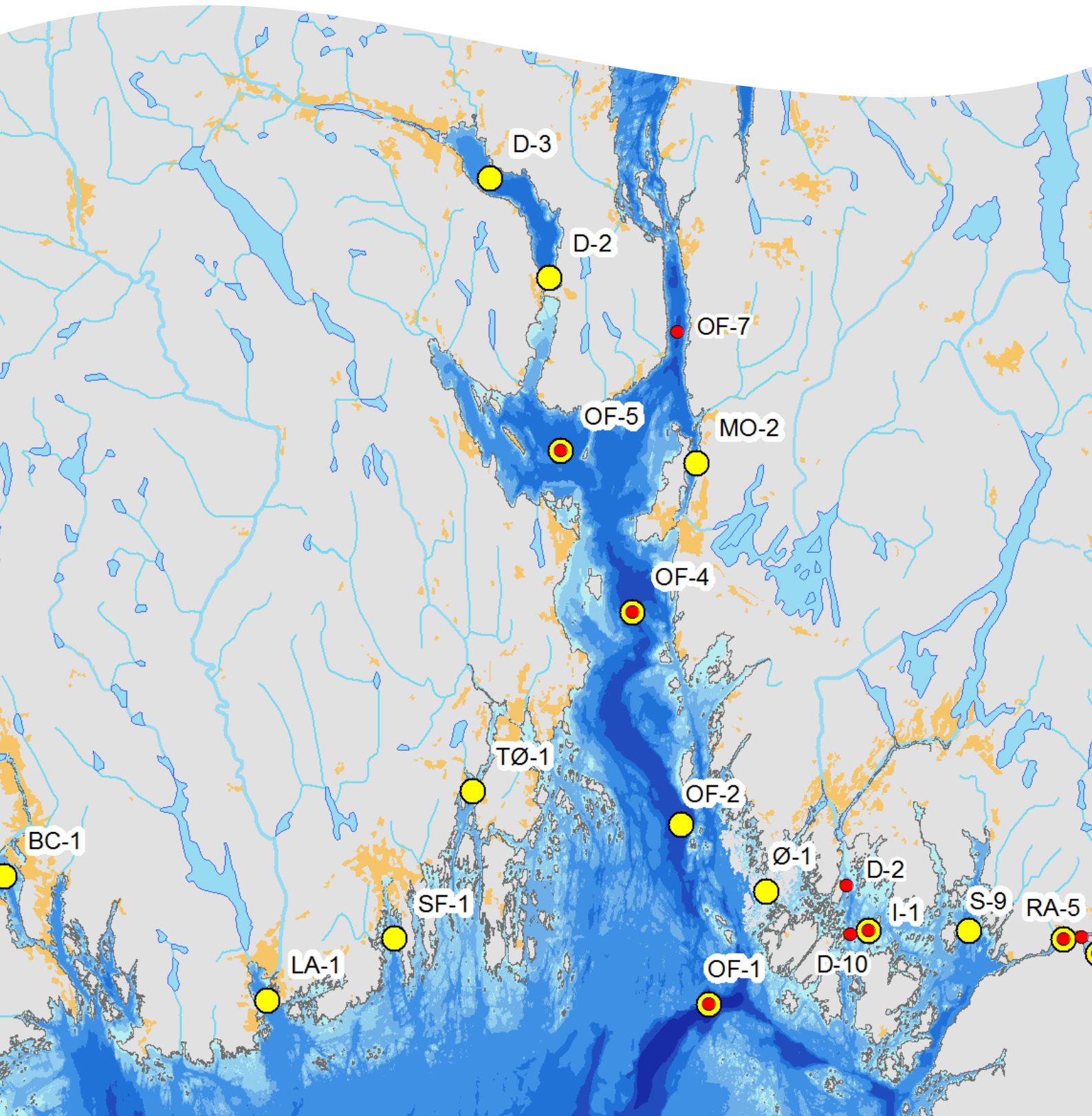


Overvåking av Ytre Oslofjord 2014-2018

Årsrapport for 2015



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

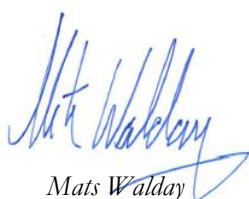
Tittel Overvåking av Ytre Oslofjord 2014-2018. Årsrapport for 2015.	Løpenr. (for bestilling) 7011-2016	Dato 2016.07.12
	Prosjektnr. Undernr. 15250	Sider Pris 39
Forfatter(e) Walday, M; Borgersen G; Naustvoll, LJ (HI); Selvik, JR	Fagområde Overvåking	Distribusjon
	Geografisk område Oslofjorden	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Fagråd for Ytre Oslofjord, ved Bjørn Svendsen	Oppdragsreferanse Journal.nr. 1234/14
---	--

Sammendrag:

Rapporten beskriver tilførsler i 2014 og resultater i 2015 for planteplankton, hydrofysikk og -kemi samt forhold på bløtbunn. Jordbruk er største kilde for tilførsler av både menneskeskapt fosfor og nitrogen. Befolkning er vesentlig større nitrogenkilde enn industri, som er nedadgående de senere år. Utslipp fra befolkning har hatt en liten økning. Det er en økning i tilførslene av totalnitrogen fra Glomma, Drammenselva og Numedalslågen. Drammenselva og Numedalslågen har en økende tilførsel av totalfosfor. Det var ingen større utskiftninger av bunnvannet i sidefjordene til Ytre Oslofjord i løpet av vinter og vår 2015. I Iddefjorden og Frierfjorden har det ikke vært utskiftning av bunnvannet siden vinteren 2010. Planteplanktonbiomassen var moderat, med lavere tettheter i sommerperioden enn foregående år. På høsten var det en stor oppblomstring sentralt i Oslofjorden fra Drøbak og ut til Missingen. Konsentrasjon av nitrogen var omtrent som tidligere år vinterstid. Perioder med avrenning og reduserte saltholdigheter i overflaten sommerstid og høst ga en økning i nitrogen- og silikatkonsentrasjonen ved flere stasjoner. Dette resulterte i gode vekstbetingelser for planteplankton i kortere perioder. I sommerperioden ble det registrert færre perioder med avrenning enn i de foregående årene. I 2015 inngikk undersøkelser av fauna på bløtbunn på 10 stasjoner. Alle stasjonene i Hvaler-området og Ytre Oslofjord får i henhold til vannforskriften «god tilstand», med unntak av D-2 ved Kjøkøy som får «moderat tilstand». Iddefjorden er tydelig organisk belastet, med høyt innhold av TOC og lukt av H₂S i sedimentet, og stasjon ID-1 og ID-43 får «dårlig tilstand» for bløtbunnsfauna, mens stasjon R-5 litt lenger ut, i Ringdalsfjorden, får «god tilstand».

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. marin	1. Marine
2. overvåking	2. Monitoring
3. miljøtilstand	3. Environmental quality
4. eutrofi	4. Eutrophication



Mats Walday

Prosjektleder



Hartvig Christie

Kvalitetssikrer

Overvåking av Ytre Oslofjord 2014-2018

Årsrapport for 2015

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 2015.

De fleste vannprøver er samlet inn fra HI's forskningsfartøy G.M. Dannevig. Marit Norli, NIVA har gjennomført vannprøveinnsamlingen utenom det som er gjort med G.M. Dannevig og John Rune Selvik er ansvarlig for tilførselsberegningene. Lars Naustvoll fra HI er ansvarlig for gjennomføring og rapportering av vannmasseundersøkelsene.

Bunndyr og sedimenter i fjorden er prøvetatt fra UiOs fartøy FF Trygve Braarud av Marijana Brkljacic og Bjørnar Beylich, NIVA. Faunaprøvene er sortert av Tage Bratrud og Siri Moy, og faunaen er identifisert av Gunhild Borgersen og Marijana Brkljacic, NIVA. Gunhild Borgersen har beregnet indekser og forfattet kapittelet om bunnfauna i fjorden.

Mats Walday fra NIVA er oppdragstakers prosjektleder og har redigert rapporten. Bjørn Svendsen er kontaktperson for oppdragsgiver.

Oslo, 12. juli 2016

Mats Walday

Innhold

	1
Sammendrag	5
1. Innledning	9
2. Program	10
2.1 Tilførsler	10
2.2 Vannmasser	10
2.3 Bløtbunnsfauna	11
3. Klimatiske forhold	15
3.1 Sjøtemperaturer	16
3.2 Beregnede kildefordelte tilførsler	17
3.3 Målte tilførsler via elver	20
3.4 Tilførsler fra 5 mindre elver	21
4. Næringsalter og planteplankton	23
4.1 Datagrunnlag	23
4.2 Tilstandsklassifisering av Ytre Oslofjord 2015	23
4.2.1 Frierfjorden og de vestlige deler av Ytre Oslofjord	24
4.2.2 Indre deler av Ytre Oslofjord	25
4.2.3 Hvalerområdet	26
4.2.4 Ytre, åpne fjordområder	26
4.3 Planteplankton 2015	27
4.3.1 Frierfjorden og de vestlige deler av Ytre Oslofjord	28
4.3.2 Indre deler av Ytre Oslofjorden	30
4.3.3 Hvalerområdet	31
4.3.4 Ytre, åpne fjordområder	33
5. Bløtbunnsområder	35
5.1 Iddefjorden	36
5.2 Hvaler-området	37
5.3 Sentrale Ytre Oslofjord	37
6. Sammenfatning	38
7. Referanser	39

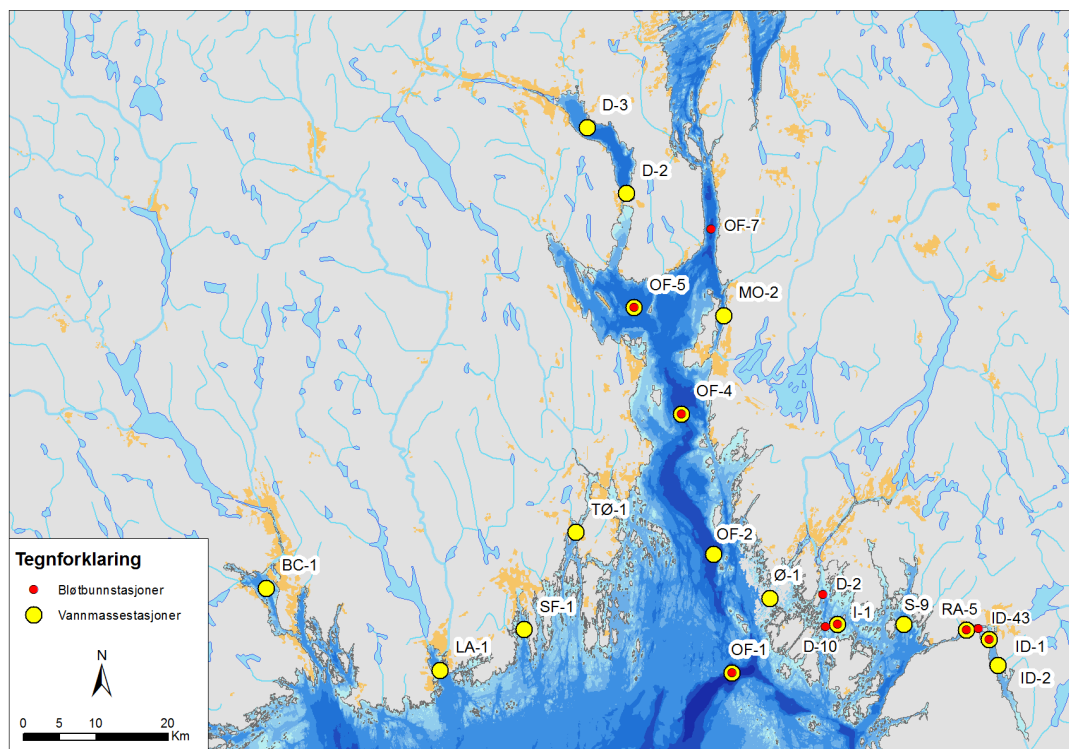
Sammendrag

Overvåkningsprogrammet i Ytre Oslofjord skal fremskaffe informasjon om fjordens miljøtilstand og tilførslene til den fra landområdene og elvene rundt fjorden. Overvåkingen har fokus på tilstanden mht. nærings-salter og organiske tilførsler, det vil si eutrofieringstilstanden. Algene i fjorden trenger nærings-salter for å vokse. De trenger salter fra mange forskjellige grunnstoffer. De to kritiske er nitrogen og fosfor, fordi de trengs i ganske store mengder, men finnes naturlig i små konsentrasjoner i sjøvann. Økning i tilførselen av nærings-salter fører til økt algevekst og endringer i fjordens artssammensetning. Dette fordi enkelte såkalte opportunistiske arter raskere kan utnytte det økte næringstilskuddet og få en oppblomstring på bekostning av andre arter. Unormalt store tilførsler av organisk materiale og sterk algevekst i vannmassene kan hver for seg, eller sammen lede til en unormalt høy grad av biologisk nedbryting av dødt materiale i bunnområdene. Nedbrytningen er oksygenkrevende og kan lede til oksygenmangel og fravær av bunndyr.

Denne rapporten beskriver og drøfter:

- tilførsler fjorden mottok via elver og fra andre kilder i 2014
- undersøkelser av planteplankton samt hydrofysiske og hydrokjemiske forhold i vannmassene i 2015
- miljøforhold på leirbunn/bløtbunn i 2015

Kartet viser hvilke stasjoner som ble undersøkt i 2015:

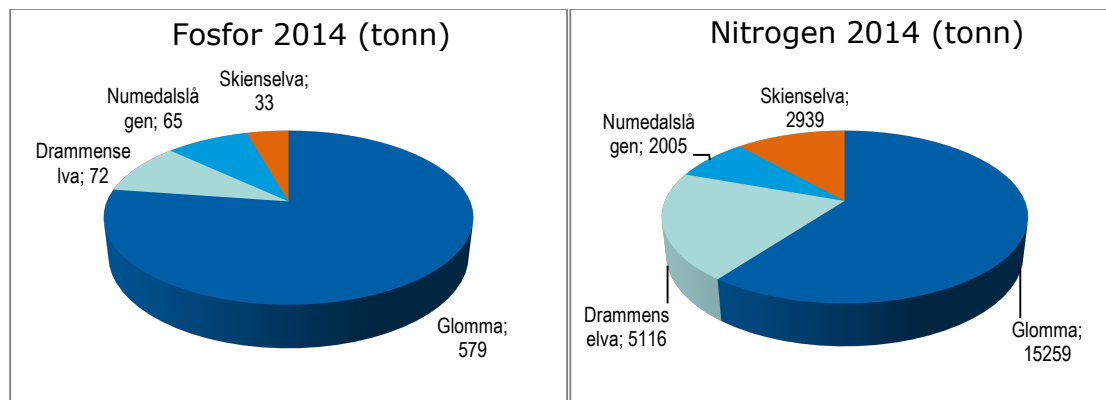


Jordbruk var den største enkeltkilden for nærings-salttilførsler av både menneskeskapt fosfor og nitrogen i 2014. Befolkning og industri var nesten like store for noen år siden, men industriutslippene er nedadgående for både fosfor og nitrogen i de senere år. Befolkning er en vesentlig større nitrogenkilde enn industri. Utslipp fra befolkning synes å ha hatt en liten økning i 2014, men nylige metodiske endringer i beregningene fra Statistisk Sentralbyrå kan være bidragende årsak. Informasjonen er basert på resultater fra Teotil-modellen som beregner årlige tilførsler av fosfor og nitrogen basert på opplysninger om

arealtype, kommunalt avløp, industriutslipp m.m. innen hvert statistikkområde, som representerer minste arealenhet i modellen.

Målingene av næringssalter i de store vassdragene Glomma, Drammenselva, Numedalslågen og Skienselva viser at det er en klar (statistisk signifikant) økning i tilførslene av nitrogen fra Glomma, Drammenselva og Numedalslågen til Oslofjorden. Drammenselva og Numedalslågen har dessuten en signifikant økende tilførsel av fosfor.

Av de fire elvene er det Glomma som har de klart største tilførslene av både fosfor og nitrogen til Ytre Oslofjord:



Konsentrasjonene av nitrogen i fjordens vannmasser var omtrent som tidligere år vinterstid, før oppblomstringen av planteplankton startet. Senere på året, i forbindelse med nedbørperioder som ledet til økt avrenning til fjorden og ferskere vann i overflaten, ble det registrert perioder med økning i næringssaltkonsentrasjoner (nitrat og silikat) ved flere stasjoner - om sommeren i indre Hvaler og på høsten i de indre deler av Oslofjorden. Tilførslene av næringssalter i disse periodene resulterte i gode vekstbetingelser for planteplankton.

Planteplankton består hovedsakelig av encellede, mikroskopiske alger som svever mer eller mindre passivt i de øverste 10-15 meter av fjordens vannlag hvor det er tilstrekkelig med lys til algenes fotosyntese. Planteplanktonet reagerer raskt på endringer i fjordens vannkvalitet. I 2015 var mengden av planteplankton (biomassen) i Ytre Oslofjord moderat, og i sommerperioden var den mindre enn det som er observert i de foregående år. Høsten 2015 fant det imidlertid sted en stor oppblomstring av planteplankton i hovedområdet av Oslofjorden, fra Drøbak og ut til Missingen, mens det i sidefjordene kun var moderate mengder. Den store høstopplomstringen var knyttet til store nedbørmengder og avrenning til fjorden og kunne ikke registreres lenger ut i Skagerrak (Moy et al. 2016).

De av sidefjordene til Ytre Oslofjord som har grunne terskler eller flere bassenger, slik som Iddefjorden og Frierfjorden, er ekstra sårbare for forurensning fordi utskiftningen av bunnvann er sjelden og uregelmessig, samtidig som den er nødvendig for å få inn friskt oksygenrikt vann som kan erstatte det gamle bunnvannet. Det fant ikke sted noen større utskiftninger av bunnvannet i sidefjordene i løpet av vinteren og våren 2015. I Iddefjorden og Frierfjorden har det ikke funnet sted noe utskiftning av bunnvannet siden vinteren 2010 og oksygentilstanden i de to fjordene er svært dårlig.

Samlet tilstand for vannmassene, basert på næringssalter, klorofyll og oksygen, vinter og sommer på hver stasjon i 2015. Fargen angir miljøklasse:

I - Svært god, II - God, III - Moderat, IV - dårlig og V - Svært dårlig:

Sentrale stasjoner			Indre stasjoner		
Bastø OF-4	Sommer	II	Indre Drammensfjord	Sommer	V
	Vinter	II		Vinter	III
Missingen OF-2	Sommer	II	Midtre Drammensfjord	Sommer	V
	Vinter	III		Vinter	III
Torbjørnshjær OF-1	Sommer	II	Breiangen OF-5	Sommer	II
	Vinter	II		Vinter	III
Hvalerområdet			Kippenes MO-2	Sommer	III
Leira Ø-1	Sommer	II		Vinter	III
	Ramsø I-1	Sommer	III	Vestlige stasjoner	
Haslau S-9		Sommer	III	Frierfjorden BC-1	Sommer
	Vinter	II	Vinter		III
Ringdalsfjorden RA-5	Sommer	V	Larviksfjorden LA-1	Sommer	II
	Vinter	IV		Vinter	III
Ytre Iddefjorden ID-1	Sommer	V	Sandefjordsfjorden SF-1	Sommer	II
	Vinter	-		Vinter	III
Midtre Iddefjorden ID-2	Sommer	V	Vestfjorden TØ-1	Sommer	III
	Vinter	III		Vinter	III

I mai-juni 2015 ble miljøforholdene på leirbunn/bløtbunn undersøkt ved hjelp av bunndyrundersøkelser på 10 stasjoner hvor prøver ble samlet inn ved grabbing.

Den økologiske tilstanden for bunndyr ble etter vannforskriften klassifisert til dårlig i Iddefjorden, men god i Ringdalsfjorden. De tre stasjonene i disse to fjordene hadde høyt innhold av organisk karbon (TOC) og lukt av sulfid (H₂S) i bunnsedimentet, og fremstår derfor som tydelig forurenset (organisk belastet). Tilstanden i Ringdalsfjorden har vist en forbedring, fra moderat i 2001 til god i 2015. I Hvaler-området får stasjonen nærmest Glommas munning moderat tilstand, mens de to stasjonene lenger ut får god tilstand. Alle de fire stasjonene i Ytre Oslofjord (OF-stasjonene) hadde god økologisk tilstand for bunndyr. Resultatene fra tidligere undersøkelser i Ytre Oslofjord tyder på en forbedring i økologisk tilstand fra 1997 til 2001, mens den i de påfølgende årene frem til 2015 har vært tilnærmet uendret.

Økologisk tilstand på leirbunn/bløtbunn på 10 stasjoner i Ytre Oslofjord 2015:

Iddefjorden	Tilstand
ID-1 Skysskaffern	IV
ID-43 Knivøy	IV
R-5 Ringdalsfjorden	II
Hvaler	
D-10 Møkkalasset	II
D-2 Kjøko	III
I-1 Ramsø	II
Sentrale Ytre Oslofjord	
OF-1 Torbjørnshjær	II
OF-4 Bastøy	II
OF-5 Breiangen	II
OF-7 Filtvet	II

Summary

Title: Monitoring of the outer Oslofjord. Investigations in 2015.

Year: 2016

Author: Walday, M; Borgersen, G; Naustvoll, LJ (IMR); Selvik, JR

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-6746-4

Monitoring of the water column in the outer Oslofjord is done in order to obtain information about the environment and inputs, focusing on nutrients (eutrophication). The report describes the inputs to the fjord in 2014 and the investigations and results for phytoplankton, hydro-physical and hydro-chemical conditions and soft bottom fauna in 2015.

1. Innledning

Overvåkningsprogrammet for Ytre Oslofjord skal fremskaffe informasjon om miljøtilstanden i fjorden, med fokus på eutrofiering. I overvåkningsprogrammet er det tatt hensyn til krav i EU's vanddirektiv og SFT's klassifisering av miljøkvalitet (Veileder 1997:03). Det er i 2015 gjennomført undersøkelser av vannmasser på 15 stasjoner og faunaundersøkelser på bløtbunn på 10 stasjoner. Tre ekstra innsamlinger i vannmassene på tre stasjoner i Hvaler samt undersøkelser på tre av bløtbunnstasjonene i Hvalerområdet er utført for Borregaard AS.

Det produseres årlige fagrapporter fra undersøkelsene av vannmasser og beregning av tilførsler i Ytre Oslofjord. Det utarbeides også en egen fagrapport for bunnundersøkelsene. Rapporteringen er der holdt i en enkel form med presentasjon av metodikk, omfang av prøvetaking og resultater. Nærmere vurdering og drøfting av resultatene for 2015 blir gjort i denne årsrapporten.

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 tilførsler av næringssalter og organisk materiale med elvene i perioder av året med høy vannføring være styrende for miljøbetingelsene i Oslofjorden og tilstøtende fjorder.

2. Program

All metodikk som ble brukt ved overvåkingen er nærmere beskrevet i de to fagrapportene for hhv. vannmasse- og bunnundersøkelser (Naustvoll et al. 2016, Borgersen og Walday 2016).

2.1 Tilførsler

Miljødirektoratets elvetilførselsprogram RID (Skarbøvik et al. 2015) 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. For Ytre Oslofjord er det rapportert data for Glomma, Drammenselva, Numedalslågen og Skienselva for 1990-2014.

I 2015 er det også foretatt en beregning av næringssalttransport i 5 mindre vassdrag rundt Ytre Oslofjord (Enningdalselva, Tista, Mosseelva, Aulielva, Lierelva). Her er det benyttet overvåkingsdata som er gjort tilgjengelig i «Vannmiljø» og tilførslene er beregnet etter samme metodikk som i elvetilførselsprogrammet.

Modellerte, kildefordelte tilførsler til Ytre Oslofjord for 2013 er basert på resultater fra NIVAs TEOTIL-modell. Modellen benyttes hvert år i et prosjekt under Statlig program for forurensningsovervåking 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 næringssalter fra områder som ikke favnes av overvåkingen av elver i det statlige elvetilførselsprogrammet (RID). TEOTIL-modellen er nærmere omtalt i fagrapporten (Naustvoll et al. 2016).

2.2 Vannmasser

Innsamling er i hovedsak foretatt av Havforskningsinstituttet med FF G. M. Dannevig, mens innsamlingen knyttet til opsjon i Hvaler for Borregaard AS, er foretatt av NIVA. Stasjoner og tidspunktene for undersøkelsene er gitt i Tabell 1 og Tabell 2. Ved stasjon ID-1 (Ytre Iddefjorden) ble prøvetakningen startet i juni 2015.

Tabell 1. Datoer for undersøkelser av stasjoner i Ytre Oslofjord-programmet 2015.

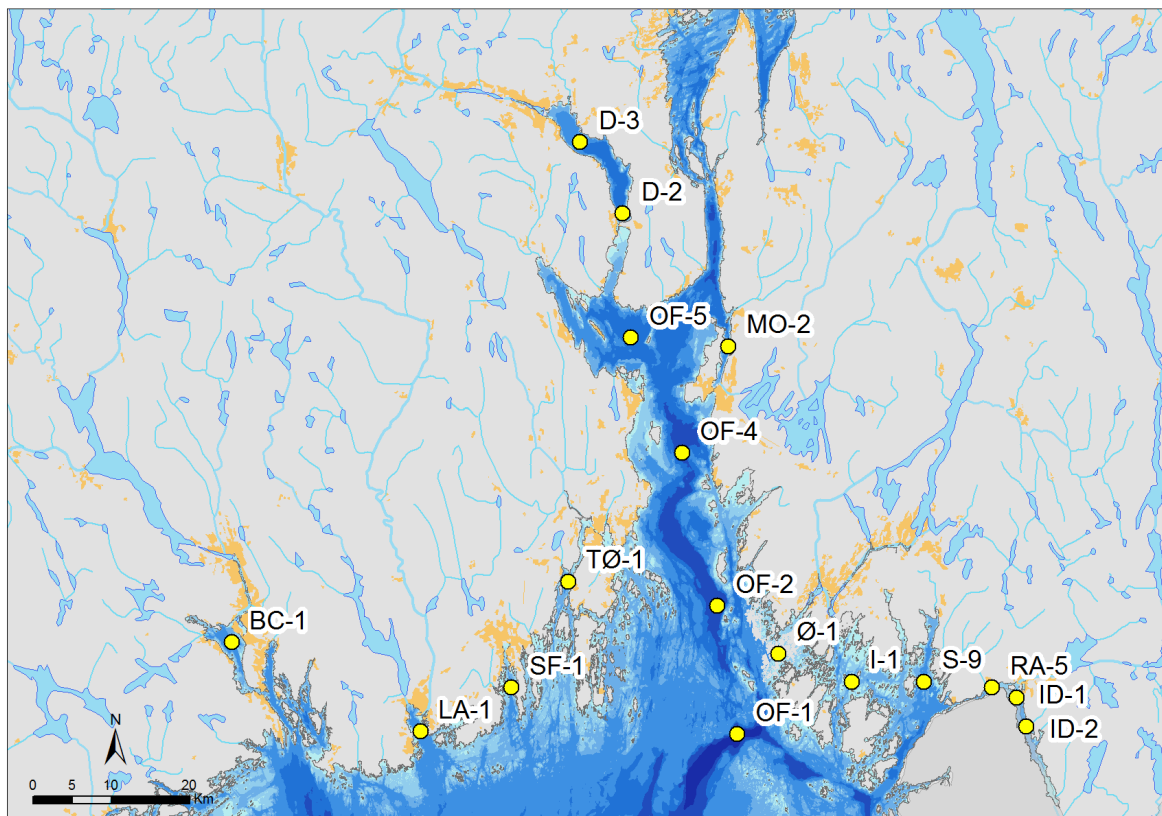
Randsonen	FF G.M. Dannevig						
OF 5 Breiangen	16.jan	05.feb	17.jun	06.jul	14.aug	26.sept	12.nov
OF-1 Torbjørnskjær	14.jan	06.feb	16.jun	04.jul	16.aug	27.sept	11.nov
Frierfjorden (BC-1)	17.jan	04.feb	15.jun	04.jul	13.aug	23.sept	10.nov
Drammensfjorden (D-3)	16.jan	(05.feb)*	17.jun	06.jul	14.aug	27.sept	12.nov
Drammensfjorden (D-2)	16.jan	05.feb	17.jun	06.jul	14.aug	27.sept	12.nov
Larviksfjorden (LA-1)	17.jan	04.feb	15.jun	07.jul	13.aug	23.sept	10.nov
Sandefjord (SF-1)	16.jan	04.feb	16.jun	06.jul	14.aug	23.sept	10.nov
Vestfjord (TØ-1)	16.jan	04.feb	16.jun	06.jul	14.aug	30.sept	12.nov
Kippenes (MO-2)	15.jan	05.feb	17.jun	05.jul	14.aug	26.sept	12.nov
Leira (Ø-1)	14.jan	05.feb	16.jun	05.jul	15.aug	28.sept	11.nov
Ramsø (I-1)	15.jan	05.feb	16.jun	05.jul	15.aug	28.sept	11.nov
Ringdalsfjorden (RA-5)	15.jan	05.feb	16.jun	05.jul	15.aug	28.sept	11.nov
Haslau (S-9)	15.jan	05.feb	16.jun	05.jul	15.aug	28.sept	11.nov
Kjellvik (ID-2)	15.jan	(05.feb*)	16.jun	05.jul	15.aug	28.sept	11.nov
Ytre Iddefjorden (ID-1)	-	-	16.jun	05.jul	15.aug	28.sept	11.nov

(*) i februar var det problem med is ved stasjonen (dato gitt i parentes). Ved isdekke vil prøvetakning ikke kunne gjennomføres fordi skipet ikke er klasset for å gå i is.

Tabell 2. I 2015 ble det på oppdrag fra Borregaard AS foretatt ekstra undersøkelser i Hvalerregionen ved 3 stasjoner. Undersøkelsene ble utført av NIVA.

Hvaler	NIVA		
Leira (Ø-1)	30.mar	25.mai	19.okt
Ramsø (I-1)	30.mar	25.mai	19.okt
Haslau (S-9)	30.mar	25.mai	19.okt

Sensordata fra Ferrybox er samlet inn fra 4 meters dyp i området fra svenskegrensen og inn til Drøbak i 2015. Dataene er kvalitetssikret manuelt og klorofyll a fluorescens ble kalibrert med vannprøver fra hele året der klorofyllkonsentrasjon ble bestemt både spektrofotometrisk og med HPLC. I tillegg er det innhentet vannprøver for kjemiske analyser og sammensetning av planteplanktonet ved OF-2 og OF-4 i henhold til frekvens og tidspunkt gitt i hovedprogrammet.



Figur 1. Vannmassestasjoner undersøkt i Ytre Oslofjord i 2015.

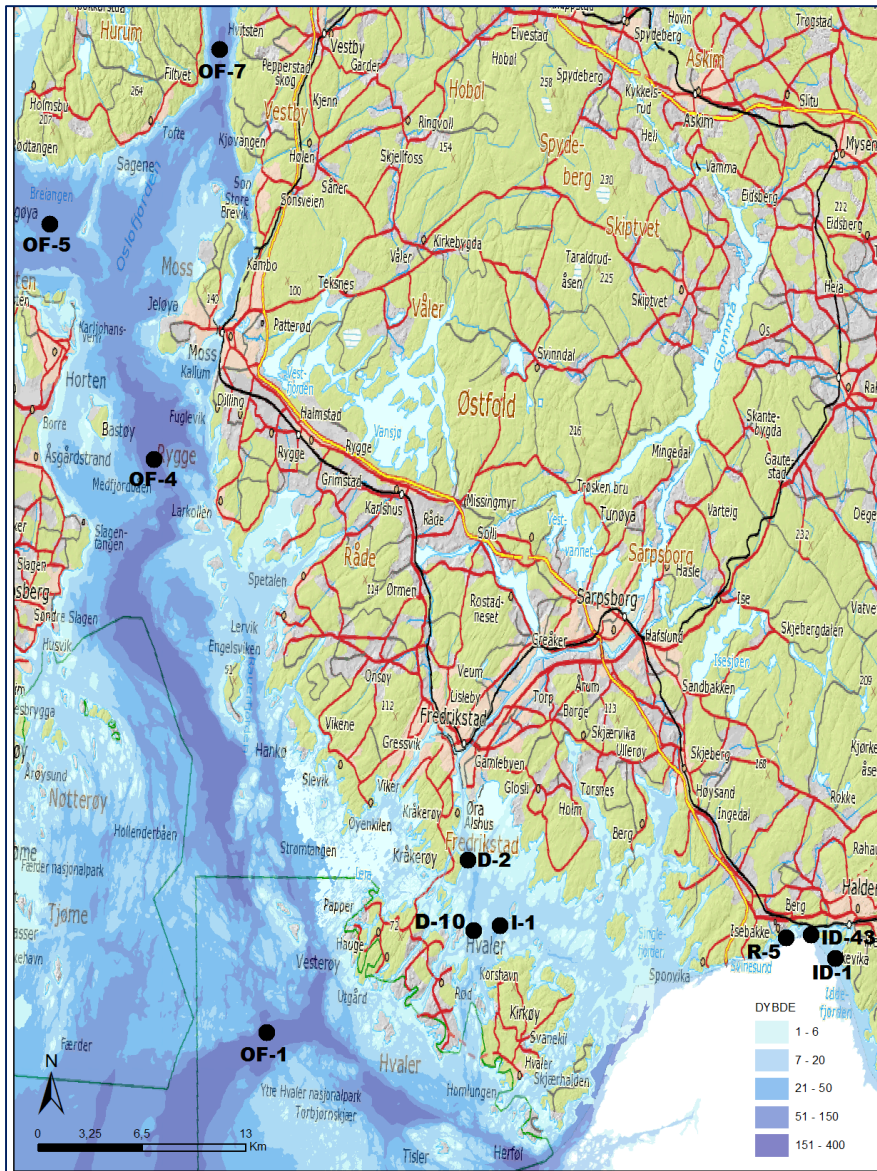
2.3 Bløtbunnsfauna

Prøvetaking av bløtbunnsfauna ble gjennomført på 10 stasjoner den 18., 20. og 21. mai 2015 med fartøyet F/F Trygve Braarud. Stasjonenes dyp og posisjon er gitt i Tabell 3 og Figur 2. Faunaprøvene ble tatt med en van Veen-grabb med prøvetakingsareal på 0,1 m². Det ble tatt tre parallelle prøver på hver av stasjonene.

Prøver til analyse av sedimentets kornfordeling og innhold av total organisk karbon (TOC) ble tatt med grabb eller corer. Prøver for TOC ble tatt fra sjiktet 0-1 cm og for korn fra sjiktet 0-5 cm. Prøvetaking ble utført iht. standardene NS-EN ISO 16665:2013 og NS-EN ISO 5667-19. Sortering og artsidentifisering ble utført iht. NS-EN ISO 16665:2013.

Tabell 3. Posisjoner (WGS84) og dyp for bløtbunnsprøvetaking i Ytre Oslofjord 2015.

Dato for prøvetaking	Stasjons-ID	Stasjonsnavn	Posisjon nord	Posisjon øst	Dyp (m)
18.5.2015	OF-7	Filtvet	59°35,448	10°38,008	211
18.5.2015	OF-5	Breiangen	59°29,203	10°27,526	199
20.5.2015	ID-43	Knivsøy	59°06,852	11°20,500	38
20.5.2015	ID-1	Skysskaffern	59°06,093	11°22,151	28
20.5.2015	D-10	Møkkalasset	59°06,319	10°58,407	48
20.5.2015	I-1	Ramsø	59°06,558	11°00,104	58
20.5.2015	OF-4	Bastøy	59°21,525	10°35,430	305
20.5.2015	D-2	Kjøkøy	59°08,690	10°57,738	54
20.5.2015	R-5	Ringdalsfjorden	59°06,705	11°18,819	35
21.5.2015	OF-1	Torbjørnskjær	59°02,456	10°45,277	452



Figur 2. Stasjonskart for bløtbunnsprøvetakingen i Ytre Oslofjord i 2015.

Tilstandsklassifisering

På grunnlag av artslister og individtall ble følgende indekser for bløtbunnsfauna beregnet:

- artsmangfold ved indeksene H' (Shannons diversitetsindeks) og ES_{100} (Hurlberts diversitetsindeks)
- ømfintlighet ved indeksene ISI_{2012} (Indicator Species Index, versjon 2012) og NSI (Norwegian Sensitivity Index)
- den sammensatte indeksen $NQI-1$ (Norwegian Quality Index, versjon 1), som kombinerer både artsmangfold og ømfintlighet

Indeksen for individtetthet, DI (Density Index), inngår ikke i klassifiseringen, da erfaring har vist at denne indeksen kun er egnet i helt spesielle tilfeller, og ofte avviker vesentlig fra de øvrige indeksene.

Indeksene ble beregnet for hver grabbprøve, og ut fra dette er det beregnet gjennomsnittsverdier for hver stasjon. Basert på kumulerte grabbdata ble det også beregnet stasjonsvise verdier («samfengt»). De absolutte indeksverdiene (både gjennomsnitt og stasjonsverdier) ble regnet om til normaliserte EQR -verdier ($nEQR$) etter formelen:

$$\text{Normalisert } EQR = (\text{Indeksverdi} - \text{Klassens nedre indeksverdi}) / (\text{Klassens øvre indeksverdi} - \text{Klassens nedre indeksverdi}) * 0.2 + \text{Klassens norm}EQR \text{ basisverdi}$$

Det ble så beregnet gjennomsnittet av indeksenes $nEQR$ -verdier på stasjonen. Tilstandsklassen ble bestemt etter Vannforskriftens system og klassegrenser gitt i Veileder 02:13 (Tabell 4).

Tabell 4 Klassegrenser for bløtbunnsindekser, inkl. normalisert EQR ($nEQR$) fra Veileder 02:2013.

Indeks	Type	Økologiske tilstandsklasser basert på observert verdi av indeks				
		Svært God	God	Moderat	Dårlig	Svært Dårlig
		I	II	III	IV	V
$NQI-1$	Sammensatt	0,9-0,82	0,82-0,63	0,63-0,49	0,49-0,31	0,31-0
H'	Artsmangfold	5,7-4,8	4,8-3	3-1,9	1,9-0,9	0,9-0
ES_{100}	Artsmangfold	50-34	34-17	17-10	10-5	5-0
ISI_{2012}	Ømfintlighet	13-9,6	9,6-7,5	7,5-6,2	6,1-4,5	4,5-0
NSI_{2012}	Ømfintlighet	31-25	25-20	20-15	15-10	10-0
$nEQR$		0,8-1	0,6-0,8	0,4-0,6	0,2-0,4	0-0,2

Støtteparameter til det biologiske kvalitetselementet bunnfauna

TOC er en støtteparameter som gir informasjon om graden av organisk belastning på stasjonen, men inngår ikke i den endelige klassifiseringen. Sedimentfraksjonen gir informasjon om hvor grov- eller finkornet sedimentet er, noe som har betydning for faunaens sammensetning og som kan brukes ved tolkning av resultatene.

Klassifiseringen av TOC er basert på finkornet sediment, og prøven standardiseres derfor for teoretisk 100 % finstoff etter formelen:

$$\text{Normalisert } TOC = \text{målt } TOC + 18 (1-F),$$

hvor F er andelen finstoff (partikkelstørrelse $< 63 \mu\text{m}$).

Klassegrensene for normalisert TOC er gitt i Tabell 5. Denne klassifiseringen inngår ikke i den endelige klassifiseringen av stasjonene.

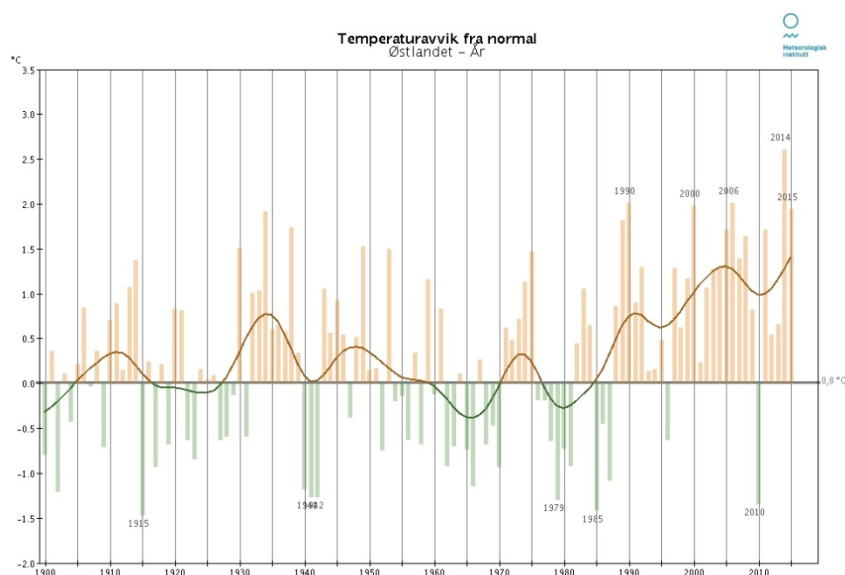
Tabell 5. Klassegrenser for normalisert organisk karbon (TOC) fra veileder SFT97:03.

	Parameter	Tilstandsklasser				
		Svært God	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
		I	II	III	IV	V
TOC	Organisk karbon (mg/g)	0-20	20-27	27-34	34-41	41-200

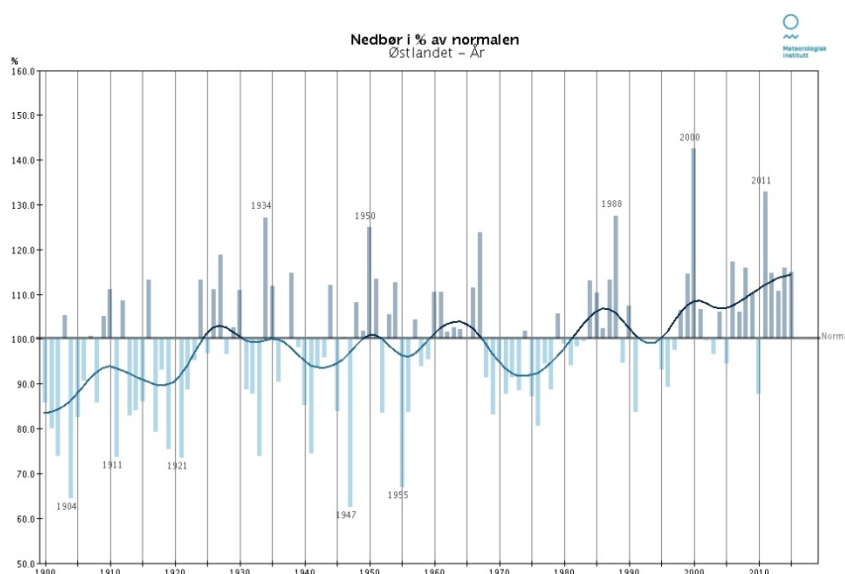
3. Klimatiske forhold

Gjennomsnittstemperaturen i luft for hele landet i 2015 var 1,8 °C over normalen, og året ble det 3. varmeste i en serie som går tilbake til år 1900. 2015 var også det 3. mest nedbørrike med 125 % av normalen.

Hovedtendensen i temperaturutviklingen for Østlandet de siste drøyt 100 år er at det har blitt varmere (Figur 3). Fra 1900 frem til cirka 1988 lå temperaturen jevnt nær normalen, med en kortvarig varmere periode på 30 tallet. Etter 1988 og frem til i dag har temperaturen vært jevnt varmere enn normalen, med en tendens til fortsatt oppvarming. Færder fyr hadde en av landets høyeste temperaturer i 2015, med en gjennomsnittstemperatur på 9,4 °C, som er 2 °C over normalen for 1961-1990.



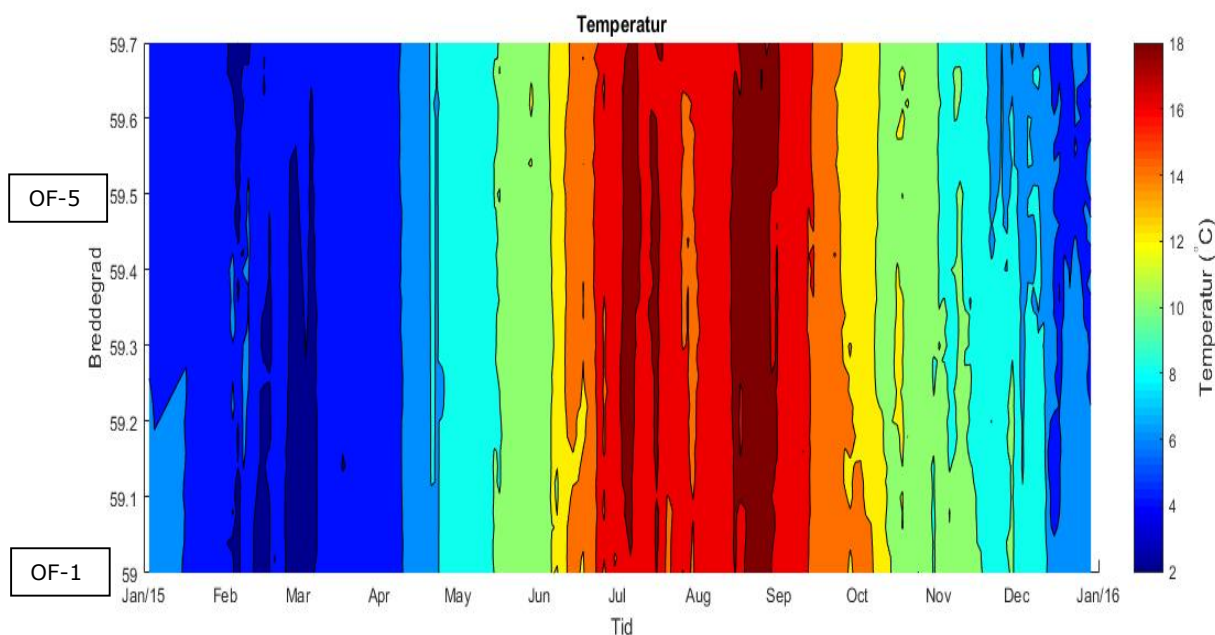
Figur 3. Lufttemperatur på Østlandet. Temperaturavvik fra normal for perioden 1900-2015. Fra met.no



Figur 4. Nedbør på Østlandet. Nedbør i % av normal for perioden 1900-2015. Fra met.no

3.1 Sjøtemperaturer

Den tredje januar 2015 ble det målt 8,8 °C i sjøen på én meters dyp i Flødevigen på Sørlandet. Det er det varmeste sjøvannet som er målt i januar måned, siden Havforskningsinstituttets målinger startet i 1918. Men til tross for høye enkeltmålinger og en mild vinter på land, ble det ikke varmere, vinteren sett under ett, man skal kun tilbake til 2007 og 2008 for å finne tilsvarende varme vintre. (imr.no).



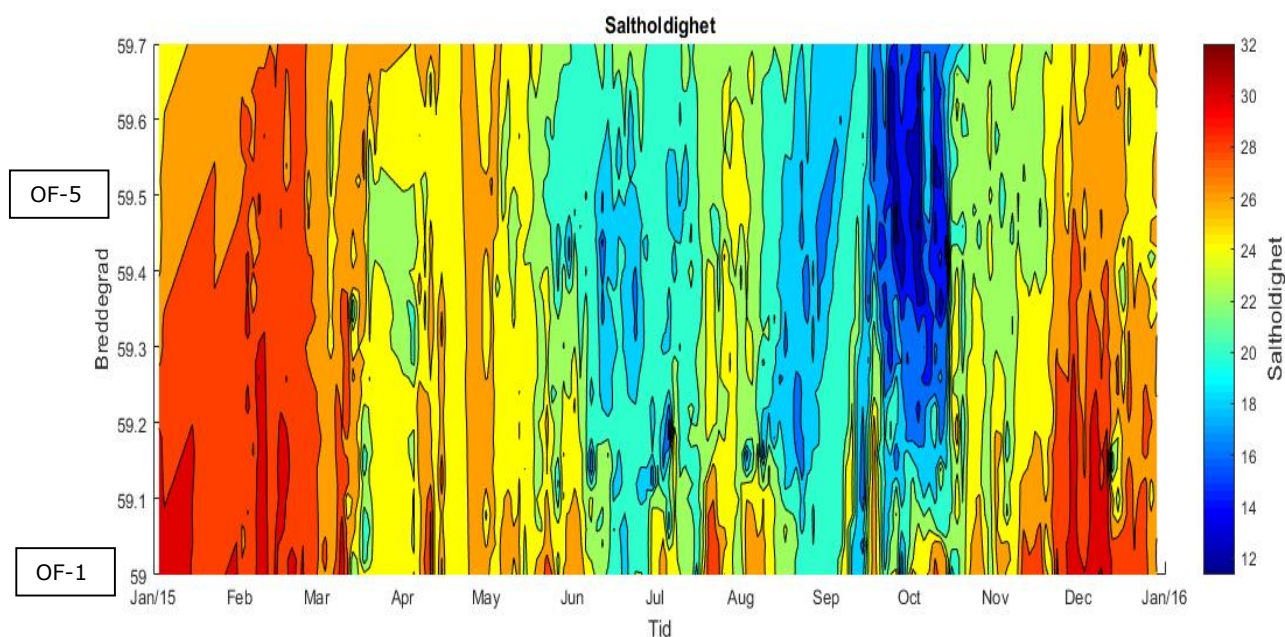
Figur 5. Konturplott av temperatur på 4m dyp i 2015. Data er vist for området fra grensen mot svensk farvann og opp til Drøbak. Data fra Ferrybox.

Dersom klimatiske endringer gir endret stofftransport med elvene vil dette kunne ha effekter på produksjonsforholdene i sjøen. Endrede temperaturforhold i sjøen gir også endrede levekår for mange arter. Dersom klimaendringer gir økt stofftransport kan dette indirekte kamuflere effekten av kostbare utslippsbegrensende tiltak på landsida. Trendene for stofftransporten i elvene i vårt område gjennom de siste 20 år er nærmere omtalt i neste kapittel.

I Ytre Oslofjord vil perioder med ferskt overflatevann være knyttet til stor avrenning og kraftige nedbørsperioder, og en samtidig økning av næringsstoffs-konsentrasjonene i vannet. Fra Figur 6 kan vi se at vi i 2015 hadde slike perioder både juni/juli og september, men spesielt omfattende i oktober. Østfold, Vestfold, Akershus og Oslo var våtest i landet i oktober, med to til tre ganger den normale nedbøren (met.no).

Normalt kulminerer vårflommen i første halvdel av mai i Skiensvassdraget og Numedalslågen. I Drammensvassdraget og Glomma kulminerer vårflommen normalt fra midten av mai og fram til slutten av juni måned (nve.no).

Vårforholdene under snøsmeltingen er helt avgjørende for hvordan vårflommen utvikler seg. Det er de siste årene flere eksempler på at mye nedbør under snøsmeltingen, kan føre til skadeflom i vassdrag selv om det er lite snø. På den annen side er det også eksempler på at store snømengder ikke har medført større vårflom enn normalt hvis det har kommet lite nedbør og moderat varme i smelteperioden (nve.no).



Figur 6. Saltholdighet på 4m dyp i 2015. Data er vist for området fra grensen mot svensk farvann og opp til Drøbak. Data fra Ferrybox.

3.2 Beregnede kildefordelte tilførsler

På grunn av rutiner knyttet til datarapportering og bearbeiding av data er det kun data fra 2014 som er tilgjengelig for denne rapporten. Data fra kilderegistrene er som tidligere år bearbeidet i TEOTIL og viste ingen dramatiske endringer i 2014 (Selvik og Høgåsen, 2015).

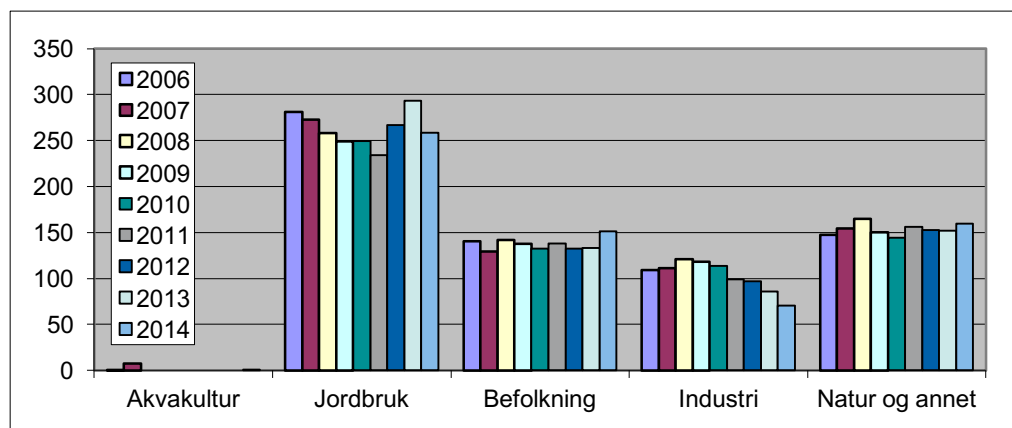
Nedleggelse av cellulosefabrikken til Södra Cell AS på Hurum i 2013 har gitt reduserte utslipp fra Hurum (vassdragsområde 10). Cellulosefabrikken på Tofte er nå under demontering og innen sommeren 2016 skal fabrikkområdet være ryddet. Det er planlagt bygget et nytt anlegg for biodrivstoff, men hvilke utslipp som eventuelt vil komme fra et slikt anlegg vites ikke. Peterson Linerboard AS opphørte i 2011 og medførte 15-20 tonn mindre utslipp av nitrogen i Mosseregionen (vassdragsområde 03). Dette er medvirkende til at industriutslippene er nedadgående for både fosfor og nitrogen i de senere år.

Jordbruk er den største enkeltkilden for tilførsler av både menneskeskapt fosfor og nitrogen (Figur 7 og Figur 8). I 2011 ble det i Stortingsmeldingen «Velkommen til bords» (nr. 9, 2011-2012) angitt at det var en ambisjon at landbruksproduksjonen skulle økes med 20 % innen 2030 og holde følge med befolkningsveksten nasjonalt og internasjonalt. Dersom dette gjennomføres vil også innsatsfaktorene i form av gjødsling og energiforbruk trolig måtte øke, og følgelig at utslipp til vann også kan forventes å øke.

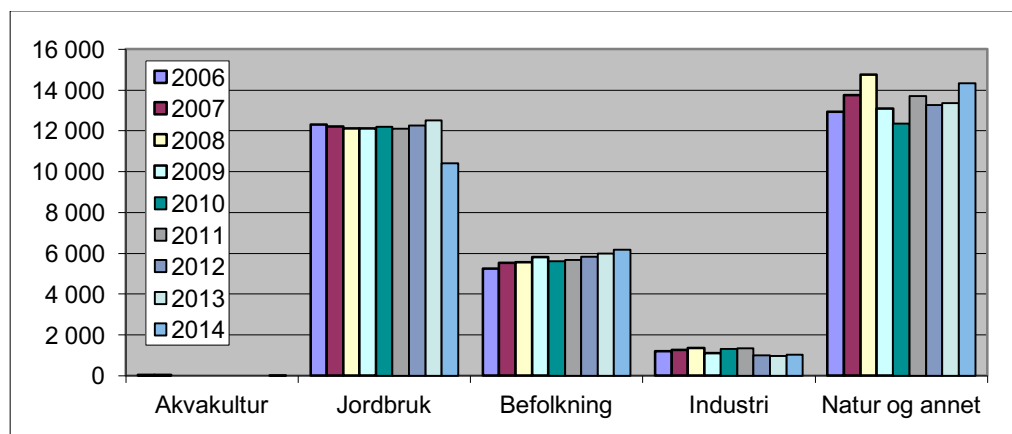
I årene fremover forventes en fortsatt befolkningsvekst rundt Ytre Oslofjord. Dette skyldes både tilflytting og innvandring og er en utfordring for håndtering av avløp fra befolkning fordi kapasitet må utvikles i takt med befolkningsutviklingen. Dersom netto tilførsel til fjordområdet ikke skal øke, må også anleggenes effektivitet økes. De fleste større renseanlegg har høy effektivitet for rensing av fosfor, men det er få anlegg som er bygget for nitrogensrensing. Figur 8 indikerer at det er en økning i tilførslene av nitrogen fra befolkningen, men det har også vært noen metodiske endringer i beregningen (SSB) som har dratt i den retning. Data fra tidligere år har foreløpig ikke blitt korrigert som følge av denne endringen.

Utslipp fra akvakultur har vært svært begrenset i Ytre Oslofjord. Det er under planlegging en nytt landbasert oppdrettsanlegg i Fredrikstad med moderne resirkuleringsteknologi. Det er gitt konsesjon/utslippstillatelse for en årsproduksjon på 2400 tonn laks. Dette tilsvarer et utslippspotensial på nær 90

tonn nitrogen og 16 tonn fosfor (ref. OSPAR Harp NUT Guidelines) og normal oppnådd førfaktor i norsk oppdrett, men pga. planlagt effektiv drift og renseløsninger ble det søkt om utslipp av 72 tonn nitrogen og 4 tonn fosfor. Fosfor vil da utgjøre under 1 % av tilførslene via Glomma, men tilsvarer ca. 40 % av utslippet fra rensesanlegget på Øra (2014, Frevar).



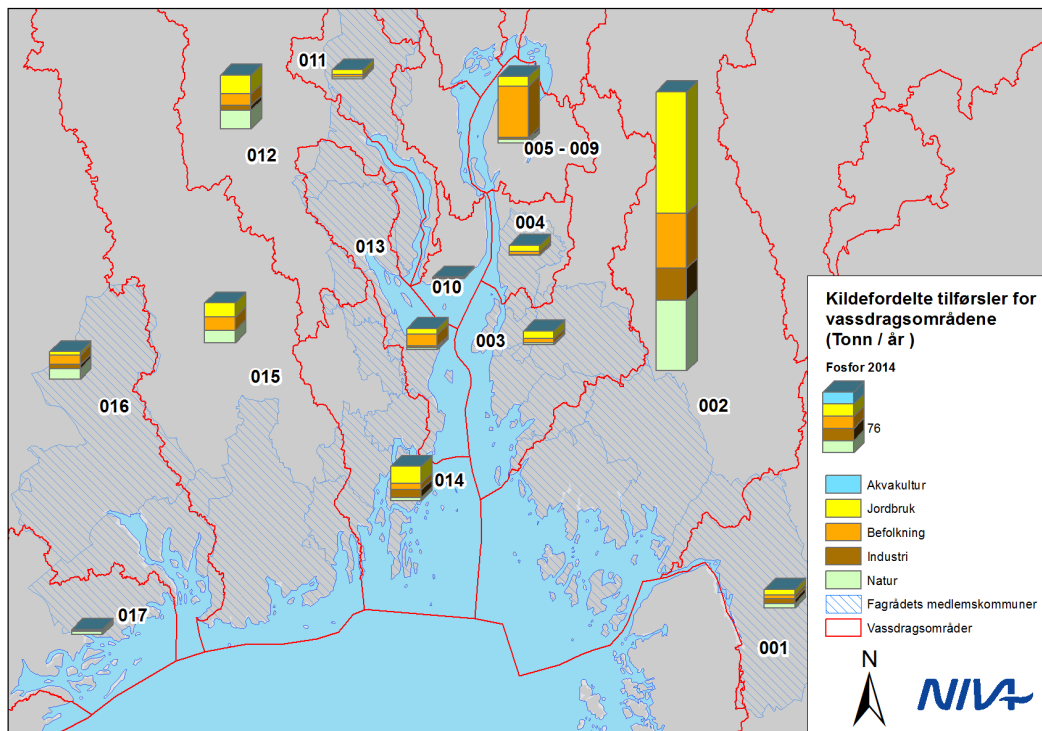
Figur 7. Teoretisk beregnede kildefordelte tilførsler av fosfor (tonn/år) til Ytre Oslofjord fra landområdene som drenerer direkte til Ytre Oslofjord. Dette inkluderer avløpsanlegg og industrianlegg med direkte utslipp til fjorden, men tilførsler fra Indre Oslofjord og langtransport med havstrømmene inngår ikke.



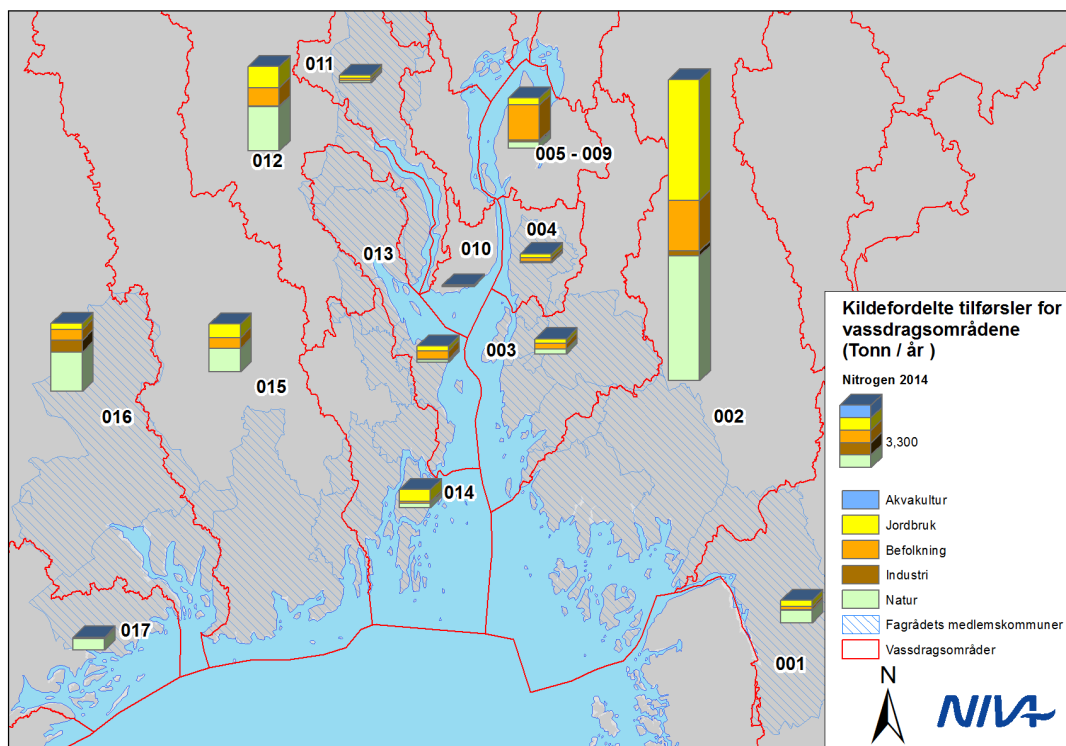
Figur 8. Teoretisk beregnede kildefordelte tilførsler av nitrogen (tonn/år) til Ytre Oslofjord fra landområdene som drenerer direkte til Ytre Oslofjord. Dette inkluderer avløpsanlegg og industrianlegg med direkte utslipp til fjorden, men tilførsler fra Indre Oslofjord og langtransport med havstrømmene inngår ikke.

Kartene (Figur 9 og Figur 10) 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 areal typer (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 næringssalter i Indre Oslofjord er dominert av avløp fra befolkning på grunn av relativt lite jordbruk og store befolkningskonsentrasjonene i nedbørfeltet (Figur 9 og Figur 10).



Figur 9. 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 10. 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.

3.3 Målte tilførsler via elver

Miljødirektoratets elvetilførselsprogram (Skarbøvik et al. 2015) 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 6) oppdateres årlig etter hvert som nye data kommer til.

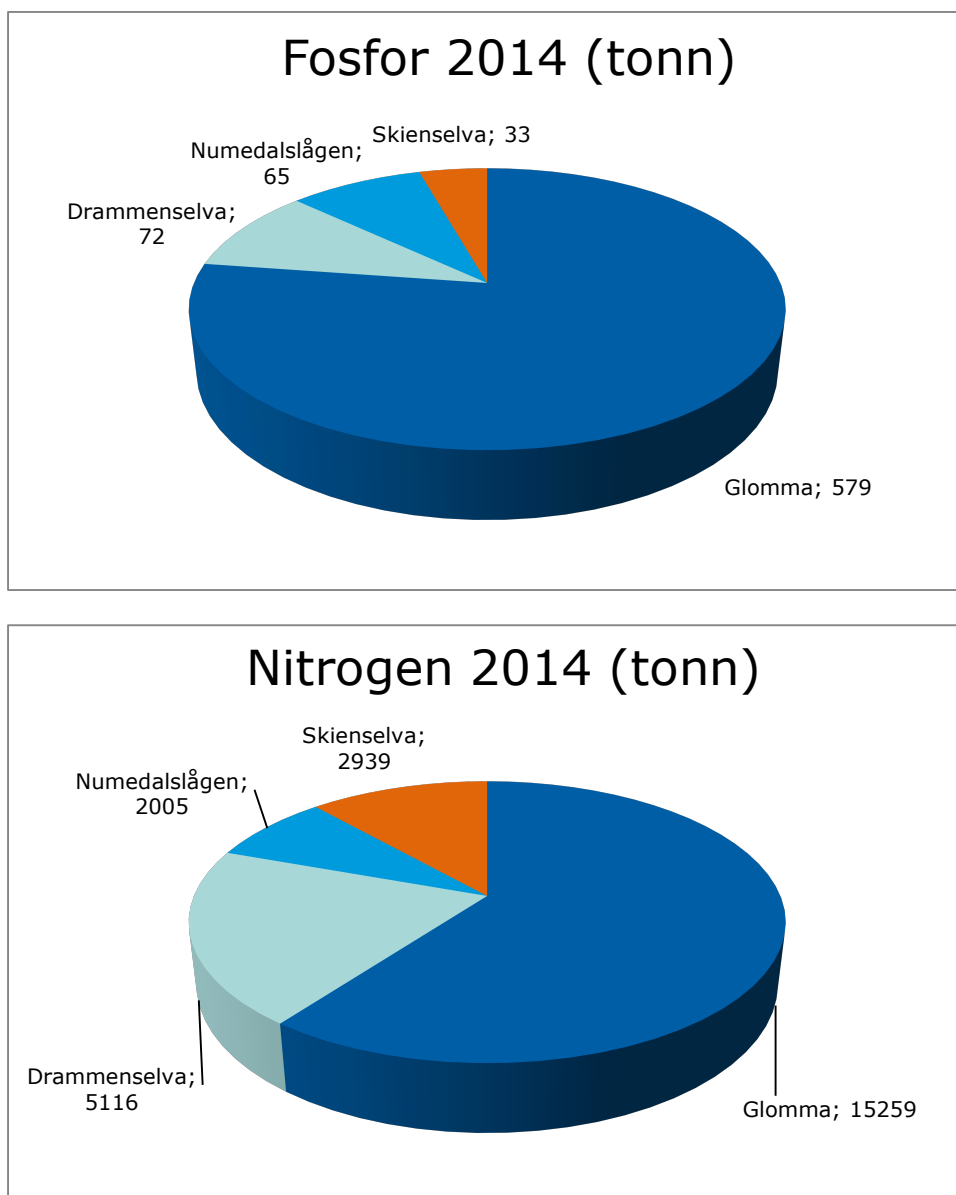
Elvetilførselsprogrammet angir at de mellomårlege forskjeller i tilførsler av næringssalter og partikler i stor grad kan forklares med de mellomårlege forskjeller i vannføring (Skarbøvik et al. 2013). Tabell 6 viser at vannføringen er signifikant økende i alle fire vassdrag. I 2014 var vannføringen ca. 25 % over langtidsnormalen 1970-1999. 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 fire vassdragene viser en økende transport av fosfat, mens det for total-fosfor kun er Drammenselva og Numedalslågen som øker. Drammenselva og Numedalslågen viser også økende partikkeltransport (SPM).

Tabell 6. Trender i tilførsler til elver som overvåkes gjennom Miljødirektoratets elvetilførselsprogram (RID - Riverine inputs and direct discharges to Norwegian coastal waters) (etter Skarbøvik et al. 2015). Tabellen viser p-verdier og farge indikerer grad av statistisk signifikans. Q = vannføring, SPM = partikler.

Tilførsler-langtids, 1990-2014							
Elv	Q	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Tot-N	PO ₄ -P	Tot-P	SPM
Glomma	0,0102	0,0005	0,1476	0,0133	0,0759	0,5132	0,5437
Drammenselva	0,0028	0,0927	0,0250	0,0033	0,0051	0,0028	0,0051
Numedalslågen	0,0281	0,4272	0,1232	0,0015	0,0151	0,0195	0,0356
Skienselva	0,0317	0,0839	0,0033	0,9256	0,0446	0,1611	0,2827
	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 (Figur 11). Når det gjelder fosfor var Drammenselva og Numedalslågen ganske like i 2014, mens Drammenselva bidro vesentlig mer enn Numedalslågen når det gjaldt nitrogen.



Figur 11. Fordeling av tilførsler (tonn) av fosfor og nitrogen mellom de fire største vassdragene med avrenning til Ytre Oslofjord i 2014 (Data fra RID-programmet).

3.4 Tilførsler fra 5 mindre elver

Data fra regionale/lokale overvåkingsaktiviteter i fem mindre vassdrag registreres i forvaltningens system «Vannmiljø». Vi har i denne fagrapporten benyttet måledata fra Vannmiljø for å utføre beregning av tilførslene fra disse vassdragene med samme metodikk som i RID-programmet (metode anbefalt av OSPAR). I januar 2016 var status for datamaterialet i Vannmiljø som følger:

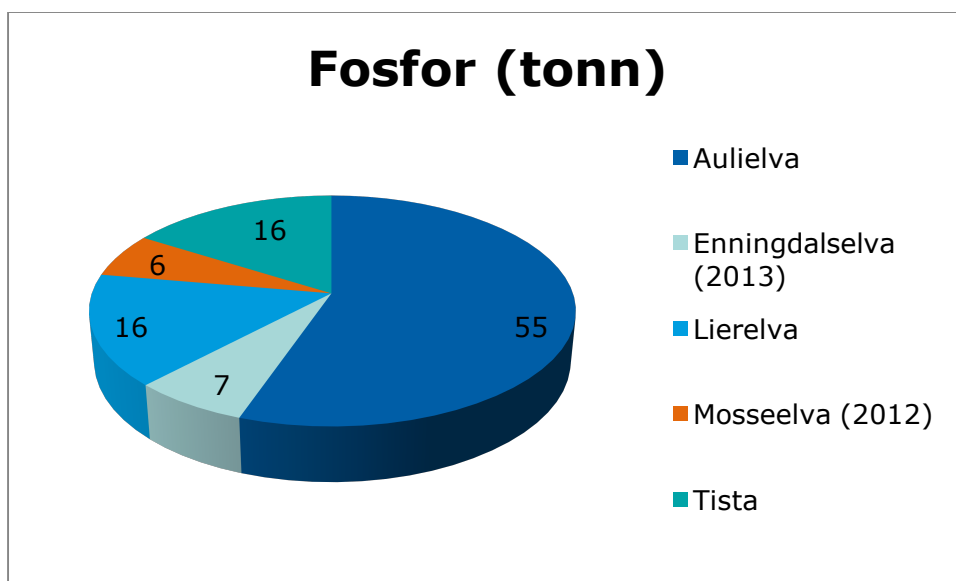
- Aulielva – drenerer til Byfjorden i Tønsberg; dataserie foreligger t.o.m. 2015. 4 målinger pr. år de siste to årene.
- Lierelva – drenerer til Drammensfjorden; dataserie t.o.m. 2014 foreligger. Det er 15 målinger i 2014.
- Mosseelva – drenerer til Mossesundet; det er ikke registrert data etter 2012 i Vannmiljø.
- Tista – drenerer til Iddefjorden; Det er registrert 5 målinger for Tista i 2014 /Statlige RID-programmet).

- Enningdalselva – drenerer til Iddefjorden; data for hele året, 2 prøver pr. måned. Det er ikke registrert målinger etter mai 2014 og det er derved foreløpig ikke grunnlag for beregning av tilførsler i 2014.

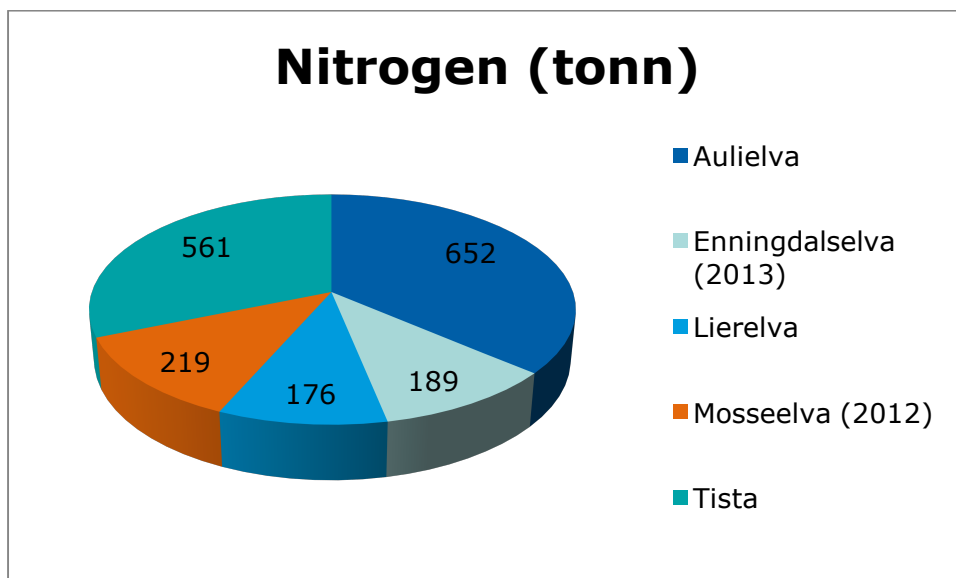
Figurene nedenfor viser fordelingen mellom tilførsel av nitrogen og fosfor fra de fem elvene i 2014 (fra 2012 for Mosseelva). Aulielva fremstår som den største bidragsyter mht. fosfor. Det gjøres oppmerksom på at datamaterialet er ganske begrenset og tilførselsberegningene blir derved tilsvarende usikre.

Tilførselene via disse fem mindre elvene i 2014 utgjorde 12 % av fosfortransporten i alle de målte vassdragene og 7 % av nitrogentransporten.

Dersom målinger i de små vassdragene skal benyttes som grunnlag for beregning av stofftransport i de kommende år anbefales det å gå i dialog med de lokale aktører (prosjekteierne) for å øke målefrekvensen.



Figur 12. Tilførsel av fosfor fra fem mindre vassdrag rundt Ytre Oslofjord.



Figur 13. Tilførsel av nitrogen fra fem mindre vassdrag rundt Ytre Oslofjord.

4. Vannkjemi og planteplankton

4.1 Datagrunnlag

Ved tilstandsklassifisering av 2015-data er det i så stor grad som mulig fulgt de anbefalinger som er gitt i Veileder 02:2013 «Klassifisering av miljøtilstand i vann». For de fysisk/kjemiske parameterne tilfredsstiller 2015-programmet krav til data og det er foretatt en klassifisering i henhold til Veilederen, med ett unntak: I veilederen er det anbefalt at man foretar en klassifisering basert på 3 års data samlet. I årets rapport er det valgt å gi tilstandsvurderingen kun for 2015. Dette gjør det enklere å sammenligne tilstandsvurderingen med tidligere år. I tillegg er det i overvåkingsperioden 2012-2015, som skulle vurderes samlet, benyttet ulike innsamlingsdyp for de kjemiske parameterne noe som vanskeliggjør en samlet vurdering. Det er besluttet å benytte 0 – 10 m data da dette er angitt dybdeintervall både i SFT 1997:3 og Veileder 02:2013 og gir en mer robust tilstandsvurdering av overflatelaget. For data innhentet med Ferryboks-systemet foreligger kun data fra 4m, som da er benyttet. Dette gjelder stasjonene OF-2 og OF-4 i 2015. Klassifiseringen som er gitt for 2015 anses som en foreløpig tilstandsvurdering i vente på 3 års sammenhengende og like data. I henhold til Veileder 02:2013 benyttes oksygendata fra dypeste dyp for tilstandsvurdering. Dataene skal samles inn i den perioden av året da oksygenkonsentrasjon er lavest. Når på året minimum inntreffer vil variere noe mellom fjordene, men normalt er på høsten, i perioden september til november.

For det biologiske kvalitetselementet klorofyll er det foretatt en klassifisering basert på SFT 1997:03. Årsaken til dette er at programmet for 2015 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 gitte statistiske beregningene. I år er det foretatt en samlet vurdering av stasjonene for de ulike periodene. Vurderingen er gjort i henhold til de kriterier som er gitt i SFT 1997:03 og Veileder 02:2013.

4.2 Tilstandsklassifisering av Ytre Oslofjord 2015

Det er stor variasjon i miljøtilstand mellom de ulike stasjonene i Ytre Oslofjord programmet. Stasjoner som ligger i de ytre delene av randsonen og på den vestre og ytre del av Oslofjorden har generelt bedre miljøforhold enn de som ligger lengre inn i sidefjordene. Klassifiseringen for stasjonene som inngikk i programmet for 2015 er gitt i Tabell 7. I forbindelse med «samlet tilstandsvurdering» er ikke «siktdyp» inkludert i analysen. Dette er en parameter det er knyttet en del usikkerhet til og det er stilt spørsmål ved klassifiseringssystemene for denne parameteren. «Samlet vurdering» er kun basert på kjemiske parametere og klorofyll. Det kan nevnes at stasjonene «Vestfjorden», «Breiangen», «Leira», «Ramsø» og «Haslau» vil alle havne i en dårligere tilstandsklasse dersom «siktdyp» inkluderes i samlet vurdering.

Tabell 7. Miljøklassifisering av stasjonene i Ytre Oslofjord basert på 2015-data. Data fra de øvre 10 meter er benyttet slik angitt i Veileder 02:2013. For oksygen er det benyttet høstverdier i dypvann i henhold til anbefaling i Veileder 02:2013. For klorofyll a er klassifiseringssystemet i SF7 1997:03 benyttet. Det er foretatt korrigerer for saltholdighet. Samlet vurdering er basert på kriteriet 'dårligste tilstand fastsetter samlet tilstand' (Veileder 02:2013, SF7 1997:03). «x» – ingen data pga sen oppstart av stasjonen. «nd» ingen data.

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
Sentrale stasjoner									
Bastø OF-4	Sommer	14	2	10	188	1,7			II
	Vinter	114	nd	nd	nd				II
Missingen OF-2	Sommer	18	3	11	209	2			II
	Vinter	135	20	20	270				III
Torbjørniskjær OF-1	Sommer	18	3	12	236	1,1	5,2	7,7	II
	Vinter	113	17	23	290				II
Vestlige stasjoner									
Frierfjorden BC-1	Sommer	122	8	17	377	0,9	0,2	4	V
	Vinter	168	16	21	376				III
Larviksfjorden LA-1	Sommer	9	3	13	226	0,6	4,7	7,3	II
	Vinter	108	17	26	280				III
Sandefjordsfjorden SF-1	Sommer	9	3	13	222	2,2	3,9	7	II
	Vinter	125	18	29	308				III
Vestfjorden TØ-1	Sommer	20	4	13	235	3,4	3,3	4,3	III
	Vinter	142	19	26	235				III
Indre stasjoner									
Indre Drammensfjord D-3	Sommer	182	4	12	389	1,1	0,2	3,7	V
	Vinter	252	11	18	404				III
Midtre Drammensfjord D-2	Sommer	141	5	14	401	1,5	0,3	4	V
	Vinter	223	12	14	396				III
Breiangen OF-5	Sommer	31	2	11	226	1,8	3,7	5,3	II
	Vinter	129	16	21	258				III
Kippenes MO-2	Sommer	38	2	11	238	2	4,1	5	III
	Vinter	138	19	24	302				III
Hvalerområdet									
Leira Ø-1	Sommer	11	3	13	204	1,1	4,3	3,4	II
	Vinter	109	17	24	246				II
Ramsø I-1	Sommer	38	5	14	250	1,8	2,9	4	III
	Vinter	117	18	24	291				II
Haslau S-9	Sommer	32	4	14	288	4,9	4,3	3	III
	Vinter	109	19	24	272				II
Ringdalsfjorden RA-5	Sommer	146	13	19	452	3,3	1,5	2,3	V
	Vinter	198	17	22	590				IV
Ytre Iddefjorden ID-1	Sommer	203	15	22	455	2,8	0,2	2	V
	Vinter	x	x	x	x				x
Midtre Iddefjorden ID-2	Sommer	233	11	13	507	2,4	0,2	2,3	V
	Vinter	166	19	18	434				III

* resultatene av siktdyp 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.

4.2.1 Frierfjorden og de vestlige deler av Ytre Oslofjord

Inne i Frierfjorden har det over mange år blitt registrert noe forhøyede nitrogenkonsentrasjoner. I 2015 ble det målt konsentrasjoner av total-nitrogen som resulterte i «Moderat» (III) tilstandsklasse, mens mengden nitrat førte til «Dårlig» tilstandsklasse (IV) på sommeren og «Moderat» (III) på vinteren. For perioden 2013-2015 har det vært en reduksjon i tilstandsklasse hvert år. For fosfat og total-fosfor er det en reduksjon i tilstandsklasse i 2015 (klasse III) sammenlignet med 2014, men sammenlignbart med 2013, for sommerperioden.

På grunn av flere terskler ut mot åpen kyst har Frierfjorden en utfordring når det gjelder oksygenkonsentrasjon i bunnvannet. Det ble ikke registret noen utskiftning av bunnvann i 2014/2015, noe som resulterte i tilstandsklassen «Svært dårlig» (V) for oksygen i 2015.

For Larviksfjorden er den samlede vurderingen i 2015 identisk med 2014. I 2015 er det parameterne total-fosfor som er avgjørende for samlet sommerklassifisering og vintertilstand. I 2014 var det derimot total-nitrogen og nitrat som var de avgjørende parameterne.

I Sandefjordsfjorden er tilstanden «God» (II) på sommeren og «Moderat» (III) på vinteren. Som i Larviksfjorden er det fosfor-parameterne som er avgjørende for den samlede vurderingen. Vurderingen basert på 2015 data gir en reduksjon i vintertilstanden med én tilstandsklasse sammenlignet med foregående år.

Basert på de kjemiske parameterne er tilstanden «Svært God» (I) til «God» (I) i Vestfjorden ved Tønsberg sommeren 2015. Dette er en bedring sammenlignet med 2014. Oksygenforholdene i bunnvannet er derimot forverret og resulterer i en samlet tilstandsklasse lik med den i 2014 («Moderat», III). Som i 2014 ble det registrert forhøyede konsentrasjoner av nitrat på vinteren i 2015. I tillegg var det forhøyede konsentrasjoner av total-fosfor som resulterte i «Moderat» (III) vintertilstand.

Basert på den biologiske parameteren «Klorofyll» er tilstanden ved alle de vestlige stasjonene, samt Frierfjorden, i tilstandsklasse «Svært God» (I) til «God» (II).

I Grenlandsfjordene undersøkes vannmassene også på to stasjoner under det nasjonale ØKOKYST-programmet. Resultater fra 2015 på disse stasjonene er presentert i Tabell 8. Basert på kjemiske parametere var forholdene i Håøyfjorden «God» (II), mens den i Breviksfjorden var «Moderat» (III), der nitrat er den utslagsgivende parameteren i Breviksfjorden vinterstid. I Håøyfjorden var oksygenkonsentrasjonen meget lav og samlet tilstandsvurdering ble derfor «Svært dårlig» (V) for sommer-/høstvurderingen. Basert på «Klorofyll» er tilstanden ved begge stasjonene «God» (II). Sammenlignet med «Frierfjorden» er de kjemiske forholdene lengre ut i Grenlandsfjordene betydelig bedre. Dette er normalt for området og skyldes i stor grad forbruk av næringssalter etter hvert som vannet transporteres utover i systemet. Lengre oppholdstid for vannet utover i fjordsystemet gir bedre forhold for biomasseøkning i planteplanktonet, som oftest er betydelig høyere i de midtre og ytre delene av fjordsystemet enn inne i Frierfjorden.

Tabell 8. Tilstandsvurdering av «Håøyfjorden» og «Breviksfjorden» i 2015 basert på data fra det Nasjonale overvåkningsprogrammet ØKOKYST i regi av Miljødirektoratet. For tilstandsvurderingene er metode og kriterier i Veilederen 02:2013 benyttet, med unntak av tidsperiode for vurdering. Klorofyll er klassifisert etter 90-persentil for perioden 2013-2015.

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
Håøyfjorden	Sommer	12	3,2	11,6	233	5,1	0,2	5,7	V
	Vinter	121	15	21	315				II
Breviksfjorden	Sommer	20	3,2	13	218	4,6	4,2	4,7	III
	Vinter	128	14,8	20,6	308				III

4.2.2 Indre deler av Ytre Oslofjord

Den indre delen av Ytre Oslofjord er representert ved stasjoner i Drammensfjorden, Breiangen og ved Kippenes nord i Mossesundet. Dette er svært ulike områder med hensyn til topografi, tilførsel av ferskvann og vannsirkulasjon.

Ved alle stasjonene kom nitrat i tilstandsklassen «Moderat» sommer og vinter, med to unntak: Ved «Breiangen» var tilstanden «God» (II) mens den ved D-2 i Drammensfjorden var «Dårlig» (IV) i sommer-

perioden. Ved begge stasjonene i Drammensfjorden var tilstanden «Moderat» (III) basert på total-nitrogen i 2015, mens den var «Svært god» (I) til «God» (II) ved de øvrige stasjonene i dette området. Sammenlignet med 2014 er det kun mindre endringer i dette området av Ytre Oslofjord. Forholdene har bedret seg noe ved «Breiangen» i sommerperioden, mens de er redusert ved «Kippenes» i vinterperioden.

For fosfat og total-fosfor var tilstanden «god» til «svært god», med unntak av vinterperioden i indre Drammensfjorden (D-3) der tilstanden for total-fosfor var «Moderat» (III). For det biologiske kvalitetselementet klorofyll var det «God» tilstand ved alle stasjoner i 2015.

Oksygenforholdene i Drammensfjorden er «svært dårlige» (V), med ytterligere reduksjon i oksygenkonsentrasjon i forhold til 2014. Ved de to øvrige stasjonene i området («Breiangen» og «Kippenes») var tilstanden «God» (II), som er en bedring sammenlignet med 2014.

4.2.3 Hvalerområdet

I Hvalerområdet er det en gradient i miljøtilstanden fra de ytre og åpne områdene og innover. Forholdene er som oftest bedre i de ytre delene av Hvaler for så å reduseres ettersom man beveger seg innover i fjordsystemene. På oppdrag fra Borregaard AS er det foretatt tre ekstra tokt på tre stasjoner i Hvaler (Ramsø, Haslau og Leira). I Hvaler ble det inkludert en ekstra stasjon fra juni 2015 i ytre del av Iddefjorden (ID-1).

For «Leira» (Ø-1) var den samlede vurderingen i 2015 «God» (II) både for sommer- og vinterperioden. Sammenlignet med 2014 er det en bedring i tilstandsklassen for sommerperioden fordi nitrat-konsentrasjonen er redusert i 2015. På grunn av topografiske forhold og vannsirkulasjon er forholdene generelt dårligere ved Ramsø (I-1) enn Haslau (S-9), som er mindre påvirket av Glomma. I 2014 var derimot forholdene ved disse stasjonene relativt like både i sommerperioden og vinterperioden. Ved begge stasjonene fører høye konsentrasjoner av nitrat til «Moderat» (III) tilstand på sommeren, men de har begge «God» tilstand i vinterperioden. Total-fosfor og fosfat var i tilstandsklassen «God» (II) for begge periodene. Ved «Ramsø» og «Haslau» har oksygenforholdene bedret seg noe i 2015 sammenlignet med 2014, men det er fortsatt redusert tilstand ved «Ramsø», hvor tilstanden var «Moderat» (III) i 2015. For den biologiske parameteren klorofyll er tilstanden «Moderat» (III) ved «Haslau» og «God» (II) ved «Ramsø». I 2014 var den også «Moderat» ved «Haslau».

For stasjonene i Ringdalsfjorden og Iddefjorden var den samlede vurderingen «Svært dårlig» (V) for sommerperioden og «Dårlig» (IV) til «Moderat» (III) for vinterperioden. Sommerstid er det oksygenkonsentrasjonen i bunnvannet som er avgjørende for den samlede tilstandsvurderingen. Stasjonen i Iddefjorden har hatt dårlige forhold i lengre tid. For stasjonen i Ringdalsfjorden har forholdene variert noe mellom årene. Fra 2014 til 2015 var det reduksjon i oksygenkonsentrasjonen som førte til en reduksjon i tilstandsklasse for 2015. For de kjemiske parameterne har det først og fremst vært nitrogen som har ført til redusert tilstand ved de indre stasjonene. I 2015 ble det registrert forhøyet nitrogen (nitrat og total-nitrogen) ved alle stasjoner både i sommer- og vinterperioden. Sammenlignet med 2014 var det i 2015 generelt mer fosfat og total-fosfor ved alle stasjonene. For Ringdalsfjorden var tilstanden basert på fosfat «Moderat» (III), mens den i 2014 var «God» (II).

Klorofylltilstanden var «Svært God» (I) ved de ytre stasjonene, «Moderat» (III) ved Haslau» og «God» (II) ved de tre indre stasjonene. Tilsvarende gradient er registrert tidligere år, med lavere planteplankton-biomasse i de indre og ytre delene enn i de midtre delene. Dette henger sammen med vannets oppholdstid og eksponeringsgrad i fjordsystemet.

4.2.4 Ytre, åpne fjordområder

Ved OF-1 Torbjørniskjær varierer tilstandsklassene mellom «Svært god» og «God» mellom de enkelte måleparametere, som gir en samlet tilstandsklasse «God» (II) for vinter- og sommerperioden. Den samlede vurderingen i 2015 er identisk med 2014. For enkeltparametere er det kun total-nitrogen i vinterperioden

som har endret tilstandsklasse i 2015, bedring av forholdene, sammenlignet med 2014. Ved OF-2 Missingen er samlet vurdering av vinterperioden «Moderat» (III) og for sommerperioden «God» (II). For vinterperioden er det forhøyede konsentrasjoner av nitrat som fører til redusert tilstand. OF-4 ved Bastø er i tilstandsklasse II («God») basert på både sommer- og vinterperioden. Det er noe forhøyede verdier av nitrat som fører til denne tilstandsklassen. For vinterperioden foreligger det kun nitrat-resultater fra undersøkelsene av OF-4.

4.3 Planteplankton

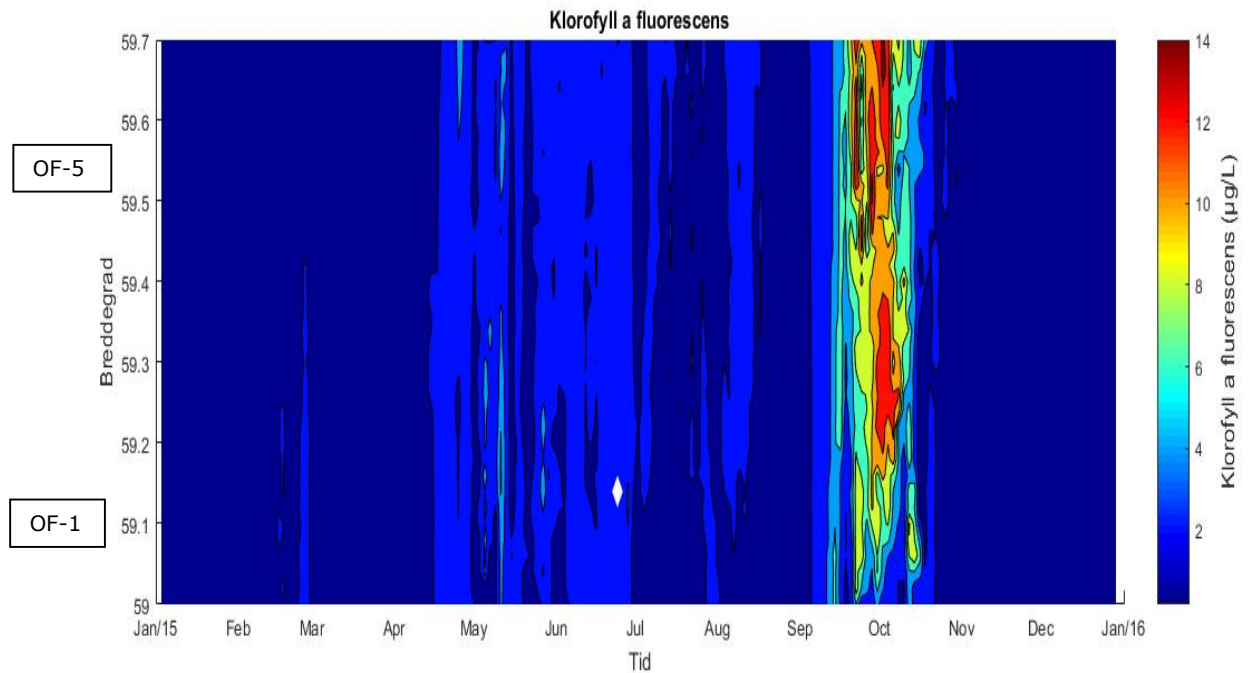
Planteplanktonvekst og sammensetning av arter er knyttet til miljøforhold slik som vannsøylestabilitet, næringssaltmengder, temperaturer og saltholdighet (brakkvannsformer). Planteplanktonet viser betydelig variasjon i biomasse og sammensetning innenfor og mellom år, men noen trekk går igjen fra år til år:

- Våroppblomstringen finner sted så snart en har tilstrekkelig lagdeling i vannsøylen, for fjordsystemer og åpent kystvann som følge av ferskvannstilførsel. Denne første oppblomstringen domineres av kiselalger som raskt reduserer mengden nitrogen, fosfat og spesielt silikat.
- I sommerperioden er det oftest lave tettheter av planteplanktonet, dominert av små flagellater. I enkelte år vil større former av fureflagellater være fremtredende i korte perioder. I Oslofjordssystemet er det normalt med en eller flere oppblomstringer av kiselalger i løpet av sommerperioden. Disse oppblomstringene er oftest knyttet til avrenningsperioder fra et eller flere av nedbørfeltene som drenerer til Oslofjorden. Dette er perioder da man registrerer økning i nitrogen- og silikatkonsentrasjonen, som er de viktigste næringsstoffene for kiselalger. I enkelte år vil det kunne tilføres nye næringsalter fra dypereliggende vannlag enten ved mye vind eller lav tilførsel av ferskvann. Slike situasjoner inntreffer oftere ved de eksponerte stasjonene enn inne i sidefjordene. Dette fører først og fremst til økning i fosfat- og nitrogenkonsentrasjon og vil stimulere vekst av flagellater og dinoflagellater i større grad enn kiselalger.
- På høsten kan man observere en ny oppblomstring. Denne knyttes til perioder med mye vind (høststormer) eller mye nedbør. Her er enten kiselalger eller fureflagellater dominerende, avhengig av miljøforholdene.

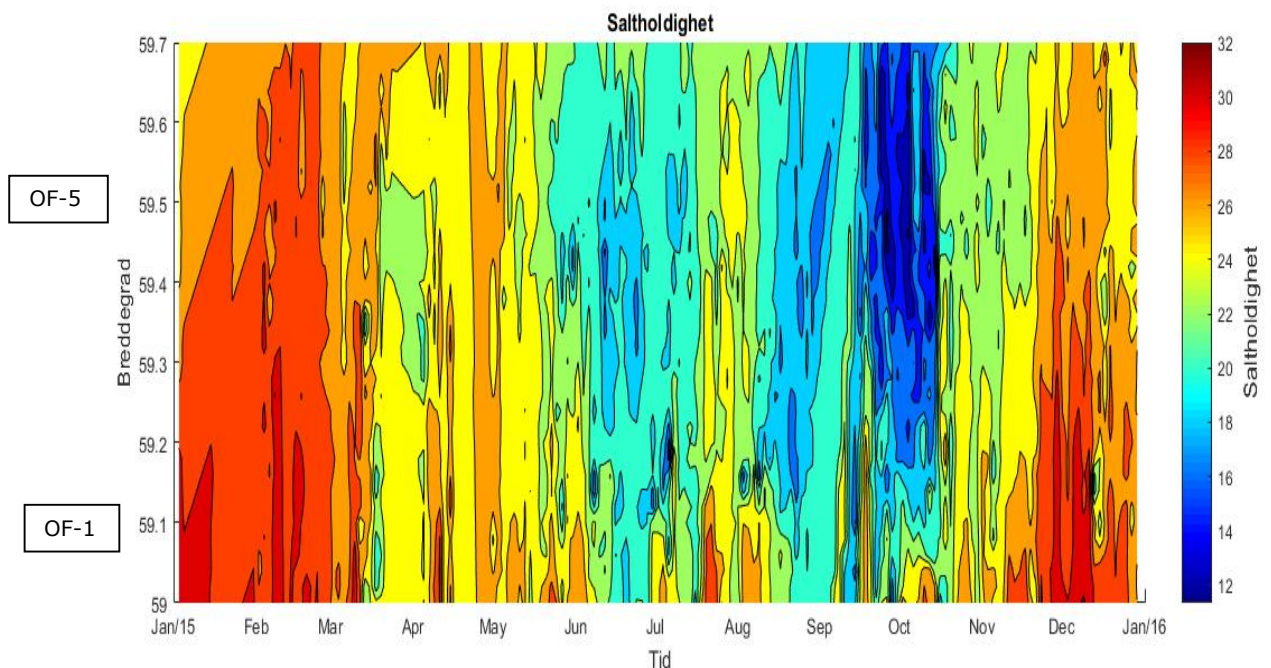
4.3.1 Planteplankton i 2015

Det er ikke innsamling av kjemiske og biologiske parametere om våren i sidefjordene og det er dermed vanskelig å avgjøre når oppblomstringen finner sted i de ulike delene av undersøkelsesområdet. Basert på fluorescens-målinger fra Ferrybox-systemet var det en svak våroppblomstring i mars 2015 som var begrenset til de ytre deler av Ytre Oslofjord (Figur 14). Etter flere år med tidlige oppblomstringer (januar-februar), har oppblomstringen langs Skagerrakkysten i 2013, 2014 og 2015 vært innenfor den «historiske normalperioden» for våroppblomstringer. Ferrybox viste også en større oppblomstring i hele fjorden i april/mai. Dette støttes av andre overvåkningsprogram i området som viser oppblomstringskonsentrasjoner av klorofyll i begynnelsen av mai i Oslofjorden. Oppblomstringen i mai var også synlig i målingene fra Leira og Haslau, og delvis Ramsø, som viste høyere klorofyllkonsentrasjoner i mai (ekstra prøvetakning for Borregaard AS). Oppblomstringen i april/mai kom i etterkant av en reduksjon i saltholdighet i slutten av mars (Figur 15).

Den mest markante oppblomstringen i Oslofjorden i 2015 fant sted i september-oktober. Bakgrunnen for denne er at det i midten av september ble registrert en markant reduksjon i saltholdighet (Figur 15). Ferrybox-systemet indikerer en kraftig avrenning fra Indre Oslofjord, og YO-toktet i september også fra Drammensfjorden. Denne tilførsel av ferskvann i september/oktober førte til markant økning i konsentrasjon av nitrogen og silikat i deler av Oslofjorden. For sidefjordene ble denne økningen registrert i Drammensfjorden, Mossesundet, og delvis ved Leira, Haslau og Tønsberg.



Figur 14. Konturplott av klorofyll a fluorescens på 4m dyp i 2015. Data er vist for området fra grensen mot svensk farvann og opp til Drøbak. Data fra Ferrybox.



Figur 15. Konturplott av saltholdighet på 4m dyp i 2015. Data er vist for området fra grensen mot svensk farvann og opp til Drøbak. Data fra Ferrybox.

4.3.2 Frierfjorden og de vestlige deler av Ytre Oslofjord

Mellom de vestlige stasjonene er det stor likhet i planktonets mengde og artssammensetning, med unntak av stasjonen i Frierfjorden. I Frierfjorden ble maksimum klorofyll-a konsentrasjon registrert i juli (ca. 1,5 µg/l), mens det i Sandefjordsfjorden ble målt et maksimum i juni (ca. 4 µg/l). I Larviksfjorden var det

maksimum i august og november (ca. 1,5 µg/l). For stasjonen i Vestfjorden (Tønsberg) ble maksimum klorofyll a målt i august og september (ca. 5,5 µg/l) (Figur 16).

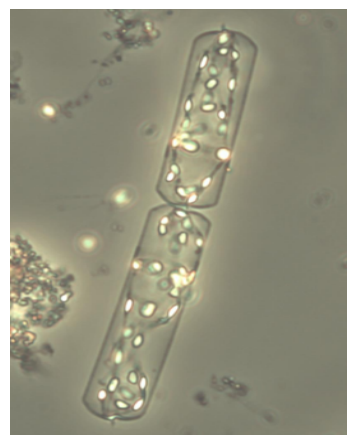
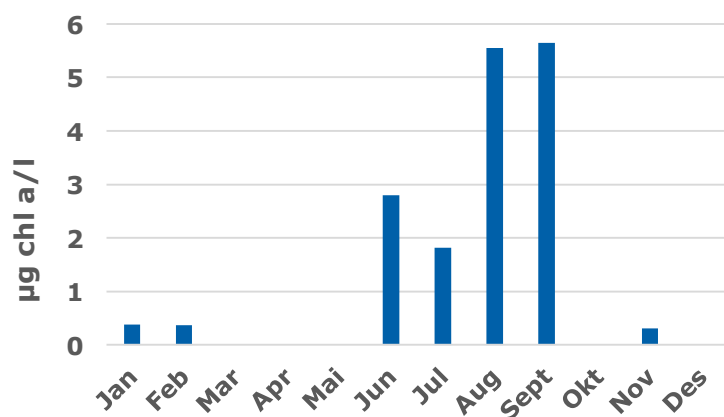
Artene som var til stede ved stasjonene Larviksfjorden, Tønsbergfjorden og Vestfjorden er vanlige for mer eksponerte åpne områder i ytre del av Oslofjorden og artssammensetningen der skiller seg merkbart fra Frierfjorden som er dominert av arter som foretrekker lave saltholdigheter. Den varmekjære arten *Pseudosolenia calcar-avis* ble registrert i Larviksfjorden, Sandefjordsfjorden og Vestfjorden i september. Arten er tidligere registrert i ytre del av Oslofjorden og langs Skagerrakkysten i år med høy sjøtemperatur utover høsten.

I Frierfjorden er arter som foretrekker lave saltholdigheter mest fremtredende. I 2015 var arter som *Dinobryon bavaricum* og *Dinobryon divergens* tallrike på sommeren og høsten. I tillegg var kiselalgene *Asterionella formosa* og *Rhizosolenia* sp. til stede, alle vanlige i områder med lav saltholdighet. *Prorocentrum minimum* som vanligvis er tallrik i Frierfjorden, ble i 2015 kun observert sporadisk.

I Larviksfjorden var planteplanktonsammensetningen sammenlignbar med åpne Skagerrak. I 2015 var *Tripes fusus* (tidligere *Ceratium fusus*) og *Heterocapsa rotundata* tallrike på høsten sammen med andre arter fra slekten *Tripes* og *Dinophysis*. Alle disse er vanlige slekter av fureflagellater som kan være tallrike på høsten i kystvannet. Av kiselalgene var *Proboscia alata* og *Leptocylindrus danicus* tallrike i august, mens den varmekjære arten *Pseudosolenia calcar-avis* var vanlig i september. I tillegg ble det observert en lav til moderat tetthet av kalkalgen *Emiliana huxleyi* i august-september.

I Sandefjordsfjorden var det i juni flere arter innen fureflagellat-slekten *Tripes*, først og fremst *Tripes fusus* og *Tripes muelleri* (tidligere *Ceratium tripes*), som var vanlige. Disse var også til stede utover høsten, men i reduserte mengder, mens fureflagellaten *Prorocentrum micans* og *Heterocapsa rotunda* da ble mer tallrike. Av kiselalger var *Skeletonema* og *Pseudo-nitzschia calliantha* tallrike i juni, mens *Leptocylindrus danicus*, *Dactyliosolen fragilissimus* og *Proboscia alata* var mer fremtredende på sensommer og høst. Også ved denne stasjonen ble kalkalgen *Emiliana huxleyi* observert i lave tettheter på høsten.

I Vestfjorden ved Tønsberg var det et rikt planteplanktonsamfunn om høsten. I august ble det registrert en oppblomstring av kiselalgen *Skeletonema*, mens kiselalgen *Chaetoceros tenissimus* og fureflagellatene *Heterocapsa rotundata*, *Alexandrium pseudogonyaulax* og *Prorocentrum micans* var tallrike. I september var *Skeletonema* kraftig redusert, men kiselalgene *Dactyliosolen fragilissimus* og *Chaetoceros* spp. var da tallrike. I tillegg var dinoflagellatene *Heterocapsa rotundata* og *Tripes* spp (spesielt *Tripes lineatum*) tallrike. Kiselflagellaten *Dictyocha speculum*, som var fremtredende høsten 2014, ble kun observert i lave konsentrasjoner i september 2015.



Figur 16. Mengden klorofyll-a (µg/l) ved stasjon «Vestfjorden» Tønsberg i 2015. Kiselalgen *Dactyliosolen fragilissimus* (Til høyre) var en fremtredende art i ytre Oslofjord høsten 2015. Foto: Havforskningsinstituttet.

4.3.3 Indre deler av Ytre Oslofjorden

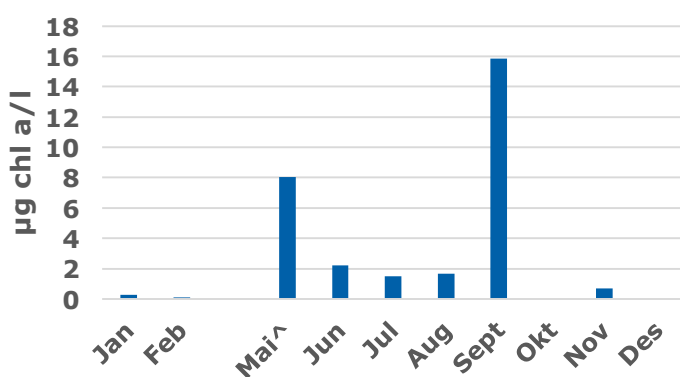
Normalt vil det være en gradient i klorofyll a fra Breiangen og inn mot Solumstranda i Drammensfjorden, med avtakende mengder innover i fjorden. For nitrogen (næringssalter) er det normalt en gradient med mye inne i Drammensfjorden og avtagende konsentrasjoner ut mot Breiangen. Årsaken økende mengde klorofyll utover i fjorden er partikkelmengden og mengden avrenning til Drammensfjorden. Ved stor avrenning vil vannets hastighet være så høy at planteplanktonet ikke klarer å bygge biomasse inne i fjorden før de transporteres ut. Samtidig fører mye ferskvann til stor tilførsel av partikler og dermed redusert lysforhold inne i fjorden. I år med redusert tilførsel av ferskvann vil derimot planteplanktonet være i stand til å bygge biomasse inne i fjorden, oftest med maksimum ved Svelvik, der vannets oppholdstid er lengre og mengden næringssalter forholdsvis høy. I 2015 var det betydelig høyere konsentrasjon av klorofyll ved Svelvik enn i 2014. Sommerperioden 2015 var det sammenlignbar mengde klorofyll ved Svelvik og Breiangen. Avrenningen i denne perioden var moderat eller lav, siden planteplanktonet var i stand til å bygge biomasse inne i Drammensfjorden og lite planteplankton og næringssalter ble transportert ut til Breiangen.

For de indre delene av Ytre Oslofjord var det først og fremst oppblomstringen i september-oktober som var spesiell når det gjelder planteplankton. Både ved OF-5 (Breiangen) og MO-2 (Kippenes) ble det målt svært høye klorofyll konsentrasjoner ved dekningen i september. Maksimum konsentrasjon ble målt ved OF-5 på 16 µg/l, mens den ved MO-2 var 13 µg/l.

Artssammensetningen varierer mellom områdene i de indre deler av fjorden på grunn av store forskjeller i mengde ferskvann som tilføres og graden av kontakt med de ytre delene av Oslofjorden. I Drammensfjorden er typiske brakkvannstolerante arter fremtredende. August var måneden med høyest klorofyll-konsentrasjon og da var kiselalgen *Diatoma tenuis* til stede i oppblomstringskonsentrasjoner sammen med *Dinobryon bavarium*. Begge artene er knyttet til brakkvann og førstnevnte art dannet også en oppblomstring i juli 2014 ved Svelvik. Brakkvannsområder som Drammensfjorden har ofte lavere tettheter av dinoflagellater enn mer marine områder. Dette var også tilfelle i 2015.

Ved OF-5 (Breiangen) er planteplanktonet dominert av mer marine arter, men man kan i perioder med stor avrenning registrere brakkvannarter, som i 2015 kun ble sporadisk observert. I perioden sommer-tidlig høst var det hovedsakelig kiselalger som var tallrike. I september var høyeste planteplankton-biomasse og da dominerte kiselalgen *Dactyliosolen fragilissimus* i oppblomstringskonsentrasjoner (4,9 mill. celler/liter). I tillegg var det relativt høye tettheter av dinoflagellaten *Tripos* spp (tidligere *Ceratium* spp) og *Prorocentrum micans*.

Omtrent samme planteplanktonsammensetning ble registrert ved Kippenes (MO-2). I september blomstret *Dactyliosolen fragilissimus* med ca. 5,3 mill. celler/liter. MO-2 hadde noe lavere tettheter av store fureflagellater sammenlignet med OF-5, noe som kan forklare den noe lavere klorofyll konsentrasjoner her enn på OF-5. Ved Kippenes (MO-2) var kiselalgen *Pseudo-nitzschia calliantha* og kalkalgen *Emiliania huxleyi* fremtredende på sommeren, sammen med *Tripos muelleri*.



Figur 17. Mengden klorofyll a ($\mu\text{g Chl a/l}$) ved stasjon «Breiangen» (OF 5) i Oslofjorden i 2015. Måned merket med «^» er data fra HI program. Den varmekjære kiselalgen *Pseudosolenia calcar-avis* (høyre) ble registrert på flere stasjoner i ytre Oslofjord høsten 2015. Foto: Havforskningsinstituttet.

4.3.4 Hvalerområdet

Planteplanktonbiomassen, som klorofyll a, er målt ved alle stasjonene i Hvalerområdet i 2015, mens planteplanktonets sammensetning og mengde kun er undersøkt ved stasjonene Haslau og Ringdalsfjorden. Ved Haslau er det foretatt ekstra prøvetakninger også av planteplanktonet i forbindelse med undersøkelser i regi av Borregaard AS.

I Hvalerområdet er det vanlig å registrere høyest konsentrasjon av klorofyll-a i de indre delene av området, med avtagende mengder utover. Som oftest er konsentrasjonen også mer stabilt høyere i de indre delene, mest sannsynlig på grunn av jevn tilførsel av næringssalter fra avrenning.

I 2015 ble de høyeste konsentrasjonene registrert ved Haslau, Ringdalsfjorden og Iddefjorden i perioden juni til september. Ved Leira ble det målt høy klorofyllkonsentrasjon i mai, for deretter å være relativt lav utover året (Figur 18). Økningen ved Leira i mai sammenfaller med økning i silikatkonsentrasjon, noe som tyder på avrenning. For Ramsø var det maksimum klorofyll konsentrasjon i juli. Både i juni og juli er det noe høyere saltholdighet i overflaten, og økte fosfat-verdier i juni, noe som kan tyde på innblanding av intermediære vannmasser til overflaten. Både ved Haslau og Ringdalsfjorden er det en svak økning i nitrogen og silikat i overflaten i juni som vil kunne forklare økende planteplanktonbiomasse. Dette sammenfaller med en liten reduksjon i saltholdighet helt i overflaten. Også endringen i planteplanktonbiomassen i september/ oktober sammenfaller med økning i silikat og en mindre reduksjon i saltholdighet. For Ytre Iddefjorden (ID-1) er det lav saltholdighet i juni, relativt mye nitrat og silikat, mens det er lite fosfat. Dette kan tyde på avrenning, men det foreligger ikke målinger fra måneden før. I september sammenfaller økningen i plante-planktonbiomasse med redusert saltholdighet, økt silikat og nitrat. For stasjonen «Midtre Iddefjorden» (ID-2) er det forholdsvis jevn og høy nitrogenkonsentrasjoner fra juni til september, økning i nitrogen i september skyldes avrenning, som også førte med seg silikat. Dette kan forklare økningen i klorofyllkonsentrasjon i september.

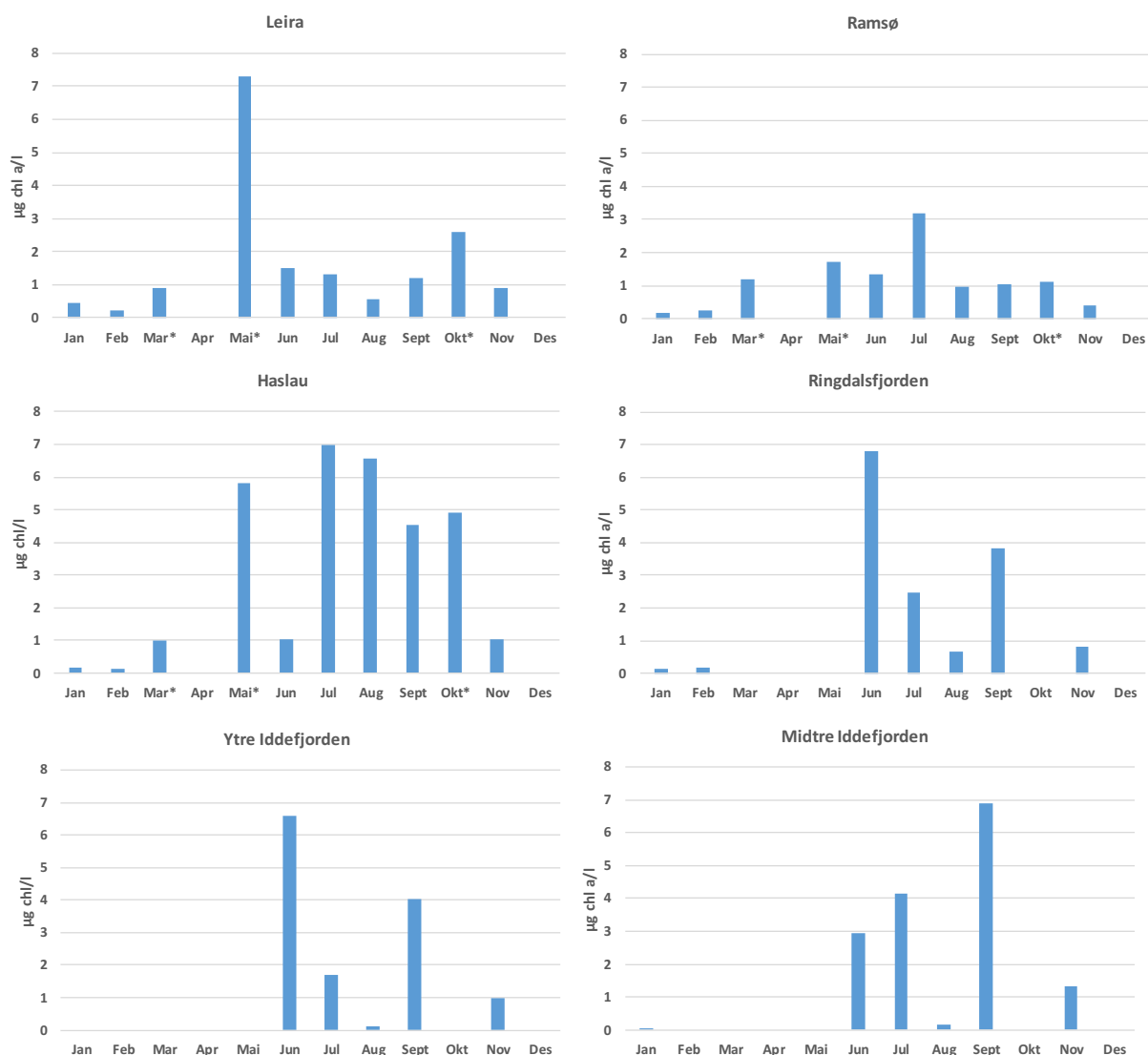
Haslau

Ved stasjonen «Haslau» ble den første prøven tatt i slutten av mars og algebiomassen i form av cellekarbon var da å betrakte som relativt lav og dominert av fureflagellater. Den dominerende arten var *Tripos longipes* (tidligere *Ceratium longipes*) samt *Dinophysis norvegica*. I denne perioden var også en rekke mindre flagellater tallrike og utgjorde en vesentlig del av algebiomassen. Ved innsamlingen i mai var bildet et helt annet. Den totale algebiomassen hadde økt betydelig (Figur 18). Kiselalger var nå den helt dominerende gruppen og utgjorde 85 % av den totale algebiomassen. *Skeletonema* var med en forekomst på 15,7 mill. celler/liter totalt dominerende i mai. De biomassemessig mest framtrepende fureflagellatene var *Heterocapsa triquetra*, *Tripos muelleri* og *Protoceratium reticulatum*.

I juni var biomassen av *Skeletonema* kraftig redusert, eneste art som fortsatt var til stede i moderate mengder var fureflagellaten *Heterocapsa triquetra*. I juli var det igjen høy planteplanktonbiomasse. Planteplanktonet var dominert av kiselalgene *Chaetoceros thronsenii* (0,6 mill. celler/l) og *Cyclotella* sp (0,9 mill. celler/l), samtidig som fureflagellatene *Heterocapsa* sp og *Gymnodinium* sp var tallrike i juli. I august endres sammensetningen noe og *Prorocentrum micans*, *P. minimum* og *Heterocapsa* sp blir tallrike. Konsentrasjonen av kiselalger avtar noe, men *Pseudo-nitzschia* sp og *Cyclotella* sp er fortsatt til stede. I september er fortsatt *Prorocentrum minimum* og *Heterocapsa* tallrike, samtidig som små former av kiselalgen *Skeletonema* økte. Planteplanktonbiomassen øker litt i oktober, hovedsakelig på grunn av oppblomstring av *Skeletonema* (5,6 mill. celler/l). I tillegg var kiselalgene *Chaetoceros debilis* og *C. socialis* fremtredende. I juli og oktober ble ferskvannssartene *Asterionella formosa* og *Tabellaria fenestrata* sporadisk registrert, mens kiselalgen *Diatoma tenuis* ble registrert i lave tettheter i mai. Den varmekjære kiselalgen *Bacteriastrum delicatulum* som sporadisk har vært registrert i våre farvann, ble påvist i lavt antall i oktober.

Ringdalsfjorden

Sammensetningen og biomassen av planteplanktonet ved Ringdalsfjorden avviker noe fra Haslau. I motsetning til Haslau er det høy biomasse i Ringdalsfjorden i juni. Planteplanktonet domineres av kiselalger, der *Cyclotella* sp, *Skeletonema* og brakkvannssarten *Asterionella formosa* er dominerende. I tillegg utgjør små flagellater en betydelig andel av planteplanktonbiomassen i juni. Som ved Haslau er også fureflagellaten *Heterocapsa triquetra* tallrik i Ringdalsfjorden i juni. I perioden juli-august avtar planteplanktonbiomassen. Kiselalgen *Cyclotella* er fortsatt tallrik, mens konsentrasjonen av *Heterocapsa triquetra* og *Asterionella formosa* har avtatt betydelig. Blant kiselalgene er tetthet av den lille *Chaetoceros subtilis* og fureflagellaten *Prorocentrum minimum* økende i august. I september øker planteplanktonbiomassen sammenlignet med august. Kiselalgen *Cyclotella* sp er fortsatt tallrikt til stede. Av øvrige kiselalger var det en økning i *Asterionella formosa*, *Diatoma tenuis* og *Rhizosolenia longiseta*, der de to førstnevnte er typiske brakkvannsformer. Av fureflagellatene er det først og fremst *Prorocentrum minimum* som bidrar til planteplanktonbiomassen.



Figur 18. Mengden klorofyll a ($\mu\text{g Chl a/l}$) ved stasjonene i Hvalerområdet 2015. Måneder merket med * indikerer ekstra prøvetaking i forbindelse med overvåking for Borregaard AS.

4.3.5 Ytre, åpne fjordområder

Stasjonen Torbjørnskjær (OF-1) ligger ytterst i Oslofjorden og representerer de ytre og åpne fjordområdene, mens Missingen (OF-2) ligger moderat eksponert inn mot Hvaler. OF-4 ligger ved Bastø i den midtre delen av fjorden. OF-1 er påvirket av produksjon i Skagerrak og transport av planteplankton og næringssalter fra Oslofjorden. Det samme gjelder delvis for OF-2, men denne stasjonen vil i perioder med mye avrenning fra Hvaler påvirkes av utstrømmende vann i overflatelaget. OF-4 er noe mer beskyttet og vil i tillegg til Skagerrakvann i stor grad påvirkes av vann fra indre Oslofjord i perioder med avrenning.

Planteplanktonbiomassen (klorofyll-a) i 2015 ved de tre stasjonene er vist i Figur 19. I juni er planteplanktonbiomassen mer eller mindre identisk ved de tre stasjonene. I perioden juli-august avtar biomassen ved OF-1, men den holder seg forholdsvis lik ved OF-2 og OF-4. I september øker biomassen ved alle tre stasjonene. Økningen er størst ved OF-2 og OF-4, mens den er moderat ved OF-1. Økningen ved OF-2 og OF-4 sammenfaller med reduksjon i saltholdighet, økning i silikat og nitrogen. Endringene i

næringsalter er størst ved OF-4 og er forårsaket av kraftig avrenning til indre Oslofjorden (jfr. OF-5 og MO-2).

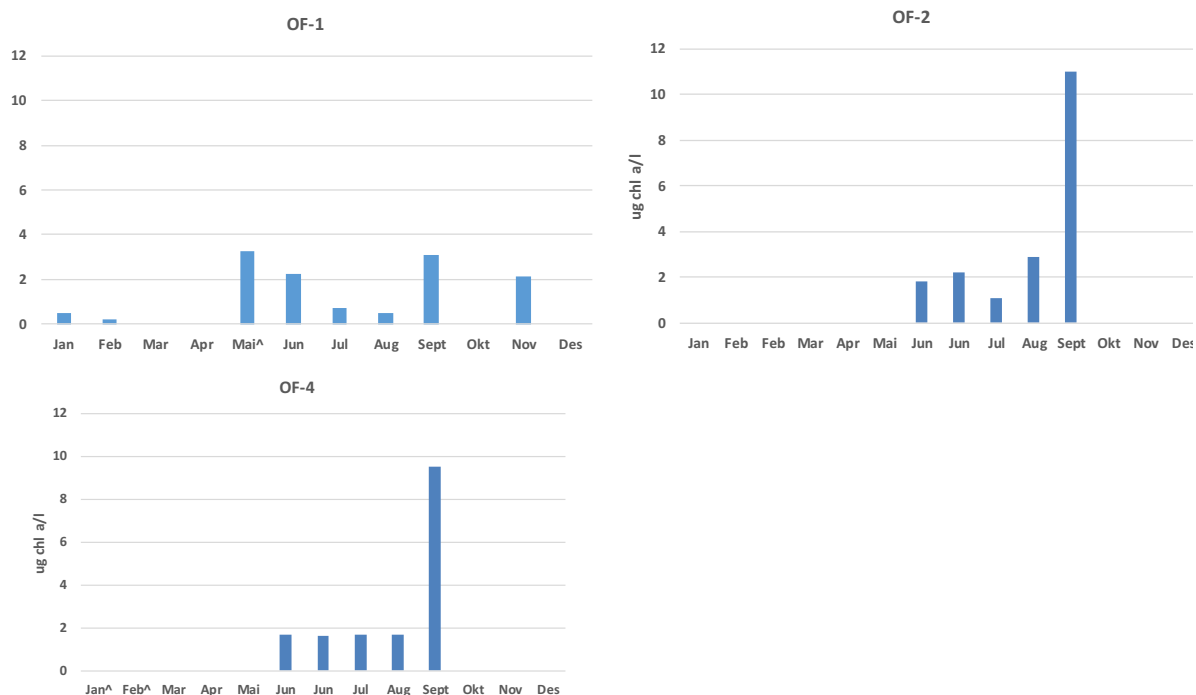
I første del av overvåkningsperioden er sammensetningen og mengdene av planteplanktonet ved OF-1 og OF-2 forholdsvis lik. Ved OF-2 ble det tatt to prøver før det ordinære programmet startet opp og resultatene fra disse er inkludert i rapporten. Den første prøven ble tatt i slutten av april og viste lav algebiomasse. I midten av mai ble det imidlertid registrert økte algeforekomster og høy algebiomasse dominert av fureflagellater. Slekten *Tripos* dominerte med *Tripos longipes* og *Tripos muelleri* som de viktigste artene, men også *Dinophysis norvegica* var biomassemessig framtrædende. De relativt beskjedne kiselalgeforekomstene var dominert av *Skeletonema*. Ved oppstart av det opprinnelige programmet i juni var det en ytterligere økning i den totale algebiomassen ved OF-2, dominert av fureflagellater med *Tripos muelleri* som klart dominerende art. Dette er en stor alge som i relativt lavt antall likevel bidrar mye til biomassen. De viktigste kiselalgene var *Pseudo-nitzschia delicatissima*-gruppen (1,7 mill. celler/liter) og *Skeletonema* (1,3 mill. celler/liter). Ved OF-1 var det stor diversitet i planteplanktonets sammensetning hvor fureflagellat slektene *Tripos*, *Scrippsiella*, *Gymnodinium* og *Prorocentrum* var vanlige. Det var beskjedne mengder kiselalger ved OF-1 i juni (*Pseudo-nitzschia* og *Skeletonema*). Sammenlignet med OF-2 var det lavere tettheter ved OF-1. I juni var algesammensetningen og mengden ved OF-4 tilnærmet likt OF-2, men med noe høyere tetthet av fureflagellaten *Tripos Muelleri*.

I juli var algebiomassen på det laveste ved de tre OF-stasjonene. Ved OF-1 var planteplanktonet dominert av små flagellater, fureflagellene *Tripos muelleri* og *T. fusus*. Ved OF-2 var det i tillegg økende mengder av *Cyclotella* sp i juli. Ved OF-4 var det noe høyere algebiomasse i juli. Til forskjell fra de ytre stasjonene var det noe høyere tetthet av kiselalgen *Cyclotella* inne i fjorden. Ved de tre stasjonene ble kalkalgen *Emiliania huxleyi* registrert i moderate konsentrasjoner, med de høyeste tettheten ved OF-4. I samme periode hadde denne arten sitt maksimum ved MO-2 og OF-5.

I august er det en økning i algebiomassen ved OF-2 og OF-4, mens den avtok ytterligere ved OF-1. Der er det hovedsakelig små flagellater som er dominerende, med tilstedeværelse av kiselalger og fureflagellater. Stasjon OF-2 var dominert av dinoflagellater og små flagellater. Den totale mengden av slekten *Tripos* hadde økt ytterligere, nå med *T. fusus* som mest framtrædende. Ved OF-4 var algebiomassen i august relativt jevnt fordelt mellom alle de tre funksjonelle gruppene fureflagellater, kiselalger og flagellater. Slekten *Tripos* var fremdeles framtrædende, og *T. fusus* som den høyeste biomassen. Blant kiselalgene dominerte *Cerataulina pelagica* og *Cyclotella*.

Ved dekningen i september var det en kraftig økning i algebiomassen ved OF-2 og OF-4, mens det var moderat økning ved OF-1. På OF-2 og OF-4 var kiselalgen *Dactyliosolen fragilissimus* dominerende, med henholdsvis 2,8 og 3,8 mill. celler/l. Ved OF-4 økte også fureflagellatbiomassen og var dominert av slekten *Tripos*, med *T. fusus* (4 760 celler/liter) og *T. muelleri* (1 360 celler/liter) som de mest framtrædende artene. De samme artene var til stede ved OF-2 men i lavere tettheter. Ved OF-1 ble *Dactyliosolen fragilissimus* registrert men i betydelig lavere konsentrasjoner enn lengre inn i fjorden.

Det var innslag av varmekjære arter ved de tre stasjonene i september 2015. Kiselalgen *Pseudosolenia calcaravis* ble registrert ved alle tre stasjonene. Denne arten ble også observert ved de vestlige stasjonene i ytre Oslofjord. Av varmekjære fureflagellaten ble *Dinophysis tripos* observert på OF-1 og OF-2, mens ble *Dinophysis odiosa* observert ved OF-4. Av brakkvannsarter var *Cyclotella* den vanligste ved OF-stasjonene, men også *Diatoma tenuis* og *Aulacoseria* ble påvist.



Figur 19. Mengden klorofyll-a ($\mu\text{g/l}$) ved stasjonen «Torbjørnskjær» OF-1, «Missingen» OF-2 og «Bastø» OF-4 i Oslofjorden i 2015. Data fra OF-2 og OF-4 fra prøvetakning med Ferryboks-systemet i 4m dyp. For OF-1 er data innhentet fra 2m dyp i henhold til program. Måneder merket med «^» for Torbjørnskjær er data fra HI program.

5. Bløtbunnsområder

Det biologiske kvalitetselementet bunnfauna, eller bløtbunnsfauna, er virvelløse dyr større enn 1 mm som lever på overflaten av leire-, mudder- eller sandbunn eller graver i sedimentet. De vanligste dyregruppene er flerbørstemark (polychaeta), muslinger (bivalvia), snegler (gastropoda), krepsdyr (crustacea) og pigghuder (echinodermata). Artssammensetningen av bunnfauna på en lokalitet gir en indikasjon på miljøforholdene i bunnvann og sedimenter. I områder med dårlige forhold eller stor påvirkning blir ømfintlige arter borte og artsmangfoldet avtar, mens tolerante arter kan overleve en kraftigere påvirkning.

Bløtbunnsfauna påvirkes av flere typer miljøbelastninger, men tilstandsindeksene som benyttes for klassifisering responderer hovedsakelig på eutrofiering (organisk belastning, sedimentering). Tilstandsindeksene beskriver endringer i artsmangfold og endringer i forekomsten av ømfintlige og tolerante arter sammenlignet med en nasjonal referanseverdi. Referanseverdien for en indeks er den verdien man forventer å få på en upåvirket lokalitet. Hvis f.eks. artsmangfoldet er redusert eller mange av de ømfintlige artene er borte, vil tilstanden klassifiseres som moderat eller dårligere.

Resultatene fra undersøkelsene i Ytre Oslofjord i 2015 er vurdert i henhold til veileder 02:2013 og systemet for tilstandsklassifisering som er utviklet for implementering av Vanndirektivet i Norge. Bunnfaunaindeks og tilstandsklassifisering for stasjonene er vist i Tabell 9, og resultatene for innhold av organisk karbon (TOC) og finstoff i sedimentet er vist i Tabell 10. En nærmere beskrivelse av metodikken, artssammensetningen og resultatene for hver stasjon finnes i fagrapporten for 2015 (Borgersen og Walday 2016). Stasjonsplassering er vist i Figur 2.

Tabell 9. Bunnfaunaindeks for Ytre Oslofjord 2015. Indeksene er gitt som normalisert EQR (nEQR) for gjennomsnitt av grabbenes indeksverdier. NQI1=Norwegian Quality Index, H'=Shannons diversitetsindeks, ES₁₀₀=Hurlberts diversitetsindeks, ISI₂₀₁₂=Indicator Species Index versjon 2012 og NSI=Norwegian Sensitivity Index versjon 2012. nEQR gir gjennomsnittet av alle indeksene nEQR-verdier, og benyttes til å klassifisere stasjonenes tilstand. Klassegrenser og fargekode for tilstandsklasser er gitt i Tabell 4. For stasjon ID-1 var det for få individer (<100) for å beregne ES100. S=total antall arter funnet per stasjon (0,3 m²), N=antall individer per kvadratmeter.

Iddefjorden	NQI1	H'	ES100	ISI2012	NSI	Tilstand (nEQR)	S	N
ID-1 Skysskaffen	0,185	0,262		0,745	0,358	0,387	6	167
ID-43 Knivsvøy	0,393	0,508	0,425	0,343	0,330	0,400	18	1263
R-5 Ringdalsfjorden	0,658	0,701	0,676	0,533	0,677	0,649	61	6260
Hvaler								
	NQI1	H'	ES100	ISI2012	NSI	nEQR	S	N
D-10 Møkkalasset	0,623	0,741	0,688	0,523	0,628	0,641	55	8013
D-2 Kjøkkø	0,388	0,498	0,397	0,383	0,511	0,435	22	2400
I-1 Ramsø	0,658	0,742	0,706	0,634	0,680	0,684	59	7700
Sentrale Ytre Oslofjord								
	NQI1	H'	ES100	ISI2012	NSI	nEQR	S	N
OF-1 Torbjørnskjær	0,615	0,641	0,603	0,657	0,683	0,640	41	4510
OF-4 Bastøy	0,775	0,732	0,728	0,801	0,693	0,746	82	3983
OF-5 Breiangen	0,710	0,600	0,585	0,712	0,686	0,659	27	1357
OF-7 Filtvet	0,771	0,668	0,670	0,777	0,698	0,717	42	1380

Tabell 10. Finstoff (%<63 µm), innhold av organisk karbon (TOC) og normalisert TOC på bløtbunnsstasjonene i Ytre Oslofjord 2015. Klassegrenser og fargekode for tilstandsklasser er gitt i Tabell 5.

Stasjon	Dyp	Kornfordeling (%<63 µm)	TOC mg/g	TOC normalisert
ID-1	28	54	50,8	59,08
ID-43	38	51	63,2	72,02
R-5	35	85	52,3	55
D-10	48	88	22,1	24,26
D-2	54	88	23,4	25,56
I-1	58	74	22,8	27,48
OF-1	452	94	22,7	23,78
OF-4	305	86	16,6	19,12
OF-5	199	89	19,7	21,68
OF-7	211	79	22,7	26,48

5.1 Iddefjorden

I Iddefjorden ble to av de tre bunnfaunastasjonene klassifisert med «dårlig» økologisk tilstand (ID-1 og ID-43) for bunnfauna. Det var en fattig fauna med lav artsrikdom på begge stasjonene. Faunasammensetningen var i tillegg preget av tolerante arter, og flerbørstemarken *Capitella capitata*, som er ansett som en

forurensningsindikator, var dominerende. Stasjonen som ligger i Ringdalsfjorden (R-5), ytterst av de tre stasjonene i fjordsystemet, hadde «god» økologisk tilstand.

Alle de tre stasjonene i Iddefjorden hadde høyt innhold av TOC i sedimentet og lukt av sulfid (H₂S), og fremstår derfor som tydelig organisk belastet. Oksygeninnholdet i bunnvannet var lavt og ga «svært dårlig» tilstand på R-5 og ID-1 (Tabell 7). Høyt innhold av organisk karbon (TOC) i vannmassene og fiberrester i bunnsedimentene forbruker oksygenet og er årsaken til den dårlige tilstanden for bunnfauna på ID-1 og ID-43. Iddefjorden er ekstra sårbar for organisk belastning fordi de grunne tersklene begrenser utskiftningen av bunnvannet. Bedre vannsirkulasjon og hyppigere utskifting av bunnvannet i de ytre delene kan forklare hvorfor bunnfauna viste «god» økologisk tilstand i Ringdalsfjorden (R-5) til tross for høy organisk belastning.

Bunnfauna på stasjonene ID-1 og ID-43 ble undersøkt også i 1996 (Berge m.fl. 1997). Resultatene viste en fattig fauna som var tydelig påvirket av ugunstige miljøforhold. Artsmangfoldet og sammensetningen var tilnærmet det samme i 1996 som i 2015, og tyder på at tilstanden er uendret over denne 20-årsperioden. Stasjon R-5 i Ringdalsfjorden er undersøkt en rekke ganger fra 2001 og frem til 2015. Det har vært en forbedring av den økologiske tilstanden for bunnfauna fra «moderat» i 2001 til «god» i 2015 (Tabell 11).

Fjordens topografi med grunne terskler som begrenser vannutskiftingen og gir en tydelig lagdeling av vannmassene, i kombinasjon med høye tilførsler av organisk materiale og ferskvann fra Enningdalselven og Tista, er årsaken til den dårlige tilstanden som er observert i fjordens indre områder. Økt tilførsel fra elver er en direkte driver til endringer i bunndyrsamfunn i kystnære områder. Fremtidige klimatiske endringer som fører til økt nedslamming fra elvene i området kan derfor medføre økt belastning for bunndyrsamfunnene i de indre delene av Iddefjorden.

5.2 Hvaler-området

Stasjon I-1 og D-10 i Hvaler-området får «god» tilstand for bløtbunnsfauna, mens D-2 får «moderat» tilstand. Fauna var noe artsfattig på stasjon D-2, og dominert av flerbørstemark hvor særlig tre arter var tallrike: *Pseudopolydora paucibranchiata*, *Scalibregma inflatum* og *Capitella capitata*. Dette er arter som i store forekomster regnes som opportunistiske og forurensningstolerante. Spesielt *C. capitata* er svært opportunistisk, og er ansett som en universell indikator på stor grad av forurensning. Det ble funnet noen muslinger, og ellers kun få individer fra de andre dyregruppene. D-2 er den av stasjonene som ligger nærmest Glommas munning, og er trolig påvirket av elvetilførsler. Innhold av TOC i sedimentet var ikke påfallende høyt, og ga «god» tilstand for organisk innhold i sediment. Elvetilførsler kan imidlertid ha negativ innvirkning på bunnfauna ikke bare i form av organisk belastning og påfølgende oksygenvinn, men også i form av nedslamming av bl.a. uorganiske partikler.

Stasjon I-1 er også undersøkt mht. vannmasser, og hadde reduserte siktforhold («dårlig» tilstand for siktdyp, Tabell 7). Dette er sannsynligvis fordi den ligger i Glommas hovedutløp og er påvirket av partikler som kommer med ferskvannet. Oksygeninnholdet i bunnvann var lavt, og ga «moderat» tilstand. Tilstanden for bunnfauna var likevel «god».

5.3 Sentrale Ytre Oslofjord

Alle de fire stasjonene fra sentrale Ytre Oslofjord (OF-stasjonene) viste «god» økologisk tilstand for bunnfauna. Oksygenforholdene i de sentrale og ytre deler av Ytre Oslofjord er generelt gode (Tabell 7), og innholdet av organisk karbon i sedimentet er innenfor normalområdet for kyststrøk og gir «god» til «meget god» tilstand (Tabell 10). Alle fire stasjonene er undersøkt en rekke ganger tidligere, og tilstanden har i hovedsak holdt seg stabilt god (Tabell 11). OF-1 er overvåket siden 2001, og tilstanden har vært tilnærmet uendret i perioden. OF-4, OF-5 og OF-7 ble undersøkt også i 1997. Resultatene tyder på en forbedring i tilstanden fra 1997 til 2001, mens i de påfølgende årene frem til 2015 har tilstanden vært tilnærmet uendret.

Tabell 11 Utvikling over tid for OF-stasjonene i Ytre Oslofjord, samt R-5 i Ringdalsfjorden (ytre del av Iddefjorden). Tallverdien som er oppgitt er den gjennomsnittlige nEQR-verdien for alle indeksene nEQR-verdier.

Gjennomsnittlig nEQR for alle bunnfaunaindeksene					
År	OF-1	OF-4	OF-5	OF-7	R-5
1997		0,698	0,571	0,676	-
2001	0,655	0,761	0,632	0,741	0,522
2002	0,608	-	0,644	-	0,519
2003	0,625	-	-	-	0,579
2004	0,614	-	-	-	0,563
2008	0,603	0,760	0,679	0,723	0,601
2011	-	-	-	-	0,655
2015	0,640	0,746	0,659	0,717	0,649

6. Sammenfatning

Undersøkelsene av vannmassene viser som tidligere år at fjorden er generelt påvirket av god tilgang på næringssalter og høy primærproduksjon som gir oksygenmangel i dypområder med utilstrekkelig vannutsifting. Samlet vurdering av vannkvalitet på hver av stasjonene varierer mellom «god og «meget dårlig». De stasjoner som har «meget dårlig» tilstand har det på bakgrunn av dårlige oksygenforhold i bunnvannet. Kombinasjonen av en bunntopografi med terskler som begrenser vannutsifting og høye tilførsler av organisk materiale og næringssalter er årsak til de dårlige oksygenforholdene ved bunnen.

Våroppblomstringen av planteplankton var unormalt lav, mens det ble registrert en større oppblomstring om høsten som kunne kobles til store nedbørmengder og avrenning til fjorden.

Bløtbunnsfaunaen i sentrale deler av fjorden har bedret seg frem mot årtusenskiftet, men siden har tilstanden vært tilnærmet uendret. Tilstanden er god, men det er et stykke igjen før stasjonene når meget god tilstand. Faunaen på bunnen er i samme tilstandsklasse som vannmassene og miljøet på disse sentrale fjordstasjonene har et klart forbedringspotensiale. Klimaendringer, med blant annet økt avrenning fra land, kan redusere effekten av tiltak for å gi en ytterligere forbedring av tilstanden i Ytre Oslofjord.

7. Referanser

- Berge, J.; Bjerkeng, B.; Magnusson, J.; Rygg, B.; Stigebrandt, A.; Walday, M. (1997). Miljøundersøkelser i forbindelse med en mulig utdyping av tersklene i Iddefjorden/Ringdalsfjorden. NIVA-rapport 3695-1997. 134 s.
- Borgersen G. og M. Walday 2016. Overvåking av Ytre Oslofjord 2014-2018. Bentos-undersøkelser i 2015. Fagrapport. NIVA-rapport 6955-2016. 28s.
- Moy FE, Naustvoll LJ, Trannum HC, Norderhaug KM. 2016. ØKOKYST – delprogram Skagerrak. Årsrapport 2015. Rapport M-537, Miljødirektoratet. 52s.
- Naustvoll et al. 2016, Overvåking av Ytre Oslofjord 2014-2018. Tilførsler og undersøkelser i vannmassene i 2015. Fagrapport. NIVA-rapport 6991-2016. 104s.
- NS-EN ISO 16665:2013. Vannundersøkelse. Retningslinjer for kvantitativ prøvetaking og prøvebehandling av marin bløtbunnsfauna (ISO 16665:2014)
- Veileder 02:2013. 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).
- Rinde, E., Hjermand, DØ., Staalstrøm, A. 2016. Larvae drift simulations of the Pacific oyster in Skagerrak – influence of climate change on larvae development, survival and dispersal. NIVA-rapport 7016-2016 (in English). 20s.
- Selvik, JR., Høgåsen, T., 2015. Kildefordelte tilførsler av nitrogen og fosfor til norske kystområder i 2014 – tabeller, figurer og kart. NIVA-rapport 6938-2015. M-448 / 2015. 57 s.
- Skarbøvik E. (NIBIO), Allan I.(NIVA), Stålnacke P., (NIBIO), Hagen AG(NIVA), Greipsland I (NIBIO), Høgåsen T (NIVA), Selvik JR (NIVA), Beldring S (NVE), 2015. Elvetilførsler og direkte tilførsler til norske kystområder – 2014. NIVA Rapport 6929-2015. M-no 439 / 2015. 82 s.

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