



KLIMA- OG
FORURENSNINGS-
DIREKTORATET

Statlig program for forurensningsovervåking
Rapportnr. 2903/2012

Miljøovervåking av sukkertare langs norskekysten (KYS) 2011

TA
2903
2012

Utført av Norsk institutt for vannforskning i samarbeid med Havforskningsinstituttet



Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

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

Østlandsavdelingen

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

Vestlandsavdelingen

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

NIVA Midt-Norge

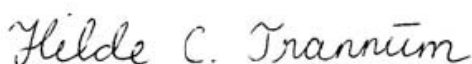
Pirsenteret, Havnegata 9
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Miljøovervåking av sukkertare langs norskekysten. Sukkertareovervåkingsprogrammet Årsrapport for 2011. KLIF rapport TA-2903/2012	Løpenr. (for bestilling) 6327-2012	Dato 09.05.2012
	Prosjektnr. Undernr. O-11299	Sider Pris 60
Forfatter(e) H.C. Trannum ¹ , K.M. Norderhaug ¹ , L. Naustvoll ² , B. Bjerkeng ¹ , J.K. Gitmark ¹ , F. Moy ² ¹)NIVA, ²)HI	Fagområde Biologisk mangfold	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Norge	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Klima- og forurensningsdirektoratet	Oppdragsreferanse 7012008
---	------------------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Årsrapporten fra Sukkertareovervåkingsprogrammet beskriver tilstanden til sukkertare og miljøstatus i kystvannet på indre kyst i Sør-Norge i 2011. Helt siden regimeskifte på 1990-tallet har tilstanden for sukkertare generelt sett vært dårlig på indre kyst i Skagerrak og deler av Vestlandskysten, men i 2011 fant det sted en svak forbedring. Denne var tydeligst på Sør-Vestlandet. Parallelt med forbedringen ble det observert en positiv økning av biomangfold av alger og dyr. Også tilstanden i det øvrige samfunnet på hardbunn har bedret seg i perioden 2009-2011, og det totale biomangfoldet av alger og dyr har økt i hele overvåkingsområdet. Kaldt klima uten kritisk høye sommertemperaturer har sannsynligvis medvirket til bedringen i sukkertarens tilstand. Samtidig viser overvåkingen at tilstanden er uendret eller dårligere i flere av de overvåkede områdene fra 2010 til 2011. Videre viser overvåking i regi av Kystovervåkingsprogrammet en reduksjon i biomangfoldet på hardbunn i Arendalsområdet. Økt biomangfold er derfor ikke en entydig trend. Funnene i den foreliggende undersøkelsen underbygger konklusjonen fra Sukkertareprosjektet om at temperaturøkning kan ha vært hovedårsaken til bortfallet av sukkertare, men at det samtidig er flere faktorer som virker sammen og hindrer reetablering.</p>
--

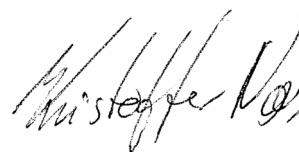
<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Langtidsovervåking 2. Eutrofiering 3. Klimaendringer 4. Sukkertare 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Long-term monitoring 2. Eutrophication 3. Climate change 4. Sugar kelp
---	---



Hilde C. Trannum
Prosjektleder



Mats Walday
Forskningsleder



Kristoffer Næs
Forskningsdirektør



Statlig program for forurensningsovervåking

Miljøovervåking av sukkertare langs norskekysten.

SPFO-rapport: 1118/2012

TA-2903/2012

ISBN 978-82-577-6062-5

Oppdragsgiver: Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif)

Utførende institusjon: Norsk institutt for vannforskning NIVA

• **Årsrapport for 2011**

**Rapport
2903/12**

Miljøovervåking av sukkertare langs norskekysten (KYS).

Sukkertareovervåkingsprogrammet.

Årsrapport for 2011.



Utførende institusjoner:
Norsk Institutt for Vannforskning NIVA
Havforskningsinstituttet HI

Prosjektansvarlig: NIVA
NIVA-prosjektnummer: 12299
NIVA-rapport: 6327-2012

Forord

Sukkertareovervåkingsprogrammet – ”Miljøovervåking av sukkertare langs norskekysten” er en oppfølging av Sukkertareprosjektet 2005-08 og ble startet i 2009 under Statlig program for forurensningsovervåking. Programmet ble utarbeidet av Norsk institutt for vannforskning (NIVA) i 2008 på oppdrag fra Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif). Programmet er et overvåkingsprogram for indre kystområder med fokus på sukkertare og omfatter hydrofysiske, hydrokjemiske og biologiske undersøkelser på hardbunn langs indre deler av kysten av Sør-Norge. Den hydrofysiske/-kjemiske delen av programmet utføres av NIVA og Havforskningsinstituttets forskningsstasjon Flødevigen i Arendal. De biologiske undersøkelsene utføres av NIVA. NIVA har også hovedansvaret for gjennomføring av prosjektet og utarbeidelse av rapportene.

Den foreliggende rapporten beskriver miljøtilstanden fra overvåkingen i 2011. Også tidligere resultater er inkludert for å kunne evaluere endringer i miljøtilstand. Alle primærdataene for 2011 er gitt i datarapporten for programmet (Trannum et al. 2012/TA 2904).

Rapporten er skrevet av følgende personer (NIVA om ikke annet er angitt):
Klima, vannmasser og næringssalter: Lars Naustvoll (HI) og Birger Bjerkeng
Hardbunn: Kjell Magnus Norderhaug og Janne Gitmark
Redaktør for rapporten: Hilde C. Trannum

Mange mennesker har vært med og gjennomføringen av programmet hadde ikke vært mulig uten deres medvirkning. En spesiell takk rettes Lise Tveiten og Marijana Brkljacic for uvurderlig organisatorisk bistand. Også følgende personer har vært av stor betydning for gjennomføringen av programmet og alle takkes for innsatsen:
Hydrografi/kjemi: Terje Jåvold (HI), Are Folkestad, Lena Omli (HI), Kai Sørensen
Hardbunn: Camilla With Fagerli, Norman W. Green, Maia Røst Kile, Pia Norling

Vi takker også Danmarks Miljøundersøkelser, Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut og Biologische Anstalt Helgoland for å få lov til å benytte deres hydrografidata fra Kattegat og Tyskebukta.

Kjell Magnus Norderhaug var leder av programmet i 2011, og Hilde C. Trannum i 2012. Lars Naustvoll har vært prosjektansvarlig på HI og saksbehandler hos Klif var Pål Inge Hals.

Grimstad, 9. mai 2012.

Hilde C. Trannum
Programleder

Innhold:

Sammendrag	6
Abstract	8
1. Innledning	10
1.1 Målsetting.....	10
1.2 Bakgrunn for programmet.....	10
1.3 Faginnhold og stasjonsnett.....	11
1.4 Metodikk.....	16
2. Tilstand for sukkertare og det øvrige hardbunnsamfunnet i indre områder	17
2.1 Sukkertarens biologi og utbredelse.....	17
2.2 Sukkertarens tilstand.....	19
2.3 Tilstand i hardbunnsamfunnet på indre kyst.....	23
2.4 Forskjeller på artsnivå 2009-2011.....	27
2.5 Nedre voksegrense for fagerving.....	29
3. Klima og vannmasser	31
3.1 Værmønstre og nedbør.....	31
3.2 Vannmasser og sjøtemperatur.....	33
3.3 Lysforhold i vannet.....	38
3.4 Partikler i vannet.....	39
3.5 Sediment på bunnen.....	42
4. Tilførsler av næringsalter til indre kyst	44
4.1 Langtransporterte tilførsler.....	44
4.2 Lokale tilførsler.....	45
5. Vannkvalitet på indre kyst	48
5.1 Næringsalter.....	48
5.2 Oksygen i dypvannet.....	50
5.3 Planteplanktonbiomasse – klorofyll a.....	51
5.4 Tilstandsklassifisering.....	52
6. Årsakssammenhenger	54
6.1 Sukkertare og miljøfaktorer.....	54
6.2 Hva viser overvåkingsprogrammet?.....	56
7. Referanser	59

Sammendrag

Sukkertareovervåkingsprogrammet, ”Miljøovervåking av sukkertare langs norskekysten” under Statlig program for forurensningsovervåking, er et miljøovervåkingsprogram for indre kystområder med fokus på sukkertare.

Formålet med Sukkertareovervåkingsprogrammet er å:

- gi en oversikt over miljøtilstanden på utvalgte lokaliteter med sukkertare
- identifisere fra hvilke områder ulike partikkel- og næringssaltmengder kommer til stasjonene
- kartlegge endringer i påvirkningsfaktorene over tid
- tolke funnene på stasjonene mht. viktige påvirkningsfaktorer som temperatur, næringssalter, partikler, lys osv. (årsak-virkning)
- dokumentere det biologiske mangfoldet på stasjonene.

Rapporten beskriver tilstanden til sukkertare og miljøstatus i kystvannet på indre kyst i Sør-Norge (fra svenskegrensen til Rogaland) i 2011. Rapporten omfatter fagområdene klima, næringssalter, vannkvalitet, plankton (klorofyll a) og biologisk mangfold på hardbunn (makroalger og -dyr). Selv om tidsserien fremdeles er kort, drøftes mulige sammenhenger mellom sukkertarens tilstand og miljøfaktorer.

Etter et regimeskifte med bortfall av sukkertare på 90-tallet er sukkertaretilstanden fremdeles relativt dårlig, men det er observert en svak forbedring fra 2009 til 2011. Likevel viser overvåkingen at tilstanden fra 2010 til 2011 er uendret eller dårligere på flere av stasjonene. Sukkertaretilstanden på stasjoner uten (eller lav) ferskvannspåvirkning (fjord og skjærgårdsområder med små nedbørsfelt) var fra moderat til god og bedre i vest (Vest-Agder og Rogaland) enn i øst (Ytre Oslofjord, Risør-Grimstad). For de ferskvannspåvirkede stasjonene var tilstanden moderat eller dårlig, men noen av disse stasjonene har vist en bedring siden overvåkingen startet i 2009. Generelt var forbedringen tydeligst på Sør-Vestlandet. Parallelt med forbedring i sukkertaretilstanden ble det observert en positiv økning i det biologiske mangfoldet av alger og dyr.

Vinteren 2010/11 var sjøtemperaturen omtrent som normalt. På strekningen Oslofjorden-Kristiansand ble det registrert en lang periode fra desember til april med sjøtemperaturer godt under 5 °C. Sammenlignet med 2010 var det i snitt kjøligere i 2011, men minimumstemperaturen var ikke så lav som i 2010. I gjennomsnitt var det noe høyere vintertemperaturer i Rogaland (Hidlefjorden) sammenlignet med Skagerrak (Oslofjorden-Vest Agder). Sommertemperaturen var omtrent som normalt i Skagerrak. I de øvre meterne (0-5 m) ble det kun registrert korte perioder med temperaturer over 19 °C ved Flødevigen (Arendal) og Missingen (Ytre Oslofjord). Slike høye temperaturer påfører sukkertaren temperaturstress. Ved dykkestasjonene ble det ikke målt temperaturer over 19 °C (i 5-7 m dyp) i 2010 eller første halvdel av 2011.

Saltholdigheten i vinter- og vårperioden var omtrent som normalt på alle stasjonene. Sommeren var våt og det ble registrert lave saltholdigheter i Rogaland (Hidlefjorden) i juni og i Skagerrak i juni/juli. Saltholdigheten holdt seg lav frem til oktober, og dette vil kunne ha betydning for det biologiske mangfoldet neste sommer.

Langtransporterte tilførsler av næringssalter til den norske kyststrømmen fra sydlige deler av Nordsjøen er redusert de siste årene. Glomma, som renner ut i Ytre Oslofjord, har de største

tilførslene av ferskvann til Skagerrak. Den totale vannføringen fra alle elvene var 2011 høyere enn i 2010, hvilket medførte høye tilførsler av næringssalter. Det bør spesielt merkes at tilførselen av Tot-P fra Glomma i 2011 var den største som har blitt registrert i hele tidsserien, og tilførslene av TOC og Tot-N de nest største.

For alle stasjonene i Skagerrak ble det registrert våroppblomstring av planteplankton i siste halvdel av februar, hvilket er tidlig, men anses som normalt. I Rogaland (Hidlefjorden) fant oppblomstringen sted i mars hvilket er normalt for dette området. Gjennomsnittlig planteplanktonbiomasse i sommerperioden var noe høyere i 2011 enn i 2010 ved de fleste stasjonene. Utover sommeren og tidlig høst ble det registrert flere små oppblomstringer i fjordsystemene. Unntaket var Topdalsfjorden i Vest Agder og Hidlefjorden, hvor observert sommerbiomasse var lav og omtrent som registrert tidligere år. Ved Missingen (OF 1, Ytre Oslofjord) og Breviksfjorden (Grenland) ble det registrert en markant høstoppblomstring i 2011.

Klassifiseringen (sommerverdier) basert på næringssalter viser at de fleste stasjonene kommer ut i tilstandsklasse I eller II (meget god til god). Den eneste stasjonen som skiller seg fra dette, er Breviksfjorden som plasseres i tilstandsklasse III (mindre god) sommeren i 2011. For Topdalsfjorden er det blitt en forverring av tilstand fra tilstandsklasse I og II til III i 2011. I klassifisering basert på vinterverdier av næringssalter, kommer alle stasjoner ut i klasse I med unntak av Hidlefjorden og Topdalsfjorden som ligger i klasse II. Klassifisering ved bruk av siktdyp varierer fra tilstandsklasse IV (dårlig, Håøyfjorden i Grenland og Topdalsfjorden) og til I (meget god, Hidlefjorden) i 2011. Klassifisering basert på oksygenkonsentrasjon i største dyp viser stor variasjon mellom stasjoner (klasse II til V) og mellom år for enkelte stasjoner. Oksygentilstanden for Håøyfjorden ble forverret høsten 2011, mens forholdene i Topdalsfjorden ble forbedret (til 2009-nivå) etter et dårlig år i 2010.

Lysforholdene var i 2011 omtrent som tidligere år. For stasjoner sterkt påvirket av ferskvann, var det noe redusert siktdyp på sommeren og høsten. Mengden totalt suspendert stoff (TSM) var omtrent som tidligere år. For områder sterkt påvirket av ferskvann, er høye TSM-verdier knyttet til det ferske overflatelaget. Videre er mengdene av TSM i stor grad styrt av nedbørmengder. I 2011 kom de store tilførslene sommer og høst, med mulig betydning for neste års bunnvegetasjon. For partikulært organisk karbon (POC) var det ingen markante endringer for noen av stasjonene. Det var en svak økning i POC ved Hidlefjorden og Missingen, men tidsserien er for kort til å si noe sikkert om utviklingen.

Kaldt klima uten kritisk høye sommertemperaturer har generelt positiv innvirkning på sukkertaren, og har sannsynligvis medvirket til den noe forbedrede tilstanden til sukkertare i perioden 2009-2011. Dette underbygger konklusjonen fra Sukkertareprosjektet om at temperatur har en medvirkende årsak til bortfallet av sukkertare sammen med flere samvirkende faktorer.

Økt biomangfold generelt på hardbunn kan skyldes sukkertarens viktige økologiske betydning som habitat for andre arter og primærprodusent. Bedret vannkvalitet på grunn av lite avrenning fra land og tilførsel av organisk materiale og mindre ekstreme vintertemperaturer i 2011 sammenlignet med 2009 og 2010 kan også ha bidratt til denne økningen. Det må samtidig påpekes at Kystovervåkingsprogrammet har påvist en reduksjon i biomangfoldet på hardbunn i Arendalsområdet. Selv om disse resultatene ikke kan sammenliknes direkte med resultatene fra sukkertareovervåkingen, viser de at økt biomangfold på hardbunn ikke er noen entydig trend.

Abstract

This report for the Norwegian Sugar kelp Monitoring Programme describes the environmental status on inner coastal areas in South Norway, with particular focus on sugar kelp.

The aims of the program are to:

- give an overview of the environmental status at selected sugar kelp localities
- identify important particle and nutrient inputs to the stations
- describe temporal changes in nutrient concentrations
- describe the findings at the sugar kelp stations with regard to possible environmental drivers as temperature, nutrients, particles, light etc. (cause-effect)
- describe the biodiversity at the stations.

This report describes the status of the sugar kelp and environmental status in the coastal water at the inner coast of southern Norway (Swedish border to Stavanger) in 2011. Topics presented in the report include climate, nutrients, water quality, plankton (chlorophyll a) and biodiversity in the hard bottom communities (macroalgae and -fauna). Even though the time series still is short, possible cause-effect relationship between environmental factors and the status of the sugar kelp are discussed.

After the regime shift in the shallow water ecosystems that took place in the 90ies, the status of the sugar kelp is still relatively poor, but there is some improvement from 2009 to 2011. At the same time, the monitoring shows that the status from 2010 to 2011 is unchanged or worse on several stations. The status on stations without (or with low) influence from freshwater (fjord and coastal areas with small catchment areas) was from moderate to good, and better in west (West Agder and Rogaland) than east (outer Oslofjord, Risør-Grimstad). For the stations with larger influence by rivers, the status was moderate to poor, but some of these stations have improved since the monitoring started in 2009. Generally, the improvement was most evident on the SW coast. Parallel with this improvement there was observed a positive increase in the biodiversity of algae and animals.

In the winter 2010/11 the sea-temperature was quite normal. On the area Oslofjord-Kristiansand it was observed a long period from December to April with sea-temperatures well below 5 °C. Compared to 2010, 2011 was cooler, but at the same time, the minimum-temperature was not as low as in 2010. In average, there was somewhat higher winter-temperature in Rogaland (Hidlefjorden) compared to Skagerrak (Oslofjord-West Agder). The summer-temperature was quite normal in Skagerrak. In the upper meters (0-5 m) there were observed short periods with temperature over 19 °C at Flødevigen (Arendal) and Missingen (outer Oslofjord). Such high temperatures may stress the sugar kelp. At the diving stations there were not measured temperatures exceeding 19 °C (5-7 m depth) in 2010 or in the first part of 2011.

The salinity in winter and spring was quite normal at all stations. The summer was wet, and there were low salinities in Rogaland (Hidlefjorden) in June and in Skagerrak in June/July. The salinity was low until October, and this condition may influence on the biodiversity the next summer.

Long-range transport of nutrients to the Norwegian Coastal Current from southern parts of the North Sea has been reduced the last years. Glomma had the largest supply of freshwater to Skagerrak. The total flow from all rivers was higher in 2011 than in 2010, which lead to high

supply of nutrients. In particular, it should be noted that the supply of Tot-P from Glomma in 2011 was the largest observed during the whole time series, and the supply of TOC and Tot-N the second largest.

For all the stations in Skagerrak, there was observed a phytoplankton spring bloom in the last part of February. This is early, but still normal. In Rogaland (Hidlefjorden) the spring bloom took place in March, which is normal in this area. The average phytoplankton-biomass in summer was somewhat higher in 2011 than in 2010 at most stations. Towards late summer and early autumn there was observed several small blooms in the fjord-systems. The exception was Topdalsfjorden in West Agder and Hidlefjorden in Rogaland, where the observed summer-biomass was low and to a large extent as in previous years. At Missingen (OF 1, Outer Oslofjord) and Breviksfjorden (Grenland), there was observed a pronounced autumn bloom in 2011.

According to nutrients (summer-values), most stations were in class I or II, with exception of Breviksfjorden, which was in class III the summer 2011. In Topdalsfjorden, the status was lowered from class I and II to III in 2011. In the classification based on winter-values, all stations were in class I, with exception of Hidlefjorden and Topdalsfjorden in class II. Based on the Secchi-depth, the classification of the stations varies from class IV (Topdalsfjorden and Håøyfjorden) to I (Hidlefjorden) in 2011. The classification based on oxygen-levels show large variation between the stations (class II to V) and between years for some stations. The oxygen conditions got worse the autumn 2011, while the conditions in Topdalsfjorden were improved (to the 2009-level) after a year with low oxygen in 2010.

The light-conditions in 2011 were to a large extent as in previous years. For stations highly influenced by freshwater, there was a somewhat lowered Secchi-depth in summer and autumn. The amount of total suspended matter (TSM) was on level with the last years. For areas strongly influenced by freshwater, high TSM-values are due to the fresh surface-layer. Furthermore, the TSM-values are to a large extent driven by the rainfall. In 2011, the large inputs came during summer and autumn, which possible may influence on the bottom vegetation the next year. For particulate organic carbon (POC), no large changes were observed at any stations. In Hidlefjorden and at Missingen there was a slight increase in POC, but the time series is too short to conclude absolutely on the trend.

Cold climate without critically high summer-temperatures has generally had a positive influence on the sugar kelp in the period 2009-2011. This finding strengthens the conclusion from the Sugar kelp project that temperature was a contributing factor to the loss of the sugar kelp, acting together with other factors.

Increased biodiversity may be due to the sugar kelp's ecological importance as a habitat for other species and a primary producer. Improved water-quality due to low runoff and low input of organic material from land and less extreme winter-temperatures in 2011 compared to 2009 and 2010 may also have contributed to this development. At the same time, it should be mentioned that the Coastal Monitoring Programme has documented a reduction in biodiversity in the vicinity of Arendal. Even though these results cannot be directly compared with the results from the sugar kelp monitoring, they show that increased biodiversity on hard bottom not is an unequivocal trend.

1. Innledning

Sukkertareovervåkingsprogrammet ble startet i 2009, og er administrert og finansiert av Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif) gjennom Statlig program for forurensningsovervåking. Programmet utføres av Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA) i samarbeid med Havforskningsinstituttet (HI). Resultater fra Sukkertareovervåkingsprogrammet rapporteres til ICES som del av Norges forpliktelser innen OSPAR. Arbeidet er forankret i miljømyndighetenes miljøpolitikk og resultatmål for rent hav (St.meld. nr. 26 (2006-2007)).

Omfattende sukkertaredød ble først dokumentert av forskere fra NIVA og Universitet i Oslo og undersøkt gjennom et pilotprosjekt i 2004. Det foregikk da ikke overvåking i indre kystområder, men bl.a. var en tidligere undersøkt Kystovervåkingsstasjon, der sukkertare hadde dominert tidligere, sentral i dokumentasjonsarbeidet.

Dette overvåkingsprogrammet er en oppfølging av Klif og DNs Sukkertareprosjekt som ble gjennomført 2005-08. I Sukkertareprosjektet ble omfanget av fenomenet klarlagt og årsakssammenhenger skissert. Sukkertareprogrammet ble så igangsatt i 2009, og den foreliggende rapporten beskriver utviklingen i tilstand i perioden 2009-2011.

1.1 Målsetting

Formålet med Sukkertareovervåkingsprogrammet er å:

- gi en oversikt over miljøtilstanden på utvalgte sukkertarelokaliteter
- identifisere fra hvilke områder ulike partikkel- og næringssaltmengder kommer til stasjonene
- kartlegge endringer i påvirkningsfaktorene over tid
- tolke funnene på stasjonene mht. viktige påvirkningsfaktorer som temperatur, næringssalter, partikler, lys osv. (årsak-virkning)
- dokumentere det biologiske mangfoldet på stasjonene

1.2 Bakgrunn for programmet

Kartleggingen i Sukkertareprosjektet viste at hhv. 80 og 40 % av sukkertaren var borte i Skagerrak og Vestlandet (Nordsjøkysten), men at situasjonen ikke var statisk og at det var år-til-år variasjon i tilstanden (Moy et al. 2008). Tepper av hurtigvoksende og opportunistiske alger erstattet sukkertareskogene (Moy et al. 2007). Gjennom Sukkertareprosjektet ble sukkertarens tilstand i Sør-Norge kartlagt, eksisterende kunnskap sammenstilt, tapte arealer beregnet (modellert) og feltforsøk gjennomført for å finne ut mer om årsakene til at sukkertaren forsvant (sammenstilt i Sluttrapport for Sukkertareprosjektet, Moy et al. 2008).

Resultatene fra Sukkertareprosjektet tydet på at det ikke er en enkelt faktor som kan forklare skiftet i vegetasjon, men sannsynligvis en kombinasjon av flere faktorer. Høy sommertemperatur, sommertilførsler av næringssalter, lysvekking pga. økt innhold av ferskvann, humus, partikler og plankton i kystvannet og tilslamming av bunnen ble ansett som de mest sentrale faktorene til sukkertarens bortfall.

Klimaendringer kan ha vært viktig for det observerte regimeskiftet (Moy et al. 2008). Den menneskelige aktiviteten i Skagerrak og områdene som drenerer til dette havområdet, bidrar også til store forurensningstilførsler via elver, luft og direkteutslipp. Det er også tiltagende interessekonflikter i kystsonen. Menneskelige aktiviteter som kan ha betydning for sukkertaretilstanden i det overvåkede området, inkluderer jordbruk, skogbruk, vassdragsregulering, endringer i fiskepopulasjoner, avlør og industri (Syvertsen et al. 2009).

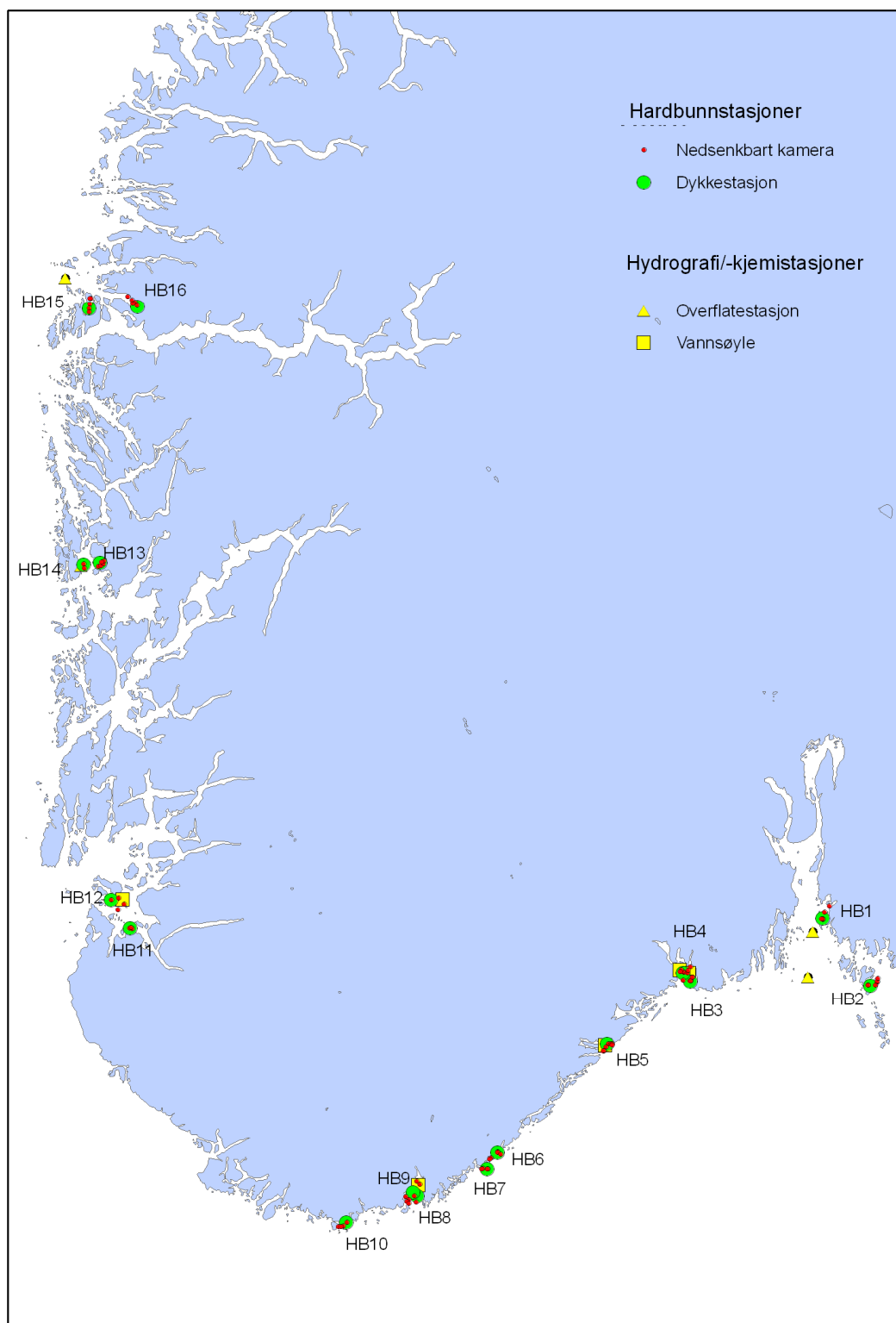
Komplekse påvirkningsforhold på indre kyst gjør at det til tross for omfattende undersøkelser som ble gjennomført i Sukkertareprosjektet, fortsatt er usikkerhet rundt årsakssammenhengene for sukkertarebortfallet. Moy et al. (2008) påpekte betydningen av lange tidsserier av overvåkingsdata for å forstå slike regimeskifter i fremtiden.

Sukkertareovervåkingsprogrammet er en viktig oppfølging av Sukkertareprosjektet, både for å overvåke miljøtilstanden på indre kyst og for bedre å forstå årsakssammenhenger i forbindelse med regimeskifter. Tareskogene er levesteder for rike samfunn av marine arter. Høy produksjon gjør tareskogene viktige for produksjon av mat i kystsonen, og de er oppvekstområder for mange kystfisk (Norderhaug et al. 2005, Moy et al. 2008). En kunnskapsbasert forvaltning er nødvendig for å kunne forvalte dette viktige økosystemet og iverksette riktige og effektive tiltak. Dette er særlig viktig når klimaendringer kan komme til å motvirke tiltak for å bedre tilstanden langs kysten. Sukkertareovervåkingsprogrammet er et helhetlig overvåkingsprogram, med fokus på sukkertare, som kan bidra til å skaffe slik kunnskap. Programmet startet opp i 2009, og ble også gjennomført i 2010. Disse to årene er rapportert felles (Norderhaug et al. 2011).

Den foreliggende rapporten inneholder presentasjon av overvåkingsdata om tilstanden til sukkertare og hardbunnsamfunn i 2011, og en sammenligning med 2009 og 2010. Hydrografi og kjemidata fra samme periode benyttes som støtteparametere (juni 2009-november 2011). Flere av sukkertarestasjonene har også data fra perioden 2005-2007, som brukes for å evaluere endringer. Siden tidsserien fremdeles er kort, er det foreløpig vanskelig å trekke konklusjoner om i hvilken grad de fysiske-kjemiske faktorene påvirker biologien på bunnen, og rapporten er derfor hovedsakelig av deskriptiv karakter selv om mulige årsaks-virkningsforhold skisseres.

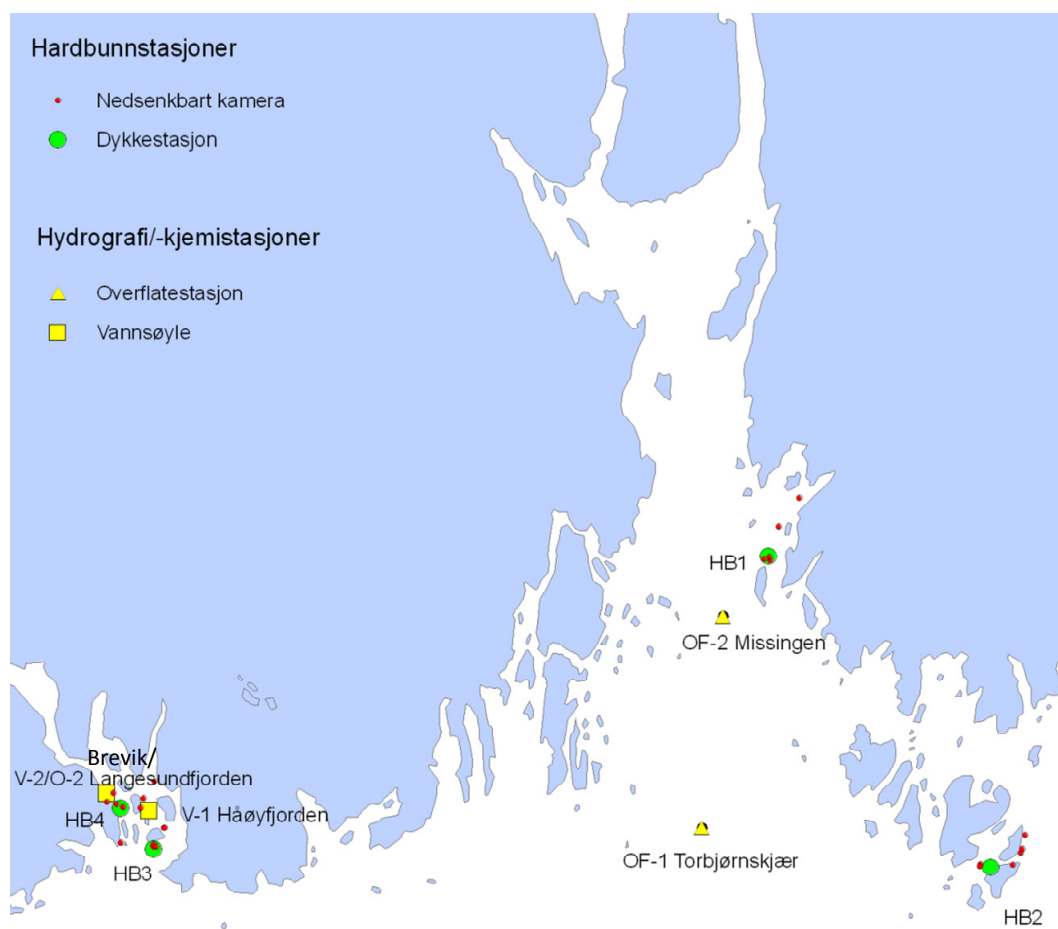
1.3 Faginnhold og stasjonsnett

Sukkertareovervåkingen er utformet som et miljøovervåkingsprogram for indre kystområder med fokus på sukkertare. Programmet dekker kysten fra svenskegrensen til Rogaland (2010 og 2011), men ble i 2009 gjennomført fra svenskegrensen til Sognefjorden (Figur 1.1).

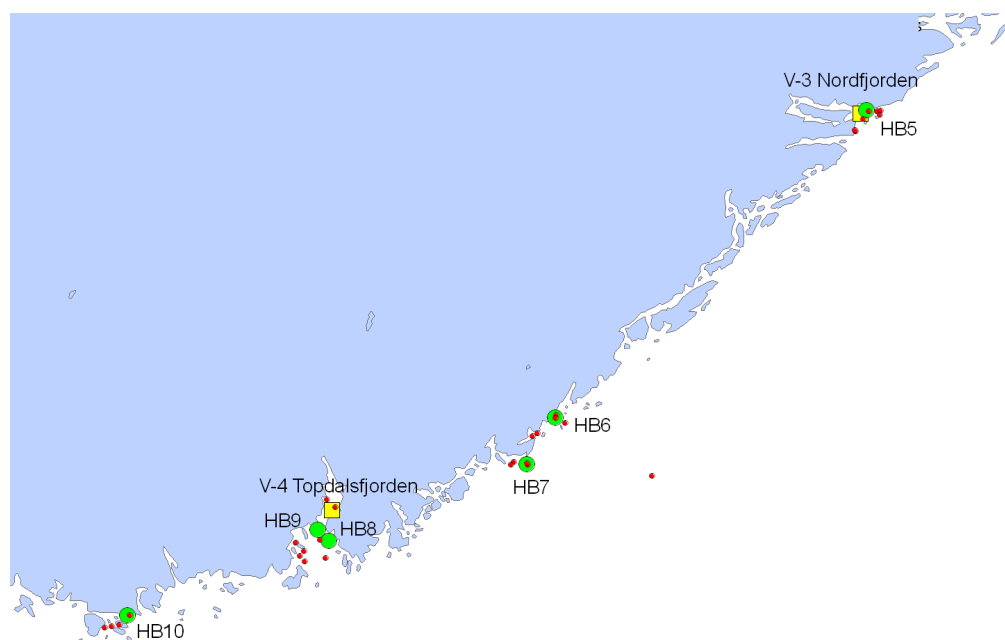


Figur 1.1. Sukkertareovervåkingsprogrammet i 2011. Stasjonsposisjoner er gitt i tabeller under. Stasjon HB13-16 og tilhørende stasjoner for nedsenkbart kamera ble ikke overvåket i 2010 og 2011.

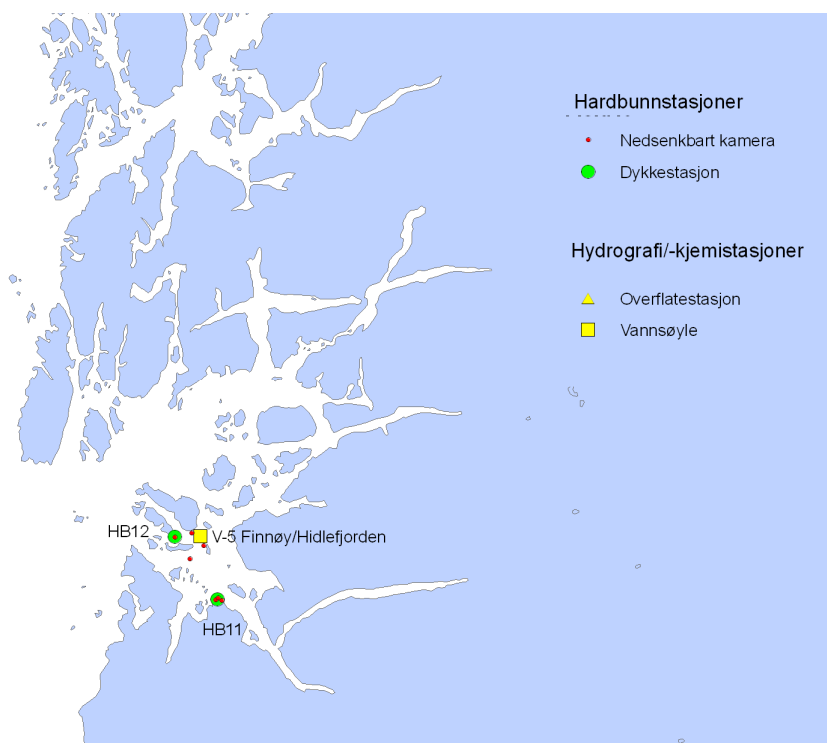
Stasjonene er presentert områdevis i Figur 1.2 - Figur 1.4.



Figur 1.2. Stasjoner i Sukkertareovervåkingsprogrammet i 2009-2011 i Ytre Oslofjord.



Figur 1.3. Stasjoner i Sukkertareovervåkingsprogrammet i 2009-2011 på Sørlandet.



Figur 1.4. Stasjoner i Sukkertareovervåkingsprogrammet i 2009-2011 på Sør-Vestlandet.

Vannprøver samles inn 12 til 22 ganger årlig, og det gjennomføres årlige dykkerundersøkelser for registrering av fastsittende alger og dyrs forekomst på steinbunn fra fjæra og ned til 30 m dyp. For å få en oversikt over tilstanden for sukkertare er stasjonsnett av dykkerstasjoner supplert med stasjoner som undersøkes med nedsenkbart kamera. Det er etablert tre slike kamerastasjoner i nærheten av hver dykkerstasjon.

Stasjoner for prøvetakningen i de frie vannmasser for kjemiske og fysiske parametere ligger i nærheten av hardbunnsstasjonene. De er plassert slik at de skal kunne gi mest mulig informasjon om kjemiske og fysiske forhold som vil kunne påvirke utbredelse og tilstanden til sukkertare og det øvrige hardbunnsamfunnet. Det er gjennomført en kombinasjon av prøvetakning i overflaten og prøvetakning i standarddyp fra overflaten til bunnen (vertikale profiler). Stasjonene for prøvetaking av hardbunn og vannmasser er gitt i Tabell 1.2 og Tabell 1.1.

Overflatestasjoner i Oslofjorden dekkes av Ferrybox-systemet ombord på MS Color Fantasy, og vannet tas inn fra ca. 4 m dyp. Overflateprøvetakning i Breviksfjorden er foretatt på 0 m dyp. Ved stasjoner for vertikalprofiler er det foretatt prøvetakning på ICES standarddyp fra overflaten til største dyp (0, 5, 10, 20, 30, 50, 75, 100, 125, 150, 200, 300 m osv.). Ved disse innsamlingene er det benyttet lettboat eller FF G.M. Dannevig.

Detaljerte oversikter over hvilke parametere som måles på de ulike stasjonene, er gitt i datarapporten for 2011 (Trannum et al. 2012/TA 2904).

Sukkertareovervåkingsprogrammet. Årsrapport for 2011

Tabell 1.1. Oversikt over dykkerstasjonene, inkl. stasjonene som kun ble undersøkt i 2009 (*). Tabellen viser stasjonsnavn, stedsnavn, transektenes maksimale dyp, kommentar om tilstand i tidligere undersøkelser og posisjon.

Stasjon	Navn	Dyp	Kommentar	N (wgs84)	Ø (wgs84)
HB1	Veslekalven, Rauer, Fredrikstad	26	YO/UiO stasjon. Spredt-vanlig sukkertare i 1989 og 2007	59.25427	10.70413
HB2	Brattøya, Hvaler, Østfold	28	Ny stasjon i 2009	59.02336	11.06950
HB3	Store Arøya, Helgeroa, Grenland	26	YO/ Sukkertareprosjektet Redusert tilstand i 2008	58.99358	09.80854
HB4	Risøyodden, Brevik, Grenland	26	Sukkertareprosjektet. Redusert tilstand 2005	59.02330	09.75373
HB5	Risør – Robbesvik, Aust-Agder	30	Sukkertareprosjektet. Dårlig tilstand 2005-08	58.74279	09.26784
HB6	Grimstad- Tvillinghlm, Aust-Agder	28	Sukkertareprosjektet Dårlig tilstand 2007	58.31666	08.58172
HB7	Homborøy, Grimstad, Aust-Agder	30/28	Sukkertareprosjektet God tilstand 2007	58.25454	08.52282
HB8	Korsvikfj Kr.sand, Vest-Agder	26	Sukkertareprosjektet. Redusert tilstand 2005	58.13230	08.06637
HB9	Bertilsbukt Kr.sand, Vest-Agder	30	Åsen (2006) stasjon Spredt med sukkertare 2006	58.14470	08.03593
HB10	Tregde - Eiebekk Åsen st., Vest-Agder	30	Åsen (2006) stasjon Spredt med sukkertare 2006	58.01090	07.60296
HB11	Tingshlm, Stavanger, Rogaland	30	Sukkertareprosjektet Lite sukkertare 2007	58.96898	05.87873
HB12	Rossøy – Stavanger, Rogaland	30	Sukkertareprosjektet God tilstand i 2008	59.05966	05.71851
HB13*	Fana fjorden – Haugneset, Bergen	24	Sukkertareprosjektet God tilstand i 2008	60.25630	05.29825
HB14*	Langøyna N - Raunefj., Bergen	30	Sukkertareprosjektet God tilstand i 2008	60.24156	05.18463
HB15*	Dumbefj. Geitevik, Sogn og Fjordane,	30	Sukkertareprosjektet God tilstand i 2008	61.15554	04.94085
HB16*	Åfjorden, Sogn og Fjordane	30	Sukkertareprosjektet Redusert tilstand i 2008	61.18789	05.29530

Tabell 1.2. Oversikt over hydrografi- og kjemistasjonene i 2011. Tabellen viser område, stasjonsnavn, stasjonsnummer, prøvetakingstype (overflate eller vannsøyle), frekvens per år og eventuelle merknader.

Område	Navn	St. nr.	Prøvetakingstype	Årlig Frekvens	Merknad
Ytre Oslofjord	Torbjørnsskjær	OF-1	Overflatevann (NIVA, FerryBox)	12	Dekkes 10 ganger av YO programmet for totalt 22 ganger pr år.
	Missingen	OF-2	Overflatevann (NIVA, FerryBox)	12	
Grenland	Breviksfjorden	V-2 ¹	Vannsøylen (HI)	12	Vannsøyledekning og overflate gir totalt 22 ganger pr år for overflate.
	Breviksfjorden	O-2 ¹	Overflate (NIVA, lokal prøvetaker)	10	
	Håøyfjorden	V-1	Vannsøylen (HI)	12	
Aust – Agder	Nordfjorden/Risør	V-3	Vannsøylen (HI)	12	
Vest-Agder	Topdalsfjorden	V-4	Vannsøylen (HI)	12	
Rogaland	Hidlefjorden	V-5	Vannsøylen (HI, lokal prøvetaker)	12	

¹: Samme posisjon

1.4 Metodikk

Innsamling, opparbeiding og analyser følger standard og akkrediterte metoder (hvor dette finnes; ISO-90001, NIVA-M5, EN45000, NS9420, NS9424). Metodikken er fylldig beskrevet i Moy et al. (2002).

2. Tilstand for sukkertare og det øvrige hardbunnsamfunnet i indre områder

- *Sukkertarens tilstand på indre kyst var blitt god i Rogaland i 2011, mens i Skagerrak var tilstanden fra god til dårlig. Helt vest i Skagerrak var tilstanden blitt god, mens tilstanden var moderat i indre områder av Ytre Oslofjord og dårlig i indre områder på Sørlandet. På kontrollstasjonen i Skagerrak (HB7) har tilstanden vært god i hele overvåkingsperioden.*
- *Totalt sett for hele overvåkingsområdet har tilstanden bedret seg noe siden starten av overvåkingen og spesielt på Sør-Vestlandet. Den økologiske tilstanden i det øvrige hardbunnsamfunnet er også i bedring på indre kyst, og det biologiske mangfoldet var høyere i 2011 enn i 2009-2010 totalt sett i hele overvåkingsområdet. Samtidig var tilstanden både for sukkertare og det øvrige samfunnet uendret eller dårligere på flere stasjoner, og utviklingen er ikke entydig positiv.*
- *Biomangfoldet av dyr økte (særlig på Sørlandet), hvilket både gjaldt filtrerende solitære og kolonidannende arter. Nedre voksegrense for fagerving var dypere i 2011 enn i 2010. Skorpeformede alger, som er sårbare for sediment på bunnen, økte.*
- *En annen positiv utvikling er at forekomstene av algespisende dyr og rovdyr også viste en økning.*
- *Forekomstene av trådformede alger økte på Sørlandet. Mye trådformede alger er en indikasjon på dårlig miljøtilstand, og indikerer at tilstanden ikke er stabilt god.*

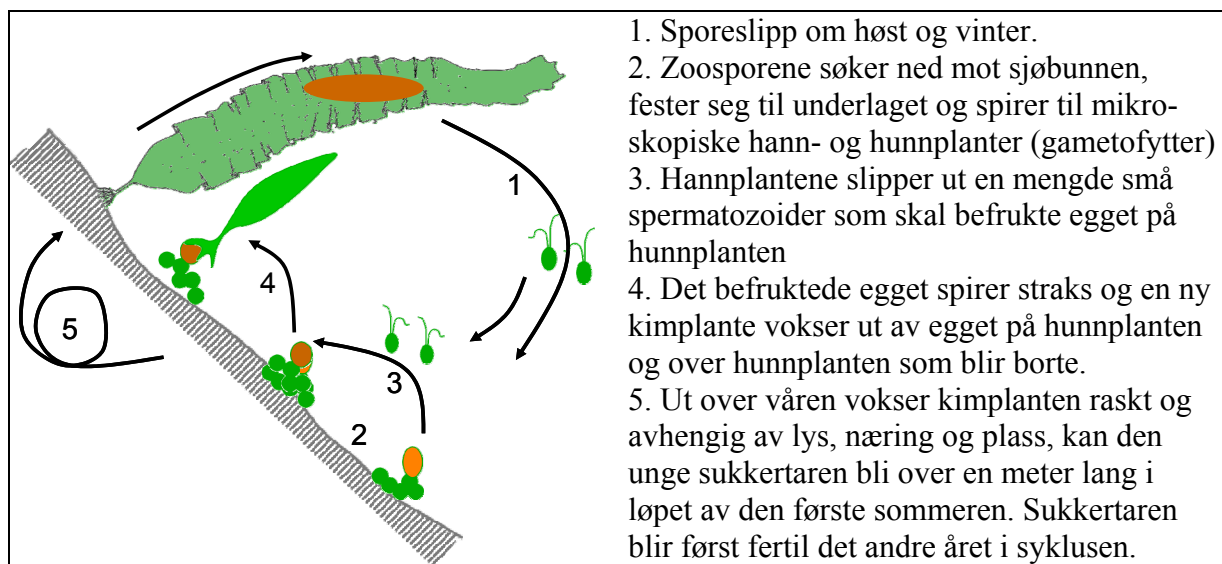
2.1 Sukkertarens biologi og utbredelse

Sukkertare (*Saccharina latissima*) har vid utbredelse i den tempererte delen av den nordlige halvkule og vokser på beskyttet til moderat bølgeeksponert kyst fra ca. 1 til 30 m dyp (Moy et al. 2006). Den er flerårig, har 1-3 m langt bølget blad, en 10-40 cm lang stilk og danner tett vegetasjon hele året (Figur 2.1).



Figur 2.1. Frisk og tett sukkertareskog (bilde fra Moy et al. 2008).

Veksten er størst om våren (Sjötun 1990, 1993), og et nytt blad erstatter da det gamle som felles. Om sommeren stopper veksten og plantene utvikler sporer utover høsten (Figur 2.2). Sporene slippes om høsten og vinteren og spirer til mikroskopiske planter, som etter befruktning kan vokse opp til en ny sukkertareplante (sporofytt). Planten blir normalt fertil i andre år av livssyklusen og lever 2-5 år. Den er avhengig av stabil rekruttering og overlevelse i alle stadier for å opprettholde en tett bestand (tareskog).



Figur 2.2. Livssyklus hos sukkertare (fra Moy et al. 2008).

Utbredelsen til sukkertare faller grovt sett sammen med sommerisotermen på ca. 19 °C, og algen dør ved ca. 23 °C. Skagerrak ligger i randområdet for sukkertarens utbredelse, og tidvis høye sommertemperaturer kan være dødelig for sukkertaren.



Figur 2.3. Dårlig tilstand på 4 m dyp på Sukkertareovervåkingstasjon HB5 Robbesvik utenfor Risør i 2010. Bunnen er dominert av trådformede alger og mye sediment. Sukkertaren er fraværende.

2.2 Sukkertarens tilstand

Helt siden regimeskiftet på 1990-tallet, med en endring fra sukkertaredominert bunn til trådalgedominert bunn, har tilstanden for sukkertare generelt sett vært dårlig på indre kyst i Skagerrak og deler av Vestlandskysten (Moy et al. 2008). På mange stasjoner som ble undersøkt i Sukkertareprosjektet (2005-08), varierte tilstanden imidlertid gjennom året. Slik variasjon kan ha påvirket resultatene av sukkertareovervåkingen. I 2009 ble overvåkingen gjennomført i august, mens i 2010 og 2011 i juni. Det forventes en dårligere tilstand senere på sommeren fordi tepper av trådformede algesamfunn utvikles utover sommeren, og overgror sukkertaren og ”kveler” andre arter (Moy et al. 2008). Denne variasjonen kan påvirke tilstandsklassifiseringen, men i et overvåkingsprogram er imidlertid ikke denne tidsforskyvningen så kritisk, ettersom aldersstrukturen i sukkertaresamfunnet forteller mye om hvordan sukkertaren har klart seg gjennom året. Sukkertareprosjektet viste også at det er noe år-til-år variasjon i tilstanden for sukkertare. Etter en dårlig periode for sukkertare 2004-05 (Moy et al. 2006) ble tilstanden noe forbedret de siste årene av Sukkertareprosjektet (frem mot 2008, Moy et al. 2008).

Sukkertarens tilstand er bestemt iht. til Moy et al. (2008) og er vist i Tabell 2.1. Sukkertaretilstanden var litt bedre i 2011 sammenlignet med 2010, og det ser dermed ut til at den positive trenden for sukkertaren fra oppstart av sukkertareprosjektet i 2005 fortsetter. I fem områder var tilstanden forbedret sammenliknet med 2010. I to områder var tilstanden forverret og i fem områder var tilstanden uendret. Den største forbedringen fant sted på Sør-Vestlandet (Tregde til Stavangerområdet, HB10-12), der alle områder nå har god tilstand. Tilstanden var moderat i Ytre Oslofjord og i Grenlandsområdet i 2011. På Sørlandet var tilstanden moderat til dårlig i indre kystområder, men god på ytre stasjoner.

Sukkertarens tilstand har vært dårligst på Sørlandet og spesielt i Risørområdet (HB5), som har hatt svært dårlig tilstand siden oppstart av Sukkertareprosjektet i 2005. I 2009 og 2010 ble det her registrert lite rekruttering av tare (Norderhaug et al. 2011). I 2011 var tilstanden på denne stasjonen imidlertid i bedring, se Figur 2.4. Det er verdt å merke seg at selv om tilstanden for sukkertare har blitt bedre i flere områder de siste årene, ble tilstanden dårligere i 2011 enn i 2010 i to områder (HB3 i Grenland og HB9 ved Kristiansand). Totalt sett er sukkertaretilstanden fortsatt moderat i Ytre Oslofjord (HB1-2) og Grenland (HB3-4) og moderat til dårlig på indre kyst på Sørlandet (HB5-9). Lengre ut på Sørlandet, langt fra lokale kilder (HB7-kontrollstasjon), er tilstanden god, og har vært god i hele perioden 2005-2011.

Sukkertareovervåkingsprogrammet. Årsrapport for 2011

Tabell 2.1. Tilstand for sukkertare i 2005-2011 i overvåkingsområdet bestemt iht. Moy et al. (2008). Undersøkelser 2005-2008 er fra Sukkertareprosjektet (Moy et al. 2006, 2007, 2008). Fargene viser tilstand for sukkertare. Grønn: God tilstand, sukkertare vanlig. Gul: Moderat tilstand, sukkertare spredt. Orange: Dårlig tilstand sukkertare enkeltfunn. Rødt: Svært dårlig tilstand, sukkertare fraværende. Hvit: Ikke undersøkt. Tilstanden er basert på gjennomsnitt av forekomst/tetthet av sukkertare på 5-6 m dyp (på dykkerstasjoner HB1-16) og stasjoner for nedsenkbar kamera (3 stasjoner i nærheten av hver dykkerstasjon). Totalt 48 stasjoner er undersøkt. Stasjon HB13-16 ble bare overvåket i 2009. Se Tabell 1.1 og Figur 1.1 - Figur 1.4 for stasjonsbeskrivelser.

	Fredrikstad	Hvaler	Helgeroa	Brevik	Risør	Grimstad	Homborsund	Kristiansand	Kristiansand	Eigebrekk	Stavanger	Stavanger	Fanafjorden	Raunefjorden	Dumbefjorden	Sogn og Fjordane
	Veslekalven	Brattøy	Store Arøy	Risøyodden	Robbesviken	Tvillingholmen	Homborøy	Korsvikfjorden	Bertilsbukta	Tregde	Tingsholmen	Rossøy	Haugneset	Langøya	Geitevik	Åfjorden
	HB1	HB2	HB3	HB4	HB5	HB6	HB7	HB8	HB9	HB10	HB11	HB12	HB13	HB14	HB15	HB16
2005			Gul	Rødt	Rødt	Rødt	Grønn	Gul	Rødt	Orange	Orange	Gul	Gul	Gul		
2006						Rødt	Grønn	Gul	Orange	Orange	Orange	Orange	Gul	Gul	Grønn	Gul
2007	Gul					Rødt	Grønn	Gul			Orange	Orange	Gul	Gul		
2008			Gul	Rødt	Rødt	Rødt	Grønn	Gul			Orange	Orange	Grønn	Grønn	Grønn	Gul
2009	Grønn	Orange		Gul	Rødt	Gul	Grønn	Orange	Orange	Orange	Gul	Grønn	Grønn	Grønn	Grønn	Gul
2010	Gul	Gul	Grønn	Gul	Rødt	Orange	Grønn	Orange	Gul	Orange	Gul	Gul				
2011	Gul	Gul	Gul	Gul	Orange	Gul	Grønn	Orange	Orange	Grønn	Grønn	Grønn				



Figur 2.4. I Risørområdet ble det i 2011 registrert tilvekst av sukkertare for første gang siden oppstart av Sukkertareprosjektet i 2005. Bildet viser sukkertareplanter som ble funnet spredt på 4 m dyp og dykkerstasjon HB5 i 2011. Den dårlige tilstanden på denne stasjonen i 2010 er vist i Figur 2.3.

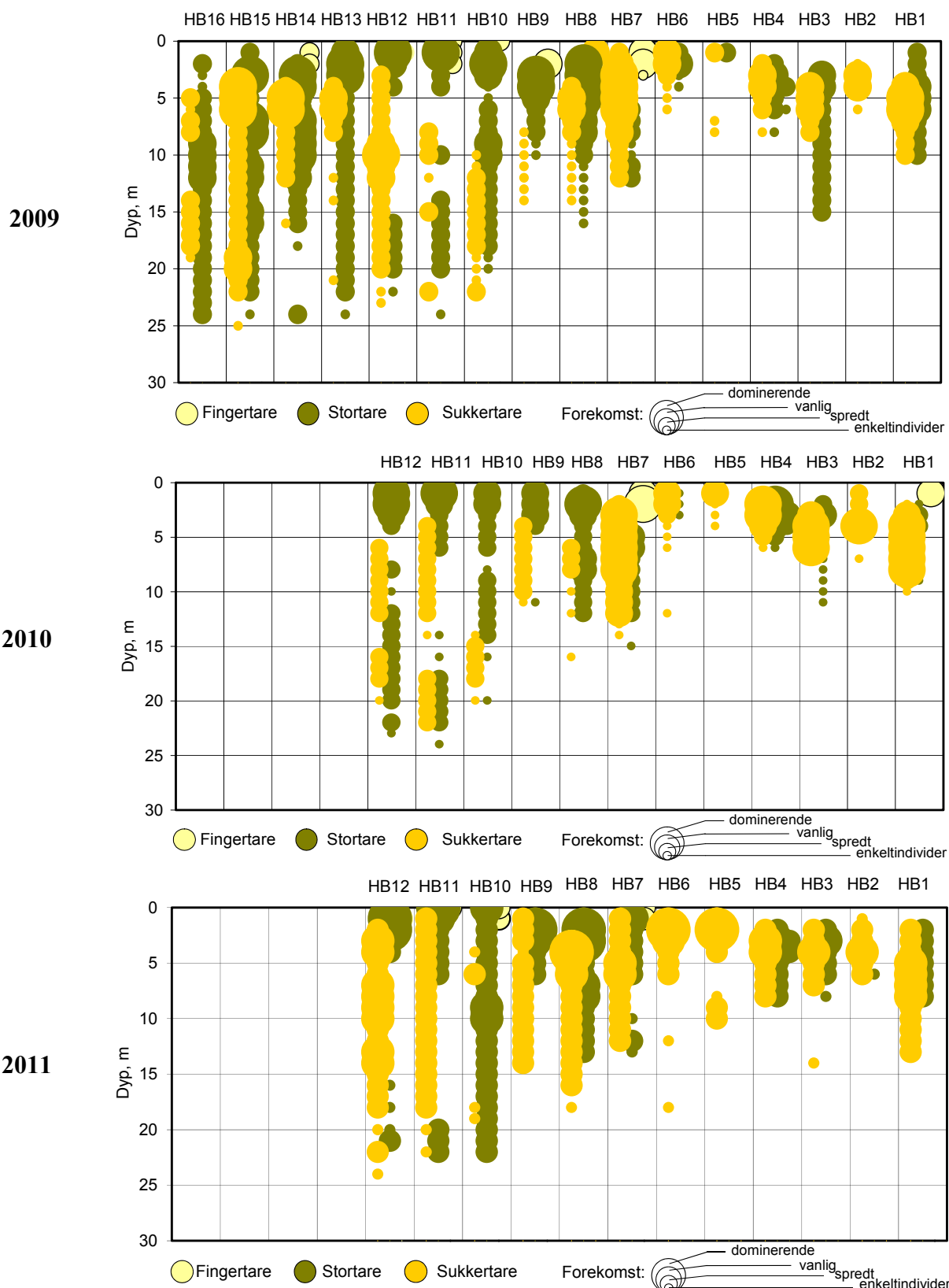
Dybdeutbredelse og forekomst av sukkertare

Tarens dybdeutbredelse er generelt større på Sørvest- og Vestlandet enn i Skagerrak (Figur 2.5). Det synes å være to biogeografiske områder for sukkertare; det ene fra Fredrikstad til Kristiansand og det andre fra Tregde til Stavanger. I Skagerrak er sukkertaren i randen av sitt utbredelsesområde, og sårbarheten ovenfor endringer i klima og fysisk-kjemiske forhold på tetthet og dybdeutbredelse anses generelt å være liten. Spesielt liten dybdeutbredelse ble registrert på indre kyst på Sørlandet i området Risør-Grimstad. Den totale utbredelsen (nedre voksedyp og tetthet på hvert dyp) av sukkertare på dykkerstasjonene i overvåkingsområdet har økt noe i perioden 2009-2011.

Ytre Oslofjord

I Ytre Oslofjord (Tabell 1.1, Figur 1.2) har tilstanden til sukkertare bedret seg noe siden Sukkertareprosjektets slutt i 2008, og var i 2011 moderat. Voksedypet for sukkertare var litt dypere i 2011 enn 2009-2010.

Sukkertareovervåkingsprogrammet. Årsrapport for 2011



Figur 2.5. Forekomst og vertikalutbredelse av fingertare, stortare og sukkertare 2009-2011. Bredden på søylene indikerer mengden av tare (enkeltpunn, sjelden, vanlig, dominerende). HB1: Veslekalven Fredrikstad, HB2: Brattøy Hvaler, HB3: Store Arøy, Helgeroa, HB4: Risøyodden, Brevik, HB5: Robbesvik, Risør, HB6: Tvillingholmen, Grimstad, HB7: Homborøy, Homborsund, HB8: Korsvikfjorden Kristiansand, HB9: Bertilsbukta, Kristiansand, HB10: Eigebekk, Tregde, HB11: Tingsholmen, Stavanger, HB12: Rossøy, Stavanger, HB13: Haugsneset, Fanafjorden, HB14: Langøya N, Raunefjorden, HB15: Geitevik, Dumbefjorden, HB16: Åfjorden Sogn og Fjordane. Stasjon HB13-16 ble kun overvåket i 2009.

Sørlandet

På Sørlandet (Tabell 1.1, Figur 1.3) har tilstanden for sukkertare vært dårlig på indre kyst siden starten av Sukkertareprosjektet i 2005, men tilstanden var i 2011 litt bedret siden 2008. Tilstanden i Agder var meget dårlig i hele perioden for Sukkertareprosjektet 2005-08. Mot slutten av prosjektperioden ble det observert tilvekst av sukkertare på grunt vann, som kan ha bidratt til at noe bedre tilstand ble observert i overvåkingen 2009-11. Tilstanden på HB5 i Risør, som har vært det dårligste i det overvåkede området (svært dårlig både i 2009 og 2010), var i 2011 bedret til dårlig tilstand. I ytre områder på Sørlandet har tilstanden vært god gjennom hele overvåkingsperioden (HB7 Homborøy, kontrollstasjon). I Kristiansandsfjorden var tilstanden svært dårlig til dårlig i indre områder og moderat i ytre områder i 2005-2008. I 2011 var tilstanden fortsatt dårlig. I Mandalsområdet var tilstanden dårlig til god i 2006, og det ble observert overgroing av grønnalger og naken bunn under 5-6 m dyp. Både i 2009 og 2010 var tilstanden fortsatt dårlig (Tregde HB10), og det ble registrert mye trådformede alger (Figur 5.9). I 2010 ble det imidlertid registrert mye kimplanter ned mot 20 m dyp (Norderhaug et al. 2011). I 2011 var tilstanden vesentlig forbedret, og god.

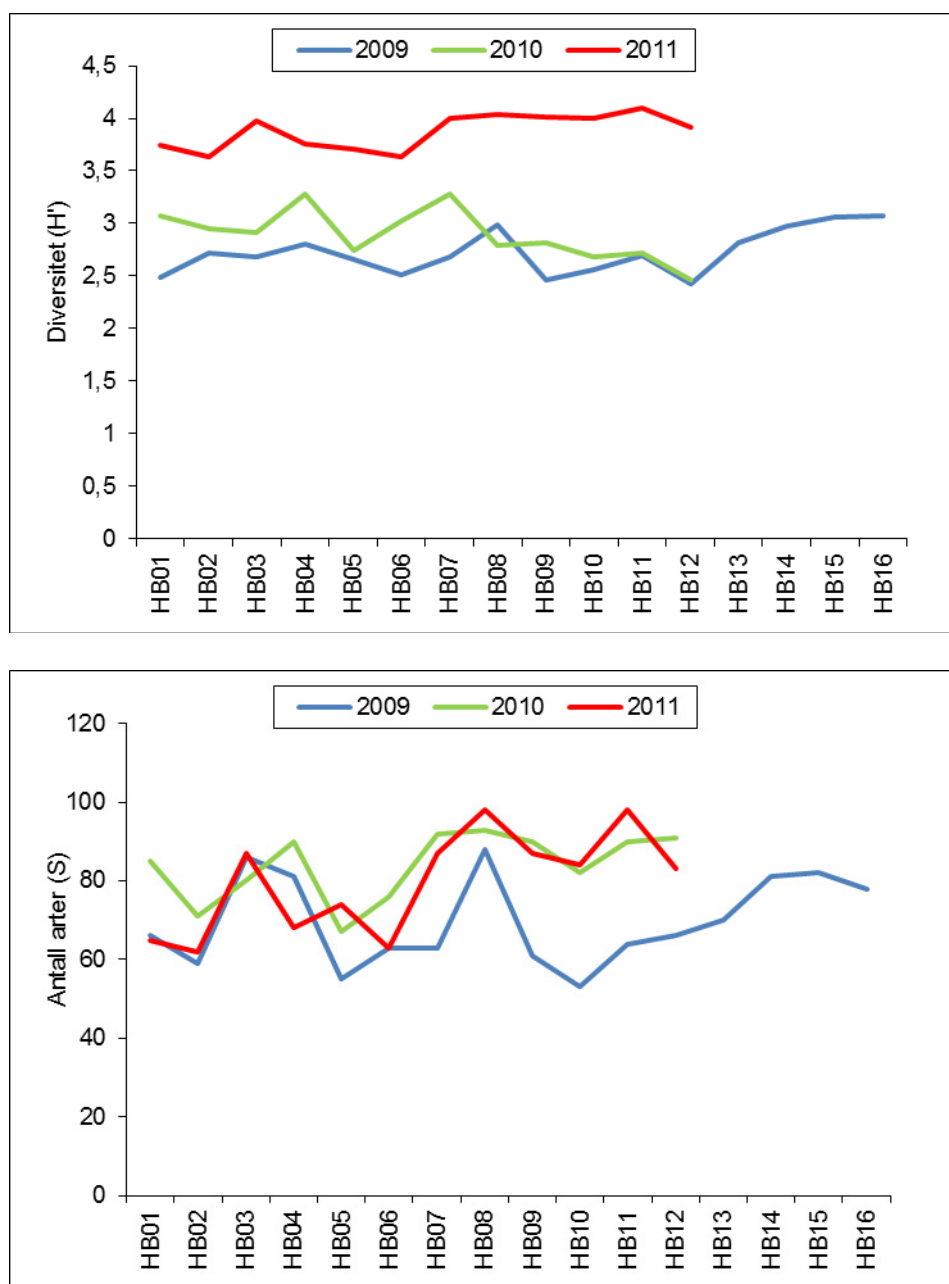
Sør-Vestlandet

På Sør-Vestlandet (Tabell 1.1, Figur 1.4) var tilstanden også forbedret siden Sukkertareprosjektet ble avsluttet. Ved Stavanger var tilstanden dårlig til god i 2005-08. I 2009 og 2010 var tilstanden moderat til god på de undersøkte stasjonene (HB11 og HB12). Generasjonsskiftet som ble registrert på HB12 i 2010 (Norderhaug et al. 2011), tydet på relativt god rekruttering av sukkertare. Tilstanden på Sør-Vestlandet var bedret til god i 2011.

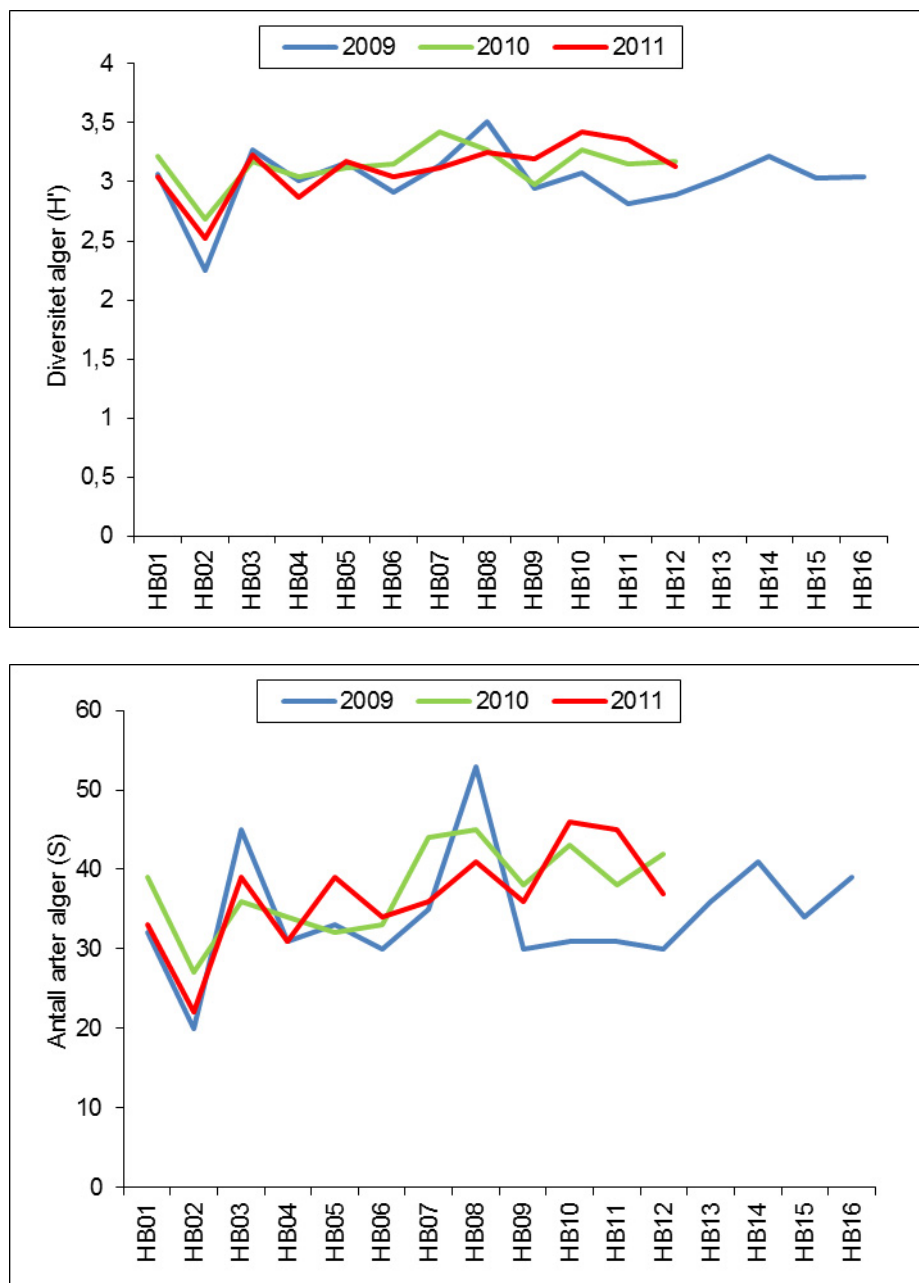
2.3 Tilstand i hardbunnsamfunnet på indre kyst

Et rikt samfunn av alger og dyr er tilknyttet sukkertareskogen (Moy et al. 2006). Sukkertareskogen danner habitat for en rekke fastsittende og frittlevende alger og dyr, og er oppvekst- og næringshabitat for fisk. Nedenfor sukkertarebeltet fordeler en rekke arter seg i dybdesoner på fjellbunn. Figur 2.6 viser biomangfold (diversitet, øverst) og totalt antall arter (nederst) alger og dyr på hardbunn på alle dykkerstasjonene (HB1-16 langs x-aksen). De ulike årene er vist med kurver. Det totale biomangfoldet av alger og dyr i hardbunnsamfunnet var lavest i områder med dårlig sukkertaretilstand (f. eks. rundt stasjon HB5), men har økt i hele overvåkingsområdet fra 2009 til 2011.

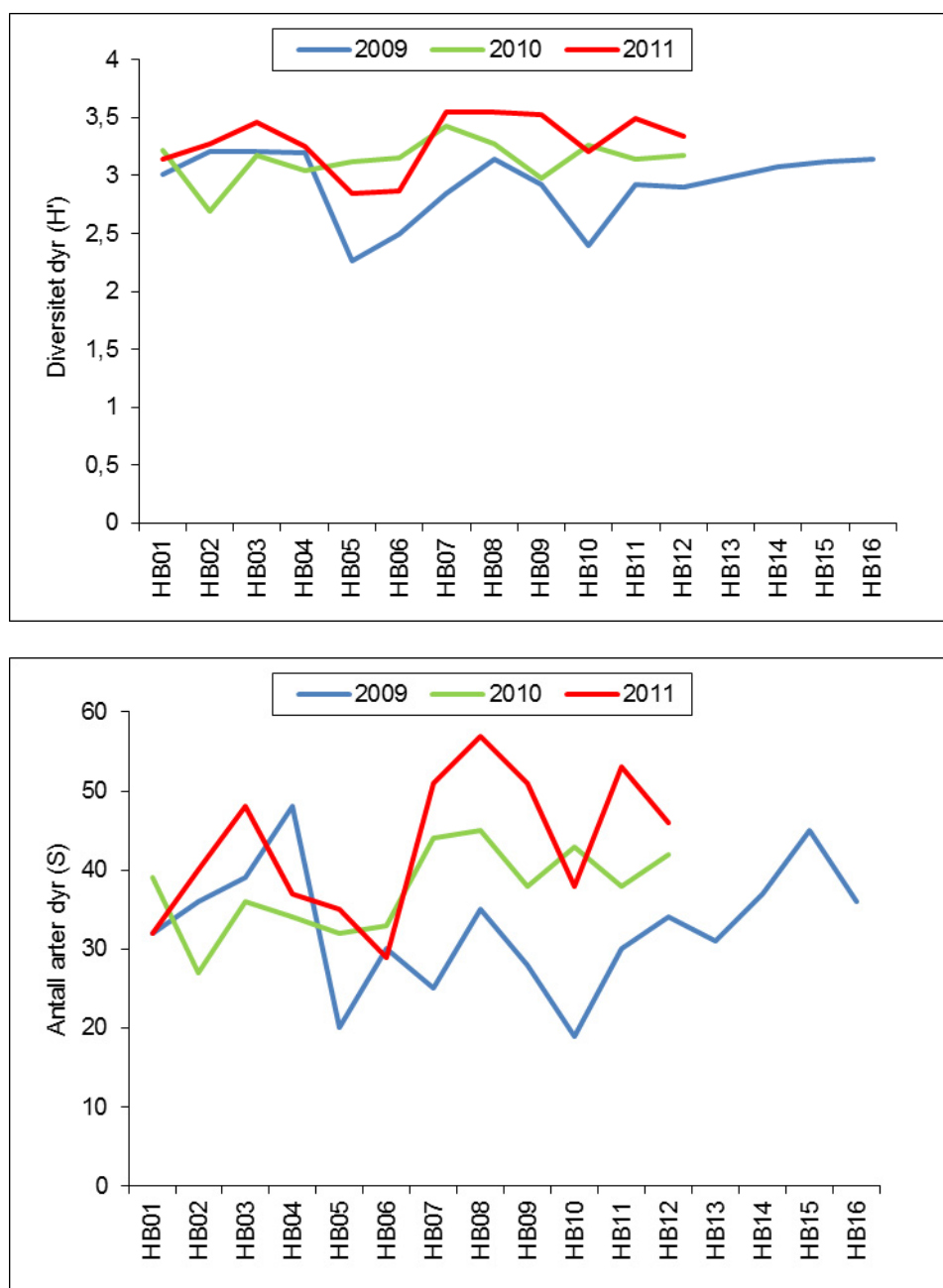
Antall arter av både alger og dyr var lavt på stasjoner med dårlig sukkertaretilstand, f. eks. HB5 (Figur 2.7 og Figur 2.8). Denne stasjonen har hatt dårlig sukkertaretilstand i hele overvåkingsperioden. Lavt artsantall kan ha sammenheng med sukkertarens viktige funksjon som habitatbyggende art (levested for dyr, Christie et al. 2003, 2009). Antallet arter av alger var også lavt på HB2 i Ytre Oslofjord. Endring over tid viser at det først og fremst er økning i antall arter dyr som ligger til grunn for det økte biomangfoldet i perioden 2009-11.



Figur 2.6. Biomangfold og totalt antall arter (taxa) av alger og dyr som ble registrert i hardbunnssamfunn på grunt vann på indre kyst av Sør-Norge 2009-2011. Biomangfold er basert på Shannon-Wiener indeks H' (\log_2) (Shannon & Weaver, 1963), hvor forekomst av arter er gitt som sum over dyptet av e^x hvor x er: 1=enkeltfunn, 2= sjelden, 3=vanlig, 4=dominerende. HB1: Veslekalven, Fredrikstad, HB2: Brattøy Hvaler, HB3: Store Arøy, Helgeroa, HB4: Risøyodden, Brevik, HB5: Robbesvik, Risør, HB6: Tvillingholmen, Grimstad, HB7: Homborøy, Homborsund, HB8: Korsvikfjorden Kristiansand, HB9: Bertilsbukta, Kristiansand, HB10: Eigebekk, Tregde, HB11: Tingsholmen, Stavanger, HB12: Rossøy, Stavanger, HB13: Haugneset, Fanafjorden, HB14: Langøya N, Raunefjorden, HB15: Geitevik, Dumbefjorden, HB16: Åfjorden Sogn og Fjordane. HB13-16 ble bare overvåket i 2009.



Figur 2.7. Biomangfold av alger (øverst) og antall arter alger (nederst) funnet i hardbunnssamfunn på grunt vann på indre kyst av Sør-Norge 2009-2011. Biomangfold er basert på Shannon-Wiener indeks H' hvor forekomst av arter er gitt som sum over dypet av e^x hvor x er: 1=enkeltfunn, 2= sjelden, 3=vanlig, 4=dominerende. HB1: Veslekalven, Fredrikstad, HB2: Brattøy Hvaler, HB3: Store Arøy, Helgeroa, HB4: Risøyodden, Brevik, HB5: Robbesvik, Risør, HB6: Tvillingholmen, Grimstad, HB7: Homborøy, Homborsund, HB8: Korsvikfjorden Kristiansand, HB9: Bertilsbukta, Kristiansand, HB10: Eigebekk, Tregde, HB11: Tingsholmen, Stavanger, HB12: Rossøy, Stavanger, HB13: Haugsneset, Fanafjorden, HB14: Langøya N, Raunefjorden, HB15: Geitevik, Dumbefjorden, HB16: Åfjorden Sogn og Fjordane. HB13-16 ble kun overvåket i 2009.



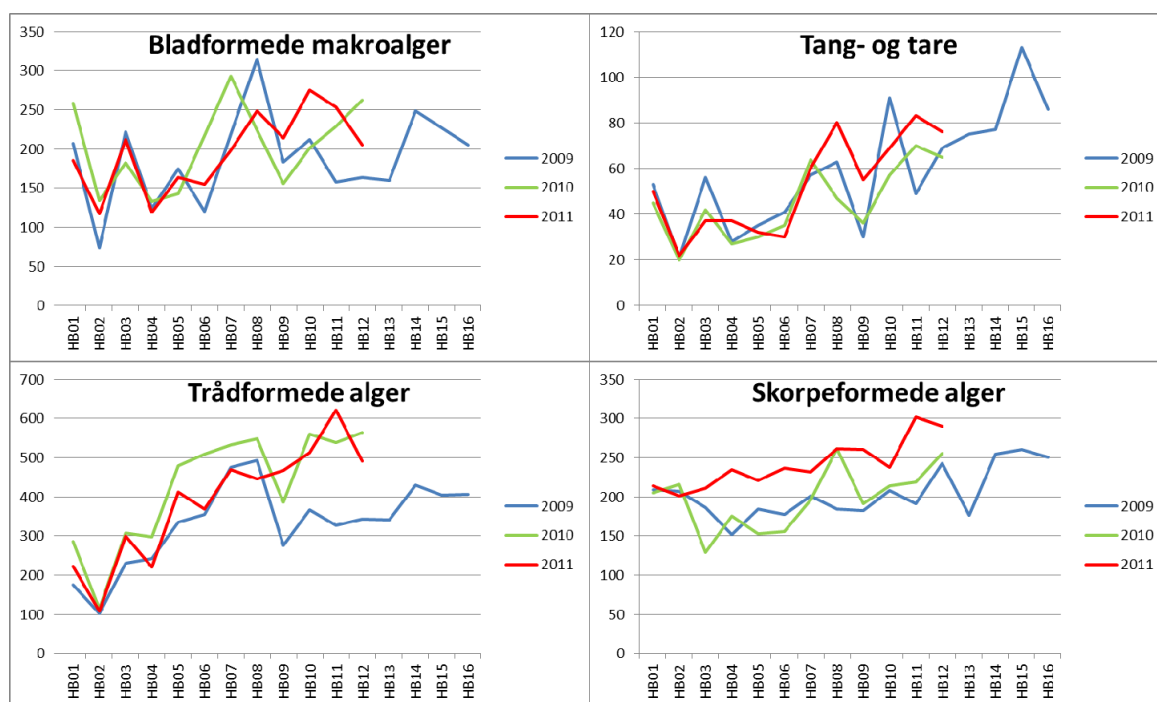
Figur 2.8. Biomangfold (H') av dyr (øverst) og antall arter (nederst) i hardbunnsamfunn på grunt vann på indre kyst av Sør-Norge 2009-2011. Biomangfold er basert på Shannon-Wiener indeks H', hvor forekomst av alger og dyr er gitt som sum over dyptet av e^x hvor x er: 1=enkeltpunn, 2= sjelden, 3=vanlig, 4=dominerende. HB1: Veslekalven, Fredrikstad, HB2: Brattøy Hvaler, HB3: Store Arøy, Helgeroa, HB4: Risøyodden, Brevik, HB5: Robbesvik, Risør, HB6: Tvillingholmen, Grimstad, HB7: Homborøy, Homborsund, HB8: Korsvikfjorden Kristiansand, HB9: Bertilsbukta, Kristiansand, HB10: Eigebekk, Tregde, HB11: Tingsholmen, Stavanger, HB12: Rossøy, Stavanger, HB13: Haugsneset, Fanafjorden, HB14: Langøya N, Raunefjorden, HB15: Geitevik, Dumbefjorden, HB16: Åfjorden Sogn og Fjordane. HB13-16 ble kun overvåket i 2009.

2.4 Forskjeller på artsnivå 2009-2011

Makroalger

Endringer på samfunnsnivå er resultat av endringer på artsnivå. Fordelingen av ulike organismegrupper (funksjonelle grupper) kan vise tilstanden på en lokalitet, ut fra kunnskap om livsstrategi. Bladformede makroalger, og spesielt tang- og tarearter, er viktige habitatbyggende arter (Christie et al. 2009). De danner skoger som huser et rikt biologisk mangfold, og er oppvekstområde for fisk. Mange av disse er flerårige, vokser langsomt og er følsomme for effektene av eutrofi (økte tilførsler av næringsalter og partikler og dårligere lysforhold). Mange trådformede alger er opportunistiske og hurtigvoksende konkurrenter til de flerårige habitatbyggende algene, og kan indikere næringsrike (eutrofe) forhold. Dette er en gruppe alger som også drar fordel av høy sjøtemperatur. Skorpeformede rødalger er følsomme for sedimentering og tåler i liten grad økt mengde partikler på bunnen.

Generelt øker forekomster av alle algegrupper på indre kyst fra Ytre Oslofjord og vestover (Figur 2.9). Det er samme gradient som også er funnet på ytre kyst gjennom Kystovervåkingsprogrammet. De totale forekomstene av bladformede makroalger og skorpeformede alger er mindre enn forekomstene av trådformede alger (legg merke til forskjeller i skala på y-aksen i Figur 2.9). Det ble registrert stor dominans av trådformede alger i algesamfunnet på Sørlandet, men noe mindre enn i 2010. Det kan være tegn på generelle næringsrike forhold på indre kyst i Skagerrak. På stasjon HB7 ble det observert både mye sukkertare og mye trådformede alger. Vannkvaliteten på denne stasjonen er antagelig en god blanding av strøm og næringsrikt vann som gir opphav til god vekst av både sukkertare og trådformede alger. Tilførsel av næring har en generell stimulerende effekt, helt til opportunistiske (mange trådformede) arter tar overhånd. Eventuell videre tilvekst av trådformede alger og mulig problem for sukkertaren vil først være synlig på sensommer/høst, slik at overvåkingsresultatene ikke gir et fullstendig bilde (overvåkingsprogrammet bedømmer tilstanden ut fra endringer fra år til år, som endring i bestanden av flerårig sukkertare). Mengden trådformede alger var større i 2010-2011 enn i 2009. Forekomstene av bladformede alger inkludert tang og tare endret seg lite i perioden 2009-2011, men forekomstene av skorpeformede alger økte i 2011 sammenlignet med årene før. Dette er positivt ettersom skorpeformede arter kan være sårbare for sedimentering på bunnen.

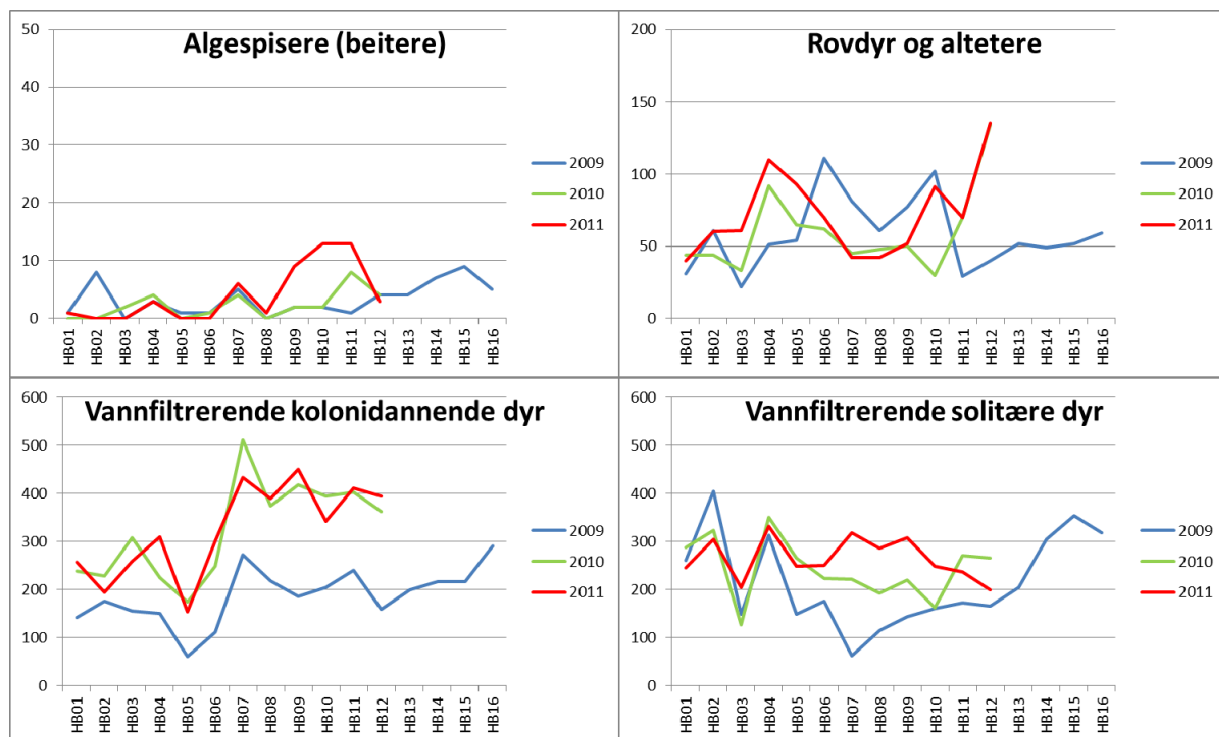


Figur 2.9. Forekomst av alger på overordnet artsnivå (funksjonelle grupper) på de ulike stasjonene 2009-2011. HB1: Veslekalven, Fredrikstad, HB2: Brattøy Hvaler, HB3: Store Arøy, Helgeroa, HB4: Risøyodden, Brevik, HB5: Robbesvik, Risør, HB6: Tvillingholmen, Grimstad, HB7: Homborøy, Homborsund, HB8: Korsvikfjorden Kristiansand, HB9: Bertilsbukta, Kristiansand, HB10: Eigebekk, Tregde, HB11: Tingsholmen, Stavanger, HB12: Rossøy, Stavanger, HB13: Haugsneset, Fanafjorden, HB14: Langøya N, Raunefjorden, HB15: Geitevik, Dumbefjorden, HB16: Åfjorden Sogn og Fjordane. HB13-16 ble bare overvåket i 2009.

Makrofauna

Blant dyrene er beitere viktige for å holde de hurtigvoksende trådalgene i sjakk, og rovdyr er viktige strukturere arter som bidrar til høyt biologisk mangfold. Vannfiltrerende dyr drar nytte av partikler i vannet. Disse forventes å respondere på mengde og kvalitet av partikler i vannet. Organiske og næringsrike partikler vil kunne virke positivt i moderate mengder, mens partikler med lavt næringsinnhold vil kunne gi en "utvanningseffekt" av maten og redusere livsbetingelse for disse artene. Ulike grupper har ulik livsstrategi. Vannfiltrerende og solitære sjøpunger formerer seg og spres med pelagiske larver. De kan raskt dra nytte av ledig substrat (f. eks. hvis algedekket reduseres). De anses for å ha en mer opportunistisk strategi sammenliknet med vannfiltrerende og kolonidannende sjøpunger som vokser lateralt og som trenger lang tid og stabile forhold for å spre seg (Jackson 1977).

Indre kystområder er dominert av vannfiltrerende solitære og kolonidannende dyr, og forekomstene av vannfiltrerende dyr øker på Sørlandet (Figur 2.10). Dette kan tyde på at partikkelmengden eller næringsverdien på partiklene i vannet øker. Forekomstene av algespisere er generelt små, men også disse forekomstene økte på Sørlandet i 2011. En tilsvarende økning av rovdyr på stasjon HB12 kan ha vært en respons på økte forekomster av beitere.



Figur 2.10. Forekomst av dyr på overordnet artsnivå (funksjonelle grupper) på de ulike stasjonene 2009-2011. HB1: Veslekalven, Fredrikstad, HB2: Brattøy Hvaler, HB3: Store Arøy, Helgeroa, HB4: Risøyodden, Brevik, HB5: Robbesvik, Risør, HB6: Tvillingholmen, Grimstad, HB7: Homborøy, Homborsund, HB8: Korsvikfjorden, Kristiansand, HB9: Bertilsbukta, Kristiansand, HB10: Eigebekk, Tregde, HB11: Tingsholmen, Stavanger, HB12: Rossøy, Stavanger, HB13: Haugsneset, Fanafjorden, HB14: Langøya N, Raunefjorden, HB15: Geitevik, Dumbefjorden, HB16: Åfjorden Sogn og Fjordane. HB13-16 ble bare overvåket i 2009.

2.5 Nedre voksegrense for fagerving

Det maksimale dypet hvor det er tilstrekkelig lys til at makroalger kan vokse (kompensasjonsdypet), kan være et godt mål på hvor klart vannet over er sammen med målinger av siktdyp og konsentrasjoner av partikler i vannet (jmf. kap 3.3. og 3.4). Siktdyp gir et øyeblikksbilde for måletidspunktet, mens nedre voksegrense for alger gir et gjennomsnittlig mål på vannets klarhet. Jo dypere lyset trenger ned, jo dypere kan algene vokse. Men siden algene trenger en viss tid, kanskje år, på å etablere en bestand, reflekterer deres nedre voksegrense en "gjennomsnittlig" kvalitet (en sammenheng som også brukes i Vannforskriften). I tillegg må også andre faktorer som kan begrense nedre voksegrense tas i betraktning, for eksempel kråkebollebeiting, som i Sør-Norge er mer intens i indre enn ytre områder (Norderhaug & Christie 2009).



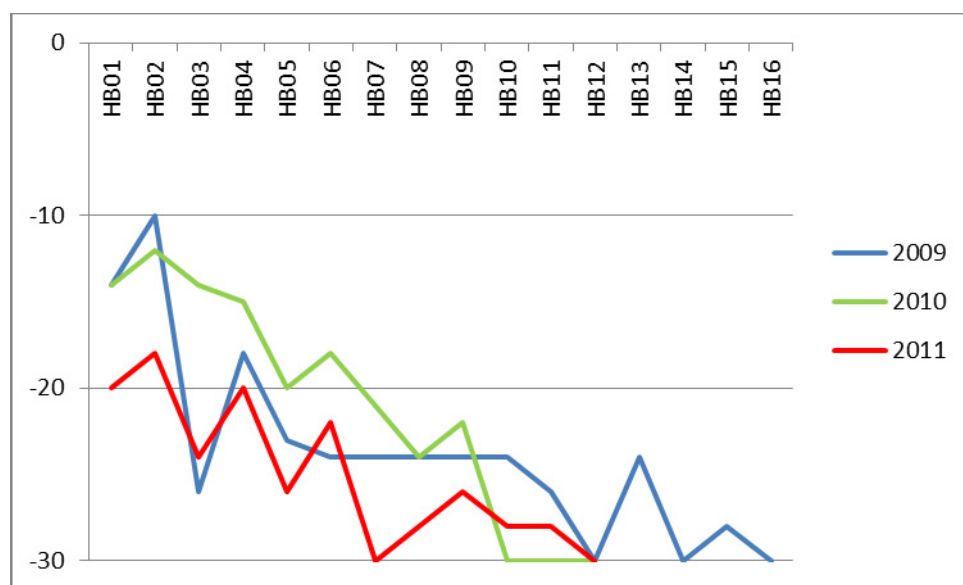
Fagerving (*Delesseria sanguinea*) er en flerårig, bladformet alge som er egnet som indikatoralge for nedre voksegrense i den forstand at den vokser på alle overvåkingsstasjonene, er relativt stor og har et utseende som gjør den lett å identifisere i felt. Algens verdi som økologisk indikator er mer usikker. Flere forslag til biologiske kvalitets-evalueringssystem kategoriserer fagerving som en indikator på god økologisk tilstand fordi den er en

bladformet rødalge. Men samtidig er økt forekomst av fagerving blitt knyttet til eutrofi (Johansson et al. 1998), noe som også er observert på bølgebeskyttede næringsbelastede områder. Svak eutrofi gir en gjødslingseffekt som mange alger responderer positivt på, men sterkere grad av eutrofiering fører til nedslamming og dårlig lystilgang til bunnfloraen. Dette har negativ innvirkning på mange makroalger, deriblant fagerving. I

Sukkertareovervåkingsprogrammet er nedre voksegrense målt i august i 2009 og i juni i 2010 og 2011, mens den nedre voksegrensen vil være bestemt av vannkvaliteten og andre påvirkningsfaktorer i en lengre periode før registreringer finner sted (vår, vinter og høst og sommer året før, men dette varierer for ulike arter bl.a. etter livslengde). I

Sukkertareovervåkingsprogrammet er nedre voksegrense definert som det dypeste dyp hvor fagerving minst har spredt forekomst. Enkeltindivider av fagerving kan vokse dypere, men det kan variere når en dykker oppdager og registrere forekomst av enkeltindivider. Til sammenligning mellom år er det derfor valgt det dyp hvor dykkeren registrerer spredt forekomst av arten.

Gjennomsnittlig nedre voksegrense for fagerving på hver stasjon i 2009 og 2010 er vist i Figur 2.11. Den nedre voksegrensen er generelt dypere fra Ytre Oslofjord og vestover og viser at vannkvaliteten bedres vestover. Totalt sett for hele overvåkingsområdet ble fagerving registrert litt dypere i 2011 enn i 2009-2010 (på stasjon HB1, 2, 4, 5, 7, 8 og 9). Dette tyder på at partikkelmengden i vannet minker og at vannet generelt ble klarere.



Figur 2.11. Nedre voksegrense for rødalgen fagerving 2009-2011. HB1: Veslekalven, Fredrikstad, HB2: Brattøy Hvaler, HB3: Store Arøy, Helgeroa, HB4: Risøyodden, Brevik, HB5: Robbesvik, Risør, HB6: Tvillingholmen, Grimstad, HB7: Homborøy, Homborsund, HB8: Korsvikfjorden Kristiansand, HB9: Bertilsbukta, Kristiansand, HB10: Eigebekk, Tregde, HB11: Tingsholmen, Stavanger, HB12: Rossøy, Stavanger, HB13: Haugsneset, Fanafjorden, HB14: Langøya N, Raunefjorden, HB15: Geitevik, Dumbefjorden, HB16: Åfjorden Sogn og Fjordane. HB13-16 ble bare overvåket i 2009.

3. Klima og vannmasser

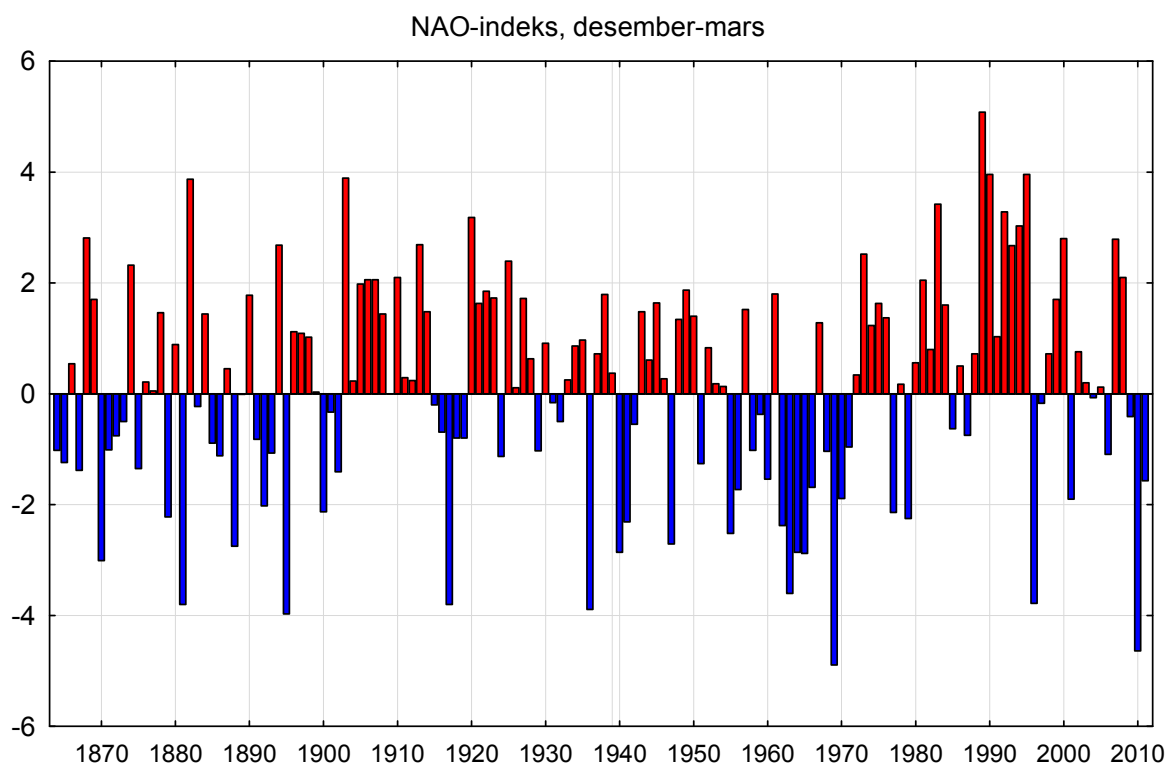
De tre siste årene har hatt negativ NAO-klimaindeks. Det har gitt temperaturer under normalt for store deler av Sør-Norge. Våren 2011 var relativt tørr med lite nedbør på Sør-Østlandet og normalt på Sør-Vestlandet, mens sommeren 2011 var våtere enn normalt spesielt på Sørlandet og Østlandet.

Temperaturen i sjøen var vinteren 2010/11 omtrent som normalt. I Skagerrak ble det registrert en lengre periode, fra desember til april, med kaldt vann (temperaturer godt under 5 °C). I snitt var vinteren 2011 kjøligere enn 2010, selv om minimumstemperaturen i 2010 var langt lavere. Vintertemperaturer i Hidleffjorden, Rogaland, var høyere enn sammenlignet med Skagerrak. En varm og tørr vår ga sjøtemperaturer over det normale i mai. Sommertemperaturen var omtrent som normalt. Kun korte perioder hadde temperaturer over 19 °C (ved Flødevigen og i Ytre Oslofjord). På sukkertarestasjonene (ca. 5 m dyp på dykkestasjonene) ble det ikke målt temperaturer over 19 °C i 2010 og første halvdel av 2011.

Det ble ikke registrert noen større utskiftninger av bunnvannet i fjordene i Skagerrak i 2011. Flere av lokalitetene i Skagerrak hadde relativt lav saltholdighet i overflaten, som henger sammen med høy nedbørsmengde i enkelte vassdrag og mer avrenning til fjordsystemene.

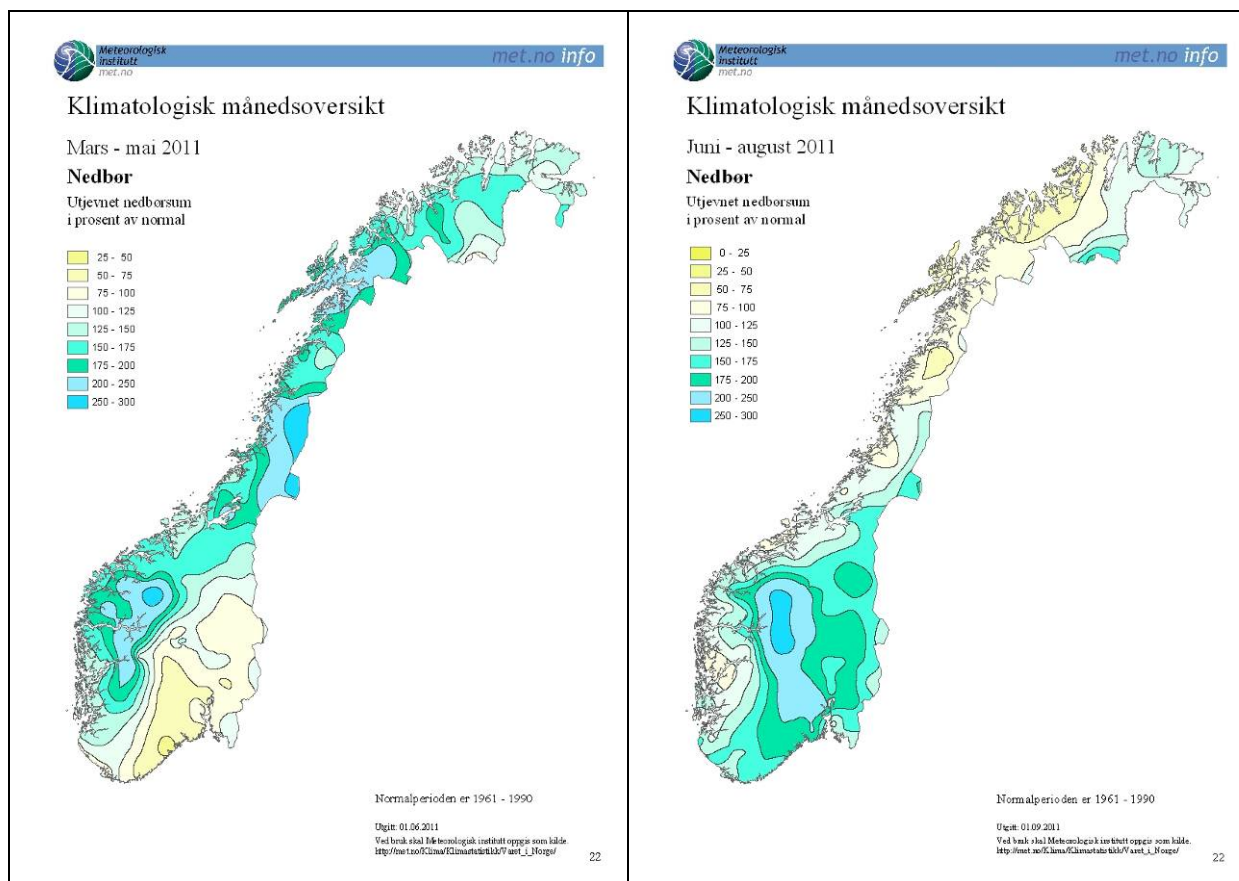
3.1 Værmønstre og nedbør

Selv om den generelle tendensen de siste tiårene har vært varmere klima, har det de tre siste årene vært relativt kalde vintre. Dette illustreres i Figur 3.1, hvor North Atlantic Oscillation (NAO) indeksen fra desember til mars fra perioden 1864 til 2011 er presentert. NAO-indeksen er normalisert lufttrykksforskjell mellom Lisboa, Portugal, og Stykkisholmur/Reykjavik, Island. Ved positiv indeks har lavtrykkene en bane mot Sør-Skandinavia med relativ høy frekvens av sørvestlige vinder og en mild værtype med mye nedbør. Negativ indeks karakteriseres av lavere frekvens av lavtrykk inn mot Nordsjøen og Skagerrak og større frekvens av nordlige vinder og kaldere værtype i Sør-Norge. Vinterindeksen var svakt negativ i 2009, svært negativ i 2010 og moderat negativ i 2011.



Figur 3.1. North Atlantic Oscillation (NAO) vinterindeks (desember til mars) fra 1864 til 2011 med normalisert lufttrykkforskjell mellom Lisboa, Portugal, og Stykkisholmur/Reykjavik, Island (kilde: <http://www.cgd.ucar.edu/cas/jhurrell/indices.html>).

Nedbørsmengden vår og sommer 2011 i forhold til normalnivået er vist i Figur 3.2. Nedbøren i 2011 i Norge som helhet var 130 % av normalnivået. Dette er det våteste året siden 1900. For Østlandet som helhet var året det nest våteste i serien med 130 % av normalnivået, for Vestlandet det 3. våteste med 135 %, for Agder det 5. våteste med 125 %. Imidlertid vil avrenning fra land som følge av de store nedbørsmengdene først og fremst ha noe å si for neste års sukkertaretilstand. Årets sukkertaretilstand er i stor grad bestemt av vårsituasjonen, som på Sør- og Østlandet var forholdsvis tørr. Høsten 2011 var nær normalen i Agder og på Østlandet.



Figur 3.2. Sesongmessig oversikt over nedbør i Norge vår og sommer 2011 som sum utjevnet nedbør i prosent av normalen (Kilde: http://met.no/Klima/Klimastatistikk/Varet_i_Norge/2011).

3.2 Vannmasser og sjøtemperatur

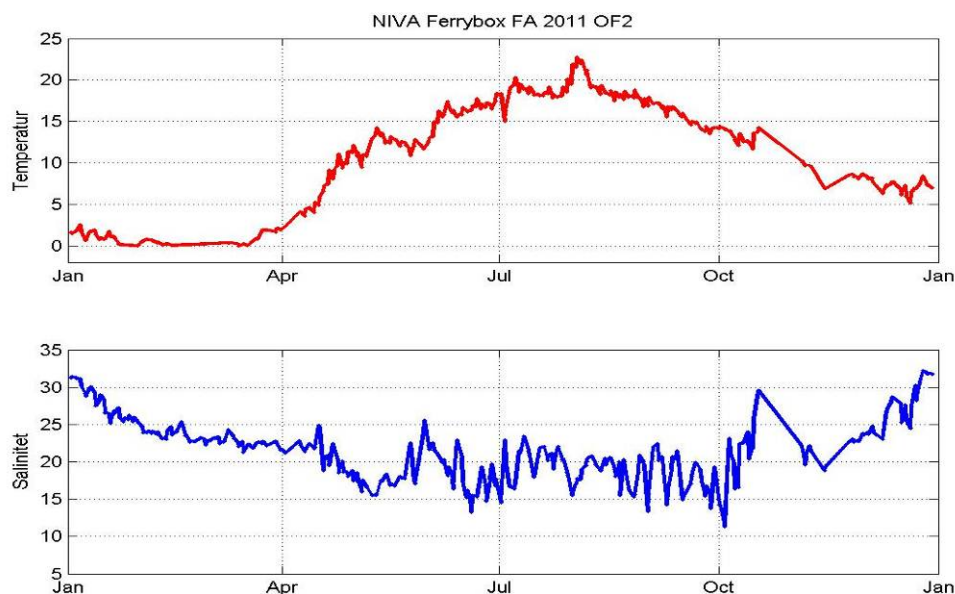
Stasjonene i Sukkertareovervåkingsprogrammet er plassert på indre kyst og representerer ulike kyststrekninger, med og uten elvetilførsler og med ulikheter når det gjelder en rekke fysiske forhold (bølgeeksponering, oppholdstid, topografi, terskeldyp og ferskvannstilførsel). Men på tross av slike lokale variasjoner vil viktige storskalaendringer kunne påvirke alle lokalitetene. Under gis det en generell beskrivelse, samt noen hendelser fra 2011.

Utviklingen i sjøtemperaturen og saltholdighet avviker noe fra observasjoner i 2010, og var mer like forholdene i 2009. Som nevnt i årsrapporten for 2010, var det året meget spesielt når det gjaldt vannutskiftninger i fjordene i Skagerrak-området. Sammenlignet med 2009 og 2010 var det gjennomsnittlig kjøligere i 2011 og en betydelig lengre periode med lav sjøtemperatur i vintermånedene. Mai måned var varmere enn normalt i Skagerrak. En normal til kald sommer/høst i både 2010 og 2011 kan ha positiv betydning for sukkertaren, hvilket diskuteres nærmere i kap. 6.

Oslofjorden

Vannmassene i Ytre Oslofjord var kalde, og indre kystområder har vært islagt de tre siste vintre, men i mindre grad i 2011 enn i 2010. Temperaturen i overflatevannet var svært lav over en lang periode fra desember til april, men en varm vår medførte rask oppvarming av overflatevannet og temperaturer over normalen i mai (Figur 3.3). Resten av året var forholdsvis normal, og det ble registrert en kortere periode med temperaturer opp mot 22 °C i august. Gjennomsnittlig var temperaturen høyere sommeren 2011 enn i 2010 (se

datarapporten). Data fra temperatursonder satt ut på dykkerstasjonene viser omtrent det samme bildet. Snøsmelting og mye sommernedbør på Østlandet ga sterkt lave og sterkt varierende saltholdigheter i overflaten, som ikke er unormalt for ytre Oslofjord om sommeren.



Figur 3.3. Temperatur og saltholdighet for stasjon OF-2 Missingen gjennom 2011. Data fra Ferrybox-systemet, hentet fra Fagrapport "Overvåking av Ytre Oslofjord - vannmasseundersøkelser 2011" (Naustvoll et al. 2012).

Grenland

Grenland representerer et fjordsystem med markert elvepåvirkning (Skienselva), og de to stasjonene Håøyfjorden (V-1) og Breviksfjorden (V-2, O-2) representerer ulik grad av påvirkning fra elv og av utenforliggende vannmasser. Stasjonen i Breviksfjorden er i forholdsvis god kontakt med utenforliggende områder, mens Håøyfjorden er dypere med lengre oppholdstid for dypvannet.

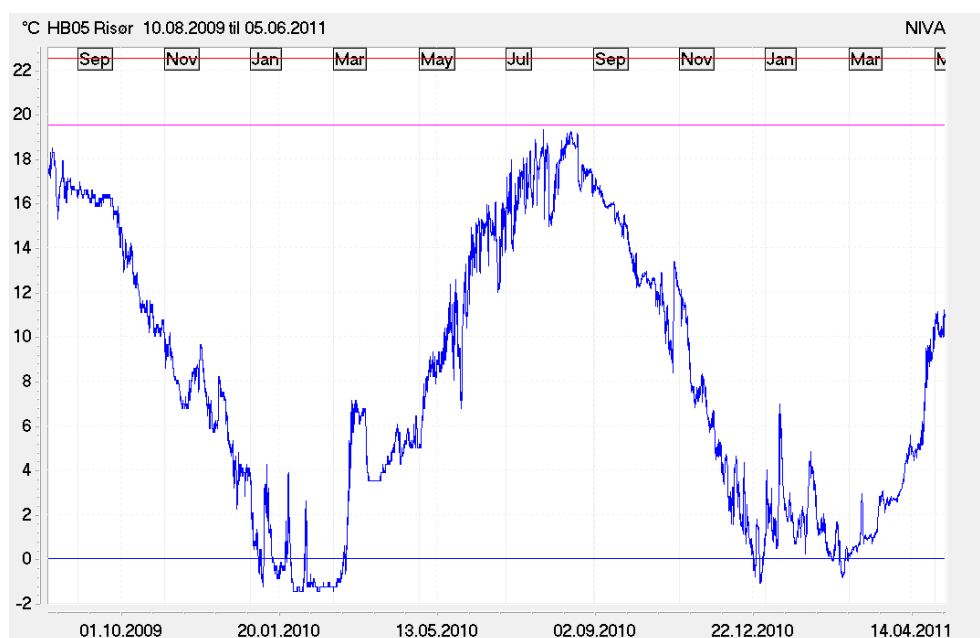
I Breviksfjorden var det kun en mindre utskiftning vinteren 2010/2011, mens det ikke var noen utskiftning i dypvannet i Håøyfjorden. For begge stasjonene var det gjennomsnittlig kaldere og med en mer langvarig kuldeperiode i 2011 enn 2009 og 2010, i vinterperioden (desember – mars). Sommeren og høsten var temperaturmessig omtrent som tidligere år i overvåkingsperioden. I 2009 og 2010 var temperaturen i korte perioder over 19 °C i overflaten i Breviksfjorden, men i 2011 var maksimumstemperaturen under 19 °C. Temperaturmålinger på suk kertarestasjonene viser det samme bildet. Sammenlignet med Oslofjorden var det noe lavere temperatur i Grenlandsområdet. Det ble ikke registrert temperaturer over 19 °C i tareskogen (se datarapport).

Saltholdigheten i overflaten (0-5 meter) var betydelig lavere i 2011 sammenlignet med 2009 og 2010. Snøsmelting og mye nedbør ga lav saltholdighet hhv. i mars og i perioden juli til oktober. I sistnevnte periode var det betydelig påvirkning også nedover i vannsøylen, med lavere saltholdigheter ned til 10-15 m dyp. Lav saltholdighet i overflaten og nedpressing av vannmasser med lav saltholdighet var mer markant i Breviksfjorden enn i Håøyfjorden, som ikke er så direkte påvirket av Skienselva (se datarapporten).

Sørlandskysten: Risør - Grimstad

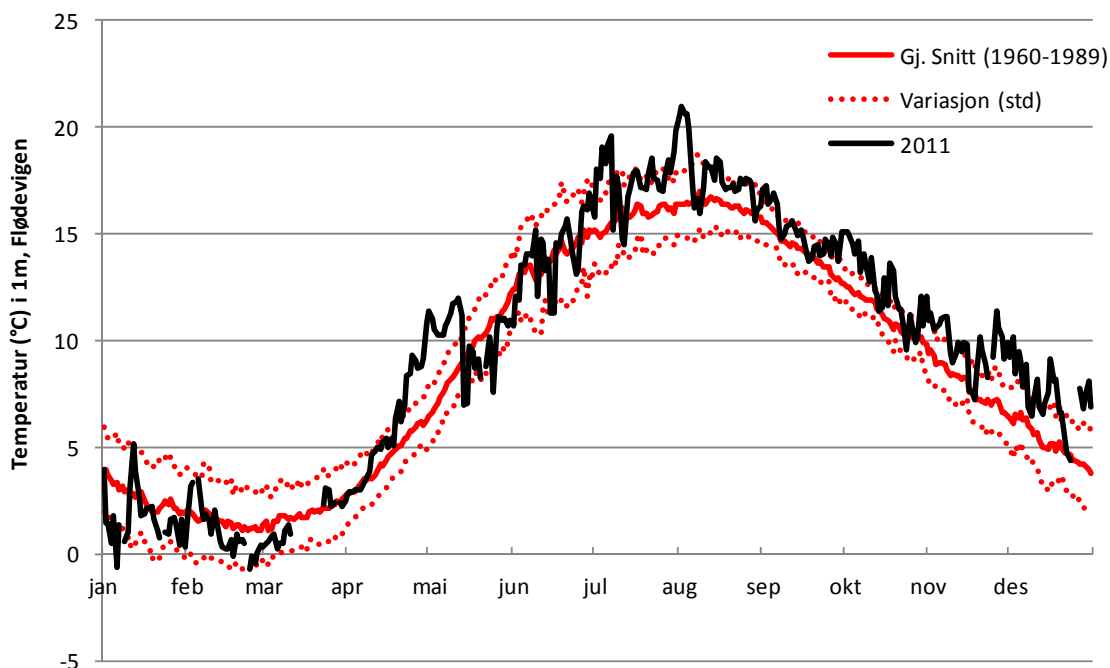
Denne kyststrekningen er preget av små fjorder uten særlige ferskvannstilførsler. Stasjonen V-3 Nordfjorden, Risør, er plassert i et beskyttet område, med forholdsvis lang oppholdstid på vannet og redusert utskiftning av dypvannet pga. terskler i fjordmunningen.

Det var igjen utskiftning av bunnvannet vinteren 2010/2011. For vannmasser grunnere enn 50 m dyp var det en viss utskiftning med utenforliggende områder. Saltholdigheten i overflaten var 22 til 30 i 2011, og viser mange likheter med målinger i 2009, men avviker fra 2010 på flere måter. For overflaten er de mest markante forskjeller at saltholdigheten var noe lavere i 2011. Spesielt i juli – august (våt sommer) var det lave saltholdigheter, med redusert saltholdighet ned til 5 m dyp. Som for de øvrige stasjonene var det en kaldere vinterperiode i 2011 sammenlignet med tidligere undersøkelser, om enn ikke så lave minimumstemperaturer som i januar 2010. Heller ikke i 2011 var sommertemperaturen over 19 °C målt på 6 m dyp på dykkestasjonen (Figur 3.4).



Figur 3.4. Temperaturdata fra 6 meters dyp ved dykkerstasjonen HB5 i Nordfjorden for perioden 10/8-09 til 5/6 2011.

Vintertemperaturer i overflaten målt på Flødevigen (Figur 3.5) og på 6 m dyp på st. HB6 (Groosefjorden, Grimstad, Figur 3.6) viste en lang kuldeperiode mellom 0-5 °C fra desember 2010 til midten av april 2011. Sammenlignet med 2009 og 2010 var det gjennomsnittlig kaldere i 2011, selv om minimumstemperaturen var lavere i 2010. Vårtemperaturen var markert over normalen (den varme våren) og sommertemperaturen var svakt over gjennomsnittet (1961-90). I to kortere perioder i Flødevigen var temperaturen over 19 °C i juli-august, og 22 °C ble målt i august.



Figur 3.5. Hydrografidata fra 1 m dyp i Flødevigen for 2011 (Havforskningsinstituttet, Flødevigen).

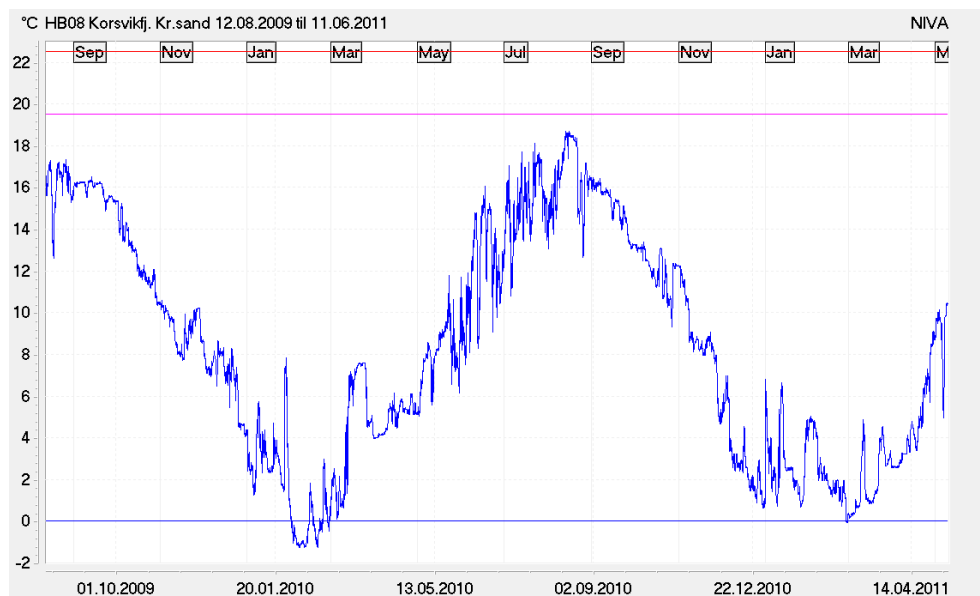


Figur 3.6. Temperaturdata fra 6 meters dyp ved dykkerstasjonen HB6 ved Grimstad for perioden 11/8-09 til 6/6 2011.

Kristiansand – Topdalsfjorden

Lokaliteten i Topdalsfjorden (V-4, se Tabell 1.2 og Figur 1.3 for stasjonsbeskrivelse) er sterkt påvirket av ferskvannsavrenning (se datarapport). Vannmasser med lav saltholdighet er stort sett registrert i de øvre 5 meterne. Under dette laget er det god innstrømming i de intermediære vannmassene, mens det er lave utskiftningsrater i dypvannet. Sammenlignet med 2010 var det lavere saltholdighet i perioden juni – september. Tilsvarende lav saltholdighet ble registrert høsten 2009.

Som for de øvrige stasjonene var vinterperioden kald, og strakte seg fra desember til mars. Temperaturmaksimum og -minimumsverdier var innenfor det normale. Høyest temperatur ble registrert i juli/august i overflaten, mens det i de intermediære dypene (ned til 30 m) var maksimum i september. Det ble ikke målt over 18 °C sommeren 2011. Også dataene fra dykkerstasjonen HB8 og HB9 (Figur 3.7) viser sommertemperaturer godt under 19 °C, samt den langvarige vintersituasjonen, som er lenger, men dog ikke så kald som i 2010.



Figur 3.7. Temperaturdata fra 8 meters dyp ved dykkerstasjonen HB8 Korsviksfjorden i Topdalsfjorden for perioden 12/8-09 til 11/6 2011.

Hidlefjorden – Rogaland

Sammenlignet med Skagerrak-stasjonene er V-5 i Hidlefjorden (se Tabell 1.2 og Figur 1.4 for stasjonsbeskrivelse) i større grad påvirket av Atlantisk vann og med betydelig høyere vintertemperaturer enn i Skagerrak, selv om mønsteret med lang kuldeperiode fra desember til april også ble målt her. Det ble registrert en moderat vannutskiftning i Hidlefjorden i mars-april 2011, med endringer i saltholdigheten opp til ca. 30 m dyp (datarapport). Ferskvannstilførsler ga lavere overflatesaltholdighet i juni. Temperaturen i overflaten var i gjennomsnitt noe høyere i 2011 enn i 2010, med maksimum i juli (se datarapporten). De varmere vannmassene strekker seg også dypere ned i vannsøylen i august - september i 2011 enn i 2010. På dykkerstasjon HB11 ble det målt opp mot 18 grader på 7 m dyp (Figur 3.8, samt datarapport).



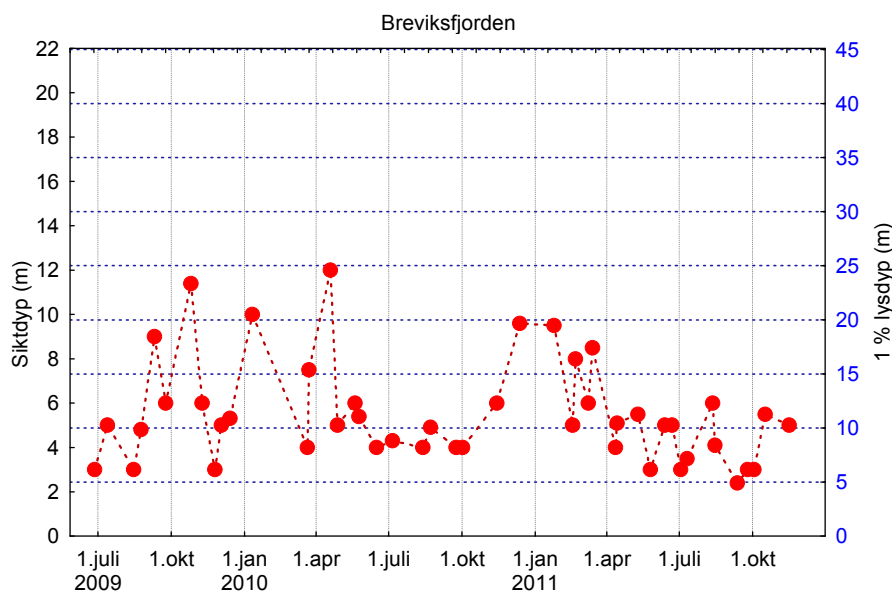
Figur 3.8. Temperaturdata fra 7 meters dyp ved en av dykkerstasjonen HB11 i Hidlefjorden for perioden 19/8-09 til 15/6 2011.

3.3 Lysforhold i vannet

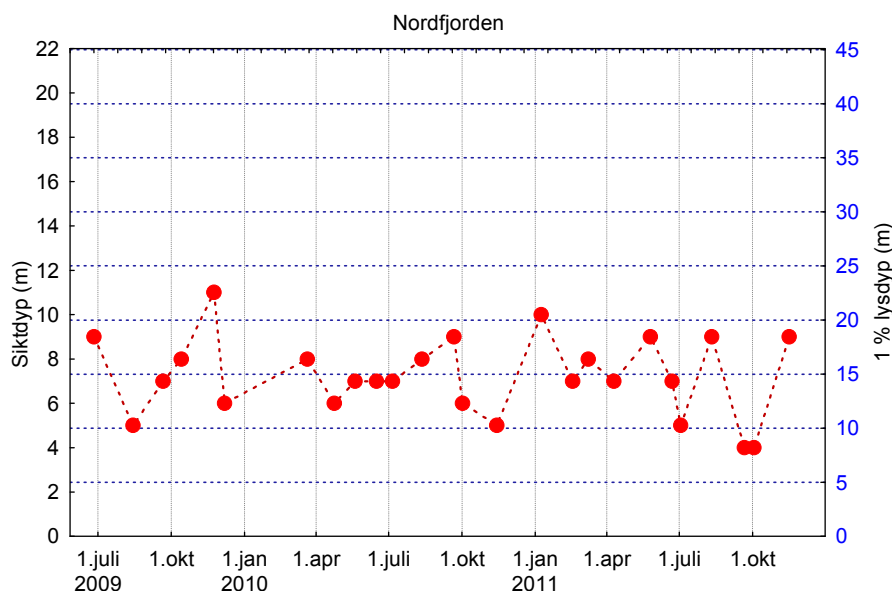
Siktdypet viser hvor dypt lyset trenger ned, og avhenger blant annet av vannets sjiktning (ferskvannstilførsler) og mengden partikler i vannet. Det viser også ved hvilket dyp det er tilstrekkelig lys til algevekst. I denne rapporten er data fra stasjonene "Breviksfjorden" (Grenland, elvepåvirket) og "Nordfjorden" (Risør, lite elvepåvirket) presentert. Figurer for de øvrige stasjonene er vist i datarapporten. Høyre akse i figurene viser siktdyp skalert til 1 % lysdyp (definert som det dypet hvor 1 % lyset når ned fra overflaten, og satt til 2,05-siktdypet ut fra en empirisk sammenheng).

Det er betydelig variasjon i siktdyp mellom de ulike prøvetakingstidspunktene. Lysforholdene er i stor grad styrt av lokale tilførsler og produksjonsforhold, og vil kunne endre seg på kort tid. For Breviksfjorden (Figur 3.9) var det i 2011 redusert siktdyp fra april og utover sommer og høst. 1 % lysdyp ble målt til ca. 10 m dyp (sommerverdi). I Nordfjorden var det større variasjon, som indikerer store og raske skiftninger i overflatevannet. Dette var særlig utpreget høsten 2011, hvor det var mye nedbør og avrenning fra land (Figur 3.10). 1 % lysdyp i Nordfjorden ble målt til ca. 15 m dyp (sommerverdi).

Topdalsfjorden har, som Breviksfjorden, stor tilførsel av ferskvann og redusert sikt, spesielt i flomperiodene. Hidlefjorden, Rogaland, er den lokaliteten med best sikt, men ligger også i et område med noe lavere produksjon og ferskvannstilførsel, sammenlignet med stasjonene i Skagerrak.



Figur 3.9. Siktdypmålinger (m) og beregnet 1 % lysdyp (m) fra Breviksfjorden (stasjon O-2 og V-2).



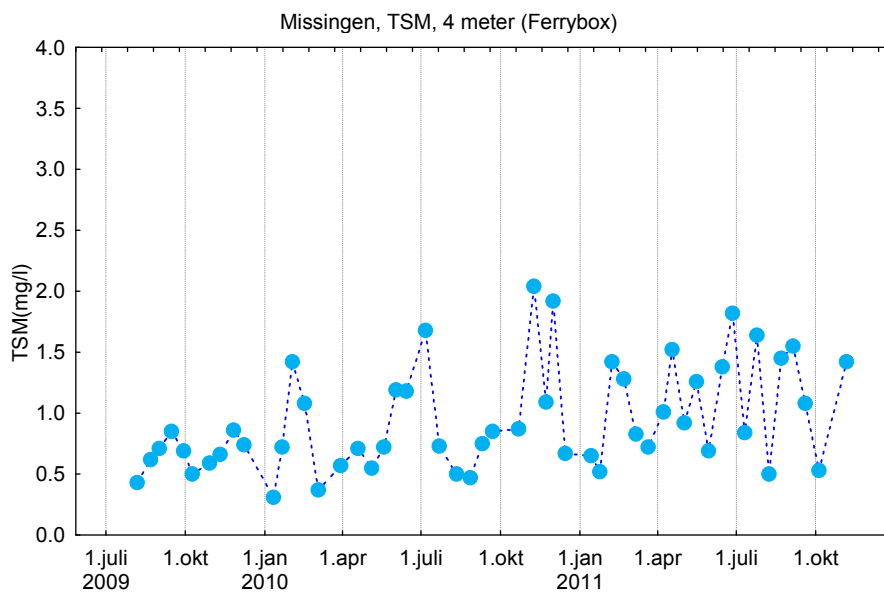
Figur 3.10. Siktdypmålinger (m) og beregnet 1 % lysdyp fra V-3 Nordfjorden.

3.4 Partikler i vannet

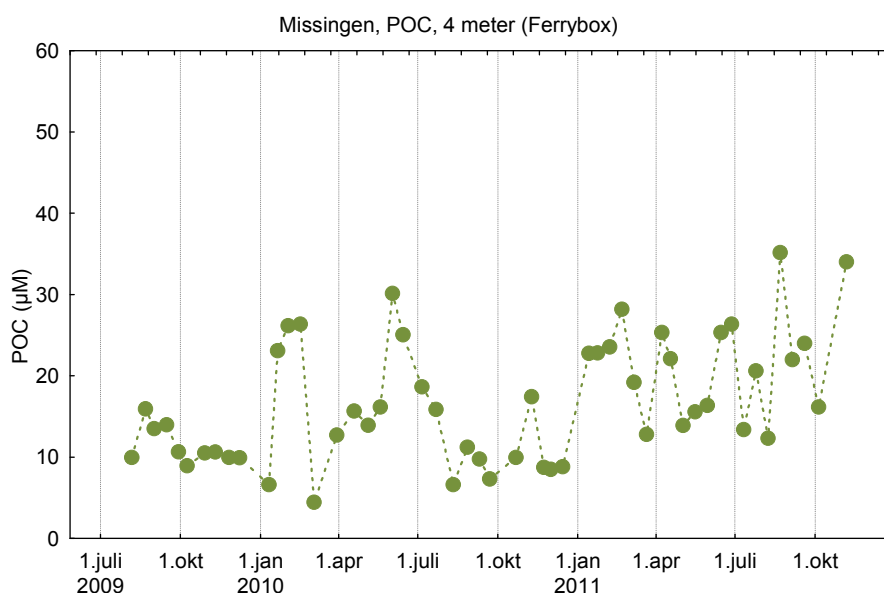
Partikler i vannet er målt som TSM (totalt suspendert materiale) og POC (partikulært organisk karbon). Partikkelmengden påvirker sikt- og lysdypet, samt tilslamming av bunnen. Partiklene kan komme fra land (avrenning) eller fra marin produksjon, og vil naturlig variere med nedbør, havstrømmer og sesong. Det er valgt å fokusere på partikkelmengden i overflatevannet, målt som gjennomsnitt i 0-10 m dyp. I rapporten vises figurer fra to av stasjonene: Missingen (Ytre Oslofjord, påvirket av kyststrømmen og Glomma) og Breviksfjorden (Grenland, påvirket av Skienselva). Figurer for de øvrige stasjonene er vist i datarapporten.

Missingen

Målingene på stasjon Missingen er tatt på 4 m dyp med Ferrybox. TSM-verdiene er lave, og varierer generelt mellom 0,5 og 1,5 mg/l (Figur 3.11). De var generelt høyere i 2011 enn i 2009/2010. POC varierte generelt mellom 10 til 30 μM (Figur 3.12), og kan se ut til å øke gjennom perioden, som for TSM. For begge parametere er høye verdier i stor grad knyttet til lav saltholdighet (avrenning fra land), og mye av forskjellen mellom 2011 og de to første årene henger trolig sammen med mye nedbør denne sommeren. I 2011 varierte saltholdigheten stort sett mellom 17 og 24; bare to observasjoner var høyere, mens over 50 % av observasjonene i både 2009 og 2010 hadde saltholdighet >24 .



Figur 3.11. TSM-målinger (mg/l) fra Missingen OF-2 i 4 meters dyp (Ferrybox).

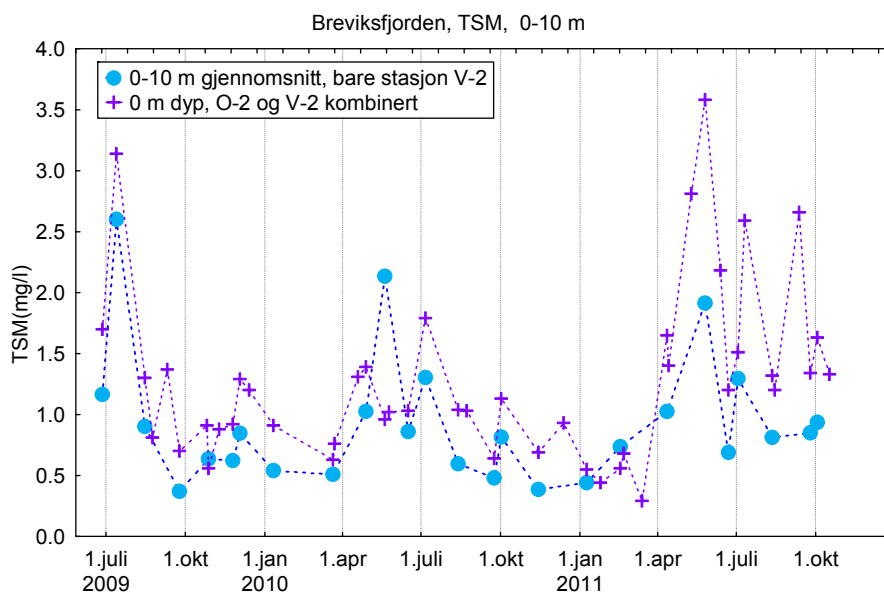


Figur 3.12. POC-målinger (μM) fra Missingen OF-2 i 4 meter dyp (Ferrybox).

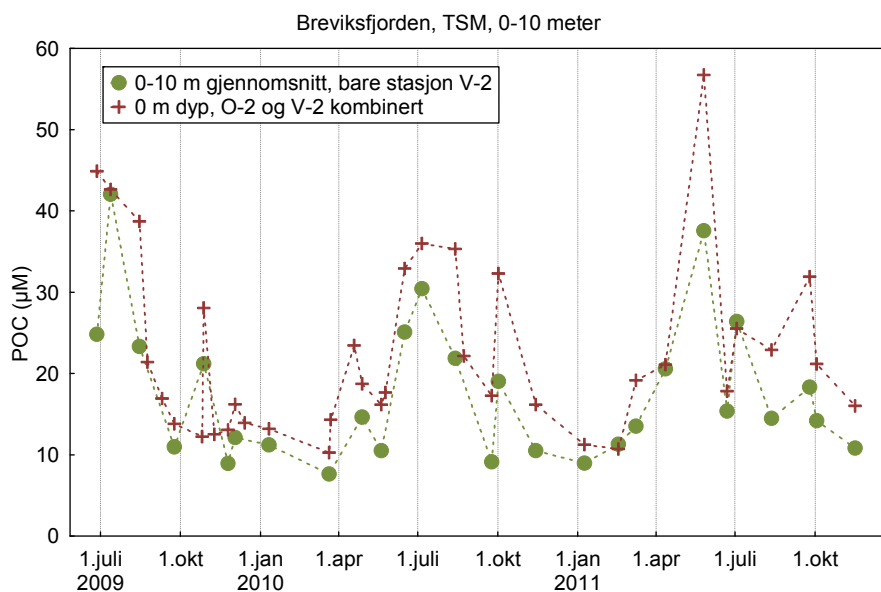
Breviksfjorden

De høyeste partikkelkonsentrasjonene (TSM) i Breviksfjorden ble målt i juli 2009 og i mai 2010 og 2011 (Figur 3.13). Resten av perioden varierte TSM-verdiene for det meste mellom 0,5 og 1 mg/l, med verdier opp i 1,3 mg/l i juli 2010 og 2011. Nær overflaten var TSM-innholdet ofte ganske høyt sommeren 2011, med fem observasjoner over 2,0 mg/l. Det er en klar sammenheng med ferskvannspåvirkning; ved fire av disse fem målingene var saltholdigheten mellom 5 og 10 (fra det 5. måletidspunktet finnes ikke saltholdighetsdata pga. instrumentsvikt). I 2009 og 2010 var saltholdigheten i overflaten, med ett unntak, alltid over 10.

Partikulært organisk karbon (POC) varierte til dels likt med TSM-innholdet, men det er noen forskjeller (Figur 3.14). Høyest verdi ble målt september 2009 og mai 2010 med 30 til 40 μM , ellers i måleperioden var verdien fra 10 til 20 μM . I november 2009 og i april 2010 ble det høyeste siktdypet målt, på henholdsvis 11,4 og 12 m (Figur 3.9).



Figur 3.13. TSM-målinger (mg/l) i Breviksfjorden som gjennomsnitt 0-10 meter (bare stasjon V-2) og for overflaten (målinger fra både O-2 og V-2).



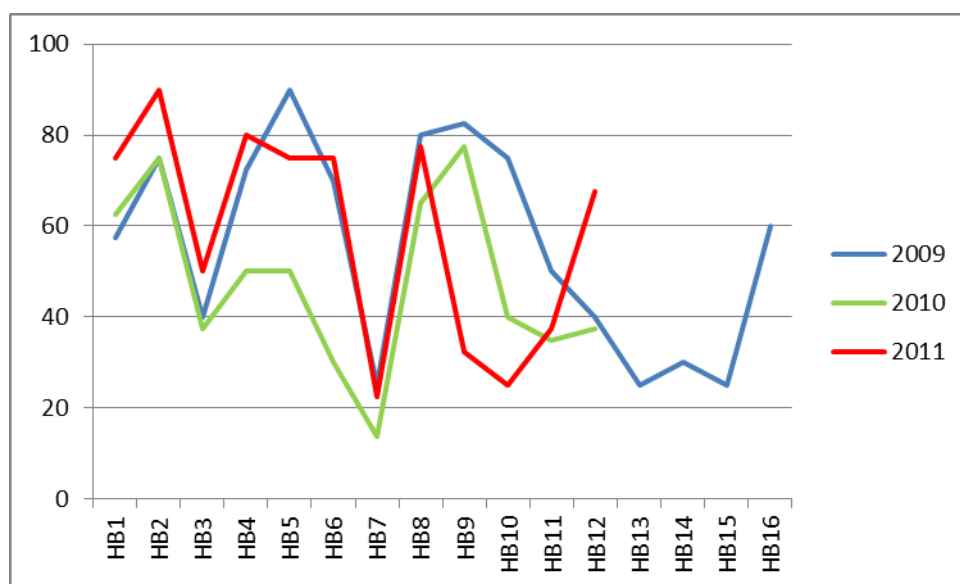
Figur 3.14. POC-målinger (μM) fra Breviksfjorden som gjennomsnitt 0-10 meter (bare stasjon V-2) og for overflaten (målinger fra både O-2 og V-2).

Kort om resultater fra de andre målestasjonene

I Topdalsfjorden var det noe lavere TSM-verdier sommeren 2011 enn i 2010. I 2011 ble det registrert en topp i TSM i april, knyttet til en periode med avrenning og misfarging av vannet. Målinger av POC viser at det ikke var noe større avvik for denne stasjonen i 2011 sammenlignet med tidligere år. For Hidlefjorden var det lave verdier og ingen trend i TSM- og POC-verdiene. Det var heller ingen trend i Nordfjorden eller Håøyfjorden.

3.5 Sediment på bunnen

Sediment som dekker bunnen, kan hindre tare-gametofytter å bunnslå og spire (Moy et al. 2008), og kan også virke negativt på en rekke andre organismer tilpasset hardbunn. Mengde sediment som ble registrert i ruter på dykkestasjonene, er vist i Figur 3.15. Mengden sediment som akkumulerer på bunnen, bestemmes både av tilførsler og vannbevegelse på bunnen. Både akkumulasjonen og vannbevegelsen på bunnen varierer mye med årstid og værforhold. Registreringene viser sedimentdekket når dykkerundersøkelsene ble gjennomført, og representerer dermed et «øyeblikksbilde». Resultatene må derfor tolkes med varsomhet, men noen generelle trender peker seg likevel ut. Det var mer sediment på bunnen i Skagerrak enn på Vestlandet, og de stasjonene som ligger mest beskyttet og ved store elver (f. eks. stasjon HB9 Bertilsbukta), var mer dekket av sediment enn stasjoner lengre ut (f. eks. stasjon HB7 Homborøy). Det ble generelt registrert mer sediment i august 2009 enn i juni 2010, men mer sediment igjen i 2011. På flere stasjoner, f. eks. HB6 Tvillingholmen og HB10 Tregde varierer imidlertid sedimentmengden mye mellom årene. På begge stasjonene ble det registrert lite sediment i Sukkertareprosjektet i 2005 og 2007 (Moy et al. 2006 og 2008). Også på HB7 Homborsund ble det registrert lite sediment på bunnen i Sukkertareprosjektet. Denne stasjonen ligger langt ut og her er forholdene stabilt gode (kontrollstasjon).



Figur 3.15. Registrert mengde sediment, som prosent dekningsgrad, i ruter på 7-8 m dyp på dykkerstasjonene i perioden 2009-2011 (\pm standardavvik). HB1: Veslekalven, Fredrikstad, HB2: Brattøy Hvaler, HB3: Store Arøy, Helgeroa, HB4: Risøyodden, Larvik, HB5: Robbesvik, Risør, HB6: Tvillingholmen, Grimstad, HB7: Homborøy, Homborsund, HB8: Korsvikfjorden Kristiansand, HB9: Bertilsbukta, Kristiansand, HB10: Egebekkk, Tregde, HB11: Tingsholmen, Stavanger, HB12: Rossøy, Stavanger, HB13: Haugsneset, Fanafjorden, HB14: Langøya N, Raunefjorden, HB15: Geitevik, Dumbefjorden, HB16: Åfjorden Sogn og Fjordane. HB13-16 ble bare overvåket i 2009.

4. Tilførsler av næringssalter til indre kyst

Langtransporterte tilførsler av næringssalter til den norske kyststrømmen fra sydlige deler av Nordsjøen er redusert de siste årene. Glomma, som renner ut i Ytre Oslofjord, har de største tilførslene av ferskvann til Skagerrak. Den totale vannføringen fra alle elvene var i 2011 høyere enn i 2010, hvilket medførte høye tilførsler av næringssalter. Det bør spesielt merkes at tilførselen av Tot-P fra Glomma i 2011 var den største som har blitt registrert i hele tidsserien, og tilførslene av TOC og Tot-N de nest største.

Næringssalter tilføres et område på ulike måter. Innblanding av næringssalter fra dypereliggende vannmasser skjer på grunn av høst- og vinterstormer eller på grunn av utskiftninger av intermediært- og dypvann. I enkelte områder vil oppstrømmingssituasjoner ("upwelling") bidra med betydelige mengder næringssalter. I mange fjordsystemer vil tilførsler av næringssalter fra større vassdrag dominere. Langs Skagerrakkysten og deler av Nordsjøen er videre transport med havstrømmer fra sørlige områder en betydelig kilde til næringssalter.

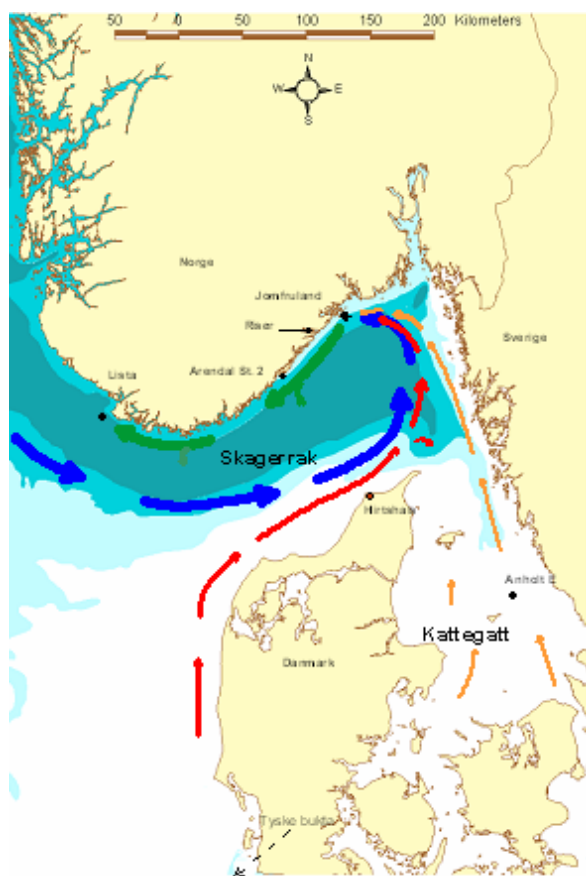
4.1 Langtransporterte tilførsler

Forurensning fra Tyskebukta, sørlige Nordsjøen og Kattegat føres med havstrømmer mot den norske Skagerrakkysten (Figur 4.1). Transporten av vann fra sørlige deler av Nordsjøen med Jyllandstrømmen til Skagerrak er vindavhengig, og størst i år med sterke sørlige vinder. Det er beregnet at overflatekystvannet (0-30 m) utenfor Arendal er en blanding av vann fra sørlige og sentrale deler av Nordsjøen (ca. 57 %), overflatevann fra Kattegat (ca. 26 %) og vann fra Tyskebukta (ca. 17 %) (Aure og Magnusson 2008).

Selv om mengden vann fra Tyskebukta er mindre i forhold til andre kilder, bidrar det vesentlig til nitrogenmengdene i kystvannet (Aure et al 2010). Estimerer viser at så mye som 70-75 % av det totale innholdet av nitrat ved Arendal i vinter-/vårperioden har sin opprinnelse i Tyskebukta. Når det gjelder fosfat derimot, bidrar Tyskebukta til ca. 30-40 % av de totale fosfatkonsentrasjonene (Aure og Magnusson 2008). Etter 1995 har det vært en gradvis reduksjon i nitratkonsentrasjon fra Tyskebukta, og for perioden 2000-2005 var gjennomsnittlig konsentrasjon i vinter-/vårperioden redusert til 1980-nivå. Beregninger av tilførsler av langtransporterte næringssalter til vårt kystvann viser at det har vært en reduksjon i langtransportert nitrat på 25-30 % i 5-30 meters dyp siden midten av 90-tallet, og på ca. 15 % i de øvre 5 meterne (Aure et al 2010).

I fjordsystemene vil bidraget fra lokal avrenning være størst i overflaten og i de indre delene av fjordsystemet. Utenforliggende vannmasser vil primært transporteres inn og ut av fjordsystemene i de intermediære vannlagene og vil i mange tilfeller ikke være tilgjengelig for planteplanktonproduksjon, men likevel bidra til makroalgens vekst. Estimerer for fjordområder indikerer at det er en betydelig variasjon gjennom sesonger mht. hvilke kilder som bidrar med næringssalter i et gitt område av en fjord. Som nevnt vil tilførsler fra sørlige områder være størst på vinter/våren med en topp i april. Utover sommeren vil denne

innstrømningen reduseres og bidraget fra lokale kilder øker, spesielt i de indre kyst og fjordområdene (Aure et al 2010).



Figur 4.1. Forenklet bilde over strømmene i Skagerrak. Jyllandstrømmen (røde piler) fører vann fra sydlige del av Nordsjøen inn i Skagerrak hvor Jyllandsstrømmen blandes med ferskere vann fra Kattegat (oransje piler) og salt Atlanterhavsvann (blå piler). Den norske kyststrømmen (grønne piler) er en lagdelt blanding av lokale elvetilførsler og ulike havstrømmer.

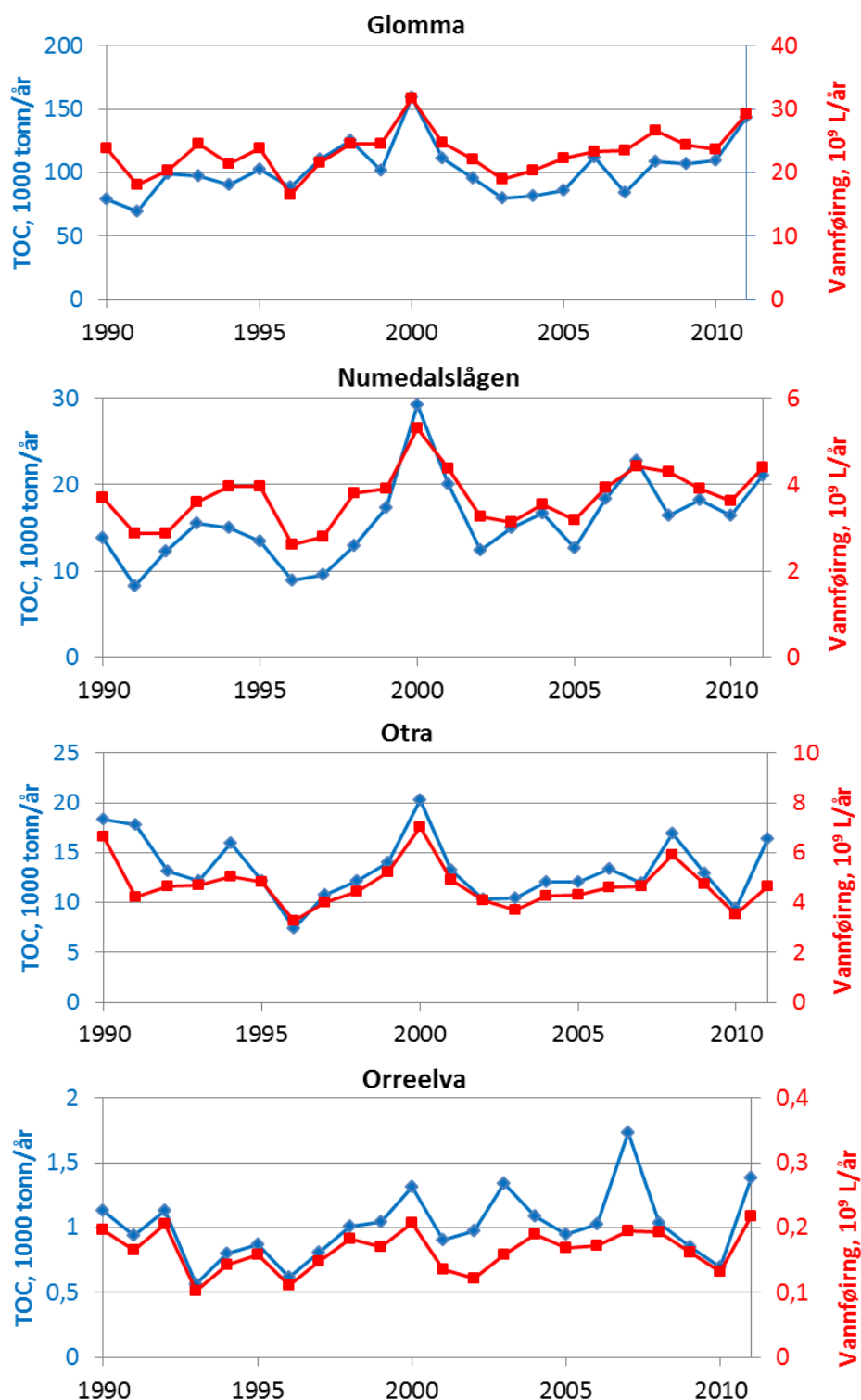
4.2 Lokale tilførsler

Elver fører med seg både partikler, næringssalter og forurensning fra jord- og skogbruk, som skylles ut i kystvannet (Syvertsen et al. 2009). Videre er renseanlegg og industri betydelige lokale kilder til næringssalter og partikler. Generelt har omfattende rensing av avløp generelt redusert utslippene av næringssalter, og fosfor spesielt, til Skagerrak.

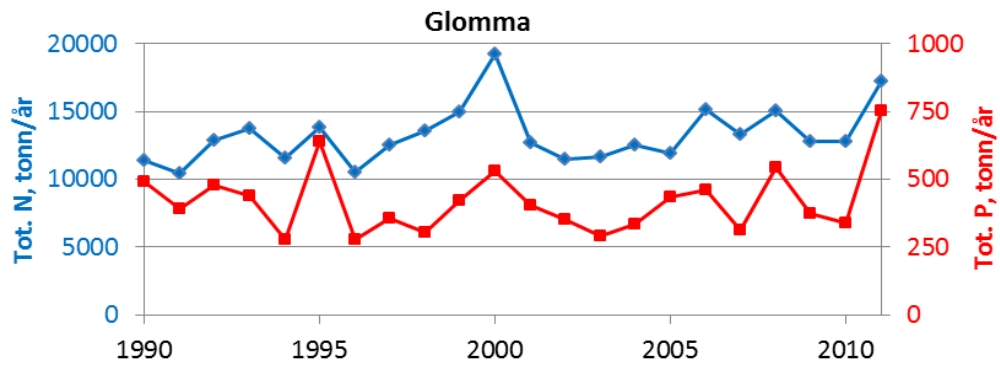
Vannføringen og mengden organisk karbon i utvalgte elver på Østlandet, Sørlandet og Sør-Vestlandet for perioden 1990 til 2011 er vist i Figur 4.2. Tilførsler av Tot-N og Tot-P for Glomma er vist i Figur 4.3. Vannføring gjennom året for samtlige elver og tilførsler av nitrogen og fosfor for øvrige elver enn Glomma er gitt i datarapporten. Det er viktig å merke at, som vist i Figur 3.3, våren var unormalt tørr og sommer/høst unormalt våt, dvs. at brorparten av beregnede årstilførsler ble tilført i siste halvdel av 2011 og først evt. vil ha konsekvenser for sukertaretilstanden neste år.

Glomma, som renner ut i Ytre Oslofjord, har de største tilførslene av ferskvann til Skagerrak, og derav også de største tilførslene av TOC, Tot-N og Tot-P. I 2011 var det fra alle elvene høyere vannføring og tilførsler av næringssalter enn i 2010. Dette har sammenheng med de store nedbørsmengdene. Det er verdt å merke at tilførselen av Tot-P fra Glomma i 2011 var den største som har blitt registrert i hele tidserien, og tilførselen av TOC og Tot-N den nest største. Samtidig bør det merkes at de store tilførslene hovedsakelig fant sted på høsten (se

vannføringsfigurene i datarapporten), slik at en evt. effekt på de biologiske samfunnene trolig ikke ble fanget opp av årets dataserie ettersom hardbunnsundersøkelsen fant sted i juni.



Figur 4.2. Beregnede ferskvannstilførsler og tilførsler av Tot-C i tonn per år (1990-2011) for elvene Glomma, Numedalslågen, Otra og Orreelva (Kilde: RID).



Figur 4.3. Beregnede tilførsler av tot-N og tot-P pr. år i tonn for Glomma (Kilde RID).

5. Vannkvalitet på indre kyst

Næringssaltforholdene i 2011 var omtrent som de seneste årene. Noe høyere nitrogenkonsentrasjoner i overflatelaget ved en rekke stasjoner i sommerperioden og tidlig høst skyldes mye nedbør og avrenning fra land. Fosfatkonsentrasjonene og -dynamikken var omtrent som normalt på alle stasjonene i 2011.

Utviklingen i oksygenforholdene i bunnvannet i Håøyfjorden og Nordfjorden var fortsatt negativ slik den har vært etter utskiftningen i 2010. I Breviksfjorden og Topdalsfjorden var oksygenforholdene omtrent som normalt.

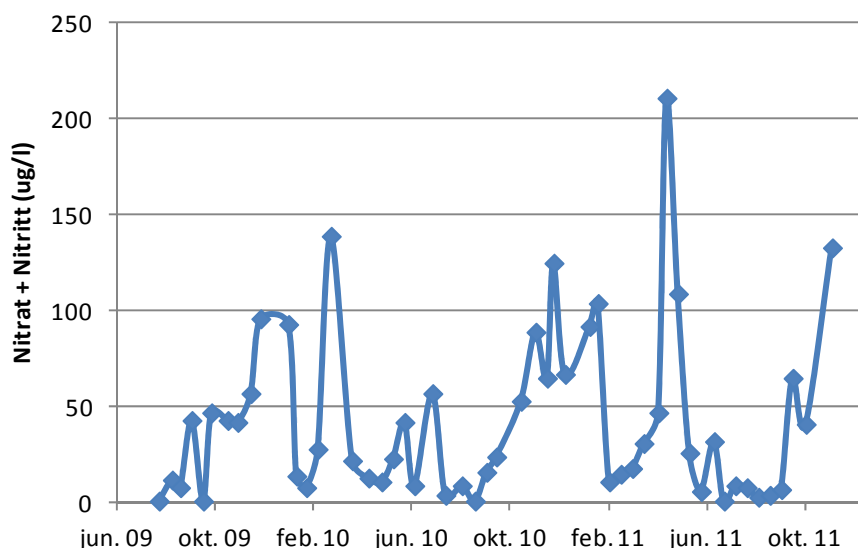
For alle stasjonene i Skagerrakområdet fant våroppblomstringen sted i slutten av februar i 2011. Dette er tidligere enn det som anses som normalt for våroppblomstringen, men likevel innenfor den "normale" perioden. Alle stasjonene, men unntak av Topdalsfjorden og Hidleffjorden, hadde gjennomsnittlig høyere planteplanktonproduksjonen i sommerperioden i 2011 sammenlignet med 2010. Ved to av stasjonene ble det registrert en markant høstoppblomstring i 2011.

For å beskrive vannkvaliteten ved de ulike stasjonene er det tatt utgangspunkt i de parametere som er oppgitt i SFTs klassifiseringsveileder 97:03. I gjennomgangen er data for hele perioden 2009-2011 vist i figurene for å synliggjøre endringer og forskjeller over hele perioden. Figurene er laget som "kontinuerlige" plott. Det er fortsatt ikke tilstrekkelig med data innen programmet til å fremstille årets data i forhold til "normal" situasjon. I denne rapporten er utvalgte figurer fra enkelte stasjoner presentert, mens flere figurer er gitt i datarapporten.

5.1 Næringssalter

Ytre Oslofjord

Utviklingen i næringssaltkonsentrasjonen ved OF 2 i 2011 var omtrent som normalt for de senere årene (Figur 5.1 og datarapport). Vinterkonsentrasjon av fosfat og nitrogen i 2011 var på samme nivå som i 2010. Våroppblomstringen inntraff i slutten av januar, og konsentrasjonen av næringssalter ble dramatisk redusert. I 2011 var det ingen markante innstrømningsperioder fra utenforliggende områder på våren. I perioden april-mai ble det registrert en reduksjon i saltholdighet på grunn av tilførsler fra Glomma, og samtidig en kraftig økning i nitrogenkonsentrasjonen. Sommerperioden var i 2011 omtrent som tidligere år med relativt lave konsentrasjoner av nitrogen. Økningen i nitrogen på høsten kom tidligere enn i 2010, og kan forklares med relativt mye nedbør på Østlandet. Fosfatkonsentrasjon var generelt høyere i sommerperioden 2011 enn i 2010.



Figur 5.1. Nitrat + Nitritkonsentrasjon ($\mu\text{g N/l}$) ved OF-2 Missingen i perioden juli 2009 til desember 2011 på 4 meters dyp.

Grenland

I Breviksfjorden (V-2, O-2) ble det målt relativt stabile og høye nitrogenkonsentrasjoner i overflatelaget (0-5 meter) grunnet stabile og høye tilførsler fra Skiensvassdraget, med topper knyttet til spesielt store tilførsler eller omrøring i vannmassene (se figur i datarapporten). Vinterverdien i 2011 var omtrent på samme nivå som i 2010, og betydelig lavere enn i 2009. Oppblomstring i februar reduserte nitrat- og fosfatkonsentrasjonen, før avrenning igjen ga en økning i mars-april. Utover i sesongen ble nitrogenkonsentrasjon i dybdeintervallet 5 til 40 m redusert, mens det i overflaten fortsatt var betydelige mengder grunnet lokale tilførsler. Dette er en forholdsvis vanlig situasjon for denne stasjonen. Det var i gjennomsnitt høyere nitrogenverdier i overflatelaget (0-10 m) i 2011 enn i 2010. Dette skyldtes først og fremst en relativt kraftig økning i juli-august, knyttet til store nedbørsmengder, avrenning og lavere saltholdighet. Når det gjelder konsentrasjon og variasjon i fosfat var 2011 et "normalt" år. Siden 2009 er det kun en innstrømming av kystvann i mars 2010 som har resultert i "unormale" verdier.

De to stasjonene i Grenland ligger ikke langt fra hverandre, men det er likevel forskjeller i næringsaltdynamikken og konsentrasjonene. Håøyfjorden (V-1) har normalt svært lave oksygenkonsentrasjoner i bunnvannet, noe som resulterer i en økt mengde fosfat (se datarapporten). Forhøyede konsentrasjoner av fosfat kan registreres helt opp til 30 m i Håøyfjorden, mens tilsvarende verdier i Breviksfjorden registreres ved ca. 75 m. Fosfatsituasjon er omtrent tilbake til samme forhold som registrert i 2009, etter at man i 2010 hadde en markant forbedring på grunn av dypvannsutskiftningen om vinteren. Som for Breviksfjorden er tilførselen av næringsalter til overflatelaget i Håøyfjorden i stor grad styrt av ferskvannstilførsel. For Håøyfjorden er denne tilførselen mer ujevn sammenlignet med Breviksfjorden. I 2011 var det tre perioder med økninger i overflatelaget; mars-april, juli og september-oktober. Disse sammenfaller med periodene i Breviksfjorden, men med betydelig lavere konsentrasjoner. Minimumskonsentrasjoner av nitrogen registreres mellom 5-20 m.

Sørlandskysten Risør – Grimstad (ved Nordfjorden)

Fosfatdynamikk, konsentrasjon og vertikalfordeling i Nordfjorden (V-3) ved Risør har mange likhetstrekk med Håøyfjorden (V-1). Etter forholdsvis unormale fosfatkonsentrasjoner i Nordfjorden i 2010, ble det registrert tilnærmet normale forhold i 2011 (se datarapporten).

Det er også registrert at mengden fosfat igjen bygger seg opp i dypvannet, med svært høye verdier fra 150 m og nedover. Det indikerer stagnerende vannmasser og avtakende vannkvalitet. Nordfjorden er i mindre grad enn Breviksfjorden og Topdalsfjorden påvirket av ferskvannstilførsel. Nitrogenforholdene i de øvre 20 meterne var i 2011 forholdsvis lik 2009 og delvis 2010. Det ble registrert lavere vinterkonsentrasjoner av nitrogen i 2011 sammenlignet med 2009, og økningen i nitrogenkonsentrasjonene startet tidligere på høsten i 2011 sammenlignet med tidligere år (se datarapporten).

Kristiansand – Topdalsfjorden

De øvre 5 meterne i Topdalsfjorden (V-4) er svært påvirket av ferskvannstilførsel, noe som gjenspeiles i saltholdighetsverdiene og i silikatverdiene (se datarapporten). Det var betydelig høyere silikatkonsentrasjoner i 2011 enn i 2010. Også konsentrasjonen av nitrogen var høyere i overflaten i 2011 enn i 2010, og økningen på høsten kom tidligere. Både silikat og nitrogen er i stor grad styrt av ferskvannstilførsel, og i 2011 var det flere og lengre perioder med lav saltholdighet i de øvre 5 meterne sammenlignet med 2010. Topdalsfjorden har generelt lav oksygenkonsentrasjon i dypvannet, men med regelmessige utskiftninger av dypvannet på våren. Dette påvirker også næringssaltkonsentrasjonen i dypvannet, med forhøyede konsentrasjoner av fosfat og silikat.

Rogaland – Hidlefjorden

Stasjonen Hidlefjorden (V-5) i Rogaland skiller seg ut fra de øvrige stasjonene ved generelt å ha betydelig lavere nitrogen- og fosfatkonsentrasjoner. Nitrogenkonsentrasjon var høyere vinteren 2010/11 enn 2009/10 (se datarapporten). Det ble ikke registrert noen kraftig reduksjon i nitrogenkonsentrasjon i forbindelse med våroppblomstringen, men konsentrasjonen forble relativt høy fram til mai. I mai økte konsentrasjonen fra dypeste dyp og opp til ca. 20 m. Dette henger sammen med innstrømming og utskiftning i dypere vannlag. Tilsvarende, men ikke like markant, fant også sted i 2010. I juni var det en økning i nitrogenkonsentrasjonen i de øverste 5 meterne, på grunn av lokale tilførsler. Nitrogenfattige vannmasser (< 1 µmol/l, nitrogen er oppbrukt) strakte seg helt ned til 30 m dyp utpå sommeren. For fosfat ble det registrert noe høyere konsentrasjoner vinteren 2010/11 enn i 2009/10. Lave fosfatkonsentrasjoner ble målt ned til ca. 15 meter i 2010 og ned til ca. 30 meter i 2011. Fosfat- og nitrogenforholdene i bunnvannet er styrt av utskiftningen i dypvannet.

5.2 Oksygen i dypvannet

Utviklingen i mengden oksygen ved de ulike stasjonene (hvor dette ble målt regelmessig) er vist i datarapporten. I Breviksfjorden registreres vanligvis utskiftninger i dypvannet i løpet av vinteren, med påfølgende forbruk og reduksjon i oksygenmengden tidlig på våren. En sekundærutskiftning og forbedring av oksygenforholdene finner vanligvis sted i mars-mai. Oksygenvingningene i Breviksfjorden i 2011 var omtrent som normalt. Sammenlignet med 2010 var det et raskere oksygenforbruk i 2011, og verdien på slutten av året var lavere enn registrert de foregående årene. I Håøyfjorden var det en betydelig forbedring av oksygenforholdene mellom 2009 og 2010. På tross av at det var en betydelig reduksjon i oksygenmengden utover året, ble det registrert høyere oksygenmengder i dypet på slutten av 2010 enn det som er registrert på flere år (HI-data). I 2011 var det en liten forbedring på begynnelsen av året før det ble en ytterligere reduksjon. På slutten av 2011 var verdien nede i <1 ml oksygen/l.

I Risør ble det registrert en utskiftning på våren 2009, noe som førte til relativt gode oksygenforhold. En ny utskiftning i 2010 førte til gode oksygenforhold i begynnelsen av 2010. I løpet av 2010 ble oksygenkonsentrasjonen redusert kraftig (dvs. høyt oksygenforbruk), og var på slutten av sesongen nede på samme lave nivåer som er registrert tidligere. I 2011 ble det ikke registrert utskiftninger på vinteren, men to moderate utskiftninger i april-mai og juli-august. Etter disse utskiftningene ble nivået igjen redusert til godt under 1 ml/l, hvilket tyder på høyt oksygenforbruk. En høy organisk belastning skyldes trolig en kombinasjon av lokal produksjon, partikler fra land og produksjon i Kyststrømmen. TSM, POC og elvetilførselsdata tyder på tidvis betydelig lokale tilførsler til de indre kystområder.

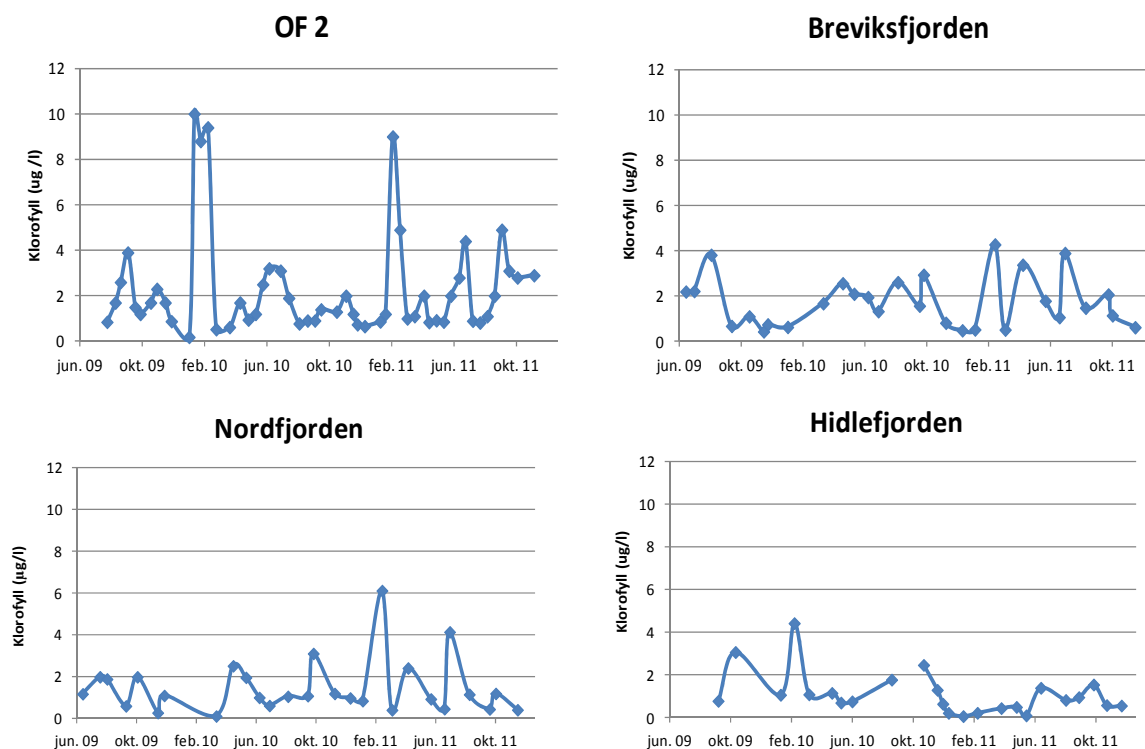
Tidligere år har det funnet sted en utskiftning på vinteren i Topdalsfjorden, men i 2011 fant det sted en større utskiftning og forbedring av oksygenkonsentrasjon i perioden januar-juni. Deretter falt oksygenkonsentrasjon dramatisk, og på slutten av 2011-sesongen var konsentrasjonen i redusert til i overkant av 2 ml/l (men noe bedre enn i 2010).

5.3 Planteplanktonbiomasse – klorofyll a

Tidspunktet for våroppblomstring bestemmes først og fremst av tidspunktet for stabilisering av øvre vannlag, som vanligvis skjer på våren, mens mengden næringssalter påvirker størrelsen på oppblomstringen. Det vil normalt sett være betydelig variasjon i planteplanktonproduksjon mellom årene og mellom områder. For å kunne registrere våroppblomstringen er man avhengig av forholdsvis høy frekvens i prøvetakingen. Selv månedlige målinger vil i enkelte tilfeller ikke være tilstrekkelig for å kunne fange opp oppblomstringen, og overvåking med systemer som Ferrybox er derfor svært nyttige for å lage et helhetlig bilde av planktonsituasjonen.

For alle stasjonene i Skagerrakområdet fant våroppblomstringen i 2011 sted i siste halvdel av februar (Figur 5.2). Flere stasjoner med tradisjonell prøvetaking mangler dekning i denne perioden, men basert på forbruk av næringssalter, samt andre overvåkingsdata var det mulig å stipulere tidspunktet for oppblomstringen. Både i 2010 og 2011 fant oppblomstringen sted tidligere enn vanlig, men innenfor det som anses som normalt. I Hidlefjorden, Rogaland, fant oppblomstringen sted i mars. Vi fikk ikke klorofyllprøver under oppblomstringen, slik at tidspunktet er beregnet ut fra næringssaltdata. I 2010 kom våroppblomstringen i midten av februar 2010, basert på målinger av klorofyll a.

Planteplanktonproduksjonen i sommerperioden var omtrent på samme nivå som i 2009 og 2010. Kun ved OF 1 (ytre Oslofjord) og Breviksfjorden (Grenland) ble det registrert markant høstopplomstring i 2011. For to av stasjonene, OF 2 (Ytre Oslofjord) og Topdalsfjorden (Kristiansand), ble det registrert høye konsentrasjoner av klorofyll a i april. For de øvrige stasjonene ble det registrert små oppblomstringer i varierende mengder og lengde i løpet av sommeren.



Figur 5.2. Utviklingen i planteplanktonbiomasse, uttrykt som klorofyll a ($\mu\text{g/l}$) ved ulike stasjoner i 2009 til 2011 (se datarapport for Håøyfjorden og Topdalsfjorden).

5.4 Tilstandsklassifisering

Det er foretatt en klassifisering av lokalitetene i henhold til SFTs veileder 97:03 for kjemiske og biologiske (klorofyll a) parametere for alle årene 2009-2011 (Tabell 5.1 og Tabell 5.2). Klassifiseringen er basert på overflatevannet (0-10 meter), med unntak av OF-1 og OF-2 (Ytre Oslofjord) der data fra 4 meter er benyttet (Ferrybox). Det er tatt hensyn til saltholdighet i henhold til veilederen. Året er delt inn i tre perioder; vinter, sommer og høst.

Oksygenklassifiseringen er foretatt for høstverdier, mens det for de øvrige årstidene er fulgt parameterlister og anbefalinger gitt i veilederen. Oksygenforholdene er en indikator på organisk belastning, og er avhengig av vannutskiftning og den totale (naturlige og antropogene) organiske belastningen på vannforekomsten. Lengre perioder med dårlige oksygenforhold kan virke negativt på bunndyrsamfunn, men vil i mindre grad ha direkte påvirkning på organismer over terskeldyp, som f. eks. sukkertaresamfunn. I forbindelse med vannutskiftning kan imidlertid også dyr på grunnere dyp bli eksponert for vann med lavt (dårlig) oksygennivå, når det gamle oksygenfattige bunnvannet presses oppover av tyngre nytt bunnvann som siger inn.

Klassifisering basert på næringssalter, viser at de fleste stasjonene kommer ut i tilstandsklasse I eller II (meget god eller god). Den eneste stasjonen som skiller seg fra dette, er Breviksfjorden, som plasseres i tilstandsklasse III (mindre god) alle tre årene. For Topdalsfjorden er det blitt en forverring fra tilstandsklasse I og II til III i 2011, og det kan muligens ha vært en medvirkende årsak til forverring av sukkertaretilstanden på st. HB09 Bertilsbukta.

Klassifisering ved bruk av siktdyp varierer fra tilstandsklasse IV (dårlig, Topdalsfjorden og Håøyfjorden) til I (meget god, Hidlefjorden) i 2011. Klassifisering basert på oksygenkonsentrasjon i største dyp viser stor variasjon mellom stasjoner (klasse II til V) og

mellom årene for enkelte stasjoner. Tilstandsklassen for Håøyfjorden er forverret i 2011, mens oksygenforholdene er forbedret i Topdalsfjorden. Generelt synes ikke de økte tilførslene av næringssalter fra elvene å ha medført redusert vannkvalitet, ut fra klassifiseringen.

Tabell 5.1. Klassifisering av vannkvaliteten i henhold til SFT veileder 97:03 basert på sommerverdier (juni – august) og oksygenforhold basert på høstverdier (september – november). Det er foretatt korrigering for saltholdighet.

Stasjon	År	Klassifisering sommerverdier (jun - aug)							Høst (sept-nov)	
		Fosfat	Tot P	Nitrat	Ammonium	Tot N	Chl a	Sikt	Oksygen	O ₂ metning
OF2	2009	2	10	7		157	1			
	2010	1	10	9		195	2			
	2011	4	12	6		223	2			
OF1	2009	1	11	8		173	1			
	2010	2	12	8		190	1			
Breviksfjorden	2009	3	9	39	16	253	3	4	3,5	53
	2010	3	13	33	18	223	3	4	4	57
	2011	3	11	39	18	231	1	5	4,0	58
Håøyfjorden	2009	3	14	10	12	278	2	5	0,3	4
	2010	3	13	7	10	206	2	6	3,1	47
	2011	3	11	12	12	222	2	4	1,2	18,0
Nordfjorden	2009	2	14	2	6	251	2	7	3,2	45
	2010	2	13	2	7	170	1	7	1,1	15
	2011	3	13	5	12	260	1	7	0,3	5
Topdalsfjorden	2009	2	11	13	18	211	1	8	2,6	38
	2010	2	11	2	7	172	1	5	1,5	22
	2011	3	11	24	19	232	1	3	2,8	39
Hidlefjorden	2009								3,8	56
	2010	3	11	3		161	1	7	3,5	49
	2011	2	10	4		173	1	10		

Tabell 5.2. Klassifisering av vannkvaliteten i henhold til SFT veileder 97:03 basert på vinterverdier (desember – februar). Det er foretatt korrigering for saltholdighet.

Stasjon	År	Klassifisering vinterverdier (des - feb)				
		Fosfat	Tot P	Nitrat	Ammonium	Tot N
OF2	2009/2010	3	17	28		195
	2010/2011	12	19	67		235
OF1	2009/2010	13	19	61		225
Breviksfjorden	2009/2010	12	18	90	28	278
	2010/11	9	18	66	16	228
Håøyfjorden	2009/2010	12	18	77	20	234
	2010/2011	11	19	71	17	255
Nordfjorden	2009/2010	10	24	61	36	314
	2010/2011	9	18	51	13	230
Topdalsfjorden	2009/2010	9	15	66	14	259
	2010/2011	13	21	102	25	298
Hidlefjorden	2009/2010		11	20		210
	2010/2011		13	20		222

I. Meget god
II. God
III. Mindre god
IV. Dårlig
V. Meget dårlig

6. Årsakssammenhenger

Hvilke miljøfaktorer som er styrende for sukkertarens tilstand, er ikke fullt ut forstått, men noen faktorer peker seg ut som viktigere enn andre. Sukkertaren er en kaldtvannsart, og kaldt klima uten kritisk høye sommertemperaturer synes å ha virket positivt for reetableringen av sukkertaren. Også andre faktorer, som god vannkvalitet, vannklarhet og sedimentdekke på hardbunn, har trolig medvirket til denne utviklingen. Fordi livssyklusen til sukkertaren omfatter ulike stadier, med ulik grad av sårbarhet, er det et komplekst forhold mellom endringer i miljøfaktorene og sukkertarens tilstand.

Det biologiske mangfoldet av alger og dyr viser en økning på stasjoner hvor sukkertaren er reetablert. Dette viser sukkertarens økologiske rolle som en habitatbyggende art med stor betydning for kystøkosystemene. Samtidig er sannsynligvis sukkertaretilstanden også avhengig av et friskt, velfungerende samfunn, indikert ved et høyt biologisk mangfold.

6.1 Sukkertare og miljøfaktorer

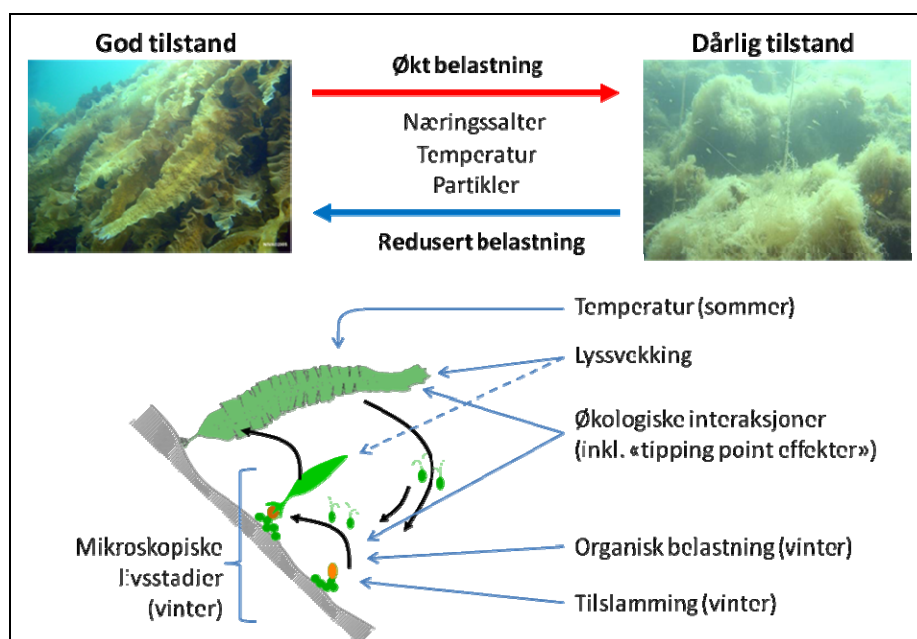
Et av formålene med Sukkertareprogrammet er å kunne sette miljøtilstanden i sammenheng med påvirkningsfaktorer som temperatur, næringssalter, partikler, lys og andre miljøvariabler. Programmet har fremdeles gått over kort tid i forhold til å kunne foreta en slik vurdering med stor grad av sikkerhet, men likevel drøftes mulige årsakssammenhenger med basis i faktorer diskutert i Sukkertareprosjektet.

Hovedkonklusjonen fra sluttrapporten fra Sukkertareprosjektet (Moy et al. 2008) var at det ikke var en enkelt faktor som kunne forklare den dramatiske reduksjonen i sukkertarevegetasjonen, men sannsynligvis en kombinasjon av flere faktorer. De viktigste faktorene ble konkludert å være høy sommertemperatur, sommertilførsler av næringssalter, lyssvekking pga. økt innhold av ferskvann, humus, plankton og partikler i kystvannet, samt tilslamming av bunnen (partikler i vannet og tilslamming av bunnen skyldes både tilførsler fra land og marin produksjon). Samtidig er påvirkningsforholdene på indre kyst svært komplekse. Selv om det i Sukkertareprosjektet ble påvist sammenfall i tid av flere negative påvirkninger, både klimatiske og menneskeskapte, var det fortsatt usikkerhet rundt årsakssammenhengene for sukkertarebortfallet. Videre var det sannsynligvis ulike årsaker til at sukkertaren forsvant og til at den ikke reetablerte seg, hvilket kompliserer årsakssammenhenger mellom sukkertaretilstanden og miljøfaktorene. Moy et al. (2008) påpekte betydningen av lange tidsserier av overvåkingsdata for å forstå slike regimeskifter i fremtiden. Tidserien er som nevnt, fremdeles kort, og det er først om flere år at det statistiske grunnlaget er tilstrekkelig for å kunne avdekke signifikante årsakssammenhenger.

I Sukkertareprosjektet ble det foreslått at klimaendringer kan ha vært viktig for det observerte regimeskiftet (Moy et al. 2008). Sukkertare dør i vann som overstiger ca. 23 °C, og på sensommeren kan temperaturen i Skagerrak bli kritisk høy. Sannsynlige viktige faktorer i tillegg til temperatur er sommertilførsler av næringssalter som gir oppblomstring av trådformede alger, lyssvekking og mulig tilslamming av bunnen (Moy et al. 2008). Sommertilførsler av næringssalter forskyver konkurransebalansen til fordel for de hurtigvoksende opportunistiske artene. Samtidig er det slik at mange av disse, for eksempel de trådformede algene, vokser hurtigere med økende temperatur.

Lyssvekking skjer på grunn av økt innhold av ferskvann, humus, partikler og plankton i kystvannet. Formørkning i kystvann har økt verden over de siste 50 år, og reduserer dybdeutbredelsen til sukkertare og andre alger. Tilførsler av partikler fra elver styres i stor grad av nedbørsmengder og temperatur (fryse- og tineperioder, klimaendringer), og slike tilførsler kan føre til tilslamming av bunnen (Moy et al. 2008, Syvertsen et al. 2009). Dette kan igjen hindre små sukkertareplanter fra å spire (vintersituasjon). Uten sukkertarevegetasjon er det "ledig" næring og plass til andre arter, og oppblomstring av ulike trådformede alger er et vanlig utfall. Eksempel på dårlig tilstand med bortfall av sukkertare er vist i Figur 2.3.

En oppsummering av hvordan miljøfaktorene antas å påvirke de ulike livsstadiene til sukkertare, og derav sukkertaretilstanden, er vist i Figur 6.1. Det er viktig å være klar over at årsakssammenhengene kun er hypotetiske, og at tidsserien som vil fremkomme gjennom fremtidig overvåking antas å gi mer informasjon. Videre pågår det også forskning innen dette feltet som vil kunne belyse disse mønstrene nærmere.



Figur 6.1. Sukkertare og antatt viktige påvirkningsfaktorer. Økt belastning av næringssalter gir vekst av trådalger som er negativt for taren, og høy temperatur kan være dødelig. Partikler i vannet svekker lyset og gir negativ tilslamming av bunnen. Temperatur er en kritisk faktor om sommeren og tilslamming synes mest kritisk for de mikroskopiske livsstadiene av taren. I tillegg påvirker økologiske interaksjoner (ubalanse i økosystemet) alle livsfaser til taren.

Tilstanden for sukkertare er ikke statisk. Sukkertareprosjektet og senere overvåking har vist at det er år-til-år variasjon i tilstanden. Etter en dårlig periode 2004-2005 (Moy et al. 2006) ble tilstanden noe forbedret de siste årene av Sukkertareprosjektet (frem mot 2008, Moy et al. 2008). Overvåkingen har vist at denne positive trenden har fortsatt også i tiden etter at Sukkertareprosjektet ble avsluttet.

Tilstanden kan også endres gjennom året. Selve spireperioden i vinterhalvåret er spesielt sårbar for sedimentmengde på bunnen, da de mikroskopiske stadiene trenger fast feste uten tilslamming. Tykke tepper av trådformede alger kan hemme veksten om sommeren. På mange stasjoner undersøkt i Sukkertareprosjektet (2005-08), sparte kimplanter godt tidlig på året, men ble overgrodd og "kvalt" av tepper av trådformede alger på sensommeren (Moy et al. 2008). Tepper av trådalger og stor påvekst av andre epifytter (også dyr) virker negativt på

både små og store sukkertareplanter. Sukkertaren blir fra 3 til 5 år, og er avhengig av stabil rekruttering og overlevelse i alle stadier for å opprettholde en tett bestand (tareskog). Overvåkingsresultatene kan være påvirket av tidspunktet toktet gjennomføres på. For å overvåke sukkertarens tilstand er det isolert sett best å overvåke på sensommeren (når tilstanden sannsynligvis er dårligst), men overvåkingen er samkjørt med Kystovervåkingsprogrammet, og gjennomføres dermed i juni.

6.2 Hva viser overvåkingsprogrammet?

Overvåkingsprogrammet viser at de tre siste somrene har vært preget av kaldt klima (jfr NAO-indeksen, temperaturmålinger) uten kritisk høye sommertemperaturer, og dette har sannsynligvis forbedret miljøet for sukkertaren og medvirket til den observerte bedringen i sukkertarens tilstand i perioden 2009-2011. Samtidig viser overvåkingen at sukkertaretilstanden var uendret i fem og dårligere i to av de overvåkede områdene fra 2010 til 2011 (uendret i fem områder, dårligere i to områder). Dette underbygger konklusjonen fra Sukkertareprosjektet om at temperatur ikke alene, men sammen med andre faktorer, hindrer reetablering av sukkertare. På enkelte stasjoner kan faktorer som påvirket rekruttering, ha vært kritisk for manglende reetablering etter varme perioder. På stasjon HB10 (Tregde) synes redusert sedimentdekke å ha medvirket til god rekruttering, og ført til bedret tilstand i 2011. På andre stasjoner er det vanskeligere å se noen god sammenheng mellom sedimentdekke og utvikling av tilstand, slik at det sannsynlig er andre forhold som spiller inn. Samtidig er det verdt å merke seg at stasjon HB7 (kontrollstasjon) hele tiden har hatt lite sedimentdekke og god tilstand, men denne stasjonen ligger også langt ut i skjærgården, slik at andre miljøfaktorer enn sedimentdekke også er annerledes.

Overvåkingsdataene tyder på at varme år sammenfaller med eller etterfølges av år med mye partikler i vannet, dårlig sikt og mye sediment på bunnen. Kritisk varme år er også etterfulgt av reduserte forekomster av sukkertare (Moy og Christie 2012), mens år med normalt eller relativt kaldt klima synes å gi en bedring. Dette er klimatiske svingninger som sannsynligvis har stor betydning for tilstand og utvikling i hardbunnssamfunnene og for sukkertaren spesielt. Det er viktig å være klar over at dette er korrelasjoner (sammenfall av hendelser i tid) som indikerer mulige årsakssammenhenger, men det er ikke utført eksperimentelle undersøkelser eller statistiske analyser på disse observasjoner som støtter våre konklusjoner.

Sukkertarestasjonene (

Tabell 2.1) kan grovt sett kategoriseres etter med og uten elvepåvirkning og i en øst-vest-gradient. Sukkertaretilstanden for de elvepåvirkede stasjonene er moderat eller dårlig, men noen av stasjonene har vist en bedring siden overvåkingen startet i 2009. Tilstanden er dårligere i sør (Kristiansandsfjord-systemet) enn i øst (Grenlandsfjordene). Resultater kan tyde på at vannkvaliteten i Kristiansandsfjord-systemet (Topdalsfjorden) har blitt dårligere i overvåkingsperioden. Sukkertaretilstanden på stasjoner med lav elvepåvirkning (fjord og skjærgårdsområder med små nedbørsfelt) er fra moderat til god, dvs. bedre enn de elvepåvirkede områdene (med større tilførsler av ferskvann, næringssalter og partikler fra land), og bedre i vest (Vest-Agder og Rogaland) enn øst (Ytre Oslofjord, Risør-Grimstad). Tilstanden har generelt blitt bedre i disse områdene, og kan reflektere en positiv utvikling i vær- og klimatiske forhold og vannkvalitet i kyststrømmen de siste tre årene.

Tilstanden i samfunnet av alger og dyr på hardbunn har også bedret seg i perioden 2009-2011, og biomangfoldet av alger og dyr har økt i hele overvåkingsområdet. Både forekomster av

filtrerende solitære og kolonidannende dyr øker (særlig på Sørlandet). Dette tyder på at mengden partikler øker og/eller at næringskvaliteten på partiklene i vannet blir bedre. Den nedre voksegrense for rødalgen fagerving var dypere i 2011 enn 2010, og skorpeformede alger, som er sårbare for sediment på bunnen, økte. Disse observasjonene peker i retning av mindre partikler i vannet og klarere vann i 2011 enn i 2010. Dermed kan det se ut til at det ikke er mengden partikler, men heller næringskvaliteten for filtrerende dyr som øker. Basert på POC-, TSM- og siktdypdataene er det imidlertid ikke noen klare holdepunkter for at dette har skjedd. Samtidig ser man at mengden POC har økt noe (f.eks. OF 2, Missingen), mens TSM har vært stabil. Dette kan indikere at næringskvaliteten på partiklene har økt noe.

Tre ulike forhold kan ha påvirket biomangfoldet på hardbunn positivt:

- Relativt lite avrenning fra land og tilførsler av alloktont materiale tidlig på året når sukkertaren skal vokse og filtrerende dyr og en rekke andre arter skal bunnslå og etablere seg på bunnen. Dermed minker den totale mengden partikler og en større andel av partiklene som synker ut på bunnen, har marint opphav og høy næringsverdi for filtrerende dyr. Som nevnt i kap. 4, var det totalt sett stor avrenning fra elvene i 2011, men ikke om vinteren/tidlig vår, dvs. at den biologiske tilstanden registrert i 2011 ikke var påvirket av dette. Økt nedre voksegrense for fagerving indikerer også god vannklarhet i første halvdel av 2011.
- Mindre ekstreme vintertemperaturer i 2011 sammenlignet med 2010. Vinteren 2010/2011 var kald, men det var ikke like lange perioder med kritisk kaldt vann som vinteren 2009/2010. Da ble det registrert lange perioder med vann under 0 °C på dykkerstasjonene, hvilket kan være under tålegrensen for mange arter. Færre perioder med vann under 0 °C i 2011 sammenlignet med 2010 kan dermed ha virket positivt for mange arter.
- Sukkertaren har en sentral betydning som habitatbygger og primærprodusent. Den representerer et tredimensjonalt habitat som danner skjulesteder for tareskogens mange arter. Økningen i forekomster av både beitere, rovdyr og altetende dyr kan altså ha sammenheng med at sukkertareforekomstene har økt.

Det er verdt å merke seg at i tillegg til at forekomstene av sukkertare økte, viste også forekomstene av trådformede alger på Sør-Vestlandet en økning fra 2009 til 2011. Slike alger kan føre til overgroing av sukkertare, spesielt på sensommeren (Moy et al. 2008). Årsaken til at forekomsten av trådformede alger økte, er imidlertid ikke fastlagt, men næringssalttilgangen for disse algene må ha vært god. Vannkvaliteten har generelt vært god på alle overvåkingsstasjonene, men dårlige oksygenforhold i bunnvannet om høsten indikerer stor organisk belastning i fjordområdene. I Skagerrak gikk forekomsten av trådformede alger derimot noe ned fra 2010 til 2011.

I ytre områder ved Arendal har Kystovervåkingsprogrammet vist at det de siste fire årene har vært en negativ utvikling av samfunnene på hardbunn, med en reduksjon i det biologiske mangfoldet (Trannum et al. 2012). Dette står i kontrast til den generelle observasjonen på sukkertarestasjonene med forbedret tilstand. Resultatene kan ikke sammenliknes direkte med dataene i Sukkertareprogrammet siden hardbunnsamfunnene på indre kyst har utviklet seg fra svært dårlige til bedre, mens samfunnene på ytre kyst generelt har hatt høy diversitet og god tilstand hele tiden. Likevel er det interessant at trendene ikke peker i samme retning, og det er enda ikke kjent om dette skyldes geografiske forskjeller eller om det skyldes at enkelte

miljøfaktorer påvirker samfunn på indre og ytre områder ulikt. Den videre utviklingen på kystovervåkingsstasjonene i Arendalsområdet knyttet opp mot utviklingen på sukkertarestasjonene blir spennende å overvåke fremover.

Hovedkonklusjonen fra Sukkertareovervåkingen så langt er at kaldt klima uten kritisk høye sommertemperaturer synes å ha virket positivt for reetableringen av sukkertaren, men at også andre faktorer som redusert partikkelmengde og sedimentdekke på hardbunn har medvirket til dette. Økt sukkertarevegetasjon sammenfaller også på flere stasjoner med en generell økning i biomangfold (på stasjoner hvor sukkertaren er til stede), og kan ha sammenheng med sukkertarens økologiske funksjon som habitatbyggende art, med positiv virkning for etablering av andre arter.

7. Referanser

- Aure, J., Magnusson, J., 2008. Mindre tilførsel av næringssalter til Skagerrak. Kyst og havbruk 2008. s 28-30.
- Aure, J., Danielssen, D., Magnusson, J., 2010. Langtransporterte tilførsler av næringssalter til Ytre Oslofjord i 1996-2006. Fisken og Havet nr. 4.
- Christie, H, Jørgensen, N.M., Norderhaug, K.M., Waage-Nielsen, E., 2003. Species distribution and habitat exploitation of fauna associated with kelp (*Laminaria hyperborea*) along the Norwegian coast. J. Mar. Biol. Ass. UK 83:687-699.
- Christie H, Norderhaug KM, Fredriksen S. 2009. Macrophytes as habitat for fauna. Mar. Ecol. Prog. Ser. 396:221-233.
- Jackson, J.B.C., 1977. Competition of marine hard substrata: the adaptive significance of solitary and colonial strategies. Amer. Nat. 111:734-767.
- Johansson, G., Eriksson, B.K., Pedersén, M., Snoeijs, P., 1998. Long-term changes of macroalgal vegetation in the Skagerrak area. Hydrobiol. 385, 121-138.
- Moy, F., Aure, J., Dahl, E., Green, N., Johnsen, T.M., Lømsland, E.R., Magnusson, J., Omli, L. Oug, E., Pedersen, A., Rygg, B., Walday, M., 2002. Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge. 10-årsrapport 1990-1999 SFT-rapport 848/02. TA-1883/2002. NIVA-rapport 4543. 136 s.
- Moy, F., Alve, E., Bogen, J., Christie, H., Green, N., Helland, A., Steen, H., Skarbøvik, E., Stålnacke, P., 2006. Sukkertareprosjektet Statusrapport 1. SFT-rapport 961/2006, TA-2193/2006. NIVA rapport 5265. 36 s.
- Moy, F., Alve, E., Bogen, J., Christie, H., Helland, A., Magnusson, J., Steen, H., Tveiten, L., Åsen, P.A., 2007. Sukkertareprosjektet. Statusrapport nr. 2. SFT-rapport 978/2007, TA-2232/2007. NIVA rapport 5344. 60 s.
- Moy, F., Christie, H., Alve, E., Steen, H., 2008. Sukkertareprosjektet. Statusrapport nr. 3. SFT-rapport 1020/2008, TA-2398/2008. NIVA rapport 5585. 74 s.
- Moy, F., Christie, H., Steen, H., Stålnacke, P., Aksnes, D., Alve, E., Aure, J., Bekkby, T., Fredriksen, S., Gitmark, J., Hackett, B., Magnusson, J., Pengerud, A., Sjøtun, K., Sørensen, K., Tveiten, L., Øygarden, L., Åsen, P.A., 2008. Sluttrapport fra Sukkertareprosjektet 2005-2008. Final report from the Sugar Kelp Project 2005-2008. SFT-rapport 1043/2008, TA-2467/2008. NIVA-rapport 5709. 131 s.
- Moy, F., Christie, H., 2012. Large-scale shift from sugar kelp (*Saccharina latissima*) to ephemeral algae along the south and west coast of Norway. Mar. Biol. Res. 8: 309-321.
- Naustvoll, L.J., Selvik, J.R., Sørensen, K. in press. Fagrapport Overvåkning av Ytre Oslofjord tilførsler og undersøkelser i vannmassene i 2011. NIVA-rapport 6320-2012.
- Norderhaug, K.M., Christie, H., Fosså, J.H., Fredriksen, S. 2005. Fish-macrofauna interactions in a kelp (*Laminaria hyperborea*) forest. J. Mar. Biol. Ass. UK. 85:1279-1286.
- Norderhaug, K.M., Ledang, A.B., Trannum, H.C., Bjerkgeng, B., Aure, J., Falkenhaus, T., Folkestad, A., Johnsen, T., Lømsland, E., Omli, L., Rygg, B., Sørensen, K. 2011. Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge. Kystovervåkingsprogrammet. Årsrapport for 2010. Klif-rapport 2777/2011. NIVA rapport 6134. 115 s.

- Norderhaug, K., Naustvoll, L., Ledang, A., Bjerkeng, B., Gitmark, J., 2011. Miljøovervåkning av sukkertare langs kysten. Sukkertareovervåkingsprogrammet 2009-2010. Årsrapport for 2009 og 2010. Klif-rapport 2776/2011, NIVA-rapport 6135. 80 s.
- Norderhaug, K.M., Christie, H., 2009. Sea urchin grazing and kelp re-vegetation in the NE Atlantic. *Mar. Biol. Res.* 5:515-528.
- SFT, 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning. Forfattere: Molvær, J., Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J. og Sørensen, J. SFT-veiledning nr. 97:03, TA 1467/97. 36 s.
- Shannon, C.E., Weaver, W., 1963. *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana.
- Sjøtun, K., 1990. Undersøkingar av tare og tareskog, med særlig vekt på årssyklus hos sukkertare (*Laminaria saccharina*) frå Vestlandet. *Blyttia* 48:39-44.
- Sjøtun, K., 1993. Seasonal lamina growth in two age groups of *Laminaria saccharina* (L.) Lamour in western Norway. *Botanica marina* 36:433-441.
- Syvbertsen, E.E., Gabestad, H., Bysveen, I., et al., 2009. Vurdering av tiltak mot bortfall av sukkertare. Klif- rapport 2585. 96 s.
- Trannum, H.C., Falkenhaus, T., Omli, L., Bjerkeng, B., Norderhaug, K.M., Johnsen, T.M., Lømsland, E., 2012. Klif faktaark TA- 2905 for Kystovervåkingen, 4 s.
- Trannum, H.C., Norderhaug, K.M., Naustvoll, L., Bjerkeng, B., Sørensen, K., Gitmark, J.K., Brkljacic, M., Tveiten, L., 2012. Miljøovervåking av sukkertare langs kysten. Sukkertareovervåkingsprogrammet. Datarapport for 2011, Klif-rapport 2904-2012, 95 s.
- Åsen, P.A., 2006. Trekk fra den marine benthosalgvegetasjonen fra Kristiansandsfjorden til Jøssingfjorden – med spesiell referanse til sukkertare (*Laminaria saccharina*) og butare (*Alaria esculenta*). Agder naturmuseums rapportserie 2006-4. 35 s.



Klima- og forurensningsdirektoratet

Postboks 8100 Dep,
0032 Oslo
Besøksadresse: Strømsveien 96

Telefon: 22 57 34 00
Telefaks: 22 67 67 06
E-post: postmottak@klif.no
www.klif.no

Om Statlig program for forurensningsovervåking

Statlig program for forurensningsovervåking omfatter overvåking av forurensningsforholdene i luft og nedbør, skog, vassdrag, fjorder og havområder. Overvåkingsprogrammet dekker langsiktige undersøkelser av:

- overgjødsling
- forsuring (sur nedbør)
- ozon (ved bakken og i stratosfæren)
- klimagasser
- miljøgifter

Overvåkingsprogrammet skal gi informasjon om tilstanden og utviklingen av forurensningssituasjonen, og påvise eventuell uheldig utvikling på et tidlig tidspunkt. Programmet skal dekke myndighetenes informasjonsbehov om forurensningsforholdene, registrere virkningen av iverksatte tiltak for å redusere forurensningen, og danne grunnlag for vurdering av nye tiltak. Klima- og forurensningsdirektoratet er ansvarlig for gjennomføringen av overvåkingsprogrammet.