Statlig program for forurensningsovervåking
Sukkertareprosjektet

SPFO-rapport: 961/2006
TA-2193/2006
ISBN 82-577-4991-5

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn (SFT)
Utførende institusjon: Norsk institutt for vannforskning-NIVA

Statusrapport nr. 1-2006

Rapport 961/06

Statusrapport nr. 1-2006 fra Sukkertareprosjektet.

NIVA-prosjektnr.: O-26046
NIVA-rapport: 5265-2006

FORORD

Sukkertareprosjektet, administrert av Statens forurensningstilsyn (SFT) og Direktoratet for naturforvaltning (DN), har bestått av mange aktiviteter og aktører, og rapporter fra arbeidet er publisert jevnlig på SFTs hjemmeside for prosjektet. Bidragsytere foruten NIVA er Havforskningsinstituttet, Universitetene i Oslo og Bergen, Bioforsk (Jordforsk, Planteforsk), Nansensenteret, Meteorologisk institutt og Miljøalliansen.

Prosjektet ble opprettet i 2005 som en følge av det store bortfallet av sukkertare dokumentert i kartleggingsundersøkelsen høsten 2004. Midler ble bevilget fra Miljøverndepartementet og planen er et 3 årig prosjektet. Etter to år med kartlegging av omfang og årsaksundersøkelser gjennom mange aktiviteter, har miljømyndighetene ønsket seg en mer omfattende rapport som oppsummerer den kunnskap som til nå er ervervet.

Denne rapporten har som målsetning å gi en oversikt over løpende aktiviteter og hoved-konklusjoner vi kan trekke fra disse aktiviteter så langt. Mange prøveinnsamlinger og analyser pågår fortsatt og nye funn kan endre på dagens konklusjoner. Neste rapport kommer tentativt ved årsskiftet.

Mange har deltatt i arbeidet som rapporteres her. Elisabeth Alve ved Geologisk institutt, Universitetet i Oslo, har hatt ansvar for mineralogiske analyser. Henning Steen fra Havforskningsinstituttets Forskningsstasjon Flødevigen har bidratt i feltarbeid, undersøkelser og analyse av vegetasjon og fiskedata, taksonomiske analyser og akvarieforsøk med sukkertare. Aud Helland ved seksjon for miljøgifter på NIVA (mg) har hatt ansvar for kjemiske analyser og kontakt med Institutt for Energiteknikk (IFE) som har stått for isotopanalyser. Hartvig Christie ved seksjon for biologisk mangfold på NIVA (bm) har hatt en sentral rolle i prosjektaktivitetene samt ansvar for faunaanalyser. Lise Tveiten (bm) har bidratt med feltinnsamlinger, prøvehåndtering og logistikk. Janne Gitmark (engasjement på NIVA) har bidratt med taksonomisk opparbeidelse av floraprøver og biomassemålinger. Norman Green (mg) og Mats Walday (bm) har bidratt med analyse av sedimentasjonsbelastning ut fra undervannsbilder. Eva Skarbøvik ved seksjon for integrert vannforvaltning på NIVA har sammen med Jim Bogen med flere ved hydrologisk avdeling på NVE bidratt med studier av sedimenttransport i Numedalslågen. En tverrinstitusjonell klimagruppe med Lillian Øygarden og Hans-Olav Eggestad fra Bioforsk, Lasse Pettersen fra Nansen senteret for fjernmåling, Bruce Hackett og Hans Olav Hygen fra Meteorologisk institutt, Einar Dahl, Jan Aure og Henning Steen fra Havforskningsinstituttet og Per Stålnacke, Jan Magnusson og Kai Sørensen fra NIVA har bidratt med analyser av klimarelaterte dataserier hvor hovedresultater gjengis her i rapporten.

Frithjof E. Moy (bm) er prosjektleder for sukkertareprosjektet hos NIVA og har ledet sukker-tarearbeidet siden 2002, samt bidratt i feltinnsamlinger, taksonomiske analyser, klimaanalyser og forsøk med sukkertare i akvarier og i felt. F Moy har skrevet og redigert denne rapporten med innspill fra mange av ovennevnte bidragsytere.

Saksbehandlere for sukkertareprosjektet er Karen Fjøsne ved SFT og Eva Degree ved DN.

Grimstad, 15. juli 2006



Frithjof Moy

INNHOLD

1. Sammendrag 4
2. Summary 6
3. Innledning 8
3.1 Aktivitetsoversikt 8
3.2 Pressemeldinger og rapporter 9
4. Kartlagt omfang 10
5. Sukkertarens livssyklus og global utbredelse 12
6. Mulige årsaker 14
6.1 Overgjødsling 14
6.2 Nedslamming 14
6.3 Klima 16
6.4 Andre faktorer 17
6.5 Kilder 17
7. Sediment og bunnslam 20
7.1 Mengde og organisk innhold 21
7.2 Kildesporing 23
7.2.1 Leirmineraler 23
7.2.2 Organisk materiale 26
8. Biologi 28
8.1 Flora 28
8.2 Fauna 32
9. Innledende forsøk med sukkertare 33
9.1 Transplantasjon 33
9.2 Utsåingsforsøk 34
10. Referanser 35

1. Sammendrag

I 2002-2004 ble det påvist bortfall av sukkertare på store deler av indre kyst av Skagerrak. Miljøverndepartementet med Statens forurensningstilsyn (SFT) og Direktoratet for naturforvaltning (DN) bevilget midler til et Sukkertareprosjekt (2005-2007) med målsetning å redde sukkertaren, underforstått, det truede marine kystmiljøet hvor sukkertaren normalt er den dominerende og skogdannende algen. Lav forekomst av sukkertareskog og stor forekomst av kortlevde, hurtigvoksende trådalger, er en indikasjon på et økosystem i ubalanse. I målsetningen ligger å finne årsaker til bortfallet av sukkertare og foreslå avbøtende tiltak, spesielt om bortfallet har sammenheng med menneskelige aktiviteter.

Tilstandsundersøkelsene i 2004 og 2005 viste en estimert tilbakegang på 90 % i Skagerrak og 50 % i Rogaland/Hordaland. Tilbakegangen i nasjonal bestand er betydelig og sukkertare er til nærmere risikovurdering i Artsdatabanken i henhold til internasjonale kriterier for rødlisting av truede arter.

Tilbakegangen kan skyldes naturlige svingninger, klimaendringer, menneskeskapte forhold eller en kombinasjon. De mest sannsynlige årsaker slik vi ser det i dag, er overgjødsling (eutrofi), nedslamming og klimatiske hendelser. Dette er basert på observasjoner fra tilstandsundersøkelsene, analyse av overvåkingsdata og økologisk kunnskap om sukkertare.

Tilstandsundersøkelsene viste at sukkertarevegetasjonen i berørte områder var erstattet av et nedslammet teppe av trådformede alger, samt at sterk vekst av epifyttiske trådalger på gjenværende sukkertareplanter. Overgjødsling er kjent å blant annet medføre sterk vekst av både mikro- og makroalger som øker organisk sedimentering, samtidig som hurtigvoksende trådalger gror på og tar plass fra tang og tare. De observerte forhold svarer derfor godt til kjente effekter av overgjødsling. Det er flere kilder til overgjødsling som inkluderer lokale og langtransportert tilførsler av næringssalter.

Vi vet at partikkelmengden i kystvannet har økt signifikant siden Kystovervåkingsprogrammet startet sin overvåking i 1990 og at sedimentasjonen på hardbunn også har økt betydelig de siste 10 til 20 år. De fleste hardbunnsorganismer er følsomme for nedslamming og nedslamming var generelt påfallende på stasjonene som hadde mistet sukkertarevegetasjonen. Innledende tester i akvarieforsøk indikerer at bunnslam kan hindre feste og vekst av sukkertarekimplanter og at bunnslam således er en viktig faktor. Testene er del av en metodeutvikling og resultatet så langt er indikativt. Bunnslammet kan være tilført fra lokale kilder som følge av jorderosjon, være resuspendert materiale fra bløtbunnsområder eller en følge av eutrofi.

Analyser av overvåkingsdata har avdekket flere unormale klimatiske hendelser de siste 10 år. Varme vintre har gitt mer nedbør i form av regn i en årstid med lav vekst og har forårsaket større jorderosjon og avrenning fra land. Varme somre har medført dårligere livsbetingelser for sukkertare og økt vekst av hurtigvoksende alger som konkurrere med sukkertaren.

Fokus for Sukkertareprosjektet i 2006 har vært på disse ovennevnte forhold.

Målinger på 10 stasjoner av sedimentasjonsrater og sedimentmengde på bunnen siden 2005, viser store sesongmessige og geografiske variasjoner på Skagerrakkysten. Sedimentasjonen var 4 til 5 ganger høyere ved utløpet av Numedalslågen enn på øvrige målestasjoner. Det ble generelt målt sterkest sedimentasjon i høstperioden (september-oktober) og mest bunnslam i

vinterperioden (februar). I sommersesongen ble det funnet svært høye karbon- og nitrogen-verdier som indikerer at omtrent halvparten av sedimentet er organisk materiale. Kildesporing viser så langt overvekt av marint produsert organisk materiale, anslagsvis 75 %, med unntak av stasjonene nærmest elvemunninger som var tydelig influert av ferskvannsprodusert organisk materiale. Sedimentfellene syntes å være noe mer preget av planteplankton, mens bunnslammet inneholdt et tydelig bidrag fra lokale makroalger. Det er nødvendig med flere relevante referansemålinger for sikrere kildesporing av det organiske materialet. Kildesporing på det uorganiske sediment tyder så langt på dominerende lokale tilførsler av mineralsk materiale (glasiale bergarter) og bare spor av langtransportert mineraler (smekitt og kaolinitt). Partikkelmålinger i Numedalslågen viser at mer enn 90 % av årstransporten av partikler transporteres ut under flomepisoder. Flomtoppen i Numedalslågen i 2005 ble målt i november (normalt i juni) som følge av noen dager med kraftig regn.

Artssammensetningen viser store forskjeller mellom vinter- og sommersituasjon både med hensyn til antall arter og mengde arter i bunnvegetasjonen. Tykke, læraktige rødalger og trådformede rødalger dominerte henholdsvis vinter- og sommerperioden. Antall makroalge-arter var ikke redusert sammenliknet med gamle data og data fra sammenlignbare stasjoner, men artssammensetningen var betydelig endret i det flerårige arter og skogdannede tare var erstattet av kortlivede, små og trådformede arter. Trolig som en følge av denne endringen i vegetasjonen, er antall individer av mobile dyr redusert til ¼-del og antallet arter er nær halvert. De biologiske analysene er ikke avsluttet.

Innledende transplanteringsforsøk, hvor sukkertare ble flyttet tilbake til et område hvor den tidligere var vanlig, har vist at sukkertaren kan vokse og rekruttere i berørte kystområder. For-søkene har gitt nødvendig erfaring for gjennomføring av vitenskapelige eksperimenter for å beskrive sammenhenger som her er indikert.

Sukkertaren er en meget voksevillig art med evne til rask gjenvekst. Vi har observert at sukkertare under akseptable miljøforhold raskt okkuperer ledig plass og hurtig danner en tett skog. Med resultatene fra transplanteringsforsøket tror vi derfor sukkertaren har mulighet til å reetablere og bringe sukkertareskogene tilbake om miljøforholdene i skjærgården blir bedre.

Det videre arbeidet vil ha fokus på å finne tydeligere årsakssammenhenger til bortfallet av - og manglende reetablering av sukkertare og kilder til næringssalter og partikler.

2. Summary

In 2002-2004 loss of sugar kelp was shown for large areas of sheltered coast of Skagerrak. Ministry of Environment, including Norwegian Pollution Control Authority (SFT) and Directorate for Nature Management (DN), established a Sugar Kelp Project (2005-2007) with aim to rescue the sugar kelp, implicit to save the endangered coastal zone environment where sugar kelp normally is the dominating and forest building species. Low abundance of sugar kelp and high abundance of short-lived, fast-growing, filamentous algae indicate an eco-system out of balance. The goal is to find casual relationships to the loss of kelp vegetation and suggest remedial actions, especially if the loss is connected to human activities.

The 2004-2005 exploration indicated a 90 % loss of sugar kelp vegetation in Skagerrak and a 50 % loss in Rogaland/Hordaland. The national loss is considerable and the sugar kelp is currently by the Artsdatabanken being evaluated according to international criteria for Red Listing of species.

The decline in sugar kelp vegetation may be natural variations, climatic changes, human activities or a combination. The most likely causes based on what we know from the investigations, analyses of monitoring data and ecological knowledge of the sugar kelp, are eutrophication, sedimentation and climatic events.

The investigations showed that the sugar kelp vegetation in the affected areas was replaced by a carpet of silty filamentous algae and/or with heavy growth of filamentous algae on the remaining sugar kelp plants. Eutrophication is known to enhance growth of both micro- and macroalgae that lead to increased organic sedimentation and to enhance growth of filamentous algae that grows on and compete for space with seaweed and kelp. There are several sources to eutrophication that include supply of nutrients from local and long transported sources.

We know that the particle load in the coastal current has increased significantly since the Norwegian Coastal Monitoring Program (Kystovervåkingsprogrammet) started its monitoring in 1990 and that siltation of the hard bottom also has increased considerably the last 10 to 20 years. Most hard bottom organisms are sensitive to siltation and siltation was observed in general on the affected locations. Preliminary tests in aquarium experiments indicate that the sediment layer may prevent attachment and growth of sugar kelp seedlings. The results are so far indicative as the experiments are part of methodology development. The sediment may origin locally from land by soil erosion, from re-suspended soft bottom sediments or from long transported sources.

Analyses of long term monitoring data have revealed abnormal climatic events the last 10 years. Warm winters have caused more rainfall in the low growing seasons that have caused higher land erosion and particle runoff. Warm summers have reduced the viability of the sugar kelp and increased the growth of filamentous algae that compete with the sugar kelp.

The focus of the Sugar Kelp Project in 2006 has been based on all these circumstances.

Analyses of sedimentation rates and hard bottom sediment cover of 10 stations since 2005, shows large seasonal and geographical variations in Skagerrak. Near the mouth of river Numedalslågen, the sedimentation rates were 4 to 5 times higher than on the other stations. The sedimentation rates were generally highest in the autumn (September-October) and the

sediment cover on the hard bottoms were highest in winter (February). In the summer season high carbon and nitrogen concentrations in the sediments indicate that roughly half of the sediment is organic material. Trace analyses shows so far predominance of marine produced material (75 %) with exception of stations near river mouths which clearly were influenced by fresh water produced organic matter. There is a need for more reference material to more accurately trace the origin. Trace analyses of the inorganic part shows total dominance of minerals from local sources (glacial rock types) and only traces of long transported minerals (smekitt and kaolinitt). Measures of flow and particle concentration in the river Numedals-lågen shows that more than 90 % of the yearly transport of particles to the fjord is discharged during flooding events. The peak flood in Numedalslågen in 2005 was measured in November (normally in June) as result of a few days with heavy rainfall.

The species composition shows large seasonal variations both in respect to number of species and abundance. Thick leathery red algae and filamentous red algae dominate winter and summer season respectively. Number of species has not decreased compared to reference data but the composition of functional form groups have changed significantly from perennial and large forest building species to annual, small and filamentous species. Presumably as a result of this shift in vegetation the number of mobile macro fauna is reduced to one quarter and the number of species close to one half. The biological analyses are still in progress.

Preliminary transplantation experiments, where sugar kelp plants were transferred back to areas where it previously had been common, have shown that sugar kelp is able to grow and recruit within the affected coastal area. The preliminary work has given us necessary experience to conduct scientifically founded experiments to eventually prove these indicative results.

The sugar kelp is a fast growing algae with high capability to re-colonize. We have observed that sugar kelp under acceptable environmental conditions quickly occupy free substrate and rapidly form a dense kelp forest. In light of the preliminary transplantation experiment, we believe that the sugar kelp is able to re-colonize and bring back the kelp forest if the environmental conditions in the coastal zone are improved.

The future work will continue to focus on relationships causing the loss and the lack of re-colonizing of the sugar kelp forest, and on sources of nutrients and particles.

3. Innledning

Miljøverndepartementet med Statens forurensningstilsyn (SFT) og Direktoratet for naturforvaltning (DN) har bevilget midler til et Sukkertareprosjekt 2005-2007 med målsetning å redde sukkertaren, det vil si underforstått det truede marine kystmiljøet hvor sukkertaren normalt er den dominerende og skogdannende planten. Målsetningen er å finne årsaker til det omfattende bortfallet av sukkertare som var blitt rapportert fra Skagerrakkysten og foreslå avbøtende tiltak spesielt om bortfallet har sammenheng med menneskelige aktiviteter

3.1 Aktivitetsoversikt

Sukkertareprosjektet omfatter mange aktiviteter i 2006. Her gis en kort oversikt.

1. Kartlegging av tilstanden på Vestlandet
   a. Oppfølgende undersøkelser i Rogaland og Hordaland fylker. Resultatet rapporteres i slutten av året.
   b. Kartlegging av tilstanden i Sogn og Fjordane fylke og Møre og Romsdal fylke. Resultatet rapporteres i slutten av året.
2. Sediment og bunnslam. På 10 stasjoner i Skagerrak (Tabell 1, s. 20) innsamles rutinemessig sedimentfeller og bunnslamprøver for analyse av mengde materiale og organisk innhold og kildesporing av leirmineraler og av det organisk materialet. Innsamlingen startet i 2005 og er planlagt ut 2006. Resultater så langt beskrives i denne rapporten.
3. Biologiske undersøkelser. På 10 stasjoner (samme som ovenfor) undersøkes artssammensetningen langs et vertikaltransekt i sukkertaresonen (0-12 m dyp) og i kvantitative prøver innsamlet på 6 m dyp vinter, vår sommer og høst. Aktiviteten startet i 2005 og er planlagt ut 2006. Resultater så langt beskrives i denne rapporten.
4. Klimatiske analyser av langtidsdataserier med utgangspunkt i Kystovervåkingsdata, hydrografiske data, JOVA-data, elveavrenningsdata (RID og Sur nedbør) og meteorologiske data. Fase 1 av aktiviteten ble gjennomført og rapportert i 2005 og en mer inngående analyse av utvalgte dataserier er planlagt i 2006 (fase 2).
5. Innledende forsøk med bunnslam og sukkertaresporer for å studere effekter av bunnslam på sporer og spiring. Resultater så langt beskrives i denne rapporten.
6. Innledende forsøk med transplantering av sukkertare tilbake til berørte områder. Resultater så langt beskrives i denne rapporten.

Aktiviteter gjennomført i 2005:

7. Sediment, bunnslam og biologiske undersøkelser på utvalgte stasjoner og etablering av 10 stasjoner for rutinemessig innsamling i Skagerrak. Data inngår i resultater som beskrives i denne rapporten.
8. Tilstandsundersøkelser i Skagerrak og i Rogaland og Hordaland. Hovedkonklusjonene omtales i denne rapporten.
9. Oppdykking av PA Åsens gamle stasjoner i Vest-Agder.
10. Målinger av partikkeltransport i Numedalslågen. Hovedkonklusjoner gjengis i denne rapporten.
11. Dekke av bunnslam på hardbunn vurdert ut fra analyse av stereofoto og undervannsvideo blant annet fra Kystovervåkingsprogrammet. Hovedkonklusjoner gjengis i denne rapporten.
12. Vegetasjonsendringer på strandnotstasjoner og undersøkelser av sammenheng med variasjoner i forekomst av fisk langs Skagerrakkysten.

13. Sammenstilling av relevante langtidsserier for analyse av klimatiske endringer med betydning for sukkertaren (fase 1, jfr. punkt 5). Hovedkonklusjoner gjengis i denne rapporten.

3.2 Pressemeldinger og rapporter

Nedenfor gis en oversikt over pressemeldinger og tilgjengelige rapporter utgitt i forbindelse med sukkertareundersøkelsene. (Det tas forbehold om evt. mangler.)

Pressemeldinger
18.02.04: Grumsete vann i Skagerrak gir mindre liv. http://www.sft.no/nyheter/dbafile10955.html
07.07.04: Grumsete vann truer Sørlandskysten. http://www.sft.no/nyheter/dbafile11721.html
30.11.04: Sukkertaren forsvinner fra norskekysten. http://www.sft.no/nyheter/dbafile12260.html
05.10.05: Vil redde sukkertaren. http://www.sft.no/nyheter/dbafile13978.html
07.11.05: Ingen bedring for sukkertaren. http://www.sft.no/nyheter/dbafile14281.html
07.11.05: Ingen bedring for sukkertaren. http://www.dirnat.no/wbch3.exe?ce=27369
07.11.05: Problemer for sukkertaren på Vestlandet. http://www.sft.no/nyheter/dbafile14282.html
01.12.05: Nye signaler om sukkertaredøden. http://www.sft.no/nyheter/dbafile14382.html
01.12.05: Nye signaler om sukkertaredøden. http://www.dirnat.no/wbch3.exe?d=11377

Miljøstatus i Norge:
Overgjødsling. http://www.miljostatus.no/templates/themepage____2126.aspx
Sukkertare. http://www.miljostatus.no/templates/themepage____5355.aspx

Omfang av sukkertaredød på Skagerrakkysten: Toktrapport fra undersøkelser august 2004
http://www.sft.no/publikasjoner/overvaking/2049/ta2049.pdf

Undersøkelser av tilstanden i sukkertaresamfunn på Vestlandet i 2005.
http://www.sft.no/publikasjoner/overvaking/2131/ta2131.pdf

Undersøkelser av tilstanden i sukkertaresamfunn på Skagerrak sommeren 2005
Delrapport: Biologiske analyser. http://www.sft.no/publikasjoner/overvaking/2122/ta2122.pdf

Undersøkelser av tilstanden i sukkertaresamfunn på Skagerrak sommeren 2005
Delrapport: Sedimentanalyser. http://www.sft.no/publikasjoner/overvaking/2135/ta2135.pdf

Sukkertareskogen forsvinner fra Skagerrakkysten. Ekstraordinær overvåkning og analyser i 2005.
http://www.sft.no/nyheter/dokumenter/sukkertareskogen_notat180105.pdf

Kystovervåkingsprogrammet. Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge. Årsrapport for 2003. http://www.sft.no/publikasjoner/overvaking/2025/ta2025.pdf

Prosjektrapporteringsnotat: Sukkertare langs norske kysten: Klima, langtransporterte og lokale tilførsler. Fase 1: Analyse av overvåkings- og klimadata, 9. mars 2006.

Åsen PA. 2006. Marin benthosalgevegetasjon i Vest-Agder (Hidra-Kristiansand) 2005. Oppdykking av 11 stasjoner fra 1976-1988 med spesiell referanse til sukkertare. Natur i Sør, Agder naturmuseum rapport 2006-1.

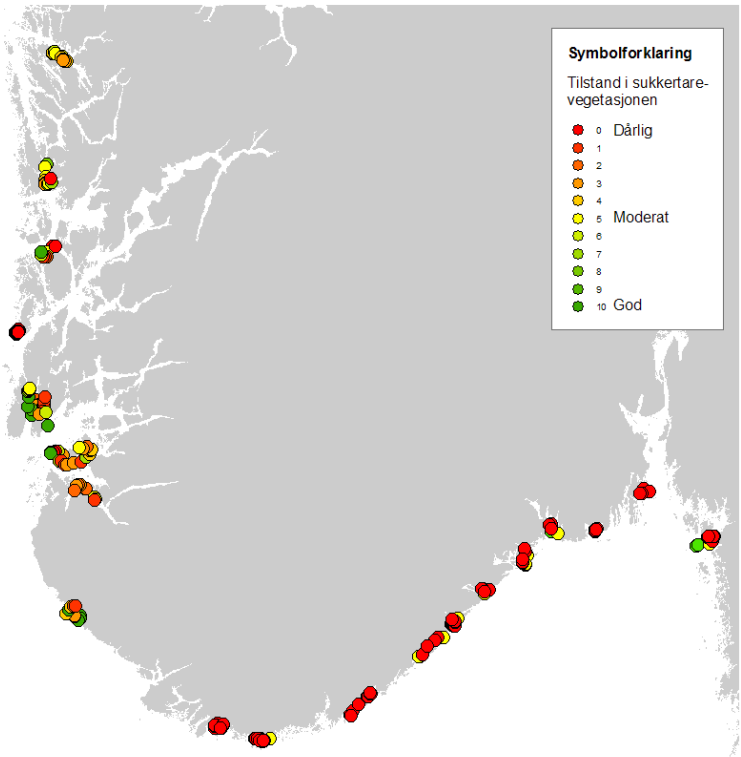
Åsen PA. 2006. Utviklingen av marin benthosalgevegetasjon i Vest-Agder 1975-2005 med spesiell referanse til sukkertare. Natur i Sør, Agder naturmuseum rapport 2006-2.

Se også NIVAs temaside på www.niva.no/sukkertare

4. Kartlagt omfang

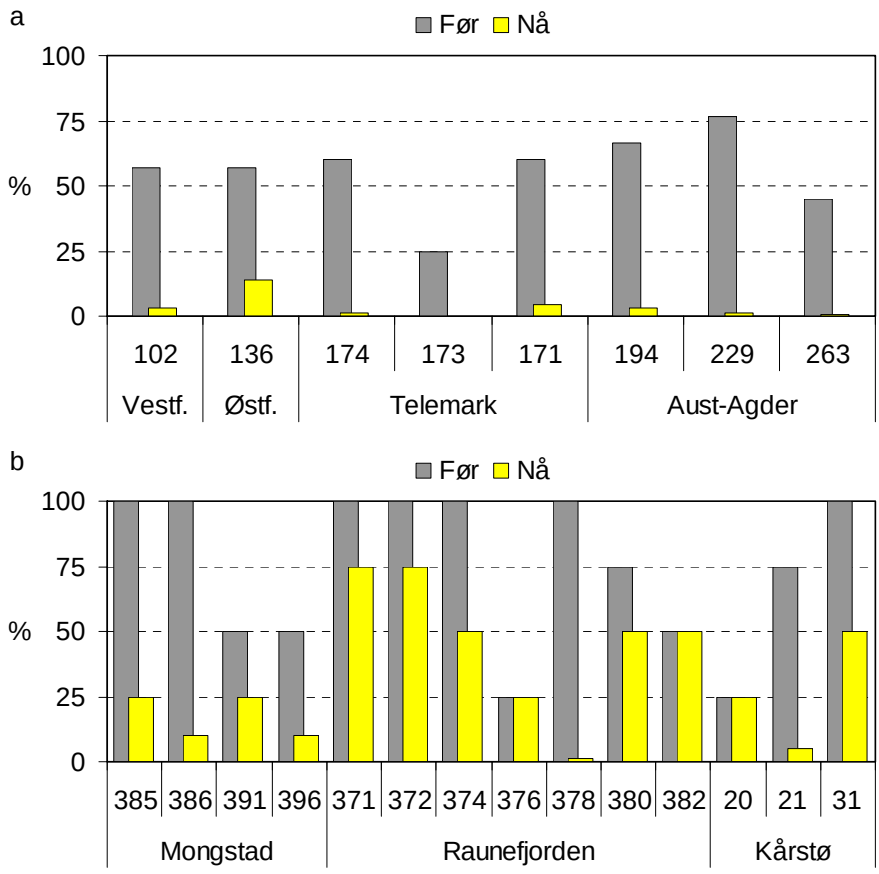
Tilstanden i sukkertarevegetasjonen i Skagerrak ble undersøkt i 2004 og 2005 og utviklingen følges videre på 10 stasjoner. Tilstanden i Rogaland og Hordaland ble undersøkt i 2005 og utvalgte stasjoner skal gjenbesøkes i 2006 for å følge utviklingen.
Undersøkelsene i 2004-2005 viste generelt friske og fine samfunn i fjæra og i øvre sjøsonen i Skagerrak, Rogaland og Hordaland. Men på dypere vann dyp hvor sukkertaren var forventet å vokse i tette bestander (fra ca 2 m til 10-15 m dyp), var sukkertareskogene i berørte områder erstattet med tepper av tråd- og buskformede rød- og brunalger.
I Skagerrak er det estimert 90 % bortfall av sukkertare. Generelt var bunnen av fjord- og skjærgårdsområder dekket av et nedslammet teppe av små trådformede alger med bare få, om noen, individer av sukkertare tilbake. En sammenlikning med eldre data (1990-1996) viste et markert skifte fra tidligere sukkertareskog.
I Rogaland og Hordaland viste undersøkelsen god tilstand på omkring en tredjedel av de undersøkte stasjonene og dårlig på rundt halvparten av stasjonene. Dårlig tilstand ble klassifisert ut fra lite eller ingen forekomst av sukkertare og mye trådalger. På rundt 20 % av stasjonene ble tilstanden vurdert å være i faresonen for å kunne miste sukkertaren. En sammenlikning med eldre data, viste at forekomsten av sukkertare var blitt halvert på 10-20 år.

Den første indikasjon på markert tilbakegang i sukkertarebestanden ble observert av F.E. Moy og H. Christie i 2002 på stasjoner i Aust-Agder. En undersøkelse av 108 stasjoner på kyststrekningen fra svenskegrensen til Lindesnes sommeren 2004, viste at sukkertareskogene var borte eller redusert til noen få individer på 90 % av stasjonene (Figur 1). I 2005 ble 110 stasjoner undersøkt i Rogaland og Hordaland og tilstanden ble vurdert som god mht. sukkertarevegetasjonen på ca. en tredjedel av stasjonene, som redusert med store mengder trådformede alger på taren og bunnen på 20 % av stasjonene og som dårlig med lite eller ingen sukkertare og dominans av trådformede alger på rundt 50 % av stasjonene.



Figur 1. Tilstand i sukkertarevegetasjonen langs kysten av Skagerrak, Rogaland og Hordaland undersøkt i 2004 og 2005. Tilstanden er vurdert ut fra forekomst av sukkertare, andre dominerende arter og mengde opportunistiske trådformede alger. Tilstanden er rangert fra god (grønne sirkler) til dårlig (rød). Gule sirkler indikerer sukkertare og sterk vekst at trådalger. Oransje sirkler indikerer noe sukkertare og dominans av trådalger. *Semiquantitativ description of populations of sugar kelp along the south and west coast of Norway in 2004 and 2005 ranged between bad (red) and good condition (green).*

På henholdsvis 8 og 14 stasjoner i Skagerrak og på Vestlandet forelå det eldre data. I Skagerrak var forekomsten av sukkertare sterkt redusert sammenliknet med data fra perioden 1990-1996 (Figur 2a) og på Vestlandet var forekomsten generelt blitt halvert i forhold til åtti- og nittitallet (Figur 2b). Det tas forbehold om ulike undersøkelsesmetoder og at undersøkelser foretatt et enkelt år gir et øyeblikksbilde av situasjonen. Tendensen synes imidlertid å være en klar reduksjon av sukkertareskog langs kysten av Sør-Norge. Utvalgte stasjoner skal gjenbesøkes i 2006 og 2007 for å få bedre grunnlag for vurdering av tilstand og endring i tilstand.



Figur 2. Forekomst (dekningsgrad) av sukkertare før og nå i Skagerrak (a) og på Vestlandet (b). Før og Nå-perioden er henholdsvis a) 1990-1996 vs. 2004 og b) 1982-1995 vs. 2005. Det tas forbehold om ulike observasjonsmetoder *Abundance of sugar kelp before (Før) and today (Nå) at the coast of Skagerrak (a) and West Norway (b). The datasets are from a) 1990-1996 vs. 2004 and b) 1982-1995 vs. 2005.*

Populasjonsnedgangen bedømt ut fra direkte observasjoner i tidsrommet 2002-2005 langs kysten av Sør-Norge sammenliknet med et antall gamle rapporterte forekomster indikerer en betydelig reduksjon i nasjonal bestand av sukkertare siste ti-år. I Artsdatabanken (www.artsdatabanken.no) pågår det en nærmere risikovurdering av sukkertare i henhold til internasjonale (IUCN) kriterier for rødlisting av truede arter. Arbeidet ventes ferdig til årsskifte 2006/2007.

Da antall observasjonspunkter med gamle data er få og det er vanskelig å beregne eksakt omfang eller nedgang i sukkertarebestanden, er det satt i gang et arbeid med å modellere potensiell utbredelse av sukkertare som kan brukes som et grunnlag for en sammenlikning med dagens utbredelse.

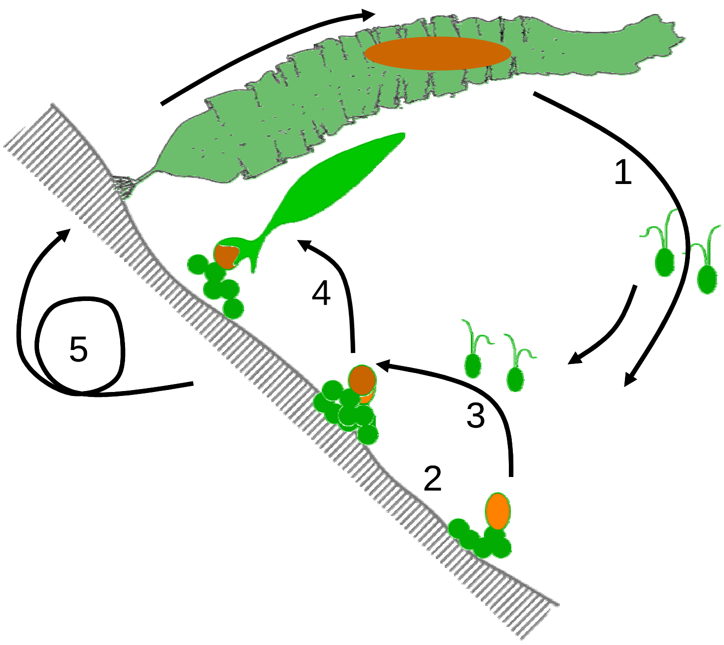
5. Sukkertarens livssyklus og global utbredelse

Sukkertare har en vid geografisk utbredelse på den nordlige halvkule. Artens sørlige utbredelsesgrense faller sammen med sommerisotermer på ca. 19 °C i overflaten, slik at høy sommertemperatur begrenser tarens forekomst. Vinterstid er algen følsom for negative faktorer som virker inn på kjønnlig formering og vekst av kimplanter.

- -

Sukkertare er en stor, flerårig brunalge med et 1–3 m langt og 10–20 cm bredt, olivenbrunt, bølget blad, festet med en 10–40 cm lang stilk til stein og fjell. Sukkertare vokser på beskyttet til moderat bølgeutsatt kyst fra ca. 1 til 30 m dyp. Sukkertarens latinske navn er helt nylig skiftet fra *Laminaria saccharina* til *Saccharina latissima* (Guiry et al. 2006) i henhold til taksonomisk revisjon av Lane et al. 2006 basert på moderne genetiske analyser.

Sukkertaren har en velkjent biologi. Vekst og årssyklus i Norge er beskrevet av Sjøtun (1990 og 1993). Sukkertarens vekst er sterkest om våren. Et nytt blad vokser raskt ut samtidig som det gamle felles, slik at sukkertaren beholder sin form og danner en permanent vegetasjon gjennom hele året. Om sommeren stopper veksten opp, og plantene begynner å utvikle sporer som produseres fram til neste vår (Figur 3). Sporene slippes om høst og vinter og spirer til millimeterstore kjønnsplanter (gametofytter), som etter befruktning vokser opp til en ny generasjon med sukkertareplanter (sporofytter). Sukkertareplantene blir normalt mellom to og fem år gamle og er derfor avhengig av stabil rekruttering for å opprettholde en tett bestand. Hvis ett eller flere stadier i sukkertarens livssyklus svikter, vil ikke arten klare å produsere nye individer, og bestandene vil kollapse etter få år.

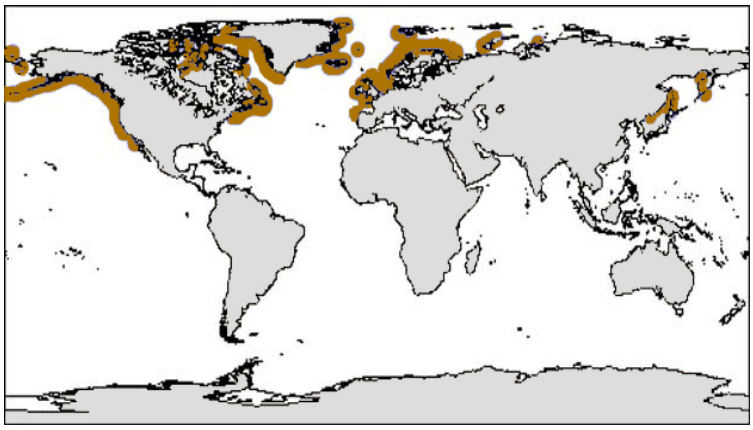


Figur 3. Livssyklus hos sukkertare.
1. Sporeslipp høst og vinter.
2. Zoosporene søker ned mot sjøbunnen, fester seg til underlaget og spirer til mikroskopiske, små hann og hunnplanter.
3. Hannplantene slipper ut en mengde små spermatozoider som skal befrukte egget på hunnplanten.
4. Det befruktede egget spirer straks og en ny kimplante vokser ut av egget på hunnplanten og over hunnplanten som blir borte.
5. Ut over våren vokser kimplanten raskt og avhengig av lys og plass kan den unge sukkertaren bli en meter lang i løpet av den første sommeren. Sukkertaren blir først fertil det andre året i syklusen

The life cycle of sugar kelp. The adult sporophytes are fertile during the autumn season and spore dispersal are high (1). The spores form microscopic benthic female or male gametophytes (2). After fertilisation (3) the new sporophyte generation germinate and grow into small visible sporelings in springtime (4). The new sporophyte may reach a length up to 1 m during its first year, and becomes fertile at the second year (5).

Det er mange steg i livssyklusen hvor forstyrrende elementer kan redusere suksessen på flere trinn og svekke reetablering tilstrekkelig til at bestanden dør ut. Høy temperatur om sommer og høst virker negativt på sukkertare som er en kaldtvannsart med vid geografisk utbredelse på den nordlige halvkule (inkludert Svalbard) (Figur 4). Artens sørlige utbredelsesgrense går ved Portugal. Det faller sammen med sommerisotermer på ca. 19 °C i overflaten, og algen dør ved temperaturer rundt 23 °C. Høy sjøtemperatur som tidvis inntreffer i fjorder og skjærgårds-områder i Sør-Norge sommerstid, har klart negativt innvirkning. I Skagerrak kan temperaturen også bli dødelig.

Vintertemperaturen i Skagerrak har derimot ingen negativ innvirkning på sporofytten eller de små gametofyttene. Derimot tror vi slam på sjøbunnen og slam på gametofytter og kimplanter kan ha negativ innvirkning på befruktning og overlevelse. Disse forhold undersøkes spesielt i aktiviteter som rapporteres her i denne rapporten. Det er også initiert forskningsoppgaver som skal studere faktorer med betydning for tarens livssyklus.



Figur 4. Global utbredelse av sukkertare.
Global distribution of sugar kelp.

Basert på en sammenlikning av lengde av nasjoners klippekyst, er Norges andel av europeisk bestand av sukkertare estimert til 25-50 % og til 5-25 % av global bestand. (Kilde til lengde av kystlinje: Coastal length data are based on the World Vector Shoreline United States Defense Mapping Agency 1989 http://earthtrends.wri.org /text/coastal-marine/variable-61.html). Norges lange kystlinje gjør at vi råder over en stor kystressurs, men at vi også har et forvaltningsansvar.

6. Mulige årsaker

De mest sannsynlige årsaker til reduksjon i sukkertareskogene er overgjødsling (eutrofi), nedslamming og klimatiske endringer. De pågående aktiviteter er fokusert på å belyse disse sammenhenger.

Det er forelått mange mulige årsaker til sukkertareskogenes tilbakegang langs kysten av Sør-Norge. Tilbakegangen kan skyldes naturlige svingninger, menneskeskapte forhold eller en kombinasjon. SFT og DN har arrangert 3 arbeidsmøter med inviterte fageksperter for å utrede problematikken rundt sukkertarens tilbakegang. Ut fra disse møter og resultater så langt, er de mest sannsynlige årsaker overgjødsling (eutrofi), nedslamming og klima.

6.1 Overgjødsling

Overgjødsling gir overproduksjon av alger, slik at den naturlige balansen forstyrres, og negative effekter av overgjødsling omtales ofte som eutrofiering. Overgjødsling gir seg synlig utslag i sterk vekst av trådformede alger som dekker bunnen og gror over flerårige alger som f.eks. tang og tarearter og til slutt utkonkurrert de opprinnelige artene. Dette skjer fordi de trådformede algene generelt har en mer effektiv omsetning og kan nyttegjøre seg næringssalt-tilskuddet. Sterk vekst av trådformede alger er blitt observert på alle stasjoner hvor sukkertaren har gått tilbake (jfr. bilder i Figur 5).

Det er flere årsaker til overgjødsling, og foruten lokale kilder kommer det betydelige mengder med næringssalter langtransportert med havstrømmene fra Nordsjøen (jfr. kap. 6.5).



Foto: Are Pedersen

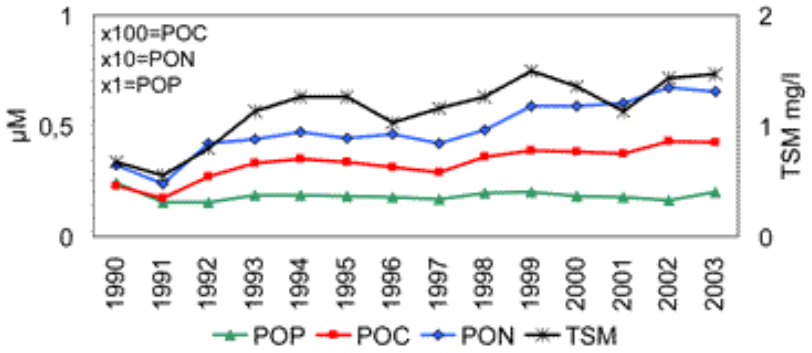


Foto: Frithjof Moy

Figur 5. Overgjødsling kan medføre sterk vekst av hurtigvoksende trådformede alger. *Eutrophication (nutrient additions) may result in increasing growth of filamentous algae.*

6.2 Nedslamming

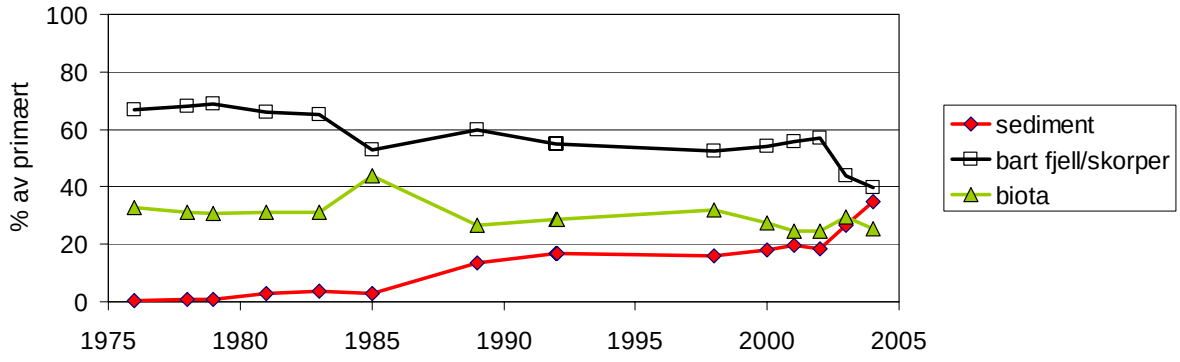
Nedslamming kan være skadelig for tareplantene direkte, eller forhindre etablering og spiring av kimplanter. Viktige kilder til slam er jorderosjon med avrenning via bekker og elver, oppvirvling av slam fra sjøbunnen, og ikke minst råtnende biologisk materiale fra land, ferskvann eller marin produksjon. Noe kommer også langtransportert med havstrømmer. Målinger fra Kystovervåkingsprogrammet har vist en signifikant økning av partikler (TSM) i kystvannet på Sørlandet de siste 10–15 år (Figur 6). Måling av sedimentasjon og sporing av partikkelkilder er derfor en viktig oppgave i Sukkertareprosjektet.



Figur 6. Signifikant økning i partikler (TSM), partikulært organisk bundet nitrogen (PON) og karbon (POC) i overflatelaget (0-10m) av Kyststrømmen langs Sørlandet. Partikulært organisk bundet fosfor (POP) viser ingen endring. Kilde: 2003-årsrapport fra Kyst-overvåkingsprogrammet. SFT-rapport TA 2025/2004. NIVA-rapport 4841.
Significant increase in the concentrations of particles (TSM), organic bound nitrogen (PON) and carbon (POC) in the surface water (0-10m) of the coastal current along the Skagerrak coast. Organic bound phosphorus (POP) did not show any changes. Source: 2003-report from the Norwegian Coastal Monitoring Program. SFT report TA 2025. NIVA report 4841.

NIVA har også funnet indikasjon på at sedimentasjonsbelastningen på hardbunn har økt markert ved å analysere langtidsserier av foto av faste bunnarealer. Som vist i Figur 7 var det meget lite sediment på bunnen på stasjon F4 i Langesundsfjorden (Telemark) frem til 1985 (0-4 % dekning). I periodene 1985 til rundt 1990 økte nedslammingen fra ca 5 % til opp mot 20 %, mens i årene fra ca. 2002 til 2004 er sedimentdekket doblet til ca. 40 % dekning. Tidpunkt (årstall) for påviste endringer er spesifikke for Langesundsfjorden, men indikerer et generelt forhold med markert økt nedslamming siste årene. Analysen viser også hvor viktig det er med langtidsserier for å kunne påvise tilstandsendringer.

På stasjonen i Langesundsfjorden medførte økt dekke av sediment først til redusert forekomst av bart fjell, dvs. redusert tilgjengelig substrat for fastsittende dyr og makroalger (som for eksempel sukkertarens kimplanter), men dernest også til redusert forekomsten av dyr og makroalger (som på dette dypet i Langesundsfjorden er naturlig lavt).



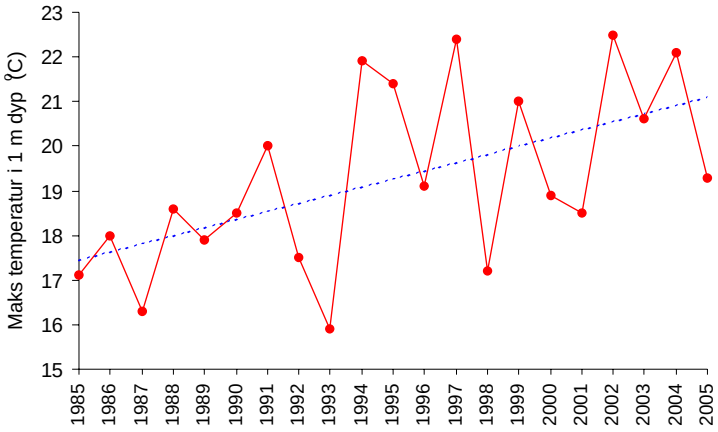
Figur 7. Dekningsgraden i prosent av sediment, bart fjell/skorpeformede alger og biota (dyr og opprette makroalger) på stasjon F4 Risøyodden i Langesundsfjorden. Dyp og substratets helningsgrad er 30 m og 90 grader. n=3. Kilde: Statelig program for overvåking og NIVA.
Cover of degree of sediment, bare rock/encrusting algae and biota (animals and upright macroalgae) at station F4 Risøyodden in the Langesund fjord. Depth=30m. Inclination=90 degrees. n=3. Source: National Program for Monitoring and NIVA.

6.3 Klima

Klima er en viktig faktor som påvirker mange forhold med direkte betydning for livet i havet og indirekte via endret landklima. En klimastudie under Sukkertareprosjektet har spesielt sett på dataserier relatert til klimatiske forhold som kan ha hatt stor betydning for sukkertarens skjebne. Analysen har så langt pekt på noen hendelser siste 15 år med mulig negativ effekt på ulike faser i sukkertarens livssyklus og på vekst og rekruttering.

Klimaet har i perioden 1990-2004 vært våtere enn langtidsmiddelet, med høyere nedbør, høyere luft- og sjøtemperatur og økt frekvens og omfang av vindstyrke. Somrene 1997, 2002 og 2004 var spesielt varme med sjøtemperaturer opp mot sukkertarens tålegrense på 23 °C (Figur 8). Ut fra disse temperaturdata er det satt i gang mer inngående analyser av lengden på de varme periodene og dybdeutbredelse av det varme vannet for å vurdere sjøtemperaturens betydning for bortfall av sukkertare. Overvåkingsdata viser også at milde vintre med mye nedbør og flommer i 1995 og i perioden 1999-2001 ga stor avrenning fra norske landarealer. Samtidig ser vi at partikkeltransporten i norske elver og erosjonen på mange av JOVA-stasjonene (måleprogram i landbruksbekker) økte i samme periode. Tilførslene fra kontinentale elver var spesielt store i flområdene 1994/95 og 2002. De milde vintrene hadde mer sørlige vinder enn normalt, noe som kan ha betydning for økt transport av næringssalter fra sørlige deler av Nordsjøen til den norske kyststrømmen. I tillegg har N/P forholdet i kontinentale elver og til dels også i norske elver økt. Disse forholdene kan ha ført til økt tilslamming av sjøbunnen og ugunstige forhold for rekruttering av sukkertare. (Se Prosjekteringsnotat ”Sukkertare langs norske kysten; Klima, langtransporterte og lokale tilførsler, fase 1. (på www.sft.no))

Flere faktorer sammen og påfølgende år med ugunstige forhold i følsomme perioder av sukkertarens livssyklusen, kan sannsynlig ha redusert sukkertarebestanden. Klimastudiene vil bli videreført i en fase 2 og vil derfor ikke bli drøftet videre her.



Figur 8. Maksimumstemperaturer for august måned på 1 m dyp i Flødevigen i perioden 1985–2005. (Kilde: HI Flødevigen).
Maximum temperature measured at 1 m depth at Flødevigen of month August in 1985-2005. Source: IMR Flødevigen.

6.4 Andre faktorer

Av andre mulige årsaker mener vi *kråkebollebeiting* er lite sannsynlig da antallet kråkeboller på Skagerrakkysten er svært lavt. Kråkebollebeiting etterlater seg umiskjennelig naken fjellbunn, noe som ikke er observert på stasjonene i Skagerrak. Konkurranse fra *de introduserte artene* japansk drivtang (*Sargassum muticum*) og japansk sjølyng (*Heterosiphonia japonica*) kan være en medvirkende årsak til sukkertarens tilbakegang da forekomsten av disse stedvis er stor (Figur 9).



Figur 9. De introduserte artene japansk drivtang (*Sargassum muticum*) (venstre) og japansk sjølyng (*Heterosiphonia japonica*) (høyre) har hatt stor spredning langs kysten av Sør-Norge. *The introduced species Sargassum muticum (left) and Heterosiphonia japonica (right) have experienced high dispersal along the coast of Southern Norway.*

Imidlertid er konkurranse fra vanlige hjemmehørende arter mer sannsynlig enn fra introduserte arter. På mange av lokalitetene observeres det store mengder hurtigvoksende alger som kan tenkes å påvirke sukkertaren negativt. Pågående undersøkelser vil belyse dette.

Det er også kjent at *sykdom*, infeksjoner av parasitter og virus kan desimere populasjoner av marine alger og planter, men det er så langt ikke funnet indikasjon på at det er en sannsynlig årsak.

Konsekvenser av sukkertarens bortfall blir foreløpig bare spekulasjoner. Tang- og tareskogene er blant klodens mest produktive systemer og er blitt sammenliknet med regnskoger. De skaper rom for et rikt biologisk mangfold og husholder en produksjon som går inn i mange næringskjeder. De gir husly og er matfat for krepsdyr, yngel, småfisk og stor fisk. Endringen i algevegetasjon kan derfor ha konsekvenser for kystfisket, turistnæringen og for kystsamfunn. Miljøverndepartementet med SFT og DN, har i første omgang fokus på å finne årsaker til reduksjonen av sukkertare med sikte på eventuelle tiltak.

6.5 Kilder

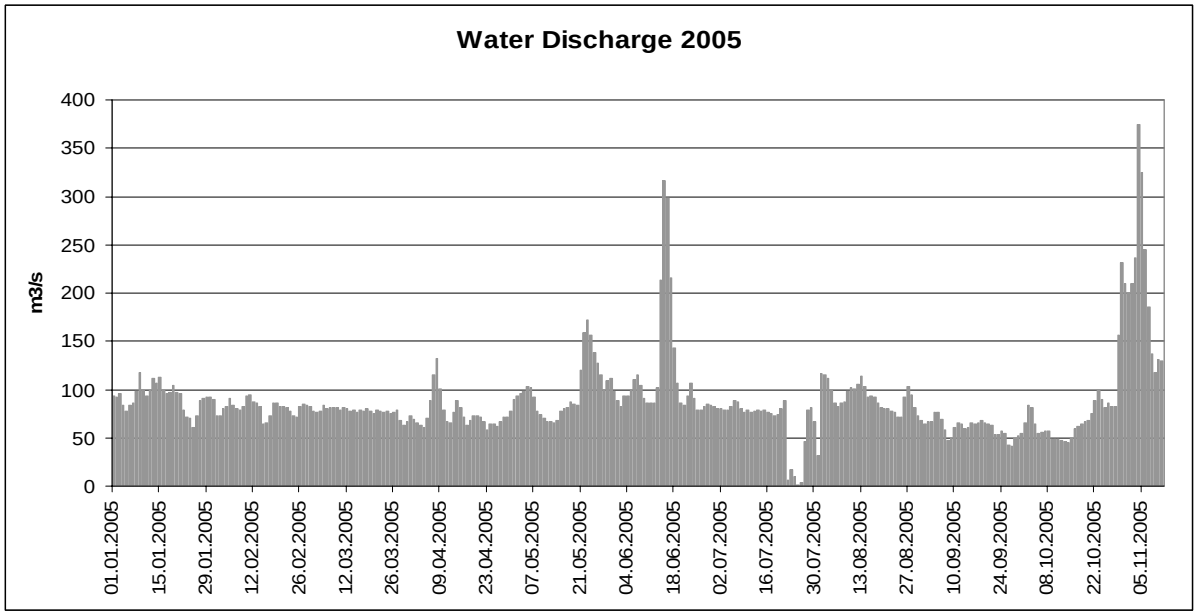
Det er viktig å få oversikt over tilførsler som er årsak til økt partikkelkonsentrasjon i kystvannet og kilder til eutrofi med overproduksjon av alger og organisk nedlamming. Det er også ønskelig å skille mellom tilførsler fra menneskelige aktiviteter og fra naturlige kilder og å skille mellom langtransporterte tilførsler med kyststrømmen og lokale tilførsler fra land. Dette er imidlertid meget omfattende oppgaver som sukkertareprosjektet alene ikke vil kunne besvare fullt ut. Flere av prosjektets aktiviteter er imidlertid valgt for å bidra til økt kunnskap om disse forhold.

Til Skagerrakkysten fører kyststrømmen med seg vann fra Østersjøen og Kattegat og vann fra sentrale og sørlige Nordsjøen (Tyskebukta). Beregninger i Kystovervåkingsprogrammet (Årsrapport for 2004) har vist at vann fra Tyskebukta (med vann fra de store europeiske elver) utgjør ca 20 % overflatevannet (0-30m) i vår kyststrøm utenfor Arendal om våren, men tilfører 80 % av nitratet. I perioder av året når de lokale tilførslene er lave som om våren, er langtransporterte tilførsler til Skagerrakkysten betydelige.

Kyststrømmen blir tilført vann fra sentrale og nordlige Nordsjøen og Atlantisk vann etter som den fortsetter nordover langs kysten av Vestlandet.

De lokale tilførslene til kysten er via elver, punktutslipp til sjø og diffus avrenning. Fordeling mellom ulike kilder undersøkes og vurderes i andre program, som for eksempel i TEOTIL.

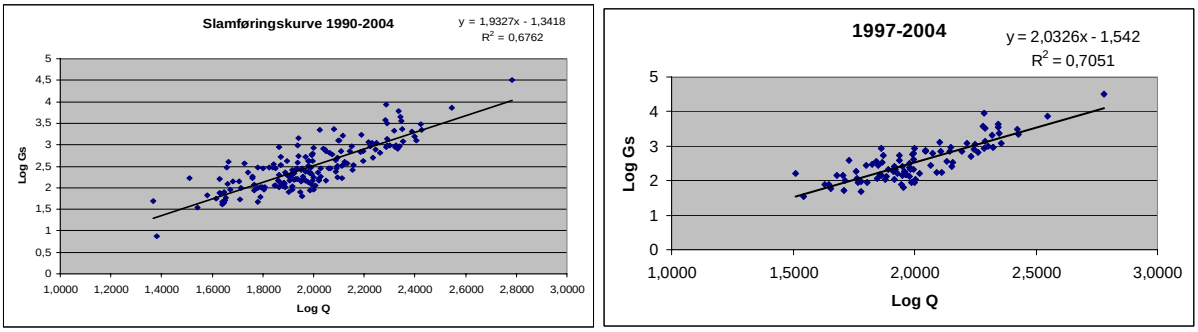
Kontinuerlig måling av vannføring og partikler i Numedalslågen (delfinansiert av Sukkertare-prosjektet) har vist at flommer opptrer innenfor svært korte tidsrom, generelt innenfor en uke og med en flomtopp i løpet av en dag (Figur 10). Spesielt i 2005 og kanskje typisk for de siste milde vintrene (jfr. kap. 6.3), er en stor flomtopp på sen-høsten (jfr Figur 10 den 5. nov 2005) som godt kan være større enn den normale "vårflommen" (i juni).



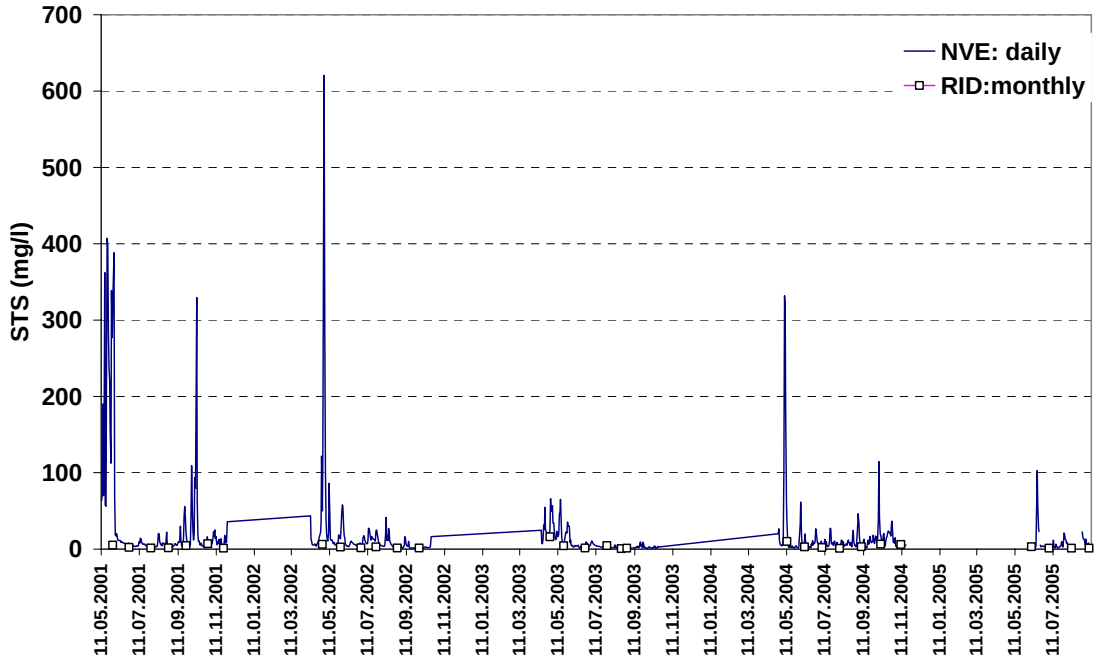
Figur 10. Vannføring (m^3/s) målt i Numedalslågen i 2005.
Water flow (m^3/s) measured in the Numedalslågen in 2005.

Målinger fra RID-programmet viser at det er en sammenheng mellom vannføring og partikkeltransport (Figur 11) og en mulig tendens til brattere kurve for siste periode 1997-2004), men det er stor variasjon i datamaterialet. Daglige målinger av partikler har vist at slamføringen i Numedalslågen varierer markert og at mer enn 90 % av partikkeltransporten i et kalenderår skjer i løpet av et par dager i forbindelse med flomepisoder (Figur 12). Det er følgelig viktig å se på flomepisodene for å beregne partikkeltransport fra elv til kystvann. (En analyse av disse resultater og konsekvenser for overvåkingsprogrammet RID foreligger i prosjekteringsnotatet "Sukkertare langs norske kysten; Klima, langtransporterte og lokale tilførsler, fase 1.) Flomepisoder i vinterhalvåret, når jorda generelt ligger brakk, gir stor og

muligens en annen type partikkeltransport til kysten med innvirkning på bunnvegetasjonen i influensområdet, enn tilførsler via normal vårflom.



Figur 11. Slamføringskurver for periodene 1990-2004 (venstre) og 1997-2004 (høyre) i Numedalslågen. Kurvene viser log-log forholdet av transport av suspendert materiale i g/s (y-akse) og vannføring i m^3/s (x-akse).
Mud flow calculated for the periods 1990-2004 (left) and 1997-2004 (right) in the Numedalslågen. y-axis = suspended matter (log (g/s)) and x-axis = water flow (log (m^3/s)).



Figur 12. Konsentrasjoner av partikler (suspendert tørrstoff - STS) i Numedalslågen målt daglig av NVE (linje) og månedlig av RID-programmet (firkanter).
Concentrations of particles (suspended matter, dry weight = STS) measured daily (NVE, line) and monthly (RID, squares) in the Numedalslågen.

7. Sediment og bunnslam

Sedimentasjonsrater og sedimentmengde på bunnen viser store sesongmessige og geografiske variasjoner på Skagerrakkysten. Sedimentasjonen var 4 til 5 ganger høyere ved utløpet av Numedalslågen enn på øvrige målestasjoner. Generelt på stasjonene ble sterkest sedimentasjon målt i perioden september-oktober og mest bunnslam (målt som tørrstoff) i februar etter høst-vinter sedimentasjon. I sommersesongen ble det funnet svært høye karbon og nitrogenverdier som indikerer at omtrent halvparten av sedimentet er organisk materiale. Partikkelmålinger i Numedalslågen viser at mer enn 90 % av årstransporten av partikler transporteres ut under flomepisoder. I 2005 ble det målt en flomtopp i november som var større enn den normale sommerflommen i juni.

- -

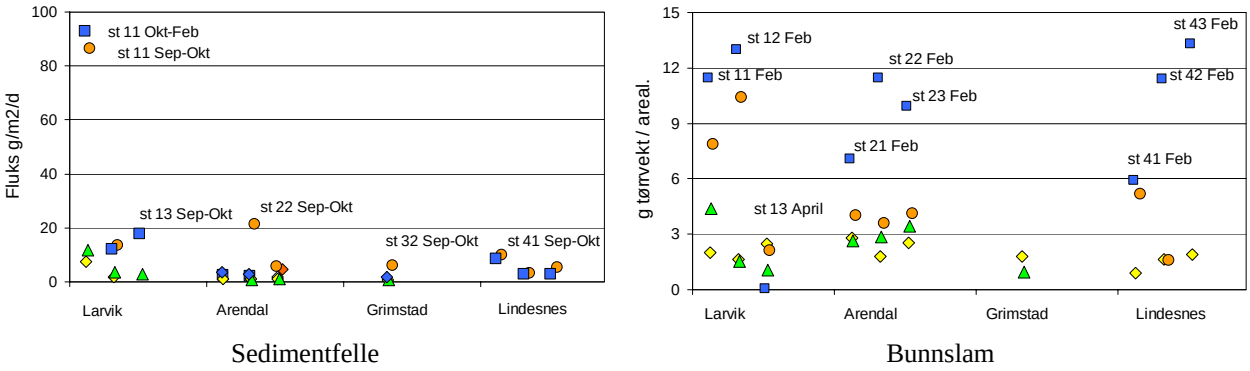
Sedimentbelastningen er målt både som sedimenterende suspendert materiale i vannmassene og som sediment på hardbunnen. Innsamlingene er foretatt rutinemessig på 10 stasjoner på Skagerrakkysten i gradient fra elvepåvirkning og geografisk fra øst til vest (Tabell 1). Suspendert materiale i vannmassene er målt ved bruk av sedimentfeller. Sedimentfeller gir et mål på hvor mye partikler det er i vannet og som kan sedimentere og utgjøre en belastning på bunnen. Prøver av slammet på bunnen gir et mål på hvor mye sediment som ligger på bunnen og utgjør en belastning på hardbunnsorganismene. Materialet som sedimenterer i fellene og som legger seg på bunnen som bunnslam, er en blanding av uorganisk materiale, dvs. mineralriket inklusiv skall- og skjellrester, og av organisk materiale, dvs stoffer fra organismer. I analysene har vi målt total mengde (gram tørrstoff) og organisk andel målt som innhold av karbon (TOC) og nitrogen (TN). Til nå er det samlet inn 42 sedimentfelleprøver og 60 bunnslamprøver og hhv 34 og 43 prøver er til nå analysert.

Tabell 1. 10 stasjoner i Skagerrak undersøkes rutinemessig i 2006 for sedimentasjon, bunnslam, sedimentsammensetning og artssammensetning. Stasjonene representerer ulike vanntyper og er valgt langs gradient fra elvemunning til åpen kyst og langs gradient fra øst mot vest i Skagerrak.
10 stations in the Skagerrak are sampled regularly in 2006. The stations represents different water types according to influence from river outlets and from geographical variations from East to West Skagerrak.

	Geografisk område i Skagerrak	Stasjoner og avstand til elveutløp: Nær Elveutløp	Midtre skjærgårdsst.	Lengst fra elveutløp
Øst	Larvik	11 Agnes	12 Viksfjord	13 Svenner
	Arendal	21 Bastua	22 Ternehlm	23 Stølsviga
	Grimstad		32 Tvillinghlm	
	Lindesnes	41 Underøy	42 Midtfjskj	43 Svinør
Vest				

7.1 Mengde og organisk innhold

Mengde sediment og bunnslam er vist i Figur 13. Da sedimentfeller har stått ute over en periode regnes sedimentert materiale som gram tørrstoff pr. m^2 og dag (fluks). For bunnslam-prøvene er sedimentvekten oppgitt som gram pr. areal.



Sedimentfelle Bunnslam

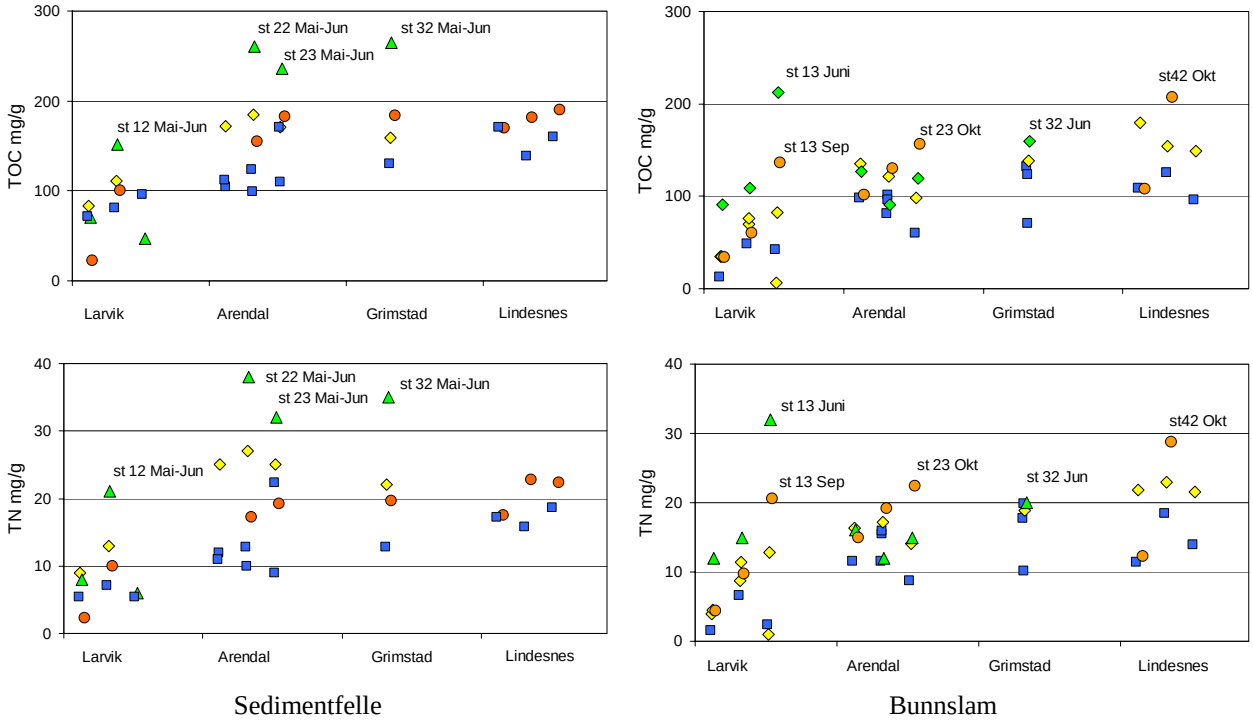
Figur 13. Mengde av partikler fanget i sedimentfeller pr. dag (Fluks) (venstre) og mengde bunnslam (gram tørrstoff) pr. areal innsamlet fra hardbunn (høyre). Blå firkanter = vinter. Gule ruter =vår. Grønn trekant = sommer. Brun sirkel = høst. Prøver er fortsatt til analyse.
Amount of particles trapped daily (Fluks g/m^2/d) (left) and amount of sediment (g dry weight) in bottom samples (right). Blue squares = winter. Yellow diamonds = spring. Green triangle = summer. Brown circles = autumn. Analyses continue.

Den absolutt høyeste sedimentraten (fluksen) ble målt under høst- og vinterperioden på stasjon 11 (Agnes) utenfor munningen av Numedalslågen. Rundt 90 gram tørrstoff /m^2 ble daglig fanget i fellene i perioden fra september til februar. Det var 4 til 5 ganger mer enn på de andre stasjonene. På samtlige målstasjoner ble den høyeste partikkelmengden målt i høstsesongen (september-oktober). På samtlige stasjoner ble det tykkeste sedimentlaget på hardbunnen (bunnslam) målt i vinterprøvene (februar). Det viser at det bygger seg opp et slamlag på bunnen gjennom høst- og vintersesongen. For sukkertare betyr det dårlige bunn-forhold i den viktige i rekrutteringsperioden hvor mikroskopiske sporer, gametofytter og sporofytt-kimplanter skal finne feste (jfr. kapittel 5).

I motsetning til den store partikkelfluksen som ble målt i munningen av Numedalslågen (st 11), var mengden bunnslam på stasjon 11 og stasjon 12 (Viksfjord, som også ligger innenfor influensområdet til Numedalslågen) på samme nivå som i Arendals- og Lindesnesområdet. (Grimstadprøver, stasjon 32, er foreløpig ikke ferdig analysert.) Selv om det er stor tilførsel av partikler til Larviksfjorden, blir ikke mengden bunnslam større her enn på de andre stasjonene i undersøkelsen. Det viser, sammen med de biologiske undersøkelsene (jfr. kap 8), at Larviksfjorden er sterkt bølgeeksponert. Bølgeeksponeringen gjør at sedimentet som tilføres i liten grad sedimenter i gruntvannsområdene, men fraktes lenger og synker ut på dypere vann. Det vokser både stortare og fingertare på stasjon 11 som indikerer at stasjonen er bølgeeksponert, selv om den er den innerste stasjonen i Larviksområdet.

Som det framgår av Figur 13 er det stor variasjon i mengde bunnslam på stasjonene gjennom året. Minst mengde (gram tørrvekt) bunnslam ble funnet i prøvene fra vår og forsommer (april-juni). Den største variasjonen i mengde bunnslam ble funnet på stasjoner litt i fra elveutløp (stasjon 12, 22, 42 og 43)(merk igjen at Grimstadverdier for vinter mangler). Stasjon 13, Svenner Fyr, har lavest variasjon og generelt lav grad av nedslamming.

Mens sedimentmengden var høyest i vintersesongen, var karboninnholdet (TOC) både i felleprøvene og i prøvene av bunnslammet, som forventet høyest i det produktive sommerhalvåret (Figur 14) og lavest i vinter prøvene (innsamlet i februar). Høstperioden (brune sirkler) hadde middels karboninnhold. Undersøkelsen viser imidlertid at TOC-konsentrasjonen var høyest på de midtre og ytre stasjoner, inkludert stasjon 32 Tvilling-holmen ved Grimstad uten elvetilførsel (og lav sedimentmengde på bunn). I Larviksområdet var det lavere karbonkonsentrasjoner i sedimentet som skyldes større tilførsler av mineralsk materialet fra Numedalslågen.



Figur 14. Innhold av karbon (TOC) og nitrogen (TN) i sedimentet fra sedimentfeller og bunnslam. Blå firkanter = vinter. Gule ruter =vår. Grønn trekant = sommer. Brun sirkel = høst. Prøver er fortsatt til analyse.
Amount of carbon (TOC) and nitrogen (TN) in sediment from the traps and from the bottom samples. Blue squares = winter. Yellow diamonds = spring. Green triangle = summer. Brown circles = autumn. Analyses continue.

Analyseresultatene tyder på meget høyt organisk innhold i prøvene gjennom hele året med høyest innhold i sommer-høst sesongen. Det ble målt opptil 260 mg TOC/g sediment i felle-prøvene og over 200 mg TOC/g i bunnslammet. Mengde organisk materiale kan beregnes ut fra TOC-verdiene, da organisk materiale teoretisk sett inneholder ca. 40 % karbon. TOC-prøvene er syrevasket før analyse for å fjerne karbonater (uorganisk bundet karbon).

For uten karbon er nitrogen og oksygen hovedbestanddelene i organisk materiale, og nitrogeninnholdet (TN) var også høyt, ca 2 til 8 ganger vanlige innhold, og samvarierte med karboninnholdet. Karbon og nitrogenverdiene til sammen viser at innholdet av organisk materiale i både feller og i bunnslam er høyt i de undersøkte gruntvannsområder. Rundt regnet halvparten av sedimentet og bunnslammet var organisk materiale sommerstid og 10 - 25 % vinterstid, som også er høyt. Til sammenlikning er mer enn 41 mg TOC/g sediment (ca 10 % organisk materiale) klassifisert som ’meget dårlig’ tilstand iht. SFTs veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (SFT 1997).

Det kreves ytterligere vurderinger før vi kan si hva disse resultatene betyr for rekruttering av sukkertare ut over at mengden av sediment på hardbunn er høy i høst- og vintersesongen og kan ha negativ innvirkning på rekruttering av sukkertare. Det høye innholdet av organisk materiale i bunnslammet gir sedimentet andre egenskaper enn om det hadde vært rent mineralsk sediment. Mineralsk sediment har en 'skuringseffekt' på hardbunnsorganismer, men dette synes å medføre mindre negativ effekt enn sediment med høyt organisk innhold. Observasjoner av sukkertare i turbid, brevannspåvirket fjord på Svalbard viser at mineralsk sedimentbelastning ikke behøver å medføre bortfall av sukkertare (Hop et al. 2002). Det videre arbeidet vil derfor fortsatt ha fokus på bunnslammet og det høye organiske innholdet.

7.2 Kildesporing

Kildesporing av sediment fra feller og av bunnslam er utført på den mineralske delen av sedimentet (leirmineralfraksjonen) og på den organiske delen av sedimentet (karbon og nitrogen). Det er ingen signifikant forskjell på leirmineralsammensetningen i de analyserte bunnslam- og sedimentfelleprøvene. En nærmest total mangel på smektitt både i bunnslam- og i felleprøvene, tyder generelt på minimal tilførsel av langtransportert mineralsk materiale til den undersøkte kyststrekningen. Kaolinittverdiene kan imidlertid antyde at kystområdet sør for Larvik muligens er noe mer påvirket enn det østlige området rundt Larvik.
Med unntak av stasjonene nærmest elveutløp var sedimentet og bunnslammet dominert av marint produsert organisk materiale, anslagsvis 75 %. Stasjonene nær elveutløp var tydelig influert av ferskvannsprodusert organisk materiale. Sedimentfellene syntes å være noe mer preget av planteplankton, mens bunnslammet inneholdt et tydelig bidrag fra lokale makroalger. Det er behov for flere relevante referansemålinger for sikrere kildesporing av det organiske materialet.

- -

Med utgangspunkt i den økte nedslammingen og mulige årsakssammenheng med bortfall av sukkertare, ønsker SFT å få klarlagt kilder til det sedimentet som avsettes i sukkertarebeltet inkludert om det har foregått en langtransport av materiale til vår kyst. Mineraler utgjør en betydelig del av den uorganiske delen av sedimentet og stammer fra landerosjon og resuspenderte bunnsedimenter. Det organiske materialet stammer fra avrenning av terrestrisk og limnisk produksjon (ferskvannsmiljø) og fra marin produksjon (sjøvannsmiljø) inklusiv mikroalger og makroalger. Analyser for kildesporing er foretatt både på sedimentets mineralske og organiske andel.

7.2.1 Leirmineraler

Av mineraler er det primært meget finkornet materiale som fraktes i suspensjon med havstrømmene og leirmineraler har vist seg å fungere som gode indikatorer på sporing av sedimentkilder i Skagerrakområdet (e.g., Pederstad et al., 1993; Zöllmer & Irion, 1993; Bengtsson & Stevens, 1998). Analyse av leirmineralene smektitt, kaolinitt, illitt og kloritt kan fortelle om leirmineralene er tilført fra sydlige Skagerrak/Kattegat/Nordsjøen eller har opphav i lokale kilder. Tidligere kildestudier av leirmineraler i Nordsjøen og Skagerrak har vist at av de som tilføres Skagerrakområdet, kommer smektitt og kaolinitt fra sydlig Nordsjø, Danmark og sydlige deler av Sverige, mens tilførsler fra de sentrale deler av Nordsjøen karakteriseres av kloritt. I Kattegat og langs den svenske vestkysten av Skagerrak stammer de relativt betydelige mengdene av illitt og kloritt fra uforvitrede, lokale kilder (Bengtsson & Stevens, 1998). De indre delene av de NØ Skagerrakfjordene karakteriseres også av illitt og kloritt fra lokale, glasiale avsetninger (Pederstad et al., 1993; Bengtsson & Stevens, 1998).

Så langt er totalt 55 prøver fra bunnslam (33) og sedimentfeller (22) preparert for leirmineral-analyse og av disse er alle så nær som 9 ferdig analysert. 10 av prøvene ble analysert dobbelt, både i bulk prøve (total prøve) og i <2 µm-fraksjonen (finfraksjonen) for å optimalisere analysemetodikken.

I områdene rundt Lindesnes, Grimstad, Arendal og Larvik, er det analysert omtrent like mange prøver av bunnslam fra sukkertarebeltet som av materiale fra nærliggende sedimentfeller. Leirmineralsammensetningen i bunnslammet og i fellene er påfallende lik (Tabell 2) og indikerer derved at de stammer fra samme kilde.

I 2005 ble det i tillegg til fast prøveinnsamling på 10 stasjoner i Skagerrak også samlet inn noen sedimentprøver fra kyststrekningen Bømlo på Vestlandet til Ytre Oslofjord i Skagerrak. Resultatet av alle prøvene er vist i Tabell 3. Illitt var det hyppigst forekommende leirmineralet i de fleste av disse prøvene og tyder på dominerende lokale tilførsler på hele kyststrekningen. Verdiene ligger stort sett rundt 40-50% og viser ingen trender fra vest til øst (Figur 15). Kloritt (glasiale avsetninger) og kaolinitt (langtransportert mineral) viste imidlertid henholdsvis høyere og lavere verdier i Larviksområdet (øst i Skagerrak) enn på resten av kyststrekningen. Det kan indikere at Larviksområdet i noe større grad er påvirket av lokale kilder enn de mer sydvestlige områdene. Dette er sannsynlig i lys av den store tilførselen av lokale mineraler til Larviksområdet med Numedalslågen. Smektitt (langtransportert mineral) har en tendens til å holde seg lengre i suspensjon enn andre leirmineraler (Chamney, 1989) og

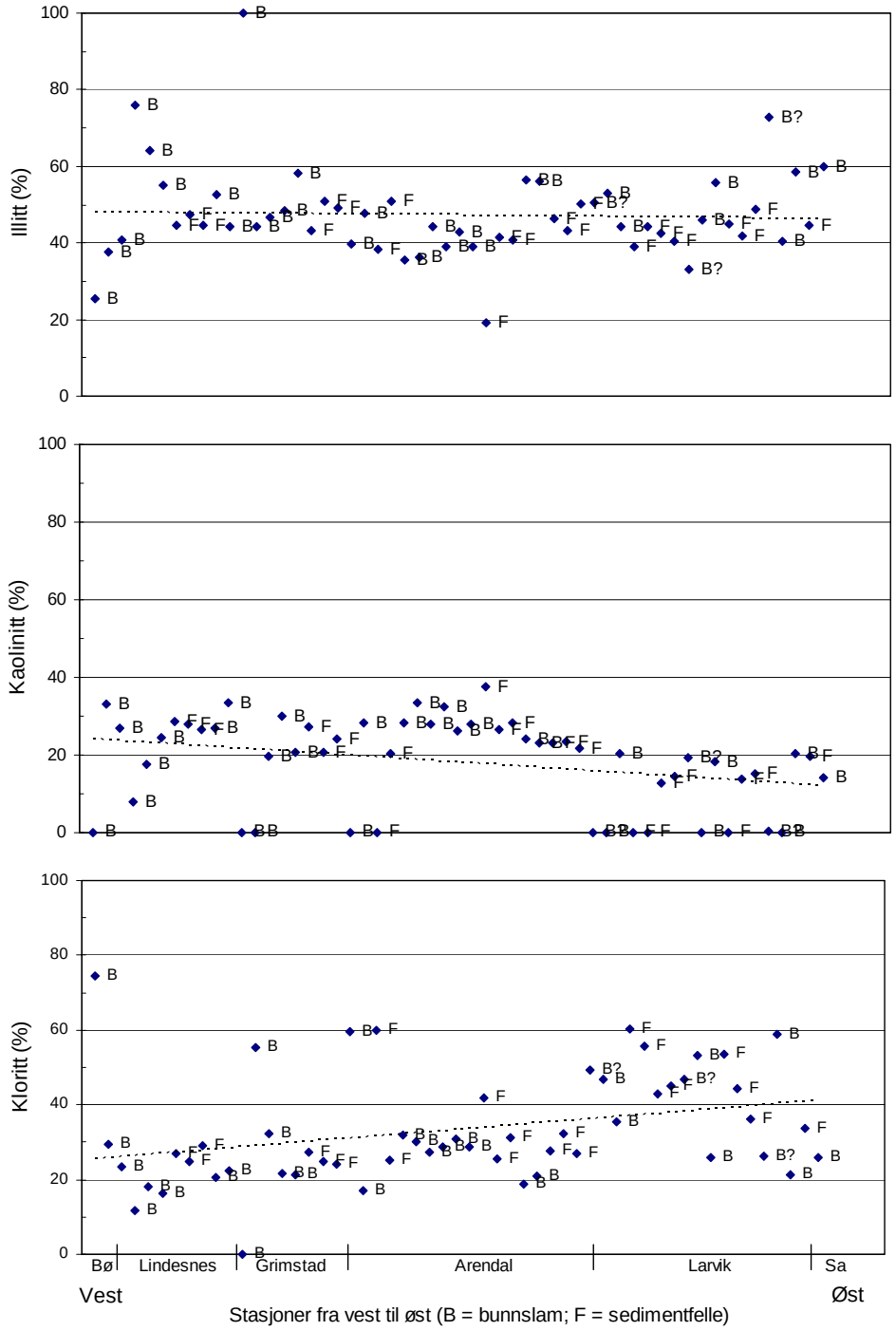
Tabell 2. Gjennomsnittlig innhold (%) av de fire analyserte leirmineralene i bunnslam (n = 24) og sedimentfeller (n = 22). Kun områder hvor begge datasett er tilgjengelige er inkludert.
Mean content (%) of four clay minerals in samples from rocky bottoms (bunnslam, n=24) and from traps (sedimentfeller, n=22). Only sites with both sample types are included.

	Smektitt (%)	**Kaolinitt (%)**	**Illitt (%)**	**Kloritt (%)**
Gj.sn., bunnslam	1	17	48	33
Gj.sn., sedimentfeller	1	19	43	36

Tabell 3. Gjennomsnittlig innhold (%) av de fire analyserte leirmineralene i prøver fra stasjoner på strekningen Bømlo (Vestlandet) til Sandefjord (ytre Oslofjord).
Mean content (%) of four clay minerals in samples from West Norway (Bømlo) to Outer Oslofjord (Sandefjord).

Område, stasjon	**Ant**	**Langtransportert**		**Lokalt**	
		Smektitt (%)	**Kaolinitt (%)**	**Illitt (%)**	**Kloritt (%)**
Bømlo-Sandefj, snitt alle stasjoner	38	2	22	47	29
Larvik, snitt av 3 stasjoner	17	1	9	47	43
Larvik, st 11 Agnes	7	0	7	45	48
Larvik, st 12 Viksfjorden	6	0	11	45	43
Larvik, st 13 Svenner	4	1	10	54	35
Arendal, st 21 Badstua	5	3	12	43	40
Arendal, st 22 Terneholmen	9	2	30	38	31
Arendal, st 23 Stølsviga	6	1	23	50	25
Grimstad, st 32 Tvillinghlm	7	2	20	49	30

har følgelig det beste potensialet for langtransport. Smektitt er imidlertid nærmest fraværende i alle områdene (spesielt i Larviksområdet). Dette indikerer at de undersøkte områdene totalt sett er minimalt påvirket av uorganisk materiale fraktet inn fra sydlige områder.



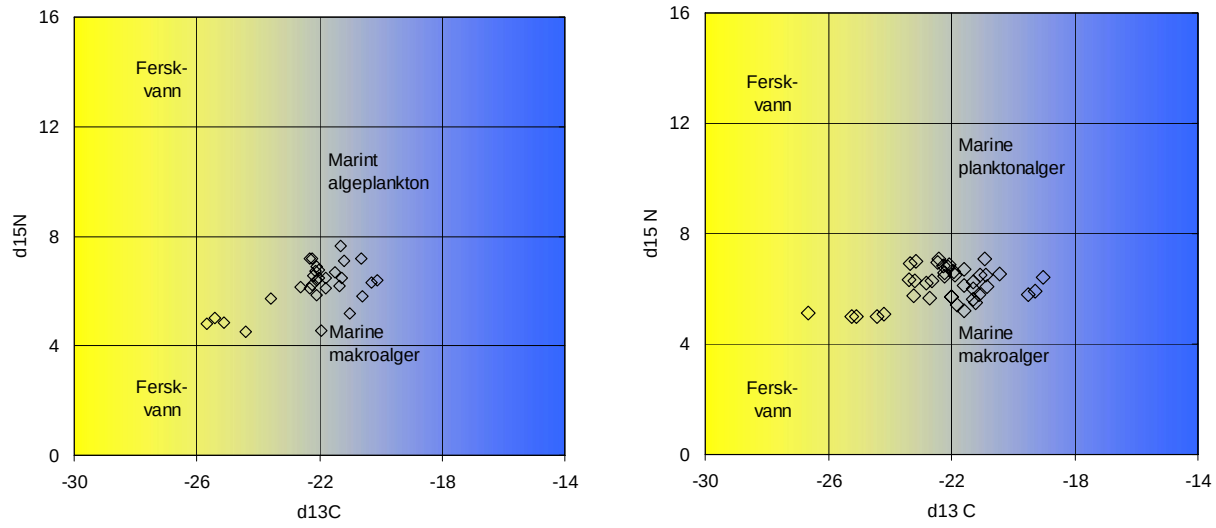
Figur 15. Innhold av leirmineralene illitt, kaolinitt og kloritt i sedimentfeller (F) og bunnslam (B) innsamlet på stasjoner fra Bømlo (Bø) i vest til Sandefjord (Sa) i øst. Stiplet linje indikerer geografisk trend i materialet.
Content of the minerals illitt, kloritt and kaolinitt measured in the clay fraction of the sediments of traps (F) and bottom samples (B) at stations from Bømlo (Bø) in west to Sandefjord (Sa) in east. Dotted line indicate geographical trend in the dataset.

Innen Arendalsområdet er stasjon 21 (Badstua), stasjonen nærmest utløpet av Nidelva, mest preget av lokalt derivert materiale (relativt høyere kloritt/kaolinitt-forhold), på sammen vis som stasjon 11 (Agnes) i Larviksområdet.

Da det kun er analysert sedimentfelleprøver fra maksimalt 3 forskjellige tidspunkt per stasjon, er det foreløpig ikke mulig å se noen klare endringer i leirmineralogien over tid.

7.2.2 Organisk materiale

Kildesporing av det organiske materialet i sedimentet er basert på forholdstallet mellom karbon 12- og 13-isotopen (δ13C) og nitrogen 14- og 15-isotop (δ15N), som varierer mellom organismer og mellom ferskvanns- og sjøvannsmiljøet. Denne forskjellen i isotopsammensetning i terrestrisk/limnisk materiale og marint materiale utnyttes her til å spore kilder til det organiske slammet fra bunnen og i feller. Til nå er 77 isotopanalyser utført og resultatene er vist i Figur 16.



Figur 16. Andel karbon-13 og nitrogen-15 i prøver fra sedimentfeller og bunnslam. δ13C lavere enn -26 indikerer materiale med terrestrisk/limnisk opphav (indikert ved gul bakgrunn) og høyere enn -24 marint opphav (indikert ved blå bakgrunn). Prøver er fortsatt til analyse. *Partition of carbon-13 and nitrogen-15 in samples from traps and the bottom. δ13C lower than -26 indicate materials from terrestric/limnic sources (yellow) and above -24 marine sources (blue). Analyses continue.*

δ13C viser forholdstallet mellom ^{12}C og ^{13}C og et forholdstall ned mot -26 og lavere, er typisk for terrestrisk organisk materiale. Marint plankton varierer fra -15 til -24 og marine makroalger fra -17 til -24, til forskjell fra ferskvannsmateriale med δ13C lavere enn -25. δ15N viser fordelingen mellom ^{14}N og ^{15}N. Forholdstall oppgitt i litteraturen varierer stort og det er vanskelig å gi et generelt fordelingsmønster som for karbon. Referanselitteratur oppgir også høyt forholdstall for organisk elvemateriale (9) og for marine makroalger (15).

Litteraturverdier gjennomgås for øyeblikket samtidig som prøver fra ulike lokale kilder er til analyse. Det er så langt funnet stor variasjon i referansematerialet og litteraturverdier og tolking skal foretas med forsiktighet.

De fleste sedimentprøvene har en δ13C rundt -20 til -22 og indikerer dominerende marint bidrag (anslagsvis 75 %), hvor marint plankton sammen med trådformede alger er viktig kilder. De prøvene som ligger nærmest opp til referanseverdier for ferskvann, er fra stasjon 11 og 41 som begge ligger nær utløpet av henholdsvis Numedalslågen og Audnavassdraget.

Bunnslamprøvene viste en større spredning enn felleprøvene med hensyn til δ13C. Det indikerer tydeligere bidrag fra enten limniske kilder eller marine kilder. Prøvene med de laveste δ13C (mest ferskvannspåvirket) var som for felleprøvene stasjon 11 og 41 nærmest store elveutløp. Bunnslamprøvene med høyest δ13C var fra Tvillingholmen med minst ferskvannspåvirkning. De fleste bunnslamprøver har δ15N-verdi på nivå med vanlige rødalger (5-6), mens bunnslam fra Agnes har lav δ15N-verdi på nivå med litteraturverdier på terrestrisk organisk materiale (3,5). Men tare har også tilsvarende lav δ15N, men kan skilles fra terrestrisk materiale ved høyere δ13C-verdi (-18 sammenliknet med -26).

Prøver av sedimentet i fellene og av bunnslammet viser en stor spredning mellom marine og limniske referanseverdier og indikerer innflytelse fra begge kilder, anslagsvis 75 % marint produsert materiale og 25 % terrestrisk/limnisk materiale, med unntak for de mest elvepåvirkede stasjoner med tydelig ferskvannsbidrag. Disse analyseresultatene sammen med de som kommer fra nye prøver skal gjennom flere numeriske og statistiske analyser utover høsten før vi kan gi et mer sikkert svar på kildesporing. Det foreslås også flere referanse-målinger da relevante litteraturverdier er få og viste stor variasjon. Den marine produksjonen utgjør sannsynlig det største bidraget og setter med det fokus på mulige kilder til tilførsel av næringssalter. Næringssalter er en viktig forutsetning for produksjon sammen med lys og temperatur og kan i for store mengder føre til overproduksjon og eutrofiproblemer (jfr. Kapittel 6).

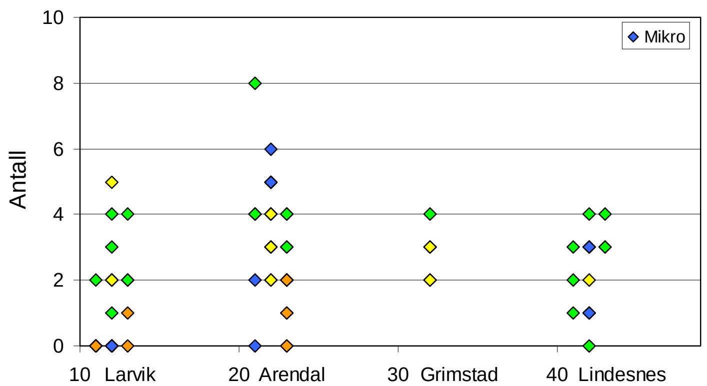
8. Biologi

Biologiprøvene viser at det er store forskjeller mellom vinter- og sommersituasjon både med hensyn til antall arter og mengde arter i bunnvegetasjonen. Tykke, læraktige og trådformede rødalger dominerte henholdsvis vinter og sommer. Antall makroalgearter synes ikke å være redusert sammenliknet med tidligere data, men det er en klar endring i artssammensetning med sterk økning i mengde av kortlivede, trådformede alger på bekostning av flerårige arter, deriblant sukkertare. Endringen i makroalgesamfunnet er trolig årsak til at antall individer av mobile dyr nå er redusert til ¼-del av hva som er funnet i tidligere målinger. De biologiske analysene er ikke avsluttet.

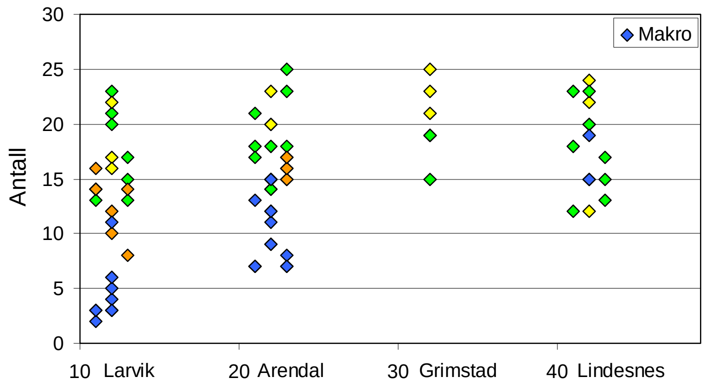
- -

8.1 Flora

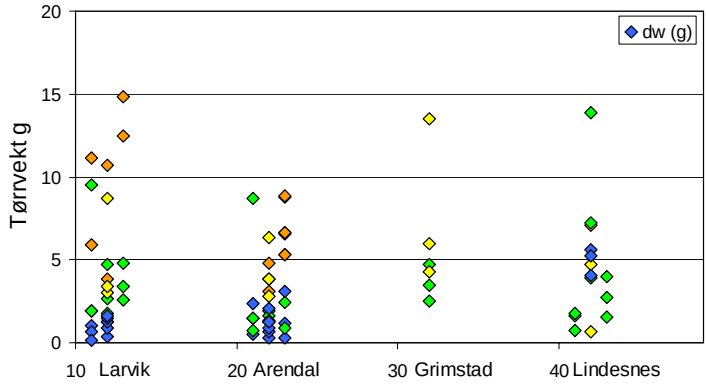
Så langt er 29 prøver (med 3 paralleller) av bunnvegetasjon fra de 10 overvåkingsstasjonene opparbeidet med hensyn til mikroalger og makroalger. Det er klare sesongvariasjoner i antall arter (Figur 17 og Figur 18) og i biomasse (Figur 19), kanskje med unntak av Lindesnes-området, hvor stor variasjon mellom parallelle prøver visket ut sesongforskjeller. Stor forekomst av mikroalger, bestående av blågrønnalger og diatoméer, ble funnet i sommer-prøvene. Flere av blågrønnalgene kan produsere et toksisk slim og vil bli undersøkt nærmere. I Arendal ble det også ble funnet mye mikroalger i vinterprøvene. Det var færrest makroalger vinterstid og flest arter sommerstid, mens biomassen var generelt størst på høsten. Vinterstid dominerte tykke, læraktige rødalger som krusflik (*Chodrus crispus*), hummerblekke (*Coccotylus truncatus*) og krusblekke (*Phyllophora pseudoceranoides*), mens trådformede rødalger som teinebusk (*Rhodomela confercoides*), japansk sjølyng (*Heterosiphonia japonica*) og rekeklo (*Ceramium* spp.) dominerte sommerstid (Figur 20).



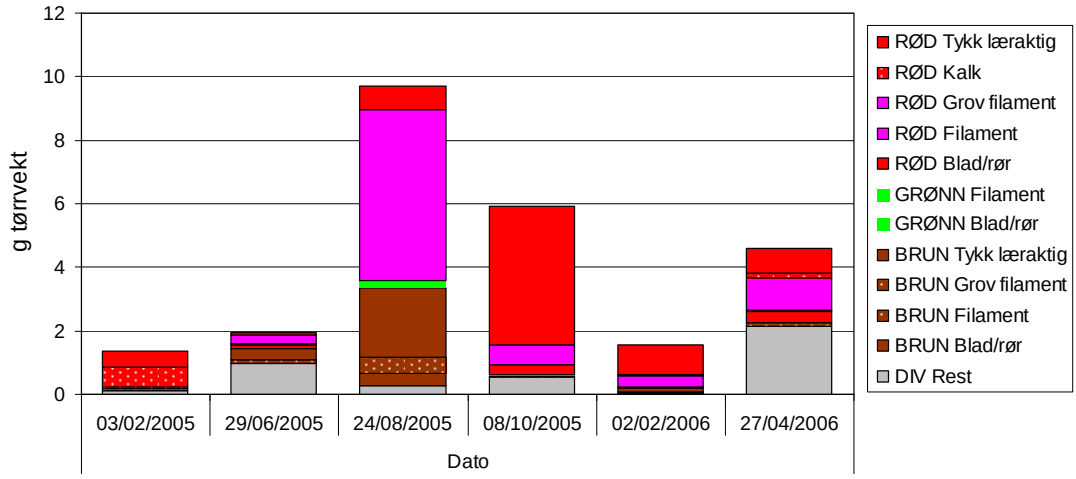
Figur 17. Antall mikroalger i bunnvegetasjonen.
Farge indikerer sesong: blå=vinter, gul=vår, grønn= sommer og oransje=høst.
Number of microalgae species. Colours indicate seasons: blue=winter, yellow=spring, green=summer and orange= autumn.



Figur 18. Antall makroalger i bunnvegetasjonen.
Farge indikerer sesong: blå=vinter, gul=vår, grønn= sommer og oransje=høst.
Number of macroalgae species. Colours indicate seasons: blue=winter, yellow=spring, green=summer and orange= autumn.



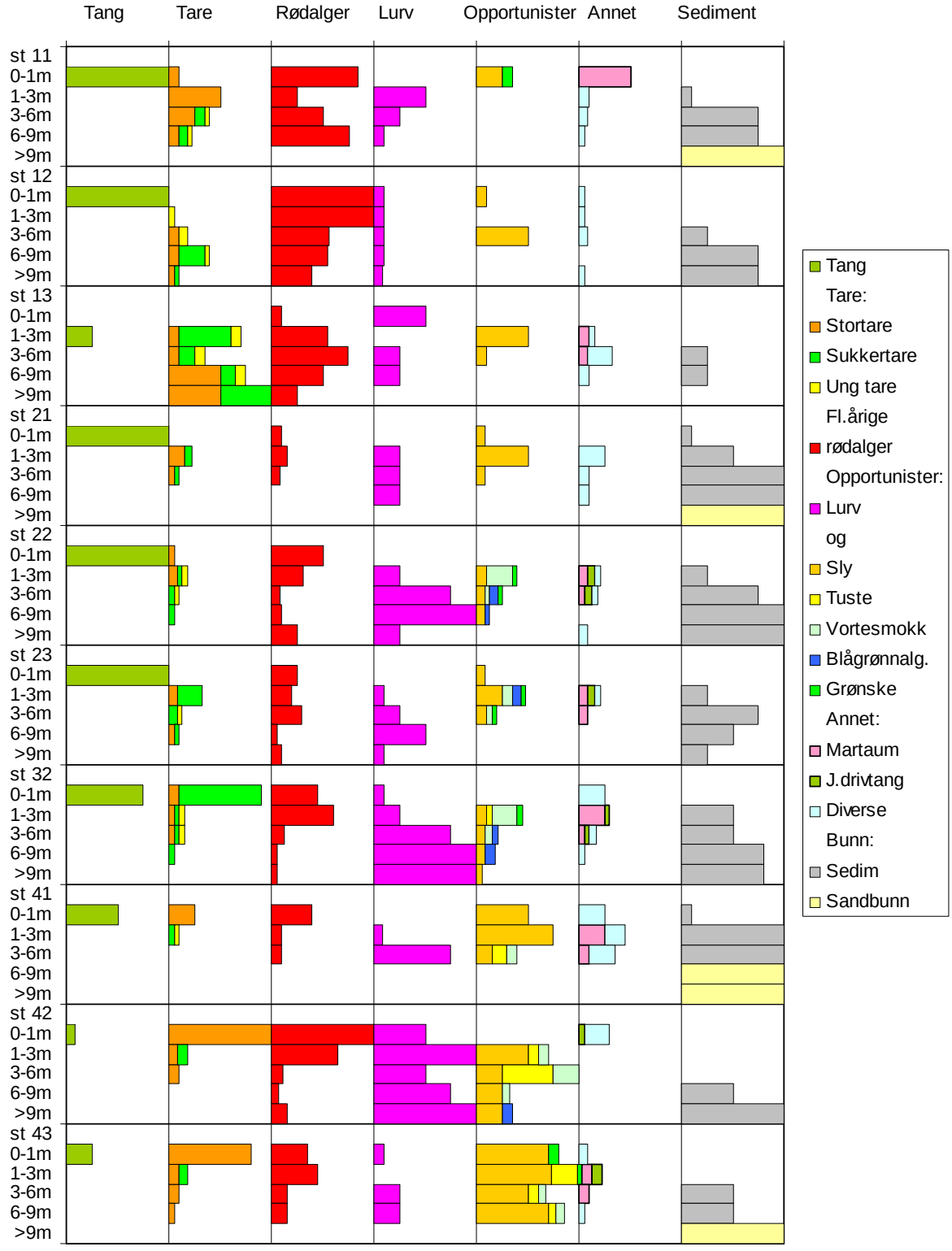
Figur 19. Biomasse (gram tørrvekt/4 dm^2) av bunn-vegetasjonen.
Farge indikerer sesong: blå=vinter, gul=vår, grønn= sommer og oransje=høst.
Biomass (g dry weight/4 dm^2) of macroalgae species. Colours indicate seasons: blue=winter, yellow=spring, green=summer and orange= autumn.



Figur 20. Biomasse (gram tørrvekt) av makroalgetyper på stasjon 22 Terneholmen, 6m dyp og innsamlingsareal lik 20 x 20 cm.
Biomass (g dry weight) of groups of macroalgae at station 22 Terneholmen, 6 m depth and sampling area = 20 x 20 cm.

En skjematisk framstilling av artssammensetningen sommeren 2005 på de 10 overvåkings-stasjonene er vist i Figur 21. Tang (blæretang, grisetang og sagtang) dominerte dybde-intervallet 0-1 m på alle stasjonene, unntatt på stasjon 13 Svenner hvor opportunistiske alger dominerte og i Lindesnesområdet hvor stortare dominerer i øvre sjøsonen på stasjon 42 og 43. Sukkertare forekommer sparsomt på alle stasjoner, unntatt på stasjon 13 Svenner i Larviks-området hvor arten vokste spredt til vanlig fra ca. 2 til 12 m dyp og i øvre sjøsonen på stasjon 32 Tvillingholmen i Grimstad. Stasjon 13 Svenner ligger i kyststrømmen utenfor Larvik og antas å ha liten påvirkning fra lokale kilder, men samtidig også sannsynlig sterk bølge-eksponering ut fra fravær av tang i 0 m sonen. Gruppen rødalger, bestående av flerårige arter som tangdokke, krusflik, krusblekke, svartkluft, fagerving m.fl. og vanlige epifytter som rekeklo, dominerte i Larviksområdet og forekom ellers vanlige på øvrige stasjoner (Figur 21, Rødalger). Lurv bestående av ulike trådformede alger (stedvis dominert av rødlo) sammen med diatoméer og blågrønnalger, var spesielt dominerende på de midtre stasjonene: stasjon 22 (Arendal), 32 (Grimstad) og 42 (Lindesnes). Mengden av sly, dvs. trådformede brune og grønne epifytter, var vanlig til dominerende på mange av stasjonene sommeren 2005. Spesielt på stasjon 42 og 43 var påveksten stor og dannet her et dekkende teppe over den andre vegetasjonen. De store mengder opportunistiske alger antas å være en belastning for sukker-

tare og andre flerårige makroalger, spesielt på høsten når disse algene dør og biomassen skal brytes ned. Kraftig vekst av trådalger, som ble registrert sommeren 2005, antas å være en sannsynlig medvirkende årsak til lav rekruttering og vekst av sukkertare.



Figur 21. Forekomst av makroalger på 10 overvåkingsstasjoner sommeren 2005. Lengde på liggende søyler indikerer dekningsgrad.
Abundance of macroalgae at 10 monitoring stations summer 2005. Lenght of bars indicate cover degree.

En fullstendig artsliste fra stasjon 22 er vist i Tabell 4. Antall makroalgearter synes ikke å være redusert sammenliknet med tidligere undersøkelser eller data fra andre sammenliknbare stasjoner, men artssammensetningen er klart endret i det kortlivede, trådformede (filamentøse) rød- og brunalger nå dominerer sommersesongen (Figur 20), mens sukkertare og flerårige følgearter var dominerende tidligere. Åsen (2006) fant imidlertid redusert biologisk mangfold på stasjoner med bortfall av sukkertarevegetasjon i Vest-Adger. Vi ser derfor ikke bort fra at endringene har ført redusert biologisk mangfold, kanskje spesielt i vestre del av Skagerrak som normalt har høyere mangfold enn østre del av Skagerrak (jfr. Kystovervåkingsdata, Moy 2005). Undersøkelsene av det biologiske mangfoldet er fortsetter under arbeid.

Tabell 4. Dekningsgrad (maksimum forekomst av alle prøver) av mikro- og makroalger i bunnvegetasjonen på stasjon 22 Terneholmen. (+ < 1 % dekningsgrad).
Maximum cover (%) of micro and macro algae species found in samples of station 22 Terneholmen. (+ < 1 % cover).

Algeklasse, form og art	%-dekningsgrad	Algeklasse, form og art	%-dekningsgrad
Blågrønnalger		**Diatoméer**	
Calothrix sp	10	*Berkeleya* sp	+
Lyngbya sp	+	*Cocconeis* sp	+
Oscillatoria sp	+	*Fragillaria* sp	+
Spirulina sp	10	*Tabellaria* sp	+
Rødalger		**Brunalger**	
Blad/rør-formet		**Blad/rør-formet**	
Apoglossum ruscifolium	10	*Asperococcus bullosus*	17
Chylocladia verticulllata	+	*Asperococcus fistulosus*	2
Delesseria sanguinea	33	cf. *Scytosiphon lomentaria*	2
Delesseria sanguinea	+	*Laminaria* sp	10
Lomentaria clavellosa	1	**Filamentøs**	
Filamentøs		cf *Hincksia ovata*	+
Acrochaetium sp	+	cf. *Isthmopela sphaerophora*	+
Antithamnion sp	+	*Desmarestia viridis*	3
Bonnemaisonia hamifera	6	*Ectocarpus fasciculata*	+
Brongniartella byssoides	2	*Ectocarpus siliculosus*	+
Callithamnion sp	+	*Haplospora globosa*	+
Ceramium cf *pallidum*	8	*Hincksia ovata*	+
Ceramium cf *secundatum*	+	*Sphacelaria cirrosa*	4
Ceramium sp	+	*Sphacelaria plumosa*	7
Ceramium tenuicorne	+	*Sphacelaria radicans*	+
Ceramium virgatum	9	*Sphacelaria* sp	+
cf. *Spermothamnion repens*	1	**Tykk læraktig**	
Chroodactylon ornatum	+	*Chorda filum*	1
Heterosiphonia japonica	25	*Halidrys siliqulosus*	12
Plumaria plumosa	+	*Laminaria saccharina* juvenil	2
Polysiphonia elongata	33	*Laminaria* sp juvenil	1
Polysiphonia fibrillosa	+	*Sargassum muticum*	10
Polysiphonia fucoides	2		
Polysiphonia stricta	2		
Rhodomela confervoides	59	**Grønnalger**	
Spermothamnion repens	+	**Blad/rør-formet**	
Tykk læraktig		*Ulva* sp	+
Chondrus crispus	80	**Filamentøs**	
Coccotylus truncata	4	*Cladophora* cf *albida*	1
Furcellaria lumbricalis	5	*Cladophora rupestris*	+
Phyllophora pseudoceranoides	2	*Cladophora* sp	+
Kalkalger		*Rhizoclonium implexum*	+
Corallina officinalis	27	*Ulothrix flacca*	+

Åsen observerte også nedslamming på stasjoner med bortfall av sukkertare som sammenfaller med våre observasjoner. Mengde estimert dekningsgrad av sediment på bunnen var generelt stor på alle de 10 overvåkingsstasjonene (Figur 21), men var ikke høyere på stasjon 11 ved munningen av Numedalslågen til tross for store tilførsler av partikler. Det stemmer med målinger av sediment og bunnslam vist i Figur 13. Fellene fanger og akkumulerer partiklene i vannmassene og sedimentet blir ikke vasket bort med vannbevegelser som normalt virker på bunnforholdene. Det tyder på stor bølgeeksponering på stasjon 11. Stor bølgeeksponering kan også forklare relativt stor forekomst av stortare på stasjon 11 som nevnt i kap 7.

8.2 Fauna

I 1996 dominerte sukkertare på stasjon 22 Terneholmen og faunaprøvene fra 1996 er sammenlignet med dagens tilstand i Tabell 5. Metodikken var imidlertid noe forskjellig i 1996 da vegetasjon av sukkertare krevde en stratifisert innsamling av sukkertare og under-vegetasjon hver for seg. Sukkertare ble samlet som enkeltindivider og undervegetasjon ble samlet i ruter på 20x20 cm tilsvarende som i dag. For å sammenlikne prøvene av dagens algematte med den opprinnelige sukkertareskogen må man ta i betraktning at selve sukkertareplantene også har en tilhørende fauna og at undervegetasjonen har sin fauna. Fauna i undervegetasjonen ble i 1996 opparbeidet på to tråd/buskformede arter: rekeklo (*Ceramium*) og teinebusk (*Rhodomela*) som også er dominerende i dagens samfunn (Tabell 5). Sammen-likningen viste at faunaen i den nedslammede algematten var redusert til ca. 25 % av det individtall som tidligere var blitt registrert. Noen arter var også blitt borte eller forekom sporadisk, for eksempel større krepsdyr knyttet til sukkertareplantene. Generelt er det de samme artene som lever i de trådformede algene, men individantallet er sterkt redusert trolig som følge av endring i bunnvegetasjonen. Næringsnettet er derfor først og fremst påvirket gjennom redusert tilgang på fødeorganismer. Analyse av prøver er fortsatt under arbeid og mulige konsekvenser og sammenhenger vil bli drøftet senere.

Tabell 5. Antall arter og individer av makrofauna funnet på stasjon 22 Terneholmen i august 1996 og august 2005.
Number of species and individuals of macro fauna found at station 22 Terneholmen in August 1996 and August 2005.

Samfunn	**Stasjon 22 Terneholmen, sommeren 1996**
Sukkertare	Gjennomsnitt: 4429 individer makrofauna pr. plante, 41 arter pr. plante.
	Fauna dominert av flere arter polychaeter, snegl, muslinger, og amphipoder. Også noen større krepsdyr som reke, krabbe og mysider.
Trådalge:	Gjennomsnitt: 4612 individer makrofauna pr. prøve, 24 arter pr. prøve (20x20).
Rekeklo	Fauna dominert av flere arter snegl, muslinger, isopoder og amphipoder.
Trådalge: Teinebusk	Gjennomsnitt: 5739 individer makrofauna pr. prøve, 37 arter pr. prøve. (20x20)
	Fauna dominert av flere arter polychaeter, snegl, muslinger, isopoder og amphipoder. Også noen pigghuder var vanlige her.
Samfunn	**Stasjon 22 Terneholmen, sommeren 2005**
Trådalger	Gjennomsnitt: 940 individer makrofauna pr. prøve, 24 arter pr. prøve (20x20).
	Fauna dominert av noen få relativt tallrike arter av polychaeter, snegl, muslinger, og amphipoder. De mest tallrike artene i algematta fra 2005-prøvene er også vanlige i prøver fra sukkertare eller andre alger, men de dominerer sjelden på samme måte som i 2005-prøvene.

9. Innledende forsøk med sukkertare

Transplanteringsforsøk har vist at sukkertare kan vokse og rekruttere i et område hvor den nå er borte. Forsøk har også vist at bunnslammet kan hindre spiring av sukkertarekimplanter. Disse resultatene stammer fra innledende forsøk hvor hovedformålet har vært å utvikle metoder for vitenskapelige eksperimenter. De innledende forsøk gir likevel en indikasjon på mulige sammenhenger. Det er søkt forskningsrådet om finansiering av vitenskapelig funderte eksperimenter.

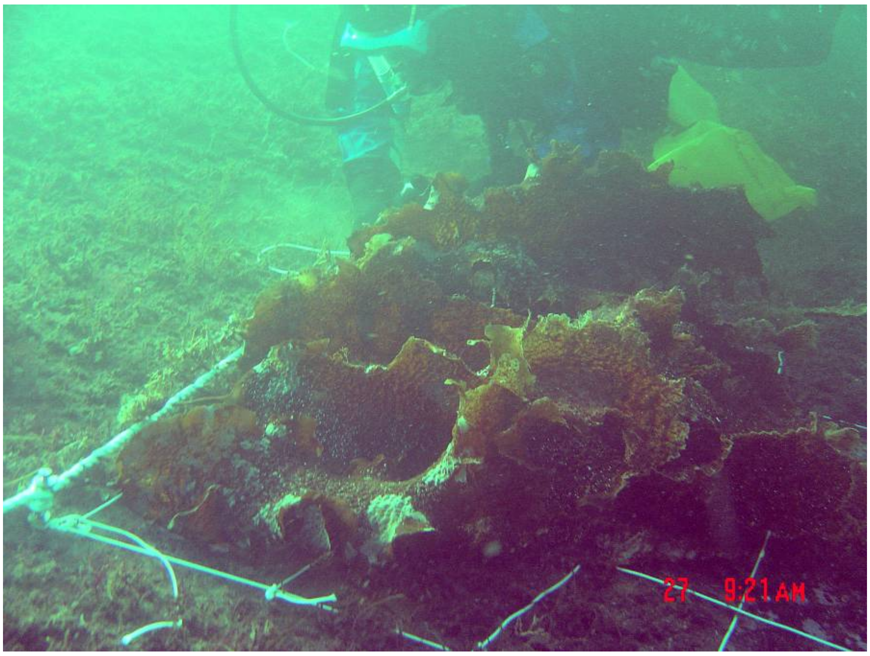
- -

Høsten 2005 ble det samlet inn sukkertareplanter fra et bølgeeksponert område (stortare-dominert område) utenfor Terneholmen og satt ut igjen på 6 m dyp på Terneholmen og i akvarier på Flødevigen Forskningsstasjon. Formålet var først og fremst å utvikle metoder for transplanterings- og utsåingsforsøk, men forsøkene har også gitt gode innledende resultater i tillegg til et godt grunnlag for gjennomføring av vitenskapelig funderte transplanterings- og utsåingseksperimenter.

9.1 Transplantasjon

Til 3 felter av 1x1 m på 6 m dyp ble det festet fra 15 til 20 store fertile sukkertareplanter (Figur 22) slik at de dannet en tett sukkertarevegetasjon i feltene på linje med tidligere sukkertarevegetasjon på Terneholmen. Bunnen i forsøksfeltene, som generelt på Terneholmen i dag, var dekket av nedslammede trådalger. Forsøksfeltene ble delt inn i flere små ruter av 20x20 cm og 5 ruter i hvert felt ble skrapet rene for slam og trådalger for å etterlikne normal bunntilstand under sukkertarevegetasjon. I tillegg ble det satt ut små (10 x 10 cm) granitt-plater med formål å studere nedslag av arter sammen med sukkertaresporer.

Status sommeren 2006 var god vekst av sukkertareplantene og spredte kimplanter av sukker-tare i forsøksfeltene, på granittplatene og på tauverk som rammet inn forsøksfeltene. Det viser at sukkertare kan vokse og rekruttere i dette området hvor den nå har forsvunnet. Forsøket indikerer også at sukkertarevegetasjonen kan påvirke annen vegetasjon og redusere mengden av bunnslam og trådalger. I forsøksfeltene var forskjellen mellom skrapte og ikke-skrapte småruter visket ut. På utsiden av forsøks-feltene var det som ellers et tykt teppe av tilslammende trådalger. Data fra forsøket er fortsatt til bearbeiding.

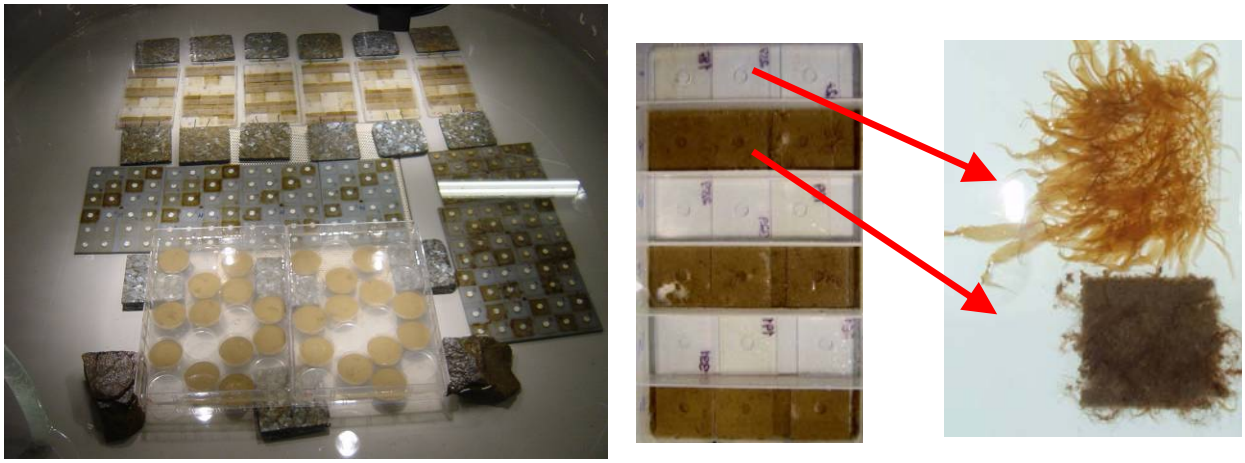


Figur 22. Forsøksfelt med transplantert sukkertare.
Experimental site with transplanted sugar kelp.

9.2 Utsåingsforsøk

I januar-mars 2006 ble det utført forsøk i akvarier på HIs forskningsstasjon Flødevigen for å etablere god metodikk for produksjon av sporer og gjennomføre utsåinger på eksperimentelt manipulert substrat.

Resultatene fra utsåingseksperimentene er ikke ferdig analysert, men det er en klar tendens som indikerer at bunnslam hindrer spiring av sukkertarekimplanter som vist i Figur 23. Bunnslammet som ble testet var hentet fra Terneholmen og etablert på platene i omtrent samme mengde som målt i naturen. Resultatene tyder på at de bunnforholdene som i dag er på Terneholmen hindrer sukkertaren fra å reetablere.



Figur 23. Vekst av sukkertarekimplanter på ulike typer substrat i akvarieforsøk (venstre) og resultat av utsåing på ren plate og plate dekket med bunnslam etter 2 måneders vekst (høyre). *Growth of sugar kelp germlings on various types of substratum in aquarium experiments (left), and result of seeding experiment with clean plates and silty plates after 2 months of growth (right).*

10. Referanser

Bengtson, H. and Stevens, R.L., 1998. Source and grain-size influences upon the clay mineral distribution in the Skagerrak and northern Kattegat. Clay Minerals 33: 3-13.

Chamley, H., 1989. Clay Sedimentology. Springer, Heidelberg, 623 pp.

Guiry MD et al. 2006. AlgaeBase version 4.1. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. http://www.algaebase.org; searched on 4 June 2006

Hop H, Pearson T, Hegseth EN, Kovacs KM, Wiencke C, Kwasniewski S, Eiane K, Mehlum F, Gulliksen B, Wlodarska-Kowalczuk M, Lydersen C, Weslawski JM, Cochrane S, Gabrielsen GW, Leakey RJG, Lønne OJ, Zajaczkowski M, Falk-Petersen S, Kendall M, Wängberg S-Å, Bischof K, Voronkov AY, Kovaltchouk NA, Wiktor J, Poltermann M, di Prisco G, Papucci C, Gerland S. 2002. The marine ecosystem of Kongsfjorden, Svalbard. Polar Res. 21 (1), 167– 208.

Lane CE, Mayes C, Druehl LD & Saunders GW 2006. A multi-gene molecular investigation of the kelp (Laminariales, Phaeophyceae) supports substantial taxonomic re-organization. J.Phycol 42. 493-512

Moy FE, J Aure, E Dahl, T Falkenhaug, N Green, T Johnsen, E Lømsland, J Magnusson, L Omli, F Olsgaard, E Oug, A Pedersen, B Rygg og M Walday. 2005. Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge. Kystovervåkingsprogrammet. Årsrapport for 2004. TA-2099/2005. NIVA-rapport 5026.

Pederstad, K., Roaldset, E., and Rønningsland, T.M., 1993. Sedimentation and environmental conditions in the inner Skagerrak-outer Oslofjord. Marine Geology, 111: 245-268.

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

Sjøtun K, 1990. Undersøkingar av tare og tareskog, med særleg vekt på årssyklus hos sukkertare (Laminaria saccharina) frå Vestlandet. I: Blyttia. Årg. 48, (1990) s. 39-44.

Sjøtun K, 1993. Seasonal lamina growth in two age groups of Laminaria saccharina (L.) Lamour. in western Norway. In: Botanica Marina. Vol. 36, (1993) pp. 433-441.

Zöllmer V. and Irion, G., 1993. Clay mineral and heavy metal distribution in the northeastern North Sea. Marine Geology 111: 223-230.

Åsen PA, 2006. Utviklingen av marin benthosalgevegetasjon i Vest-Agder 1975-2005 med spesiell referanse til sukkertare. Natur i Sør, Agder naturmuseum rapport 2006-2.

Statlig program for forurensningsovervåking
Sukkertareprosjektet

Statens forurensningstilsyn (SFT)
Postboks 8100 Dep, 0032 Oslo - Besøksadresse: Strømsveien 96
Telefon: 22 57 34 00 - Telefaks: 22 67 67 06
E-post: postmottak@sft.no - Internett: www.sft.no

Utførende institusjon Norsk institutt for vannforskning - NIVA	ISBN-nummer 82-577-4991-5

Oppdragstakers prosjektansvarlig Frithjof Moy	Kontaktperson SFT Karen Fjøsne	TA-nummer 2193/2006

	År 2006	Sidetall 36	SFTs kontraktnummer 6006117

Utgiver Norsk institutt for vannforskning NIVA-rapport 5265-2006	Prosjektet er finansiert av Statens forurensningstilsyn

Redaktør: Frithjof Moy
Bidragsytere: Elisabeth Alve (UiO), Jim Bogen (NVE), Hartvig Christie (NIVA), Norman Green (NIVA)Aud Helland (NIVA), Henning Steen (HI), Eva Skarbøvik (NIVA) og Per Stålnacke (NIVA)

Tittel
Statusrapport nr. 1-2006 fra Sukkertareprosjektet. .

Status report no. 1-2006 from the Sugar Kelp Project.

Sammendrag
I 2002-2004 ble det påvist bortfall av sukkertare på store deler av indre kyst av Skagerrak. Miljøverndepartementet bevilget midler til et Sukkertareprosjekt (2005-2007) forvaltet av Statens forurensningstilsyn (SFT) og Direktoratet for naturforvaltning (DN) med formål å undersøke omfang og årsaker til bortfall av sukkertare. Tilstandsundersøkelsene i 2004 og 2005 viste en estimert tilbakegang i sukkertarevegetasjonen på 90 % i Skagerrak og 50 % i Rogaland/Hordaland, sammenliknet med eldre data. De mest sannsynlige årsaker per i dag er overgjødsling, nedslamming og klimatiske hendelser med temperaturøkning og regn høst/vinter.
Analyser viser sterk sedimentasjonsbelastning med høyt organisk innhold i de tidligere sukkertareområdene. Kildesporing viser så langt klar overvekt av sediment fra glasiale bergarter (lokale tilførsler) og kun spor av langtransporterte tilførsler av leiremineraler. Det organiske materialet er hovedsakelig fra marin produksjon, anslagsvis 75 %, med unntak av stasjoner nærmest elvemunninger som tydelig var influert av ferskvann/ terrestrisk materiale. Høyt organiske innhold er sannsynlig følge av eutrofiering.
Artssammensetningen skiller seg klart fra tidligere sukkertarevegetasjon ved sterk dominans av kortlivede, små, trådformede alger og stor forskjell mellom vinter- og sommervegetasjon. Trolig som en følge av vegetasjonsendringen er antall individer av mobile dyr redusert til ¼-del og antallet arter nær halvert. De biologiske analysene er ikke avsluttet.
Innledende forsøk har vist at sukkertaren kan vokse normalt og kan rekruttere igjen i de berørte kystområder, men at bunnslam reduserer rekrutteringspotensialet kraftig.

4 emneord	4 subject words
Sukkertare	Sugar kelp
Eutrofiering	Eutrophication
Sedimentering	Sedimentation
Skagerrrak	Skagerrak