



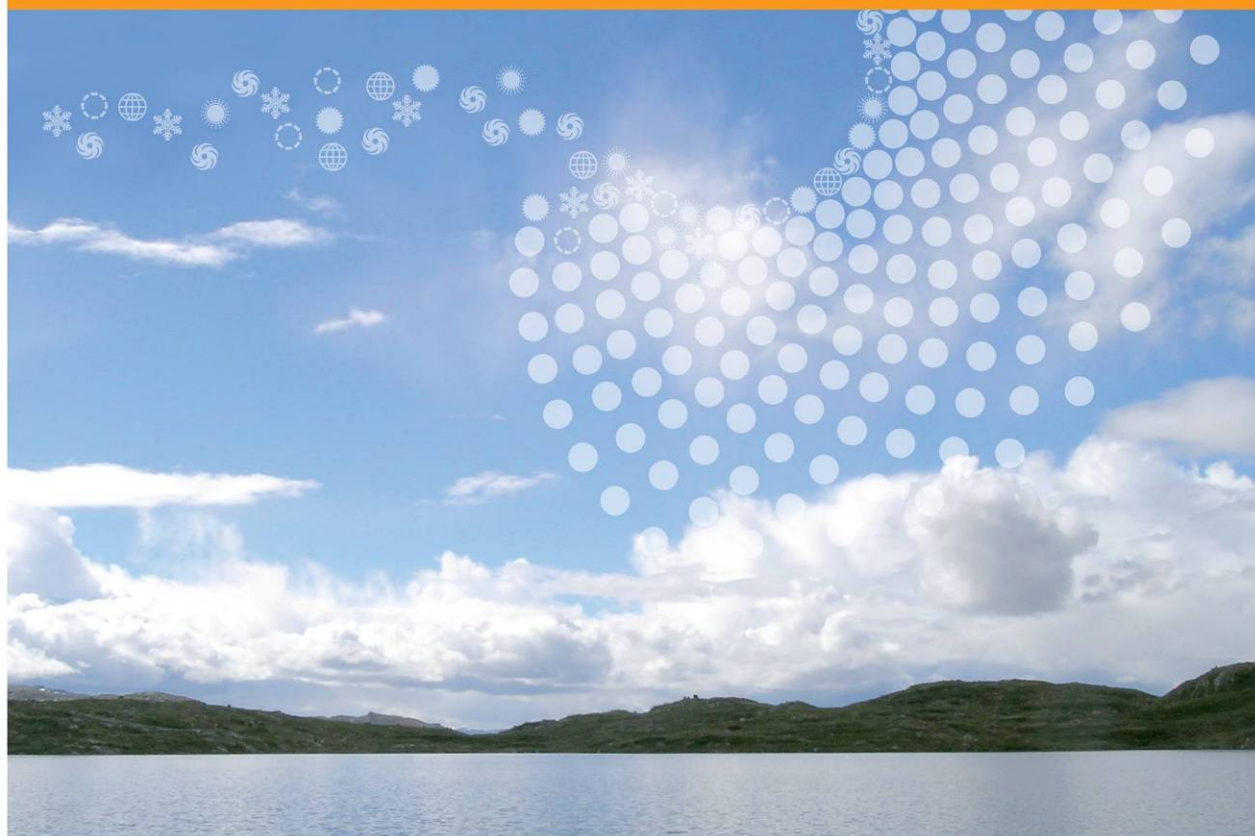
Statlig program for forurensningsovervåking

SPFO-rapport 1043

SUKKERTAREPROSJEKTET SLUTTRAPPORT

2467

2008



Bioforsk



NIVA



Statlig program for forurensningsovervåking
Sukkertareprosjektet

SPFO-rapport: 1043/2008
TA-2467/2008
ISBN 978-82-577-5444-0

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

- **Sukkertareprosjektet**
- **Sluttrapport**

**Rapport
1043/08**

Sluttrapport fra Sukkertareprosjektet 2005-2008



Samarbeidsparter:

Norsk institutt for vannforskning
Havforskningsinstituttet
Bioforsk
Universitetet i Oslo, Institutt for Geofag, Institutt for Biologi
Universitetet i Bergen, Institutt for Biologi
Agder Naturmuseum
Meteorologisk institutt

Utgivende institusjon:
Norsk institutt for vannforskning
NIVA-prosjektnr.: O-28046
NIVA-rapport: 5709-2008

FORORD

Da omfanget av sukkertaredøden langs kyst av Skagerrak ble kjent høsten 2004, opprettet Miljøverndepartementet Sukkertareprosjektet (2005-2008) for å kartlegge tilstanden og identifisere årsaker, mulige konsekvenser og tiltak. Sukkertareprosjektet ledes av Statens forurensningstilsyn (SFT) i samarbeid med Direktoratet for naturforvaltning (DN).

Sukkertareprosjektet har bestått av mange aktiviteter og aktører. Norsk institutt for vannforskning (NIVA), Havforskningsinstituttet, Meteorologisk institutt, Universitetene i Oslo og Bergen, Agder Naturmuseum, Bioforsk og Nansensenteret m.fl. har alle bidratt med viktig kunnskap og innsats for måloppnåelse i prosjektet. Rapporter fra Sukkertareprosjektet er publisert jevnlig på SFTs hjemmeside for prosjektet.

Sluttrapporten oppsummerer kunnskapsstatus i sukkertareprosjektet og våre vurderinger av årsakssammenhenger, samt foreslår tiltak. Flere har bidratt direkte til kapitler i rapporten foruten at konklusjoner og sammendrag har vært gjennomgått av ennå flere:

Universitetet i Oslo: Elisabeth Alve ved Institutt for Geofag (mineralogiske analyser), Stein Fredriksen ved Institutt for Biologi (biologisk faggruppe).

Universitetet i Bergen: Dag Aksnes (lys og lyssvekning) og Kjersti Sjøtun (biologisk faggruppe) ved Institutt for Biologi.

Havforskningsinstituttet: Henning Steen (biologisk faggruppe, sjøtemperatur), Jan Aure (oseanografi og kjemi).

BIOFORSK: Per Stålnacke, Annelene Pengerud, Lillian Øygarden, Eva Skarbøvik (elvetilførsler, jordbrukstilførsler, jordbrukstiltak).

Meteorologisk institutt: Bruce Hackett (vind, bølger, nedbør, temperatur)

NIVA seksjon for oseanografi: Jan Magnusson, Kai Sørensen (oseanografi og kjemi).

Seksjon for miljøinformatikk: John Rune Selvik (tilførselsberegninger).

Seksjon for biologisk mangfold: Hartvig Christie (biologisk faggruppe, feltinnsamling), Lise Tveiten (feltinnsamling), Janne Gitmark (makroalger), Trine Bekkby (modellering), Torbjørn Johnsen (mikroalger) og Wenche Eikrem (mikroalger) og Frithjof Moy (biologisk faggruppe, feltinnsamling, prosjektleder og redaktør for rapporten)

Alle takkes for et godt samarbeid.

Grimstad, 8. desember 2008



Frithjof Moy
redaktør av sluttrapporten

Akseptert for publisering 23. februar 2009

Rapporten skal refereres som følger:

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 PA, 2008. Sluttrapport fra Sukkertareprosjektet. SFT-rapport TA-2467/2008, NIVA-rapport 5709. 131 s.

INNHold

Konklusjoner	5
1. Sammendrag	7
2. Innledning	15
2.1 Aktiviteter i Sukkertareprosjektet	15
2.2 Rapporter i Sukkertareprosjektet	17
Del A: Tilstand	19
3. Regionvis gjennomgang av sukkertaretilstanden	20
3.1 Ytre Oslofjord	21
3.2 Sørlandet	22
3.3 Sør-Vestlandet	24
3.4 Vestlandet	25
3.5 Nord-Vestlandet	27
3.6 Andre land	28
4. Modellert utbredelse og bestandstap	32
4.1 Bakgrunn og målsetning	32
4.2 Data og metodikk	33
4.3 Resultater	34
Del B: Kunnskap om årsaker og konsekvenser	37
5. Sukkertareøkologi og biologiske interaksjoner	37
5.1 Autøkologi og generell beskrivelse	37
5.2 Sukkertarevekst og -fertilitet i Skagerrak	39
5.3 Sukkertare og næringssalter	43
5.4 Sukkertare og lys	44
5.5 Sukkertare og temperatur	45
5.6 Sukkertare og partikler	47
5.7 Sukkertare og vannbevegelse	47
5.8 Sukkertareøkosystemet	48
5.9 Artssammensetning	50
6. Klima: Vind, bølger, nedbør og temperatur	56
6.1 Vind og bølger	58
6.2 Nedbør og temperatur	59
6.3 Sjøtemperatur	60
7. Lys og mulige effekter av mørkere kystvann	64
7.1 Sammenhenger mellom lyssvekkelse, eufotisk sone, siktedyp, og algehabitat	65
7.2 Blir det norske kystvannet mørkere?	66
7.3 Konsekvenser av formørking	67
8. Næringssalter og vannkvalitet	69
9. Tilslamming av sjøbunnen	74
10. Kilder til næringssalter og partikler	80
10.1 Langtransporterte tilførsler av næringssalter og partikler	80
10.2 Lokale tilførsler av næringssalter og partikler	84
11. Konsekvenser og tiltak	99
11.1 Konsekvenser	100
11.2 Tiltak for reduksjon i tap fra jordarealer	101
11.3 Tiltak i sjøsonen	104
12. Referanser	107
Vedlegg: A Artstabeller	110
B Kart over faste overvåkingsstasjoner	115
C Kart over Observasjoner og Prediksjoner av sukkertareforekomst	117
D Beregning av reduksjon i forekomst av sukkertare	129



Tett sukkertareskog



Skogløs bunn dekket av et teppe med rødalger (Sørlandet)



Tykt teppe av trådalger (med bleiktuste som den dominerende) dekker sjøbunnen hvor det tidligere vokste sukkertareskog (Vestlandet)

Konklusjoner

av NIVA, Havforskningsinstituttet, Bioforsk, Agder Naturmuseum, Universitetet i Bergen og Oslo, met.no

- Sukkertareskogen er sterkt redusert eller mangler helt i fjorder og skjærgårdsområder på store deler av Sørlandet og deler av Vestlandet. Det viser undersøkelser av ca 600 lokaliteter i Sør-Norge hvor sukkertarevegetasjon var forventet, utført i Sukkertareprosjektet på oppdrag fra Miljøverndepartementet. På ytre, bølgeeksponert kyst vokser det fortsatt sukkertare (sammen med stortare), slik at bortfallet av sukkertare har skjedd på indre, bølgebeskyttet kyst. I tillegg til redusert geografisk utbredelse, er dybdeutbredelsen for sukkertare også redusert. Nedre voksegrense i Ytre Oslofjord er redusert fra 25m dyp i 1950 til 12-15m i dag.
- Bortfallet av sukkertare er nå anslått til hhv. 80 og 40 % i Skagerrak og på Vestlandet. Det reflekterer en liten forbedring sammenliknet med 2004-06, men det er variasjon fra år til år i den biologisk tilstanden, slik at disse tallene ikke er statiske.
- Tepper av hurtigvoksende, opportunistiske og kortlevde alger har erstattet sukkertareskogene. I Skagerrak dominerer trådformede rødalger, mens trådformede brunalger dominerer på Vestlandet. Dette trådalgesamfunnet har stor biomasse sommerstid, men etterlater en naken fjellbunn vinterstid.
- Konsekvensene av skifte fra sukkertareskog til trådalgesamfunn er sannsynlig dramatiske med hensyn til tapt produksjon, men er ikke fullt ut undersøkt i prosjektet. Antall arter og individer av små dyr i algevegetasjonen hvor mange er viktig føde for fisk og fugl, er redusert med hhv. ca 25 og 75 %. Det tilsvarer produksjon av 50 000 tonn fisk om all produksjon beregnes omsatt oppover i næringskjeden. Tap av sukkertare medfører et betydelig tap i stående biomasse og tapt CO₂-binding til verdi 100 millioner kroner basert på dagens CO₂-pris på kr 155/tonn.
- Det er sannsynligvis ikke én isolert og ansvarlig faktor, men interaksjoner mellom faktorer som kan forklare bortfall av sukkertare og et skifte i vegetasjon til et trådalgesamfunn. Det er også sannsynlig ulike årsaker til bortfallet av sukkertare og til manglende gjenvekst av sukkertare. Blant de viktigste faktorer er temperatur, næring, lys, substrat og beiting.
- Høy sjøtemperatur er ut fra en totalvurdering den enkeltfaktor som mest sannsynlig kan ha utløst en regional taredød i 1997 og slik sett kan klimaendring ha initiert et regimeskifte. Kritisk høye sjøtemperaturer for sukkertare (mer enn 19 °C over lengre tid) ble målt somrene 1997, 2002 og 2006 i Skagerrak og deler av Vestlandet. Feltobservasjoner indikerer bestandsreduksjoner etter 1997 og 2006.
- Temperatur kan ikke alene forklare masseforekomster av trådalger selv om økt temperatur kan stimulere produksjonsrater og vinteroverlevelse. Høy temperatur kan heller ikke forklare at det observeres gjenlevende, og tilvekst av, sukkertare på helt grunt vann (1-3 m dyp), men ikke på dypere vann (hvor vannet er kaldere).
- Sommertilførsler av næringssalter er den enkeltfaktor som mest sannsynlig har størst betydning for opprettholdelse av trådalgevegetasjonen og manglende gjenvekst av sukkertare. Den sterke veksten av slike kortlevde, hurtigvoksende alger på Sørlandet og Vestlandet (ulik artssammensetning) forutsetter begge steder tilgjengelige næringssalter i sommerhalvåret.
- Næringssalttilførsler vil nesten alltid stimulere produksjon av tynne og trådformede alger (forutsatt lys og uansett temperatur), men økte næringssalter i seg selv kan ikke forklare tapet av sukkertare, da næringssalter ikke er toksisk og kun kan påvirke sukkertaren indirekte gjennom reduserte lysforhold og stimulering av trådalgevekst som kan "begrave" og skygge ut sukkertaren.
- Lys sammen med næringssalter, er primære, nødvendige ressurser for alger og planter. Lyssvekningen i kystvann verden over har økt betydelig siste 50 år, også i vårt kystvann. Kystvannformørkning har redusert dybdeutbredelse av sukkertare og er sannsynligvis årsak til

en betydelig svekkelse av populasjonene i de dypeste deler av utbredelsesområdet. Kystvannformørkning skyldes en kombinasjon av økt innhold av ferskvann, humus (browning), partikler og planteplankton. Endringer i lys har skjedd over lang tid og kan ikke alene forklare de plutselige endringer i sukkertarens forekomst og skifte i vegetasjon til trådalger.

- Klimaendringer har gitt økt frekvens av milde vintre med mange fryse-tinedøgn og mye nedbør som regn. Tilførsler av partikler og næringsalter fra elver og bekker varierer med vannføringen og mer regn høst og vinter, gir økt transport av næringsstoffer, organisk stoff, partikler og annet til kystområdene. I årene 1995, 1999 og 2000 var tilførslene til Skagerrak meget høye. 1996 var et spesielt tørt år som medførte lave tilførsler.
- Bunnslam reduserer kimplantenes spiringssuksess betydelig og er en sannsynlig årsak til den svake rekrutteringen av sukkertare i tilslammede kystområder. Hemmet rekruttering kan forklare rask nedgang i bestanden (kort generasjonstid, 3-5 år). Slammet er tilført fra land og marin produksjon. Tilslamming er et problem på Skagerrakkysten som har oppstått de siste 10 årene. Mest slam er målt i vinterhalvåret når sukkertaren skal rekruttere. Tilslamming er ikke et tilsvarende problem i undersøkte områder av Vestlandet, med unntak i deler av Rogaland.
- Kråkebollebeiting er ikke årsak til bortfall av sukkertare i Sør-Norge, slik som kråkeboller er årsak til tareskogdød i enkelte fjorder og i store deler av Nord-Norge.
- Vi mener det er behov for tiltak som reduserer lokale menneskeskapte tilførsler til fjorder og kystvann hvor det er økologisk dårlig tilstand. Tiltak som reduserer avrenning fra land av ferskvann, næringsalter, organisk materiale og partikler, er viktig med hensyn til å redusere tilslamming av bunnområdene og å øke lysdypet. Avbøtende tiltak mot utslipp av næringsalter i sommersesongen er viktig for å redusere oppblomstringen av uønskede trådalger.
- Tiltak mot lokale utslipp kan bare ha effekt der hvor de lokale tilførsler utgjør en forskjell fra naturlige bakgrunnsverdier. Tiltak må også ta høyde for klimatiske endringer. Det er ikke utført kost/nytte-analyser av tiltak i prosjektet. Langtransporterte tilførsler av vann fra Østersjøen, Nordsjøen og Atlanterhavet har størst betydning for vannkvaliteten i vår kyststrøm. Generelt har vannmasser fra Kyststrømmen en dominerende betydning for vannet i fjorder og skjærgårdsområder og mer slik på Vestlandet enn i Skagerrak grunnet større tidevannsutskiftning. I sommerhalvåret når næringssaltkonsentrasjonene i kystvannet er naturlig lave, har lokale tilførsler stor lokal betydning og er viktige for lokal algeproduksjon. Teoretiske tilførselsberegninger (TEOTIL) viser at jordbruk og akvakultur er de største menneskeskapte kilder til næringsalter på hhv. Østlandet og Vestlandet. Beregningene viser at tilførslene til Vestlandet fra akvakultur har økt betydelig siste 10-år, spesielt om sommer og høst.
- I følge internasjonal litteratur er det dokumentasjon på at ubalanse i kystøkosystemene forsterker eutrofiliknende tilstander i sjøvegetasjonen og at tiltak som stopp av overfiske og økt habitatmangfold vil kunne rette opp balansen. Vi erkjenner imidlertid å ha for liten kunnskap om denne type årsakssammenhenger. Revitalisering av sukkertareøkosystemet med etablering av ”grønne oaser” gjennom utsåing og utplantning av sukkertare i kombinasjon med kunstige rev, er under utprøving.
- Sukkertareprosjektet har med tydelighet vist hvor viktige langtidsdataserier er for å kunne skille signal fra støy. I mange sammenhenger har datagrunnlaget vært for svakt til kunne gi sikre svar. Det er viktig å ruste opp prøvetaking (programmer) med hensyn til frekvens og tilstrekkelige og felles parametere for å møte framtidens behov.

1. Sammendrag

Sukkertareprosjektet

Sukkertare har forsvunnet fra store deler av Skagerrakkysten og utbredelsen på Vestlandet er redusert flere steder. Det viser kartleggingen i Sukkertareprosjektet. Sukkertareprosjektet ble initiert i 2004 etter bekymringsmeldinger om bortfall av sukkertare på Skagerrakkysten i 2002. Prosjektet (2005-2008) er finansiert av Miljøverndepartementet (MD) og ledes av Statens forurensningstilsyn (SFT) i samarbeid med Direktoratet for naturforvaltning (DN). Prosjektets målsetning har vært å kartlegge omfanget av og å finne årsakssammenhenger til bortfallet av sukkertare, med sikte på mulige forvaltningstiltak. Det har vært mange aktiviteter i prosjektet som har involvert mange faginstitusjoner: Norsk institutt for vannforskning (NIVA), Havforskningsinstituttet (HI), Meteorologisk institutt, Bioforsk, Agder Naturmuseum, Nansensenteret og Universitetene i Oslo og Bergen. NIVA, ved Frithjof Moy, har hatt et overordnet ansvar for mange av aktivitetene og for løpende rapporteringer fra prosjektet publisert på SFTs hjemmeside, hos DN og på MDs Miljøstatus.

Forskning knyttet til sukkertareproblematikken fortsetter i flere sammenhenger, men først og fremst gjennom et Forskningsrådsfinansiert sukkertareprosjekt (2007-2010) under ledelse av NIVA i samarbeid med Havforskningsinstituttet og Universitetene i Oslo og Bergen. Forskningsprosjektet finansierer en doktorgrad tilknyttet Universitetet i Oslo. HI og NIVA har også et samarbeidsprosjekt på revitalisering av sukkertareskogen med utprøving av teknikker for utsåing og utplantning av sukkertare. NIVA-prosjekter på kunstige rev evalueres også mht. fjordrestaurering og gjenvekst av tareskog.

Denne sluttrapporten er skrevet av alle deltakende institusjoner i fellesskap i den forstand at rapporten summerer opp kunnskap fra tidligere rapporter fra Sukkertareprosjektet sammen med ny og oppdatert kunnskap om årsakssammenhenger der hvor det har vært nødvendig. Det er en tverrfaglig enighet om de hovedkonklusjoner som oppsummeres i dette sammendraget.

Sukkertare

Sukkertare er en stor 1-3 m lang brunalge som vokser fra 1 til 30 m dyp avhengig av lys- og bunnforhold, og som danner tareskog i fjorder og skjærgårdsområder på bølgebeskyttet kyst. På bølgeeksponert kyst dominerer stortare, og der vokser sukkertare vanligvis på dypere vann hvor stortarevegetasjonen er mindre tett. På de kyststrekninger der sukkertare har gått kraftig tilbake eller forsvunnet, er det fortsatt noe sukkertare igjen på ytre kyst ut mot stortaren. Det er således ikke noen umiddelbar fare for selve arten, men biotopen sukkertareskog, med tilhørende arter av smådyr og fisk, er truet og har forsvunnet helt fra store deler av den indre kystsonen.

Årsaker til bortfall av sukkertare er knyttet til sukkertarens livssyklus og krav til miljøet. Sukkertaren blir fertil om høsten og sprer sine sporer i vintermånedene. Sporene spirer til mikroskopiske kjønnsplanter (gametofytter) og hannplanten sender ut en sverm av gameter. Ut fra det befruktete egget vokser det fram en ny, stor sukkertare (sporofytt). Første året vokser taren så mye den "kan", mens andre året blir den fertil ut på høsten og livssyklusen er gjennomført. Sukkertaren blir mellom 3 og 5 år gammel og antakelig nærmere 3 enn 5 i Skagerrak. Sukkertaren tar opp og lagrer næring i bladet i vinterhalvåret, når næringssaltkonsentrasjonene i sjøvannet er høye og bruker det i sin vekst ut over vår og sommer uavhengig av næringssaltkonsentrasjoner i vannmassene. Veksten blir redusert om sommeren og algen går over i den sporeproduserende fasen. Sukkertare er en kaldtvannsart med vid, sirkumpolar geografisk utbredelse på den nordlige halvkule (inkludert Svalbard). Artens

sørlige utbredelsesgrense i Europa går ved Portugal og sammenfaller med 19 °C sommerisoterm for overflatevannet (23 °C er beskrevet som dødelig temperatur).

I de områder hvor sukkertare har forsvunnet eller er redusert til sparsom forekomst, er det diverse trådformede alger som har overtatt dominansen. Sommerstid danner trådalgene et tykt, lurvete teppe med helt andre funksjonelle egenskaper enn tareskogen. Til tider er det store forekomster av mikroalger, blågrønnalger og andre mikroorganismer som bidrar til å gjøre algemattene (og påveksten) tett og klebrig. Begrepet trådalger er brukt i vid forstand og inkluderer fin- og grovforgrenete og rørformete alger, samt martaum (tykk læraktig). Vanlige makroalger inkludert i trådalgesamfunnet på 5-6 m dyp er: *Asperococcus bullosus*, *Chorda filum*, *Spermatocchnus paradoxus*, *Sphacelaria plumosa* (brunalger), *Brongniartella byssoides*, *Ceramium virgatum*, *Cystoclonium purpureum*, *Heterosiphonia japonica*, *Lomentaria clavellosa*, *Polysiphonia elongata*, *P. fucoides*, *Rhodomela confervoides*, *Trailliella intricata* (rødalger), *Cladophora cf albida*, *C. cf sericea* (grønnalger). De fleste av disse finner vi ikke om vinteren, mens andre er tilstede i reduserte former (festeskive, noen få hovedstammer, små tuster etc.). Av flerårig arter med (relativt) lik form sommer og vinter er følgende rødalger vanlige både i undervegetasjonen til sukkertare og i teppet av trådalger: *Coccotylus truncatus*, *Corallina officinalis*, *Chondrs crispus*, *Furcellaria lumbricalis*, *Phyllophora* sp.

Verdisetting

Konsekvensene av sukkertaredøden er ikke undersøkt fullt ut, men et skifte fra helårs sukkertareskog til et sommersamfunn av trådalger betyr tap av primærproduksjon, tap av stabilt habitat for små dyr og fisk, og tap av biologisk mangfold. Det er beregnet at 40 000 dekar sukkertareskog er blitt borte på Skagerrakkysten. Verditap knyttet til naturtype, redusert rekreasjonsverdi (fritidsfiske, fangst) og tapt potensiell produksjon av fisk og andre ressurser til næringsvirksomhet, utgjør store beløp selv om det er knyttet store usikkerheter til slike beregninger. Undersøkelsene viser at antall arter og individer av små dyr i algevegetasjonen hvor mange er viktig føde for fisk og fugl, er redusert med hhv. ca 25 og opptil 75%. Dette vil ha konsekvenser oppover i næringskjeden til bl.a. torskefisk og sjøfugl, siden både mengde og kvalitet i næringstilbudet er endret. Tapet tilsvarer produksjon av 50 000 tonn fisk om all produksjon beregnes omsatt oppover i næringskjeden. Tap av sukkertareskog har også medført et betydelig tap av skjul spesielt i vinterhalvåret, for små fisk, fiskeyngel og også andre arter som er avhengig av skjul. Det er beregnet at stående biomasse i trådalgevegetasjonen som har erstattet sukkertareskogen, bare utgjør ca 5 % av biomassen i en sukkertareskog. Tap i stående biomasse gir tapt CO₂-binding i størrelse 100 millioner kroner basert på dagens CO₂-pris på kr 155/tonn.

Tilstand

Tilstanden er klassifisert fra god til dårlig i en 5 trinns skala. Bedømmingen er basert på forekomst av sukkertare i ca 6 m dyp (om den er skogdannende, vanlig tilstede, spredt, sjelden eller fraværende), vurdering av dens "kondisjon" ut fra en visuell bedømming (frisk, begrodd, i oppløsning) og forekomst av annen vegetasjon (stortare, trådalger etc.). Resultater fra siste kartleggingsundersøkelse i august 2008, sammen med tidligere undersøkelser i prosjektperioden 2005-2008, er brukt til å fastsette tilstanden i tarevegetasjonen.

På Skagerrakkysten er tilstanden i sukkertarevegetasjonen på indre kyst generelt dårlig og dominert av trådalger i hele undersøkelsesperioden fra 2004 til 2008. Reduksjonen i sukkertarebestanden er estimert til 80 % og den har forsvunnet helt fra 60 % av kyststrekningen. Tilstanden i østre deler av Ytre Oslofjord synes å være bedre enn på kysten av Telemark og Agder. Høsten 2007 og våren 2008 ble det observert en svak tilvekst av ny tare

enkelte steder, men overgroing av trådformete alger sommeren 2008 og bortfall av tare, gjør at tilstanden fortsatt vurderes som dårlig på 80 % av kysten. Det er ikke observert gjenvekst av sukkertareskog i de berørte områder og vegetasjonen er dominert av trådforete rødalger om sommeren. Om vinteren er bunnen generelt naken. Både sjøbunn og vegetasjon er sterkt tilslammet.

I Rogaland (undersøkt i 2005-2008) er tilstanden for sukkertare dårlig i sjøområdene mellom og innenfor de store øyene i Boknafjorden (Rennesøy-Finnøy-Umbo), med unntak på bølgeutsatte lokaliteter dvs. steder med stor vannutskiftning (eksponert mot Boknafjorden eller strøm) hvor tilstanden er moderat til god. Om sommeren vokser det store mengder av trådalger, som bleiktuste, på sjøbunnen og på gjenlevende tareplanter. Om høst og vinter er sjøbunnen naken med lite vegetasjon. Det er noe slam på bunnen, men ikke så mye som i Skagerrak. I Karmøyområdet er tilstanden generelt god i områder med god vannutskiftning. I Høgsfjorden er det observert en god bedring. Tilstanden var dårlig over det hele i 2005-07, men i november 2007 ble det observert sukkertarerekrutter og i 2008 var det vokst fram ny, god sukkertarevegetasjon flere steder. Tilstanden vurderes nå som middels til god, men sterk groe av trådalger om sommeren gjør framtiden usikker.

I Hordaland (undersøkt i 2005-2008) har tilstanden variert mye, men det har vært en positiv utvikling i undersøkelsesperioden i flere områder. I Raunefjorden var forekomsten av sukkertare stekt redusert i 2005-2006 sammenliknet med tidligere (1980-tallet), men det har vært en positiv utvikling i 2007-08 med gjenvekst av sukkertareskog på flere av lokalitetene. Tilstanden vurderes i dag som generelt god, men i mer innelukkede områder (viker) og i enkelte fjordområder er det redusert forekomst av sukkertare i forhold til forventet. Der dominerer bleiktuste og andre trådalger og tilstanden vurderes som moderat til dårlig. Befaringer i Hardangerfjorden har vist varierende tilstand mht. forekomst og utbredelse av sukkertare. Det ble registrert sterk tilbakegang sommeren 2007 sammenliknet med 1960-tallet. Høsten 2007 og første halvdel av 2008 ble det observert tilvekst av sukkertare (på grunt vann), men så ble det funnet en tilbakegang igjen i løpet av sommeren 2008. Utviklingen i Hardangerfjorden følges opp i et eget prosjekt.

Undersøkte områder i Sogn og Fjordane (2006 og 2008) hadde generelt god tilstand med unntak av Dalsfjorden og områder med stor menneskelig påvirkning (tettsteder, industri etc.). I Dalsfjorden var det generelt dårlig tilstand med fullstendig dominans av trådalger og kun enkelte sukkertareplanter. I midtre deler av Åfjorden var det redusert tilstand, mens den ble bedre igjen lenger inne og ute i fjorden. Dumbefjorden hadde god tilstand og kan brukes som referansefjord i denne regionen.

Tilstanden på undersøkte lokaliteter i Møre og Romsdal (bare undersøkt i 2006) var generelt god med unntak av Tingvoll-/Sunndalsfjorden, steder med tydelig menneskelig påvirkning (tettsteder, industriområder) og områder med redusert vanngjennomstrømming. Tingvoll-/Sunndalsfjorden kan ha senskader etter kråkebollebeiting i tillegg til evt. annen belastning. I 2006 ble det bare registrert store mengder kråkeboller på de helt indre stasjonene i fjorden, mens vegetasjonen i hele fjorden generelt var dominert av trådalger og kun enkelte sukkertareplanter ble observert.

Andre land

På den svenske vestkysten av Skagerrak er det observert en markant reduksjon i forekomst og utbredelse av sukkertare og en tilsvarende endring i bunnvegetasjonen som på vår Skagerrakkyst. På ytre svensk vestkyst og på danske stenrev i nordre Kattegat/Skagerrak er

det bare funnet mindre variasjon i sukkertarebestanden og tilstanden her betegnes som normal. Det er tilsvarende som på vår ytre kyst. På dansk side i Kattegat har forekomstene av sukkertare gått tilbake, men ikke på svensk side i Kattegat. De svenske og danske undersøkelser er utført med finansiell støtte fra Nordisk Ministerråd (MiFi). I andre Nordsjøland har det også vært observert endringer i sjøvegetasjonen og i forekomsten av sukkertare. På Helgoland, i Tyskebukta, har sukkertarebestanden gått tilbake, men her har stortare økt i forekomst og overtatt de områder som sukkertare tidligere dekket. Fra kysten av Irland og Sør-England er det rapportert om tilbakegang i bestanden av flere tarearter. På kysten av Skottland er det ikke observert tilbakegang. Det er initiert et europeisk nettverk for å etablere status for sukkertare i Europa og felles forståelse av årsakssammenhenger.

Økosystemet

Sukkertareøkosystemet er strukturert av den store og flerårige sukkertaren som skaper et stabilt skogsmiljø på sjøbunnen over sesonger og år. Økosystemet av store tareplanter, små alger i undervegetasjonen, mikroorganismer, krepsdyr, snegler og fisk, fungerer gjennom interaksjoner mellom artene og med det geofysiske og kjemiske miljøet. Sukkertaren huser mange av disse artene, men er selv også avhengig av arter i sukkertareskogen, som for eksempel at snegl spiser uheldig påvekst på tarebladet og hjelper til med å holde taren ren.

Hurtigvoksende, ofte opportunistiske og trådformete alger blomstrer naturlig opp sommerstid, men mengden av disse er påvirket av flere forhold. Økt tilgjengelighet av næringsalter om sommeren, for eksempel gjennom tilførsler, vil gi økt vekst av disse algene. Vannbevegelse vil påvirke akkumulering av trådalgeproduksjon, da de lettere rives løs enn sukkertare og fraktes ut av systemet. Trådalgene spises også av små krepsdyr og snegl, og det er vist at mangel på disse kan gi opphoping av trådalger. Disse krepsdyr og snegl er igjen føde for lokal småfisk og større omstreifende rovfisk. Men nedgang i rovfisk, for eksempel torsk, kan lede til redusert bestand av disse viktige smådyrene gjennom en kaskadeeffekt hvor redusert topppredasjon fører til økt forekomst av lokale småfisk (for eksempel leppefisk) som resulterer i for hard predasjonen på små krepsdyr og snegl. Det er rapportert om nedgang i torsk på Skagerrakkysten og at det muligens har vært en økning i bestanden av leppefisk.

Trådalgesamfunnet som mange steder har erstattet sukkertareskogen, tilbyr et annet og mer ustabilt miljø med sterke årstidsvariasjoner. Trådalgesamfunnet har sommerstid ofte høyere mangfold av makroalger enn sukkertaresamfunnet, men er økologisk fattigere pga. færre funksjonelle roller og i det at trådalgesamfunnet reduseres til en naken sjøbunn i vinterhalvåret. Nedgang i mengden av små krepsdyr og snegl i trådalgesamfunnet sammenliknet med sukkertaresamfunnet medfører at tap av tareskog gir både tap av skjul og mat som har konsekvenser oppover i næringskjeden. For nesten alle arter er skjul viktig for overlevelse.

Årsakssammenhenger

Økosystemet balanseres av et samspill av biologiske faktorer som konkurranse (mellom arter om primære ressurser), beiting på alger og predasjon på dyr, og geofysiske/kjemiske faktorer. I det følgende oppsummeres hva sukkertareprosjektet har funnet av årsakssammenhenger med konsekvenser for sukkertaretilstanden i Skagerrak og på Vestlandet. Variasjon, trender eller hendelser i sentrale miljøvariable presenteres nedenfor tematisk og er vurdert av prosjektets biologiske faggruppe i lys av sukkertarens miljøkrav og økologiske mekanismer.

Stille vær på slutten av 90-tallet

Vindstyrke og vindretning (klima) har mye si for vannutveksling i fjordene, bølgedannelse og omrøring av vannmassene. God vannbevegelse antas å være positivt for taren, mens stormer

vil kunne rive løs store mengder tare. Vindanalyser (1960-2005) viser mer vind fra sør-vest og økende frekvens av sterke vinder fra sør-vest (mer enn 6 m/s) om vinteren i Sør-Norge (ytre Oslofjord, Sørlandet, Lista og Vestlandet). Økning i vind er ikke direkte negativt for taren, men sørlige vinder fører mer næringsrikt vann fra sørlige Nordsjøen og til vår kyststrøm. Det har vært flere perioder med stille sommervær. Spesielt på begynnelsen 80-tallet (1981-84) og på slutten av 90-tallet (1996-2002) var det mye stille vær over hele Sør-Norge. Stille vær vurderes som uheldig for taren.

Rekordhøy vinternedbør

Nedbør og temperatur (klima) påvirker avrenning fra land og kan bidra til utvasking av næringsstoffer og partikler som igjen kan føre til eutrofiering og tilslamming i sukkertarens leveområder. Årstid, nedbørmengde og temperatur (frysing og tining) bestemmer grad av avrenning i tillegg til arealbruk (vekster og jordarbeiding). Sammenliknet med normalen (1961-90) har Agder-regionen blitt både våtere og varmere siden 1980. Rundt årene 1962, 1975, 1988-1994, 2000 og 2005 var det mange fryse-tinedøgn og spesielt siden 1988 har det vært en så å si sammenhengende 15-årsperiode med unormalt høy vinternedbør. Høy lufttemperatur i denne perioden medførte at vinternedbør i stor grad kom som regn og ga stor vintervannføring i elvene. Studier av vannføring og partikkeltransport har vist at store mengder, i noen tilfeller 90 % eller mer av partikkeltransporten, går ut med slike høst- og vinterflommer. Jorderosjon betyr også avrenning av næringsstoffer og humus i tillegg til leirepartikler. Men det er lokale og regionale forskjeller i avrenning knyttet til klima, jordbunn, menneskelige inngrep og drift.

Rekordhøy sjøtemperatur

Sjøtemperaturen i Sør-Norge har hatt en negativ utvikling for sukkertare med hyppig frekvens av varme sommere siden 1994. Høye sjøtemperaturer ble målt i 1997, 2002/03 og 2006. Sommeren 1997 ble det målt rekordhøye sjøtemperaturer i hele Sør-Norge og overflatemålinger i Flødevigen (Skagerrak) viste 19 °C eller mer i nær 2 sammenhengende måneder. I 1997 det ble også målt over 19 °C ned til 10 m dyp i Skagerrak 1 n.m. av land. Kystovervåkingen av ytre eksponert kyst, viser en sannsynlig temperaturrespons i bestanden av sukkertare i 1997, og bestanden av butare som i langt større grad er temperaturfølsom (utbredelsesgrense = 16 °C), samvarierer betydelig med sommertemperaturene (1995-2006). Vi har ingen observasjoner av sukkertare på indre kyst mellom 1996 og 2002, men i motsetning til indre kyst, har bestanden av sukkertare på ytre kyst bygget seg opp igjen til normalt nivå etter få år. Analyser av langtidsserier viser at det har vært varme perioder også tidligere, som i 1930-årene, slutten av 1950-årene, slutten av 1960-årene og midten av 1970-årene. Det foreligger ingen opptegnelser av sukkertarens forekomst i disse periodene, men eldre dykkere og fiskere kan fortelle at taren også har "forsvunnet" tidligere. Taren har de gangene tydeligvis kommet tilbake, så spørsmålet er derfor like mye hva som er forskjell i dag siden taren nå (mange steder) ikke har vist gjenvekst siste 5-10 år.

Grumsete vann reduserer sukkertareforekomstene

Lys er en viktig faktor som setter ytre grenser for algenes utbredelse i dypet. Det er sannsynlig at økt lyssvekning i kystvannet det siste hundreåret har ført til reduksjon i nedre voksegrense for alger og har presset sjøvegetasjonen opp på grunnere vann. Det betyr økt konkurransen om plass mellom artene og bestandsreduksjoner for arter med vid dybdeutbredelse som sukkertare. I ytre Oslofjord er nedre voksegrense for sukkertare redusert fra 25 m (eller dypere) i 1950-årene til 15 m i 1990 og til ca 12 m i 2007. På grunn av manglende tidsserier hefter det stor usikkerhet til hvor stor lyssvekningen har vært. Lyssvekningen påvirkes av ferskvann, humus/fargestoffer, mengden av suspenderte partikler og planteplankton. En

følsomhetsanalyse viser at økt ferskvannsinntilførsel, ”browning”, økt næringsstofftilførsel og økt oppholdstid av næringsstoffer i eufotisk sone (som gir vekst av planktonalger), fører til økt lyssvekning og grunnere eufotisk sone. Pga interaksjonseffekter kan moderate endringer i hver av faktorene til sammen gi store eutrofiutslag. Ettersom habitatet for sukkertare blir grunnere blir interaksjoner med temperatur potensielt viktigere, da temperatur øker (normalt) mot overflaten. Redusert lysdyp har sannsynlig vært sterkt medvirkende til endringer i sjøvegetasjonen og en medvirkende årsak til redusert forekomst av sukkertare. Lyssvekning og spektralendring må inkluderes i framtidige vurderinger av eutrofisituasjonen i norske kyst- og fjordområder.

Lokale vs. langtransporterte tilførsler

Langs norskekysten renner den norske kyststrømmen som starter i Skagerrak/Ytre Oslofjord med langtransportert vann fra Østersjøen, sørlige Nordsjøen og Atlanterhavet. I Skagerrak er overflatelagets saltholdighet lavere enn i havvann pga. store ferskvannstilførsler fra kontinentale elver, Østersjøen og lokale elver. Ferskvannet bringer også med seg store mengder næringsstoffer, partikler etc., og det er beregnet at ca. 70 % av nitraten i kystvannet utenfor Sørlandet vinter/vår stammer fra Tyskebukta. Mineralanalyser viser at sukkertarelokalitetene på Skagerrakkysten mottar finpartikulært materiale (<2 µm) fra sydlige deler av Nordsjøen/Skagerrak. Hvor mye partikler og næringsrikt vann som transporteres til vår kyst er vindavhengig og varierer mye fra år til år. Økningen i langtransportert tilførsel av næringsstoffer kulminerte i 1995 og har siden avtatt noe, men vinter/vårkonsentrasjonene av nitrat er fortsatt større enn det som ble observert i 1965-80. Storfloam i de kontinentale elver i 1994 og 1995 ga stor transport av næringsstoffer og partikler til vår kyst fra Tyskebukta, spesielt våren 1995. I 1995 kom det i tillegg store lokale tilførsler ifm. storfloam på Østlandet. Disse hendelser sammenfaller i tid med nedgang i sukkertarebestandene i 1994-95. Fra Lista og videre nordover tilføres kyststrømmen gradvis mer Atlanterhavsvann. Kyststrømmen blir saltet og vannkvaliteten blir mer lik havvann. Kyststrømmen transporterer så store vannmengder at lokale utslipp og elvetilførsler av næringsstoffer har liten betydning for vannkvaliteten i selve kyststrømmen. Lokale tilførsler av næringsstoffer har lokal betydning og blir viktige i sommerhalvåret når det er naturlig lave konsentrasjoner i kyststrømmen.

Klimautviklingen styrer lokale elvetilførsler

Analyser av elveovervåkingsdata (RID- og JOVA-programmene) viser at det er store år til år variasjoner i transporten av næringsstoffer og partikler fra både små og store elver til kysten, og at dette i første rekke skyldes stor variasjon i vannføring (klimastyrt). Særlig store tilførsler til Skagerrak ble observert i 2000 etter en langvarig regnperiode om høsten på Østlandet. Det har trolig ført til dårligere tilstand i fjorder og skjærgårdsbassenger på Skagerrakkysten ved økt tilslamming og høyt oksygenforbruket i dypvannet (jfr. Risørbassenget, 2001-02). Tilførslene fra Østlandselvene har vært relativt normale i 2004-2007, men med en tendens til økning igjen i 2006-2007, spesielt i Numedalslågen og Drammenselva. Orreelva som drenerer til Sør-Vestlandet, viser en tendens til økt transport av partikler og til dels også fosfor, noe som ikke enkelt kan forklares da en kilde- og tiltaksanalysestudie på Jæren viser minskning i fosforkildene siden 1995. Stort tap av partikler og næringsstoffer fra landbruket sammenfaller med stor vannføring (dvs. mye regn) som i 1999-2000, 2004, 2006-2007. Klimatiske forhold som milde vintre og endret nedbørmønster (hyppighet, intensitet), har betydning for avrenning med bekker og elver.

Lokale menneskeskapte kilder til næringsstoffer

På Østlandet er jordbruk, i følge statistiske beregninger, den største menneskeskapte kilden til næringsstoffer til kystsonen. Akvakultur er den langt største kilden til næringsstoffer på

Vestlandet, og her blir tilførsler fra jordbruk og elver til sammenlikning marginale. Beregnede tilførsler av næringssalter fra fiskeoppdrett har økt betydelig siste 10 år, spesielt sommer og høst. Jordbruket bidrar i større grad med partikler fra erosjon på Østlandet, mens det i større grad er næringssaltavrenning på Vestlandet (som skyldes forskjeller i driftsformer). Lokale tilførsler fra jordbruk og akvakultur har sin topp i sommerhalvåret når naturlige bakgrunnsverdier av næringssalter i kystvannet er lave. Disse tilførslene kan derfor gi grobunn for lokale algeoppblomstringer sommerstid. Sommertilførsler av næringssalter til gruntvannsområder vil nesten alltid medføre økt vekst av hurtigvoksende trådalger og gi problematisk stor trådalgebiomasse i områder med lite vann- eller bølgebevegelse.

Overgjødsling

Gjødsling er i seg selv ikke skadelig, men blir det når produksjonen ikke kan omsettes oppover i næringskjeden, fører til skadelig algeoppblomstring og skaper mer dødt organisk materiale enn hva resipienten har kapasitet til å bryte ned (oksygensvinn). Sterk groe av trådalger er en indikator på overgjødsling, mens måling av næringssaltkonsentrasjoner i vannmassene om sommeren er en dårlig indikator da næringssalter raskt bindes i biomasse. For eksempel er Skagerrak klassifisert som overgjødsling, men konsentrasjonen av løste næringssalter i overflatevannet sommerstid er like lave (eller høye) ved Færder i ytre Oslofjord som i Raunefjorden på Vestlandet. Imidlertid indikerer et høyt oksygenforbruk i dypvannet i flere fjorder på Skagerrakkysten stor organisk belastning (eutrofiering). Siktdypet målt i kyststrømmen i Skagerrak er også redusert (i Kystovervåkingsperioden etter 1990) og både oksygenforholdene og siktedypet vurderes som signaler på eutrofi og økte ferskvannstilførsler. Observasjoner av sterk oppblomstring av trådalger er en indikasjon på overgjødsling.

Bunnslam hindrer gjenvekst av tareskog

Kystovervåkingsprogrammet har registrert økende partikkelmengde og økt organisk bundet nitrogen og -karbon i kystvannet uten tilsvarende økning i algeplanktonkarbon, som indikerer mye dødt organisk materiale i vannmassene. Tilslamming av hardbunnsområder er samtidig et problem som har økt betydelig de siste 10 årene på Skagerrakkysten. På Vestlandet er det ikke observert tilsvarende tilslamming med unntak av områder i Rogaland. Økt tilslamming er en sannsynlig årsak til sukkertarens dårlige utbredelse i Skagerrak fordi slammet hindrer gjenvekst av tare. Mest slam er målt i vinterhalvåret når sukkertaren rekrutterer. Bunnslammet har et høyt organisk innhold og ca. 75 % av slammet stammer fra marin produksjon, men andelen er avhengig av avstand fra elveutløp. Leirmineralene i slammet stammer overveiende fra lokale kilder, men de vestlige kyststrekningene av Skagerrak mottar relativt sett mer langtransportert materiale enn de østlige fordi det er flere store elver på Østlandet.

Sektorvise tiltak

Med sammensatte årsakssammenhenger som er produkt av klimatiske endringer og menneskeskapte tilførsler, og sannsynligvis ulike årsaker til taredød og til manglende gjenvekst, er det vanskelig å gi direkte konkrete anbefalinger for tiltak. Økt sjøtemperatur grunnet klimatiske endringer har redusert en "naturlig" betingelse for sukkertareutbredelse, men siden det vokser sukkertare på ytre kyst og på helt grunt vann på indre kyst (der temperaturen er høyest), ser vi ikke temperatur i dag som et hinder for gjenvekst av sukkertare. Vi kan derfor anbefale at det gjøres tiltak overfor menneskeskapte tilførsler i den hensikt å skape gjenvekst av sukkertareskoger i fjorder og skjærgårdsområder.

Det er ikke utført kost/nytte-analyser av tiltak i prosjektet og tiltak mot lokale utslipp kan bare ha effekt der hvor de lokale tilførsler utgjør en forskjell fra naturlige bakgrunnsverdier og det er dårlig økologisk kvalitet i vannforekomsten.

Redusert fotosyntese/produksjon hos sukkertaren grunnet grumsete vann og stor ”påvekst” som skygger for taren, er sannsynlig avgjørende årsak til at taren dør på dypere vann. Det forklarer at sukkertare fortsatt finnes i områder med stor vannbevegelse (som hindrer akkumulering av trådalger) og at sukkertaren overlever på grunt vann (hvor lysinnstrålingen er god). Vi mener det følger må iverksettes tiltak mot forhold som svekker lyset i kystvannet som økt ferskvannsinntilflytelse, humus/fargestoffer og planktonalgeoppblomstring, og forhold som gir oppblomstring av trådalger, dvs. sommertilførsler av næringssalter.

Tiltak mot partikkelavrenning og utslipp av næringssalter vil høyst sannsynlig også ha positiv innvirkning på tilslammingen av kystområdene som er vist å ha en sterk negativ innvirkning på rekrutteringen av sukkertare. Tilslammingen er sterk i Skagerrak, men er ikke funnet å være et problem i undersøkte områder av Vestlandet, med unntak i deler av Rogaland.

Teoretiske tilførselsberegninger (TEOTIL) viser at jordbruk og akvakultur er de største menneskeskapte kilder til næringssalter på hhv. Østlandet og Vestlandet. Innenfor landbruket er det gjennomført en rekke tiltak som f.eks. fangdammer, vegetasjonssoner og tiltak mot jorderosjon. I det siste er det også gjennomført redusert gjødsling for en del områder (Vansjø og Jæren). Det anbefales å styrke slike tiltak. Algedyrking av sukkertare og andre arter i kombinasjon med fiskeoppdrettsanlegg kan trolig fange opp mye av næringssaltene som slippes ut under produksjonen av fisk. Kombianlegg, også med blåskjell, er ingen ny tanke og det finnes erfaringsbakgrunn for utvikling av teknologi og praksis som er tilpasset våre forhold. Behovet for biomasse til biobrenstoff og mikrostofer til medisin-/næringsmiddelindustri kan gjøre tiltaket lønnsomt. Med hensyn til lysvekningen i kystvannet er det viktig å sette fokus på aktiviteter som medfører økt humus avrenning, også i lys av klimatiske endringer. Nedbygging av land og blokkering av naturlige vannveier som kan ta unna store nedbørmengder, er menneskeskapte endringer som også har betydning for vannkvaliteten i kystsonen.

Vi anbefaler at avbøtende tiltak mot utslipp suppleres med tiltak for revitalisering av skadede fjorder og kystområder. Sukkertareundersøkelsene på Skagerrakkysten kan tyde på at kystøkosystemet er så utarmet at det krever hjelp for å snu den negative utvikling. Det kan trolig best gjøres ved å øke både bio- og habitatmangfoldet. Etablering av ”grønne oaser” gjennom utsåing og utplanting av sukkertare i kombinasjon med kunstige rev, er tiltak under utprøving for å få tilbake et livskraftig samfunn med variert alge og dyreliv. Som prosjekter mot avskoging på land, er det behov for storskalainnsats for å få effekt av tiltaket.

Forvaltningen av kystsonen har også en internasjonal dimensjon i det skifte i sukkertareøkosystemet er påvirket og avhengig av spredning via havstrømmer, endringer i kommersielle fiskebestander og utslipp til atmosfæren. I følge internasjonal faglitteratur forsterker ubalanse i kyst- og havøkosystemene eutrofiliknende tilstander i sjøvegetasjonen og tiltak som stopp av overfiske og økt habitatmangfold, må iverksettes for å rette opp balansen. Vi erkjenner å ha for liten kunnskap om denne type årsakssammenhenger.

følgende har bidratt til utforming av denne sammenfatningen av Sukkertareprosjektet

NIVA: H Christie, J Magnusson, F Moy, K Sørensen.

HI: J Aure, E Dahl, V Husa, H Steen,

Bioforsk: P Stålnacke, A Pengerud, L Øygarden,

Universiteter og museer: D Aksnes, E Alve, S Fredriksen, K Sjøtun, PA Åsen,

met.no: B Hackett

F Moy har vært ansvarlig redaktør.

2. Innledning

I denne sluttrapporten fra Sukkertareprosjektet (2005-2008) rapporteres hovedkonklusjoner og kunnskapsstatus med hensyn til tilstand og årsakssammenhenger så langt vi i dag vet. Det har vært mange aktiviteter i prosjektet som har involvert et stort antall mennesker fra mange faginstitusjoner: Norsk institutt for vannforskning (NIVA), Havforskningsinstituttet (HI), Meteorologisk institutt, Bioforsk, Agder Naturmuseum, Nansensenteret og Universitetene i Oslo og Bergen. NIVA har hatt et overordnet ansvar for gjennomføring av hovedaktiviteter og løpende rapportering. NIVA har stått for kartlegging og overvåking av biologisk tilstand. Forskning knyttet til sukkertareproblematikken fortsetter i flere sammenhenger, men først og fremst gjennom et Forskningsrådfinansiert sukkertareprosjekt (2007-2010) som med vitenskapelige metoder skal etterprøve mange av hypotesene som er formulert i prosjektet. Forskningsprosjektet ledes av NIVA og utføres i samarbeid med HI og Universitetene i Oslo og Bergen. Forskningsprosjektet finansierer en doktorgrad tilknyttet Universitetet i Oslo.

Denne sluttrapporten er skrevet av alle deltakende institusjoner i fellesskap i den forstand at resultater er sakset fra tidligere rapporter fra prosjektet og oppdatert der hvor det har vært nødvendig med hensyn til ny kunnskap om årsakssammenhenger. NIVA har hatt redaktøransvaret og står som utgiver for rapporten.

2.1 Aktiviteter i Sukkertareprosjektet

Målsetningen for sukkertareprosjektet har vært å kartlegge omfanget av og finne årsaker til bortfallet av sukkertare for vurdering av eventuelle tiltak. Undersøkelsene har tatt utgangspunkt i de observerte forhold på Skagerrakkysten hvor tilslammede matter av trådalger hadde erstattet sukkertareskogen. Foruten å kartlegge sukkertarens utbredelse og tilstand, ble det etablert sesonginnsamling av bunnslam, sedimentfeller og av algematta fra 10 stasjoner i Skagerrak for å beskrive sesongvariasjoner, spore kilder til bunnslammet og finne mulige ledetråder til årsakssammenhenger. Biologiske undersøkelser og tilstandskartlegging ble etter hvert utvidet til å inkludere Vestlandet. I arbeidet med å forstå årsakssammenhenger ble det også gjennomført en stor analyse av klima- og overvåkingsdata for å kaste lys over sukkertaredøden og observert endringer i kystsonen.

I det følgende gis her en kort punktvis, kronologisk oversikt over aktiviteter gjennomført i sukkertareprosjektet.

Aktiviteter gjennomført i 2004:

- Pilotundersøkelse av omfanget av sukkertaredøden på Skagerrakkysten

Aktiviteter gjennomført i 2005:

- Tilstandsundersøkelser i Skagerrak med innsamling av sedimentfeller, bunnslam og biologiske undersøkelser på utvalgte stasjoner
- Etablering av 10 stasjoner for rutinemessig innsamling i Skagerrak.
- Tilstandsundersøkelser i Rogaland og Hordaland.
- Dykkeundersøkelser av PA Åsens gamle stasjoner i Vest-Agder.
- Målinger av partikkeltransport i Numedalslågen.
- Analyse av mengde tilslamming av hardbunn basert på stereofoto og undervannsvideo fra overvåkingsdata, blant annet fra Kystovervåkingsprogrammet.
- Vegetasjonsendringer på strandnotstasjoner og undersøkelser av sammenheng med variasjoner i forekomst av fisk langs Skagerrakkysten.

- Sammenstilling av relevante langtidsserier for analyse av klimatiske endringer med betydning for sukkertaren (fase 1, jfr. punkt 2 i 2006 nedenfor).

Aktivitetsoversikt for 2006

1. Aktiviteter videreført fra 2005
 - Vinter, vår, sommer og høstundersøkelser av faste stasjoner i Skagerrak for å studere sesongvariasjoner og følge utviklingen i algevegetasjon og bunnslam.
 - Sommer og høstundersøkelser av utvalgte stasjoner i Rogaland for å følge utviklingen i algevegetasjon og bunnslam.
 - Sommer og høstundersøkelser av utvalgte stasjoner i Hordaland for å følge utviklingen i algevegetasjon og bunnslam.
2. Klimatiske analyser av langtidsserier med utgangspunkt i Kystovervåkingsdata, hydrografiske data, JOVA-data, elveavrenningsdata (RID og Sur nedbør) og meteorologiske data med mulig betydning for sukkertaren. Fase 2 av aktiviteten ble gjennomført i 2006 og rapportert i 2007 (TA-2279). Fase 2 var en mer inngående analyse av utvalgte dataserier innsamlet og systematisert i fase 1 i 2005.
3. Nye kartleggingsaktiviteter
 - Kartlegging av tilstanden i Sogn og Fjordane (sommertilstand)
 - Kartlegging av tilstanden i Møre og Romsdal (sommertilstand).
4. Innledende sukkertarestudier
 - Vekst og fertilitetsstudier av sukkertare på tau i Flødeviga
 - Labforsøk med bunnslam og sukkertaresporer for å studere effekter av bunnslam på sporer og spiring.
 - Feltforsøk med utplanting av sukkertare til berørte områder.

Aktivitetsoversikt for 2007

1. Aktiviteter videreført fra 2006
 - Sesongundersøkelser i Skagerrak (vinter, vår, sommer og høst) av tilstand, algevegetasjon og bunnslam.
 - Tilstandsundersøkelser i Rogaland, utvidet til vinter, vår, sommer og høst for å studere sesongvariasjoner og utviklingen i algevegetasjon og bunnslam.
 - Tilstandsundersøkelser i Hordaland, utvidet til vinter, vår, sommer og høst for å studere sesongvariasjoner og utviklingen i algevegetasjon og bunnslam.
 - Videreføring av vekst og fertilitetsstudier av sukkertare
 - Utplanting av mer sukkertare i feltene på Terneholmen, Arendal.
2. Nye kartleggingsaktiviteter
 - Tilstandskartlegging av algevegetasjonen i Hardangerfjorden (midtre del av fjorden)
 - Tilstandskartlegging av sukkertarevegetasjonen på svensk og dansk side av Skagerrak/Kattegat. Arbeidet var finansiert av Nordisk Ministerråd.
3. Tiltaksrettede arbeider
 - Etablering av ”grønne oaser” med utplanting og utsåing av sukkertare, samt utsetting av steinbrikker med sukkertarespirer på stasjoner i Arendal og Grimstad
 - ”Grønn grus”-pilot for å studere en mulig kostnadseffektiv metode for utsåing av sukkertare. Arbeidet er medfinansiert av Aust-Agder Kompetanse og Utviklingsfond.
4. Fiske i ulike vegetasjonstyper for økt kunnskap om næringsnett og økosystemkonsekvenser av skifte i algevegetasjonen.
5. Oppstart av 4-årig forskningsrådsprosjektet på sukkertare finansiert av Norges forskningsråd (NFR-prosjekt 178681, 2007-2010).

Aktivitetsoversikt for 2008

1. Aktiviteter videreført fra 2006-2007
 - Sesongundersøkelser i Skagerrak (vinter/vår og sommer) av algevegetasjon og bunnslam.
 - Sesongundersøkelser i Rogaland (vinter/vår og sommer) av algevegetasjon og bunnslam.
 - Sesongundersøkelser i Hordaland (vinter/vår og sommer) av algevegetasjon og bunnslam.
 - Undersøkelser i Sogn og Fjordane (sommer) av algevegetasjon og bunnslam.
 - Videreføring av vekst og fertilitetsstudier av sukkertare
 - Studiet av årsakssammenhenger er videreført i Forskningsrådsprosjektet (2007-2010).
 - Tiltaksrettet forsøk med utsåing og utplanting av sukkertare har fortsatt med finansiering fra Aust-Agder Kompetanse og Utviklingsfond.
2. Nye kartleggingsaktiviteter
 - SFT-seminar om næringssalters betydning (9-10 okt. 2008)
 - Sluttrapport fra Sukkertareprosjektet (denne rapporten)

2.2 Rapporter i Sukkertareprosjektet

I det følgende gis en kronologisk oversikt over rapporter fra sukkertareprosjektet og rapporter som omtaler bortfallet a sukkertare:

2004

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

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

2005

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 overvåking og analyser i 2005. http://www.sft.no/nyheter/dokumenter/sukkertareskogen_notat180105.pdf

Sedimentasjon på hardbunn i Skagerrak – en screening av undervannsbilder og film fra perioden 1990-2004. NIVA-notat, mai 2005. 11 s.

2006

Statusrapport nr. 1 fra Sukkertareprosjektet, SPFO-rapport: 961/2006, TA-2193/2006

Vegetasjonsendringer på utvalgte strandnotstasjoner i perioden 1989-2005 og sammenheng med variasjoner i forekomster av fisk. TA-2178/2006

Gjennomgang av historiske strandnotdata. Sammenheng mellom utbredelse av sukkertare og annen makrovegetasjon og forekomst av fisk. TA-2177/2006

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

Åsen PA. 2006. Marin benthosalgelvegetasjon i Vest-Agder (Hydra-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 benthosalgelvegetasjon i Vest-Agder 1975-2005 med spesiell referanse til sukkertare. Natur i Sør, Agder naturmuseum rapport 2006-2.

2007

Statusrapport nr. 2 fra Sukkertareprosjektet, SPFO-rapport: 978/2007, TA-2232/2007
Tilstandstatus i Skagerrak, Rogaland, Hordaland, Sogn og Fjordane, Møre og Romsdal

Sukkertareprosjektet: Analyse av klima- og miljøovervåkingsdata med betydning for sukkertare. TA-2279/2007

2008

Statusrapport nr. 3 fra Sukkertareprosjektet, SPFO-rapport: 1020/2008, TA-2398/2008
Tilstand i Skagerrak, Rogaland, Hordaland i 2007. Årsakssammenhenger og konsekvenser

Se også

Miljøstatus i Norge: http://www.miljostatus.no/templates/themepage_5355.aspx

SFT: http://www.sft.no/tema_41897.aspx

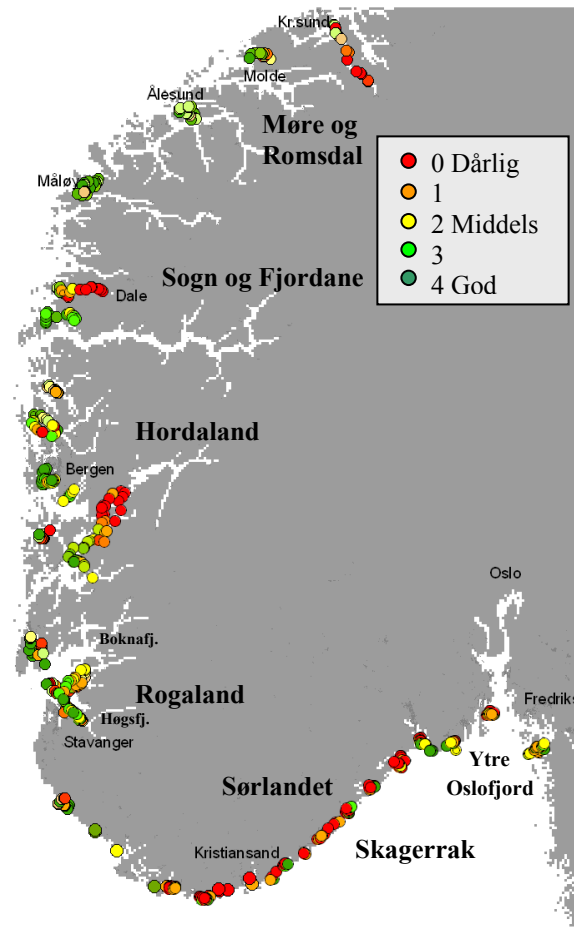
NIVAs temaside på www.niva.no/tareskog

Del A: Tilstand

På store deler av Sørlandet og deler av Vestlandet er forekomsten av sukkertare sterkt redusert eller mangler helt i fjorder og skjærgårdsområder. På ytre, bølgeeksponert kyst vokser det fortsatt sukkertare (sammen med stortare). Rundt 600 lokaliteter i Sør-Norge, fra svenskegrensa i øst til Kristiansund i nord, er undersøkt i perioden 2005-08 og tilstanden er vurdert ut fra forekomst av sukkertare og trådalger, som mange steder helt har erstattet sukkertareskogene. Figur 2.1 viser dagens tilstand. I tillegg til redusert geografisk utbredelse, er også dybdeutbredelsen for sukkertare mange steder redusert til en smal sone på helt grunt vann. Bortfallet er anslått til hhv. 80 og 40 % i Skagerrak og Rogaland- Hordaland.

I Skagerrak er tilstanden for sukkertare dårlig og trådalger dominerer sjøvegetasjonen. Tilstanden i ytre Oslofjord synes å være bedre enn på Sørlandskysten. Stedvis og tidvis observeres det ny sukkertare på helt grunt vann, men det er ikke observert gjenvekst av sukkertareskog i de berørte områder.

I Rogaland er tilstanden dårlig i området innenfor de store øyene i Boknafjorden (Rennesøy-Finnøy-Umbo). På mer bølgeeksponerte områder er tilstanden i 2008 moderat til god. I Høgsfjorden er det observert en god bedring i perioden 2005-2008. I Hordaland ble det også funnet en bedring med tilvekst av sukkertare i 2008 på overvåkingsstasjonene i Raune- og Fanafjorden ved Bergen. Tilstanden er generelt god til moderat, men varierer mye og er dårlig i enkelte fjordområder. I Sogn og Fjordane er tilstanden generelt god med unntak av Dalsfjorden og enkelte tettsteder. I Møre og Romsdal (bare undersøkt i 2006) var tilstand generelt god med unntak av enkelte tettsteder og i Tingvoll-/Sunndalsfjorden.



Figur 2.1 Sukkertaretilstand i Sør-Norge basert på undersøkelser i 2005-2008.



Bilder: Sukkertareskog i 1992 (venstre) er i 2002 (høyre) blitt erstattet av et trådalgesamfunn. Fra Kystovervåkingsstasjon Buøy, Arendal. (Foto: F Moy, NIVA).

3. Regionvis gjennomgang av sukkertaretilstanden

av *F Moy, H Christie, L Tveiten, J Gitmark (NIVA)*

Dagens tilstand for sukkertare er basert på en samlet vurdering av de siste resultater fra august 2008 og tidligere undersøkelser i sukkertareprosjektet i perioden 2005-2008. Tilstanden for sukkertare er bedømt ut fra dens forekomst på 6 m dyp (skogdannende, vanlig tilstede, spredte planter, sjelden eller fraværende), dens "kondisjon" ut fra visuell inspeksjon (frisk, begrodd, i oppløsning) og forekomst av andre dominerende alger (stortare, trådalger). Tilstanden er klassifisert fra god til dårlig i en 5 trinns skala.



God tilstand med frisk sukkertareskog



Sukkertare med dominans av trådalger



Trådalgedominert samfunn uten sukkertare



Martaum i stedet for sukkertare



Nedslammet vinterbunn på Skagerrakkysten

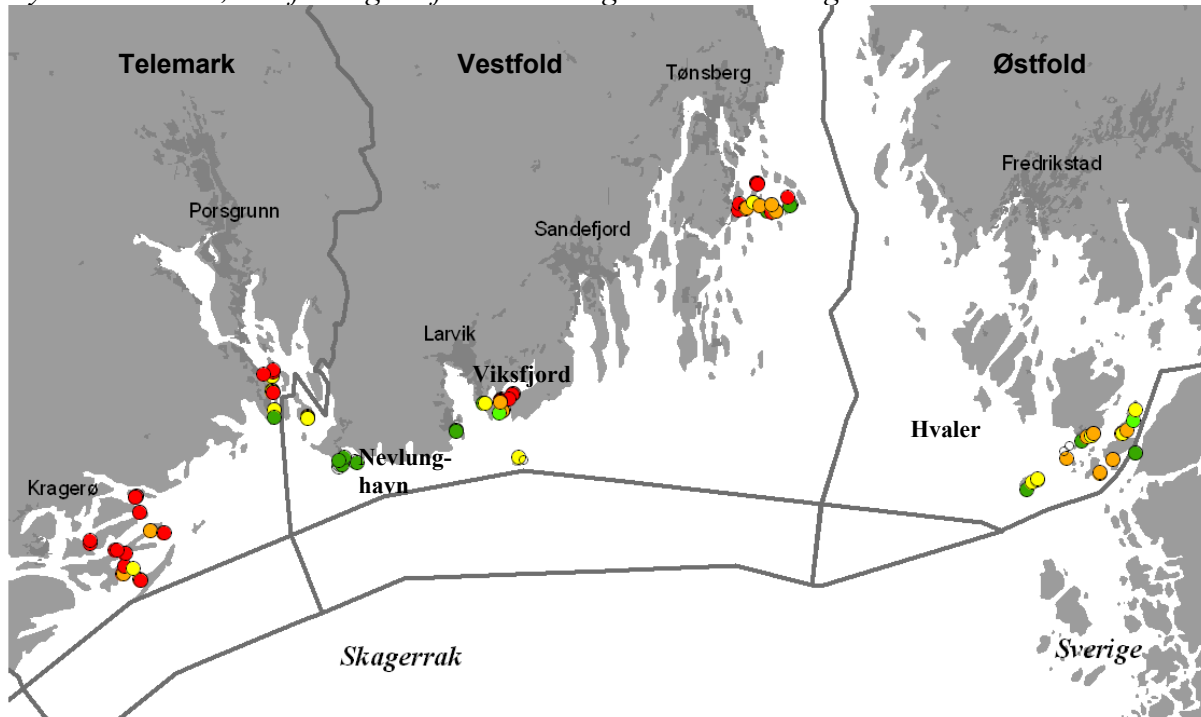


Sukkertareblad helt overgrodd av div alger og dyr.

(Foto: NIVA ved H Christie og F Moy)

3.1 Ytre Oslofjord

Fylke: Telemark, Vestfold og Østfold. Vannregion: Vestviken og Glomma



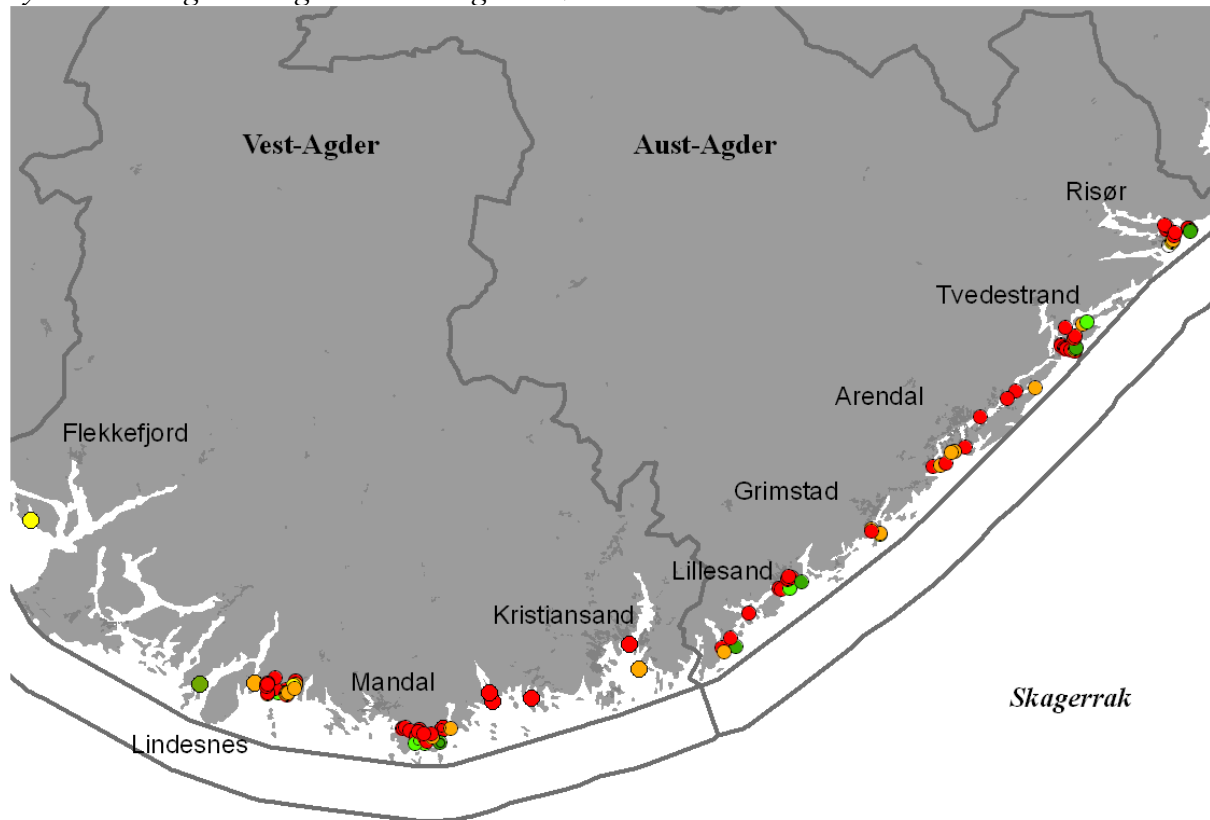
Figur 3.1 Kart over undersøkte sukkertarestasjoner i ytre Oslofjord (2005-2008). Tilstanden er klassifisert fra god (grønn) til dårlig (rød) i en 5 trinns skala. Grå streker viser fylkesgrenser.

Tilstanden for sukkertare i Ytre Oslofjord varierer fra moderat i Hvaler til dårlig i Telemarks skjærgård. Kartleggende undersøkelser ble gjennomført i 2004 (innledningen til Sukkertareprosjektet), 2005 og 2008, og sesonginnsamlinger er utført på 3 faste stasjoner (Larviksområdet: Sundskjæra, Agnes og Svenner) i perioden 2006-2008 (se kart i Vedlegg B).

I Hvalerområdet er tilstanden undersøkt i Singlefjorden og ut til Tisler. Det ble observert moderat til god forekomst av sukkertare, men også mye trådalger som var dominerende på et stort antall stasjoner i området. Tilstanden synes ikke å ha blitt dårligere i perioden. Lengre inn i Ytre Oslofjord, i skjærgården utenfor Tønsberg, ble det registrert lite sukkertare med unntak av individer på helt grunt vann og på bølgeutsatte øyer hvor sukkertare ble registrert sammen med stortare. Trådalger dominerte hele området og tilstanden var dårlig alle år. Larviksfjorden mottar store tilførsler fra Numedalslågen, men fjorden er åpen med stor bølgeeksponering og vannutskiftning med havet utenfor, som modererer elvetilførselen. I ytre del av Larviksfjorden observeres relativt gode forekomster av stortare med sukkertare innimellom. Viksfjorden er derimot mer lukket og her forsvinner tareskogen allerede ved Sundskjæra i munningen av Viksfjord. Trådalger, rødalger i dypet og grønnalger i overflaten, dominerer. På stasjoner i munningen av Frierfjorden, utenfor Porsgrunn, er det moderate forekomster av sukkertare, men trådalgene dominerer sjøvegetasjonen. Skjærene utenfor (ved Nevlunghavn) ligger eksponert mot havet og her vokser sukkertare sammen med stortare. Lengre inn i Frierfjorden forsvinner sukkertaren raskt og sjøvegetasjonen består av trådformede alger. Kragerøskjærgården er i meget dårlig tilstand. Bare på noen få steder og da på bølgeeksponerte lokaliteter, ble det observert spredte sukkertareindivider. Sjøvegetasjonen var dominert av tykke, nedslammede trådalgematter og japansk drivtang var vanlig. Ingen endring ble observert i perioden.

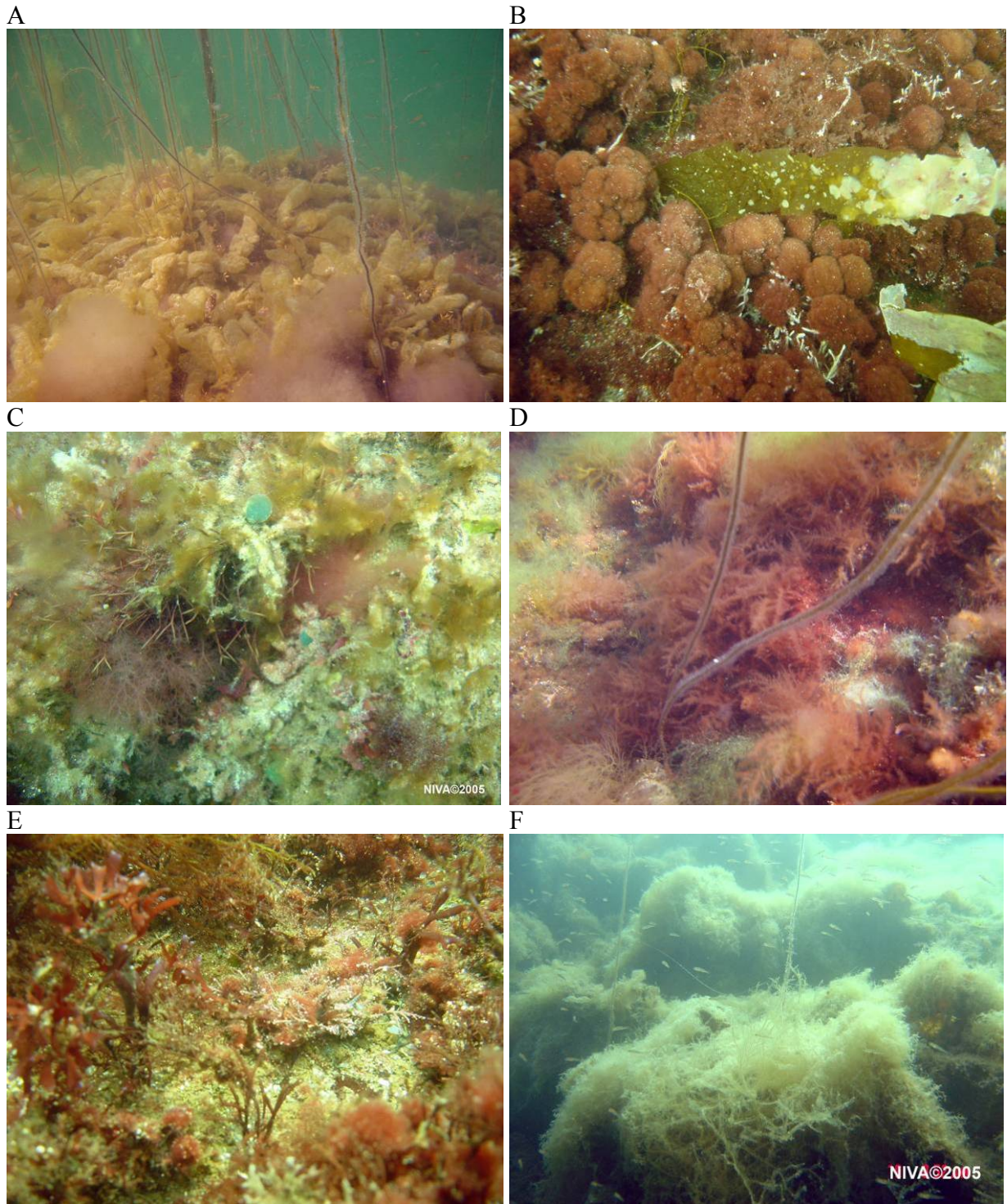
3.2 Sørlandet

Fylke: Vest- og Aust-Agder. Vannregion: Sør-Vest



Figur 3.2 Kart over undersøkte sukkertarestasjoner i Agder (2005-2008). Tilstanden er klassifisert fra god (grønn) til dårlig (rød) i en 5 trinns skala. Grå streker viser fylkesgrenser.

Tilstanden for sukkertare i skjærgård og fjorder på kysten av Agder er generelt meget dårlig uten sukkertare og med fullstendig trådalgedominans (Figur 3.2). Det er ikke observert noen vesentlig endring i tilstanden i perioden. På ytre kyst og på bølgeeksponerte holmer er det fortsatt middels til god forekomst av sukkertare, men sukkertareskog mangler i mer beskyttet skjærgård. Enkelte individer på helt grunt vann finnes. Overgangen fra tareskog og relativt gode forhold på ytre kyst og trådalgesamfunn på indre kyst er meget brå. Kartleggende undersøkelser ble gjennomført i 2004 (innledningen til Sukkertareprosjektet), i 2005 og 2008. Sesonginnsamlinger er utført på 8-12 stasjoner (Arendal til Lindesnes) i perioden 2006-2008 (se kart i Vedlegg B). 15 lokaliteter i Vest-Agder ble undersøkt i 2005-06 av Agder naturmuseum og sammenliknet med gamle data fra 1970- og 1980-tallet (Åsen 2006, Statusrapport nr 2). Resultatet viste varierende grad av tilbakegang av sukkertare på de fleste lokalitetene og reduksjonen var størst i østre del av Vest-Agder og i midtre/indre skjærgård. I senere år er det tidvis observert tilvekst av sukkertare på hele Agderkysten på helt grunt vann, men bare unntaksvis på dypere vann. Disse har hatt lav overlevelse og synes utilstrekkelig til ny gjenvekst av sukkertareskog. Vest i regionen, ved Mandal og Lindesnes, er det sommerstid observert store forekomster av grønne trådalger som danner et tykt, tett teppe over annen vegetasjon på bunnen og spesielt over stortarebestander. Vegetasjonen av stortare og enkelte sukkertarer går generelt bare ned til 5-6 m dyp. Under dette dypet er sjøbunnen unormalt naken (bare litt sparsom vegetasjonen).



Figur 3.3 Bilder fra Sørlandsstasjoner (Foto: NIVA ved F Moy).

A) Bunnvegetasjonen er dominert av de brune sommeralgene vortesmokk og martaum (vanlig på mange av stasjonene). B) En liten sukkertareplante i et tett teppe av rødalgen rødlo (stasjon 33 Måkeholmen, Grimstad). C) Bunnvegetasjonen, dominert av svartkluft og krusflik, er nedslammet og overgrodd av blågrønnalger og bentiske diatoméer (stasjon 32 Tvillingholmen ved Grimstad). D) Sommeren 2007 dominerte fagerdokka på mange av stasjoner i Skagerrak (lys rød alge i senter av bildet) E) Vanlige flerårige arter som krusflik, svartkluft og krasing har økt i forekomst. F) Teppe med trådalger (bleiktuste og lys grønndusk) dekker stortare- og sukkertarevegetasjonen (Lindesnes).

3.3 Sør-Vestlandet

Fylke: Rogaland.

Vannregion: Sør-Vest

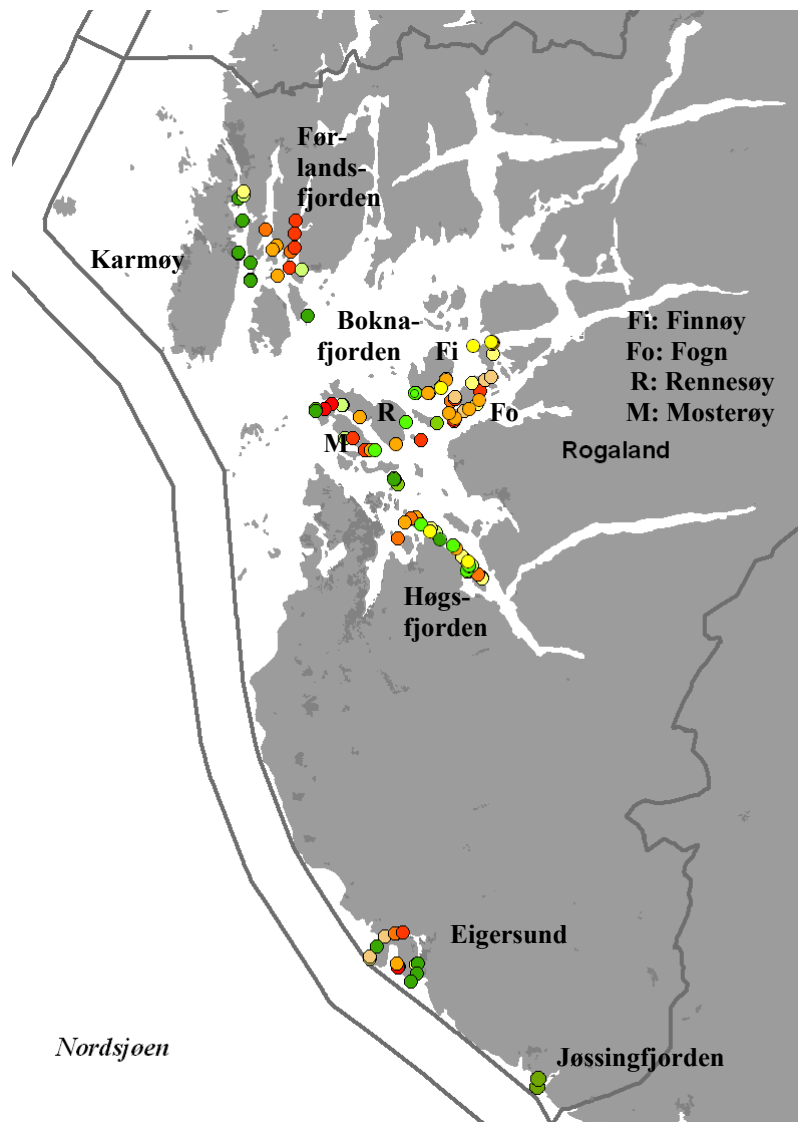
Tilstanden for sukkertare i Rogaland varierer fra god til dårlig i alle de undersøkte områder. Tilstandskartlegging er gjennomført i 2005 og på utvalgte steder i 2008. Sesonginnsamlinger er utført på ca 10 stasjoner i Høgsfjorden og søndre Boknafjorden i perioden 2006-2008 (se kart i Vedlegg B).

Undersøkelser i Jøssingfjorden ble utført i 2005-06 av Agder naturmuseum og botaniske hage (Åsen 2006). Det ble ikke funnet tilbakegang i sukkertarebestanden her.

Ved Eigersund ble det funnet gode forhold i det værutsatte åpne Søragapet, mens det bare var moderat til dårlig tilstand i mange beskyttede områder (bare undersøkt i 2005).

I sjøområdene utenfor Stavanger varierer tilstanden mye fra sted til sted og i perioden 2005-08. I Høgsfjorden er tilstanden blitt bedre med god tilvekst av sukkertare på flere steder etter en dårlig periode med lite sukkertare i 2005-2007. Rundt de store øyene Mosterøy, Rennesøy, Fogn og Finnøy varierer tilstand i sjøvegetasjonen med graden av bølgeeksponering og strømforhold, men generelt har det vært dårlig tilstand i bølgebeskyttede (sukkertare-) områder og i nord-østre del av undersøkelsesområdet i hele perioden.

I Karmøysundet var det god tilstand i sukkertarevegetasjonen (undersøkt i 2005) og det kan ha sammenheng med god vanngjennomstrømming. I fjordene østenfor (hvor det er mindre vanngjennomstrømming) ble tilstanden funnet generelt dårlig. I Førlandsfjorden (rød) har det vært dokumentert kraftig kråkebollebeiting, slik at tilstanden her, med stor trådalgevekst og manglende sukkertare, kan være resultat av kråkebollebeiting.



Figur 3.4 Kart over undersøkte sukkertarestasjoner i Rogaland (2005-2008). Tilstanden er klassifisert fra god (grønn) til dårlig (rød) i en 5 trinns skala.

3.4 Vestlandet

Fylke: Hordaland.

Vannregion: Vestlandet

Tilstanden for sukkertare i Hordaland varierer fra god til dårlig i alle de undersøkte områder. Tilstandskartlegging er gjennomført i 2005 og på utvalgte steder i 2008. Sesonginnsamlinger er utført på ca 10 stasjoner i Raunefjorden og Fanafjorden i 2006-2008 (se kart i Vedlegg B).

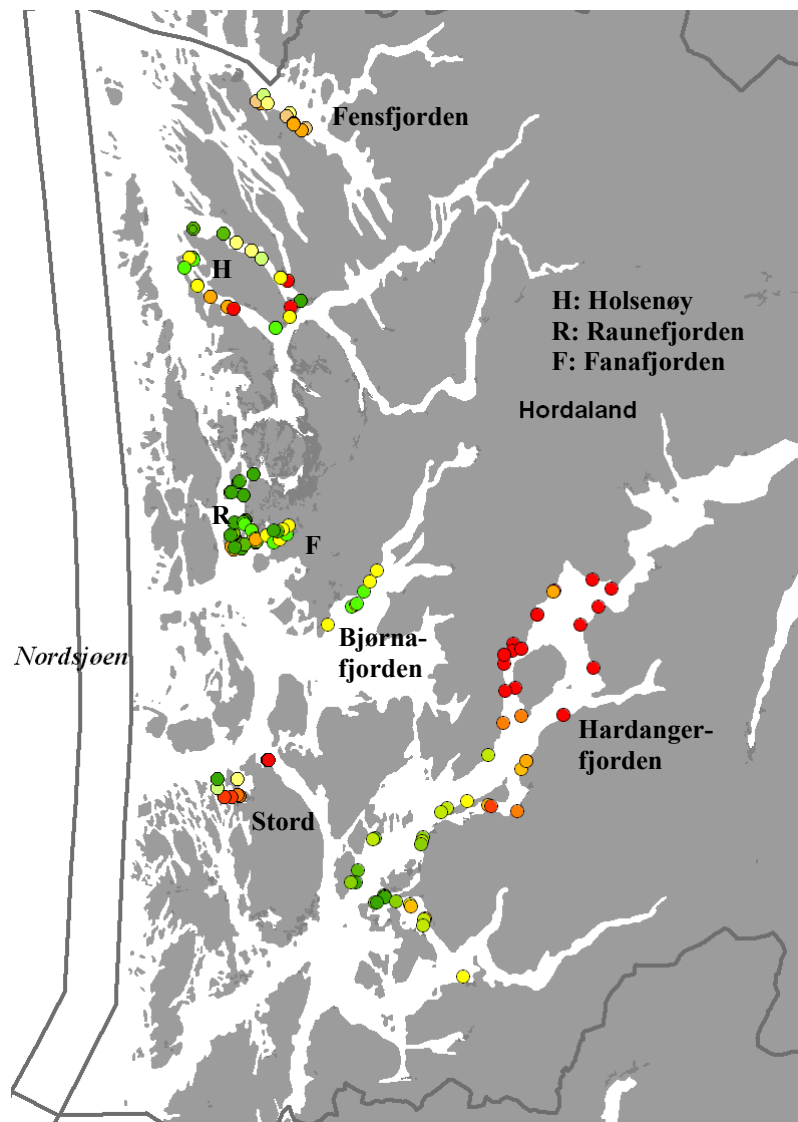
Hardangerfjorden ble undersøkt i 2007, med gjenbesøk på ca 10 steder i 2008. Det var generelt lite sukkertare og masseforekomster av trådalger i indre halvdel av undersøkelsesområdet (Figur 3.5) og i ytre området vokste sukkertare sammen med stortare.

På nordenden av Stord var tilstanden generelt dårlig (2005). I Bjørnafjorden var tilstanden moderat til god. Det var gode forekomster av sukkertare, men også store forekomster av trådalger.

I Fanafjorden og Raunefjorden var tilstanden moderat til dårlig i 2005 og 2006. I 2007 ble det observert tilvekst av sukkertare og i 2008 ble det funnet gode bestander av tare med unntak av enkelte mer avlukkede områder, hvor bunnen er kledd med trådalger sommerstid og er naken i vintersesongen.

Rundt Holsenøy (nord for Bergen) var tilstanden i Manger-/Radøyfjorden generelt god (unntak båthavner), mens det generelt var mindre forekomst av sukkertare og dominans av trådalger i Herdla fjorden (undersøkt i 2006 og 2008).

I 2005 ble gamle stasjoner i Fensfjorden fra Mongstadundersøkelser på 1980-tallet gjenbesøkt. Det ble funnet reduserte forekomster av sukkertare og sjøvegetasjonen var generelt dominert av trådalger (grønne og brune). Tilstanden ble vurdert som moderat til dårlig.



Figur 3.5 Kart over undersøkte sukkertarestasjoner i Hordaland (2005-2008). Tilstanden er klassifisert fra god (grønn) til dårlig (rød) i en 5-trinns skala.

Vestlandet

Fylke: Sogn og Fjordane
Vannregion: Vestlandet

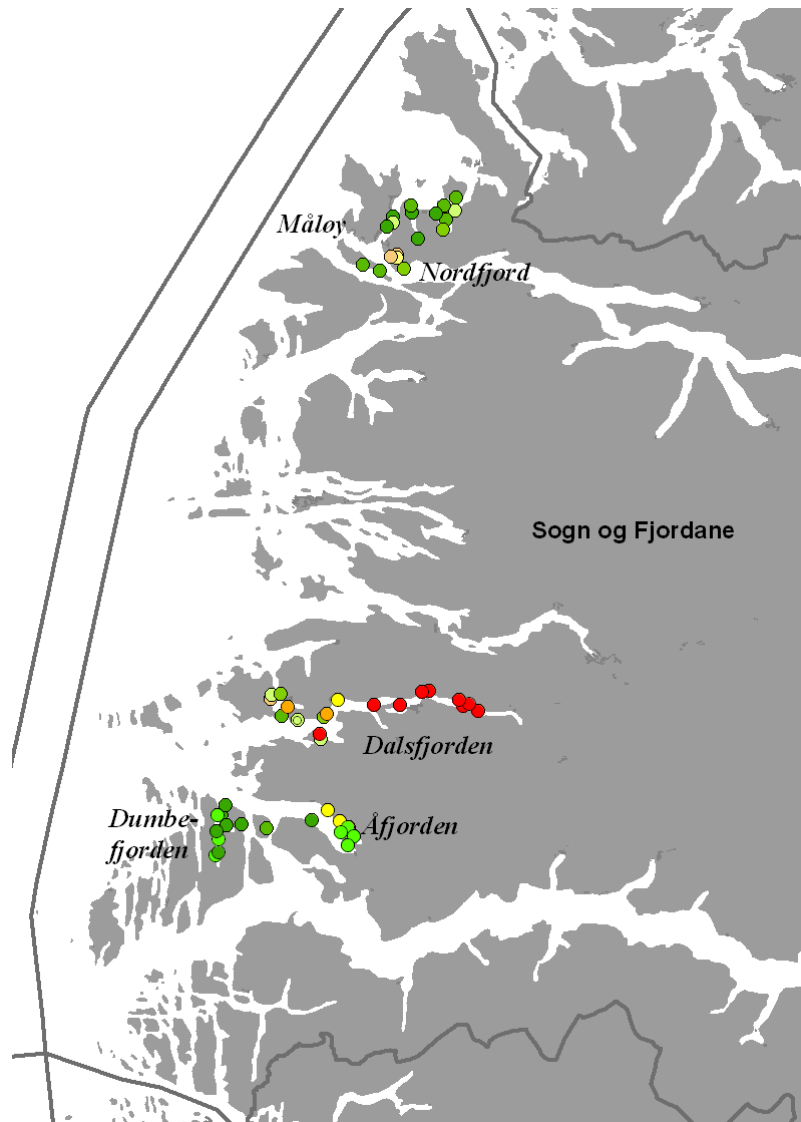
I Sogn og Fjordane er det utført kartlegging ved Måløy, i Dalsfjorden, i Åfjorden og i Dumbefjorden i 2006 og med gjenbesøk i 2008 (unntatt ved Måløy).

Ved Måløy var tilstanden i sjøvegetasjonen god. Bare i innelukkede områder (bukter) med stor menneskelig aktivitet ble det funnet redusert tilstand, dvs. trådalgesamfunn og ingen tare.

Tilstanden for sukkertare var god i Dumbefjorden. Denne fjorden er lang og trang, men langt til havs uten kjente menneskeskapte tilførsler.

I Åfjorden var det stor trådalgevegetasjon og tendenser til nedslamming i midtre del nær områder med stor menneskelig aktivitet.

Tilstanden i Dalsfjorden var generelt dårlig. Sjøvegetasjonen var sparsom og dominert av trådalger helt ut til åpningen mot åpent hav.



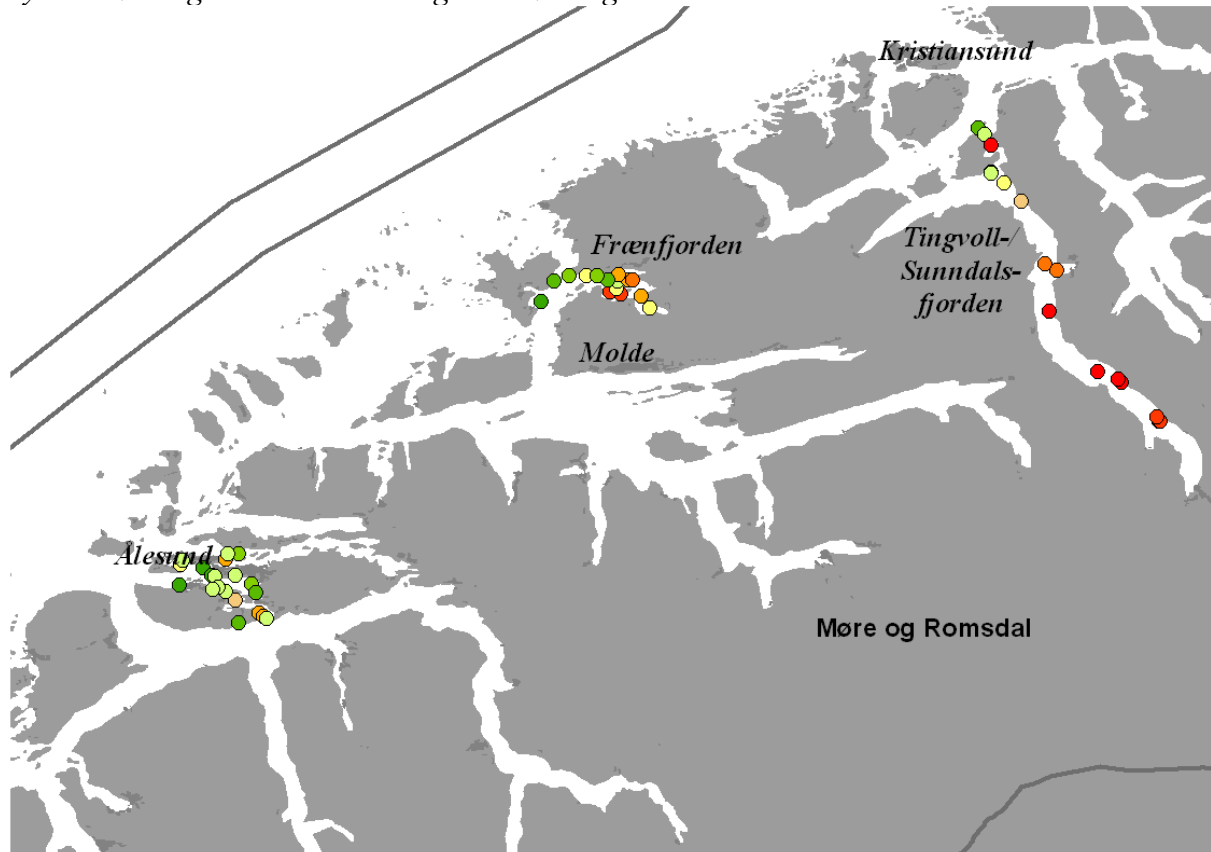
Figur 3.6 Kart over undersøkte sukkertarestasjoner i Sogn og Fjordane (2006 og 2008). Tilstanden er klassifisert fra god (grønn) til dårlig (rød) i en 5 trinns skala.



Bunnvegetasjon dominert av lys grønnndusk (venstre) og kråkebollen *Echinus acutus* (høyre, fra Sunndalsfjorden i Møre og Romsdal) Foto: NIVA, H Christie.

3.5 Nord-Vestlandet

Fylke: Møre og Romsdal. Vannregion: Møre og Romsdal.



Figur 3.7 Kart over undersøkte sukkertarestasjoner i Møre og Romsdal (2006). Tilstanden er klassifisert fra god (grønn) til dårlig (rød) i en 5 trinns skala.

Møre og Romsdal har store fjorder og sjøområder og som i Sogn og Fjordane ble det valgt tre områder til tilstandskartlegging i 2006: Ålesund og Borgundfjorden hvor det foreligger gamle undersøkelser, Frænafjorden, en liten fjord i fylkessammenheng, og Tingvoll-/Sunndalsfjorden hvor det også forelå gamle undersøkelser av sjøvegetasjonen.

Gjenbesøk av gamle stasjoner i Borgundfjorden og Åsefjorden (Ålesund) viste generelt god og omtrent samme tilstand som tidligere med god forekomst av sukkertare. På de fleste stasjoner ble det også observert mye trådalger og på enkelte stasjoner syntes disse å overta for sukkertare i øvre sjøsonen ned til ca 6 m dyp.

I Frænfjorden med Julsundet og Elnesvågen, var tilstanden hhv. god og moderat til dårlig. Sukkertare var generelt vanlig på alle stasjoner med unntak av noen stasjoner inne i Elnesvågen (dårlig tilstand). Imidlertid ble det også observert store mengder trådalger på nesten samtlige stasjoner som indikerer at sukkertaren her er under sterkt press.

I Tingvoll-/Sunndalsfjorden var tilstanden generelt dårlig. Med unntak av øvre sjøsonen, ble det observert lite til ingen tare, i motsetning til gamle data som viste vanlig forekomst av sukkertare innerst i fjorden og vanlig med stortare utover i fjorden. Bunnen var flekkvis bar eller dominert av trådformede alger. Helt innerst i Sunndalsfjorden ble det registrert mye kråkeboller på dypt vann (*Echinus acutus*) som også registrert tidligere. Tap av tare i fjorden kan være senskader etter kråkebollebeiting.

3.6 Andre land

Sukkertare har hatt en markert tilbakegang på svensk vestkyst (2006-07), unntatt på ytre kyst hvor det bare er funnet mindre variasjoner i sukkertarebestanden. Det er observert samme endring i bunnvegetasjonen som på norsk side av Skagerrak. På svensk side av Kattegat var bestanden normal (lav). På dansk side av Skagerrak og i Kattegat er det funnet betydelige årsvariasjoner og 2006-07 viser en markert nedgang i funn av sukkertare i fjorder og i beskyttede sjøområder som Belthavet. På stenrev i nordre Kattegat er sukkertarebestandene som normale eller har vist en mindre reduksjon. Mange av de danske stenrevene ligger i strømrike områder midt i Kattegat hvor det fysiske miljøet er tøffere enn i norsk og svensk skjærgård. Disse svenske og danske undersøkelser er utført med finansiell støtte fra Nordisk Ministerråd (MiFi).

På Helgoland, Tyskland, har sukkertarebestanden gått tilbake, men her har stortare økt i forekomst og overtatt de områder hvor sukkertare tidligere dekket. På kysten av Irland og Sør-England er det rapportert om tilbakegang i bestanden av flere tarearter. På kysten av Skottland er det ikke observert tilbakegang i sukkertarebestandene.

Undersøkelser av sukkertaretilstanden i Sverige og Danmark er utført i 2007 med finansiell støtte fra Nordisk Ministerråd (MiFi) og er tidligere rapportert i statusrapport nr 3 (Moy et al 2008). Her gis en oppsummering av hovedresultatene.

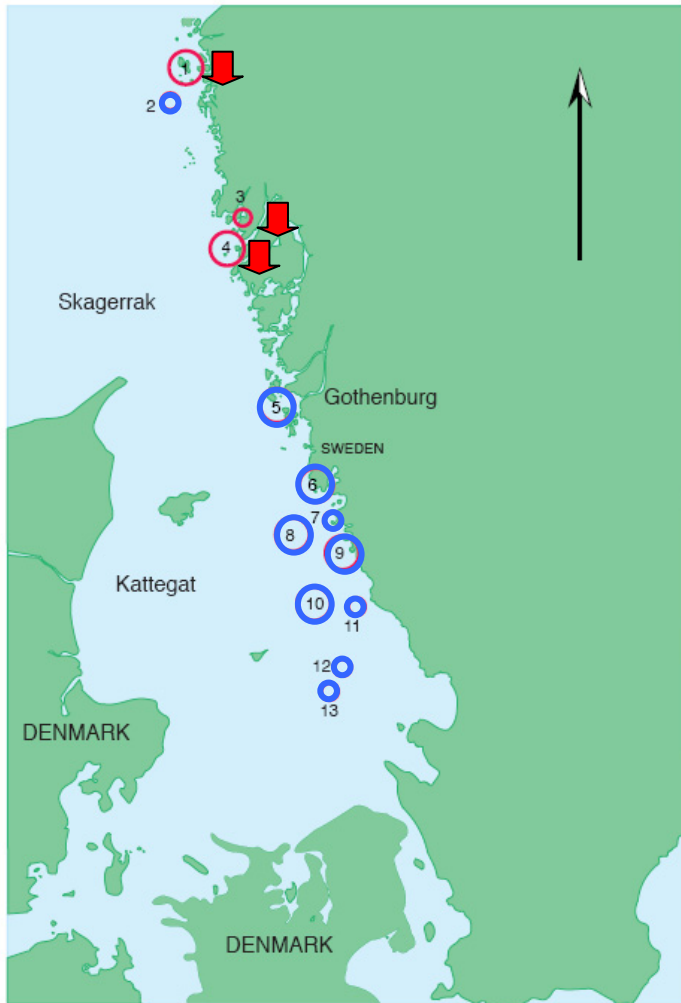
3.6.1 Sverige

Sukkertare forekommer langs hela den svenske vestkysten og inn i Øresund. Mellom den norske grensen og Göteborgs søndre skjærgård skaper sukkertare normalt et distinkt belte i midtre skjærgården på dyp mellom ca 2 til 8 m. Sør for Göteborg er forekomsten mer glissen og øvre voksegrense ligger dypere, trolig som følge av ferskvannsutstrømmingen gjennom Øresund. De svenske data er samlet og sammensatt av Jan Karlsson, Tjärnö Marinbiologiske stasjon.

Resultatene viser en kraftig nedgang i forekomsten av sukkertare på den svenske Skagerrakkysten de siste to år (Figur 3.8, Tabell 3.1). Nedgangen har skjedd i alle skjærgårdstyper (ytre-, mellom- og indre skjærgård). I tillegg er det funnet en signifikant reduksjon i nedre voksedyp for sukkertare (Figur 3.9, data fra det svenske nasjonale miljøovervåkningsprogrammet ved Gullmarens munning) og i 2007 viser undersøkelsene at forekomsten av sukkertare i Gullmarområdet er redusert til neglisjerbare forekomster i alle dyp og skjærgårdstyper.

I ytre skjærgård og på utsjøbanker i Kattegat er det ikke observert tilsvarende negative utvikling. I 2006-2007 var forholdene her å betrakte som normale for denne delen av Vesterhavet (Tabell 3.1).

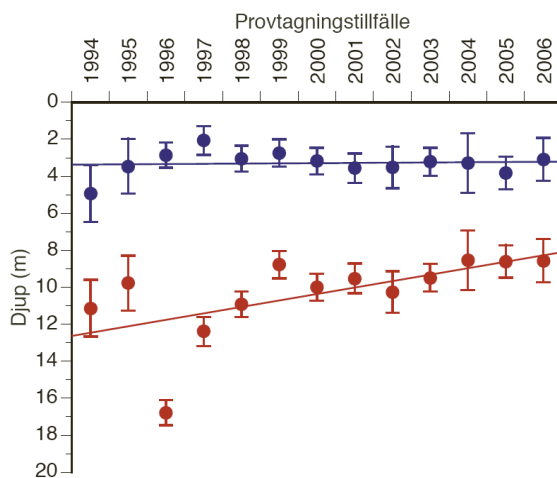
Som på norsk Skagerrakkyst dominerer en heldekkende matte av trådalger der hvor sukkertaren har forsvunnet. I 2007 var matten dominert av rødalgene fagerdokke (*Brongniartella byssoides*) og rødlo (*Bonnemaisonia hamifera*) som også var vanlige til dominerende på norsk Skagerrakkyst i 2007.



Tabell 3.1 Status for sukkertare på svensk vestkyst, 2004-2007.

No.	Område	Antall stasjoner	Status for sukkertare
1	Koster	226	Kraftig reduksjon, enkeltfunn, savnes
2	Persgrund	24	Normal
3	Brofjorden	3/år	Reduksjon, glissen til enkeltfunn
4	Ytre Gullmaren	6/år	Kraftig reduksjon, enkeltfunn, savnes
5	Vinga	12	Normal/god rekruttering
6	W Onsala	6/år	Normal
7	Vendelsö	18	Normal
8	Fladen	32	Normal
9	Balgö	20	Normal
10	La Middelgrund	42	Normal
11	Morups Bank	14	Normal
12	Röde Bank	12	Normal
13	Store Middelgrund	20	Normal

Figur 3.8 Undersøkellesområder for sukkertare på svensk vestkyst i perioden 2004-2007 (cf Tabell 3.1).



Figur 3.9 Sukkertare på midtre Bohuslänkysten i august 1993-2006.

Endringer i nedre (rødt) og øvre (blått) vertikale utbredelsesgrenser for sukkertare i ikke-transformerede data. Spredning = 95% C.I.

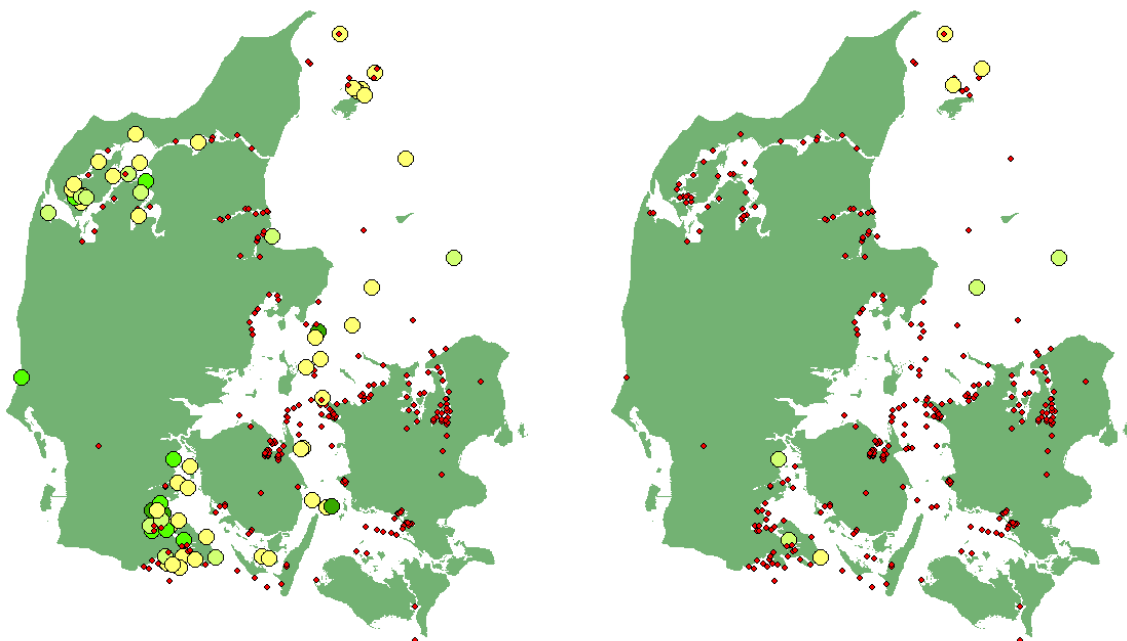
3.6.2 Danmark

Danmark savner hardbunn i motsetning til svensk og norsk Skagerrakkyst. I Danmark vokser sukkertare og andre makroalger på stein og ”stenrev” på sandbunn. Tangskogene på stenrevene og på steiner i kystnære områder, skaper unike habitater med høy artsdiversitet. Substratets stabilitet er avhengig av steinenes størrelse kombinert med lokalitetens eksponering og den aktuelle dybde. Stabilt og ustabilt substrat er forskjellige typer hardbunn som har egne algesamfunn under ellers like fysisk-kjemiske vilkår.

I denne studien, ledet av Karsten Dahl, Danmarks Miljøundersøgelser, er det benyttet historiske data fra det nasjonale overvåkingsprogrammet til å vurdere status for sukkertare i de danske farvann. Stasjonsnettet dekker over fjorder og åpent hav med svært ulike hydrografiske miljøforhold, spesielt i vannbevegelse (bølger og strøm). Forskjell i vannbevegelse har, som resultatene også viser, stor betydning for tilstand og status for sukkertarevegetasjonen i Danmark.

Forekomsten av sukkertare har generelt sett gått markert tilbake i de danske farvann (Figur 3.10), spesielt i områder med mindre vannbevegelse (som fjorder og Bælthavet), mens forekomsten på de strømrige stenrev i nordre Kattegat er normal. Det er imidlertid store variasjoner i forekomst av sukkertare fra år til år og det er vanskelig å beregne noen statistiske trender. For nordre Kattegat er det anslått at dagens tilstand er omtrent som normalt.

I Limfjorden, Bjørnholm bugt, Åbenrå fjord, Als fjord, Flensborg fjord med flere og i Bælthav er tidligere spredte forekomster av sukkertare omtrent borte (Figur 3.10).



Figur 3.10 Sukkertareobservasjoner fra Danmark i 1996 (venstre) og 2006/07 (høyre). Rød = ingen sukkertare, Gul til Grønn = spredt til vanlig forekomst av sukkertare. Kilde: DMU, fra det danske nasjonale overvåkingsprogram. (Datsett er ikke korrigert for posisjonsfeil og enkelte stasjoner kan være plottet galt på kartet.)

3.6.3 Andre land

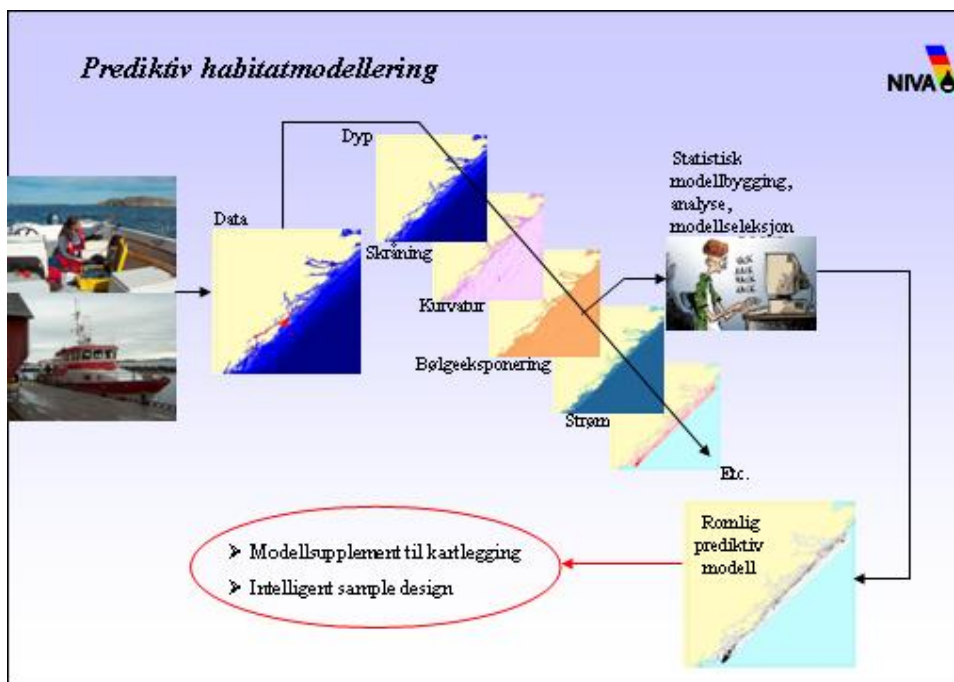
På Helgoland, i Tyskebukta utenfor Tyskland, har sukkertarebestanden (i 2005) gått tilbake sammenliknet med gamle registreringer fra 1970 (Pehlke & Bartsch, 2008). Men til forskjell fra norsk og svensk Skagerrakkyst har stortare økt sin forekomst og overtatt de områder hvor sukkertare tidligere dominerte. Helgoland ligger i et strømrict område med stor tidevannsforskjell. Dette skaper andre fysiske forhold sammenliknet med vår beskyttede skjærgård. En nedgang i sukkertare her er likevel svært interessant sett ut fra vurdering av mulige årsaker til nedgang i bestanden av sukkertare.

På kysten av Skottland er det ikke observert tilbakegang i sukkertarebestandene. Igjen er det sannsynlig at kysten av Skottland med stor vannbevegelse knyttet til stor tidevannsforskjell gir bedre fysiske betingelser for tarevegetasjonen. Trolig kan vi sammenlikne dette med våre observasjoner fra strømrice områder på Vestlandet hvor vi tilsvarende også fant god tilstand for sukkertaren. Undersøkelser fra Irland og sørlige England viser imidlertid at bestanden av flere av tareartene (butare, sukkertare og stortare) har gått tilbake på en rekke lokaliteter de siste årene og også helt forsvunnet fra enkelte steder (Hiscock et al. 2004, Steinbeck et al. 2005).

4. Modellert utbredelse og bestandstap

av Trine Bekkby og Frithjof Moy (NIVA)

Med bakgrunn i sukkertareprosjektets ønske om best mulig estimat av omfanget av endringen i algevegetasjonen, ble det utviklet en modell for prediksjon av sannsynlig forekomst av sukkertare i Skagerrak. Sukkertaremodellen er basert på en statistisk analyse av observasjoner, bunntyper og habitater mot geofysiske forhold som dyp, skråning, bølgeeksponering, lys etc. Evaluering viser at modellen gir akseptabel prediksjon, men har potensial for forbedringer, samt er et godt grunnlag for utvidelse til Vestlandet og nordover. Modellen viser at teoretisk, optimalt areal for sukkertare i Skagerrak (Østfold – Aust Agder) er 72 000 dekar, dvs. dette er arealet av kysten med bunnforhold som tilsvarer sukkertarens geofysiske miljøkrav ut fra statistiske analyser. Modellberegningen viser at sukkertare har forsvunnet fra 50 % av sitt areal og fra 68 % beregnet i forhold til kystlinjen, basert på statistisk analyse av geofysiske egenskaper til områder vi vet har mistet sukkertare. I tillegg kommer reduksjon i utbredelse som skyldes biologiske sammenhenger. Størst modellert tilbakegang ble funnet for indre Oslofjord (Oslo, Akershus, Buskerud) og Telemark (70-80%), mens Vestfold hadde et lavt tap (26 %). Prosenttallene gjenspeiler også fylkesvis fordeling av geofysiske forhold, som bølgeeksponering, og det kan forklar hvorfor sukkertaretilstanden også ble funnet bedre i Vestfold (Hvaler) enn i Telemark (Kragerøskjærgården). Ut fra kartleggingen har sukkertare forsvunnet fra 60% av stasjonene i Skagerrak.



Figur 4.1 Fra feltinnsamling av data til prediktivt kart, er en lang vei med statistisk modellbygging, analyser og evaluering av modellresultater.

4.1 Bakgrunn og målsetning

Basert på ekspertvurdering av de første kartleggingsresultatene ble omfanget av sukkertaredøden anslått til 90 % i Skagerrak og 50 % på Vestlandet. Men grunnlaget for disse omfangsestimeringene var mangelfulle og det var behov for mer nøyaktig beregning av så storskala endringer. Med støtte fra sukkertareprosjektet ble det derfor satt i gang et utviklingsprosjekt for å estimere sannsynlig sukkertareutbredelse og sannsynlig tap av sukkertare, basert på de (empiriske) observasjoner sukkertareprosjektet hadde samlet inn. Utviklingsarbeidet ble basert på en nyutviklet hardbunnsmodell på NIVA (HAMOD-DYNAMOD, Figur 4.1), som

hadde vist lovende resultater for videre anvendelse til modellering av arter og biotoper basert på fysiske rammer og statistisk tolking av observasjonsdata.

I tillegg til potensiell utbredelse av sukkertare og beregning av tapt tareskog, var det også et ønske om å kunne relatere tap av utbredelse til eventuelle klimatiske eller andre endringer. Men da analyser av årsakssammenhenger fortsatt pågikk under arbeidet med modellutvikling og evt. geografiske effekter av klimaendringer var høyst usikker, har arbeidet med prediktiv modellering av sukkertare fokusert på to målsetninger:

- *Modellering av sannsynlig potensiell (optimal) utbredelse* - beregne den teoretiske, optimale utbredelsen basert på data om hvor det finnes sukkertare i dag og hvor man vet at det fantes sukkertare tidligere.
- *Modellering av sannsynlig tap* - ”space-for-time”-analyse, det vil si at forskjeller som vises i rom kan representere forskjeller som kan ha skjedd over tid.

Beregningen kan presenteres i form av kart og tabeller og kan brukes som kunnskapsgrunnlag i eventuelle tiltaksprosesser. Den teoretiske utbredelsen kan antas å være artens maksimale utbredelse og differansen til dagens utbredelse blir da estimert tap av sukkertare. Dette estimatet vil være mer nøyaktig enn dagens estimat basert på kystlinje. Men i tillegg til modellert tap basert på statistisk analyse av geofysiske forhold, kan sukkertare ha forsvunnet fra områder på grunn av biologiske forhold, som vekst av trådalger, som ikke er inkludert i dagens sukkertaremodell.

Det var en målsetning å kjøre sukkertaremodellen for hele Sør-Norge, men den er i første omgang bare kjørt for Skagerrak (Østfold - Aust Agder) fordi det topografiske datagrunnlag var for mangelfullt til å kunne inkludere resten av Sør-Norge i denne omgang. Gjennom NIVAs forskningsprosjekt, hadde sukkertaremodelleringen tilgang på nødvendige topografiske data for Skagerrak til den statistiske analysetilnærmingen som modellen bygger på. I tillegg til observasjonsdata på sukkertare, trenger modellen også kunnskap om steder hvor sukkertare naturlig *ikke* vokser. Slik kunnskap kunne hentes fra tilstrekkelig antall andre aktiviteter utført i Skagerrak, mens tilfanget på utfyllende data fra Vestlandet er for mangelfullt til å kunne inkludere Vestlandet i utviklingsfasen. I tillegg er modellen for Skagerrak basert på en geofysisk modell med 12.5 m oppløsning, som gir et godt detaljnivå, men for Rogaland og Hordaland har vi data med kun 50 m oppløsning, og det er foreløpig usikkert hva som skjer når en beveger seg over ulik skala.

4.2 Data og metodikk

Modellen er basert på en statistisk analyse av punktobservasjoner av bunntyper og habitater og geofysiske forhold som dyp, skråning, bølgeeksponering, etc. For at analysen skal bli mest mulig riktig er det nødvendig å ha data på hvor sukkertare naturlig ikke vokser og hvor den vokser, sammen med data på viktige geofysiske gradienter. Størst mulig bredde i datagrunnlaget er viktig for at modellen kan lære mest mulig om hvilke forhold som gir høy sannsynlighet for sukkertare. Til modellering av den teoretiske, optimale utbredelsen av sukkertare ble det lagt inn totalt 250 punkter (i Skagerrak) med informasjon om tilstedeværelse og fravær av sukkertare (99 fravær, 151 tilstedeværelse). 83 punkter ble satt av til validering av modellresultater (33 fravær, 50 tilstedeværelse). Prediktorvariablene var dyp, skråningsgrad, kurvatur (med 500 m beregningsvindu), bølgeeksponering (Isæus 2004), lysprosent, lyseksponering (et produkt av skråning, himmelretning) og sannsynligheten for hardbunn (NIVA-modell, se under). Da skråning og sannsynlighet for hardbunn er sterkt korrelert ($R^2=0,82$), brukes ikke disse i modellen samtidig. Strømmodeller var ikke tilgjengelig for hele området, så denne prediktoren ble ikke inkludert i analysene.

NIVA har utviklet en hardbunnsmodell for Skagerrak basert på analyse av 527 punkter (med tilstedeværelse og fravær av hardbunn) i forhold til geofysiske faktorer og denne modellen for sannsynlig hardbunn ble brukt videre i analyse og modellering av sukkertare.

Den statistiske sukkertaremodellen er bygget i verktøyet GRASP på en generalisert additiv modell (GAM, med en "spline smooth", 2 df) og med Akaikes informasjonskriterium (AICc) for å sammenligne resultater av de ulike modeller. Modellen som ble valgt som den beste i GRASP ble overført til kartverktøyet ArcMap og en romlig prediktiv modell ble utviklet der. Maksimum nedre grense for modellert tilstedeværelse av sukkertare ble satt til 30 m.

I modellering av sannsynlig tap av sukkertare ble det analyserte geofysiske forhold ved lokaliteter som har sukkertare i dag og stasjoner hvor sukkertare har forsvunnet. I analysen er det lagt til grunn at forskjeller som vises i rom (på et kart) kan representere forskjeller som kan ha skjedd over tid ("space-for-time"-analyse). Analysen inkluderer ikke klimatiske eller biologiske endringer i tid. Sukkertaremodellen har internbetegnelsen SacchLatMod v 5.

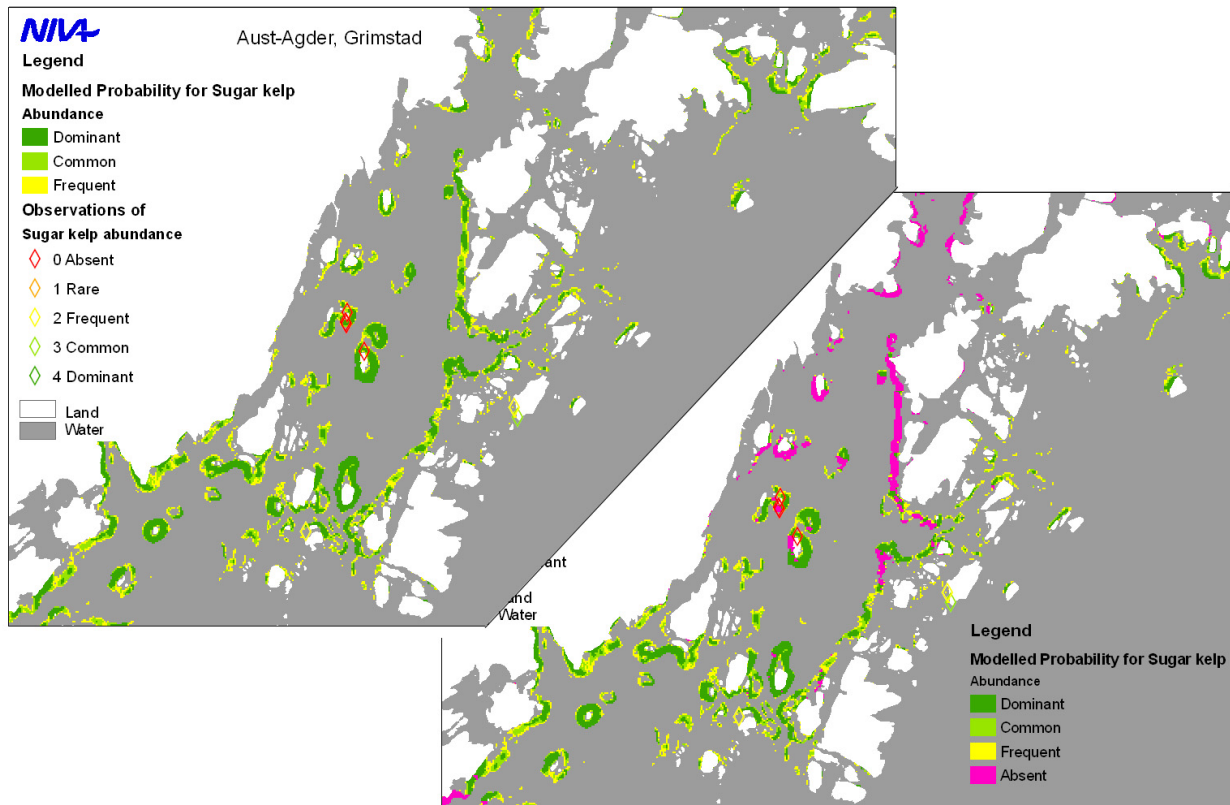
4.3 Resultater

En statistisk analysebasert modellbygging innebærer at flere modeller utvikles og vurderes mot hverandre. Samtidig må det gjøres ekspertvalg underveis i modellutvikling basert på vurderinger av modellenes godhet mot kompleksitet. Validering og ekspertvurderinger er viktig fordi modeller "alltid" vil være basert på et fåtall og utilstrekkelig antall faktorer. Modeller skal derfor også bedømmes ut fra de forutsetninger som er lagt til grunn for modellen. I Sukkertareprosjektet ble det prioritert å modellere hvor sukkertare teoretisk kunne vokse basert på geofysiske forhold i kystsonen. Mulig biologisk kontrollerende faktorer er det sett bort fra.

Modellen for fysiske forhold som inkluderte dyp, skråning, bølgeeksponering og lyseksponering var den beste, men basert på eksisterende datagrunnlag var forbedringen ved å inkludere lyseksponering ikke verdt økt kompleksitet i modellen ($\Delta AIC < 2\%$, som er meget lite), og videre modellering i denne omgang ble derfor bygget på dyp, skråning og bølgeeksponering. Den uavhengige valideringen (jfr Zweig & Campbell 1993) ga en $AUC=0,795$, som er akseptabel. Sukkertarens respons på de geofysiske faktorer ble deretter kombinert med NIVAs substratmodell for hardbunn (multiplikasjon) og grenseverdier for forekomstklasser av sukkertare ble satt ut fra ekspertvurdering av kart mot terreng i et kjent pilotområde (Figur 4.2) og den uavhengige valideringen av resultatet ga akseptabel god verdi ($AUC=0,750$).

Det ble tilsvarende laget en modell for bortfall av sukkertare i forhold til lyseksponering og bølgeeksponering, og denne sannsynligheten ble kombinert med modellen for sannsynlig utbredelse av sukkertare. Sannsynligheter for forsvinning $> 50\%$ ble kombinert med sannsynligheter for forekomst av sukkertare. Resultatet av sammenlikningen (Figur 4.2) viser at tap av sukkertare rammer indre områder, men etterlate en del sukkertareskog i ytre kystområder, noe som også stemmer med erfaringene fra sukkertarekartleggingen.

Beregningene viser at det maksimale utbredelsesarealet for sukkertare i Skagerrak (Østfold – Aust Agder) er $71\,945\,645\text{ m}^2$, dvs. 72 000 dekar, dvs. at dette kystarealet har bunnforhold som tilsvarer sukkertarens geofysiske miljøkrav ut fra statistiske analyser. Sukkertarens potensielle utbredelsesareal pr fylke er vist i Tabell 4.1 og i kart i Vedlegg C. Validering av kartene viser at beregnet areal kan være i overkant, da modellen predikerer mulig sukkertare i områder med lav saltholdighet. Sukkertare kan være overestimert i enkelte fjorder og estuarier, fordi salinitet (ferskvannspåvirkning) ikke er inkludert i modellen.



Figur 4.2 Modellert romlig prediksjon av arealer i et pilotområde med sannsynlighet for sukkertare (venstre, viser optimal teoretisk forekomst og utbredelse dvs. teoretisk referansetilstand) og modellert status i dag (høyre) hvor *lilla* arealer viser områder der sukkertare sannsynlig har forsvunnet. *Grønt* viser modellert dominerende forekomst av sukkertare (dvs fin sukkertareskog), *lys grønt* betyr vanlig forekomst og *gult* er spredt forekomst av sukkertare. *Ruter*-symboler viser observert forekomst i 2008 og *rød* ruter betyr at sukkertare ikke ble funnet. (Sjø er farget mørk grå.) Modellene er basert på en kombinasjon av presence-absence-modellering av sukkertaredata og NIVAs hardbunnsmodell.

Modellberegningen viser at sukkertare har forsvunnet fra ca 50 % av arealet (Tabell 4.1), basert på en statistisk analyse av geofysiske egenskaper til de områder som i dag har mistet sukkertare. En validering av resultatet kan tyde på at dette er et underestimat, da modellen stedvis predikerer sukkertare i områder hvor våre observasjoner viser at algen har blitt borte (Figur 4.2 høyre, hhv. grønne arealer og røde firkanter). Modellen viser at reduksjon i sukkertareutbredelse i stor grad er koblet til bølgeeksponering og lysforhold, dvs. at sukkertaren har forsvunnet fra indre og beskyttede områder og fra områder som avviker fra optimal lysinnstråling (indeks av skråning og himmelretning). I tillegg til disse geofysiske egenskaper ved stasjoner som har mistet sukkertare, kommer reduksjoner som skyldes biologiske og klimatiske sammenhenger. Størst modellert tilbakegang ble funnet for indre Oslofjord (Oslo, Akershus, Buskerud) og Telemark (70-80 %), mens Vestfold i ytre Oslofjord hadde lavest tap (26 %). Aust-Agder hadde 50 % tap. Tapet beregnet i Tabell 4.1 er overflateareal av kystsonen hvor sukkertare med mer enn 50 % sannsynlighet har forsvunnet. Om vi tar hensyn til skråning vil arealet øke til 56 % av totalt areal for sukkertare, men det er vanskelig å beregne hvor stor andel dette er av kystsonens algebevokste bunnareal, da vi ikke har oppmåling av dette.

I 2005 ble reduksjonen anslått til 90 % i Skagerrak og 50 % på Vestlandet (Rogaland-Hordaland) (og 15-30 % på nasjonalt nivå basert på den forutsetning at tilstanden er god på resten av kysten nordover). Disse beregningene var basert på en vurdering av hvor stor andel av kystlinja som var berørt og endringer sammenlikning med eldre data. Tabell 4.2 viser modellberegning av lengde og andel av kystlinja i Skagerrak som er egnet for sukkertare (dvs. viser optimal utbredelse) og andel som (med stor sannsynlighet) har mistet sukkertare. Tabellen viser at rundt 20 % av kystlinja har potensiale for sukkertarevegetasjon og at sukkertare har forsvunnet fra 68 % av dette utbredelsesområdet. En analyse av kartleggingsresultatene fra 2008 viser at sukkertare har forsvunnet fra 60 % av stasjonene i Skagerrak (Vedlegg D). Gitt tilfeldig fordeling av stasjonene, stemmer det godt overens med modellresultatene. Samme beregning for Vestlandet antyder at sukkertare sannsynlig har forsvunnet fra 20 % av kysten av Vestlandet (se Vedlegg D). I tillegg til redusert geografisk utbredelse viser undersøkelsene også redusert dybdeutbredelse av tare slik at tilbakegangen i sukkertarebestanden er større en arealreduksjonen. Kartleggingen viste "dårlig tilstand" mot forventet god tilstand på henholdsvis 80 og 40 % av stasjonene i Skagerrak og på Vestlandet, dvs. lite eller ingen sukkertare ble observert mot forventet god (til moderat) forekomst. Det reelle tapet av sukkertare er derfor estimert til hhv. 80 og 40 % for Skagerrak og Vestlandet, mens sukkertaren er helt borte fra hhv. 60 og 20 % av sitt optimale utbredelsesområde.

Tabell 4.1 Beregnet teoretisk, optimalt areal (m²) med sannsynlig forekomst av sukkertare og sannsynlig tap av sukkertare i dag, basert på statistiske analyser av geofysiske forhold ved stasjoner med fravær/tilstedeværelse av sukkertare. Resultatet er fordelt på fylker i Skagerrak.

Fylke	Areal (overflate) med sannsynlig forekomst av sukkertare (teoretisk referansetilstand)	Areal og prosent med mer enn 50 % sannsynlig tapt sukkertare basert på geofysisk forhold	
	m ²	m ²	%
Oslo	928 540	760 533	82
Akershus	6 997 550	5 037 896	72
Buskerud	4 203 006	2 186 490	52
Østfold	9 388 895	3 917 495	42
Vestfold	14 053 555	3 607 780	26
Telemark	16 141 897	11 059 289	69
Aust-Agder	20 232 204	9 915 038	49
Totalt	71 945 645	36 484 521	51

Tabell 4.2 Beregnet optimal andel av kystlinja i Skagerrak med sukkertarevegetasjon og andel der sukkertare har forsvunnet.

Fylke	Kyststrekning med potensial for sukkertare (m)	% av total kystlinje med potensial for sukkertare	Kyststrekning der sukkertare har forsvunnet (m)	% av kystlinja der sukkertare har forsvunnet	% av kystlinja (med potensial for sukkertare) der den har forsvunnet
Oslo	14662,5	13,3	13900	12,6	94,8
Akershus	86387,5	22,7	72162,5	19,0	83,5
Buskerud	34787,5	18,0	21625	11,2	62,2
Østfold	170075,0	11,0	126950	8,2	74,6
Vestfold	245837,5	15,5	93575	5,9	38,1
Telemark	341062,5	27,4	289237,5	23,3	84,8
Aust-Agder	537687,5	26,5	361312,5	17,8	67,2
Totalt	1430500,0	20,2	978762,5	13,8	68,4

Del B: Kunnskap om årsaker og konsekvenser

Her presenteres siste kunnskap om mulige årsaker og konsekvenser. Dette baseres på tidligere rapporter og ny kunnskap som har kommet til i 2008. Bidragene er skrevet av ulike forfattere og presentert tematisk i følgende kapitler.

5. Sukkertareøkologi og biologiske interaksjoner

av F Moy (NIVA), H Steen (HI), H Christie (NIVA), S Fredriksen (UiO), K Sjøtun (UiB)

Sukkertare er en kaldtvannsart med vid geografisk utbredelse på den nordlige halvkule. Artens sørlige utbredelsesgrense i Europa faller sammen med sommerisotermene på ca. 19 °C (i overflatevann i august), slik at høye sommertemperaturer begrenser tares utbredelse. Økende sjøtemperatur (klimautvikling) er en trussel for sukkertarens utbredelse spesielt i Skagerrak. Vinterstid er algen følsom for faktorer som virker inn på kjønnlig formering og vekst av kimplanter, som økt mengde bunnslam funnet i Skagerrak. Årsakssammenhenger til skifte i sjøvegetasjon fra sukkertare til trådalgesamfunn er forankret i komplekse økosystem-sammenhenger som gjør det vanskelig å skille direkte og indirekte årsak. Økosystemet fungerer gjennom interaksjoner både oppover og nedover i næringskjedene og med det omgivende fysiske og kjemiske miljøet. Endringer på ett nivå kan skape kaskadeeffekter i nettverket. Flere samspillende effekter kan også føre økosystemet over et "tipping point" som gir et økosystemskifte til et nytt stabilt samfunn, som muligens skiftet fra sukkertare til trådalger.

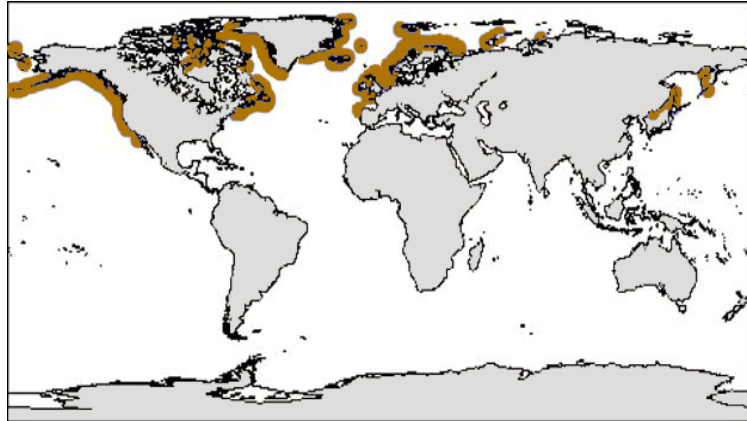
Lys, næringsalter og substrat er primære ressurser for algene. Ytre faktorer kan påvirke tilgjengeligheten av disse og påvirke konkurranse om primære ressurser mellom sukkertaren og trådalgene. Sukkertaren utnytter de naturlige sesongvariasjonene i næringsalkonsentrasjonene, mens trådalgene er avhengig av kontinuerlig næringsalktilgang til sin vekst. Næringsalktilførsler favoriserer derfor trådalger på bekostning av sukkertaren. Forsøk viser at sukkertaren vokser normalt og rekrutterer under de rådende miljøforholdene i Skagerrak, men også at den stresses av høy sjøtemperatur i overflaten, lysmangel på dypere vann og av påvekst på bladet.

Små krepsdyr og snegl er viktige beiter av påvekstalg på tarebladene og i bunnvegetasjonen, og de er igjen føde for lokal småfisk og større omstreifende rovfisk. Nedgang i toppredator kan føre til skjev balanse mellom rovdyr og byttedyr slik at økosystemet mister sine viktige algespisere.

Sukkertareøkosystemet er et skogsmiljø av store tareplanter hvor det bor, vokser og lever mange små alger, krepsdyr, snegl og fisk blant flere. Tareskogens produksjon og skjul danner grunnlag for en næringskjede opp til fisk og mennesker.

5.1 Autøkologi og generell beskrivelse

Sukkertare er en stor, flerårig brunalge med et 1-3 m langt og 10-50 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 (begrenset av lys og tilgjengelig substrat). Sukkertarens latinske navn er 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 som også er gjengitt i tidligere sukkertarerapporter, og vi skal her beskrive de viktigste forhold som vi i dag anser å ha betydning for sukkertaredøden og manglende gjenvekst.



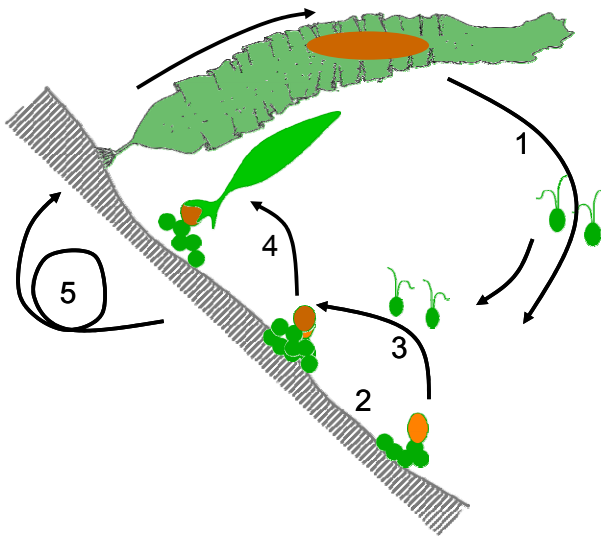
Figur 5.1. Global utbredelse av sukkertare.

Basal kunnskap om sukkertarens livssyklus, miljøkrav og følsomhet er viktig for å forstå betydningen av faktorer og forhold som kan være medvirkende årsak til dagens situasjon på beskyttet kyst av Sør-Norge. Heri ligger tarens evne til utnyttelse av næringsalter, følsomhet for temperatur, følsomhet for tilslamming etc. Kunnskapen om sukkertarens økologi og om økologiske sammenhenger i kystøkosystemet som konkurranse med andre arter (trådalger og deres egenskaper og miljøkrav), beiting (inkludert kråkebollebeiting) etc. Vi vil i dette kapitlet legge grunnlaget for å forstå betydningen av, og mulige sammenhenger mellom, observerte endringer i biologien og endringer i fysiske/kjemiske forhold presentert i følgende kapitler.

Sukkertare er en kaldtvannsart med vid, sirkumpolar geografisk utbredelse på den nordlige halvkule (inkludert Svalbard) (Figur 5.1). Artens sørlige utbredelsesgrense i Europa går ved Portugal. Det sammenfaller med 19 °C sommerisotermen i overflatevannet som i følge litteraturen er beskrevet som algens øvre temperaturtoleranse.

Vekst og årssyklus av sukkertare i Norge er beskrevet av Sjøtun (1985, 1990 og 1993). Sukkertarens vekst er høy om våren og lav om høsten. Sukkertaren har interkalær vekst (vekstsenteret sitter i basis av bladet ved stilken) og et nytt blad vokser ut samtidig som det gamle felles, eller slites av i tuppen. Sukkertaren beholder derfor sin form og danner en permanent vegetasjon gjennom hele året. Om høsten begynner de voksne platene (>1 år) å utvikle sporer og fortsetter sporeproduksjonen fram til våren (Figur 5.2). Sporene slippes om høst og vinter og spirer til mikroskopiske 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. Det er mange steg i livssyklusen hvor forstyrrende elementer kan redusere bestanden eller svekke re-etablering tilstrekkelig til at bestanden svekkes eller kan dø ut. Vår søken etter årsaks-sammenhenger har derfor vært tuftet på den autøkologiske kunnskapen om sukkertaren.

Vekst og utvikling hos sukkertare i Skagerrak under dagens forhold viser at veksten kan stoppe helt opp om høsten (se kap. 5.2) og at plantene antakelig har kortere livslengde (nærmere 3 enn 5 år). Disse forsøkene ved HI's Forskningsstasjon Flødevigen, Arendal, er startet i Sukkertareprosjektet og blir videreført i Forskningsrådsprosjektet på sukkertare.



Figur 5.2 Livssyklus hos sukkertare.

1. Sporeslipp høst og vinter.
2. Zoosporene søker ned mot sjøbunnen, fester seg til underlaget og spirer til mikroskopiske hann- og hunnplanter (gametofytter)
3. Hannplantene slipper ut en mengde små spermatozoider som skal befrukte egget på hunnplanten
4. Det befruktete egget spirer straks og en ny kimplante vokser ut av egget på hunnplanten og over hunngametofytten, som blir borte.
5. Ut over våren vokser kimplanten raskt og avhengig av lys, næring 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

5.2 Sukkertarevekst og -fertilitet i Skagerrak



Figur 5.3 Sukkertare med fertile bladpartier (mørke felter). Foto: Øystein Paulsen, HI

For å undersøke vekst og utvikling under omgivende miljøbetingelser der hvor sukkertaren har gått sterkt tilbake, ble sukkertare innsamlet fra fortsatt eksisterende populasjoner på mer bølgeeksponerte lokaliteter i Arendal/Grimstad-området og montert på tau på brygga ved Havforskningsinstituttets forskningsstasjon i Flødevigen. Tareplanter ble hengt ut i tre testdyp: 0,5m, 3m og 5,5m. For å undersøke år til år variasjoner av vekst og reproduksjon ble månedlige målinger foretatt i perioden 2006-2008. Målingene inngår i og videreføres i forskningsrådsprosjektet på sukkertare

Vekst måles ved å observere endringer i avstanden mellom stilk og et hull som påføres bladet 10 cm over stilken ved hvert måletidspunkt. Hullet i bladet skyves utover etterhvert som bladet vokser. Plantene ble klassifisert som døde når meristemet (vekstsonen i overgangen mellom stilk og blad) var borte.

Reproduksjonen ble målt ved visuell inspeksjon, der sporebærende (fertile) bladpartier framtrer som mørkere enn vegetative bladpartier (Figur 5.3). I tillegg tas det vevsprøver fra de fertile bladpartiene for å teste ut eventuelle sporens funksjonalitet og spiringsdyktighet.

Resultater fra målingene er vist i Figur 5.5 som gjennomsnitt av de 3 årene og de tre testdypene. Venstre og høyre side i figuren viser målinger av dødelighet, plantelengde, veksthastighet og sporeproduserende andel av henholdsvis unge og eldre sukkertareplanter som var under eller mer enn ett år gamle ved forsøkets start (i oktober-desember). Både unge og eldre sukkertareplanter viste økende dødelighet utover sommer og høst men det var stor forskjell mellom årene, spesielt for de unge sukkertareplantene (stort std avvik). Forskjellen i dødelighet har sannsynlig sammenheng med en lang periode med høy sjøtemperatur sommeren 2006 som ga stor dødelighet denne høsten, mens det var normal sjøtemperatur sommeren 2007 og lav dødelighet (se temperaturutvikling i Figur 6.6). Stor dødelighet hos de voksne sukkertareplantene i august til november (alle år) har i tillegg til sjøtemperatur også sammenheng med at plantene kanskje ikke blir eldre enn 3 år gamle i Skagerrak og således hadde oppnådd en naturlig livslengde.

Veksten hos både yngre og eldre sukkertareplanter var best i perioden mars-juni. De unge plantene opprettholdt høy vekst noe lenger ut over sommeren enn de eldre. Veksthastigheten reduseres etter mai/juni og nådde et minimum på sensommeren. Dette er en naturlig vekstendring hos sukkertaren som er styrt av lyset (langdagsrespons), og har sammenheng med at plantene om sommeren investerer fotosynteseproduktene i opplagsnæring og reproduksjon. Under normale omstendigheter skal imidlertid sukkertareplantene gjenoppta veksten i løpet av høsten, men forsøksplantene viste lite tegn til ny vekst. I 2006 stoppet veksten helt opp tidlig på høsten og plantene døde. Også i 2007 var veksten minimal og tilstanden til plantene var dårlig. I løpet av november-desember 2007 gjenopptok imidlertid den yngste generasjonen av tareplanter sin vekst.

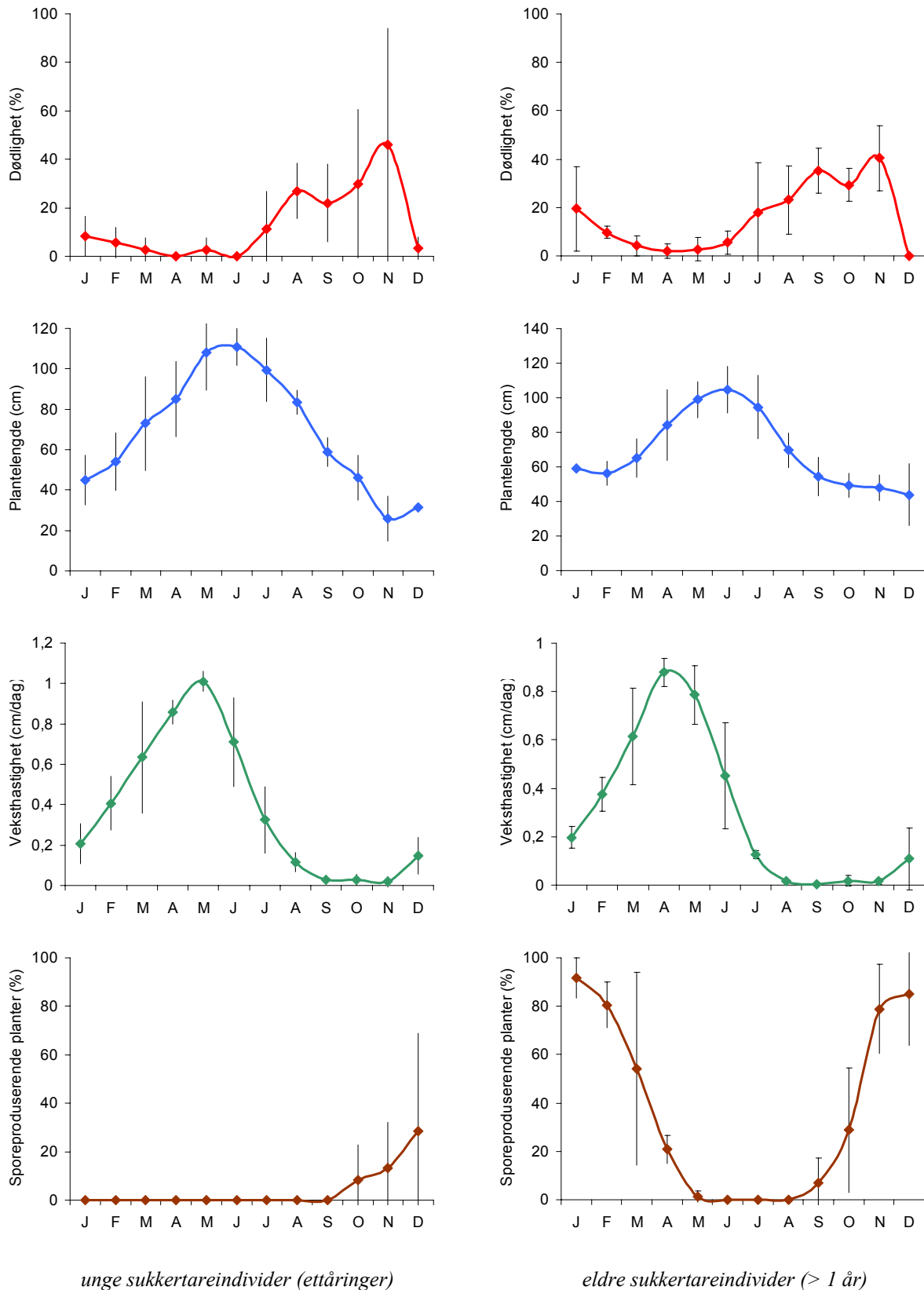
Vekstvariasjonen gjennom året gjenspeiles også i lengden på tarebladet med øktende bladlengde i vekstperioden og avtakende lengde ut over sommer og høst. Reduksjonen skyldes stor slitasje på bladtuppene.

Fertile eldre sukkertareplanter ble observert fra transplantasjonstidspunktene (oktober-desember) fram til april-mai i alle tre sesonger. I perioden juni-august, ble det ikke observert fertile planter. Ingen av de yngre plantene var fertile ved start den første vinteren, men fertile planter ble observert mot slutten av året (ved alder ca 2 år).



Figur 5.4 Tareplanter fra 0,5 m dyp (20. sep 2009) overgrodd av blåskjell. Foto: H Steen, HI.

Et metodisk problem for taukulturene med sukkertare langs kaikanten var at plantene som står grunnest (0,5m dyp) ble overgrodd av blåskjell utover sommeren (Figur 5.4), mens dette var et mindre problem på 3m og 5,5m dyp. Årsaker til at plantene overgroes av blåskjell kan være flere, men liten tilgang for predatorer som sjøstjerner (plantene dyrkes i de frie vannmasser), og redusert produksjon av antibegroingsstoffer hos sukkertaren i løpet av sommeren, er mulige forklaringer på dette fenomenet.



Figur 5.5 Dødelighet, plantelengde, veksthastighet og fertilitet hos unge planter (ettåringer, til venstre) og eldre planter (>1 år) (til høyre) av sukkertare på kaikanten i Flødevigen. (Data fra tre år og tre dyp er slått sammen. Variasjon mellom årene er vist som standard avvik.)



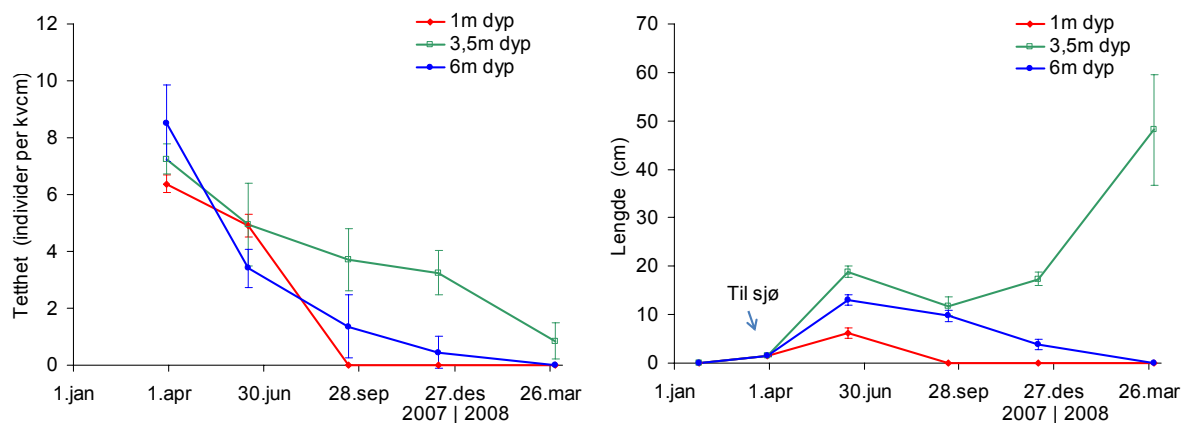
Figur 5.6 Eksperimentelt oppsett for måling av nedslag og spiring av sukkertare på granittplater (10x10 cm) plassert ut på tau sammen med fertile sukkertare på 3,5m dyp i Flødevigen i oktober 2005 (venstre). Kimplanter av sukkertare på granittplate i juni 2006 (høyre).
Foto: H Steen, HI

Vekst av kimplanter i ulike dyp i 2006 og 2007

Høsten 2005 ble et eksperimentelt oppsett med granittplater (10x10 cm) i tau (4 tau) hengt ut sammen med fertile (modne), voksne sukkertareplanter hengende ca 0,5m over (Figur 5.6), langs kaikanten i Flødevigen. Sukkertareplanter og granittplater ble plassert ut i 3 ulike dyp (1m, 3,5m, og 6m). I løpet av vinteren/våren 2006 slo det seg ned sporer på granittplatene, og i juni var det synlige kimplanter på samtlige granittplater i samtlige dyp (Figur 5.6). I september 2006 var samtlige kimplanter på 1 m dyp døde og kimplantene som hadde overlevd på 3,5 og 6 m dyp var sterkt redusert. I desember 2006 var samtlige kimplanter døde.

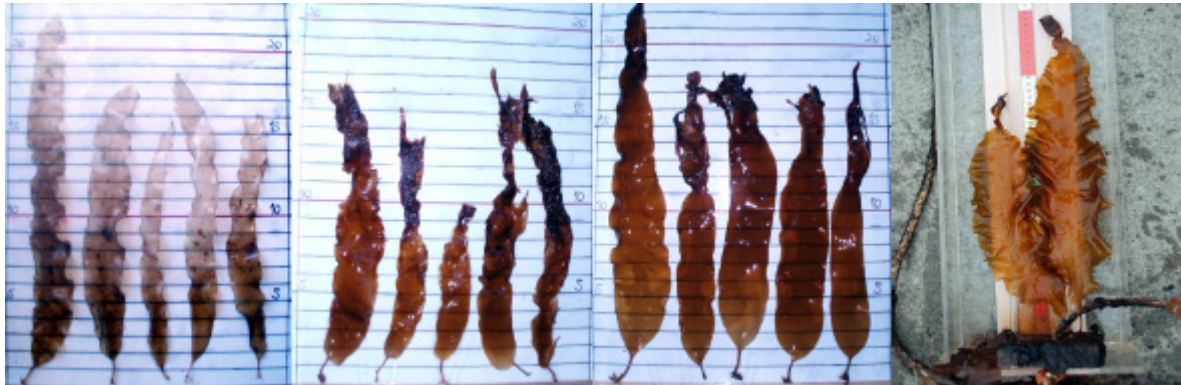
Forsøket ble gjentatt i 2007, men uten at det lyktes å få nedslag av kimplanter. I stedet ble det i mars plassert ut granittplater med ferdig etablerte kimplanter, som var etablert i akvariekultur i januar. Tetthet og lengde av planter ble målt gjennom 2007 (Figur 5.7).

Granittplatene og plantene på 1m dyp ble overgrodd av blåskjell i løpet av sommeren 2007. Plantene hadde best tilvekst på 3,5m dyp, og tilveksten var best på våren. I juni ble det observert bleking av planter (Figur 5.8), noe som kan ha sammenheng med mye lys (foto-inhibering) og høy temperatur i begynnelsen av juni 2007 (se Figur 6.6).



Figur 5.7 Gjennomsnittlig tetthet (venstre) og lengde (høyre) av sukkertarekimplanter på granittplater etablert i kultur (25.01.07) og plassert på tau i tre dyp i Flødevigen (20.03.07, 1, 3,5, 6m dyp) (95% konfidensintervall og N=4).

Lengdeutviklingen for plantene som overlevde gjennom sommeren var negativ i samtlige dyp (Figur 5.7). Dette skyldes sannsynligvis apikal erosjon (slites av i tuppen), da vekstsonen (det interkalære meristemmet) virket frisk og lite begrodd på ettersommeren (Figur 5.8). Plantene på 6 meters dyp døde ut i løpet av vinteren 2007/2008, mens plantene på 3,5 meters dyp økte veksten i løpet av vinteren 2007/2008, og var i gjennomsnitt ca 50 cm ved utgangen av mars 2008 (dvs etter nøyaktig ett år i sjøen). Disse forsøkene fortsetter og følges opp i Forskningsrådsprosjektet på sukkertare.



Figur 5.8 Vekst av juvenile sukkertareplanter på granittplater satt ut i sjøen på 3,5m dyp som centimeter store kimplanter i mars 2007. Avbildet i juni (venstre), september 2007 (midten venstre), i desember 2007 (midten høyre) og i mars 2008 (høyre). Foto: H Steen, HI.

5.3 Sukkertare og næringsalter

Næringsalter er en nødvendig forutsetning for vekst av alle primærprodusenter inklusiv sukkertare. Sukkertare har i likhet med mange store, flerårige alger og i motsetning til små, kortlevde alger, en stratifisert strategi for næringsopptak, næringslagring og vekstproduksjon. Sukkertaren (som de andre tareartene) har meget god evne til å ta opp og lagre næringsalter og er meget godt tilpasset den naturlige sesongvariasjonen i tilgjengelige løste næringsalter i hav og kystvann, hvor næringsaltkonsentrasjonene normalt er høye i vinterhalvåret og lave i sommerhalvåret (bundet opp i biomasse). Sukkertaren tar opp og lagrer næringsalter i vinterhalvåret til vekst utover vår og sommer når naturlig tilgjengelige næringsalter er lave. Ved tilførsler av næringsalter kan sukkertaren fortsette å ta opp næring. Undersøkelser har vist lineært opptak av nitrat opp til 30 μM , mens ammoniumopptaket ble mettet ved 10 μM (Ahn et al. 1998).

I motsetning til sukkertare, er små, kortlevde alger, for eksempel trådalger, avhengig av kontinuerlig næringsalttilgang da de i liten grad kan lagre overskudd til senere bruk. Disse har følgelig et stort behov gjennom vekstsesongen i sommerhalvåret. Til gjengjeld har disse artene rask respons og høy produksjonsevne og kan utnytte små tilførsler av næringsalter. Mens sukkertaren har redusert sin vekst om sommeren og i liten grad kan utnytte sommertilførsler av næringsalter, kan trådalgene raskt respondere med økt vekst.

Det er godt dokumentert fra flere steder verden rundt at økte tilførsler av næringsalter om sommeren fører til økt vekst og til sist dominans av hurtigvoksende trådalger på bekostning av tang, tare og ålegras (Valiela et al. 1998). Økte sommerkonsentrasjoner av næringsalter er ikke skadelig for sukkertaren, men indirekte negativt via påvirkning av lysforhold og

stimulering av trådalgevekst som kan gro over og skygge ut sukkertaren. (Se hhv. negativ og positiv piler fra næringssalter til sukkertare og trådalger i økosystemskissen i Figur 5.14.)

5.4 Sukkertare og lys

Lys er som næringssalter, en betingelse for primærproduksjon. Alle alger trenger både lys og næring for å leve og vokse. Lyset er den primære energikilden som driver fotosyntesen og gir algen overskudd til å leve, vokse og reproducere. Lyset avtar med dypet, lyssvekkelse (se mer om dette i kap. 7), og setter begrensning på hvor dypt algene kan gro. Algene har ulike pigmentsystemer som i ulik grad setter dem i stand til å utnytte lys på dypt vann. Grønnalgen med sitt grønne pigment er begrenset til strandsonen og helt grunt vann, mens rødalgene kan utnytte det lyset som når lengst ned i dypet og vokser derfor dypest. Brunalgene er midt i mellom og sukkertarens nedre voksedyp er mellom 12 og 30 m i Sør-Norge, avhengig av klarheten i vannet. Når lyset reduseres avtar algenes fotosynteseoverskudd. Store alger med mye støttevev etc. har høyere respirasjon og krav til fotosynteseoverskudd enn små, encellede alger eller tynne trådalger. Redusert lysmengde kan derfor ha større negativ effekt på sukkertaren enn på konkurrerende trådalger. Det er vist at siktedypet, som er en metode for å måle vannets klarhet, i Skagerrak er redusert over tid og Rueness & Fredriksen (1991) fant at nedre voksegrense for sukkertare i ytre Oslofjord var redusert fra ca 25 m til 15 m dyp på 40 år. Endringer i lysklima har imidlertid utviklet seg langsomt og kan ikke forklare de plutselige endringer i sukkertarens forekomst og skifte i vegetasjon, men lyssvekkelse kan ha redusert sukkertarens vertikale utbredelse og svekket populasjonene.

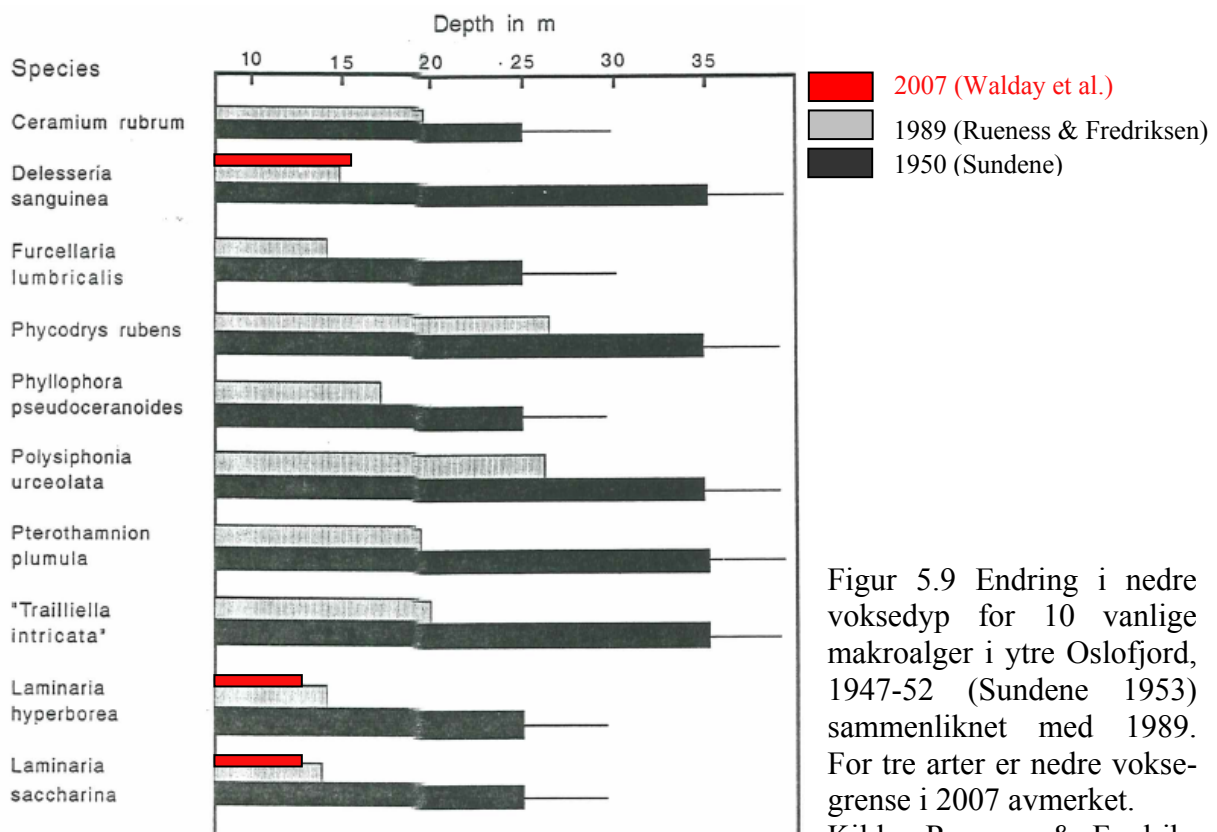
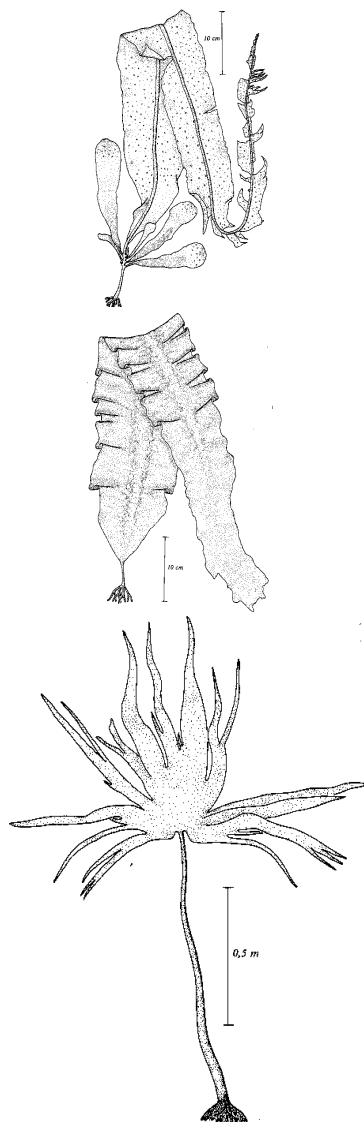


Fig. 3. Lower depth limits of 10 common species in outer Oslofjord, Norway in 1947-1952 and in 1989

Figur 5.9 Endring i nedre voksedyp for 10 vanlige makroalger i ytre Oslofjord, 1947-52 (Sundene 1953) sammenliknet med 1989. For tre arter er nedre voksegrense i 2007 avmerket. Kilde: Rueness & Fredriksen 1991, Walday et al. 2008.

5.5 Sukkertare og temperatur

Temperatur er en viktig faktor for arters utbredelse, først og fremst ved å sette øvre og nedre temperaturgrense for overlevelse. I mindre grad påvirkes omsetningshastigheter, men ofte tilstrekkelig til å kunne registrere økt algevekst i varme somre kontra kalde. Høy sjøtemperatur vil klart begrense forekomst og utbredelse til sukkertare og andre kaldtvannsalger i områder hvor de lever på yttergrensen av sin utbredelse. Som nevnt ovenfor går sukkertarens utbredelsesgrense ved 19 °C sommerisotermen, og i så måte er Skagerrak et randområde hvor temperatur kan begrense dens utbredelse (se variasjon i overflatetemperatur i kap 6). Langtidsendringer i sjøtemperaturen er utførlig presentert i Klimarapporten fra Sukkertareprosjektet (Moy & Stålnacke 2007) og i statusrapportene fra prosjektet. Tålegrense er en kombinasjon av temperatur over tid og det er mulig ulike populasjoner (økotyper) har ulik tåleranse. På Helgoland ble det funnet at sukkertaren tålte en uke i 20 °C, men ikke i 23 °C (Luning, 1984).

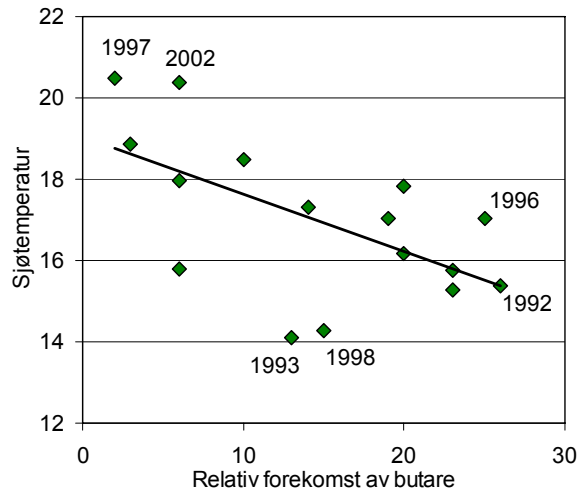


Figur 5.10 Illustrasjoner av butare (øverst), sukkertare (midten) og stortare (nederst). Etter Åsen 1980

Et skoleeksempel på temperaturstyrt utbredelse er butare (*Alaria esculenta*) (Figur 5.10) hvor sommertemperaturen tydelig kontrollerer artens regionale utbredelse i Skagerrak (Sundene 1962 og Munda & Luning 1977). Butare tåler ikke temperaturer over 16 °C og har sin kjente østlige (sørlige) utbredelsesgrense i Skagerrak i Vest-Agder omtrent ved Mandal. Denne grensen varierer med kalde og varme år i regionen. I jakten på årsakssammenhenger i Sukkertareprosjektet ble det derfor også søkt etter butare og 2006-observasjoner viste at butare var forsvunnet fra mange av sine tidligere kjente voksesteder i Vest-Agder (statusrapport nr 2 se Moy et al. 2007, Åsen 2006, Husa et al. 2007).

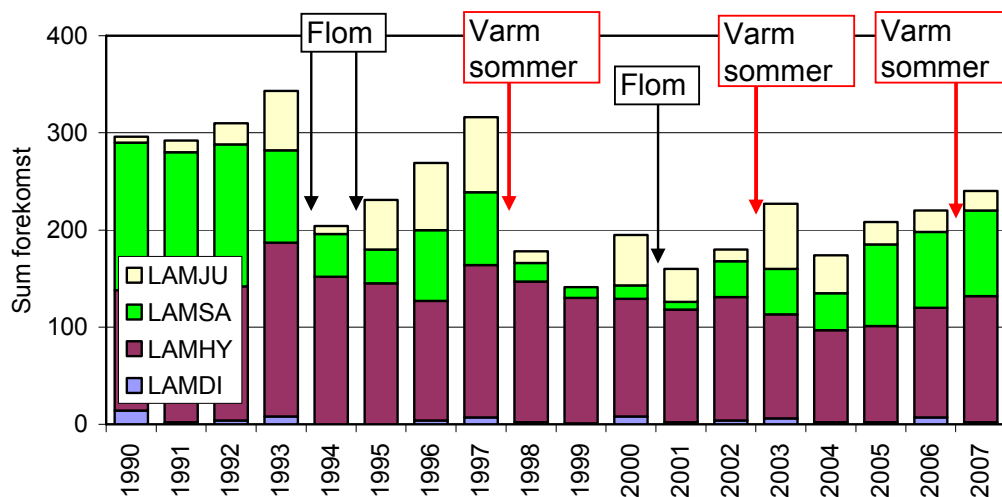
Butarens utbredelsesgrense i Skagerrak var kraftig forskjøvet vest- og nordover, og kan forklares med de siste års varme somre. Kystovervåkingsprogrammet overvåker årlig forekomsten av butare på stasjon C15 Revø utenfor Farsund i Vest-Agder og godt vest for artens østlige utbredelsesgrense. Forekomsten her har variert fra år til år, men butare har tydelig hatt lav juni-forekomst etter år med varme somre for så å bygge opp bestanden igjen (se Figur 5.11, Moy et al 2007b). Endring i forekomst og utbredelse av butare synes å være en naturlig følge av endringer i sjøtemperatur. Butare har en lavere temperaturtoleranse enn sukkertare (hhv. 16 og 23 °C) og butare vokser også på mer bølgeeksponerte lokaliteter enn sukkertarens kjerneområde.

Kystovervåkingsprogrammet overvåker også sukkertare på åpen, bølgeeksponert kyst. Her vokser sukkertare sammen med stortare og ofte litt dypere enn stortare. Figur 5.12 viser år til år variasjonen på ytre kyst av Agder siden overvåkingen startet i 1990. Det kan være mange årsaker til bestandsvariasjoner og temperatur er sannsynlig en av dem. Forekomsten av sukkertare gikk markert tilbake i 1994, som kan ha sammenheng med grumsete vann fra store flommer.



Figur 5.11 Relasjon mellom gjennomsnittlig sjøtemperaturen (°C) på 1 m dyp i Flødevigen, Arendal, i august og forekomst av butare i juni året etter på stasjon c15 Revø utenfor Farsund. Årstall i figuren viser til året for temperaturnotering (og butareforekomst påfølgende år). (Kystovervåkingsdata fra rapport for 2006, Moy et al 2007)

I 1998 etter den varme sommeren 1997 ble det også registrert en markert nedgang. Bestanden holder seg lav fram til 2002 hvor den igjen øker. De varme sommerene 2002 og 2006 synes ikke å ha negativ effekt på forekomsten av sukkertare i 2003 eller 2007. Til forskjell fra ytre kyst synes ikke bestanden av sukkertare på indre kyst å bygge seg opp igjen etter år med høy sjøtemperatur. Det er dokumentert en gradvis økning av temperatur i norske havområder (se kap. 6) og enkelte sommere de siste årene har hatt maksimumstemperaturer som ligger på grensen av eller kanskje over det sukkertare kan tåle. Lengden på den varme perioden er helt klart avgjørende. Det er stor mulighet for at det finnes økotypen av sukkertare som er adaptert til ulike temperaturregimer og kan tåle lengre perioder med varmt vann. Det er en målsetning å teste temperaturtoleranser i Forskningsrådsprosjektet. I sukkertareprosjektet er det observert år til år variasjoner i tarebestanden, som taredød i 2006 og gjenvekst i 2007 (hhv. varm og kald sommer, se statusrapport nr 2). De varme somrene 1997, 2002 og 2006 har sannsynlig hatt negativ effekt på sukkertarebestandene, men våre observasjoner av gjenlevende frisk sukkertare helt øverst opp mot fjæra, samtidig som sukkertaren har forsvunnet fra dypere (og kaldere) vann, tyder på at temperatur alene ikke kan være årsak. Den varme sommeren 1997 kan ha hatt katastrofal effekt på sukkertarebestanden dette året og påfølgende år (Figur 5.12)



Figur 5.12 Variasjon i juni-forekomster av tare på ytre kyst av Aust-Agder og markering av betydelige miljøhendelser som flom og varme somre i perioden 1990-2007. Artskoder: LAMJU = ung tare, LAMSA = sukkertare, LAMHY = stortare LAMDI = fingertare. Søylene viser summert forekomst på Kystovervåkingsstasjonene B07, B10 og B11. (Kilde: Kystovervåkingsprogrammet.)

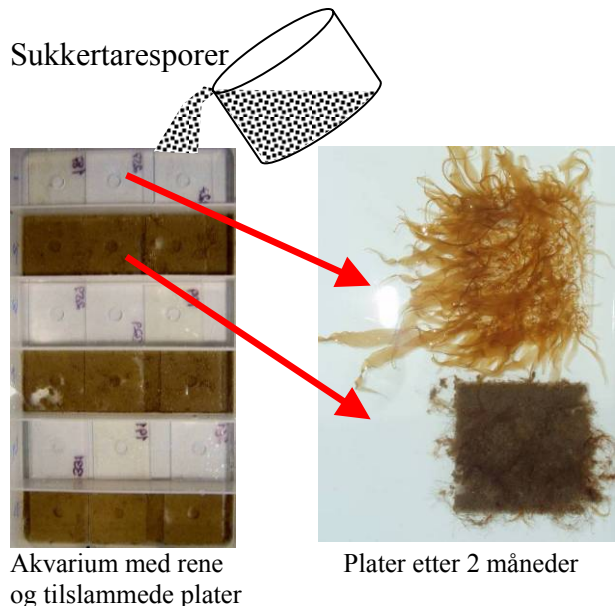
og fått økosystemet til å tippe. Men temperatur kan ikke alene forklare hvorfor sukkertaren på Skagerrakkysten og deler av Vestlandet, ikke kommer tilbake og reetablerer sitt klimaks-samfunn slik vi ser for eksempel på ytre kyst. Flere faktorer er sannsynligvis medvirkende til dette.

De siste års temperaturøkning har ikke bare gjort det ugunstig for taren og begunstiget vekst av trådalger og andre opportunistiske arter, men også begunstiget varmekjære, sydlige arter (Husa et al. 2007). Det gjenstår å analysere flora og fauna i algemattene fra Sukkertareprosjektet med hensyn til endringer som kan relateres til temperaturøkning.

5.6 Sukkertare og partikler

Grumsete vann og tilslamming av sjøbunnen ble tidlig vurdert som viktige årsaker til tap av sukkertare på Sørlandskysten fordi økt grad av tilslamming ble observert (se kap 9). Fra litteraturen er det kjent at sedimentasjon og tilslamming har negativ effekt på skogdannende arter, som de store tang- og tareartene (Seapy & Littler 1982, Vogt & Schramm 1991, Eriksson et al. 2002, Airoidi 2003, Schiel et al. 2006). De store algene trenger et godt feste til underlaget for å unngå å bli revet løs, og bunnslam reduserer algenes feste. I tillegg har sukkertare en følsom mikroskopisk livsfase

Pilotforsøk i sukkertareprosjektet med utsåing av sukkertare på rene plater og plater dekket med bunnslam i akvarier, viser at bunnslammet hindret spiring av sukkertare (Figur 5.13, og Statusrapport nr 1 fra Sukkertareprosjektet). Dette resultatet stemmer også godt med andres studier av de små mikroskopiske stadiene (Burrows 1971). Disse studiene er, sammen med studier på rekruttering og faktorer som påvirker gjenveksten av sukkertare, videreført i et forskningsrådsprosjekt. Forskningsprosjektet vil blant annet teste vitenskapelig flere av de mulige årsakssammenhenger som Sukkertareprosjektet har funnet. Økt partikkelmengde i vannet (resultater fra Kystovervåkingsprogrammet) gir i tillegg grumsete vann som øker lyssvekkelsen (se kap 7) som også er en negativ faktor for sukkertare.



Figur 5.13 Test på spiring av sukkertare på rene plater og plater dekket med bunnslam i akvarieforsøk (venstre) og resultatet av utsåingen etter 2 måneders vekst (høyre). (Fra Statusrapport nr 1.)

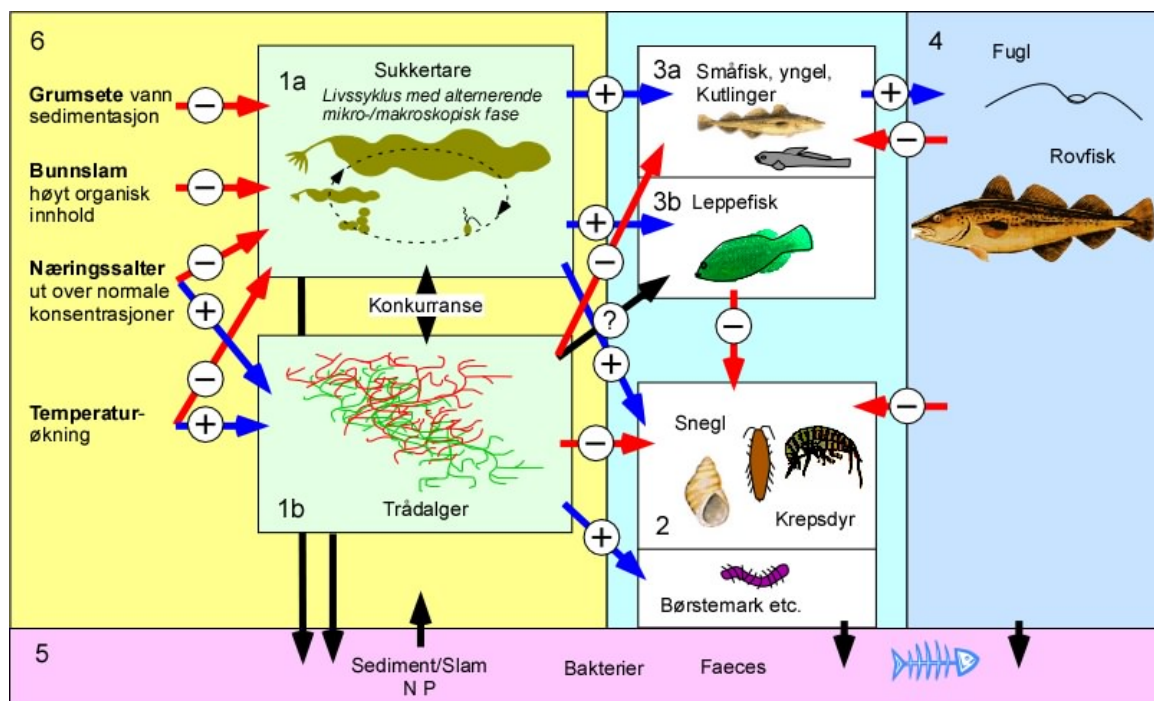
5.7 Sukkertare og vannbevegelse

Vannbevegelse gjennom bølgeeksponering og strøm har vist seg å være viktig for balansen mellom biomasse av trådalger og sukkertare. Trådformete alger klarer seg *ikke* under sterk vannbevegelse, da rives de lett av og transporteres ut av systemet. Sukkertaren derimot, og i

større grad stortaren, har egenskaper som gjør at den trives med og tåler vannbevegelse godt. Derfor kan sukkertaren opprettholde en god vegetasjon i overgjøddelede farvann hvor det samtidig er god vannbevegelse. Men siden sukkertare er en plante som også er tilpasset moderate eksponeringsforhold, vil den være spesielt utsatt for konkurranse fra trådformete alger som klarer seg best under slike betingelser. Våre observasjoner viser gjenlevende populasjoner av sukkertare på de mest eksponerte områdene av sukkertarens utbredelsesområde, enten lengst opp mot fjæra, i strømrrike sund eller lengst ut mot stortareskogen i havgapet. Disse observasjonene viser også at temperatur alene ikke kan være årsak til at sukkertaren har forsvunnet, men at samlet belastning, hvor vannets oppholdstid er en faktor, spiller en avgjørende rolle.

5.8 Sukkertareøkosystemet

Sjøvegetasjonen er en tett vev av primær-producenter, drevet av lys og næringsalter og til en viss grad av temperatur. Tilgang på primærfaktorene er avgjørende for samfunnets utvikling (bottom-up kontroll). I dette komplekse samfunnet lever også en mengde andre organismer som i mer eller mindre grad er avhengig av sjøvegetasjonen. Det er dyr som spiser algeproduisert materiale og som igjen blir spist av andre som for eksempel små fisk. Dyrelivet i tang og tareskogene er viktig føde for topp-predatorer som sjøfugl og stor fisk. Predasjonstrykket ovenifra kan også kontrollere utviklingen i økosystemet (top-down kontroll). Positive og negative virkninger er forsøkt vist med piler i Figur 5.14. Økosystemskissen er laget for bedre å forstå de komplekse årsakssammenhenger i kystøkosystemet knyttet til sukkertaresamfunnet, de ulike arters funksjon og rolle og mulige konsekvenser av endringer i miljøforhold og i økosystemet. Mange faktorer mangler, men en enkel konseptuell modell er et godt verktøy for å se viktige veier og manglende lenker i arbeidet med årsakssammenhenger. Statusrapport nr 3 fra sukkertareprosjektet gir en detaljert gjennomgang av økosystemskissen og vi skal her bare peke på noen få viktige momenter.



Figur 5.14 Økosystemskisse over sukkertaresamfunnet som mange steder er erstattet av et trådalgesamfunn. Skissen viser noen viktige positive og negative faktorer som er angitt ved piler markert med hhv. pluss og minus. "Generelle" faktorer eller faktorer med ukjent virkning er ikke tatt med i skissen.

Lys, næringsalter, substrat etc. er primære faktorer som er avgjørende for at algene kan leve, vokse og reprodusere. Konkurransen om primærfaktorene styrer utviklingen eller suksessen i sjøvegetasjonen. Faktorer som eutrofi, temperatur og partikler endrer konkurranse-betingelsene og kan drive økosystemet i en annen retning (jfr. kap. 5.3-0).

Mange av observasjonene fra sukkertareundersøkelsen og funn gjort av andre, tyder på at skjev sesongfordeling av næringsalter gir en "bottom up" effekt som driver sukkertare-systemet mot et trådalgesamfunn og befester dette (Schramm 1999, Worm & Lotze 2006, Burkholder et al. 2007). Men for å komplisere det ytterligere er det også flere studier som viser at "top-down" kontroll ute av balanse driver sjøvegetasjonen i samme retning som klassisk overgjødning med tap av de store strukturerende artene og dominans av opportunistiske alger (Worm & Lotze 2006, Moksnes pers med). Kollaps i torskebestanden fører til for lavt predasjonstrykk på dyresamfunnet i sjøvegetasjonen, og i en kaskadeeffekt gir ukontrollert oppvekst av små fisk overbeiting av viktige herbivore krepsdyr og snegl, som igjen fører til manglende regulering av mengdesammensetningen i sjøvegetasjonen, med oppblomstring av hurtigvoksende trådalger og grønnalger som resultat. Disse herbivorene har en viktig funksjon i å holde tarebladene rene for påvekst av mikroalger og trådalger.

Det er sammenhenger i økosystemet, såkalt negativ "feedback", som gjør at en utvikling blir selvforsterkende. Kollaps i torskebestanden kan drive tareøkosystemet mot et trådalgesystem som beskrevet over, et system som igjen gir dårlige oppvekstvilkår for torskeyngel: en negativ feedback.

Trådalgemattene som har erstattet sukkertareskogene gir dårlig skjul for yngel av torsk og annen fisk, unntatt for leppefiskene som synes å like seg i trådalgesamfunnet. Det er mulig leppefiskene også begunstiger utviklingen av trådalgesamfunnet ved å beite på herbivore krepsdyr og snegl. Trådalgesamfunnet tilbyr et annet og mer ustabil miljø med sterke årstidsvariasjoner. Trådalgesamfunnet kan sommerstid ha høyere diversitet av alger enn sukkertaresamfunnet, men de fleste artene tilhører samme funksjonelle gruppe (opportunistiske, kortlevde, små alger) og er funksjonelt sett fattigere. Undersøkelsene har vist at antall små dyr er redusert med opp mot ¾-deler som følge av skifte i vegetasjon fra sukkertare til trådalger. Antall arter av mobile dyr er flere steder redusert til ca 1/3-del av hva det var i tidligere sukkertareskoger. Artssammensetningen har endret seg fra typiske tareskogarter til mer generalister og bunnlevende dyr, og også mer rørbyggende (sediment) detritusspisere. Om høsten visner og dør trådalgene og etterlater seg en naken sjøbunn gjennom hele vinterhalvåret. Vi vurderer derfor økosystemet uten sukkertare som fattigere.

Taren og alle de andre algene i tareskogen fungerer som leveområde og næring for et stort mangfold små dyr. Samtidig vil dette mangfoldet av små dyr opprettholde et variert planteliv ved en "balansert" beiting på de ulike komponenter av algesamfunnet. I internasjonal faglitteratur snakker man om "functional redundancy" der mangfoldet innen ulike funksjonelle grupper er en forutsetning for et stabilt samfunn med høyt mangfold innen de ulike trofiske nivåene. Et taresamfunn (med sitt mangfold av planter og dyr) er avhengig av et balansert forhold mellom mangfoldet både innen primærprodusentene og beiterne, og mellom beitere og høyere predatorer. Forrykking i ett eller flere av disse forholdene kan føre til at man kommer over et "tipping point" som kan føre til at taren vil overgroes hvis faunaen ikke er i stand til å begrense epifyttveksten, eller at taren beites ned hvis herbivore dyr øker og opptrer i for store antall.

Som sukkertaren, lever ålegraset på beskyttete lokaliteter, og man har observert at ålegras har dødd ut der de er blitt overgrodd av trådalger. Men det synes som om ålegraset er mindre begrodd enn sukkertaren og at det kan henge sammen med relativt store tettheter av sneglen *Rissoa membranacea* på ålegrasbladene (Fredriksen et al. 2005). Våre fiskeundersøkelser viser samtidig at ålegrasengene hadde lav eller så godt som ingen forekomst av leppefisk, mens antallet leppefisk var høyt i trådalgedominerte samfunn. Dette kan understøtte hypoteser om viktige ”top-down” effekter i kystøkosystemet.

Vi har registrert forekomster av mikroorganismer på sukkertarebladene (pennate diatomeer og trådformete blågrønnalger), særlig i år med varme somre (mer i 2006 og 2008 enn i 2007). Disse vil på samme måte som trådalgene favoriseres av næringssalter og høye temperaturer. Blant dem var det flere med toksiske substanser (for eksempel *Prorocentrum cf. lima*). Det er mulig at disse kan virke negativt inn på sukkertaren.

Havområder verden over er truet, og Nordsjøen er blant verdens mest menneskepåvirkede havområder, bl.a. av overfiske og stadig nye miljøgifter (Jackson 2008). Foreløpig har vi ikke funnet noen miljøgift som virker negativt bare på sukkertare, slik at miljøgifter synes lite sannsynlig som en direkte årsak. Stor menneskelig påvirkning og stor ubalanse i økosystemer i Nordsjøen gjør det vanskelig å finne direkte årsakssammenhenger som kan avbøtes gjennom enkle tiltak.

5.9 Artssammensetning

Alger og dyr funnet i sukkertareskog og i algematta som har erstattet sukkertareskogen, er beskrevet i tidligere statusrapporter fra Sukkertareprosjektet. Artslistene for 2008 er vist i Tabell 5.1, Tabell 5.2 og vedlegg A. Tabell 5.1 og Tabell 5.2 viser artslistene for noen av stasjonene (hhv. Vestlandet og Skagerrak) som ble undersøkt i april, før sommeroppblomstringen, og i august. Det er i prosjektet samlet inn et stort antall prøver av alger og dyr fra området med sukkertareskog og fra områder hvor trådalgene har overtatt. Det er også prøvet fisket i disse to vegetasjonstypene samt i ålegras og stortareskog (statusrapport nr 3). Prøvematerialet er stort og ikke ferdig analysert. Flere av analysene vil bli videreført i Forskningsrådsprosjektet på sukkertare.

Tettheten av store sukkertareplanter i sukkertareskog var lik på Eggholmane ved Bergen og på Homborsund ved Grimstad, med gjennomsnittlig hhv. 31 og 32 planter pr m². Biomassen var imidlertid forskjellig idet bladlengden kunne være over 2,5 m ved Bergen, mens plantene på Skagerrakkysten var mindre og sjelden over 1,5 m. Gjennomsnittlig friskvekt av tare var 6 og 22 kg pr m² ved hhv. Grimstad og Bergen. Siden blad fornyes hvert år indikerer disse tallene den årlige sukkertareproduksjonen (antall kg plantebiomasse produsert pr m² og år). I tillegg produserer sukkertaren organisk stoff som kontinuerlig skilles ut i vekstperioden (DOC) og som også inngår i næringskjeden.

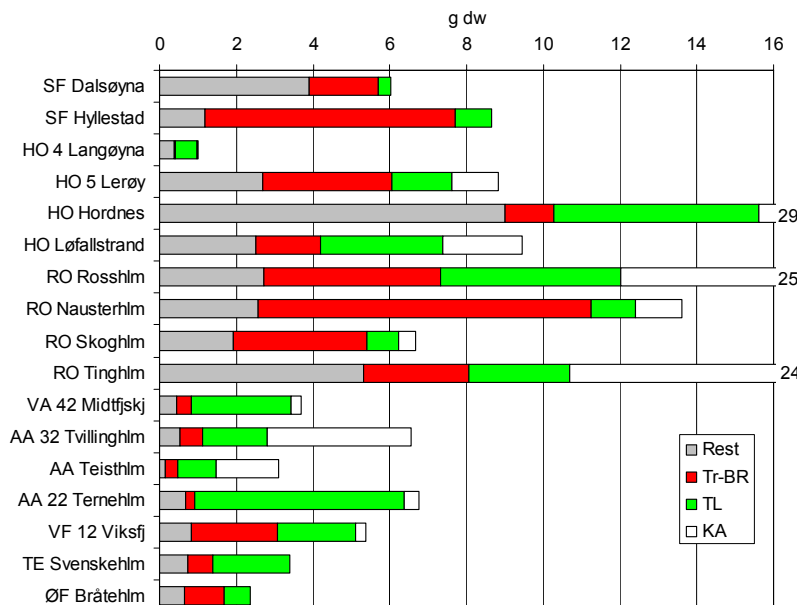
Undervegetasjonen i sukkertaresamfunnet (”buskformet” vegetasjon på bunnen under bladdekket av sukkertare) består hovedsakelig av et lite antall skygge-tolerante rødalgearter. Vanlige arter er krusflik (*Chondrus crispus*), svartkluft (*Furcellaria fastigiata*), krasing (*Corallina officinalis*) og fagerving (*Delesseria sanguinea*). På Skagerrak- og Vestlandskysten er også hhv. krusblekke (*Phyllophora pseudoceranoides*) og hummerblekke (*P. truncata*) vanlige. Alle er flerårige, grovt forgrenede eller bladformede rødalger, fra 5 til 15 cm store. Selve bunnen er ren fjell-/steinbunn uten slam som er begrodd med rosa skorpeformede kalkalger (*Coralliniacea indet.*). Om sommeren vokser det i tillegg spredt med de samme trådalger som i dag dominerer trefrie områder. Variasjonen er imidlertid stor fra

stasjon til stasjon og over tid, slike at dette er en grov forenkling, jfr. Tabell 5.1 og Tabell 5.2, samt Vedlegg A. Undervegetasjonens funksjon eller rolle er lite kjent, men siden de fleste er flerårige, skaper de et relativt stabilt miljø og rom for mange små mobile dyr (se statusrapport 3, Moy et al. 2008). Vegetasjonen er relativt lik sommer og vinter og mye av produksjonen lagres i flerårig biomasse. ”Åpen” og ren bunn er viktig for god sukkertarerekruttering. Artslister fra undervegetasjonen i tareskog er generelt mye kortere sammenliknet med stasjoner hvor sukkertaren er erstattet av trådalger, jfr stasjon HO st 4 Langøyna i Tabell 5.1 og andre stasjoner i Hordaland (se også vedleggslistene).

Der hvor sukkertaren har forsvunnet, finner vi fremdeles god forekomst av de arter som var vanlige i sukkertarens undervegetasjon, som krusflik, svartkluft, krasing og rødlo. I fravær av sukkertare synes det som flere av disse har økt i forekomst, kanskje spesielt krasing. Økningen er trolig som følge av bedre plass og lystilgang. Den store endringen som følge av tapet av sukkertare, er den kraftige sommeroppblomstringen av diverse trådformede alger. Rødalger er ofte de dominerende artene på Skagerrakkysten, for eksempel stilkdokka (*Polysiphonia elongata*), teinebusk (*Rhodomela confervoides*) og japansk sjølyng (*Heterosiphonia japonica*) og tidvis også fagerdokka (*Brongniartella byssoides*). Den introduserte arten japansk sjølyng var framtrepende i 2005-2006, men har de siste årene hatt lav forekomst. Vi finner den likevel i nesten alle våre prøver fra Sør-Norge.

På Lindesnes og på Vestlandet (og i noen grad i Skagerrak) er det først og fremst brunalgene som dominerer, med stor forekomst av bleiktuste (*Spermatochnus paradoxus*) og vortesmökk (*Asperococcus bullosus*). I 2008 ble det også registrert store forekomster av tvebendel (*Dictyota dichotoma*). På grunnere vann vokser lys grønndusk (grønnalge, *Cladophora* sp.) som et teppe over annen vegetasjon. Men igjen er variasjonen stor mellom stasjoner (Figur 5.15) og også mellom år.

Det er en markert forskjell mellom stasjon HO 4 Langøyna i Figur 5.15, hvor all biomasse er bundet opp i sukkertare, og andre stasjoner i Hordaland (HO) hvor sukkertarevegetasjonen er sparsom eller fraværende og erstattet av trådalgevegetasjon. Tilsvarende sees for stasjon AA Teistholmen kontra andre stasjoner på Agderkysten.



Figur 5.15 Biomasse (g tørrvekt) av makroalger fordelt på algegrupper på stasjoner fra Sogn og Fjordane til Østfold. De to første bokstaver i stedsnavnet viser fylket. Algegruppene er: trådalger, rød Tr-BR tykke læraktige, grønn TL kalkalger, hvit KA=krasing restprøve (en sammenfiltret masse) grå Rest.

Tabell 5.1 Makroalger (g tørrvekt) i prøver (20x20cm, n=3) fra 6 m dyp, innsamlet i Hordaland og Rogaland i april og august 2008.

TY (type): KA=kalkalger, BR=blad-/rørformede, TL=tykk læraktig, GF=grov forgrenet, Fi=Fint forgrenet. GR (gruppe): B=brunalge, G=grønnage, R=rødalge. Farge indikerer bladdekke av sukkertare: Grønt=vanligdominerende, Gul=spredt, Orange=enkeltfunn, Rød=ingen.

TY	GR	ART	Gj.snitt dw(g)	% dw	TY	GR	ART	Gj.snitt dw(g)	% dw
HO st 4 Langøyna Raunefj 07/04/2008					08/08/2008				
Sukkertaretthet 25 ind/m²					Sukkertaretthet ca 10 kg friskvekt/m² 12 ind/m²				
KA	R	Corallina officinalis	0,00	0	KA	R	Corallina officinalis	0,01	1
BR	R	Delesseria sanguinea	0,04	5	BR	B	Dictyota dicotoma	0,02	2
	B	Cutleria multifida, Aglazonia			TL	R	Chondrs crispus	0,58	59
	B	Dictyota dichotoma			B		Fucus serratum		
TL	R	Chondrus crispus	0,38	43	B		Laminaria sp		
	R	Gelidium latifolium					Rest	0,38	38
	R	Polyides rotundus					Total	0,99	100
TL	B	Saccharina latissima	0,10	11					
GF	R	Polysiphonia elongata	0,32	36					
	R	Rhodomela confervoides							
	B	Sphacelaria plumosa							
Rest			0,04	5					
Total			0,88	100					
HO Løfallstrand Hardangerfj 09/04/2008					10/08/2008				
Sukkertaretthet 2 ind/m²					Sukkertaretthet (ca.) 0,1 ind/m²				
KA	R	Corallina officinalis	2,43	44	KA	R	Corallina officinalis	2,05	22
BR	R	Lomentaria clavellosa	0,01	0	BR	B	Dictyota dicotoma	0,53	6
TL	R	Chondrs crispus	2,77	50		B	Spermatochnus paradoxus		
	B	Halidrys siliquosa			TL	R	Chondrs crispus	3,20	34
	B	Laminaria sp				R	Gelidium spinosum		
GF	B	Sphacelaria plumosa	0,14	3		B	Chorda filum		
Rest			0,16	3		B	Fucus sp		
Total			5,51	100		B	Fucus vesiculosus		
						B	cf Sargassum muticum		
					GF	R	Brongniartella byssoides	1,15	12
						R	Ceramium virgatum		
						R	Cystoclonium purpureum		
						R	Polysiphonia elongata		
						R	Polysiphonia fucoides		
						R	Rhodomela confervoides		
						B	Mesogloia vermiculata		
						B	Sphacelaria plumosa		
Rest							Rest	2,51	27
Total							Total	9,44	100
RO Tingsholmen Høgsfjorden 06/04/2008					03/08/2008				
Sukkertaretthet (ca.) 1 ind/m²					Sukkertaretthet 1 ind/m²				
KA	R	Corallina officinalis	0,26	14	KA	R	Corallina officinalis	13,75	56
TL	R	Chondrs crispus	0,19	10	BR	B	Asperococcus bullosus	2,49	10
	R	Gelidium spinosum				B	Dictyota dichotoma		
TL	B	Saccharina latissima	0,14	8		B	Spermatochnus paradoxus		
GF	R	Polysiphonia elongata	0,53	29	TL	R	Ahnfeltia plicata	2,61	11
	R	Rhodomela confervoides				R	Chondrs crispus		
Rest			0,69	38		R	Furcellaria lumbricalis		
Total			1,81	100		R	Gelidium spinosum		
					GF	R	Ceramium rubrum	0,26	1
						R	Polysiphonia elongata		
						R	Polysiphonia fucoides		
						R	Rhodomela confervoides		
Rest							Rest	5,32	22
Total							Total	24,43	100

Tabell 5.2 Makroalger (g tørrvekt) i prøver (20x20cm, n=3) fra 6 m, dyp innsamlet på stasjoner i Skagerrak i april og august 2008.

TY (type): KA=kalkalger, BR=blad-/rørformede, TL=tykk læraktig, GF=grov forgrenet, Fi=Fint forgrenet. GR (gruppe): B=brunalge, G=grønnage, R=rødalge. Farge indikerer bladdekke av sukkertare: Grønt=vanligdominerende, Gul=spredt, Orange=enkeltfunn, Rød=ingen.

TY	GR	ART	Gj.snitt dw(g)	% dw	TY	GR	ART	Gj.snitt dw(g)	% dw
VA 42 Midtfskj Lindesnes 06/04/08					15/08/2008				
Sukkertaretetthet					Sukkertaretetthet				
					0,5 ind/m²				
KA	R	Corallina officinalis	0,54	15	KA	R	Corallina officinalis	0,26	7
BR	R	Chylocladia verticillata	0,13	4	BR	R	Delesseria sanguinea	0,18	5
	R	Delesseria sanguinea				B	Asperococcus bullosus		
	R	Lomentaria clavellosa				B	Spermatocchnus paradoxus		
TL	R	Chondrus crispus	2,79	79	TL	R	Chondrus crispus	2,60	70
	R	Furcellaria lumbricalis				R	Coccotylus truncatus		
	R	Phyllophora pseudoceranoides				R	Palmaria palmata		
GF	R	Heterosiphonia plumosa	0,03	1		R	Phyllophora pseudoceranoides		
	B	Sphacelaria plumosa				R	Polyides rotundus		
		Rest	0,05	1		B	Laminaria sp		
		Total	3,54	100	GF	R	Ceramium rubrum	0,20	5
						R	Heterosiphonia japonica		
						R	Rhodomela confervoides		
						B	Desmarestia aculata		
						B	Sphacelaria plumosa		
						G	Cladophora rupestris		
						G	Cladophora sp		
							Rest	0,45	12
							Total	3,69	100
AA Terneholm Arendal 01/04/2008					17/08/2008				
Sukkertaretetthet					Sukkertaretetthet				
					2 ind/m²				
TL	R	Chondrus crispus	0,59	79	KA	R	Corallina officinalis	0,36	5
	R	Furcellaria lumbricalis			BR	B	Asperococcus bullosus	0,03	0
TL	B	Saccharina latissima	0,01	1	TL	R	Ahnfeltia plicata	5,48	81
		Rest	0,15	20		R	Chondrus crispus		
		Total	0,75	100		R	Furcellaria lumbricalis		
						R	Phyllophora sp		
						B	Chorda filum		
						B	Fucus vesiculosus		
						B	Sargassum muticum		
					GF	R	Brongniartella byssoides	0,19	3
						R	Polysiphonia elongata		
						R	Rhodomela confervoides		
						B	Desmarestia aculata		
						B	Sphacelaria plumosa		
							Rest	0,69	10
							Total	6,75	100
VF 12 Sundskj Viksfjord 31/03/2008					19/08/2008				
Sukkertaretetthet					Sukkertaretetthet				
					0 ind/m²				
KA	R	Corallina officinalis	0,80	43	KA	R	Corallina officinalis	0,27	5
BR	R	Delesseria sanguinea	0,61	33	BR	R	Delesseria sanguinea	1,82	34
TL	R	Chondrus crispus	0,35	19		R	Lomentaria clavellosa		
	R	Phyllophora pseudoceranoides			TL	R	Chondrus crispus	2,03	38
TL	B	Saccharina latissima	0,08	4		R	Furcellaria lumbricalis		
		Rest	0,00	0		R	Phyllophora pseudoceranoides		
		Total	1,84	100		B	Halidrys siliquosa		
					GF	R	Brongniartella byssoides	0,37	7
						R	Ceramium virgatum		
						R	Rhodomela confervoides		
					FI	B	Sphacelaria cirrosa	0,05	1
							Rest	0,84	16
							Total	5,38	100

Om høsten visner sommeralgene og den store biomassen går i forråtnelse på bunnen eller i nærliggende groper hvor algene har falt ned. I vinterhalvåret er bunnen relativt naken med tuer av de flerårige rødalgene svartkluft, krusflik og krasing. Mange av sommeralgene har mikroskopiske overlevelseshadstadier gjennom vinteren. Japansk drivtang er i vintersesongen redusert til et par cm stor stilk.

Faunaanalyser fra sukkertarelokaliteter med og uten sukkertare viser stor forskjell i artsantall og sammensetning (Tabell 5.3). Både i sukkertare, stortare, tang og ålegras har vi funnet tettheter på mellom 60 000 og 200 000 individer pr m² (Christie 1997, Christie et al. 2003, Fredriksen 2003). Tilsvarende høye tettheter ble funnet i to av prøvene av sukkertare fra Langøy ved Bergen i 2008, der sukkertarebestanden har vært noe varierende, men har fått utvikle seg gjennom noen år. Sukkertaren ved Grimstad viste langt lavere tettheter sammenliknet med den fra Vestlandet, også sammenliknet med den fra Arendal i 1996 (Christie 1997). Siden vi finner store variasjoner mellom de ulike prøvene både i det nåværende og tidligere materialet, er det vanskelig å angi et eksakt tall for tapet i individtetthet, men tapet kan ligge i størrelsesorden 50-75 %.

Faunaanalysene viser at de prøvene som er tatt av sukkertare (innsamlet hele planter) også har lavere tetthet og diversitet av fauna enn tidligere (Christie 1997, se også statusrapport nr 2 og 3, Moy et al. 2007, 2008). Det kan skyldes at det nå bare er små flekker igjen av sukkertare og at det trengs større arealer med skog for å opprettholde et friskt og tett faunasamfunn. En annen årsak kan være endringer i predasjon da vi i dag observerer store tettheter av både tangkutling og leppefisk i disse systemene. Spesielt leppefisk som bergnebb, berggyllt og grønngyllt utøver et høyt beitetrykk på lokal fauna av smådyr (egne observasjoner fra andre områder).

Prøvene fra Hardangerfjorden i 2008 viser relativt høyt individantall (Tabell 5.3), noe som kan henge sammen med at sukkertare hadde vokst til i løpet av høsten 2007 til våren 2008. Sammenliknet med Lerøy og flere av de stasjonene som kun har hatt trådalger i sommersesongen, viser prøvene fra Hardanger flere arter og høyere tettheter. Tabellen sier imidlertid ikke noe om artsammensetningen, men som beskrevet i tidligere rapporter er faunaen dominert av bevegelige dyr innen de samme dyregrupper som normalt forekommer på makroalger (krepser, snegl, børstemark etc). Imidlertid er det en tendens til økt forekomst av rørbyggende og sedimenttilknyttede arter i trådalgemattene. Det er naturlig at arter som beiter på sukkertarebladene overflate blir erstattet med mer detrituslevende dyr som lever innimellom de tette algemattene. Dette medfører også en endring i kvantitativt og kvalitativt næringstilbud og tilgjengelighet for fisk og andre dyr høyere opp i næringskjeden.

Tabell 5.3 Fauna i sukkertare, undervegetasjon til sukkertare og i algematter som har erstattet sukkertare. Alle prøvene er innsamlet i løpet av juli 2007 og aug 2008. Prøver merket med * inneholdt betydelige tettheter med juvenile blåskjell (se også tekst).

Alge	sted	Ant arter	Ant individer pr m ²	Ant juv. blåskjell
<i>2007</i>				
sukkertare	Bergen (Egghl)	43	22 650	
sukkertare	Bergen (Egghl)	39	18 050	
undervegetasjon	Bergen (Egghl)	18	3 225	
undervegetasjon	Bergen (Egghl)	28	3 825	
sukkertare	Homborsund	27	7 800*	39 725
sukkertare	Homborsund	37	18 975*	37 050
sukkertare	Homborsund	33	13 225*	56 825
undervegetasjon	Homborsund	31	7 350*	47 800
algematte	Grimstad (Tvillinghl)	38	22 025*	23 225
algematte	Lindesnes (Midtfjhl)	27	39 925	
algematte	Ryfylke (Tingshl)	43	20 375	
algematte	Bergen (Langøy)	44	35 775	
algematte	Bergen (Lerøy)	39	21 450	
algematte	Hardanger (Løfallstr)	44	36 775	
<i>2008</i>				
Sukkertare	Bergen (Langøy)	56	77 925	
Sukkertare	Bergen (Langøy)	56	121 675	
Sukkertare	Bergen (Langøy)	31	27 900	
Undervegetasjon	Bergen (Langøy)	28	11 725	
algematte	Hardanger (Løfallstr)	41	50 125	
algematte	Hardanger (Løfallstr)	32	32 525	
algematte	Hardanger (Løfallstr)	36	44 600	
algematte	Bergen (Lerøy)	31	35 275	
algematte	Bergen (Lerøy)	34	36 975	
algematte	Bergen (Lerøy)	29	18 175	
algematte	Ryfylke (kiosken)	22	38 250	
algematte	Ryfylke (Tingshl)	27	10 725	
Sukkertare	Grimstad (Teisthl)	39	26 575	
Sukkertare	Grimstad (Teisthl)	39	31 650	
Sukkertare	Grimstad (Teisthl)	27	10 025	
Undervegetasjon	Grimstad (Teisthl)	23	13 575	
algematte	Lindesnes (Midtfjhl)	27	28 300	
algematte	Grimstad (Tvillinghl)	30	36 675	
algematte	Arendal (Ternehl)	34	57 750	
algematte	Arendal (Ternehl)	22	27 900	
algematte	Arendal (Ternehl)	26	10 600	
algematte	Larvik (Viksfjord)	21	18 225	

6. Klima: Vind, bølger, nedbør og temperatur

av Bruce Hackett (met.no), Jan Aure (HI), Henning Steen (HI), Frithjof Moy (NIVA)

Vindstyrke og vindretning har mye si for bølgedannelse og omrøring av vannmassene. God vannbevegelse antas å være positivt for taren, mens stormer vil kunne rive løs store mengder. Vindanalyser (1960-2005) viser mer vind fra sør-vest og økende frekvens av sterke vinder fra sør-vest (mer enn 6 m/s) om vinteren i Sør-Norge (ytre Oslofjord, Sørlandet, Lista og Vestlandet). Det har vært flere perioder med stille sommervær, spesielt på tidlig på 80-tallet (1981-84) og slutten av 90-tallet (1996-2002) var det mye stille vær over hele Sør-Norge.

Nedbør og temperatur påvirker avrenning fra land og kan bidra til utvasking av næringstoffer og partikler som kan føre til eutrofiering og tilslamming av sukkertarens leveområder. Nedbørsmengde, årstid og temperatur (frysing og tining) bestemmer grad av avrenning. Sammenliknet med normalen (1961-90), har Agder-regionen har blitt både våtere og varmere siden 1980. Rundt årene 1962, 1975, 1988-94, 2000 og 2005 var det mange fryse-tinedøgn og spesielt siden 1988, har det vært en så å si en sammenhengende 15-årsperiode med unormalt høy vinternedbør. Høy temperatur førte også til at vinternedbøren kom som regn og ga stor vintervannføring i elvene.

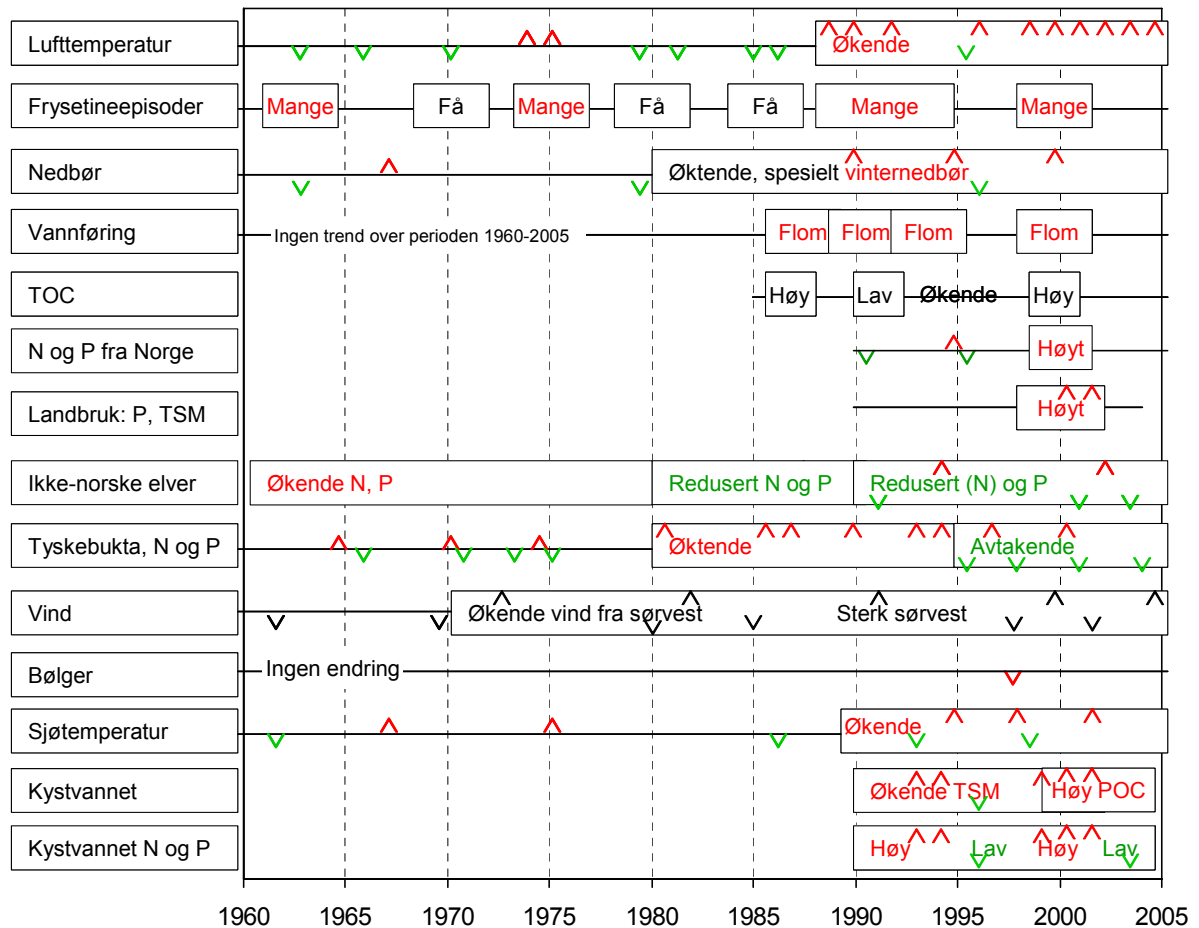
Sjøtemperaturen kan kontrollere sukkertarens utbredelse i Sør-Norge og spesielt i Skagerrak hvor sommertemperaturen kan bli høy og i ekstreme tilfeller dødelig for sukkertaren. Analysen av sjøtemperatur viser en klart negativ utvikling for sukkertare med hyppig frekvens av varme sommere siden 1994. Høye sjøtemperaturer er målt i 1997, 2002/03 og 2006. Sommeren 1997 ble det målt rekordhøye sjøtemperaturer i hele Sør-Norge og overflatemålinger i Flødevigen (Skagerrak) viste 19 °C eller mer i nær 2 sammenhengende måneder. I 1997 det ble også målt over 19 °C ned til 10 m dyp i Skagerrak 1 n.m. av land. Analyser av langtidsserier viser at det har vært varme perioder også tidligere, som i 1930-årene, slutten av 1950-årene, slutten av 1960-årene og midten av 1970-årene.

Klimatiske hendelser med betydning for sukkertare er inngående studert og rapportert i klimarapporten fra Sukkertareprosjektet (Moy & Stålnacke 2007). Perioden etter 2005-2008 har vært kjøligere enn perioden 1997-2004, men 2006 var et spesielt varmt år hvor det ble målt 19 og 20 °C i overflatevannet også på store deler av Vestlandet.

En sammenstilling av klimarelaterte dataserier viser at det sannsynlig har vært økt hyppighet av klimahendelser de siste 15-20 år (Figur 6.1). Klimatiske hendelser og trender er studert inngående tidligere i Sukkertareprosjektet og rapportert i Klimarapporten fra prosjektet (Moy & Stålnacke 2007) og vi skal her bare gjengi de viktigste funn med betydning for sukkertarens tilstand. Analyseperioden var fra 1960-2005 med spesiell fokus på 1990-2005 siden mange av dataseriene starter i 1990. Analyseresultater og konklusjoner fra Klimarapporten er fortsatt gyldige da det ikke har vært store endringer i sukkertaretilstanden etter 2005, men oppdaterte figurer vises for viktige faktorer.

Analysene er summert opp i Figur 6.1 og viste at det var sammenfall av høy sjøtemperatur, lite vind, lite bølger, høy tilførsel av nitrogen, fosfor og partikler, i tidsrommet for antatt bortfall av sukkertare (1997-2002). Mangel på sukkertareobservasjoner på indre kyst i tidsrommet 1997-2001 gjør at vi ikke kan tidfeste bortfallet av sukkertare nøyaktig. Viktige klimatiske hendelser er økt lufttemperatur som har gitt økt frekvens av fryse-tine-episoder.

Videre viser figuren økende nedbør og mange store flommer i 1994-95, 1999-2000, samt økt/høy tilførsel av nitrogen, fosfor, partikler og karbon. Responsparametere målt i kystvannet viser også episoder med høye næringsstoffs-konsentrasjoner, partikkelbundet karbon og partikulært materiale generelt. Dette har trolig redusert vannkvaliteten for sukkertare og samtidig begunstiget vekst av konkurrerende opportunistiske organismer, inkludert de trådalger, fastsittende dyr og bakterier som dominerer dagens samfunn. Les mer om hver av de ulike faktorene i følgende kapitler.

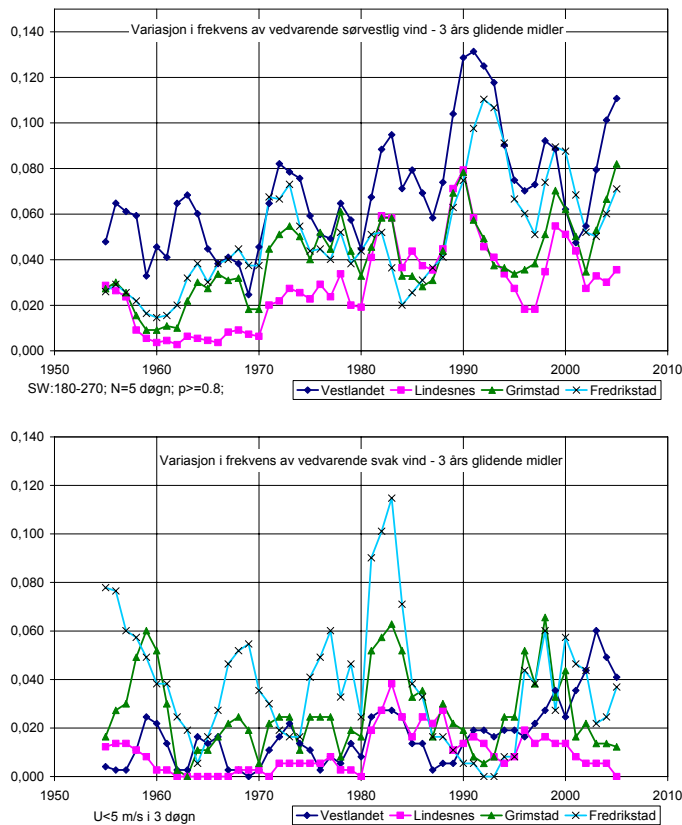


Figur 6.1 Klimatiske hendelser i perioden 1960-2005. Linje og boks indikerer lengden på de ulike dataserier som er undersøkt. Opp- og ned-symbol viser henholdsvis år med høye og lave verdier. Fargen indikerer sannsynlig positivt (grønt) eller negativt (rødt) effekt for sukkertare. Begge deler eller ukjent effekt er i svart. (Kilde: Moy & Stålnacke 2007).

6.1 Vind og bølger

Vindstyrke og vindretning har mye si for bølger og omrøring av vannmassene, og omrøring er positivt for taren som med sin styrke og store blad kan feie bunnen fri for bunnslam og konkurrenter om den begrensede plassen på hardbunn. Trådformede alger er mer skjøre og rives av med vannbevegelser slik at mengden av trådalger ikke hoper seg opp og blir et problem for langsomtvoksende arter som sukkertare. Ekstreme vind- og bølgeforhold, for eksempel vinterstormer, kan også rive løs taren og blant annet kaste den opp i store tarevoller på stranden. Stor omrøring kan også føre til oppvirvling av bunnsedimenter fra grunne områder og kan føre til grumsete vann og tilslamming av hardbunnsområdene.

Vindanalyser viste økende grad av vinder fra sør-vest samt økende frekvens av sterke vinder fra sør-vest (mer enn 6 m/s) i Sør-Norge (Fredrikstad=Ytre Oslofjord, Grimstad=Sørlandet, Lindesnes og Vestlandet, Figur 6.2, øvre). Det kan være positivt for taren, men også negativt i det transporten av næringsrikt vann fra sydlige Nordsjøen også styrkes med sør-vestlige vinder (jfr kap 10.1).



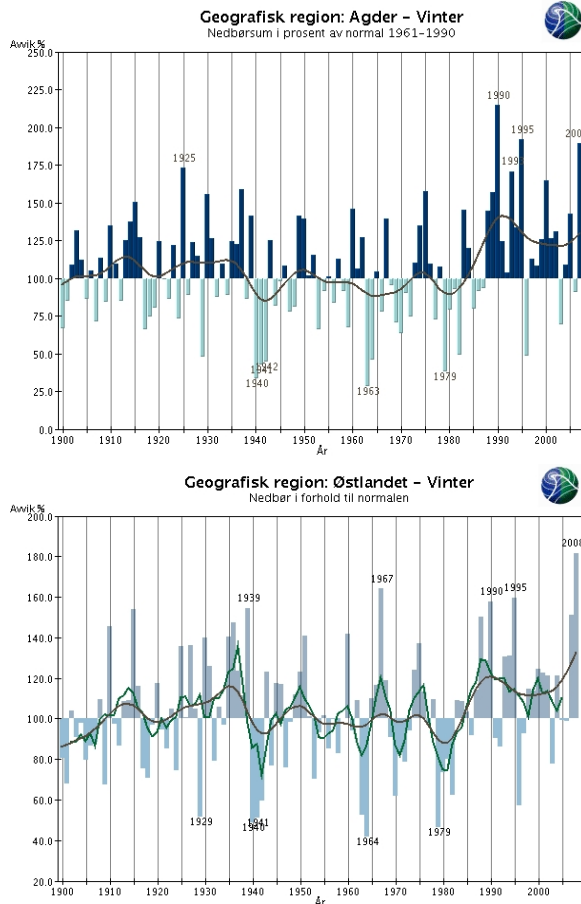
Figur 6.2 Frekvens av vedvarende sterk vind fra sørvest (øverst) og perioder med stille vær (lite vind, høyre) for fire områder: Vestlandet = mørk blå, Lindesnes = rød, Grimstad = gul og Fredrikstad = lys blå.

En analyse av stille perioder (vedvarende svake vinder) for 1960-2005 viste ingen trend, men at det har vært flere perioder med stille sommervær, spesielt på 80-tallet (1981-84) og fra 1996 til 2002 i Skagerrak og 2002-2005 på Vestlandet.

En analyse av bølger viste liten endring i frekvensen og høyde som kan sees i sammenheng med endringer i forekomst av sukkertare, men økt vind fra sør-vest medførte også økt frekvens av bølger fra sør-vest. Sommeren 1997 ble det registrert mange dager med markert lav bølgehøyde på Sørlandskysten (jfr. kap 9.3 og annex 5 i Klimaanalyserapporten) som kan indikere mer stillestående vann i skjærgården dette året. Dette sammen med en lang sammenhengende varm periode (se kap.6.3), kan sannsynlig ha skapt ugunstige miljøforhold for sukkertaren. Spesielle vind- og bølgeforhold kan ha vært medvirkende til bortfall av sukkertare.

6.2 Nedbør og temperatur

Målinger av nedbør og lufttemperatur viser at Agder-regionen har blitt både våtere og varmere siden 1980 sammenliknet med årsnormalen (1961-1990) og tidsperioden tilbake til 1900. Spesielt har Sør- og Østlandet mottatt mye nedbør i vintersesongen etter 1990 (Figur 6.3). Markert økning i vinternedbør og et høyt antall nullpunktkrysninger (fryse-tine-episoder, Figur 6.4) er viktige faktorer som fører til økt jorderosjon med avrenning av næringsstoffer og partikler til kystområdene. Dette kan være medvirkende årsak til økt tilslamming av sjøbunnen. Spesielt i periodene rundt 1962, 1975, 1992 og 2000 var det mange fryse-tinedøgn

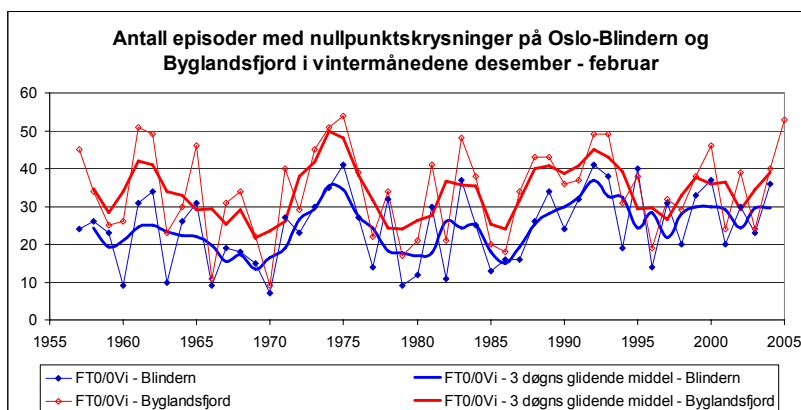


i Agder, men siden 1988 er det en så å si en sammenhengende ubrutt 15-årsperiode med unormalt høy vinternedbør som regn pga. milde vintre.

Interessant er det å merke seg at periodene rundt 1962 og 1975 med et høyt antall nullpunktkrysninger også sammenfaller med unormalt høy vinternedbør (på Østlandet). Men til forskjell fra disse unormale hendelsene som varte i 2-3 år og ble etterfulgt av normale eller kalde år, har klimaet i hele perioden etter 1988 avveket fra normalen.

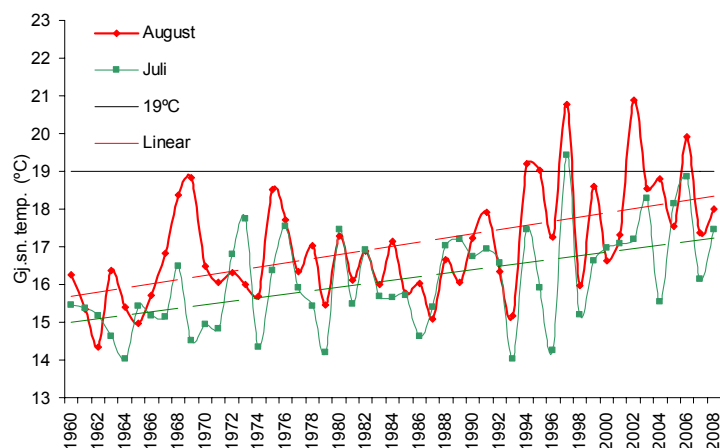
Lengden på unormale episoder kan ha betydning for utviklingen i sukkertarepopulasjonene som er avhengige av nesten årlig god rekruttering (jfr. kap 5.1). Vedvarende ugunstige forhold kan føre til en uttynning av bestanden over tid.

Figur 6.3 Avvik i nedbør fra normal 1961-1990 for vintersesongen (des-feb) i Agder (øvre) og på Østlandet (nedre).

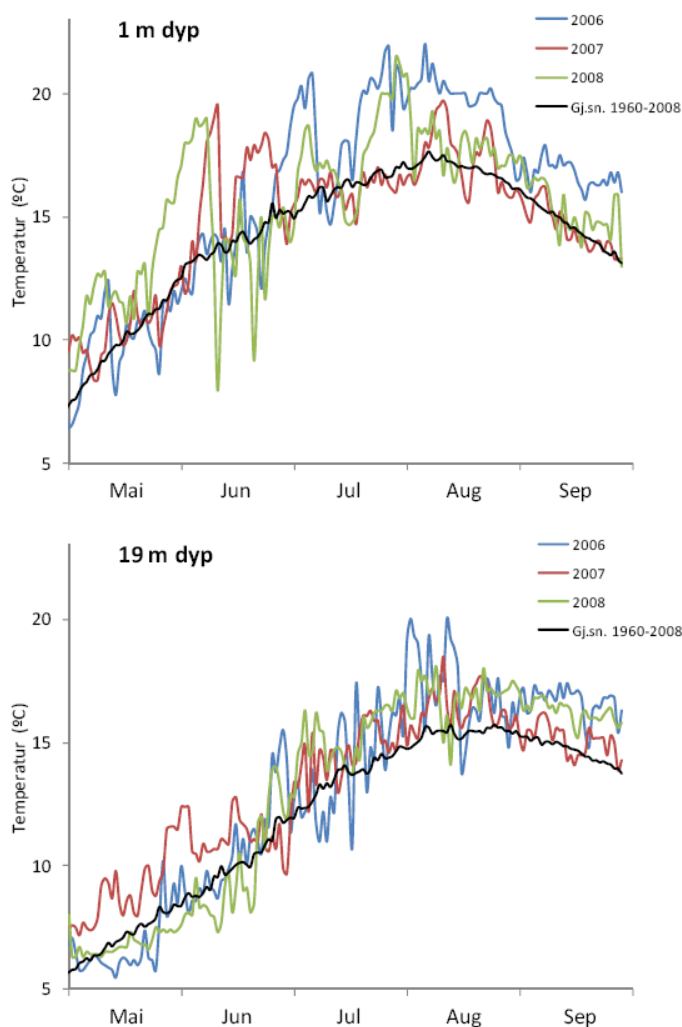


Figur 6.4. Antall fryse-tine-episoder på Østlandet (blå) og Agder (rød) i perioden 1957-2005.

6.3 Sjøtemperatur



Figur 6.5 Gjenomsnittlig sjøtemperatur i juli og august i Flødevigen på 1 m dyp fra 1960 og fram til i dag.



Figur 6.6 Daglige temperaturobservasjoner i Flødevigen Arendal, på 1m dyp (øverst) og 19 meters dyp (nederst) for mai - september, i årene 2006, 2007, 2008. Sort linje markerer gjennomsnittstemperatur i perioden 1960-2008

Endringer i sjøtemperatur er en direkte følge av klimatiske endringer som påvirker vanntransport med havstrømmene, og den lokale oppvarmingen via luft- og solvarme, spesielt i stille perioder. Sukkertare er en kaldvannsart hvor sommertemperaturen i Sør-Norge og Skagerrak spesielt, kan være skadelig og i ekstreme tilfeller dødelig for sukkertaren. Tradisjonell temperaturgrense for utbredelse av sukkertare er 19 °C sommerisotermen. Analysen av sjøtemperatur viser klart negativ utvikling for sukkertare i Skagerrak med stigende sommertemperatur siden 1960 (Figur 6.5). I den siste 15-årsperioden har det vært hyppig frekvens av varme sommere og det ble målt rekordhøye sjøtemperaturer i 1997, 2002 og 2006. Utviklingen i perioden 1960-2006 er beskrevet i kap 6 i Klimarapporten fra prosjektet (Moy & Stålnacke, 2007).

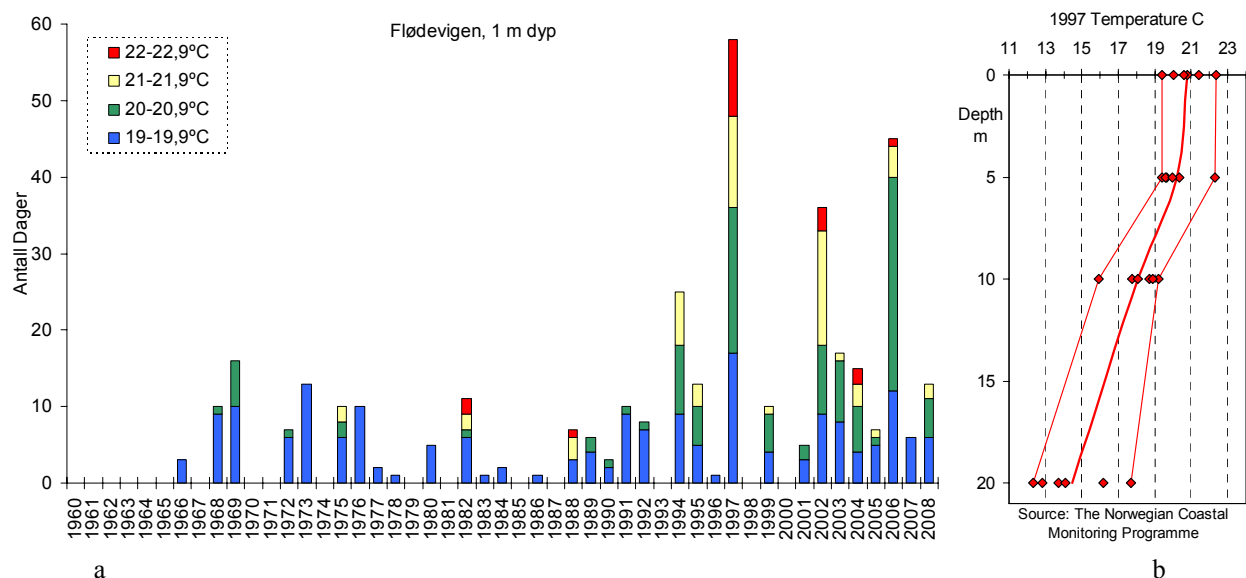
Årene etter 2006 har vært kaldere. I 2008 lå gjennomsnittstemperaturen på 1 m dyp i mai og fram til begynnelsen av juni 2008, klart over gjennomsnittet for perioden 1960-2008, mens den på 19 meters dyp var lavere enn periodegjennomsnittet (Figur 6.6). Den store temperaturforskjellen på 1 og 19 m dyp i begynnelsen av juni, kombinert med fralandsvind (og oppstrømming av kaldt vann fra dypet) førte til at temperaturen på 1 meters dyp i løpet av tre dager (8-11 juni) falt med 11 °C (fra 19 °C til 8 °C). Temperaturene i tidsrommet juli - september 2008 har stort sett vært noe høyere enn gjennomsnittet for perioden 1960-2008, både på 1 og 19 meters dyp.

Tabell 6.1 Rangering av sjøtemperaturen for sommermånedene i 2006, 2007 og 2008, i forhold til årlige månedlige gjennomsnittstemperatur for de siste 49 år (perioden 1960-2008) mht varmeste (dvs 1 (varmest) og 49 (kaldest)).

År	Dyp	Juni	Juli	August	September	Juni-Sept.
2006	1m	16	2	3	2	3
2007	1m	3	23	16	25	12
2008	1m	12	7	12	12	7
2006	19m	13	12	1	2	3
2007	19m	4	8	6	17	6
2008	19m	31	1	4	3	5

Temperaturobservasjonene viser at sjøtemperaturene på 1 meters dyp i perioden juni - september 2008 i gjennomsnitt likevel har vært den 7. varmeste siden 1960, og noe varmere enn tilsvarende periode i 2007 (12. varmest i perioden 1960-2008), og noe kaldere enn tilsvarende periode i 2006 (3. varmest i perioden 1960-2008) (Tabell 6.1). Observasjonene fra 19 meters dyp viser at gjennomsnittstemperaturen for perioden juni-september for 2007 er den 5 varmeste i tidsrommet 1960-2008, mens tilsvarende perioder i 2006 og 2007 var henholdsvis den 3 varmeste og 6 varmeste siden 1960. Maksimumstemperaturen på 1 meters dyp ble i 2008 målt til 21,5 °C (30. juli), mens maksimumstemperaturen i 2006 ble målt til 22,0 °C (7. august) og i 2007 til 19,7 °C (12. august). Tilsvarende maksimumstemperaturer på 19 meters dyp var 20,0 °C i 2006, 18,5 °C i 2007 og 18,1 °C i 2008.

Figur 6.7 a viser antall dager i perioden 1960-2008 med temperaturer over 19 °C på 1 m dyp i Flødevigen og viser med tydelighet de varme årene 1997, 2002 og 2006 som alle hadde mer enn 30 dager med høy temperatur. Spesielt 1997 skiller seg ut med nær 2 måneder sammenhengende overflatetemperatur over 19 °C og Figur 6.7 b viser at det varme vannet dette året ble målt helt ned til 10 m dyp ute i kyststrømmen 1 n.m. av av land. Høy sjøtemperatur er den enkeltfaktor som mest sannsynlig kan ha utløst en regional sukkertaredød i 1997 og de varme årene 2002 og 2006 kan sannsynlig ha forårsaket bestandsreduksjoner.



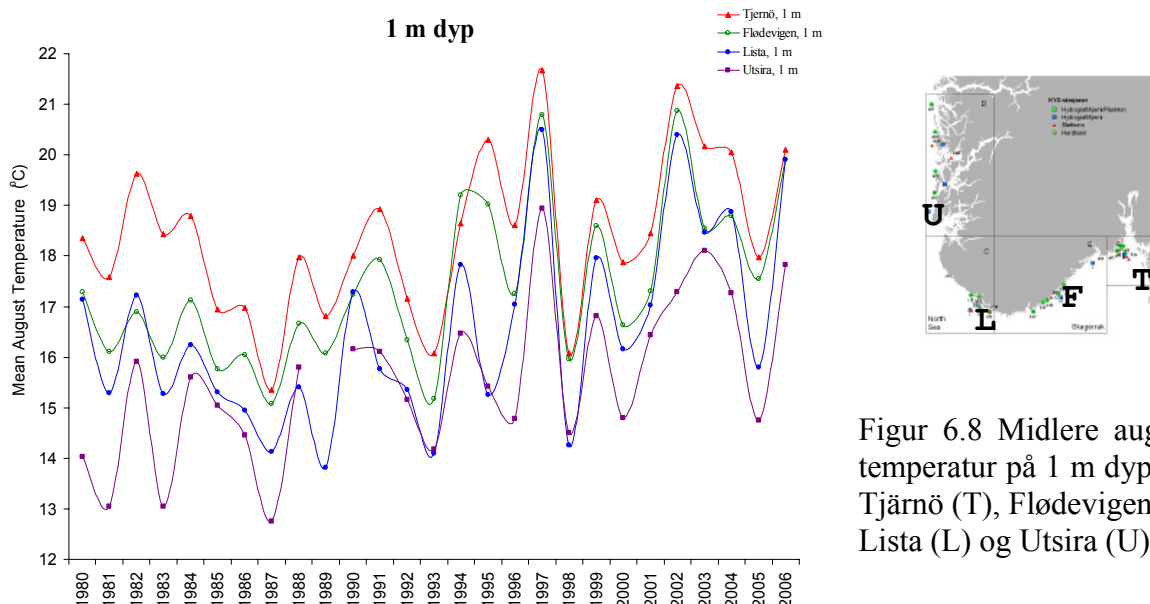
Figur 6.7 a) Antall dager per år med sjøtemperaturer på 19 °C eller høyere, målt på 1 meters dyp i Flødevigen i perioden 1960-2008. b) Temperatur i vannsøylen (0-20 m dyp) målt i kyststrømmen utenfor Flødevigen (A2) i august 1997 (gjennomsnitt, minimum og maksimum).

Satelittbilder (jfr Klimarapporten fra Sukkertareprosjektet kap 6.2) viser at det varme vannet starter sør i Nordsjøen og øst i Skagerrak (Kattegat) og brer seg ut over sommeren langs kysten med kyststrømmen. Satelittmålingene viser at høy overflatetemperatur ikke bare er et lokalt fenomen i Flødevigen, men omfatter hele Skagerrak og til tider strømmer varmt vann med Kyststrømmen også oppover Vestlandet.

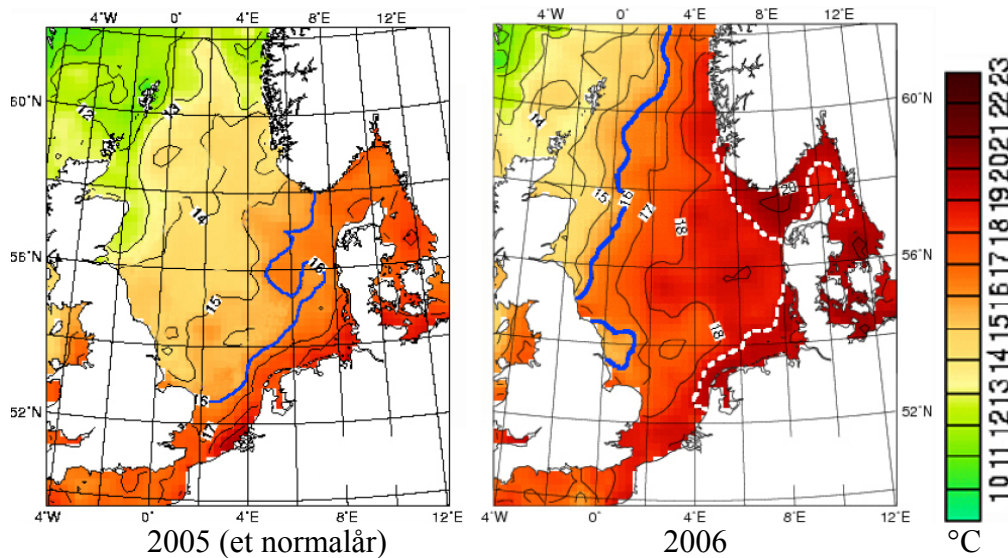
Sjøtemperaturene på Vestlandet er generelt lavere enn i Skagerrak (Figur 6.8, Utsira), men 1997 var et spesielt varmt år både i Skagerrak og Nordsjøen. Vi har dessverre ingen rapporter om sukkertaretilstanden fra denne perioden, men høsten 2006 (varmt år) ble det observert taredød i Rogaland som kunne settes i sammenheng med langvarig, høye sjøtemperaturer i august 2006. Figur 6.9 viser at 19 °C isoterme i 2006 strakte seg langt nordover langs kysten av Vestlandet sammenliknet med "normalåret" 2005. I Raunefjorden ble det målt opptil 18,8 °C på 4 m dyp i august dette året (Ferryboxdata/NIVA) og i Hardangerfjorden ble det målt opp mot 20 °C (Figur 6.10) som er vesentlig høyere enn årene før og etter (2005, 2007).

I 2007 var sjøtemperaturen, både i Skagerrak og på Vestlandet, vesentlig lavere enn i 2006 (2-3 grader) og høsten 2007 ble det observert god rekruttering av sukkertare flere steder. Svingninger i tarebestanden og god tilvekst med ny tare etter tap av gammel tare, er en naturlig del av dette økosystemet. Så lenge ny tare klarer å etablere seg og danne nye tareskoger, vil korte svingninger i tarebestanden ha lite å si for økosystemet. Disse observasjoner av naturlig gjenvekst har også betydning for vurderingen av årsakssammenhenger. På Vestlandet har rekrutteringen gitt ny tareskog mange steder, men i liten grad i Skagerrak.

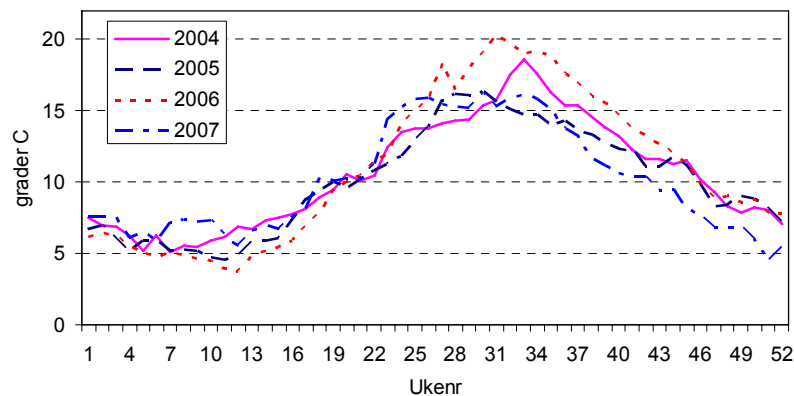
Analyser av NAO-indeksen og langtidstemperaturserier (Figur 6.11) viser at det har vært varme perioder også tidligere, som i 1930-årene, slutten av 1950-årene, slutten av 1960-årene og midten av 1970-årene. Hva skjedde med taren i disse varme periodene? Gamle fiskere og dykkere kan fortelle at "taren har vært borte før", men vi har dessverre ikke lyktes med å sted- og tidfeste dette nærmere.



Figur 6.8 Midlere augusttemperatur på 1 m dyp ved Tjernø (T), Flødevigen (F), Lista (L) og Utsira (U).

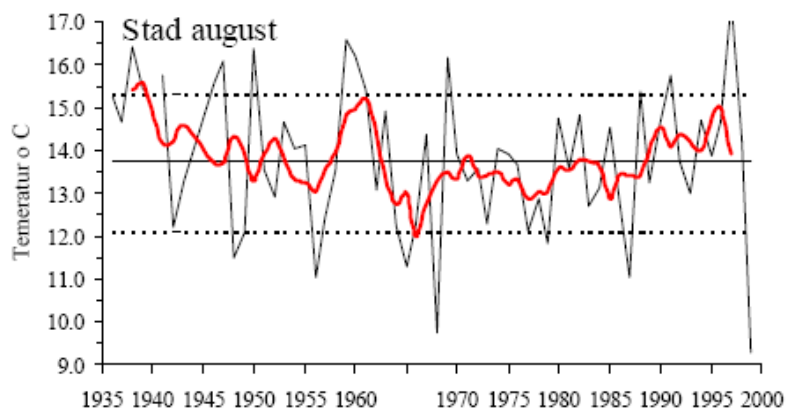


Figur 6.9 Sjøtemperatur (gjennomsnittlige havoverflatetemperaturer) i august 2005 (en normal sommer) og i august 2006. Blå prikket linje = isotermer som indikerer grensen for vannmasser med temperaturer $<$ eller $>$ 16°C (tradisjonell utbredelse av butare). Hvit linje = isotermer som indikerer grensen for vannmasser med temperaturer $<$ eller $>$ 19°C (tradisjonell utbredelse av sukkertare). Kilde: Husa et al. 2007 i Kyst og havbruk 2007.



Figur 6.10 Sjøtemperatur på 3 m dyp i Hardangerfjorden ved Varaldsøy i 2004-2007.

(Kilde: Hardangerfjorden Fiskehelsenett).



Figur 6.11 Overflatetemperatur ved Stad målt av HIs termografstasjon på Hurtigruta siden 1935. Rød linje = glidende middel. Kilde: Aure & Strand 2001.

7. Lys og mulige effekter av mørkere kystvann

av Dag Aksnes (Universitetet i Bergen)

Lys er viktig ikke bare for algenes fotosyntese, men også for andre organismer som er avhengig av lys for å se, ta til seg føde og å orientere seg. Lyssvekkelse er en viktig faktor som beskriver hvordan lyset avtar med dypet og sånn sett, setter ytre grenser for algenes utbredelse i dypet. Det er sannsynlig at lyssvekningen i det norske kystvannet har økt det siste hundreåret som følge av økt ferskvannsinntilførsel og næringssalttilførsel, og at det har redusert den eufotiske sonen og presset sjøvegetasjonen opp på grunnere vann og med det en medvirkende årsak til redusert forekomst av suk kertare. På grunn av manglende tidsserier hefter det imidlertid stor usikkerhet til hvor stor lyssvekningen har vært. Følsomhetsanalyser viser at økt ferskvannsinntilførsel, "browning"/gulstoff, økt næringssalttilførsel og økt oppholdstid av næringsalter i eufotisk sone (som gir vekst av planktonalger), fører til økt lyssvekning og grunnere eufotisk sone. Pga. interaksjonseffekter kan moderate endringer i hver av dem til sammen gi store eutrofiutslag. Ettersom habitatet for suk kertare blir grunnere blir interaksjoner med temperatur også potensielt viktigere da temperaturen normalt øker mot overflaten. Dette betyr også at klimarelaterte temperaturøkninger i overflatelaget, vil ha en større effekt med en samtidig formørkning av kystvannet enn uten formørkning. Lys og spektralendringer må inkluderes i framtidige vurderinger av eutrofisituasjonen i norske kyst- og fjordområder.

Vannsøylens lyssvekkelse er en viktig miljøvariabel. I tillegg til at lys kreves i algenes fotosyntese er havets lysklima også viktig for alle andre organismer som er avhengig av lys for å se, ta til seg føde og å orientere seg. De aller fleste organismer er følgelig berørt av endringer i lysklimaet. Mengden fisk og masseforekomster av kronemaneten *Periphylla periphylla* har blitt knyttet til forhøyet lyssvekkelse, dvs. formørkning, av vannsøylen (Aksnes et al. 2004; Eiane et al. 1999; Sørnes et al. 2007), og det har blitt spekulert om det norske kystvannet (Norwegian Coastal Water, NCW) har blitt gradvis mørkere over tid.

Det er flere ting som tilsier at NCW har blitt mørkere. For det første vil økt algemengde og nedbrytning av organisk stoff i NCW og i kildene for dette vannet (Østersjøen, den sørlige Nordsjøen) ha gitt økt lyssvekkelse. NCW har også blitt ferskere som følge av klimatiske endringer (Sætre 2007; Sætre et al. 2003) noe som sannsynligvis har gitt større konsentrasjoner av humusstoffer (yellow substance) og dermed økt lyssvekkelsen (Aksnes et al. innsendt MS). Videre har det i en rekke vassdrag omkring Nordsjøen de siste tiårene blitt observert økt "browning" som følge av økt konsentrasjon av DOM (dissolved organic matter) (Evans et al. 2006; Evans et al. 2005; Monteith et al. 2007).

Det er en generell mangel på tidsserier av optiske parametre. Dette skyldes delvis at radiometrisk utstyr i liten grad har inngått som standard utrustning i miljøovervåking og delvis at lyskarakterisering er komplisert som følge av at lysabsorpsjon og -spredning varierer med bølgelengder. De eneste observasjonene som kan fortelle om langtidsendringer i lyssvekkelse er de såkalte Secchi-skive observasjoner (på hvilket dyp er en hvit skive som senkes ned ikke lenger synlig (siktedyt)). Denne observasjonsteknikken ble oppfunnet for mer enn 150 år siden. En rekke studier i ulike kystområder som Østersjøen (Sanden and Håkansson 1996), Svartehavet (Mankovsky et al. 1996) og California-kysten (Aksnes and Ohman innsendt MS) vitner om en langsom men vedvarende reduksjon av siktedyt over tidsperioder 50-100 år. I det følgende gjøres det rede for hva slags konsekvenser en formørkning av NCW kan ha for algenes habitat og for vurdering av eutrofi-situasjonen langs Norskekysten.

7.1 Sammenhenger mellom lyssvekkelse, eufotisk sone, siktedyp, og algehabitat

Lyssvekkelsen. Lysstyrken (E_z) i dypet (z) kan beskrives:

$$E_z = E_0 e^{-Kz} \quad (1)$$

hvor E_0 er lysstyrken rett under overflaten, og K er svekkelseskoeffisienten. Dette er en forenklet framstilling som ikke oppløser lyset i bølgelengder, men ser på summen over et spekter, f.eks. PAR (photosynthetic active radiation). Svekkelseskoeffisienten avhenger av absorpsjon og spredning som bestemmes av mengden oppløst og partikulært materiale.

Hvis disse endres, endres K og i og med at denne inngår som eksponent gir det kraftige utslag på mengden lys som når ned i dypet. Dette kan illustreres med at ca 22 000 ganger mer lys når fram til 100 m dyp i Atlanterhavsvann med svekkelse $0,05 \text{ m}^{-1}$ enn i kystvann med svekkelse $0,15 \text{ m}^{-1}$. Denne multiplikative effekten gir bakgrunn for hypotesen om at en formørkning av NCW kan ha dreiet konkurranseforholdene mellom predatorer som benytter synet (f.eks. fisk) og predatorer som ikke benytter synet (f.eks. maneter) i fødeinntaket (Eiane et al. 1999; Sørnes et al. 2007; Aksnes et al. innsendt manuskript).

Eufotisk sone. Fotosyntese krever langt sterkere lys enn syn og er begrenset til de øverste vannmassene, den såkalte eufotiske sonen. Utstrekningen av denne er bestemt av lyssvekkelsen. Eufotisk dyp, Z_E , anslås vanligvis som det dypet hvor 1 % av overflatelyset trenger ned (1% lysdyp). Det vil si som gir: $E_z / E_0 = 0,01 = e^{-KZ_E}$

$$Z_E = 4.61 / K \quad (2)$$

Dette betyr at dybden av den eufotiske sonen er en invers funksjon av lyssvekkelsen. På våre breddegrader vil også overflatelyset, både styrke og fotoperiode, være av betydning for hvilket dyp alger kan overleve slik at den eufotiske sonen i praksis gjerne vil være grunnere enn 1% lysdyp om vinteren, men i det følgende ser vi vekk i fra dette. Lyssvekkelsene $0,05$ og $0,15 \text{ m}^{-1}$ gir i henhold til ligning (2) eufotiske dybder på henholdsvis 92 m og 31 m .

Siktedyp. Også siktedypet (Secchi dypet, Z_S) er en invers funksjon av K , som angir svekkelsen av såkalt diffust lys (dvs. graden av formørkning), men er også bestemt av hvor raskt bilder svekkes i sjøen som beskrives av en annen koeffisient c (beam attenuation). De to er imidlertid sterkt korrelert og en kan derfor anta:

$$Z_S = k / K \quad (3)$$

hvor k er en konstant som typisk ligger i området $1,5-2$. Nedenfor antar vi $k = 1,7$ (Poole and Atkins 1927). I norske kystområder vil dagens siktedyp typisk ligge fra $2-15 \text{ m}$ som i henhold til ligning (3) tilsvarer svekkelseskoeffisienter (K) i området $0,1 - 1 \text{ m}^{-1}$.

Størrelsen av et algehabitat. Generelt vil alger ha et optimalt lysområde som i vertikal utsterkning vil være langt smalere enn den eufotiske sonen som er definert i ligning 2. Hvis vi karakteriserer en alges optimale lysområde med en nedre (E_{\min}) og en øvre (E_{\max}) lysstyrke kan algens vertikale leveområde (habitat, H gitt som antall meter) med hensyn på dette lyskravet uttrykkes:

$$H = \ln(E'_{\max} / E'_{\min}) / K \quad (4)$$

hvor $E'_{\max} = E_{\max} / E_0$ og $E'_{\min} = E_{\min} / E_0$.

Fra denne sammenhengen kan en se at en økning av lyssvekkelsen gir to konsekvenser for algehabitatet:

- i) habitatet blir grunnere og
- ii) habitatet får en mindre utstrekning (H).

Dette kan illustreres med en hypotetisk alge som har E'_{min} og E'_{max} -verdiene 0,1 og 0,5. Lyssvekkelsene $K = 0,1$ (tilsvarende siktedyp 17 m) og $K = 1 \text{ m}^{-1}$ (tilsvarende siktedyp 1,7 m) vil da gi habitatutstrekning (H) på henholdsvis 7-23 m i det klareste vannet og 0,7-2,3 m i det uklare vannet.

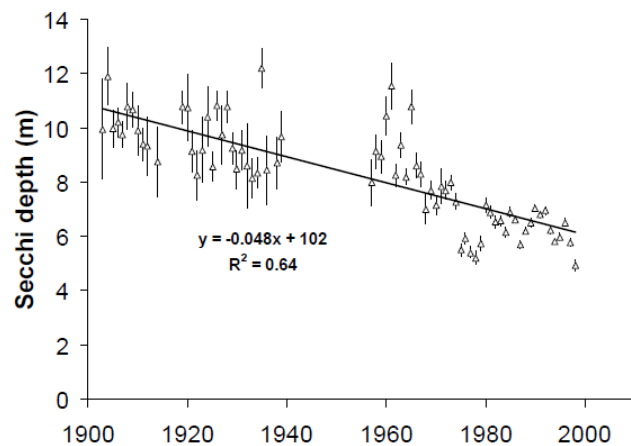
7.2 Blir det norske kystvannet mørkere?

En evt. økt lyssvekkelse i det norske kystvannet (NCW) vil kunne gi omfattende geografiske effekter da dette vannet fraktes med den norske kyststrømmen (Norwegian Coastal Current) og ligger som et belte langs hele kysten og er i utveksling med alle våre fjordområder. Ferskvannskomponenten i NCW har i hovedsak tre kilder: Østersjøen, tilførsler fra elvene som løper ut i den sørlige Nordsjøen og avrenningen fra Norge. De ulike kildene har ulike optiske karakteristikk men generelt kan en si at ferskvannskomponenten har en langt høyere lyssvekkelse enn den marine komponenten (Aarup et al. 1996; Højerslev et al. 1996). I tillegg til ferskvannsinntilførselen vil bidraget fra planktonalger og nedbrutt marint organisk materiale i kyststrømmen også øke lyssvekkelsen.

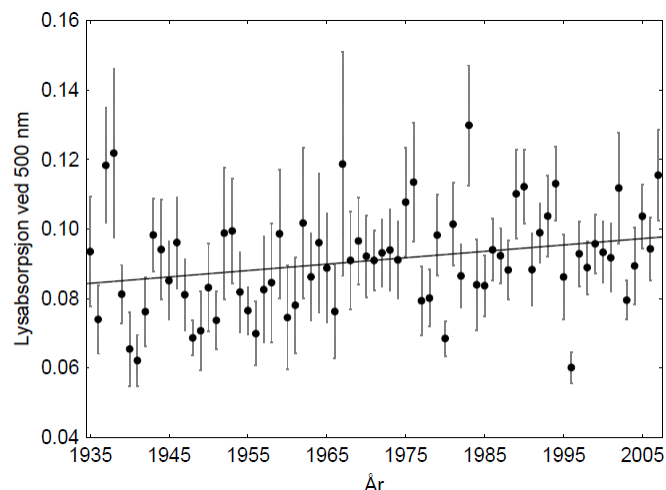
På bakgrunn av Secchi-observasjoner som går tilbake til 1913 fant Sanden og Håkansson (1996) at siktedypet i Østersjøen har blitt redusert med omkring 5 cm per år. For et siktedyp som ligger i området 7-10 m tilsvarer dette en økning i K på omkring $0,02 \text{ m}^{-1}$ per tiår.

ICES har en database som omfatter i overkant av 40 000 Secchi observasjoner for Østersjøen og Nordsjøen. Dette er ca 10 ganger flere observasjonspunkter enn det Sanden og Håkansson (1996) benyttet i sin analyse. Observasjonen strekker seg tilbake til begynnelsen av forrige århundre og Figur 7.1 viser et råplott av alle observasjonene i databasen. Her indikeres også en reduksjon på ca. 5 cm per år. Det må understrekes at denne databasen er en samling av tilfeldige datasett med hensyn på områder og tidsepoker og vil følgelig kreve en omfattende statistisk behandling for at konklusjoner skal kunne trekkes angående utvikling av siktedyp i ulike områder.

Lyssvekkelsen er korrelert med variable som saltholdighet, oksygeninnhold, klorofyll, organisk materiale o.a. I tilfeller hvor slike data foreligger som tidsserier kan disse dermed nyttes for rekonstruksjon av lyssvekkelse (såkalte proxy). Figur 7.2 viser en slik proxy (Aksnes et al. innsendt manuskript) for lysabsorpsjon (ved 500 nm) som følge av endringer i saltholdigheten av kystvannet ved Havforskningsinstituttets faste kyststasjon Sognesjøen i perioden 1935-2007 (denne stasjonen ligger ved utløpet av Sognefjorden).



Figur 7.1 Årlige middelerverdi av siktedyp (basert på data fra ICES for Østersjøen og Nordsjøen). Plottet har ikke vært gjenstand for statistisk behandling (se tekst).



Figur 7.2 Årlig midleste verdier for lysabsorpsjonen (500 nm) i 1 m dyp ved Sognesjøen beregnet ved å benytte observasjoner av saltholdighet som proxy (basert på Aksnes et al. innsendt manuskript). Lysvekkelsen gitt som K for PAR-området ligger omkring det doble av absorpsjonsverdiene på y-aksen

Vi har ingen sikre estimater på hvor stor denne økningen faktisk har vært, men indikasjonene fra Secchi-observasjonene og salt-proxiet peker mot en generell gjennomsnittlig økning av K (PAR) i området $0,03 - 0,12 \text{ m}^{-1}$ over en 70-års periode. I særskilte perioder av året og for særskilte geografiske områder er det imidlertid grunn til å anta at økningen har vært høyere enn dette som følge av lokale effekter. Videre må en i tillegg til en underliggende langsom formørkning av NCW også regne med store årsvariasjoner.

7.3 Konsekvenser av formørking

En formørkning av kystvannet vil kunne gi en rekke konsekvenser for våre marine kyst-økosystemer. Her begrenses omtalen til to slike:

- i) Formørkning gir grunnere eufotisk sone og
- ii) formørkning forårsaker at habitatet for bunnlevende alger (som sukkertare) blir grunnere og redusert i utstrekning.

Grunnere eufotisk sone. Som forklart ovenfor er dybden av eufotisk sone bestemt av svekkelseskoeffisienten (ligning 2). Svekkelseskoeffisienten består av flere bidrag, men vi forutsetter her at den består av to:

$$K = K_C + K_{vann} \quad (5)$$

Hvor K_C skyldes planktonalgekonsentrasjonen slik som beskrevet av Morel (1988), $K_C = 0,121 C^{0,428}$ hvor C er klorofyllkonsentrasjonen, og K_{vann} skyldes andre bidrag slik som for eksempel humusstoffene i ferskvannskomponenten av NCW. Med disse forenklingene utledet Aksnes og Ohman (innsendt manuskript) følgende ikke-lineære uttrykk for hvordan den totale lysvekkelsen i eufotisk sone (K) varierer med næringssalttilførsel og K_{vann} .

$$\frac{K - K_{vann}}{K^{0,428}} = 0,063 \left(\frac{N_{tilførsel}}{dc} \right)^{0,428} \quad (6)$$

Figur 7.2 viser to ting:
i) Store årsvariasjoner i middelverdien, samt
ii) en underliggende økning av lysvekkelsen over 70-års perioden.

Dataene indikerer at K , omsatt fra 500 nm til PAR-området, har økt med ca. $0,03 \text{ m}^{-1}$. Det må understrekes at denne effekten er avledet av økt ferskvannsinhold alene og reflekterer ikke økte endringer i pigment konsentrasjon, oppløst organisk materiale o.a. slik en skulle forvente fra økte næringssalttilførsler og "browning". På bakgrunn av den generelle eutrofiutviklingen som har skjedd i våre kystområder det siste hundreåret samt foreliggende data for siktedyp og saltinnhold i kystvannet kan vi konkludere at lysvekkelsen i overflatelaget har økt.

Her er $N_{\text{tilførsel}}$, d og c mengden av tilført nitrogen til eufotisk sone per dag, d er oppholdstiden (dager) av nitrogen i eufotisk sone, og c er nitrogen-klorofyll forholdet i algene.

En følsomhetsanalyse illustrerer hvordan eufotisk dyp er påvirket av vannets lyssvekkelse og algemengde (Tabell 7.1). Av denne ser vi at en økning i vannets lyssvekkelse (K_{vann}) på $0,03\text{m}^{-1}$ (situasjon 2) gir samme utslag på den eufotiske dybden som en dobling av algemengden (situasjon 5). Tabellen viser også en selvforsterkende effekt av å øke K_{vann} ved at den totale lyssvekkelsen øker mer enn økningen i K_{vann} alene tilsier. Dette skyldes at en grunnere eufotisk sone konsentrerer planktonalgene mer slik at K_c (se ligning 5) også vil øke når K_{vann} øker. Videre ser vi at ferskere kystvann, browning, og økt algemengde alle trekker i samme retning ved at eufotisk dybde blir grunnere. Situasjon 6 viser interaksjonseffekten.

Fra modellen i ligning (6) ser en at økt algemengde kan skyldes enten økt tilførsel av nærings-salter eller endret oppholdstid av nærings-saltene i eufotisk sone. Situasjon 1 (Tabell 7.1) er et tenkt utgangspunkt for NCW, mens de øvrige situasjonene representerer ulike nivåer av økning i K_{vann} og i algemengden. Analysen er ment som illustrasjon og reflekterer ikke faktiske målinger.

Grunnere og mindre algehabitat. En grunnere eufotisk sone fører til at habitatet for en fast-voksende alge med et bestemt lyskrav blir mindre og grunnere. Tabell 7.2 illustrerer denne effekten for en alge med lyskravet $E'_{\text{min}} = 0,2$ og $E'_{\text{max}} = 0,5$.

Tabell 7.1 Simulert innvirkning av vannets lyssvekkelse (K_{vann} , m^{-1}) og algemengde (mg Chl a m^{-2} i eufotisk sone) på total lyssvekkelse (K , m^{-1}), eufotisk dybde (Z_E , m) og Secchi dyp (Z_S , m). Modellen i ligning (6) er benyttet.

Situasjon	K_{vann}	Planktonalge mengde	Total lyssvekkelse	Eufotisk dybde	Secchi dybde
1. Utgangspunkt	0.04	16	0.13	37	13
2. Ferskere NCW	0.07	16	0.17	28	10
3. Ferskere+Browning	0.10	16	0.21	22	8
4. 50% mer planktonalger	0.04	25	0.15	31	11
5. 100% mer planktonalger	0.04	32	0.17	27	10
6. Ferskere+Browning + 100% mer planktonalger	0.10	32	0.26	18	7

Tabell 7.2 Simulert øvre og nedre vertikale habitatgrense for en fastsittende alge med lyskravene $E'_{\text{min}} = 0,2$ og $E'_{\text{max}} = 0,5$ og for de 6 ulike situasjonene i Tabell 7.1.

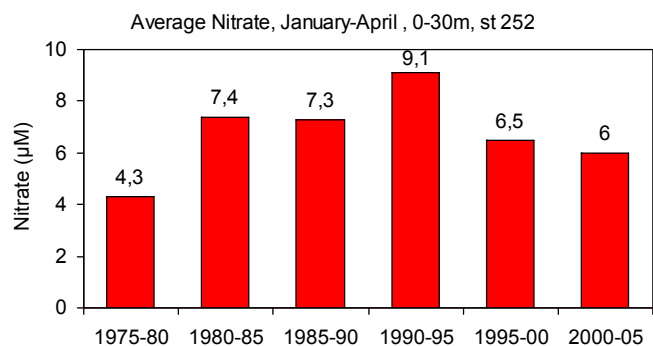
Situasjon	Øvre habitatgrense (m)	Nedre habitatgrense (m)
1. Utgangspunkt	5	13
2. Ferskere NCW	4	10
3. Ferskere+Browning	3	8
4. 50% mer planktonalger	5	11
5. 100% mer planktonalger	4	10
6. Ferskere+Browning + 100% mer planktonalger	3	6

8. Næringsalter og vannkvalitet

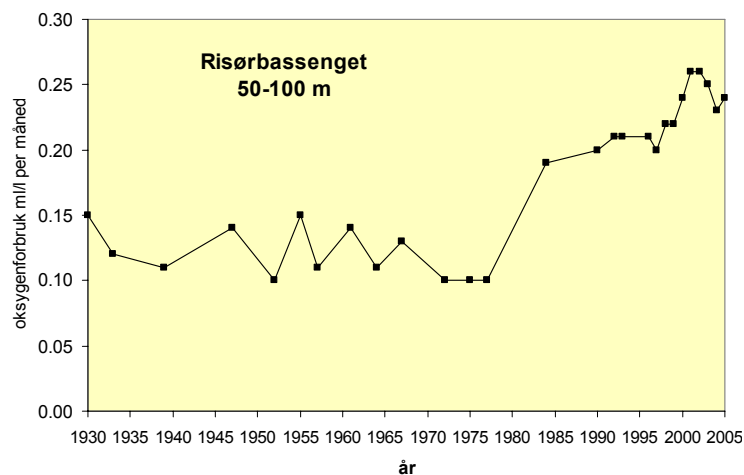
av Jan Magnusson (NIVA), Jan Aure (HI)

Vannkvaliteten med hensyn på næringsalter har variert både med tid og sted langs kysten, men generelt har vannkvaliteten i kyststrømmen langs ytre kyst vært vurdert som god i overvåkingsperioden siden 1990 (iht. SFTs kriterier for vannklassifisering). Men beregninger viser at konsentrasjonen av nitrat i kystvannet av Skagerrak, ble mer enn fordoblet fra 1980 til 1990-95. Siden 1995 har næringssaltkonsentrasjonene målt i Kyststrømmen på Sørlandet blitt bedre. Oksygenforbruket (fra organisk nedbrytning) i fjordbasseng på Skagerrakkysten har økt betydelig siden 1980 og fortsatt å øke etter 1995 fram til 2002. Siktedypt viser også en negativ utvikling med mer grumsete vann i overvåkingsperioden (1991-2007). Begge disse forhold vurderes som signaler på eutrofiering og viser en mulig forsinket respons i fjorder og skjærgårdsområder og på lokale tilførsler til kystområdene. Generelt er konsentrasjonen av løste næringsalter i overflatevannet sommerstid lave i ytre Oslofjord og på Vestlandet og viser at målinger av næringsalter i vannmassene ikke alene kan brukes til å vurdere vannkvalitet for sukkertare og annen bentisk sjøvegetasjon.

Næringssaltkonsentrasjonene i kystvannet i Skagerrak har økt betydelig fra 1980 og fram til 1995 (mer enn fordobling av nitrat-konsentrasjonen, Figur 8.1) og dette har uomtvistelig påvirket vannkvaliteten og de økologiske forhold i fjorder og kystvann langs vår Skagerrakkyst. Havforskningsinstituttets overvåking av oksygen i dypvannet i Risørbassenget (Aust-Agder) viser en markert økning i oksygenforbruket siden 1980 (Figur 8.2) og det indikerer økte tilførsler av organisk materiale (til nedbrytning) til Sørlandskysten og fjordene.



Figur 8.1 Nitratkonsentrasjoner (middelerverdier) i kystvannet (0-30 m) målt vinter/vår i kyststrømmen utenfor Arendal, beregnet for 5-årsperioder. (Kilde: Kilde: Aure og Magnusson 2008, Moy et al 2007b)



Figur 8.2 Oksygenforbruket i Risørbassenget (Aust-Agder) mellom 1930 og 2005. (Kilde: HI).

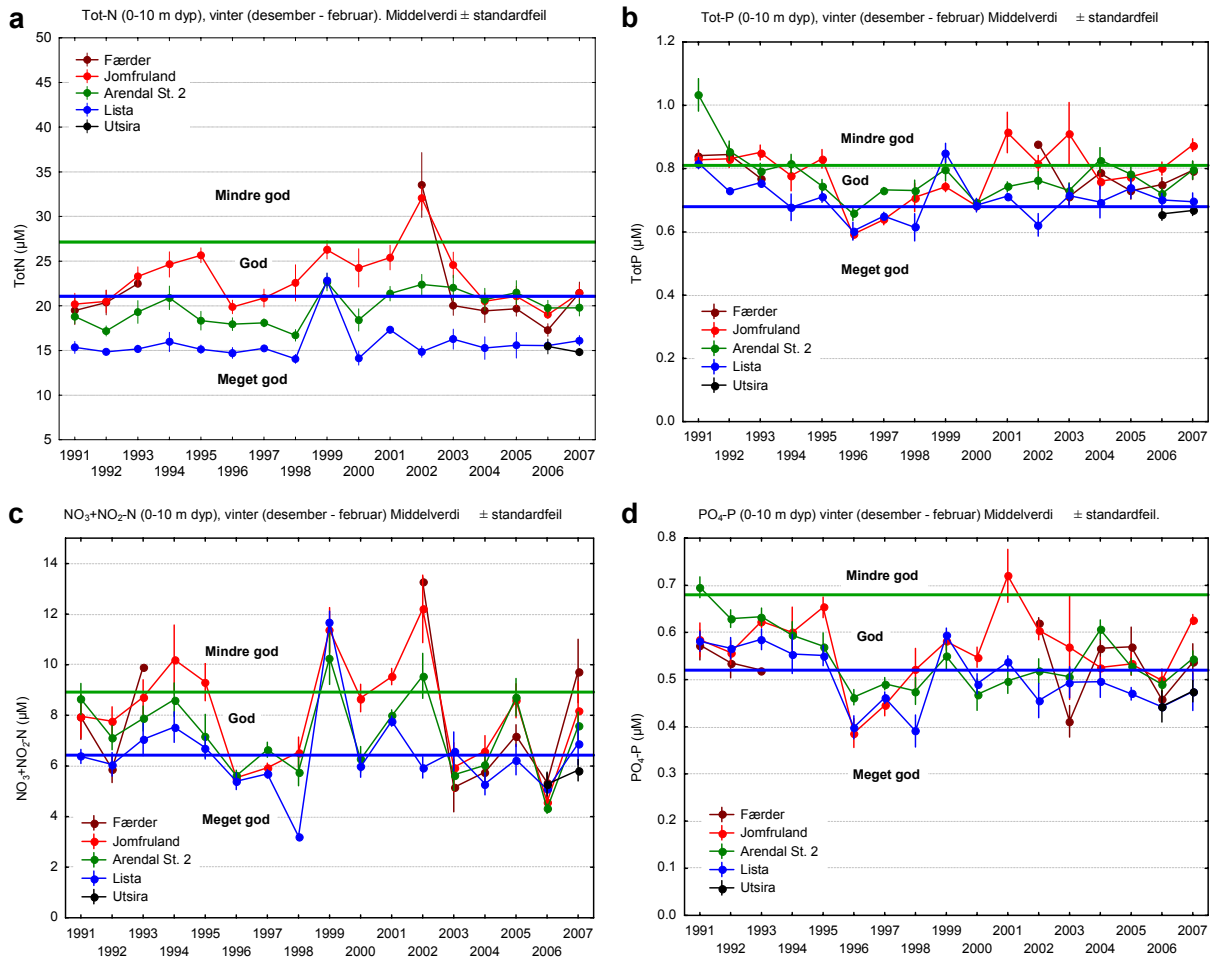
Etter 1995 har næringssaltkonsentrasjonene gått betydelig ned (Figur 8.1) og det har vært reist spørsmål om hvordan dette stemmer med sterk tilbakegang i forekomsten av sukkertare. Det er derfor viktig å merke seg at selv om næringssaltkonsentrasjonene i kyststrømmen har blitt bedre (lavere), har oksygenforbruket innenskjærs i Risørbassenget økt ytterligere i perioden 1995 til 2002. Sukkertare har sin kjerneutbredelse i fjorder og på indre kyst og hva som skjer her er påvirket av både tilførsler fra Kyststrømmen og lokale kilder. Næringssalttilførsler med Kystvannet er en av flere kilder til eutrofi og dårligere vannkvalitet.

Vannkvaliteten langs ytre kyst av Sør-Norge har vært overvåket av Kystovervåkingsprogrammet siden 1990 (med noen opphold på Vestlandet) og overvåkingen har vist at vannkvaliteten på ytre kyst av Skagerrak og på Vestlandet (med hensyn til næringsalter) generelt har vært i klasse god eller meget god etter SFTs klassifiseringssystem (SFT, 1997). Overvåkingen viser også at det har vært perioder med forhøyede verdier som periode fra 1999 til 2002 (Figur 8.3, Moy et al 2008). Konsentrasjonene målt på Utsira (Vestlandet) har generelt vært lavere enn i Skagerrak. Sommerverdiene av løste næringsalter i Kyststrømmen varierer mye, men er generelt lave. Verdiene for total-nitrogen viser en tendens til økning i perioden fra 1991 til 2002, men har vært generelt lav etter dette (Figur 8.4). Total-fosfor viser en økende tendens for hele perioden, men er innenfor tilstandsklasse god.

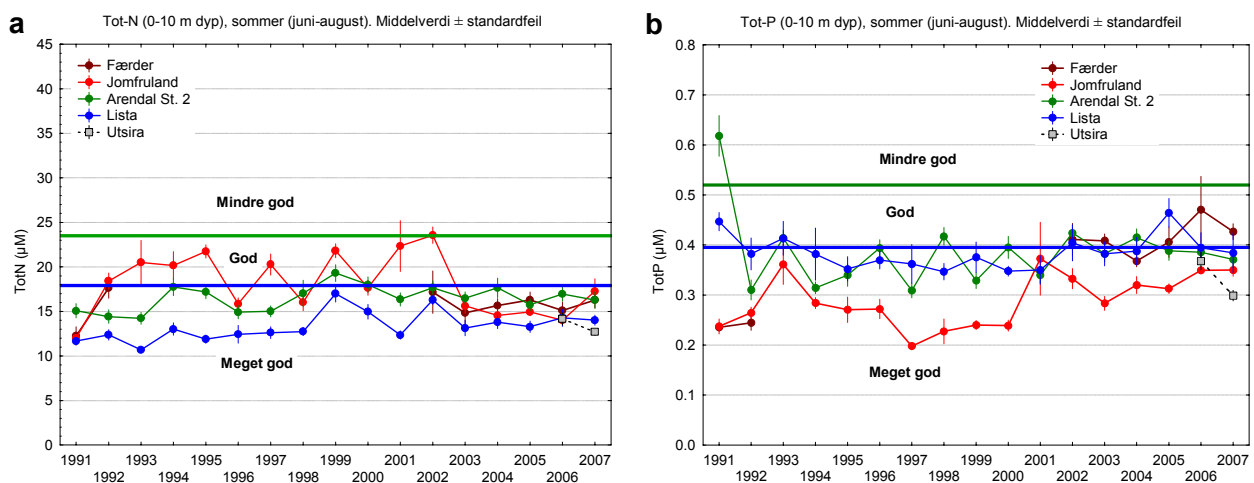
Også andre parametere som partikler og partikkelbundet organisk karbon har vært økende i Skagerrak med en topp i 2002-03 (Figur 8.5), spesielt utenfor Jomfruland. Etter 2003 har konsentrasjonene avtatt og var i 2007 nær et gjennomsnitt for perioden 1990-2006. Partikler, både organiske og uorganiske, bidrar til grumsete vann og tilslamming av bunnen (se mer om dette i kap. 7 og 9). En naturlig del av organiske partikler er planteplankton. Mengden av planteplankton målt som klorofyll har variert betydelig i overvåkingsperioden siden 1990, men har vært generelt lav etter 2002 (Figur 8.5). Mengden av partikulært materiale (TSM) varierer noe annerledes enn klorofyll og indikerer at det er mer som bidrar til grumsete vann enn planteplankton. Siktedypet, som er et mål på grumsete vann, har avtatt markert i tidsperioden i kystvannet både utenfor Arendal og Lista (Figur 8.5 c, d) dvs at vannet har blitt mer grumsete (mørkere, jfr. kap. 7) selv om klorofyll-verdiene var relativt lave i 2003-2006 (2007). Redusert siktedyp alene kan ha ført til dårligere vekstforhold for sjøvegetasjon ved at nedre voksegrense kan ha blitt redusert med anslagsvis 5-10 m langs Skagerrakkysten.

Kystovervåkingsmålingene viser at vannkvaliteten i kyststrømmen langs ytre kyst har variert mye gjennom siste 15 år og at vannkvaliteten målt i Skagerrak reflekterer både langtransporterte (ref. kap. 10) og lokale tilførsler, spesielt på stasjonen i ytre Oslofjord (Færder) og utenfor Jomfruland.

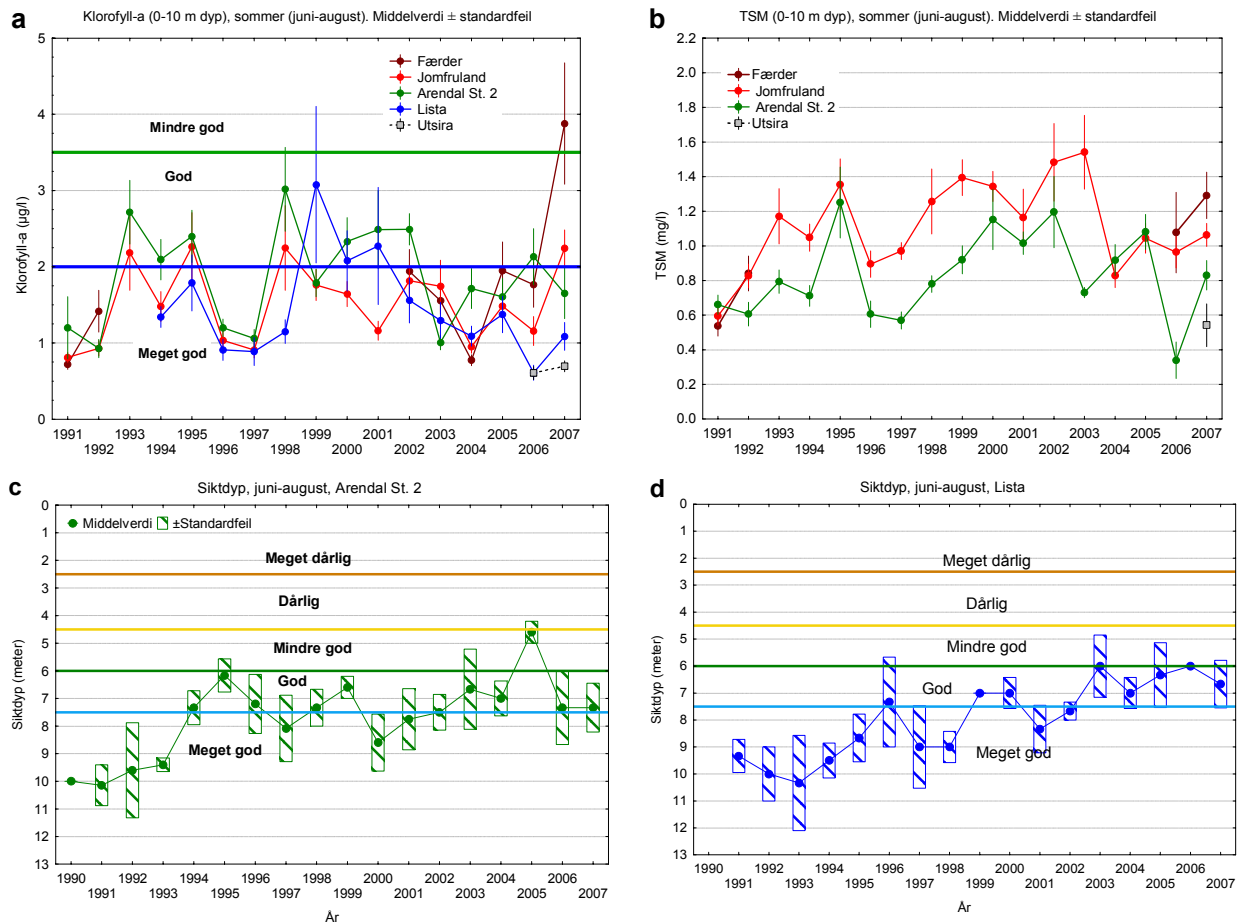
Sukkertaredøden ble oppdaget i 2002 og har siden vært under overvåking. Kystovervåkingsprogrammet har vist at det fram til 2002 har vært perioder med stor belastning av både næringsalter og partikler, hvor belastningen antakelig har vært mye større på indre kyst og i fjorder enn det som programmet har målt ute i kyststrømmen. Stadig dårligere siktedyp som følge av økt partikkelmengde i vannet har sammenheng både med eutrofi og økte tilførsler av partikler fra ferskvannavrenning (klimaeffekt). Dette har trolig vært en viktig medvirkende årsak til bortfall av sukkertaren.



Figur 8.3. Vinterverdier (desember-februar, i μM) av næringsalter i overflatelaget (0-10m) i Kyststrømmen utenfor Færder, Jomfruland, Arendal, Lista og Utsira i perioden 1991-2007. a) Tot-N, b) Tot-P, c) $\text{NO}_3+\text{NO}_2\text{-N}$ og d) $\text{PO}_4\text{-P}$. Vannkvalitet etter SFTs grenser for miljøtilstand (SFT 1997). (Kilde: Kystovervåkingsrapporten for 2007. Moy et al 2008)



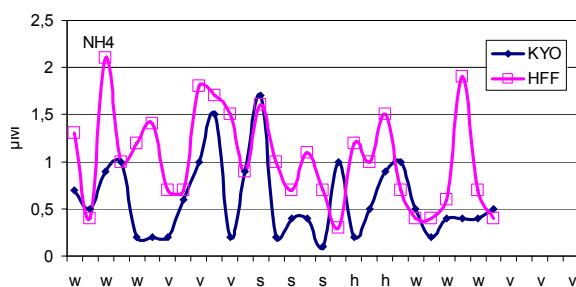
Figur 8.4 Sommerverdier av næringsalter i overflatevann (0-10m dyp, juni-august). a) Tot-N, b) Tot-P (μM). SFTs klassifiseringsgrenser er markert. (Kilde: Kystovervåkingsrapporten for 2007. Moy et al 2008)



Figur 8.5 Sommerverdier i overflatelaget (0-10 m dyp) 1991-2007 av a) klorofyll *a*, b) totalt suspendert materialet (TSM), og siktedyp målt ved c) Arendal, d) Lista. Vannkvaliteten er iht. SFTs kvalitetskriterier (SFT 1997). (Kilde: Kystovervåkingsrapport 2007. Moy et al 2008)

Forskjell mellom ytre og indre kyst av Skagerrak

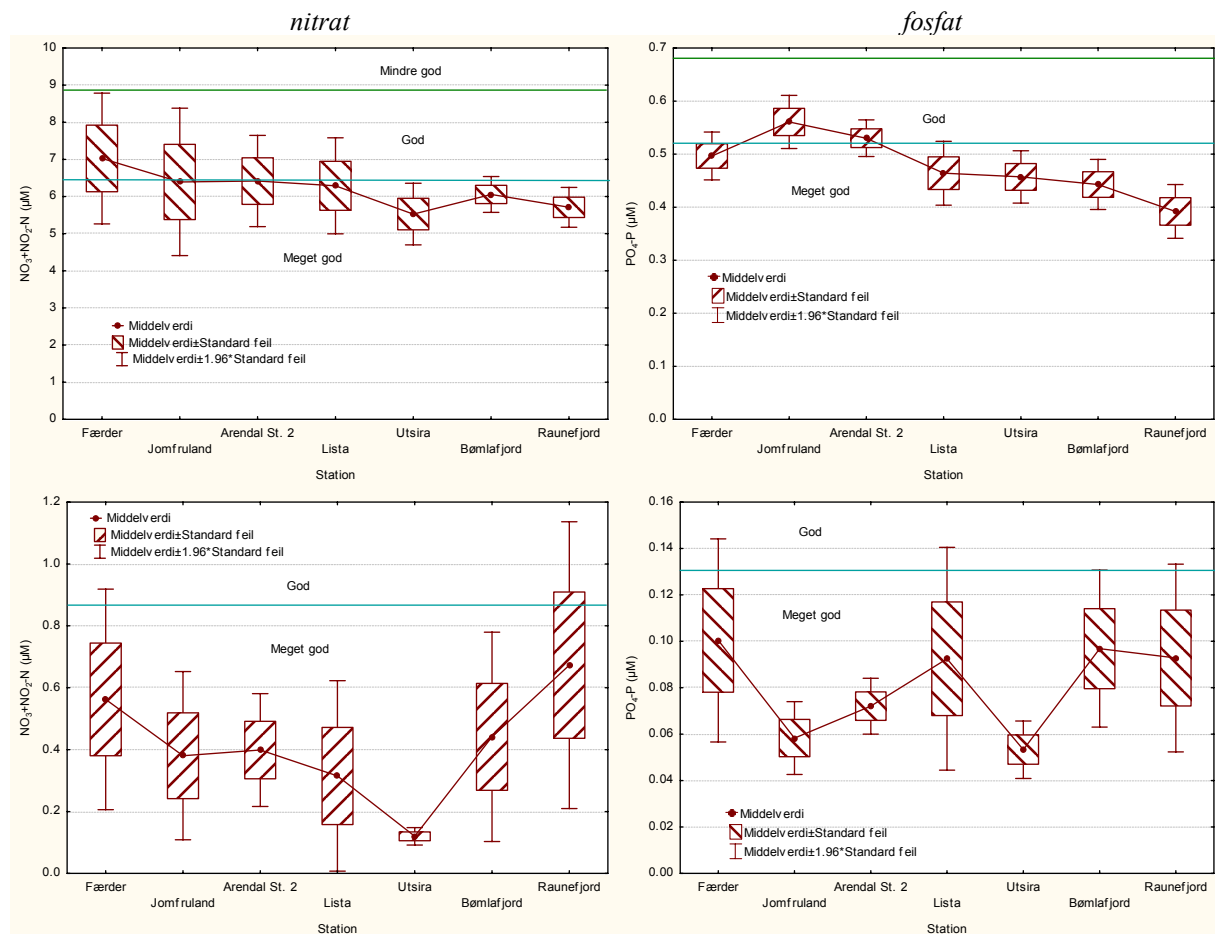
Det gjennomført næringssaltmålinger innaskjærs på brygga i Flødevigen (HI, Arendal) og i Groosefjorden (NIVA Sørlandsavdeling, Grimstad), i en tidsavgrenset periode for å sammenlikne med Kystovervåkingsprogrammets målinger i Kyststrømmen 1 nautisk mil av land. Resultatene som er publisert i Kystovervåkingsrapporten for 2007 (Moy et al. 2008), viste at det generelt var god overensstemmelse mellom næringssaltkonsentrasjoner målt inneskjærs og i Kyststrømmen, men at ammoniumkonsentrasjonene er noe høyere i de lokale resipientene (Figur 8.6). Det kan være et resultat av lokale tilførsler, men verdiene er fortsatt relativt lave og kan klassifiseres som ”meget god” til ”god” i henhold til SFTs kvalitetskriterier (SFT 1997).



Figur 8.6 Ammoniumkonsentrasjoner (NH₄) målt på stasjon Arendal St 2 (KYO) og i Flødevigen (HFF) gjennom sesongene vinter (w), vår (v), sommer (s) og høst (h) i 2006-2007

Skagerrak – Vestlandet

Vinterverdier av næringssalter i overflatevannet (0-5 m dyp i 2006-2007) viser en klar geografisk trend fra Ytre Oslofjord (Færder) til Bergen (Raunefjorden) med de høyeste verdiene i østlige Skagerrak (Figur 8.7). Som vist i kap. 10.1 har det sammenheng med store langtransporterte tilførsler til kyststrømmen som starter i østre del av Skagerrak (Færder-Jomfruland) og med lokale tilførsler fra store Østlandselver. Men målinger sommerstid viser ingen slik trend. Konsentrasjonen av næringssalter i overflatevannet er da like store (eller små) ved Færder i Skagerrak og i Raunefjorden ved Sotra utenfor Bergen. (Merk at konsentrasjonene tilsvarer tilstandsklasse I ”meget god” på alle stasjonene.)



Figur 8.7 Vinter- (øvre) og sommerverdier (nedre) av nitrat (NO₃+NO₂) og fosfat (PO₄) i overflatevann (0-5 m) i 2006-2007 på stasjonene Færder*, Jomfruland, Arendal st 2, Lista, Utsira, Bømlafjorden* og Raunefjorden*. (* = FerryBox-målinger) Kilde: Kystovervåkingsrapport for 2007, Moy et al 2008.

9. Tilslamming av sjøbunnen

av Elisabeth Alve (UiO), Frithjof Moy (NIVA)

Tilslamming er et problem som har økt betydelig de siste 10 årene på Skagerrakkysten. På Vestlandet er det ikke observert tilsvarende tilslamming med unntak av områder i Rogaland. Mye bunnslam er en sannsynlig årsak til sukkertarens dårlige utbredelse i Skagerrak. Det er vist at slammene reduserer kimplantenes spiringssuksess betydelig og mest slam er målt i vinterhalvåret når sukkertaren rekrutterer. Bunnslammet har et høyt organisk innhold og ca. 75 % stammer fra marin produksjon, men andelen er avhengig av avstand fra elveutløp. Leirmineralene i slammene stammer overveiende fra lokale kilder, men de vestlige kyststrekningene av Skagerrak mottar relativt sett mer langtransportert materiale enn de østlige fordi det er flere store elver på Østlandet. Forskjeller i leirmineralogi mellom områder som er mer og mindre påvirket av lokale elver, avspeiler at sukkertarelokalitetene på Skagerrakkysten mottar vannmasser og finpartikulært materiale (<2 µm) fra sydlige deler av Nordsjøen/Skagerrak.



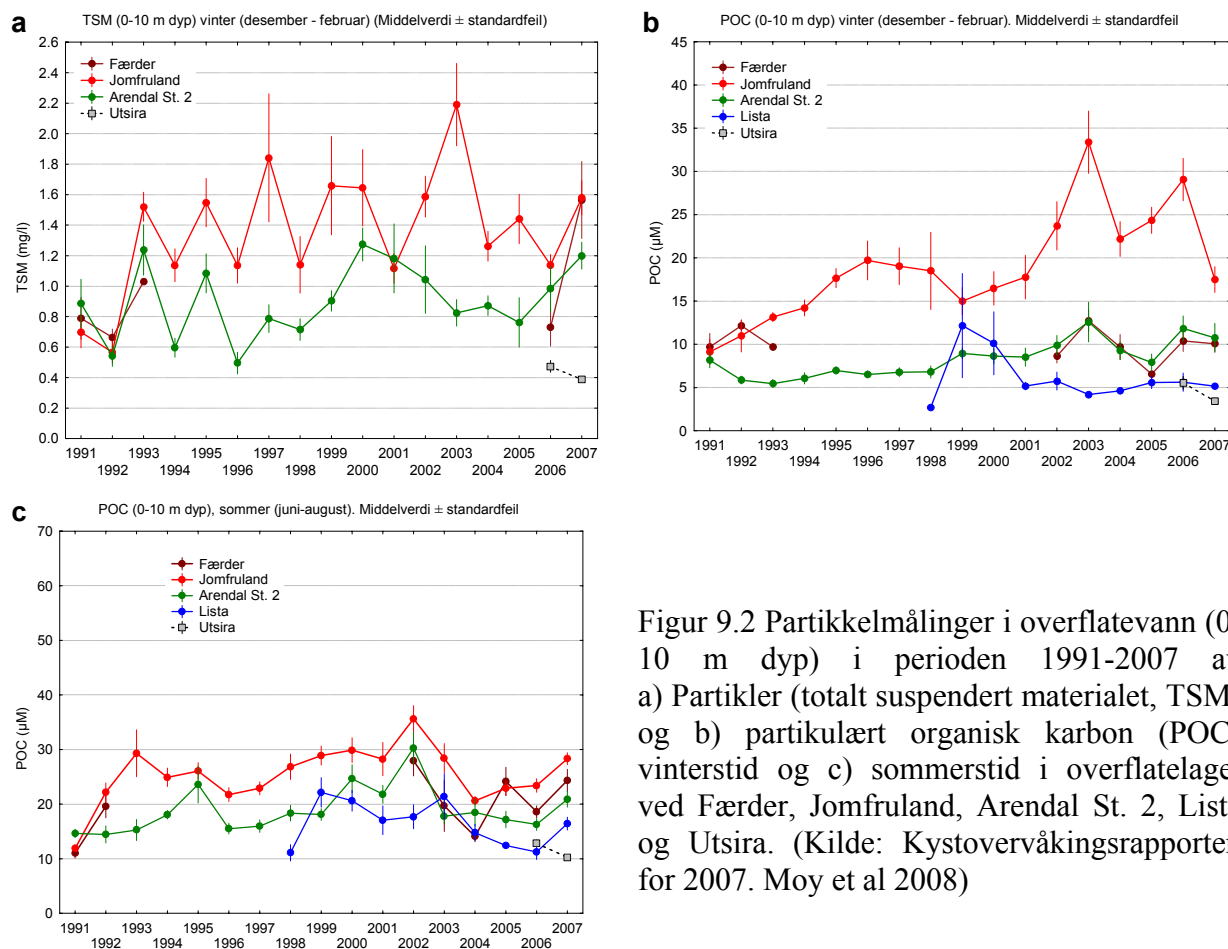
Figur 9.1 Et grått slamlag dekker bunnen mellom rødalgebusker og sekkedyr. Terneholmen, Arendal, i april 2005. Foto: F Moy, NIVA

Tilslamming ble tidlig i Sukkertareprosjektet registrert som et mulig problem for sukkertaren på Skagerrakkysten. Spesielt vinterstid var bunnen dekket av et grått slamlag (Figur 9.1). Litteratur og eksperimentelle undersøkelser av mulige effekter av sedimentasjon viste at bunnslam hadde en klar negativ innvirkning på sukkertare ved å hemme eller hindre spiring og gjenvekst av sukkertare (jfr. kap. 5.6). Det er ikke observert tilsvarende tilslamming i undersøkte områder på Vestlandet, unntatt på enkelte lokaliteter i Rogaland.

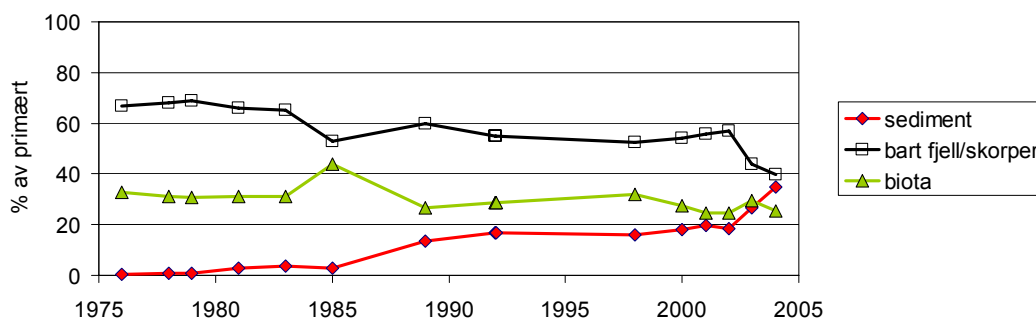
Kystovervåkingsprogrammet har vist signifikant, økende partikkelkonsentrasjonen (TSM) i Kystvannet av Skagerrak fra 1991 til 2002-03 (Figur 9.2), og partikkelinnholdet har vært høyere utenfor Jomfruland enn utenfor Arendal. Etter 2003 har partikkelkonsentrasjonene i kyststrømmen utenfor Jomfruland vendt tilbake til nivå med 1990-tallet. Også partikkelbundet organisk karbon, nitrogen og fosfor har økt betydelig ved Jomfruland og Arendal, men viste en positiv nedgang sommerstid i 2004-2006. Det er likevel fortsatt en klar økning vinterstid over perioden 1991-2007. Målinger i kyststrømmen ved Utsira på Vestlandskysten viser svært lave partikkelkonsentrasjoner. POC/PON-forholdet indikerer at mesteparten av de organiske partiklene har marin opprinnelse. Både organiske og uorganiske partikler bidrar til grumsete vann og tilslamming av bunnen.

En analyse i Sukkertareprosjektet av overvåkingsbilder av hardbunn i Langesundsfjorden (Telemark) viste at mengde bunnslam hadde økt fra <5 % i 1975-80 til nær 40% i 2004 (Figur

9.3). I Sukkertareprosjektet ble det i 2005 satt i gang innsamling av sedimentprøver fra 10 stasjoner i Skagerrak, fra Larvik i øst til Lindesnes i vest, for måling av sedimentasjon (feller), mengde på bunnen (fjellbunn), gradienter og kilder til slammet (se stasjonskart i 12.Vedlegg B.). Slammet består av både organiske og uorganiske komponenter. Det organiske materialet er delvis terrestrisk (dvs fraktet ut fra land) og delvis fra marin produksjon, mens de uorganiske komponentene primært består av mineraler og bergartsfragmenter. Kildesporingen har vært utført på både den mineralske og den organiske delen av bunnslammet. Mineralfraksjonen er undersøkt ved Institutt for geofag, UiO, under ledelse av Dr. E. Alve, mens den organiske fraksjonen er analysert ved NIVA-lab og IFE (isotopanalyser), samt i et samarbeid med Universitetet i Stockholm på en nyutviklet metode basert på svovel-isotoper.



Figur 9.2 Partikkelmålinger i overflatevann (0-10 m dyp) i perioden 1991-2007 av a) Partikler (totalt suspendert materialet, TSM) og b) partikulært organisk karbon (POC) vinterstid og c) sommerstid i overflatelaget ved Færder, Jomfruland, Arendal St. 2, Lista og Utsira. (Kilde: Kystovervåkingsrapporten for 2007. Moy et al 2008)



Figur 9.3 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 hhv. 30 m og 90 grader. n=3. Kilde: Statlig program for overvåking og NIVA.

I tillegg til de 10 stasjoner som ble prøvetatt gjennom hele året (vinter, vår, sommer, høst) er det blitt samlet inn prøver av slam på hardbunn fra alle stasjoner som er blitt undersøkt ved dykking, inklusive stasjoner på Vestlandet.

Sedimentfellene i Skagerrak viste at sedimentasjonen (fluksen, $\text{gram/m}^2 \text{ d}^{-1}$) var høyest om høsten (og delvis vinter) og nær elvene. Spesielt ble det målt høy sedimentasjon på stasjon Agnes utenfor munningen av Numedalslågen ved Larvik (ca. 90 gram tørrstoff / m^2 pr. dag). Mengde slam på bunnen var relativt lik på alle stasjoner uansett avstand til elv. Det tykkeste sedimentlaget (bunnsлам) ble målt i vinterprøvene (februar) og viser at det bygger seg opp et slamlag på bunnen gjennom høst- og vintersesongen. For sukkertare betyr det dårlige bunnforhold i den viktige i rekrutteringsperioden hvor mikroskopiske sporer, gametofytter og kimplanter skal finne feste (jfr. kap. 5).

Forholdet uorganisk/organisk stoff i sedimenterende materiale og i bunnslammet avtok med avstand fra elv/land og fra øst til vest i Skagerrak. Spesielt den sterke innfyttelsen fra Numedalslågen på stasjonene i østre Skagerrak er ansvarlig for den geografiske trenden.

Uorganisk materiale

Det uorganiske materialet av mineraler og bergartsfragmenter har ulik transport og kildeopphav avhengig av partikkelstørrelse og mineralsammensetning. De større kornene er lokalt deriverte, mens den finere fraksjonen i tillegg kan inneholde partikler som er fraktet over større avstander. Individuelle uorganiske sedimentpartikler som fraktes i suspensjon er sjelden $> 20 \mu\text{m}$ i diameter og omlag 50 % finnes i $< 2 \mu\text{m}$ -fraksjonen (Kersten et al., 1991). Det er følgelig primært det meget finkornete materialet, inklusive leirmineraler, som fraktes i suspensjon med havstrømmene og leirmineraler har vist seg å fungere som gode indikatorer på sporing av sedimentkilder i Skagerrakområdet.

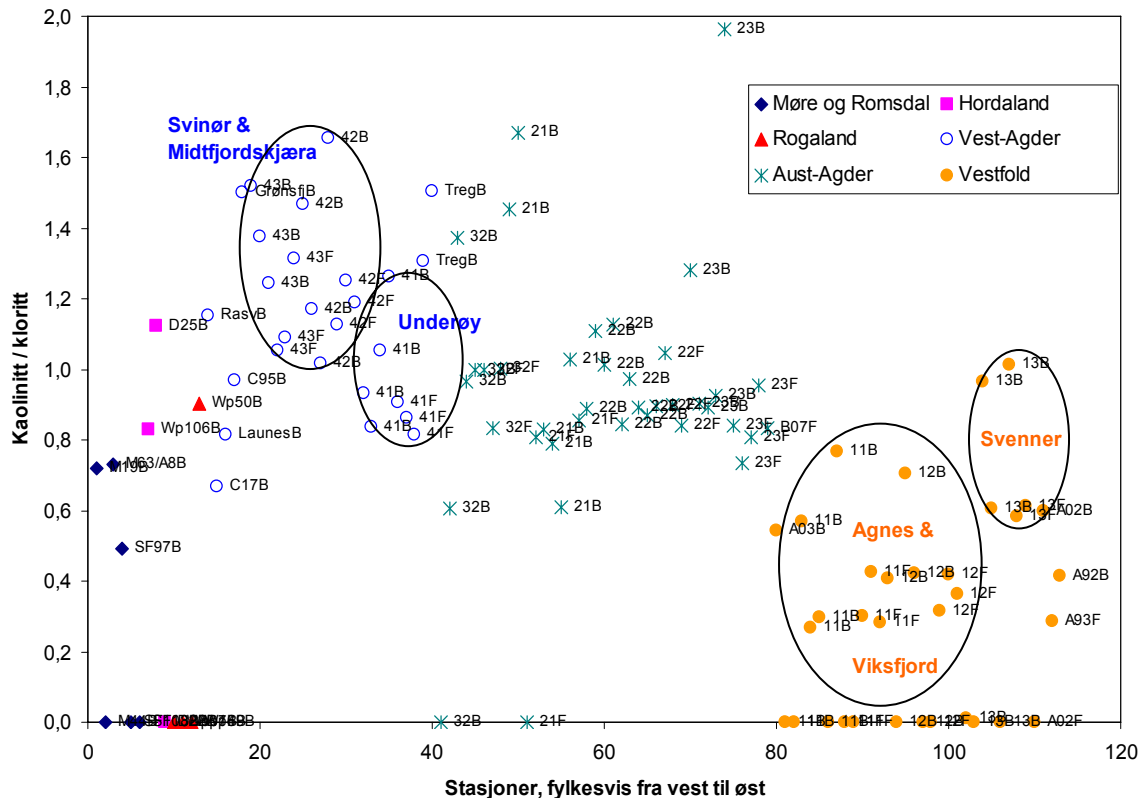
Leirmineraler er meget små partikler ($< 2 \mu\text{m}$) med en kjemisk motstandsdyktighet ved transport og avsetning som gjør dem godt egnet til sporing av sedimenttransport over lange avstander (Zöllmer & Irion, 1993). I Skagerrak/Kattegat stammer leirmineralene smektitt og kaolinit primært fra mesozoiske avsetninger i sydlige deler av Nordsjøen, Danmark og sydlige deler av Sverige, mens mineralene illitt og kloritt er erosjonsprodukter fra umodne glasielle skandinaviske avsetninger (Rosenqvist, 1985; Pederstad et al., 1993; Bengtson & Stevens, 1998). Tidligere leirmineralogiske studier har gitt nyttig informasjon om sporing av sedimentkilder blant annet i østlige deler av Skagerrak og Kattegat (Bengtson & Stevens, 1998) og i den sydvestre del av Østersjøen (Gingele & Leipe, 2001). Disse forholdene danner bakgrunnen for at leirmineralogiske analyser har vært foretatt i sukkertareprosjektet i et forsøk på å spore kilder for de finpartikulære komponentene som sedimenterer i undersøkelsesområdet. Det er rimelig å anta at resultatene også gir en indikasjon på transportveier for næringsalter.

De aller fleste prøvene som er analysert i sukkertareprosjektet representerer stasjoner langs den norske Skagerrakkysten hvor bunnsлам har vært et synlig problem. Prøvene er samlet inn i tidsrommet mars 2005 - august 2006. Dataene gir et semikvantitativt bilde av den relative forekomsten av de fire nevnte hovedgrupper av leirmineraler i området.

Resultatene viser at

- a) leirmineralene langs den undersøkte kyststrekningen jevnt over er dominert av illitt (lokalt derivert mineral),
- b) at kaolinit/kloritt-forholdet øker fra øst (Larvik) til vest (Lindesnes) med lokalt lavere verdier i elveinfluerte områder (Figur 9.4),
- c) og at innholdet av smektitt (fra sydlige deler av Nordsjøen) stort sett er ubetydelig.

Dominansen av illitt er ikke overraskende og reflekterer tilførsel av sediment fra skandinaviske, uforvitrede, glasiale avsetninger. I de mer åpne deler av NØ Nordsjøen, Skagerrak og Norskerenna reflekterer leirmineralene i stor grad vannmassenes regionale sirkulasjonsmønster (Zöllmer & Irion, 1993). Den klare øst-vest-trenden i kaolinit/kloritt-forholdet indikerer at det samme kan være tilfelle for gruntvannsområdene langs den norske Skagerrakkysten. Kaolinit og smektitt transporteres nordover i de østlige deler av Skagerrak og inkorporeres i den norske kyststrømmen. På veien nordover ser det ut til at smektitten, som har meget lav synkehastighet, anrikes i områder med lav turbulens, spesielt i de dypere deler av Skagerrakbassenget (Bengtson & Stevens, 1998). Dette er nok en viktig årsak til at smektitt nærmest ikke er registrert på de *relativt* eksponerte, turbulente sukkertarelokalitetene.



Figur 9.4 Forholdet mellom kaolinit og kloritt i sedimentfeller og bunnsлам nær fellene i perioden 2/3-05 t.o.m. 23/8-06. Prøvene er arrangert fylkesvis, fra vest (venstre) til øst (høyre). Tidsseriedata fra stasjoner påvirket av lokale elver (Agnes, Viksfjord, Underøy) har et lavere kaolinit/kloritt-forhold enn tidsseriedata fra mer distale stasjoner i samme fylke.

Av spesiell interesse for kildesporingen er

- den klare øst-vest trenden i kaolinit/kloritt-forholdet og
- tendensen til at stasjoner påvirket av lokale elver (Numedalslågen på st. Agnes og Viksfjord, og Aunda på st. Underøy) har et lavere kaolinit/kloritt-forhold enn andre stasjoner i samme generelle område (Figur 9.4).

Øst-vest-trenden indikerer at den relative tilførselen av langtransportert materiale øker vestover, nedover Skagerrak-kysten. Da vi her snakker om relative forskjeller kan man like gjerne si at de østlige delene av den norske Skagerrakkysten mottar relativt mer lokalt derivert sediment fordi de største elvesystemene som påvirker området ligger i de nordøstre delene av Skagerrak. Fylkesvis indikerer også de lavere kaolinit/kloritt-verdiene i områder nær lokale elver (Agnes og Viksfjord ved Numedalslågen og Underøy ved Audna), at kysten er påvirket

av tilførsler sydfra. Hadde sedimentene langs hele kyststrekningen vært dominert av glisiale erosjonsprodukter fra fastlandet, ville det ikke vært noen forskjell mellom stasjoner som var mer eller mindre påvirket av sedimenter fra lokale elver. Et forbehold er om det foreligger lokale kilder som enda ikke er oppdaget (f. eks. at avsetninger fra Skagerrakbreen, lik de vi finner på Jæren (Fugelli, 1992) også finnes langs den norske Skagerrakkysten). For flere detaljer og figurfremstillinger vises det til Statusrapport 3 fra Sukkertareprosjektet.

Forskjellene i leirmineralogi mellom områder som er mer og mindre påvirket av lokale elver avspeiler at sukkertarelokalitetene langs den norske Skagerrakkysten generelt mottar vannmasser og finpartikulært materiale (<2 µm) fra sydlige deler av Nordsjøen/Skagerrak. Dette avspeiles både på regional (øst-vest) og lokal (innen fylker) skala. Det er rimelig å anta at tilsvarende transport som her beskrevet for leirmineraler også omfatter næringssalter.

Organisk materiale

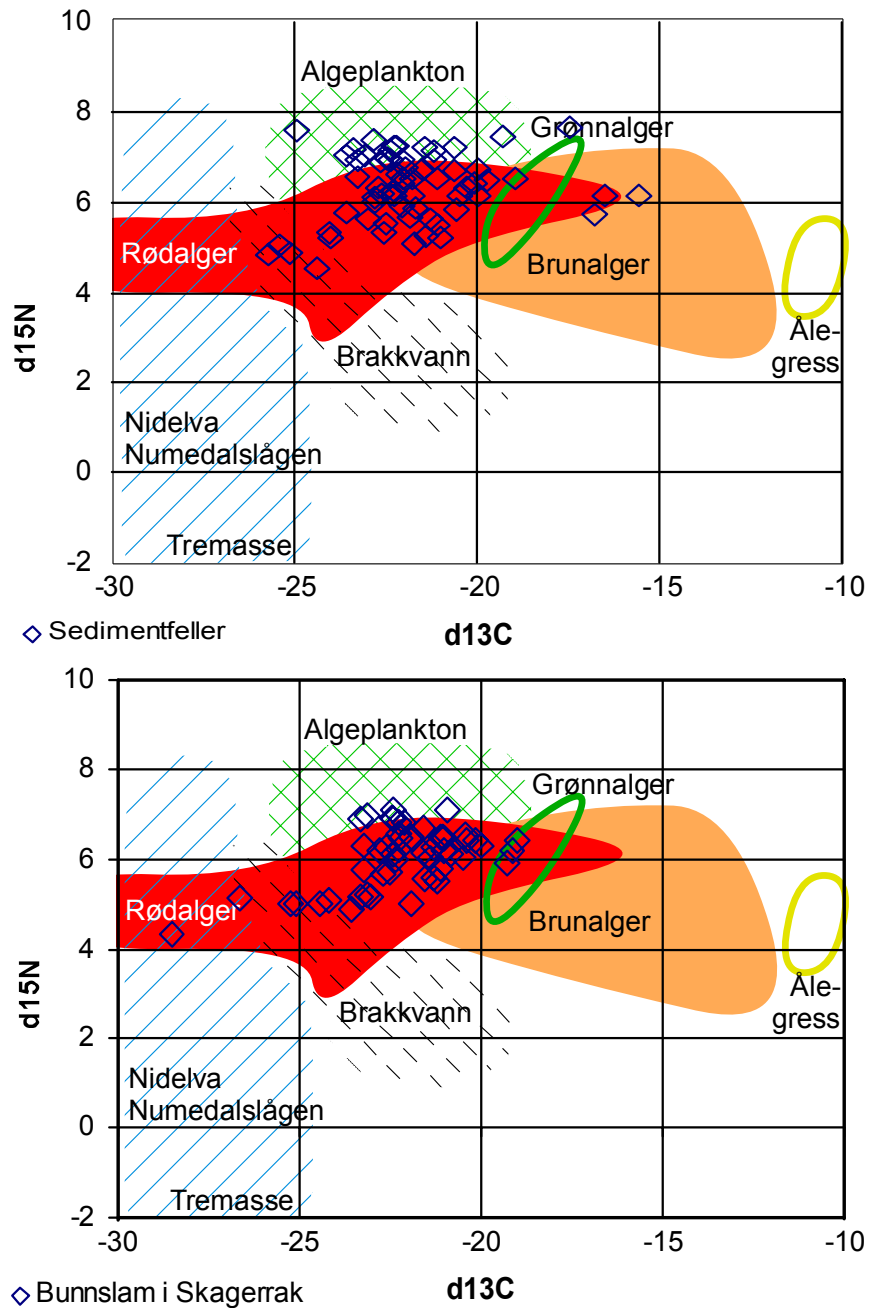
Sedimentanalysene viste at organisk innhold i slammet var høyt. Andelen varierte imidlertid mellom sesonger, stasjoner og mellom sedimenterende materiale (fanget i sedimentfeller) og bunnslam (suget opp fra hardbunnen). Det er fortløpende gjort rede for resultater i Statusrapportene fra prosjektet.

Det organiske innholdet i slammet var som forventet høyest i det produktive sommerhalvåret og lavest, men likevel høyt i vinterprøvene (innsamlet i februar) (hhv. ca. 200 og 100 mg C/g tørrvekt slam).

Den organiske delen (målt som TOC) avtok mot elvutløp, dvs. at den mineralske andelen i sedimentet økte nær elvutløpene og var høyest utenfor Numedalslågen i Larviksfjorden. Samtidig viste ny metodikk med svovel-isotoper (ikke vært gjort før på sjøvann) at andelen organisk materiale med opphav fra land/ferskvann avtok fra 100% i elva (Numedalslågen ved jernbanebrua) til hhv. 83, 50 og 10 % ved stasjonene Agnes, Viksfjord og Svenner (se kart i vedlegg).

Dette betyr også at bunnslammet i de berørte indre kystområdene i hovedsak stammer fra lokale kilder og at lokale tiltak (inklusive tiltak for redusert avrenning fra land) vil ha gunstig effekt. Tilstanden på ytre kyst er i større grad påvirket av vannkvaliteten i kyststrømmen.

Videre ble forholdstallet mellom karbon- og nitrogenisotoper benyttet for kildeprosporing av det organiske materialet. Bunnslamprøver ble analysert sammen med ca 30 referanseprøver av ulikt marint materiale, sjøvann, elvevann og diverse biologisk materiale samlet i utløpet av elvene Nidelva og Audna. Sammen med referansedata fra litteraturen viste analyseresultatene at bunnslammet i hovedsak stammer fra marin produksjon (ca 90 %) og har et sterkt signal fra planktonalger og rødalger (Figur 9.5). Bare stasjonene nærmest elvutløp (som st 11 Agnes ved Numedalslågen og 41 Underøy ved Audna) hadde et sterkere terrestrisk signal og havnet i gruppe med referansmateriale innsamlet fra brakkvannsområder. Sedimentfellene hadde et sterkere signal fra algeplankton enn prøver fra bunnslammet, som i stor grad sammenfalt med rødalger.



Figur 9.5 Forholdet mellom $d^{13}C$ og $d^{15}N$ isotoper i prøver fra sedimentfeller (venstre) og bunnslam (høyre) fra de 10 overvåkingsstasjonene i Skagerrak (rutesymbol) sammenliknet med referansemateriale vist som fargede eller skraverte. (Fra Statusrapport nr 2)

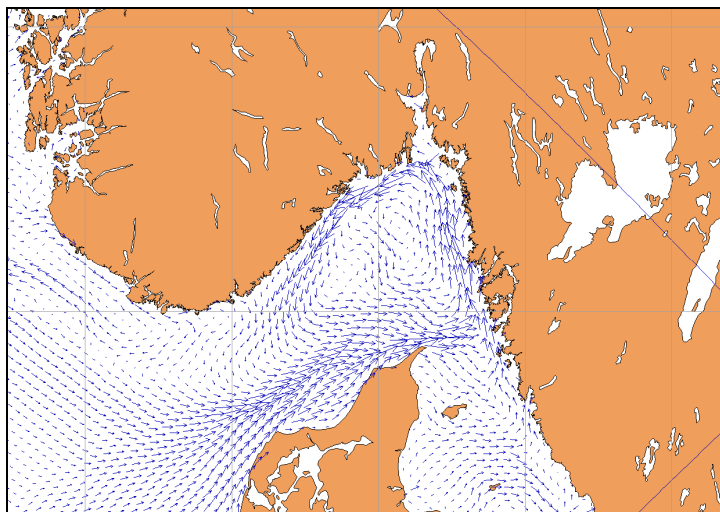
10. Kilder til næringsalter og partikler

10.1 Langtransporterte tilførsler av næringsalter og partikler

av Jan Aure (HI), Jan Magnusson (NIVA), Bruce Hackett (met.no)

Langs norskekysten renner den norske kyststrømmen som starter i Skagerrak/Ytre Oslofjord med langtransportert vann fra Østersjøen, sørlige Nordsjøen og Atlanterhavet. Store ferskvannstilførsler fra kontinentale elver, Østersjøen og lokale elver gjør at overflatelagets saltholdighet er lavere i Skagerrak kystvann enn i havvann. Fra Lista og videre nordover tilføres kyststrømmen gradvis mer Atlanterhavsvann og vannkvaliteten i kyststrømmen blir mer lik havvann. Kyststrømmen transporterer så store vannmengder at lokale utslipp og elvetilførsler av næringsalter, har liten betydning for vannkvaliteten i selve kyststrømmen. Den er dominert av de langtransporterte tilførslene. Det er beregnet at 70 % av nitraten i kystvannet utenfor Sørlandet vinter/vår stammer fra Tyskebukta og at Skagerrak har vært utsatt for en langvarig næringsaltbelastning fra kontinentet. Beregninger på Sørlandskysten viser en fordobling av nitratkonsentrasjonen i vinter/vårsituasjonen i perioden 1980-1995. Storflommen på kontinentet i 1995 kunne spores (nitrat og partikler) helt inn i Oslofjorden. Etter 1995 har langtransporterte næringsalter gått ned som følge av reduserte kontinentale utslipp, men er fortsatt høyere enn nivået før 1980. Hvor mye næringsrikt vann som "pumpes" opp til vår kyst er vindavhengig og varierer mye fra år til år. Lokale tilførsler av næringsalter har lokal betydning og blir viktige i sommerhalvåret når næringssaltkonsentrasjonene i kyststrømmen er naturlig lave.

Den norske kyststrømmen som starter helt øst i Skagerrak og løper langs Sørlandskysten, runder Lista og fortsetter oppover langs kysten av Vestlandet, transporterer og forsyner kysten med store vannmengder som stammer fra Nordsjøen, Østersjøen (Kattegat) og Atlanterhavet



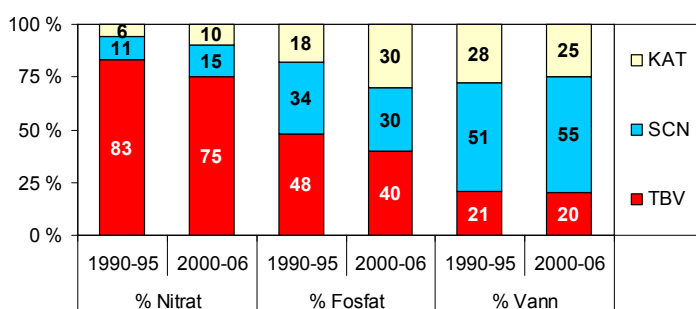
Figur 10.1 Modellert bilde av overflatestrømmene i Skagerrak (februar 1995). Jyllandstrømmen fører vann fra sydlige del av Nordsjøen inn i Skagerrak og Kattegat, blandes med ferskere vann fra Østersjøen, løper nordover langs svensk vestkyst og starter den norske kyststrømmen i Ytre Oslofjord. (Kilde: met.no's havsirkulasjonsmodell MIPOM og Klimarapporten)

(Figur 10.1). Med havstømmene transporteres også forurensninger fra kontinentet til vår kyststrøm og videre langs vår kyst. Transporten av vann fra sørlige Nordsjøen med Jyllandstrømmen til Skagerrak er vindavhengig og størst i år med sterke sørlige vinder, som rundt 1990, jfr. kap 6.1. De store kontinentale elvene som munner ut i sørlige Nordsjøen (Belgia, Nederland, Tyskland) frakter store mengder næringsalter og partikler ut i sørlige del av Nordsjøen som igjen transporteres med havstrømmene til Sørlandskysten. Kystvannet (0-30 m) utenfor Arendal er en blanding av vann fra sørlige og sentrale Nordsjøen og fra Kattegat. Aure og Magnusson (2008) beregnet at ca. 55 %, 25 % og 20 % av vannet kommer fra henholdsvis Nordsjøen (sørlige og sentrale områder), Kattegat og Tyskebukta.

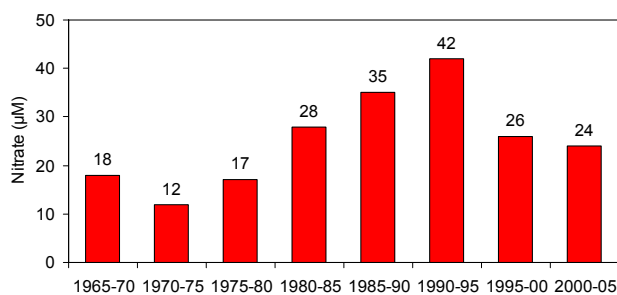
Men Aure og Magnusson (2008) beregnet samtidig at vannet fra Tyskebukta bidrar med hele 75 og 40 % av hhv. nitratet og fosfatet i overflatevannet utenfor Sørlandet om våren (Figur 10.2). En kraftig økning i næringssalttilførsler fra de kontinentale elvene til sørlige Nordsjøen i perioden 1980 til 1995, førte til en forbobling av nitratkonsentrasjonen i kystvannet om våren på Sørlandskysten (Figur 10.3 og Figur 10.4).

Om vinter/vår kan næringssaltene transporteres til Skagerrakkysten uten å bli nevneverdig forbrukt på veien. Reduserte utslipp fra kontinentet de siste 10 årene har gitt en reduksjon i langtransporterte næringsalter til vår kyststrøm og en bedring av vannkvaliteten i Kyststrømmen (Figur 10.3, Figur 10.4). Mer om endringer over tid i langtransporterte tilførsler til Skagerrakkysten kan leses i Temakapitlet i 2006-årsrapporten fra Kystovervåkingsprogrammet (Moy m.fl. 2007b).

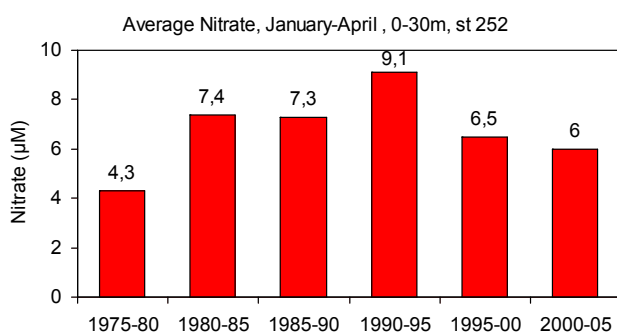
Storflom i de kontinentale elvene i 1994 og 1995 ga spesielt stor transport av næringsalter og partikler til vår kyst fra Tyskebukta, og vann fra flommen kunne spores hele veien til Sørlandet (Magnusson & Nygaard, 1995).



Figur 10.2 Andelen nitrat, fosfat og vannmengde fra Tyskebukta (TBV), Nordsjøen (SCN) og Kattegat (KAT) i kystvannet utenfor Arendal beregnet for 0-30 m dyp i mai måned (etter Aure et al 1998 og Aure og Magnusson 2008).

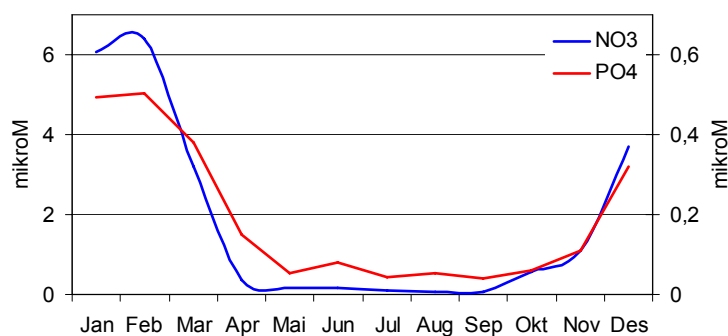


Figur 10.3 Nitratkonsentrasjoner ved Helgoland (Tyskebukta) i januar-april beregnet for 5-årsperioder (gjennomsnitt). (Kilde: AWI)



Figur 10.4 Nitratkonsentrasjoner (middelverdier) i kystvannet (0-30 m) målt vinter-vår i kyststrømmen utenfor Arendal. beregnet for 5-årsperioder. (Kilde: Aure og Magnusson 2008, Moy et al 2007b=KYO2006,)

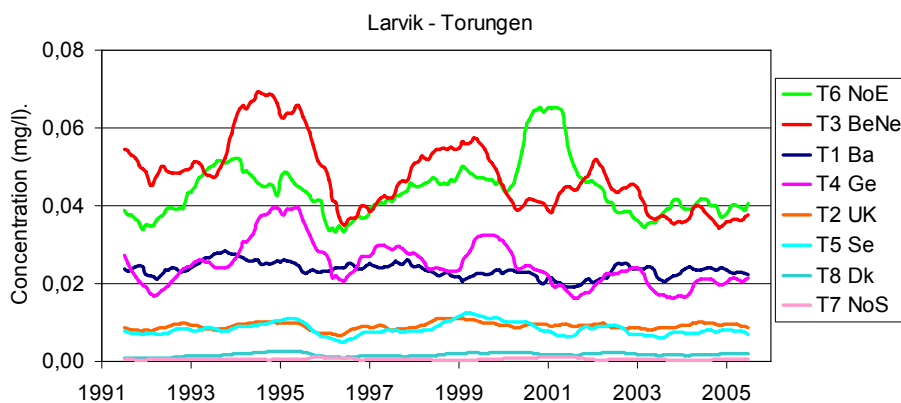
Sommerstid, med større vannføring i de norske elvene, er det lokale bidraget større, men bidrar likevel marginalt til vanntransporten i selve Kyststrømmen. Storflommen på Østlandet i 1995 ble imidlertid sporet lang ut i Kyststrømmen. Lokale tilførsler av næringsalter om sommeren kan ha lokal betydning da næringssaltkonsentrasjonene i kyststrømmen er naturlig lave om sommeren (Figur 10.5).



Figur 10.5 Bakgrunnverdier av nitrat (NO_3 venstre akse) og fosfat (PO_4 høyre akse) målt i 5 m dyp ved Utsira, Vestlandet. Kilde: Kystovervåkingsprogrammet.

En tilførselsmodell kjørt i klimaaktiviteten til Sukkertareprosjektet (sirkulasjonsmodell MIPOM fra met.no og elvedata sammenstilt av Bioforsk, i Moy & Stålnacke 2007) viser at nedgang i utslipp fra de kontinentale elver og lavere vinddreven transport i Nordsjøen, gjør avrenningen fra de norske elvene relativt sett blitt mer viktig for den lokale vannkvaliteten (Figur 10.6). Modellkjøringen viste spesielt store tilførsler fra østnorske elver (grønn linje i Figur 10.6) den regnfulle høst/vinter 2000 som også stemmer med faktiske målinger (jfr. kap 10.2).

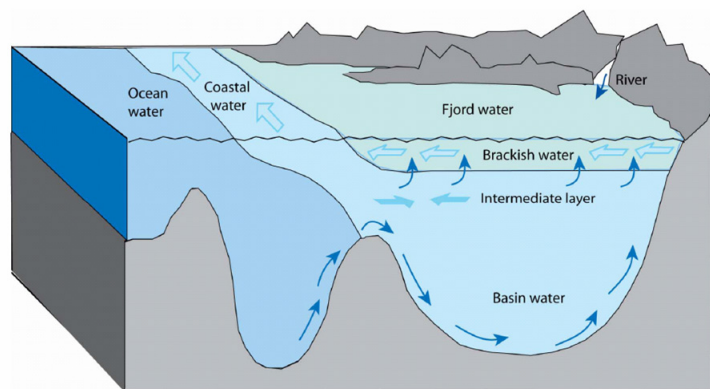
En nedgang i overkonsentrasjoner av nitrat i Skagerrak er en positiv utvikling, og kanskje en helt nødvendig forutsetning for gjenvekst av sukkertareskog i Sør-Norge. Lokale tilførsler og i noen tilfeller også økte lokale tilførsler, er nå relativt sett mer viktige for lokal vannkvalitet i fjorder og kystvann og for økologisk tilstand i sjøvegetasjonen, enn tidligere.



Figur 10.6. Modellerte konsentrasjoner av et inert stoff i overflatevannet (0-20m) på Skagerrakkysten (Larvik-Arendal) med utspring fra 6 langtransporterte og 2 lokale kilder. Startkonsentrasjonene er satt lik nitrogenavrenningen fra de aktuelle elvene/elvedistriktene: T1=Østersjøen, T2=UK, T3=Belgia-Nederland, T4=Tyskland (Weser og Elbe), T5=Sverige, T6=Østlandselver, T7=Sørlandselver, T8=Danmark. Kurvene viser 12 mnd glidende middel. Kilde: met.no og Moy & Stålnacke 2007.

På Vestlandet tilføres Kyststrømmen store mengder Atlanterhavsvann fra Golfstrømmen som driver kyststrømmen videre nordover langs kysten. Utskiftningen av vann i fjorder og kystområder varierer med ferskvannstilførsel, vind og tidevann, hhv. ca 5, 55, 40 % beregnet for Hardangerfjorden (Kilde: HI, Figur 10.7). I tillegg vil utskiftningen variere med topografien fra område til område. Vannutskifting eller vannets oppholdstid blir derfor meget viktig for vannkvaliteten og økologisk status i fjorder og kystvann hvor det er lokale kilder til overgjødning. Betydningen av lokale kilder blir også større i sommerhalvåret når det er naturlig lave konsentrasjoner av biologisk tilgjengelige næringssalter (nitrat, ammonium og fosfat) i havvannet (Figur 10.5).

Figur 10.7 Vannutveksling mellom Atlanterhavsvann, Kyststrømmen og fjordvann er drevet av vind, tidevann og ferskvannstilførsel, hvorav de to første er betydelig viktigst. (Kilde HI)



10.2 Lokale tilførsler av næringsalter og partikler

Lokale tilførsler av næringsalter og partikler har stor betydning for den lokale vannkvaliteten og følgelig for sjøvegetasjonen i fjorder og indre kystvann. Sukkertareprosjektet har derfor inkludert analyser av transporter med elver i arbeidet med å finne årsakssammenhenger. Trendanalyser er utført på overvåkingsdata i fem elver som drenerer til Skagerrak og ett vassdrag på Sør-Vestlandet (transport av partikler og næringsstoffer, RID-programmet) samt på 7 nedbørfelt i tilknytning til jordbruksarealer (erosjon og næringsstoffer, JOVA-programmet). Begge programmene viser store variasjoner fra år til år i transporttallene, som i første rekke skyldes stor variasjon i vannføringen. Særlig store tilførsler til Skagerrak ble observert i år 2000 etter en langvarig regnperiode om høsten på Østlandet. I 2004-07 har tilførslene vært relativt 'normale', men med en tendens til økning igjen i 2006-2007, spesielt i Numedalslågen og Drammenselva. Orreelva som drenerer til Sør-Vestlandet, viser en tendens til økt transport av partikler og til dels også fosfor, noe som ikke enkelt kan forklares da en kilde og tiltaksanalysestudie på Jæren viser minskning i fosforkildene siden 1995. Stort tap av partikler og næringsstoffer fra jordbruket ble observert i 1999-2000, 2004, 2006-2007 og sammenfaller med år med mye regn. Analysene viser få, statistisk signifikante trender, men årsaken kan være løpende tiltak og endringer i driftspraksis som påvirker avrenning. Generelt bidrar jordbruket på Østlandet med partikler (jorderosjon), mens det i større grad er næringsalter på Vestlandet grunnet forskjeller i driftsformer. Jordbruk er den største kilden til næringsalter fra menneskelige aktiviteter som drenerer til Skagerrak, mens akvakultur er den langt største kilden på Vestlandet. Akvakulturnæringen på Vestlandet har økt stort de siste 10-årene og beregninger viser kraftig økende utslipp av næringsstoffer, spesielt sommer og sensommer.

Sukkertareprosjektet har hatt fokus på transporter av næringsalter og partikler (suspendert materiale) fra elver til kystvannet og spesiell fokus på evt. endringer i denne transporten over tid som kan sees i sammenheng med bortfallet av sukkertare. Elvetilførsler har vært omtalt i flere av rapportene fra prosjektet, men er spesielt utførlig diskutert i klimarapporten fra Sukkertareprosjektet (Moy & Stålnacke 2007). Her gis en oppdatert analyse av data fram til og med 2007, først for store elver (RID-programmet) og dernest for små elver/landbruksbekker (JOVA-programmet). Vi har valgt å legge hovedfokus på transport framfor konsentrasjoner av stoffene, i og med at førstnevnte er antatt å gi et bedre mål på den totale belastningen på de marine systemene.

10.2.1 Tilførsler fra store, norske elver (1990-2007)

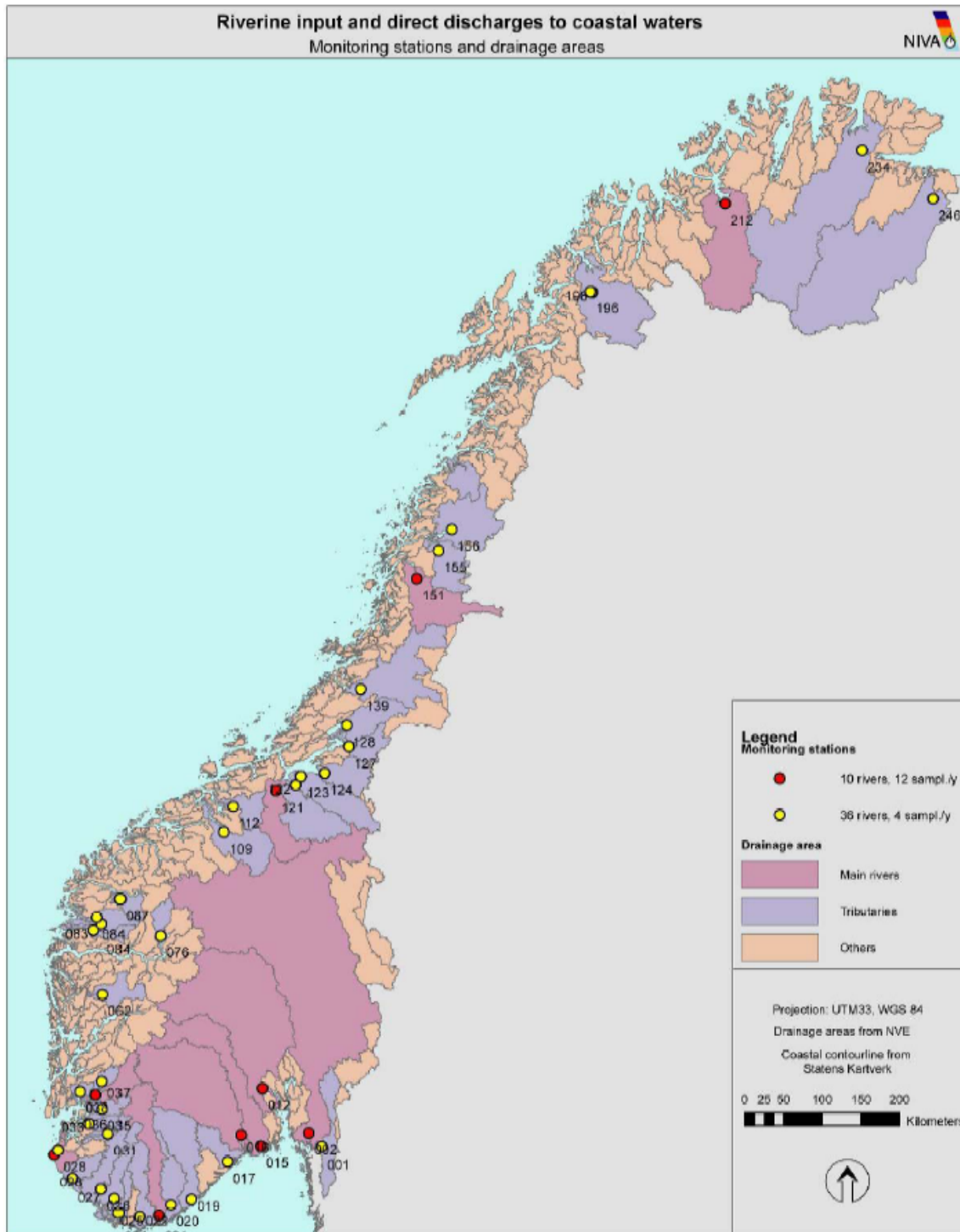
av Per Stålnacke (Bioforsk)

Data og metode

Elvetilførselsprogrammet (RID) måler tilførsler av næringsalter og utvalgte miljøgifter til norske havområder. RID skal gi en årlig vurdering av alle tilførsler via vassdrag, arealavrenning og direkte utslipp til kyst- og havområder. RID har pågått siden 1990 etter at Pariskommisjonen i 1988 godkjente prinsippene for et europeisk overvåkingsprogram av tilførsler av næringsalter og utvalgte miljøgifter, via elver og direkte tilførsler til konvensjonens kystområder: Comprehensive Study on Riverine Inputs and Direct Discharges (RID).

RID måler tilførslene fra omlag 75 prosent av fastlands-Norges landareal og 90 prosent for Skagerrakområdet. I Skagerrak (svenskegrensen til Lindesnes) måles det i 5 hovedvassdrag (Glomma, Drammenselva, Numedalslågen, Skienselva og Otra) (se Figur 10.8). På Sørvestlandet er det kun en elv (Orrelva) som brukes her til dette formål, da alternativ RID-

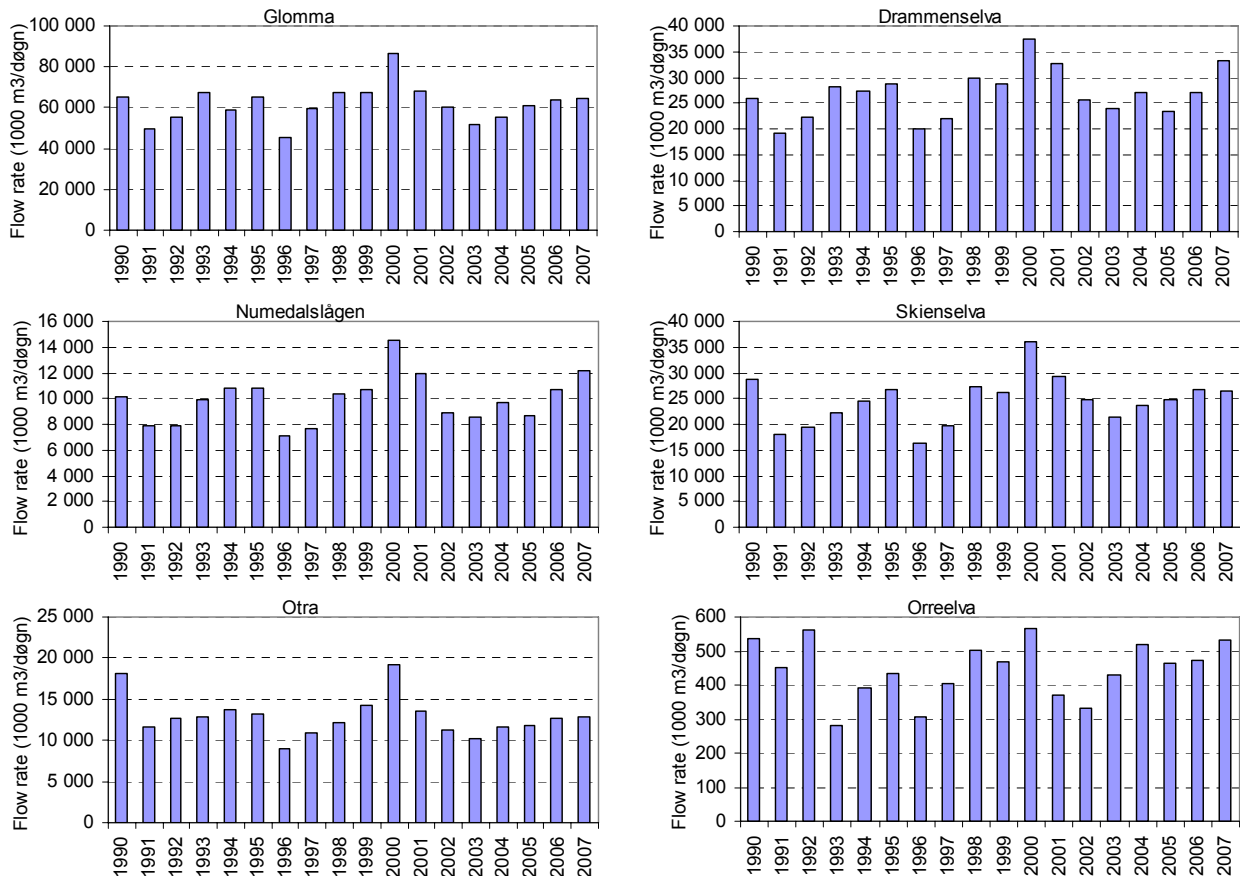
elv (Suldalslågen) er vanskelig å bruke her pga sterke reguleringer og overføringer av vann til et annet vassdrag. I tillegg til hovedelvene i programmet, måles det i et antall 'bi-elver'. Imidlertid er prøvetakingsfrekvensen (en gang per år) altfor lav for å kunne brukes til bra transportestimering og vurdering av langtidstrender. Direktetilførsler (kommunale renseanlegg, industri og fiskeoppdrett) er heller ikke tatt med i analysen her da det pågår et separat SFT-prosjekt på rekonstruksjon av dette.



Figur 10.8. Stasjoner i elvetilførselsprogrammet. Kilde: Skarbøvik et al (2007)

Vannføring

Vannføring for de 5 hovedelvene til Skagerrak og Orreelva på Sør-Vestlandet er vist i Figur 10.9. Ikke noen av de 5 Skagerrak-elvene eller Orreelva oppviste en statistisk signifikant trend i vannføring i perioden 1990-2007, men en visuell inspeksjon av data viser store år til år variasjoner. Alle vassdrag viste høy vannføring i 2000, og økende eller år med høy vannføring i 2004-2007. Vårflommen på Østlandet i 1995 gav også høy vannføring i Glomma og Drammenselva i mai 1995, men pga ellers lav vannføring blir total årstilførsel i 1995 moderat. Det er en mulig tendens til oppgang i periodene 1990-1995 og 1996-2001(2002) spesielt i disse to elvene. Lavest vannføring er notert i alle Skagerrakelvene i det tørre året 1996. Orreelva hadde også lav vannføring i 1993.

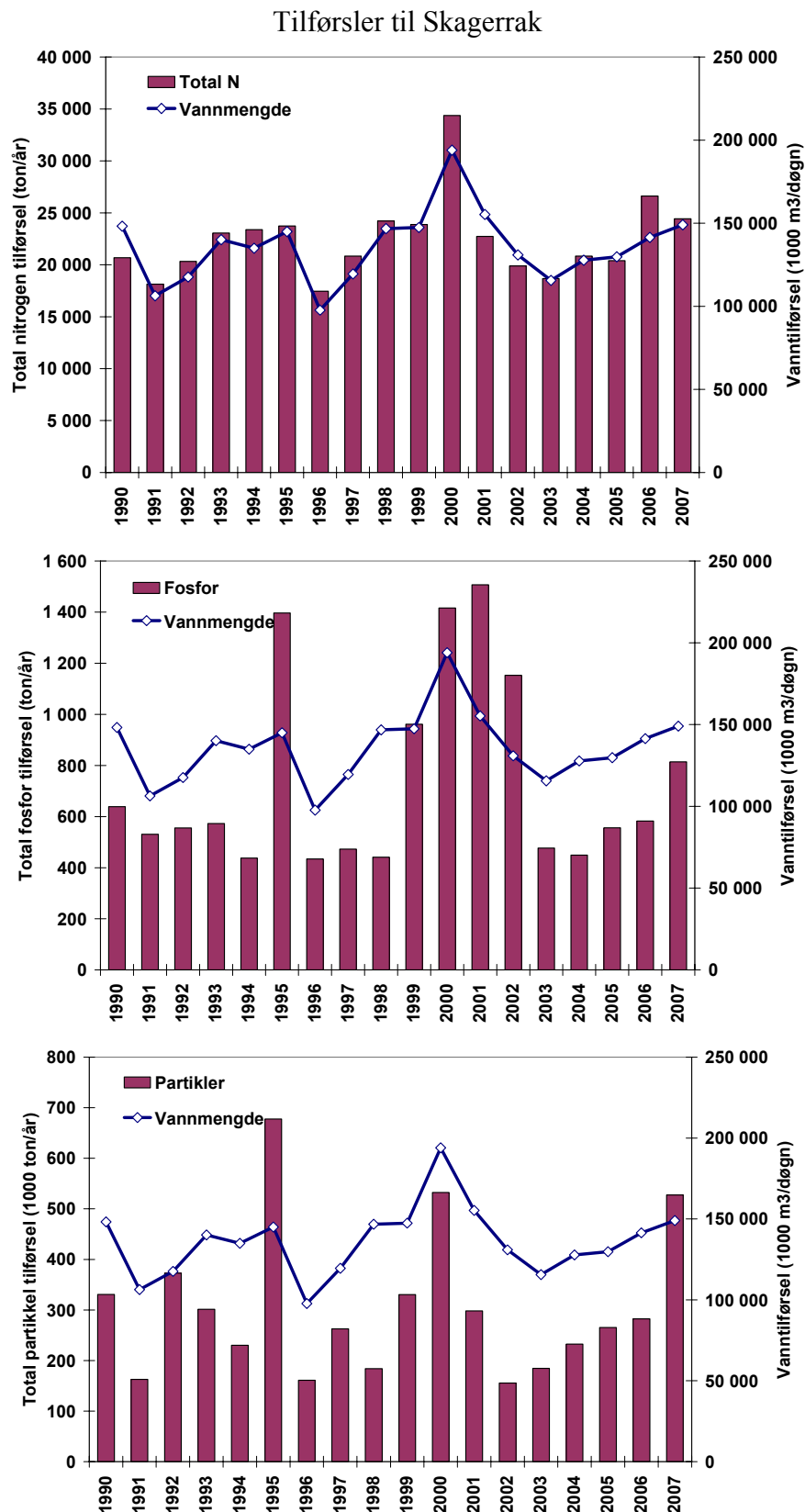


Figur 10.9. Årsvannføring i Glomma, Drammenselva, Numedalslågen, Skienselva, Otra (som drenerer til Skagerrak) og Orreelva (Sør-Vestlandet), 1990-2007.

Elvetilførsler til Skagerrak av nitrogen, fosfor og partikler

De årlige tilførslerne fra Norge til Skagerakkysten (summen av de 5 elvene) for tidsrommet 1990-2007 er vist i Figur 10.10. År 2000 peker seg ut som det året med høyest nitrogen-tilførsel, noe som henger nøye sammen med høy vann-tilførsel dette år. År med lave nitrogen-tilførsler er 1991 og 1996, og til dels 2003. Dette forklares i hovedsak av lav vann-tilførsel disse år.

For fosfor er det flomåret 1995 på Østlandet som peker seg ut med meget høye fosfortilførsler. Her bør imidlertid noteres at en i 1995 hadde vesentlig høyere prøvetakingsfrekvens enn normal; for eksempel med døgnverdier i hele juli. For fosfor noterer vi også høy tilførsel i årene 1999 til 2002.



Figur 10.10. Årlig vanntilførsel og vassdragstransport av total nitrogen (øvre figur), total fosfor (midten) og suspendert partikulært materiale (nedre figur) i de 5 hovedelvene til Skagerrak 1990-2007. Kilde: Skarbøvik et al (in prep)

For partikler (SPM) utmerker årene 1995, 2000 og 2007 seg med meget høy sedimenttransport. De høye verdiene i 2007 kan forklares med ekstra flom-prøver tatt i Glomma og Drammenselva.

Vanntilførselen til kysten av Sør-Norge domineres av Glomma og Drammenselva, spesielt om sommeren og høsten. På årsbasis bidrar Drammenselva og Glomma med vel 60 % av den totale ferskvannstilførselen. Det er liten samvariasjon mellom vannføring og totaltilførslene av fosfor og partikler. Spesielt for partikler og fosfor vil intensiteten i flommer være mer avgjørende for årlige variasjoner (se for eksempel flomåret 1995).

Noen spesielle tidstrender kan ikke noteres.

Elvetilførsler til Sør-Vestlandet av nitrogen, fosfor og partikler

Variasjoner i Orreelva følger ikke nødvendigvis variasjonene i Skagerakelvene. Imidlertid var 1996 også et tørt år i Orre, og året 2000 hadde den høyest noterte vannføringen for perioden 1990-2007 i denne elva (Figur 10.9). Det er en tendens til en generell økning i fosfortransporten i tidsperioden (Figur 10.11). Økningen er enda mer tydelig for partikkeltransporten, med relativt høye tall hele 2000-tallet, og spesielt i årene 2005 og 2007 (Figur 10.12).

Orreelva ligger på Jæren i Rogaland fylke og er et av fire vernede vassdragene som drenerer til kystlinjen mellom Egersund og Stavanger. Vassdraget drenerer hovedsakelig jordbruksarealer (se kap. 10.2.2) på sentrale deler av Jæren med noen få tilløpsbekker fra heiområdet i øst.

En nylig publisert tiltaksanalyse på fosfor for alle vassdrag på Jæren (Molversmyr et al., 2008) viser følgende (se også kap. 11.2):

- det er landbruksaktiviteter som gir de største fosfortilførslene til Jærvassdragene (spesielt arealavrenning fra landbruket);
- den viktigste årsaken til høy fosforavrenning fra landbruksarealene er høyt fosforinnhold i jorda. Jordbruksarealene i 8 av vassdragene i området har gjennomsnittlige fosfortall (P-AL-tall) for fulldyrka jord på over 20 (ved fosfortall over 15 er det tilstrekkelig fosfor i jorda til å forsyne en engangsavling). Disse høye tallene skyldes sterk gjødning med mineralfosfor i tillegg til husdyrgjødsel.

Samme studie viser også til en kildeundersøkelse, som konkluderte med at det har vært en reduksjon av fosfor i Orreelva i perioden 1995 og 2007 (Figur 10.14). Dette er altså ikke i samsvar med målinger i utløpet av samme vassdrag (Figur 10.12).

Årlig vassdragstransport for de 6 elvene er vist i figurene i Figur 10.11 og Figur 10.12.

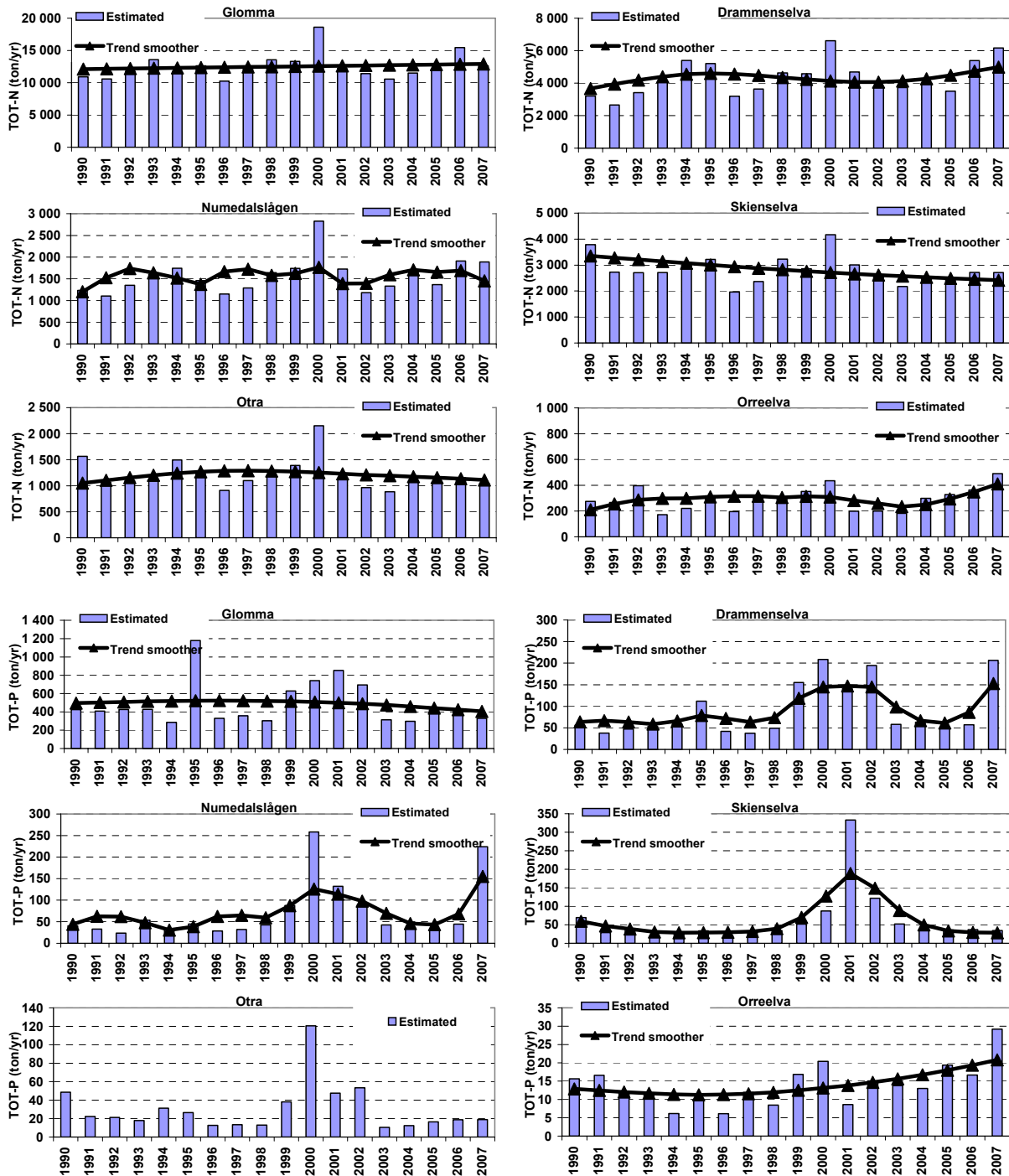
Usikkerhet i RID-programmet og andre kilder

Det er knyttet usikkerhet til målefrekvens i RID-programmet, spesielt for stoffer knyttet til partikler (for eksempel totalfosfor). En analyse i Borgvang et al (2006) (også omtalt i Moy & Stålnacke, 2007) av kontinuerlige data på partikler i Numedalslågen (NVE, delfinansiert av Sukkertareprosjektet) viste at det er stor usikkerhet knyttet til elvetilførselen av partikulært materialet og at mer enn 90 % av partikkeltransporten i et kalenderår skjer i løpet av et par dager i forbindelse med flomepisoder.

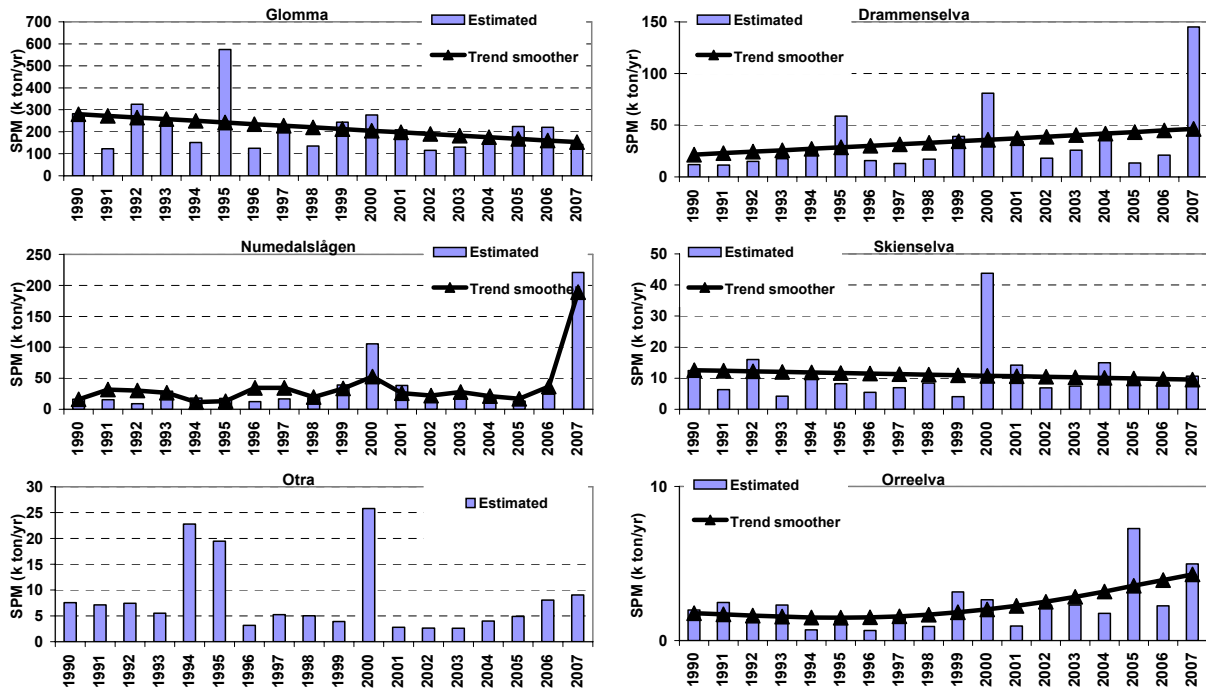
I tillegg til tilførsler via de elvene som her er tatt med, mottar kystvannet også tilførsler fra andre elver og andre kilder som rensaneanlegg, industri og akvakultur. Figur 10.13 viser en sammenlikning av tilførsler til Skagerrak i 2006 mellom de 5 RID-elvene og beregnede

tilførsler fra andre kilder. Figuren viser at for fosfor er tilførselen fra de fem elvene, kun noe høyere enn summen av de andre kildene.

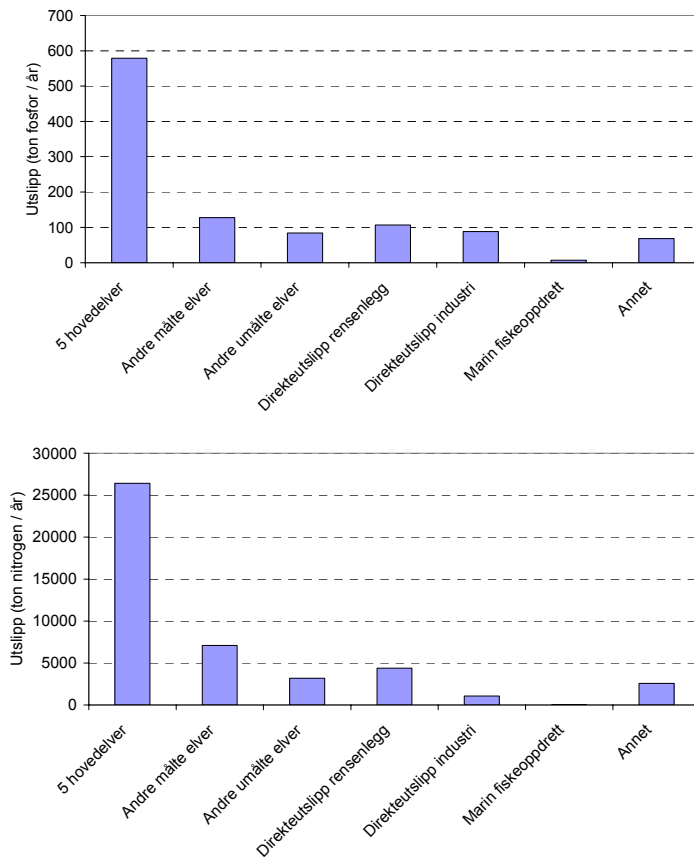
Med hensyn til elvetilførsler til kysten av Vestland, har Orrelva et meget lite nedbørfeltarealet (100 km²) som gjør det vanskelig å oppskalere disse observasjonene til andre vassdrag langs Sørvest-Vestlandskysten. Selv om Orrelva viser en økning i avrenning av nitrogen og fosfor kan dette ikke sies å være generelt slik for elver som renner ut på Vestlandet.



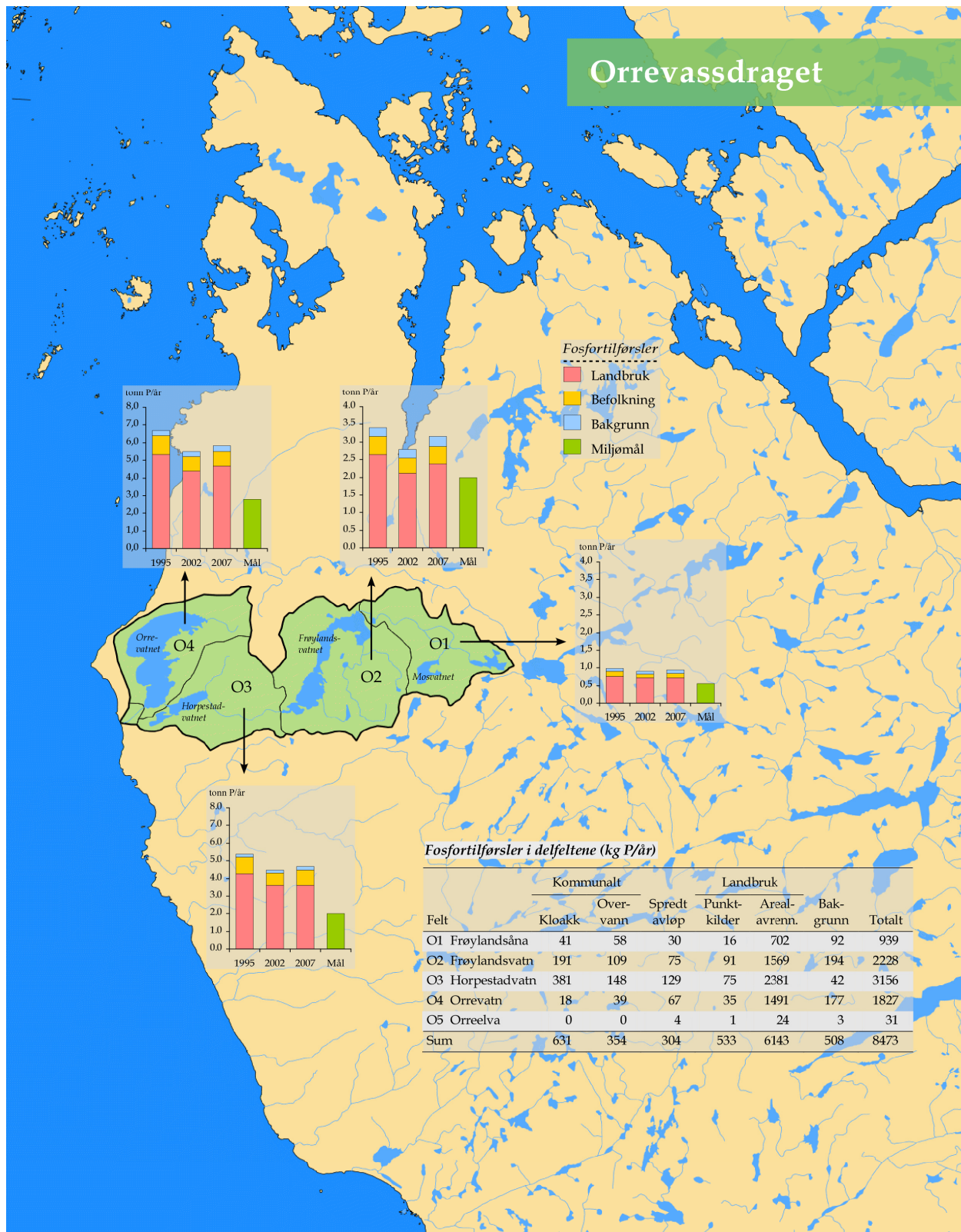
Figur 10.11 Årlig vassdragstransport av total nitrogen (øvre figur) og total fosfor (nedre figur) i de seks RID-elvene i 1990-2007. Kilde: Skarbøvik et al (in prep)



Figur 10.12. Årlig vassdragstransport av suspendert partikulært materiale i de seks RID-elveene i 1990-2007. Kilde: Skarbøvik et al (in prep).



Figur 10.13. Totaltilførsel av nitrogen og fosfor til Skagerrak i 2006 fra elver og direkteutslipp. Kilde: Skarbøvik et al (2007)

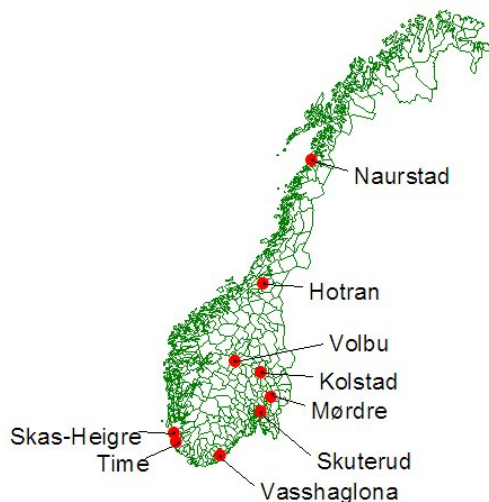


Figur 10.14. Fosfortilførsler fra forskjellige kilder 1995, 2002 og 2007 og foreslåtte miljømål. Kilde: Molvermyr et al. (2008)

10.2.2 Tilførsler med små vassdrag - Trender i landbruksbekker

av Per Stålnacke og Annelene Pengerud (Bioforsk)

Data



Figur 10.15. Oversikt over nedbørfelt med overvåking av erosjon og næringsstoffavrenning i Program for jord- og vannovervåking (JOVA).

Program for jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA) er et nasjonalt overvåkingsprogram som ble startet i 1992 med det formål å dokumentere effekter av jordbrukspraksis og tiltak på avrenning og vannkvalitet. I denne rapporten presenteres resultater fra den delen av programmet som omhandler erosjon og næringsstoffavrenning. Dette inkluderer 9 nedbørfelt (Figur 10.15, Tabell 10.1) hvorav 7 har detaljert innhenting av driftsopplysninger på skiftenivå. (Vasshaglona og Time er ikke med, Tabell 10.1) Det er i analysen brukt agrohydrologiske år som er definert fra 1. mai til og med 30. april. Jordbruksdriften er presentert for kalenderår. Analysen er utført på både måneds- og årsverdier, men i denne sammenstillingen vises kun resultater fra analysen basert på månedsverdier (Tabell 10.2). Utviklingen i avrenning og tap gjennom overvåkingsperioden er vist i Figur 10.16 (Østlandet) og Figur 10.17 (Sørvestlandet).

Tabell 10.1. Oversikt over nedbørfelt som inngår i JOVA -programmets målinger av erosjon og næringsstoffavrenning. Temperatur og nedbør oppgitt som 30-årsnormaler (DNMI).

Nedbørfelt	Kommune	Areal (daa)	Dyrka (%)	Temp (°C)	Nedbør (mm)	Jordart	Driftsform	Startår
Skuterud	Ås	4490	61	5,5	785	Si. m.leire	Korn	1993
Mørdre	Nes	6800	65	4,3	665	Silt og leire	Korn	1991
Kolstad	Ringsaker	3080	68	4,2	585	Moldrik l.leire	Korn	1985
Hotran	Levanger	19 400	58	5,3	892	Si.l.leire/m.leir	Korn, gras	1992
Naurstad	Bodø	1456	35	4,5	1020	Myr/fin-m.sand	Gras	1994
Volbu	Østre Slidre	1680	41	1,6	575	Si. m.sand	Gras	1992
Vasshaglona	Grimstad	650	62	6,9	1230	Sand	Gr.s/potet/korn	1992
Time	Time	912	94	7,1	1189	Morene, si.m.sand, stein, grus	Gras	1985
Skas-Heigre	Sandnes, Sola, Klepp	29 300	85	7,7	1180	Leire, sand, grus	Gras, korn	1995

Si. = Siltig, l.leire = lettleire, m.leire = mellomleire

Tabell 10.2. Statistisk test av endringer i tap i JOVA-felt gjennom de respektive overvåkingsperioder basert på årsverdier. +: økning. -: nedgang. 0: ingen trend.

Kilde: Bechmann et al. 2008.

Nedbørfelt	Periode	Q	N-tap	P-tap	SS-tap	Noter
Skuterud	1993-2007	0	0	0	-	-- Signifikant nedadg. trend (p<0,05)
Mørdre	1991-2007	+	0	0	++	- Nedadg. ikke signifikant (0,05<p<0,2)
Kolstad	1991-2007	0	+	+	++	++ Signifikant oppadg. trend (p<0,05)
Hotran	1992-2007	-	+	0	0	+ Oppadg. ikke signifikant (0,05<p<0,2)
Naurstad	1994-2007	0	+	0	0	0 Ingen trend
Skas-Heigre	1995-2007	0	+	0	+	
Volbu	1993-2007	0	-	-	0	

Analysene er ikke utført for feltene Time (Sørvestlandet) og Vasshaglona (Sørlandet) grunnet usikkerhet knyttet til vannføringsmålinger i disse feltene. Det kan allikevel merkes at det jevnt over måles høye næringsstoffkonsentrasjoner i begge disse feltene, og høye konsentrasjoner av suspendert stoff i Vasshaglona. Begge disse feltene har høye næringsstofftilførsler i form av gjødsel og tapene fra disse feltene kan være høye.

Vekstfordeling og andre endringer i nedbørfeltene

Skuterud, Mørdre og Kolstad er dominert av kornproduksjon, mens Volbu, Naurstad, Time og Skas-Heigre er dominert av gras/husdyrproduksjon (Tabell 10.1). Hotran er karakterisert av en kombinasjon av korn/grasdyrking, med korn som dominerende vekst. Vasshaglona er karakterisert av en kombinasjon av potet, grønnsaker og korn.

Det har vært noen mindre endringer i vekstfordeling i enkelte av feltene gjennom overvåkingsperioden. I Mørdre har arealet med potet økt de senere årene, mens engarealet har økt noe i Hotran. Arealet med beite har økt i Naurstad på bekostning av eng, og det siste året ble et beiteområde tatt ut av drift. Også i Volbu har det vært en liten økning i beitearealene, og et skifte er tatt ut og plantet til med skog. Dette indikerer en ekstensivering av jordbruket i både Naurstad og Volbu. På Jæren, i Time og Skas-Heigre, har det vært lite endringer i jordbruksdriften. I Vasshaglona har det vært en økning i arealet med grønnsaker på bekostning av potetarealet

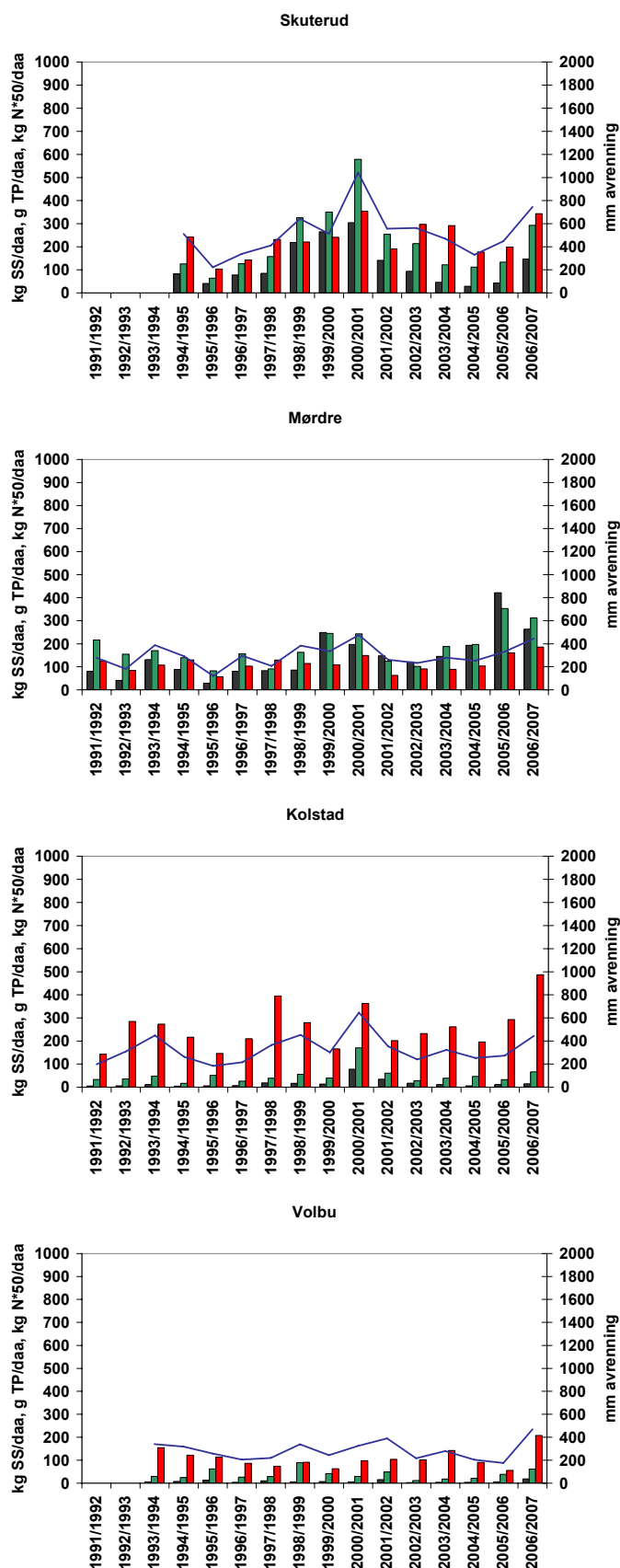
Totale næringstilførsler (nitrogen og fosfor) i form av gjødsel er høyest i Time (intensiv husdyrproduksjon) og Vasshaglona (intensiv grønnsakproduksjon). Det har vært en klar økning i tilførte nitrogenmengder i Time, Kolstad og Vasshaglona de senere år. I 2006 ble det tilført om lag 40 kg total-N/daa jordbruksareal i Time, hvorav husdyrgjødsel utgjorde om lag halvparten av tilførte mengder. I Vasshaglona blir det tilført store fosformengder, om lag 5,5 kg P/daa i gjennomsnitt i 2006. Næringstilførsler er jevnt over lavest i kornfeltene og i grasfeltene Volbu og Naurstad. Økt husdyrtetthet i Kolstad har ført til økt gjødsling. I Kolstad og Naurstad ble hhv. 54 og 33 % av husdyrgjødsel spredt utenom vekstsesongen i 2006/07. I Volbu og Naurstad er gjødslingen redusert i løpet av overvåkingsperioden.

Variasjoner mellom år

Figur 10.16 og Figur 10.17 viser tap av suspendert stoff (SS), fosfor (P) og nitrogen (N) sammen med målt vannføring. Det tørre året 1995/1996 viser spesielt lav vannføring og lave tap. Høy vannføring ble målt i 1999, 2000 og 2006 (spesielt i Østlandsbakkene). Overvåkingen viser at for alle felt varierer tapet av nitrogen med vannføringen i bekkene. Målingene viser en betydelig økning i tap av fosfor og suspendert stoff fra 1996 til flomtoppen i 1999-2000. Økningen i denne siste perioden er spesielt kraftig i Vestfold i 1999 og 2000 noe som indikerer at Sørlandskysten kan ha blitt tilført uvanlig store mengder næringsstoffer og partikler rundt 1999-2000. Det var også høy vannføring og høye næringsstofftap i Skas-Heigre i årene 2004-2006. (Figur 10.17). Spesielt 2006 slår ut med gjennomgående høy vannføring og derved også høye tap.

Trender i nitrogenavrenning

Analysene viser ingen statistisk signifikante trender i konsentrasjoner og tap av nitrogen. Analyse basert på månedsverdier viser en tendens til reduserte nitrogentap i Volbu, men denne trenden er ikke statistisk signifikant ($P > 0,05$). Det er i hovedsak en reduksjon i nitrogentap gjennom vekstsesongen som gir en reduksjon i nitrogentap over år. Redusert nitrogengjødsling og tilplanting med skog på enkelte skifter antas å ha bidratt til redusert nitrogentap.

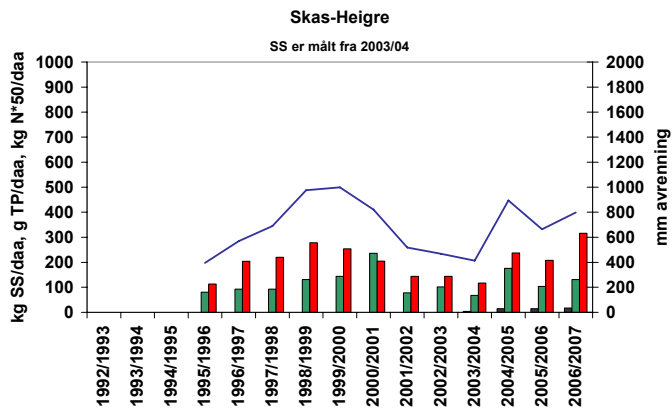


Figur 10.16. Tap av suspendert stoff (svart søyle), fosfor (grønn søyle), nitrogen (rød søyle) og vannføring (blå linje) i JOVA nedbørfelt på Østlandet.

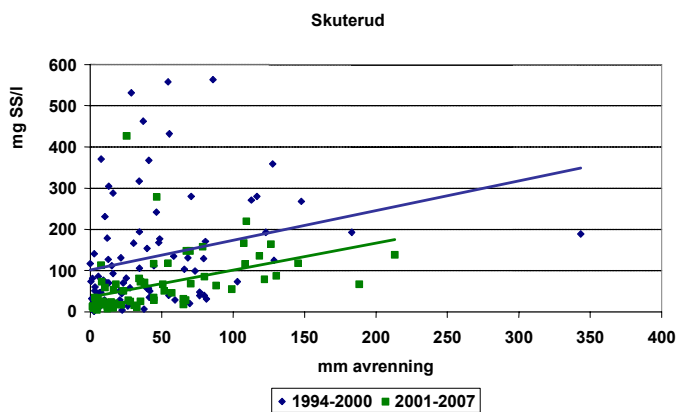
Trender i erosjon og fosforavrenning

Tap av suspendert stoff i Skuterudbekken viser en tendens til nedadgående trend ($0,05 < P < 0,20$) gjennom overvåkingsperioden ved analyse basert på månedsverdier. Det er særlig en signifikant nedgang i sommermånedene juni og juli ($p < 0,01$) som bidrar til den nedadgående trenden for konsentrasjoner og tap av suspendert stoff. Fangdammen som ble etablert i år 2000 har bidratt til nedgangen i konsentrasjoner og tap av suspendert stoff. Fangdammen har siden målingene ved innløpet startet i 2002 vist en god effekt på retensjon av suspendert stoff, 45-62 % årlig, med unntak av 2006/07 hvor retensjonen kun var på 19 % (Pengerud et al. 2007). I tillegg har endring i jordarbeiding fra høstpløying til vårarbeiding og høstharving sannsynligvis bidratt til reduserte konsentrasjoner. Figur 10.18 viser en nivåforskjell for konsentrasjonene hhv. før og etter etablering av fangdam i år 2000. Konsentrasjoner av suspendert stoff ved en gitt vannføring har gått noe ned etter etablering av fangdammen.

Analysene viser en signifikant oppadgående trend for tap av suspendert stoff i Mørdre. Det er særlig månedene september, oktober og januar som bidrar til trenden. Økningen antas å komme som en følge av kraftige nedbørepisoder om høsten de senere år, og ustabile vintre med flere fryse-/tineepisoder. Tapene i Mørdre var spesielt høye i 2000/01; på grunn av en svært nedbørrik høst, og i 2005/06 og 2006/07. Det er allikevel noe usikkerhet knyttet til hva som har medført en så betydelig økning i tap de senere år, da det har vært gjennomført flere ulike erosjonshindrende tiltak i feltet, deriblant en klar reduksjon i høstpløyd areal og økning i areal med fangvekst de senere år (Bechmann et al., 2008). Det er satt i gang undersøkelser for å finne ut om erosjon i bekkeskrånninger eller fyllings- og gravearbeid i feltet kan ha bidratt til de økte tapene.



Figur 10.17. Tap av suspendert stoff (svart søyle), fosfor (grønn søyle), nitrogen (rød søyle) og vannføring (blå linje) i JOVA nedbørfeltet på Sørvestlandet



Figur 10.18. Konsentrasjoner av suspendert stoff (mg SS/l) i forhold til avrenning (mm) i Skuterudbekken. Blå trendlinje (øverst) for perioden 1994-2000, og grønn trendlinje (nederst) for perioden 2001-2007.

I Kolstad er det en signifikant oppadgående trend for tap av suspendert stoff. Det er månedene oktober, november, februar og april som bidrar mest til den økende trenden. På tross av en økning i tap av suspendert stoff i Kolstad, er disse jevnt over svært lave sammenliknet med andre kornfelt. Det var også her en klar økning i tap av suspendert stoff høsten 2000, men tapene var allikevel betydelig under det som ble målt i andre felt.

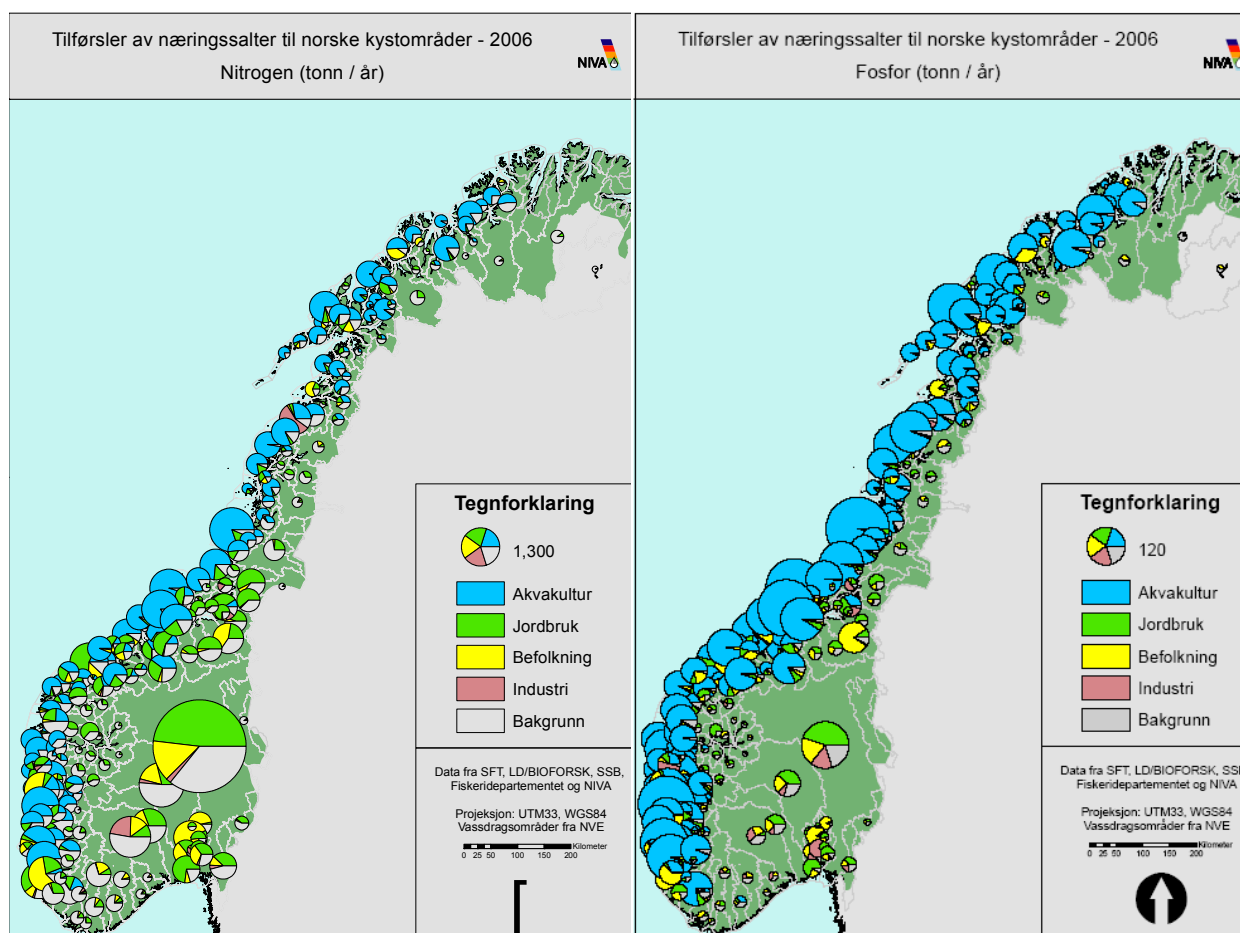
Resultatene fra trendanalysen viser få signifikante trender i tap av suspendert stoff, nitrogen og fosfor i overvåkningsfeltene. Årsakene kan være at det gjennomføres tiltak og andre endringer i driftspraksis som i visse tilfeller kan motvirke hverandre. Videre er nedbørfelt komplekse system, hvor en rekke faktorer kan variere innen og mellom år og ha en innvirkning på avrenning, konsentrasjoner og tap. Trendanalyser som tar høyde for endringer i vannføring vil allikevel kunne gi en indikasjon på den samlede effekten av tiltak og driftsendringer.

10.2.3 Tilførsler fra akvakultur

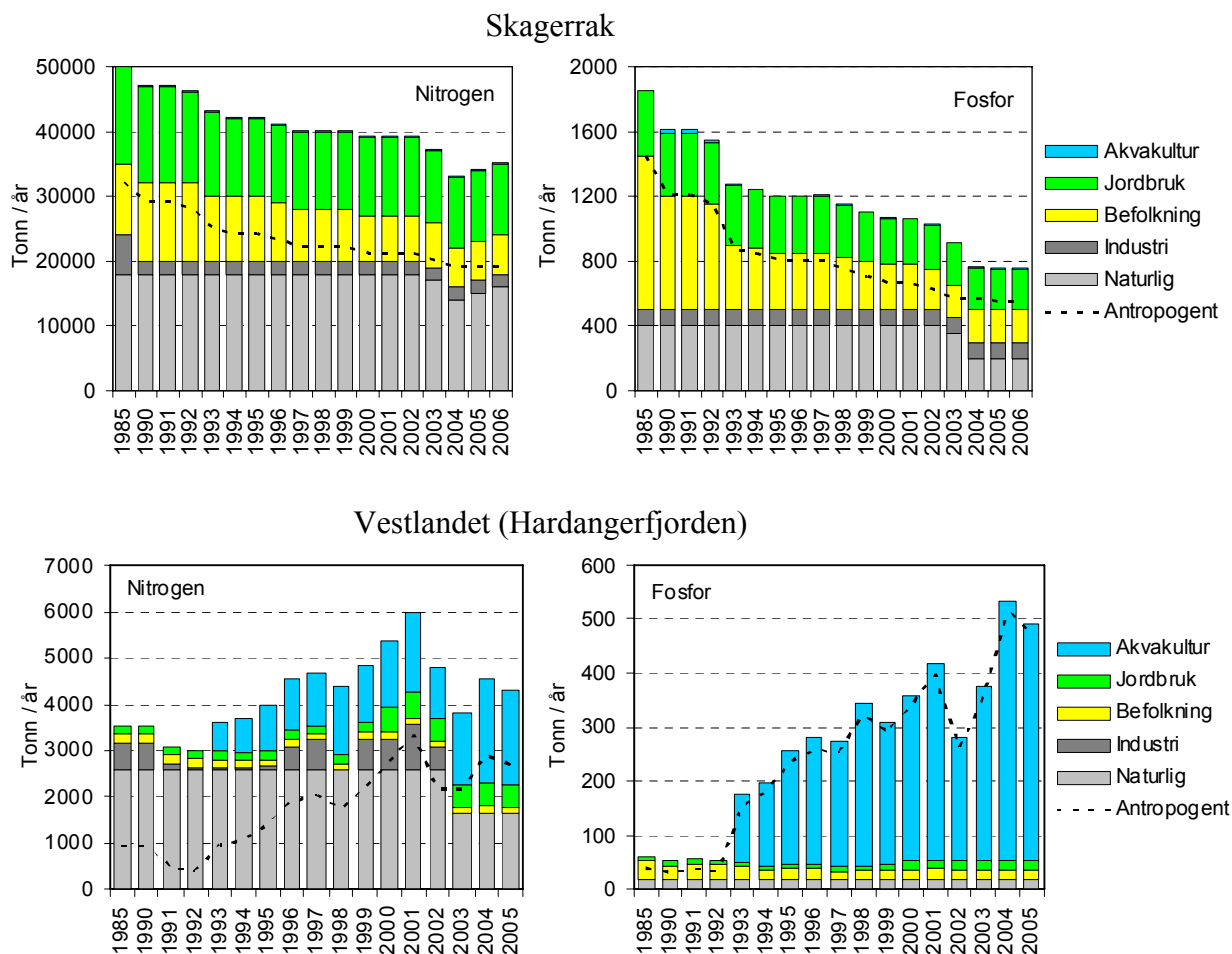
av John Rune Selvik (NIVA) og Per Stålnacke (Bioforsk)

Teoretiske tilførselsberegninger (TEOTIL) viser at akvakultur er den klart største menneskeskapede kilden til næringssalter til Vestlandet (Figur 10.19). Tilførsler fra andre menneskeskapede kilder, som jordbruk, befolkning og industri, blir til sammenlikning små. Til Skagerrak er jordbruk og befolkning de største menneskeskapede kildene og akvakultur er her helt marginalt (Selvik et al 2007, Figur 10.19 og Figur 10.20).

Beregningene av utslipp fra akvakultur er basert på månedlig data om bl.a. fôrforbruk, biomasse, slakt, utkast og utsett av fisk helt ned på merdnivå for matfiskanlegg for laks og ørret hentet fra Altinn.no, tilrettelagt av Fiskeridirektoratet (Selvik et al 2007). Utslippsberegningene av nitrogen og fosfor utføres i tråd med OSPARs retningslinjer for kvantifisering og rapportering av næringssalttilførsler ("HARP Guidelines"; Guideline 2/ method 1, i Borgvang & Selvik, 2000) og tar utgangspunkt i en massebalanse (nitrogen og fosfor) basert på differansen mellom tilførte mengder nitrogen og fosfor via fôret og hvor mye som inngår i den produserte fiskemengde. Dersom data for produksjon eller fôrforbruk mangler tas det utgangspunkt i gjennomsnittlig fôrfaktor (1.15, iht. HARP Guideline 2/metode 2).



Figur 10.19. Den relative størrelsen av forskjellige menneskeskapede kilder til nitrogen og fosfor, samt beregnet bakgrunnsavrenning pr. vassdragsområde i 2006. Kilde: Selvik et al (2007)

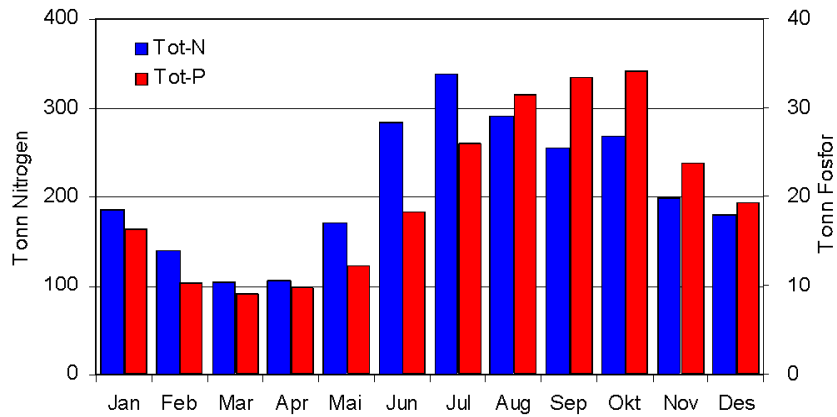


Figur 10.20 Beregnede tilførsler av nitrogen og fosfor fra land og menneskelige aktiviteter til Skagerrak og til en Vestlandsfjord (Hardangerfjorden). Beregningene er utført med TEOTIL-modellen og i perioden har det vært brukt 3 ulike modeller (1: 1985-1992, 2: 1993-2002, 3: 2003-2005) som kan påvirke resultatet noe. Verdier for akvakultur mangler i 1985-1992. ”Naturlig” er beregnet naturlig avrenning fra land.

Utslipp av nitrogen og fosfor til Skagerrakkysten fra jordbruk og befolkning, som er de største menneskede kildene til lokale tilførsler (Figur 10.20), har avtatt siden 1985 i takt med tiltak, spesielt knyttet til utslipp fra befolkning hvor utbygging av kommunale rensaanlegg har ført til en betydelig reduksjon i utslippene. (For tiltak innen jordbruk: se kap. 11.2).

På Vestlandet har det vært en betydelig vekst i akvakulturnæringen de siste 15 år og i 2006 ble det totalt solgt litt over 626 000 tonn laks til en førstehåndsverdi på 15,4 milliarder kroner. Økningen i produksjon gjenspeiles i utslippstallene for nitrogen og fosfor fra akvakulturnæringen (Figur 10.20) selv om forbedret driftspraksis og bedre fôrutnyttelse trekker i positiv retning ved at utslipp pr. produsert mengde er redusert. Beregningene viser at akvakultur står for > 75 % av de menneskede fosfortilførslene til kyststrekningen Lindesnes Stad og at dette er mer enn 6 ganger større enn ”befolkning” som er den nest største menneskede kilden til denne kyststrekningen (Selvik et al., 2007). Utslipp av nitrogen fra akvakultur utgjør nær 50 % av de menneskede tilførslene. Utslipet fra akvakultur består dels av fôrspill, dels fekalier og dels nitrogen skilt ut over gjellene. Tilførselsberegningene sier ingenting om fordelingen mellom de ulike komponenter eller deres skjebne i fjordmiljøet.

Beregninger av utslipp viser også at utslippene fra akvakultur har en klart uheldig sesongfordeling i det produksjonen gir høye utslipp om sommer og sensommer (Figur 10.21), når bakgrunnsverdiene i havet er naturlig lave (jfr. Figur 10.5). Det kan gi uheldig oppblomstring av hurtigvoksende trådalger som virker negativt på forekomst og utbredelse av store strukturerende makroalger som sukkertare.



Figur 10.21 Beregnet månedsfordeling i tilførsler av nitrogen og fosfor til en Vestlandsfjord (Hardangerfjorden i 2005). Tilførslene er beregnet av TEOTIL-programmet.

11. Konsekvenser og tiltak

Et skifte fra helårs sukkertareskog til et sommersamfunn av trådalger, betyr tap av primærproduksjon, tap av stabilt habitat for små dyr og fisk, tap av biologisk mangfold, til sammen gir det tap av skjul og mat med konsekvenser oppover i næringskjeden til fisk og fugl (og mennesker). Det er funnet at antall små dyr som lever i algevegetasjonen, hvor mange er viktig føde i næringskjeden, er redusert med opptil 75 % der hvor sukkertareskogen har blitt borte. Tapet tilsvarer produksjon av 50 000 tonn fisk om all produksjon teoretisk omsettes oppover i næringskjeden til tredje ledd. I tillegg kommer tap av ressurser som skyldes mangel på skjul for fiskeyngel og andre dyr som trenger gjemmesteder. Stående biomasse av trådalgene som har erstattet sukkertareskogen, utgjør bare 5 % av sukkertareskogens biomasse. Det tilsvarer tapt CO₂-binding i størrelse 100 millioner kroner basert på dagens CO₂-pris på kr 155/tonn.

Årsaker til skifte fra sukkertareskog til trådalger er sannsynligvis klimaendringer og økte mengder tilgjengelige næringssalter om sommeren. Siden vi finner sukkertare på helt grunt vann hvor sjøtemperaturen er høyest, tror vi på muligheten for gjenvekst av sukkertare under dagens temperaturklima, og at manglende gjenvekst i stor grad skyldes habitatforringelse og konkurranse med trådalger. Selv om årsakssammenhengene er mange og sammensatte, og det heller ikke er utført kost/nytte-analyser av tiltak, kan vi likevel generelt anbefale tiltak som reduserer næringssalttilførsler (spesielt sommertilførsler) i områder hvor de lokale tilførsler utgjør en forskjell fra naturlige bakgrunnsverdier og vannforekomsten har dårlig økologisk kvalitet. Det vil redusere kystvannformørkning, oppblomstringen av trådalger og tilslammingen av bunnhabitatet for sukkertare (siden 75 % av slammet stammet fra marin produksjon).

Tiltak mot flommer og avrenning fra land er viktig for å redusere overflateavrenning med mye partikler, humus og andre stoffer som har negativ innvirkning på sjøvegetasjonen i kystområdene (kystvannformørkning, tilslamming, organisk belastning). I landbruket har tiltak for å redusere erosjon og tap av næringsstoffer, vært fokusert de siste 10-15 år. Det gjøres forsøk med vegetasjonssoner og fangdammer for å redusere avrenningen til elver.

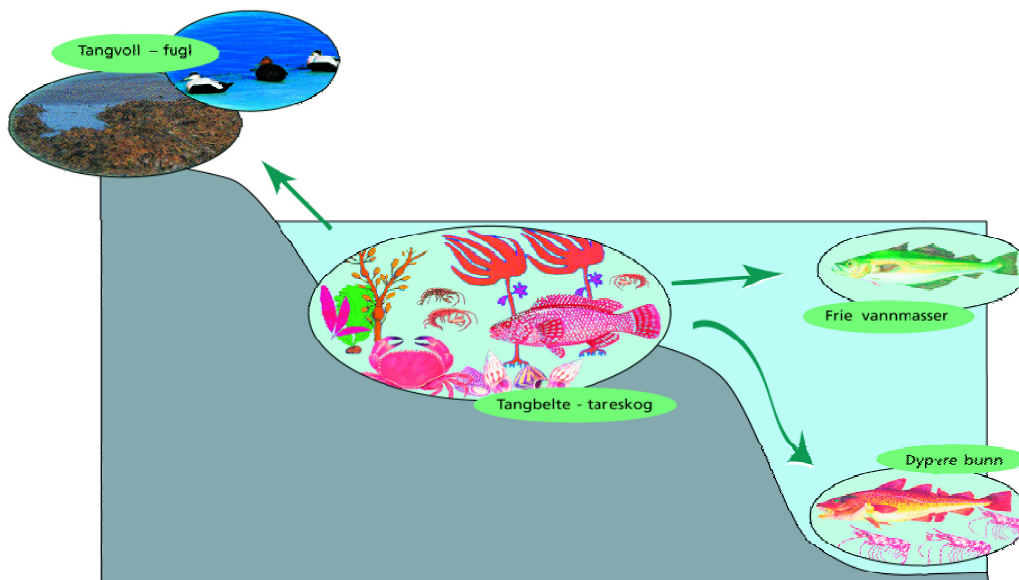
Utslipp fra fiskeoppdrett er redusert betydelig i forhold til produsert volum, men utgjør likevel en betydelig lokal kilde til næringssalter og partikler. Algedyrking (sukkertare og andre arter) i kombinasjon med fiskeoppdrettsanlegg kan trolig fange opp mye av næringssaltene som slippes ut under produksjonen av fisk. Kombianlegg, også med blåskjell, er ingen ny tanke og det finnes erfaringsbakgrunn for utvikling av teknologi og praksis som er tilpasset våre forhold. Behovet for biomasse til biobrenstoff og mikrostofer til medisin/næringsmiddelindustri kan gjøre tiltaket lønnsomt.

Vi anbefaler at avbøtende tiltak mot utslipp suppleres med tiltak for revitalisering av skadede fjorder og kystområder. Fjordrestaureringen må fokusere på forringet bunnhabitat for sukkertare, tap av skjul som følge av tapt tareskog og tapt biologisk mangfold, funksjon og produksjon i dagens trådalgedominerte samfunn. Utsåing og utplanting av sukkertare, i mulig kombinasjon med kunstige rev (habitatbyggende), foreslås som startiltak for å øke sjansene for gjenvekst av tareskog og revitalisering av kystøkosystemet.

11.1 Konsekvenser

Konsekvensene av sukkertaredøden er ikke undersøkt fullt ut, men et skifte fra helårs sukkertareskog til et sommersamfunn av trådalger betyr tap av primærproduksjon, tap av stabilt habitat for små dyr og fisk, og tap av biologisk mangfold. Verditap knyttet til naturtype, redusert rekreasjonsverdi (fritidsfiske, fangst) og tapt potensiell produksjon av fisk og andre ressurser til næringsvirksomhet, utgjør store beløp selv om det er knyttet store usikkerheter til slike beregninger. Det nasjonale tapet av sukkertare ble i 2006 ansått til 15-30 % (Artsdatabanken) basert på den dokumentert tilbakegangen i Sør-Norge siste 10 år og ga grunnlag for rødlisting av arten. I dag er tapet av sukkertare i Skagerrak og på Vestlandet (Rogaland og Hordaland) estimert til hhv. 80 og 40 %. Det er noe lavere enn de første estimater basert på kartleggingen i 2004-2005. Det skyldes noe tilvekst av sukkertare i 2008 og korrigert estimat for sukkertareforekomst og -utbredelse (areal) i Skagerrak basert på nytt modellverktøy. Kyststrekningen Sogn og Fjordane og Møre og Romsdal har vært gjenstand for stikkprøvekontroll som viser relativt god tilstand de fleste steder, men enkelte områder med dårlig tilstand. Omfanget har imidlertid ikke vært tilstrekkelig til estimering av tareforekomster i disse fylker. For kysten av Nord-Norge er det rimelig å anta en tilbakegang på linje med tap av stortare grunnet kråkebollebeiting. Det reelle nasjonale produksjons- og verditapet er derfor langt større enn det konservative anslaget på 15-30 % som ble lagt til grunn i Artsdatabankarbeidet i 2006.

Tap av tareskog betyr et betydelig tap i stående biomasse som vi har målt til mellom 6 og 22 kg/m². Det er estimert at sukkertare vokser på 10 % av det totale arealet av makroalgebevokst bunn anslått til 10 000 km² i Norge, dvs. et totalt potensielt areal på 1000 km². Så langt vet vi at ca 40 % av kysten er berørt (Østfold - Møre og Romsdal) og at rundt regnet en tilsvarende prosentandel av sukkertarearealet i dag er borte på kyststrekningen fra Østfold til Hordaland.



Figur 11.1. Tang og tareskogene er havets regnskoger og regnes som klodens mest produktive system. Den rike produksjonen i tang og tareskogene går inn i flere næringskjeder, på dypere vann, i de frie vannmasser og i samfunn knyttet til tangvoller. (Illustrasjon: H. Christie)

En beregning basert 10 kg sukkertare pr m² gir et estimat på 1,6 millioner tonn tapt biomasse. Til sammenlikning er det beregnet at stående biomasse i trådalgevegetasjonen som har erstattet sukkertaren, bare utgjør ca 5 %.

I motsetning til stortare som betales med 160 kr pr tonn, har ikke sukkertare i dag noen kommersiell utnyttelse i Norge, men prisen kan brukes for å anslå en verdi. Tapet av biomasse betyr tap av tareskog som binder opp CO₂ i størrelsesorden 600 000 tonn (Statusrapport nr 3 gir bakgrunn for regnestykket). Med fratrukk fra trådalgebiomasse tilsvarer dette tapt CO₂-binding i størrelse 100 millioner kroner basert på dagens CO₂-pris på kr 155/tonn. Gjenvekst av en permanent tareskog vil en gang for alle binde opp CO₂, mens trådalge-samfunnet binder opp noe CO₂ om sommeren som frigjøres igjen når algene brytes ned om høsten.

Undersøkelsene av små dyr i algevegetasjonen hvor mange er viktig føde for fisk og fugl, viser at antallet dyr er redusert med opptil 75 % i dagens trådalgevegetasjon sammenliknet med tidligere sukkertareskog. Dette vil ha konsekvenser oppover i næringskjeden til bl.a. torskefisk og sjøfugl, siden både mengde og kvalitet i næringstilbudet er endret. Tapt produksjon kan ha gitt et tap på 250 000 tonn smådyr som kan omsettes til 50 000 tonn fisk (og skaldyr som krabbe og hummer) basert på en teoretisk energioverføring på 20 % i hvert ledd til tredje ledd i næringskjeden. Det gir et betydelig tap i kroner, selv om bare en del av denne produksjonen kan høstes kommersielt og en samtidig tar høyde for at næringskjedene er mer komplekse og mindre effektive enn det som er lagt til grunn i regnestykket. Det kan likevel gi en pekepinn på hva tapet av sukkertareskog kan være verdt i kroner.

11.2 Tiltak for reduksjon i tap fra jordarealer

av Lillian Øygarden (Bioforsk)

I korndistriktene på Sør-Østlandet er erosjon fra kornarealene en av de største kildene til partikkel og fosfortransport til vassdragene. Utvikling i både areal av korn og metode for jordarbeiding har derfor stor betydning for erosjonstap og miljøeffekter.

Endret jordarbeiding

Fra 1991 har det vært en nasjonal tilskuddsordning til bøndene for å endre jordarbeiding, med definerte typer tiltak og lik tilskuddsats for alle fylker. Det er utarbeidet erosjonsrisikokart som bonden kan få på gårdsnivå. Tilskuddene har vært differensierte etter erosjonsrisiko på det enkelte jorde. I 2005 ble det innført regionale miljøprogram i hvert fylke. Da fikk landbruksforvaltningen i hvert fylke ansvar for å utarbeide lokale miljøprogram i samarbeid med bøndenes organisasjoner og rådgivningstjenesten innenfor gitte økonomiske rammer. De kunne fortsette tiltakene fra nasjonal ordning, etablere nye ordninger og også bestemme tilskuddenes størrelse. Regionale miljøprogram ble evaluert i 2008 (Øygarden et al. 2008) og fylkene er nå i ferd med å revidere miljøprogrammene for en ny periode. Noen resultater fra evalueringen tas med her:

- Det totale kornarealet er redusert med 2,2 % i gjennomsnitt, mest i Oppland, Buskerud og Vestfold.
- Endringen til regionale miljøprogram har ikke ført til de store endringer mht. gjennomføring av endret jordarbeiding. Arealet hvor det er gitt tilskudd til endret jordarbeiding i form av stubbåker, høstkorn med lett harving, direkte sådd høstkorn og lett høstharving, har økt fra 2003 til 2006 i alle fylker unntatt Østfold, Oppland og Vestfold. Endret

jordarbeidingstiltak er nå gjennomført på 50, 8 % av kornarealet med omlegging fra høstpløying til stubbareal som det viktigste tiltak på ca 43 % av arealet.

En betydelig del av kornarealet nyttes til høstkorn i Østfold, Akershus, Vestfold og Buskerud. Andel høstkornareal har gått ned med 0,7 % i gjennomsnitt for alle fylker. I Østfold og Hedmark har det vært en økning i høstkornarealet mens det i Akershus ikke har vært noen endring. Høstkornarealet kan endres fra år til år som følge av variasjoner i værforholdene og muligheter for såing om høsten. I 2007 var høstkornarealet i Østfold om lag like stort som vårkornarealet. I Østfold dyrkes mesteparten av høstkornet med høstpløying og uten jordarbeidingstilskudd, og dette er årsaken til at stubbarealet ikke har økt i Østfold. I noen fylker har det vært like stort tilskudd til stubb som til lett høstharving for høstkorn. Lett høstharving til høstkorn er den jordarbeidingsmetoden som har økt mest. Miljøeffekten av stubb og lett høstharving til høstkorn er imidlertid ikke den samme. Økningen har vært størst i Østfold, Akershus og Hedmark. Direkte sådd høstkorn har lite omfang i alle fylkene og det har ikke skjedd store endringer fra 2003 til 2006.

Spesielle vassdrag

I noen vassdrag som Haldenvassdraget og Morsavassdraget i Akershus og Østfold er det innført egen forskrift der bøndene må oppfylle spesielle miljøtiltak for å motta generelt produksjonstilskudd. Det er f.eks ikke lov å jordarbeide areal i erosjonsrisikoklasse 3 og 4, med unntak for lett høstharving til høstkorn. Det er ikke lov å jordarbeide om høsten i 20 meters sone langs åpne bekker og vassdrag. Det kan være 20 stubb eller 10 meter vegetasjonssoner. Det er heller ikke lov å jordarbeide på flomutsatte arealer. I disse vassdragene har det også vært høyere tilskuddsatser. Dette har ført til større gjennomføringsgrad i disse vassdrag enn i andre områder der en bare har hatt generelle tilskudd uten forskrift. Det vurderes nå om slike vilkår også skal innføres i flere områder. Endret jordarbeiding har ulik effekt på å redusere risikoen for erosjon, se Tabell 11.1.

Tabell 11.1 Effekt av ulike typer jordarbeiding på redusert jorderosjon

Driftspraksis/jordarbeiding	Reduksjonseffekt
Høstpløyd	0
Høstkorn med pløying	0
Lett høstharving	0,5
Stubb + direktesådd høstkorn	0,8
Stubb + vårpløying	0,85
Stubb + direktesådd vårkorn	0,89
Stubb + korn med fangvekster	0,9

Fangdammer

Fangdammer er et rensetiltak i jordbrukslandskapet som holder tilbake sedimenterte partikler og fosfor. Det er særlig i fylkene Rogaland, Østfold og Akershus fangdammer er etablert (SSB, 2007). Det gis økonomisk støtte til å etablere fangdammer. Ordningen ble etablert i 1994 med 15 dammer i året. Fra 2000 til 2002 økte tallet på nyetableringer fra 29 i året til 100 i året. Antallet har gått noe ned siste år, men var i 2006 på 76 dammer i året. I enkeltområder som Morsa vassdraget er det satt inn ytterligere planleggingsaktivitet for å øke etablering av flere dammer.

Vegetasjonssoner

Flere av fylkene har i forbindelse med regionalt miljøprogram etablert ordninger med støtte til vegetasjonssoner, men det er stor forskjell i gjennomføringsgrad (og ulike definisjoner). Mens Østfold og Oslo/Akershus hadde henholdsvis 2536 og 2649 dekar med vegetasjonssoner i 2006 hadde Buskerud bare 259 dekar (Tabell 11.2). Arealet av permanent grasdekt kant mot vassdrag i Vestfold er vesentlig mindre enn i Østfold og Akershus med 621 dekar. Østfold, Oslo /Akershus, og Vestfold hadde henholdsvis 580, 621 og 621 dekar areal med grasdekte vannveger. Hedmark, Oppland og Buskerud hadde henholdsvis 43804, 13 480 og 8246 meter grasdekte vannveger. Mens Sør-Trøndelag hadde 4890 meter grasdekte vannveger, hadde Nord-Trøndelag 27 400 meter grasdekt vannveg.

Tabell 11.2 Oversikt over vegetasjonssoner og vannveg (grasdekket vannkant) og vedlikehold av fangdammer for 2006.

	Areal vannveg	Lengde vannveg	Vegetasjonssone	Fangdam
Fylke	Da	Meter	Da	Antall
Østfold	580	-	2 536	-
Oslo/Akershus	621	-	2 649	-
Hedmark	-	43 804	-	-
Oppland	-	13 480	-	-
Buskerud	-	8 246	259	19
Vestfold	621	-	-	41
S-Trøndelag	-	4 890	-	-
N-Trøndelag	-	27 400	-	-

Redusert gjødsling

Alle landbruksforetak må ha en miljøplan og en gjødslingsplan som er basert på jordprøver dvs. næringsstatus i jorda. En del områder har nå et høyt fosforinnhold (målt som P-AI verdi). Dette gjelder spesielt områder med grønnsakdyrking og der det har vært gitt husdyrgjødsel over tid, men også i en del kornområder er det høye P-AI tall. Normene for anbefalt gjødsling til korn og gras ble redusert i 2007 og for 2008 er det også utarbeidet reduserte anbefalinger / normer for enkelte grønnsaker (www.bioforsk.no/gjodslingshandbok). For områder med høye fosfortall er det bl.a anbefalt at det ikke trenger å gis noe fosforgjødsel før fosforinnholdet i jorda er redusert. Dette er et tiltak som vil ha effekt på lengre sikt.

Utbedring av hydrotekniske anlegg

I en del områder kan det være stor erosjon i forsenkninger og rundt hydrotekniske anlegg etc. Det gis også støtte for å utbedre slike anlegg gjennom SMIL ordningen (spesielle miljøtiltak i landbruket). Endret klima med mer ekstremvær og økt avrenning gjennom høst og vinterperioden kan føre til at denne type avrenning og erosjon øker. Det er derfor et økende behov for denne typen tiltak.

Tiltaksveileder på nett

Bioforsk har også på oppdrag for Statens Landbruksforvaltning, SLF, utarbeidet en tiltaksveileder til bruk ved planlegging av tiltak som kan redusere erosjon og næringstoffavrenning. Her finnes en nærmere beskrivelse av ulike typer tiltak. Veilederen kan lastes ned fra:

www.bioforsk.no/tiltak

11.3 Tiltak i sjøsonen

av Frithjof Moy, Hartvig Christie (NIVA)

Å snu utviklingen tilbake til sukkertareskog synes vanskelig, da mange faktorer griper inn i hverandre og klimaendringer med økt sjøtemperatur, endrer flere forhold som påvirker sjøvegetasjonen og resipientkapasiteten i fjordsystemene. Da vi finner sukkertare på helt grunt vann hvor sjøtemperaturen er høyest, tror vi på muligheten for gjenvekst av sukkertare under dagens temperaturerklimate, og at manglende gjenvekst i stor grad skyldes habitatforringelse og konkurranse med trådalger.



Figur 11.2 Stimer av fisk jakter på en matbit i den frodige sukkertareskogen. Bildet er fra Hordaland, juli 2006.

Selv om årsakssammenhengene er mange og sammensatte, og det heller ikke er utført kost/nytte-analyser av tiltak, vil vi likevel generelt anbefale at tiltak har fokus på forhold som styrker det biologiske mangfoldet, reduserer kystvannformørkning (ferskvannsinntilførsel, humus/fargestoffer og planktonalgeoppblomstring) og reduserer oppblomstring av trådalger om sommeren (dvs. sommertilførsler av næringssalter).

Tiltak for å redusere tilførsler av næringssalter vil ha effekt i områder hvor de lokale tilførsler utgjør en forskjell fra naturlige bakgrunnsverdier og vannforekomsten har dårlig økologisk kvalitet. Det vil styrke resipientkapasiteten, redusere kystvannformørkning, oppblomstringen av trådalger og tilslammingen av bunnhabitatet for sukkertare (hvor 75 % av slammet stammet fra marin produksjon).

Samtidig, ut fra økologisk teori, er det ikke mulig å ”rense seg tilbake” til god økologisk tilstand når et økosystem har passert et vippepunkt og et nytt stabilt system er etablert. Derfor må en flersidig strategi som ser på både tilførsler og økologisk funksjon vurderes. Dagens bunnsamfunn er et økologisk fattig system sammenliknet med tareskog som er vår regnskog. Redusert artsmangfold, redusert habitatmangfold og ubalanse i næringskjedene som påvirker utviklingen i algevegetasjonen, gjør det nødvendig å utrede tiltak som øker mangfoldet (i vid forstand) i kystsonen. For eksempel er det teorier som viser at økende mengde leppefisk i dag stimulerer endringen av økosystemet i retning av et trådalgesamfunn ved at de beiter ned viktige dyr (f. eks. snegl) som skal holde trådalger og påvekst på sukkertaren i sjakk. Denne overvekten av leppefisk kan være resultat av for lave bestander av rovfisk, som igjen kan sees i sammenheng overfiske i Skagerrak og Nordsjøen. Forvaltningen av kystsonen har med det også en internasjonal dimensjon i det skifte i kystøkosystemet er påvirket og avhengig av endringer i kommersielle fiskebestander, samt spredning via havstrømmer og utslipp til atmosfæren.

Avbøtende tiltak mot utslipp bør suppleres med tiltak for revitalisering av skadede fjorder og kystområder. Sukkertareundersøkelsene på Skagerrakkysten kan tyde på at kystøkosystemet her er så utarmet at det krever hjelp for å snu den negative utvikling. Det kan trolig best gjøres ved å øke både bio- og habitatmangfoldet. Etablering av ”grønne oaser” gjennom utsåing og utplantning av sukkertare i kombinasjon med kunstige rev, er tiltak som vil styrke livskraften i samfunn ved et variert alge og dyreliv.

Næringssalttilførsler

I Skagerrak er utslipp fra land den største menneskeskapte kilden til tilførsler av næringsalter og partikler, og tiltak rettet mot landbruket er omtalt i kap 11.2. På Vestlandet er fiskeoppdrett er den største menneskeskapte kilden til tilførsler av næringsalter og partikler og det er behov for å utrede effekter av utslippene ut over det som gjøres i dag (innenfor konsesjonsreglene) og utrede mulige tiltak for å skape en bærekraftig næring.

Akvakulturnæringen har gjort mye gjennom siste 10 år for å forbedre og effektivisere produksjonen, spesielt med hensyn til fôrspill. Utslipp fra fiskeoppdrett er redusert betydelig i forhold til produsert volum. Men størrelsen på anleggene gjør at de likevel er en betydelig lokal kilde til næringsalter og partikler. Dyrking av makroalger (sukkertare og andre arter) i kombinasjon med fiskeoppdrettsanlegg er foreslått av flere som en mulig løsning for å fange opp næringsalter som slippes ut under produksjonen av fisk. Kombianlegg, også med blåskjell, er ingen ny tanke og det finnes erfaringsbakgrunn for utvikling av teknologi og praksis som er tilpasset våre forhold. Behovet for biomasse til biobrenstoff og mikrostofer til medisin-/næringsmiddelindustri kan gjøre tiltaket lønnsomt.

Habitatmanfold

I den grad eutrofiliknende tilstander skyldes tapt biologisk mangfold kan habitatbyggende tiltak avbøte dette gjennom å styrke det biologiske mangfoldet. Ved å øke habitatdiversiteten, det vil si å øke tilbud av varierte levesteder og tilby gjemmesteder og rømningsveier, kan det biologiske mangfoldet stimuleres slik at ubalansen i økosystem rettes opp. Eksempler på bruk av kunstige rev er beskrevet i litteraturen. Utplassering av kunstige rev kan bryte en negativ og selvforsterkende utvikling i kystøkosystemet.



Sukkertarebegrøing på kunstig rev satt ut i Hammerfest.

NIVA i samarbeid med produsenten Reef Systems, tester ut effekten av noen typer av kunstige rev. Slike system er utplassert både i Risør og i Hammerfest. I Hammerfest har rev raskt blitt begrodd med sukkertare og tiltrukket seg mye fisk (se bildet over). Revene i Risør tiltrekker seg også mye fisk, men er så langt bare begrodd med trådalger. Antakelig er det ikke taresporer i vannet i dette området slik at spredning av tare til revene er lite sannsynlig (utsåing kan forsøkes, jfr. under). Utformingen av kunstige rev må tilpasses målsetningen og selv om flere typer er kjent fra litteraturen, er det stort potensiale i ny utvikling. Kunstige rev kan skape oaser med sukkertare, andre alger og dyr og økt biologisk mangfold vil påvirke nærliggende forringede områder med økt biologisk aktivitet og være kilde for spredning av arter og til gjenvekst av sukkertareskog. Selv om pilotforsøkene er lovende, gjenstår det å prøve ut dette i større skala. Utplassering av kunstige rev kan også kombineres med utplantning av sukkertare hvor naturlig påvekst av sukkertare er liten, som for eksempel i Skagerrak.

Skogplanting og utsåing

Utplanting og utsåing av sukkertarer i områder som har mistet sin naturlige populasjon, vil øke sjansen for gjenvekst av sukkertareskog og korte ned tiden i forhold til naturlig reetablering. Innledende forsøk har vist at dette er en mulig metode, men tekniske og kostnadseffektive løsninger må utredes. Forsøkene har vist at store sukkertareplanter sveiper

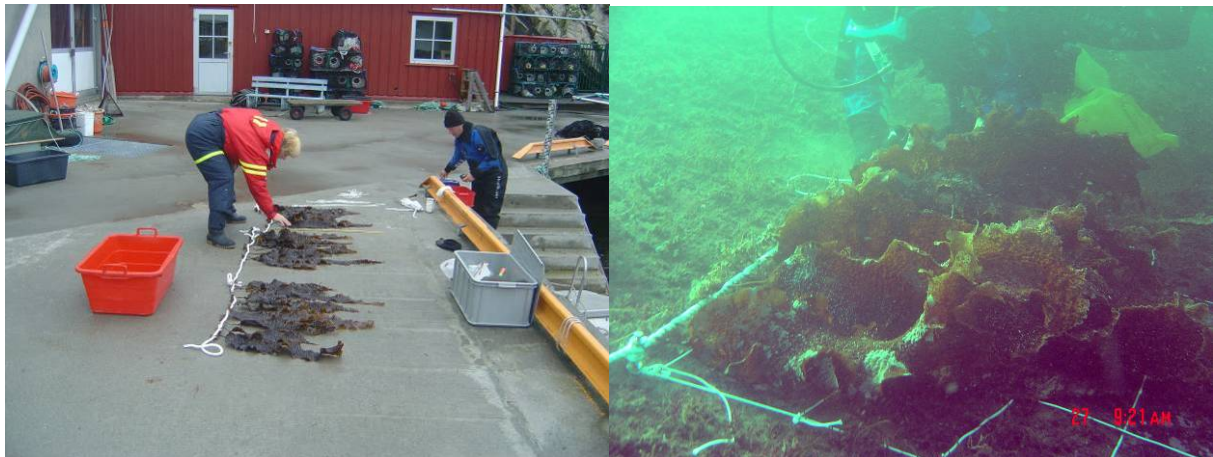
bunnen ren for slam og trådalger og med det skaper et godt grunnlag for egen videre rekruttering, samt spredning til nye områder. Bunnen under taren var også fri for trådalger slik at utplanting av tareskog i stor grad synes å løse problemet med både tilslammet bunn og konkurrerende trådalgevekst. I tillegg vil denne tareskogen gi et variert habitatmangfold som vil virke positivt i gjenoppbygging av det biologiske mangfoldet som er nødvendig for et stabilt og godt samfunn med god økologisk kvalitet.

Forsøket med ”hengende hager” (se bildene over) på Terneholmen utenfor Flødevigen, har vist at plantefeltene må overskride et minsteareal og -tetthet for å bli selvreproduserende. Det synes også å være en forutsetning at oppblomstringen av trådalger ikke blir så sterk at sukkertaren blir overgrodd og utkonkurrert i sommersesongen. Etablering av grønne oaser gjennom skogplanting kan være en effektiv måte å gi førstehjelp til kystmiljøet. Utsåing av sukkertaresporer kan være en alternativ metode for å etablere grønne oaser. Metoder for dette blir prøvet ut i Forskningsrådsprosjektet og i ”grønn grus”-prosjektet (HI og NIVA i 2007-2009). Dette siste prosjektet er tiltaksrettet og tester ut en mulig arbeidskostnads-effektiv metode for utplanting av sukkertare. Forskningsrådsprosjektets studie går på effekter av bunnslam og trådalger på sukkertarerekruttering.



Som prosjekter mot avskoging på land, er det behov for storskalainnsats for å få effekt av tiltak i sjø.

Grus med sukkertarespirer



Taukulturer med sukkertare gjøres klar på brygga (venstre) for utsetting på testfeltet (høyre).

12. Referanser

- Ahn O, Petrell RJ & Harrison PJ (1998). Ammonium and nitrate uptake by *Laminaria saccharina* and *Nereocystis luetkeana* originating from a salmon sea cage far. *Journal of Applied Phycology* 10: 333-340
- Airoidi L. 2003. The effects of sedimentation on rocky coast assemblages. *Oceanogr. Mar. Biol.* 41:161-236
- Aksnes DL, Dupont N, Staby A, Fiksen Ø, Kaartvedt S, Aure J. (Innsendt manuskript) Coastal water darkening and implications for regime shifts.
- Aksnes DL, J Nejtgaard, E Sædberg, T Sørnes, 2004. Optical control of fish and zooplankton populations. *Limnol. Oceanogr.*, 49(1), 2004, 233–238
- Aksnes DL, Nejtgaard J, Sædberg E, Sornes T (2004) Optical control of fish and zooplankton populations. *Limnology and Oceanography* 49:233-238
- Aksnes DL, Ohman MD. (Innsendt manuskript) Multi-decadal shoaling of the euphotic zone in the southern sector of the California Current System
- Aure J, Magnusson J. 2008. Mindre tilførsel av næringssalter til Skagerrak. *Kyst og Havbruk* 2008. 28-30.
- Aure J, Strand Ø. 2001 Hydrografiske normaler og langtidsvariasjoner i norske kystfarvann mellom 1936 og 2000. *Fisken og havet* nr 13
- Bechmann, M., J. Deelstra, P. Stålnacke, H.O. Eggestad, L. Øygarden & A. Pengerud. 2007. Monitoring catchment scale agricultural pollution in Norway: policy instruments, implementation of mitigation methods and trends in nutrient and sediment losses. *Environ. Sci. Policy* 11 (2008): 102-114.
- Bechmann, M., Pengerud, A., Eggestad, H.O., Deelstra, J. og Øygarden, L. 2008. Erosjon og næringsstofftap fra jordbruksdominerte nedbørfelt. Årsrapport for 2006/07 fra Program for jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA). *Bioforsk Rapport Vol. 3 Nr. 20*
- Bengtsson, 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.
- Borgvang, S.-A. & Selvik, J.R., 2000. Development of HARP Guidelines: Harmonised quantification and reporting procedures for nutrients. 179 s. SFT rapport 1759/2000.
- Borgvang, S.A., Skarbøvik, E., Selvik, J.R., Stålnacke, P.G., Bønsnes, T.E. og Tjomsland, T. 2006. Load and Source Orientated Approaches for Quantifying Nutrient Discharges and Losses to Surface Waters. May the methodologies of and the synergies between the two approaches be improved? NIVA Report 5307-2006. 84 pp.
- Burkholder JA, Tomasko DA, Touchette BW, 2007. Seagrasses and eutrophication. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 350: issue 1-2, 46-72
- Burrows EM. 1971. Assessment of pollution effects by the use of algae. *Proceedings of the Royal Society of London.* 177:295-306.
- Christie H. 1997. Mangfold i faunasamfunn tilknyttet ulike bunnalgehabitater på Skagerrakkysten. NINA Oppdragsmelding 483: 1-18.
- 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. *Journal Marine Biological Association UK*, 83: 687-699.
- Eiane K, Aksnes DL, Bagoien E, Kaartvedt S (1999) Fish or jellies - a question of visibility? *Limnology and Oceanography* 44:1352-1357
- Eriksson BK, Johansson G, Snoeijs P. 2002. Long-term changes in the macroalgal vegetation of the inner Gullmar Fjord, Swedish Skagerrak coast. *Journal of Phycology* 38, 284-296.
- Evans CD, Chapman PJ, Clark JM, Monteith DT, Cresser MS (2006) Alternative explanations for rising dissolved organic carbon export from organic soils. *Global Change Biology* 12:2044-2053
- Evans CD, Monteith DT, Cooper DM (2005) Long-term increases in surface water dissolved organic carbon: Observations, possible causes and environmental impacts. *Environmental Pollution* 137:55-71
- Fredriksen S, Christie H, Sæthre BA, 2005. Species richness in macroalgae and macrofauna assemblages on *Fucus serratus* L. (Phaeophyceae) and *Zostera marina* L. (Angiospermae) in Skagerrak, Norway. *Marine Biology Research*, Volume 1, Issue 1, pages 2 - 19
- Fredriksen S. 2003 Food web studies in a Norwegian kelp forest based on stable isotope (d13C and d15N) analysis. *Marine Ecology Progress Series* 260:71-81
- Fugelli, E., 1992. Clay minerals in some samples from Opstad and Høgemork on Jæren, southwest Norway. *Norsk Geologisk Tidsskrift*, 72: 217-219.
- Gingele, F.X. and Leipe, T., 2001. Southwestern Baltic Sea – sink for suspended matter from the North Sea? *Geology* 29: 215-218.
- 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
- Hiscock K, Southward A, Tittley I, Hawkins S. 2004. Effects of changing temperature on benthic marine life in Britain and Ireland. *Aquatic Conservation-Marine and freshwater Ecosystems* 14:333-362.

- Husa V, Steen H, Åsen PA. 2007. Hvordan vil makroalgesamfunnene langs norskekysten påvirkes av økt sjøtemperatur? Kyst og havbruk 2007, 23-27
- Højerslev NK, Holt N, Aarup T (1996) Optical measurements in the North Sea-Baltic Sea transition zone .1. On the origin of the deep water in the Kattegat. Continental Shelf Research 16:1329-&
- Isæus, M. 2004. Factors structuring *Fucus* communities at open and complex coastlines in the Baltic Sea. Doctoral thesis, Department of Botany, Stockholm University, Sweden.
- Jackson JB 2008. Ecological extinction and evolution in the brave new ocean. PNAS 105: 11458–11465
- Kersten, M., Irion, G., and Förstner, U., 1991. Particulate trace metals in surface waters of the North Sea. In: Vernet, J.-P. (Ed.), Heavy Metals in the Environment. Elsevier, Amsterdam, pp. 137-159.
- 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
- Luning K. 1984. Temperature tolerance and biogeography of seaweeds: the marine algal flora of Helgoland (North Sea) as an example. Helgolander Meeresunters. 38: 305-317
- Magnusson J, Nygaard K, 1995. On continental river water in the outer Oslofjord, April 1995. NIVA-report 3432.
- Mankovsky VI, Solovev MV, Vladimirov VL (1996) Variability of the Black Sea hydrooptical parameters in 1922-1992. Okeanologiya 36:370-376
- Molversmyr, Å., Bechmann, M., Eggestad, HO., Penegerud, A., Turtumøygard, S. og Rosvoll, E. 2008. Tiltaksanalyse for Jærenvassdragene. Rapport IRIS – 2008/028. 90 sider
- Monteith DT, Stoddard JL, Evans CD, de Wit HA, Forsius M, Hogasen T, Wilander A, Skjelkvale BL, Jeffries DS, Vuorenmaa J, Keller B, Kopacek J, Vesely J (2007) Dissolved organic carbon trends resulting from changes in atmospheric deposition chemistry. Nature 450:537-U539
- Moy F, Alve E, Bogen J, Christie H, Green N, Helland A, Steen H, Skarbøvik E, Stålnacke P. 2006a. Statusrapport nr. 1-2006 fra Sukkertareprosjektet. SFT-rapport TA-2193/2006. NIVA-rapport 5265. 36s
- Moy F, Alve E, Christie H, Helland A, Magnusson J, Steen H, Tveiten L, Åsen PA. 2007. Statusrapport nr.2 fra Sukkertareprosjektet SFT-rapport TA-2232/2007. NIVA-rapport 5344. 60s
- Moy F, Christie H, Alve E, Steen H, 2008. Statusrapport nr. 3 fra Sukkertareprosjektet. SFT-rapport TA-nummer 2398/2008 NIVA-rapport 5585. 74 s.
- Moy F, J Aure, T Falkenhaus, T Johnsen, E Lømsland, J Magnusson, KM Norderhaug, A Pedersen, B Rygg, 2007b. Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge. Kystovervåkingsprogrammet. Årsrapport for 2006. TA-2286/2007. NIVA-rapport 5455.
- Moy F, J Aure, T Falkenhaus, T Johnsen, E Lømsland, J Magnusson, KM Norderhaug, L Omli, A Pedersen, B Rygg, 2008. Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge. Kystovervåkingsprogrammet. Årsrapport for 2007. TA-2409/2008. NIVA-rapport 5612.
- Moy F, Stålnacke P (eds) 2007. Sukkertareprosjektet Analyse av klima- og miljøovervåkingsdata med betydning for sukkertare. SFT-rapport TA-2279/2007. NIVA-rapport 5454. 210s.
- Munda IM, Lüning K, 1977. Growth performance of *Alaria esculenta* off Helgoland. Helgoland Marine Research 29, No 3: 311-314
- Optical control of fish and zooplankton populations
- Pederstad, K., Roaldset, E., and Rønningsland, T.M., 1993. Sedimentation and environmental conditions in the inner Skagerrak-outer Oslofjord. Marine Geology, 111: 245-268.
- Pehlke C, Bartsch I, 2008. Changes in depth distribution and biomass of sublittoral seaweeds at Helgoland (North Sea) between 1970 and 2005. Clim Res 37: 135–147, 2008
- Pengerud, A., M. Bechmann, J. Deelstra, H.O. Eggestad, K. Haarstad, G.H. Ludvigsen, G. Tveiti, L. Øygarden, O. Lode, G. Fystro, P. Nerjordet, O. Hetland, E. Stubhaug, L-I. Dreyer, P.M. Hansen, S. Selnes, P.O. Westbye, Å. Molversmyr, L.I. Paulsen og O.K. Fladby. 2007. Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA). Feltrapporter fra programmet i 2006. Bioforsk Rapport 2 (130). 347 s.
- Rosenqvist, I.Th., 1985. Mineralogy of material from the Upper Quaternary Skagerrak sediment core GIK 15530-4. In: B. Stabell and J. Thiede (Eds.), Upper Quaternary Marine Skagerrak (NE North Sea) Deposits: Stratigraphy and Depositional Environment. Nor. Geol. Tidsskr., 65: 73-75.
- Rueness, J. & S. Fredriksen 1991. An assessment of possible pollution effects on benthic algae of the outer Oslofjord, Norway. - Oebalia 17 (suppl.): 223-235.
- Sanden P, Håkansson B (1996) Long-term trends in Secchi depth in the Baltic Sea. Limnology and Oceanography 41:346-351
- Schiel DR, Wood SA, Dunmore RA, Taylor DI. 2006. Sediment on rocky intertidal reefs: Effects on early post-settlement stages of habitat-forming seaweeds. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 331(2):158-172
- Schramm, W., 1999. Factors influencing seaweed responses to eutrophication: some results from EU-project EUMAC. Journal of Applied Phycology 11, 69–78.
- Seapy RR, Littler MM. 1982. Population and species diversity fluctuations in a rocky intertidal community relative to severe aerial exposure and sediment burial. Marine Biology 71, 87-96.

- Selvik, J.R., Tjomsland, T. og Eggestad, HO. 2007. Teoretiske tilførselsberegninger av nitrogen og fosfor til norske kystområder i 2006. SFT-rapport: 1005/2007. 60 sider
- 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, 1985. Ei autøkologisk undersøkelse av *Laminaria saccharina* (L.) Lamour. i Espegrend-området. Cand.real. thesis. Universitetet i Bergen. 211 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.
- Skarbøvik, E., Stålnacke, P., Kaste, Ø., Selvik, JR., Borgvang, SA., Tjomsland, T., Høgåsen, T. og Beldring, S. 2007. Riverine inputs and direct discharges to Norwegian coastal waters – 2006 OSPAR Commission. SFT-rapport 5511-2007. 196 sider
- Skarbøvik, E., Stålnacke, P., Kaste, Ø., Selvik, JR., Borgvang, SA., Tjomsland, T., Høgåsen, T. og Beldring, S. In prep. Riverine inputs and direct discharges to Norwegian coastal waters – 2007. OSPAR Commission. SFT-rapport XXXX-2008.
- Steinbeck JR, Schiel DR, Foster MS. 2005. Detecting long-term change in complex communities: A case study from the rocky intertidal zone. *Ecological Applications* 15:1813-1832.
- Sundene O, 1953. The algal vegetation of Oslofjord. Skrifter utgitt av Det Norske Vitenskaps-Akademi i Oslo. I Matematisk-naturvidenskapelig klasse 2: 1-244
- Sundene, O. 1962. The implications of transplant and culture experiments on the growth and distribution of *Alaria esculenta*. *Nytt Mag. Bot.* 9: 155-174.
- Sætre R (2007) *The Norwegian Coastal Current*, Vol. Tapir Academic Press, Trondheim
- Sætre R, Aure J, Danielssen DS (2003) Long-term hydrographic variability off the Norwegian coast and on Skagerrak. *ICES Marine Science Symposia* 219:150-159
- Sørnes TA, Aksnes DL, Bamstedt U, Youngbluth MJ (2007) Causes for mass occurrences of the jellyfish *Periphylla periphylla*: a hypothesis that involves optically conditioned retention. *Journal of Plankton Research* 29:157-167
- Valiela I, McClelland J, Hauxwell J, Behr PJ, Hersh D, Foreman K. 1997. Macroalgal blooms in shallow estuaries: Controls and ecophysiological and ecosystem consequences. *Limnology and Oceanography* 42: 1105-1118
- Vogt H, Schramm W. 1991. Conspicuous decline of *Fucus* in Kiel Bay (Western Baltic): what are the causes? *Marine Ecology Progress Series* 69, 189-194.
- Walday, M., Gitmark, J., Naustvoll, L., Nilsson, H., Pedersen, A., Selvik, J. 2008. Overvåking av ytre Oslofjord 2007. Årsrapport. NIVA-rapport 5640-2008. 63s.
- Worm B, Lotze HK, 2006. Effects of eutrophication, grazing, and algal blooms on rocky shores. *Limnol. Oceanogr.*, 51(1, part 2) 569-579
- Zweig MH, Campbell G, 1993. Receiver-operating characteristics (ROC) plots: a fundamental evaluation tool in clinical medicine. *Clinical Chemistry*, 39, 561-577.
- Zöllmer, V. and Irion, G., 1993. Clay mineral and heavy metal distribution in the northeastern North Sea. *Marine Geology* 111: 223-230.
- Øygarden, L. Kværner, J & Grønlund, A. 2008. Evaluering av regionale miljøprogram (RMP). Vurdering av ordningene ”avrenning til vassdrag og plantevernmidler). Bioforsk rapport vol 3 . Nr 51 2008. ISBN 978-82-17-00351-9. 64s.
- Aarup T, Holt N, Hojerslev NK (1996) Optical measurements in the North Sea-Baltic Sea transition zone .2. Water mass classification along the Jutland west coast from salinity and spectral irradiance measurements. *Continental Shelf Research* 16:1343-1353
- Åsen PA. 2006. Trekk fra den marine benthosalgevegetasjon fra Kristiansandsfjorden til Jøssingfjorden - med spesiell referanse til sukkertare (*Laminaria saccharina*) og butare (*Alaria esculenta*). Agder naturmuseums rapportserie 2006-4. 35s.
- Åsen, PA 1980. Illustrert algefloa. Oslo, J. W. Cappelens Forlag

Vedlegg A. Artstabeller

Gjennomsnittstørrvekt i gram (tre prøver pr stasjon) innsamlet i august 2008. Algekattegrorier: BR = Blad og rørfornede alger, TL = tykke læraktige alger, GF = grovt forgrende trådalger, FI = finforgrenede trådalger. Rest = rest av prøvematerialet som ble veid samlet. Gruppe: B = brunalger, G = grønnealger, R = rødalger, C = blågrønnealger, D = diatoméer.

Stasjon: SF Dalsøyna Dalsfjorden					Stasjon: SF Hyllestad Åfjorden				
Dato: 05/08/2008					Dato: 06/08/2008				
TY	GR	ART	Gj. dw(g)	snitt % dw	TY	GR	ART	Gj. dw(g)	snitt % dw
BR	B	<i>Asperococcus bullosus</i>	1,68	27	BR	B	<i>Spermatochnus paradoxus</i>	5,93	69
	B	<i>Spermatochnus paradoxus</i>			TL	R	<i>Chondrs crispus</i>	0,93	11
TL	B	<i>Chorda filum</i>	0,34	6		R	<i>Polyides rotundus</i>		
		<i>Fucus serratus</i>				B	<i>Chorda filum</i>		
	B	<i>Saccharina latissima</i>	0,12	2		B	<i>Fucus sp</i>		
GF	R	<i>Ceramium rubrum</i>	0,08	1		B	<i>Laminaria sp</i>		
	R	<i>Polysiphonia elongata</i>			GF	R	<i>Polysiphonia elongata</i>	0,46	5
FI	R	<i>Polysiphonia stricta</i>	0,02	0		R	<i>Polysiphonia fucoides</i>		
		Rest	3,91	64		R	<i>Rhodomela confervoides</i>		
BR	B	<i>Cutleria multifida, aglazonia stadiet</i>				B	<i>Sphacelaria plumosa</i>		
GF	R	<i>Brongniartella byssoides</i>			FI	B	<i>Sphacelaria cirrosa</i>	0,13	2
	R	<i>Ceramium rubrum</i>					Rest	1,19	14
	R	<i>Heterosiphonia japonica</i>			KA	R	<i>Corallina officinalis</i>		
	R	<i>Polysiphonia elongata</i>			BR	R	<i>Chylocladia verticillata</i>		
	R	<i>Polysiphonia fucoides</i>				R	<i>Lomentaria clavellata</i>		
	R	<i>Rhodomela confervoides</i>				B	<i>Asperococcus bullosus</i>		
FI	R	<i>Ceramium strictum</i>			TL	R	<i>cf Coccotylus truncatus</i>		
	R	<i>Griffithsia corallinoides</i>			GF	R	<i>Ceramium rubrum</i>		
	R	<i>Polysiphonia stricta</i>				R	<i>Polysiphonia elongata</i>		
	R	<i>cf Spermothamnion repens</i>				R	<i>Polysiphonia fucoides</i>		
	R	<i>Trailliella intricata</i>				G	<i>Cladophora cf rupestris</i>		
	B	<i>Ectocarpus siliculosus</i>			FI	R	<i>Callithamnion sp</i>		
	B	<i>Ectocarpales</i>				R	<i>Ceramium strictum</i>		
	B	<i>Hinckesia cf ovata</i>				R	<i>Griffithsia corallinoides</i>		
	B	<i>Sphacelaria cirrosa</i>				R	<i>Polysiphonia stricta</i>		
	B	<i>Sphacelaria cf radicans</i>				R	<i>Trailliella intricata</i>		
	B	<i>Sphacelaria sp</i>				B	<i>Ectocarpus fasciculatus</i>		
	G	<i>Cladophora sp</i>				G	<i>Chaetomorpha melagonium</i>		
	G	<i>Rhizoclonium riparium</i>				G	<i>Cladophora cf albida</i>		
	C	<i>Calothrix sp</i>				G	<i>Cladophora cf sericea</i>		
	C	<i>cf Phormidium sp</i>				G	<i>Rhizoclonium riparium</i>		
	C	<i>Rød cyanophyceae</i>				C	<i>cf Phormidium sp</i>		
	D	<i>Kiselalger</i>					Total	8,64	100
		Total	6,15	100					
Stasjon: HO st 4 Langøyna Raunefj					Stasjon: HO st 5 Lerøy Raunefj				
Dato: 08/08/2008					Dato: 08/08/2008				
TY	GR	ART	Gj. dw(g)	snitt % dw	TY	GR	ART	Gj. dw(g)	snitt % dw
KA	R	<i>Corallina officinalis</i>	0,01	1	KA	R	<i>Corallina officinalis</i>	1,23	14
BR	B	<i>Dictyota dicotoma</i>	0,02	2	BR	B	<i>Asperococcus bullosus</i>	2,06	23
TL	R	<i>Chondrs crispus</i>	0,58	59		B	<i>Dictyota dichotoma</i>		
	B	<i>Fucus serratum</i>				B	<i>Spermatochnus paradoxus</i>		
	B	<i>Laminaria sp</i>			TL	R	<i>Chondrs crispus</i>	1,56	18
		Rest	0,38	38		R	<i>Furcellaria lumbricalis</i>		
KA	R	<i>Corallina officinalis</i>				R	<i>Polyides rotundus</i>		
BR	R	<i>Porphyra cf leucosticta</i>				B	<i>Acophyllum nodosum</i>		
	B	<i>Asperococcus bullosus</i>				B	<i>Laminaria sp</i>		
	B	<i>Cutleria multifida</i>			GF	R	<i>Polysiphonia elongata</i>	1,29	15
	B	<i>Dictyota dicotoma</i>				R	<i>Rhodomela confervoides</i>		
	B	<i>Spermatochnus paradoxus</i>				B	<i>Cladostepus spongiosus</i>		
GF	R	<i>Ceramium rubrum</i>				B	<i>Sphacelaria plumosa</i>		
	R	<i>Heterosiphonia japonica</i>				G	<i>Cladophora rupestris</i>		
	R	<i>Polysiphonia elongata</i>				G	<i>Codium fragile</i>		
	R	<i>Rhodomela confervoides</i>					Rest	2,70	31
	B	<i>Mesogloia vermiculata</i>			BR	R	<i>Chylocladia verticillata</i>		
	G	<i>Cladophora rupestris</i>				B	<i>Dictyota dichotoma</i>		
FI	R	<i>Ceramium cf tenuicorne</i>				R	<i>Rhodophyllis divaricata</i>		

R	Polysiphonia stricta		
R	Trailliella intricata		
B	Ectocarpales		
B	Sphacelaris cirrosa		
B	Sphacelaria cf radicans		
B	Sphacelaria sp		
G	Rhizoclonium riparium		
C	cf Phormidium sp		
Total		0,99	100

Stasjon: **HO Løfallstrand Hardangerfj**Dato: **10/08/2008**

TY	GR	ART	dw(g)	Gj. snitt %
KA	R	Corallina officinalis	2,05	22
BR	B	Dictyota dicotoma	0,53	6
	B	Spermatocchnus paradoxus		
TL	R	Chondrs crispus	3,20	34
	R	Gelidium spinosum		
	B	Chorda filum		
	B	Fucus sp		
	B	Fucus vesiculosus		
	B	cf Sargassum muticum		
GF	R	Brongniartella byssoides	1,15	12
	R	Ceramium virgatum		
	R	Cystoclonium purpureum		
	R	Polysiphonia elongata		
	R	Polysiphonia fucoides		
	R	Rhodomela confervoides		
	B	Mesogloia vermiculata		
	B	Sphacelaria plumosa		

Rest 2,51 27

BR	R	Chylocladia verticillata		
TL	R	Gelidium spinosum		
	R	Polyides rotundus		
GF	R	Brongniartella byssoides		
	R	Ceramium rubrum		
	R	Cystoclonium purpureum		
	R	Heterosiphonia japonica		
	R	Polysiphonia fucoides		
	R	Rhodomela confervoides		
	B	Mesogloia vermiculata		
	B	Sphacelaria plumosa		
	G	Cladophora rupestris		
FI	R	Callithamnion corymbosum		
	R	Ceramium strictum		
	R	cf Monosporus pedicellatus		
	R	Polysiphonia stricta		
	R	Trailliella intricata		
	B	Hincksia ovata		
	B	Sphacelaria cirrosa		
	B	Spongonema tomentosum		
	G	Cladophora cf sericea		
	G	Rhizoclonium riparium		
	C	Calothrix sp		
	C	cf Phormidium sp		
Total		9,44	100	

Stasjon: **RO Skogholm Ombo**Dato: **12/08/2008**

TY	GR	ART	dw(g)	Gj. snitt %
KA	R	Corallina officinalis	0,42	6
BR	B	Asperococcus bullosus	2,86	43
	B	Dictyota dichotoma		
	B	Spermatocchnus paradoxus		
TL	R	Chondrs crispus	0,84	13
	R	Polyides rotundus		
	B	Chorda filum		

TL	R	Gelidium spinosum		
	B	Chorda filum		
GF	R	Ceramium rubrum		
	R	cf Cystoclonium purpureum		
	R	Heterosiphonia japonica		
	R	Polysiphonia fucoides		
FI	R	Ceramium strictum		
	R	Trailliella intricata		
	B	Ectocarpales		
	B	Sphacelaria cirrosa		
	B	Sphacelaria sp		
	G	Chaetomorpha cf linum		
	G	Cladophora cf albida		
	G	Rhizoclonium riparium		
	C	Calothrix sp		
	C	cf Phormidium sp		
Total		8,84	100	

Stasjon: **HO Hordnes Fanafjorden**Dato: **08/08/2008**

TY	GR	ART	dw(g)	Gj. snitt %
KA	R	Corallina officinalis	14,02	47
BR	B	Dictyota dichotoma	1,16	4
	B	Spermatocchnus paradoxus		
TL	R	Chondrs crispus	5,35	18
	B	Chorda filum		
GF	B	Mesogloia vermiculata	0,13	0
Rest		8,99	30	
BR	R	Chylocladia verticillata		
	R	Lomentaria clavellata		
TL	B	Chorda filum		
GF	R	Brongniartella byssoides		
	R	Ceramium rubrum		
	R	Polysiphonia elongata		
	B	Sphacelaria plumosa		
FI	R	Ceramium strictum		
	R	Trailliella intricata		
	B	Ectocarpus fasciculatus		
	B	Sphacelaria cirrosa		
	G	Cladophora cf albida		
	G	Rhizoclonium riparium		
	C	Calothrix sp		
	C	cf Phormidium sp		
	D	Kiselalger		
Total		29,65	100	

Stasjon: **RO Rossholm**Dato: **12/08/2008**

TY	GR	ART	dw(g)	Gj. snitt %
KA	R	Corallina officinalis	12,79	52
	R	Jania rubens		
BR	B	Asperococcus bullosus	4,56	18
	B	Dictyota dichotoma		
	B	Spermatocchnus paradoxus		
TL	R	Chondrs crispus	4,70	19
	R	Gelidium spinosum		
	R	Phyllophora pseudoceranoides		
	B	Chorda filum		
	B	Fucus serratus		
GF	R	Polysiphonia elongata	0,04	0
Rest		2,71	11	
KA	R	Jania rubens		
BR	R	Chylocladia verticillata		
	R	Rhodophyllis divaricata		

GF	R	Brongniartella byssoides	0,61	9
	R	Polysiphonia elongata		
	R	Rhodomela confervoides		
		Rest	1,93	29
BR	R	Rhodophyllis divaricata		
TL	B	Laminaria sp		
GF	R	Brongniartella byssoides		
	R	Ceramium rubrum		
	R	Gloiosiphonia capillaris		
	R	Heterosiphonia japonica		
	R	Rhodomela confervoides		
FI	R	Callithamnion sp		
	R	Ceramium strictum		
	R	Polysiphonia stricta		
	R	Trailliella intricata		
	B	Sphacelaria cirrosa		
	G	Cladophora cf albida		
	G	Cladophora sp		
	G	Rhizoclonium riparium		
	C	Calothrix sp		
	C	cf Phormidium sp		
		Total	6,66	100

Stasjon: **RO Tingham Høgsfjorden**
Dato: **13/08/2008**

			Gj.	snitt
			%	
TY	GR	ART	dw(g)	dw
KA	R	Corallina officinalis	13,75	56
BR	B	Asperococcus bullosus	2,49	10
	B	Dictyota dichotoma		
	B	Spermatocchnus paradoxus		
TL	R	Ahnfeltia plicata	2,61	11
	R	Chondrs crispus		
	R	Furcellaria lumbricalis		
	R	Gelidium spinosum		
GF	R	Ceramium rubrum	0,26	1
	R	Polysiphonia elongata		
	R	Polysiphonia fucoides		
	R	Rhodomela confervoides		
		Rest	5,32	22
BR	R	Chylocladia verticillata		
	R	Lomentaria clavellosa		
	R	Rhodophyllis divaricata		
	B	Cutleria multifida, aglazonia stadiet		
GF	R	Brongniartella byssoides		
	R	Ceramium rubrum		
	R	Heterosiphonia japonica		
	R	Polysiphonia elongata		
	R	Polysiphonia fucoides		
	G	Cladophora rupestris		
FI	R	Callithamnion corymbosum		
	R	Ceramium strictum		
	R	Trailliella intricata		
	B	Sphacelaria cirrosa		
	G	Chaetomorpha melagonium		
	G	Cladophora cf albida		
	C	Calothrix sp		
	C	cf Phormidium sp		
		Total	24,43	100

Stasjon: **AA 33 Teisthlm Grimstad**
Dato: **16/08/2008**

			Gj.	snitt
			%	
TY	GR	ART	dw(g)	dw
KA	R	Corallina officinalis	1,63	53
TL	R	Chondrs crispus	1,01	33
	R	Dilsea carnosa		
	R	Phyllophora pseudoceranoides		
	B	Laminaria sp		

	G	cf Halicystis ovalis		
	B	Cutleria multifida, aglazonia stadiet		
TL	R	Furcellaria lumbricalis		
	B	Chorda filum		
GF	R	Ceramium rubrum		
	R	Ceramium virgatum		
	R	Polysiphonia elongata		
	B	Sphacelaria plumosa		
	G	Cladophora rupestris		
FI	R	Trailliella intricata		
	B	Sphacelaria cirrosa		
	B	Sphacelaria sp		
	C	Calothrix sp		
	C	cf Phormidium sp		
		Total	24,80	100

Stasjon: **RO Nausterhlm Høgsfjorden**
Dato: **13/08/2008**

			Gj.	snitt
			%	
TY	GR	ART	dw(g)	dw
KA	R	Corallina officinalis	1,19	9
BR	B	Asperococcus bullosus	8,66	64
	B	Dictyota dichotoma		
	B	Spermatocchnus paradoxus		
TL	R	Chondrs crispus	1,17	9
	R	Furcellaria lumbricalis		
	B	Laminaria sp		
GF	B	Sphacelaria plumosa	0,01	0
		Rest	2,57	19
KA	R	cf Jania rubens		
BR	R	Chylocladia verticillata		
	R	Rhodophyllis divaricata		
	B	Cutleria multifida, aglazonia stadiet		
TL	R	Gelidium spinosum		
	B	Laminaria sp		
GF	R	Ceramium rubrum		
	R	Heterosiphonia japonica		
	R	Polysiphonia elongata		
	R	Polysiphonia fucoides		
	R	Rhodomela confervoides		
	G	Cladophora rupestris		
FI	R	Ceramium strictum		
	R	Trailliella intricata		
	B	Ectocarpales		
	B	Sphacelaria cirrosa		
	C	Calothrix sp		
	C	cf Phormidium sp		
		Total	13,60	100

Stasjon: **VA 42 Midtfskj Lindesnes**
Dato: **15/08/2008**

			Gj.	snitt
			%	
TY	GR	ART	dw(g)	dw
KA	R	Corallina officinalis	0,26	7
BR	R	Delesseria sanguinea	0,18	5
	B	Asperococcus bullosus		
	B	Spermatocchnus paradoxus		
TL	R	Chondrs crispus	2,60	70
	R	Coccotylus truncatus		
	R	Palmaria palmata		
	R	Phyllophora pseudoceranoides		
	R	Polyides rotundus		
	B	Laminaria sp		
GF	R	Ceramium rubrum	0,20	5
	R	Heterosiphonia japonica		
	R	Rhodomela confervoides		
	B	Desmarestia aculata		
	B	Sphacelaria plumosa		

GF	B	Desmarestia aculata	0,24	8
FI	B	Sphacelaria cirrosa	0,07	2
Rest			0,15	5
BR	B	Spermatochnus paradoxus		
GF	R	Brongniartella byssoides		
	R	Ceramium rubrum		
	R	Heterosiphonia japonica		
	R	Plumaria plumosa		
	R	Polysiphonia fibrillosa		
	B	Desmarestia aculata		
	G	Bryopsis plumosa		
FI	R	cf Monosporus pedicellatus		
	R	Polysiphonia stricta		
	R	Spermothamnion repens		
	R	Trailliella intricata		
	B	Sphacelaria cirrosa		
	C	Calothrix sp		
	C	cf Phormidium sp		
Total			3,10	100

Stasjon: **AA 22 Ternehlm Arendal**Dato: **17/08/2008**

TY	GR	ART	Gj. dw(g)	snitt % dw
KA	R	Corallina officinalis	0,36	5
BR	B	Asperococcus bullosus	0,03	0
TL	R	Ahnfeltia plicata	5,48	81
	R	Chondrs crispus		
	R	Furcellaria lumbricalis		
	R	Phyllophora sp		
	B	Chorda filum		
	B	Fucus vesiculosus		
	B	Sargassum muticum		
GF	R	Brongniartella byssoides	0,19	3
	R	Polysiphonia elongata		
	R	Rhodomela confervoides		
	B	Desmarestia aculata		
	B	Sphacelaria plumosa		
Rest			0,69	10
BR	R	cf Phycodrys rubens		
	B	Asperococcus bullosus		
TL	B	Laminaria sp		
GF	R	Ceramium rubrum		
	R	Heterosiphonia japonica		
	R	Plumaria plumosa		
	R	Polysiphonia fucoides		
	R	Rhodomela confervoides		
FI	R	Acrochaetium sp		
	R	Callithamnion corymbosum		
	R	Ceramium strictum		
	R	Polysiphonia stricta		
	R	Trailliella intricata		
	B	Sphacelaria cirrosa		
	G	Cladophora sp		
	G	Rhizoclonium riparium		
	C	cf Phormidium sp		
Total			6,75	100

Stasjon: **VF st 12 Sundskj Viksfjord**Dato: **19/08/2008**

TY	GR	ART	Gj. dw(g)	snitt % dw
KA	R	Corallina officinalis	0,27	5
BR	R	Delesseria sanguinea	1,82	34
	R	Lomentaria clavellosa		
TL	R	Chondrs crispus	2,03	38
	R	Furcellaria lumbricalis		
	R	Phyllophora pseudoceranoides		
	B	Halidrys siliquosa		

G	Cladophora rupestris		
G	Cladophora sp		
Rest			0,45 12
BR	R	Chylocladia verticillata	
	B	Asperococcus bullosus	
	B	Spermatochnus paradoxus	
TL	R	Ahnfeltia plicata	
GF	R	Brongniartella byssoides	
	R	Ceramium rubrum	
	R	Heterosiphonia plumosa	
	R	Polysiphonia fucoides	
	B	Mesogloia vermiculata	
	B	Sphacelaria plumosa	
	G	Cladophora rupestris	
FI	R	Ceramium strictum	
	R	Polysiphonia stricta	
	R	Trailliella intricata	
	B	Ectocarpales	
	B	Sphacelaria cirrosa	
	G	Cladophora sp	
	G	Rhizoclonium riparium	
	C	Calothrix sp	
	C	cf Phormidium sp	
Total			3,69 100

Stasjon: **AA 32 Tvillinghlm Grimstad**Dato: **16/08/2008**

TY	GR	ART	Gj. dw(g)	snitt % dw
KA	R	Corallina officinalis	3,74	57
BR	B	Asperococcus bullosus	0,43	7
	B	Spermatochnus paradoxus		
TL	R	Chondrs crispus	1,67	26
	R	Furcellaria lumbricalis		
	B	Chorda filum		
	B	Halidrys siliquosa		
	B	Sargassum muticum		
GF	R	Brongniartella byssoides	0,16	2
	B	Desmarestia aculata		
	B	Sphacelaria plumosa		
Rest			0,54	8
BR	R	Lomentaria clavellosa		
	B	Dictyota dichotoma		
TL	R	cf Ahnfeltia plicata		
	R	Furcellaria lumbricalis		
	R	Gelidium spinosum		
	B	Halidrys siliquosa		
	B	Laminaria sp		
GF	R	Brongniartella byssoides		
	R	Ceramium rubrum		
	R	Heterosiphonia japonica		
	R	Polysiphonia elongata		
	B	Desmarestia aculata		
FI	R	Acrochaetium sp		
	R	Callithamnion corymbosum		
	R	Ceramium strictum		
	R	Polysiphonia stricta		
	R	Trailliella intricata		
	B	Sphacelaria cirrosa		
	G	cf Acrosiphonia centralis		
	G	Cladophora sp		
	G	Rhizoclonium riparium		
	C	Calothrix sp		
	C	cf Phormidium sp		
Total			6,54	100

			Gj.	snitt
			dw(g)	% dw
GF	R	Brongniartella byssoides	0,37	7
	R	Ceramium virgatum		
	R	Rhodomela confervoides		
FI	B	Sphacelaria cirrosa	0,05	1
		Rest	0,84	16
BR	R	Lomentaria clavellosa		
TL	R	Ahnfeltia plicata		
	R	Furcellaria lumbricalis		
GF	R	Ceramium rubrum		
	R	Cystoclonium purpureum		
	R	Rhodomela confervoides		
	G	Cladophora cf rupestris		
FI	R	Acrochaetium sp		
	R	cf Callithamnion sp		
	R	Ceramium strictum		
	R	Polysiphonia stricta		
	R	Pterothamnion plumula		
	R	Trailiella intricata		
	B	Sphacelaria cirrosa		
	C	cf Phormidium sp		
		Total	5,38	100

Stasjon: **ØF Bråtehlms Singlefj**
 Dato: **20/08/2008**

			Gj.	snitt
			dw(g)	% dw
TY	GR	ART		
BR	R	Delesseria sanguinea	0,72	31
	R	Lomentaria clavellosa		
TL	R	Chondrs crispus	0,68	29
	R	Coccotylus truncatus		
	R	Phyllophora pseudoceranoioides		
	R	Phyllophora sp		
GF	R	Brongniartella byssoides	0,32	14
	R	Rhodomela confervoides		
	B	Sphacelaria plumosa		
		Rest	0,64	27
BR	R	Lomentaria clavellosa		
	R	Phycodrys rubens		
	B	Asperococcus fistulosus		
TL	R	Furcellaria lumbricalis		
GF	R	Ceramium rubrum		
FI	R	Griffithsia corallinoides		
	R	Polysiphonia stricta		
	R	cf Pterothamnion plumula		
	R	Scagelia pylaisaei		
	R	Trailiella intricata		
	B	Sphacelaria sp		
	G	Cladophora sp		
	C	cf Phormidium sp		
		Total	2,36	100

Stasjon: **TE Svenskehlms Kragerø**
 Dato: **18/08/2008**

			Gj.	snitt
			dw(g)	% dw
TY	GR	ART		
TL	R	Chondrs crispus	2,01	59
	R	Furcellaria lumbricalis		
	R	Gracilaria gracilis		
	B	Fucus sp		
	B	Halidrys siliquosa		
	B	Sargassum muticum		
GF	R	Ceramium rubrum	0,65	19
	R	Polysiphonia elongata		
	R	Polysiphonia fucooides		
	R	Rhodomela confervoides		
	B	Cladostepus spongiosus		
	B	Sphacelaria plumosa		
		Rest	0,74	22
BR	R	Lomentaria clavellosa		
	G	Ulva sp		
TL	R	cf Osmundea oederi		
	B	Fucus sp		
	B	Halidrys siliquosa		
GF	R	Ceramium rubrum		
	R	Heterosiphonia japonica		
	R	Polysiphonia fucooides		
	R	Rhodomela confervoides		
FI	R	Ceramium strictum		
	R	Griffithsia corallinoides		
	R	Polysiphonia stricta		
	R	Trailiella intricata		
	B	Ectocarpus fasciculatus		
	B	Ectocarpus sp		
	B	Sphacelaria cirrosa		
	G	Cladophora cf sericea		
	G	Cladophora sp		
	G	Rhizoclonium riparium		
	G	Rhizoclonium tortuosum		
	C	cf Phormidium sp		
		Total	3,40	100

Vedlegg B.

Kart over stasjoner i Skagerrak med sesonginnsamling av bunnslam og flora og fauna i 2006-2008 og sedimentfelleprøver fram til 2006.



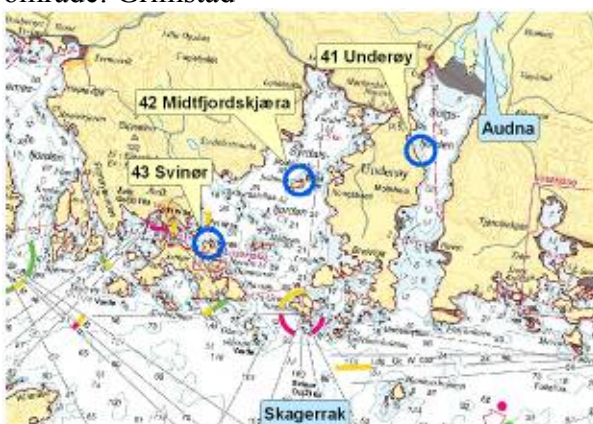
område: Arendal



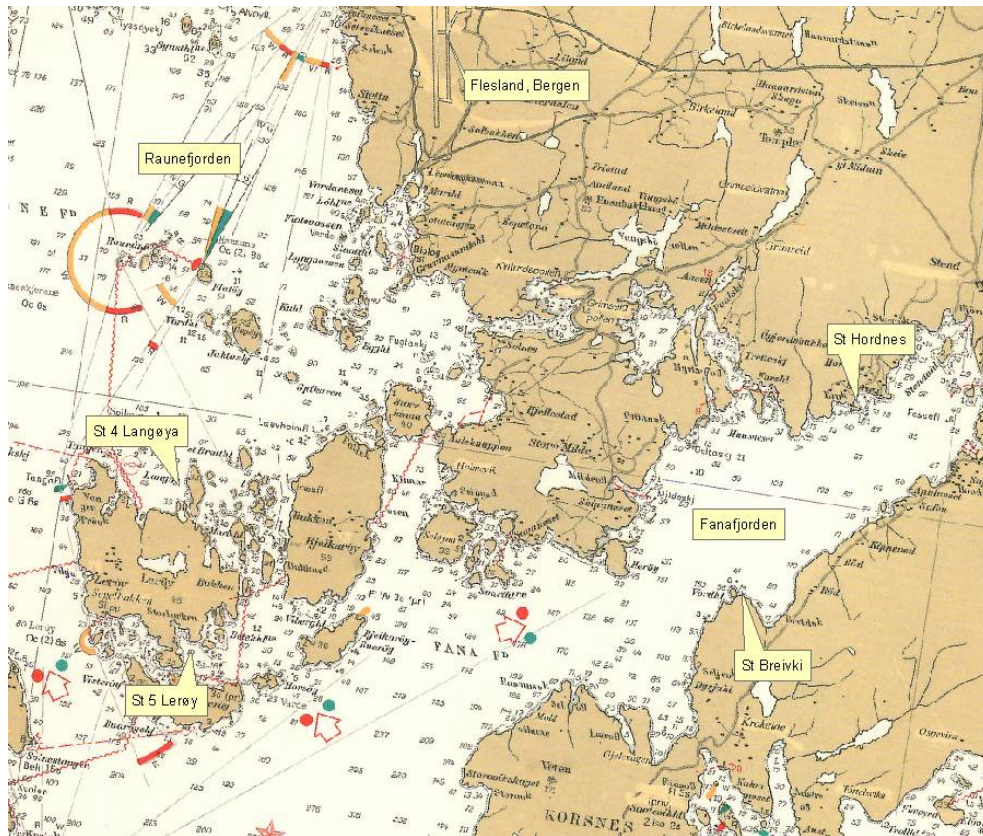
område: Larvik



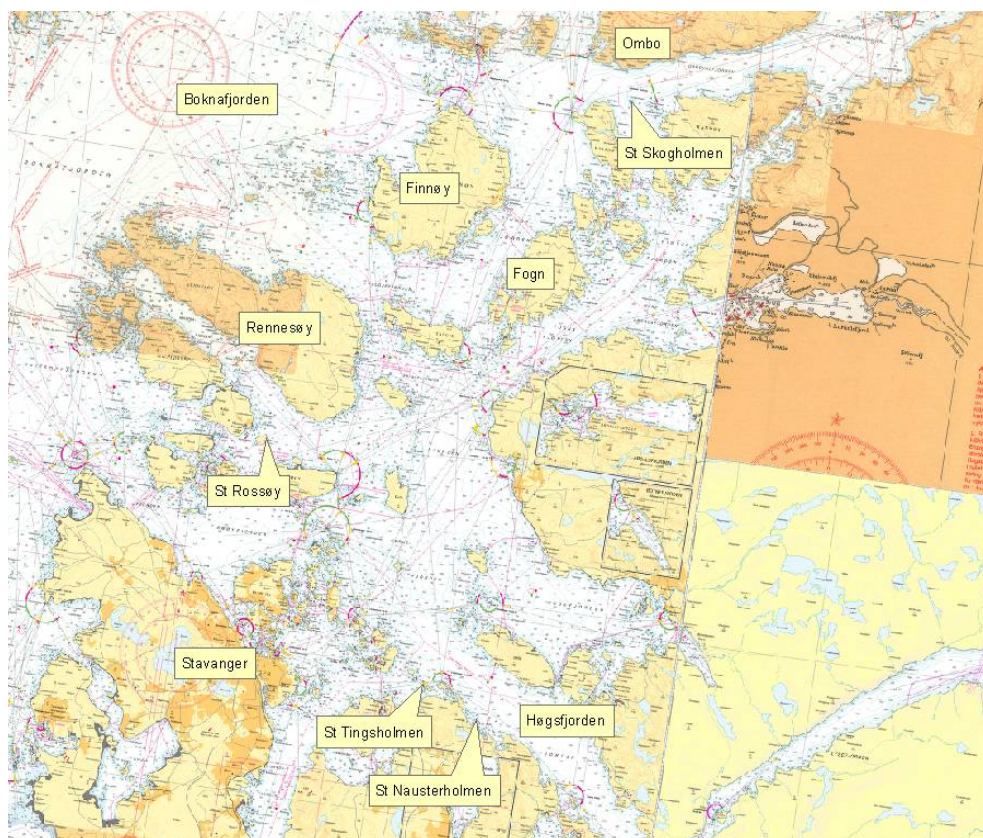
område: Grimstad



område: Lindesnes



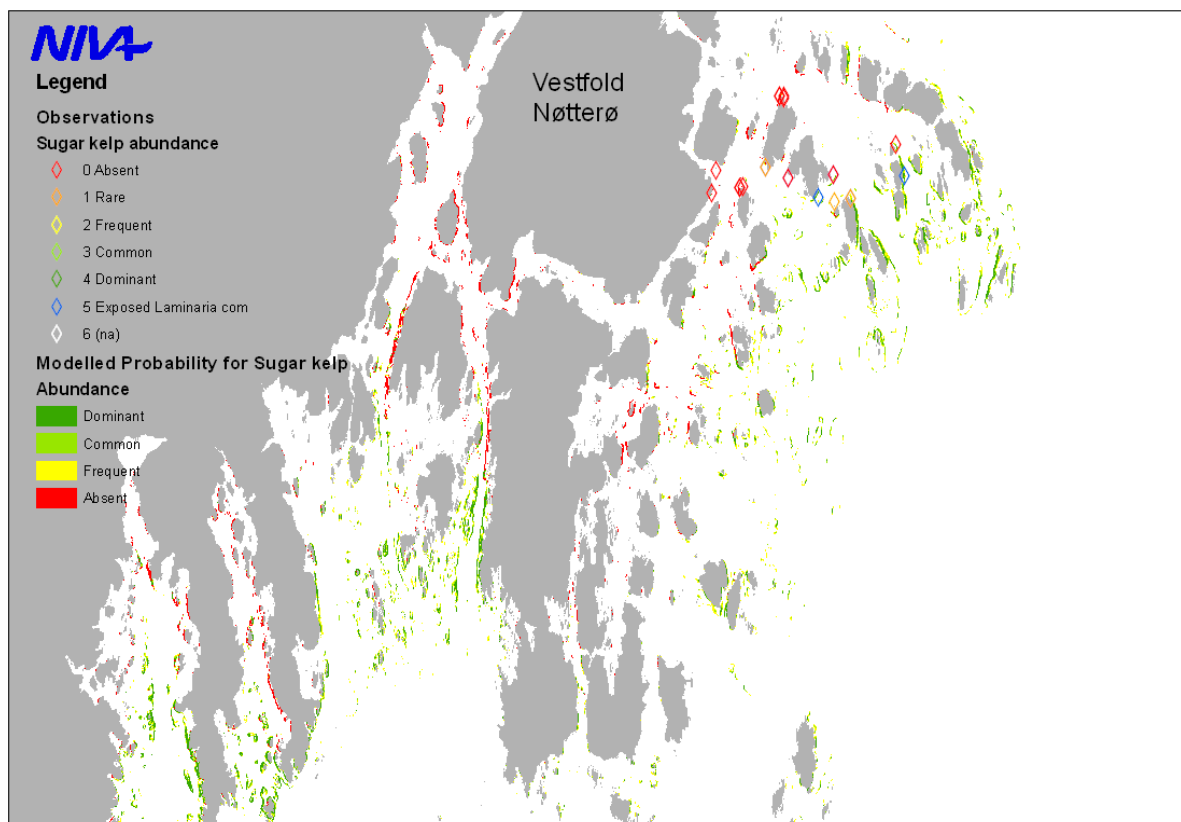
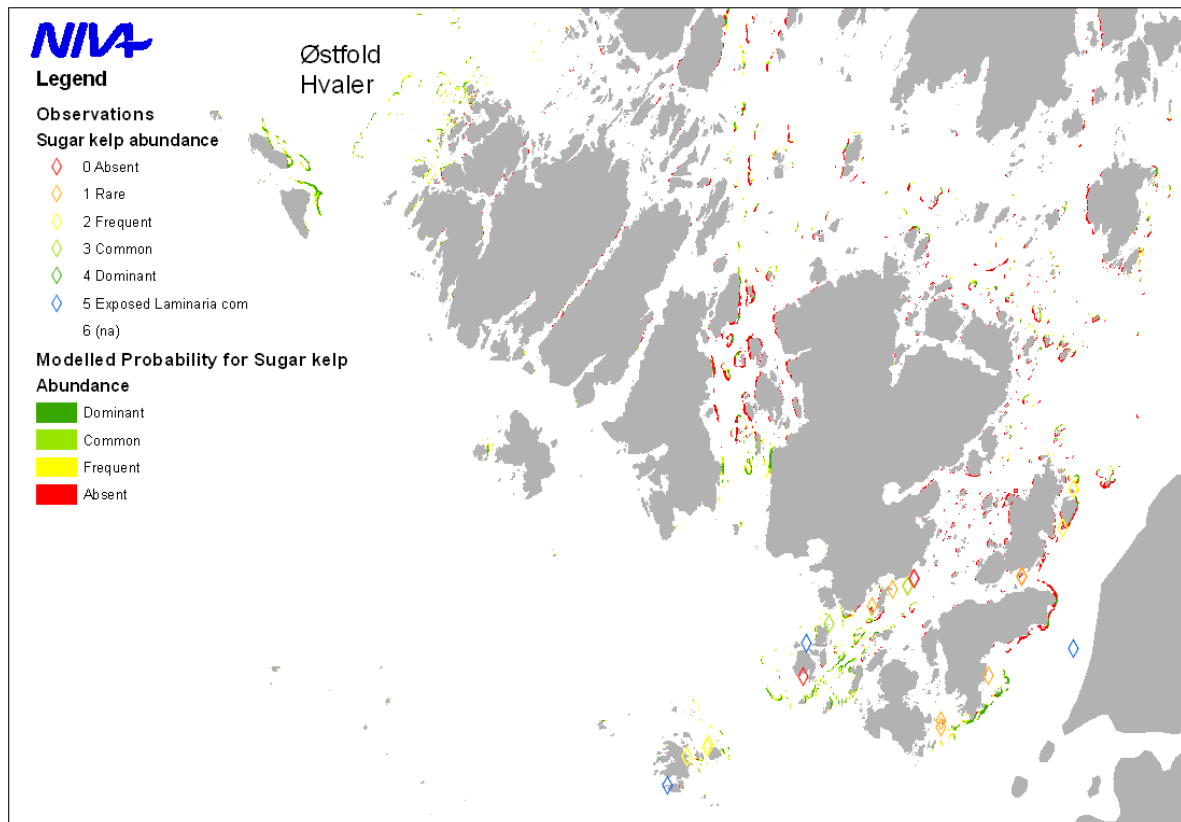
Kart over overvåkingsstasjoner i Fanafjorden og Raunefjorden i Hordaland



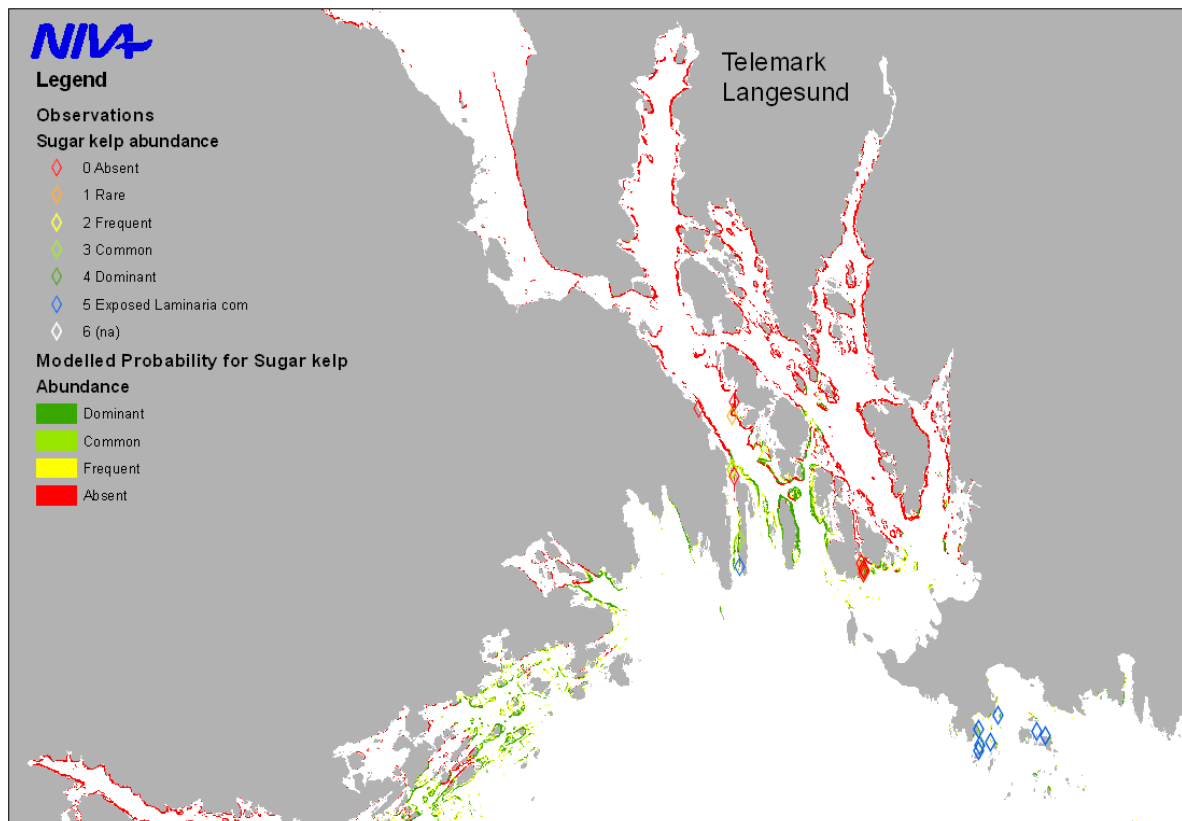
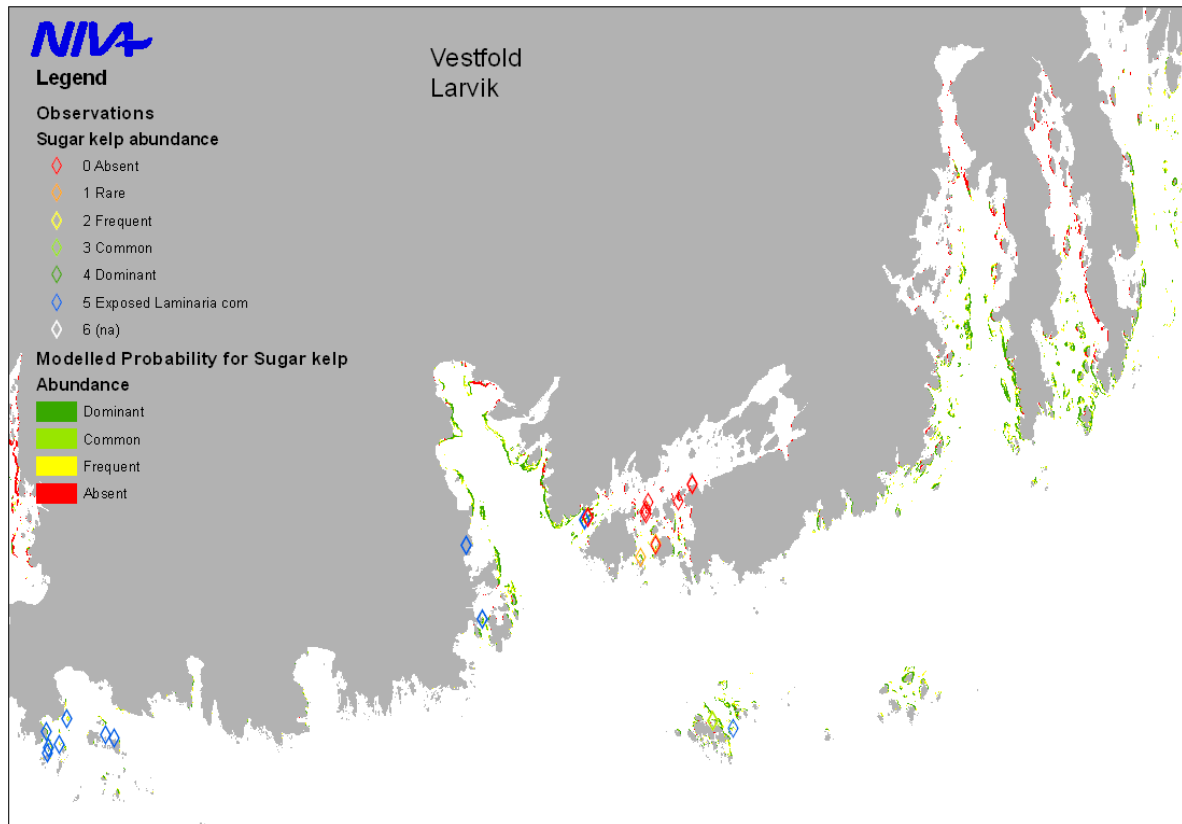
Kart over overvåkingsstasjoner i Høgsfjorden og ved øyene i Boknafjorden i Rogaland

Vedlegg C. Stasjonskart med modellert utbredelse av sukkertare

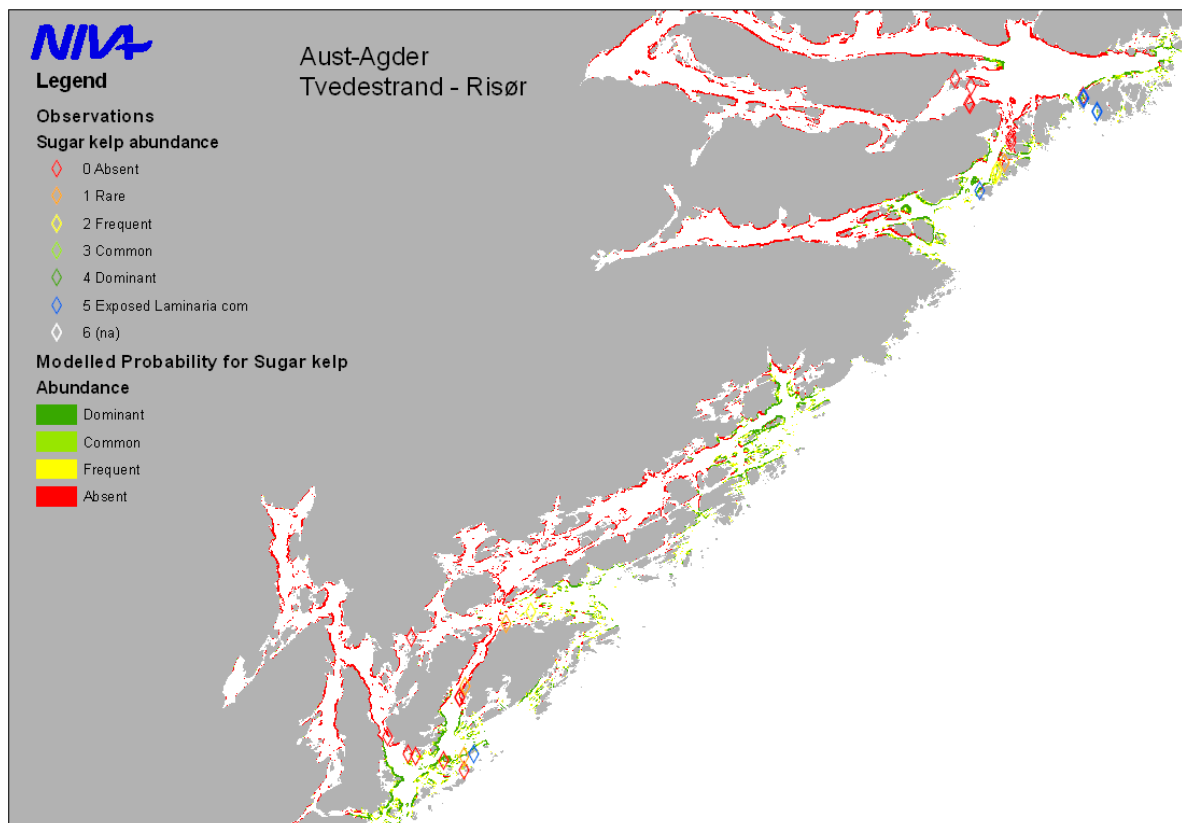
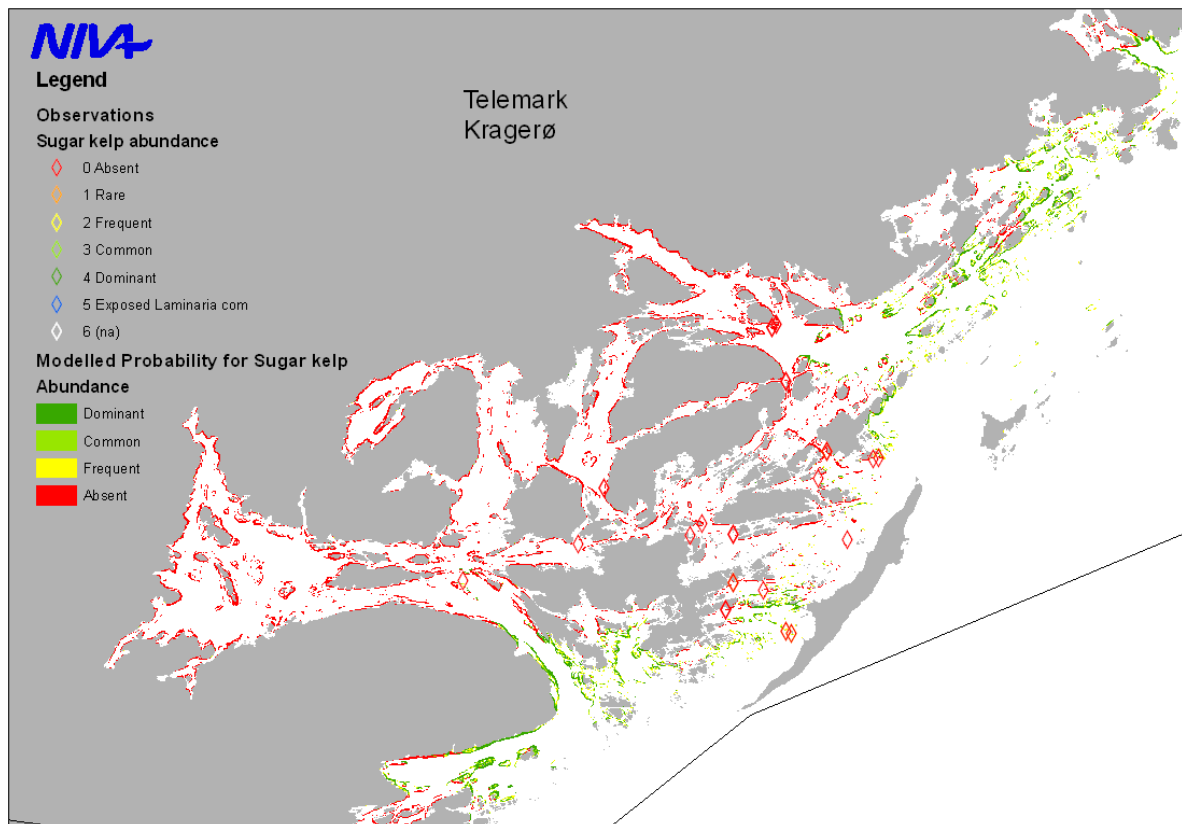
Observert forekomst (◇) og predikert sannsynlighet for forekomst og bortfall av sukkertare: *grønt* = dominerende, *lys grønt* = vanlig, *gult* = spredt forekomst, *rødt* = ingen/bortfall.



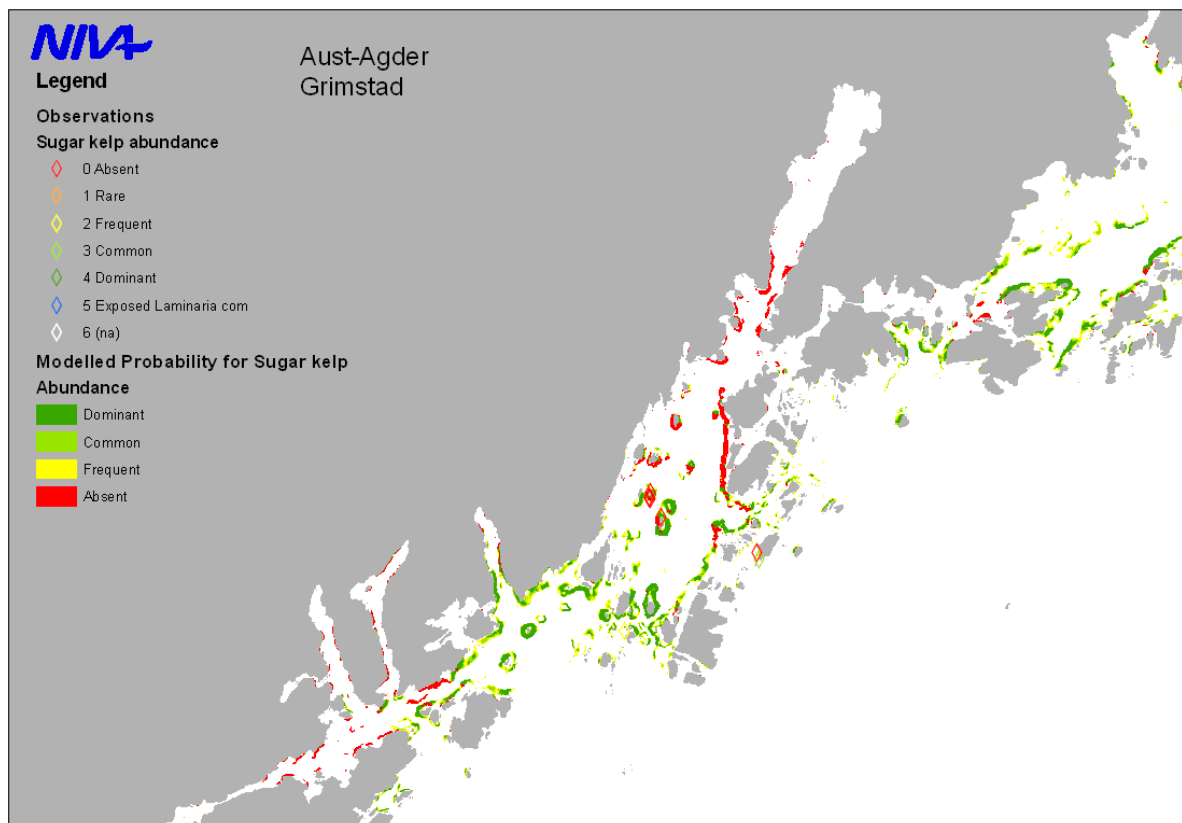
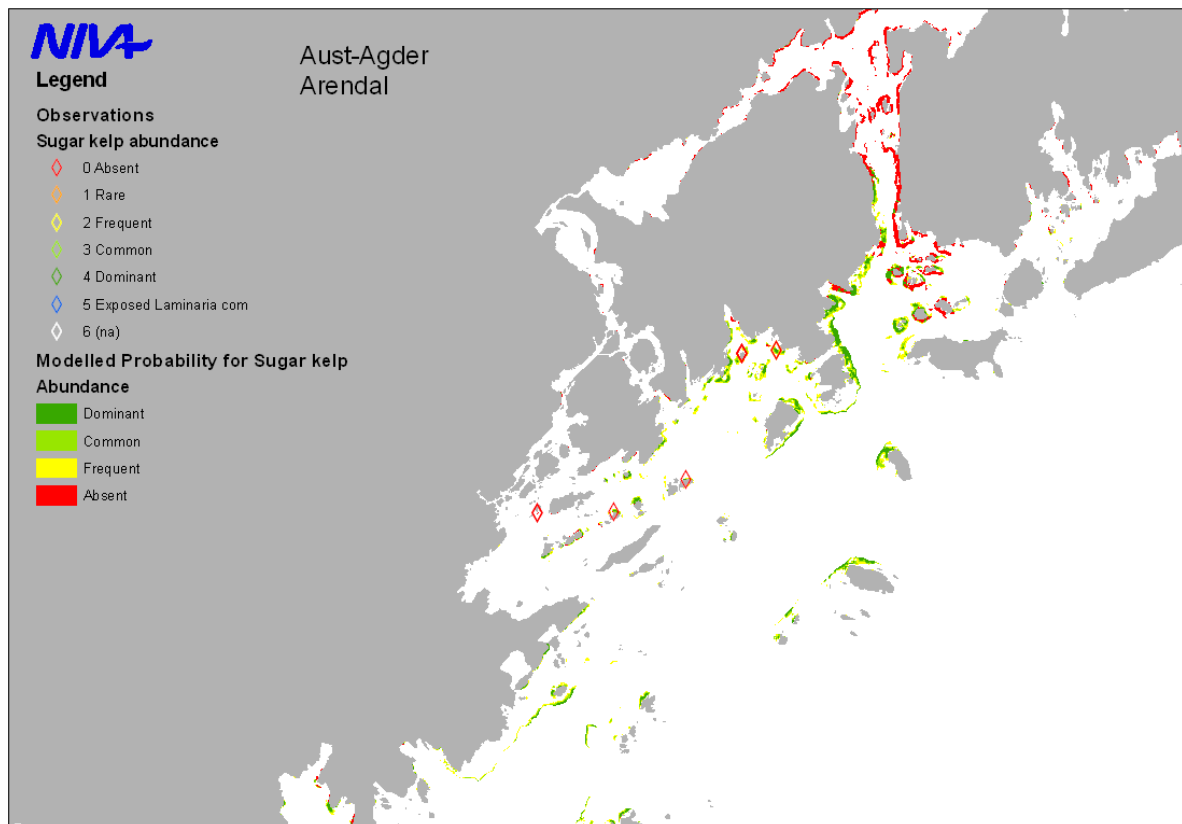
Observert forekomst (\diamond) og predikert sannsynlighet for forekomst og bortfall av sukkertare:
grønt = dominerende, *lys grønt* = vanlig, *gult* = spredt forekomst, *rødt* = ingen/bortfall.



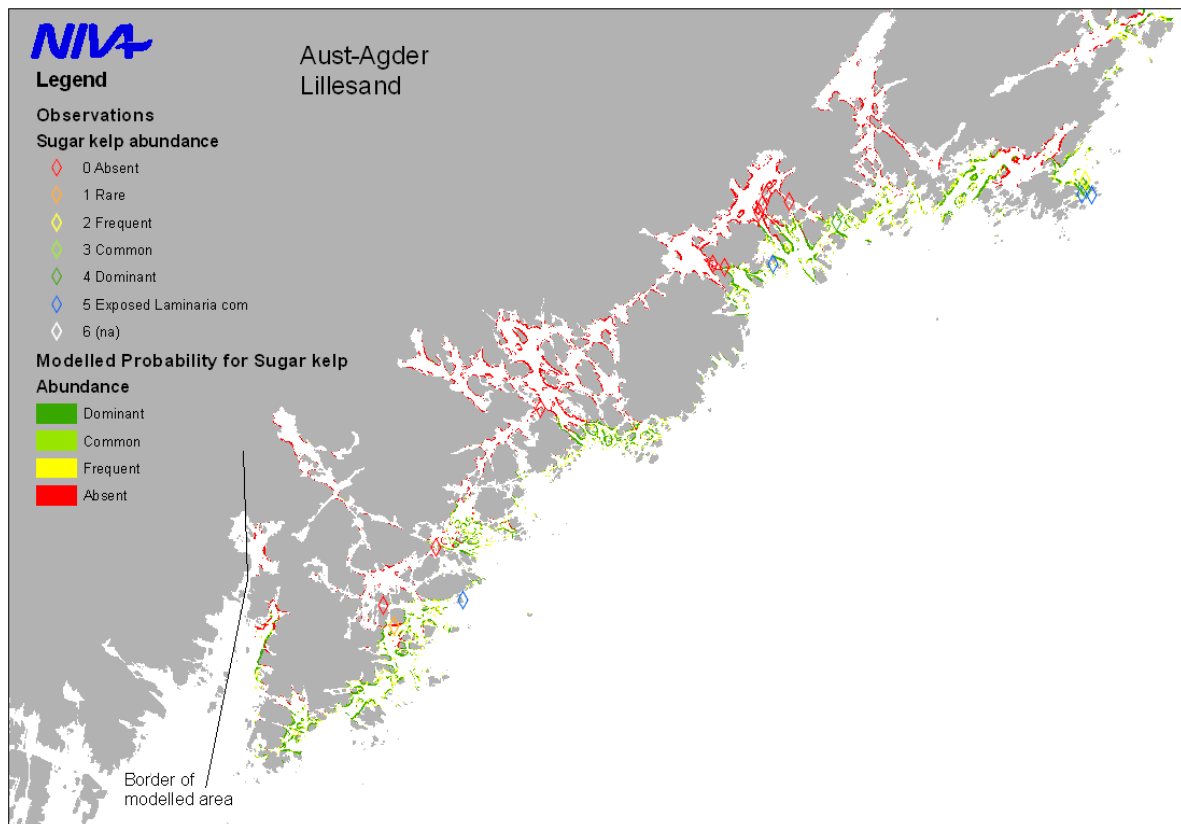
Observert forekomst (\diamond) og predikert sannsynlighet for forekomst og bortfall av sukkertare:
grønt = dominerende, *lys grønt* = vanlig, *gult* = spredt forekomst, *rødt* = ingen/bortfall.



Observert forekomst (\diamond) og predikert sannsynlighet for forekomst og bortfall av sukkertare:
grønt = dominerende, *lys grønt* = vanlig, *gult* = spredt forekomst, *rødt* = ingen/bortfall.

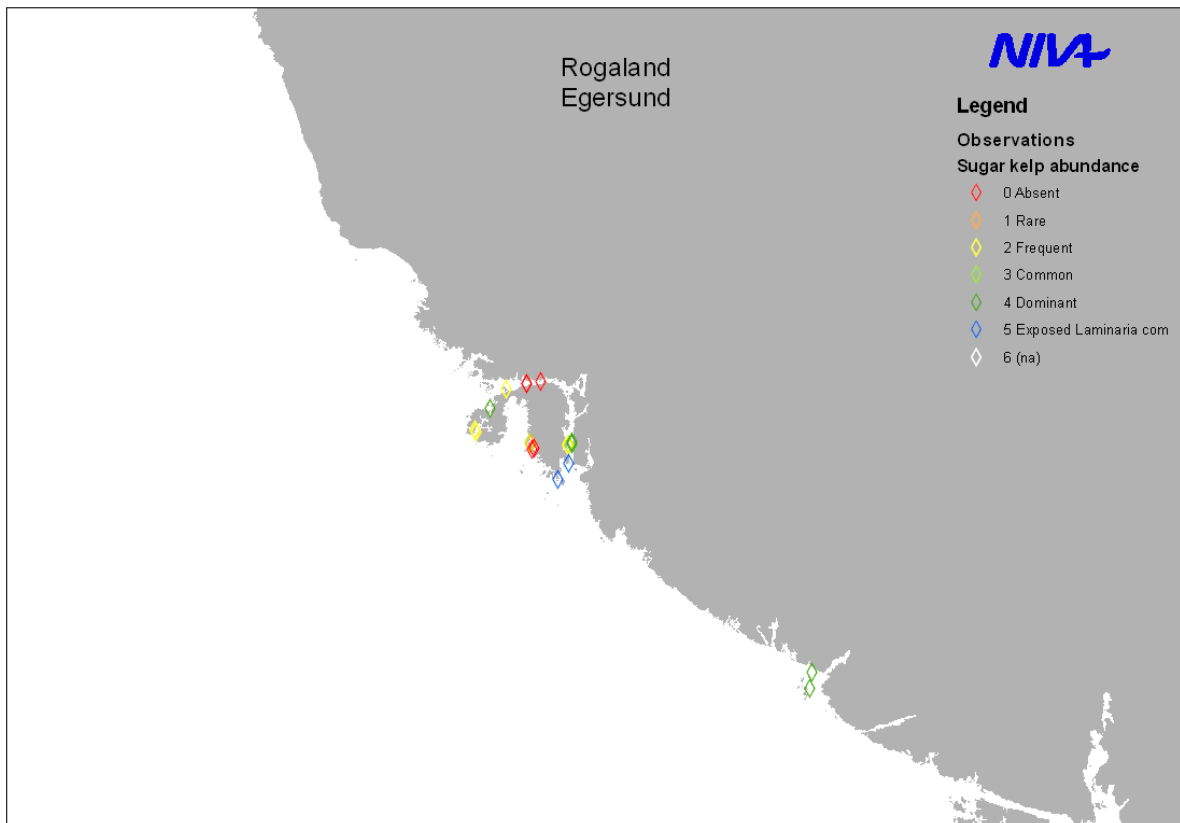
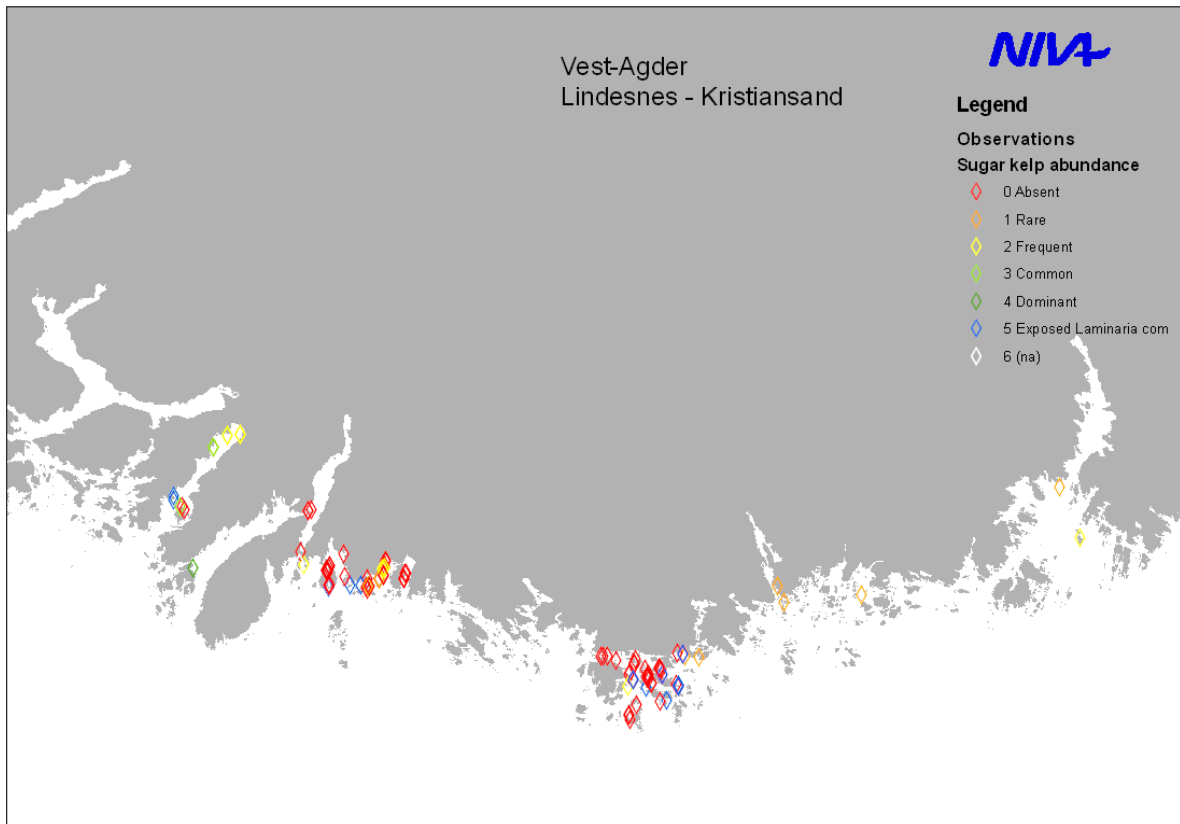


Observert forekomst (\diamond) og predikert sannsynlighet for forekomst og bortfall av sukkertare:
grønt = dominerende, *lys grønt* = vanlig, *gult* = spredt forekomst, *rødt* = ingen/bortfall.



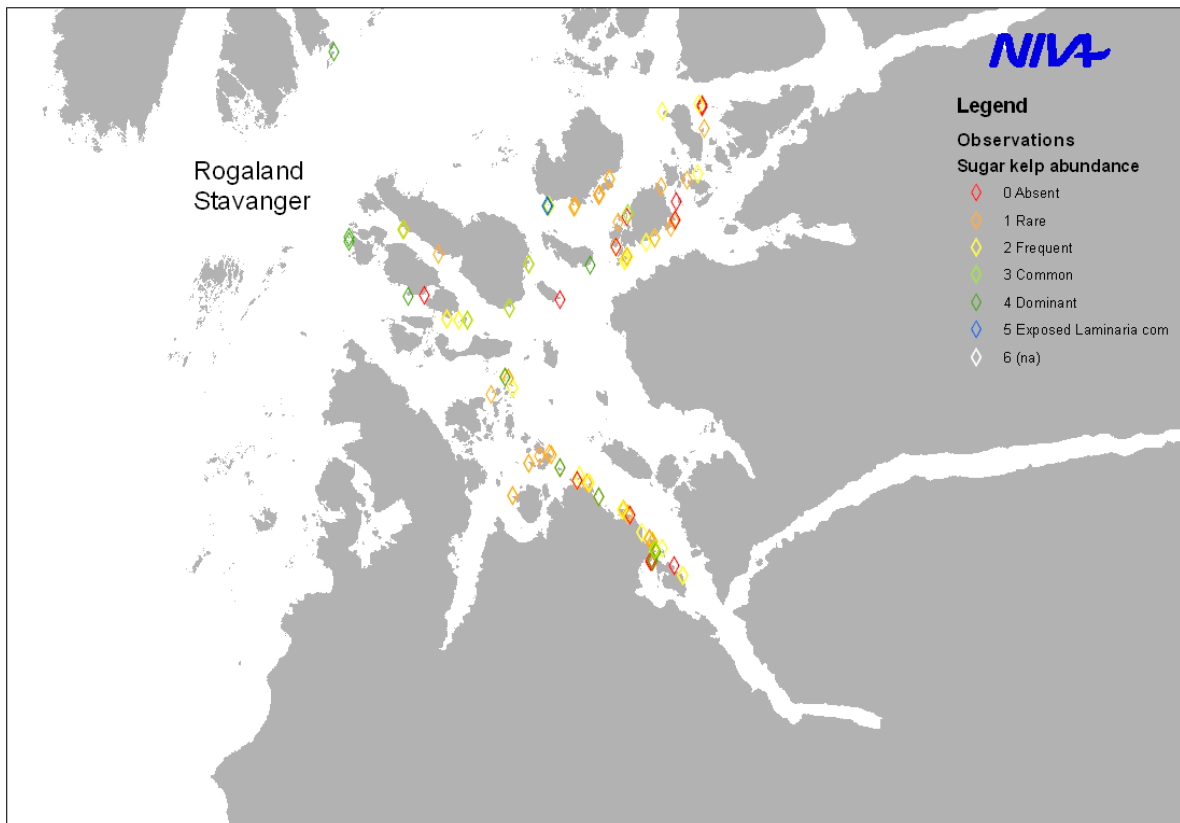
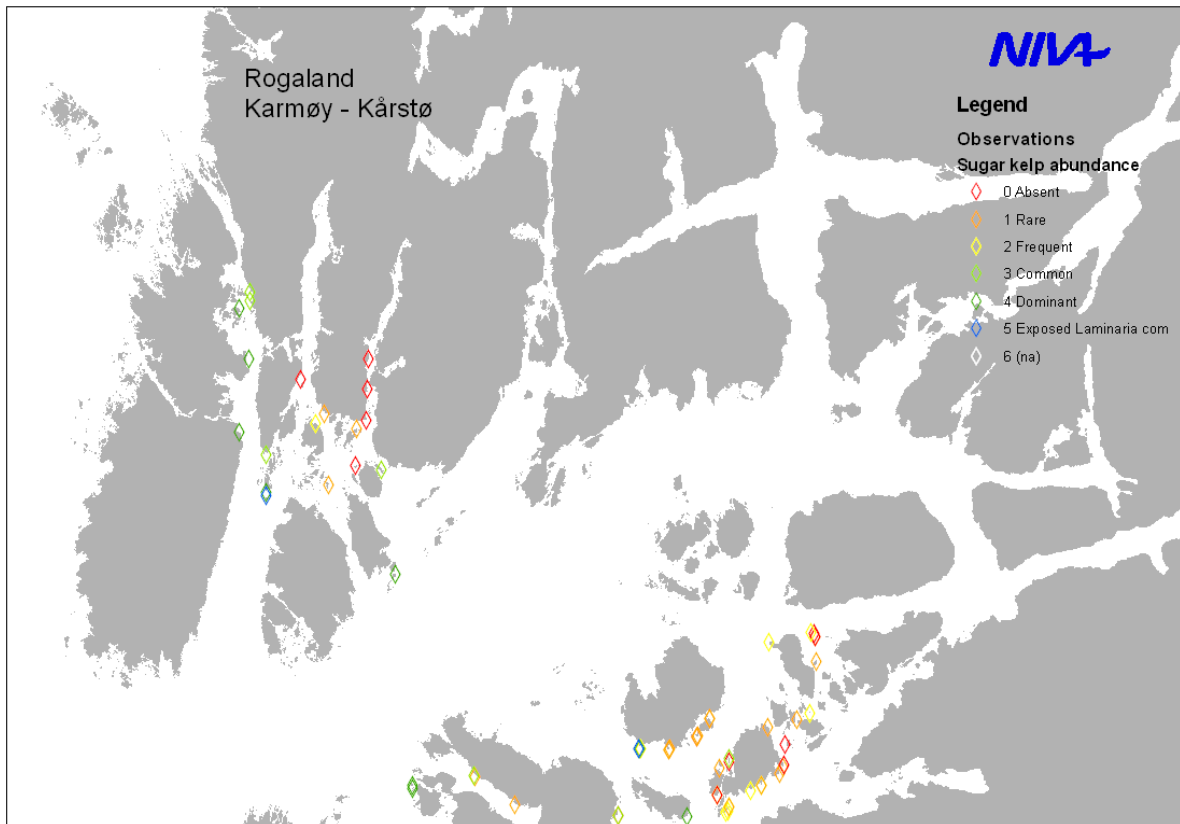
Stasjonsnett og observert forekomst (\diamond) av sukkertare:

grønt = dominerende, *lys grønt* = vanlig, *gult* = spredt forekomst, *rødt* = ingen/bortfall.



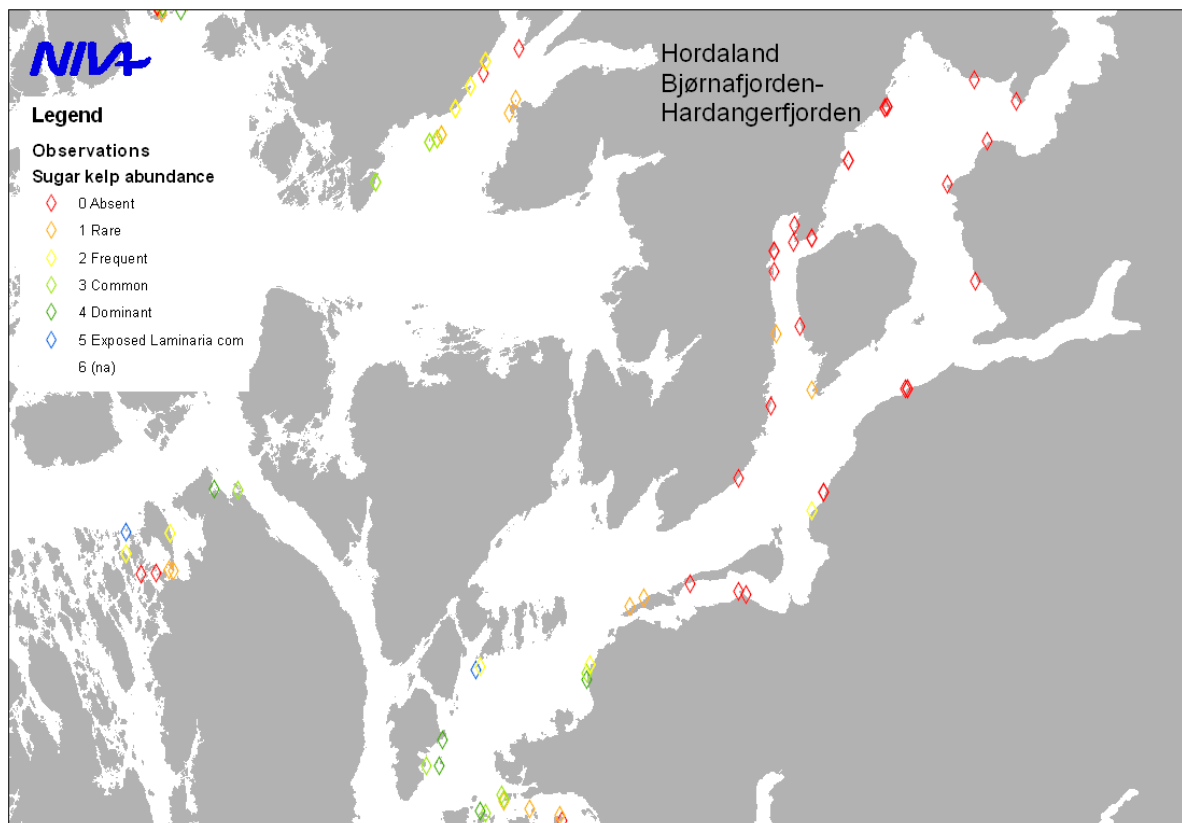
Stasjonsnett og observert forekomst (◇) av sukkertare:

grønt = dominerende, *lys grønt* = vanlig, *gult* = spredt forekomst, *rødt* = ingen/bortfall.



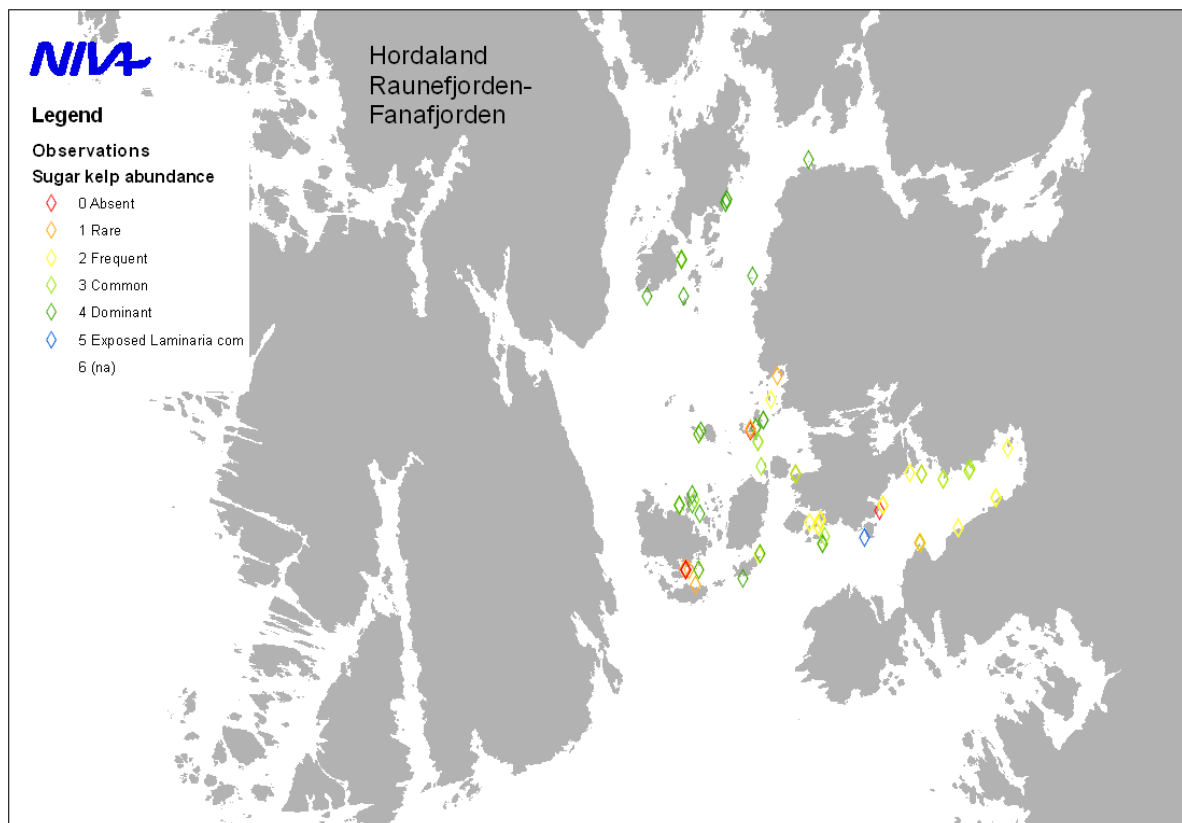
Stasjonsnett og observert forekomst (\diamond) av sukkertare:

grønt = dominerende, *lys grønt* = vanlig, *gult* = spredt forekomst, *rødt* = ingen/bortfall.



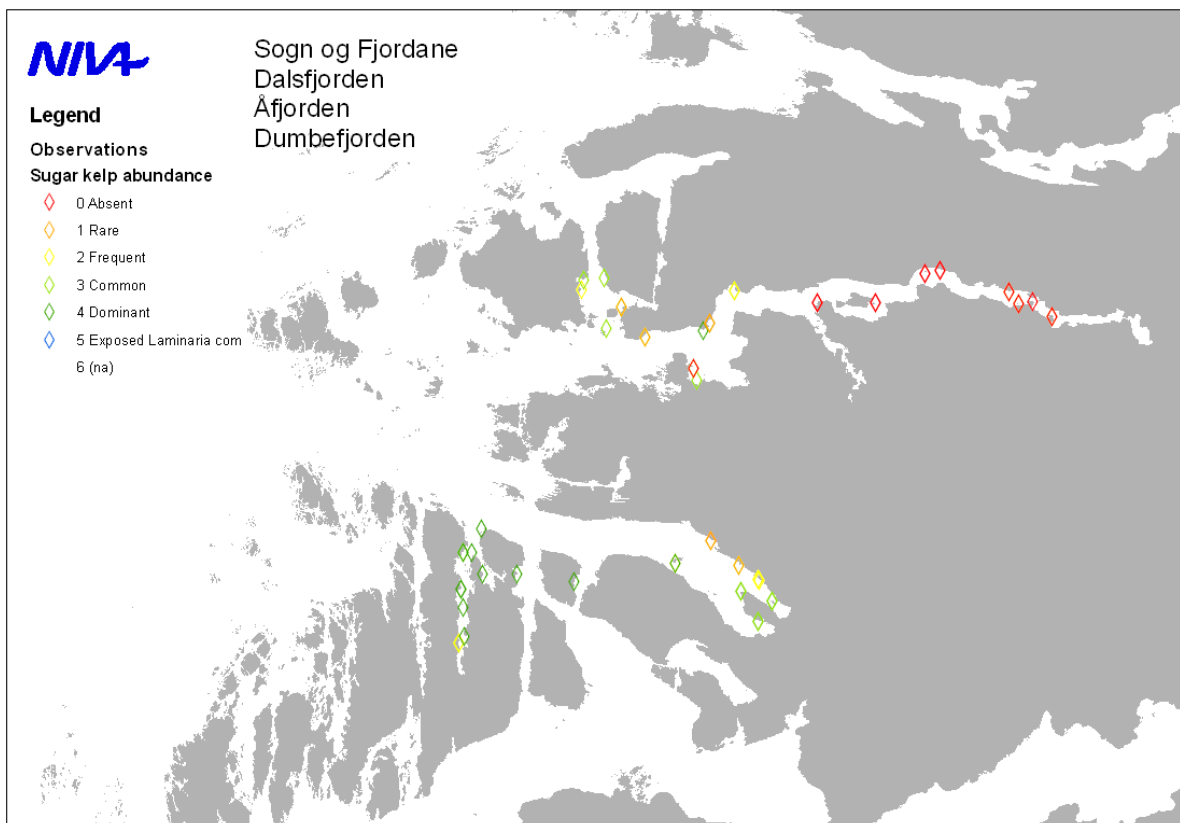
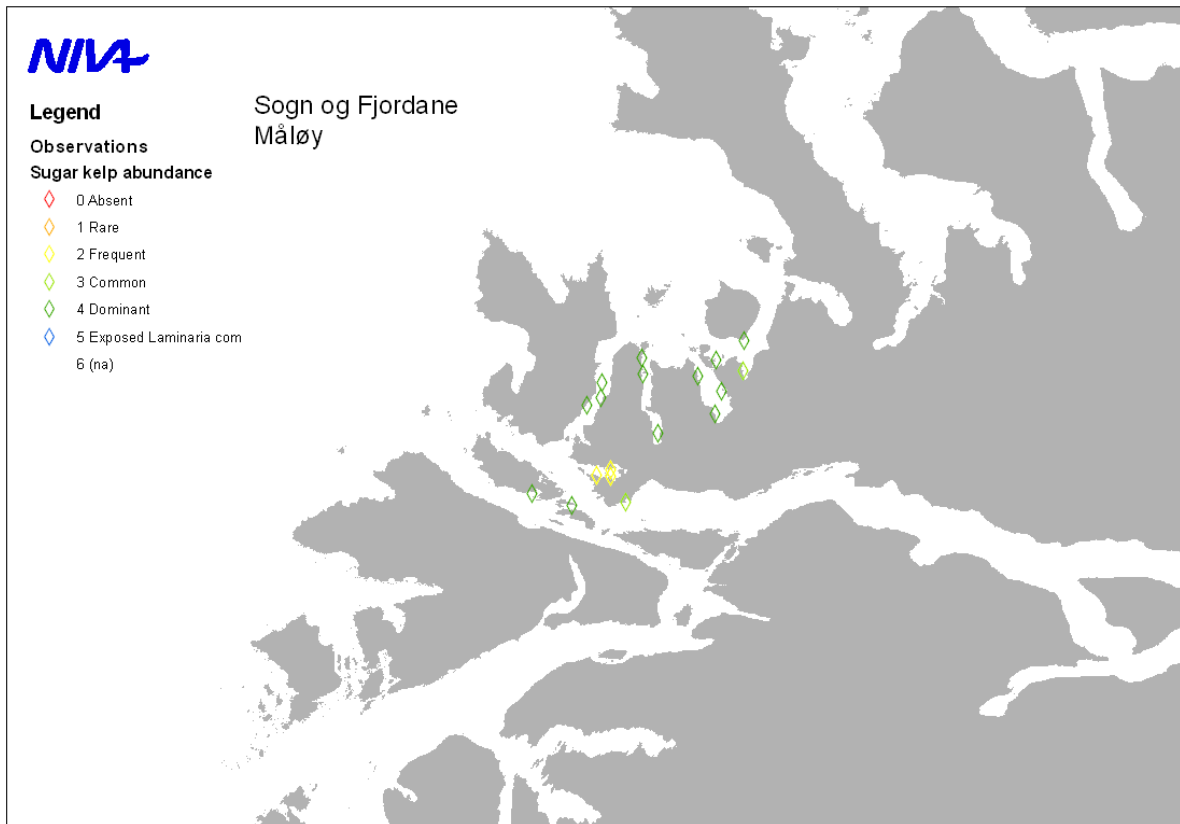
Stasjonsnett og observert forekomst (\diamond) av sukkertare:

grønt = dominerende, *lys grønt* = vanlig, *gult* = spredt forekomst, *rødt* = ingen/bortfall.



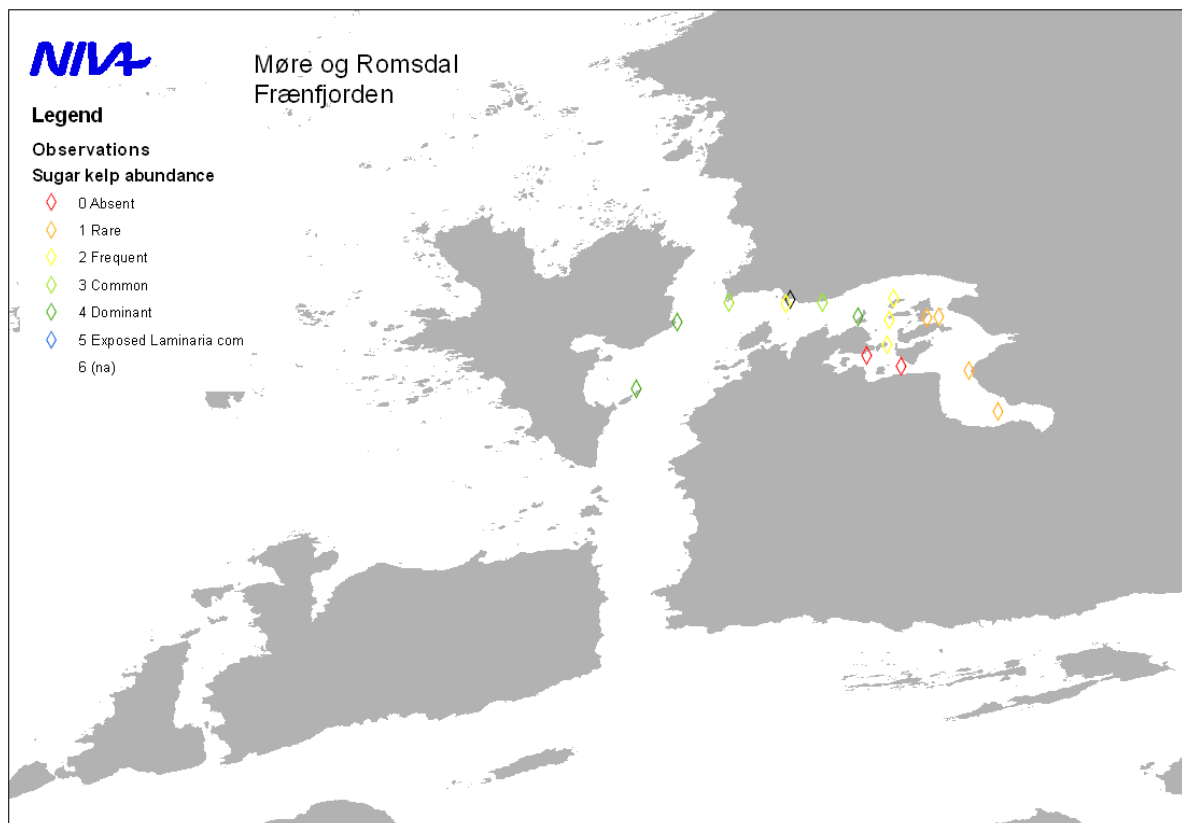
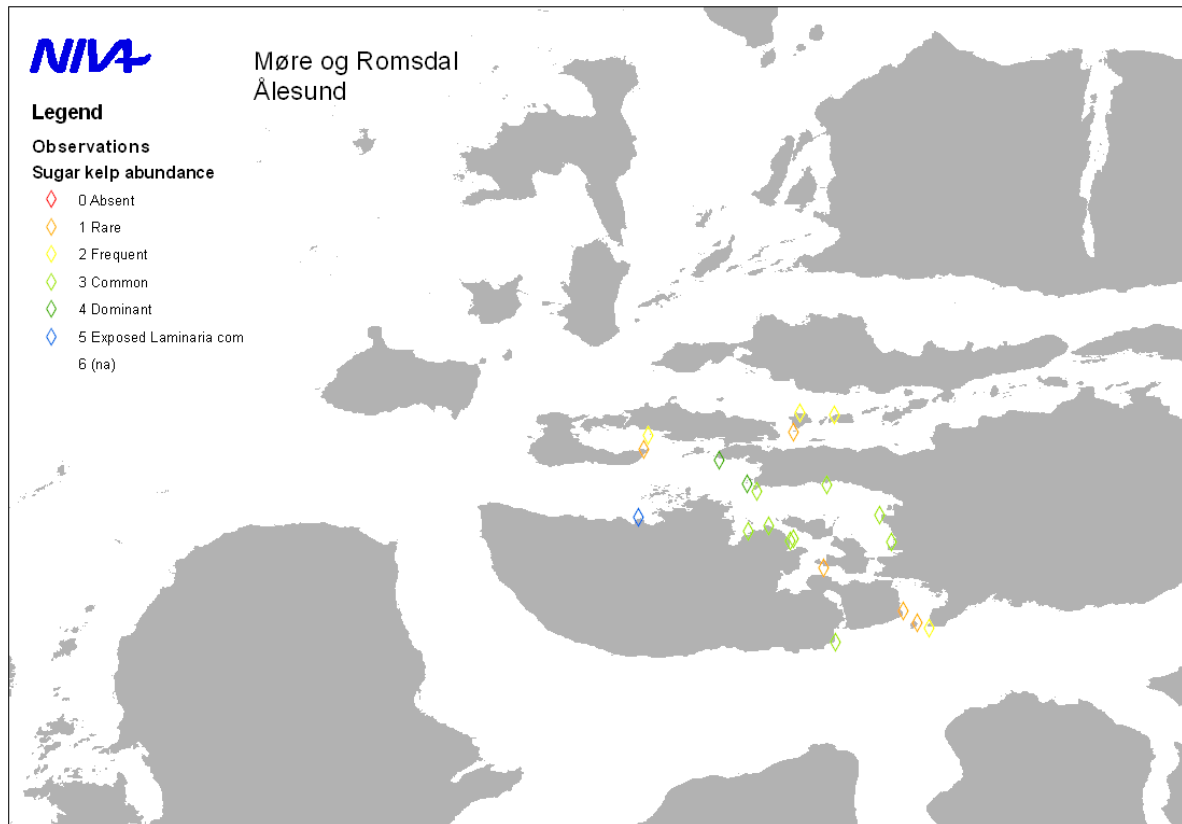
Stasjonsnett og observert forekomst (◇) av sukkertare:

grønt = dominerende, *lys grønt* = vanlig, *gult* = spredt forekomst, *rødt* = ingen/bortfall.



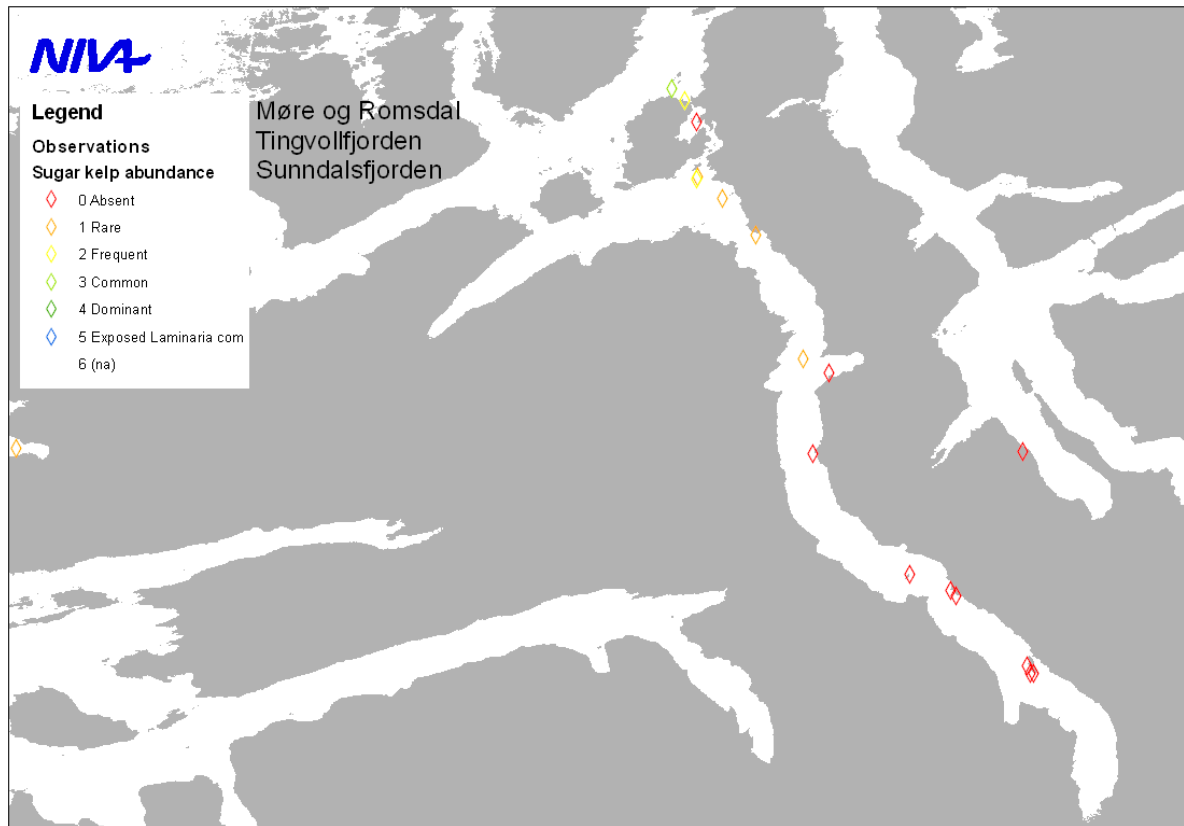
Stasjonsnett og observert forekomst (\diamond) av sukkertare:

grønt = dominerende, *lys grønt* = vanlig, *gult* = spredt forekomst, *rødt* = ingen/bortfall.



Stasjonsnett og observert forekomst (◇) av sukkertare:

grønt = dominerende, *lys grønt* = vanlig, *gult* = spredt forekomst, *rødt* = ingen/bortfall.



Vedlegg D

Beregning av reduksjon i forekomst av sukkertare

Datagrunnlag: alle registreringer alle år unntatt:

- a) stasjoner hvor det har vært foretatt repeterende undersøkelser. For disse er kun siste gangs undersøkelse tatt med for å unngå deres overvekt i materialet og
- b) 2007-data fra Hardangerfjorden for å unngå skjevhet i datamaterialet grunnet stor overvekt av stasjoner (54 stasjoner) fra en fjord. 2008-data fra Hardangerfjorden er inkludert (8 st).

Til sammen er datagrunnlaget 624 stasjoner. Av disse ble 3 stasjoner funnet uegnet til å vurdere sukkertaretilstanden og 54 stasjoner var stortarestasjoner, dvs. dominert av stortare og med forekomst av sukkertare, men altså mer bølgeeksponerte enn der hvor sukkertare er den dominerende arten. Disse til sammen 57 stasjoner ble derfor ikke tatt med i beregningen av tilstanden (dårlig, moderat og god tilstand) til sukkertare på indre kyst av Sør-Norge.

Det er lagt til grunn at alle undersøkte punkter ligger innenfor sukkertarens potensielle utbredelsesområde og at punktene kan ansees å være tilfeldig utvalgt innen sukkertarens utbredelsesområde og innen fylkes-/regiongrenser.

Tabell D (og figur D) viser tilstandsstatus til stasjonene fordelt på fylker og prosentvis fordeling av observasjoner i tilstandsklassene ”dårlig” (tilstand 0+1), ”moderat” (tilstand 2) og ”god” (tilstand 3+4) ut fra forekomst av sukkertare og trådalger, samt prosentandel av stasjoner hvor sukkertare har blitt helt borte (tilstand 0). Ut fra dette har sukkertare forsvunnet *helt* fra henholdsvis 60 og 20 prosent av undersøkte stasjoner i Skagerrak og Vestlandet (Rogaland og Hordaland). Det vil si at det ikke ble funnet sukkertare på hhv. 60 og 20 % av stasjonene i motsetning til forventet. 60 % i Skagerrak stemmer godt overens med modellberegnet tap på 50 % i forhold til flateareal og 68 % i forhold til andel av kystlinje.

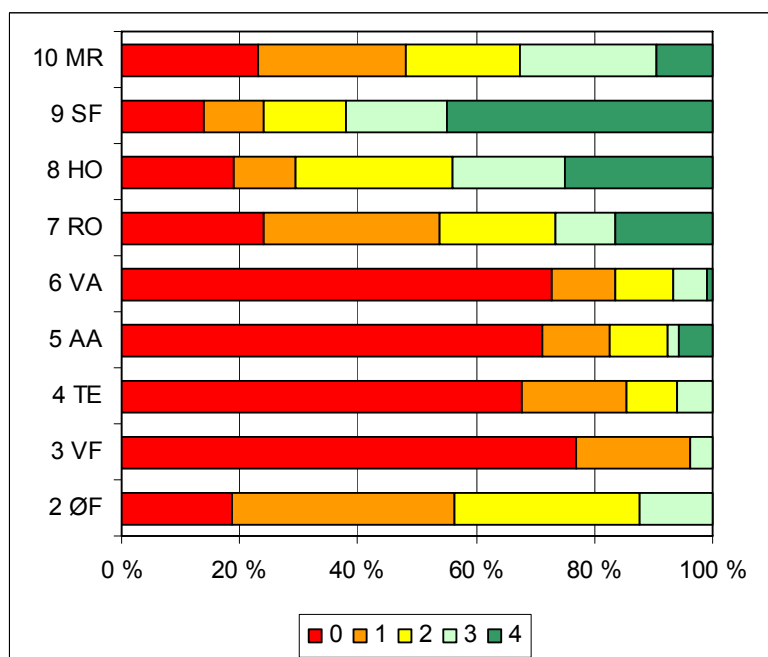
Dårlig tilstand (klasse 0+1) ble funnet på henholdsvis 80 og 40 % av stasjonene i Skagerrak og Vestlandet. Det vil si at det var forventet god forekomst av sukkertare, men lite eller ingen sukkertare ble observert. At det ble observert enkelte sukkertarer (tilstand 1) når det var forventet god tilstand (minimum moderat tilstand), vurderes ut fra en totalvurdering ikke å være tilstrekkelig til å bli ”friskmeldt”. Andel ”dårlig tilstand” ansees å gi et mer riktig bilde av tilbakegangen enn kun opptelling av stasjoner som helt har mistet sin forventede forekomst av sukkertare.

Tapet av sukkertare kan vurderes som tapt geografisk utbredelse, redusert forekomst av sukkertare (fra skogdannende til enkeltindivider) og redusert dybdeutbredelse, dvs reduksjon i både utbredelse og forekomst. Indikasjoner tyder på at dybdeutbredelsen i Skagerrak er redusert fra 25-30 m til 15 m selv i områder hvor dagens forekomst er betegnet som god. Dette alene er et stort tap i sukkertareforekomst (-biomasse). Det foreligger dessverre få målinger av dybdeutbredelse før og nå og vi kan derfor vanskelig inkludere dette. Men det gir støtte til å bruke den observert tilstandsstatusen som grunnlag for å estimere det reelle tapet av sukkertare langs kysten. Samlet sett konkluderes det derfor med at tapet av sukkertare er 80 % i Skagerrak og 40 % på Vestlandet (dvs. andel stasjoner med dårlig tilstand) og at sukkertare har forsvunnet helt fra hhv. 60 og 20 % av sitt utbredelsesareal på Vestlandet og Skagerrak.

Tabell D Tilstand til sukkertare på stasjoner langs kysten fordelt på fylker fra Østfold (ØF) til Møre og Romsdal (MR). A) Tilstand: 0=ingen sukkertare, 1=enkeltfunn, 2= spredte forekomst, 3=vanlig forekomst og 4= dominerende sukkertarepopulasjon. 5=sukkertare i bølgeeksponert stortaresamfunn. 6=ikke egnet stasjon (ekskludert). B) Prosent: Borte = prosent stasjoner som helt har tapt sukkertare (tilstand 0). Dårlig = lite til ingen sukkertare (tilstand 0+1). Moderat = spredt forekomst av sukkertare og dominans av trådalger (tilstand 2). God = vanlig til dominerende forekomst av sukkertare (tilstand 3+4). Tilstandsklasse 5 og 6 er ikke inkludert i prosentberegningene.

A) Tilstand	Klasse							
Fylker	0	1	2	3	4	5	6	Sum
2 ØF	3	6	5	2		3	1	20
3 VF	20	5		1		19		45
4 TE	23	6	3	2		1		35
5 AA	37	6	5	1	3	11		63
6 VA	67	10	9	5	1	12	1	105
7 RO	29	36	24	12	20	4	1	126
8 HO	22	12	31	22	29	3		119
9 SF	8	6	8	10	26			58
10 MR	12	13	10	12	5	1		53
Totalt	221	100	95	67	84	54	3	624

B) Prosent (av 567 stasjoner)					Skagerrak og Vestlandet (RO-HO)			
	Borte	Dårlig	Moderat	God	Borte	Dårlig	Moderat	God
2 ØF	19	56	31	13				
3 VF	77	96	0	4				
4 TE	68	85	9	6				
5 AA	71	83	10	8				
6 VA	73	84	10	7	61	81	12	7
7 RO	24	54	20	26				
8 HO	19	29	27	44	21	42	23	35
9 SF	14	24	14	62				
10 MR	23	48	19	33				



Figur D Tilstand for sukkertare på undersøkte stasjoner langs kysten fordelt på fylker fra Østfold (ØF) til Møre og Romsdal (MR). Tilstand: klasse 0 = ingen sukkertare (borte). Klasse 1 = enkelte funn av sukkertare, men dårlig tilstand. Klasse 2 = spredt forekomst av sukkertare, dominerende med trådalger og moderat tilstand. Klasse 3 = vanlig forekomst av sukkertare og dominerende med trådalger. Klasse 4 = dominerende forekomst av sukkertare.



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 978-82-577-5444-0
---	----------------------------------

Oppdragstakers prosjektansvarlig Frithjof Moy	Kontaktperson SFT Karen Fjøsne	TA-nummer 2467/2008
--	-----------------------------------	------------------------

	År 2008	Sidetall 131	SFTs kontraktnummer 5007149
--	------------	-----------------	--------------------------------

Utgiver Norsk institutt for vannforskning NIVA-rapport 5709-2008	Prosjektet er finansiert av Statens forurensningstilsyn
--	--

Forfattere:

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 PA,

Tittel

Sluttrapport fra Sukkertareprosjektet 2005-2008.
Final report from the Sugar Kelp Project 2005-2008

Sammendrag

Sukkertareprosjektet (2005-2008) har vært finansiert av Miljøverndepartementet (MD) og ledet av Statens forurensningstilsyn (SFT) og Direktoratet for naturforvaltning (DN). Prosjektets formål har vært å undersøke omfang og årsaker til bortfall av sukkertare på kysten av Sør-Norge.

Kartleggingen av ca 600 lokaliteter viser at sukkertareskogen er sterkt redusert eller mangler helt i fjorder og skjærgårdsområder på store deler av Sørlandet og deler av Vestlandet. På ytre, bølgeeksponert kyst vokser det fortsatt sukkertare (sammen med stortare), slik at bortfallet av sukkertare har skjedd på indre, bølgebeskyttet kyst. I tillegg til redusert geografisk utbredelse, er dybdeutbredelsen for sukkertare også redusert. Bortfallet av sukkertare i dag er anslått til 80 og 40 % i hhv. Skagerrak og Rogaland-Hordaland. Det er stor variasjon i tilstanden på Vestlandet undersøkt opp til Møre og Romsdal.

Det er høyst sannsynlig et samspill mellom mange faktorer som er årsak til dagens tilstand. Høy sjøtemperatur i er den enkeltfaktor som kan ha forårsaket en plutselig, regional sukkertaredød i 1997, og slik sett kan klimaendring ha initiert et regimeskifte. Overgjødning og avrenning fra land gir oppblomstring av trådalger, tilslamming og kystvannformørking, som er sannsynlig årsaker til manglende gjenvekst av sukkertare og vedvarende dårlig tilstand. Tilførsler av næringssalter om sommeren, når de naturlig er lite tilgjengelig (bundet opp i biomasse), forskyver balansen mellom sukkertare og trådalger i favør av trådalger. Stor biomasse av trådalger hemmer taren. Grumsete vann, partikler og humus gir lyssvekning og tilslamming.

Verditapet knyttet til tap av naturtype, biologisk mangfold, redusert rekreasjonsverdi og tapt produksjon av fisk og andre ressurser til næringsvirksomhet og tapt CO₂-binding, utgjør store beløp.

Tiltak som reduserer tilførsler av næringssalter og organisk materiale, sammen med restaureringstiltak for å øke habitatdiversiteten som utplantning av sukkertare i kombinasjon med kunstige rev, mener vi kan snu den negative utviklingen og revitalisere en forringet kystsoner.

4 emneord Sukkertare Eutrofiering Klima Sør-Norge	4 subject words Sugar kelp Eutrophication Climate Southern Norway
---	---

Statens forurensningstilsyn

Postboks 8100 Dep,
0032 Oslo

Besøksadresse: Strømsveien 96

Telefon: 22 57 34 00

Telefaks: 22 67 67 06

E-post: postmottak@sft.no

www.sft.no

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. SFT er ansvarlig for gjennomføringen av overvåkingsprogrammet.

TA-2467/2008

ISBN 978-82-577-5444-0