

Endringer i horisontalutbredelsen av tang i Indre Oslofjord – betydningen av kommunenes rensetiltak

Av Tone Kroglund, John Arthur Berge*, Tor L. Bokn, Janne K. Gitmark og Jan Magnusson

Tone Kroglund er cand.scient. (marin botanikk) fra Universitetet i Oslo, 1990.

Forsker ved Norsk institutt for vannforskning (NIVA).

John Arthur Berge er cand.real. (marin zoologi) fra Universitetet i Oslo, 1977.

Seniorforsker ved NIVA.

Tor L. Bokn er cand.real. (marin botanikk) fra Universitetet i Oslo, 1972.

Tidl. avd.sjef/seniorforsker ved NIVA.

Janne K. Gitmark er MSc (marin botanikk) fra Universitetet i Oslo, 2006.

Forskningsassistent ved NIVA.

Jan Magnusson er fil.kand. (oseanografi) fra Gøteborgs universitet, 1971.

Ansatt ved NIVA fra 1972 til 2010.

Summary

The abundance of seaweed species in Inner Oslofjord. The effect of treatment of municipal wastewater

Seaweeds in Inner Oslofjord have been studied numerous times since 1893-94. A monitoring programme was started in 1974 focusing on the abundance of five seaweed species (*Ascophyllum nodosum*, *Fucus spiralis*, *Fucus vesiculosus*, *Fucus serratus* and *Fucus evanescens*). In the 1890s, the wrack *Fucus evanescens* was recorded for the first time in inner Oslofjord. At that time both *A. nodosum* and *F. vesiculosus* were common in the Inner Oslofjord. By the 1970s *F. evanescens* had become the most abundant wrack in the Oslofjord while *A. nodosum* had disappeared from the inner parts of the fjord. In the late 1980s/1990s the amount of *F. evanescens* started decreasing and by 2011-2013 the amount of *F. evanescens* had decreased substantially due to better treatment of municipal wastewater. It is

unlikely that the seaweed flora will be restored to the 1980 condition within the near future, but we can hope the conditions do not worsen again.

Sammendrag

Tangfloraen i Indre Oslofjord har blitt studert mange ganger siden 1893-1894. Et overvåkingsprogram som ble startet i 1974 omfattet registrering av de fem vanligste tangartene, dvs. grisetang, spiraltang, blæretang, sagtang og gjelvtang. Tangvegetasjon har vært utsatt for store endringer. I 1890-årene ble gjelvtang oppdaget i Oslofjorden for første gang, og på den tiden var både grisetang og blæretang vanlige i de indre deler av Oslofjorden. Innen 1950-tallet hadde gjelvtangen spredt seg til alle deler av fjorden mens grisetang hadde forsvunnet fra de indre delene av fjorden. På 1980/1990-tallet startet imidlertid en nedgang i forekomsten av gjelvtang og i 2011-2013 hadde mengden av gjelvtang sunket betydelig som en konsekvens av igang-

satte rens tiltak for kommunale avløp. Det er likevel lite trolig at tangfloraen i fjorden innen overskuelig fremtid vil kunne restitueres til tilstanden en hadde på slutten av 1800-tallet. Sannsynligvis er det beste en kan håpe på at tilstanden på ny ikke forverres i forhold til situasjonen i 2011-2013.

Innledning

Makroalgers utbredelse og forekomst er bestemt av naturlige fysiske, kjemiske og biologiske miljøfaktorer, men menneskeskapte påvirkninger i vannmiljøet vil også påvirke vegetasjonen. De vanlige tangartene er flerårige og kan derfor tjene som gode indikatorer på langvarige og større endringer i det omgivende vannmiljø. Slike endringer kan være knyttet til endret eutrofi-status, biologiske interaksjoner (eksempelvis beiting) og fysiske forhold som isskuring eller lysforhold. Tangartene vokser i teorien i en fast sonering fra øverst til nederst i fjæra, bestemt av algenes fysiologi og konkurranseforhold. I Oslofjorden finner man spiraltang (*Fucus spiralis*) øverst i fjæra, deretter belter med blæretang (*Fucus vesiculosus*), grisetang (*Ascophyllum nodosum*), gjelvtang (*Fucus evanescens*) og helt nederst sagtang (*Fucus serratus*). Sagtang vokser i overgangen til sjøsonen og blir bare unntaksvis tørrlagt ved lavvann. På lokaliteter der flere av tangartene er tilstede, kan sonene overlape.

Spiraltang, blæretang, grisetang og sagtang er naturlig hjemmehørende i Sør-Norge og Oslofjorden. Gjelvtang derimot, er en nordlig art som dukket opp i Oslofjorden på 1890-tallet og har senere spredt seg til store deler av Sør-Skandinavia. Den ble først observert i Drøbak i 1890-årene (Simmons 1898), på svenske vestkysten i 1924 (se Athanasiadis 1996, Wikström m.fl. 2002) og ble i 1925 funnet i vestlige deler av Østersjøen (Schueller & Peters 1994). I dag vokser gjelvtang i den sørligste delen av Østersjøen, Sveriges vestkyst, Danmark, på deler av norskekysten til og med Finnmark (Nervold, 2008, Artsdatabanken 2016) og på Svalbard (Fredriksen og Kile 2012). Gjelvtang har en bred nordatlantisk utbredelse (se Athanasiadis 1996, Guiry & Guiry 2016). Mens den vokser på mode-

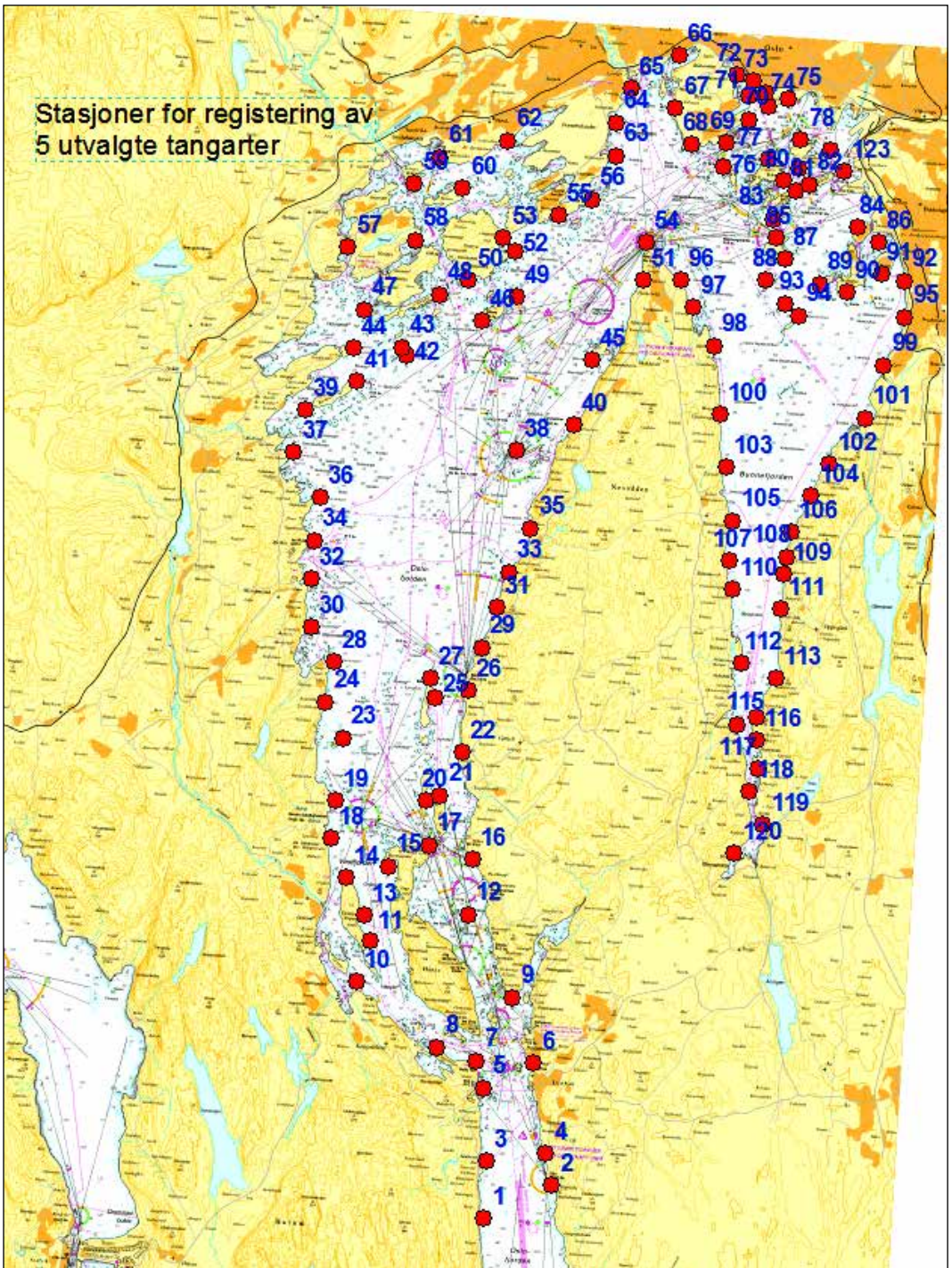
rat bølgeutsatte steder i nord, er den for det meste knyttet til forurensede havneområder i Sør-Norge.

Endringer i forekomst av tang har vært blant annet vært knyttet til overgjødning og utslipp av kommunalt avløpsvann (Bokn m.fl. 1992).

Arbeidet med bedre rensing av kommunalt avløpsvann har vært en fortløpende prosess i Indre Oslofjord siden midten av 1970-tallet. I 1972 startet kommunene i Indre Oslofjord med kjemisk rensing av avløpsvann. Deretter fulgte Nordsjøavtalen fra 1987, et resultat av OSPARs anbefaling om 50 % reduksjon av tilførselen av nitrogen til Nordsjøen. Regjeringen i Norge besluttet at denne reduksjonen skulle tas i Indre Oslofjord.

- Nordre Follo rensanlegg ble etablert med mekanisk rensing i 1972, etterfulgt av kjemisk rensing av fosfor i 1982 og nitrogen i 1997.
- Det første rensanlegget på Bekkelaget stod ferdig i 1963. Utbygging av rensanlegget i 2001 medførte rensing av både fosfor og nitrogen, samt flytting av utslippet fra 20 til 50 meters dyp i Bekkelagsbassenget for å sikre effektiv innlagring av det rensede avløpsvannet under sprangsjiktet. Anlegget er nå under videre utbygging for å ta hånd om avløp fra Oslos økende befolkning.
- Det største tiltaket var etableringen av VEAS i 1982 (kjemisk rensing og utslipp av rensed avløpsvann på ca. 50 meters dyp i Vestfjorden) og avløpstunnelen fra Oslo til VEAS som fanget opp tidligere direkteutslipp på strekningen fra Oslo vest og Bærum/Asker. I 1995/96 startet VEAS nitrogenrensing. I 2008 ble behandlingsskapasitet på VEAS økt for å redusere hyppighet og volum på utslipp fra overløpet på Lysaker.

Utbygging av Bekkelaget rensanlegg og flytting av utslipp til 50 m dyp i 2001 har medført klare forbedringer i vannkvaliteten, særlig i dypvannet og mellomdyp (Berge m.fl. 2015) og har i tillegg redusert næringsstofftilførselen til overløpet. Reduserte utslipp via overløp og sane-



Figur 1. Stasjonsplassering for registrering av de vanligste tangartene fra 1974-2013. Stasjon 1-18: Håøya-Drøbak, St. 19-50: Vestfjorden, St. 38 og 40: Steilene, St. 54: Nesoddtangen, St. 58-62: Bærumsbassenget; St. 65: Lysaker; St. 66: Bestumkilen; 70-73: Frognerkilen; St. 95-120: Bunnefjorden; St. 78, 79 og 122: Hovedøya; St. 74-82 og 122-123: Indre havnebasseng; 78: Hovedøya.

ring av direkteutslipp vil også kunne gi en direkte positiv effekt for overflatevannet. I perioder med mye nedbør kan det likevel gå ut betydelige mengder med urensset avløpsvann til overflatelaget.

I 1974 startet NIVA årlige registreringer av de 5 vanligste tangartene i Indre Oslofjord. Undersøkelsen ble startet for å kunne følge eventuelle endringer i den horisontale utbredelsen til tangartene i en periode der det var planlagt betydelige rensetiltak i fjorden. Et spørsmål var om tangvegetasjonen ville komme tilbake til opprinnelig tilstand etter reduksjoner av nærings salttilførsler. I perioden 1974-1980 ble det foretatt årlige registreringer av tangvegetasjonen i Indre Oslofjord, deretter fulgte undersøkelser på slutten av 1980-tallet, 1990-tallet (Bokn & Lein 1978, Bokn 1979, Bokn m.fl. 1992, Magnusson m.fl. 2001) og i 2011-2013 (Berge m.fl. 2014a + b). Undersøkelsene ble fra 1978 gjennomført på oppdrag for Fagrådet for Vann for vann- og avløpsteknisk samarbeid i Indre Oslofjord (Fagrådet), mens det tidligere var andre finansieringskilder.

Det gis her en oversikt over resultatene fra tangundersøkelsene i perioden 1974 til 2013, med tolking og diskusjon av de endringer i tangvegetasjonen som er registrert. Den generelle utviklingen i fjorden er også diskutert.

Materiale og metode

Registreringer av spiraltang, blæretang, grisetang, gjelvtang og sagtang er gjennomført på 123 stasjoner i Indre Oslofjord. Undersøkelsesområdet

strekker seg fra Drøbaksundet til Oslos indre havneområde og videre inn i Bunnefjorden. Stasjonsplasseringen er vist i figur 1.

På hver stasjon blir det undersøkt 15-30 m strandlinje avhengig av strandens beskaffenhet. Tangens forekomst er angitt etter en 4-delt semi-kvantitativ skala der 0 = Ikke registrert, 1 = Sjelden, 2 = Vanlig og 3 = Dominerende. Metoden er tidligere benyttet (Bokn og Lein 1978), og egnet til å raskt få kartlagt tilstanden til tangvegetasjon i et større kystområde. Samme skala er benyttet i alle registreringsårene. Registreringene er gjort fra lettbåt eller ved vandring i strandsonen, kombinert med bruk av vannkikkert. GPS-posisjoner og stasjonsbilder er benyttet for å kunne finne tilbake til de samme stasjonene hvert undersøkelsesår. Alle registreringene gjennomført i mai måned, tabell 1, med unntak av 2011 hvor de ble gjennomført i juni. Gjelvtangen er fertil om våren (mars-juni) og har da velutviklede reseptakler (vev hvor kjønncellene utvikles), se figur 2. Utenom de fertile periodene kan gjelvtang være lett å forveksle med blæreløse former av blæretang.

Data fra den siste undersøkelsen i 2011-2013 er sammenlignet med undersøkelsene fra 1998-2000, 1988-90 og fra 1974-80. Det er også undersøkt hva eldre undersøkelser i Oslofjorden sier om tilstedeværelsen av de utvalgte tangartene.

Ved sammenligning mellom de ulike tidsperiodene er det både sett på den horisontale utbredelsen til artene, samt forskjeller i mengde av de ulike tangartene.

Tidspunkt for registrering av forekomst av tang			
Periode 1	Periode 2	Periode 3	Periode 4
1974	1988	1998	2011
1975	1989	1999	2012
1976	1990	2000	2013
1977			
1978			
1979			
1980			

Tabell 1. Årstall for feltregistreringer av 5 tangarter.



Figur 2. *Fucus evanescens* med tydelige reseptakler og *Fucus vesiculosus* (øverst til venstre). Bildet er tatt ved Sætre (stasjon 8) i 2012 (foto: NIVA).

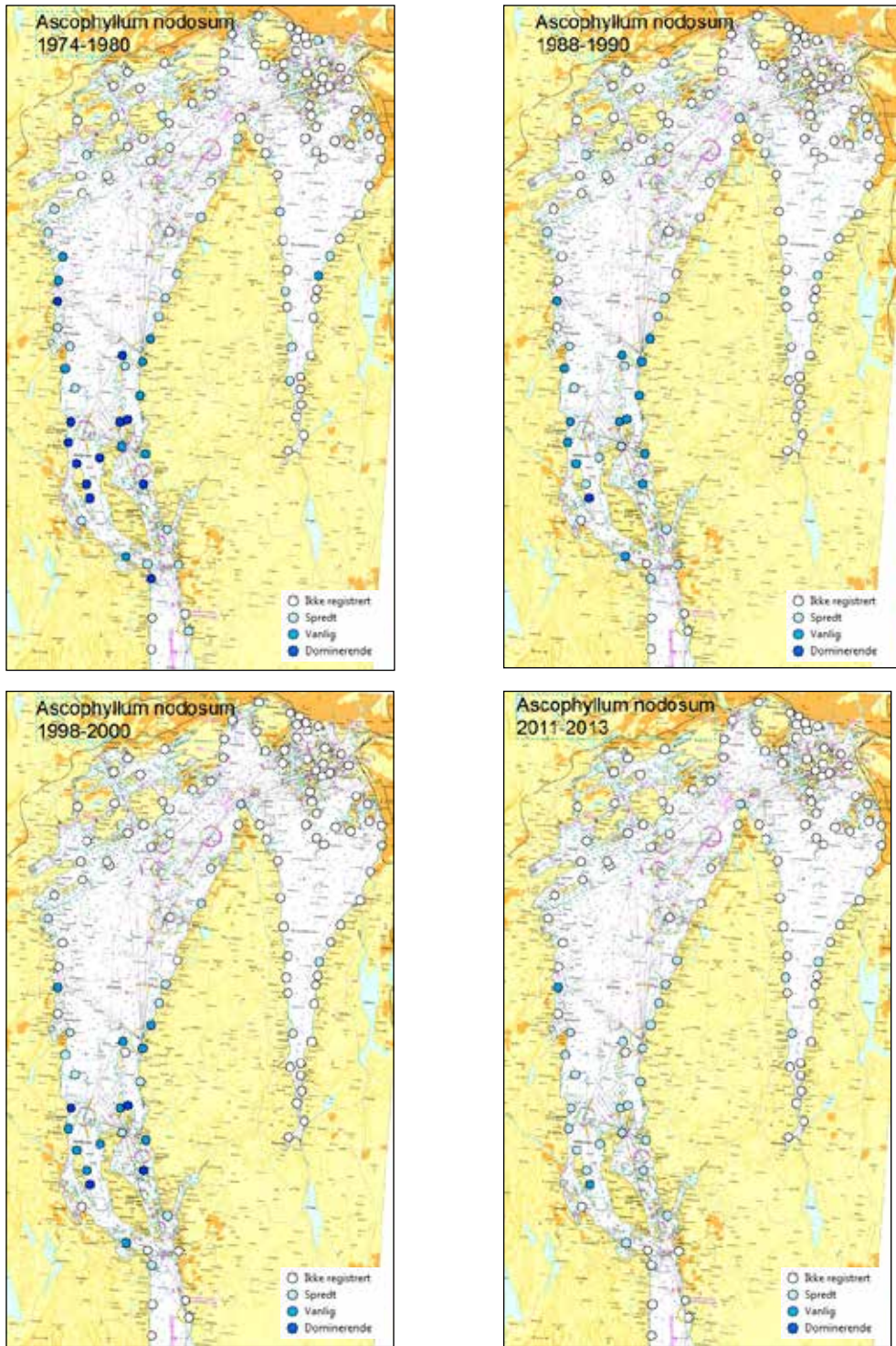
Resultater 1974-2013 og tidligere historisk utvikling

Det foreligger mye kunnskap om algevegetasjonen i Indre Oslofjord, og det har skjedd store endringer fra første kjente nedtegnelse (Gran 1897) og frem til i dag. I omtalen av hver art nedenfor har vi oppsummert hovedtrekkene i utbredelsen.

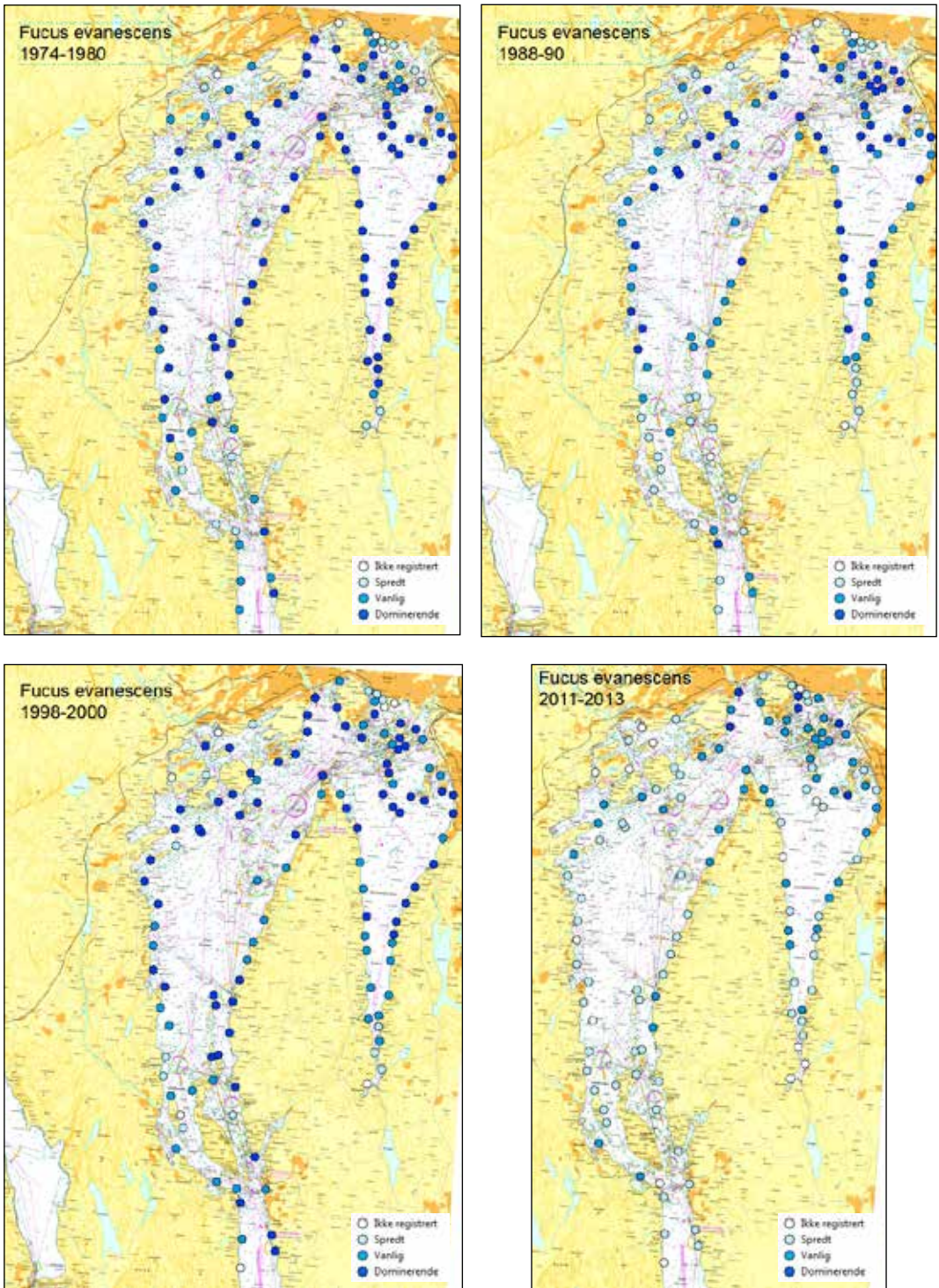
I figur 3 og figur 4 vises utbredelsen av grisetang og gjelvtang gjennom de fire undersøkelsesperiodene fra 1974 til 2013. Merk at det er benyttet gjennomsnitt for årene innen de ulike undersøkelsesperiodene. Det betyr at figurene ikke viser endringer/variasjoner innenfor den enkelte undersøkelsesperiode, kun mellom dem, og kun større endringer. For nærmere omtale av endringene innen de enkelte undersøkelsesperiodene, se Berge m.fl. 2014b, Bokn m.fl. 1992, Magnusson m.fl. 2001.

Grisetang (*Ascophyllum nodosum*)

I en undersøkelse fra 1893-1894 beskriver Gran (1897) grisetang som «*Litoral, især beskyttet, sel-skabelig, almindelig utbredt fra fjordens inderste dele (Bygdø, Lian, Nakkholmen, Drøbak.)*». Gris-etang var fremdeles vanlig i Oslofjorden på 1940- og 50-tallet og i Sundenes undersøkelser fra 1940-42 og 1947-52 beskriver han gris-etang som vanlig på beskyttede lokaliteter over hele fjorden, men mindre dominerende enn blæretang. Han registrerte gris-etang som dominerende ved Lågøy, rett nord for Håøy (Sundene 1953). Ved undersøkelsene i 1974 (Magnusson m.fl. 1976) ble det registrert at innergrensen for gris-etang var blitt forskjøvet utover i fjorden sammenlignet med en tilsvarende undersøkelse i 1962-65 (Klavestad 1966). Innergrensen for gris-etang har fortsatt å forskyve seg utover fjorden og den vokser i dag kun i beskjedne mengder i sørlige



Figur 3. Utbredelse av grisetang (*Ascophyllum nodosum*) på 1970-tallet (1974-1980), slutten av 1980-tallet (1988-1990), slutten av 1990-tallet (1998-2000) og i 2011-2013. Mengdeangivelsene er basert på snittverdier av registreringsårene.



Figur 4. Utbredelse av gjelvtang (*Fucus evanescens*) på 1970-tallet (1974-1980), slutten av 1980-tallet (1988-1990), slutten av 1990-tallet (1998-2000) og i 2011-2013. Mengdeangivelsene er basert på snittverdier av registreringsårene.



Figur 5. *Ascophyllum nodosum* (dominerer i bilde) på Nesodden (stasjon 26) i 2013 (foto: NIVA).

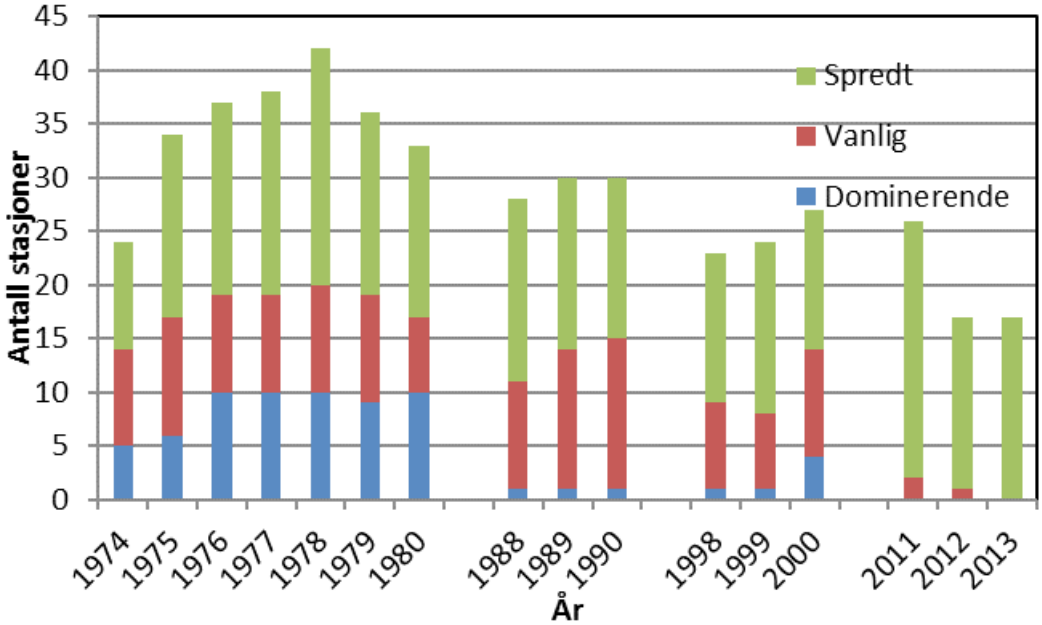
delar av Vestfjorden og på enkelte stasjoner i Bunnefjorden. Den er ikke dominerende på noen av stasjonene, og kan kun karakteriseres som vanlig på to av stasjonene, figur 3. Grisatang er stort sett fraværende fra hele havneområdet, men det finnes enkelte unntak, bl.a. en forekomst på nordspissen av Nesoddtangen, figur 5. En liten populasjon finnes også på Steilene (opplysning gitt i fm. fagfellevurdering). Figur 6 viser antallet stasjoner hvor grisatang er registrert som spredt, vanlig eller dominerende. Antall stasjoner hvor grisatang er registrert som vanlig er fortsatt synkende, og den er ikke lenger dominerende på noen stasjoner.

Gjelvtang (*Fucus evanescens*)

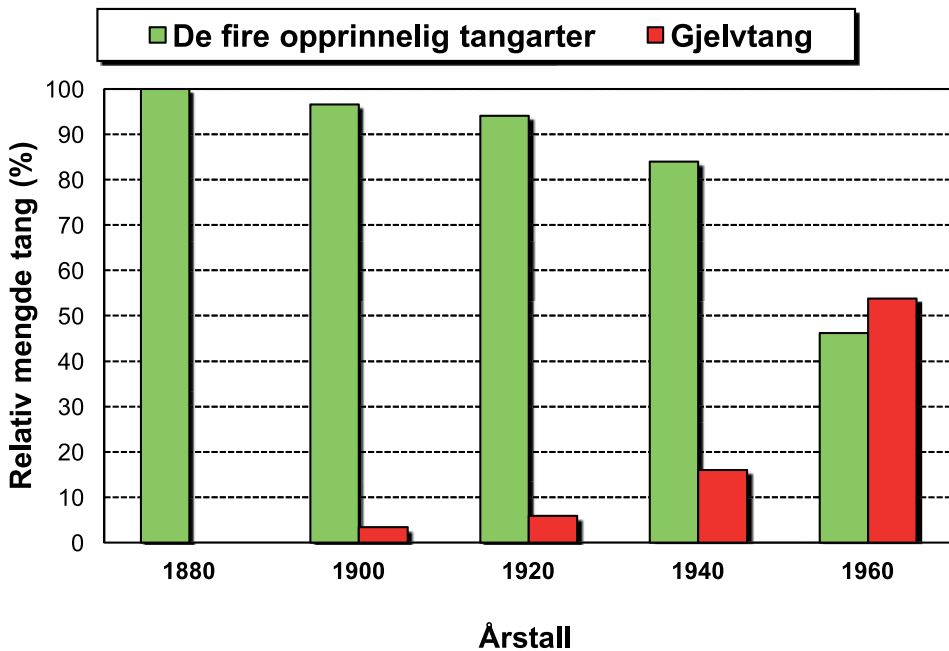
I Grans undersøkelse av Oslofjorden i 1893-1894 (1897) er ikke gjelvtang nevnt. Den ble funnet for første gang i Drøbak noen år senere (Simmons 1898). Sundene (1953) rapporterte om funn av gjelvtang (som *Fucus inflatus*) i beskjedne mengder i sin undersøkelse av Oslofjorden i 1940-

årene. Han skriver: – «*Its occurrence in the Oslofjord is rather scattered, though it may locally be very abundant such as Nesoddtangen, Steilene, Drøbak and Akerøy. In the other localities only a few individuals were observed and it was not found over wide areas in spite of extended examinations. It is evidently a species that has not yet attained its natural distribution within the fjord*». Han hadde helt rett i at utbredelsen ikke hadde nådd sitt høydepunkt. Utover 1950- og 60-tallet økte utbredelsen, dels på bekostning av de fire stedege tangartene, figur 7. I Klavestads undersøkelse av benthosalgelvegetasjonen fra 1962-1965 (Klavestad 1966) ble gjelvtang (som *F. inflatus*) funnet på 10 av 31 undersøkte stasjoner fra Filtvet i sør til Bunnefjorden. Arten vokste som spredt/vanlig. På 1970-tallet var gjelvtang blitt den vanligste tangarten mange steder, figur 4. Samtidig ble de opprinnelige tangartene mindre vanlige, spesielt grisatang (Sundene 1953, Grenager 1957, Rueness 1973, Klavestad 1978). I

Grisetang (*Ascophyllum nodosum*)

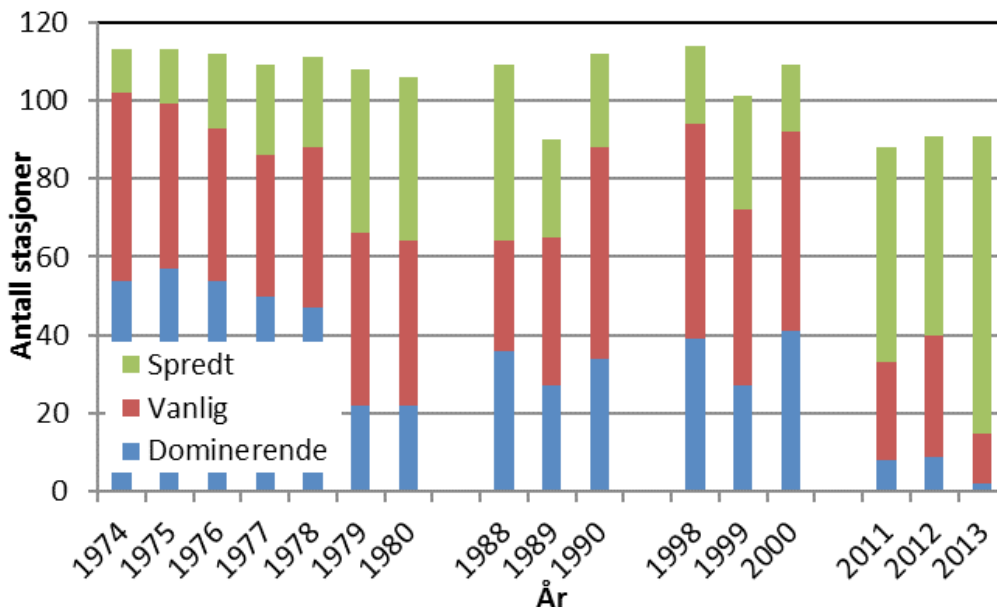


Figur 6. Forekomst av grisetang i Indre Oslofjord. Hver søyle viser hvor mange stasjoner hvor arten forekommer som spredt, vanlig og dominerende i alle registreringsår fra 1974-2013.



Figur 7. Relativ mengde tang i Indre Oslofjord siden 1880-årene til 1960 basert på opplysninger i litteraturen (Kilde: Baalsrud og Magnusson 2002, omarbeidet figur).

Gjelvtang (*Fucus evanescens*)



Figur 8. Forekomst av gjelvtang i Indre Oslofjord. Hver søyle viser hvor mange stasjoner hvor arten forekommer som spredt, vanlig og dominerende i alle registreringsår fra 1974-2013.

NIVAs undersøkelse i 1974 ble gjelvtang registrert på 113 av de 120 undersøkte stasjonene. Den dannet tette assosiasjoner fra Steilene og nordover, samt i Bunnefjorden (Magnusson m.fl. 1976). Gjelvtang vokser fremdeles i hele området, men har sitt hovedareal i indre del av fjorden (Lysaker, – Bygdøy – Hovedøya – Malmøya) hvor den vokser i tette bestander. I Bunnefjorden og Vestfjorden vokser den mer spredt, figur 4. Gjelvtang er den eneste tangen som har størst forekomst i de indre, bynære og antatt mest forurensede områdene – den har også etablert seg i områder hvor forurensningen tidligere var for stor, som i Bestumkilen.

Figur 8 viser antallet stasjoner hvor gjelvtang er registrert som spredt, vanlig eller dominerende. Gjelvtang er fremdeles til stede på flertallet av stasjoner, men mengden på hver stasjon er betydelig redusert sammenlignet med tidligere. De største endringene har vært siste 10-15 år.

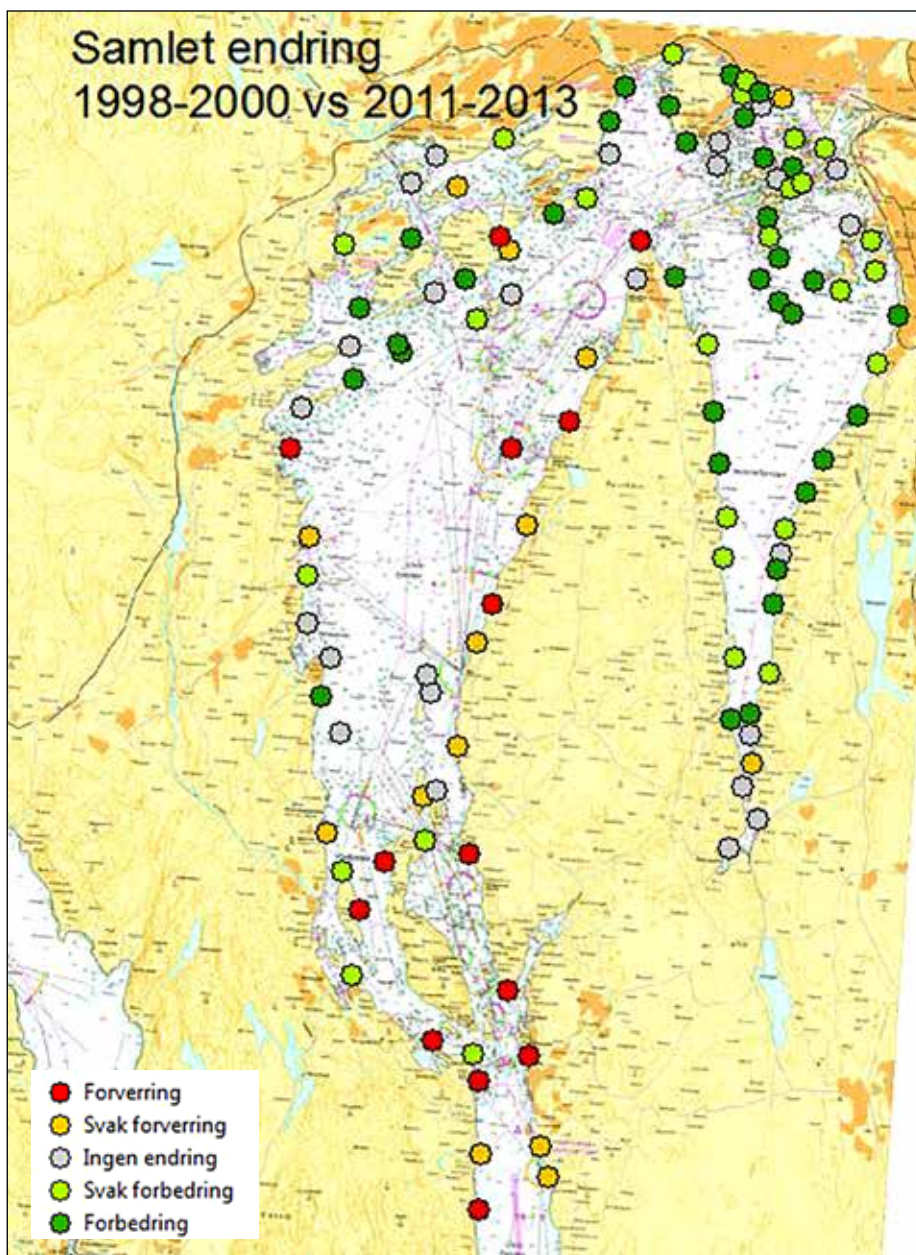
Sagtang (*Fucus serratus*)

Sagtang viste en tilbakegang i indre del av Vestfjorden og i Bunnefjorden etter 1974-1980. Det

siste tiåret har nedgangen fortsatt i Vestfjorden, mens det har vært en liten økning i mengde sagtang i Bunnefjorden (Berge m.fl. 2014b). Sagtang vokste i 2011-2013 i tette bestander i hele Vestfjorden og mesteparten av Bunnefjorden. Den vokste ikke i de helt indre områdene fra Sandvika/Bærumsbassenget – Bygdøy – Hovedøya – Malmøya.

Spiraltang (*Fucus spiralis*)

Spiraltang ble ikke funnet nord for Drøbak på slutten av 1800-tallet (Gran 1897). Denne arten er den eneste av de opprinnelige *Fucus*-artene som har ekspandert inn i Vestfjorden i hele 1900-tallet. Bokn og Moy (1995) fant at det hadde vært en signifikant økning i spiraltang i nordre del av Vestfjorden siden 1970-tallet, men fant også at innergrensene hadde fluktuert i perioden. Sammenlignet med 1998-2000, har mengden spiraltang økt i de nordligste områdene av fjorden (havneområdet) de siste 10-15 år, men samtidig har den blitt redusert i store deler av Vestfjorden (Berge et al 2014b). I 2011-2014 vokste spiraltang i tette bestander i Vestfjorden og innerste delen



Figur 9. Endringer i tangmengden for periodene 1998-2000 og 2011-2013 summert opp for hver art og stasjon. Økning i mengden opprinnelige tangarter (spiraltang, blæretang, grisetang og sagtang) og nedgang i mengden gjelvtang på en stasjon er tolket som en forbedring/positiv utvikling og er vist med grønne symboler. Nedganger i mengden opprinnelige tangarter og økning i mengden gjelvtang er tolket som forverring/negativ utvikling og er vist med røde og oransje symboler. Endringene er skalert lik: Grå=ingen endring (0-5% av maksimalt mulig endring), orange/lys grønn=5-10% endring, mørk rød/mørk grønn=mer enn 11% endring av teoretisk mulig). Økning og nedgang er tallfestet fra mengdeangivelsene og snittverdiene for hver periode er sammenlignet. Figuren viser en tydelig forbedring i tangvegetasjonen i Bunnfjorden og nordlige deler av Vestfjorden, men en reduksjon i tilstanden i området Drøbak – Håøya og østsiden av Vestfjorden.

av fjorden rundt Lysaker, Bygdøy og Hovedøya. Den vokste i hovedsak ikke inn i Frognerkilen, Bestumkilen og Bærumsbassenget. I Bunnefjorden og området rundt Drøbak og Håøya vokser den kun spredt.

Blæretang (*Fucus vesiculosus*)

Blæretang var vanlig i hele fjorden i 1890-årene (Gran 1897) og også i 1940-årene (Sundene 1953). Etter dette forsvant blæretang fra de nordlige områdene av fjorden (Bokn og Moy 1995) og har vært fraværende fra indre deler i lang tid. Det siste tiåret har imidlertid blæretang vokst lenger inn i havneområdet igjen og i 2011-2013 ble det registrert blæretang i området fra Bygdøy til Malmøya hvor den ikke ble funnet i 1980- og 90-årene. Utbredelsen i Bunnefjorden er fremdeles lavere enn i 1970-årene, men viser tendens til økning ved flere stasjoner. Blæretang er fremdeles fraværende i de indre områdene rundt Lysaker.

Samlet endring (5 tangarter)

Figur 9 visualiserer summen av endringene i tangartene (spiraltang, blæretang, grisetang, gjelvtang og sagtang) de siste 10-15 årene. I figuren er en økning i mengden opprinnelige tangarter (spiraltang, blæretang, grisetang og sagtang) og en nedgang i mengden gjelvtang tolket som en forbedring/positiv utvikling, mens en nedgang i mengden opprinnelige tangarter og økning i mengden gjelvtang er tolket som forverring/negativ utvikling. I Vestfjorden og i Drøbaksundet har det vært en reduksjon i mengde av både grisetang, blæretang og sagtang på flere stasjoner de siste 10 år, og de fleste stasjoner blir da tolket som negativ utvikling. I havneområdet har spiraltang og blæretang økt noe i mengde, og i Bunnefjorden er det stort sett økning i sagtang som gjør at stasjonene kommer godt ut. Totalt sett viser figur 9 at det har vært store forbedringer i tangvegetasjonen i deler av Vestfjorden, Bunnefjorden og de indre havneområdene fra 1998-2000 til perioden 2011-2013. Samtidig har det vært en negativ utvikling i sørlige deler av Vestfjorden og Drøbak-området.

Diskusjon

Resultatene fra eldre arbeider og fra overvåkingen i 1974-2013 viser at tangvegetasjonen har gjennomgått store endringer fra 1890-årene til i dag. Fra å være dominert av blæretang og grisetang rundt århundreskiftet, ble den nye, introduserte gjelvtangen stadig mer vanlig ut over 1950- og 60-tallet og ble til slutt den dominerende tangarten på 1970-tallet, mens de naturlig hjemmehørende artene ble redusert i mengde. Men selv gjelvtangen tåler ikke ekstrem påvirkning, noe som kan forklare at den manglet på 1970-tallet, på enkeltstasjoner i Oslos indre havneområde og i Bærumsbassenget. På 1980-tallet begynte utviklingen å snu, med en gradvis økning (forbedring) i forekomst av enkelte hjemmehørende tangarter.

Det ble foretatt en sammenlikning av tangforekomsten i Indre Oslofjord i periodene 1974-80 og 1988-90 (Bokn m.fl. 1992). Undersøkelsene viste en økt forekomst av spiraltang i områder hvor det totalt sett var en forbedring (dvs. i hovedsak nær Oslo), mens forekomsten av gjelvtang forble relativt høy.

Forbedringen ble tillagt innførte rensetiltak for kommunale avløp. I andre områder, som Bunnefjorden, registrerte Bokn m.fl. (1992) en fortsatt forverring med en generell nedgang i alle *Fucus*-artene uten at de fant noen klar forklaring for dette. I spesielt belastede områder som Bærumsbassenget ble det i hovedsak observert en økning i forekomsten av gjelvtang fra 70-tallet til ca. år 2000 (Baalsrud og Magnusson 2002). Fra 1998-2000 og frem mot 2011-2013 er det registrert en markert nedgang i mengde gjelvtang. Gjelvtangen har gått fra å være dominerende i hele fjorden gjennom hele 1970-, 80- og 90-tallet til å være dominerende kun i havneområdene i 2011-2013, figur 4. Endringen er betydelig og gjenspeiler også en reduksjon av antall stasjoner hvor gjelvtangen er dominerende, figur 8.

Forklaringsmodeller

Bedring i tangvegetasjon er observert i de bynære områdene innerst i fjorden hvor miljøsituasjonen tidligere har vært dårligst. Dette kan tyde på at

arbeidet med rensing av kommunalt avløpsvann og sanering av enkeltutslipp har hatt positiv effekt på tangsamfunnet i havneområdene.

Også effekter av tiltak gjennomført før 1998-2000 (eksempelvis oppstart av nitrogenrensing på VEAS i 1995/96) kan tenkes først å ha kommet til uttrykk hos tangsamfunnet etter perioden 1998-2000 som er den perioden vi har sammenlignet dataen fra 2011-2013 med, se figur 9. Tangen er flerårig og det tar gjerne flere år før tangsamfunnet omstiller seg på varige endringer. Bokn m.fl. (2003) fant i sine undersøkelser at økt næringssalttilgang må vedvare i mer enn 2,5 år før flerårige brunalger påvirkes. Oppfølgende undersøkelser viste imidlertid at forekomsten av både blåretang og sagtang ble redusert ved lengere tids eksponering (ca. 4 år), men restituerte seg etter mindre enn 2 år uten overkonsentrasjoner av næringssalter (Kraufvelin m.fl. 2006). I et økosystem er det mange faktorer som spiller inn og som er avhengige av hverandre og det kan ta lang tid før endringer kommer til uttrykk i flerårige organismesamfunn.

Det er imidlertid vanskeligere å forklare den forverringen en ser i deler av Vestfjorden og rundt Håøya, se figur 9. Som nevnt tidligere så kan tangsamfunnene påvirkes av eutrofistatus, biologiske interaksjoner (eksempelvis beiting) og fysiske forhold som isskuring, lysforhold og bølgeeksponering og saltholdighet.

Eutrofistatus

Summen av lokale næringssalttilførsler til Indre Oslofjord ble betydelig redusert fra midten av 1970-tallet til 2003, men deretter økte det noe frem til 2007 og har siden vært ganske stabile (Berge m.fl. 2015). I et lengre tidsperspektiv har både fosforkonsentrasjonen og nitrogenkonsentrasjonen vært avtakende i Indre Oslofjords overflatevann. Siktdypet (et mål for partikkelmengden i vannet) har økt (dvs. forbedret miljøtilstand) siden 1970-tallet og lystilgangen i den øvre del av vannsøylen har økt. Det er observert en tydelig forbedring/nedgang i mengden klorofyll a (indirekte mål for plantep planktonbiomasse) i fjorden fra perioden 1973-1982 og frem til perioden 2002-2010 som følge av mindre næringssaltstil-

førsler til overflatelaget. Etter dette synes imidlertid forbedringen å ha stoppet opp. Mangel på endringer de senere år kan tyde på en nå har tatt ut «gevinsten» av de rensetiltakene en tidligere har satt i verk. Den generelle forbedringen en har observert for flere av tangartene, særlig i de bynære områdene kan i stor grad knyttes til at eutrofisituasjonen har forbedret seg.

Den negative utviklingen som er observert i deler av Vestfjorden rundt Håøya og sør for terskelen ved Drøbak, er det ingen enkle forklaringer for. De største utslippene av nitrogen til dette området antas å være fra Chemring Nobel AS på Sætre (91-105 t/år i 2011-2013). Bedriften har imidlertid ikke utslipp av fosfor. VEAS har relativt store utslipp av både nitrogen (824-903 t/år i 2011-2013) og fosfor (27,5-29,7 t/år i 2011-2013), men disse går ut i fjorden vesentlig lenger nord enn Håøya og på dypt vann. Begge bedrifter antydes å ha hatt noe høyere utslipp av Tot-N i 2011-2013 enn rundt 2000. Ingen av disse bedriftene har imidlertid utslipp til overflatevannet der tangen befinner seg. De data vi sitter inne med når det gjelder næringssaltpåvirkning i Håøyaområdet gir få holdepunkter for at forverringen vi har sett i dette området skyldes økt eutrofibelastning fra lokale kilder. Heller ikke utslippene av nitrogen og fosfor fra Sødra Cell ved Tofte har økt fra 1998-2000 til 2011-2013.

Biologiske interaksjoner/konkurransforhold

Beiting fra kråkeboller og snegl er biologiske interaksjoner som kan påvirke forekomsten av tang og tare. Fra enkelte områder i Indre Oslofjord vet vi at beiting av kråkeboller påvirker nedre voksegrense for alger. Beitepresset fra kråkeboller er sannsynligvis svakt i selve tidevannssonen der tangen befinner seg. I denne sonen kan imidlertid strandsnegl ha betydning. Vi tror likevel at endringer/reduksjon i beitepress ikke er noen plausibel forklaring på de forbedringene en har observert i forekomsten av tang i nærområdet til Oslo by og i Bunnefjorden (se Figur 9). Økt beitepress er heller ikke noen fullgod forklaring på den forverringen en har observert i Håøyaområdet.

Ifølge Norling og Jelmert (2010) har gjelvtangen et konkurransefortrinn i forhold til de andre tangartene ved at den er fertil om våren, vokser fort og blir tidlig kjønnsmoden. Den har også større toleranse for redusert siktdyp, nedslamming og påvekstalger i forhold til de andre tangartene, dvs. nettopp slike forhold en har i havneområder. Når forholdene i overflatevannet blir bedre stiller imidlertid gjelvtangen svakere i konkurransen.

Isskuring

Isskuring vil kunne slite av og ødelegge tang og tare som vokser i fjæra. Indre Oslofjord er et område hvor det regelmessig legger seg is, i alle fall i områder som Bærumsbassenget, deler av Bunnefjorden og enkelte kiler og bukter. Slike år vil deler av tangsamfunnene kunne bli negativt påvirket. Is sammen med mye ferskvann kan være medvirkende faktor til at eksempelvis *Fucus spiralis* og *F. serratus* i hovedsak ikke er registrert i Bærumsbassenget. En har imidlertid ingen god statistikk for forekomst av is i de enkelte områder av Oslofjorden for eventuelt å forklare de endringene en har sett med hensyn til forekomst av tang i fjorden. Gjelvtang er registrert i Bærumsbassenget tidligere år, og isskuring kan ikke forklare nedgangen for denne arten. Aktuelle områder med potensielt mye isskuring i kalde vintre er Drøbaksundet, hvor båttrafikk forårsaker regelmessig forstyrrelse av isen. Både området vest for Håøya og søndre del av Bunnefjorden dekkes ofte av is, men det er uvisst hvor mye isskuring det er i disse områdene.

Lysforhold

Lysforholdene i fjæra er normalt gode. Vi anser ikke lysforholdene som begrensende faktor for de fem tangartene som vi har sett på i denne undersøkelsen. Riktignok har siktedypet forbedret seg i fjorden og kan ha hatt betydning for nedre voksegrense av enkelte alger i dypet, men neppe for fjæra.

Bølgeeksponering

Forekomst av tang krever et visst minimum av bølgepåvirkning. Bølgeeksponeringen sørger for at tangplantene stadig er i bevegelse og de får bedre tilgang på lys og næringssalter. Bølgeeksponering er også med å motvirke nedslamming av tangen. Oslo Havn fører statistikk for godstrafikk. En kan spekulere i om forverringen i nordre del av Indre Oslofjord (Håøyaområdet) og i Drøbaksundet (i 2011-2013 i forhold til 1998-2000) kanskje skyldes lokale endringer i eksponeringsgraden forårsaket av bølger fra skipstrafikk? Oslo Havns statistikk for godstrafikk og skipsanløp til Oslo havn for perioden 1998-2000 og 2011-2013 tyder på at det har vært en nedgang i antall skipsanløp, se tabell 2, men samtidig en økning i transportert godsmengde. Gjennomsnittstonnasjen på båtene har økt og det er også en tendens til at fritidsbåter blir større og kjører raskere enn tidligere.

Det er rimelig å anta at større skip og båter genererer større bølger enn mindre. Totalt betyr dette at hyppigheten på forstyrrelsen forårsaket av bølger fra skip har gått ned, men at de forstyrrelsene som opptrer er større. Endringen i trafikkmønsteret kan være en forklaring på de

Årstall	Antall anløp	BT (1000)	Gj.snitt BT
2013	4 510	71 976	15 959
2012	4 646	71 979	15 493
2011	4 501	71 313	15 844
2000	5 808	60 417	10 402
1999	5 788	62 094	10 728
1998	6 103	63 169	10 350

Tabell 2. Statistikk for antall anløp av skip til Oslo Havn, Brutto tonnasje og gjennomsnittlig tonnasje er også vist (Kilde: data tilsendt fra Oslo Havn).

endringene som er observert i søndre del av Indre Oslofjord (Håøyaområdet) og i Drøbaksundet (i 2011-2013 i forhold til 1998-2000), dersom ekstrepåvirkningen er det som påvirker tangen mest negativt. I figur 9 ser vi imidlertid at det har skjedd en forverring både på øst siden av Håøya (stasjon 9 og 16) og på vestsiden (stasjon 10 og 13). Hovedleia inn til Oslo havn går på østsiden av Håøya. Dersom endringer i bølgebevegelse fra skip skulle være en viktig faktor for å forklare de endringene en ser i tangsamfunnene rundt Håøya skulle en forvente størst endringer på østsiden av fjorden, noe som faktisk ikke er tilfelle. Vi konkluderer derfor med at endringer i bølgebevegelse fra skip i alle fall ikke er hele forklaringen på den forverringen en ser på en delstasjoner rundt Håøya og i Drøbaksundet.

Ytre Oslofjord

På en del stasjoner i den søndre del av Indre Oslofjord (området rundt Håøya og Drøbak) er det observert en forverring av tilstanden når det gjelder forekomst av de fem tangartene fra 1998-2000 til perioden 2011-2013. Muligens kan endringene være mer knyttet til forhold som har med Ytre Oslofjord og Skagerrak å gjøre og som vi nå ser konturen av også i den ytre delen av Indre Oslofjord. I den middels eksponerte delene av skjærgården i den svenske delen av Skagerrak (Bohuslän) har den langsiktige utviklingen for makroalger vært negativ siden oppstart av overvåkingen i 1994 (Havsmiljöinstitutet 2014). Det er også observert en redusert nedre voksegrense for flere algearter, noe som kan skyldes øket eutrofiering. Tilstanden for sukkertare (*Saccharina latissima*) i Ytre Oslofjordområdet har riktignok bedret seg i senere år, men nedre voksegrense er fortsatt noe redusert i forhold til på Sørlandet og Vestlandet (Norderhaug m.fl. 2013). Endringer i Nordsjøen eller indre Skagerrak kan også ha effekter på Ytre Oslofjord og de søndre deler av Indre Oslofjord. Vi er imidlertid usikre på om den negative utviklingen vi har observert i den søndre del av Indre Oslofjord kan knyttes til forhold i Ytre Oslofjord.

Konklusjoner

Ser man algevegetasjonen i et 100-150 års perspektiv så har det vært en nedgang i de opprinnelige tangartene frem til 1970-80-tallet. I denne perioden var det særlig forekomsten av grisetang som ble redusert. Samtidig har det vært en økning i forekomsten av den introduserte og forurensningstolerante gjelvtangen. Fremveksten av gjelvtang i Indre Oslofjord frem mot 1970-tallet hadde trolig sammenheng med at eutrofisituasjonen i fjorden forverret seg, noe som kulminerte rundt på 80-tallet. Etter 1998-2000 har det vært en klar nedgang i forekomsten av gjelvtang samtidig som flere av de opprinnelige tangartene har økt i mengde. Grisetang er imidlertid fremdeles i nedgang i de få områdene den fremdeles vokser.

De bakenforliggende forklaringene på endringene som er observert i tangforekomstene i Indre Oslofjord er trolig sammensatt og kan oppsummeres som en effekt av øket overgjødning frem til 70-80-tallet og deretter en redusert overgjødning som nå trolig har stoppet opp. Selv om hovedtrekkene i utviklingen kan forklares med endringer i fjordens eutrofistatus, er det likevel mange forhold vi ikke kan forklare. Eksempel på dette er den forverringen av tilstanden en har observert i deler av Vestfjorden, særlig i området nær Drøbaksundet. Videre overvåking vil kanskje gi svar på om dette er en tendens som vil fortsette.

Indre Oslofjord er nå truet fra flere hold, eksempelvis klimaendringer og befolkningsøkning. Befolkningsøkning vil gi økte tilførsler til fjorden. Det er derfor lite trolig at tangfloraen i fjorden innen overskuelig fremtid vil kunne restitueres til tilstanden en hadde den gang Gran (1897) gjorde sine undersøkelser. Sannsynligvis er det beste en kan håpe på at tilstanden på ny ikke forverres.

Takk til

En takk rettes til alle som opp i gjennom årene har deltatt i kartleggingen. Vi vil også takke Fagrådet for Vann for vann- og avløpsteknikk samarbeid i Indre Oslofjord som har finansiert overvåkingen. En takk rettes også til Oslo Havn for tilsendt statistikk for godstrafikk.

Referanser

Artsdatabanken 2016 (<http://data.artsdatabanken.no/Taxon/66855>)

Athanasiadis 1996. Taxonomisk litteratur och biogeografi av skandinaviske rødalger och brunalger. *Algologia* 1996.

Baalsrud, K. og Magnusson J., 2002. Indre Oslofjord, Natur og miljø. Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i Indre Oslofjord, ISBN 82-996325-0-1, 135s.

Berge, J., Amundsen, R., Fredriksen, L., Gundersen, H., Haande, S., Johnsen, T., Kroglund, T., Ledang, A. B., Lømsland, E., Staalstrøm, A. 2014a. Overvåking av Indre Oslofjord i 2013. NIVA-rapport 6697-2014. 22 s.

Berge, J.A.; Amundsen, R., Bratrud, T., Bølling, N., Erdahl, E., Gitmark, J., Gundersen, H., Hinchcliffe, C., Holt, T.F., Haande, S., Hylland, K., Johnsen, T. M., Kroglund, T., Ledang, A.B., Norli, M., Lømsland, E., Staalstrøm, A., Wisbech, C., Wolf, R., 2014b. Overvåking av Indre Oslofjord i 2013 – Vedleggsrapport. NIVA rapport nr. 6698-2014, 131s.

Berge, J.A., Amundsen, R. Gitmark, J., Gundersen, H., Hylland, K., Johnsen, T.M., Ledang, A.B., Norli, M., Lømsland, E.R, Staalstrøm, A. og Strand, D.A., 2015. Overvåking av Indre Oslofjord i 2014 - Vedleggsrapport, NIVA rapport nr. 6834-2015, 104s.

Bokn, T., 1979. Bruk av tang som overvåkningsparameter i en næringsrik fjord. I: Overvåking av vattenområden. 15. Nordiska symposiet om Vattenforskning. NORDFORSK, *Miljøvårds sekr. Publ.* 1979, 2: 181-200.

Bokn, T.L., Duarte, C.M., Pedersen, M.F., Marba, N., Moy, F.E., Barron, C., Bjerkeng, B., Borum, J., Christie, H., Engelbert, S., Fotel, F.L. Hoell, E., Karez, R., Kersting, K., Kraufvelin, P., Lindblad, C., Olsen, M., Sanderud, K.A., Sommer, U. og Sørensen, K. 2003. The response of experimental rocky shore communities to nutrient additions. *Ecosystems*, 6, 577-594.

Bokn, T.og Lein, T.E., 1978. Long-term changes in fucoid association of the inner Oslofjord, Norway. *Norw.J.Bot.* 25: 9-14.

Bokn, T.L. og Moy, F.E. 1995. Bruk av tang som overvåkningsparameter i indreOslofjord. Vann nr 1. 1995, 185-194

Bokn, T.L., Murray, S.N., Moy, F.E. & Magnusson, J.B., 1992. Changes in fucoid distributions and abundances in the inner Oslofjord, Norway: 1974 - 80 versus 1988 - 90. *Acta Phytogeogr. Suec.* 78: 117-124.

Fredriksen, S. og Kile, M.R.2012, The algal vegetation in the outer part of Isfjorden, Spitsbergen: revisiting Per Svendsen's sites 50 years later, *Polar Research* 2012, 31, 17538, DOI: 10.3402/polar.v31i0.17538

Gran, H.H., 1897. Kristianiafjordens algeflora. I. Rhodophyceæ og Phaeophyceæ. *Skr. Vidensk. Selsk. Chris. I. Mat.-Nat. Kl.* 1896 (2): 1-56.

Grenager, B., 1957. Algological observations from the polluted area of Oslofjord. *Nytt Mag.Bot.* 5: 41-

Guiry, M.D. & Guiry, G.M. 2016. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>

Havsmiljøinstituttet 2014. Havet – om miljøtilstanden i svenska havsområden. ISBN 978-91-637-5737-2, 104 pp.

Klavestad, N., 1966. Oslofjorden og dens forurensningsproblemer I Undersøkelser 1962-1965. Delrapport 9. Undersøkelser over benthosalgvegetasjonen i Indre Oslofjord I 1962-1965. NIVA-rapport OR-0191m.

Klavestad, N., 1978. The marine algae of the polluted inner part of the Oslofjord. A survey carried out 1962-1966. *Bot.Mar.* 21: 71-97.

Kraufvelin, P., Moy, F.E. Christie, H. and Tor Bokn. 2006. Nutrient Addition to Experimental Rocky Shore Communities Revisited: Delayed Responses, Rapid Recovery, *Ecosystems*, 9, 1076-1093.

Magnusson, J., Bokn, T. og Källqvist, T., 1976. Undersøkelse av hydrografiske og biologiske forhold i Indre Oslofjord Overvåkningsprogram – Årsrapport 1974. Niva rapport nr. O-160/71, 165s

Magnusson, J., Berge, J.A., Bjerkeng, B., Bokn, T., Gjøsaeter, J., Johnsen, T., Lømsland, E., Schram, T., Aollie, A. 2001. Overvåking av forurensningssituasjonen i Indre Oslofjord i 2000. Overvåkningsrapport nr. 825/01, TA. 1807/2001. NIVA-rapport nr. 4387-2001, 90s.

Nervold G.G. 2008. Makroalgessamfunn i littoralsonen på fem lokaliteter i Troms – endringer langs en eksponeringsgradient og endringer de siste 25 år. Masteroppgave ved Institutt for akvatisk biologi Norges fiskerihøgskole, Universitetet i Tromsø, juni 2008, 117s uten vedlegg.

Norderhaug, K.M., Naustvoll, L, Moy, F, Trannum, H.V, Bjerkeng, B, Gitmark:K., 2013. Miljøovervåking av sukkertare langs kysten. Sukkertareovervåkningsprogrammet 2012. Årsrapport for 2012. NIVA-rapport nr 6476-2013, KLIF rapport TA-3029/2013, 47s

Norling, P og Jelmert, A. 2010. Fremmede marine arter i Oslofjorden. NIVA-rapport nr.5919 -2010, 42s.

Ruiness, J., 1973. Pollution effects on littoral algal communities in the inner Oslofjord, with special reference to *Ascophyllum nodosum*. *Helgol.Wiss.Meeresunters.* 24: 446-454.

Schramm, W., 1999. Factors influencing seaweed responses to eutrophication: some results from EU-project EUMAC. *J. Applied Phycology* 11: 69-78.

Schueller, G.H. & Peters, A., 1994. Arrival of *Fucus evanescens* (Phaeophyceae) in Kiel Bight (Western Baltic). *Bot. Mar.* 37: 471-477.

Simmons, H.G., 1898. Algologiska notiser. II. Einige Algenfunde bei Drøbak. *Bot. Not.* 1898: 117-123.

Sundene, O., 1953. The algal vegetation of Oslofjord. *Skr. Nor. Vidensk. Akad. I. Mat. Nat. Kl* 1953, 2: 1-245.