

RAPPORT LNR 4457-2001

Fosfor og nitrogen i tang
fra Oslofjorden og
gjødslingsforsøk ved
NIVAs marine
forskningsstasjon
Solbergsstrand 1998-1999

Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5005 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-niva

9296 Tromsø
Telefon (47) 77 75 03 00
Telefax (47) 77 75 03 01

Tittel Fosfor og nitrogen i tang fra Oslofjorden og gjødslingsforsøk ved NIVAs marine forskningsstasjon Solbergstrand 1998 - 1999.	Løpenr. (for bestilling) 4457-2001	Dato 2002.01.15
	Prosjektnr. Undernr. E-84480/E-21411	Sider Pris 34
Forfatter(e) Knutzen, Jon Moy, Frithjof Bjerkeng, Birger	Fagområde Eutrofiering i sjøvann	Distribusjon
	Geografisk område Oslo	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e)	Oppdragsreferanse
------------------	-------------------

Sammendrag
Ut fra registreringer i skuddspissene av blæretang (*Fucus vesiculosus*) og gjelvtang (*F. evanescens*) på hhv. 2 og 3 stasjoner i indre og ytre Oslofjord i august-september 1998 og august-september 1999 var det ingen geografisk relatert statistisk signifikant forskjell i tangens innhold av fosfor og nitrogen.. Derimot ble det funnet signifikant høyere konsentrasjon av nitrogen i blæretang jevnført med gjelvtang, i mindre grad også med hensyn til N:P forhold. I gjødslingsforsøk økte blæretangs fosforinnhold lineært med næringssaltinnholdet i det omgivende vannet, mens økningen i nitrogennivå var logaritmisk. Blæretang fra kontrollbassengene inneholdt signifikant mindre nitrogen enn tang fra fjordlokalitetene. En tidligere litteraturoversikt er oppdatert.

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Eutrofiering 2. Fosfor 3. Nitrogen 4. Tang 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Eutrophication 2. Phosphorus 3. Nitrogen 4. Benthic algae
---	--


Jon Knutzen
Prosjektleder


Kari Nygaard
Forskningsleder

Jens Skei
Forskningsdirektør

E-84480/E-21411

**Fosfor og nitrogen i tang fra Oslofjorden og gjødslingsforsøk ved
NIVAs marine forskningsstasjon Solbergstrand 1998-1999.**

Forord

Foreliggende undersøkelser er gjort dels forlengelse av en tidligere rapport om muligheten for å bruke fosfor og nitrogen i tang som indikatorer på overgjødning eller trofitalstand (Knutzen og Molvær, 1996); dels i sammenheng med et internasjonalt samarbeidsprosjekt for EU-Kommisjonen om forsøk med gjødning i kunstige littoralbassenger (EULIT) på NIVAs marine forskningsstasjon Solbergstrand (MFS), men finansiert av interne midler under E-84480.

Innsamlingen av tang fra Oslofjorden er i 1998 gjort med assistanse av Unni Efraimsen og Frank Kjellberg, som begge takkes for samvittighetsfull hjelp.

Frithjof Moy har hatt ansvaret for opplegg, gjennomføring og rapportering av bassengforsøkene, mens Birger Bjerkeng har gjort de statistiske analysene av materialet.

Tor Bokn takkes for gjennomlesing og kommentar til rapporten

Oslo, 15. januar 2002.

Jon Knutzen
prosjektleder

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1. Bakgrunn og formål	7
2. Materiale og metoder	9
2.1 Feltundersøkelser	9
2.2 Bassengforsøk	11
3. Resultater og diskusjon	12
3.1 Feltobservasjoner	12
3.1.1 Sammenligning av stasjoner	12
3.1.2 Jevnføring av N- og P-innhold i de to artene	16
3.1.3 Jevnføring med kritiske konsentrasjoner og andre variable for bedømmelse av næringssaltbegrensning	20
3.2 Resultater av bassengforsøk	23
4. Avsluttende bemerkninger vedrørende indikatorarter og kritiske konsentrasjoner	26
5. Referanser	27

Sammendrag

I Innholdet av fosfor, nitrogen og karbon er registrert i skuddspissene (2-3 cm) av blæretang (*Fucus vesiculosus*) og gjelvtang (*Fucus evanescens*) fra 1-2 og 1 stasjon i henholdsvis indre og ytre Oslofjord 1998-1999 med henblikk på algenes mulige bruk som indikatorer på eutrofitilstand. Registreringene er gjort i perioden fra siste halvdel av august – slutten av september, med (ut fra tidligere observasjoner) antatt naturbetinget minimumsnivå av P og N i tang, og dermed teoretisk størst sannsynlighet for utslag av gjødsling.

I sammenheng med et større internasjonalt forskningsprosjekt på NIVAs forskningsstasjon ved Solbergstrand syd for Drøbak (EULIT) er det målt P og N i skuddspissene av unge blæretangplanter fra bassenger tilført nitrogen og fosfor til definerte nivåer i det omgivende vannet.

En tidligere oversikt vedrørende relevant litteratur er ajourført.

II Statistisk analyse viste at det alt i alt ikke var grunn til å anta noen forskjell mellom algenes P- og N-innhold (tørrvektsbasis) på de ulike stasjonene.

III En jevnføring av de to artene viste signifikant høyere konsentrasjon av nitrogen i blæretang. Likeledes hadde blæretang signifikant høyere N/P forhold, men i svakere grad enn for N-innholdet pga. varierende innbyrdes forhold når det gjaldt P-nivå.

IV Resultatene ga ingen klar konklusjon om hvilket av næringsstoffene som var nærmest til å virke vekstbegrensende.

V Det var signifikant høyere N-innholdet i skuddspisser av blæretang fra fjorden enn i unge eksemplarer av samme art fra kontrollbasseng i gjødslingsforsøket, mens forskjellen ikke var signifikant når det gjaldt fosfor.

VI Ved bassengforsøkene økte blæretangens innhold av P og N henholdsvis lineært og logaritmisk med gjennomsnittskonsentrasjonen i det omgivende vannet den forutgåene 4-ukers periode.

VII En vurdering av erfaringer med bruk av N og P i alger som indikasjoner på næringsstatus på voksestedene tyder på at større tangarter vanligvis vil være mindre egnet enn hurtigvoksende ettårige former, slik som sjøsalat og arter av tarmgrønne. Selv for de mest aktuelle indikatorartene er det imidlertid fremdeles sparsomt med informasjon om kritisk konsentrasjon (minimumsnivå for maksimal vekst) under ulike forhold, og dermed en begrensning for utnyttelsen av bentiske alger for indikatorformål.

Summary

Title: Phosphorus and nitrogen in seaweeds (*Fucus vesiculosus* and *F. evanescens*) from the Oslofjord and from fertilisation experiments at the NIVA marine experimental station Solbergstrand 1998 - 1999.
Year: 1998 - 1999.
Author: Jon Knutzen, Frithjof Moy and Birger Bjerkeng.
Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-4103-5.

I Levels of phosphorus, nitrogen and carbon (dry weight basis) have been recorded in 2-3 cm shoot apices of the seaweeds *Fucus vesiculosus* and *F. evanescens* from the vicinity of Oslo (only *F. evanescens*), one more locality in the inner fjord and a locality in the outer part of the fjord. The sampling period was from the middle of August to the end of September in 1998 and 1999, which previously has been observed to be the time of the year with naturally lowest content of N and P in these species.

In connection with an international research project at the Marine Research Station at Solbergstrand/ NIVA just outside the sill to the inner Oslofjord nitrogen and phosphorus has been analysed in the shoot apices of young *F. vesiculosus* from basins used for fertilisation experiments and with defined levels of inorganic compounds of N and P in the ambient waters.

The main aim of the study was to observe possible gradients in N and P content from the inner to the outer Oslofjord and thus throw light upon the possibility of using the nutrient levels in seaweeds as an indicator of eutrophication, further to compare the content of N and P in the two species and field data with registrations in the fertilisation experiment.

A previous overview of relevant literature has been updated.

II Statistical analysis gave no significant difference in nutrient status in apices of algae from different localities.

III *Fucus vesiculosus* contained significantly more nitrogen than *F. evanescens*, and had also significantly higher N:P ratio.

IV Significantly more nitrogen was found in *F. vesiculosus* from the fjord localities than in young specimen of the same species from the control basins of the fertilisation study.

V The phosphorus content of *F. vesiculosus* in the experiments increased linearly with increasing phosphate levels in the basins, whereas the enhancement of nitrogen was logarithmic in relation to the ambient water level of nitrate plus ammonium.

1. Bakgrunn og formål

Innholdet av fosfor og nitrogen i tang har i mer enn 25 år vært benyttet som indikator på begrensende næringssalt og og delvis også som indikator på overgjødning i marine områder. For referanser til relevante arbeider fra før 1996 henvises til oversikt i tidligere NIVA-rapport (Knutzen og Molvær 1996). Til publikasjoner fra før 1996 med sikte på eller relevans for dette formålet hører dessuten Gordon et al. (1981), Wu et al. (1984), Ho (1987), Hanisak (1990), Hernandez et al. (1993a,b), Lyngby og Mortensen (1994, 1995)). Av nyere arbeider kan særlig nevnes Fong et al. (1998) og Lyngby et al. (1999) som begge direkte tar sikte på N og P i alger for indikatorformål, men opplysninger av relevans for denne problemstillingen (N- og P-innhold, lagring, sesongvariasjoner, minimumsfaktorer etc.) kan også finnes hos Chopin et al. (1996), Kaehler og Kenish (1996), Krause-Jensen et al. (1996), Lewis og Hanisak (1996), McGlathery et al. (1996), Pedersen og Borum (1996, 1997), Brown et al. (1997), Krause-Jensen og Christensen (1997), Larned og Atkinson (1997), Sfriso og Marcomini (1997), Larned (1998), Pinchetti et al. (1998), Schaffelke og Klumpp (1998), Altamirano et al. (1999), Chopin og Wagey (1999), Hafting (1999), Naldi og Wheeler (1999), Wernberg et al. (2001), Hernandez-Carmona et al. (2001), Lehvo et al. (2001), Puechel & Korb (2001), Kamer & Fong (2001), Fong et al. (2001).

Tidligere norske observasjoner fra den overgjødlede Glomfjord i Nordland viste dels tydelige avstandsgradienter vekk fra utslippet til en kunstgjødselfabrikk (Molvær et al. 1984, Molvær og Knutzen 1987), dels klart høyere nitrogen og fosforinnhold i skuddspisser av blæretang og grisetang fra Glomfjord enn fra en referansestasjon i Nordland (Johnsen et al. 1994.).

Registreringer på stasjoner i god avstand fra punktkilder, men preget av ulike vannmasser langs norskekysten (Skagerrak (Grosefjorden), Vestlandet (Raunefjorden), Nord-Norge (Bodøsjøen/Saltfjorden), viste tydelige sesongvariasjoner for innholdet av nitrogen og fosfor i skuddspissene (0-10 eller 0-5 cm) av grisetang (*Ascophyllum nodosum*) og blæretang (*Fucus vesiculosus*) (Knutzen og Molvær 1996). De høyeste konsentrasjonene av nitrogen ble observert i februar-mai, for det meste i mars-april, mens maksimum for fosforinnhold inntraff i januar-april, mest i februar-mars. Minimumsnivåer for både nitrogen og fosfor ble observert i juli-oktober, som regel i august-september.

Hovedformålet med foreliggende feltregistreringer var å se om eventuell forskjell i næringstilgang i ulike deler av den påvirkede Oslofjorden kunne spores ved N- og P-innholdet i tang, dvs. ved:

- Eventuelle forskjeller mellom de antatt ulikt belastede stasjonene
- Jevnføring med litteraturdata for kritisk konsentrasjoner (laveste N- og P-innhold for maksimal veksthastighet)
- Tilsvarende mht. minimumsnivåer for vekst og forholdstall (C:N, N:P) som kan indikere potensielt begrensende næringsstoff.

Registreringene ga også muligheter for sammenligning av de to artene.

På bakgrunn av andres og egne observasjoner av avtagende konsentrasjoner fra vekstpunktet i skuddspissen mot eldre deler (Knutzen og Molvær 1996 med ref., se dessuten Chopin et al. 1996, Wernberg et al. 2001) ble det valgt å analysere de ytterste 2-3 cm. Som innsamlingsperiode ble valgt august-september, ut fra en antagelse om at gjødning fra menneskelige aktiviteter ville komme lettest til syne i perioden med naturbetinget lavest tilgang på næringssalter.

For å se nærmere på sammenhengen mellom N og P i tang og vann ble det også, i tilknytning til det EU-finansierte forskningsprogrammet EULIT (studier av gjødslingsvirkninger på sammensetningen av

fjæreltellesamfunn) (Bokn et al. 1998, Bokn et al., under trykking), i 1998 og 1999 gjort målinger av fosfor og nitrogen i skuddspissene av unge blæretangplanter i bassenger med ulike tilsetninger av nitrogen og fosfor. En av målsetningene var å sammenlikne resultatene fra eksperimentelle miljøbetingelser med resultatene fra feltregistreringer i Oslofjorden.

2. Materiale og metoder

2.1 Feltundersøkelser

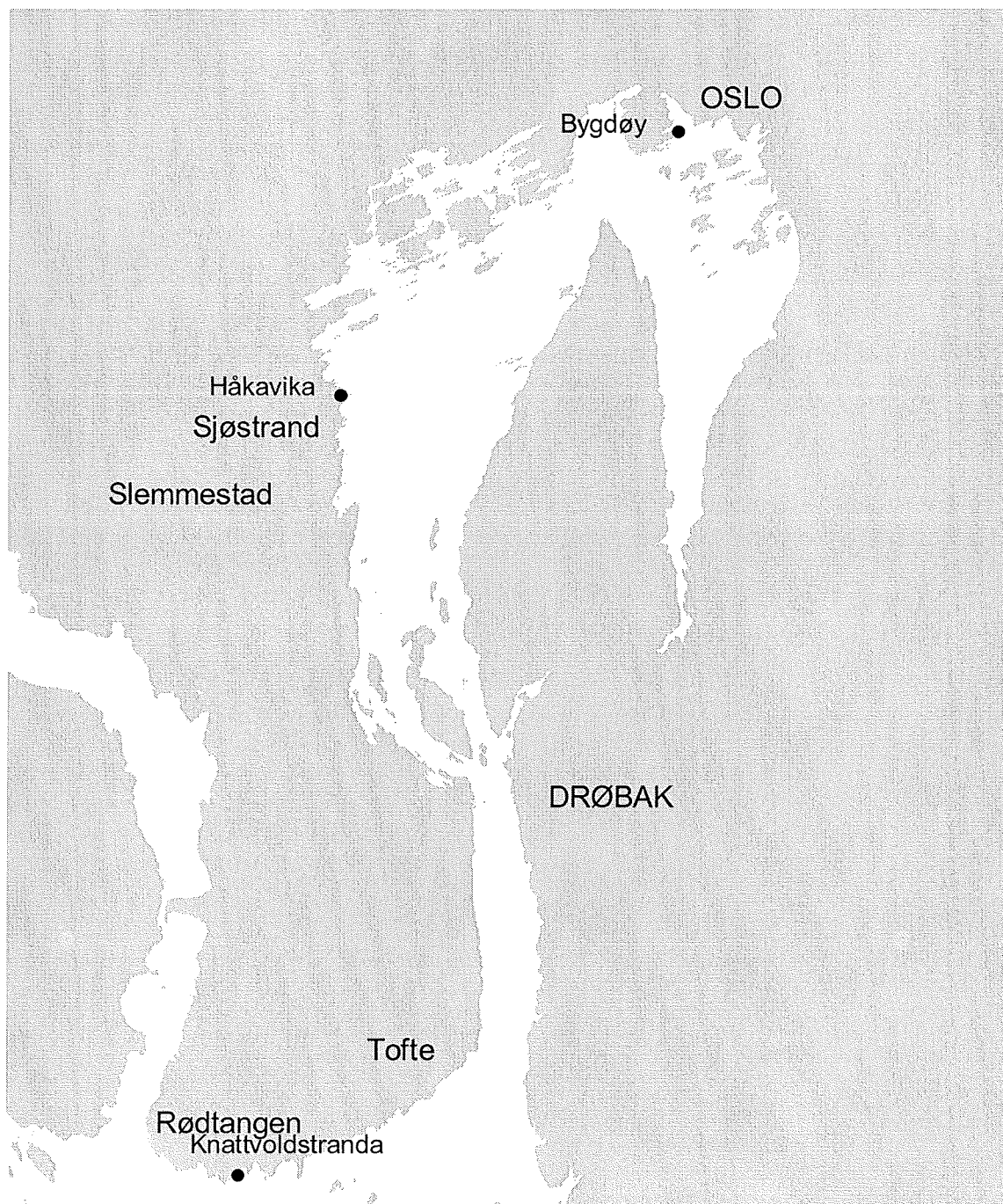
2-3 cm skuddspisser av blæretang (*Fucus vesiculosus*) og gjelvtang (*Fucus evanescens*) er samlet inn fra lokalitetene Bygdøynes innerst i fjorden (bare gjelvtang), Håkavika/indre fjord og Knattvoldstranda/ytre fjord (Figur 1) 28/8, 18/9 og 29/9 1998 og 18/8, 1/9 og 15/9 1999.

Hver prøve besto av ca. 100 skuddspisser samlet fra 10 forskjellige individer. Med henblikk på statistiske sammenligninger ble det samlet inn tre paralleller av slike blandprøver (unntatt Knattvoldstranda 28/8 1998).

Lokaliteten ved Bygdøynes var svakt skrånende fjell ut for Frammuseet/Statue over falne sjøfolk. Innsamlingen i Håkavika på nordsiden av Ellnestangen ble foretatt på fjellstrand med utenforliggende rullestein, ned for frukthage/barnehage. Prøvestedet på Knattvoldstranda var utover på nes vest for stranda til nes mot syd, her på svaberg til høyre og ned for hytter i furuskog.

Prøvene ble lagt i plastposer og oppbevart i kjølebagg inntil nedfrysing, med påfølgende lagring i fryser til analyse.

Analysene er utført ved NIVAs laboratorium. For nærmere beskrivelse av metodikk henvises til Knutzen og Molvær (1996).



Figur 1. Stasjoner i indre og ytre Oslofjord for innsamling av tang til analyse på nitrogen og fosfor i august-september 1998 og 1999.

2.2 Bassengforsøk

Til 6 av 8 littoralbassenger på NIVAs marine forskningsstasjon Solbergstrand (MFS, syd av Drøbak, jfr. Figur 1) ble det kontinuerlig tilsatt NH_4NO_3 og H_3PO_4 , til sjøvannstilførselen i økende doser: +1, +2, +4, +8, +16 and +32 μM DIN L-1 med konstant NP ratio (16:1, Redfields forholdstall). 2 av bassengene var kontrollere med ubehandlet sjøvann. Organismene i bassengene ble altså eksponert for næringssaltkonsentrasjoner lik naturlig sjøvannskonsentrasjon pluss tilsetning (Tabell 1). Sjøvannstilførselen var Oslofjordvann tatt fra 1 m dyp utenfor forskningsstasjonen. Vannvolumet i bassengene var ca. 9 m³ ved middelvannstand og vannets oppholdstid var ca. 2 timer (Tabell 2). I littoralbassengene var det kunstig bygget opp naturlig sammensatte tangsamfunn som ved bølgegenerator og tidevannsvexler var eksponert for bølgeslag og tidevann, og som over tid ble supplert ved naturlig rekruttering. Næringssaltdosering startet i september 1998 og ble avsluttet i september 2001. Metodikken er nærmere beskrevet i Bokn et al. (2001)

Tabell 1. Tilsetningskonsentrasjon av N og P i EULIT-bassengene (etter Bokn et al. 2001).

Basseng nr.	1	8	4	5	6	3	7	2
N-tilsetning (μM N)	0	0	1	2	4	8	16	32
P-tilsetning (μM P)	0	0	0,06	0,12	0,25	0,5	1	2

Tabell 2. Tekniske spesifikasjoner for EULIT-bassengene (etter Bokn et al. 2001).

Bassengdimensjoner (L x B x H)	4.75 x 3.65 x 1.35 m	23 m ³
Volum av sjøvann, lavvann / høyvann	6.25 / 11.75 m ³	
Bølgegenerator	17 slag min ⁻¹	
Vanninntak	1 m dyp	
Vannstrøm	? 5 m ³ t ⁻¹	
Vannets oppholdstid	? 2 t	
Tidevannssyklus	12 t 20 min	
Tidevannsamplitude (lik med Oslofjorden)	36 cm	

I september 1998 og 1999 ble det samlet inn 50 skuddspisser fra ca. 10 blåretangplanter fra hvert av bassengenes sydvendte vegg. Prøvene ble lagt i plastposer og oppbevart i kjølebager inntil nedfrysing, med påfølgende lagring i fryser til analyse. Analysene er utført ved NIVAs laboratorium.

3. Resultater og diskusjon

3.1 Feltobservasjoner

Rådata og de avledede forholdstallene C:P, C:N og N:P i enkeltprøver er gjengitt i vedlegg.

3.1.1 Sammenligning av stasjoner

Sammendrag av resultatene for henholdsvis blæretang og gjelvtang ses av Tabellene 3 og 4.

Tabell 3. Fosfor, nitrogen og forholdene C/P, C/N og N/P i blæretang (*Fucus vesiculosus*) fra Oslofjorden august-september 1998-1999. Konsentrasjoner i g/kg tørrvekt. Middell/Standardavvik.

Stasjoner, antall prøver	P	N	C/P	C/N	N/P
Håkavika (n=18)	1,28/0,21	24,5/1,7	313/57	16,0/1,3	19,5/2,2
Knattvoldstr. (n = 16)	1,26/0,17	24,5/1,3	306/46	15,5/0,7	19,8/3,1

Tabell 4. Fosfor, nitrogen og forholdene C/P, C/N og N/P i gjelvtang (*Fucus evanescens*) og fra Oslofjorden august –september 1998-1999. Konsentrasjoner i g/kg tørrvekt. Middell/standardavvik.

Stasjoner, antall prøver	P	N	C/P	C/N	N/P
Bygdøynes (n=18)	1,08/0,17	23,2/2,2	360/63	16,5/1,6	21,7/2,3
Håkavika (n=18)	1,26/0,20	21,4/2,3	309/51	18,0/1,7	17,1/2,6
Knattvoldstr. (n = 16)	1,30/0,16	22,8/1,8	296/53	16,6/1,2	17,8/2,2

For blæretang ses ingen forskjell mellom innholdet av fosfor- og nitrogenforbindelser i prøvene fra Håkavika i indre Oslofjord og Knattvoldstranda i ytre Oslofjord (Tabell 3). I gjelvtang fremgår heller ikke indikasjoner på rikeligere tilgang på nitrogen innerst i fjorden (Tabell 4) sammenlignet med Håkavika og Knattvoldstranda. Derimot fremtrer gjelvtangens gjennomsnittlig fosforinnhold i materialet fra Bygdøynes som noe lavere enn på de utenforliggende lokalitetene.

Den årlige overvåkingen i indre Oslofjord omfatter bl.a. måling av næringssaltinnholdet på et utvalg stasjoner. De tre stasjonene som ligger nærmest prøvestedene for tang var i 1998-1999 innenfra og utover st. Ap2 rett øst for Bygdøynes, st. Dk1 i Vestfjorden (vel 2 km fra Håkavika) og Im2 i Drøbaksundet. Sistnevnte ligger langt fra ytterste tanglokalitet og dessuten med bare en næringssaltregistrering i den aktuelle perioden hvert av årene (Magnusson et al. 1999, 2000, data i NIVA-base).

I perioden juni-august, med 12-13 observasjoner på st. Ap2 og Dk1, var ortofosfatkonsentrasjonen i vann i det alt vesentlige innen intervallet <1-2 µg/l, unntatt to registreringer i juni/juli 1999 på Ap2 (7 og 3 µg/l). For innholdet av NO₃ + NH₄ var det en mulig tendens til noe høyere verdier på den innerste av stasjonene (Ap2) i forhold til Dk1, men ingen klare forskjeller for observasjonene nærmest innsamlingen av tang. Gjennomsnittsverdien for 12/13 observasjoner i begynnelsen av juli – slutten av august på st. Ap2 i 1998/1999 var hhv. 21 og 52 µg/l; på Dk1 9 og 43 µg/l. I tidsrommet slutten av juli-slutten av august (n=4/5) var gjennomsnittskonsentrasjonene lavere og forskjellen enda mindre:

16/13 $\mu\text{g/l}$ på st. Ap1 og 13/9 på Dk1. I siste halvdel av august ($n=1$) ble det på st. Im1 registrert 10 og 45 $\mu\text{g/l}$ hhv. i 1998 og 1999, dvs. til dels høyere N-nivå enn på stasjonene lenger inn.

Det samlede datamaterialet egner seg dårlig for å vurdere mulig sammenheng mellom næringssaltinnhold i vann og N/P i tang. Det som kan sies på ovenstående grunnlag er at det muligens høyere nitrogeninnhold i vann fra Bygdøynesområdet (st. Ap2) i forhold til vann fra Vestfjorden (st. Dk1) bare usikkert gjenspeiles i nitrogenverdiene for gjelvtang.

Tallene i tabell 3 og 4 kan ikke brukes til å bedømme om det er signifikante forskjeller mellom stasjonene. De beregnede standardavvikene for hver stasjon omfatter både variasjon mellom de tre replikatene fra hvert innsamlingstidspunkt, og også variasjon i gjennomsnitt mellom innsamlingene. Det siste bidraget kan delvis være en forskjell mellom gjennomsnittet for de to årene, og delvis forskjeller mellom de enkelte innsamlinger. Variasjonen over tid kan dessuten være mer eller mindre felles for stasjonene. Alt dette kan ha betydning for hvordan forskjeller mellom stasjoner skal bedømmes.

For å undersøke dette er det gjort variansanalyse av data for gjelvtang med stasjon som fast faktor og innsamlings-tidspunkt og eller år som tilfeldig faktor.

Figurene 2-3 nedenfor viser gjennomsnittsverdier med 95 % konfidens-intervaller for innholdet av N og P for kombinasjoner av tidspunkt og stasjon basert på slike analyser. Konfidensintervallene viser usikkerheten i gjennomsnittene basert på spredningen mellom replikatene.

For både P og N er det helt klart signifikant interaksjon stasjon*tid, dvs. klare endringer i forholdet mellom stasjonene over tid. Interaksjonen har varians 15-30 ganger større enn det en ville vente som resultat av tilfeldig variasjon mellom replikatene. Dette viser at den dominerende variasjonen i datamaterialet er reelle variasjoner over tid og stasjoner (statistisk signifikansnivå $p < 0.05$), felles for alle plantene som vokser nær hverandre. Følgelig indikeres at det bør være mulig å finne ytre årsaker til de observerte variasjonene, dersom en har nok data om hvordan forholdene varierer.

Figurene for P og N har noe forskjellig variasjonsmønstre.

Fosforinnholdet (Figur 2) viser nokså ulikt forløp de to årene. I 1998 økte gjennomsnittet over alle tre stasjoner i tid med en viss parallell utvikling, selv om forholdet mellom stasjonene skiftet fra gang til gang. For 1999 var det ikke noen klar felles komponent i endringen over tid, men Bygdøynes lå klart under de to andre stasjonene ved to av tre innsamlinger dette året. Variansanalysen gir ingen klar signifikans, hverken for forskjell mellom stasjoner eller forskjell mellom tidspunkter.

Nitrogeninnholdet viste en klar felles økning fra første til andre innsamling i 1998, og deretter en viss tendens til nedgang, men med store variasjoner mellom stasjonene. Her er det ingen tegn til at Bygdøynes lå under de andre stasjonene, faktisk lå den høyere enn de to andre stasjonene ved 4 av 6 innsamlinger.

Nedenfor er en tabellarisk oppsummering av resultatet av en statistisk analyse som prøver å kartlegge hvilke av de tilsynelatende differansene som totalt sett kan sies å være signifikant forskjellige. For hver komponent er det gjort en separat variansanalyse for hvert år, med stasjon og innsamlingstidspunkt som faktorer. De forskjellige effektene, dvs. forskjeller mellom stasjoner som gjennomsnitt over tidspunktene innen år, eller mellom tidspunkter innen år som gjennomsnitt over stasjoner, er testet mot et estimat for interaksjonen Stasjon*innsamling. Det er her brukt et mål for interaksjonen som er beregnet ved å kombinere estimatene fra hvert år. De tre kolonnene til høyre viser resultatet av de statistiske tester som da fremkommer. Den første p-verdien gjelder hver test separat. Den andre p-verdien viser hvor signifikant effekten er hvis vi tar i betraktning at hver effekt testes for to år, dvs. sannsynligheten for at minst ett av de to årsresultatene skal gi så sterk tilsynelatende forskjell ved ren tilfeldighet.

Alt i alt er det ingen grunn til å anta noen forskjell mellom stasjonene mht. N- og P-innholdet, dvs. ingen bestemte indikasjoner ulik grad av tilgjengelighet på næringssalter fra bl.a. indre til ytre fjord og heller ikke mellom de to innerste lokalitetene, på den årstid prøvene er samlet. Derimot er det indikasjoner på utslag av innsamlingstidspunktet, uten at det kan fremmes noen antagelser om bakgrunnen for dette.

Komponent	År	Effekt			Felles estimat for interaksjonen Stasjon*Innsamling		Statistisk test på signifikante forskjeller		
			frihetsgrader	MS	frihetsgrader	MS	F	p (separat test-nivå)	p(simultant test-nivå)
P	1998	Stasjon	2	0.017	8	0.0648	0.268	0.772	0.948
	1998	Innsamling	2	0.374			5.779	0.028	0.055
	1999	Stasjon	2	0.250			3.864	0.067	0.129
	1999	Innsamling	2	0.012			0.185	0.834	0.973
N	1998	Stasjon	2	10.01	8	5.273	1.899	0.211	0.378
	1998	Innsamling	2	39.2			7.437	0.015	0.030
	1999	Stasjon	2	11.7			2.223	0.171	0.312
	1999	Innsamling	2	2.13			0.404	0.681	0.898

3.1.2 Jevnføring av N- og P-innhold i de to artene

Det sammentrukne grunnlaget for sammenligning av de to artene er gitt i Tabell 6, der det også for stasjonene Håkavika og Knattvoldstranda fremgår sammendragsdata for de to observasjonsårene.

Tabell 5. Sammenligning av P- og N-innhold i blæretang og gjelvtang fra indre og ytre Oslofjord august-september 1998 - 1999. Middell og standardavvik, g/kg tørrvekt.

Variable/arter	Håkavika			Knattvoldstranda		
	1998 (n=9)	1999 (n=9)	1998-99 (n=18)	1998 (n=7)	1999 (n=9)	1998-99 (n=16)
Fosfor						
Blæretang	1,26/0,2	1,30/0,22	1,28//0,21	1,30/0,16	1,23/0,19	1,26/0,17
Gjelvtang	1 1,21/0,2 3	1,32/0,16	1,26/0,20	1,24/0,22	1,35/0,06	1,30//0,16
Nitrogen						
Blæretang	24,8/2,1	24,2/1,3	24,5/1,7	24,9/0,9	24,1/1,5	24,5/1,3
Gjelvtang	22,7/2,2	20,0/1,7	21,4/2,3	23,6/2,2	22,2/1,2	22,8/1,8
Karbon: Fosfor						
Blæretang	321/63	305/53	313/57	301/42	310/51	306/46
Gjelvtang	331/60	287/31	309/51	326/70	272/13	296/53
Karbon: Nitrogen						
Blæretang	16,0/1,6	16,0/1,0	16,0/1,3	15,5/0,5	15,5/0,9	15,5/0,7
Gjelvtang	17,3/1,8	18,8/1,3	18,0/1,7	16,7/1,6	16,5/1,1	16,6/1,2
Nitrogen: Fosfor						
Blæretang	20,0/1,9	18,9/2,4	19,5/2,2	19,3/2,2	20,1/3,8	19,8/3,1
Gjelvtang	19,1/2,1	15,2/0,9	17,1/2,6	19,4/2,3	16,5/1,1	17,8/2,2

Av Tabell 5 ses en tendens til lavere N-innhold og høyere C:N forhold i gjelvtang. Tas alle data (n=34) for nitrogeninnhold, C/N og N/P forhold fra begge stasjoner, fås følgende middelerverdier/standardavvik i de to artene:

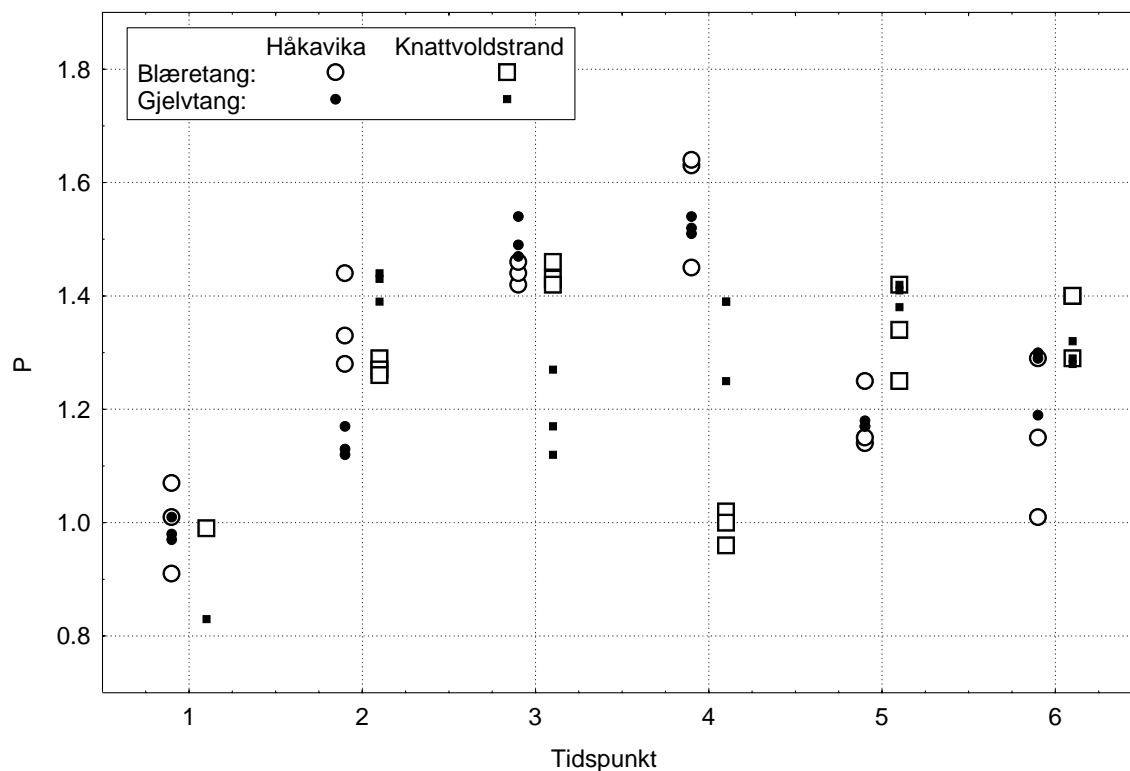
Blæretang: Nitrogeninnhold: 24,49/1,51 g/kg tørrvekt; C/N: 15,77/1,08; N/P: 19,6/2,6

Gjelvtang: Nitrogeninnhold: 22,04/2,19 g/kg tørrvekt; C/N: 17,34/1,64; N/P: 17,4/2,4

Imidlertid er det heller ikke for spørsmålet om artsforskjeller mulig å trekke slutninger ut fra gjennomsnitt og totalt standard-avvik, fordi den samlede variasjonen er satt sammen av ulike bidrag.

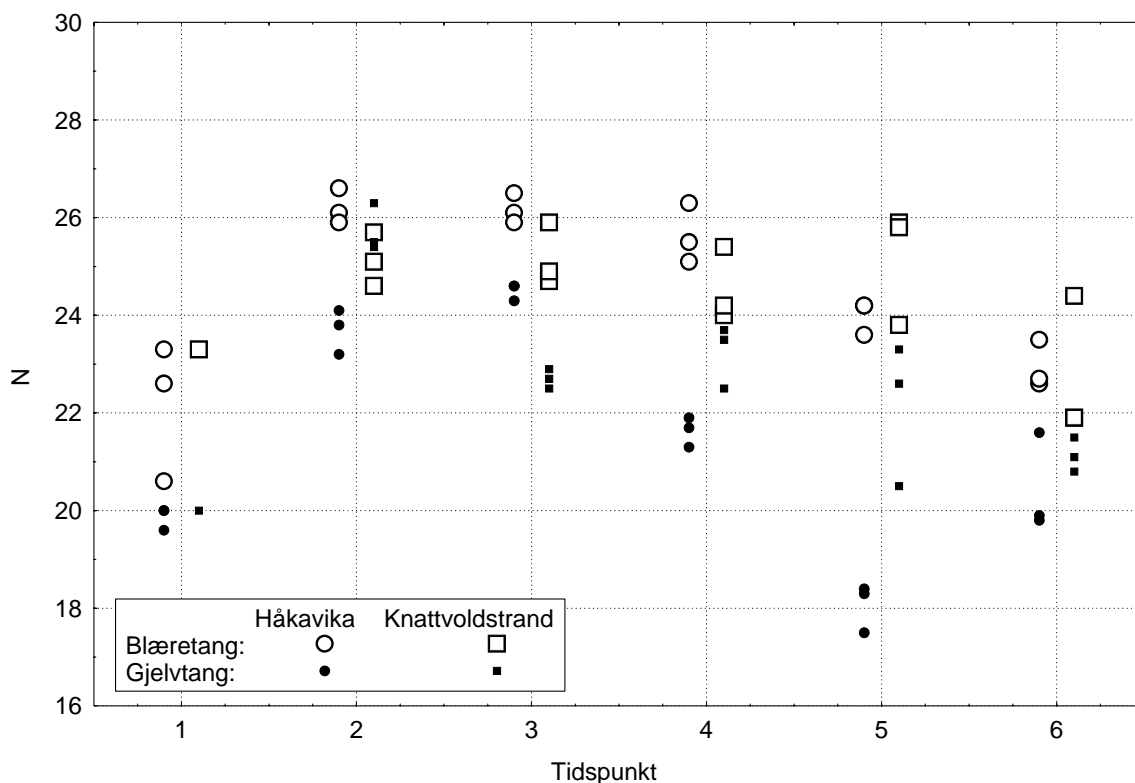
Nedenstående Figur 4-6 viser detaljert hvordan P- og N-innholdet samt N/P forholdet varierer mellom artene, mellom ulike tidspunkter og mellom de to stasjonene som har data for begge artene. De store, åpne symbolene gjelder blæretang, mens de små fylte symbolene er gjelvtang. Sirklene viser Håkavika, og kvadratene Knattvoldstranda. Figurene viser enkeltverdier, altså hvert enkelt replikat. I noen tilfelle er replikatene sammenfallende.

For fosfor var det ingen klare forskjeller mellom artene (Figur 4). Gjelvtang lå av og til over, av og til under blæretang, og forholdet mellom artene varierte både mellom tidspunkter for samme stasjon og mellom stasjoner for samme tidspunkt.



Figur 4. Variasjon i innhold av fosfor i blæretang (åpne symboler) og gjelttang fra Håkavika (sirkler) og Knattvoldstranda (kvadrater) for ulike tidspunkter, g/kg tørrvekt.

For nitrogen var det en systematisk forskjell (Figur 5), idet blæretang hadde høyere innhold enn gjelttang for alle kombinasjoner av stasjon og tidspunkt bortsett fra andre innsamling fra Knattvoldstranda i 1998, altså for 11 av 12 tilfeller. For det avvikende tilfelle var det omtrent likt for de to artene. Dette gir en meget signifikant forskjell selv ut fra en ikke-parametrisk, kombinatorisk test på forholdet mellom gjennomsnittene for samme stasjon og tidspunkt for de to artene. Signifikansnivået, dvs. sannsynligheten for å få en så klar forskjell (11 eller 12 tilfeller av 12 går samme vei) ved en tilfeldighet dersom det ikke er noen reell forskjell er . En variansanalyse med art og stasjon som faste faktorer og tokt (1-6) som tilfeldig faktor gir signifikans $p=0.004$ for forskjellen mellom artene, beregnet ut fra Satterthwaites approksimasjon for feilleddet. For en forenklet modell, hvor en slår stasjon og tokt sammen til en enkelt tilfeldig faktor 'tid-og-sted' blir signifikansnivået $p=0.00022$. I den siste modellen sammenlignes den gjennomsnittlige forskjellen mellom artene med det en ville vente rent tilfeldig ut fra hvordan forskjellen varierer mellom observasjonstilfellene (Stasjon*tid).

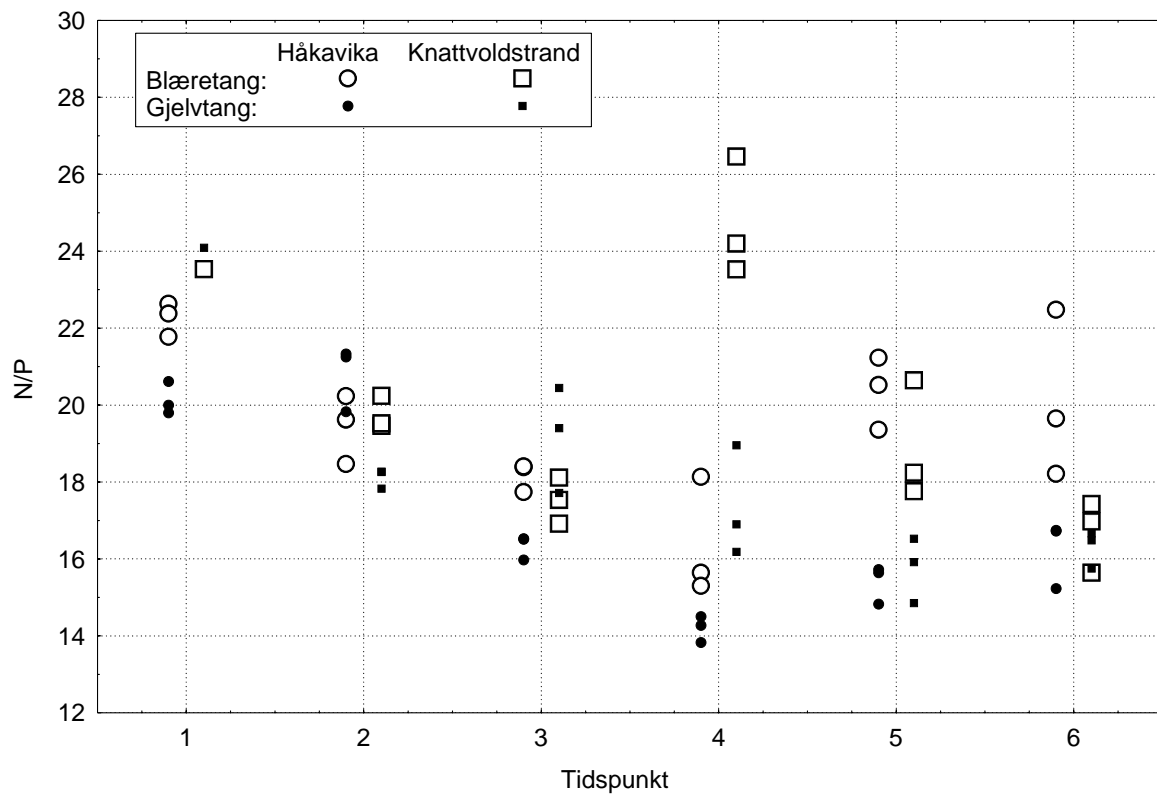


Figur 5. Variasjon i innhold av nitrogen i blæretang (åpne symboler) og gjelvtang fra Håkavika (sirkler) og Knattvoldstranda (kvadrater) for ulike tidspunkter, g/kg tørrvekt.

N/P-forholdet lå overveiende høyere for blæretang (Figur 6) som følge av den klare forskjellen i konsentrasjonene av nitrogen. På grunn av den store variasjonen i forholdet mellom artene når det gjelder P-innholdet var imidlertid ikke artsforskjellen like klar for N/P som for N-nivået.

Samsvarende med at karboninnholdet var omlag likt, og det høyere innholdet av nitrogen i blæretang, var det også signifikant lavere C/N forhold i blæretang enn i gjelvtang.

Ved en tidligere sammenligning basert på materiale fra Håøya, indre Oslofjord, ble det for middelveier på årsbasis ($n=8$) funnet liten forskjell mellom nitrogeninnholdet i blæretang og gjelvtang (Knutzen & Molvær 1996). I måneder med lave nitrogenverdier var det imidlertid klart høyere nivå i blæretang (Knutzen & Molvær 1996, data for juni og november i tabellene A29 og A36 i vedlegg 4).



Figur 6. Variasjon i N/P-forhold i blæretang (åpne symboler) og gjelvtang fra Håkavika (sirkler) og Knattvoldstranda (kvadrater) for ulike tidspunkter.

3.1.3 Jevnføring med kritiske konsentrasjoner og andre variable for bedømmelse av næringssaltbegrensning

I Tabellene 6 og 7 er det gjengitt en sammestilling fra litteraturen av kritiske konsentrasjoner og minimumskonsentrasjoner, henholdsvis for nitrogen og fosfor i fastsittende alger. En del av tallene stammer fra utydelige figurer og er derfor omtrentlige. (Kritisk konsentrasjon er det nivået som er tilstrekkelig for maksimal vekst).

Av tabellene fremgår at det har vært angitt et vidt spenn for kritiske konsentrasjoner i blæretang (fra 12 til mer enn 30 g N/kg tørrvekt og ca. 1,5-4,5 g P/kg) og andre arter. Dette skyldes at hverken kritisk konsentrasjon eller minimumsnivå er konstante størrelser, men varierer med lysforhold, tilgangen på andre næringsstoffer, og for nitrogens vedkommende om kilden er ammonium eller nitrat (Lobban og Harrison 1994 med ref., dessuten Schramm et al. 1988 og Fujita et al. 1989).

Av Tabell 6 ses at gjennomsnittinnholdet av nitrogen i blæretang har vært over 24 g/kg tørrvekt begge år. Laveste gjennomsnitt for tre paralleller på en stasjon var 22,2 g/kg kfr. vedlegg). Dette er godt over kritisk nivå gitt av Borum et al. (1994) og gjennomsnittet fra observasjonene til Pedersen og Borum (1996), likeledes over septemberverdien fra Schramm et al. (1988) (Tabell 7). Sannsynligvis viser dette at veksten av blæretang hverken i indre eller de undersøkte deler av ytre Oslofjord er begrenset av nitrogen til noen tid av året.

Derimot kan gjennomsnittsnivåene fra Tabell 6 på 1,2-1,3 g P/kg tørrvekt (og minimumsregistreringer nede i under 1 g/kg, kfr. vedlegg) jevnført med de kritiske konsentrasjonene fra Schramm et al. (1988) (Tabell 8) tyde på svak/moderat fosforbegrensning i undersøkelsesperioden.

For **gjelvtang** savnes observasjoner av kritiske konsentrasjoner.

Tabell 6. Kritiske konsentrasjoner og minimumskonsentrasjoner for vekst med hensyn til nitrogen i marine benthosalg, g/kg tørrvekt. Usikkerheter (antydende tall, lest fra figur o.l) er markert med ?

Arter	Kritisk kons.	Min.kons.	Referanser
Grønnalger			
Chaetomorpha linum	12/14 ¹⁾ 12 11,5(9,6-13,8)	4 3,8(3,7-3,9)	Borum et al. 1994 Lavery og McComb 1991 Pedersen og Borum 1996
Cladophora sp.	15		Borum et al. 1994
Cladophora aff. albida	21	12	Gordon et al. 1981
Cladophora serica	20,5(9,3-33,1)	6,8(5,7-7,9)	Pedersen og Borum 1996
Codium fragile	19 15,8(4,5-26,1)	<9 5,2(4,0-6,4)	Hanisak 1979 Pedersen og Borum 1997
Dictyosphaerium cavernosa		ca. 5,5?	Larned og Stimson 1997
Ulva fenestrata	40	18	Björnsäter og Wheler 1990
Ulva lactuca	18-23 21/39 ¹⁾ 23-27 (16)18-23(26) 21,7(13,3-29,3)	5/7 8 5-6/7-8 7,1(6,6-7,6)	Lyngby et al. 1992 Borum et al. 1994 Lyngby og Mortensen 1994 Lyngby et al. 1999 ¹⁰⁾ Pedersen og Borum 1996
Ulva rigida	20 24/30 ²⁾		Lavery og McComb 1991 Fujita et al. 1989
Brunalger			
Chordaria flagelliformis	9/15 ⁶⁾ >40? ³⁾	3/5 ⁶⁾ 7	Probyn og Chapman 1981 Rosenberg et al. 1984
Fucus distichus	>20-25? ³⁾	6	Rosenberg et al. 1984
Fucus vesiculosus	12 20/30>30 ⁴⁾ 17,1(14,8-43,8)	<10 5,5(3,5-6,4)	Borum et al. 1994 Schramm et al. 1988 Pedersen og Borum 1996
Himanthothallus grandifolius	ca.19		Korb og Gerard 2000
Laminaria saccharina	19? Ca. 19		Korb og Gerard 2000 Lobban og Harrison 1994 ⁸⁾
Laminaria solidungula	<9		Korb og Gerard 2000
Pelvetiopsis limitata	9/15/12 ⁷⁾ 15		Fujita et al. 1989 Wheeler og Björnsäter 1992
Sargassum baccularia	8,6	6,0	Schaffelke og Klumpp 1998
Rødalger			
Ceramium rubrum	20/24 ¹⁾ 20-30 ¹¹⁾ 31,0(25,9-36,4)	10 10,2(9,7-10,8)	Borum et al. 1994 Lyngby 1990 Pedersen og Borum 1996
Gracilaria tikvahiae	15-20 ca. 20		Bird et al. 1982 ⁵⁾ Hanisak 1990
Phycodrys rubens	45/55/35	ca. 25	Schramm et al. 1988
Porphyra yezoensis	ca. 40 ⁹⁾	ca. 15?	Hafting 1999

1) Henholdsvis ut fra laboratorieforsøk og feltforsøk

2) Henholdsvis ved nitrat og ammonium som kilde

3) Lest av figur

4) Ca. tall fra laboratorieforsøk med simulerte lys- og temperaturforhold i Kielbukten henholdsvis i september, juni og februar. Lest av figur

5) Med referanse til Ryther et al. (1981)

6) Ved henholdsvis nitrat og ammonium som kilde (11 med urea).

7) Henholdsvis utendørs med ammonium, utendørs med nitrat og innendørs med nitrat.

8) Med referanse til Chapman et al. (1978), men uklart hvor i dette arbeidet.

9) Angitt hhv. 4 og 1,5 g/kg våtvekt og antatt 10 % tørrstoffinnhold.

10) Litt forskjellige angivelser i ulike figurer

11) Anslått ut fra studier av andre arter

Tabell 7. Kritiske konsentrasjoner og minimumskonsentrasjoner for vekst med hensyn til fosfor i marine alger, g/kg tørrvekt. Usikkerheter (antydende tall, lest fra figur o.l.) er markert med ?

Arter	Kritisk kons.	Min. kons.	Referanser
Grønnalger			
Chaetomorpha linum	0,5		Lavery og McComb 1991
Cladophora aff. albida	3,3	0,5	Gordon et al. 1981
Enteromorpha prolifera	ca.2,0		Wheeler og Björnsäter 1992 ⁶⁾
Ulva fenestrata		0,25?	Björnsäter og Wheeler 1990
Ulva lactuca	1,8-2,3	0,5	Lyngby et al. 1992
	1,9-2,4	0,6-0,7	Lyngby og Mortensen 1994
	1,7-2,2	ca. 0,5	Lyngby og Mortensen 1995
Ulva rigida	1,8-2,3	0,5-0,6(0,7)	Lyngby et al. 1999
	0,25		Lavery og McComb 1991
Brunalger			
Fucus vesiculosus	Ca.1,5/2,5/4,5 ¹⁾	<0,5-2,5 ²⁾	Schramm et al. 1988
Macrocystis pyrifera	2,0		Manley og North 1984
Sargassum baccularia	0,9	0,6	Schaffelke og Klumpp 1998
Rødalger			
Ceramium rubrum	2,0-2,5 ⁷⁾	0,5 ⁷⁾	Lyngby 1990
Gracilaria ⁵⁾	0,7	0,5	Lewis og Hanisak 1996
Phycodrys rubens	Ca. 1,5/3,0/>3 ¹⁾	Ca. 0,5-1,2 ²⁾	Schramm et al. 1989
Porphyra umbilicalis		0,5? ³⁾	Hernandez et al. 1993a
Porphyra yezoensis		9/2? ⁴⁾	Hafting 1999

- 1) Ca. tall fra laboratorieforsøk med simulerte lys- og temperturforhold i Kielbukten, henholdsvis i juni, september og februar
- 2) Synes årstidsavhengig, høyest i februar
- 3) Ut fra en teoretisk modellbetraktning.
- 4) Henholdsvis i ammonium- og nitratmedium angitt til 0,9 og 0,2 g/kg våtvekt og anslått tørrstoffinnholdet til 10 %. Tvilsomt høye minimumskonsentrasjoner.
- 5) Patentert rase.
- 6) Referert til upublisert M.S. avhandling
- 7) Anslått ut fra studier av andre arter

Forholdstall som C/N, C/P og N/P kan i hovedsaken bare indikere **potensiell** næringsbegrensning og hvorvidt det er nitrogen eller fosfor som på måletidspunktet er nærmest til å være dette. Tidligere observasjoner har vært grunnlag for en konklusjon om at C/N verdier (vektbasis) over 10-15:1 tyder på potensiell nitrogenbegrensning hos marine benthosalger generelt (Knutzen og Molvær 1996 med ref.). Ut fra tallene i Tabell 5 skulle da veksten i både blæretang og gjelvtang være potensielt nitrogenbegrenset. Av observasjonene til Krause-Jensen et al. (1996) antydes et C/N forhold høyere enn 20:1 for potensiell nitrogenbegrensning.

For N/P er det ikke så mange angivelser i litteraturen, men Chopin et al. (1996) nevner for grisertang (*Ascophyllum nodosum*) potensiell nitrogenbegrensning ved N/P <20 og fosforbegrensning ved N/P >26. Antas noe tilsvarende å gjelde for blæretang og gjelvtang, ses av Tabell 5 at veksten hos begge arter, men spesielt i gjelvtang, tenderer mot å være nærmere nitrogenbegrensning enn fosforbegrensning. Dette utgangspunktet gir følgelig t resultat som divergerer fra konklusjonen ovenfor om mest sannsynlig fosforbegrensning basert på (de sparsomme) informasjonene om kritiske konsentrasjoner av fosfor i blæretang (Tabell 7).

For et par grønnalgearter angir Björnsäter og Wheeler (1990) henholdsvis N/P på 11:1 og 7:1 (omregnet her fra atombaserte forhold) som balansepunktet mellom nitrogen- og fosforinnhold, men

forholdstall i spinkle grønnalgearter (se også Wheeler og Björnsäter (1992) er mindre relevante for næringsstoffbalansen i større tangarter. For fucaceen *Pelvetiopsis limitata* nevner Wheeler og Björnsäter (1992) potensiell N begrensning ved N/P < ca. 3,6 og P-begrensning ved forholdstall større enn ca. 5. Skulle sistnevnte tall ha vært gyldige for Oslofjordfucaceene, ville fosfor meget klart ha vært den potensielt begrensende næringsfaktor.

Av ovenstående fremgår at resultatene av en vurdering mht. næringsstoffbegrensning er sterkt premissavhengig og spekulativ på grunn av få undersøkelser av kritisk konsentrasjon. De få som er, tilsier at fosfor er en mer sannsynlig begrensingsfaktor enn nitrogen i tang fra Oslofjorden ut til Hurumlandet, men også at en reell begrensning neppe er til stede i særlig grad.

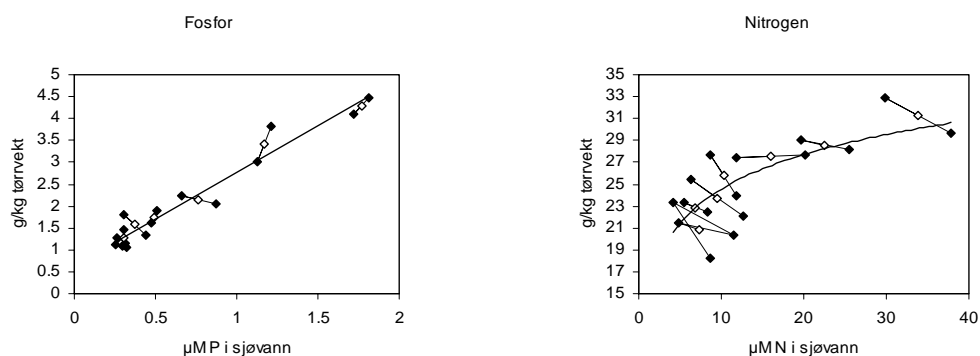
3.2 Resultater av bassengforsøk

Under eksperimentelle betingelser med kontinuerlig forhøyede næringsstoffverdier, økte innholdet av fosfor og nitrogen i blæretangen med økte næringsstoffkonsentrasjoner i sjøvannet (Tabell 8, Figur 7). Plantenes karboninnhold var omtrent den samme i alle behandlinger, kanskje noe lavere i de høyest doserte bassengene. Følgelig avtok både C/P og C/N forholdet med økt næringsstofftilgang (Figur 8). N/P forholdet ble mer enn halvert fra 18 under normale betingelser til nærmere 7 i det høyest doserte bassenget.

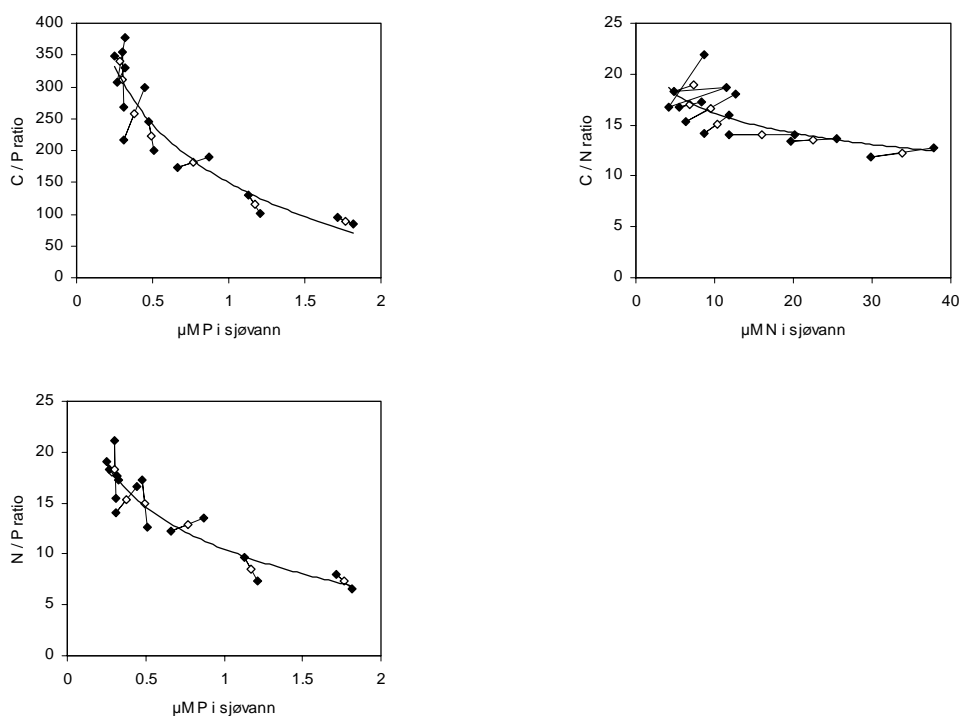
Økningen i tangens innhold av fosfor med gjennomsnittskonsentrasjonen i bassengvannet var for fosfors vedkommende tilnærmet lineær, for nitrogen logaritmisk (Figur 2).

Tabell 8. Fosfor, nitrogen og forholdene C/P, C/N og N/P i blæretang (*Fucus vesiculosus*) fra bassengforsøk (EULIT) september 1998 - september 1999. Konsentrasjoner i g/kg tørrvekt. Middelerdi og resultater fra 1998 og 1999 i parentes.

Behandling		P	N	C/P	C/N	N/P
Bas. B1/B80	snitt (n=4)	1.15	20.8	340.5	18.9	18.1
	(98-99)	(1.20-1.06)	(22.4-19.3)	(327-354)	(17.5-20.3)	(18.7-17.4)
B4 1	snitt (n=2)	1.27	22.8	310.5	17.0	18.3
	(98-99)	(1.10-1.45)	(23.3-22.4)	(353-267)	(16.7-17.3)	(21.2-15.5)
B5 2	snitt (n=2)	1.57	23.8	257.7	16.7	15.3
	(98-99)	(1.81-1.33)	(25.4-22.1)	(215-300)	(15.4-18.0)	(14.0-16.6)
B6 4	snitt (n=2)	1.75	25.9	222.9	15.0	15.0
	(98-99)	(1.60-1.90)	(27.7-24.0)	(245-201)	(14.2-15.9)	(17.3-12.6)
B3 8	snitt (n=2)	2.14	27.6	181.3	14.1	12.9
	(98-99)	(2.23-2.05)	(27.4-27.7)	(172-190)	(14.1-14.0)	(12.3-13.5)
B7 16	snitt (n=2)	3.42	28.6	114.9	13.5	8.5
	(98-99)	(3.01-3.82)	(29.0-28.2)	(129-101)	(13.4-13.7)	(9.6-7.4)
B2 32	snitt (n=2)	4.29	31.3	89.3	12.2	7.3
	(98-99)	(4.11-4.48)	(32.9-29.6)	(94-84)	(11.8-12.7)	(8.0-6.6)



Figur 7. Innhold av fosfor og nitrogen i blæretang mot konsentrasjonen av fosfor (PO_4^{--}) og nitrogen (sum $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$) i sjøvannet nærmeste 4 uker før prøveinnsamling (aug./sep.). Åpne symboler er middelverdi for årene 1998 og 1999. De to årene er sammenbundet med en linje. Trendlinjene er hhv. lineær og logaritmisk.



Figur 8. Forholdet mellom C/P, C/N og N/P plottet mot næringssaltkonsentrasjon målt i sjøvannet nærmeste 4 uker før prøveinnsamling (aug/sep). Åpne symboler er middelverdi for årene 1998 og 1999. De to årene er sammenbundet med en linje. Trendlinjene er logaritmiske.

Den tilsynelatende forskjellen ved høyere gjennomsnittsinhold av fosfor og særlig nitrogen i blæretang fra fjorden versus bassengplantene (jfr. Tabell 3 med Tabell 8), var bare statistisk signifikant for nitrogen. Dette fremgår ved å betrakte de to stasjonene og de to kontroll-bassengene (B1, B8) som replikater i hver sin gruppe av stasjoner (fjord, EULIT), og tidspunktet som gjentatt måling på samme objekt ('repeated measures') og gjøre en variansanalyse med stasjon nestet innenfor stasjonsgruppe. Interaksjonen stasjon*tid (basseng*tid) blir beregnet som residualledd, med 3 frighetsgrader. Resultatet kan oppsummeres som følger:

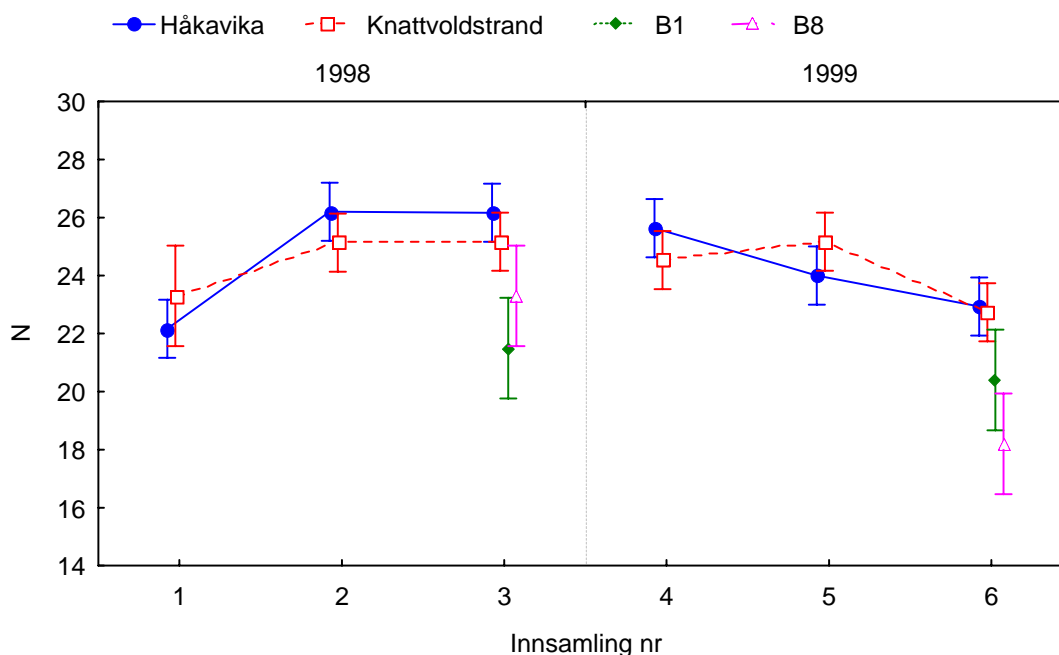
	P	N	C	C:P	C:N	N:P
Signifikansnivå (p) for forskjell mellom fjorden og bassenger	0.0706	0.027	0.24	0.104	0.061	0.94
Residual-ledd (med 3 frihetsgrader)	0.01	1.4	41	1011	2.1	1.19

Av de 3 primære variablene er N-innholdet relativt klart signifikant forskjellig på fjordstasjonene og i kontrollbassengene.

Figur 9 med gjennomsnittlig nitrogeninnhold for hver stasjon og tidspunkt bekrefter at tangen fra EULIT-bassengene lå konsekvent lavere.

Sammenligning av N-innhold i blæretang i stasjonene fra fjorden og i kontroll-bassengene fra EULIT

Søylene viser 95 % konfidensintervall for middelveiden, basert på varians mellom replikater, beregnet ut fra felles varians-estimat og antall replikater.



Figur 9. N-innhold i blæretang fra fjorden sammenlignet med tang fra kontrollbassengene.

4. Avsluttende bemerkninger vedrørende indikatorarter og kritiske konsentrasjoner

Ut fra de resultater som er oppnådd så langt synes nitrogen- og fosforinnholdet i større tangarter som blæretang, grisetang, gjelvtang, etc. å være mindre egnet som indikasjoner på næringssalttilgang/overgjødning annet enn ved sterk grad av belastning, slik som tilfellet har vært ved utslippet fra kunstgjødselsproduksjon i Glomfjord/Nordland (Molvær et al. 1984, Knutzen og Molvær 1987, Johnsen et al. 1994). Dette gjelder i hvert fall inntil man har flere resultater mht. kritisk konsentrasjoner under ulike forhold, fortrinnsvis fra registreringer eller forsøk i felt. (Schramm et al. 1988, Fujita et al. 1989, Lobban og Harrison 1994 med henvisninger). De nå tilgjengelige data for fucaceer er enten for få eller, slik som for blæretang), de spenner over utilfredsstillende vide konsentrasjonsintervaller (Tabellene 6 og 7) uten at de divergerende observasjonene er godt nok knyttet til tallfestede faktorer som kan influere kritisk konsentrasjon.

I Danmark har innholdet av N og P i utplasserte *Ulva lactuca* (sjøsalat) og kritiske konsentrasjoner/minimumsnivåer for vekst vært benyttet med utbytte til å finne den relative betydning av fosfor og nitrogen på mer eller mindre overgjødlede lokaliteter (Lyngby og Mortensen 1994, 1995; Lyngby et al. 1999). Imidlertid gjelder det også for denne arten at studiene av kritiske nivåer er fåtallige og dessuten at angivelsene for nitrogen representerer usikkerhet ved betydelig forskjell mellom laveste og høyeste estimat (Tabell 6).

Ho (1987) fant en sterk korrelasjon mellom vevsinnhold av nitrogen og fosfor i *Ulva lactuca* og logaritmen til løst nitrogen og fosfor i vann fra voksestedene.

Kjennskap til kritiske nivåer og minimumsinnhold for vekst bidrar også til å forklare hvordan ulike næringsvilkår virker på algesamfunnenes sammensetning. Pedersen og Borum (1996, 1997) viste at sakte voksende, flerårige arter er bedre tilpasset lav nitrogentilgang enn hurtig voksende ettårige alger, idet de sistnevnte hadde behov for mer næring pr. biomasseenhet pr. dag for maksimal tilvekst og dessuten mindre lagringsevne, dvs. lager som varer kortere før grensene for maksimal veksthastighet og vedlikeholdsvekst underskrides..

I en del tilfeller vil analyse av utplassert algemateriale være mer formålstjenelig enn bruk av naturlig forekommende tang, som ikke alltid er tilgjengelig. Teknikker som har vist seg anvendelige for karakteristikk av næringssaltregimer og gradienter i relasjon til gjødslingsskilder finnes i arbeidene til bl.a. Lyngby og Mortensen (1994), Lyngby et al. (1999) og Fong et al. (1998); se dessuten Altamirano et al. (1999).

Både de erfaringer som er gjort med å bruke nivåene av N og P i ulike fastsittende alger som indikatorer på gjødslingsgrad, samt vid utbredelse og høy toleranse for ferskvannspåvirkning synes å tilsa at sjøsalat og arter av *Enteromorpha* egner seg best som indikatorer på næringstilgang under norske forhold.

5. Referanser

- Altamirano, M., Flores-Moya, A., Conde, F. og F.L. Figueroa, 2000. Growth seasonality, photosynthetic pigment, and carbon and nitrogen content in relation to environmental factors: a field study of *Ulva olivascens* (Ulvales, Chlorophyta). *Phycologia* 39: 50-58.
- Bird, K.T., Habig, C og T. DeBusk, 1982. Nitrogen allocation and storage patterns in *Gracilaria tikvahiae* (Rhodophyta). *J. Phycol.* 18: 344-348.
- Björnsäter, B.R. og P.A. Wheeler, 1990. Effect of nitrogen and phosphorus supply on growth and tissue composition of *Ulva fenestrata* and *Enteromorpha intestinalis* (Ulvales, Chlorophyta). *J. Phycol.* 26: 603-611.
- Bokn, T.L., H. Christie, C.M. Duarte, O. Geertz-Hansen, E.E. Hoell, K. Kersting, P. Kraufvelin, C. Lindblad., M.F. Pedersen, U. Sommer & F. Moy, 1998. Effects of eutrophicated seawater on rocky shore ecosystems studied in large littoral mesocosms - EULIT. In: Barthel, K.-G., H. Barth, M. Bohle-Carbonell, C. Fragakis, E. Lipiatou, P. Martin, G. Ollier & M. Weydert (eds), Project Synopses from Third European Marine Science and Technology Conference, Lisbon 23-27 May 1998, Volume II, Strategic Marine Research, pp. 871-876
- Bokn, T. L., Hoell, E. E., Kersting, K., Moy, F.E. og K. Sørensen,. 2001. Methods Applied in the Large Littoral Mesocosms Study of Nutrient Enrichment in Rocky Shore Ecosystems - EULIT. *Continental Shelf Research* 21, 1925-1936.
- Bokn, T.L., Moy, F.E., Christie, H., Engelbert, S., Karez, R., Kersting, K., Kraufvelin, P., Lindblad, C., Marba, N., Pedersen, M.F. og K. Sørensen. Are rocky shore ecosystems affected by nutrient enriched seawater? Some preliminary results from a mesocosm experiment. *Hydrobiologia* . (under trykking).
- Borum, J., Pedersen, M.F., Kær, L. og P.M. Pedersen, 1994. Vækst og næringsdynamik hos marine planter. Havforskning fra Miljøstyrelsen, rapport nr. 41 1994. Miljøstyrelsen, København. 53 s.
- Brown, M.T., Nyman, M.A., Keogh, J.A. og N.K.M. Chin, 1997. Seasonal growth of the giant kelp *Macrocystis pyrifera* in New Zealand. *Marine Biology* 129: 417-424.
- Chapman, A.R.O., Markham, J.W. og K. Lüning, 1978. Effects of nitrate concentrations on the growth and physiology of *Laminaria saccharina* (Phaeophyta) in culture. *J. Phycol.* 14: 195-198.
- Chopin, T., Marquis, P.A. og E.P. Belyea, 1996. Seasonal dynamics of phosphorus and nitrogen contents in the brown alga *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis and its associated species *Polysiphonia lanosa* (L.) Tandy and *Pilayella littoralis* (L.) Kjellman, from the Bay of Fundy, Canada. *Botanica Marina* 39: 543-552.
- Chopin, T. og B.T. Wagey, 1999. Factorial study of the effects of phosphorus and nitrogen enrichments on nutrient and carrageenan content in *Chondrus crispus* (Rhodophyceae) and on residual nutrient concentration in seawater. *Botanica Marina* 42: 23-31
- Fong, P., Boyer, K.E. og J.B. Zeller, 1998. Developing an indicator of nutrient enrichment in coastal estuaries and lagoons using tissue nitrogen content of the opportunistic alga, *Enteromorpha intestinalis* (L. Link). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 231: 63-79.

- Fong, P., Kamer, k., Boyer, K.E. og K.A. Boyle, 2001. Nutrient content of macroalgae with differing morphologies may indicate sources of nutrients for tropical marine systems. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 220: 137-152.
- Fujita, R.M., Wheeler, P.A. og R.L. Edwards, 1989. Assessment of macroalgal nitrogen limitation in a seasonal upwelling region. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 53: 293-303.
- Gevaert, F., Davoult, D., Creach, A., Kling, R., Janquin, M.-A., Seuront, L. og Y. Lemoine, 2001. Carbon and nitrogen content of *Laminaria saccharina* in the eastern English Channel: Biometrics and seasonal variations. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 81: 727-734.
- Gordon, D.M., Birch, P.B. og A.J. McComb, 1981. Effects of inorganic phosphorus and nitrogen on the growth of an estuarine *Cladophora* in culture. *Botanica Marina* 24: 93-106.
- Hafting, J.T., 1999. Effect of tissue nitrogen and phosphorus quota on growth of *Porphyra yezoensis* blades in suspension cultures. *Hydrobiologia* 398/399: 305-314.
- Hanisak, M.D., 1979. Nitrogen limitation of *Codium fragile* ssp *tomentosoides* as determined by tissue analysis. *Mar Biol.* 50: 333-337.
- Hanisak, M.D., 1990. The use of *Gracilaria tikvahiae* (Gracilariales, Rhodophyta) as a model system to understand the nitrogen nutrition of cultured seaweeds. *Hydrobiologia* 204/205: 79-97.
- Hernandez, I., Fernandez, J.A. og F.X. Niell, 1993a. Influence of phosphorus status on the seasonal variation of alkaline phosphatase activity in *Porphyra umbilicalis* (L.) Kützinger. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 173: 181-196.
- Hernandez, I., Corzo, A., Gordillo, F.J., Robles, M.D., Saez, E., Fernandez, J.A. og F.X. Niell, 1993b. Seasonal cycle of the gametophyte form of *Porphyra umbilicalis*: nitrogen and carbon. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 99: 301-311.
- Hernandez-Carmona, G., Robledo, D. og E. Serviere-Zaragoza, 2001. Effect of nutrient availability on *Macrocystis pyrifera* recruitment and survival near its southern limit off Baja California. *Botanica Marina* 44: 221-229.
- Ho, Y.B., 1987. *Ulva lactuca* (Chlorophyta, Ulvales) in Hong Kong intertidal waters – its nitrogen and phosphorus contents and its use as a bioindicator of eutrophication. *Asian Mar. Biol.* 4: 97-102.
- Johnsen, T., Knutzen, J., Molvær, J., Pedersen, A. og M. Walday, 1994. Undersøkelser av miljøforhold i Glomfjord og Holandsfjord 1991-1992. Delrapport 3. Næringsalter, algebiomasse, oksygenforhold og gruntvannssamfunn i Glomfjord. Rapport 571/94 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 3061, 121 s.
- Kaehler, S. og R. Kennish, 1996. Summer and winter comparisons in nutritional value of marine macroalgae from Hong Kong. *Botanica Marina* 39: 11-17.
- Kamer, K. og P. Fong, 2001. Nitrogen enrichment ameliorates the negative effects of reduced salinity on green macroalga *Enteromorpha intestinalis*. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 218: 87-93.

- Knutzen, J. og j. Molvær, 1996. Nitrogen og fosfor i grisetang, blæretang og gjelvtang fra referanselokalteter og overgjødslede områder i Norge 1984-1992. (Nitrogen and phosphorus in *Ascophyllum nodosum*, *Fucus vesiculosus* and *F. evanescens* from reference localities and eutrophic areas in Norway 1984-1992). NIVA-rapport 3438-96, 116 s.
- Korb, R.E. og V.A. Gerard, 2000. Effects of concurrent low temperature and low nitrogen supply on polar and temperate seaweeds. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 198: 73-82.
- Krause-Jensen, D., McGlathery, K., Rysgaard, S. og P.B. Christensen, 1996. Production within dense mats of the filamentous macroalga *Chaetomorpha linum* in relation to light and nutrient availability. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 134: 207-216.
- Krause-Jensen, D. og P.B. Christensen, 1997. Trådalgemåtter er ustabile algesamfund. *Vand & Jord* 4: 92-96.
- Larned, S.T., 1998. Nitrogen- versus phosphorus-limited growth and sources of nutrients for coral reef macroalgae. *Marine Biology* 132: 409-421.
- Larned, S.T. og M.J. Atkinson, 1997. Effects of water velocity on NH_4 and PO_4 uptake and nutrient-limited growth in the macroalga *Dictyosphaeria cavernosa*. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 157:295-302.
- Larned, S.T. og J. Stimson, 1997. Nitrogen-limited growth in the coral reef alga *Dictyosphaeria cavernosa*, and the effect of exposure to sediment-derived nitrogen on growth. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 145: 95-108
- Lavery, P.S. og A.J. McComb, 1991. The nutritional eco-physiology of *Chaetomorpha linum* and *Ulva rigida* in Peel Inlet, western Australia. *Botanica marina* 34: 251-260.
- Lehvo, A., Bäck, S. og M. Kiiirikki, 2001. Growth of *Fucus vesiculosus* L. (Phaeophyta) in the Northern Baltic proper: energy and nitrogen storage in seasonal environment. *Botanica Marina* 44: 345-350.
- Lewis, R.L. og M.D. Hanisak, 1996. Effects of phosphate and nitrogen supply on productivity, agar content, and physical properties of *Gracilaria* strain G-16S. *J. Appl. Phycol.* 8: 41-49.
- Lobban, C.S. og P.J. Harrison, 1994. *Seaweed ecology and physiology*. Cambridge University Press, 366 s.
- Lyngby, J.E., 1990. Monitoring of nutrient availability and limitation using the marine macroalga *Ceramium rubrum* (Huds.)C. Ag. *Aquat. Bot.* 38: 153-161.
- Lyngby, J.E. og S.M. Mortensen, 1994. Assessment of nutrient availability and limitation using macroalgae. *J. Aquat. Ecosystem Health* 3: 27-34.
- Lyngby, J.E. og S.M. Mortensen, 1995. Biomonitoring of eutrophication levels in shallow coastal ecosystems. S. 39-44 i A. Eleftheriou, A.D. Ansell og C.J. Smith (red.): *Biology and Ecology of shallow coastal waters*. Proc. 28th European Marine Biology Symposium, Iraklio, Crete, 1993. Olsen & Olsen, Fredensborg. 391 s.
- Lyngby, J.E., Birklund, J. og S.M. Mortensen, 1992. Biomonitoring med makroalger. *Vand og Miljø* 7/1992: 232-236.

- Lyngby, J.E., Mortensen, S. og N. Ahrenberg, 1999. Bioassessment techniques for monitoring of eutrophication and nutrient limitation in coastal ecosystems. *Mar. Pollut. Bull.* 39: 1-12.
- Magnusson, J., Johnsen, T., Beyer, F., Gjøsæter, J., Lømsland, E.R. og Aa. Sollie, 1999. Overvåking av forurensningssituasjonen i indre Oslofjord i 1998. Rapport nr. 71 fra Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord. Rapport 769/99 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 4058-99, 63 s.
- Magnusson, J., Johnsen, T., Gjøsæter, J., Lømsland, E.R. og Aa. Sollie, 2000. Overvåking av forurensningssituasjonen i indre Oslofjord i 1998. Rapport nr. 77 fra Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord. Rapport 798/00 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 4246-2000, 66 s.
- Manley, S.L. og W.J. North, 1984. Phosphorus and the growth of juvenile *Macrocystis pyrifera* (Phaeophyta) sporophytes. *J. Phycol.* 20: 389-393.
- McGlathery, K.J., Pedersen, M.F. og J. Borum, 1996. Changes in intracellular nitrogen pools and feedback controls on nitrogen uptake in *Chaetomorpha linum* (Chlorophyta). *J. Phycol.* 32: 393-401.
- Molvær, J. og J. Knutzen, 1987. Eutrofi forhold i Glomfjord, Norge. S. 157-168 i *Eutrofierings av havs- og kustområden. 22. Nordiska symposiet om vattenforskning, Laugarvatn 1986-08-26-29. NORDFORSK, Miljøvårdsserien Publ. 1987:I. Helsingfors, 472 s.*
- Molvær, J., Knutzen, J., Haakstad, M. og K. Tangen, 1984. Basisundersøkelse i Glomfjord 1981-82. Delrapport II. Vannutskifting, vannkvalitet, miljøgifter i organismer og organismesamfunn på grunt vann. Rapport 128/84 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 1605, 125 s.
- Naldi, M. og P.A. Wheeler, 1999. Changes in nitrogen pools in *Ulva fenestrata* (Chlorophyta) and *Gracilaria pacifica* (Rhodophyta) under nitrate and ammonium enrichment. *J. Phycol.* 35: 70-77.
- Pedersen, M.F. og J. Borum, 1996. Nutrient control of algal growth in estuarine waters. Nutrient limitation and the importance of nitrogen requirements and nitrogen storage among phytoplankton and species of macroalgae. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 142: 261-272.
- Pedersen, M.F. og J. Borum, 1997. Nutrient control of estuarine marine algae: growth strategy and the balance between nitrogen requirements and uptake. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 161:155-163.
- Pinchetti, J.L.G., del Campo Fernandez, E., Diez, P.M. og G.G. Reina, 1998. Nitrogen availability influences the biochemical composition and photosynthesis of tank-cultivated *Ulva rigida* (Chlorophyta). *J. Appl. Phycol.* 10:383-389.
- Probyn, T.A. og A.R.O. Chapman, 1983. Summer growth of *Chordaria flagelliformis* (O.F. Muell.) C.Ag.: Physiological strategies in a nutrient stressed environment. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 73: 243-271.
- Puechel, C.M. og R.E. Korb, 2001. Storage of nitrogen in the form of protein bodies in the kelp *Laminaria solidungula*. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 218: 107-114.
- Rosenberg, G., Probyn, T.A. og K.H. Mann, 1984. Nutrient uptake and growth kinetics in brown seaweeds: Response to continuous and single additions of ammonium. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 80: 125-146.

Ryther, J.H., Corwin, N., DeBusk, T.A. og L.D. Williams, 1981. Nitrogen uptake and storage by the red alga *Gracilaria tikvahiae* (McLachlan, 1979). *Aquaculture* 26: 107-115

Schaffelke, B. og D.W. Klumpp, 1998. Nutrient-limited growth of the coral reef macroalga *Sargassum baccularia* and experimental growth enhancement by nutrient addition in continuous flow culture. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 164: 199-211.

Schramm, W., Abele, D. og G. Breuer, 1988. Nitrogen and phosphorus nutrition and productivity of two community forming seaweeds (*Fucus vesiculosus*, *Phycodrys rubens*) from the western Baltic (Kiel Bight) in the light of eutrophication processes. *Kieler Meeresforsch. Sonderh.* 6: 221-240.

Sfriso, A. og A. Marcomini, 1997. Macrophyte production in a shallow coastal lagoon. Part II: Coupling with sediment, SPM and tissue carbon, nitrogen and phosphorus concentrations. *Mar. Environ. Res.* 47: 285-309.

Wernberg, T., Thomsen, M.S., Stæhr, P.A. og M.F. Pedersen, 2001. Comparative phenology of *Sargassum muticum* and *Halidrys siliquosa* (Phaeophyceae: Fucales) in Limfjorden, Denmark. *Botanica Marina* 44: 31-39.

Wheeler, P.A. og B.R. Björnsäter, 1992. Seasonal fluctuations in tissue nitrogen and phosphorus, and N:P for five macroalgal species common to the Pacific northwest coast. *J. Phycol.* 28: 1-6.

Wu, C.-y., Zhang, Y.-x., Li, R.-z., Penc, Z.-s., Zhang, Y.-f., Liu, Q.-c., Zhang, J.-p. og Fan, X., 1984. Utilization of ammonium-nitrogen by *Porphyra yezoensis* and *Gracilaria verrucosa*. *Hydrobiologia* 116/117: 475-477.

Vedlegg

**Rådata for analyser av fosfor, nitrogen, karbon og tørrstoff,
samt avledede forholdstall C:P. C:N og N:P**

Tabell 1. Innhold av fosfor, nitrogen, organisk karbon (mg/kg tørrvekt) og % tørrstoff i 2-3 cm skuddspisser av blæretang (*Fucus vesiculosus*) fra Oslofjorden august-september 1998-1999.

Stasjoner, dato	P	N	C	C:P	C:N	N:P	% tørrstoff
Håkavika 28/8-98	1,07	23,3	400	374	17,2	21,8	25,0
	0,91	20,6	394	433	19,1	22,7	24,7
	1,01	22,6	397	393	17,6	22,4	26,5
Håkavika 18/9-98	1,33	26,1	393	296	15,1	19,6	24,0
	1,44	26,6	396	275	14,9	18,5	24,2
	1,28	25,9	392	306	15,1	20,2	24,6
Håkavika 29/9-98	1,46	25,9	386	264	14,9	17,8	23,3
	1,44	26,5	394	274	14,9	18,4	23,6
	1,42	26,1	387	273	14,8	18,4	23,9
Knattvoldstr. 28/8-98	0,99	23,3	382	386	16,4	23,5	24,7
Knattvoldstr. 18/9-98	1,26	24,6	392	311	15,9	19,5	24,4
	1,29	25,1	390	302	15,5	19,5	23,9
	1,27	25,7	392	309	15,3	20,2	23,6
Knattvoldstr. 29/9-98	1,42	24,9	382	269	15,3	17,5	21,6
	1,43	25,9	383	268	14,8	18,1	22,4
	1,46	24,7	386	264	15,6	16,9	22,4
Håkavika 18/8-99	1,64	25,1	374	228	14,9	15,3	17,4
	1,45	26,3	385	266	14,6	18,1	17,1
	1,63	25,5	376	231	14,7	15,6	16,2
Håkavika 1/9-99	1,25	24,2	392	314	16,2	19,4	18,8
	1,15	23,6	389	338	16,5	20,5	19,8
	1,14	24,2	390	342	16,3	21,2	19,3
Håkavika 15/9-99	1,01	22,7	389	385	17,1	22,5	19,6
	1,15	22,6	387	337	17,1	19,7	18,3
	1,29	23,5	394	305	16,8	18,2	18,3
Knattvoldstr. 18/8-99	0,96	25,4	370	385	14,6	26,5	24,4
	1,02	24,0	375	371	15,6	23,5	26,6
	1,00	24,2	371	371	15,3	24,2	20,3
Knattvoldstr. 1/9-99	1,42	25,9	373	262	14,4	18,2	18,3
	1,25	25,8	376	301	14,6	20,6	18,9
	1,34	23,8	371	277	15,6	17,8	17,9
Knattvoldstr. 15/9-99	1,29	21,9	372	288	17,0	17,0	18,1
	1,40	24,4	383	274	15,7	17,4	18,1
	1,40	21,9	367	262	16,8	15,6	17,6

Tabell 2. Innhold av fosfor, nitrogen, organisk karbon (mg/kg tørrvekt) og % tørrstoff i gjelvtang (*Fucus evanescens*) fra Oslofjorden august-september 1998-1999.

Stasjoner, dato	P	N	C	C:P	C:N	N:P	% tørrstoff
Bygdøynes 28/8-98	0,78	21,9	386	495	17,6	28,1	21,9
	0,92	21,8	381	414	17,5	23,7	20,5
	0,81	21,2	387	478	18,3	26,2	22,0
Bygdøynes 18/9-98	1,21	26,0	377	312	14,5	21,5	22,8
	1,16	25,5	376	324	14,7	22,0	24,8
	1,18	25,7	379	321	14,7	21,8	24,4
Bygdøynes 29/9-98	1,43	26,8	378	264	14,1	18,7	21,8
	1,31	26,8	379	289	14,1	20,5	22,2
	1,31	26,0	373	285	14,3	19,8	21,6
Håkavika 28/8-98	0,98	19,6	392	400	20,0	20,0	21,6
	1,01	20,0	385	381	19,3	19,8	22,2
	0,97	20,0	391	403	19,6	20,6	22,9
Håkavika 18/9-98	1,13	24,1	383	339	15,9	21,3	21,4
	1,12	23,8	389	347	16,3	21,3	21,5
	1,17	23,2	388	332	16,7	19,8	21,6
Håkavika 29/9-98	1,49	24,6	389	261	15,8	16,5	23,1
	1,54	24,6	385	250	15,7	16,0	22,8
	1,47	24,3	388	264	16,0	16,5	23,4
Knattvoldstr. 28/8-98	0,83	20,0	391	471	19,6	24,1	24,3
Knattvoldstr. 18/9-98	1,43	25,5	389	272	15,3	17,8	24,1
	1,44	26,3	392	272	14,9	18,3	23,4
	1,39	25,4	391	281	15,4	18,3	23,6
Knattvoldstr. 28/9-98	1,27	22,5	388	306	17,2	17,8	23,4
	1,12	22,9	390	348	17,0	20,4	23,2
	1,17	22,7	390	333	17,2	19,4	22,7
Bygdøynes 18/8-99	1,00	21,1	386	386	18,3	21,1	17,8
	0,95	21,2	384	404	18,1	22,3	16,9
	0,94	20,1	383	407	19,1	21,4	17,2
Bygdøynes 1/9-99	1,12	22,4	374	334	16,7	20,0	16,7
	1,14	23,1	373	327	16,2	20,3	16,7
	1,09	22,4	373	342	16,7	20,6	16,6
Bygdøynes 15/9-99	1,03	22,0	386	375	17,5	21,4	16,0
	1,11	22,7	381	343	16,8	20,5	16,0
	1,03	21,5	384	373	17,9	20,9	15,7
Håkavika 18/8-99	1,54	21,3	379	246	17,8	13,8	16,9
	1,52	21,7	386	254	17,8	14,3	16,2
	1,51	21,9	380	252	17,4	14,5	16,7
Håkavika 1/9-99	1,18	17,5	361	306	20,6	14,8	16,5
	1,17	18,4	374	320	20,3	15,7	16,0
	1,17	18,3	373	319	20,4	15,6	15,8
Håkavika 15/9-99	1,29	21,6	375	291	17,4	16,7	15,0
	1,19	19,9	377	317	18,9	16,1	16,0
	1,30	19,8	363	279	18,3	15,2	16,4
Knattvoldstr. 18/8-99	1,39	23,5	369	265	15,7	16,9	20,3
	1,25	23,7	368	294	15,5	19,0	20,3
	1,39	22,5	366	263	16,3	16,2	20,3
Knattvoldstr. 1/9-99	1,41	23,3	373	265	16,0	16,5	19,4
	1,42	22,6	361	254	16,0	15,9	18,8
	1,38	20,5	361	262	17,6	14,9	19,3
Knattvoldstr. 15/9-99	1,32	20,8	363	275	17,5	15,8	17,0
	1,28	21,1	364	284	17,3	16,5	16,7
	1,29	21,5	365	283	17,0	16,7	16,0