

Nitrogen eller fosforbegrensende algevekst — noe om betydningen av forskjellige faktorer

Av Jan Magnusson

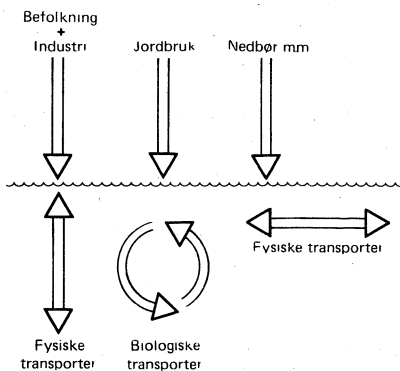
Jan Magnusson er fil.kand. og ansatt som forsker ved Norsk Institutt for Vannforskning.

Innlegg holdt på møte i Norsk Vannforening 19. september 1983.

Innledning

De praktiske tiltak som i dag blir diskutert for å minke en altfor stor planktonproduksjon i et sjøvannsområde forutsetter at et av gjødselsstoffene nitrogen eller fosfor kan reduseres slik at algeproduksjonen blir redusert til et akseptabelt nivå. Hvis vi forutsetter at denne hypotesen er korrekt, blir den avgjørende faktor for et vellykket resultat at tiltakene er av en slik størrelse at det går å påvirke den totale transporten av nærings-salter, dvs. summen av den i resipienten naturlige transporten og den antropogene tilførselen. Hvis de naturlige nærings-salttransporter dominerer over tilførselen fra land, vil effekten av et utslipp være begrenset og kunne løses ved bedre fortykning. Dette er sikkert tilfellet i en del kystkommuner i Norge. Hvor det imidlertid er konstatert en eutrofiering, vil tilførsel av nærings-salter fra land være den direkte årsaken.

I figur 1 har jeg skissert de ulike transporter som er av betydning for planktonproduksjonen. For den enkelte resipient er en fullstendig kjennskap til de ulike leddene ønskelig, men dette har vi ikke i dag, så i mellomtiden må vi basere oss på enklere modeller.



Figur 1.

Tilførsel og transport av nærings-salter.

I husholdningskloakk foreligger fosfor i overskudd i forhold til nitrogen sett ut fra planktonets gjennomsnittlige behov. Gjennomsnittlig N:P-forhold i plankton er omkring 16:1 (Redfield 1934) og i kommunal husholdningskloakk ca. 10:1 (Atomforhold). Av dette følger at hvis planktonet i en fjord før kloakkutslipp startet, hadde nitrogenbegrenset vekst, vil den teoretisk maksimale biomassen i fjorden bli bestemt av mengden tilført nitrogen i kloakkvannet.

Generelt anses at nitrogen er minimumsfaktor for planktonvekst i sjøvann (Ryther og Dunstan, 1971). Observasjoner

av andre forskere har vist fosforbegrensende algevekst i brakkvannspåvirkede estuarier i Florida (Meyers og Iverson 1981). Positive effekter av fosfor kontroll er også blitt observert i Potomac estuariet i USA (Jaworski 1981). Likeså har undersøkelser av Sakshaug et al. (1983) vist at planteplanktonet i kystvann kan være meget velbalansert med hensyn til fosfor og nitrogen og dessuten dokumentert fosforbegrensende algevekst i de ferskvannspåvirkede delene av Trondheimsfjorden. Trolig er det kraftige lokale variasjoner i rom og tid såvel som ufullstendige metoder som gjør at en oppnår så forskjellige resultater. Uenigheten peker i alle fall mot at det er nødvendig med videre forskning på dette felt.

Imidlertid er det fra et renseteknisk synspunkt ikke avgjørende om planktonproduksjonen i et fjord- eller kystområde er gjennomgående nitrogen eller fosfor-

begrenset. Isteden blir det størrelsen av de forskjellige transporter av nærings-saltene som avgjør hvorvidt et rens tiltak kan gi resultater mht. planktonproduksjonen.

Hvis de kontrollerbare antropogene tilførslene av næringsalter dominerer over de naturlige transportene vil en med rensetekniske tiltak kunne gjøre et av næringsaltene begrensende. Et enkelt teoretisk eksempel er vist i tabell 1 og 2. Her har vi antatt at vi tilfører en viss mengde pr. tidsenhet til et bestemt fjordvolum og også forutsatt at vi kjenner de naturlige transportene. Videre har vi forutsatt en resipient med en naturlig transport av fosfor og nitrogen som vil gi en nitrogenbegrenset algevekst. Tilførslene fra land og luft er hentet fra indre del av Gandsfjorden (Molvær 1983), men beregningene er for øvrig helt teoretiske.

Tabell 1. *Tilførsler av næringsalter, pr. volum- og tidsenhet i resipienten.*
(Eksemplet fra indre del av Gandsfjorden (Molvær 1983)).

Nærings-salt	Befolkning + industri	Jordbruk	Avrenning fra utmark	Nedbør på fjordens overflate	Overflate-avrenning fra tettsteder	S u m tilførsler	N:P Atomforhold i tilf.
N	162	111	6	3	13	295	~ 16:1
P	33,8	6,9	0,1	~	0,8	41,6	(~ 7:1 på vektbasis)

I tabell 2 er det vist forandringen i resipientens N/P-forhold før og etter forskjellige rens tiltak. Renseprosessene er her forenklet til å gjelde kun nitrogen eller fosfor fjerning. Ved valg av nivået er det tatt hensyn til tradisjonell renseteknikk. Den teoretiske reduksjonen av biomassen er støkimetrisk beregnet på basis av mengden ikke næringsbegrensende næringsstoff.

Beregningene viser at valg av rens metode i dette eksempel ikke nødvendigvis behøver å bestemmes av forholdene i resipienten. Andre forhold som investeringskostnader, driftssikkerhet o.l. kan bestemme rens metode. Effekten i biomasseproduksjon blir den samme på tross av at resipienten ble forutsatt å ha nitrogenbegrenset algevekst før kloakkutslipene startet. Det er således teoretisk mu-

Tabell 2. Teoretiske N/P-forhold ved like stor naturlig fosfortilførsel i sjøvannet som fra land og med en seks ganger større nitrogen- enn fosfortilførsel.

Nærings-salt	Befolkning + industri	Øvrig tilførsel	Naturlig transport i resipienten	Totalt (vekt)	N/P (atom-forh.)	Teoretisk biomasse red. %
N	162	133	499	794	13,5:1	0
P	33,8	7,8	83	134		
80 % P-fjerning						
N	162	133	499	794	18:1	14
P	7	7,8	83	98		
60 % N-fjerning						
N	65	133	499	697	12:1	13
P	33,8	7,8	83	134		

lig å gjøre en resipient med nitrogenbegrenset algevekst om til fosforbegrenset.

Svaret på hvilket nærings salt som er lønnsomt å fjerne vil avhenge av de kontrollerbare tilførsels størrelse kontra de ukontrollerbare og bedømmes etter de stedsegne forhold.

Et utslipps influensområde

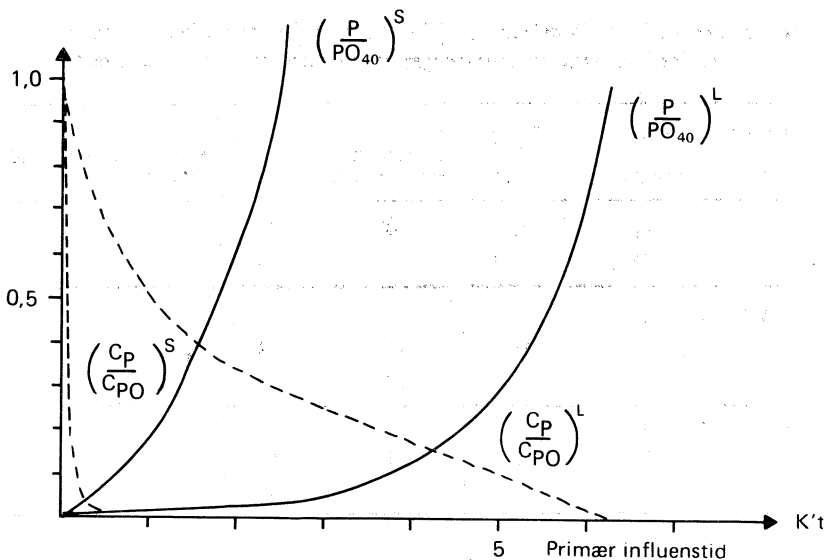
Til nå har vi forutsatt at vi kjenner alle transportene i et område, men dessverre er dette ikke tilfelle. For å kunne beregne en effekt trenger vi å definere kloakkutslippets influensområde, dette for å kunne beregne de naturlige transport. Influensområdet bestemmes ikke bare av fysiske fortynningsprosesser, men også av biologisk-kjemiske prosesser (f.eks. sedimentasjon og remineralisering). I dag har vi dessverre beskjeden kjennskap til de ulike transportprosessene.

I et oppdrag fra Statens Forurensnings-tilsyn arbeider vi med å utvikle et be-

grepsapparat for disse problemer og her skal vises noen resultater som illustrerer betydningen av de fysiske transport. Store deler av de biologiske prosesser er foreløpig ikke tatt med, men likevel vil modellen illustrere den relative størrelsen eller betydning av de fysiske prosesser mot deler av de biologiske. Modellen er hentet fra Stigebrandt (1983) og er en plymmodell hvor det bl.a. inngår planktonkonsentrasjonen i fortynningsvannet, opptak av næringsalter i plankton, tilvekst av plankton og nærings saltkonsentrasjonen i vann.

Figur 2 viser betydningen av størrelsen av kloakkvannsforytningen i en resipient. Ved stor innblanding av sjøvann avtar nærings saltkonsentrasjonen fra utslippsstedet raskt og bestemmes helt av fortynningsprosessen. Nærings saltene bindes relativt raskt opp i plankton.

Ved liten innblanding av sjøvann blir de biologiske prosessene etter hånden viktigere. Tiden inntil nærings saltene er



Figur 2. Effekten på planktonvekst og influensområde ved ulik fortynning av kloakkvann i resipienten. S = stor fortynning. L = liten fortynning.

- C_n = næringssaltkonsentrasjonen
- C_{n0} = næringssaltkonsentrasjonen ved $t = 0$
- P = organisk fosfor eller nitrogen
(fosfor/nitrogen i planteplankton)
- PO_{40} = uorganisk fosfor/nitrogen ved $t = 0$
- k^1 = tilvekstkonstant for planteplankton
- t = tid

bundet i plankton øker og influensområdet blir større. Effekten på resipienten vil bli forskjellig i de to tilfellene og dette vil være av betydning for beregningen av de naturlige transporter.

En videre utvikling av dette arbeidet med et større innslag av biologiske prosesser må til for at vi i fremtiden skal kunne avgrense det området som de naturlige transportene skal beregnes over (eksempelvis vertikaltransporter, sedimentasjon og remineraliseringshastigheter).

Indre Oslofjord — fjerning av fosfor

I indre Oslofjord har NIVA anbefalt kjemisk rensing av avløpsvannet i tillegg til dypinnlagring av restutslippene samt en spredning av disse i fjorden. Argumentene for fosforfjerning er muligens kjente, men fortjener å gjentas. Som jeg har redegjort for ovenfor er målsettingen med fosforfjerningen og dypinnlagring å begrense den uønskede planktonveksten, dvs. minke tilførselen av næringssalter til fjordens overflateag.

Før det nye Sentralrenseanlegg Vest ble tatt i bruk var forholdene mellom nitro-

gen og fosfortilførslene fra land til indre Oslofjord omkring 18:1. Når det nye renseanlegget kommer i full drift vil forholdet ligge på over 20:1 og med bruk av fosfatfrie vaskemidler vil forholdet kunne bli opp mot 25:1 (atomforhold). Effekten av dette vil variere med de naturlige transporters størrelse i fjorden og det er her spørsmålet om nitrogen eller fosforbegrenset algevekst i dag er viktig. Hvis planktonveksten skulle være hverken nitrogen eller fosforbegrenset, vil forandringen i de antropogene tilførsler direkte gi en fosforbegrenset algevekst og derved en mindre biomasse. En fosforbegrensende algevekst i dag ville gi ytterligere effekt, mens nitrogenbegrenset algevekst gir forholdsmessig mindre effekt.

Av de observasjoner som foreligger — undersøkelser av forskere ved Institutt for Marinbiologi og Limnologi, avd. Marin Botanikk ved UiO og NIVA er det ingen resultater som direkte peker på en gjennomgående nitrogenbegrenset algevekst. De forsøk som er utført av NIVA hvor Oslofjordvann tilsettes nitrogen og/eller fosfor for å studere en algearts reaksjoner, viser for fosfor økt vekst i 70% av observasjonstilfellene, men også på nitrogenbegrenset algevekst i 10% av observasjonene. Problemet med disse ob-

servasjoner er bl.a. at de gir et øyeblikksbilde og ikke er generelt representative. (Se professor Paasches artikkel i dette nummer.) Vi har forsøkt å kompensere denne vanskelighet med et relativt stort og hyppig observasjonsprogram. (For 1981 ble det innsamlet 94 prøver konsentrert omkring sommerhalvåret.) Ut fra tilførselsdata og feltmålinger mener vi at sannsynligheten for fosforbegrenset algevekst i indre Oslofjord i sommerhalvåret er stor.

Konklusjon

Det finnes i dag ingen enkel eller generell måte å avgjøre om fosfor eller nitrogen bør fjernes i renseanlegg for å redusere algeveksten i eutrofe sjøvannsområder. Spørsmålet må vurderes for den enkelte resipient. Metoden for å tolke hvilket stoff som er næringsbegrensende bør utvikles slik at en kan få bedømt relevansen av nåværende metoder, og også et verktøy til å gi mer konkrete og korrekte anbefalinger. Ytterligere en viktig forskningsoppgave melder seg i denne sammenheng. Hva skjer i en resipient som stadig tilføres overkonsentrasjoner av det ikke vekstbegrensende næringsstoffet?

LITTERATUR

- Jaworski, N. A.* (1981). Sources of Nutrients and the scale of Eutrophication problems in estuaries. In: Estuaries and nutrients. Ed. Neilson, B. J. and Cronin, L. E. Humana Press, Clifton, New Jersey.
- Meyers, V. B. og Iverson, R. I.* (1981). Phosphorus and nitrogen limited phytoplankton productivity in Northeastern Gulf of Mexico Coastal Estuaries. In: Estuaries and nutrients. Ed. Neilson, B. J. and Cronin, L. E. Humana Press, Clifton, New Jersey.

- Molvær, J.* (1983). Forsøksvis oppstilling av massebudsjetter for nitrogen og fosfor. Vurdering av renskrav for utslipp av kommunalt avløpsvann til sjøresipienter. Rapport 2. Norsk institutt for vannforskning.
- Redfield, A. C.*, (1934.) On the proportions of organic derivatives in sea water and their relation to the composition of plankton. James Johnstone Memorial Volume (Liverpool) pp. 176.
- Ryther, J. H. and Dunstan, W. M.*, (1971.) Nitrogen, Phosphorus and Eutrophication in the Coastal Marine Environment. Science Vol. 171.
- Saksbaug, E., Andersen, K., Myklestad, S. og Olsen, Y.*, (1983.) Nutrient status of phytoplankton, communities in Norwegian waters (marine, brackish and fresh) as revealed by their chemical composition. J. Plankton. Res: 5: 175—196.
- Stigebrandt, A.* (1983). Om bestämningen av ett kloakkutsläpps influensområde. Vurdering av renskrav for utslipp av kommunalt avløpsvann til sjøresipienter. Rapport 3. Norsk institutt for vannforskning.