

Restaurering av innsjøer — En problembeskrivelse

Av Trond Robert Gulbrandsen

Trond Robert Gulbrandsen er cand.real. fra Universitetet i Oslo med Limnologi som hovedfag. Nå ansatt som forsker ved Norsk Institutt for Vannforskning.

*Innlegg på møte i Norsk Vannforening
25. august 1981.*

Årsakene til eutrofiering er klare, og symptomene på denne utviklingen er kjent. Fosforets betydning for algeproduksjonen i innsjøer er fastslått i en rekke publikasjoner de siste 10-år. (Vollenweider 1968, Dillon & Rigler 1974 og 1975, Schindler 1977, Schindler et al. 1978).

Det produserte organiske materialet sedimenteres og nedbrytes. Næringsstoffene tilbakeføres til vannmassene i større eller mindre grad avhengig av de miljøbetingelser som oppstår. Dersom nedbrytningsaktiviteten er av en størrelse som fører til fullstendig oksygenvinn i hele eller deler av vannmassen, en tilstand med symptomer som sulfid- og metanutvikling, ligger det kjemiske miljø til rette for stor tilbakeføring av fosfor fra sedimentene.

Dersom algeproduksjonen på sin side er så stor at pH i vannmassene drives opp i verdier over 8,5, endres mekanismene koblet til adsorpsjonen av fosfor slik at fosfor også frigjøres fra oksyderte sediment. Vi har altså å gjøre med en snøballeffekt der en forverring av situasjonen skaper nye miljøbetingelser som gir grunnlag for ytterligere forverring.

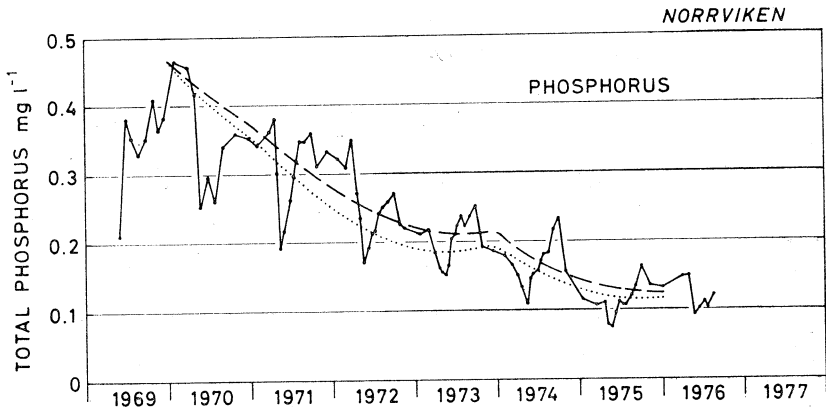
Det er i denne sammenheng restaureringstiltak har sin nødvendige berettigelse.

Det er tale om tiltak som kan gripe inn i disse mekanismene med den hensikt å bryte syklusen slik at utviklingen kan snues.

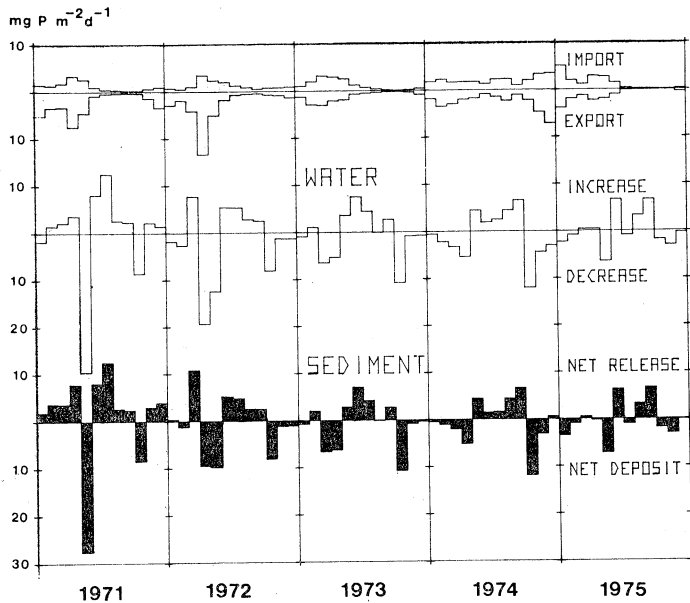
Det er i de senere år dokumentert flere tilfeller der eutrofieringsprosessen i innsjøer er reversert. Innsjøen er enten brakt tilbake til et akseptabelt nivå eller er inne i en slik positiv utvikling. Kjent er Lake Washington der utviklingen er dokumentert i en rekke publikasjoner av Edmondson (1961, 1972). Eksempler fra Skandinavia er sjøen Norrviken i Sverige (Ahlgren 1973, 1977) og Mjøsa (Holtan 1980).

Den reverserte utviklingen i disse innsjøene kommer som et resultat av tiltak i innsjøens nedbørfelt. Tiltak i selve innsjøen har ikke vært nødvendig for å oppnå disse resultatene.

Eutrofieringsmodeller basert på fosforbelastning slik vi bl.a. kjenner Vollenweiders diagrammer, gir også uttrykk for at eutrofieringsutviklingen er reversibel som en funksjon av den eksterne fosforbelastningen. Sedimentenes bidrag til intern belastning er ikke inkludert i disse modellene. I store, dype innsjøer som disse modellene er tilpasset, er også denne interne belastning helt uten betydning. I disse innsjøene kan sedimentene betraktes som en felle og et lager for fosfor der



Figur 1. Middelskonsentrasjoner av fosfor i Norrviken etter avskjæring av kloakken i 1969. (Fra Ablgren, I. 1977).



Figur 2. Detaljert fosforbudsjett for Norrviken (Fra Ablgren, I. 1977).

Tabell 1. *Sammendrag av fosforbudsjettet for Norrviken før og etter avskjæring av kloakken (fra Ahlgren, I, 1977).*

		1961	1970	1971	1972	1973	1974	1975
		1961—						
Total P loading	(a)	4.05	2.09	0.42	0.45	0.46	0.75	0.48
Loss through out flow	(b)	2.06	2.36	0.90	1.01	0.43	0.94	0.40
Lake (water+sediment) retention	(a—b)	1.99	—0.27	—0.48	—0.56	0.03	—0.19	0.08
Change in P content of water	(c)	0.00	—0.27	—0.13	—0.61	—0.13	—0.32	0.03
Sediment retention	(a—b—c)	1.99	0.00	—0.35	0.05	0.16	0.13	0.05
Sediment retention, % of loading		50	0	—83	12	35	17	10

det meste av det som inkorporeres i sedimentet forblir der knyttet til partikler og forbindelser av jern og kalsium gjennom sorbsjonsprosesser. Under oksyderte forhold er sedimentets sorbsjonskapasitet bare i liten grad utnyttet.

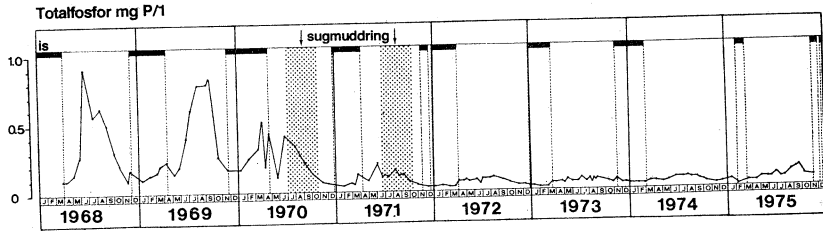
I små, grunne eutrofe sjøer utgjør derimot sedimentet en sentral komponent med hensyn til innsjøenes næringsaltomsetning og dermed for innsjøenes biologiske produksjon. En betydelig del av de fosfor-mengder som i løpet av den eutrofierte perioden er lagret i det biologisk aktive sedimentsjikt, vil frigjøres og gi en indre gjødsling som kan forsinke en bedring av vannkvaliteten med flere tiår. Det er også i disse innsjøene eutrofieringen ofte går så langt at symptomer som fiskedød under is om vinteren forekommer.

Norrviken befinner seg et sted imellom disse kategorier. Sedimentene har her en viktig plass i næringsomsetningen, men har vist seg ikke å være avgjørende med hensyn til å oppnå en bedring av vannkvaliteten etter at kloakken ble avskåret i 1969. Undersøkellesmaterialet viser

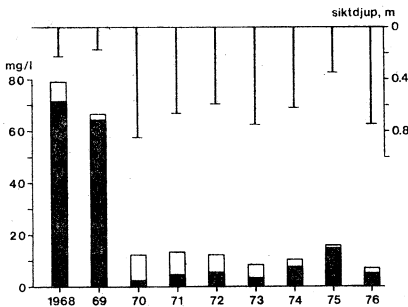
imidlertid at det foregår en indre gjødsling under sommerstagnasjonen (Fig. 1 og 2). Tabell 1 viser at det også på årsbasis var en nettotilførsel av fosfor fra sedimentene til innsjøen i 1971.

I Trummen i Waxjö i Sverige ble alt avløpsvann avskåret fra innsjøen i 1959. De imøtesette forandringene uteble imidlertid og symptomene med intensiv planktonvekst, oksygenvinn og fiskedød fortsatte. Et omfattende restaureringsprosjekt ble igangsatt i 1970 der det viktigste tiltaket bestod i muddring. I størstedelen av innsjøen ble det biologisk aktive sediment fjernet. Figurene 3 og 4 illustrerer den positive virkning dette har hatt for vannkvaliteten i innsjøen.

En rekke av de restaureringsprinsipper som er tatt i bruk har til hensikt å gripe inn i fosforsyklusen og frigjøringen av fosfor uten å måtte gå til det skritt å fjerne det aktive sedimentet. Fig. 5 illustrerer hovedtrekkene i denne syklusen for et sediment bestående av et oksydert og et redusert sjikt.



Figur 3. Konsentrasjoner av totalfosfor i Trummens overflatevann 1968—1975. (Fra Lettevall, V. og Svensson, S. 1977).



Figur 4.

Siktedyp og planteplankton om sommeren i Trummens. Total løsmasse (hele stolpen) og biomasse av blågrønnalger (svart del) i mg våtvekt pr. liter overflatevann. (Fra Lettevall, V. og Svensson, S. 1977).

Organisk bundet fosfor som mineraliseres til orthofosfat under aerobe forhold bindes ved adsorpsjon eller kjemosorpsjon. Det er vesentlig forskjell i egenskapene til disse fraksjonene av fosfor.

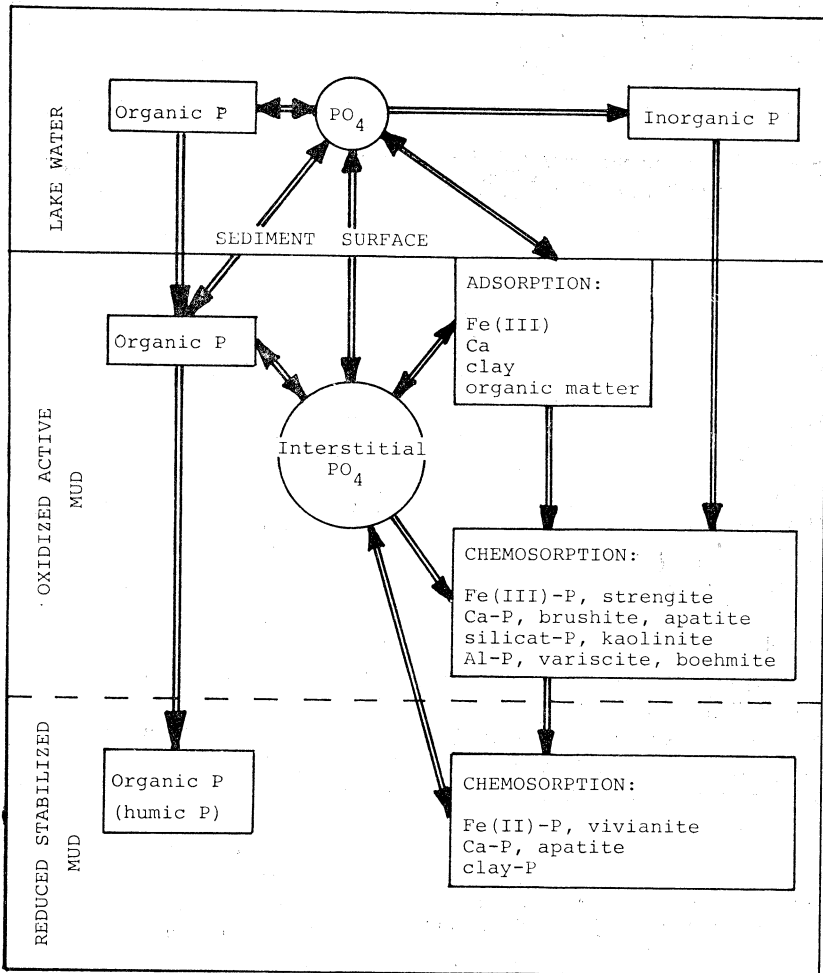
1. Adsorbent fosfor står i kjemisk likevekt med fosfor i vannfasen. Adsorpsjonsprosessen er en reversibel prosess.

2. Kjemosorpsjonen er irreversibel under konstante redoks- og pH-betingelser.

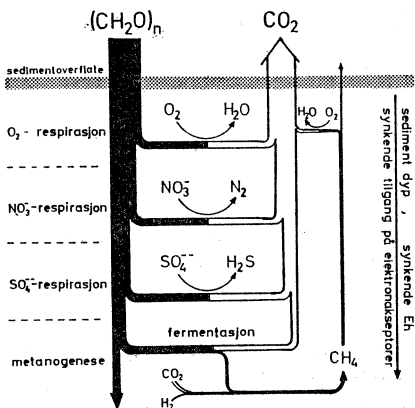
Viktig i denne sammenhengen er det at adsorpsjonsegenskapene til partikler og metall-okxyder og hydrokxyder er pH-avhengig som nevnt innledningsvis. Ved høy pH byttes HPO_4 med OH^- . Dette fører til at fosfor tilføres innsjøen på et tidspunkt med høy produksjon og da fosfortilgangen oftest er den begrensende faktor for algeveksten.

Å øke kjemosorpsjonen og å hindre at det fosforet som er kjemosorbent gis mulighet for å desorbere er et grunnleggende prinsipp for flere restaureringsmetoder. Dette innebærer i praksis at det øverste sedimentsjikt må oksyderes og holdes oksydert. Den biologiske aktiviteten i sedimentet med de ulike former for bakterierespirasjon bestemt av tilgangen på elektroakseptorer er avgjørende for dette redoksmiljøet.

Fig. 6 illustrerer en skjematisk inndeling av sedimentet i soner der ulike respirasjonsprosesser dominerer. Dette er på ingen måte et statisk system. Styrt av diffusjonen av elektronakseptorer mellom sediment- og vannfasen og i sedimentet forflyttes profilen vertikalt. Så lenge oksygen og nitrat er tilgjengelig for bakte-



Figur 5. Fosforutveksling mellom ulike fraksjoner i sediment og vann (Fra Jacobsen, O. S. 1978).



rierespirasjonen i overflatesedimentet holdes redokspotensialet på et nivå der jern foreligger på oksydert (treverdig) form og således danner en sorbsjonsfelle for fosfor. Hvilke restaureringsmetoder som er best egnet med hensyn til å oppnå denne effekt er bestemt av flere forhold (kjemi, biologi, morfologi og hydrologi) knyttet til den enkelte lokalitet.

Figur 6.

Deltagelsen av ulike elektronakseptorer i nedbrytningen av organisk materiale i sediment.

REFERANSER

- Ahlgren, I. 1973. Limnologiske studier i sjön Norrviken. III Avlastningens effekter. Scripta limnologica Uppsaliensia, Coll. 9, No. 333.
- Ahlgren, I. 1977. Role of sediments in the process of recovery of a eutrophicated lake. I: L. H. L. Golterman (ed.), Interactions between Sediments and Fresh Water. Proc. Int. Symp., Amsterdam 1976: 372—377.
- Dillon, P. J. & Rigler, F. H. 1974. The phosphorus-chlorophyll relationships in lakes. Limnol. Oceanogr., 19: 767—773.
- Dillon, P. J. & Rigler, F. H. 1975. A simple method for predicting the capacity of a lake for development based on lake trophic status. J. Fish. Res. Board Can. 32: 1519—1531.
- Edmondson, W. T. 1961. Changes in Lake Washington following an increase in the nutrient income. Verh. Int. Verein. Limnol. 14: 167—175.
- Edmondson, W. T. 1972. Nutrients and phytoplankton in Lake Washington. I: G. E. Likens, (ed.) Nutrients and eutrophication: The limiting-nutrient controversy.
- Holtan, H. 1980. Gudbrandsdalsvassdraget og Mjøsa. Vurdering av forurensningssituasjonen og virkninger av eventuelle vassdragsreguleringer i Jotunheimen. NIVA — rapport O-79079.
- Jacobsen, O. S. 1978. A descriptive model for phosphate sorption by lake sediments. 6. nordiske sedimentsymp. Hurdal 1978, s. 127—136.
- Lettevall, U. & Svensson, S. 1977. Sjön Trummen i Växjö. Förstörd — Restaurerad — Pånyttfödd. Informasjonsbrosjyre fra Länsstyrelsen i Kronbergs Län/Växjö kommun. 1977.
- Schindler, D. W. 1977. Evolution of phosphorus limitation in Lakes. Natural mechanisms compensate for deficiencies of nitrogen and carbon in eutrophicated lakes. Science 195: 260—262.
- Schindler, D. W., Fee, E. J. & Rusczyński, T. 1978. Phosphorus input and its consequences for phytoplankton standing crop and production in the Experimental Lakes Area and in similar lakes. J. Fish. Res. Board Can. 35: 190—196.
- Vollenweider, R. A. 1968. Scientific Fundamentals of The Eutrophication of Lakes and Flowing Waters, with Particular reference to nitrogen and Phosphorus as factors in Eutrophication. OECD-report. Sept. 1968. DAS/CSI 68. 27: 192 s.