

# Nitrogen som begrensende faktor i ferskvann og saltvann

Av Olav M. Skulberg

Olav M. Skulberg er seksjonssjef ved Norsk institutt for vannforskning.

*Innlegg holdt i Norsk Vannforening  
12. desember 1979.*

## Stoffet.

Det er godt og vel 200 år siden nitrogen ble kjemisk påvist. Flere forskere var opptatt av undersøkelser som førte fram til oppdagelsen. Den engelske botaniker Daniel Rutherford — professor ved University of Edinburgh — var den første som publiserte sine resultater i 1772. Salpeter—ofte betegnet som *nitre* (gresk: *nitron* — hadde lenge vært kjent. Nitrogen fikk navn av dette og betyr stoffet som kan danne salpeter. Ironisk — men nokså selvfølgelig — ble nitrogen beskrevet som stoffet som ikke kunne underholde liv — fransk: azote (Lavoisier), tysk: Stickstoff, norsk: kvelstoff. Dette stoffet i hovedgruppe V av det periodiske system, med størst forekomst i jordens atmosfære, det sjette i mektighet i kosmos, dominerende bestanddel av all levende substans, komponent av gjødsel og krutt!

## Historisk tilbakeblikk

Det var omkring midten av forrige århundre at plantefysiologer og geokjemikere la grunnen til den moderne forståelse av begrepet fruktbarhet knyttet til jord og vann. Selv om det bare kan bli kort, er det formålstjenlig å nevne enkelte hovedtrekk i denne utvikling fram til vår tid.

## UTVALGTE MILEPELER:

|                         |      |
|-------------------------|------|
| Justus von Liebig ..... | 1855 |
| K. Brandt .....         | 1899 |
| E. Naumann .....        | 1919 |
| G. Denigès .....        | 1921 |
| W. Atkins .....         | 1923 |
| E. Schreiber .....      | 1927 |
| V. Vernadskii .....     | 1926 |
| E. Harvey .....         | 1928 |
| H. Gran .....           | 1931 |
| W. Rodhe .....          | 1948 |

Justus von Liebig skriver i 1840 at alle planter inneholder mineralsubstanser som kan analyseres i planteasken. Disse stoffene er opprinnelig bestanddeler av jorden plantene er dyrket i, og deres varierende mengde er forklaring på den ulike fruktbarhet til jord. Ved å tilføre jorden mineralnæring kan fruktbarheten økes. Han formulerte den berømte minimumslov: *Det stoff som det er minst av i forhold til behovet, bestemmer hvor stort vekstutbytte det kan bli.*

Interessen for studier av vannforekomstenes fruktbarhet — saltvann og ferskvann — vokste fram i andre halvdel av forrige århundre. Den berømte tyske havforsker Karl Brandt (1899) arbeidet ut fra hypotesen at de samme produksjonslovene gjelder i havet som på landjorden. Dette innebar bl.a. at minimumsloven til Justus von Liebig var gyldig

også under akvatiske forhold. Karl Brandt antok — som seinere vitenskap bekreftet — at i første rekke nitrat og i annen rekke fosfat var produksjonsbegrensende minimumsfaktorer i havet.

Brandt klarte ikke å bevise at nitrat og fosfat virkelig spilte rollen som minimumsfaktorer for produksjon i havvann. Blant årsakene til dette var vanskelighetene med å gjøre kjemiske vannanalyser. For å gjøre en vannanalyse på fosfat var det f.eks. nødvendig å bruke ti liter sjøvann som ble dampet inn til to liter, og ved tilsetning av en ammoniakkløsning ble jernfosfat felt ut. Det avgjørende fremskritt kom med den franske kjemiker G. Denigès som i 1921 grunnla de kolorimetriske metoder for bestemmelse av små mengder fosfat og nitrat (fosformolybdenblått-metoden, stryknin-kompleksmetoden). W. R. Atkins (1923) og E. N. Harvey (1928) tok metodene i bruk for studier i akvatiske systemer. Gjennom grundige undersøkelser med imponerende nøyaktighet beskrev de årstidsvariasjoner i konsentrasjoner av henholdsvis fosfat og nitrat. De beviste at det var algenes livsaktivitet som var årsak til variasjonene som ble påvist. De gjorde også de første kulturforsøk med alger i denne sammenheng. Men det ble likevel tyskeren E. Schreiber (1927) — med sine undersøkelser ved Helgoland — som grunnla den biologiske sjøvannsanalyse med bruk av testalger. Fra norsk side ble det gjort vesentlig forskningsinnsats om produksjonsforholdene i havet av H. H. Gran (1931).

Forskningsvirksomhet knyttet til spørsmålene om fruktbarhet til vann ble samtidig stimulert innenfor det limnologiske arbeidsfelt. Eksperimentelle undersøkelser av stoffer som begrenser algevekst i ferskvann ble utført av E. Naumann (1919).

Med enkle hjelpemidler ble den utslagsgivende rolle til nitrogen- og fosforforbindelser som vekstfaktorer belyst. Forskningsoppgaven ble ført videre på grunnleggende måte av W. Rodhe (1948).

Samtidig vokste biogeokjemien fram. Biosfære-begrepet, og studiet av de storstilte stoffkretsløp av kjemiske elementer gjennom organismesamfunnene, ble sentrale forskningsoppgaver. Den russiske geokjemiker V. I. Vernadskii slår fast (1926) at organismelivet på fundamental måte påvirker de kjemiske prosesser på jorda med innflytelse på den geokjemiske historie til nesten alle elementer. Utviklingen av forskningsfellesskapet mellom kjemi, biologi og geologi ble grunnlaget for moderne økologi. Erkjennelsen av, og beskrivelsen av nitrogenkretsløpet hører til de mest betydningsfulle kunnskapsfremskritt i vitenskapens historie (Pomeroy 1974, Bolin et al. 1977).

### Plantenæringsstoffer

For at planter — f.eks. alger — skal leve og utvikle seg normalt trengs mellom 15 til 20 kjemiske elementer. Avhengig av mengden av elementene som brukes, betegnes de som makronæringsstoffer eller mikronæringsstoffer.

| <i>Makronæringsstoffer</i> | <i>Mikronæringsstoffer</i> |
|----------------------------|----------------------------|
| CHON                       | Fe Mn Cu Zn                |
| PSKMg                      | Mo V B                     |
| Ca*                        | Cl Co Si                   |
| Na**                       |                            |

\*Ca, mikronæringsstoff for alger

\*\*Na, makronæringsstoff for blågrønnalger.

Ethvert av de nødvendige elementer kan bli begrensende for algenes vekst, utvik-

ling og reproduksjon. Noen alger kan lagre enkelte stoff, f.eks. fosfat i polyfosfatkorn, slik det er tydelig å se hos blågrønnalger. Med basis i lagrene kan algene opprettholde relativt stor aktivitet i en viss tid når tilførselen utenfra nedsettes eller opphører. Når lagrene er tomme, skjer så en intern omstrukturering. Det angjeldende stoff omdisponeres f. eks. ved degradering av makromolekyler (f. eks. RNA til nukleotider) for deltakelse i prioriterte prosesser. Andre alger som ikke kan lagre et gitt stoff i nevneverdig grad, får sin vekst og utvikling mer eller mindre umiddelbart nedsatt når tilførselen opphører.

Det gjelder generelt at det er tilgangen på brukbare næringsstoffer som er en hovedfaktor og bestemmer mengden av algevekst på en lokalitet. Algesamfunnet som utvikles vil være avhengig av kvalitative og kvantitative sider ved næringsstoffmiljøet. Den totale mengde med algematerialer som dannes, er derimot hovedsakelig bestemt av den tilgjengelige mengde med plantenæringsstoffer.

Kjennskapet til sammenheng mellom næringsstofftilgang og algevekst kommer i det vesentlige fra følgende arbeidsområder:

- Kjemiske analyser av stoffmengder i vokseområdet og målinger av algeveksten der.
- Kjemiske analyser av algene som lever i området.
- Eksperimentelt arbeid basert på vekstforsøk under laboratorie- og feltbetingelser.

Den frodige utvikling av algevegetasjonen hører til de direkte eutrofieringskonsekvenser som lager ulemper for vann-

forekomstenes bruk. Ved praktiske forurensningsundersøkelser er den biologiske vurdering av vannmassenes gjødslingspåvirkning en viktig oppgave. En slik vurdering forutsetter kunnskap om hvordan de kjemiske påvirkningene influerer vannmassene som vekstmedium for algene. Kulturforsøk med alger gir en fruktbar kombinasjon av biologiske og kjemiske metoder som gir slik kunnskap.

Kulturmetoder ved studiet av næringsgrunnlaget for algevegetasjonen har gode tradisjoner innen hydrobiologien. Det skal her bare vises til litteratur som behandler temaet (Rodhe 1948, Harvey 1960, Fogg 1965).

### **Nitrogenforbindelser som produksjonsfaktor i vannforekomstene**

Nitrogenforbindelser inngår i alle levende organismer. De fleste planter tar først og fremst opp nitrogen i form av uorganiske forbindelser. Noen frittlevende mikroorganismer (bakterier, blågrønnalger) og noen høyere planter som lever i symbiose med visse mikroorganismer, kan utnytte elementært nitrogen gjennom særegne fysiologiske prosesser. Nitrogen har forekomst i organismenes proteinmolekyler. Disse er bl.a. bestemmende for celles struktur og funksjon. Nitrogen er knyttet til nukleinsyrene i genematerialet. Derfor inngår nitrogen som et essensielt næringsstoff for alle organismer.

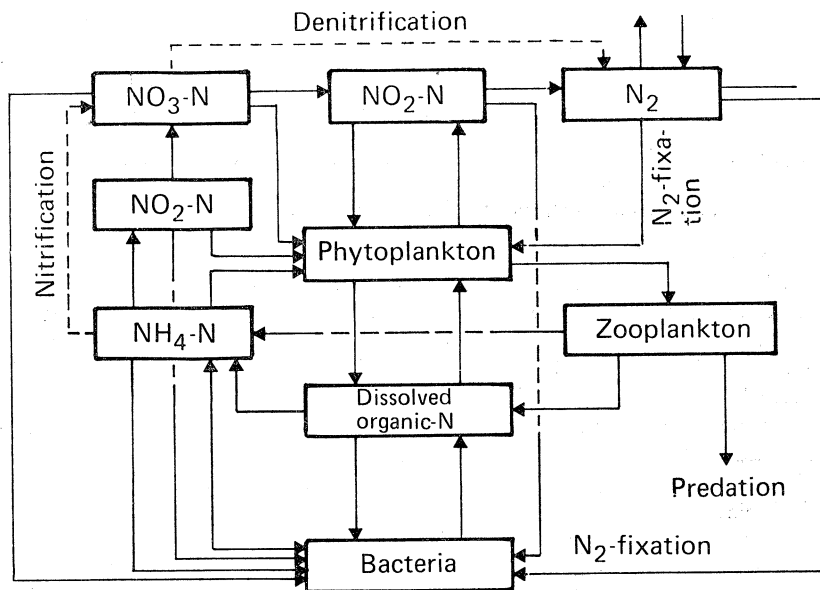
På samme måte som for biologisk produksjon på land er nitrogenforbindelser av avgjørende betydning for vekstens forløp og omfang i vannforekomstene. Nitrogenforbindelser utgjør mellom 40% og 50% av protoplasmaet. Det er nødvendig med relativt stort opptak av nitrogenholdige stoffer for å realisere plantevekst. Uten en tilfredsstillende tilførsel av nitro-

genforbindelser vil planteveksten snart stagnere, og organismene vil vise utpregede mangelsymptomer. Behovet plantene har for nitrogen fremgår av det relative forhold mellom elementene i plantenes stoffsammensetning. Tilnærmet er forholdet mellom karbon, nitrogen og fosfor i et plantemateriale som 40:7:1. Det er derfor naturlig å finne at en vannforekomsts fruktbarhet i stor grad avhenger av mengde og tilgjengelighet til nitrogen som plantenæringsstoff. Det foreligger en meget omfattende litteratur som beskriver nitrogenets rolle i sammenheng med primærproduksjon i vannforekomstene (Hutchinson 1957, Kalle 1958, Golterman 1975, Wetzel 1975).

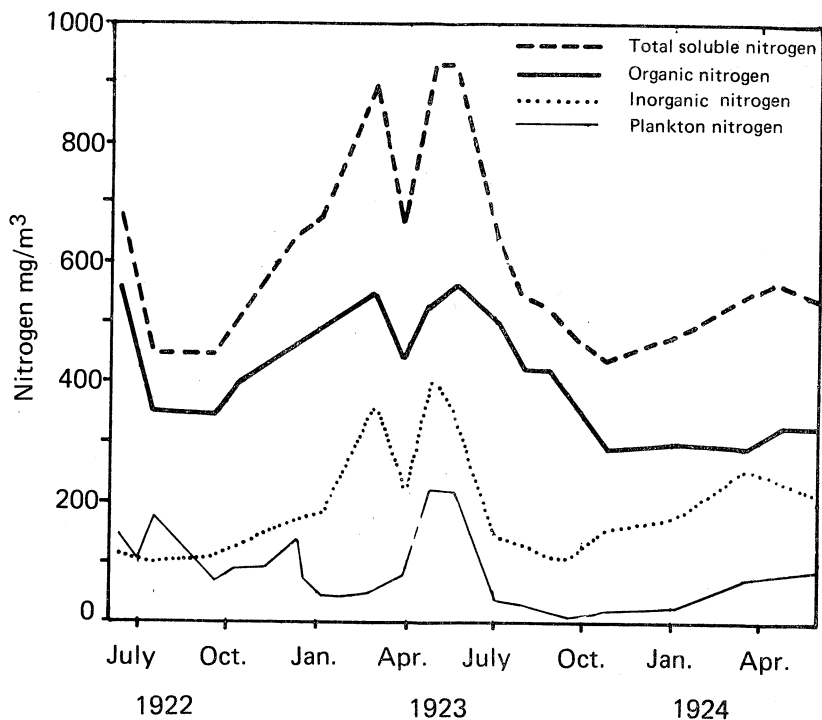
En vannforekomst får tilført nitrogenforbindelser fra ytre kilder (alloktont),

eller de kan bli tilført ved nitrogenbinding i vannforekomsten (autoktont). Når nitrogenforbindelsene er kommet til vannsystemet, blir de brakt inn i et stoffkretsløp knyttet til biologisk assimilasjon og dissimilasjon — oppbygging og nedbrytning av organisk materiale (figur 1). I vannmassene vil det derfor hele tiden være uorganisk og organiske nitrogenforbindelser tilstede i vekslende konsentrasjoner.

Uorganiske nitrogenforbindelser i vann omfatter hovedsakelig ammonium, nitritt og nitrat. I de fleste vannforekomster er konsentrasjonene lave, og viser et typisk mønster i variasjon med klimatiske vekslinger og årstider. Forholdsvis grundige observasjoner av dette ble tidlig gjort bl.a. i Lake Mendota, Wisconsin —



Figur 1. Forenklet N - kretsløp i en vannforekomst  
(Etter Goering, 1972.)



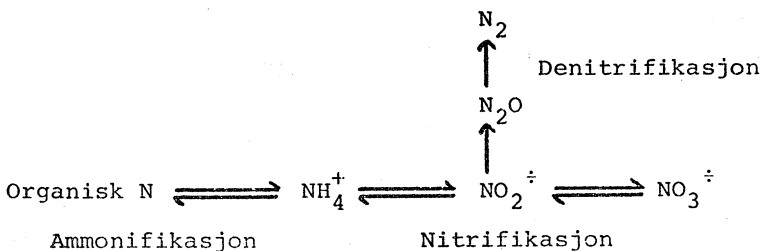
Figur 2. Årsvariasjonen i nitrogen-konsentrasjoner i Lake Mendota, Wisconsin, 1922—1924.

(Etter Domogalla, Juday and Peterson, 1925.)

U.S.A. I figur 2 er det gjengitt resultater av de utførte kjemiske analyser. Innsjøenes trofolytiske vannlag (hvor nedbrytning av organisk stoff dominerer) viser hovedsakelig en variasjon i nitrogenforbindelser som forløper inverst sammenliknet med forholdene i det trofogene vannlag — hvor oppbygging av organisk stoff dominerer. Andelen av organiske nitrogenforbindelser er imidlertid stor i begge vannlag. I filtrerte vannprøver blir det vanlig funnet at 50% eller mer av nitrogenforbindelsene er knyttet til organisk bundet stoff. Omlag 60—80%

av det organiske bundne nitrogen består av aminosyrer, polypeptider og proteiner. Dette gjenspeiler de metaboliske stoffskifteprosesser som organismelivet i vann gjennomfører.

Omdannelsen av nitrogenforbindelsene i vannforekomstene er hovedsakelig et resultat av mikrobiologiske prosesser. Disse prosesser er i stor grad influert av miljøfaktorer, spesielt er oksygenforholdene av avgjørende betydning. Skjematisk kan de viktigste prosesser bli sammenstilt slik:



Algene har gjennomgående et relativt høyt proteininnhold (Fowden 1962). Behovet for nitrogen blir hovedsakelig dekket gjennom opptak av nitrat eller ammonium. De fleste alger foretrekker ammonium som nitrogenkilde. Dette forhold tilskrives bl.a. inhibering av enzymet nitrat-reduktase av ammonium. Naturlig vann inneholder vanligvis små konsentrasjoner av ammoniumforbindelser.

Forholdet mellom fritt ammonium og udissoisert ammoniumhydroksyd —  $\text{NH}_4\text{OH}$  — avhenger bl.a. av vannets surhetsgrad. Ved 18°C og pH 6 er f.eks. forholdet mellom  $\text{NH}_4$  og  $\text{NH}_4\text{OH}$  tilnærmet 3000:1, tilsvarende ved pH 8 er forholdet 30:1. I nøytralt eller basisk vann er konsentrasjoner av fritt ammonium som overstiger 2,5 mg pr. liter skadelig for mange akvatiske organismer. Enkelte arter er ømfintlige for konsentrasjoner ned til brøkdeler av dette.

### Vekstbegrensende faktorer

Det er nødvendig å gå nærmere inn på uttrykket «begrensende faktor». Det er mange faktorer som kan begrense algeveksten i en vannforekomst — f.eks. utilstrekkelig lys, lav temperatur, lave konsentrasjoner av biologisk viktige stoffer eller nedsatt tilgjengelighet for cellene av slike stoffer. Dette er faktorer som er knyttet til algenes ytre miljø. De influ-

erer den spesifikke veksthastighet til algepopulasjoner, eller den enkelte algecelle. Faktorene betegnes «begrensende» fordi en øket intensitet eller konsentrasjon medfører en øket veksthastighet.

Den begrensende virkning til en gitt miljøfaktor blir ofte vurdert med hensyn til hvordan utbyttet av algebiomasse blir influert. Dette utbyttet blir ikke bestemt av én produksjonsfaktor, men av alle de produksjonsfaktorer som avviker fra det optimale — det vil si da de utøver sine gunstigste virkninger. Utbyttet av biomasseproduksjon stiger ikke proporsjonalt med økningen av en faktor som er begrensende, men stiger mindre og mindre jo nærmere størrelsen av faktoren kommer den verdi hvor faktoren ikke lenger er i minimum. Samspillet mellom produksjonsfaktorene er innviklet. Dette kommer fram også i forhold knyttet til avtakende utbyttetilvekst. Jo nærmere en produksjonsfaktor kommer sin optimale verdi, jo mindre vil en økning i produksjonsfaktoren medføre økning i biomasseutbyttet. Når en produksjonsfaktor tilføres utover sin gunstigste mengde, oppstår skadevirkninger.

I følge «minimums-loven» til Justus von Liebig (l.c.) var det høstbare utbyttet proporsjonalt med næringsstoffet som var tilgjengelig i minimum sammenliknet med plantenes vekstbehov. Det høstbare ut-

bytte økte med tilførsel av minimumsstoffet i lineær sammenheng, inntil et nivå hvor en annen faktor ble begrensende.

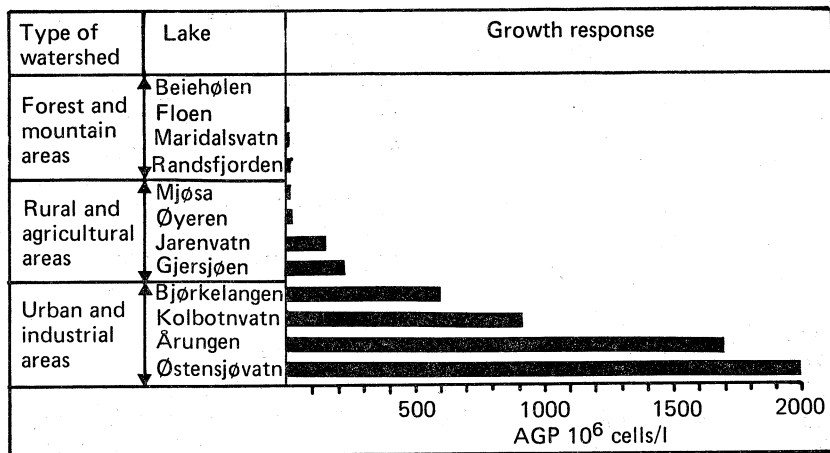
Ved begynnelsen av dette århundre ble det reist mye kritikk mot denne minimums-loven. Mitscherlich demonstrerte (1909) en ikke-lineær sammenheng mellom begrensende plantenæringsstoff og utbytte. Han formulerte «loven om minkende avkastning». Med økende tilførsel av det begrensende plantenæringsstoff vil utbytte nærme seg den maksimale størrelse mer og mer langsomt.

Basert på bl.a. Mitscherlich's resultater fremstod Baules forskningsinnsats (1917) med nye modifikasjoner om sammenhengen mellom vekst-faktorer og høstbart utbytte. Han påviste at virkningen av det begrensende plantenæringsstoff var influert av også alle andre faktorer som virket samtidig og som var suboptimale. Han aksepterte Mitscherlich's enfaktor-betraktning, men utvidet den med å beskrive den integrerte virkning av flere samvirkende faktorer.

### Nitrogen som vekstbegrensende stoff

Vannforekomstene i Norge har en stor variasjonsbredde med hensyn til vannkvalitet (Kjensmo 1966). De omfatter både oligotrofe-dystrofe typer og eutrofe typer. Dette kommer til uttrykk i vannmassenes fruktbarhet, med dette menes vannmassenes evne til å underholde algevekst (Kotai et al. 1978). Til å måle vannmassenes fruktbarhet kan det anvendes metoder med bruk av algekulturer under definerte betingelser. Resultatene uttrykkes som algevekstpotensial, d.v.s. hvor stort utbytte av alger som kan produseres i en volumenhet av vannet under optimale betingelser (AGP).

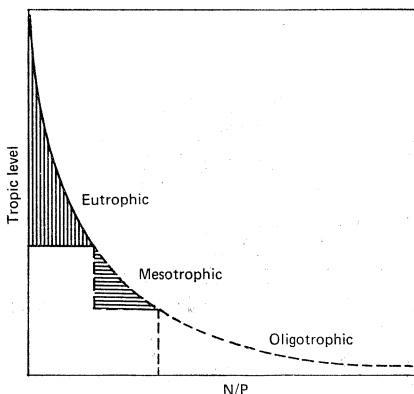
I figur 3 er algevekstpotensialet for et utvalg innsjølokaliteter fremstilt grafisk. Nedbørfeltene til innsjøene er ordnet etter fremherskende naturforhold og menneskelig bruk. En stor variasjon i vannmassenes fruktbarhet gjør seg gjeldende. Den biologiske vannkvalitet kan uttrykkes på denne måte.



Figur 3. Bestemmelse av algevekstpotensial (AGP) i noen innsjøer.  
(Etter Skulberg 1978.)

Forholdet mellom innhold av nitrogen og fosforforbindelser i algeceller varierer i området 20—10: 1 (Lund 1970). Kulturforsøk med alger og erfaringer fra feltundersøkelser har vist at når forholdet mellom total-N og total-P i vannmassene er  $\geq 17$ , så er algeveksten begrenset av fosfor. Er forholdet mellom total-N, og total-P  $\leq 10$ , er det nitrogen som er vekstbegrensende for alger (Claesson 1978).

Belastningen av vassdragene med plantenæringsstoffer fra kloakkvann og avrenningsvann fra dyrket mark gir ofte både et lavt N:P forhold i vannmassene og meget frodig algevegetasjon. Det kan som eksempel nevnes at N:P forholdet i avløpsvannet fra et aktiv-slammanlegg kan være som 4:1. Stor tilførsel av forurenset vann av denne type vil favorisere nitrogen som det mest begrensende plantenæringsstoff. Den relative betydning av nitrogen og fosfor i sammenheng med vannforekomster som brukes som resipienter er fremstilt i figur 4 (Forsberg 1975). Et

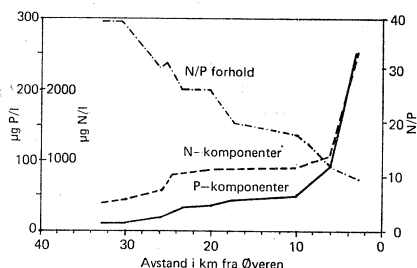


Figur 4.

Relativ betydning av N og P i sammenheng med forurensningsbelastede innsjøers trofiske nivå.

(Etter Forsberg 1975).

eksempel fra et aktuelt vassdrag er vist i figur 5. Nitelva på Romerike har sitt utspring fra oligotrofe vannforekomster i et



Figur 5. Nitelva

Aritmetiske middelerverdier for N- og P-komponenter i observasjonsperioden 1968—1970.

(Etter Norsk institutt for vannforskning 1972)

skog- og åslandskap. Vassdraget renner gjennom områder med økende jordbruksvirksomhet og tiltakende bebyggelse. Det munner ut i Øyeren i et typisk urbanisert område. Disse forhold gjenspeiles nøye i vannmassenes kjemiske egenskaper og de biologiske tilstander i vassdraget. I det øvre løp er fosfor det primært begrensende plantenæringsstoff, i det nedre løp blir nitrogen den begrensende vekstfaktor (Norsk institutt for vannforskning 1972).

Imidlertid er det beskrevne forhold i i figur 4 en generalisering som ikke kan brukes kritikkkløst (Forsberg 1976). Berregnes tilsvarende forholdstall mellom nitrogen og fosfor ut fra de kjemiske data for innsjølokalitetene på figur 3, fremkommer verdiene i tabellen siden 16. Årsakene til avvikelserne er mange, spesielt viktige er i hvilke kjemiske former næringsstoffene foreligger, og hvordan de er tilgjengelige for algevekst.



*Algevekstpotensial og kjemisk vannkvalitet i noen innsjøer.*

(Etter Skulberg 1978)

| Predominant type of watershed | Lake         | AGP<br>10 <sup>6</sup> cells/l | Cond.<br>µS/cm<br>20°C | Total-P<br>µg P/l | Total-N<br>µg N/l | N/P |
|-------------------------------|--------------|--------------------------------|------------------------|-------------------|-------------------|-----|
| Forest and mountain areas     | Beiehølen    | 1.4                            | 12                     | 4                 | 120               | 30  |
|                               | Floen        | 4                              | 38                     | 3                 | 300               | 100 |
|                               | Maridalsvatn | 6                              | 28                     | 5                 | 235               | 47  |
|                               | Randsfjord   | 11                             | 40                     | 6                 | 350               | 58  |
| Rural and agricultural areas  | Mjøsa        | 18                             | 39                     | 10                | 400               | 40  |
|                               | Øyeren       | 20                             | 35                     | 9                 | 265               | 29  |
|                               | Jarenavatn   | 153                            | 230                    | 14                | 1600              | 114 |
|                               | Gjersjøen    | 229                            | 100                    | 420               | 1400              | 3   |
| Urban and industrial areas    | Bjørkelangen | 600                            | 100                    | 41                | 3500              | 85  |
|                               | Kolbotnvatn  | 925                            | 154                    | 73                | 870               | 12  |
|                               | Årungen      | 1700                           | 150                    | 166               | 2400              | 14  |
|                               | Østensjøvatn | 2000                           | 265                    | 350               | 3000              | 9   |

Regionale undersøkelser av vekstbegrensende plantenæringsstoffer i vannforekomster på Østlandet ga som resultat at fosfortilsetning stimulerte algeveksten i storparten av vannprøvene (Kotai et al. 1978). Men utslagene var noe forskjellige på de enkelte lokaliteter. En kombinasjon av nitrogen og fosfortilsetning, eller komplett næringsløsning, ga i alle tilfelle høyere celleutbytte enn når den samme konsentrasjon av fosfor ble satt til alene. Vekstforsøkene med alger viste at fosfor var det primært begrensende næringsstoff i de fleste vannforekomster. Bare i spesielle tilfeller ble det påvist at nitrogen var primært begrensende næringsstoff.

Resultatet basert på 103 innsjølokaliteter viste at i 85% av tilfellene var fosfor mest begrensende, i 9,7% var nitrogen mest begrensende og i 4,9% var både nitrogen og fosfor begrensende vekstfaktor (Kotai et al., l.c.).

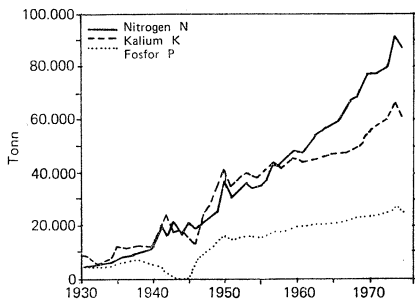
Forholdene i brakkvann og saltvann er også kompliserte når det gjelder vurderingen av nitrogen som vekstbegrensende stoff (Andreassen 1976). I alminnelighet er det en større tendens til nitrogenbegrensning for marint algeplankton jo mer vannmassene er preget av oseaniske forhold (Caperon et al. 1972). Undersøkelser i Trondheimsfjorden har bl.a. vist at i brakkvannsområder er fosfor mest

begrensende, mens i mer marine deler av fjorden er nitrogen primært begrensende (Sakshaug et al. 1972). Vekstforsøk med alger i vann fra Oslofjorden (Skulberg 1970) viste at fosfor, nitrogen og jern var viktige som begrensende faktorer for algeveksten som kunne oppnås. Gjennomgående var det — regionalt i Oslofjorden — en større tendens til nitrogenbegrensning sammenliknet med betydningen av fosfor for algeveksten.

### Nitrogen som forurensningsfaktor

Det er ingen tvil om at samfunnsutviklingen som finner sted i Norge i stadig stigede omfang forstyrrer og endrer nitrogenkretsløpet i landets nedbørfelt og vassdrag. Den menneskelige virksomhet har allerede idag en intensitet som i betydelig grad påvirker vannforekomstene med belastning med nitrogenforbindelser.

Det er nærliggende å se på utviklingen i landbruket med oppmerksomhet på forbruk av kunstgjødsel. Den grafiske fremstilling i figur 6 (Statistisk sentralbyrå 1978) viser stigningen i bruk av nitrogen, kalium og fosfor som gjødselstoff.

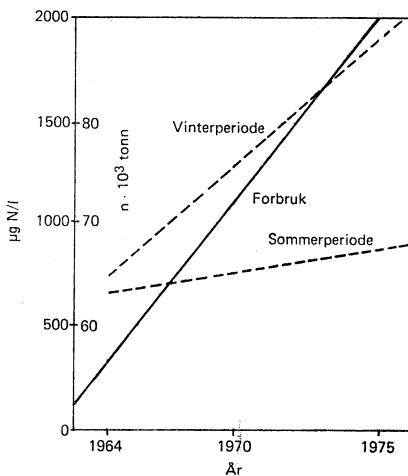


Figur 6.

*Forbruk av handelsgjødsel. Tonn grunnstoff.*

(Etter Statistisk Sentralbyrå 1978)

Det gjøre seg gjeldende en særlig markert og rask økning i anvendelse av nitrogenholdig handelsgjødsel. I alle vannforekomster hvor landbruksarealer er en stor del



Figur 7. Vansjø.

*Aritmetiske middelværdis for konsentrasjon av nitrogenkomponenter og forbruk av handelsgjødsel i Norge.*

av nedbørfeltet, vil det bli en forholdsvis tilsvarende påvirkning med nitrogenholdig avrenningsvann. Dette vil forandre organismesamfunn og biologisk produksjon i vassdragene i betydelig grad.

Vansjø i Østfold kan tjene som eksempel. Denne 36 km<sup>2</sup> store innsjø — med største dyp 40 m — er forholdsvis grundig undersøkt av Norsk institutt for vannforskning (1966, 1977). Det foreligger data som muliggjør en viss vurdering av et utviklingsforløp (figur 7). Gjennom en tiårsperiode har bl.a. de aritmetiske middelværdis for nitrogenkomponenter i hovedmassene øket fra ca. 500 µg N/l til ca. 2000 µg N/l under vintersituasjonen.

Observasjoner fra sommersituasjonen viser tilsvarende forløp, men noe mindre økning i konsentrasjoner. Det fremstår en rask forandring av vannkvaliteten i Vansjø hvor landbruksforurensning har sin betydningsfulle andel som årsak. Forøvrig kan det nevnes at i vegetasjonsperioden 1979 ble det konstatert den første masseoppblomstring av *Oscillatoria* i Vansjø. Dette tolkes som en ny indikasjon på eutrofieringen av innsjøen.

### Forskningsbehov

Av de vesentlige stoffkretsløp i biosfæren er nitrogenkretsløpet kanskje det mest interessante, det mest sammensatte og minst forstått. Nitrogenkretsløpet er hovedsakelig et biokjemisk fenomen som bl.a. er nøye knyttet til akvatisk organisk produksjon. Den store oppmerksomhet som kulturbetinget eutrofiering har fått, medfører nå fornyet forskningsaktivitet omkring nitrogenkretsløpet.

Også i Norge har slik forskning aktualitet. Det er stort behov for å fremskaffe ny kunnskap. Jeg vil som avslutning nevne noen forskningsoppgaver som er viktige i denne sammenheng:

- Avklare hvordan tilførselshastighet og mengde av nitrogen til vannforekomster bør reguleres for at dette plantenæringsstoff blir vekstbegrensende for algevegetasjonen.
- Utføre kvalitative og kvantitative undersøkelser av betydningen som varierende nitrogen-konsentrasjoner har for primærproduksjon i vannforekomstene.
- Foreta økologiske undersøkelser av nitrogenkretsløpet i norske vannforekomster.
- Utvikle et naturfaglig grunnlag for å tilpasse rensetekniske tiltak til vassdragsforholdene i landet vårt basert på prinsippet om biologisk resirkulering (Norsk institutt for vannforskning 1978).

En betydelig forskningsinnsats er nødvendig for å bidra til at «technological quick fix» ikke skal bli «scientific backlash» (Alvin Weinberg) i vår behandling av vannforurensningsproblemene.

### LITTERATUR

- Andreassen, E.*, 1976: A short survey on nitrogen and phosphorus in some Norwegian fjords. Fresh water on the sea. The Association of Norwegian Oceanographers. 119—128. Oslo.
- Atkins, W. R. G.*, 1923: The phosphate content of fresh and salt waters in its relationship to the growth of algal plankton. J. Mar. Biol. Assoc. U. Kingd. 13, 119.
- Baule, B.*, 1917: Zu Mitscherlichs Gesetz der physiologischen Beziehungen. Landw. Jahrb. 51. 363—385.
- Bolin, B. and Arrhenius, E.*, 1977: Nitrogen — an essential life factor and a growing environmental hazard. *Ambio*, Volume VI, No. 2—3, 96—105.

- Brandt, K., 1899: Über den Stoffwechsel im Meere. Wiss. Meeresunters. d. Komm. z. Erforsch. d. Meere. Abt. Kiel N. F., IV. 228.
- Caperon, J., and Meyer, J., 1972: Nitrogen limited growth of marine phytoplankton. L. R. Pomeroy (editor): Cycles of essential elements. Benchmark Papers in Ecology, Volume I, 151—168. Stroudsburg 1974.
- Claesson, A., 1978: Research on recovery of polluted lakes. Algal growth potential and the availability of limiting nutrients. Acta Universitatis Upsaliensis. 461.
- Denigès, G., 1921: Détermination quantitative des plus faibles quantités de phosphate dans les produits biologiques par la méthode céruléomolybdique. C. r. Soc. Biol. Paris. 84, 875.
- Domogalla, B. P., Juday, C. and Peterson, W. H., 1925: The forms of nitrogen found in certain lake waters. J. Biol. Chem. 63, 269—285.
- Fogg, G. E., 1965: Algal cultures and phytoplankton ecology. Madison.
- Forsberg, C., 1975: Nitrogen as a growth factor in fresh water. Conference on nitrogen as a water pollutant. IAWPR. 18—20th August 1975. København.
- Forsberg, C., 1976: Nitrogen and phosphorus as algal growthlimiting nutrients in wastereceiving waters. O. Devik (editor): Harvesting polluted waters. 27—38. New York.
- Fowden, L., 1962: Amino acids and proteins. R. Lewin (editor): Physiology and biochemistry of algae. 189—209. New York.
- Goering, J. J., 1972: The role of nitrogen in eutrophic processes. R. Mitchell (editor): Water Pollution Microbiology. 43—68. New York.
- Golterman, H. L., 1975: Physiological limnology. Amsterdam.
- Gran, H. H., 1931: On the conditions for the production of plankton in the sea. Rapp. P.-v. Réun. Cons. perm. int. Explor. Mer. 75, 37—46.
- Harvey, E. N., 1928: Nitrate in the sea. J. Mar. Biol. Assoc. U. Kingd. 14, 71—88.
- Harvey, H. W., 1960: The chemistry and fertility of sea waters. Cambridge.
- Hutchinson, G. E., 1957: A treatise on limnology. Volume I. Geography, physics and chemistry. New York.
- Kalle, K., 1958: Das Meerwasser als Mineralstoffquelle der Pflanze. W. Ruhland (editor): Encyclopedia of Plant Physiology. Volume IV. 170—178. Berlin.
- Kjensmo, J., 1966: Electrolytes in Norwegian lakes. Schweiz. Z. Hydrol. 28. 1: 29—42.
- Kotai, J., Krogh, T. and Skulberg, O. M., 1978: The fertility of some Norwegian inland waters assayed by algal cultures. Mitt. Internat. Verein. Limnol. 21. 413—436.
- Liebig, J. v., 1855: Die Grundsätze der Agricultur-Chemie. Braunschweig.
- Lund, J. W. G., 1970: Primary production. Water Treatment and Examination. 19. 332—358.
- Mitscherlich, E. A., 1909: Das Gesetz des Minimums und das Gesetz des abnehmenden Bodenetrages. Landw. Jahrb. 38, 537—552.
- Naumann, E., 1919: Några synpunkter angående planktonets økologi. Lunds Universitets Årsskrift, N. F. II.
- Norsk institutt for vannforskning: Vansjø. En limnologisk undersøkelse utført i tidsrommet januar 1964 — januar 1965. NIVA 0-5/64. Blindern, 15. desember 1966.
- Norsk institutt for vannforskning: Vansjø. En limnologisk undersøkelse utført i tids-Leira og Rømsa. Rapportdel I. NIVA 0-55/68. Blindern, 29. desember 1972.
- Norsk institutt for vannforskning: Vansjø. En limnologisk undersøkelse utført i tids-Blindern, 1. desember 1977.

- Norsk institutt for vannforskning*: Biologisk resirkulering i vann. Ny metode for løsning av vannforurensningsproblemer. NIVA 0-28/76, Blindern, 13. april 1978.
- Pomeroy, L. R.*, 1974: Cycles of essential elements. Benchmark Papers in Ecology. Volume I. Stroudsburg.
- Rodhe, W.*, 1948: Environmental requirements of fresh-water plankton algae. Experimental studies in the ecology of phytoplankton. *Symbolae Botanicae Upsaliensis* X: 1. 149.
- Sakschaug, E., Haug, A., Jensen, A. and Myklestad, S.*, 1972: Phytoplankton ecology of the Trondheimsfjord. Biological Station, Trondheim. Mimeographed.
- Schreiber, E.*, 1927: Die Reinkultur von marinem Phytoplankton und deren Bedeutung für die Erforschung der Produktivität des Meereswassers. *Wiss. Meeresunters.* Abtlg. Helgoland 16, Nr. 10. 1—34.
- Skulberg, O. M.*, 1970: The importance of algal cultures for the assessment of the eutrophication of the Oslofjord. *Helgoländer wiss. Meeresunters.* 20. 111—125.
- Statistisk Sentralbyrå*, 1978: Historisk statistikk 1978. Norges offisielle statistikk XII, 291, Oslo.
- Vernadskii, V. I.*, 1926: The Biosphere. L. R. Pomeroy (editor): Cycles of essential elements. Benchmark Papers in Ecology, Volume I, 29—32. Stroudsburg 1974.
- Wetzel, R. G.*, 1975: Limnology. Philadelphia.

## rittmeyer

Spesialfirma for alt i vannmålinger til vannverk og renseanlegg:

**Nivå- og mengdemålinger, limnografer, vannprøveuttaksapparater,  
regnmålere, ventil- og lukestyringer, slamfølere,  
programstyringer, fjernoverføringer.**

*Matthe Winje & Co. a*

Cort Adelersgt. 14  
P.B. 2440, Solli, Oslo 2  
Telefon: 565990