

0-78014

**Undersøkelser av Randsfjorden  
Årsrapport 1978**

Konklusjon, sammendrag og diskusjon

Saksbehandler: Bjørn Faafeng  
Medarbeidere: Bjørn Alsaker-Nøstdal  
Gøsta Kjellberg  
Jarl Eivind Løvik  
Else Øyvor Sahlqvist  
Torulv Tjomsland  
Instituttssjef: Kjell Baalsrud

# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Postadresse: Brekke 23 52 80  
Postboks 333, Blindern Gaustadalleen 46 69 60  
Oslo 3 Kjeller 71 47 59

Rapportnummer: 0-78014
Undernummer: II
Løpenummer: 1155
Begrenset distribusjon:

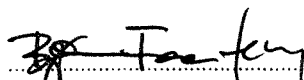
Rapportens tittel: Undersøkelser av Randsfjorden 1978. Konklusjon, sammendrag, diskusjon.	Dato: 10. oktober 1979
Forfatter(e): Bjørn Faafeng Bjørn Alsaker-Nøstdal Gøsta Kjellberg Jarl Eivind Løvik Else-Øyvor Sahlqvist Torulv Tjomsland	Prosjektnummer: 0-78014
	Faggruppe:
	Geografisk område: Oppland
	Antall sider (inkl. bilag): 13

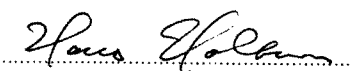
Oppdragsgiver: Oppland Fylkes E-verk og Randsfjordforbundet	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
--	----------------------------------


Ekstrakt: Rapporten inneholder konklusjoner, sammendrag og diskusjon fra undersøkelserne i Randsfjorden 1978. Fullstendig årsrapport trykkes separat.
---

4 emneord, norske:
1. Randsfjorden
2. Fosfor-modell
3. Eutrofiering
4. Vassdragsregulering

4 emneord, engelske:
1.
2.
3.
4.

  
Prosjektleders sign.

  
Seksjonsleders sign.

  
Instituttssjefs sign.

ISBN 82-577-0210-2

## K O N K L U S J O N

Undersøkelsene i 1978 synes å vise at Randsfjorden fortsatt er en næringsfattig innsjø med lavt innhold av næringsstoffer og planteplankton (plankton-alger). Tilførselene av forurensninger ser ut til å ligge innenfor toleransegrensen. Imidlertid er belastningen fortsatt betydelig ved utløpet av de mest konsentrerte utslipp (Vigga - Røykenwika), noe som kan skape problemer lokalt, særlig for drikkevannforsyningen, badeliv etc. Ett års undersøkelser innebærer imidlertid en viss usikkerhet, idet en da ikke får dekket variasjoner i klimatiske forhold. I 1978 var klimaet lite gunstig for vekst av planteplankton og resultatene må ses i lys av dette. I den grad det er mulig å sammenlikne, kan en ikke på bakgrunn av resultatene av undersøkelsene til nå påvise vesentlige endringer i forurensingssituasjonen i forhold til tidligere undersøkelser (1967-68).

Endringene i vannføring etter eventuell regulering av hovedtilløpene Etna og Dokka vil med de nåværende planer neppe virke inn på Randsfjordens forurensingstilstand. Derimot kan noe høyere vintervannføring medføre endringer i temperatur-, strøm- og isforhold i fjordens nordlige deler.

På bakgrunn av den usikkerhet som ligger i kun ett års undersøkelse, bør undersøkelsen følges opp i 1979 og 1980.

## SAMMENDRAG

NIVA gjennomførte i 1967 og 1968 en undersøkelse av Randsfjorden med hovedvekt på en fysisk og kjemisk beskrivelse. Resultatene viste at innsjøen var næringsfattig uten at dette den gang kunne dokumenteres av biologiske undersøkelser.

Økende folkemengde i tettbygde strøk, f.eks. Dokka, Brandbu og Jevnaker, og omlegging av driftsmetodene i jordbruket har bidratt til økt forurensing av innsjøen. Folk i området har rapportert om tiltakende algevekst langs strendene og på garn og tauverk som står i vannet, og dette er tegn på økt gjødsling av innsjøen med næringsstoffene fosfor og nitrogen. Et av siktemålene med denne undersøkelsen var derfor å vurdere Randsfjordens forurensingstilstand og å foreslå eventuelle nødvendige tiltak for å holde denne på et akseptabelt nivå.

Randsfjorden tjener som drikkevannskilde for en stor del av befolkningen langs innsjøen. Økende forurensing har imidlertid ført til at enkelte av vanninntakene er blitt liggende nær store kloakkutslipp som f.eks. i Røykenvika. Ved undersøkelsen i 1978 ble NIVA bedt om å vurdere det nye inntakstedet for Brandbu Vannverk A/L.

Oppland Fylkes Elektrisitetsverk har utarbeidet planer for regulering av Etna og Dokka for elektrisitetsproduksjon. Disse vassdragene danner til sammen de største tilløpene til Randsfjorden og endring av vannføringa vil kunne påvirke forholdene i innsjøen. Denne undersøkelsen omfatter derfor også en vurdering av konsekvensene av de planlagte reguleringsinngrep.

## FORURENSINGSTILFØRSLER (teoretisk oversikt) (Kapittel 3).

Tidligere målinger av vannkvalitet i bekker og elver som drenerer forskjellige typer områder danner grunnlag for å gjøre et overslag over tilførselene av næringsstoffene fosfor og nitrogen samt lett nedbrytbart organisk materiale til Randsfjorden. Forurensing fra befolkning er beregnet ut fra antall bosatte, sanitærteknisk standard og hvordan avløps-

forholdene er ordnet. Avrenning fra jordbruket har mange forskjellige kilder, så som silo, gjødselkjellere og melkerom, men også diffus avrenning fra dyrka mark.

For vurdering av forurensing fra jordbruksaktivitetene i området er det i denne rapporten brukt gjennomsnittstall for avrenning pr. flateenhet dyrka mark. Tilførsler fra skog, fjell og nedbør er også beregnet på samme måten. Totalt sett gir disse beregningene til resultat at det teoretisk tilføres ca. 44 tonn fosfor og 762 tonn nitrogen pr. år. Fosforbidraget er fordelt på 28 % fra befolkning, 26 % fra jordbruk og 47 % fra naturlig bakgrunnsavrenning fra skog og fjell. Tilsvarende kommer 12 % av nitrogen fra befolkningen, 23 % fra jordbruk og 57 % fra skog og fjell. Disse tallene må bare brukes som et grovt anslag på betydningen av de forskjellige kildene.

#### MÅLTE TILFØRSLER (Kapittel 4).

Tilførsler fra Etna/Dokka og Vigga er målt direkte ved hjelp av stoffkonsentrasjon og vannføring. Restfeltenes avrenning er deretter beregnet ved stikkprøver i forskjellige typer mindre vassdrag. Den desidert største transporten av fosfor og nitrogen finner naturlig nok sted i mai måned da snøsmeltinga pågår for fullt, mens innsjøen i vintermånedene tilføres svært lite næringsstoffer. I utløpselva, Randselva, er vannføringa regulert og transporten av fosfor blir derved mer fordelt utover året enn i tilløpene. Middelkonsentrasjonen av fosfor er beregnet til henholdsvis 112 og 15 mg P/m<sup>3</sup> i Vigga og Etna/Dokka, mens tilsvarende tall for nitrogen er omlag 2800 og 240 mg N/m<sup>3</sup>. Konsentrasjonen av forurensing i Vigga er betydelig større enn i Etna/Dokka, men allikevel er Viggas bidrag til Randsfjorden relativt lite på grunn av beskjedne vannføring. Et moment som allikevel bør bemerkes er at tilførslene for Vigga stort sett består av lett tilgjengelige næringsstoffer for algene, mens de i Etna/Dokka mer er i bundet form. Viggas betydning i forurensingssammenheng er derfor større enn det som går fram av de totale tilførslene. Med forbehold om visse feilkilder, var målte fosfortilførsler til Randsfjorden i alt 29 tonn i 1978, mens nitrogentilførslene var 680 tonn. Disse verdier kan variere betydelig fra år til år på grunn av klimatiske

forhold, slik at dette ikke må tas som representative verdier for Randsfjorden. Forskjellen på beregnet 44tP og målt 29tP tas foreløpig til etterretning, og vil bli diskutert når lengre måleserier foreligger. Måleprogrammet skal gjennomføres også i 1979 og 1980.

#### STRØM OG SPREDNING AV STOFF (Kapittel 5).

Det er gjennomført en strømundersøkelse for å få kjennskap til generelle trekk ved strømningsmønsteret i Randsfjorden. Videre var det ønskelig å kunne vurdere hvordan spredningen av stoff skjer i visse deler av sjøen særlig med hensyn på vanninntakene. Metoden som ble anvendt var å kombinere feltregistreringer med bruk av matematiske modeller.

Strøm- og temperaturforhold ble beregnet ved hjelp av en matematisk modell av fjorden for de hyppigst forekommende vindsituasjoner, dvs. med vind fra nord og vind fra sør.

Resultatene som følge av 20 timer med vind fra nord på 7 m/s viser at overflatevannet (0-4 m) beveget seg mot SSV, dvs. noe til høyre for vindretningen. Hastigheter mellom 10-20 cm/s dominerte. I sjiktet mellom 4-15 m hadde vannet en tendens til å bevege seg i SV-lig retning. Karakteristiske hastigheter var under 6 cm/s. I sjiktet mellom 15-30 m strømmet vannet som oftest nordover. I bunnsjiktet var bevegelsen hovedsakelig rettet mot nord-nordøst med hastigheter mindre enn 4 cm/s. Overflatevannet beveger seg til høyre for vindretningen på grunn av jordrotasjonen. Denne avbøyingen til høyre fortsetter med økende dyp inntil vannet i bunnsjiktet strømmer i motsatt retning av overflatestrømmen. Oppadrettede strømmer med tilhørende kaldt vann fant sted i nordenden og langs østbredden ved nordavind. I motsatt ende av innsjøen var strømmene rettet nedover. Temperaturen i vannet ble derfor der høyere. Karakteristiske vertikale hastigheter var mindre enn 0,5 mm/s. Simuleringsresultatene viste god overensstemmelse med feltregistreringene. Vind fra sør førte til at bevegelsen i hovedtrekk var rettet motsatt av hva som er beskrevet for nordavind. Også i dette tilfellet var strømmenes høyrevridning med dypet et typisk trekk. Oppadrettede strømmer med kaldt vann fant gjerne sted i sør og langs vestsiden. Nedadrettede strømmer og varmere vann var lokalisert i nordenden og i østlige deler. Simuleringsresultatene viste også her god overensstemmelse med feltregistreringene.

Spredningsforløpet av et tenkt stoffutslipp i Røykenvika ved Brandbu ble deretter simulert ved en matematisk spredningsmodell. Eksperimentet viser at vannutskiftingen i Røykenvika skjer langsomt. Dette gjelder særlig ved vind fra sør. Ved denne vindretningen spredde imidlertid stoffet seg i større grad i vertikalretning enn ved vind fra nord. Dette på grunn av de foran nevnte strømrøtningene. For begge vindretningene var det imidlertid liten transport til de dypere sjikt i sjøen. Flytting av vannverkinntaket vekk fra Røykenvika vil utvilsomt være gunstig.

#### KLIMA (Kapittel 6).

Allerede under de innledende diskusjoner for igangsetting av dette prosjektet ble betydningen av flere års sammenhengende undersøkelser understreket. Ved å konsentrere seg om bare ett år, kunne vi risikere at dette ikke gir et representativt bilde av forholdene i Randsfjorden. Høy temperatur gir økt vekst av planteplankton i vannet. Nedbørens effekt på produksjonen i innsjøen kan ytre seg på forskjellige måter. For det første vil en kraftig vårflom spyle gjennom innsjøen med næringsfattig smeltevann fra de største tilløpene. Konsentrasjonen av næringsstoffer vil være lav ved begynnelsen av produksjonssesongen, slik at planktonets vekst holdes på et lavt nivå. Kraftig nedbør over innsjøens nære omland om sommeren vil ha motsatt effekt ved at næringsstoffer fra bekker, grøfter, rørsystem og jordbruksarealer transporteres ut i innsjøen. Klimaet i 1978 viste seg også å være kaldere og tørrere i produksjonssesongen enn normalt. I juli, august og september var månedsmiddeltemperaturen 2°C lavere enn normalt, mens det falt omlag 20 % mindre nedbør enn normalt i denne perioden. Dette forårsaket mindre tilførsler av forurensende stoffer til Randsfjorden og trolig også lavere konsentrasjoner av planteplankton enn det som er normalt. Konklusjonene fra dette første prøveåret må derfor ses i lys av de spesielle klimatiske forholdene.

#### FYSISKE OG KJEMISKE FORHOLD (Kapittel 7).

Temperaturmålinger i Randsfjorden viser at særlig de 20-30 øverste metre påvirkes av oppvarming om sommeren, mens dypereliggende sjikt stort sett

holder seg mellom 4 og 6°C. Ved rutinemålingene ble det observert temperaturer opp til vel 18°C på sørligste stasjon i august. Kontinuerlig registrerende utstyr viste, som ventet, at temperaturforholdene kunne variere kraftig på kort tid på grunn av betydelige strømsystemer, såkalt "indre bølger".

Siktedypet varierte mellom 3,8 m og 8,0 m og ble til en viss grad bestemt av innholdet av planteplankton, men vannets brunlige farge avslørte også en betydelig påvirkning av humusstoffer fra skog- og myrområder. Derved reduseres lysets mulighet til å trenge dypt ned i innsjøen og planteplanktonets produktive sone blir mindre.

Vannets innhold av mineralsalter domineres av løst kalsiumhydrogenkarbonat, noe som er naturlig i våre store østlandsinnsjøer. Det totale innhold av mineralsalter er relativt lite, stort sett mellom 40 og 50 µS/cm. Vannet har derved liten evne til å motstå ytre påvirkning som f.eks. forurensing.

Oksygenkonsentrasjonen i Randsfjorden viser at planteplanktonets produksjon er lav. Innsjøen er noe påvirket av naturlige tilførsler av organisk materiale, men oksygenmetning på 105 meters dyp var aldri lavere enn 70 %.

Konsentrasjonen av næringsstoffene fosfor og nitrogen var lav på alle stasjoner. Totalkonsentrasjonen av fosfor var stort sett mellom 6 og 8 mg P/m<sup>3</sup>, mens nitrogenkonsentrasjonen vanligvis var mellom 250 og 350 mg N/m<sup>3</sup>, noe som indikerer næringsfattige, lite påvirkede forhold. Disse resultatene trenger imidlertid ikke være typiske for Randsfjorden på grunn av de spesielle klimatiske forhold i 1978. Dette gjelder i høy grad også resultatene fra de biologiske undersøkelsene.

#### PLANTEPLANKTON (Kapittel 8).

Ørsmå, frittsevendende alger, planteplankton, utnytter sollyset som energikilde og utgjør de viktigste produsentene i innsjøer på samme måte som grønne planter på landjorda. De reagerer raskt på endringer i miljøet slik at artsammensetning og mengde gir et godt bilde av innsjøens tilstand. Planteplankton i Randsfjorden var i 1978 karakterisert ved lav totalkonsentrasjon, en artsammensetning som normalt finnes i næringsfattige



innsjøer. Da klimaet var lite gunstig for planktonvekst sommeren 1978 kan planteplanktonet ikke uten videre gi spesiell informasjon om forholdene i Randsfjorden i mer "normale" år. En sammenlikning med andre innsjøer i 1978 (med omlag samme klima) viste en mer næringsfattig situasjon i Randsfjorden enn i Mjøsa og Tyrifjorden.

Et fenomen som vakte en viss oppmerksomhet i 1978 var et tynt sjikt med alger på overflaten nord i innsjøen. Tilsvarende "algeflak" ble også observert i andre næringsfattige innsjøer og kan ikke betraktes som en indikasjon på forurensing.

#### DYREPLANKTON (Kapittel 9).

Dyreplankton består av millimeterstore krepsdyr og liknende dyr som transporteres med strømmen i vannet. De lever i stor grad av planteplankton og blir selv spist av fisk og danner på denne måten et viktig ledd i næringskjedene i innsjøer. Arts sammensetning og mengde av dyreplankton i Randsfjorden er i samsvar med det en finner i næringsfattige innsjøer og bærer samtidig preg av å være utsatt for betydelig beiting av planktonspisende fisk (sik).

#### ENDRET VANNFØRING TIL RANDSFJORDEN (Kapittel 10).

På bakgrunn av normal vannføring i Dokka etter samløp med Etna og simuleringer av endret vannføring etter den planlagte regulering i vassdraget, er det gjort visse vurderinger av eventuelle endringer i Randsfjorden. Endringer i vanntemperatur og derved også isforhold og lokalklima samt skader på fiske vurderes av andre institusjoner. Maksimal medianflom (en flom som overskrides gjennomsnittlig annethver år) reduseres fra  $160 \text{ m}^3/\text{sek.}$  til  $110 \text{ m}^3/\text{sek.}$ , mens tilførslene utover sommeren fram til oktober ikke endres nevneverdig. I tida fra oktober til april vil vannføringen øke med omlag  $15 \text{ m}^3/\text{sek.}$ , dvs. en fordobling av normal vannføring. Disse endringene vil neppe ha betydning for forurensingstilstanden i Randsfjorden, men lengst nord i innsjøen vil temperatur- og strømforholdene kunne endres om vinteren. Det har ikke vært mulig å tallfeste disse endringene innenfor rammen av denne første årsrapporten.

Vannstanden i Randsfjorden er bestemt av tilførslene fra tilløpselvene og tapping over utløpsdemningen. Dersom tappingsrutinene ikke endres vil reguleringene i Etna og Dokka kunne føre til vannstandsvariasjoner utover det som er normalt i dag.

#### NYTT VANNINNTAK TIL RANDSFJORDEN (Kapittel 11).

Samtidig med prøvetaking på hovedstasjonene er det også samlet inn vannprøver på flere dyp utenfor Askjelandet 2-3 km sør for Røykenvika (st. 4) ved det planlagte inntakstedet for Brandbu Vannverk A/L. Analyse-resultatene er oversendt Statens institutt for folkehelse for vurdering.

## DISKUSJON

### Innsjøens fosfortoleranse

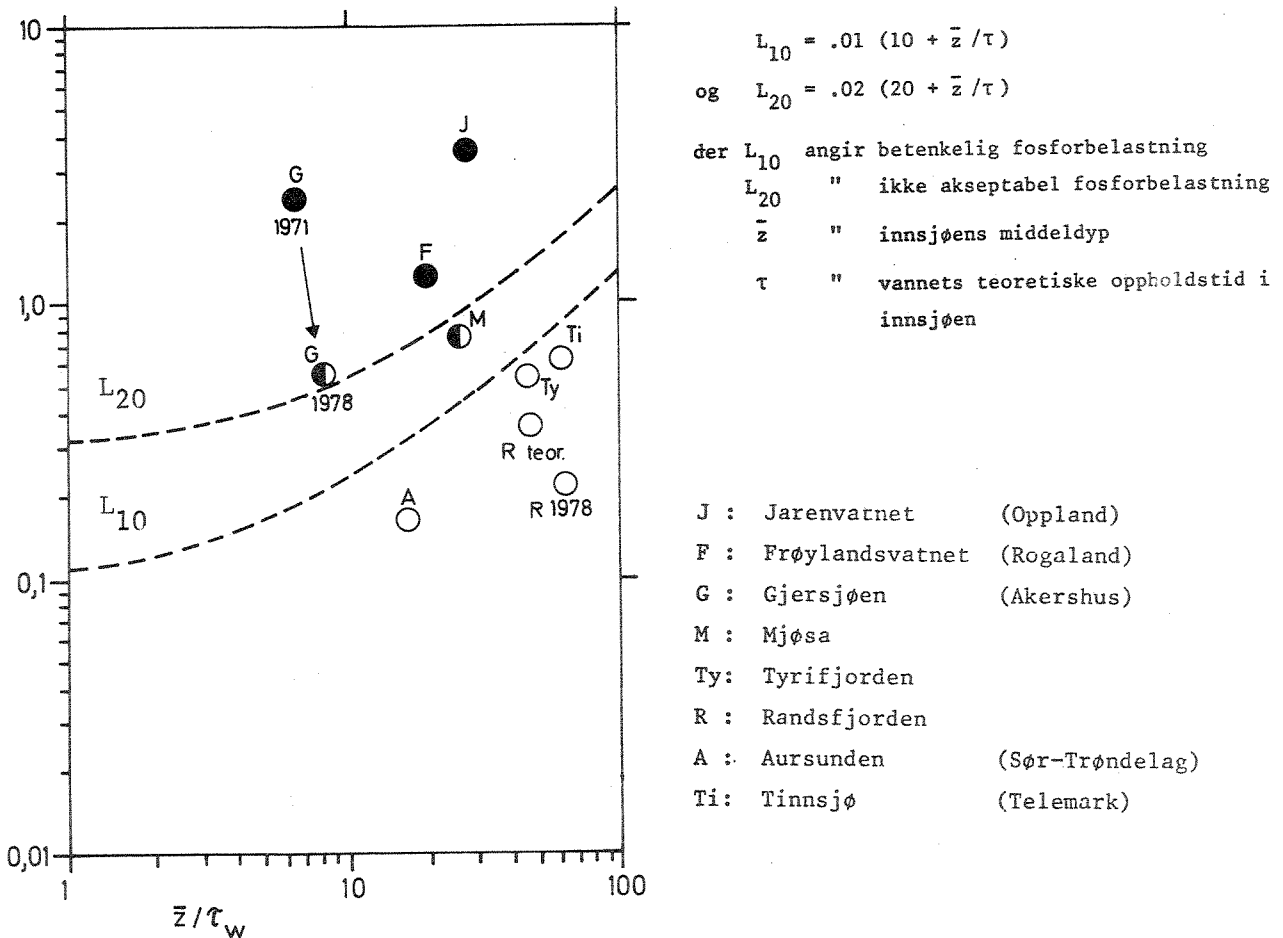
Det er gjort en rekke forsøk på å sette opp modeller for å tallfeste innsjøers toleranse for tilførsler av fosfor, men en av de enkleste og mest brukte er en såkalt Vollenweidermodell. Denne tar hensyn til innsjøens spesifikke fosforbelastning, middeldyp og vannets teoretiske oppholdstid. I de fleste tilfeller vil den gi et godt anslag over innsjøens forurensingstilstand (trofigrad) og er mye brukt for å fastsette en øvre grenseverdi for akseptabel belastning. Imidlertid vil ikke disse relativt enkle matematiske uttrykkene kunne gjenspeile alle de uhyre kompliserte prosessene som foregår i innsjøen. En rekke usikkerhetsmomenter kommer inn i bildet

- hvor stor del av tilført fosfor er biologisk tilgjengelig ?
- når på året tilføres fosforet ?
- hvordan fordeles flommene i forhold til produksjonssesongen (jfr. avkjøling, fortynning og utspyling) ?
- hvor mye fosfor tilbakeføres til vannmassene fra sedimentene (bunnslammet) ?
- hvordan er de kjemiske og biologiske systemene i innsjøen rustet til å motvirke forurensingen ?

Opplysningene i figur 1 må derfor ses på som en illustrasjon og ikke som eksakte verdier. I figuren er målte verdier for Randsfjorden i 1978 merket av sammen med den teoretiske fosforbelastning fra kapittel 3 og midlere avrenning. Begge verdiene ligger i den akseptable delen av diagrammet og bekrefter de observasjonene som er gjort i 1978, nemlig at Randsfjorden fortsatt er en næringsfattig innsjø og at hovedvannmassene bare i liten grad er påvirket i uheldig retning. For sammenlikningens skyld er også teoretiske verdier fra noen andre norske innsjøer tegnet inn i figuren. Dataene er dels hentet fra "Oversikt over fosfortilførsler til innsjøer" (Holtan 1978) og dels fra NIVAs egne måleprogrammer. Innsjøene er markert med en subjektiv klassifisering i gruppene næringsrik (eutrof), middels næringsrik (mesotrof) og næringsfattig (oligotrof).

Dataene som er brukt her viser at modellen er anvendbar i mange tilfeller. Merk f.eks. de to målte verdiene for Gjersjøen der 1971 representerer et år med kraftig algeoppblomstring og 1978 et år etter at mye av kloakkvannet var ført vekk fra nedbørfeltet og algekonsentrasjonene betydelig redusert.

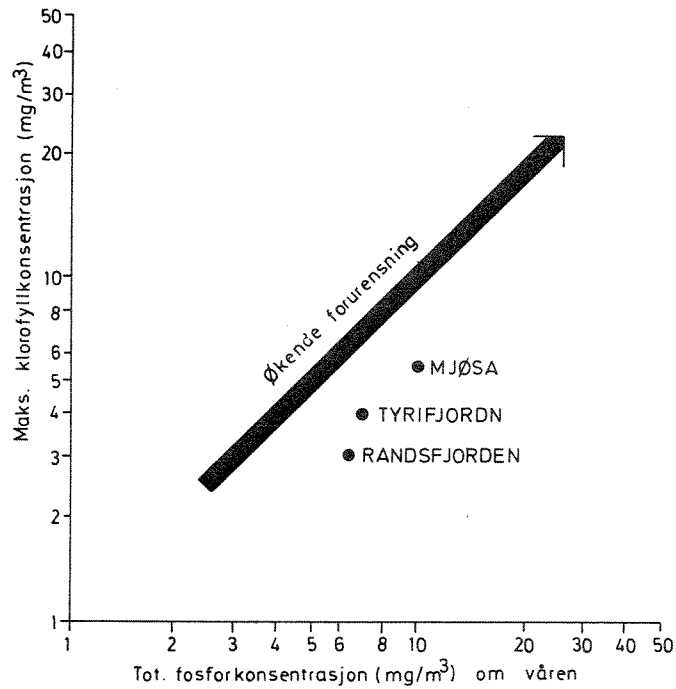
Figur 1. Dype innsjøers fosfortoleranse etter Vollenweiders modell (Vollenweider 1976).



En annen fosformodell som også er mye brukt i praktisk sammenheng er den som er vist i kapittel 6 (figur 6.5.1) etter Dillon 1974. Modellen er tegnet om i figur 2 og viser hvordan målte verdier fra Mjøsa, Tyrifjorden og Randsfjorden i 1978 faller inn i det generelle mønsteret. Ved økende forurensing plasserer innsjøene seg stadig lengre opp mot øvre høyre hjørne i figuren med Mjøsa øverst, deretter Tyrifjorden og Randsfjorden.

Selv om klimaet var spesielt i 1978 gjelder dette alle tre innsjøene i samme grad slik at deres innbyrdes plassering gir et korrekt bilde.

Figur 2. Forholdet mellom fosforkonsentrasjon om våren og maksimal algekonsentrasjon i Mjøsa, Tyrifjorden og Randsfjorden i 1978. Modell etter Dillon (1974)



Planteplanktonbestanden i Mjøsa, Tyrifjorden og Randsfjorden 1978

Som vist i kapittel 8 reagerer planteplanktonet raskt på økte tilførsler av fosfor både med endret artssammensetning og økt totalkonsentrasjon (se figur 8.1.1). Undersøkelsene i Mjøsa, Tyrifjorden og Randsfjorden har pågått parallelt i 1978 og gir derfor god anledning til sammenlikning. Målinger av totalkonsentrasjonen av planteplankton gjennom vekstsesongen i innsjøenes hovedvannmasser (figur 3) understreker forskjellen på de tre innsjøene. Mens Tyrifjorden og Randsfjorden varierer mellom 2-600  $\text{mm}^3/\text{m}^3$  når Mjøsa helt opp i 2400  $\text{mm}^3/\text{m}^3$  i slutten av juli. Den kraftige økingen i Mjøsa utgjøres for en stor del av mer næringskrevende arter (kiselalger).

Figur 3. Algekonsentrasjon i hovedbassenget i Mjøsa, Tyrifjorden og Randsfjorden 1978.

(Fra blandprøver 0-10 m)

