



O-90126

Synnfjorden i Oppland

En undersøkelse av vannkvaliteten i 1990,
sammenlignet med situasjonen i 1978.

NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Hovedkontor Postboks 69, Korsvoll 0808 Oslo 8 Telefon (02) 23 52 80 Telefax (02) 39 41 89	Sørlandsavdelingen Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (041) 43 033 Telefax (041) 43 033	Østlandsavdelingen Rute 866 2312 Ottestad Telefon (065) 76 752 Telefax (065) 78 402	Vestlandsavdelingen Breiviken 5 5035 Bergen-Sandviken Telefon (05) 95 17 00 Telefax (05) 25 78 90
--	---	--	--

Prosjektnr.: 0-90126
Undernummer:
Løpenummer: 2569
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: Synnfjorden i Oppland. En undersøkelse av vannkvaliteten i 1990, sammenliknet med situasjonen i 1978.	Dato: mai 1991
	Prosjektnummer: 0-90126
Forfatter (e): Jarl Eivind Løvik Pål Brettum	Faggruppe: Vassdrag
	Geografisk område: Oppland
	Antall sider (inkl. bilag): 24

Oppdragsgiver: Nordre Land kommune	Oppdragsg. ref. (evt. NTFN-nr.): L.M.Vange E.T. Endrerud
---------------------------------------	--

Ekstrakt: Vatnet i Synnfjorden var svakt surt og hadde liten evne til å motstå forsuring ved tilførsel av surt vatn. Innsjøen hadde i 1990 en akseptabel vannkvalitet med hensyn til næringssalter og algemengder og kan karakteriseres som en næringsfattig innsjø. En viss indikasjon på økt næringssalttilførsel ble likevel påvist og Synnfjorden var tydelig påvirket av ferske fekale forurensninger. Det kan synes å ha skjedd en viss forbedring av vannkvaliteten siden 1978, men forskjellene var små og kan også skyldes naturlige variasjoner i f.eks. meteorologiske forhold. Dagens fosfortilførsler på ca. 500 kg pr. år bør ikke økes vesentlig dersom en vil sikre en akseptabel vannkvalitet også i framtida.
--

4 emneord, norske:

- ¹Synnfjorden
- ²Forurensningsgrad
- ³Vannkjemi
- ⁴Biologiske forhold

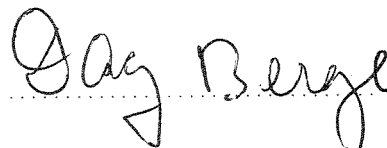
4 emneord, engelske:

- ¹Lake Synnfjorden
- ²Degree of pollution
- ³Water chemistry
- ⁴Freshwater biology

Prosjektleder:



For administrasjonen:



ISBN 82-577-1891-2

O-90126

Synnfjorden i Oppland

En undersøkelse av vannkvaliteten i 1990,
sammenlignet med situasjonen i 1978.

Ottestad mai 1991

Saksbehandler: Sigurd Rognerud

Medarbeidere: Jarl Eivind Løvik

Pål Brettum

Gøsta Kjellberg

FORORD

Denne undersøkelsen er utført etter oppdrag fra Teknisk etat i Nordre Land kommune. Kontaktpersoner har vært Lars Melvin Vange og Einar T. Endrerud.

Feltarbeidet ble gjennomført sommeren 1990 av NIVA's Østlandsavdeling. Kjemiske analyser er utført ved NIVA's laboratorium og Vannlaboratoriet for Hedmark, mens hygienisk/bakteriologiske analyser er foretatt ved Næringsmiddeltilsynet for Hadeland og Land samt Hedemarken interkommunale næringsmiddelkontroll. Planteplankton er artsbestemt og bearbeidet av Pål Brettum . De øvrige analyser, samt utarbeidingen av rapporten er gjort ved NIVA's Østlandsavdeling.

INNHALDSFORTEGNELSE

1. SAMMENDRAG	1
2. INNLEDNING	2
3. SYNNEFJORDEN OG DENS NEDBØRFELT	4
4. RESULTATER OG DISKUSJON	7
4.1 Fysisk/kjemiske forhold	7
4.2 Planteplankton	11
4.3 Dyreplankton	13
4.4 Hygienisk/bakteriologiske forhold	16
4.5 Fosforbelastning	17
5. LITTERATUR	19
6. VEDLEGG	20

1. SAMMENDRAG

Vatnet i Synnfjorden var svakt surt med en midlere surhetsgrad på pH 6,6. Det hadde lav alkalitet, dvs. at evnen til å motstå forsuring ved tilførsel av surt vatn var liten. Det ble registrert en nedgang i alkaliteten på ca 20 prosent siden 1978. Samtidig var vatnet blitt ca 0.4 pH-enheter surere.

Konsentrasjonene av næringssaltene fosfor og nitrogen var lave. Dette viser at vannmassene var næringsfattige og lite påvirket av forurensning med næringssalter. Algemengden var også lav, og både artssammensetningen og mengden av planteplankton og dyre-plankton viser også at innsjøen kan karakteriseres som næringsfattig og lite påvirket av næringssaltforurensninger. Klorofyllmålingene viste også at vannkvaliteten var akseptabel, men nær overgangsområdet til en betenkelig tilstand.

Utviklingen fra 1978 til 1990 viser lavere konsentrasjoner av nærings-salter og alger, og i tråd med dette har siktedypet økt noe. Dette tyder på at det har skjedd en viss bedring av vannkvaliteten siden 1978. De små forskjellene kan imidlertid også skyldes naturlige variasjoner fra år til år med hensyn til meteorologi og avrenningsforhold i nedbørfeltet. De målte endringene behøver med andre ord ikke nødvendigvis å representere en trend i reduserte næringssaltbelastninger. Vi kan imidlertid slå fast at forholdene ikke har blitt verre de siste 12 årene.

Synnfjorden var klart forurenset av fekale indikatorbakterier i 1990 slik den også var i 1978. Dette viser tydelig at det skjedde tilførsel av ferske fekale forurensninger ved flere tidspunkter, og vatnet kan ikke uten videre brukes til drikkevatt. Det er rimelig å anta at de fekale forurensningene først og fremst skyldes utslipp fra kloakkrenseanlegget for hotellene.

Beregningene av fosfortilførslene til innsjøen viser at dagens belastning på ca 500 kg fosfor pr.år ikke bør økes vesentlig dersom en vil sikre en akseptabel vannkvalitet med hensyn til algevekst også i framtida.

2. INNLEDNING

Synnfjorden har lenge vært av stor interesse i rekreasjonssammenheng med bl.a. et stadig økende antall hytter og to hoteller i området. Det foreligger også planer om ytterligere utbygging av flere hyttefelter samt alpinanlegg.

Innsjøen og utløpselva Synna ble undersøkt sommeren 1978 med bakgrunn i bruken av vassdraget som resipient for avløpsvatn fra eksisterende og planlagte turistanlegg (Holtan et.al.1980). Synnfjorden ble da karakterisert som oligotrof (næringsfattig), men vannkvaliteten syntes i noen grad å bære preg av kloakk-tilførsler.

Etter anmodning fra teknisk etat i Nordre Land kommune utarbeidet NIVA høsten 1989 et programforslag for en ny undersøkelse av Synnfjorden. På bakgrunn av at innsjøen lett påvirkes av forurensningstilførsler og den store betydningen i rekreasjons-sammenheng, ønsket man en undersøkelse av dagens vannkvalitet og utviklingen siden den forrige undersøkelsen.

Målsetningen for undersøkelsen har derfor vært å:

1. klarlegge Synnfjordens status særlig med hensyn til næringssaltforurensning
2. gi informasjon om eventuelle forandringer i forurensningssituasjonen sammenliknet med forholdene i 1978.

Feltarbeidet ble gjennomført med 5 observasjoner i perioden 14.juni - 25.september 1990. Det ble benyttet samme prøvetakingsstasjon som i 1978 (figur 1).

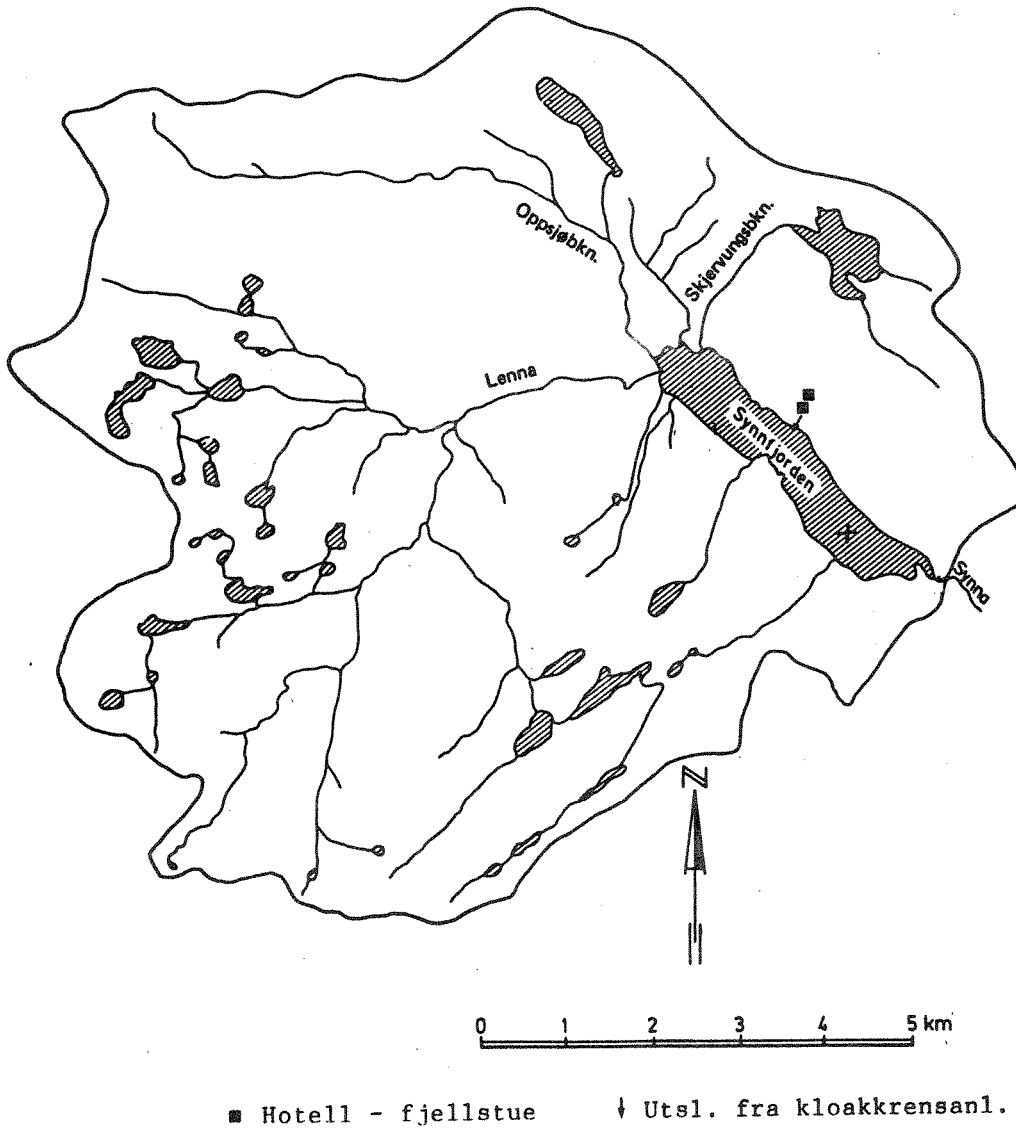


Fig.1 Synnfjorden. Nedbørfelt - prøvetakingsstasjon (x).

3. SYNNEFJORDEN OG DENS NEDBØRFELT.

Nedbørfeltet og innsjøen er grundig beskrevet i rapporten fra undersøkelsen i 1978 (Holtan et.al. 1980). Her skal bare en del hovedpunkter trekkes fram.

Synnefjorden ligger i Nordre Land kommune, Oppland fylke, og har bl.a. tilløp fra Lenna, Oppsjøbekken og Skjervungbekken (fig.1). Avløpet Synna munner ut i Dokka ved Åmot.

Nedbørfeltet er på totalt 82,5 km² og består av 55% skog, 24% snaufjell, 13% myr og 6% innsjøareal. Det var tidligere ca. 1 km² setermark, men setrene er ikke lenger i bruk.

Landskapet domineres av fjellene Synnefjell (1414 m.o.h.) i sørvest og Skjervungfjellet (1098 m.o.h.) i nordøst. Fjellområdene er bygd opp av eokambriske kvartsittlag. Disse ligger over leirskifre (fyllitt) fra kambrium-ordovicium. Den mørke kvartsittiske sandsteinen (Synnefjell-sandstein) utgjør ca.60% av nedbørfeltet. Den er kalsiumfattig og tungt forvitrende, noe som medvirker til den saltfattige vannkvaliteten i Synnefjorden. Berggrunnen i den resterende del av feltet, de lavere liggende skog og myrområdene, består av den lettere oppløselige fyllitten.

Løsmassene i nedbørfeltet består i det alt vesentlige av et tynt, usammenhengende morenedekke og enkelte områder med glasifluviale avsetninger. Fra myrområdene tilføres vassdraget humusstoffer, noe som medfører at vannmassene er brunfarget (gjennomsnitt fargeverdi 36 mg Pt/l i 1978).

Området har et typisk innlandsklima med store variasjoner i temperatur fra vinter til sommer og med lang, kald vinter og kort sommer. Midlere lufttemperatur er 2,5°C (Aust-Torpa II), og nedbørnormalen for perioden 1945-1975 var på 789 mm (Nord-Torpa II i Skaum).

Det finnes ikke vannføringsmålinger for Synna i 1990. For likevel å få et visst bilde av avrenningsforholdene dette året er det i figur 2 vist tilrenning til Dokkfløymagasinet i perioden april - oktober. Tilsiget til Synna utgjør omtrent 20% av tilsiget til Dokkfløy (R.Sira, Oppland Energiverk, pers.medd.).

Tidlig avsmelting kombinert med nedbør forårsaket en flomtopp i begynnelsen av mai, mens snøsmelteflommen vanligvis kommer i mai-juni i dette området. I juni-juli var det en periode med høy vannføring, og denne ble etterfulgt av en periode fram til slutten av august med lite nedbør og følgelig liten avrenning. Totaltilsiget i produksjonssesongen juni-oktober var 103 prosent av mediantilsiget for Dokkfløymagasinet, dvs. omtrent som et "normalår".

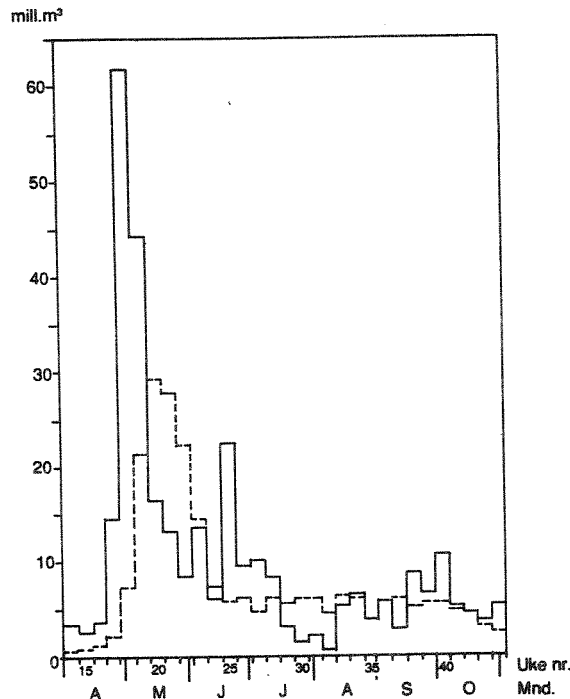


Fig.2 Tilsig til Dokkfløymagasinet april-oktober 1990. Tilsiget til Synna utgjør ca 20% av dette. Stiplet linje viser median-tilsiget. Data fra Oppland Energiverk.

Synnfjorden er en 3,9 km lang fjordsjø og består av 2 mindre basseng med maksimumsdyp på 25 og 40 m. Overflatearealet er på 1,94 km², middeldypet er 15,1 m, og teoretisk oppholdstid er beregnet til 0,63 år. Dybdekart samt øvrige hydrologiske og morfometriske data er gitt i figur 3 og tabell 1.

Tabell 1.

Synnfjorden. Hydrologiske og morfometriske data (kilde: Holtan et.al.1980).

Nedbørfelt, A_N	82,5 km ²
Spesifikk avrenning	18 l/s.km ²
Midlere avrenning	1.485 m ³ /s
Årlig vanntilførsel, Q	46,83 mill.m ³
Overflatens høyde over havet	796 m
Overflatens areal, A_0	1,94 km ²
Volum, V	29,3 mill.m ³
Største dyp	40,0 m
Middeldyp, $Z=V/A_0$	15,1 m
Teoretisk oppholdstid, $T_w=V/Q$	0,63 år
Største lengde	3,9 km
Største bredde	0,6 km

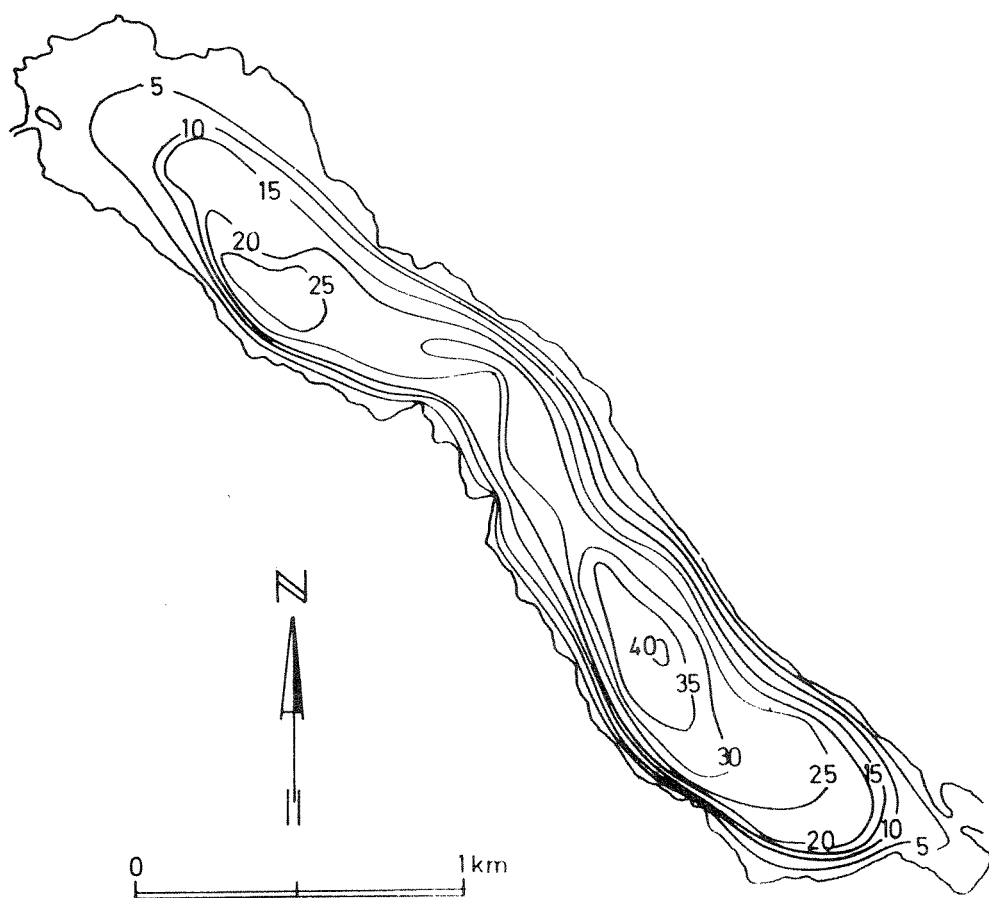


Fig.3

Dybdekart over Synnfjorden. Opploddet 3.juli 1978 av H.Holtan.

4. RESULTATER OG DISKUSJON

4.1 Fysisk/kjemiske forhold

Resultatene av de fysisk/kjemiske analysene og observasjonene er framstilt i figurene 4-5 og i tabeller i vedlegg. Skjema for vurdering av forurensningsgrad m.h.t. eutrofi etter SFT's vannkvalitetskriterier er også tatt med i vedlegget (Holtan 1988).

Siktedyp

Siktedypet bestemmes av vatnets innhold av partikler og humusstoffer. I produktive innsjøer er gjerne algeveksten bestemmende for siktedypet, mens det f.eks. i innsjøer med mye myr og skog i nedbørfeltet vanligvis er humusinnholdet som er avgjørende.

I 1990 varierte siktedypet mellom 5,6 m og 7,0 m i Synnfjorden med laveste verdi den 14/6. Disse verdiene er typiske for den moderate humuspåvirkningen av innsjøen, og den brune fargen mot sikteskiva indikerer at det er humusmateriale som bestemmer siktedypet. Til sammenlikning kan nevnes at store, dype innsjøer samt grunne innsjøer i fjellområder og lite produktive områder gjerne har siktedypsverdier på 7-8 m eller mer. Den registrerte økningen i siktedypet i forhold til 1978 kan blant annet skyldes at det i 1978 var en ekstra stor vårflom i mai som medførte stor utvasking av humusstoffer fra nedbørfeltet.

Fargen mot sikteskiva ble de fleste gangene i 1990 funnet å variere i spekteret gul-brun, som viser at vannmassene var humuspåvirket.

Dersom en antar en forventet naturtilstand på 7,5 m for siktedyp, så tilsier det at innsjøen er lite påvirket (forurensningsklasse 1) etter SFT's vannkvalitetskriterier.

Surhetsgrad og bufferevne

Surhetsgraden målt som pH varierte lite i 1990 med en midlere pH på 6,64. Bufferevnen målt som alkalitet er et mål på vatnets evne til å motstå pH-endringer ved f.eks. tilførsel av surt vatn.

Alkaliteten var lav i Synnfjorden (0,053 - 0,066 mmol/l), og det er registrert en nedgang siden 1978. Målingene viser at vannmassene er følsomme overfor tilførsler av surt vatn og at ytterligere reduksjoner av alkaliteten vil kunne gi klare reduksjoner i pH-verdiene. Det er også konstatert en nedgang på 0,4 pH-enheter fra 1978.

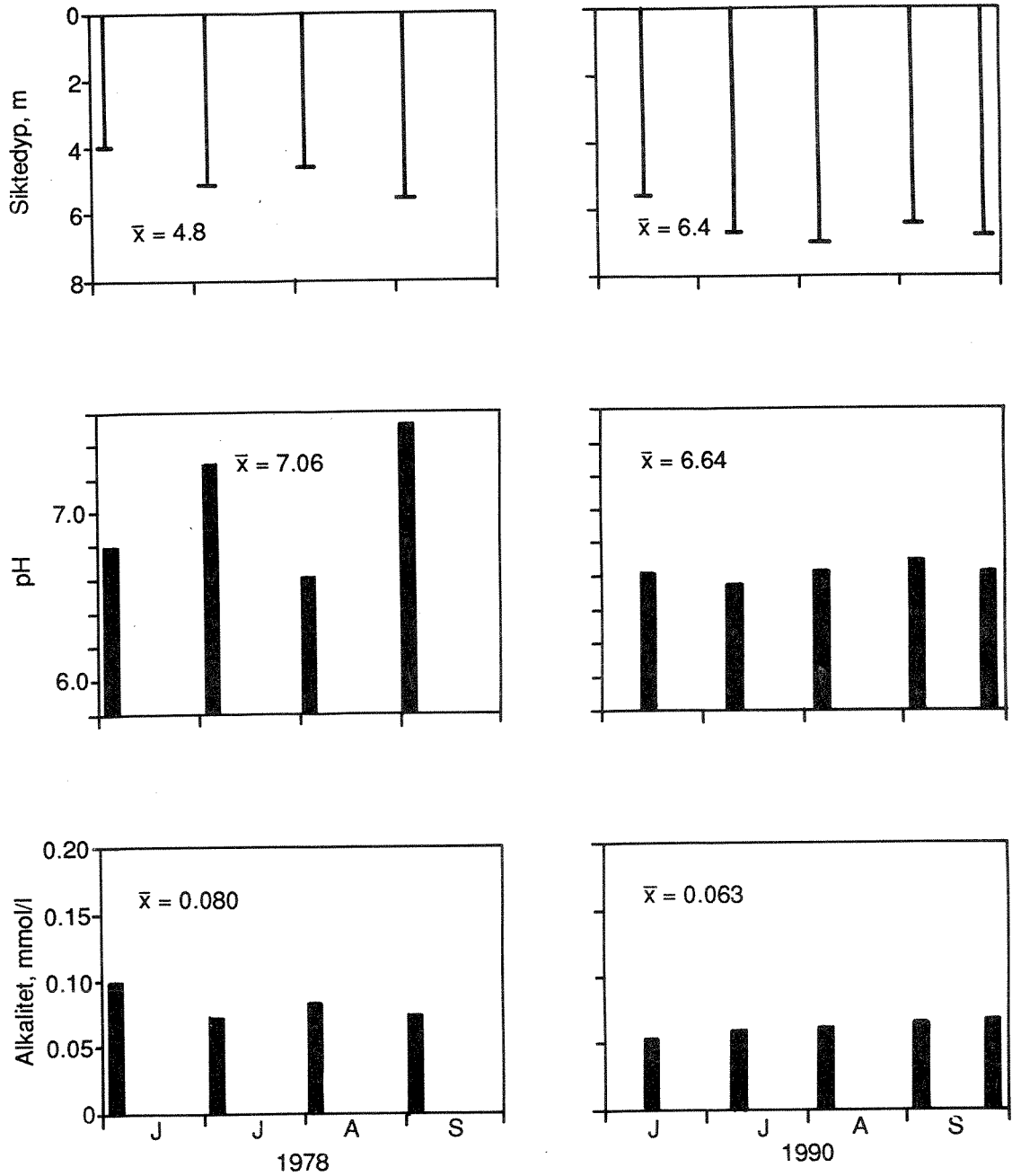


Fig.4

Siktedyp, pH og alkalitet (0-10m) i Synnfjorden i sommerperiodene 1978 og 1990. Tidsveide middelverdier er gitt. Verdiene for alkalitet i 1978 er korrigert i henhold til Henriksen (1982).

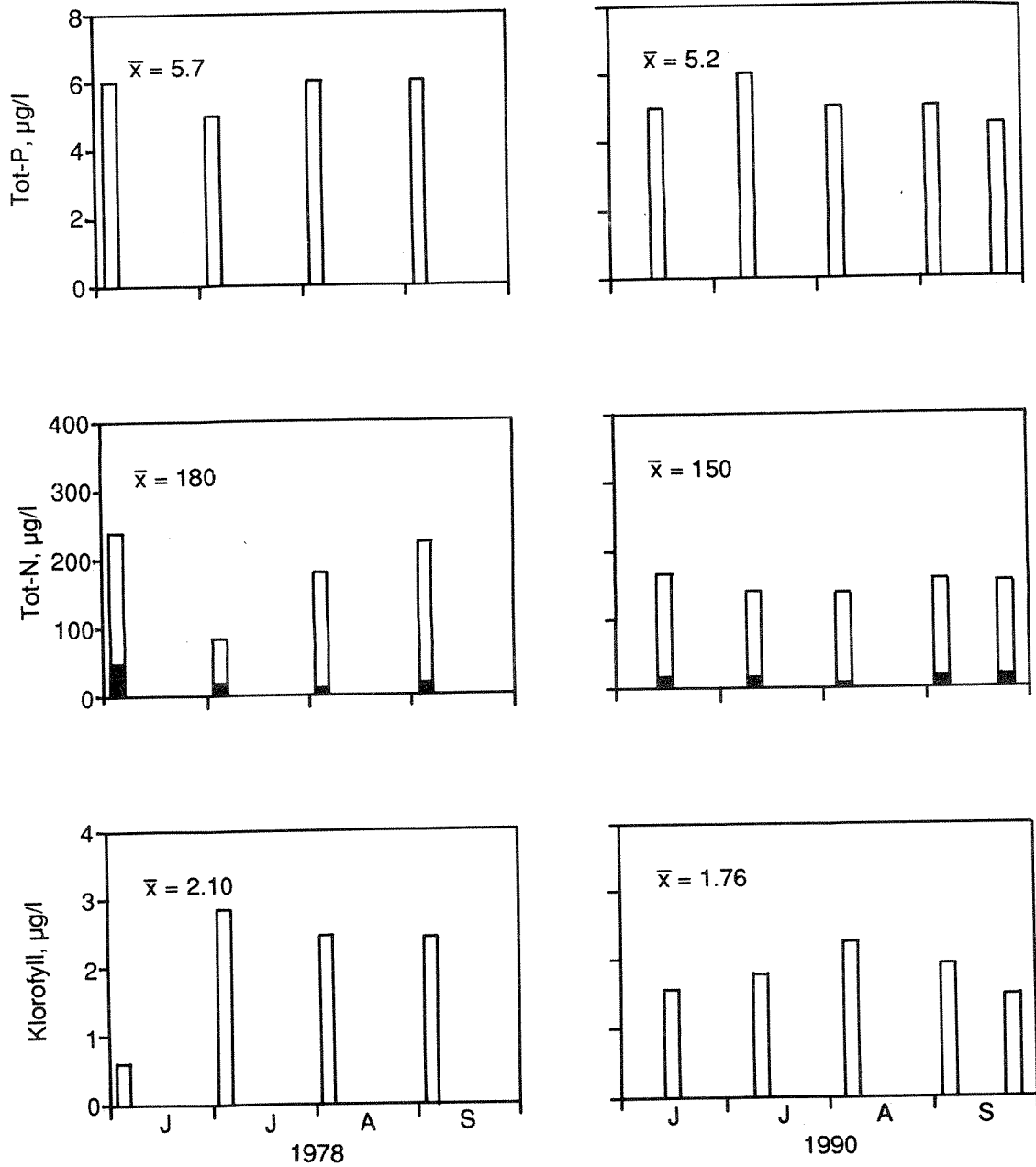


Fig.5 Konsentrasjonen av totalforsfor, totalnitrogen, nitrat (skravert) og total klorofyll-a i Synnfjorden (0-10m) i sommerperiodene 1978 og 1990. Tidsveide middelerdier er angitt.

Næringssalter

Fosfor er det næringssalt som vanligvis er begrensende for algeveksten i innsjøer. Økt tilførsel av fosfor f.eks. fra forurensning vil derfor vanligvis medføre økt vekst av planteplankton og/eller vannvegetasjon i strandsonen. Vatnets totalfosforinnhold var lavt hele sommersesongen 1990 med verdier mellom 4,5 og 6 $\mu\text{g P/l}$.

Antar vi en forventet naturtilstand på 4-5 $\mu\text{g P/l}$, tilsier det at innsjøen ligger i forurensningsklasse 1 (lite påvirket) i henhold til SFT's vannkvalitetskriterier.

Verdiene for total-nitrogen og nitrat var også lave og varierte lite gjennom sesongen med henholdsvis 134-164 $\mu\text{g N/l}$ og 5-18 $\mu\text{g N/l}$. Dette er i tråd med vurderingene ovenfor om at innsjøen er næringsfattig og lite påvirket av forurensninger.

Det ble registrert gjennomgående noe lavere verdier for næringssaltene fosfor og nitrogen i 1990 sammenliknet med målingene fra 1978. Kloakkrensaneanlegget for hotellene ble satt i drift etter undersøkelsen i 1978, og husdyrholdet på setrene er avviklet etter den tid. Dette er forhold som sannsynligvis har bidratt til å redusere næringssalt-tilførselene til innsjøen. Forskjellene er imidlertid små, og naturlige variasjoner fra år til år som følge av bl.a. ulike meteorologiske forhold er vanlig å registrere.

4.2 Planteplankton

I 1990 ble det samlet inn og analysert kvantitative planteplankton-prøver på fem tidspunkter fordelt over vekstsesongen juni-september. Prøvene var blandprøver fra 0-10m dyp. Resultatene av klorofyll-målingene er framstilt i fig.5 og gitt i tabell i vedlegg. Analyse-resultatene av algetellingene er samlet i tabell i vedlegg og vist i figur 6. For sammenligningens skyld og for å se om det har skjedd en endring i vannkvaliteten, er resultatene fra undersøkelsen i 1978 satt opp i samme figur.

Klorofyllmålinger

Analyser av vannets klorofyll-a-konsentrasjon er et enklere mål på planteplankton-mengden enn volumberegninger ut fra algetellingene. Klorofyll-analyser er en indirekte metode som gir et noe mer upresist mål på algemengden bl.a. fordi andelen klorofyll i algene varierer for de ulike algegruppene. Metoden er imidlertid enkel, og den gir et brukbart mål på den totale algemengden. Flere systemer for vurdering av vannkvalitet tar utgangspunkt i denne parameteren.

Klorofyllkonsentrasjonen i Synnfjorden fulgte i 1990 stort sett det samme utviklingsmønsteret som algevolumet med en topp i august. Verdiene varierte i et område som er typisk for næringsfattige innsjøer, med middelveier nær eller under 2 $\mu\text{g/l}$.

Klorofyllanalysene indikerte at vannkvaliteten var akseptabel, men at den lå nær overgangsområdet mellom liten til moderat forurensnings-grad. Målingene indikerte med andre ord en moderat økning av alge-mengdene sett i forhold til en forventet naturtilstand på ca. 1 $\mu\text{g kl.a/l}$. Klorofyllverdiene var imidlertid noe lavere i 1990 enn i 1978.

Algevolum og artssammensetning.

Totalvolumet av planteplankton var lavere i 1990 enn i 1978, men forskjellene var ikke store (se tabell 2).

Tabell 2. Karakteristiske verdier for planteplankton og klorofyll i Synnfjorden i 1978 og 1990.

	1978	1990
Antall arter/taxa	40	80
Gj.sn. volum i vekstsesongen	268	194
Reg.maks.volum i sesongen	348	294
Midlere klorofyll a-kons. i sesongen	2.10	1.76
Reg.maks. klorof.a-kons. i sesongen	2.87	2.22

De lave verdiene som ble registrert, både i 1978 og 1990, som gjennomsnitt for vekstsesongen og som maksimum, viser at vann-massene i Synnfjorden er næringsfattige, oligotrofe (jfr. Brettum 1989).

I 1978 var gullalger (Chrysophyceae) den mest fremtredende gruppen, sesongen sett under ett. Dette var også den viktigste gruppen i begynnelsen av vekstsesongen i 1990, men til forskjell fra 1978, utgjorde gruppen kiselalger (Bacillariophyceae) en stor prosentvis andel store deler av sesongen 1990. I 1978 var det mest mot høsten at denne gruppen gjorde seg gjeldende. Det var artene Cyclotella kützingiana (v. planetophora) og Melosira distans v. alpigena som var de viktigste kiselalgeartene i 1990, men som nevnt med større prosentandel av det samlede plante-plankton enn i 1978.

Blant gullalgene (Chrysophyceae) var det ulike chrysonader som utgjorde den største andelen i 1990, som i 1978. En art, Stichogloea doederleinii, som i 1978 hadde en større andel av denne gruppen i august, ble f.eks. bare såvidt registrert i 1990.

Gruppen Cryptophyceae, med arter som Rhodomonas lacustris (+v. nannoplanctica), Katablepharis ovalis og Cryptomonas spp. utgjorde til tider i vekstsesongen et betydelig innslag i planteplanktonet i 1990 som i 1978, men til noe ulike tidspunkter.

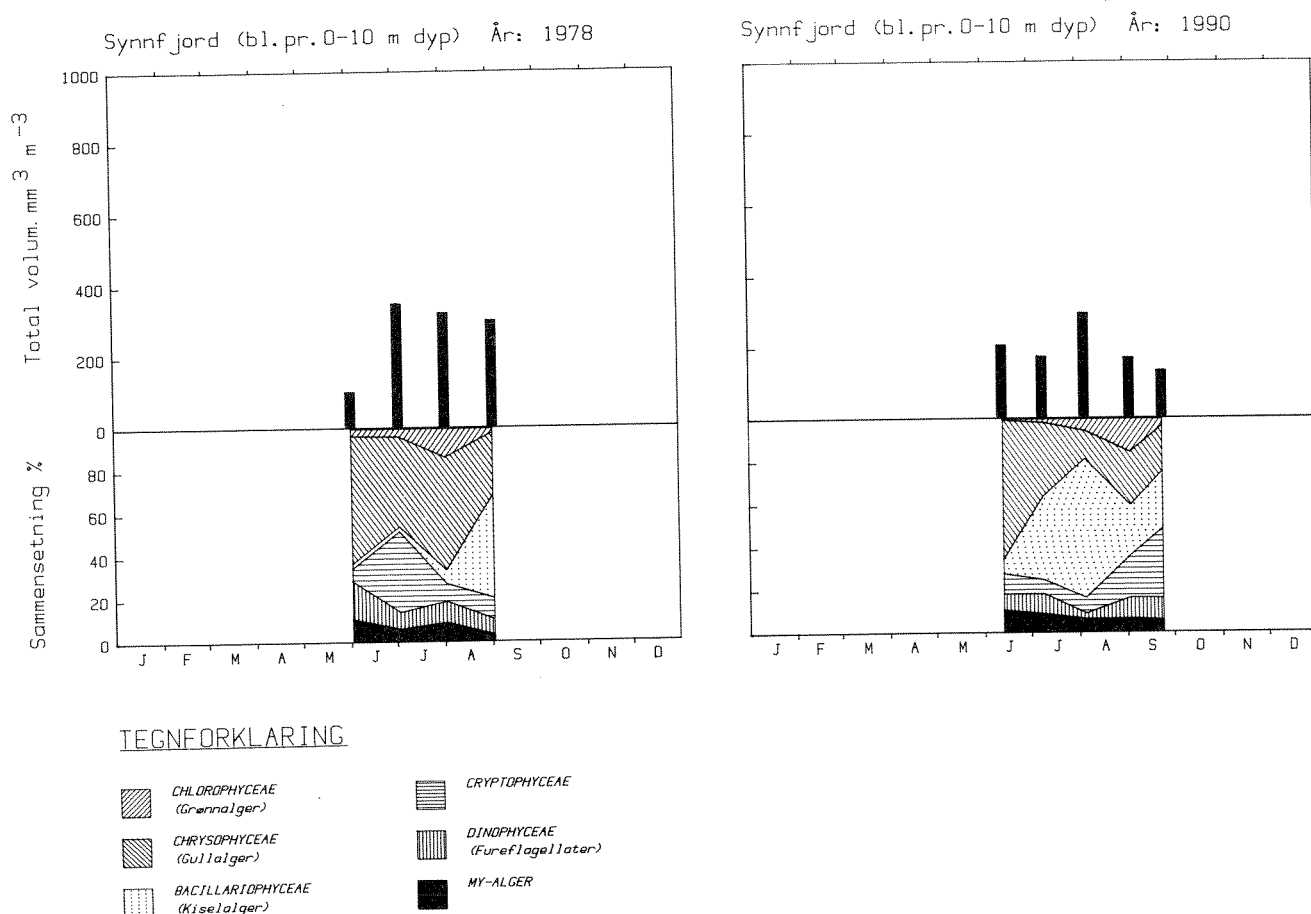


Fig.6 Variasjoner i totalvolum og sammensetning av planteplankton i Synnfjorden 1978 og 1990.

De andre gruppene var av forholdsvis underordnet betydning i det samlede planteplankton ved begge undersøkelsen.

Ellers ble det registrert betydelig flere arter/samlegrupper i 1990 enn i 1978, henholdsvis 80 mot 40. Noe av forklaringen ligger i bedre bestemmelsesarbeid i 1990 enn i 1978, men forskjellen er så stor at det nok er en reell forskjell som er registrert.

Selv om det ble registrert et større artsantall i 1990 enn i 1978, ble det i 1990 som i 1978 ikke funnet arter som er spesielt indikerende for mer eutrofe, næringsrike vannmasser. Artsamfunnet, slik det ble registrert i 1990, viser helt overveiende arter og former som er vanlige i næringsfattige, oligotrofe vannmasser.

Ut fra både algetellingene og klorofyllmålingene kan Synnfjorden karakteriseres som en næringsfattig, lite påvirket innsjø i 1990. Det synes å ha skjedd en moderat forbedring av vannkvaliteten siden undersøkelsen i 1978. Vi vil likevel være varsomme med å trekke noen bastant konklusjon om at det har skjedd en markert forbedring av vannkvaliteten. Forskjellene var relativt små og naturlige variasjoner fra år til år (med hensyn til f.eks. meteorologiske forhold) kan også gi slike utslag.

4.3 Dyreplankton

Analyser av dyreplanktonets mengde og artssammensetning kan gi informasjon om en innsjøens næringsstatus, eventuelle forsureffekter og innsjøens "biologiske selvrensing" m.m.

Prøver av dyreplanktonet i Synnfjorden ble tatt 5 ganger ved hjelp av en såkalt Schindlerfelle (25 l) fra sjiktet 0-20 m. Resultatene er vist i figur 7 og gitt i tabell i vedlegget.

Det ble funnet i alt 8 arter av planktonkreps fordelt på 3 hoppekreps og 5 vannlopper. De mest tallrike var hoppekrepsene Cyclops scutifer og Heterocope appendiculata samt vannloppene Bosmina longispina, Daphnia cristata og Holopedium gibberum. Artssammensetningen er i samsvar med det som er vanlig å finne i næringsfattige innsjøer. Stor andel av H.gibberum er særlig reknet for å være en klar indikasjon på næringsfattige forhold.

Artene D.cristata og H.gibberum hadde jamt over småvokste individer med middellengder av voksne hunner på henholdsvis 0,94 mm og 0,74 mm. Dette kan ha sin årsak i at siken gjerne foretrekker de største og best synlige individene. Andre forhold som f.eks. tilgang på føde og temperatur kan imidlertid også influere på størrelsen til dyrene.

Ved undersøkelsen i 1978 ble det benyttet håvtrekk som innsamlings-metode, og resultatene er derfor ikke direkte sammenlignbare med 1990-dataene. Artssammensetningen synes likevel i hovedtrekkene å være den samme i 1990 som i 1978, men noen forskjeller kan spores: D.cristata utgjorde en betydelig større andel av det totale antall planktonkreps i 1990 enn i 1978, mens hoppekrepsen Acantho diaptomus denticornis kan synes å ha gått noe tilbake.

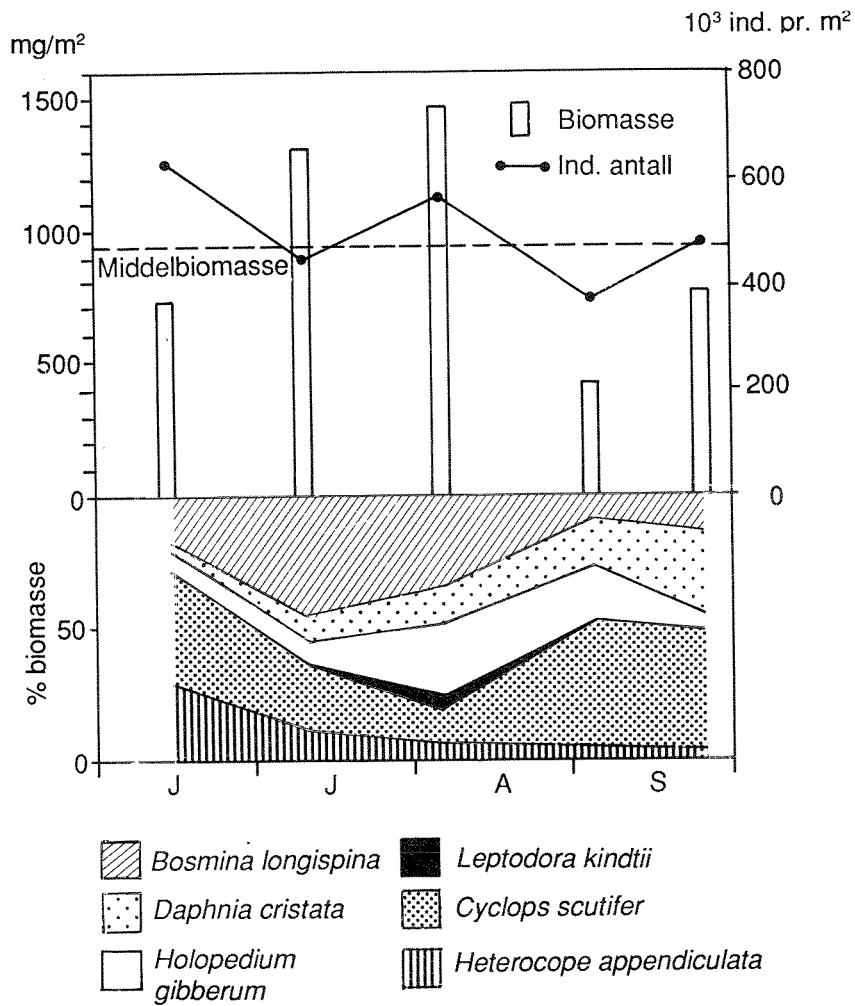


Fig.7

Krepsdyrplankton i Synnfjorden 1990, gitt som totalt individantall og totalbiomasse (tørrvekt) pr.m² i sjiktet 0-20m samt prosentfordeling (biomasse) av de viktigste artene.

Det ble imidlertid funnet bare få individer av denne arten i 1978 også, og ved en undersøkelse i oktober 1974 ble den ikke påvist (Wright et.al.1977). Hard fiskepredasjon kan være en medvirkende årsak til det lave antallet av en så stor art (~3mm) som A.denticornis. Forøvrig kan det nevnes at heller ikke H.gibberum eller D.cristata ble registrert i 1974.

Den varierte artssammensetningen og relativt store forekomsten av flere arter tyder på at dyreplanktonet i Synnfjorden ikke var utsatt for spesielle forsureningsskader (se f.eks. Morling & Pejler 1990). En surhetsgrad på omkring pH 6,6 og et betydelig humusinnhold skulle da heller ikke tilsi slike effekter.

Total dyreplanktonbiomasse varierte mellom 440 og 1460 mg/m² (tørrvekt) med et maksimum i august. Rognerud & Kjellberg (1984) fant en god sammenheng mellom algemengden og dyreplanktonmengden i store dype innsjøer på Østlandet med ulik grad av fiske-predasjon. Vurdert etter denne relasjonen var dyreplankton-biomassen i overkant av det en skulle forvente. Faafeng og medarb. (1990) har imidlertid vist at forholdet mellom mengden av alger og dyreplankton kan variere betydelig i næringsfattige innsjøer.

Et par forhold kan nevnes som mulige forklaringer til den relativt høye dyreplanktonbiomassen i Synnfjorden: For det første er innsjøen betydelig humuspåvirket, noe som innebærer ekstra tilgang på føde i form av dødt organisk materiale og bakterier. For det andre er innsjøen nokså liten med relativt store strandarealer i forhold til vannvolumet, sammenliknet med de innsjøene ovennevnte modell er basert på (Rognerud & Kjellberg 1984).

4.4 Hygienisk/bakteriologiske forhold

Forekomsten av fekale indikatorbakterier (=termostabile koliforme bakterier, dyrket ved 44°C) er et følsomt mål når det gjelder påvisning av kloakk og tilførsler av avføring fra varmblodig dyr (f.eks. sig fra husdyrgjødsel).

Det ble tatt bakteriologiske prøver fra 1m og 20m dyp i alt 5 ganger. Hver gang ble det analysert på termostabile koliforme bakterier. To av gangene ble det dessuten analysert på koliforme bakterier (37°C) og totalantall bakterier (kimtall). Koliforme bakterier (37°C) gir indikasjon på fekal forurensning, men her kan en dessuten få et innslag av naturlig forekommende jord-bakterier. Kimtall gir indikasjon på mengden lett nedbrytbart organisk stoff i vannmassene.

Analyseresultatene er framstilt i fig.8 og gitt i tabell i vedlegg. Vi har benyttet noe strengere vurderingsnormer enn de som er gitt i SFT's vannkvalitetskriterier for ferskvatn.

Årsaken til dette er at vannprøvene representerer Synnfjordens sentrale områder der en erfaringsmessig har lavere verdier enn i strandområdene. Vurderingsgrunnlaget for koliforme ved 37°C og kimtall bygger på mangeårige erfaringer fra NIVA's undersøkelser og er i samsvar med det vurderingssystemet som er benyttet bl.a. for Mjøsas hovedvannmasser.

Synnfjorden var moderat til markert forurenset av fekale indikatorbakterier. Det var en klar indikasjon på tilførsler av termostabile koliforme bakterier ved flere tidspunkter. Størst påvirkning ble registrert 10.juli og 25.september. Innsjøen var lite til moderat påvirket av lett nedbrytbart organisk materiale de to datoene i september da det ble analysert på totalantall bakterier.

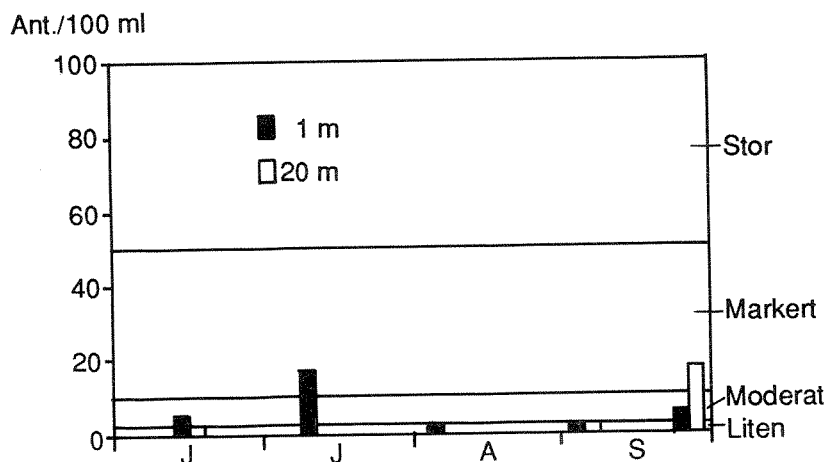


Fig.8 Forekomst av termostabile koliforme bakterier på 1m og 20m dyp i Synnfjorden 1990. Grenser for ulike forurensningsklasser er markert.

4.5 Fosforbelastning

Fra teknisk etat i Nordre Land kommune samt fra hotellene har vi fått oppgitt følgende data angående aktiviteter i nedbørfeltet:

Det er 8 setre som ikke er i drift, men benyttes som hytter. Det ligger 136 hytter i nedbørfeltet. Av disse har 25 innlagt vannforsyning, og 40 har utslipp fra utslagsvasker. Det skal ikke være installert vannklosetter i noen av hyttene, og en antar derfor at hyttene har biologiske klosetter eller vanlige utedoer. Det er derfor ikke beregnet hva forurensnings-tilførselene fra fritidshusene utgjør.

Spåtind Høyfjellshotell har 220 senger, 35000 gjestedøgn pr.år og ca. 15 personer (betjening) boende fast i området. Synnseter Fjellstue har 110 senger, 18000 gjestedøgn pr.år og en betjening på ca. 10 personer.

Hotellene og boligene for betjening er tilknyttet et privat renseanlegg av typen biologisk/kjemisk. Fylkesmannens Miljøvernnavdeling i Oppland opplyser at renseanlegget har vært rustet opp den seinere tid og har hatt en renseeffekt for fosfor på 86,5% i 1990 (Odd Ånsløkken pers.medd.).

Ved beregning av fosfortilførsler til vassdraget er det benyttet samme eksportkoeffisienter som ved undersøkelsen i 1978. Ved forrige undersøkelse opererte man imidlertid med 1 km² jordbruksareal. Dette er nå medreknet under skogareal ettersom seterdrifta er lagt ned.

Totale fosfortilførsler til Synnfjorden er beregnet til 555 kg pr. år fordelt på kilder som vist i tabell 3.

Tabell 3. Beregnede fosfortilførsler til Synnfjorden fordelt på kilder.

Kilder	Tot-P kg/år
Skog	302
Lite produktive områder	205
Direkte på innsjøareal (Synnfj.)	27
Hoteller	21
Sum	555

En annen måte å beregne fosfortilførselene til innsjøen på er å benytte en indirekte metode som tar utgangspunkt i forholdene i sjølve innsjøen. Med grunnlag i undersøkelsen av 20 store, dype innsjøer på Østlandet fant Rognerud, Berge og Johannessen (1979) en god statistisk sammenheng mellom middelkonsentrasjonen av fosfor i innsjøen (P) og midlere algekonsentrasjon i epilimnion (innsjøens varme overflatelag om sommeren) uttrykt som total klorofyll-a-konsentrasjon:

$$(1) \quad \text{kl.a} = 0,42 P - 0,93 \quad r^2 = 0,88$$

Ut fra likning (1) kan en beregne middelkonsentrasjonen av fosfor i innsjøen på basis av klorofyllverdiene. Tidsveid middelkonsentrasjon av klorofyll i Synnfjorden er beregnet til $1,76 \mu\text{g/l}$ i 1990, og dette gir en middelkonsentrasjon av fosfor i innsjøen på $6,4 \mu\text{g/l}$.

Midlere innløpskonsentrasjon av fosfor (P) kan videre beregnes etter modell gitt av Rognerud et al. (1979):

$$(2) \quad \log P_i = \log P + 0,029 T_w + 0,2 \quad , \quad r^2 = 0,96$$

Benytter vi $P = 6,4 \mu\text{g/l}$ og T_w (teoretisk oppholdstid) = 0,63 år i ligning (2) får vi en midlere innløpskonsentrasjon av fosfor på $P_i = 10,6 \mu\text{g/l}$. Gjennomsnittlig årlig vanntilførsel til Synnfjorden er beregnet til $46,83 \text{ mill.m}^3$, og dette gir en årlig fosforbelastning av innsjøen på 495 kg.

Dette er noe mindre enn den fosforbelastningen som ble funnet på basis av arealfordeling og aktiviteter i nedbørfeltet (555 kg).

Begge beregningsmåtene er imidlertid beheftet med større eller mindre grad av usikkerhet avhengig av hvor godt datagrunnlaget er. De skulle likevel kunne gi et rimelig godt anslag på størrelsen av fosfortilførslene.

En fosforbelastning på ca 500 kg pr. år er klart under det nivå som angis som betenkelig belastning (se fig.9). Ut fra erfaringer fra norske innsjøer synes det rimelig å fastsette en algebiomasse tilsvarende en midlere klorofyllkonsentrasjon i produksjons-sesongen på $2 \mu\text{g/l}$ som akseptabel grenseverdi for Synnfjorden (Holtan 1988). Anvender en denne verdien i likningene (1) og (2) ovenfor, får en at midlere fosforkonsentrasjon i innløpene ikke bør overstige $11,5 \mu\text{g P/l}$, dvs. en total belastning på ca 540 kg fosfor pr. år i et "normalår" med hensyn til nedbør.

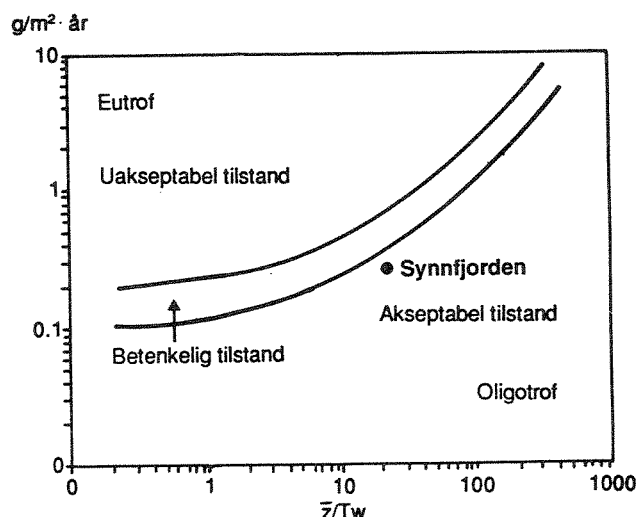


Fig.9

Synnfjordens plassering i Vollenweiders diagram for relasjoner mellom arealbelastning av totalfosfor og forholdet middeldyp (Z)/teoretisk oppholdstid (T_w) (Vollenweider 1976).

5. LITTERATUR

- Brettum,P. 1989. Alger som indikator på vannkvalitet.
Plantep plankton. NIVA-rapp., Løpenr. 2344. 111s
- Faafeng,B., Brettum,P. og Hessen,D. 1990. Landsomfattende undersøkelse av trofitalstanden i
355 innsjøer i Norge. NIVA-rapp., Løpenr. 2355. 57s.
- Henriksen,A. 1982. Alkalinity and acid precipitation research. *Vatten* 38. 83-85.
- Holtan,G., Holtan,H., Brettum,P. og Lindstrøm,E.A. 1980.
Synnfjorden - Synna. Resipientundersøkelse 1978. NIVA-rapp., Løpenr. 1184.
66s.
- Holtan,H. (red.) 1988. Vannkvalitetskriterier for ferskvann.
Rapport TA-630 fra Statens forurensningstilsyn
- Morling,G. og Pejler,B. 1990. Acidification and zooplankton development in some West-
Swedish Lakes 1966-1983. *Limnologica* (Berlin) 20 (2), 307-318.
- Rognerud,S., Berge,D. og Johannessen,M. 1979. Telemarksvassdraget - Hovedrapport fra
undersøkelsene i perioden 1975-1979. NIVA-rapp., Løpenr.1147. 82s.
- Rognerud,S. og Kjellberg,G. 1984. Relationships between phytoplankton and zooplankton
biomass in large lakes. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 22. 666-671.
- Vollenweider,R.A. 1976. Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake
eutrophication. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.* 33. 53-83.
- Wright,R.F. et al. 1977. Regional Surveys of Small Norwegian Lakes Oct. 1974, March 1975,
March 1976 and March 1977. SNSF-project. IR 33/77. 153s.

6. VEDLEGG

Synnfjorden 1990. Temperatur (°C).

Dyp	14/6	10/7	6/8	4/9	25/9
0.5	13.2	10.6	15.1	ca.8	8.1
2		10.6	15.0		8.1
4		10.6	15.0		8.1
6	11.6	10.6	15.0		8.1
7	9.4				
8	6.8	10.6	12.8		8.1
10		10.6	11.2		8.1
15		8.0			
16			8.7		
20	5.9	7.0	8.3		7.7

Siktedyp og farge i Synnfjorden 1990.

Dato	Siktedyp (m)	Farge
14/6	5.6	Gulbrun
10/7	6.7	Brungul
6/8	7.0	Brungul
4/9	6.4	Gulbrun
25/9	6.8	Grønlig gul

Kjemiske analyser fra Synnfjorden 1990. Blandprøver fra sjiktet 0-10m.

Dato	pH	Alk-NS mmol/l	Tot-P µg/l	Tot-N µg/l	NO ₃ -N µg/l	Klorof.a µg/l
14/6	6.63	0.053	5.0	164	17	1.55
10/7	6.55	0.059	6.0	140	14	1.77
6/8	6.63	0.061	5.0	134	5	2.22
4/9	6.69	0.065	5.0	156	12	1.9
25/9	6.63	0.066	4.5	152	18	1.47
\bar{X} arit.	6.63	0.061	5.1	149	13	1.78
\bar{X} tidsv.	6.64	0.063	5.2	150	12	1.76

Tabell Kvantitative planteplanktonprøver fra: Synnfjord (bl.pr.0-10 m dyp)
Volum 5m3/53

GRUPPER/ARTER	Dato>	780603	780704	780803	780903
Chlorophyceae (Grønnalger)					
Chlaetomonas sp. (1=10)		1.6	-	1.2	.6
Dictyosphaerium pulchellum v. minutum		-	-	.1	-
Elakatothrix gelatinosa (genevensis)		-	-	-	1.2
Gloettila pulchra		-	12.1	34.3	-
Kirchneriella sp.		-	.8	1.9	-
Monoraphidium dybowskii		-	.2	1.6	1.6
Monoraphidium griffithii		.4	-	-	-
Oocystis lacustris		-	-	.9	-
Oocystis subaerina v. variabilis		1.3	1.0	4.9	1.5
Scourfieldia cordifera		-	.8	-	.1
Ubest.cocc.gr.alge (Chlorella sp.?)		.6	-	-	1.9
Sum		3.9	14.7	44.9	6.9
Chrysophyceae (Gullalger)					
Bitrichia chodatii		-	-	.9	-
Chroaulina sp. (Chr.pseudonebulosa ?)		-	-	.9	-
Chrysolynos skjui		.4	5.0	.3	-
Craspedomonader		2.5	1.6	-	1.0
Cyster av chrysophyceer		.7	1.4	3.3	.4
Dinobryon borgei		-	1.6	.8	.1
Dinobryon crenulatum		-	2.3	8.4	.9
Epipixis polyomorpha		-	-	2.3	-
Mallomonas akrokomos (v.parvula)		-	-	2.3	1.6
Mallomonas cf.maioresis		-	24.9	-	-
Mallomonas spp.		2.2	-	-	4.6
Pseudokephyrion entzii		-	1.1	1.6	.8
Pseudokephyrion sp.		-	.6	-	-
Saa chrysoanader (?7)		28.7	37.9	40.1	23.1
Spiniferomonas sp.		-	5.6	6.5	-
Stichogloea doederleinii		.7	5.4	31.8	-
Store chrysoanader (?7)		25.3	58.7	70.8	54.6
Sum		60.5	146.1	170.0	87.1
Bacillariophyceae (Kiselalger)					
Cyclotella kutzingiana (v.planetophora)		-	1.9	1.9	16.8
Melosira distans v.alpigena		2.3	6.2	18.7	129.2
Sum		2.3	8.1	20.6	146.0
Cryptophyceae					
Cryptaulax vulgaris		.9	-	-	-
Cryptomonas marssonii		-	6.8	10.3	8.6
Cryptomonas spp. (1=24-28)		-	7.7	-	-
Katablepharis ovalis		1.7	9.3	2.5	3.4
Rhodomonas lacustris (v.nannoplantctica)		3.3	107.9	13.8	17.9
Sum		5.9	131.7	26.6	29.9
Dinophyceae (Fureflagellater)					
Gyrodinium cf.lacustre		5.9	27.4	7.0	12.6
Gyrodinium cf.uberriusum		-	-	-	9.3
Gyrodinium sp. (1=15-16)		8.4	-	-	-
Peridinium inconspicuum		3.8	-	24.9	-
Sum		18.1	27.4	31.9	21.9
Mv-alger					
Sum		10.8	20.6	28.6	9.0

Total		101.5	348.6	322.6	300.8

Tabell Kvantitative planteplanktonprøver fra: Synnfjord (bl.pr.0-10 m dyp)
Volum 5m3/53

GRUPPER/ARTER	Dato>	900614	900710	900806	900904	900925
Cyanophyceae (Blågrønnalger)						
Anabaena flos-aquae		-	-	.5	.3	-
Somphosphaeria lacustris		-	.2	-	.8	-
Sum		-	.2	.5	1.0	-
Chlorophyceae (Grønnalger)						
Carteria sp. (1=4-7)		-	-	-	.3	-
Chlaetomonas sp. (1=10)		-	-	-	-	.9
Chlaetomonas sp. (1=8)		-	-	1.1	-	-
Cosmerium depressum		-	-	-	1.8	.8
Elakatothrix gelatinosa (genevensis)		.1	.9	.2	.3	.2
Eoastrum sp.		-	-	.1	-	-
Gloettila pulchra		-	-	.8	18.1	.5
Gyrodinium cordiformis		-	1.4	-	3.8	-
Monoraphidium dybowskii		.3	.2	.9	.2	.2
Monoraphidium griffithii		.3	.3	.3	.3	.3
Oocystis lacustris		-	-	-	-	.2
Oocystis subaerina v. variabilis		.4	.4	8.6	1.2	.9
Paranaestix conifera		-	-	-	.7	-
Scourfieldia cordifera		.1	.3	-	-	-
Sphaerocystis schroeteri		.7	-	.6	-	-
Spondyliosium planum		-	-	-	-	.5
Stauronema indentatum		-	-	.5	-	.3
Tetraedron minus v.tetralobulatum		-	.1	.5	-	-
Ubest.ellipsoidisk gr.alge		-	-	4.2	-	-
Sum		1.9	3.6	17.6	26.6	4.9
Chrysophyceae (Gullalger)						
Bitrichia chodatii		.3	.3	.8	.3	-
Chroaulina sp.		1.4	1.6	1.1	.8	.8
Chroaulina sp. (Chr.pseudonebulosa ?)		3.6	.5	.5	-	.1
Chrysiadiastrea catenata		-	-	.4	-	-
Chrysochroaulina parva		-	-	.4	-	-
Chrysoococcus cordiformis		-	.3	-	-	-
Chrysoococcus minutus		-	4.2	1.7	.6	-
Chrysolynos planctonicus		-	.1	.1	-	-
Chrysolynos skjui		4.2	1.0	-	-	-
Craspedomonader		.5	.5	-	1.6	.9
Cyster av Chrysolynos skjui		.6	.1	.1	-	.3
Cyster av Chrysophyceer		.8	-	-	-	-
Dinobryon borgei		3.2	.7	.3	-	-
Dinobryon crenulatum		3.1	1.2	1.1	-	-
Dinobryon sociale v.americanum		.5	.4	-	-	-
Dinobryon suecicum		-	.1	-	-	-
Epipixis polyomorpha		-	-	-	.5	-
Kephyrion boreale		-	.1	-	-	-
Kephyrion litorale		-	.2	-	-	-
Mallomonas akrokomos (v.parvula)		-	.4	2.8	.5	.4
Mallomonas caudata		-	.8	1.2	3.9	.8
Mallomonas spp.		7.0	2.1	-	2.0	2.0
Ochromonas sp. (d=3.5-4)		11.5	8.1	7.6	4.1	3.5
Phaeaster aphanaster		3.0	1.6	.4	-	.5
Pseudokephyrion entzii		-	.5	-	-	-
Pseudopedinella sp.?)		-	.5	-	-	-
Saa chrysoanader (?7)		52.8	15.7	10.2	12.4	7.8
Spiniferomonas sp.		.9	.5	.5	-	-
Stichogloea doederleinii		-	.6	-	.6	-
Store chrysoanader (?7)		33.4	17.2	6.0	9.5	9.5
Ubest.chrysoanader (Ochromonas sp.?)		5.6	-	-	4.0	1.3
Ubest.chrysophyceer		.6	-	1.3	.7	-
Uroglena americana		-	-	1.9	-	-
Sum		135.1	59.1	38.4	41.4	27.9
Bacillariophyceae (Kiselalger)						
Asterionella formosa		4.0	-	-	-	-
Cyclotella cf.gloerata		1.3	.5	1.3	.5	.6
Cyclotella coata		-	-	-	-	1.6
Cyclotella kutzingiana (v.planetophora)		-	56.5	70.1	17.5	17.5
Melosira distans v.alpigena		6.6	9.6	119.3	20.3	15.2
Synedra sp. (1=30-40)		.7	-	-	-	-
Synedra sp.1 (1=50-80)		-	.2	-	.1	.1
Tabellaria fenestrata		1.2	.3	-	.3	-
Sum		13.8	67.1	190.7	38.7	35.0
Cryptophyceae						
Cryptaulax vulgaris		-	-	-	1.3	.5
Cryptomonas erosa		-	-	-	-	3.2
Cryptomonas erosa v.reflexa (Cr.refl.?)		-	-	-	-	1.6
Cryptomonas marssonii		.6	.7	3.2	8.6	8.6
Cryptomonas sp. (1=20-22)		-	-	3.2	-	-
Cryptomonas spp. (1=24-28)		3.2	.8	2.4	6.8	11.6
Katablepharis ovalis		5.4	5.5	2.9	1.4	.2
Rhodomonas lacustris (v.nannoplantctica)		7.2	3.6	7.6	10.9	15.6
Ubest.cryptomonade (Chroomonas sp.?)		3.1	.5	-	3.6	1.6
Ubest.cryptomonade (1=6-8) Chro.acuta ?		-	-	2.1	.2	.2
Sum		19.4	11.2	21.4	32.8	43.1
Dinophyceae (Fureflagellater)						
Cyster av dinophyceer		2.0	-	-	-	-
Gyrodinium cf.lacustre		8.7	1.1	1.0	2.0	4.2
Gyrodinium cf.uberriusum		-	9.6	2.4	9.6	4.8
Gyrodinium sp. (1=15-16)		-	2.4	2.4	2.2	1.2
Peridinium inconspicuum		3.2	.4	.6	1.1	2.0
Ubest.dinoflagellat		1.6	2.8	1.2	1.6	1.4
Sum		15.6	16.2	7.5	16.5	13.6
Ianthophyceae (Bulgrønnalger)						
Isthochloron trispinatum		-	-	-	.6	-
Sum		-	-	-	.6	-
Mv-alger						
Sum		21.2	14.7	18.1	10.6	7.3

Total		204.9	172.1	294.3	168.2	131.8

Analyseresultater av bakteriologiske prøver fra Synnfjorden 1990
- Ikke analysert

Dato	Totalant.bakt. 20°C, ant/ml		Koliforme bakt. 37°C, ant/100ml		Termostab.kolif.b. 44°C, ant/100ml	
	1m	20m	1m	20m	1m	20m
14/6	-	-	-	-	5	2
10/7	-	-	-	-	17	0
6/8	-	-	-	-	1	0
4/9	38	23	13	<2	2	2
25/9	120	60	23	23	5	17

Forekomst av krepsdyrplankton i Synnfjorden 1990, gitt som antall individer pr.m² i sjiktet 0-20 m (A) og biomasse som mg tørrvekt pr.m² (B).

Art	14.6		10.7		6.8		4.9		25.9	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Heterocope appendiculata	420.000	210	19.600	147	4.960	87	800	21	800	34
Diaptomidae ubest.	160	0								
Cyclops scutifer	118.300	315	76.950	332	210.620	205	329.670	208	362.640	345
HOPPEKREPS TOTALT	538.460	525	96.550	479	215.580	292	330.470	229	363.490	379
Leptodora kindtii	320	2	320	2	800	74				
Holopedium gibberum	12.000	56	28.500	120	55.750	396	10.500	93	5.000	45
Daphnia cristata	6.250	16	43.000	108	78.500	196	21.130	74	80.630	242
Bosmina longispina	67.500	135	298.500	597	211.000	506	8.000	39	30.000	105
Bosmina longirostris	160						+			
VANNLOPPER TOTALT	86.230	209	370.320	827	346.050	1172	39.630	206	115.630	392
KREPSDYRPLANKTON TOT.	624.690	734	447.270	1.306	561.630	1464	370.100	435	479.120	771

VURDERINGSSKJEMA

EUTROFIERING I INNSJØER

Innsjø : Synnfjorden
 Vassdragsnr. :
 UTM (stasjon) :
 Kommune/sted : Nordre Land,
 Oppland

Største dyp : 40 m
 Fosforbelastning : 0.5 tonn/år
 Nitrogenbelastning: tonn/år
 År : 1990
 Ansvarlig :

	Siktedyp m	Totalfosfor µg P/l	Totalnitrogen µg N/l	Klorofyll a µg kl./l	Primærprod. g C/m ² .år	Oksygen % metn.
Antatt naturtilstand	7.5	4 - 5	150	1.0		
Observert verdi	6.4	5.2	150	1.76		
Forurensnings- klasse	1	1	1	1		

Forurensningsgrad : 1

Kommentarer :

Innsjøen var lite påvirket av nærings-
 saltforurensning. Hygienisk/bakteriologiske
 undersøkelser viste imidlertid at innsjøen
 var moderat til markert forurenset av
 fekale indikatorbakterier.

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69, 0808 Oslo

ISBN 82-577-1891-2