

NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Postadresse: Brekke 23 52 80
Postboks 333, Blindern
Oslo 3

Rapportnummer: 0-8000203
Undernummer: III
Løpenummer: 1517
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: OVERVAKING AV MJØSA Sammendrag, trender og kommentarer til situasjonen 1976-82 (Overvåkingsrapport 85/83)	Dato: 26/8 1983
	Prosjektnummer: 0-8000203
Forfatter(e): Gösta Kjellberg	Faggruppe: Hydroøkol. div.
	Geografisk område: Hedmark, Oppland, Akershus
	Antall sider (inkl. bilag): 49

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn (SFT)	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
---	----------------------------------

Ekstrakt:

Etter at Mjøsa fram til midten av 1970-årene har gjennomgått en markert eutrofiering, er forurensningsbidraget blitt kraftig redusert via Mjøsaksjonen (1976-81). Vannkvaliteten i innsjøen er blitt betraktelig bedre i de senere år, men den er fortsatt klart påvirket og ytterligere næringsaltreduksjon er nødvendig.

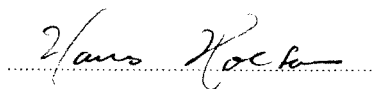
Statlig program
Overvåkingsrapport 85/83
Mjøsa
Fysisk-kjemiske forhold
Biologiske forhold
Sammendrag, trender 1976-1982

4 emneord, engelske:
1. Eutrophication
2. Phys./chemical conditions
3. Water biology
4. Trends (development)
Mjøsa

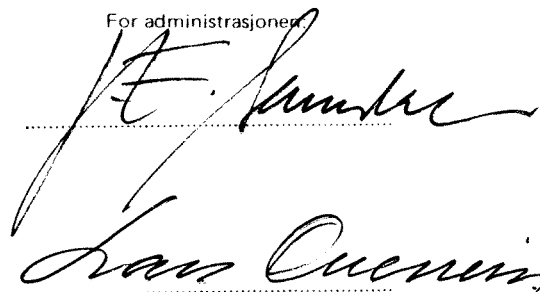
Prosjektleder:



Divisjonssjef:



For administrasjonen:



ISBN 82-577-0658-2

O~8000203

Overvåking av Mjøsa

Sammendrag, trender og
kommentarer 1976~1982

Saksbehandler:	Gösta Kjellberg
Medarbeidere:	Brynjar Hals Gjertrud Holtan Hans Holtan Gerd Justås Einar Kulsvehagen Else-Øyvor Sahlqvist Kai Sørensen
For administrasjonen:	John E. Samdal
Illustrasjoner:	Iren Halvorsen og Petter Wang, NIVA
Trykk:	Reclamo

F O R O R D

Totalt bor ca. 200.000 personer i nedbørfeltet til Mjøsa som berører deler av Oppland, Hedmark og Akershus fylke, hvorav 150.000 bor i innsjøens umiddelbare nærhet. Ca. 55.000 mennesker får i dag sitt drikkevann fra Mjøsa. Vassdraget nedstrøms Mjøsa blir brukt som drikkevannskilde for ca. 150.000 mennesker. Betydelige rekreasjons- (bading, båtsport, hytter og campingplasser) og fiskeinteresser foreligger. Dagens fiskeavkastning er anslått til 4-7 kg/ha og fiskeing etter mjøsaure og lagesild er av størst betydning. En antar dog at avkastningen kan økes betydelig ved et mer rasjonelt fiske, noe en for tiden arbeider med.

I likhet med flere større innsjøer i den industrialiserte delen av verden har Mjøsa i de siste tiår gjennomgått en markert eutrofiering via i første hånd en økt algevekst i de frie vannmasser, som biologisk respons på en stadig økende næringsstofftilførsel. Det er i første rekke økt tilførsel av fosfor- og nitrogenforbindelser på grunn av menneskelige aktiviteter som utslipp av kloakkvann, jordbruksaktiviteter samt utslipp fra visse industribedrifter i innsjøens nedbørfelt som er den direkte årsaken til utviklingen.

I samsvar med situasjonen for mange andre innsjøer som har gjennomgått en kulturbetinget eutrofiering har utviklingen gått raskt, spesielt siden midten av 50-tallet og fosfortilførselen ved kontinuerlig utstrømmende kloakkvann har stått sentralt. Hygieniske problemer er først og fremst knyttet til drikkevannsforsyningen og i noen grad bading. Lokal belastning av organisk stoff, bl.a. ved fiberutslipp fra treforedlings- og næringsmiddelindustri, samt høyt kvikksølvinnhold hos eldre rovlevende fisk som aure, gjedde, lake og abbor skaper også problemer i Mjøsa. Dette er til sjenanse for de mange interesser som er knyttet til innsjøen og vassdraget nedstrøms (Vorma, Glåma).

Siden 1973 er det satt i verk betydelige tiltak for å redusere forurensningsstofftilførselen. Dette arbeidet og da først og fremst via Mjøsaksjonen i perioden 1976-1981, har i alt kostet 1,4 milliarder kroner. Det er bygget 42 nye renseanlegg og 280 km nye kloakkledninger er lagt ved siden av at gamle ledningssystemer er forbedret. Tiltak er også utført for å redusere forurensningstilførsler fra industri, jordbruk og spredt bebyggelse. Som følge

av disse tiltak har forholdene i Mjøsa og dens tilløp forbedret seg betydelig. Om tiltakene på litt lenger sikt får den forventede effekt dvs. å stoppe eutrofiutviklingen og få Mjøsa i økologisk balanse igjen kan bare fremtiden vise. Det er derfor av stor betydning å følge de virkninger som Mjøsaksjonen har ført med seg og eventuelt vurdere om tiltakene er tilstrekkelige. Det foreliggende overvåkingsprogram tar derfor utgangspunkt i dette.

Fra og med 1981 skjer overvåkingen av Mjøsa innenfor Statlig program for forurensningsovervåking som administreres av Statens forurensningstilsyn (SFT), mens NIVA med bistand fra omkringliggende fylker står ansvarlig for gjennomføringen. Hovedundersøkelsen av Mjøsa tok til i 1971 og ble finansiert av Oppland, Hedmark og Akershus fylker og Staten. Fra dette tidsrom foreligger et noenlunde kontinuerlig datamateriale. Overvåkingen har som formål å å jour-føre en del av disse data for derved å kunne følge opp og beskrive mer langsiktige utviklingstrender.

En har valgt å oppdele overvåkingsrapporten i to deler, del A og del B. Del A inneholder konklusjon og beskrivelse av situasjonen samtidig med at de viktigste data å jour-føres i oversiktlige figurer med vekt på utviklingstrender. Del B omfatter bakgrunnsdata slik som områdebeskrivelse, Mjøsaksjonen, målsetting for Mjøsa, overvåkingsprogram og liste over tidligere publikasjoner. Kapitlene om: Målsetting for Mjøsa og Generelt om eutrofiering i del B er viktig for forståelsen av del A. Del A kommer til å fornyes årlig, mens del B bare blir revidert etter behov. En håper at denne form for rapportering vil være formålstjenelig.

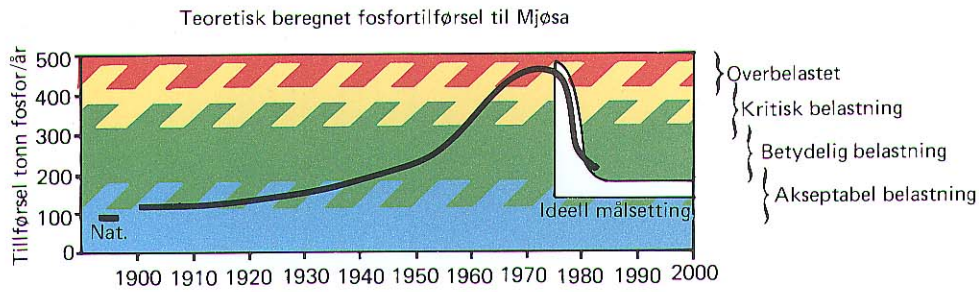
Ottestad,


Gösta Kjellberg

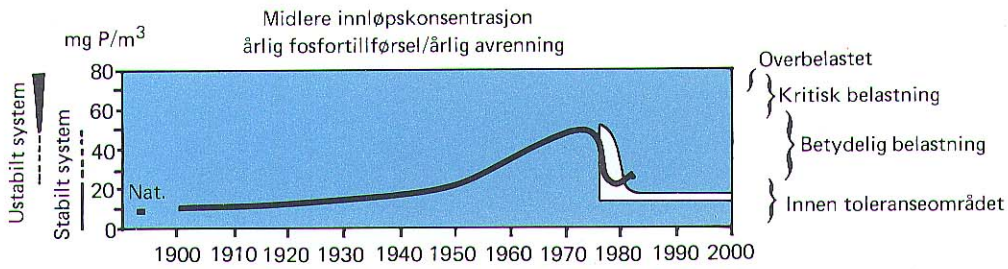
Innholdsfortegnelse

Side 2	Forord
5	Konklusjon
7	Sammendrag og kommentarer for situasjonen 1976-1982
34	Trender for de viktigste parametre

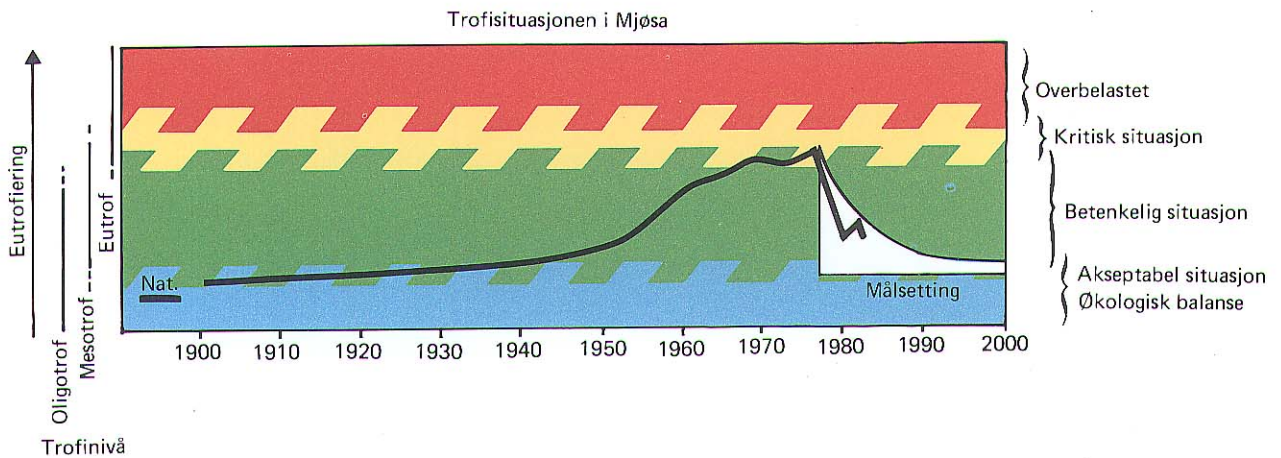
Konklusjon



Belastningen sett i relation til vannføring (fortynningsevne)



Biologisk respons vurdert i henhold til klima og biologisk tilstand



Framstillingen er bare ment å gi en grov oversikt over trofiutviklingen i Mjøsa. Det er lagt hovedvekt på den biologiske responsen som i dette tilfellet må være normgivende for brukerinteressene. Beregningsgrunnlaget for fosfortilførslene er usikre og er tildels av skjønsmessig karakterer. Ved en vurdering av den biologiske tilstand må en også ta hensyn til faktorer som klima, vannføring og økologisk tilstand ved en helhetsvurdering.

Sammendrag og kommentarer for situasjonen i 1982

Klimatiske forhold

Sommeren 1982 må til tross for en nokså kjølig og periodevis vindrik for- og sensommer, betegnes som spesielt varm, solrik og vindfattig. Fra begynnelsen av juli til midten av august var det en lengre og sammenhengende varmebølge som medførte at Mjøsas overflatetemperatur steg til over 21⁰C også i innsjøens sentrale partier. Dette er de høyeste overflatetemperaturen som er blitt målt i løpet av den tid Mjøsundersøkelsene har pågått. Dette førte til stabile sjiktningsforhold i vannmassene som bidro til at algene i mindre grad kunne utnytte nærings saltene fra dyplagene. For- og høysommeren var solrik og nedbørfattig, mens nedbørmengden lå rundt det normale sensommer og høst.

Avrenningsforhold

Den årlige avrenning i 1982 var lav og under det normale. Avrenningen er beregnet til 8862 mill. m³ som er ca 10% mindre enn foregående år og ca 11% under normalen. Vannføringsregimet i Gudbrandsdalslågen viste et normalt forløp med lavvannføring i vinterperioden og flomaktivitet med flere flomtopper under vår, forsommer og høst. Noen spesielle store flomtopper forekom ikke. Høyeste vannføring var i overkant av 1000 m³/s. En kald vår med snøsmelting over lengre tid begrenset flomaktiviteten.

Fosfortilførsel

Målte verdier av fosfortilførselen til Mjøsa foreligger ikke for 1982. Utifra data innsamlet av SFT (industri) og Fylkene (boligkloakk og jordbruk) samt mer teoretiske vurderinger, synes det å være små forandringer å spore når det gjelder den menneskelige (antropogene) belastningen. Denne synes å være noe lavere enn i 1981 og sannsynligvis i området 120-130 tonn. I tillegg kommer så den naturlige tilførsel som jevnført med foregående år har vært noe lavere på grunn av mindre avrenning. Fosfortransporten i Gudbrandsdalslågen var i 1982 ca 30% lavere enn i 1981. Den totale fosfortilførsel i 1982 synes derfor å ha vært i området 200-220 tonn. Dette tilsvarer en spesifikk belastning på ca 0,6 g P/m²·år. Det har således kun skjedd en ubetydelig fosforreduksjon siden 1980.

Kjemiske forhold

Basisinnholdet av fosfor synes å ha økt noe. En årsak til dette kan være de analysetekniske vanskeligheter som en hadde i 1982. Nitrogeninnholdet har ikke forandret seg nevneverdig. En fortsatt nedgang av silisiumkonsentrasjonen kan spores. Noen større pH-svingninger i overflatevannet forekom ikke. Oksygenforholdene i de dypere vannmassene var fortsatt gode, men det foreligger tendens til større oksygenforbruk under senvinteren jevnført med året før. Noen tendens til forsuring har ikke kunnet spores.

Biologiske forhold

Største algemengde ble registrert under kiselalgeoppblomstringen i månedsskiftet juni-juli med algemengder over 2 g/m^2 uttrykt som våtvekt. I Furnesfjorden ble ca 6 g/m^2 registrert ved en prøvetakingsdato. Maksimum algemengde ved hovedstasjonen (Skreia) var $2,4 \text{ g/m}^2$. Utover sensommer og høst avtok algemengden suksessivt.

I likhet med de seneste årene var det kiselalgen Asterionella formosa som dominerte algesamfunnet på vår- og forsommeren. Utover sensommer og høst var det kiselalgene Tabellaria fenestrata og Fragilaria crotonensis sammen med gruppen Cryptophyceae med arter inne slektene Cryptomonas og Rhodomonas som var mest fremtredende. Visuelt sett var det stor forekomst av blågrønnalgen Anabaena flos-aquae i Mjøsas overflatesjikt i ca 14 dagers tid i månedsskiftet juli-august. Blågrønnalgen Oscillatoria var tilstede i vannmassene, men i beskjedent antall og det var først i oktober den fikk en viss mengdemessig betydning da den som mest utgjorde 2% av algemengden. Etter at den i flere år kun har opptrått med korte trikomer (tråder) hadde den i 1982 lange trikomer i likhet med forholdene i 1975 og 1976 da den hadde masseoppblomstring og skapte drikkevannsproblemer. Tendens til drikkevannsproblem (dårlig lukt og smak) var merkbart ved Hamar vannverk den 7.-11. oktober. Det var allikevel bare abonnentene nærmest vannverket som ble berørt.

Algeproduksjonen (primærproduksjonen) var i likhet med de foregående år (1978-81) fortsatt lav. Årsproduksjonen ble beregnet til 23 g C/m^2 og maksimum dagsproduksjon var 236 mg C/m^2 .

Dyreplanktonets mengde og sammensetning lignet i store trekk forholdene slik de ble observert i tidligere år. Stor forekomst av vannloppen Daphnia galeata og pungreken Mysis relicta kan nevnes.

Konklusjon

Til tross for den klare forbedring som en har kunnet registrere helt fra 1977 er algemengden og til tider forekomsten av blågrønnalger fortsatt for høye sett i relasjon til de brukerinteresser som knytter seg til innsjøen. Visuelt stor forekomst av blågrønnalgen Anabaena under høysommeren er til sjenanse for de badende. Selv små mengder Oscillatoria synes å kunne influere negativt på drikkevannet der en ikke har dypvannsinntak og da spesielt når de forekommer med lange trikomer (tråder). Antagelig anrikes de lett i vannverkets filter der de kan konsentreres i større mengder og derved sette lukt og smak på vannet. Utfra foreliggende observasjoner synes varme og solrike somrer å forsterke denne effekten, da Oscillatoria synes å utvikle stammer som produserer geosmin, et organisk stoff med vennelig lukt og smak.

I likhet med situasjonen for 1981 må derfor næringssaltbelastningen såvel som Mjøsas økologiske tilstand fortsatt betegnes som betenkelig og ytterligere næringssaltreduksjon er nødvendig. Tar en imidlertid hensyn til de spesielle klimatiske forhold i 1982 med den varme sommeren synes utviklingen fortsatt å gå i riktig retning. Sammenligner en med det utviklingsforløp en forventet etter Mjøsaksjonen så er utviklingen av de biologiske forhold i samsvar med disse forventninger.

Forurensningsbegrensende tiltak

Jordbruk:

I 1982 ble mesteparten av det som stod igjen av istandsetting av gjødsel-lager sluttført og en kan derfor regne med en ytterligere næringssaltreduksjon. Noen konkrete tallverdier har det ikke vært mulig å frembringe. Det mangler fortsatt en del på silosiden og her kan spesielt Gausdal nevnes der forholdene synes spesielt dårlige og der fortsatt store silopressaftmengder nådde vassdragene i 1982.

Bebyggelse:

Ytterligere tilknytning og sanering av ledningsnettene har skjedd i 1982. Når det gjelder kloakkrensingsanlegg, var det fortsatt problem på driftsiden for enkelte anlegg. Noen større forandringer på boligkloakksektoren synes ikke å ha skjedd i 1982 jevnført med 1981.

Industri

Samlet fosforutslipp fra industri med egne utslipp er beregnet til ca 16 tonn i 1982. De vesentligste endringene har foregått innen potetindustrien der det regnes med en merkbar bedring for sesongen 1982-83. For den øvrige industri er det små endringer i 1982.

Sammendrag og kommentarer for situasjonen i 1981

Klimatiske forhold

Sommeren 1981 var spesiell med ekstremt lav temperatur på forsommeren. Dette bidrog til at Mjøsa hadde lave temperaturer (under 10°C) helt ut i juli. Sen-sommeren ble solrik og temmelig varm og i august og september var temperatur-situasjonen i Mjøsa mer normal igjen. Når det gjelder nedbør og soltimer må sommeren 1981 betegnes som temmelig normal. Muligens må ettersommeren i så måte betegnes som noe over normal.

Avrenningsforhold

I likhet med i 1980 var den årlige avrenningen mindre enn i 1979. I slutten av mai var det en markert flomtopp med vannføring opp mot 1400 m³/s. I juli og oktober var det mindre flomtopper mens vannføringen viste en jevn nedgang i perioden slutten av juli - slutten av september i forbindelse med den varmeste sommerperioden 1980.

Fosfortilførsel

Det foreligger ingen beregnede verdier for fosfortilførselen i 1981, men skjønsmessig vurdert via teoretiske overslag og antakelser synes belastningen å være i området 200-230 tonn, dvs. i samsvar med forholdene i 1980. Dette skulle innebære at fosfortilførselen til Mjøsa via Mjøsaksjonen er redusert med ca. 60% når det gjelder de menneskelige bidrag, og dette er fordelt omtrent som følger:

	1972	1981	Red. i %
Kommunale utslipp :	92	25	70
Spredt bebyggelse :	50	30	40
Gjødselkjellere :	36	15	60
Gjødselspredning :	24	8	70
Dyrket mark (bakgrunnsavrenning) :	34	34	0 x)
Surforsiloer :	11	1	90
Industri :	115	20	80
Overflateavrenning fra tettsteder :	7	2	30
	369	135	63

x) Viss økning via nydyrking foreligger.

Kjemiske forhold

1981 synes det å foreligge en viss reduksjon av basisinnholdet av fosfor. For øvrig er vannets fysisk-kjemiske kvalitet i god overensstemmelse med situasjonen i 1980. En viss reduksjon av silisiuminnholdet jevnført med 1980 kan imidlertid spores.

Biologiske forhold

Vekstsesongen 1981 var helt dominert av kiselalger og i juli var det en kraftig kiselalgeoppblomstring med algemengder opp mot 4 g/m^3 . I likhet med tidligere år (1976, 1979 og 1980) var det *Asterionella formosa* som dominerte algesamfunnet. Etter at kiselalgesamfunnet brøt sammen i løpet av få dager i slutten av juli, opptrådte betydelige mengder av blågrønnalgen *Anabaena flos-aquae* i Mjøsas overflatesjikt i ca. 14 dagers tid. Betydelig forekomst av *Euglena* spp. i forbindelse med kiselalgeoppblomstringen og spes. når denne avtok bør også fremheves.

Den spesielle klimatiske situasjon på forsommeren har antakelig favorisert kiselalgene som gjennom en lang periode med god sirkulasjon og kjølig vann fikk tid til å bygge opp store populasjoner (mengder). I likhet med situasjonen 1979 og 1980 ble bare enkelte individer av blågrønnalgen *Oscillatoria bormetii* f. *tenuis* registrert i prøvene i juli/august.

Algeproduksjonen (primærproduksjonen) var fortsatt lav og årsproduksjonen lå på omkring $30 \text{ g C/m}^2 \cdot \text{år}$. Den produksjonsøkning som inntraff jevnført med tidligere år har først og fremst sin forklaring i den spesielle klimatiske situasjon i 1981.

Foruten at dyreplanktonsamfunnet hadde uvanlig sen utvikling sommeren 1981 forelå det ingen markerte forandringer eller utviklingstrender jevnført med tidligere år.

Kvikksølv i fisk

Ved et samarb.progr. mellom SFT, DVF, Mjøsutvalget, NIVA og Veterinærinstituttet ble det samlet inn fisk for kvikksølvanalyser i perioden mai 1979 - oktober 1980. Hensikten med dette var å finne ut om det var blitt noen reduksjon i fiskens kvikksølvinnhold jevnført med tidligere (1969) innsamlet materiale. Større utslipp av kvikksølv til Mjøsa opphørte for omlag 10 år siden. Denne undersøkelse konkluderte med at det ikke var skjedd noen nevneverdig forbedring og at kvikksølvinnholdet i flere fiskearter fortsatt var høyt. I eldre fisk av ørret, abbor, lake og gjedde var innholdet av kvikksølv over 1 mg/kg .

Konklusjon

Algemengdene er fortsatt for høye i Mjøsa sett i relasjon til brukerinteresser som knytter seg til innsjøen. At det fortsatt er fare for større kiselalgeforekomster hvis disse gis gode vekstbetingelser gjennom gunstige klimatiske forhold er dokumentert ved situasjonen i 1981.

I likhet med foregående år må næringssaltbelastningen såvel som innsjøens økologiske tilstand betegnes som betenkelig og ytterligere nærings salt (fosfor)-reduksjon synes nødvendig. Ses vegetasjonsperioden under ett og tar en hensyn til de spesielle klimatiske forhold på forsommeren 1981, viser situasjonen imidlertid fortsatt utvikling i riktig retning.

På grunnlag av kvikksølvundersøkelsen i fisk har Helsedirektoratet tilrådd et begrenset forbruk av enkelte fiskearter fra Mjøsa. Direktoratet tilrår at ørret bare benyttes rent sporadisk. Forbruket av gjedde begrenses til 1 måltid pr. uke, mens stor gjedde bare benyttes sporadisk. Forbruket av lake bør begrenses til 1 måltid pr. uke, mens stor lake bare benyttes sporadisk. Forbruket av abbor begrenses til 2 måltider pr. uke.

Forurensningsbegrensende tiltak

Jordbruk:

Fristen for istandsetting av gjødsellager gikk ut 1/1 1982.

Det er ikke innhentet data for tiltak ved gjødsellager for 1981, men søknader om frist-utsettelse viser at det fortsatt er endel ugjort.

Bebyggelse:

Istandsetting av noen mindre renseanlegg samt noe ytterligere tilknytning (lite omfang).

Utbedring av enkelte anlegg fortsatte for fullt og vil også pågå i 1982.

Industri:

Toten Cellulosefabrik og Mesna Kartongfabrik ble nedlagt i 1981. Norsk Wallboard, Gjøvik hadde et utslipp på ca. 1,8 tonn P (fosfor) pr. år og i underkant av 30 kg BOF_7 pr. tonn plater.

Berger Langmoen hadde et utslipp på ca. 30 kg BOF_7 pr. tonn plater. I tillegg kommer et utslipp fra sliperi og tømmerrenseri. Samlet var det et P-utslipp på ca. 2,8 tonn pr. år fra denne bedrift.

Potetmelfabrikken oppnådde 50-70% reduksjon av fruktvannutslippene. Ved Holmen Potetindustri er det fortsatt problemer med renseanlegget. Ved Oppland Chips ble vaskevannet ført over til renseanlegget. Ved Nora-Sunrose var det tildels overbelastning av renseanlegget.

Sammendrag og kommentarer for situasjonen i 1980

Klimatiske forhold

Sommeren 1980 må betegnes som normal både når det gjelder temperatur, innstråling (soltimer) og nedbør. Kraftig bygeaktivitet om ettermiddagen førte likevel lokalt til store nedbørmengder.

Når det gjelder vindaktivitet i perioden mai-oktober var denne spesielt lav og dette førte til uvanlig stabile forhold i vannmassene. Dette førte bl.a. til at algene i mindre grad kunne utnytte næringssaltene fra dyplagene.

Avrenningsforhold

Den årlige avrenningen var noe mindre i 1980 enn foregående år (1979). Mer markerte flomsituasjoner forekom bare i juni måned hvoretter vannføringen avtok utover sommer og høst.

Fosfortilførsel

Målte verdier av fosfortilførselen til Mjøsa foreligger ikke for 1980, men en teoretisk beregning skulle tyde på at belastningen ligger i området 230-220 tonn fosfor. Dette skulle gi en spesifikk belastning på ca. $0,6 \text{ g/m}^2 \cdot \text{år}$.

Kjemiske forhold

Basisinnholdet av fosfor og nitrogen har ikke forandret seg nevneverdig i 1980, men ligger i det samme nivået som tidligere år.

Noen større pH-svingninger i overflatevannet forekom ikke. Oksygenforholdene i de dypere vannmasser var gode, > 80% metning.

Biologiske forhold

Den positive utviklingen som ble registrert i tidligere år når det gjelder algeproduksjon og algemengde, fortsatte i 1980. Dette år var algemengden mindre enn i noen andre år i hele undersøkelsesperioden (1970-1980). De største algemengdene forekom i juli og da var også algeproduksjonen (primærproduksjonen) høyest. I likhet med tidligere år var algemengden størst i de

sentrale delene og da spesielt i Furnesfjorden. Lavest var verdiene i den nordre delen av Mjøsa. Det var i hovedtrekk kiselalgene som dominerte algesamfunnet, *Asterionella* på forsommeren og *Tabellaria* på sensommeren og høsten. Blågrønnalgen *Oscillatoria* var tilstede i vannmassene, men hadde ingen større betydning mengdemessig. Drikkevannsproblemer på grunn av algevekst forekom ikke i 1980.

Påtagelig forandring i sammensetning og mengde av dyreplanktonet kunne ikke registreres i Mjøsa i 1980 sammenlignet med forholdene i tidligere år.

Hygieniske forhold

Rent hygienisk bedømt ut fra koliforme bakterier, hadde den sydlige delen av Mjøsa tilfredsstillende vannkvalitet.

Overflatelaget i området utenfor Hamar og Furnesfjorden hadde dårligere kvalitet med et høyt innhold av koliforme bakterier. I dyplagene under 15 meter med unntak av et område utenfor Brumunddal, var forholdene betydelig bedre. Fra Helgøya og nordover til Lillehammer var forholdene dårlige, og her synes det som om forholdene ikke var blitt noe bedre siden 1978.

Konklusjon

Selv om algeproduksjonen i 1980 i likhet med 1978 og 1979 var akseptabel var algemengden fortsatt for høy og førte til praktiske problem slik som nedsatt siktbarhet og tilgroing av garn.

Videre er det fortsatt uklart om Mjøsa er i økologisk balanse bl.a. når det gjelder fosfor-omsetningen i innsjøen.

Næringsstofftilførselen til Mjøsa og selve den biologiske situasjonen må fortsatt betraktes som betenkelig. Fortsatt fare for store kiselalgeforekomster og en viss fare for blågrønnalgeoppblomstring er det ennå grunn til å regne med, spesielt hvis disse gis gode vekstbetingelser gjennom gunstige klimatiske forhold.

Hygienisk sett må situasjonen i den nordre del samt i Hamarområdet og Furnesfjorden fortsatt betegnes som betenkelig.

Forurensningsbegrensende tiltak

Jordbruk:

Høsten 1980 var utbedring og utvidelse av gjødselkjellere kommet så langt at behovet for vinterspredning av husdyrgjødsel var minimal.

I Hedmarkskommunene var lagerkapasiteten økt med ca. 60.000 m³ og det var fullført tiltak for ca. 35% av registrert antall dyreenheter. Når aksjonen er fullført regner en med å komme opp i 80%. Kontroll med og utbedring av siloer fortsatte dette året og registreringer tyder på at fosforbidraget herfra nå er minimalt.

Bebyggelse:

Hovedtyngden av de kommunale investeringer ble utført i 1980. Store investeringer i sanering av gammelt ledningsnett bidrar til å øke fosfortilførselen til renseanleggene og derved redusere belastningen på Mjøsa.

Tiltakene i spredt bebyggelse gikk for fullt dette året og ved utgangen var det utbedret anlegg ved ca. 3.000 boliger.

Industri:

Toten Potetmelfabrikk ble bygget om slik at forholdene ble lagt til rette for 90% oppsamling av fruktvannet. Ved Brumunddal Potetmelfabrikk fortsatte driftsproblemene. De siste av brenneriene satte igang kalkfelling for potetvaskevannet. Holmen Potetindustrier hadde store driftsproblemer med renseanlegget som viste seg å være underdimensjonert. Store "skjulte" utslipp ble oppdaget og stoppet. Ved Oppland Chips ble renseanlegget bygget ut med kjemisk felling (simultanfelling). Det ga bedre driftsforhold.

Sammendrag og kommentar for situasjonen i 1979

Klimatiske forhold

I likhet med forholdene i 1977 og 1978 var sommeren 1979 kjølig, solfattig og nedbørrik. Såvel forsommer som sensommer var spes. vindrike og skapte kraftig strømsetting og oppvelling i Mjøsas vannmasser hvilket gav gode fortynningsmuligheter.

Avrenningsforhold

Den årlige avrenning i 1979 var betydelig høyere enn foregående år. Flere flomtopper forekom og foruten flomtoppen på forsommeren var det høy vannføring også i juni og i august. En mindre flomtopp forekom også i oktober. Sommeren 1979 var således preget av gode gjennomstrømningsforhold som sammen med stor vindaktivitet gav ekstra gode fortynnings- og fordelingsforhold.

Fosfortilførsel

En teoretisk beregning skulle tyde på at fosforbelastningen i 1979 lå omkring ca. 220 tonn. Målte data antyder imidlertid at denne verdi er undervurdert og årsaken til dette er i første rekke stor vannføring og dermed relativt stor fosfortransport i Gudbrandsdalslågen, men en våt og regnfull sommer medførte også betydelig erosjon i nedbørområdet og dermed transport av partikulært fosfor til innsjøen. Den spesifikke fosforbelastning kunne derfor ha ligget i området $0,7 \text{ g/m}^2 \cdot \text{år}$, dvs. i samme område som foregående år. På grunn av stor vannføring og gjennomspyling var fortyningmulighetene gode. En stor del av det økte fosforbidrag 1979 antas å være lite biologisk tilgjengelig da det i stor utstrekning tilførtes som partikulært materiale.

Kjemiske forhold

Vannets fysisk-kjemiske kvalitet var i god overensstemmelse med tidligere års tilstand. Dette gjelder også vannets innhold av oksygen.

Vannets nitrogeninnhold i overflatelagene var av samme størrelsesorden i 1979 som i 1978, men sett i et lengre tidsperspektiv har vannets nitrogeninnhold økt betydelig, særlig i Furnesfjorden.

Vannets innhold av fosfor (total fosfor) var under sommersituasjonen noe lavere i 1979 enn i 1978, men konsentrasjonsverdiene var begge disse år noe høyere

enn i de forutgående år, særlig i 1976 og 1977. I de senere år har konsentrasjonsverdiene, spesielt orthofosfatverdiene, vært noe lavere om vinteren og våren enn i tidligere år. Orthofosfatfraksjonen om våren utgjør forøvrig ca. halvparten av den totale fosformengde.

Biologiske forhold

På samme måte som i 1977 og 1978 var det kiselalgene som dominerte planteplanktonet i 1979 hele vekstsesongen sett under ett, først og fremst representert ved *Asterionella formosa* som var dominerende i juni, juli og august med en topp i månedsskiftet juni-juli. *Tabellaria fenestrata* og i ennå større grad *Fragilaria crotonensis* var av underordnet betydning i 1979.

Gruppen Cryptophyceae med arter innen slekten *Cryptomonas* og *Rhodomonas lacustris* hadde en prosentuell stor andel av det samlede planteplankton høsten 1979, men algebiomassen var totalt sett liten på denne tiden.

Det mest fremtredende trekk i analyseresultatene fra 1979 var at blågrønnalgene så å si helt var borte fra planteplanktonet. Bare enkelte individer av *Oscillatoria bormetii* f. *tenuis* ble registrert i prøvene i juli/august. Ytterligere reduksjon av algeproduksjonen kunne også spores. Årsproduksjonen lå i området $20 \text{ g C/m}^2 \cdot \text{år}$.

Med unntak av den nordre del der algebiomassen hele vekstsesongen var lavere enn i 1978 og også tidligere år, var algebiomassen og variasjonene like i 1978 og 1979. Selv om maksimal algebiomasse (ca. 3 g/m^3) i løpet av vekstsesongen ikke gikk drastisk ned, var tendensen de tre siste årene (1977, 1978 og 1979) at algebiomassen (etter maksimum i juni/juli) lå på et lavt nivå hele ettersommeren og høsten, sammenlignet med 1976. Dette skyldes i første rekke fraværet av blågrønnalger i større mengder i vannmassene disse årene.

Foruten at vannloppen *H. gibberum* igjen ble funnet i Mjøsas frie vannmasser, var det ikke mulig å spore mer markerte forandringer eller utviklingstrender i dyreplanktonet.

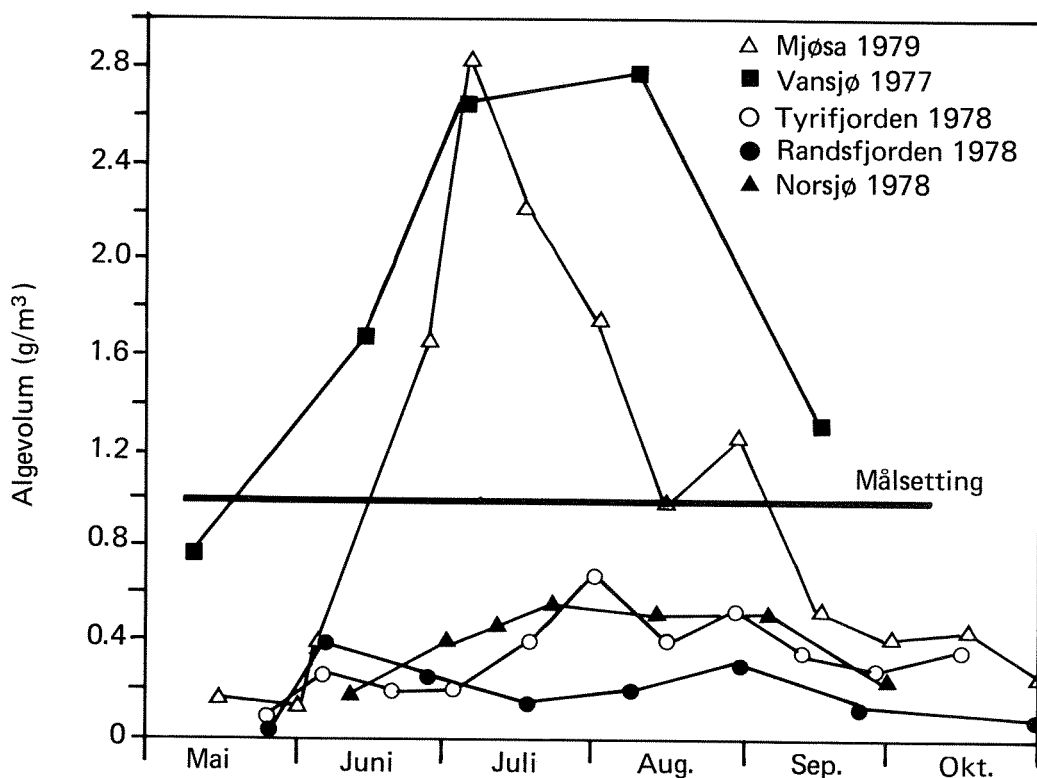
Konklusjon

Siden 1976 har det vært en klar forbedring av forurensningssituasjonen i Mjøsa. Den totale fosfortilførselen teoretisk beregnet, var således vel 35-40% lavere i 1979 enn i årene frem til 1976 da det var varme, tørre somrer. Fosfortilførselen som skyldes menneskelige aktiviteter (kloakk, industri og jordbruk), er blitt reduisert med vel 50%.

Som nevnt ble det bare registrert enkelte spredte individer av blågrønnalgen *Oscillatoria bormetii* f. *tenuis* i planteplanktonet i vekstsesongen 1979. Om dette skyldes tiltak i nedbørfeltet eller de relativt dårlige vekstbetingelsene for alger i Mjøsa på grunn av de klimatiske forhold de siste årene, er vanskelig å si. Sannsynligvis er det en kombinert effekt av begge.

Årsaken til den markerte nedgang i primærproduksjonen som er dokumentert i løpet av de senere år, er trolig en kombinasjon av dårligere vekstvilkår på grunn av klimaforholdene (kalde, vindrike og solfattige somrer) og redusert næringssalttilførsel (spesielt fosfor). Utviklingen som sådan, med lavere primærproduksjon er i overensstemmelse med det man kan vente seg ved en reduksjon av fosforbelastningen.

Algemengden i Mjøsa var fortsatt høy sammenlignet med de andre store innsjøer på Østlandet. Bortsett fra at blågrønnalgene nå praktisk talt var borte, var det liten reduksjon å spore i algemengden fra 1977 til 1979.



Akseptabel fosforbelastning

Med støtte i empiriske modellbetraktninger har en fosfortilførsel på 175 tonn total fosfor pr. år tidligere vært lansert som grensen for akseptabel belastning hva eutrofisituasjonen i Mjøsa angår. I den senere tid er det gjort betydelige fremskritt med hensyn til å tilpasse slike modeller til norske forhold (Rognerud, Berge, Johannessen 1979), og på bakgrunn av dette arbeid synes nevnte verdi å være noe for høy. De biologiske forhold i Mjøsa sammenlignet med andre store norske innsjøer tilsier at en verdi i området

150 tonn total fosfor pr. år

synes mer ønskelig som norm for fosforbelastning for Mjøsa. Dvs. at innsjøen skulle tåle en belastningsøkning ("RESIPIENTKAPASITET") på 40% via bidrag fra menneskelige aktiviteter sett i relasjon til den naturlige tilførsel. En må imidlertid her ta hensyn til de ulike bidrags biologiske tilgjengelighet.

Forurensningsbegrensende tiltak

Jordbruk:

Aktiviteten som beskrevet for foregående år fortsatte trolig med noe større tempo.

Bebyggelse:

Ca. 40% av de kommunale investeringene ble utført i 1979. Sanering av gammelt ledningsnett og ytterligere tilknytning ble forsert. Hoved-tettstedene i Gudbrandsdalen fikk satt sine renseanlegg i drift.

Utbedring av enkelt-anlegg var nå i full gang.

Industri:

Potetmelfabrikkene hadde fortsatt driftsproblemer. Utslippsreduksjonene ved Brumunddal Potetmelfabrikk var ca. 40% og ved Toten Potetmelfabrikk ca. 60% mot forutsatt 90%. Ved Toten Potetmelfabrikk ble det startet kalkfelling for potetvaskevannet. Ved Holmen Potetindustrier ble renseanlegget startet opp med biorotorer og simultanfelling. Anlegget hadde store driftsproblemer.

Hedmark Tørrmelk og Nora-Sunrose fikk ferdigstilt sitt renseanlegg med 2 biologiske trinn og etterfelling. Resultatene var gode.

Sammendrag og kommentar for situasjonen i 1978

Klimatiske forhold

I likhet med 1977 må sommeren 1978 betegnes som kjølig, regnrisk og solfattig. Betydelig vindpåvirkning særlig på forsommeren bidrog til gode fortynningsmuligheter.

Avrenningsforhold

I likhet med foregående år var avrenningen liten under sommerperioden sett som helhet. En markert flomtopp med vannføring over $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ forelå i månedsskiftet mai-juni, hvoretter vannføringen avtok suksessivt utover sommer og høst. Vannføringen på sensommeren var noe høyere enn for foregående år.

Fosfortilførsel

Selv om det knytter seg store usikkerheter til beregningene synes fosfortilførslen å være betydelig redusert som følge av den igangværende Mjøsaksjon. Den teoretisk beregnede fosfortilførslen lå i området omkring 250 tonn hvilket skulle gi en spesifikk belastning på ca. $0,7 \text{ g/m}^2 \cdot \text{år}$.

Kjemiske forhold

Vannets generelle kjemiske kvalitet var i god overensstemmelse med forholdene fra året før. En viss forbedring kunne spores når det gjelder oksygeninnholdet i bunnvannet. Ortofosfatverdiene om våren ($2-3 \text{ } \mu\text{g/l}$) syntes å være noe lavere enn hva som ble observert tidligere ($4-5 \text{ } \mu\text{g/l}$).

Biologiske forhold

Algebiomassens variasjonsmønster over sommersesongen var i store trekk som i 1977, med den største algemengde ($2-3 \text{ g/m}^3$) rundt månedsskiftet i juni-juli og gradvis minskning utover sommeren. De mest dominerende algearter først på sommeren var kiselalgen *Asterionella formosa* og til en viss grad *Tabellaria fenestrata*. Den mer forurensningsindikerende kiselslagen *Fragilaria crotonensis* var av mer underordnet betydning i 1978. Selv om innslaget av blågrønnalger på sensommeren var noe større i 1978 enn i 1977, var imidlertid forekomsten beskjedent sammenlignet med forholdene i 1976. Den mest fremtredende blågrønn-

algen var som tidligere *Oscillatoria* cf. *bornetii* f. *tenuis*. foruten ovenfornevnte arter hadde cryptomonadene med arter som *Rhodomonas lacustris* og *Cryptomonas* spp. til tider en viss betydning. Det skjedde en betydelig reduksjon av algeproduksjonen i 1978 og årsproduksjonen er beregnet til ca. 25 g C/m²·år og høyeste målte dagproduksjon oversteg ikke 400 mg C/m²·dag.

Dyreplanktonets mengde og sammensetning lignet i store trekk forholdene slik de er observert i tidligere år, og noen store eller drastiske endringer synes ikke å ha funnet sted i tidsperioden 1972-1978.

I likhet med forholdene i 1976 var det spes. stor forekomst av vannloppen *Daphnia galeata* sensommeren 1978. Opp til 100 ind./l ble observert da forekomsten var størst.

Hygieniske forhold

De bakteriologiske undersøkelser som ble utført i 1978, viser at vannets kvalitet hygienisk-bakteriologisk sett var klart bedre dette år enn i 1972 da en tilsvarende undersøkelse ble gjennomført. Dette gjelder spesielt de koliforme bakterier. De rutinemessige undersøkelser utført av byveterinæren i Lillehammer, Gjøvik og Hamar viser også samme tendens. Som tidligere er forholdene utenfor byer og tettsteder, dvs. utenfor større kloakkutslipp, dårligst i hygienisk sammenheng.

Konklusjon

Selv om det knytter seg store usikkerheter til beregningene synes fosfortilførselene å være betydelig redusert (over 100 tonn fosfor fra 1976 til 1978) som følge av den igangværende Mjøsaksjon.

Den generelle forurensningssituasjon i Mjøsa i 1977 og 1978 synes også å være klart bedre sammenlignet med tidligere år. Det er nærliggende i betydelig grad å tilskrive dette "Mjøsaksjonens" oppryddingsarbeide. Imidlertid er det nødvendig å være klar over at forholdene i en innsjø kan variere betydelig fra år til år avhengig av bl.a. klimatiske faktorer. Det skal i denne sammenheng bemerkes at mens sommeren 1976 var unormal varm, var sommere 1977 og 1978 preget av en mer kjølig værtype. Dessuten var sommeren 1976 i større grad preget av sydlige og sydøstlige vinder sammenlignet med forholdene i 1977 og 1978. Dette betydde bl.a. at overflatevannmassene som var sterkest berørt av forurensninger, i større grad ble holdt tilbake i Mjøsa om sommeren dette år (1976) enn i de to etterfølgende.

Det er selvfølgelig vanskelig på bakgrunn av de foreliggende observasjonsresultater å separere de forskjellige effekter fra hverandre.

De hygieniske forbedringer som synes å kunne spores, må derimot ha direkte sammenheng med effekten av de nyetablerte renseanlegg, men på grunn av anleggenes begrensning, lekkasjer på ledningsnettene osv. tilføres innsjøen fortsatt betydelige kloakkvannsmengder - noe som indikeres ved de fremkomne resultater.

Forurensningsbegrensende tiltak

Jordbruk:

Tetting og utvidelse av gjødselkjellere og sanering av melkeromsavløp kom for fullt igang i 1978. Som følge av dette ble også behovet for vinterspredning av husdyrgjødsel redusert. I løpet av året ble også fosforutslippet som følge av melkeromsavløp sterkt redusert fordi Lilleborg reduserte fosforinnholdet i vaskemiddelet MIM Combi fra 9,6% til 2,4%. Utbedring av dårlige siloanlegg fortsatte.

Bebyggelse:

Arbeidet med tilknytning av bebyggelse til renseanleggene ble forsert betydelig. Renseanlegg for mindre tettsteder er under planlegging og bygging. I løpet av 1978 sendte kommunene ut en rekke pålegg om utbedring av avløpsanlegg i spredte bebyggelser, og en rekke anlegg ble utbedret. I februar 1978 fastsatte Miljøverndepartementet forskrifter om omsetning av tøyvaskemidler som må antas å ha hatt en vesentlig virkning med hensyn til å redusere fosforutslippene fra boliger.

Industri:

Mesna Kartongfabrik kjørte i 1978 igang sluttrensetrinnet. Sammen med andre interne tiltak ble fiberutslippet redusert fra ca. 2700 til 700 tonn pr. år. Brumunddal Potetmel og Sagofabrik satte igang inndampingsanlegget for frukt vann. To av brenneriene startet med kalkfelling for potetvaskevannet. Oppland Chips fikk ferdig sitt biologiske renseanlegg.

Raufoss Ammunisjonsfabrikker gjennomførte rensing av avløpsvannet fra fjellanlegget.

Sammendrag og kommentar for situasjonen i 1977

Klimatiske forhold

Sommeren 1977 var kjølig, regnfull og vindrik, og det var bare kortere perioder med godt vær. Vindpåvirkningen førte til betydelig strømpåvirkning og dermed omveltning i vannmassene, dvs. gode fortynningsforhold.

Avrenningsforhold

Den kalde sommeren førte til lav vannføring i Gudbrandsdalslågen mens vannføringen i de mindre tilløpselvene var spesielt høy på grunn av store nedbørmengder. Avrenningen i sin helhet må betegnes som lav og dette gjelder særlig sensommeren og høsten da vannføringen i lange tidsperioder var lavere enn $200 \text{ m}^3/\text{s}$. Mindre flomtopper omkring $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ forekom i mai og juni.

Fosfortilførsel

Den igangsatte Mjøsaksjonen har reduisert fosforbelastningen. Observasjoner i elvene (transportverdier) skulle tilsvare en reduksjon på ca. 20%. Dette skulle motsvare en teoretisk beregnet fosfortilførsel på ca. 300 tonn eller uttrykt som spesifikk belastning på ca. $0,8 \text{ g/m}^2 \cdot \text{år}$.

Kjemiske forhold

Bortsett fra noe lavere saltholdighet var den generelle vannkvalitet våren 1977 i god overensstemmelse med forholdene på tilsvarende tidspunkt i 1976. Middelverdiene for total fosfor var imidlertid lavere i 1977 sammenlignet med tidligere år, mens nitrogeninnholdet var større. En reduksjon av silisiuminnholdet kunne også spores. Noen større pH-svingninger i de øvre vannmasser på grunn av algeproduksjon forekom ikke i vegetasjonsperioden 1977. Den oksygenreduksjon i bunnvannet som kunne spores det foregående år (<80% metning) forelå også i 1977.

Biologiske forhold

Algemengden var lav ($< 1 \text{ g/m}^3$) frem til månedsskiftet mai-juni da det spes. i Furnesfjorden skjedde en kraftig oppblomstreing med algemengder omkring 3 g/m^3 i løpet av kort tid. Denne algeblomsten varte et par måneder frem til månedsskiftet juli-august, hvoretter algebiomassen igjen avtok sterkt.

"Algeblomsten" var hovedsakelig forårsaket av kiselalgen *Asterionella formosa*, men gulalger (chrysophyceae), bl.a. *Uroglena americana*, hadde også store forekomster i vannmassene på denne tiden. Forøvrig var det noe mindre forekomster av flagellater som *Cryptomonas* spp., *Rhodomonas lacustris* og *Katablepharis ovalis*.

En mindre økning av algebiomassen i september-oktober etter et minimum i august skyldtes en økning av mengdene av to andre kiselalgearter: *Fragilaria crotonensis* og *Tabellaria fenestrata*, men mengdene av disse var relativt moderate.

Mengdene av blågrønnalger i 1977 var minimale (selv om det ble registrert en del blågrønnalger i dypere vannlag tidlig på året) og en unngikk dermed til dels de problemene som blågrønnalgene skapte i 1976.

Som helhet kan en si at algesamfunnet i 1977 hadde en sammensetning og utvikling som minnet om tilstandene slik de ble registrert i 1972-1973 med kiselalgene, og da spesielt *Asterionella formosa* som de dominerende og chrysophyceaeene og cryptophyceene som viktige grupper i tillegg, men med beskjedne mengder av blågrønnalger.

Arsproduksjonen er for 1977 beregnet til ca. 60-70 g C/m²·år i de sentrale deler og ca. 47 g C/m²·år i de nordlige deler, dvs. en betydelig senkning i forhold til året før.

Artssammensetning og mengde av krepsdyrplanktonet i 1977 var stort sett i overensstemmelse med tidligere observasjoner. Mindre forekomst av vannloppen *Daphnia galeata* og større forekomst av *Daphnia cristata* jevnført med året forut forelå imidlertid.

Konklusjon

Forhold både når det gjelder algemengde og suksesjonsforhold skulle tyde på at vekstforholdene i 1977 var mindre gunstige enn i 1976, og bl.a. ved siden av mindre gunstige værforhold kan næringssalttilgangen og da spesielt fosfattilgangen ha hatt avgjørende betydning. *Fragilaria crotonensis* og *Oscillatoria* spp. er algearter med større næringssaltkrav enn f.eks. *Asterionella formosa*.

Dette skulle kunne tyde på at tilgangen på næringssalter var mindre i sommerperioden 1977 enn i 1976. Særlig gjelder dette forsommeren og høysommeren, mens næringssalttilgangen utover høsten tydeligvis ble bedre. Det var først under den tidsperioden *Fragilaria crotonensis* og *Oscillatoria* spp. forekom i størst mengde i 1977.

Årsakene til den dokumenterte forskjellen mellom de to siste år er sikkert en kombinasjon av flere faktorer.

Blant faktorer som har nedsatt algeproduksjon, kan nevnes:

- Mindre tilførsler av næringssalter som resultat av de forurensningsbegrensende tiltak som er iverksatt.
- Sommeren 1977 var kjølig, regnfull og vindrik. Vindpåvirkningen kan ha bidratt til større fortykning - jevnfør den mer homogene algefordelingen 1977 sammenlignet med 1976. Bare korte perioder med godt vær har bl.a. redusert produksjonskapasiteten osv. Dvs. det var klimatisk mindre gunstige forhold

Selv om de iverksatte forurensningsbegrensende tiltak har hatt betydning for forurensningstilførslene til Mjøsa (fosfortilførselen via tilløpselvene synes å være ca. 30% redusert fra 1976 til 1977), er belastningen fortsatt for stor.

Forurensningsbegrensende tiltak

Jordbruk:

I løpet av 1977 kom utbedringen av gjødsellager igang, samt sanering av melkeromsavløp, og forbedring av siloanlegg ble foretatt som følge av kontrollarbeidet året før. Parallelt med dette ble det foretatt en registrering av avrenningssituasjonen ved alle driftsbygninger med husdyr.

Bebyggelse:

I løpet av 1977 ble de største renseanleggene satt i drift, men manglende tilknytning og dårlig ledningsnett medførte at mye av kloakken ikke kom frem til renseanleggene.

All spredt bebyggelse ble registrert og gruppert dette året og behovet for utbedring vurdert, men det ble ikke utført konkrete tiltak ved de enkelte anlegg.

Industri:

Ved Toten Cellulosefabrik er det gjort betydelige investeringer for å øke lutgjenvinningen. Ved utgangen av året hadde begge wallboardfabrikkene på nærmeste nådd utslippskravet på 30 kg BOF₇ pr. tonn plater. Langmoen hadde i tillegg utslipp fra tømmerrenseri og sliperi.

De tre potetmelfabrikkene på østsiden av Mjøsa vedtok å samle produksjonen i en bedrift i Brumunddal (Brumuddal Potetmelfabrikk). Det ble gjort forsøk med kalkfelling av vaskevann og det prosessvann som ikke dampes inn. Toten Potetindustrier startet inndampingsanlegget for frukt vann. Resterende drankutslipp ved brenneriene ble stoppet.

Sammendrag og kommentar for situasjonen i 1976

Klimatiske forhold

Sommeren 1976 må betegnes som spes. varm. Dette gjelder i første rekke etter-sommeren som hadde stor innstråling og lite nødbør. Periodevis kraftig vindaktivitet bidrog til strømsetting og oppvelling. En stormperiode i august kan nevnes spesielt.

Avrenningsforhold

I likhet med de to foregående år var avrenningen noe under det normale og spesielt store flomtopper forekom ikke. Vannføringsmønsteret var omtrent normalt med flomtopper opp mot vannføring omkring $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ i slutten av mai og i månedskiftet juni-juli, hvoretter vannføringen avtok jevnt utover sensommer og høst. Høstflommen uteble helt.

Fosfortilførsel

Teoretisk beregnet fosfortilførsel tilsvarte en årsbelastning på ca. 380 tonn, hvilket gir en spesifikk belastning i området på $1 \text{ g/m}^2 \cdot \text{år}$. Det må her understrekes at det knytter seg til dels stor usikkerhet til beregningene, som må ses som cirkatall.

Kjemiske forhold

Basinnholdet av næringssalter før produksjonsperiodens start var ikke særlig avvikende fra tidligere år. I forbindelse med stor algevekst var pH-svingningene i de øverste vannmasser betydelig og verdier opp mot pH 10 ble notert da algeproduksjonen var som størst. Oksygen-reduksjon kunne spores i bunnvannet i slutten av året (underkant av 80% oksygenmetning).

Biologiske forhold

På forsommeren var algemengden lav med en biomasse mindre enn 1 g/m^3 .

Algesamfunnet var i denne tidsperiode biomassemessig dominert av gruppen *Cryptophyceae* med *Rhodomonas lacustris*, *R. pusilla*, *Cryptomonas* sp. og *Katablepharis ovalis*, som mengdemessig var de viktigste artsinnslag ved siden av mer sparsom forekomst av kiselalgen *Stephanodiscus hantzschii*

samt en del mindre monader tilhørende gruppene *Chlorophyta* og *Chrysochyta*. Den største algeforekomsten ble notert i Furnesfjorden hvor det også var størst forekomst av den eutrofiindikerende kiselalgen *S. hantschii*.

I løpet av juli måned og da særlig mot slutten av måneden, økte algemengden betydelig samtidig som kiselalgenes (bl.a. *Asterionella formosa*) biomasse stadig ble mer dominerende. I slutten av måneden var ca. 80% av biomassen kiselalger. Blant kiselalgene var det nå den mer næringskrevende arten *Fragilaria crotonensis* som hadde stor forekomst. Blågrønnalgen *Oscillatoria bormetii* fa. *tenuis* opptrådte nå for første gang i så stort antall at den fikk betydning for biomassen. Videre var det nå en økt forekomst av arter tilhørende gruppen *Chlorophyceae* og visuelt en markert forekomst av blågrønnalgen *Anabaena flos-aque*. Den største algemengden forekom i Furnesfjorden hvor biomassen var ca. 4 g/m³.

Også i august dominerte kiselalgefloraen algesamfunnet. Blant vanlig forekommende kiselalger kan nevnes: *Asterionella formosa*, *Fragilaria crotonensis*, *Tabellaria fenestrata* og *Rhizosolenia eriensis*. I likhet med i juli var det *F. crotonensis* som dominerte, men *T. fenestrata* økte mot slutten av måneden. Blågrønnalgen *Oscillatoria bormetii* økte suksessivt og utgjorde etter hvert en betydelig del av algevolumet. Algemengden var fortsatt stor.

I perioden september-oktober økte mengden av *Oscillatoria bormetii* ytterligere og nådde nå sin største forekomst med en biomasse av ca. 2 g/m³ i Furnesfjorden og utenfor Skreia. Samtidig viste de andre algegruppene tilbakegang. I november og desember besto henimot 100% av den totale algebio-masse av *Oscillatoria*. Denne algen forekom i betydelige mengder til helt ut i mars det påfølgende år.

Regionalt sett forekom de største algemengder under vegetasjonsperioden 1976 i Mjøsas sentrale deler, mens de laveste verdier ble notert i den nordlige delen. Den høyeste dagsproduksjonen ble på alle stasjoner målt i juli. I Furnesfjorden ble det i denne tidsperioden målt verdier på over 2000 mg C/m²·døgn.

Årsproduksjonen for 1976 er anslått til ca. 100 g C/m² for Mjøsas sentrale del, mens årsproduksjonen for den søndre delen er anslått til ca. 80 g C/m² og for den nordre til ca. 50 g C/m². Både dagsproduksjonen og årsproduksjonen er i samsvar med verdiene som ble notert i 1975.

Krepsdyrplanktonsamfunnet var på prøvetakingsdagen (20/9) dominert av hoppekrepsene *Eudiaptomus gracilis* og *Cyclops lucustris* samt vannloppene *Daphnia galeata* og *Bosmina longispina*. Totalantallet er beregnet til 1.158.530 individ/m² fordelt på 829.660 hoppekreps og 328.870 vannlopper. Det synes ikke å foreligge noen større forandring av krepsdyrsamfunnet hverken når det gjelder sammensetningen eller størrelsen jevnført med de forhold som ble observert i 1972-1973. Vannloppen *Daphnia galeata* opptrådte imidlertid i større mengder enn i tidligere år.

Konklusjon

Etter klart å ha markert sin tilstedeværelse sommeren 1975, slo blågrønnalgen *Oscillatoria bormetii* fa. *tenuis* ut i full blomst på sensommeren og høsten 1976.

Under oppblomstringen i Mjøsa avslørte *O. bormetii* sin spesielle evne til å danne organisk stoff med vemmelig lukt og smak. Dette stoffet er senere blitt isolert og bestemt som geosmin - et stoff som også har medført problemer for vannverk i utlandet hvor eutrofierte innsjøer er benyttet som vannkilder. Stoffet passerte gjennom vannverkenes filter, og smak- og luktegenskapene blir forsterket ved tilsetting av klor. Smak- og luktelempene gjorde seg gjeldende for alle vannverk som benyttet Mjøsa og vassdraget nedenfor som råvannskilde. Problemer i forbindelse med organiske mikroforurensninger ved bruk av vann som drikkevann er ennå ikke avklart og bør undersøkes videre.

Denne situasjon, ved siden av at det både i 1975 og spesielt 1976 generelt sett var betydelig større algeproduksjon enn i foregående år, ble funnet meget alvorlig. Det ble derfor i brev av 11. oktober 1976 fra NIVA til sentrale og lokale administrative myndigheter (stat, fylker) redegjort for tilstanden og at det nå hastet med iverksettelse av forurensningsbegrensende tiltak for bl.a. å unngå irreversible tilstander i innsjøen. Det ble pekt på at masseforekomst av blågrønnalger kunne medføre en endring i livsmiljøet til de forskjellige organismesamfunn, slik at den naturlige økologiske balanse brøt sammen. Dette ville bety en radikal endring i dyreplankton og bunndyrfaunaen som bl.a. kunne få alvorlige konsekvenser for fiskens livsmiljø, slik at edlere fiskearter som aure, lagesild, sik o.l. etterhvert ville avta til fordel for mindreverdige fiskearter som abbor, brasme, gjedde o.l. Det ble også antydnet hvilke praktiske og hygieniske problemer blågrønnalgene forårsaket ved bruk av vannforekomsten som råvannskilde for vannverk.

Brevet konkluderte med at for å kunne endre den uheldige utvikling Mjøsa var inne i, var det nødvendig i enda sterkere grad enn tidligere å iverksette forurensningsbegrensende tiltak både i Mjøsområdet så vel som i Gudbrandsdalen. Videre ble det anbefalt at utviklingen ble nøye overvåket og undersøkt.

OPPBLOMSTRING AV BLÅGRØNNALGER I MJØSA

Da det siste sommer har vært en kraftig oppblomstring av blågrønnalger i Mjøsa, vil vi avgi en kort redegjørelse for den praktiske og økologiske virkning dette har/vil kunne få for innsjøsystemet og vassdraget nedstrøms.

Siden slutten av juni har det vært en tildels kraftig oppblomstring av alger i Mjøsa. I den første del av perioden var det kiselalger som dominerte algefloraen, men utover vekstperioden (juli-september) ble blågrønnalgen *Oscillatoria cf. bormeti* stadig mer dominerende, og fra slutten av august har denne algeart dannet en kraftig algeblomst i Mjøsa.

Den kraftige oppblomstringen av *Oscillatoria cf. bormeti* viser at Mjøsa nå er kommet inn i en ny og alvorlig fase i eutrofiutviklingen. Denne algeart vil nemlig ikke kunne utnyttes direkte av sekundærproduzentene, men synker til bunns hvor de bakteriologiske nedbrytningsprosessene fører til at oksygeninnholdet i bunnsedimentene og i dypvannsmassene avtar. En slik utvikling kan lett føre til anaerobe tilstander i de dypere lag av innsjøen samt i sedimentene.

Det er dette som nå er situasjonen i en rekke store innsjøer verden over, som i for stor grad er blitt belastet med avløpsvann og som av den grunn har fått kraftig oppblomstring av blågrønnalger først og fremst *Oscillatoria* spp. (f.eks. Zürichsee, Bodensee, Lago Maggiore, Lake Ontario, Lake Erie m.fl.). Dette er også utviklingsforløpet i Gjersjøen, Kolbotnvatn, Årungen og flere andre norske innsjøer.

Oppblomstringen av blågrønnalger vil kunne medføre en endring i livsmiljøet til de øvrige organismesamfunn slik at den naturlige økologiske balanse bryter sammen. Dette betyr at zooplankton- og bunndyrfaunaen endres radikalt. Dette kan bl.a. få alvorlige konsekvenser for fiskens livsmiljø slik at edlere fiskearter som aure, lagesild, sik o.l. etterhvert vil forsvinne til fordel for mindreverdige fiskearter som abbor, brasme, gjedde o.l.

Sommeren 1876 hadde algen *Oscillatoria cf. bormeti* sin største forekomst i 12-16 meters dyp, men etter hvert som høstsirkulasjonen gjorde seg gjeldende, ble algene noenlunde likelig fordelt i vannmassene over sprangsjiktet. Dette fenomen har muligens sammenheng med at den optimale temperatur for denne algens vekst synes å ligge i området 10 til 12 °C, men algen kan også vokse ved lavere temperatur. Det er derfor sannsynlig at det kan bli en betydelig produksjon av denne alge selv ved en temperatur på f.eks. 4 °C. Dette betyr at man i Mjøsa faktisk kan vente en produksjon av nevnte alge hele året, også i vintermånedene. De gunstigste vekstvikår vil imidlertid foreligge i sommerhalvåret.

Oppblomstringen av *Oscillatoria cf. bormeti* i Mjøsa inneværende vegetasjonsperiode har medført store smaks- og luktulempen ved bruk av vannet som drikkevann og husholdningsvann. Dette gjelder såvel vannverkene rundt Mjøsa (Gjøvik, Hamar, Stange m.fl.) som vannverkene langs vassdraget nedstrøms Mjøsa, som bruker vassdraget som råvannskilde, f.eks. Eidsberg, Askim, Sarpsborg og Fredrikstad vannverk. Den nevnte alge er i transport og utvikling i Vormå og Glåma helt ned til estuaret ved Fredrikstad. Hvis algeveksten i Mjøsa varer ved utover høsten og vinteren vil dette selvsagt fortsatt få store konsekvenser for drikkevannskvaliteten. Tilsetning av klor forsterker smaks- og luktulempen. Algeoppblomstringer av denne type forårsaker derfor store hygieniske ulemper, og gir praktiske problemer for den tekniske behandling av drikkevann. Den helsemessige risiko forbundet med å bruke slikt vann i husholdningen har medisinsk oppmerksomhet.

På grunn av den nye situasjon som nå har oppstått i Mjøsa er det vanskelig å vurdere i hvilken grad de planlagte renseanlegg vil forbedre forholdene i innsjøen. For eventuelt å kunne vende den uheldige utvikling Mjøsa er inne i er det nødvendig i enda sterkere grad enn hittil å forsere utbyggingen av rensetekniske tiltak for kommunalt og industrielt avløpsvann rundt Mjøsa såvel som i Gudbrandsdalen.

Videre er det nødvendig umiddelbart å iverksette forurensningsbegrensende tiltak for spredt bebyggelse og visse jordbruksaktiviteter (silo, utette gjødselkjellere, uheldig gjødslingsrutiner, jorderosjon o.l.). Gudbrandsdalslagens høye sommervannføring er i denne sammenheng av stor betydning, idet den medvirker til en utspyling og relativt hurtig utskifting av Mjøsas overflatevannmasser. Vi vil henstille om at *Oscillatoria*-oppblomstringen i Mjøsa kan bli nøye overvåket og undersøkt. Dette er spesielt nødvendig på grunn av at *Oscillatoria cf. bormeti* fysiologisk er meget forskjellig fra de arter som forekommer i Gjersjøen (*Oscillatoria agardii*) og i Steinsfjorden (*Oscillatoria rubescens*) og som man både her i landet og i utlandet har god kjennskap til. *Oscillatoria cf. bormeti* medfører blant annet en markert sterkere ubehagelig lukt og smak på vannet enn de to sistnevnte arter, dessuten synes det som den ved henstand lettere lar seg bryte ned (oksydere). Dette er egenskaper som har stor praktisk betydning og som bør undersøkes nærmere.

Videre vil vi anbefale at det så snart som mulig settes i gang undersøkelser som kan fremskaffe sikrere holdepunkter om jordbruksaktivitetens- og den spredte bebyggelsens betydning i forurensningssammenheng samt om hvordan man eventuelt kan redusere forurensningstilførslene fra denne type aktiviteter.

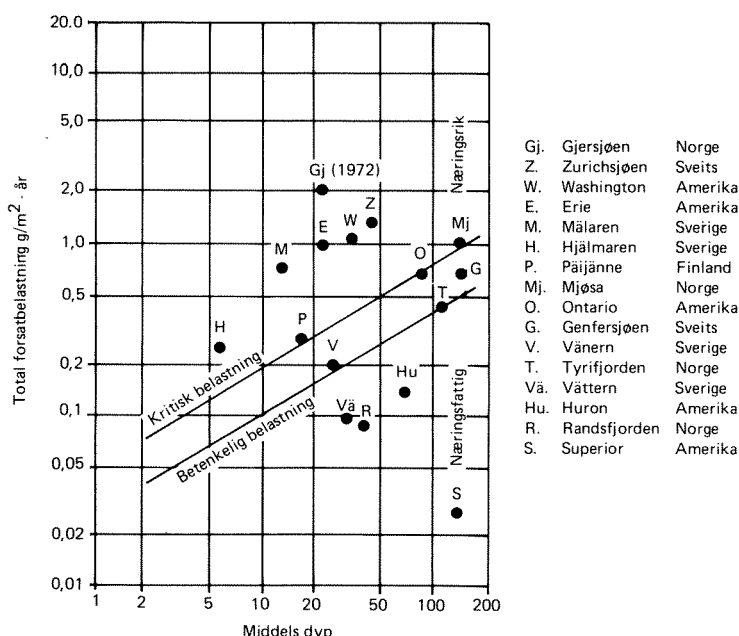
11. oktober 1976

Med hilsen
NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Hans Holtan

Hvis vi fører Mjøsa inn i Vollenweiders trofidiagram, der også noen andre større innsjøer er tatt med for sammenlikningens skyld, ser vi at Mjøsa har nådd og delvis har overskredet den fosforbelastningen som i diagrammet anses som den kritiske, dvs. risiko for aksellererende eutrofiering av mer alvorlig art (oppblomstring av blågrønnalger, redusert O_2 -gehalt i de dypere vannmasser osv.). På grunn av viktige faktorer som gjennomstrømning, topografi, Lågens innflytelse o.l., er det mulig at Mjøsa (i hvert fall deler av den) kan tåle en større belastning enn det diagrammets kritiske linje tilsier. Ellers synes diagrammet som bygger på empirisk grunnlag, å egne seg godt for Mjøsa, idet de biologiske observasjonene som her er de avgjørende, stemmer godt overens med Mjøsas plassering i diagrammet ut fra beregnet fosforbelastning.

Hvis man ut fra Volleweiders diagram setter seg det mål å få Mjøsa ned til akseptabelt nivå når det gjelder eutrofiering (betenkelig belastning i diagrammet), skulle dette teoretisk tilsa en fosforbelastning på ca. $0.5 \text{ g/m}^2 \cdot \text{år}$ tilsvarende en total fosfortilførsel på ca. 175 tonn/år. Dette vil igjen si at den fosforbelastning vi har i dag må reduseres med ca. 50%. Med akseptabelt nivå menes her at innsjøen skal komme i økologisk balanse eller mer konkret at volumet av alger ikke vesentlig overstiger $1 \text{ mm}^3/\text{l}$, dagsproduksjonen ikke overstiger $300\text{--}350 \text{ mg C/m}^2$ pr. dag, og at årsproduksjonen helst ikke når nivåer større enn 30 g C/m^2 pr. år. Dette tilsvarer de forhold som antakelig forelå i Mjøsa i årene 1940-1950. Å få tilbake Mjøsa til de tilstander som rådde i den perioden må derfor ses som en mer praktisk målsetting.



Forurensningsbegrensende tiltak

Jordbruk:

Forskrifter for avrenning fra silo for gras og andre grønnforvekster tråtte i kraft 2. august 1973 medfrist til 1. juli 1975 for bruk med samlet silovolum over 100 m³ og 1. juni 1976 for bruk med mindre silovolum. Bruk i Mjøsas nær-område med avrenning direkte til vassdrag fikk forkortet frist til 1. juli 1974. Tilsynets silokontroll i Hedmark fylke 1976 viste at ca. 50% av bruk med silo fortsatt ledet større eller mindre mengder pressaft til vassdrag.

Ved årsskiftet 1976/77 var det ikke foretatt særlige tiltak for å begrense utslipp fra gjødselkjellere, melkerømsavløp og som følge av vinterspredning.

Bebyggelse:

Ved årsskiftet 1976/77 var en bebyggelse på bare ca. 22.000 personer tilknyttet renseanlegg. Kloakken fra de fleste tettsteder og minitettsteder ble derfor ledet urensset til Mjøsa eller vassdrag som leder til Mjøsa. Dessuten fungerte ca. halvparten av kloakkrenseanleggene meget dårlig.

Det var ikke foretatt særlige tiltak for å begrense utslipp fra spredt bebyggelse.

Industri:

Behandlingen av industrien i området startet med bransjevis behandling i 1974-75.

1976

Toten Cellulosefabrik bygget ferdig sedimenteringsanlegget. Arbeidene for å øke lutgjenvinningen fra 70 til ca. 90% var påbegynt.

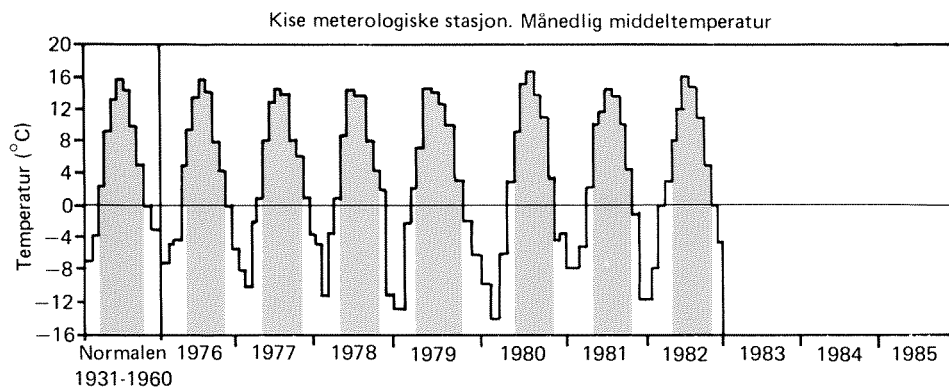
Norsk Wallboard, Gjøvik og Berger Langmoen gjennomførte interne tiltak i samsvarende med utslippstillatelsene, 60 kg BOF₇ og 8 kg suspendert stoff pr. tonn plater.

Forsøkene med inndamping av frukt vannet ved Toten Potetindustrier fortsatte. Nora-Sunrose og Hedmark Tørrmelk gjennomførte interne tiltak.

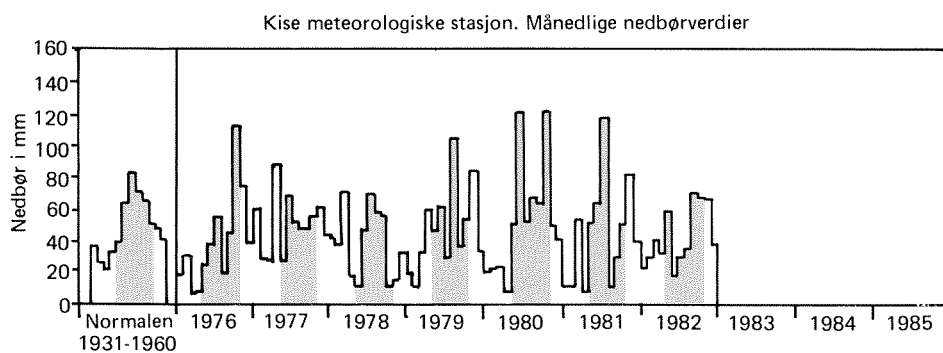
Raufoss Ammunisjonsfabrikker gjennomførte rensing av avløpsvannet fra kanonhylseverkstedet. Mustad, Brusveen Fabrikker kjørte igang renseanlegget. Det ble også gjennomført rensing av skyllevannet fra Trådtrekkeriet.

Trender for de viktigste parametre

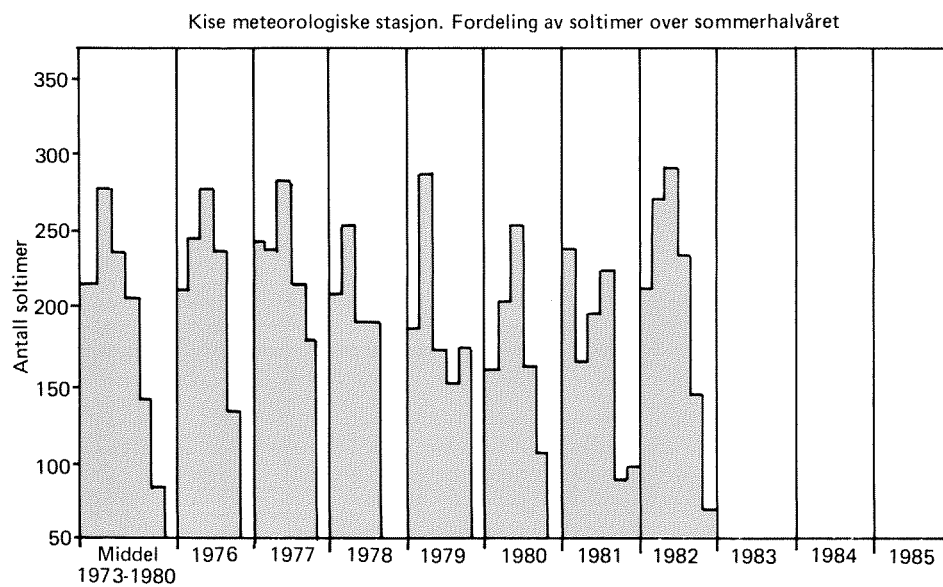
Temperatur



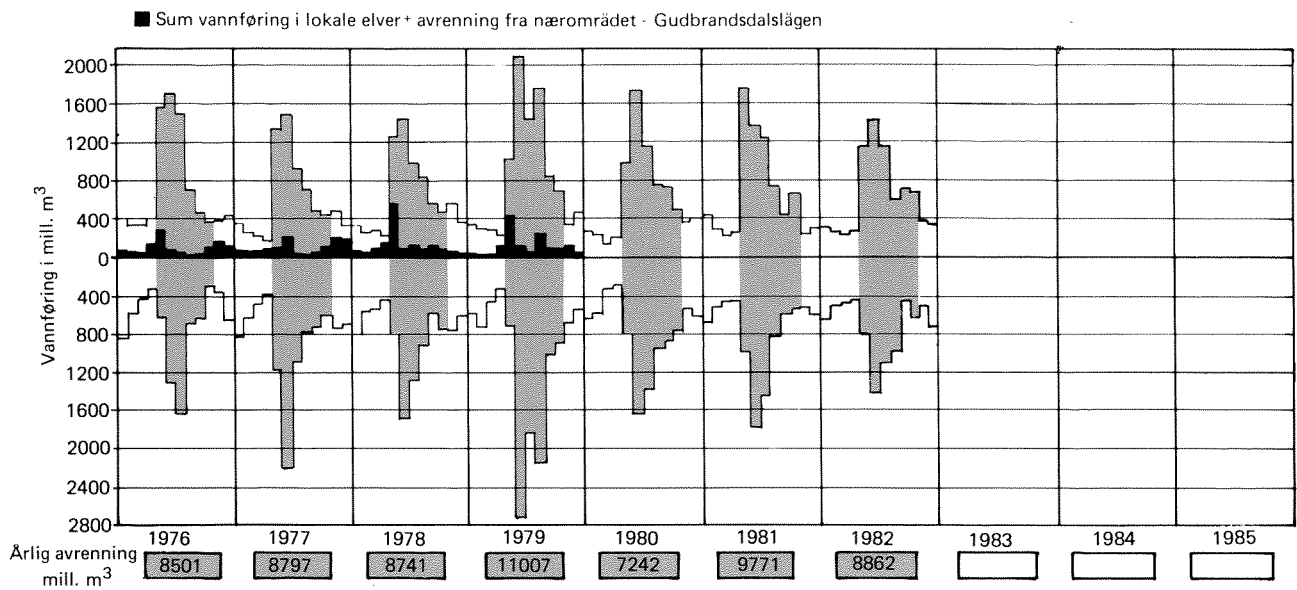
Nedbør



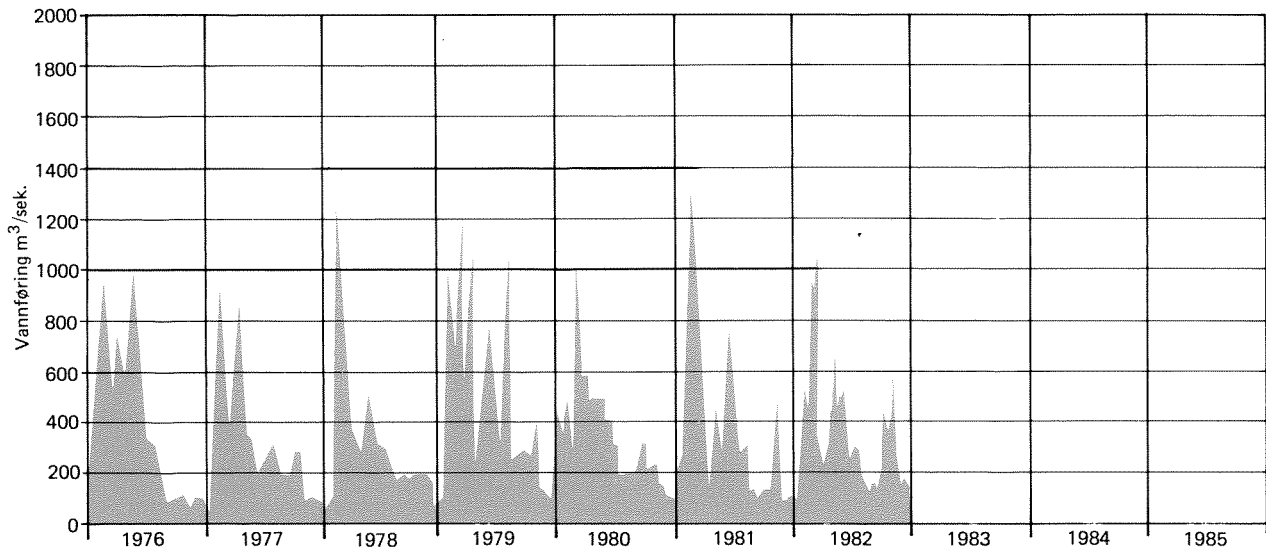
Soltimer



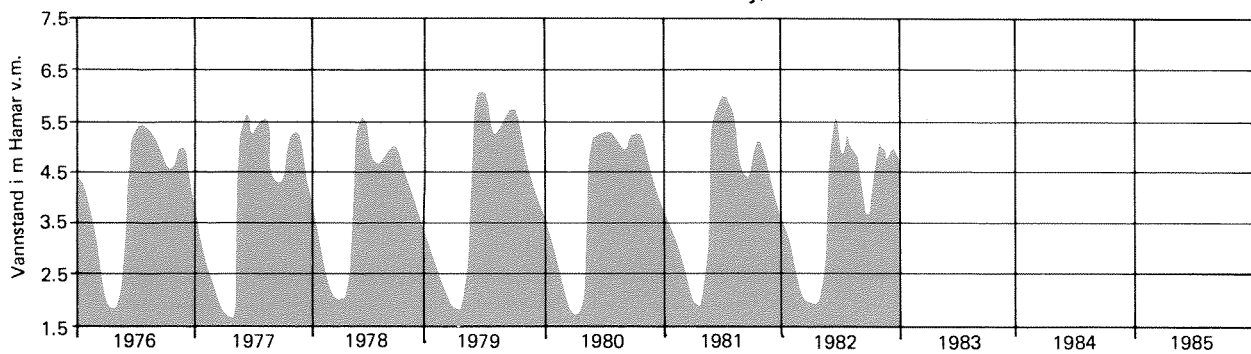
Vannbalansen i Mjøsa



Vannføring ved Hunderfossen i perioden mai - oktober



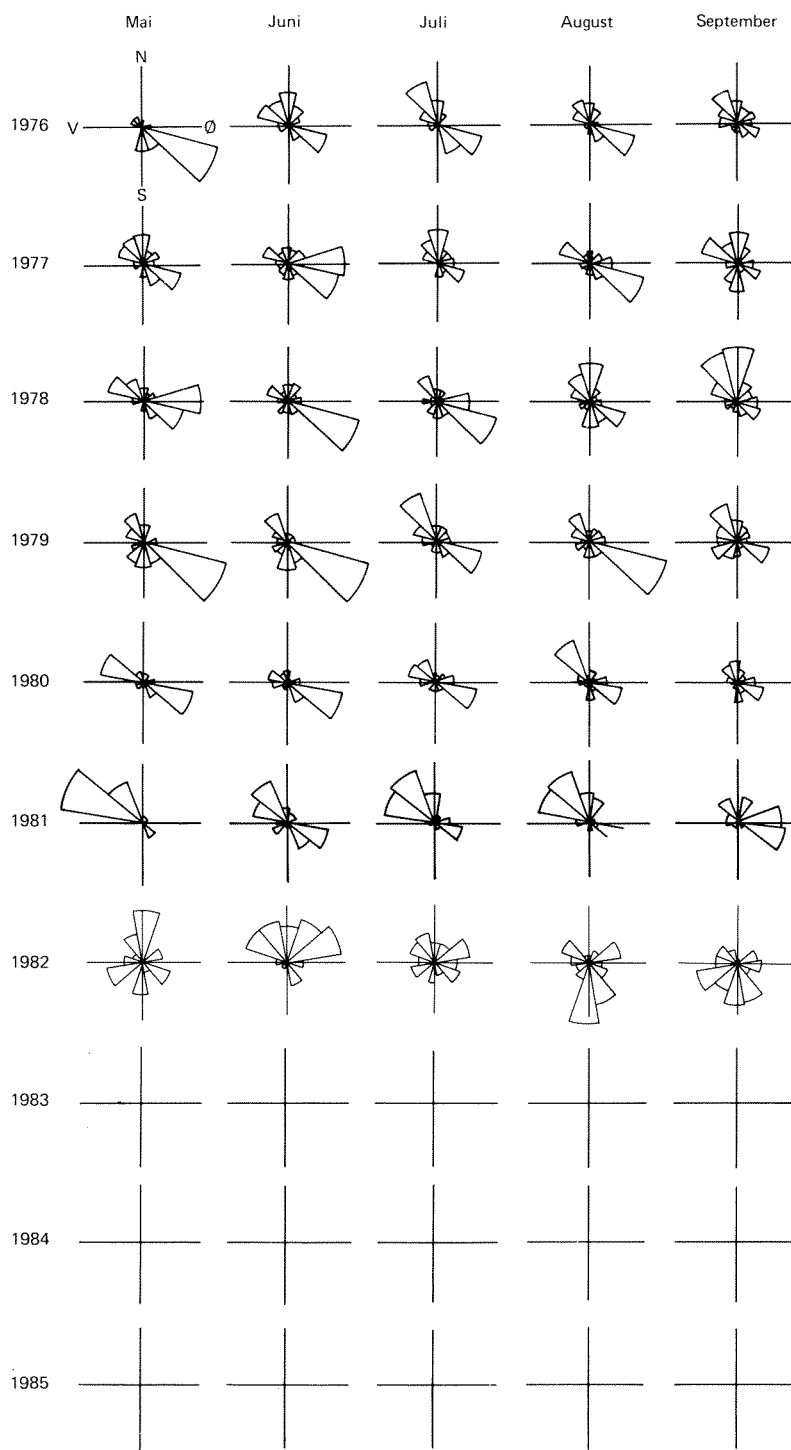
Vannstanden i Mjøsa



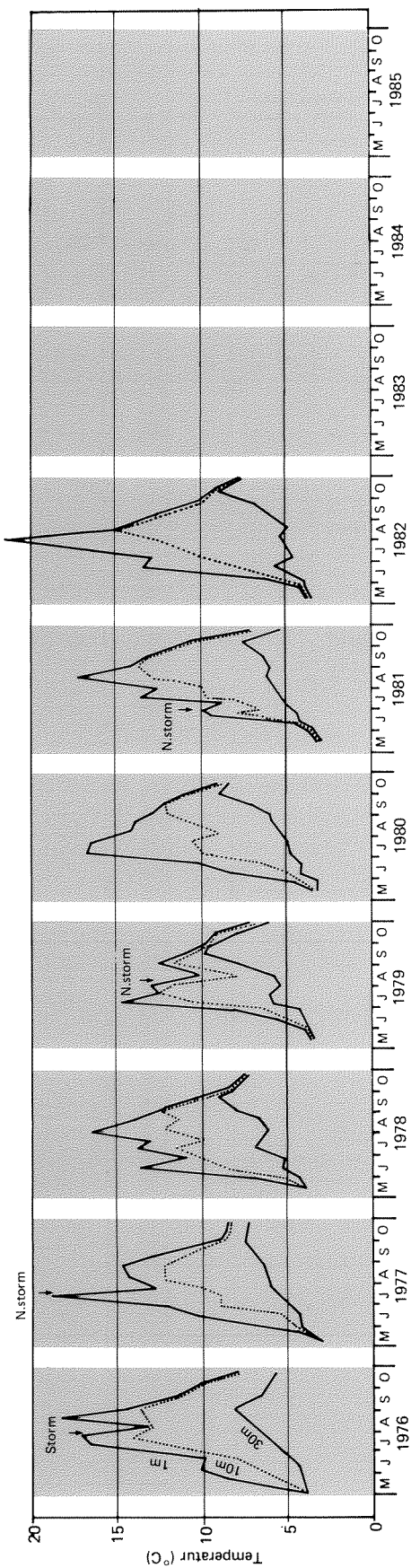
VIND

Kise meteorologiske stasjon.

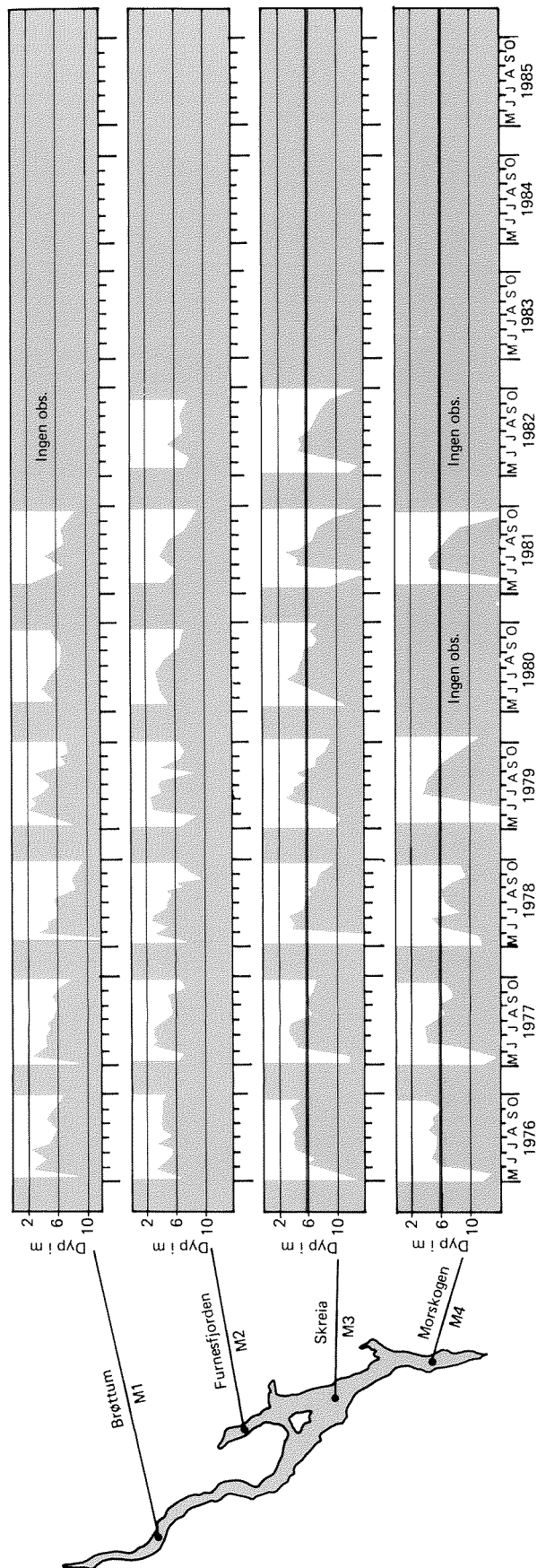
Vindmengde = månedsum av alle Beaufort - verdiene innenfor hver sektor.



Vanntemperatur på 1m, 10m og 30m dyp ved st. M3 Skreia under sommerhalvåret



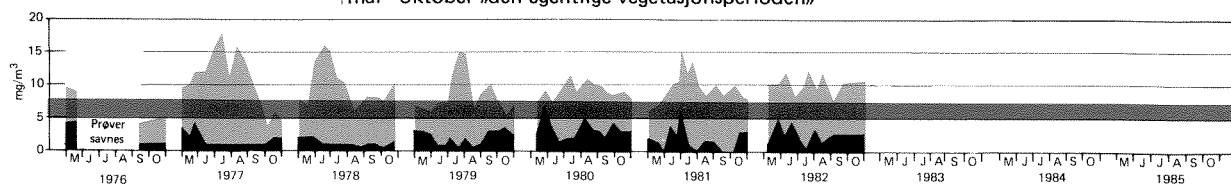
Siktedyp gjennom sommerperioden



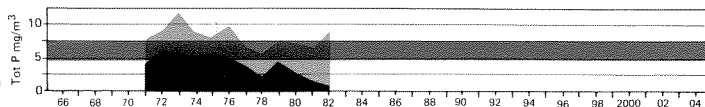
Stasjon M3 Skreia

P (fosfor)

Variasjonsmønsteret i de øvre vannmasser (0-10m) av fosforforbindelser i tidsrommet mai - oktober »den egentlige vegetasjonsperioden«

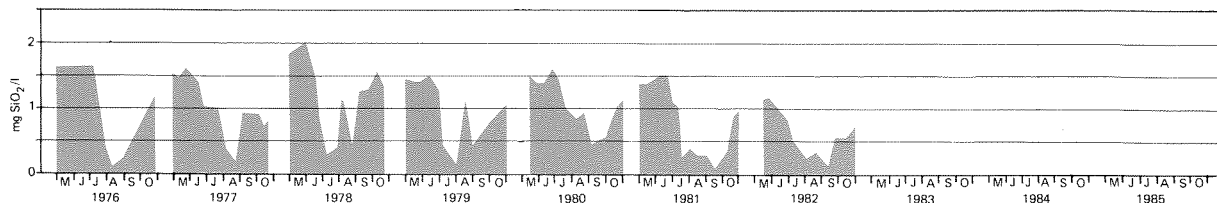


Tidstrend for totalfosfor og ortofosfater under vårsirkulasjonen

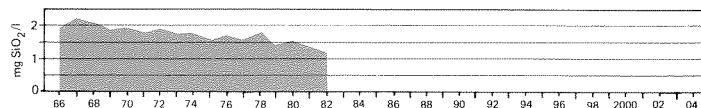


SiO₂ (silisium)

Variasjonsmønsteret i de øvre vannmasser (0-10m) av silisium i tidsrommet mai - oktober »den egentlige vegetasjonsperioden«

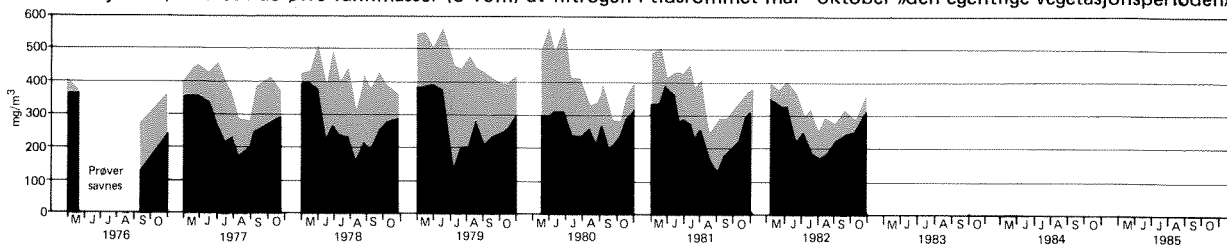


Tidstrend for silisium under vårsirkulasjonen

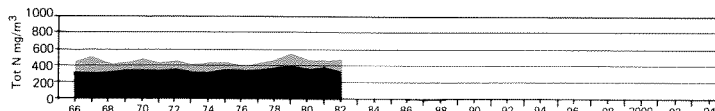


N (nitrogen)



Variasjonsmønsteret i de øvre vannmasser (0-10m) av nitrogen i tidsrommet mai - oktober »den egentlige vegetasjonsperioden«

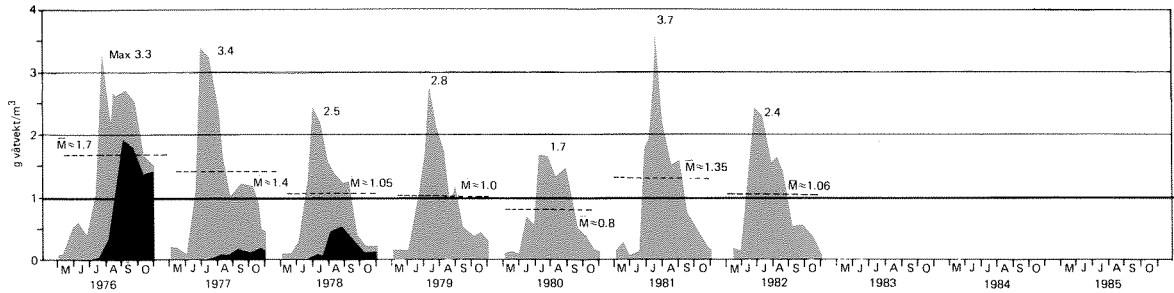


Tidstrend for totalnitrogen og nitrater under vårsirkulasjonen

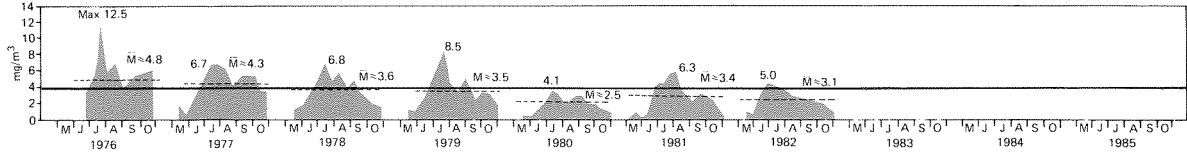


Stasjon M3 Skreia

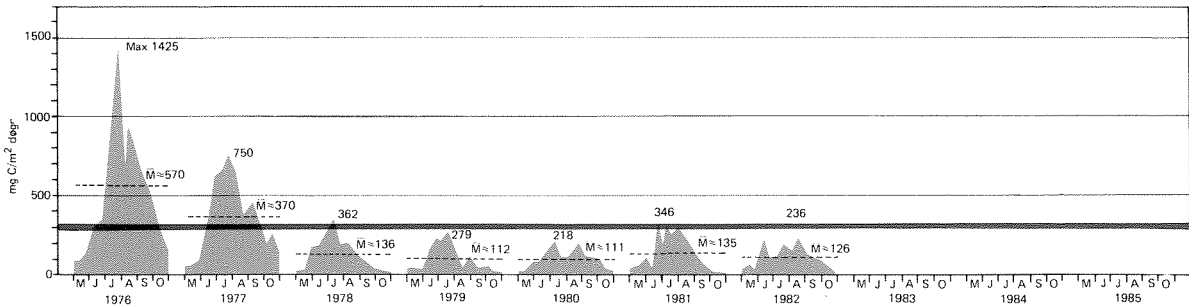
Variasjon av total planteplankton  og andel blågrønnalger  uttrykt som biomasse fra blandprøve 0-10m under »den egentlige vegetasjonssesong» (mai - oktober)



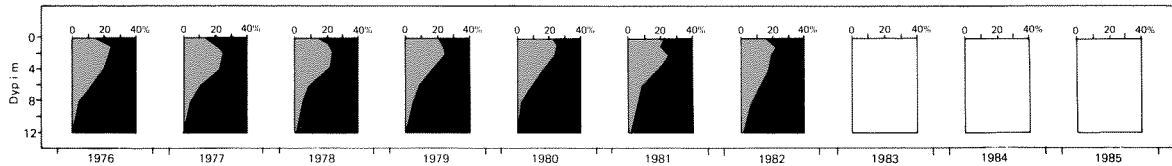
Variasjon av total klorofyll a fra blandprøve 0-10m under »den egentlige vegetasjonssesong» (mai - oktober)

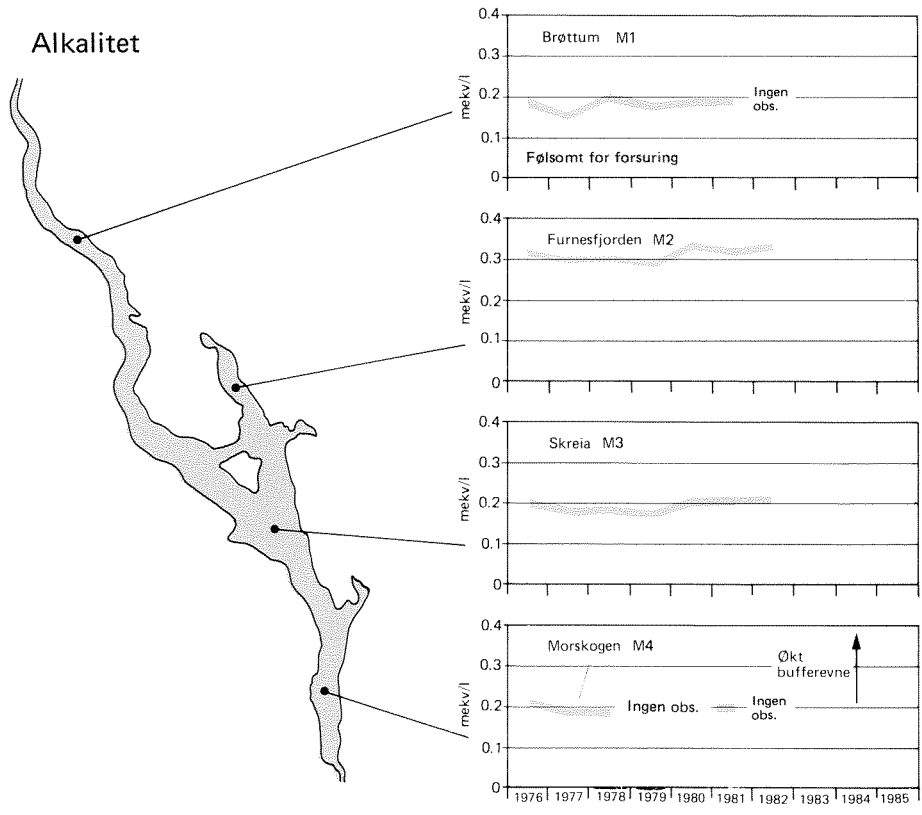
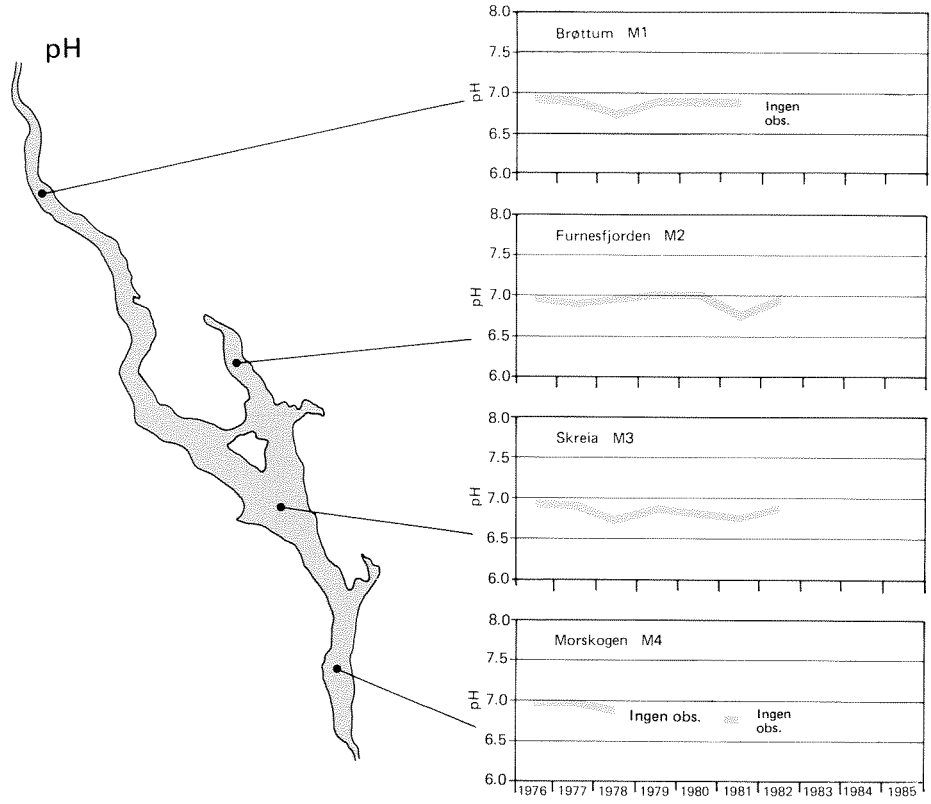


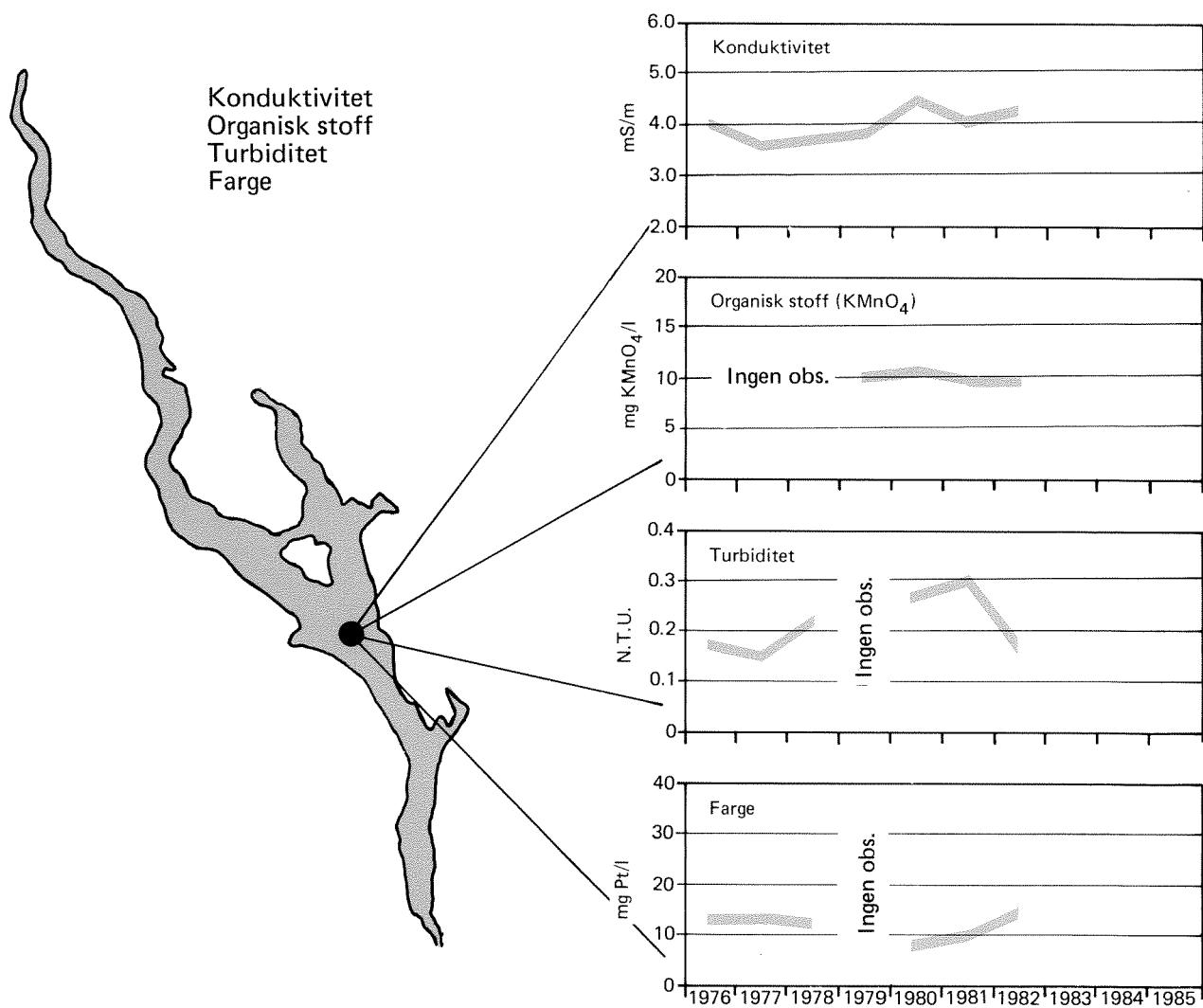
Variasjon av planteplanktonproduksjon uttrykt som dagsproduksjon under »den egentlige vegetasjonssesong» (mai - oktober)



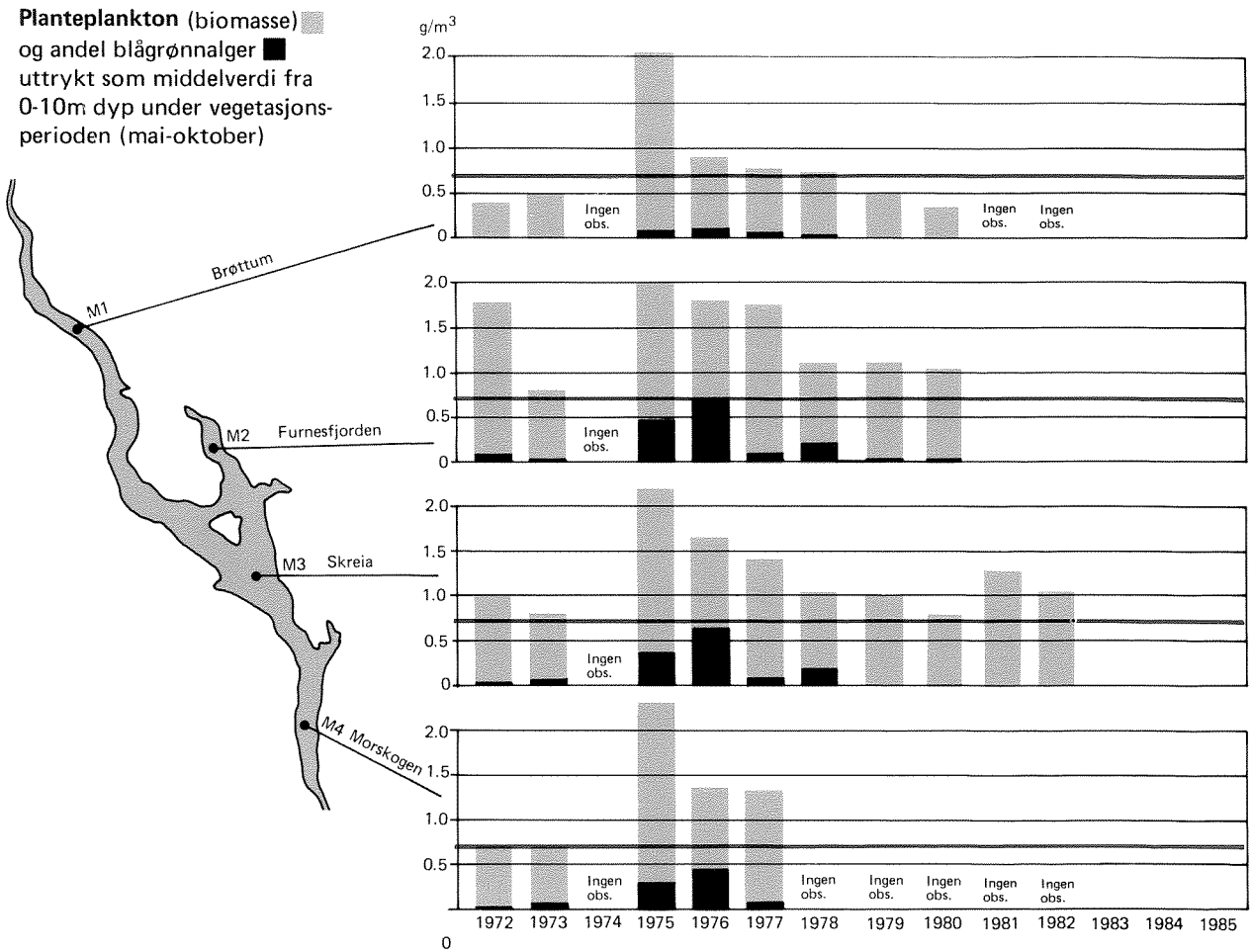
Vertikalfordeling for planteplanktonproduksjon



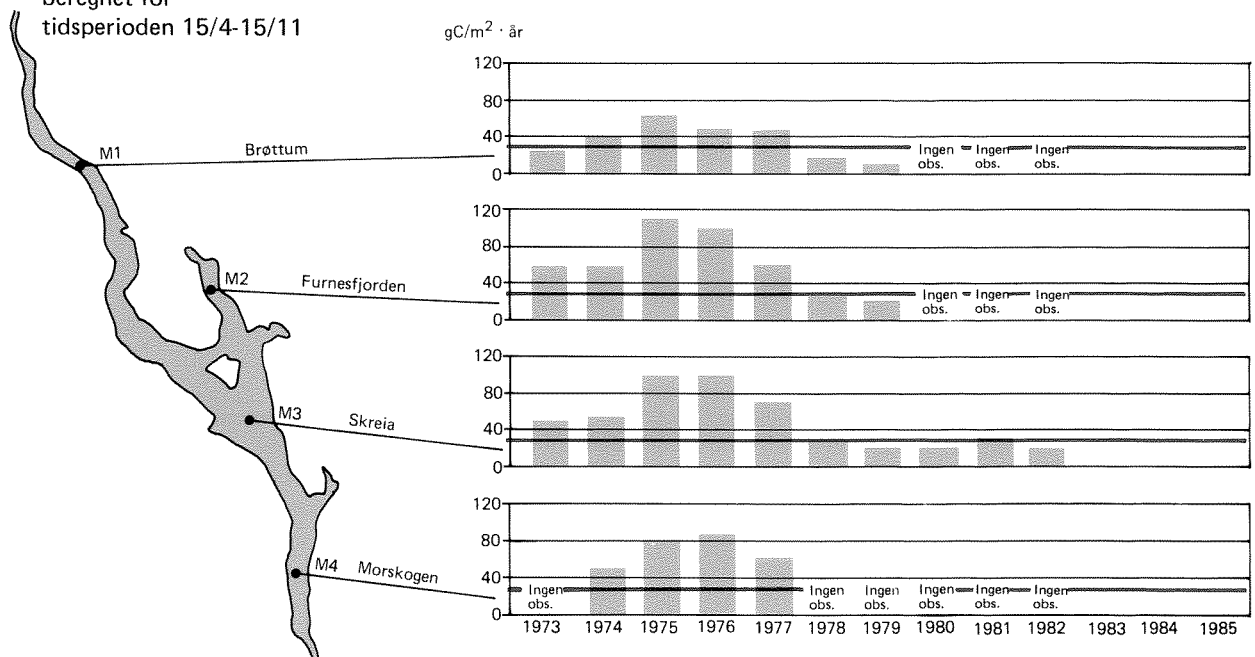




Planteplankton (biomasse) og andel blågrønnalger uttrykt som middelverdi fra 0-10m dyp under vegetasjonsperioden (mai-oktober)



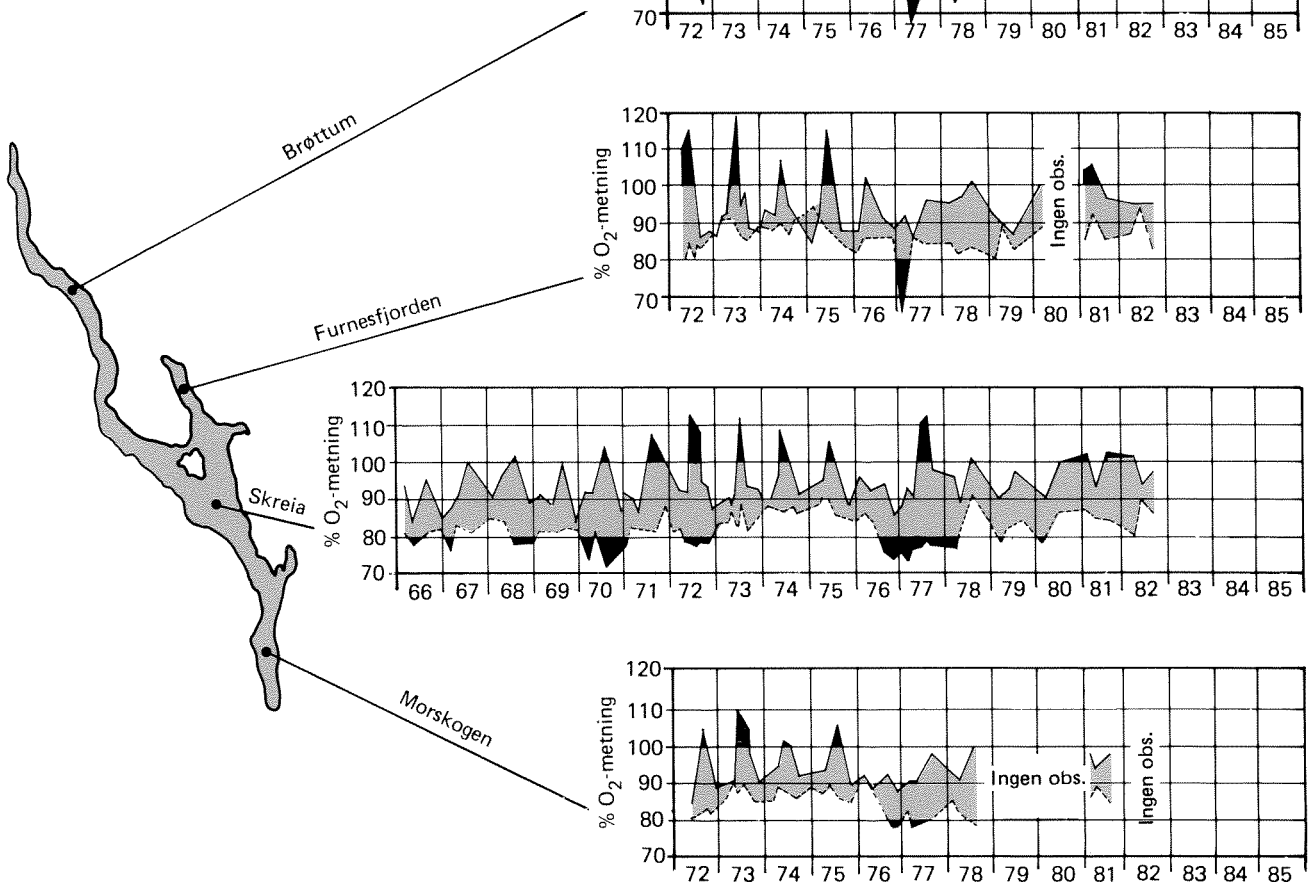
Planteplanktonets årsproduksjon beregnet for tidsperioden 15/4-15/11

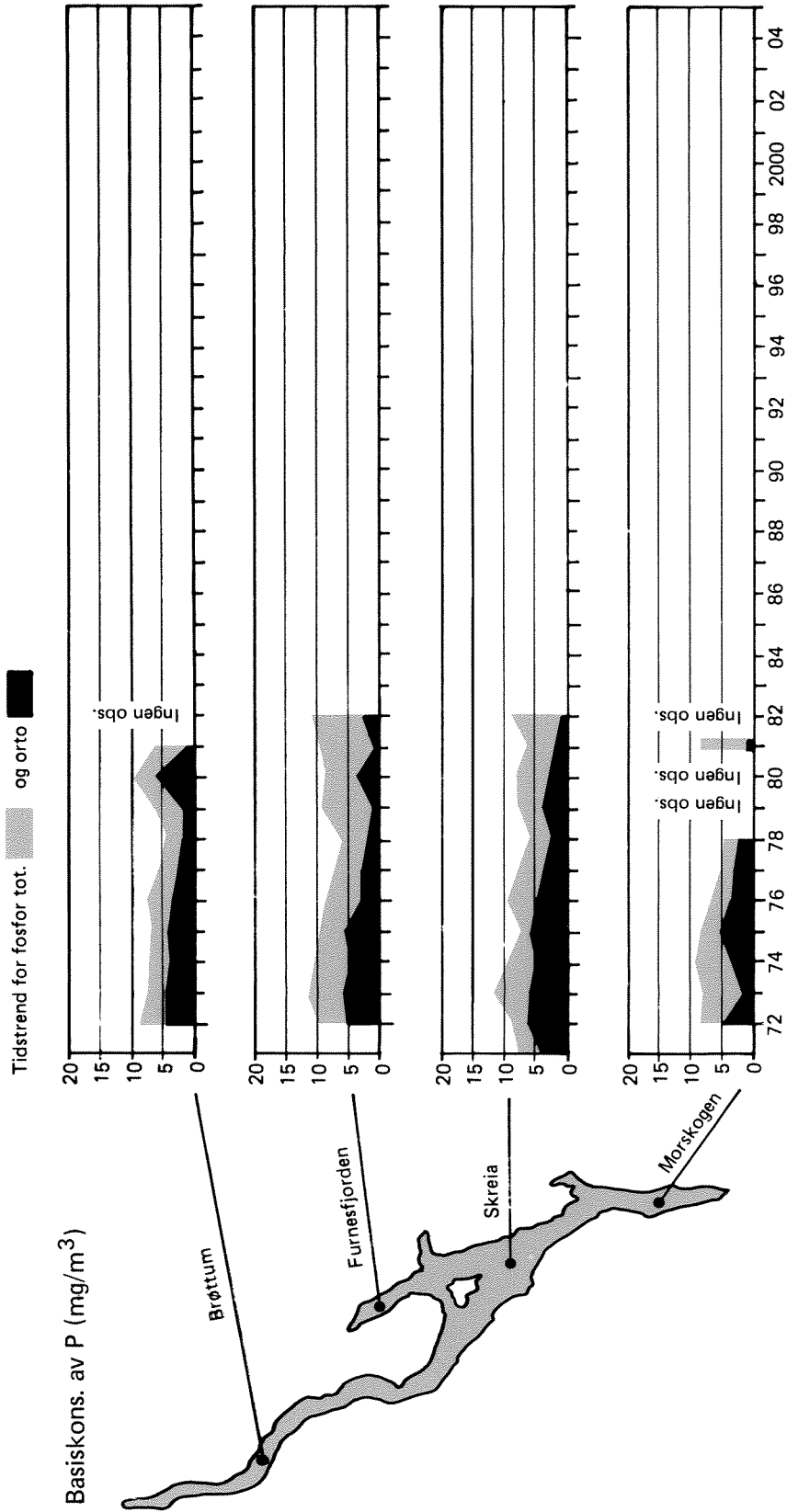


Oksygenmetning i %

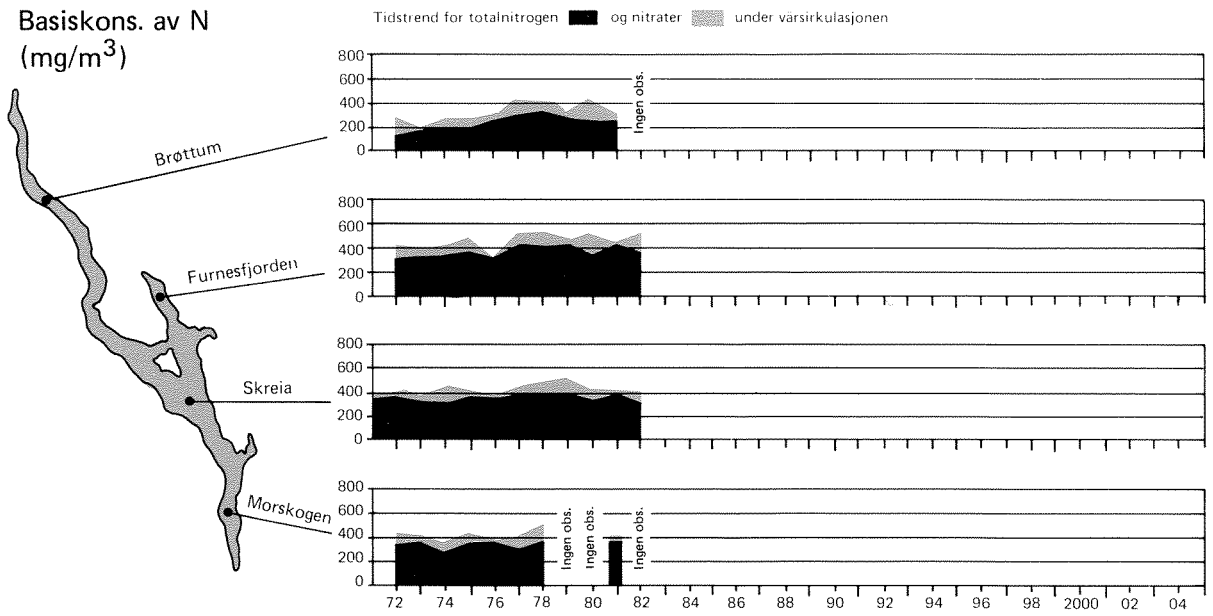
Øverste linje gjelder 0.5 eller 1 m dyp.

Nederste linje gjelder bunnære vannmasser

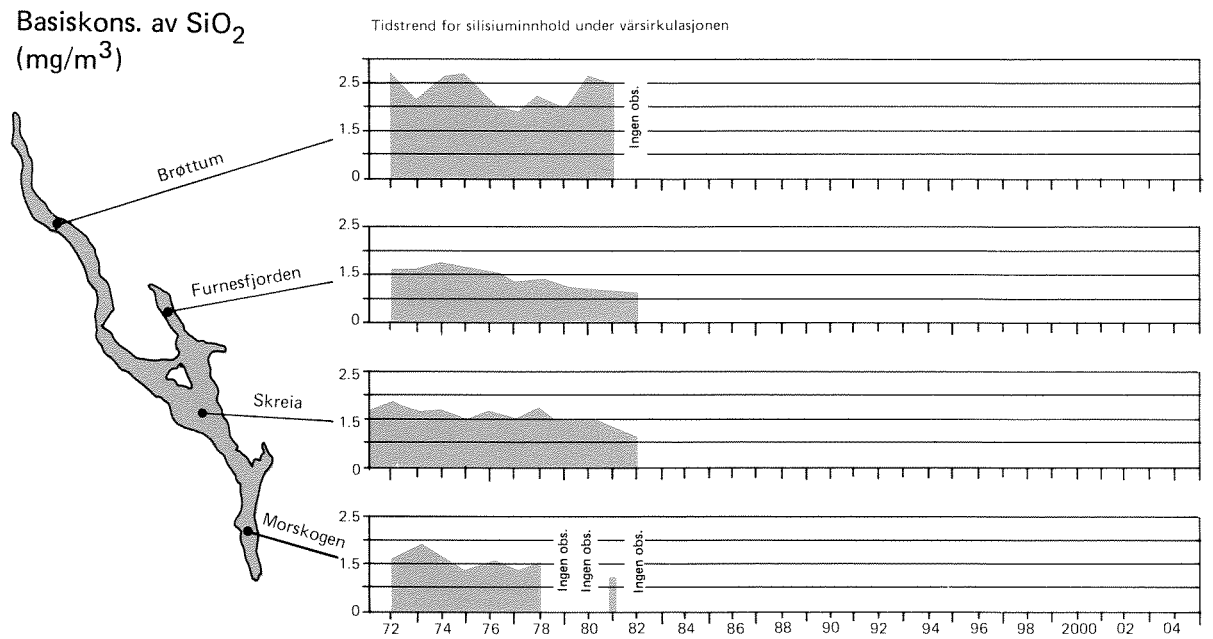


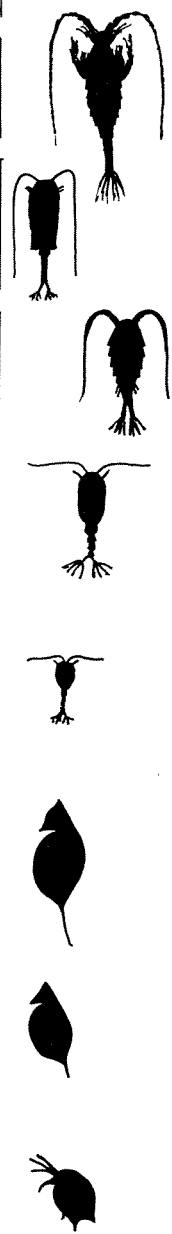
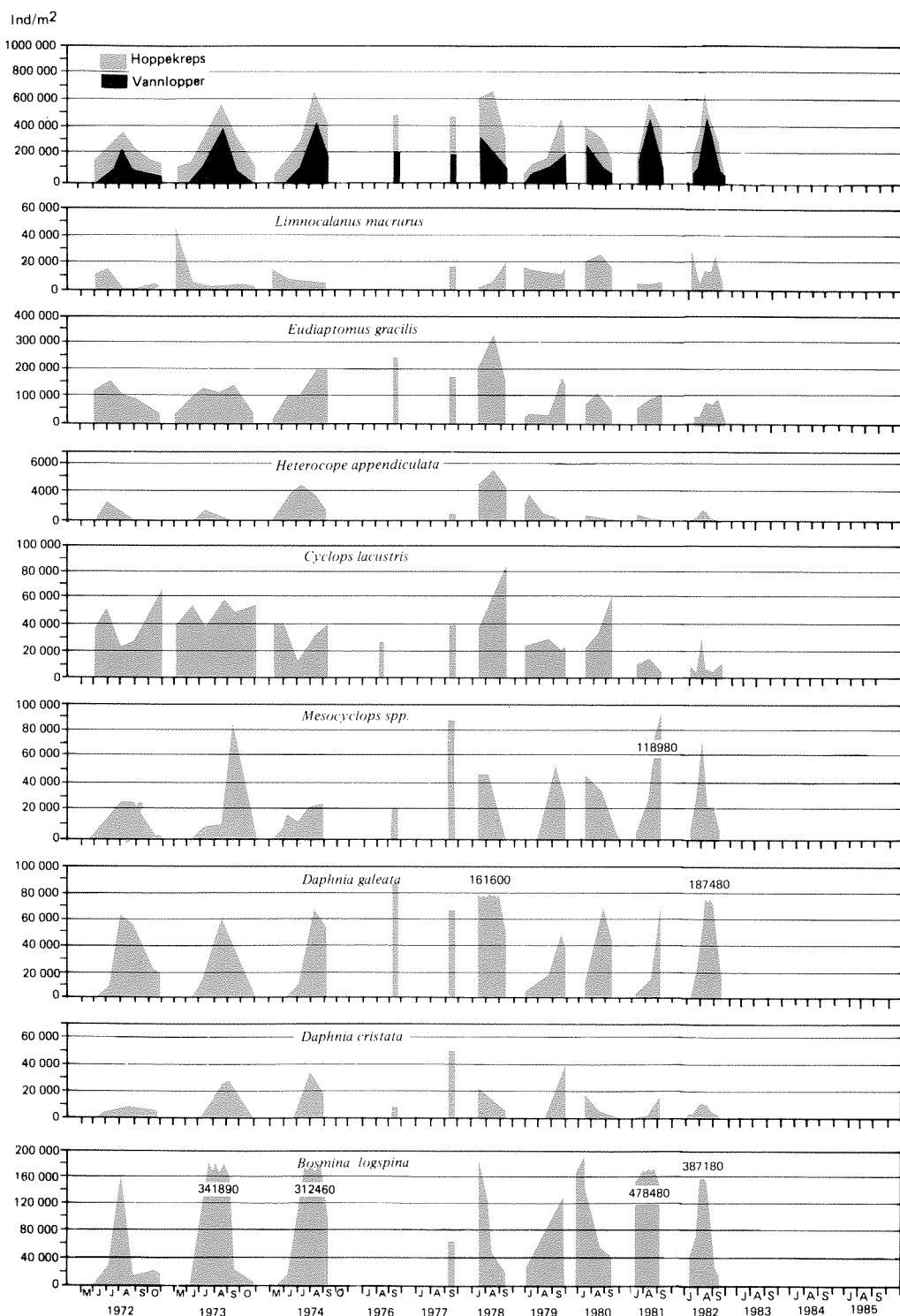


Basiskons. av N (mg/m³)

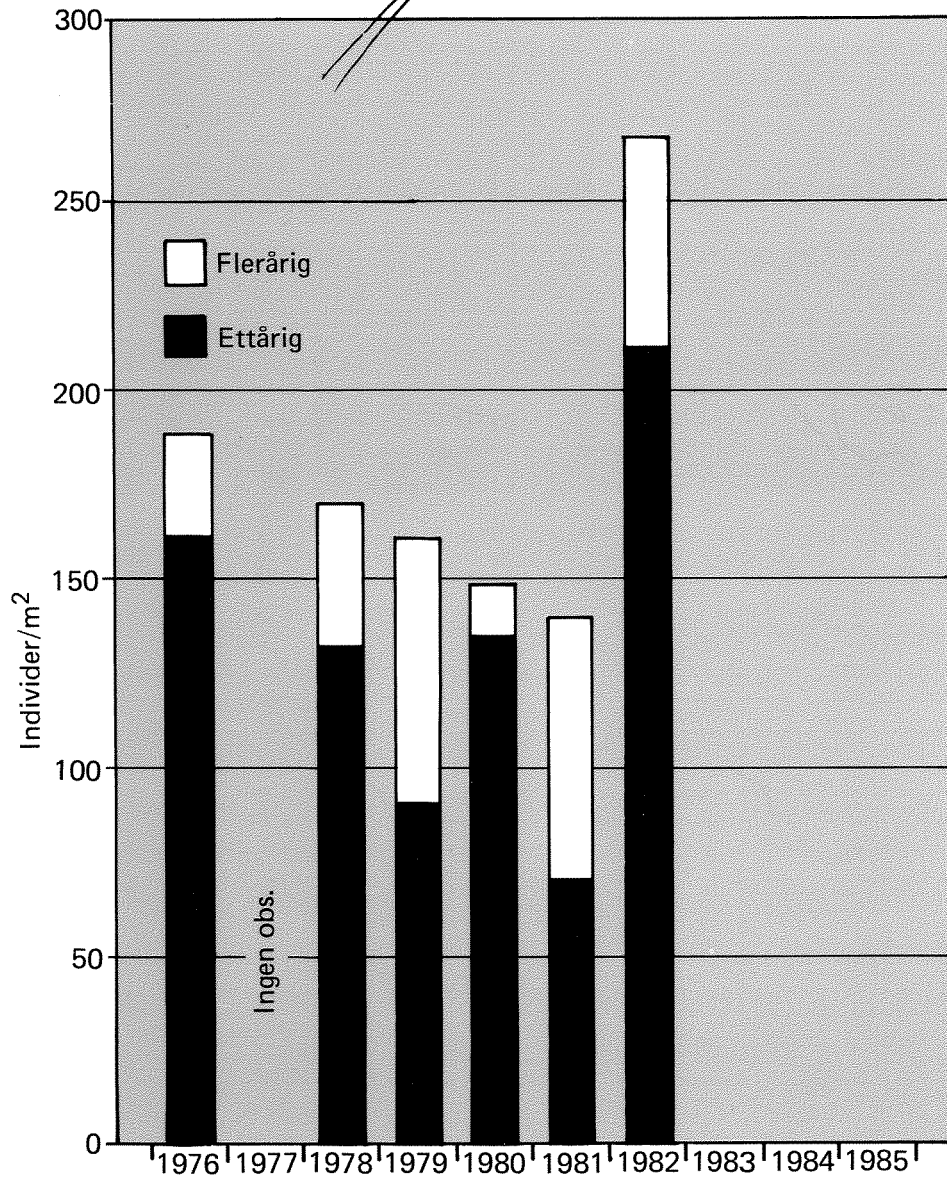
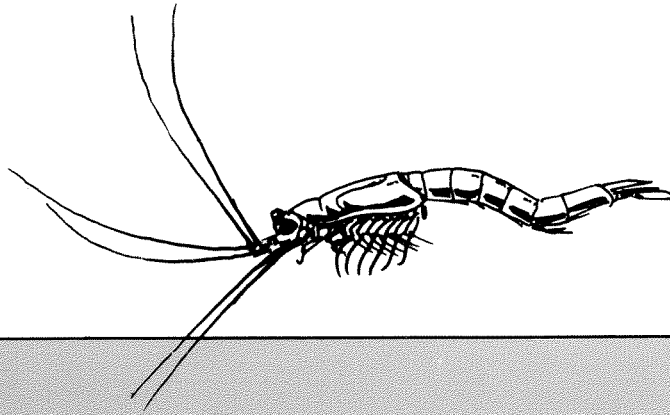


Basiskons. av SiO₂ (mg/m³)

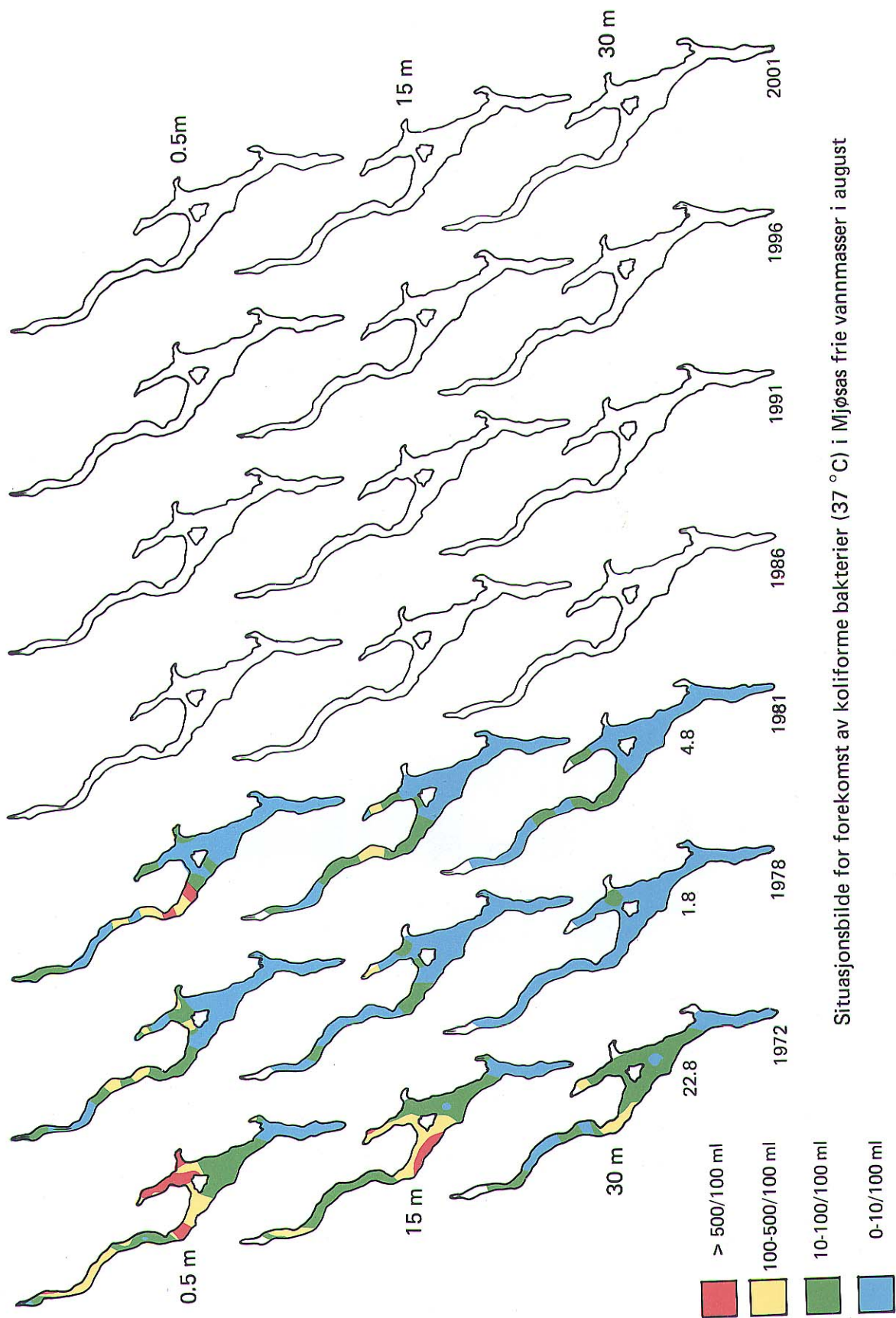




Total individantall og individantall for de dominerende krepssdyrplanktonarten under 1 m² overflate i dypsonen 0-50 m ved st. M3 Skreia



Forekomst av *Mysis relicta* i august ved hovedstasjonen, Skreia.



Situasjonsbilde for forekomst av koliforme bakterier (37 °C) i Mjøsas frie vannmasser i august