

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Blindern

O-74/76

FORSLAG TIL OPPFØLGINGSPROGRAM

FOR MJØSA

Blindern, 14. februar 1977

Saksbehandlere: H. Holtan

Instituttjef K. Baalsrud

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
1. INNLEDNING	3
2. MÅLSETTING	6
3. UNDERSØKELSE SOPPLEGG	6
3.1 Årlige undersøkelser	6
3.1.1 Fysisk-kjemiske undersøkelser	6
3.1.2 Biologiske undersøkelser	7
4. MATERIALTRANSPORT TIL MJØSA	8
5. UNDERSØKELSER HVERT 5. ÅR	9
5.1 Fysisk-kjemiske undersøkelser	9
5.2 Biologiske undersøkelser	11
6. RAPPORTERING	13
7. ANSVAR	13
8. STØRRE FORSKNINGSBÅT FOR MJØSUNDERSØKELSEN	13
ÅRLIGE UTGIFTER	15
ANNEX I. OECD PROGRAMME FOR MEASURING EUTROPHICATION OF INLAND WATERS	16

FIGURFORTEGNELSE

Fig. 1. Oversiktskart over prøvetakingsstasjoner	4
Fig. 2. Sammenhengen mellom ortofosfat-konsentrasjon under vårsirkulasjonen og årlig gjennomsnittlig algekonsenttrasjon (0-10 m) i Bodensjøen	5
Fig. 3. Sammenhengen mellom totalfosfor-konsentrasjon under vårsirkulasjonen og middelvei for klorofyll-konsentrasjonen om sommeren	5
Fig. 4. Eksempler på forandringer i de kjemiske forhold i Lake Ontario	10
Fig. 5. Stasjonsnett og prøvetakingsdyp for bunnfaunaundersøkelser	12
Fig. 6. Determinations of "Seasons"	21

## 1. INNLEDNING

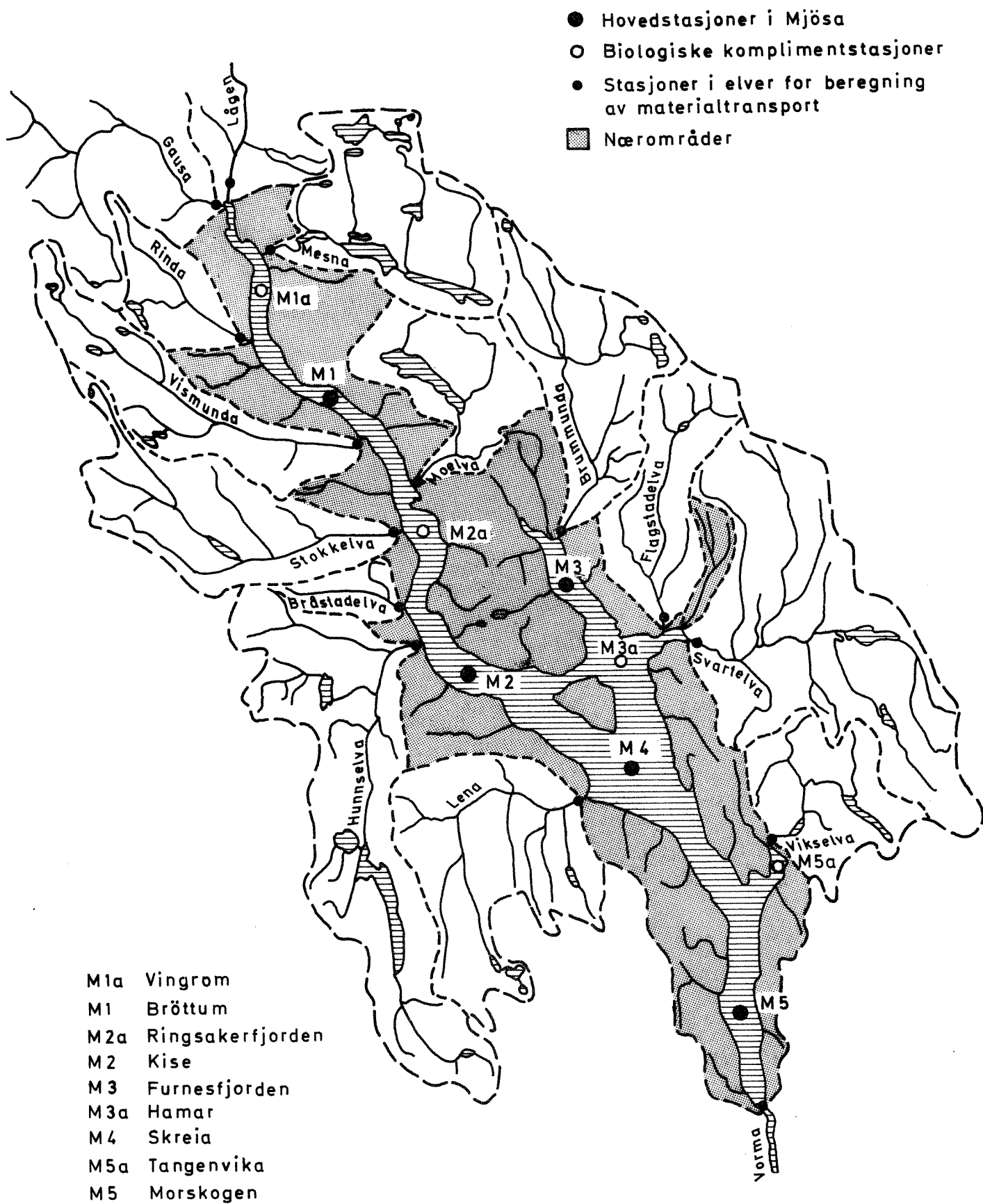
Mjøsas forurensningstilstand under perioden 1970-76, såvel som foruren-  
ningsårsaker og virkninger burde være vel dokumentert gjennom de under-  
søkelser som hittil er gjennomført. Etter vårt syn er det av vital inter-  
esse å følge opp dette, slik at man til enhver tid kan ha mulighet for  
å vurdere forurensningssituasjonen i relasjon til forurensningsbegrens-  
ende tiltak og andre inngrep og forandringer i nedbørfeltet.

Vi vil foreslå at oppfølgingen skjer dels ved årlige mer rutinemessige  
undersøkelser og dels ved en utvidet undersøkelse av kompletterende  
art. Hvis reguleringsinngrep i Jotunheimen skal realiseres, er det av  
særlig stor betydning å følge forurensningssituasjonen i innsjøen. Der-  
ved vil man ha mulighet for å justere manøvreringsreglementene for kraft-  
verkene slik at de er i størst mulig harmoni med de øvrige bruksinter-  
esser.

Det foreligger for tiden stor internasjonal interesse for eutrofipro-  
blematikken. OECD har tatt initiativ til samarbeid og informasjonsut-  
veksling innenfor dette område. I den hensikt å få så sammenlignbare  
data som mulig, har OECD for sine medlemsstater fremlagt ønskemål om  
standardparametre (se bilag 1). Oppfølgings- og overvåkingsprogrammet  
som her foreslås, tar i første rekke sikte på å tilfredsstille behovet  
for

- mer generell informasjon om den til enhver tid aktuelle foruren-  
ningssituasjonen i Mjøsas hovedvannmasser sett i relasjon til  
forurensningstilførselen.
- mer nyansert og regional informasjon i forbindelse med vurdering og  
planlegging av eventuelle større reguleringsinngrep i Jotunheimen.
- på mer faglig bakgrunn å bidra med informasjon og forståelse av  
eutrofieringsproblematikken.

Fig.1 Oversiktskart over prøvetakingsstasjoner



Celler  
pr. ml

- 5 -

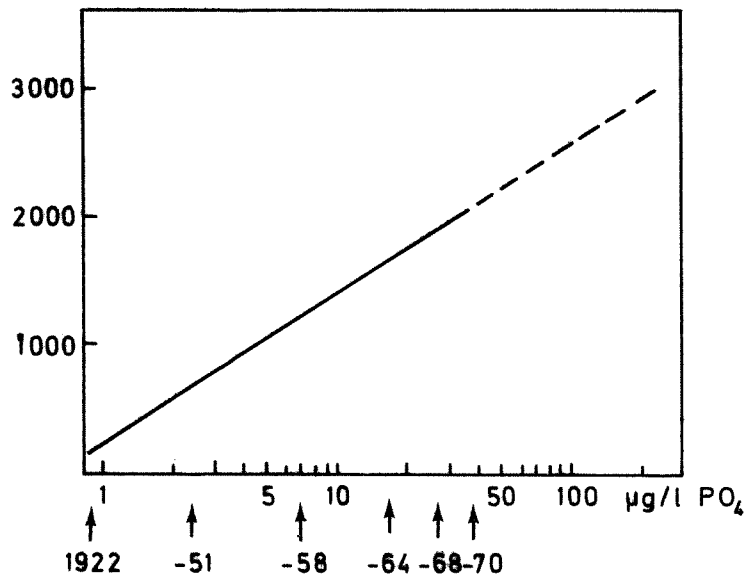


Fig.2 Sammenhengen mellom ortofosfat-konsentrasjon under vårsirkulasjonen og årlig gjennomsnittlig algekonsentrasjon (0-10m) i Bodensjøen

(Etter Lehn 1972)

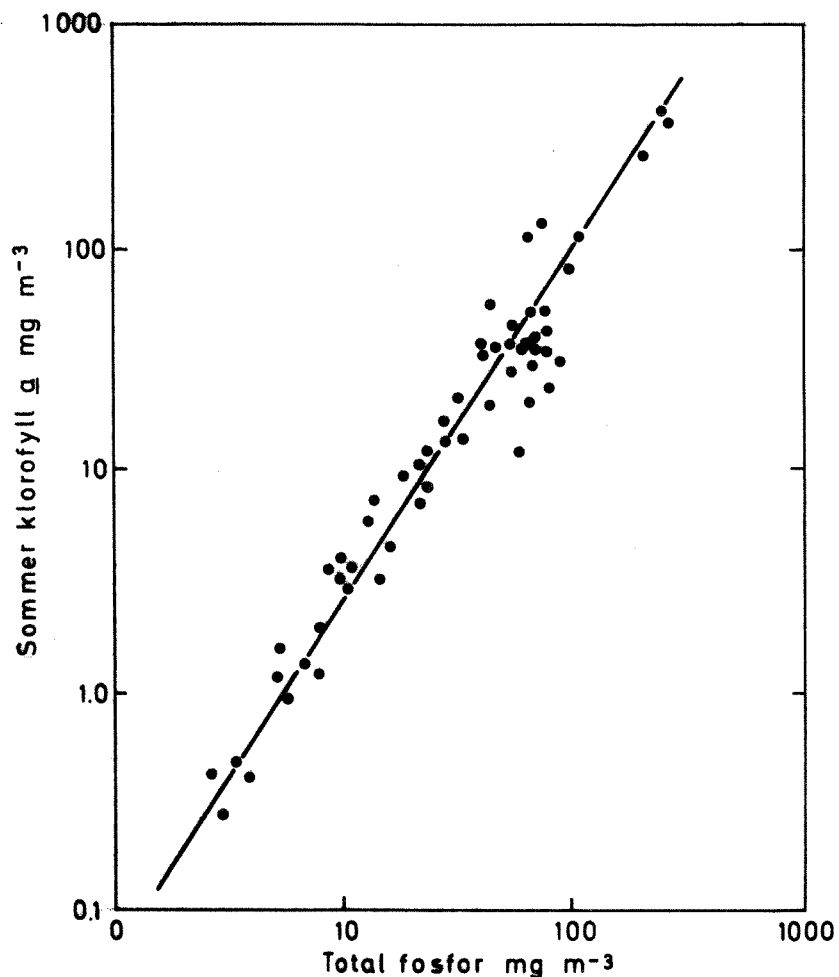


Fig.3 Sammenhengen mellom totalfosfor-konsentrasjon under vårsirkulasjonen og middelverdi for klorofyllkonsentrasjonen om sommeren

(Etter Dillon 1974)

## 2. MÅLSETTING

Den primære målsetting med undersøkelse er

- kontinuerlig å samle inn et basismateriale som angir innsjøens vannkvalitet og biologiske tilstand. Materialet må være av en faglig karakter og ha et omfang som i størst mulig grad tilfredsstillende internasjonalt standard.
- kontinuerlig å samle inn data om forurensningstransporten til Mjøsa.
- utvikle og tilpasse empiriske modeller som kan anvendes ved en praktisk forvaltning av vassdraget.

Dette materialet må legges frem på en slik måte at det kan vurderes i henhold til forskjelligartede hydrologiske situasjoner og aktiviteter i nedbørfeltet. Bl.a. vil strømundersøkelser i Mjøsa være nødvendig. Stofftransporten via de større tilløpsvassdrag vil gi god informasjon om effekten av de forurensningsbegrensende tiltak som iverksettes i de respektive nedbørfelt.

## 3. UNDERSØKELSESOPPLEGG

### 3.1 Årlige undersøkelser

I selve Mjøsa vil vi foreslå at det opprettes 5 hovedstasjoner for fysisk-kjemiske og biologiske undersøkelser samt ytterligere 4 stasjoner for kompletterende biologiske undersøkelser (fig. 1).

#### 3.1.1 Fysisk-kjemiske undersøkelser

Under vårsirkulasjonsperioden (senvinter/vår) samt i slutten av vinter (mars)- og sommerstagnasjonen (september) samles det inn prøver fra 10-13 forskjellige dyp på alle hovedstasjoner. Disse prøver vil bli analysert på oksygen, alkalitet, pH, farve, turbiditet, jern, mangan, kisel, fosfor, nitrogen og konduktivitet. Vannets temperatur måles på alle dyp og siktedyp bestemmes. Målsettingen med analyseprogrammet for vårsirkulasjon er å fastslå basisgehalten (utgangskonsentrasjonene) av

stoffer som har betydning for produksjonsforholdene i innsjøen. Bl.a. er basisgehalten av fosfor av stor betydning for forståelsen av eutrofiutviklingen (se fig. 2 og 3). Hensikten med undersøkelsene under stagnasjonsperiodene er først og fremst ment å klarlegge oksygenforhold og innhold av plantenæringssalter i de dypere lag under disse perioder. På grunnlag av dette materialet skulle det være mulig å få forståelse for eventuell frigivelse av fosfat fra sedimentene, noe som er av fundamental betydning i denne sammenheng.

### 3.1.2 Biologiske undersøkelser

#### Planteplankton

Da eutrofiutviklingen i dag er det største problemet for Mjøsa, er det viktig at planteplanktonets utvikling blir fulgt opp. Under den egentlige vekstsesongen (mai-oktober) bør det samles inn data angående planteplanktonets sammensetning (dominerende arter), mengde (algevolum, total klorofyll a) og produksjon (dagsproduksjon, årsproduksjon) fra de 5 hovedstasjonene nevnt ovenfor (fig. 1).

Vi vil foreslå at det i det nevnte tidsrom innsamles kvantitative planteplanktonprøver 10-12 ganger fra såvel 1 m dyp som fra sjiktet fra 0-10 m (blandprøve). Dette materiale vil kunne beskrive planteplanktonets sammensetning og volum. Som supplement til volumdataene bestemmes også total klorofyll a og andre pigmenter. Primærproduksjonsmålinger utføres med  $C_{14}$ -teknikk ved samme tidspunkter. Som supplement til de biologiske data vil det bli samlet inn data for siktedyp, temperatur, alkalitet, pH, kisel nitrogen og fosfor. Alkalitet og pH er nødvendige parametre ved beregning av primærproduksjon.

Ved de biologiske supplementstasjonene (fig. 1) vil vi foreslå at det i tidsperioden mai-oktober samles inn data for tot. klorofyll a minst en gang hver måned fra såvel 1 m dyp som fra en blandprøve fra overflaten til 10 m dyp. Disse data bør kompletteres med kisel, fosfor og nitrogenanalyser fra blandprøven. Datainnsamlingen ved supplementstasjonene har i første rekke til hensikt å gi informasjon om planktonutvikling i relasjon til vannføringen i Lågen. Foruten ovennevnte program ser vi det som viktig å kunne følge utviklingen av blågrønnalgen *Oscillatoria* mer i

detalj. Dette har praktisk betydning ved valg av inntaksdyp for drikkevann o.l. Vi vil derfor foreslå at det ved to av hovedstasjonene, f.eks. st. M4 (Skreia) og st. M3 (Furnesfjorden) samles inn månedlige planktonprøver fra en serie fra overflaten til bunnen. Disse prøver (ca. 13 pr. st.) analyseres bare på forekomst av *Oscillatoria*.

#### Dyreplankton

For å skaffe til veie informasjon om eventuelle forandringer i dyreplanktonsamfunnet, hvilket er ønskelig både såvel i fiskeri-biologisk som i eutrofieringssammenheng, vil vi foreslå at det en gang pr. år samles inn et kvantitativt og kvalitativt dyreplanktonmateriale i tidsrommet august-september ved samtlige 5 hovedstasjoner (fig. 1).

#### Fisk

Selv om man i de senere år har foretatt til dels omfattende fiske-biologiske undersøkelser i Mjøsa i forbindelse med utbyggingen av Hunderfossen, anser vi det ønskelig at en grundigere undersøkelse snarest kan settes i gang. Denne undersøkelse bør drives og planlegges av Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk. Det er spesielt viktig med en kontinuerlig årlig data-innsamling hva angår fangst og bestandfordeling hos økonomisk verdifulle fiskearter, f.eks. aure, lågesild, sik og krøkle. Særlig er bestandsfluktasjoner hos lågesild, sik og krøkle av interesse da disse tre arter er næringskonkurrenter og kan forventes å reagere forskjellig på en trofi-forandring i innsjøen. Det er også av stor betydning å følge bestanden av "edlere" fiskearter i relasjon til mindre verdifulle arter. Som kjent får de sistnevnte fordeler ved en øket eutrofiering.

#### 4. MATERIALTRANSPORT TIL MJØSA

Ved siden av stadig komplettering av utslippsdata (registreringsdata) vil vi foreslå en kontinuerlig innsamling av stofftransportdata fra følgende tilløpselver (samt utløpet Vormå):



Vestsiden:	Østsiden:	Hovedtilløp/avløp:
Gausa	Mesna	Lågen (ved Fåberg)
Rinda	Moelva	Vorma
Vismunda	Brummunda	
Stokkelva	Flakstadelva	
Braastadelva	Svartelva	
Hunnselva	Vikselva	
Lena		

Ved siden av registrering av vannføring og temperatur, vil det bli samlet inn vannprøver som analyseres på pH, konduktivitet, farge, turbiditet, organisk stoff ( $\text{KMnO}_4$ ), total fosfor og total nitrogen - for Lågen og Vorma kommer tørrstoff og gløderest i tillegg. Vi vil foreslå at det i tidsrommet april-oktober samles inn ukentlige prøver som i slutten av hver måned blandes sammen til en blandprøve, og derpå analyseres på komponenter nevnt ovenfor. I tidsrommet november-mars, når vannføringen er mer stabil, samles det inn en vannprøve pr. elv hver måned.

Prøvene som samles inn i mars (vintervannføring) og mai (flomvannføring) bør ved siden av de nevnte parametre også analyseres på hovedkomponentene: Kalsium, magnesium, natrium, kalium, hydrogenkarbonat, sulfat og klorid samt jern, mangan og kisel. Tungmetaller som bly, kadmium, kobber og sink bør dessuten bestemmes i marsprøven.

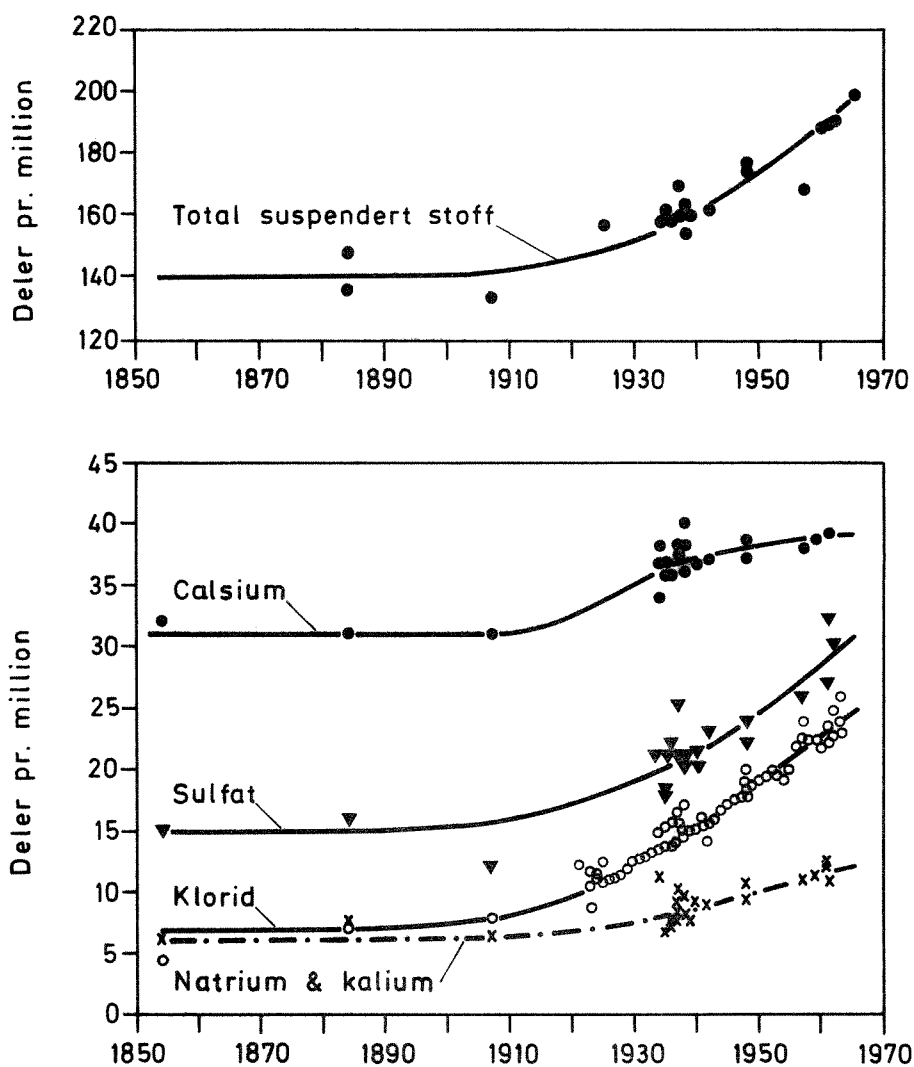
## 5. UNDERSØKELSER HVERT 5. ÅR

### 5.1 Fysisk-kjemiske undersøkelser

Utover de fysisk-kjemiske parametre som analyseres hvert år i forbindelse med prøvetakingen om våren (vårsirkulasjonen, vil vi for hvert 5. år foreslå et utvidet program med analyse av hovedkomponentene kalsium, magnesium, natrium, kalium, kobber og sink. Hensikten med denne undersøkelse er en langsiktig dokumentasjon av de ovenfor nevnte komponenters konsentrasjonsnivå (se fig. 4).

Fig.4 Eksempler på forandringer i de kjemiske forhold i Lake Ontario

De fleste kloridverdier for 1923-63 er hentet fra Schenk og Thompson (1965); klorid-, sulfat- og total suspendert stoff-verdier for 1961 og 1962 er fra St. Lawrence River, Massena, New York ( U.S. Public Health Service, 1962). Se Beeton (1965) for ytterligere datakilder



## 5.2 Biologiske undersøkelser

### Bunndyr

Bunnorganismer er spesielt følsomme for forurensninger, bl.a. økt organisk belastning av de dypere bunnområder. Dette har sammenheng med at de forekommer konsentrert i grensesonen mellom sediment og vann der forurensninger lett påvirker viktige prosesser, bl.a. oksygenhusholdningen.

For å kunne følge utviklingen i Mjøsas dypere vannmasser og bunnpartier med hensyn til organisk belastning, oksygenforhold og eventuelle giftvirkninger, vil vi foreslå at det hvert 5. år samles inn bunnfaunaprøver fra i alt 35 prøvepunkter/dyplokaliteter innenfor de 9 områder/stasjoner som er angitt i fig. 5. Det bør her samles inn 10 parallelle prøver fra hvert dyp (prøvepunkt). Dette skulle i alt tilsvare 350 enkeltprøver. Som prøvetakingstidspunkt foreslås senhøst eller vår. Prøven tas med Ekmangrabb, siles gjennom en 0,6 mm duk og materialet konserveres med 4% formalin. Ved hvert prøvetakingstidspunkt bestemmes materialet om mulig til artsnivå (spesielt viktig når det gjelder indikatorarter) - mengde og biomasse (vekt) beregnes. Bunnfaunaundersøkelsene må i første rekke ses som supplement til de fysiske-kjemiske undersøkelser i forbindelse med stagnasjonsperiodene, men vil også gi verdifull informasjon for de fiske-ribiologiske undersøkelsene.

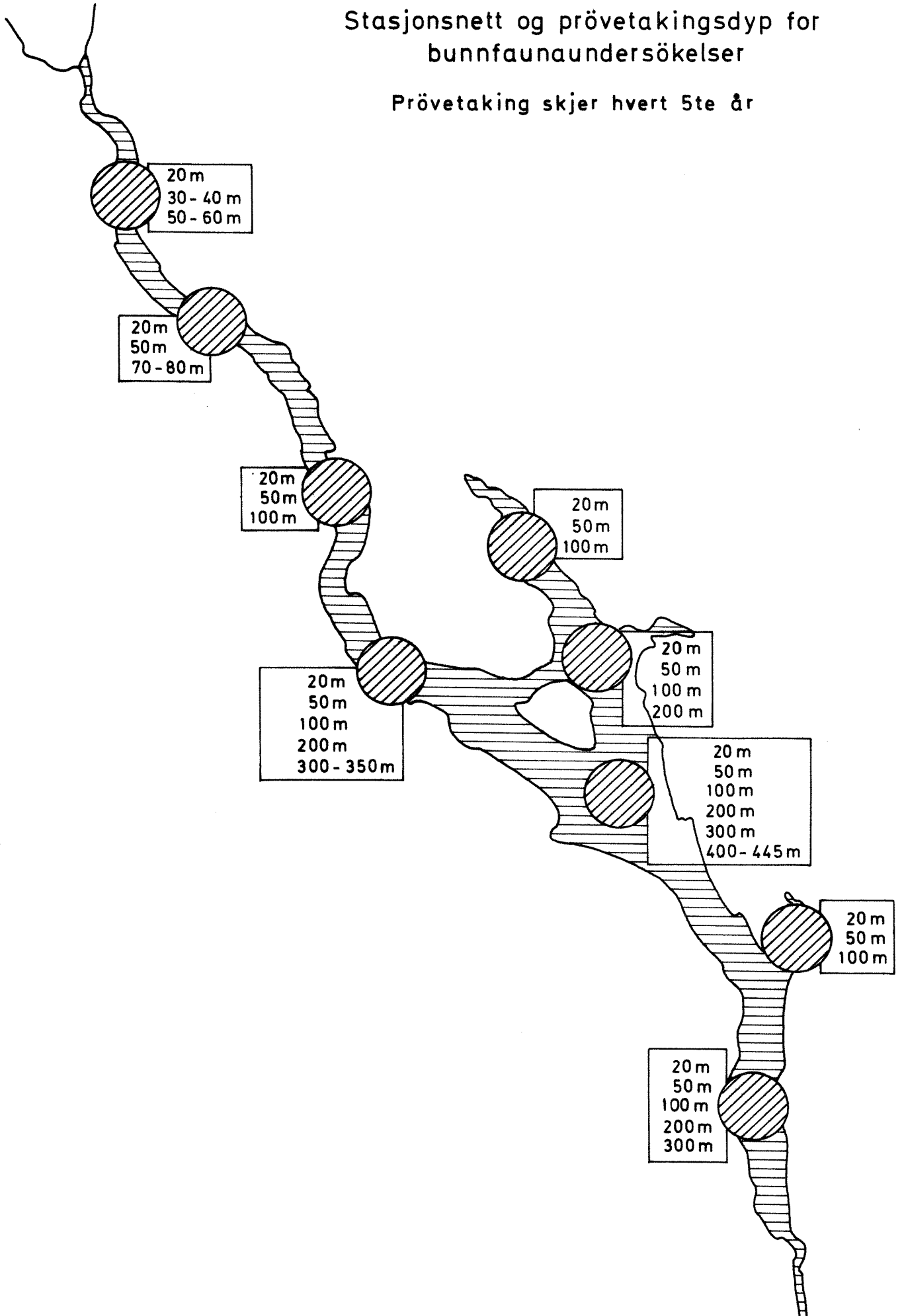
### Fisk

For å kunne følge eventuelle langsiktige forandringer i fiskefaunaen med hensyn til balanse mellom de ulike fiskearter og deres utbredelse i innsjøen, vil vi foreslå prøvefiske hvert 5. år ved et antall faste stasjoner. Hvor mange stasjoner det her vil bli tale om og hvor de skal plasseres, bør vurderes når resultatene fra en første, mer omfattende fiskebiologisk undersøkelse foreligger. Dette gjelder også tidspunkt for prøvefisket. Ovennevnte undersøkelse bør ses som supplement til den årlige innsamling av fangststatistikk og oppfølging av bestandsfordeling hos viktigere fiskearter (aure, sik, lågesild, krøkle).

Fig.5

### Stasjonsnett og prøvetakingsdyp for bunnfaunaundersøkelser

Prøvetaking skjer hvert 5te år



## 6. RAPPORTERING

Det foreslås at det utarbeides årlige datarapporter med en kort omtale av forurensningssituasjonen og forurensningsutviklingen. Utkast til rapporten legges frem for styringsgruppen i løpet av mars-april året etter undersøkelsesåret. Mer markerte forandringer som inntreffer under selve undersøkelsesperioden, må likevel omgående bli rapportert til styringsgruppen. Hvert 5. år kan det være hensiktsmessig med en populær fremstilt samlerapport.

## 7. ANSVAR

Vi ser det som naturlig at hovedansvaret for en fortsatt undersøkelse og oppfølging av forurensningssituasjonen i Mjøsa i likhet med tidligere år faller på en styringsgruppe sammensatt av representanter for instanser med spesielle interesser og ansvar i denne anledning, forslagsvis Miljøverndepartementet, Statens forurenningstilsyn, lokale tilsynsmyndigheter (berørte fylker), Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk og NIVA.

Muligens kan det allerede på nåværende tidspunkt være hensiktsmessig å opprette et vassdragsforbund for Lågenvassdraget, eventuelt hele øvre delen av Glommavassdraget. Ved dette skulle man på en bedre måte kunne samkjøre og samordne Mjøsundersøkelsen med eventuelle andre undersøkelser nå og i fremtiden.

## 8. STØRRE FORSKNINGSBÅT FOR MJØSUNDERSØKELSEN

Et betydelig problem for den praktiske utførelsen av Mjøsundersøkelsene har vært at de båtene som er blitt brukt, har vært for små og saktegående.

Både de biologiske og fysisk-kjemiske forhold varierer betydelig fra sted til sted. Dette har sammenheng med avrenningsforholdene, men vind- og strømforholdene er også en vesentlig årsak til dette. For å få et representativt dokumentasjonsmateriale om disse forhold, er det nødvendig å samle inn prøver fra store områder, helst hele Mjøsa, omtrent samtidig (samme dag). Hvis dette skal være mulig, er det nødvendig å anvende en

hurtiggående båt (Mjøsa er ca. 110 km lang og ca. 14 km bred). En slik båt vil også i vesentlig grad redusere arbeidstiden i felt.

Vindforholdene i Mjøsa er ofte sterkt sjenerende for utøvelsen av feltarbeidet. Ofte kan vind- og værforholdene forårsake "landligge" i ukevis. Vår nåværende båt er for liten under slike forhold. Dermed går verdifullt observasjonsmateriale i et systematisk undersøkelseopplegg tapt. Det kan også ofte plutselig blåse kraftig opp, og da er det med nød og neppe man kommer helskinnet til lands. Slike prekære situasjoner har vi opplevet flere ganger.

I den fortsatte Mjøsundersøkelse er det planlagt at, ved siden av tilsvarende observasjoner som er utført hittil, innsatsen på det fiskeribiologiske område skal økes. Videre er det meningen å intensivere strømningsundersøkelsene. Utførelsen av begge disse aktiviteter krever en større, hurtiggående båt. Det samme gjelder innsamling av materiale fra bunnsedimentene.

Vi regner med at det vil bli behov for undersøkelser og oppfølging av forurensningssituasjonen i Mjøsa i lang tid fremover, og det vil derfor også være behov for en hensiktsmessig båt i lang tid.

Den båttype som vi foreløpig har festet oss ved som hensiktsmessig og anvendelig både hva størrelse og fart angår, er en 36 fot's Viksunds- båt med en toppfart mellom 20 og 30 knop. En slik båt med utstyr - ekko- lodd, vinsj o.l. - koster i dag ca. kr. 500.000,-

HOL/IBO

7.2.77

ÅRLIGE UTGIFTER:

I. Fysisk-kjemiske undersøkelser

Feltarbeid : Elver

Bilutgifter kr. 25.000,-  
Arbeidsomkostninger " 70.000,-

Feltarbeid : Mjøsa

Båtutgifter og arbeidsomkostninger kr. 75.000,-

Kjemiske analysearbeider " 110.000,-

II. Biologiske undersøkelser

A. Planteplanktonets sammensetning, biomasse og produksjon

Analysearbeid

Kval. plankton kr. 40.000,-  
Kvant. plankton " 40.000,-  
Tot. klorofyll a " 13.000,-  
Produksjon (C<sub>14</sub>) " 50.000,-

B. Dyreplankton

Analysearbeid kr. 30.000,-

Feltarbeid A og B

Båtutgifter og arbeidsutgifter kr. 25.000,-

III. Fysiske og hydrologiske undersøkelser <sup>x)</sup> kr. 150.000,-

IV. Bearbeidelse av materiale

Planteplankton kr. 100.000,-  
Zooplankton " 150.000,-  
EDB-bearbeidelse " 50.000,-

V. Husleie o.l. kr. 50.000,-

VI. Møter, generell drift, utarbeidelse av rapport m.m. kr. 73.000,-

Tilsammen kr. 1.000.000,-

Ny forskningsbåt ca. kr. 500.000,-

x) Detaljert program for denne del av undersøkelsen er ennå ikke utarbeidet.

Bilag 1

ANNEX I

OECD PROGRAMME FOR MEASURING EUTROPHICATION  
OF INLAND WATERS

Revised Guidelines for Calculating Summary Values of Essential  
Parameters for Correlations (9th April, 1976)

---

I. Nutrient Loadings

Annual loadings <sup>x)</sup> in  $\text{g/m}^2$  year, and net loading of

- total phosphorus (PT)
- fraction of PT which is in the form of orthophosphate (after filtration and without digestion)
- total nitrogen (NT) - organic (Kjeldahl) plus mineral nitrogen
- fraction of above which is in the form of mineral dissolved nitrogen ( $\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_3$ )

Net loading = total incoming external nutrient load minus the outgoing through the outlet on an annual basis.

<sup>x)</sup> To total annual load add in parenthesis % of total derived by measurements (i.e. rest would result from calculation); 100% means - the total was estimated at the sole basis of individual inflow measurements, 0% means - the loading total results entirely from indirect estimates.

II. Nutrient Concentrations

- (1) Spring overturn concentrations of the mixed layer (value at the time of maximum content if possible) of
  - PT
  - fraction of PT as  $\text{P}(\text{PO}_4)$
  - NT
  - fraction of NT as  $\text{N}(\text{NO}_3, \text{NH}_3)$
- (2) Calculated mean concentrations, derived from the total content of the lake, of PT and NT.
- (3) Average annual concentrations of PT and NT (calculate by adding the mean values of all surveys and dividing by the lake volume).
- (4) Annual and seasonal average nutrient concentrations of PT and NT in the euphotic zone (calculations in accordance with VI (1) and (6)).



III. Annual Primary Production

In  $\text{gC/m}^2 \cdot \text{y}$  (Calculated in accordance with IBP Handbook No. 12).

State number of daily measurements.

IV. Minimal and Maximal Primary Production Rates (selected individual values)

-  $\text{gC/m}^2$  day

-  $\text{gC/m}^3$  day ("maximum" values of the depth profile).

V. List Separately from Elaborations under VI Peak (average)

Chlorophyll 'a' values

in  $\text{mg/m}^2$  and  $\text{mg/m}^3$ . (Peak average means maximum average column value [see 6(c) of a year] "not" the individual absolute value of a year).

VI. Calculations for Chlorophyll 'a' of the Euphotic Zone <sup>x)</sup>

Calculate:

- 1) Depth  $Z_e$  of the euphotic zone for all individual surveys -
  - (a) From photometric measurements ( $Z_e$  is given by the depth at which the light intensity of the photosynthetically active spectrum (400 - 700  $\text{m}\mu$ ) equals 1% of its subsurface light intensity  $I_o^1$ ; for determination of IBP Handbook No 12), or alternatively,
  - (b) from Secchi disk readings  $s$  (in metres)  
$$Z_e \approx 2.5 s$$
- 2) Chlorophyll per unit of lake surface on each survey, in  $\text{mg/Chl.a/m}^2$ , for the euphotic zone  $Z_e$ .  
This can be done either by simple summation, or by planimetry of depth profiles in the case of strong vertical inhomogeneities (applies to integrated samples),
- 3) Average column chlorophyll concentrations for each survey, in  $\text{mg Chl.a/m}^3$   
From  $\sum^{ze} (\text{Chl.a})$ , as calculated in 2), divided by  $z_e$ .  
In the case of strong horizontal and vertical differentiation, calculation of weighted means is recommended.

---

x) In principle the same procedure should be applied, instead of or in addition to chlorophyll estimates; biomass estimates were also de.

- 4) Yearly average standing chlorophyll mass, in  $\text{mg}/\text{m}^2$ .

Plot values from 2 on a time diagramme, and calculate average value from planimetry of the area under the time curve.

- 5) Yearly average chlorophyll a concentration.

Do the same as outlined in 4) plotting the average column chlorophyll concentrations as calculated from 3).

- 6) "Seasonal" average chlorophyll values.

Annual averages may not be representative for all purposes. For this a further break-down in seasons is proposed, using the diagrammes plotted in 4) and 5).

The following definitions for the seasons are proposed:

- (a) "Spring" : From the onset of the spring production until the onset of the summer thermal stratification;
- (b) "Summer" : From the onset of the summer stratification until the onset of the fall overturn;
- (c) "Fall" : From the onset of the fall overturn until the break-down of the fall population;
- (d) "Winter" : Remaining period.

In order to facilitate the break-down plot, and isothermdepth-time diagramme of temperature may be superimposed on the chlorophyll-time diagrammes, e.g. (see attached).

Calculate for each period average standing chlorophyll mass per unit of surface and average chlorophyll concentration.

Similar break-downs could also be attempted for primary production.

For reservoirs and lakes showing very irregular production patterns, it is recommended to make break-down only for two "seasons" ("Summer" - "Winter").

#### VII. Hypolimnetic Areal Oxygen Depletion

- Calculate difference between hypolimnetic oxygen content ( $\text{g O}_2/\text{m}^2$ ) at the onset and at the end of summer stratification or untill

complete oxygen depletion in the hypolimnion, if this occurs prior to the onset of fall overturns

- Average monthly depletion rates

Definition of "hypolimnion":

This may create difficulties. Best results can be expected from lakes having a well defined thermocline ( $\leq 1^{\circ}\text{C}/\text{m}$ ) at the end of summer stagnation. The "hypolimnion" may then be considered as beginning downwards from the depth of the inflexion point during the two months preceding the onset of the fall overturn. In deep lakes such a thermocline reference may not be particularly indicated. In other lakes the existence of metalimnetic oxygen maxima and minima may create difficulties. Note that application to very shallow lakes and mero-mictic lakes is not possible.

General Note

- (i) Where clearly separate basins of a lake exist with separate characteristics those basins will be considered as separate lakes and calculations applied accordingly.
- (ii) When averaging of results is required, the principles of para. VI sub-paras. (4) and (5), should be applied.

SOME ESSENTIAL CORRELATIONS

Annual average chlorophyll ( $\text{mg Chl a}/\text{m}^2 \cdot \text{year}$ ) against load ( $\text{gP}/\text{m}^2 \cdot \text{y}$  and  $\text{gN}/\text{m}^2 \cdot \text{y}$  respectively).

For lakes in which primary production was measured: annual primary production ( $\text{gC}/\text{m}^2 \cdot \text{y}$  against total and net load respectively as above), calculated in accordance with para. II sub-paras. (1) and (2).

- (a) Average overturn spring concentrations (possibly peak values) of P and N against respective annual loads, calculated in accordance with para. II.
- (b) Average annual concentration calculated in accordance with para. II against annual loading.

Average spring and separately average chlorophyll, calculated over growing season, ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) against spring overturn concentrations of P and N respectively. (To be calculated as for 5 by planimetry).

Load (P and N respectively, in  $\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{y}$ ) against mean depth and mean depth/water residence time (water residence time = volume/annual water discharge). Define subjectively trophic state of lake : oligotrophic (o), mesotrophic (m), eutrophic (e), with special emphasis on epilimnetic and macrophyte problem where applicable.

Areal hypolimnetic oxygen depletion and average monthly depletion rates against :

- annual load (P and N respectively)
- annual average chlorophyll
- annual average primary production
- average spring + summer chlorophyll ( $\text{mg}/\text{m}^2$ )
- spring + summer primary production ( $\text{gC}/\text{m}^2 \cdot \text{seasons}$ )

It is further recommended to refer the hypolimnetic areal oxygen depletion to the area of the hypolimnion  $A_H$  which should be derived from a hypsometric curve.

Determination of "seasons"

