

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
BLINDERN

O 15/64

ØYEREN

En limnologisk undersøkelse

1961 - 1968

Saksbehandler: Cand.real. Hans Holtan

Rapporten avsluttet juli 1970

INNHALDSFORTEGNELSE:

| | Side: |
|--|-------|
| 1. INNLEDNING | 5 |
| 2. BESKRIVELSE AV NEDBØRFELTET | 5 |
| 2.1. Generell beskrivelse | 5 |
| 2.2. Vegetasjonsforhold, bosetting og virksomheter | 7 |
| 3. MORFOMETRISKE OG HYDROLOGISKE FORHOLD | 10 |
| 3.1. Morfometriske forhold | 10 |
| 3.2. Hydrologiske forhold | 12 |
| 4. OBSERVASJONS- OG ANALYSEMETODIKK | 16 |
| 5. HYDROGRAFISKE FORHOLD | 20 |
| 5.1. Undersøkelser lagt til grunn for den hydrografiske beskrivelse | 20 |
| 5.2. Temperaturforhold | 21 |
| 5.3. Kjemiske forhold | 25 |
| 5.3.1. Oksygenforhold | 25 |
| 5.3.2. Andre kjemiske forhold | 25 |
| 5.4. Diskusjon av de hydrografiske forhold | 33 |
| 6. BIOLOGISKE FORHOLD | 36 |
| 7. BAKTERIOLOGISKE FORHOLD | 41 |
| 8. SAMMENFATTENDE DISKUSJON | 42 |
| 9. PRAKTISKE KONKLUSJONER | 45 |
| 10. LITTERATURLISTE | 47 |

TABELLFORTEGNELSE:

| | Side: |
|---|-------|
| 1. Øyerens nedbørfelt. Utnyttelse og bosettingsforhold | 7 |
| 2. Arealer og antall mennesker i nedbørfeltet ovenfor og nedenfor Nestangen, regnet i prosent av de respektive størrelser for hele nedbørfeltet | 9 |
| 3. Morfometriske og hydrologiske forhold | 12 |
| 4. Månedsmidler for vannføring i Glåma ved Rånåsfoss og Solbergfoss samt normalvannføring ved Mørkfoss | 13 |
| 5. Tidsangivelse for innsamling av prøver | 20 |
| 6. Middelerverdier for kjemiske komponenter 1961 - 1962 | 25 |
| 7. Middelerverdier for kjemiske komponenter 1966 - 1968 | 26 |
| 8. Øyeren og Mjøsa. Fosfater og nitrater, middelerverdier og variasjonsbredde 1967 | 35 |
| 9. Plankton i Øyeren 24/7 1958 - 18/12 1958 | 37 |
| 10. De viktigste planteplanktonartene i håvtrekk fra Øyeren 1961 - 1964 | 39 |
| 11. Hydrokjemiske data fra håvtrekkstasjonene i tabell 10 | 39 |
| 12. Sammenlikning av materiale fra håvtrekk i Mjøsa, Glåma og Øyeren | 40 |
| 13. Folketall og virksomheter i nedbørfeltet i forhold til den midlere vannføring i Glåma ved Bingsfoss og ved utløp Øyeren | 42 |

FIGURFORTEGNELSE:

| | Side: |
|--|-------|
| 1. Øyeren. Oversiktskart over nedbørfelt med stasjonsplassering | 6 |
| 2. Øyeren. Dybdekart | 11 |
| 3. Øyeren. Vannstandsvariasjoner 1966 - 1967 | 14 |
| 4. Øyeren. Isothermer 1961 - 1962 | 22 |
| 5. Øyeren. Vannføring, temperatur og elektrolytisk ledningsevne 1961 - 1962 | 23 |
| 6. Øyeren. Temperaturobservasjoner i °C 1966 - 1968 | 24 |
| 7. Øyeren. Oksygenisopleter 1961 - 1962 | 27 |
| 8. Øyeren. % oksygenmetning 1966 - 1968 | 28 |
| 9. Øyeren. Isolinjer for elektrolytisk ledningsevne og turbiditet 1961 - 1962 | 30 |
| 10. Øyeren. Elektrolytisk ledningsevne ($\mu\text{S}/\text{cm}$) ved 20°C 1966 - 1968 | 31 |
| 11. Øyerens nedbørfelt. Arealutnyttelse og bosettingsforhold | 43 |

1. INNLEDNING

Etter oppdrag fra Samarbeidskomitéen for Akershus fylke og Oslo kommune, skal vi i det følgende, på grunnlag av tidligere undersøkelser, beskrive og vurdere Øyeren som drikkevannskilde. De nevnte undersøkelser er angitt i litteraturlisten, og det dreier seg til dels om arbeider som er utført av studenter og andre utenfor vårt institutt og til dels om undersøkelser som er utført av NIVA. Spesielt vil vi henlede oppmerksomheten på våre rapporter 0-110/65 og 0-325.

Det samme undersøkelsesmaterialet ble benyttet ved utredningen for Østlandskomiteen (se litteraturlisten). I denne rapport er materialet bearbeidet ytterligere, og det er således mulig å gi sikrere konklusjoner med hensyn til innsjøens tilstand. Hovedkonklusjonene avviker imidlertid ikke fra de som ble gitt i rapporten for Østlandskomiteen.

2. BESKRIVELSE AV NEDBØRFELTET

2.1. Generell beskrivelse

Øyerens nedbørfelt, som omfatter store deler av Østlandsområdet, er ved Mørkfoss 39.964 km² (figur 1). Feltets geologiske oppbygging er forskjelligartet. I nord er berggrunnen bygd opp av sterkt omdannede kambrosiluriske sedimentbergarter. I nordvest strekker feltet seg inn i det nordvestlandske grunnfjellsområde som vesentlig består av gneiser. Lenger syd er sparagmitter den dominerende bergart. Lengst i nord er denne bergart sterkt omdannet, men lenger sydover har den vært mindre utsatt for metamorfose. Enkelte steder i sparagmittområdet finnes det kalkstein. Store deler av bergartsmassene i Jotunheimen består av mørke bergarter, gabbroer, som er blitt skjøvet på plass under den kaledonske jordskorpebevegelse. Under dette skyvedekke ligger det et lag med "Valdres-sparagmitt", og lenger nede i lagrekken kambrosiluriske sedimentbergarter, fyllitter og glimmerskifre.

I Mjøsområdet er berggrunnen stort sett bygd opp av lite omdannede kambrosiluriske sedimentbergarter. Øst og syd for Mjøsa består fjellgrunnen av grunnfjell, i det vesentligste gneiser og gneisgranitter.

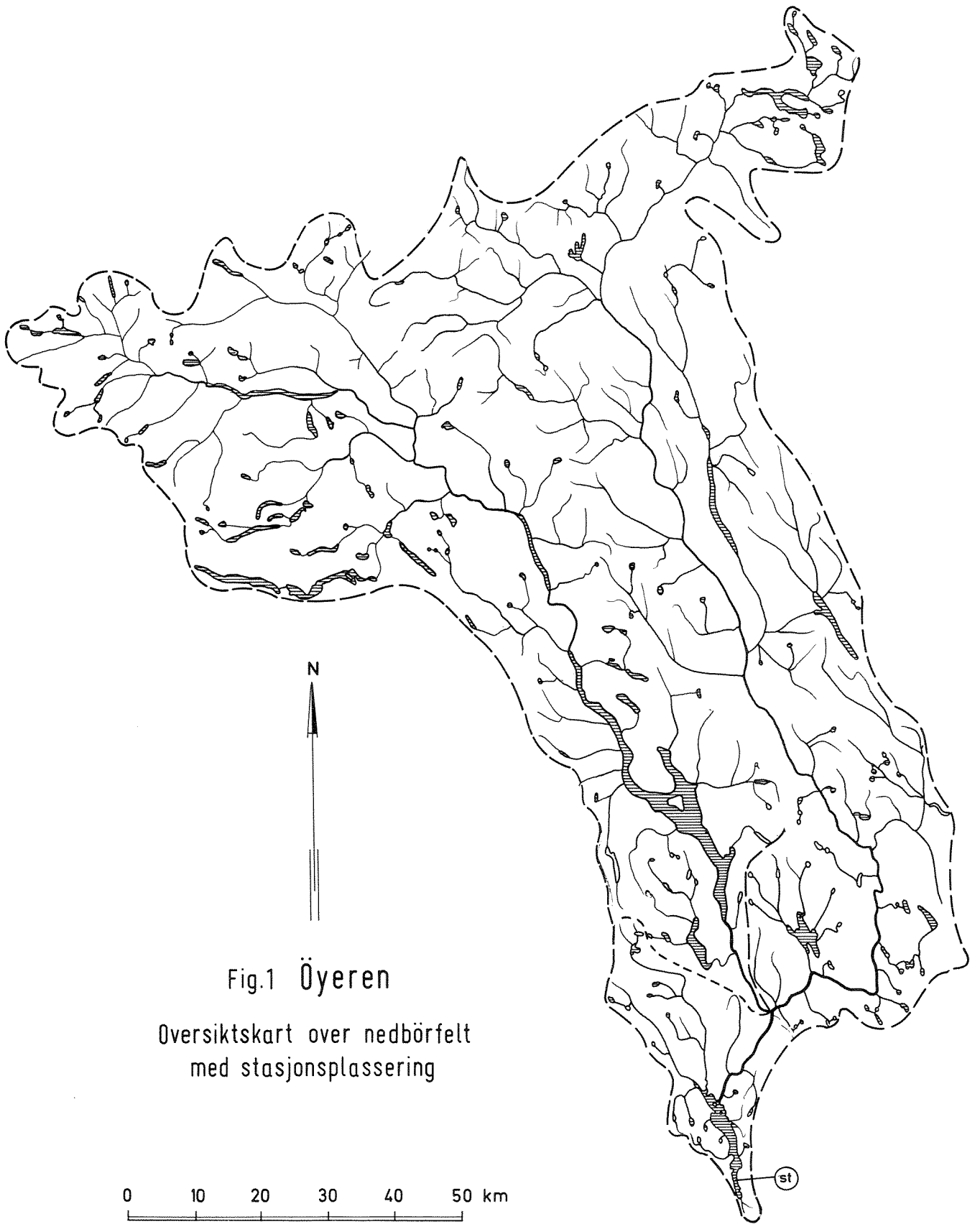


Fig.1 Öyeren

Oversiktskart over nedbørfelt
med stasjonsplassering

0 10 20 30 40 50 km

Løsavsetningene i feltet er for det meste et jevnt dekke av bunnmorenetypen. Enkelte steder finner man store mengder morenemateriale, hvis opprinnelse stammer fra bredemmede sjøer, sidemorener osv. Syd for Mjøsa har løsavsetninger i stor utstrekning blitt avsatt i havet, og her er store områder dekket med marin leire. Da isen trakk seg tilbake hadde den et langt opphold i Romerikeområdet. Her ble det derfor dannet en endemorene med betydelige dimensjoner (Hauerseterrinnet).

2.2. Vegetasjonsforhold, bosetting og virksomheter

Tabell 1 gir en oversikt over skog- og jordbruksvirksomheten i Øyerens totale nedbørfelt, og i nedbørfeltet ovenfor og nedenfor Årnes (samløp Vormå, Glåma).

Tabell 1. Øyerens nedbørfelt. Utnyttelse og bosettingsforhold

| Faktorer | | Øyerens nedbørfelt | Nedbørfelt ovenfor Nestangen | Nedbørfelt nedenfor Nestangen |
|--------------------------------|-----------------|--------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Nedbørfelt, | km ² | 39.964 | 37.964 | 2.000 |
| Skog, | km ² | 12.930 | 11.735 | 1.195 |
| " i % av nedbørfelt | | 32,4 | 30,9 | 59,8 |
| Myr, | km ² | 2.242 | 1.927 | 315 |
| " i % av nedbørfelt | | 5,6 | 5,1 | 15,7 |
| Dyrket mark, | km ² | 1.887 | 1.669 | 228 |
| " " i % av nedbørfelt | | 4,7 | 4,3 | 11,4 |
| Uproduktivt område, | km ² | 22.895 | 22.633 | 262 |
| " " i % av nedbørfelt | | 57,3 | 59,6 | 13,1 |
| Antall mennesker (januar 1967) | | 398.500 | 296.600 | 101.900 |
| " " pr. km ² | | 10,0 | 7,8 | 51,0 |

Av Glåmavassdragets (Glåma + Vormå) nedbørfelt ved Nestangen (samløp Glåma og Vormå) er det 59% vann og lite produktivt område. De viktigste jordbruksområder og tettbebyggelser i dette område ligger rundt Mjøsa og Vormå. I Glåmadalføret er det også betydelig jordbruksvirksomhet og bosetting, særlig i den nederste delen (nedenfor Rena). I de beste jordbruksområder er korn dyrking den viktigste driftsmåte, i mer perifere områder dominerer husdyrholdet. I feltet ligger det store skogområder som også kan ha betydning for vannmassenes kvalitative egenskaper.

I Øyerens lokale nedbørfelt (nedenfor Nestangen) er det pr. arealenhet betydelig større virksomhet innenfor jord- og skogbrukssektoren sammenliknet med forholdene i det øvrige nedbørfelt. Korndyrking er den viktigste driftsmåte også i dette område, men det er også et betydelig husdyrhold. Jordbruksarealene i prosent av nedbørfeltet i områdene ovenfor og nedenfor Nestangen er henholdsvis 4,3 og 11,4%. Befolkningstettheten er her ca. 6,5 ganger så stor som i den ovenforliggende del av feltet. Befolkningstettheten er størst like nord for innsjøen. Skedsmo kommune, som også omfatter Lillestrøm, hadde således pr. 1. januar 1969: 29.828 innbyggere. Øyeren og dens tilløpselver brukes i utstrakt grad som resipienter for kloakkvann og avløpsvann fra jordbruket og innretninger i tilknytning til jordbruket (halmlutingsanlegg, siloer o.l.) samt for industriavløpsvann.

I Øyerens totale nedbørfelt er en rekke forskjellige industrigrøner representert. Av industrier, som er årsak til organisk belastning, har antakelig treforedlingsindustrien størst betydning. 8 slike bedrifter har tilsammen utslipp som svarer til ca. 475.000 personekvivalenter organisk stoff hvorav 216.000 ekvivalenter tilføres Vormå via Andelva. I det lokale nedbørfelt for Øyeren er det imidlertid bare en bedrift av denne type, med et utslipp av organisk stoff som tilsvarende ca. 3500 personekvivalenter.

Lokalt kan enkelte av de 6 store halmluterier i området omkring Øyeren ha betydning for forurensningssituasjonen, særlig på grunn av sin plassering ved mindre resipienter som renner ut i Øyeren. I alt lutet disse 6 fellesanlegg for halmluting 1958 tonn halm i sesongen 1966/1967, den organiske stoffmengde svarer til 6930 personekvivalenter. I hele nedbørfeltet ligger det i alt 23 slike anlegg for halmluting, og i sesongen 1966/1967 ble det her lutet 12.343 tonn halm, tilsvarende 43.190 personekvivalenter regnet som organisk stoff.

De lokale meierier har neppe vesentlig betydning for forurensningssituasjonen i Øyeren. 9 meierier i det lokale nedbørfelt mottok ca. 21,5 millioner liter melk. Denne virksomhet svarer til utslipp av organisk stoff omtrent ekvivalent med organisk belastning for 2000 personer. I hele nedbørfeltet er det 52 meierier som mottok mer enn 260 millioner liter melk pr. år. Utslippene fra disse meierier kan med hensyn til organisk stoff settes ekvivalent med ca. 50.000 personer.

I Øyerens lokale nedbørfelt ligger ingen større slakterier, men i hele nedbørfeltet ligger 5 slakterier med slaktemengde på tilsammen 11.800 tonn. Dette svarer til utslipp av organisk stoff ekvivalent med belastningen fra 3700 personer.

Av andre mulige kilder for organisk belastning må Gullaug Kjemiske Fabrikker A/S nevnes. Dessuten er det en rekke bedrifter innen næringsmiddelindustrien både i det lokale nedbørfelt og i hele nedbørfeltet.

I det lokale nedbørfelt ligger en del tekstilindustri. Dette er imidlertid først og fremst konfeksjon og trikotasjefabrikker, og de spiller vel en underordnet betydning når det gjelder organisk belastning av resipientene.

Bedrifter innen jern- og metallindustrien er rikt representert både i det lokale og i det totale nedbørfelt. Her kan nevnes flere bedrifter for elektriske artikler, større mekaniske verksteder, f.eks. Strømmen mekaniske verksted A/S, galvanotekniske bedrifter, fabrikker for stålrørsmøbler osv. Fordi disse bedrifter dekker et såvidt bredt spektrum av produkter, er det vanskelig å fastslå betydningen av utslippene ut fra forurensningssynspunkt, men slike bedrifter kan i det minste lokalt ha betydning for forholdene i vassdraget.

Tabell 2. Arealer og antall mennesker i nedbørfeltet ovenfor og nedenfor Nestangen, regnet i prosent av de respektive størrelser for hele nedbørfeltet

| | Nedbørfelt ovenfor Nestangen | Nedbørfelt nedenfor Nestangen |
|-------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| Nedbørfelt | 95,0 | 5,0 |
| Skog | 90,9 | 9,1 |
| Myr | 86,0 | 14,0 |
| Dyrket mark | 87,8 | 12,1 |
| Mennesker | 74,4 | 25,6 |

De forskjellige områders betydning for forurensningssituasjonen i Øyeren kan til en viss grad vurderes ut fra tabell 2. På grunn av vassdragenes selvrensningsevne spiller tilførselen av forurensninger til fjernereliggende deler av vassdraget mindre direkte rolle for Øyerens forurensningstilstand enn den forurensningsbelastning innsjøen får fra sitt lokale nedbørfelt. Eventuelle forurensninger fra Gudbrandsdalen og Mjøsbygdene må passere Mjøsa før de når Øyeren, og det er grunn til å regne med en betydelig kvalitetsendring av vannmassene i denne innsjø, hvor den teoretiske oppholdstid er ca. 6 år. Konklusjonen må altså bli at den primære forurensning i Øyeren i høy grad er betinget av forholdene i innsjøens lokale nedbørfelt, men det er viktig å være klar over at forholdene i Øyeren også i høy grad er betinget av forurensningssituasjonen i Mjøsa.

3. MORFOMETRISKE OG HYDROLOGISKE FORHOLD

3.1. Morfometriske forhold

Øyeren er en ca. 33 km lang fjordsjø (figur 2). I den nordligste og bredeste delen av Øyeren, fra utløpet av Glåma og 9 - 10 km sydover, varierer dybden mellom 1 og 6 meter. De største dypene ble målt i rennene som danner fortsettelsen av elveløpene. Deltaflaten senker seg ca. 0,6 meter pr. km.

Den søndre halvdel av sjøen danner et langstrakt trau med forholdsvis jevn bunn som heller svakt mot øst. Professor Holtedahl (1907) har påvist forkastninger langs Øyeren og at alunskiferfeltet ved nordvestsiden er et relativt innsunket parti. Holtedahl antar som sannsynlig at alunfeltet har betydelig utbredelse også under Øyerens flate.

Forkastningene og det større eller mindre innsunkne parti av lite motstandsdyktige alunskifer må antas å være den primære grunn for bassengets dannelse, uansett hvilke eroderende krefter som har vært virksomme. Årsaken til de grunne områder i nord er sedimentasjon av elvetransportert materiale.

Noen morfometriske og hydrologiske data for Øyeren er angitt i tabell 3.

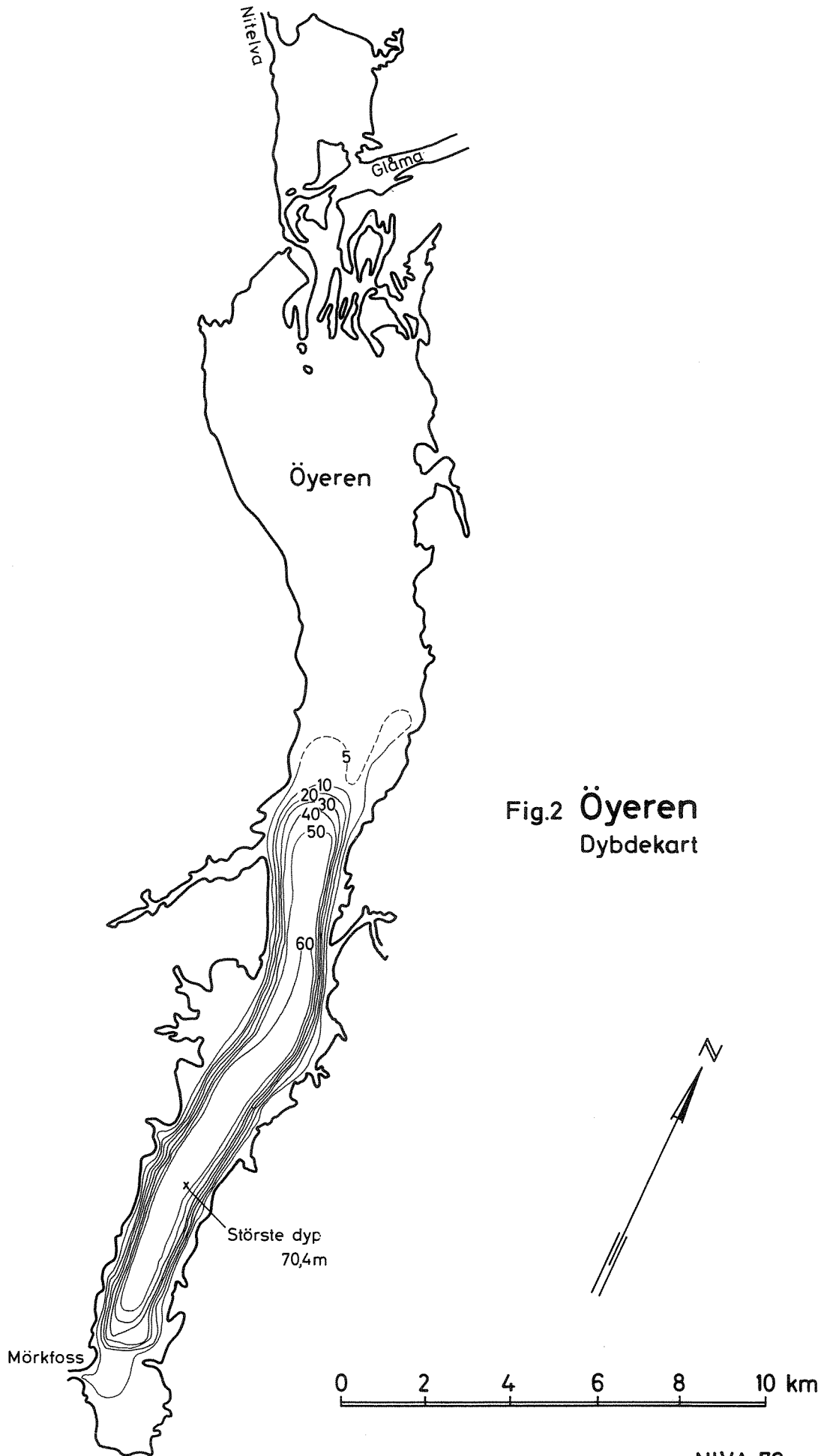


Fig.2 Öyeren
Dybdekart

Tabell 3. Morfometriske og hydrologiske forhold

| | | |
|--|----------|---------------------|
| Høyde over havet | 101 | m |
| Overflate (kote 101) | 85,2 | km ² |
| Nedbørfelt ved Mørkfoss | 39.964 | km ² |
| Sjøens overflate som prosent av nedbørfelt | 0,21 | % |
| Største lengde | 33,2 | km |
| Største dyp | 70,5 | m |
| Samlet volum | 1.121,15 | mill.m ³ |
| Middel dyp: volum/overflate | 13,16 | m |
| Volumet av vannmassene ned til 10 meters dyp | ca. 369 | mill.m ³ |
| Volumet av vannmassene ned til 15 meters dyp | 463 | mill.m ³ |

3.2. Hydrologiske forhold

Avløpet fra Øyeren er regulert gjennom en dam ved Mørkfoss. Siste regulering fant sted i 1934. Ifølge Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen er Øyeren regulert 2,4 m mellom 102,65 og 100,25 m.o.h. Den oppmagasinerte vannmengde er ca. 157 mill. m³. Tappingsreglementet for Øyeren bestemmer at magasinet skal holdes fullt til 1. desember og deretter senkes 45 cm pr. måned til 1. april så fremt ikke flom inntre før.

Flomvannstanden i Øyeren varierer relativt meget. Dette skyldes vesentlig at Glåmavassdraget har få innsjøer og at utløpet ved Mørkfoss er trangt. Denne variasjon av vannstanden har gjennom tidene medført ulemper og skader for jordbruk, ferdsel og tømmerfløting. For å minske ulempene og skadene ble det i tidsrommet 1857 - 1862 foretatt utsprengetninger ved Mørkfoss. Da de beregnede senkninger av flommen ikke ble oppnådd, ble det senere foretatt ytterligere sprengninger. Reguleringsreglementet har stort sett vært det samme helt fra 1862.

Variasjonen i Glåmas vannføring er som for typisk sydøstnorske elver: en stor og årvisst vårflom, forholdsvis stor vannføring om sommeren, en mindre og mer tilfeldig høstflom og endelig en lavvannsperiode om vinteren. Lavlandsflommen har vanligvis ingen utpreget kulminasjon i hovedvassdraget, men går jevnt over i den egentlige vårflom som er forårsaket av snøsmelting i høyfjellet. Vårflommen opptrer ofte med to kulminasjoner, idet Østerdalsflommen kommer før Gudbrandsdalsflommen, som forsinkes gjennom Mjøsa. Inntre de to flommene av en eller annen grunn samtidig eller de blir langvarige, kan flommen i hovedvassdraget og i Øyeren bli særlig stor.

Ved Mørkfoss kulminerer vårflommen i gjennomsnitt 1. juni. I perioden 1901 til 1959 inntraff tidligste og seneste kulminasjonstid henholdsvis 6. mai 1959 og 7. juli 1927. Gjennomsnittlig avløp i perioden 1911 - 1950 var $683 \text{ m}^3/\text{sek}$, hvilket tilsvarer et midlere avløp på $17,1 \text{ l}/\text{sek pr. km}^2$ og en netto nedbør på 540 mm i Glåmas nedbørfelt. Normalt er vannføringen ved Mørkfoss minst i februar og størst i juni. Figur 3 viser vannstandsvariasjoner i Øyeren fra juli 1966 til august 1967, og tabell 4 viser månedsmidler for vannføringen i Glåma ved Rånåsfoss og ved Solbergfoss i periodene september 1961 - august 1962 og september 1966 - august 1967. Normalvannføringen (1921 - 1950, Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen) ved Mørkfoss er også angitt.

Tabell 4. Månedsmidler for vannføring (m^3/sek) i Glåma ved Rånåsfoss og Solbergfoss (september 1961 - august 1962 og september 1966 - august 1967) samt normalvannføring ved Mørkfoss (1921 - 1950)

| Måned | Rånåsfoss | | Solbergfoss | | Mørkfoss |
|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------|
| | 1961 - 1962 | 1966 - 1967 | 1961 - 1962 | 1966 - 1967 | |
| September | 528 | 515 | 581 | 571 | 755 |
| Oktober | 1.048 | 508 | 1.192 | 598 | 635 |
| November | 1.107 | 521 | 1.330 | 636 | 452 |
| Desember | 396 | 404 | 438 | 468 | 280 |
| Januar | 390 | 438 | 424 | 482 | 196 |
| Februar | 368 | 414 | 427 | 462 | 148 |
| Mars | 297 | 405 | 360 | 563 | 172 |
| April | 378 | 455 | 460 | 561 | 500 |
| Mai | 1.245 | 1.411 | 1.403 | 1.437 | 1.551 |
| Juni | 1.178 | 2.136 | 1.296 | 2.447 | 1.563 |
| Juli | 993 | 914 | 1.085 | 961 | 1.155 |
| August | 771 | 643 | 871 | 677 | 902 |
| Årsmiddel | 725 | 730 | 822 | 821 | 695 |

Tabellen viser at den årlige middelvannføringen i begge perioder var betydelig høyere enn normalt. I 1961 - 1962 var særlig høstflommen stor, mens vårflommen var lavere enn normalt. I perioden 1966 - 1967 var imidlertid høstflommen noe lavere enn normalt, mens vårflommen var spesielt stor. Vannføringstallene fra begge observasjonsserier viser en noe høyere vinter- vannføring enn hva som var normalt i perioden 1921 - 1950. Dette henger sammen med de nye reguleringstiltak lenger oppe i vassdraget. Mjøsreguleringen spiller sannsynligvis en betydelig rolle i denne sammenheng.

Fig.3 Öyeren
Vannstandsvariasjoner 1966-1967



Foruten Glåma renner blant annet Nitelva og Leirelva ut i de nordligste områder av Øyeren. Vannføringen i de sistnevnte elver er imidlertid liten i forhold til vannføringen i Glåma, men i flomperiodene er de svært slamførende og har derfor betydelig interesse.

Leirelva har ifølge Vassdragsvesenet et nedbørfelt på 662 km^2 . NVE's oppgaver over gjennomsnittlig avløp viser at den gjennomsnittlige avrenning fra Leirelvas nedbørfelt er ca. 20 l/sek/km^2 . Den gjennomsnittlige vannføring ved elvens utløp i Øyeren skulle da anslagsvis bli ca. $13 \text{ m}^3/\text{sek}$. Den gjennomsnittlige minste og største vannføring er henholdsvis $1,7$ og $102 \text{ m}^3/\text{sek}$.

Nitelvas nedbørfelt er 484 km^2 . Da det ikke har vært foretatt vannføringsmålinger i Nitelva, har man ikke noen sikre verdier for vannføringen og dens variasjoner i denne elv. Ifølge Vassdragsvesenet er den gjennomsnittlige avrenning i Nitelvas nedbørfelt ca. 19 l/sek/km^2 . Dette skulle gi et gjennomsnittlig avløp på ca. $8,8 \text{ m}^3/\text{sek}$. Den alminnelige lavvannsføring anslås til ca. $1,4 \text{ m}^3/\text{sek}$.

Strømforholdene i den nordligste del av Øyeren, særlig mellom øyene og over bankene i nord, varierer med vannstanden. Under snøsmeltingen i lavlandet stiger gjerne Leirelva og Nitelva forholdsvis raskere enn Glåma. Etter denne lavlandsflommen fortsetter imidlertid Glåma å stige. Strømforholdene kan på grunn av materialtransporten bli anskuelliggjort i slike perioder. Under store flommer kan man nemlig merke at hovedstrømmen sydover i Øyeren oftest går i to slyngninger mellom breddene før den når Mørkfoss.

På grunn av Glåmas relativt store vannføring i forhold til Øyerens størrelse, må gjennomstrømmingen bli stor. Strømhastigheten i den nordlige, grunne del, lar seg vanskelig beregne, da hovedmengden av vannet følger markerte renner. Antar man at strømmen i den dype del av sjøen følger det øvre 5 m tykke sjikt og jevnt fordelt på en bredde av $2,4 \text{ km}$, vil gjennomsnittshastigheten i februar være ca. $1,5 \text{ cm/sek}$ og i mai ca. 15 cm/sek .

Teoretisk fornyelse av Øyeren er effektivt 19 ganger i året. Den teoretiske tid for total skiftning av vannet vil bli 19 dager.

Hvis det antas at gjennomstrømmingen foregår i de øverste 20 meters sjikt av innsjøen under stagnasjonsperiodene, vil vannets oppholdstid bli ca. 17 og 8 døgn når Glåmas vannføring er henholdsvis $500 \text{ m}^3/\text{sek}$ og $1000 \text{ m}^3/\text{sek}$.

4. OBSERVASJONS- OG ANALYSEMETODIKK

Temperatur

Temperaturen er målt ved hjelp av et Richter og Wiese vendetermometer med oppgitt nøyaktighet på $\pm 0,01^{\circ}$ Celsius.

Oksygen

Oksygenbestemmelsen er utført ifølge Alsterbergs modifikasjon av Winklers metode. Ved prøvetakingen blir oksygenet fiksert på spesielle glassflasker ved tilsetning av mangan(II)klorid og sterk lut tilsatt kaliumjodid. Analysen foretas ved titrering med natriumthiosulfat etter surgjøring.

Benevning: mg O_2 /l og % O_2 i forhold til metning.

Surhetsgrad (pH) og spesifikk elektrolytisk ledningsevne (μ S/cm)

pH ble målt med glasselektrode på Radiometer pH-meter 22. Den spesifikke elektrolytiske ledningsevne ble målt med en målebro Philips PR 9501, ved 20° C.

Benevning: henholdsvis pH og μ S/cm.

Farge

Vannets farge er målt fotometrisk med en standardløsning av platinaklorid og koboltklorid som referanse.

Benevning: mg Pt/l.

Turbiditet

Turbiditet er et mål for vannets innhold av suspenderte (oppslemmede) partikler, og er målt ved å utnytte partiklenes evne til å spre lyset som passerer en vannprøve. Frem til sommeren 1967 ble turbiditeten målt på et Sigrist fotometer UP 2/LDRm, og som referanse ble benyttet standard oppslemminger av SiO_2 . Fra sommeren 1967 ble turbiditetsmålingene utført med instrumentet Hach Laboratory Turbidimeter, modell 1860. Til kalibrering av instrumentet er brukt en standard formasinløsning.

Benevning: mg SiO_2 /l.

Permanganattall

Permanganattallet er et mål for prøvens innhold av organisk stoff. Metode brukt frem til 7. mai 1968: Prøven tilsettes en bestemt mengde kaliumpermanganatløsning. Etter oppvarming i 20 minutter på kokende vannbad tilsettes en ekvivalent mengde oksalsyre. Ved oppvarmingen forbrukes noe permanganat, og prøven har nå et overskudd av oksalsyre. Overskuddet tilbaketitreres med mer kaliumpermanganat, og permanganattallet bestemmes.

Metode brukt etter 7. mai 1968: Prøven surgjøres og tilsettes en kjent mengde kaliumpermanganatløsning; det hele varmes opp i vannbad i 20 minutter. Overskuddet av permanganat blir så bestemt jodometrisk.

Benevning: mg O/l.

De to metoder viser god overensstemmelse.

Klorid

Klorid er bestemt kolorimetrisk med Technicon Auto Analyzer. Metoden bygger på reaksjonen mellom kvikksølvrhodanid og jern når det er kloridioner tilstede.

Benevning: mg Cl/l.

Sulfat

Sulfatkonsentrasjonen er bestemt med EEL filterfotometer ved å måle utfelt bariumsulfat etter tilsetning av bariumklorid.

Benevning: mg SO₄/l.

Ortofosfat

Vannprøver for fosfatanalyser er tatt på glassflasker og tilsatt fortynnet svovelsyre ved prøvetakingen. Syretilsetningen hindrer adsorpsjon av fosfat til flaskenes vegger. Samtidig stanses vekst av mikroorganismer som forbruker ortofosfat. Behandlingen kan medføre at andre fosforforbindelser i prøvene overføres til ortofosfat.

Metode brukt frem til 6. mars 1968: Analysen gjennomføres kolorimetrisk på Technicon Auto Analyzer. Prøven tilsettes molybdat, heteropolysyren ekstraheres, og molybdenblått-konsentrasjonen bestemmes etter reduksjon med tinn(II)klorid.

Metode brukt etter 6. mars 1968: Analysen gjennomføres kolorimetrisk på Technicon Auto Analyzer. Ortofosfat reagerer med ammoniumheptamolybdat i surt miljø til gulfarget fosformolybdensyre, som reduseres med ascorbinsyre ved 70°C til molybdenblått.

Saltsyre tilsettes reagenset for å redusere interferens fra silisium.

Benevning: µg P/l.

Totalfosfat

Prøvene for totalfosfatanalyser er tatt på glassflasker og konservert som nevnt for ortofosfat. Før analyse oppsluttes prøven ved koking med kaliumpersulfat og syre. Etter denne behandling foretas analysen på Technicon Auto Analyzer som beskrevet for ortofosfat.

Benevning: µg P/l.

Nitrat

Den benyttede analysemetode gir et resultat som omfatter summen av nitrat og nitritt. Analysen er foretatt med Technicon Auto Analyzer.

Nitrat reduseres til nitritt i en kadmium-kobberkolonne ved pH 8,6.

Det dannede nitritt diazoteres med sulfanilamid og kobles med N-(1-Napthyl)-ethylendiamin. Fargen måles ved 520 mµ.

Benevning: µg N/l.

Bundet og fri ammonium (BFA)

Analysen omfatter ammonium-nitrogen samt organisk bundet nitrogen. Prøven underkastes en Kjeldahl oppslutning med kobbersulfat som katalysator. Etter oppslutningen tilsettes lut, og frigjort ammoniakk destilleres av. Etter destillasjon bestemmes ammoniakk i destillatet kolorimetrisk med Nesslerers reagens.

Benevning: mg N/l.

Alkalitet

Alkalitet er et mål for vannets evne til å nøytralisere syre, og samtidig et uttrykk for prøvens innhold av baser. Analysen utføres ved å titrere et bestemt volum av prøven med 1/100 N/saltsyre. Frem til juni måned 1968 ble det titrert til pH 4,0, etter nevnte dato, pH 4,5.

Benevning: ml N/10 HCl/l.

Total hårdhet

Total hårdhet er bestemt kompleksometrisk med en oppløsning av EDTA (ethylen-diamin-tetra-eddiksyre).

Benevning: mg CaO/l.

Kalsium, magnesium, kalium og natrium

Disse metallioner er bestemt med Perkin Elmer Atomabsorpsjon Spektrofotometer, modell 290 til 1. august 1968, etter nevnte dato, modell 303.

Det ble benyttet acetylenluftblanding til flammen. Ved bestemmelse av kalsium ble før 1. august 1968 eventuell interferens fra sulfat og fosfat i prøven hindret ved tilsetning av et stort overskudd av bariumklorid.

Senere er LaCl_3 (lantanklorid) blitt brukt for dette formål.

Benevninger: mg Ca/l, mg Mg/l, mg K/l, mg Na/l.

Jern

Jern er bestemt kolorimetrisk med Technicon Auto Analyzer med 2,4,6-tripirydyl-s-triazine (TPTZ) som reagens.

Benevning: μg Fe/l.

Mangan

Mangan ble til 1. august 1968 bestemt kolorimetrisk med Technicon Auto Analyzer med Formaldoxime som reagens. Etter nevnte dato er manganet bestemt med Perkin Elmer Atomabsorpsjon Spektrofotometer, modell 303.

Benevning: μg Mn/l.

Kobber og sink

Kobber og sink er bestemt med nevnte Atomabsorpsjon Spektrofotometer.

Benevninger: μg Cu/l, μg Zn/l.

Silisium

Silisium er bestemt kolorimetrisk med Technicon Auto Analyzer. Prøven tilsettes svovelsur ammonium-molybdatløsning, hvoretter det dannede silisium-molybdat reduseres til molybdenblått med en blanding av sulfitt og 1-amino-2-naftol-4-sulfonsyre.

Metoden er meget benyttet, og det er neppe knyttet spesielle problemer til analysen. Det er imidlertid tvilsomt om polymere fraksjoner av silisiumdioksyd er inkludert. Resultatet kan derfor ikke betraktes som uttrykk for prøvens totale innhold av løst silisium. Den partikulære fraksjon vil ikke i noe tilfelle inngå i analyseresultatet.

Benevning: mg SiO₂/l.

5. HYDROGRAFISKE FORHOLD

5.1. Undersøkelser lagt til grunn for den hydrografiske beskrivelse

Den følgende beskrivelse av de hydrografiske forhold i Øyeren bygger i det vesentligste på observasjonsmateriale fra undersøkelsen i 1961 - 1962 og fra dekaundersøkelsen. Ved den førstnevnte undersøkelse ble følgende komponenter observert: temperatur, oksygen, pH, spesifikk elektrolytisk ledningsevne (20°C), farge, turbiditet, oksyderbarhet (permanganattall), jern og mangan. Dekadeundersøkelsen omfatter ved siden av disse bestemmelse av en rekke andre kjemiske komponenter, blant annet total fosfor, ortofosfat, nitrat, bundet og fri ammonium, klorid, sulfat med flere.

Ved begge undersøkelser er det blitt samlet inn prøver fra forskjellige dyp, og prøvetakingsstedet har vært lagt til de sydligste områder av Øyeren hvor innsjøen er dypest. Prøvetakingsdagene er angitt i tabell 5.

Tabell 5. Øyeren. Tidsangivelse for innsamling av prøver

| Måned År | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|-------------|---|----|----|---|----|----|---|----|----|----|----|----|
| 1961 | | | | | | | | | 14 | 19 | 15 | 14 |
| 1962 | | 22 | | | 8 | 14 | | 15 | | | | |
| 1966 | | | 10 | | 20 | | | 25 | | | 8 | |
| 1967 | | | 6 | | | 12 | | 14 | | | 16 | |
| 1968 | | | 7 | | 14 | | | | 3 | | | |

Som det går frem av tabellen var den første undersøkelsen (1961 - 1962) ment å være en årsundersøkelse med relativt tette observasjonsserier, mens dekadundersøkelsen (1966 - 1968) skulle beskrive forholdene under de forskjellige termiske perioder i en 10-årsperiode (undersøkelse av langtidsvariasjoner).

I tidsrommet oktober 1961 - august 1962 ble det forholdsvis regelmessig samlet inn prøver 2 ganger pr. uke på omtrent det samme sted som nevnt ovenfor. Disse prøver ble samlet inn fra 0, 20, 30 og 40 meters dyp. Prøvene ble lagret og sendt til instituttet en gang i måneden, hvor de ble analysert. En liknende innsamling ble i dette tidsrom gjort i Glåma ved Fetsund. Temperaturen ble her målt daglig. På grunn av den lange lagringstiden er ikke resultatene fra denne undersøkelse representative og må derfor vurderes kritisk.

5.2. Temperaturforhold

Temperaturvariasjonene i Øyeren under observasjonsperioden september 1961 - august 1962 er gjengitt i fig. 4. Figur 5 viser temperaturforholdene i Glåma ved Fetsund og overflatetemperaturen i Øyeren på prøvetakingsstedet i tidsperioden oktober 1961 - august 1962. Endelig er temperaturforholdene i 1, 16, 30, 50 og 65 meters dyp på de forskjellige observasjonsdager i 1966 - 1968 illustrert i fig. 6.

Ifølge observasjonsmateriale fra 1961 - 1962 er de forskjellige termiske perioders varighet i Øyeren omtrent følgende:

| | | |
|-------------------------------|----------------------------------|------------------------|
| Høstfullsirkulasjonsperioden: | primo november - primo desember, | ca. 1 mnd. |
| Vinterstagnasjonsperioden | : medio desember - primo mai | " 5 mndr. |
| Vårfullsirkulasjonsperioden | : siste halvpart av mai | " $\frac{1}{2}$ mnd. |
| Sommerstagnasjonsperioden | : ultimo mai - primo november | " $5\frac{1}{2}$ mndr. |

Varigheten av disse perioder kan imidlertid variere noe fra år til år.

Karakteristisk for Øyeren er et lite utpreget sprangsjikt om sommeren og kaldt vann (temperatur $<1^{\circ}\text{C}$) ned til relativt store dyp om vinteren. Temperaturforholdene i de forskjellige dyp kan variere noe fra år til år. Det foreliggende observasjonsmaterialet viser en årsvariasjon i overflatetemperaturen fra ca. 0°C om vinteren til over 16°C om sommeren. I dyplagene, f.eks. på 30 meter ble det i undersøkelsesperioden observert årsvariasjoner i temperaturen på ca. 11°C (fra vel 1°C til ca. 12°C). Dypere nede i vannmassene var variasjonene mindre.

Fig.4 Öyeren
Isotermer 1961-1962

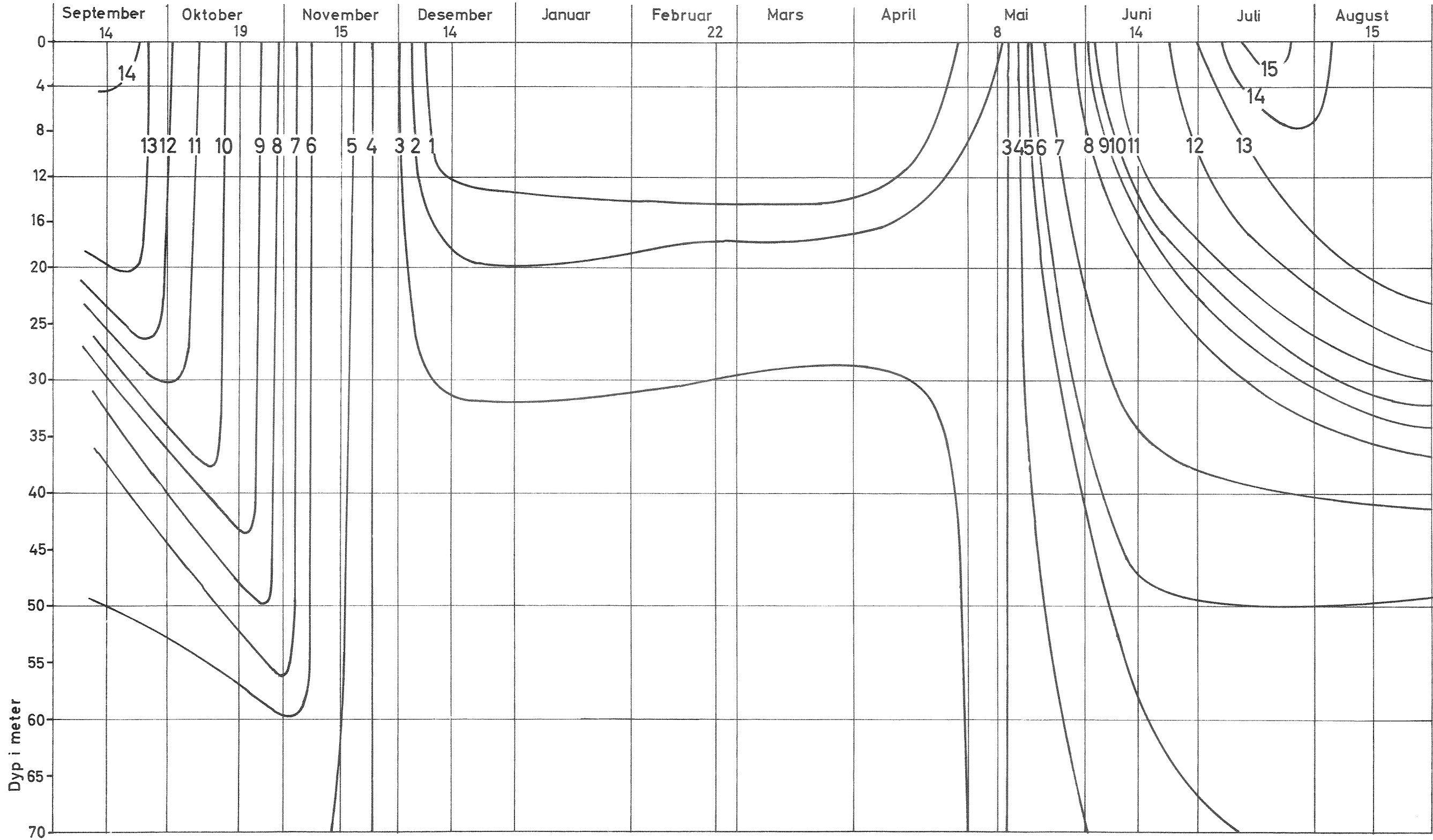


Fig. 5 ÖYEREN Vannføring, temperatur og el. ledningsevne 1961-1962

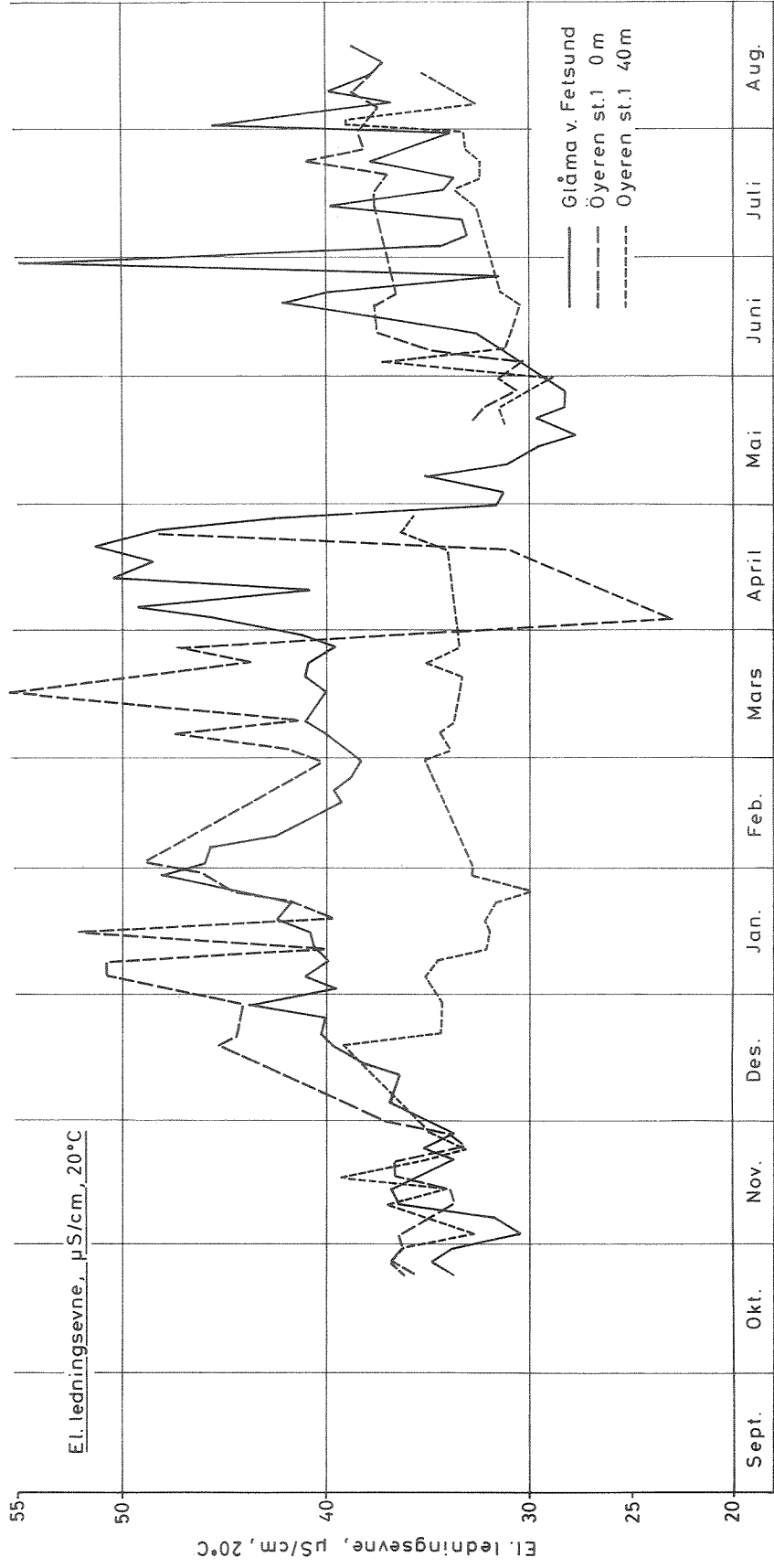
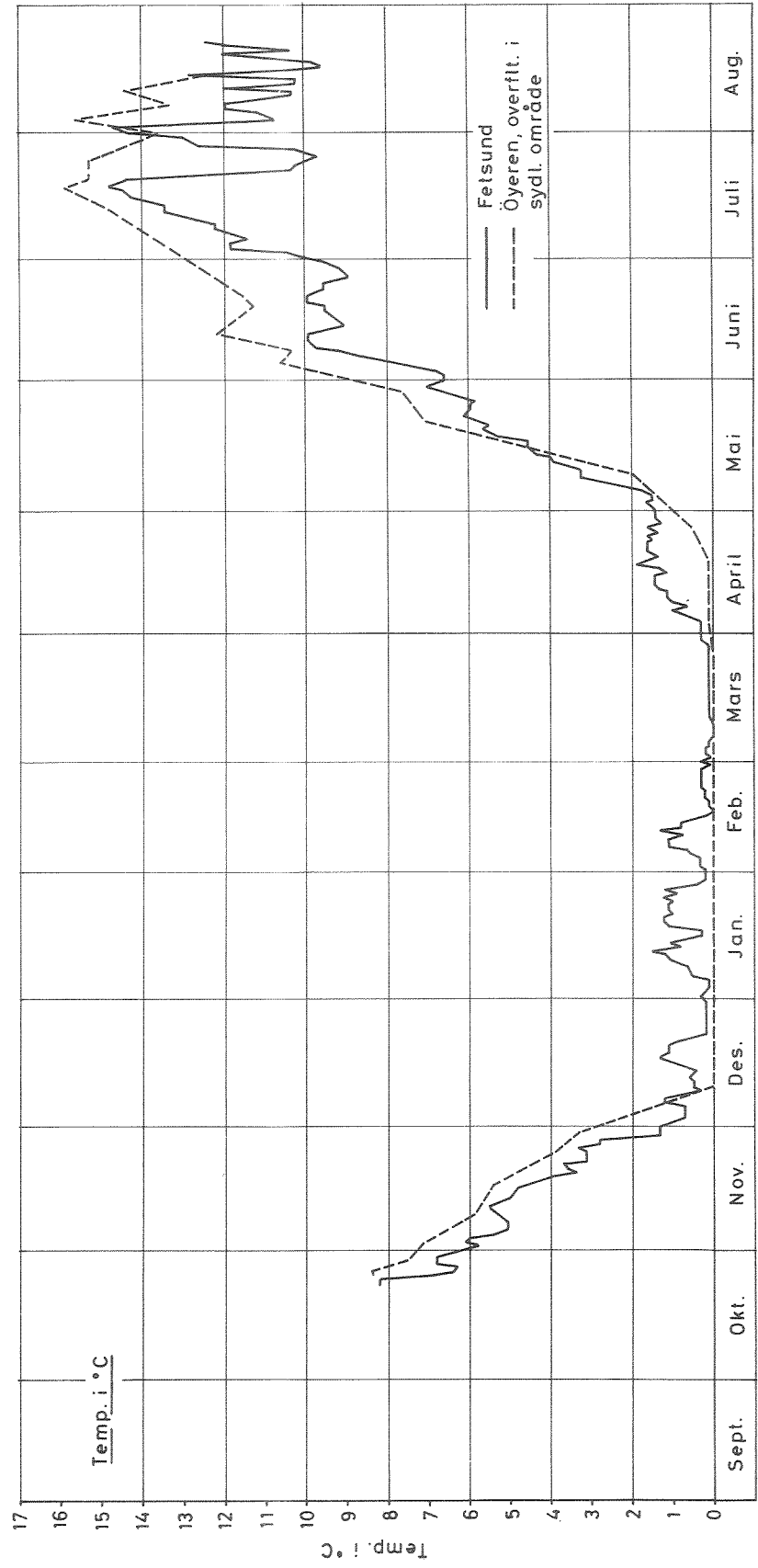
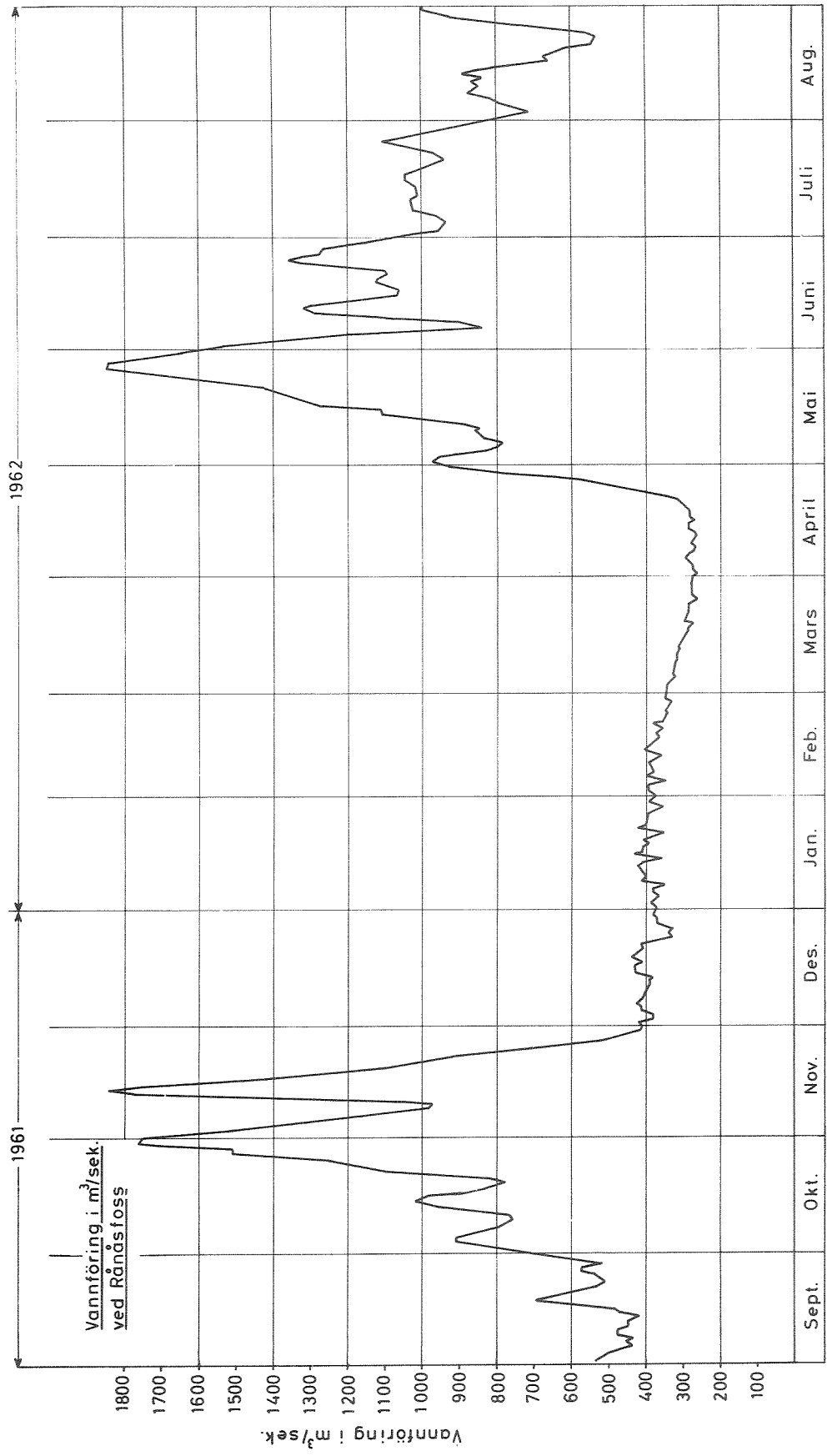
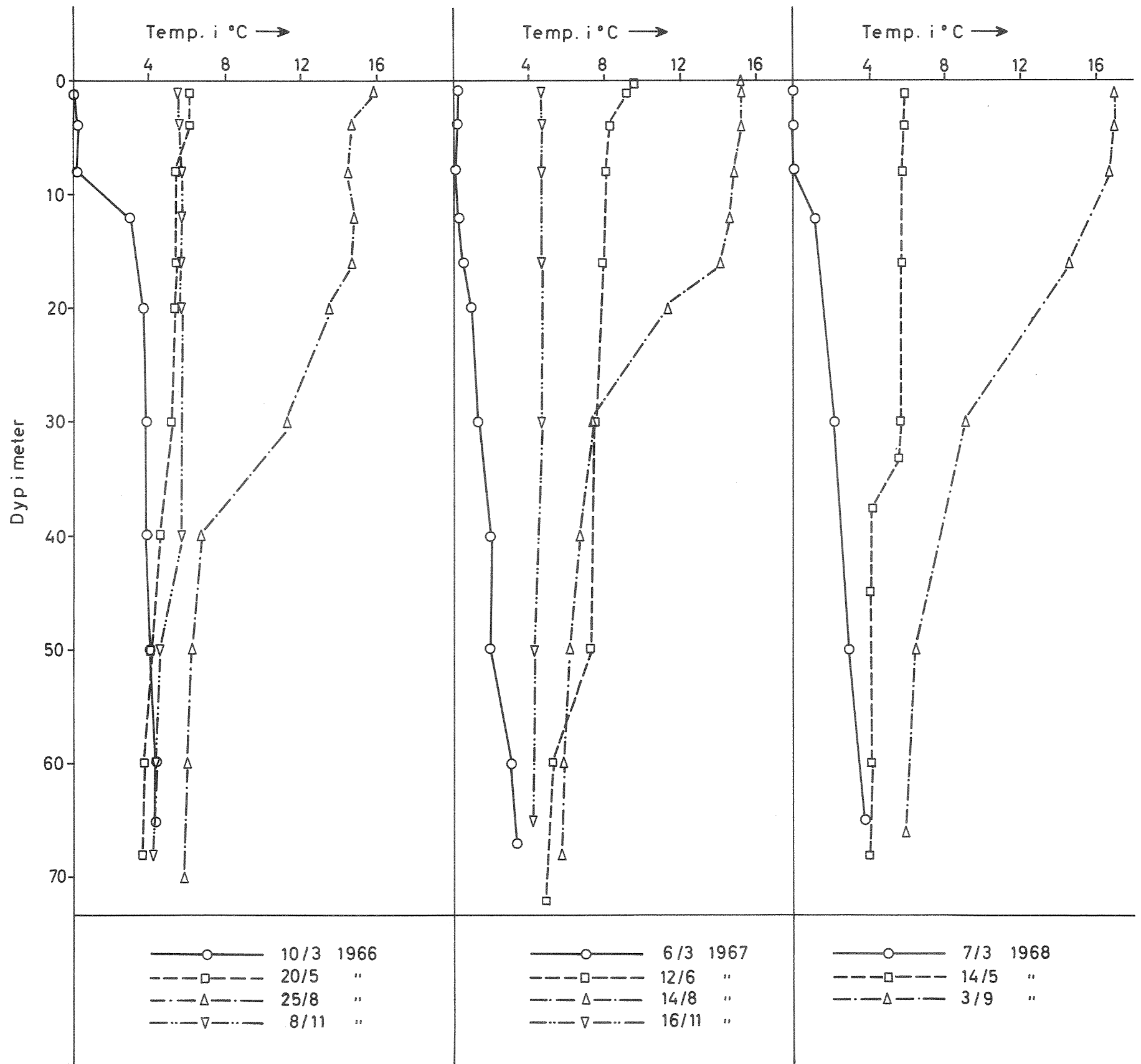


Fig.6 ÖYEREN Temperaturobservasjoner i °C 1966-1968



5.3. Kjemiske forhold

5.3.1. Oksygenforhold

Variasjonene i vannets oksygenforhold i perioden 1961 - 1962 er illustrert i fig. 7. Oksygenforholdene i 1, 16, 30, 50 og 65 meters dyp på observasjonsdage i 1966, 1967 og 1968 er fremstilt i fig. 8.

Vannets innhold av oksygen varierte lite fra 0 - ca. 50 meters dyp på de forskjellige observasjonsdager. Metningsverdiene var vanligvis noe lavere i vinterhalvåret enn om sommeren, men stort sett varierte oksygenforholdet mellom ca. 80 og 100% ned til 50 meter. I de bunnære vannmasser (65 m) var det imidlertid i stagnasjonsperiodene, særlig om vinteren, betydelig oksygenforbruk, og i dette nivå ble det i 1966 - 1968 (om vinteren) observert metningsverdier < 10%. Noe vesentlig oksygen svikt i det bunnære sjikt ble ikke observert vinteren (22. februar) 1962.

5.3.2. Andre kjemiske forhold

Tabellene 6 og 7 viser middelverdiene av noen kjemiske komponenter på de forskjellige observasjonsdager. I tabell 6 er alle analyseresultatene fra 1961 - 1962 tatt med og tabell 7 viser middelverdier av dekaderesultatene 1966 - 1968.

Tabell 6. Middelverdier for kjemiske komponenter 1961 - 1962

| Komponent | Dato | 1961 | | | | 1962 | | | |
|---------------------------------------|------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| | | 14/9 | 19/10 | 15/11 | 14/12 | 22/2 | 8/5 | 14/6 | 15/8 |
| Surhetsgrad pH | | 7,0 | 7,0 | 6,9 | 7,0 | 7,1 | 6,7 | 6,9 | 7,1 |
| Spesifikk ledningsevne 20°C, µS/cm | | 36,5 | 37,5 | 33,5 | 35,6 | 36,9 | 38,3 | 30,8 | 35,9 |
| Farge mg Pt/l | | 31 | 64 | 141 | 63 | 45 | 338 | 47 | 49 |
| Turbiditet mg SiO ₂ /l | | 1,3 | 3,5 | 12,0 | 5,1 | 2,8 | 33,7 | 3,0 | 3,0 |
| Permanganattall mg O/l | | 3,9 | | | | | 6,1 | 4,5 | |
| Jern µg Fe/l | | 160 | | | | | | | |
| Mangan µg Mn/l | | <50 | | | | | | | |

Tabell 7. Middelverdier for kjemiske komponenter 1966 - 1968

Lokalitet: ØYEREN

| Komponent | 1966 | | | | 1967 | | | | 1968 | | |
|---------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|
| | 10/3 | 20/5 | 25/8 | 8/11 | 6/3 | 12/6 | 14/8 | 16/11 | 7/3 | 14/5 | 3/9 |
| pH | 6,8 | 6,7 | 6,9 | 6,9 | 6,9 | 6,8 | 7,0 | 6,9 | 6,8 | 6,8 | 7,0 |
| Spes. el. ledningsevne 20°C, µS/cm | 37,8 | 30,4 | 33,6 | 40,3 | 37,2 | 31,5 | 39,0 | 33,4 | 40,1 | 31,8 | 36,1 |
| Farge | | | | | | | | | | | |
| mg Pt/l | 23 | 163 | 49 | 87 | 40 | 91 | 40 | 98 | 27 | 89 | 23 |
| Turbiditet | | | | | | | | | | | |
| mg SiO ₂ /l | 0,9 | 30,8 | 4,0 | 10,1 | 3,5 | 4,5 | 5,3 | 16,2 | 2,5 | 12,5 | 1,7 |
| Permanganattall | | | | | | | | | | | |
| mg O/l | 4,5 | 6,9 | 3,4 | 5,0 | 5,0 | 4,7 | 3,7 | 6,6 | 2,8 | 6,4 | 4,2 |
| Klorid | | | | | | | | | | | |
| mg Cl/l | 1,7 | 1,9 | 1,2 | 2,2 | | 1,5 | 1,0 | 1,7 | 2,0 | 1,8 | 1,2 |
| Sulfat | | | | | | | | | | | |
| mg SO ₄ /l | 7,2 | 7,0 | 5,1 | 6,2 | | 3,7 | | 3,6 | 5,6 | 4,4 | |
| Fosfat, orto | | | | | | | | | | | |
| µg P/l | 4 | <2 | 4 | 3 | 4 | 11 | 5 | 11 | 8 | 9 | 5 |
| Fosfat, total | | | | | | | | | | | |
| µg P/l | 211 | 55 | 14 | 26 | 16 | 28 | 17 | 42 | 13 | 20 | 10 |
| Nitrat | | | | | | | | | | | |
| µg N/l | 203 | 158 | 166 | 190 | 274 | 175 | 143 | 204 | 277 | 183 | 168 |
| BFA | | | | | | | | | | | |
| mg N/l | | | 0,24 | | 0,20 | 0,16 | 0,24 | 0,20 | 0,23 | 0,20 | 0,09 |
| Alkalitet | | | | | | | | | | | |
| ml N/10 HCl/l | 2,45 | 1,61 | 2,47 | 2,45 | 2,53 | 2,42 | 3,10 | 2,50 | 2,90 | 2,83 | 3,00 |
| Total hårdhet | | | | | | | | | | | |
| mg CaO/l | 9,0 | 7,2 | 8,3 | 9,3 | 8,7 | 10,2 | 9,4 | 9,2 | 9,2 | 10,4 | 7,8 |
| Kalsium | | | | | | | | | | | |
| mg Ca/l | 4,92 | 3,30 | 4,30 | 4,56 | 4,13 | 3,54 | 4,84 | 3,85 | 4,71 | 4,17 | 4,42 |
| Magnesium | | | | | | | | | | | |
| mg Mg/l | 0,91 | 0,81 | 0,77 | 0,95 | 0,88 | 0,60 | 0,80 | 0,88 | 1,03 | 0,88 | 0,84 |
| Kalium | | | | | | | | | | | |
| mg K/l | 0,60 | 1,05 | 0,65 | 0,78 | | 0,65 | 0,57 | 0,84 | 0,65 | 0,63 | 0,53 |
| Natrium | | | | | | | | | | | |
| mg Na/l | 1,05 | 1,06 | 1,06 | 1,53 | | 0,58 | 0,99 | 1,05 | 0,81 | 0,64 | 1,08 |
| Jern | | | | | | | | | | | |
| µg Fe/l | 92 | 736 | 109 | 231 | 150 | 301 | 75 | 675 | 117 | 500 | 155 |
| Mangan | | | | | | | | | | | |
| µg Mn/l | <50 | 97 | 20 | 44 | 16 | 27 | 18 | 25 | 17 | 54 | 32 |
| Kobber | | | | | | | | | | | |
| µg Cu/l | 10 | 34 | 19 | 28 | 40 | | | | | | 15 |
| Sink | | | | | | | | | | | |
| µg Zn/l | 40 | 30 | 50 | 135 | 60 | | | | | | <10 |
| Silisium | | | | | | | | | | | |
| mg SiO ₂ /l | 2,9 | 3,5 | 1,8 | 3,2 | 3,2 | | 2,6 | 3,6 | 3,9 | 4,0 | 3,0 |
| Dikromattall | | | | | | | | | | | |
| mg O/l | | | | | | | 18,1 | | | | |

Fig.7 Öyeren
Oksygenisopleter 1961-1962

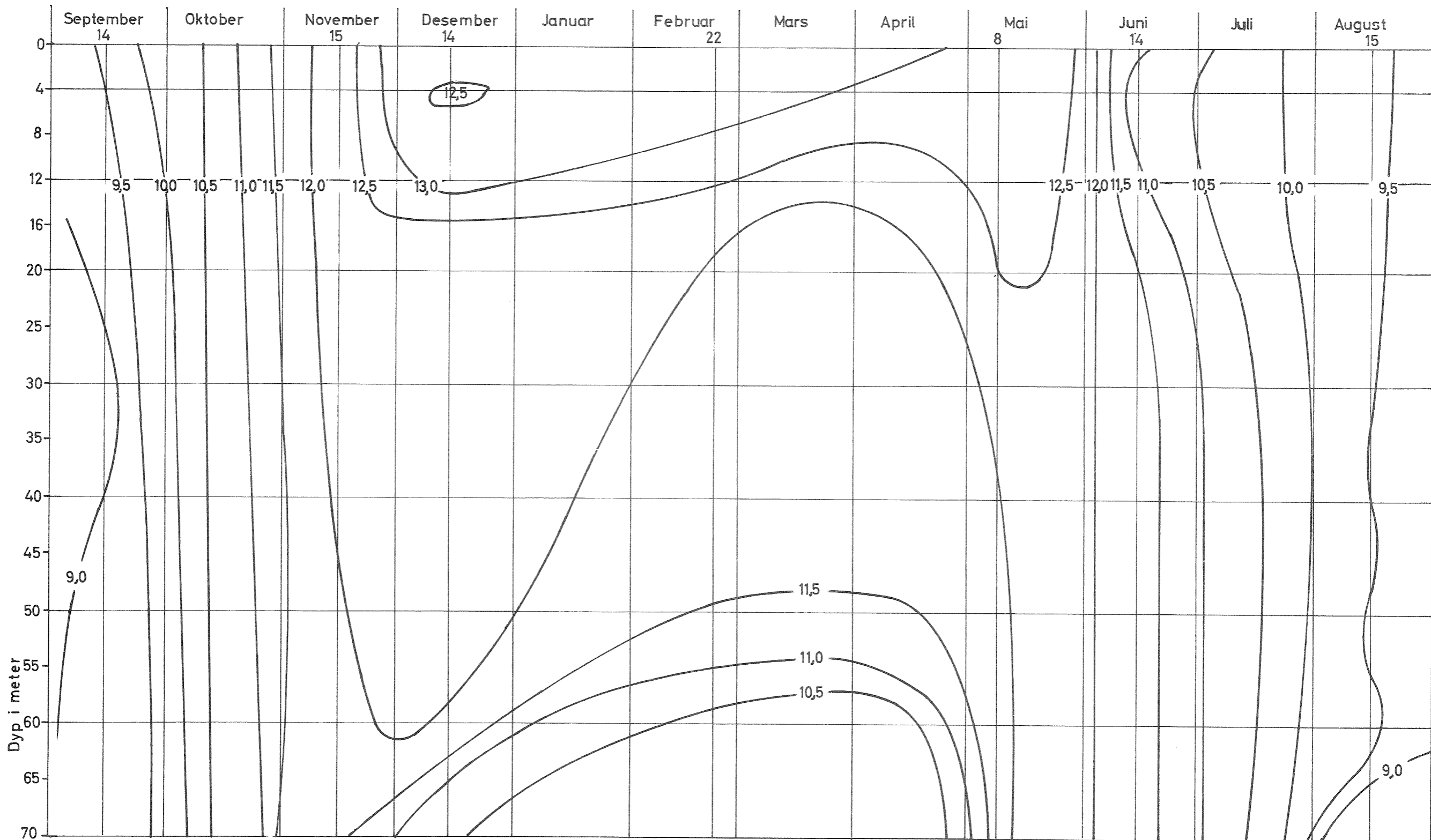
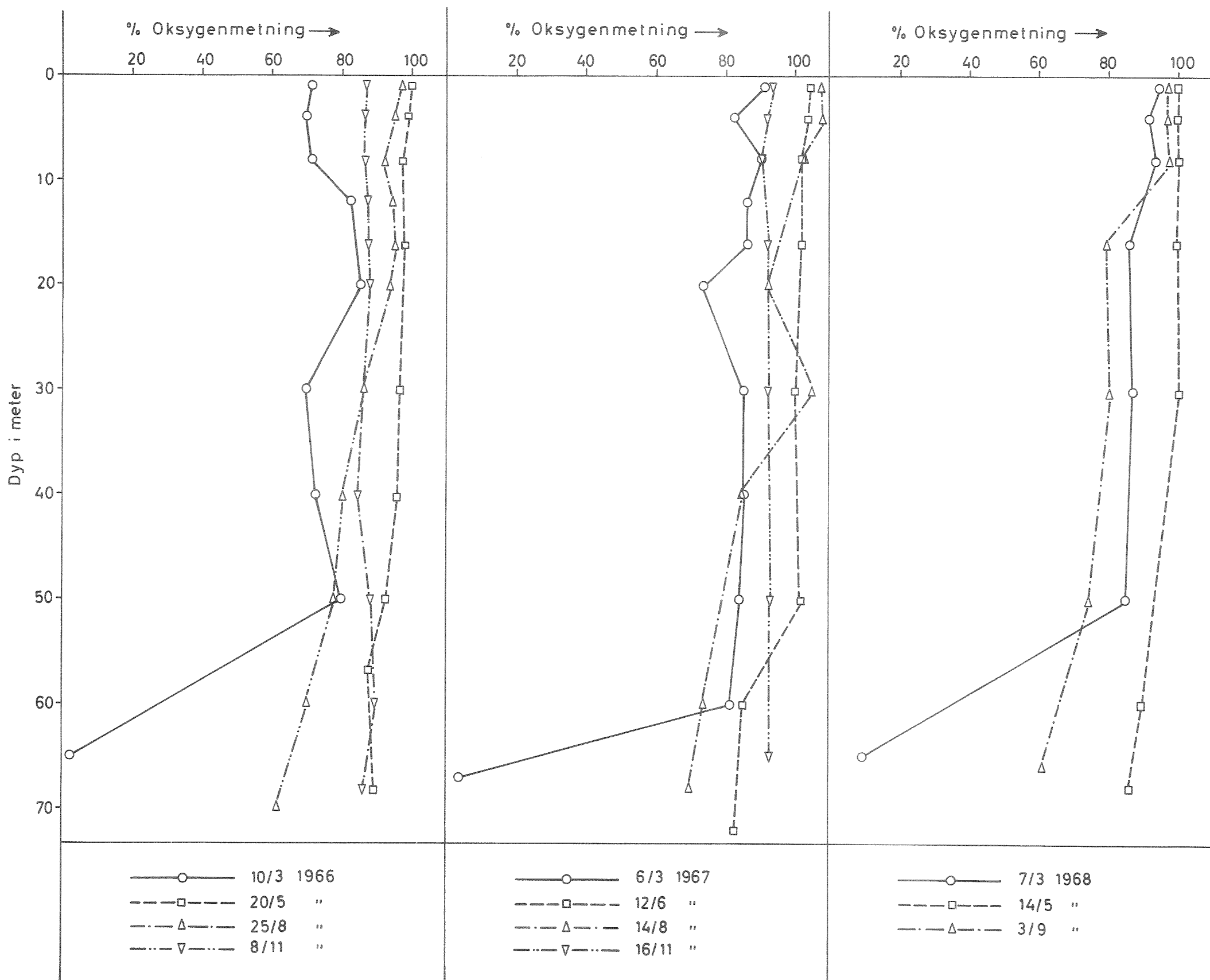


Fig.8 ÖYEREN % Oksygenmetning 1966 -1968



Surhetsgrad, pH

Det var relativt små variasjoner i vannets pH fra observasjonsdag til observasjonsdag. Om sommeren ble det observert noe høyere verdier i overflatelagene enn i dyplagene. Om vinteren var verdiene relativt ensartet i alle dyp. Forholdene var omtrent de samme i 1966 - 1967 som i 1961 - 1962.

Spesifikk elektrolytisk ledningsevne

Figurene 9 og 5 viser observasjonsresultatene for elektrolytisk ledningsevne i Øyeren og Glåma i 1961 - 1962, og i figur 10 er observasjonsverdiene fra 1966, 1967 og 1968 tegnet inn.

Middelverdiene for den elektrolytiske ledningsevne på de forskjellige observasjonsdager varierte mellom 30 og 40 $\mu\text{S}/\text{cm}$. De laveste verdier ble observert om våren, og de høyeste verdier ble observert om høsten og tidlig på vinteren. I vertikal retning var det til dels relativt store variasjoner, men forholdene varierte noe fra år til år. Generelt sett øker verdiene noe mot dypet om våren, mens sommerverdiene som regel er høyest i de øverste vannlag. Under høstfullsirkulasjonsperioden er det relativt ensartede forhold fra overflate til bunn. Om vinteren er det betydelig økning i vannets elektrolyttinnhold i det bunn-nære sjikt. Vinteren 1961 - 1962 var forøvrig den elektrolytiske ledningsevne noe høyere i de øverste vannmasser enn i dypet.

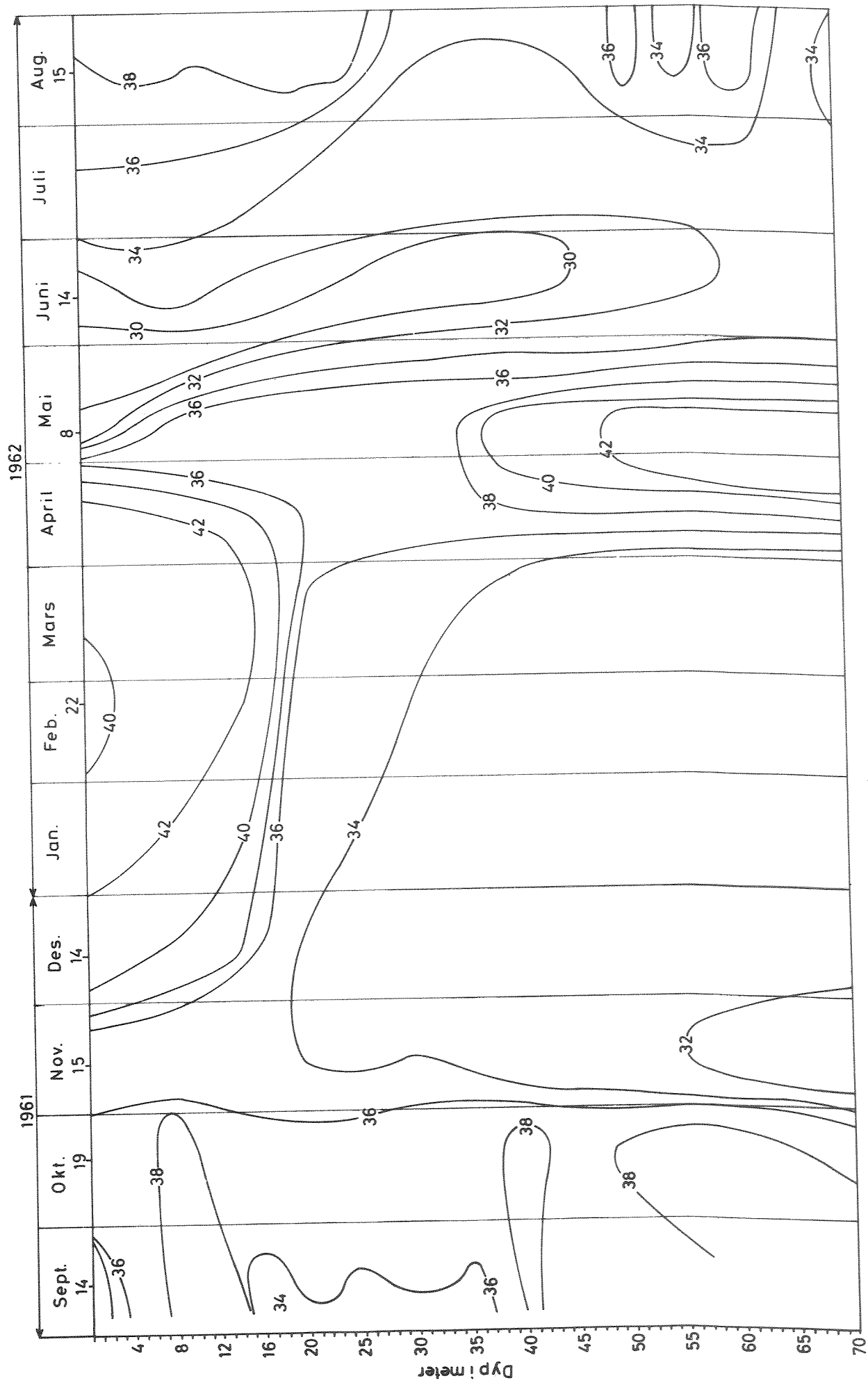
Turbiditet

Vannets turbiditet (innhold av oppslemmede partikler) varierte sterkt i Øyeren. Innsjøen synes å være sterkest belastet med slikt materiale om våren, men også om høsten kan turbiditetsverdiene være høye. Høsten 1961 ble det målt verdier på opp til 15 - 20 $\text{mg SiO}_2/\text{l}$, og om våren 1962 var toppverdiene 40 - 50 $\text{mg SiO}_2/\text{l}$. De høyeste verdier ble målt i dyplagene. I 1961 - 1962 varte høst- og vårfullsirkulasjonsperiodene (med turbide vannmasser) henholdsvis i 2 og 1,5 måneder. Ved sommer- og vinterobservasjonene har turbiditetsverdiene ligget i området 1 - 4 $\text{mg SiO}_2/\text{l}$.

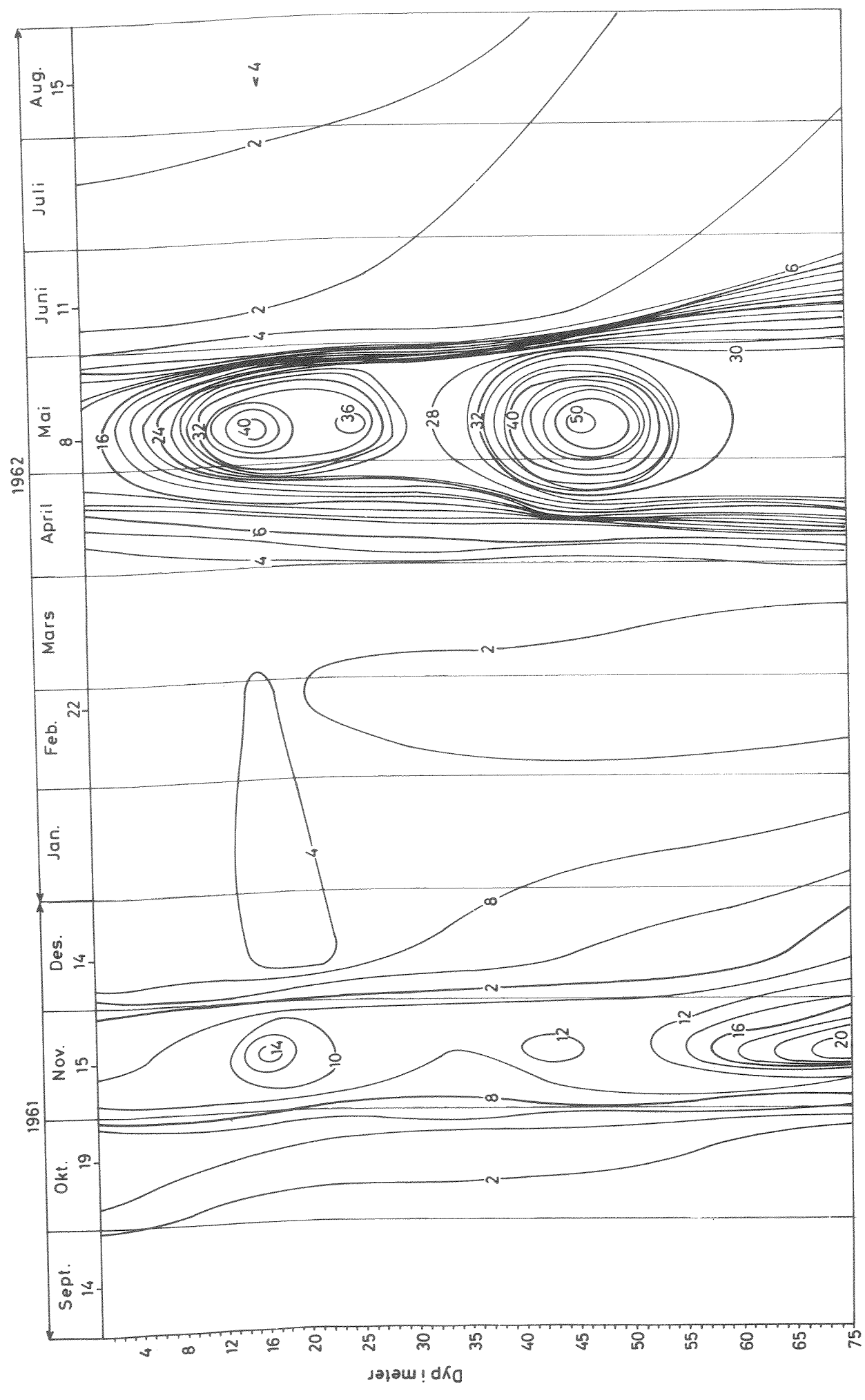
Farge

Vannets farge er blitt målt på ufiltreerte prøver, og verdiene gir derfor et uttrykk for vannets farge + turbiditet. Observasjonsverdiene for vannets farge varierer således i takt med turbiditeten. De høyeste verdier (opptil over

Fig.9 ÖYEREN Isolinjer for el. ledningsevne og turbiditet 1961 - 1962

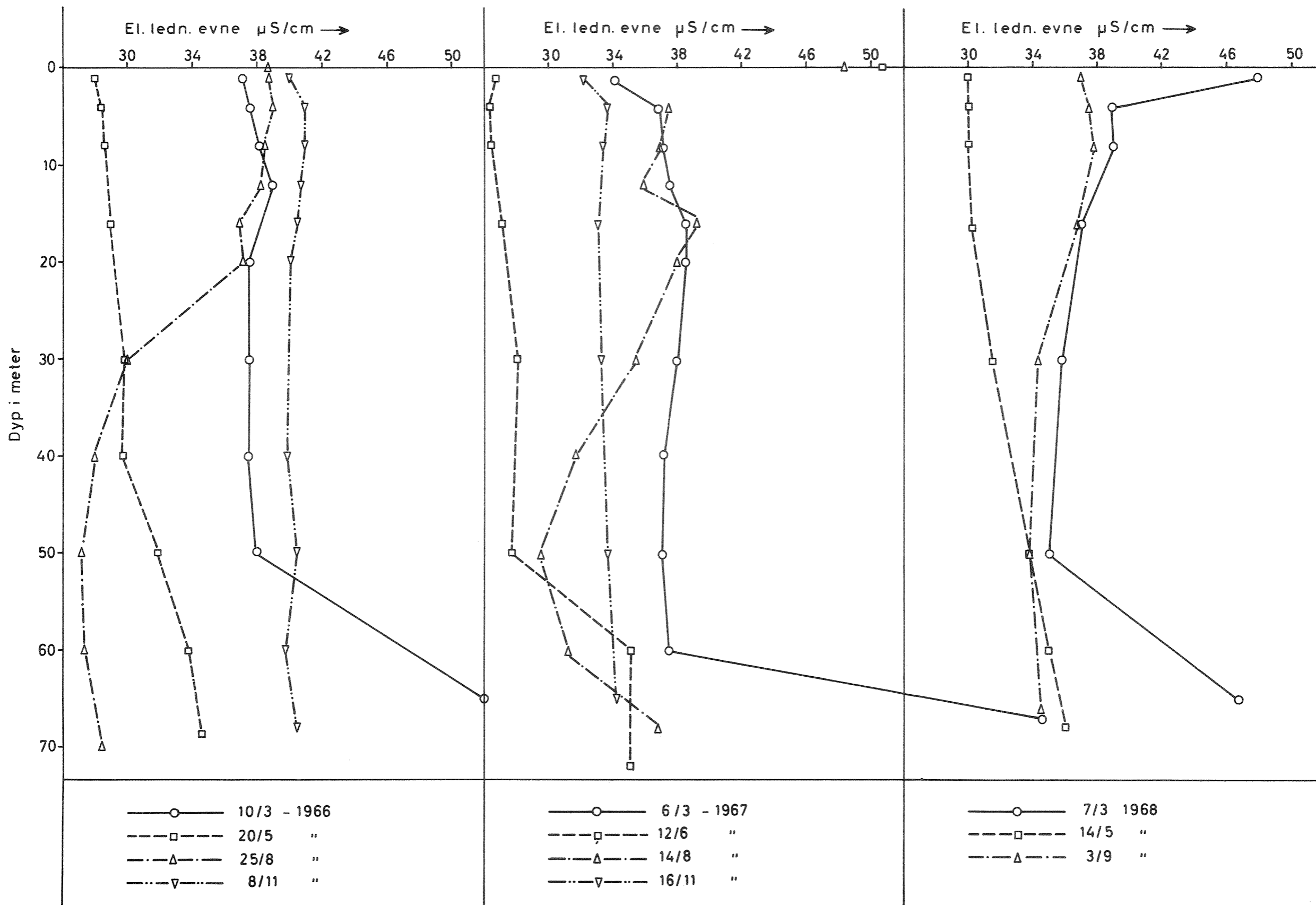


Isolinjer for elektrolytisk ledningsevne, $\mu\text{S}/\text{cm}$, 20°C



Isolinjer for turbiditet, $\text{mg SiO}_2/\text{l}$

Fig.10 ÖYEREN El. ledningsevne i $\mu\text{S}/\text{cm}$ ved 20°C 1966-1968



200 mg Pt/l) er således blitt målt vår og høst. Om sommeren og vinteren varierer fargeverdiene stort sett i området 20 - 50 mg Pt/l. Middelerdien for de observasjoner som er foretatt i perioden 1966 - 1968 er 66 mg Pt/l.

Organisk materiale (permanganattall)

Vannets innhold av organisk stoff oksyderbart med permanganat, tilsvarte en variasjon i oksygenforbruk fra 2,2 mg O/l til 7,7 mg O/l. De høyeste verdier ble observert under vår- og høstfullsirkulasjonsperiodene. Under stagnasjonsperiodene var som regel verdiene noe høyere i dyplagene enn i overflatelagene.

Jern og mangan

Vannets innhold av jern- og manganforbindelser varierte mellom henholdsvis 55 - 1830 µg Fe/l og 10 - 3010 µg Mn/l. Middelerdiene var henholdsvis 265 µg Fe/l og 36 µg Mn/l. De høyeste verdier ble observert i sirkulasjonsperiodene vår og høst. Det ble alltid registrert noe høyere verdier i dyplagene enn i overflatelagene.

Fosfater og nitrater

Middelerdiene for de analyserte prøvers innhold av total- og orto-fosfat er henholdsvis 25 og 5 µg P/l. Variasjonsbredden for de samme komponenter er henholdsvis 8 - 74 µg P/l og <5 - 22 µg P/l. De høyeste fosfatverdier ble registrert under sirkulasjonsperiodene, særlig om våren.

Middelerdiene for nitrat og bundet og fri ammonium var henholdsvis 197 og 203 µg N/l, og variasjonsbreddene var henholdsvis 20 - 467 og 60 - 865 µg N/l. I overflatelagene var det et betydelig lavere nitratinhold om sommeren enn i de øvrige årsperioder. For øvrig synes det som om vannets innhold av nitrogenkomponenter var omtrent den samme under de forskjellige årstider.

Andre kjemiske komponenter

Middelerdier og variasjonsbredde for de øvrige kjemiske komponenter går frem av tabell 7.

5.3. Diskusjon av de hydrografiske forhold

De generelle trekk i innsjøens temperaturforhold indikerer at Øyeren er en typisk gjennomstrømningsinnsjø. I stagnasjonsperiodene om sommeren og vinteren er tetthetsforholdene i de tilførte vannmasser, p.g.a. vannets temperatur, av en slik størrelsesorden at gjennomstrømningen foregår i overflatelagene (ned til ca. 20 - 25 m) av innsjøen. Denne gjennomstrømning resulterer bl.a. i ekstremt lave temperaturer ned til 10 - 20 m om vinteren. Av samme grunn er også sprangsjiktet lite utpreget om sommeren.

I enkelte perioder om høsten og våren, når temperaturforholdene betinger en større tetthet i elvevannet enn i innsjøens overflatelag, kan gjennomstrømningen foregå i dyplagene. Under avkjølingsperioden høsten 1961 hadde Glåma forholdsvis stor vannføring. Temperaturen i elvevannet var under avkjølingsperioden noe lavere enn i innsjøens overflatelag - noe som betinget en tetthetsdifferanse mellom vannmassene. Resultatet av forskjellen i vannets temperatur ble derfor at elvevannet strømmet igjennom innsjøen i det nivå hvor tettheten til enhver tid var i overensstemmelse med tettheten i elvevannet. I dyplagene var vannets temperatur 5 - 6°C. Ut fra disse betraktninger skulle gjennomstrømningen foregå i dyplagene av Øyeren i perioden ca. 15. november til begynnelsen av desember 1961. Verdiene for elektrolytisk ledningsevne og turbiditet (fig. 9) tyder også på at denne utvikling fant sted. Det er også grunn til å merke seg at den elektrolytiske ledningsevne i dyplagene av Øyeren hele vinteren i gjennom var av samme størrelsesorden som om høsten. Dette betyr at høstflommen som var spesielt stor i Øyeren i 1961, satte sitt preg på innsjøens dypvannsmasser fra høsten 1961 til april 1962. Tilsvarende forhold kom imidlertid ikke så tydelig frem ved de siste års undersøkelser.

En liknende utvikling foregikk under oppvarmingsperioden 1962. Ifølge observasjonsresultatene for elektrolytisk ledningsevne og turbiditet, ble dypvannsmassene i Øyeren skiftet ut rundt månedsskiftet april - mai. Vannets temperatur både i Glåma og i Øyerens overflatelag var <4°C, men temperaturen i Glåma var høyest. I dyplagene av Øyeren lå temperaturen i området 2 - 3°C. Under den første halvpart av mai foregikk derfor gjennomstrømning i stor utstrekning i dypet av Øyeren. Dette er årsak til de relativt høye verdier for elektrolytisk ledningsevne og turbiditet i innsjøens dypvannsmasser i denne periode. Etter hvert som vårfullsirkulasjonen grep om seg, ble imidlertid de kjemiske forhold utjevnet ned gjennom hele vannmassen. Elektrolyttinnholdet ble således etter hvert lavere - noe som har sammenheng med snøsmeltingen i høyfjellet (høyfjellsflommen). Innsjøen gikk etter hvert inn i sommerstagnasjonsperioden med et relativt elektrolyttfattig vann i dyplagene, mens overflatevannets

elektrolyttinnhold økte etter hvert som høyfjellsflommen avtok. Denne situasjon med lavere elektrolyttinnhold i dyplagene enn i overflatelagene om sommeren synes også ut fra observasjonsresultatene fra 1966 - 1967 og 1968 å være typisk for Øyeren, men gradientene varierer noe fra år til år avhengig av bl.a. flommens størrelse og varighet.

Som allerede nevnt, viser observasjonsmaterialet at vannets turbiditet i Øyeren henger nøye sammen med vannføringen i tilsigselvene og er således mest dominerende om våren og høsten. Øyeren ligger under den marine grense, og løsavsetningene i den nederste del av nedbørfeltet består i stor utstrekning av leire. Særlig under flomperioder vil vannet grave ut og føre med seg partikulært materiale. En del av dette materiale vil relativt hurtig sedimentere i innsjøen, men finere materiale transporteres videre og er bl.a. årsak til de høye turbiditetsverdier i de sydlige områder. I henhold til tilsigselvenes størrelser er det rimelig at de største kvanta partikulært materiale blir tilført gjennom Glåma. Nedbørfeltene til Leira og Nitelva ligger i stor utstrekning under den marine grense. Det samme er tilfelle med enkelte andre mindre tilløpselver, f.eks. fra Trøgstad. Erosjonsprodukter fra leirområdene setter sitt preg på vannkvaliteten, og særlig i flomperioder har vannet i disse elver et grått "suppeaktig" utseende. De lokale tilløpselver, både i de nordlige og sydlige områder bidrar således i relativt stor utstrekning til de høye turbiditetsverdier i Øyeren.

Flomtilstander i Glåma inntreffer gjerne i perioder da vannmassene beveger seg i de dypere lag av Øyeren. Dette er forhold man bør være oppmerksom på ved en eventuell bruk av Øyeren som drikkevannskilde.

Fargen er blitt målt fotometrisk og derfor spiller turbiditeten en betydelig rolle for resultatene. De oppgitte fargeverdier fra observasjonsperioden 1961 - 1962 gjelder ufiltrerte og glassfiltrerte (GFC) prøver. Stort sett ble fargen redusert med 50 - 70% ved filtrering. Fargeverdiene for de filtrerte prøver varierte mellom 15 og 50 mg Pt/l. Det partikulære materiale har altså forskjellig kornstørrelse og til dels er dimensjonene så små at de kan passere filterets poreåpninger (ca. 1 μ). Særlig når vannets innhold av partikulært materiale er stort, er også turbiditeten etter filtrering relativt høy (opptil 10 mg SiO₂/l).

De høyeste filtrerte fargeverdier ble registrert under flomperioder (vår og høst) da som nevnt også turbiditetsverdiene var høyest.

Selv om leirepåvirkningen i seg selv betyr kvalitetsforringelse av vannet som bruksvann betraktet, kan partiklene ha en viss positiv betydning ved sin adsorberende evne overfor forskjellige kjemiske komponenter, f.eks. fosforkomponenter, organisk materiale (fargestoffer), jern, mangan, o.l. Det er for Øyerens vedkommende foreløpig ikke gjort noen forsøk eller eksperimenter for å belyse partiklenes evne til å adsorbere stoffer fra vannet. Imidlertid viser analyseresultatene for fosfor og jern høyeste verdier om våren og høsten når turbiditetsverdiene er høyest. Beregning av korrelasjonen mellom middelverdiene for turbiditet og jern ga en koeffisient på 0,90 - noe som ut fra det foreliggende materiale må betraktes som en god sammenheng. Det er således nærliggende å tro at denne korrelasjon henger sammen med leirpartiklenes adsorberende evne eller partiklenes evne til å inngå komplekse forbindelser med de nevnte stoffer.

Øyerens og Mjøsas innhold av plantenæringsstoffer er fremstilt i tabell 8.

Tabell 8. Øyeren og Mjøsa. Fosfater og nitrater, middelverdier og variasjonsbredde 1967

| Komponent | Øyeren | | | Mjøsa | | |
|--------------------|-------------|------------------|---------------|-------------|------------------|---------------|
| | Middelverdi | Variasjonsbredde | Antall prøver | Middelverdi | Variasjonsbredde | Antall prøver |
| Totalfosfat µg P/l | 25 | 8 - 74 | 61 | 19 | 8 - 78 | 49 |
| Ortofosfat µg P/l | 5 | <2 - 22 | 60 | 5 | 2 - 12 | 48 |
| Nitrat µg N/l | 197 | 20 - 467 | 69 | 252 | 108 - 318 | 49 |

Som tabellen viser, er forholdene i Øyeren og Mjøsa omtrent de samme når det gjelder vannets innhold av plantenæringsstoffer - den noe høyere verdi for totalfosfat i Øyeren kan ha sammenheng med tilførsler av fosforkomponenter fra Øyerens lokale nedbørfelt. Som allerede nevnt er fosforbidraget fra de nærmeste omgivelser spesielt stort under flomperiodene når vannet er mest turbid. Imidlertid er materialet for lite til noen nærmere diskusjon om det lokale nedbørfeltets betydning for Øyerenvannets innhold av plantenæringsstoffer.

Vannet i Øyeren har en nøytral, eller svakt sur karakter, og det har et lavt elektrolyttinnhold (bløtt vann). De små variasjonene i pH og elektrolytisk ledningsevne under observasjonsperioden henger som nevnt sammen med årstidene og den vekslende vannføring i Glåma.

Oksygeninnholdet i Øyeren er i det vesentligste dominert av de termiske og dynamiske forhold. Under vinterstagnasjonsperiodene er det imidlertid et visst forbruk av oksygen i dyplagene. Dette skyldes dekomponering av organisk materiale i vannet og i bunnsedimentene. Det vesentligste av dette organiske materiale har sannsynligvis sin opprinnelse fra nedbørfeltet (alloktont organisk materiale), men produksjonen av organisk materiale i selve innsjøen kan også ha en viss betydning.

6. BIOLOGISKE FORHOLD

Grunnlaget for denne beskrivelse danner den kvantitative bearbeidelse av plankton som ble foretatt i forbindelse med Institutt for Atomenergi's resipientundersøkelse 1958 - 1959. Ved siden av dette materiale er det gjort spredte innsamlinger av plankton med fytoplanktonhåv i 1961 - 1964 og i 1967.

Tabell 9 viser et utdrag av resultatene fra de kvantitative undersøkelsene der bare de hyppigst forekommende organismene er tatt med. På grunn av de i hovedsaken betraktelig større cellene, vil det være diatoméene som preger planktonet, selv om det tallmessig sett er et stort innslag av både grønnalger og chrysophycéer. Diatoméenes betydning understrekes i tabell 10 (Skulberg 1965) som viser de viktigste artene i håvtrekk fra 1961 - 1964, oppstilt i rekkefølge som svarer til mengdene som artene forekom i. Her ser man hvordan arter som Asterionella formosa, Fragilaria crotonensis og Tabellaria fenestrata er fremtredende år etter år. Tabell 11 viser noen av vannets kjemiske egenskaper på de samme stedene og tidspunktene som håvtrekkene er innsamlet. Tallene viser at også i den henseende kan forholdene være noenlunde like fra år til år.

Tabell 9. Plankton i Øyeren 24/7 1958 - 18/12 1958
Mengdeangivelser i celler/l.

| Organismer | 24/7 1958 | | | | 28/8 1958 | | | 18/9 1958 | | | | 9/10 1958 | | | | 18/12 1958 | | | | |
|---|-----------|---------|--------|---------|-----------|---------|--------|-----------|--------|-------|-------|-----------|--------|--------|--------|------------|--------|---------|-------|-------|
| | Dyp: | 0 m | 5 m | 10 m | 30 m | 0 m | 5 m | 30 m | 0 m | 5 m | 10 m | 30 m | 0 m | 5 m | 10 m | 30 m | 0 m | 5 m | 10 m | 30 m |
| SCHIZOMYCETES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leptothrix discophora (Schwers) Dorff | | 1500 | | | 500 | 23500 | 13000 | 14500 | 16000 | 58000 | 52500 | 8000 | 27500 | 14500 | 25000 | 19500 | 500 | | | 1000 |
| Planctomyces Gimesi | | | | | 23000 | 8000 | 6000 | 14500 | 5000 | 6000 | 7500 | 24500 | 3000 | 4000 | 2000 | 1000 | | | | |
| Siderocapsa Molisch sp. | | 500 | | | 7000 | 7000 | 1500 | 3000 | 3500 | 8000 | 3500 | 4000 | 3000 | | 1000 | 2000 | | | | 1500 |
| Chlamydobakterier | | 507500 | 600000 | 467000 | 6500 | ccc | | | | | | | | 160000 | | | 530000 | 1318000 | 54000 | ccc |
| CYANOPHYCEAE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gomphosphaeria lacustris Chod. | | | | | | 21500 | 8500 | | 5000 | 6000 | | | 5500 | 3000 | 5000 | | 2500 | | 1000 | 1000 |
| Merismopedia Meyen sp. | | | 8000 | 12000 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CHLOROPHYCEAE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ankistrodesmus Corda spp. | | 19000 | 20000 | 14500 | 1000 | 37000 | 56000 | 1500 | 14500 | 26500 | 2300 | 3500 | 2000 | 10000 | 11000 | 5500 | 20000 | | 2500 | 1500 |
| Chlamydomonadine flagellater | | | | | | | 1500 | | 1500 | 500 | | | | | | | | | | |
| Crucigenia cf. minima (Fitschen) Brunnth. | | 2000 | | | | 6000 | 2500 | | | 3000 | 10000 | | | 2000 | 4000 | 2000 | | 1500 | | |
| Dispora Printz sp. | | 5000 | 1500 | 2000 | | 4000 | 3000 | | 4000 | 5000 | 3500 | 2000 | 2000 | 1500 | 500 | | 500 | | | 500 |
| Scenedesmus quadricauda Turpin em. Chod. | | | | | | 14000 | 2000 | | | | 2000 | 2000 | | 2000 | 2000 | 2000 | | | | |
| Scenedesmus Meyen sp. | | 3000 | 5500 | 500 | 500 | 6000 | | | 3500 | 9500 | 3000 | | | 500 | 1000 | | 1000 | 1500 | 500 | |
| Ubestemte coccale grønnalger | | 285000 | 83000 | 58000 | | 81500 | 60500 | | 31500 | 32000 | 48500 | 1000 | 27500 | 26500 | 42000 | 11000 | 11500 | | | |
| BACILLARIOPHYCEAE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Achnanthes Bory sp. J | | 9000 | 11500 | 8000 | 5000 | 12000 | 19000 | 5000 | 3000 | 11000 | 8000 | 3500 | 15500 | 13000 | 14000 | 12500 | 5000 | 5000 | 4000 | 500 |
| Asterionella formosa Hass. | | 156000 | 725000 | 161000 | 67000 | 1033000 | 574000 | 425000 | 16000 | 28500 | 26500 | 66000 | 18000 | 10500 | 19500 | 14000 | 2000 | 300 | 500 | 1500 |
| Ceratoneis arcus Kütz. | | 1000 | 500 | 500 | 3000 | 1000 | 80 | 500 | 20 | | 500 | 1000 | 500 | 1000 | 500 | 40 | 500 | 20 | | |
| Cyclotella Kütz. sp. | | 4000 | 6500 | 14000 | 13500 | 15000 | 10000 | 6500 | 4000 | 6000 | 4000 | 4500 | 4500 | 3500 | 5500 | 3500 | 2000 | 1000 | 2000 | 2000 |
| Cymbella Ag. sp. | | | 6000 | 11500 | | 6000 | 6500 | 1500 | 1500 | 2000 | 3000 | 1000 | 2000 | 2000 | 3000 | 2000 | 500 | 500 | | 500 |
| Melosira cf. ambigua (Grun.) O. Müll. | | 3000 | 2500 | 2000 | 1000 | | 3000 | 1100 | | 2000 | 3500 | 3000 | 500 | 8000 | 200 | 1500 | 180 | | | 2000 |
| Navicula Bory spp. | | 23000 | 22500 | 13500 | | 6500 | 11500 | 5500 | 1000 | 4000 | 5000 | 1500 | 4000 | 9500 | 2500 | 2500 | 1000 | 500 | 1000 | 1000 |
| Synedra ulna (Nitzsch) Ehrenb. | | 5500 | 3500 | 6000 | 26500 | 8500 | 6500 | 3500 | | 2000 | | 7500 | 4000 | 2500 | 2000 | 5000 | 400 | 500 | 1000 | 500 |
| Tabellaria fenestrata (Lyngb.) Kütz. | | 44500 | 24500 | 47000 | 10000 | 443700 | 214000 | 52500 | 17500 | 25500 | 24000 | 13000 | 9500 | 13000 | 13000 | 12000 | 1000 | 220 | 40 | 100 |
| Ubestemte pennate diatoméer | | 62500 | 64000 | 63000 | 27500 | 46500 | 39500 | 14000 | 8000 | 17000 | 17500 | 10500 | 22000 | 34000 | 29500 | 13500 | 8000 | 5720 | 4520 | 4500 |
| CHRYSOPHYCEAE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dinobryon Borgei Lemm. | | | | 2000 | | 2500 | 7500 | | 4000 | 5500 | 4000 | | 1500 | 500 | | | | | | |
| Dinobryon divergens Imhof | | 1033000 | 943500 | 1165000 | 6000 | 5000 | 5500 | 3500 | | 500 | | 2500 | 1500 | 2000 | 2500 | 1000 | | | | |
| Dinobryon sociale var. americanum (Brunnth.) Bachm. | | | | | | 32000 | 75000 | | 64500 | 29500 | 39500 | | 5000 | 3000 | 16000 | 500 | | | | |
| Dinobryon sociale var. stipitatum (Stein) Lemm. | | 14000 | 12000 | 24000 | 500 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dinobryon suecicum var. longispinum Lemm. | | | | | 2000 | | 14500 | 2000 | 7500 | 10000 | 7500 | 1000 | 4000 | 1000 | 1500 | 1000 | | | | |
| Kephyrion cf. littorale Lund | | 26000 | | | 500 | 3000 | 2500 | 3000 | 6000 | 7500 | 4500 | 5000 | 1000 | 1500 | | | | | | |
| Kephyrion Pascher spp. | | 50000 | | 1000 | 14000 | 28000 | 25000 | 165000 | 49500 | 53500 | 52000 | 12000 | 7500 | 8000 | 7500 | 8000 | | | | 1000 |
| Ochromonadine flagellater | | | 1000 | | 16500 | | 29000 | | 13000 | 44000 | 15500 | 8000 | 14500 | 7500 | 6000 | 16000 | 3500 | | 1000 | |
| Ubestemte Kephyrion-liknende flagellater | | 12000 | | 3000 | 3000 | 1000 | 6000 | | 6000 | 22500 | 10000 | 5000 | 2500 | 1000 | | 1500 | | | | |
| Cyster av Dinobryon Ehrenb. spp. | | 38000 | 20000 | 35500 | 1000 | 4000 | 500 | | 2000 | 500 | | | 1500 | 1500 | 2500 | 500 | | | | |
| DINOPHYCEAE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Glenodinium (Ehrenb.) Stein sp. | | 1000 | 500 | | 9000 | 3500 | 1500 | 4000 | 4000 | 2000 | 3000 | 6500 | 500 | 2000 | 2500 | 5500 | | | | 500 |
| Gymnodinium Stein sp. | | | | | | | | | 24500 | 1500 | 6500 | 2000 | 4000 | 1500 | 2000 | 1000 | | | | |
| ANDRE ALGER | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cryptomonas caudata Schiller | | 4000 | 12000 | 75500 | 98000 | 162000 | 137000 | 24000 | 122000 | 87500 | 82000 | 4500 | 57000 | 85000 | 135000 | 9500 | 1000 | 1500 | | 12000 |
| Cryptomonas Ehrenb. spp. | | 44000 | 51500 | 67500 | 42000 | 35000 | 43500 | 23500 | 253500 | 86000 | 92500 | 140000 | 294500 | 180000 | 167500 | 127500 | 14500 | 9000 | 3500 | 20 |
| Trachelomonas Ehrenb. sp. | | | | | 1500 | 39000 | 19000 | 1500 | 10000 | 10500 | 11000 | 500 | 500 | | | 1000 | | | | |
| Ubestemte flagellater | | 20000 | 33500 | 34500 | 35000 | 23500 | 40500 | 8000 | 29000 | 21500 | 23500 | 31500 | 32000 | 11500 | 9500 | 7000 | 10000 | 10500 | 10000 | 14500 |
| ZOOPLANKTON | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vorticella L. sp. | | 7500 | 5000 | 1500 | | 2000 | 1500 | | 20 | | | 1000 | | | | | | | 200 | 120 |
| Ubestemte ciliater | | 46500 | 25000 | 15000 | 21500 | 30000 | 29000 | 15000 | 56000 | 22580 | 33060 | 11520 | 26000 | 17160 | 13060 | 7500 | 1500 | 1500 | 10000 | 3060 |
| Conochilus volvox Ehrenb. | | 500 | 20 | 100 | | 40 | 80 | | 40 | | | | | | | | | | | |
| Keratella cochlearis (Gosse) | | 500 | 500 | 740 | | 500 | 120 | | | 80 | 80 | | 120 | 60 | 500 | | | | | 20 |
| Polyarthra platyptera Ehrenb. | | 4000 | 2000 | 1000 | 20 | 500 | 100 | 500 | 80 | 40 | 20 | 40 | 200 | 60 | 40 | | | | | 20 |

Tabell 9. Plankton i Øyeren 22/1 1959 - 4/6 1959
Mengdeangivelser i celler/l.

| Organismer | 22/1 1959 | | | | 19/2 1959 | | | | 9/3 1959 | | | | 30/4 1959 | | | 14/5 1959 | | | | 4/6 1959 | | | | | | | | |
|--|-----------|-------|-------|-------|-----------|--------|--------|-------|----------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-----------|-------|-------|--------|----------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|------|--|
| | 0 m | 5 m | 10 m | 30 m | 0 m | 5 m | 10 m | 30 m | 0 m | 5 m | 10 m | 30 m | 0 m | 10 m | 30 m | 0 m | 5 m | 10 m | 30 m | 0 m | 5 m | 10 m | 30 m | | | | | |
| SCHIZOMYCETES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leptothrix discophora (Schwers) Dorff | | | | 20 | | 500 | 500 | | | | | 1000 | | | | | | | 4000 | 500 | 2500 | 1500 | | 500 | 2000 | | | |
| Planctomyces Gimesi sp. | | | | | | | | 500 | | 1500 | | 2500 | 1500 | 7500 | 8000 | 22000 | | | 5500 | 11500 | | 7000 | 2000 | | 1500 | 1500 | 500 | |
| Siderocapsa Molisch sp. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Chlamydobakterier | 49500 | 42500 | 3000 | ccc | 193000 | 569000 | 256000 | | ccc | 22000 | 16500 | 2000 | ccc | ccc | ccc | | 5000 | ccc | | 4500 | | | | | | | | |
| CYANOPHYCEAE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gomphosphaeria lacustris Chod. | | | | | | | | | | | | 47000 | | | | 51000 | | | 11000 | | 120000 | 101000 | 59000 | 12000 | | 6000 | 3000 | |
| Merismopedia Meyen sp. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CHLOROPHYCEAE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ankistrodesmus Corda spp. | 1000 | | 500 | | 1000 | 500 | 500 | | 500 | 500 | 1000 | 500 | 2000 | | | 11500 | 10000 | 12000 | 1500 | 27000 | 34500 | 29500 | 4000 | | | | | |
| Chlamydomonadine flagellater | | | 2000 | 1000 | | | | 500 | | | 1500 | 1000 | | | | | 500 | | 500 | 25000 | 3500 | 5000 | 1000 | | | | | |
| Crucigenia cf. minima (Fitschen) Brunth. | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1000 | | 1500 | | | | | | | | |
| Dispora Printz sp. | | 500 | 500 | | | | | 500 | | | | | | 500 | | 1000 | | | | 6500 | 3500 | 3500 | 500 | | | | | |
| Scenedesmus quadricauda Turpin em. Chod. | | | | | | | | | | | | | | 2000 | | | | | | 9000 | 2000 | 16000 | | | | | | |
| Scenedesmus Meyen sp. | | | | | | | | | 500 | | 1000 | | | | | 3000 | | 1000 | | 1000 | 1000 | 3500 | 1000 | | | | | |
| Ubestemte coccale grønnalger | | | | | | | | | | 2000 | | | | | | 1000 | 500 | | | 7500 | 9000 | 20500 | | | | | | |
| BACILLARIOPHYCEAE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Achnanthes Bory sp. I | 2500 | 6500 | 500 | 1500 | 500 | | 500 | 500 | 1000 | 1000 | 1500 | 1500 | 26000 | 18500 | 10500 | 29000 | 36500 | 29000 | 41000 | 33000 | 20500 | 30500 | 12500 | | | | | |
| Asterionella formosa Hass. | 500 | 500 | 500 | 200 | 2000 | 480 | 1500 | 60 | 7500 | 3500 | 1500 | 180 | 94500 | 75500 | 22500 | 95500 | 55000 | 74500 | 19500 | 171500 | 131000 | 227000 | 104500 | | | | | |
| Ceratoneis arcus Kütz. | 20 | 60 | 500 | | 20 | 20 | | | 500 | 60 | 40 | 20 | 6000 | 5000 | 4500 | 6000 | 2500 | 1500 | 1000 | 2500 | 4000 | 3500 | 3000 | | | | | |
| Cyclotella Kütz. sp. | 500 | 3000 | 1500 | 7000 | 1000 | 2500 | 2500 | 4500 | 5000 | 15000 | 6500 | 1000 | 13000 | 18500 | 11500 | 8000 | 13000 | 16000 | 18500 | 27500 | 27000 | 22500 | 43000 | | | | | |
| Cymbella Ag. sp. | | 20 | 20 | | | | | 500 | | 500 | | 20 | 3500 | 5500 | 5000 | 7000 | 2000 | 7000 | 5500 | 10500 | 10000 | 13000 | 4000 | | | | | |
| Melesira cf. ambigua (Grun.) O. Müll. | 500 | | 1000 | | | 260 | 1500 | | | 40 | 120 | 120 | 2000 | 1000 | 1500 | 1000 | 1500 | 2500 | 2500 | 6000 | 2500 | 5000 | 1000 | | | | | |
| Navicula Bory spp. | 20 | | | | | | | | 500 | 2500 | 500 | 20 | 4500 | 2500 | 6000 | 3000 | 100 | 1000 | 4000 | 18000 | 12000 | 21500 | 2500 | | | | | |
| Synedra ulna (Nitzsch) Ehrenb. | 280 | 1500 | 1000 | 500 | 1000 | 1000 | 2000 | 1000 | 7000 | 4500 | 2500 | 200 | 11000 | 19000 | 12000 | 9500 | 7000 | 5500 | 6500 | 56000 | 31500 | 49000 | 12000 | | | | | |
| Tabellaria fenestrata (Lyngb.) Kütz. | 1000 | 500 | 500 | 20 | 60 | 60 | | | | 240 | 60 | | 3000 | 2000 | 2000 | 4500 | 5000 | 1500 | 3500 | 5000 | 4500 | 7500 | 2500 | | | | | |
| Ubestemte pennate diatomeer | 9040 | 16600 | 4000 | 4540 | 2540 | 3080 | 3540 | 3000 | 5500 | 2680 | 3060 | 1020 | 44500 | 40300 | 48000 | 41940 | 56000 | 51500 | 84000 | 65000 | 78500 | 112000 | 45000 | | | | | |
| CHRYSTOPHYCEAE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dinobryon Bergei Lemm. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 15500 | 9500 | 3000 | | 13500 | 24500 | 13000 | 1500 | |
| Dinobryon divergens Imhof | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1000 | | | | 16000 | 19000 | 16500 | 1000 | |
| Dinobryon sociale var. americanum (Brunth.) Bachm. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 9500 | 7000 | 2000 | | 20500 | 4000 | 5000 | | |
| Dinobryon sociale var. stipitatum (Stein) Lemm. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5500 | 5000 | | | 16000 | 14500 | 11000 | | |
| Dinobryon suecicum var. longispinum Lemm. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4500 | 2000 | | | | | | | |
| Dinobryon suecicum var. longispinum Lemm. | | | | | | | | | | | | | 500 | 1500 | | 7500 | 1500 | 1000 | | 500 | 5500 | 5000 | 1500 | | | | | |
| Kephyrion cf. littorale Lund | | | | 500 | | | | | 500 | | | | | | | 6000 | 2000 | 3000 | 101500 | 22500 | 12500 | 2000 | 5500 | 58000 | 44000 | 17500 | | |
| Kephyrion Pascher spp. | 1000 | 500 | 500 | | | 500 | | 1500 | | | | | | | | | | | | 4000 | 2500 | 4000 | | 9000 | 5000 | 10000 | 3500 | |
| Ochromonadine flagellater | 500 | | | 5000 | | | | 1500 | 2500 | | | 7500 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ubestemte Kephyrion-lignende flagellater | | | | | | | | | | 500 | | 1000 | 4000 | 2500 | 500 | | 2500 | 1500 | 2000 | | 18000 | 3500 | 1500 | | | | | |
| Cyster av Dinobryon Ehrenb. spp. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DINOPHYCEAE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Glenodinium (Ehrenb.) Stein sp. | 2000 | 500 | 2000 | 2500 | | | | | 1500 | 500 | 1500 | | 500 | 1000 | 1000 | 500 | 2000 | 1500 | | 2000 | 1500 | 3000 | 2500 | | | | | |
| Gymnodinium Stein sp. | | | | | 4000 | | 1000 | | 6000 | 3000 | | | 500 | | | 4000 | | 2000 | 1000 | 3500 | 4000 | 2500 | 4000 | | | | | |
| ANDRE ALGER | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cryptomonas caudata Schiller | 20000 | 8500 | 500 | 6000 | 57000 | 14500 | 9500 | 500 | 42500 | 62500 | 20500 | 500 | 50500 | 38500 | 15000 | 37000 | 26000 | 13500 | 2000 | 178000 | 184000 | 215000 | 47500 | | | | | |
| Cryptomonas Ehrenb. spp. | 1000 | 1000 | 500 | 500 | 3500 | 4500 | 3000 | | 3000 | 6500 | 1500 | 500 | 5000 | 5000 | 4000 | 2500 | 4000 | 4500 | 3000 | 32000 | 25000 | 27000 | 7500 | | | 1000 | 1500 | |
| Trachelomonas Ehrenb. sp. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ubestemte flagellater | 24000 | 28000 | 10500 | 12500 | 30000 | 32000 | 46500 | 11500 | 39500 | 21500 | 16500 | 10000 | 30000 | 30500 | 18500 | 54000 | 80500 | 12000 | 18000 | 61000 | 43500 | 50500 | 10500 | | | | | |
| ZOOPLANKTON | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vorticella L. sp. | | | 140 | | 20 | | 60 | 20 | | | 20 | | 40 | 60 | 40 | 20 | 60 | 500 | 320 | 500 | | | 160 | 780 | | | | |
| Ubestemte ciliater | 1500 | 500 | 8060 | 7000 | 520 | 1500 | 3500 | 3500 | 2500 | 3500 | 13000 | 3000 | 14160 | 15560 | 22500 | 13020 | 4500 | 10500 | 24500 | 29120 | 20500 | 15360 | 18500 | | | | | |
| Conochilus volvox Ehrenb. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 20 | | | | | | | | |
| Keratella cochlearis (Gosse) | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 20 | | | | | | | | |
| Polyarthra platyptera Ehrenb. | | | | | | | | | | | | | 20 | | | | | | | 260 | 40 | 40 | 20 | | | | | |

Tabell 10. De viktigste planteplanktonartene i håvtrekk fra Øyeren 1961 - 1964 (Etter Skulberg 1965)

| 1/9 1961 | 15/9 1962 |
|------------------------|------------------------|
| Asterionella formosa | Fragilaria crotonensis |
| Tabellaria fenestrata | Tabellaria fenestrata |
| Fragilaria crotonensis | Asterionella formosa |
| Rhizosolenia longiseta | Rhizosolenia longiseta |

q

| 19/9 1963 | 29/9 1964 |
|------------------------|------------------------|
| Tabellaria fenestrata | Fragilaria crotonensis |
| Asterionella formosa | Diatoma elongatum |
| Fragilaria crotonensis | Tabellaria fenestrata |
| Rhizosolenia longiseta | Asterionella formosa |

Tabell 11. Hydrokjemiske data fra håvtrekkstasjonene i tabell 10 (Etter Skulberg 1965)

| Komponent | 1/9 1961 | 15/9 1962 | 19/9 1963 | 20/9 1964 |
|--------------------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|
| pH | 7,1 | 7,0 | 7,0 | 7,1 |
| Spes. ledn. evne, 20°C, µS/cm | 35,2 | 38,2 | 33,5 | 36,9 |
| Farge mg Pt/l | 29 | 69 | 69 | 54 |
| Turbiditet mg SiO ₂ /l | 0,7 | 3,7 | 8,1 | 5,8 |
| Hårdhet, mg CaO/l | 8,6 | 5,6 | 8,5 | 8,0 |

Ved en vurdering av planktonprøver fra henholdsvis sydenden av Mjøsa, Glåma ved Fetsund og Øyeren (tabell 12) fremgår det enkelte hovedtrekk ved vegetasjonsforholdene i vannmassene. Oppstillingen viser at planktonet i Øyeren, når det gjelder artssammensetning, er temmelig lik det som man finner i Mjøsa og på elvestrekningen, men med et noe større innslag av grønnalger og blågrønnalger. Dette er en indikasjon på betydningen av tilførte organismer for planktonsamfunnets sammensetning.

Tabell 12. Sammenlikning av materiale fra håvtrekk i Mjøsa, Glåma og Øyeren

| Organismer | Mjøsa 23/8 1967 | Glåma, Fetsund 7/9 1967 | Øyeren 14/8 1967 |
|--|--------------------|----------------------------|---------------------|
| CYANOPHYCEAE | | | |
| Anabaena flos-aquae (Lyngb.) Breb. | | | 2 |
| Oscillatoria Vaucher sp. (6-7 μ) | 2 | | 4 |
| BACILLARIOPHYCEAE | | | |
| Asterionella formosa Hass. | 4 | 4 | 4 |
| Diatoma elongatum Ag. | 2 | 2 | 3 |
| Fragilaria crotonensis Kitton | 4 | 4 | 5 |
| Fragilaria Lyngb. sp. | 2 | 2 | 3 |
| Melosira ambigua (Grun.) O.Müller | 1 | 2 | 2 |
| Melosira granulata (Ehrenb.) Ralfs | | 2 | 2 |
| Rhizosolenia eriensis H.L. Smith | 2 | 2 | 3 |
| Rhizosolenia longiseta Zach. | | 2 | 2 |
| Synedra acus Kütz. | 2 | | 2 |
| Tabellaria fenestrata (Lyngb.) Kütz. | 4 | 3 | 3 |
| CHLOROPHYCEAE | | | |
| Arthrodesmus incus (Bréb.) Hass. | | | 2 |
| cf. Gemellicystis neglecta Skuja | 2 | 1 | 3 |
| Gloeococcus A. Braun sp. | 2 | 1 | 1 |
| Microspora Thuret sp. | | 2 | |
| Mougeotia Ag. sp. | | | 2 |
| Scenedesmus quadricauda (Turp.)Bréb. | | | 3 |
| Spondylosium planum (Wolle)W.&G.S.West | | 1 | 3 |
| Staurastrum Meyen spp. | 2 | | 2 |
| CHRYSOPHYCEAE | | | |
| Mallomonas Perty sp. | | | 2 |
| ROTATORIA | | | |
| Filinia (Triarthra) longiseta Ehrenb. | | | 2 |
| Keratella cochlearis (Gosse) | 2 | 2 | 3 |
| Notholca longispina Kell. | 2 | 2 | 2 |
| Polyarthra platyptera Ehrenb. | 3 | | 3 |
| Trichocerca Lamarck sp. | | | 2 |
| CRUSTACEA | | | |
| Bosmina coregoni Baird | 2 | | 3 |

Ved sammenlikning av artslistene fra de kvantitative prøvene og håvtrekkene, legger man merke til at flere hyppig forekommende grønnalger og særlig chrysophycéer ikke er registrert i håvtrekkene. Den vesentlige årsaken til dette er at disse organismene er så små at de slipper gjennom porene (20 μ) i håvduken.

7. BAKTERIOLOGISKE FORHOLD

Undersøkelsen av Øyeren i 1961 - 1962 omfattet også de bakteriologiske forhold, og på hver prøvetakingsdag ble det tatt bakteriologiske prøver på forskjellige dyp. Disse prøver ble analysert på coliforme bakterier og kimtall.

Coliforme bakterier blir vanligvis forbundet med forurensning fra mennesker og dyr. Resultatene angis vanligvis i antall bakterier pr. 100 ml vann. Kimtallet omfatter flere typer bakterier, og mengden angis i antall pr. ml vann. Resultatene viser at forurensningen, som vesentlig stammer fra mennesker og dyr, økte utover sommeren og høsten. Den 15. november 1961 varierte verdiene for coliforme bakterier fra 250 - 640 kolonier pr. 100 ml (middelvei ca. 480 kolonier pr. 100 ml). At vannets innhold av colibakterier øker utover høsten, er et vanlig fenomen og henger sannsynligvis sammen med avrenning fra skog- og jordbruksdistriktene. Om vinteren og våren var antallet coliforme bakterier betraktelig lavere, antakelig på grunn av de klimatiske forhold. Ellers kan bemerkes at den 22. februar var tallene tydelig høyere i de øverste vannmasser enn i dypet. I august 1962 var det forholdsvis lave tall for coliforme bakterier. Årsaken til dette kan muligens være at avrenningen fra jordbruksområdene var forholdsvis liten på denne tid. Rent generelt er de bakteriologiske forurensninger i stagnasjonsperiodene høyere i de øverste vannmasser enn i dypet.

Kimtallene varierte også en del, både med hensyn til tiden og dypene. Vanligvis lå de på ca. 400 - 500 kolonier pr. ml. I februar 1962 var tallene betraktelig høyere i overflatelagene hvor gjennomstrømningen foregikk enn i dypet. Den 8. mai 1962, under vårflommen, lå verdiene jevnt over i alle dyp på ca. 3000 - 4000 kolonier pr. ml. Dette kan sees i forbindelse med den store partikkeltransporten gjennom innsjøen på denne tiden.

8. SAMMENFATTENDE DISKUSJON

De geologiske forhold i nedbørfeltet varierer fra sterkt omdannede kambrosilurbergarter og grunnfjell i nord, sparagmitter og gabbroide bergarter i de midtre og vestlige områder, mens berggrunnen i syd består av mindre omdannede kambrosilur og grunnfjell. Til tross for denne varierte berggrunn er elektrolytinnholdet relativt stabilt, likevel er den spesifikke ledningsevne noe lavere under flomperioder om våren enn ellers. Dette relativt stabile elektrolytinnhold må ses i sammenheng med de store elvesystemer og Mjøsas buffer-virkning.

Det som særpreger Øyerens vannmasser er i første rekke den til sine tider store turbiditetsbelastning. Belastningen som er størst under flomperiodene om våren og forsommeren har vesentlig sin årsak i transport av erodert materiale fra leiresedimenter nedenfor den marine grense. Øyeren virker som sedimenteringsbasseng for en del av dette materiale, og i tidens løp er den nordligste halvdel av innsjøen grunnet opp av slikt materiale.

Fig. 11 fremstiller arealutnyttelse og bosettingsforhold m.m. i Øyerens nedbørfelt. 22745 km² eller ca. 57% består av lite produktive områder. Størsteparten av disse områder består av høyfjell med mengdemessig sparsom vegetasjon. Ca. 33% av feltet er bevokst med skog, og i denne sammenheng er Glåmas nedbørfelt av størst betydning. De viktigste jordbruksarealer ligger rundt og syd for Mjøsa. 12% av hele feltets jordbruksarealer ligger i feltet nedenfor Nestangen (samløp Vormå - Glåma), og i det samme området bor det over 100 000 mennesker eller over 25% av hele feltets befolkning. I de sydlige områder er det også betydelig industrivirksomhet som kan ha betydning for forurensningssituasjonen i Øyeren. Betydningen av det lokale eller den sydlige delen av feltet i forurensningssammenheng, kan til dels vurderes ut fra tabell 13., som viser folketall og virksomheten i nedbørfeltet i forhold til vannføringen i Glåma ved Bingsfoss og ved utløp Øyeren.

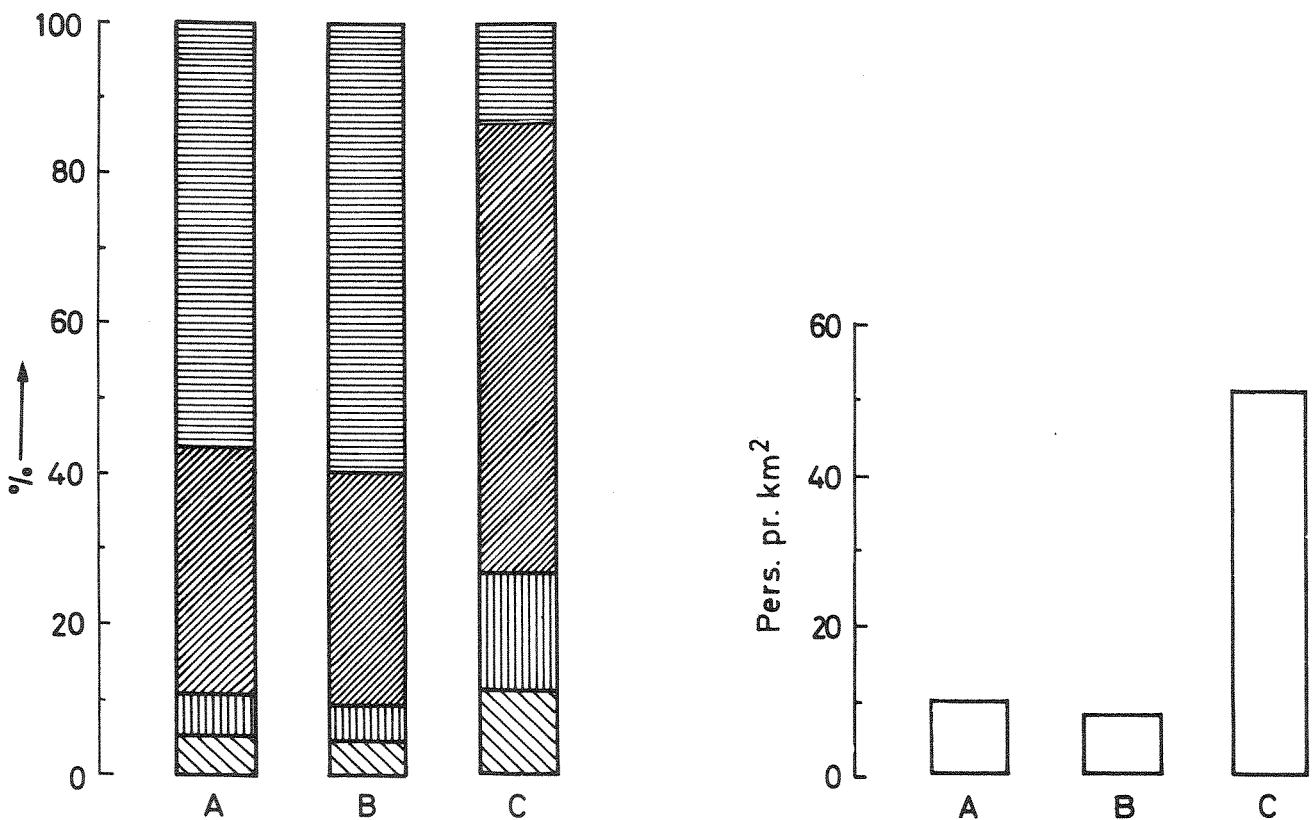
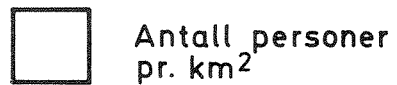
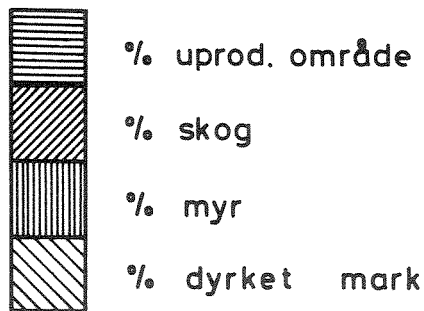
Tabell 13. Folketall og virksomheter i nedbørfeltet i forhold til den midlere vannføring i Glåma ved Bingsfoss og ved utløp Øyeren

| Sted | personer pr. l/sek | Mål dyrket mark pr. l/sek | Industri- pers.ekv. pr. l/sek |
|--------------|-----------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| Bingsfoss | 0,464 | 2,622 | 0,853 |
| Utløp Øyeren | 0,584 | 2,742 | 0,837 |

Fig.11 Öyerens nedbörfelt. Arealutnyttelse og bosetningsforhold.

Tegnforklaring :

- A : Öyerens totale nedbörfelt
- B : Nedbörfelt ovenfor Nestangen
- C : Nedbörfelt nedenfor Nestangen



Det er grunn til å fremheve at den forurensning som tilføres fra nærliggende områder er av langt større betydning for forurensningstilstanden enn det materiale som tilføres vassdraget i fjernere og mer perifere områder, og som således i langt større grad er gjenstand for dekomponering og mineralisering.

Til tross for Øyerens størrelse, ca. 85 km² overflate og et volum på vel 1120 mill. m³, er den liten i forhold til nedbørfeltets størrelse (39964 km²) og tilløpselvenes vannføring. Den teoretiske oppholdstid er således 19 døgn, og vannets virkelige oppholdstid i stagnasjonsperiodene er enda langt kortere. Gjennomstrømningen gjør seg om sommeren gjeldende ned til 20 - 30 meters dyp, og sprangsjiktet er således lite utpreget. Disse strømningsforhold er også årsak til lave temperaturer i overflatelagene (ned til 15 meters dyp) om vinteren. Dypvannstemperaturene varierer fra 3°C om vinteren til 6 - 7°C om sommeren. Sirkulasjonsperiodene er av relativt kort varighet. I slutten av stagnasjonsperiodene og i begynnelsen av fullsirkulasjonsperiodene er det påvist en viss gjennomstrømning i de dypere lag av innsjøen. Disse forhold kan prege dypvannsmassene gjennom den hele påfølgende stagnasjonsperiode. Oksygeninnholdet i Øyeren er i det vesentligste dominert av de termiske og dynamiske forhold, og det er hittil ikke blitt påvist nevneverdig overmetning av oksygen i overflatelagene som følge av planteplanktonets fotosyntese. Derimot er det et visst oksygenforbruk i dyplagene under vinterstagnasjonsperiodene, sannsynligvis som følge av dekomponering av tilført organisk materiale fra nedbørfeltet.

Vannets innhold av fosfater er gjennomgående lavere under stagnasjonsperiodene enn under sirkulasjonsperiodene. Dette har antakelig sammenheng med leirepartiklenes adsorberende evne. Analyse materialet, sett under ett, tyder imidlertid ikke på at Øyeren er spesielt sterkt belastet med plantenæringsstoffer.

De bakteriologiske undersøkelser har vist at vannet alltid er påvirket av forurensninger som kan tilbakeføres til mennesker og dyr. Innholdet av coliforme bakterier er størst i høstmånedene, men også under vårflommen har vannet et betydelig bakterieinnhold. I stagnasjonsperiodene er konsentrasjonen av bakterier størst i overflatelagene.

De utførte undersøkelser synes å tyde på at Øyeren til tross for stor forurensningstilførsel ikke er langt fremadskreden med hensyn til eutrofierting. Dette henger i det vesentligste sammen med den raske utskiftning av vannmassene. Turbiditetsbelastningen er en viktig faktor i denne sammenheng, idet leirpartiklenes adsorberende evne sannsynligvis reduserer vannets innhold av plante-

næringsstoffer samtidig som de nedsetter gjennomskiktbarheten.

En stor ulempe ved benyttelse av Øyeren som drikkevannskilde er vannets innhold av suspenderte partikler, og bruk av vannet som drikkevann, krever omfattende rensetekniske tiltak. Hvilken betydning vannets korte teoretiske oppholdstid, samt den til dels sterke turbiditetsbelastning har for Øyerens eutrofieringsutvikling, er foreløpig uklart, men på grunn av de interesser som knytter seg til lokaliteten både som drikkevannskilde og som resipient for avløpsvann, vil det være meget verdifullt å foreta nærmere undersøkelser av disse forhold. Nedre del av Glåma brukes for øvrig allerede i dag som drikkevannskilde for ca. 94000 personer. Ved bruk av innsjøen til resipientformål, er det derfor nødvendig å utvise stor forsiktighet, og det bør utføres nøye vurderinger av rensetekniske tiltak og måten avløpsvannet tilføres innsjøen på.

9. PRAKTISKE KONKLUSJONER

1. Den foreliggende rapport er utarbeidet på grunnlag av observasjonsmateriale fra flere separate undersøkelser spredt over et relativt langt tidsrom. De følgende konklusjoner er således forankret i et relativt stort observasjonsmateriale.
2. De fysisk-kjemiske forhold i Øyeren forandrer seg betydelig med årstidene og avrenningsforholdene. I flomperioder, spesielt under lavlandsflommen om våren, er vannmassene sterkt belastet med partikulært materiale (erosjonsmateriale). Innsjøbassenget er lite i forhold til nedbørfeltets størrelse, og vannmassenes oppholdstid i Øyeren er derfor kort.
3. Øyerens vannmasser er betydelig påvirket av forurensningsmateriale. Det er spesielt tilførsler av forurensninger fra de nærliggende områder som er årsak til dette. Om sommeren er det betydelig produksjon av planktonalger. Planteplanktonets artssammensetning tyder på tilførsel av organismer fra Mjøsa, men i Øyeren har planktonsamfunnet et noe større innslag av grønnalger og blågrønnalger. Under stagnasjonsperiodene, særlig om vinteren, er det et betydelig oksygenforbruk i dyplagene.
4. Selv om det nå foreligger et relativt stort observasjonsmateriale fra Øyeren, er det likevel vanskelig å vurdere i hvilken grad vannets kvalitet har forandret seg i den siste tiårsperiode. Det synes imidlertid som om produksjonen av planktonalger er noe større nå enn den har vært tidligere.

5. Bruken av Øyeren som råvannskilde for et vannverk krever omfattende rensetekniske tiltak. Etter vår mening er kjemisk felling (fullrensning) den eneste forsvarlige rensemethode i dette tilfellet. Man må også være klar over at Øyeren er meget sårbar for tilfeldige forurensningsutslipp fra f.eks. industribedrifter. De hygieniske forhold ved bruken av Øyeren som drikkevannskilde må vurderes av helsemyndighetene. Hvor og i hvilket dyp eventuelle drikkevannsinntak bør plasseres, bør vurderes i hvert enkelt tilfelle.

6. Med sin beliggenhet i det sentrale Østlandsområdet, vil Øyeren og Glåma-vassdraget alltid være utsatt for tilførsler av forurensninger. Avhengig av kilden vil forurensningsmaterialet være forskjelligartet og dermed ha ulik innvirkning på vannets kvalitet (giftvirkninger, oljeforurensninger, eutrofieringsutvikling, o.l.).

Vi antar at tilfeldige uhell, som resulterer i utslipp av giftstoffer, olje o.l., er den største usikkerhetsfaktor ved bruken av Øyeren og nedre del av Glåma som drikkevannskilde.

7. Den nedre del av Glåma (nedstrøms Øyeren) brukes i dag som drikkevannskilde for henimot 100.000 mennesker, og industrien har i tillegg et betydelig renvannsforbruk som minst er 10 ganger større enn drikkevannsforbruket. Hvis denne bruksmåte skal opprettholdes vil vi anbefale at det i Glåmas nedbørfelt bygges avanserte anlegg for rensing av avløpsvann både fra bebyggelse og industri. Samtidig bør det utvikles et effektivt kontrollapparat som har i oppgave å påse at renseanlegg m.m. til enhver tid virker etter forutsetningene.

10. LITTERATURLISTE

- Braarud, T., Føyn, B. og Gran, H.H.: Biologische Untersuchungen in einigen Seen des östlichen Norwegens, August - September 1927. Avh. utgitt av Det Norske Videnskaps-Akademi i Oslo. I Mat.-Naturv. Kl. 1928. No. 2. s 1. Oslo 1928.
- Gran, H.H., Føyn, B.: Über die Planktonproduktion im Hurdal-See. Avh. utgitt av Det Norske Videnskaps-Akademi i Oslo. I Mat.-Naturv. Kl. 1927. No. 1, s 1-33. Oslo 1927.
- Cappelen, J.W.'s Forlag: Oslo 1953. Sætren, G., Glommen, B.I. Beskrivelse av Norges vassdrag, Christiania, 1904.
- Holtedahl, O.: Norges geologi, Oslo, 1953.
- Institutt for Atomenergi: Aspects of the hydrobiology of the River Nitelv. Kjeller Internal Report, KIR - H₂, 1960.
- Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen: Hydrologiske undersøkelser i Norge, Oslo, 1958.
- Norsk institutt for vannforskning: (O-325) Undersøkelse av Øyeren som drikkevannskilde for Eidsberg vannverk, Blindern 1962.
- Norsk institutt for vannforskning: (O-217) Undersøkelse av Glåma nedenfor Øyeren. Rapporten er under utarbeidelse.
- Norsk institutt for vannforskning: (O-110/65) Vannforsyning og avløpsforhold i Østlandsfylkene. Utredning for Østlandskomiteén, 1967. Rapport I. Beskrivelser og undersøkelser av vannforekomster. Del 2. Glåma. Blindern, 1967.
- Norsk institutt for vannforskning: (O-110/65) Vannforsyning og avløpsforhold i Østlandsfylkene. Utredning for Østlandskomiteén 1967. Rapport I. Beskrivelser og undersøkelser av vannforekomster. Del 3. Mjøsa, Hurdalssjøen, Øyeren, Randsfjorden, Tyrifjorden, Norsjø. Blindern 1967.
- Norsk institutt for vannforskning: (O-122/66) Undersøkelser i forbindelse med Den internasjonale hydrologiske dekadé. Undersøkelsen er i gang, og det foreligger allerede et stort tallmateriale fra Øyeren og Leira.
- Næss, Helge: En undersøkelse av elven Leira på Romerike 1958 - 59. Lillestrøm mai 1961. Rapporten foreligger som upublisert hovedfagsoppgave i limnologi ved Universitetet i Oslo.

Skulberg, O.: Vannblomstdannende blågrønnalger i Norge og deres betydning ved studiet av vannforekomstenes kulturpåvirkning. Nordisk Jordbruksforskning 47, s. 180 - 190, 1965.

Teknisk ukeblad: Norske kraftverker, Oslo, 1954.

Teknisk ukeblad: Norske kraftverker. Bind II. Oslo, 1966.