

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Blindern

0-201/3

OSLOFJORDEN OG DENS FORURENSNINGSPROBLEMER

Oslofjorden - Den hydrografiske utvikling  
vinteren/våren 1970/1971

En oversikt

Fremdriftsrapport

Saksbehandler: cand. real F.E. Dahl

Rapporten avsluttet september 1971

## INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
1. INNLEDNING	3
1.1 Stasjonsplassering	3
2. MÅLE- OG OBSERVASJONSMETODIKK	5
3. DEN HYDROGRAFISKE SITUASJON	5
3.1 Tokt 23-24/11-1970	5
3.2 Tokt 11-12/1-1971	7
3.3 Tokt 22-23/3-1971	10
4. SAMMENDRAG AV DEN HYDROGRAFISKE UTVIKLING	15
4.1 Ytre Oslofjord	15
4.2 Indre Oslofjord og Bunnefjorden	15
5. KILDER	16

-oo0oo-

## FIGURFORTEGNELSE

FIGUR 1	Kartskisse over stasjonsnettet
2	Oksygenfordeling 23-24/11-1970
3	Oksygenfordeling 11-12/1-1971
4	Totalfosforfordeling 11-12/1-1971
5	Temperaturfordeling 11-12/1-1971
6	Oksygenfordeling 22-23/3-1971
7	Salinitetsfordeling 22-23/3-1971
8	Temperaturfordeling 22-23/3 1971
9	Tetthetsfordeling 22-23/3-1971
10	Totalfosforfordeling 22-23/3-1971

## 1. INNLEDNING

### 1.1 Stasjonsplassering

For å følge den hydrografiske utvikling i Oslofjorden, ble det vinteren/våren 1971 foretatt 6 tokt med mer eller mindre fullstendig dekning av stasjonsnettets som vist på fig. 1. De som kjenner stasjonsnettets under den tidligere Oslofjordundersøkelsen, vil se at dette er endret.

Innenfor Drøbacterskelen er alle de gamle stasjoner beholdt, med 3 unntagelser:

1. Syd for stasjonen ved Langåra har det kommet en ny stasjon for å få bedre informasjon om hva som hender like på innsiden av Drøbacterskelen.
2. Istedenfor to stasjoner i sydlige del av Bunnefjorden, har en lagt én .
3. Stasjonen i Bærumbassenget er blitt flyttet nærmere land, for å få mindre vei om vinteren. Sammenlignende målinger har vist at forskjellen i observerte størrelser ligger innenfor måleusikkerheten, bortsett fra de aller øverste metre.

Utenfor Drøbacterskelen har det skjedd en radikal endring både i beliggenheten av stasjoner og i antall. Den eneste som er noenlunde beholdt uforandret, er LN2 ved Filtvedt. Stasjonen på sydsiden av Drøbacterskelen er flyttet sydover til Elle. Den lå tidligere delvis oppe på terskelen. Under Oslofjordprosjektet var sydligste stasjon Nj1 ved Mølen (125 m). Målinger har vist at på denne stasjon er det tildels store kortperiodiske variasjoner. En forklaring på dette kan være at den ligger i en slags bakevje for Drammenselvens utløp. Stasjonen er blitt helt sløyfet.

De innvendinger som er reist mot Nj1, kan muligens reises mot den nyopprettede stasjon Ok1, som ligger midt i fjorden mellom Jeløy og Horten. Motiveringen for denne stasjon er, om mulig, å få med Drammenselvans virkning på systemet.

Stasjonene R11 og Vn1 er tradisjonelle stasjoner i dype bassenger, mens den ytterste stasjon Æq1 er referansestasjon for systemet utenfor ryggen som går i mellom Hvaler-øyene og Tjøme. En kan si den representerer forholdene utenfor Oslofjorden. Den er også stasjonsnettets dypeste stasjon med 458 m.

En liten bemerkning om ryggen mellom Hvalerøyene og Tjøme. Mens gamle draft, kart og avhandlinger gir uttrykk for at terskeldypet er større enn 100 m, har egne opploddingar vist at terskelen ligger på ca. 92 m. Her må en selvsagt ta forbehold om feil ved ekkolodd, annen lydshastighet etc. Men at terskelen er grunnere enn hva en inntil nylig har trodd, er helt klart.

Stasjonsnettets som er skissert ovenfor, er satt opp i samarbeid med stip. T. Andersen ved Institutt for Marin Biologi, Universitetet i Oslo.

IMBA foretar også målinger i Oslofjorden med F/F "Gunnar Knudsen". Når to uavhengige institusjoner arbeider i samme område, har det lett for å bli en viss dobbeltkjøring. For bedre å få utnyttet de begrensede ressurser vi har, har en rent uformelt forsøkt å koordinere toktvirksomheten slik at dekningsen i tid blir best mulig. Stasjonsnettets IMBA benytter, er ikke fullt så tett som NIVAs, men en søker å bruke felles stasjoner. De stasjoner IMBA benytter, er understreket på fig. 1.

## 2. MÅLE- OG OBSERVASJONSMETODIKK

NIVAs Oslofjordtokt har hittil blitt utført etter standarddyp-prinsippet, dvs. at en tar prøver i på forhånd fastsatte dyp. På grunnlag av hva vi i dag vet om lagdelingen i sjøen, er det klart at denne målemetodikk er uheldig. Det riktige synes å være å skaffe seg opplysninger om lagdelingen før en bestemmer seg for måledyp. Dette kan gjøres med senkbare instrumenter som gir et kontinuerlig profil av en eller flere parametre. Bathytermograf, STD., oksymeter og/eller transmisjonsmåler synes å være egnede instrumenter. Ved NIVA har en i dag en BT, og den går kun til 55 m. Derfor benyttes standarddyp. Fordelen med fastsetting av måledyp på grunnlag av vertikalprofiler er at en kan finne frem til de dyp som av en eller annen grunn viser seg å være interessante, f. eks. innlagringsdyp for kloakk.

I tillegg til BT og vannhentere brukes salinoterm som standard-instrument på stasjonene. Sammenligner en resultatene fra vannhentere, BT og salinoterm, kommer det frem et mønster. Mens vannhenterdata og BT følger hverandre innenfor akseptable grenser, viser salinotermdataene tildels store avvik fra de to andre datasett. Hva dette skyldes, er ikke helt klart. Vi vet at termistoren har en urimelig stor tidskonstant, og det er indikasjoner på at sonden er trykkavhengig. I tillegg vil den store diameter (8 mm) som kablen har, lett kunne medvirke til store wire-vinkler, og dermed en ukontrollert reduksjon i måledypet. På grunn av den usikkerhet som er forbundet med salinotermdataene, skal en i det følgende se bort fra disse.

## 3. DEN HYDROGRAFISKE SITUASJON

### 3.1 Tokt 23-24/11-1970

I begynnelsen av november 1970 forekom det flere tilfeller av fiskedød i Vestfjorden. Det var særlig fisk som stod i ruser det gikk ut over. Videre var det noen tilfeller av døde reker.

23 - 24/11 ble det gjennomført et tokt i indre Oslofjord i samarbeid med IMBA. Temperatur og salinitet ble kun målt med salinoterm. Etter hva som er nevnt tidligere, vil vi se bort fra disse data. På fig. 2 er oksygen-fordelingen gjengitt. Som det går frem av figuren, er  $O_2$  verdiene innenfor terskelen, i dyp under denne, et hvert sted lavere enn i tilsvarende dyp utenfor terskelen.

Mellom Rødskjær og Bygdø-Nesodden-terskelen er det en sterk gradient i ca. 45 m dyp. I Bunnefjorden svekkes denne ved at 1 ml/l isolinjer stiger til ca. 10 m ved stasjon Fp2. Videre ser en at det på stasjon Bn1 har kommet et minimum på ca. 12 m, og at det inne i Bunnefjorden har dannet seg et svakt maximum ved ca. 80 m.

På grunn av det sviktende datagrunnlag (upålitelige T-S målinger) er det vanskelig å gi en seriøs forklaring på disse fenomener.

I den ytre del av Vestfjorden er den vertikale gradient langt mindre enn i den indre del. Videre ser en at oksygen-innholdet øker sydover, hvis en betrakter et vilkårlig dyp.

Ser en på 60 m i flaten, og sammenligner F11 og Dk1, er det en forholdsvis stor differanse for to stasjoner som ligger så nær hverandre, og i samme basseng.

En mulig forklaring på situasjonen kan være at det har foregått en innstrømming over Drøbakterskelen. Dette vann har ikke hatt stor nok tetthet til å danne nytt bunnvann i de ytre bassengene, og det har heller ikke hatt stor nok mektighet til å fortrenge alt gammelt vann i det nivå det har lagt seg. Det kan derfor ha blandet seg med det gamle vannet, og dermed øket oksygeninnholdet. Isolinjene mellom F11 og Dk1 skulle tyde på dette.

Vannet som er trengt bort fra bassenget, er antagelig for tungt til å bli hevet opp mot overflaten, for så å bli fraktet ut av fjorden.

I stedet beveger vannet seg antagelig nordover mot Bygdø-Nesodden-terskelen.

Som en ser av fig. 2 er oksygen-innholdet i terskelnivå her omtrent hva som er maximumets verdi inne i Bunnefjorden. Det er derfor ikke utenkelig at dette maximum representerer en vannmasse som er blitt trengt over terskelen. Formen på 0,5 ml/l isolinjen inne i Bunnefjorden tyder på dette.

Videre kan minimumet på 10 m ved Bnl forklares som vann som er på vei ut fra Bunnefjorden. Dette er blitt hevet opp fra sitt tidligere nivå, på grunn av den antatte innstrøming og deltar nå i sirkulasjonen ut av fjorden i de øvre lag.

Generelt kan en si at en har å gjøre med en typisk høstsituasjon, med ganske lave oksygenverdier nær bunnen i Vestfjorden. Nær bunnen, (80 m) på stasjon Bnl, ble det målt 0,18 ml/l O<sub>2</sub>. Dette gir grunn til ettertanke.

### 3.2 Tokt 11 - 12/1/1971

Neste tokt ble foretatt i midten av januar. Dette var før en hadde mistanke om at det var tildels store feil beheftet med salinoterm-målingene. Salinitet ble derfor målt med salinoterm fra overflaten og ned til 80 m. I dette intervallet ble det tatt 2 - 3 prøver som ble analysert. Som tidligere nevnt skal vi se bort fra salinoterm-målingene.

Da hovedemnet for denne rapport er indre Oslofjord, blir dekingen av analyserte salinitetsdata så liten at en velger å se bort fra disse målingene også. De parametre som en da har å støtte seg til, er oksygen, temperatur og totalfosfor.

På grunn av isleggingen i Bunnefjorden ble det ikke tatt målinger her. Dette er beklagelig, fordi situasjonen i Bunnefjorden på dette tidspunkt var meget interessant på grunn av målingene i november.

Figur 3 viser oksygenfordelingen i fjorden. Den ytre del av fjorden (utenfor Drøbakerskelen) skal en gå lett over, og bare konstatere at metningen ligger i intervallet 100% - 85%, hvilket må sies å være ganske normalt. Ett unntak er det. Nær bunnen av Drøbak-kanalen, på

stasjon JM2, er metningsgraden 54%. Her er altså noe stagnerende vann. Men dette er bare et ganske tynt sjikt som ligger ca. 20 m over bunnen. Dette kan tydes slik at innstrømming av tungt vann over terskelen ved Mølen nettopp var begynt, slik at gammelt stagnerende vann ved bunnen nå holdt på å bli hevet.

Innenfor Drøbakterskelen er oksygenfordelingen forskjellig fra novembertoktet. Da var isolinjene tilnærmet rette og svakt stigende nordover i indre fjord. På figur 3 ser en at isolinjene har fått tilnærmet kilefasong. Videre har oksygeninnholdet øket overalt hvor det er målt, bortsett fra et lite område like under overflaten ved FII (Langåra).

De høye oksygenverdiene i Langåra-bassenget tyder på at en her har hatt en mektig innstrømming som har dannet nytt bunnvann.

Denne innstrømming ser ut til å fortsette nordover langs bunnen, slik isolinjene er krummet.

Minimumet nær overflaten FII kan være oppblandet gammelt vann som er på vei ut av bassenget.

I et så belastet område som indre Oslofjord, vil innholdet av nærings-salter kunne gi et begrep om vannmassenes relative alder i bassenget.

På figur 4 er observert fordeling av totalfosfor inntegnet. Benevning er  $\mu\text{g/l}$  (mikrogram pr. liter). En ser at for områdene utenfor Drøbakterskelen ligger verdiene i intervallet 25 - 40, hvilket må sies å være normalt sammenlignet med de verdier som Sverdrup (1) et al. oppgir i "The Oceans".

Innenfor Drøbakterskelen er situasjonen en annen. Like over og innenfor terskelen er det en kile av lavt fosforholdig vann ( $\leq 30 \mu\text{g/l}$ ).

I de ytre bassenger er likeså fosforinnholdet relativt lavt, hvilket tyder på at det nettopp har foregått, og kanskje fremdeles foregår, en utskiftning av dypvannet i bassengene. Videre ser en at fosforinnholdet øker, jo lenger bort fra Drøbakterskelen en kommer. Uregelmessighetene ved stasjon Bnl kan tydes som et sirkulasjons-



mønster, med strømming i kilenes retning. Den relativt store horisontale gradient i oksygen som en kunne se mellom stasjon F1I og Dk1 på figur 3, finner en også igjen i fosforet.

De høyeste fosforverdier finner en der hvor det var de laveste oksygenverdier. Dette er nær bunnen på stasjon Bnl.

Temperaturfordelingen som ble observert på toktet, er gjengitt på figur 5.

I de ytre deler av fjorden er det en normal vintersituasjon, med avkjølt vann i overflaten, et intermediært temperatur-maximum, og kaldere vann mot bunnen. Spesielt med hensyn på den senere utvikling kan en legge merke til at temperaturen i Rauerbassenget er mindre enn  $5^{\circ}\text{C}$ . Nær bunnen ble det målt  $4,51^{\circ}\text{C}$ , og i fordypningen ved Larkollen  $4,90^{\circ}$ .

Temperaturen i dette bassenget er under terskeldypet lavere enn i tilsvarende dyp i Hvaler-rennen.

Videre vil en se at maximumet strekker seg fra like innenfor Hvaler-rennen og inn til Drøbakterskelen, altså gjennom hele den ytre fjord. Innenfor Drøbakterskelen har en også for temperaturen kileform for isolinjene. Dette støtter godt de antagelser som ble gjort om sirkulasjon og utskiftning under diskusjonen av oksygen og totalfosfor.

Temperaturen på bunnvannet i Langårabassenget er  $8,07^{\circ}\text{C}$ . Videre finner en temperaturmaximum i ca. 20 m. Temperaturen her er ca.  $9,50^{\circ}\text{C}$ . Dette er på Dk1 hvor høyeste temperatur ble målt. På Bnl faller dette maximum sammen med et fosformaximum, hvilket tyder på et relativt gammelt vann.

Som konklusjoner av målingene på toktet kan en trekke opp følgende:

1. I fjorden innenfor Drøbakterskelen har det skjedd en fornying av bunnvannet i de ytre, dypere bassenger. Oksygendataene viser dette. Temperaturen på dypvannet er  $8,07^{\circ}\text{C}$ , fra 80 m og ned til bunnen. Denne dypvannsinnstrømming ser ut til å bre seg innover

fjorden. Spredte tetthetsdata tyder på at innstrømminger må ha stoppet opp, fordi vann med tilsvarende tetthet utenfor terskelen ligger på ca. 80 m dyp, altså hele 60 m dypere enn terskelen. Dette skyldes sannsynligvis en meget sterk sydlig vind som satte inn da målingene ble foretatt. All fergetrafikk på tvers av Oslofjorden ble stanset på grunn av vind og høy sjø. Bølgehøyden ble på stasjon Jm2 anslått til ca. 3 m, og det er mye i et så godt beskyttet farvann som indre Oslofjord.

2. Utenfor Drøbakterskelen har en avkjølt overflatevann, et temperaturmaximum  $>8,5^{\circ}\text{C}$  som strekker seg gjennom hele fjorden i ca. 50-70 m dyp og ganske akseptable oksygenverdier i hele området. Videre kan en merke seg de relativt lave temperaturer nær bunnen i de ytre bassenger.

Som en kuriositet kan en nevne at det på stasjon FII ble målt et siktedyp på 22 m. Dette skal visstnok være det største siktedyp som er observert i indre Oslofjord. Utenfor terskelen var siktedypet "bare" 9 m. Men her lot det til å være lokale overflateforurensninger som reduserte siktedypet.

### 3.3. Tokt 22-23/3-1971

Her ble målt med fullt program, temperatur, salinitet, oksygen, nitritt, ortofosfat og totalfosfor. I denne forbindelse skal en se bort fra nitritt og ortofosfat.

Figur 6 viser oksygenfordelingen i fjorden. Den er nå mer komplisert enn under januar-toktet. Utenfor Hvaler-ryggen, hvor januar- $\text{O}_2$ -verdiene lå over 5 ml/l helt til bunnen, har en nå fått en multilagdeling, hvor verdiene varierer fra 4,17 ml/l i 100 m, 5,59 ml/l i 150 m, til 4,67 ml/l i 400 m. Videre har det inne i Rauer-Larkollen-bassenget kommet til et oksygenminimum som ikke fantes der i januar. Da lå verdiene i intervallet 5,2 - 5,5 ml/l for alt dypvannet i bassenget.

I januar var det i 250m på RII 5,22 ml/l, mens det i mars, altså drøye to måneder senere var 3,47 ml/l. Dette er den laveste oksygenverdi som ble observert i ytre fjord under hele perioden.

Tettheten som er gjengitt på figur 9, viser at det på Vnl er et tetthetsminimum på 200 m, og et tetthetsmaximum på ca. 150 m.

Begge disse tetthetsekstremer faller inn i det området det store oksygenminimumet dekker. Videre faller isolinjer for  $\sigma_t$  på 27,5 sammen med et oksygenminimum. Oksygenverdien her er omtrent den samme som den som er i tetthetsminimumet på Vnl. Det er derfor nylig at det har foregått en innstrømming av vann som har hatt et lavere oksygeninnhold enn det som det "gamle" vannet hadde.

Oksygenminimumet i 250m på RII synes derimot noe merkelig. Det kan ikke skyldes en prøvetakingsfeil, fordi dette ville øke oksygenverdiene. Følgende muligheter synes da å gjenstå:

1. Analysefeil. Ingen kommentar nødvendig.
2. At en har kommet bort i et lag som en tidligere ikke har målt i. Her viser fordelene med kontinuerlig registrerende instrumenter seg. Hvis verdien representerer et lag, for eksempel 20 m tykt, er det bare 40% sjanse for at en vil måle i det, hvis laget tidligere har ligget mellom 250 m og bunnen på 300 m.
3. Oksygenforbruk ved ekstern organisk belastning (kombinert med stagnasjon i "kulpen.")

I Drøbak-kanalen har minimumet nær bunnen (3,43 ml/l) i januar forsvunnet, og en har fått inn vann som helt til bunnen har mer enn 6 ml/l oksygen. Ser en på metningen, ligger denne i intervallet 106,6% - 93,5% for hele stasjonen. Her har det vært en fornying av hele vannvolumet.

Innenfor Drøbakterskelen har det også skjedd en viss utskiftning. I de ytre, dypere bassenger har oksygeninnholdet øket siden januar-toktet, fra ca. 4,7 ml/l til 5,6 ml/l i dypvannet.

Ser en på temperaturen, som er gjengitt på figur 8, så er denne redusert fra 8,07°C i dypvannet i januar til 5,52°C i mars. Tettheten av dypvannet er ca. 26,9, en verdi en utenfor terskelen finner

i ca. 50 m dyp, eller ca. 30 m under terskelnivået. Temperaturen i dette dyp utenfor terskelen er ca.  $5,50^{\circ}\text{C}$ . Saliniteten i dypvannet innenfor terskelen er ca.  $34,06^{\circ}/\text{oo}$ , hvilket er hva man finner i ca. 55 m dyp utenfor terskelen. Dette tyder på at det vannet som har dannet bunnvann i Langåra-bassenget, er det samme som under toktet ble gjenfunnet i ca. 50 m dyp utenfor terskelen. Derimot har det funnet sted en reduksjon i oksygeninnholdet fra ca. 6,0 ml/l utenfor terskelen, til ca. 5,6 ml/l innenfor. Hva dette kan skyldes, skal en komme tilbake til senere.

Den kileform i isolinjene for oksygen som begynte å vises under januartoktet, er nå kommet klart frem. Denne kilen skyldes sannsynligvis flere årsaker, en skal foreløpig bare ta frem hvordan utskiftningsprosessene kan gi sitt bidrag.

Når vann som er tungt nok til å danne bunnvann, strømmer inn i fjorden, vil det gamle vann i bassengene måtte fortrenkes. Det vil heves til det nivå som dets tetthet til enhver tid vil tilsi. Deretter vil det delta i den horisontale sirkulasjon. Isoplettediagrammet for oksygen synes å vise at utskiftningen av dypvannet i Vestfjorden har kommet frem til Bygdø-Nesodden-terskelen. Videre har det kommet inn noe nytt vann i Bunnefjorden i nivået 60-80 m. Ser en på isopykene (figur 9), viser disse at tettheten i dette nivå er omtrent det en finner i terskelnivå ved Bygdø-Nesodden. Saliniteten på figur 7 tyder også på at det har vært en transport av vann inn i Bunnefjorden. Oksygenminimumet like på innsiden av terskelen kan skyldes en heving av gammelt vann.

Som påpekt tidligere var dypvannet i Langåra-bassenget under januartoktet relativt varmt,  $8,07^{\circ}\text{C}$ . Det var også relativt godt oksygenholdig med ca. 4,8 ml/l oksygen. Dette vannet er nå borte fra bassenget, og erstattet med vann som har en temperatur på ca.  $5,5^{\circ}\text{C}$ . Under marstoktet kunne en i hele fjorden ikke finne igjen vann med samme egenskaper som dypvannet som ble funnet under januartoktet. Det er da to muligheter:

1. Det er blitt transportert ut av indre fjord. Ingen videre kommentar nødvendig.

2. Vannet er blitt oppblandet med annet vann og er blitt hevet opp i systemet, samtidig som temperaturen er blitt endret. En skulle da vente å finne det gamle dypvannet igjen inne i Bunnefjorden, eller i den maximumskilen som ligger over. Ser en på salinitet og tetthet, så er verdiene omtrent de samme for det gamle bunnvannet i Langåra-bassenget, og det vann en finner i ca. 30 m nivå i Bunnefjorden og utover Vestfjorden til stasjon Dkl. Det er derfor en mulighet at det gamle dypvannet fra Langåra-bassenget er blitt hevet opp, og er blitt lagret inn i det temperaturmaximumssjikt som figur 8 viser i Bunnefjorden og indre deler av Vestfjorden. Underveis er det blitt oppblandet med annet vann.

I det dyp som temperatur-maximumet er, viser figur 6 at det er et oksygenminimum, eller utkanten av et oksygenminimum. Ser en nøyere på figuren, så viser denne at isolinjene i underkant av ekstremet stiger utover Vestfjorden. Tettheten i underkant av ekstremet er noe mindre enn tettheten av det gamle bunnvannet, slik at det er mulig at det er her det gamle bunnvannet "går" ut av fjorden.

Som nevnt tidligere, kan fosfor brukes som en "utskiftningsparameter" i så hardt belastede områder som Oslofjorden. Figur 10 viser total fosfor i indre Oslofjord under marstoktet. En skal kort påpeke de ting som er av interesse ved figuren.

1. Utenfor Drøbakerskelen ligger verdiene rundt 30  $\mu\text{g/l}$  fra overflaten til bunnen.
2. Like innenfor terskelen, i Langåra-bassenget, er det også relativt lave verdier. Kilen som kommer over terskelen og er rettet ned i bassenget, faller noenlunde sammen med 6 ml/l oksygen isolinjen. Dette tyder på at det er en innstrømming av høyt oksygenholdig vann. Oksygenmetningen er ca. 90%. Tettheten av vannet tyder på at det ikke vil kunne trenge stort dypere enn ca. 70 m.
3. I dypvannet i Bunnefjorden finnes de høyeste fosforverdiene.

4. I samme nivå og like under Bygdø-Nesodden-terskelen finner en i Bunnefjorden et minimum. Dette støtter opp antagelsen om innstrømming i Bunnefjorden i nettopp dette nivå som tidligere er nevnt.

"Gammelt" vann blir dermed fortrent og hevet, og det er sannsynlig at det maximum en finner mellom 35 og 55 m, nettopp er gammelt vann som er blitt hevet opp.

5. Over dette lokale maximum, finner en nok et maximum mellom 10 og 20 m.

6. Videre finnes to små lokale maxima lenger ute i Vestfjorden.

Det nevnte maximum under 5 kan forklares på flere måter.

Det kan være gammelt vann fra Bunnefjorden som er blitt hevet opp.

Imidlertid viser både tidligere og senere data at nettopp i det nivå som er nevnt ovenfor, finnes som regel et maximum i totalfosfor. En mulig forklaring kan være nedsynkning av organismer til pyknoklinen. Denne ligger som regel mellom 5 og 15 m.

At dette skulle kunne gi en så kraftig effekt så tidlig på året, og også midt på vinteren, er vanskelig å forstå. Det synes mer som om dette maximum er avhengig av tilførsler fra land, siden det ser ut til å være en permanent foreteelse.

- Som et løst overslag kan en se på hva for eksempel Bekkelaget renseanlegg kan bidra med. Dette er et kombinert mekanisk og
- (2) biologisk renseanlegg. Oslo Kommune har i 1967 utgitt en fyldig oversikt over dette anlegg. Her går det frem at den rensede kloakk før det går ut av anlegget, blir blandet med sjøvann i forholdet 1:7. Videre kan en anta en midlere vannføring  $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Dette skulle gi et utslippsvolum på  $12 \text{ m}^3/\text{s}$ . Siden en bare er interessert i størrelsesordener, kan dette uten større feil rundes ned til  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ . Dette er hva som kommer ut i fjorden. Videre kan en løselig anta en oppblanding på 1:10 før avløpsvannet innlagres, eventuelt trenger opp til overflaten. En vil da ha en innlagret vannmengde på  $100 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Videre kan en anta at dette vannet midlertidig innlagres mellom 10 og 20 m. (Utslippet ligger mellom 22 og 26 m). Ser en bort fra Bærumsbassenget (terskeldyp 15 m), har fjorden innenfor Drøbak i dette (3) sjikt et volum på  $1,5195 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ . (Etter Munthe-Kaas 1967). Enkel regning gir da at en trenger ca. 175 døgn, eller størrelsesorden  $\frac{1}{2}$  år for å fylle dette sjikt.

Antar man at vannet kloakken innblandes med, har et fosforinnhold som en kan se bort fra, får en at det innlagrede avløpsvann, etter de data som er oppgitt, vil ha et fosforinnhold på 110  $\mu\text{g/l}$ . Det er derfor mulig at det fosformaximum en finner mellom 10 og 20 m kan skyldes avløpsvann. En skal her ikke komme inn på hva dette kan bety for fjordens oksygenbudsjett. Videre kan det være mulig at det innsig av vann til Bunnefjorden som finner sted mellom 60 og 80 m, for en del kan forklares som en kompensasjonsstrøm på avløpsvannet i et høyere sjikt.

#### 4. SAMMENDRAG AV DEN HYDROGRAFISKE UTVIKLING

##### 4.1 Ytre Oslofjord

Målingene har vist at det er relativt god sirkulasjon og utskiftning. En har videre observert forholdsvis storstilte vertkale bevegelser. I de dypeste bassenger har det vært stagnasjonstendenser, men det er ikke blitt observert kritisk lave oksygenverdier. En har med sikkerhet observert en utskiftning i dypbassengene. I de midlere lag i bassengene ble det tilført vann med lavere oksygeninnhold enn det som var der tidligere.

##### 4.2 Indre Oslofjord og Bunnefjorden

I indre Oslofjord har det i løpet av vinteren vært minst to utskiftninger av bunnvannet i de dypere bassenger i Vestfjorden. I Bunnefjorden har det ikke skjedd noen utskiftning av bunnvannet. Oksygenverdiene her er så lave at det gir grunn til bekymring. Det er mulig at det vil bli dannet  $\text{H}_2\text{S}$  i dyplagene i løpet av kort tid hvis ingen utskiftning finner sted. Imidlertid er tettheten her så lav ( $\sigma_t = 26,46$ ), at en bør kunne vente en utskiftning i nærmeste fremtid. De øvre lag i indre

fjord er karakterisert av et oksygenminimumslag. Nye målinger, som ikke er omtalt tidligere, viser en klar forverring av situasjonen etter marstoktet. Laveste verdi som ble funnet i juni, var 0,35 ml/l O<sub>2</sub>.

En bør særskilt få klarlagt i hvilken grad tilførselene av nærings-salter fra land medvirker til denne situasjon.

#### 5. KILDER

- (1) Sverdrup et al: The Oceans. P. 239 - 241. Prentice-Hall, Inc. 1942.
- (2) Oslo Kommune: Bekkelaget Renseanlegg, Oslo 1967.
- (3) Munthe-Kaas, H.: Fjordens topografi. Oslofjorden og dens forurensningsproblemer.

FiD/lja  
24/9-1971



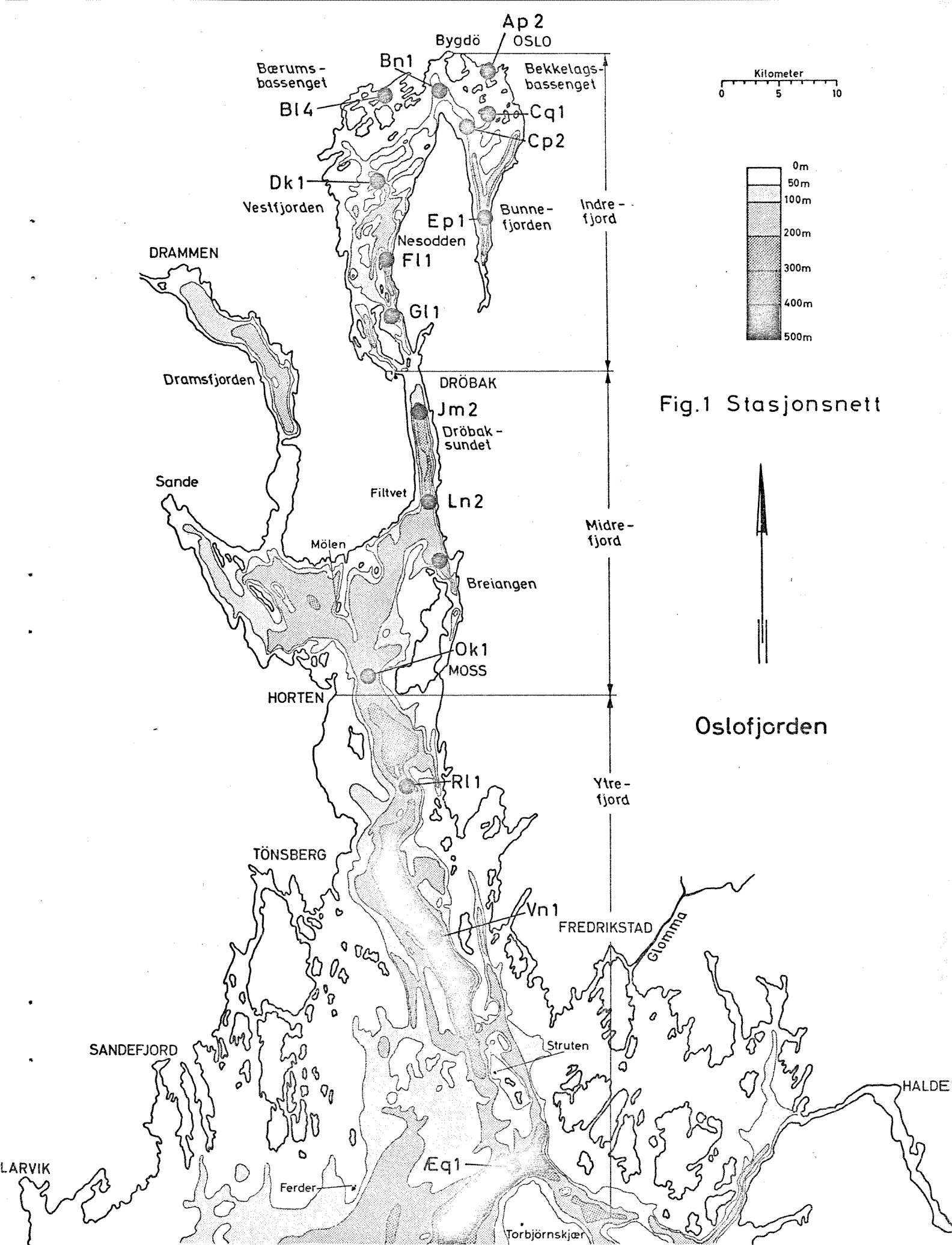


Fig.1 Stasjonsnett

Fig.2 Oksygenfordeling 23-24/11-1971

Vertikalt dybdesnitt -i Oslofjorden - langsgående hovedsnitt - indre fjord

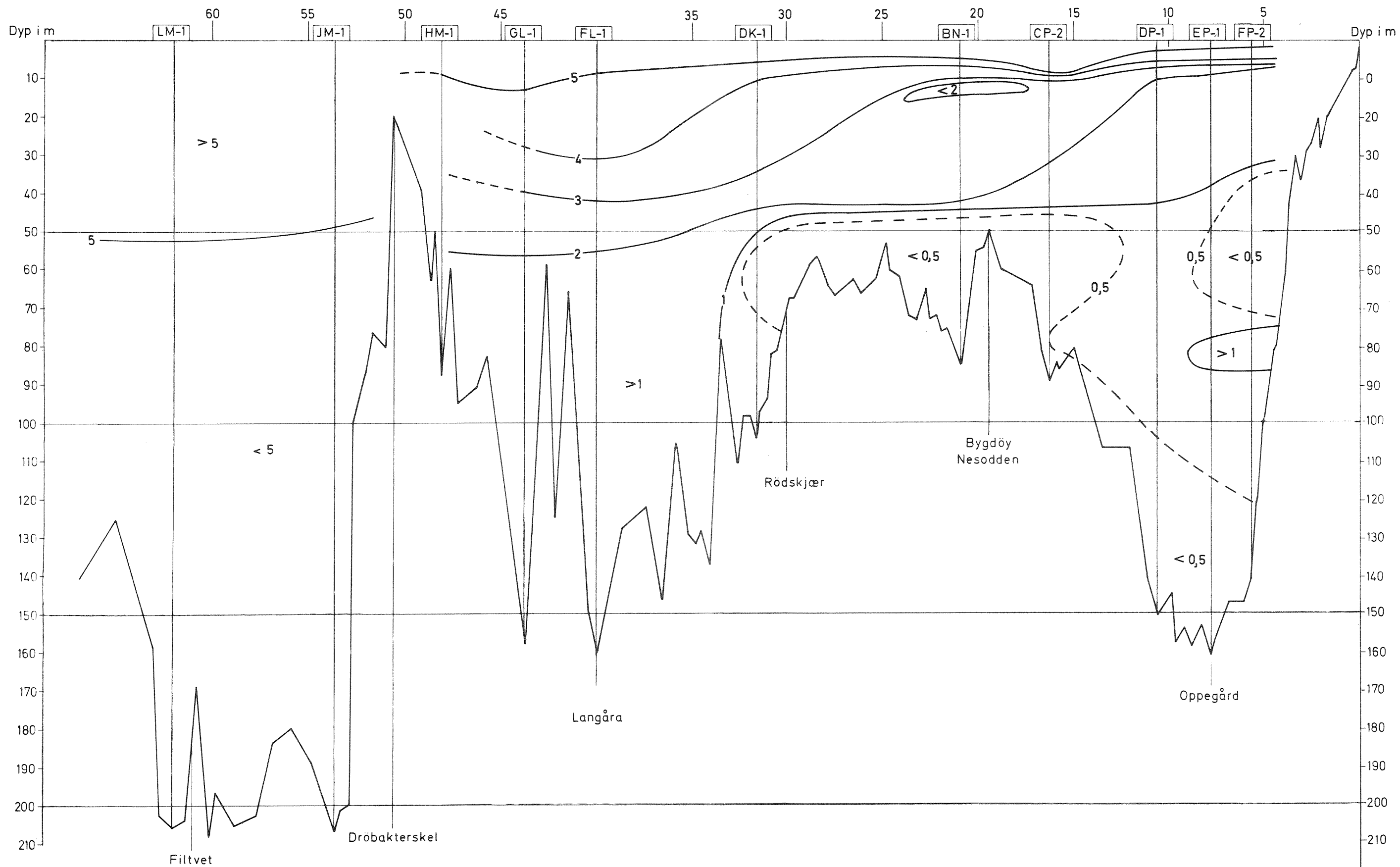


Fig.3 Oksygenfordeling 11-12/1-1971

Vertikalt dybdesnitt i Oslofjorden - langsgående hovedsnitt

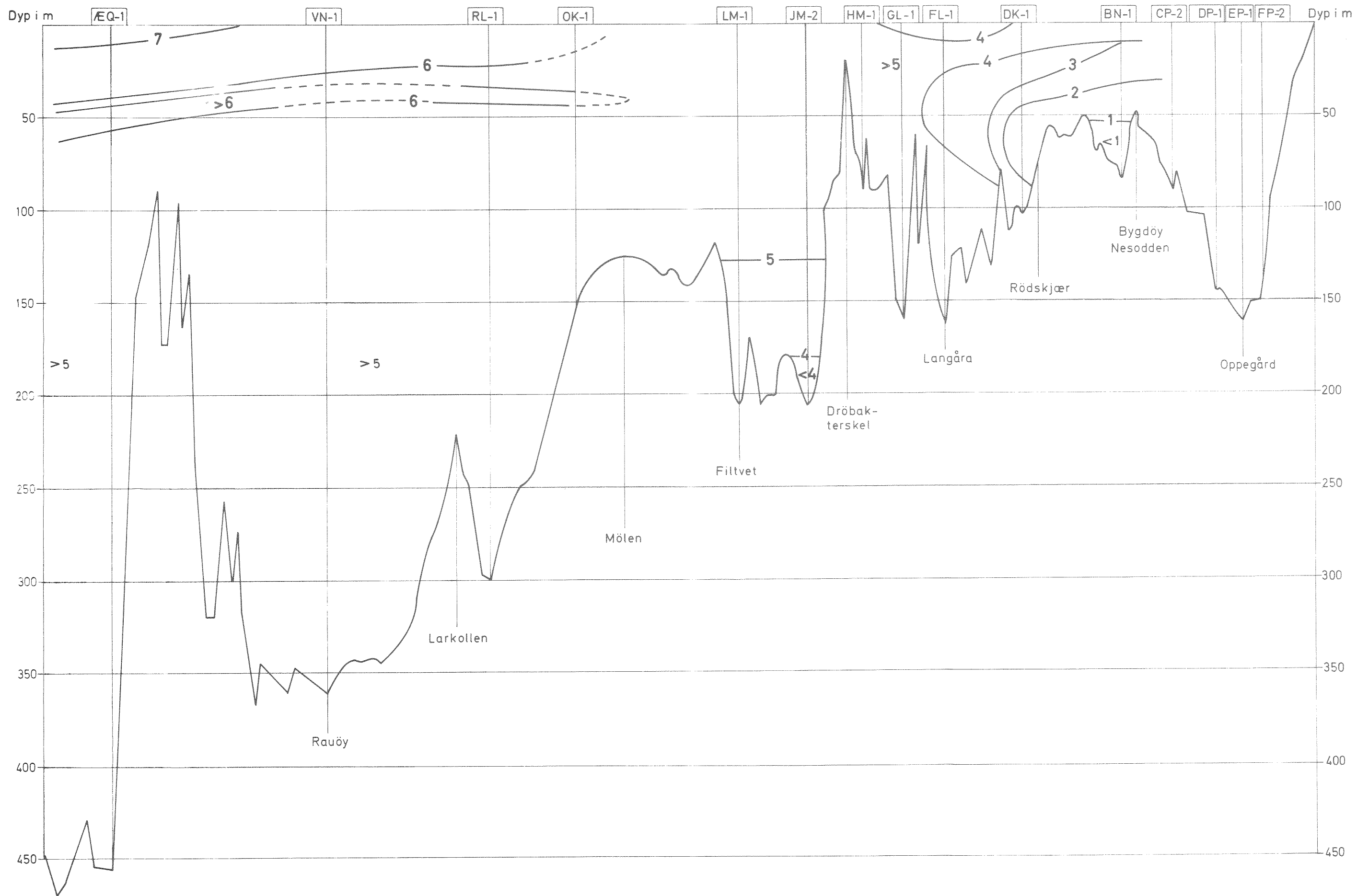


Fig.4 Totalfosfat 11-12/1 - 1971

Vertikalt dybdesnitt i Oslofjorden - langsgående hovedsnitt

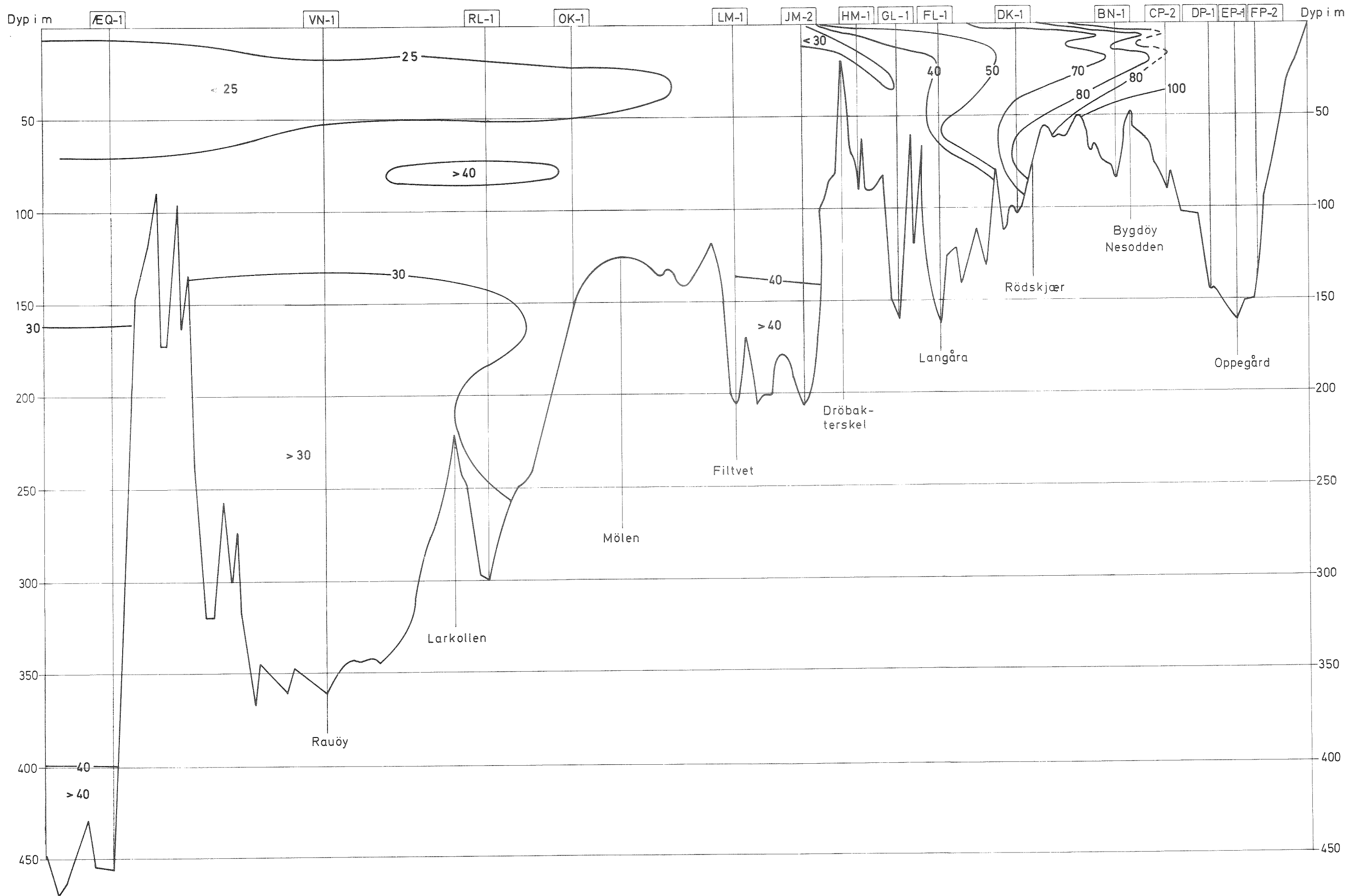


Fig.5 Temperatur 11-12/1-1971

Vertikalt dybdesnitt i Oslofjorden - langsgående hovedsnitt

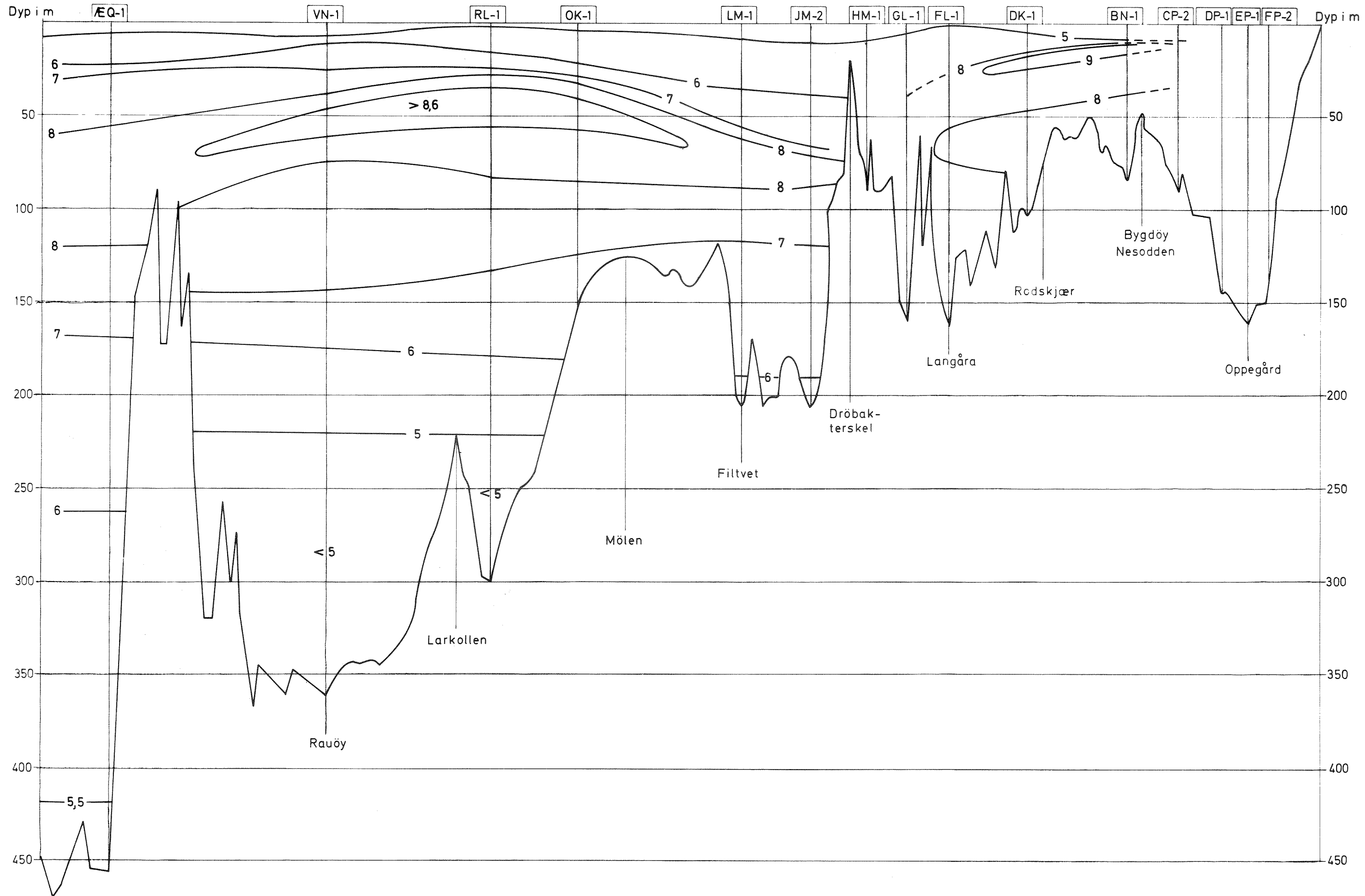


Fig.6 Oksygen 23/3-1971

Vertikalt dybdesnitt i Oslofjorden - langsgående hovedsnitt

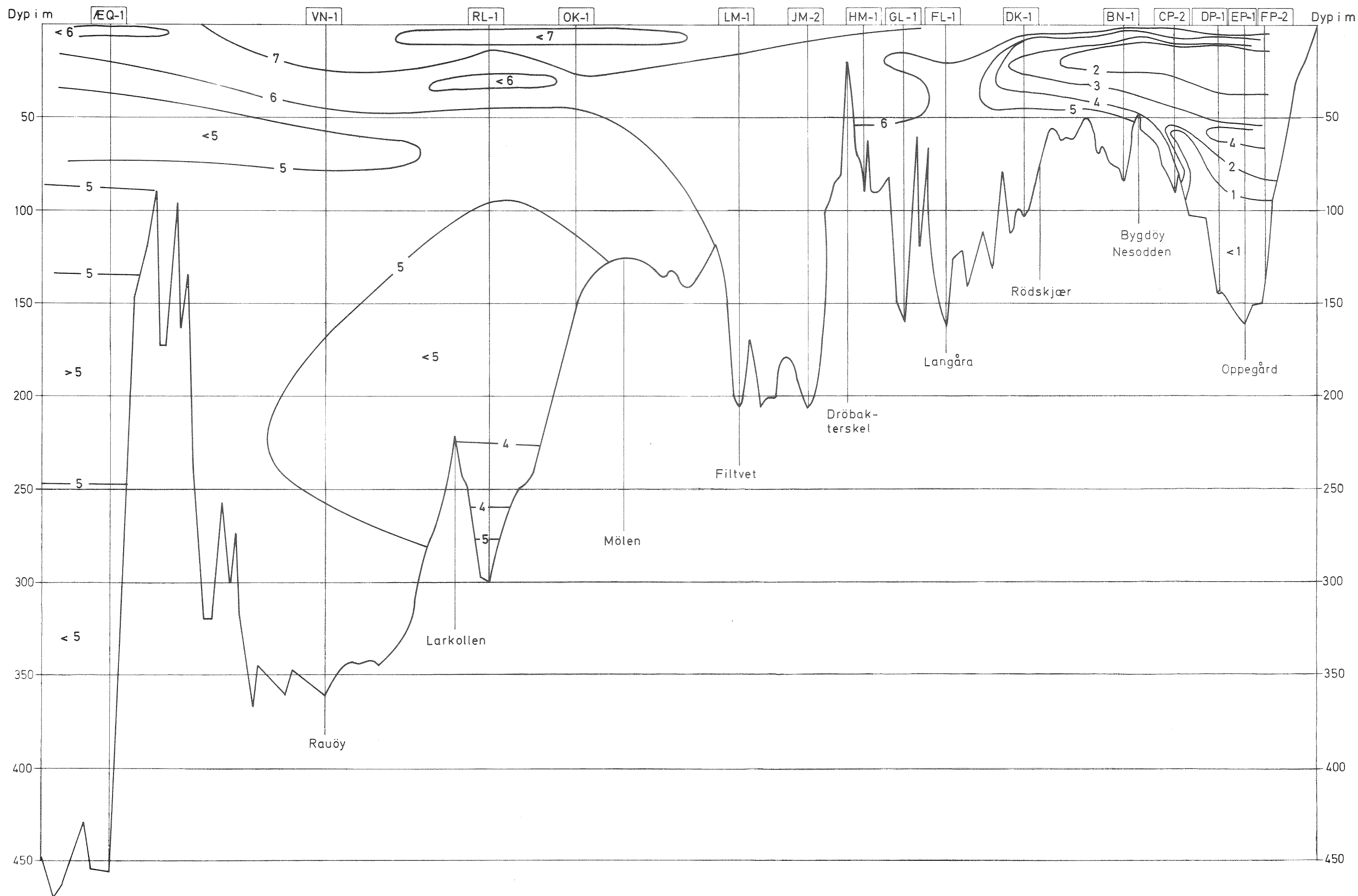


Fig. 7 Salinitet 23/3-1971  
 Vertikalt dybdesnitt i Oslofjorden - langsgående hovedsnitt

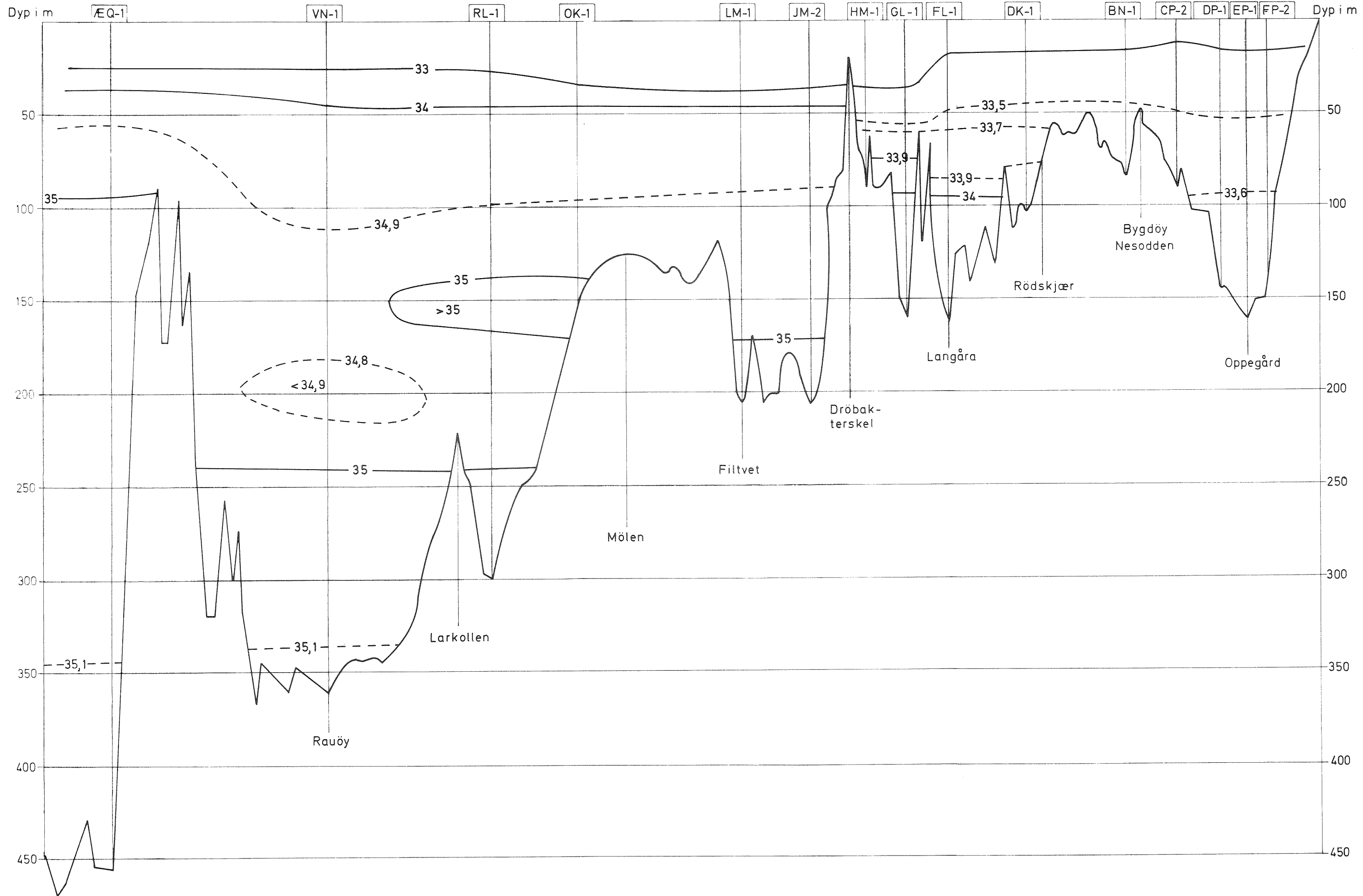


Fig. 8 Temperatur - 23/3-1971

Vertikalt dybdesnitt i Oslofjorden - langsgående hovedsnitt

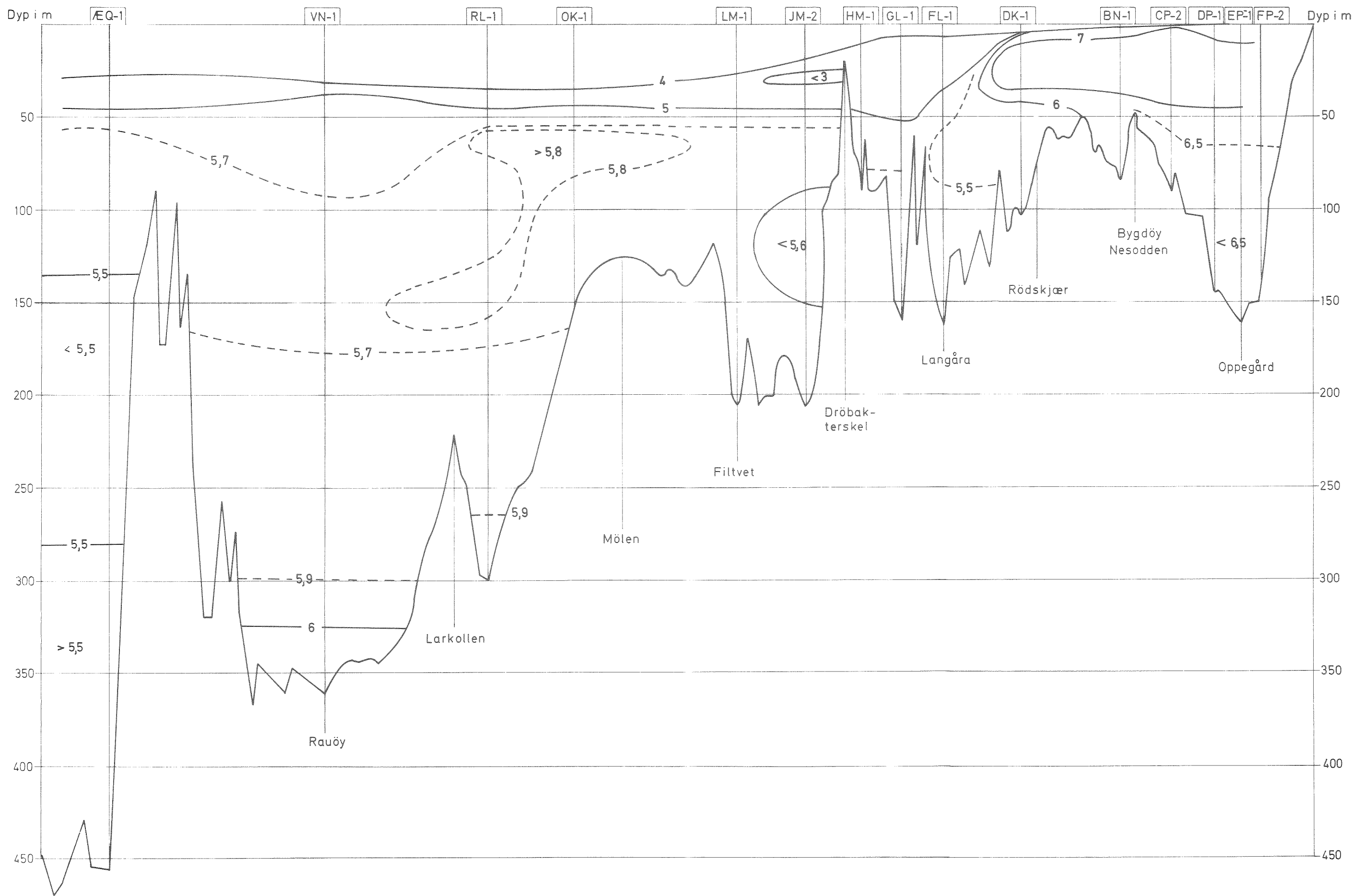




Fig.9 Tetthet 23/3-1971

Vertikalt dybdesnitt i Oslofjorden - langsgående hovedsnitt

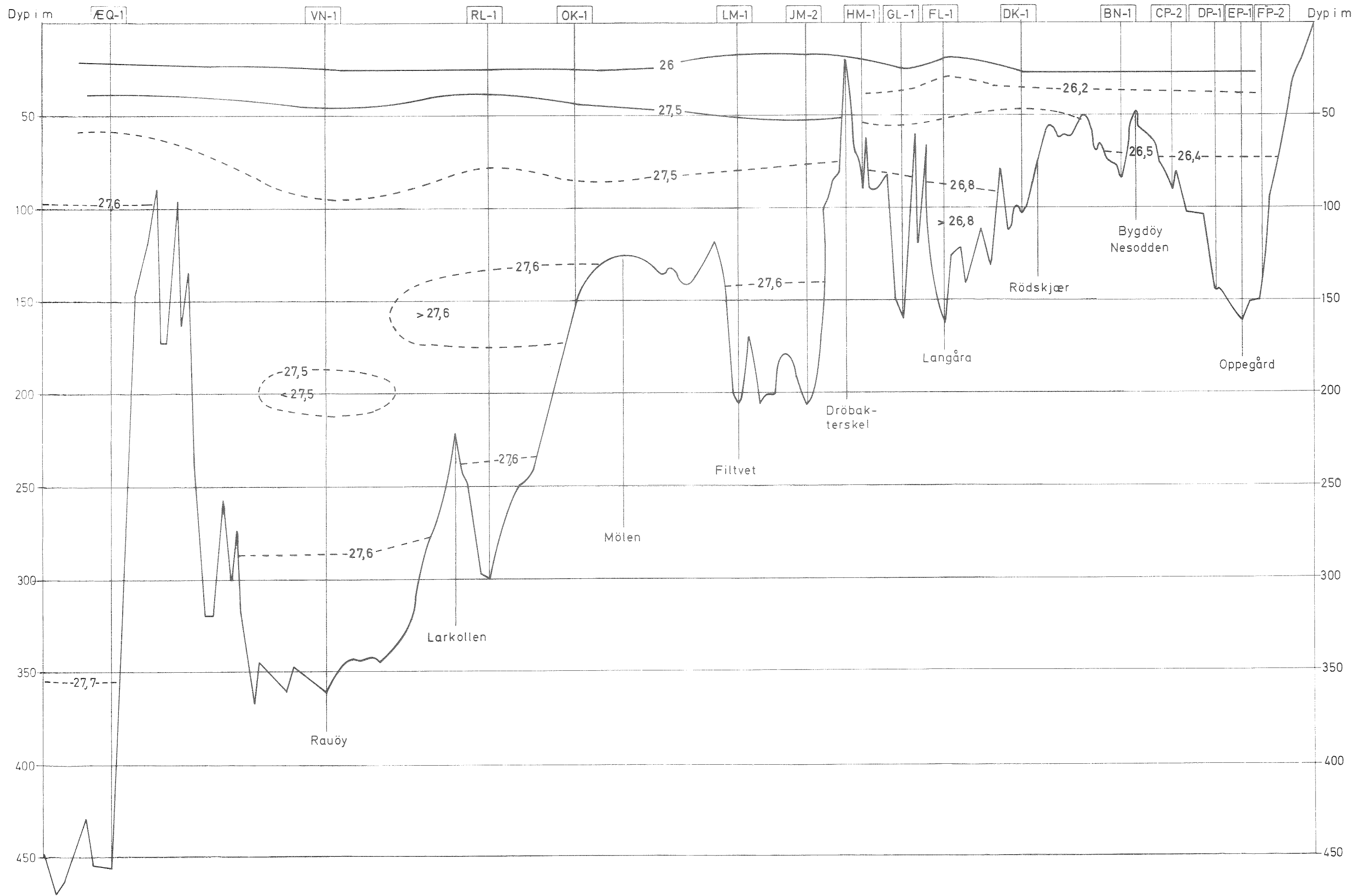


Fig.10 Totalfosfat 23/3-1971

Vertikalt dybdesnitt - i Oslofjorden - langsgående hovedsnitt - indre fjord

