



2367
Statlig program for
forurensningsovervåking

Rapport 388|90

Oppdragsgiver

Statens forurensningstilsyn

Deltakende institusjon

Institutt for geofysikk, UiO

Eutrofi- situasjonen i YTRE OSLOFJORD

DELPROSJEKT 3.7 b

Optiske observasjoner-
overflatevannets kvalitet
sett ut fra observasjoner i
overflatelaget





Statlig program for forurensningsovervåking

Det statlige programmet omfatter overvåking av forurensningsforholdene i

**luft og nedbør
grunnvann
vassdrag og fjorder
havområder**

Overvåkingen består i langsiktige undersøkelser av de fysiske, kjemiske og biologiske forhold.

Hovedmålsettingen med overvåkingsprogrammet er å dekke myndighetenes behov for informasjon om forurensningsforholdene med sikte på best mulig forvaltning av naturressursene.

Hovedmålet spenner over en rekke delmål der overvåkingen bl.a. skal:

gi informasjon om tilstand og utvikling av forurensningssituasjonen på kort og lang sikt.

registrere virkningen av iverksatte tiltak og danne grunnlag for vurdering av nye forurensningsbegrensende tiltak.

påvise eventuell uheldig utvikling i resipienten på et tidlig tidspunkt. over tid gi bedre kunnskaper om de enkelte vannforekomsters naturlige forhold.

Sammen med overvåkingen vil det føres kontroll med forurensende utslipp og andre aktiviteter.

Overvåkingsprogrammet finansieres i hovedsak over statsbudsjettet. Statens forurensningstilsyn er ansvarlig for gjennomføring av programmet.

Resultater fra de enkelte overvåkingsprosjekter vil bli publisert i årlige rapporter.

Henvendelser vedrørende programmet kan i tillegg til de aktuelle institutter rettes til Statens forurensningstilsyn, Postboks 8100, Dep. 0032 Oslo 1.

tlf. 02 - 65 98 10.

NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

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

Prosjektnr.: 8801112
Undernummer:
Løpenummer: 2361
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: EUTROFISITUASJONEN I YTRE OSLOFJORD Delprosjekt 3.7 B: Optiske observasjoner - Overflatevannets kvalitet sett ut fra observasjoner i overflatelaget. (Overvåkingsrapport nr. 388/90)	Dato: 13 febr.1989
	Rapportnr.
Forfatter (e): Eyvind Aas Tormod Andresen Terje Løyning Eirik Sørgård	Faggruppe: Marin eutrofi
	Geografisk område: Oslofjorden
	Antall sider (inkl. bilag): 50

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn (SFT) (Statlig program for forurensningsovervåking)	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
--	----------------------------------

Ekstrakt: <p>(se ISBN-siden til UiO)</p>

4 emneord, norske:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

4 emneord, engelske:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

Prosjektleder:

For administrasjonen:

ISBN 82-577 -1644-8

Programleder, overvåking

FORORD

Dette er en delrapport i en større undersøkelse av Eutrofisasjonen i Ytre Oslofjord.

Prosjektet utføres for Statens forurensningstilsyn av Norsk Institutt for Vannforskning i samarbeid med Universitetet i Oslo og VERITEC.

Resultatene av samtlige delundersøkelser vil til slutt bli sammenholdt og skal danne basis for en sammenfattende hovedrapport. De enkelte delundersøkelser blir behandlet og rapportert på sine premisser og vil bare i liten grad kunne trekke inn resultater fra de andre delundersøkelsene.

Målinger og vannprøver ble tatt fra Universitetets forskningsbåt "Trygve Braarud" og fra M/S "Hankø".

Feltarbeidet har vært koordinert med Kai Sørensens delprosjekt 3.7 A på NIVA, og har blitt utført av Tormod Andresen, Terje Løyning og Eirik Sjørgård. Eyvind Aas har assistert på en del av toktene.

Niels K. Højerslev og Henning Hundahl ved Geofysisk Institut, Københavns Universitet har konstruert fargeindeksmeteret, og ellers på andre måter støttet arbeidet. Prosjektet er stor takk skyldig til disse.

Førsteamanuensis Eyvind Aas har vært saksbehandler og hovedansvarlig for rapporten.

Kjell Baalsrud
prosjektleder

INNHOOLD

FORORD.....	1
INNHOOLD.....	2
FIGURLISTE.....	3
SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER.....	5
1. INNLEDNING.....	7
1.1. Prosjektets bakgrunn.....	7
1.2. Prosjektets målsetting.....	7
2. OPTISKE STØRRELSER OG INSTRUMENTER.....	9
2.1. Fargeindeks.....	9
2.2. Fargeindeksmeteret.....	9
2.3. Irradians.....	10
2.4. Irradiansmeteret.....	10
2.5. Partikkelkonsentrasjon.....	10
2.6. Måling av partikkelkonsentrasjon.....	11
2.7. Siktedyp eller Secchidyp.....	11
3. FELTARBEIDE.....	12
3.1. Tokt under prosjektet.....	12
3.2. Tokt utenfor prosjektet.....	12
4. IDENTIFISERING OG KARTLEGGING AV VANNTYPER VED HJELP AV FARGEINDEKS.....	15
4.1. Identifisering av vanntyper.....	15
4.2. Vanntypenes utbredelse.....	19
4.2.1. Observasjoner 4. og 6. mai.....	19
4.2.2. Observasjoner 13. mai.....	24
4.2.3. Observasjoner 13.-16. juni.....	26
4.2.4. Observasjoner 1.-5. august.....	31
5. ESTIMERING AV ANDRE OPTISKE EGENSKAPER UT FRA FARGEINDEKS.....	36
5.1. Estimering av lysklimaet.....	36
5.2. Estimering av partikkelinnhold.....	38
5.3. Estimering av klorofyll A.....	40
6. MULIGHETER FOR FORBEDRING OG STØRRE NØYAKTIGHET I RESULTATENE.....	41
7. LITTERATURLISTE.....	42
VEDLEGG 1. TEORETISKE RELASJONER MELLOM NOEN OPTISKE STØRRELSER.....	43
VEDLEGG 2. TABELLER.....	45

FIGURLISTE

Figur 1. Stasjonsoversikt for Ytre Oslofjord.....	13
Figur 2. Stasjonsoversikt for Skagerrak.....	14
Figur 3. Svekningskoeffisienten, fratrukket svekningskoeffisienten for filtrert destillert vann, for 4 karakteristiske vanntilførsler i Ytre Oslofjord: Glomma (HL5), Drammensfjorden (MG1), Kosterfjorden (HS1) og Skagerrak (T6), ifølge prøver tatt 4. og 6. mai. Heltrukne linjer er ufiltrerte prøver, stiplede linjer er filtrerte prøver.....	17
Figur 4. Fargeindeks i 1 meters dyp som funksjon av siktedypet (Secchidypet) på de forskjellige stasjoner.....	18
Figur 5. Fordeling av saltholdighet i 1 m, 4. og 6. mai.....	20
Figur 6. Fordeling av Secchidyp, 4. og 6. mai.....	21
Figur 7. Fordeling av fargeindeks i 0.2 m, 4. og 6. mai.....	22
Figur 8. Fordeling av fargeindeks i 1 m, 4. og 6. mai.....	23
Figur 9. Fordeling av saltholdighet i 1 m, 13. mai.....	25
Figur 10. Fordeling av Secchidyp, 13. mai.....	25
Figur 11. Fordeling av fargeindeks i 0.2 m, 13. mai.....	25
Figur 12. Fordeling av fargeindeks i 1 m, 13. mai.....	25
Figur 13. Fordeling av saltholdighet i 1 m, 13.-16. juni.....	27
Figur 14. Fordeling av Secchidyp, 13.-16. juni.....	28
Figur 15. Fordeling av fargeindeks i 0.2 m, 13.-16. juni.....	29
Figur 16. Fordeling av fargeindeks i 1 m, 13.-16. juni.....	30
Figur 17. Fordeling av saltholdighet i 1 m, 1.-5. august.....	32
Figur 18. Fordeling av Secchidyp, 1.-5. august.....	33
Figur 19. Fordeling av fargeindeks i 0.2 m, 1.-5. august.....	34
Figur 20. Fordeling av fargeindeks i 1 m, 1.-5. august.....	35
Figur 21. Irradiansdyp som funksjon av fargeindeks i 1 m, for observasjoner i Indre Oslofjord.....	37

- Figur 22. Turbiditet som funksjon av fargeindeks i 1 m,
for observasjoner i Ytre Oslofjord.....38
- Figur 23. Totalt suspendert materiale som funksjon av farge-
indeks i 1 m, for observasjoner i Ytre Oslofjord....39

SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

Fargeindeksmeteret, som måler forholdet mellom oppoverspredt blått og grønt lys i sjøen, har vist seg å være et velegnet instrument til å kartlegge utbredelsen av forskjellige vanntyper i overflatelaget. Metoden med stasjonsvise målinger er imidlertid tidkrevende og får ikke med alle detaljer. Målingene i sjøen bør derfor om mulig kombineres med satellittmålinger. Feltmålingene tjener da som kontroll- og kalibreringspunkter for fjernmålingene. Korrelasjonen mellom de to forskjellige metoder vil bli beskrevet i delrapporten for 1989.

De optiske egenskapene til en vannmasse bestemmes foruten av egenskapene til det rene vann, av egenskapene til de suspenderte partikler og de oppløste stoffer. Den delen av de oppløste naturlige stoffene som har noen målbar optisk effekt kalles ofte med en sekkebetegnelse for gulstoff. Dette er humusstoffer som hovedsakelig tilføres fra vassdragene.

Ingen av de fire hovedtilførslene for vann i Ytre Oslofjord: Glommavann, Drammensfjordvann, Kattegatvann og Skagerrakvann, hadde så spesielle optiske egenskaper at det var mulig å kvantifisere innholdet av dem i en vilkårlig vannmasse. Til det var også variasjonen av egenskaper innenfor hver enkelt av disse vanntilførslene for stor.

Men det synes å fremgå at de to dominerende vanntypene er Glommavann og Skagerrakvann. Glommavannet (høyt partikkel- og gulstoffinnhold) har vanligvis fargeindeks (observert i 1 m) mindre enn 0.3 og siktedyp eller Secchidyp mindre enn 3 m. Skagerrakvannet (lavt partikkel- og gulstoffinnhold) har fargeindeks større enn 0.6 og siktedyp større enn 7 m. De øvrige stasjonene i området fordeler seg stort sett med egenskaper som er en blanding av disse. Det er imidlertid også en tredje karakteristisk vanntype til stede som er mindre dominerende enn de to første. Denne vanntypen har fargeindeks rundt 0.25, hvilket betyr at den er meget grønn, men den har samtidig et relativt stort siktedyp. Dette er bare mulig hvis partikkelinnholdet er lavt og gulstoffinnholdet høyt. Hvorvidt denne vanntypen opprinnelig er Kattegatvann eller gammelt fjordvann uten partikler, gir ikke denne undersøkelsen noe sikkert svar på, men den observerte lave saltinnholdigheten sannsynliggjør at det dreier seg om gammelt fjordvann.

Kartleggingen av vannet i overflatelaget viste at utbredelsen var sterkt avhengig av vindforholdene, både forut for toktet og på selve toktet. Vannet fra Glomma spredte seg under spesielle forhold sørøstover inn i svensk område. Den vanligste utbredelsen i denne undersøkelsen var vestover, med noe spredning sørvestover og nordover.

Av og til syntes det å oppstå bakevje-effekter der Glommavannet gikk nordover langs østsiden av Oslofjorden så langt som forbi

Larkollen. Hva som skjedde med vannet der, om det dukket under vannet fra Drammensfjorden og fortsatte videre nordover, eller om det snudde og transportertes utover igjen, fremgikk ikke direkte av våre målinger. I de tilfelle hvor Glommavannet er lettere enn det omgivende vann, vil det imidlertid pga. oppdriften bli liggende i overflaten.

Selv under de gunstigste vindforhold ble det ikke observert at det klarere Skagerrakvannet klarte å trenge seg lenger nord enn Færder i overflaten.

Med den eufotiske sonen menes det laget der antallet lyskvanter i ethvert dyp er så stort at fotosyntesen kan gi en netto algevekst større enn null, under forutsetning av at næringstilgangen ikke virker begrensende. Det antas at nedre grense for den eufotiske sonen er tilnærmet gitt som det dyp der antallet fotosyntetisk aktive lyskvanter er redusert til 1 % av overflateverdien.

I en hovedfagsoppgave ved Institutt for geofysikk er det funnet at for Indre Oslofjord er fargeindeksen i 1 meters dyp meget godt korrelert med lysklimaet. Hvis den funne korrelasjonen er gyldig også i Ytre Oslofjord, varierte 1%-dypet eller nedre grense for den eufotiske sonen fra 2 til 5 m i Hvalerområdet i mai, og fra 3 til 7 m i juni og august. I Breidangen varierte likeledes 1%-dypet fra 7 til 13 m. Ute mellom Torbjørnskjær og Færder varierte det fra 10 til 20 m.

Den funne relasjonen mellom fargeindeks og lysklima syntes å være gyldig uavhengig av tidspunktet på året. Slike relasjoner kan gjelde for det området de er oppnådd i, men ikke nødvendigvis for andre områder (se Vedlegg 1). Siden relasjonen er oppnådd for Indre fjord, er det derfor behov for å teste den i Ytre fjord ved samtidige målinger av fargeindeks og kvanteirradians. Dette vil skje i 89-prosjektet.

Forsøk på en generell tidsuavhengig bestemmelse av partikkelinnhold ut fra fargeindeks ga bare en nedre og øvre grense for partikkelinnholdet. Dette tror vi skyldes at både gulstoffinnhold, partikkelinnhold og partikkelsammensetning har meget stor variasjon i Ytre Oslofjord, og varierer fra tokt til tokt. Det er mulig at en mer avansert bruk av fargeindeksmeteret kan gi bedre relasjoner.

Forsøk på å korrelere innholdet av klorofyll A med fargeindeks var mislykket. Her har vi lite håp om forbedringer.

1. INNLEDNING

1.1. Prosjektets bakgrunn

Institutt for geofysikk fikk i begynnelsen av 1988 en henvendelse fra NIVA med spørsmål om instituttet hadde noe forslag til prosjekt som kunne inngå i SFT's planlagte eutrofieringsundersøkelse i Ytre Oslofjord. Ved instituttet har det i 20 år vært arbeidet med bruk av forskjellige optiske metoder til studier av prosesser og karakterisering av vannmasser, og på dette tidspunktet var det planlagt en undersøkelse der problemstillingen bl.a. var hvor mye informasjon om en vannmasse det er mulig å få fram med måling av fargeindeks.

Denne undersøkelsen var tenkt basert på målinger fra Indre Oslofjord, men hvis den ble utvidet med observasjoner fra Ytre fjord, ville datamaterialet dekke en større naturlig variasjon og derved gi mer informasjon. Et delprosjekt (3.7 B) på dette området ble avtalt som en del av en kontrakt mellom NIVA og UiO, og har vært koordinert med et fjernmålingsprosjekt (3.7 A) ved Kai Sørensen (1989), NIVA.

1.2. Prosjektets målsetting

Eutrofi (:rik tilgang på næring) er som miljøproblem knyttet til den sonen der det også er eufoti (:rik tilgang på lys). Noen kaller den sonen der lysklimaet gir muligheter for netto algevekst for den eufotiske sonen. Dessverre er det ingen entydig sammenheng mellom lysnivå og primærproduksjon, siden denne vil variere med algenes forhistorie og de øvrige klimaforhold. Det er likevel vanlig å anta at det såkalte 1%-dypet, dypet der man har igjen 1% av overflatens kvanteirradians, er et slags grovt mål på kompensasjonsdypet, dypet for 0 netto algevekst.

For å kunne vurdere virkningene av eutrofiering i Ytre Oslofjord er det ønskelig å kunne ha en formening om hvor dypt den eufotiske sonen går i de forskjellige områdene. Det beste hadde selvsagt vært om produksjonen kunne måles direkte med stor nøyaktighet og god representativitet. Men produksjonsmålinger er tidkrevende prosedyrer forbundet med vesentlige usikkerheter. Et rimelig alternativ er derfor å anslå lysklimaet ut fra måling av fargeindeks i overflatelaget. En slik måling er gjort på et minutt.

Prosjektets første formål var derfor å finne fram til relasjoner mellom fargeindeks og lysklima.

Prosjektets andre formål var å se i hvilken grad fargeindeksen var egnet til å kartlegge utbredelsen av de forskjellige hovedtilførsler av vann i overflatelaget. Den dominerende vanntilførselen til Skagerrak er Den baltiske strøm som frakter et netto ferskvannsoverskudd på 15000 kubikkmeter i middel pr. sekund ut

av Østersjøen (Svansson, 1975). Bruttotransporten i strømmen blir langt større. De dominerende tilførslene til Ytre Oslofjord er

Glomma : 720 m³ s⁻¹ (Tollan, 1977),
Drammenselva: 330 " " " .

De vanntypene det derfor ble aktuelt å forsøke å kartlegge var Kattegatvann fra Østersjøen, Skagerrakvann fra Nordsjøen, Glomavann og Drammensfjordvann.

Prosjektets tredje formål var å se i hvilken grad fargeindeksen var egnet til å estimere konsentrasjon av henholdsvis partikler og klorofyll A. Det siste kunne da være et mål på innholdet av organiske partikler.

Hvis man lyktes i å finne gode tidsuavhengige relasjoner mellom fargeindeks og lysklima, og mellom fargeindeks og partikler, ville disse kanskje kunne overføres til analyser av satellittdata, slik at analysene kunne foretas uten at det hver gang var nødvendig å foreta feltobservasjoner for å få kalibreringskurver.

Siden dette var et pilotprosjekt med utprøving av et nytt instrument, - fargeindeksmeteret - , og et positivt resultat ikke kunne garanteres, ble det lagt an på å holde kostnadene så lave som mulige. De fleste observasjonene har derfor blitt gjort ved siden av vanlige hydrografiske målinger under prosjektet. Bare et par tokt i samarbeid med Sørensen fra NIVA kan sies å ha vært rene optiske tokt. Sammenhengen mellom fargeindeks og lysklima ble utført i Indre Oslofjord som en hovedfagsoppgave ved Institutt for geofysikk, og resultatene er blitt stilt til disposisjon for dette prosjektet. For å holde kostnadene nede ble det ikke foretatt egne målinger av denne typen i Ytre Oslofjord. Utgifter i forbindelse med innsamling av data i Ytre Oslofjord har vært dekket av SFT, øvrige utgifter av Institutt for geofysikk.

2.OPTISKE STØRRELSER OG INSTRUMENTER

2.1.Fargeindeks

Fargeindeksen er et tall som er ment å uttrykke havets farge. Størrelsen ble innført av Jerlov (1974) som definerte den som forholdet mellom energiene av blått (450 nm) og grønt (520 nm) oppoverspredt lys i havet. Fargeindeksen er derfor et mål på havets "blåhet", slik at jo høyere fargeindeksen er, jo blåere er vannet, og omvendt: jo lavere fargeindeksen er, jo grønnere eller brunere vil vannet være.

Indeksen vil variere med dypet, men vil ved solhøyder over 15 grader være nærmest upåvirket av endringer i solhøyde, skydekke, vind og sjø, selv om avlesningen blir mer usikker ved større sjøgang. Fargeindeksen er derfor en optisk egenskap som er svært rask og enkel å måle, og følgelig godt egnet for rutineundersøkelser. I denne undersøkelsen ble fargeindeksen målt i 0.2, 1 og 2 meters dyp, hvorav de to øverste indeksene er analysert.

Fargeindeksen i 1 meters dyp vil for klart, blått havvann være større enn 2.0, med verdier opp mot 3.6 i det aller klareste havvann. For blågrønt havvann vil indeksen ha verdier ned til 0.8, mens den for grønt og brunt kyst- og fjordvann vil ha verdier under 0.8.

(De forskjellige kromatisitetsindekser som diskuteres i fjernmålingsrapporten 3.7 A (Sørensen, 1989), er beslektet med den fargeindeks som er anvendt her, og de to typene av indekser er sannsynligvis korrelerte. Dette vil bli undersøkt i 89-prosjektet.)

2.2.Fargeindeksmeteret

Fargeindeksmeteret er en lysmåler som "ser" rett nedover i vannmassen. Den har sensorer for blått lys (450 nm), grønt lys (520 nm) og mer gulgrønt lys (550 nm). Dette tilsvarer deler av spektralområdet til de kanalene som brukes i satellittovervåkingen. I denne undersøkelsen har bare de to første bølgelengdene blitt benyttet. Signalet for hver sensor kan enten leses av separat, eller også direkte som forholdet mellom dem.

Instrumentet er produsert av Dansk Havteknik etter design av Niels Højerslev og Henning Hundahl fra Geofysisk Institut, Københavns Universitet. Kalibreringen er utført ved Institutt for geofysikk, Universitetet i Oslo.

2.3. Irradians

Irradians betegner i denne rapporten vertikal, nedoverrettet fluks av lyskvanter. Irradiansen er integrert spektralt i den delen av spekteret som bidrar til fotosyntesen, dvs. fra ca. 400 til 750 nm.

Irradiansen i vann er beregnet relativt til irradiansen rett under overflaten. Denne nullmeterverdien er fremkommet ved å multiplisere irradiansen i luft med 0.93. Det er altså antatt at ca. 7% tapes i refleksjon fra overflaten. Ved å tegne opp de målte verdiene i et halvlogaritmisk diagram, med irradiansen langs den logaritmiske aksene og dypet langs den lineære, er det lett å finne dypet for 10%, 1%, 0.1% osv. av overflateverdien.

2.4. Irradiansmeteret

Irradiansen ble målt ved å benytte to uavhengige sensorer: en i luft og en i sjøen. Disse ble avlest samtidig i hvert dyp. Standarddypene var: luft, 0.5 m, 1 m, 2 m, 3 m, 5 m, 7 m osv.

Instrumentene er fabrikkert av Li-COR, inc.

2.5. Partikkelkonsentrasjon

Det er mange prinsippielt forskjellige måter å angi partikkelkonsentrasjon på. I denne rapporten har totalt suspendert materiale, konsentrasjon av klorofyll A (inkludert phaeophytin A), svekningskoeffisient og turbiditet blitt benyttet.

Totalt suspendert materiale, gitt i mg/l, angir massekonsentrasjonen av partiklene.

Konsentrasjonen av klorofyll A, gitt i µg/l, er en form for massekonsentrasjon som gjerne tolkes som et mål på algekonsentrasjonen.

Svekningskoeffisienten for lys i en suspensjon er et mål på konsentrasjonen av optisk svekningstverrsnitt i suspensjonen. For store partikler er svekningskoeffisienten et mål på partiklernes samlede geometriske tverrsnitt pr. volumenhet. Den har måleenhet 1/m.

Turbiditet (:grumsethet) er et begrep som har hatt forskjellig betydning i forskjellige fagmiljøer gjennom tidene, men er i denne rapporten brukt om de tall som kommer fra et instrument som måler mengden av "hvitt" lys spredt i 90 graders vinkel fra en vannprøve. Turbiditeten er egentlig et mål på konsentrasjon av optisk spredningstverrsnitt, men blir vanligvis gitt i enheter relativt til en referanseprøve av fortyntet formazin som FTU: Formazin Turbidity Units, eller NTU: Nephelometer Turbidity Units.

2.6.Måling av partikkelkonsentrasjon

Samtlige målinger av partikkelkonsentrasjon er utført på NIVA ved Sørensen.

Totalt suspendert materiale har blitt målt ved å filtrere en vannprøve gjennom et 0.4 mikrometer nucleopore-filter. Filteret har blitt skylt med ca. 100 ml destillert vann, tørket og veid.

Klorofyll A blir bestemt som beskrevet i delrapport 3.7 A (Sørensen, 1989).

Svekningskoeffisienten for en lystråle er målt i et Perkin-Elmer dobbelstråle spektrofotometer Lambda 5, med enten 5 eller 10 cm lang prøvecelle, relativt til filtrert, destillert vann. Differensen mellom svekningskoeffisientene for den ufiltrerte og filtrerte utgave av en vannprøve blir den del av svekningskoeffisienten som skyldes partiklene.

Turbiditet er målt i et Hack turbidimeter, relativt til en formazinstandard.

2.7.Siktedyp eller Secchidyp

Siktedypet eller Secchidypet er det dyp der en hvit skive, 30 cm i diameter, blir borte når den senkes i sjøen. Det finnes teoretiske relasjoner som knytter siktedypet sammen med de optiske størrelser som er nevnt over (se f.eks. Vedlegg 1 og den refererte litteratur), men det er ikke nødvendig for vårt formål å diskutere dem her.

3.FELTARBEIDE

3.1.Tokt under prosjektet

Det ble i 1988 foretatt måling av fargeindeks og andre optiske størrelser på følgende tokt under prosjektet:

4.mai : Breidangen-Færder (LN1-T6)
6.mai : Hvaler (HL-, HS- og HV-stasjoner)
13.mai : Missingen-Torbjørnskjær-Hvaler (M1-T1-HK1-HL5)
23.mai : Rødtangen-Drøbak (MG1-IM2)

13.-16.juni: Færder-Hvaler- Breidangen-Drøbak (T1-IM2)

6.juli : Rauøy (Rauer)

1.-5.august: Hvaler-Skagerrak- Breidangen-Drøbak
(HL-, HS-, S-, og X-stasjoner, T1-IM2)

17.august : Hvaler (HK-, HS- og HL-stasjoner).

De fleste av stasjonene er vist på Figur 1 og 2.

Toktene 6. og 13.mai ble utført i samarbeid med et metodeprosjekt ved NIVA.

3.2.Tokt utenfor prosjektet

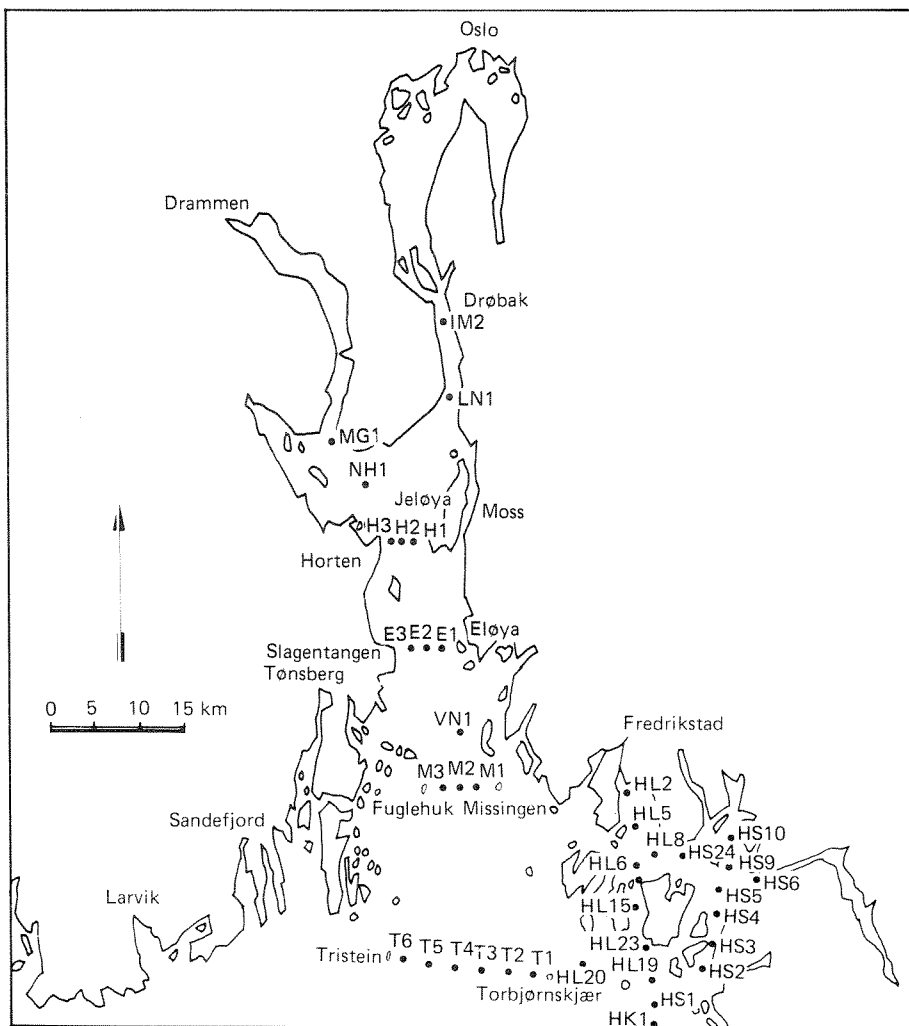
Prosjektet har også kunnet benytte målinger fra følgende tokt utført av Institutt for geofysikk:

20.mai : Indre Oslofjord

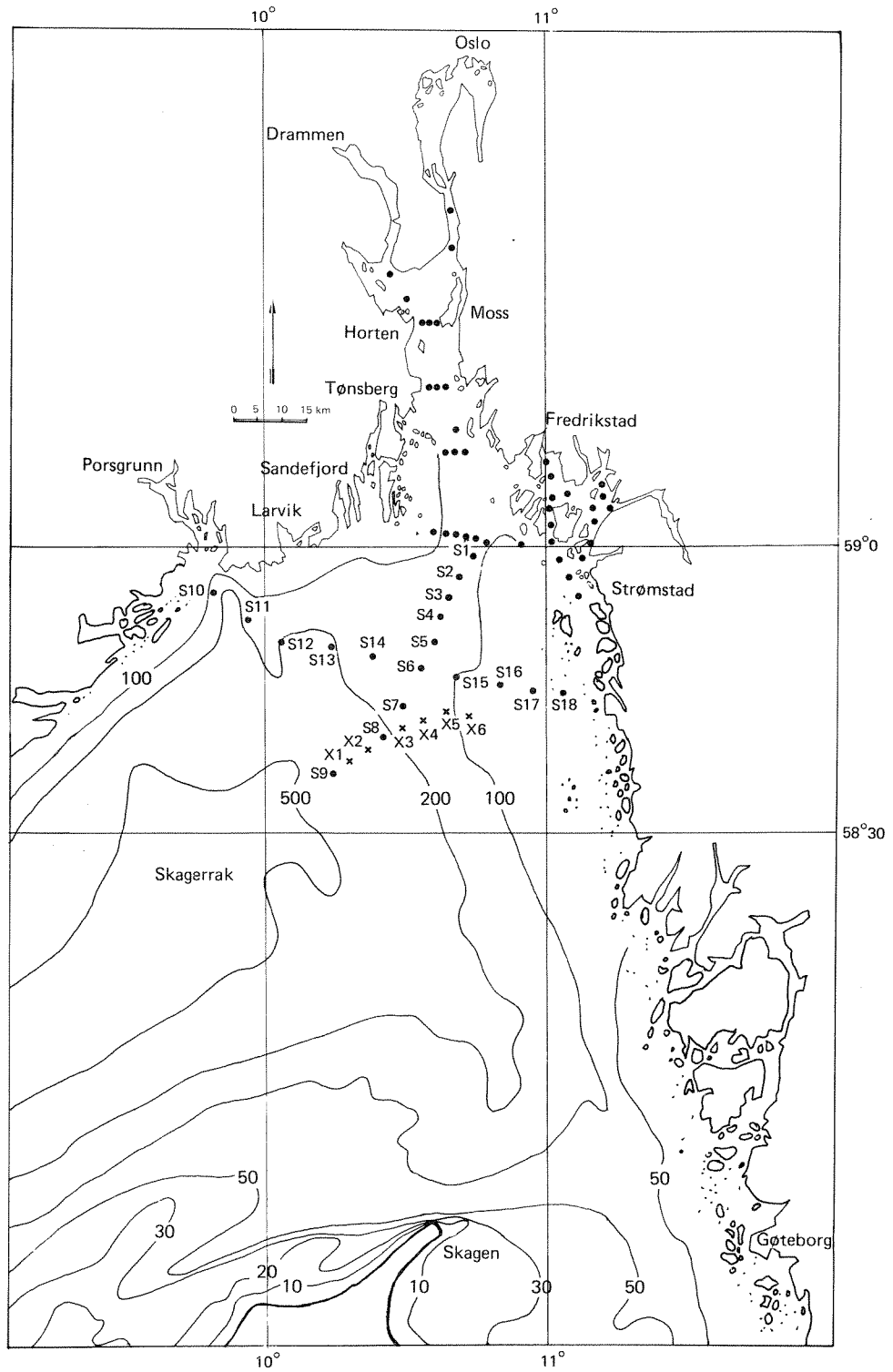
19.september: Indre Oslofjord

12.oktober : Indre Oslofjord.

Med Indre Oslofjord menes her området innenfor Drøbak (Figur 1).



Figur 1. Stasjonsoversikt for Ytre Oslofjord



Figur 2. Stasjonsoversikt for Skagerrak

4. IDENTIFISERING OG KARTLEGGING AV VANNTYPER VED HJELP AV FARGEINDEKS

4.1. Identifisering av vanntyper

Det er åpenbart for alle som seiler i Ytre Oslofjord at det brune vannet fra Glomma er langt mer grumset enn vannet som kommer sør- over fra Breidangen og Drammensfjorden. Det klareste vannet i området er det som kommer fra Skagerrak og Nordsjøen. De få observasjonene vi har i Kattegatvann tyder på at dette er grønt med til tider relativt lavt partikkelinnhold, slik at det får vesentlig større siktedyp enn det øvrige vannet i Ytre Oslofjord, men mindre siktedyp enn det klare Skagerraksvannet.

Vi har lett etter karakteristiske optiske egenskaper ved de forskjellige hovedtilførslene av vann til Ytre Oslofjord, slik at vi ut fra optiske målinger i en vilkårlig vannmasse i området skulle kunne si hvor mye av de forskjellige vanntilførslene den inneholdt.

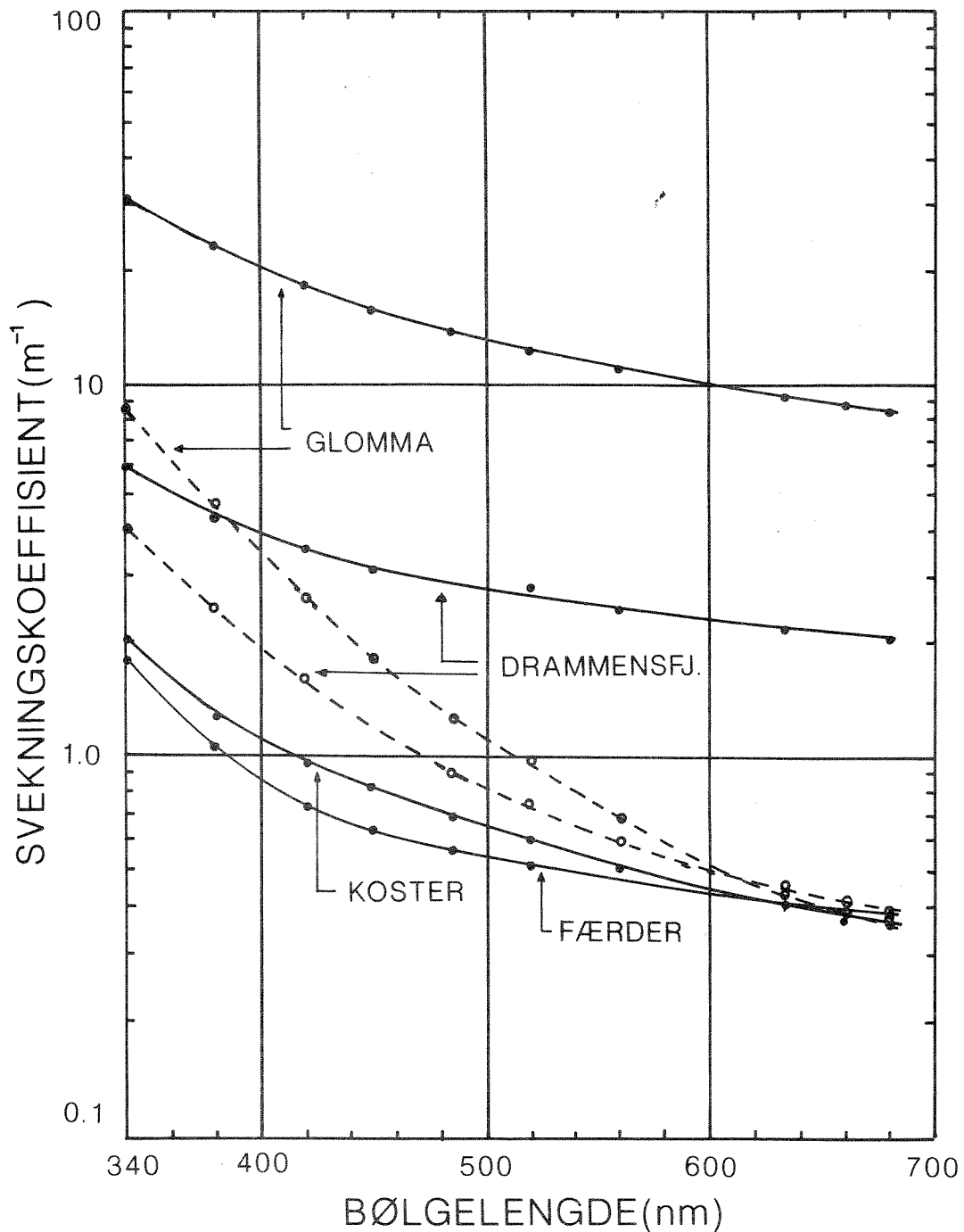
Dessverre har vi ikke funnet så spesielle optiske egenskaper i vanntilførslene at de kunne sies å representere egne optiske vanntyper, og en kvantifisering av innholdet av dem i en vilkårlig vannmasse er derfor ikke mulig. Vi har kombinert saltholdighet med de optiske egenskapene, men heller ikke dette muliggjør en kvantifisering av blandingsforholdene. Hvorvidt det finnes spesielle kjemiske komponenter i de forskjellige tilførslene som muliggjør en slik kvantifisering, vet vi ikke. Det ligger utenfor målsettingen til dette delprosjektet.

(Iddefjorden synes å ha mer spesielle egenskaper enn omgivelsene, og også utenfor Tofte har vi et par ganger fått usedvanlige verdier. Dette kan tyde på at utslipp fra papirindustrien er lettere å identifisere ved optiske metoder. Iddefjorden har imidlertid så liten vannføring og innvirkning på overflatelaget i Ytre Oslofjord at vi ikke har gjort videre analyser her.)

Grunnen til vanskene med identifisering er åpenbart at de suspenderte partikler og oppløste stoffer som påvirker de optiske forholdene i Ytre Oslofjord ikke er særlig spesielle. Det som synes å variere er forholdet mellom mengden av de forskjellige optiske komponentene. I det klare Skagerrakvannet er det relativt lite både av partikler og gulstoff (oppløst organisk materiale, humusstoffer). I Kattegatvannet er det sannsynligvis mye gulstoff, men til tider lite partikler. I Drammensfjordvannet er det enda mer gulstoff og også mye partikler. I Glommavannet er det mest både av partikler og gulstoff. Partiklene vil etterhvert kunne falle ut, mens gulstoffet stort sett blir værende i vannmassen. I tillegg til de partikler som vannmassene fører med seg, kommer de fytoplanktonpartikler som vokser opp hvis næringsstoffer og lys er tilgjengelig. Det er derfor å vente at det bilde man får blir ganske kaotisk.

De forholdene som er påpekt over kan illustreres ved en undersøkelse som ble gjort den 4. og 6. mai. Det ble da tatt prøver av vann fra Glomma (HL5), Drammensfjorden ved Rødtangen (MG1), Skagerrak ved Færder (T6) og fra Kosterfjorden (HS1). Den siste stasjonen representerer muligens Kattegatvannet, men dette vannet var påfallende likt vannet ved Færder, og det er mulig at de to stasjonene for denne situasjonens vedkommende representerte samme vanntype.

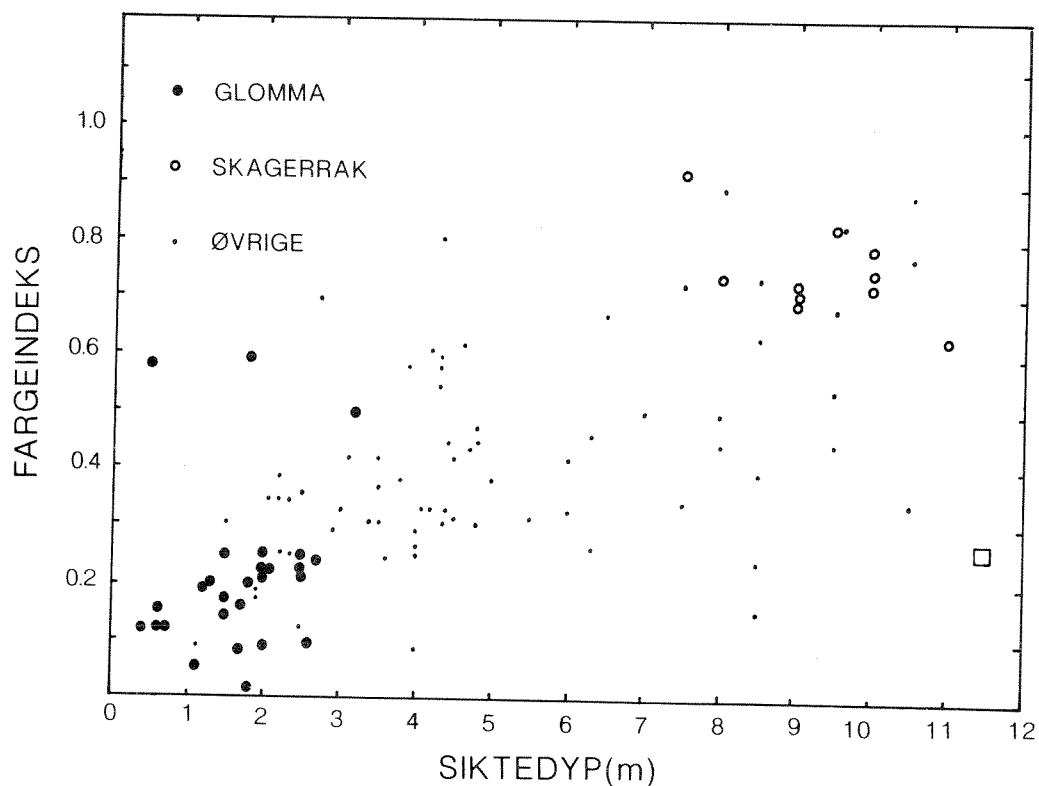
I Figur 3 er svekningskoeffisienten for vannprøvene, fratrukket koeffisienten for filtrert destillert vann, vist som funksjon av bølgelengden. De stiplede linjene er for filtrerte prøver (porediameter 0.5 mikrometer), mens de heltrukne er for ufiltrerte. Svekningskoeffisienten for Glomma er 15-20 ganger større enn koeffisienten for Færder, og 4-5 ganger større enn koeffisienten for Drammensfjorden. Det er verdt å merke seg at selv de filtrerte, partikkelfrie prøvene for Glomma og Drammensfjorden har større svekningskoeffisient enn Koster og Færder. Det betyr at uansett hvor mye partikler som faller ut, så vil likevel vannet fra Glomma og Drammensfjorden gi et dårligere lysklima enn Færder- og Kostervannet, slik situasjonen var 4. og 6. mai.



Figur 3. Svekningskoeffisienten, fratrukket svekningskoeffisienten for filtrert destillert vann, for 4 karakteristiske vanntilførsler i Ytre Oslofjord: Glomma (HL5), Drammensfjorden (MG1), Kosterfjorden (HS1) og Skagerrak (T6), ifølge prøver tatt 4. og 6. mai. Heltrukne linjer er ufiltrerte prøver, stiplede linjer er filtrerte prøver.

Variasjonen av de optiske egenskapene kommer tydelig tilsyne i Figur 4. Den viser fargeindeks i 1 meters dyp som funksjon av siktedypet eller Secchidypet på samtlige stasjoner under prosjektet. Glommastasjonene, som er alle stasjoner innenfor Hvalerskjærgården, har med 3 unntak fargeindeks mindre enn 0.3 og siktedyp mindre enn 3 m. Skagerrakstasjonene, som er alle S- og X-stasjoner fra august-toktet, har fargeindeks fra 0.6 og oppover og siktedyp større enn 7 m. De øvrige stasjoner fordeler seg stort sett som en sky mellom disse to hovedgruppene.

Det synes imidlertid også å være en tredje vanntype i området, med stort siktedyp og lav fargeindeks. F.eks. ble største siktedyp under prosjektet, 11.5 m, observert 5. august på NH1 ved Mølen. Her var fargeindeksen 0.26. Denne stasjonen er markert med en firkant på Figur 4. Her hadde altså vannet meget god sikt, men var også meget grønt, hvilket betyr lite partikler men mye gulstoff. Dette er egenskaper som vi har funnet noen ganger i overflatelaget lenger inn i fjorden på vinterstid. Om dette vannet har sin opprinnelse i Kattegat eller er gammelt fjordvann, kan vi ikke svare med sikkerhet på, men den observerte lave saltholdigheten på under 16 o/oo gjør det lite sannsynlig at det i dette tilfellet er Kattegatvann.



Figur 4. Fargeindeks i 1 meters dyp som funksjon av siktedypet (Secchidypet) på de forskjellige stasjoner

4.2. Vanntypenes utbredelse

Saltholdigheter og grunnlagskart er gitt av Jan Magnusson, NIVA.

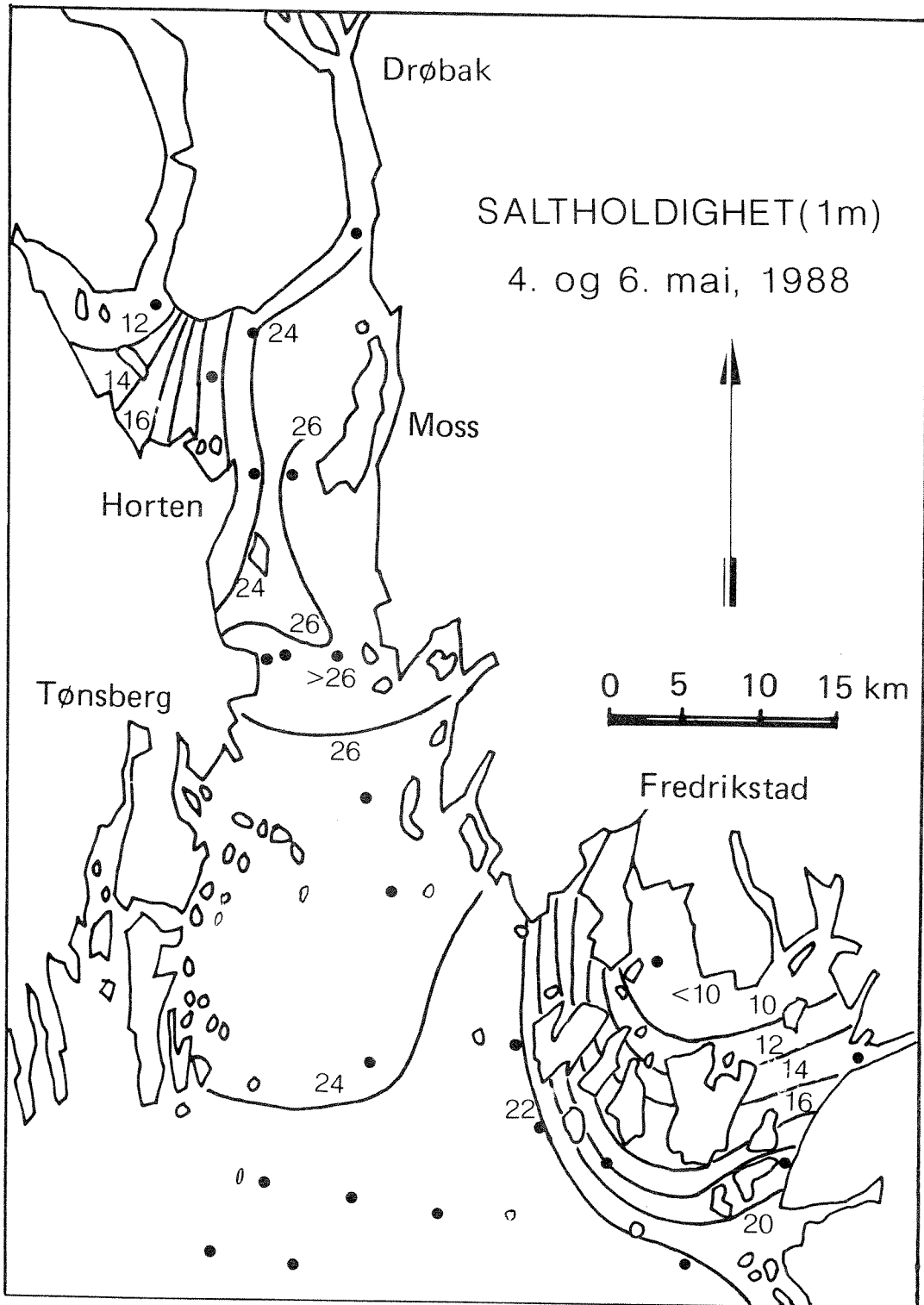
For de figurene som diskuteres i teksten under, så gjelder generelt at isolinjene har blitt trukket på beste skjønn i de områder hvor stasjonsnettet er tynt.

4.2.1. Observasjoner 4. og 6. mai

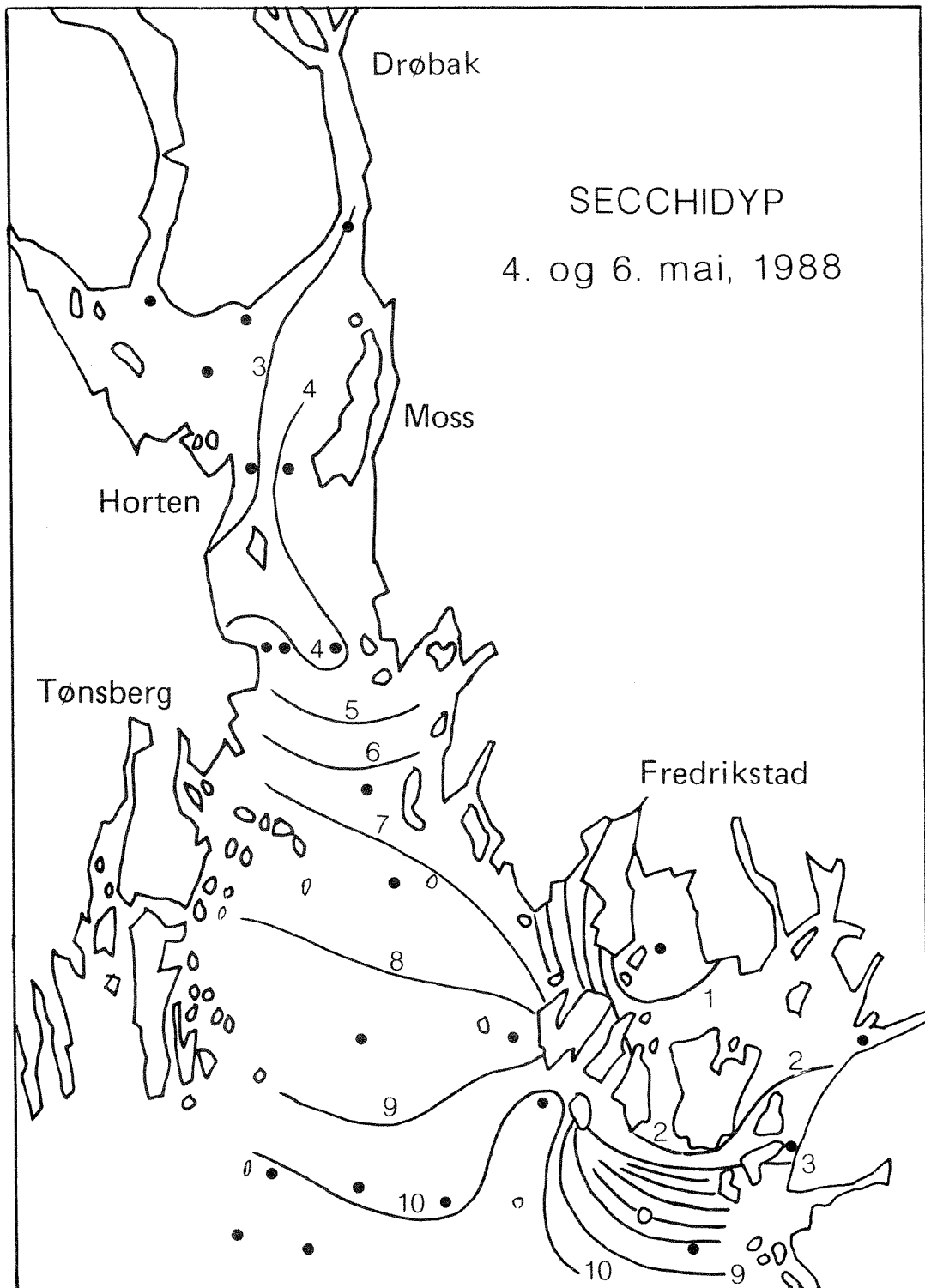
Den 3. mai hadde det blåst bris fra sør. 4. mai startet med bris fra nord, og da ble observasjonene i Breidangen foretatt. Vi ser tydelig på Figur 5 hvordan det ferskere vannet fra Drammensfjorden brer seg nokså langt utover i Breidangen og sørover forbi Horten. Utpå dagen skiftet vindretningen til sørlig. 5. mai var det sørlige til sørvestlige vinder, og den 6. mai, da Hvalermålingene ble foretatt, var det vinder fra sør-sørøst. Det er tydelig at dette vindraget holder Glommavannet tilbake inne i Hvalerområdet (Figur 5).

Siktedypet eller Secchidypet er framstilt på Figur 6. I Drammensfjordvannet er sikten mindre enn 3 m, men etterhvert som vannet brer seg utover i fjorden og blandes ut med saltere vann, øker sikten til 10 m ute ved Færder. Glommavannet har opprinnelig et Secchidyp på under en halv meter, men dette grumsete vannet blir stort sett holdt tilbake inne i Hvalerområdet. Dette sees også tydelig på fordelingen av saltholdighet (Figur 5). Etterhvert som Glommavannet blander seg med det utenforliggende vann og blir saltere, skjer det en dramatisk økning i siktedypet. Dette skyldes blanding med klarere vann og at det felles ut partikler under blandingsprosessen.

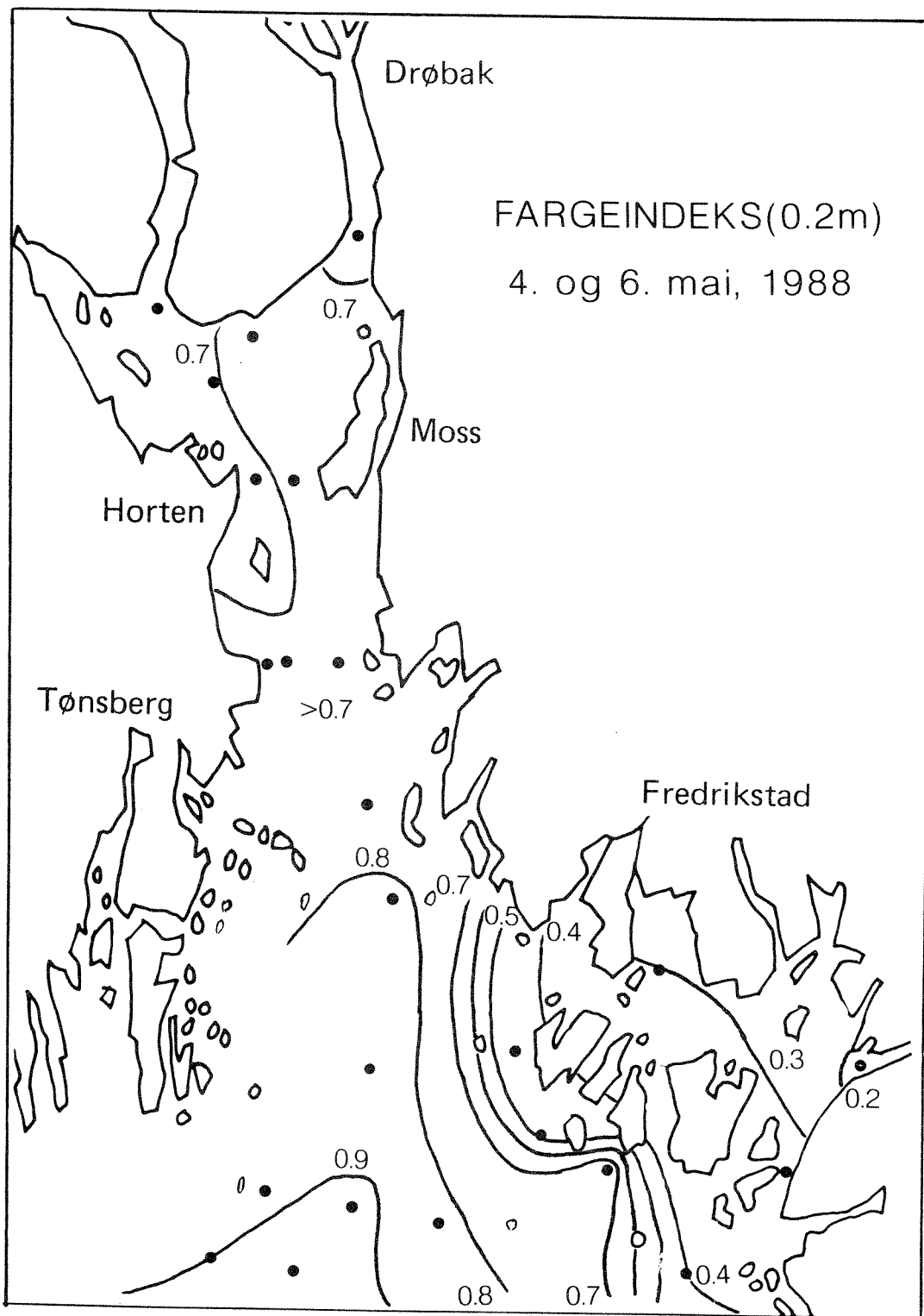
Fargeindeksen i 0.2 og 1 m (Figur 7 og 8) følger stort sett det samme mønster som saltholdighet og sikt, men det kommer her tydeligere fram hvordan sønnavinden presser klart vann inn i fjorden. Det kan også virke som om noe Glommavann beveger seg nordover langs østsiden av fjorden.



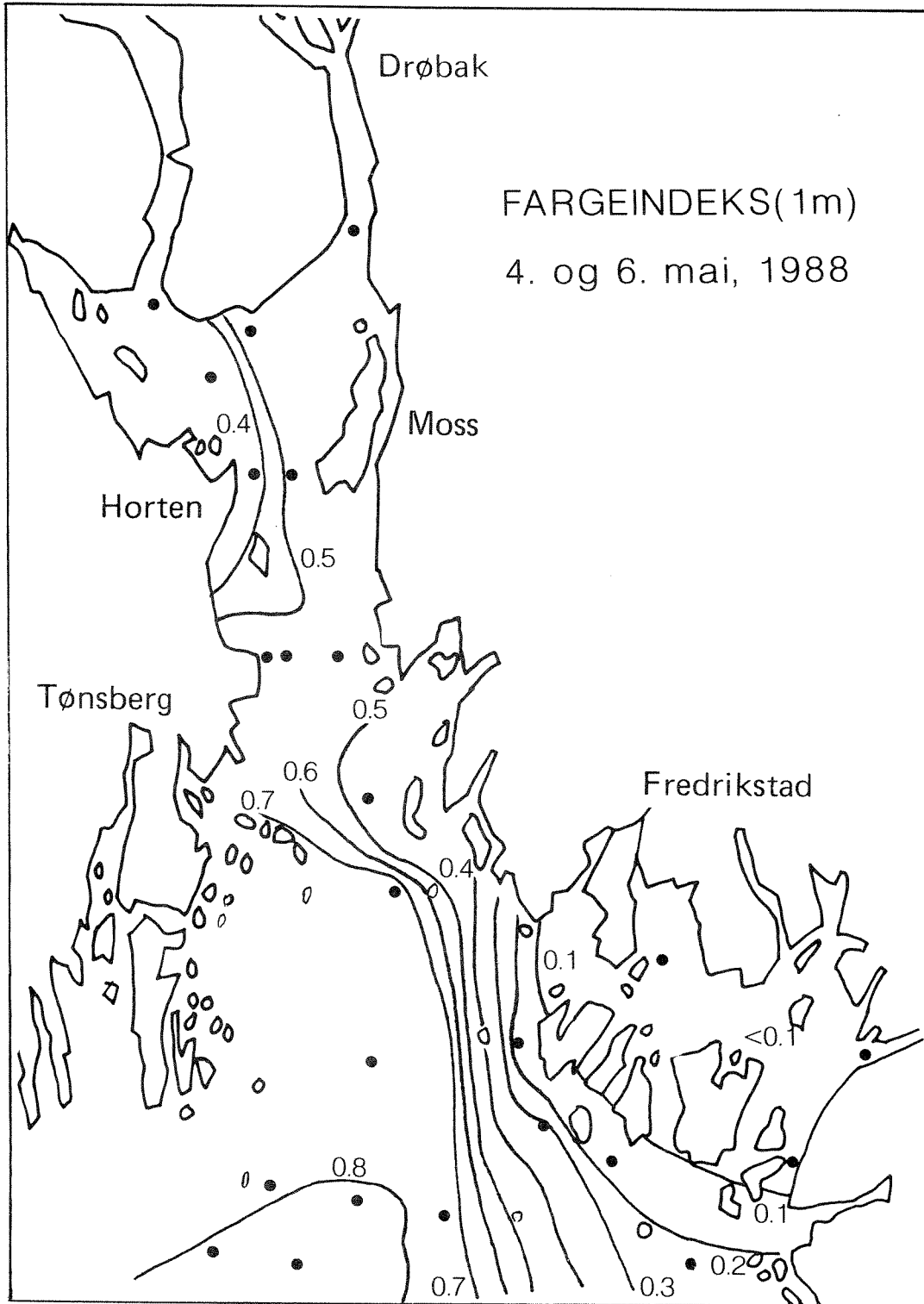
Figur 5. Fordeling av saltholdighet i 1 m, 4. og 6. mai



Figur 6. Fordeling av Secchidyp, 4. og 6. mai



Figur 7. Fordeling av fargeindeks i 0.2 m, 4. og 6. mai



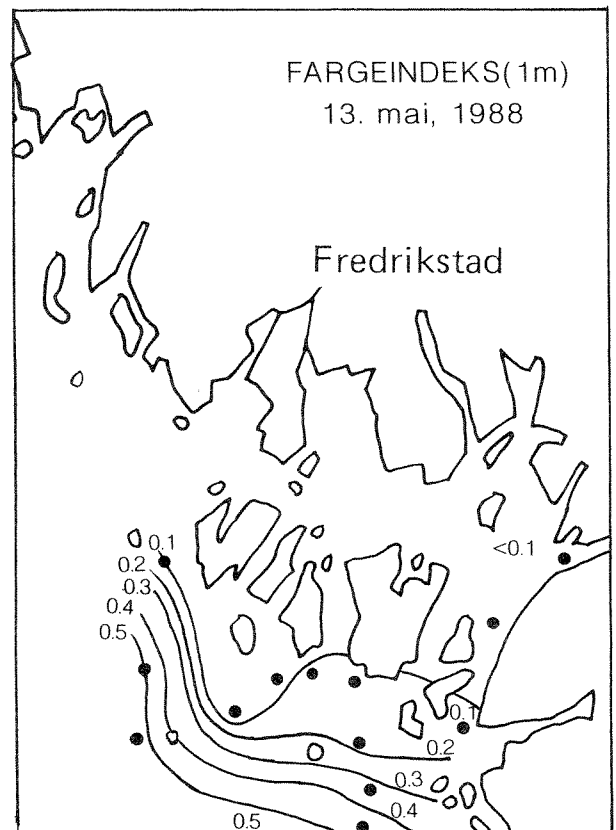
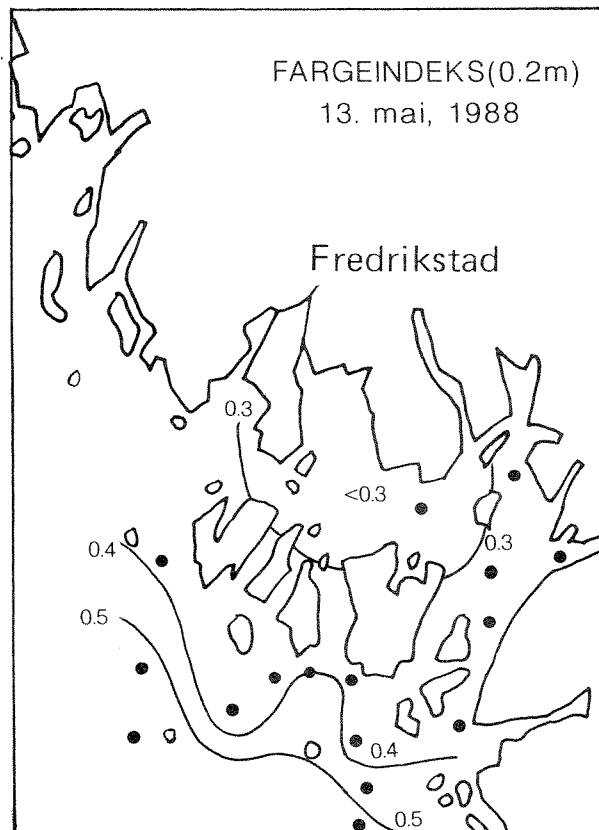
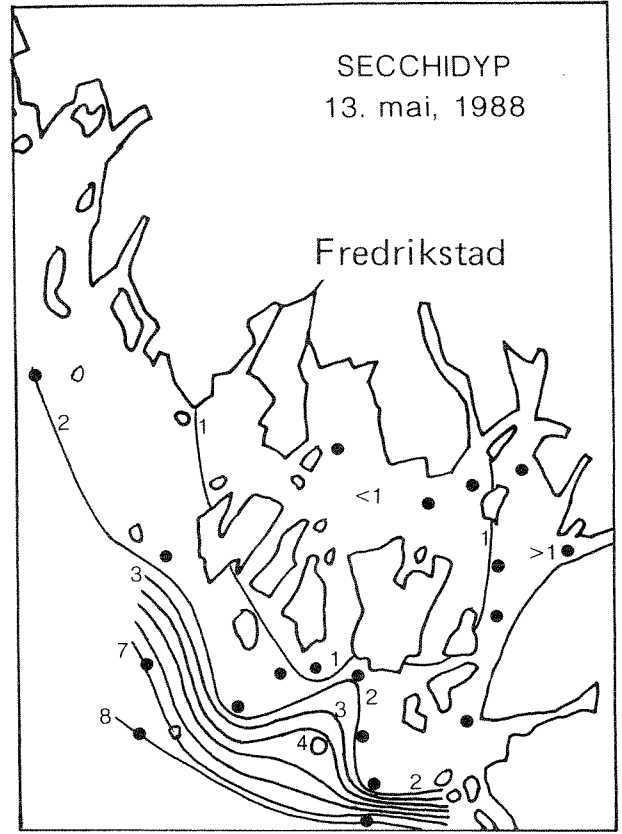
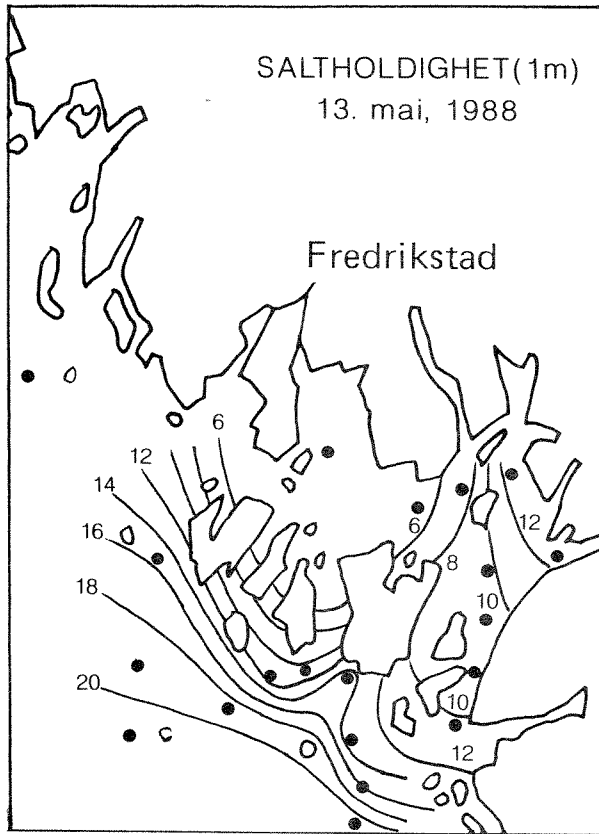
Figur 8. Fordeling av fargeindeks i 1 m, 4. og 6. mai

4.2.2.Observasjoner 13.mai

Den 12. mai blåste det nordlig til nordøstlig laber bris i Hvalerdistriktet, og det samme skjedde på toktdagen den 13., bortsett fra at ut på kvelden dreidde vinden til nordvestlig. Dette er en situasjonen der Glommavannet vil ha en tendens til å bli dratt ut av området, og kanskje følge svenskekysten sørøstover innenfor Den baltiske strøm.

Figurene 9-12 viser hvordan det grumsete og brune Glommavannet synes å nå godt utenfor Hvalerskjærgården, og bre seg nedover i Kosterfjorden.

Når saltholdigheten (Figur 9) kanskje synes å bremses opp noe tidligere enn de andre størrelsene, skyldes det at det er saltholdigheten i 1 meters dyp som er tegnet opp, og at Glommavannet på de ytterste stasjonene lå i et lag tynnere enn 1 m. Fargeindeksen i 1 m, derimot, skyldes ikke bare egenskapene i dette dypet, men vel så mye egenskapene i vannlaget over. Fargeindeksen i 1 m vil derfor også avspeile egenskapene til et eventuelt lag av Glommavann i den øverste meteren. Grunnen til at saltholdigheten i 1 m ble benyttet istedetfor 0 m, er at det ble observert saltholdighet på flere stasjoner i 1 m enn i 0 m (Vedlegg 2, Tabell 1).



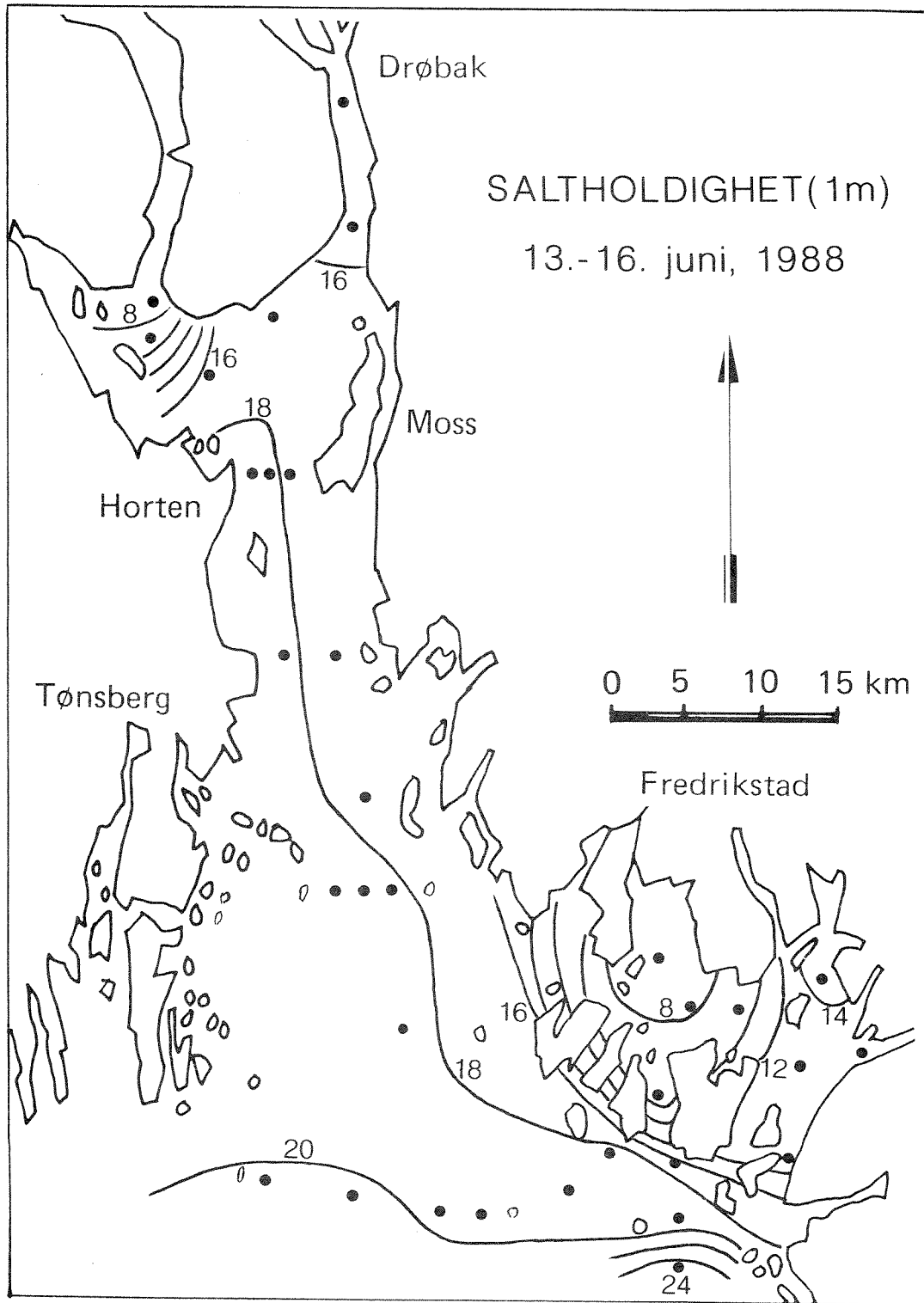
Figur 9-12. Fordeling av saltholdighet i 1 m, Secchidyp, fargeindeks i 0.2 og 1 m, 13. mai

4.2.3.Observasjoner 13.-16. juni

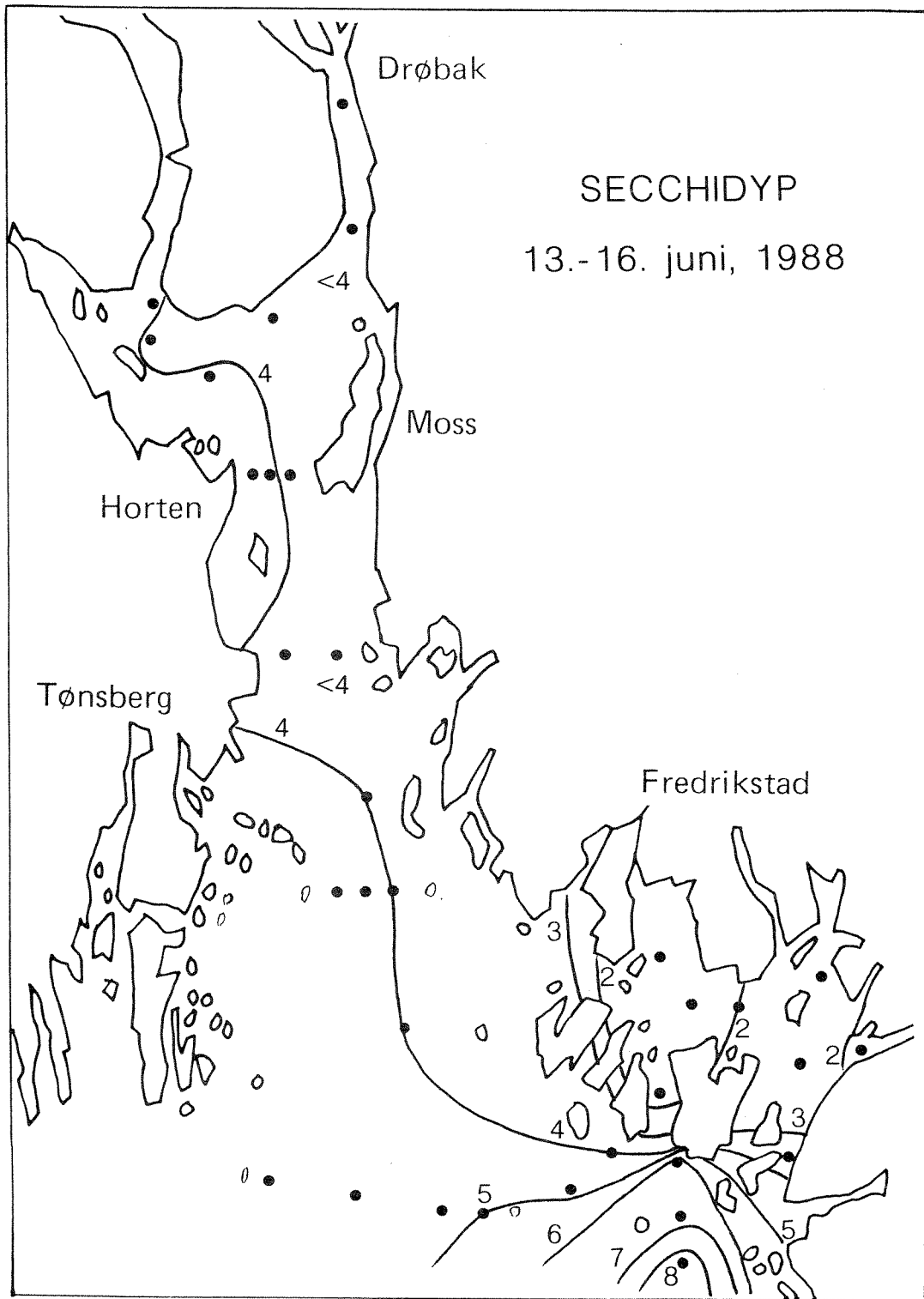
Dette toktet kom igang om kvelden den 13. juni med snittet Torbjørnskjær -Færder. Den 14. ble stasjonene i Hvalerområdet tatt, og den 15. og 16. ble stasjonene fra Missingen (M1) og inn til Drøbak (IM2) tatt.

Den 12. hadde det blåst vestlige vinder, den 13. skiftet retningen over til nordlig og om kvelden til vestlig, den 14. kom vinden fra nord på dagen og fra vest om kvelden, med styrke fra laber til frisk bris. Resten av toktperioden, fra stasjon M1 og innover, blåste det sørlige vinder av styrke 2-4. Man skulle da ha ventet at det observerte Glommavannet skulle få en markert utbredning mot sør og sørøst pga. de nordvestlige vinder, mens Drammensfjordvannet skulle bli stoppet av de sørlige vinder.

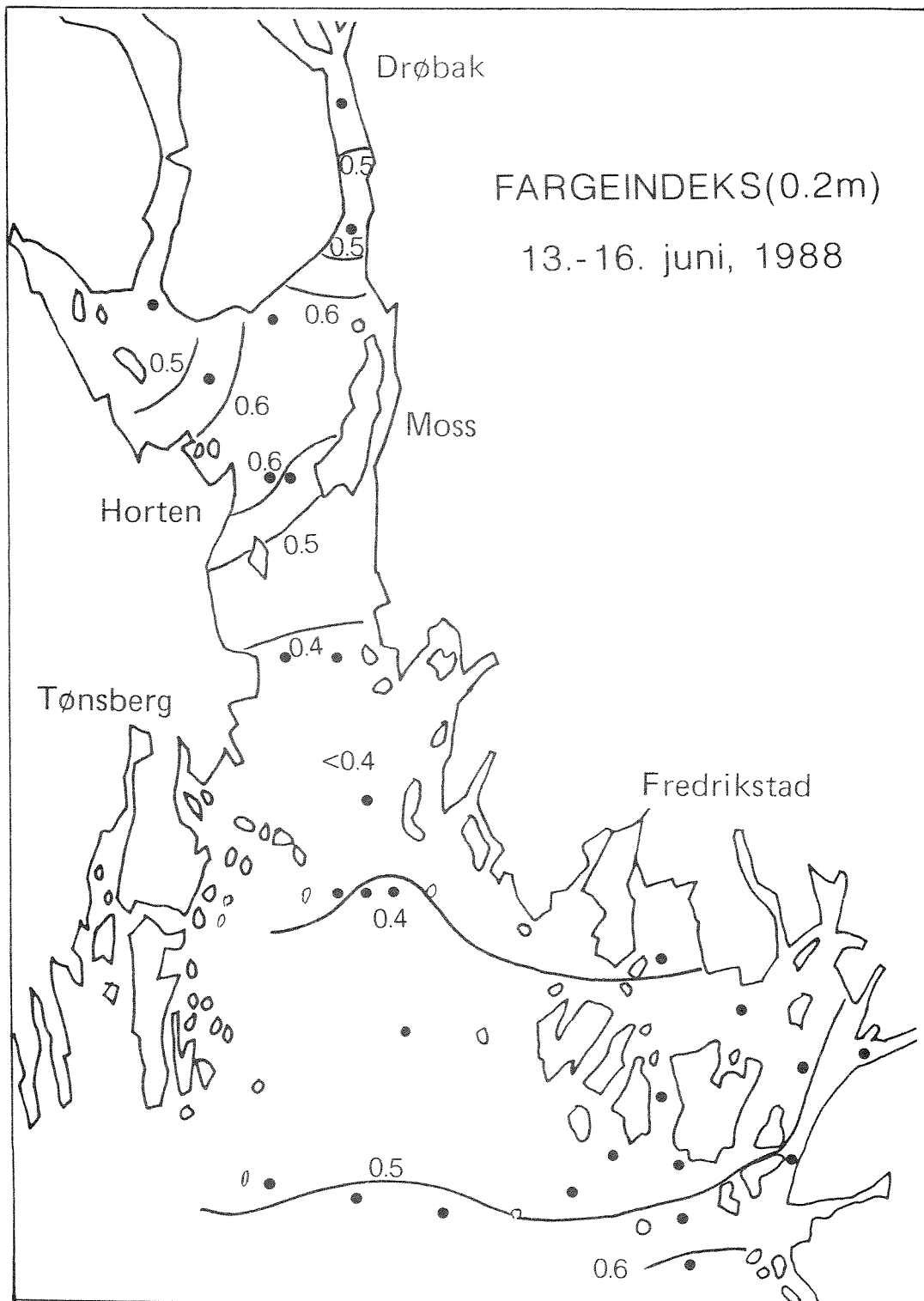
På Figur 13-16 ser vi at Drammensfjordvannet likevel kan spores til Horten, mens Glommavannet slett ikke sprer seg særlig sørover. Det synes å ha oppstått en bakevje-effekt, slik at klarere vann sørfra fraktes opp mot Hvaler (Figur 14), og det mer grumsete Glommavannet fraktes oppover østsiden av fjorden, som en bakevje til det utstrømmende vannet på vestsiden (Figur 16). Ifølge fargeindeksen i 1 m virker det som om Glommavannet sprer seg opp forbi Larkollen (E1). Hva som skjer med vannet her, om det fortsetter videre og dukker ned under Drammensfjordvannet, eller om det bøyer av og fraktes utover igjen i overflaten, gir ikke vårt tynne observasjonsnett noe sikkert svar på, men siden Glommavannet er lettere enn overflatevannet lenger nord, er det rimeligst å anta at det i dette tilfellet blir liggende i overflaten og etterhvert fraktet utover igjen.



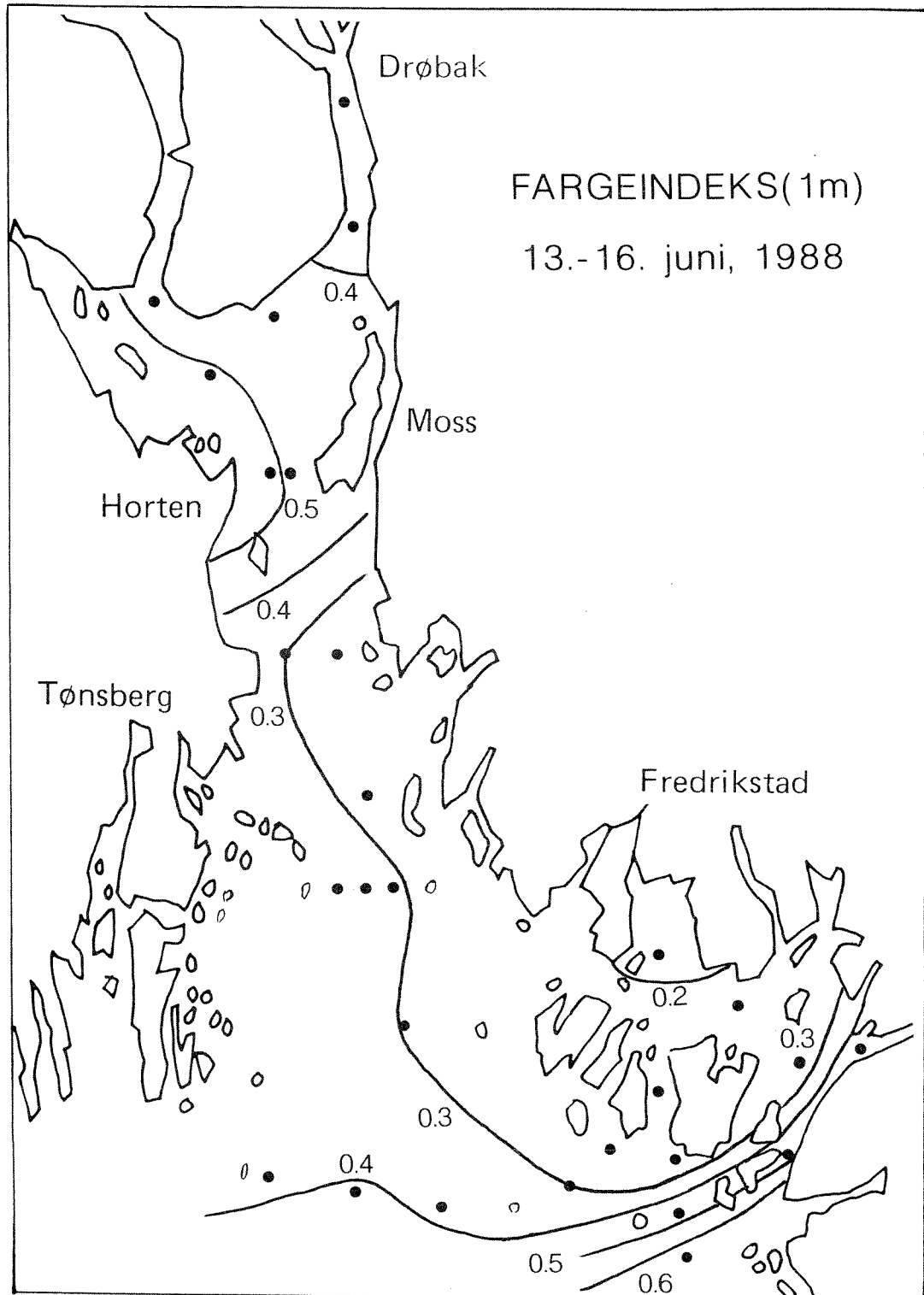
Figur 13. Fordeling av saltholdighet i 1 m, 13.-16. juni



Figur 14. Fordeling av Secchidyp, 13.-16. juni



Figur 15. Fordeling av fargeindeks i 0.2 m, 13.-16. juni

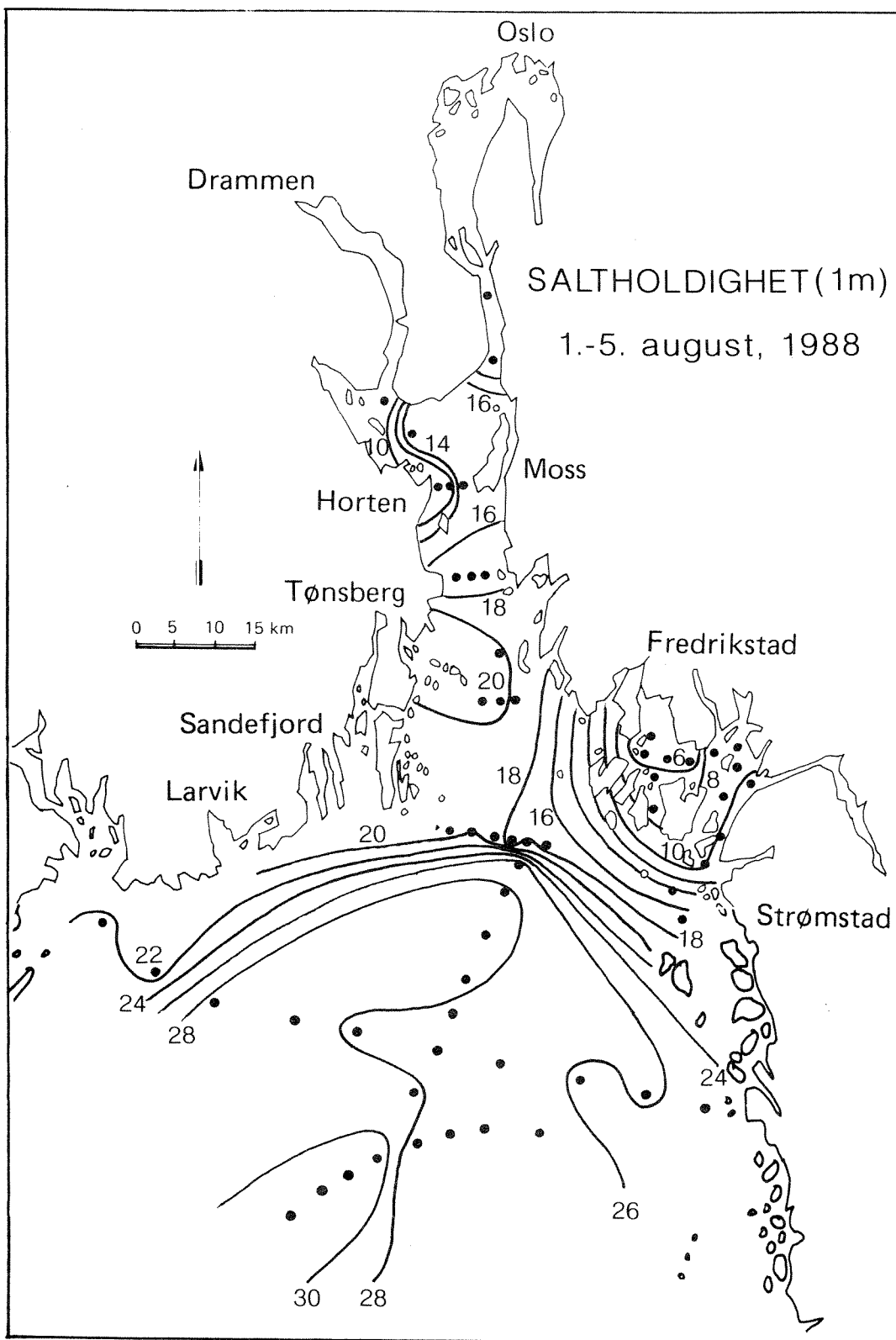


Figur 16. Fordeling av fargeindeks i 1 m, 13.-16. juni

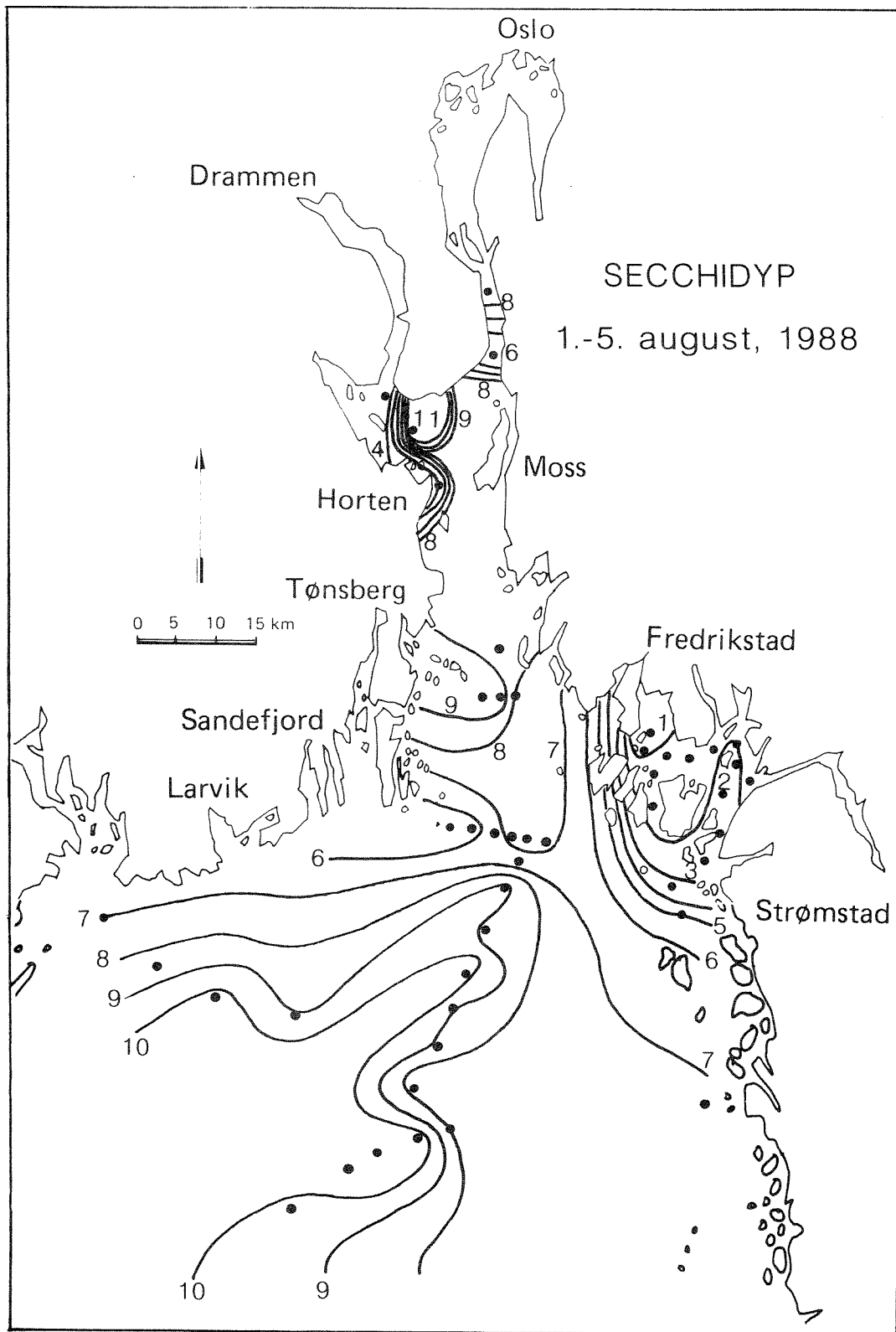
4.2.4.Observasjoner 1.-5. august

Dette toktet var planlagt å skulle være det mest omfattende under prosjektet, med observasjoner fra midtveis i Skagerrak til Drøbak. Forut for prosjektet blåste det sørvestlig kuling i Ytre Oslofjord, mens styrken den 1. august var løyet til frisk bris. Denne dagen ble feltarbeidet lagt til Hvalerområdet. Den 2. august dreidde vinden til nordlig laber bris, og denne dagen og den neste ble observasjonene i Skagerrak foretatt. Den 4. og 5. ble så stasjonene innover mot Drøbaksund tatt. Den 4. var vindene mer vestlige, og den 5. mer nordlige igjen.

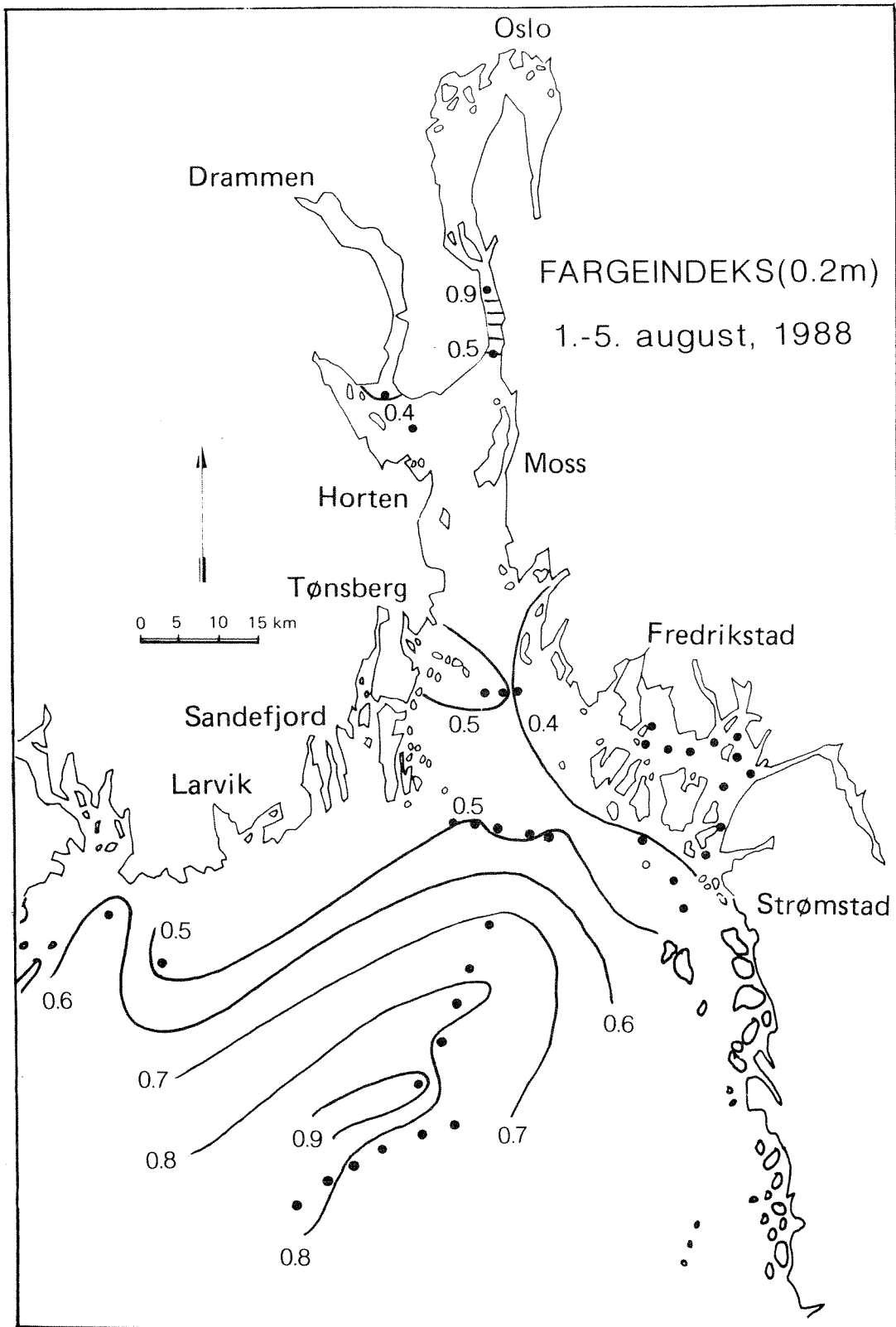
Figur 17 viser hvordan de vannmassene som ble stuet opp i fjorden under perioden med kuling fra sør, nå strømmer ut igjen med hjelp av nordavinden. Drammensfjordvannet kan spores sør forbi Horten, og det er en oppstrømningssituasjon med klarere overflatevann sør for Hurumlandet (Figur 18). Glommavannet strømmer sørover mot Strømstad (Figur 18-20), mens fordelingen av fargeindeks igjen kan gi mistanke om at det er bakevjeeffekter ute og går, og at Glommavannet også går nordover langs østsiden av fjorden et stykke.



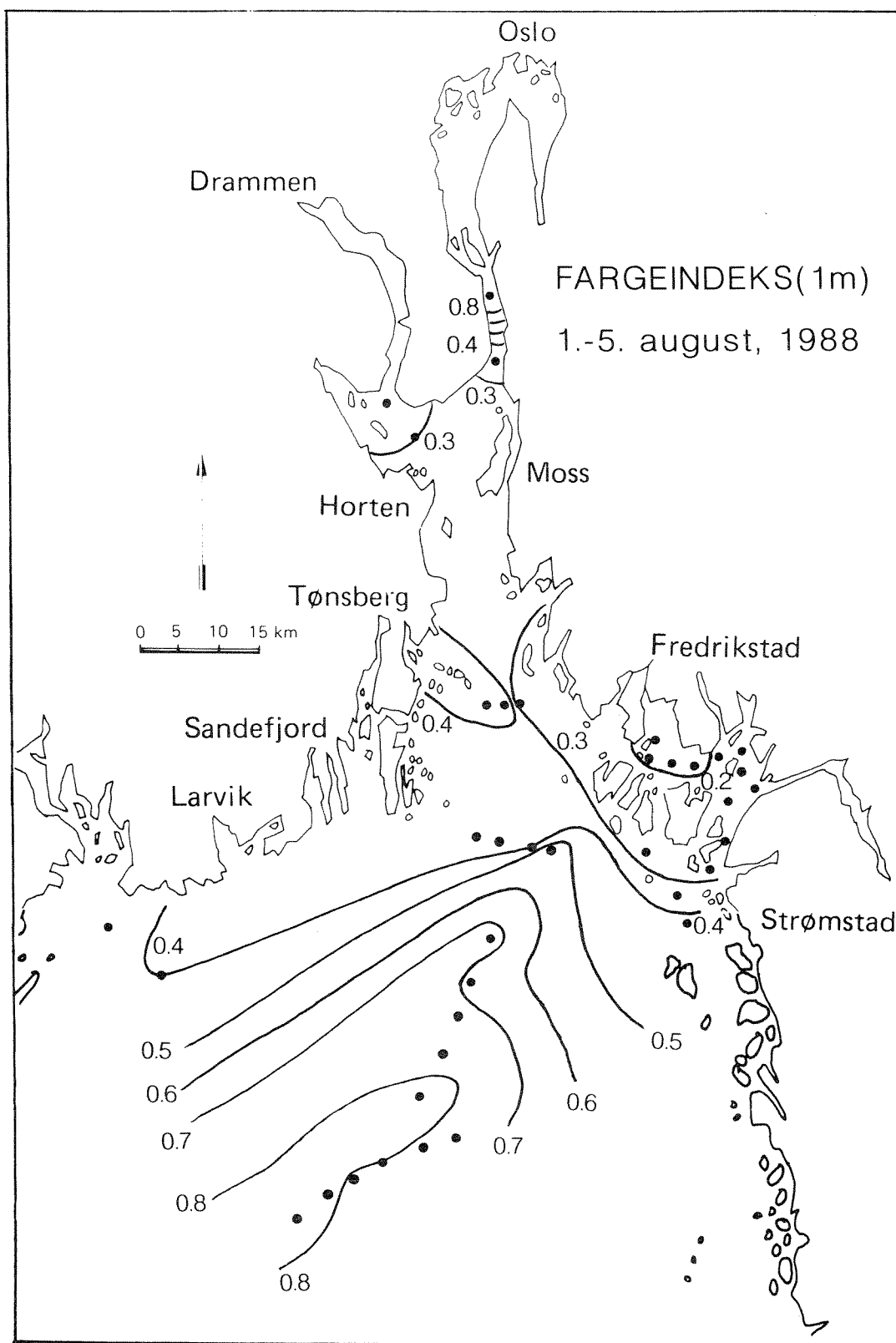
Figur 17. Fordeling av saltholdighet i 1 m, 1.-5. august



Figur 18. Fordeling av Secchidyp, 1.-5. august



Figur 19. Fordeling av fargeindeks i 0.2 m, 1.-5. august



Figur 20. Fordeling av fargeindeks i 1 m, 1.-5. august

5. ESTIMERING AV ANDRE STØRRELSER UT FRA FARGEINDEKS

5.1. Estimering av lysklimaet

Den undersøkelse som Institutt for geofysikk utførte i Indre Oslofjord i 1988 ga at fargeindeksen i 1 m var langt bedre korrelert med dypene for de forskjellige nivåer av irradians enn indeksen i 0.2 m, og vi presenterer derfor bare resultatene for den førstnevnte indeksen.

Dypet Z(30%) der den fotosyntetisk aktive irradiansen har 30 % av sin overflateverdi, kan ifølge observasjonene i Indre fjord uttrykkes som

$$Z(30\%) = 0.2 \text{ m} + F \times 5.0 \text{ m}, \quad r = 0.94,$$

der F er fargeindeksen i 1 m, og r er korrelasjonskoeffisienten. Tilsvarende resultater for de andre nivåene er

$$Z(10\%) = 0.7 \text{ m} + F \times 8.5 \text{ m}, \quad r = 0.95,$$

$$Z(3\%) = 1.2 \text{ m} + F \times 14.6 \text{ m}, \quad r = 0.95,$$

$$Z(1\%) = 1.7 \text{ m} + F \times 21.5 \text{ m}, \quad r = 0.95,$$

$$Z(0.3\%) = 2.0 \text{ m} + F \times 31.7 \text{ m}, \quad r = 0.98,$$

$$Z(0.1\%) = 2.6 \text{ m} + F \times 39.7 \text{ m}, \quad r = 0.99.$$

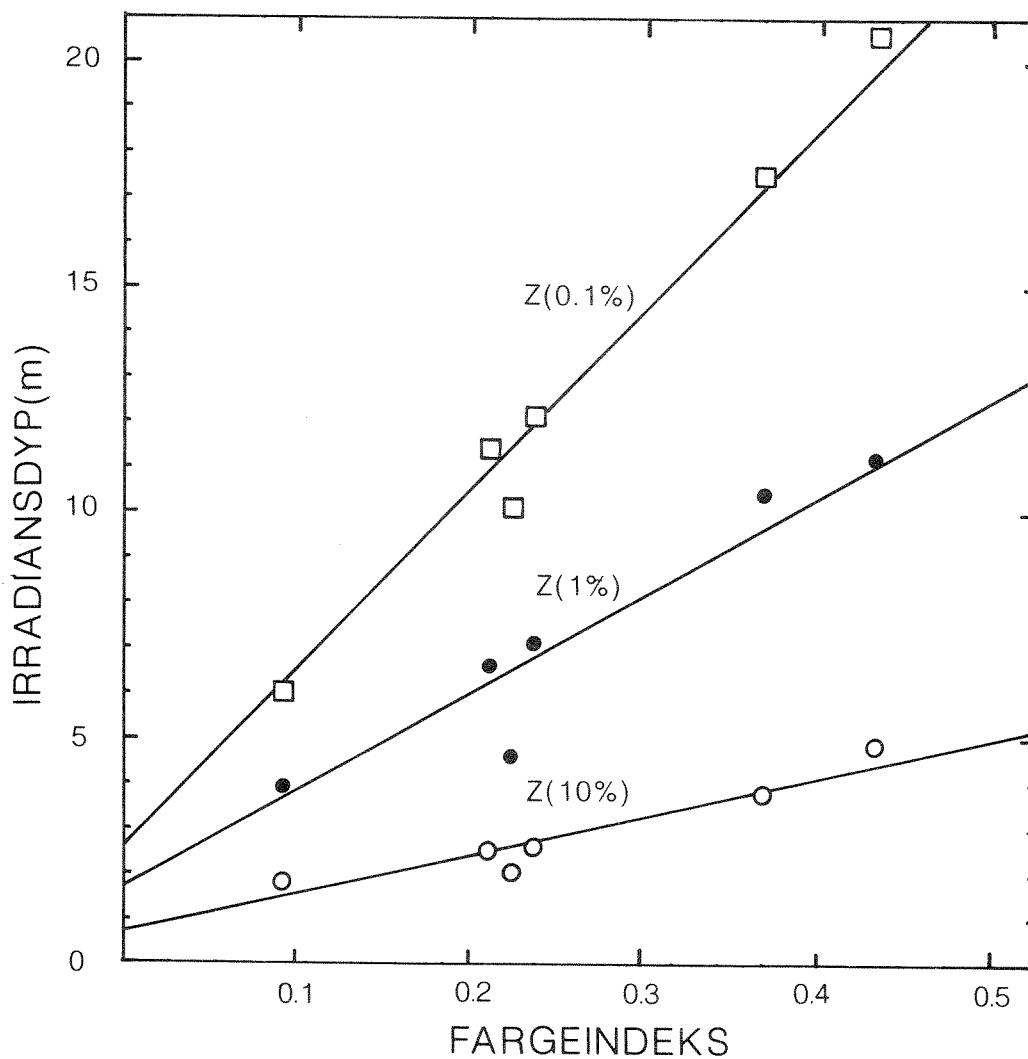
Som korrelasjonskoeffisientene viser, er disse korrelasjonene meget gode. Tre av relasjonene over er framstilt i Figur 21. Ifølge disse kurvene kan man estimere dypene for de forskjellige irradiansnivåene med en treffsikkerhet som er bedre enn 1 m. Dette er et meget bra resultat, men ikke uventet, siden tilsvarende gode korrelasjoner er funnet tidligere for andre havområder (e.g. Jerlov, 1974, Højerslev et al., 1977, Højerslev og Jerlov, 1977, Højerslev, 1980).

De relasjoner som Jerlov og Højerslev har funnet for gulstofffattig havvann gir imidlertid vesentlig større prosentdyp enn de som er bestemt her for det gulstoffrike vannet i Indre Oslofjord. Dette skyldes at det ikke er noen entydig sammenheng mellom fargeindeks og irradians, men at sammenhengen bl.a. avhenger av forholdet mellom partikler og gulstoff, og derfor kan variere fra sted til sted.

Ulempen med de relasjoner som er gjengitt over, er at vi ikke vet hvorvidt de er de samme i Ytre fjord, men vi kan gjette på at avvikene ikke er for store, bortsett fra i de områder der et meget tynt og grumset overflatelag ligger over meget klarere vann. Der vil alle korrelasjoner som er basert på tilnærmet homogene forhold gi dårlig resultat.

Tar vi 1%-nivået som nedre grense for den eufotiske sonen, vil dette laget ifølge relasjonene over være fra 2 til 5 m tykt i Hvalerområdet i mai, og fra 3 til 7 m i juni og august. I Breidangen varierte tykkelsen av den samme sonen fra 7 til 13 m, og ute mellom Torbjørnshjør og Færder fra 10 til 20 m. Det siste tallet syntes å være en øvre grense for Skagerraksvannet i Ytre Oslofjord.

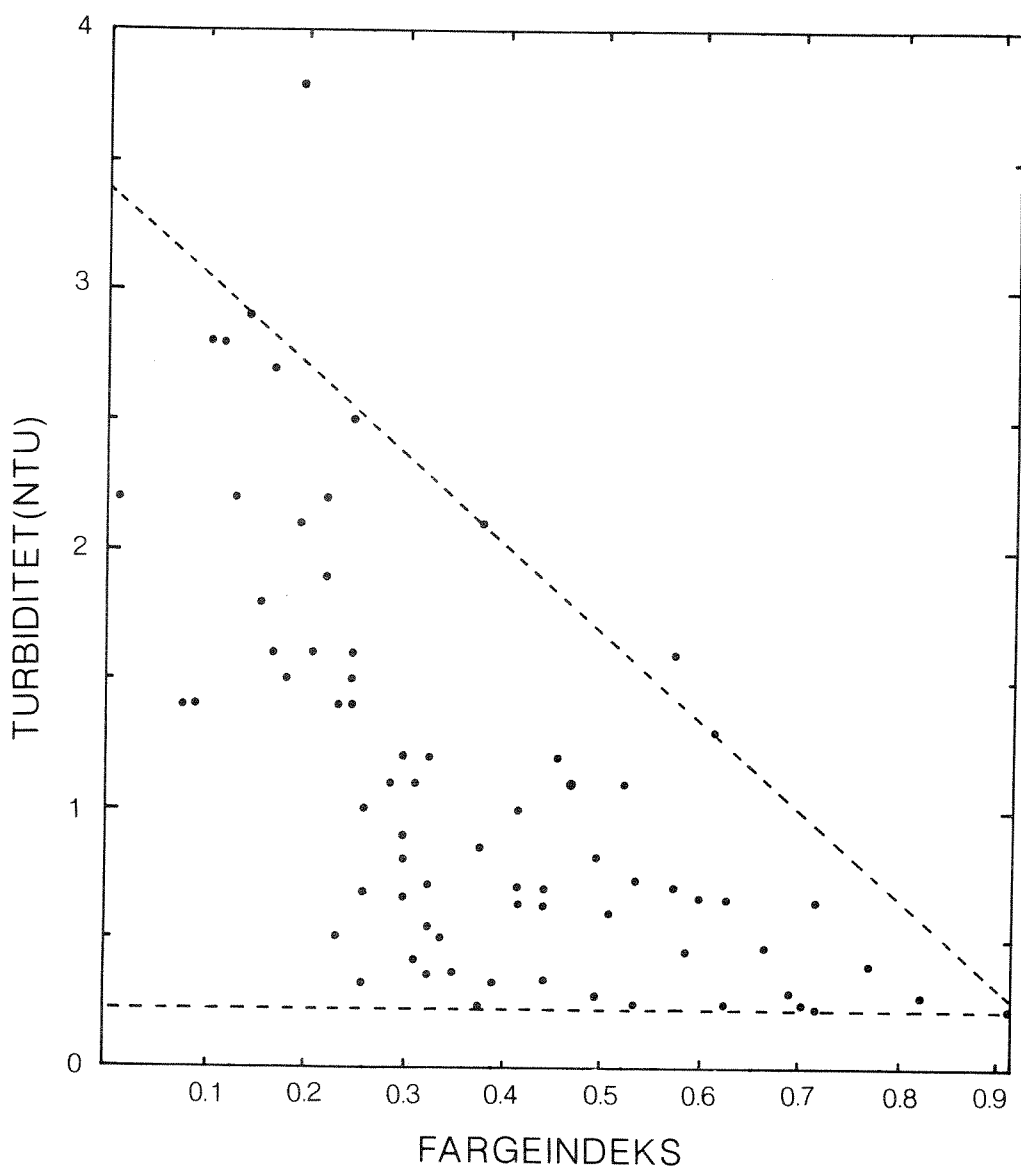
Ute i Nordsjøen har Højerslev (1980) funnet 1%-nivået ned mot 30 m, mens det i Norskehavet er målt ned mot 70 m (Aas og Berge, 1976), og i Sargassohavet rundt 100 m (Jerlov, 1976).



Figur 21. Irradiansdyp som funksjon av fargeindeks i 1 m, for observasjoner i Indre Oslofjord

5.2. Estimering av partikkelinnhold

Partikkelinnholdet målt som turbiditet i "nephelometer turbidity units" (NTU) eller "formazine turbidity units" (FTU), er gjengitt som funksjon av fargeindeksen i 1 m i Figur 22. Som vi ser er det ingen entydig sammenheng mellom de to størrelsene som gjelder generelt for alle tokt, men det synes å være en øvre og nedre grense for turbiditeten for en gitt fargeindeks. Disse to grenser er anslått etter beste skjønn ved de to stiplete linjer i figuren. Nedre grense blir her 0.22 NTU uavhengig av fargeindeksen,



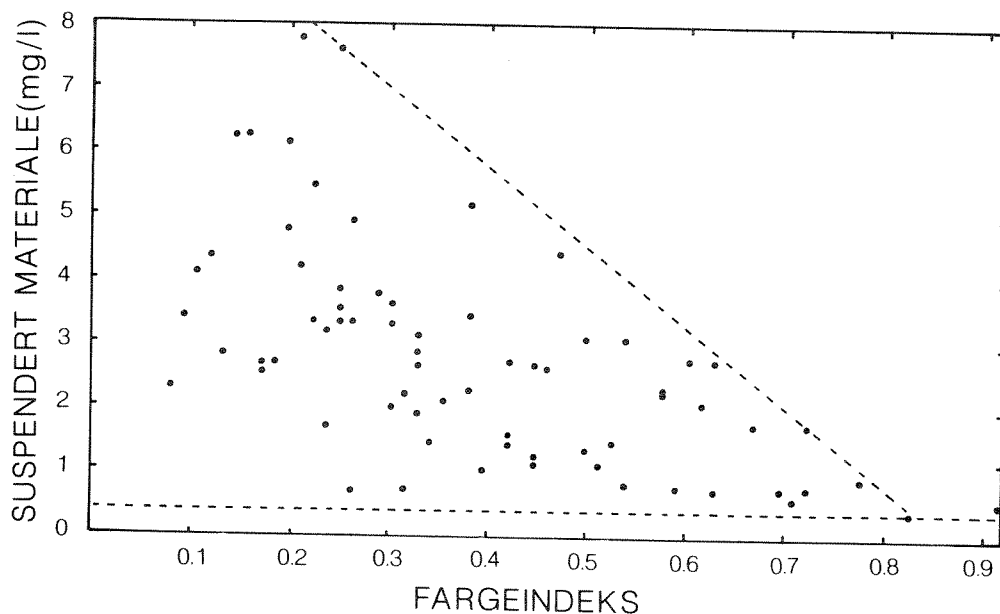
Figur 22. Turbiditet som funksjon av fargeindeks i 1 m, for observasjoner i Ytre Oslofjord

mens en slags "midlere øvre grense" som er anslått ved den øvre stiplede linje i figuren, kan uttrykkes som funksjon av fargeindeksen F ved

$$3.4 \text{ NTU} - F \times 3.4 \text{ NTU}.$$

Tilsvarende forhold får vi hvis vi ser på partikkelinnholdet uttrykt som massen av totalt suspendert materiale. Rimelig nok får vi heller ikke her noen entydig sammenheng mellom partikler og fargeindeks, men en nedre og øvre grense (Figur 23). Den nedre grensen synes å være 0.4 mg/l, mens den øvre grense anslås til

$$10.8 \text{ mg/l} - F \times 12.6 \text{ mg/l}.$$



Figur 23. Totalt suspendert materiale som funksjon av fargeindeks i 1 m, for observasjoner i Ytre Oslofjord

5.3. Estimering av klorofyll A

Det var ikke mulig å finne noen sammenheng mellom fargeindeks og innhold i overflateprøvene av klorofyll A inkludert phaeophytin A, og resultatene er derfor heller ikke framstilt i noen figur.

Dette negative resultatet står tilsynelatende i strid med de positive resultater som er oppnådd andre steder med satellitt-observasjoner fra hav- og kystområder, hvor man har klart å utvikle algoritmer som relaterer innholdet av partikler og klorofyll A til farge- eller kromatisitetsindekser. Grunnen til denne forskjellen i resultat er sannsynligvis at i disse områdene er partikler nærmest ensbetydende med fytoplankton og klorofyll A, mens i Ytre Oslofjord forekommer det også store mengder inorganiske partikler, såvel som organiske partikler uten klorofyll. Det er også sannsynlig at i disse andre områder er gulstoffinnholdet vesentlig lavere enn i Ytre Oslofjord.

Et poeng som bør nevnes i denne forbindelse, er at selv om man ikke lykkes i å finne relasjoner som gjelder generelt, uavhengig av tiden, er det likevel ofte mulig å finne relasjoner som gjelder på det spesielle tidspunkt undersøkelsen foretas. Som vist i delrapport 3.7 A (Sørensen, 1989), er det mulig å finne relasjoner mellom kromatisitetsindeks og turbiditet i Ytre Oslofjord for hvert enkelt tokt. Sammenligner man resultatene fra de forskjellige tokt, oppdager man imidlertid vesentlige avvik i relasjonene fra et tokt til det neste.

6. MULIGHETER FOR FORBEDRING OG STØRRE NØYAKTIGHET I RESULTATENE

Når det gjelder kvantifisering av innholdet av forskjellige vanntyper ved optiske metoder, anser vi nå mulighetene som små. Grunnen til det er den store naturlige variasjonen som vi har funnet i egenskapene for de forskjellige vanntilførsler, samt at egenskapene ikke er fundamentalt forskjellige fra en tilførsel til en annen. Institutt for geofysikk vil likevel fortsette analysen av det innsamlete materialet for å se om det ligger mer informasjon der enn det man hittil har fått ut.

Det vil være mulig å få bedre kartlegging av variasjonsmulighetene i Ytre Oslofjord ved å foreta målinger i de omkringliggende vanntypene i Skagerrak og Kattegat.

Utbredelsen av de forskjellige vanntypene kan kartlegges bedre ved et tettere stasjonsnett. På den annen side er metoden med stasjonsvise målinger i overflatelaget tidkrevende og langt fra den beste. Det finnes idag to akseptable metoder for å kartlegge utbredelsen av vanntyper i overflaten: Den ene er fjernmåling ved hjelp av satellitt eller fly, den andre er målere montert på et fartøy som kontinuerlig registrerer egenskapene i overflatelaget mens fartøyet går i snitt gjennom det valgte området. Den siste metoden blir enda bedre hvis den kombineres med en slepe-sonde som varierer måledypet mens båten går. Ulempen med fjernmålinger er at de krever klart vær, ulempen med kontinuerlige målinger i overflatelaget er at disse krever mye skipstid. Satellittmålinger kombinert med punktvis målinger i sjøen er en brukbar metode som ble anvendt under dette prosjektet. Institutt for geofysikk vil se nærmere på relasjoner mellom de satellitt-data og sjødata som er samlet inn i 1988, når de foreligger i bearbeidet tilstand.

Muligheten for estimering av lysklimaet er tilsynelatende allerede meget god, men som nevnt savnes det målinger fra Ytre fjord som kan bekrefte eller endre de relasjoner som er funnet.

Sammenhengen mellom partikkelinnhold og fargeindeks var ikke særlig god, og det er neppe mulig av fargeindeksen alene å få bedre resultater. Derimot kan fargeindeksmeteret måle separat på hver enkelt bølgelengde, og slike målinger, kombinert med målinger av nedoverrettet irradians i luft, har en del teoretiske muligheter som Institutt for geofysikk vil undersøke nærmere.

Klorofyllbestemmelse ut fra fargeindeksmålinger i Ytre Oslofjord er vi blitt nokså skeptiske til.

7. LITTERATURLISTE

- HØJERSLEV, N.K., 1980. Water color and its relation to primary production. Bound. layer Met., 18:203-220.
- HØJERSLEV, N. og N. JERLOV, 1977. The use of the colour index for determining quanta irradiance in the sea. Rep.35, Inst.fys. oceanogr., Univ. Copenhagen, 12 pp.
- HØJERSLEV, N.K., JERLOV, N.G. og G.KULLENBERG, 1977. Colour of the ocean as an indicator in photosynthetic studies. J.Cons.int. Explor.Mer, 37:313-316.
- JERLOV, N.G., 1974. Significant relationships between optical properties of the sea. In: Optical aspects of oceanography. Ed.: JERLOV og NIELSEN. Academic Press, Aberdeen, 77-94.
- JERLOV, N.G., 1976. Marine optics. Elsevier, Amsterdam, 231 pp.
- SVANSSON, A., 1975. Physical and chemical oceanography of the Skagerrak and the Kattegat. Rep. 1, Fish.Brd.Sweden, Inst.Mar. Res., 88 pp.
- SØRENSEN, K., 1989. Optiske observasjoner - overflatevannets kvalitet sett ut fra observasjoner i overflatelaget og fjernanalyse. Delprosjekt 3.7 A, NIVA. (Manus).
- TOLLAN, A., 1977. Vann - en naturressurs. Univ.forl.Oslo, 107 pp.
- AAS, E. og G.BERGE, 1976. Irradiance observations in the Norwegian and Barents Seas. Rep.23, Inst.geofys., Univ.Oslo, 42 pp.

VEDLEGG 1

TEORETISKE RELASJONER MELLOM NOEN OPTISKE STØRRELSER

Radiansen L fra nadir i dypet z er tilnærmet gitt som

$$(1) \quad L(z) = \frac{1}{3} \frac{b_b}{a} E_d(0) \frac{L(0)}{E_u(0)} e^{-Kz},$$

der b_b er tilbakespredningskoeffisienten, a er absorpsjonskoeffisienten, $E_d(0)$ er nedoverrettet irradians i overflaten, $E_u(0)$ er oppoverrettet irradians i overflaten og K er den vertikale svekningskoeffisient for radiansen.

Fargeindeksen F i dypet z er

$$(2) \quad F(z) = \frac{L(z, 450\text{nm})}{L(z, 520\text{nm})} = \frac{b_b(450\text{nm})}{b_b(520\text{nm})} \frac{a(520\text{nm})}{a(450\text{nm})} e^{-K(450)z + K(520)z}$$

når det forutsettes at

$$(3) \quad \frac{L(0, 450\text{nm})}{L(0, 520\text{nm})} \frac{E_u(0, 520\text{nm})}{E_u(0, 450\text{nm})} = 1,$$

og at

$$(4) \quad \frac{E_d(0, 450\text{nm})}{E_d(0, 520\text{nm})} = 1.$$

Secchidypet $D(\lambda)$, observert gjennom et filter med transmisjonsbånd rundt bølgelengden λ , er tilnærmet gitt som

$$(5) \quad D(\lambda) = \frac{\text{konst.}}{K(\lambda) + c(\lambda)}.$$

Her er

$$(6) \quad c(\lambda) = a(\lambda) + b(\lambda) = a(\lambda) + b_f(\lambda) + b_b(\lambda).$$

c er svekningskoeffisient, b_f er spredningskoeffisient forover, b er total spredningskoeffisient. K i (5) er tilnærmet lik den K som inngår i (1). Ved å måle $F(z)$ og E_d og gjøre visse antakelser,

er det mulig å anslå b_b og a . b_b vil være et mål på partikkelinnholdet.

En grov relasjon mellom $K(\lambda)$, $a(\lambda)$ og $b_b(\lambda)$ er

$$(7) \quad K(\lambda) \approx 1.4 (a(\lambda) + b_b(\lambda))$$

Dypet $Z(1\%)$ for 1% av overflatens integrerte kvanteirradians er relatert til den vertikale svekningskoeffisient for irradiansen, K_q , ved at

$$(8) \quad Z(1\%) = 4.61/K_q.$$

Siden K_q er koeffisienten for et integrert spektrum, mens $K(\lambda)$ i (7) er koeffisienten for en bølgelengde, er det ingen enkel sammenheng mellom dem.

Som det fremgår av (1) - (8) blir det heller ingen enkel og entydig sammenheng mellom fargeindeks i 1 meters dyp og f.eks. $Z(1\%)$, men i praksis viser det seg likevel at for visse optiske vanntyper eller for et enkelt havområde er det mulig å finne relativt entydige relasjoner.

TABELL 1. HYDROGRAFISKE DATA 1988

ST.	POSISJON	DATO	KL.	VIND (m/s)	VR	SJ#	VER	T(0)	T(1) (°C)	T(2)	S(0)	S(1) (psu)	S(2)
LN1	593420 103835	0405	0915			9	2	7.9	7.9		23.40	23.50	
XY1	593094 103122	0405	0955			9	2		7.9			24.00	
MG1	593190 102450	0405	1037			9	2	6.6	6.6		10.80	10.90	
NH1	592890 102810	0405	1135			9	2		8.2			20.40	
H3	592600 103090	0405	1200			9	2	7.7	7.8		17.00	23.30	
H1	592600 103390	0405	1230			9	2	7.3	7.3		26.40	26.40	
XY2	591911 103282	0405	1355	3.0	3	9	2	7.3	7.3		26.40	26.40	
E3	591910 103340	0405	1405	3.0	3	9	2	7.2	7.2		26.70	26.70	
E1	591910 103760	0405	1437			9	2		7.7			26.20	
VN1	591350 103910	0405	1525			9	2	7.6	7.5		24.70	24.90	
M1	591020 104170	0405	1625			9	2		8.0			24.70	
XY3	590600 104000	0405	1703			9	2		7.9			24.10	
T6	590135 103300	0405	1755			9	2	8.0	8.0		23.50	23.50	
XY4	585940 102860	0405	1900	4.0	35	9	2						
HV4	590548 104815	0605	0920			9	2	7.8	7.8		22.30	22.40	
HV1	590258 105032	0605	1005			9	2	8.0	8.0		22.00	22.00	
HL17	590140 105580	0605	1045			9	2	6.7	7.4		12.50	18.00	
HS1	585717 110369	0605	1220			9	2	8.2	8.1		22.30	22.30	
HS3	590143 110728	0605	1325			9	2	8.4	8.1		18.00	19.50	
HS6	590546 111257	0605	1405	2.0	14	9	2	8.1	8.0		13.10	13.00	
HL5	590900 105771	0605	1640			9	0	6.0	5.8		4.30	6.30	
HV4	590548 104815	1305	1040			9	9	14.7			13.50	15.90	
HV16	590823 104669	1305	1140			9	9	10.4			13.70	19.00	
T1	590030 104420	1305	1220			9	9	11.8			21.00	21.10	
HL20	590112 104969	1305	1310			9	9	11.5			11.70	19.20	
HL17	590140 105580	1305	1345			9	9	11.4			9.80	10.00	
HL16	590200 105850	1305	1410	4.0	36	9	9	9.2			6.10	11.00	
HL21	590119 110032	1305	1435			9	9	12.5			11.70	14.50	
HL19	585960 105986	1305	1500			9	9	13.0			11.50	12.50	
HS1	585717 110369	1305	1530			9	9	12.2			13.00	16.00	
HK1	585510 110331	1305	1605			9	9	11.2			21.00	21.10	
HS2	585957 110537	1305	1700			9	9	11.4			9.00	10.70	
HS3	590143 110728	1305	1734			9	9	12.7			8.60	8.90	
HS5	590499 111006	1305	1815			9	9	12.1			9.00	9.90	
HS6	590546 111257	1305	1830			9	9	12.4			12.00	12.10	
HS10	590795 100961	1305	1910			9	9	11.2			11.40	12.50	
Q1	595454 104319	2005	0945	1.0		1	0	12.2	13.0		11.50	15.40	
NAK	595358 104148	2005	1308			1	0					14.20	
NES	595329 103918	2005	1320			1	1					15.00	
ILJ	595179 103819	2005	1345			1	1					15.60	
LAN	595268 104158	2005	1406	6.0	19	1	0					16.10	
BLE	595324 104417	2005	1440			1	1					16.30	
H0V	595411 104351	2005	1450			1	0					16.10	
XX1	590599 104502	1306	1840	7.0		3	0		15.7			19.60	
T6	590135 103300	1406	0925			3	0	14.9	15.8		19.86	20.20	
T4	590090 103770	1406	1010			3	0	14.5	14.5		20.60	20.60	
T2	590050 104185	1406	1030			3	0	13.9	14.0	13.9	19.77	19.90	19.85
HL20	590112 104969	1406	1100			3	0	13.9	14.0	14.0	17.60	18.40	25.00
HL17	590140 105580	1406	1140			3	0	12.8	13.1	13.2	16.48	19.51	23.10
HL15	590265 105827	1406	1215			3	0	12.8	12.7	12.2	7.90	8.20	28.00

TABELL 1. forts.

ST.	POSISJON	DATO	KL.	VIND (m/s)	VR	SJØ	VER	T(0)	T(1) (°C)	T(2)	S(0)	S(1) (psu)	S(2)	
HL21	590119	110032	1406	1225		3	0	14.9	14.6	13.0	14.83	17.54	27.50	
HL19	585960	105986	1406	1250		3	0	14.3	14.4	14.0	14.50	18.65	21.65	
HS1	585717	110369	1406	1340		3	0	14.3	14.4	13.7	25.79	25.63	28.15	
HS3	590143	110728	1406	1420	5.0	35	2	0	16.1	15.4	11.2	12.35	12.77	28.46
HS5	590499	111006	1406	1500		2	0	16.6	16.5	14.8	12.80	12.90	15.30	
HS6	590546	111257	1406	1530		2	0	16.5	16.4	15.2	13.70	13.70	14.70	
HS24	590695	110476	1406	1635		2	1	13.6	12.6	10.9	8.30	9.50	16.10	
HL5	590900	105771	1406	1735		2	1	12.2	11.9	10.6	6.70	6.70	16.60	
M1	591020	104170	1506	1000	3.0	18	3	2	15.4	15.4	19.31	19.33		
M2	591020	103950	1506	1045	3.0	18	3	1						
M3	591020	103700	1506	1115	5.0	18	3	1	15.7	14.9	19.01	20.30		
VN1	591350	103760	1506	1310	4.0	18	3	1	16.1	16.1	16.84	16.84		
E1	591910	103760	1506	1510	3.0	18	2	1		17.0		16.50		
E3	591910	103340	1506	1610	4.0	18	2	1	15.7	14.6	18.75	20.43		
H1	592600	103390	1506	1830	5.0	18	2	1	16.6	16.6	18.03	18.03		
H2	592600	103240	1506	1910	5.0	18	2	1	16.5	16.5	18.48	18.61		
MG1	593190	102450	1606	1030	4.0	18	2	1	13.1	15.5	7.82	18.63		
NH1	592890	102810	1606	1115	6.0	18	2	1	15.7	15.8	17.39	17.42		
TOF	593220	103390	1606	1220	6.0	18	2	1		17.0		16.60		
LN1	593420	103835	1606	1315	7.0	18	2	1	16.8	16.7	14.85	14.96		
IM2	593835	103760	1606	1430	7.0	18	2	1	16.6	16.7	17.10	16.74		
ENG	591540	104440	0607	1400	14.0	22	9	1	20.4		15.80			
RAU	591527	104273	0607	1535		9	1	20.0			16.50			
HL5	590900	105771	0108	1220		1	0	15.1	14.9	14.8	4.90	4.90	5.40	
HL6	590706	105818	0108	1255		9	0	15.7	15.3	15.3	4.80	4.90	5.70	
HL8	590689	110191	0108	1320	3.5	9	0	16.1	16.1	15.8	4.80	4.60	4.60	
HS24	590695	110476	0108	1350	7.0	21	2	0	16.4	16.3	16.6	5.50	5.80	11.10
HS14	590759	110705	0108	1415		2	0	16.9	16.7	16.7	8.20	8.40	9.00	
HS10	590795	100901	0108	1445	6.0	2	0	17.3	17.3	16.9	9.20	9.30	10.70	
HS9	590707	110969	0108	1500	6.0	2	0	17.0	17.0	16.9	9.30	9.30	10.00	
HS6	590546	111257	0108	1545		3	0	17.0	16.9	16.9	10.20	10.20	10.30	
HS5	590499	111000	0108	1600	5.5	3	0	17.3	17.3	17.3	8.50	8.60	8.70	
HS3	590143	110728	0108	1715		3	0	16.9	16.9	17.1	9.50	10.00	18.90	
HS2	585957	110537	0108	1745		3	0	17.0	17.1	17.1	10.90	10.90	11.00	
HS1	585717	110369	0108	1840		3	0	17.6	17.6	17.3	14.40	14.40	20.00	
HK1	585510	110331	0108	1905	8.0	22	9	0	17.6	17.6	17.3	17.80	17.80	22.00
S3	585443	103624	0208	0730	4.0	20	9	1	16.6	16.6	16.6	28.12	28.12	28.14
S4	585254	103429	0208	0845	4.0	20	3	1		16.3	16.3		28.10	28.10
S5	585069	103224	0208	0945	4.0	30	3	1		16.4	16.4		27.65	27.66
S6	584771	102915	0208	1115		9	1		16.8	16.8		27.73	27.73	
S7	584499	102544	0208	1245	1.0	30	3	1		16.6	16.4		28.10	29.99
S8	584240	102156	0208	1420	7.0	36	3	1		15.8	15.8		30.57	30.58
S9	583919	102333	0208	1540	5.0	36	3	0		15.2	15.2		30.44	30.44
X1	584082	101571	0208	1630		9	0		16.1			30.20		
X2	584210	102062	0208	1715		9	1		16.5			30.30		
X3	584288	102465	0208	1825		3	1		17.4			27.50		
X4	584342	102989	0208	1900	5.0	35	9	2		17.4		27.50		
S11	585346	095405	0308	0800	2.0	6	9	1	16.5	16.5	17.0	20.10	20.10	21.99
S10	585520	094690	0308	0930	3.0	2	9	1		16.7	16.8		22.20	22.26
T1	590030	104413	0308	1920	6.0	23	9	1	17.9	17.8	17.7	15.48	18.03	17.84

TABELL 1. forts.

ST.	POSISJON	DATO	KL.	VIND (m/s)	VR	SJØ	VÆR	T(0)	T(1) (°C)	T(2)	S(0)	S(1) (psu)	S(2)
T2	590045 104188	0408	0745	8.0	22	9	2	17.0	17.0			18.35	18.35
T4	590091 103767	0408	0955	7.0	23	9	1	17.2	17.2			19.55	19.54
T5	590171 103558	0408	1050	4.5	25	3	2	17.3	17.3			20.03	20.05
M3	591015 103718	0408	1500	4.0	20	3	1	17.2	17.2			20.74	21.77
M2	591019 103978	0408	1830	6.0		3	2	17.4	17.4			20.42	20.37
NH1	592895 102808	0508	0825	6.0	34	2	0	16.8	16.9			15.68	15.85
LN1	593416 103828	0508	1055	4.0	36	2	0	17.4	17.4			18.55	18.69
IM2	593823 103791	0508	1315	5.0	36	9	0	17.7	17.6			19.76	19.99
HK2	585801 110136	1708	1135	<u>5.0</u>	<u>23</u>	9	2						
HK3	585601 110323	1708	1245			9	2	17.6	17.5	17.5	24.86	25.80	26.22
HS6	590546 111257	1708	1515			9	1	18.4	18.3	18.0	9.34	11.65	12.23
HX1	590700 110395	1708	1641	<u>3.0</u>	<u>25</u>	9	1	18.1	18.1	18.0	11.26	11.23	11.72
A1	594816 103087	1909	1135			1	0	15.6	15.7	15.8	18.70	18.98	20.02
A2	595325 103400	1909	1445			1	0	15.8	15.8	15.8	15.73	15.73	15.73
KAL	595310 103320	1130	1130	<u>3.0</u>	<u>1</u>	9	1	9.6	11.0	12.6	12.37	15.27	18.96

ST.: Stasjon

POSISJON: Bredde og lengde er gitt i grader og minutter (minutter med to desimaler)

KL.: Tiden er angitt i norsk sommertid (GMT + 2t)

VIND: Understrekede verdier er fra Fornebu, Jeløy eller Færder, de øvrige fra F/F Trygve Braarud

VR: Vindretning er gitt i dekadgrader

SJØ: 0: havblikk

1: småkruset sjø

2: smul sjø

3: svak sjø

4: noe sjø

9: ikke observert

VÆR: 0: klart

1: delvis skyet

2: overskyet

9: ikke observert

T(z): Temperatur i dypet z

S(z): Saltholdighet i dypet z (psu: practical salinity units = promille)

TABELL 2. OPTISKE DATA 1988

* * * ST.	DATO	KL.	SH *	---- SECCHIDYP (m) ----				FARGEINDEKS		
				S(h)	S(r)	S(g)	S(b)	F(0.2)	F(1.0)	
* LN1	0405	0915	29 *	3.0	2.0	2.0	1.5	* 0.58		*
* XY1	0405	0955	34 *	2.7	2.0	2.3	1.7	* 0.81	0.70	*
* M61	0405	1037	38 *	2.2	1.5	1.6	1.1	* 0.63	0.34	*
* NH1	0405	1135	42 *	2.2	1.7	1.8	1.4	* 0.66	0.38	*
* H3	0405	1200	44 *	2.2	1.7	1.8	1.3	* 0.62	0.25	*
* H1	0405	1230	45 *	4.3	2.8	3.3	2.7	* 0.72	0.58	*
* XYZ	0405	1355	45 *	4.3	2.8	3.3	2.7	* 0.74	0.59	*
* E3	0405	1405	45 *	4.6	2.8	3.5	2.7	* 0.75	0.62	*
* E1	0405	1437	44 *	3.9				* 0.71	0.58	*
* VN1	0405	1525	40 *	6.3	3.6	4.5	3.0	* 0.74	0.46	*
* M1	0405	1625	34 *	7.5				* 0.84	0.72	*
* XY3	0405	1703	31 *	8.5				* 0.84	0.74	*
* T6	0405	1755	23 *	10.5	5.0	8.5	7.0	* 0.88	0.77	*
* XY4	0405	1900	15 *					* 0.91	0.88	*
* HV4	0605	0925	30 *	8.5	4.2	6.0	4.5	* 0.43	0.14	*
* HV1	0605	1020	36 *	10.5	5.3	9.0	6.5	* 0.53	0.34	*
* HL17	0605	1055	40 *	2.5	2.0	1.5	1.2	* 0.71	0.12	*
* HS1	0605	1155	44 *	8.5	5.5	7.5	5.5	* 0.39	0.24	*
* HS3	0605	1325	46 *	2.6	2.0	2.0	1.6	* 0.32	0.09	*
* HS6	0605	1415	45 *	1.8	1.5	1.1	0.8	* 0.17	0.01	*
* HL5	0605	1725	27 *	0.4	0.3	0.3	0.2	* 0.30	0.11	*
* HV4	1305	1040	41 *	1.7	1.4	1.4	0.9	* 0.38	0.13	*
* HV16	1305	1140	45 *	7.0	3.5	5.5	3.8	* 0.63	0.53	*
* T1	1305	1220	47 *	8.0	3.0	5.5	4.0	* 0.58	0.51	*
* HL20	1305	1310	49 *	1.1	1.0	1.1	0.8	* 0.30	0.11	*
* HL17	1305	1345	48 *	1.1	0.9	0.9	0.7	* 0.32	0.09	*
* HL16	1305	1410	47 *	0.6	0.5	0.5	0.4	* 0.39	0.16	*
* HL21	1305	1435	46 *	1.9	1.7	1.7	1.2	* 0.35	0.18	*
* HL19	1305	1500	45 *	1.9	1.7	1.7	1.1	* 0.35	0.17	*
* HS1	1305	1530	42 *	1.5	1.4	1.3	0.9	* 0.42	0.30	*
* HK1	1305	1605	39 *	8.0	4.0	5.7	4.2	* 0.51	0.45	*
* HS2	1305	1700	32 *	1.2	0.9	0.9	0.6	* 0.38	0.18	*
* HS3	1305	1734	28 *	1.1				* 0.30	0.05	*
* HS5	1305	1815	23 *	1.1	1.0	1.0	0.7	* 0.42		*
* HS6	1305	1830	21 *	1.7	1.4	1.3	0.9	* 0.33	0.08	*
* HS10	1305	1910	16 *	1.3	1.2	1.1	0.8	* 0.29		*
* D1	2005	0945	35 *	2.5	1.7	1.9	1.3	* 0.45	0.24	*
* NAK	2005	1304	50 *	2.2				* 0.43	0.24	*
* NES	2005	1320	49 *	2.6				* 1.01	0.67	*
* ILJ	2005	1345	49 *	2.5				* 0.55	0.37	*
* LAN	2005	1405	48 *	2.5				* 0.46	0.28	*
* BLE	2005	1425	47 *	2.2				* 0.49	0.29	*
* HOV	2005	1443	47 *	2.2				* 0.46	0.30	*
* XX1	1306	1640	40 *	4.0				* 0.50	0.29	*
* T6	1406	0940	38 *	4.4	3.0	3.5	2.5	* 0.46	0.33	*
* T4	1406	1006	41 *	4.5				* 0.54	0.42	*
* T2	1406	1030	44 *	4.5				* 0.54	0.32	*
* HL20	1406	1100	47 *	4.8				* 0.47	0.30	*
* HL17	1406	1140	50 *	4.0				* 0.47	0.08	*
* HL15	1406	1155	51 *	1.5	1.4	1.4	0.9	* 0.49	0.25	*

TABELL 2. forts.

ST.	DATO	KL.	SH	SECCHIDYP (m)				FARGEINDEKS	
				S(h)	S(r)	S(g)	S(b)	F(0.2)	F(1.0)
HL21	1406	1225	52	6.3				0.39	0.26
HL19	1406	1255	54	6.0				0.54	0.42
HS1	1406	1340	52	8.5	4.3	5.2	3.7	0.67	0.63
HS3	1406	1420	51	3.2				0.54	0.50
HS5	1406	1500	49	2.7				0.39	0.24
HS6	1406	1525	47	1.8	1.4	1.5	0.9	0.63	0.59
HS24	1406	1635	40	2.0				0.42	0.22
HL5	1406	1735	33	1.5	1.2	1.2	0.8	0.37	0.17
M1	1506	1000	40	4.2	2.0	3.9	2.0	0.43	0.33
M2	1506	1045	46	4.2				0.45	0.33
M3	1506	1115	48	4.4	2.5	3.3	2.2	0.37	0.30
VN1	1506	1310	54	3.7				0.39	0.26
E1	1506	1510	48	2.9	3.0	2.5	1.6	0.38	0.24
E3	1506	1610	42	3.4	3.0	2.5	2.1	0.38	0.30
H1	1506	1830	26	4.8	2.4	3.0	1.9	0.55	0.45
H2	1506	1910	21	4.2				0.68	0.60
MG1	1606	1030	44	4.4	2.3	3.5	2.6	0.51	0.45
NH1	1606	1115	48	4.3	2.2	3.0	2.8	0.60	0.54
TOF	1606	1220	52	3.5				0.75	0.45
LN1	1606	1315	54	3.8	2.2	2.5	1.6	0.47	0.38
IM2	1606	1430	50	3.1	2.8	2.3	1.4	0.60	0.42
ENG	0607	1345	52	2.5	1.8	1.9	1.3	0.60	0.35
RAU	0607	1535	47	4.7	2.8	2.9	2.5	0.60	0.43
HL5	0108	1220	46	0.6	0.5	0.5	0.4	0.38	0.12
HL6	0108	1255	49	0.7				0.34	0.12
HL8	0108	1320	48	1.3	1.0	1.1	0.8	0.42	0.20
HS24	0108	1350	47	1.5	1.4	1.4	1.0	0.37	0.14
HS14	0108	1415	47	1.8	1.6	1.5	1.1	0.41	0.20
HS10	0108	1445	46	2.0	1.6	1.5	1.8	0.38	0.25
HS9	0108	1500	45	2.0	1.9	1.7	1.2	0.45	0.21
HS6	0108	1545	41	1.7	1.5	1.5	0.8	0.34	0.16
HS5	0108	1600	39	2.0	1.6	1.5	0.9	0.32	0.22
HS3	0108	1715	31	2.5	1.5	1.7	1.2	0.35	0.21
HS2	0108	1745	28	2.5	1.8	1.9	1.4	0.35	0.25
HS1	0108	1840	20	3.5	2.0	2.5	1.5	0.43	0.30
HK1	0108	1905	18	4.8	2.0	2.5	2.0	0.49	0.47
S3	0208	0730	17	9.0	5.0	8.0	6.0	0.77	0.70
S4	0208	0845	26	11.0	4.0	7.5	4.5	0.68	0.63
S5	0208	0945	33	9.0				0.81	0.72
S6	0208	1115	42	9.0	3.5	5.0	4.5	0.72	0.71
S7	0208	1245	48	7.5				0.95	0.92
S8	0208	1420	46	10.0				0.77	0.72
S9	0208	1540	40	9.5	4.5	7.5	6.5	0.87	0.83
X1	0208	1630	29					0.88	0.85
X2	0208	1715	31	10.0				0.76	0.72
X3	0208	1825	23	10.0				0.79	0.75
X4	0208	1900	18	8.0				0.77	0.74
S11	0308	0800	21	8.5	4.0	5.5	4.0	0.42	0.39
S10	0308	0930	32	7.0	3.0	5.0	3.0	0.62	0.50
T1	0308	1920	16	4.0				0.39	0.25

TABELL 2. forts.

* * * ST.	DATO	KL.	SH	* ---- SECCHIDYP (m) ---- *				* FARGEINDEKS *		
				S(h)	S(r)	S(g)	S(b)	F(0.2)	F(1.0)	
* T2	0408	0745	19	* 7.5	3.0	4.0	2.5	* 0.43	0.35	*
* T4	0408	0955	35	* 6.0	2.5	3.0	2.5	* 0.47	0.33	*
* T5	0408	1050	41	* 5.0	2.5	3.0	2.5	* 0.53	0.38	*
* M3	0408	1520	43	* 9.5	3.5	5.5	4.0	* 0.60	0.54	*
* M2	0408	1830	22	* 9.5	4.5	6.5	4.0	* 0.55	0.45	*
* NH1	0508	0825	20	* 11.5	3.8	8.5	2.7	* 0.41	0.26	*
* LN1	0508	1055	41	* 5.5	2.8	3.5	2.6	* 0.50	0.32	*
* IM2	0508	1315	49	* 8.0	4.0	4.5	1.8	* 0.93	0.89	*
* HK2	1708	1135	39	* 2.3	1.7	1.8	1.3	* 0.53	0.34	*
* HK3	1708	1210	41	* 3.5	2.1	2.4	1.3	* 0.60	0.42	*
* H56	1708	1515	39	* 2.0	1.7	1.6	1.1	* 0.38	0.09	*
* HX1	1708	1641	31	* 2.5	2.2	2.1	1.4	* 0.49	0.22	*
* A1	1909	1130	27	* 10.5	5.5	7.0	4.0	* 0.51	0.37	*
* A2	1909	1445	28	* 3.5	2.9	3.1	1.7	* 0.33	0.21	*
* KAL	1210	1130	20	* 2.5	1.9	1.8	0.9	* 0.49		*

ST : Stasjon

KL : Tid angitt i norsk sommertid (GMT + 2 timer)

SH : Solhøyde angitt i grader

S(h): Secchidyp uten filter

S(r): Secchidyp med rødt filter

S(g): Secchidyp med grønt filter

S(b): Secchidyp med blått filter

F(0.2) og F(1.0): Fargeindekser observert i
henholdsvis 0.17 og 1.0 meters dyp