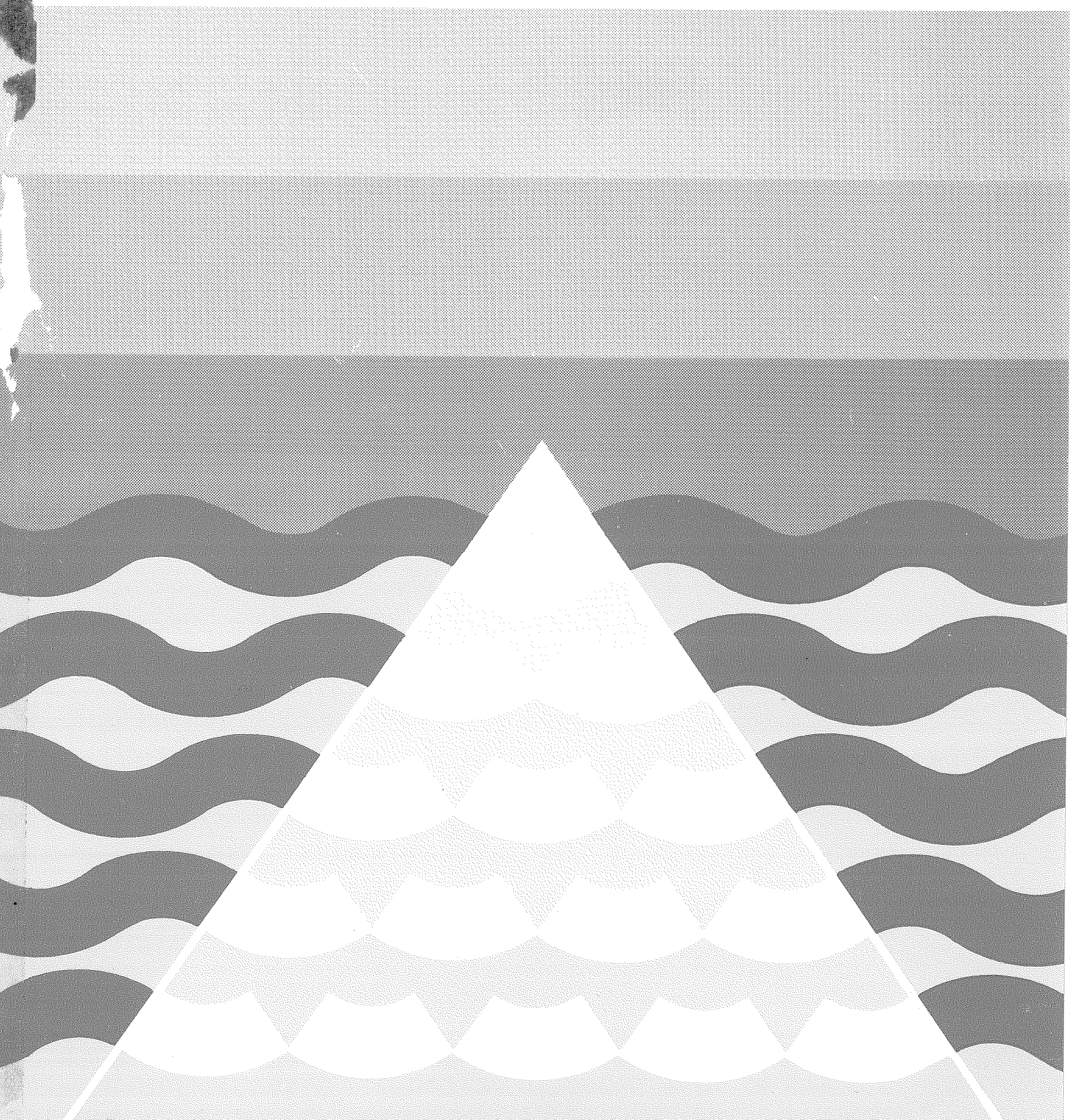


Serie B  
1981 Nr. 4

# FISKEN og HAVET

RAPPORTER OG MELDINGER  
FRA FISKERIDIREKTORATETS HAVFORSKNINGSINSTITUTT - BERGEN



Serie B  
1981 Nr. 4

Begrenset distribusjon  
varierende etter innhold  
(Limited distribution)

AUTOMATISK ANALYSE AV NÆRINGSSALTER MED "ON-LINE" DATABEHANDLING.  
EN PRESENTASJON AV OPPBYGGING OG VIRKEMÅTE AV SYSTEMET I BRUK PÅ  
HAVFORSKNINGSINSTITUTTETS BÅTER OG I LABORATORIET.

Av

LARS FØYN, MAGNAR MAGNUSSEN og KJELL SEGLEM

Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt  
5011 Bergen-Nordnes

Redaktør

Erling Bratberg

## INNHOOLD

	Side
FORORD	4
1. INNLEDNING	5
2. AUTOANALYSATOR	9
2.1. Innledning	9
2.2.1. Kolorimetri	9
2.2.2. Litt om det kjemisk analyttiske system og standardkurver	10
2.3. Teknisk oppbygging	12
2.3.1. Generelt	12
2.3.2. Apparatur	12
2.3.3. Montering og bygging av reaksjonsmoduler	13
2.3.4. Kobling til dataanlegg	17
2.4. De enkelte analysene	18
2.4.1. Generelt	18
2.4.2. Fosfat	19
2.4.3. Nitrat	20
2.4.4. Silikat	22
2.5. Syntetisk sjøvann	24
2.6. Standardkurver	24
3. PROGRAMMERING OG BRUK AV DATAANLEGGET	27
3.1. Oppgavebeskrivelse	27
3.1.1. Registrering av signaler fra kolorimetrene	29
3.1.2. Identifisering av maksimalt signal (topp)	29
3.1.3. Identifisering av stasjon og prøvedyp for en topp	31
3.1.4. Beregning av konsentrasjon av den enkelte parameter i prøvene	31
3.1.5. Utskrift av resultater	31
3.2. Det datatekniske utstyr	32
3.3. Beskrivelse av programsystemet	32
LITTERATURLISTE	38

## FORORD

Arbeidet med oppbygging av et system for automatiske nærings salt-analyser har vært et prosjekt ved biologisk laboratorium ved Avdeling for Biologisk Oseanografi de senere år.

MAGNAR MAGNUSSEN har vært ansvarlig for utvikling, oppbygging og beskrivelse av autoanalyser og KJELL SEGLEM for programmering, beskrivelse og bruk av dataanlegget.

Harald Aase, Reidar Pettersen og Knut Hestenes har deltatt i forarbeidet til oppbyggingen av vårt nåværende system.

Vi takker Agnar Nilsen ved Christian Michelsens Institutt for godt samarbeid.

Vi vil også rette en takk til Harald Mørner og Leif Austgulen ved verkstedet, Havforskningsinstituttet.

Julio Ericas har stått for tegningene og Ivar Mjell har vært fotograf.

## 1. INNLEDNING

Å bestemme mengde og fordeling av plantenæringssalter er en vesentlig oppgave innen kjemisk oseanografi. Slike analyser brukes som støtte til å beskrive og forstå biologiske produksjonssystemer, fysiske forhold som "fronter" og "upwelling"-systemer, diffusjonsprosesser samt forurensningseffekter.

For å tilfredsstille slike behov er det nødvendig med innsamling og analyse av store prøvemengder både i tids- og romserier.

De kjemiske analysene av næringssalter er alle basert på spesifikke ione-reaksjoner hvor de tilsatte reagenser danner fargekomplekser med næringssalt-ionene og hvor fargestyrken reflekterer konsentrasjonen av næringssalt. Konsentrasjoner av næringssalt i sjøvann er små (mikrogram pr. liter), og analysene foretas i grenseområdet for de mengder som lar seg detektere med de hittil kjente metoder. Slike analyser ble tidligere bare utført manuelt (STRICKLAND and PARSONS 1968). Det tidkrevende arbeid med tilsetting av reagenser og måling av fargeintensiteter i prøvene gjorde dengang at prøveantallet ble begrenset. Prøvevolumet var også relativt stort, 50 ml pr. prøve for hver parameter, men analysene krevde svært liten investering i instrumenter.

I de senere år er det imidlertid blitt vanlig med automatisk analyseapparatatur der hvor store prøveserier skal bearbeides. Slikt utstyr bygger i prinsippet på de samme analysemetoder som de manuelle, men prøvevolumet er betydelig redusert og kapasiteten mye større. I tillegg kan en få gjort analyser på flere næringssalter samtidig, og alle prøver blir behandlet likt.

De store prøvemengdene som kan opparbeides på disse anleggene krever imidlertid mye etterarbeid (avlesning fra skriverpapir, beregning av konsentrasjoner, og føring av puncheskjema). Det meldte seg derfor snart et behov for automatisering av dette arbeidet, og løsningen var å knytte et dataanlegg "on line" til analyseapparataturen.

Inntil for omlag 10 år siden, før de automatiske analysesystemene for alvor ble tatt i bruk i kjemisk oseanografi, var det relativt få observasjoner med store serier av næringssalter å finne i litteraturen. I Norge var det alt vesentligste av observasjonene begrenset til undersøkelser i fjorder og nære kyststrøk.

Ved bygging av den nye "G.O. Sars" i 1970 ble det kjøpt inn en autoanalysator for næringssalter. Systemet var utstyrt med 2 kanaler uten noe databehandlingsutstyr.

Den senere utvikling førte etter hvert med seg prosjekter hvor det ble nødvendig med innsamling av store prøvemengder. Det første kom i 1975 og var "Kyststrømprosjektet, Synoptisk eksperiment 1975". Her deltok 7 fartøyer som samlet inn i alt ca. 4000 næringssaltprøver. Senere er næringssaltanalyser inngått i flere andre prosjekter og prøvemengden har øket og ligger nå på 10.000-15.000 årlig. Dette gjorde at vi forholdsvis snart fant ut at kapasiteten måtte økes og etterarbeidet automatiseres.

Vi har derfor bygget om det først innkjøpte utstyr til 6 kanaler og knyttet det til et dataanlegg. Det første databehandlings-systemet ble tatt i bruk januar 1979, men har siden vært modifisert en rekke ganger etter som en har oppdaget feil og analyseutstyret har vært forandret. I 1980 ble det bygget opp en helt ny autoanalysator til bruk ombord i båtene, og her behandles primærdataene slik at det endelige resultat skrives ut som stasjonslister med konsentrasjonen av de enkelte næringssalter for de forskjellige dyp. Det er denne oppbygging som presenteres i de to etterfølgende kapitler.

Den gradvise utbygging har gitt oss en bedre mulighet til å kjenne og forstå bruken og utnyttningen av analysesystemet enn om vi hadde kjøpt et fullt ferdig utbygd system med fastlåste rutiner for analyser og databearbeiding.

For enkelte undersøkelser hvor primærproduksjonsforhold skal studeres i "fronter", er det nødvendig for den daglige planlegging i felten å kjenne bevegelsene i (de næringsrike) vannmassene. I

oppbyggingen har vi derfor lagt vekt også på å frambringe et system som lett kan settes opp ombord, og som fungerer tilfredsstillende på feltet.

Rent innkjøpsmessig har også en gradvis utbygging gjort det mulig, innenfor våre begrensede økonomiske rammer, å finne fram til rimelig enkeltapparatatur som samtidig er fullt brukbar.





## 2. AUTOANALYSATOR

### 2.1. Innledning

Kort skissert består en autoanalysator av følgende deler: Prøveskifter, peristaltisk pumpe, reaksjonsmoduler (manifold), colorimetre og skrivere (Fig. 1).

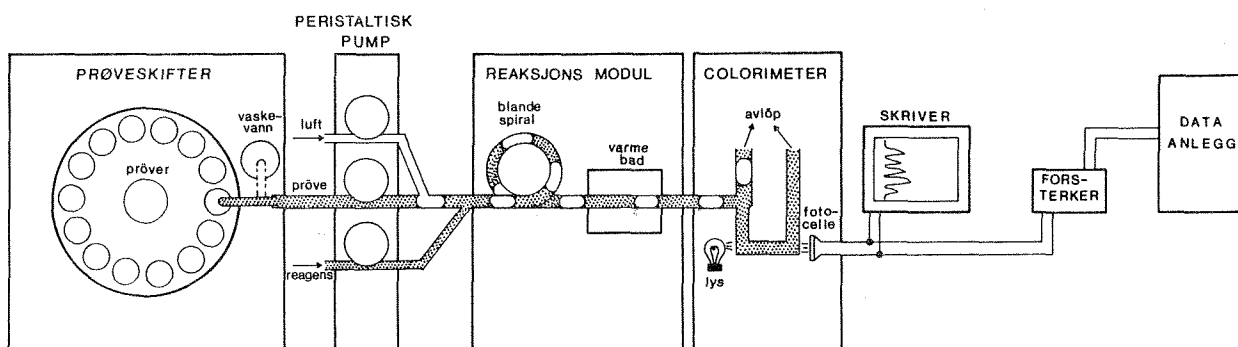


Fig. 1. Skisse av autoanalysator.

Den arbeider som et kontinuerlig væskestrømssystem hvor prøve og reagenser blandes via en peristaltisk pumpe, og hvor dimensjonen på slangene bestemmer volumet av de enkelte komponentene. Væskestrømmen segmenteres med luft for å unngå for stor blanding av prøve og vaskevann. Blanding av prøve og reagens skjer i spesielle glass-spiraler hvor segmenteringen med luft øker blandings-effekten. I reaksjonsmodulen utvikles en farge som måles i kolorimeteret etter at all luft er fjernet fra væskestrømmen. Signalene fra kolorimeteret skrives ut på en skriver, og via en forsterker logges de til et dataanlegg. Prøvene skilles fra hverandre med vaskevann. Dette er ordnet på prøveskifteren som har beholder for vaskevann og separate innstillinger for prøve- og vasketid. Vi bruker 2 min på en prøve og 1 min til vasking.

#### 2.2.1. Kolorimetri

Alle analyser som brukes til bestemmelse av næringssalter i sjøvann er basert på fargereaksjoner hvor intensiteten av en farge er avhengig av konsentrasjonen av næringssalt. Fargeintensiteten måles kolorimetrisk, og sammenhengen mellom innfallende og trans-

mittert lys for en løsning av et bestemt fargestoff og en bestemt lysvei, er gitt ved Beer-Lamberts lov:

$$(1) \quad I_t = I_0 \cdot 10^{-\epsilon \cdot c \cdot t}$$

hvor

$I_0$  = intensitet av innfallende lys,

$I_t$  = intensitet av transmittert lys,

$\epsilon$  = molar ekstinksjonskoeffisient ( $l \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ ),

$c$  = konsentrasjon ( $\text{mol} \cdot l^{-1}$ ) og

$t$  = lysvei (cm)

Intensiteten av transmittert lys ( $I_t$ ) avtar eksponentielt når konsentrasjonen ( $c$ ) av fargestoff øker.

Ligning (1) kan også skrives

$$(2) \quad \text{OD} = \log \frac{I_0}{I_t} = \epsilon \cdot c \cdot t$$

hvor OD kalles optisk tetthet (optical density).

I praksis vil et kolorimeter aldri kunne måle over mer enn et visst område av fargeintensiteter innenfor hvilket ligning (2) gjelder. Skulle de fargeintensiteter, som ønskes målt, falle utenfor dette området, kan løsningen fortynnes ( $c$  i ligning (2) avtar) eller ved lave intensiteter lysveien økes ( $t$  øker).

Ved kjøring av standarder er det ønskelig å ha en lineær sammenheng mellom optisk tetthet og de aktuelle konsentrasjoner fordi dette forenkler beregningen av de ukjente løsningene og øker muligheten til å føre kontroll med det analyttiske systemet.

### 2.2.2. Litt om det kjemisk analyttiske system og standardkurver

Ved kjemisk analyse er det mange faktorer som må kontrolleres for å få et godt resultat. De viktigste er: buffer system (pH), konsentrasjon av reagenser og katalysatorer, temperatur, reaksjonstid og stabilitet av reaksjonsproduktet (fargen).

I de manuelle bestemmelser er kravet til likevekt i de kjemiske reaksjoner og stabilitet av reaksjonsproduktet meget strengt. Individuell håndtering av den enkelte prøve kan lett føre til variasjoner i blant annet reaksjonstid og reaksjonstemperaturer slik at sammenligning mellom enkeltprøver vanskeligjøres.

I en autoanalysator kan slike faktorer holdes svært konstant, noe som medfører lik behandling av alle prøver. Vi har satt som krav at reaksjonene her må føres like langt mot likevekt for alle konsentrasjoner innen det måleområdet som er aktuelt.

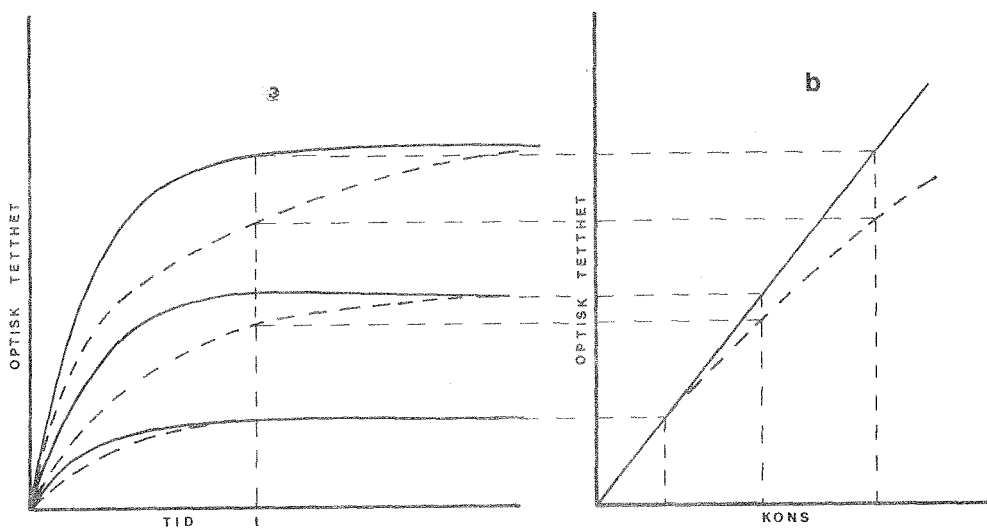


Fig. 2. Eksempel på reaksjonskinetikk (a) og standardkurve (b) for en fargereaksjon.

Fig. 2a skisserer et eksempel på en reaksjon for flere forskjellige konsentrasjoner av en reaktant (næringssalt). Ved tiden  $t$  måles produktet (optisk tetthet), og når mengde produkt plottes mot konsentrasjon av reaktant (Fig. 2b), får vi en lineær sammenheng dersom reaksjonen har gått like langt mot likevekt for alle de aktuelle konsentrasjoner. Er dette ikke tilfelle, kan vi få et reaksjonsforløp som vist i de stiplede kurvene (Fig. 2a) og som gir en ikke lineær sammenheng mellom produkt og reaktant (Fig. 2b). Som nevnt er det ønskelig med lineære standardkurver. Dette oppnåes når graden av likevekt er like stor for hele måleområdet slik at når standardkurven er etablert, kan lineariteten lett kontrolleres. Når en autoanalysator knyttes "on line" til en

datamaskin, vil beregning av standardkurver skje maskinelt. Her ligger også en god mulighet for beregning av ikke-lineære standardkurver, men for at den manuelle kontroll og eventuell korreksjon skal være enkel og rask, er en lineær standardkurve å foretrekke.

### 2.3. Teknisk oppbygging

#### 2.3.1. Generelt

Den tekniske oppbygging har i hovedsak vært gjort etter følgende kriterier:

- A. Autoanalytoren skal kunne transporteres og brukes ombord i havgående fartøyer. Dette innebærer en kompakt løsning med minst mulig enheter og tilstrekkelig hensyn til plassering ombord.
- B. Den skal være fleksibel, d.v.s. at dersom det blir behov for å skifte ut en analyse med en ny, skal dette kunne gjøres uten for store arbeidsoperasjoner.
- C. Systemet skal kunne tilknyttes en datamaskin "on line".

#### 2.3.2. Apparatur

Vårt anlegg består av følgende enheter:

1 stk. Stålprodukters sampletron automatisk prøveskifter med uavhengig forhåndsinnstilling av prøve- og vasketid fra 0,1-9,9 min i 0,1 min intervall og med elektromekanisk regneverk for antall prøver.

Prøveskifter har plass til 35 polyetylenflasker av en type vanligvis brukt som scintillasjonstelliglass.

1 stk. Chemlab peristaltisk pumpe, CPB 30, med plass til 30 slanger.

4 stk. reaksjonsmoduler bygget ved Havforskningsinstituttet forsynt med

- 1 stk. Chemlab høytemperatur bad, GHB/40, med 2 stk. (indre og ytre) 20 fots spiraler med indre diameter 1,6 mm, og
  - 1 stk. Chemlab regulerbart varmebad, kat. no. 157 B-273-32 komplett med "power supply" og temperaturkontroll.
  - 1 stk. Chemlab colorimeter MC 1000 komplett med 5 kanaler, 4 x 50 mm og 1 x 15 mm gjennomstrømningsbyretter.
  - 2 stk. Philips PM 8252/22 tokanalsskrivere.
  - 1 stk. Technicon Walve assay reag./wash, kat. no. 153-B004-01.
  - 1 stk. 5 kanals signalforsterker laget ved Christian Michelsens Institutt etter våre spesifikasjoner.
  - 1 stk. Hewlett Packard 3469B Multimeter.
  - 1 stk. Bellinghan + Stanley refraktometer med skala 1,3000-1,7000.
- Glassutstyr, slanger, nippler og "connectorer" er fra Elkay Products.

### 2.3.3. Montering og bygging av reaksjonsmoduler

Som nevnt foran ønsket vi en kompakt autoanalysator. Dette har vi løst ved å sette alle instrumentene opp i et stativ som er 156 cm høyt, 52,5 cm bredt og 75,5 cm dypt (Fig. 3). På denne måten er klargjøring minimalisert da det bare er tilknytning til prøveskifter og dataanlegg som må foretaes før autoanalysatoren er operativ. Ved transport kan systemet deles i to for å redusere høyden.

Ved monteringen er det ellers lagt vekt på at de enkelte komponenter er plassert slik at væskestrømmen får en naturlig gang fra prøveskifter via pumpe til reaksjonsmodul og ender i kolorimeteret. Videre er all væske ført ut i et avløp og pumpet ut i kjølevann.

Dette gir et lukket system hvor flyktige og farlige kjemikalier eksponeres minst mulig.

Reagensene (Fig. 3:1) er plassert nederst og føres opp til en mangekanalskran (Fig. 3:8) foran pumpen (Fig. 3:2). Pumpe og kran er plassert på en uttrekkbar 20 mm plate av grå PVC. Det er brukt teflonslanger av varierende indre diameter (0,70-1,20 mm) fra reagensbeholdere og frem til mangekanalskranen. Disse er buntet

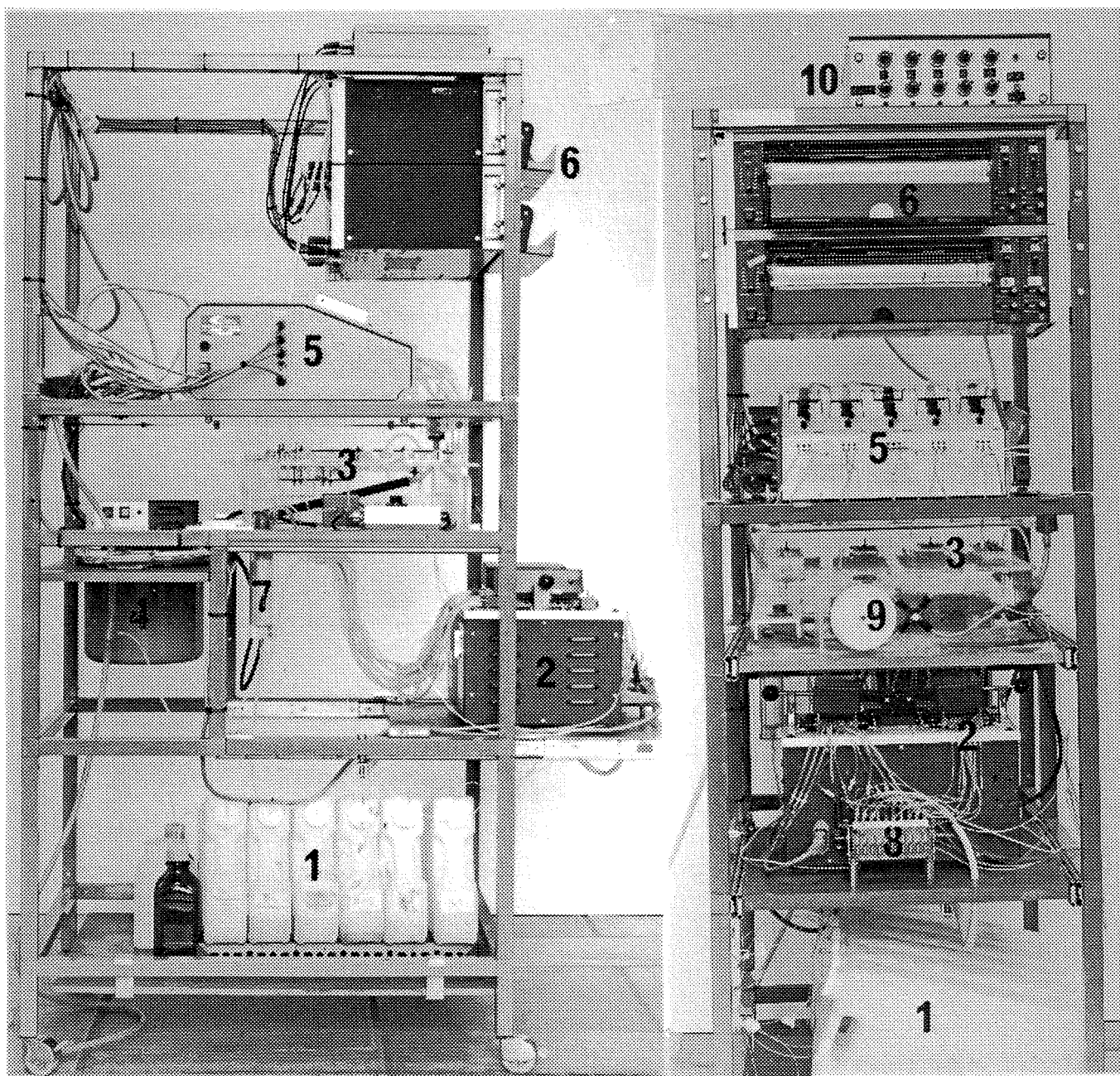


Fig. 3. Autoanalytoren ferdig montert.

sammen og festet til en bevegelig arm under platen som pumpen står på.

Reaksjonsmodulene el. "manifold" (Fig. 3:3 og Fig. 4) er plassert over pumpen og er bygget i klart plexiglass. Forbindelsen mellom reaksjonsmodulene og pumpe består av et panel av nippler og H3-glasskoblinger bak og på undersiden av manifold. Detalj er vist i Fig. 5.

På panelet blir prøven segmentert med luft og tilsatt det første reagenset. Videreføring til reaksjonsmodulene skjer gjennom en utsparring i hovedplaten som disse er montert på.

Reaksjonsmodulene (4 i alt) er ordnet på hver sin plate (1,6 cm plexiglass, 40 x 8 cm, og med 76 hull,  $\phi = 4$  mm og senteravstand 2 cm). Disse platene er montert horisontalt 11 cm over hovedplaten for å gi plass til eventuelle varmebad (Fig. 4). De forskjellige glass-spiraler er festet med  $1/8 \times 1\frac{1}{2}$ " senkehodeskruer (Fig. 6).

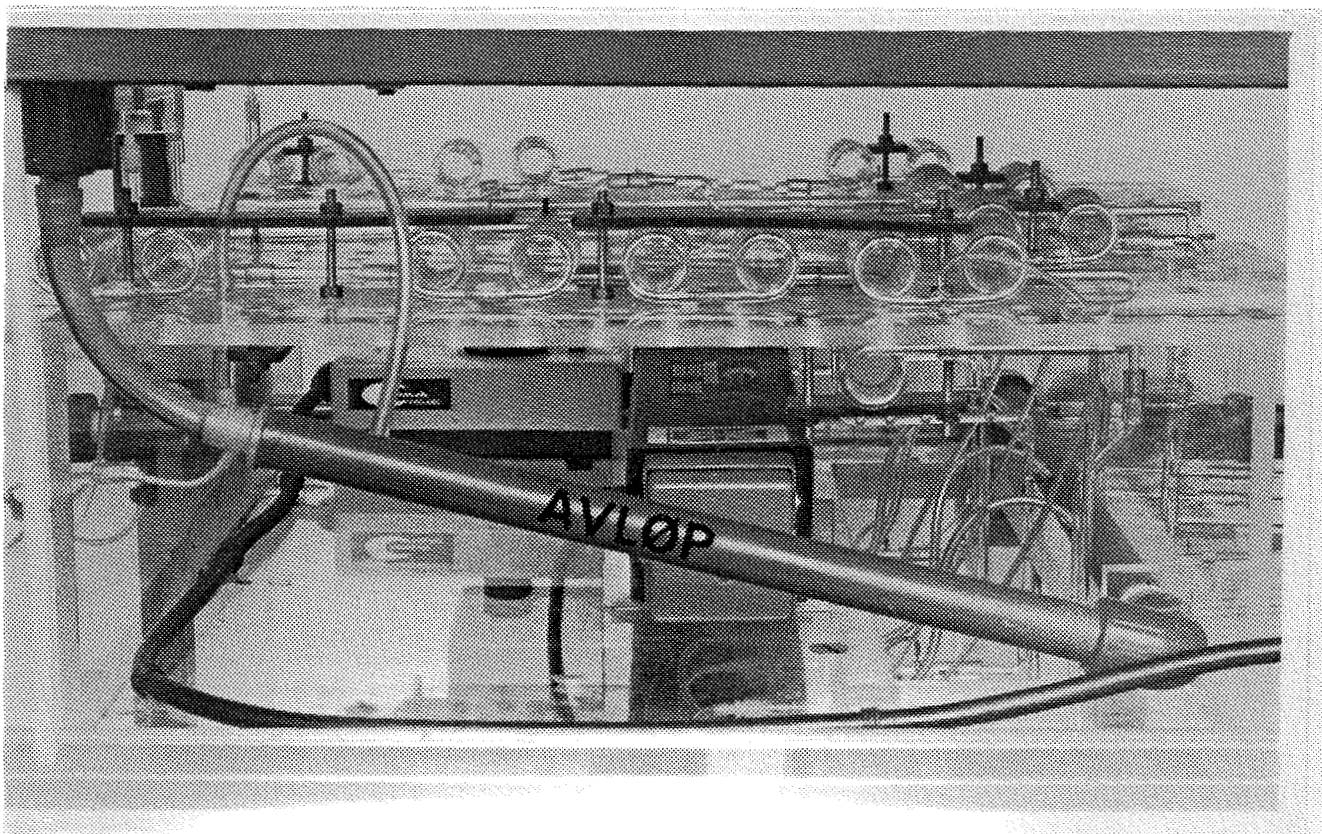


Fig. 4. Reaksjonsmodul (Manifold).

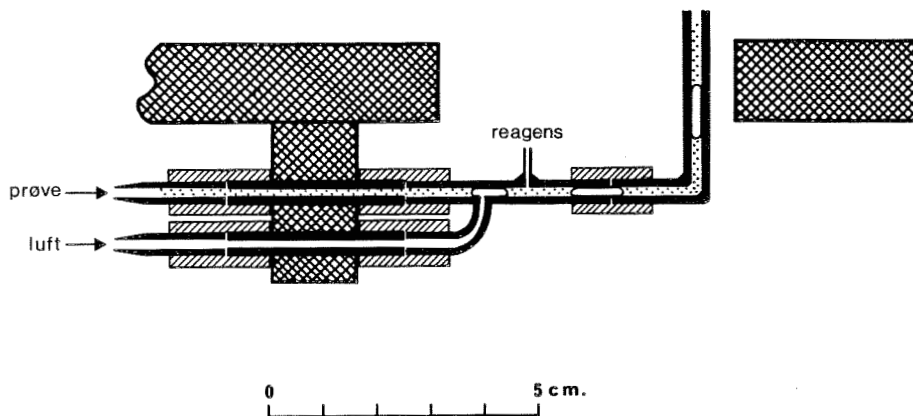


Fig. 5. Detalj av nippler og H3-glasskoblinger.

Høytemperatur varmebad og kjølere (Fig. 3:4) er plassert bak "manifold", og dersom man ønsker å trekke ut "manifold" for ombygging eller justering, må man kutte forbindelsen til disse.

Kadmiumkolonnen til nitratanalysen (Fig. 3:9) er montert fremst på "manifold" og er enkel å koble ut og ta bort for regenerering.

Væskestrømmen føres videre til kolorimeteret (Fig. 3:5) som er plassert like over "manifold". Avløp er ordnet som en sløyfe rundt "manifold" og begynner like under kolorimeteret (Fig. 4). Det leder ned i en beholder (Fig. 3:7) hvor all væske fra analysene samles, og pumpes derifra ut i kjølevann fra kjølere. Hele

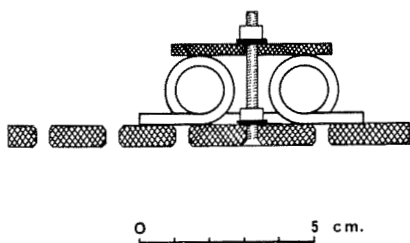
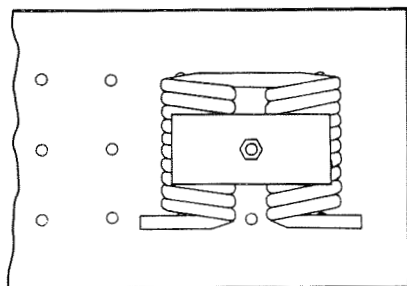


Fig. 6. Detalj av reaksjonsmodul.





kjemikaliesystemet er således lukket, og man slipper derfor å passe på eventuelle beholdere for avløpsvann.

Skrivere (Fig. 3:6) er plassert øverst og er lette å betjene samtidig som man kommer til alle justerbare deler i autoanalytoren.

Bak kolorimeteret er laget et panel av stikkontakter hvor alle instrumentene er koblet til. Behovet for stikkontakter på vegg er dermed redusert til 1.

Prøveskifter er satt opp i et stativ for seg selv (Fig. 7). Under prøveskifter er plassert beholdere for vaskevann og forskjellige syntetiske sjøvann.

#### 2.3.4. Kobling til dataanlegg

Det vanlige ved kolorimetrisk målinger er at signalet gir oss  $I_t$  (lign. 1) som blir skrevet ut på logaritmisk papir (skala  $0-\infty$ ). En får da en lineær sammenheng mellom avlest verdi (optisk tetthet)

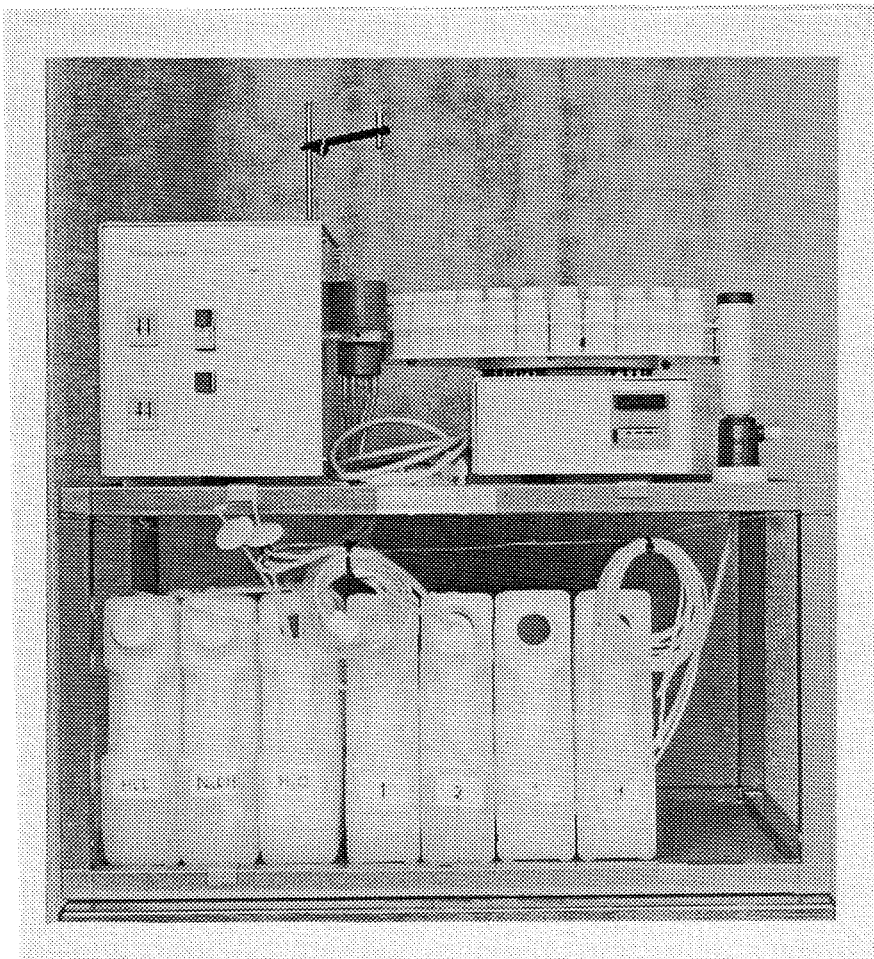


Fig. 7. Prøveskifter med vaskevannsbeholdere.

og konsentrasjonen (lign. 2). I vårt system har vi et kolorimeter hvor signalet er logaritmen av  $I_t$  og som følgelig har en lineær sammenheng til konsentrasjonen når dette avleses på lineært papir (skala 0-10). Dette får konsekvenser for beregning av standarder og konsentrasjoner.

Signalene fra kolorimeteret er 0-200 mV og da interface i data-maskinen arbeider i området 0-10 V var det ønskelig å forsterke signalene. Vi har derfor i samarbeid med Christian Michelsens Institutt fått laget en 5-kanals forsterker (Fig. 3:10) med nulljustering og hvor utgangssignalet kan justeres fra 0 til 10 V. Fig. 8 viser skjema for en kanal.

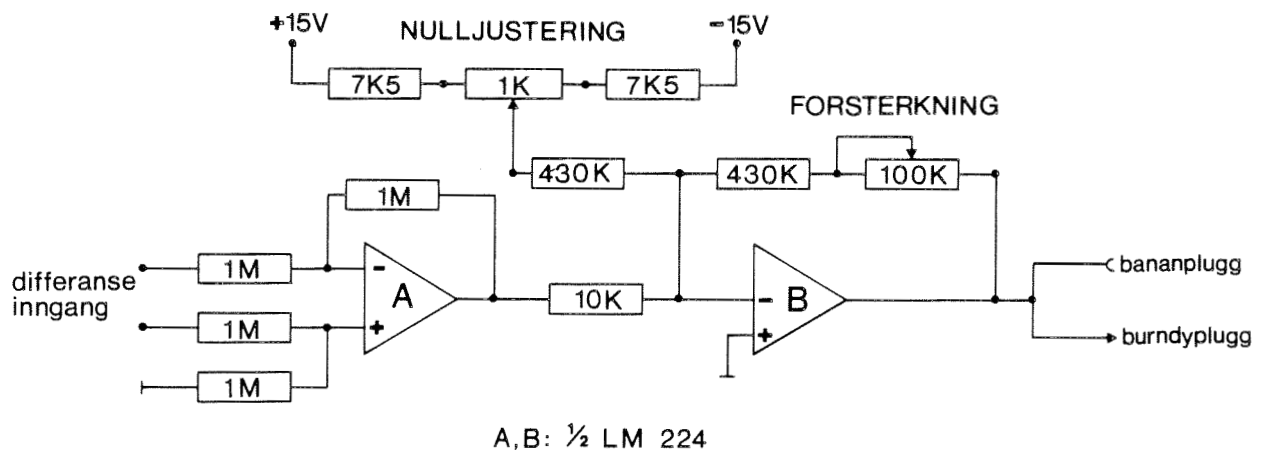


Fig. 8. Skjema for signalforsterker (en kanal).

## 2.4. De enkelte analysene

### 2.4.1. Generelt

Ved utforming av de enkelte analyser er det ikke innført noe nytt rent kjemisk-analytisk, men fordi autoanalytoren skulle tilknyttes et dataanlegg, var det nødvendig med en del tilpasninger. Analysene er f.eks. ordnet slik at de er ferdige til forskjellig tid. Videre har hver analyse gått gjennom et testprogram hvor følgende er gjort:

- A. Måleområde eller gyldighetsområde for Beer-Lambert's lov er etablert.

- B. Molare ekstinksjonsverdier er målt.
- C. Absorpsjons-spektra for analyseproduktet slik det kommer ut fra autoanalysatoren er sjekket og absorpsjonsmaksima bestemt.
- D. På grunnlag av 10 like standardprøver er standardavvik beregnet for en lav og en høy konsentrasjon.

Alle kjemikalier er av analyttisk kvalitet. De fleste er fra Merck, men kadmiumtråd er fra Koch-Light Laboratories Ltd.

Alle løsninger med standarder er konserverte med 1 ml kloroform.

Alt vann som brukes til reagenser og syntetisk sjøvann blir rensert i et Fi-stream 4 l/time destillasjonsanlegg som forsynes med filtrert og deionisert vann.

#### 2.4.2. Fosfat

Analysen er basert på dannelsen av fosfomolybdensyre i surt miljø med påfølgende reduksjon til molybdenblått som måles ved 810 nm. Reaksjonen foregår ved 70°C. Vi bruker 2 reagenser: Molybdat-svovelsyre som er stabil ved romtemperatur og askorbinsyre som er holdbar minst en uke. Det er ikke registrert noen forstyrrelser fra silikater opp til konsentrasjoner på 7 µM av disse.

Reagenser:

Molybdat-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>: 770 ml 5N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

pluss 230 ml 4% (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub> Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub> · 4 H<sub>2</sub>O

2% askorbinsyre

Standard løsning: 0,2722g KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> til 1 liter

Lysvei: 50 mm

Molar ekstinksjonskoeff.:  $1,52 \cdot 10^4 \text{ l} \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$

Måleområde: 0,05-2,50 µM

Følsomhet: SD = 0,01 ved 0,25 µM

SD = 0,03 ved 2,50 µM

Absorpsjonsmaksimum: 810 nm

Fig. 9 viser flyttdiagram for analysen.

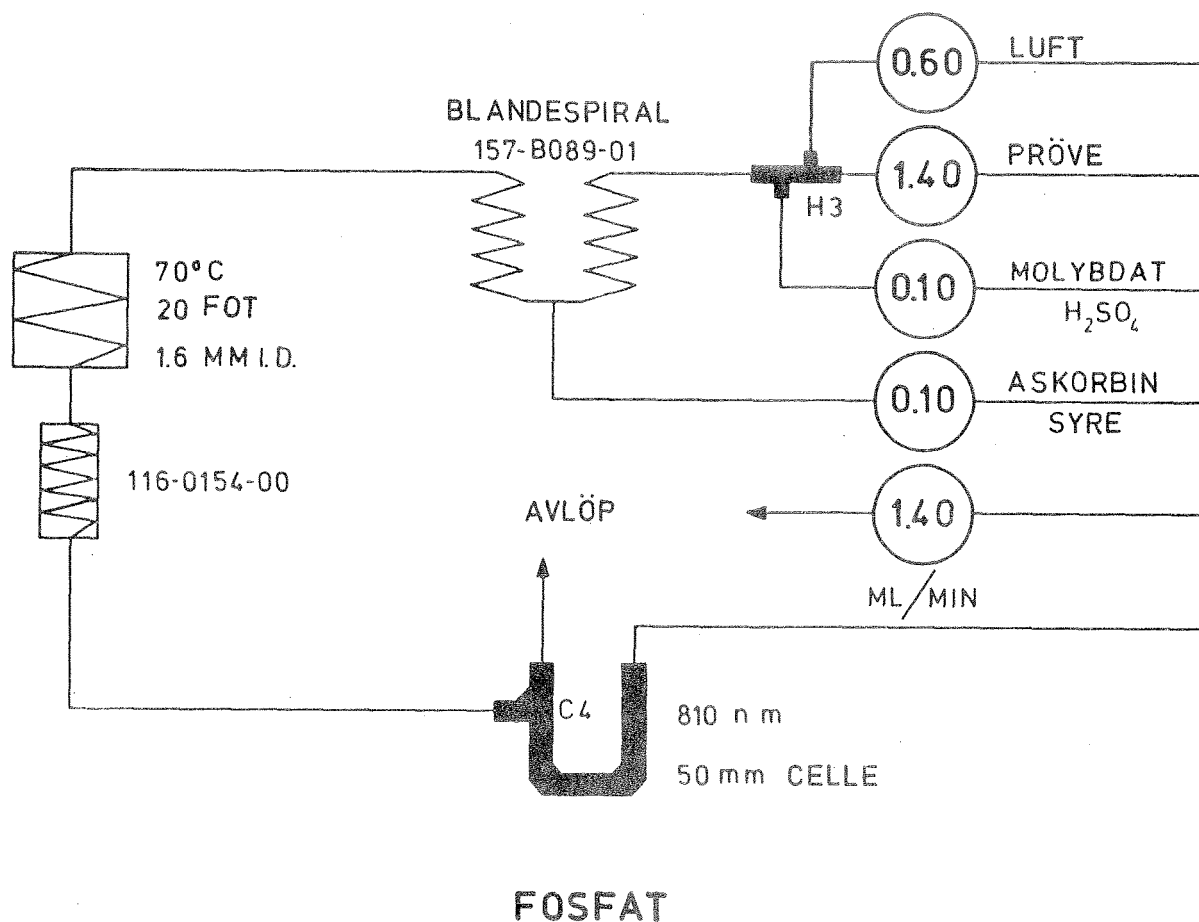


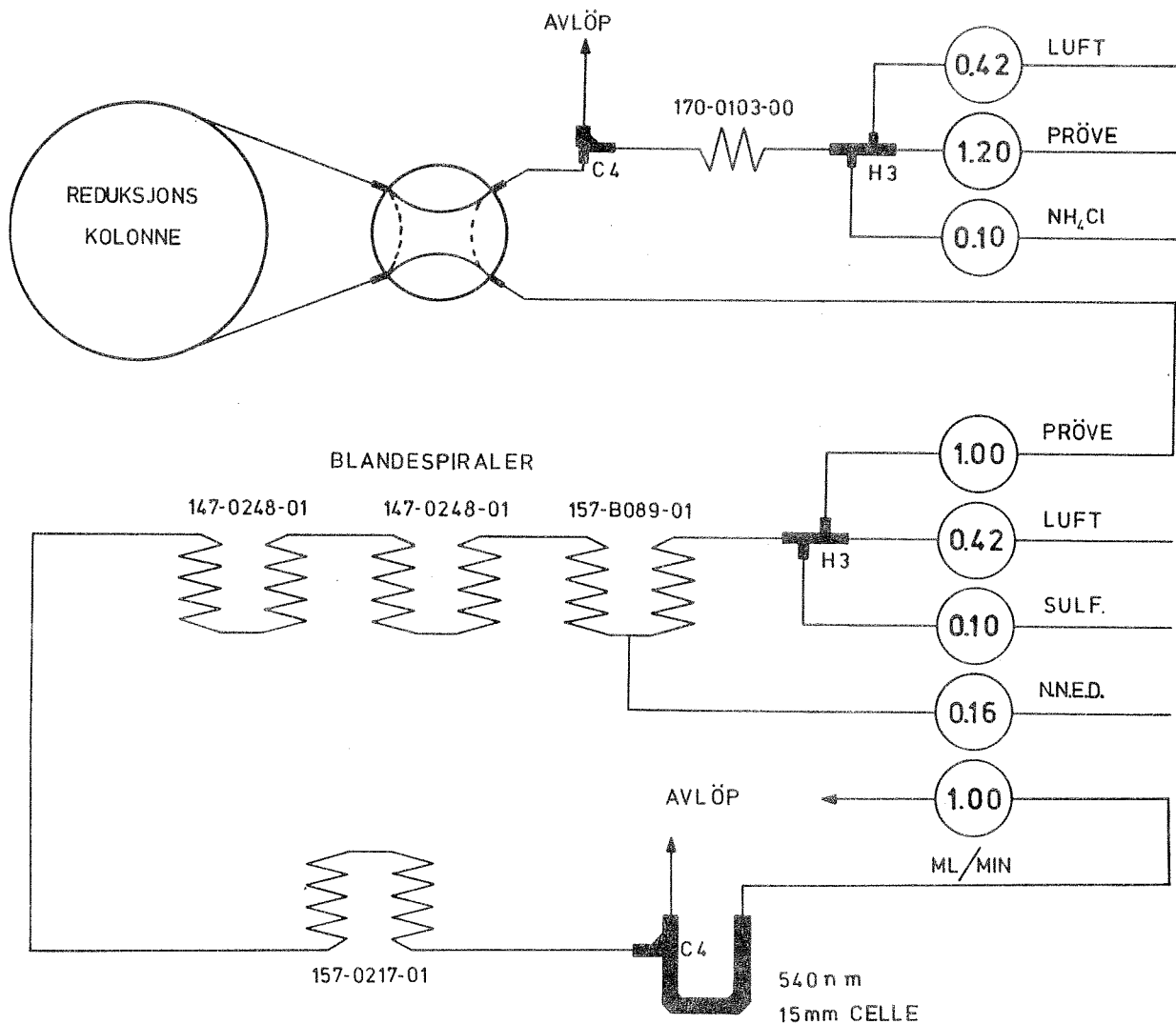
Fig. 9. Flytdiagram for fosfatanalysen.

### 2.4.3. Nitrat.

Nitrat blir analysert som nitritt og må derfor reduseres først. Dette gjøres på en kopperbelagt kadmiumkolonne som beskrevet av STANTON (1974). Kolonnen er testet, og den har gitt mer enn 92 prosent reduksjon i alle tilfeller.

Analysen er videre basert på dannelsen av et diazonium-ion mellom nitritt og sulfanilamid etterfulgt av en kobling med N-naftyl-(1)-etylendiammoniumklorid. Denne reaksjonen gir et rødt fargestoff. Metoden er i hovedsak den som BENDSCHNEIDER and ROBINSON (1952) har beskrevet.

Til å måle både lave,  $< 1,0 \mu\text{M}$ , og høye,  $> 10 \mu\text{M}$ , verdier av nitrat samtidig, passerer væskestrømmen først en 50 mm og siden en 15 mm gjennomstrømningskyvette. (Systemet er ikke beskrevet i flytdiagram.) I 50 mm kyvetten gjelder Beer-Lamberts lov i om-



## NITRAT

Fig. 10. Flyttdiagram for nitratanalysen.

rådet 0,1-7,0  $\mu\text{M}$  mens den i 15 mm kyvetten er gyldig i området 0,5 og 30,0  $\mu\text{M}$ . Dette gir et totalt måleområde 0,1-30,0  $\mu\text{M}$ .

### Reagenser:

$\text{NH}_4\text{Cl}$ : 100 g til 1 liter

SULF: 10 g sulfanilamid pluss 100 ml kons. HCl til 1 liter

N.N.E.D.: 1 g N-Naftyl-(1)-etylendiammonium diklorid til 1 liter

Standardløsning: 0,5056 g  $\text{KNO}_3$  til 1 liter

Lysvei: 50 mm

Molar ekstinksjonskoeff.:  $2,50 \cdot 10^4 \text{ l} \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$

Måleområde: 0,1-7,0  $\mu\text{M}$

Følsomhet: SD = 0,05 ved 0,625  $\mu\text{M}$

SD = 0,08 ved 6,17  $\mu\text{M}$

Lysvei: 15 mm

Molar ekstinksjonskoeff.:  $2,38 \cdot 10^4 \text{ lM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$

Måleområde: 0,5-30  $\mu\text{M}$

Følsomhet: SD = 0,5 ved 27,1  $\mu\text{M}$

Absorpsjonsmaksimum: 540 nm

Fig. 10 viser flyttdiagram for analysen.

#### 2.4.4. Silikat

Analysen består av to reaksjoner. Først dannes  $\beta$ -silikomolybdensyre ved  $\text{pH} < 2$  (STRICKLAND 1952). Studier viser at denne reaksjonen er fullstendig alt etter 3 min for alle relevante konsentrasjoner av silikat. Reaksjonsproduktet viser ingen nedgang i absorpsjon (390 nm) etter 40 min.  $\beta$ -syren reduseres så med metolsulfitt (MULLIN and RILEY 1955), og absorpsjonsspekteret for den reduserte  $\beta$ -silikomolybdensyren stemmer med det STRICKLAND (1952) har beskrevet.

Løsninger:

A: 10 g Metol (4-metylamino-fenol-sulfat)

pluss

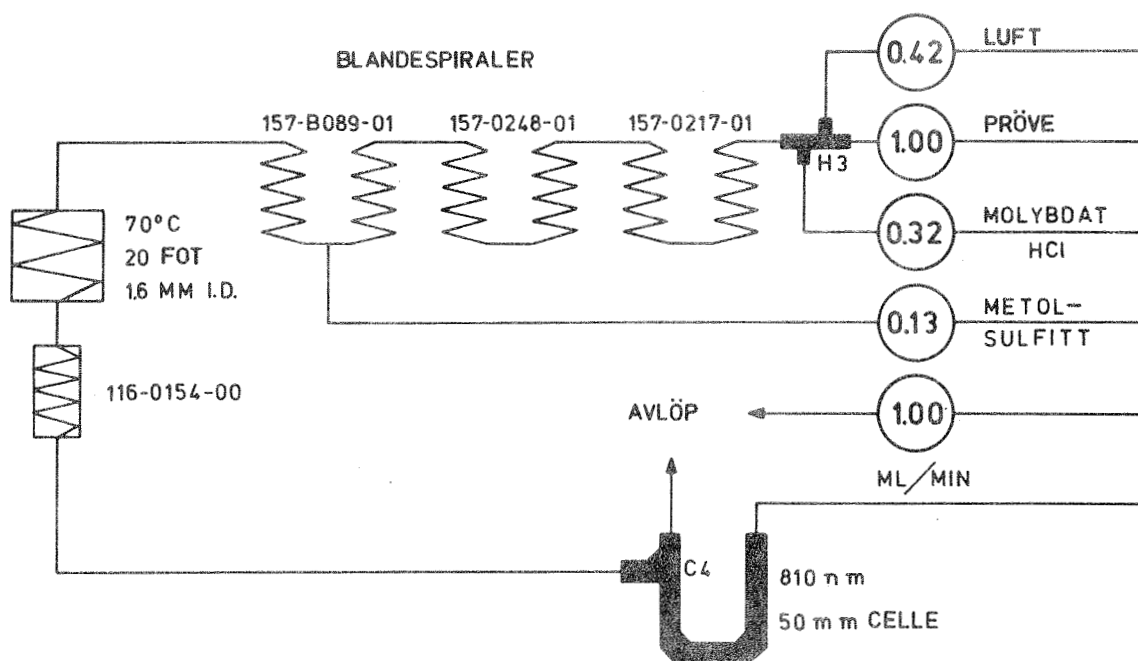
6 g  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  til 500 ml

(lagres ved  $4^\circ\text{C}$  og mørkt)

B: 55 g  $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$  (oxalsyre)

til 500 ml (lagres ved  $4^\circ\text{C}$ )

C: 4 N  $\text{H}_2\text{SO}_4$



## SILIKAT

Fig. 11. Flytdiagram for silikatanalysen.

### Reagenser:

Molybdat-HCl: 12 g  $(\text{NH}_4)_6 \text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$   
 pluss 36 ml kons. HCl til 1 liter

### Reduksjonsblanding:

100 ml løsning A  
 60 " " B  
 140 " " C

### Standard løsning:

En ampulle Titrisol silicium-standardløsning (Merch kat.no. 9947) til 1 liter. Løsningen overføres straks til en polyetylenflaske og lagres mørkt ved 4°C.

Lysvei: 50 mm

Molar ekstinksjonskoeff.:  $8,7 \cdot 10^3 \text{ l} \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$

Måleområde: 0.1-7.0  $\mu\text{M}$

Følsomhet: SD = 0,07 ved 6,5  $\mu$ M  
SD = 0,00 ved 0,8  $\mu$ M

Absorpsjonsmaksimum: 810 nm

Fig. 11 viser flytdiagram for analysen.

## 2.5. Syntetisk sjøvann

Mellom hver prøve vaskes systemet med et syntetisk sjøvann med samme saltinnhold. Vi har funnet det hensiktsmessig å lage syntetisk sjøvann på grunnlag av refraktiv index da det er de optiske egenskaper i prøve og vaskevann som må sammenlignes dersom en skal unngå brytningsfenomener i gjennomstrømningskyvettene. Sjøvann, særlig fra brakkvannsområder, varierer mye i saltinnhold, og ved først å måle refraktiv index i prøven, kan vi lage et syntetisk sjøvann som vil passe. Vi bruker i dag en standard løsning av NaCl som inneholder noe mer salt enn forventet i prøvene. Dette fortynnes så med destillert vann etter behov på grunnlag av refraktiv index målt i prøvene.

For å gjøre skifte av vaskevann enkelt, har vi byttet ut den opprinnelige vaskevannsbeholderen på prøveskifteren med et flerkammer-system (Fig. 12). Dette kan forsynes med fire forskjellige vaskevann samtidig, og ved å dreie systemet rundt, skiftes vaskevann. Alle kammer er forsynt med tilbakeløp til vaskevannsbeholdere slik at ikke noe vaskevann går tapt (Fig. 7 og MAGNUSSEN, manus.).

Rutinemessig vaskes anlegget etter hver kjøring med fortynnet HCl (5 min), deretter dest. vann (2-3 min), så NaOH (5 min) og til slutt med dest. vann til all NaOH er ute. Reagensslangene på pumpen vaskes bare med dest. vann.

## 2.6. Standardkurver

Ved hver oppstart kjøres en serie standardprøver med fosfat pluss nitrat og en serie med silikat. Hver serie på 4 prøver med forskjellige konsentrasjoner. (Silikat kan ikke kjøres sammen med fosfat og nitrat da standardløsningene med disse lagres på glasskolber). Disse gir grunnlag for beregning av standardkurver.



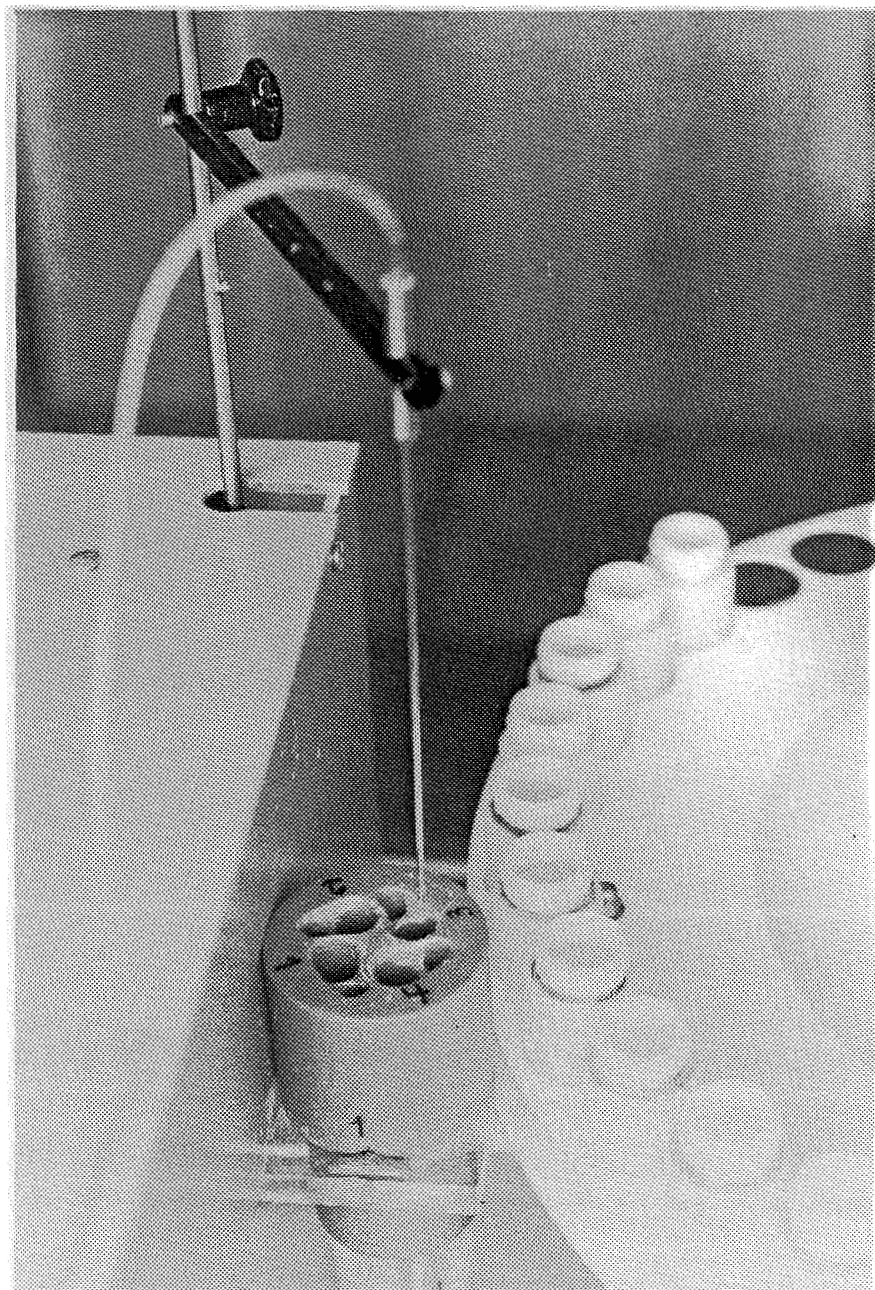


Fig. 12. Detalj av vaskevannskammer på prøveskifter.

Fig. 13 viser eksempel på utskrift. Her finner en de faste konsentrasjoner som brukes; absorpsjonen, representert med et tall mellom 0 og 10, korrelasjonskoeffisient ( $R$ ) for standardkurvene, stigningskoeffisient (FAKT) og skjæringspunkt med Y-aksen ( $B$ ). Dersom det skulle vise seg at utskrift ikke stemmer med resultatet slik det fremkommer på skriverne, kan standardkurvene plottes manuelt, faktorer beregnes og skrives inn i datamaskinen ved å bruke programkode A. Ligningen for beregning av konsentra-

BEREGN. FAKTORER ETTER STANDARDPRØVER					
	STAND.	PO4	NO3	NH4	SI
CONS.	-4	1.2500	12.3400	6.1700	6.6700
ABS.		6.0700	9.2125	8.5400	8.5775
CONS.	-3	.5000	5.0000	2.5000	2.6900
ABS.		2.3500	3.7000	3.4100	4.0925
CONS.	-2	.2500	2.5000	1.2500	1.3500
ABS.		1.1150	1.8050	1.7950	2.0150
CONS.	-1	.1250	1.2500	.6250	.6750
ABS.		.6150	.8675	.8575	1.0000
ABS.	S. SJV.	.2325	.0725	0.0000	.0450
K		.999781	0.00000	.99991	.99714
FAKT.		.20	1.33	.72	.80
B		.013	.095	-.008	-.276

Fig. 13. Eksempel på utskrift av standardprøver.

sjoner kan skrives:  $KONS = FAKT \cdot ABS + B$ . B er i denne sammenheng et uttrykk for hvor godt systemet ligger på basislinje når vaskevann (syntetisk sjøvann) kjøres, og da basislinje justeres manuelt på kolorimeteret under kjøring, taes B ikke med i beregning av KONS.

Endring av faste standardkonsentrasjoner gjøres via programkode F.

### 3. PROGRAMMERING OG BRUK AV DATAANLEGGET

#### 3.1. Oppgavebeskrivelse

Denne delen er ment som en beskrivelse av hvordan programsystemet er bygd opp og fungerer. En fullstendig dokumentasjon av programmene antas ikke å ha allmenn interesse, men kan sendes spesielt interesserte ved henvendelse til forfatteren.

Opgaven besto i å knytte et dataanlegg til en autoanalysator for næringsssalter. Denne er beskrevet foran. Dataanlegget skulle stå "on-line" tilknyttet autoanalysatoren og forestå avlesing av signaler fra inntil 6 kolorimetre med etterfølgende beregning av konsentrasjoner for de enkelte parametre som måles samt utskrift av resultater. Det ville bli nødvendig å gi informasjon til programsystemet under kjøring.

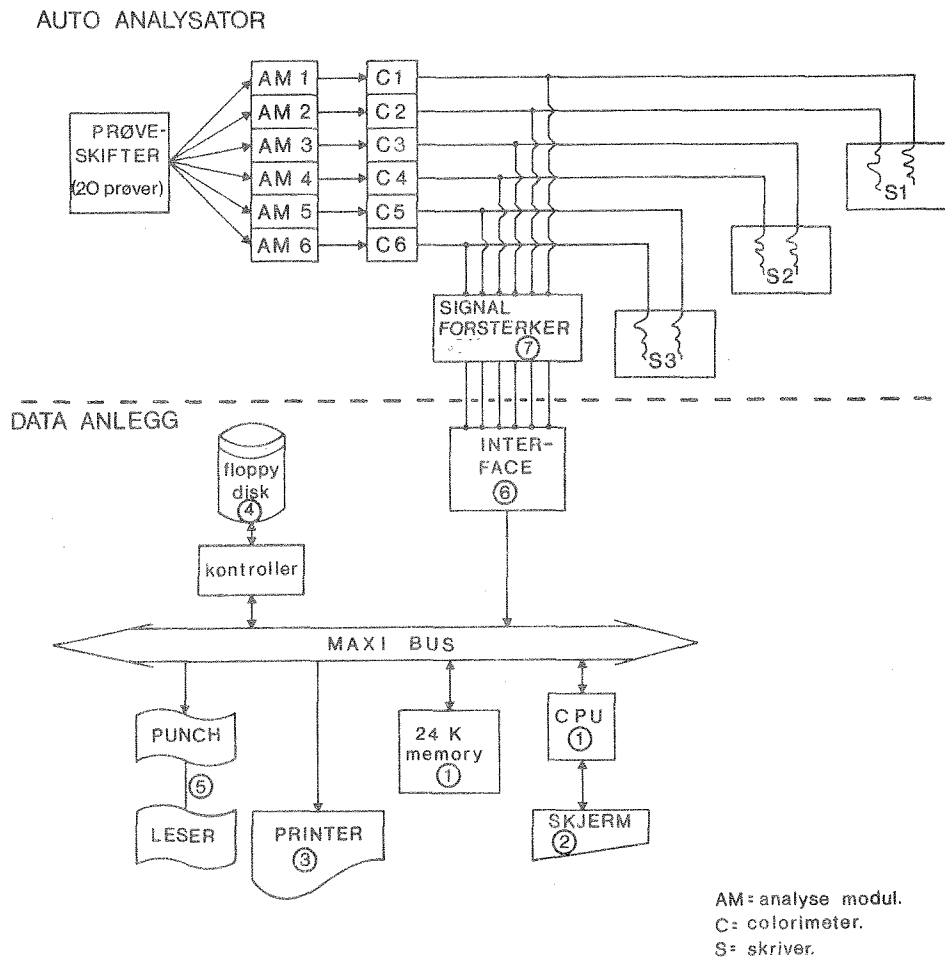


Fig. 14. Skisse av auto-analysatoren tilkopleet data-anlegg.

Resultatet vi kom fram til ble derfor et interaktivt system som opererer i "sann" tid (REAL TIME). Operatøren kommuniserer med systemet via en terminal der han gir informasjon om stasjons- og prøvedata, starttider etc.

Maskinen leser signalene fra kolorimetrene, beregner konsentrasjoner og knytter dataene sammen med informasjonen den har fått fra operatøren. Resultatene skrives ut på linjeskriver og lagres på papirtape eller diskette (FLOPPY DISK).

Fig. 14 viser en skjematisk framstilling av autoanalysator og dataanlegg. Autoanalysatoren består av følgende deler: Prøveskifter, analysemoduler, kolorimetre, signalforsterker og skrivere. Etter at en prøve er sugd opp via prøveskifter blir den fordelt til de forskjellige analysemoduler hvor de spesifikke reaksjoner for hver parameter blir fremkalt. Deretter blir prøven ført fram til kolorimetrene hvor reaksjonene blir målt. Analysetiden er forskjellig for hver parameter slik at måling foregår til forskjellige tider. For å klargjøre den etterfølgende beskrivelse av programsystemet skal det først redegjøres for hovedtrekkene i oppgaven.

Disse kan sammenfattes i følgende punkter:

1. Registrere signalene fra kolorimetrene.
2. Identifisere maksimale utslag (topper).
3. Fastslå til hvilken prøve og stasjon utslagene tilhører.
4. Beregne konsentrasjonen av den enkelte parameter i prøvene.
5. Skrive ut resultatene i redigert form.
6. Lagre dataene på maskinlesbart medium for senere behandling.

### 3.1.1. Registrering av signaler fra kolorimetrene

Signalene fra kolorimetrene varierer fra 0-200 mV mens "interface"-kortet i maskinen opererer med signaler fra 0-10 volt. For å få god oppløsning på signalet blir det derfor først sendt til en forsterker med justerbar forsterkning. Her blir signalet først justert til 0 volt ved 100% lystransmisjon og til 10 volt ved utslag som tilsvarer full papirbredde på skriveren. Herfra går signalet til "interface"-kortet i maskinen hvor det blir omgjort til digital form etter hver avlesing. Avlesingen gjøres av et lite program som styres av maskinens klokke. Etter forutgående prøver kom vi fram til at avlesing hvert 6. sekund ga god nok oppløsning av signalet for å kunne bestemme toppen.

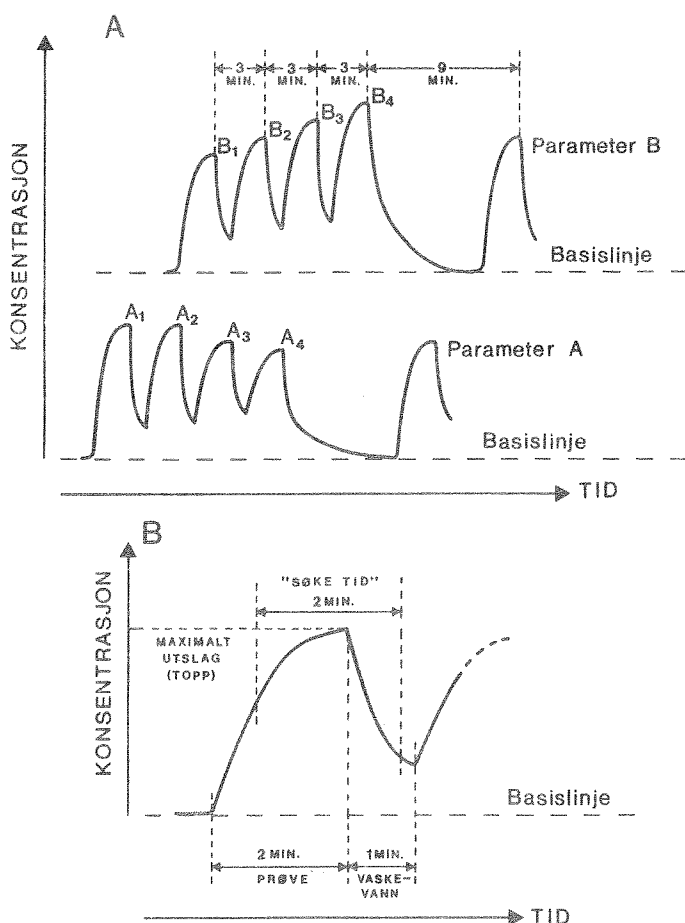


Fig. 15. A. Signaler for 2 parametre fra en prøveserie på 4 prøver slik de fremkommer på skriveren.

B. Ekspandert kurve av et signal gjennom en prøvesyklus.

### 3.1.2. Identifisering av maksimalt signal ("TOPP")

Fig. 15A viser en prøveserie for 2 parametre slik de blir skrevet ut på skriverpapiret. Hver topp på figuren representerer en prøve,

og høyden av disse gir konsentrasjonen av en parameter. Mellom hver serie blir det kjørt to prøver med vaskevann. Som vist i figuren starter hver parameter til forskjellige tider. Dette beror på forskjellig analysetid for de forskjellige parametre.

Fig. 15B viser en idealisert kurve av signalet gjennom en prøvesyklus.

Signalet gjennomgår 2 faser:

- 2 minutt der signalet øker til maksimum (prøve),
- 1 minutt der signalet avtar (vaskevann).

Det maksimale utslag signalet når før det avtar (toppnivået på figuren), viser konsentrasjonen i prøven. Maskinen må derfor avgjøre når en slik topp er nådd. Signalet fra kolorimetrene blir avlest av datamaskinen hvert 6. sek. Etter hver avlesing blir det for hver parameter testet om toppnivået for et signal er nådd. Dette gjøres ved å sammenligne glidende middel for de 6 sist innleste verdier med det samme fra forrige avlesing. Når dette er mindre enn det forrige, er toppnivået for signalet nådd, og det første glidende middel blir registrert som "topp". Glidende middel brukes for å jevne ut uregelmessigheter på kurven som måtte skyldes støy i systemet. Som det fremgår av Fig. 15A, forekommer toppene til forskjellige tider for de forskjellige parametre, for hver enkelt parameter er det 3 minutter mellom toppene. Vi har valgt å søke etter topp for den enkelte parameter kun i den tiden signalet forventes å være høyest ("søketid" Fig. 15B). D.v.s. at søking etter topp starter når kurven er begynt å stige og fortsetter til topp er funnet eller i maksimalt 2 minutter. Søking etter neste stopp startes 3 minutter etter start av foregående søking.

Ved oppstart av systemet kjøres først en startprøve som gir en topp for hver parameter. Når signalene fra denne prøven viser at en topp er i ferd med å utvikle seg for en parameter, initieres søketid for denne kanal av operatøren (ca 1 min før topp).

### 3.1.3. Identifisering av stasjon og prøvedyp for en topp

For at programmet skal kunne knytte toppene den finner til den enkelte prøve og beregne konsentrasjonen, er det imidlertid flere opplysninger som må være lagt inn i maskinen:

Stasjonsdata (identifikasjon av serien)

Antall prøver i hver serie

Hva slags prøvetype (sjøvann, vaskevann eller standardprøve).

Rekkefølge.

Slike data blir skrevet inn i maskinen av operatøren hver gang en prøveserie blir satt inn i prøveskifteren. Vi har valgt å la hver serie kunne bestå av inntil 20 prøver. De blir lagret i tabeller i maskinen, og ved hjelp av en egen koordineringstabell holder systemet rede på hvilken stasjon og prøve en topp skal identifiseres med.

### 3.1.4. Beregning av konsentrasjonen av den enkelte parameter i prøvene

Etter startprøven analyseres en serie standardprøver med kjente konsentrasjoner. Disse danner grunnlaget for beregning av kalibreringskurver som konsentrasjonene i de ukjente prøvene siden blir regnet ut etter. Så følger prøvene i serier der hver serie utgjør prøvene fra en oseanografisk stasjon. Konsentrasjonen blir beregnet for en parameter når toppene for alle prøvene i en serie er funnet.

### 3.1.5. Utskrift av resultater

Etter hvert som prøvene blir analysert, blir resultatene lagret i maskinen til en serie er ferdig. De blir da skrevet ut på linjeskriver sammen med tilhørende stasjonsdata. De kan også lagres på diskett eller papirtape etter operatørens ordre. Deretter blir de slettet i maskinen for å gi plass til nye data.

### 3.2. Det datatekniske utstyr

Det tekniske utstyr som utgjør dataanlegget består av følgende komponenter (Se Fig. 14):

1. Alpha LSI 2 minidatamaskin med 24 K memory.
2. Beehive 100 dataskjerm.
3. Centronics 306 linjeskriver (PRINTER).
4. Dual floppy-disk for lagring av program og data.
5. REMEX COMBI Hurtig-punch/leser for papirtape.
6. Interface til autoanalysator. Type DT1731 fra Data Translation Inc., U.S.A. Dette er et halvkort med 16 innganger for analoge spenninger. I kortet er innebygget multiplexer med "sample and hold"-forsterker og 12 bits Analog/Digital omformer. Kanalene kan leses individuelt eller sekvensielt. Analog input er 0-10 volt.
7. Forsterker for normalisering av signalene fra fotometrene (laget etter våre spesifikasjoner ved Chr. Michelsens institutt).

### 3.3. Beskrivelse av programsystemet

Programsystemet skal kunne behandle signaler fra autoanalysatoren etter hvert som de forekommer og må kjøres i "sann tid" (real time). Vi har derfor benyttet oss av en programpakke fra maskinleverandøren: Real time executive program (RTX). Den inneholder bl.a. et styringsprogram (RTX scheduler) som ordner jobbene, representert ved de forskjellige programenhetene i systemet, i køer og gir kontrollen til program med høyest prioritet.

Selve programsystemet er laget av oss. Det er bygget opp av små uavhengige program som er gitt prioritet etter hvilken funksjon de har. Programmene refererer til tabeller og variabler som er felles for programmene (Common blocks).



Programsystemet består i alt av 31 enkeltprogram eller subrutiner hvorav 22 er skrevet i Assembler og 9 i Fortran. Disse er listet i Tabell I. Et blokkskjema over programsystemet er vist i Fig. 16.

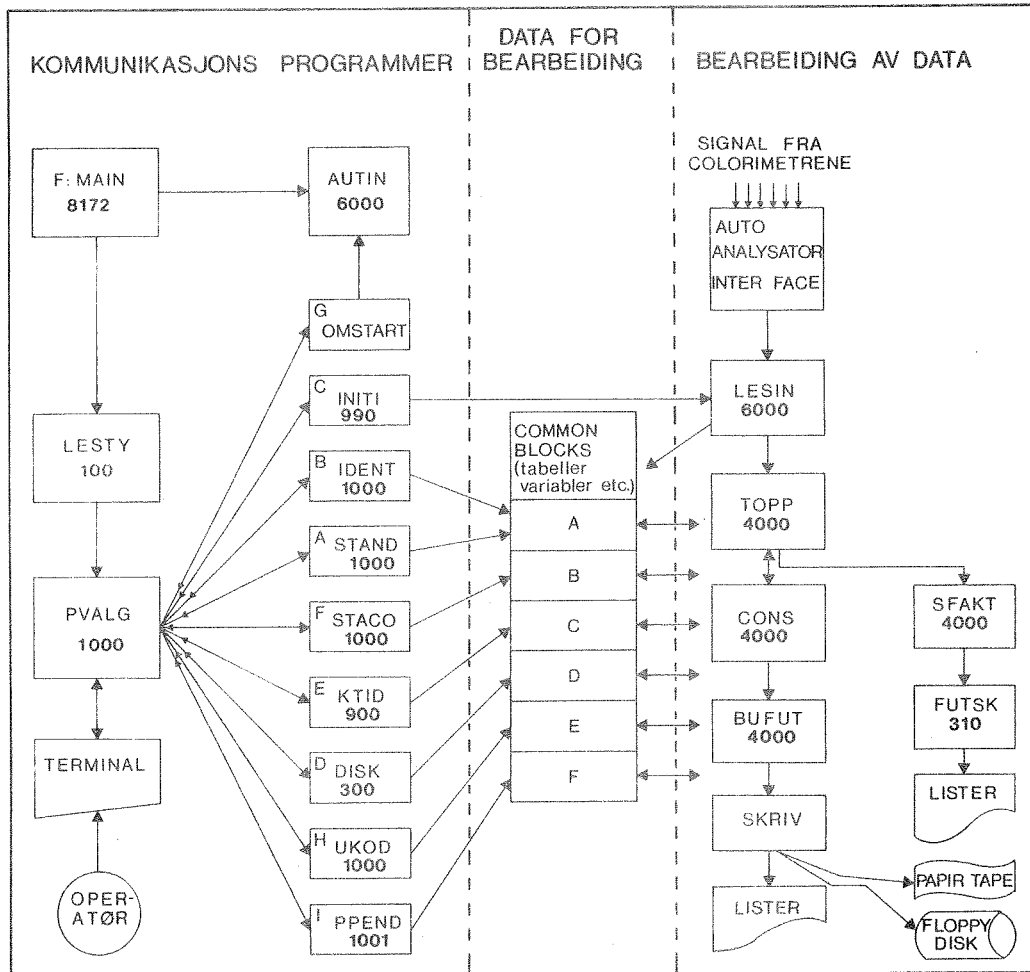


Fig. 16. Blokkskjema over programsystem for autoanalyzer. Blokken angir programmer med navn og prioritet. I venstre felt vises programmene som operatøren styrer systemet med, i midtre felt angis de såkalte COMMON Blocks (A, B, C, D, E, F) som er plassert i maskinens hukommelse for dataene som skal bearbeides. I høyre felt angis programmene som bearbeider dataene.

Kommunikasjonen mellom operatøren og programsystemet skjer via forskjellige rutiner som kan kalles opp ved å slå en bokstavkode på terminalen. Kommunikasjonsrutinene som operatøren har til rådighet er følgende:

Bokstavkode	Prog.navn	
A	STAND	Innskriving av nye beregningsfaktorer
B	IDENT	Innskriving av stasjons- og prøvedata
C	INITI	Start av programmet som leser fra interface
D	DISK	Lukking av datafil på diskette
E	KTID	Initiering av starttid for søking etter topp for den enkelte kanal
F	STACO	Innskriving av konsentrasjoner for standardprøver
G	AUTIN	Omstart av programmet
H	UKOD	Angivelse av utskriftskode (Valg av printer/diskette/papirtape)
I	PPEND	Skriver EOF-merke på papirtape

Programsystemet (Fig. 16) virker på følgende måte:

Hovedprogrammet (F:MAIN) starter programmene AUTIN og LESTY.

AUTIN initialiserer tabeller og variabelverdier.

LESTY er et program med lav prioritet som formidler kommunikasjon mellom operatøren (terminal) og systemet.

LESIN startes av operatør via rutine INITI (bokstavkode A). Programmet leser verdiene fra autoanalyser-interface hvert 6. sekund og legger denne inn i en arbeidstabell (KARB) hvor verdiene for de 6 siste avlesinger lagres. Samtidig økes en teller (NTID) som tjener som tidsreferanse. Deretter startes programmet TOPP.

TOPP. Et forenklet blokkskjema for programmet er vist i Fig. 17. Dette programmet går gjennom en "loop" for hver parameter (kanal på autoanalysator). Først beregnes glidende middel av de 6 sist innleste verdier for den aktuelle parameter (lagret i tabellen KARB). Deretter testes om tiden er inne for å søke etter "topp" for påfølgende prøve, og i så fall testes det siste glidende

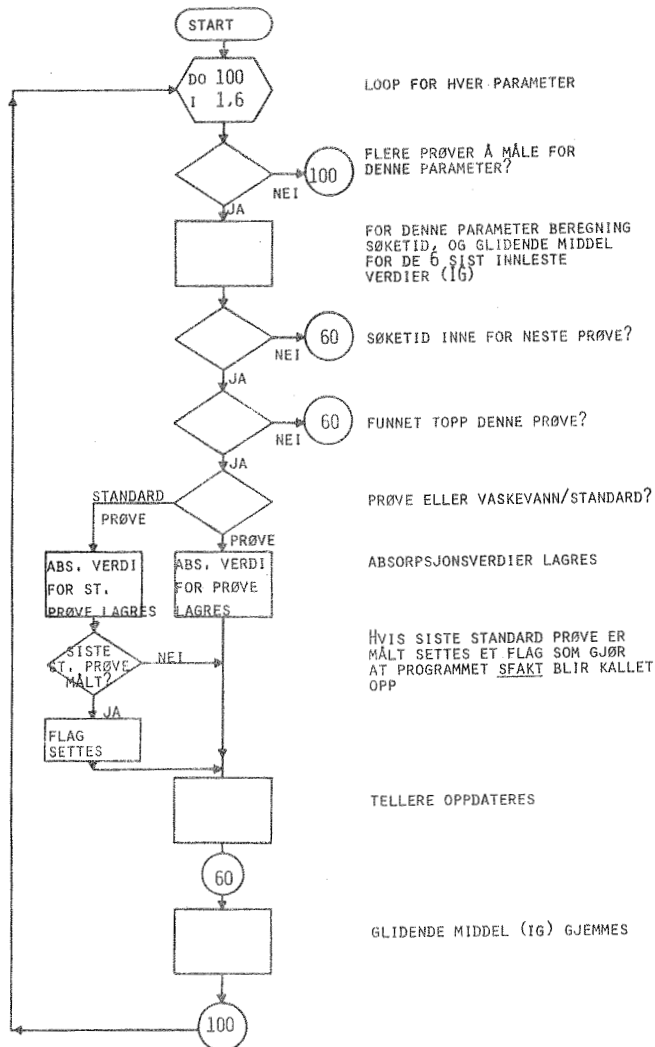


Fig. 17. Blokkskjema for program TOPP.

middel mot forrige for å se om toppverdi er nådd. Hvis topp er konstatert, blir prøvedataene undersøkt for å se om den tilhører en sjøvannsprøve (1), vaskevann eller standardprøve (2). Avhengig av utfallet av denne testen fortsetter programmet etter (1) eller (2).

(1) Sjøvannsprøve

Toppverdien blir lagret i en 2-dimensjonal tabell ITOP der hver parameter er representert ved en kolonne. Toppverdiene for hver parameter blir her lagret fortløpende inntil alle prøver er målt. Når alle prøver i en serie er målt med hensyn til en parameter, startes en rutine CONS som beregner konsentrasjonene.

(2) Vaskevann eller standardprøve

Toppverdiene for både vaskevann og standardprøve blir lagret i en

2-dimensjonal tabell KST, organisert på samme måte som tabellen ITOP nevnt ovenfor. Når alle standardprøver er målt, kalles en rutine SFAKT som beregner regresjonsligningene for standardkurvene for hver parameter.

For hver topp som blir funnet for en parameter, blir tabellen KOTAB som bl.a. inneholder tellere og pekere til prøvedatatabelen for hver parameter, oppdatert.

SFAKT. Her beregnes regresjonsligningene for standardkurvene for hver parameter etter at en serie av standardprøver er målt. En serie består av 4 prøver med kjent konsentrasjon av hver parameter. Absorpsjonsverdiene for hver parameter blir så korrelert mot konsentrasjonene. Vi beregner regresjonsligningene (n) for standardkurvene etter formelen:

$$y = f \cdot x + b \quad (n)$$

der y er konsentrasjonen i prøven,  
x er absorpsjonsverdien,  
f er stigningskoeffisienten for kurven,  
b er skjæringspunkt til y-aksen.

Vi får samtidig beregnet korrelasjonskoeffisienten r. Faktorene f og b blir lagret i en tabell som brukes av programmet CONS for å beregne konsentrasjonen i prøvene. Etter beregningen blir regresjonsligningene samt korrelasjonskoeffisientene skrevet ut av programmet FUTSK (Fig. 13). Ved å se på verdiene av korrelasjonskoeffisientene kan operatøren avgjøre om regresjonsligningene er gode nok. Han kan så eventuelt beregne kurvene manuelt og skrive inn nye faktorer via rutinen STAND (bokstavkode A).

CONS. Når absorpsjonsverdiene for en parameter er funnet for alle prøvene i en serie (stasjon) startes programmet CONS. Det bruker absorpsjonsverdiene som ligger i tabellen ITOP og beregner konsentrasjonen av den aktuelle parameter i prøvene ved hjelp av regresjonsligningen (n) som er funnet i program SFAKT. De beregnede verdier overføres etter hvert til tabellen RBUF samtidig som verdiene i ITOP blir slettet.

Når siste parameter er beregnet, kalles en rutine BUFUT.

BUFUT. Dette programmet samler dataene om en prøveserie i en egen utskriftsbuffer der de ligger til de er ferdig utskrevet. Dataene som overføres til utskriftsbuffer er:

1. Identifikasjon av prøveseriene. Den inneholder: Skip nr., stasjon nr., posisjon, dato, klokkeslett, samt antall prøvedyp i serien.
2. Prøvedypene i den rekkefølge de forekommer i prøveserien.
3. Konsentrasjonen av parametrene i hvert dyp.

SKRIV. Dette er et program med lav prioritet som startes av programmet BUFUT. Programmet skriver ut dataene som er lagt i utskriftsbuffer på linjeskriver. Eks. på slik utskrift er vist i Fig. 18.

Avhengig av verdien på en variabel ISTOP som gis av operatøren via kommunikasjonsrutinen UKOD, kan dataene også skrives ut på papirtape eller til en fil på floppydisk.

SKIP	STASJON	BO	EM	LG	LM	NSEW	RAR	MND	DAG	KL
15	370	71	30	19	40	0	1981	5	3	21

DYP	PO4	NO3	NH4	SI
0	67	9.8	0.0	5.1
5	69	10.1	0.0	5.2
10	70	10.0	0.0	5.4
20	72	10.4	0.0	5.6
30	69	10.2	0.0	5.3
50	73	11.0	0.0	5.4
75	79	11.2	0.0	5.5
100	73	11.1	0.0	5.6
125	80	11.0	0.0	5.8
150	80	11.7	0.0	5.7
200	78	11.4	0.0	5.6

Fig. 18. Eksempel på utskrift av analyseresultater.

LITTERATURLISTE

- BENDSCHNEIDER, K. and ROBINSON, R.I. 1952. A new Spectro-fotometric Method for the Determination of Nitrite in Sea Water. J. mar. Res., 2: 87-96.
- GRASSHOFF, K. 1965. On the Automatic Determination of Phosphate, Silicate and Fluoride in Sea Water. Coun. Meet. int. Coun. Explor. Sea, 1965(No. 129): 1-3, 9 fig.
- MAGNUSSEN, M. A simple Method to avoid Physical Salt Effects during Automatic Analysis of Nutrients in Sea Water. (Manus.)
- MULLIN, J.B. and RILEY, J.P. 1955. The Colorimetric Determination of Silicate with Special Reference to Sea Water. Analytica chim. Acta, 12: 162-176.
- STAINTON, M.P. 1974. Simple, Efficient Reduction Column for Use in the Automated Determination of Nitrate in Water. Analyt. Chem., 46(11): 1616.
- STRICKLAND, J.D.H. 1952. The Preparation and Properties of Silicomolybdic Acid. II. J. Am. chem. Soc., 74: 868-871.
- STRICKLAND, J.D.H. and PARSONS, T.R. 1968. A Practical Handbook of Seawater Analysis. Bull. Fish. Res. Bd Canada, 167: 1-311.

Tabell I.

LISTE OVER ALLE PROGRAMMER OG RUTINER SOM INNGÅR I PROGRAMSYSTEMET  
 F/A angir om programmet er skrevet i FORTRAN (F) eller ASSEMBLER  
 (A).

Programnavn	F/A	Prioritet	Oppgave
F:MAIN	A	8172	Kaller RTX, starter AUTIN, LESTY
AUTIN	F	6000	Initierer tabeller og variabler
LESTY	A	100	Leser fra TTY
SUBIO	A	1000	I/O rutine
PVALG	A	1000	Kopler operatør til valgt kom. rutine
LESIN	A	6000	Leser fra interface for autoan.
INITI	A	990	Starter opp LESIN komm. rutine (C,G)
SLUTT	A	400	Stopper LESIN
ADRBUF	A	6000	Overfører adresser til assembl.progr.
TRBFA	A	6000	" " " " "
IDENT	A	1000	Leser inn stasjonsdata komm.rutine (B)
GO	A	-	I/O subrutine
STAND	A	1000	Komm. rutine for beregn. faktorer (A)
STACO	A	1000	" " " standardkonsentr.(F)
UKOD	A	1000	" " " utskriftskode (H)
COM	A	-	I/O subrutine
KASC	A	-	Konverterer fra ASCII (subrutine)
KTID	F	900	Starter søketid for hver kanal (komm. rutine) (E)
TOPP	F	4000	Søker etter topper
SFAKT	F	4000	Beregner standardkurver
CONS	F	4010	Beregner konsentrasjon i prøvene
BUFUT	F	4010	Overfører data til utskriftsbuffer
FUTSK	F	310	Skriver ut resultater fra standard- kjøringene
SKRIV	F	300	Skriver ut prøveresultater
FUT	A	300	Skriver data til floppydiskfil
PPEND	F	1001	Skriver EOF merke på papirtape komm. rutine (I)
DISK	A	300	Komm. rutine, lukker fil på floppydisk (D)
SSKRV	A	300	Subrutine for start av skriv
SFUTS	A		" " " " FUT
SSLTT	A		" " " " SLUTT
SCONS	A		" " " " CONS

FISKEN OG HAVET SERIE B

Artikler utkommet i 1981. Oversikt over tidligere artikler finnes i tidligere nr.

- 1981 Nr. 1 Arnold Sutterlin, Vilhelm Bjerknes og Tor G. Heggberget:  
Mulighetene for pukkellaks (Oncorhyncus gorbuscha) i  
Norge - kulturbetinget fiskeri.
- 1981 Nr. 2 Olav R. Godø og Noralf Slotsvik: Borgundfjordtorsken.  
Ein rapport til Ålesund kommune om Borgundfjorden si  
betydning som gyteområde for torsk.
- 1981 Nr. 3 Jan Aure: Akvakultur i Hordaland. Kartlegging av høve-  
lige lokaliteter for fiskeoppdrett.