

Rechten voorbehouden

Van interne verslagen zijn nadruk of aanhalingen
slechts toegestaan met uitdrukkelijke toestemming
van het NIOZ.

Enkele stikstofcomponenten en zuurstof in de Waddenzee
en het Eems-estuarium
(ammonia, nitriet en nitraat
in de maanden juni tot en
met december 1971)

door

H. R. Murris

NEDERLANDS INSTITUUT VOOR ONDERZOEK DER ZEE

PUBLICATES EN VERSLAGEN:

Nummer 1972-10

Enkele stikstofcomponenten en zuurstof in de Waddenzee

en het Eems-estuarium

(ammonia, nitriet en nitraat

in de maanden juni tot en

met december 1971)

door

H. R. Murris

Intern verslag

over

werkzaamheden verricht als doctoraal onderwerp

in het tijdvak van juni tot december 1971

aan

het NIOZ te Texel

voor

Prof. P. Groen

Vrije Universiteit Amsterdam

onder supervisie van

W. Helder

NEDERLANDS INSTITUUT VOOR ONDERZOEK DER ZEE

PUBLICATIES EN VERSLAGEN

nummer 1972 - 10

Enkele stikstofcomponenten en zuurstof in de Waddenzee
en het Eems-estuarium
(ammonia, nitriet en nitraat
in de maanden juni tot en
met december 1971)

door

H. R. Murris

Inhoud

I. Inleiding en probleemstelling	2
II. Materiaal en methoden	3
1. Ammonia	3
2. Nitriet en nitraat	5
3. Zuurstof	6
III. Overzicht van de bewerkte gegevens	7
IV. Resultaten en bespreking	8
1. De Westelijke Waddenzee	8
2. Het IJsselmeer	10
3. De Noordzee	11
4. Centrale Waddenzee (onder Ameland)	12
5. De Oostelijke Waddenzee	13
6. Het Eems-estuarium	14
7. Vergelijking en gedeeltelijke samenvatting	32
V. Gebruikte literatuur	34
Tabellen en Figuren	

I. Inleiding en probleemstelling

Als onderwerp voor het bijvak Oceanografie was de opdracht het bestuderen van de stikstofcyclus in de Waddenzee en Eemsestuarium. Van de stikstofcyclus zijn alleen de concentraties van de anorganische componenten NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- bepaald. Onder supervisie van W. Helder, die een jaarcyclus voor de betrokken gebieden wilde rondkrijgen, is gewerkt met de gegevens van zes tochten, die met het Motorschip "Eider" van het NIOZ zijn gemaakt. Deze tochten vielen in juni (tocht 12, Eider), juli (13), augustus (14), eind september (15), november (16), en december (17), allen in 1971. Hiervan zijn de tochten 14, 15, 16 gedeeltelijk en 17 door mij bijgewoond.

Voor vergelijking en aanvulling van de jaarcyclus waren de tochten, die D. MEIJERS in de winter van 1970/71 maakte, van belang. D. MEIJERS is verder dieper ingegaan op de mikrobiologische aspecten. Aan de reeds door hem uitgetroefde methodes was verder weinig meer te sleutelen, zodat onmiddellijk met de verkregen resultaten gewerkt kon worden. Van de bij de stikstofcyclus betrokken componenten zijn ammonia, nitriet en nitraat bepaald, waarvan ammonia aan boord en de andere twee op het laboratorium van het NIOZ. De concentraties zijn allen colorimetrisch bepaald: Ammonia met de Indophenol-blauw methode volgens KOROLEFF; nitriet met behulp van een azo-kleurstof, die ontstaat na achtereenvolgende reactie van nitriet met twee aromatische aminen volgens SHINN; nitraat werd met geamalgeerde-Cadmium kolommen tot nitriet gereduceerd en verder als nitriet gemeten.

Helaas is het gehalte van partikel-N, de aan slibgebonden stikstof achtergebleven in de filters, nog niet bepaald. Andere gegevens die gebruikt werden zijn: het zuurstofgehalte, het zoutgehalte, de pH, de fluorescentiewaarden in het Eems-estuarium.

De meeste nadruk in dit verslag is gevallen op de toestand in het Eemsestuarium, waarbij verschillende combinaties van bovengenoemde gegevens verwerkt zijn. Met name is een poging gedaan om met de fluorescentiegegevens van J. ROMMETS iets te kunnen zeggen over de verdunning en omzetting van de drie bepaalde stikstofcomponenten.

II. Materiaal en methoden

Monstergebied

Dit omvat de gehele Nederlandse Waddenzee, Eemsmond, Eems en Dollard, tevens het IJsselmeer langs de afsluitdijk. In vergelijking met D. MEIJERS is dit enigszins uitgebreid met een aantal monsterpunten in de Dollard. De kaartjes fig. 1 en 2 brengen het monsternet in beeld.

Monstername

Op een enkele maal na werd steeds de Postmawaterschepper met twee literflessen gebruikt. Aan boord werd 1 liter afgefiltreerd (glas-vezelfiltreerpapier van het merk Whatmann nr. 11 met poriëngrootte van ongeveer 0.5μ). Hiervan werd ongeveer 200 cc opgeslagen in de vrieskast (-20°C) om na afloop van de tocht de concentraties aan nitriet en nitraat in het laboratorium te bepalen. Ammonia werd dezelfde dag aan boord bepaald.

Bepalingen

1. Ammonia

Daar de bepalingen van ammonia (volgens KOROLEFF) een kleine wijziging heeft ondergaan in vergelijking met D. MEIJERS volgt hier een korte beschrijving.

1. Van de gefiltreerde liter water werd in de meeste gevallen 10 cc in twee reageerbuisjes elk gepipetteerd.

In het Eems-estuarium en andere plaatsen, waar de concentraties van de te bepalen componenten zo hoog lagen, dat niet direct kon worden gemeten, is eerst voldoende verdund met tri-dest. - of NH_4 vrij water.

2. Vervolgens werden de twee reactiemengsels toegevoegd en op een whirlmix goed gemengd. Aan één van de buisjes werd eerst nog 50 μ liter met een Eppendorf pipet standaard NH_4 oplossing toegevoegd. De concentratie in de buis werd zodoende met 5 μ grat/l NH_4^+ verhoogd. Hierna werden de reageerbuisjes met parafilm afgesloten en minimaal zes uur in het donker geplaatst. De verandering met MEIJERS is hier de iets andere samenstelling van reactiemengsel II. Reagens I en de standaardtoevoeging waren ongewijzigd.

Reagens I: 35 gram Phenol,
 400 mg. NatriumPrusside,
 in 1000 ml. Tridest water

Reagens II: boven zoutgehalte van 5 ‰ ,	beneden 5 ‰ S
11 gram NaOH,	7 gram NaOH,
140 gram Natriumcitraat,	idem,
20 ml. NaOCl (1 N),	"
aangevuld tot 500 ml. tridest water	"

(samenstellingen volgens KOROLEFF)

Van elke reagens werd 0.5 ml toegevoegd met behulp van een dispenser van het merk Brand.

Er zijn dus nu twee reagentia II gebruikt, waarvan het ene voor water beneden de 5 ‰ S werd gebruikt. Bij de verdunningen, waarbij het zoutgehalte beneden de 5 ‰ daalde, is tevens van het "zoete mengsel" gebruik gemaakt.

3. Na zes uur in het donker gestaan te hebben werden de monsters

gemeten met de ELCO II van Zeiss met J.62 (620 nm) interferentiefilter.

4. De berekening van de concentraties is verder ongewijzigd gebleven.

Nitriet en nitraat

Na de eerste moeilijkheden, die D. MEIJERS ondervonden had met de toevoeging van de reagentia, met als oorzaak de siliconenrubber slangetjes van de dispensors, is de uiteindelijke methode, waarbij nu gebruik werd gemaakt van dispensors met teflon slangetjes, ongewijzigd gebleven. Een verwijzing naar zijn verslag lijkt hier voldoende.

De methode van nitrietbepaling is van M. B. SHINN (1941). Nitraatreductie tot nitriet met behulp van gemalgeerde Cadmium kolommen is beschreven door WOOD, ARMSTRONG & RICHARDS (1967).

De monsters zijn zonder toevoegingen van concerveringsmiddelen, zoals Chloroform, in de vrieskast bij -20°C geplaatst. Op het laboratorium werden zoveel flessen ontdooid als bewerkt konden worden op één dag (20 tot 24).

Een enkele opmerking over de Indophenol reactie bij de Ammonia-bepaling is hier op z'n plaats:

Volgens VON LORENTZ (1967) loopt het pH optimumgebied van ongeveer 10.3 tot 11.5. Buiten dit pH traject gaat de kleuropbrengst sterk omlaag.

De ammonia methode is daardoor vrij gevoelig voor zoutvariatiës. Een enkele keer werden wel eens afwijkingen gevonden. Dit is vermoedelijk te wijten aan een samenspel van het zoutgehalte en opgeloste stoffen, bijvoorbeeld Ca- en Mg ionen, met het reaktiemengsel, zodat een afwijkende pH ontstaat. Aangenomen is dat deze afwijkingen voldoende gecorrigeerd zijn door de omrekening met de standaardtoevoeging.

De gemaakte fout zal daarbij naar schatting niet hoger zijn dan 5%.

Zuurstof

In de westelijke Waddenzee werden hier en daar wat zuurstofmonsters gemonen. In de oostelijke Waddenzee en het Eemsestuarium is bij elke monsterplaats zuurstof gemonsterd.

De zuurstofbepaling is volgens de Winklermethode (1966).

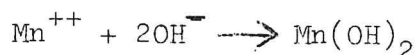
Met behulp van een hevel uit een putsemmer of met de Nansenwaterschepper werd een flesje met nauwkeurig bepaald volume (± 100 ml) gevuld.

Met Brand dispensors wordt 1 ml MnCl_2 oplossing (I) en 2 ml NaOH.KJ oplossing (II) toegevoegd. Het flesje stroomt dan over. Het monsterflesje wordt afgesloten en beveiligd met een elastiekje van bandrubber, een aantal malen goed geschud en gedurende de reis opgeslagen in een container met water.

Het ontstane neerslagbezinkt. Van de heldere vloeistof wordt ± 25 ml afgezogen met een pipet. Het flesje wordt op een magnetische roerder geplaatst met roerstaafje.

Dan wordt er 2 ml H_2SO_4 (10 N) toegevoegd, zodat het neerslag oplost. Getitreerd wordt nu met Thio (0.01 N) tot een zwak gele kleur ontstaat. Nu $\frac{1}{2}$ ml stijfsel oplossing (1 %) toevoegen en verder titreren tot kleurloos.

Reactie vergelijking:



De opgeloste O_2 reageert kwantitatief met dit Hydroxide tot hoger geoxideerde Mangaanhydroxiden.

Bij het aanzuren reageren deze laatsten met jodide, onder vorming van een equivalente hoeveelheid Jodium en het Mangaan keert weer terug tot Mn^{++} .

Het vrijgekomen Jodium wordt getitreerd met Thio:



Reaktiemengsels:

I $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 600 gram per liter.

II NaOH-KJ : NaOH 250 gram per liter,

KJ 350 gram per liter.

H_2SO_4 (10 N).

Stijfseloplossing van 1%.

$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, 0.01 N.

KJO_3 , 0.01 N.

Berekening:

$$(a - b) \cdot t \cdot \frac{1000}{2} \cdot \frac{1000}{V - 3} = \dots \text{ugrat O} - \text{O}_2 \text{ per liter.}$$

a = ml Thio bepaling,

b = ml Thio blanco,

t = titer Thio,

V = volume van het monsterflesje.

De verzadigingswaarde van in zeewater opgeloste zuurstof hangt af van de Saliniteit en de temperatuur. Deze waarde kan worden afgelezen uit een, aan de hand van de gegevens van CARPENTER en CARRITT, geconstrueerde grafiek. In de praktijk drukt men de gevonden waarde uit als percentage van de verzadigingswaarde.

III. Overzicht van de bewerking van de gegevens

1. Voor zover mogelijk is van elk monsterpunt een tochtkalendertje gemaakt, systematische gerangschikt per stroomgeul of deel van het monsternet; Tevens zijn de Noordzeemonsters van W. Gieskes gebruikt om een mogelijke invloed van het Nederlandse kustwater op het Waddengebied waar te nemen; pagina 8 tot en met 14.

2. In het Eemsestuarium zijn deze kalendertjes gecorrigeerd met behulp van het zoutgehalte; pag. 14 t/m 20 en fig. 10 t/m 15.

3. Van enkele tochten is een totale grafiek gemaakt van de achteroor volgende monsterpunten om bijvoorbeeld het wantijeffect duidelijker tot uiting te brengen; pag. 33 en fig. 36 t/m 38.

4. De concentraties van de verschillende Stikstofcomponenten in het Eemsestuarium zijn uitgezet tegen het zoutgehalte. Ook met de zuurstofspanning is dat gedaan. Deze grafieken zijn gebruikt om de tocht-kalendertjes te corrigeren (zie punt 2); pag. 21 en fig. 17 t/m 28.

5. Met behulp van de fluorescentiegegevens van J. ROMMETS is de invloed van de verdunning op de componenten bekeken. Deze fluorescentiewaarden konden in samenwerking met het zoutgehalte gebruikt worden om van elk monsterpunt de procentuele samenstelling van de drie onderscheiden watertypes te bepalen. Hierbij is de verhouding van de berekende en de gevonden concentratie voor nitraat en het totale opgeloste anorganische Stikstof grafisch weergegeven; pag. 23 fig. 29 en 30, en tabel 5 t/m 8.

6. Vergeleken is de toestand van het binnenwater van Delfzijl, de situatie in de Bocht van Watum en het Oostfriesche gaatje, wat betreft de zuurstofspanning en de stikstofconcentraties; pag. 30, fig. 31 en tabel 10.

7. Een totaal overzicht is gegeven in een serie Tabellen en grafiekjes van gemiddelden voor de verschillende gebieden van het monsternet; pag. 32, fig. 33 t/m 35, en tabel 11.

IV. Resultaten en bespreking

Achtereenvolgens worden in een aantal paragrafen de bemonsterede gebieden besproken.

1. De Westelijke Waddenzee

Dit deel omvat de monsterpunten 1 tot en met 20, 70 en 71 Te weten: Marsdiep, Texelstroom, langsde afsluitdijk, Wierbalg, Malzwin, Blauwe

slenk, Vliestroom, Schuitemgat (West Terschelling) en Oosterom tot het wantij O_2 . Dit laatste punt is echter niet meegerekend en is beschouwd als de grens tussen de Westelijke Waddenzee en het deel van de Waddenzee ten zuiden van Ameland (door mij Centrale Waddenzee genoemd). De resultaten zijn weergegeven in een aantal tochtkalender-tjes per monsterpunt. Deze grafiekjes zijn op een logische volgorde geplaatst met aan de ene kant de Noordzee en aan de andere het kustwater.

Uit de figuren 3 en 4 blijkt dat ieder monsterpunt in een bepaalde geul een karakteristiek verloop voor die geul heeft.

In juni wijkt het Marsdiep af, het ammoniagehalte is veel hoger. Een invloed van de Nieuwe waterweg of/en het Noord Hollands kanaal is mogelijk. In hoeverre de hoeveelheid nutriënten, geloosd bij Harlingen, van invloed is, is niet geheel uit de resultaten af te lezen (figuur 32). De ammoniawaarden van Harlingen binnen zijn reeds hoger in de zomer en nemen snel toe tot zeer hoog in december. De nitraatconcentratie begint later, maar sneller toe te nemen. Ook de nitrietwaarden liggen hoog. De verzadigingswaarde van zuurstof is in december afgenomen van 75% in augustus tot 50%.

Het NO_3 gehalte is in Wierbalg het begin wat groter. Waarschijnlijk komt dit door het IJsselmeer, waar de NO_3 waarden in de maanden juni en juli (mp 69, Den Oever) hoger liggen.

Uit deze karakteristiekjes komt naar voren, dat het nitraatgehalte op alle monsterpunten vrij regelmatig in de tijd toeneemt. De verschillen zitten in de ammoniacconcentraties. Het nitraatbeeld is vrijwel overal gelijk, evenals nitriet. Het is duidelijk waarom ammonia als eerste stap in het nitrificatieproces het totale beeld van het totale opgeloste stikstof bepaald. De eerste stap volgt namelijk het snelst de aanvoer van organische materiaal, dat

mineraliseerd tot de anorganische N- componenten. De van de drie componenten het meest conservatieve nitraat is het minst aan veranderingen door plaatselijke omstandigheden onderhevig.

Uit de gegevens van D. MEIJERS is gebleken, dat later in de winter de nitraatconcentratie die van ammonia overtreft. November 1970 komt vrij goed overeen met de toestand van december 1971, althans wat de verhouding tussen nitraat en ammonia betreft. Het lijkt wel of het eindstadium in de mineralisatie in 1971 wat later plaats vindt dan in 1970.

2. Het IJsselmeer

De monsterpunten zijn 67, 68 en 69, respectievelijk bij Kornwerderzand, Breezandijk en Den Oever, allen vrij dicht onder de afsluitdijk. Hoewel er slechts drie monsterpunten zijn genomen, lijkt dit aantal toch voldoende om het IJsselmeer te vergelijken met de Waddenzee. Deze meest noordelijke punten geven waarschijnlijk een goed beeld van de invloed van het gehele meer, omdat het netto transport van eventuele nutriënten in noordelijke richting plaats vindt.

Het NH_4 gehalte wijkt in de tijd niet veel af en is tot november wat lager dan in de westelijke Waddenzee. Het meest opvallend is het verloop van de NO_3 waarden: Zeer hoog in de zomer (juni) om dan steil af te nemen tot bijna nul in augustus (zie Fig. 5). In november stijgt de concentratie weer snel boven die van NH_4 . Waarschijnlijk is de hoge waarde van de zomer normaal. Al eerder werd een hoge nitraat pick in de zomer waargenomen (POSTMA, 1961), hoewel die lager was en minder scherp. Of deze hoge waarde een gevolg is van een storing in het natuurlijke beeld van het IJsselmeer is niet duidelijk. De gegevens van het RIZA van Kampen aan de IJssel geven geen bijzondere afwijkende NH_4 - en NO_3 gehalten in de loop van het

jaar.

De IJssel is vermoedelijk toch van weinig invloed geweest door de langdurige droogte in de zomer. De tijd daarvoor geeft eveneens geen bijzondere afwijkingen in de NO_3 en NH_4 gehalten. (Zie Tabel 3). In vergelijking met 1970 zijn de NO_3 waarden van het IJsselmeer in november 1971 lager (3-5 maal) en in december 2 x lager. Ook het IJsselmeer is dus iets achter in het mineralisatieproces tijdens 1971 in vergelijking met 1970.

3. De Noordzee voor de kust van Noord- en Zuidholland

De situatie van de monsterpunten, die door W. GIESKES bezocht zijn in de maanden maart, april, augustus en november 1971, is te vinden op het kaartje Fig. 6. De gegevens (Tabel 2) worden grafisch weergegeven in fig. 7.

De serie grafieken is zo geplaatst dat de monsterpunten het dichtst bij de kust onderaan de bladzijde staan. Bovenaan laat de situatie meer zeewaarts zien dat de invloed van de kust (lozingen van N. Waterweg, Den Haag, IJmuiden enzovoort) praktisch nihil is. Op het eerste gezicht lijkt dit voor de Noordzee een vrij gunstige situatie. Wat er werkelijk plaats vindt is minder gunstig: Het grootste deel van de verontreinigingen wordt in een kuststroom in noordelijke richting vervoerd. Dit is ook af te lezen uit de grafiekjes: De concentraties het dichtst langs de kust blijven het hoogst en nemen in noordelijke richting veel langzamer af dan in westelijke. De invloed is voor de Waddenzee bij het Marsdiep en Texelstroom vermoedelijk het grootst. Dit komt ook tot uitdrukking in de gegevens van deze geulen: Deze liggen hoger dan in de Vliestroom en Blauwe slenk (Fig. 3).

Hoewel de waarden van W. GIESKES voor augustus en november

voor dit verslag misschien alleen van waarde zijn, zijn ook die van maart en april opgenomen. Een duidelijke invloed op de Waddenzee is uit deze gegevens (nog) niet te halen, doordat onder andere de monstertijden te ver uit elkaar liggen. Bovendien zijn de waarden in de zomer niet bekend.

In augustus is wel een nitraat piekje in de Texelstroom te zien ($3 - 5 \mu\text{grat/l}$). Bij mp 7 (Noordzee) is de NO_3 waarde $9 \mu\text{grat/l}$, terwijl de NH_4 waarden van de Noordzee (kust) weinig verschillen met Marsdiep en Texelstroom. Deze laatste liggen ongeveer evenhoog, terwijl de Vliestroom twee maal zo laag is. Over november is niet veel te zeggen. (fig. 3).

4. Centrale Waddenzee (ten zuiden van Ameland)

De monsterpunten zijn: 22 tot en met 32, met inbegrip van het wantij van Holwerd (mp 30). Deze monsterpunten liggen in Boschgat, Borndiep, Dantziggat en Holwerderbalg. Figuur 4 geeft de grafische weergave op de gebruikelijke kalendermethode. Links is de situatie van Oosterom (Westelijke Waddenzee), het wantij 0 32 (mp 21) en Boschgat weergegeven met vergelijkbare punten rechts van Borndiep en Dantziggat. Het deel dat hier besproken wordt geeft onderaan de bladzijde de richting van de Noordzee aan en naar boven toe de situatie in de richting van het wantij. Overigens is het wantij van Holwerd net buiten deze opzet weergegeven.

De ammoniacconcentraties verschillen weinig van die ten zuiden van Terschelling, evenals het verloop van de overige stikstofcomponenten.

Bekijken we nu een geul met aan de ene kant het wantij en aan de andere de Noordzee, dan zien we, vooral voor NH_4 , een duidelijke afname per tocht in de richting van de Noordzee. Het totale beeld

geeft eveneens weer dat de schommelingen in de buurt van het wantij sterker zijn. De nitrietwaarden zijn er eveneens hoger en vertonen meer variaties, terwijl de nitraatwaarden dit (nog) niet vertonen. Bezien we het wantij van Holwerd nader, dan blijkt dat dit duidelijk afwijkt van de overige monsterpunten en wel sterker naarmate het monsterpunt dichterbij een zeegat ligt.

Uit het verloop van de stikstofcyclus blijkt ook nu weer en juist het karakteristieke van het wantij. Vergelijk hiervoor ook Fig. 36, 37 en 38.

5. De Oostelijke Waddenzee

Dit gedeelte omvat de monsterpunten 33 tot en met 42. De belangrijkste geul is de Zoutkamperlaag - Oort, nabij de ingedijkte Lauwerszee. De andere helft van de monsterplaatsen ligt in het ondiepste deel van de Waddenzee met kleine geulen en een aantal wantijen, waarvan het wantij van het Hornhuizerwad en dat bij ZOL 34, dat vlakbij de smeerpijp van Hoogkerk ligt, de belangrijkste zijn.

In Figuur 8 zijn de grafiekjes weer zo gerangschikt dat aan de ene kant een wantij aan het begin van een serie kalendertjes staat en aan de andere kant een zeegat.

Het Hornhuizerwad vertoont, wat de ammoniawaarden betreft, weer een duidelijk afwijkend beeld. Gaan we vanaf dit wantij in de richting van het zeegat van de Zoutkamperlaag, dan neemt deze invloed af. Bij Lauwersoog is een piekje in juli in de NH_4 concentratie te zien, wat van het Lauwersmeer afkomstig kan zijn.

Ook het wantij bij ZOL 34 (mp 42) geeft duidelijke sprongen en een hogere NH_4 concentratie. Of dit aan het karakteristieke van het wantij ligt of aan de lozingen van Hoogkerk bij Noordpolderzijl is niet geheel duidelijk;

De invloed van deze persleiding komt vermoedelijk niet zo duidelijk tot uitdrukking, omdat altijd is gemonsterd bij hoog water, waardoor de grote hoeveelheden organisch afval teruggespoeld kunnen zijn. Een verdunning zou gunstig zijn, maar is niet zo waarschijnlijk, omdat deze pijp niet zo ver in de geul uitmondt (is eerder veel te kort). De buis mondt uit in de buurt van ZOL-VN (mp 41), wat hetzelfde verloop heeft als mp 42, alleen iets lager en afgevlakt. De invloed van de smeerpip is bij vloed dan ook beter te bemerken bij mp 42 dan dichtbij het lozingspunt zelf (mp 41). Overigens ligt mp 41 niet vlakvoor de pijp, maar aan het eind van een geultje, dat uitkomt op de Zuid Oost Lauwers. Dit geultje is niet op de kaart van Fig. 2 te zien.

De zeer hoge waarden in december kunnen afkomstig zijn van het Eemsestuarium, waar de NH_4 concentratie dan zeer hoog is. Het Eems-Ra wadje heeft in december een ammoniacconcentratie van ruim $85 \mu\text{grat/l}$, ZOL 34 ruim 50. In de zomer is de situatie net andersom: Het E-R ligt dan lager in concentratie. Het gehalte is dan wel veel lager dan in december: respectievelijk ongeveer 5 en $15 \mu\text{grat/l}$ voor E-R (mp 43) en ZOL 34 (mp 42). Er is hier dan ook een wederzijdse invloed waar te nemen.

6. Het Eems-estuarium (Eemsmond-Eems-Dollard)

Onder de Eemsmond vallen de monsterpunten 43 (E-R) tot en met 48 (PS 1) en 64 (BW 18).

De monsterplaatsen van de rivier de Eems zijn 49 tot 56. De Dollard omvat de mp 57 tot 63.

Beschrijving van het gebied:

Van het Nederlandse Waddengebied is het Eemsestuarium het enige echte estuarium met een zoutgradiënt van zuiver zeewater

(groter dan 35 ‰) tot 0,3 ‰ S, landinwaarts op de rivier. Volgens DORRESTEIN & OTTO levert de Eems een gemiddeld debiet van 100 m^3 per seconde. De Eems zelf is de belangrijkste zoet water leverancier met daarnaast, in de Dollard, de Westerwoldse Aa en, bij Delfzijl, het Eemskanaal in mindere mate. Het estuarium is vrij eenvoudig van bouw met één belangrijke zoet waterbron en een brede mond, die op open zee uitkomt. Daarnaast is er een grote getijdenkom, de Dollard; zie Fig. 9.

Al met al is het een zeer geschikt gebied om er estuaria onderzoek te doen.

Voor het onderzoek van de stikstofcyclus in dit estuarium volgt hier een kort overzicht van de verschillende bewerkingen. Hierin zijn opgenomen: Ammonia, nitriet, nitraat en het totale opgeloste anorganische stikstof, het zuurstofgehalte, fluorescentie en iets over de zuurgraad.

A. Tochtkalender (uitgezet zijn de concentraties tegen de tijd).

Omdat de overige Waddenzee een niet zo grote zoutgradiënt bezit, zijn daar de tochtkalendertjes niet gecorrigeerd voor het zoutgehalte. In het Eemsestuarium was dit echter zeer goed mogelijk. De verschillende stikstofcomponenten zijn ieder apart weergegeven voor enerzijds de Eems tot en met de Eemsmond en anderzijds de Dollard en de Eemsmond, gecorrigeerd voor een aantal zoutgehaltes. Een voorbeeld van zo'n correctie is gegeven in Fig. 18. De nu verkregen isohalines in de tijd worden weergegeven in de figuren 10 tot en met 15.

B. De concentraties van de stikstofcomponenten uitgezet tegen

het zoutgehalte. In Fig. 12 tot en met 28 is het verzadigingspercentage van zuurstof opgenomen; Zie Fig. 17 tot en met 28. Deze grafieken zijn gebruikt om de onder A genoemde kalendertjes voor het zoutgehalte te corrigeren.

C. Met behulp van de fluorescentiewaarden is een theoretische te verwachten concentratielijn weergegeven met daarvan afwijkend de werkelijk gevonden gehalten. Voor alle N-componenten zijn deze berekend. Alleen de berekeningen voor $\text{NO}_3\text{-N}$ en het totaal N-N (som van $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_4\text{-N}$ en $\text{NO}_3\text{-N}$) zijn opgenomen in de Tabellen V tot en met VIII en weergegeven in de Fig. 29 en 30.

D. Op de situatie bij Delfzijl is ingegaan op pagina 30.

6A. De gecorrigeerde tochtkalendertjes voor:

- a. de lijn langs de rivier de Eems en de Eemsmonding.
- b. de lijn vanaf de sluis bij Nieuwstatenzijl in de Dollard, het mondingspunt van de Westerwoldse Aa en de Eemsmond.

Ammonia:

ad a. Het zoete water van de rivier de Eems laat een vrij lage waarde van NH_4 zien: in Fig. 10 de isohaliene van 1 ‰. Tot november verandert deze situatie bijna niet. In december (drie weken later!) is het gehalte vervijftwintigvoudigd. Dezelfde lage NH_4 waarden gelden voor de isohalienes van 5 en 10 ‰ S, deze beginnen in november al iets op te lopen. Het sterkst is dit bij zoutgehalten van 15 en 20 ‰. Tot september is de situatie vrij constant. In november en december stijgt de concentratie van NH_4 razendsnel. Stroomafwaarts van de Dollard (25-30 ‰) is er reeds een stijging vanaf augustus. De toestand van de Dollard lijkt voor de Eems van duidelijke invloed te zijn, vooral in de maanden november en december. N.B. De volgende opmerking moet, ook in de verdere behandeling, vooral in de wintermaanden steeds in gedachten gehouden worden: Het organisch materiaal van de Westerwoldse Aa, afkomstig van de aardappel meel campagne, wordt intussen opgenomen in het nitrificatie-proces, waardoor er een verhoging van de ammonia etc. later kan optreden.

In de Eemsmond bij een zoutgehalte van 30 ‰ (bijna zeewater) is de situatie vrij normaal in vergelijking met de rest van de Waddenzee. In december stijgt de concentratie echter ver boven de natuurlijke waarden van de Waddenzee ($100 \mu\text{grat/l}$ tegen 15-25 in de Waddenzee). Deze concentraties kunnen in de oostelijke stroomgeul (Ranselgat) misschien belangrijk hoger liggen, indien deze geul een eb-overschot heeft ten opzichte van de Oude Westereems, waarin wel een monster station is integenstelling tot het Ranselgat, ad b. Vergelijken we Fig. 13 met de situatie van de rivier, dan is

wel duidelijk waar de bron van organische afval zit. Dit zien we aan de hoge ammoniagehaltes, welke de eerste stap vormen in de afbraak van eiwitten.

De concentraties liepen zo hoog op, dat het noodzakelijk bleek ze logaritmisch weer te geven (Fig. 13 vergelijken met Fig. 10).

Het hele jaar door wordt er wel bij Nieuwstatenzijl gespuid. Dit is dan ook te zien bij een Saliniteit tot 15 ‰, waar de waarden boven de $100 \mu\text{grat/l}$ liggen.

In september, wanneer de aardappel meel campagne op gang komt, beginnen de concentraties zeer sterk op te lopen. Bij zoutgehaltes tot 15 ‰ zijn de waarden vertienvoudigd. Bij 20 ‰, ongeveer bij het kruispunt van Dollard en Eems, is deze concentratie verveertigvoudigd tot boven de $500 \mu\text{grat/l}$. Er is in dit traject (10-20 ‰ S) dus nieuw gevormd ammonia bijgekomen. In dit milieu (hoger dan 20 ‰) is nog van een redelijke mineralisatie sprake. Het watervolume is hier groot en bestaat voor twee-derde uit zeewater.

In november en december lijkt de campagne zijn hoogtepunt bereikt te hebben. De waarden van NH_4 zijn bij het lozingspunt tot boven de $5000 \mu\text{grat/l}$ gekomen!

In hoeverre is de situatie voor mineralisatie nog gunstig?

Het andere worden een goed verlopen van de stikstofcyclus. Het best te bestuderen lijkt dit aan de intermediair nitriet, de volgende stap in het mineralisatieproces.

Nitriet:

NO_2 heeft de kortste levensduur van de drie componenten. De plaatselijke zuurstof situatie is eveneens van belang (Fig. 23 tot en met 28).

De Figuren 11 en 14 geven de toestand voor nitriet in respectievelijk de Eems en de Dollard:

ad a. Kijken we eerst naar de nitrietconcentratie in de rivier de Eems (Fig. 11), dan blijkt de situatie van het zoete water normaal gedurende de hele onderzoeksperiode (niet boven de $1 \mu\text{grat/l}$). Stroomafwaarts echter stijgt de concentratie sterk (Dollard-invloed door de vloed), een stijging die in de loop der tijd steeds sterker wordt.

De hoogste nitrietwaarden, meer dan $20 \mu\text{grat/l}$, wat ruim twee maal zo hoog is als de concentraties van het najaar van 1970, vinden we in november bij een zoutgehalte van 20 ‰. De nitrificatie lijkt hier in volle gang te zijn.

Nitriet is reeds bij "lage waarden" toxisch werkzaam en veel sterker dan ammonia. Bij deze buitengewoon hoge gehalten van NO_2 is deze toxische invloed vermoedelijk rampzalig voor de hele normale levende have in dit gebied.

ad b. Hoe is nu de situatie in de Dollard (Fig. 14, globaal 0-20 ‰ S)?

In juni is er nog van een duidelijke nitrificatie sprake. In september en november is er echter geen nitriet te vinden in water tot 15 ‰ S. Het lijkt erop, dat er veel te veel organisch materiaal geloosd wordt, zodat de BOD (de biologische zuurstofbehoefte voor het oxidatieproces)

hoger is dan de aanwezige zuurstof. Het O_2 % is dan ook nul (anaeroob)!

Bij 20 % S zien we echter een sterk verhoging van het NO_2 gehalte. De capaciteit van tweederde zeewater lijkt dus nog wel voldoende om het nitrificatieproces op gang te brengen (c.q. houden). De situatie bij 20 ‰ lijkt ook het belangrijkste voor het Dollard-gebied. Hier wordt (nu nog) het meeste "werk" in het nitrificatieproces verricht. In de loop der tijd schommelt de NO_2 concentratie juist hier het sterkst. De hoogste nitrietwaarden worden iets stroomafwaarts gevonden ($21.8 \mu\text{grat/l}$); Zie ook Fig. 14 bij 25 ‰. Mijns inziens is dit gebied, waar het mineralisatieproces voor het eerst sterk naar voren treedt, al te ver in de richting van de monding van het estuarium opgeschoven.

Nitraat:

De Figuren 12 en 15 geven de nitraatsituatie op dezelfde wijze weer als de twee voorgaande componenten.

ad a. In tegenstelling tot de Dollard, waar de organische stof vandaan komt, is de Eems zelf de belangrijkste nitraatleverancier van het estuarium; (Fig. 12).

Het NO_3 kan in belangrijke mate afkomstig zijn van afvalzuiveringsinstallaties (b.v. Leer), die nutrienten in geoxideerde vorm afvoeren.

Indien we de resultaten van tocht 14 (augustus) nader bekijken, lijkt het waarschijnlijk, dat het meeste nitraat van de Eems zelf komt en niet van de zijrivier de Leda.

ad b. Voor het nitrificatieproces is de Dollard "interessanter"

(Fig. 15). Vanaf juni is er nog van enige nitrificatie tot nitraat sprake met een piekje in juli. Ook de bijdrage van de rivier

de Eems is aanzienlijk.

De tocht van november toont duidelijk aan, dat er van een ernstige storing sprake is. De situatie voor zoutgehaltes van 0 - 20 ‰ is zelfs zo, dat er geen tot bijna geen NO_3 aanwezig is. Bij 20 ‰ was er wel nog enig nitriet. De hoeveelheid NO_3 , die door de rivier de Eems aan de Dollard is geleverd, is zelfs geheel gedenitrificeerd met andere woorden: Volgens de berekening (m.b.v. DORRESTEIN & OTTO of ROMMETS) moet er een bepaalde concentratie NO_3 zijn (zie ook pagina 23). Die is er echter niet en is veel te laag of afwezig. De enige mogelijkheid lijkt nitraatreductie, dus een stap terug in het mineralisatieproces. De eigenaardige situatie ontstaat, dat de Duitse zuivering (geoxideerde nutrienten) weer teniet gedaan wordt in de Dollard.

In december treedt weer enige verbetering in, maar hoeveel van het nu gevonden nitraat afkomstig is van de Eems of van genitrificeerd materiaal elders uit het estuarium is niet geheel duidelijk.

De pH:

Hoewel niet direct ingegaan is op de invloed van de pH op de stikstofcyclus, volgt hier toch een schets van de zuurgraad in het estuarium. Tabel IV geeft vanaf tocht 14 (augustus) de pH van de monsterpunten in het estuarium.

Het noordelijkste deel van de Eemsmond vertoont weinig afwijkingen ten opzichte van de overige Waddenzee: ongeveer 8.15, van augustus tot december iets teruglopend. Stroomopwaarts daalde de pH tot gemiddeld 7.85. Verder de Eems op is de laagst gemeten waarde 7.64.

Als we echter de Dollard in varen daalt de pH veel sterker. Bij Grote gat 23 (mp 60) is ze nog ongeveer 7.60. Hierna daalt de pH sterk tot 7.18 buiten de sluis (mp 62) in december, binnen de sluis

is de pH dan iets hoger. In november was de pH nog 7.36 en 7.09 binnen de sluis.

Vergelijkbare zoet water pH's bij Delfzijl zijn in oktober 7.60 en december 7.95.

De grote toevloed van organische stof (eiwitten) lijkt dus een sterk verlagend effect op de pH te hebben.

6B. De stikstofcomponenten uitgezet tegen de Saliniteit.

(Fig. 17 tot en met 28.

Deze Figuren hadden eigenlijk het eerst behandeld moeten worden, omdat het merendeel van de overige Figuren van het Eemsestuarium hieruit zijn afgeleid. Om de continuïteit met de behandeling van de overige delen van de Waddenzee, die ook voor namelijk met de kalendertjes beschreven is, niet te onderbreken is daarom eerst 6A besproken. Het enige wat overblijft zijn een paar opmerkingen aan de hand van deze Figuren.

De concentraties van de verschillende componenten in $\mu\text{grat/l}$ zijn uitgezet tegen het totale zoutgehalte (‰S). Voor zuurstof, de onderbroken lijn in de nitraat-grafiek, is het verzadigingspercentage evenzo uitgezet (Fig. 23 t/m 28). Ammonia (getrokken lijn) en nitriet (gestippelde lijn) zijn tezamen opgenomen (Fig. 17 t/m 22). De zwarte punten geven de concentraties van de monsterpunten in Eemsmond en Eems weer, de open rondjes de waarden in de Dollard. Het kruisje staat steeds voor mp 64 (BW 18 bij Delfzijl), dat apart is weergegeven, omdat de invloed van het Eemskanaal zich hier doet gelden.

Het meeste organisch materiaal komt uit de Westerwoldse Aa (Fig. 17 t/m 22). Opvallend is de golfberg in de grafiek in de buurt van het kruispunt van Dollard en Eems (PS 1) bij globaal 20-25 ‰S . De onderlinge invloed komt hier duidelijk uit. Vooral in september

en november springt hier ook de nitrietconcentratie omhoog. De Eems is de nitraatbron, dat is onmiddellijk te zien in de Fig. 23 t/m 28. Het NO_3 gehalte neemt in de gehele periode (juni tot december) vrijwel lineair af langs de Eems stroomafwaarts met stijgend zoutgehalte. Ook hier zijn weer enige golven in het concentratieverloop te zien bij 15-25 ‰ S, met als oorzaken: de denitrificatie in het Dollardbekken en daar tegenover de vorming van nitraat in het mineralisatieproces. In de Dollard duikt de NO_3 waarde snel tot nul in de maanden september tot december. Opvallend, en de waarschijnlijke oorzaak van dit verval, is de zuurstofspanning, die gelijk met NO_3 naar nul valt.

Zuurstof:

Bekijken we deze O_2 spanningslijn nader (Fig. 23 t/m 28) dan blijkt dat ze stroomopwaarts in de Eems langzaam afneemt tot 50-60 % in juni tot september en 70-80 % in november/december. Dit laatste is vooral gunstig, omdat bij lagere watertemperatuur toch al meer zuurstof is opgelost. Verder is specifiek dat alle tochten laten zien, dat het O_2 % stroomopwaarts hoger is voorbij 1-2 ‰ S. Dat is voorbij de stad Leer. De vorm van deze curve lijkt bijzonder veel op de curve in Figuur 16A, overgenomen uit HYNES (1960); zie Fig. 16. Deze geeft ondermeer het O_2 verval bij lozing van een riool in een rivier, in dit geval het riool van de stad Leer, hoewel het herstel van de O_2 spanning veel langzamer gaat op de Eems. Het brakke water heeft waarschijnlijk een remmende werking.

Stroomafwaarts wordt, voorbij de Dollard, de situatie voor O_2 (en daarmee de situatie voor het normale leven) steeds gunstiger; In juni reeds bij 25 ‰, in juli en augustus bij 28 - 30 ‰, in november en december pas bij een zoutgehalte van meer dan 30 ‰.

Een enkele opmerking over de Dollard wat betreft NO_2 en NO_3

is hier op z'n plaats:

De tochten 16 en 17 geven onderin de Dollard (S kleiner dan 2 ‰, dus dicht bij of in de sluis) wat eigenaardige niet verwachte hoge concentraties aan.

Er is wel een verklaring: Door aeratie van het snel door de sluis stromende water kan nitrificatie van ammonia tot nitraat optreden tot de zuurstof weer verbruikt is. Howel met name zwavelwaterstof (goed te ruiken) en andere zwavelverbindingen hier sterk reducerend werken, komt er toch wel wat nitraat uit de Westerwoldse Aa in december. De gekke sprong van 40 μ grat bij mp 61 is daarmee nog niet duidelijk, want voor en na dit punt is het nitraatgehalte nul (Fig. 28). De oorzaak hiervan is misschien de invloed van de Nieuwe buitengeul van Reiderland, die bij mp 61 in het Schanskerdiep uitmondt (zie Fig. 9).

6C. Met fluorescentie berekende concentraties.

Met behulp van de door J. ROMMETS berekende verhoudingsgetallen, dat wil zeggen de procentuele samenstelling van een monsterpunt betreffende drie watertypen, is gepoogd om de verdunning en eventuele omzetting van NO_3 en de som van NH_4 NO_2 NO_3 = tot N in het estuarium weer te geven. Deze verhouding is berekend met behulp van de Saliniteit en de karakteristieke fluorescentiewaarde van de drie gebruikte watertypen. ROMMETS gaat uit van zeewater en zoetwater, zeewater heeft een bepaalde fluorescentie en zoutgehalte. Als zoetwater hebben de twee "bronnen" Eems en Westerwoldse Aa een duidelijk verschillende fluorescentie, zodat op grond hiervan deze twee wateren uit elkaar gehouden kunnen worden. De menging met zeewater wordt afgeleid uit het zoutgehalte (zie J. ROMMETS & H. POSTMA, 1972: Fluorescentie als natuurlijke tracer van de Waddenzee)

De met deze verhouding berekende waarden van de stikstofcomponenten zijn opgenomen in de Tabellen V tot VIII. De Figuren 29 en 30 geven een grafische weergave van deze gegevens. De horizontale stippellijn geeft de verhouding 1 : 1 weer, dat wil zeggen: er is precies gevonden wat berekend is.

De fluorescentie vertoont wel enige schommeling in de loop der tijd, maar in eerste instantie is ze als constant beschouwd.

Ook daar waar de fluorescentie van de Westerwoldse Aa toch wel sterk in de tijd toeneemt, zodat de berekende bijdrage hiervan voor gebieden ver van deze plaats anders kan liggen. Er zijn tussen de verschillende tochten een aantal getijden verlopen. Omdat de totale bijdrage van de Westerwoldse Aa in de Eemsmond zeer laag is, in de orde van 1 - 2 %, zal deze fout niet al te groot zijn. De afrondingsfout tot hele procenten heeft waarschijnlijk grotere invloed op de berekening: één procent van 5000 is nog altijd 50 μ grat/l.

De drie watertypen zijn: 1. Zeewater zoutgehalte 100% (component)
zeegat Vl. - Ter.

Voor de berekening 2. Eemswater (zoet kleiner dan 0.5 ‰ S).

3. Westerwoldse Aawater V tot VIII.

Omdat ook het Eemskanaal invloed heeft, maar in fluorescentiewaarde bijna niet te onderscheiden is van Westerwoldse Aawater, is deze zoetwaterbron niet in de berekening opgenomen. Wel is het mp 64 (BW 18) apart in de grafieken weergegeven („x“).

Hoewel de benaderingswijze vrij grof is, geeft het toch enige indicaties omtrent de N-nutrienten in het estuarium.

Om ruwweg de interpretatie behulpzaam te zijn volgen op pagina 27 enige hulpfiguren.

Volgens DORRESTEIN en OTTO (1960) is er na een aantal getijden een zeker percentage van het water in een bepaald deel (segment) van het estuarium uitgewisseld met de naburige segmenten. In hun artikel

is een aantal Tabelletjes opgenomen en uitgewerkt voor een bepaald aantal getijden voor elk segment; zie Tabel IX. Zodoende heeft elk segment, waarvan er 15 onderscheiden worden van Eems tot en met de Noordzee en de Dollard, een zeker percentage water van een bepaald naburig segment na een aantal getijden.

Het gemiddelde debiet van de rivier de Eems wordt gesteld op $100 \text{ m}^3/\text{sec.}$

Het voert te ver om voor elke tocht een identieke Tabel op te stellen en aan de hand daarvan zekere berekeningen te doen en conclusies te trekken. Berekeningen met behulp van de formules van DORRESTEIN en OTTO, welke evenals de fluorescentiemethode van Rommets van vrij ruwe schattingen uitgaan, vallen buiten de competentie van dit verslag. Bovendien spreken DORRESTEIN en OTTO over segmenten met een lengte van ongeveer 5 km en niet over punten.

Ter vergelijking van de methode van OTTO & DORRESTEIN; en J. ROMMETS zijn voor een enkel punt de berekende concentraties en de werkelijke gevonden concentratie vermeld. Op grond dus van de verdunning en uitwisseling, als voorbeeld het segment met monsterpunt 48 (PS 1) van tocht 15 nemend (Tabel VI).

Tabel IX

Verschil in getijdeperioden tussen de verschillende tochten.

Datum	Tocht	getijdenperioden
4 mei		68
9 juni	12	81
21 juli	13	67
25 aug.	14	68
29 sept.	15	89
14 nov.	16	6
17 nov.	16	40
8 dec.	17	

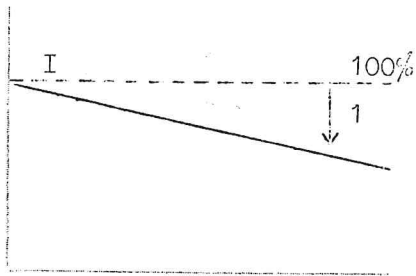
Het verschil van tocht 14 en 15 is ongeveer 68 getijdenperioden. dus vrijwel overeenstemmend met $R = 64$, de berekende concentratie voor NO_3 is dan $29.4 \mu\text{grat/l}$. De concentratie tijdens tocht 15 was 29.4 , volgens de fluorescentieberekening moest dit 18.8 zijn, zodat de berekening volgens DORRESTEIN nauwkeuriger lijkt. De concentratie bij monsterpunt 64 (BW18) in een ander segment op dezelfde wijze berekend is $23,3 \mu\text{grat/l}$.

Deze was bij mp 64:	$19.3 \mu\text{grat/l}$, met de
fluorescentieberekening	12.9 "

Beter overeenkomend is een punt met gelijk zoutgehalte in het Oost Friesche Gaatje. Volgens Figuur 26 moet de concentratie bij een gelijk zoutgehalte op ongeveer $23 \mu\text{grat/l}$ liggen. Dat de concentraties bij dat laatste punt hoger liggen is begrijpelijk als we beseffen, dat het grootste deel van de nitraatafvoer van de Eems door dit oostelijke stroomgat plaats vindt.

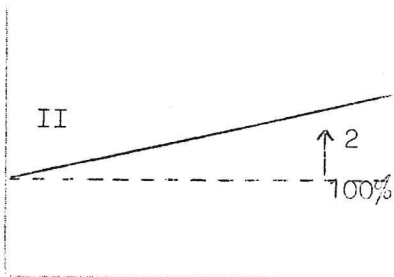
Het lijkt nuttig om voor de afgelopen tochten verdere berekeningen te maken met behulp van deze formules.

We komen zo tot een theoretische waarde van een opgeloste component en kunnen dan vergelijken met de gevonden waarde van het betreffende monsterpunt. Men kan dan eveneens een vergelijking maken en de verhouding weergeven, zoals op de manier met behulp van de fluorescentie gedaan is. Of de volgens DORRESTEIN en OTTO berekende waarden dan nauwkeuriger zijn dan eventueel gecorrigeerde fluorescentieberekeningen van ROMMETS moet dan blijken. Misschien is zodoende iets te zeggen over productie, afbraak, neerslag etc.



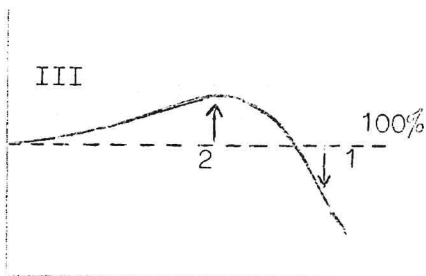
Situatie I:

- a. De bronconcentratie (spuipunt) is toegenomen sinds x getijden.
- b. Indien is de bronconcentratie constant is gebleven, is er materiaal opgenomen in de voedselketen, verdampt of geabsorbeerd.



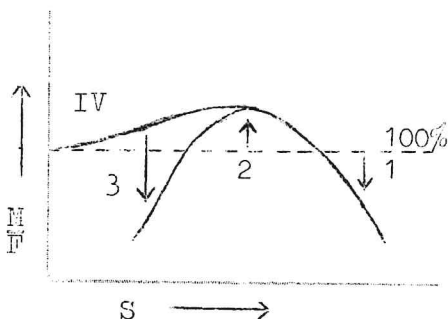
Situatie II:

- a. De bronconcentratie is afgenomen.
- b. Er is productie of bijvorming van de component uit niet gemeten of in de berekening opgenomen materiaal opgetreden. Bijvoorbeeld: organisch opgelost N $\rightarrow$ nitrificatie $\rightarrow$ gemeten component.



Situatie III:

- 1: Als onder I a en b.
- 2: Als onder II a en b.
- 2: c. Tijdelijk of voor het eerst opgetreden gunstige situatie voor bijvoorbeeld nitrificatie van opgeloste organische stof door verbeterde O_2 omstandigheden.



Situatie IV:

- 1 en 2: Als onder III.
- 3: d. Verslechterde omstandigheden door bijvoorbeeld O_2 tekort. Er treedt dénitrificatie op. Dit gebeurt met nitraat en nitriet in de Dollard.

Bovenstaande Figuurjes zijn bedoeld ter verduidelijking van de Figuren 29 en 30.

$\frac{M}{F} = \frac{\text{gevonden waarde}}{\text{berekende waarde}} \cdot 100$; S is de saliniteit, die van links

naar rechts oploopt van zoet- naar zeewater.

De horizontale onderbroken lijn geeft de situatie waarin de berekende waarde precies gelijk zou zijn aan de gevonden waarde. In 100% zuiver zeewater (S groter dan 35 ‰) moet de getrokken lijn natuurlijk weer terugbuigen naar de 100 ‰ lijn.

Rechts van de figuurtjes zijn de vermoedelijke oorzaken van de afwijkingen beschreven, die waarschijnlijk gelijktijdig zullen voorkomen. Niet vermeld en als mogelijke oorzaak aangewezen zijn systematische fouten in de methode.

Met behulp van deze figuurtjes kan nu iets worden gezegd over een aantal stikstofcomponenten.

Nitraat (Fig. 29).

Bekijken we deze grafieken, dan lijken de NO_3 waarden van tocht 17 (Fig. 29d) december) het best te voldoen aan de theoretische (verduunnings)- lijn. Pas voorbij Delfzijl (S groter dan 26 ‰) is er een tekort aan NO_3 . Dit kan gemakkelijk verklaard worden met behulp van Figuurtje I: Het is niet zo waarschijnlijk dat er in dit deel van het najaar nog een grote biologische stofwisseling plaats vindt, zodat de hogere concentratie aan de bron (Eems) de oorzaak moet zijn (Ia).

De overige tochten geven een snellere en diepere daling te zien in overigens hetzelfde gebied van het estuarium. Dit is vermoedelijk wel deels een gevolg van de (nog) aanwezige biologische activiteit.

De tochten 13 (juli) (29a) en 15 (sep/oct) (29b) geven tot het hierboven besproken deel van het estuarium ($S \pm 28$ ‰) juist een hogere waarde dan de berekende. Vooral tocht 15 geeft dit duidelijk weer (S : 18-28 ‰), najaarsbloei? Er lijkt van een behoorlijk nitrificatieproces sprake te zijn. De Dollard levert de dan nog niet volledig geoxideerde componenten.

Ook uit deze grafieken blijkt weer dat er in de Dollard een enorm

tekort aan nitraat is. Het wijst op een sterke dénitricatie. Tijdens tocht 16 (nov) (29c) komt dit het sterkst tot uiting. In sep/oct (t. 15) is er bij 20 - 30 ‰ een zeer duidelijke bijvorming van NO_3 (mineralisatie).

Totaal opgelost anorganisch stikstof (Fig. 30).

Vergelijken we de N- NO_3 grafiekjes met die van N-N, dan blijken de berekende gehalten veel sterker af te wijken. Dat komt omdat NH_4 en NO_2 aan grotere veranderingen onderhevig zijn dan NO_3 . NH_4 wordt snel gevormd uit opgelost organisch N. Het verklaard de golfberg in de Dollard (vooral Fig.30,abc). Deze berg, voornamelijk bestaande uit NH_4 , verschuift in de loop der tijd duidelijk richting Eemsmond en Noordzee. Het laatste is weer een gevolg van de slechter wordende situatie in de Dollard (Campagne, O_2 tekort).

NO_2 heeft een zeer korte verblijfsduur en is als component in de som van NH_4 , NO_2 en NO_3 (=N-N) de onaanzienlijkste. Indien er echter in korte tijd veel NH_4 geoxideerd wordt, kan de concentratie aan NO_2 snel oplopen en voor het biologisch milieu zeer schadelijk zijn.

N-N wijkt tijdens tocht 13 (juli) weinig af van de berekende gehalten op de Eems. De belangrijkste component is dan het door Duitsland zelf „geleverde" NO_3 , zodat de NO_3 verdunningslijn hier van toepassing is (Fig.30a). Verder stroomafwaarts blijkt weer dat er opgeloste anorganische N-componenten zijn bijgevormd.

Vanaf tocht 15 (sep/oct) is er op de Eems steeds een duidelijk tekort. De bronconcentratie van de rivier de Eems is niet zo sterk toegenomen. Wel is het materiaal van de Westerwoldse Aa duidelijk in opmars. Daar ook een deel van het Dollardwater de Eems opkomt (vloed), is er dus eigenlijk overeenkomst tussen Eemswater en Eemsmondwater, dat gedurende tocht 15 en 16 (nov) ook te laag is (Fig. 30, b en c).

Tocht 17 geeft het rechtlijnigste verband. De biologische activiteit, die N kan onttrekken of toevoegen, is dan minimaal. Waar de stijging bij 32 ‰ (Fig. 30d) vandaan komt, wordt misschien aan het licht gebracht als de achtergebleven N in de filters geanalyseerd is. Met deze partikeltjes N wordt dan mogelijk duidelijker wat de juiste oorzaken zijn van de afwijkende berekende waarden.

6D. Vergelijkingen tussen Delfzijl binnen, Bocht van Watum en Oost Friesche Gaatje.

Tabel X geeft de verschillen tussen:

De Bocht van Watum en het Oost-Friesche Gaatje. (Tabel Xa)

b. Delfzijl binnen en de Bocht van Watum. (Tabel Xb)

Eerst wordt de tochtkalender van Delfzijl binnen besproken.

In Figuur 31 is duidelijk te zien dat in de zomer reeds een hoge NH_4 concentratie optreedt, die in september pijlsnel omhoog schiet tot boven de 300 $\mu\text{g}/\text{l}$ in december 1971. Toch is deze concentratie lager dan in 1970. Toen vond D. MEIJERS in november reeds een waarde van 360, welke in december en januari niet veel veranderde. Ook de NO_2 ligt hoog met een exceptionele piek in oktober. Dit duidt misschien op een bemonstering tijdens het nitrificatieproces in volle gang van kort tevoren geloosde nutrienten. De concentratie van NH_4 kan reeds eerder sterk zijn gestegen. De toename van NO_3 treedt pas in de volgende maand op. Deze toename zal wel niet lang op zich hebben laten wachten en reeds in oktober begonnen zijn. Een analogie met andere zoete waters als Harlingen binnen en het IJsselmeer is te trekken. Vergelijk hiervoor de figuren 5 en 32.

De waarden van NO_3 liggen in november en december 1971 ongeveer gelijk met dezelfde periode in 1970. De verhouding tussen NO_3 en NH_4 in november en december 1971 zijn respectievelijk 0.44 en 0.27.

In december 1970 en januari 1971 liggen deze verhoudingen respectievelijk op 0.17 en 0.27.

Tabel Xa geeft aan, dat er ten opzichte van het O-Friesche Gaatje een hogere waarde voor NH_4 te zien is in de Bocht van Watum. Het Eemskanaal geeft dus een extra belasting op het estuarium. In november is er een verhoging van NO_3 , ten opzichte van het Oost-Friesche Gaatje. Hier doet Delfzijl zich gelden, want in november is het NO_3 gehalte binnen reeds veel hoger dan in de voorgaande maanden. Dat ditzelfde in december niet optreedt, komt waarschijnlijk doordat Delfzijl binnen niet veel meer gestegen is, tegen het NO_3 gehalte van de Eems juist wel.

Tabel Xb laat zien dat, behalve tocht 13 (juli) voor NO_3 , alle concentraties van de N-componenten van Delfzijl binnen hoger liggen dan buiten (BW 18). De verschillende toenamen in de loop der tijd zijn duidelijk af te lezen.

In Tabel Xa is te zien dat de situaties van de Bocht van Watum en het O-Friesche Gaatje weinig verschillen.

De O_2 spanning van Delfzijl binnen wordt in de loop van het najaar steeds slechter in verhouding tot buiten (BW 18). Een van de oorzaken kan de hogere watertemperatuur zijn, waardoor er plaatselijk een sneller tekort aan O_2 kan optreden. Een eventueel herstel van de situatie laat dan langer op zich wachten en er vindt daardoor opzameling plaats van af te breken materiaal, welke dan weer meer zuurstof vergt (BOD). Ook is buiten door het grote wateroppervlak betere fysische aeratie mogelijk. (Tabel 10b).

Er is hier vrij uitgebreid op de situatie bij Delfzijl ingegaan. Dit heeft tot reden, dat uit deze gegevens misschien iets meer gezegd kan worden over de invloed van het Eemskanaal op het estuarium.

7. Een vergelijking en samenvatting van de verschillende delen van het monsternet.

A. Tabel XI is een nogal gecomprimeerde Tabel met gemiddelde waarden van de onderscheiden delen van het monsternet.

Fig. 33 tot en met 35 geven een wat overzichtelijker geheel. Hierin zijn opgenomen: de gemiddelde concentraties van NH_4 , NO_2 , NO_3 , en hun som in $\mu\text{grat/l}$ op de tocht kalenderwijze.

Voor de overzichtelijkheid zijn de gemiddelden over de grootste gebieden, IJsselmeer, Westelijke Waddenzee, Centrale Waddenzee en Oostelijke Waddenzee, dicht bij elkaar geplaatst. Daarnaast zijn enkele belangrijke geulen weergegeven.

Alle figuurtjes geven een toename van de nutriënten weer na september. Behalve op het IJsselmeer in de zomermaanden, liggen de NH_4 waarden hoger dan die van NO_3 . De Westelijke Waddenzee en Centrale Waddenzee geven onderling de meeste overeenkomst. De Oostelijke Waddenzee valt er wel uit met de wel haast exponentiële toename in het najaar evenals de Eems en Eemsmond, die echter nog veel hoger liggen. Een duidelijke invloed van het Eemsestuarium op de Oostelijke Waddenzee lijkt buiten kijf.

B. Om de plaatselijke variaties in zoutgehalte, stikstofcomponenten en de verhouding van nitraat en ammonia per tocht weer te geven, zijn van de tochten 16 en 17 doorlopende grafieken gemaakt van het Marsdiep tot de Eemsmond; Zie figuren 36,37,38. Van de andere tocht is alleen tocht 15 tot het wantij bij Terschelling genomen. De overige tochten geven niet zo'n interressant beeld, omdat de waarden van NO_2 en NO_3 nauwelijks boven de horizontale as uitkomen.

Deze grafieken zijn onder andere gemaakt om het wantij-effect beter te kunnen bestuderen. Daartoe zijn de monsterpunten op zo'n wantij op de horizontale as omcirkeld en nog eens extra aangegeven met een vertical stippellijn. De zeegaten in de grafiek zijn in een vierkantje geplaatst een extra geaccentueerd door een verticale onderbroken lijn.

Tocht 16 (november) geeft het regelmatigste beeld. Er is op het wantij steeds een piek in de concentraties. De waarden van de zeegaten ertussen zijn steeds het laagst. Ook blijkt weer, dat het totale opgeloste anorganische stikstof-beeld voornamelijk door NH_4 wordt bepaald. NO_2 en NO_3 blijven globaal constant, maar wel langzaam oplopend in oostelijke richting om in de Eemsmond snel te stijgen.

In november schommelt de verhouding NO_3/NH_4 tussen 0.5 en 0.2, in de Eems oplopend tot 1.0. In december schommelt deze waarde tussen 1.0 en 0.5, om in de Oostelijke Waddenzee en Eemsestuarium lager te worden tot 0.2. De invloed van de Dollard als NH_4 -bron komt weer tot uitdrukking.

Het zoutgehalte is over grote delen van de Waddenzee vrij constant. Vooral tijdens tocht 17. Wel is er een duidelijke zoetwaterbron als het IJselmeer in de Westelijke Waddenzee en het Lauwersmeer in de Oostelijke. Deze komen respectievelijk bij tocht 16 en 17 tot uiting bij de monsterpunten 1 tm 13 en 32 tm 38. De zoetwaterinvloed van de Eems is eveneens nog net te zien vanaf mp 43.

C. De O_2 situatie in het licht van de verhouding NO_3/NH_4 zie Tabel XII. De O_2 spanning blijft in de gele Waddenzee en IJsselmeer steeds ongeveer in de buurt van de 100 %. De Oostelijke Waddenzee heeft steeds de kleinste verhouding tussen nitraat en ammonia. De Westelijke Waddenzee heeft steeds de grootste verhouding en de Centrale Waddenzee ligt er tussenin. In het najaar stijgt deze verhouding. Ook gaan de drie onderscheide delen van de Waddenzee steeds minder van elkaar verschillen. Het IJsselmeer is veel variabeler door de sterke veranderingen van nitraat.

Harlingen en Delfzijl binnen wiken wat de O_2 spanning betreft alleen duidelijk af tijdens tocht 15 (september/october); (respectievelijk mp. 66 en 65).

V. Gebruikte literatuur

- DELWICHE, C.C., 1970. The nitrogen cycle. - Sc. Am. sep. 1970. 137-145.
- DORRESTEIN, R. & L. OTTO, 1960. On the mixing and flushing of the water in the Eems-estuary. Symposium Ems-Estuary, 'sGravenhage, oct. 1960. - Verh. Ned. Geol. Mijnb. k. Gen., Geol. serie, 19: 83-102.
- GARRITT, D.E. & J.H. CARPENTER, 1966. Comparison and Evaluation of Currently Employed Modifications of the Winkler method for determining dissolved Oxygen in Seawater. Anasco rep. - J. of Mar. Res. 24 (3).
- GILBERT, W., W. PAWLEY & K. PARK, 1968. Carpenter's oxygen solubility tables and Nomograph for sea water as a function of temperature and salinity. - Dept. of Oceanogr. Sch. of Sci. Oregon State University. Data Report No. 29.
- KROLEFF, F., 1968. Notes on the determination of nitrite, nitrate and ammonia. - Inst. of Mar. Res. Helsinki, ICES Interlaboratory

Report 2: 12-15.

———, 1970. Direct determination of Ammonia in Natural Waters as Indophenol Blue. - ICES Int. Lab. Rep. 3: 19-22.

LORENTZ, K. von, 1967. Mechanismus und Spezifität der Indophenolreaktion zur Ammoniakbestimmung. - Zeitschr. für Kl. Chemie und Kl. Bioch. 6: 291-298.

MANUELS, M.W. & J.W. ROMMETS, 1971. Metingen van het zoutgehalte, temperatuur en zwevend materiaal in de Waddenzee. - NIOZ Intern verslag 1971-12.

MEIJERS, D.J.W., 1971. Enkele Stikstofcomponenten in de Waddenzee. - Doctoraalverslag, NIOZ publ. en verslag 1972 - 4.

NEHRING, D., 1968. Some remarks on the determination of nitrate in seawater. - Inst. für Meereskunde, Rostock-Warnemünde, ICES Int. lab. Rep. 2: 16-21.

POSTMA, H., 1966. The cycle of the nitrogen in the Wadden sea and adjacent areas. Neth. J. of Sea Res. 3: 186-221.

ROMMETS, J.W. & H. POSTMA, 1972. Fluorescentie als natuurlijke tracer in de Waddenzee. - NIOZ Intern verslag 1972-6

SHINN, M.B., 1941. A coloric method for determination of nitrite. - Ind. Eng. Chem. Analyt. Edn. 13: 33-55.

SOLARZANO, L., 1969. Determination of ammonia in Natural waters by the Phenol-Hypochlorite Method. - J. Limn. Ocean. 14 (5): 799-801.

Tabel I

Monsterpunten en posities. Op de kaarten, Fig. 1, 2 en 9 zijn deze punten terug te vinden.

Monster punt		Monster punt	
positie		positie	
1	Marsdiep Groene wrakb.	36	Oort, Groninger balg O 14
2	Texelstroom T9	37	Eilanderbalg EB-LW
3	" T13,BZD	38	Hornhuizerwad
4	" T15	39	Spruit SP 12
5	" SOD	40	" ZOL-SP
6	" DJ	40	Z.O. Lauwers ZOL-RG
7	Dove Balg D13,D20	41	" ZOL-VN
8	" DAD	42	" ZOL 34
9	Boontjes BO 19	43	RA (Eemswadje) E-R
10	Bij Harlingen BO 29	44	Oude Wester Eems A 5
11	Eind Pollend. BS 29	45	Doekegat Q-Alte Ems
12	Blauwe Slenk BS 15	46	" DG 2
13	" BS A8	47	Oost Friesche gaatje V
14	Vliestroom BS 1	48	" PS 1
15	" Vlieree	49	Eems EE
16	" VL SG	50	" LC
17	Schuitegat SG 9	51	" LK of LL
18	Oosterom O-R	52	" LO of LN
19	Noorderbalg NB-O	53	" 56
20	Oosterom O 26	54	Leer km 12 $\frac{1}{2}$
21	Wantij O 32	55	km 9
22	Boschgat BG 11	55	Leda
23	Borndiep WG-BG	56	Leda, brug
24	" WG-KB	57	Mond van de Dollard MZS 1
25	" VH-DG	58	Dollard Grote Gat 11
26	Dantziggat DG 7	59	" GG 17
27	" DG 14	60	" GG 23
28	" DG-KG	61	"
29	Wantij Holwerd	62	Westerwoldse Aa buiten de sluis
30	Holwerderbalg HB 5	63	W. woldse Aa binnen
31	Pinkegat HB-PG	64	van Watum BW 18 B.
32	Wierumerwad PR-SG	65	Eemskanaal
33	Zoutkamperlaag WG-SG	66	Harlingen binnen
34	" PR-WR	67	Kornw. zand IJsselmeer
35	Oort, bij Lauwersoog O 4	68	Breezand "
		69	Den Oever "
		70	Wierbalg O 1
		71	Malzwijn M 21

Tabel II

Noordzee gegevens van 1971 (W. Gieskes). Voor de positie van de monsterpunten: zie Fig. 6. . I begin maart; II eind april; III eind augustus; IV begin november.

		Tocht nummers							
		I	II	III	IV	I	II	III	IV
NH_4^+-N	1.	5.2	0.5	3.0	2.3	4.	6.9	5.9	17.1
NO_2^--N		0.9	0.1	0.1	0.2		0.9	0.3	0.8
NO_3^--N		24.1	0.2	0.3	0.6		14.5	0.3	6.3
N-N tot.		30.2	0.8	3.4	3.1		22.3	6.5	24.2
%o S		32.55	35.31	34.41	35.41		32.85	33.20	33.04
NO_3/NH_4		4.64	0.40	0.10	0.26		2.10	0.05	0.37
NH_4^+-N	2.	14.8	--	9.7	7.9	5.	24.6	15.0	3.9
NO_2^--N		1.2	--	0.1	1.1		1.4	1.3	1.3
NO_3^--N		31.0	--	0.6	7.2		38.2	8.4	3.6
N-N tot.		47.0	--	10.4	16.2		64.2	24.7	8.8
%o S		31.70	33.08	31.39	32.76		30.88	31.81	31.53
NO_3/NH_4		2.10	--	0.06	0.86		1.55	0.56	0.92
NH_4^+-N	3.	1.1	1.7	2.8	2.3	6.	49.8	21.7	9.5
NO_2^--N		0.5	0.1	0.1	0.2		2.1	1.8	1.6
NO_3^--N		6.3	0.4	0.3	0.6		54.9	11.4	5.5
N-N tot.		8.9	2.2	3.2	3.1		106.8	34.9	16.5
%o S		34.70	35.24	34.68	35.10		26.41	30.75	30.65
NO_3/NH_4		6.19	0.24	0.17	0.26		1.11	0.52	0.57
NH_4^+-N	6. ^{bis}			22.4	55.2	7.	17.3	3.2	6.5
NO_2^--N				2.7	2.3		1.4	1.6	1.6
NO_3^--N				18.6	18.2		34.6	8.4	7.7
N-N tot.				43.6	75.7		53.3	13.2	15.8
%o S				25.13	30.08		31.10	31.14	29.62
NO_3/NH_4				0.83	0.33		2.00	2.63	1.19

Tabel III

Maandelijkse waarden van het RIZA, omgerekend van mg/l naar $\mu\text{grat/l}$.
Kampen aan de IJssel.

Datum	NH_4^+-N	NO_3^--N	NO_3/NH_4	Datum	NH_4^+-N	NO_3^--N	NO_3/NH_4
25- 1-70	155.2	43.7	0.28	28- 1-71	198.3	47.3	0.24
24- 2-70	81.9	61.9	0.76	25- 2-71	142.3	43.7	0.31
31- 3-70	77.6	47.3	0.61	28- 3-71	176.8	47.3	0.27
27- 4-70	47.4	40.0	0.84	28- 4-71	189.7	35.7	0.19
28- 5-70	38.8	40.0	1.03	27- 5-71	142.3	33.1	0.23
25- 6-70	30.2	43.7	1.45	30- 6-71	60.4	43.7	0.72
31- 7-70	34.5	40.0	1.16	26- 7-71	107.8	34.9	0.32
24- 8-70	34.5	40.0	1.16	25- 8-71	86.2	43.7	0.51
29- 9-70	99.2	36.4	0.37	26- 9-71	172.4	36.4	0.21
28-10-70	99.2	43.7	0.44	28-10-71	245.7	34.9	0.14
29-11-70	90.5	43.7	0.48	30-11-71	301.8	40.0	0.13
29-12-70	150.9	43.7	0.29				

Tabel IV

De pH-waarden van augustus tm december 1971 in het Eems-estuarium.

Mp	14 aug	15 sep	16 nov	17 dec	Mp	14 aug	15 sep	16 nov	17 dec
Eemsmond					Dollard				
43	8.25	8.17	8.06	8.04	57	7.80	7.75	7.78	7.94
44	8.25	8.15	8.07	8.05	58	7.77		7.74	7.87
45	8.22	8.10	8.04	8.02	59	7.74	7.64	7.65	7.85
46	8.16	8.03	8.01	8.00	60	7.61	7.54	7.60	7.61
47	8.08	7.87	7.94	- -	61		7.43	7.57	7.36
48	7.88	7.78	7.90	8.02	62		7.30	7.36	7.18
Eems					63		7.24	7.09	7.22
49	7.79	7.74	7.83	7.84					
50	7.72	7.74	7.84	- -	64	7.88	7.75	7.91-	8.10
51	7.64	7.80	7.88	7.85	65	7.87	7.60	7.83	7.95
52	7.64	7.77	7.87	7.93					
53	7.68		7.84	7.86					
54	7.67			7.72					
55	7.68								
56	7.80								

Tabel V

Verschillen tussen gevonden concentraties in $\mu\text{grat/l}$ van N-componenten en berekende concentraties met behulp van fluorescentie waarden van ROMMETS. (zie Fig. 29 en 30).

Tocht 13, 21 juli 1971

Positie	Nr.	NO_3^- -N				Totaal N opgelost			
		bere- kend	gevon- den	ba- lans	%	bere- kend	gevon- den	ba- lans	%
ER	43	9.0	0.9	- 8.1	10	16.9	9.1	- 7.8	54
A 5	44	9.9	2.5	- 7.4	25	17.8	7.5	-10.3	42
Q.A.E.	45	10.7	3.1	- 7.6	29	18.6	10.6	- 8.0	57
DG 2	46	13.3	9.8	- 3.5	74	22.6	17.8	- 4.8	79
V	47	17.7	11.8	- 5.9	67	26.9	24.7	- 2.2	92
PS 1	48	22.9	26.4	+ 3.5	115	33.4	42.0	+ 8.6	125
EE	49	31.5	49.5	+18.0	156	44.8	64.9	+20.1	145
LC	50	37.6	49.2	+11.6	132	52.2	58.6	+ 6.4	112
LK	51	49.7	60.2	+10.5	121	64.2	69.2	+ 5.0	108
LN	52	67.5	71.4	+ 3.9	105	81.6	75.3	- 6.3	93
56	53	78.6	80.0	+ 1.4	102	89.0	85.6	- 3.4	96
$12\frac{1}{2}$	54	---	86.0		100	---	91.0		100
9	55		1.1				3.7		
BW 18	64	23.9	33.6	+ 9.7	141	37.1	61.3	+24.2	157
MZS 1	57	25.6	33.2	+ 7.6	130	38.8	64.8	+26.0	158
GG 11	58	29.9	38.4	+ 8.5	128	43.1	49.1	+ 6.0	115
GG 17	59	32.5	51.5	+19.0	154	47.1	60.1	+13.0	128
GG 23	60	34.3	41.7	+ 7.4	122	48.8	50.4	+ 1.6	103
R. land	61	34.3	39.2	+ 4.9	114	48.8	48.3	- 0.5	99
WWA bu.	62	34.3	8.6	-25.7	25	48.8	122.3	+73.5	265
WWA bi	63	---	8.0		100	---	148.0		100

Tabel VI

Verschillen tussen gevonden concentraties in $\mu\text{grat/l}$ van N-componenten en berekende concentraties met behulp van fluorescentie waarden van ROMMETS. Tocht 15, 29 september 1971. (zie Fig. 29 en 30).

Positie	Nr.	$\text{NO}_3^- \text{-N}$				Totaal N opgelost			
		bere- kend	gevon- den	ba- lans	%	bere- kend	gevon- den	ba- lans	%
N. zee			0.2				2.4		
ER	43	7.8	2.1	- 5.7	27	51.5	9.3	-42.2	18
A 5	44	7.8	3.9	- 3.9	50	51.5	11.7	-39.8	23
Q.A.E	45	8.6	5.9	- 2.7	69	68.0	18.7	-49.3	28
DG 2	46	9.5	8.4	- 1.1	88	87.9	24.8	-63.1	28
V	47	13.7	18.7	+ 5.0	136	149.2	38.3	-111	26
PS 1	48	18.8	29.4	+10.6	156	173.5	66.7	-107	38
EE	49	27.2	42.2	+15.0	155	182.0	63.3	-119	35
LC	50	54.3	53.1	- 1.2	98	153.0	67.7	-85.3	44
LK	51	77.9	83.2	+ 5.3	107	120.4	88.2	-32.2	73
LN	52	---	84.7		100	---	89.5		100
BW 18	64	12.9	19.3	+ 6.4	150	205.3	72.7	-133	35
MZS 1	57	9.5	27.2	+17.7	286	212.8	55.5	-157	26
GG 11	58	22.1	36.6	+14.5	166	214.8	99.5	-115	46
GG 17	59	22.1	32.0	+ 9.9	145	233.8	140.9	-92.9	60
GG 23	60	23.0	16.2	- 6.8	70	253.7	173.4	-80.3	68
R. land	61	11.9	2.7	- 9.2	23	450	1080	+ 630	240
WWA bu.	62		0		100		1900		100

Tabel VII

Verschillen tussen gevonden concentraties in $\mu\text{grat/l}$ van N-componenten en berekende concentraties met behulp van fluorescentie waarden van J. ROMMETS. Tocht 16, 12 - 13 november 1971. (zie Fig. 29 en 30).

Positie	Nr.	$\text{NO}_3^- \text{-N}$				Totaal N opgelost			
		bere- kend	gevon- den	ba- lans	%	bere- kend	gevon- den	ba- lans	%
N. zee			4.0				25.8		
ER	43	17.6	4.0	-13.6	23	76.9	28.6	-48.3	37
A 5	44	19.1	6.5	-12.6	34	78.4	33.3	-45.1	42
Q-A.E.	45	22.1	11.7	-10.4	53	173	45.7	-127	26
DG 2	46	28.1	18.0	-10.1	64	225	57.7	-167	27
V	47	37.2	38.2	+ 1.0	103	280	95.2	-185	34
PS 1	48	44.7	42.2	- 2.5	94	339	116.2	-217	34
EE	49	76.4	101.4	+24.8	133	277	198.8	-74.3	72
LC	50	100	118.7	+18.7	119	300	149.8	-147	50
LK	51	141	151.4	+10.0	107	246	161.6	-84.7	66
LN	52	149	143.2	- 5.8	96	208	147.7	-60.3	71
56	53	--	155.0		100		168.2		100
BW 18	64	35.7	40.5	+ 4.8	113	282	102.9	-175	37
MZS 1	57	46.2	48.2	+ 2.0	104	340	128.0	-207	38
GG 11	58	49.3	62.0	+12.7	126	343	259.7	-78.0	76
GG 17	59	47.7	40.1	- 7.6	84	388	262.7	-119	68
GG 23	60	49.1	35.0	-14.1	71	435	287.8	-141	66
R. land	61	45.8	0.0	-45.8	0?	750	1400	+650	187
WWA bu.	62	8.1	0.2	- 7.9	$2\frac{1}{2}$	2450	2400	-50	98
WWA bi.	63	--	3.1		100	--	4600		100

Tabel VIII

Verschillen tussen gevonden concentraties in $\mu\text{grat/l}$ van N-componenten en berekende concentraties met behulp van fluorescentie waarden van J. ROMMETS. Tocht 17, 8 - 9 december 1971. (zie Fig. 29 en 30).

Positie	Nr.	$\text{NO}_3^- \text{-N}$				Totaal N opgelost			
		bere- kend	gevon- den	ba- lans	%	bere- kend	gevon- den	ba- lans	%
N. zee		.	9.2				23.8		
ER	43	28.7	14.3	-14.4	50	50.6	105.1	+54.5	208
A 5	44	30.8	16.2	-14.6	53	53.5	119.0	+65.5	222
Q-A.E.	45	33.0	19.3	-13.7	59	56.4	123.0	+66.6	218
DG 2	46	35.2	22.8	-12.4	65	59.3	125.0	+65.7	211
V	47								
PS 1	48	73.8	77.3	+ 3.5	105	217	219.5	+ 2.9	101
EE	49	88.9	85.7	- 2.2	96	248	300.6	+63.5	121
LC	50	121.3	123.0	+ 1.7	101	281	279.2	- 1.2	99
LK	51	179.2	176.6	- 2.6	98	360	299.8	-61.8	83
LN	52	209.6	196.7	-12.9	94	453	332.5	-121	73
56	53	216.2	191.6	-24.6	89	410	285.5	-124	70
$12\frac{1}{2}$	54	-----	225.0	-----	100	---	317	---	100
BW 18	64	65.0	61.5	- 3.5	95	309	210.7	-99	68
MZS 1	57	93.2	94.8	+ 1.6	102	243	276	+33	114
GG 11	58	101.7	80.9	-20.8	80	359	304.5	-54.6	85
GG 15	59	101.7	78.8	-22.9	78	359	274	-85.1	76
GG 23	60	48.7	1.9	-46.8	4	2180	1454	-726	67
R. land	61	0.0	42.1	+42.1		5250	3756	-1494	
WWA bu.	62	0.0	0.0	-	100	5250	5250	-----	100
WWA bi.	63	---	(8.4)	----		----	5250	----	

Tabel X

Een mogelijke aanduiding van de invloed van spuien in de Bocht van Watum door het Eemskanaal. a: de verschillen in concentratie van mp 64 (BW 18) en die van het O-Friesche Gaatje bij een gelijk zoutgehalte, gevonden in de figuren 17 tm 28. b: de verschillen in concentraties van mp 65 (Delfzijl binnen) en mp 64 (BW 18).

Totaal N-N staat voor de som van de componenten NH_4 , NO_2 en NO_3 . De betrokken concentratieverschillen zijn steeds in $\mu\text{grat/l}$. Voor O_2 geldt de verzadigingsspanning in %.

	Tocht nummers					
	12 juni	13 juli	14 aug	15 sep/okt	16 nov	17 dec
a. NH_4^+-N	+ 7	+11	+13	+26	+10 $\frac{1}{2}$	+11
NO_2^--N	+ 1 $\frac{1}{2}$	0	+ $\frac{1}{2}$	- 2	- 2	+ 1 $\frac{1}{2}$
NO_3^--N	- 2	0	-16	- 2 $\frac{1}{2}$	+ 5	- 9
Tot. N-N	+ 6 $\frac{1}{2}$	+11	- 2 $\frac{1}{2}$	+21 $\frac{1}{2}$	+13 $\frac{1}{2}$	+ 2 $\frac{1}{2}$
% O_2	$\pm$	$\pm$	$\pm$	-12	$\pm$	$\pm$
b. NH_4^+-N	+30	+25 $\frac{1}{2}$	+39	+74	+111	+172
NO_2^--N	+ 5	+ 1	+ 4	+21	+ 6	- $\frac{1}{2}$
NO_3^--N	+ 7	-10	+13	+ 4 $\frac{1}{2}$	+ 30	+ 23
Tot. N-N	+42	+16 $\frac{1}{2}$	+56	+99 $\frac{1}{2}$	+157	+195 $\frac{1}{2}$
% O_2	-12	?	$\pm$	-18	- 28	?

Tabel XI

W.W.Z.

1 km 20

en 70 l.

N - NH₄⁺

N - NO₂⁻

N - NO₃⁻

tot. N-N

NO₃/NH₄⁺

PH

C.W.Z. 22 t.m. 31.

0.73

0.13

0.30

1.16

0.502

0.088

8.228

8.232

8.126

8.095

26.99

0.321

0.639

15.04

2.57

9.38

5.80

1.33

0.78

0.78

3.87

18.54

15.04

18.01

3.01

2.99

19.12

18.01

3.01

2.99

19.12

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

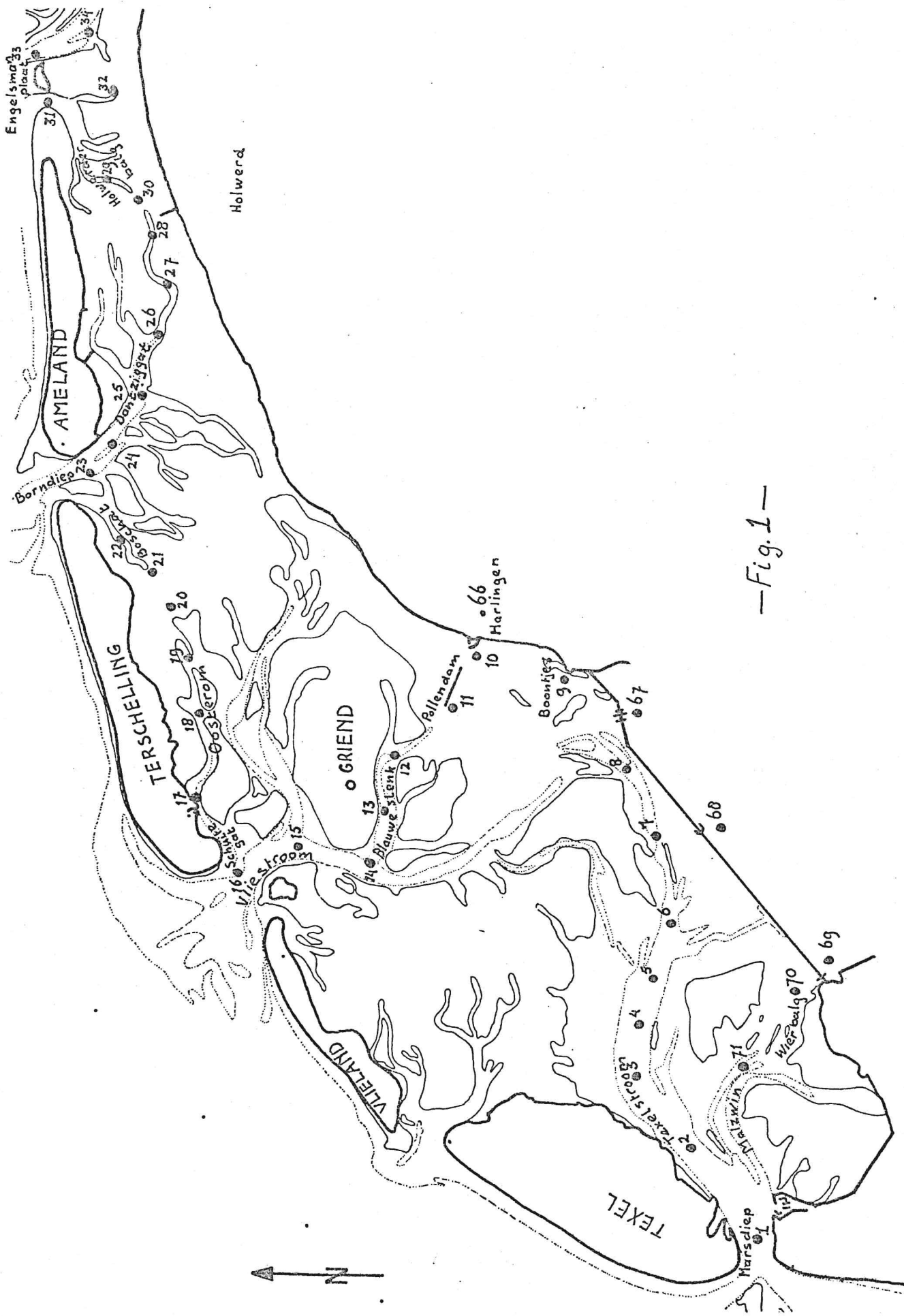
38

39

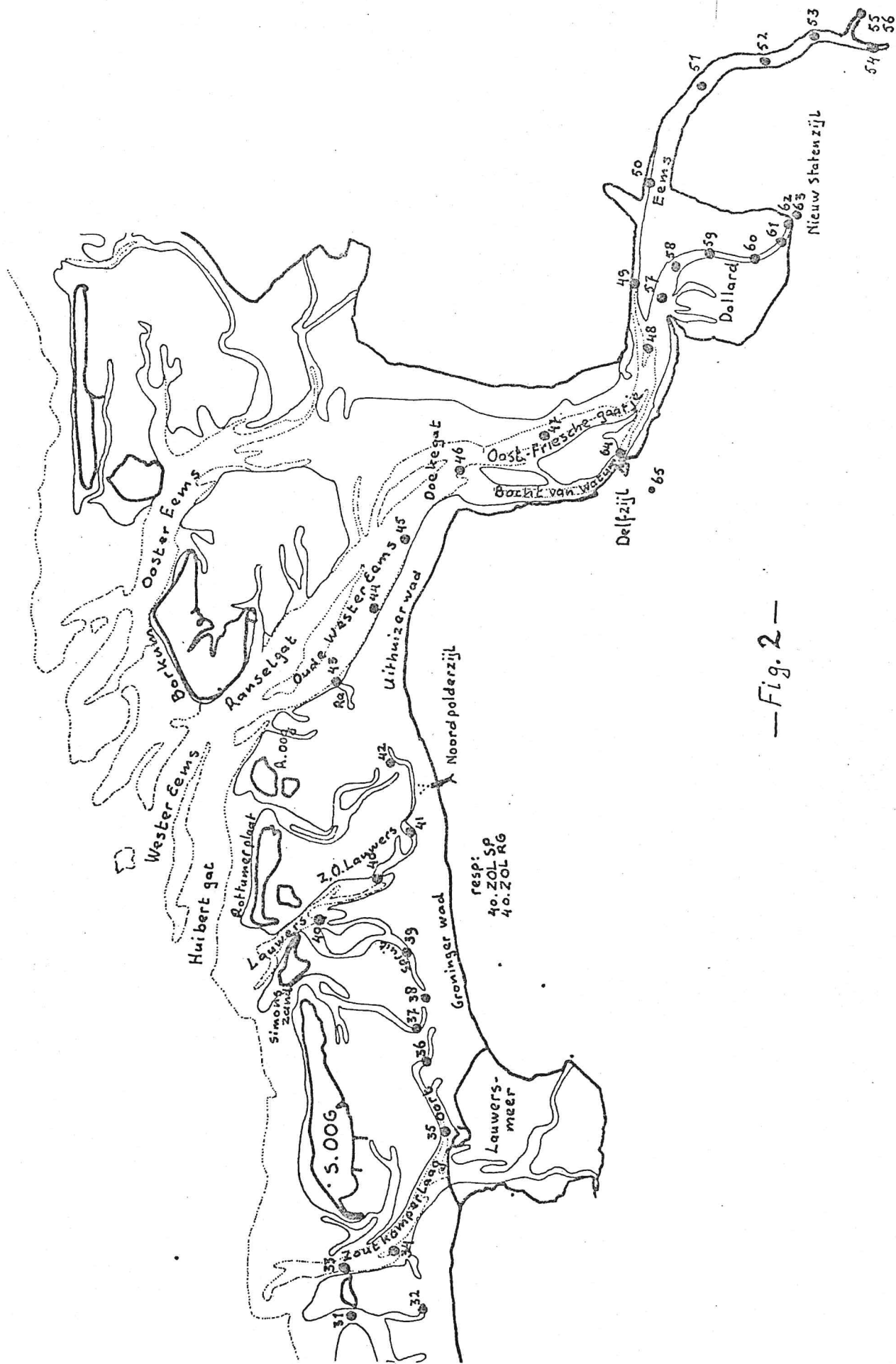
Tabel XII

De zuurstof situatie in de westelijk Waddenzee (W), centrale Waddenzee (C) en oostelijk Waddenzee (O) gezien in licht van de verhouding NO_3/NH_4 .

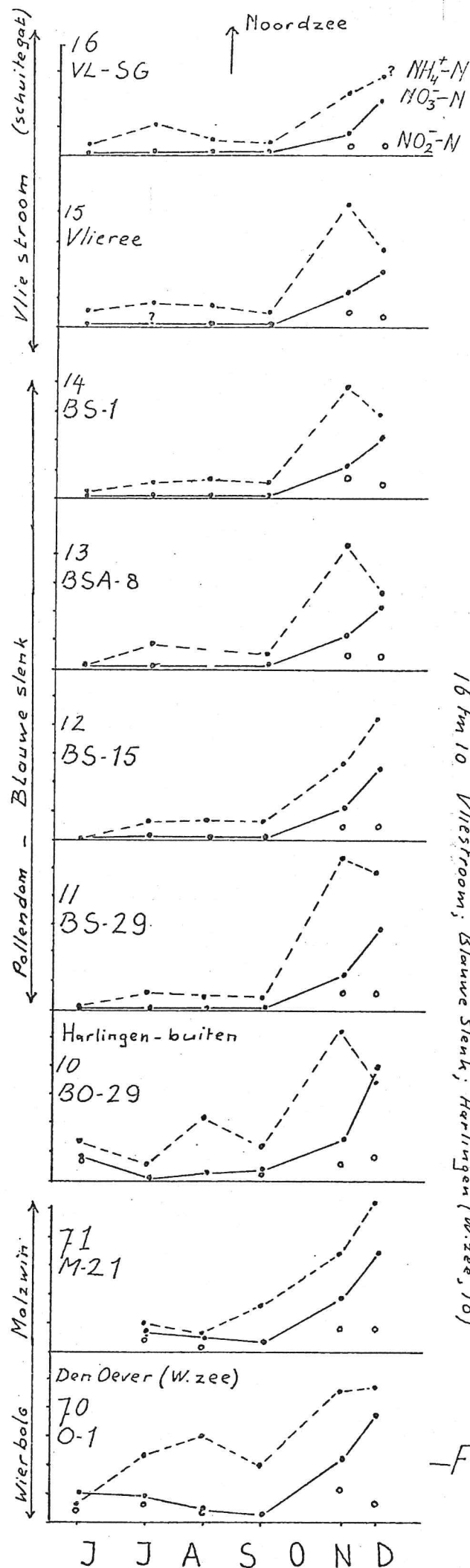
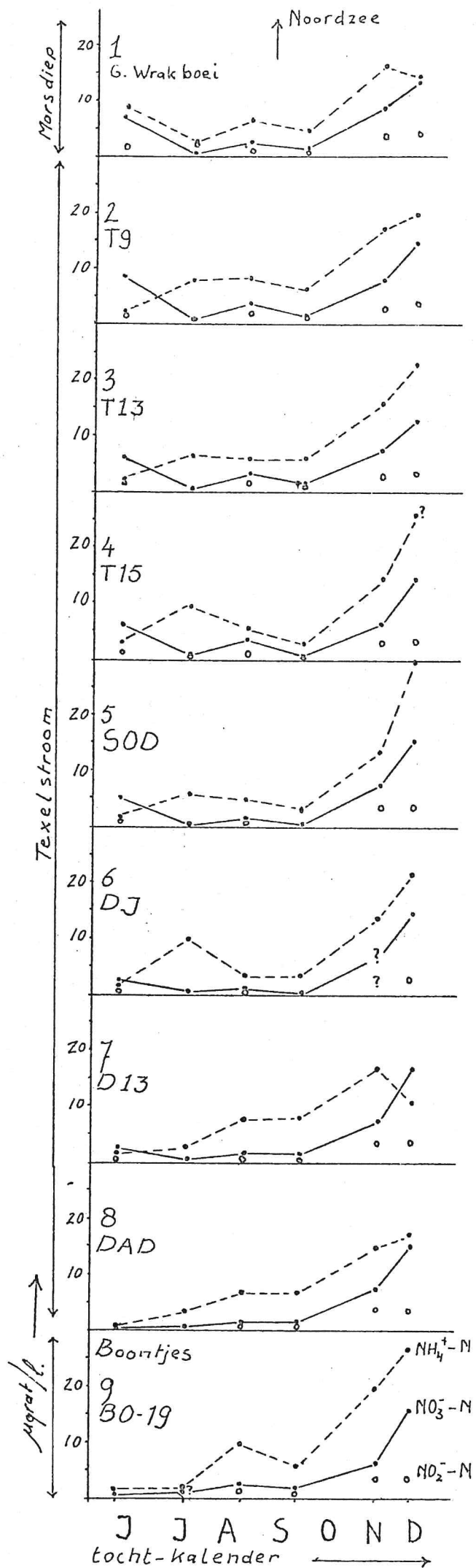
	Tocht nummers											
	14 aug			15 sep/okt			16 nov			17 dec		
	W	C	O	W	C	O	W	C	O	W	C	O
Gem. % O_2	102	107	95	99	100	102	97	99	93	97	98	99
Gem. NO_3/NH_4	0.25	0.15	0.08	0.14	0.15	0.06	0.39	0.32	0.26	0.74	0.64	0.60



—Fig. 1—

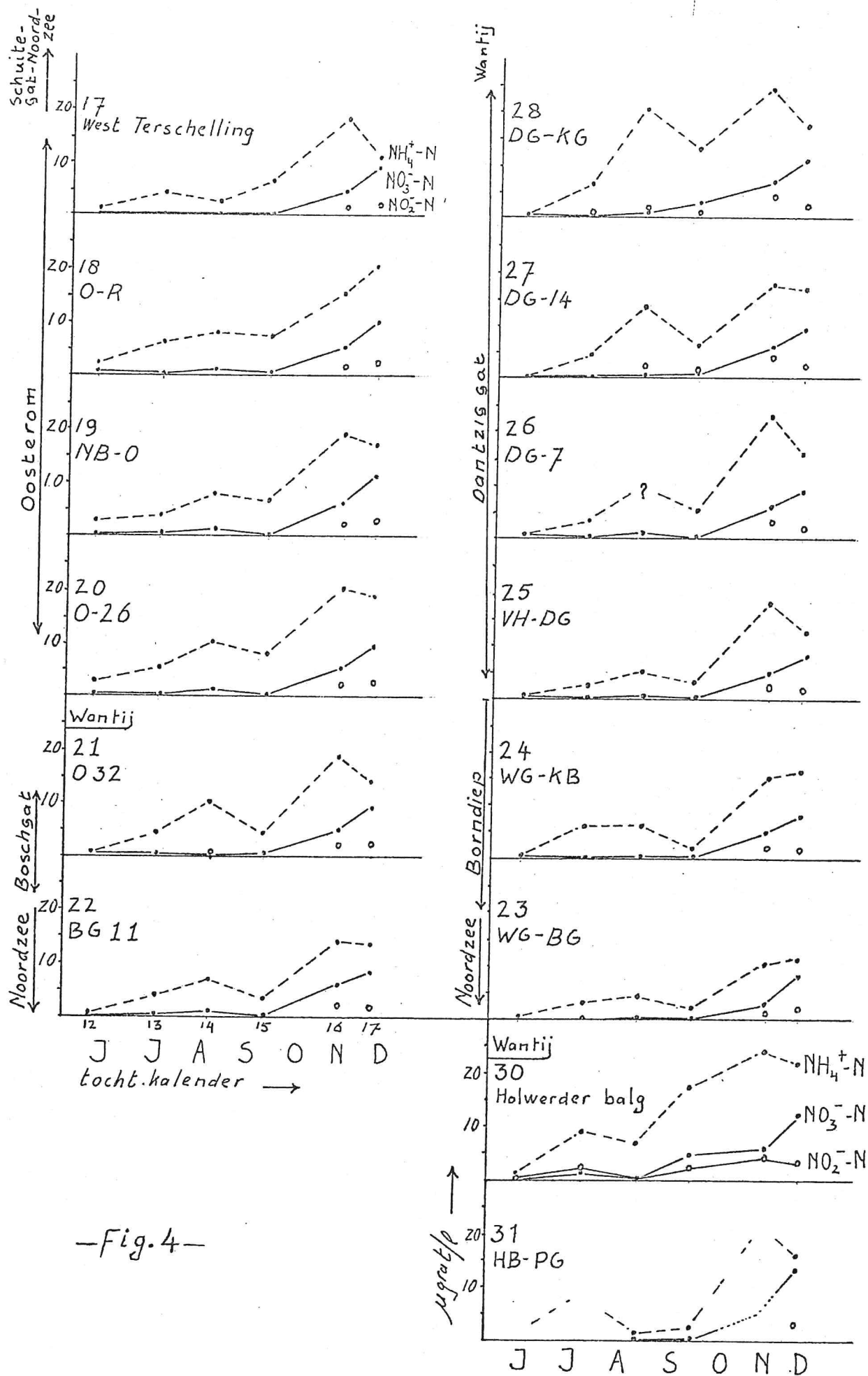


—Fig. 2—



1 km 8 Texelstroom; 9 Boontjes 19 (kornwerd - Waddenzee)
 71; 70 Malzwin, Den Oever (W. zee)
 16 km 10 Vliestroom; Blauwe slenk; Harlingen (W. zee, 10)

-Fig. 3-



-Fig. 4-

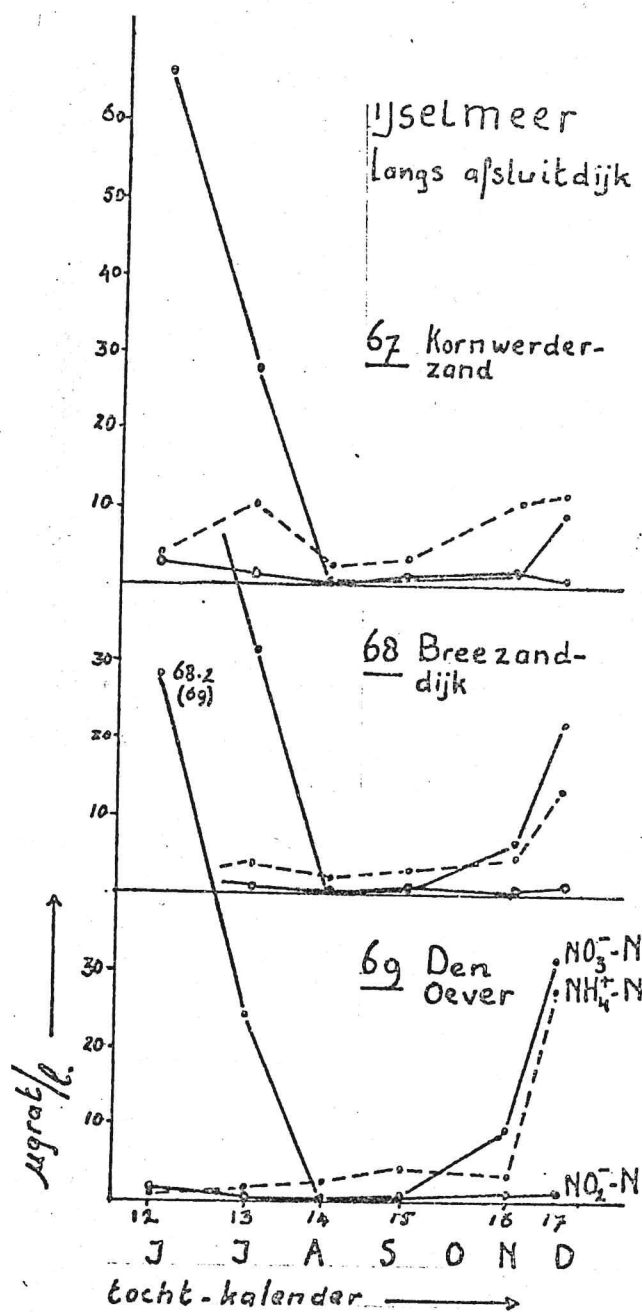


Fig. 5.

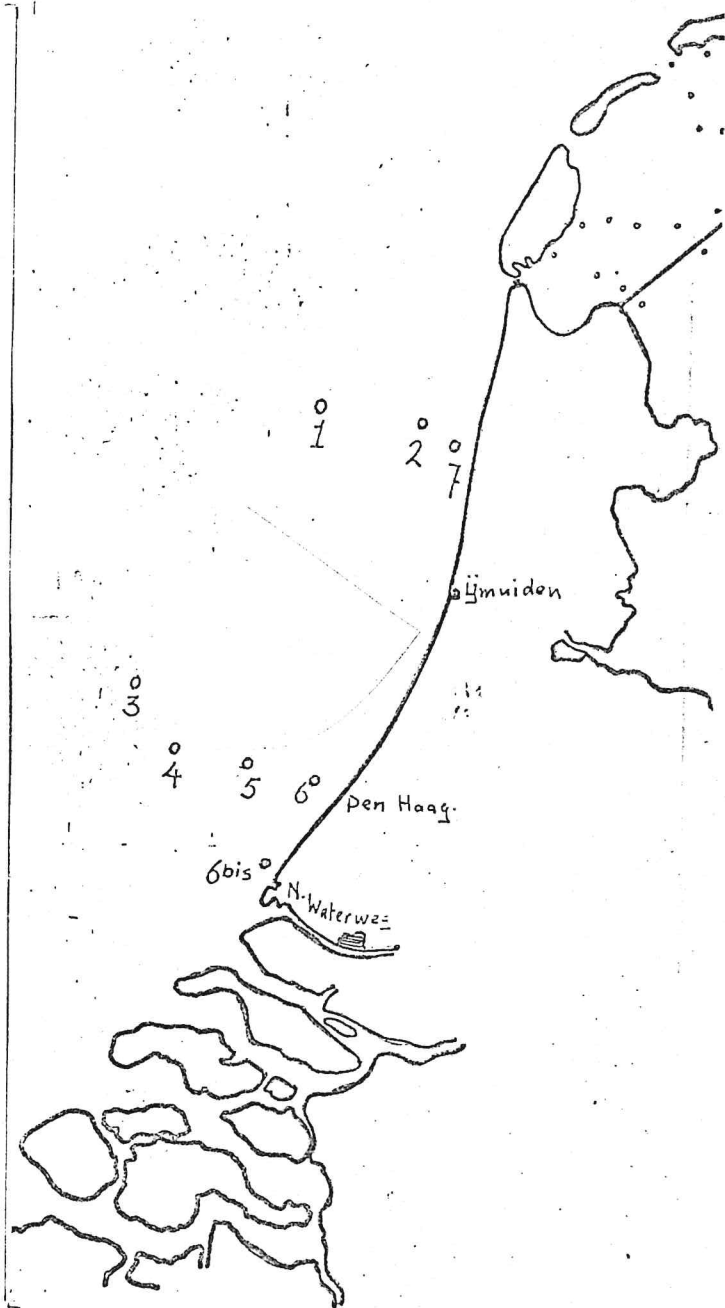


Fig. 6.

1971 - Noordzee ge-

gevens. Gemonsterd door W. Gieskes

zie voor de monster-20- punten: kaartje Noord- Zee

↑ Noord- Zee

↑ kust

↑ N. Waterweg

↑ Mars- diep

↑ N

↑ Z

↑ Migrat/le.

↑ Echt. kalender

↑

↑

↑

↑

↑

↑

↑

↑

↑

↑

↑

↑

↑

↑

↑

↑

↑

↑

↑

↑

↑

↑

↑

↑

↑

↑

↑

3

4

5

6

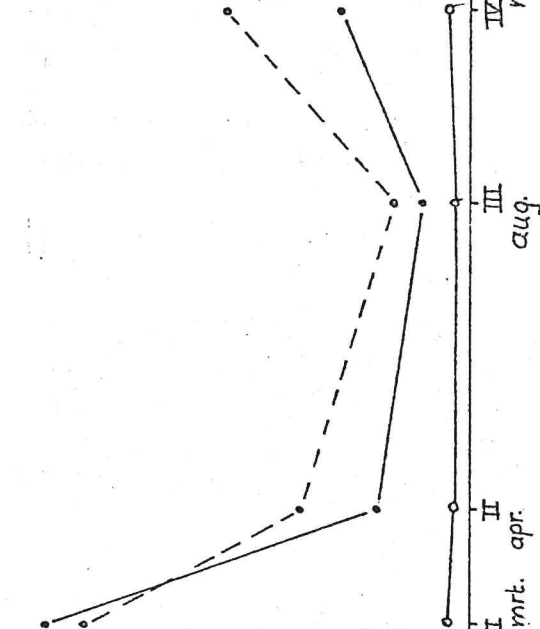
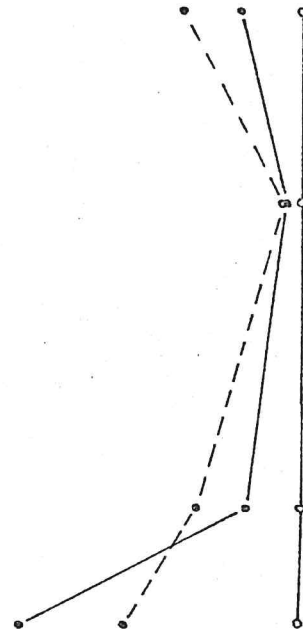
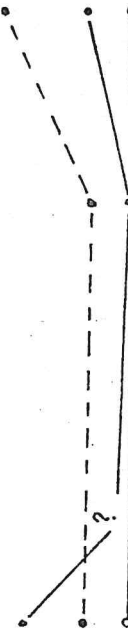
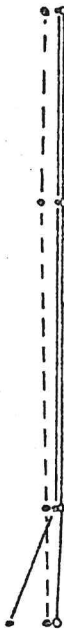
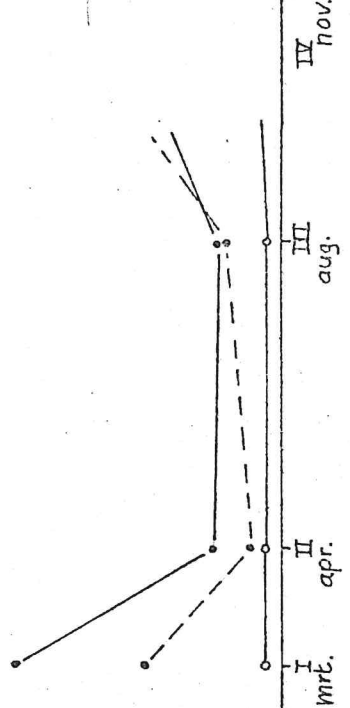
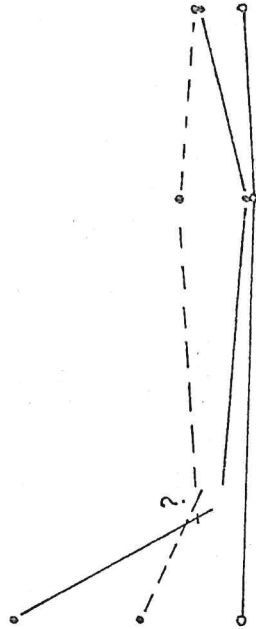
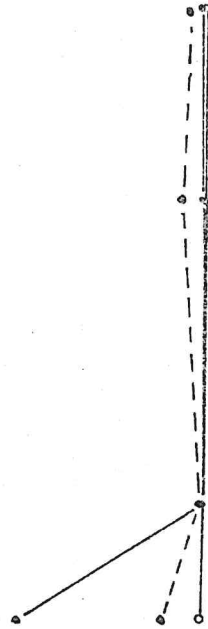
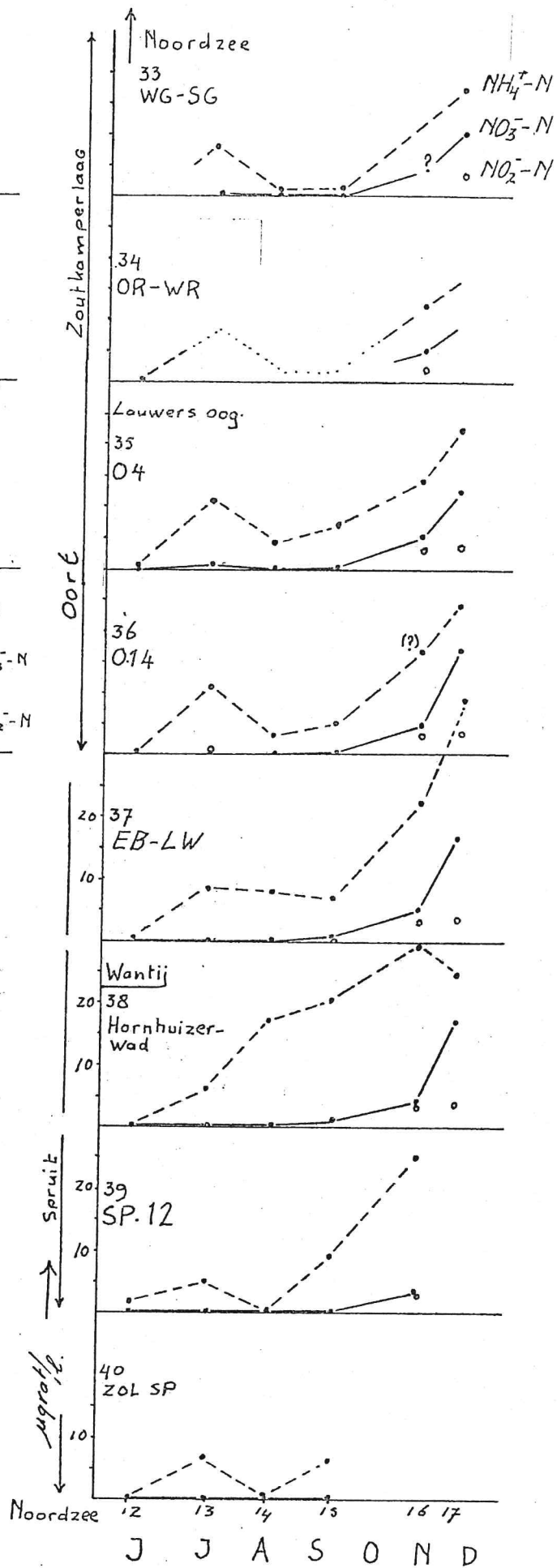
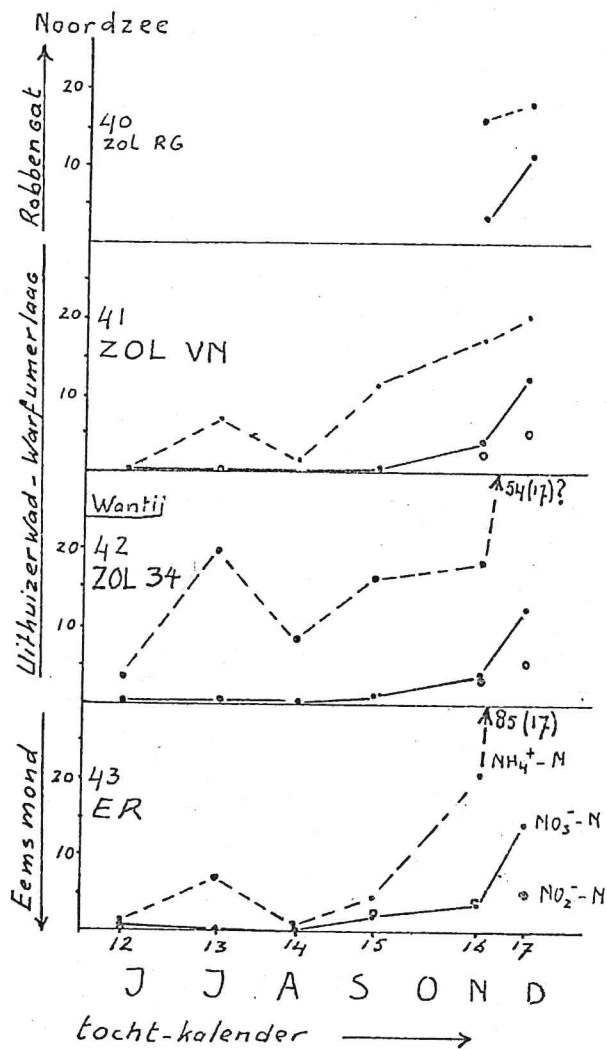


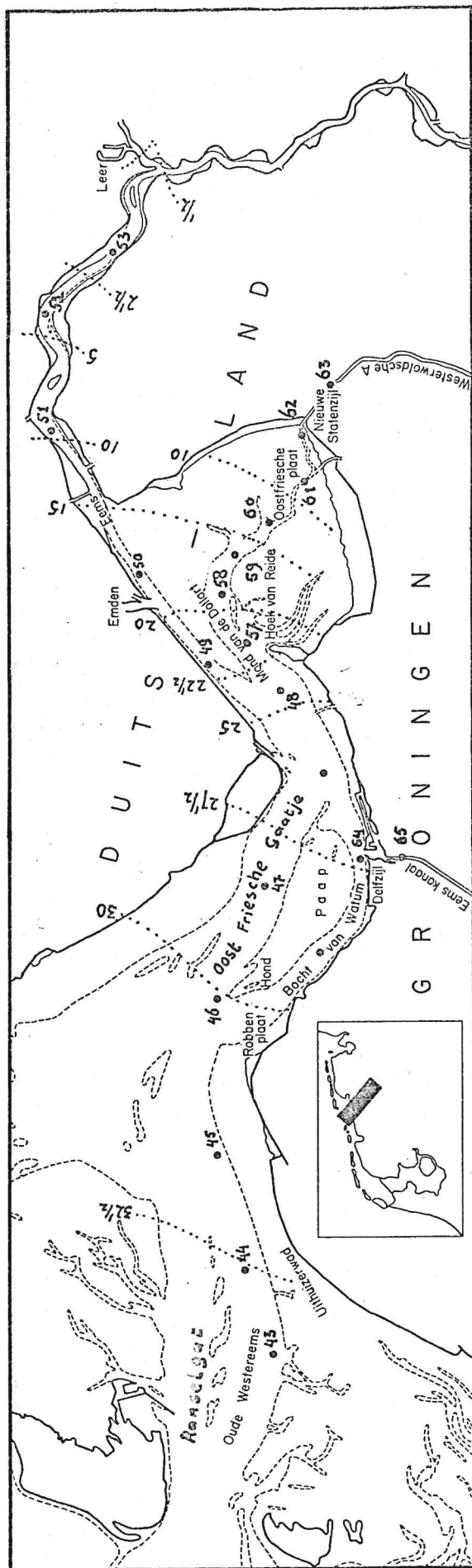
Fig. 7

1 2 7



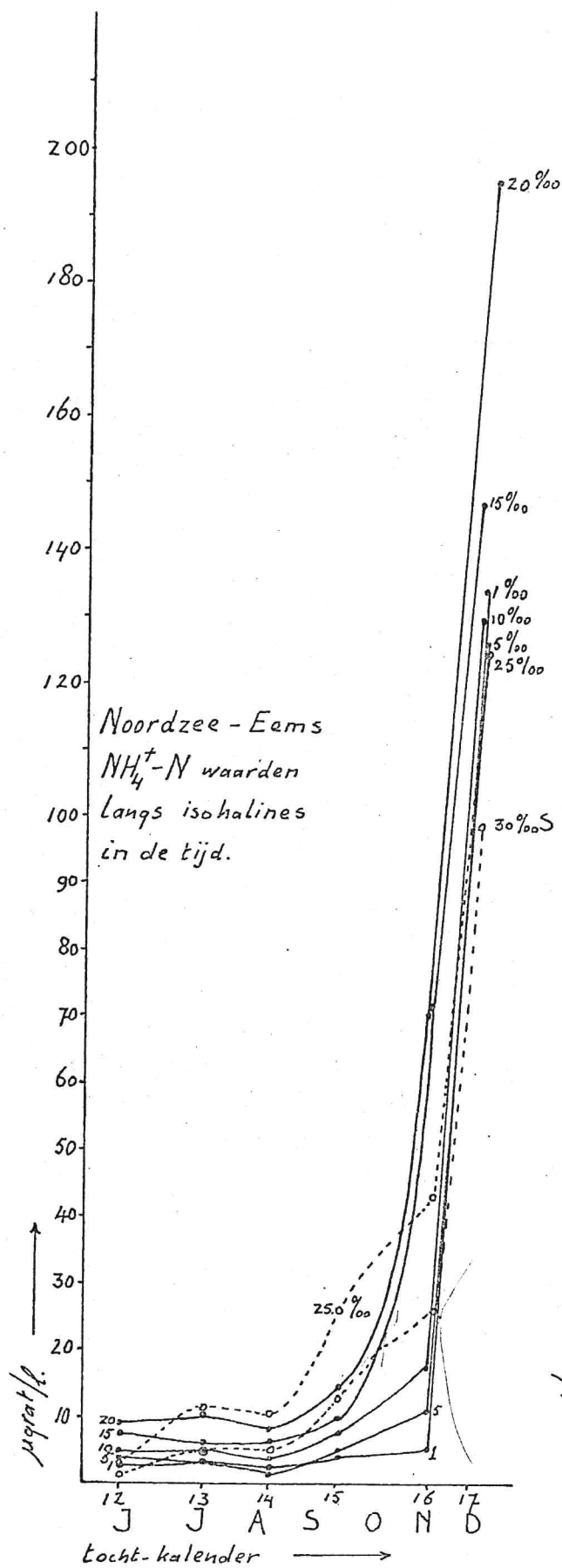


—Fig.8—

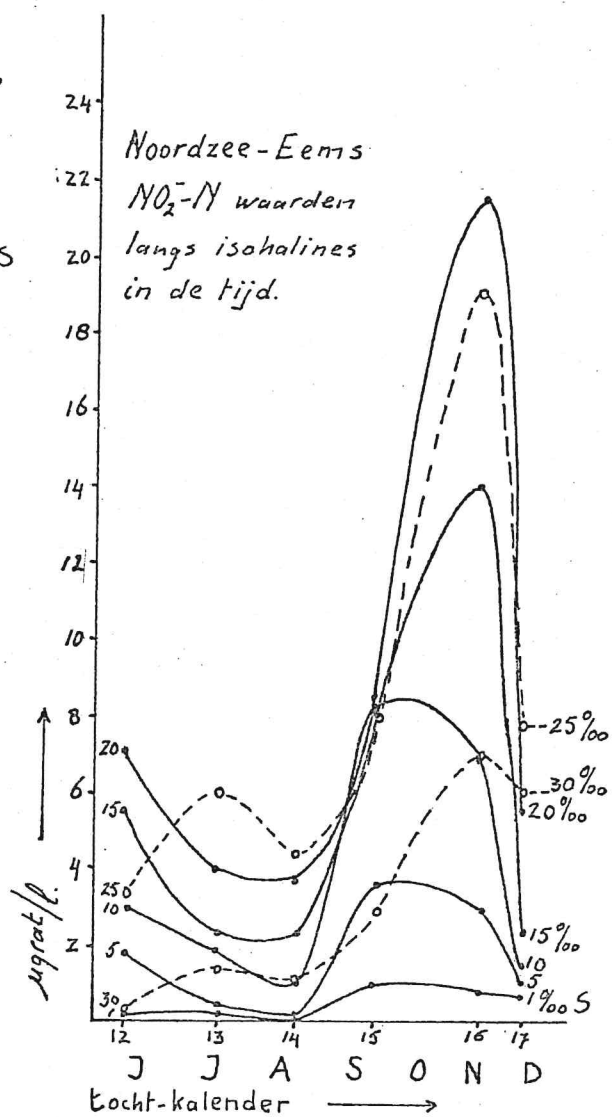


..... isohaline in een bepaalde fase van het getij in ‰ S

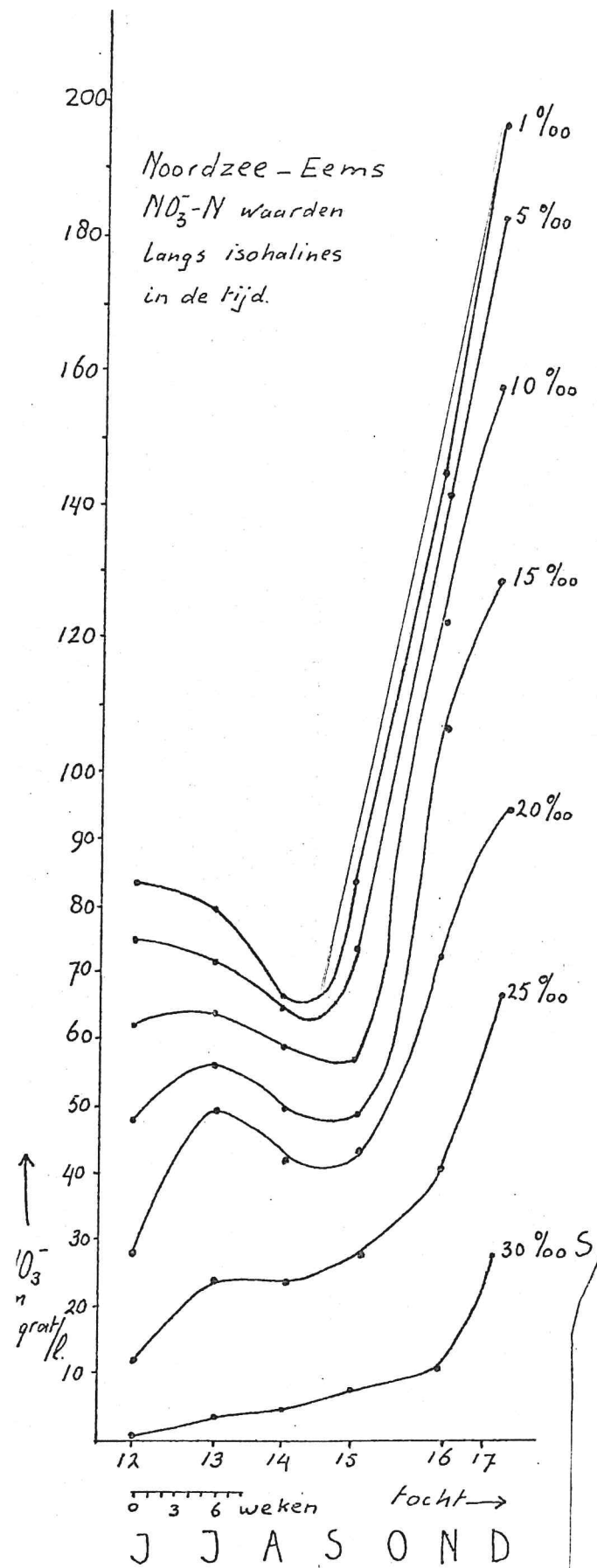
Fig 9



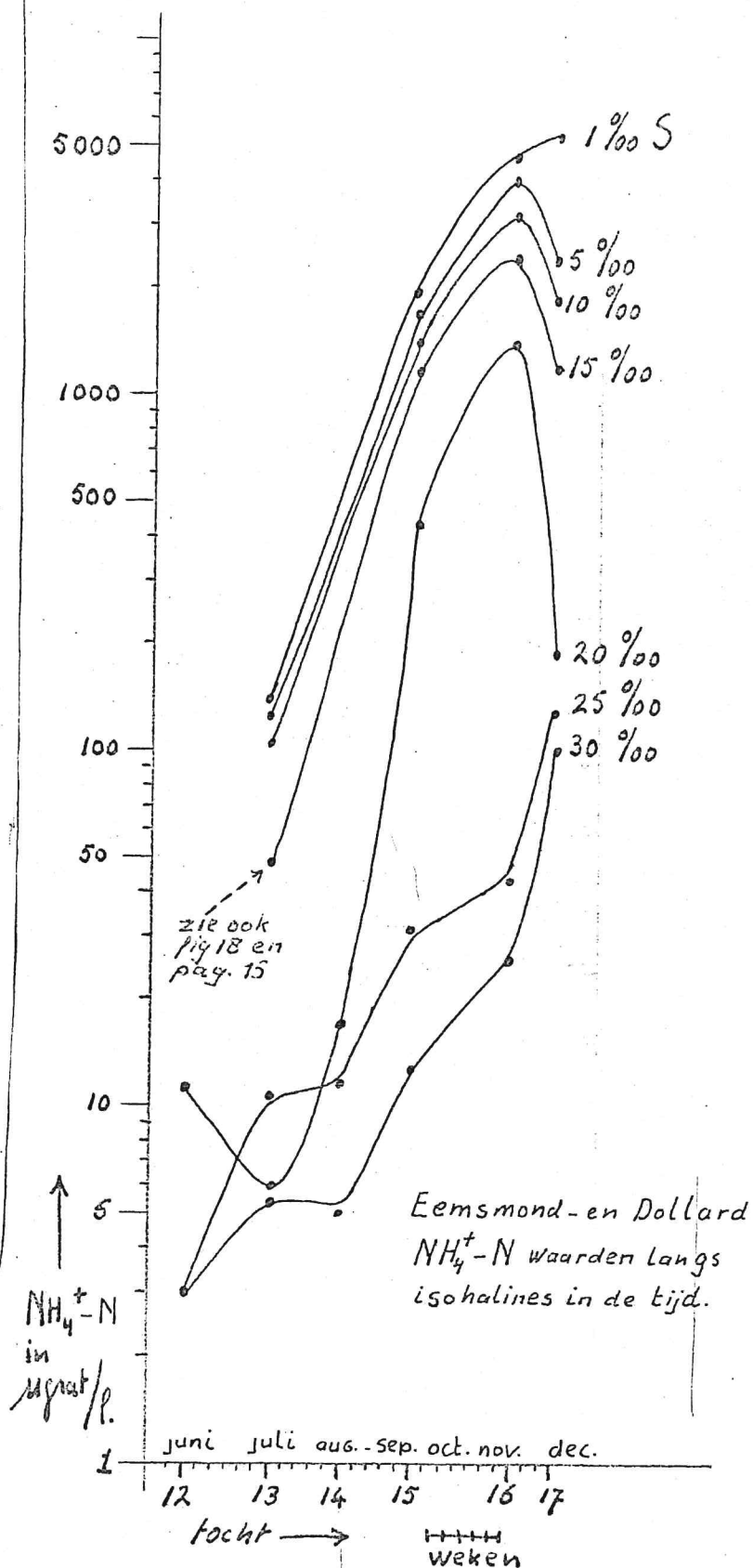
—Fig. 10—



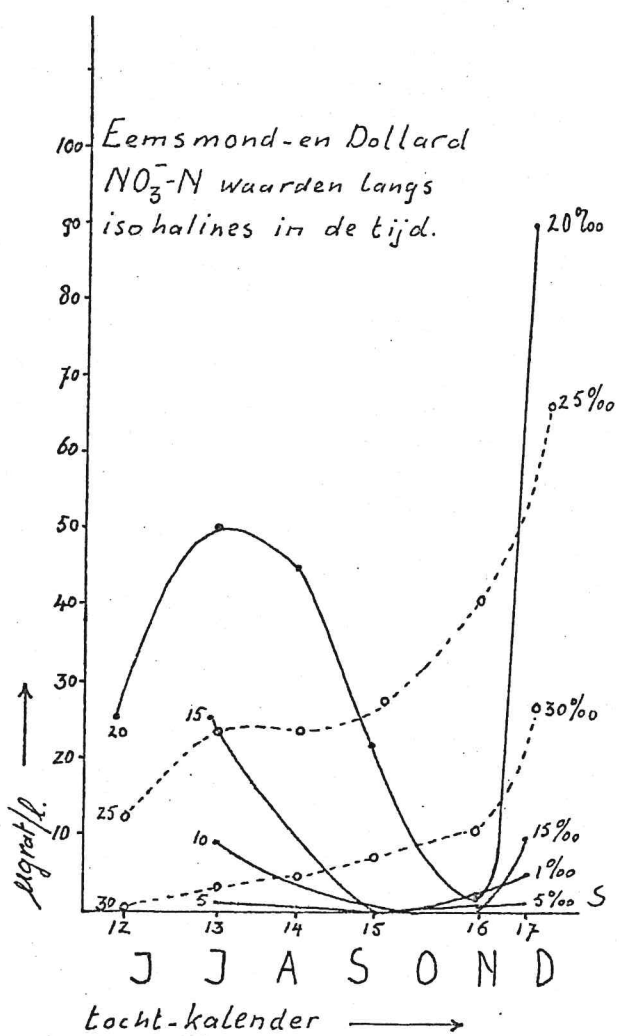
—Fig. 11—



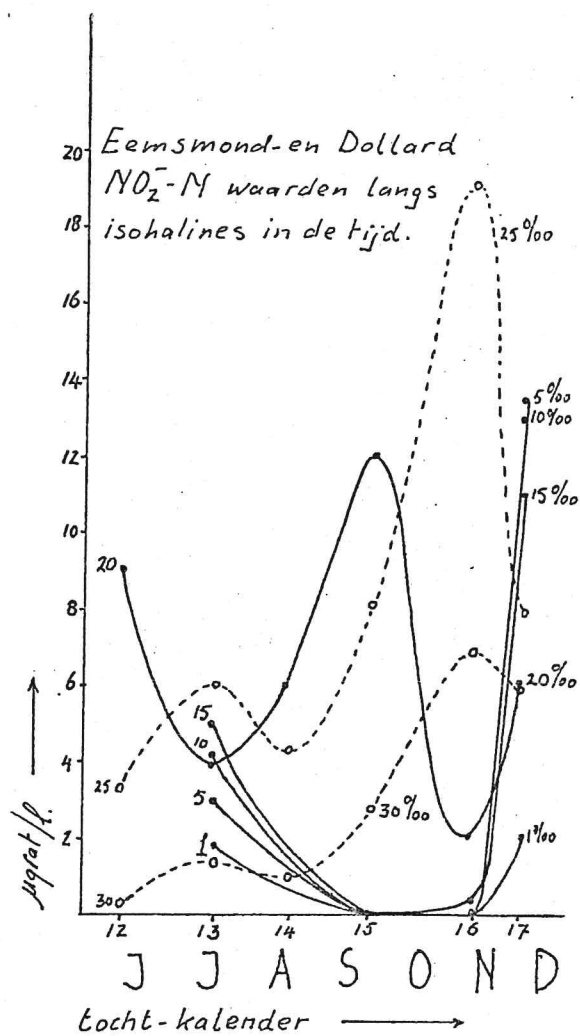
—Fig. 12—



—Fig. 13—



— Fig. 15 —



— Fig. 14 —

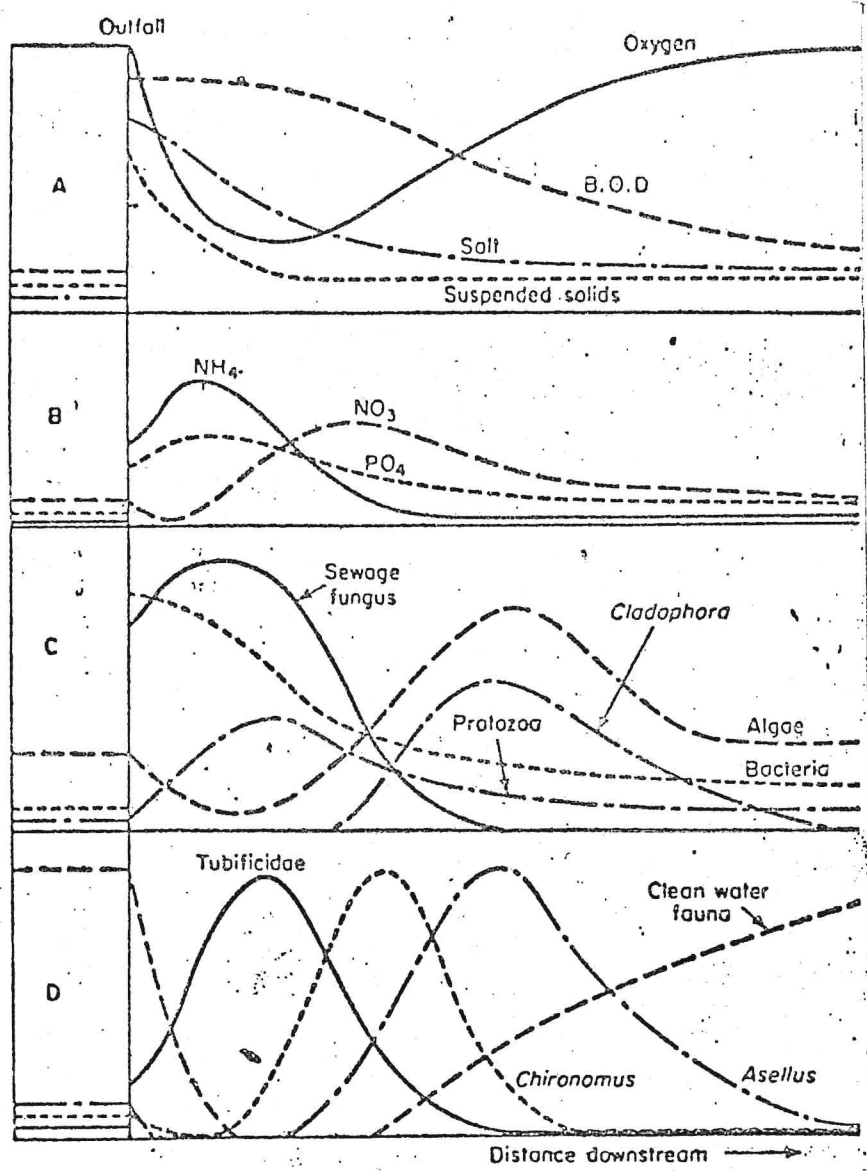
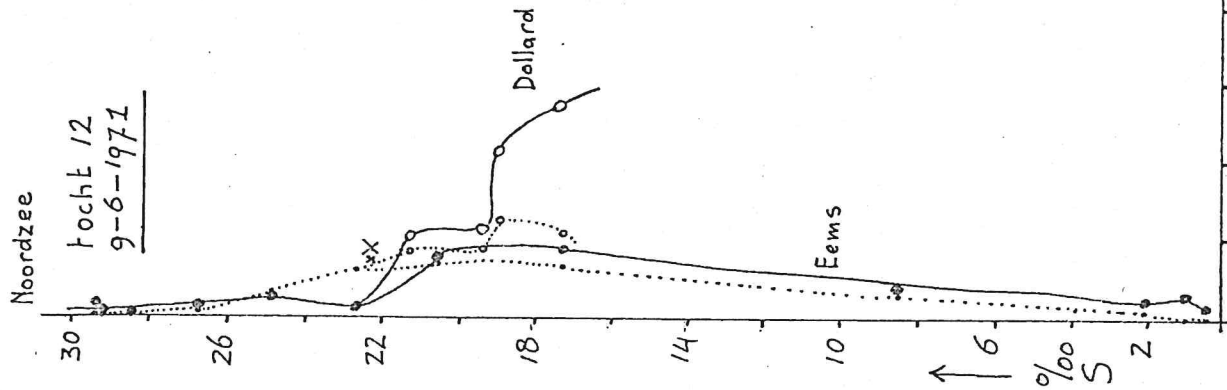


Fig. 16. Het effect van een organisch effluent op een rivier. Naar Hynes (1960).

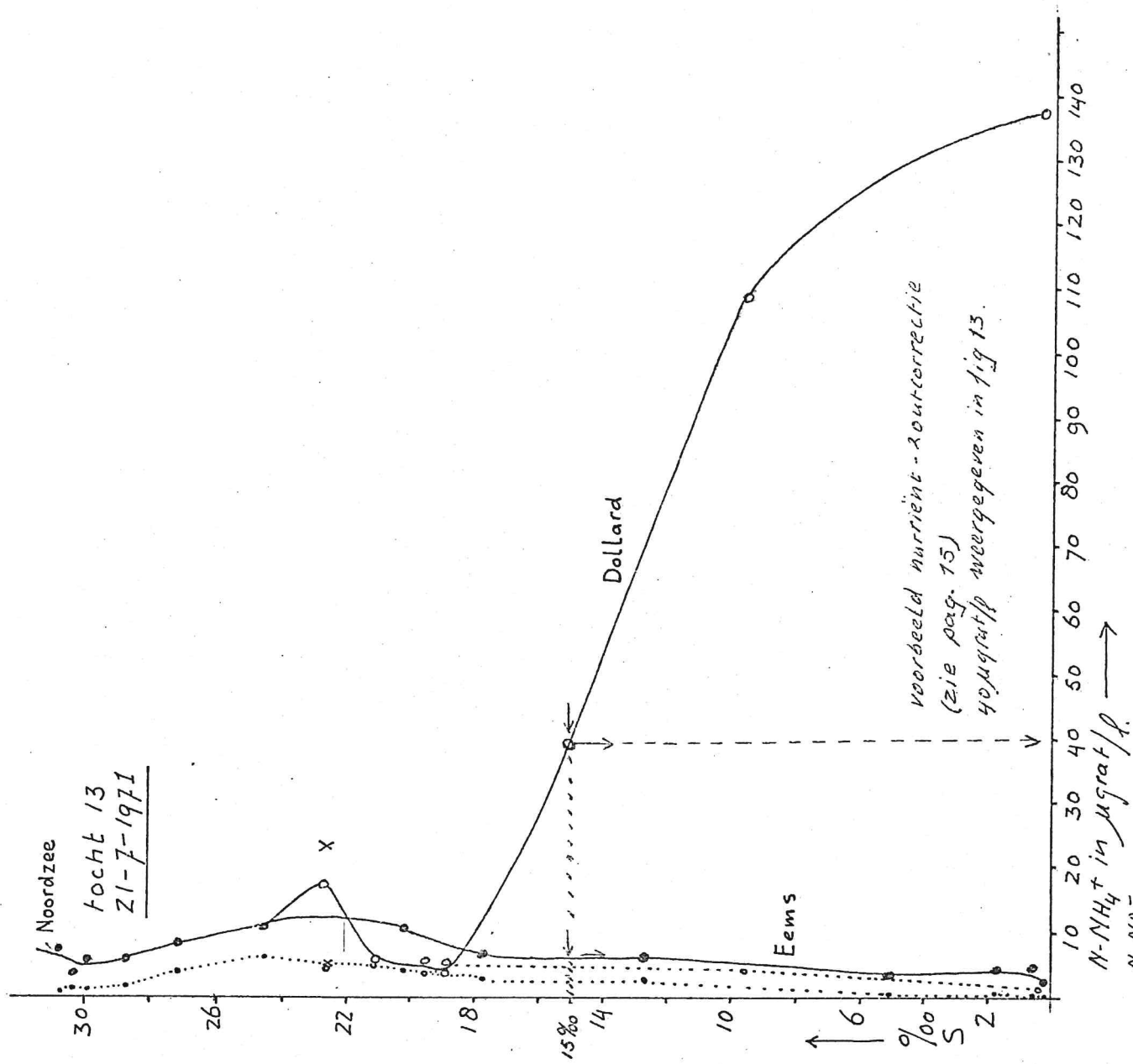
Noordzee
Focht 12
9-6-1971



$N-NH_4^+$ in $\mu\text{grat/l}$ →
 $N-NO_3^-$ →

— Fig. 17 —

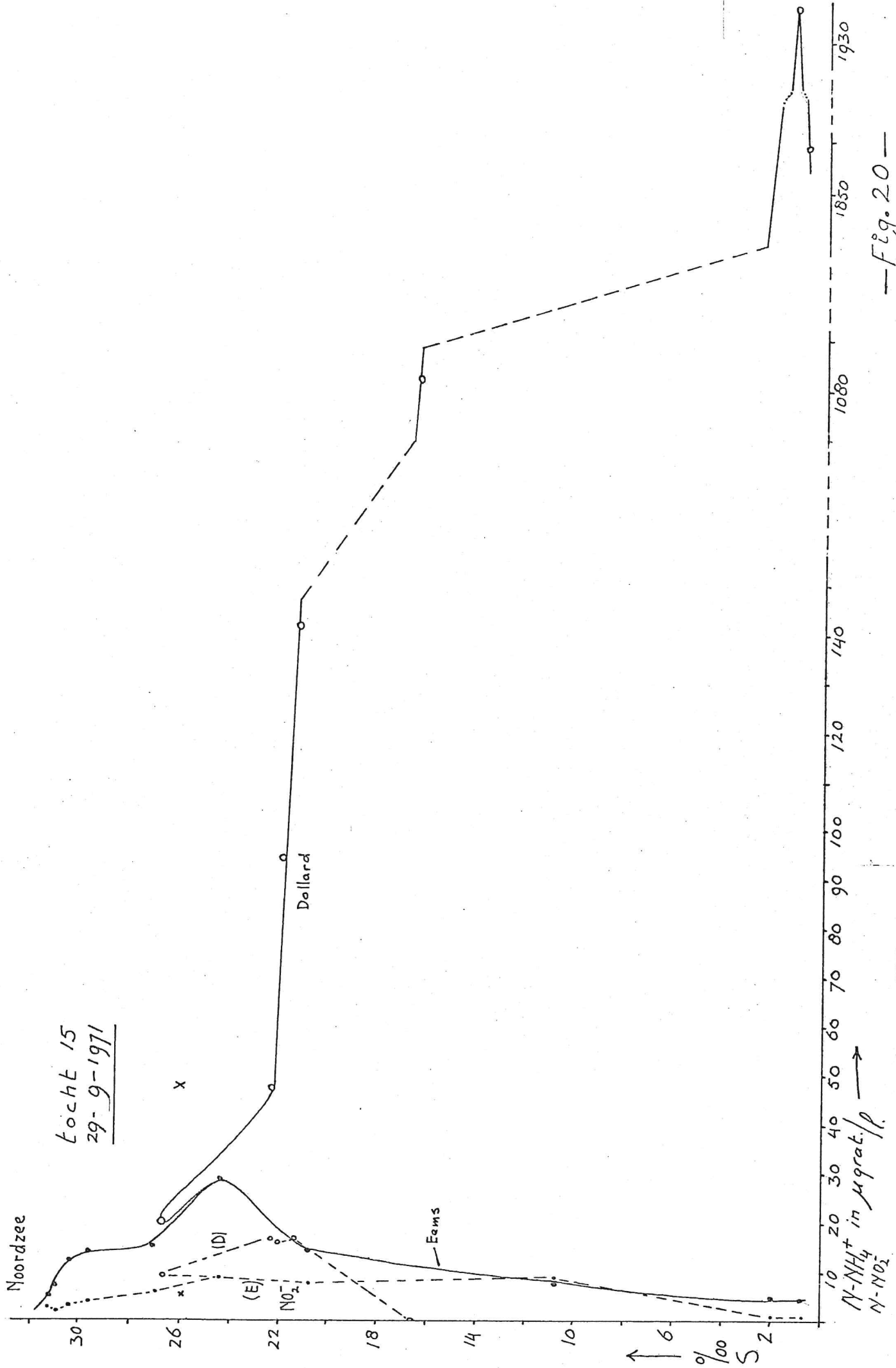
Noordzee
Focht 13
21-7-1971



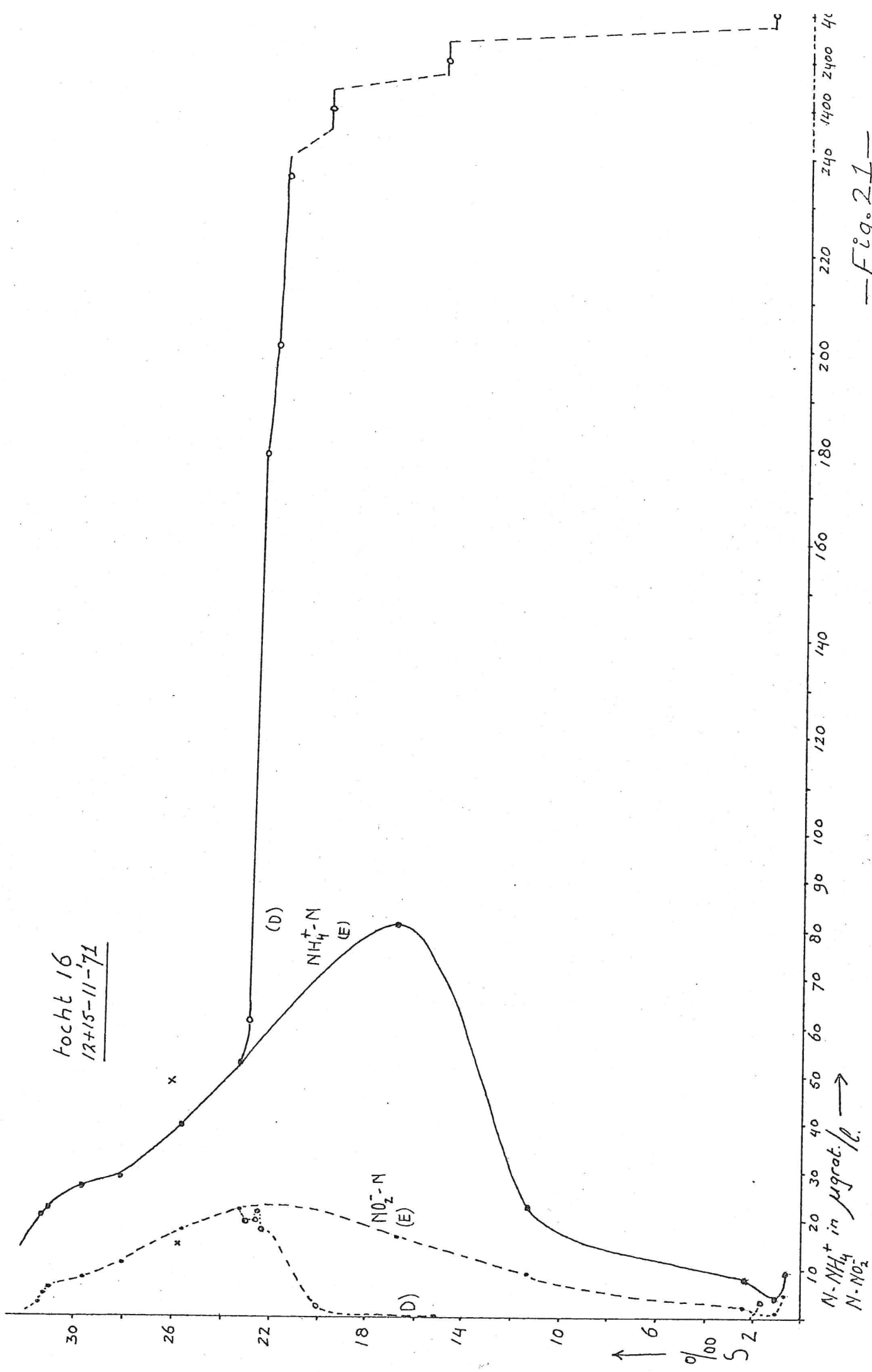
voorbeeld nultient-2outcorrectie
(zie pag. 15)
40 $\mu\text{grat/l}$ weergegeven in fig 13.

$N-NH_4^+$ in $\mu\text{grat/l}$ →
 $N-NO_3^-$ →

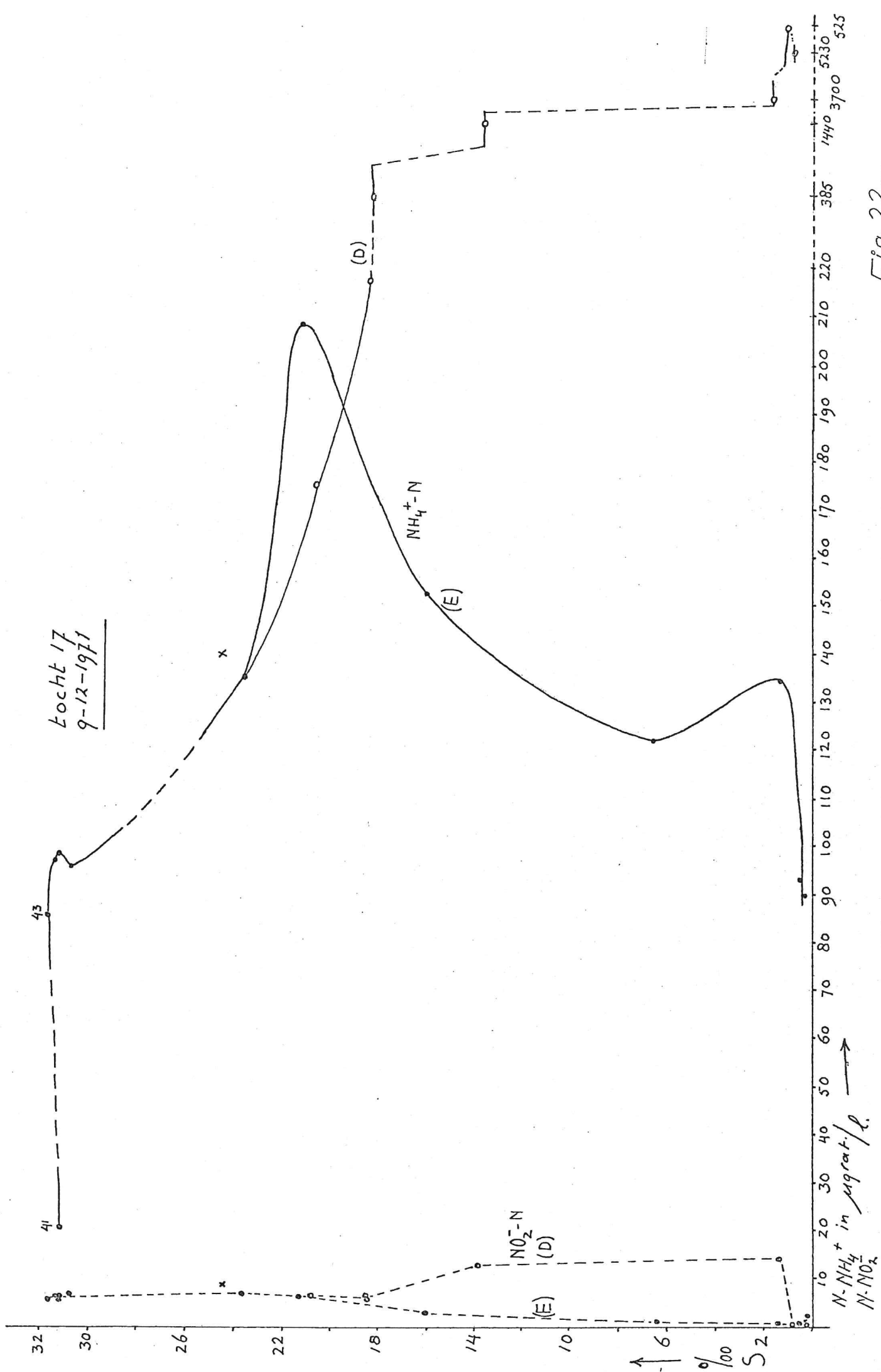
— Fig. 18 —



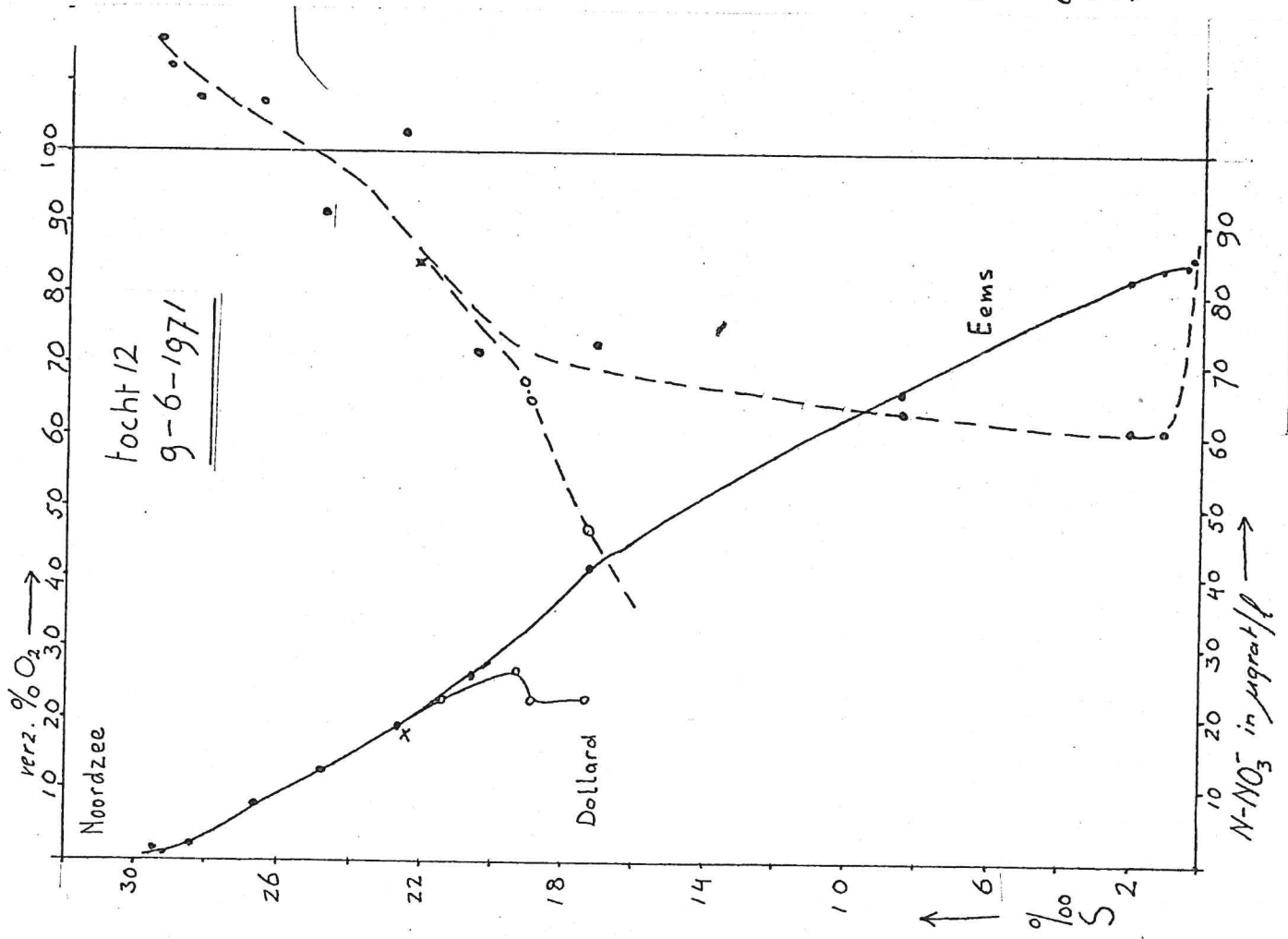
— Fig. 20 —



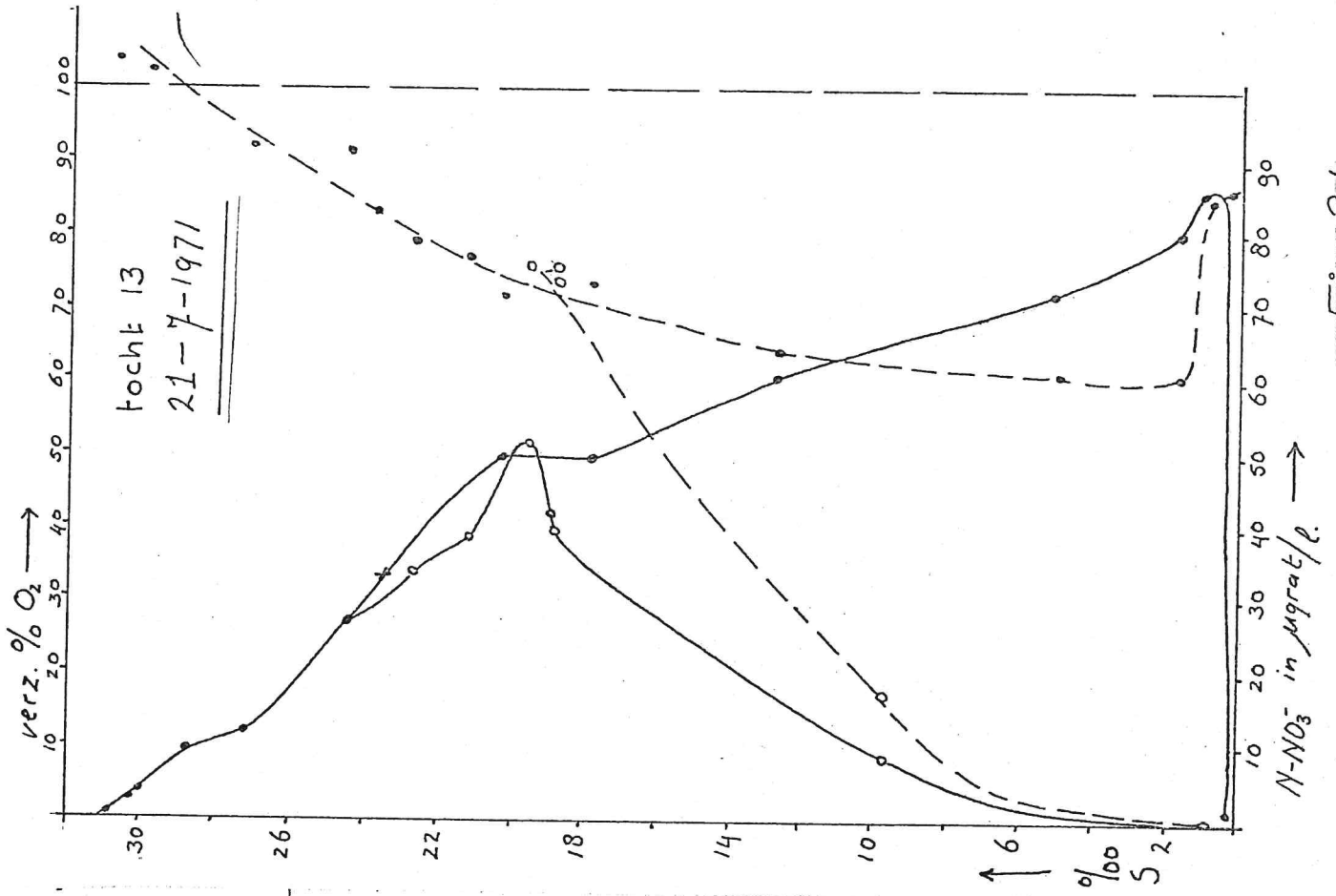
—Fig. 21—



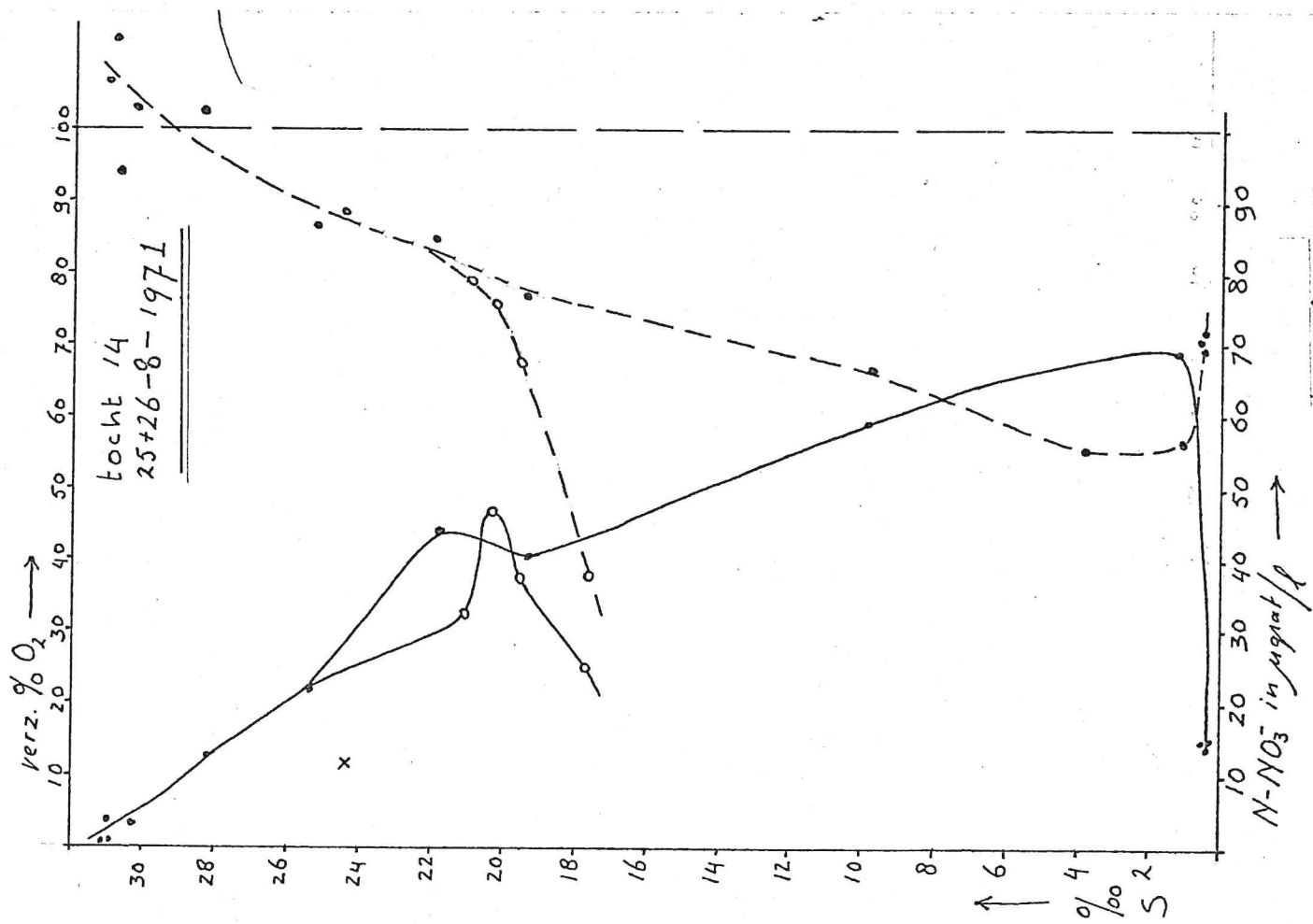
—Fig. 22—



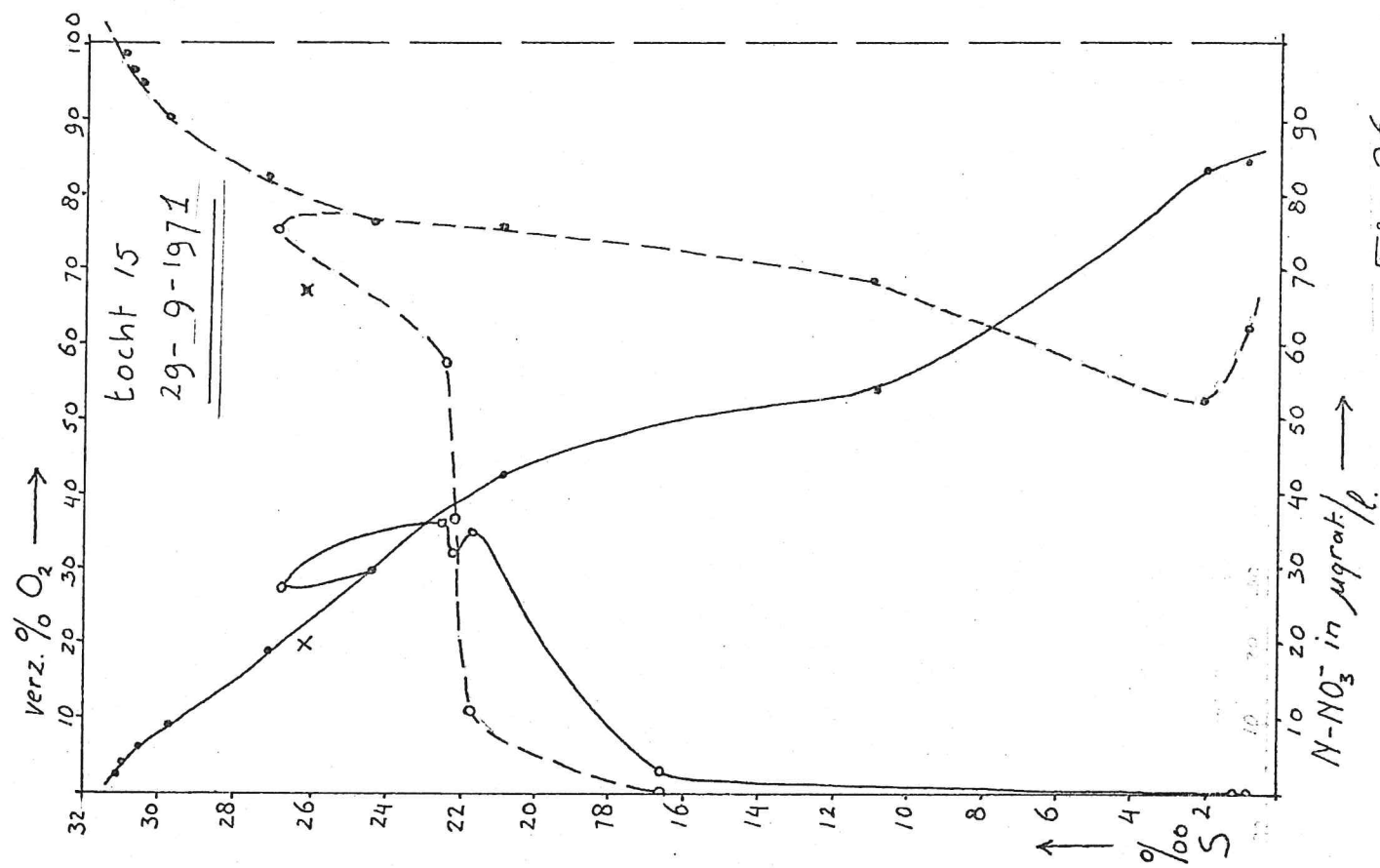
—Fig. 23—



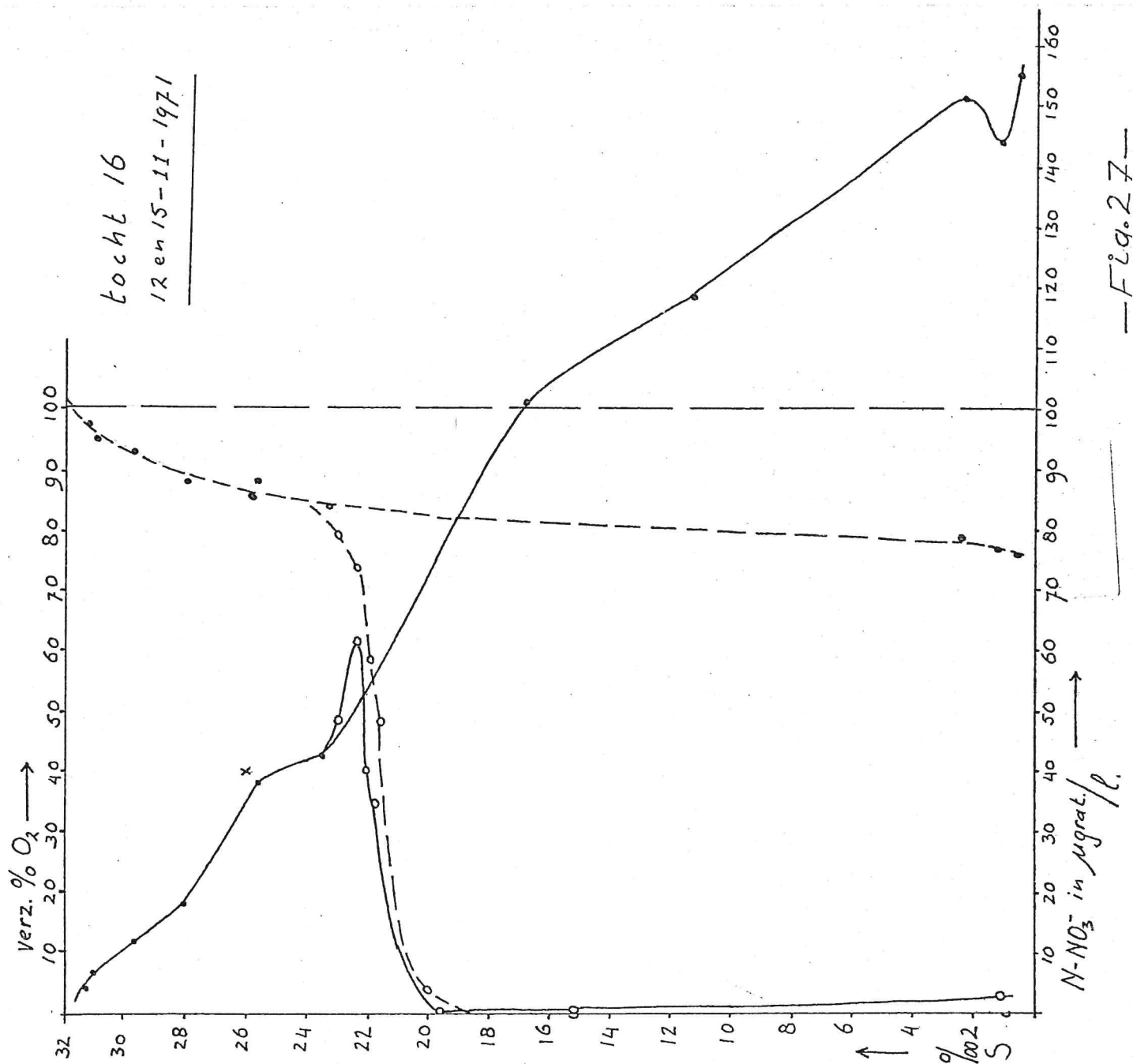
—Fig. 24—



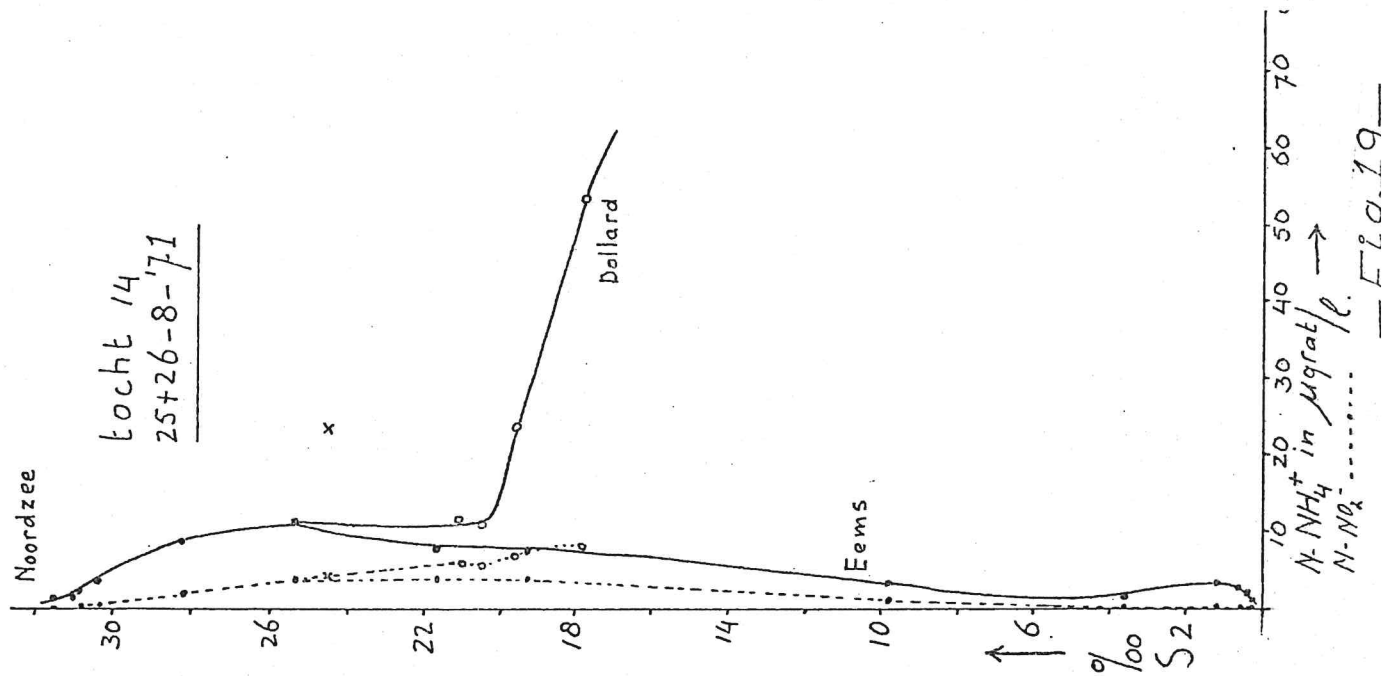
—Fig. 25—



—Fig. 26—



— Fig. 27 —



— Fig. 19 —

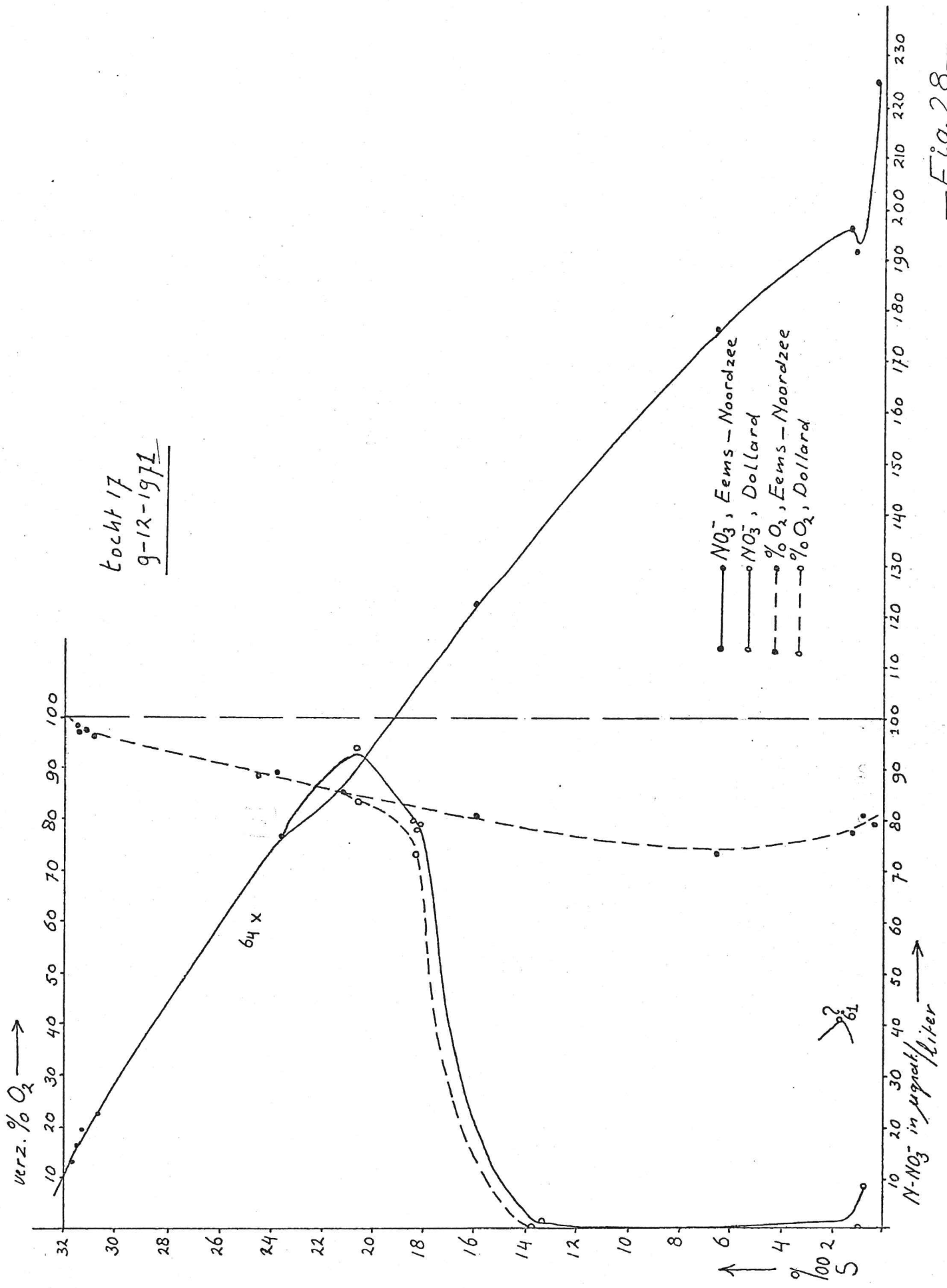
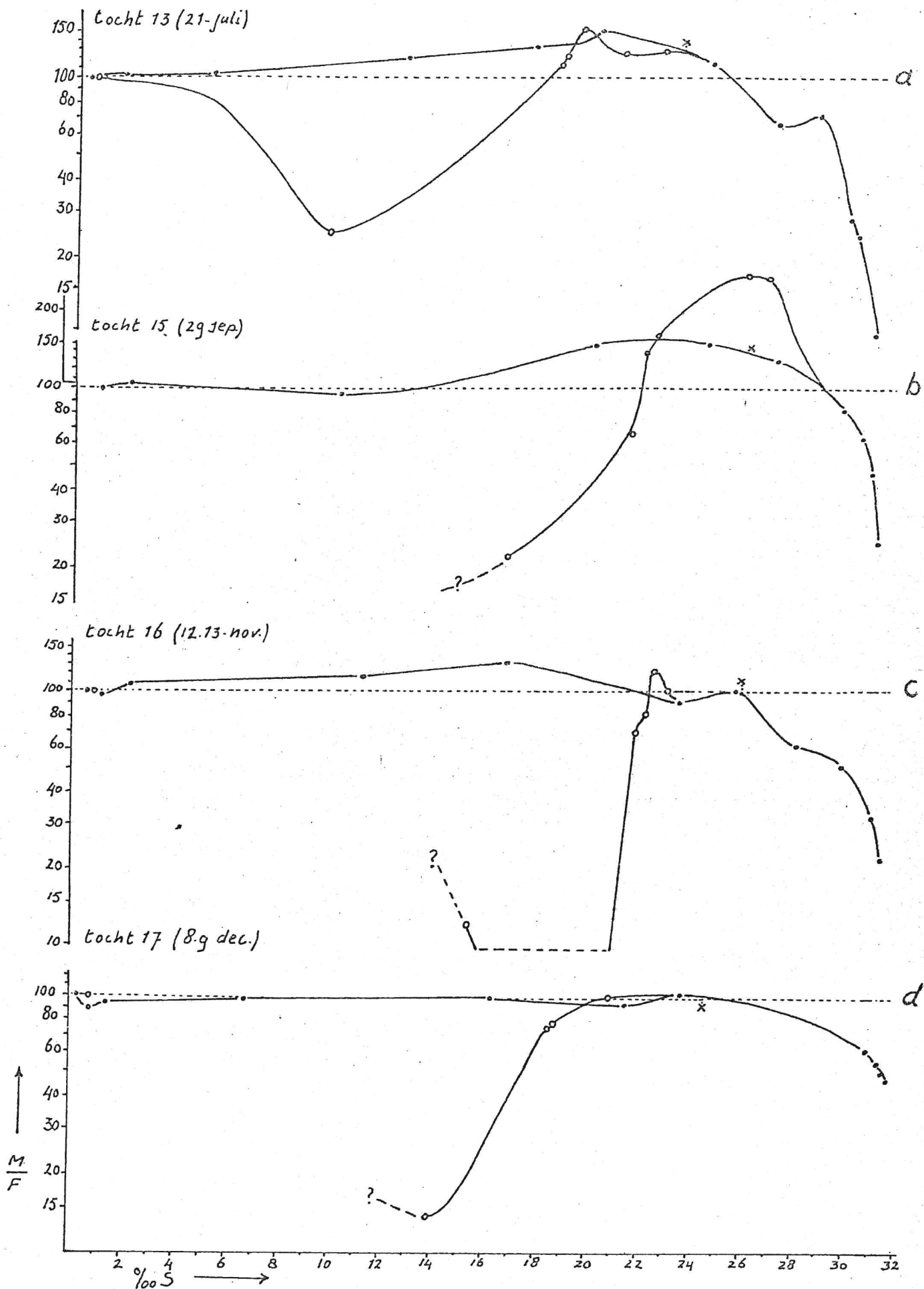


Fig. 28-

$\text{NO}_3^- - \text{N}$

$$\frac{M}{F} = \frac{\text{gevonden waarde v.e. Monster}}{\text{berekende waarde m.b.v. } F} \cdot 100 ; F = \text{fluorescentie-waarde}$$

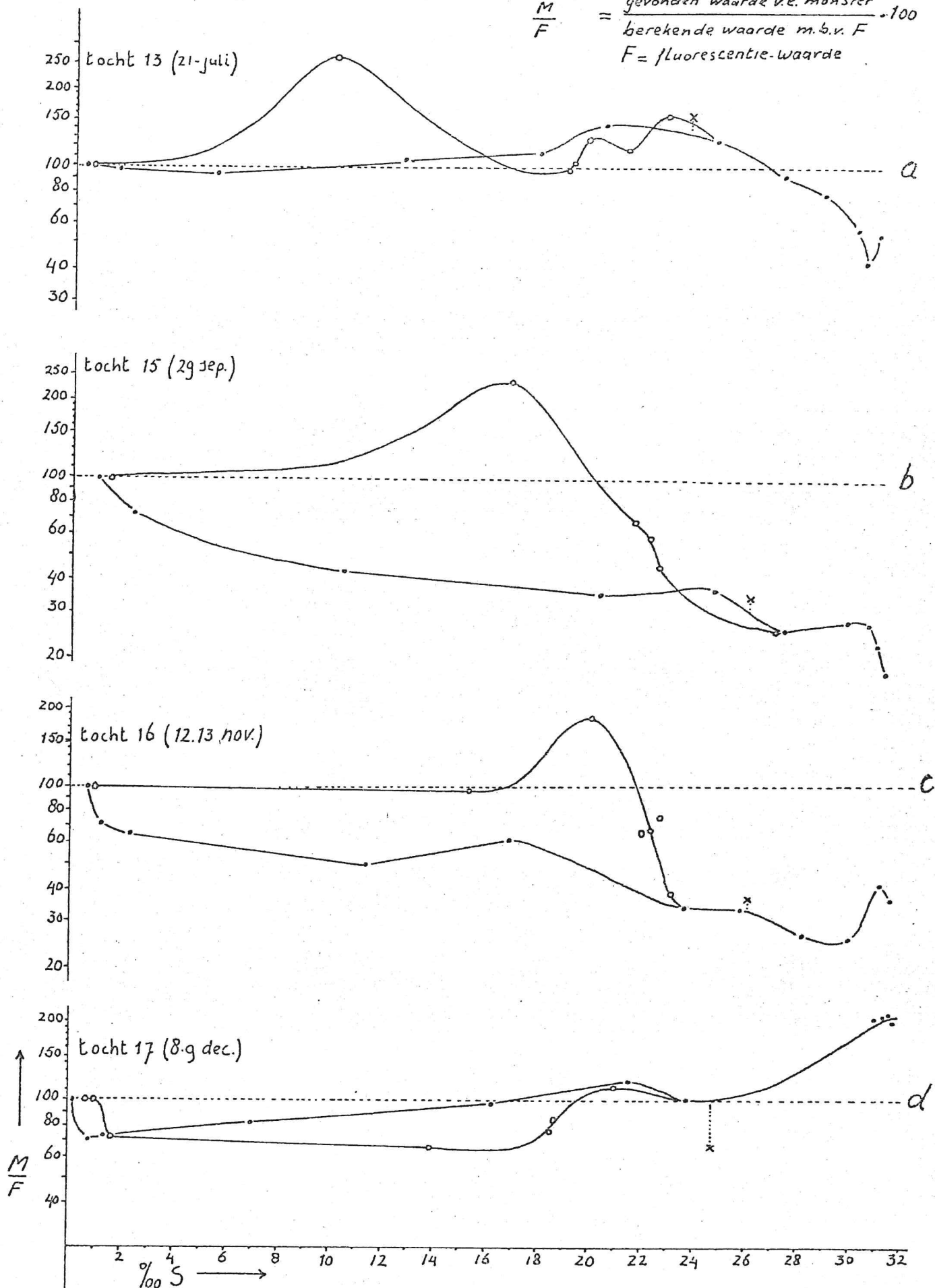


Uitgezet zijn de percentages van $\text{NO}_3^- - \text{N}$. —•— in Eemsen Eemsmond o—o in de Dollard.
—figuur 29—

N-N

$$\frac{M}{F} = \frac{\text{gevonden waarde v.e. monster}}{\text{berekende waarde m.b.v. } F} \cdot 100$$

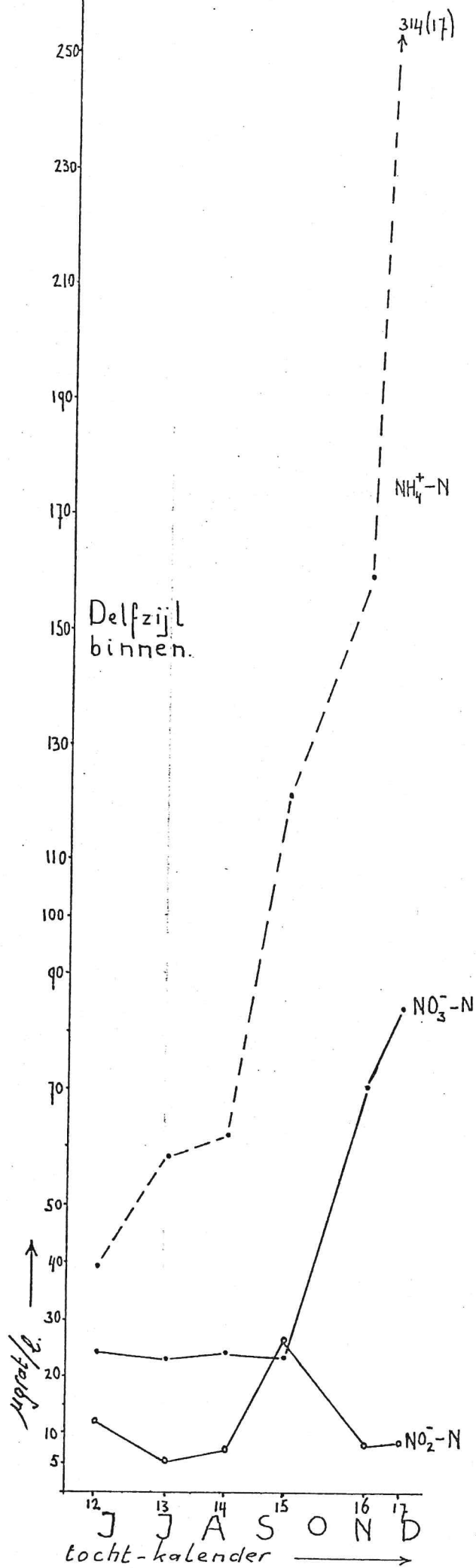
$F = \text{fluorescentie-waarde}$



Uitgezet zijn de percentages van de som van: NH_4^+-N ; NO_2^--N ; NO_3^--N ; (= tot N)

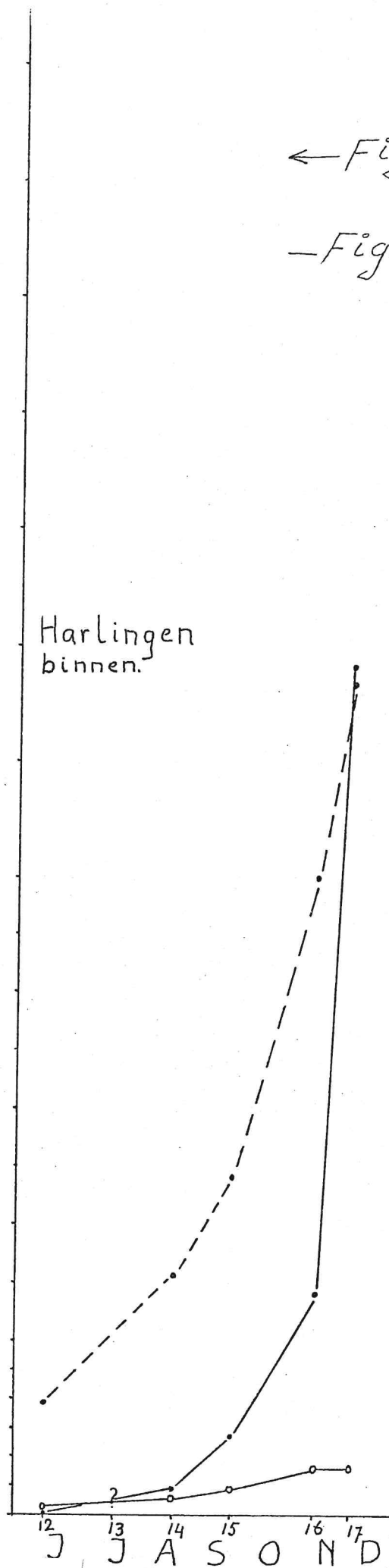
•—• in Eems en Eemsmond.

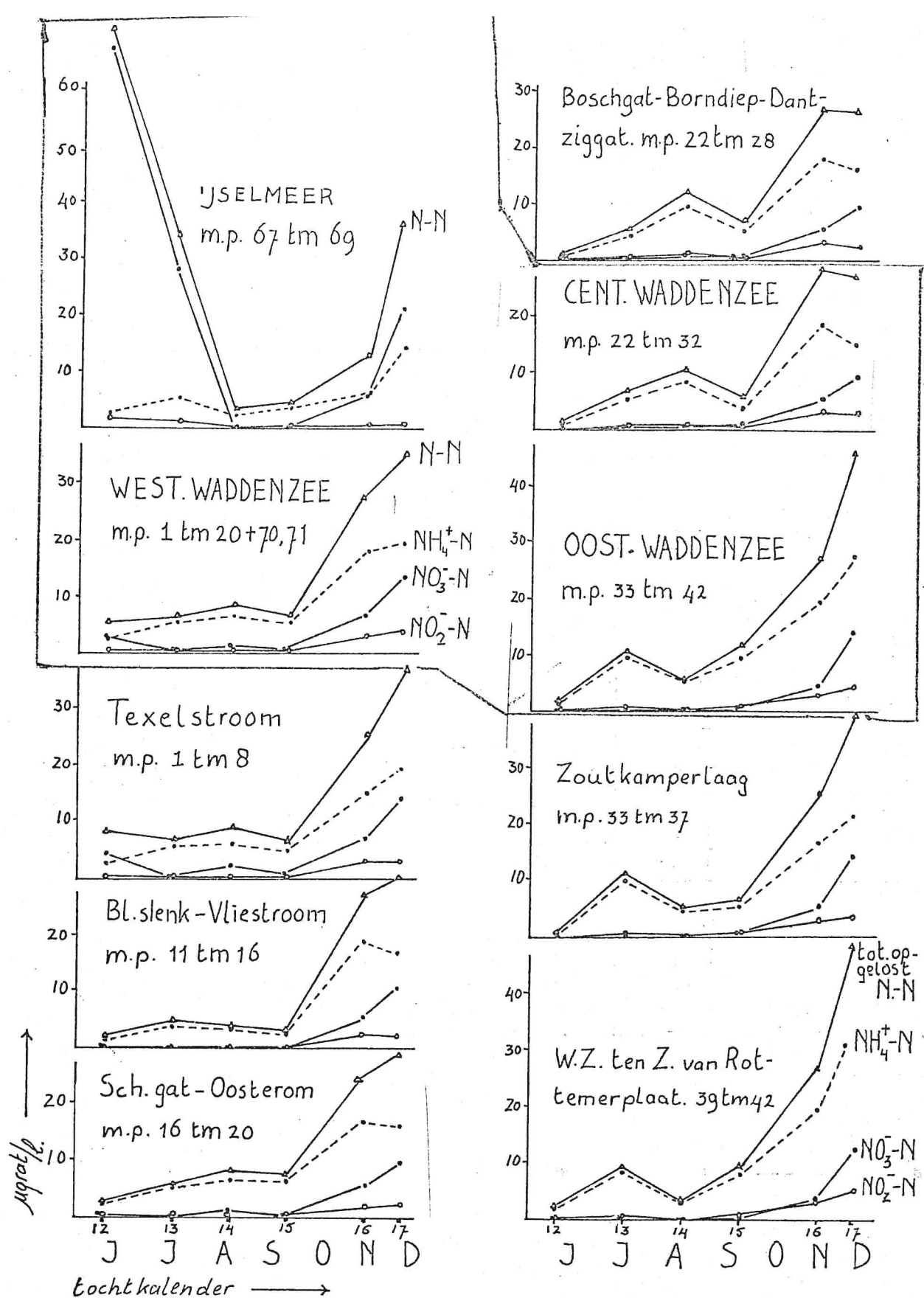
○—○ in de Dollard.



Harlingen binnen.

J J A S O N D





Gemiddelde waarden van een aantal delen van het monstergebied. Buiten de gemiddel-

den valt soms een wantij of ander afwijkend punt. Voor verdere toelichting, zie tekst.

—Fig. 33—

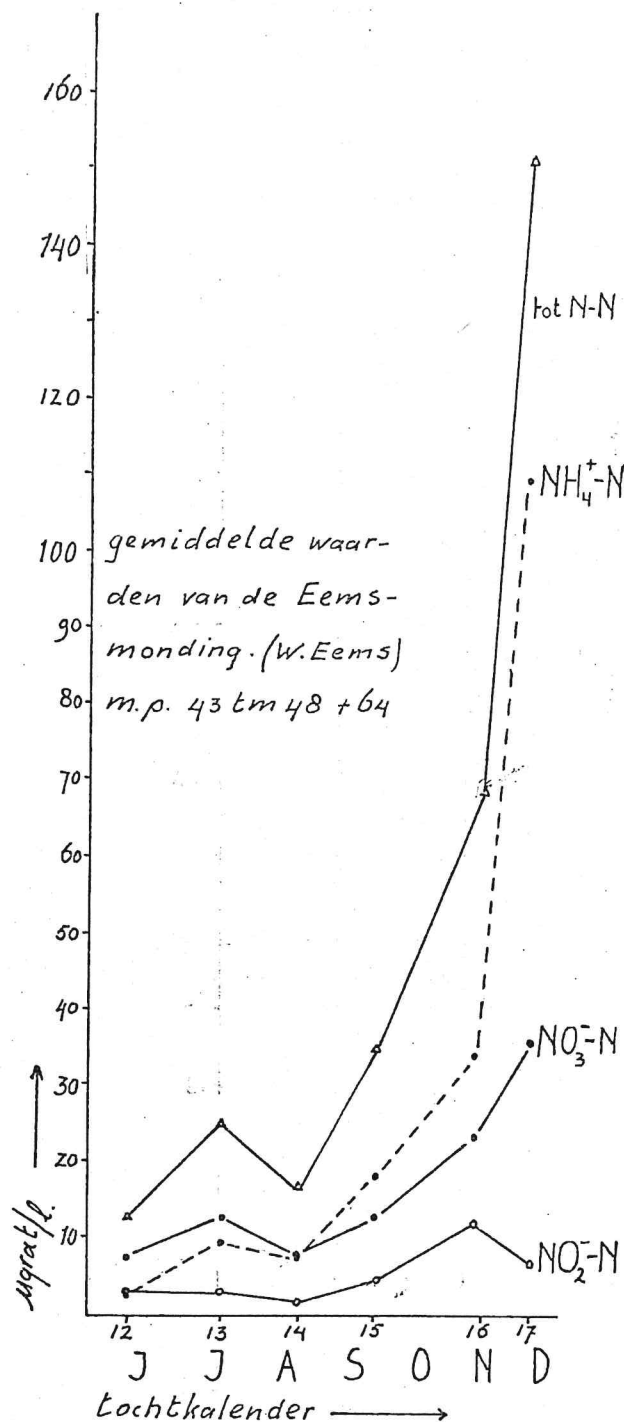
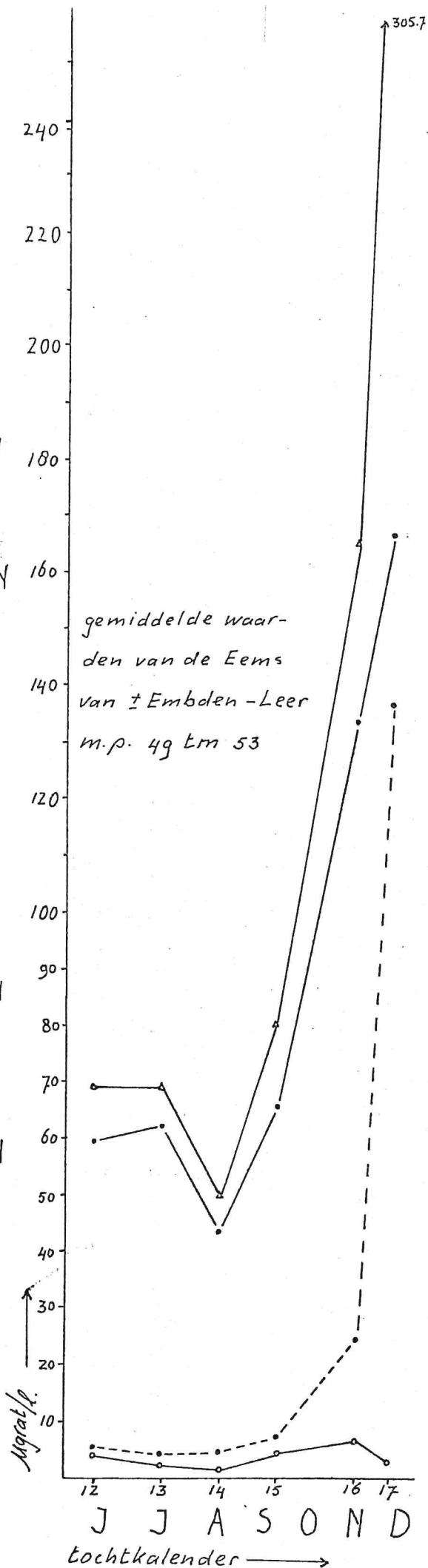


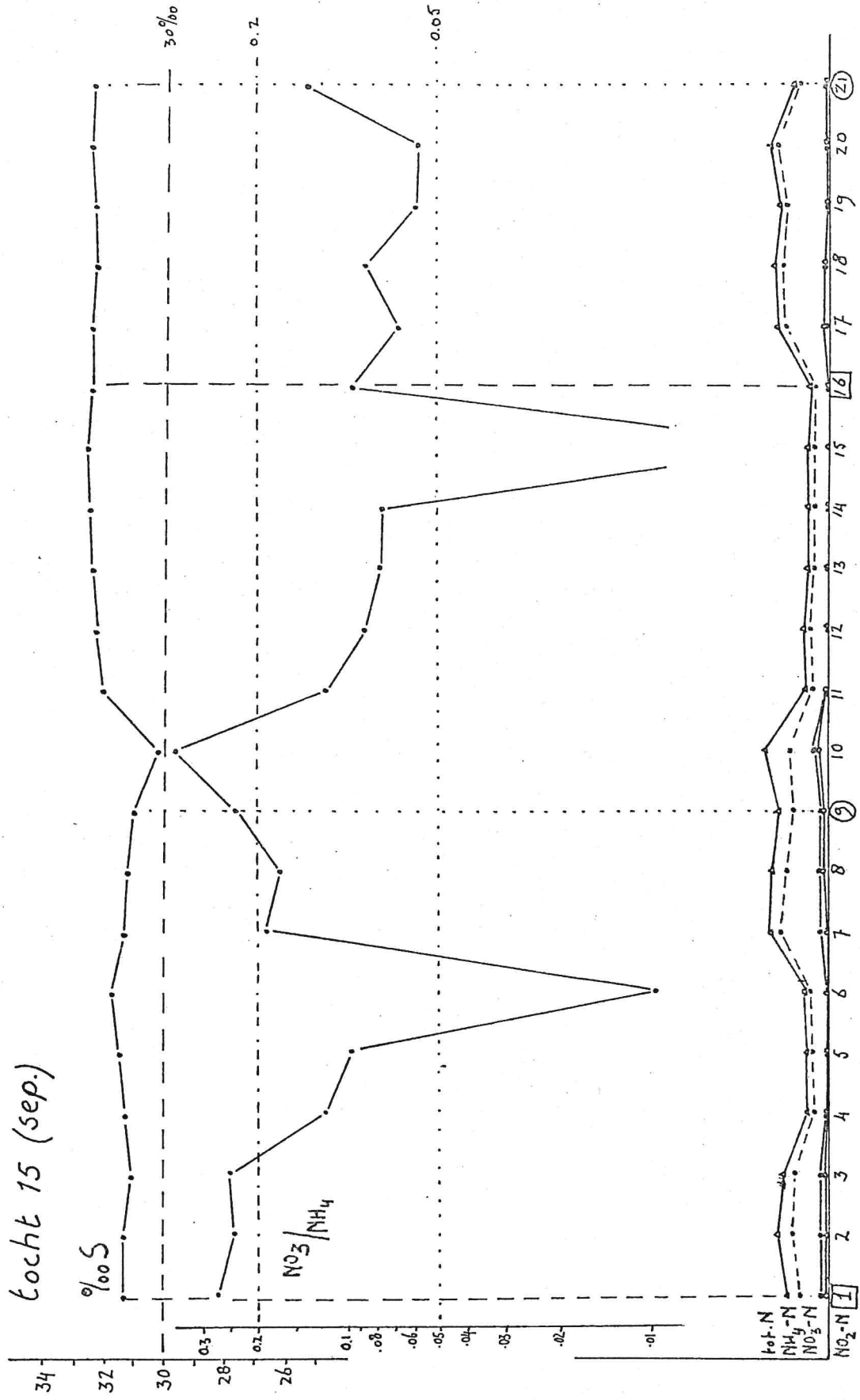
Fig. 34—

—Fig. 35→



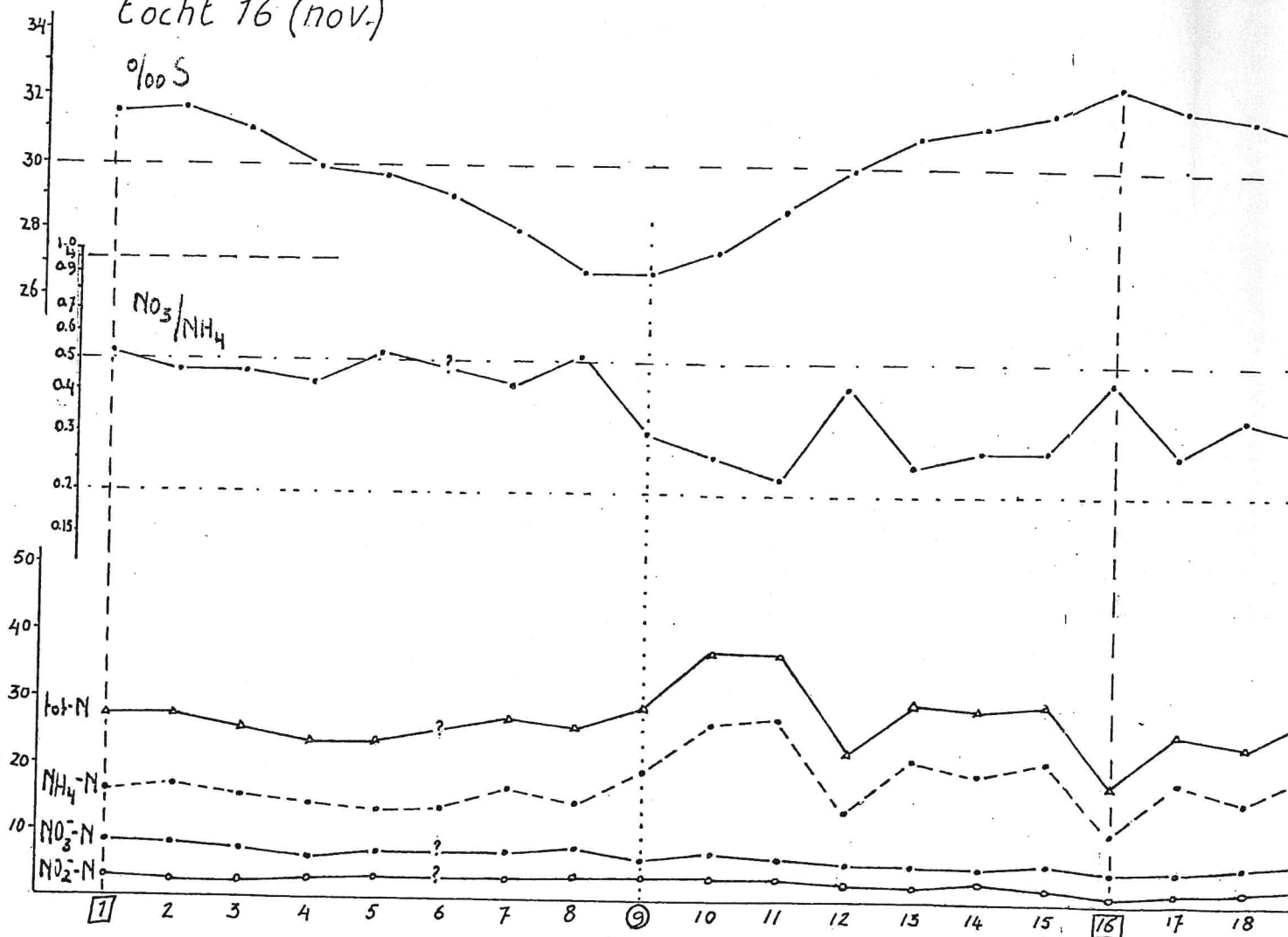
—Fig. 36—

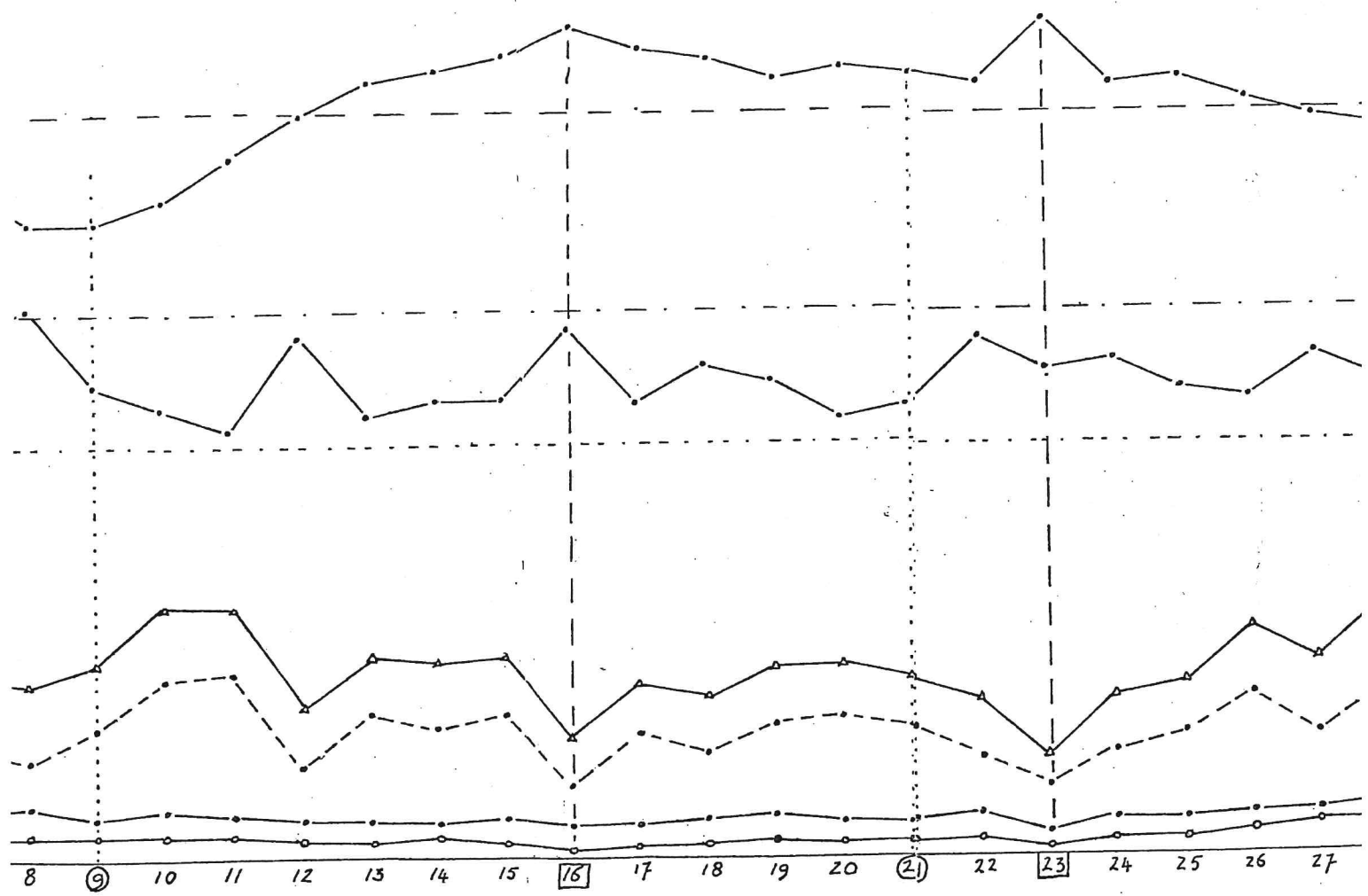
tocht 15 (sep.)

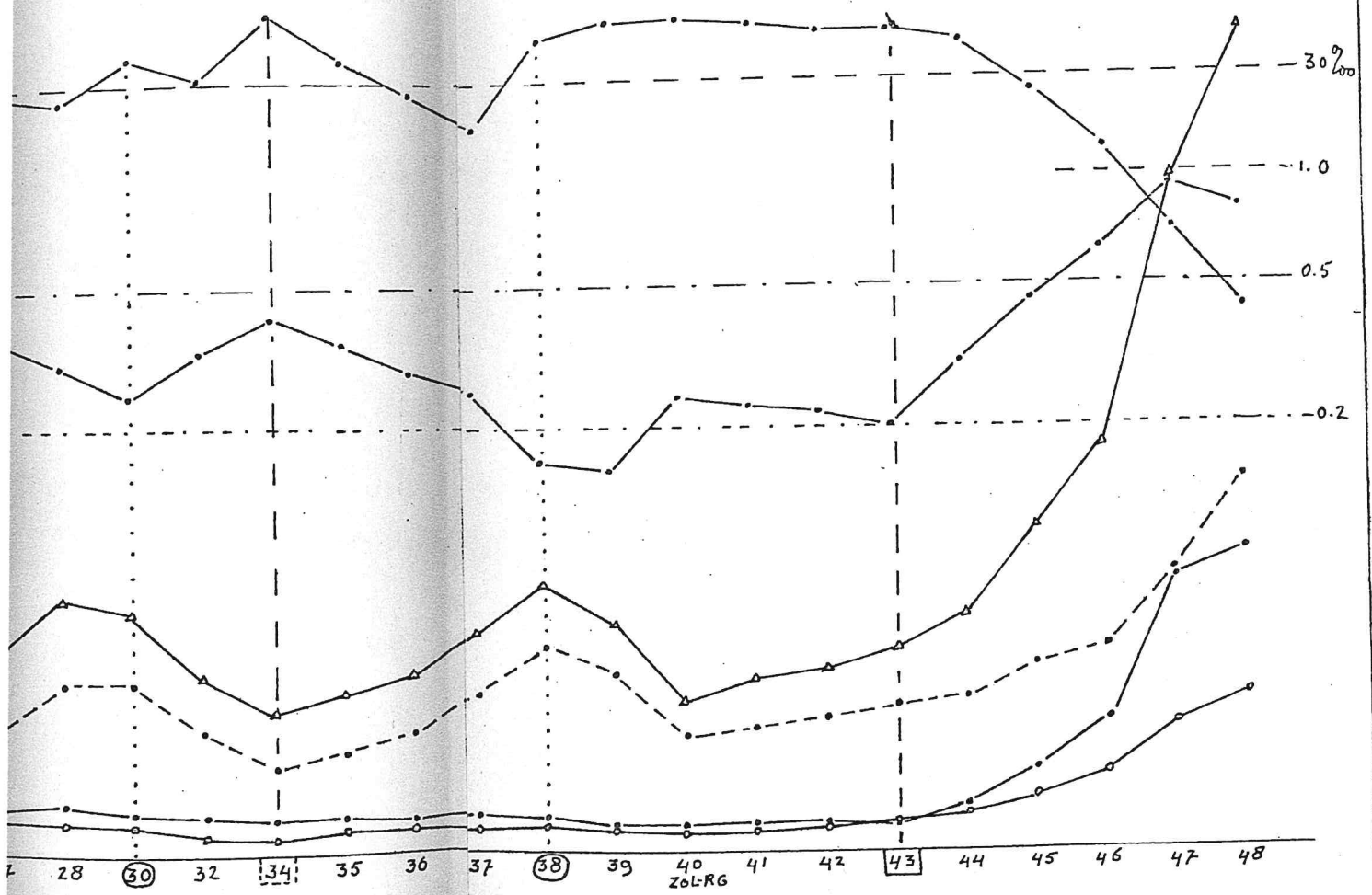


-Fig. 37-

tocht 16 (nov.)







—Fig. 38—

