

GRADIËNTONDERZOEK WESTERSCHULDE 1983

originele tekeningen  
liggen in groene map  
achterin deze kast

---

L.A. v.d. Kooij  
DBW/RIZA-WS  
oktober 1985  
notanc. 05-17

## Inhoudsopgave.

1. Inleiding.
2. Bemonsterings- en analyseprogramma.
3. Toelichting op de presentatie.
4. Resultaten van het onderzoek.
  - 4.1 Waterhuishouding.
  - 4.2 Waterkwaliteit
    - 4.2.1 Chloride
    - 4.2.2 Temperatuur
    - 4.2.3 Zuurgraad
    - 4.2.4 Zwevende stof
    - 4.2.5 Zuurstof
    - 4.2.6 Stikstof
    - 4.2.7 Fosfor
    - 4.2.8 Opgelost silicium
    - 4.2.9 Organisch gebonden koolstof
    - 4.2.10 Chlorofyl
    - 4.2.11 Fluoride
    - 4.2.12 Sulfaat
    - 4.2.13 Metalen
    - 4.2.14 Fenol
    - 4.2.15 Organische microverontreinigingen
      - PAK's
      - PCB's
      - Pesticiden en heptachloorepoxide
      - $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -HCH, QCB, HCB en hexachloorbutadieën
      - EOCl
    - 4.2.16 Thermotolerante bacteriën van de coligroep
    - 4.2.17 Radioactiviteit

5. Beschouwing omtrent de representativiteit van enkele routinepunten voor de waterkwaliteit.

6. Samenvatting, conclusies en aanbevelingen.

Geraadpleegde bronnen.

Bijlagen. Overzicht van berekeningen uitgevoerd ten behoeve van het gradiëntonderzoek Westerschelde.

- I. Correctie op de verdunning met zeewater.
- II. Zuurstofhuishouding.
- III. Stikstofhuishouding.
- IV. Sedimentatie, adsorptie en desorptie.
- V. Verdeling van organische microverontreinigingen over water en zwevende stof.

## 1. INLEIDING

Begin jaren'60 is gestart met het routinematige waterkwaliteitsonderzoek in de Westerschelde. Dit onderzoek betreft enkel bemonsteringen aan het wateroppervlak rond de laagwaterkentering op een tiental punten op het traject Schaar van Ouden Doel (Belgisch-Nederlandse grens)-Vlissingen. Inzicht in de waterkwaliteit over de verticaal ontbreekt hiermee, terwijl adsorptie-, desorptie- en sedimentatieprocessen van stikstof, fosfor en metalen deels onbekend terrein zijn. Ook over het gedrag van organische microverontreinigingen is weinig bekend, daar deze enkel bij Schaar van Ouden Doel bepaald worden.

Met het getijgemiddelde ééndimensionale advectie-dispersiemodel VEDWAM (o.a. lit.20) zijn in het verleden berekeningen uitgevoerd teneinde de gevolgen van lozingen op de waterkwaliteit van de Westerschelde te bepalen. De deels onbekendheid inzake processen heeft het echter niet mogelijk gemaakt betrouwbare berekeningsresultaten te verkrijgen.

Het voorliggende gradiëntonderzoek in de Westerschelde is er op gericht meer inzicht te verkrijgen in horizontale en verticale gradiënten, verspreiding van stoffen en omstandigheden waarin adsorptie, desorptie en sedimentatie plaatsvinden. Teneinde de resultaten van het onderzoek optimaal te kunnen gebruiken voor het getijgemiddelde model VEDWAM zijn bemonsteringen rond halftij na hoog water uitgevoerd.

In de voorliggende nota wordt in hoofdstuk 2 het bemonsterings- en analyseprogramma behandeld. Hoofdstuk 3 geeft een toelichting op de manier waarop de resultaten van het onderzoek zijn gepresenteerd. Deze resultaten komen in hoofdstuk 4 aan de orde.

In hoofdstuk 5 wordt een beschouwing omtrent de representativiteit van de routine bemonsteringspunten gegeven. Tenslotte geeft hoofdstuk 6 de conclusies van het hoofdstuk weer.

## 2. BEMONSTERINGS- EN ANALYSEPROGRAMMA

Het onderzoek is uitgevoerd rond halftij na hoog water, waarbij een speling van maximaal één uur voor tot één uur na halftij als toelaatbaar werd geacht. De bemonsteringen zijn uitgevoerd met het m.s. "Dr. L.F. Kamps". Er is begonnen in Vlissingen, waar in volgorde van nummering de in tabel 2.1. gegeven lokaties zijn bemonsterd.

De lokaties zijn zoveel mogelijk in de hoofdstroomgeul gekozen.

In fig. 2.1 zijn de bemonsterde lokaties in kaart gebracht.

Per lokatie zijn drie verschillende diepten bemonsterd, te weten 0,5 m onder het wateroppervlak, halverwege de waterkolom en 1 m boven de bodem. Met de in tabel 2.1 opgegeven waterdiepten kan per lokatie afgeleid worden op welke diepten (in m) de monsters genomen zijn.

In totaal zijn drie onderzoekstochten gevaren bij verschillende Schelde-afvoeren, namelijk van 8 t/m 10 februari (hoge afvoer), van 19 t/m 21 april (ongeveer gemiddelde afvoer) en van 27 t/m 29 september (lage afvoer).

Een overzicht van de geanalyseerde parameters wordt in tabel 2.2 gegeven.

### 3. TOELICHTING OP DE PRESENTATIE

In de hierna volgende paragrafen worden per parameter de resultaten van het onderzoek besproken. De analyse- en/of berekeningsresultaten van het onderzoek zijn per bemonsteringstocht grafisch gepresenteerd. In een aantal gevallen is gekozen voor een presentatie in tabelvorm. Bij de grafische presentatie zijn op de horizontale as de bemonsterde punten aangegeven (lengte-as grafieken) en op de verticale as de parameter grootte. In verband met de geografische interpretatie zijn de afstanden tussen de stations allen op dezelfde schaal weergegeven en ligt het punt Vlissingen het meest links en het punt Schaar van Ouden Doel het meest rechts in de figuur (werkelijke afstand 72 km).

In enkele gevallen zijn met afkortingen punten aangegeven: "Vlis." (Vlissingen); "Tern." (Pas van Terneuzen); "Ha." (Hansweert); "Zu." (Zuidergat); "La." (Lamswaarde); "Ba." (Bath); "grens" (Schaar van Ouden Doel). De overige punten kunnen met behulp van tabel 2.1 afgelezen worden.

Het rapport gaat voornamelijk in op processen, zoals verdunning met zeewater, afbraak, sedimentatie en adsorptie/desorptie. Een beschrijving van de hiervoor uitgevoerde berekeningen wordt gegeven in de bijlagen I t/m V.

In het rapport wordt regelmatig (in tabelvorm) ingegaan op de voor de verdunning met zeewater gecorrigeerde concentraties. Hiermee wordt de concentratie van een parameter in de zoet water fractie van de Westerschelde op een bepaalde plaats bedoeld.

#### 4. RESULTATEN VAN HET ONDERZOEK

##### 4.1 Waterhuishouding

De Schelde vormt de grootste toevoer van zoet water naar de Westerschelde, gevolgd door het Kanaal van Gent naar Terneuzen.

Uit lit.1 kunnen de Schelde-afvoeren worden afgeleid, terwijl door Rijkswaterstaat-Directie Zeeland de afvoeren van het Kanaal Gent-Terneuzen zijn opgegeven. In tabel 4.1 zijn de afvoeren gegeven op de dagen waarop het gradiëntonderzoek is uitgevoerd. De afvoeren van de Schelde zijn omgerekend van Schelle (B) naar de Belgisch-Nederlandse grens (toename gemiddeld 12%).

Ten opzichte van de Schelde en het kanaal Gent-Terneuzen kunnen de overige afvoeren van zoet water naar de Westerschelde verwaarloosd worden (lit.2).

Vanaf de grens tot aan de monding bij Vlissingen is de verblijftijd van het water in de Westerschelde 6-8 weken (lit.3,22). Dit betekent dat de mate waarin zoet water in de Waterschelde aanwezig is, bepaald wordt door de afvoer van max. 6-8 weken daarvoor. Ter oriëntatie zijn in tabel 4.2 afvoergegevens van oktober 1982 t/m september 1983 opgenomen. De afvoer van het kanaal Gent-Terneuzen heeft in deze periode gevarieerd tussen 10 en 30 m<sup>3</sup>/s.

##### 4.2 Waterkwaliteit

###### 4.2.1 Chloride (fig.4.1 t/m 4.6).

In de waargenomen chlorideconcentraties wordt de grootte van de Schelde-afvoeren weerspiegeld. Bij hoge afvoeren zijn de chlorideconcentraties laag en bij lage afvoeren hoog (fig.4.1 t/m 4.3).

Gemiddeld over de verticaal bedragen de chlorideconcentraties bij Vlissingen en Schaar van Ouden Doel bij het onderzoek in februari 1983 resp. 15.670 en 1.100 mg/l, in april 1983 resp. 16.030 en 2.730 mg/l en in september 1983 resp. 17.700 en 8.910 mg/l. (Zie voor de bijbehorende Schelde-afvoeren tabel 4.1).

In vrijwel de gehele Westerschelde komen over de verticaal eveneens chloridegradiënten voor, met bij de bodem de hoogste concentraties, hetgeen duidt op een grotere instroming van zeewater langs de bodem van de Westerschelde dan aan het oppervlak. De concentratieverschillen over de verticaal bedragen ca. 700-1.500 mg/l. Ter hoogte van de grens met België zijn deze verschillen echter aanzienlijk afgenomen.

Onduidelijk is de oorzaak van de stijgende chloridegradiënt op het traject Lamswaarde-Overloop van Valkenisse in februari en september. Mogelijk is er een invloed van circulatiestromen of de komberging van het nabijgelegen Land van Saeftinghe.

Uitgaande van een chlorideconcentratie op zee van 18.500 mg/l en in het zoete Scheldewater van 100 mg/l zijn in de figuren 4.4 t/m 4.6 de berekende fracties zoet water gepresenteerd. Bij een hoge Schelde-afvoer (februari) neemt de zoet water fractie bij Schaar van Ouden Doel toe tot ca. 95%, bij een lage afvoer (september) slechts tot ca. 50%. Bij Vlissingen zijn deze percentages resp. ca. 20% en ca. 5%.

#### 4.2.2 Temperatuur (fig.4.7).

In de temperatuurniveaus worden duidelijk de perioden van het jaar herkend (fig.4.7). In april en september is er een gering dalende temperatuursgradiënt in zeewaartse richting. Het zeewater is dan kouder dan het water van de Schelde.

In februari is er een enigszins stijgende gradiënt richting zee. Het Scheldewater is dan kouder dan het zeewater.

Temperatuursverschillen over de verticaal zijn tijdens de metingen vrijwel niet waargenomen. Enkel tijdens het onderzoek in april zijn tussen het water aan het oppervlak en bij de bodem op enkele plaatsen verschillen in temperatuur gemeten. Maximaal bedroeg dit verschil ca. 2,5°C bij Terneuzen.

#### 4.2.3 Zuurgraad (fig.4.8 t/m 4.10).

De zuurgraad (pH) vertoont een duidelijke stijging in zeewaartse richting. De pH ligt rond 7,5 s.e. ter hoogte van Schaar van Ouden Doel en rond 8,1 s.e. ter hoogte van Vlissingen. Een invloed van eutrofiëringsverschijnselen op de pH is niet waargenomen; de chlorofylconcentraties (par.4.2.10) zijn vrij laag.

De pH in vooral het westelijk deel van de Westerschelde is in september ca. 0,2 s.e. hoger dan bij de overige onderzoekstochten. Oorzaak is de in september wat hogere pH van het zeewater (lit.6).

Over de verticaal komen weinig pH-verschillen voor met uitzondering van de lage pH bij de bodem (7,3-7,8) in de omgeving van Terneuzen tijdens de meting in april. Een duidelijke oorzaak is echter niet aan te geven.



#### 4.2.4 Zwevende stof (fig.4.11 t/m 4.13, tabel 4.3).

De zwevende stofconcentraties liggen in de Westerschelde op een hoog niveau, wat voornamelijk het gevolg is van de hoge turbulentie. De afvoer, tijdens de metingen in februari, van 320 m<sup>3</sup>/s (langjarig gemiddelde ca. 115 m<sup>3</sup>/s, lit.1), heeft een aanmerkelijke toename van de zwevende stofconcentratie ter hoogte van Schaar van Ouden Doel veroorzaakt. Door sedimentatie ten gevolge van afnemende turbulentie nemen in westelijke richting de concentraties af.

Bij de lagere Schelde-afvoeren in april en september zijn ook de zwevende stofconcentraties ter hoogte van Schaar van Ouden Doel aanzienlijk gedaald ten opzichte van het onderzoek in februari (van ± 300 naar 120 mg/l aan het oppervlak). In het algemeen is dan ook een enigszins stijgende gradiënt in zeewaartse richting ontstaan hetgeen op een stroomopwaarts transport van zwevende stof vanaf zee wijst.

Deze stijging is voornamelijk het gevolg van de invloed van de verhoogde stofconcentraties voor de Belgische kust (lit.8,9,10).

Met behulp van de chlorideconcentraties (par.4.2.1) kan afgeleid worden dat ter hoogte van Schaar van Ouden Doel de zwevende stof in februari en april voor 90% uit rivierslib bestaat en in september voor ca. 50% (lage Schelde-afvoer). Ter hoogte van Vlissingen bedragen deze percentages resp. 15% en 5%. Volgens lit.13 is 75% van het in de Westerschelde gesedimenteerde materiaal afkomstig vanaf zee. Hiermee is het mogelijk -op basis van de sedimentatie van zwevende stof afkomstig van de Schelde- de sedimentatie van zwevende stof vanaf zee te berekenen (tabel 4.3; zie ook bijlage IV).

Er blijkt dat bij hoge Schelde-afvoeren grotere hoeveelheden zwevende stof sedimenteren dan bij lage afvoeren. De berekende sedimentatie varieert sterk, waarbij enkel de resultaten van 27-29 september 1983 overeenkomen met de berekeningen van het Waterloopkundig Laboratorium (lit.13). De verklaring hiervoor is dat het onderzoek van het Waterloopkundig Laboratorium ook in dezelfde periode van het jaar (september 1979) is uitgevoerd.

Uit de gradiënten in de figuren kan afgeleid worden dat bij een lage afvoer ca. 50% van de door de Schelde aangevoerde zwevende stof sedimenteert op het traject Schaar van Ouden Doel-Lamswaarde. Bij een hoge Schelde-afvoer neemt dat percentage toe tot bijna 90%.

Bij de bodem worden de hoogste zwevende stofconcentraties waargenomen. Grote verschillen tussen concentraties aan het oppervlak en bij de bodem komen voor op het traject Bath-Hansweert en ter hoogte van Vlissingen. Bij Vlissingen doet zich weer de invloed van de verhoogde zwevende stofconcentraties in het kustwater gelden, dat met name langs de bodem de Westerschelde binnenkomt (zie ook par.4.2.1). De oorzaak van de hoge zwevende stofconcentraties bij de bodem op het traject Bath-Hansweert in april en september zou kunnen worden gezocht in lokale turbulenties (lit.7).

De gloeirest van de zwevende stof varieert bij alle tochten tussen 80 en 100%, hetgeen wijst op een hoge anorganische fractie (zand) in de zwevende stof. Seizoensinvloeden (bijvoorbeeld algen), verticale en horizontale gradiënten in het percentage gloeirest worden vrijwel niet onderscheiden. Presentatie van de analyseresultaten is daarom achterwege gelaten.

#### 4.2.5 Zuurstof (fig.4.14 t/m 4.16, tabel 4.4).

Door de vrij hoge belasting met zuurstofbindende stoffen worden ter hoogte van Schaar van Ouden Doel lage zuurstofconcentraties gemeten. De zuurstofbindende stoffen bestaan voornamelijk uit gereduceerde stikstofverbindingen die de in het water aanwezige zuurstof gebruiken voor nitrificatie. De BOD<sub>5</sub>-concentraties hebben een geringer aandeel in de zuurstofvraag (lit.2,5,6).

Door afname van de concentraties aan de zuurstofbindende stoffen, reëratie van het water en de indringing van zuurstofrijker zeewater nemen in westelijke richting de zuurstofconcentraties snel toe, om vanaf ongeveer Zuidergat-Hansweert op eenzelfde niveau te blijven. In het algemeen worden vooral in het oostelijk deel van de Westerschelde bij de bodem hogere zuurstofconcentraties waargenomen dan aan het oppervlak, omdat ten gevolge van het dichtheidsverschil meer zeewater voorkomt bij de bodem. Opmerkelijk is de afwezigheid van zuurstofconcentratieverschillen bij Schaar van Ouden Doel, wat verklaard kan worden uit de geringere chlorideverschillen over de verticaal. Uit de gemeten zuurstof- en zoutconcentraties en de temperaturen zijn de zuurstofverzadigingspercentages berekend. De resultaten van deze voor enkele bemonsterde punten uitgevoerde berekeningen zijn in tabel 4.4 opgenomen, met tussen haakjes de voor de invloed van zout water gecorrigeerde percentages (zie ook bijlage I).

Het verschil van het werkelijke en gecorrigeerde zuurstofverzadigingspercentage geeft aan in welke mate het zeewater heeft bijgedragen aan de verbetering van de zuurstofsituatie. Uit tabel 4.4 kan opgemaakt worden dat gaande in oostelijke richting de zuurstofverzadigingspercentages (en dus ook de concentraties) steeds positiever beïnvloed worden door het zoute water. Tijdens de tocht van april is in het westelijk deel van de Westerschelde een oververzadiging waargenomen, terwijl doorgaans (lit.6) het verzadigingspercentage niet hoger is dan 100%. De oorzaak van deze oververzadiging is echter niet duidelijk, mede omdat de chlorofylconcentraties (par.4.2.10) op een laag niveau liggen.

Uit de voor de verdunning met zeewater gecorrigeerde horizontale zuurstofgradiënt is met behulp van lit.11 de BOD<sub>5</sub> afbraakcoëfficiënt berekend op 0,1-0,3/dag. De berekening is in bijlage II opgenomen.

#### 4.2.6 Stikstof (fig.4.17 t/m 4.25, tabel 4.5 t/m 4.7).

Kjeldahl-stikstof (Kjd-N) is gedefinieerd als de som van opgelost en particulier gebonden gereduceerd stikstof en NH<sub>4</sub>-N:  $Kjd-N = Kjd-N_{opg} + Kjd-N_{part} + NH_4-N$ . De term  $Kjd-N - NH_4-N$  (tabel 4.6) geeft hiermee de som van opgelost en particulier gebonden gereduceerd N aan.

Bij alle tochten is een in zeewaartse richting dalende gradiënt van Kjd-N aanwezig (fig.4.17 t/m 4.19). Op enkele lokaties zijn door de monsters te filtreren, de concentraties Kjd-N<sub>opg</sub> en Kjd-N<sub>part</sub> bepaald, waardoor meer inzicht wordt verkregen in de bindingsvormen van de gereduceerde stikstofverbindingen in de Westerschelde. Tabel 4.5 geeft hiervan een overzicht. In het algemeen zijn de concentraties Kjd-N<sub>part</sub> en Kjd-N<sub>opg</sub> het hoogst in februari en het laagst in september, wat ook naar voren komt uit fig.4.17 t/m 4.19. Verder is de fractie Kjd-N<sub>part</sub> in het algemeen iets hoger dan die van Kjd-N<sub>opg</sub>.

Met een gehalte van 4-7 mg part.N/g zwevende stof kan, met behulp van de berekende sedimentatie van de zwevende stof (par.4.2.4), de sedimentatie van part.N in de Westerschelde afkomstig van de Schelde berekend worden op < 0,01 kg/s in september tot ca. 0,3 kg/s in februari. Op een zelfde wijze kan berekend worden dat de sedimentatie van part.N afkomstig uit zee aanmerkelijk groter is, namelijk ca. 0,02 kg/s in september tot ca. 0,9 kg/s in februari.

Aannemende dat de stikstofparameters in de zout water fractie in de Westerschelde een conservatief gedrag vertonen, zijn met de voor zout water gecorrigeerde stikstofparameters (tabel 4.6) en verblijftijden (lit.22) van processnelheden en -constanten berekend. De resultaten van deze berekeningen zijn opgenomen in tabel 4.7 (zie ook bijlage I en III).

De ammonifikatiesnelheden en -constanten zijn voor februari vervangen door geschatte waarden, omdat de door de hoge Schelde-afvoer veroorzaakte hoge Kj<sub>d</sub>-N-concentraties onwaarschijnlijke berekeningsresultaten opleveren. De in september waargenomen verhoogde Kj<sub>d</sub>-N en NH<sub>4</sub>-N concentraties bij Terneuzen (wat vooral tot uiting komt in de gecorrigeerde concentraties; tabel 4.6) duiden op de invloed van een lozing. Voor de berekening zijn deze waarden vervangen door concentraties, geschat voor de situatie zonder lozing.

Uit tabel 4.7 kan afgeleid worden dat in het algemeen de processnelheden en -constanten toenemen van februari tot september, als gevolg van de toename van de watertemperatuur. De gradiënten van de diverse stikstofparameters worden echter voor een groot deel bepaald door de verdunning met zeewater (NH<sub>4</sub>-N > 25%, NO<sub>3</sub>-N > 80%). De oorzaak van de hoge gecorrigeerde concentraties bij Vlissingen is niet geheel duidelijk. Mogelijk speelt hierbij de zeer grote verdunning met zeewater een rol, hetgeen grotere onnauwkeurigheden in de berekeningen (bijlage 1) introduceert.

Opvallend is dat de nitrificatie en denitrificatie in september langzamer verloopt dan bij de overige tochten, hoewel de betreffende constanten in september duidelijk groter zijn. De oorzaak is dat de nitrificatie- en denitrificatiesnelheden dermate hoog zijn dat de nitrificatie en denitrificatie bovenstrooms van Schaar van Ouden Doel vrijwel volledig zijn verlopen, waardoor op de Westerschelde vrijwel geen NH<sub>4</sub>-N en NO<sub>3</sub>-N meer resteert om genitrificeerd resp. gedenitrificeerd te worden. Dit verklaart ook de ten opzichte van februari en april lage NH<sub>4</sub>-N en NO<sub>3</sub>-N concentraties en de gradiënt die vrijwel volledig wordt bepaald door de verdunning met zeewater (fig.4.22, 4.24; tabel 4.6). De berekende nitrificatiesnelheden en -constanten komen redelijk overeen met lit.5.

In tabel 4.7 is een onderscheid gemaakt tussen het oostelijk (Schaar van Ouden Doel-Lamswaarde) en westelijk deel (Lamswaarde-Pas van Terneuzen) van de Westerschelde. Er blijkt dat zowel nitrificatie als denitrificatie in het oostelijk deel sneller verlopen dan in het westelijk deel. Voor februari is het onderscheid minder duidelijk, omdat door de lage watertemperatuur deze processen dan vrijwel niet verlopen.

#### 4.2.7 Fosfor (fig.4.26 t/m 4.31, tabel 4.8, 4.9)

De concentraties  $o\text{-PO}_4\text{-P}$  (fig.4.29 t/m 4.31) en het verschil van  $t\text{-PO}_4\text{-P}$  en  $o\text{-PO}_4\text{-P}$  (fig.4.26 t/m 4.28) dalen in zeewaartse richting. Het verschil van  $t\text{-PO}_4\text{-P}$  en  $o\text{-PO}_4\text{-P}$  omvat particulier gebonden P (part.P) en opgeloste vormen van P anders van  $o\text{-PO}_4\text{-P}$  (opg.P). Op enkele lokaties is naast  $t\text{-PO}_4\text{-P}$  en  $o\text{-PO}_4\text{-P}$  ook  $t\text{-PO}_4\text{-P}$  na filtratie bepaald, waardoor meer inzicht verkregen wordt in de bindingsvormen van fosfor. Tabel 4.8 geeft hiervan een overzicht, waarbij  $\text{part.P} = t\text{-PO}_4\text{-P} - t\text{-PO}_4\text{-P na filtratie}$  en  $\text{opg.P} = t\text{-PO}_4\text{-P na filtratie} - o\text{-PO}_4\text{-P}$ .

Er blijkt dat de fractie part.P in het algemeen groter is dan van opg.P. Beide fracties komen bij de bodem in hogere concentraties voor dan aan het oppervlak.

De gehalten fosfor gebonden aan de zwevende stof variëren bij Schaar van Ouden Doel van ca. 5,4 mg P/g zwevende stof in februari tot ca. 3,6 mg P/g in september. Bij Vlissingen zijn deze gehalten resp. 1,1 en 0,6 mg P/g.

Uit de berekende sedimentatie van de zwevende stof (par.4.2.4) kan een opgave van de sedimentatie van fosfor gegeven worden. De sedimentatie van fosfor uit de Schelde varieert van 0,01 kg/s in september tot ca. 0,4 kg/s in februari. De sedimentatie vanuit zee is lager, namelijk  $< 0,01$  kg/s in september tot ca. 0,3 kg/s in februari.

De concentraties opg.+ part.P liggen bij alle tochten op hetzelfde niveau. Ten opzichte van de andere tochten zijn de  $o\text{-PO}_4\text{-P}$  concentraties het laagst in april.

De dalende gradiënt van  $o\text{-PO}_4\text{-P}$  is vrijwel volledig veroorzaakt door de verdunning met zeewater. De voor deze verdunning gecorrigeerde  $o\text{-PO}_4\text{-P}$  concentraties (tabel 4.9) geven een gering stijgende concentratiegradiënt aan. Deze stijging is vooral duidelijk ten westen van Hansweert, hetgeen op de invloed van fosfaatlozingen in dit gebied (kanaalzône, Terneuzen, Sloegebied, Walcheren, Zuid-Beveland) duidt. De gecorrigeerde concentraties  $t\text{-PO}_4\text{-P}$  vertonen in het oostelijk deel een sterk dalende gradiënt (sedimentatie). De oorzaak van de hoge gecorrigeerde  $o\text{-PO}_4\text{-P}$  en  $t\text{-PO}_4\text{-P}$  concentraties bij de bodem bij Vlissingen is niet geheel duidelijk. Mogelijk speelt hierbij de zeer grote verdunning met zeewater een rol. Een invloed van algenactiviteit op de fosforconcentraties is niet waarneembaar.

#### 4.2.8 Opgelost silicium (fig.4.32 t/m 4.34, tabel 4.10).

De concentraties opgelost silicium dalen in zeewaartse richting. In het algemeen zijn de concentraties aan het oppervlak een fractie hoger dan bij de bodem.

De concentraties zijn in februari het hoogst en in september het laagst. In tabel 4.10 zijn de concentraties opgelost silicium gecorrigeerd voor de verdunning met zeewater aangegeven. De gecorrigeerde concentraties geven in april en september een gering dalende gradiënt aan, hetgeen wijst op een opname door algen. In april wijst de stijgende gradiënt echter op een netto produktie van silicium (vrijkomen uit algen).

De concentratiegradiënt in april is vrijwel volledig bepaald door de verdunning met zeewater. In februari speelt de verdunning voor ca 80% een rol en in september voor ca 60%. Ten opzichte van februari is het concentratieniveau van chlorofyl ongeveer verdubbeld in april en september (par.4.2.10). Opgelost silicium verdwijnt niet volledig omdat de omstandigheden (met name licht) niet ideaal zijn. Op zee bijvoorbeeld (lit.9) zijn de variaties in opgelost silicium groter vanwege het verbeterde lichtklimaat.

#### 4.2.9 Organisch gebonden koolstof (fig.4.35 t/m 4.40, tabel 4.11).

Particulair gebonden organisch koolstof (POC, bepaald als het verschil van totaal organisch gebonden koolstof -TOC- en opgelost organisch koolstof -DOC) vertoont vrijwel geen horizontale of verticale concentratiegradiënt in de Westerschelde. Het concentratieniveau varieert rond de 2 mg/l (fig.4.35 t/m 4.37).

Ter hoogte van Vlissingen dalen de gehalten organisch gebonden koolstof gehecht aan de zwevende stof van 50 mg C/g zwevende stof in februari tot ca. 15 mg C/g in september. Bij Schaar van Ouden Doel is dit gehalte ca. 35 mg C/g in februari en ca. 50 mg C/g in april en september. Met behulp van de in par.4.2.4 berekende sedimentatie van de zwevende stof kan een schatting gemaakt worden van de sedimentatie van POC. De sedimentatie van POC afkomstig uit de Schelde varieert van 0,01 kg/s in september tot 2,8 kg/s in februari, terwijl het POC afkomstig uit zee varieert van 0,1 kg/s in september tot 12,0 kg/s in februari.

DOC geeft een in de richting van Vlissingen dalende concentratiegradiënt te zien. Deze is het grootst in februari het kleinst in september. De DOC concentraties zijn het hoogst in februari en het laagst in september. Gecorrigeerd voor de verdunning met zeewater komt datzelfde beeld naar voren (tabel 4.11).

De dalende DOC gradiënten worden vrijwel volledig veroorzaakt door de verdunning met zeewater. De gecorrigeerde DOC concentraties geven vrijwel geen gradiënt te zien. Dit wijst erop dat de opname van DOC door algen vrijwel niet plaatsvindt. De oorzaak van de extreme gecorrigeerde DOC concentraties bij Vlissingen is niet geheel duidelijk. Mogelijk speelt hierin, evenals bij de andere nutriënten, de zeer grote verdunning met zeewater een rol.

#### 4.2.10 Chlorofyl (fig.4.41 t/m 4.43).

De waargenomen chlorofylconcentraties zijn laag in de Westerschelde. De waargenomen maximale concentratie (tocht april) bedraagt 19,5 µg/l bij Vlissingen. Op grond van de grote hoeveelheden voedingsstoffen zou de algenactiviteit (waarvoor de chlorofylconcentratie een maat is) groter verwacht worden.

Het ontbreken van algenbloeien kan twee oorzaken hebben. Enerzijds de hoge zwevende stof concentraties in de Westerschelde, waardoor onvoldoende licht doordringt, en anderzijds de zoutgradiënt.

Door afsterving van zoet water algen in het brakker wordende water en omdat in brak water slechts een beperkt aantal soorten algen tot ontwikkeling kan komen (lit.14) wordt in het oostelijk deel van de Westerschelde (ongeveer ter hoogte van Lamswaarde) een minimum in de chlorofylconcentratie waargenomen. In westelijke richting stijgt dan de chlorofylconcentratie weer als gevolg van het grotere aantal soorten algen dat in het zouter wordende milieu tot ontwikkeling kan komen.

De combinatie van beide factoren (lichtklimaat en zoutgradiënt) is waarschijnlijk de oorzaak van het ontbreken van duidelijke chlorofylgradiënten. Enkel in april is een minimum chlorofylconcentratie waarneembaar in de omgeving van Lamswaarde gevolgd door een stijgende gradiënt in zeevaartse richting.

4.2.11 Fluoride (fig.4.44 t/m 4.46, tabel 4.12).

De fluorideconcentraties geven wisselende gradiënten te zien. In februari en april stijgen de concentraties in zeevaartse richting, terwijl in september een dalende gradiënt aanwezig is. Op grond van de van nature in zeewater hogere fluorideconcentraties zou in alle gevallen een stijgende gradiënt verwacht worden. De Schelde, het Kanaal Gent-Terneuzen en directe lozingen vanuit de Sloehaven vormen echter een dermate grote fluoridebelasting dat deze gradiënt zich kan wijzigen (lit.2,15).

Fluoride is een conservatieve stof. De voor de verdunning met zeewater gecorrigeerde concentraties zouden zeewaarts gaande, bij afwezigheid van lozingen, gelijk moeten blijven. Dit wordt niet geconstateerd (tabel 4.12) hetgeen ook wijst op wisselende fluoride belastingspatronen. Zo zou de toegenomen fluorideconcentratie in februari en april ter hoogte van Terneuzen (gecorrigeerd, tabel 4.12) veroorzaakt kunnen zijn door het Kanaal Gent-Terneuzen. In september is deze toename afwezig vanwege het zeer lage kanaaldebiet (zie ook lit.16). De concentratiestijging op het traject Schaar van Ouden Doel-Bath kan verklaard worden uit de menging van lozingen vanuit het Antwerpse havengebied.

4.2.12 Sulfaat (fig.4.47 t/m 4.49).

Sulfaat is een stof die voornamelijk in zout water voorkomt. Dit verklaart dan ook de zeevaartse stijgende gradiënten die zijn waargenomen. In februari is deze gradiënt het grootst en in september het kleinst, wat verklaard wordt uit de verschillende Schelde-afvoeren. Sulfaat gedraagt zich, evenals chloride en fluoride, conservatief. Omdat de sulfaatbelasting (lozingen, kanalen) van de Westerschelde laag is, vertoont de gradiënt een vloeiend verloop. De voor de verdunning met zeewater gecorrigeerde concentraties leveren een vrijwel constante waarde op.

4.2.13 Metalen (fig.4.50 t/m 4.70, tabel 4.13).

Metalen zijn enkel in de monsters van de tocht in februari geanalyseerd. Dit houdt in dat de resultaten van dit onderzoek gelden voor een hoge Schelde-afvoer.



De particulier gebonden metalen (fig.4.50, 4.53, 4.56, 4.59, 4.62, 4.65, 4.68) hebben een dalende gradiënt in zeewaartse richting. De grootste daling vindt plaats op het traject Schaar van Ouden Doel-Bath. Bij nikkel, chroom en lood is er ongeveer vanaf Terneuzen een gering stijgende gradiënt aanwezig. Gemiddeld over de verticaal komen de metalen bij Schaar van Ouden Doel voor meer dan 95% aan de zwevende stof gebonden voor. Zink (90%) en nikkel (50%) vormen hierop een uitzondering. Door sedimentatie, desorptie en verdunning met zwevende stof afkomstig van zee worden bij Vlissingen lagere bindingspercentages waargenomen: cadmium 25%, nikkel 40%, koper en zink 60%, kwik 80%, chroom en lood meer dan 90% (zie ook bijlage IV).

In tabel 4.13 zijn de metaalgehalten van de zwevende stof op enkele plaatsen in de Westerschelde gegeven. Tussen haakjes staan de gehalten in de rivierfractie van de zwevende stof gegeven. Met deze gegevens en de berekende slibtransporten (par.4.2.4) zijn sedimentatie en desorptie van metalen gebonden aan het rivierslib berekend. Aanname hierbij is dat de zwevende stof afkomstig van zee geen adsorptie of desorptie ondergaat. Het netto effect is voor alle metalen een desorptie (cadmium meer dan 90%, koper ca. 75%, zink ca. 60%, overigen minder dan 50%) uit de zwevende stof afkomstig van de Schelde. Procentueel gezien sedimenteert particulier cadmium afkomstig van de Schelde weinig (minder dan 10%). Koper en zink sedimenteren voor 20-35% en de overige metalen voor meer dan 50%. De sedimentatie vanuit zee is voor alle metalen aanmerkelijk groter.

De opgeloste concentraties geven voor nikkel een duidelijke daling zeewaarts te zien. Bij afwezigheid van adsorptie of desorptie zouden de voor de verdunning met zeewater gecorrigeerde opgeloste concentraties constant moeten zijn. Het voornamelijk ten westen van Hansweert voorkomende dalende concentratieverloop (tabel 4.13) geeft hiermee een adsorptie van nikkel aan, terwijl de metaalgehalten in de rivierfractie van de zwevende stof (waarmee de vrachtberekeningen in tabel 4.13 zijn uitgevoerd) juist op een desorptie duiden. Een verklaring voor deze tegenstrijdigheid ontbreekt.

Ten westen van Terneuzen zijn de opgeloste concentraties van kwik, lood en chroom door verdunning tot onder de detektielgrens gedaald, waardoor correcties voor de verdunning niet betrouwbaar meer zijn. Voor cadmium, chroom, koper (en in mindere mate voor zink en kwik) is uit de gecorrigeerde opgeloste concentraties in tabel 4.13 ten westen van Hansweert eveneens een desorptie af te leiden.

De totaalconcentraties van de metalen (fig.4.52, 4.55, 4.58, 4.61 4.64, 4.67, 4.70) volgen ongeveer het patroon van de particulier gebonden concentraties. In verticale richting is eveneens een gradiënt aanwezig. Bij de bodem kunnen de totaalconcentraties aanzienlijk hoger zijn dan aan het oppervlak. Dit geldt eveneens voor de opgeloste concentraties.

Vergeleken met lit.13 verschillen de berekeningsresultaten sterk. Voornaamste oorzaak is het verhoogde zwevende stof transport bij het voorliggende onderzoek (ongeveer het 22-voudige van lit.13). Daarnaast hebben de verschillende onderzoeksperioden (september 1979 en februari 1983) met de tussentijds verminderde belasting door de Schelde (lit.6) invloed gehad.

#### 4.2.14 Fenol (fig. 4.71 t/m 4.73, tabel 4.14).

Onder fenol vallen alle stoffen die bestaan uit één benzeenkern en eventueel aanhangende groepen met tenminste één hydroxylgroep.

Fenol heeft in april en september een in zeewaartse richting dalende concentratiegradiënt. In februari echter wordt vanaf Terneuzen een stijging in de gradiënt waargenomen (fig.4.70). Deze stijging kan verklaard worden uit de toen sterk toegenomen belasting van het Kanaal Gent-Terneuzen (lit.6.16). In september is de dalende gradiënt vrijwel volledig veroorzaakt door de verdunning met zeewater. In februari en april is dit slechts 60-70%.

Fenol komt vrijwel enkel in opgeloste vorm voor. In tabel 4.14 zijn de concentraties gecorrigeerd voor de verdunning met zeewater gegeven. In eerste instantie (traject Schaar van Ouden Doel-Zuidergat) dalen ook de gecorrigeerde concentraties in westelijke richting, wat op afbraak van fenol duidt. Opvallend is dat bij een toename van de watertemperatuur de afbraaksnelheid daalt: 0,16 µg/l.d in februari, 0,12 µg/l in april en 0,01 µg/l.d in september. Juist het tegengestelde effect zou verwacht worden, namelijk een toename van de afbraaksnelheid. Een verklaring is dat door reeds verlopen afbraakprocessen bovenstrooms van de Westerschelde nog onvoldoende fenol resteert om nog goed door micro-organismen te kunnen worden afgebroken. De berekende afbraakconstanten (1<sup>e</sup>-orde proces, zie hiervoor als voorbeeld bijlagen II en III) duiden erop dat bij een voldoende fenolaanbod de afbraak zou zijn toegenomen:  $k = 0,034/d$  in februari en  $0,044/d$  in april. Voor september kan echter geen constante berekend worden vanwege de afwezigheid van een duidelijke gradiënt in de gecorrigeerde concentraties.

Op het traject Hansweert-Vlissingen doet zich in februari en april de invloed van lozingen via de afvalwaterleiding bij Waarde en het Kanaal Gent-Terneuzen gelden. Uit het hierdoor ontstane grillige concentratieverloop (gecorrigeerd voor zeewater) zijn uitspraken over afbraak van fenol in het zoutere deel van de Westerschelde niet goed mogelijk.

4.2.15 Organische microverontreinigingen (tabel 4.15 t/m 4.19).

Op de monsters van de tocht in februari zijn analyses van enkele organische microverontreinigingen uitgevoerd. Het betreft de parameters:

benzo(b)fluorantheen		—	
benzo(k)fluorantheen	Polycyclische	)	
benzo(a)pyreen	aromatische	)	Tabel 4.15
fluorantheen	koolwaterstoffen (PAK's)	)	
indeno(1,2,3,c,d)pyreen		)	
benzo(g,h,i)peryleen		—	
PCB's (IUPAC nummers 28, 52, 101, 138, 153 en 180)			Tabel 4.16
pp-DDT		—	
op-DDT		)	
pp-DDD	organochloor pesticiden	)	
pp-DDE		)	
heptachloor		)	Tabel 4.17
aldrin		)	
dieldrin		)	
endrin		)	
$\alpha$ -endosulfan		)	
heptachloorepoxide		—	
$\alpha$ -, $\beta$ -, $\gamma$ -hexachloorcyclohexaan (HCH)		—	
Hexachloorbenzeen (HCB), pentachloorbenzeen (QCB)		)	Tabel 4.18
Hexachloorbutadieën		—	
Extraheerbaar organisch chloor in petroleumether extract (EOCl)			Tabel 4.19

Alle analyses zijn uitgevoerd op de ongefiltreerde monsters (totaalconcentraties).

In het algemeen kan een dalende concentratiegradiënt op het traject Schaar van Ouden Doel-Overloop van Valkenisse worden waargenomen. Na een piekconcentratie ter hoogte van Lamswaarde vindt wederom een dalende concentratiegradiënt in westwaartse richting plaats. Ten westen van Hansweert liggen de concentraties veelal beneden de detektielgrens

(PAK's 10 µg/l; EOCl 0,5 µg/l; overigen 1 µg/l). Uitzondering op dit patroon vormen pp-DDT, op-DDT, pp-DDE, heptachloor, heptachloorepoxide, aldrin, endrin,  $\alpha$ -endosulfan,  $\beta$ -HCH, HCB en hexachloorbutadieën die in de gehele Westerschelde in concentraties van maximaal de detectiegrens zijn waargenomen.  $\alpha$ -,  $\gamma$ -HCH en HCB zijn onderhevig aan meer concentratiepieken. De piekwaarden in het bovengeschetste concentratieverloop komen duidelijker naar voren uit de voor de verdunning met zeewater gecorrigeerde concentraties. Onduidelijk is of de oorzaak van de concentratiepieken moet worden gezocht in een -discontinue- lozing (bovenstroomsgrens, afvalwaterpersleiding Waarde) of natuurlijke omstandigheden (transport vanuit bodem). Zo wijkt de zwevende stof concentratie ter hoogte van Lamswaarde niet af van die van de omringende punten. Ook het routinematige waterkwaliteitsonderzoek (lit.6,21) geeft hierin geen uitsluitel.

Met behulp van lit.17, 18, 19 (zie ook bijlage V) zijn de gehalten aan PAK's, PCB's, dieldrin, pp-DDD en QCB in de zwevende stof berekend. Uitgaande van een constant gehalte in de marinefractie van de zwevende stof (schattingen op basis van dit onderzoek: 0,25 mg PAK/kg zw.st.; 0,01 mg PCB/kg zw.st.; 0,6 µg dieldrin/kg zw.st.; 0,7 µg QCB/kg zw.st.) zijn vervolgens op basis van de verdeling rivierwater/zeewater (zie bijlage IV) de gehalten in de rivierfractie van de zwevende stof berekend. De berekeningsresultaten zijn opgenomen in de tabellen 4.15 t/m 4.17.

Afgeleid kan worden dat PCB's voor meer dan 95% aan de zwevende stof gebonden voorkomen. Het bindingspercentage van PAK's bedraagt 50-80%, pp-DDD en dieldrin ca. 50% en QCB 25-40%.  $\alpha$ - en  $\gamma$ -HCH, welke ook duidelijk aantoonbaar zijn in de Westerschelde, worden voor minder dan 1% gebonden. EOCl is samengesteld uit verschillende componenten, die afzonderlijk niet bekend zijn, waardoor het niet mogelijk is de verdeling over water en zwevende stof te berekenen. In de rivierfracties van de zwevende stof vertonen de gehalten van de nader onderzochte organische microverontreinigingen geen duidelijke gradiënten, waardoor adsorptie of desorptie niet aantoonbaar is. Met de slibtransporten (par.4.2.4) kan berekend worden dat het particulier gebonden materiaal vrijwel volledig sedimenteert in de Westerschelde; slechts ca. 5% wordt naar zee getransporteerd. Dit betekent dat van de totaal vracht PCB's die via de Schelde wordt aangevoerd meer dan 90% in de Westerschelde achterblijft, terwijl stoffen als  $\alpha$ - en  $\gamma$ -HCH voor meer dan 99% naar zee worden getransporteerd.

4.2.16 Thermotolerante bacteriën van de coligroep (fig.4.74 t/m 4.76, tabel 4.20, 4.21).

De thermotolerante bacteriën van de coligroep (ook wel E-coli genoemd) zijn een indicatie voor de aanwezigheid van ziekteverwekkende organismen, veelal veroorzaakt door faecale verontreiniging.

Uit de figuren 4.73 t/m 4.75 kan een dalende gradiënt in zeewaartse richting opgemaakt worden. Bij de tocht in februari wordt deze gradiënt verstoord met een piek ter hoogte van Hansweert, wat een gevolg zou kunnen zijn van de enkele kilometers stroomopwaarts gelegen afvalwaterpersleiding Waarde. In april zijn verhoogde concentraties aanwezig bij Hansweert en de Pas van Terneuzen. Mogelijk hebben bij Terneuzen de verhoogde afvoer (april 1983 was zeer nat) van het Kanaal Gent-Terneuzen en/of de afvalwaterleiding Terneuzen een rol gespeeld. Gecorrigeerd voor de verdunning met zeewater (tabel 4.20) komen deze verhoogde waarden duidelijker naar voren.

Met het stijgen van de watertemperatuur neemt de afsterving van E-coli toe. Hierdoor zijn in februari de hoogste waarden gevonden en in september de laagste. De afwezigheid van een piekwaarde bij Hansweert kan tevens verklaard worden uit de in mei 1983 opgestarte RWZI Bath, waardoor de lozing bij Waarde gezuiverd plaatsvindt.

De afstervingsnelheid en -coëfficiënt kan enkel bepaald worden in het oostelijk deel van de Westerschelde (traject Schaar van Ouden Doel-Zuidergat) en het uiterst westelijk deel (Pas van Terneuzen-Vlissingen) omdat omvangrijke E-coli lozingen de gradiënten daar niet verstoren. Aangezien E-coli langer leven in een slibrijke omgeving en het punt Schaar van Ouden Doel in februari wordt gekenmerkt door hoge zwevende stof concentraties zou dit een vertekening van de afbraaksnelheid en -coëfficiënt veroorzaken. Daarom is een dergelijke berekening voor het oostelijk deel van de Westerschelde in februari achterwege gelaten. Tabel 4.21 geeft een overzicht van de berekeningsresultaten. Er blijkt dat met de toename van de watertemperatuur de afstervingsnelheid en -coëfficiënt toenemen. Op het traject Pas van Terneuzen-Vlissingen zijn de afstervingsnelheid en -coëfficiënt groter dan op het traject Schaar van Ouden Doel-Vlissingen. De oorzaak hiervan moet gezocht worden in het zoutere water en/of zuurstofrijkere omstandigheden in het westelijk deel van de Westerschelde.

4.2.17 Radioactiviteit (fig.4.77, 4.78).

In de vorm van de totale  $\alpha$ -activiteit en de  $\beta$ -restactiviteit zijn de monsters van de tocht in februari onderzocht op radioactieve stoffen. De  $\beta$ -restactiviteit berust op de bepaling van de  $\beta$ -activiteit van in het water aanwezige zouten. Bij de  $\beta$ -restactiviteit is de activiteit van  $^{40}\text{K}$ , dat in zout water rijkelijk aanwezig is, niet meegenomen. De  $\beta$ -activiteit van tritium is hierdoor eveneens niet in de  $\beta$ -restactiviteit meegenomen.

De totale  $\alpha$ - en  $\beta$ -restactiviteit vertonen op het traject Schaar van Ouden Doel-Lamswaarde een sterk dalende gradiënt. Verder in westelijke richting liggen de activiteiten op ongeveer eenzelfde niveau.

Opvallend zijn de hogere activiteiten bij de bodem dan aan het oppervlak. Via lozingen en de invloed van de Schelde zouden juist hogere concentraties aan het oppervlak verwacht worden (zoet water is lichter dan zout water). Er blijkt echter een duidelijk verband met de zwevende stof aanwezig te zijn ( $r = 0,94$ , voor de totale  $\alpha$ -activiteit en  $r = 0,97$  voor de  $\beta$ -restactiviteit). Dit betekent dat de gradiënten van de totale  $\alpha$ - en  $\beta$ -restactiviteit vrijwel volledig door de zwevende stof transporteren verklaard kunnen worden. Een correctie voor de verdunning met zeewater is om deze reden achterwege gelaten.

5. BESCHOUWING OMTRENT DE REPRESENTATIVITEIT VAN ENKELE ROUTINEPUNTEN VOOR DE WATERKWALITEIT

Voor het routinematig waterkwaliteitsonderzoek van de Rijkswateren worden ongeveer maandelijks (Schaar van Ouden Doel eens per 2 weken) op ca. 0,5 m onder het wateroppervlak monsters genomen en op een groot aantal parameters onderzocht (zie lit.6). De in dit gradiëntonderzoek onderzochte punten Vlissingen, Hansweert, Zuidergat, Lamswaarde, Bath en Schaar van Ouden Doel komen overeen met enkele van deze routinepunten.

In tabel 5.1 is een overzicht gegeven van de resultaten van het gradiëntonderzoek in de vorm van oppervlaktegemiddelden en gemiddelden over de verticaal (beiden van de drie tochten) op de bovengenoemde lokaties. Enkel die parameters zijn gepresenteerd die op alle drie de tochten zijn geanalyseerd in alle monsters uit de verticaal. Tevens is per punt opgegeven in hoeverre het oppervlaktegemiddelde afwijkt van het gemiddelde over de verticaal.

Uit tabel 5.1 kan afgeleid worden dat opgeloste parameters die meer in het bovenste zoete water voorkomen (onder meer nutriënten) via het routinematig onderzoek een hogere concentratie te zien geven dan gemiddeld over de verticaal voorkomt. Omgekeerd betekent dit dat opgeloste parameters die voornamelijk in zeewater voorkomen ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) met het routinematig onderzoek lager worden weergegeven omdat deze meer in het onderste zoute water voorkomen. Ook parameters die (mede) bepaald worden door de zwevende stof worden met het routinematig onderzoek te laag weergegeven omdat de zwevende stof concentraties in het algemeen in de richting van de bodem toenemen.

De procentuele verschillen over de verticaal blijken voor de opgeloste stoffen kleiner te zijn dan de stoffen die (mede) bepaald worden door de zwevende stof. Voor wat betreft de opgeloste stoffen zijn de grootste verschillen waargenomen te Vlissingen ( $\text{NH}_4\text{-N}$ , 6%;  $\text{O-PO}_4\text{-P}$ , 8%;  $\text{opg.Si}$ , 14%), Bath ( $\text{Cl}^-$ , -19%;  $\text{O}_2$ , -17%) en Hansweert ( $\text{NH}_4\text{-N}$ , 6%;  $\text{DOC}$ , -13%). De grootste verschillen in de (mede) van de zwevende stof afhankelijke parameters zijn gevonden bij Vlissingen, Lamswaarde en Bath (tabel 5.1).

Een uitbreiding van het routinematig onderzoek met enkele verticaal-bemonsteringen (bijvoorbeeld Schaar van Ouden Doel en Vlissingen) zou kunnen worden overwogen. Vooral voor vrachtberekeningen zou dit voordeel kunnen hebben.

Wanneer echter het routinematig onderzoek meer opgevat wordt als een methode om trends in de tijd en horizontale gradiënten te bepalen, kan volstaan blijven met het huidige routinematig onderzoek. Deze monsters hebben immers betrekking op het bovenste deel van de waterkolom, waarin de grootste fractie zoet (en meest verontreinigd) water voorkomt. In dit kader kan ook een in 1982 uitgevoerd dwarsraaionderzoek (lit.8) genoemd worden. De bovengenoemde aanbevelingen komen ook in dat onderzoek naar voren, waarbij uit een meer gedetailleerde beschouwing van de resultaten blijkt dat voor de onderzochte parameters geen eenduidige bemonsteringspositie in de dwarsdoorsnede gegeven kan worden als zijnde de lokatie voor het vastleggen van de gemiddelde waterkwaliteit.



## 6. SAMENVATTING, CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Het gradiëntonderzoek Westerschelde is in 1983 in drie bemonsterings-tochten uitgevoerd, te weten 8 t/m 10 februari, 19 t/m 21 april en 27 t/m 29 september, met grote variaties in de Schelde-afvoer (320 m<sup>3</sup>/s in februari tot 45 m<sup>3</sup>/s in september).

De bemonsteringen zijn steeds uitgevoerd rond halftij na hoog water (met een spreiding van ± 1 uur). De resultaten van dit onderzoek zijn toepasbaar op de berekeningsresultaten van het 1-dimensionale getijge-middelde model VEDWAM van de adviesdienst Vlissingen.

Het gradiëntonderzoek heeft zich voornamelijk gericht op een beschrij-ving van processen, waarvan de berekeningsmethoden beschreven staan in de bijlage I t/m V. De conclusies die uit dit onderzoek getrokken kun-nen worden, zijn:

- Onder invloed van de Schelde-afvoeren ontstaan wisselende chloride-gradiënten. De horizontale gradiënt is het grootst in februari (ge-middeld over de verticaal 15.670 mg Cl<sup>-</sup>/l bij Vlissingen en 1.100 mg Cl<sup>-</sup>/l bij Schaar van Ouden Doel en het kleinst in september (gemid-deld over de verticaal 17.700 mg Cl<sup>-</sup>/l bij Vlissingen en 8.910 mg Cl<sup>-</sup>/l bij Schaar van Ouden Doel).

Vanaf Schaar van Ouden Doel, waar een verticale chloridegradiënt vrijwel ontbreekt, nemen in de westelijke richting de chloridever-schillen over de verticaal toe tot 700-1.500 mg/l (Terneuzen-Vlis-singen) als gevolg van dichtheidsverschillen en onvolledige menging.

- De hoge afvoer van de Schelde in februari heeft een aanmerkelijke toename van de zwevende stof concentratie bij Schaar van Ouden Doel tot gevolg (ca. 300 mg/l). Door sedimentatie daalt de concentratie snel tot een niveau van ca. 100 mg/l aan het oppervlak. In april en september ontbreken dergelijke pieken en duiden de in westelijke richting stijgende gradiënten op een stroomopwaarts transport van zwevende stof.

Bij de bodem bereiken de zwevende stof concentraties een veelvoud van de concentraties aan het oppervlak.

Uit berekeningen blijkt dat de zwevende stof transporten het grootst zijn in februari (98,6 kg/s, waarvan 88,7 kg/s rivierslib is) en het laagst in september (4,9 kg/s, waarvan 2,5 kg/s rivierslib is). Van het rivierslib sedimenteert bij de tocht in februari 84,3 kg/s en in september 2,2 kg/s.

- Het zuurstofpercentage is te Schaar van Ouden Doel het laagst en varieert van ca. 50% in februari tot ca. 35% in september. Bij afwezigheid van de verdunning met zuurstofrijker zeewater zou dit percentage lager zijn: te Schaar van Ouden Doel ca. 48% in februari en ca. 6% in september.

Tot ongeveer Hansweert/Zuidergat nemen de zuurstofconcentraties snel toe tot boven de 80%. Verder westwaarts is er vrijwel geen toename meer. Als gevolg van de verticale zoutgradiënt is de zuurstofconcentratie bij de bodem in het algemeen hoger (max. 1 mg/l in de omgeving van Hansweert) dan aan het oppervlak.

De BOD<sub>5</sub> afbraakcoëfficiënt varieert van 0,1-0,3/dag.

- De stikstofparameters vertonen allen een dalende gradiënt in zeevaartse richting. Voor Kj<sub>d</sub>-N en NH<sub>4</sub> variëren de concentraties van resp. 1-7 en 0,3-3,5 mg/l in februari tot resp. 0,5-1 en 0,2-0,4 mg/l in september. De NO<sub>3</sub>-N concentraties variëren van 1,2-4,2 mg/l in februari tot 0,5-3,5 mg/l in september.

De NH<sub>4</sub>-N gradiënten worden voor meer dan 25% bepaald door de verdunning met zeewater, de NO<sub>3</sub>-N gradiënten voor meer dan 80%. Het resterende deel wordt bepaald door processen als nitrificatie, denitrificatie en sedimentatie.

De nitrificatie en denitrificatie constanten zijn beiden berekend op resp. ca 0,010 en 0,003/dag in februari tot resp. 0,06-0,10 en 0,003/dag in september. In het algemeen nemen de nitrificatie- en denitrificatiesnelheden af in westelijke richting, voornamelijk als gevolg van de verminderde concentraties van de betreffende stikstof fracties.

Met een gehalte van 4-7 mg part N/g zwevende stof kan de sedimentatie van stikstof afkomstig uit de Schelde geschat worden op 0,01 kg/s in september tot 0,3 kg/s in februari. Vanuit zee bedraagt de sedimentatie resp. 0,02 en 0,89 kg/s. Een opname van stikstof door algen is niet waarneembaar.

- De concentratie part + org P varieert van 0,1-1,7 mg/l in februari tot 0,1-0,4 mg/l in september. De concentratie o-PO<sub>4</sub>-P varieert van 0,1-0,4 mg/l in februari tot 0,1-0,55 mg/l in september. Beide fosforfracties vertonen een dalende concentratiegradiënt in zeevaartse richting, wat voor meer dan 75% veroorzaakt is door de verdunning met zeewater. De voor de verdunning met zeewater gecorrigeerde con-

concentraties  $\text{O-PO}_4\text{-P}$  duiden op de invloed van lozingen in het westelijk deel van de Westerschelde.

De sedimentatie van fosfor uit de Schelde varieert van  $<0,01$  kg/s in september tot  $0,4$  kg/s in februari. Vanuit zee is de sedimentatie lager:  $<0,01$  kg/s in september tot  $0,3$  kg/s in februari. De fosforgehalten van de zwevende stof nemen af in westelijke richting (in februari en september te Schaar van Ouden Doel resp.  $5,4$  en  $3,6$  mg P/g zwevende stof en te Vlissingen resp.  $1,1$  en  $0,6$  mg P/g zwevende stof).

- De concentraties opg.Si variëren van  $1,2$ - $5,5$  mg/l in februari tot  $0,3$ - $1,8$  mg/l in september met een dalende gradiënt in zeewaartse richting. In april wordt de gradiënt vrijwel volledig bepaald door de verdunning met zeewater, in februari voor ca.  $80\%$ , in september voor ca.  $60\%$ . De gradiënten van februari en september duiden op een opname van opg.Si door algen.

- De POC-concentraties liggen bij alle tochten rond de  $2$  mg/l, waarbij geen duidelijke gradiënten waarneembaar zijn. De DOC-concentraties zijn het hoogst in februari ( $2,5$ - $10$  mg/l) en het laagst in september ( $2,0$ - $4,8$  mg/l) met een dalende gradiënt in zeewaartse richting. De DOC-gradiënten worden vrijwel volledig bepaald door de verdunning met zeewater.

In februari en september variëren de koolstofgehalten van de zwevende stof te Schaar van Ouden Doel resp. van  $35$  tot  $50$  mg C/g zwevende stof en te Vlissingen resp. van  $50$  tot  $15$  mg C/g zwevende stof. De sedimentatie van POC afkomstig van de Schelde varieert van  $0,01$  kg/s in september tot  $2,8$  kg/s in februari. Vanuit zee is dit resp.  $0,1$  kg/s en  $12,0$  kg/s.

- De maximale chlorofylconcentratie die is waargenomen bedraagt  $19,5$   $\mu\text{g/l}$  te Vlissingen (tocht april), hetgeen op een -ondanks de in ruime hoeveelheden aanwezige voedingsstoffen- geringe algenactiviteit wijst. Dit kan twee oorzaken hebben: beperking van de lichtindringing door de hoge zwevende stof concentraties en/of de zoutgradiënt.

- De fluorideconcentraties variëren van  $1,1$ - $1,6$  mg/l in februari tot  $1,3$ - $2,0$  mg/l in september. In februari en april is er in zeewaartse richting een stijgende gradiënt aanwezig, in september een dalende.

De variatie in de gradiënten wijst op wisselende en omvangrijke belastingsbronnen.

- De sulfaatconcentraties variëren van 250-2.300 mg/l in februari tot 1.500-2.400 mg/l in september met een stijgende gradiënt in zee-waartse richting. Het gedrag is, evenals van fluoride, conservatief, waarbij een effect van lozingen echter ontbreekt.

- De totaalconcentraties van metalen (enkel geanalyseerd in februari) dalen in zee-waartse richting: Cd 0,2-5,8 µg/l; Hg 0,020,7 µg/l; Pb 3-60 µg/l; Cr 3-79 µg/l; Zn 20-315 µg/l; Cu 2-53 µg/l; Ni 3-30 µg/l. Als gevolg van de hogere zwevende concentraties komen de hoogste totaal concentraties voor bij de bodem.

Van het particulier gebonden materiaal afkomstig van de Schelde desorbeert Cd meer dan 90%, Cu ca. 75%, Zn ca. 60%, de overigen minder dan 50%. Procentueel gezien sedimenteert part.Cd afkomstig van de Schelde weinig, ca. 10% (0,1 mg/s). part.Cu en Zn sedimenteren voor 20-35% (resp. 2,8 en 27,8 g/s) en de overige metalen voor meer dan 50% (Hg 0,1 g/s, Pb 9,5 g/s, Cr 19,0 g/s, Ni 2,9 g/s). De sedimentatie van metalen afkomstig van zee is ongeveer een factor 1,5-2 groter.

- De fenolconcentraties variëren van 2-7 µg/l in februari tot 1-3 µg/l in september. In het algemeen is er een in zee-waartse richting dalende gradiënt waarneembaar, die in februari vanaf Terneuzen overgaat in een stijging, als gevolg van een hoge fenolbelasting door het Kanaal Gent-Terneuzen.

De verdunning met zeewater is in februari en april voor 60-70% van invloed op de fenolgradiënt, in september voor meer dan 90%.

In het oostelijk deel van de Westerschelde varieert de afbraaksnelheid van 0,16 µg/l.dag in februari tot <0,01 µg/l.dag in september. Voor februari en april zijn de afbraakconstanten berekend op 0,034 en 0,044/dag.

- Organische microverontreinigingen (enkel geanalyseerd in februari) komen in de volgende concentratieniveaus voor: PAK's 60-347 µg/l; PCB's <1-29 µg/l; pp-DDD <1-5 µg/l; dieldrin <1-2 µg/l; α-HCH 1-4 µg/l; γ-HCH 6-20 µg/l; QCB <1-5 µg/l en EOCl <0,5-2,0 µg/l. In het algemeen is een westwaarts dalende concentratiegradiënt aanwezig, onderbroken door een niet verklaarbare piekwaarde ter hoogte van

Lamswaarde. De concentraties van de overige onderzochte stoffen liggen beneden de detektielgrens. Van de via de Schelde aangevoerde PCB's blijft meer dan 90% in de Westerschelde achter, PAK's 50-80%, pp-DDD en dieldrin ca. 50%, QCB 25-40% en  $\alpha$ - en  $\gamma$ -HCH minder dan 1%. Adsorptie en/of desorptie is niet aantoonbaar.

- De concentraties E-coli bacteriën variëren van 2-30 MPN/ml in februari tot 1-8 MPN/ml in september. In het algemeen is een zeewaarts dalende gradiënt aanwezig, die vooral in februari en april wordt onderbroken door enkele pieken (lozingen, Kanaal Gent-Terneuzen). Met het toenemen van de watertemperatuur nemen de afstervingsnelheid (0,13-2,39 MPN/ml.dag) en -coëfficiënt (0,020-0,206/dag) toe. Door het zoutere water en/of de zuurstofrijkere omstandigheden liggen de afstervingsnelheid en -coëfficiënt in het westelijk deel van de Westerschelde op een hoger niveau dan in het oostelijk deel.
- De totale  $\alpha$ - en  $\beta$ -restactiviteit (enkel geanalyseerd in februari) variëren resp. van 100-325 Bq/m<sup>3</sup> en 200-500 Bq/m<sup>3</sup>. Er is -vooral in het oostelijk deel van de Westerschelde- een sterk dalende gradiënt. De totale  $\alpha$ - en  $\beta$ -restactiviteit staan in nauw verband met de zwevende stof concentraties ( $r = 0,94$  resp.  $r = 0,97$ ), waardoor de gradiënten vrijwel volledig uit de zwevende stof transporten verklaard kunnen worden.
- Opgeloste parameters die voornamelijk in zoet water voorkomen (zoals nutriënten) hebben in de Westerschelde aan het oppervlak een hogere concentratie dan bij de bodem. De parameters die (mede) bepaald worden door de zwevende stof en de opgeloste parameters in zeewater ( $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ) komen juist bij de bodem in hogere concentraties voor. Omdat via het routinematig waterkwaliteitsonderzoek enkel oppervlaktemonsters genomen worden ontstaat een enigszins vertekend beeld van de gemiddelde waterkwaliteit over de verticaal. De maximaal gevonden afwijkingen aan het oppervlak ten opzichte van het verticaal gemiddelde zijn als volgt: Vlissingen ( $NH_4-N$ , 6%;  $O-PO_4-P$ , 8%; opg.Si, 14%), Hansweert ( $NH_4-N$ , 16%; DOC, -13%), Lamswaarde (zwevende stof, -66%), Bath ( $Cl^-$ , -19%;  $O_2$ , -17%). Wanneer het routinematig onderzoek opgevat wordt als een methode om trends in de tijd en horizontale gradiënten te bepalen, kan volstaan worden met het huidige routinematig onderzoek.

- Aanbevolen wordt een dergelijk intensief gradiënt onderzoek eens per 5 jaar gedurende 1 jaar (met een frequentie van ca. eens per 2 à 3 maanden) uit de voeren. Het programma zou eventueel gekoppeld kunnen worden aan het eens per 5 jaar intensiever plaatsvindende routinematig onderzoek van organische microverontreinigingen. Met een dergelijk programma kan meer inzicht verkregen worden in met name de variatie in de sedimentatie-, adsorptie- en desorptieprocessen van organische microverontreinigingen en metalen.

Geraadpleegde bronnen.

1. Ministerie van Openbare Werken, bestuur der waterwegen-Antwerpse Zeediensten. De debieten van het Scheldebekken in 1983. (AZ 84/03).
2. Rijkswaterstaat-RIZA. De waterkwaliteit van de Westerschelde in de periode 1964-1981. Lelystad, 1982 (82-063).
3. Rijkswaterstaat-RIZA/DDMI. De invloed van lozingen vanuit het Zoommeer op de Westerschelde. Lelystad, april 1984 (83-087).
4. Ministerie van Openbare Werken, bestuur der waterwegen-Antwerpse Zeediensten. De debieten van het Scheldebekken in 1982. (AZ 83/03).
5. Rijkswaterstaat-RIZA. Waterkwaliteitsaspecten van de Westerschelde. Lelystad, oktober 1981 (81.049).
6. Rijkswaterstaat-RIZA. Kwaliteitsonderzoek in de rijkswateren. Kwartaaloverzicht 1982. Lelystad, 1982, 1983.
7. Dienst der hydrografie van de Koninklijke Marine. Stroomatlas Westerschelde. Den Haag, 1976.
8. Rijkswaterstaat-RIZA. Dwarsraaionderzoek Westerschelde 1982. Lelystad, april 1985 (85.06).
9. Rijkswaterstaat-RIZA. De waterkwaliteit van de Noordzee 1975-1982. Lelystad, oktober 1983 (83.084).
10. Rijkswaterstaat-directie Waterhuishouding en Waterbeweging. A preliminary investigation into the possibility of erosion in the area of Flamisch Banks. Den Haag, 1977 (FA 7702).
11. Koot, Prof. Ir. A.C.J. Behandeling van afvalwater. Delft, 1980.
12. Rijkswaterstaat-adviesdienst Vlissingen. Beschouwingen omtrent de chloridegehalten op de Westerschelde in de periode 1971-1980. Vlissingen, januari 1983 (WWKZ-83V286).
13. Waterloopkundig Laboratorium. Inventarisatie en geochemisch gedrag van zware metalen in de Westerschelde. Delft, december 1981. (Verslag onderzoek M1640/M1736).
14. De Pauw, Drs. N. Bijdrage tot de kennis van milieu en plankton in het Westerschelde estuarium. Rijksuniversiteit Gent, academie - jaar 1974-195.
15. Rijkswaterstaat-RIZA. De fluoridebelasting van de Westerschelde. November 1979 (79.027).
16. Rijkswaterstaat-RIZA. Gradiëntonderzoek Kanaal Gent-Terneuzen. Lelystad, april 1985 (85-15).

17. Bruggeman, Drs. W.A. Bioaccumulation of polychlorobiphenyls and related hydrophobic chemicals in fish. Academisch proefschrift. Uitgave van Rijkswaterstaat-RIZA, Lelystad, 1983.
18. Karickhoff, S.W., Brown, D.S., Scott, T.A. Sorption of hydrophobic pollutants on natural sediments. Water Res.13, pag.241-247 (1979).
19. Wijayarathne, R.D., Means, J.C. Sorption of polycyclic aromatic hydrocarbons by natural estuarine colloids. Marine Environmental Res.11, pag.77-89 (1984).
20. Rijkswaterstaat-adviesdienst Vlissingen. Berekeningen naar het effect van lozingen en speciëstortingen in de Westerschelde, november 1982 (WWKZ-82 V334).
21. Rijkswaterstaat-RIZA. Organische microverontreinigingen in de Zeeuwse wateren 1982-1983. Lelystad, oktober 1984 (84-102).
22. Rijkswaterstaat-adviesdienst Vlissingen. Beschrijving zoutmetingen in de Westerschelde, periode 1982-1983. Vlissingen, juli 1984 (WWKZ-84.V014).



Bijlagen. Overzicht van berekeningen uitgevoerd ten behoeve van het gradiëntonderzoek Westerschelde.

I Correctie op de verdunning met zeewater.

Teneinde de grootte van de invloed van de verdunning met zeewater op de voorkomende concentraties van stoffen te bepalen, zijn correcties voor deze verdunning toegepast. Deze correctie berust op het per bemonsterd punt herschrijven van de massabalans, met als uitgangspunt dat de op alle punten bemonsterde watervolumina elk zijn opgebouwd uit een fractie zout en een fractie zoet water met elk hun eigen specifieke stofconcentraties. Uit de chlorideconcentraties kunnen de grootte van de fracties afgeleid worden.

In formulevorm:

$$\text{Fractie zout water} = \frac{Cl_x - Cl_0}{Cl_z - Cl_0} \quad \text{fractie zoet water} = 1 - \frac{Cl_x - Cl_0}{Cl_z - Cl_0}$$

waarin  $Cl_x$  = chlorideconcentratie op plaats x

$Cl_0$  = chlorideconcentratie ter hoogte van Schaar van Ouden Doel

$Cl_z$  = chlorideconcentratie van het de Westerschelde ingaande zeewater.

De massabalans van een volume water op plaats x is als volgt opgebouwd.

$$\frac{Cl_x - Cl_0}{Cl_z - Cl_0} \cdot C_z + \left(1 - \frac{Cl_x - Cl_0}{Cl_z - Cl_0}\right) \cdot C_0 = C_x$$

waarin  $C_z$  = concentratie van een stof in zeewater

$C_0$  = concentratie van een stof ter hoogte van Schaar van Ouden Doel

$C_x$  = concentratie van een stof op plaats x.

Per bemonsterd punt kan de massabalans herschreven worden, waardoor  $C_0$  op de plaats  $x$  ( $C_{0,x}$ ) berekend wordt. Deze berekende waarde geeft dan de concentratie aan van de stof in de fractie zoet water op de plaats  $x$ :

$$C_{0,x} = \frac{(Cl_z - Cl_0) \cdot C_x - (Cl_x - Cl_0) \cdot C_z}{Cl_z - Cl_x}$$

Het resultaat van deze exercitie op alle bemonsterde punten in de Westerschelde is een gradiënt alsof er geen zeewater indringing aanwezig is.

Uit de aldus ontstane gradiënten kunnen snelheden van specifieke processen (fysisch/chemisch/biologisch) afgeleid worden.

II Zuurstofhuishouding.

Uit de voor de verdunning met zeewater gecorrigeerde horizontale zuurstofgradiënt kunnen gegevens omtrent reaeratie en mineralisatie van biologisch afbreekbare stoffen berekend worden.

Het netto resultaat voor de zuurstofconcentratie van reaeratie en mineralisatie op het traject  $x = 0$  tot  $x = x$  wordt gegeven door:

$$\frac{dC_{O_2}}{dt} = \frac{C_{O_2,x} - C_{O_2,0}}{t_{x-0}} \quad \text{waarin:}$$

$$\frac{dC_{O_2}}{dt} = \text{netto snelheid van reaeratie en mineralisatie (mgO}_2\text{/l.d)}$$

$C_{O_2,0}$  = zuurstofconcentratie op plaats 0 (mg/l)

$C_{O_2,x}$  = zuurstofconcentratie op plaats  $x$  (mg/l)

$t_{x-0}$  = verblijftijd traject 0- $x$  (dagen)

De netto snelheid van reaeratie en mineralisatie kan ook geschreven worden als:

$$\frac{dC_{O_2}}{dt} = -k_1 \cdot b + k_2 (C_S - C)$$

Hierin geeft de term  $-k_1 \cdot b$  de snelheid van het biochemisch zuurstofverbruik aan en de term  $k_2(C_S - C)$  de snelheid van reaeratie op een bepaalde plaats op het traject 0- $x$ . Hierin is:

$k_1$  = afbraakcoëfficiënt biochemisch zuurstofverbruik (1/dag)

$b$  = BZV<sub>5</sub> concentratie (mg/l)

$k_2$  = reaeratiecoëfficiënt (1/dag), wordt bepaald uit de formule

$$k_2 = k_2^1 \cdot e^{0,018(T-20)}$$

$k_2^1$  varieert van 0,45-0,7

$T$  = temperatuur in °C

$C_S$  = zuurstofverzadigingsconcentratie (mg/l)

$C$  = zuurstofconcentratie (mg/l)

Tabel 2.1. Overzicht van de bemonsterde lokaties ten behoeve van het gradiëntonderzoek Westerschelde.

1. Vlissingen* (17,0 m)	8. Lamswaarde* (13,0 m)
2. Pas van Terneuzen (16,1 m)	9. Overloop van Valkenisse (17,0)
3. Hoek van Baarland (24,0 m)	10. Westketel (15,2 m)
4. Hansweert* (24,5 m)	11. Bath* (16,1 m)
5. Drempel van Hansweert (9,8 m)	12. Pas van Rilland (16,1 m)
6. Zuidergat* (18,0 m)	13. Schaar van Ouden Doel*
7. Bocht van Walsoorden (15,0 m)	(grens 17,5 m)

De met \* aangeduide lokaties komen overeen met de bemonsteringspunten voor het routinematig waterkwaliteitsonderzoek. Tussen haakjes de gemiddelde waterdiepten in m tijdens de bemonstering.

Tabel 2.2. Overzicht van geanalyseerde parameters in de monsters van februari, april en september 1983.

	8 t/m 10 febr.	19 t/m 21 april	27 t/m 29 sept.
Cl <sup>-</sup> , O <sub>2</sub> , pH, temp.	+	+	+
zwevende stof + gloei- rest	+	+	+
nutriënten	+	+	+
DOC, TOC	+	+	+
chlorofyl	+	+	+
F <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	+	+	+
E-coli, fenol	+	+	+
metalen (opg.+tot)	+		
PAK's, PCB's	+		
EOCl, hexachloorbutadieën	+		
α-, β-, γ-HCH, QCB, HCB	+		
pesticiden	+		
tot. α- en β-restactiviteit	+		

Tabel 4.1. Overzicht van gemiddelde afvoeren (m<sup>3</sup>/s) van de Schelde en het Kanaal Gent-Terneuzen tijdens de bemonsteringsdagen.

	Schelde	Kanaal Gent-Terneuzen
8,9,10-2-1983	320	16,5
19,20,21-4-1983	142	16,6
27,28,29-9-1983	45	12,7

Tabel 4.2. Overzicht van maandgemiddelde Schelde-afvoeren op de Belgisch-Nederlandse grens, periode oktober 1982 - september 1983 (lit.1,4).

maand	afvoer (m <sup>3</sup> /s)	maand	afvoer (m <sup>3</sup> /s)
oktober 1982	111	april 1983	227
november 1982	221	mei 1983	187
december 1982	124	juni 1983	104
januari 1983	174	juli 1983	64
februari 1983	211	augustus 1983	45
maart 1983	180	september 1983	52

### III Stikstofhuishouding.

Uit de voor de verdunning met zeewater gecorrigeerde horizontale stikstofgradiënten kunnen gegevens omtrent ammonificatie, nitrificatie en denitrificatie berekend worden.

De ammonificatiesnelheid op het traject  $x = 0$  tot  $x = x$  wordt gegeven door:

$$\frac{dC_{\text{Org-N}}}{dt} = \frac{C_{\text{Org-N}_x} - C_{\text{Org-N}_0}}{t_{0-x}} \quad \text{waarin}$$

$$\frac{dC_{\text{Org-N}}}{dt} = \text{ammonificatiesnelheid (mg N/l.d)}$$

$C_{\text{Org-N}_x}$  = concentratie org.N op plaats  $x$  (mg/l)

$C_{\text{Org-N}_0}$  = concentratie org.N op plaats 0 (mg/l)

$t_{0-x}$  = verblijftijd traject 0- $x$  (dagen)

De ammonificatiesnelheidsconstante  $k_a$  wordt bepaald uit de geïntegreerde formule

$$k_a = \frac{-1}{t_{0-x}} \ln \frac{C_{\text{Org-N}_x}}{C_{\text{Org-N}_0}}$$

Het netto effect van ammonificatie en nitrificatie op het traject  $x = 0$  tot  $x = x$  wordt gegeven door

$$\frac{dC_{\text{NH}_4-N}}{dt} = \frac{C_{\text{NH}_4-N_x} - C_{\text{NH}_4-N_0}}{t_{0-x}} \quad \text{waarin}$$

$$\frac{dC_{\text{NH}_4-N}}{dt} = \text{netto snelheid van ammonificatie en nitrificatie (mgN/l.d)}$$

$C_{\text{NH}_4-N_x}$  = concentratie  $\text{NH}_4\text{-N}$  op plaats  $x$  (mg/l)

$C_{\text{NH}_4-N_0}$  = concentratie  $\text{NH}_4\text{-N}$  op plaats 0 (mg/l)

$t_{0-x}$  = verblijftijd traject 0- $x$  (dagen)

Afzonderlijke gegevens omtrent nitrificatie kunnen worden verkregen

met:

$$\frac{dC_{\text{NH}_4\text{-N}}}{dt} = k_a \cdot C_{\text{Org-N}} - k_N \cdot C_{\text{NH}_4\text{-N}}$$

Hierin geeft de term  $k_a \cdot C_{\text{Org-N}}$  de snelheid van ammonificatie aan en de term  $-k_N \cdot C_{\text{NH}_4\text{-N}}$  de snelheid van nitrificatie op

het traject 0-x. Hierin is:

$k_a$  = ammonificatiesnelheidsconstante (1/dag)

$C_{\text{Org-N}}$  = concentratie org.N (mg/l)

$k_N$  = nitrificatiesnelheidsconstante (1/dag)

$C_{\text{NH}_4\text{-N}}$  = concentratie  $\text{NH}_4\text{-N}$  (mg/l)

Tenslotte kan het netto effect van nitrificatie en denitrificatie op het traject  $x = 0$  tot  $x = x$  worden geschreven als:

$$\frac{dC_{\text{NO}_3\text{-N}}}{dt} = \frac{C_{\text{NO}_3\text{-N}_x} - C_{\text{NO}_3\text{-N}_0}}{t_0 - x} \quad \text{waarin}$$

$\frac{dC_{\text{NO}_3\text{-N}}}{dt}$  = netto snelheid van nitrificatie en denitrificatie (mgN/l.d)

$C_{\text{NO}_3\text{-N}_x}$  = concentratie  $\text{NO}_3\text{-N}$  op plaats  $x$  (mg/l)

$C_{\text{NO}_3\text{-N}_0}$  = concentratie  $\text{NO}_3\text{-N}$  op plaats 0 (mg/l)

$t_{0-x}$  = verblijftijd op traject 0-x.

Afzonderlijke gegevens omtrent nitrificatie en denitrificatie worden verkregen met:

$$\frac{dC_{\text{NO}_3\text{-N}}}{dt} = k_N \cdot C_{\text{NH}_4\text{-N}} - k_D \cdot C_{\text{NO}_3\text{-N}} \quad \text{waarin}$$

$k_N \cdot C_{\text{NH}_4\text{-N}}$  de snelheid van nitrificatie aangeeft en  $-k_D \cdot C_{\text{NO}_3\text{-N}}$  de snelheid van denitrificatie op een bepaald plaats op het traject 0-x. Hierin is:

$k_N$  = nitrificatiesnelheidsconstante (1/dag)

$C_{\text{NH}_4\text{-N}}$  = concentratie  $\text{NH}_4\text{-N}$  (mg/l)

$k_D$  = denitrificatiesnelheidsconstante (1/dag)

$C_{\text{NO}_3\text{-N}}$  = concentratie  $\text{NO}_3\text{-N}$  (mg/l)

#### IV Sedimentatie, adsorptie en desorptie.

Het netto transport van de zwevende stof bij Schaar van Ouden Doel is verkregen uit de gemeten zwevende stof concentratie vermenigvuldigd met de daggemiddelde Schelde-afvoer. Uit de chlorideconcentraties zijn fracties zout en zoet water bepaald, waarbij aangenomen is dat ook de zwevende stof volgens deze fracties verdeeld is. Met de zwevende stof fracties, die dan volgens berekening afkomstig zijn van de Schelde, zijn vervolgens de transporten rivierslib te Schaar van Ouden Doel en Vlissingen berekend. Het verschil van deze transporten is de hoeveelheid rivierslib die sedimenteert.

Volgens lit.13 is 75% van het gesedimenteerde materiaal in de Westerschelde afkomstig van zee. Dit betekent dat de hoeveelheid zeeslib die sedimenteert het drievoudige is van de hoeveelheid rivierslib die sedimenteert.

Uit de opgeloste en totaalconcentraties en de zwevende stof concentraties zijn van parameters als metalen, stikstof, fosfor en koolstof de gehalten gebonden aan de zwevende stof berekend:

$$\text{gehalte stof X} = \frac{\text{tot.conc.stof X} - \text{opg.conc.stof X}}{\text{conc.zwevende stof}}$$

(Voor organische microverontreinigingen, zie bijlage V).

Uit de fracties zout en zoet water zijn vervolgens de gehalten in de rivierfractie (zoete fractie) van de zwevende stof berekend op basis van een massabalans:

$$F_R \cdot X_R + F_Z \cdot X_Z = 1 \cdot X \text{ waarin:}$$

$F_R$  = fractie rivierwater

$X_R$  = te berekenen gehalte stof X in de rivierfractie zwevende stof

$F_Z$  = fractie zout water

$X_Z$  = gehalte stof X in de zoute fractie van de zwevende stof

$X$  = gehalte stof X van de zwevende stof.

Met de berekende gehalten in de rivierfractie van de zwevende stof en de transporten van rivierslib zijn te Schaar van Ouden Doel en Vlissingen de transporten van diverse stoffen gebonden aan rivierslib berekend. De hoeveelheid die desorbeert wordt berekend uit:



$S_{r,Schaar} \cdot (X_{r,Schaar} - X_{r,Vlis}) = \text{desorptie, waarin}$

$S_{r,Schaar} = \text{transport rivierslib Schaar van Ouden Doel}$

$X_{r,Schaar} = \text{gehalte rivierslib Schaar van Ouden Doel}$

$X_{r,Vlis} = \text{gehalte rivierslib Vlissingen}$

Indien  $X_{r,Vlis} > X_{r,Schaar}$  dan is er sprake van adsorptie (negatieve waarde).

De uiteindelijke sedimentatie wordt bepaald uit:

$S_{r,Schaar} \cdot X_{r,Schaar} - S_{r,Vlis} \cdot X_{r,Vlis} - \text{desorptie} = \text{sedimentatie.}$

V Verdeling van organische microverontreinigingen over water en zwevende stof.

De verdeling van organische verbindingen over water en vaste deeltjes is afhankelijk van de fysisch-chemische eigenschappen van de betreffende stoffen, met name van de hydrofobiteit. Een hoge hydrofobiteit komt tot uiting in een lage oplosbaarheid in water en een sterke binding aan vaste deeltjes (vooral van organische oorsprong) en vetachtig materiaal (in organismen). In plaats van hydrofobiteit wordt vaak gesproken van lipofiliteit. Deze grootte wordt meestal uitgedrukt als de octanol-water partitiecöefficient ( $K_{OW}$ ).

De mate waarin organische microverontreinigingen in het oppervlaktewater verdeeld over water en zwevende stof voorkomen wordt bepaald door  $K_{OW}$  en de fractie organisch koolstof van de zwevende stof.

Volgens lit. 17 en 18 geldt:

$$10^{\log K_{OC}} = 10^{\log K_{OW}} - 0,21 \quad (1)$$

$$K_{OC} = \frac{K_p}{OC} \quad (2)$$

$$X = K_p \cdot C_w \quad (3)$$

$$M \cdot X = C_z \quad (4)$$

Hierin is:

$K_{OC}$  = verdelingscoëfficiënt organisch koolstof-water =

$$\frac{\text{concentratie in org.C} \quad (\text{kg})}{\text{concentratie in water} \quad 1}$$

$K_{OW}$  = verdelingscoëfficiënt octanol-water =

$$\frac{\text{concentratie in n-octanol} \quad (\text{kg})}{\text{concentratie in water} \quad 1}$$

$K_p$  = verdelingscoëfficiënt zwevende stof-water =

$$\frac{\text{concentratie in zwevende stof} \quad (\text{kg})}{\text{concentratie in water} \quad 1}$$

X = gehalte in de zwevende stof (kg/kg)

$C_w$  = concentratie in water (kg/l)

M = concentratie van de zwevende stof (kg/l)

$C_z$  = concentratie gebonden aan de zwevende stof (kg/l)

OC = fractie organische koolstof van de zwevende stof, bepaald als

$$\frac{TOC - DOC}{\text{zwevende stof}} \quad (\text{kg/kg})$$

De vergelijkingen (1) t/m (4) resulteren uiteindelijk in 2 vergelijkingen met 2 onbekenden:

$$C_z = M \cdot C_w \cdot K_{ow} \cdot 10^{-0,21 \cdot OC} \quad (5)$$

$$C_z + C_w = C_t \quad (6)$$

$C_t$  = concentratie organische microverontreinigingen zoals deze in het laboratorium wordt bepaald.

De  $10 \log K_{ow}$  varieert van ongeveer 2 tot 7. Bij  $10 \log K_{ow} < 4$  komt een stof voornamelijk in opgeloste vorm voor (bijv.  $\alpha$ - en  $\gamma$ -HCH). Bij  $10 \log K_{ow} > 6$  komt een stof voornamelijk gebonden aan de zwevende stof voor (bijv. PCB's).

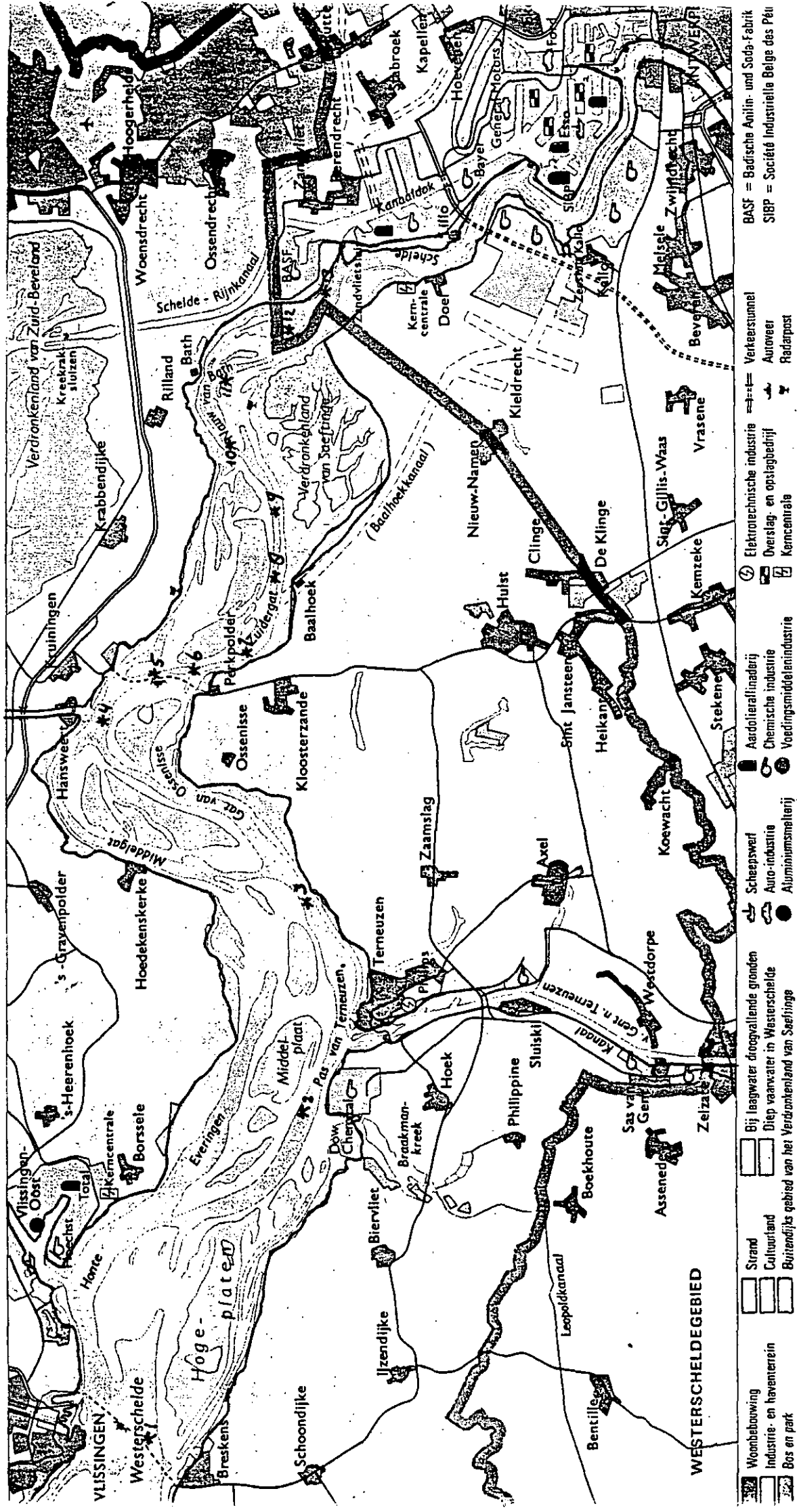
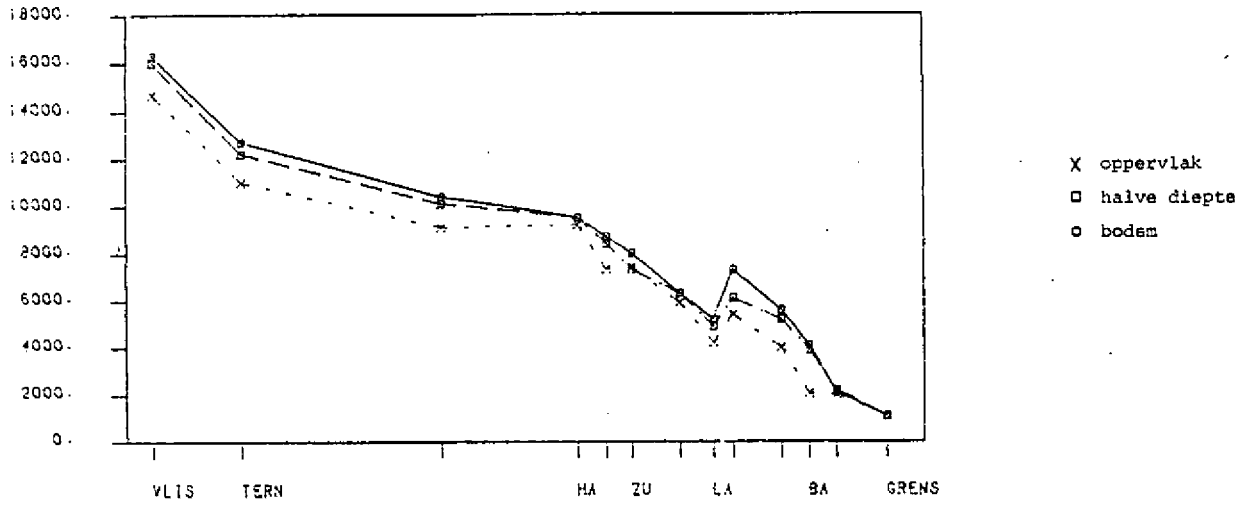


fig. 2.1. Overzicht bemonsteringslokaties gradiëntonderzoek Westerschelde. Voor betekenis van de cijfers, zie tabel 2.1.

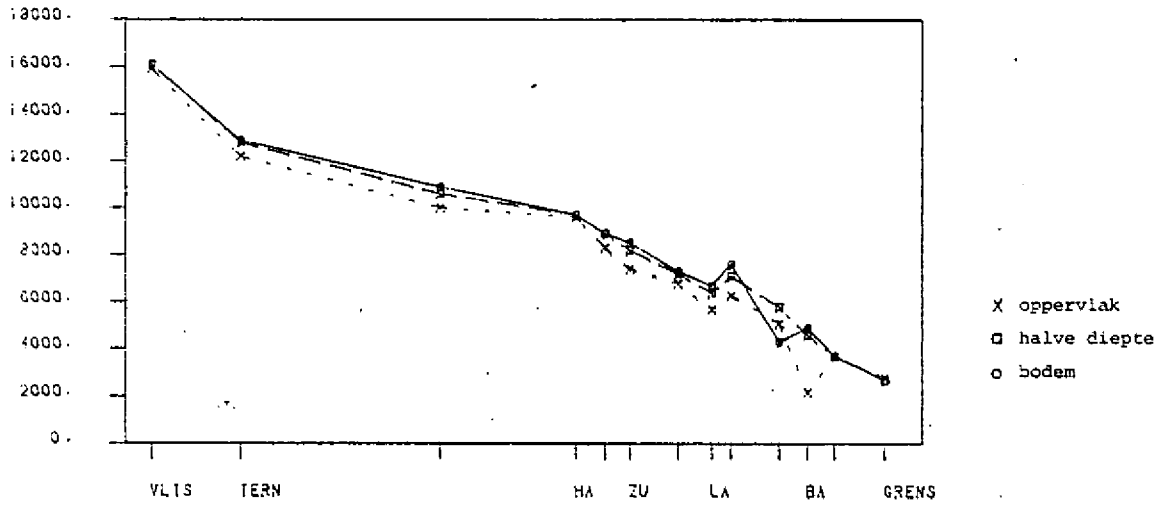
chloride, mg/l, 8 t/m 10-2-1983

fig. 4.1.



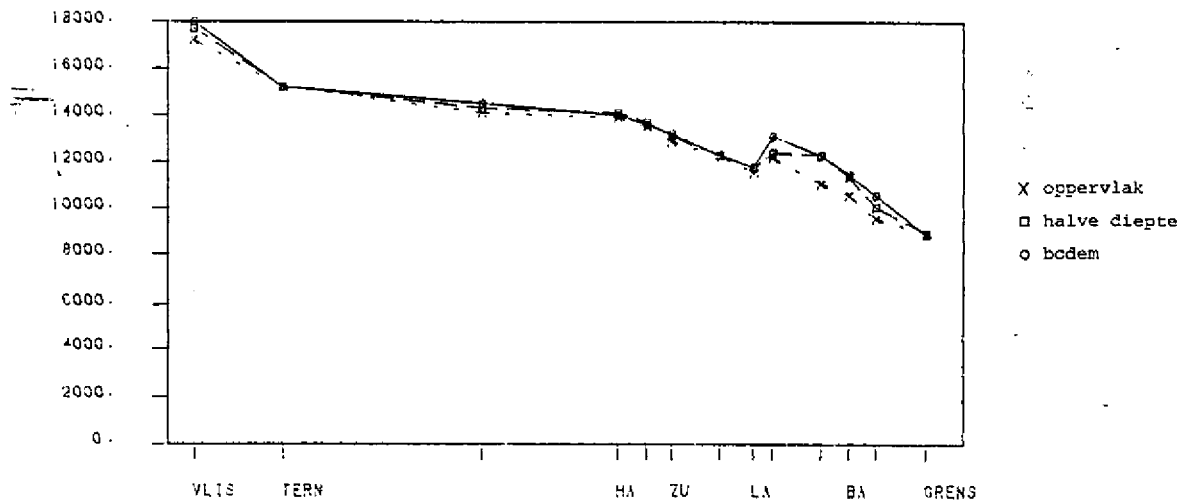
chloride, mg/l, 19 t/m 21-4-1983

fig. 4.2.



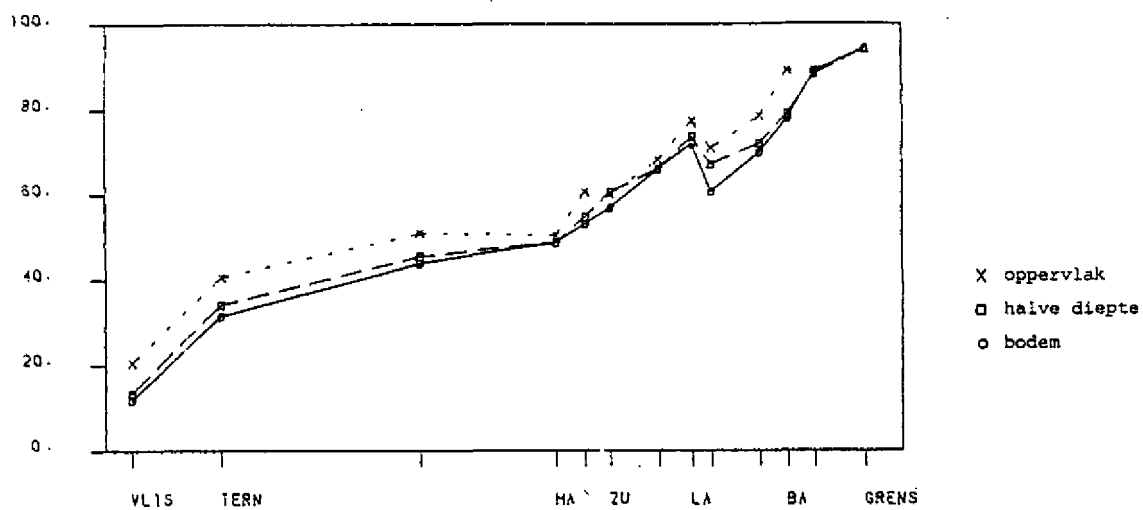
chloride, mg/l, 27 t/m 29-9-1983

fig. 4.3.



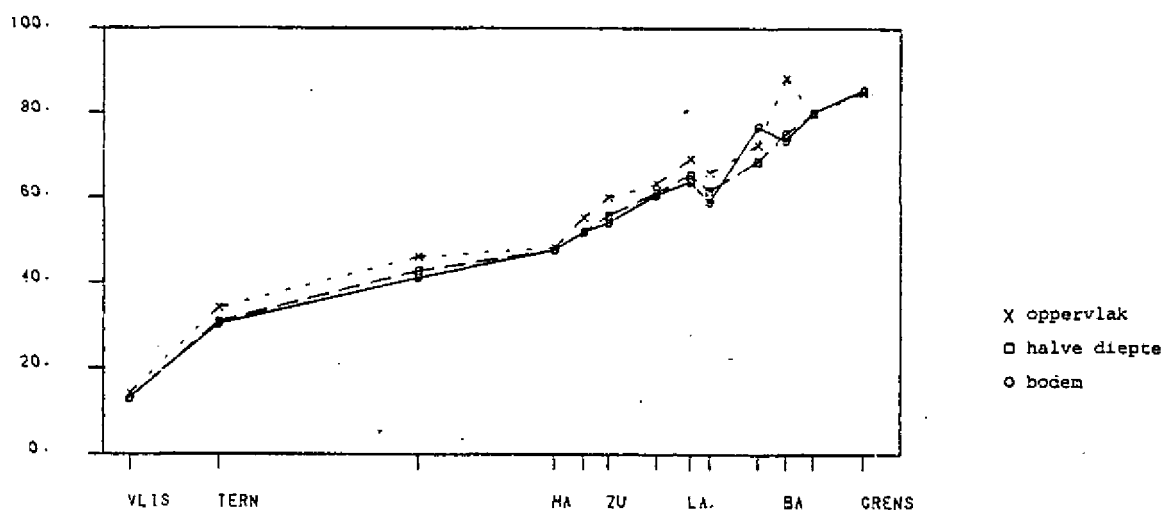
percentages zoet water, 9 t/m 10-2-1983

fig. 4.4.



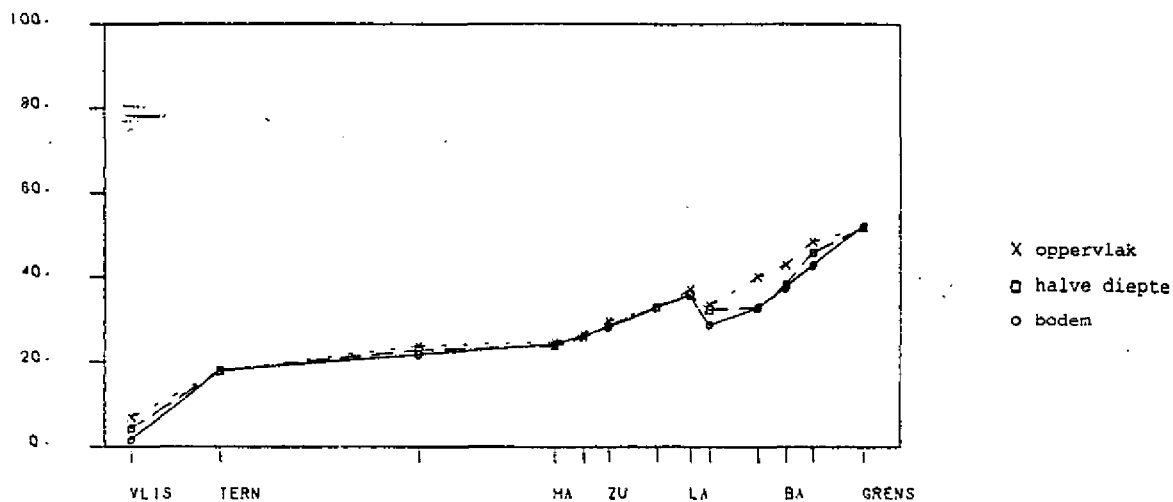
percentages zoet water, 19 t/m 21-4-1983

fig. 4.5.



percentages zoet water, 27 t/m 29-9-1983

fig. 4.6.



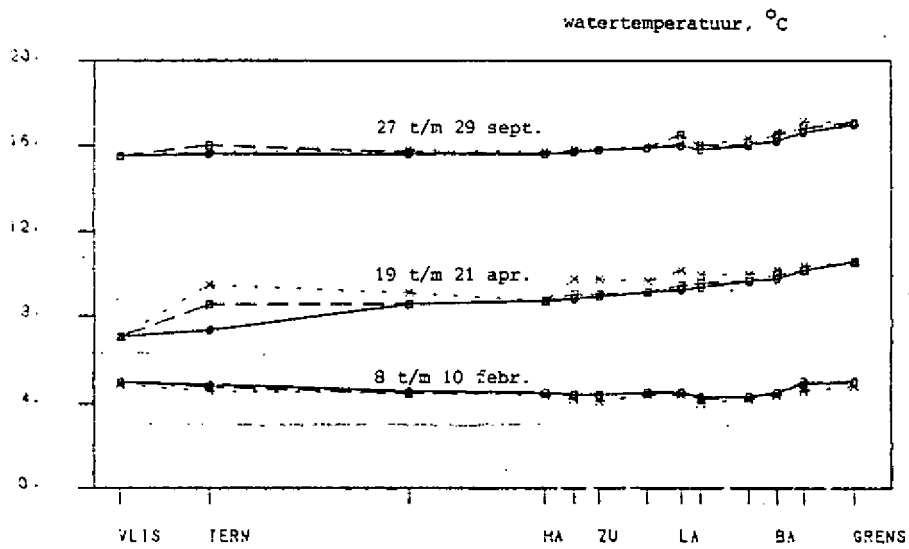


fig. 4.7.

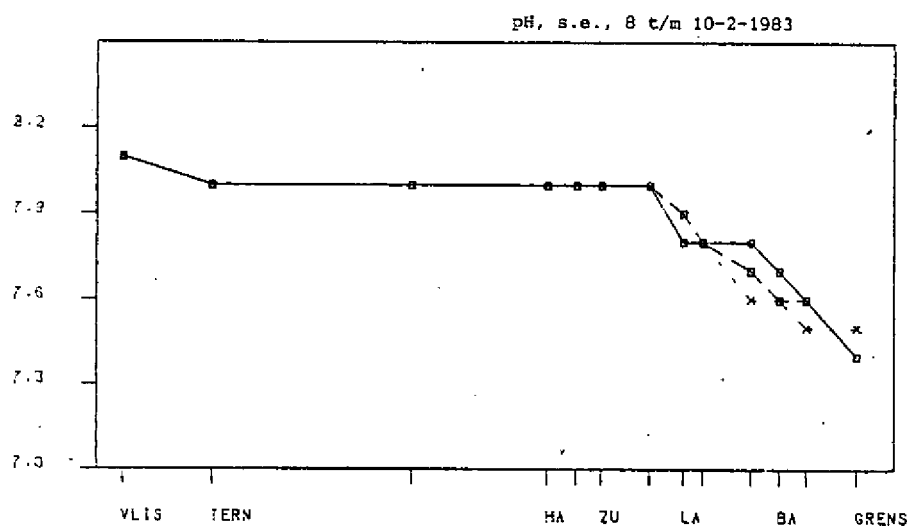


fig. 4.8.

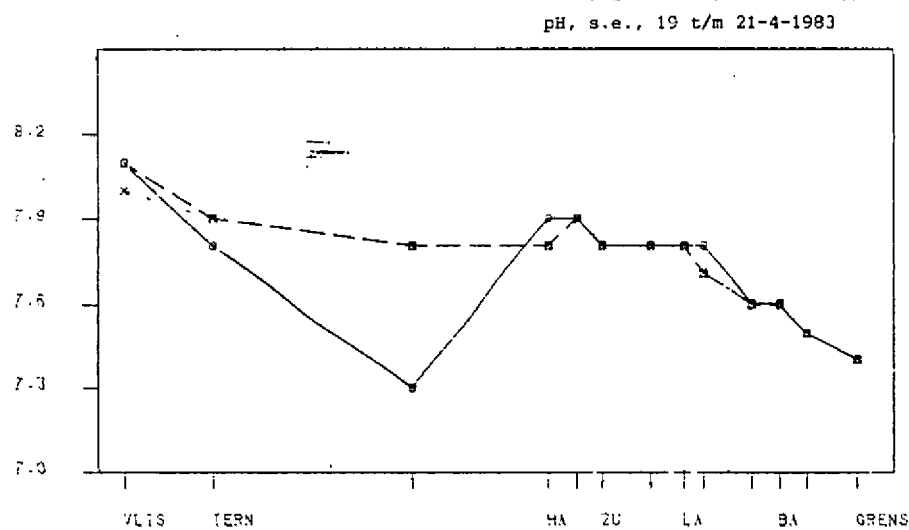
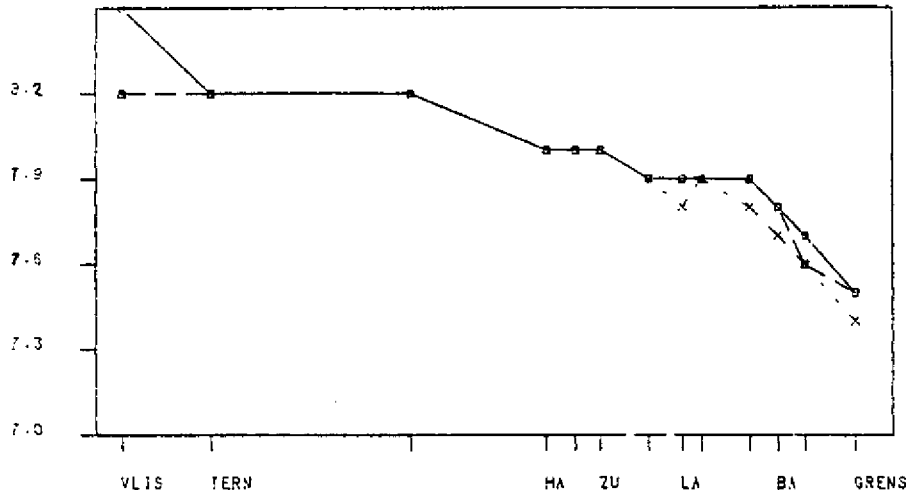


fig. 4.9.

pH. s.e., 27 t/m 29-9-1983

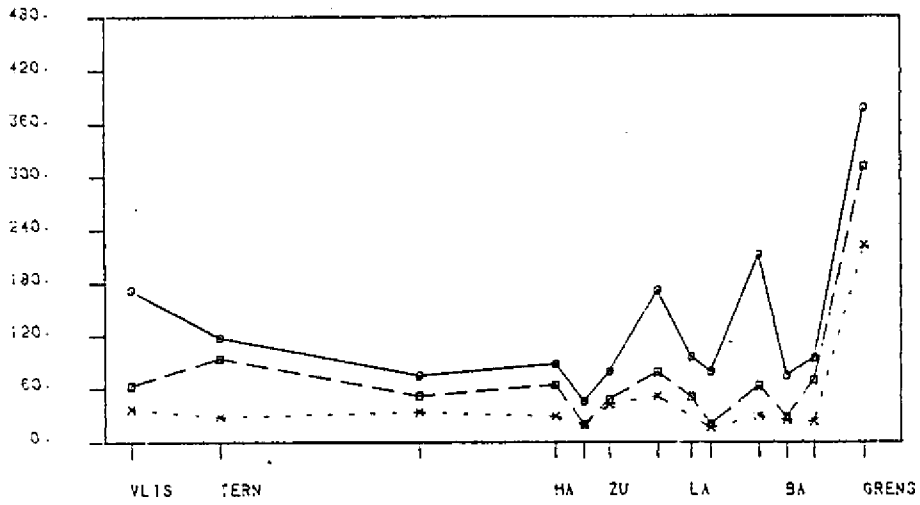
fig. 4.10.



X oppervlak  
 □ halve diepte  
 ○ bodem

zwevende stof, mg/l, 8 t/m 10-2-1983

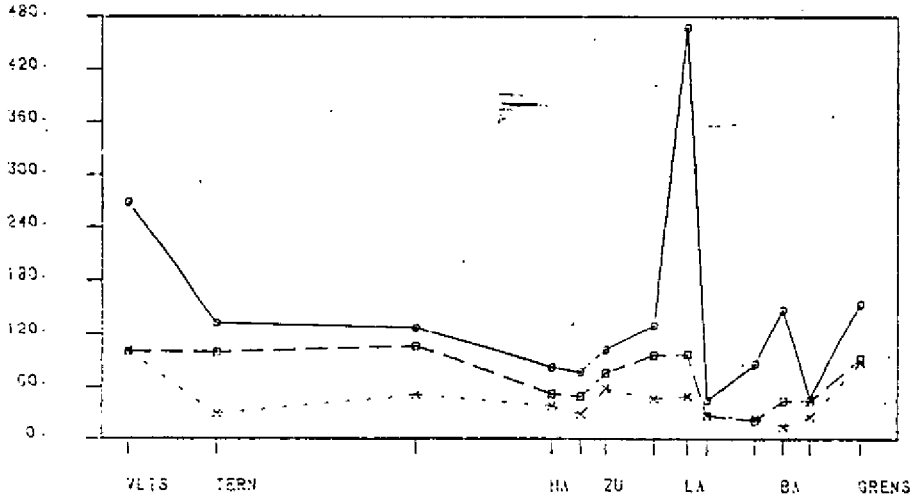
fig. 4.11.



X oppervlak  
 □ halve diepte  
 ○ bodem

zwevende stof, mg/l, 19 t/m 21-4-1983

fig. 4.12.

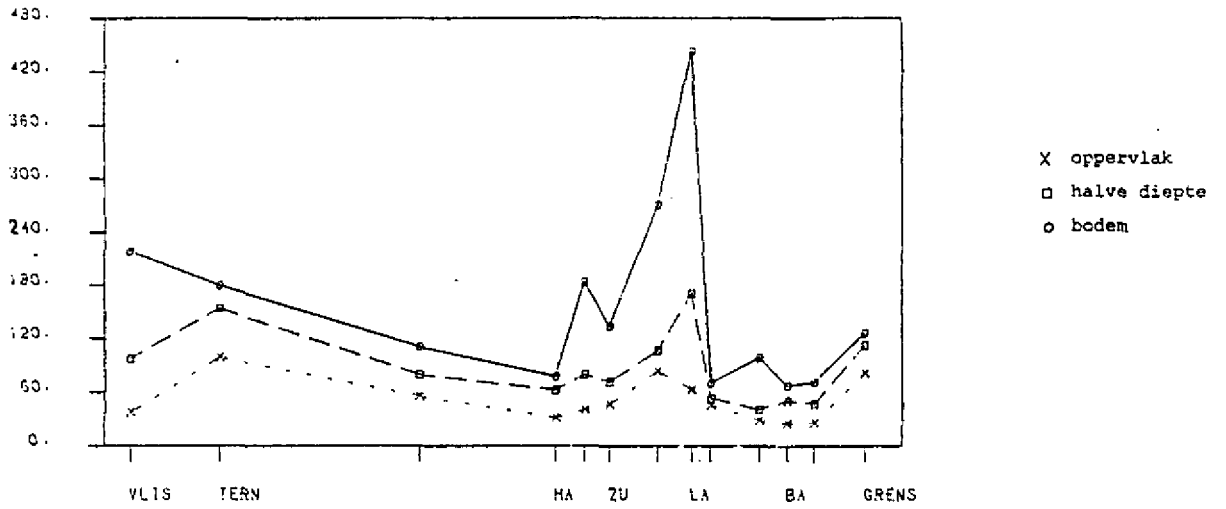


X oppervlak  
 □ halve diepte  
 ○ bodem



zwevende stof, mg/l, 27 t/m 29-9-1983

fig. 4.13.



Tabel 4.3. Berekende transporten en sedimentatie van zwevende stof in de Westerschelde (kg/a).

	8 t/m 10 febr.'83	19 t/m 21 april'83	27 t/m 29 sept.'83
Netto transport Schaar van Ouden Doel	98,6	16,2	4,9
Transport rivierslib Schaar van Ouden Doel	88,7	14,6	2,5
Transport rivierslib Vlissingen	4,4	3,3	0,3
Sedimentatie rivierslib Westerschelde	84,3	11,3	2,2
Sedimentatie zeeslib Westerschelde	253	34	6,6

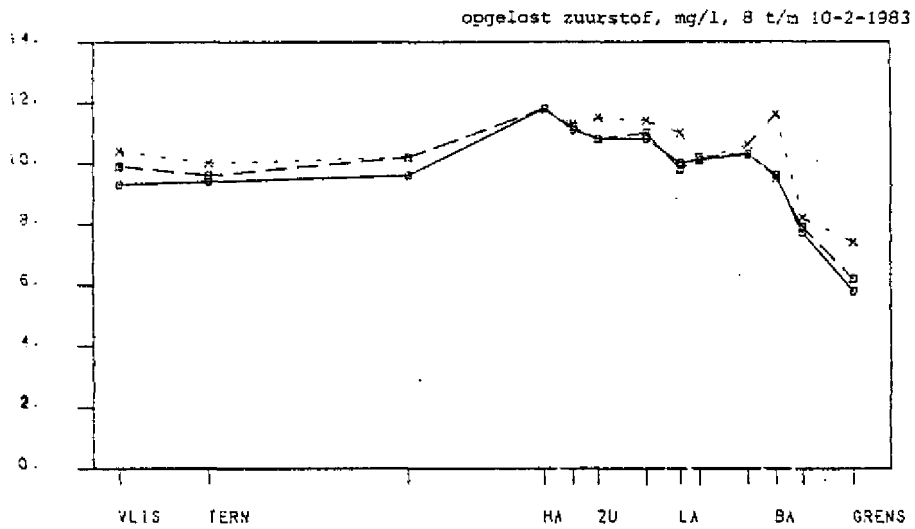


fig. 4.14.

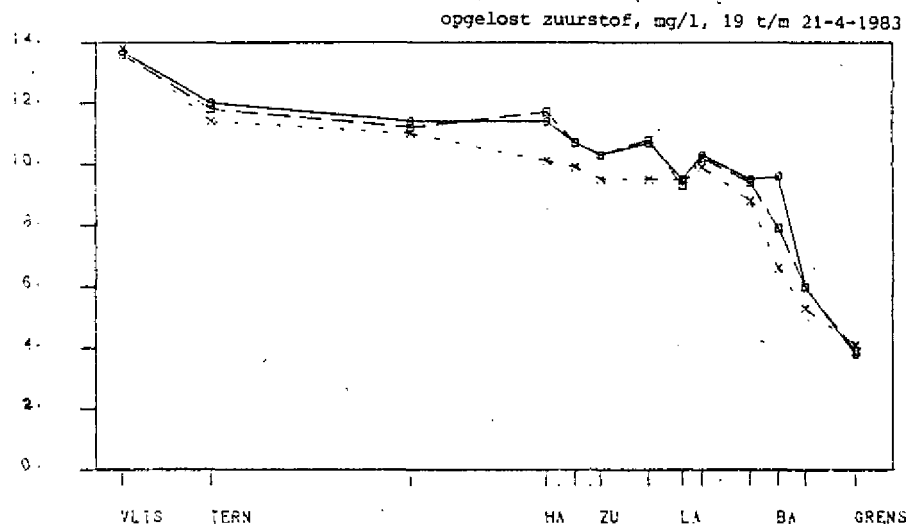


fig. 4.15.

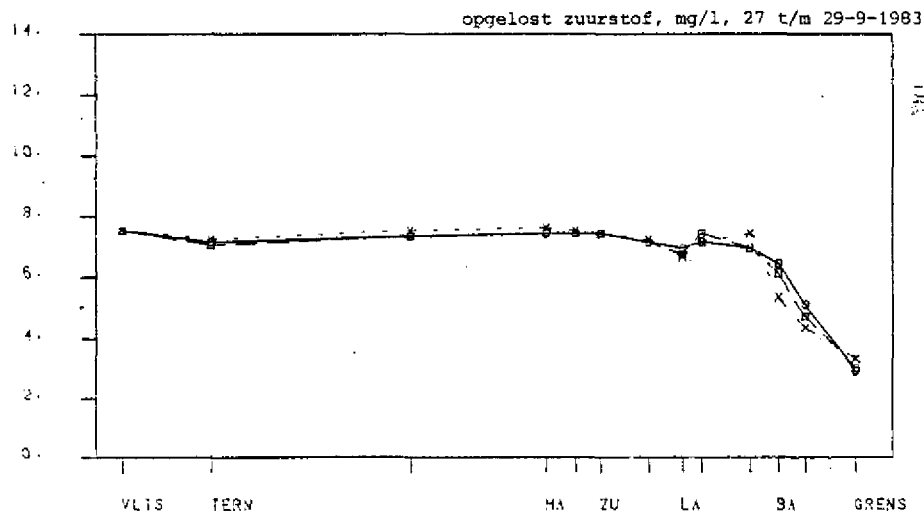


fig. 4.16.

Tabel 4.4. Overzicht van berekende zuurstofverzadigingspercentages. Tussen haakjes de verzadigingspercentages gecorrigeerd voor de invloed van zeewater.

	8 t/m 10 februari 1983		19 t/m 21 april 1983		27 t/m 29 september 1983	
	oppervlak	bodem	oppervlak	bodem	oppervlak	bodem
Vlissingen	93,6	85,6	133,0	131,3	88,4	87,8
Pas van Terneuzen	85,8	83,1	111,1	111,6	83,1	82,1
Hansweert	98,9 (102,4)	100,0 (104,7)	93,6 (92,4)	106,7 (116,5)	86,6 (78,5)	84,4 (73,3)
Zuidergat	92,8 (91,5)	89,4 (85,5)	88,4 (84,9)	94,7 (94,5)	84,0 (75,1)	84,2 (74,2)
Lamswaarde	87,5 (85,5)	80,6 (75,4)	87,5 (84,7)	86,3 (82,3)	73,7 (56,6)	77,6 (64,5)
Bath	89,3 (88,6)	76,3 (71,5)	59,5 (55,4)	87,2 (84,9)	60,6 (42,1)	72,0 (55,4)
Schaar v. Ouden Doel	56,9 (54,6)	45,0 (42,0)	36,8 (28,0)	34,3 (25,5)	37,6 (10,8)	32,4 (2,4)

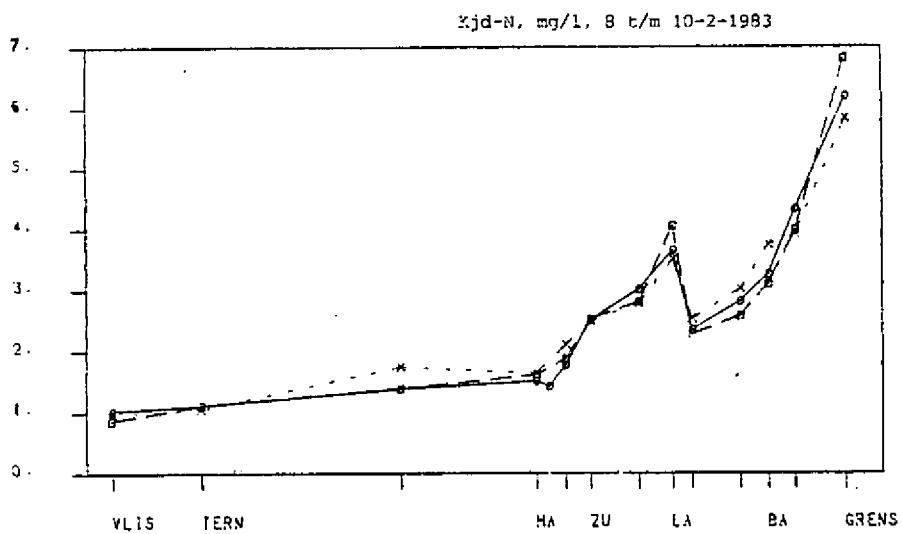


fig. 4.17.

x oppervlak  
 □ halve diepte  
 o bodem

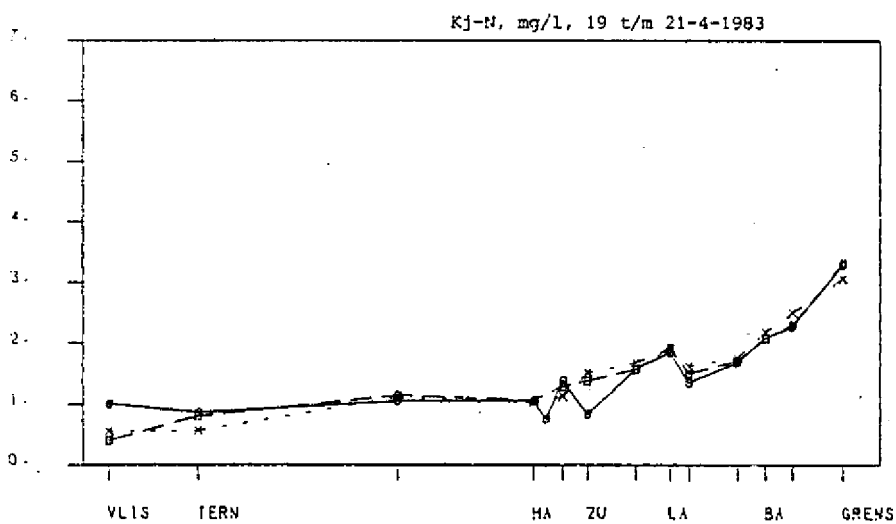


fig. 4.18.

x oppervlak  
 □ halve diepte  
 o bodem

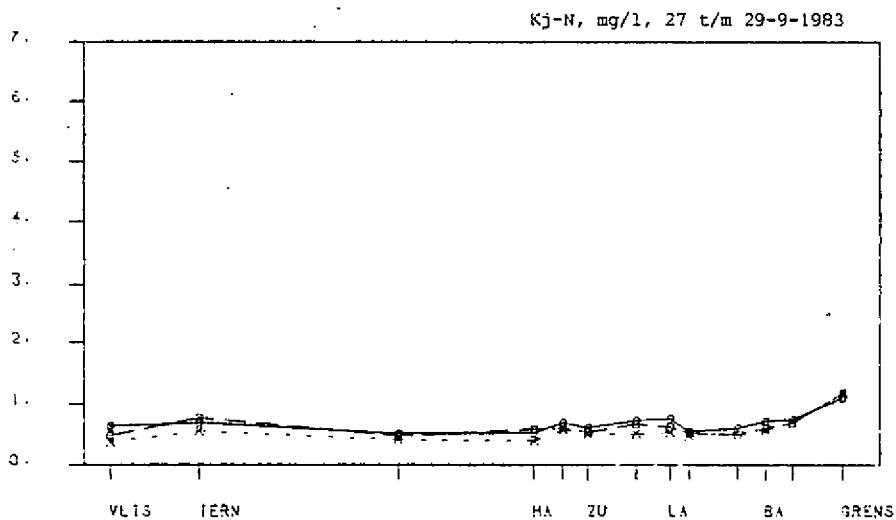


fig. 4.19.

x oppervlak  
 □ halve diepte  
 o bodem

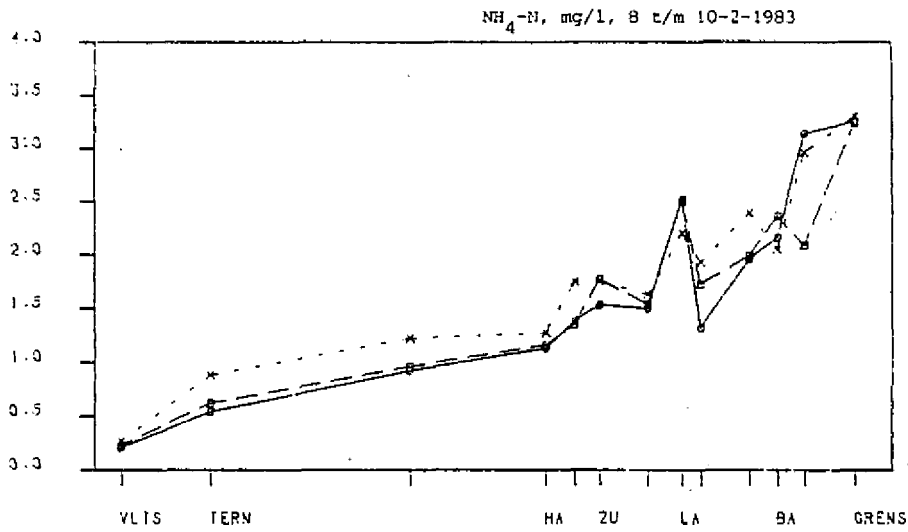


fig. 4.20.

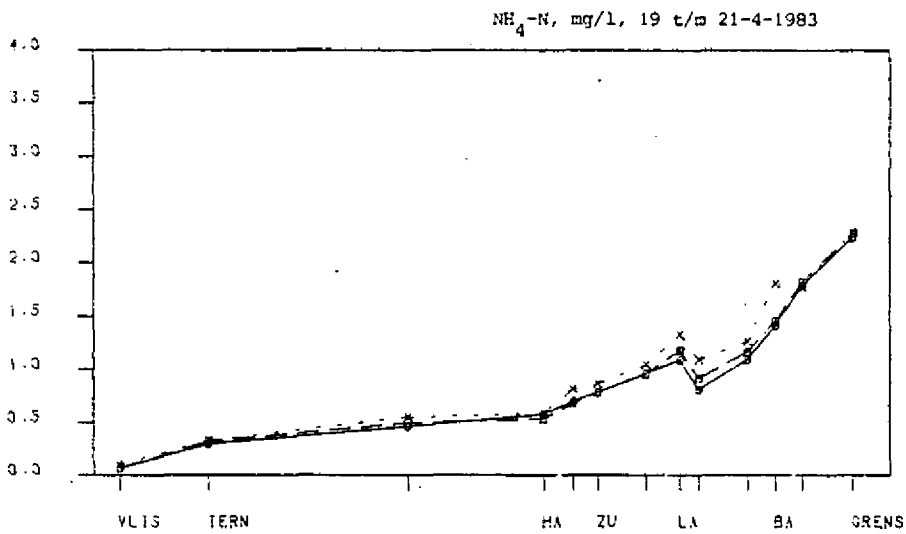


fig. 4.21.

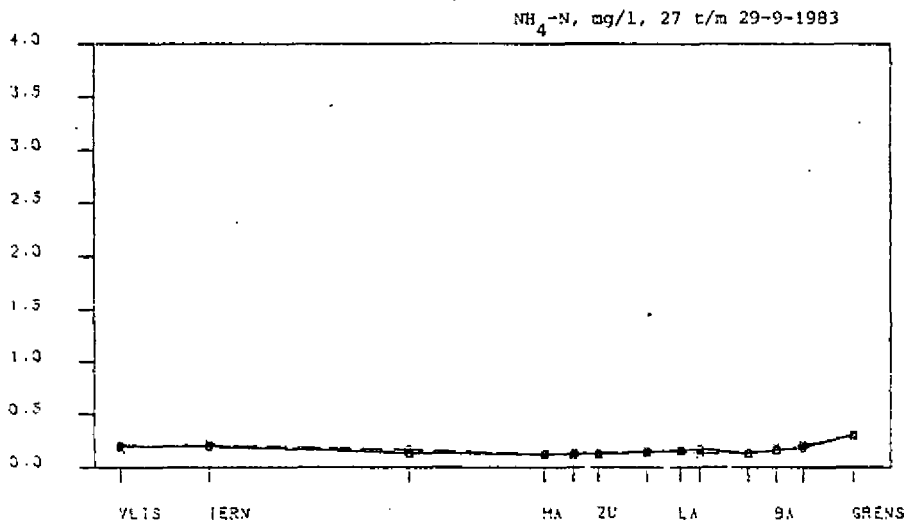


fig. 4.22.

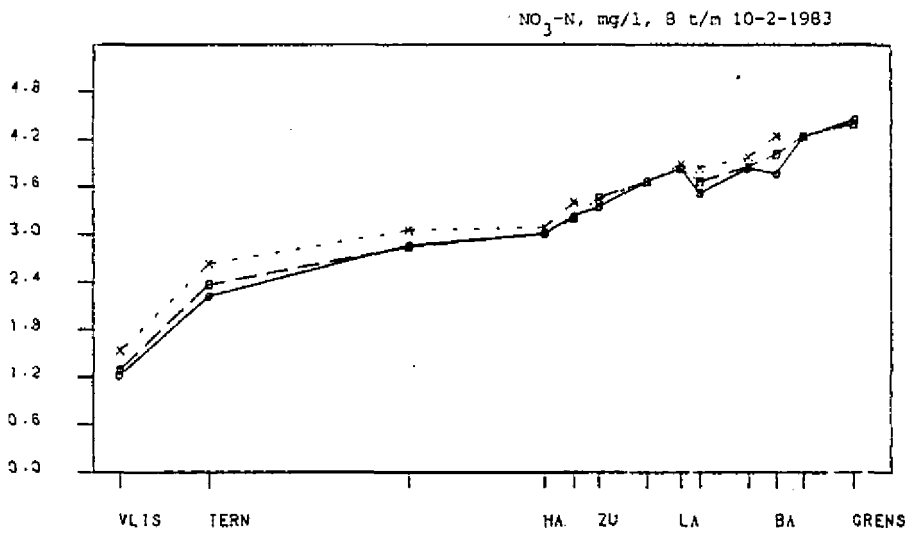


fig. 4.23.

- X oppervlak
- halve diepte
- bodem

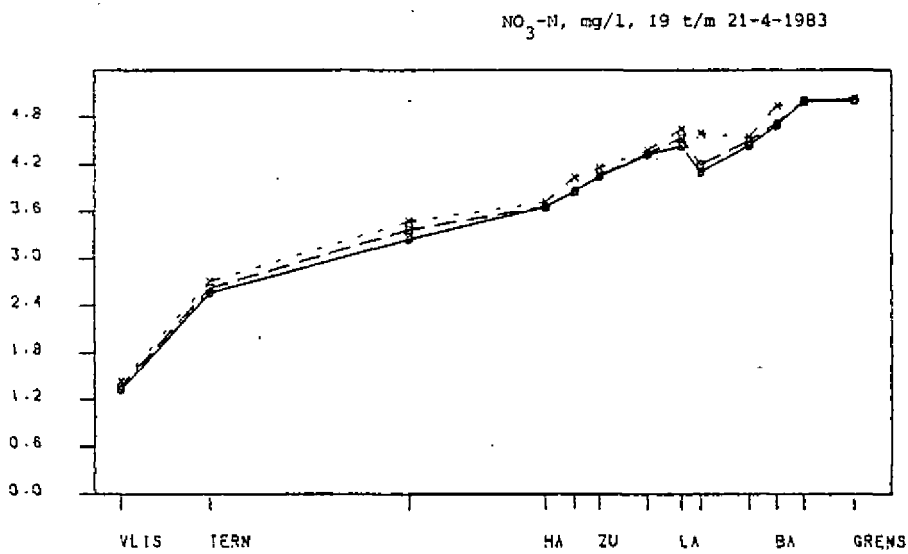


fig. 4.24.

- X oppervlak
- halve diepte
- bodem

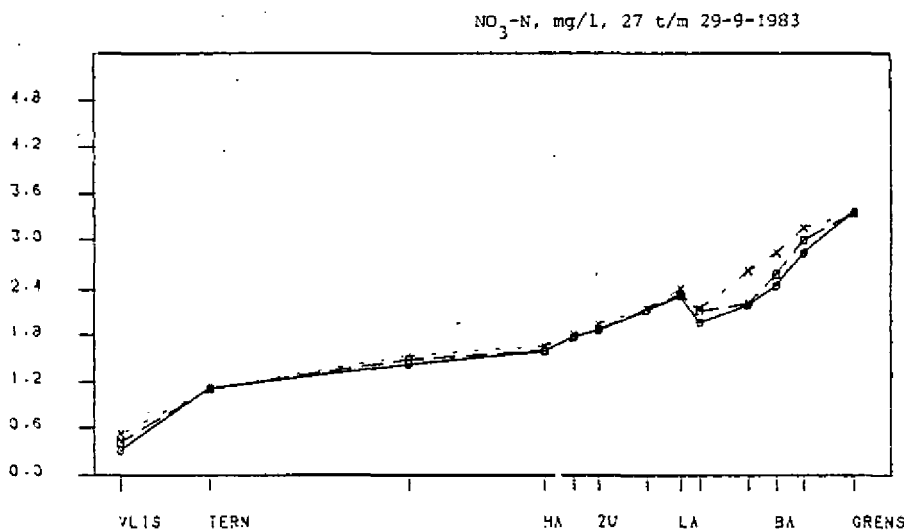


fig. 4.25.

- X oppervlak
- halve diepte
- bodem

Tabel 4.5. Overzicht van concentraties particulier en opgelost Kj-d-N, mg·N/l

	8 t/m 10 februari 1983		19 t/m 21 april 1983		27 t/m 29 september 1983	
	Kjd-N part	Kjd-N opg	Kjd-N part	Kjd-N opg	Kjd-N part	Kjd-N opg
Vlissingen oppervlak	0,28	0,45	0,35	0,12	0,37	0,01
bodem	0,35	0,47	0,68	0,28	0,19	0,08
Hoek van oppervlak	0,17	0,37	0,40	0,17	0,12	0,18
Baarland bodem	0,08	0,40	0,46	0,14	0,12	0,28
Drempeel v. oppervlak	0,18	0,18	<0,01	0,31	0,35	0,26
Hansweert bodem	0,25	0,16	0,69	<0,01	0,18	0,22
Schaar v. oppervlak	1,26	1,31	0,75	0,03	-	0,34
Ouden Doel bodem	1,20	1,66	0,86	0,19	-	-

Tabel 4.6. Overzicht van enkele stoffracties. Tussen haakjes de voor de verdunning met zeewater gecorrigeerde fracties.

	8 t/m 10 februari 1983			19 t/m 21 april 1983			27 t/m 29 september 1983		
	KJdN-NH <sub>4</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -NP	KJdN-NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	KJdN-NH <sub>4</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N
Vlissingen oppervlak bodem	0,71 (2,68) 0,82 (8,99)	0,27 (1,09) 0,21 (2,32)	1,53 (5,29) 1,22 (10,38)	0,46 (1,12) 0,95 (12,55)	0,10 (0,45) 0,06 (0,62)	1,43 (5,89) 1,32 (15,73)	0,20 (0,01) 0,45 (6,95)	0,17 (0,68) 0,19 (3,28)	0,52 (3,39) 0,31 (7,73)
Pas v. Terneuzen oppervlak bodem	0,18 (0,21) 0,58 (1,42)	0,88 (1,99) 0,54 (1,54)	2,63 (5,47) 2,22 (5,70)	0,24 (0,10) 0,57 (1,00)	0,33 (0,78) 0,30 (0,79)	2,71 (5,96) 2,56 (6,21)	0,33 (0,50) 0,50 (0,99)	0,22 (0,47) 0,19 (0,38)	1,11 (3,09) 1,12 (3,12)
Hansweert oppervlak bodem	0,38 (0,57) 0,39 (0,60)	1,27 (2,34) 1,13 (2,12)	3,09 (5,36) 3,01 (5,31)	0,45 (0,54) 0,48 (0,60)	0,59 (1,02) 0,58 (1,02)	3,72 (6,17) 3,66 (6,12)	0,28 (0,32) 0,40 (0,48)	0,11 (0,13) 0,12 (0,15)	1,65 (3,36) 1,58 (3,28)
Zuidergat oppervlak bodem	0,75 (1,08) 0,98 (1,52)	1,75 (2,72) 1,53 (2,51)	3,44 (5,12) 3,34 (5,22)	0,65 (0,78) 0,66 (0,85)	0,86 (1,21) 0,78 (1,21)	4,15 (5,66) 4,06 (6,08)	0,38 (0,48) 0,49 (0,69)	0,12 (0,14) 0,12 (0,14)	1,94 (3,27) 1,85 (3,21)
Lamswaarde oppervlak bodem	1,31 (1,56) 1,14 (1,44)	2,20 (2,67) 2,52 (3,28)	3,89 (4,63) 3,84 (4,88)	0,59 (0,65) 0,76 (0,90)	1,33 (1,63) 1,09 (1,45)	4,65 (5,60) 4,43 (5,73)	0,37 (0,42) 0,60 (0,75)	0,16 (0,19) 0,16 (0,19)	2,41 (3,32) 2,32 (3,29)
Bath oppervlak bodem	1,70 (1,79) 1,11 (1,31)	2,05 (2,17) 2,16 (2,60)	4,25 (4,47) 3,77 (4,46)	0,37 (0,35) 0,67 (0,72)	1,81 (1,86) 1,41 (1,63)	4,94 (5,04) 4,70 (5,36)	0,39 (0,42) 0,56 (0,68)	0,19 (0,21) 0,16 (0,19)	2,83 (3,42) 2,45 (3,33)
Schaar van Ouden Doel oppervlak bodem	2,52 2,93	3,30 3,25	4,40 4,45	0,77 1,05	2,29 2,24	5,04 5,01	0,89 0,81	0,30 0,30	3,35 3,36



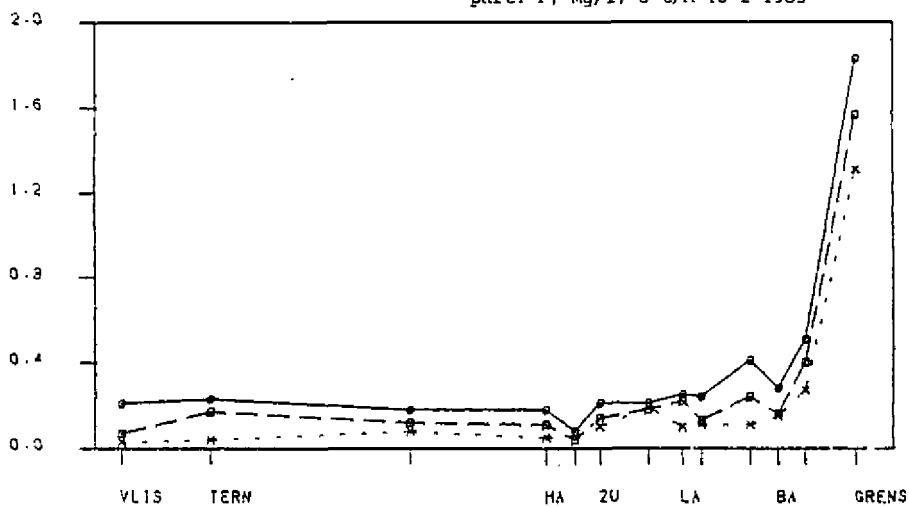
Tabel 4.7. Overzicht berekende snelheden en constanten van ammonificatie, nitrificatie en denitrificatie.

	8 t/m 10 februari 1983	19 t/m 21 februari 1983	27 t/m 29 september 1983
ammonificatie (mgN/l.d)			
Schaar v.O.D.-Lamswaarde	0,005*	0,009	0,017
Lamswaarde-Pas van Ter- Neuzen	0,005*	0,006	0,007
nitrificatie (mgN/l.d)			
Schaar v.O.D.-Lamswaarde	0,020	0,049	0,007
Lamswaarde-Pas van Ter- neuzen	0,030	0,019	0,002
denitrificatie(mgN/l.d)			
Schaar v.O.D.-Lamswaarde	0,022	0,049	0,003
Lamswaarde-Pas van Ter- neuzen	0,021	0,011	0,005
ammonificatie constante (1/d)			
Schaar v.O.D.-Lamswaarde	0,005*	0,010	0,024
Lamswaarde-Pas van Terneuzen	0,005*	0,009	0,017
nitrificatie constante (1/d)			
Schaar v.O.D.-Lamswaarde	0,010	0,030	0,101
Lamswaarde-Pas van Ter- neuzen	0,015	0,021	0,064
denitrificatie constante (1/d)			
Schaar v.O.D.-Lamswaarde	0,002	0,002	0,006
Lamswaarde-Pas van Ter- neuzen	0,004	0,002	0,001

\* = geschatte waarde

part. P, mg/l, 8 t/m 10-2-1983

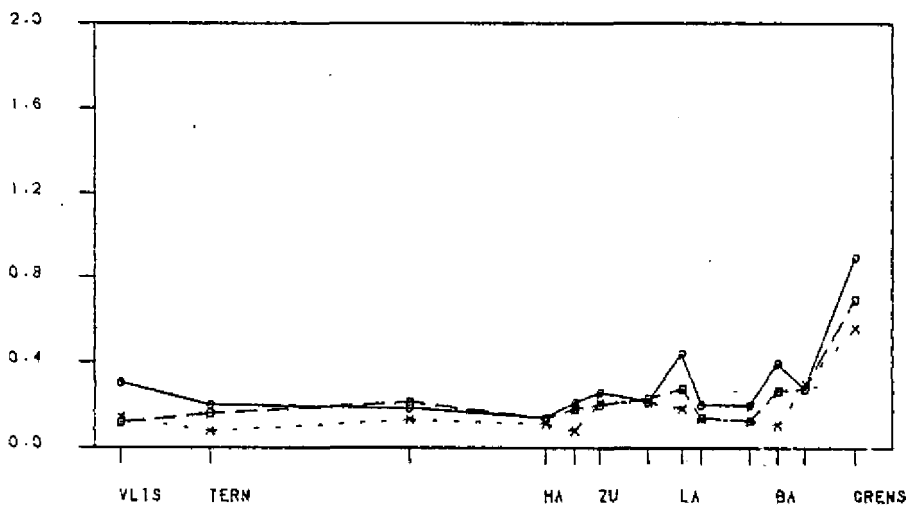
fig. 4.26.



X oppervlak  
 □ halve diepte  
 ○ boden

part. P, mg/l, 19 t/m 21-4-1983

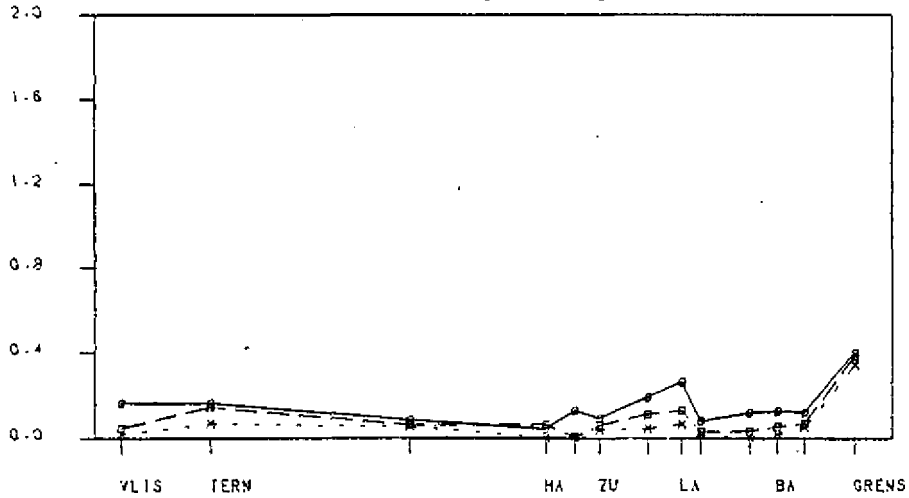
fig. 4.27.



X oppervlak  
 □ halve diepte  
 ○ boden

part. P, mg/l, 27 t/m 29-9-1983

fig. 4.28.



X oppervlak  
 □ halve diepte  
 ○ boden

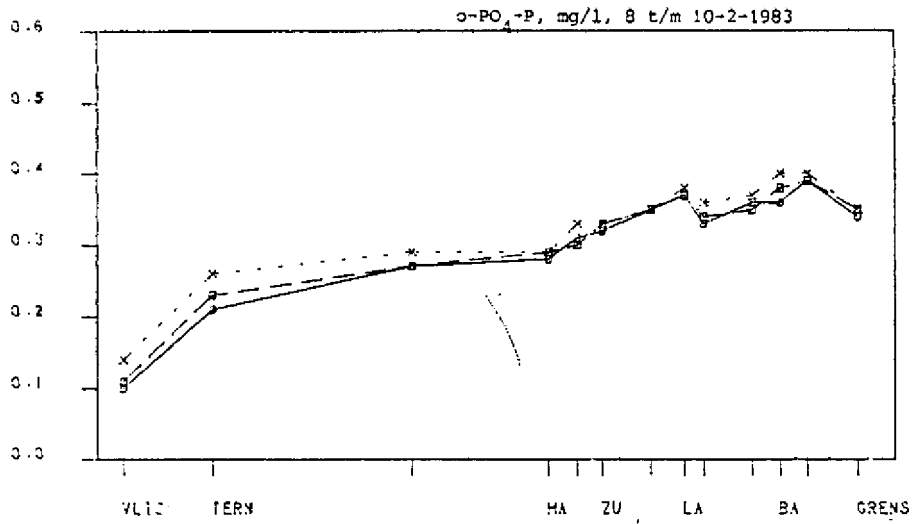


fig. 4.29.

- X oppervlak
- halve diepte
- bodem

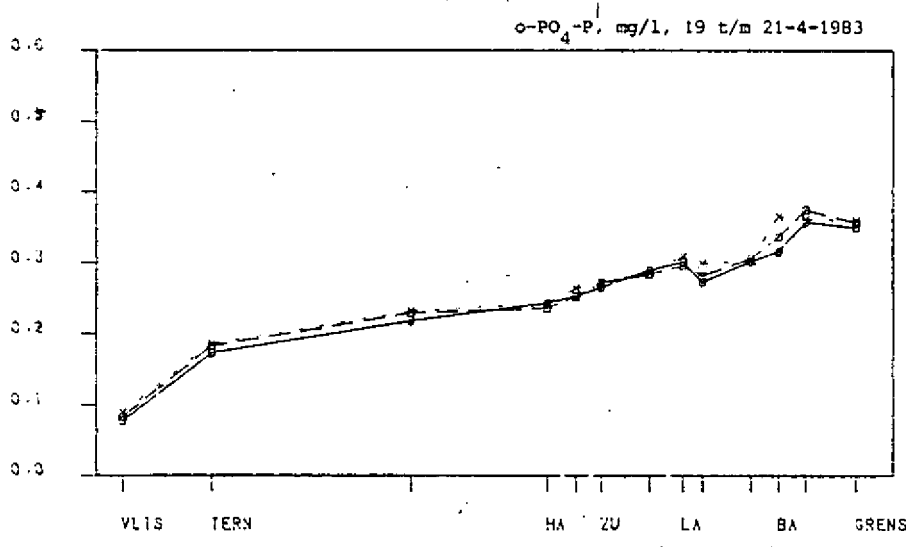


fig. 4.30.

- X oppervlak
- halve diepte
- bodem

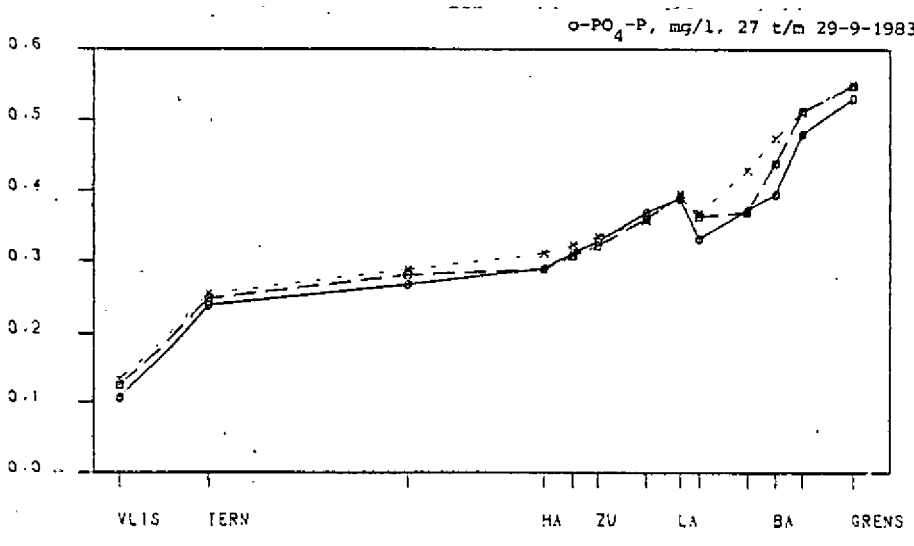


fig. 4.31.

- X oppervlak
- halve diepte
- bodem

Tabel 4.8. Overzicht van concentraties particulier gebonden en opgelost fosfor, mgP/l.

	8 t/m 10 februari 1983		19 t/m 21 april 1983		27 t/m 29 september 1983	
	part.P	opg.P	part.P	opg.P	part.P	opg.P
Vlissingen opp. bodem	0,01 0,09	0,02 0,10	0,10 0,27	0,04 0,03	0,02 0,16	0,02 0,03
Hoek van Baarland bodem	0,05 0,07	0,03 0,05	0,13 0,15	<0,01 0,03	0,05 0,08	0,03 0,03
Drenpel van Hansweert bodem	0,06 0,03	<0,01 0,05	0,08 0,21	<0,01 <0,01	0,01 0,13	0,02 0,03
Schaar van Ouden Doel bodem	1,10 1,36	0,21 0,47	0,55 0,86	0,01 0,03	0,34 0,40	0,06 --

Tabel 4.9. Overzicht van concentraties t-PO<sub>4</sub>-P en o-PO<sub>4</sub>-P. Tussen haakjes de voor de verdunning met zeewater gecorrigeerde fracties.

	8 t/m 10 febr. 1983		19 t/m 21 april 1983		27 t/m 29 sept. 1983	
	t-PO <sub>4</sub> -P	o-PO <sub>4</sub> -P	t-PO <sub>4</sub> -P	o-PO <sub>4</sub> -P	t-PO <sub>4</sub> -P	o-PO <sub>4</sub> -P
Vlissingen oppervlak	0,17 (0,49)	0,14 (0,46)	0,23 (0,89)	0,09 (0,39)	0,15 (0,60)	0,13 (0,64)
bodem	0,31 (3,16)	0,10 (0,72)	0,38 (5,62)	0,08 (1,02)	0,27 (6,15)	0,11 (1,97)
Pas v. Terneuzen oppervlak	0,30 (0,59)	0,26 (0,54)	0,26 (0,50)	0,19 (0,43)	0,32 (0,78)	0,25 (0,63)
bodem	0,44 (1,16)	0,21 (0,53)	0,37 (0,86)	0,17 (0,42)	0,40 (1,01)	0,24 (0,60)
Hansweert oppervlak	0,34 (0,57)	0,29 (0,50)	0,35 (0,54)	0,24 (0,40)	0,31 (0,56)	0,31 (0,59)
bodem	0,46 (0,81)	0,28 (0,49)	0,38 (0,60)	0,24 (0,41)	0,33 (0,61)	0,29 (0,56)
Zuidergat oppervlak	0,43 (0,64)	0,33 (0,49)	0,48 (0,64)	0,27 (0,37)	0,37 (0,58)	0,33 (0,53)
bodem	0,53 (0,63)	0,33 (0,51)	0,52 (0,76)	0,27 (0,41)	0,42 (0,69)	0,32 (0,54)
Lamswaarde oppervlak	0,48 (0,57)	0,38 (0,45)	0,49 (0,58)	0,31 (0,37)	0,46 (0,61)	0,40 (0,54)
bodem	0,62 (0,79)	0,37 (0,47)	0,74 (0,96)	0,30 (0,39)	0,65 (0,90)	0,39 (0,54)
Bath oppervlak	0,55 (0,58)	0,40 (0,42)	0,47 (0,47)	0,37 (0,38)	0,49 (0,58)	0,47 (0,56)
bodem	0,64 (0,77)	0,36 (0,42)	0,71 (0,81)	0,32 (0,37)	0,52 (0,68)	0,39 (0,52)
Schaar van Ouden oppervlak	1,66	0,35	0,92	0,36	0,89	0,55
bodem	2,17	0,34	1,24	0,35	0,93	0,53

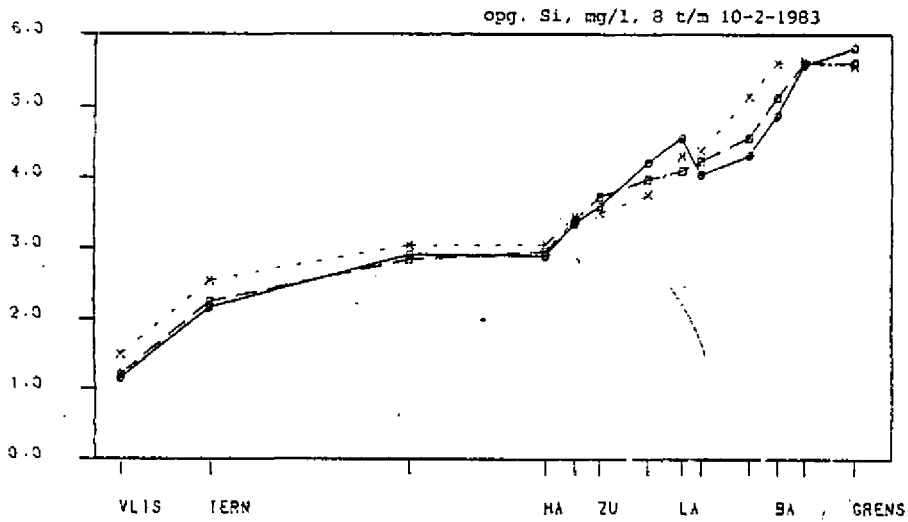


fig. 4.32.

X oppervlak  
 □ halve diep  
 ○ bodem

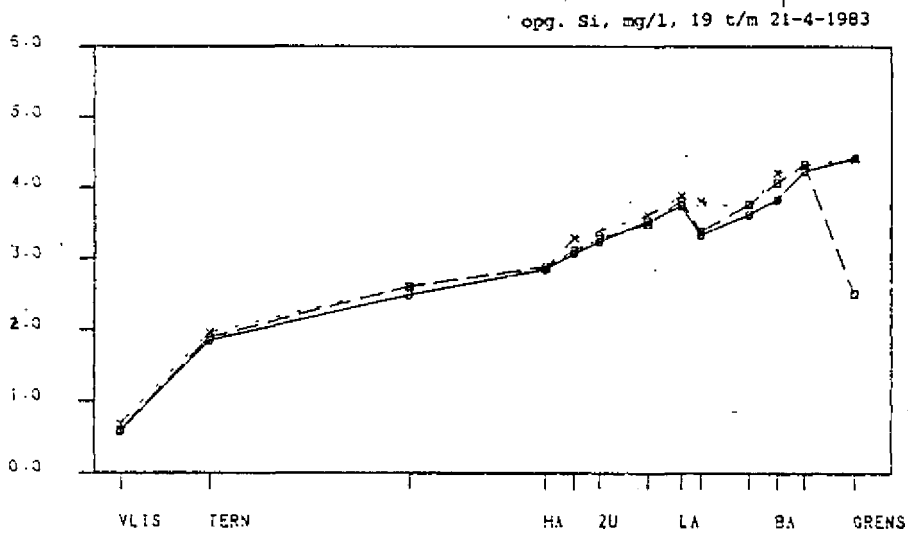


fig. 4.33.

X oppervlak  
 □ halve diepte  
 ○ bodem

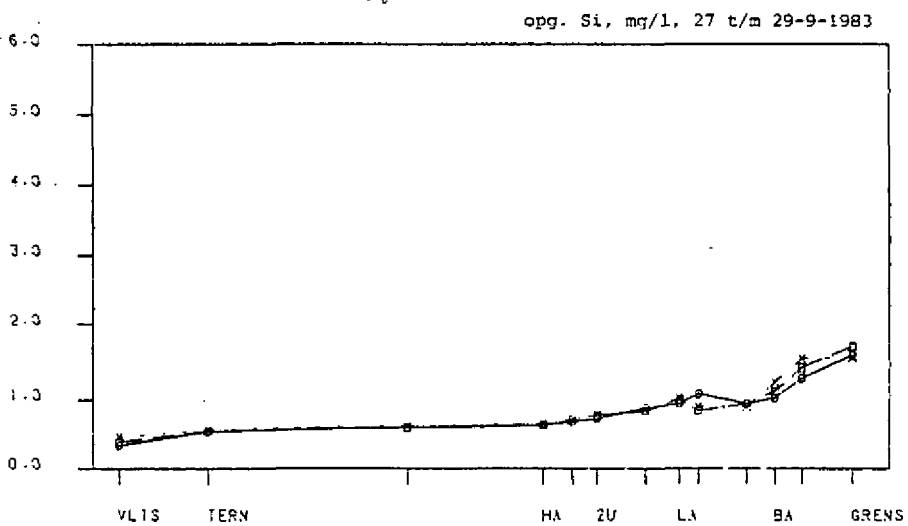


fig. 4.34.

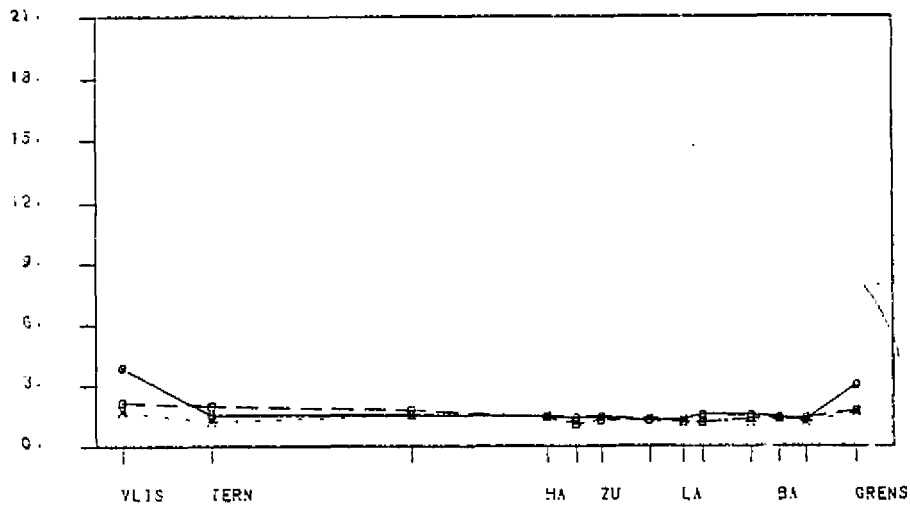
X oppervlak  
 □ halve diepte  
 ○ bodem

Tabel 4.10. Overzicht van concentraties opgelost silicium in de Westerschelde. Tussen haakjes de voor de verdunning met zeewater gecorrigeerde concentraties.

	8 t/m 10 febr. 1983	19 t/m 21 april 1983	27 t/m 29 sept. 1983
Vlissingen oppervlak	1,49 (4,32)	0,69 (3,68)	0,44 (1,97)
bodem	1,16 (6,86)	0,58 (9,56)	0,32 (4,03)
Pas v. Terneuzen oppervlak	2,54 (4,97)	1,96 (4,76)	0,55 (1,22)
bodem	2,16 (5,08)	1,84 (5,00)	0,52 (1,13)
Hansweert oppervlak	3,05 (5,10)	2,87 (5,01)	0,64 (1,12)
bodem	2,89 (4,88)	2,85 (5,03)	0,62 (0,92)
Zuidergat oppervlak	3,49 (5,07)	3,39 (4,77)	0,79 (1,21)
bodem	3,59 (5,49)	3,24 (5,05)	0,72 (1,22)
Lamswaarde oppervlak	4,30 (5,08)	3,89 (4,77)	1,03 (1,39)
bodem	4,55 (5,74)	3,75 (4,98)	0,95 (1,32)
Bath oppervlak	5,60 (5,88)	4,21 (4,33)	1,24 (1,48)
bodem	4,88 (5,75)	3,84 (4,44)	1,03 (1,37)
Schaar van Ouden Doel oppervlak	5,55	4,42	1,55
bodem	5,81	4,43	1,58

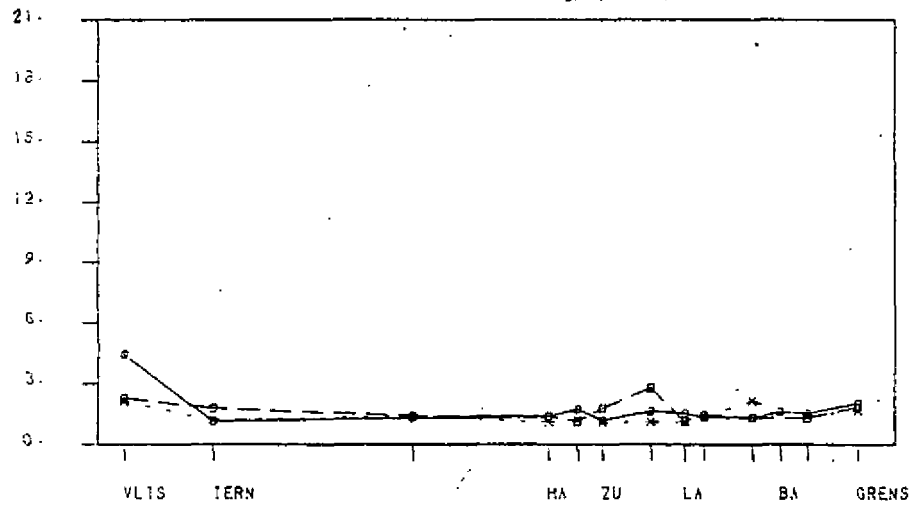
POC, mg/l, 8 t/m 10-2-1983

fig. 4.35.



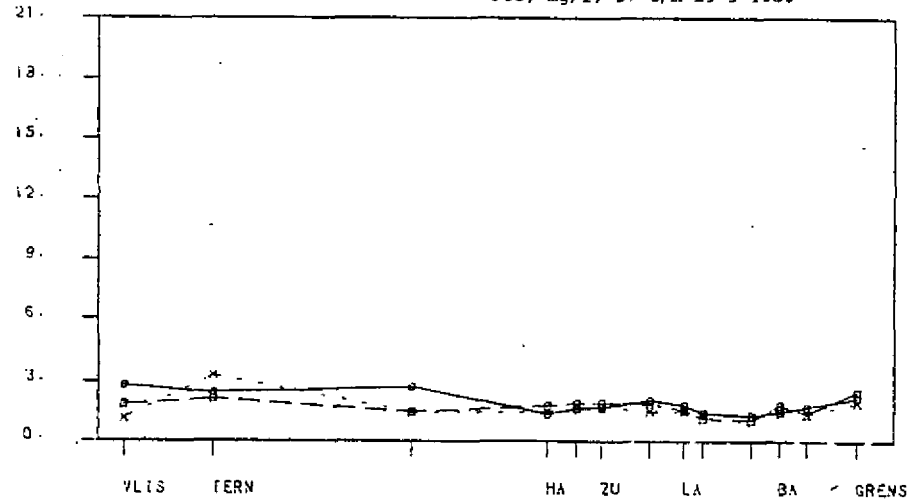
POC, mg/l, 19 t/m 21-4-1983

fig. 4.36.



POC, mg/l, 27 t/m 29-9-1983

fig. 4.37.





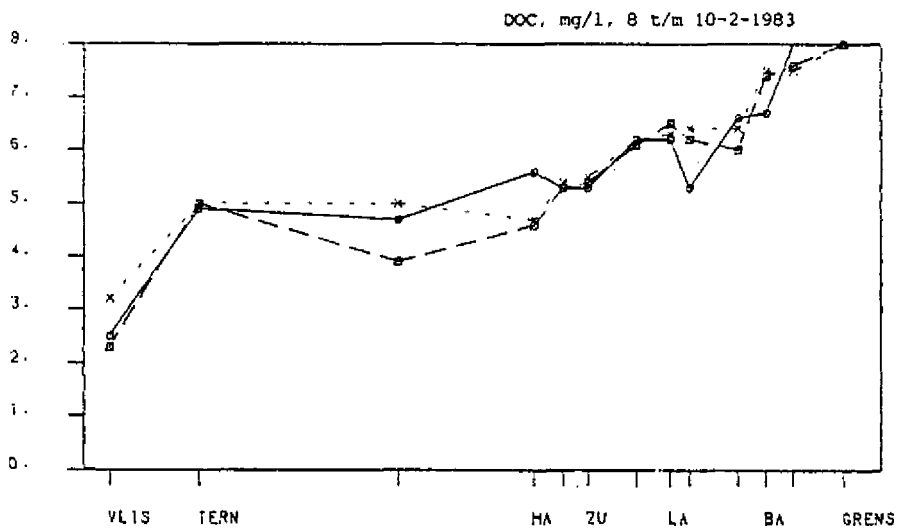


fig. 4.38.

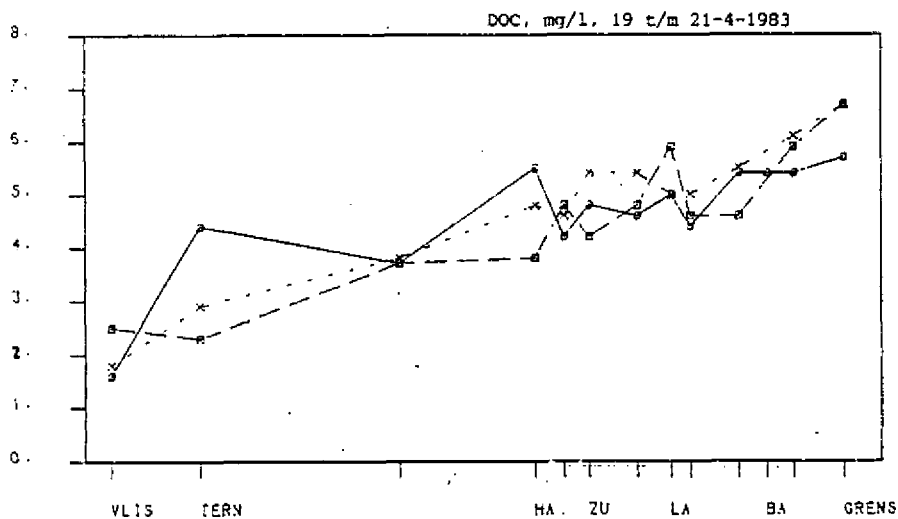


fig. 4.39.

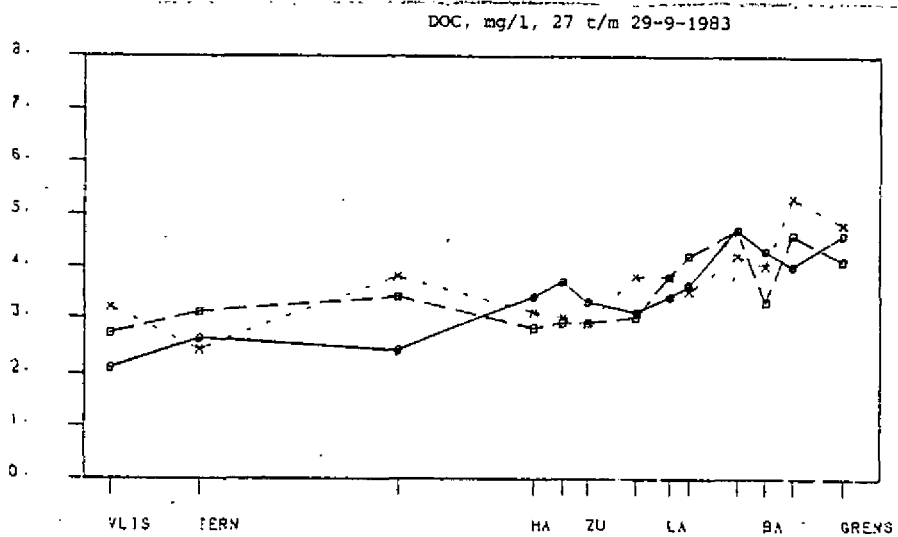


fig. 4.40.

Tabel 4.11. Overzicht van concentraties DOC (mg/l) in de Westerschelde. Tussen haakjes de voor de verdunning met zeewater gecorrigeerde concentraties.

	8 t/m 10 febr. 1983	19 t/m 21 april 1983	27 t/m 29 sept. 1983
Vlissingen oppervlak	3,2 (9,3)	1,8 (0,3)	3,2 (16,6)
bodem	2,5 (14,9)	1,6 (0,1)	2,1 (33,0)
Pas v. Terneuzen oppervlak	5,0 (9,6)	2,9 (4,1)	2,4 (4,9)
bodem	4,9 (11,7)	4,4 (8,6)	2,6 (5,5)
Hansweert oppervlak	4,7 (7,5)	4,8 (6,9)	3,1 (5,3)
bodem	5,6 (9,3)	5,5 (8,2)	3,4 (6,0)
Zuidergat oppervlak	5,5 (7,8)	5,4 (6,8)	2,9 (4,2)
bodem	5,3 (7,8)	4,8 (6,4)	3,3 (5,0)
Lamswaarde oppervlak	6,3 (7,3)	5,0 (5,7)	3,8 (4,8)
bodem	6,2 (7,6)	5,0 (6,0)	3,4 (4,4)
Bath oppervlak	7,5 (7,8)	5,9 (5,9)	4,0 (4,6)
bodem	6,7 (7,8)	5,4 (5,9)	4,3 (5,5)
Schaar van Ouden Doel oppervlak	10,1	6,7	4,8
bodem	8,9	5,7	4,6

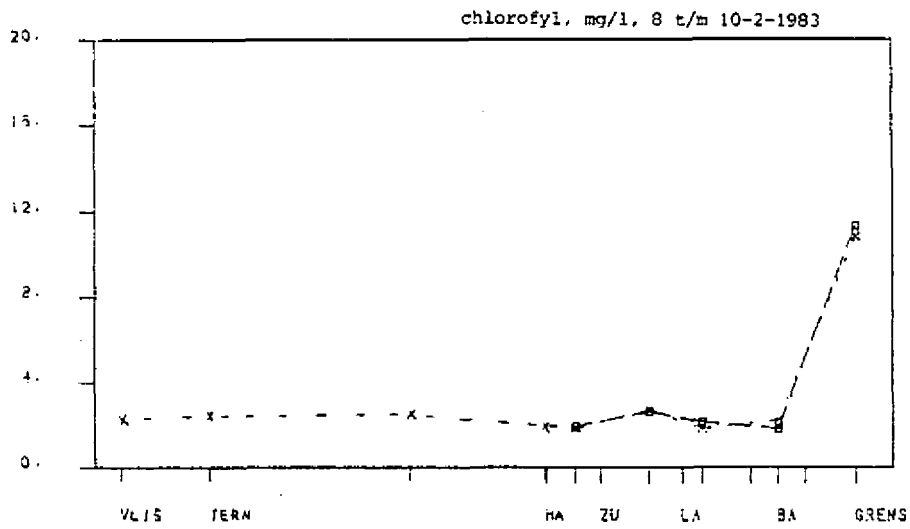


fig. 4.41.

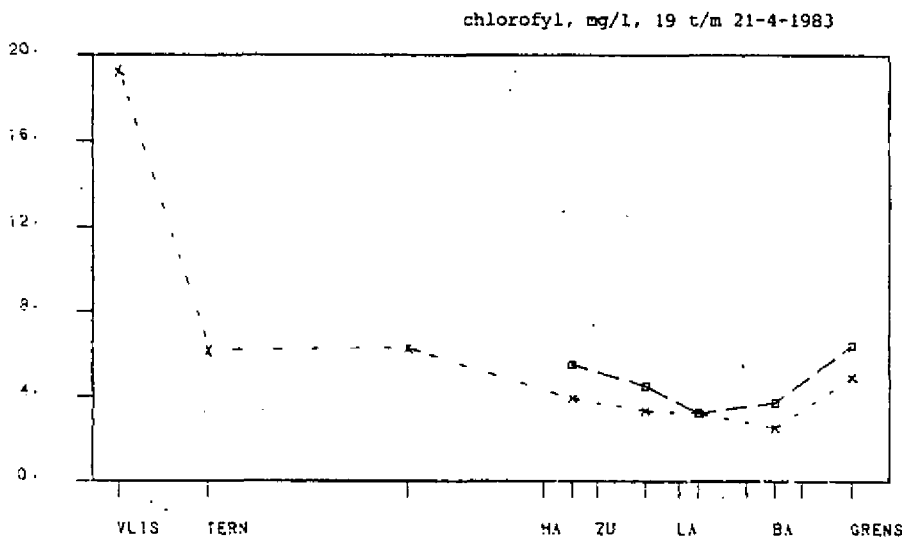
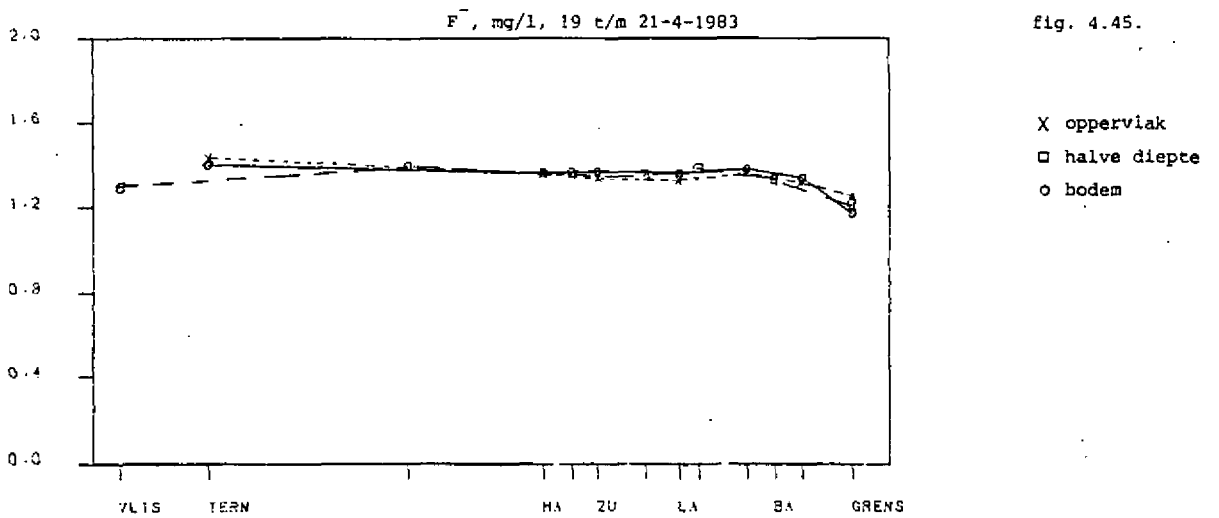
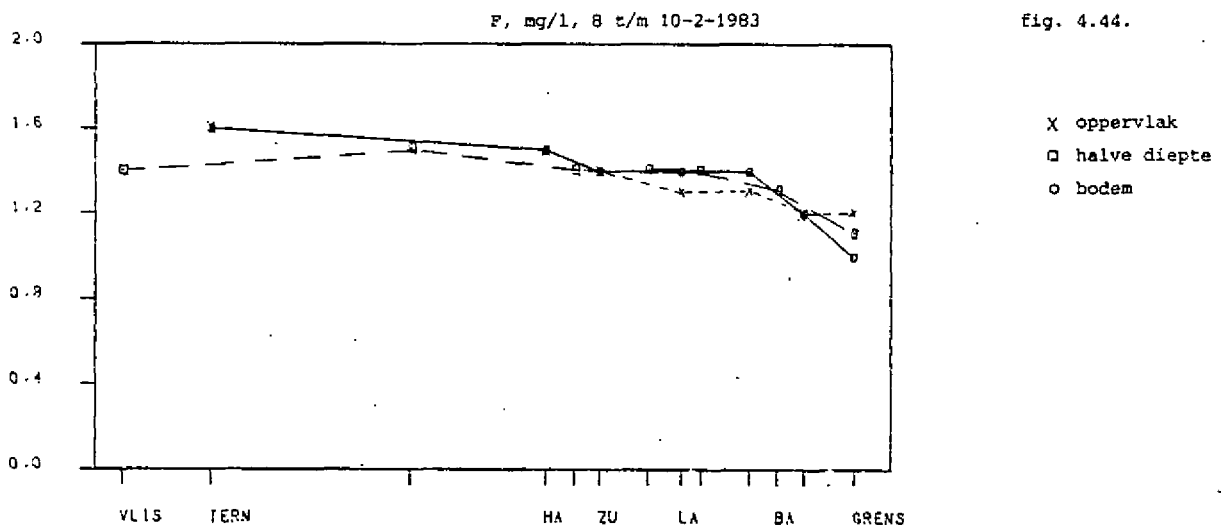
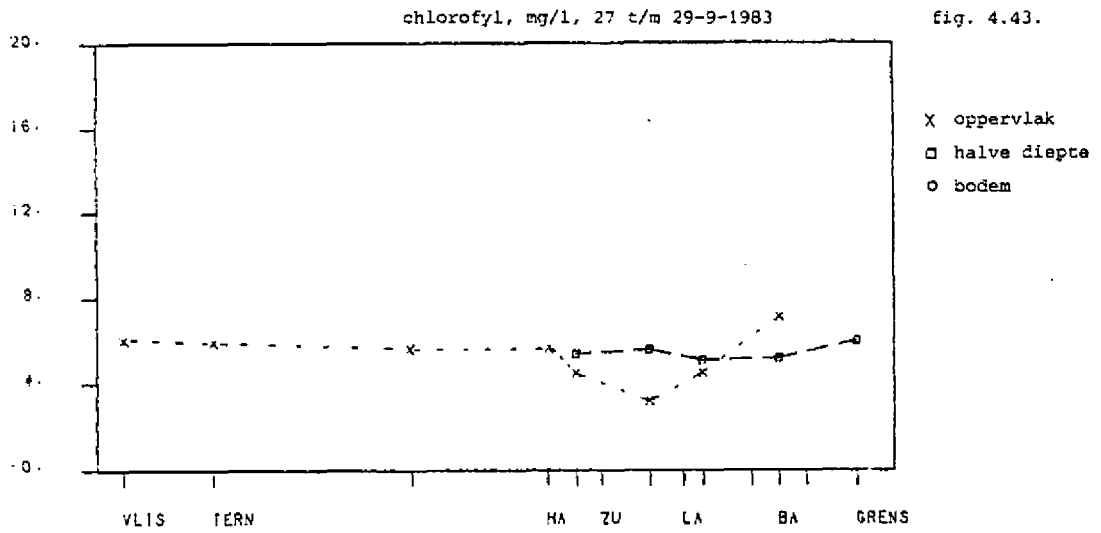


fig. 4.42.



Tabel 4.12. Overzicht van fluorideconcentraties (mg/l) in de Westerschelde. Tussen haakjes de voor de verdunning met zeewater gecorrigeerde concentraties.

	8 t/m 10 febr. 1983	19 t/m 21 april 1983	27 t/m 29 sept. 1983
Vlissingen halve diepte	1,40 (1,40)	1,29 (0,68)	1,30 (1,00)
Pas v. Terneuzen oppervlak	1,60 (1,86)	1,43 (1,48)	1,51 (1,72)
bodem	1,60 (2,00)	1,40 (1,40)	1,51 (1,72)
Hansweert oppervlak	1,50 (1,59)	1,36 (1,33)	1,63 (1,88)
bodem	1,50 (1,58)	1,36 (1,33)	1,63 (1,89)
Zuidergat oppervlak	1,40 (1,40)	1,34 (1,31)	1,69 (1,90)
bodem	1,40 (1,40)	1,37 (1,35)	1,64 (1,83)
Lamswaarde oppervlak	1,30 (1,29)	1,33 (1,31)	1,82 (1,98)
bodem	1,40 (1,40)	1,36 (1,35)	1,75 (1,90)
Bath halve diepte	1,30 (1,28)	1,33 (1,32)	1,88 (2,05)
Schaar van Ouden Doel oppervlak	1,20	1,24	1,97
bodem	1,00	1,17	1,97

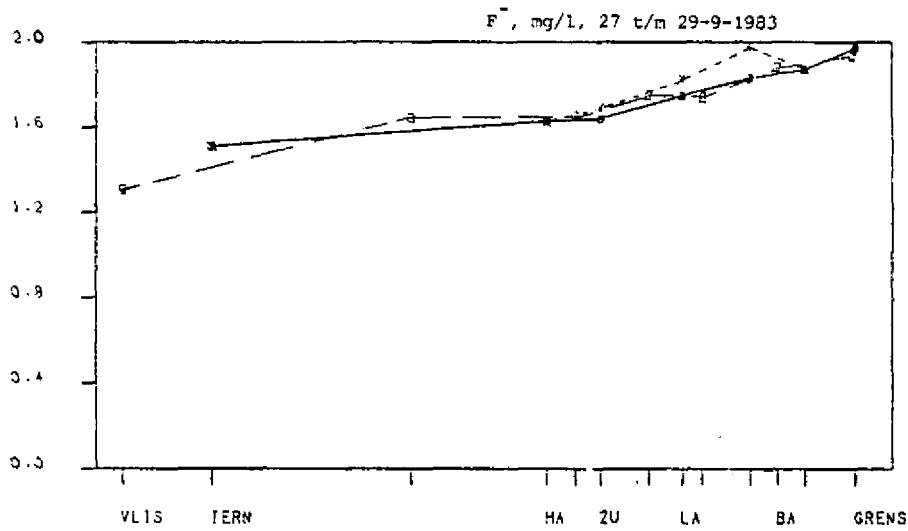


fig. 4.46.

X oppervlak  
 □ halve diepte  
 ○ bodem

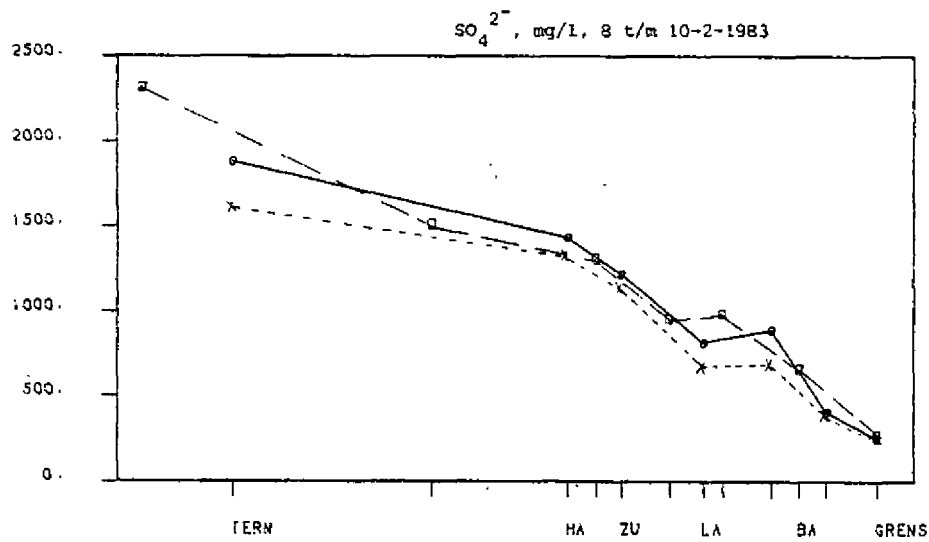


fig. 4.47.

X oppervlak  
 □ halve diepte  
 ○ bodem

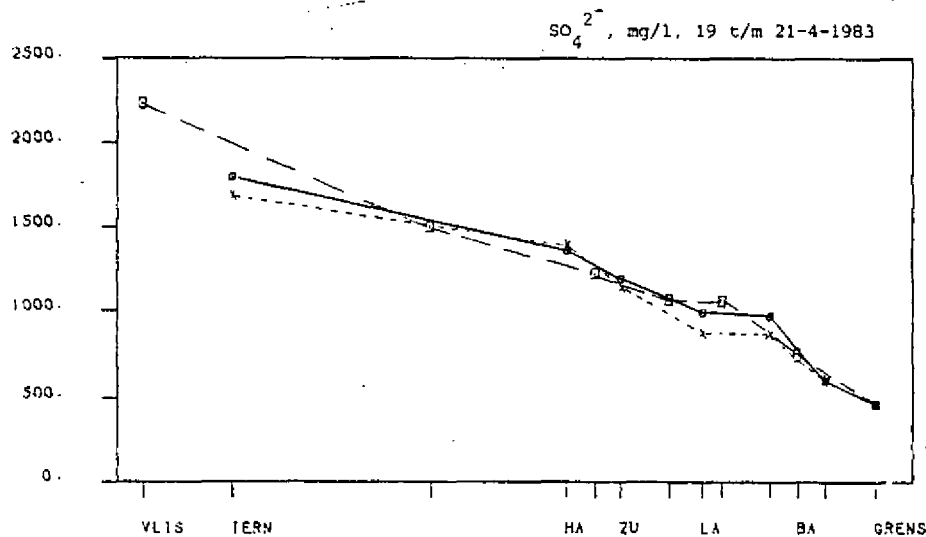


fig. 4.48.

X oppervlak  
 □ halve diepte  
 ○ bodem

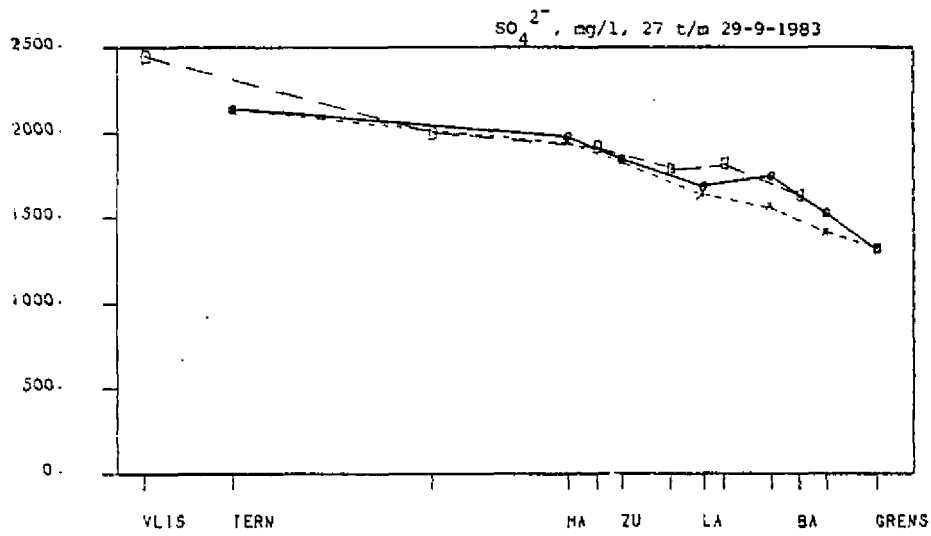


fig. 4.49.

X oppervlak  
 □ halve diepte  
 ○ bodem

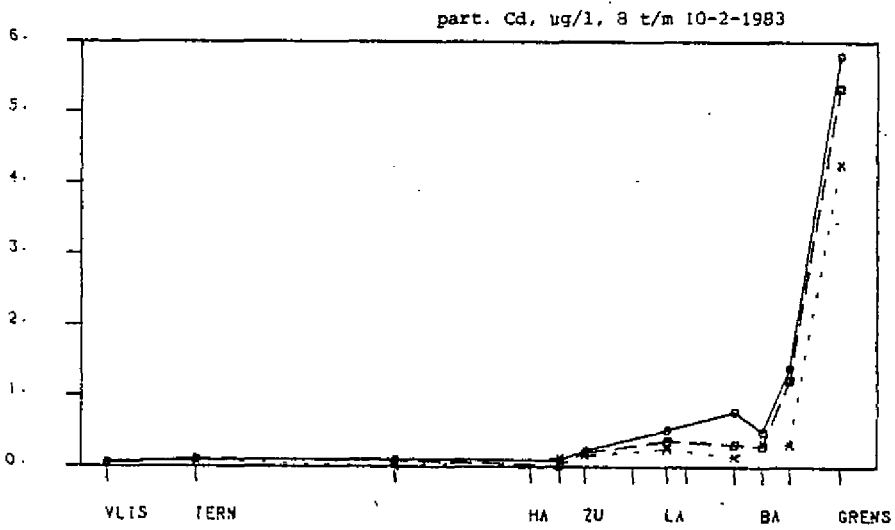


fig. 4.50.

X oppervlak  
 □ halve diepte  
 ○ bodem

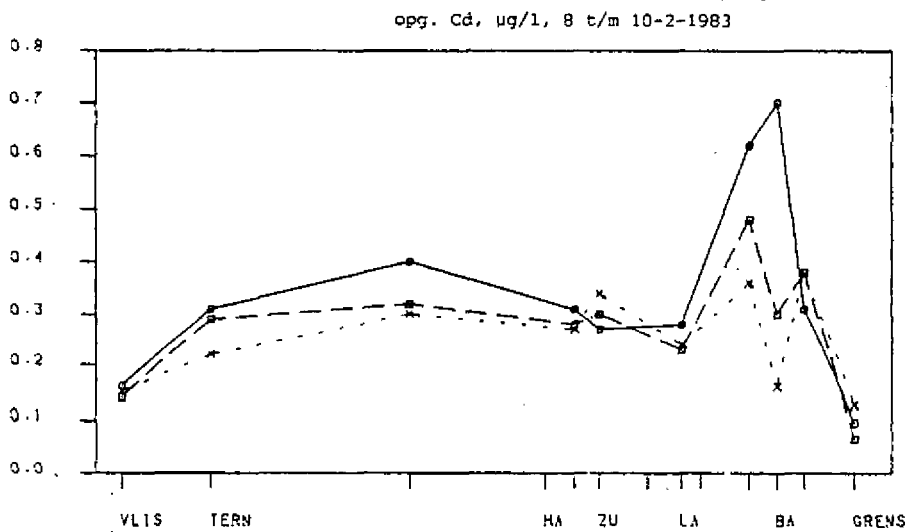
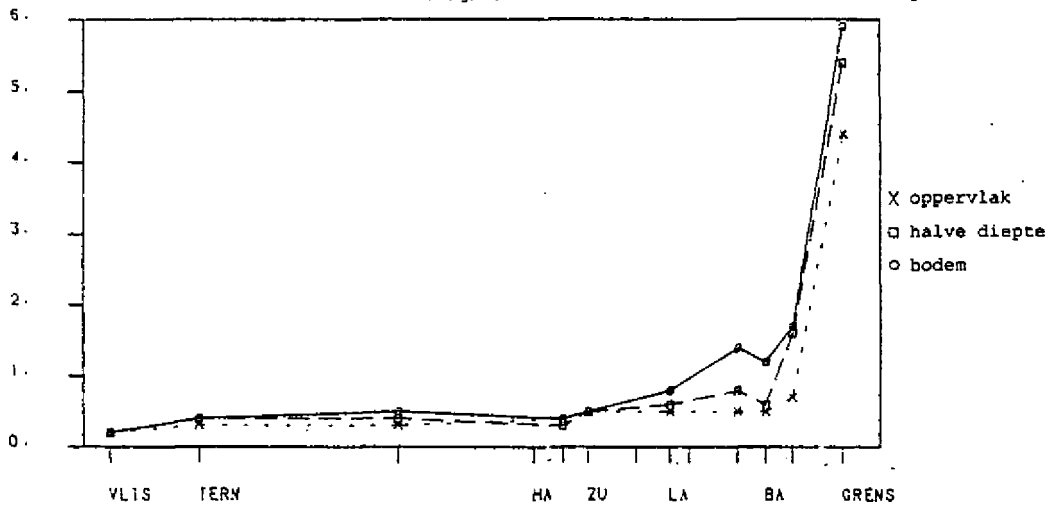


fig. 4.51.

X oppervlak  
 □ halve diepte  
 ○ bodem

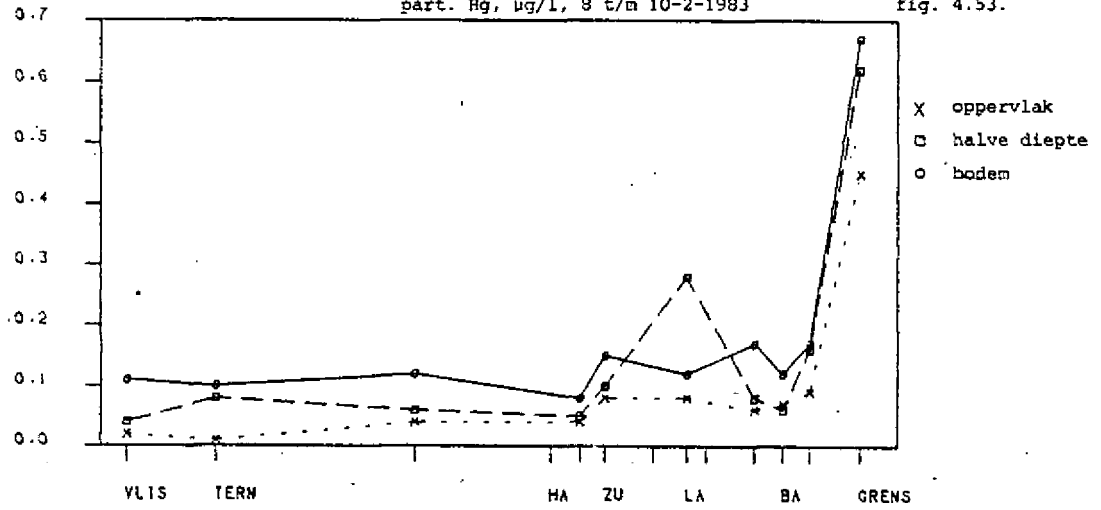
tot Cd,  $\mu\text{g}/\text{l}$ , 8 t/m 10-2-1983

fig. 4.52.



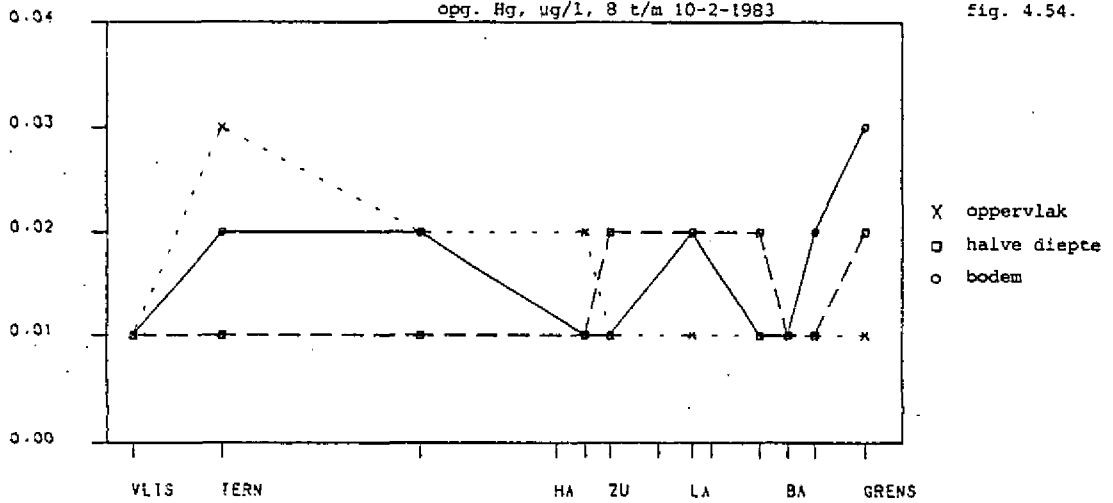
part. Hg,  $\mu\text{g}/\text{l}$ , 8 t/m 10-2-1983

fig. 4.53.

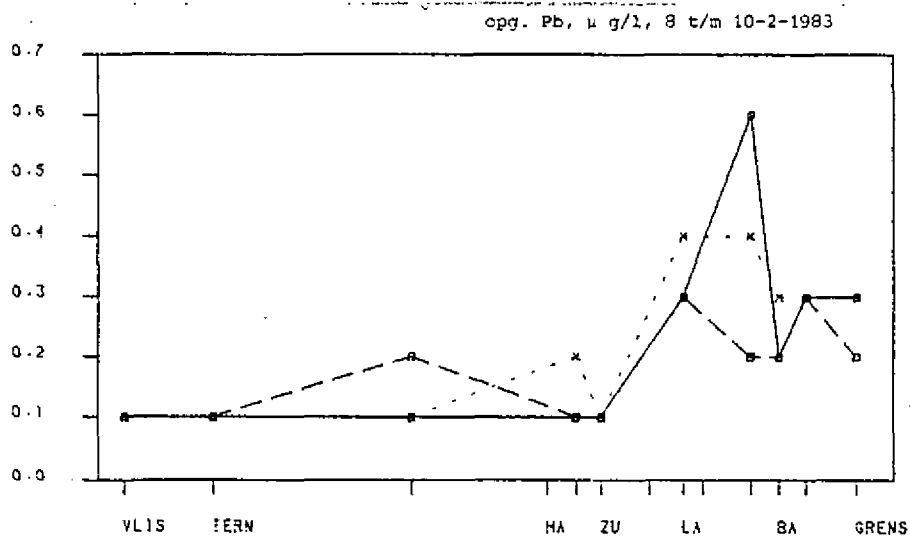
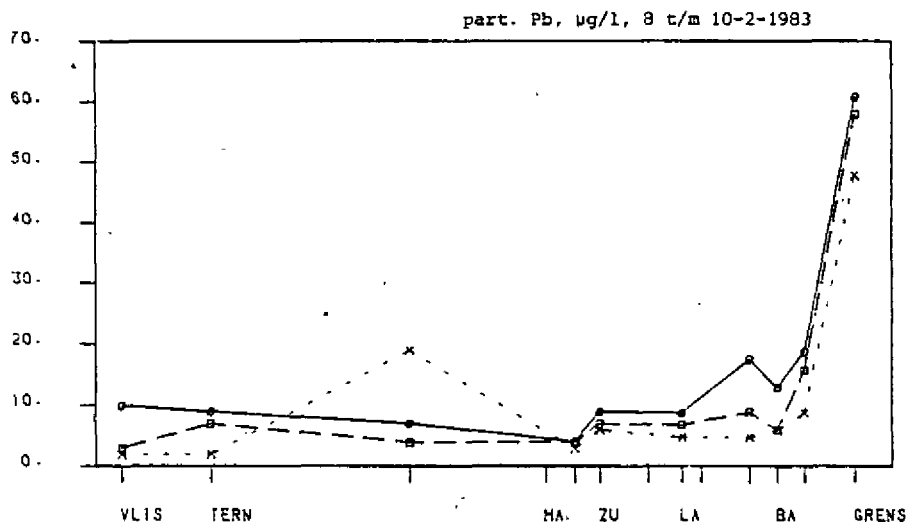
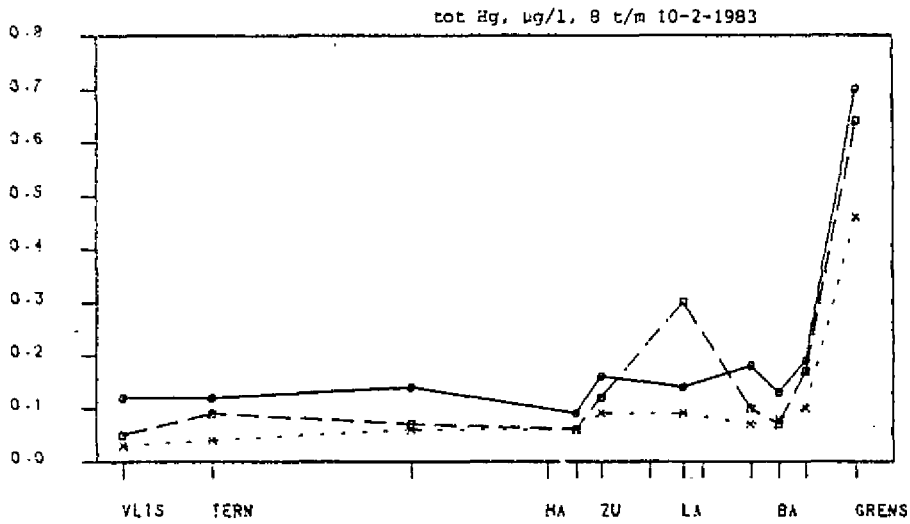


opg. Hg,  $\mu\text{g}/\text{l}$ , 8 t/m 10-2-1983

fig. 4.54.







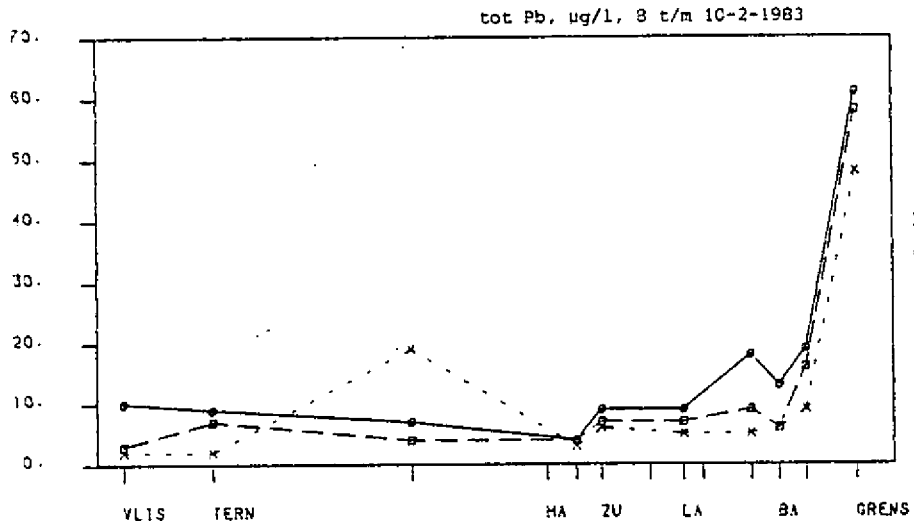


fig. 4.58.

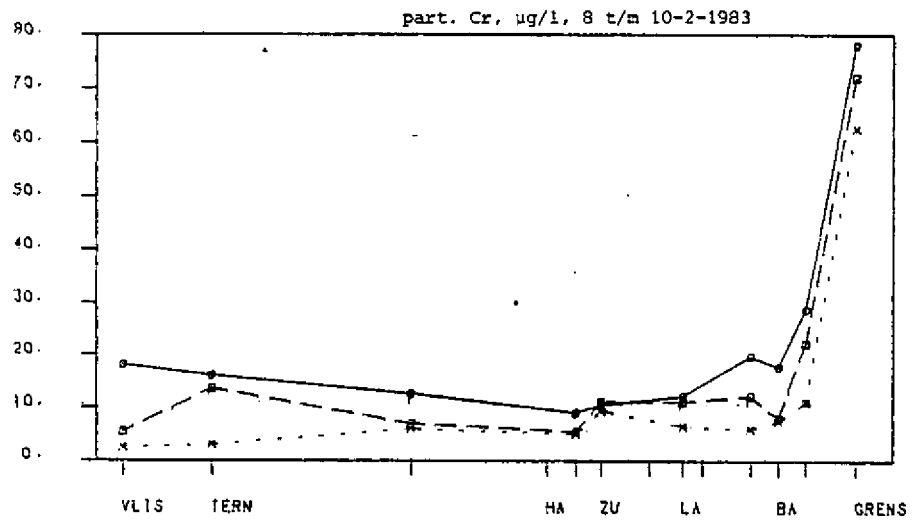


fig. 4.59.

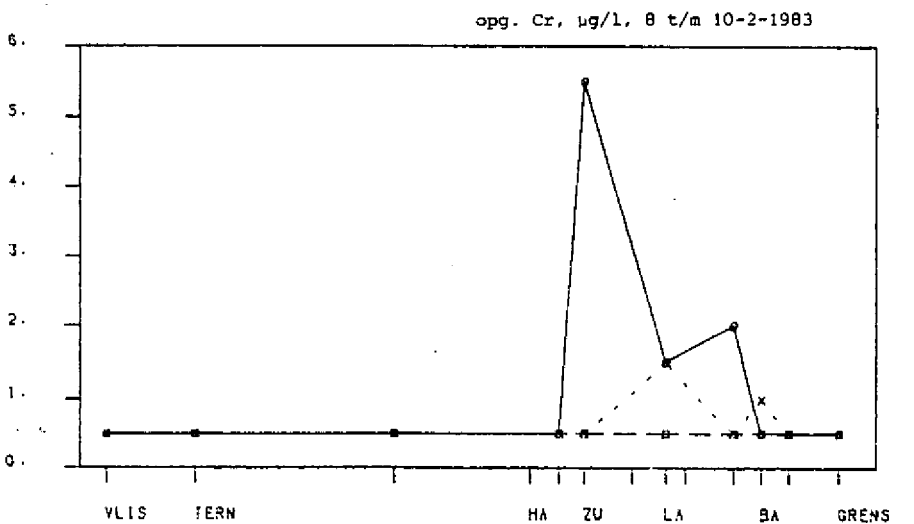


fig. 4.60.

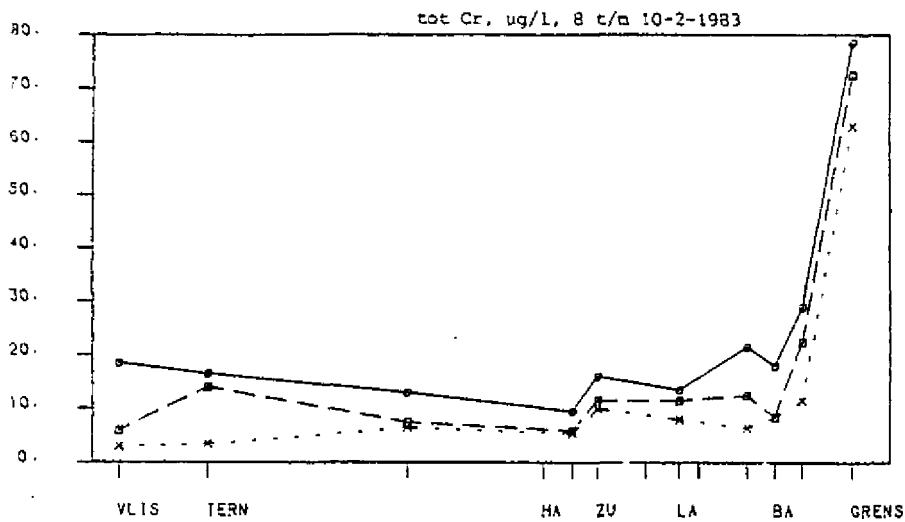


fig. 4.61.

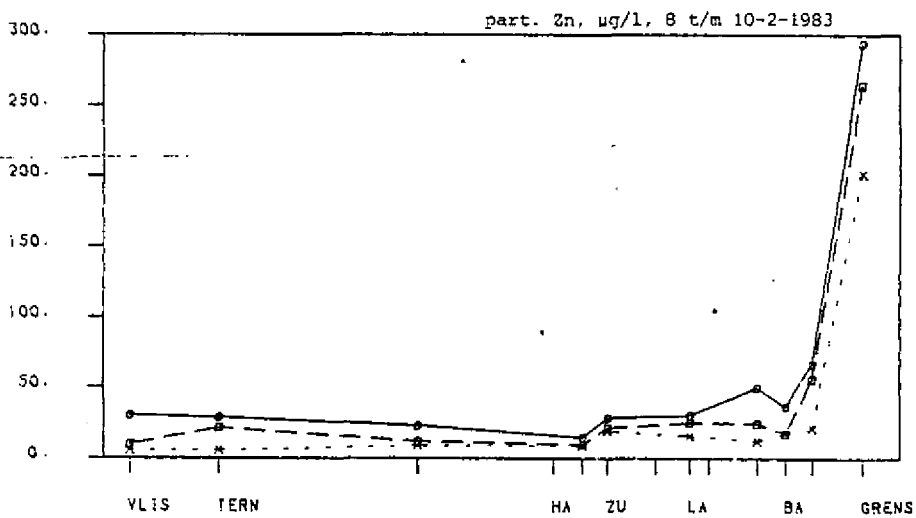


fig. 4.62.

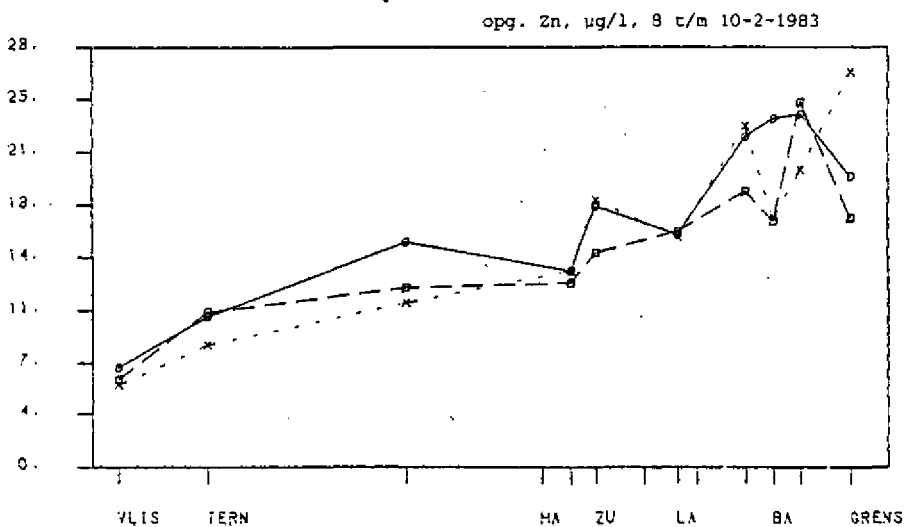


Fig. 4.63.

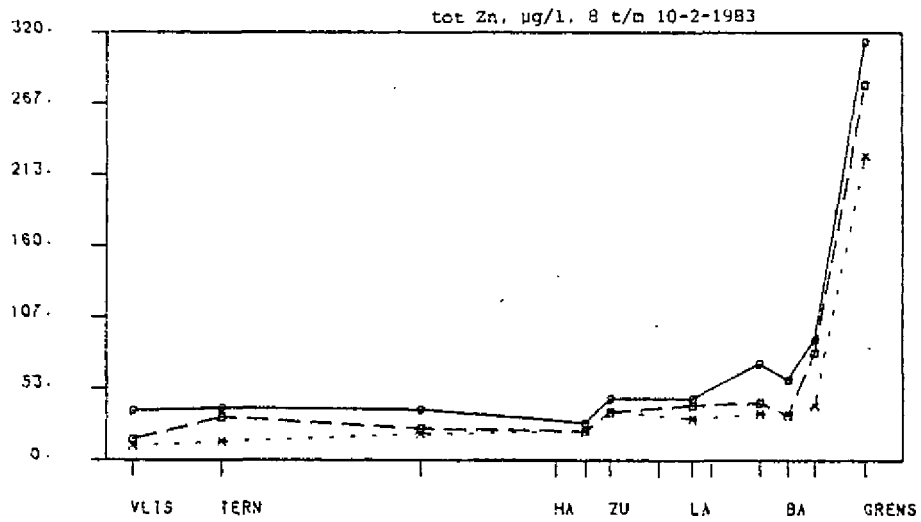


fig. 4.64.

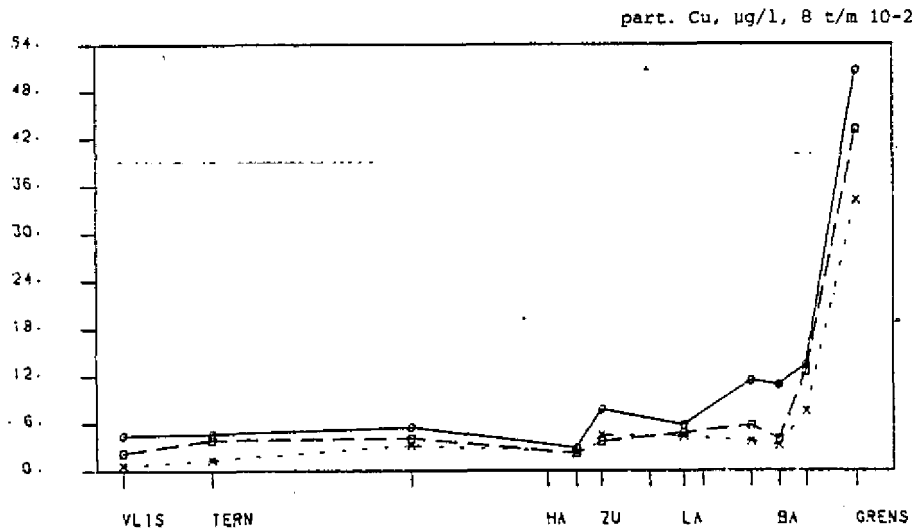


fig. 4.65.

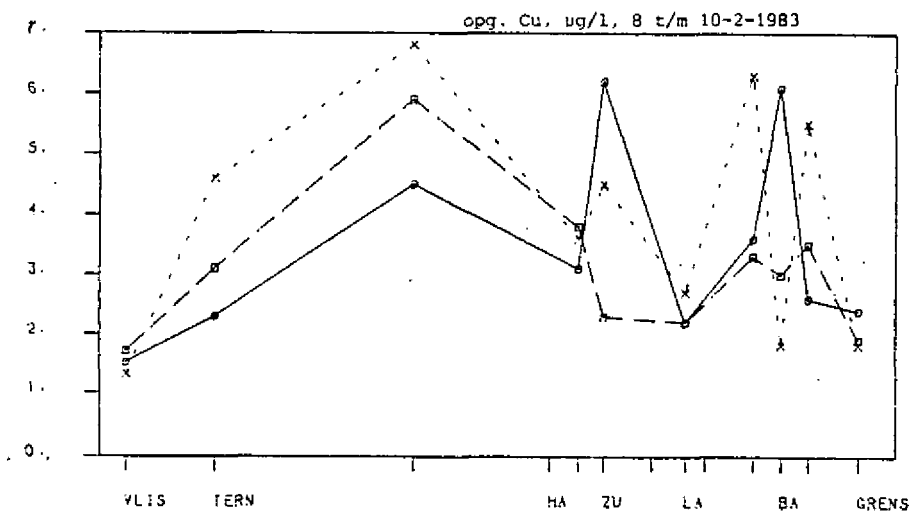
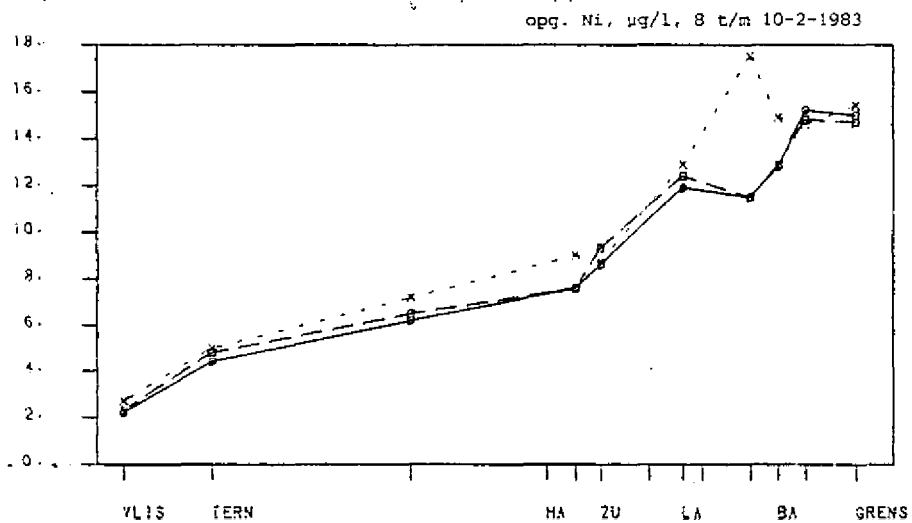
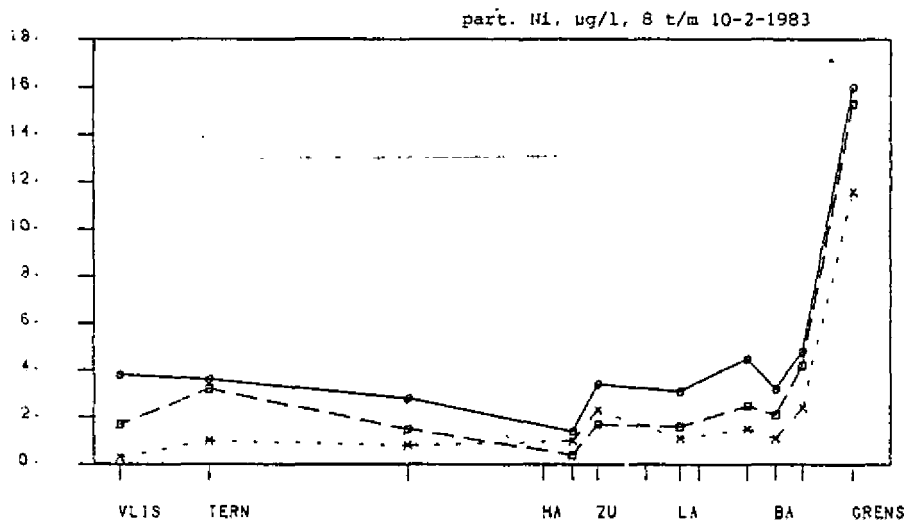
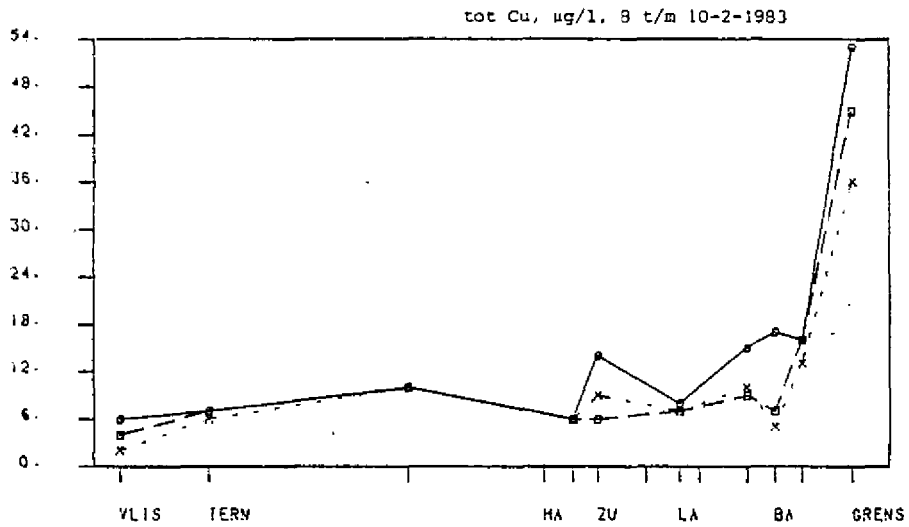
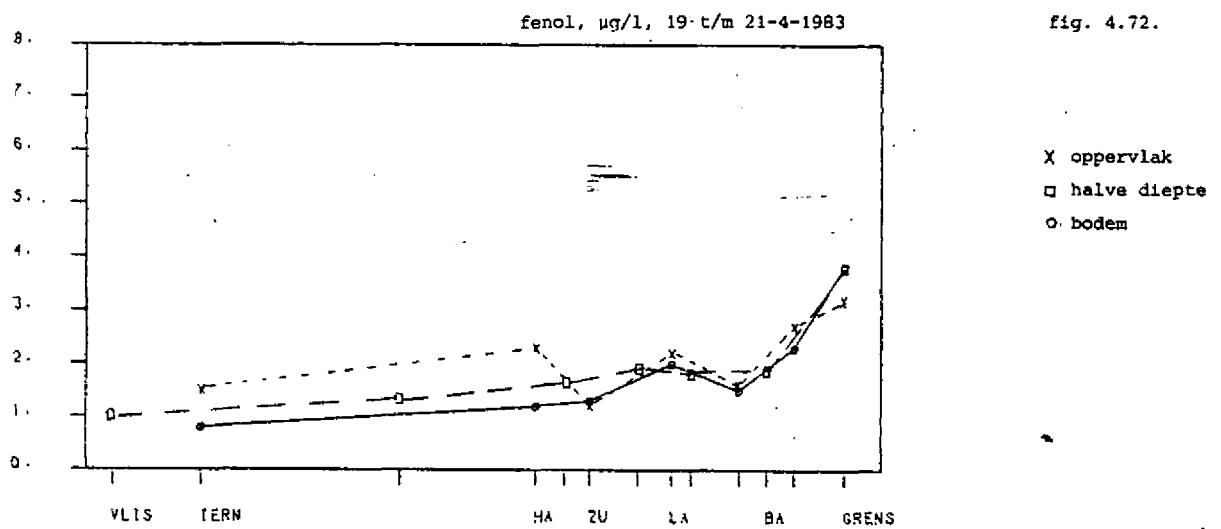
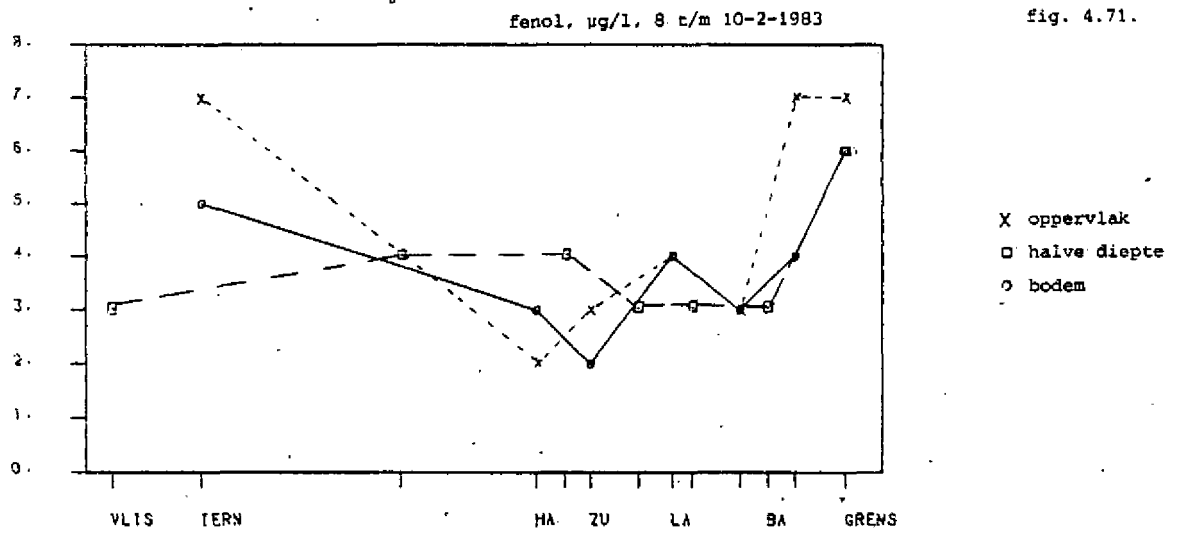
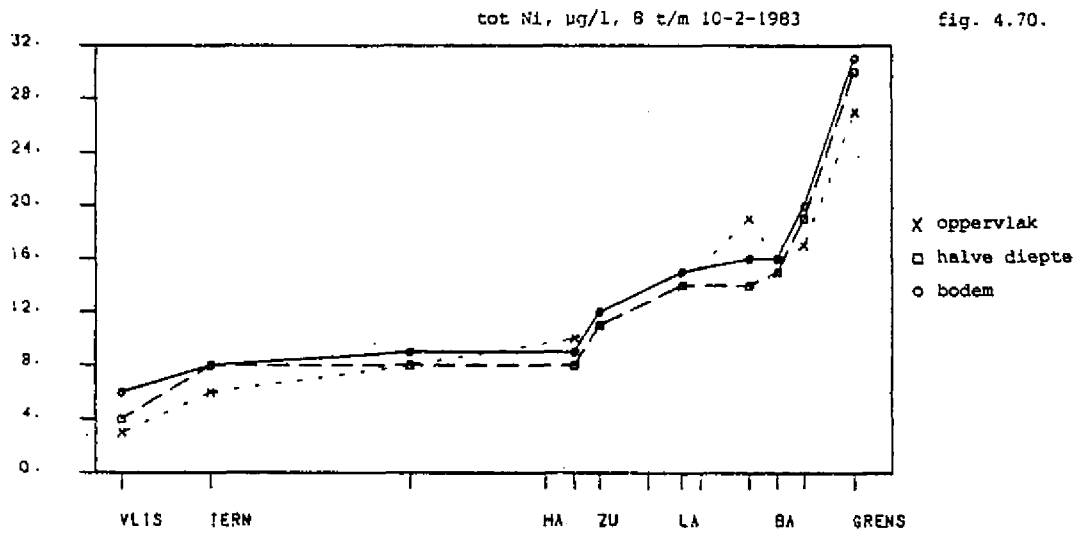


fig. 4.66.



Tabel 4.13. Overzicht van concentraties en berekeningsresultaten met betrekking tot de in 8-10 februari 1983 waargenomen metalen. Tussen haakjes de voor de verdunning met zeewater gecorrigeerde concentraties en de gehalten in de rivierfractie van de zwevende stof

	cadmium	kwik	lood	chrom	nikkel	zink	koper	
Viissingen oppervlak	0,15(0,51)	<0,01	<0,1	<0,5	2,7(8,8)	5,5(21,6)	1,3(2,4)	opgeloste concentra- ties(µg/l)
bodem	0,16(1,52)	<0,01	<0,1	<0,5	2,2(17,1)	6,7(77,3)	1,5(7,7)	
Pas v. Terneuzen								
oppervlak	0,22(0,44)	0,03(0,04)	<0,1	<0,5	5,0(10,3)	8,2(17,7)	4,6(9,4)	
bodem	0,31(0,83)	0,02(0,02)	<0,1	<0,5	4,4(11,2)	10,1(28,3)	2,3(4,9)	
Drempel v. oppervlak	0,27(0,39)	0,02(0,02)	0,2(0,28)	0,5(0,72)	9,0(13,4)	13,1(19,8)	3,6(5,0)	
Hansweert bodem	0,31(0,51)	0,01(<0,01)	0,1(0,14)	0,5(0,81)	7,6(12,7)	13,1(22,5)	3,1(4,7)	
Lamswaarde oppervlak	0,24(0,28)	0,01(<0,01)	0,4(0,48)	1,5(1,80)	12,9(15,5)	15,3(18,4)	2,7(3,1)	
bodem	0,28(0,35)	0,02(0,02)	0,3(0,38)	1,5(1,93)	11,9(15,3)	15,3(20,0)	2,2(2,6)	
Bath oppervlak	0,16(0,17)	0,01(<0,01)	0,3(0,31)	1,0(1,05)	14,9(15,7)	16,6(17,5)	1,8(1,8)	
bodem	0,70(0,84)	0,01(<0,01)	0,2(0,23)	0,5(0,58)	12,8(15,3)	23,2(27,8)	6,1(7,2)	
Schaar van Ouden								
Doel oppervlak 13	0,13	0,01	0,3	0,5	15,4	26,3	1,8	
bodem	0,10	0,03	0,3	0,5	15,0	19,4	2,4	
-metaalgeh. Viissingen	0,8(1,3)	0,6(1,1)	51,6(113)	86,5(226)	19,0(35)	162(330)	27,2(55)	
zwevende Dremp.v.Hansweert	3,3(5,3)	2,1(3,4)	143(224)	245(390)	34,3(49)	427(660)	110(161)	
stof(mg/kg) Sch.v.O.Doel	17,2(18,3)	1,9(2,0)	187(196)	240(251)	47,9(50)	845(891)	142(150)	
Netto part.transport (mg/s)								
Sch.v.O.Doel	1696	187	18438	23664	4723	83317	14001	
Transp.via rivierslib (mg/s)								
Sch.v.O.Doel	1621	177	17366	22239	4430	78943	13290	
Transp.via rivierslib (mg/s)								
Viissingen	6	4	497	994	154	1452	242	
Desorp. uit rivierslib(mg/s)	1506	80	7354	2215	1330	49705	10171	
Sed. via rivierslib (mg/s)	109	93	9515	19030	2942	27786	2877	
Sed. via zeeslib (mg/s)	177	127	10120	15180	4048	32890	5566	



Tabel 4.14. Overzicht van fenolconcentraties ( $\mu\text{g}/\text{l}$ ) in de Westerschelde. Tussen haakjes de voor de verdunning met zeewater gecorrigeerde concentraties.

	8 t/m 10 febr.1983	19 t/m 21 april 1983	27 t/m 29 sept.1983
Vlissingen halve diepte	3,0(19,7)	1,0(5,5)	1,2(3,3)
Pas v. Terneuzen oppervlak	7,0(16,0)	1,5(3,5)	1,2(2,5)
bodem	5,0(14,6)	0,8(1,9)	1,4(3,1)
Hansweert oppervlak	2,0(3,6)	2,3(3,9)	1,8(3,2)
bodem	3,0(5,6)	1,2(2,0)	2,2(4,1)
Zuidergat oppervlak	3,0(4,6)	1,2(1,6)	- -
bodem	2,0(3,2)	1,3(1,9)	1,7(2,7)
Lamswaarde oppervlak	4,0(4,8)	2,2(2,7)	1,9(2,4)
bodem	4,0(5,2)	2,0(2,6)	1,9(2,5)
Bath halve diepte	3,0(3,5)	1,8(2,0)	2,0(2,5)
Schaar van Ouden Doel oppervlak	7,0	3,2	2,3
bodem	6,0	3,8	2,5



Tabel 4.15. Overzicht van enkele PAK concentraties en gehalten van de zwevende stof in de Westerschelde, oppervlaktemonsters 8 t/m 10 februari 1983. Tussen haakjes de voor de verdunning met zeewater gecorrigeerde concentraties en de gehalten in de rivierwaterfractie van de zwevende stof.

	benzo(b) fluorantheen (ng/l)	benzo(k) fluorantheen (ng/l)	benzo(a) pyreen (ng/l)	fluorantheen (ng/l)	indeno(1,2,3, c,d)pyreen (ng/l)	benzo(g,h,i) peryleen (ng/l)	Σ 6 PAK (ng/l)	6 PAK zwevende stof (ng/kg)
Vlissingen	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<60	
Drempel van Hansweert	12	<10	<10	<10	<10	<10	37 (52)	
Bocht van Walsoorden	32	<10	16	<10	27	<10	90 (120)	1,02 (1,37)
Lamswaarde	35	12	21	12	29	19	128 (154)	2,58 (3,24)
Overloop van Valkenisse	12	<10	<10	<10	12	<10	44 (55)	1,51 (1,83)
Westketel	27	<10	13	<10	<10	<10	60 (70)	0,74 (0,86)
Bath	19	<10	11	<10	<10	<10	90 (95)	2,20 (2,44)
Pas van Rilland	23	<10	<10	<10	<10	<10	48 (50)	0,80 (0,86)
Schaar van Ouden Doel	130	31	63	90	<10	<10	347	1,26 (1,32)

Tabel 4.16. Overzicht van enkele PCB concentraties en gehalten van de zwevende stof in de Westerschelde, oppervlaktemonsters 8 t/m 10 februari 1983. Tussen haakjes de voor de verdunning met zeewater gecorrigeerde concentraties en de gehalten in de rivierwaterfractie van de zwevende stof.

	IUPAC nummers; ng/l						$\sum 6$ PCB (ng/l)	$\sum 6$ PCB in zwevende stof (mg/kg)
	28	52	101	138	153	180		
Vlissingen	<1	<1	<1	<1	<1	<1	n.m.	
Drempel van Hansweert	<1	<1	1	1	<1	<1	$\geq 2$ ( $\geq 3$ )	
Bocht van Walsoorden	<1	<1	2	2	1	1	$\geq 6$ ( $\geq 8$ )	0,11 (0,16)
Lamswaarde	<1	1	2	4	3	3	$\geq 13$ ( $\geq 15$ )	0,47 (0,60)
Overloop van Valkenisse	<1	1	1	1	<1	1	$\geq 4$ ( $\geq 5$ )	0,23 (0,29)
Westketel	<1	1	1	1	<1	1	$\geq 4$ ( $\geq 4$ )	0,12 (0,15)
Bath	1	1	2	2	1	1	8 ( 8)	0,31 (0,35)
Pas van Rilland	1	1	2	2	1	1	8 ( 8)	0,30 (0,33)
Schaar van Ouden Doel	2	3	8	8	4	4	29	0,13 (0,14)

Tabel 4.17. Overzicht van concentraties en gehalten van de zwevende stof van pp-DDD en dieldrin in de Westerschelde, oppervlaktemonsters, 8 t/m 10 februari 1983. Tussen haakjes de voor de verdunning met zeewater gecorrigeerde concentraties en de gehalten in de rivierwaterfractie van de zwevende stof.

	pp-DDD (ng/l)	pp-DDD (zwevende stof, µg/kg)	dieldrin (ng/l)	dieldrin (zwevende stof, µg/kg)
Vlissingen	<1		<1	
Drempel van Hansweert	<1		<1	
Bocht van Walsoorden	1 (1,3)	7,9 (11)	<1	
Lamswaarde	5 (6,1)	66 (85)	1 (1,2)	11 (14)
Overloop van Valkenisse	<1		<1	
Westketel	1 (1,2)	7,5 (9,2)	<1	
Bath	1 (1,1)	17 (19)	1 (1,1)	15 (17)
Pas van Rilland	1 (1,0)	10 (11)	<1	
Schaar van Ouden Doel	4	5,8 (6,1)	2	5,6 (5,9)

Tabel 4.18. Overzicht van concentraties en gehalten van de zwevende stof van  $\alpha$ -HCH,  $\gamma$ -HCH en QCB in de Westerschelde, oppervlaktemonsters, 8 t/m 10 februari 1983. Tussen haakjes de voor de verdunning met zee-water gecorrigeerde concentraties en de gehalten in de rivierwaterfractie van de zwevende stof.

	$\alpha$ -HCH (ng/l)	$\gamma$ -HCH (ng/l)	QCB (ng/l)	QCB ( $\mu$ g/kg)
Vlissingen	2 (5,6)	6 (20,3)	<1	
Drempel van Hansweert	2 (2,6)	14 (20,6)	2 (2,8)	23 (37)
Bocht van Walsoorden	3 (3,8)	19 (25,5)	5 (6,7)	40 (57)
Lamswaarde	3 (3,4)	20 (23,9)	<1	
Overloop van Valkenisse	4 (5,0)	19 (24,6)	2 (2,5)	47 (59)
Westketel	2 (2,2)	13 (15,2)	<1	
Bath	4 (4,2)	19 (20,0)	<1	
Pas van Rilland	3 (3,1)	18 (18,9)	1 (1,0)	10,4 (11,5)
Schaar van Ouden Doel	1	17	<1	

Tabel 4.19. Overzicht van EOC1-concentraties ( $\mu\text{g}/\text{l}$ ) in de Westerschelde, oppervlaktemonsters, 8 t/m 10 februari 1983. Tussen haakjes de voor de verdunning met zeewater gecorrigeerde concentraties.

Vlissingen	< 0,5
Drempel van Hansweert	0,5(0,7)
Bocht van Walsoorden	1,0(1,3)
Lanswaarde	1,0(1,2)
Overloop van Valkenisse	0,5(0,6)
Westketel	1,0(1,2)
Bath	1,0(1,1)
Pas van Rilland	1,5(1,6)
Schaar van Ouden Doel	2,0

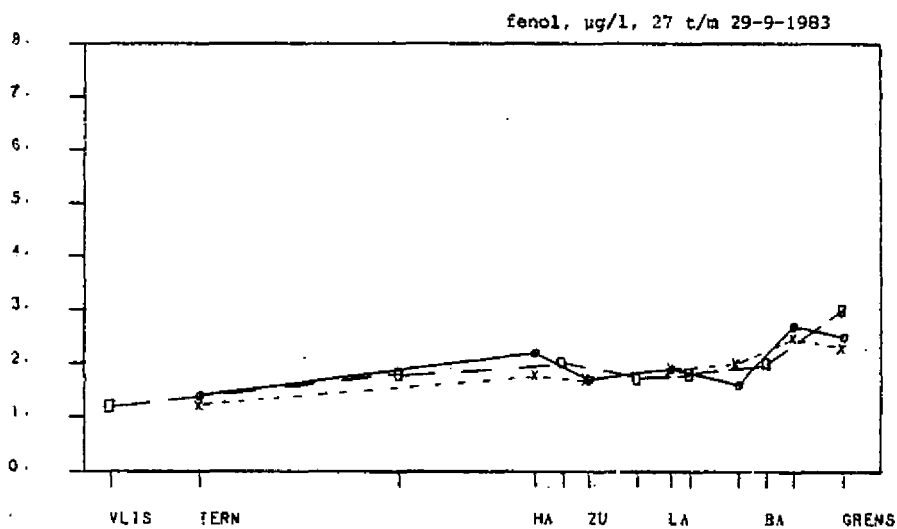


fig. 4.73.

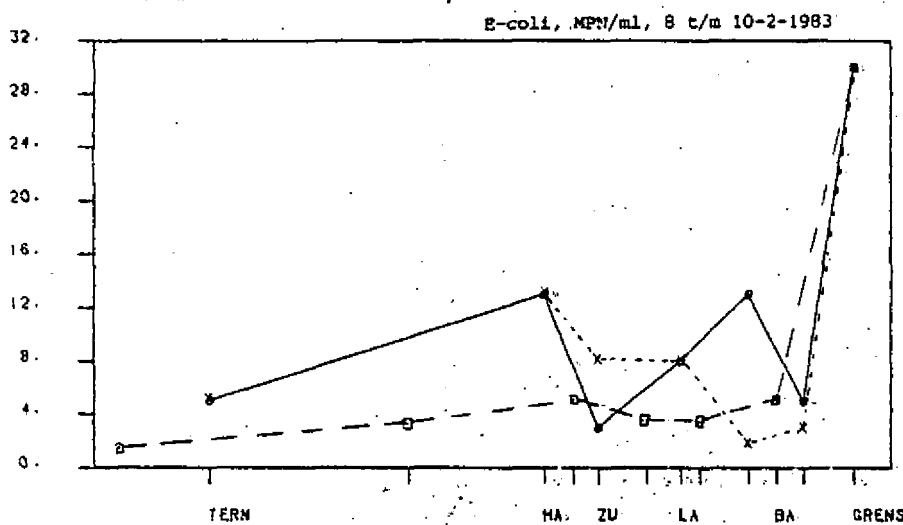


fig. 4.74.

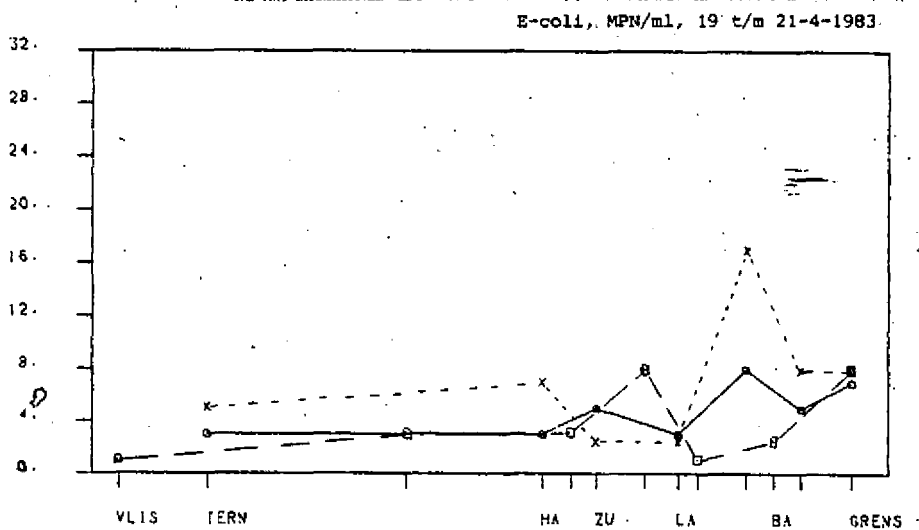


fig. 4.75.

Tabel 4.20. Overzicht van E-coli concentraties (MPN/ml) in de Westerschelde. Tussen haakjes de voor de verdunning met zeewater gecorrigeerde concentraties.

	8 t/m 10 febr. 1983	19 t/m 21 april 1983	27 t/m 29 sept. 1983
Vlissingen halve diepte	1,3(7,3)	0,8(4,1)	0,3(0,9)
Pas v. Terneuzen oppervlak	5,0(11,2)	5,0(12,2)	3,0( 8,5)
bodem	5,0(14,4)	3,0( 8,1)	8,0(23,0)
Hansweert oppervlak	13,0(24,1)	7,0(12,2)	3,0(6,1)
bodem	13,0(24,6)	3,0( 5,2)	3,0(6,3)
Zuidergat oppervlak	8,0(12,4)	2,4(3,3)	1,7(2,8)
bodem	3,0(4,8)	5,0(7,8)	1,7(3,0)
Lamswaarde oppervlak	8,0(9,7)	2,4(2,9)	5,0(6,9)
bodem	8,0(10,4)	3,0(3,9)	2,4(3,4)
Bath halve diepte	5,0(5,9)	2,4(2,7)	5,0(6,7)
Schaar van Ouden Doel oppervlak	30,0	8,0	8,0
bodem	30,0	7,0	6,0

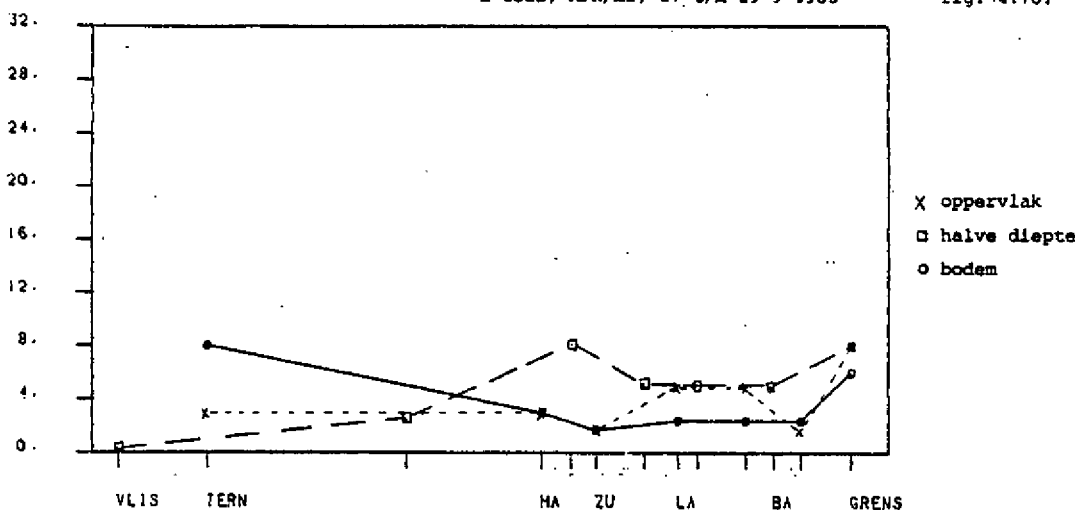
Tabel 4.21. Overzicht van afstervingsnelheden (MPN/ml.d) en -coëfficiënten (1/d) van E-coli  
in de Westerscheide.

	Schaar van Ouden Doel-Zuidgat	Pas van Terneuzen-Vlissingen
8 t/m 10 februari 1983	snelheid -	0,56
	coëfficiënt -	0,056
19 t/m 21 april 1983	snelheid 0,13	0,66
	coëfficiënt 0,020	0,091
27 t/m 29 september 1983	snelheid 0,29	2,39
	coëfficiënt 0,059	0,286



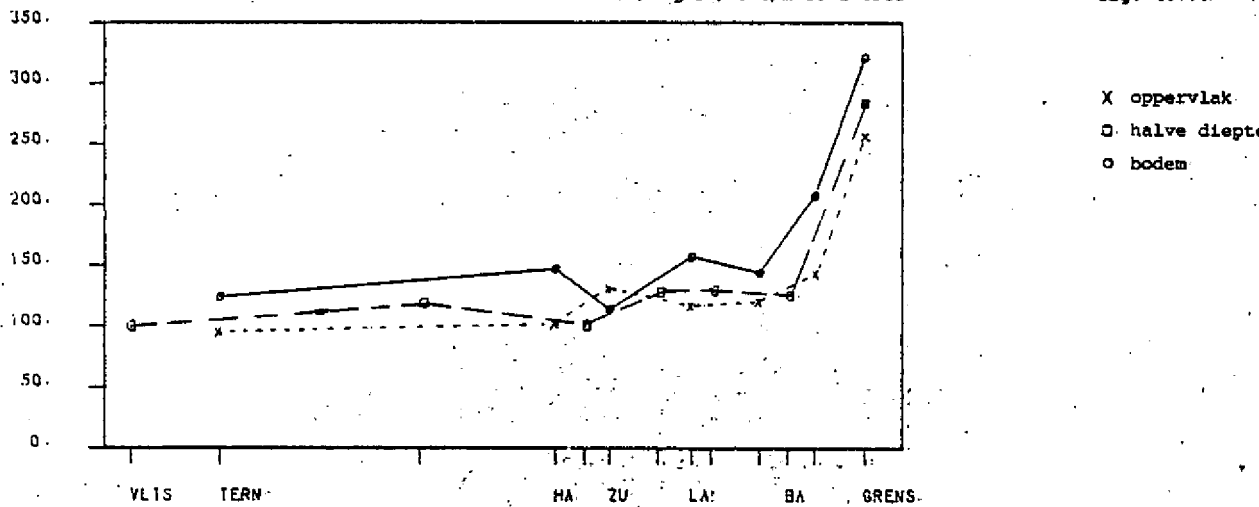
E-coli, MPN/ml, 27 t/m 29-9-1983

fig. 4.76.



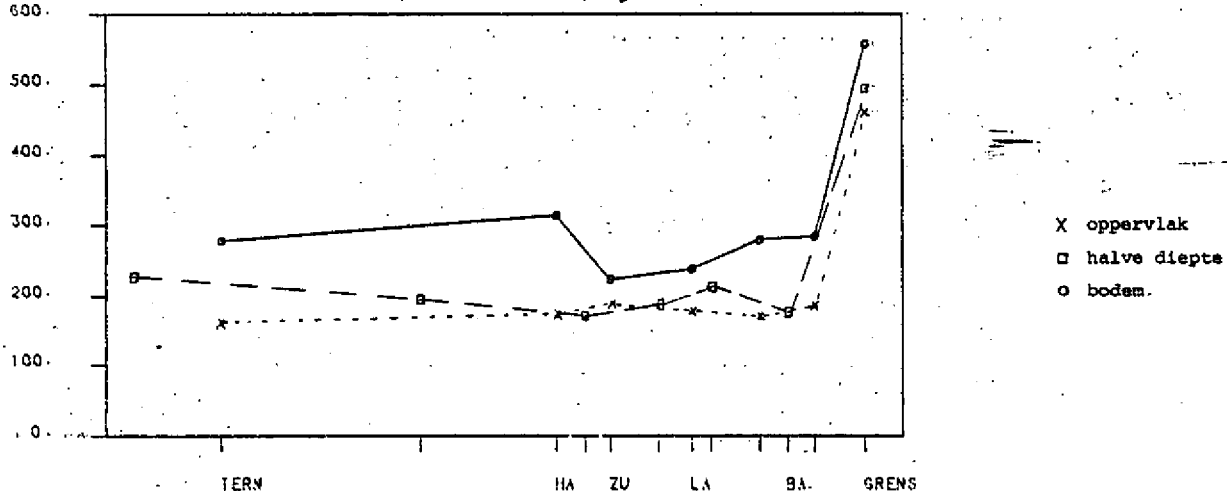
tot- $\alpha$ -aktiviteit, Bq/m<sup>3</sup>, 8 t/m 10-2-1983

fig. 4.77.



$\beta$ -restaktiviteit, Bq/m<sup>3</sup>, 8 t/m 10-2-1983

fig. 4.78.



Tabel 5.1. Overzicht van gemiddelden over de verticaal en aan het oppervlak van de bemonsteringspunten van het gradiëntonderzoek die overeenkomen met de routine bemonsteringspunten.

	Schaar v.O.Doeel		Bath		Lamswaarde		Zuidergat		Hansweert		Vlissingen	
	gem. vert.	gem. opp.	gem. vert.	gem. opp.	gem. vert.	gem. opp.	gem. vert.	gem. opp.	gem. vert.	gem. opp.	gem. vert.	gem. opp.
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	4251	4280 (1%)	6139	4950 (-19%)	7589	7167 (-6%)	9555	9233 (-3%)	11022	10900 (-1%)	16467	15933 (-3%)
Temp. (°C)	10,8	10,8	10,2	10,3	10,1	10,2	9,8	9,9	9,6	9,6	9,2	9,1
O <sub>2</sub> (mg/l)	3,9	4,1 (5%)	8,0	6,6 (-17%)	9,4	9,5 (1%)	9,5	9,5 (0%)	10,1	9,8 (-3%)	10,4	10,6 (2%)
pH (s.e.)	7,4	7,4 (0%)	7,7	7,6 (-1%)	7,8	7,8 (0%)	7,9	7,9 (0%)	7,9	7,9 (0%)	8,2	8,1 (-1%)
NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	1,94	1,96 (1%)	1,31	1,35 (3%)	1,26	1,23 (-2%)	0,87	0,91 (4%)	0,62	0,66 (6%)	0,17	0,18 (6%)
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	3,84	4,26 (11%)	3,81	4,01 (5%)	3,58	3,65 (2%)	3,13	3,18 (2%)	2,78	2,82 (1%)	1,04	1,16 (10%)
O-PO <sub>4</sub> -P (mg/l)	0,42	0,42 (0%)	0,39	0,41 (5%)	0,35	0,36 (3%)	0,31	0,31 (0%)	0,27	0,28 (4%)	0,11	0,12 (8%)
t-PO <sub>4</sub> -P (mg/l)	1,30	1,16 (-11%)	0,55	0,50 (-10%)	0,57	0,48 (16%)	0,45	0,43 (-5%)	0,36	0,33 (-8%)	0,23	0,18 (-21%)
opp. Si (mg/l)	3,68	3,84 (4%)	3,46	3,68 (6%)	3,04	3,07 (1%)	2,56	2,56 (0%)	2,15	2,19 (2%)	0,76	0,87 (14%)
zw. stof (mg/l)	174	130 (-25%)	53	21 (-60%)	166	57 (-66%)	73	49 (-33%)	58	33 (-43%)	121	58 (-52%)
F <sup>-</sup> (mg/l)	1,42	1,47 (3%)										
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	738	895 (21%)										
DOC (mg/l)	6,8	7,2 (5%)	5,6	5,8 (4%)	5,1	5,0 (-2%)	4,4	4,6 (4%)	4,3	3,7 (-13%)	2,4	2,7 (11%)
TOC (mg/l)	13,8	12,3 (-11%)	7,6	7,3 (-4%)	6,7	6,3 (-6%)	6,2	6,0 (-4%)	5,8	5,4 (-7%)	5,6	4,2 (-25%)
fenol (µg/l)	4,2	4,2 (0%)										
E-coli (µg/l)	15,0	15,3 (2%)										

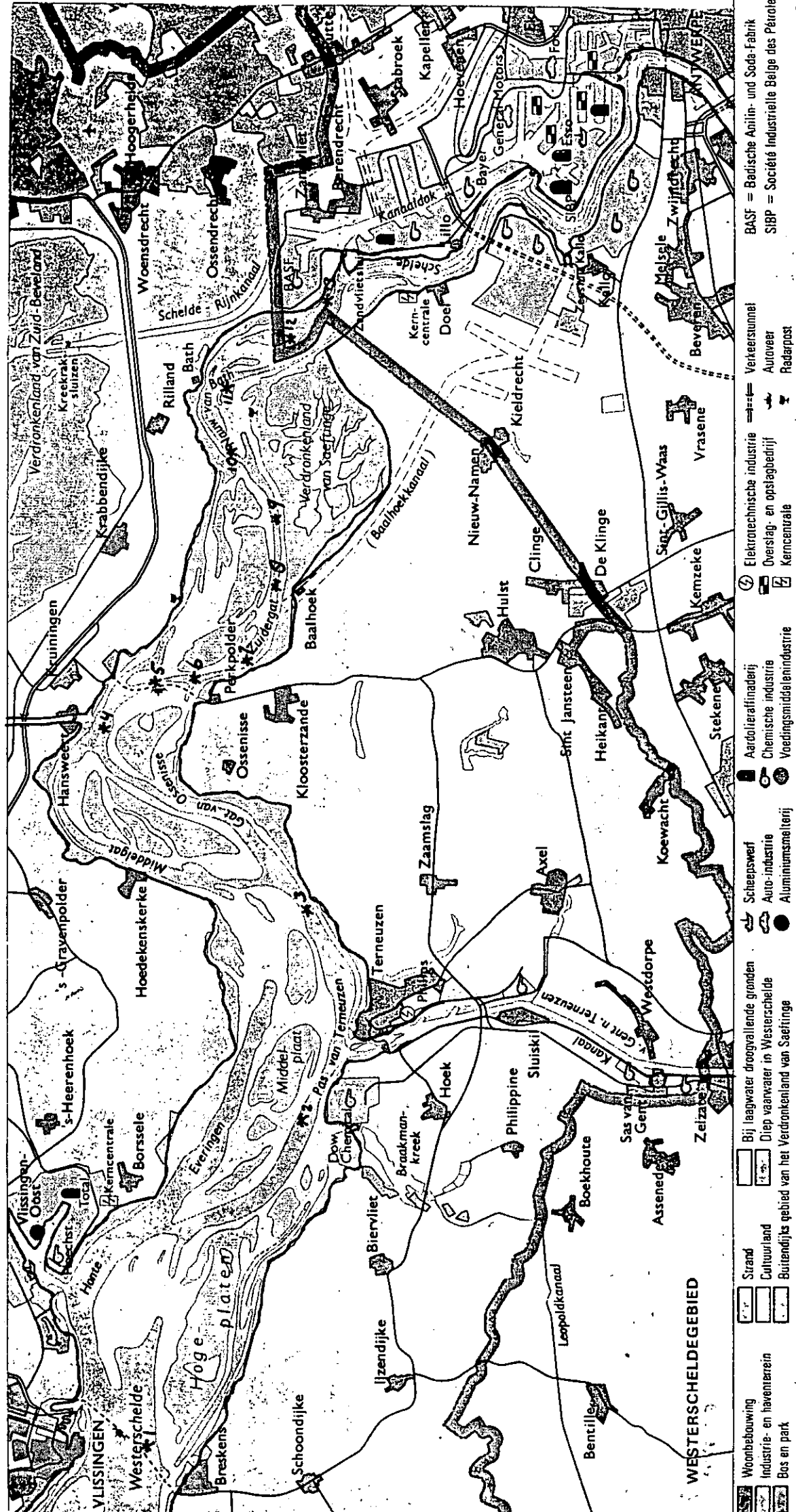
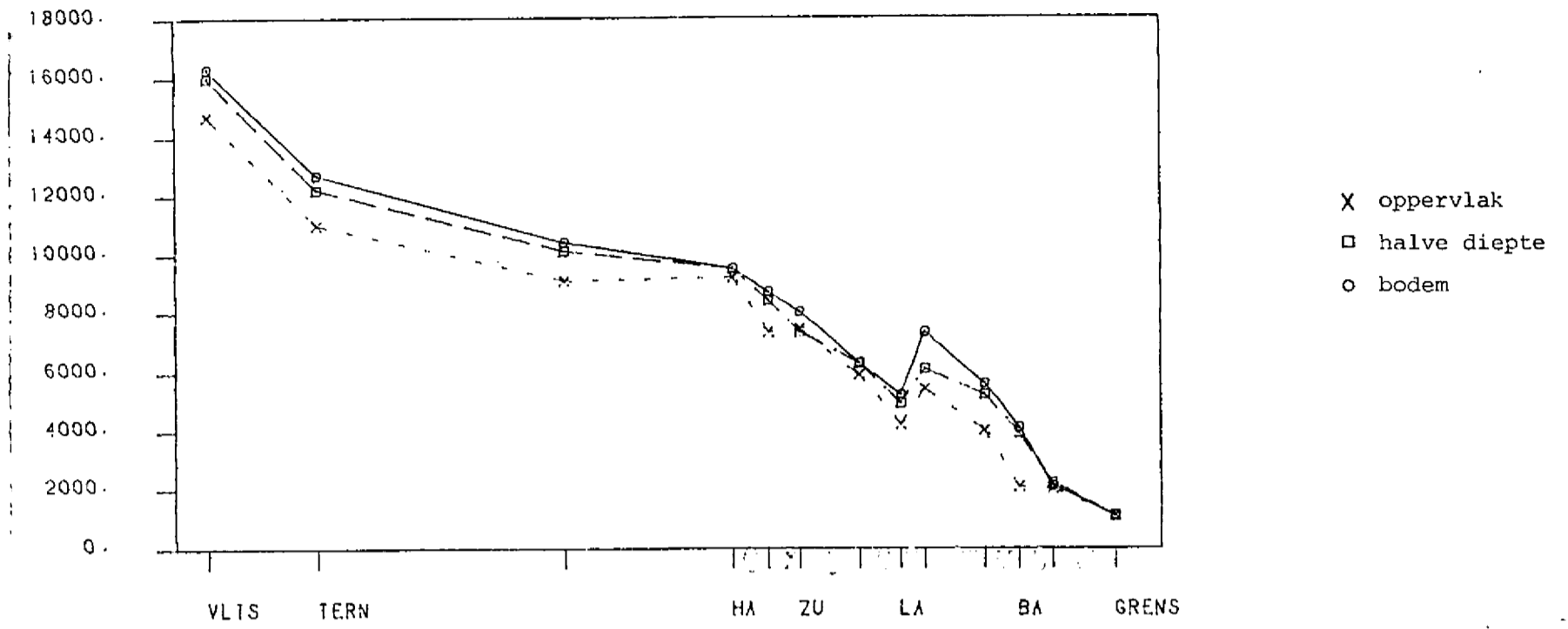


fig. 2.1. Overzicht bemonsteringslokaties gradiëntonderzoek Westerschelde. Voor betekenis van de cijfers, zie tabel 2.1.

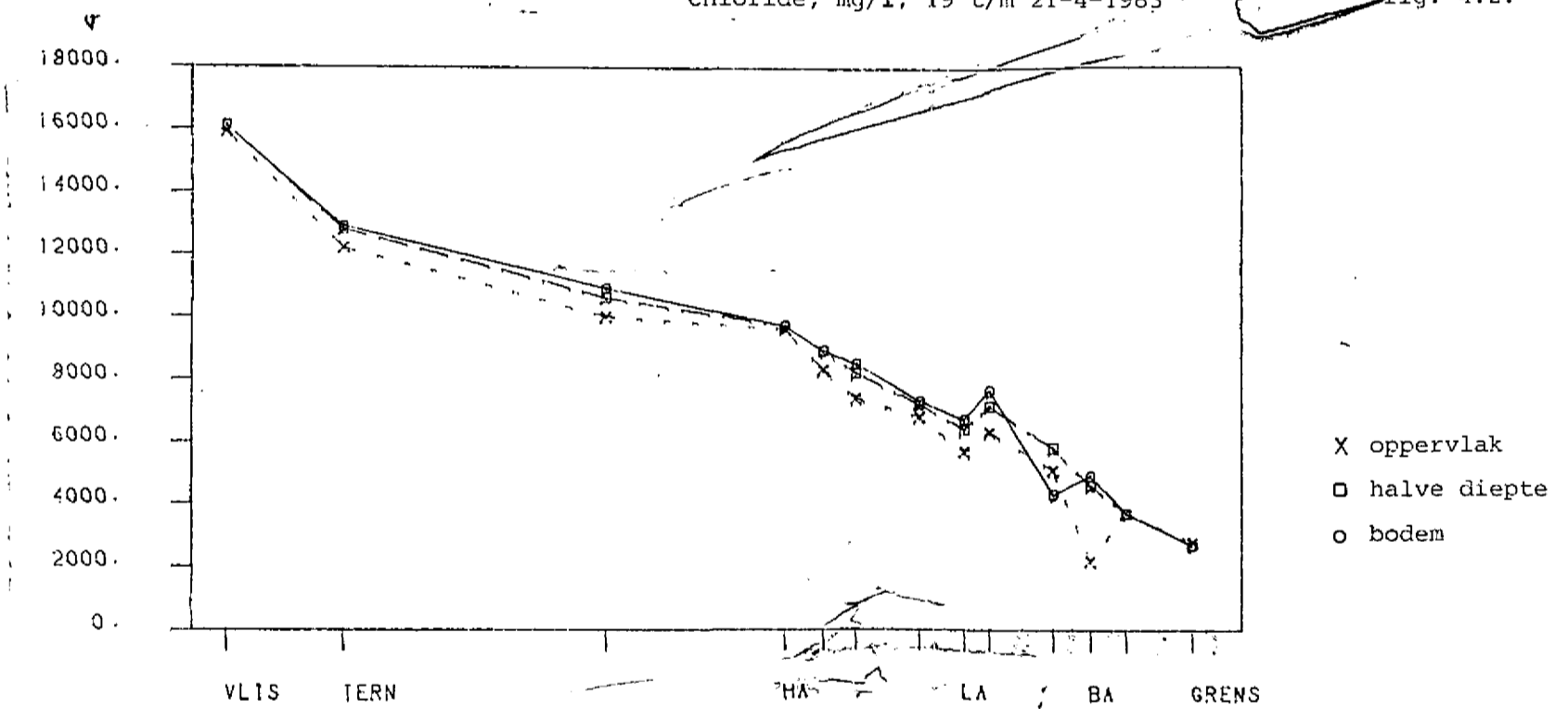
chloride, mg/l, 8 t/m 10-2-1983

fig. 4.1.



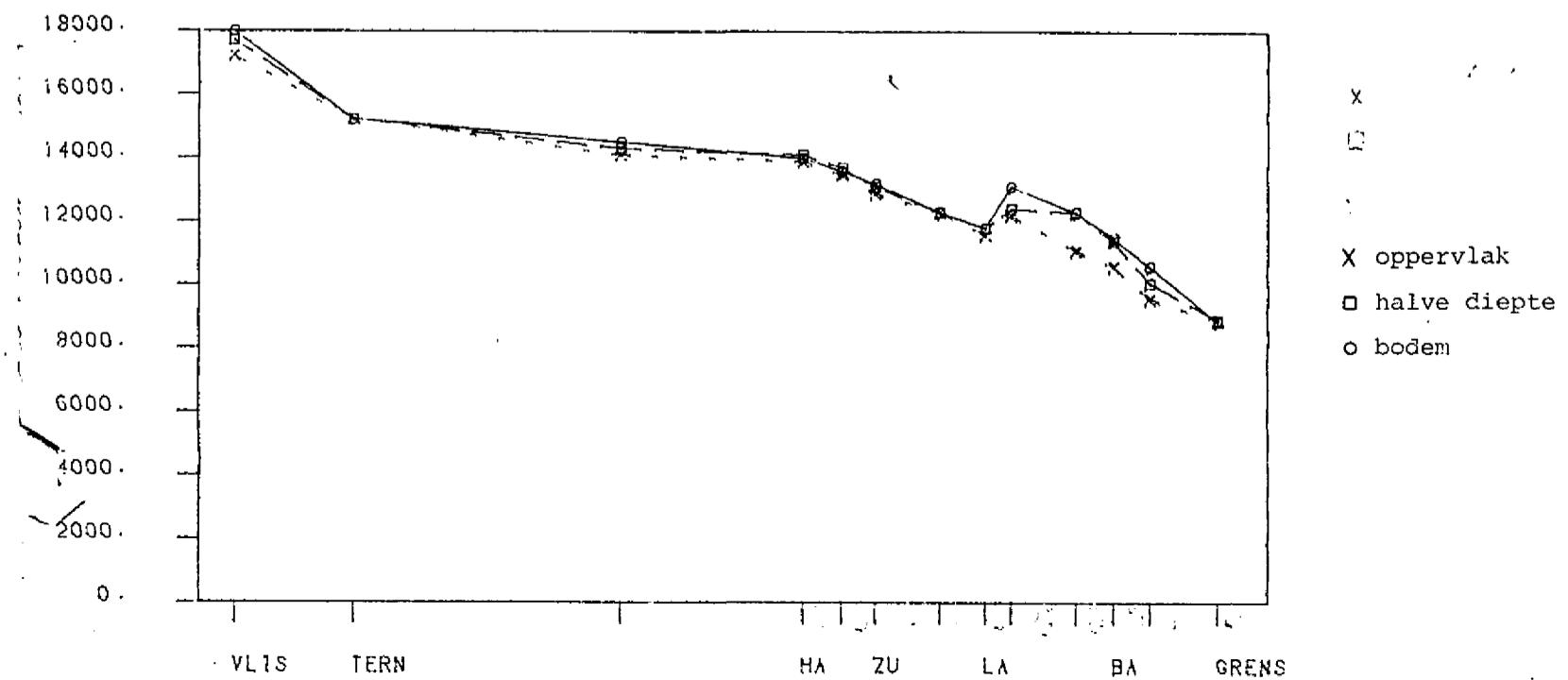
chloride, mg/l, 19 t/m 21-4-1983

fig. 4.2.



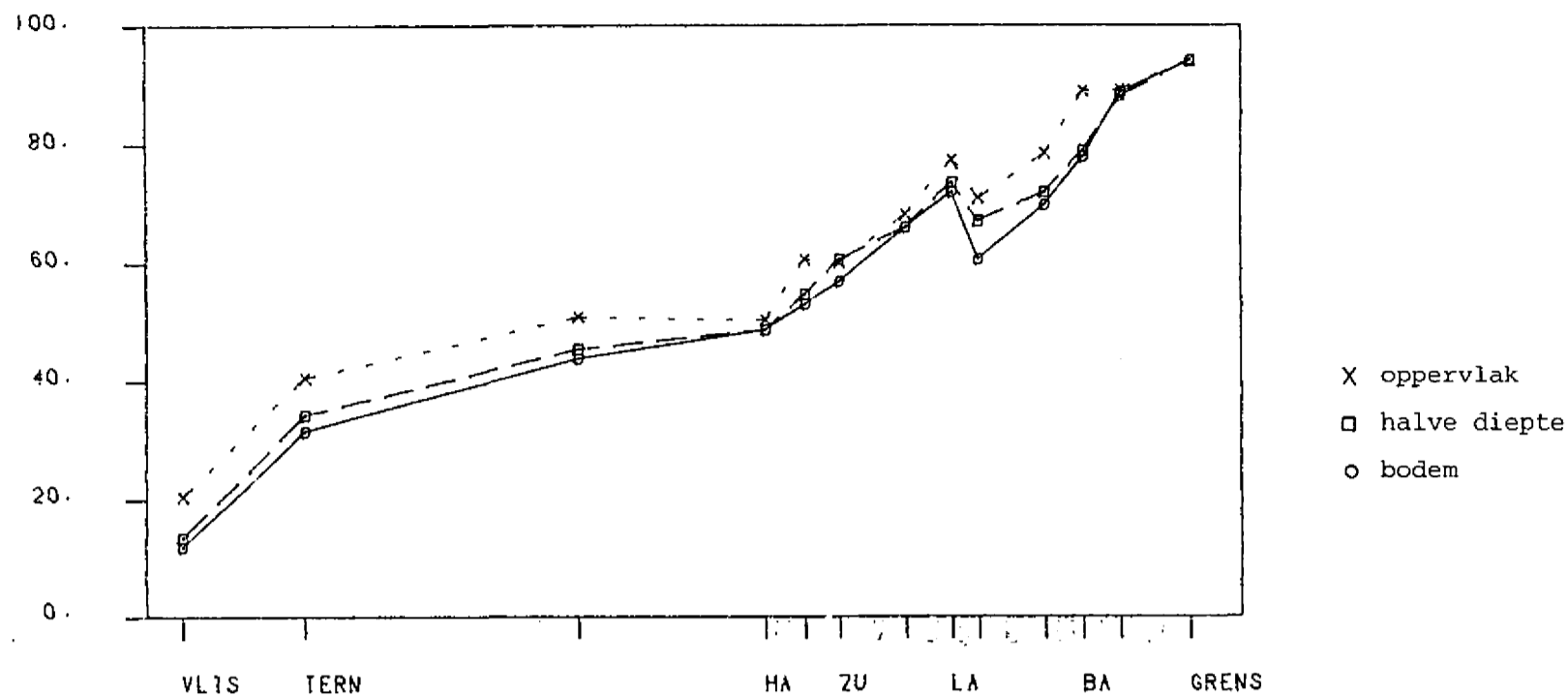
chloride, mg/l, 27 t/m 29-9-1983

fig. 4.3.



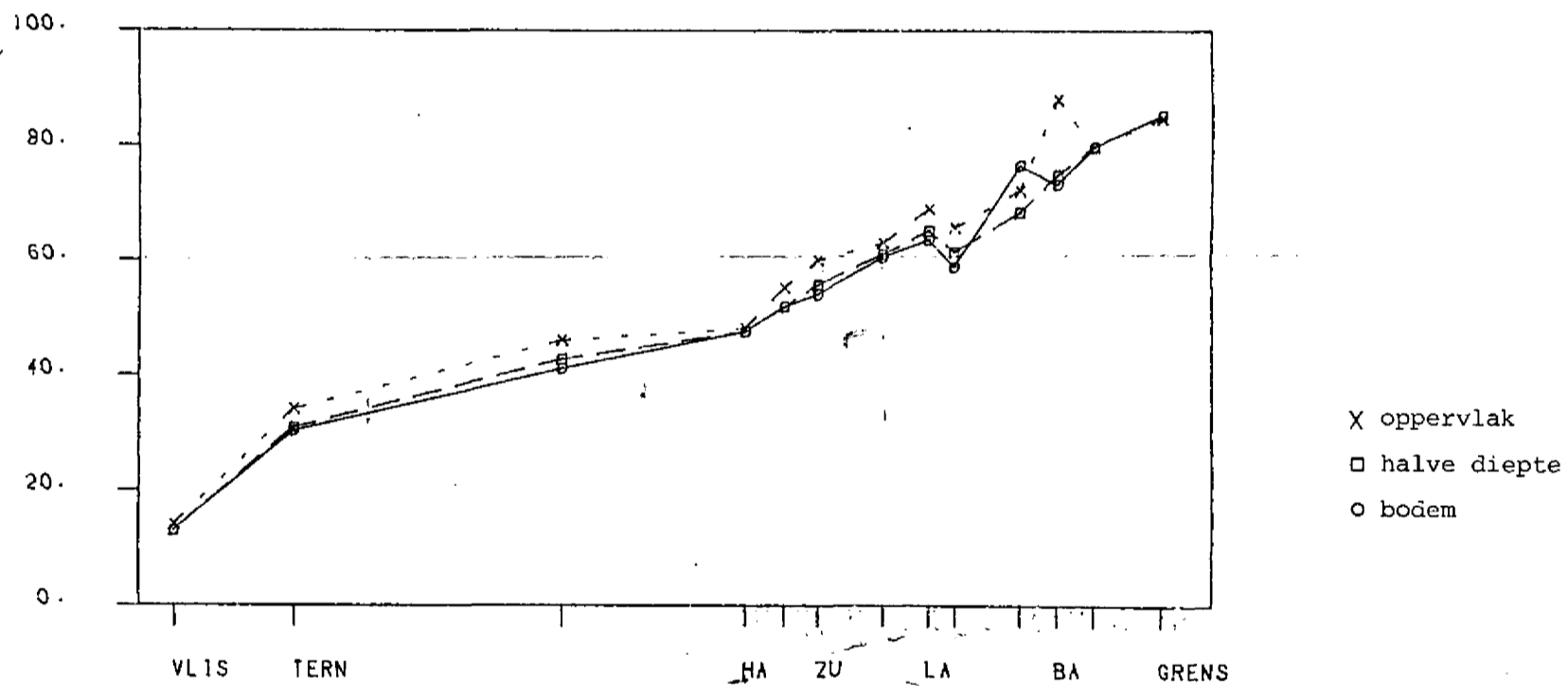
percentages zoet water, 8 t/m 10-2-1983

fig. 4.4.



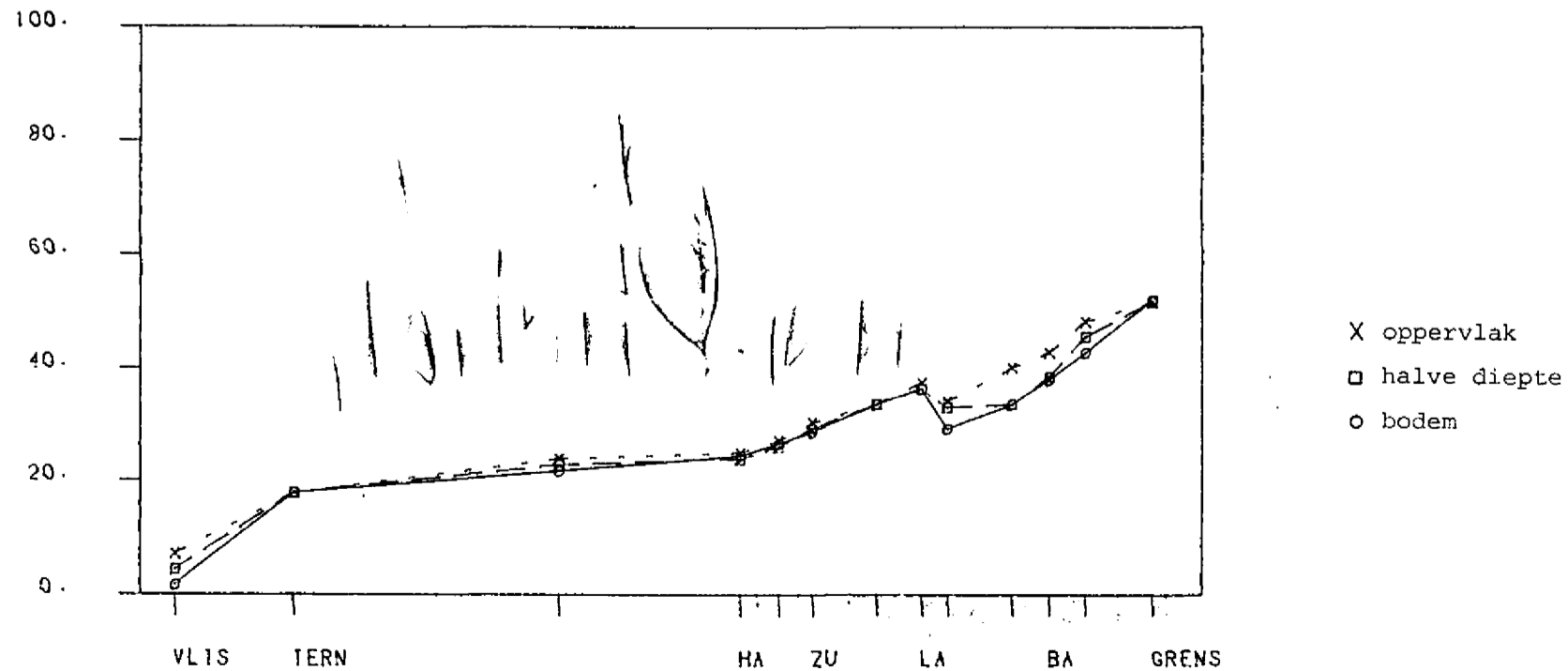
percentages zoet water, 19 t/m 21-4-1983

fig. 4.5.



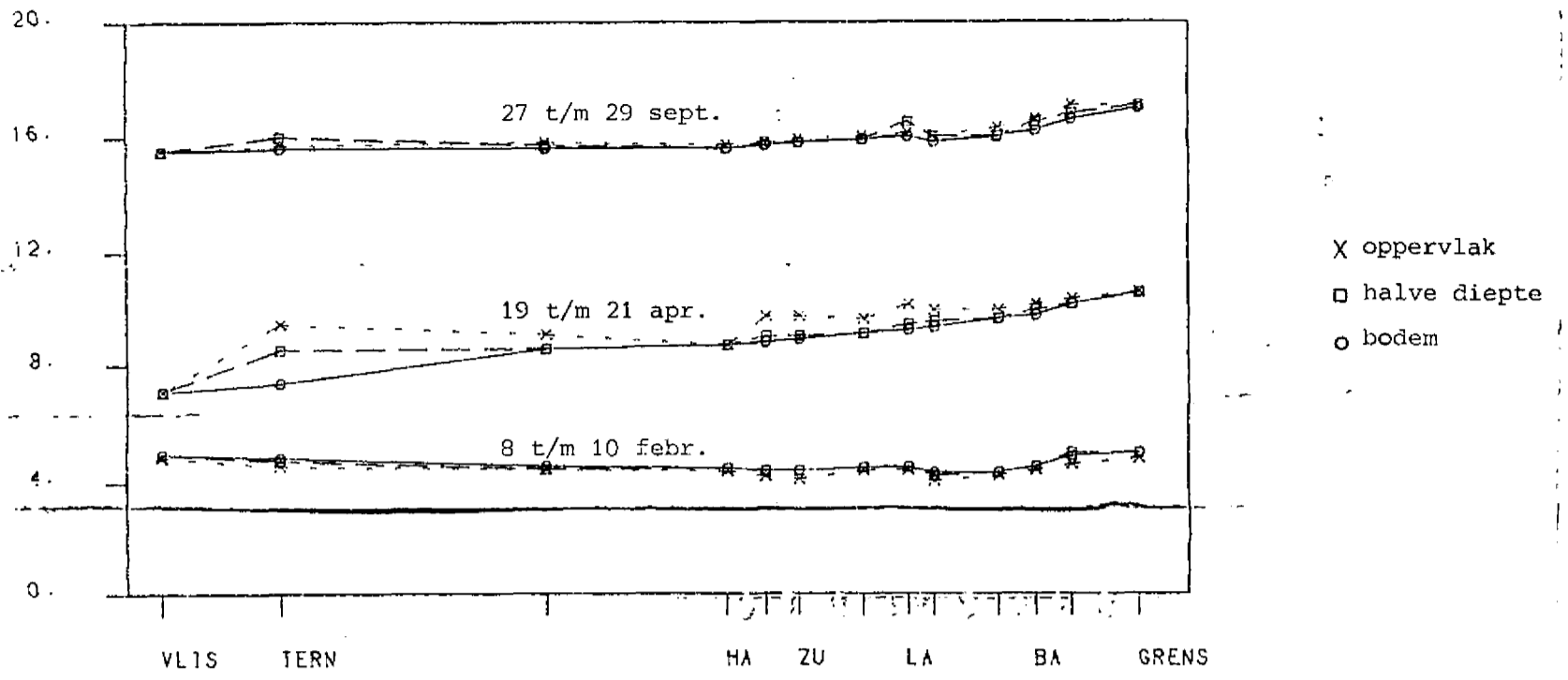
percentages zoet water, 27 t/m 29-9-1983

fig. 4.6.



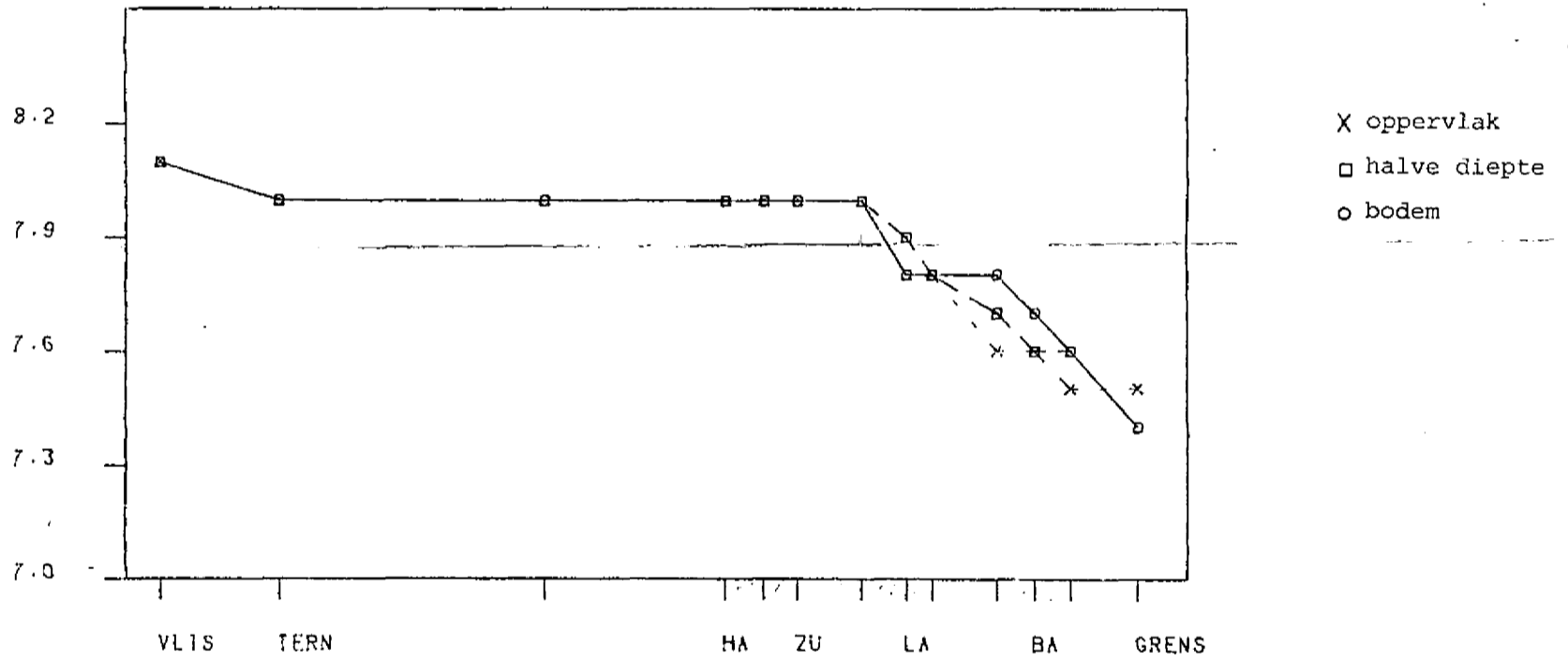
watertemperatuur, °C

fig. 4.7.



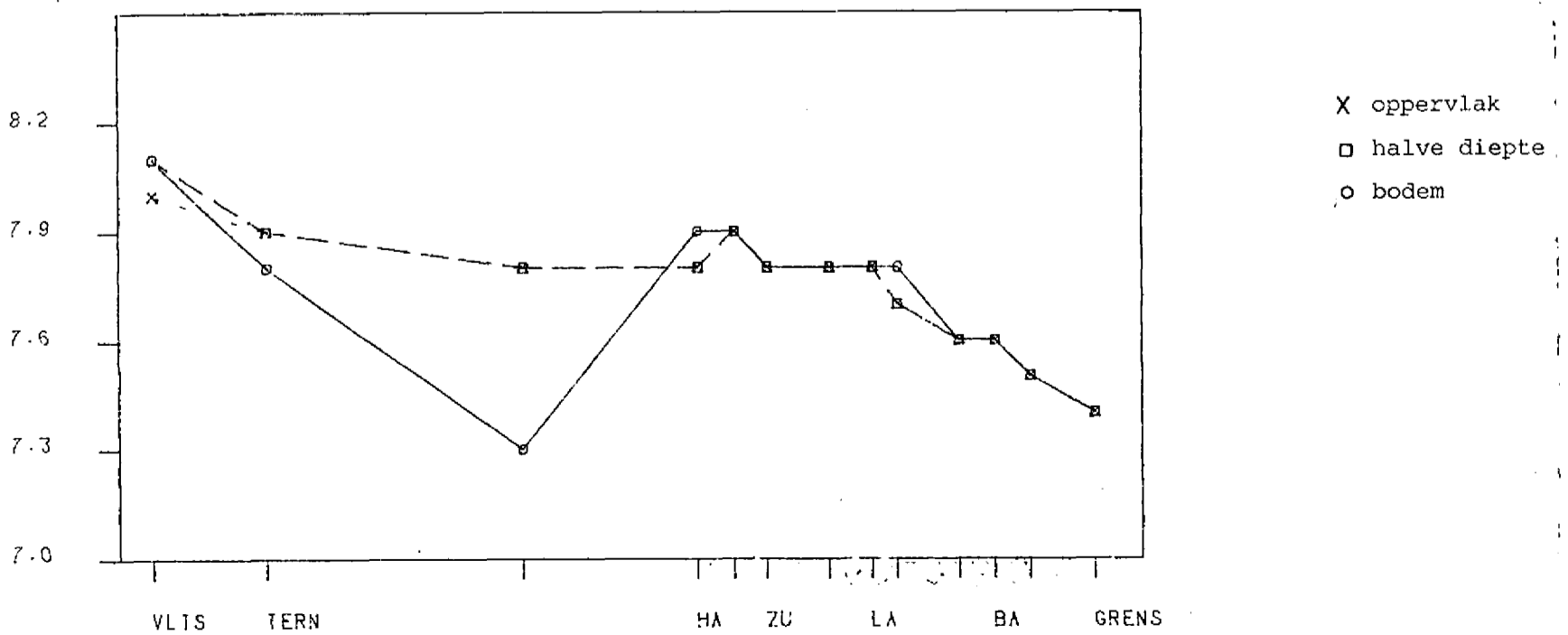
pH, s.e., 8 t/m 10-2-1983

fig. 4.8.



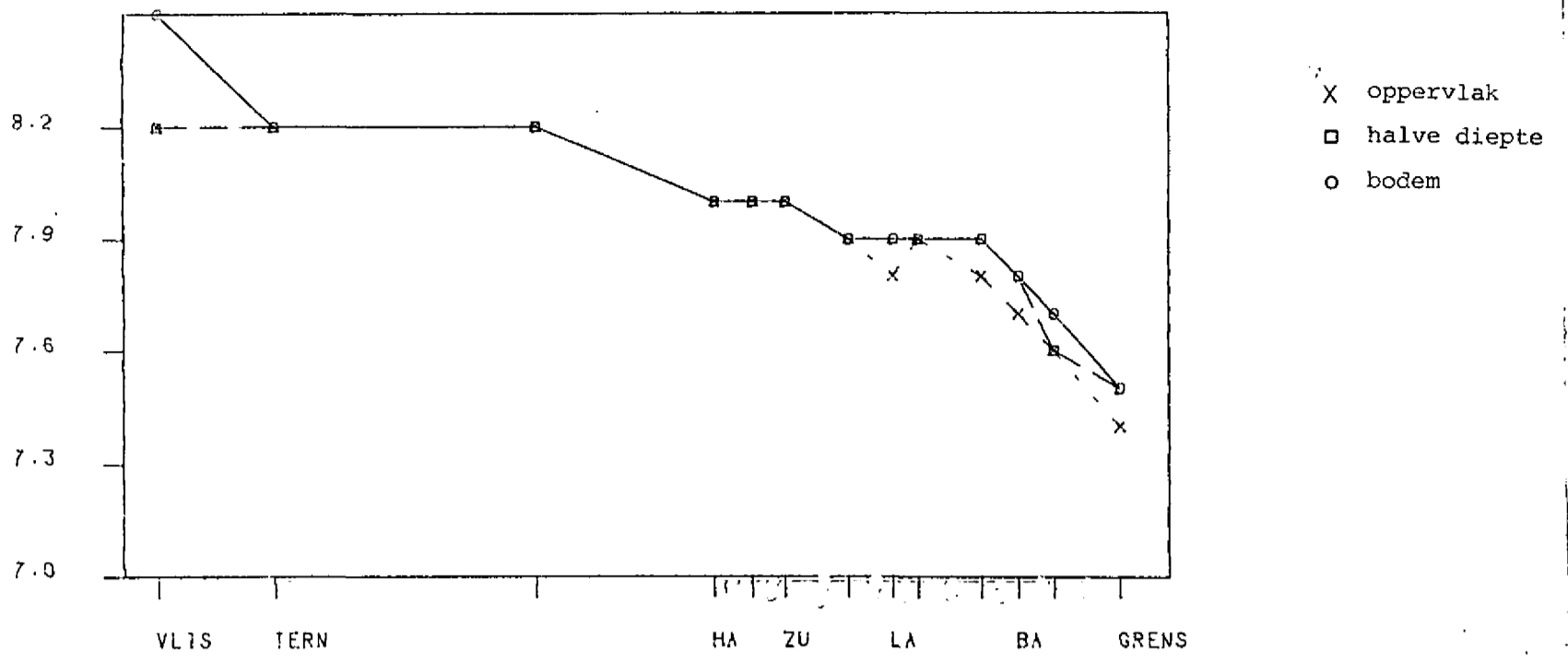
pH, s.e., 19 t/m 21-4-1983

fig. 4.9.



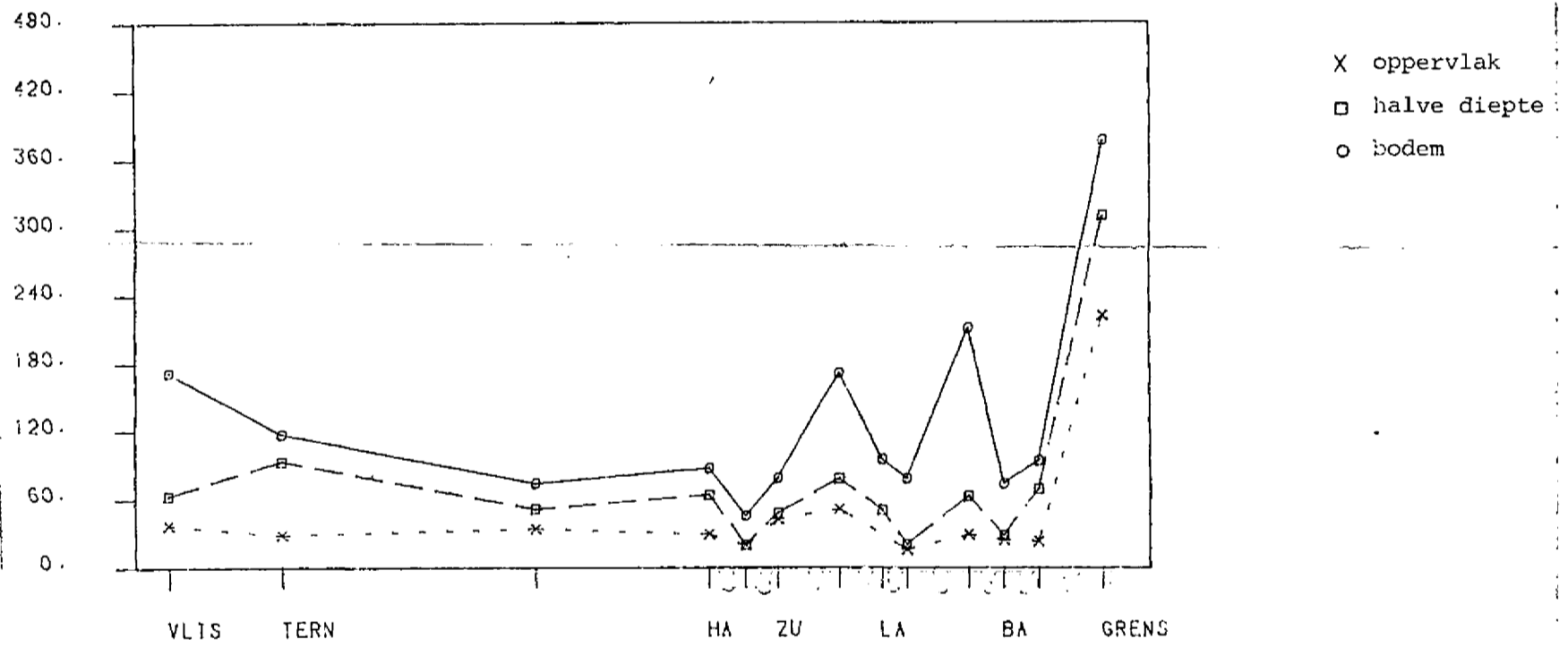
pH, s.e., 27 t/m 29-9-1983

fig. 4.10.



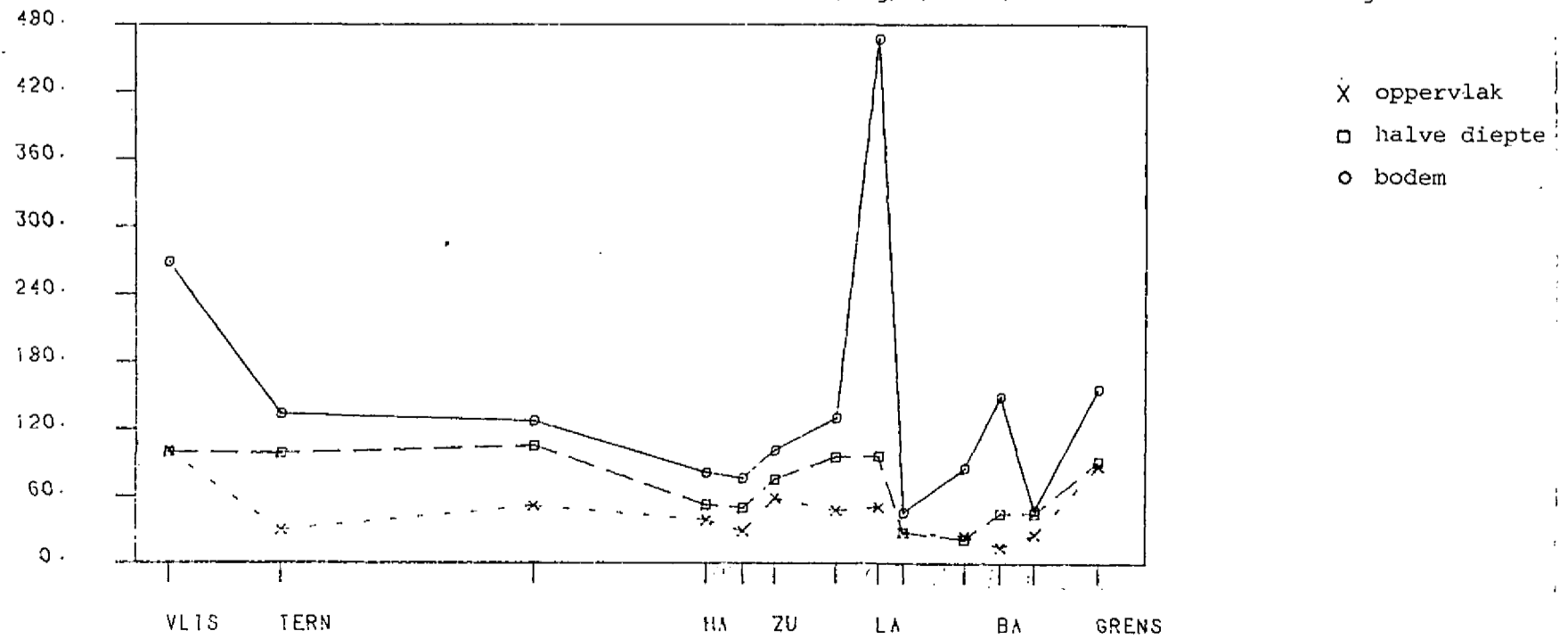
zwevende stof, mg/l, 8 t/m 10-2-1983

fig. 4.11.



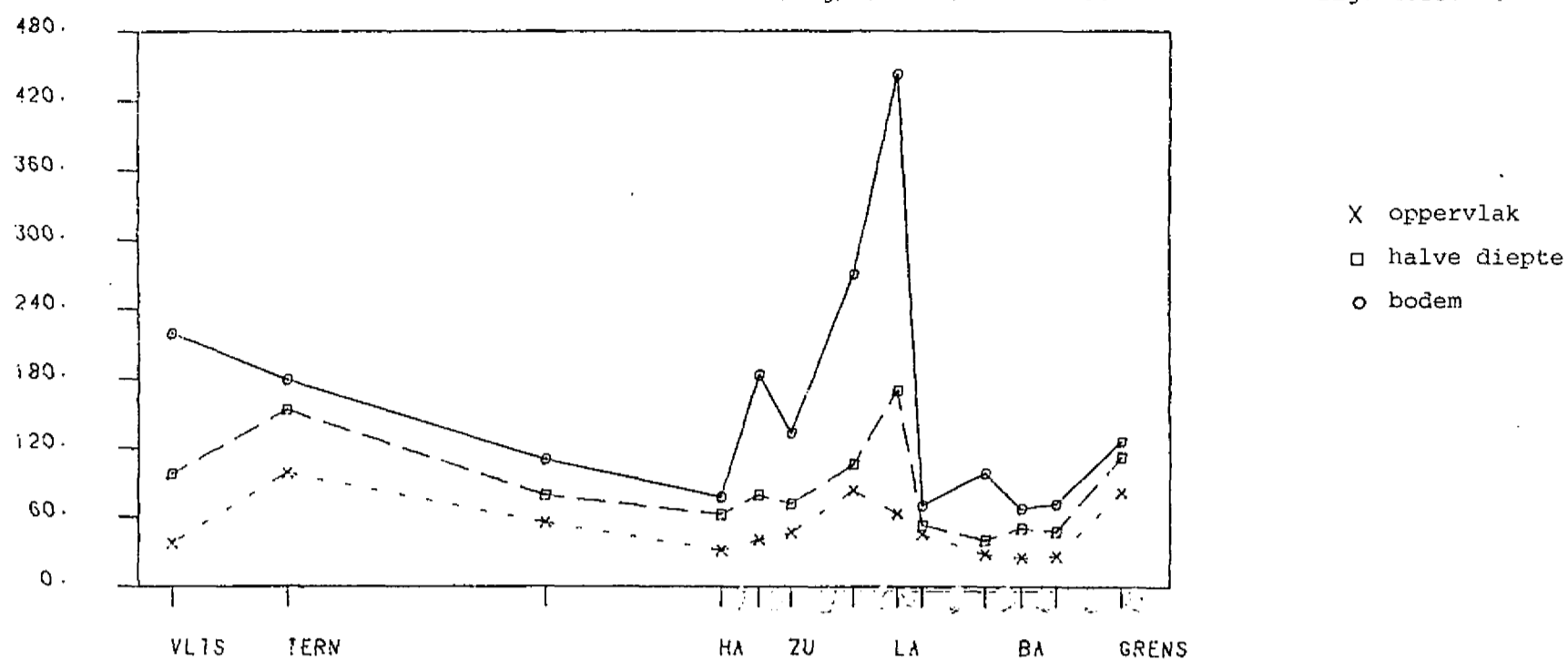
zwevende stof, mg/l, 19 t/m 21-4-1983

fig. 4.12.



zwevende stof, mg/l, 27 t/m 29-9-1983

fig. 4.13.



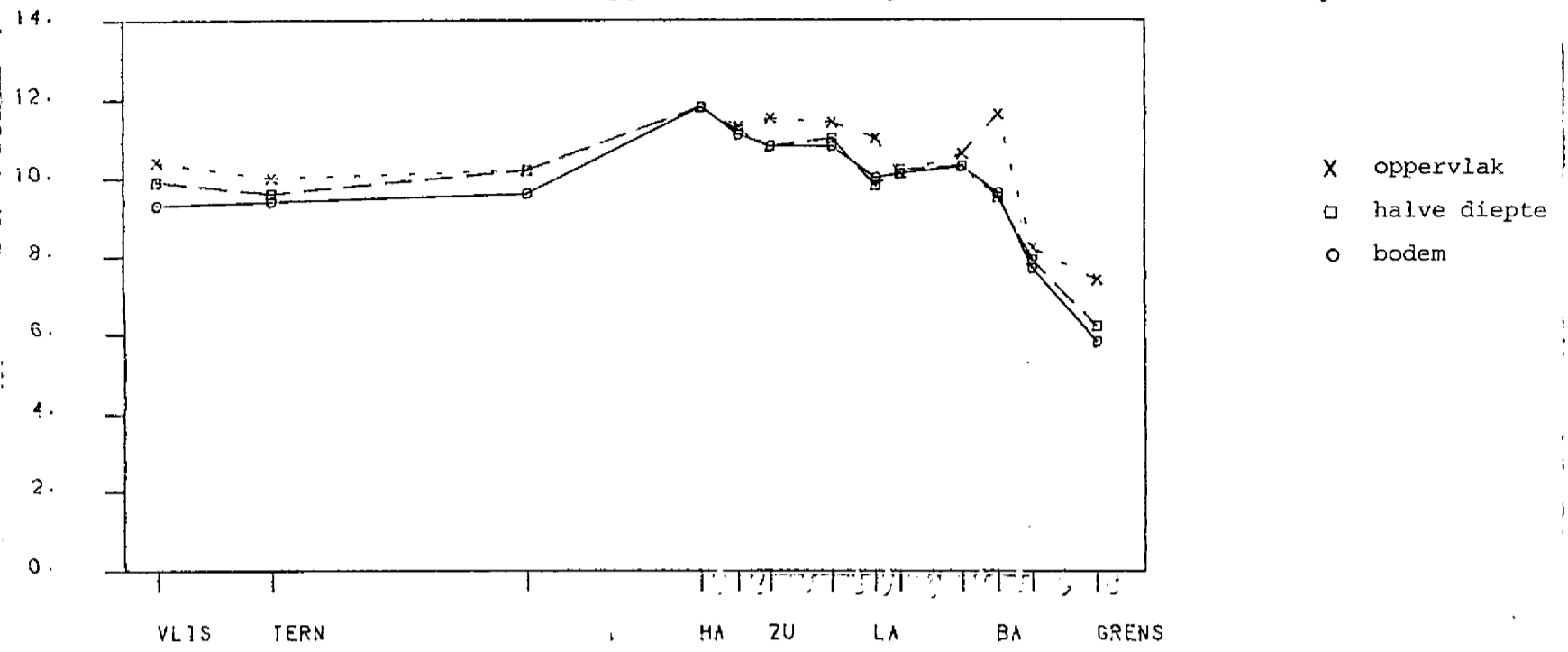
Tabel 4.3. Berekende transporten en sedimentatie van zwevende stof in de Westerschelde (kg/s).

	8 t/m 10 febr.'83	19 t/m 21 april'83	27 t/m 29 sept.'83
Netto transport Schaar van Ouden Doel	98,6	16,2	4,9
Transport rivierslib Schaar van Ouden Doel	88,7	14,6	2,5
Transport rivierslib Vlissingen	4,4	3,3	0,3
Sedimentatie rivierslib Westerschelde	84,3	11,3	2,2
Sedimentatie zeeslib Westerschelde	253	34	6,6



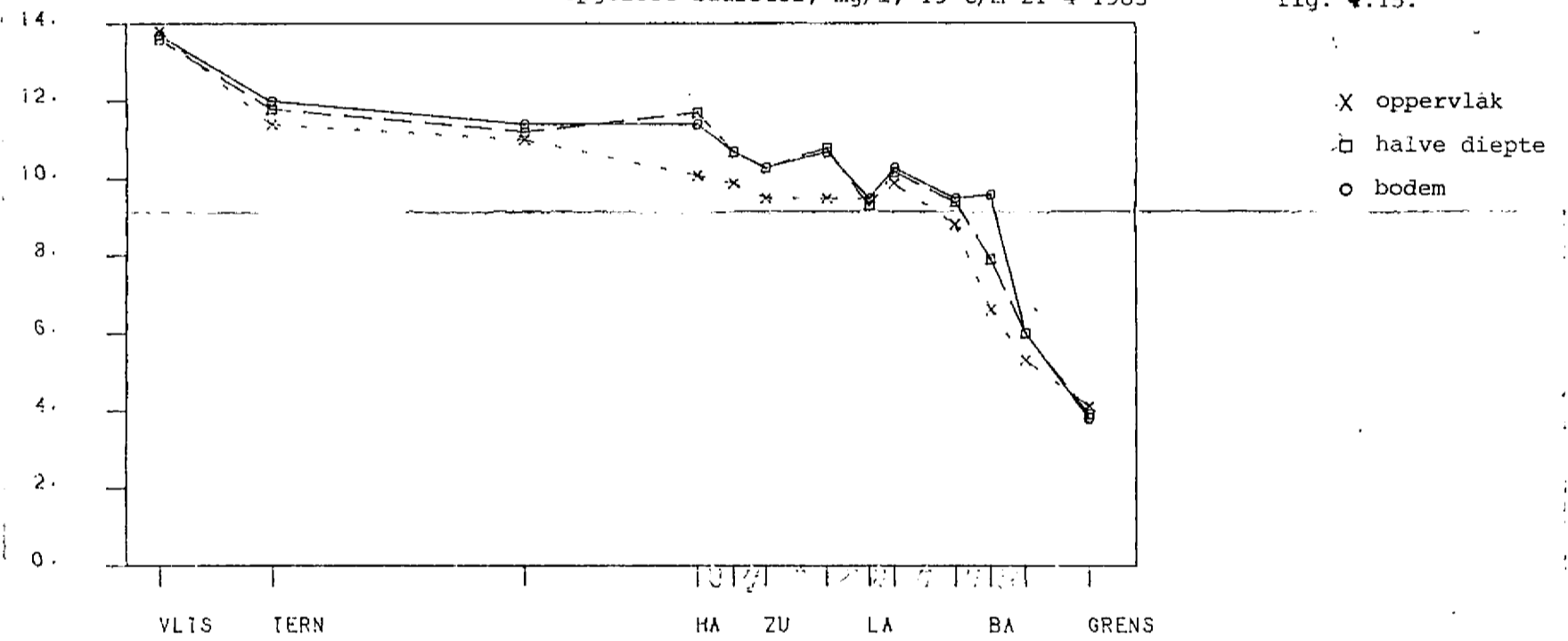
opgelost zuurstof, mg/l, 8 t/m 10-2-1983

fig. 4.14.



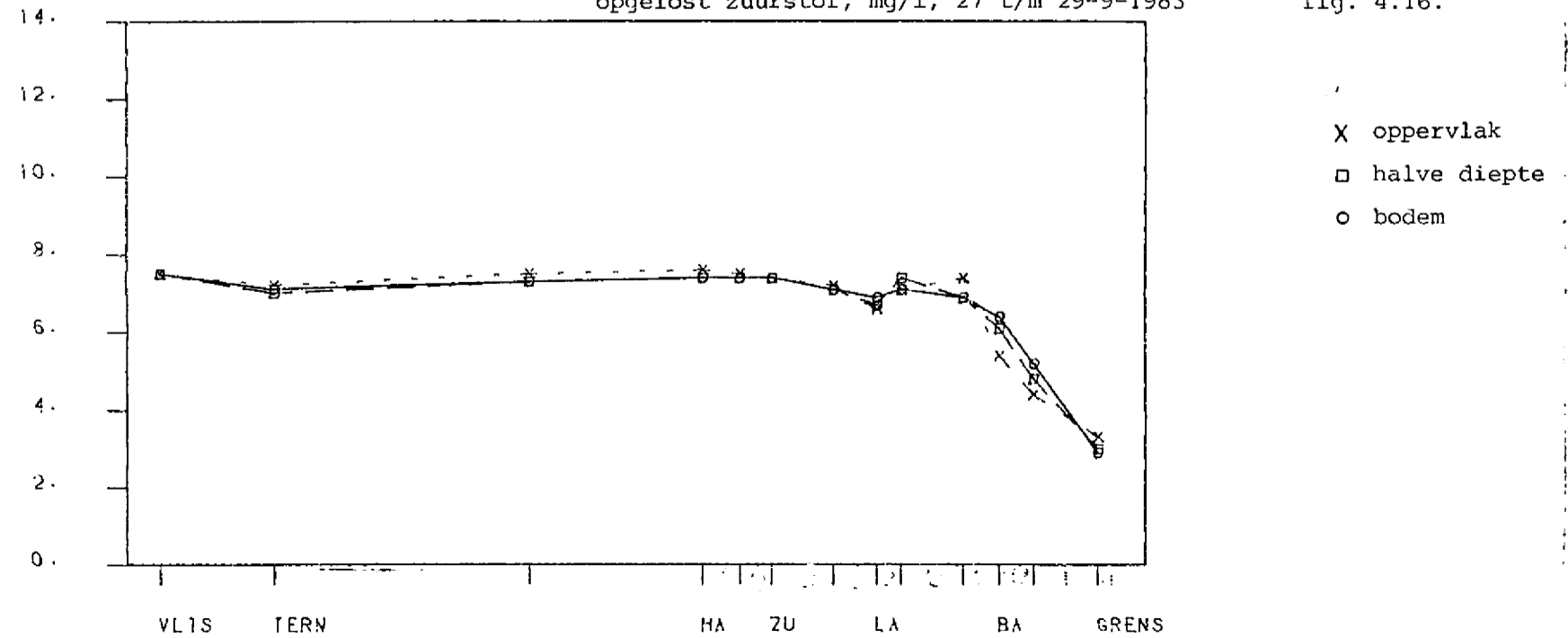
opgelost zuurstof, mg/l, 19 t/m 21-4-1983

fig. 4.15.



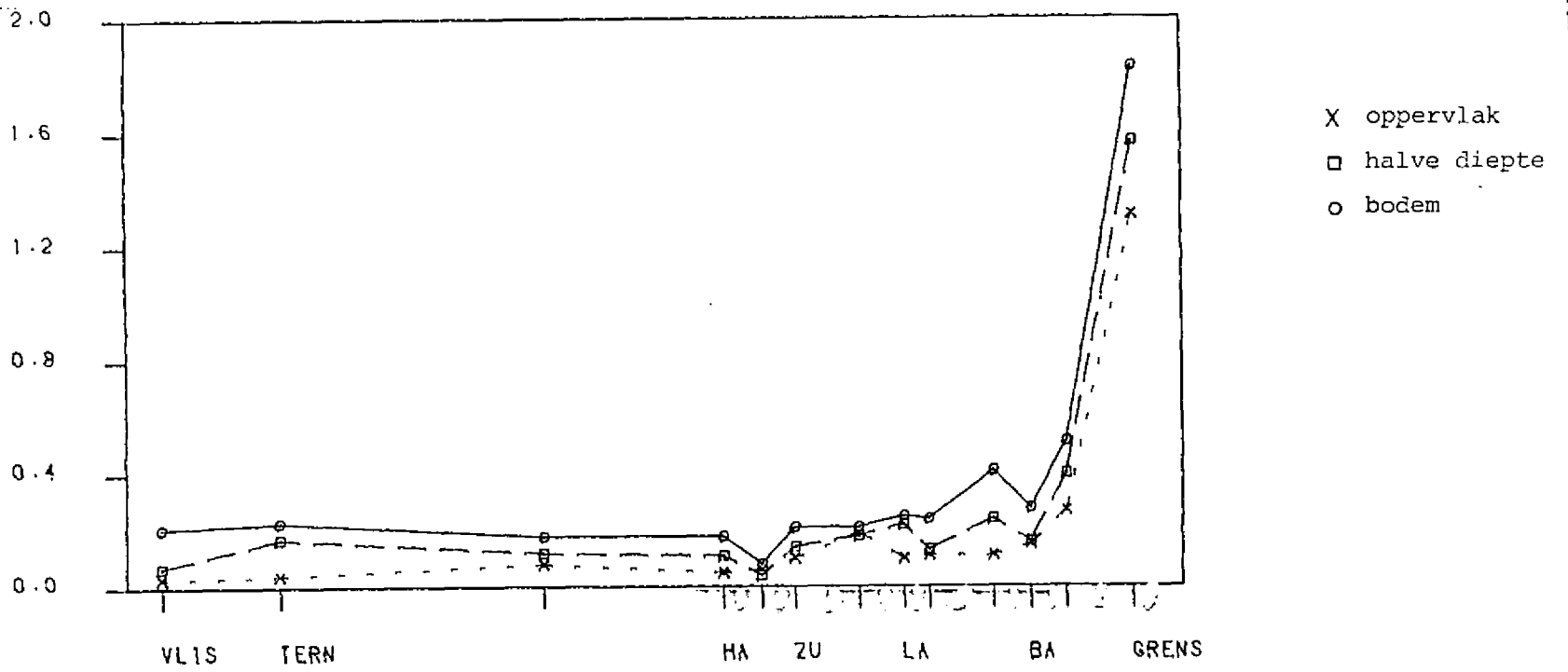
opgelost zuurstof, mg/l, 27 t/m 29-9-1983

fig. 4.16.



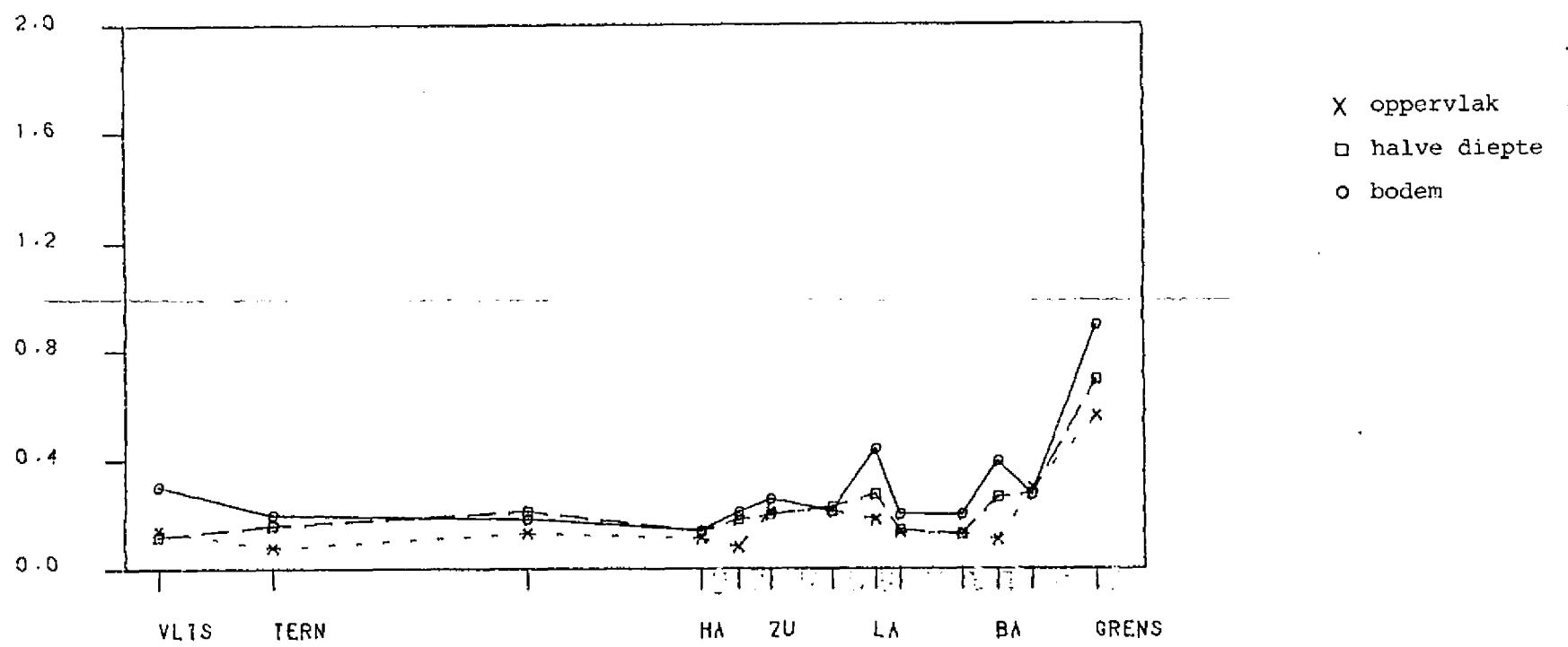
part. P, mg/l, 8 t/m 10-2-1983

fig. 4.26.



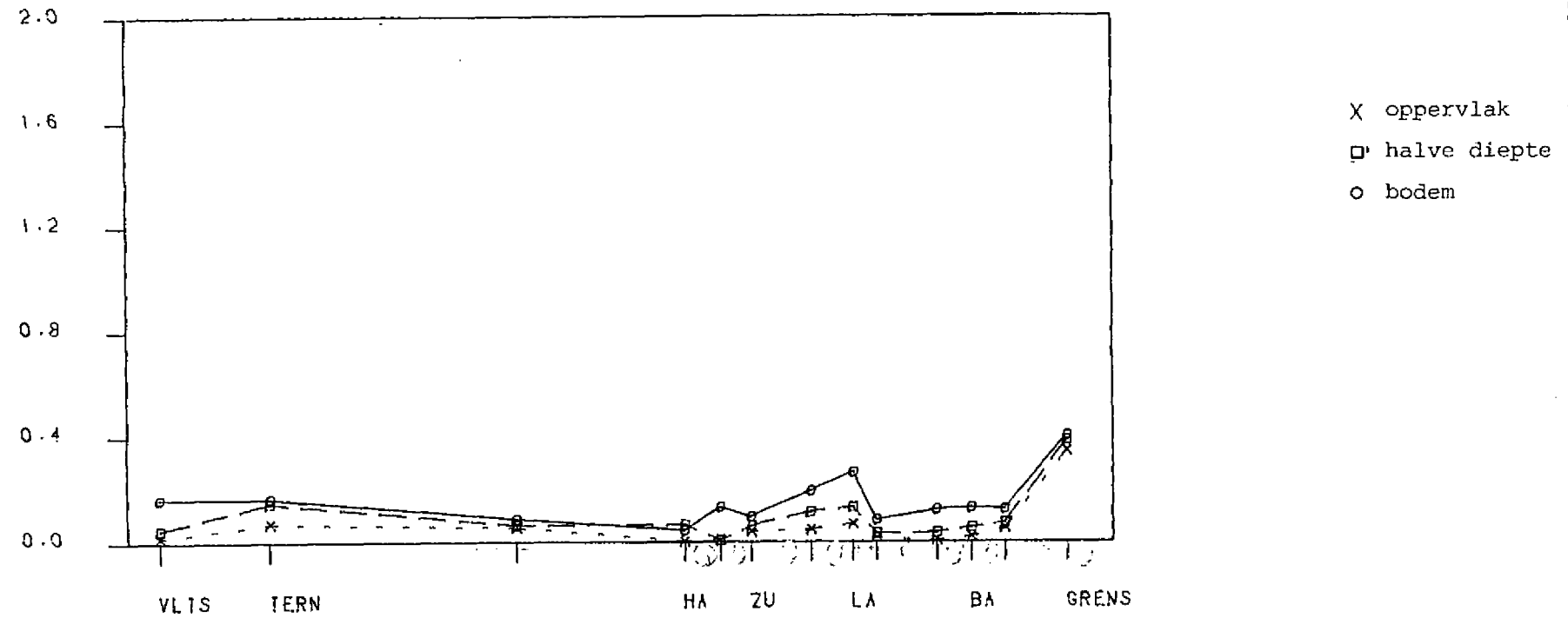
part. P, mg/l, 19 t/m 21-4-1983

fig. 4.27.



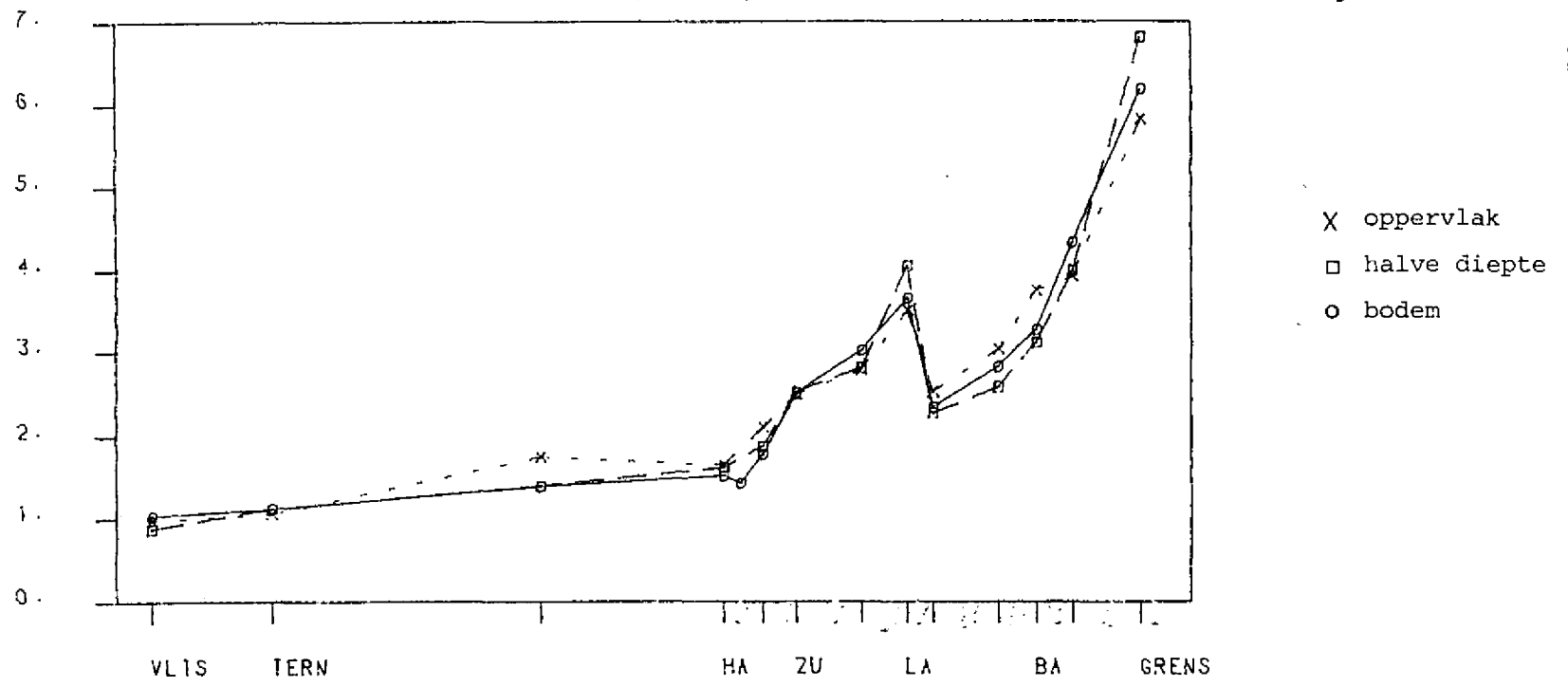
part. P, mg/l, 27 t/m 29-9-1983

fig. 4.28.



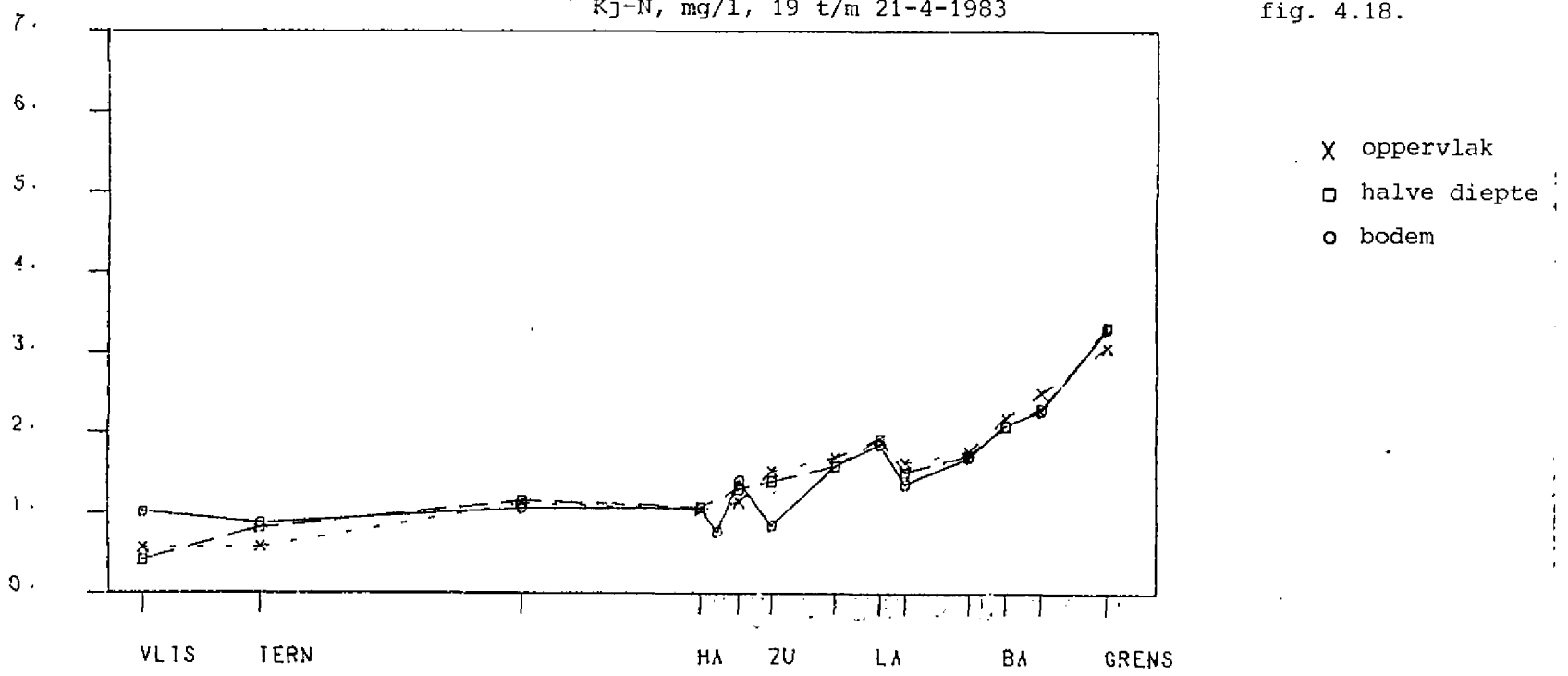
Kjd-N, mg/l, 8 t/m 10-2-1983

fig. 4.17.



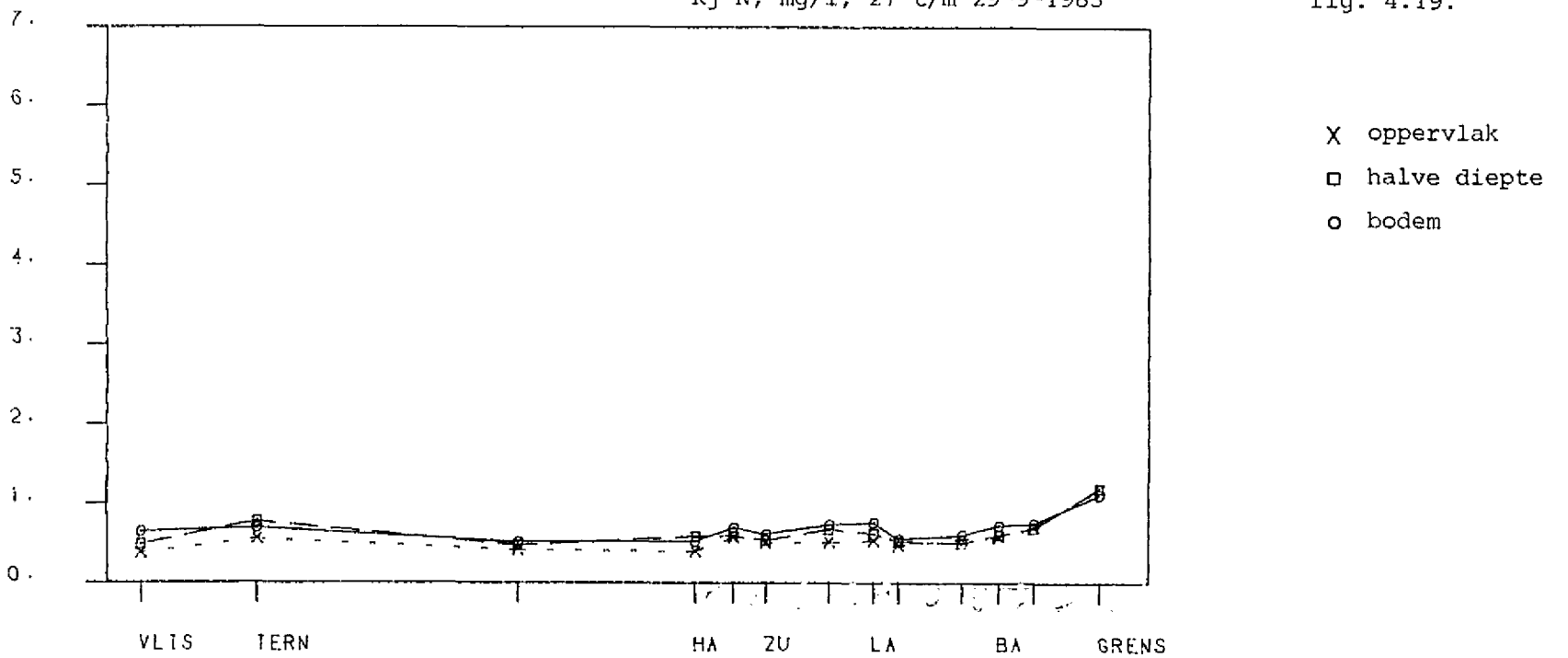
Kj-N, mg/l, 19 t/m 21-4-1983

fig. 4.18.



Kj-N, mg/l, 27 t/m 29-9-1983

fig. 4.19.



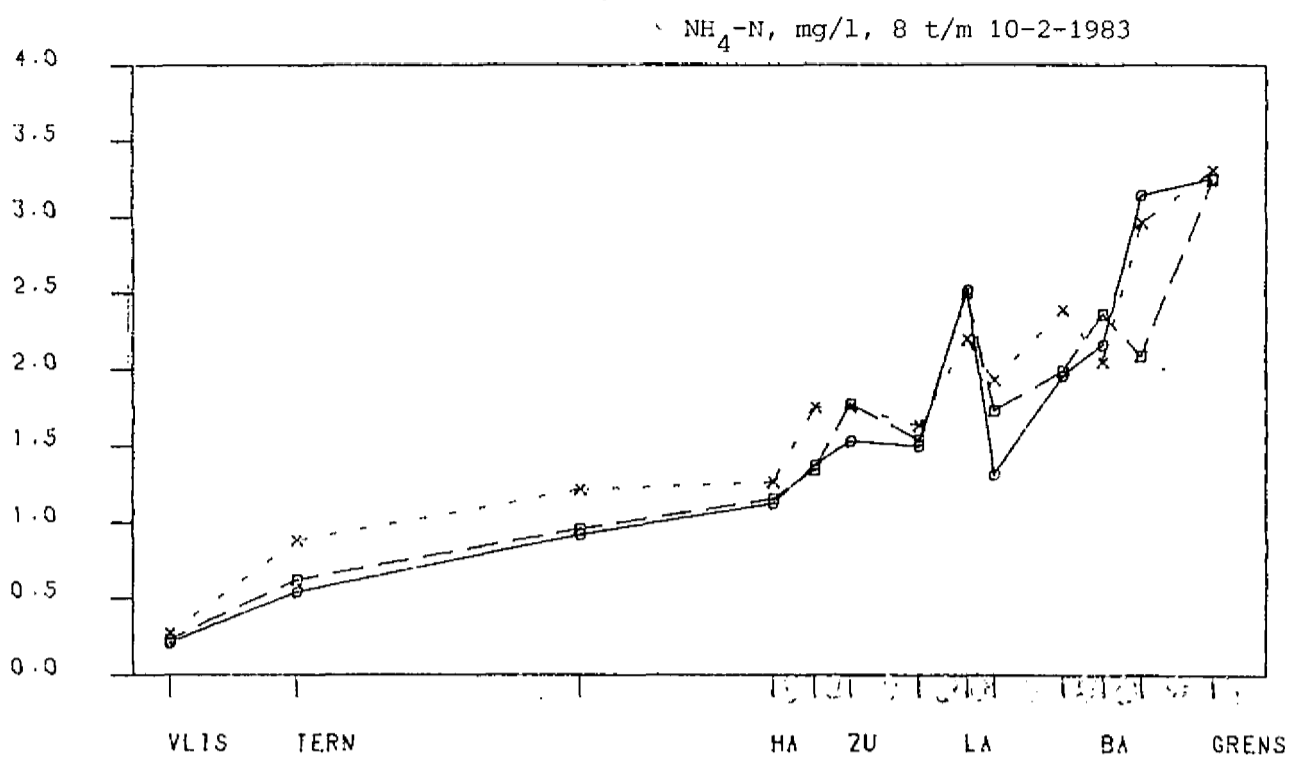


fig. 4.20.

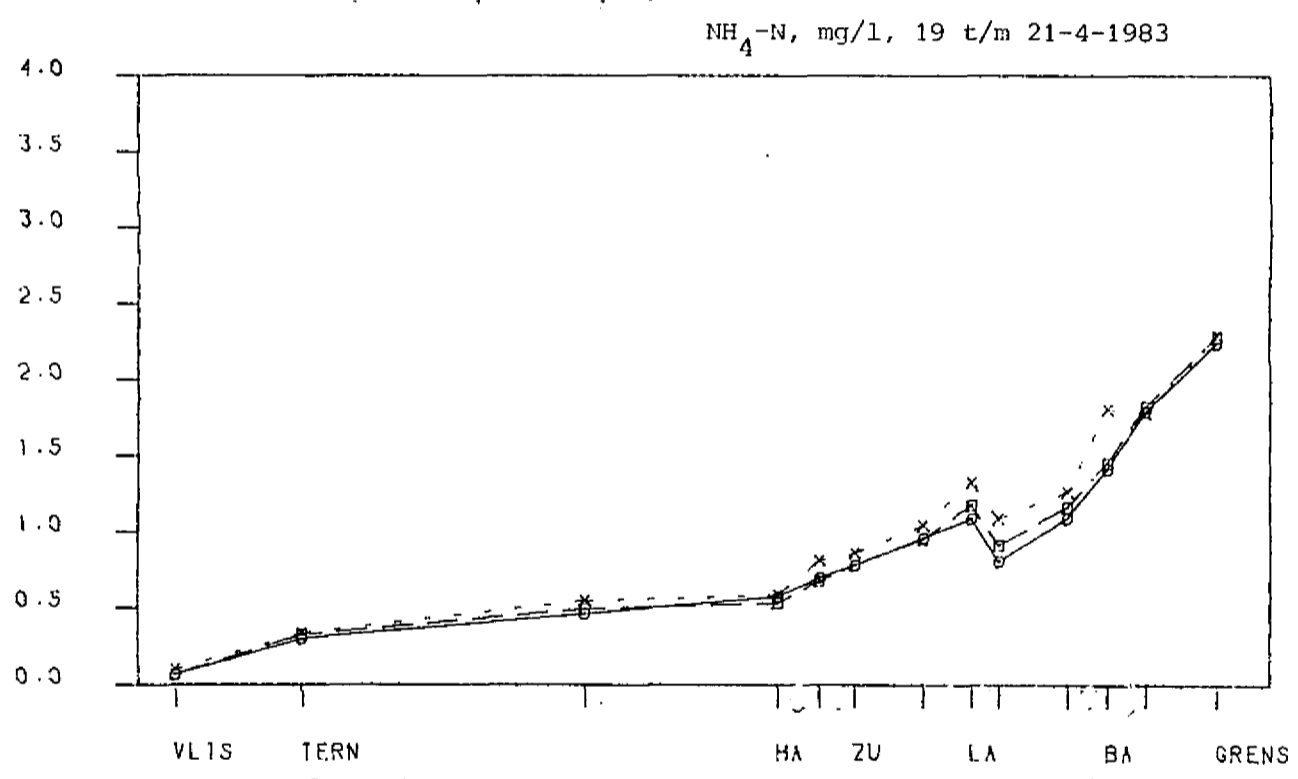


fig. 4.21.

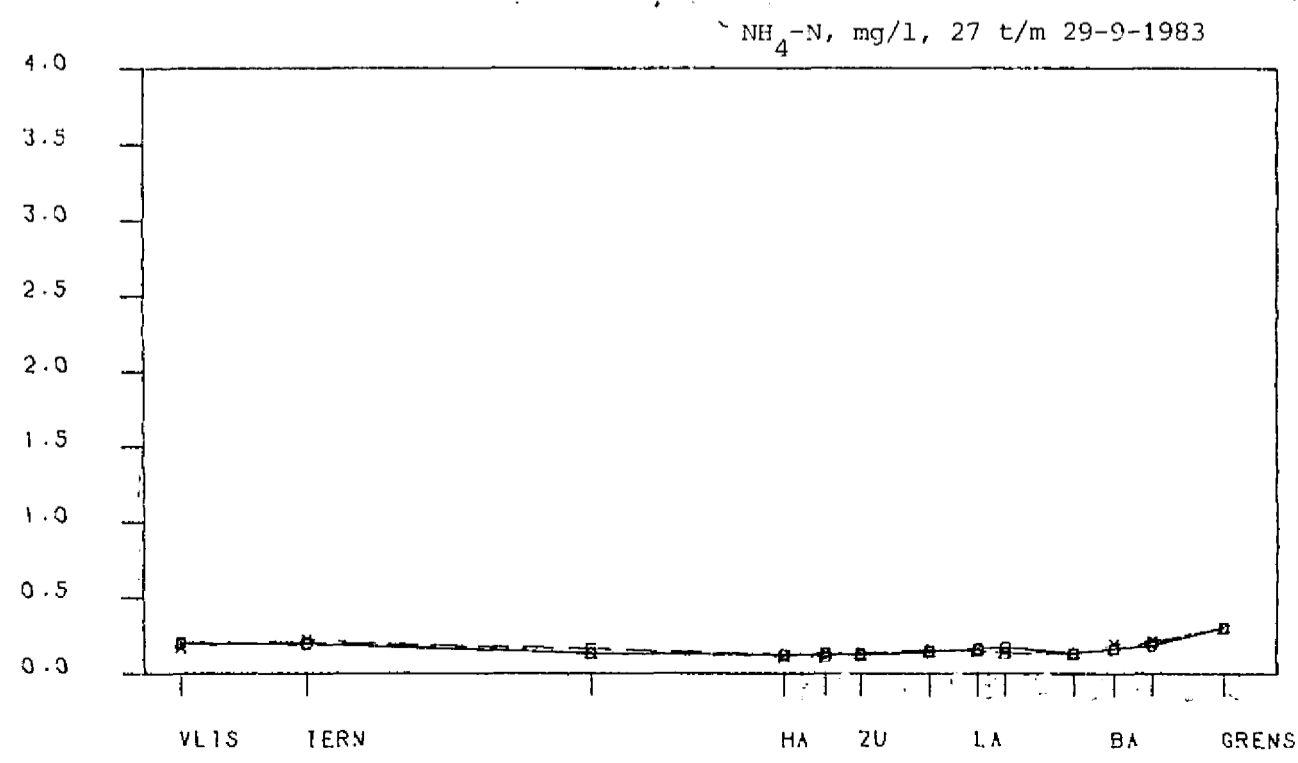
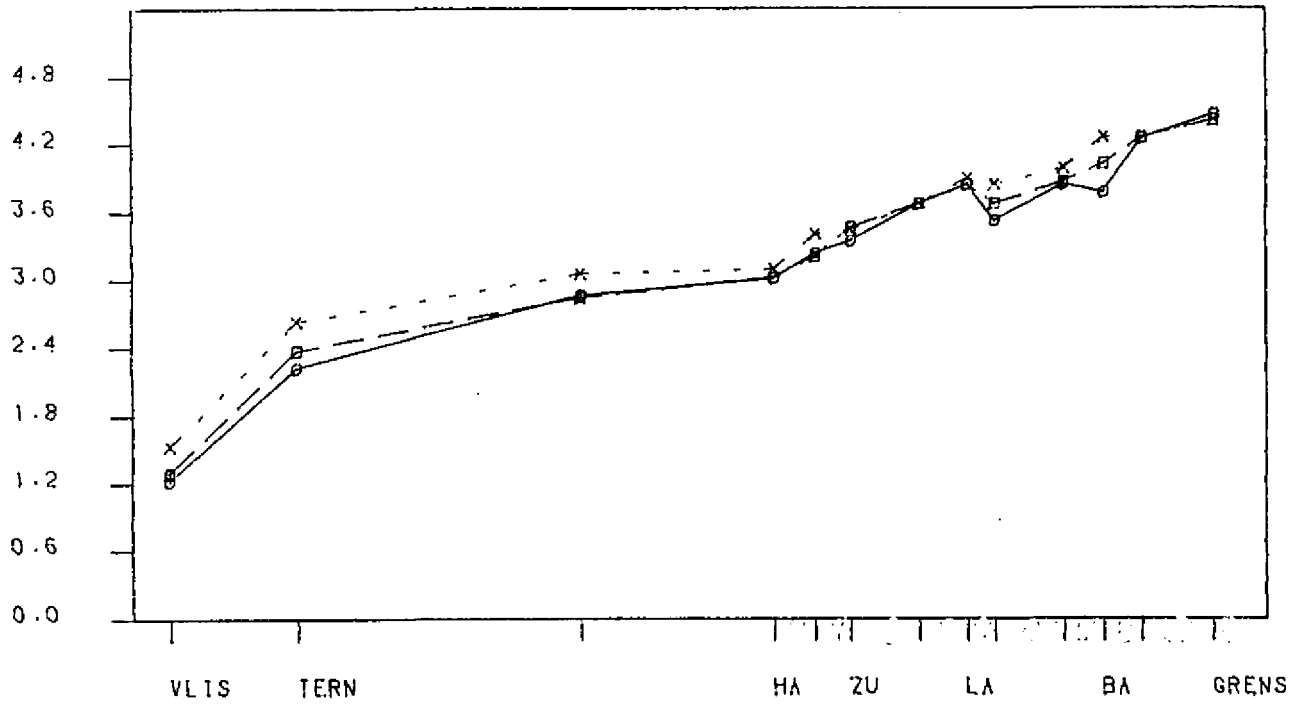


fig. 4.22.

NO<sub>3</sub>-N, mg/l, 8 t/m 10-2-1983

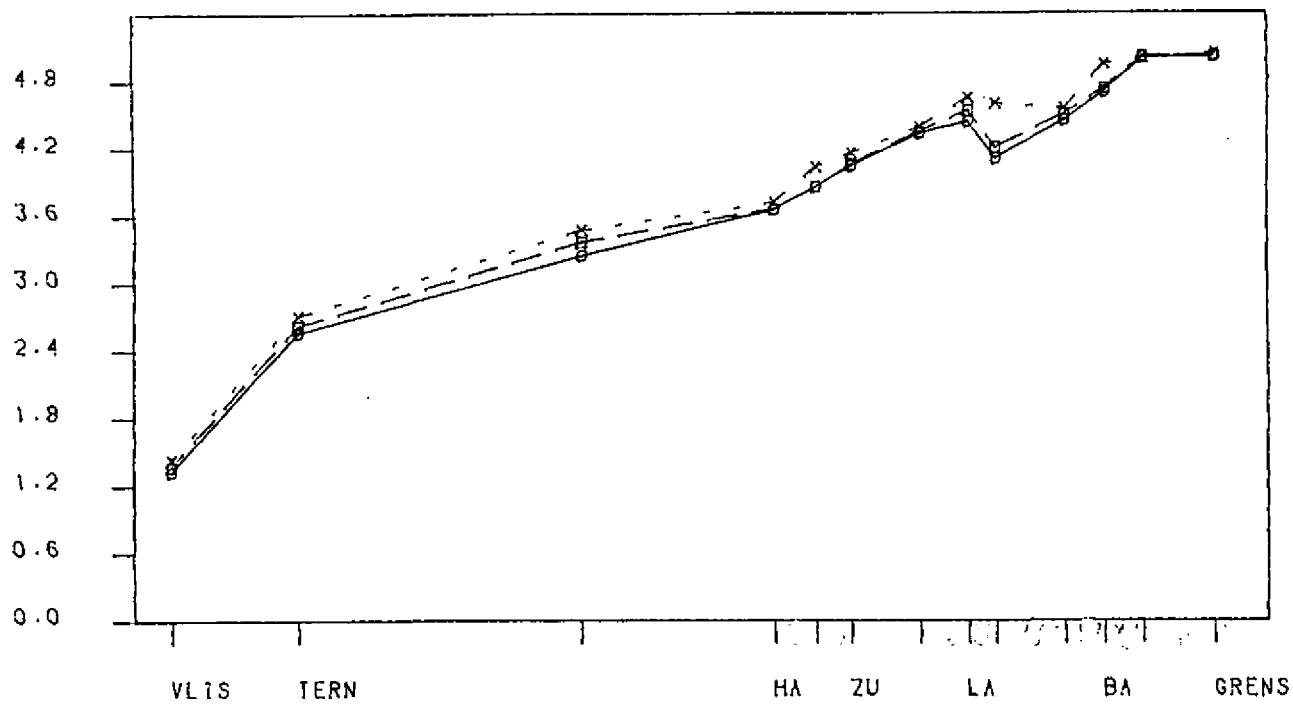
fig. 4.23.



X oppervlak  
□ halve diepte  
○ bodem

NO<sub>3</sub>-N, mg/l, 19 t/m 21-4-1983

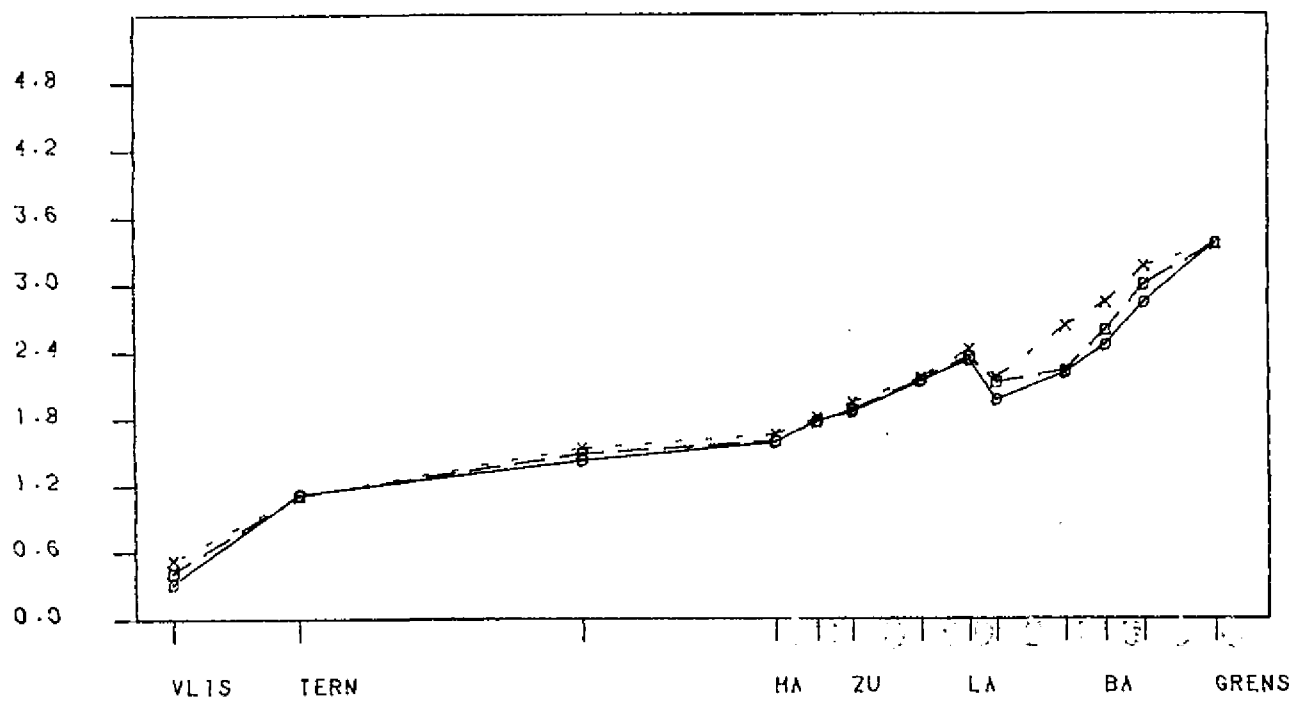
fig. 4.24.



X oppervlak  
□ halve diepte  
○ bodem

NO<sub>3</sub>-N, mg/l, 27 t/m 29-9-1983

fig. 4.25.



X oppervlak  
□ halve diepte  
○ bodem

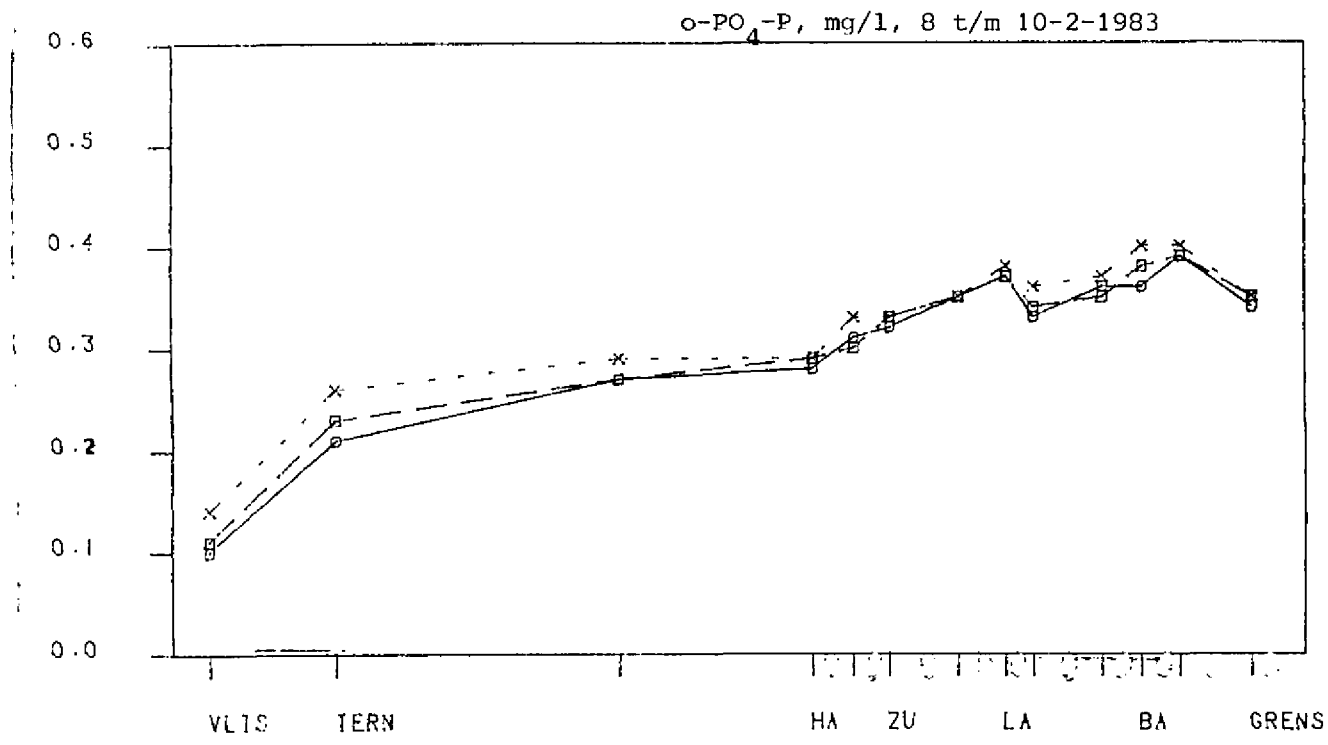


fig. 4.29.

X oppervlak  
 □ halve diepte  
 ○ bodem

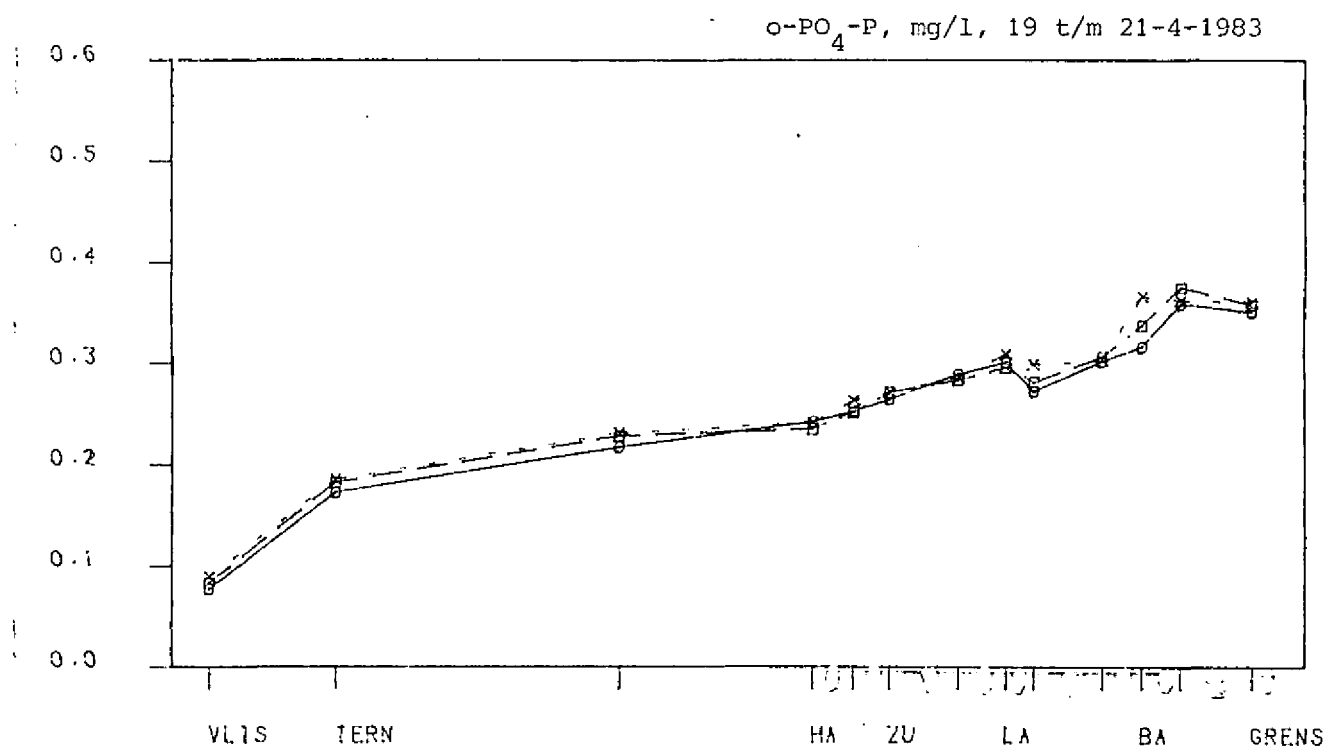


fig. 4.30.

X oppervlak  
 □ halve diepte  
 ○ bodem

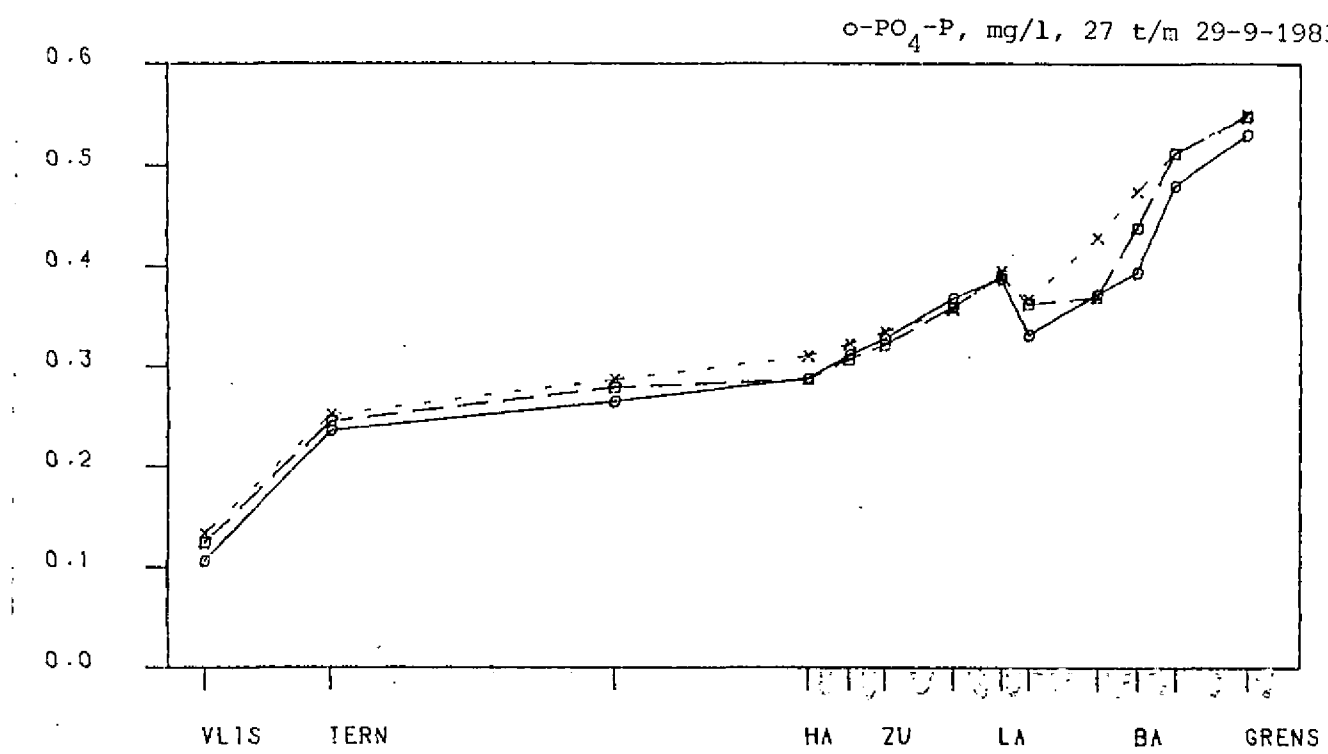


fig. 4.31.

X oppervlak  
 □ halve diepte  
 ○ bodem

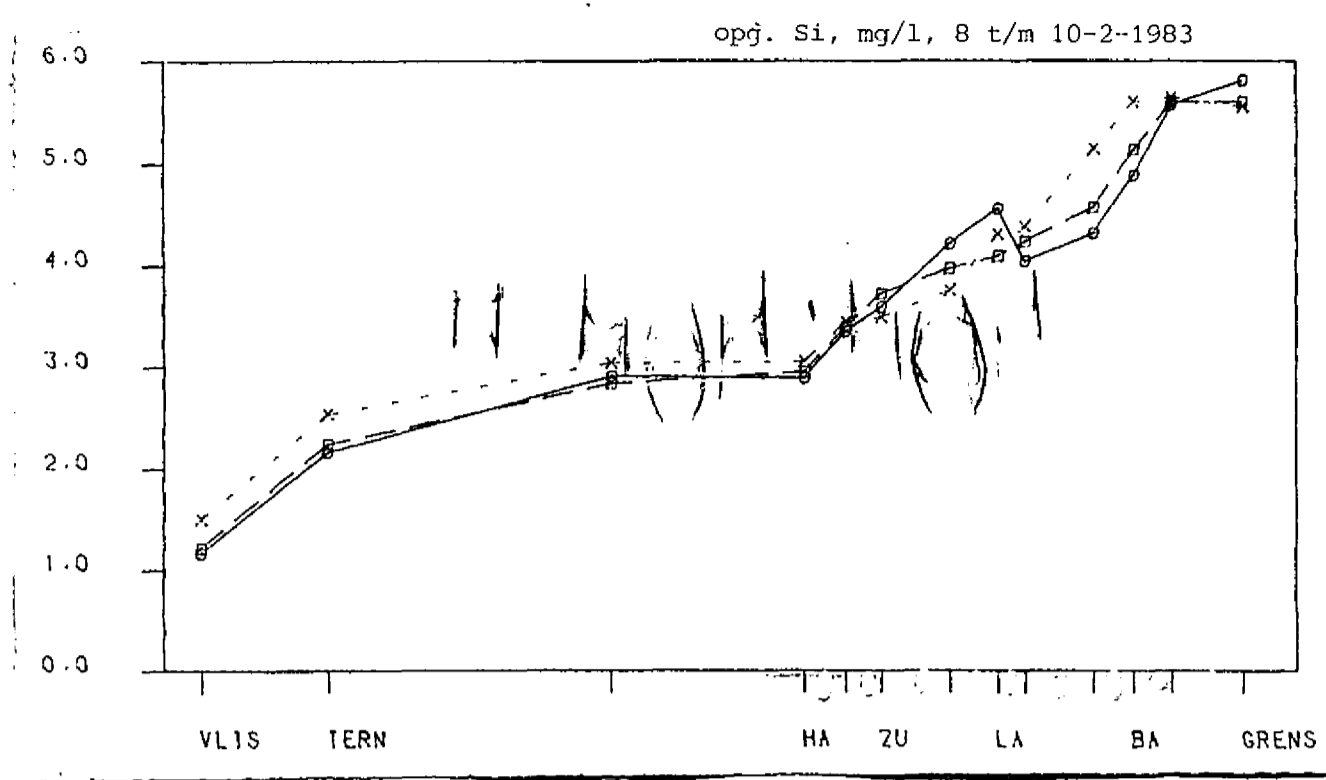


fig. 4.32.

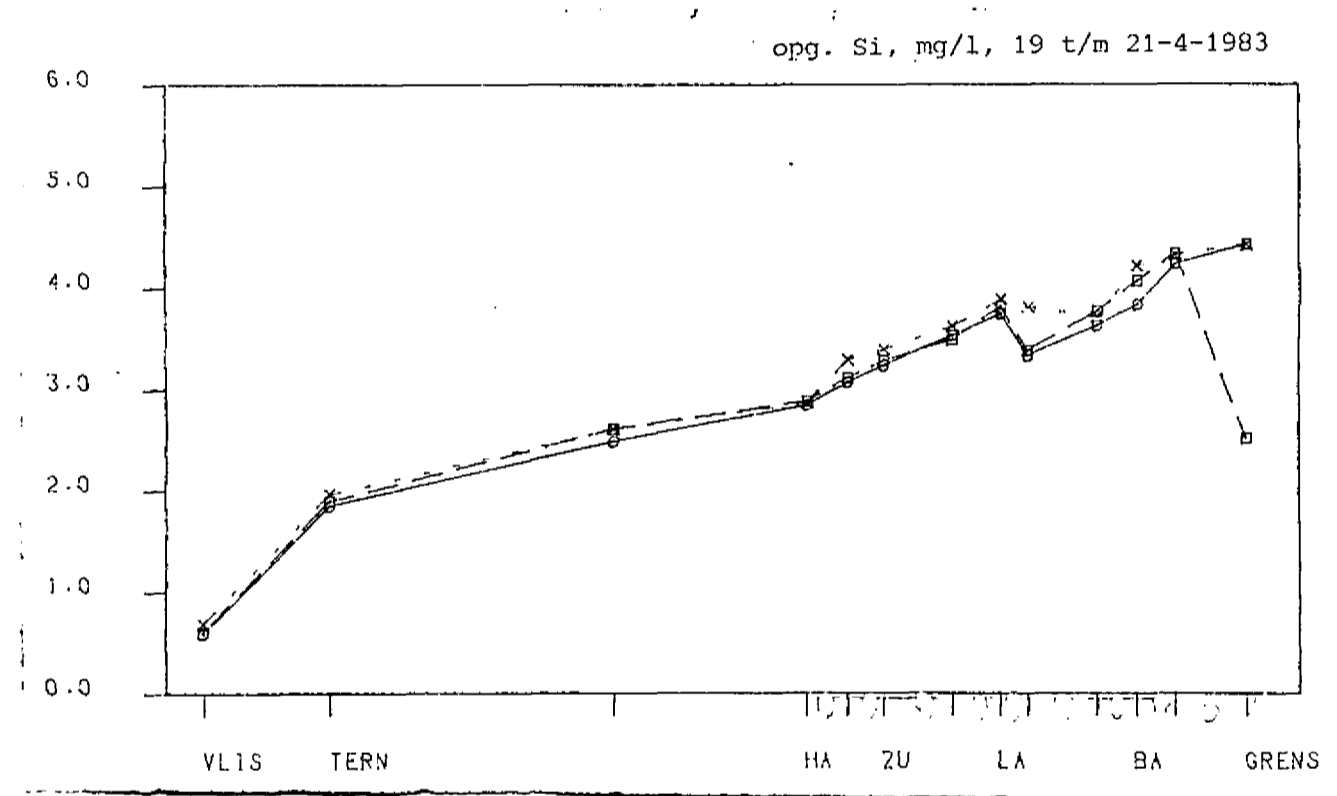


fig. 4.33.

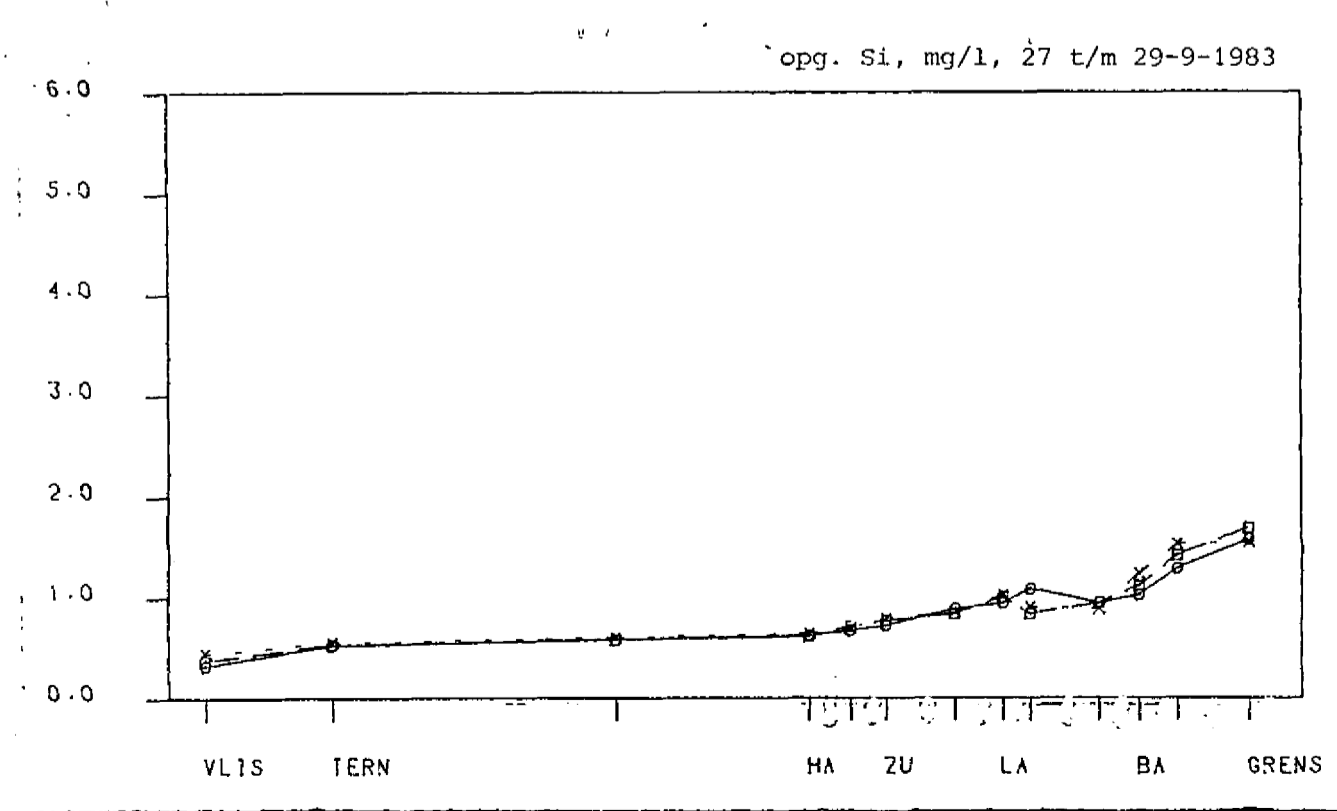
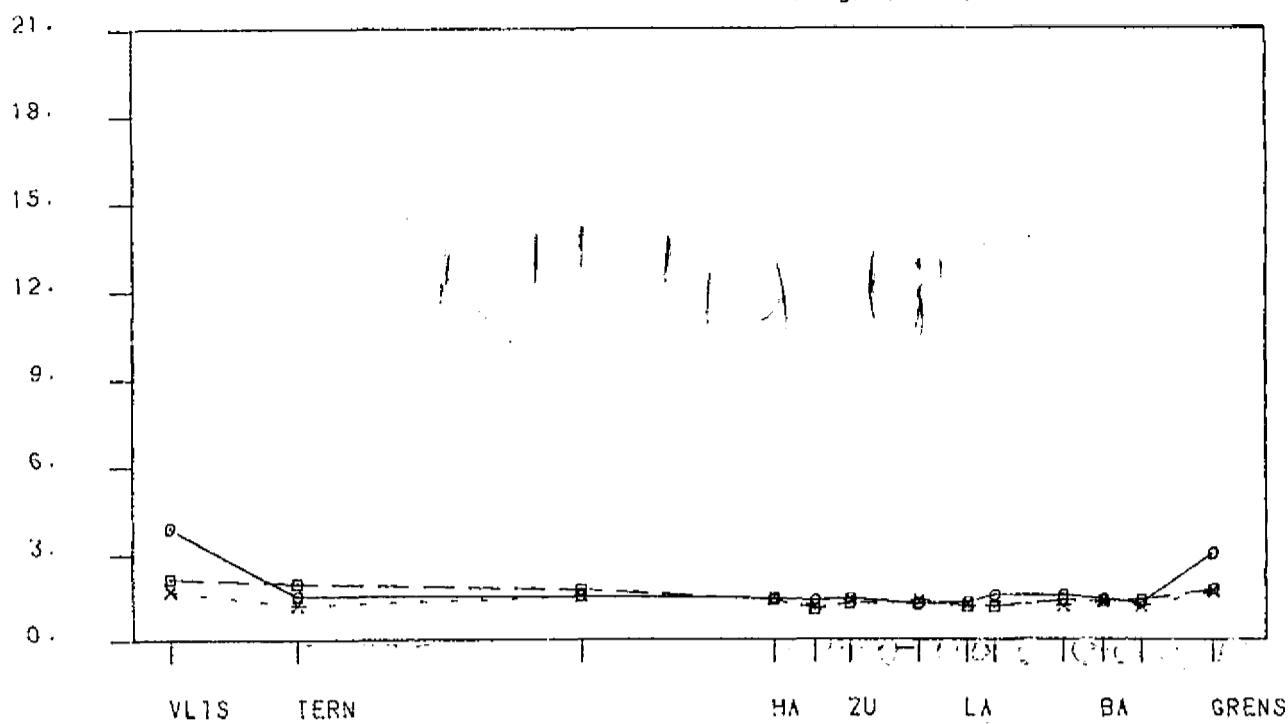


fig. 4.34.

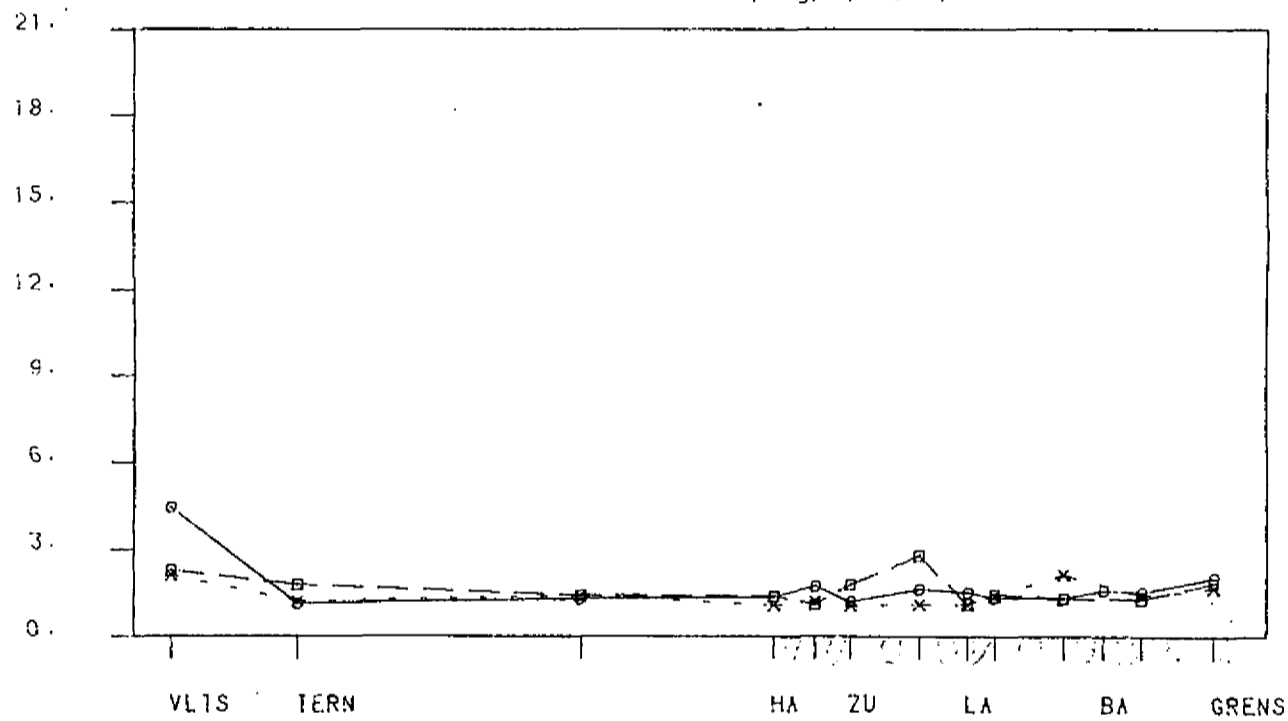
POC, mg/l, 8 t/m 10-2-1983

fig. 4.35.



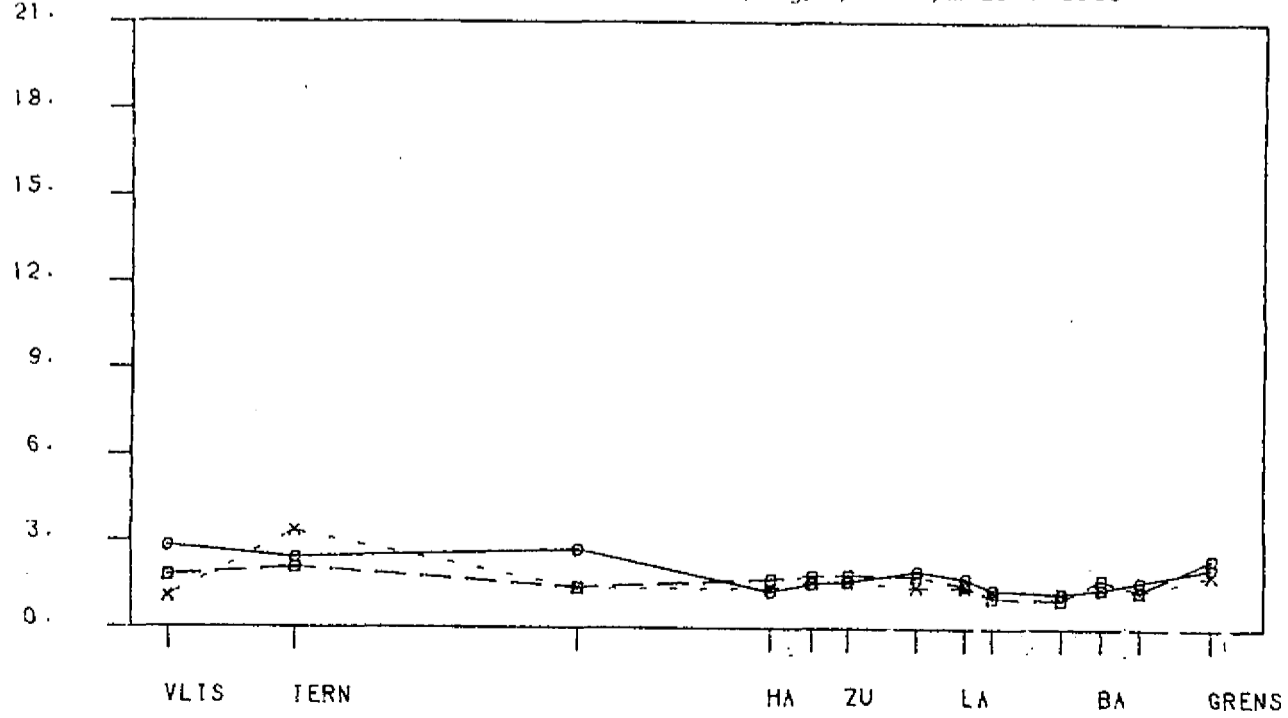
POC, mg/l, 19 t/m 21-4-1983

fig. 4.36.



POC, mg/l, 27 t/m 29-9-1983

fig. 4.37.





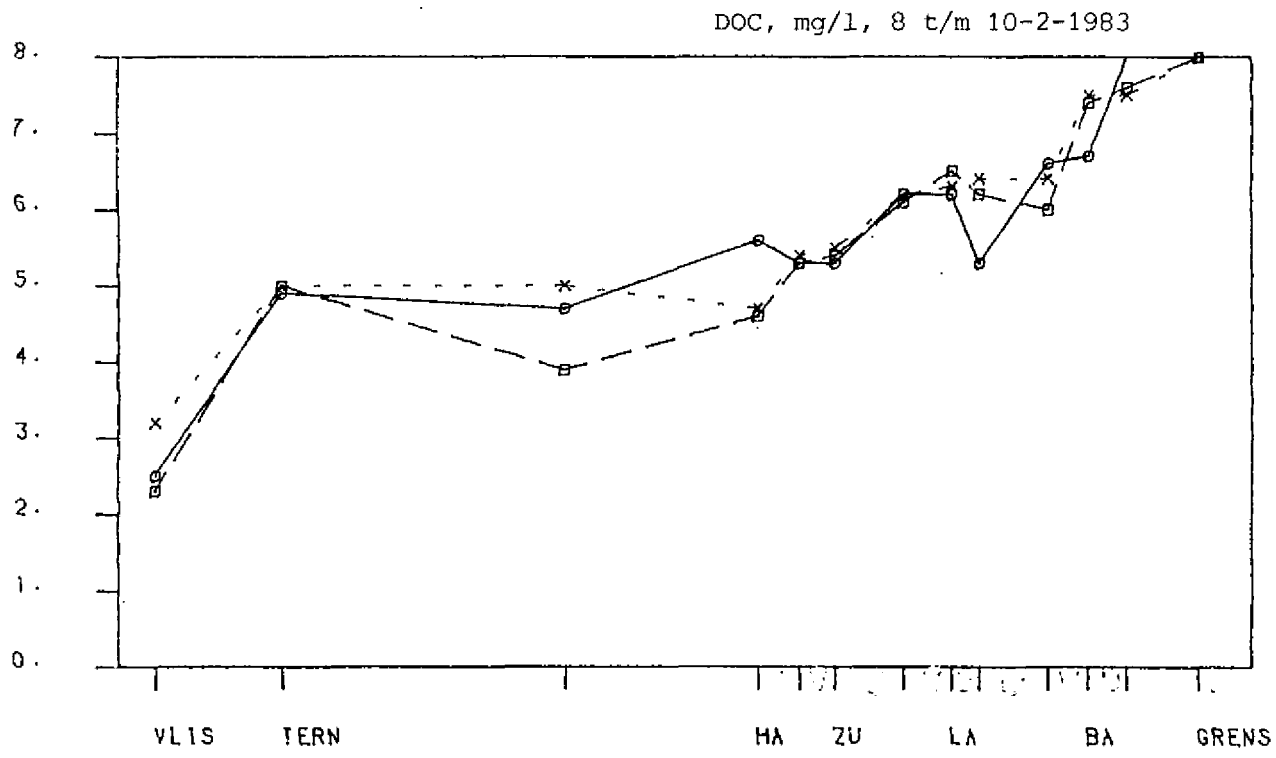


fig. 4.38.

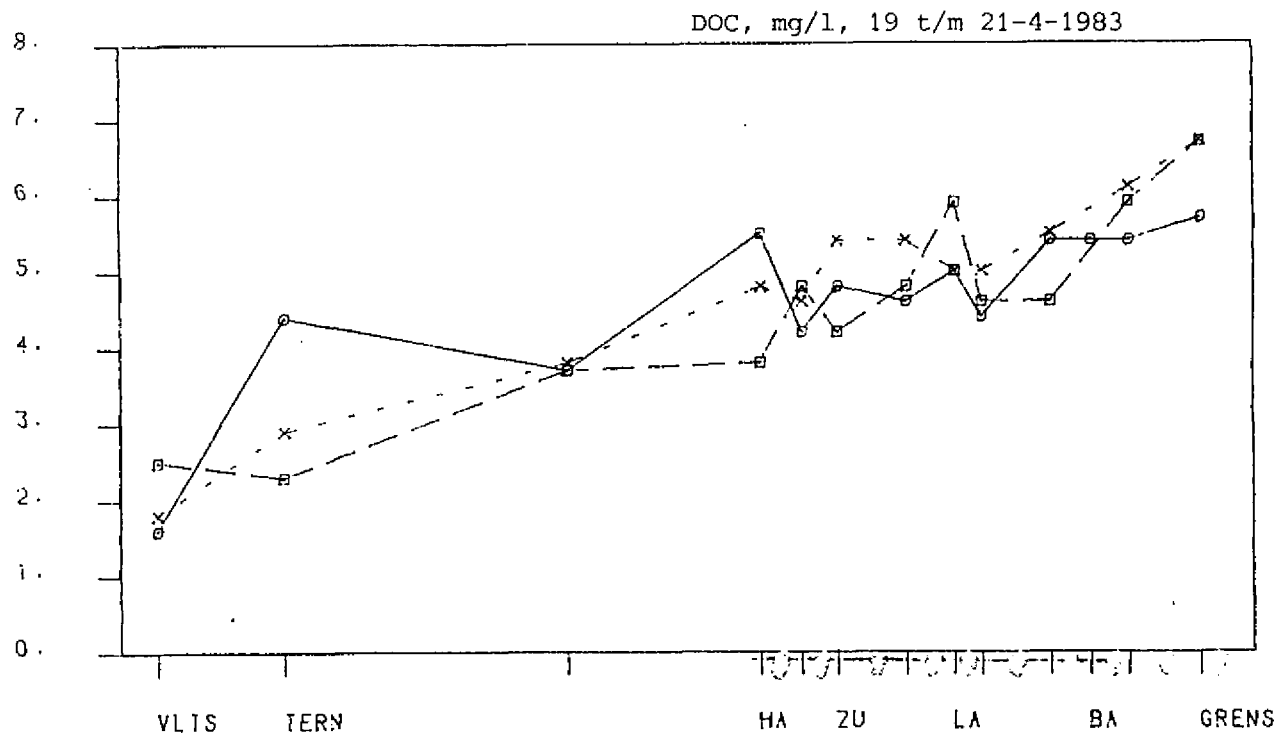


fig. 4.39.

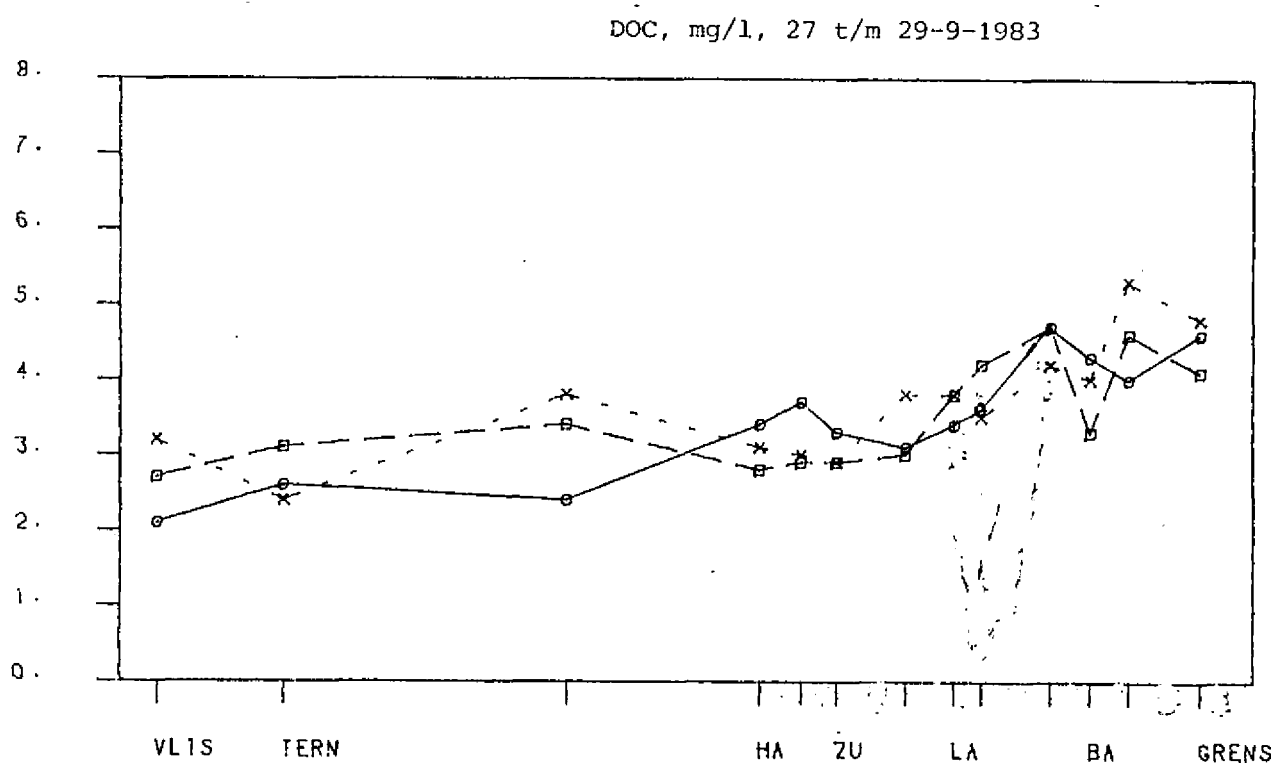
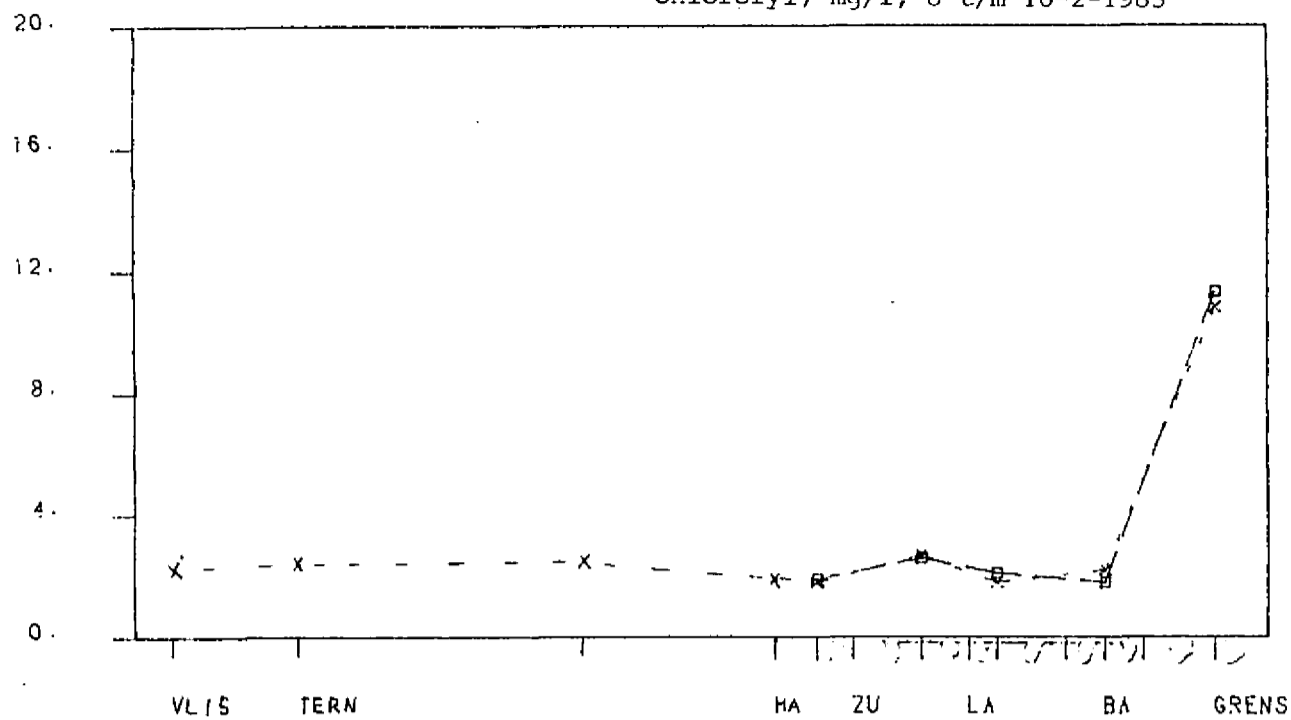


fig. 4.40.

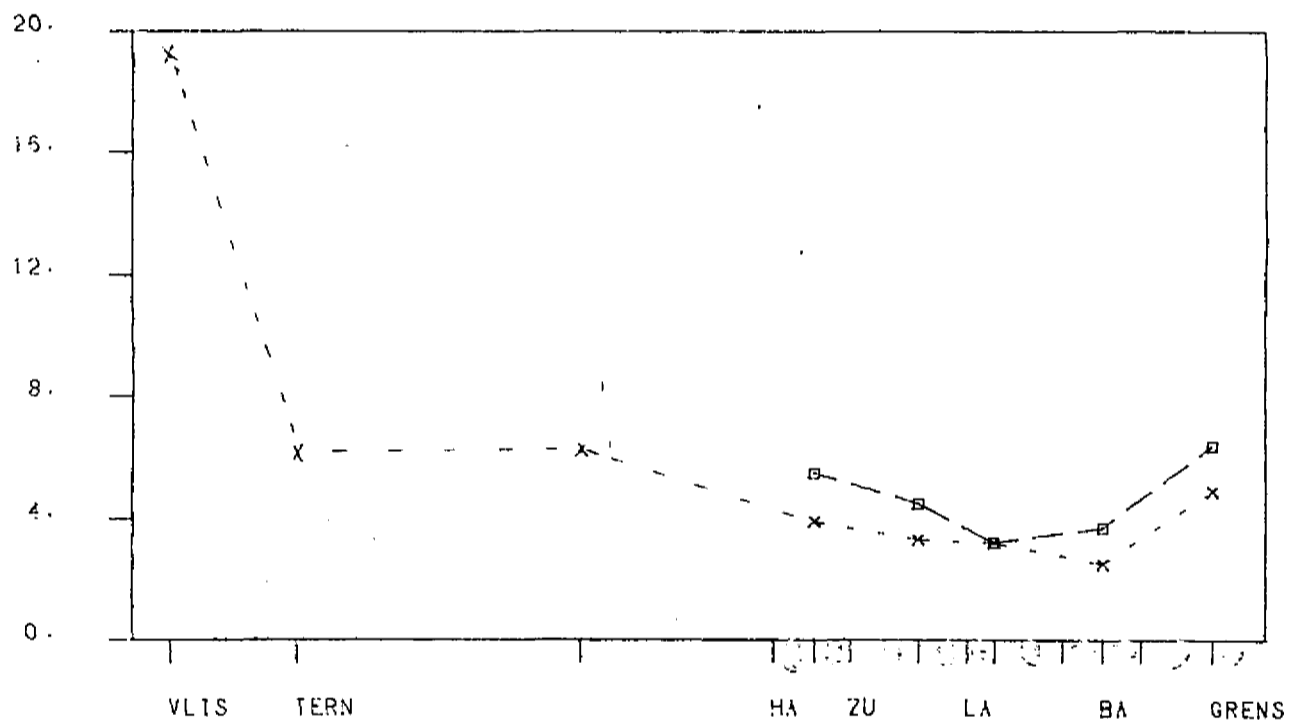
chlorofyl, mg/l, 8 t/m 10-2-1983

fig. 4.41.



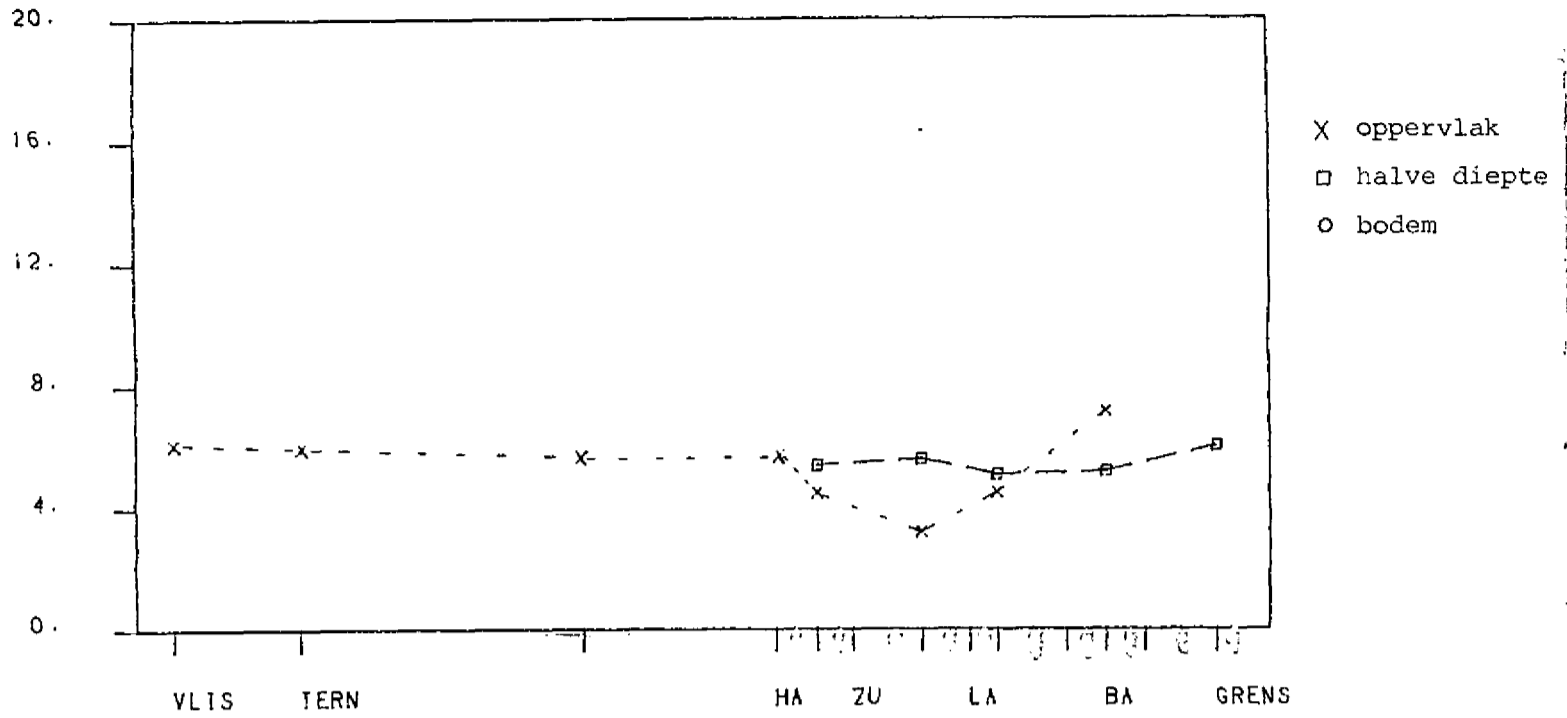
chlorofyl, mg/l, 19 t/m 21-4-1983

fig. 4.42.



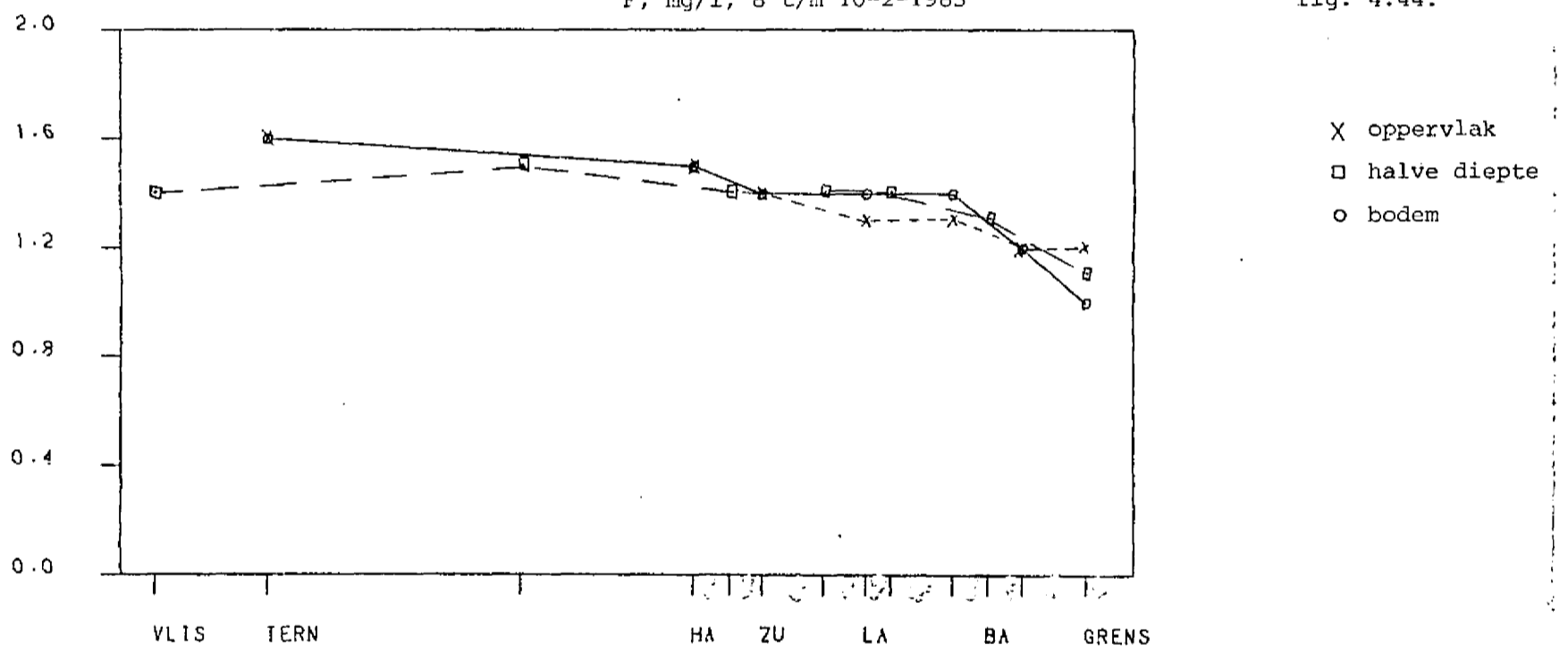
chlorofyl, mg/l, 27 t/m 29-9-1983

fig. 4.43.



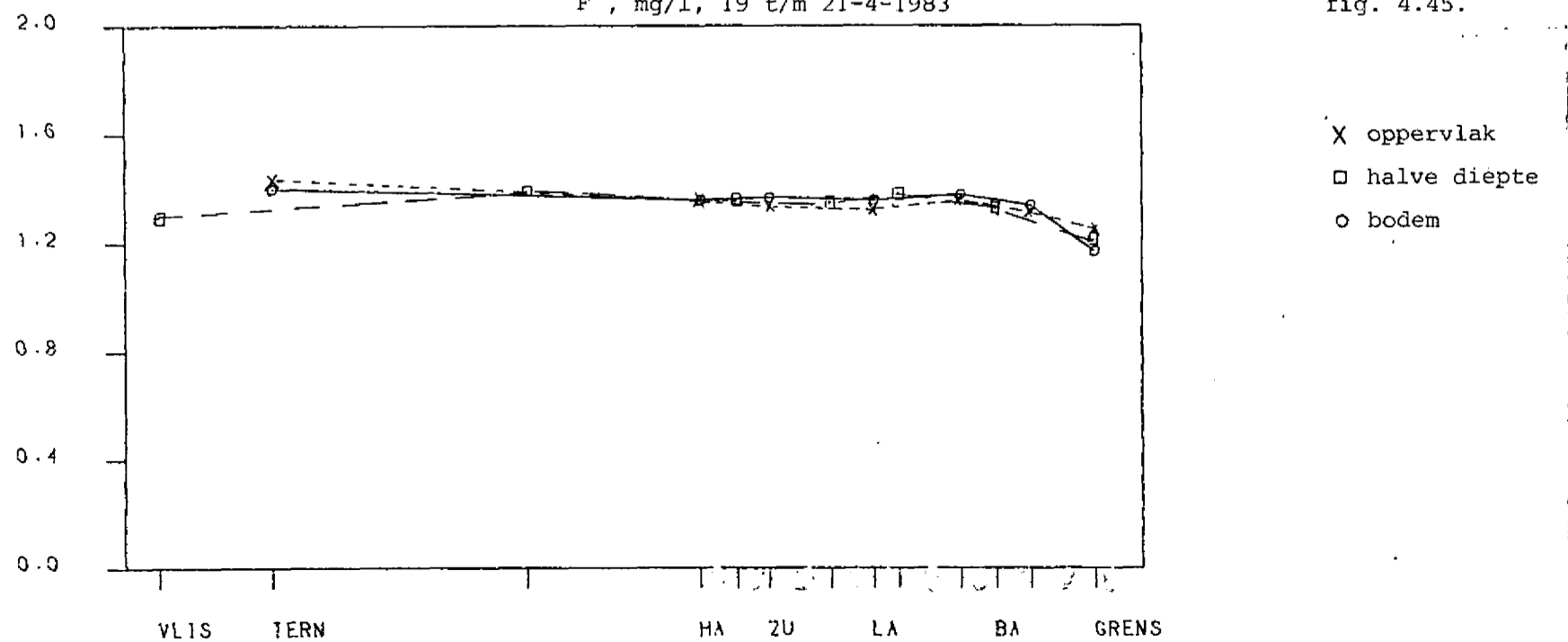
F, mg/l, 8 t/m 10-2-1983

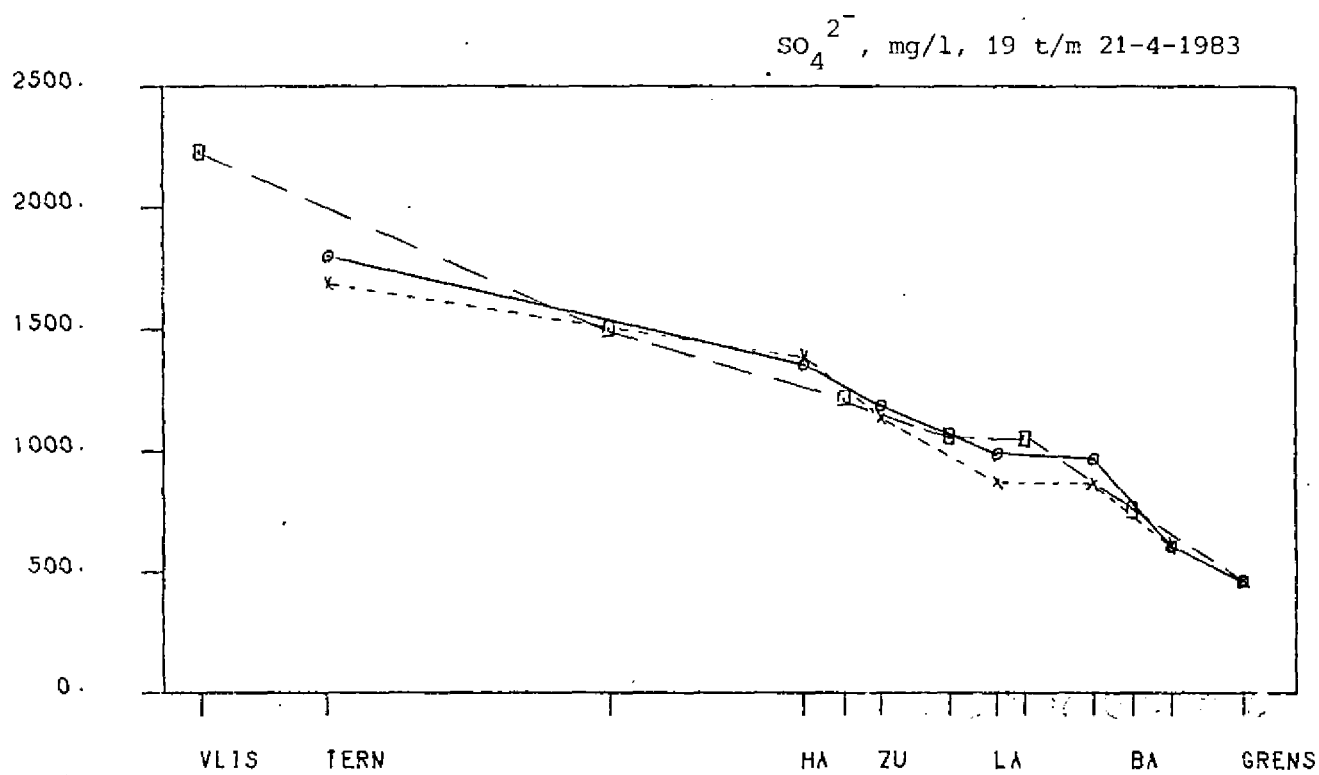
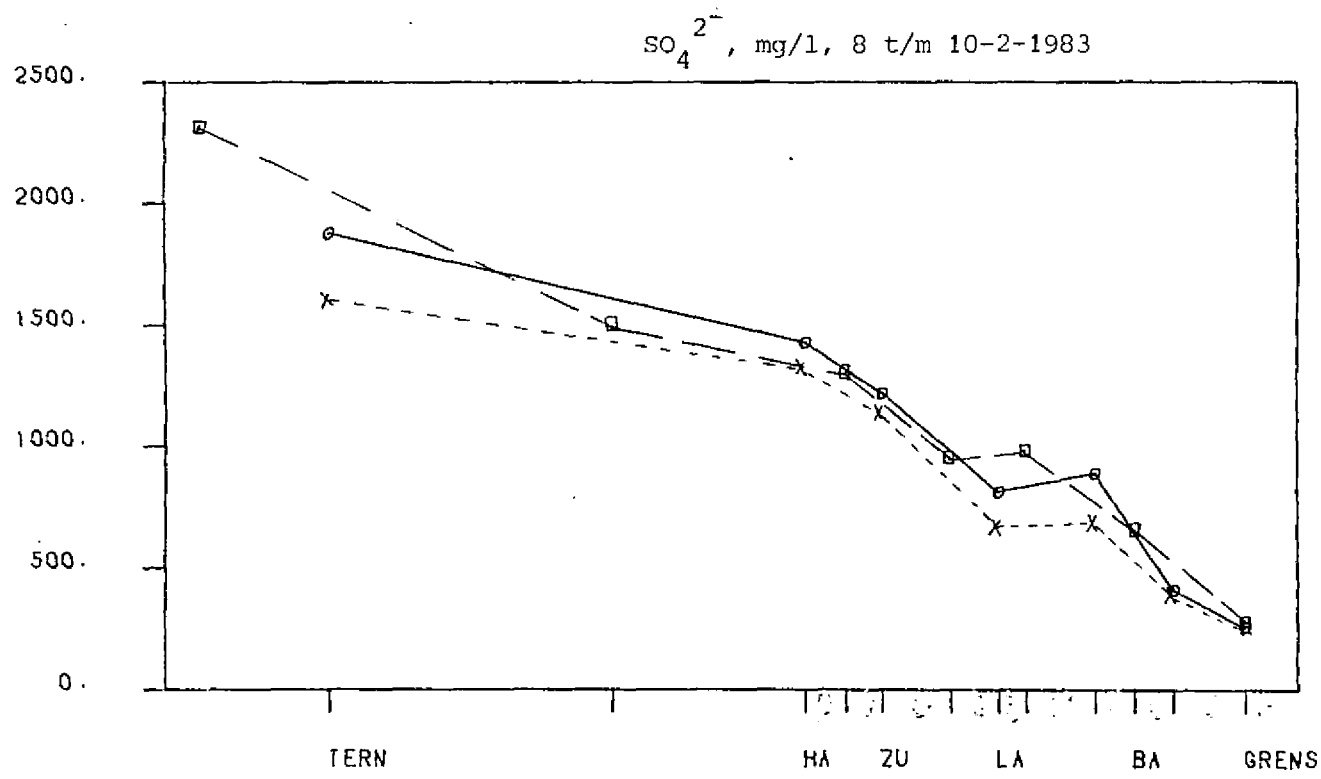
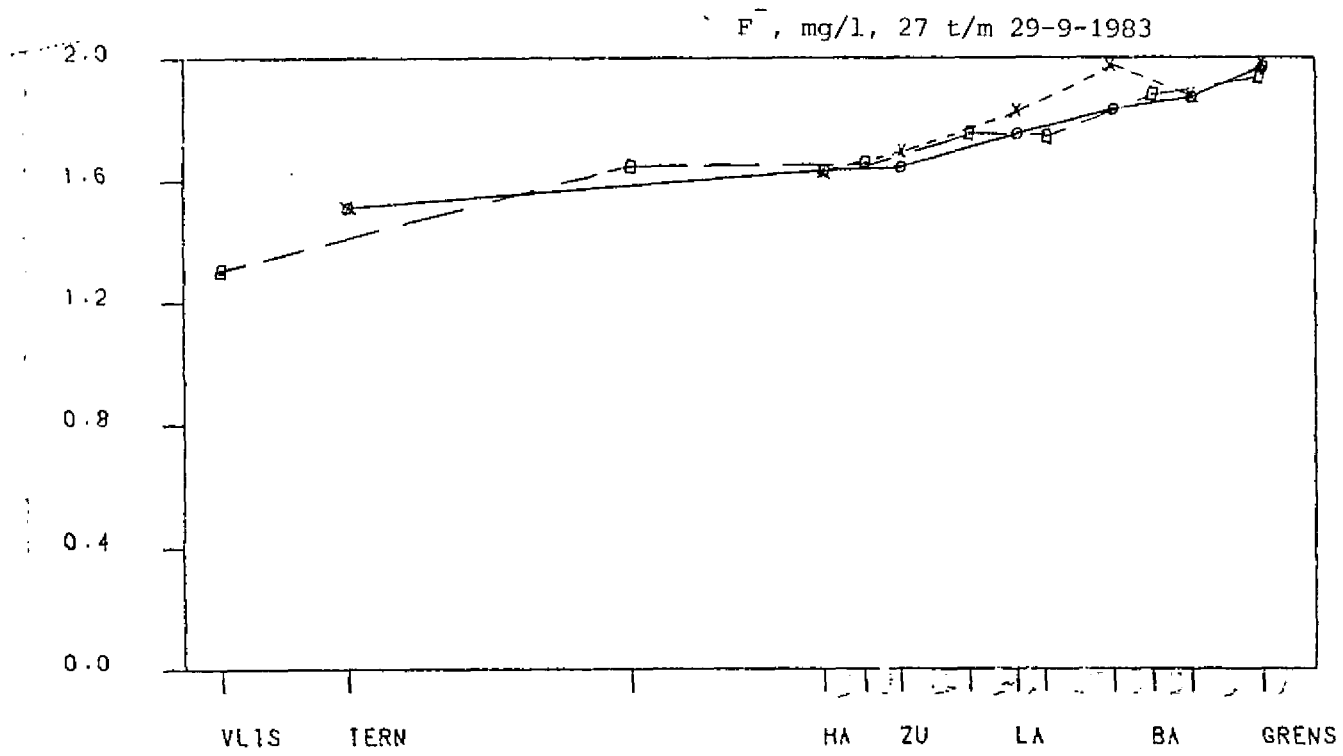
fig. 4.44.



F, mg/l, 19 t/m 21-4-1983

fig. 4.45.





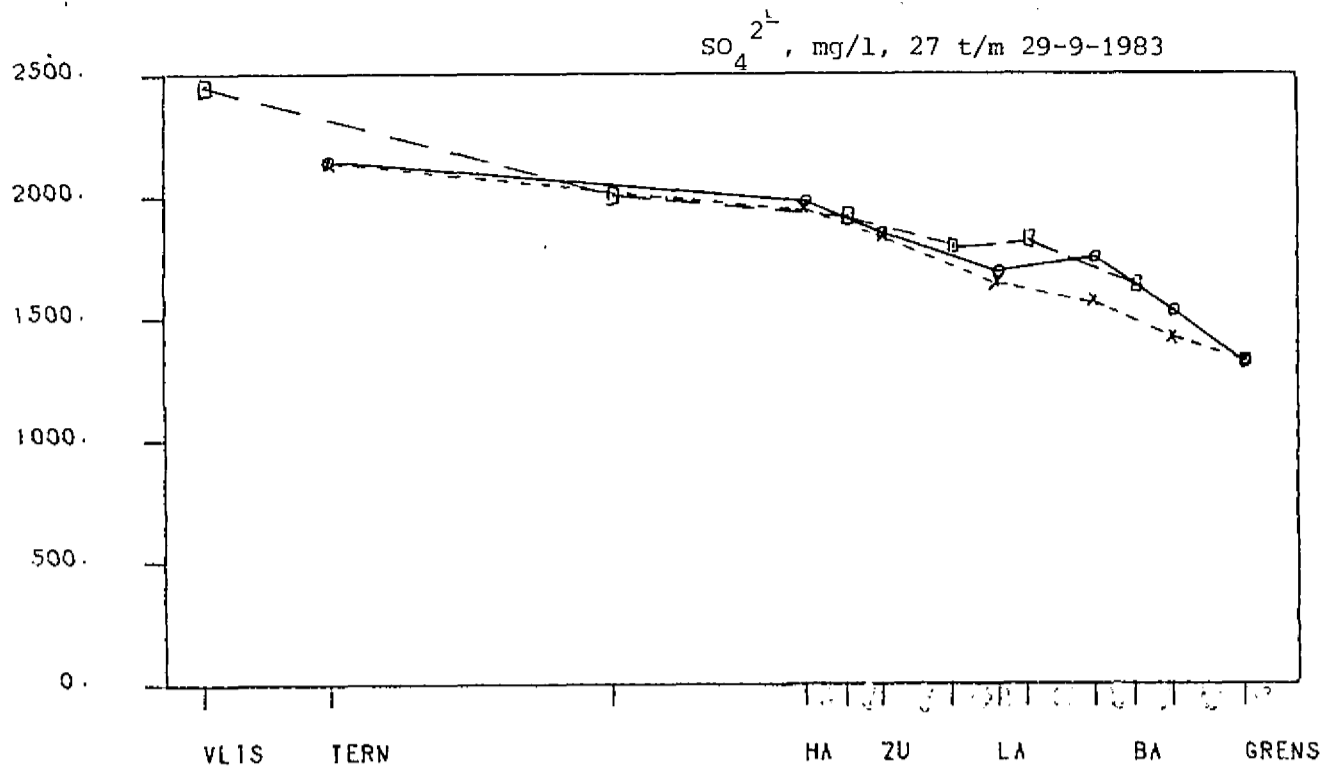


fig. 4.49.

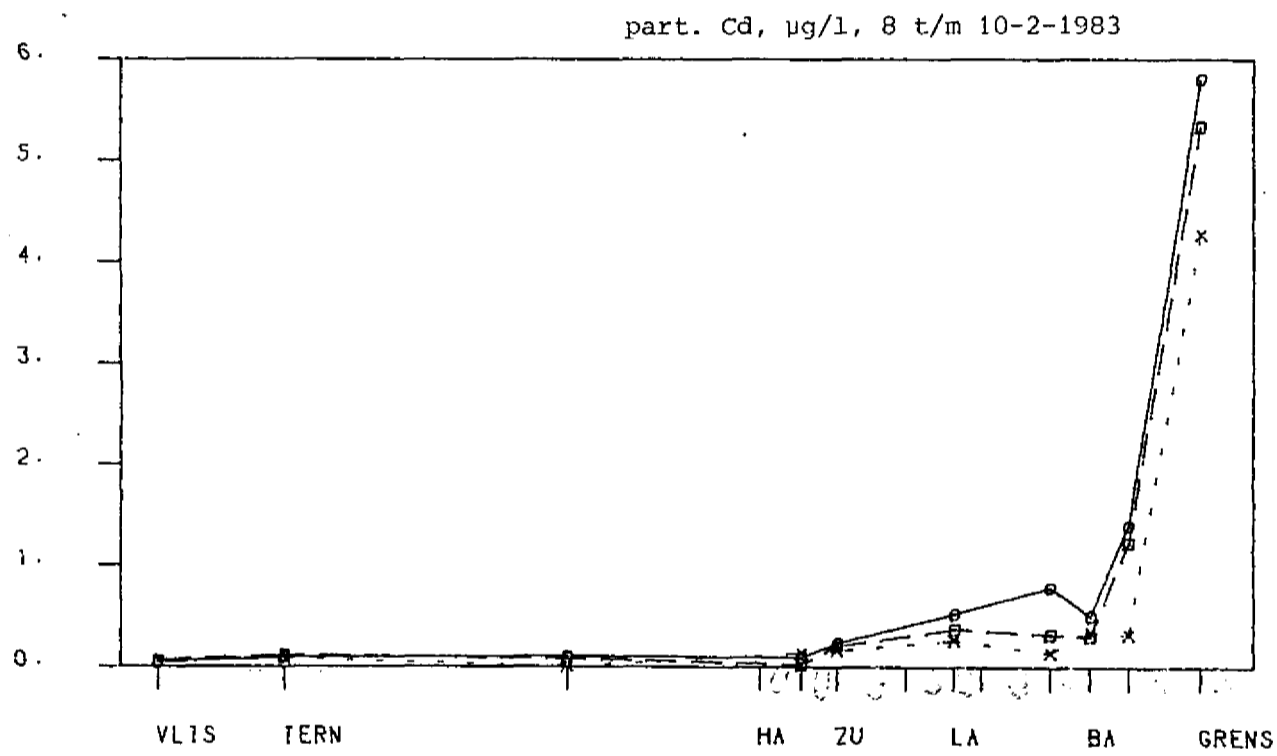


fig. 4.50.

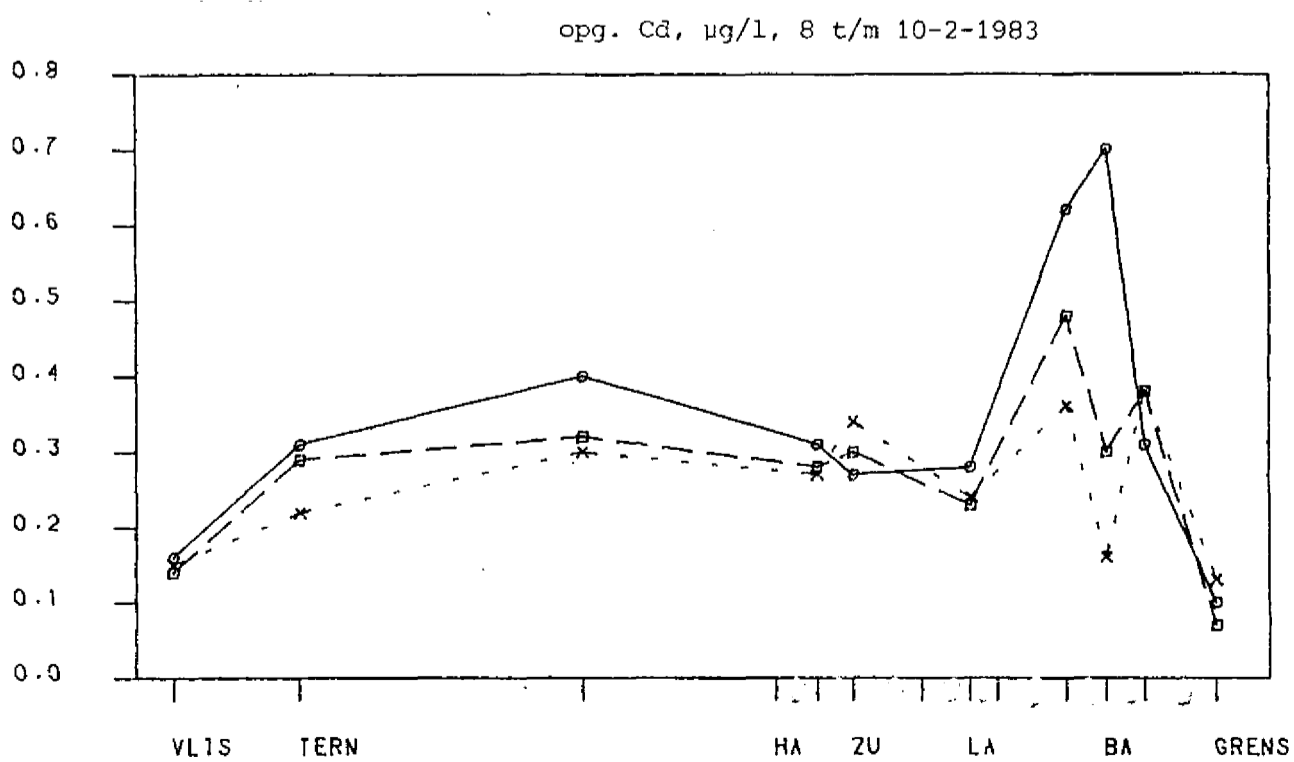
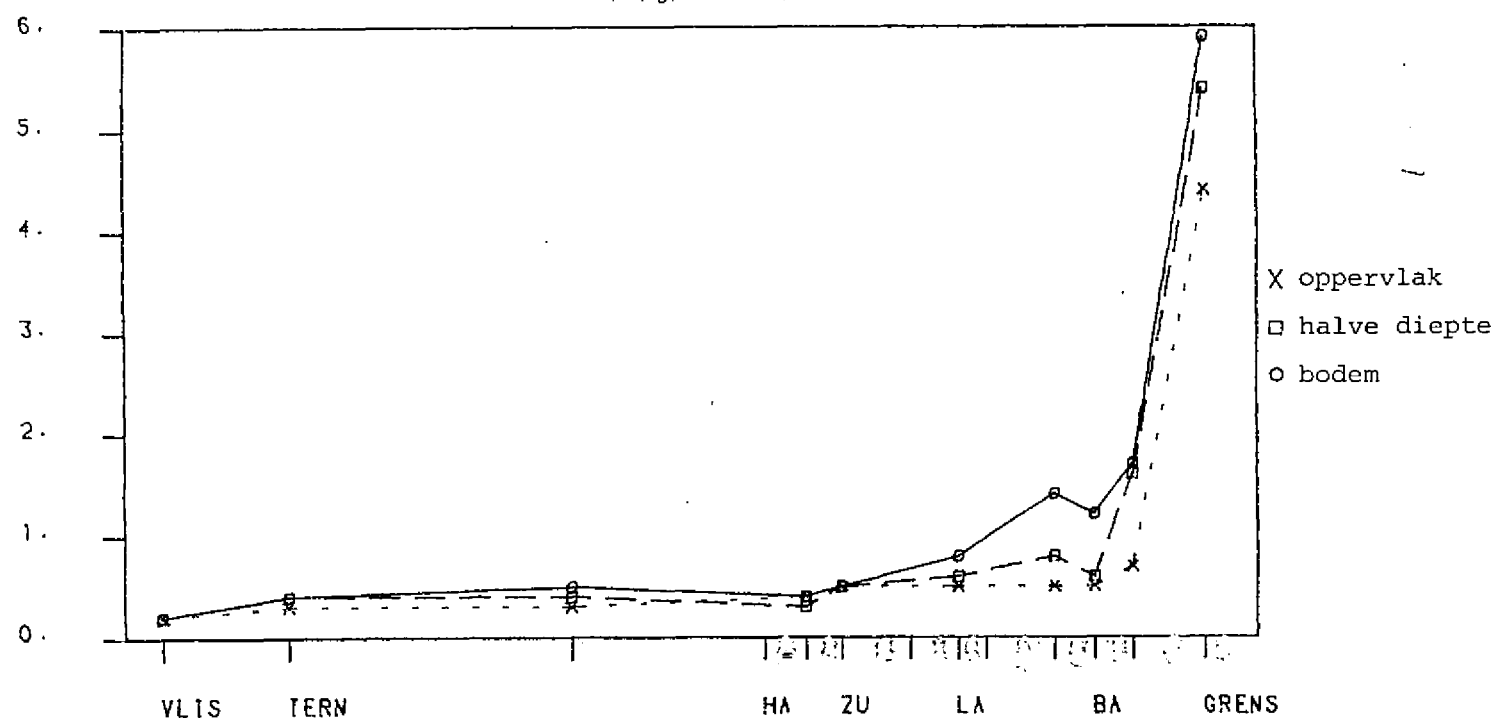


fig. 4.51.

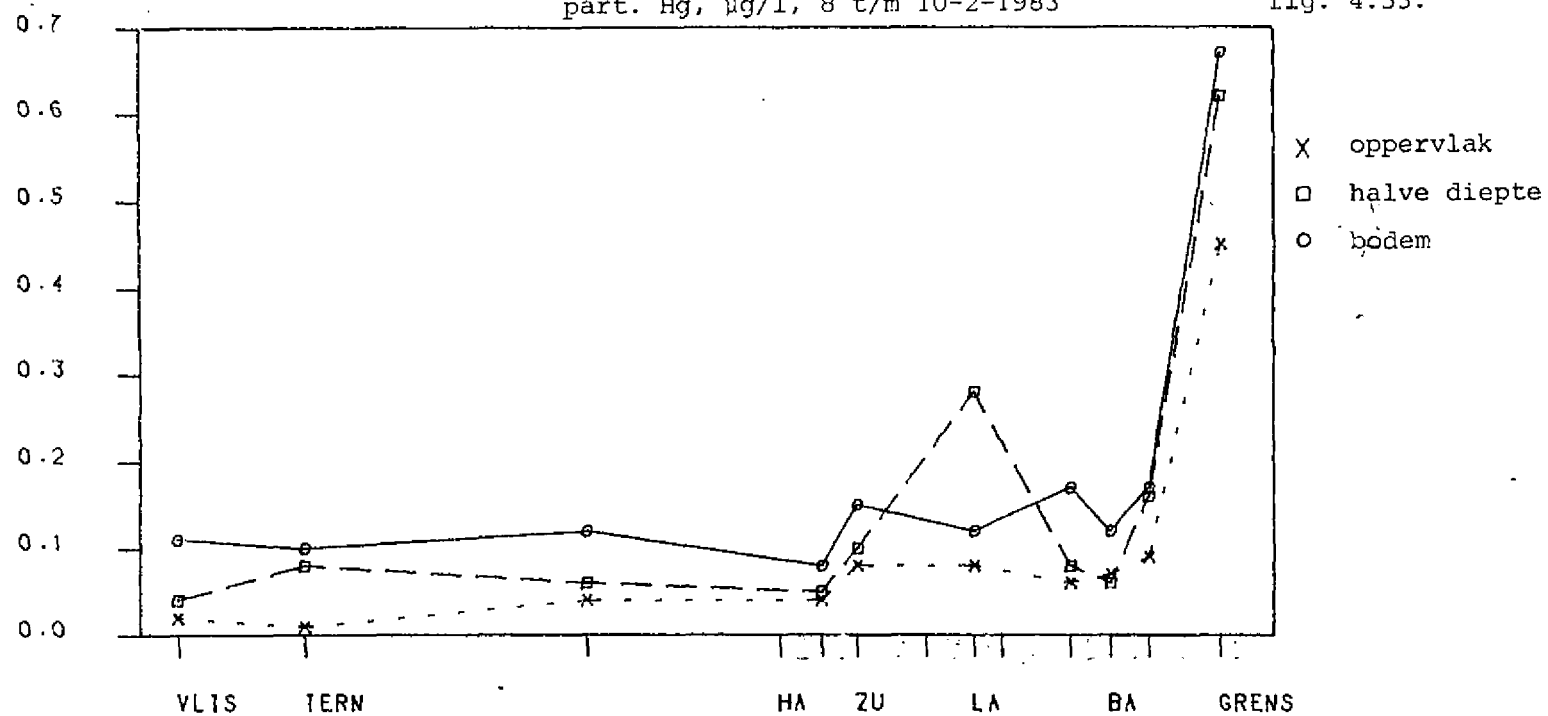
tot Cd, µg/l, 8 t/m 10-2-1983

fig. 4.52.



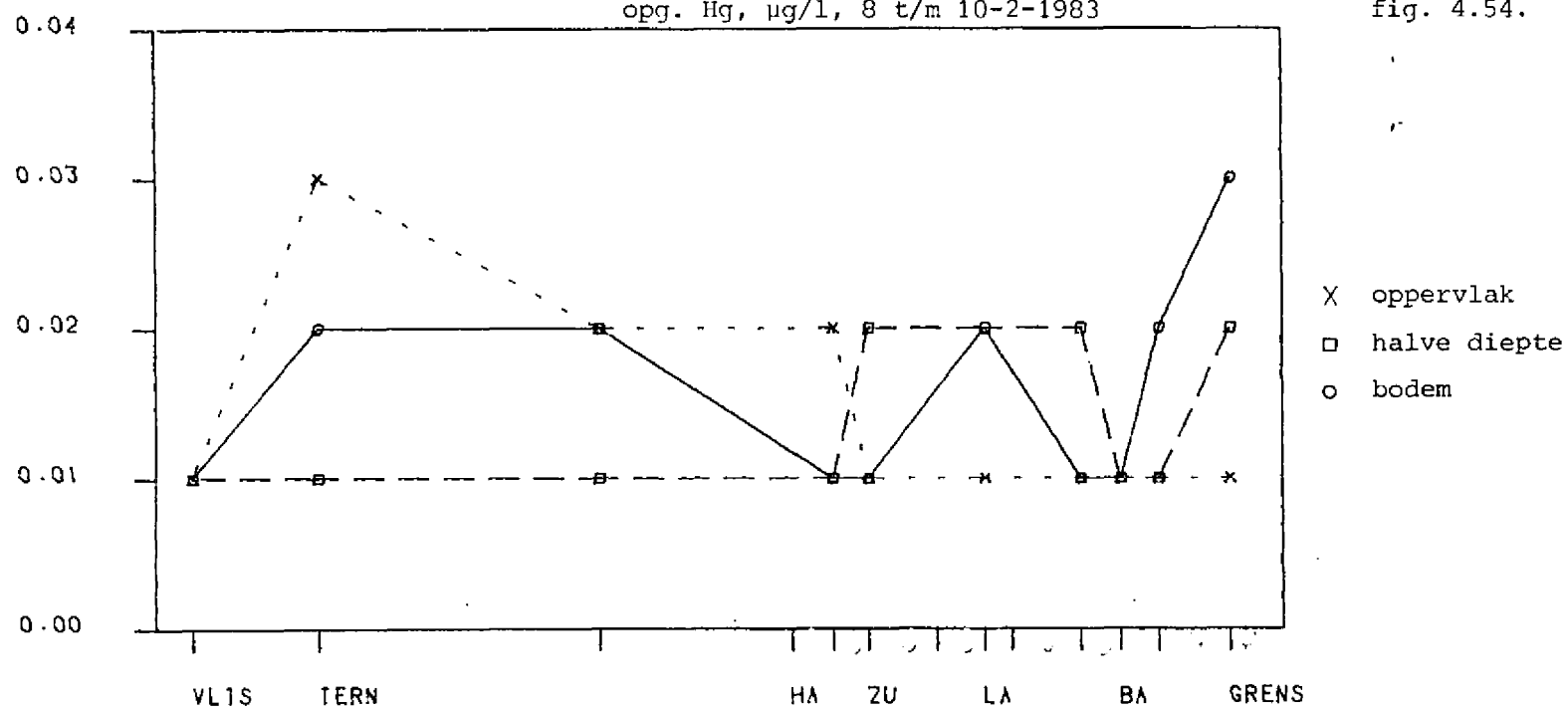
part. Hg, µg/l, 8 t/m 10-2-1983

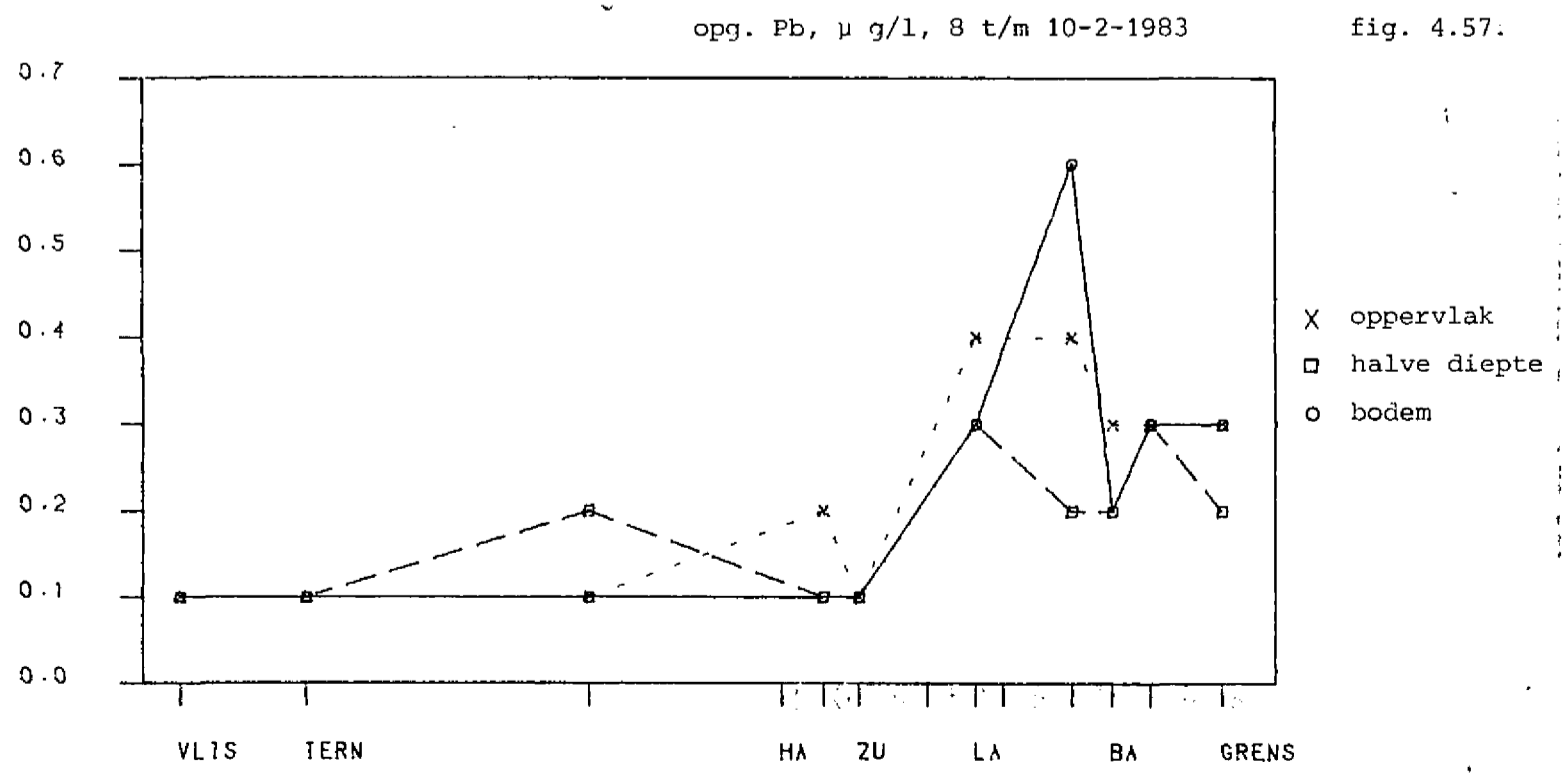
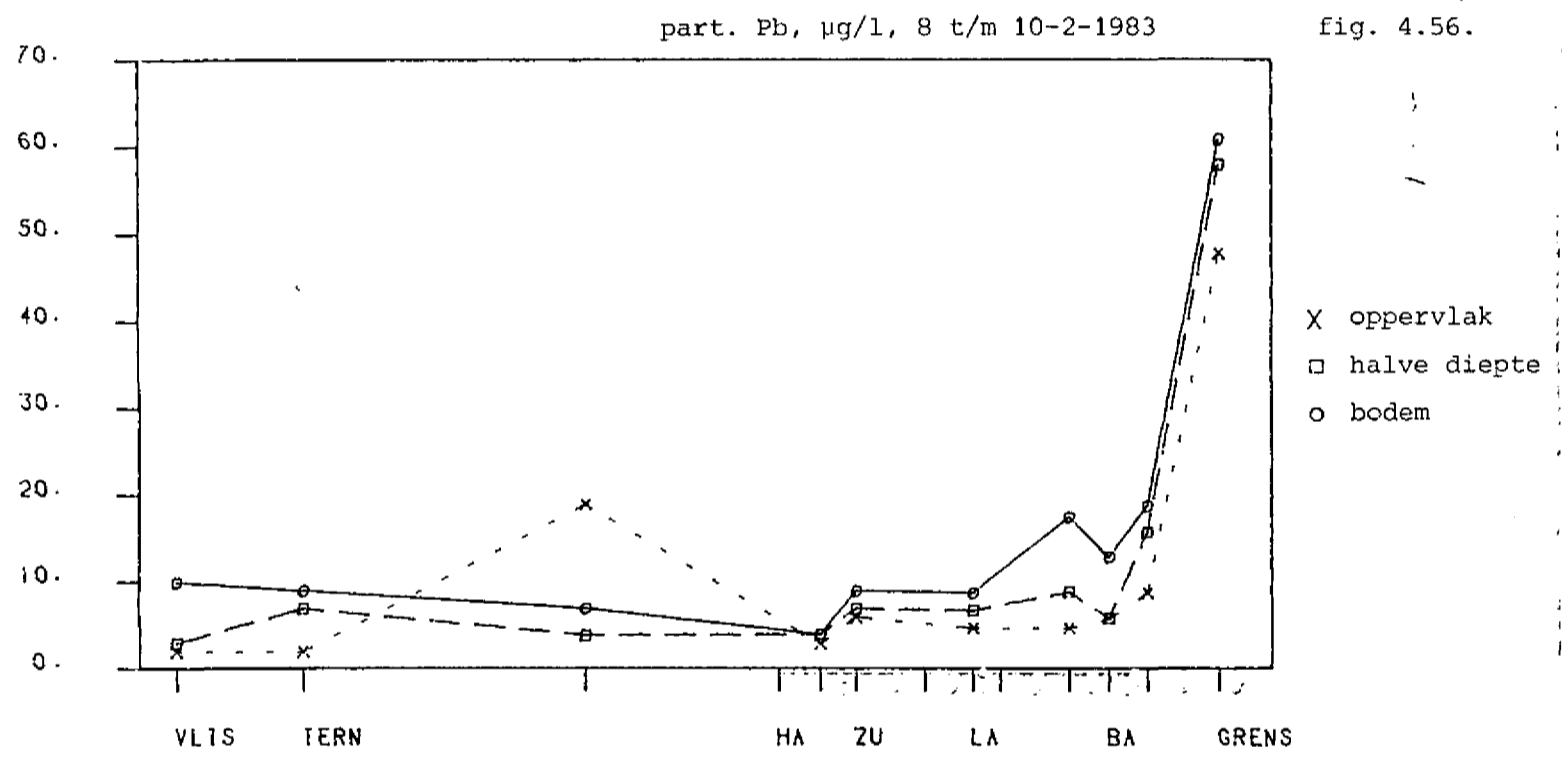
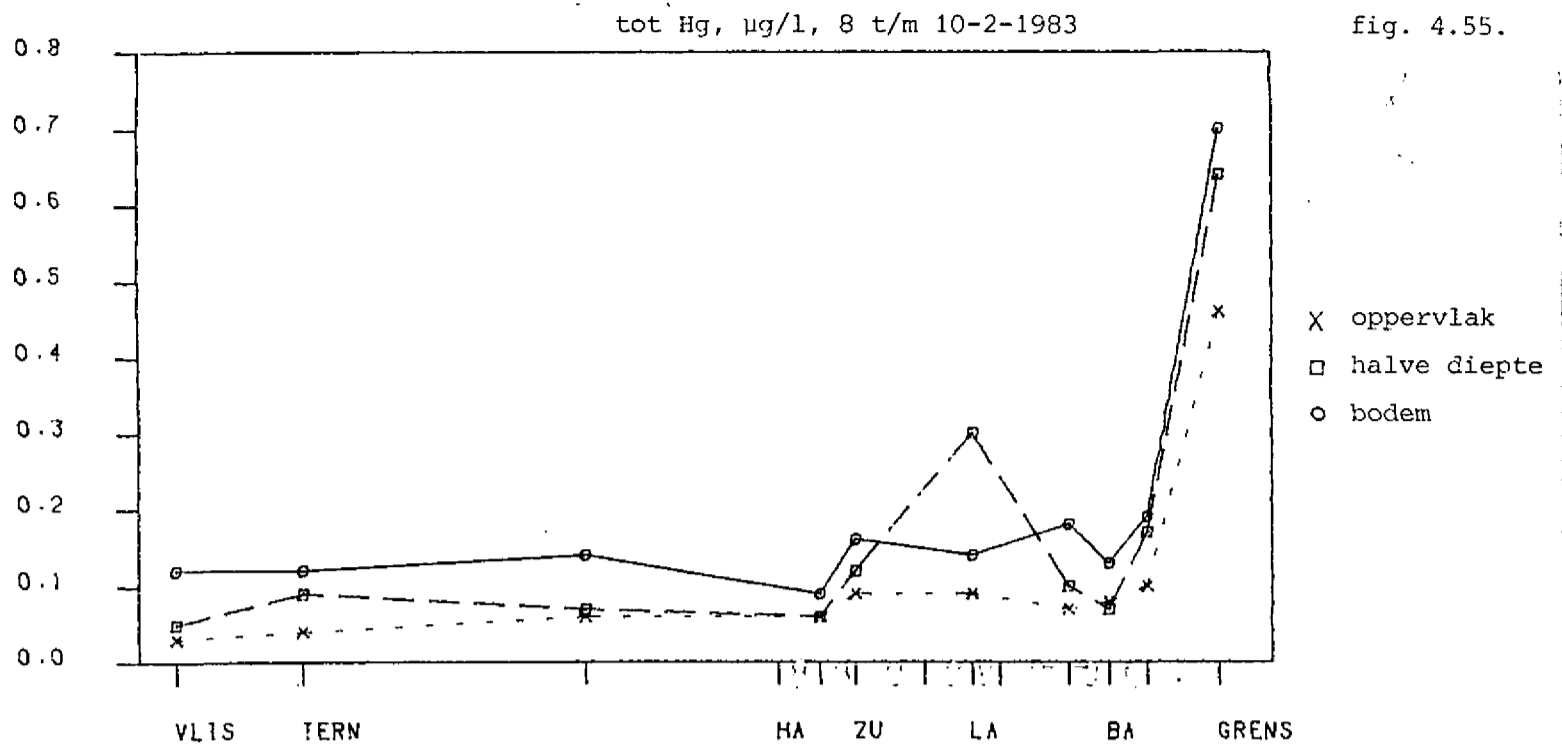
fig. 4.53.



opg. Hg, µg/l, 8 t/m 10-2-1983

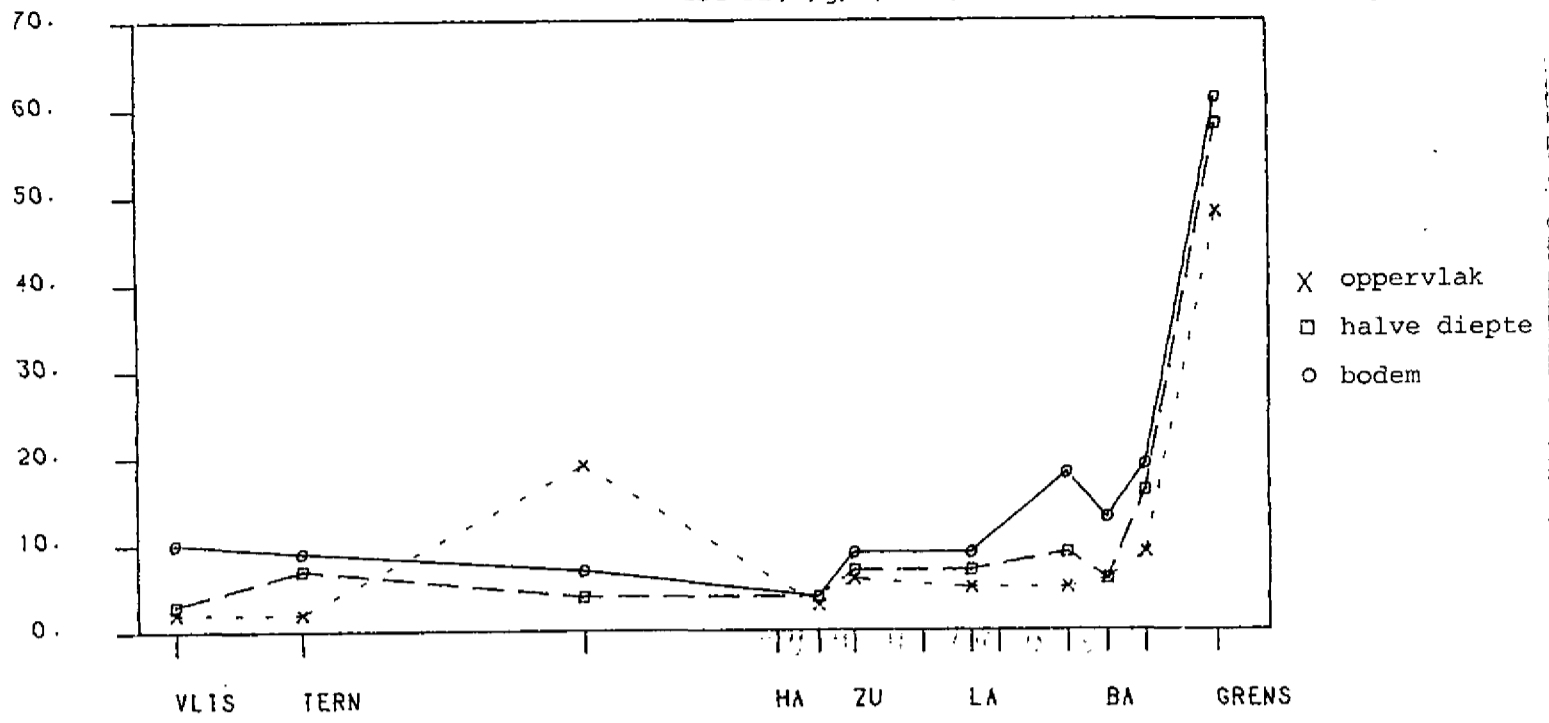
fig. 4.54.





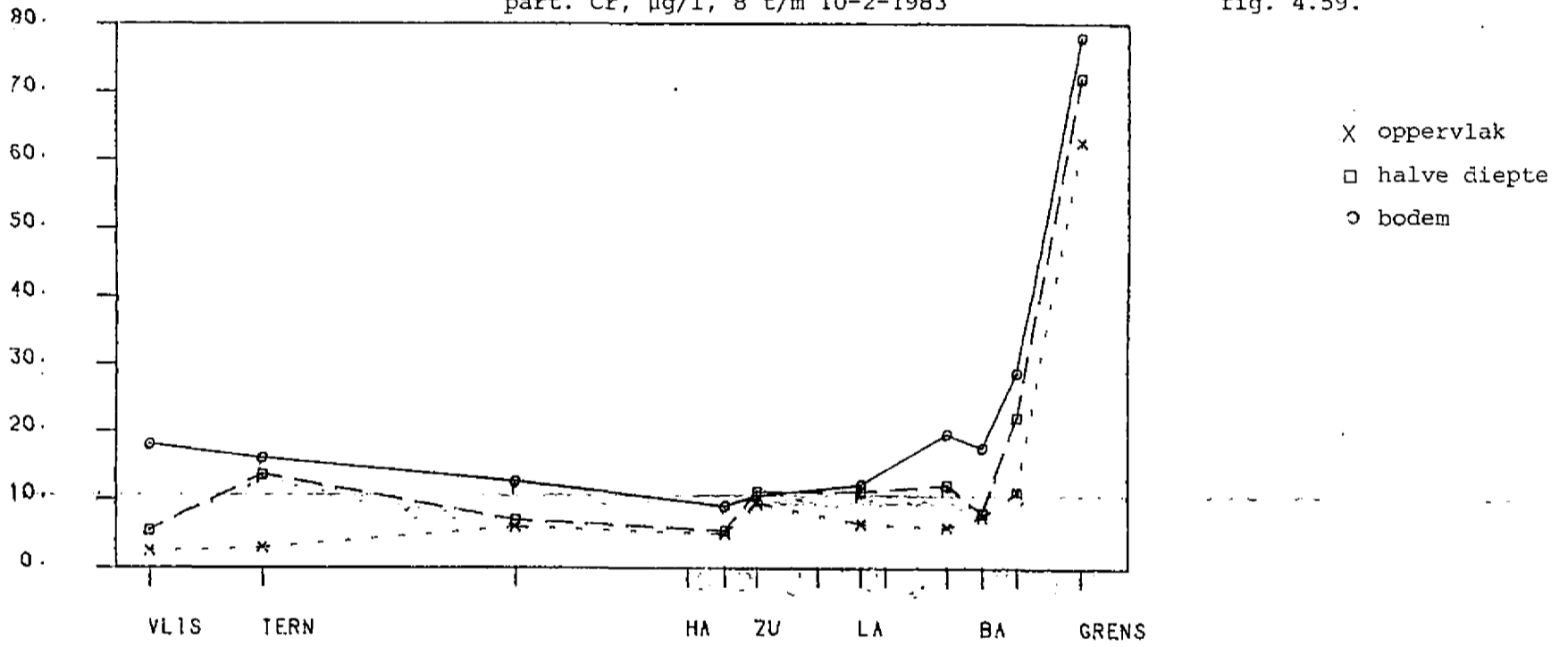
tot Pb,  $\mu\text{g/l}$ , 8 t/m 10-2-1983

fig. 4.58.



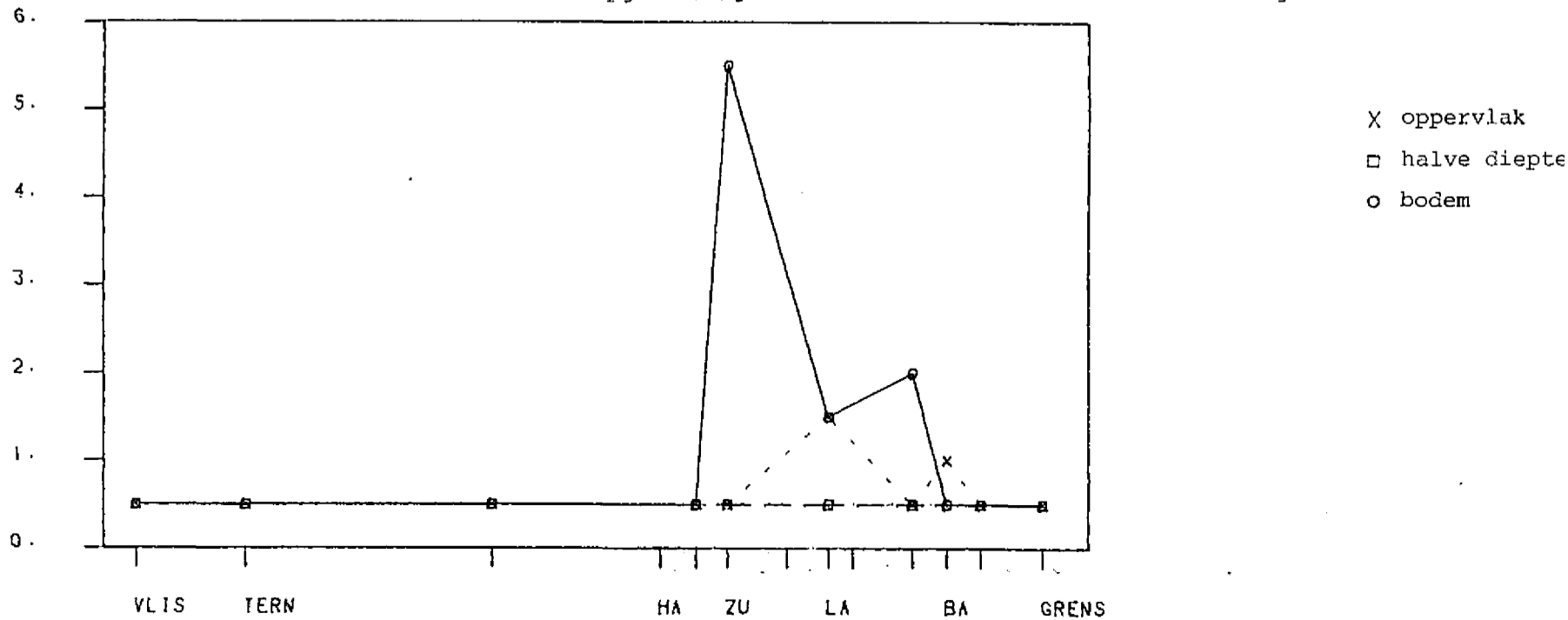
part. Cr,  $\mu\text{g/l}$ , 8 t/m 10-2-1983

fig. 4.59.



opg. Cr,  $\mu\text{g/l}$ , 8 t/m 10-2-1983

fig. 4.60.





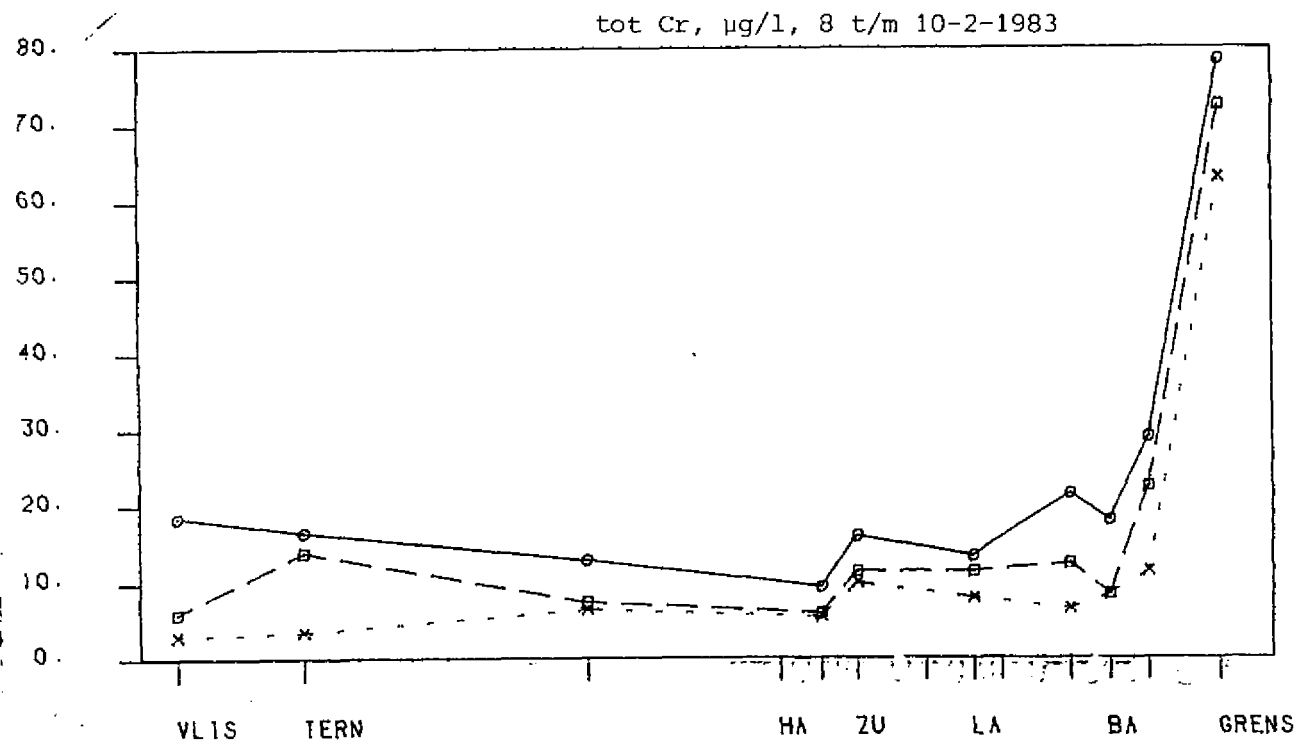


fig. 4.61.

X oppervlak  
 □ halve diepte  
 ○ bodem

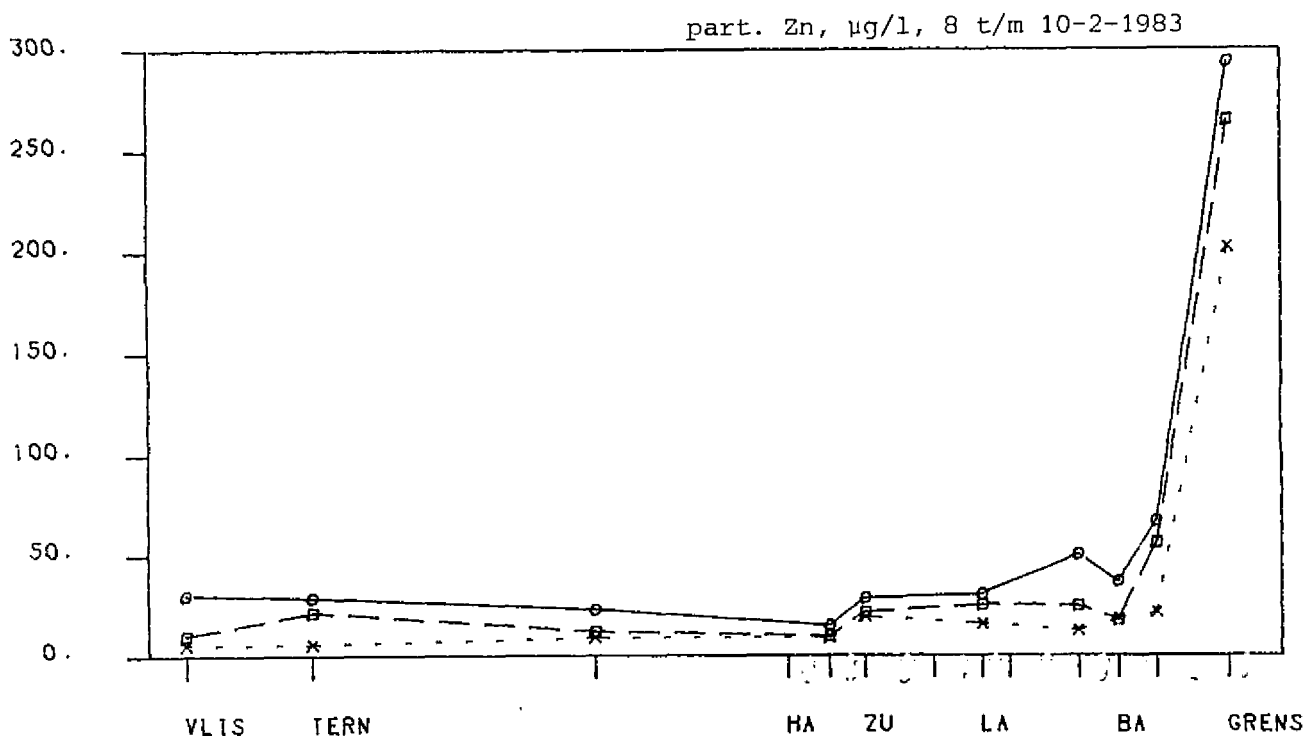


fig. 4.62.

X oppervlak  
 □ halve diepte  
 ○ bodem

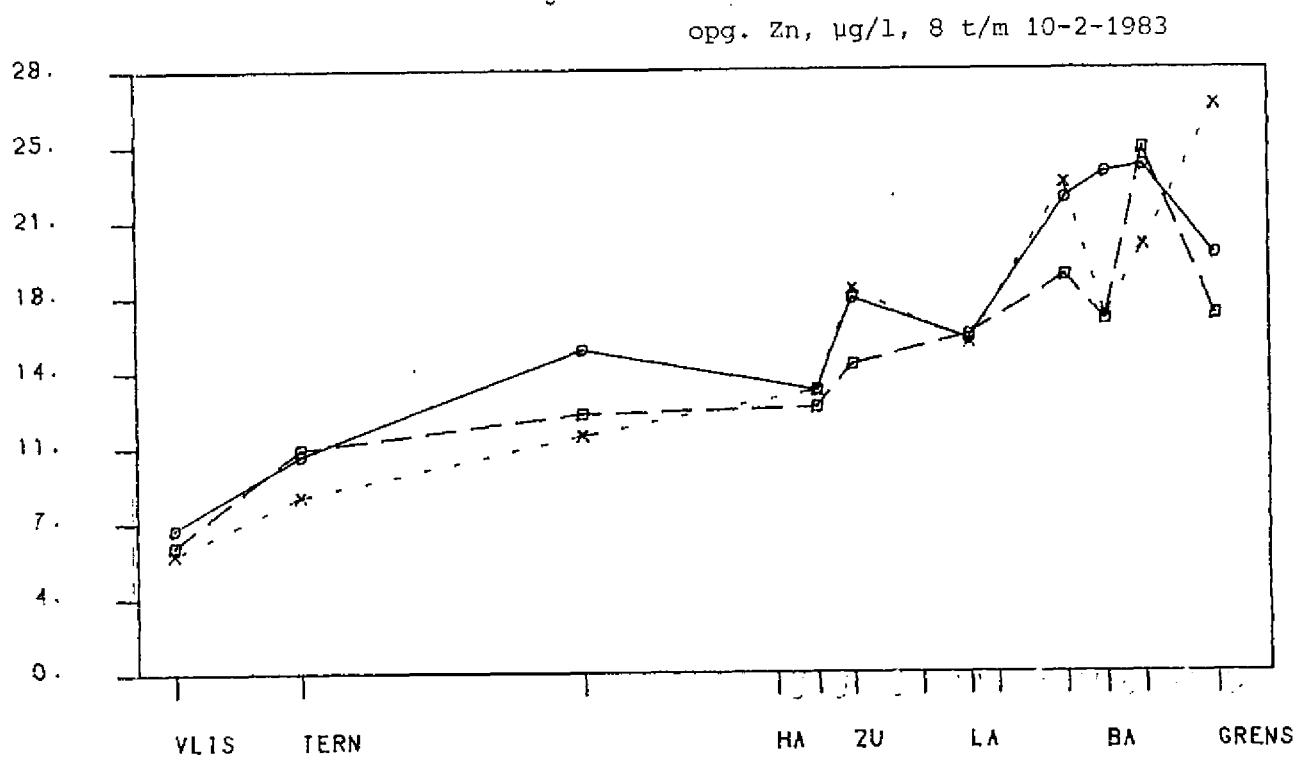
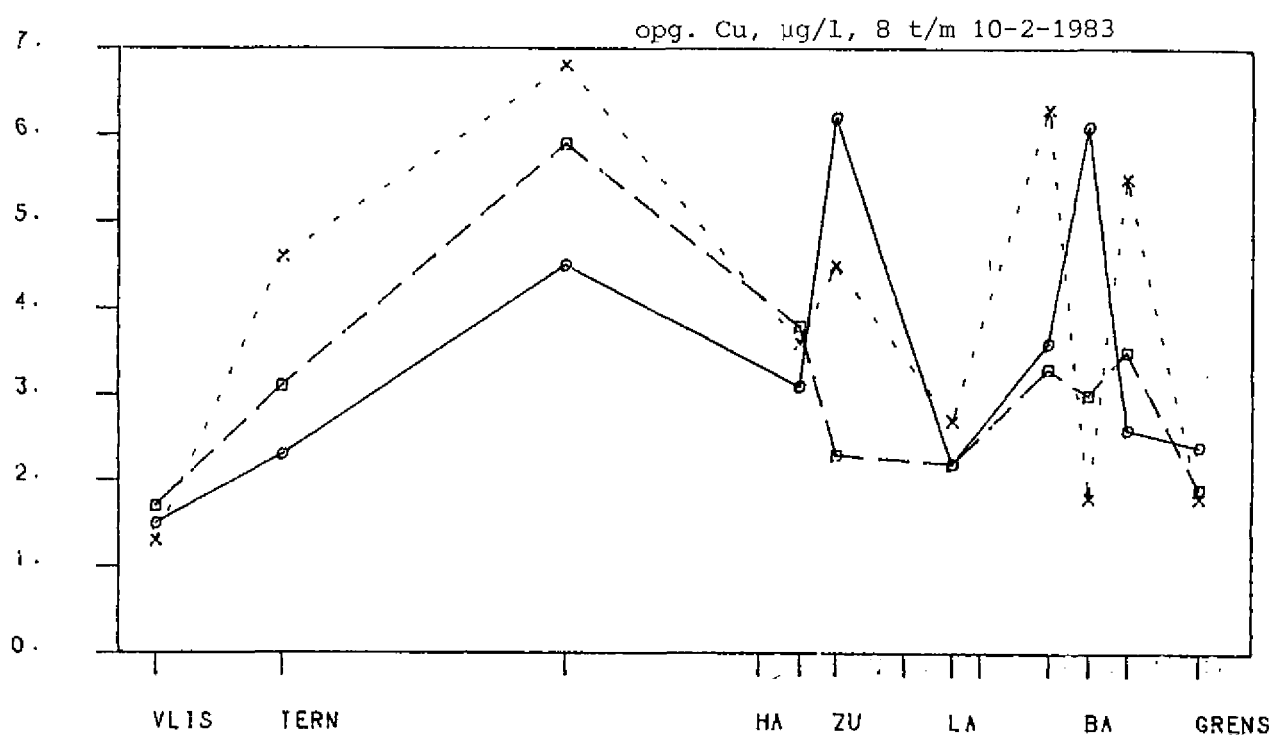
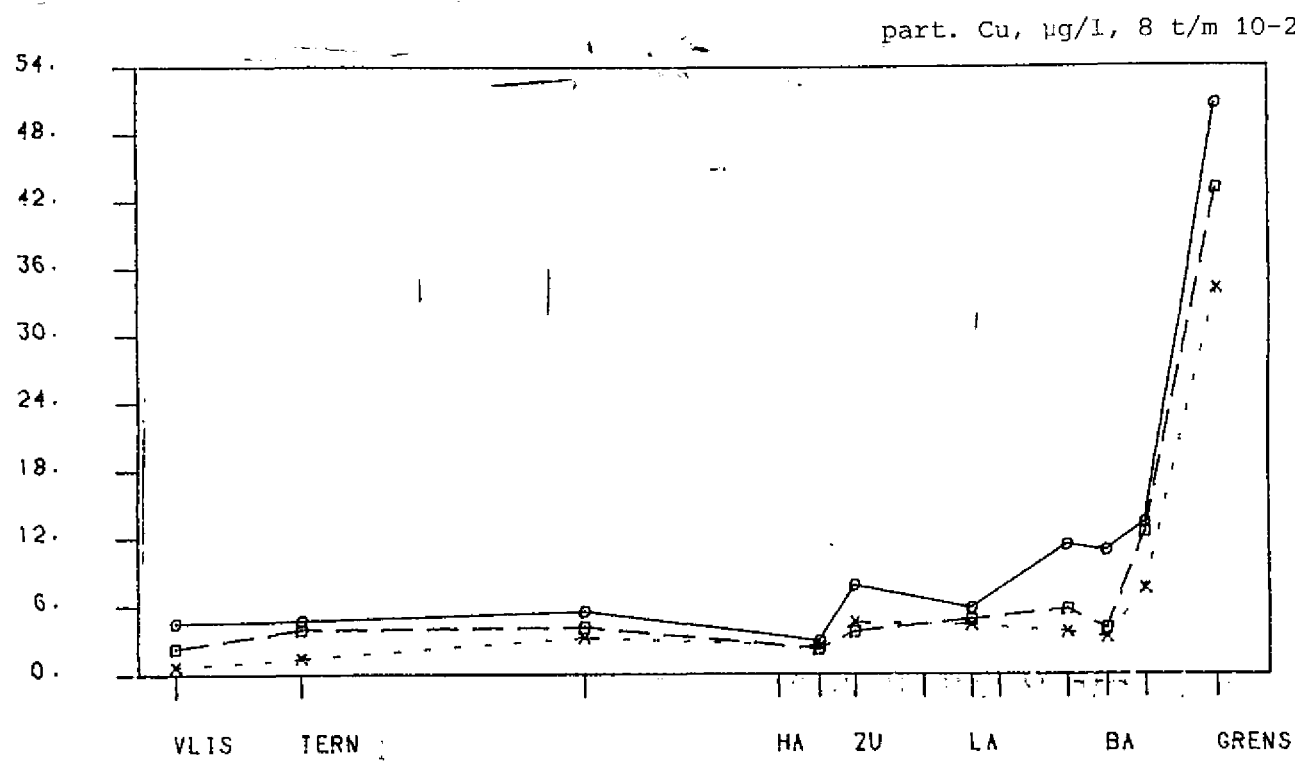
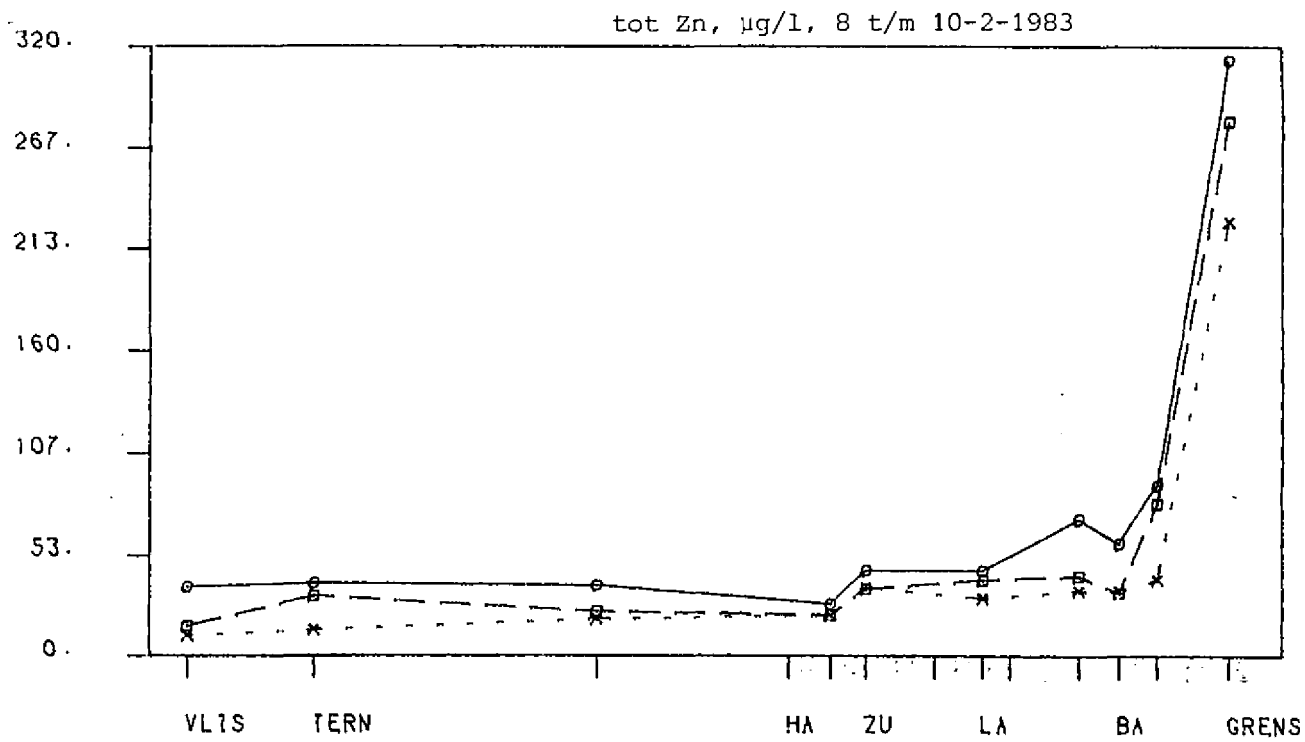


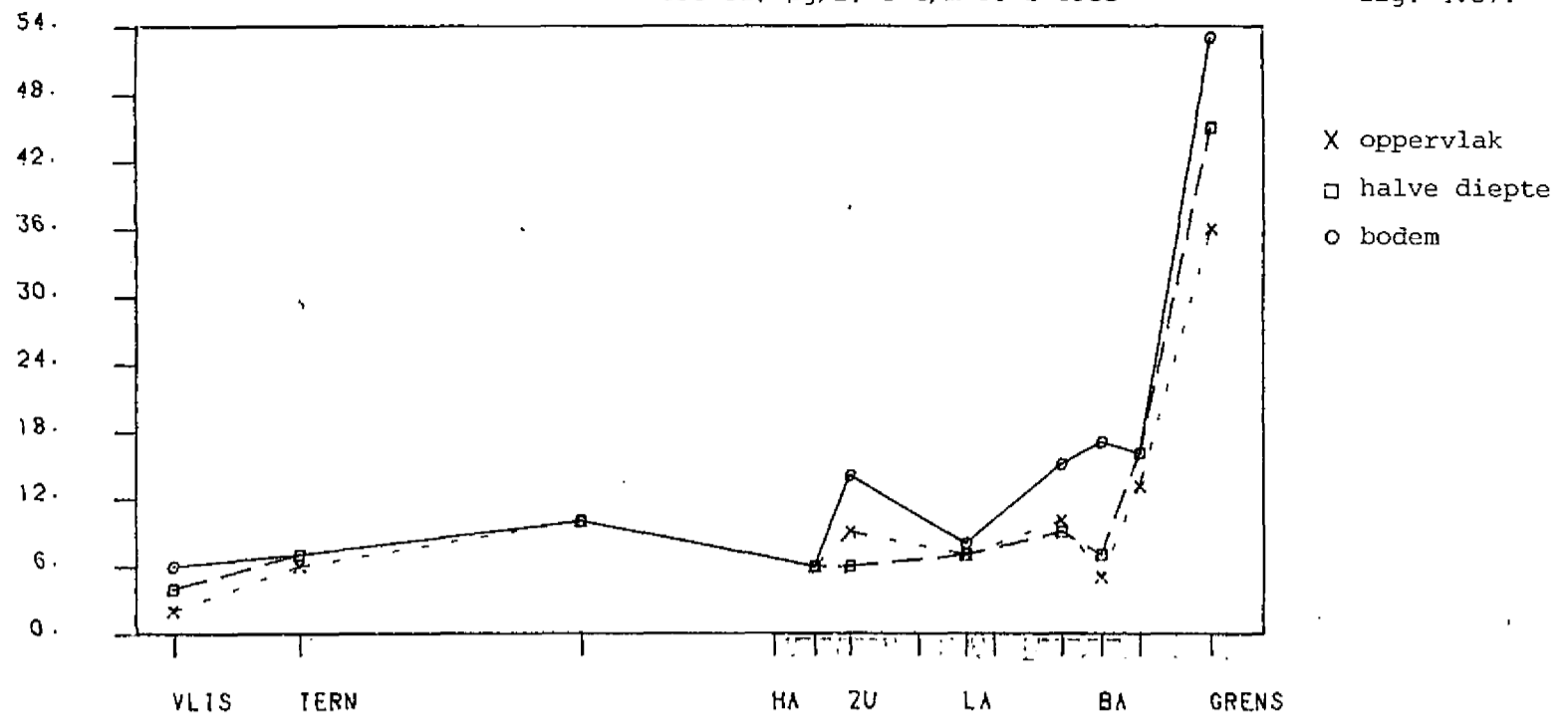
fig. 4.63.

X oppervlak  
 □ halve diepte  
 ○ bodem



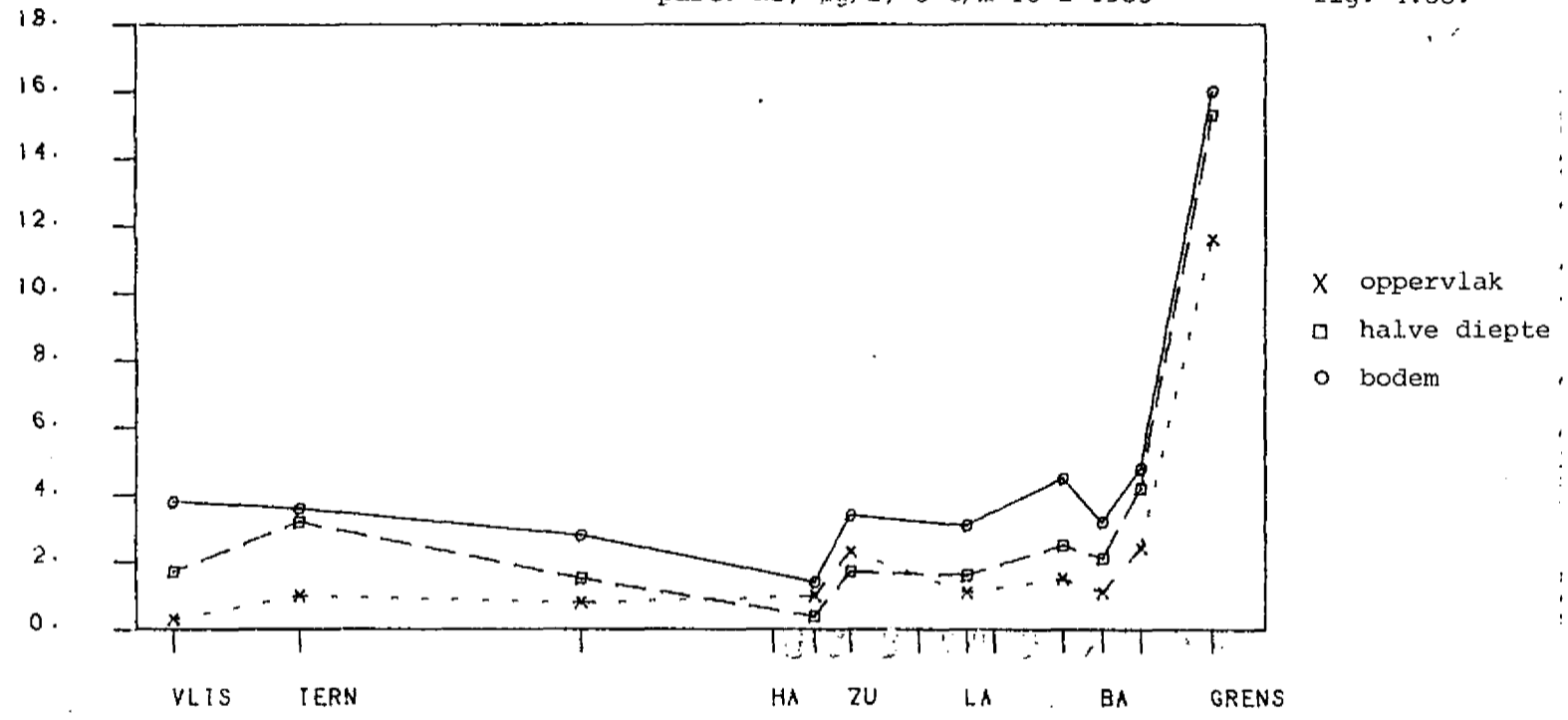
tot Cu,  $\mu\text{g}/\text{l}$ , 8 t/m 10-2-1983

fig. 4.67.



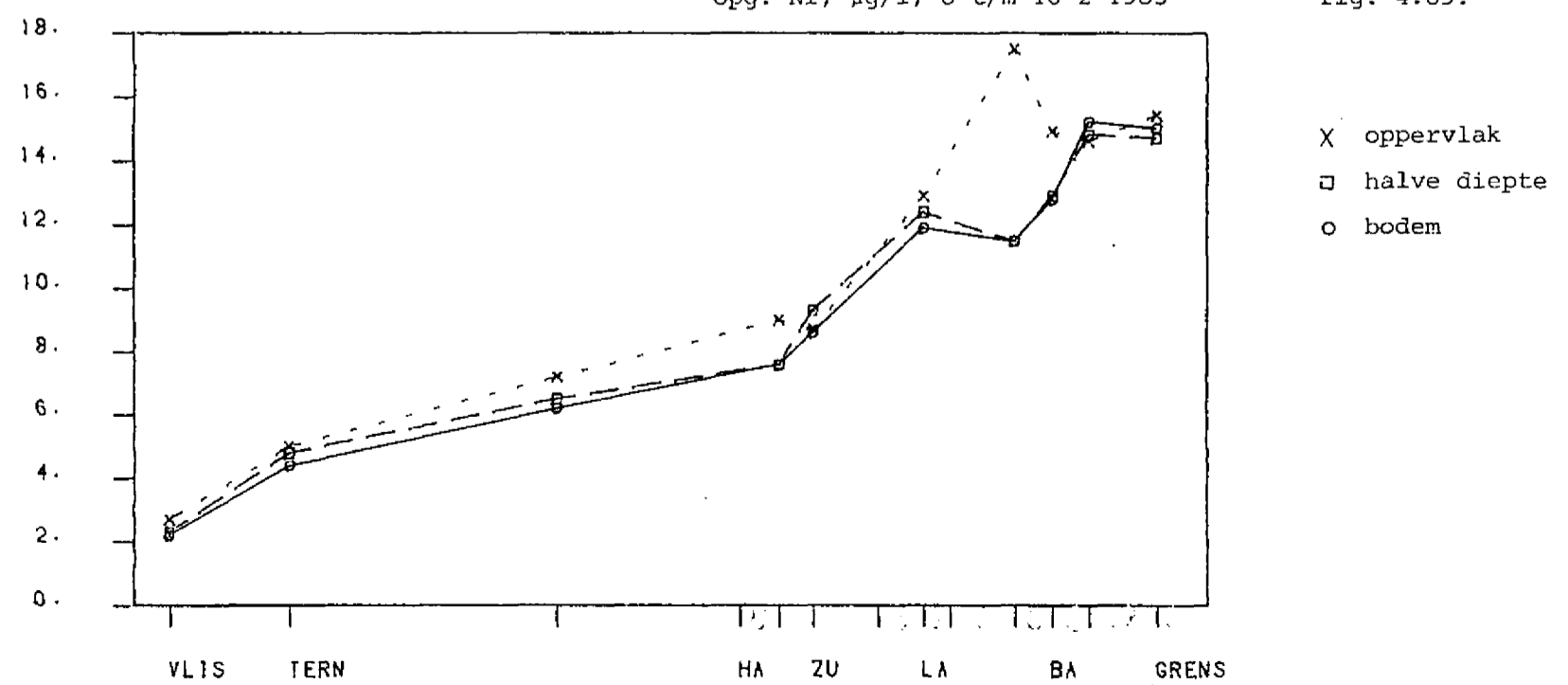
part. Ni,  $\mu\text{g}/\text{l}$ , 8 t/m 10-2-1983

fig. 4.68.



opg. Ni,  $\mu\text{g}/\text{l}$ , 8 t/m 10-2-1983

fig. 4.69.

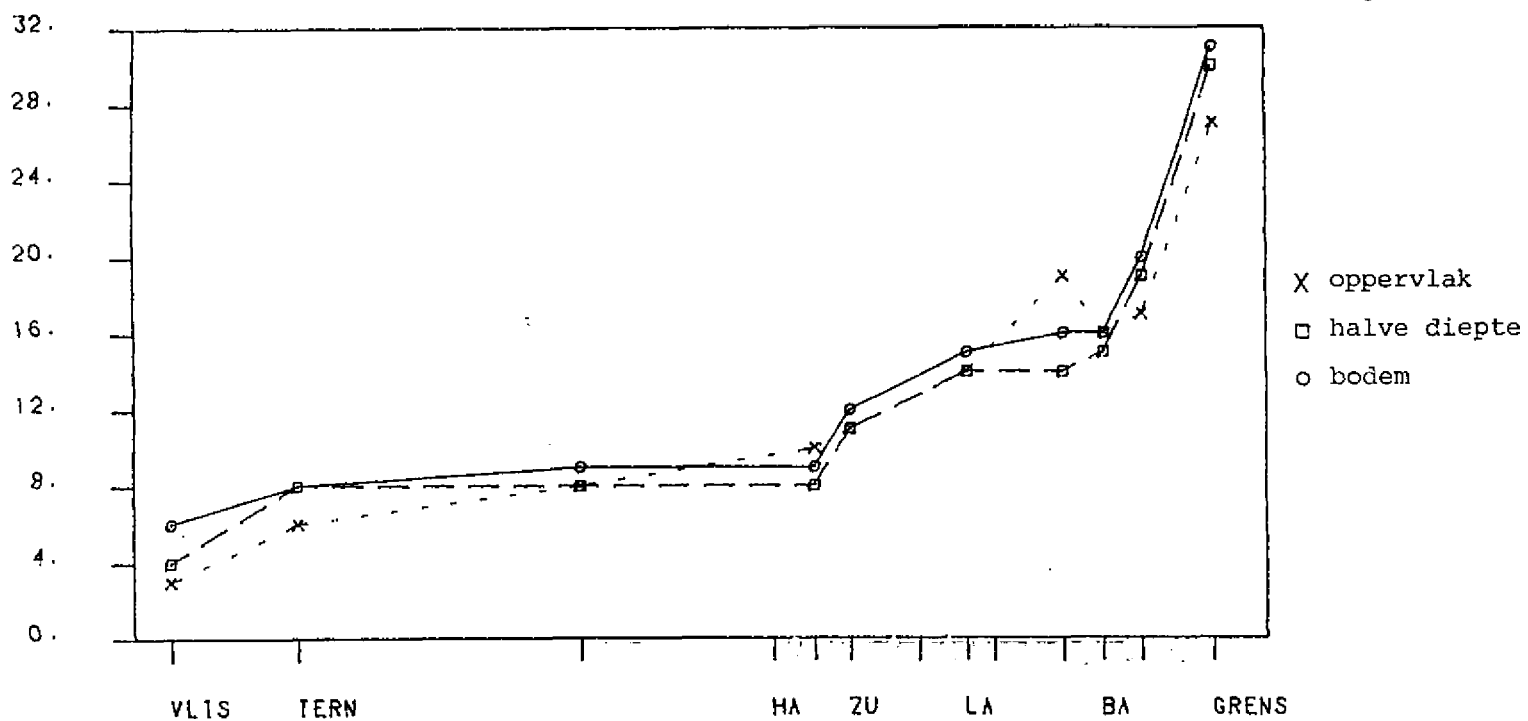


Tabel 4.13. Overzicht van concentraties en berekeningsresultaten met betrekking tot de in 8-10 februari 1983 waargenomen metalen. Tussen haakjes de voor de verdunning met zeewater gecorrigeerde concentraties en de gehalten in de rivierfractie van de zwevende stof

	cadmium	kwik	lood	chrom	nikkel	zink	koper		
Vlissingen oppervlak	0,15 (0,51)	<0,01	<0,1	<0,5	2,7 (8,8)	5,5 (21,6)	1,3 (2,4)	opgeloste concentraties (µg/l)	
bodem	0,16 (1,52)	<0,01	<0,1	<0,5	2,2 (17,1)	6,7 (77,3)	1,5 (7,7)		
Pas v. Terneuzen oppervlak	0,22 (0,44)	0,03 (0,04)	<0,1	<0,5	5,0 (10,3)	8,2 (17,7)	4,6 (9,4)		
bodem	0,31 (0,83)	0,02 (0,02)	<0,1	<0,5	4,4 (11,2)	10,1 (28,3)	2,3 (4,9)		
Drempel v. oppervlak	0,27 (0,39)	0,02 (0,02)	0,2 (0,28)	0,5 (0,72)	9,0 (13,4)	13,1 (19,8)	3,6 (5,0)		
Hansweert bodem	0,31 (0,51)	0,01 (<0,01)	0,1 (0,14)	0,5 (0,81)	7,6 (12,7)	13,1 (22,5)	3,1 (4,7)		
Lamswaarde oppervlak	0,24 (0,28)	0,01 (<0,01)	0,4 (0,48)	1,5 (1,80)	12,9 (15,5)	15,3 (18,4)	2,7 (3,1)		
bodem	0,28 (0,35)	0,02 (0,02)	0,3 (0,38)	1,5 (1,93)	11,9 (15,3)	15,5 (20,0)	2,2 (2,6)		
Bath oppervlak	0,16 (0,17)	0,01 (<0,01)	0,3 (0,31)	1,0 (1,05)	14,9 (15,7)	16,6 (17,5)	1,8 (1,8)		
bodem	0,70 (0,84)	0,01 (<0,01)	0,2 (0,23)	0,5 (0,58)	12,8 (15,3)	23,2 (27,8)	6,1 (7,2)		
Schaar van Ouden Doel oppervlak 13	0,13	0,01	0,3	0,5	15,4	26,3	1,8		
bodem	0,10	0,03	0,3	0,5	15,0	19,4	2,4		
metaalgeh. zwevende stof (mg/kg)									
Vlissingen	0,8 (1,3)	0,6 (1,1)	51,6 (113)	86,5 (226)	19,0 (35)	162 (330)	27,2 (55)		
Dremp.v.Hansweert	3,3 (5,3)	2,1 (3,4)	143 (224)	245 (390)	34,3 (49)	427 (660)	110 (161)		
Sch.v.O.Doel	17,2 (18,3)	1,9 (2,0)	187 (196)	240 (251)	47,9 (50)	845 (891)	142 (150)		
Netto part.transport (mg/s)									
Sch.v.O.Doel	1696	187	18438	23664	4723	83317	14001		
Transp.via rivierslib (mg/s)									
Sch.v.O.Doel	1621	177	17366	22239	4430	78943	13290		
Transp.via rivierslib (mg/s)									
Vlissingen	6	4	497	994	154	1452	242		
Desorp. uit rivierslib (mg/s)	1506	80	7354	2215	1330	49705	10171		
Sed. via rivierslib (mg/s)	109	93	9515	19030	2942	27786	2877		
Sed. via zeeslib (mg/s)	177	127	10120	15180	4048	32890	5566		

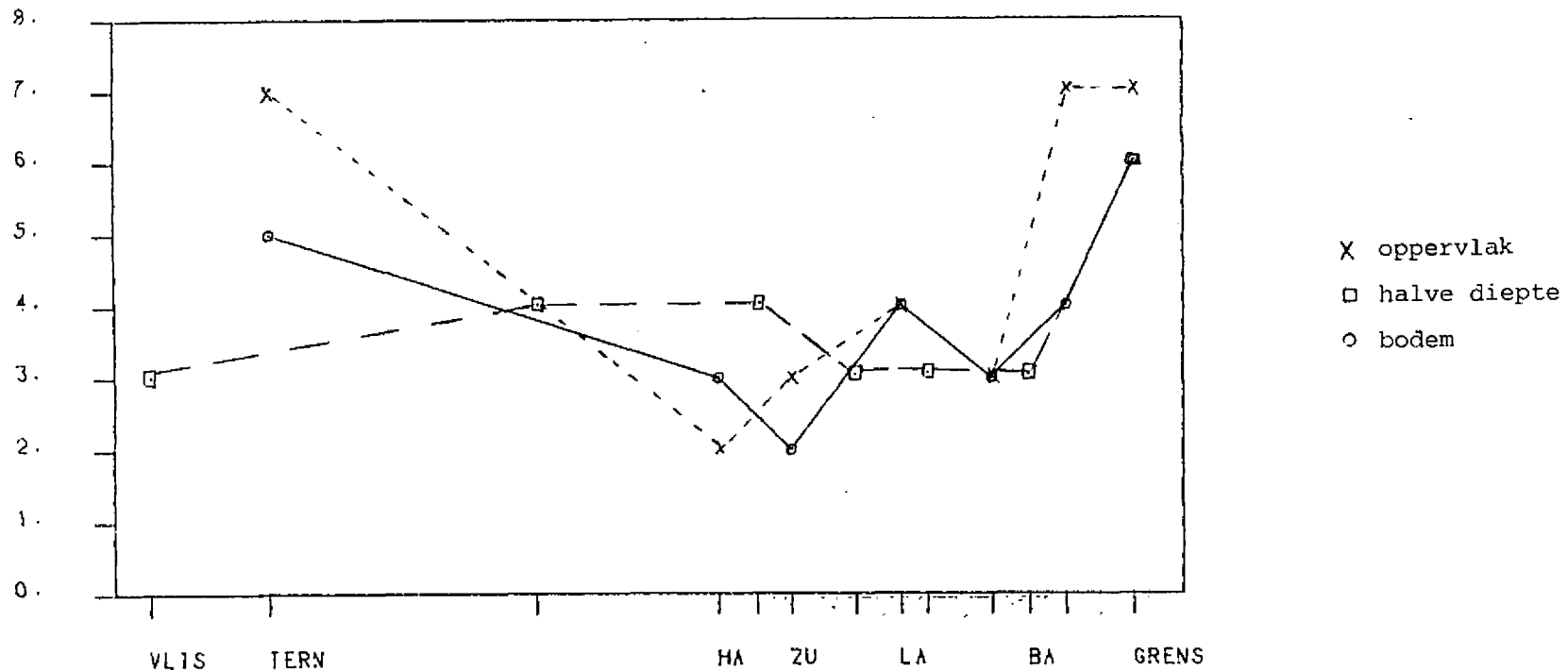
tot Ni, µg/l, 8 t/m 10-2-1983

fig. 4.70.



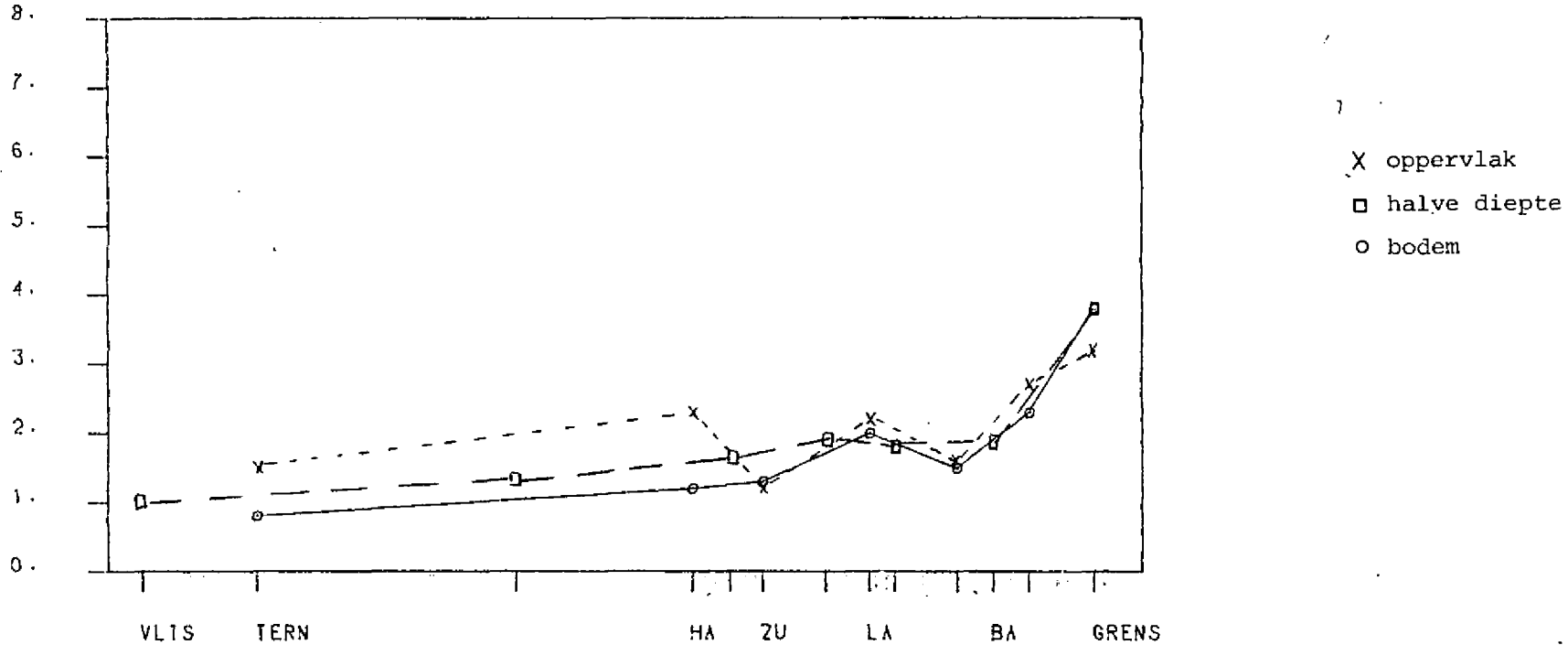
fenol, µg/l, 8 t/m 10-2-1983

fig. 4.71.



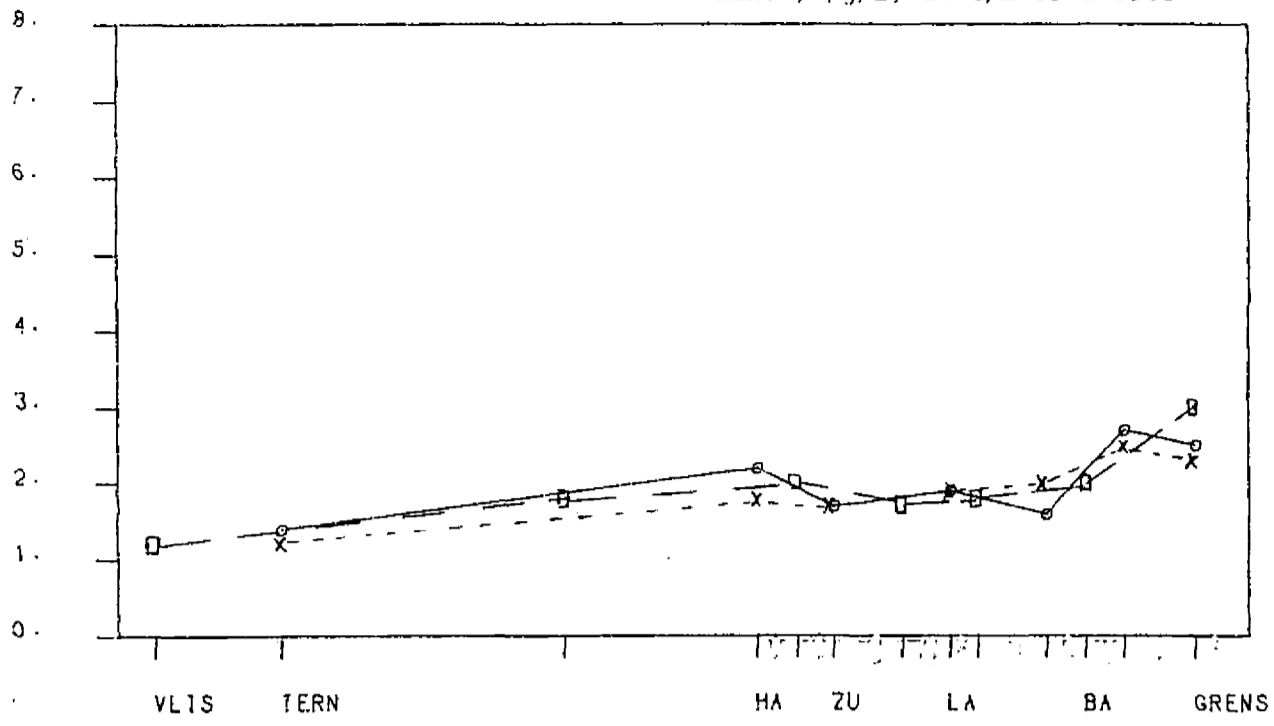
fenol, µg/l, 19 t/m 21-4-1983

fig. 4.72.



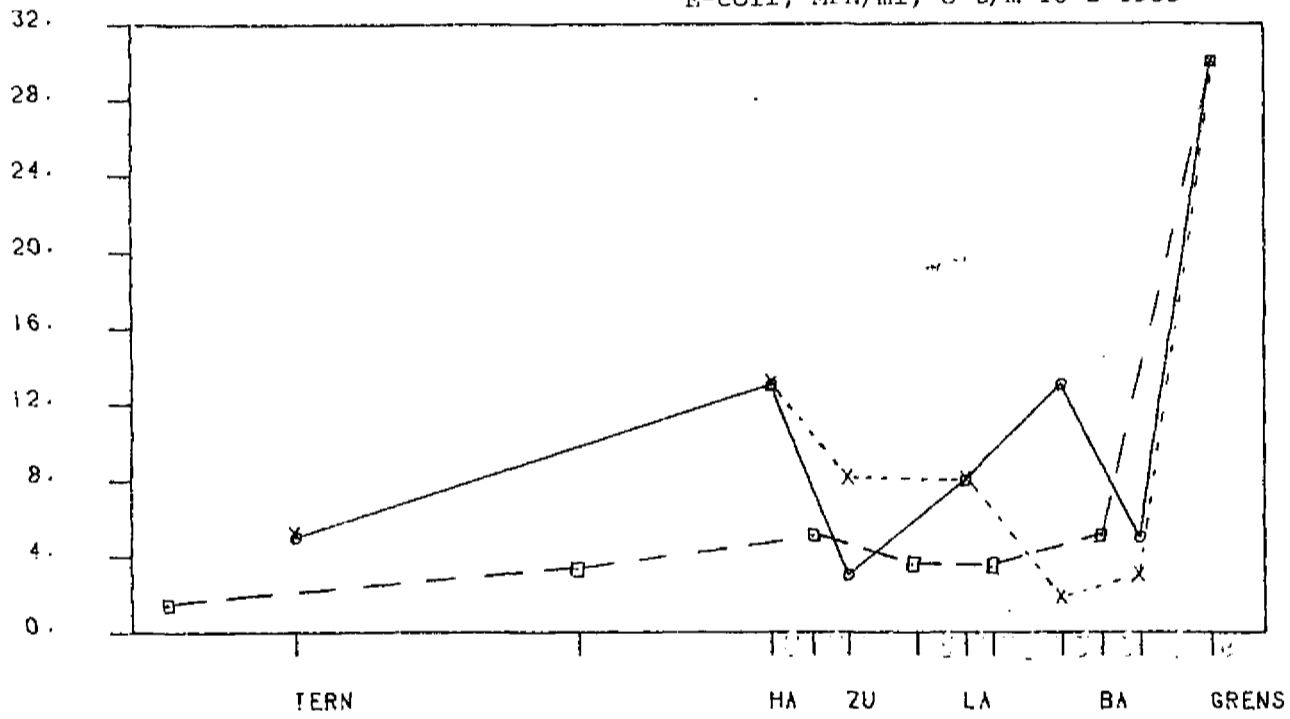
fenol, µg/l, 27 t/m 29-9-1983

fig. 4.73.



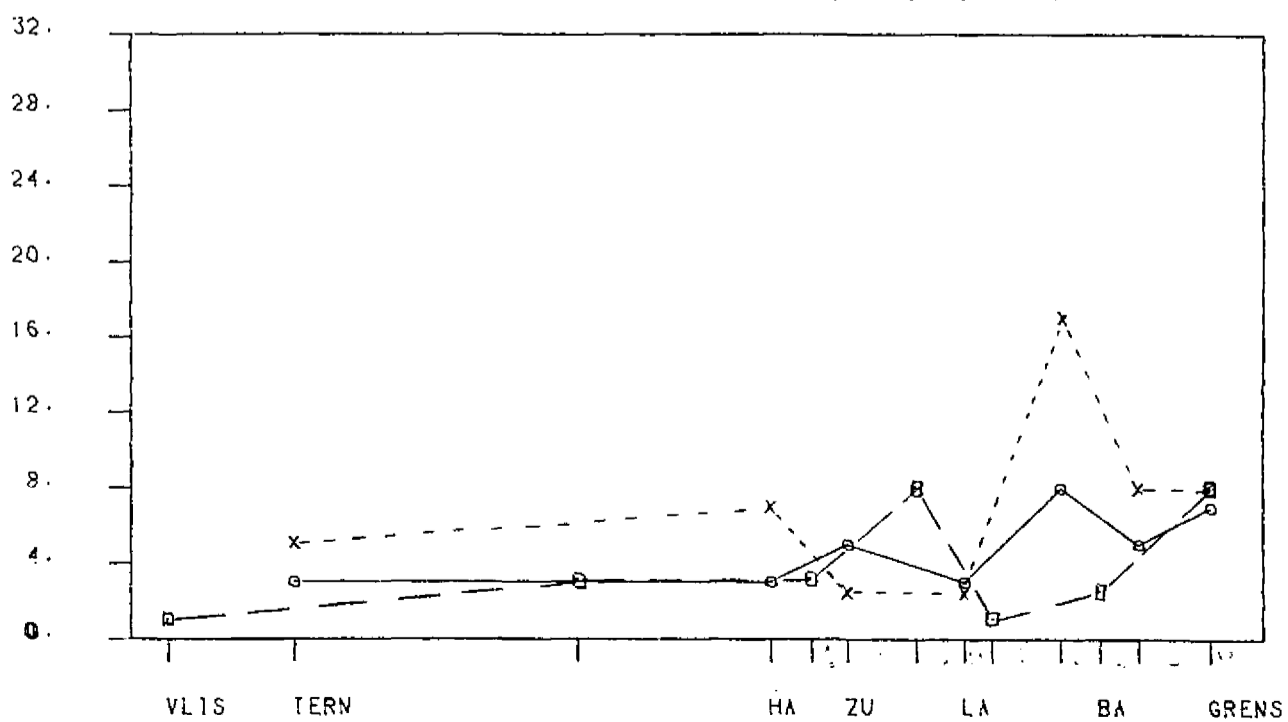
E-coli, MPN/ml, 8 t/m 10-2-1983

fig. 4.74.



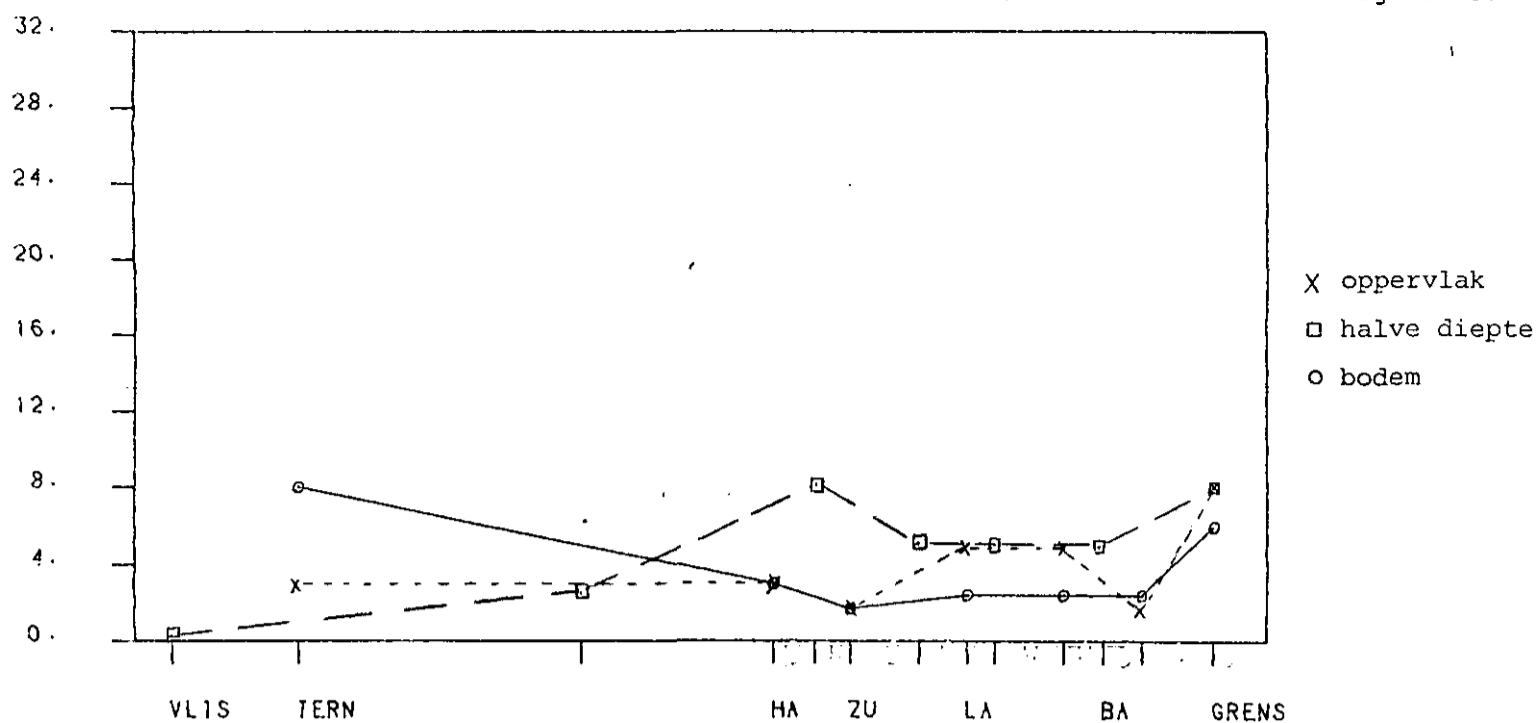
E-coli, MPN/ml, 19 t/m 21-4-1983

fig. 4.75.



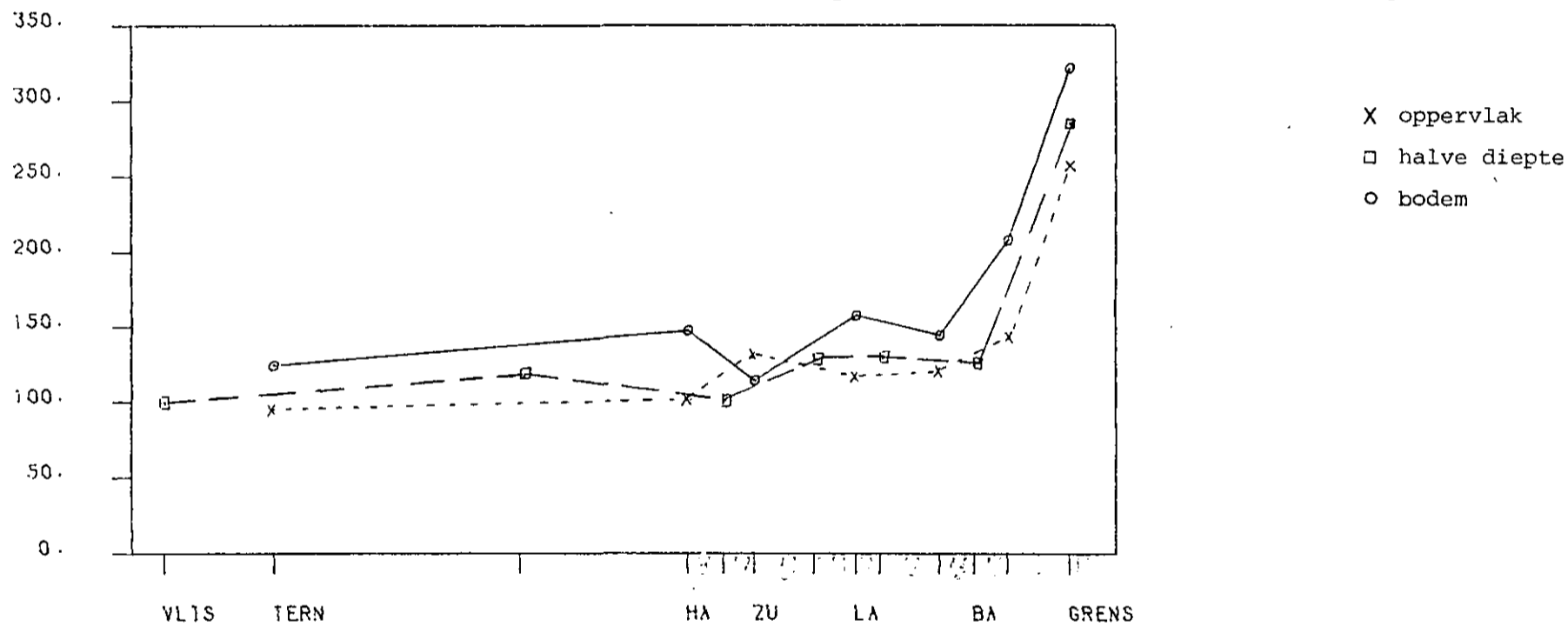
E-coli, MPN/ml, 27 t/m 29-9-1983

fig. 4.76.



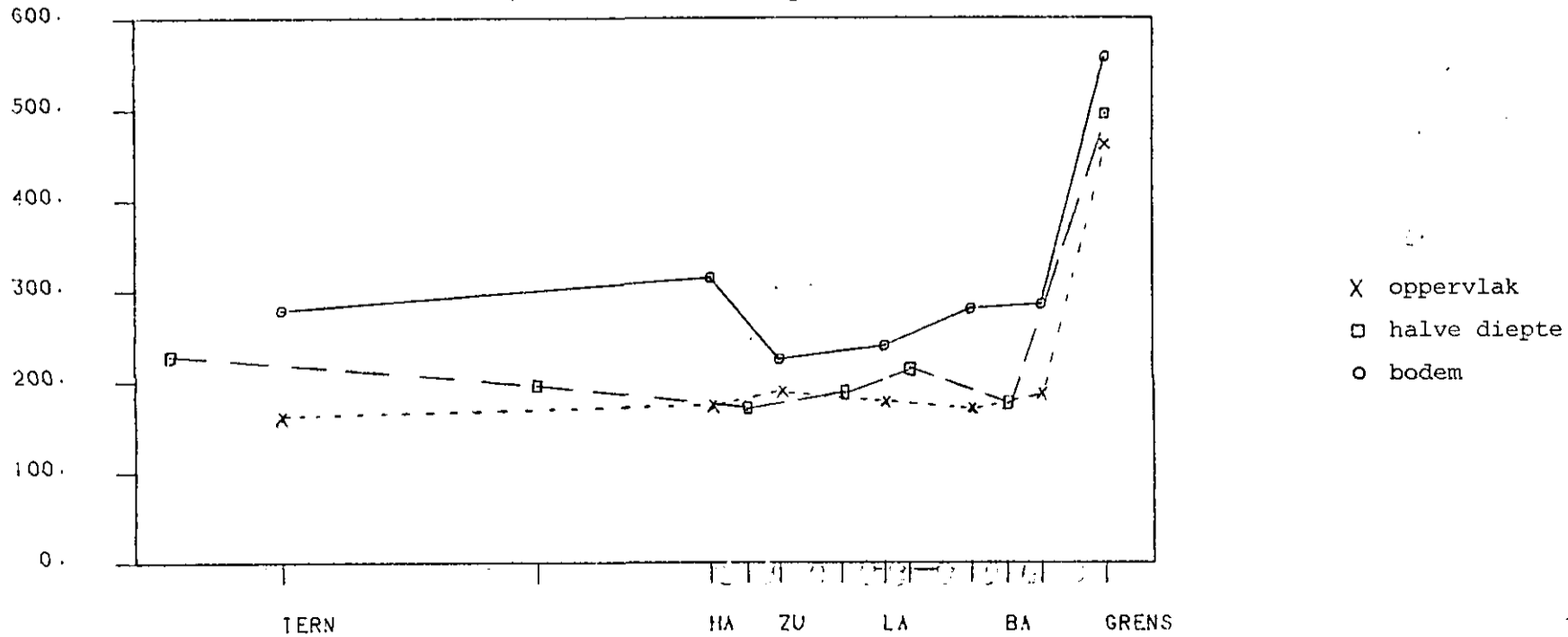
tot- $\alpha$ -aktiviteit, Bq/m<sup>3</sup>, 8 t/m 10-2-1983

fig. 4.77.



$\beta$ -restaktiviteit, Bq/m<sup>3</sup>, 8 t/m 10-2-1983

fig. 4.78.



rijkswaterstaat  
dienst getijdewateren  
bibliotheek  
grenadiersweg 31 - postbus 439  
4338 PG middelburg

GRADIËNTONDERZOEK WESTERSCHELDE 1983

L.A. v.d. Kooij  
DBW/RIZA-WS  
oktober 1985  
notanr.85-17



## Inhoudsopgave.

1. Inleiding.
2. Bemonsterings- en analyseprogramma.
3. Toelichting op de presentatie.
4. Resultaten van het onderzoek.
  - 4.1 Waterhuishouding.
  - 4.2 Waterkwaliteit
    - 4.2.1 Chloride
    - 4.2.2 Temperatuur
    - 4.2.3 Zuurgraad
    - 4.2.4 Zwevende stof
    - 4.2.5 Zuurstof
    - 4.2.6 Stikstof
    - 4.2.7 Fosfor
    - 4.2.8 Opgelost silicium
    - 4.2.9 Organisch gebonden koolstof
    - 4.2.10 Chlorofyl
    - 4.2.11 Fluoride
    - 4.2.12 Sulfaat
    - 4.2.13 Metalen
    - 4.2.14 Fenol
    - 4.2.15 Organische microverontreinigingen
      - PAK's
      - PCB's
      - Pesticiden en heptachloorepoxide
      - $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -HCH, QCB, HCB en hexachloorbutadieën
      - EOCl
    - 4.2.16 Thermotolerante bacteriën van de coligroep
    - 4.2.17 Radioactiviteit

5. Beschouwing omtrent de representativiteit van enkele routinepunten voor de waterkwaliteit.

6. Samenvatting, conclusies en aanbevelingen.

Geraadpleegde bronnen.

Bijlagen. Overzicht van berekeningen uitgevoerd ten behoeve van het gradiëntonderzoek Westerschelde.

- I. Correctie op de verdunning met zeewater.
- II. Zuurstofhuishouding.
- III. Stikstofhuishouding.
- IV. Sedimentatie, adsorptie en desorptie.
- V. Verdeling van organische microverontreinigingen over water en zwevende stof.

1. INLEIDING

Begin jaren'60 is gestart met het routinematige waterkwaliteitsonderzoek in de Westerschelde. Dit onderzoek betreft enkel bemonsteringen aan het wateroppervlak rond de laagwaterkentering op een tiental punten op het traject Schaar van Ouden Doel (Belgisch-Nederlandse grens)-Vlissingen. Inzicht in de waterkwaliteit over de verticaal ontbreekt hiermee, terwijl adsorptie-, desorptie- en sedimentatieprocessen van stikstof, fosfor en metalen deels onbekend terrein zijn. Ook over het gedrag van organische microverontreinigingen is weinig bekend, daar deze enkel bij Schaar van Ouden Doel bepaald worden.

Met het getijgemiddelde ééndimensionale advection-dispersiemodel VEDWAM (o.a. lit.20) zijn in het verleden berekeningen uitgevoerd teneinde de gevolgen van lozingen op de waterkwaliteit van de Westerschelde te bepalen. De deels onbekendheid inzake processen heeft het echter niet mogelijk gemaakt betrouwbare berekeningsresultaten te verkrijgen.

Het voorliggende gradiëntonderzoek in de Westerschelde is er op gericht meer inzicht te verkrijgen in horizontale en verticale gradiënten, verspreiding van stoffen en omstandigheden waarin adsorptie, desorptie en sedimentatie plaatsvinden. Teneinde de resultaten van het onderzoek optimaal te kunnen gebruiken voor het getijgemiddelde model VEDWAM zijn bemonsteringen rond halftij na hoog water uitgevoerd.

In de voorliggende nota wordt in hoofdstuk 2 het bemonsterings- en analyseprogramma behandeld. Hoofdstuk 3 geeft een toelichting op de manier waarop de resultaten van het onderzoek zijn gepresenteerd. Deze resultaten komen in hoofdstuk 4 aan de orde.

In hoofdstuk 5 wordt een beschouwing omtrent de representativiteit van de routine bemonsteringspunten gegeven. Tenslotte geeft hoofdstuk 6 de conclusies van het hoofdstuk weer.

## 2. BEMONSTERINGS- EN ANALYSEPROGRAMMA

Het onderzoek is uitgevoerd rond halftij na hoog water, waarbij een speling van maximaal één uur voor tot één uur na halftij als toelaatbaar werd geacht. De bemonsteringen zijn uitgevoerd met het m.s. "Dr. L.F. Kamps". Er is begonnen in Vlissingen, waar in volgorde van nummering de in tabel 2.1. gegeven lokaties zijn bemonsterd.

De lokaties zijn zoveel mogelijk in de hoofdstroomgeul gekozen.

In fig. 2.1 zijn de bemonsterde lokaties in kaart gebracht.

Per lokatie zijn drie verschillende diepten bemonsterd, te weten 0,5 m onder het wateroppervlak, halverwege de waterkolom en 1 m boven de bodem. Met de in tabel 2.1 opgegeven waterdiepten kan per lokatie afgeleid worden op welke diepten (in m) de monsters genomen zijn.

In totaal zijn drie onderzoekstochten gevaren bij verschillende Schelde-afvoeren, namelijk van 8 t/m 10 februari (hoge afvoer), van 19 t/m 21 april (ongeveer gemiddelde afvoer) en van 27 t/m 29 september (lage afvoer).

Een overzicht van de geanalyseerde parameters wordt in tabel 2.2 gegeven.

### 3. TOELICHTING OP DE PRESENTATIE

In de hierna volgende paragrafen worden per parameter de resultaten van het onderzoek besproken. De analyse- en/of berekeningsresultaten van het onderzoek zijn per bemonsteringstocht grafisch gepresenteerd. In een aantal gevallen is gekozen voor een presentatie in tabelvorm. Bij de grafische presentatie zijn op de horizontale as de bemonsterde punten aangegeven (lengte-as grafieken) en op de verticale as de parameter grootte. In verband met de geografische interpretatie zijn de afstanden tussen de stations allen op dezelfde schaal weergegeven en ligt het punt Vlissingen het meest links en het punt Schaar van Ouden Doel het meest rechts in de figuur (werkelijke afstand 72 km).

In enkele gevallen zijn met afkortingen punten aangegeven: "Vlis." (Vlissingen); "Tern." (Pas van Terneuzen); "Ha." (Hansweert); "Zu". (Zuidergat); "La." (Lamswaarde); "Ba." (Bath); "grens" (Schaar van Ouden Doel). De overige punten kunnen met behulp van tabel 2.1 afgelezen worden.

Het rapport gaat voornamelijk in op processen, zoals verdunning met zeewater, afbraak, sedimentatie en adsorptie/desorptie. Een beschrijving van de hiervoor uitgevoerde berekeningen wordt gegeven in de bijlagen I t/m V.

In het rapport wordt regelmatig (in tabelvorm) ingegaan op de voor de verdunning met zeewater gecorrigeerde concentraties. Hiermee wordt de concentratie van een parameter in de zoet water fractie van de Westerschelde op een bepaalde plaats bedoeld.

#### 4. RESULTATEN VAN HET ONDERZOEK

##### 4.1 Waterhuishouding

De Schelde vormt de grootste toevoer van zoet water naar de Westerschelde, gevolgd door het Kanaal van Gent naar Terneuzen.

Uit lit.1 kunnen de Schelde-afvoeren worden afgeleid, terwijl door Rijkswaterstaat-Directie Zeeland de afvoeren van het Kanaal Gent-Terneuzen zijn opgegeven. In tabel 4.1 zijn de afvoeren gegeven op de dagen waarop het gradiëntonderzoek is uitgevoerd. De afvoeren van de Schelde zijn omgerekend van Schelle (B) naar de Belgisch-Nederlandse grens (toename gemiddeld 12%).

Ten opzichte van de Schelde en het kanaal Gent-Terneuzen kunnen de overige afvoeren van zoet water naar de Westerschelde verwaarloosd worden (lit.2).

Vanaf de grens tot aan de monding bij Vlissingen is de verblijftijd van het water in de Westerschelde 6-8 weken (lit.3,22). Dit betekent dat de mate waarin zoet water in de Waterschelde aanwezig is, bepaald wordt door de afvoer van max. 6-8 weken daarvoor. Ter oriëntatie zijn in tabel 4.2 afvoergegevens van oktober 1982 t/m september 1983 opgenomen. De afvoer van het kanaal Gent-Terneuzen heeft in deze periode gevarieerd tussen 10 en 30 m<sup>3</sup>/s.

##### 4.2 Waterkwaliteit

###### 4.2.1 Chloride (fig.4.1 t/m 4.6).

In de waargenomen chlorideconcentraties wordt de grootte van de Schelde-afvoeren weerspiegeld. Bij hoge afvoeren zijn de chlorideconcentraties laag en bij lage afvoeren hoog (fig.4.1 t/m 4.3).

Gemiddeld over de verticaal bedragen de chlorideconcentraties bij Vlissingen en Schaar van Ouden Doel bij het onderzoek in februari 1983 resp. 15.670 en 1.100 mg/l, in april 1983 resp. 16.030 en 2.730 mg/l en in september 1983 resp. 17.700 en 8.910 mg/l. (Zie voor de bijbehorende Schelde-afvoeren tabel 4.1).

In vrijwel de gehele Westerschelde komen over de verticaal eveneens chloridegradiënten voor, met bij de bodem de hoogste concentraties, hetgeen duidt op een grotere instroming van zeewater langs de bodem van de Westerschelde dan aan het oppervlak. De concentratieverschillen over de verticaal bedragen ca. 700-1.500 mg/l. Ter hoogte van de grens met België zijn deze verschillen echter aanzienlijk afgenomen.

Onduidelijk is de oorzaak van de stijgende chloridegradiënt op het traject Lamswaarde-Overloop van Valkenisse in februari en september. Mogelijk is er een invloed van circulatiestromen of de komberging van het nabijgelegen Land van Saeftinghe.

Uitgaande van een chlorideconcentratie op zee van 18.500 mg/l en in het zoete Scheldewater van 100 mg/l zijn in de figuren 4.4 t/m 4.6 de berekende fracties zoet water gepresenteerd. Bij een hoge Schelde-afvoer (februari) neemt de zoet water fractie bij Schaar van Ouden Doel toe tot ca. 95%, bij een lage afvoer (september) slechts tot ca. 50%. Bij Vlissingen zijn deze percentages resp. ca. 20% en ca. 5%.

#### 4.2.2 Temperatuur (fig.4.7).

In de temperatuurniveaus worden duidelijk de perioden van het jaar herkend (fig.4.7). In april en september is er een gering dalende temperatuursgradiënt in zeevaartse richting. Het zeewater is dan kouder dan het water van de Schelde.

In februari is er een enigszins stijgende gradiënt richting zee. Het Scheldewater is dan kouder dan het zeewater.

Temperatuursverschillen over de verticaal zijn tijdens de metingen vrijwel niet waargenomen. Enkel tijdens het onderzoek in april zijn tussen het water aan het oppervlak en bij de bodem op enkele plaatsen verschillen in temperatuur gemeten. Maximaal bedroeg dit verschil ca. 2,5°C bij Terneuzen.

#### 4.2.3 Zuurgraad (fig.4.8 t/m 4.10).

De zuurgraad (pH) vertoont een duidelijke stijging in zeevaartse richting. De pH ligt rond 7,5 s.e. ter hoogte van Schaar van Ouden Doel en rond 8,1 s.e. ter hoogte van Vlissingen. Een invloed van eutrofiëringsverschijnselen op de pH is niet waargenomen; de chlorofylconcentraties (par.4.2.10) zijn vrij laag.

De pH in vooral het westelijk deel van de Westerschelde is in september ca. 0,2 s.e. hoger dan bij de overige onderzoekstochten. Oorzaak is de in september wat hogere pH van het zeewater (lit.6).

Over de verticaal komen weinig pH-verschillen voor met uitzondering van de lage pH bij de bodem (7,3-7,8) in de omgeving van Terneuzen tijdens de meting in april. Een duidelijke oorzaak is echter niet aan te geven.

4.2.4 Zwevende stof (fig.4.11 t/m 4.13, tabel 4.3).

De zwevende stofconcentraties liggen in de Westerschelde op een hoog niveau, wat voornamelijk het gevolg is van de hoge turbulentie. De afvoer, tijdens de metingen in februari, van 320 m<sup>3</sup>/s (langjarig gemiddelde ca. 115 m<sup>3</sup>/s, lit.1), heeft een aanmerkelijke toename van de zwevende stofconcentratie ter hoogte van Schaar van Ouden Doel veroorzaakt. Door sedimentatie ten gevolge van afnemende turbulentie nemen in westelijke richting de concentraties af.

Bij de lagere Schelde-afvoeren in april en september zijn ook de zwevende stofconcentraties ter hoogte van Schaar van Ouden Doel aanzienlijk gedaald ten opzichte van het onderzoek in februari (van ± 300 naar 120 mg/l aan het oppervlak). In het algemeen is dan ook een enigszins stijgende gradiënt in zeewaartse richting ontstaan hetgeen op een stroomopwaarts transport van zwevende stof vanaf zee wijst. Deze stijging is voornamelijk het gevolg van de invloed van de verhoogde stofconcentraties voor de Belgische kust (lit.8,9,10).

Met behulp van de chlorideconcentraties (par.4.2.1) kan afgeleid worden dat ter hoogte van Schaar van Ouden Doel de zwevende stof in februari en april voor 90% uit rivierslib bestaat en in september voor ca. 50% (lage Schelde-afvoer). Ter hoogte van Vlissingen bedragen deze percentages resp. 15% en 5%. Volgens lit.13 is 75% van het in de Westerschelde gesedimenteerde materiaal afkomstig vanaf zee. Hiermee is het mogelijk -op basis van de sedimentatie van zwevende stof afkomstig van de Schelde- de sedimentatie van zwevende stof vanaf zee te berekenen (tabel 4.3; zie ook bijlage IV).

Er blijkt dat bij hoge Schelde-afvoeren grotere hoeveelheden zwevende stof sedimenteren dan bij lage afvoeren. De berekende sedimentatie varieert sterk, waarbij enkel de resultaten van 27-29 september 1983 overeenkomen met de berekeningen van het Waterloopkundig Laboratorium (lit.13). De verklaring hiervoor is dat het onderzoek van het Waterloopkundig Laboratorium ook in dezelfde periode van het jaar (september 1979) is uitgevoerd.

Uit de gradiënten in de figuren kan afgeleid worden dat bij een lage afvoer ca. 50% van de door de Schelde aangevoerde zwevende stof sedimenteert op het traject Schaar van Ouden Doel-Lamswaarde. Bij een hoge Schelde-afvoer neemt dat percentage toe tot bijna 90%.



Bij de bodem worden de hoogste zwevende stofconcentraties waargenomen. Grote verschillen tussen concentraties aan het oppervlak en bij de bodem komen voor op het traject Bath-Hansweert en ter hoogte van Vlissingen. Bij Vlissingen doet zich weer de invloed van de verhoogde zwevende stofconcentraties in het kustwater gelden, dat met name langs de bodem de Westerschelde binnenkomt (zie ook par.4.2.1). De oorzaak van de hoge zwevende stofconcentraties bij de bodem op het traject Bath-Hansweert in april en september zou kunnen worden gezocht in lokale turbulenties (lit.7).

De gloeirest van de zwevende stof varieert bij alle tochten tussen 80 en 100%, hetgeen wijst op een hoge anorganische fractie (zand) in de zwevende stof. Seizoensinvloeden (bijvoorbeeld algen), verticale en horizontale gradiënten in het percentage gloeirest worden vrijwel niet onderscheiden. Presentatie van de analyseresultaten is daarom achterwege gelaten.

#### 4.2.5 Zuurstof (fig.4.14 t/m 4.16; tabel 4.4).

Door de vrij hoge belasting met zuurstofbindende stoffen worden ter hoogte van Schaar van Ouden Doel lage zuurstofconcentraties gemeten. De zuurstofbindende stoffen bestaan voornamelijk uit gereduceerde stikstofverbindingen die de in het water aanwezige zuurstof gebruiken voor nitrificatie. De BOD<sub>5</sub>-concentraties hebben een geringer aandeel in de zuurstofvraag (lit.2,5,6).

Door afname van de concentraties aan de zuurstofbindende stoffen, reëratie van het water en de indringing van zuurstofrijker zeewater nemen in westelijke richting de zuurstofconcentraties snel toe, om vanaf ongeveer Zuidergat-Hansweert op eenzelfde niveau te blijven. In het algemeen worden vooral in het oostelijk deel van de Westerschelde bij de bodem hogere zuurstofconcentraties waargenomen dan aan het oppervlak, omdat ten gevolge van het dichtheidsverschil meer zeewater voorkomt bij de bodem. Opmerkelijk is de afwezigheid van zuurstofconcentratieverschillen bij Schaar van Ouden Doel, wat verklaard kan worden uit de geringere chlorideverschillen over de verticaal. Uit de gemeten zuurstof- en zoutconcentraties en de temperaturen zijn de zuurstofverzadigingspercentages berekend. De resultaten van deze voor enkele bemonsterde punten uitgevoerde berekeningen zijn in tabel 4.4 opgenomen, met tussen haakjes de voor de invloed van zout water gecorrigeerde percentages (zie ook bijlage I).

Het verschil van het werkelijke en gecorrigeerde zuurstofverzadigingspercentage geeft aan in welke mate het zeewater heeft bijgedragen aan de verbetering van de zuurstofsituatie. Uit tabel 4.4 kan opgemaakt worden dat gaande in oostelijke richting de zuurstofverzadigingspercentages (en dus ook de concentraties) steeds positiever beïnvloed worden door het zoute water. Tijdens de tocht van april is in het westelijk deel van de Westerschelde een oververzadiging waargenomen, terwijl doorgaans (lit.6) het verzadigingspercentage niet hoger is dan 100%. De oorzaak van deze oververzadiging is echter niet duidelijk, mede omdat de chlorofylconcentraties (par.4.2.10) op een laag niveau liggen.

Uit de voor de verdunning met zeewater gecorrigeerde horizontale zuurstofgradiënt is met behulp van lit.11 de BOD<sub>5</sub> afbraakcoëfficiënt berekend op 0,1-0,3/dag. De berekening is in bijlage II opgenomen.

#### 4.2.6 Stikstof (fig.4.17 t/m 4.25, tabel 4.5 t/m 4.7).

Kjeldahl-stikstof (Kjd-N) is gedefinieerd als de som van opgelost en particulier gebonden gereduceerd stikstof en NH<sub>4</sub>-N:  $Kjd-N = Kjd-N_{opg} + Kjd-N_{part} + NH_4-N$ . De term  $Kjd-N - NH_4-N$  (tabel 4.6) geeft hiermee de som van opgelost en particulier gebonden gereduceerd N aan.

Bij alle tochten is een in zeewaartse richting dalende gradiënt van Kjd-N aanwezig (fig.4.17 t/m 4.19). Op enkele lokaties zijn door de monsters te filtreren, de concentraties Kjd-N<sub>opg</sub> en Kjd-N<sub>part</sub> bepaald, waardoor meer inzicht wordt verkregen in de bindingsvormen van de gereduceerde stikstofverbindingen in de Westerschelde. Tabel 4.5 geeft hiervan een overzicht. In het algemeen zijn de concentraties Kjd-N<sub>part</sub> en Kjd-N<sub>opg</sub> het hoogst in februari en het laagst in september, wat ook naar voren komt uit fig.4.17 t/m 4.19. Verder is de fractie Kjd-N<sub>part</sub> in het algemeen iets hoger dan die van Kjd-N<sub>opg</sub>.

Met een gehalte van 4-7 mg part.N/g zwevende stof kan, met behulp van de berekende sedimentatie van de zwevende stof (par.4.2.4), de sedimentatie van part.N in de Westerschelde afkomstig van de Schelde berekend worden op < 0,01 kg/s in september tot ca. 0,3 kg/s in februari. Op een zelfde wijze kan berekend worden dat de sedimentatie van part.N afkomstig uit zee aanmerkelijk groter is, namelijk ca. 0,02 kg/s in september tot ca. 0,9 kg/s in februari.

Aannemende dat de stikstofparameters in de zout water fractie in de Westerschelde een conservatief gedrag vertonen, zijn met de voor zout water gecorrigeerde stikstofparameters (tabel 4.6) en verblijftijden (lit.22) van processnelheden en -constanten berekend. De resultaten van deze berekeningen zijn opgenomen in tabel 4.7 (zie ook bijlage I en III).

De ammonifikatiesnelheden en -constanten zijn voor februari vervangen door geschatte waarden, omdat de door de hoge Schelde-afvoer veroorzaakte hoge Kj<sub>d</sub>-N-concentraties onwaarschijnlijke berekeningsresultaten opleveren. De in september waargenomen verhoogde Kj<sub>d</sub>-N en NH<sub>4</sub>-N concentraties bij Terneuzen (wat vooral tot uiting komt in de gecorrigeerde concentraties; tabel 4.6) duiden op de invloed van een lozing. Voor de berekening zijn deze waarden vervangen door concentraties, geschat voor de situatie zonder lozing.

Uit tabel 4.7 kan afgeleid worden dat in het algemeen de processnelheden en -constanten toenemen van februari tot september, als gevolg van de toename van de watertemperatuur. De gradiënten van de diverse stikstofparameters worden echter voor een groot deel bepaald door de verdunning met zeewater (NH<sub>4</sub>-N > 25%, NO<sub>3</sub>-N > 80%). De oorzaak van de hoge gecorrigeerde concentraties bij Vlissingen is niet geheel duidelijk. Mogelijk speelt hierbij de zeer grote verdunning met zeewater een rol, hetgeen grotere onnauwkeurigheden in de berekeningen (bijlage 1) introduceert.

Opvallend is dat de nitrificatie en denitrificatie in september langzamer verloopt dan bij de overige tochten, hoewel de betreffende constanten in september duidelijk groter zijn. De oorzaak is dat de nitrificatie- en denitrificatiesnelheden dermate hoog zijn dat de nitrificatie en denitrificatie bovenstrooms van Schaar van Ouden Doel vrijwel volledig zijn verlopen, waardoor op de Westerschelde vrijwel geen NH<sub>4</sub>-N en NO<sub>3</sub>-N meer resteert om genitrificeerd resp. gedenitrificeerd te worden. Dit verklaart ook de ten opzichte van februari en april lage NH<sub>4</sub>-N en NO<sub>3</sub>-N concentraties en de gradiënt die vrijwel volledig wordt bepaald door de verdunning met zeewater (fig.4.22, 4.24; tabel 4.6). De berekende nitrificatiesnelheden en -constanten komen redelijk overeen met lit.5.

In tabel 4.7 is een onderscheid gemaakt tussen het oostelijk (Schaar van Ouden Doel-Lamswaarde) en westelijk deel (Lamswaarde-Pas van Terneuzen) van de Westerschelde. Er blijkt dat zowel nitrificatie als denitrificatie in het oostelijk deel sneller verlopen dan in het westelijk deel. Voor februari is het onderscheid minder duidelijk, omdat door de lage watertemperatuur deze processen dan vrijwel niet verlopen.

4.2.7 Fosfor (fig.4.26 t/m 4.31, tabel 4.8, 4.9)

De concentraties  $o\text{-PO}_4\text{-P}$  (fig.4.29 t/m 4.31) en het verschil van  $t\text{-PO}_4\text{-P}$  en  $o\text{-PO}_4\text{-P}$  (fig.4.26 t/m 4.28) dalen in zeewaartse richting. Het verschil van  $t\text{-PO}_4\text{-P}$  en  $o\text{-PO}_4\text{-P}$  omvat particulier gebonden P (part.P) en opgeloste vormen van P anders van  $o\text{-PO}_4\text{-P}$  (opg.P). Op enkele lokaties is naast  $t\text{-PO}_4\text{-P}$  en  $o\text{-PO}_4\text{-P}$  ook  $t\text{-PO}_4\text{-P}$  na filtratie bepaald, waardoor meer inzicht verkregen wordt in de bindingsvormen van fosfor. Tabel 4.8 geeft hiervan een overzicht, waarbij  $\text{part.P} = t\text{-PO}_4\text{-P} - t\text{-PO}_4\text{-P na filtratie}$  en  $\text{opg.P} = t\text{-PO}_4\text{-P na filtratie} - o\text{-PO}_4\text{-P}$ .

Er blijkt dat de fractie part.P in het algemeen groter is dan van opg.P. Beide fracties komen bij de bodem in hogere concentraties voor dan aan het oppervlak.

De gehalten fosfor gebonden aan de zwevende stof variëren bij Schaar van Ouden Doel van ca. 5,4 mg P/g zwevende stof in februari tot ca. 3,6 mg P/g in september. Bij Vlissingen zijn deze gehalten resp. 1,1 en 0,6 mg P/g.

Uit de berekende sedimentatie van de zwevende stof (par.4.2.4) kan een opgave van de sedimentatie van fosfor gegeven worden. De sedimentatie van fosfor uit de Schelde varieert van 0,01 kg/s in september tot ca. 0,4 kg/s in februari. De sedimentatie vanuit zee is lager, namelijk  $< 0,01$  kg/s in september tot ca. 0,3 kg/s in februari.

De concentraties opg.+ part.P liggen bij alle tochten op hetzelfde niveau. Ten opzichte van de andere tochten zijn de  $o\text{-PO}_4\text{-P}$  concentraties het laagst in april.

De dalende gradiënt van  $o\text{-PO}_4\text{-P}$  is vrijwel volledig veroorzaakt door de verdunning met zeewater. De voor deze verdunning gecorrigeerde  $o\text{-PO}_4\text{-P}$  concentraties (tabel 4.9) geven een gering stijgende concentratiegradiënt aan. Deze stijging is vooral duidelijk ten westen van Hansweert, hetgeen op de invloed van fosfaatlozingen in dit gebied (kanaalzône, Terneuzen, Sloegebied, Walcheren, Zuid-Beveland) duidt. De gecorrigeerde concentraties  $t\text{-PO}_4\text{-P}$  vertonen in het oostelijk deel een sterk dalende gradiënt (sedimentatie). De oorzaak van de hoge gecorrigeerde  $o\text{-PO}_4\text{-P}$  en  $t\text{-PO}_4\text{-P}$  concentraties bij de bodem bij Vlissingen is niet geheel duidelijk. Mogelijk speelt hierbij de zeer grote verdunning met zeewater een rol. Een invloed van algenactiviteit op de fosforconcentraties is niet waarneembaar.

4.2.8 Opgelost silicium (fig.4.32 t/m 4.34, tabel 4.10).

De concentraties opgelost silicium dalen in zeewaartse richting. In het algemeen zijn de concentraties aan het oppervlak een fractie hoger dan bij de bodem.

De concentraties zijn in februari het hoogst en in september het laagst. In tabel 4.10 zijn de concentraties opgelost silicium gecorrigeerd voor de verdunning met zeewater aangegeven. De gecorrigeerde concentraties geven in april en september een gering dalende gradiënt aan, hetgeen wijst op een opname door algen. In april wijst de stijgende gradiënt echter op een netto produktie van silicium (vrijkomen uit algen).

De concentratiegradiënt in april is vrijwel volledig bepaald door de verdunning met zeewater. In februari speelt de verdunning voor ca 80% een rol en in september voor ca 60%. Ten opzichte van februari is het concentratieniveau van chlorofyl ongeveer verdubbeld in april en september (par.4.2.10). Opgelost silicium verdwijnt niet volledig omdat de omstandigheden (met name licht) niet ideaal zijn. Op zee bijvoorbeeld (lit.9) zijn de variaties in opgelost silicium groter vanwege het verbeterde lichtklimaat.

4.2.9 Organisch gebonden koolstof (fig.4.35 t/m 4.40, tabel 4.11).

Particulair gebonden organisch koolstof (POC, bepaald als het verschil van totaal organisch gebonden koolstof -TOC- en opgelost organisch koolstof -DOC) vertoont vrijwel geen horizontale of verticale concentratiegradiënt in de Westerschelde. Het concentratieniveau varieert rond de 2 mg/l (fig.4.35 t/m 4.37).

Ter hoogte van Vlissingen dalen de gehalten organisch gebonden koolstof gehecht aan de zwevende stof van 50 mg C/g zwevende stof in februari tot ca. 15 mg C/g in september. Bij Schaar van Ouden Doel is dit gehalte ca. 35 mg C/g in februari en ca. 50 mg C/g in april en september. Met behulp van de in par.4.2.4 berekende sedimentatie van de zwevende stof kan een schatting gemaakt worden van de sedimentatie van POC. De sedimentatie van POC afkomstig uit de Schelde varieert van 0,01 kg/s in september tot 2,8 kg/s in februari, terwijl het POC afkomstig uit zee varieert van 0,1 kg/s in september tot 12,0 kg/s in februari.

DOC geeft een in de richting van Vlissingen dalende concentratiegradiënt te zien. Deze is het grootst in februari het kleinst in september. De DOC concentraties zijn het hoogst in februari en het laagst in september. Gecorrigeerd voor de verdunning met zeewater komt datzelfde beeld naar voren (tabel 4.11).

De dalende DOC gradiënten worden vrijwel volledig veroorzaakt door de verdunning met zeewater. De gecorrigeerde DOC concentraties geven vrijwel geen gradiënt te zien. Dit wijst erop dat de opname van DOC door algen vrijwel niet plaatsvindt. De oorzaak van de extreme gecorrigeerde DOC concentraties bij Vlissingen is niet geheel duidelijk. Mogelijk speelt hierin, evenals bij de andere nutriënten, de zeer grote verdunning met zeewater een rol.

#### 4.2.10 Chlorofyl (fig.4.41 t/m 4.43).

De waargenomen chlorofylconcentraties zijn laag in de Westerschelde. De waargenomen maximale concentratie (tocht april) bedraagt 19,5 µg/l bij Vlissingen. Op grond van de grote hoeveelheden voedingsstoffen zou de algenactiviteit (waarvoor de chlorofylconcentratie een maat is) groter verwacht worden.

Het ontbreken van algenbloeien kan twee oorzaken hebben. Enerzijds de hoge zwevende stof concentraties in de Westerschelde, waardoor onvoldoende licht doordringt, en anderzijds de zoutgradiënt.

Door afsterving van zoet water algen in het brakker wordende water en omdat in brak water slechts een beperkt aantal soorten algen tot ontwikkeling kan komen (lit.14) wordt in het oostelijk deel van de Westerschelde (ongeveer ter hoogte van Lamswaarde) een minimum in de chlorofylconcentratie waargenomen. In westelijke richting stijgt dan de chlorofylconcentratie weer als gevolg van het grotere aantal soorten algen dat in het zouter wordende milieu tot ontwikkeling kan komen.

De combinatie van beide factoren (lichtklimaat en zoutgradiënt) is waarschijnlijk de oorzaak van het ontbreken van duidelijke chlorofylgradiënten. Enkel in april is een minimum chlorofylconcentratie waarneembaar in de omgeving van Lamswaarde gevolgd door een stijgende gradiënt in zeevaartse richting.

4.2.11 Fluoride (fig.4.44 t/m 4.46, tabel 4.12).

De fluorideconcentraties geven wisselende gradiënten te zien. In februari en april stijgen de concentraties in zeevaartse richting, terwijl in september een dalende gradiënt aanwezig is. Op grond van de van nature in zeewater hogere fluorideconcentraties zou in alle gevallen een stijgende gradiënt verwacht worden. De Schelde, het Kanaal Gent-Terneuzen en directe lozingen vanuit de Sloehaven vormen echter een dermate grote fluoridebelasting dat deze gradiënt zich kan wijzigen (lit.2,15).

Fluoride is een conservatieve stof. De voor de verdunning met zeewater gecorrigeerde concentraties zouden zeewaarts gaande, bij afwezigheid van lozingen, gelijk moeten blijven. Dit wordt niet geconstateerd (tabel 4.12) hetgeen ook wijst op wisselende fluoride belastingspatronen. Zo zou de toegenomen fluorideconcentratie in februari en april ter hoogte van Terneuzen (gecorrigeerd, tabel 4.12) veroorzaakt kunnen zijn door het Kanaal Gent-Terneuzen. In september is deze toename afwezig vanwege het zeer lage kanaaldebiet (zie ook lit.16). De concentratiestijging op het traject Schaar van Ouden Doel-Bath kan verklaard worden uit de menging van lozingen vanuit het Antwerpse havengebied.

4.2.12 Sulfaat (fig.4.47 t/m 4.49).

Sulfaat is een stof die voornamelijk in zout water voorkomt. Dit verklaart dan ook de zeevaartse stijgende gradiënten die zijn waargenomen. In februari is deze gradiënt het grootst en in september het kleinst, wat verklaard wordt uit de verschillende Schelde-afvoeren. Sulfaat gedraagt zich, evenals chloride en fluoride, conservatief. Omdat de sulfaatbelasting (lozingen, kanalen) van de Westerschelde laag is, vertoont de gradiënt een vloeiend verloop. De voor de verdunning met zeewater gecorrigeerde concentraties leveren een vrijwel constante waarde op.

4.2.13 Metalen (fig.4.50 t/m 4.70, tabel 4.13).

Metalen zijn enkel in de monsters van de tocht in februari geanalyseerd. Dit houdt in dat de resultaten van dit onderzoek gelden voor een hoge Schelde-afvoer.

De particulier gebonden metalen (fig.4.50, 4.53, 4.56, 4.59, 4.62, 4.65, 4.68) hebben een dalende gradiënt in zeewaartse richting. De grootste daling vindt plaats op het traject Schaar van Ouden Doel-Bath. Bij nikkel, chroom en lood is er ongeveer vanaf Terneuzen een gering stijgende gradiënt aanwezig. Gemiddeld over de verticaal komen de metalen bij Schaar van Ouden Doel voor meer dan 95% aan de zwevende stof gebonden voor. Zink (90%) en nikkel (50%) vormen hierop een uitzondering. Door sedimentatie, desorptie en verdunning met zwevende stof afkomstig van zee worden bij Vlissingen lagere bindingspercentages waargenomen: cadmium 25%, nikkel 40%, koper en zink 60%, kwik 80%, chroom en lood meer dan 90% (zie ook bijlage IV).

In tabel 4.13 zijn de metaalgehalten van de zwevende stof op enkele plaatsen in de Westerschelde gegeven. Tussen haakjes staan de gehalten in de rivierfractie van de zwevende stof gegeven. Met deze gegevens en de berekende slibtransporten (par.4.2.4) zijn sedimentatie en desorptie van metalen gebonden aan het rivierslib berekend. Aanname hierbij is dat de zwevende stof afkomstig van zee geen adsorptie of desorptie ondergaat. Het netto effect is voor alle metalen een desorptie (cadmium meer dan 90%, koper ca. 75%, zink ca. 60%, overigen minder dan 50%) uit de zwevende stof afkomstig van de Schelde. Procentueel gezien sedimenteert particulier cadmium afkomstig van de Schelde weinig (minder dan 10%). Koper en zink sedimenteren voor 20-35% en de overige metalen voor meer dan 50%. De sedimentatie vanuit zee is voor alle metalen aanmerkelijk groter.

De opgeloste concentraties geven voor nikkel een duidelijke daling zeewaarts te zien. Bij afwezigheid van adsorptie of desorptie zouden de voor de verdunning met zeewater gecorrigeerde opgeloste concentraties constant moeten zijn. Het voornamelijk ten westen van Hansweert voorkomende dalende concentratieverloop (tabel 4.13) geeft hiermee een adsorptie van nikkel aan, terwijl de metaalgehalten in de rivierfractie van de zwevende stof (waarmee de vrachtberekeningen in tabel 4.13 zijn uitgevoerd) juist op een desorptie duiden. Een verklaring voor deze tegenstrijdigheid ontbreekt.

Ten westen van Terneuzen zijn de opgeloste concentraties van kwik, lood en chroom door verdunning tot onder de detektielgrens gedaald, waardoor correcties voor de verdunning niet betrouwbaar meer zijn. Voor cadmium, chroom, koper (en in mindere mate voor zink en kwik) is uit de gecorrigeerde opgeloste concentraties in tabel 4.13 ten westen van Hansweert eveneens een desorptie af te leiden.



De totaalconcentraties van de metalen (fig.4.52, 4.55, 4.58, 4.61, 4.64, 4.67, 4.70) volgen ongeveer het patroon van de particulier gebonden concentraties. In verticale richting is eveneens een gradiënt aanwezig. Bij de bodem kunnen de totaalconcentraties aanzienlijk hoger zijn dan aan het oppervlak. Dit geldt eveneens voor de opgeloste concentraties.

Vergeleken met lit.13 verschillen de berekeningsresultaten sterk. Voornaamste oorzaak is het verhoogde zwevende stof transport bij het voorliggende onderzoek (ongeveer het 22-voudige van lit.13). Daarnaast hebben de verschillende onderzoeksperioden (september 1979 en februari 1983) met de tussentijds verminderde belasting door de Schelde (lit.6) invloed gehad.

#### 4.2.14 Fenol (fig. 4.71 t/m 4.73, tabel 4.14).

Onder fenol vallen alle stoffen die bestaan uit één benzeenkern en eventueel aanhangende groepen met tenminste één hydroxylgroep. Fenol heeft in april en september een in zeevaartse richting dalende concentratiegradiënt. In februari echter wordt vanaf Terneuzen een stijging in de gradiënt waargenomen (fig.4.70). Deze stijging kan verklaard worden uit de toen sterk toegenomen belasting van het Kanaal Gent-Terneuzen (lit.6.16). In september is de dalende gradiënt vrijwel volledig veroorzaakt door de verdunning met zeewater. In februari en april is dit slechts 60-70%.

Fenol komt vrijwel enkel in opgeloste vorm voor. In tabel 4.14 zijn de concentraties gecorrigeerd voor de verdunning met zeewater gegeven. In eerste instantie (traject Schaar van Ouden Doel-Zuidergat) dalen ook de gecorrigeerde concentraties in westelijke richting, wat op afbraak van fenol duidt. Opvallend is dat bij een toename van de watertemperatuur de afbraaksnelheid daalt: 0,16 µg/l.d in februari, 0,12 µg/l in april en 0,01 µg/l.d in september. Juist het tegengestelde effect zou verwacht worden, namelijk een toename van de afbraaksnelheid. Een verklaring is dat door reeds verlopen afbraakprocessen bovenstrooms van de Westerschelde nog onvoldoende fenol resteert om nog goed door micro-organismen te kunnen worden afgebroken. De berekende afbraakconstanten (1<sup>e</sup>-orde proces, zie hiervoor als voorbeeld bijlagen II en III) duiden erop dat bij een voldoende fenolaanbod de afbraak zou zijn toegenomen:  $k = 0,034/d$  in februari en  $0,044/d$  in april. Voor september kan echter geen constante berekend worden vanwege de afwezigheid van een duidelijke gradiënt in de gecorrigeerde concentraties.

Op het traject Hansweert-Vlissingen doet zich in februari en april de invloed van lozingen via de afvalwaterleiding bij Waarde en het Kanaal Gent-Terneuzen gelden. Uit het hierdoor ontstane grillige concentratieverloop (gecorrigeerd voor zeewater) zijn uitspraken over afbraak van fenol in het zoutere deel van de Westerschelde niet goed mogelijk.

4.2.15 Organische microverontreinigingen (tabel 4.15 t/m 4.19).

Op de monsters van de tocht in februari zijn analyses van enkele organische microverontreinigingen uitgevoerd. Het betreft de parameters:

benzo(b)fluorantheen		)	
benzo(k)fluorantheen	Polycyclische	)	
benzo(a)pyreen	aromatische	)	Tabel 4.15
fluorantheen	koolwaterstoffen(PAK's)	)	
indeno(1,2,3,c,d)pyreen		)	
benzo(g,h,i)peryleen		)	
PCB's(IUPAC nummers 28, 52, 101, 138, 153 en 180)		)	Tabel 4.16
pp-DDT		)	
op-DDT		)	
pp-DDD	organochloor pesticiden	)	
pp-DDE		)	
heptachloor		)	Tabel 4.17
aldrin		)	
dieldrin		)	
endrin		)	
$\alpha$ -endosulfan		)	
heptachloorepoxide		)	
$\alpha$ -, $\beta$ -, $\gamma$ -hexachloorcyclohexaan (HCH)		)	
Hexachloorbenzeen(HCB), pentachloorbenzeen(QCB)		)	Tabel 4.18
Hexachloorbutadieën		)	
Extraheerbaar organisch chloor in petroleumether extract (EOCl)		)	Tabel 4.19

Alle analyses zijn uitgevoerd op de ongefiltreerde monsters (totaalconcentraties).

In het algemeen kan een dalende concentratiegradiënt op het traject Schaar van Ouden Doel-Overloop van Valkenisse worden waargenomen. Na een piekconcentratie ter hoogte van Lamswaarde vindt wederom een dalende concentratiegradiënt in westwaartse richting plaats. Ten westen van Hansweert liggen de concentraties veelal beneden de detektielgrens

(PAK's 10 µg/l; EOCl 0,5 µg/l; overigen 1 µg/l). Uitzondering op dit patroon vormen pp-DDT, op-DDT, pp-DDE, heptachloor, heptachloorepoxide, aldrin, endrin,  $\alpha$ -endosulfan,  $\beta$ -HCH, HCB en hexachloorbutadieën die in de gehele Westerschelde in concentraties van maximaal de detectiegrens zijn waargenomen.  $\alpha$ -,  $\gamma$ -HCH en HCB zijn onderhevig aan meer concentratiepieken. De piekwaarden in het bovengeschetste concentratieverloop komen duidelijker naar voren uit de voor de verdunning met zeewater gecorrigeerde concentraties. Onduidelijk is of de oorzaak van de concentratiepieken moet worden gezocht in een -discontinue- lozing (bovenstroomsgrens, afvalwaterpersleiding Waarde) of natuurlijke omstandigheden (transport vanuit bodem). Zo wijkt de zwevende stof concentratie ter hoogte van Lamswaarde niet af van die van de omringende punten. Ook het routinematige waterkwaliteitsonderzoek (lit.6,21) geeft hierin geen uitsluitel.

Met behulp van lit.17, 18, 19 (zie ook bijlage V) zijn de gehalten aan PAK's, PCB's, dieldrin, pp-DDD en QCB in de zwevende stof berekend. Uitgaande van een constant gehalte in de marinefractie van de zwevende stof (schattingen op basis van dit onderzoek: 0,25 mg PAK/kg zw.st.; 0,01 mg PCB/kg zw.st.; 0,6 µg dieldrin/kg zw.st.; 0,7 µg QCB/kg zw.st.) zijn vervolgens op basis van de verdeling rivierwater/zeewater (zie bijlage IV) de gehalten in de rivierfractie van de zwevende stof berekend. De berekeningsresultaten zijn opgenomen in de tabellen 4.15 t/m 4.17.

Afgeleid kan worden dat PCB's voor meer dan 95% aan de zwevende stof gebonden voorkomen. Het bindingspercentage van PAK's bedraagt 50-80%, pp-DDD en dieldrin ca. 50% en QCB 25-40%.  $\alpha$ - en  $\gamma$ -HCH, welke ook duidelijk aantoonbaar zijn in de Westerschelde, worden voor minder dan 1% gebonden. EOCl is samengesteld uit verschillende componenten, die afzonderlijk niet bekend zijn, waardoor het niet mogelijk is de verdeling over water en zwevende stof te berekenen. In de rivierfracties van de zwevende stof vertonen de gehalten van de nader onderzochte organische microverontreinigingen geen duidelijke gradiënten, waardoor adsorptie of desorptie niet aantoonbaar is. Met de slibtransporten (par.4.2.4) kan berekend worden dat het particulier gebonden materiaal vrijwel volledig sedimenteert in de Westerschelde; slechts ca. 5% wordt naar zee getransporteerd. Dit betekent dat van de totaal vracht PCB's die via de Schelde wordt aangevoerd meer dan 90% in de Westerschelde achterblijft, terwijl stoffen als  $\alpha$ - en  $\gamma$ -HCH voor meer dan 99% naar zee worden getransporteerd.

4.2.16 Thermotolerante bacteriën van de coligroep (fig.4.74 t/m 4.76, tabel 4.20, 4.21).

De thermotolerante bacteriën van de coligroep (ook wel E-coli genoemd) zijn een indicatie voor de aanwezigheid van ziekteverwekkende organismen, veelal veroorzaakt door faecale verontreiniging.

Uit de figuren 4.73 t/m 4.75 kan een dalende gradiënt in zeevaartse richting opgemaakt worden. Bij de tocht in februari wordt deze gradiënt verstoord met een piek ter hoogte van Hansweert, wat een gevolg zou kunnen zijn van de enkele kilometers stroomopwaarts gelegen afvalwaterpersleiding Waarde. In april zijn verhoogde concentraties aanwezig bij Hansweert en de Pas van Terneuzen. Mogelijk hebben bij Terneuzen de verhoogde afvoer (april 1983 was zeer nat) van het Kanaal Gent-Terneuzen en/of de afvalwaterleiding Terneuzen een rol gespeeld. Ge-corrigeerd voor de verdunning met zeewater (tabel 4.20) komen deze verhoogde waarden duidelijker naar voren.

Met het stijgen van de watertemperatuur neemt de afsterving van E-coli toe. Hierdoor zijn in februari de hoogste waarden gevonden en in september de laagste. De afwezigheid van een piekwaarde bij Hansweert kan tevens verklaard worden uit de in mei 1983 opgestarte RWZI Bath, waardoor de lozing bij Waarde gezuiverd plaatsvindt.

De afstervingsnelheid en -coëfficiënt kan enkel bepaald worden in het oostelijk deel van de Westerschelde (traject Schaar van Ouden Doel-Zuidergat) en het uiterst westelijk deel (Pas van Terneuzen-Vlissingen) omdat omvangrijke E-coli lozingen de gradiënten daar niet verstoren. Aangezien E-coli langer leven in een slibrijke omgeving en het punt Schaar van Ouden Doel in februari wordt gekenmerkt door hoge zwevende stof concentraties zou dit een vertekening van de afbraaksnelheid en -coëfficiënt veroorzaken. Daarom is een dergelijke berekening voor het oostelijk deel van de Westerschelde in februari achterwege gelaten. Tabel 4.21 geeft een overzicht van de berekeningsresultaten. Er blijkt dat met de toename van de watertemperatuur de afstervingsnelheid en -coëfficiënt toenemen. Op het traject Pas van Terneuzen-Vlissingen zijn de afstervingsnelheid en -coëfficiënt groter dan op het traject Schaar van Ouden Doel-Vlissingen. De oorzaak hiervan moet gezocht worden in het zoutere water en/of zuurstofrijkere omstandigheden in het westelijk deel van de Westerschelde.

4.2.17 Radioactiviteit (fig.4.77, 4.78).

In de vorm van de totale  $\alpha$ -activiteit en de  $\beta$ -restactiviteit zijn de monsters van de tocht in februari onderzocht op radioactieve stoffen. De  $\beta$ -restactiviteit berust op de bepaling van de  $\beta$ -activiteit van in het water aanwezige zouten. Bij de  $\beta$ -restactiviteit is de activiteit van  $^{40}\text{K}$ , dat in zout water rijkelijk aanwezig is, niet meegenomen. De  $\beta$ -activiteit van tritium is hierdoor eveneens niet in de  $\beta$ -restactiviteit meegenomen.

De totale  $\alpha$ - en  $\beta$ -restactiviteit vertonen op het traject Schaar van Ouden Doel-Lamswaarde een sterk dalende gradiënt. Verder in westelijke richting liggen de activiteiten op ongeveer eenzelfde niveau.

Opvallend zijn de hogere activiteiten bij de bodem dan aan het oppervlak. Via lozingen en de invloed van de Schelde zouden juist hogere concentraties aan het oppervlak verwacht worden (zoet water is lichter dan zout water). Er blijkt echter een duidelijk verband met de zwevende stof aanwezig te zijn ( $r = 0,94$ , voor de totale  $\alpha$ -activiteit en  $r = 0,97$  voor de  $\beta$ -restactiviteit). Dit betekent dat de gradiënten van de totale  $\alpha$ - en  $\beta$ -restactiviteit vrijwel volledig door de zwevende stof transporteren verklaard kunnen worden. Een correctie voor de verdunning met zeewater is om deze reden achterwege gelaten.

5. BESCHOUWING OMTRENT DE REPRESENTATIVITEIT VAN ENKELE ROUTINEPUNTEN VOOR DE WATERKWALITEIT

Voor het routinematig waterkwaliteitsonderzoek van de Rijkswateren worden ongeveer maandelijks (Schaar van Ouden Doel eens per 2 weken) op ca. 0,5 m onder het wateroppervlak monsters genomen en op een groot aantal parameters onderzocht (zie lit.6). De in dit gradiëntonderzoek onderzochte punten Vlissingen, Hansweert, Zuidergat, Lamswaarde, Bath en Schaar van Ouden Doel komen overeen met enkele van deze routinepunten.

In tabel 5.1 is een overzicht gegeven van de resultaten van het gradiëntonderzoek in de vorm van oppervlaktegemiddelden en gemiddelden over de verticaal (beiden van de drie tochten) op de bovengenoemde lokaties. Enkel die parameters zijn gepresenteerd die op alle drie de tochten zijn geanalyseerd in alle monsters uit de verticaal. Tevens is per punt opgegeven in hoeverre het oppervlaktegemiddelde afwijkt van het gemiddelde over de verticaal.

Uit tabel 5.1 kan afgeleid worden dat opgeloste parameters die meer in het bovenste zoete water voorkomen (onder meer nutriënten) via het routinematig onderzoek een hogere concentratie te zien geven dan gemiddeld over de verticaal voorkomt. Omgekeerd betekent dit dat opgeloste parameters die voornamelijk in zeewater voorkomen ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) met het routinematig onderzoek lager worden weergegeven omdat deze meer in het onderste zoute water voorkomen. Ook parameters die (mede) bepaald worden door de zwevende stof worden met het routinematig onderzoek te laag weergegeven omdat de zwevende stof concentraties in het algemeen in de richting van de bodem toenemen.

De procentuele verschillen over de verticaal blijken voor de opgeloste stoffen kleiner te zijn dan de stoffen die (mede) bepaald worden door de zwevende stof. Voor wat betreft de opgeloste stoffen zijn de grootste verschillen waargenomen te Vlissingen ( $\text{NH}_4\text{-N}$ , 6%;  $\text{O-PO}_4\text{-P}$ , 8%;  $\text{opg.Si}$ , 14%), Bath ( $\text{Cl}^-$ , -19%;  $\text{O}_2$ , -17%) en Hansweert ( $\text{NH}_4\text{-N}$ , 6%;  $\text{DOC}$ , -13%). De grootste verschillen in de (mede) van de zwevende stof afhankelijke parameters zijn gevonden bij Vlissingen, Lamswaarde en Bath (tabel 5.1).

Een uitbreiding van het routinematig onderzoek met enkele verticaal-bemonsteringen (bijvoorbeeld Schaar van Ouden Doel en Vlissingen) zou kunnen worden overwogen. Vooral voor vrachtberekeningen zou dit voordeel kunnen hebben.

Wanneer echter het routinematig onderzoek meer opgevat wordt als een methode om trends in de tijd en horizontale gradiënten te bepalen, kan volstaan blijven met het huidige routinematig onderzoek. Deze monsters hebben immers betrekking op het bovenste deel van de waterkolom, waarin de grootste fractie zoet (en meest verontreinigd) water voorkomt. In dit kader kan ook een in 1982 uitgevoerd dwarsraaionderzoek (lit.8) genoemd worden. De bovengenoemde aanbevelingen komen ook in dat onderzoek naar voren, waarbij uit een meer gedetailleerde beschouwing van de resultaten blijkt dat voor de onderzochte parameters geen eenduidige bemonsteringspositie in de dwarsdoorsnede gegeven kan worden als zijnde de lokatie voor het vastleggen van de gemiddelde waterkwaliteit.

6. SAMENVATTING, CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Het gradiëntonderzoek Westerschelde is in 1983 in drie bemonsterings-  
tochten uitgevoerd, te weten 8 t/m 10 februari, 19 t/m 21 april en 27  
t/m 29 september, met grote variaties in de Schelde-afvoer (320 m<sup>3</sup>/s  
in februari tot 45 m<sup>3</sup>/s in september).

De bemonsteringen zijn steeds uitgevoerd rond halftij na hoog water  
(met een spreiding van ± 1 uur). De resultaten van dit onderzoek zijn  
toepasbaar op de berekeningsresultaten van het 1-dimensionale getijge-  
middelde model VEDWAM van de adviesdienst Vlissingen.

Het gradiëntonderzoek heeft zich voornamelijk gericht op een beschrij-  
ving van processen, waarvan de berekeningsmethoden beschreven staan in  
de bijlage I t/m V. De conclusies die uit dit onderzoek getrokken kun-  
nen worden, zijn:

- Onder invloed van de Schelde-afvoeren ontstaan wisselende chloride-  
gradiënten. De horizontale gradiënt is het grootst in februari (ge-  
middeld over de verticaal 15.670 mg Cl<sup>-</sup>/l bij Vlissingen en 1.100 mg  
Cl<sup>-</sup>/l bij Schaar van Ouden Doel en het kleinst in september (gemid-  
deld over de verticaal 17.700 mg Cl<sup>-</sup>/l bij Vlissingen en 8.910 mg  
Cl<sup>-</sup>/l bij Schaar van Ouden Doel).

Vanaf Schaar van Ouden Doel, waar een verticale chloridegradiënt  
vrijwel ontbreekt, nemen in de westelijke richting de chloridever-  
schillen over de verticaal toe tot 700-1.500 mg/l (Terneuzen-Vlis-  
singen) als gevolg van dichtheidsverschillen en onvolledige menging.

- De hoge afvoer van de Schelde in februari heeft een aanmerkelijke  
toename van de zwevende stof concentratie bij Schaar van Ouden Doel  
tot gevolg (ca. 300 mg/l). Door sedimentatie daalt de concentratie  
snel tot een niveau van ca. 100 mg/l aan het oppervlak. In april en  
september ontbreken dergelijke pieken en duiden de in westelijke  
richting stijgende gradiënten op een stroomopwaarts transport van  
zwevende stof.

Bij de bodem bereiken de zwevende stof concentraties een veelvoud  
van de concentraties aan het oppervlak.

Uit berekeningen blijkt dat de zwevende stof transporten het grootst  
zijn in februari (98,6 kg/s, waarvan 88,7 kg/s rivierslib is) en het  
laagst in september (4,9 kg/s, waarvan 2,5 kg/s rivierslib is). Van  
het rivierslib sedimenteert bij de tocht in februari 84,3 kg/s en in  
september 2,2 kg/s.



- Het zuurstofpercentage is te Schaar van Ouden Doel het laagst en varieert van ca. 50% in februari tot ca. 35% in september. Bij afwezigheid van de verdunning met zuurstofrijker zeewater zou dit percentage lager zijn: te Schaar van Ouden Doel ca. 48% in februari en ca. 6% in september.

Tot ongeveer Hansweert/Zuidergat nemen de zuurstofconcentraties snel toe tot boven de 80%. Verder westwaarts is er vrijwel geen toename meer. Als gevolg van de verticale zoutgradiënt is de zuurstofconcentratie bij de bodem in het algemeen hoger (max. 1 mg/l in de omgeving van Hansweert) dan aan het oppervlak.

De BOD<sub>5</sub> afbraakcoëfficiënt varieert van 0,1-0,3/dag.

- De stikstofparameters vertonen allen een dalende gradiënt in zee-waartse richting. Voor Kj<sub>d</sub>-N en NH<sub>4</sub> variëren de concentraties van resp. 1-7 en 0,3-3,5 mg/l in februari tot resp. 0,5-1 en 0,2-0,4 mg/l in september. De NO<sub>3</sub>-N concentraties variëren van 1,2-4,2 mg/l in februari tot 0,5-3,5 mg/l in september.

De NH<sub>4</sub>-N gradiënten worden voor meer dan 25% bepaald door de verdunning met zeewater, de NO<sub>3</sub>-N gradiënten voor meer dan 80%. Het resterende deel wordt bepaald door processen als nitrificatie, denitrificatie en sedimentatie.

De nitrificatie en denitrificatie constanten zijn beiden berekend op resp. ca 0,010 en 0,003/dag in februari tot resp. 0,06-0,10 en 0,003/dag in september. In het algemeen nemen de nitrificatie- en denitrificatiesnelheden af in westelijke richting, voornamelijk als gevolg van de verminderde concentraties van de betreffende stikstof-fracties.

Met een gehalte van 4-7 mg part N/g zwevende stof kan de sedimentatie van stikstof afkomstig uit de Schelde geschat worden op 0,01 kg/s in september tot 0,3 kg/s in februari. Vanuit zee bedraagt de sedimentatie resp. 0,02 en 0,89 kg/s. Een opname van stikstof door algen is niet waarneembaar.

- De concentratie part + org P varieert van 0,1-1,7 mg/l in februari tot 0,1-0,4 mg/l in september. De concentratie o-PO<sub>4</sub>-P varieert van 0,1-0,4 mg/l in februari tot 0,1-0,55 mg/l in september. Beide fosforfracties vertonen een dalende concentratiegradiënt in zee-waartse richting, wat voor meer dan 75% veroorzaakt is door de verdunning met zeewater. De voor de verdunning met zeewater gecorrigeerde con-

concentraties  $\text{O-PO}_4\text{-P}$  duiden op de invloed van lozingen in het westelijk deel van de Westerschelde.

De sedimentatie van fosfor uit de Schelde varieert van  $<0,01$  kg/s in september tot  $0,4$  kg/s in februari. Vanuit zee is de sedimentatie lager:  $<0,01$  kg/s in september tot  $0,3$  kg/s in februari. De fosforgehalten van de zwevende stof nemen af in westelijke richting (in februari en september te Schaar van Ouden Doel resp.  $5,4$  en  $3,6$  mg P/g zwevende stof en te Vlissingen resp.  $1,1$  en  $0,6$  mg P/g zwevende stof).

- De concentraties opg.Si variëren van  $1,2$ - $5,5$  mg/l in februari tot  $0,3$ - $1,8$  mg/l in september met een dalende gradiënt in zeevaartse richting. In april wordt de gradiënt vrijwel volledig bepaald door de verdunning met zeewater, in februari voor ca.  $80\%$ , in september voor ca.  $60\%$ . De gradiënten van februari en september duiden op een opname van opg.Si door algen.
- De POC-concentraties liggen bij alle tochten rond de  $2$  mg/l, waarbij geen duidelijke gradiënten waarneembaar zijn. De DOC-concentraties zijn het hoogst in februari ( $2,5$ - $10$  mg/l) en het laagst in september ( $2,0$ - $4,8$  mg/l) met een dalende gradiënt in zeevaartse richting. De DOC-gradiënten worden vrijwel volledig bepaald door de verdunning met zeewater.  
In februari en september variëren de koolstofgehalten van de zwevende stof te Schaar van Ouden Doel resp. van  $35$  tot  $50$  mg C/g zwevende stof en te Vlissingen resp. van  $50$  tot  $15$  mg C/g zwevende stof. De sedimentatie van POC afkomstig van de Schelde varieert van  $0,01$  kg/s in september tot  $2,8$  kg/s in februari. Vanuit zee is dit resp.  $0,1$  kg/s en  $12,0$  kg/s.
- De maximale chlorofylconcentratie die is waargenomen bedraagt  $19,5$   $\mu\text{g/l}$  te Vlissingen (tocht april), hetgeen op een -ondanks de in ruime hoeveelheden aanwezige voedingsstoffen- geringe algenactiviteit wijst. Dit kan twee oorzaken hebben: beperking van de lichtindringing door de hoge zwevende stof concentraties en/of de zoutgradiënt.
- De fluorideconcentraties variëren van  $1,1$ - $1,6$  mg/l in februari tot  $1,3$ - $2,0$  mg/l in september. In februari en april is er in zeevaartse richting een stijgende gradiënt aanwezig, in september een dalende.

De variatie in de gradiënten wijst op wisselende en omvangrijke belastingbronnen.

- De sulfaatconcentraties variëren van 250-2.300 mg/l in februari tot 1.500-2.400 mg/l in september met een stijgende gradiënt in zee-waartse richting. Het gedrag is, evenals van fluoride, conservatief, waarbij een effect van lozingen echter ontbreekt.

- De totaalconcentraties van metalen (enkel geanalyseerd in februari) dalen in zeewaartse richting: Cd 0,2-5,8 µg/l; Hg 0,020,7 µg/l; Pb 3-60 µg/l; Cr 3-79 µg/l; Zn 20-315 µg/l; Cu 2-53 µg/l; Ni 3-30 µg/l. Als gevolg van de hogere zwevende concentraties komen de hoogste totaal concentraties voor bij de bodem.

Van het particulier gebonden materiaal afkomstig van de Schelde desorbeert Cd meer dan 90%, Cu ca. 75%, Zn ca. 60%, de overigen minder dan 50%. Procentueel gezien sedimenteert part.Cd afkomstig van de Schelde weinig, ca. 10% (0,1 mg/s). part.Cu en Zn sedimenteren voor 20-35% (resp. 2,8 en 27,8 g/s) en de overige metalen voor meer dan 50% (Hg 0,1 g/s, Pb 9,5 g/s, Cr 19,0 g/s, Ni 2,9 g/s). De sedimentatie van metalen afkomstig van zee is ongeveer een factor 1,5-2 groter.

- De fenolconcentraties variëren van 2-7 µg/l in februari tot 1-3 µg/l in september. In het algemeen is er een in zeewaartse richting dalende gradiënt waarneembaar, die in februari vanaf Terneuzen overgaat in een stijging, als gevolg van een hoge fenolbelasting door het Kanaal Gent-Terneuzen.

De verdunning met zeewater is in februari en april voor 60-70% van invloed op de fenolgradiënt, in september voor meer dan 90%.

In het oostelijk deel van de Westerschelde varieert de afbraaksnelheid van 0,16 µg/l.dag in februari tot <0,01 µg/l.dag in september. Voor februari en april zijn de afbraakconstanten berekend op 0,034 en 0,044/dag.

- Organische microverontreinigingen (enkel geanalyseerd in februari) komen in de volgende concentratieniveaus voor: PAK's 60-347 µg/l; PCB's <1-29 µg/l; pp-DDD <1-5 µg/l; dieldrin <1-2 µg/l; α-HCH 1-4 µg/l; γ-HCH 6-20 µg/l; QCB <1-5 µg/l en EOC1 <0,5-2,0 µg/l. In het algemeen is een westwaarts dalende concentratiegradiënt aanwezig, onderbroken door een niet verklaarbare piekwaarde ter hoogte van

Lamswaarde. De concentraties van de overige onderzochte stoffen liggen beneden de detektieline. Van de via de Schelde aangevoerde PCB's blijft meer dan 90% in de Westerschelde achter, PAK's 50-80%, pp-DDD en dieldrin ca. 50%, QCB 25-40% en  $\alpha$ - en  $\gamma$ -HCH minder dan 1%. Adsorptie en/of desorptie is niet aantoonbaar.

- De concentraties E-coli bacteriën variëren van 2-30 MPN/ml in februari tot 1-8 MPN/ml in september. In het algemeen is een zeewaarts dalende gradiënt aanwezig, die vooral in februari en april wordt onderbroken door enkele pieken (lozingen, Kanaal Gent-Terneuzen). Met het toenemen van de watertemperatuur nemen de afstervingsnelheid (0,13-2,39 MPN/ml.dag) en -coëfficiënt (0,020-0,206/dag) toe. Door het zoutere water en/of de zuurstofrijkere omstandigheden liggen de afstervingsnelheid en -coëfficiënt in het westelijk deel van de Westerschelde op een hoger niveau dan in het oostelijk deel.
- De totale  $\alpha$ - en  $\beta$ -restactiviteit (enkel geanalyseerd in februari) variëren resp. van 100-325 Bq/m<sup>3</sup> en 200-500 Bq/m<sup>3</sup>. Er is -vooral in het oostelijk deel van de Westerschelde- een sterk dalende gradiënt. De totale  $\alpha$ - en  $\beta$ -restactiviteit staan in nauw verband met de zwevende stof concentraties ( $r = 0,94$  resp.  $r = 0,97$ ), waardoor de gradiënten vrijwel volledig uit de zwevende stof transporten verklaard kunnen worden.
- Opgeloste parameters die voornamelijk in zoet water voorkomen (zoals nutriënten) hebben in de Westerschelde aan het oppervlak een hogere concentratie dan bij de bodem. De parameters die (mede) bepaald worden door de zwevende stof en de opgeloste parameters in zeewater ( $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ) komen juist bij de bodem in hogere concentraties voor. Omdat via het routinematig waterkwaliteitsonderzoek enkel oppervlaktemonsters genomen worden ontstaat een enigszins vertekend beeld van de gemiddelde waterkwaliteit over de verticaal. De maximaal gevonden afwijkingen aan het oppervlak ten opzichte van het verticaal gemiddelde zijn als volgt: Vlissingen ( $NH_4-N$ , 6%; o- $PO_4-P$ , 8%; opg.Si, 14%), Hansweert ( $NH_4-N$ , 16%; DOC, -13%), Lamswaarde (zwevende stof, -66%), Bath ( $Cl^-$ , -19%;  $O_2$ , -17%). Wanneer het routinematig onderzoek opgevat wordt als een methode om trends in de tijd en horizontale gradiënten te bepalen, kan volstaan worden met het huidige routinematig onderzoek.

- Aanbevolen wordt een dergelijk intensief gradiënt onderzoek eens per 5 jaar gedurende 1 jaar (met een frequentie van ca. eens per 2 à 3 maanden) uit de voeren. Het programma zou eventueel gekoppeld kunnen worden aan het eens per 5 jaar intensiever plaatsvindende routinematig onderzoek van organische microverontreinigingen. Met een dergelijk programma kan meer inzicht verkregen worden in met name de variatie in de sedimentatie-, adsorptie- en desorptieprocessen van organische microverontreinigingen en metalen.

Geraadpleegde bronnen.

1. Ministerie van Openbare Werken, bestuur der waterwegen-Antwerpse Zeediensten. De debieten van het Scheldebekken in 1983. (AZ 84/03).
2. Rijkswaterstaat-RIZA. De waterkwaliteit van de Westerschelde in de periode 1964-1981. Lelystad, 1982 (82-063).
3. Rijkswaterstaat-RIZA/DDMI. De invloed van lozingen vanuit het Zoommeer op de Westerschelde. Lelystad, april 1984 (83-087).
4. Ministerie van Openbare Werken, bestuur der waterwegen-Antwerpse Zeediensten. De debieten van het Scheldebekken in 1982. (AZ 83/03).
5. Rijkswaterstaat-RIZA. Waterkwaliteitsaspecten van de Westerschelde. Lelystad, oktober 1981 (81.049).
6. Rijkswaterstaat-RIZA. Kwaliteitsonderzoek in de rijkswateren. Kwartaaloverzicht 1982. Lelystad, 1982, 1983.
7. Dienst der hydrografie van de Koninklijke Marine. Stroomatlas Westerschelde. Den Haag, 1976.
8. Rijkswaterstaat-RIZA. Dwarsraaionderzoek Westerschelde 1982. Lelystad, april 1985 (85.06).
9. Rijkswaterstaat-RIZA. De waterkwaliteit van de Noordzee 1975-1982. Lelystad, oktober 1983 (83.084).
10. Rijkswaterstaat-directie Waterhuishouding en Waterbeweging. A preliminary investigation into the possibility of erosion in the area of Flamisch Banks. Den Haag, 1977 (FA 7702).
11. Koot, Prof. Ir. A.C.J. Behandeling van afvalwater. Delft, 1980.
12. Rijkswaterstaat-adviesdienst Vlissingen. Beschouwingen omtrent de chloridegehalten op de Westerschelde in de periode 1971-1980. Vlissingen, januari 1983 (WWKZ-83V286).
13. Waterloopkundig Laboratorium. Inventarisatie en geochemisch gedrag van zware metalen in de Westerschelde. Delft, december 1981. (Verslag onderzoek M1640/M1736).
14. De Pauw, Drs. N. Bijdrage tot de kennis van milieu en plankton in het Westerschelde estuarium. Rijksuniversiteit Gent, academie - jaar 1974-195.
15. Rijkswaterstaat-RIZA. De fluoridebelasting van de Westerschelde. November 1979 (79.027).
16. Rijkswaterstaat-RIZA. Gradiëntonderzoek Kanaal Gent-Terneuzen. Lelystad, april 1985 (85-15).

17. Bruggeman, Drs. W.A. Bioaccumulation of polychlorobiphenyls and related hydrophobic chemicals in fish. Academisch proefschrift. Uitgave van Rijkswaterstaat-RIZA, Lelystad, 1983.
18. Karickhoff, S.W., Brown, D.S., Scott, T.A. Sorption of hydrophobic pollutants on natural sediments. Water Res.13, pag.241-247 (1979).
19. Wijayarathne, R.D., Means, J.C. Sorption of polycyclic aromatic hydrocarbons by natural estuarine colloids. Marine Environmental Res.11, pag.77-89 (1984).
20. Rijkswaterstaat-adviesdienst Vlissingen. Berekeningen naar het effect van lozingen en speciestortingen in de Westerschelde, november 1982 (WWKZ-82 V334).
21. Rijkswaterstaat-RIZA. Organische microverontreinigingen in de Zeeuwse wateren 1982-1983. Lelystad, oktober 1984 (84-102).
22. Rijkswaterstaat-adviesdienst Vlissingen. Beschrijving zoutmetingen in de Westerschelde, periode 1982-1983. Vlissingen, juli 1984 (WWKZ-84.V014).

Bijlagen. Overzicht van berekeningen uitgevoerd ten behoeve van het gradiëntonderzoek Westerschelde.

I Correctie op de verdunning met zeewater.

Teneinde de grootte van de invloed van de verdunning met zeewater op de voorkomende concentraties van stoffen te bepalen, zijn correcties voor deze verdunning toegepast. Deze correctie berust op het per bemonsterd punt herschrijven van de massabalans, met als uitgangspunt dat de op alle punten bemonsterde watervolumina elk zijn opgebouwd uit een fractie zout en een fractie zoet water met elk hun eigen specifieke stofconcentraties. Uit de chlorideconcentraties kunnen de grootte van de fracties afgeleid worden.

In formulevorm:

$$\text{Fractie zout water} = \frac{Cl_x - Cl_0}{Cl_z - Cl_0} \quad \text{fractie zoet water} = 1 - \frac{Cl_x - Cl_0}{Cl_z - Cl_0}$$

waarin  $Cl_x$  = chlorideconcentratie op plaats x

$Cl_0$  = chlorideconcentratie ter hoogte van Schaar van Ouden Doel

$Cl_z$  = chlorideconcentratie van het de Westerschelde ingaande zeewater.

De massabalans van een volume water op plaats x is als volgt opgebouwd.

$$\frac{Cl_x - Cl_0}{Cl_z - Cl_0} \cdot C_z + \left(1 - \frac{Cl_x - Cl_0}{Cl_z - Cl_0}\right) \cdot C_0 = C_x$$

waarin  $C_z$  = concentratie van een stof in zeewater

$C_0$  = concentratie van een stof ter hoogte van Schaar van Ouden Doel

$C_x$  = concentratie van een stof op plaats x.



Per bemonsterd punt kan de massabalans herschreven worden, waardoor  $C_0$  op de plaats  $x$  ( $C_{0,x}$ ) berekend wordt. Deze berekende waarde geeft dan de concentratie aan van de stof in de fractie zoet water op de plaats  $x$ :

$$C_{0,x} = \frac{(Cl_z - Cl_0) \cdot C_x - (Cl_x - Cl_0) \cdot C_z}{Cl_z - Cl_x}$$

Het resultaat van deze exercitie op alle bemonsterde punten in de Westerschelde is een gradiënt alsof er geen zeewater indringing aanwezig is.

Uit de aldus ontstane gradiënten kunnen snelheden van specifieke processen (fysisch/chemisch/biologisch) afgeleid worden.

II Zuurstofhuishouding.

Uit de voor de verdunning met zeewater gecorrigeerde horizontale zuurstofgradiënt kunnen gegevens omtrent reaeratie en mineralisatie van biologisch afbreekbare stoffen berekend worden.

Het netto resultaat voor de zuurstofconcentratie van reaeratie en mineralisatie op het traject  $x = 0$  tot  $x = x$  wordt gegeven door:

$$\frac{dC_{O_2}}{dt} = \frac{C_{O_2,x} - C_{O_2,0}}{t_{x-0}} \quad \text{waarin:}$$

$$\frac{dC_{O_2}}{dt} = \text{netto snelheid van reaeratie en mineralisatie (mgO}_2\text{/l.d)}$$

$C_{O_2,0}$  = zuurstofconcentratie op plaats 0 (mg/l)

$C_{O_2,x}$  = zuurstofconcentratie op plaats x (mg/l)

$t_{x-0}$  = verblijftijd traject 0-x (dagen)

De netto snelheid van reaeratie en mineralisatie kan ook geschreven worden als:

$$\frac{dC_{O_2}}{dt} = -k_1 \cdot b + k_2 (C_s - C)$$

Hierin geeft de term  $-k_1 \cdot b$  de snelheid van het biochemisch zuurstofverbruik aan en de term  $k_2(C_s - C)$  de snelheid van reaeratie op een bepaalde plaats op het traject 0-x. Hierin is:

$k_1$  = afbraakcoëfficiënt biochemisch zuurstofverbruik (1/dag)

$b$  = BZV<sub>5</sub> concentratie (mg/l)

$k_2$  = reaeratiecoëfficiënt (1/dag), wordt bepaald uit de formule

$$k_2 = k_2^1 \cdot e^{0,018(T-20)}$$

$k_2^1$  varieert van 0,45-0,7

$T$  = temperatuur in °C

$C_s$  = zuurstofverzadigingsconcentratie (mg/l)

$C$  = zuurstofconcentratie (mg/l)

III Stikstofhuishouding.

Uit de voor de verdunning met zeewater gecorrigeerde horizontale stikstofgradiënten kunnen gegevens omtrent ammonificatie, nitrificatie en denitrificatie berekend worden.

De ammonificatiesnelheid op het traject  $x = 0$  tot  $x = x$  wordt gegeven door:

$$\frac{dC_{\text{Org-N}}}{dt} = \frac{C_{\text{Org-N}_x} - C_{\text{Org-N}_0}}{t_{0-x}} \quad \text{waarin}$$

$$\frac{dC_{\text{Org-N}}}{dt} = \text{ammonificatiesnelheid (mg N/l.d)}$$

$C_{\text{Org-N}_x}$  = concentratie org.N op plaats  $x$  (mg/l)

$C_{\text{Org-N}_0}$  = concentratie org.N op plaats 0 (mg/l)

$t_{0-x}$  = verblijftijd traject 0- $x$  (dagen)

De ammonificatiesnelheidsconstante  $k_a$  wordt bepaald uit de geïntegreerde formule

$$k_a = \frac{-1}{t_{0-x}} \ln \frac{C_{\text{Org-N}_x}}{C_{\text{Org-N}_0}}$$

Het netto effect van ammonificatie en nitrificatie op het traject  $x = 0$  tot  $x = x$  wordt gegeven door

$$\frac{dC_{\text{NH}_4-N}}{dt} = \frac{C_{\text{NH}_4-N_x} - C_{\text{NH}_4-N_0}}{t_{0-x}} \quad \text{waarin}$$

$$\frac{dC_{\text{NH}_4-N}}{dt} = \text{netto snelheid van ammonificatie en nitrificatie (mgN/l.d)}$$

$C_{\text{NH}_4-N_x}$  = concentratie  $\text{NH}_4\text{-N}$  op plaats  $x$  (mg/l)

$C_{\text{NH}_4-N_0}$  = concentratie  $\text{NH}_4\text{-N}$  op plaats 0 (mg/l)

$t_{0-x}$  = verblijftijd traject 0- $x$  (dagen)

Afzonderlijke gegevens omtrent nitrificatie kunnen worden verkregen met:

$$\frac{dC_{\text{NH}_4\text{-N}}}{dt} = k_a \cdot C_{\text{Org-N}} - k_N \cdot C_{\text{NH}_4\text{-N}}$$

Hierin geeft de term  $k_a \cdot C_{\text{Org-N}}$  de snelheid van ammonificatie aan en de term  $-k_N \cdot C_{\text{NH}_4\text{-N}}$  de snelheid van nitrificatie op

het traject 0-x. Hierin is:

$k_a$  = ammonificatiesnelheidsconstante (1/dag)

$C_{\text{Org-N}}$  = concentratie org.N (mg/l)

$k_N$  = nitrificatiesnelheidsconstante (1/dag)

$C_{\text{NH}_4\text{-N}}$  = concentratie  $\text{NH}_4\text{-N}$  (mg/l)

Tenslotte kan het netto effect van nitrificatie en denitrificatie op het traject  $x = 0$  tot  $x = x$  worden geschreven als:

$$\frac{dC_{\text{NO}_3\text{-N}}}{dt} = \frac{C_{\text{NO}_3\text{-N}_x} - C_{\text{NO}_3\text{-N}_0}}{t_0 - x} \quad \text{waarin}$$

$$\frac{dC_{\text{NO}_3\text{-N}}}{dt} = \text{netto snelheid van nitrificatie en denitrificatie (mgN/l.d)}$$

$C_{\text{NO}_3\text{-N}_x}$  = concentratie  $\text{NO}_3\text{-N}$  op plaats  $x$  (mg/l)

$C_{\text{NO}_3\text{-N}_0}$  = concentratie  $\text{NO}_3\text{-N}$  op plaats 0 (mg/l)

$t_{0-x}$  = verblijftijd op traject 0-x.

Afzonderlijke gegevens omtrent nitrificatie en denitrificatie worden verkregen met:

$$\frac{dC_{\text{NO}_3\text{-N}}}{dt} = k_N \cdot C_{\text{NH}_4\text{-N}} - k_D \cdot C_{\text{NO}_3\text{-N}} \quad \text{waarin}$$

$k_N \cdot C_{\text{NH}_4\text{-N}}$  de snelheid van nitrificatie aangeeft en  $-k_D \cdot C_{\text{NO}_3\text{-N}}$  de snelheid van denitrificatie op een bepaald plaats op het traject 0-x. Hierin is:

$k_N$  = nitrificatiesnelheidsconstante (1/dag)

$C_{\text{NH}_4\text{-N}}$  = concentratie  $\text{NH}_4\text{-N}$  (mg/l)

$k_D$  = denitrificatiesnelheidsconstante (1/dag)

$C_{\text{NO}_3\text{-N}}$  = concentratie  $\text{NO}_3\text{-N}$  (mg/l)

IV Sedimentatie, adsorptie en desorptie.

Het netto transport van de zwevende stof bij Schaar van Ouden Doel is verkregen uit de gemeten zwevende stof concentratie vermenigvuldigd met de daggemiddelde Schelde-afvoer. Uit de chlorideconcentraties zijn fracties zout en zoet water bepaald, waarbij aangenomen is dat ook de zwevende stof volgens deze fracties verdeeld is. Met de zwevende stof fracties, die dan volgens berekening afkomstig zijn van de Schelde, zijn vervolgens de transporten rivierslib te Schaar van Ouden Doel en Vlissingen berekend. Het verschil van deze transporten is de hoeveelheid rivierslib die sedimenteert.

Volgens lit.13 is 75% van het gesedimenteerd materiaal in de Westerschelde afkomstig van zee. Dit betekent dat de hoeveelheid zeeslib die sedimenteert het drievoudige is van de hoeveelheid rivierslib die sedimenteert.

Uit de opgeloste en totaalconcentraties en de zwevende stof concentraties zijn van parameters als metalen, stikstof, fosfor en koolstof de gehalten gebonden aan de zwevende stof berekend:

$$\text{gehalte stof X} = \frac{\text{tot.conc.stof X} - \text{opg.conc.stof X}}{\text{conc.zwevende stof}}$$

(Voor organische microverontreinigingen, zie bijlage V).

Uit de fracties zout en zoet water zijn vervolgens de gehalten in de rivierfractie (zoete fractie) van de zwevende stof berekend op basis van een massabalans:

$$F_r \cdot X_r + F_z \cdot X_z = 1 \cdot X \text{ waarin:}$$

$F_r$  = fractie rivierwater

$X_r$  = te berekenen gehalte stof X in de rivierfractie zwevende stof

$F_z$  = fractie zout water

$X_z$  = gehalte stof X in de zoute fractie van de zwevende stof

$X$  = gehalte stof X van de zwevende stof.

Met de berekende gehalten in de rivierfractie van de zwevende stof en de transporten van rivierslib zijn te Schaar van Ouden Doel en Vlissingen de transporten van diverse stoffen gebonden aan rivierslib berekend. De hoeveelheid die desorbeert wordt berekend uit:

$S_{r,Schaar} \cdot (X_{r,Schaar} - X_{r,Vlis}) = \text{desorptie, waarin}$

$S_{r,Schaar} = \text{transport rivierslib Schaar van Ouden Doel}$

$X_{r,Schaar} = \text{gehalte rivierslib Schaar van Ouden Doel}$

$X_{r,Vlis} = \text{gehalte rivierslib Vlissingen}$

Indien  $X_{r,Vlis} > X_{r,Schaar}$  dan is er sprake van adsorptie (negatieve waarde).

De uiteindelijke sedimentatie wordt bepaald uit:

$S_{r,Schaar} \cdot X_{r,Schaar} - S_{r,Vlis} \cdot X_{r,Vlis} - \text{desorptie} = \text{sedimentatie.}$

V Verdeling van organische microverontreinigingen over water en zwevende stof.

De verdeling van organische verbindingen over water en vaste deeltjes is afhankelijk van de fysisch-chemische eigenschappen van de betreffende stoffen, met name van de hydrofobiteit. Een hoge hydrofobiteit komt tot uiting in een lage oplosbaarheid in water en een sterke binding aan vast deeltjes (vooral van organische oorsprong) en vetachtig materiaal (in organismen). In plaats van hydrofobiteit wordt vaak gesproken van lipofiliteit. Deze grootte wordt meestal uitgedrukt als de octanol-water partitiecoëfficiënt ( $K_{OW}$ ).

De mate waarin organische microverontreinigingen in het oppervlaktewater verdeeld over water en zwevende stof voorkomen wordt bepaald door  $K_{OW}$  en de fractie organisch koolstof van de zwevende stof.

Volgens lit. 17 en 18 geldt:

$$10 \log K_{OC} = 10 \log K_{OW} - 0,21 \quad (1)$$

$$K_{OC} = \frac{K_P}{OC} \quad (2)$$

$$X = K_P \cdot C_W \quad (3)$$

$$M \cdot X = C_Z \quad (4)$$

Hierin is:

$K_{OC}$  = verdelingscoëfficiënt organisch koolstof-water =

$$\frac{\text{concentratie in org.C}}{\text{concentratie in water}} \quad \left( \frac{\text{kg}}{1} \right)$$

$K_{OW}$  = verdelingscoëfficiënt octanol-water =

$$\frac{\text{concentratie in n-octanol}}{\text{concentratie in water}} \quad \left( \frac{\text{kg}}{1} \right)$$

$K_P$  = verdelingscoëfficiënt zwevende stof-water =

$$\frac{\text{concentratie in zwevende stof}}{\text{concentratie in water}} \quad \left( \frac{\text{kg}}{1} \right)$$

X = gehalte in de zwevende stof (kg/kg)

$C_W$  = concentratie in water (kg/l)

M = concentratie van de zwevende stof (kg/l)

$C_Z$  = concentratie gebonden aan de zwevende stof (kg/l)

OC = fractie organische koolstof van de zwevende stof, bepaald als

$$\frac{TOC - DOC}{\text{zwevende stof}} \quad (\text{kg/kg})$$

De vergelijkingen (1) t/m (4) resulteren uiteindelijk in 2 vergelijkingen met 2 onbekenden:

$$C_z = M \cdot C_w \cdot K_{ow} \cdot 10^{-0.21 \cdot OC} \quad (5)$$

$$C_z + C_w = C_t \quad (6)$$

$C_t$  = concentratie organische microverontreinigingen zoals deze in het laboratorium wordt bepaald.

De  $10 \log K_{ow}$  varieert van ongeveer 2 tot 7. Bij  $10 \log K_{ow} < 4$  komt een stof voornamelijk in opgeloste vorm voor (bijv.  $\alpha$ - en  $\gamma$ -HCH). Bij  $10 \log K_{ow} > 6$  komt een stof voornamelijk gebonden aan de zwevende stof voor (bijv. PCB's).



# Figuren en tabellen bij gradiënt- onderzoek Westerschelde 1983.

Dienst  
Binnenwateren  
rijksinstituut  
voor zuivering  
van afvalwater

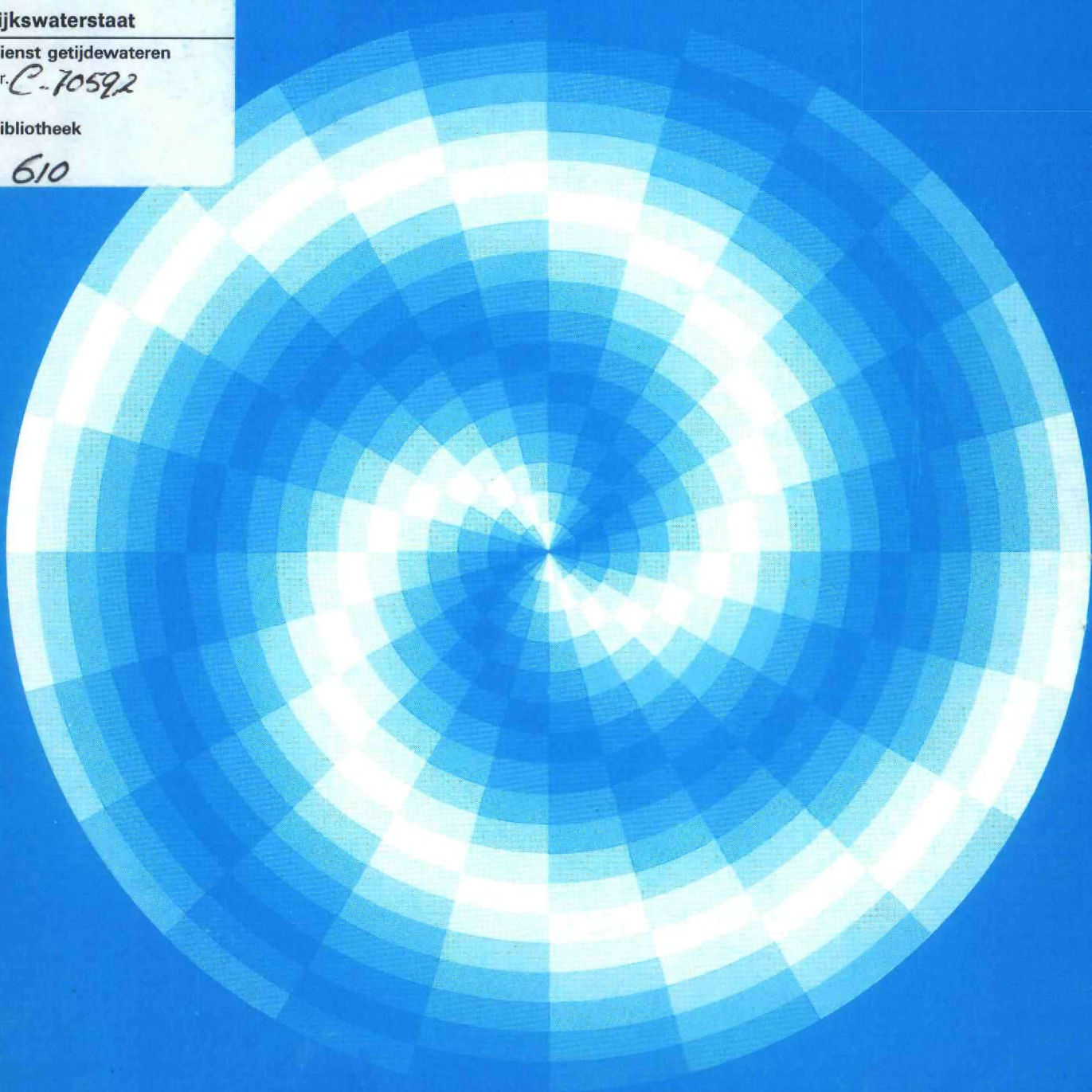
rijkswaterstaat

dienst getijdewateren

nr. *C-70592*

bibliotheek

*610*



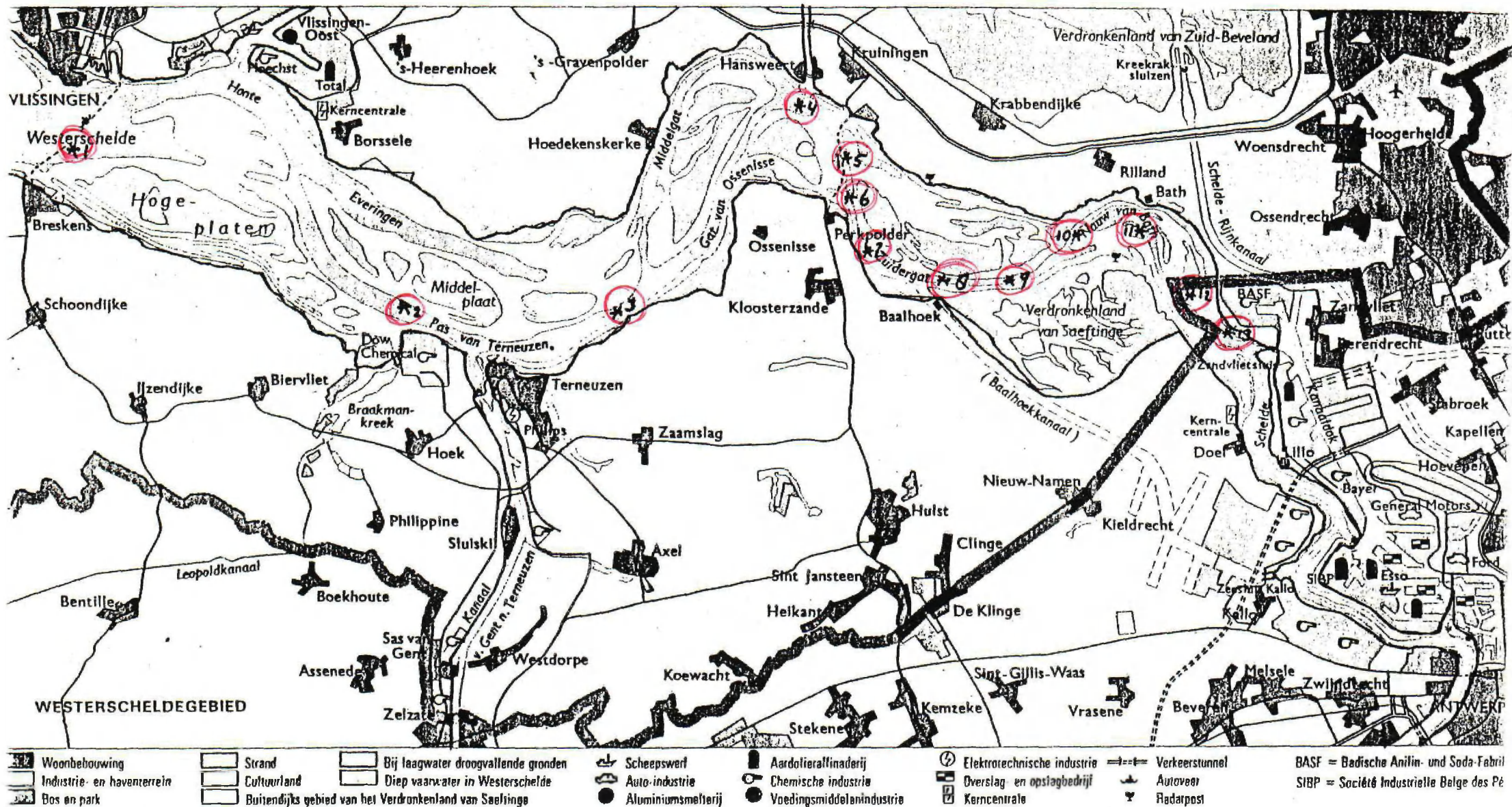


fig. 2.1. Overzicht bemonsteringslokaties gradiëntonderzoek Westerschelde. Voor betekenis van de cijfers, zie tabel 2.1.

Tabel 2.1. Overzicht van de bemonsterde lokaties ten behoeve van het gradiëntonderzoek Westerschelde.

1. Vlissingen* (17,0 m)	8. Lanswaarde* (13,0 m)
2. Pas van Terneuzen (16,1 m)	9. Overloop van Valkenisse (17,0)
3. Hoek van Baarland (24,0 m)	10. Westketel (15,2 m)
4. Hansweert* (24,5 m)	11. Bath* (16,1 m)
5. Drempel van Hansweert (9,8 m)	12. Pas van Rilland (16,1 m)
6. Zuidergat* (18,0 m)	13. Schaar van Ouden Doel* (grens 17,5 m)
7. Bocht van Walsoorden (15,0 m)	

De met \* aangeduide lokaties komen overeen met de bemonsteringspunten voor het routinematig waterkwaliteitsonderzoek. Tussen haakjes de gemiddelde waterdiepten in m tijdens de bemonstering.

Tabel 2.2. Overzicht van geanalyseerde parameters in de monsters van februari, april en september 1983.

	8 t/m 10 febr.	19 t/m 21 april	27 t/m 29 sept.
Cl <sup>-</sup> , O <sub>2</sub> , pH, temp.	+	+	+
zwevende stof + gloei- rest	+	+	+
nutriënten	+	+	+
DOC, TOC	+	+	+
chlorofyl	+	+	+
F <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	+	+	+
E-coli, fenol	+	+	+
metalen (opg.+tot)	+		
PAK's, PCB's	+		
EOCl, hexachloorbutadieën	+		
α-, β-, γ-HCH, QCB, HCB	+		
pesticiden	+		
tot.α- en β-restactiviteit	+		

Tabel 4.1. Overzicht van gemiddelde afvoeren (m<sup>3</sup>/s) van de Schelde en het Kanaal Gent-Terneuzen tijdens de bemonsteringsdagen.

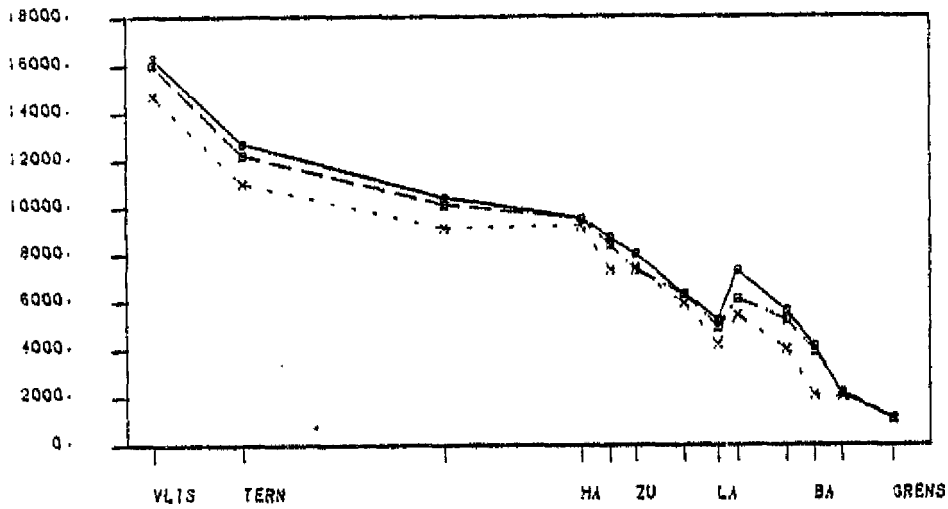
	Schelde	Kanaal Gent-Terneuzen
8,9,10-2-1983	320	16,5
19,20,21-4-1983	142	16,6
27,28,29-9-1983	45	12,7

Tabel 4.2. Overzicht van maandgemiddelde Schelde-afvoeren op de Belgisch-Nederlandse grens, periode oktober 1982 - september 1983 (lit.1,4).

maand	afvoer (m <sup>3</sup> /s)	maand	afvoer (m <sup>3</sup> /s)
oktober 1982	111	april 1983	227
november 1982	221	mei 1983	187
december 1982	124	juni 1983	104
januari 1983	174	juli 1983	64
februari 1983	211	augustus 1983	45
maart 1983	180	september 1983	52

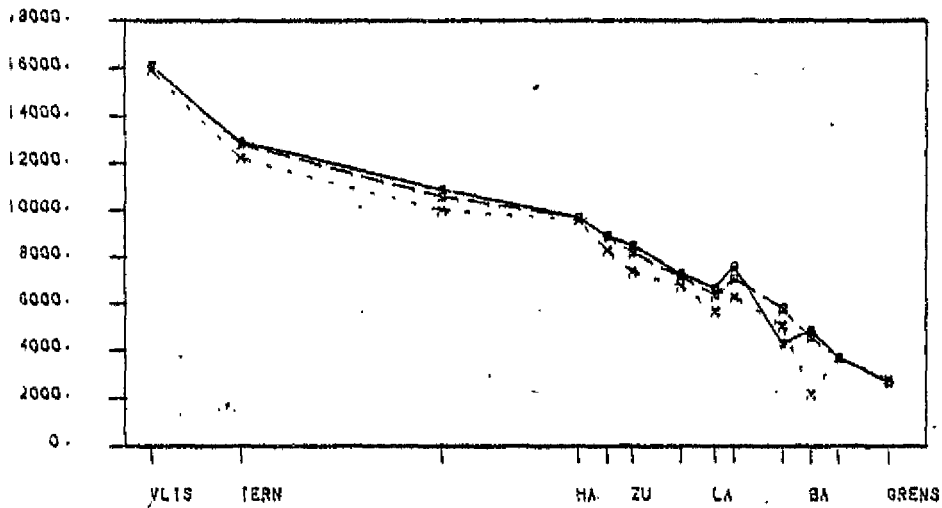
chloride, mg/l, 0 t/m 10-2-1983

fig. 4.1.



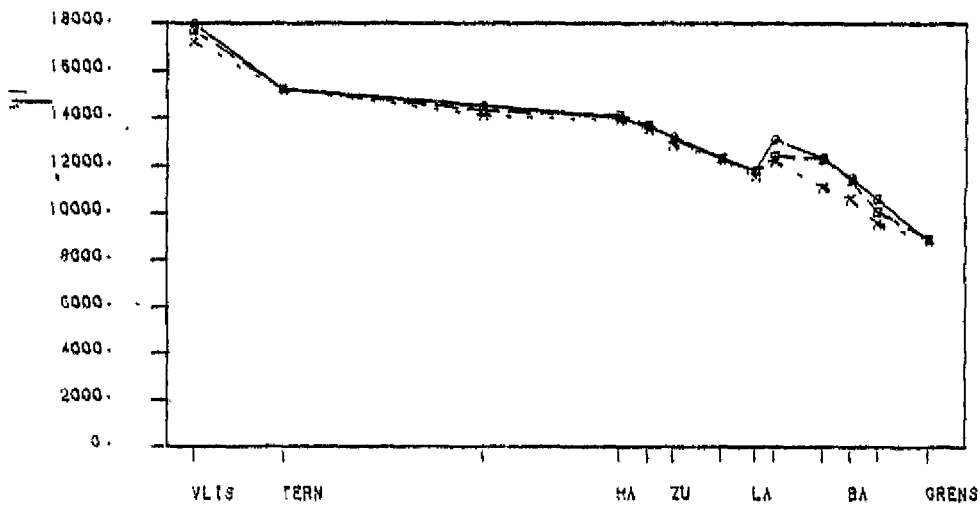
chloride, mg/l, 19 t/m 21-4-1983

fig. 4.2.



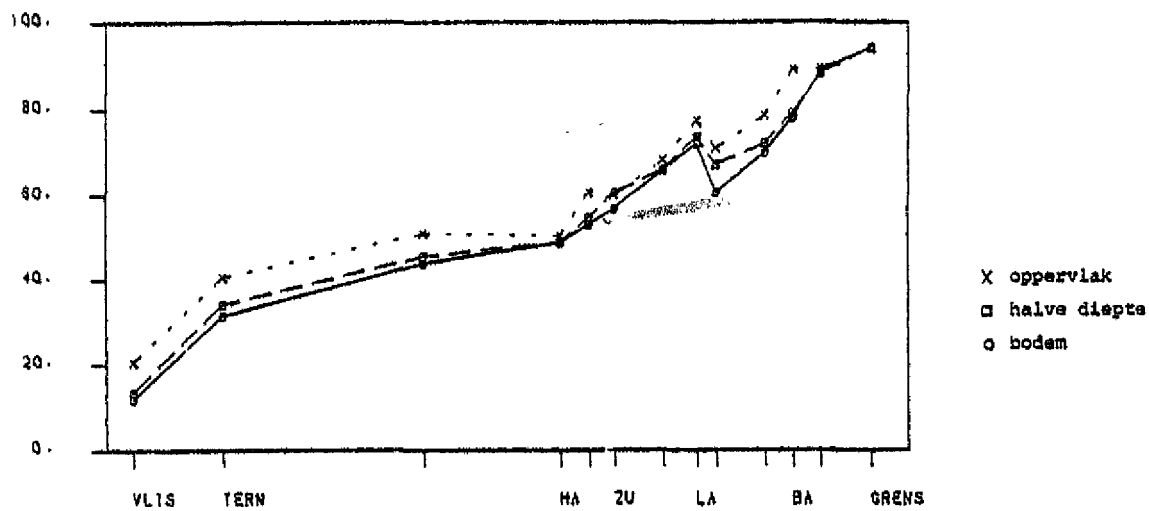
chloride, mg/l, 27 t/m 29-9-1983

fig. 4.3.



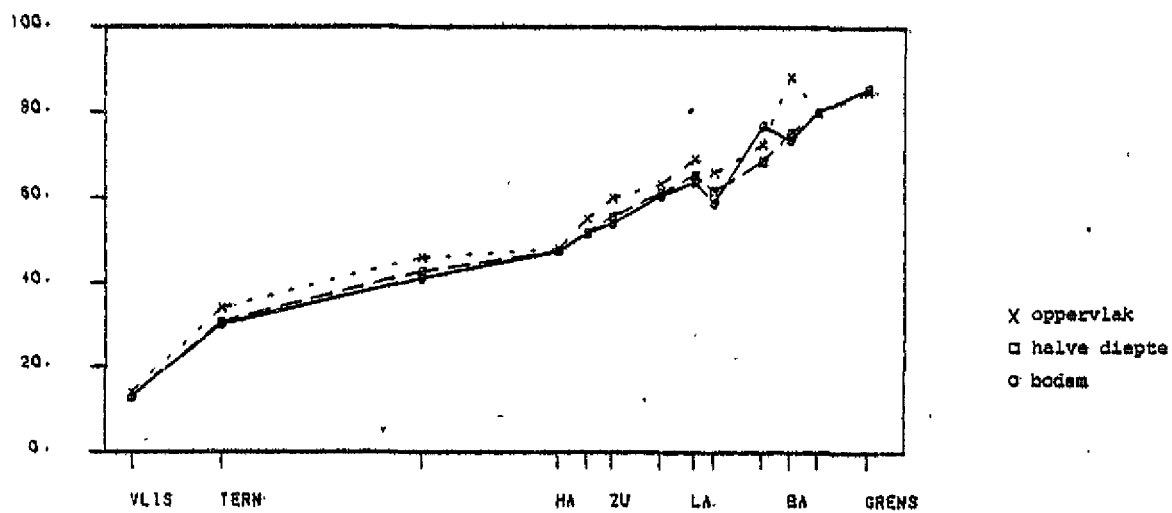
percentages zoet water, 8 t/m 10-2-1983

fig. 4.4.



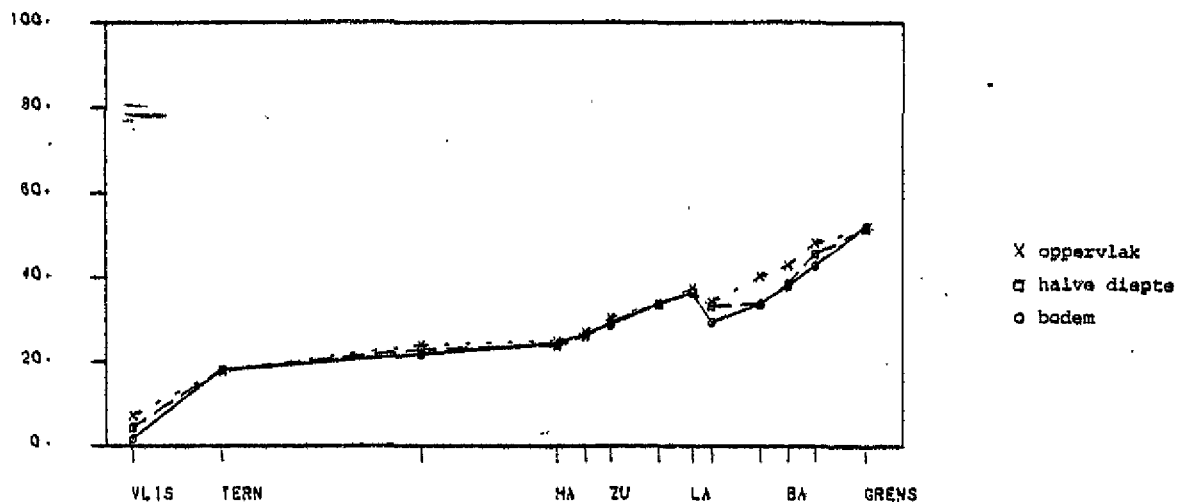
percentages zoet water, 19 t/m 21-4-1983

fig. 4.5.



percentages zoet water, 27 t/m 29-9-1983

fig. 4.6.



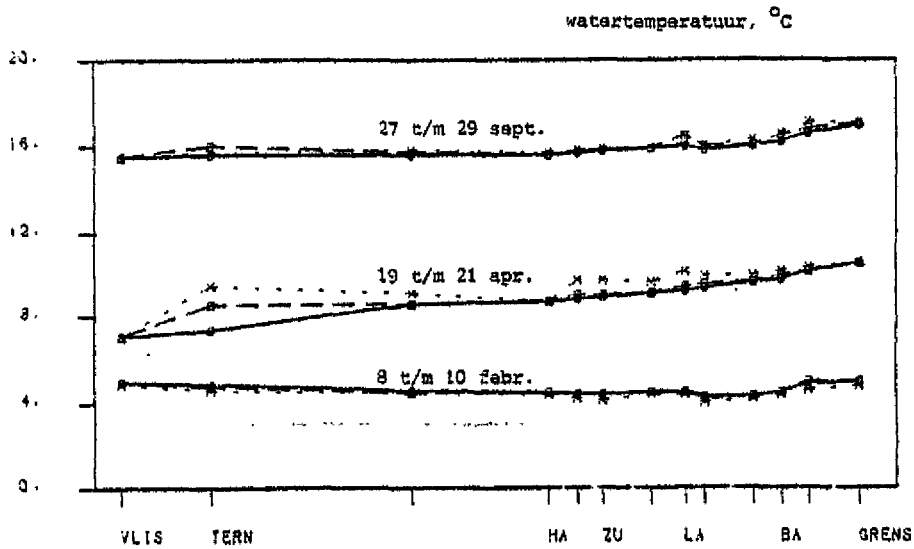


fig. 4.7.

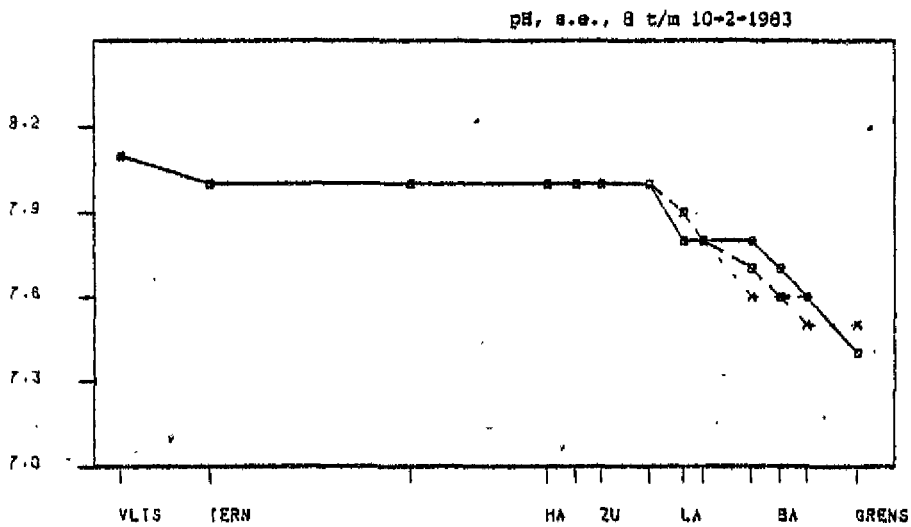


fig. 4.8.

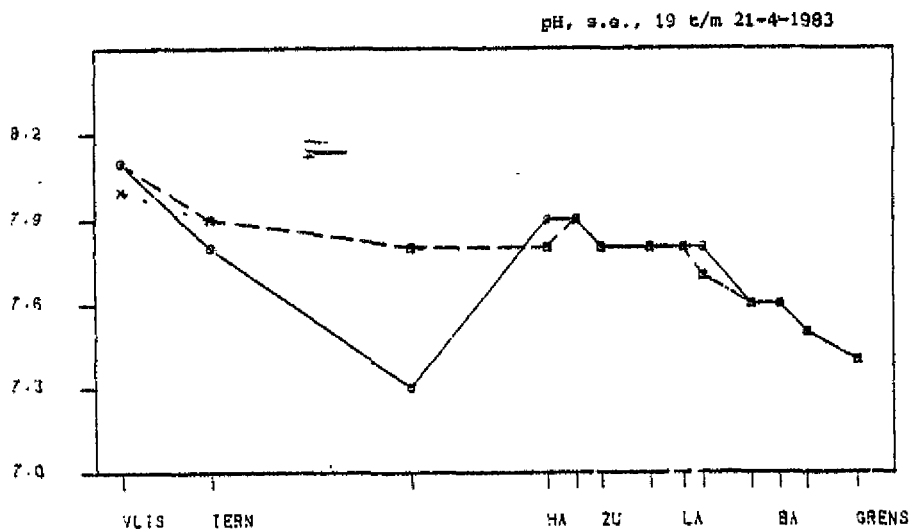
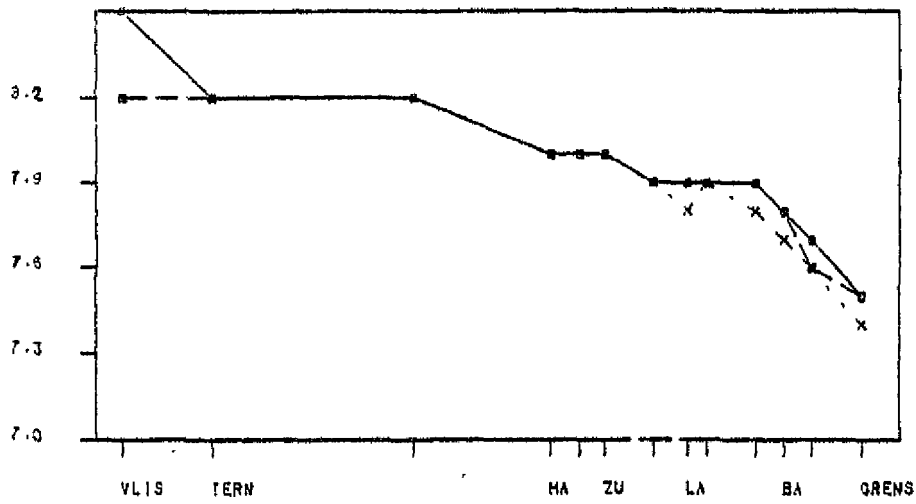


fig. 4.9.

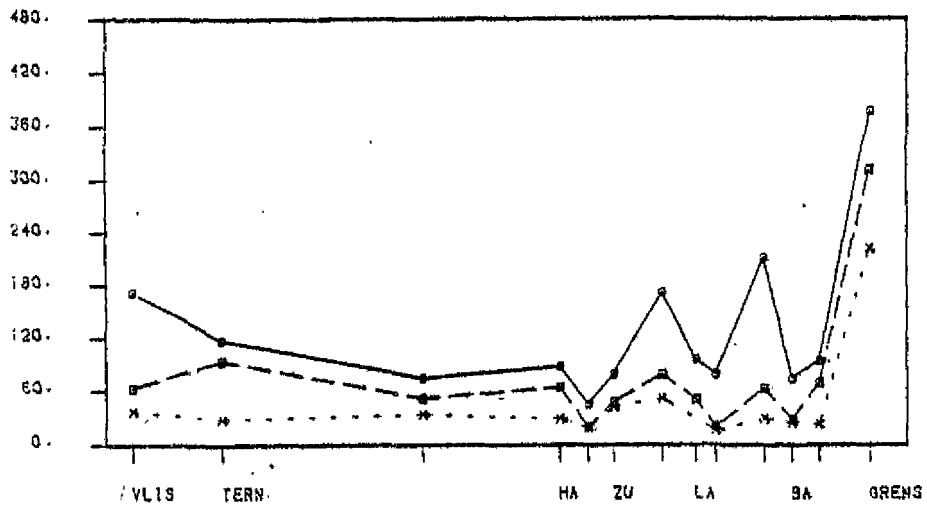
pH, s.e., 27 t/m 29-9-1983

fig. 4.10.



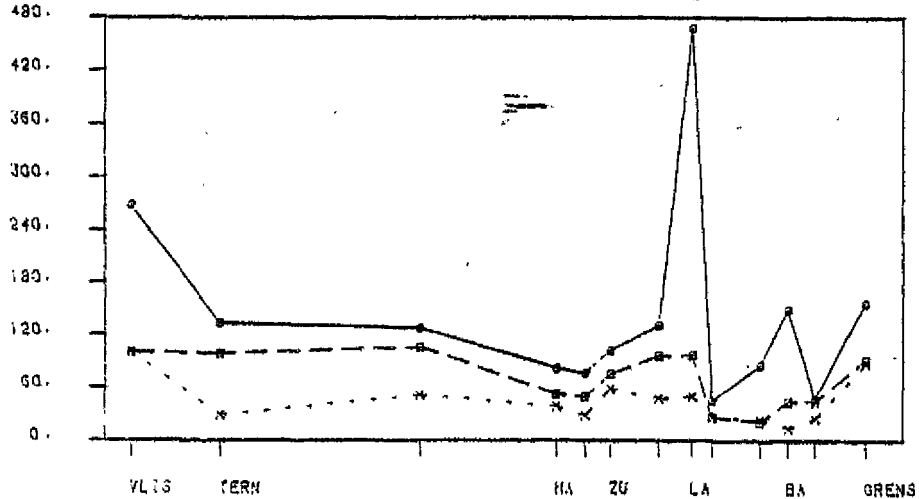
zwevende stof, mg/L, 8 t/m 10-2-1983

fig. 4.11.



zwevende stof, mg/L, 19 t/m 21-4-1983

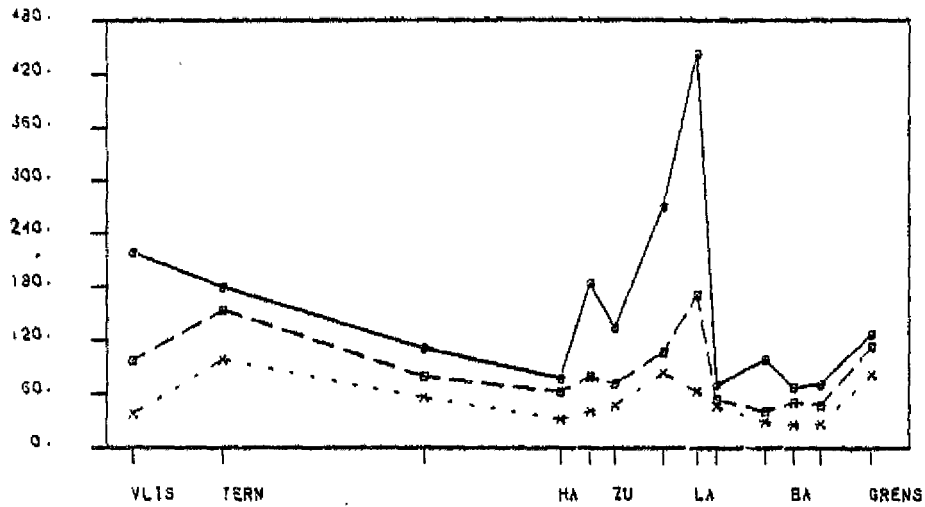
fig. 4.12.





zwevende stof, mg/l, 27 t/m 29-9-1983

fig. 4.13.



Tabel 4.3. Berekende transporten en sedimentatie van zwevende stof in de Westerschelde (kg/s).

	8 t/m 10 febr. '83	19 t/m 21 april '83	27 t/m 29 sept. '83
Netto transport Schaar van Ouden Doel	98,6	16,2	4,9
Transport rivierslib Schaar van Ouden Doel	88,7	14,6	2,5
Transport rivierslib Vlissingen	4,4	3,3	0,3
Sedimentatie rivierslib Westerschelde	84,3	11,3	2,2
Sedimentatie zeelib Westerschelde	253	34	6,6

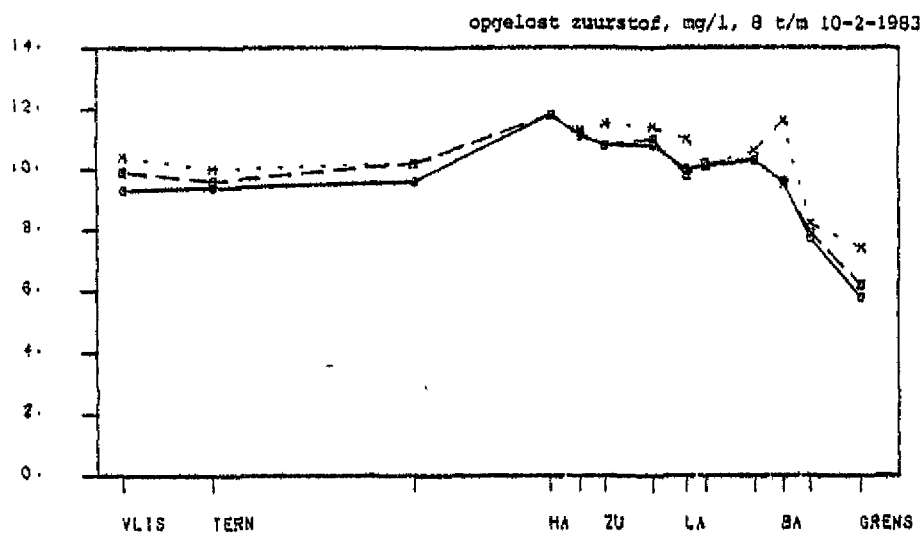


fig. 4.14.

X oppervlak  
 □ halve diepte  
 ○ bodem

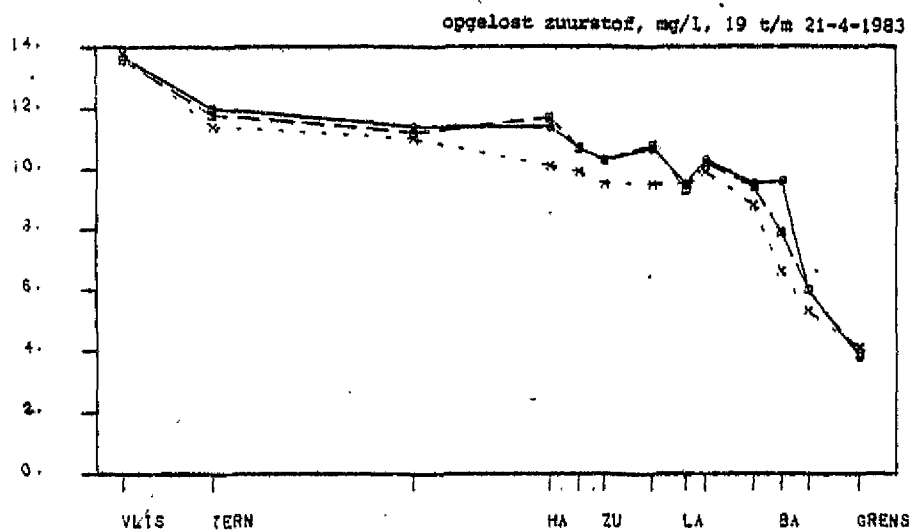


fig. 4.15.

X oppervlak  
 □ halve diepte  
 ○ bodem

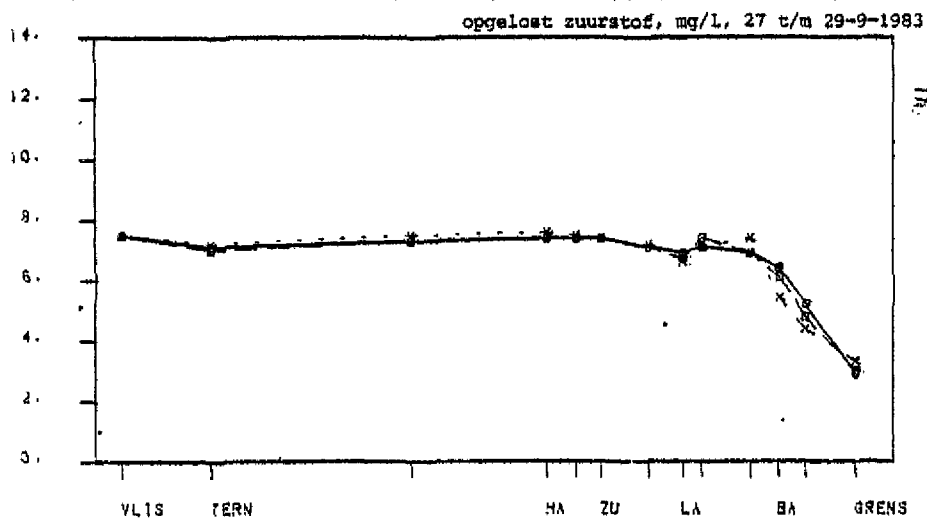


fig. 4.16.

X oppervlak  
 □ halve diepte  
 ○ bodem

Tabel 4.4. Overzicht van berekende zuurstofverzadigingspercentages. Tussen haakjes de verzadigingspercentages gecorrigeerd voor de invloed van zeewater.

	8 t/m 10 februari 1983		19 t/m 21 april 1983		27 t/m 29 september 1983	
	oppervlak	bodem	oppervlak	bodem	oppervlak	bodem
Vlissingen	93,6	85,6	133,0	131,3	88,4	87,8
Pas van Terneuzen	85,8	83,1	111,1	111,6	83,1	82,1
Hansweert	98,9 (102,4)	100,0 (104,7)	93,6 (92,4)	106,7 (116,5)	86,6 (78,5)	84,4 (73,3)
Zuidergat	92,8 (91,5)	89,4 (85,5)	88,4 (84,9)	94,7 (94,5)	84,0 (75,1)	84,2 (74,2)
Lamswaarde	87,5 (85,5)	80,6 (75,4)	87,5 (84,7)	86,3 (82,3)	73,7 (56,6)	77,6 (64,5)
Bath	89,3 (88,6)	76,3 (71,5)	59,5 (55,4)	87,2 (84,9)	60,6 (42,1)	72,0 (55,4)
Schaar v. Ouden Doel	56,9 (54,6)	45,0 (42,0)	36,8 (28,0)	34,3 (25,5)	37,6 (10,8)	32,4 (2,4)

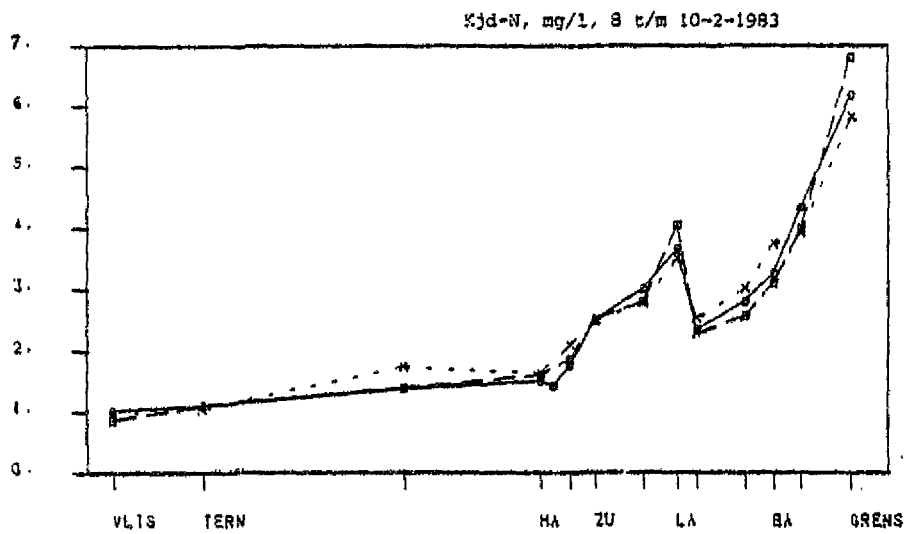


fig. 4.17.

X oppervlak  
 □ halve diepte  
 ○ bodem

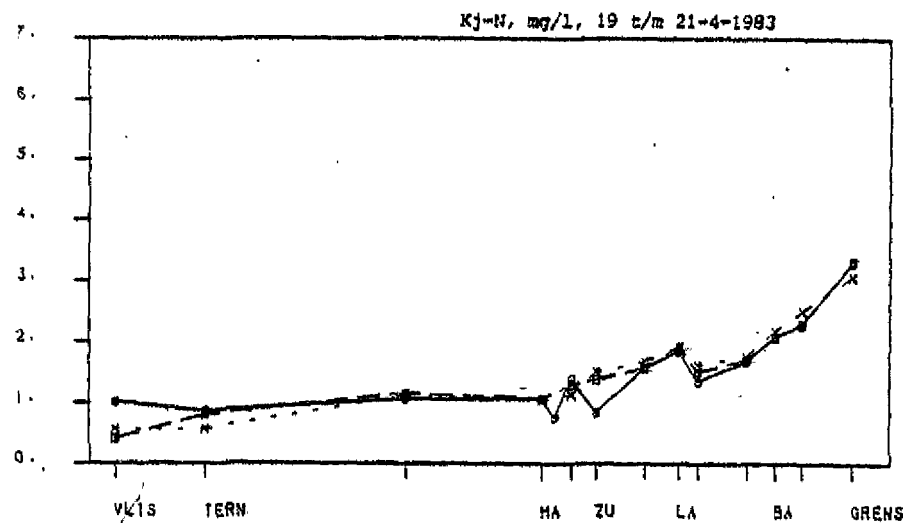


fig. 4.18.

X oppervlak  
 □ halve diepte  
 ○ bodem

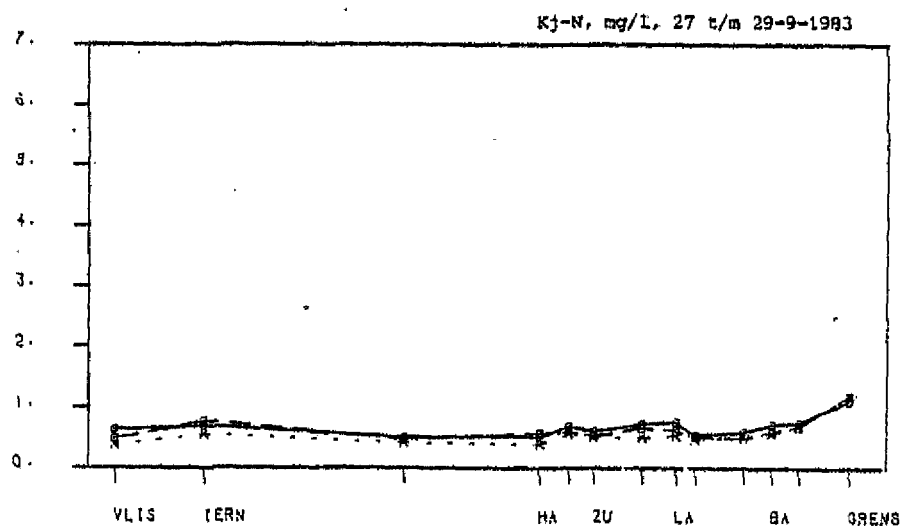


fig. 4.19.

X oppervlak  
 □ halve diepte  
 ○ bodem

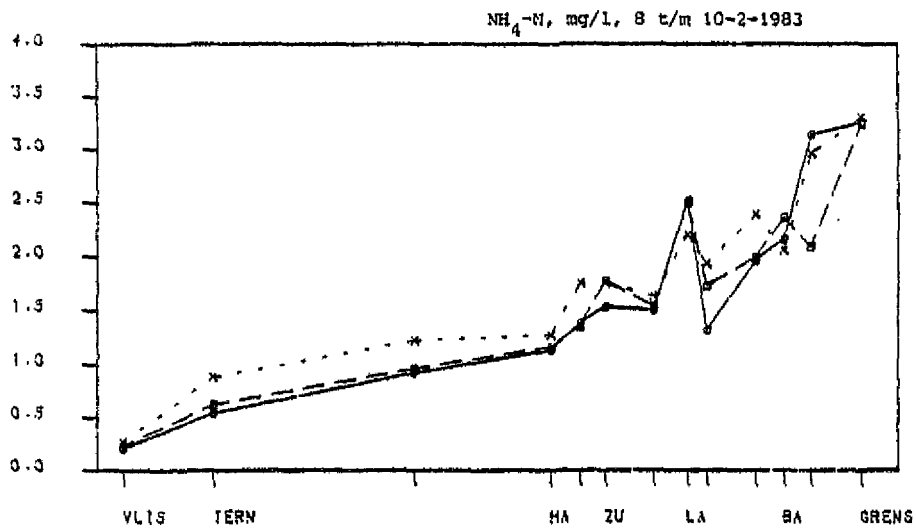


fig. 4.20.

X oppervlak  
 □ halve diepte  
 ○ bodem

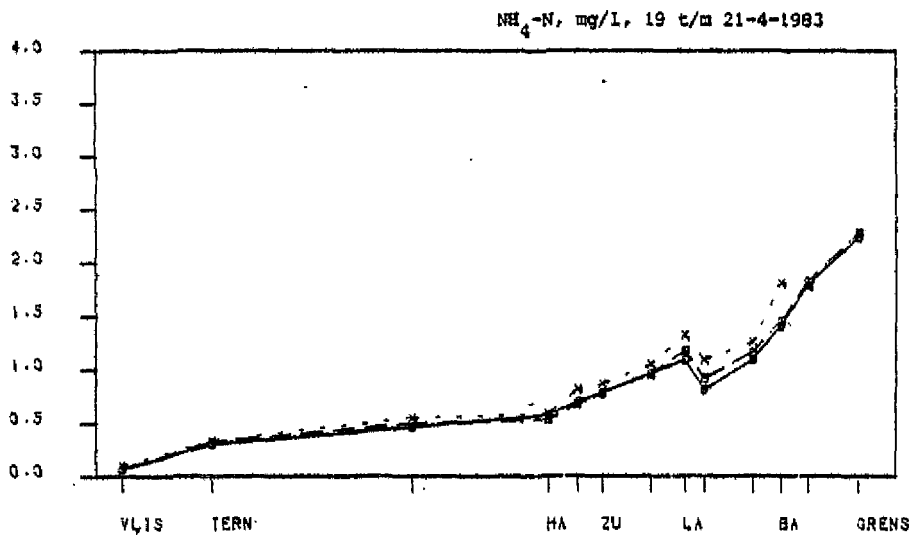


fig. 4.21.

X oppervlak  
 □ halve diepte  
 ○ bodem

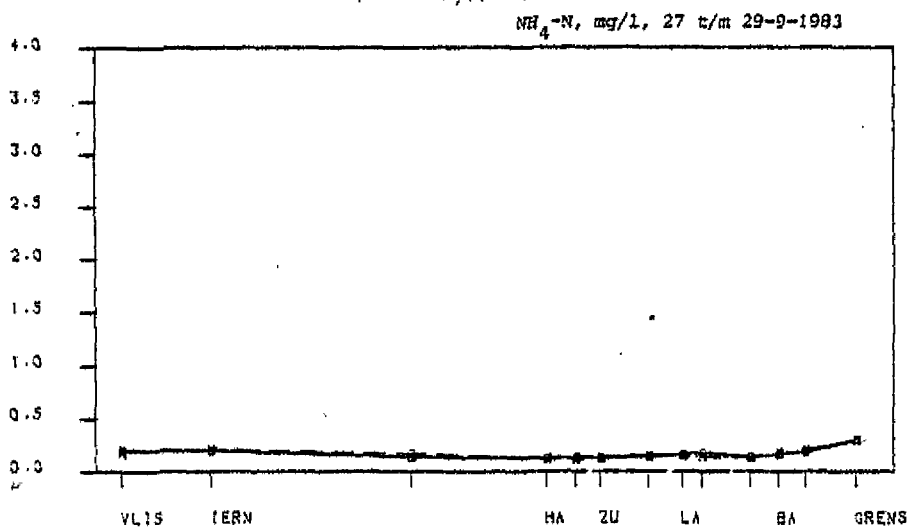


fig. 4.22.

X oppervlak  
 □ halve diepte  
 ○ bodem

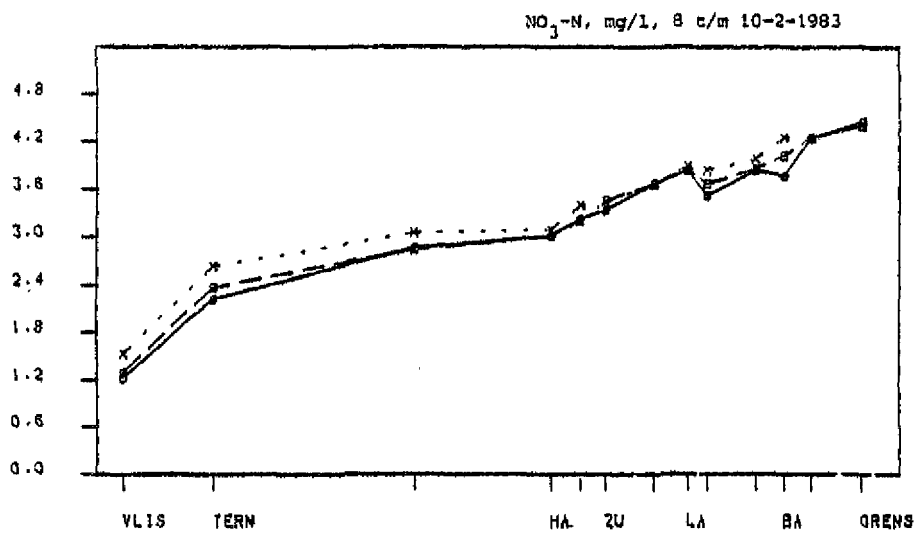


fig. 4.23.

X oppervlak  
 □ halve diepte  
 ○ bodem

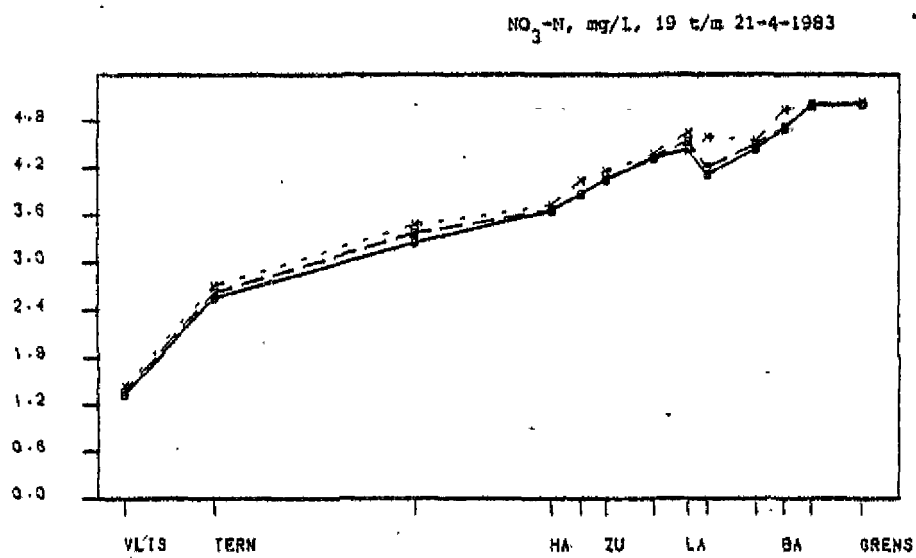


fig. 4.24.

X oppervlak  
 □ halve diepte  
 ○ bodem

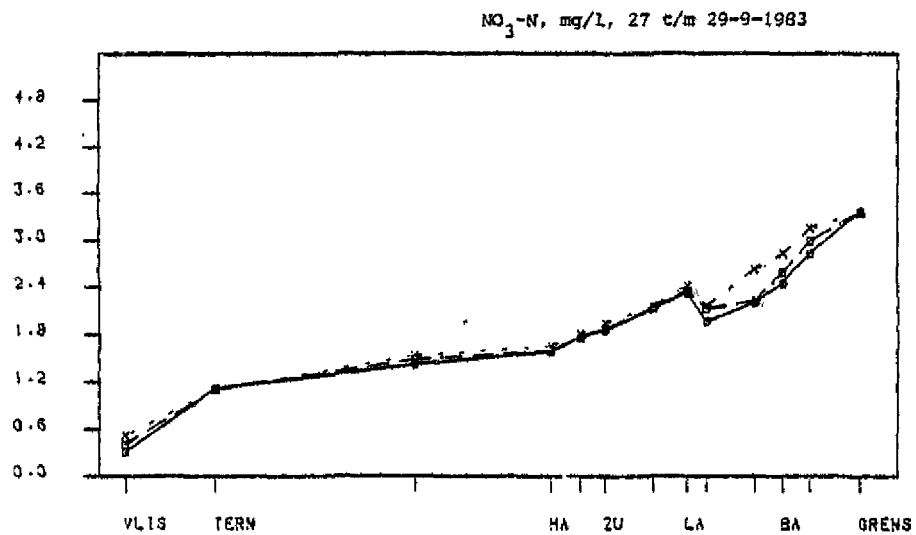


fig. 4.25.

X oppervlak  
 □ halve diepte  
 ○ bodem

Tabel 4.5. Overzicht van concentraties particulier en opgelost Kj-d-N, mg N/l

	8 t/m 10 februari 1983		19 t/m 21 april 1983		27 t/m 29 september 1983	
	Kjd-N part	Kjd-N opg	Kjd-N part	Kjd-N opg	Kjd-N part	Kjd-N opg
Vlissingen oppervlak	0,28	0,45	0,35	0,12	0,37	0,01
bodem	0,35	0,47	0,68	0,28	0,19	0,08
Hoek van oppervlak	0,17	0,37	0,40	0,17	0,12	0,18
Baarland bodem	0,08	0,40	0,46	0,14	0,12	0,28
Drempel v. oppervlak	0,18	0,18	<0,01	0,31	0,35	0,26
Hansweert bodem	0,25	0,16	0,69	<0,01	0,18	0,22
Schaar v. oppervlak	1,26	1,31	0,75	0,03	-	0,34
Ouden Doel bodem	1,20	1,66	0,86	0,19	-	-

Tabel 4.6. Overzicht van enkele stoffracties. Tussen haakjes de voor de verdunning met zeewater gecorrigeerde fracties.

		8 t/m 10 februari 1983			19 t/m 21 april 1983			27 t/m 29 september 1983		
		KjdN-NH <sub>4</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -NP	KjdN-NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	KjdN-NH <sub>4</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N
Vlissingen	oppervlak	0,71 (2,68)	0,27 (1,09)	1,53 (5,29)	0,46 (1,12)	0,10 (0,45)	1,43 (5,89)	0,20 (0,01)	0,17 (0,68)	0,52 (3,39)
	bodem	0,82 (8,99)	0,21 (2,32)	1,22 (10,38)	0,95 (12,55)	0,06 (0,62)	1,32 (15,73)	0,45 (6,95)	0,19 (3,28)	0,31 (7,73)
Pas v. Terneuzen	oppervlak	0,18 (0,21)	0,88 (1,99)	2,63 (5,47)	0,24 (0,10)	0,33 (0,78)	2,71 (5,96)	0,33 (0,50)	0,22 (0,47)	1,11 (3,09)
	bodem	0,58 (1,42)	0,54 (1,54)	2,22 (5,70)	0,57 (1,00)	0,30 (0,79)	2,56 (6,21)	0,50 (0,99)	0,19 (0,38)	1,12 (3,12)
Hansweert	oppervlak	0,38 (0,57)	1,27 (2,34)	3,09 (5,36)	0,45 (0,54)	0,59 (1,02)	3,72 (6,17)	0,28 (0,32)	0,11 (0,13)	1,65 (3,36)
	bodem	0,39 (0,60)	1,13 (2,12)	3,01 (5,31)	0,48 (0,60)	0,58 (1,02)	3,66 (6,12)	0,40 (0,48)	0,12 (0,15)	1,58 (3,28)
Zuidergat	oppervlak	0,75 (1,08)	1,75 (2,72)	3,44 (5,12)	0,65 (0,78)	0,86 (1,21)	4,15 (5,66)	0,38 (0,48)	0,12 (0,14)	1,94 (3,27)
	bodem	0,98 (1,52)	1,53 (2,51)	3,34 (5,22)	0,66 (0,85)	0,78 (1,21)	4,06 (6,08)	0,49 (0,69)	0,12 (0,14)	1,85 (3,21)
Lamswaarde	oppervlak	1,31 (1,56)	2,20 (2,67)	3,89 (4,63)	0,59 (0,65)	1,33 (1,63)	4,65 (5,60)	0,37 (0,42)	0,16 (0,19)	2,41 (3,32)
	bodem	1,14 (1,44)	2,52 (3,28)	3,84 (4,88)	0,76 (0,90)	1,09 (1,45)	4,43 (5,73)	0,60 (0,75)	0,16 (0,19)	2,32 (3,29)
Bath	oppervlak	1,70 (1,79)	2,05 (2,17)	4,25 (4,47)	0,37 (0,35)	1,81 (1,86)	4,94 (5,04)	0,39 (0,42)	0,19 (0,21)	2,83 (3,42)
	bodem	1,11 (1,31)	2,16 (2,60)	3,77 (4,46)	0,67 (0,72)	1,41 (1,63)	4,70 (5,36)	0,56 (0,68)	0,16 (0,19)	2,45 (3,33)
Schaar van Ouden Doel	oppervlak	2,52	3,30	4,40	0,77	2,29	5,04	0,89	0,30	3,35
	bodem	2,93	3,25	4,45	1,05	2,24	5,01	0,81	0,30	3,36



Tabel 4.7. Overzicht berekende snelheden en constanten van ammonificatie, nitrificatie en denitrificatie.

	8 t/m 10 februari 1983	19 t/m 21 februari 1983	27 t/m 29 september 1983
ammonificatie (mgN/l.d) Schaar v.O.D.-Lamswaarde	0,005*	0,009	0,017
Lamswaarde-Pas van Ter-Neuzen	0,005*	0,006	0,007
nitrificatie (mgN/l.d) Schaar v.O.D.-Lamswaarde	0,020	0,049	0,007
Lamswaarde-Pas van Ter-neuzen	0,030	0,019	0,002
denitrificatie(mgN/l.d) Schaar v.O.D.-Lamswaarde	0,022	0,049	0,003
Lamswaarde-Pas van Ter-neuzen	0,021	0,011	0,005
ammonificatie constante (1/d)			
Schaar v.O.D.-Lamswaarde	0,005*	0,010	0,024
Lamswaarde-Pas van Terneuzen	0,005*	0,009	0,017
nitrificatie constante (1/d)			
Schaar v.O.D.-Lamswaarde	0,010	0,030	0,101
Lamswaarde-Pas van Ter-neuzen	0,015	0,021	0,064
denitrificatie constante (1/d)			
Schaar v.O.D.-Lamswaarde	0,002	0,002	0,006
Lamswaarde-Pas van Ter-neuzen	0,004	0,002	0,001

\* = geschatte waarde

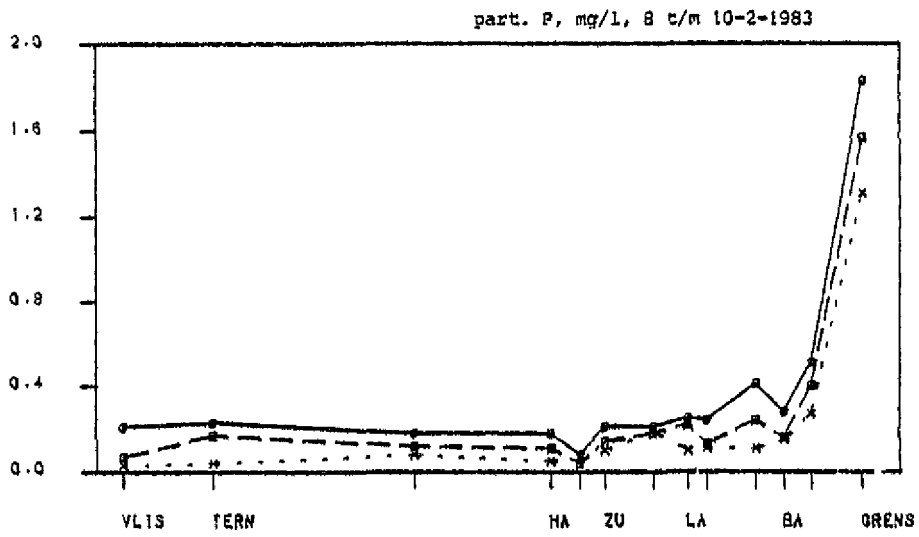


fig. 4.26.

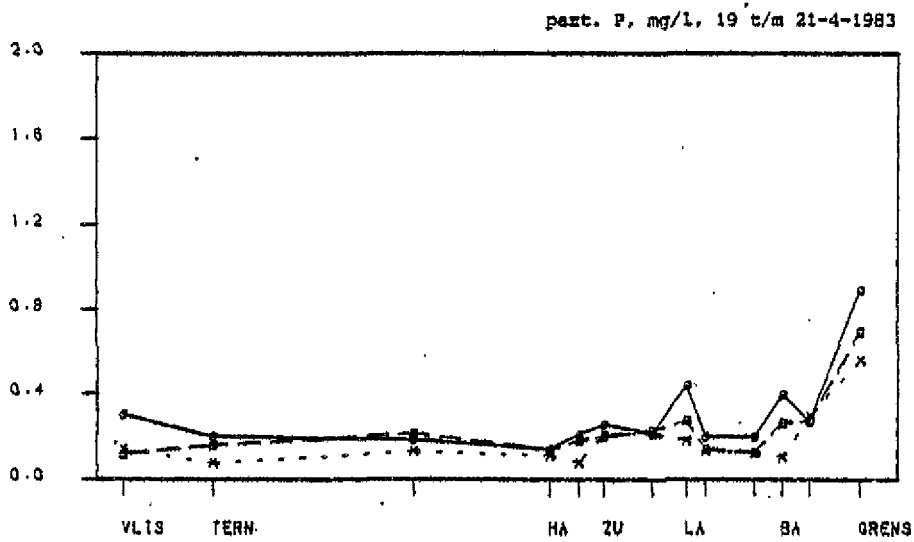


fig. 4.27.

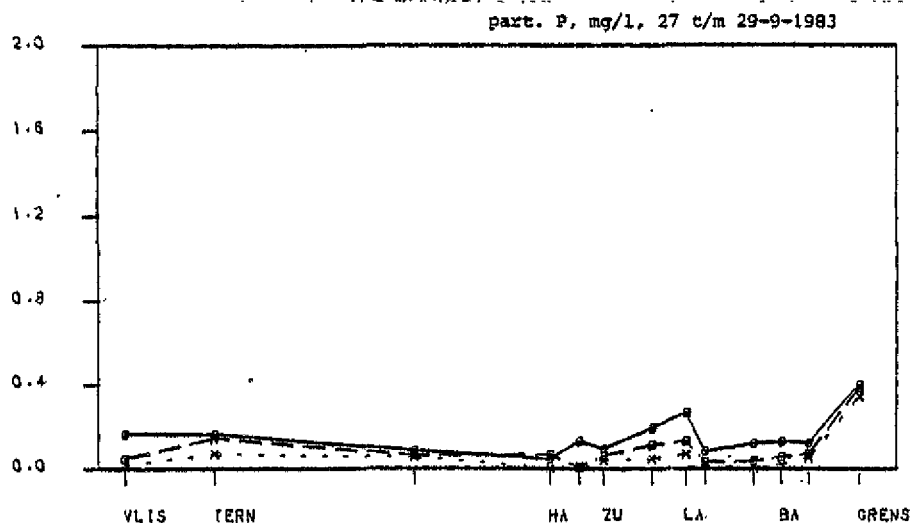


fig. 4.28.

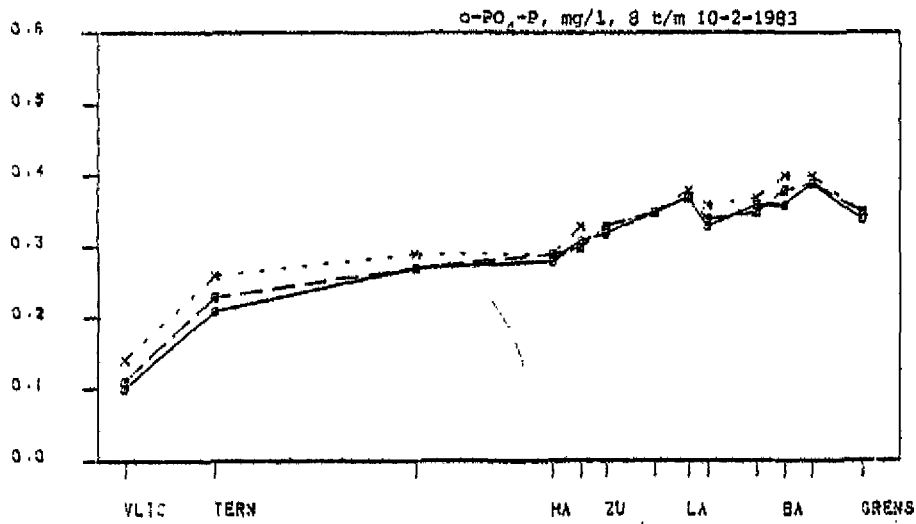


fig. 4.29.

X oppervlak  
 □ halve diepte  
 ○ bodem

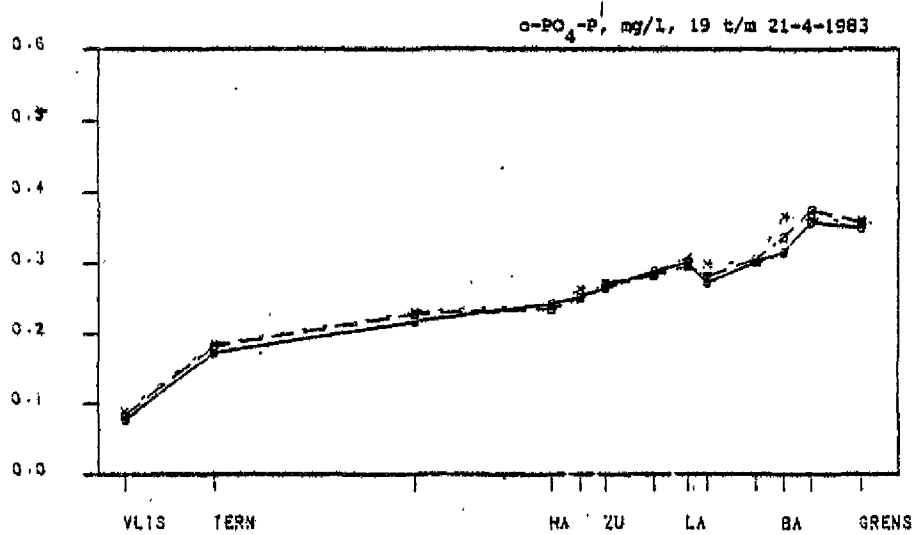


fig. 4.30.

X oppervlak  
 □ halve diepte  
 ○ bodem

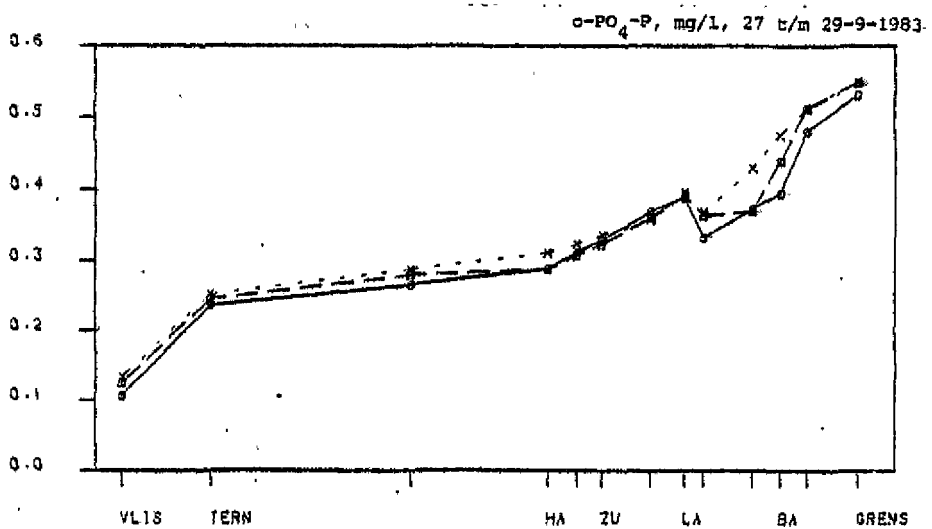


fig. 4.31.

X oppervlak  
 □ halve diepte  
 ○ bodem

Tabel 4.8. Overzicht van concentraties particulier gebonden en opgelost fosfor, mgP/l.

		8 t/m 10 februari 1983		19 t/m 21 april 1983		27 t/m 29 september 1983	
		part.P	opg.P	part.P	opg.P	part.P	opg.P
Vlissingen	opp.	0,01	0,02	0,10	0,04	0,02	0,02
	bodem	0,09	0,10	0,27	0,03	0,16	0,03
Hoek van Baarland	opp.	0,05	0,03	0,13	<0,01	0,05	0,03
	bodem	0,07	0,05	0,15	0,03	0,08	0,03
Drempel van Hansweert	opp.	0,06	<0,01	0,08	<0,01	0,01	0,02
	bodem	0,03	0,05	0,21	<0,01	0,13	0,03
Schaar van Ouden Doel	opp.	1,10	0,21	0,55	0,01	0,34	0,06
	bodem	1,36	0,47	0,86	0,03	0,40	-

Tabel 4.9. Overzicht van concentraties t-PO<sub>4</sub>-P en o-PO<sub>4</sub>-P. Tussen haakjes de voor de verdunning met zeewater gecorrigeerde fracties.

		8 t/m 10 febr.1983		19 t/m 21 april 1983		27 t/m 29 sept.1983	
		t-PO <sub>4</sub> -P	o-PO <sub>4</sub> -P	t-PO <sub>4</sub> -P	o-PO <sub>4</sub> -P	t-PO <sub>4</sub> -P	o-PO <sub>4</sub> -P
Vlissingen	oppervlak	0,17 (0,49)	0,14 (0,46)	0,23 (0,89)	0,09 (0,39)	0,15 (0,60)	0,13 (0,64)
	bodem	0,31 (3,16)	0,10 (0,72)	0,38 (5,62)	0,08 (1,02)	0,27 (6,15)	0,11 (1,97)
Pas v. Terneuzen	oppervlak	0,30 (0,59)	0,26 (0,54)	0,26 (0,50)	0,19 (0,43)	0,32 (0,78)	0,25 (0,63)
	bodem	0,44 (1,16)	0,21 (0,53)	0,37 (0,86)	0,17 (0,42)	0,40 (1,01)	0,24 (0,60)
Hansweert	oppervlak	0,34 (0,57)	0,29 (0,50)	0,35 (0,54)	0,24 (0,40)	0,31 (0,56)	0,31 (0,59)
	bodem	0,46 (0,81)	0,28 (0,49)	0,38 (0,60)	0,24 (0,41)	0,33 (0,61)	0,29 (0,56)
Zuidergat	oppervlak	0,43 (0,64)	0,33 (0,49)	0,48 (0,64)	0,27 (0,37)	0,37 (0,58)	0,33 (0,53)
	bodem	0,53 (0,63)	0,33 (0,51)	0,52 (0,76)	0,27 (0,41)	0,42 (0,69)	0,32 (0,54)
Lamswaarde	oppervlak	0,48 (0,57)	0,38 (0,45)	0,49 (0,58)	0,31 (0,37)	0,46 (0,61)	0,40 (0,54)
	bodem	0,62 (0,79)	0,37 (0,47)	0,74 (0,96)	0,30 (0,39)	0,65 (0,90)	0,39 (0,54)
Bath	oppervlak	0,55 (0,58)	0,40 (0,42)	0,47 (0,47)	0,37 (0,38)	0,49 (0,58)	0,47 (0,56)
	bodem	0,64 (0,77)	0,36 (0,42)	0,71 (0,81)	0,32 (0,37)	0,52 (0,68)	0,39 (0,52)
Schaar van Ouden Doel	oppervlak	1,66	0,35	0,92	0,36	0,89	0,55
	bodem	2,17	0,34	1,24	0,35	0,93	0,53

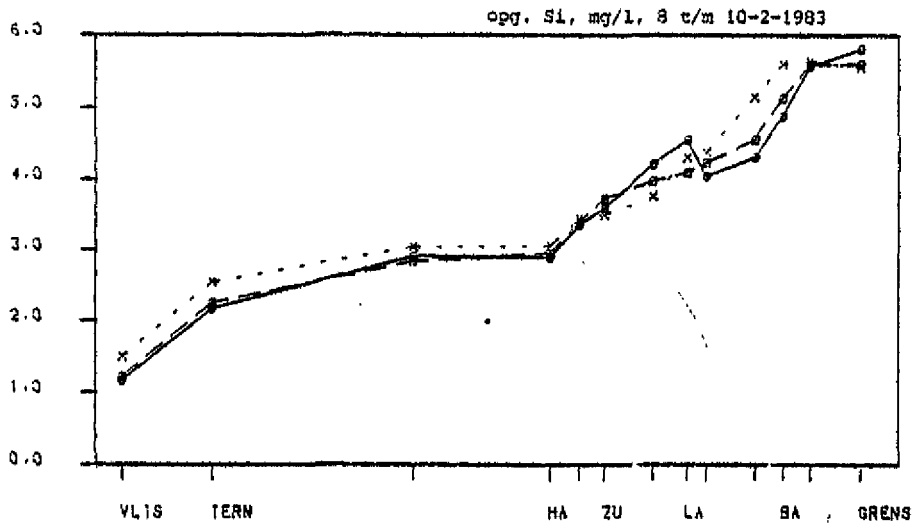


fig. 4.32.

X oppervlak  
 □ halve diep  
 ○ bodem

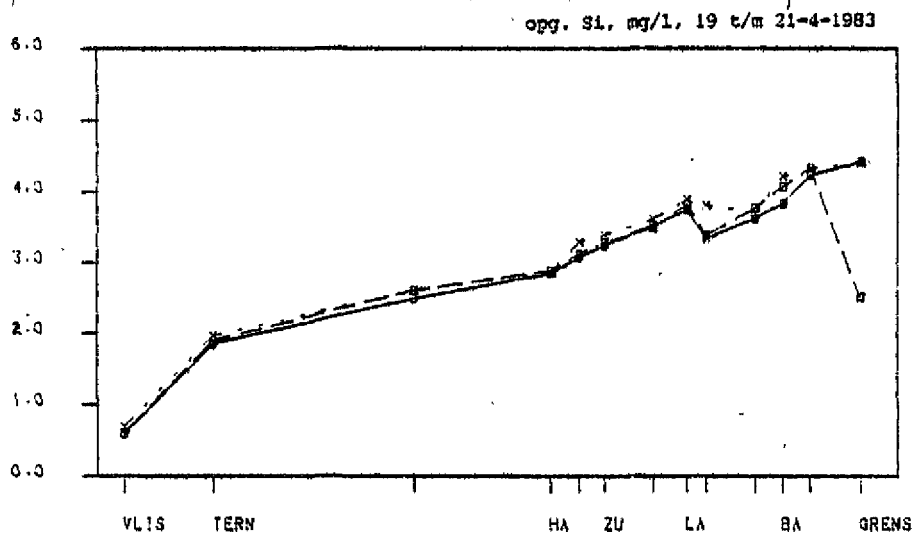


fig. 4.33.

X oppervlak  
 □ halve diepte  
 ○ bodem

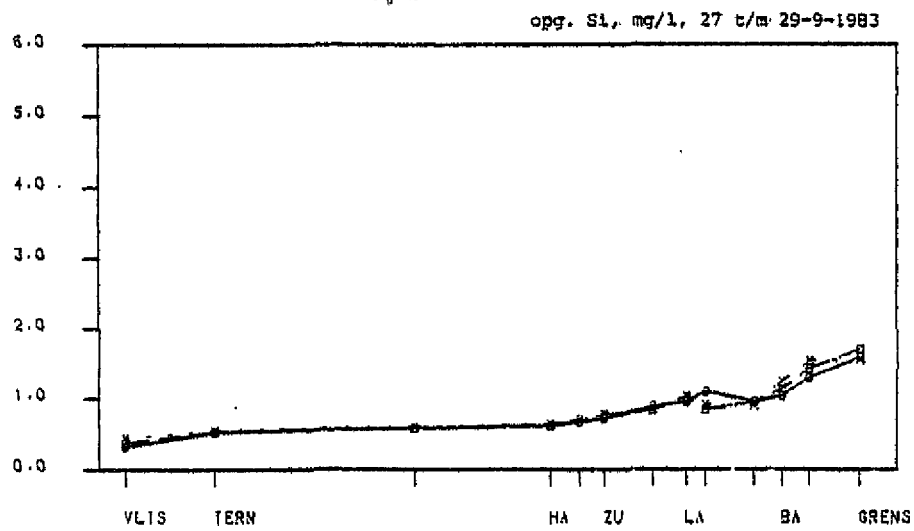


fig. 4.34.

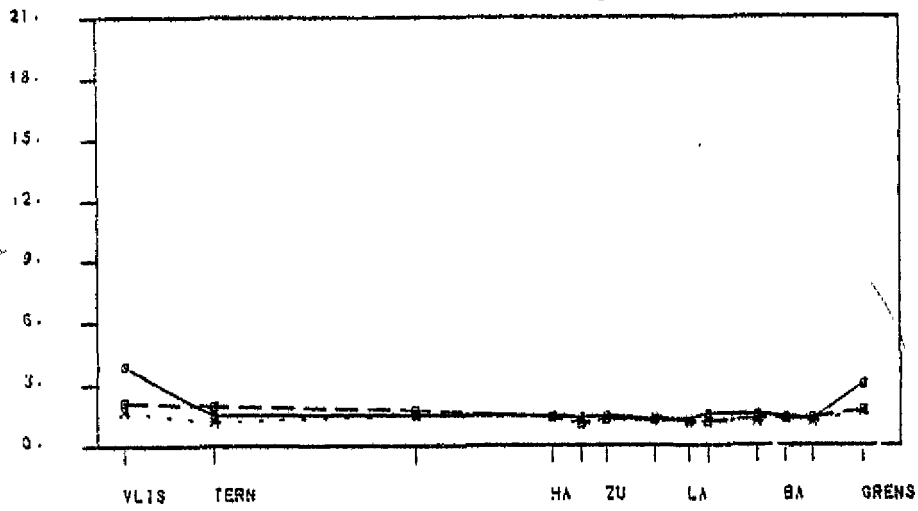
X oppervlak  
 □ halve diepte  
 ○ bodem

Tabel 4.10. Overzicht van concentraties opgelost silicium in de Westerschelde. Tussen haakjes de voor de verdunning met zeewater gecorrigeerde concentraties.

	8 t/m 10 febr.1983	19 t/m 21 april 1983	27 t/m 29 sept.1983
Vlissingen oppervlak	1,49 (4,32)	0,69 (3,68)	0,44 (1,97)
bodem	1,16 (6,86)	0,58 (9,56)	0,32 (4,03)
Pas v. Terneuzen			
oppervlak	2,54 (4,97)	1,96 (4,76)	0,55 (1,22)
bodem	2,16 (5,08)	1,84 (5,00)	0,52 (1,13)
Hansweert oppervlak	3,05 (5,10)	2,87 (5,01)	0,64 (1,12)
bodem	2,89 (4,88)	2,85 (5,03)	0,62 (0,92)
Zuidergat oppervlak	3,49 (5,07)	3,39 (4,77)	0,79 (1,21)
bodem	3,59 (5,49)	3,24 (5,05)	0,72 (1,22)
Lamswaarde oppervlak	4,30 (5,08)	3,89 (4,77)	1,03 (1,39)
bodem	4,55 (5,74)	3,75 (4,98)	0,95 (1,32)
Bath oppervlak	5,60 (5,88)	4,21 (4,33)	1,24 (1,48)
bodem	4,88 (5,75)	3,84 (4,44)	1,03 (1,37)
Schaar van Ouden			
Doel oppervlak	5,55	4,42	1,55
bodem	5,81	4,43	1,58

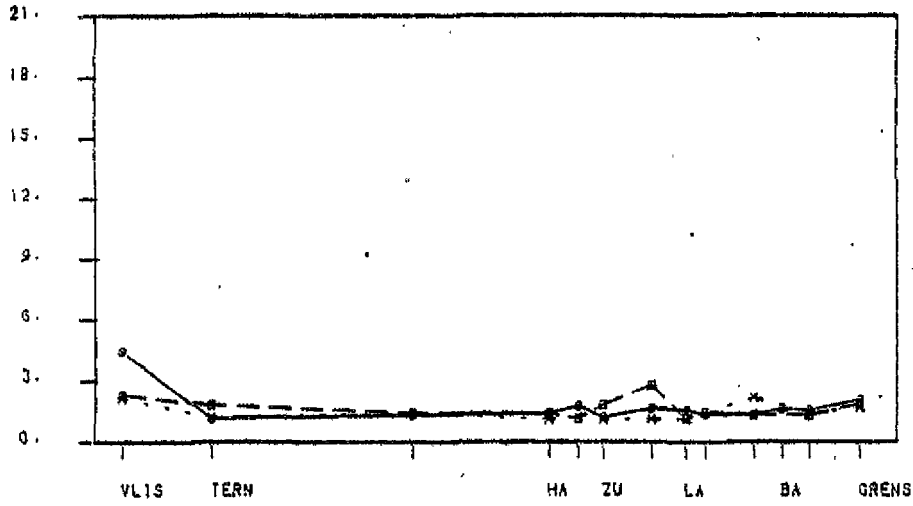
POC, mg/L, 8 t/m 10-2-1983

fig. 4.35.



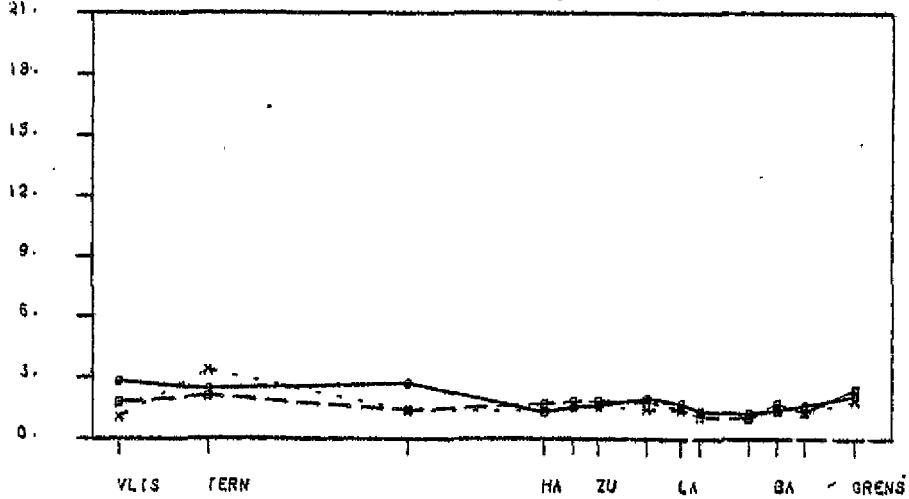
POC, mg/L, 19 t/m 21-4-1983

fig. 4.36.



POC, mg/L, 27 t/m 29-9-1983

fig. 4.37.





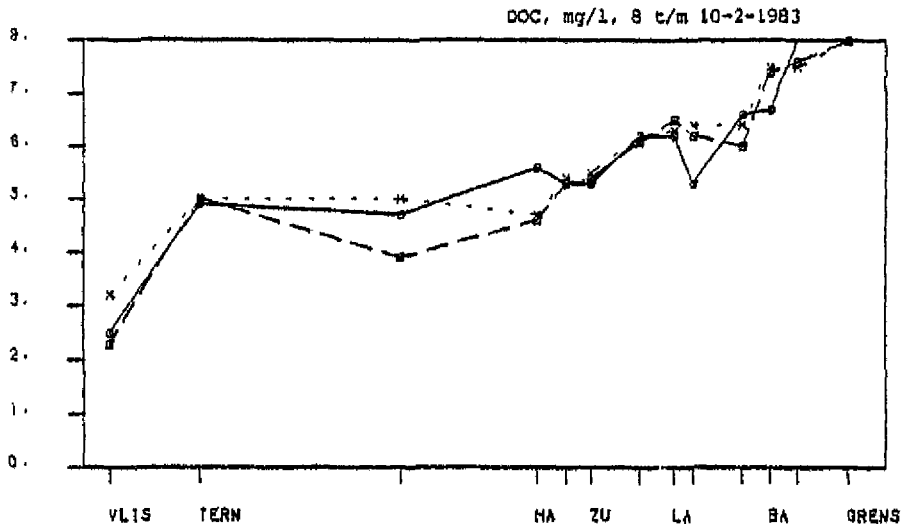


fig. 4.38.

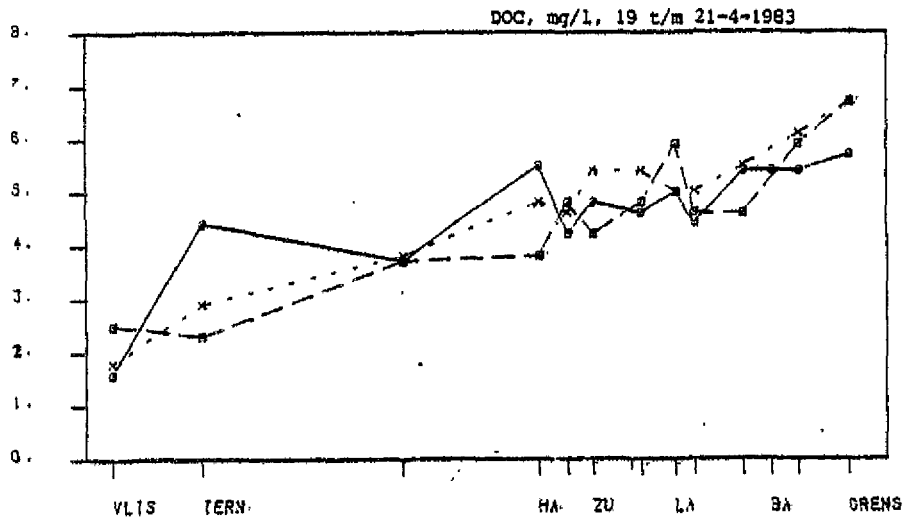


fig. 4.39.

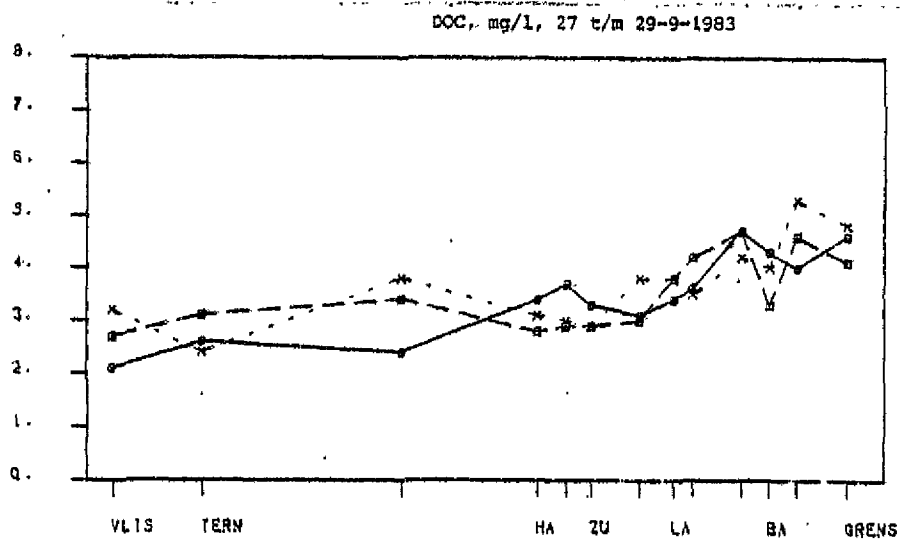


fig. 4.40.

Tabel 4.11. Overzicht van concentraties DOC (mg/l) in de Westerschelde. Tussen haakjes de voor de verdunning met zeewater gecorrigeerde concentraties.

	8 t/m 10 febr.1983	19 t/m 21 april 1983	27 t/m 29 sept.1983
Vlissingen oppervlak	3,2( 9,3)	1,8( 0,3)	3,2(16,6)
bodem	2,5(14,9)	1,6( 0,1)	2,1(33,0)
Pas v. Terneuzen			
oppervlak	5,0( 9,6)	2,9(4,1)	2,4(4,9)
bodem	4,9(11,7)	4,4(8,6)	2,6(5,5)
Hansweert oppervlak	4,7(7,5)	4,8(6,9)	3,1(5,3)
bodem	5,6(9,3)	5,5(8,2)	3,4(6,0)
Zuidergat oppervlak	5,5(7,8)	5,4(6,8)	2,9(4,2)
bodem	5,3(7,8)	4,8(6,4)	3,3(5,0)
Lamswaarde oppervlak	6,3(7,3)	5,0(5,7)	3,8(4,8)
bodem	6,2(7,6)	5,0(6,0)	3,4(4,4)
Bath oppervlak	7,5(7,8)	5,9(5,9)	4,0(4,6)
bodem	6,7(7,8)	5,4(5,9)	4,3(5,5)
Schaar van Ouden			
Doel oppervlak	10,1	6,7	4,8
bodem	8,9	5,7	4,6

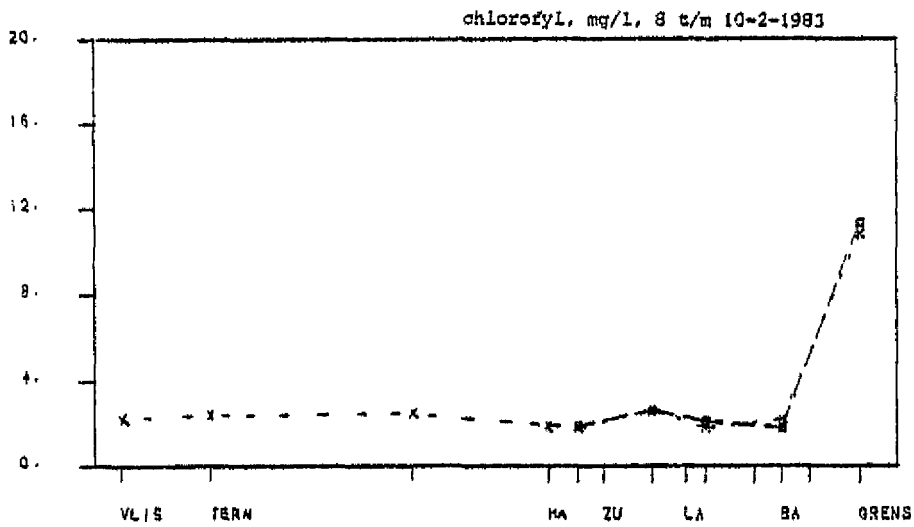


fig. 4.41.

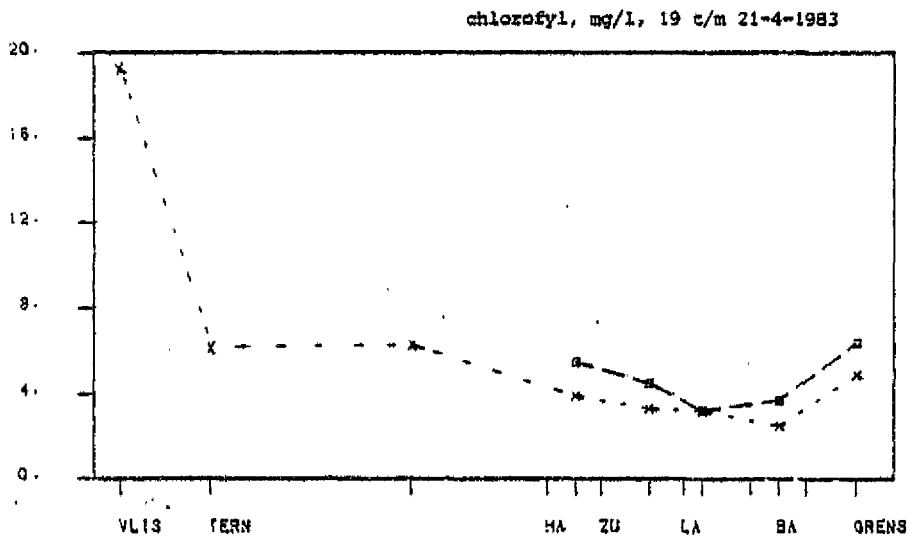
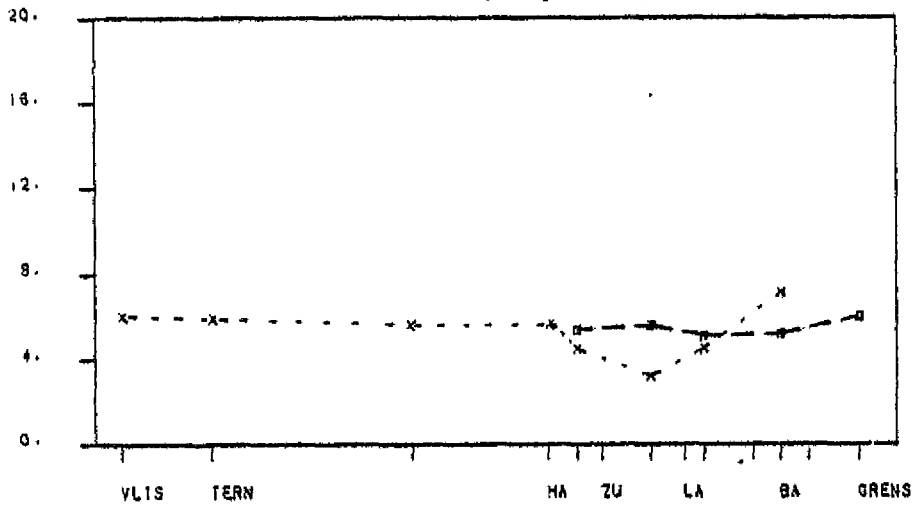


fig. 4.42.

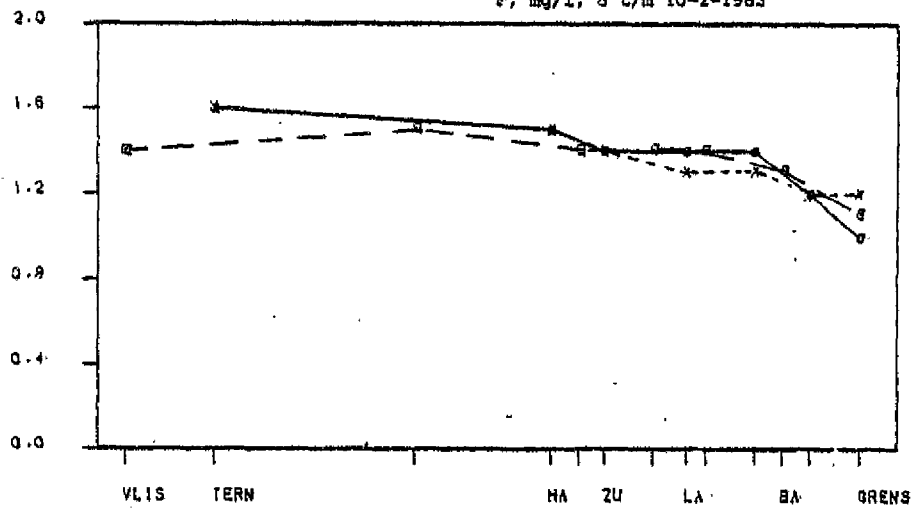
chlorofyl, mg/l, 27 t/m 29-9-1983

fig. 4.43.



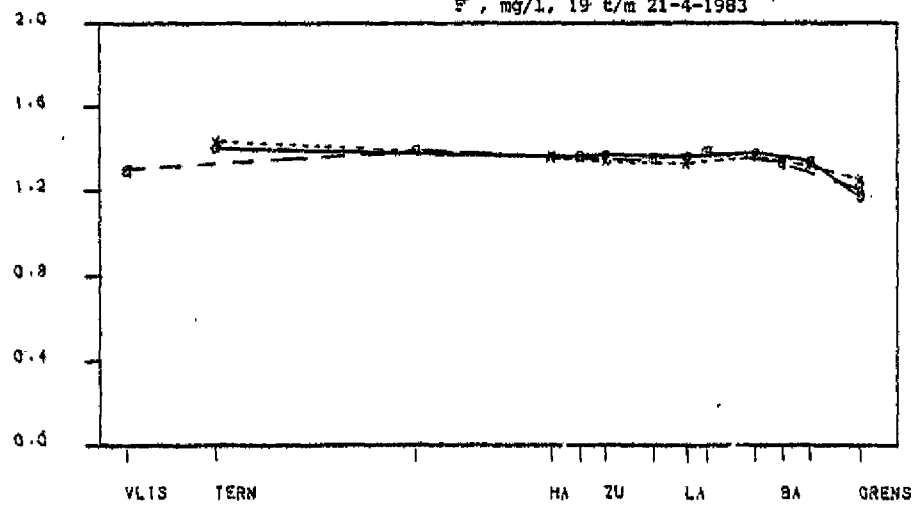
F<sup>+</sup>, mg/l, 8 t/m 10-2-1983

fig. 4.44.



F<sup>+</sup>, mg/l, 19 t/m 21-4-1983

fig. 4.45.



Tabel 4.12. Overzicht van fluorideconcentraties (mg/l) in de Westerschelde. Tussen haakjes de voor de verdunning met zeewater gecorrigeerde concentraties.

	8 t/m 10 febr.1983	19 t/m 21 april 1983	27 t/m 29 sept.1983
Vlissingen halve diepte	1,40(1,40)	1,29(0,68)	1,30(1,00)
Pas v. Terneuzen oppervlak	1,60(1,86)	1,43(1,48)	1,51(1,72)
bodem	1,60(2,00)	1,40(1,40)	1,51(1,72)
Hansweert oppervlak	1,50(1,59)	1,36(1,33)	1,63(1,88)
bodem	1,50(1,58)	1,36(1,33)	1,63(1,89)
Zuidergat oppervlak	1,40(1,40)	1,34(1,31)	1,69(1,90)
bodem	1,40(1,40)	1,37(1,35)	1,64(1,83)
Lamswaarde oppervlak	1,30(1,29)	1,33(1,31)	1,82(1,98)
bodem	1,40(1,40)	1,36(1,35)	1,75(1,90)
Bath halve diepte	1,30(1,28)	1,33(1,32)	1,88(2,05)
Schaar van Ouden Doel oppervlak	1,20	1,24	1,97
bodem	1,00	1,17	1,97

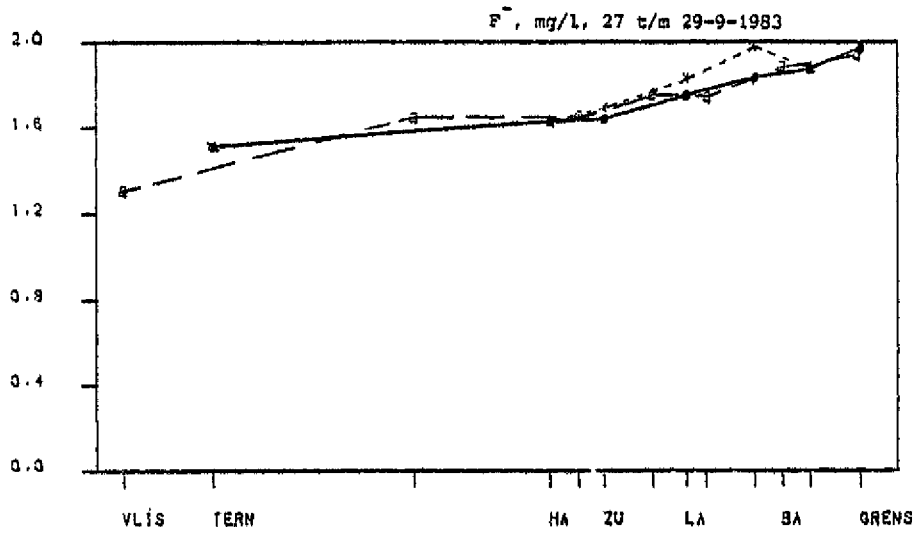


fig. 4.46.

X oppervlak  
 □ halve diepte  
 ○ bodem

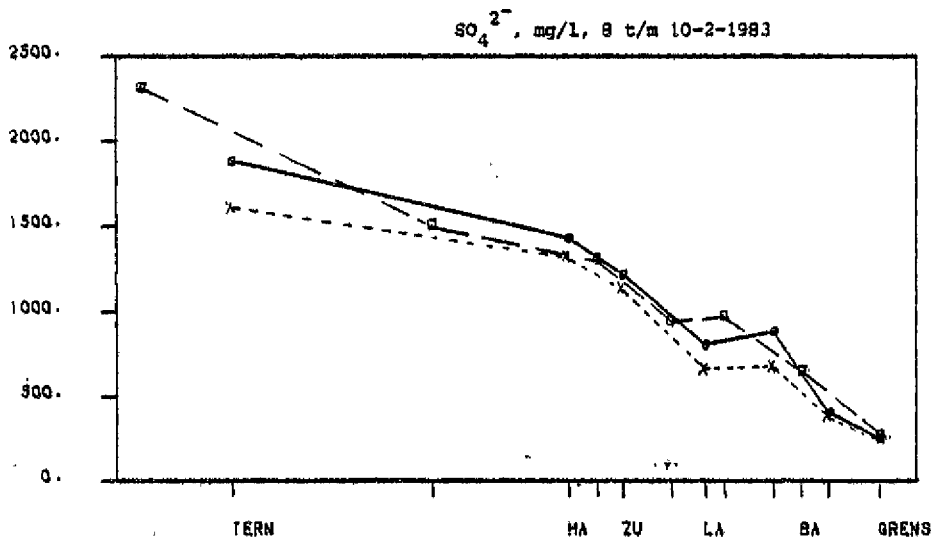


fig. 4.47.

X oppervlak  
 □ halve diepte  
 ○ bodem

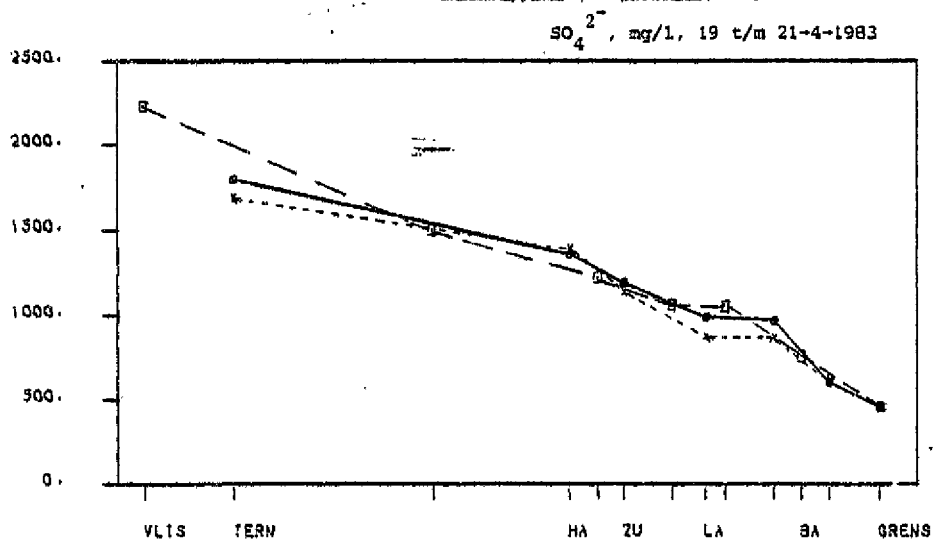


fig. 4.48.

X oppervlak  
 □ halve diepte  
 ○ bodem

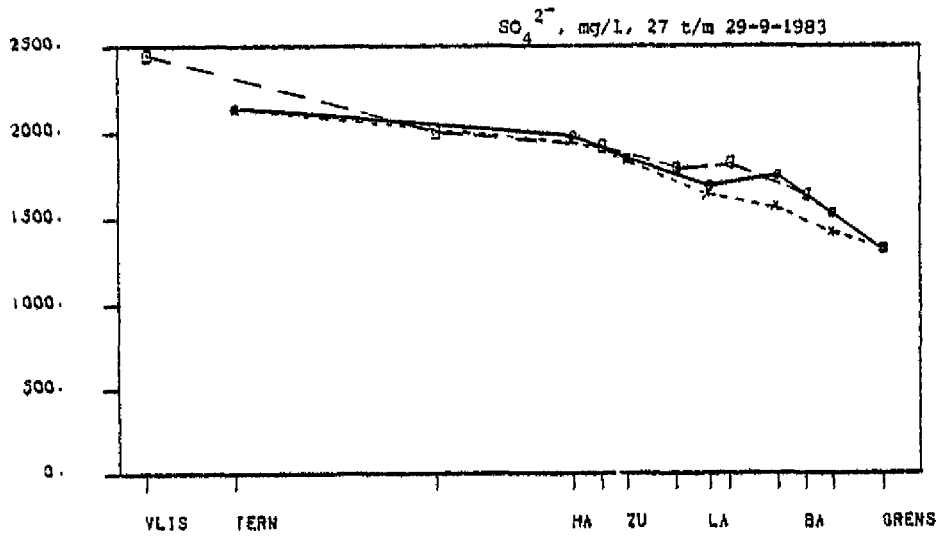


fig. 4.49.

X oppervlak  
 □ halve diepte  
 ○ bodem

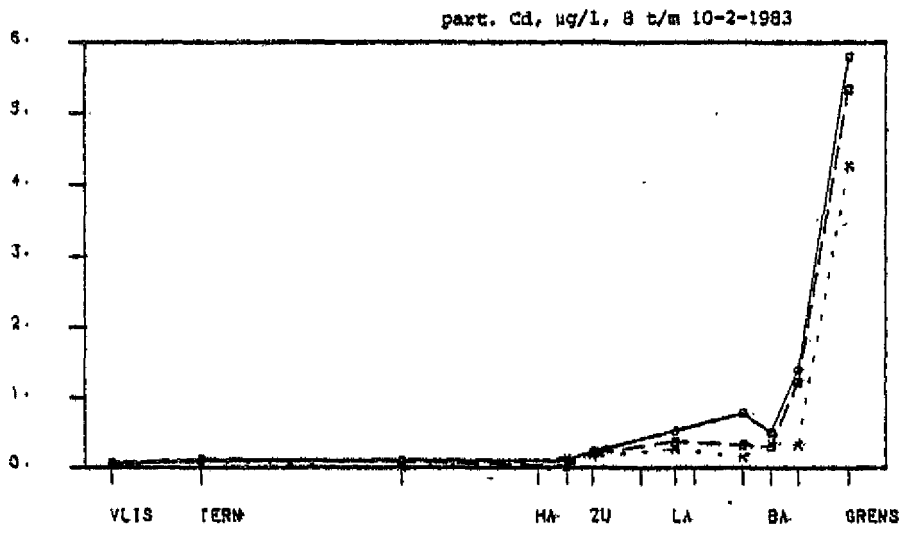


fig. 4.50.

X oppervlak  
 □ halve diepte  
 ○ bodem

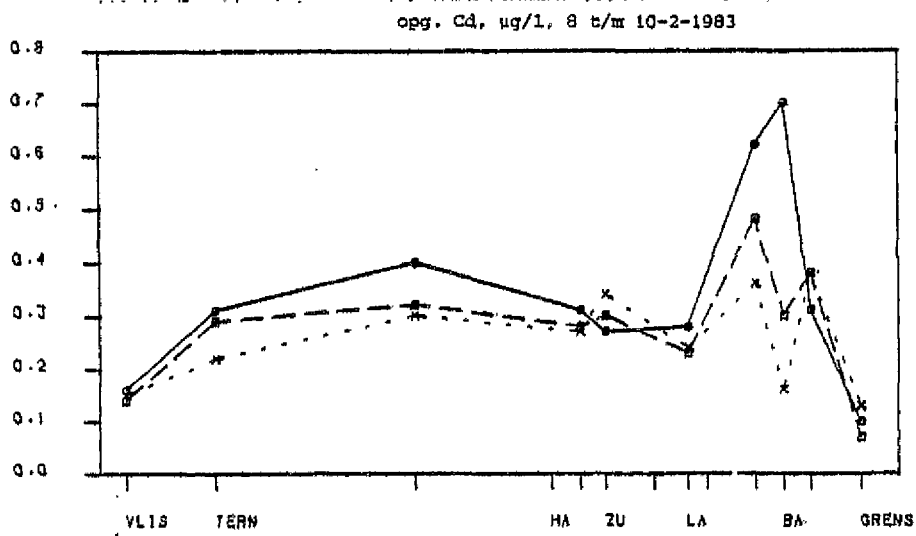
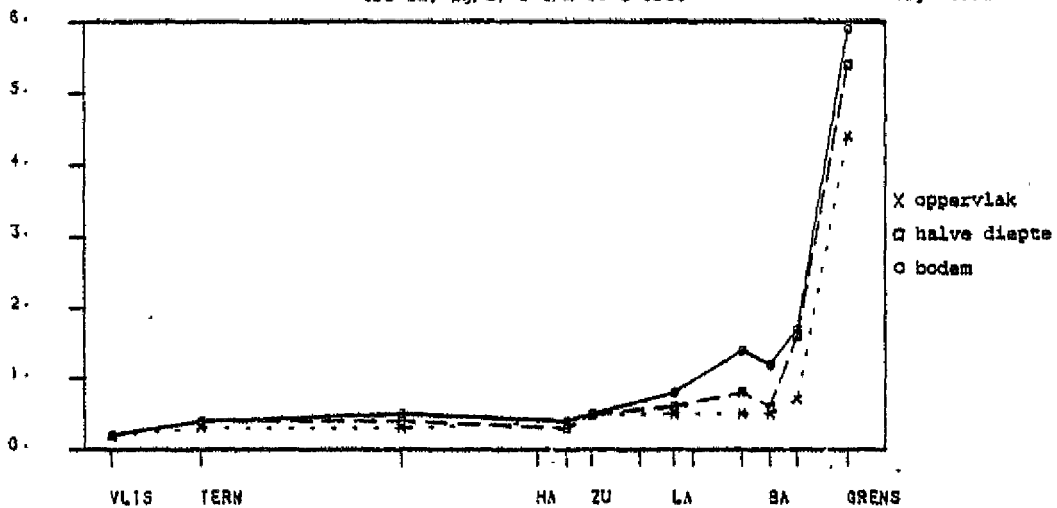


fig. 4.51.

X oppervlak  
 □ halve diepte  
 ○ bodem

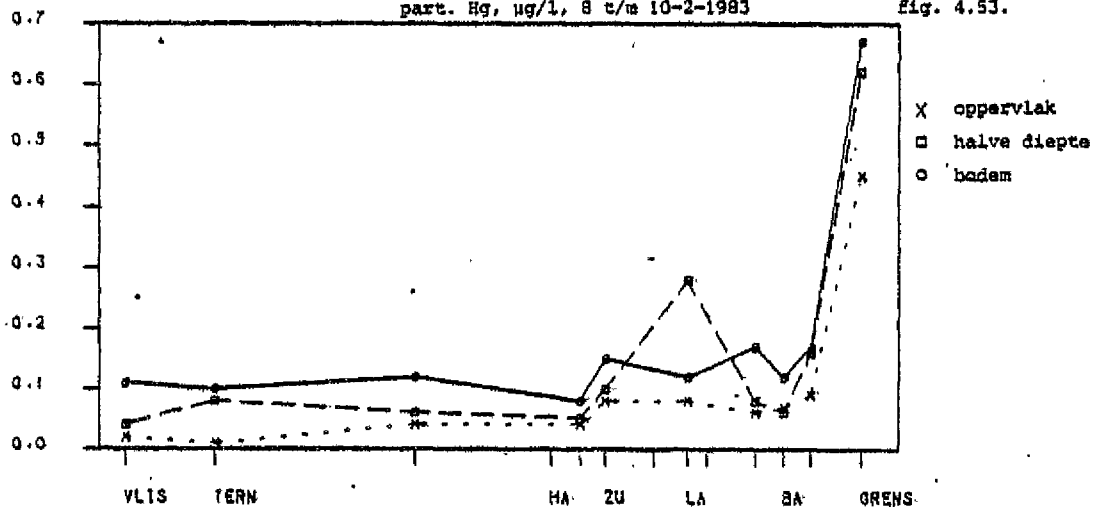
tot Cd,  $\mu\text{g/l}$ , 8 t/m 10-2-1983

fig. 4.52.



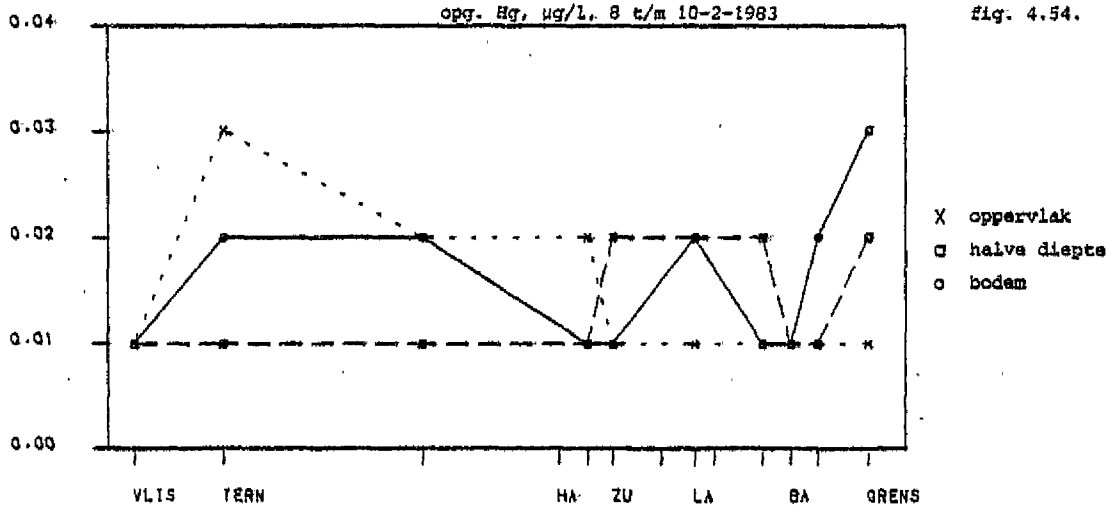
part. Hg,  $\mu\text{g/l}$ , 8 t/m 10-2-1983

fig. 4.53.

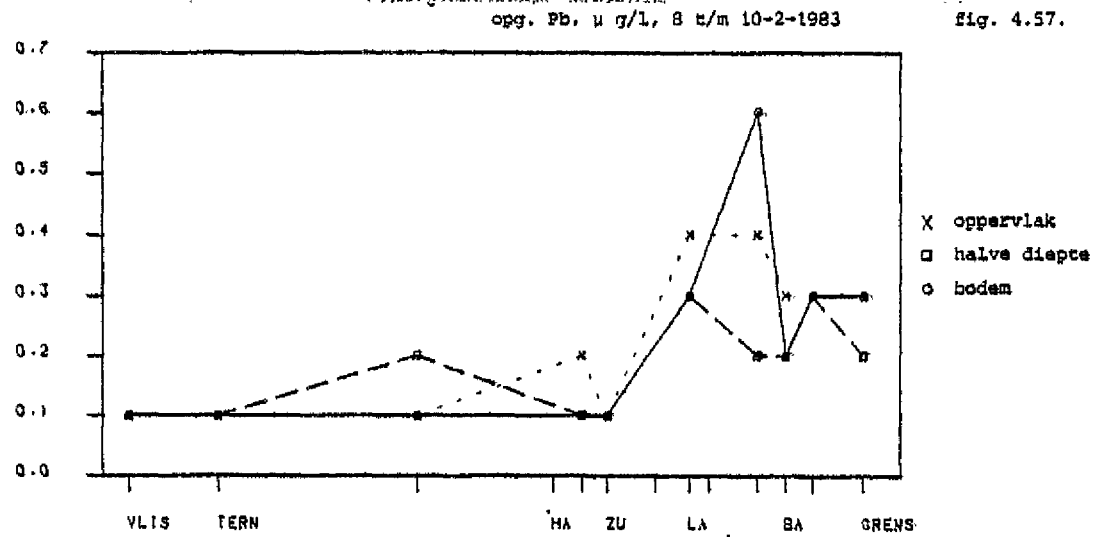
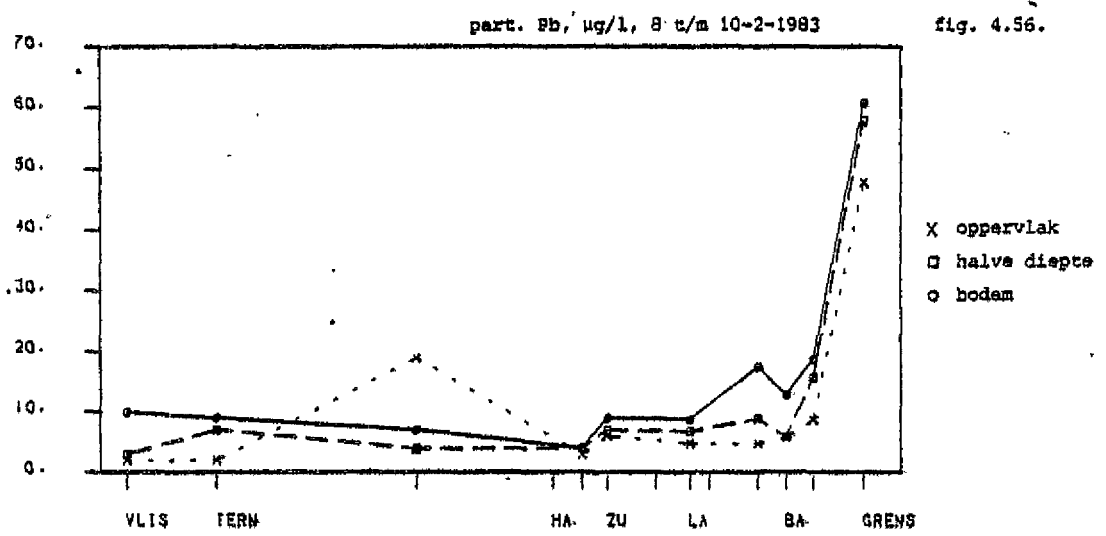
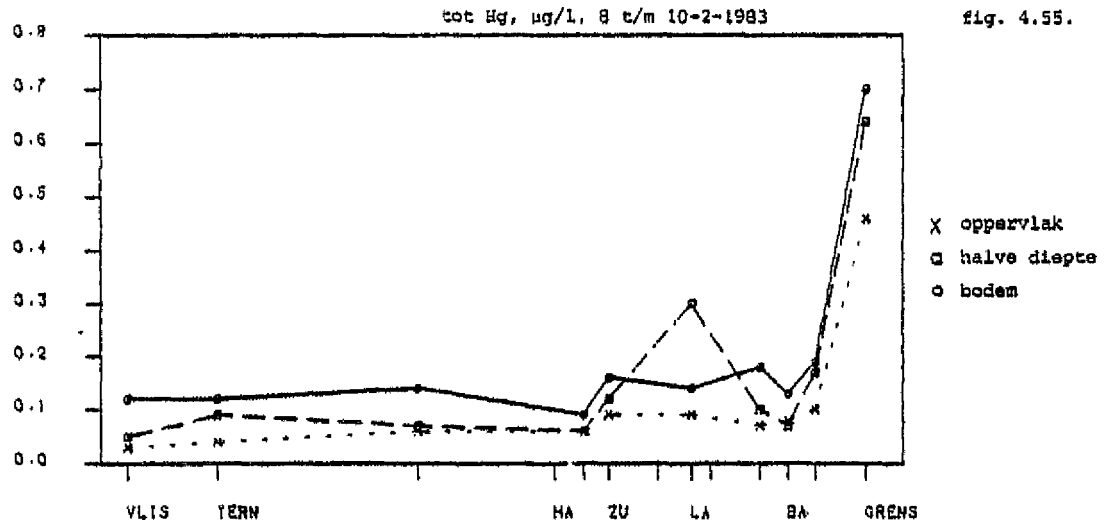


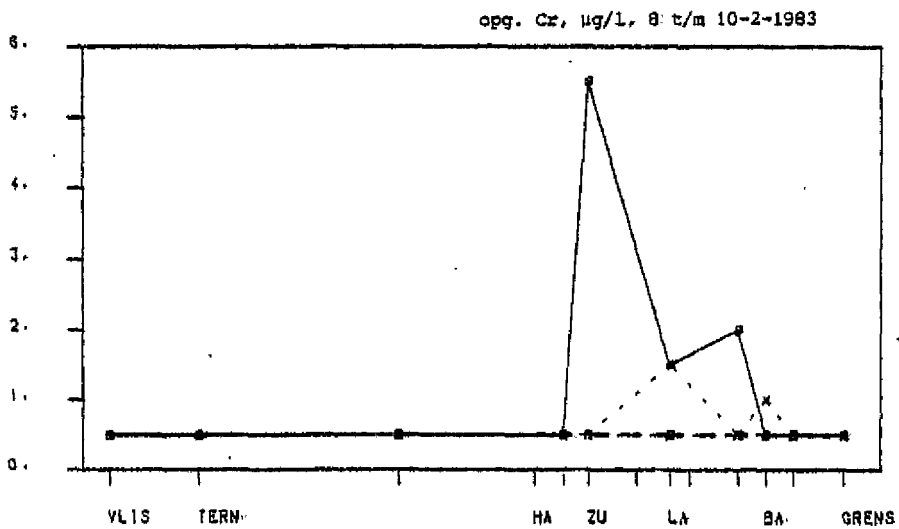
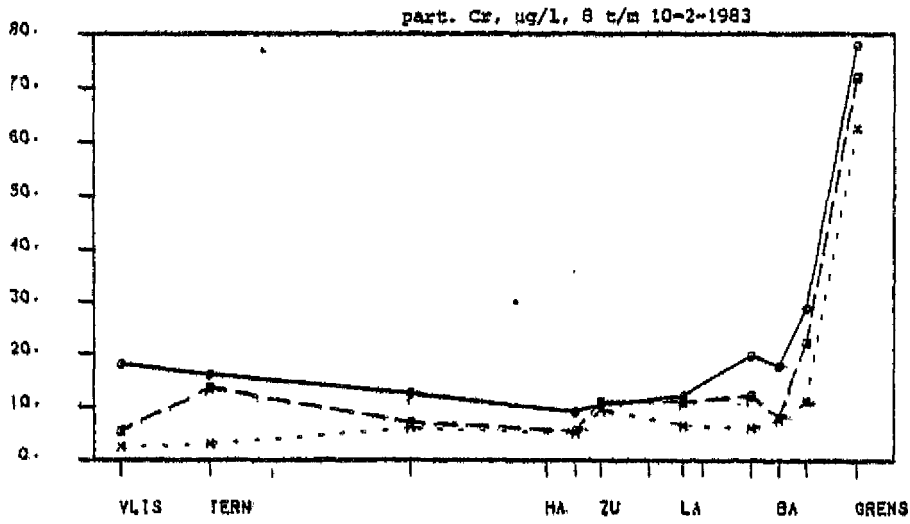
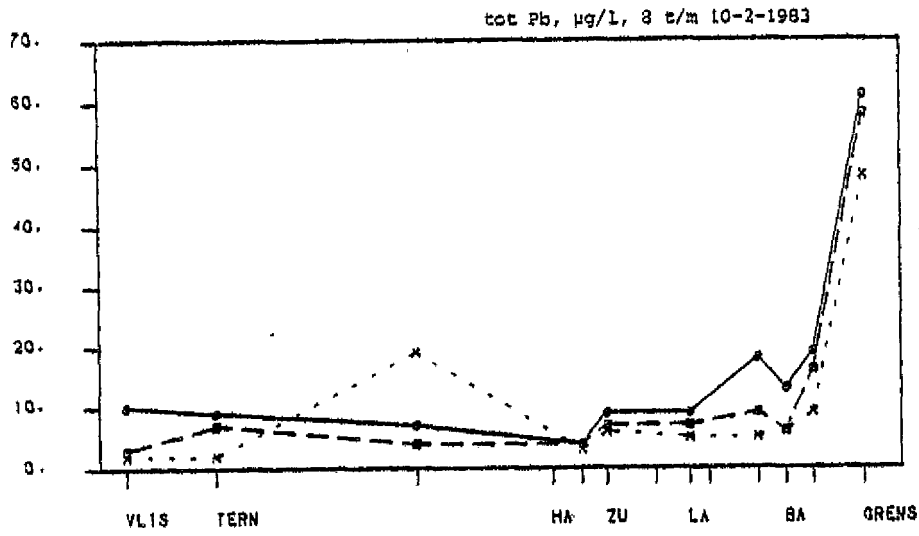
opg. Hg,  $\mu\text{g/l}$ , 8 t/m 10-2-1983

fig. 4.54.









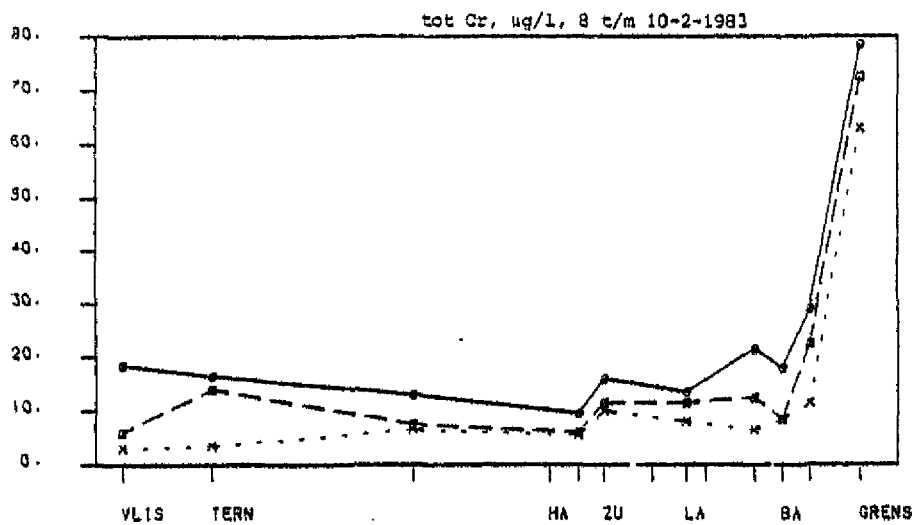


fig. 4.61.

X oppervlak  
 □ halve diepte  
 ○ bodem

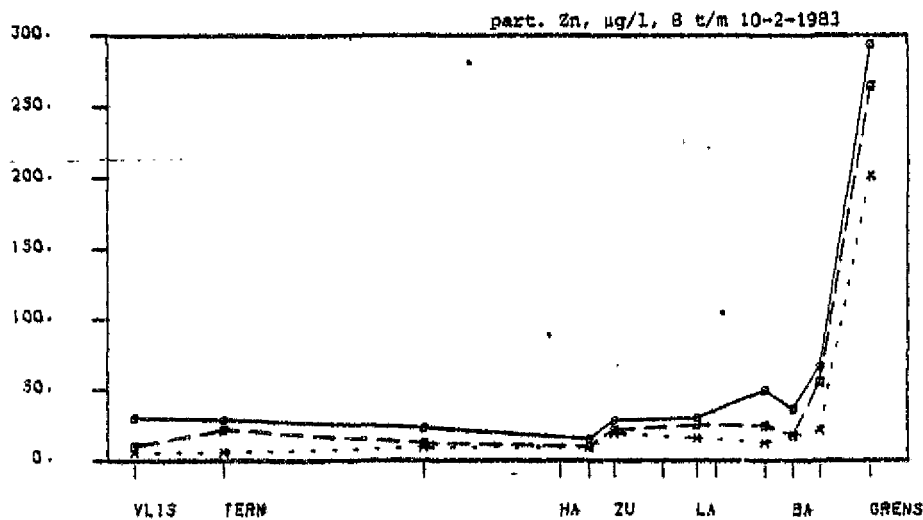


fig. 4.62.

X oppervlak  
 □ halve diepte  
 ○ bodem

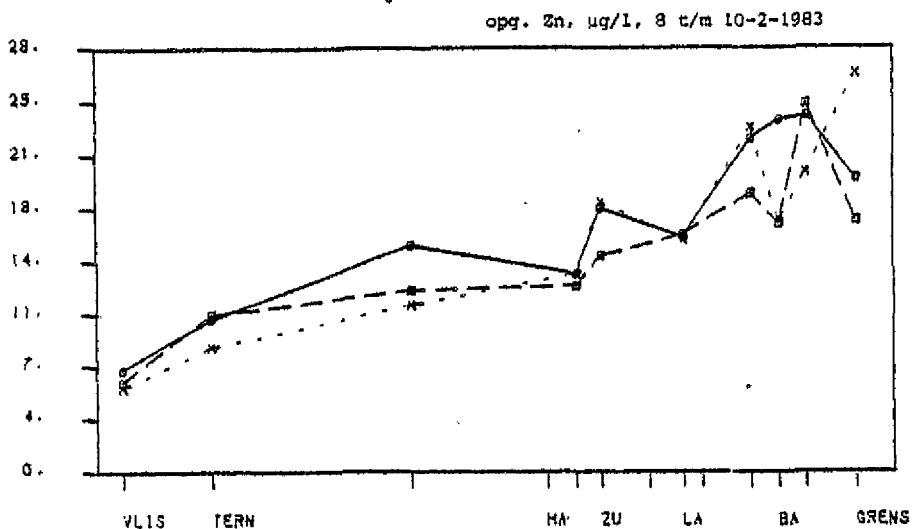


fig. 4.63.

X oppervlak  
 □ halve diepte  
 ○ bodem

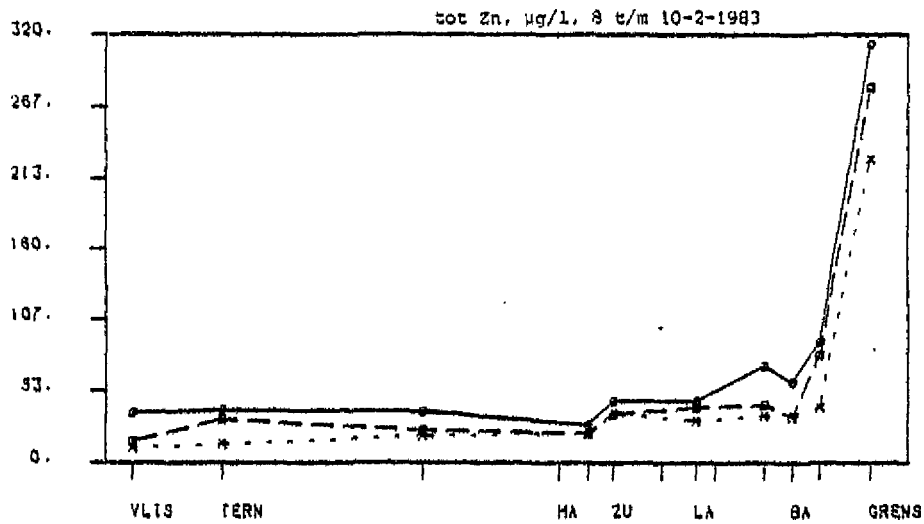


fig. 4.64.

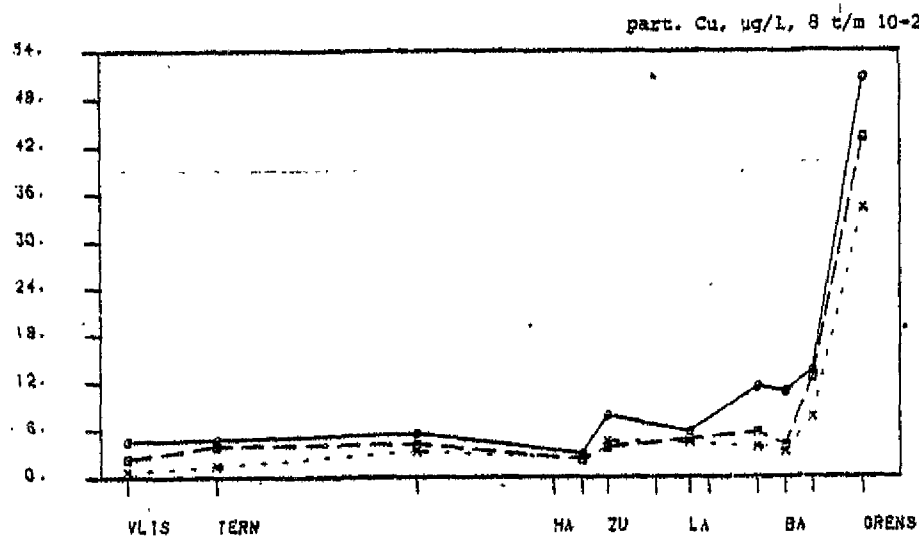


fig. 4.65.

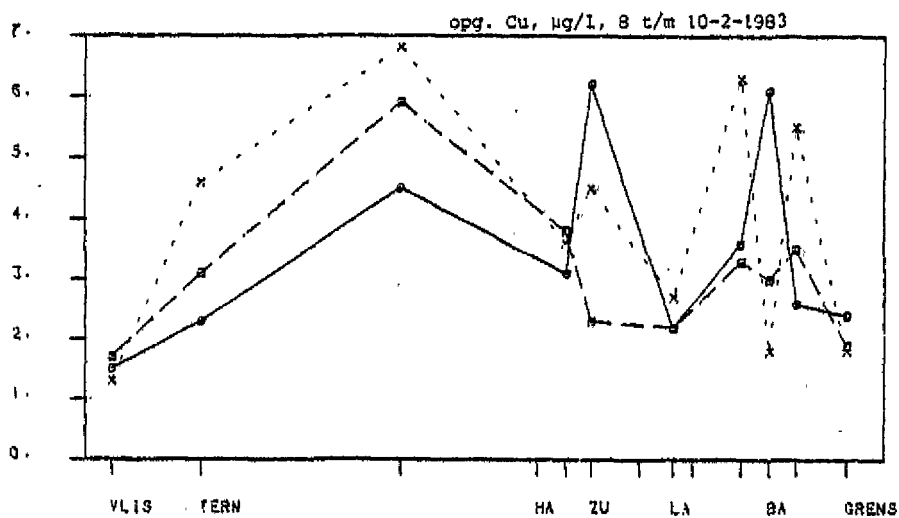
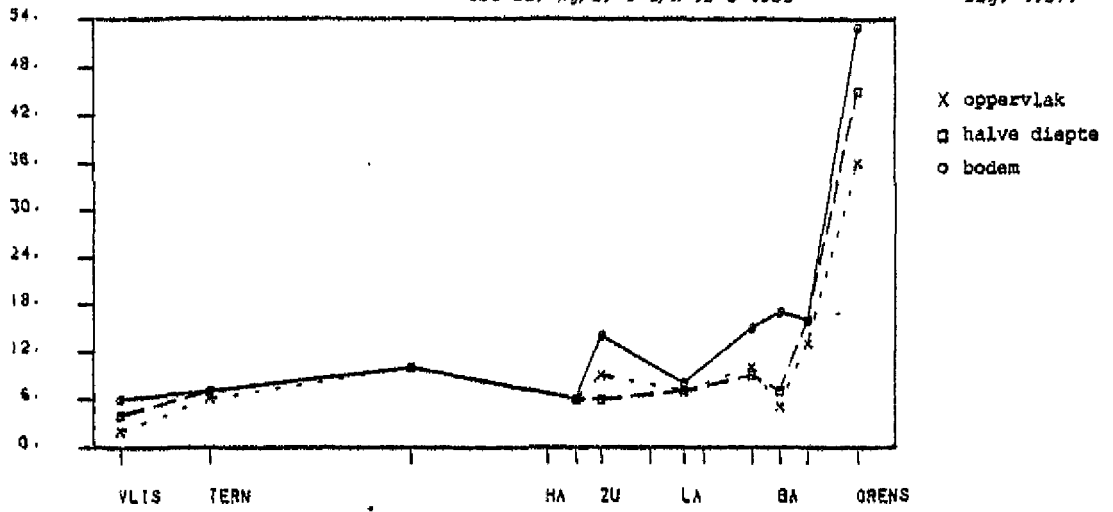


fig. 4.66.

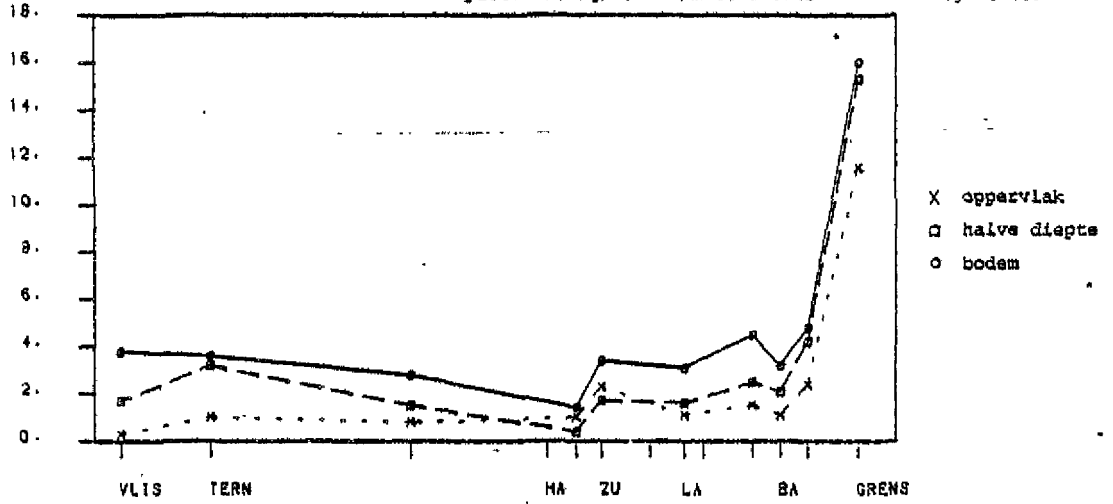
tot Cu, µg/l, 8 t/m 10-2-1983

fig. 4.67.



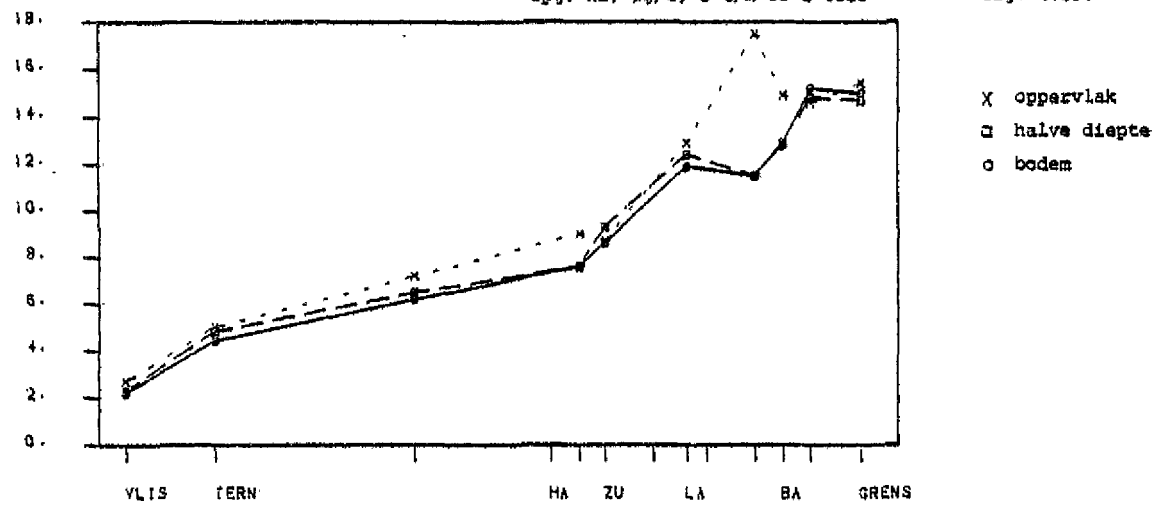
part. Ni, µg/l, 8 t/m 10-2-1983

fig. 4.68.



opg. Ni, µg/l, 8 t/m 10-2-1983

fig. 4.69.

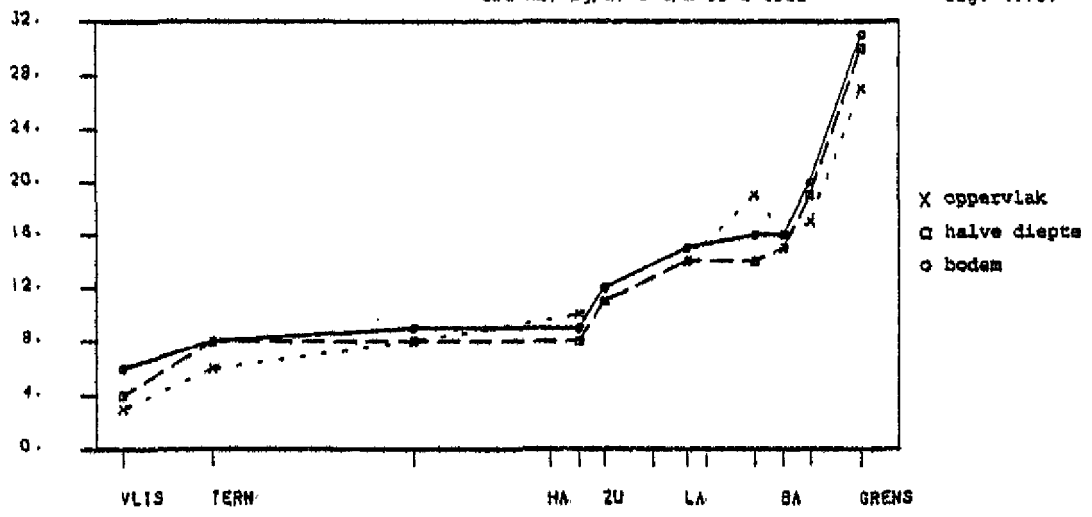


Tabel 4.13. Overzicht van concentraties en berekeningsresultaten met betrekking tot de in 8-10 februari 1983 waargenomen metalen. Tussen haakjes de voor de verdunning met zeewater gecorrigeerde concentraties en de gehalten in de rivierfractie van de zwevende stof

	cadmium	kwik	lood	chrom	nikkel	zink	koper	
Vlissingen oppervlak	0,15 (0,51)	<0,01	<0,1	<0,5	2,7 (8,8)	5,5 (21,6)	1,3 (2,4)	opgeloste concentra- ties (µg/l)
bodem	0,16 (1,52)	<0,01	<0,1	<0,5	2,2 (17,1)	6,7 (77,3)	1,5 (7,7)	
Pas v. Terneuzen oppervlak	0,22 (0,44)	0,03 (0,04)	<0,1	<0,5	5,0 (10,3)	8,2 (17,7)	4,6 (9,4)	
bodem	0,31 (0,83)	0,02 (0,02)	<0,1	<0,5	4,4 (11,2)	10,1 (28,3)	2,3 (4,9)	
Drampel v. oppervlak	0,27 (0,39)	0,02 (0,02)	0,2 (0,28)	0,5 (0,72)	9,0 (13,4)	13,1 (19,8)	3,6 (5,0)	
Hansweert bodem	0,31 (0,51)	0,01 (<0,01)	0,1 (0,14)	0,5 (0,81)	7,6 (12,7)	13,1 (22,5)	3,1 (4,7)	
Lanswaarde oppervlak	0,24 (0,28)	0,01 (<0,01)	0,4 (0,48)	1,5 (1,80)	12,9 (15,5)	15,3 (18,4)	2,7 (3,1)	
bodem	0,28 (0,35)	0,02 (0,02)	0,3 (0,38)	1,5 (1,93)	11,9 (15,3)	15,5 (20,0)	2,2 (2,6)	
Bath oppervlak	0,16 (0,17)	0,01 (<0,01)	0,3 (0,31)	1,0 (1,05)	14,9 (15,7)	16,6 (17,5)	1,8 (1,8)	
bodem	0,70 (0,84)	0,01 (<0,01)	0,2 (0,23)	0,5 (0,58)	12,8 (15,3)	23,2 (27,8)	6,1 (7,2)	
Schaar van Ouden Doel oppervlak 13	0,13	0,01	0,3	0,5	15,4	26,3	1,8	
bodem	0,10	0,03	0,3	0,5	15,0	19,4	2,4	
metaalgeh. vlissingen	0,8 (1,3)	0,6 (1,1)	51,6 (113)	86,5 (226)	19,0 (35)	162 (330)	27,2 (55)	
zwevende Dramp.v.Hansweert	3,3 (5,3)	2,1 (3,4)	143 (224)	245 (390)	34,3 (49)	427 (660)	110 (161)	
stof (mg/kg) Sch.v.O.Doel	17,2 (18,3)	1,9 (2,0)	187 (196)	240 (251)	47,9 (50)	845 (891)	142 (150)	
Netto part.transport (mg/s)								
Sch.v.O.Doel	1696	187	18438	23664	4723	83317	14001	
Transp.via rivierslib (mg/s)								
Sch.v.O.Doel	1621	177	17366	22239	4430	78943	13290	
Transp.via rivierslib (mg/s)								
Vlissingen	6	4	497	994	154	1452	242	
Desorp. uit rivierslib (mg/s)	1506	80	7354	2215	1330	49705	10171	
Sed. via rivierslib (mg/s)	109	93	9515	19030	2942	27786	2877	
Sed. via zeeslib (mg/s)	177	127	10120	15180	4048	32890	5566	

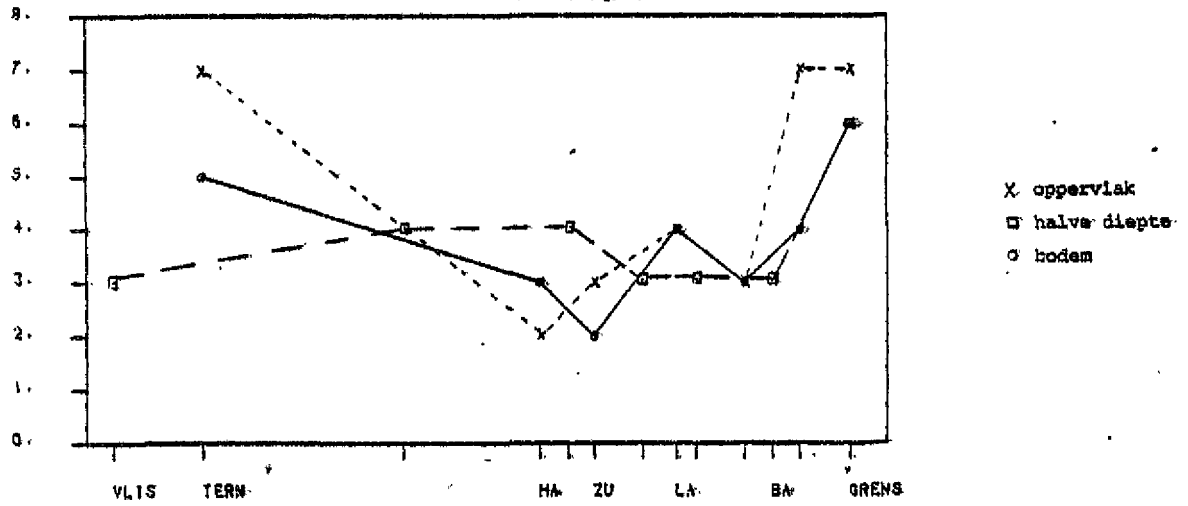
tot Ni, µg/l, 8 t/m 10-2-1983

fig. 4.70.



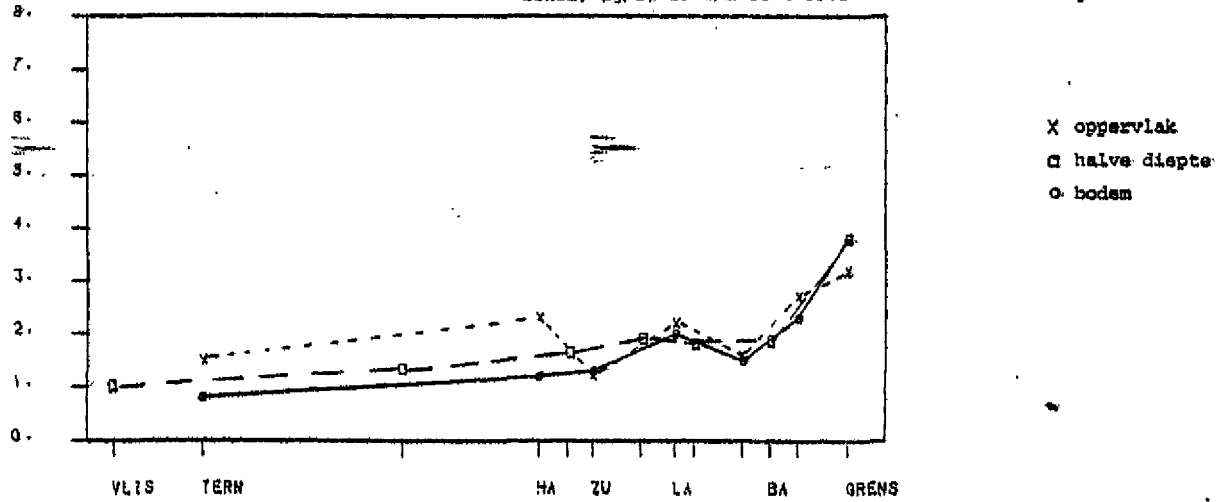
fenol, µg/l, 8 t/m 10-2-1983

fig. 4.71.



fenol, µg/l, 19 t/m 21-4-1983

fig. 4.72.



Tabel 4.14. Overzicht van fenolconcentraties ( $\mu\text{g/l}$ ) in de Westerschelde. Tussen haakjes de voor de verdunning met zeewater gecorrigeerde concentraties.

	8 t/m 10 febr.1983	19 t/m 21 april 1983	27 t/m 29 sept.1983
Vlissingen halve diepte	3,0(19,7)	1,0(5,5)	1,2(3,3)
Pas v. Terneuzen oppervlak	7,0(16,0)	1,5(3,5)	1,2(2,5)
bodem	5,0(14,6)	0,8(1,9)	1,4(3,1)
Hansweert oppervlak	2,0(3,6)	2,3(3,9)	1,8(3,2)
bodem	3,0(5,6)	1,2(2,0)	2,2(4,1)
Zuidergat oppervlak	3,0(4,6)	1,2(1,6)	- -
bodem	2,0(3,2)	1,3(1,9)	1,7(2,7)
Lamswaarde oppervlak	4,0(4,8)	2,2(2,7)	1,9(2,4)
bodem	4,0(5,2)	2,0(2,6)	1,9(2,5)
Bath halve diepte	3,0(3,5)	1,8(2,0)	2,0(2,5)
Schaar van Ouden Doel oppervlak	7,0	3,2	2,3
bodem	6,0	3,8	2,5



Tabel 4.15. Overzicht van enkele PAK concentraties en gehalten van de zwevende stof in de Westerschelde, oppervlaktemonsters 8 t/m 10 februari 1983. Tussen haakjes de voor de verdunning met zeewater gecorrigeerde concentraties en de gehalten in de rivierwaterfractie van de zwevende stof.

	benzo(b) fluorantheen (ng/l)	benzo(k) fluorantheen (ng/l)	benzo(a) pyreen (ng/l)	fluorantheen (ng/l)	indeno(1,2,3, c,d)pyreen (ng/l)	benzo(g,h,i) peryleen (ng/l)	≥ 6 PAK (ng/l)	6 PAK zwevende stof (ng/kg)
Vlissingen	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<60	
Drempel van Hansweert	12	<10	<10	<10	<10	<10	37 (52)	
Bocht van Walsoorden	32	<10	16	<10	27	<10	90 (120)	1,02 (1,37)
Lamswaarde	35	12	21	12	29	19	128 (154)	2,58 (3,24)
Overloop van Valkenisse	12	<10	<10	<10	12	<10	44 (55)	1,51 (1,83)
Westketel	27	<10	13	<10	<10	<10	60 (70)	0,74 (0,86)
Bath	19	<10	11	<10	<10	<10	90 (95)	2,20 (2,44)
Pas van Rilland	23	<10	<10	<10	<10	<10	48 (50)	0,80 (0,86)
Schaar van Ouden Doel	130	31	63	90	<10	<10	347	1,26 (1,32)

Tabel 4.16. Overzicht van enkele PCB concentraties en gehalten van de zwevende stof in de Westerschelde, oppervlaktemonsters 8 t/m 10 februari 1983. Tussen haakjes de voor de verdunning met zeewater gecorrigeerde concentraties en de gehalten in de rivierwaterfractie van de zwevende stof.

	IUPAC nummers; ng/l						Σ 6 PCB (ng/l)	Σ 6 PCB in zwevende stof (mg/kg)
	28	52	101	138	153	180		
Vlissingen	<1	<1	<1	<1	<1	<1	n.m.	
Drempel van Hansweert	<1	<1	1	1	<1	<1	≥ 2 (≥ 3)	
Bocht van Walsoorden	<1	<1	2	2	1	1	≥ 6 (≥ 8)	0,11 (0,16)
Lamswaarde	<1	1	2	4	3	3	≥ 13 (≥ 15)	0,47 (0,60)
Overloop van Valkenisse	<1	1	1	1	<1	1	≥ 4 (≥ 5)	0,23 (0,29)
Westketel	<1	1	1	1	<1	1	≥ 4 (≥ 4)	0,12 (0,15)
Bath	1	1	2	2	1	1	8 ( 8)	0,31 (0,35)
Pas van Rilland	1	1	2	2	1	1	8 ( 8)	0,30 (0,33)
Schaar van Ouden Doel	2	3	8	8	4	4	29	0,13 (0,14)

Tabel 4.17. Overzicht van concentraties en gehalten van de zwevende stof van pp-DDD en dieldrin in de Westerschelde, oppervlaktemonsters, 8 t/m 10 februari 1983. Tussen haakjes de voor de verdunning met zeewater gecorrigeerde concentraties en de gehalten in de rivierwaterfractie van de zwevende stof.

	pp-DDD (ng/l)	pp-DDD (zwevende stof, µg/kg)	dieldrin (ng/l)	dieldrin (zwevende stof, µg/kg)
Vlissingen	<1		<1	
Drempel van Hansweert	<1		<1	
Bocht van Walsoorden	1 (1,3)	7,9 (11)	<1	
Lanswaarde	5 (6,1)	66 (85)	1 (1,2)	11 (14)
Overloop van Valkenisse	<1		<1	
Westketel	1 (1,2)	7,5 (9,2)	<1	
Bath	1 (1,1)	17 (19)	1 (1,1)	15 (17)
Pas van Rilland	1 (1,0)	10 (11)	<1	
Schaar van Ouden Doel	4	5,8 (6,1)	2	5,6 (5,9)

Tabel 4.18. Overzicht van concentraties en gehalten van de zwevende stof van  $\alpha$ -HCH,  $\gamma$ -HCH en QCB in de Westerschelde, oppervlaktemonsters, 8 t/m 10 februari 1983. Tussen haakjes de voor de verdunning met zee-water gecorrigeerde concentraties en de gehalten in de rivierwaterfractie van de zwevende stof.

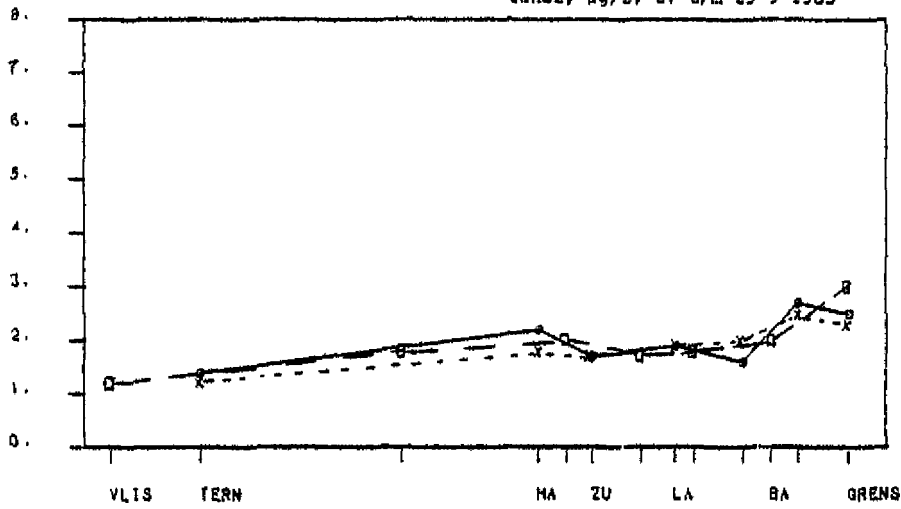
	$\alpha$ -HCH (ng/l)	$\gamma$ -HCH (ng/l)	QCB (ng/l)	QCB ( $\mu$ g/kg)
Vlissingen	2 (5,6)	6 (20,3)	<1	
Drempel van Hansweert	2 (2,6)	14 (20,6)	2 (2,8)	23 (37)
Bocht van Walsoorden	3 (3,8)	19 (25,5)	5 (6,7)	40 (57)
Lamswaarde	3 (3,4)	20 (23,9)	<1	
Overloop van Valkenisse	4 (5,0)	19 (24,6)	2 (2,5)	47 (59)
Westketel	2 (2,2)	13 (15,2)	<1	
Bath	4 (4,2)	19 (20,0)	<1	
Pas van Rilland	3 (3,1)	18 (18,9)	1 (1,0)	10,4 (11,5)
Schaar van Ouden Doel	1	17	<1	

Tabel 4.19. Overzicht van EOCl-concentraties ( $\mu\text{g/l}$ ) in de Westerschelde, oppervlakte monsters, 8 t/m 10 februari 1983. Tussen haakjes de voor de verdunning met zeewater gecorrigeerde concentraties.

Vlissingen	< 0,5
Drempel van Hansweert	0,5 (0,7)
Bocht van Walsoorden	1,0 (1,3)
Lamswaarde	1,0 (1,2)
Overloop van Valkenisse	0,5 (0,6)
Westketel	1,0 (1,2)
Bath	1,0 (1,1)
Pas van Rilland	1,5 (1,6)
Schaar van Ouden Doel	2,0

fenol, µg/l, 27 t/m 29-9-1983

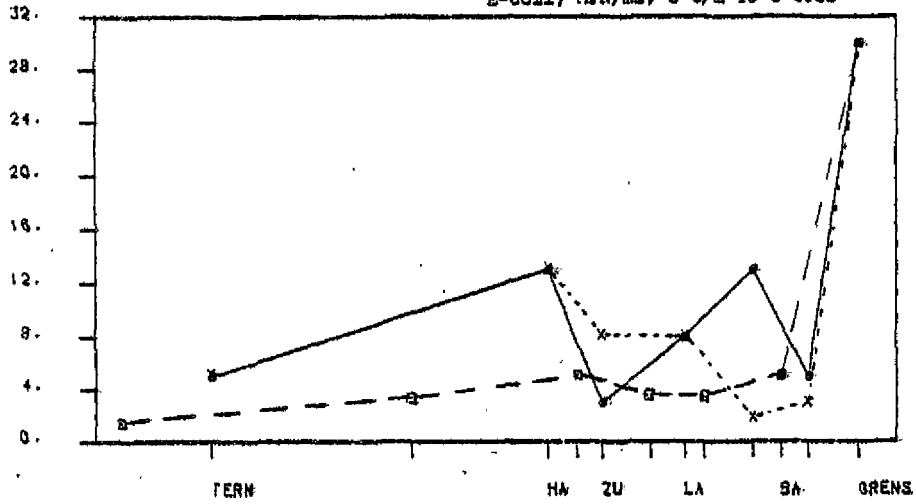
fig. 4.73.



X oppervlak  
 □ halve diepte  
 ○ bodem

E-coli, MPN/ml, 8 t/m 10-2-1983

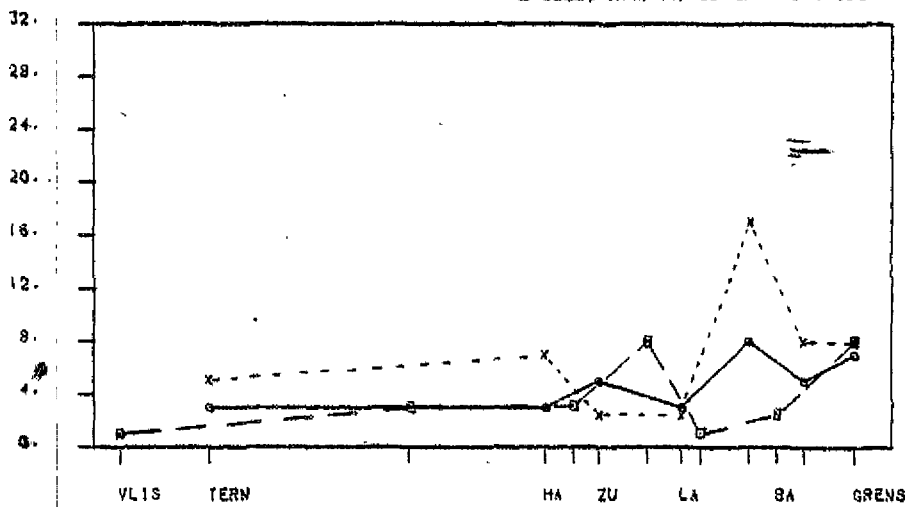
fig. 4.74.



X oppervlak  
 □ halve diepte  
 ○ bodem

E-coli, MPN/ml, 19 t/m 21-4-1983

fig. 4.75.



X oppervlak  
 □ halve diepte  
 ○ bodem

Tabel 4.20. Overzicht van E-coli concentraties (MPN/ml) in de Westerschelde. Tussen haakjes de voor de verdunning met zeewater gecorrigeerde concentraties.

	8 t/m 10 febr.1983	19 t/m 21 april 1983	27 t/m 29 sept.1983
Vlissingen halve diepte	1,3(7,3)	0,8(4,1)	0,3(0,9)
Pas v. Terneuzen oppervlak	5,0(11,2)	5,0(12,2)	3,0( 8,5)
bodem	5,0(14,4)	3,0( 8,1)	8,0(23,0)
Hansweert oppervlak	13,0(24,1)	7,0(12,2)	3,0(6,1)
bodem	13,0(24,6)	3,0( 5,2)	3,0(6,3)
Zuidergat oppervlak	8,0(12,4)	2,4(3,3)	1,7(2,8)
bodem	3,0(4,8)	5,0(7,8)	1,7(3,0)
Lamswaarde oppervlak	8,0(9,7)	2,4(2,9)	5,0(6,9)
bodem	8,0(10,4)	3,0(3,9)	2,4(3,4)
Bath halve diepte	5,0(5,9)	2,4(2,7)	5,0(6,7)
Schaar van Ouden Doel oppervlak	30,0	8,0	8,0
bodem	30,0	7,0	6,0

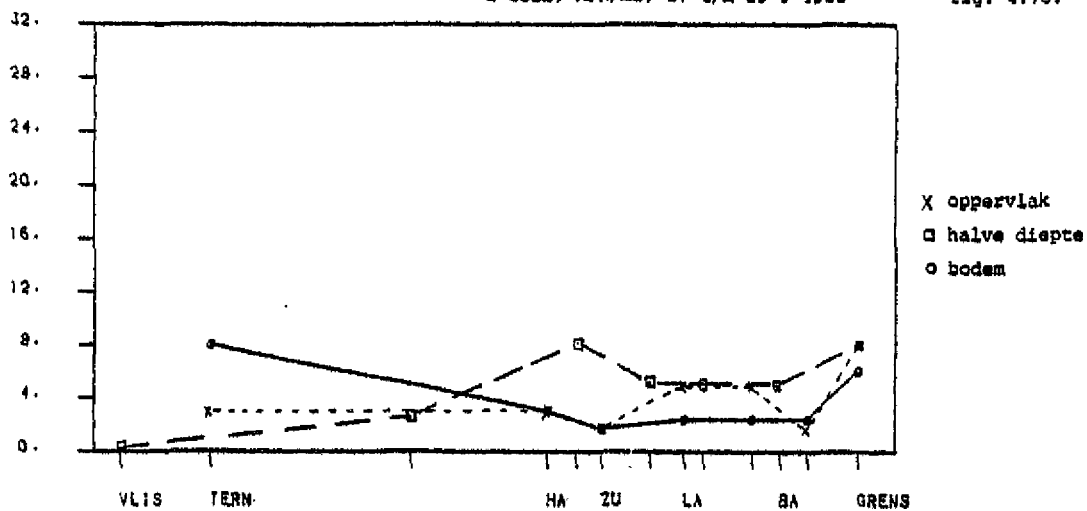
Tabel 4.21. Overzicht van afstervingssnelheden (MPN/ml.d) en -coëfficiënten (1/d) van E-coli in de Westerschelde.

		Schaar van Ouden Doel-Zuidgat	Pas van Terneuzen-Vlissingen
8 t/m 10 februari 1983	snelheid	-	0,56
	coëfficiënt	-	0,056
19 t/m 21 april 1983	snelheid	0,13	0,66
	coëfficiënt	0,020	0,091
27 t/m 29 september 1983	snelheid	0,29	2,39
	coëfficiënt	0,059	0,286



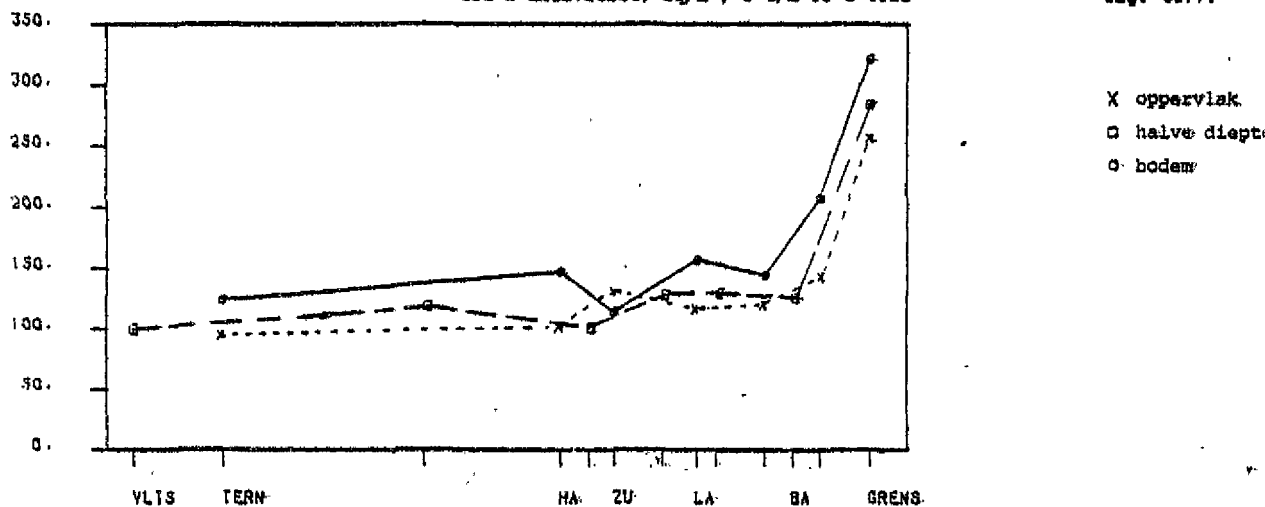
E-coli, MPN/ml, 27 t/m 29-9-1983

fig. 4.76.



tot-a<sup>1</sup>-aktiviteit, Bq/m<sup>3</sup>, 8 t/m 10-2-1983

fig. 4.77.



B-restaktiviteit, Bq/m<sup>3</sup>, 8 t/m 10-2-1983

fig. 4.78.

