

C 8610 -1/-

# de waterkwaliteit van de westerschelde in de periode

---

## 1964 - 1981

Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater,  
Hoofdafdeling oppervlaktewater, augustus 1982

L.A. van der Kooij

Nota nr. 82.063

# Inhoudsopgave

## Samenvatting

- 1 Algemeen
- 2 Belastingsbronnen
- 3 Verloop waterkwaliteit
  - a) Schaar van Ouden Doel
  - b) Verloop waterkwaliteit tussen Schaar van Ouden Doel en Vlissingen
- 4 De invloed van adsorptie, desorptie en sedimentatie op de kwaliteit van water en sediment
- 5 Organismen
- 6 Toekomstige ontwikkelingen

## 1 Inleiding

## 2 Hydrografie

## 3 Functies van de Westerschelde

- 3.1 Algemeen
- 3.2 Scheepvaart
- 3.3 Flora en fauna
- 3.4 Rekreatie
- 3.5 Visserij
- 3.6 Industrie
- 3.7 Lozingen en stortingen van afvalstoffen

## 4 Bronnen van verontreiniging

- 4.1 Algemeen
- 4.2 De Schelde
- 4.3 Direkte afvalwaterlozingen
- 4.4 Stortingen
- 4.5 Kanalen
- 4.6 Polderwater
- 4.7 Neerslag
- 4.8 Totale belasting van de Westerschelde

## 5 Het waterkwaliteitsmeetnet Westerschelde

## 6 Interpretatie en toetsing van waterkwaliteitsgegevens

- 6.1 Interpretatie
- 6.2 Toetsing

## 7 Beschrijving algemene parameters

- 7.1 Schelde-afvoer
- 7.2 Zwevend stof
- 7.3 Temperatuur
- 7.4 Chloride
- 7.5 Zuurstof
- 7.6 Biochemisch Zuurstof Verbruik (BZV<sub>5</sub>)
- 7.7 Zuurgraad(pH)
- 7.8 Stikstof
  - 7.8.1 Algemeen
  - 7.8.2 Kjeldahlstikstof (NH<sub>3</sub>-N + org.N)
  - 7.8.3 Ammoniumstikstof (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N)
  - 7.8.4 Nitraatstikstof (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N)

- 7.9 Fosfaat (PO<sub>4</sub>-P)
- 7.10 Silicium (SiO<sub>2</sub>-Si)
- 7.11 Chlorofyl-a
- 7.12 Olie
- 7.13 Fluoride

## 8 Anorganische mikroverontreinigingen (metalen)

- 8.1 Algemeen
- 8.2 Relatie anorganische mikroverontreinigingen - zwevend stof
- 8.3 Cadmium (Cd)
- 8.4 Kwik (Hg)
- 8.5 Lood (Pb)
- 8.6 Chroom (Cr)
- 8.7 Nikkel (Ni)
- 8.8 Zink (Zn)
- 8.9 Koper (Cu)
- 8.10 Overige metalen
  - 8.10.1 Algemeen
  - 8.10.2
    - Lithium (Li)
    - Beryllium (Be)
    - Borium (B)
    - Vanadium (V)
    - Selenium (Se)
    - Antimoon (Sb)

## 9 Organische mikroverontreinigingen

- 9.1 Algemeen
- 9.2 (Potentiële) zwarte lijststoffen
- 9.3 Aldrin, dieldrin, endrin, DDT en metabolieten, heptachloor en heptachloorepoxide
- 9.4 Hexachloorbenzeen (HCB) en  $\alpha$ -en  $\gamma$ -hexachloorcyclohexaan (HCH)
- 9.5 Hexachloorbutadiëen
- 9.6 Sombepalingen
  - 9.6.1 Algemeen
  - 9.6.2 Vluchtige gechloreerde koolwaterstoffen
  - 9.6.3 Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK)
  - 9.6.4 Fenol
  - 9.6.5 Synthetische detergenten

## 10 Bakteriologische verontreinigingen

- 10.1 Algemeen
- 10.2 Bakteriën van de coligroep
  - 10.2.1 Totaal bacteriën van de coligroep
  - 10.2.2 Thermotolerante bacteriën van de coligroep
- 10.3 Faecale streptococci

## 11 Radioactieve verontreiniging

- 11.1 Algemeen
- 11.2 Totale  $\alpha$ -activiteit
- 11.3  $\beta$ -restactiviteit
- 11.4 Tritium (H<sup>3</sup>)

11.5 Radium-226 ( $\text{Ra}^{226}$ )

11.6 Strontium-90 ( $\text{Sr}^{90}$ )

## **12 De kwaliteit van sediment en organismen**

---

12.1 Sediment

12.2 Organismen

## **13 Conclusies en aanbevelingen**

---

13.1 Conclusies

13.2 Aanbevelingen

### **Bijlagen:**

1. Toetsing basiskwaliteit
2. Toetsing zwemwater
3. Toetsing schelpdierwater
4. Vrachtberekeningen (theorie)
5. Trendbepalingen met behulp van het rekenmodel OSTWAT
6. Afmetingen Westerschelde traject Vlissingen-Belgisch/Nederlandse grens

Geraadpleegde literatuur

# Samenvatting

## 1 Algemeen

De Westerschelde, het ca. 70 km lange Nederlandse deel van het Schelde-estuarium, wordt geheel omgeven door dijken en gekenmerkt door buitendijkse schorren en zandplaten met daartussen hoofd (eb) geulen en vloedscharen. Het verticale getij, de daarmee gepaard gaande horizontale stroming en turbulentie en de afvoer van zoet water via de Schelde zijn bepalend voor het estuariene karakter. Bij het Belgisch-Nederlandse grenspunt Schaar van Ouden Doel gaat de in Frankrijk ontspringende Schelde over in de Westerschelde. Belangrijke industriesteden in het Scheldebekken zijn Lille, Brussel, Gent, Antwerpen, Terneuzen en Vlissingen.

Scheepvaart is de hoofdfunctie van de Westerschelde.

Daarnaast kunnen andere functies worden onderscheiden, die betrekking hebben op ondermeer flora en fauna (in en langs de Westerschelde bevinden zich natuurgebieden als het Verdrongen Land van Saeflinge en de Hooge Platen), recreatie (stranden, watersport) en visserij (paling, garnaal, tong, kokkels). De Westerschelde ontvangt ook een groot aantal lozingen van oppervlaktewater (Schelde, polders, kanalen) en afvalwater (industriële en huishoudelijke effluënten).

De toename van bevolking en industrie heeft de lozingen van afvalwater tot het begin van de jaren 70 doen toenemen. De laatste jaren zijn in Nederland en België op het gebied van de sanering van lozingen aanzienlijke verbeteringen opgetreden.

In deze nota is beschreven in hoeverre het lozen en storten van afvalstoffen effect heeft (gehad) op de waterkwaliteit van de Westerschelde aan de hand van een evaluatie van de onder leiding van Rijkswaterstaat routinematig uitgevoerde waterkwaliteitsmetingen in de Westerschelde in de periode 1964-1981, aangevuld met een inventarisatie van belastingbronnen per 1981 en een beschrijving van de kwaliteit van het bodemsediment en enige in de Westerschelde voorkomende organismen.

Het routinematig waterkwaliteitsonderzoek vindt vanaf het begin van de jaren 60 plaats met ca. 26 bemonsteringen per monsterpunt per jaar. Vanaf 1964 zijn de gegevens in het datasysteem WAKWAL opgeslagen. In de beginjaren bestond het programma uit de parameters temperatuur, zuurgraad, chloride, zuurstof,  $BZV_5$ , ammoniumstikstof, totale  $\alpha$ -radioactiviteit en  $\beta$ -restactiviteit. Het aantal parameters is geleidelijk uitgebreid; in 1981 werden meer dan 100 parameters bij Schaar van Ouden Doel bepaald.

De Schelde-afvoer wordt in de vorm van dekadegemiddelden te Schelle (B) bepaald en omgerekend naar de dekadegemiddelde afvoer te Schaar van Ouden Doel.

## 2 Belastingbronnen

De Westerschelde wordt met vele lozingen en stortingen van afvalstoffen belast.

Belangrijkste bronnen van verontreiniging zijn:

- de Schelde, met voorbelasting uit België en Frankrijk, gevolgd door
- huishoudelijke en industriële lozingen (o.a. afvalwaterlei-

dingen van Waarde, Terneuzen en Vlissingen) en afvalgisstortingen;

- het kanaal van Gent naar Terneuzen. Dit kanaal wordt bij Gent via sluizen gevoed met Scheldewater en is voorbelast met verontreinigingen uit België en Frankrijk; van relatief grote omvang is de fluoride- en stikstofbelasting.

Van geringere omvang is de belasting door polderwateruitslagen, regen en baggerspeciestortingen afkomstig uit het Antwerpse havengebied.

## 3 Ontwikkeling van de waterkwaliteit in ruimte en tijd

### a) Schaar van Ouden Doel.

Tot aan het begin van de 70-er jaren is de waterkwaliteit van Schelde en Westerschelde voortdurend verslechterd door de bevolkingstoename en industrialisatie waardoor de Schelde o.a. met steeds meer (nog niet afgebroken) organisch materiaal werd belast. Kenmerkend voor deze verslechtering is het zuurstofgehalte dat in 1973 bij Schaar van Ouden Doel een jaargemiddelde van 1,0 mgO<sub>2</sub>/l bereikte.

Door de vrijwel zuurstofloze situaties konden aerobe zelfreinigingsprocessen niet plaatsvinden en werden hoge gehalten aan  $BZV_5$ , Kjeldahlstikstof en ammoniumstikstof waargenomen. Overigens heeft ook een natuurlijke faktor, namelijk een geleidelijke afname van de jaargemiddelde Schelde afvoer, aan deze verslechtering bijgedragen.

Na 1973-1974 is, mede door een geleidelijke toename van de Schelde-afvoer, de waterkwaliteit van Schelde en Westerschelde enigszins verbeterd. Andere oorzaken van deze geringe verbetering zijn de economische situatie, de sanering van lozingen en bedrijven en het bouwen van rioolwaterzuiveringsinstallaties op Belgisch grondgebied.

Zo werd b.v. in 1971 slechts 4,6% van de ca. 6 miljoen huishoudelijke i.e.'s, waarmee het Scheldebekken in België belast werd, gezuiverd; in 1980 was dit toegenomen tot 32% van hetzelfde aantal i.e.'s. De bijdrage van industrie en landbouw in het Scheldebekken bedroeg in 1971 ca. 15 miljoen i.e.'s; in 1980 was deze bijdrage afgenomen tot ca. 10 miljoen i.e.'s (lit.50).

Door de vermindering van de belasting met nog niet afgebroken materiaal konden in de Schelde en het oostelijk deel van de Westerschelde weer zelfreinigingsprocessen plaatsvinden. Duidelijk blijkt dit uit de afname van gehalten aan  $BZV_5$ , Kjeldahlstikstof en ammoniumstikstof en een toename van gehalten aan zuurstof en nitraatstikstof.

Toch werden ook in 1981 nog regelmatig vrijwel zuurstofloze situaties bij Schaar van Ouden Doel waargenomen met gehalten van minder dan 2 mgO<sub>2</sub>/l. Andere waterkwaliteitsparameters die bij Schaar van Ouden Doel vanaf het begin van de 70-er jaren significant zijn gedaald zijn tritium, synthetische detergents, olie, fenol, lood, chroom en kwik.

Significante verslechtingen zijn geconstateerd voor de gehalten aan nikkel, polycyclische aromatische koolwaterstoffen en (incidenteel) de pesticiden aldrin, dieldrin en endrin. Een hulpmiddel bij het bepalen van trends is het rekenmodel OSTWAT geweest, waarop in hoofdstuk 6 en bijlage 5 dieper op wordt ingegaan.

In bijlage 1 is een overzicht gegeven van de toetsing van de waterkwaliteit bij Schaar van Ouden Doel in de jaren 1979.

1980 en 1981 aan de basiskwaliteit (IMP 1980-1984) voor zoet water; dit bij gebrek aan normen voor brak en zout water.

(Hierbij dient te worden opgemerkt dat bij Schaar van Ouden Doel ca. 10-30% zeewater aanwezig is).

In deze jaren zijn overschrijdingen geconstateerd voor zuurstof, totaal-fosfaat, ammoniak + ammoniumstikstof, cadmium, kwik, nikkel, olie, polycyclische aromatische koolwaterstoffen, (totaal)organochloorpesticiden, dieldrin, hexachloorbenzeen, en thermotolerante bacteriën van de coligroep. Het grillige afvoerregime van de Schelde impliceert dat niet altijd een gehalte verbetering ook een vrachtvermindering inhoudt. Zo zijn verbeteringen in gehalten aan Kjeldahlstikstof, ammoniumstikstof, lood, zink, fenol en synthetische detergënten geconstateerd terwijl de vrachten van deze stoffen niet afnamen.

b) Verloop waterkwaliteit tussen Schaar van Ouden Doel en Vlissingen.

Door verdunning met zeewater, afbraak en sedimentatie verbetert de waterkwaliteit in de richting van de Noordzee.

Met de toename van de hoeveelheid zeewater neemt ook de beschikbare hoeveelheid zuurstof toe, waardoor aan het eind van het traject Schaar van Ouden Doel - Hansweert aerobe zelfreinigingsprocessen, b.v. nitrifikatie, al bijna volledig zijn verlopen. Vergeleken met het begin van de jaren 70 zijn de gehalten aan Kjeldahlstikstof en ammoniumstikstof in 1981 in de gehele Westerschelde gehalveerd, terwijl het gehalte aan nitraatstikstof ongeveer is verdubbeld.

De zuurstofgehalten hebben in de periode 1964-1981 ten westen van Hansweert nauwelijks veranderingen ondergaan. Bij Hansweert ligt het gehalte rond 8 mgO<sub>2</sub>/l, bij Vlissingen rond 9,5 mgO<sub>2</sub>/l.

Voor vrijwel alle parameters liggen de gehalten bij Vlissingen een faktor 3-5 lager dan bij Schaar van Ouden Doel. Uitzondering hierop vormt fluoride, dat van nature in zeewater in hogere gehalten voorkomt dan in zoet water, maar desondanks in westelijke richting een geringe daling vertoont. De gehalten van de parameters opgelost cadmium, synthetische detergënten, totale  $\alpha$ -aktiviteit,  $\beta$ -restaktiviteit en strontium-90 vertonen in westelijke richting nauwelijks een toe- of afname.

#### **4 De invloed van adsorptie, desorptie en sedimentatie op de kwaliteit van water en sediment**

Veel stoffen, met name metalen en organische mikroverontreinigingen, hechten zich aan zwevend stof.

Adsorptie-, desorptie- en sedimentatieprocessen van metalen gebonden aan zwevend stof worden o.a. beïnvloed door verdunning met relatief schoner water en zwevend stof uit de Noordzee, de aard van de lozingen, de eigenschappen van het metaal en de samenstelling van het zwevend stof. Bij Schaar van Ouden Doel is het zwevend stof voor ca. 30% afkomstig uit de Noordzee; bij Vlissingen is dit ca. 95%.

Deze vermenging van relatief schoon zwevend stof uit de Noordzee met gecontamineerd zwevend stof uit de Schelde vormt de grootste bijdrage aan de daling van het gehalte aan metalen gebonden aan zwevend stof in westelijke richting. Oriënterende berekeningen (lit.10) duiden in de Westerschelde op desorptie van koper, chroom, lood, cadmium en kwik uit zwevend stof, afkomstig uit de Schelde. Er zou tevens een

jaarlijkse sedimentatie van ca. 1 miljoen ton zwevend stof afkomstig uit de Noordzee en de Schelde plaatsvinden.

Daar metalen voornamelijk gebonden aan zwevend stof voorkomen vindt hierdoor ook een jaarlijkse sedimentatie plaats van enkele tonnen kwik tot enkele duizenden tonnen fosfaat. Opgemerkt moet worden dat bij deze berekeningen de belasting aan metalen door lozingen en stortingen niet zijn meegerekend, zodat de genoemde bedragen een minimum aangeven. Om meer inzicht in de sedimentatieprocessen te krijgen is het opstellen van een volledige stoffenbalans noodzakelijk.

De gehalten aan verontreinigingen, geadsorbeerd aan sediment, hebben een gradiënt die veel overeenkomst heeft met verontreinigingen voorkomend in de waterfase en gebonden aan zwevend stof. In het oostelijk deel van de Westerschelde komen de hoogste gehalten voor in het sediment terwijl deze, voornamelijk door de invloed van zeewater, in westelijke richting afnemen. Ter hoogte van Vlissingen is de kwaliteit van het sediment ongeveer gelijk aan dat van de Noordzeekust.

#### **5 Organismen**

In het kader van het internationale Joint Monitoring Programme worden, onder leiding van het RIZA, in kustwateren bodemorganismen -zoals mosselen en garnalen- onderzocht op gehalten aan zware metalen, polychloorbifenylen en hexachloorbenzeen. Vergeleken met het Eems-Dollard estuarium en de Waddenzee worden in de Westerschelde in mosselen de hoogste gehalten aan kwik, zink, cadmium, lood en polychloorbifenylen en in garnalen de hoogste gehalten aan kwik waargenomen.

Opvallend is dat in de richting van de Noordzee, ondanks een daling van gehalten in water (uitgezonderd cadmium), zwevend stof en sediment geen significante verlaging van gehalten aan kwik, zink, koper, chroom en lood is te constateren in mosselen. Dit geldt ook voor polychloorbifenylen. Een eenduidige verklaring hiervoor is echter nog niet te geven.

#### **6 Toekomstige ontwikkelingen**

De sanering van lozingen op de Schelde en Westerschelde vanuit België en Nederland heeft reeds een kwaliteitsverbetering tot gevolg gehad. Toch is de waterkwaliteit van de Westerschelde, met name in het oostelijk deel, nog steeds slecht en zullen de saneringen in de toekomst door moeten gaan om de waterkwaliteit nog verder te verbeteren.

Vergeleken met de Rijn zijn de door de Schelde in 1980 aangevoerde vrachten aan zwevend stof en drins groter, terwijl vergeleken met de Maas de vrachten aan Kjeldahlstikstof, ammoniumstikstof, nikkel en drins groter zijn.

In Nederland zijn diverse studies gaande naar verdere saneringsmaatregelen. Zo zal naar verwachting de lozing van de afvalwaterleiding bij Waarde na 1983 gezuiverd plaatsvinden. Lozingen vanuit Zuid Beveland (Goes-Yerseke), Walcheren (afvalwaterleiding bij Vlissingen) en Zeeuws Vlaanderen (Breskens, afvalwaterleiding Terneuzen) zullen vermoedelijk rond 1985 worden gesaneerd evenals die van bedrijven als Dow Chemical, Hoechst en M en T International.

Over de toekomstige ontwikkelingen in België is minder bekend. Na 1981 zou ca. 50% van de ca. 6 miljoen huishoudelijke i.e.'s waarmee het Scheldebekken belast wordt, gezuiverd plaatsvinden (lit. 50). Over duidelijke plannen van de in 1982 opgerichte Zuiveringsmaatschappij Scheldebekken

voor verdergaande saneringen van industrieel en huishoudelijk afvalwater is echter niets bekend.

Vooraf de saneringen in België en Frankrijk kunnen aan een voortgaande verbetering van de waterkwaliteit in het oostelijk deel van de Westerschelde bijdragen, waardoor het zuurstofgehalte verder zal stijgen en de vrachten aan verontreinigingen (fosfaten, BZV's, metalen, organische mikroverontreinigingen) zullen afnemen.

De saneringen op Nederlands gebied zullen vooral een meer lokale waterkwaliteitsverbetering tot gevolg hebben. Het geheel van saneringen zal de waterkwaliteit van de gehele Westerschelde verbeteren.

De voltooiing van de compartimentering van de Oosterschelde zal tot gevolg hebben dat extra zoetwater-lozingen op de Westerschelde zullen plaatsvinden. Deze lozingen zullen plaatsvinden via de Antwerpse havens (lekverliezen bij de Kreekraksluizen) en via het spuimiddel bij Bath (om verzilting van de Rijn-Schelde verbinding tegen te gaan zal geforceerd moeten worden doorgespoeld met voornamelijk Rijnwater).

De gevolgen van deze belasting zijn nog in studie.

De verdieping van de vaargeul naar Antwerpen zal invloed hebben op de getijdebeweging. Ook hier zijn de gevolgen voor het estuariene ecosysteem nog in studie.



# 1. Inleiding

---

De afgelopen jaren is in Nederland op het gebied van de sanering van afvalwaterlozingen veel werk verzet. De bouw van rioolwaterzuiveringsinstallaties heeft de kwaliteit van geloosd afvalwater sterk verbeterd, terwijl door interne saneringen bij veel bedrijven ook daar een verbetering in de afvalsituatie is opgetreden.

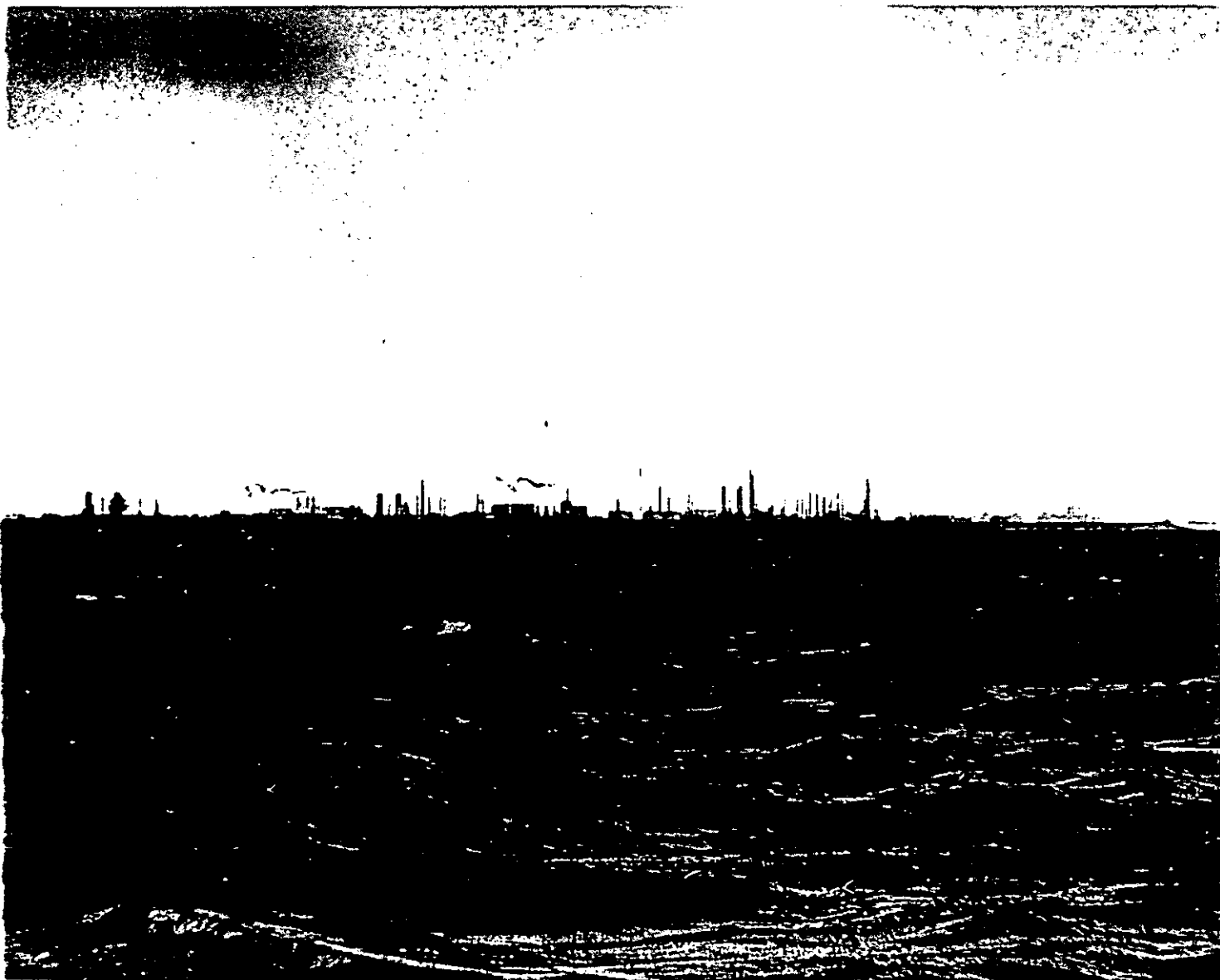
In deze nota zal worden beschreven wat de invloed is van de lozing van afvalwater op de waterkwaliteit van de Westerschelde en welke ontwikkelingen zich daarin hebben voorgedaan, (mede) als gevolg van sanering van de afvalwaterlozingen. Daarbij kan inzicht worden verkregen in nog eventueel te treffen maatregelen om de waterkwaliteit verder te verbeteren. Ook is deze evaluatie behulpzaam bij de optimalisatie van het in de loop der jaren opgebouwde routine-onderzoeksprogramma, waar per meetpunt vele parameters bepaald worden.

Deze nota geeft in navolging van de waterkwaliteitsbeschrijvingen van de Rijn (RIZA-nota nr. 80-032 en 82-061) en de Maas (RIZA-nota nr. 81-048) een beeld van de kwaliteit van de Westerschelde in de periode 1964-1981, waarbij hoofdzakelijk gebruik is gemaakt van de gegevens die verkregen zijn in het kader van het routine-onderzoeksprogramma der Rijkswateren.

Achtereenvolgens worden besproken de hydrografie en functies van de Westerschelde, verontreinigingsbronnen, het waterkwaliteitsmeetnet, de meetgegevens over de periode 1964-1981 en de invloed van de verontreinigingen op sediment (studie van het Waterloopkundig Laboratorium en Instituut voor Bodemvruchtbaarheid) en organismen (in het kader van het Joint Monitoring Programme).

Opgemerkt moet worden dat de Westerschelde het Nederlandse deel van het Schelde bekken is, waardoor waterkwaliteitsontwikkelingen en het verloop van processen op Belgisch gebied niet beschreven worden. Hierdoor wordt slechts een deel van het waterkwaliteitsprobleem in het gehele Scheldebekken beschreven.

Voor zover niet anders vermeld, geeft de nota een overzicht van de situatie t/m 1981.



## 2 Hydrografie

De Westerschelde is het meest zuidelijk gelegen Deltawater. De totale oppervlakte van het hydrografische Scheldebekken (dit is de oppervlakte van het gebied dat op de Schelde afwaart) is 19141 km<sup>2</sup> (tabel 2.1 en fig. 2.1).

Tabel 2.1 Het hydrografische Scheldebekken: oppervlakte stroomgebieden

|                                       |                       |
|---------------------------------------|-----------------------|
| Schelde + Leie + Deule                | 10505 km <sup>2</sup> |
| Dender                                | 1381 km <sup>2</sup>  |
| Durme                                 | 325 km <sup>2</sup>   |
| Schelde zijbekken (Rupel- Gentbrugge) | 475 km <sup>2</sup>   |
| Zenne                                 | 1160 km <sup>2</sup>  |
| Dijle                                 | 3420 km <sup>2</sup>  |
| Kleine Nete                           | 766 km <sup>2</sup>   |
| Grote Nete                            | 719 km <sup>2</sup>   |
| Beneden Nete                          | 120 km <sup>2</sup>   |
| Rupel                                 | 270 km <sup>2</sup>   |

De totale lengte van de Schelde is ongeveer 280 km, terwijl de Westerschelde een lengte heeft van ongeveer 70 km. Het verband tussen diepte t.o.v. NAP, oppervlakte en inhoud is te vinden in bijlage 6.

Vanaf 1949 worden door de Antwerpse Zeediensten te Schelde metingen verricht om de bovendebiten van de Schelde en haar zijrivieren te bepalen. Bij deze bepalingen wordt in principe uitgegaan van de ijkgegevens van een stuw dan wel de correlatiekromme waterstand-debiet in een raai. Voor de benedenstroomse Schelde is deze berekeningswijze niet van toepassing gezien de invloed van het getij en wordt het debiet geschat aan de hand van bovenstroomse debieten. Sinds 1964 is door de Schelde jaarlijks gemiddeld 119 m<sup>3</sup>/s afgevoerd. 's Zomers zijn deze debieten lager, ongeveer 80 m<sup>3</sup>/s, met uitschieters tot 30 m<sup>3</sup>/s. 's Winters is een afvoer van ongeveer 160 m<sup>3</sup>/s te verwachten met uitschieters tot 500-600 m<sup>3</sup>/s. Door de getijdebeweging stroomt er dagelijks ongeveer tweemaal een miljard m<sup>3</sup> in en uit de Westerschelde. De hydraulische verblijftijd van het Scheldewater bedraagt voor een gemiddelde Schelde-afvoer 1 à 2 maanden binnen het traject Schaar van Ouden Doel-Vlissingen.

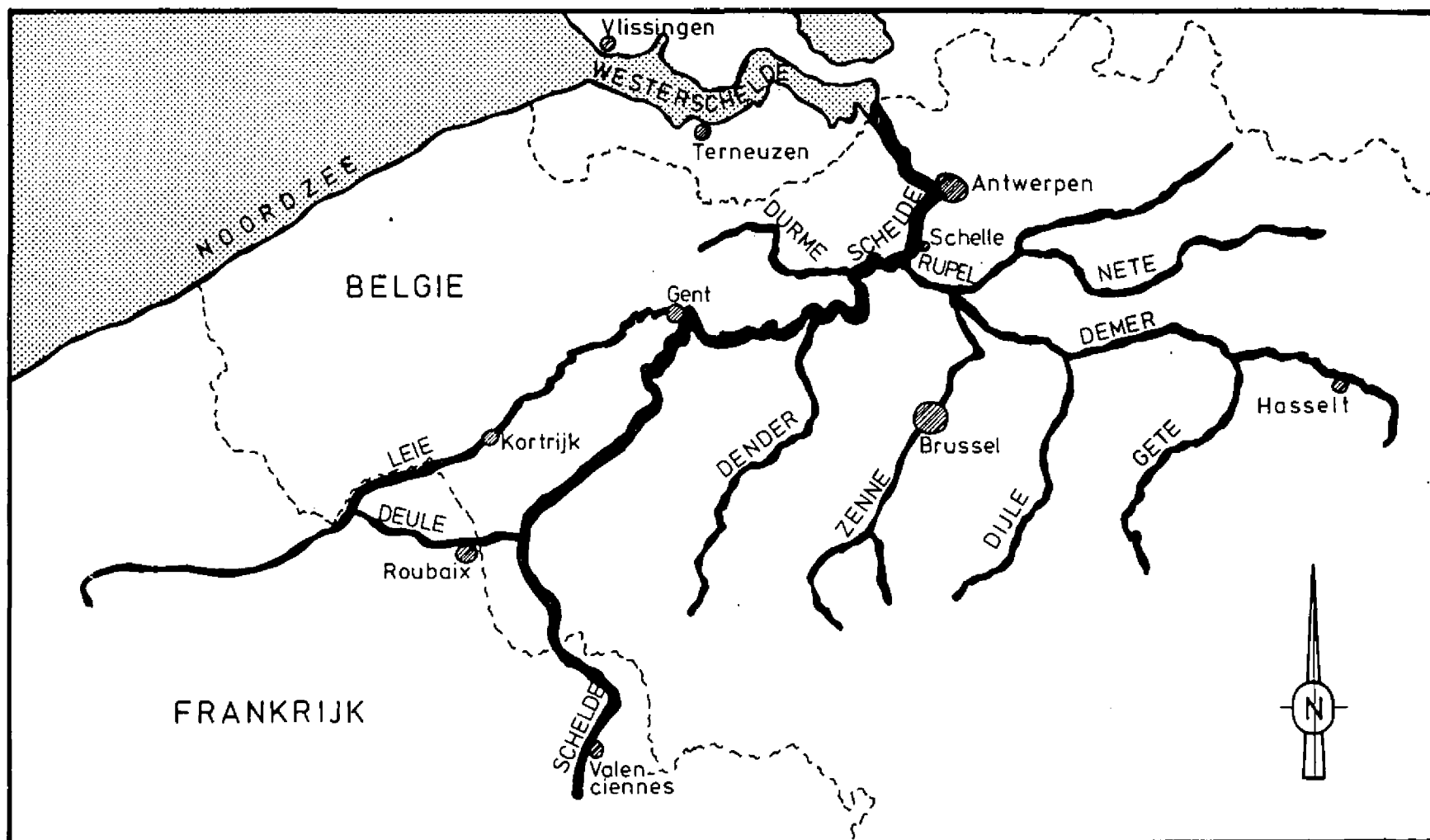
De Westerschelde wordt geheel omgeven door dijken met buitendijkse schorren en verder gekenmerkt door zandplaten met daartussen hoofd(eb)geulen en vloedscharen met nevengeulen. Het verticale getij, de daarmee gepaard gaande horizontale stroming en turbulentie en de afvoer van zoet water via de Schelde zijn bepalend voor het estuariene karakter. Hierdoor ontstaat er een gradiënt van zoutgehalten die mede bepalend is voor het voorkomen van gradiënten in dieren- en plantengemeenschappen langs het bekken. De turbulentie en verblijftijd van het water in de verschillende delen van het estuarium zijn van grote invloed op de hoeveelheid en aard van de planktonsoorten.

Het verschil tussen de oppervlakten van buitendijkse droogliggende gebieden bij hoogwater (NAP + 2m) en laagwater (NAP - 2m) is aanzienlijk. Bij hoogwater is het droogliggende oppervlak 3282 ha, bij laagwater 12265 ha. De intergetijdegebieden, schorren, slikken en platen die hierdoor ontstaan (Verdronken Land van Saeftinge, Hooge Platen) houden de karakteristieke flora en fauna in stand.

Wat betreft zoetwaterafvoer wordt de Westerschelde gerekend tot de categorie „goed gemengde estuaria”. Dit betekent dat in verticale richting nauwelijks concentratiegradiënten en dichtheidsverschillen aanwezig zijn, terwijl deze er over de lengterichting wel zijn. De mate van menging hangt af van de volgende factoren:

- de morfologie. Intensieve menging treedt op bij aanwezigheid van ondiepten in geulen, een ruwe bodem en een grillige oeverlijn. De wijze waarop het getijdewater via de vloedscharen instroomt en via de ebgeul (hoofdgeul) weer uitstroomt is van belang voor de afvoer van het zoete water. In het oostelijk deel stroomt het water hierdoor tegen de klok in rond, via het nauw van Bath, de Schaar van de Noord en de Pas van Rilland, waardoor in dit gebied intensieve menging met Scheldewater optreedt. Door dit stromingspatroon is de directe doorstroming naar het westen beperkt;
- de verhouding vloedvolume-zoetwaterdebiet. Bij waarden kleiner dan 10 is er sprake van een vertikaal sterk gelaagde toestand. Waarden van 10-1000 duiden op een redelijk tot goed gemengd systeem. Waarden groter dan 1000 duiden op een kwasi homogeen systeem. Ter illustratie: het Scheldebekken is slechts een fractie van het vloedvolume. Bij Antwerpen, 83 km van de Westerschelde-monding gelegen, wordt het Scheldebekken op slechts 10% van het vloedvolume geschat, dat op die plaats ongeveer 62.10<sup>9</sup> m<sup>3</sup> per getij is. Bij Vlissingen is dat volume ca. 1 miljard m<sup>3</sup> per getij.

## De Bovenschelde met zijrivieren en het Schelde-estuarium.



## 3 Funkties van de Westerschelde

### 3.1 Algemeen

De Westerschelde vervult een groot aantal functies. Deze functies hebben betrekking op scheepvaart, flora en fauna, recreatie, visserij, industrie en de afvoer en verwerking van polder-, afval- en Scheldewater (lit. 19).

### 3.2 Scheepvaart

Een hoofdfunctie van de Westerschelde is de scheepvaart. Reeds in 1839 werd dit tussen België en Nederland wettelijk geregeld in het Scheldetraktaat. In 1979 werd ca.  $2,9 \cdot 10^6$  ton per schip over de Westerschelde met zijkanalen vervoerd, waarvan ca.  $1,3 \cdot 10^6$  ton voor Antwerpen bestemd c.q. van afkomstig was (lit. 37,38). Om de vaargeul op diepte te houden wordt de laatste jaren 15 à  $16 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup> per jaar gebaggerd en naast de vaargeul teruggestort.

### 3.3 Flora en fauna

Naast de Oosterschelde en de Waddenzee vervult de Westerschelde een belangrijke rol in de Nederlandse kustwateren als kinderkamer voor tong, schol en garnaal.

De waarde van de Westerschelde als overwinterings- en doortrekgebied voor vogels wordt voornamelijk bepaald door de aanwezigheid van intergetijdegebieden (platen en slikken) en grote aaneengesloten schorgebieden (Verdrongen Land van Saetfinge) waar deze dieren kunnen fourageren. Op de platen en slikken fourageren voornamelijk steltlopers en enkele eendensoorten. Op de schorren fourageren bovendien enkele ganzensoorten. Uit tellingen blijkt dat de Westerschelde een belangrijk gebied is voor doortrekkende en/of overwinterende steltlopers: drieteenstrandloper, kanoetstrandloper, bontbekplevier, alsmede eenden en ganzen: pijlstaart, smiet en kolgans. In de vijftiger jaren kwamen in de Westerschelde vele honderden zeehonden voor. Daarna zijn de aantallen steeds minder geworden en in de jaren '70 zijn er nauwelijks meer zeehonden waargenomen. Dit is vermoedelijk het gevolg van zowel een algemene achteruitgang in de Nederlandse zeehondenpopulatie door toenemende watervervuiling als van een toenemende verstoring van de rust op de platen.

De samenstelling van vegetaties op de schorren wordt in belangrijke mate bepaald door het zoutgehalte van het overstromende water. Vanaf de monding tot ongeveer Borssele worden voornamelijk zoute vegetatiesoorten (lamsoor, zoutmelde, zeealsem, slijkgras) gevonden. Het gebied tussen Borssele en Waarde is een overgangszone.

Tussen Waarde en Antwerpen overheersen de brakwatervegetatiesoorten (zeebies, riet, lepelblad).

Ook het voorkomen van fyto- en zoöplankton is afhankelijk van het zoutgehalte.

### 3.4 Recreatie

Langs en in de Westerschelde zijn diverse vormen van recreatie te onderscheiden, zoals strand en oeverrecreatie (zuid-west kust van Walcheren, kust van west Zeeuws Vlaanderen, kust oostelijk van Terneuzen en de kust tussen Osse-

nisse en Walsoorden), watersport (recreatievevaart, plankzeilen), sportvisserij (zie par. 3.5) en veel mogelijkheden tot kamperen.

### 3.5 Visserij

Beroepsmatig wordt in de Westerschelde gevestigd op paling, garnaal, tong en kokkels. Een vijftal vissers vist op paling, voornamelijk met fuiken langs dijken en vaargeulen en in enkele buitenhavens. De boomkorvisserij op de Westerschelde wordt uitgeoefend door een drietal vissers uit Terneuzen en door een aantal uit Breskens en België dat al naar gelang het seizoen varieert van twee tot veertien. De vissers uit Terneuzen vissen voornamelijk in de Everingen en het gat van Osse-nisse tot aan Hansweert op garnalen en tong. Door de vissers uit Breskens wordt meer westwaarts gevestigd in de Schaar van de Spijkerplaat, de Rede van Vlissingen, de Wielingen, Deurlo en het Oostgat met de daar tussen liggende geulen en gaten.

Het vaarwater langs Hoofdplaat wordt nauwelijks bevestigd. In het oostelijk deel van de Westerschelde wordt door enkele Belgische vissers gevestigd.

Op kokkels wordt op geringe schaal rond de Hooge Platen (ten zuidoosten van Vlissingen) gevestigd door twee vissers uit Breskens. De plaatsen waar op kokkels gevestigd wordt variëren van jaar tot jaar.

Door sportvissers wordt voornamelijk gevestigd op platvis, paling, geep en kabeljauw.

### 3.6 Industrie

In het Sloegebied, rond Terneuzen en in het Antwerpse havengebied zijn veel industrieën gevestigd die het Schelde- en Westerscheldewater gebruiken voor proces- en koelwater en als vaarweg om de grondstoffen aan en de produkten af te voeren.

### 3.7 Lozingen en stortingen van afvalstoffen.

Naast de bevaarbaarheid is het ontvangend vermogen voor lozingen van effluënten van betekenis geweest voor de industrie om zich rond de Westerschelde te vestigen (lit. 14,31). Een estuarium als de Westerschelde heeft het vermogen - dankzij de vorm en getijdebeweging - om afvalstoffen te verspreiden en daardoor te verdunnen.

Aanvoer van verontreinigd afvalwater vindt niet alleen plaats via directe lozingen (persleiding bij Waarde vanaf 1973, afvalwaterleidingen o.a. bij Terneuzen, en Vlissingen) maar ook via kanalen - met name het kanaal van Gent naar Terneuzen - en de Schelde. Stortingen van afvalstoffen vinden plaats in de vorm van afvalgips (omgeving Terneuzen, Antwerpse havengebied) en baggerspecie afkomstig van buiten de Westerschelde (voornamelijk uit het Antwerpse havengebied). Op een en ander wordt nader ingegaan in hoofdstuk 4.

Tabel 4.2. Schatting van de belasting van de Westerschelde door direkte afvalwaterlozingen van huishoudelijke en industriële afkomst in 1980/1981 (ton per jaar)

|                               | Walcheren (rond Vlissingen) | N- en Z-Beveland (rond Goes) | Persleiding Waarde | Terneuzen (incl.AWL) | Breskens | Totaal      |
|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|--------------------|----------------------|----------|-------------|
| i.e.                          | 161.000                     | 104.000                      | 435.000            | 209.000              | 8.500    | 917.500     |
| Cd                            | 0,4                         | 0,02                         | 0,05-0,1           | 0,04                 |          | 0,51-0,56   |
| Cu                            | 0,1-1,3                     | 0,8                          | 4-14               | 0,6-1,7              | 0,1-0,2  | 5,6-18      |
| Ni                            | 0,4-0,6                     |                              |                    |                      |          |             |
| Zn                            | 5,6-8,2                     | 3,6                          | 15-22              | 0,6-7,3              | 0,1-0,2  | 24,9-41,3   |
| Pb                            | 0,1-1,3                     | 0,8                          | 1- 4               | 0,1-1,7              | 0,1      | 2,2- 7,9    |
| As                            | 5                           |                              | 0,05               | 0,1                  |          | 5,15        |
| Cr                            | 0,3                         | 0,2                          | 1- 2               | 0,4                  | 0,1-0,2  | 2,0-3,1     |
| Sn                            | 6,5                         |                              | 2- 3               |                      |          | 8,5-9,5     |
| Hg                            | 0,004                       | 0,003                        | 0,01-0,02          | 0,003                |          | 0,02-0,04   |
| Ag                            |                             |                              | 0,7                | 0,2                  |          | 0,9         |
| Al                            | 910                         |                              | 110-130            | 0,07                 |          | 1.020-1.040 |
| V                             | 0,07                        |                              |                    |                      |          | 0,07        |
| P                             | 920                         |                              | 250-325            | 15                   |          | 1.185-1.260 |
| S <sup>2-</sup>               | 0,5                         |                              | 275                | 4                    |          | 280         |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> |                             |                              | 295                |                      |          | 295         |
| Kjd-N                         | 590                         | 380                          | 1590               | 760                  | 30       | 3.350       |
| BZV <sub>5</sub>              | 3170                        | 2050                         | 8575               | 1590                 | 170      | 15.555      |
| F <sup>-</sup>                | 131                         |                              | 20                 |                      |          | 151         |
| CN                            | 90                          |                              | 1- 2               |                      |          | 91-92       |
| BOCl                          |                             |                              | 3                  | 7,1                  |          | 10,1        |
| olie                          | 7,4                         |                              | 1300-1400          |                      |          | 1.300-1.400 |
| fenol                         | 0,1                         |                              | 28-33              | 90                   |          | 118- 123    |
| benzeen                       | 1,4                         |                              | 7-14               | 30                   |          | 38- 45      |
| tolueen                       | 0,5                         |                              | 3- 4               | 5                    |          | 8,5-9,5     |
| PAK                           | 1,8                         |                              |                    | 0,25                 |          | 2,05        |

## 4 Bronnen van verontreiniging

### 4.1 Algemeen

Reeds eerder is vermeld dat de Westerschelde met vele afvalstoffen wordt belast. De volgende categorieën vervuiling-bronnen zijn hierbij te onderscheiden:

- De Schelde (verontreiniging vanuit België en Frankrijk).
- Direkte afvalwaterlozingen.
- Stortingen van baggerspecie.
- Kanalen.
- Polders, hoge gronden, e.d.
- Neerslag.

Naast de belasting is ook het gehalte aan verontreinigingen belangrijk; dit speelt vooral een rol bij stortingen (baggerspecie, afvalgips), omdat de verontreinigingen hierin in veel mindere mate verspreid worden.

### 4.2 De Schelde

Met behulp van de door de Antwerpse Zeediensten bij Schelde bepaalde dekadegemiddelde afvoergegevens en de waterkwaliteitsgegevens, gemeten bij het meetpunt Schaar van Ouden Doel, kunnen de vrachten van de diverse verontreinigingen vanuit België berekend worden. In bijlage 4 wordt dieper ingegaan op de formulering van deze berekeningen. Ter illustratie zijn in tabel 4.1 de jaarvrachten voor enkele parameters in de Schelde (Schaar van Ouden Doel), de Rijn (Lobith) en de Maas (Eijsden) weergegeven.

Tabel 4.1 Jaarvrachten in 1980 van de Schelde, Rijn en Maas bij de Nederlandse grens (in ton per jaar).

|                                                       | Schelde | Rijn | Maas |
|-------------------------------------------------------|---------|------|------|
| Debiet ( $\text{m}^3/\text{jr}$ ) ( $\cdot 10^{10}$ ) | 0,38    | 8,11 | 0,95 |
| BZV <sub>5</sub> ( $\cdot 10^4$ )                     | 1,5     | 25   | 0,3  |
| Zwevende stof ( $\cdot 10^5$ )                        | 3,3     | 31   | 6,7  |
| NH <sub>4</sub> -N ( $\cdot 10^4$ )                   | 1,4     | 6,0  | 0,4  |
| NO <sub>3</sub> -N ( $\cdot 10^3$ )                   | 0,8     | 310  | 27   |
| Kjd-N ( $\cdot 10^4$ )                                | 2,1     | 15   | 1,1  |
| t-PO <sub>4</sub> -P ( $\cdot 10^3$ )                 | 4,5     | 50,4 | 4,8  |
| tot Cd                                                | 13      | 117  | 37   |
| tot Cr                                                | 100     | 1600 | 104  |
| tot Cu                                                | 66      | 1200 | 110  |
| tot Pb                                                | 105     | 1300 | 262  |
| tot Ni                                                | 166     | 735  | 73   |
| tot Zn                                                | 450     | 8400 | 2700 |
| tot Hg                                                | 1,2     | 15,5 | 3,6  |
| Fenol                                                 | 23      | 725  | 66   |
| Aldrin                                                | 0,4*    | n.m. | n.m. |
| Dieldrin                                              | 1,7*    | n.m. | n.m. |
| Endrin                                                | 1,1*    | n.m. | n.m. |

\* in voorgaande jaren niet meetbaar (n.m.) maar wegens een toename van het aantal piekbelastingen is er in 1980 een meetbare vracht geconstateerd.

### 4.3 Direkte afvalwaterlozingen

Langs de gehele Westerschelde vinden rechtstreekse afvalwaterlozingen plaats. De belangrijkste zijn:

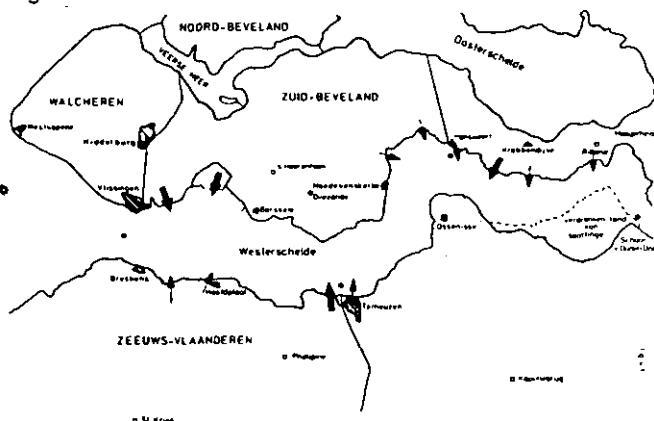
- de persleiding bij Waarde (industriële en huishoudelijke

- belasting uit West-Brabant, incl. Shell Moerdijk);
- het industriegebied Sloe;
- de plaatsen Middelburg en Vlissingen.

In fig.4.1 zijn bovengenoemde lozingen met een dikke pijl aangegeven; daarnaast zijn een aantal kleinere lozingen aangegeven.

Tabel 4.2 geeft een schatting van de belasting van de Westerschelde door direkte afvalwaterlozingen in 1980/1981; hierbij is de belasting door lozingen op kanalen niet meegerekend.

fig. 4.1



### 4.4 Stortingen

Reeds vele jaren vinden op de Westerschelde stortingen plaats van baggerspecie, afkomstig van de Schelde in België en de Westerschelde zelf. Tevens vinden stortingen plaats van afvalgips afkomstig van Zuid-Chemie te Sas van Gent.

#### Baggerspecie

Jaarlijks vinden, naast onderhoudsbaggerwerkzaamheden (ca.  $15\text{-}16 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  wordt jaarlijks gebaggerd en elders in de Westerschelde gestort) stortingen plaats van baggerspecie afkomstig uit het Antwerpse havengebied. Sinds 1979 bedraagt deze nettobelasting ongeveer  $1 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{jaar}$ . Met behulp van de analysesresultaten van enkele Scheldesedimenten is een schatting gemaakt van de vrachten verontreinigende stoffen die op deze manier in de Westerschelde terecht komen (zie tabel 4.3).

Tabel 4.3 Jaarlijkse belasting van de Westerschelde door Belgische baggerspeciéstortingen afkomstig uit het Antwerpse havengebied (ton/jaar) berekend met behulp van lit.20.

|                                |                |
|--------------------------------|----------------|
| Gestorte specie (drooggewicht) | $3 \cdot 10^5$ |
| P                              | 75*            |
| Mn                             | 35             |
| Cr                             | 5              |
| Cu                             | 10             |
| Zn                             | 15             |
| Pb                             | 5              |
| org.stof                       | 15000*         |
| Cd                             | 1              |

\* berekend met behulp van lit. 9

## Industrieel afval

In de Westerschelde vinden ter hoogte van Terneuzen stortingen plaats van gips dat vrijkomt bij de productie van kunstmest. De maximale hoeveelheid die jaarlijks gestort mag worden bedraagt 200.000 ton gips. Aan de hand van de lozingsvergunning is een schatting gemaakt van de maximale hoeveelheden verontreinigingen die met dit gips in de Westerschelde terechtkomen (tabel 4.4).

Tabel 4.4. Gipsstortingen op de Westerschelde (ton/jaar)

|                               |           |                                             |            |
|-------------------------------|-----------|---------------------------------------------|------------|
| P                             | 600       | Pb                                          | 0,2 - 1,4  |
| F                             | 1400-2000 | Cu                                          | 1,2        |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | 104000    | Ni                                          | 0,2        |
| Zn                            | 4-8       | As                                          | 0,9        |
| Cd                            | 0,4-0,8   | Hg                                          | 0,002-0,01 |
| Cr                            | 2         | Gips (CaSO <sub>4</sub> ·xH <sub>2</sub> O) | 200000     |

## 4.5 Kanalen

Een drietal kanalen staat via sluizen in verbinding met de Westerschelde, te weten:

- 1) het kanaal van Gent naar Terneuzen
- 2) het kanaal door Walcheren
- 3) het kanaal door Zuid-Beveland

### ad 1)

De belasting van de Westerschelde door het kanaal van Gent naar Terneuzen wordt grotendeels bepaald door de voorbelasting van het kanaal vanuit Frankrijk en België. Het kanaal staat namelijk via sluizen bij Gent in verbinding met de Schelde waardoor het water in het kanaal voornamelijk Scheldewater is. Daarnaast zijn nog een aantal lozingen op Belgisch en Nederlands gebied van belang.

Tabel 4.5 geeft een overzicht van de totale belasting van de Westerschelde door het kanaal van Gent naar Terneuzen in 1981. In 1981 was het zoetwaterdebiet 574.10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>.

Tabel 4.5 Schatting van de belasting van de Westerschelde door het kanaal van Gent naar Terneuzen in 1981 (ton/jaar).

|                  |      |    |    |    |      |
|------------------|------|----|----|----|------|
| BZV <sub>5</sub> | 1700 | Cu | 2  | Cd | 4    |
| N                | 7800 | Ni | 10 | Cr | 2    |
| P                | 1300 | Zn | 70 | Hg | 0,02 |
| F                | 3200 | Pb | 4  |    |      |

### ad 2)

Uit het rekenmodel Pollozin (Polderlozingen) blijkt dat alleen 's winters incidenteel vanuit het kanaal door Walcheren gespuid dient te worden op de Westerschelde. Gemiddeld is dit voor een winterhalfjaar 5.10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>. Deze hoeveelheid wordt ruimschoots overtroffen door het inlaatdebiet in de rest van de winter en het gehele zomerseizoen.

Eenzelfde redenatie geldt voor de vrachten aan nutriënten en andere stoffen die echter in het niet vallen vergeleken bij het kanaal van Gent naar Terneuzen; derhalve wordt aan deze bron verder geen aandacht aan besteed.

### ad 3)

Uit berekeningen met het rekenmodel Pollozin blijkt dat de Westerschelde jaarlijks met ongeveer 5.10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> water belast wordt vanuit het kanaal door Zuid Beveland. Omdat door schut- en lekverliezen van sluizen ook water vanuit de

Westerschelde het kanaal binnenstroomt is het moeilijk de netto hoeveelheid naar de Westerschelde aan te geven. Gezien de kwaliteit van het water in het kanaal kan evenwel gesteld worden dat de vrachten van de diverse stoffen in het niet vallen vergeleken bij die van het kanaal van Gent naar Terneuzen.

## 4.6 Polderwater

Via een dertigtal sluizen en gemalen wordt overtollig water afkomstig van Walcheren, Zuid-Beveland en Zeeuws-Vlaanderen uitgeslagen op de Westerschelde. Met behulp van de resultaten van de oppervlaktewaterkwaliteitsgegevens van 1980 (gegevens van 1981 waren bij de afsluiting van de rapportage nog niet beschikbaar) en polderwateruitslagen in 1981 en het rekenmodel Pollozin kunnen de jaarvrachten van diverse stoffen geschat worden (zie tabel 4.6).

Tabel 4.6 Geschatte belasting van de Westerschelde door polderwater in 1981 (ton/jaar).

|                  |      |
|------------------|------|
| BZV <sub>5</sub> | 4250 |
| N                | 2200 |
| P                | 625  |

Wateruitslag 441.10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/jaar

Wegens het geringe aantal metingen per jaar is het niet mogelijk een schatting van de belasting door metalen te maken.

## 4.7 Neerslag

Neerslag kan in sommige gebieden een relatief hoge belastingsbron van bepaalde verontreinigende stoffen vormen. Het is derhalve van belang deze nader te kwantificeren.

Uitgaande van het natte oppervlak van de Westerschelde bij NAP (2,48.10<sup>8</sup> m<sup>2</sup>), de droogliggende buitendijkse gebieden bij NAP (7,53.10<sup>7</sup> m<sup>2</sup>) en de gemiddelde neerslag in 1981 (915 mm) wordt de belasting van de Westerschelde voor 1981 geschat op 296.10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>.

Met behulp van door het RID uitgevoerd metingen betreffende de samenstelling van regenwater in 1981 kan de belasting van de Westerschelde door nutriënten en zware metalen berekend worden (tabel 4.7).

Tabel 4.7. Geschatte belasting van de Westerschelde door nutriënten en zware metalen in regenwater in 1981 (ton per jaar).

|    |     |    |                           |
|----|-----|----|---------------------------|
| N  | 580 | Ni | 0,4                       |
| P  | 35  | Pb | 4,2                       |
| Cd | 0,2 | Zn | 13                        |
| Cu | 3,2 | Cr | 0,1                       |
|    |     | Hg | n.m. n.m. = niet meetbaar |

## 4.8 Totale belasting van de Westerschelde

Aan de hand van voorgaande berekeningen kan een schatting worden gemaakt van de totale belasting van de Westerschelde. Dit is in eerste instantie gedaan voor de parameters BZV<sub>5</sub>, N, P, Cu, Ni, Zn, Cr, Cd, Hg, Pb, en F (tabel 4.8).

Uit de tabel blijkt dat de Schelde de belangrijkste bijdrage aan de verontreiniging van de Westerschelde levert, gevolgd door lozingen en stortingen vanaf Nederlands gebied en het kanaal van Gent naar Terneuzen.

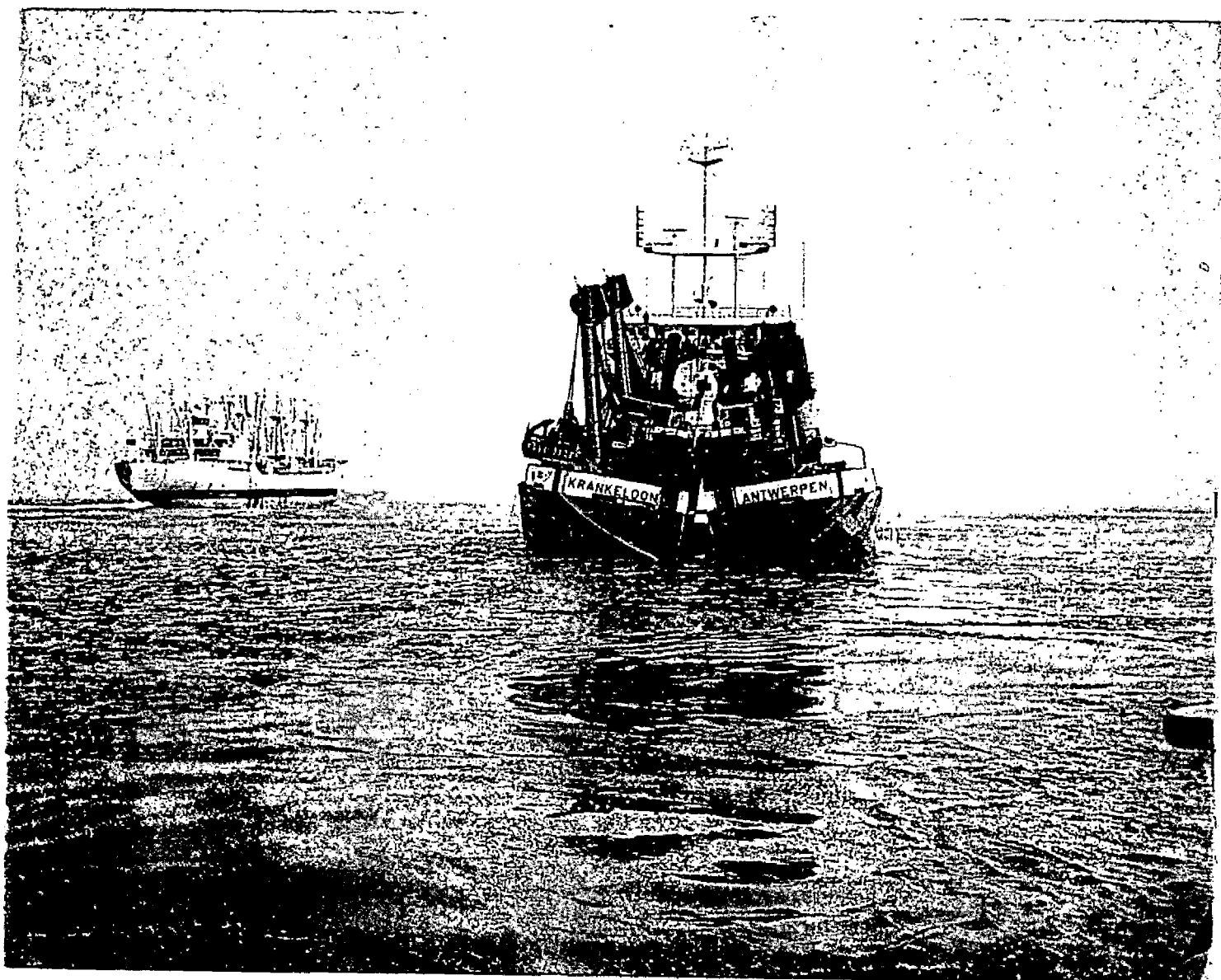
Tabel 4.8. Schatting van de belasting van de Westerschelde in 1981 door diverse bronnen in ton per jaar.

|                                      | N      | P           | BZV <sub>5</sub> | Cu     | Ni      | Zn        | Cr      | Cd        | Hg        | Pb      | F*           |
|--------------------------------------|--------|-------------|------------------|--------|---------|-----------|---------|-----------|-----------|---------|--------------|
| Schelde                              | 40.000 | 4.500       | 15.000           | 66     | 166     | 450       | 100     | 13        | 1,2       | 105     | 3.000- 5.000 |
| Direkte lozingen                     | 3.350  | 1.185-1.260 | 15.555           | 5,6-18 | 2,0-4,0 | 24,9-41,3 | 2,0-3,1 | 0,51-0,56 | 0,02-0,04 | 2,2-7,9 | 151          |
| Stortingen (baggerspecie, gipsafval) |        | 675         |                  | 11,2   |         | 19 -23    | 7       | 1,4 -1,8  |           | 5,2-6,4 | 1.400- 2.000 |
| Kanalen                              | 7.800  | 1.300       | 1.700            | 2      | 10      | 70        | 2       | 0,1       | 0,02      | 4       | 3.200        |
| Polderwater                          | 4.250  | 25          | 4.250            |        |         |           |         |           |           |         |              |
| Regenwater                           | 580    | 35          |                  | 3,2    | 0,4     | 13        | 0,1     | 0,2       |           | 4,2     |              |
| Totaal**                             | 55.980 | 8.320-8.395 | 36.505           | 88-100 | 178-182 | 565-582   | 111-112 | 15,4-15,9 | 1,24-1,26 | 120-128 | 7.750-10.350 |

\* Omdat fluoride van nature in vrij grote hoeveelheden (1-2 mg/l) in zeewater voorkomt, is het vanwege de correctie op chloride-gehalten alleen mogelijk een erg grove schatting van de fluoride vracht op te geven.

\*\* Het totaal bestaat uit de som van zeer ruwe getallen.

Baggerwerkzaamheden op de Westerschelde (foto: RIZA)



## 5 Het waterkwaliteitsmeetnet Westerschelde

In het kader van het routine-onderzoeksprogramma der Rijkswateren wordt onderzoek verricht naar de kwaliteit van het water van de Westerschelde. Wat het programma voor de Westerschelde betreft, is in 1964 van start gegaan met de punten Vlissingen, Hoofdplaat, Terneuzen, Hoek van Baarland, Hoedekenskerke, Hansweert, Zuidergat, Schaar van Waarde, Lamswaarde, Overloop van Valkenisse, Bath en Schaar van Ouden Doel.

In 1973 zijn daar de punten Boei 71, Boei 81a en Boei 83a aan toegevoegd. In figuur 5.1 zijn de bemonsteringspunten in kaart gebracht.

Door aanpassing zijn de punten Hoek van Baarland, Schaar van Waarde, Overloop van Valkenisse, Bath, Boei 81a en Boei 83a in 1982 vervallen.

In eerste instantie (1964-1967) werden alleen de parameters temperatuur, zuurstof, BZV<sub>5</sub>, zuurgraad, ammoniumstikstof, totale  $\alpha$ -radioactiviteit,  $\beta$ -restactiviteit en chloride bepaald en vonden de bemonsteringen eens per maand plaats.

In de loop der tijd is het aantal parameters uitgebreid tot een serie van ruim 100 (waarvan een groot deel alleen te Schaar van Ouden Doel bepaald wordt) en vinden de bemonsteringen momenteel eens per twee weken plaats.

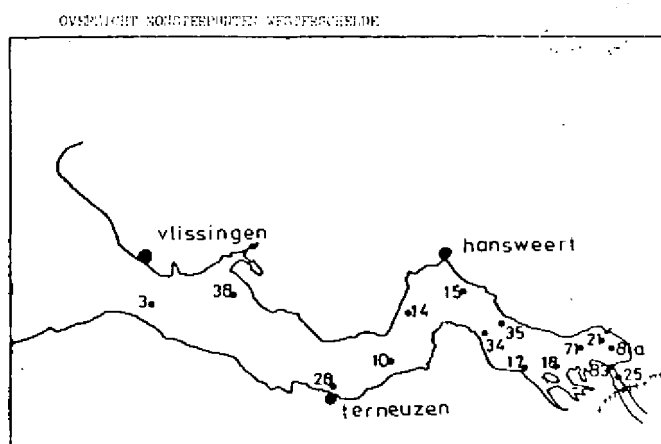
In de Westerschelde werd en wordt veel aandacht besteed aan radiochemische metingen (meetpunten Vlissingen, Hoofdplaat, Terneuzen (toegevoegd in 1982), Hansweert, Lamswaarde, Boei 83a (verdwenen in 1982) en Schaar van

Ouden Doel). Redenen hiervan zijn onder meer de lozingen door nucleaire installaties op de Schelde (Mol, Doel) en Westerschelde (Borssele), de lozingen van fosfaat -c.q. kunstmestfabrieken die uranium- en radiumhoudend fosfaaterts verwerken (rond Terneuzen, Scheldemonding) en de ingewikkelde getijmechanismen (eb- en vloedscharen) in de Westerschelde.

De bemonsteringen voor het routineprogramma worden, voor wat de Westerschelde betreft, uitgevoerd door de adviesdienst Vlissingen van de direktie Waterhuishouding en Waterbeweging (district Kust en Zee) en vinden steeds in dezelfde getijfase plaats, namelijk rond de laagwaterkentering ten oosten van Hansweert en rond halfij ten westen van Hansweert. Hierdoor wordt theoretisch de slechtste waterkwaliteit bepaald omdat er rond de laagwaterkentering een minimale hoeveelheid zeewater en een maximale hoeveelheid -ten opzichte van zeewater meer verontreinigd- zoetwater aanwezig is. Tevens vindt bemonstering steeds op dezelfde diepte plaats, namelijk ca. 0,5 m onder het wateroppervlak. De analyses worden uitgevoerd door het RIZA, RID en RIV. Per jaar levert dit ongeveer 10.000 gegevens op die worden opgeslagen in het datasysteem WAKWAL. Met behulp van applicatieprogrammatuur is het mogelijk tekeningen, zoals opgenomen in dit rapport, rechtstreeks te maken.

Via de „jaarboeken” vindt sinds 1965 publikatie van deze gegevens plaats; vanaf 1972 gebeurt dit via de „kwartaaloverzichten”. (lit. 1)

fig. 5.1



| BEMONSTERINGSPUNT       | AFSTAND KEMTUNNEN T.O.V. VLISSINGEN |
|-------------------------|-------------------------------------|
| VLISSINGEN              | 0                                   |
| HOOFDPLAAT              | 10                                  |
| TERNEUZEN               | 26                                  |
| HOEK VAN BAARLAND       | 38                                  |
| HOEDEKENSKERKE          | 40                                  |
| HANSWEERT               | 50                                  |
| ZUIDERGAT               | 55                                  |
| SCHAAR VAN WAARDE       | 60                                  |
| LAMSWAARDE              | 65                                  |
| OVERLOOP VAN VALKENISSE | 70                                  |
| BOEI 71                 | 75                                  |
| BATH                    | 80                                  |
| BOEI 81a                | 85                                  |
| BOEI 83a                | 90                                  |
| SCHAAR VAN OUDEN DOEL   | 95                                  |

## 6 Interpretatie en toetsing van waterkwaliteitsgegevens

### 6.1 Interpretatie

Door resten van planten en dieren en door erosie wordt een rivier van nature belast met allerlei organische en anorganische stoffen. Deze resten veroorzaken het zogenaamde natuurlijk gehalte van de diverse stoffen in een rivier. Dit natuurlijk gehalte varieert met de afvoer. Zo zal bij een hoge Schelde-afvoer extra erosie, opwerveling en uitspoeling van bezonken materiaal optreden.

In principe geldt dit laatste niet voor de door de mens toegevoegde stoffen; deze hoeveelheden zullen normaal gesproken onafhankelijk zijn van de afvoer. Een toename van de afvoer van de Schelde zal daarom meestal leiden tot een daling van het gehalte van de door de mens toegevoegde stoffen in de Schelde en Westerschelde.

Gecompileerd wordt het voor stoffen die zich hechten aan het in het water zwevend materiaal, b.v. zware metalen, pesticiden en fosfaten, met als gevolg dat bij lage Schelde-afvoer het zwevend materiaal met de daaraan geadsorbeerde verontreinigingen zal bezinken en het bij hoge afvoer zal opwervelen en een toename van de vracht optreedt. Dit betekent dat stoffen die zich hechten aan zwevend materiaal sterk wisselende vrachten te zien kunnen geven bij gelijk blijvende lozingen. Voor vluchtige stoffen en voor stoffen die in het oppervlaktewater worden afgebroken of omgezet, geldt dat de gehalten worden beïnvloed door de temperatuur van het water, instraling van licht, verblijftijd, verdunning, opname van zuurstof, enz.

Hieruit blijkt dat het vaststellen en beoordelen van een trend in het verloop van een met verontreinigingen belaste rivier zoals de Schelde en een estuarium als de Westerschelde niet alleen kan gebeuren aan de hand van gegevens over gemeten gehalten maar dat ook rekening moet worden gehouden met (natuurlijke) factoren die invloed kunnen hebben gehad op de waterkwaliteit.

Globaal gezien nam in de periode 1964-1972 de jaargemiddelde Schelde-afvoer af en in de periode 1973-1980 toe. De Schelde-afvoer is de belangrijkste natuurlijke faktor die de gehalten in vooral het oostelijk deel van de Westerschelde beïnvloedt. Om veranderingen in de waterkwaliteit onafhankelijk van de afvoer te kunnen beschouwen is naast presentatie van de gemeten gehalten ook een weergave gedaan van de berekende jaargemiddelde vrachten van een aantal parameters bij Schaar van Ouden Doel.

Bij de bespreking van de waterkwaliteit zullen daarom, voor zover dit zinvol is, steeds de volgende punten in beschouwing worden genomen:

- De verandering van de jaargemiddelde gehalten in de jaren 1964-1981 per te bespreken bemonsteringspunt aan de hand van tijdasgrafieken waarin voor de punten Vlissingen, Terneuzen, Hansweert en Schaar van Ouden Doel de jaargemiddelden van de diverse stoffen zijn vermeld. Indien ter verduidelijking gewenst zullen ook voortschrijdend driejaarsgemiddelden, jaarmedianen of kwartaalgemiddelden worden weergegeven.
- De verandering van de jaargemiddelde vrachten vanaf het begin van de 70-er jaren bij Schaar van Ouden Doel. Deze worden samen met de jaargemiddelde Schelde-afvoer in tabelvorm weergegeven.

- Het verloop van de jaargemiddelde gehalten over het traject Vlissingen-Schaar van Ouden Doel aan de hand van lengte-as grafieken voor verschillende jaren, waarin de jaargemiddelden van alle meetpunten zijn opgenomen.

Voor de overzichtelijkheid zijn op de lengte-as de plaatsnamen Vlissingen, Terneuzen, Hansweert, Lamswaarde en Schaar van Ouden Doel aangegeven als respectievelijk „Vlis.“, „Tern.“, „Ha.“, „La.“ en „Sch.v.O.D.“. De tussenliggende punten Hoofdplaat (2), Hoek van Baarland (4), Hoedekenskerke (5), Schaar van Waarde (7), Zuidergat (8), Overloop van Valkenisse (10), Boei 71 (11), Bath (12), Boei 81a (13) en Boei 83a (14) kunnen aan de hand van het achter de naam vermelde cijfer afgelezen worden.

In verband met de geografische interpretatie zijn de afstanden tussen de stations op juiste schaal weergegeven en ligt het station Vlissingen het meest links in de figuren.

De voor sommige parameters vrij grote spreiding in jaar- of kwartaalgemiddelde gehalten maakt het noodzakelijk bij de interpretatie van de waterkwaliteitsgegevens voorzichtig te werk te gaan. De mogelijkheden om uit waterkwaliteitsgegevens conclusies te trekken over structurele of systematische veranderingen van de waterkwaliteit in de tijd wordt in belangrijke mate bepaald door de bemonsteringsfrequentie en de statistische eigenschappen van de gegevens. In het kader van het project „Optimalisatie en structurering van het routine-onderzoek der rijkswateren“ (OSTWAT) is een methode ontwikkeld waarmee kan worden nagegaan wat voor een bepaalde parameter de relatie is tussen de mogelijkheden tot trenddetectie en de bemonsteringsfrequentie. (lit.56).

De ontwikkelde methode bestaat in grote lijnen uit twee onderdelen:

- Een „correctie“ van de waterkwaliteitsgegevens voor een bepaald punt en over een bepaalde periode voor eventuele structurele en systematische veranderingen of fluctuaties. Deze correctie voor bijvoorbeeld de afvoer, de temperatuur, het zwevend stofgehalte en de tijd (trend) vindt plaats door het bepalen van de regressievergelijking met deze parameters (b.v.  $\text{gehalte} = \text{faktor 1} \times \text{zwevend stof} + \text{faktor 2} \times \text{afvoer} + \text{faktor 3; variantie } x\%$ ). Een gecorrigeerd verloop (residu) wordt verkregen door alle afzonderlijke waarnemingen te vergelijken met de regressievergelijking. Eventuele seizoensfluctuaties in het residu worden verwijderd met Fourieranalyse.
- De statistische analyse van de „gecorrigeerde“ gegevens.

De variantie van de gegevens (voornamelijk bepaald door toevallige fluctuaties) vormt hierbij de basis voor het bepalen van de relatie tussen de betrouwbaarheid van een te detecteren trend en de bemonsteringsfrequentie.

Deze methode is in principe gericht op het bepalen van de mogelijkheden tot trenddetectie afhankelijk van de gehanteerde analysefrequentie maar kan ook gebruikt worden bij het vaststellen van de betrouwbaarheid van gedetecteerde trends. In deze nota zijn de gegevens van het meetpunt Schaar van Ouden Doel volgens deze methode bewerkt om via staptrenddetectie na te gaan in hoeverre de perioden

1964-1968 en 1974-1977 structureel verschilden van respectievelijk de perioden 1969-1973 en 1978-1981. Het toepassen van afvoercorrecties geeft informatie over het effect van variaties in de afvoer op de gemeten concentraties.

De resultaten van deze berekeningen zijn naast andere gegevens gebruikt bij het vaststellen van de conclusies van deze nota en zijn verwerkt in bijlage 5a.

Voor enkele parameters (BZV<sub>5</sub>, zuurstof, Kjeldahl-, ammonium- en nitraatstikstof en orthofosfaat) zijn correcties op de afvoer toegepast, waarbij zowel de waterkwaliteitsparameters als de dekadegemiddelde afvoercijfers voortschrijdend zijn gemiddeld over 1 jaar. De kolom „afvoer variantie” (bijlage 5b) geeft aan in welke mate de afvoer bepalend is geweest voor de waargenomen gehalten; deze blijkt soms ca. 50% te kunnen bedragen.

Door vermindering van het onderscheidend vermogen, door afvlakking van de trend of een combinatie van beide is een trend bepaald met afvoercorrectie minder duidelijk waarneembaar dan een trend bepaald zonder deze correctie.

Dit impliceert dat er minder verandering in de lozingssituatie bovenstrooms van Schaar van Ouden Doel is opgetreden dan op grond van weergegeven grafieken en stap-trends, bepaald zonder afvoercorrectie, verwacht zou mogen worden.

Omdat het hoofddoel van de voorliggende nota het beschrijven van de ontwikkeling van de waterkwaliteit in de tijd is, zijn de meetresultaten voornamelijk verwerkt in de vorm van gemiddelden en medianen over langere tijd. De afzonderlijke meetresultaten komen, gezien de veelheid van gegevens en omwille van het bepalen van een trend, slechts in enkele gevallen aan de orde.

In het algemeen zal over een voldoende lange periode waarnemingsmateriaal beschikbaar moeten zijn om betrouwbare uitspraken te kunnen doen over het verloop van de waterkwaliteit.

## 6.2. Toetsing

Aan bepaalde oppervlaktewateren kunnen al naar gelang de functie en bestemming waterkwaliteitsdoelstellingen worden toegekend.

Voor de Westerschelde kunnen de volgende doelstellingen worden onderscheiden (lit. 19):

- kwaliteit voor zwemmen
- kwaliteit voor aquatisch leven (vissen, schelpdieren).

Door het hoge chloridegehalte is het Westerschelde-water niet geschikt voor de drinkwatervoorziening en agrarisch gebruik, terwijl voor de scheepvaart de waterkwaliteit van onderschikt belang is.

Naast voornoemde specifieke doelstellingen wordt in het Indikatief Meerjaren Plan 1980-1984 de algemene waterkwaliteitsdoelstelling „basiskwaliteit” voor zoet water geïntroduceerd. Met deze doelstelling wordt een minimum aangegeven in het geheel van waterkwaliteitsdoelstellingen om een basisbescherming te geven aan ecologische belangen en belangen die samenhangen met verschillende vormen van menselijk gebruik. Voor zout water is een dergelijke doelstelling nog niet opgesteld.

Bij elk van de waterkwaliteitsdoelstellingen kan een serie normen worden vastgesteld. In EG-verband is dit tot nu toe gebeurd voor de doelstellingen drinkwatervoorziening, zwemmen, zoetwatervissen en schelpdieren.

In nationaal verband zullen de normen worden vastgesteld door middel van een Algemene Maatregel van Bestuur

(AMvB) bij de WVO. Een en ander is vastgelegd in een in juni 1981 door het parlement goedgekeurde wijziging van de Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren. Een ontwerp-AMvB betreffende de doelstellingen drinkwatervoorziening, zwemmen, zoetwatervissen en schelpdieren is in juli 1981 in de Staatscourant gepubliceerd. De reeds eerder genoemde wijziging van de WVO voorziet ook in de introductie van zogenaamde waterkwaliteitsplannen per 1-1-1984. Een belangrijk onderdeel van deze plannen vormt het vaststellen van de functies voor de verschillende wateren die in het plangebied liggen. Dit betekent dat, voor zover de normen zoals hierboven bedoeld in nationaal verband zijn vastgesteld, in de toekomst voor elk water een op de specifieke functies afgestemd normenpakket zal gelden (lit. 19).

Omdat er voor zoute wateren alleen normen zijn voor zwemmen en schelpdieren, zal er naast toetsing aan deze normen, bij gebrek aan zoute basiskwaliteitsnormen, voor het meetpunt Schaar van Ouden Doel getoetst worden aan de normen voor de basiskwaliteit voor zoet water, zoals die beschreven staat in het IMP 1980-1984. Deze toetsing aan de zoete basiskwaliteitsnormen zal alleen gedaan worden voor „relevante” parameters, dus niet voor stoffen die van nature al veel voorkomen in Westerschelde-water, zoals chloride en fluoride.

In bijlage 1 is een totaal overzicht te vinden van de normen van de basiskwaliteit, alsmede een toetsing van de relevante waterkwaliteitsgegevens te Schaar van Ouden Doel aan deze normen voor de jaren 1979 t/m 1981. In deze periode zijn overschrijdingen van de basiskwaliteit geconstateerd voor de parameters zuurstof, totaal fosfaat, ammoniak + ammoniumstikstof, cadmium, kwik, nikkel, olie, polycyclische aromatische koolwaterstoffen, (totaal)organochloorpesticiden, dieldrin, hexachloorbenzeen en thermotolerante bacteriën van de coligroep. In de bijlagen 2 en 3 zijn totaaloverzichten te vinden van de respectievelijke normen voor zwemmen en schelpdieren, alsmede toetsingen van waterkwaliteitsgegevens te Schaar van Ouden Doel aan deze normen. Benadrukt dient te worden dat er nog betrekkelijk weinig bekend is over de relatie tussen enerzijds de fysisch-chemische waterkwaliteit en anderzijds de kwaliteit van het sediment, accumulatie van stoffen in organismen en de hydrobiologische gesteldheid van het water. Naarmate het inzicht groeit, is het mogelijk dat de normen aangepast zullen moeten worden.

## 7 Beschrijving algemene parameters

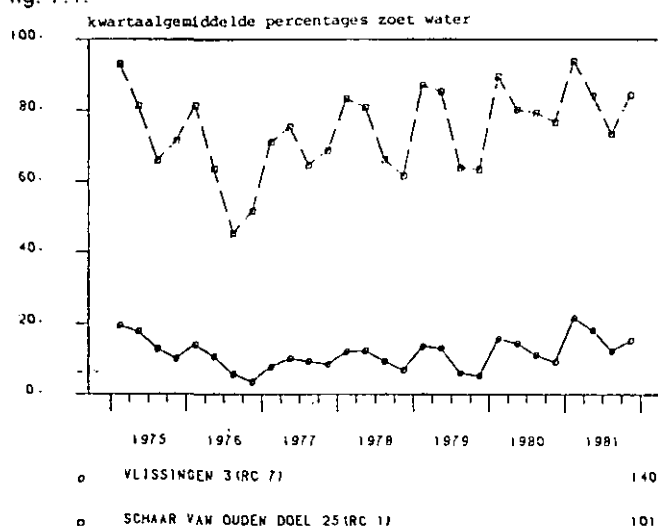
### 7.1 Schelde-afvoer

De rivier de Schelde is tot ver landinwaarts aan de getijde-invloed onderhevig. De verdunnende invloed van zeewater is tot aan de Rupelmonding merkbaar. Bij Gent bedraagt het gemiddelde getijverschil nog ca. 2 meter.

Regenval is de belangrijkste oorzaak van het sterk wisselende afvoerpatroon van de Schelde.

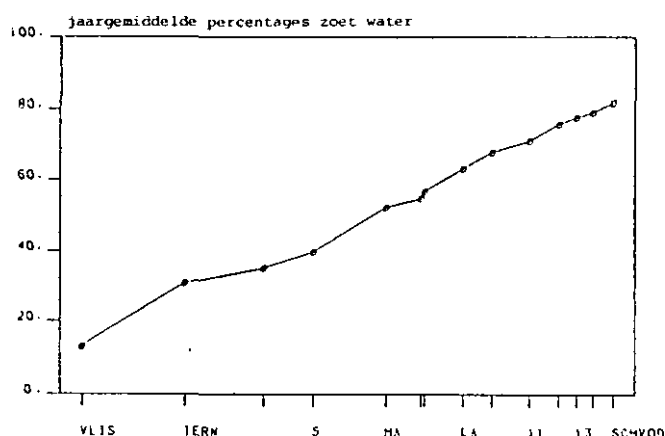
Fig. 7.1 illustreert de invloed van regenval aan de hand van kwartaalgegevens percentages zoet water bij Schaar van Ouden Doel en Vlissingen. In natte periodes (1981) blijkt het percentage zoet water bij Schaar van Ouden Doel tot 94% en bij Vlissingen tot 22% te kunnen oplopen; in droge periodes (1976) bereikt het percentage zoet water bij Schaar van Ouden Doel te Vlissingen minima van respectievelijk 45% en 4%.

fig. 7.1.



Deze verdunning zorgt voor een vrijwel lineaire gradiënt van Scheldewater in de Westerschelde. In fig. 7.2 zijn voor het jaar 1980 (vrij hoge afvoer) de jaargemiddelde percentages Scheldewater op alle meetpunten in de Westerschelde weergegeven.

fig. 7.2.



In principe geldt dat een stof die niet reageert (sedimentatie, afbraak, omzetting) een conservatieve stof is. Een dergelijke stof vertoont in de Westerschelde een vrijwel lineair verlopende gradiënt. Een stof die uit de waterfase verdwijnt (sedimentatie, afbraak) of er juist aan toegevoegd wordt (stortingen, lozingen, nalevering bodem) zal dit lineaire patroon niet volgen. In het algemeen kan gesteld worden dat gehalten van een stof die uit de waterfase verdwijnt onder deze verdunningslijn liggen en gehalten van één die aan de waterfase wordt toegevoegd boven deze lijn liggen.

De gemiddelde afvoer van de Schelde te Schaar van Ouden Doel bedroeg over de periode 1964-1980 119 m³/s. Voor het jaar 1981 waren op het moment dat deze nota afgerond werd nog geen gegevens beschikbaar. Hierdoor was het alleen mogelijk vrachten tot en met 1980 te bepalen.

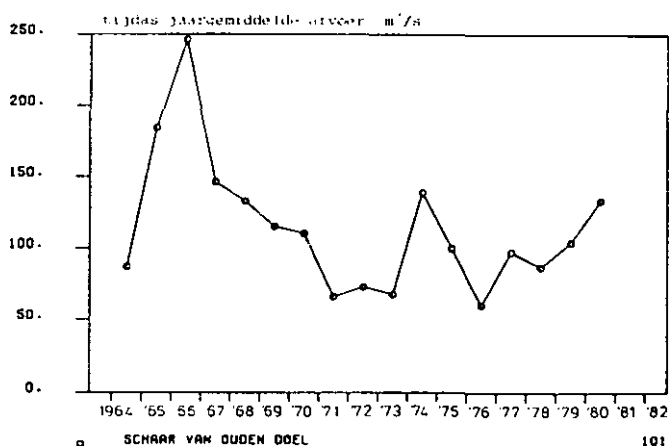
De afvoeren worden door de Antwerpse Zeediensten te Schelle bepaald en gepresenteerd in de vorm van de dekadegemiddelde afvoeren. De afvoer die te Schelle bepaald wordt is niet dezelfde als die bij Schaar van Ouden Doel. Op het traject Schelle-Belgisch/Nederlandse grens vinden nog een aantal lozingen plaats (polderwater, Antwerpen) waardoor deze afvoer enigszins toeneemt. De adviesdienst Vlissingen heeft correcties toegepast om de dekadegemiddelde afvoeren bij Schaar van Ouden Doel te berekenen. Deze correcties variëren al naar gelang de gemeten debieten bij Schelle; gemiddeld is de correctie ca. 12%. In deze nota zullen deze gecorrigeerde afvoeren gebruikt worden.

Tabel 7.1 geeft een overzicht van de kwartaalgegevens afvoeren bij Schaar van Ouden Doel.

In fig. 7.3 zijn de jaargemiddelde afvoeren over de periode 1964-1980 opgenomen. Het hieruit berekende voortschrijdend driejaarsgemiddelde is weergegeven in fig. 7.4 Uit deze figuur kan opgemaakt worden dat in de periode vanaf 1964 tot het begin van de jaren '70 de jaargemiddelde afvoer aan een daling onderhevig was. Vanaf het begin van de jaren 70 steeg de afvoer geleidelijk. Ook uit berekeningen met het model OSTWAT (bijlage 5a) blijkt deze trend.

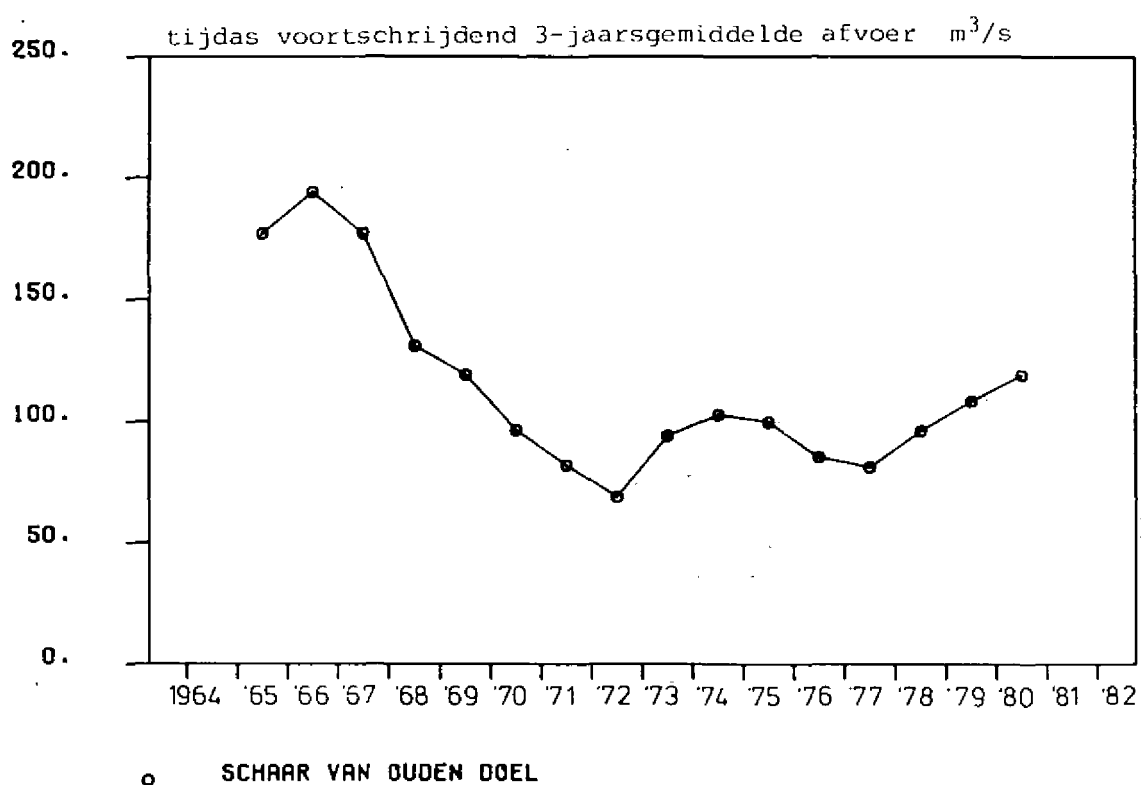
Jaren met extreem hoge afvoeren zijn 1965 en 1966 geweest, jaren met extreem lage afvoeren waren 1973 en 1976.

fig. 7.3.



Tabel 7.1. Berekende kwartaalgemiddelde Schelde-alvoeren bij Schaar van Ouden Doel ( $m^3/s$ ) in de periode 1964-1980.

|                    | 1964 | '65 | '66 | '67 | '68 | '69 | '70 | '71 | '72 | '73 | '74 | '75 | '76 | '77 | '78 | '79 | '80 |
|--------------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 <sup>e</sup> kw. | 98   | 242 | 325 | 308 | 237 | 190 | 215 | 102 | 72  | 80  | 126 | 169 | 106 | 116 | 123 | 201 | 189 |
| 2 <sup>e</sup> kw. | 68   | 194 | 174 | 119 | 74  | 96  | 97  | 71  | 71  | 70  | 43  | 96  | 44  | 94  | 105 | 111 | 117 |
| 3 <sup>e</sup> kw. | 39   | 128 | 120 | 62  | 92  | 72  | 59  | 38  | 66  | 28  | 65  | 49  | 34  | 58  | 55  | 45  | 110 |
| 4 <sup>e</sup> kw. | 144  | 176 | 353 | 124 | 121 | 104 | 88  | 53  | 83  | 93  | 323 | 95  | 57  | 125 | 61  | 68  | 74  |



## 7.2. zwevend stof

Zwevend stof wordt gedefinieerd als het gehalte onopgeloste vaste stof verkregen door filtratie over S en S-witband filter (poriediameter  $0,45 \mu\text{m}$ ). Het zwevend stof in de Westerschelde bestaat voornamelijk uit fijnkorrelig materiaal (diameter tussen  $1,5$  en  $50 \mu\text{m}$ ) dat bij lage stroomsnelheden sedimenteert en bij hoge stroomsnelheden in suspensie gaat. Vooral in het oostelijk deel van de Westerschelde is het zwevend stofgehalte sterk aan variaties onderhevig. Uit fig. 7.6 blijkt een seizoensafhankelijkheid die vooral bij Schaar van Ouden Doel duidelijk merkbaar is: in de zomer worden lage gehalten (tot  $40 \text{ mg/l}$ ) gemeten, in de winter liggen deze gehalten periodiek boven  $200 \text{ mg/l}$ . Naast deze seizoensafhankelijkheid (temperatuur, weersomstandigheden), hebben stromingen en getijdebeweging invloed op de gehalten (lit.47).

Naar het westen toe vindt door verdunning met zeewater en sedimentatie (bezinking zonder resuspensie door vermindering van de stroomsnelheid, veroorzaakt door een volumetoename) een -geringe- afname plaats van de gehalten (fig. 7.5), hoewel de seizoensinvloeden nog duidelijk merkbaar zijn. De zwevend stofgehalten bij Vlissingen zijn in dezelfde orde van grootte als voor de Noordzeekust van Walcheren en ca. een faktor 2-4 lager dan voor de Noordzeekust van Zeeuws Vlaanderen.

In westelijke richting neemt het percentage zwevend stof van mariene herkomst toe. Is dit bij Schaar van Ouden Doel nog slechts 30%, bij Hansweert is dit ca. 40%, bij Terneuzen ca. 75% en bij Vlissingen meer dan 95% (lit.10).

Door baggerwerkzaamheden vindt resuspensie plaats van bodemmateriaal dat voor meer dan 90% uit zand (korrels groter dan  $50 \mu\text{m}$ ) bestaat. Volgens een laatste opgave wordt jaarlijks om de vaargeul naar Antwerpen op de juiste diepte te houden ca.  $15-16 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  gebaggerd. De specie wordt elders in de Westerschelde gestort.

Uit fig. 7.7 en 7.8 blijkt dat het jaargemiddelde zwevend stofgehalte in het westelijk deel van de Westerschelde aan een geringe stijging onderhevig is; onduidelijk is nog of de uitbreiding van de baggerwerkzaamheden voor de Belgische kust, in het mondingsgebied van de Westerschelde of in de Westerschelde zelf hier -mede- de oorzaak van zijn. Door de overheersende invloed van de sterk variërende Schelde-afvoer is een trend in het oostelijk deel niet waarneembaar. Berekeningen met het rekenmodel OSTWAT hebben aangetoond dat voor het betrouwbaar vaststellen van een trend de huidige bemonsteringsfrequentie niet voldoende is.

Tabel 7.3. laat overigens zien dat toe- of afname van een jaargemiddelde een betrekkelijk begrip is; de verschillen tussen minima en maxima bedragen vele tientallen tot enkele honderden milligrammen per liter.

Uit tabel 7.2. blijkt dat met de jaargemiddelde afvoer de jaarvrachten en de jaargemiddelde gehalten bij Schaar van Ouden Doel sterk variëren. Een onderlinge correlatie is niet aanwezig. Omdat vele verontreinigingen, met name metalen en pesticiden, gebonden aan zwevend stof getransporteerd worden, treden door deze grote variaties in het zwevend stofgehalte ook grote fluktuaties op in deze verontreinigingen.

Schattingen (lit.10) geven aan dat jaarlijks ca.  $0,73 \cdot 10^6$  ton zwevend stof afkomstig uit zee en ca.  $0,24 \cdot 10^6$  ton afkomstig uit de Schelde in de Westerschelde sedimenteert.

Tabel 7.2. Overzicht van de jaarvrachten zwevend stof (in miljoen ton per jaar) de Schelde-afvoer ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) en de jaargemiddelde zwevend stofgehalten ( $\text{mg/l}$ ) bij Schaar van Ouden Doel.

|         | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Vrucht  | 0,49 | 0,24 | 0,54 | 0,54 | 0,41 | 0,39 | 0,29 | 0,52 | 0,33 |
| Afvoer  | 73   | 68   | 139  | 100  | 60   | 98   | 87   | 104  | 129  |
| Gehalte | 112  | 70   | 103  | 116  | 125  | 88   | 92   | 96   | 85   |

Tabel 7.3. Statistische gegevens zwevend stof gemeten bij Vlissingen, Terneuzen, Hansweert en Schaar van Ouden Doel in de periode 1978 t/m 1981. Gehalten in  $\text{mg/l}$ .

|               | Vlissingen |     |     |     | Terneuzen |     |     |     | Hansweert |     |     |     | Schaar van Ouden Doel |     |     |     |
|---------------|------------|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|-----------------------|-----|-----|-----|
|               | '78        | '79 | '80 | '81 | '78       | '79 | '80 | '81 | '78       | '79 | '80 | '81 | '78                   | '79 | '80 | '81 |
| aantal waarn. | 9          | 6   | 8   | 8   | 9         | 6   | 9   | 8   | 8         | 6   | 9   | 9   | 22                    | 21  | 26  | 21  |
| minimum       | 15         | 9   | 15  | 27  | 12        | 30  | 11  | 29  | 11        | 31  | 17  | 16  | 18                    | 24  | 24  | 11  |
| maximum       | 81         | 125 | 53  | 151 | 105       | 118 | 83  | 124 | 78        | 104 | 81  | 81  | 280                   | 340 | 445 | 484 |
| st.deviation  | 23         | 15  | 6   | 35  | 10        | 15  | 18  | 32  | 24        | 29  | 21  | 22  | 40                    | 27  | 26  | 131 |
| mediaan       | 14         | 47  | 42  | 45  | 78        | 48  | 53  | 72  | 33        | 70  | 49  | 61  | 73                    | 64  | 75  | 51  |
| gemiddelde    | 44         | 53  | 42  | 66  | 65        | 72  | 58  | 74  | 42        | 71  | 54  | 47  | 82                    | 86  | 85  | 86  |

fig. 7.5.

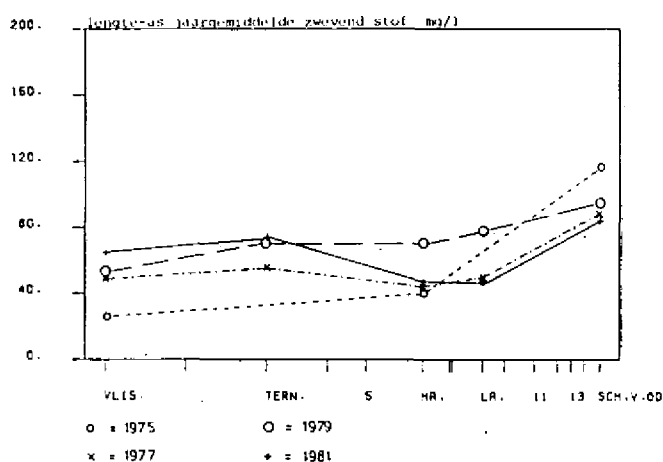
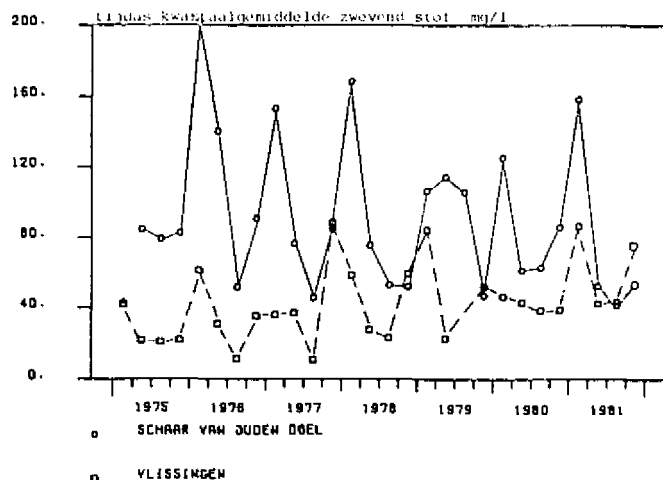
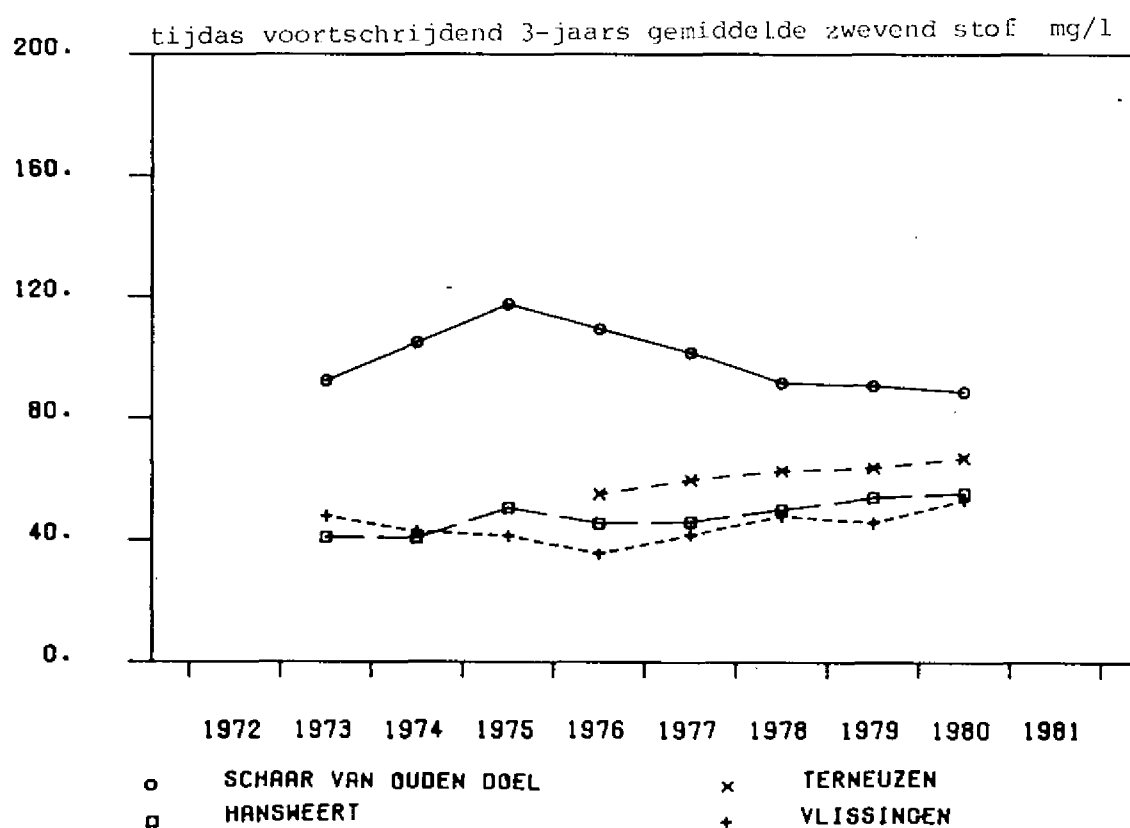
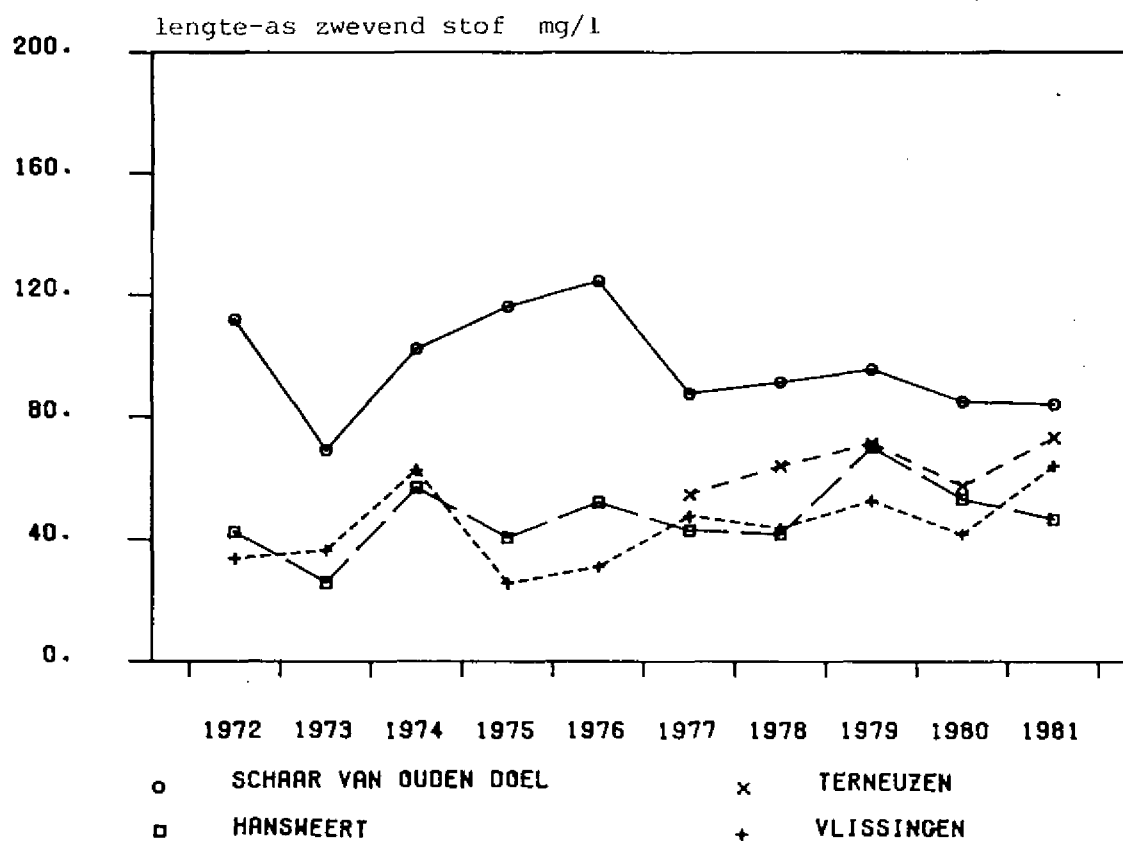


fig. 7.6.





### 7.3. Temperatuur

De temperatuur van het Westerscheldewater wordt voornamelijk bepaald door het Noordzeewater en de instraling vanuit de atmosfeer. Door de grote verdunning en verblijftijd heeft het Scheldewater alleen in het oostelijk deel van de Westerschelde invloed op de temperatuur.

Voor een groot aantal processen in het water is de temperatuur van groot belang. Het meest bekend is wel de invloed op de primaire produktie van het fytoplankton en op mineralisatie processen. De intensiteit van de mineralisatie, d.w.z. de bacteriële afbraak van organisch materiaal tot  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  en andere zuurstofrijke verbindingen zoals fosfaat, nitraat en silicaat neemt toe bij hogere temperatuur. Zolang de afbraak aerob verloopt, wordt zuurstof verbruikt.

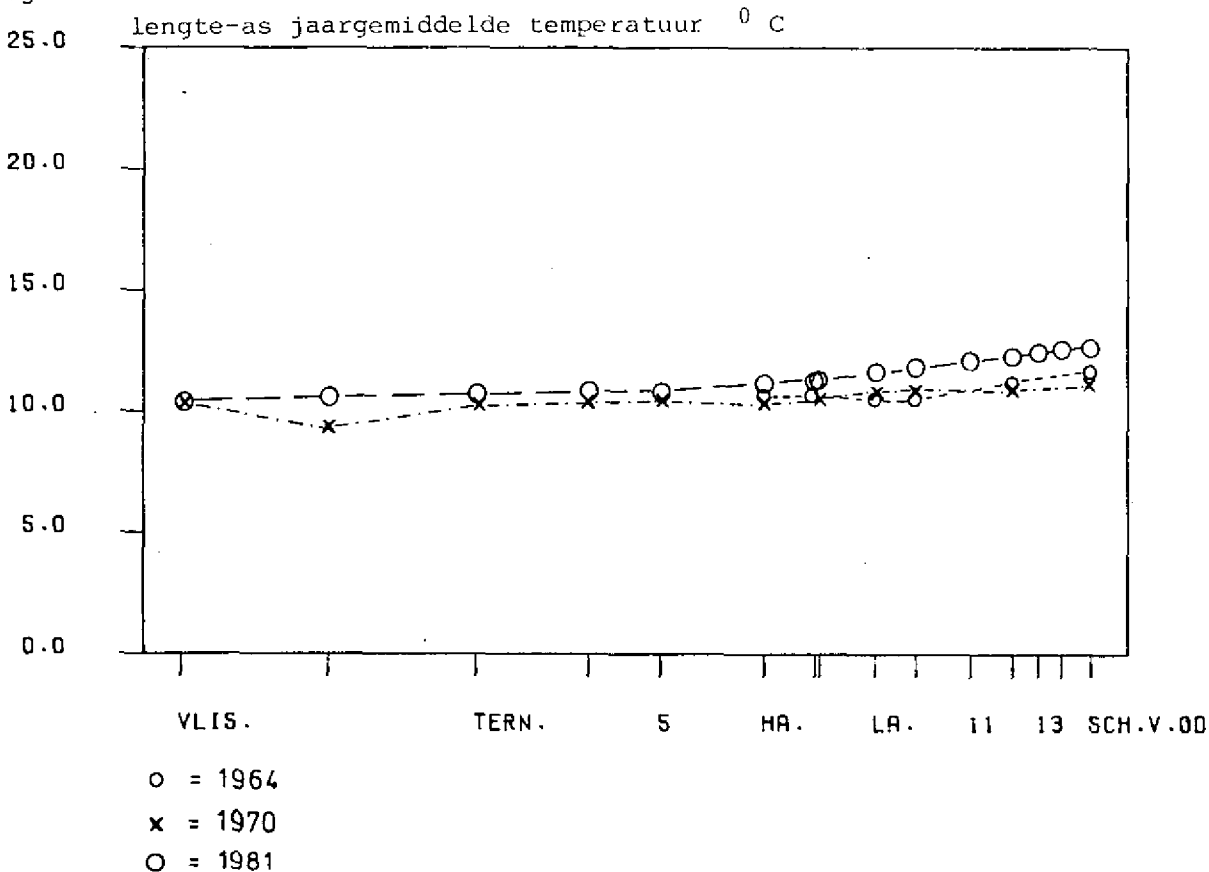
Bij hogere temperatuur neemt de oplosbaarheid van zuurstof in water af. Onder bepaalde omstandigheden kan als gevolg van intensieve mineralisatie zuurstofloosheid optreden.

Daarentegen wordt door vele plantaardige organismen (fytoplankton) bij hogere temperatuur meer zuurstof geproduceerd. Het „overall” effect van een verandering van de temperatuur op de zuurstofhuishouding is niet altijd eenduidig en hangt af van het type water. Hoge zwevend stofgehalten bijvoorbeeld beperken de lichtindringing, waardoor de primaire produktie en daarmee gepaard de produktie van zuurstof beperkt wordt.

Omdat het Scheldewater gemiddeld enkele graden warmer is dan het Noordzeewater worden er bij Schaar van Ouden Doel hogere temperaturen ( $2-5^\circ\text{C}$ ) gemeten dan bij Vlissingen en is er een vrijwel constante gradiënt aanwezig (fig. 7.9 en 7.10).

Uit fig. 7.11 blijkt dat het jaargemiddelde temperatuurverschil tussen Vlissingen en Schaar van Ouden Doel groter is geworden. (De temperatuur van het Westerscheldewater werd bij Vlissingen pas vanaf 1967 bepaald). Dit is voornamelijk veroorzaakt door de geleidelijke opwarming van het Scheldewater (koelwaterlozingen, industrie). Daarnaast heeft ook het iets kouder worden van het Noordzeewater een rol gespeeld. Als absolute norm voor de basiskwaliteit geldt een temperatuurwaarde kleiner dan  $25^\circ\text{C}$ . Uit de in de hier besproken periode verrichte waarnemingen blijkt dat deze waarde geen enkele maal is overschreden.

fig. 7.9.



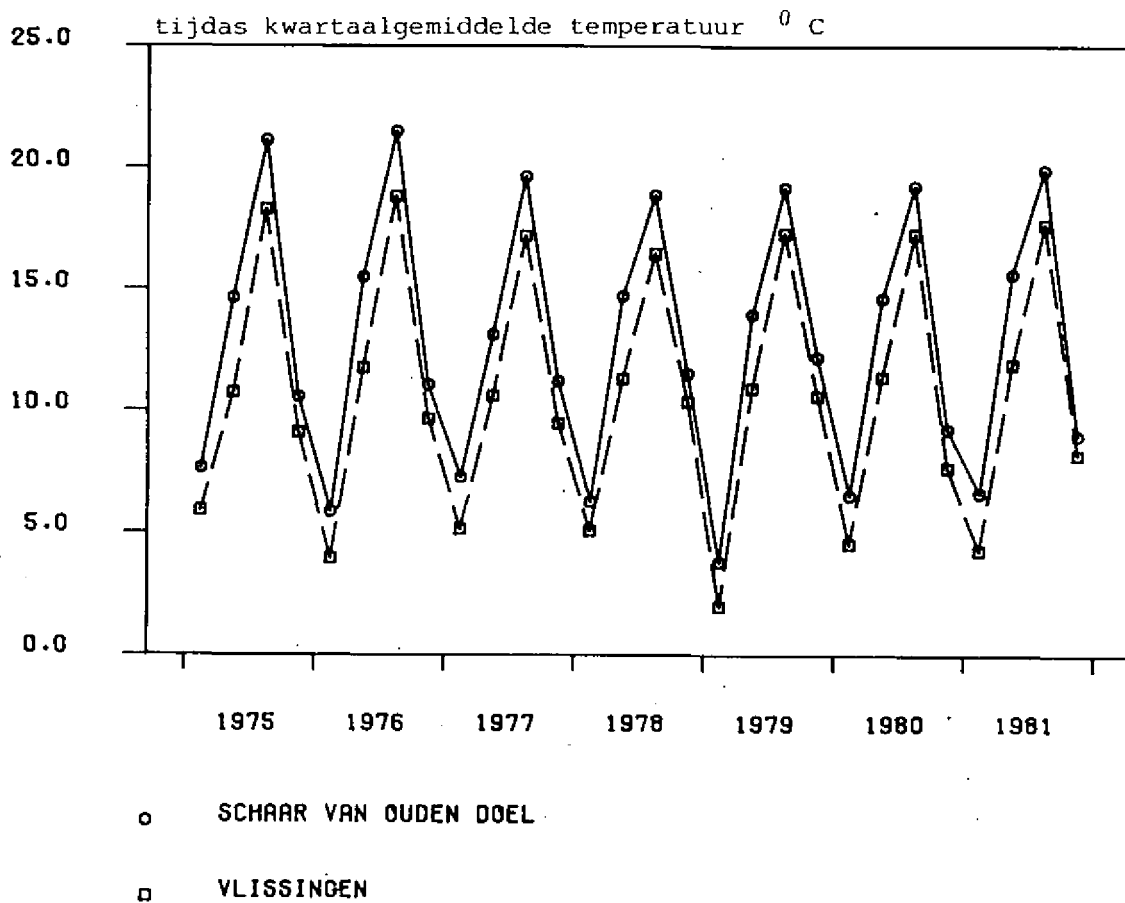


fig. 7.10.

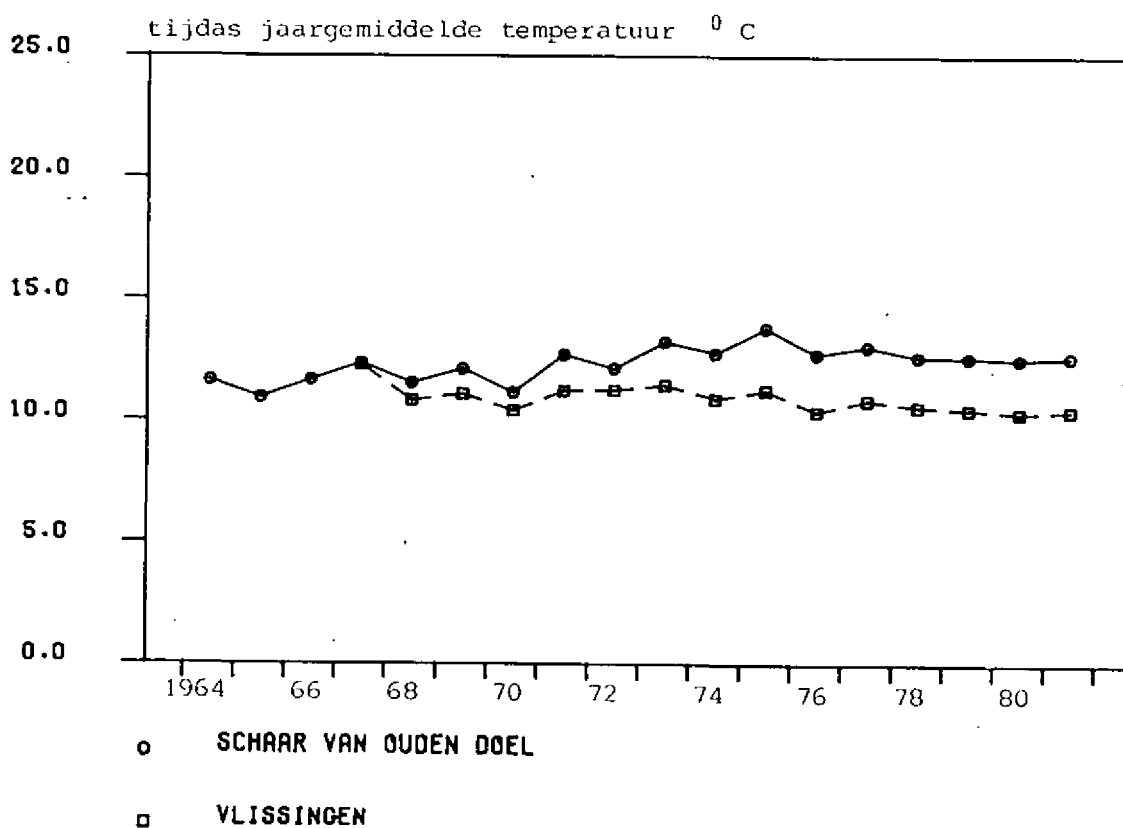


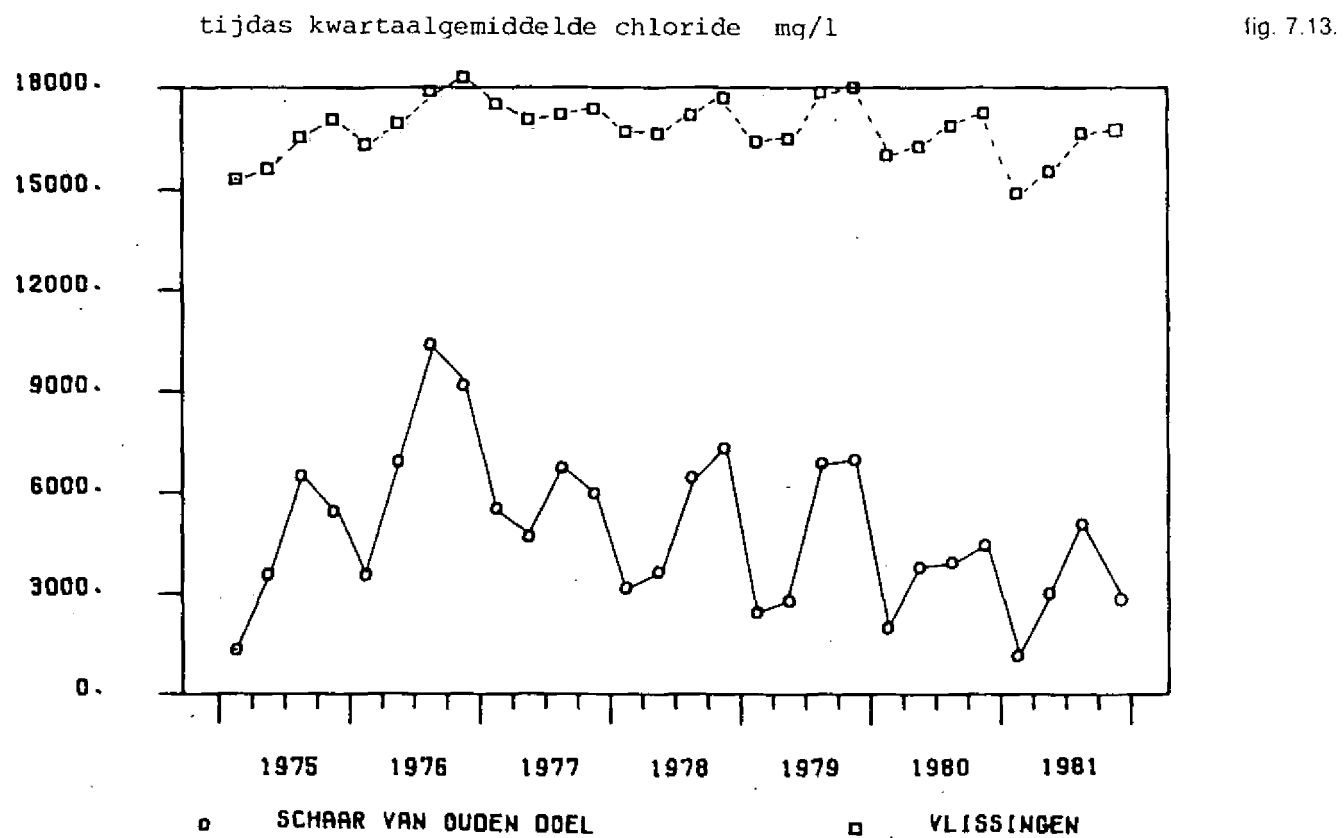
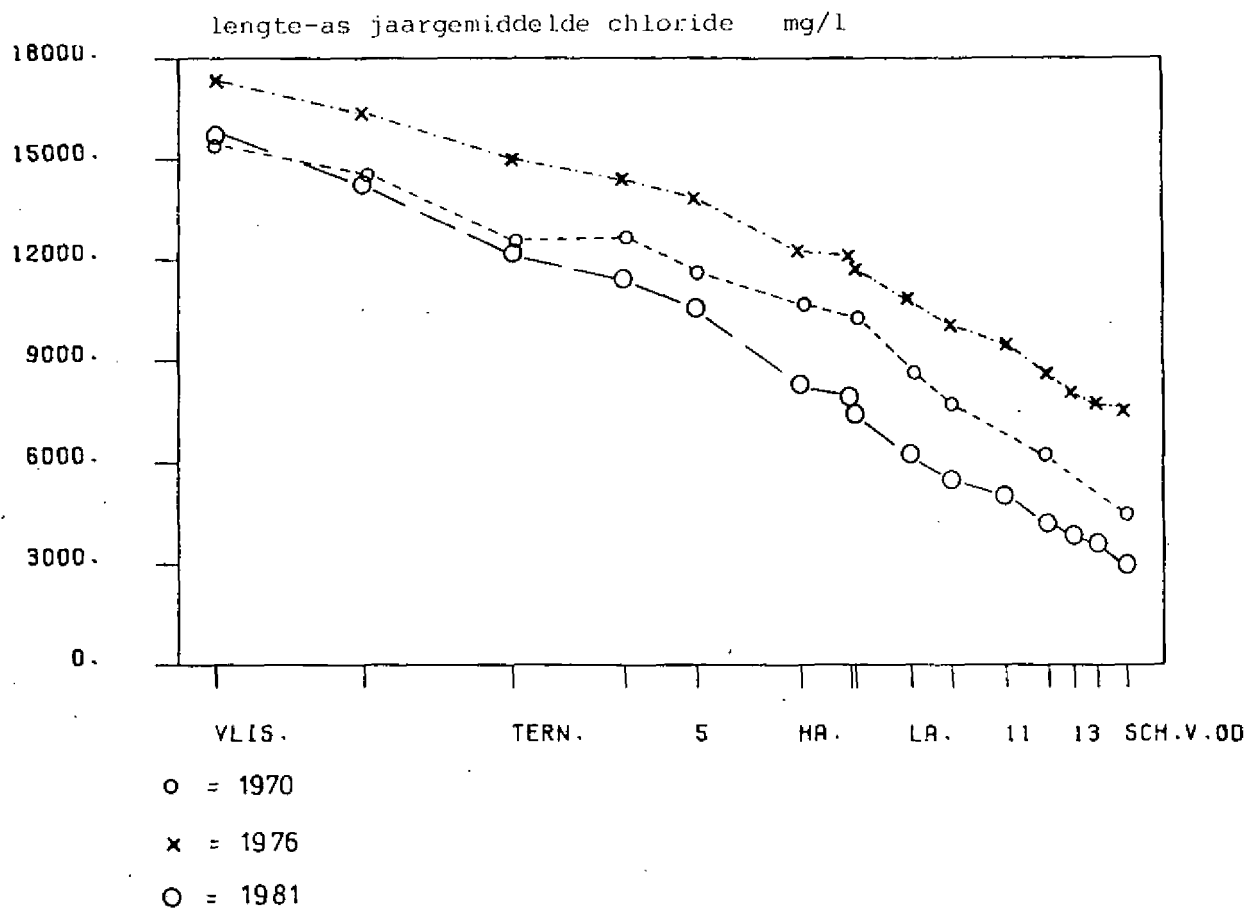
fig. 7.11.

#### 7.4. Chloride

---

Het chloridegehalte vertoont een vrijwel lineaire gradiënt over het traject Vlissingen-Schaar van Ouden Doel. Bij lage Schelde-afvoeren (1976) stijgt door opdringing van zeewater het chloridegehalte over het hele traject (tot een jaargemiddelde van 17400 mg/l bij Vlissingen en 7700 mg/l bij Schaar van Ouden Doel); bij hoge Schelde-afvoeren (1966) daalt het chloridegehalte over het hele traject (tot gemiddeld 2300 mg/l bij Schaar van Ouden Doel). Hoewel de werkelijke Schelde-afvoer van 1981 nog niet bekend is kan uit fig. 7.12. worden afgeleid dat ook 1981 een jaar was met een hoge Schelde-afvoer (groter dan 150 m<sup>3</sup>/s). 1970 was een jaar met een gemiddelde afvoer.

Fig. 7.13 laat zien dat de chloridegehalten aan seizoensinvloeden onderhevig zijn. Door de lage Schelde-afvoeren zijn in de zomer en najaar de chloridegehalten hoger dan in de winter en voorjaar.



## 7.5 Zuurstof

Het meetpunt Schaar van Ouden Doel is van de onderzochte meetpunten het sterkst onderhevig aan veranderingen in het zuurstofgehalte. Was in 1964 het zuurstofgehalte er gemiddeld 4,9 mg/l, in 1973 werd het laagste jaargemiddelde gehalte van 1,0 mg/l bereikt (fig. 7.16).

Belangrijkste oorzaak van deze lage waarden was de steeds hoger wordende belasting van het Scheldewater met organische stoffen waardoor meer zuurstof verbruikt werd dan het water kan opnemen. Onder meer de bouw van rioolwaterzuiveringsinstallaties heeft ertoe bijgedragen dat in de tweede helft van de 70-er jaren het zuurstofgehalte enigszins is gaan stijgen. In 1970 werden nog slechts ca. 265.500 i.e. van de ca.  $5,75 \cdot 10^6$  i.e., waarmee het Scheldebekken belast werd, gezuiverd (4,6%). In 1980 werd ca.  $1,84 \cdot 10^6$  i.e. gezuiverd (32%) (lit.50).

Naast wijzigingen in de vuilbelasting blijken ook de Schelde-afvoeren van invloed te zijn op het zuurstofgehalte. In tabel 7.4 is een overzicht gegeven van jaargemiddelde zuurstofgehalten en Schelde-afvoeren bij Schaar van Ouden Doel. Hieruit blijkt dat bij hogere Schelde-afvoeren hogere zuurstofgehalten worden waargenomen dan bij lagere Schelde-afvoeren (correlatiecoëfficiënt = 0,61). Omdat de afvoeren vanaf 1964 tot het begin van de jaren 70 zijn afgenomen en daarna weer zijn gestegen is een verbetering van het zuurstofgehalte deels aan de verhoogde afvoer toe te schrijven. Uit berekeningen met OSTWAT, waarbij correcties op de afvoer zijn toegepast (bijlage 5a,b), blijkt dat de afvoer mede bepalend is voor het zuurstofgehalte.

Door menging van het Scheldewater met zuurstofrijk zeewater neemt het zuurstofgehalte in westelijke richting snel toe (fig. 7.16). Bij Hansweert schommelt het gemiddeld rond de 8 mg/l, al blijft de invloed van het Scheldewater merkbaar. Bij Vlissingen is het zuurstofgehalte nagenoeg gelijk aan dat van zeewater.

Uit fig. 7.14 blijkt dat het zuurstofgehalte onderhevig is aan seizoensinvloeden. 's Winters vindt door verhoogde Schelde-afvoeren verdunning van de zuurstofverbruikende verontreinigingen plaats en vertopen de processen die zuurstof verbruiken langzamer, zodat het zuurstofgehalte te Schaar van Ouden Doel ca. 2 tot 3 maal zo hoog kan worden als in de rest van het jaar.

De methode van de bepaling van het zuurstofgehalte is na 1964 niet veranderd.

Als absolute norm voor de basiskwaliteit voor zoet water geldt een zuurstofgehalte hoger dan 5 mg/l. Sinds 1964, het jaar waarin begonnen werd met de waterkwaliteitsbepalingen van de Westerschelde is nooit voldaan aan deze norm bij Schaar van Ouden Doel.

In 1981 kwamen 's zomers nog steeds zuurstofgehalten lager dan 2 mg/l voor bij Schaar van Ouden Doel (fig. 7.15).

fig.7.14.

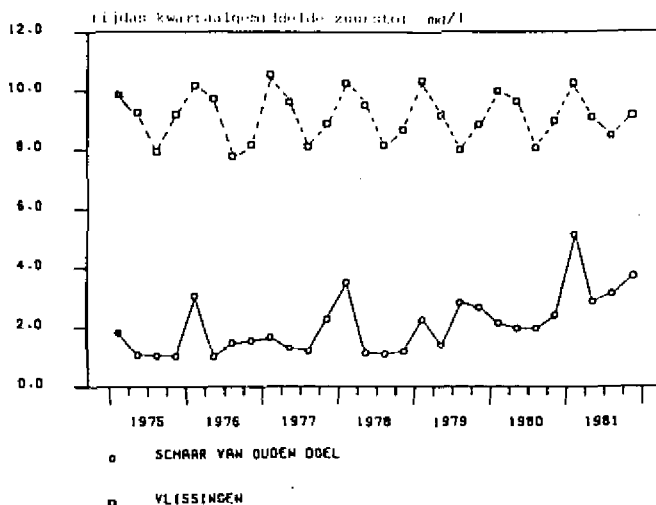
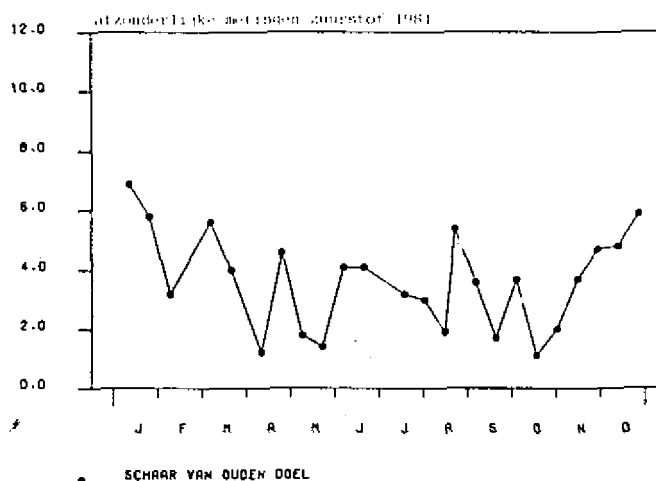
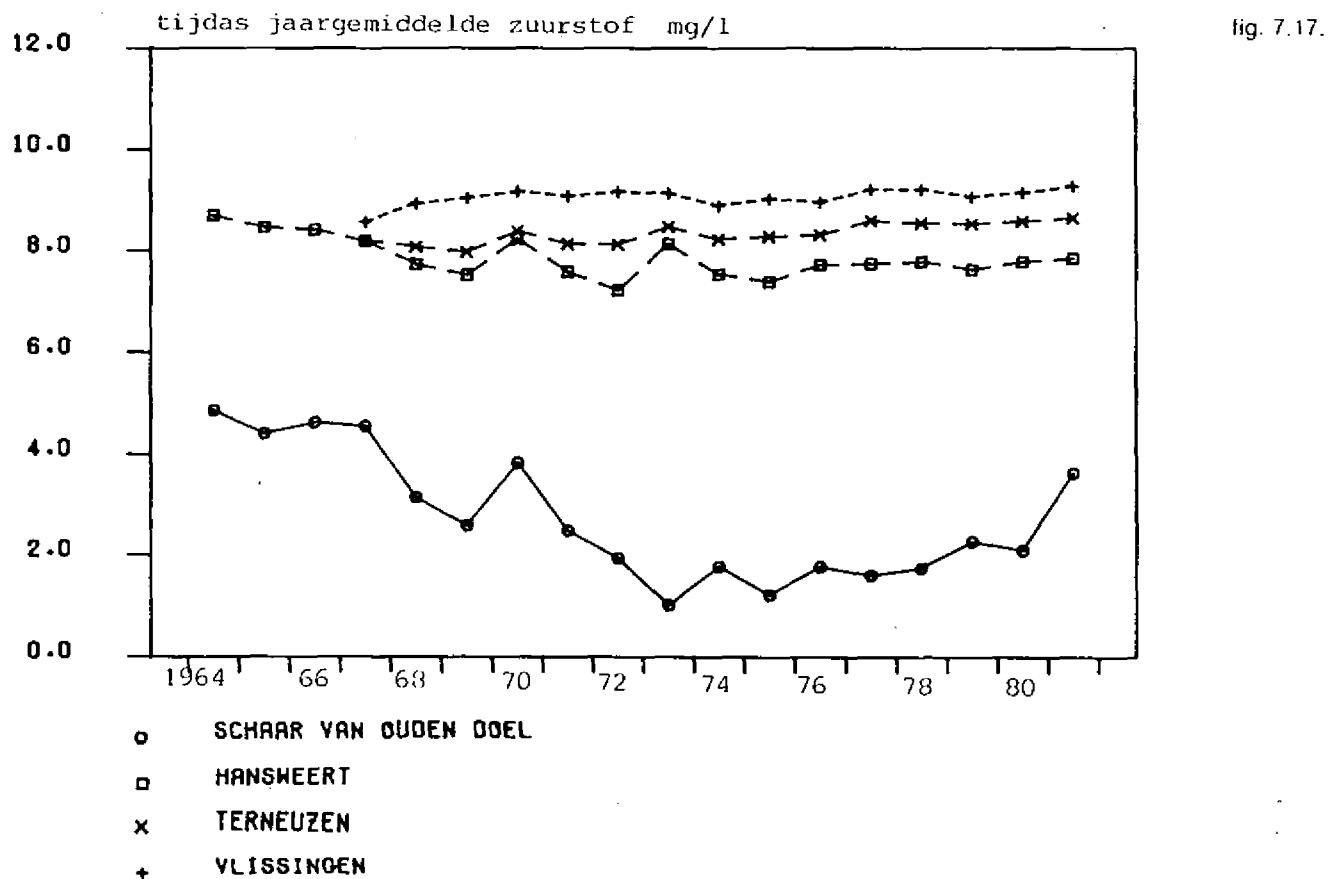
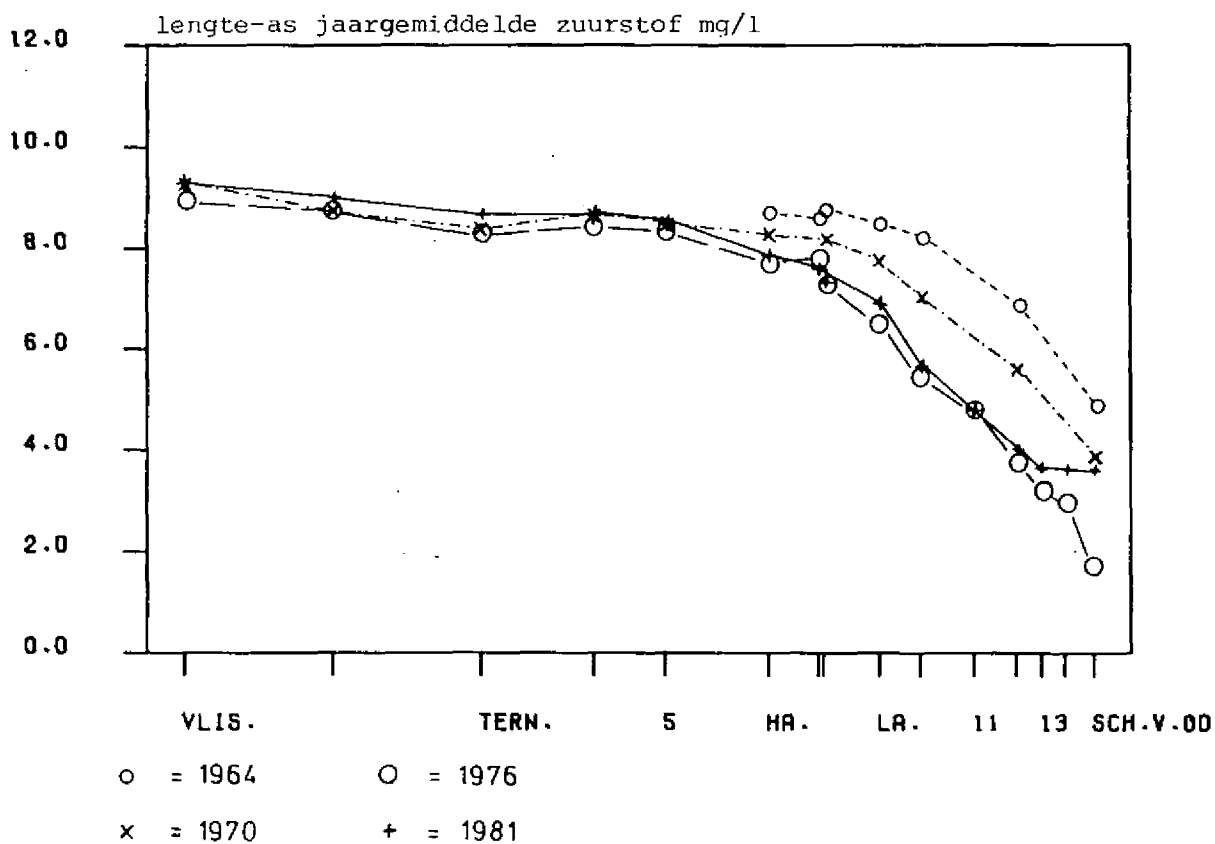


fig.7.15.



Tabel 7.4. Overzicht van jaargemiddelde zuurstofgehalten (mg/l) en Schelde-afvoeren (m<sup>3</sup>/s) bij Schaar van Ouden Doel.

|         | '64 | '65 | '66 | '67 | '68 | '69 | '70 | '71 | '72 | '73 | '74 | '75 | '76 | '77 | '78 | '79 | '80 |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| gehalte | 4,9 | 4,4 | 4,6 | 4,6 | 3,2 | 2,6 | 3,8 | 2,5 | 1,9 | 1,0 | 1,8 | 1,2 | 1,8 | 1,6 | 1,8 | 2,3 | 2,1 |
| afvoer  | 87  | 184 | 246 | 146 | 133 | 115 | 110 | 66  | 73  | 68  | 139 | 100 | 160 | 98  | 87  | 104 | 129 |



## 7.6 Biochemisch Zuurstof Verbruik (BZV<sub>5</sub>)

Het BZV<sub>5</sub> geeft een indruk hoeveel zuurstof nodig is om de in het water aanwezige organische stoffen langs bacteriologische weg af te breken en geeft derhalve aan in hoeverre water met biologisch afbreekbaar materiaal belast is.

Een hoge BZV<sub>5</sub>-belasting heeft veelal een daling van het in het water aanwezige zuurstofgehalte als gevolg. Dit kan leiden tot anaerobe afbraakprocessen (rotting) en sterfte van de in het water aanwezige organismen.

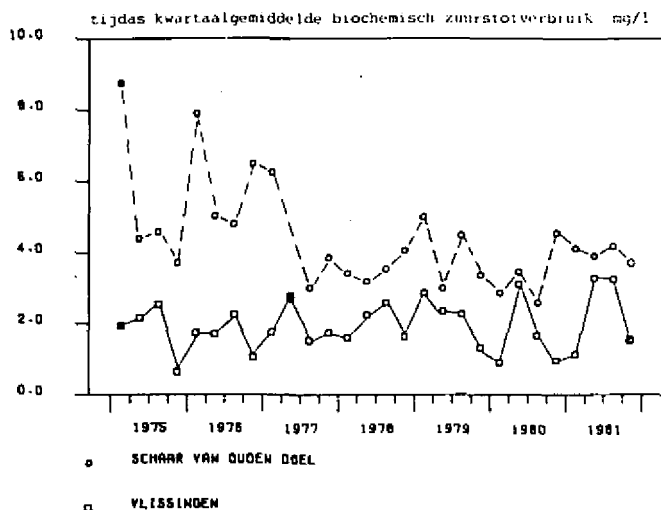
Door vermenging van zuurstofarm en BZV<sub>5</sub>-rijk Scheldewater met relatief zuurstofrijk en BZV<sub>5</sub>-arm Noordzeewater treedt een versnelde BZV<sub>5</sub>-afname op (fig. 7.19). Op het traject Hansweert-Vlissingen is vrijwel niets over van de hoge belasting bij Schaar van Ouden Doel. Fig. 7.20 laat zien dat het BZV<sub>5</sub>-gehalte bij Schaar van Ouden Doel vanaf 1964 steeg tot gemiddeld 7,9 mg/l in 1971. In het begin van de jaren 70 zette zich een daling van het gehalte in, waarbij in 1981 een jaar-gemiddelde van 4,0 mg/l werd bereikt. Uit berekeningen met het model OSTWAT (bijlage 5a,b) blijkt de afvoer mede bepalend te zijn geweest voor de waargenomen gehalten en trends. In tabel 7.5 is een overzicht gegeven van een aantal BZV<sub>5</sub>-vrachten en Schelde-afvoeren. Ook hieruit blijkt een geleidelijke afname van de belasting door de Schelde.

Uit fig. 7.18 blijkt het BZV<sub>5</sub>-gehalte in de hele Westerschelde aan grote variaties onderhevig te zijn, hoewel er geen seizoensinvloeden kunnen worden onderscheiden. Met name bij Vlissingen zijn de verschillen tussen minima en maxima de laatste jaren toegenomen. Mogelijke oorzaken kunnen een toename van ongezuiverde lozingen uit Walcheren en/of de toename van de baggeractiviteiten voor de Belgische kust zijn.

Vanaf 1972 wordt het BZV<sub>5</sub>-gehalte bepaald na toevoeging van allylthiourem, daarvoor vond deze toevoeging niet plaats, waardoor de voor 1972 gemeten gehalten ca. 1-2 mg/l te hoog zijn.

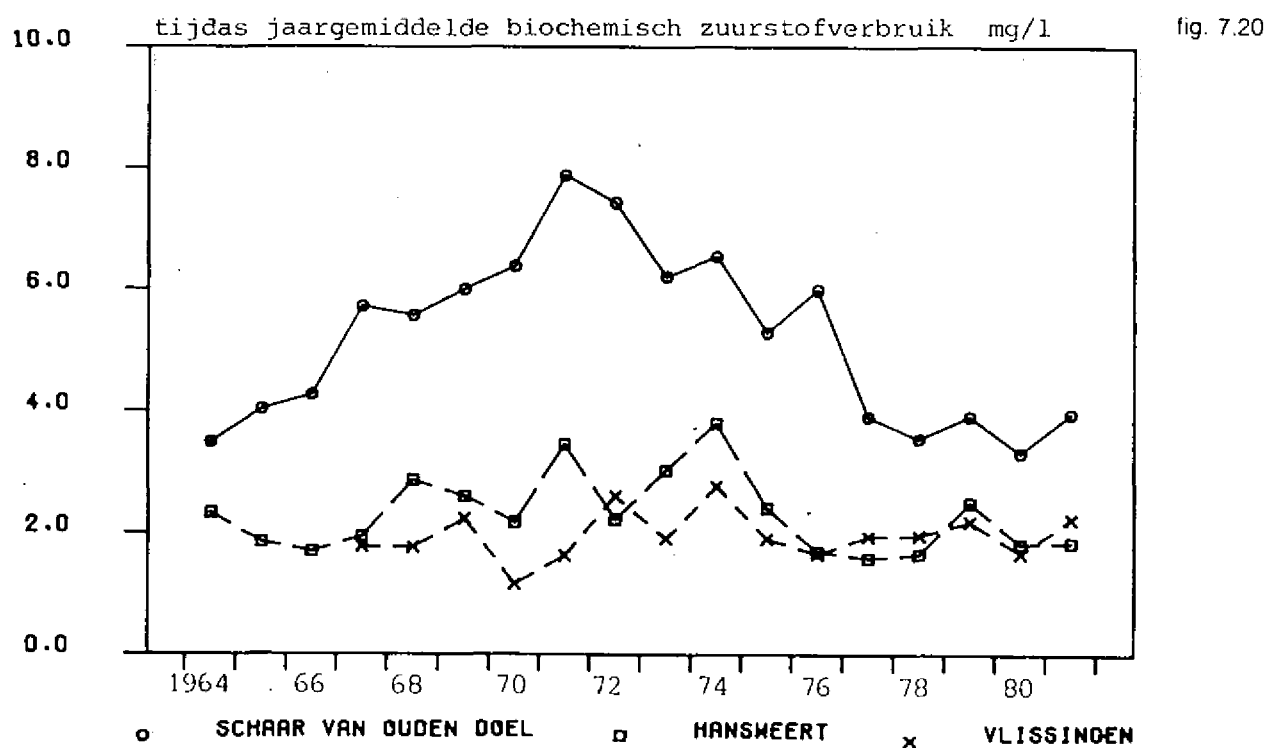
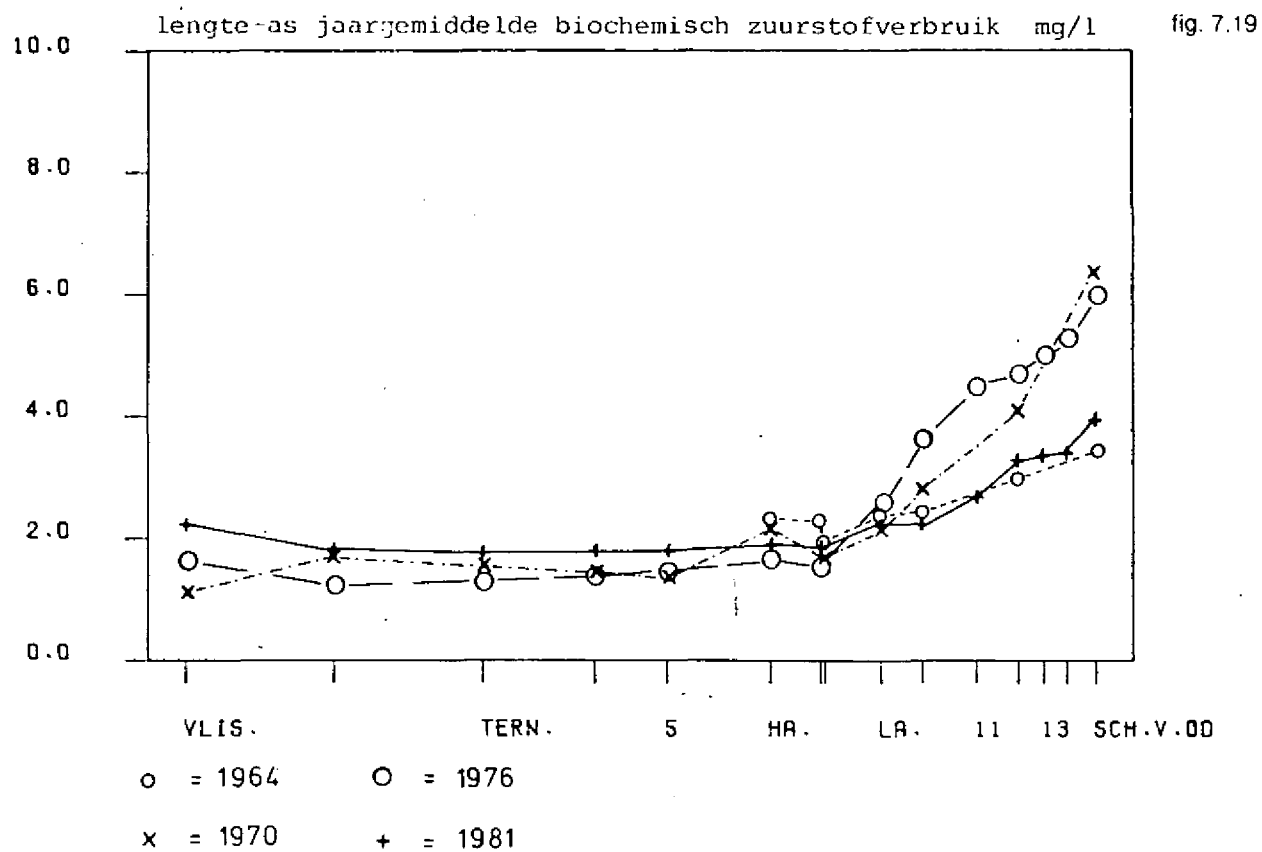
Om aan de basiskwaliteit te voldoen geldt als norm een jaar-gemiddeld gehalte kleiner dan 5,0 mg/l. Deze norm is bij Schaar van Ouden Doel in de periode 1967-1976 niet gehaald. Na 1976 wordt wel aan deze norm voldaan.

fig. 7.18.



Tabel 7.5. Overzicht van BZV<sub>5</sub>-vrachten (in kiloton per jaar) en jaargemiddelde Schelde-afvoeren (m<sup>3</sup>/s) bij Schaar van Ouden Doel.

|        | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Vracht | 26   | 20   | 37   | 28   | 22   | 17   | 14   | 23   | 16   |
| afvoer | 73   | 68   | 139  | 100  | 60   | 98   | 87   | 104  | 129  |



## 7.7 Zuurgraad (pH)

---

Van Vlissingen naar Schaar van Ouden Doel daalt de zuurgraad (pH) van het Westerscheldewater met ca. 0,5 eenheden (zie fig. 7.21). Deze lagere zuurgraad van het meer brakke Scheldewater bij Schaar van Ouden Doel wordt veroorzaakt door de afbraak van in het water aanwezige organische stoffen waarbij  $\text{CO}_2$  vrijkomt, dat opgelost in water een zuurgraad verlagend effect heeft. Het is vooral de verdunnende werking van zeewater die dit effect in westelijke richting niet meer waarneembaar maakt.

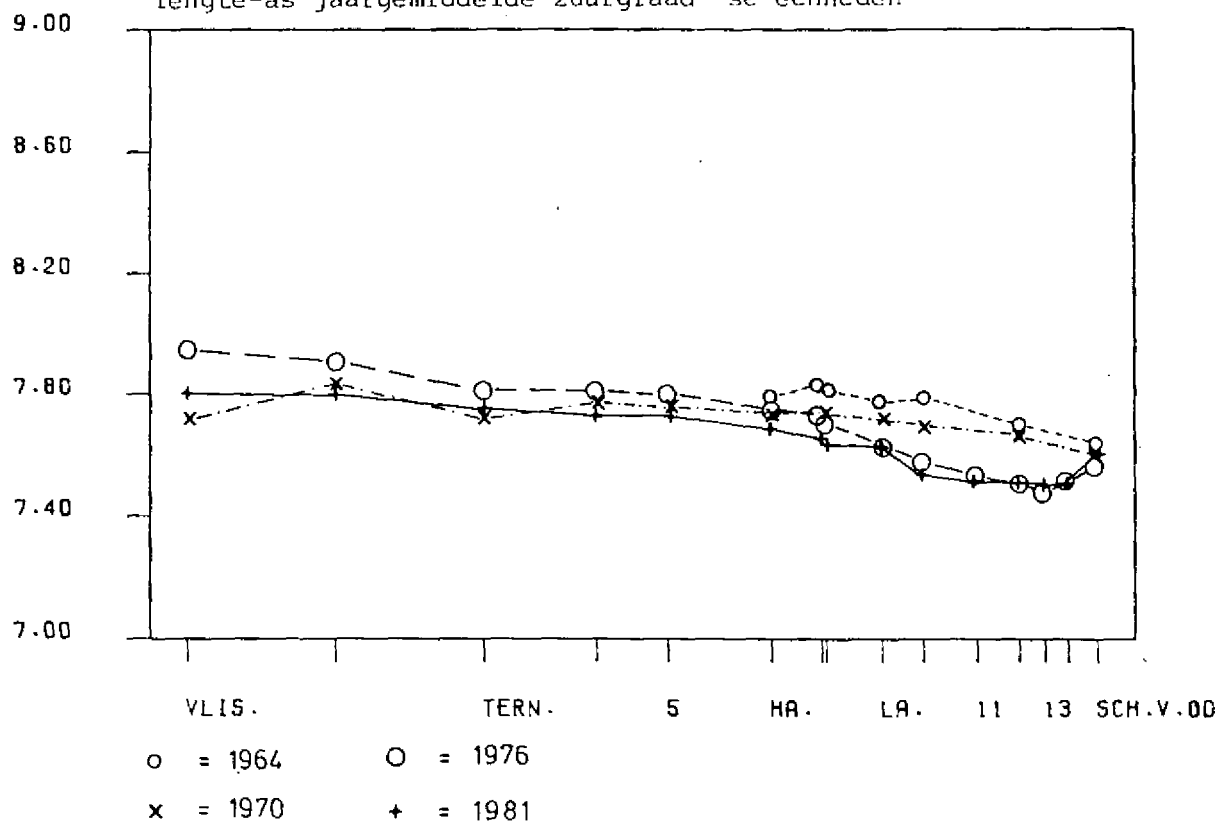
De toenemende BZV<sub>5</sub>-belasting tot het begin van de jaren 70 heeft een verlaging van de zuurgraad in het oostelijk deel van de Westerschelde tot gevolg gehad met 0,25 eenheden (fig. 7.22). De afname van deze belasting heeft in de 70-er jaren weer een geleidelijke stijging van de zuurgraad tot gevolg gehad in het oostelijk deel van de Westerschelde.

Westelijk van Hansweert zijn deze zuurgraadveranderingen minder significant.

Om aan de basiskwaliteit te voldoen geldt als norm dat alle waarnemingen tussen pH 6,5 en 9 behoren te liggen. Bij Schaar van Ouden Doel is in de hier beschreven periode geen overschrijding of onderschrijding van de norm geconstateerd.

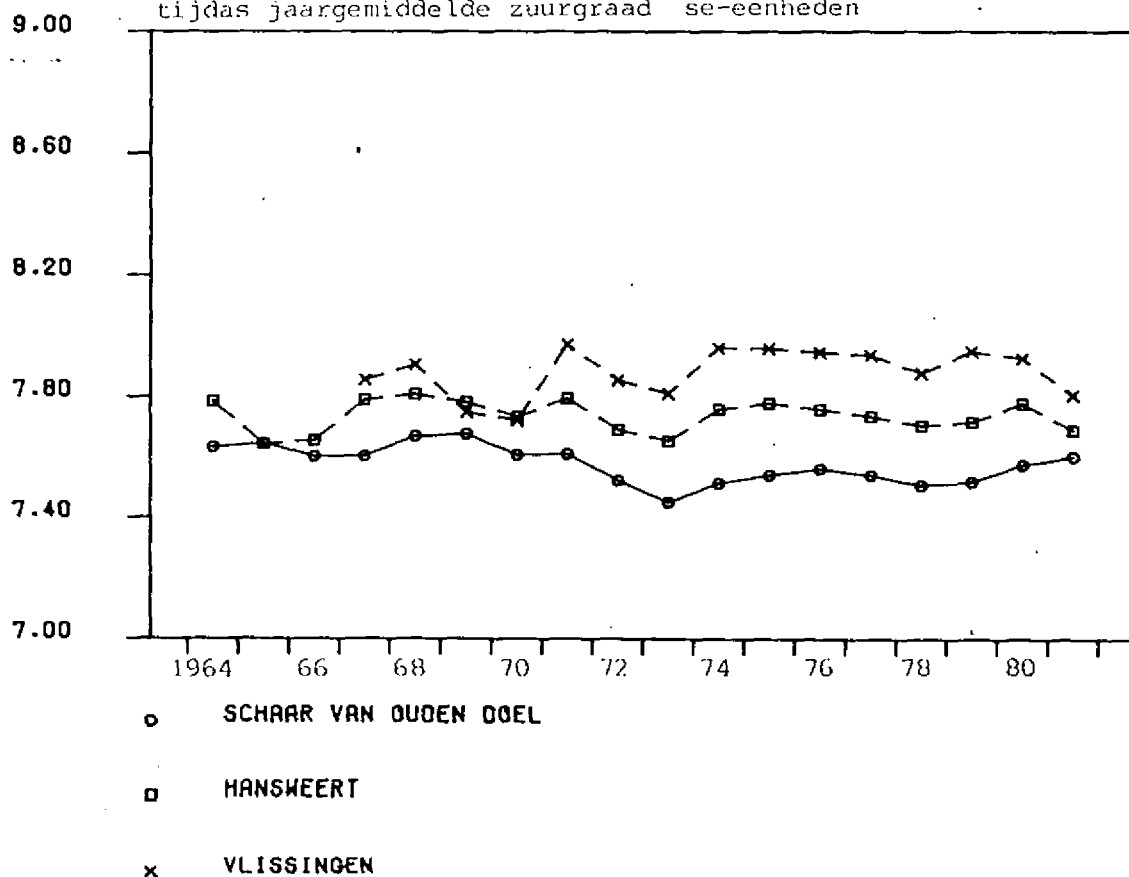
lengte-as jaargemiddelde zuurgraad se-eenheden

fig. 7.21.



tijdas jaargemiddelde zuurgraad se-eenheden

fig. 7.22.



## 7.8 Stikstof

### 7.8.1 Algemeen

Stikstofhoudende verbindingen zijn in oppervlaktewateren aan een groot aantal chemische en biologische processen onderhevig. De belangrijkste van deze processen zijn:

- ammonifikatie. Organisch gebonden stikstof wordt omgezet in ammoniumstikstof ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ).
- $\text{NH}_3$  (ammoniak) en  $\text{NH}_4^+$  zijn met elkaar in evenwicht. Een stijging van de pH heeft een stijging van het toxische  $\text{NH}_3$ -gehalte tot gevolg.
- Nitrifikatie. Het ammoniumstikstof wordt via het tussenprodukt nitrietstikstof ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ) door bacteriën omgezet in nitraatstikstof ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ). Dit is een proces dat zuurstof vereist: voor de omzetting van 1 mg  $\text{NH}_4\text{-N}$  is theoretisch 4,57 mg  $\text{O}_2$  nodig. In zuurstofarm water zal dit proces leiden tot anaërobie.
- eutrofiëring. Stikstofverbindingen, met name  $\text{NO}_3\text{-N}$ , zijn belangrijke voedingselementen voor organismen (fito- en zoöplankton, bacteriën).
- denitrifikatie. Door denitrificerende bacteriën wordt nitraatstikstof omgezet in vrije stikstof ( $\text{N}_2$ ) dat voor een belangrijk deel in de atmosfeer verdwijnt.

De som van de parameters  $\text{NH}_4\text{-N}$  en organisch gebonden stikstof wordt Kjeldahlstikstof (Kj-N) genoemd.

Vanaf 1972 worden de stikstofverbindingen op de zogenaamde auto-analyser (automatische analysemethode) bepaald. Daarvoor gebeurde dit met de hand.

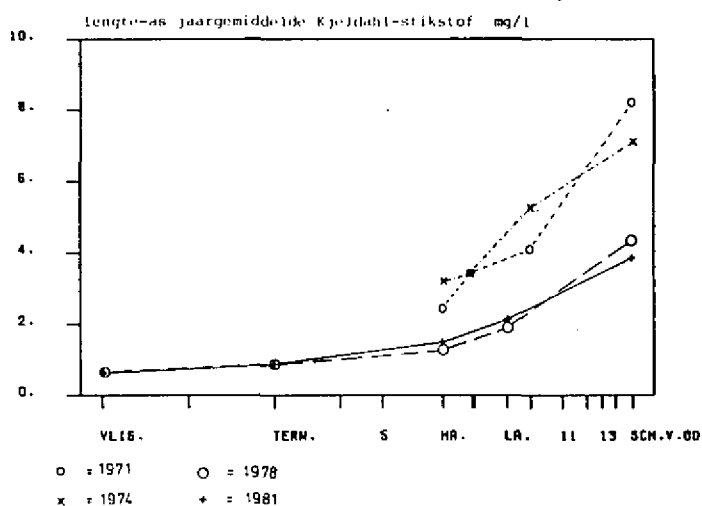
### 7.8.2 Kjeldahlstikstof ( $\text{NH}_4\text{-N}$ + organisch gebonden stikstof)

De parameter Kjeldahlstikstof wordt sinds 1971 in de Westerschelde bepaald. Tussen 1971 en 1973 lag het gehalte bij Schaar van Ouden Doel op een niveau van ca. 8,2 mg/l (fig. 7.24).

Na 1973 is het gehalte verminderd tot gemiddeld 3,9 mg/l in 1981. Tabel 7.6 laat zien dat ondanks deze verlaging de belasting aan Kjeldahlstikstof en organisch gebonden stikstof die via de Schelde in de Westerschelde komt, veel minder is afgenomen, dan op grond van de gehaltesdalingen verwacht had mogen worden. Hieruit (en ook uit bijlage 5a,b) blijkt dat de waterkwaliteitsverbetering voor een deel moet worden toegeschreven aan een verhoging van de Schelde-afvoer in het begin van de jaren 70. Fig. 7.23 laat zien dat de sterkste afname plaatsvindt op het traject Schaar van Ouden Doel-Hansweert, deels door verdunning en deels door nitrifikatie. Het gehalte aan Kjeldahlstikstof is onderhevig aan seizoensinvloeden (fig. 7.25); 's zomers worden bij Schaar van Ouden Doel lage gehalten gemeten (ongeveer 3mg/l); 's winters

liggen deze gehalte hoger (ca. 7 mg/l) als gevolg van een bijna niet verlopende nitrifikatie. Ten gevolge van de grote verdunning met zeewater en een al bijna gestopte nitrifikatie is bij Vlissingen nog maar relatief weinig van deze seizoensinvloeden te merken.

fig. 7.23.



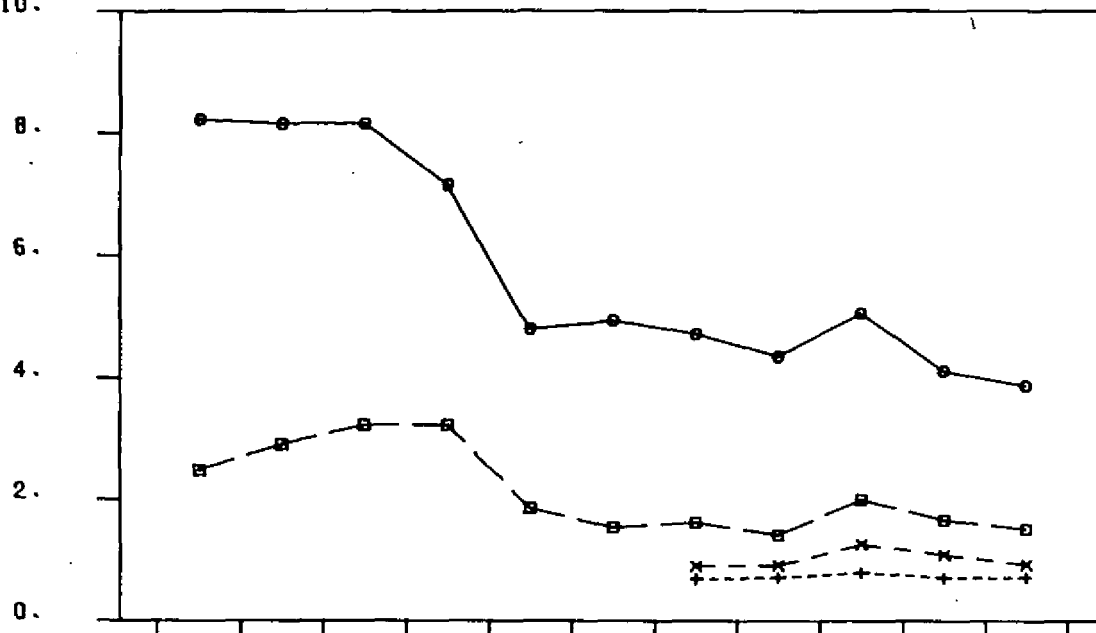
Tabel 7.6. Overzicht berekende jaarvrachten Kjeldahl- en organisch verbonden stikstof (in kiloton per jaar) en jaargemiddelde Schelde-afvoeren ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) bij Schaar van Ouden Doel.

|              | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Vracht Kj-N  | 28   | 26   | 34   | 24   | 18   | 21   | 19   | 30   | 21   |
| Vracht org-N | 6    | 9    | 6    | 6    | 4    | 3    | 6    | 10   | 7    |
| Afvoer       | 73   | 68   | 139  | 100  | 60   | 98   | 87   | 104  | 129  |

10.

tijdas jaargemiddelde Kjeldahl-stikstof mg/l

fig. 7.24.



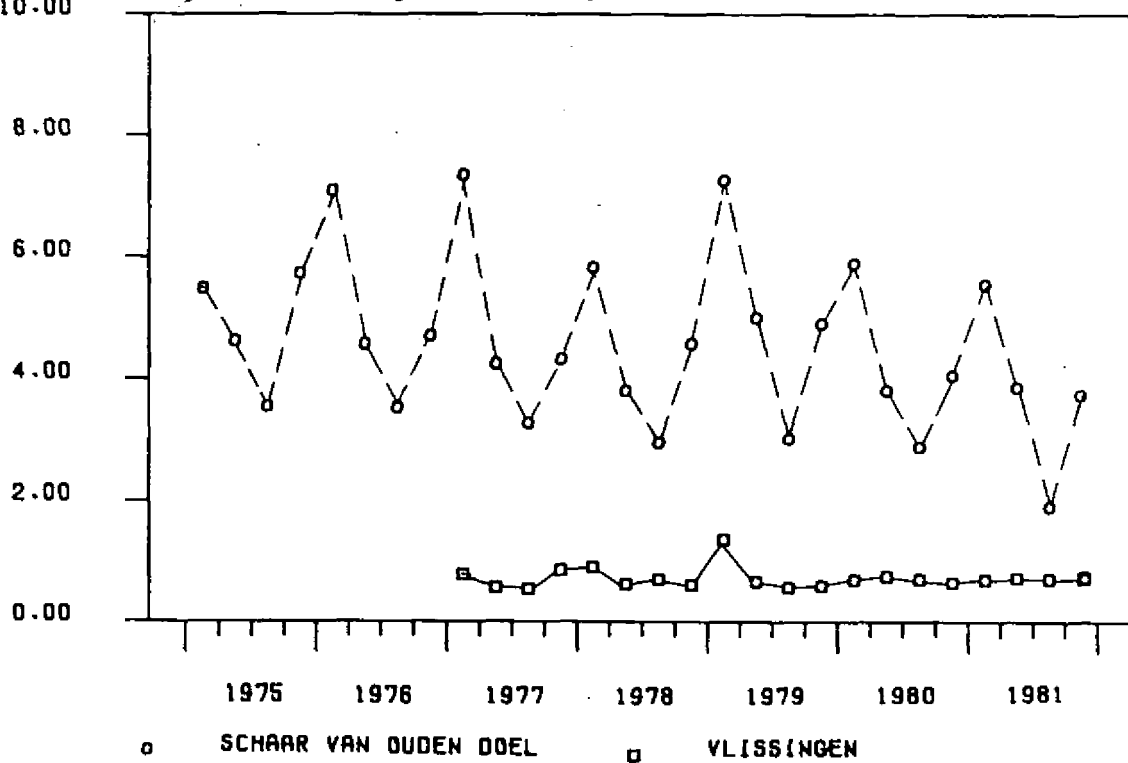
1971 1972 1973 1974 1975 1976 1977 1978 1979 1980 1981

- o SCHAAAR VAN OUDEN DOEL
- HANSWEERT 15(RC 3)
- x TERNEUZEN 28
- + VLISSINGEN 3(RC 7)

10.00

tijdas kwartaalgemiddelde Kjeldahl-stikstof mg/l

fig. 7.25.



1975 1976 1977 1978 1979 1980 1981

- o SCHAAAR VAN OUDEN DOEL
- VLISSINGEN

### 7.8.3 Ammoniumstikstof ( $\text{NH}_4\text{-N}$ )

Het gehalte aan ammoniumstikstof vertoont een soortgelijk verloop als dat van  $\text{BZV}_5$  en Kjeldahlstikstof. Tot aan het begin van de 70-er jaren steeg het  $\text{NH}_4\text{-N}$ -gehalte bij Schaar van Ouden Doel van gemiddeld 1,3 mg/l in 1964 tot 6,8 mg/l in 1973 door een toename van de belasting door de Schelde en een afname van de afvoer. Evenals bij Kjeldahlstikstof het geval is, zijn de  $\text{NH}_4\text{-N}$ -gehalten na het begin van de 70-er jaren afgenomen terwijl de  $\text{NH}_4$ -vrachten die door de Schelde werden aangevoerd in veel mindere mate zijn afgenomen dan op grond van de gehalteverlaging verwacht had mogen worden. Ook hier kan de verbetering voor een belangrijk deel toegeschreven worden aan een geleidelijke verhoging van de Schelde-afvoer (tabel 7.7). Berekeningen met het model OST-

WAT (bijlage 5a,b) tonen een invloed van de afvoer op de waargenomen gehalten aan.

Uit fig. 7.26 blijkt dat door verdunning met zeewater en nitrifikatie de grootste afname plaatsvindt op het traject Schaar van Ouden Doel-Hansweert.

Evenals Kjeldahlstikstof heeft het gehalte aan ammoniumstikstof een seizoensafhankelijkheid (fig. 7.28). In de zomer liggen de gehalten ca. 3 mg/l lager dan in de winter als gevolg van een in de winter bijna niet verlopende nitrifikatie. Ten gevolge van de grote verdunning met zeewater is bij Vlissingen nog maar weinig van deze seizoensinvloeden merkbaar.

Als norm voor de basiskwaliteit geldt een jaargemiddeld gehalte aan  $\text{NH}_4\text{-N}$  (+  $\text{NH}_3\text{-N}$ ) kleiner dan 1 mg/l. Hieraan is bij Schaar van Ouden Doel in de gehele verslagperiode niet voldaan.

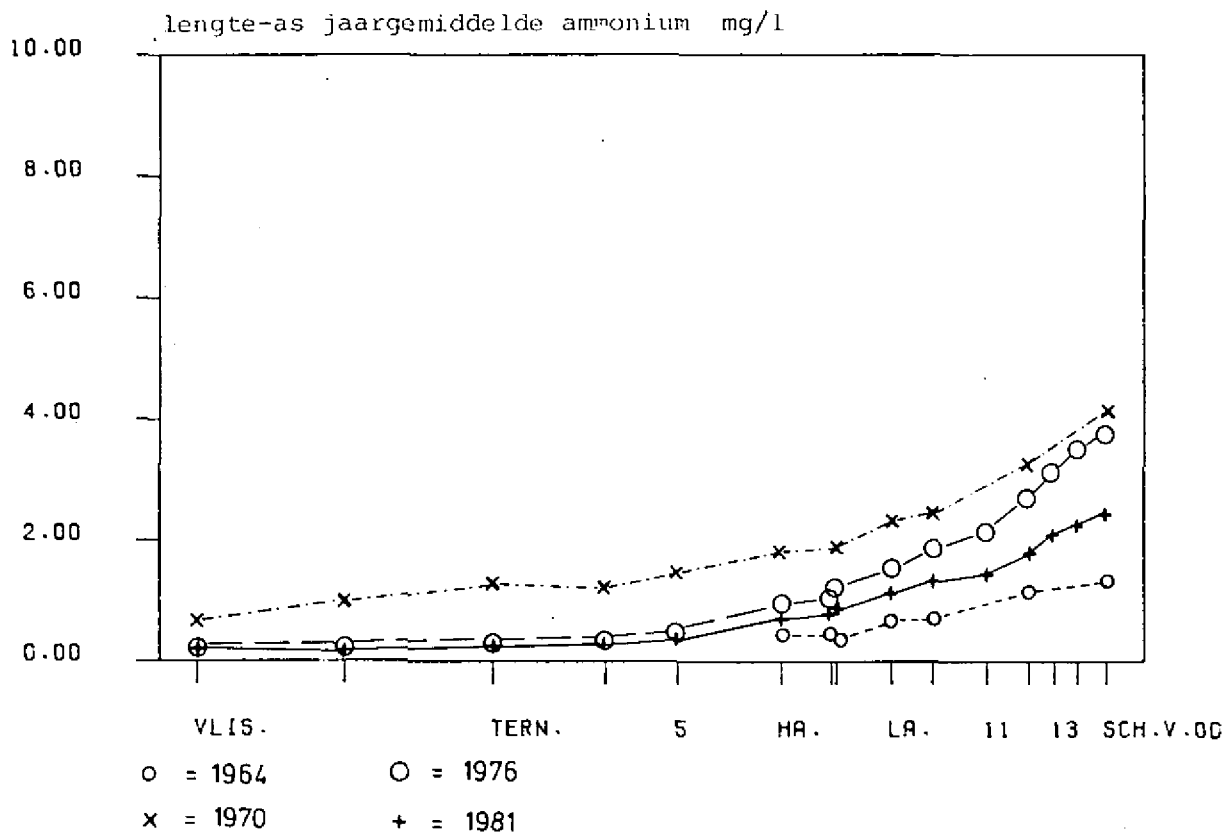
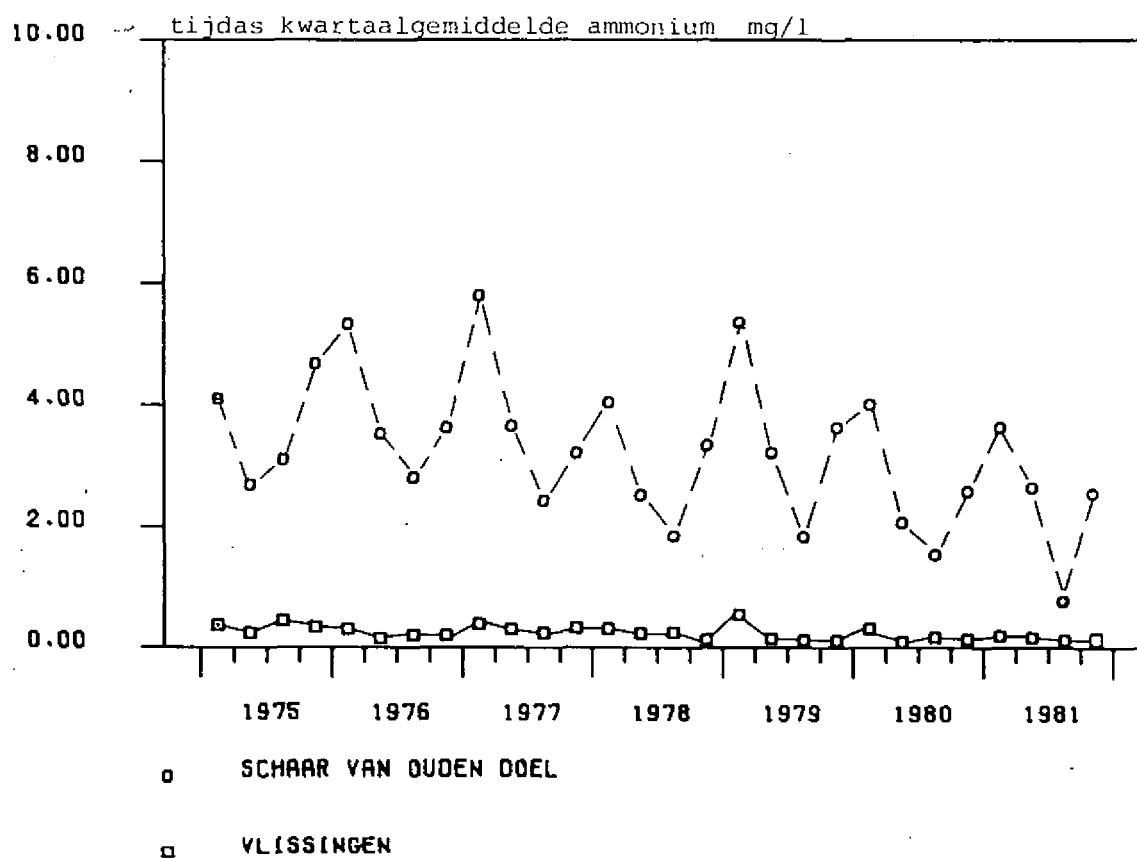
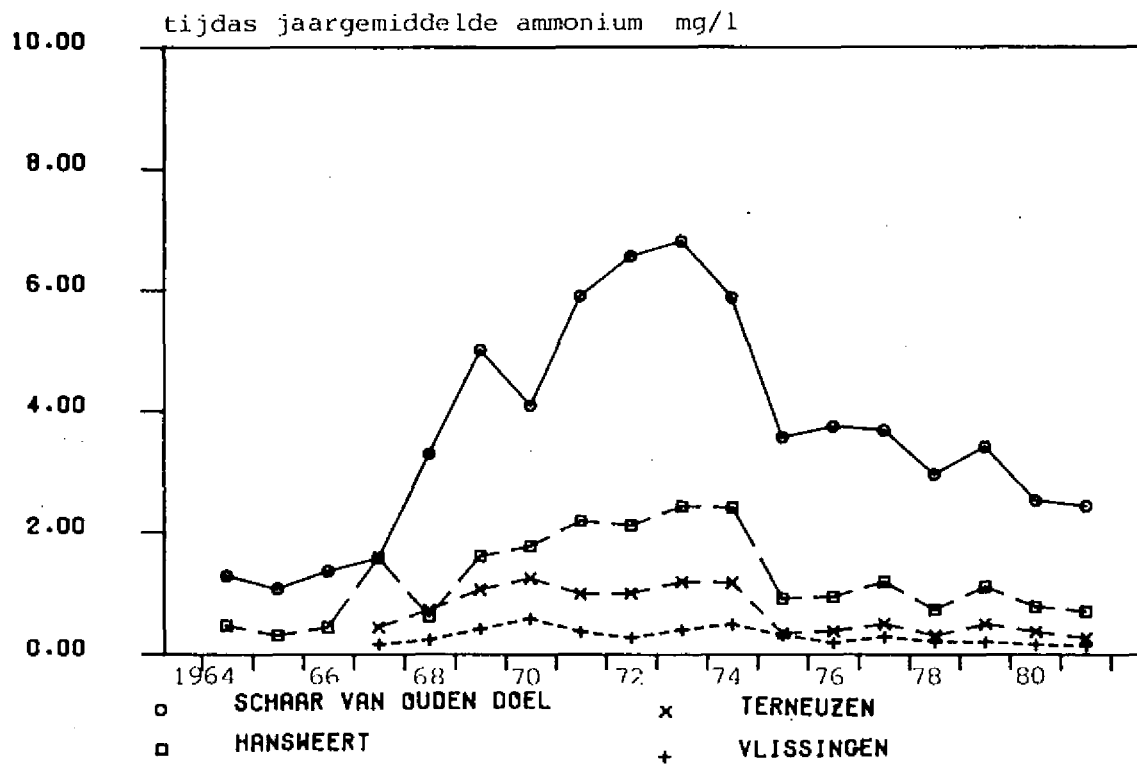


fig. 7.26.

Tabel 7.7. Overzicht berekende jaarvrachten ammoniumstikstof (kiloton per jaar) en Schelde-afvoer ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) bij Schaar van Ouden Doel.

|        | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Vracht | 22   | 17   | 28   | 18   | 14   | 18   | 13   | 20   | 14   |
| Afvoer | 73   | 68   | 139  | 100  | 60   | 98   | 87   | 104  | 129  |



#### 7.8.4 Nitraatstikstof ( $\text{NO}_3\text{-N}$ )

Sinds 1970, het jaar waarin begonnen werd met het meten van het nitraatstikstofgehalte, is dit gehalte voortdurend gestegen. Met name in het oostelijk deel van de Westerschelde is deze toename groot, ongeveer een verdubbeling in 1981 ten opzichte van 1970 (fig. 7.29 en 7.30). Dat nitrifikatie in de Westerschelde in (toenemende) mate optreedt wordt bewezen door fig. 7.29: ondanks het ontbreken van grote toezingen en ondanks de verdunning met zeewater neemt het  $\text{NO}_3\text{-N}$ -gehalte westelijk van Schaar van Ouden Doel jaarlijks toe. Oorzaak hiervan is onder meer de bouw van rioolwaterzuiveringsinstallaties, waardoor sinds het begin van de jaren '70 het Scheldewater enerzijds geleidelijk meer werd belast met  $\text{NO}_3\text{-N}$  en anderzijds geleidelijk minder werd belast met zuurstofbindende stoffen ( $\text{BZV}_5\text{-NH}_4\text{-N}$ ). Als gevolg van de afname van de  $\text{BZV}_5$ -belasting kwam er meer zuurstof beschikbaar voor nitrifikatieprocessen (lit. 4). Daarnaast is de toename van de Schelde-afvoer van indirecte invloed geweest op het nitraatstikstofgehalte, omdat door de grotere verdunning

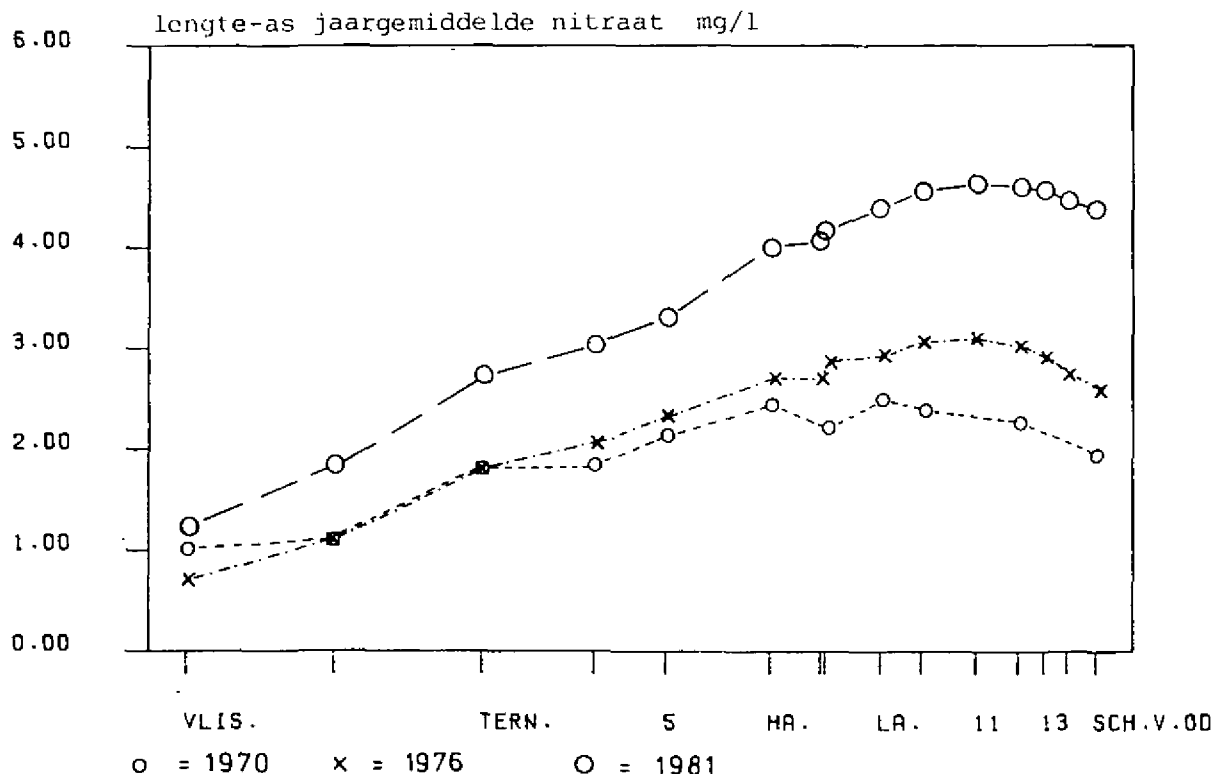
van zuurstofbindende stoffen meer zuurstof in het water beschikbaar kwam voor nitrifikatie. Uit berekeningen met het model OSTWAT blijkt een invloed van de Schelde-afvoer op de waargenomen gehalten (bijlage 5a,b). Het nitraatstikstofgehalte is onderhevig aan seizoensvariaties (fig. 7.31). De 's zomers hogere temperaturen hebben een hogere nitrifikatiesnelheid dan in de winter tot gevolg. Ten opzichte van de gehalten aan  $\text{NH}_4\text{-N}$  zijn de gehalten aan  $\text{NO}_3\text{-N}$  in de Westerschelde hoger en zijn deze variaties ook bij Vlissingen nog duidelijk merkbaar (in het algemeen zijn de nitraatstikstofgehalten in de Noordzee een fractie van de gehalten in de Westerschelde).

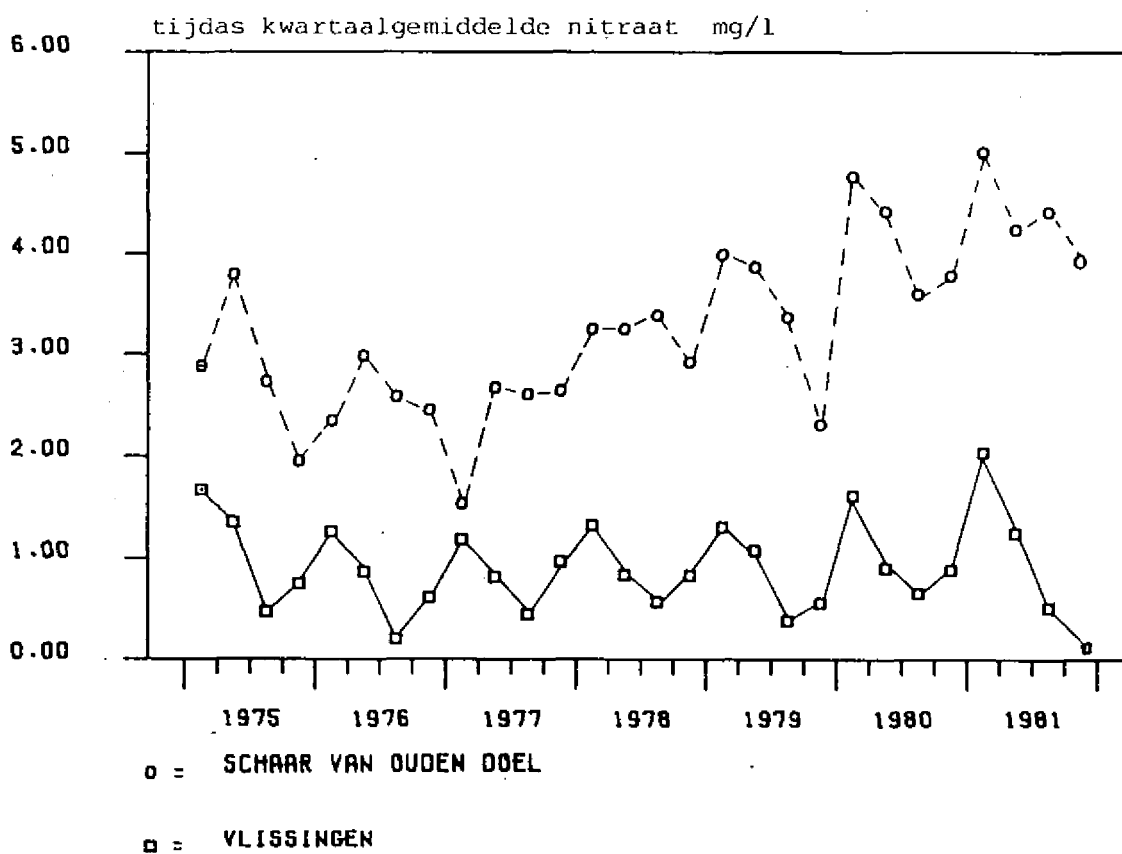
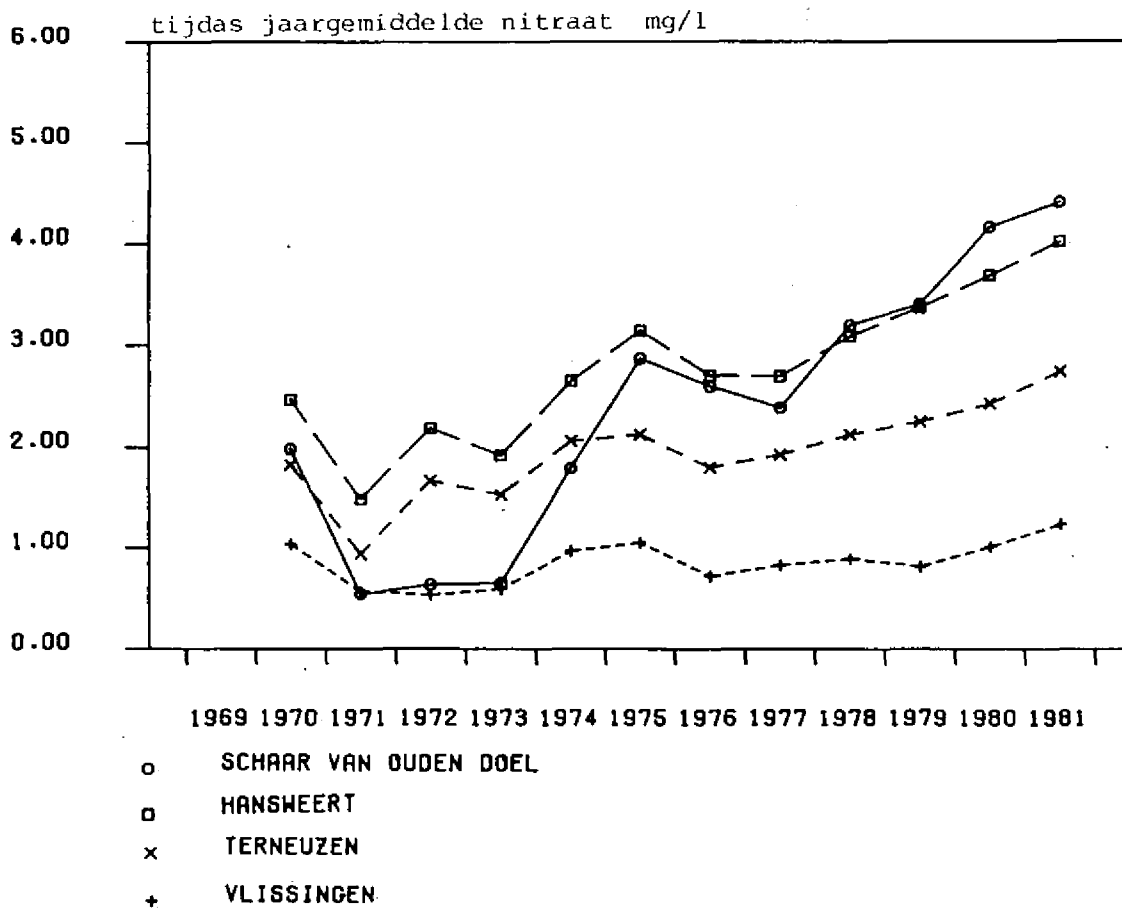
Tabel 7.8 geeft een overzicht van de jaarvrachten nitraatstikstof die sinds 1972 de Belgisch-Nederlandse grens gepasseerd zijn. Ook hieruit blijkt een toename van de nitrificatie.

Om aan de basiskwaliteit te voldoen geldt als norm een absoluut gehalte aan  $\text{NO}_3\text{-N} + \text{NO}_2\text{-N}$  van 10 mg/l. Bij Schaar van Ouden Doel is voor de hier behandelde termijn nimmer een overschrijding van deze norm gekonstateerd.

Tabel 7.8. Overzicht jaarvrachten nitraatstikstof (in kiloton per jaar) en Schelde-afvoeren ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) bij Schaar van Ouden Doel.

|        | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Vracht | 2,2  | 1,9  | 11,8 | 12,9 | 8,6  | 9,8  | 21,5 | 25,1 | 19,2 |
| Afvoer | 73   | 68   | 139  | 100  | 60   | 98   | 87   | 104  | 129  |





## 7.9 Fosfaat ( $\text{PO}_4\text{-P}$ )

Fosfaat wordt in twee vormen bepaald: in de vorm van ortho-fosfaat ( $\text{o-PO}_4\text{-P}$ ) en totaal fosfaat ( $\text{t-PO}_4\text{-P}$ ). De parameter  $\text{o-PO}_4\text{-P}$  bestaat uit in het water opgeloste orthofosfaten.

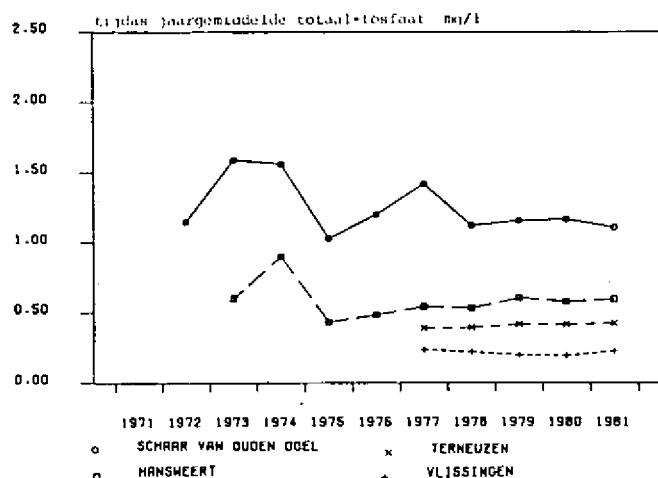
De parameter  $\text{t-PO}_4\text{-P}$  bestaat uit alle in het water opgeloste fosfaten en aan in het water voorkomende deeltjes gebonden fosforverbindingen die via destructieprocessen omgezet worden in orthofosfaat en als zodanig gemeten worden.

Dientengevolge omvat het totaal-fosfaat ook de parameter orthofosfaat.

Sinds 1971 wordt  $\text{o-PO}_4\text{-P}$  bepaald, sinds 1972  $\text{t-PO}_4\text{-P}$ . Vanaf 1972 vinden beide bepalingen plaats met behulp van de auto-analyser.

Het gehalte aan orthofosfaat is vooral in het oostelijk deel van de Westerschelde toegenomen (Schaar van Ouden Doel) van gemiddeld 0,39 mg/l in 1972 tot 0,60 mg/l in 1981 (fig. 7.35), mogelijk als gevolg van de toename van het gebruik van fosfaathoudende stoffen (wasmiddelen, kunstmest) en een uitbreiding van fosfaatverwerkende industrieën op Belgisch en Nederlands gebied. Het totaal-fosfaatgehalte is ondanks afzonderlijke variaties gemiddeld gelijk gebleven (fig. 7.32). Ook uit vrachtberekeningen (tabel 7.9) blijkt dat vanaf het begin van de jaren 70 de hoeveelheid orthofosfaat die

fig. 7.32.



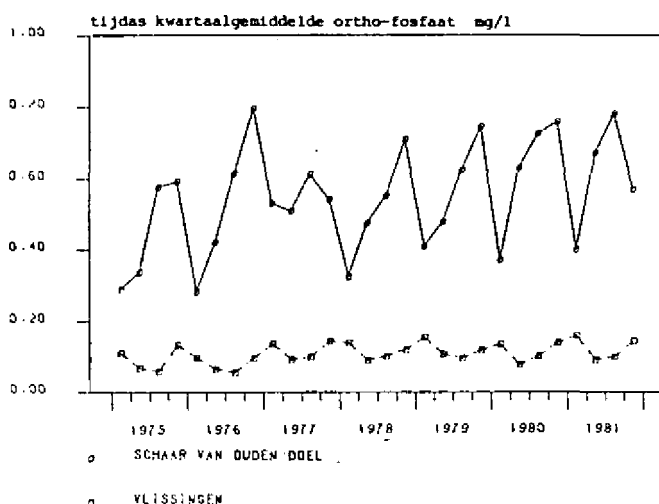
jaarlijks de Belgisch-Nederlandse grens passeert is toegenomen, terwijl de vrachten aan totaal-fosfaat en particulier ge-

bonden fosfaat (aan zwevend stof + organisch gebonden fosfaat) ongeveer konstant bleven.

Orthofosfaat vormt een van de belangrijkste voedingsstoffen voor algen. In het voorjaar en de zomer zou een verlaging van het orthofosfaatgehalte te verwachten zijn omdat in die periode de algengroei groter is dan in de rest van het jaar. Bij Vlissingen wordt dit inderdaad waargenomen. Bij Schaar van Ouden Doel is echter het tegenovergestelde het geval: in de zomer zijn de orthofosfaatgehalten hoog en in de winter laag. Dit vindt waarschijnlijk zijn oorzaak in de 's zomers vaak voorkomende zuurstofloosheid van het Scheldewater, waardoor aan sediment geadsorbeerde orthofosfaten weer in oplossing gaan (fig. 7.33).

In zeewaartse richting neemt het ortho- en totaal-fosfaatgehalte, ondanks de vele lozingen, door verdunning met zeewater en sedimentatie af (fig. 7.32 en 7.34).

fig. 7.33.



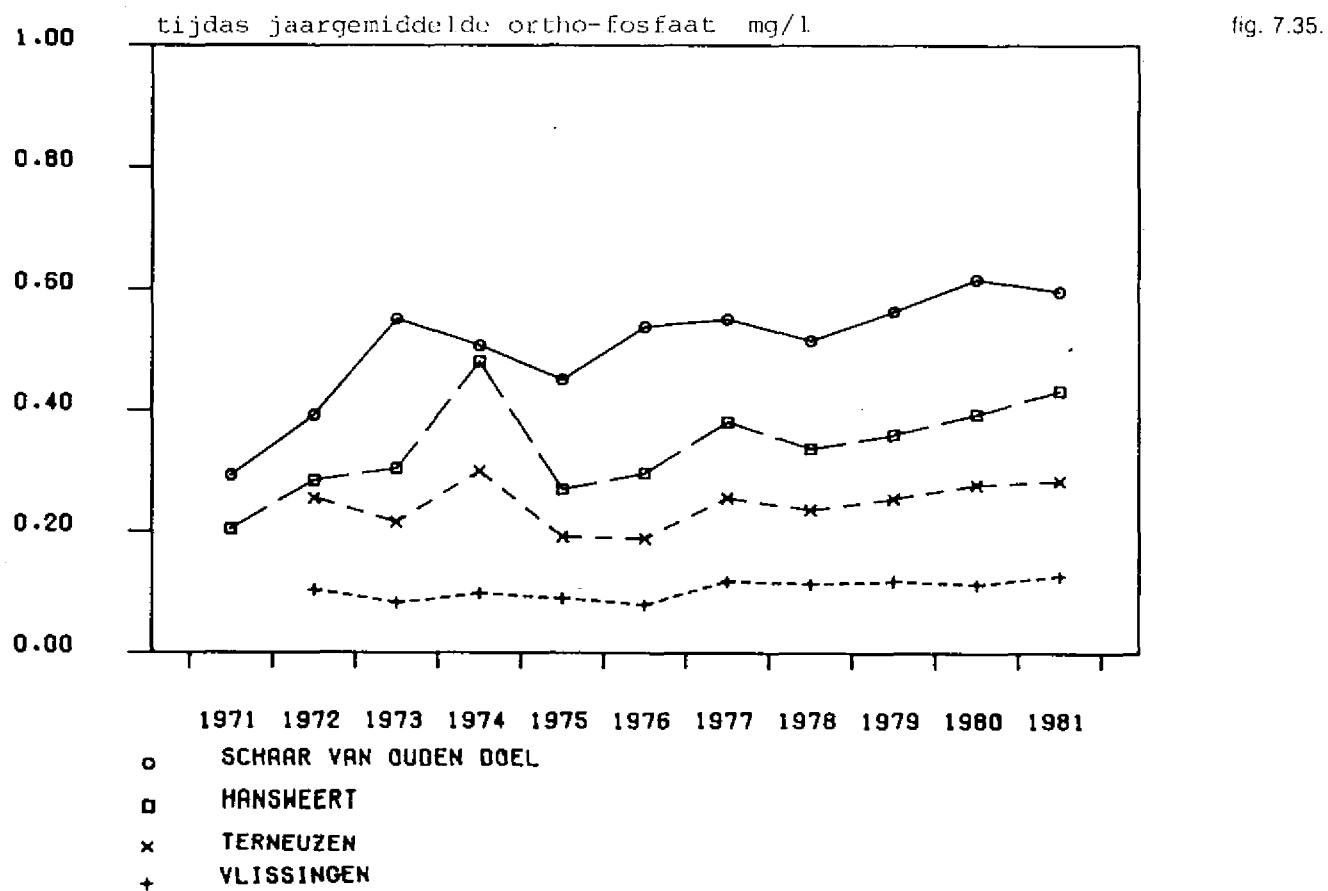
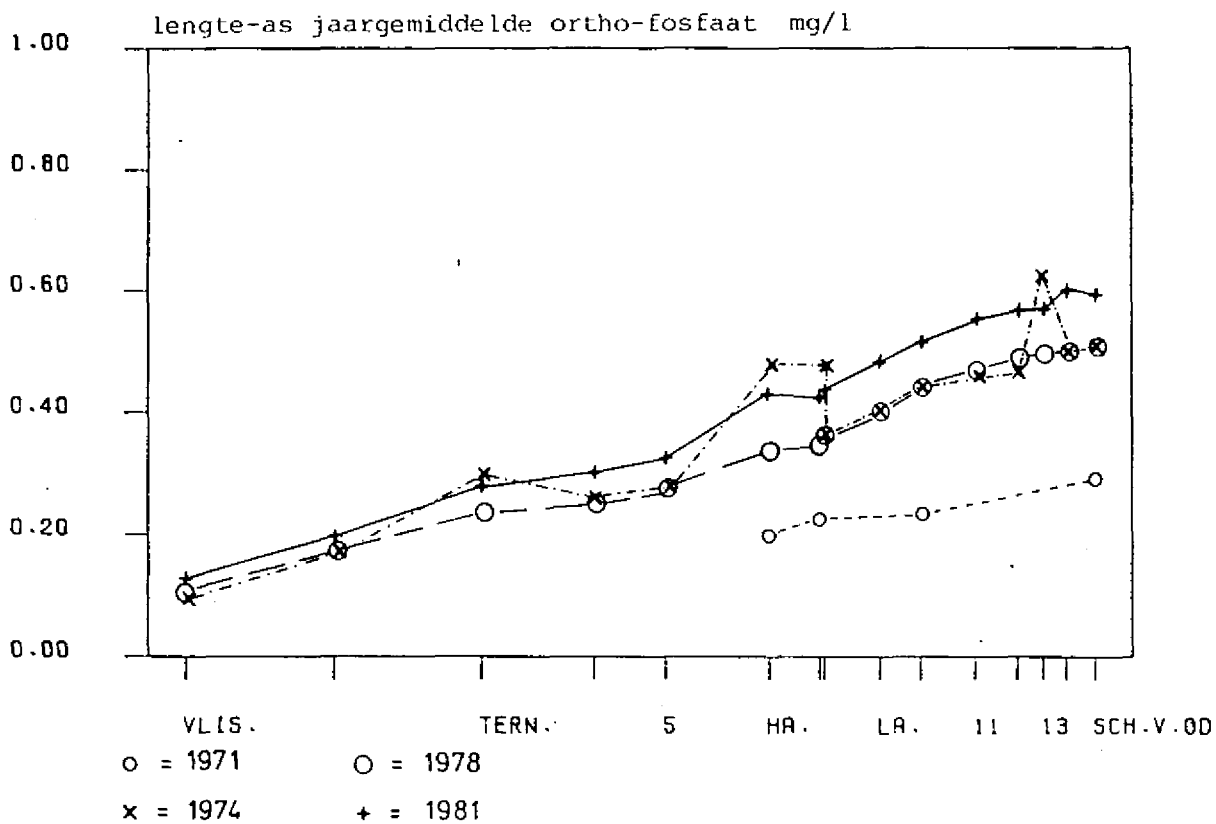
Globale berekeningen (lit. 10) geven een sedimentatie van ca. 5000 ton P per jaar aan. Deze berekeningen duiden eveneens op desorptie van fosfaat uit zwevend stof.

Daar bij deze berekeningen geen rekening is gehouden met lozingen is nader onderzoek naar de invloed van lozingen op deze processen gewenst.

Als norm voor de basiskwaliteit geldt een jaargemiddelde gehalte aan  $\text{t-PO}_4\text{-P}$  van kleiner dan 0,3 mg/l. Sinds in 1972 begonnen is met de bepalingen is aan deze norm bij Schaar van Ouden Doel niet voldaan.

Tabel 7.9. Overzicht berekende jaarvrachten  $\text{o-PO}_4\text{-P}$  en particulier gebonden fosfaat (in kiloton per jaar) en Schelde-alvoeren ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) bij Schaar van Ouden Doel.

|                          | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 |
|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Vracht                   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| $\text{o-PO}_4\text{-P}$ | 1,1  | 1,6  | 3,0  | 1,9  | 1,8  | 2,3  | 2,0  | 3,4  | 2,7  |
| Vracht                   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| $\text{t-PO}_4\text{-P}$ | 3,9  | 5,2  | 11,7 | 4,9  | 5,1  | 7,0  | 3,9  | 6,0  | 4,5  |
| Vracht part.             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| $\text{PO}_4\text{-P}$   | 2,8  | 3,6  | 8,7  | 3,0  | 3,3  | 4,7  | 1,9  | 2,6  | 1,8  |
| Afvoer                   | 73   | 68   | 139  | 100  | 60   | 98   | 87   | 104  | 129  |



## 7.10 Silicium

Silicium wordt sinds 1974 in de vorm van opgelost silicaat gemeten. Het is een belangrijke voedingsstof voor de groei van kiezelalgen, zgn. diatomeeën, die als eerste algensoort in het voorjaar gaan bloeien. Het siliciumgehalte is dan ook onderhevig aan seizoensvariaties (fig. 7.36).

In zeewaartse richting neemt het gehalte af, voornamelijk door verdunning met zeewater. Sinds 1974 is er geen toe- of afname van de jaargemiddelde gehalten te constateren.

Tabel 7.10. geeft een overzicht van de jaarvrachten silicium die sinds 1974 vanuit de Schelde in de Westerschelde zijn terecht gekomen. Er bestaat een duidelijke correlatie tussen de Schelde-afvoer en het gehalte (korrelatiecoëfficiënt = 0,85): hoe hoger de Schelde-afvoer, hoe hoger het gehalte.

Hierdoor hangt ook de vracht nauw samen met de afvoer.

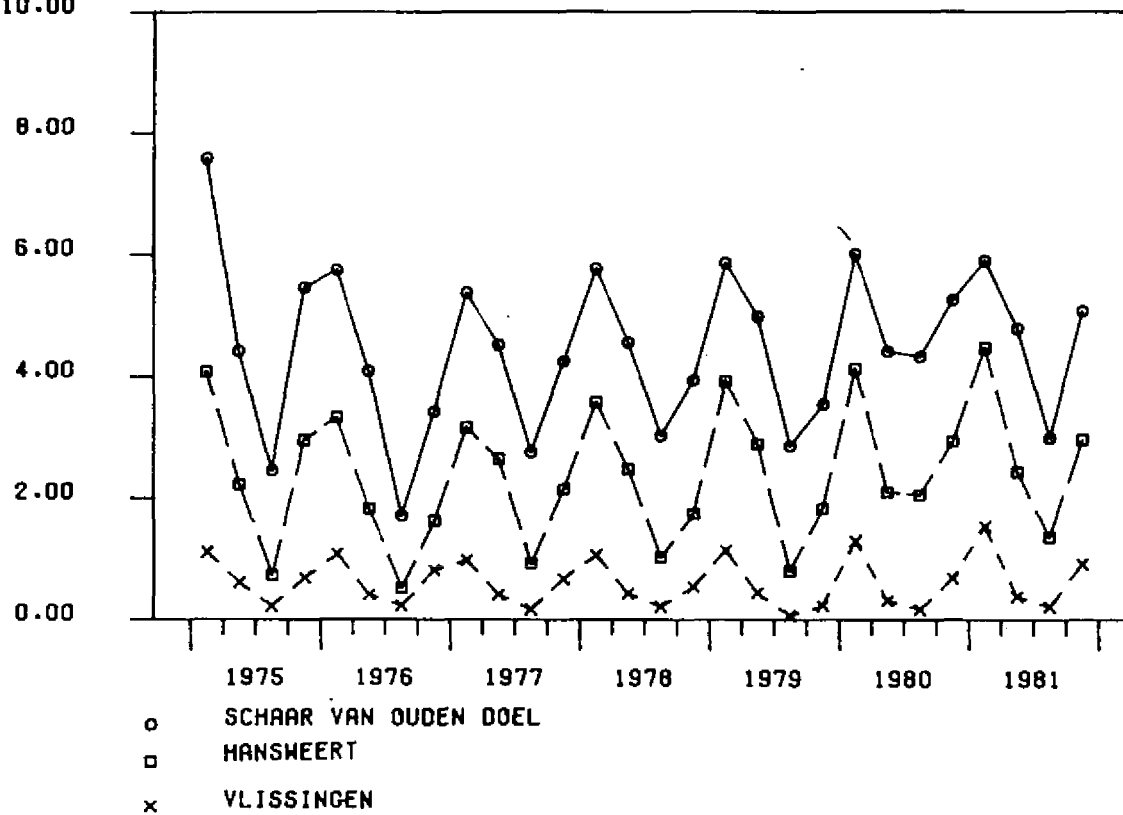
Overigens is niet al het silicium in de Westerschelde afkomstig van de Schelde. Voor een deel is silicium onderhevig aan de natuurlijke kringloop van mineralisatie van de bodem (mei-december) en het weer opladen van de bodem door afsterven van siliciumhoudende organismen.

*Tabel 7.10. Overzicht berekende jaarvrachten silicium (kiloton per jaar) gemiddelde gehalten (mg/l) en Schelde-afvoeren (m³/s) bij Schaar van Ouden Doel.*

|         | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|
| Vracht  | 35   | 26   | 13   | 20   | 19   | 25   | 25   |
| Gehalte | 6,0  | 5,0  | 3,7  | 4,2  | 4,4  | 4,3  | 5,0  |
| Afvoer  | 139  | 100  | 60   | 98   | 87   | 104  | 129  |

10.00 tijdas kwartaal gemiddelde opgelost silicium mg/l

fig. 7.36.

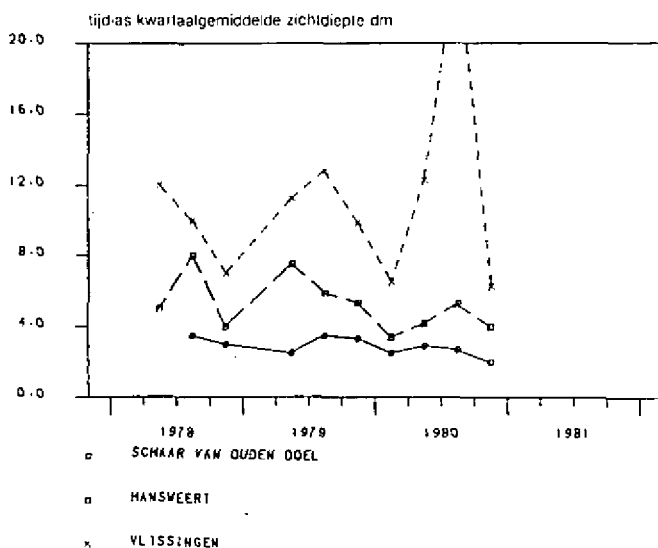


## 7.11 Chlorofyl-a

Chlorofyl (bladgroen) is een essentieel bestanddeel van plant-aardige organismen die via fotosynthese energie opwekken om te kunnen groeien. Het chlorofylgehalte in water geeft een indruk van de hoeveelheid aanwezige algen. De belangrijkste factoren die invloed hebben op de hoeveelheid algen zijn:

- aanwezigheid van voedingsstoffen. De belangrijkste voedingsstoffen fosfaat, nitraat en silicium zijn, met name in het oostelijk deel van de Westerschelde, ruimschoots aanwezig.
- temperatuur en licht. Door de hoge zwevend stofgehalten (vooral in het oostelijk deel van de Westerschelde) worden zelden zichtdieptes van meer dan 0,5 m waargenomen (fig. 7.37). De slechte zonlichtdoordringing heeft een remmende invloed op de algengroei.
- begrazing door filterfeeders (schelpdieren) en zoöplankton.

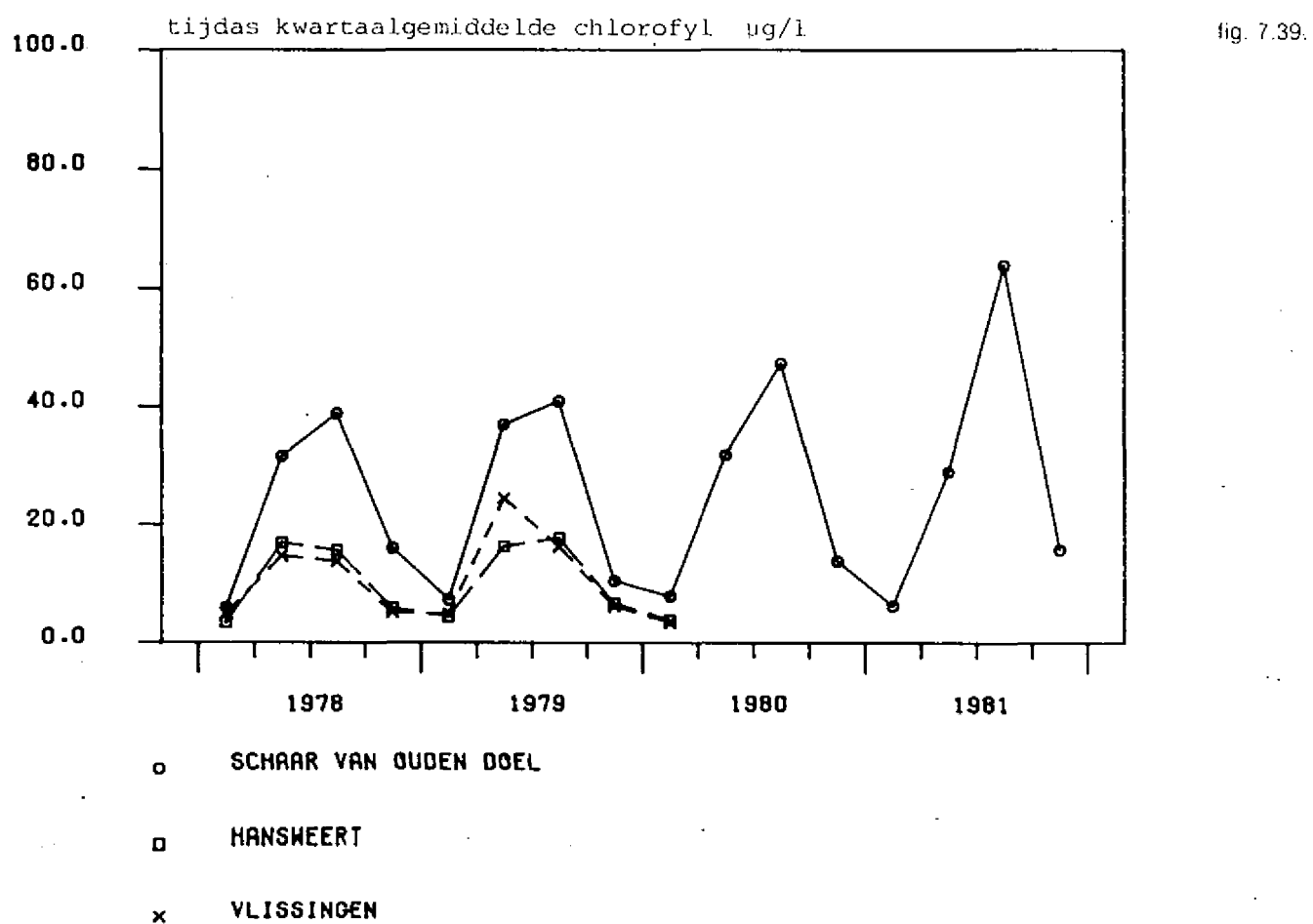
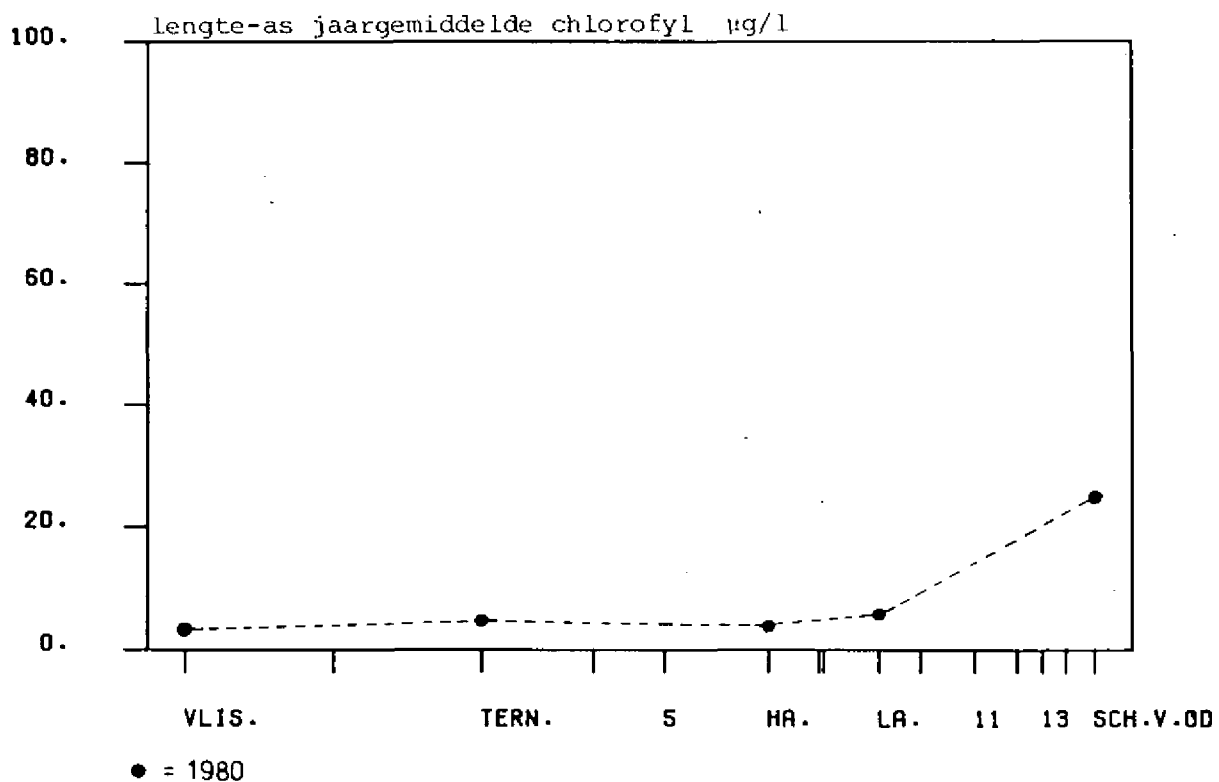
fig. 7.37.



Het chlorofylgehalte wordt in de Westerschelde sinds 1978 bepaald. Omdat de omvang van het onderzoek naar deze parameter een nogal wisselend karakter heeft gehad, worden alleen de meetresultaten weergegeven in de vorm van een tijdsgrafiek voor de jaren 1978 t/m 1981 en in de vorm van een lengte-asgrafiek voor het jaar 1980.

Door verdunning met zeewater en afsterving van zoetwater-algen in het brakker wordende water vindt de grootste chlorofylafname plaats op het traject Schaar van Ouden Doel-Lamswaarde. Verder westwaarts zijn de gehalten ongeveer gelijk aan die in zeewater (fig. 7.38).

Fig. 7.39 laat zien dat 's zomers het gehalte 5 à 10 maal zo hoog kan zijn als 's winters. De toename van de hoogte van pieken in het oostelijk deel van de Westerschelde wordt waarschijnlijk veroorzaakt door verbeteringen van het licht-doordringend vermogen en de zuurstofhuishouding. Als norm voor de basiskwaliteit geldt een zomergemiddeld gehalte kleiner dan 100 µg/l. Overschrijding van deze norm is tot nu toe niet waargenomen bij Schaar van Ouden Doel.



## 7.12 Olie

Het oliegehalte wordt sinds 1972 bepaald via infraroodspektrometrie. De somparameter die hieruit voortkomt geeft geen uitsluitsel over de afzonderlijke bestanddelen waaruit olie is opgebouwd. De detectiegrens is 0,05 mg/kg. Het jaargemiddelde is bij Schaar van Ouden Doel afgenomen van 1,3 mg/kg in 1972 tot 0,1 mg/kg in 1981 (fig. 7.40). Het oliegehalte vertoont bij Vlissingen eveneens een dalende trend.

Als gevolg van het feit dat olie op zee (schoonmaken van ruimen, illegale en legale lozingen van met chemisch afval verontreinigde olie, calamiteiten) grotendeels van andere bronnen afkomstig is dan de olie in de Schelde (voornamelijk industriële lozingen) is er nauwelijks of geen relatie tussen het verloop van het oliegehalte bij Vlissingen en bij Schaar van Ouden Doel (zie fig. 7.41).

In tabel 7.11 zijn de jaarvrachten berekend die bij Schaar van Ouden Doel door de Schelde in de Westerschelde zijn aangevoerd. Ook hieruit blijkt dat sinds het begin van de jaren '70 de Westerschelde via de Schelde minder met olie wordt belast.

De absolute norm voor de basiskwaliteit is 200 µg/kg. Aan deze norm is bij Schaar van Ouden Doel vanaf 1972 niet voldaan.

Tabel 7.11. Overzicht berekende jaarvrachten olie (kiloton per jaar) en jaargemiddelde Schelde-afvoeren (m³/s) bij Schaar van Ouden Doel.

|        | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Vracht | 3,5  | 2,2  | 5,6  | 0,9  | 1,1  | 1,6  | 1,6  | 1,6  | 1,1  |
| Afvoer | 73   | 68   | 139  | 60   | 60   | 98   | 87   | 104  | 129  |

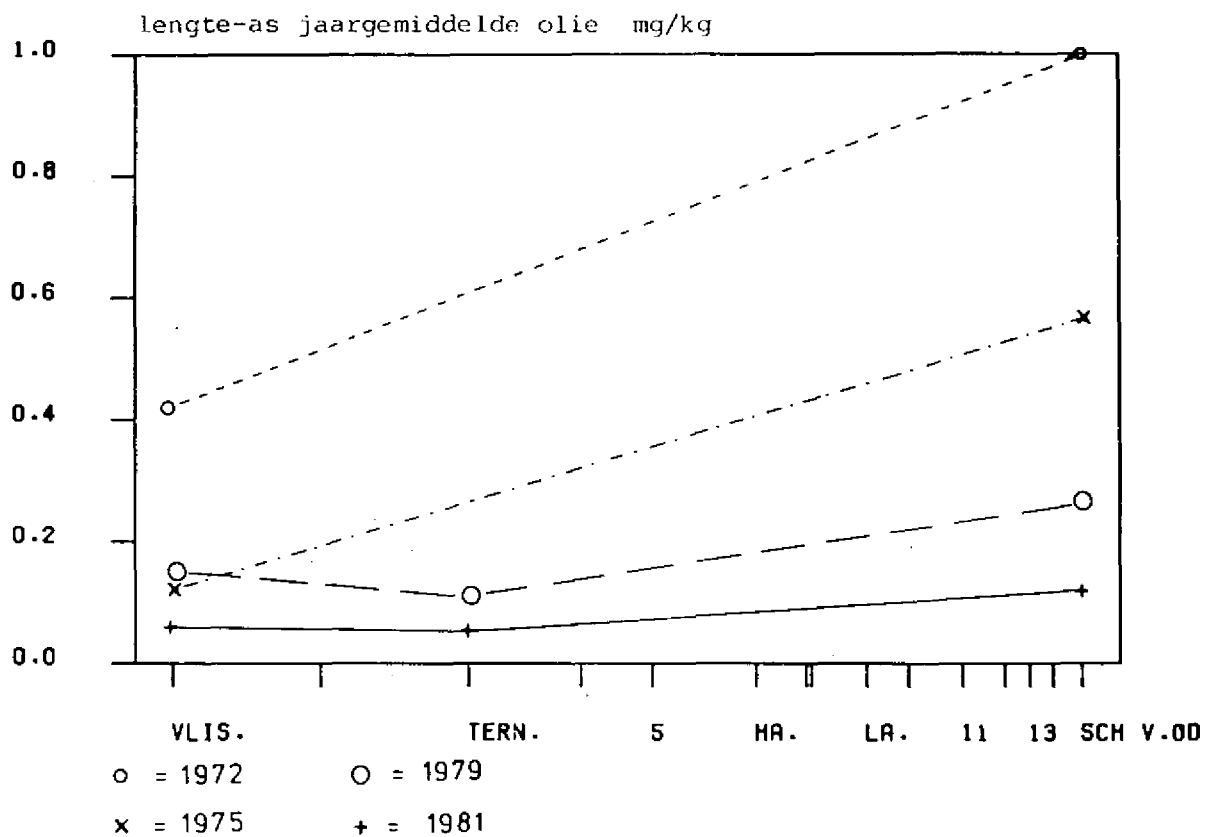


fig. 7.40.

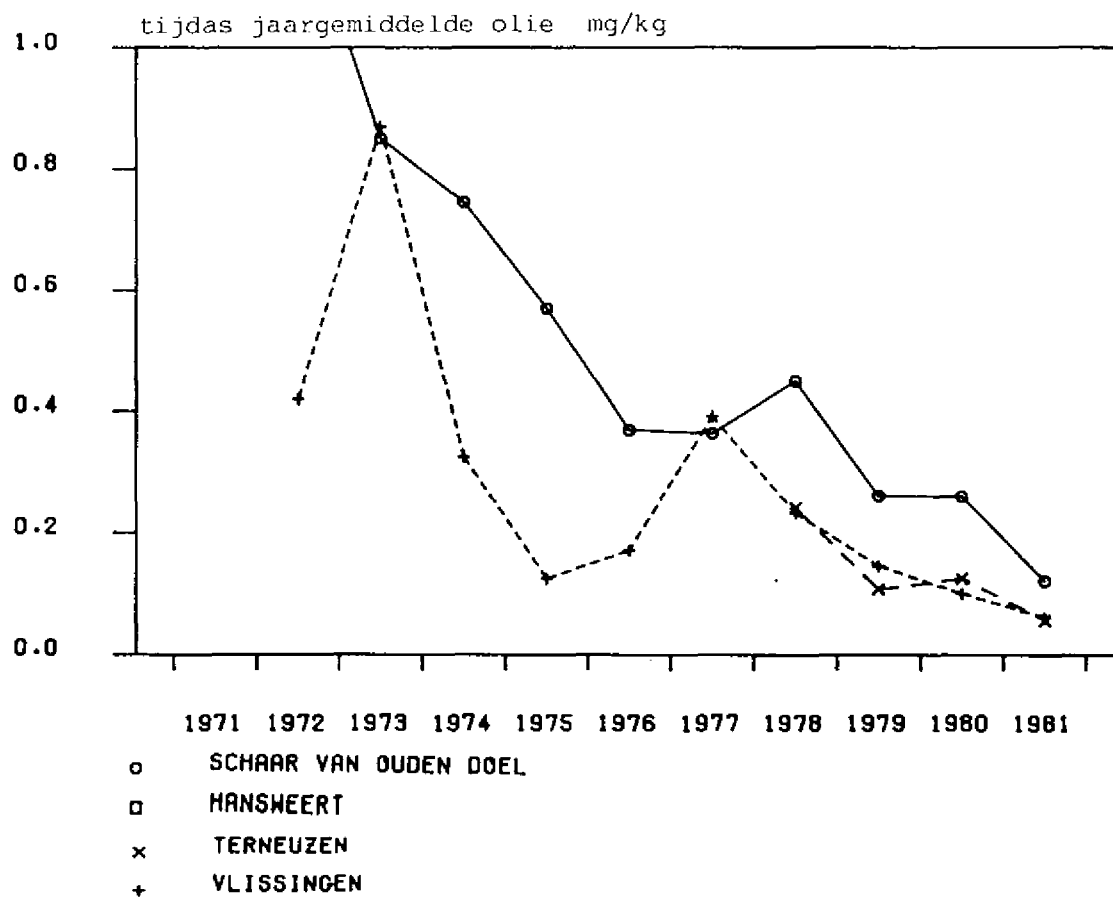


fig. 7.41.

### 7.13 Fluoride

---

Fluoride komt van nature in relatief hoge gehalten in zout water voor. Van nature is het fluoridegehalte direkt gerelateerd aan het chloridegehalte. De verhouding (F-):(CL-) bedraagt ca.  $6,75 \cdot 10^{-5}$  (lit. 45).

Analoog aan het chloridegehalte zou er voor het fluoridegehalte een stijgende gradiënt verwacht worden op het traject Schaar van Ouden Doel-Vlissingen, maar door de hoge voorbelasting van de Schelde en de lozingen op de Westerschelde is het eerder een dalende gradiënt geworden (fig. 7.42). De stijging van het fluoridegehalte op het traject Schaar van Ouden Doel-Lamswaarde wordt mogelijk veroorzaakt door nog niet goed met het Westerscheldewater vermengde afvalwaterlozingen vanaf Belgisch grondgebied (fosfaatindustrie). Sinds fluoride bepaald wordt (1976) is het gehalte bij Schaar van Ouden Doel gedaald van gemiddeld 2,0 mg/l tot 1,4 mg/l in 1981 (fig. 7.43). Volgens de natuurlijke fluoride/chloride-verhouding zou een fluoridegehalte van enkele tienden van milligrammen per liter verwacht mogen worden, waardoor momenteel het fluoridegehalte nog ca. een faktor 3 hoger is dan het op grond van deze verhouding zou behoren te zijn. Naar schatting bedraagt de fluoride belasting van de Westerschelde door de Schelde ca. 3.000-5.000 ton/jaar.

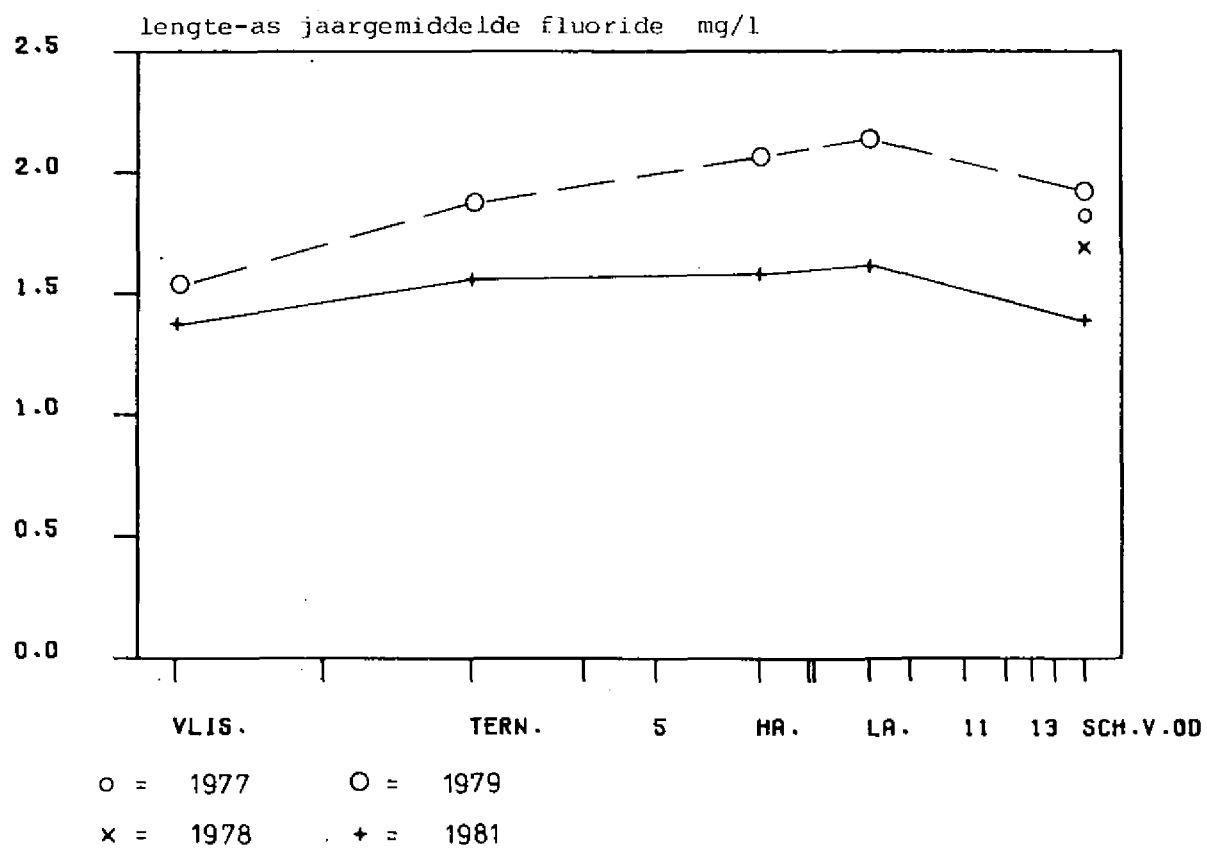


fig. 7.42.

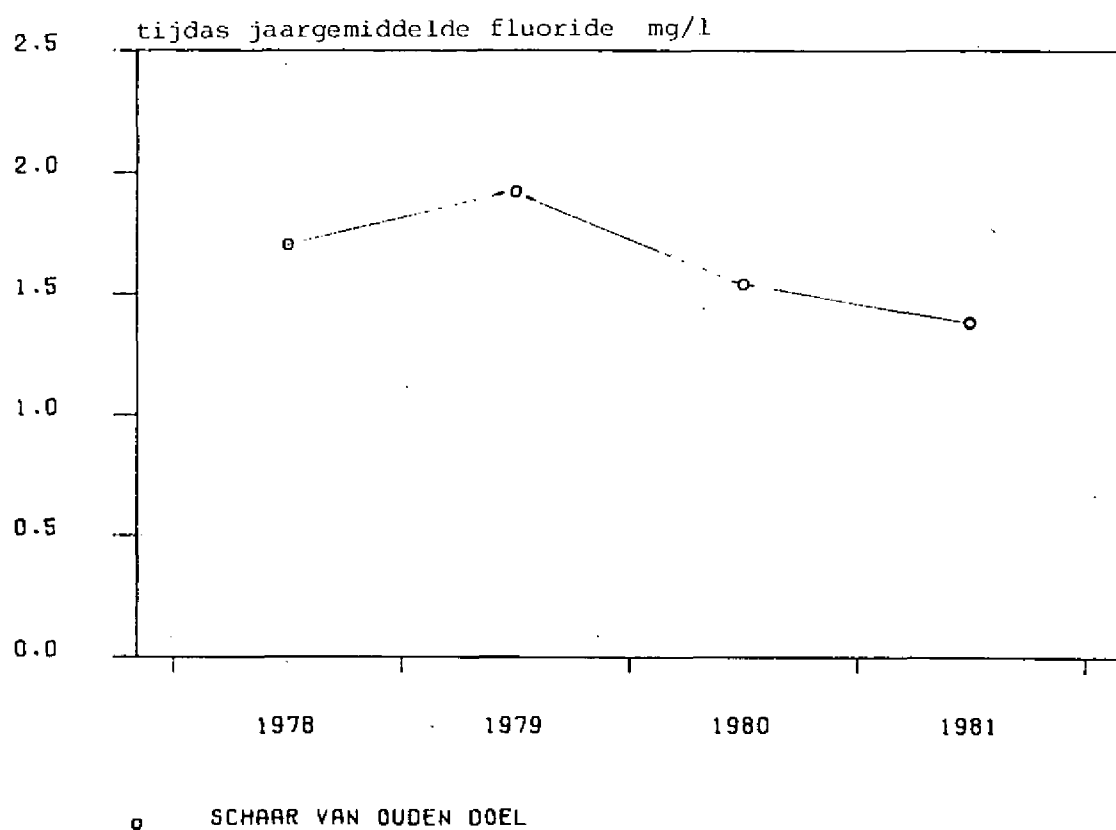
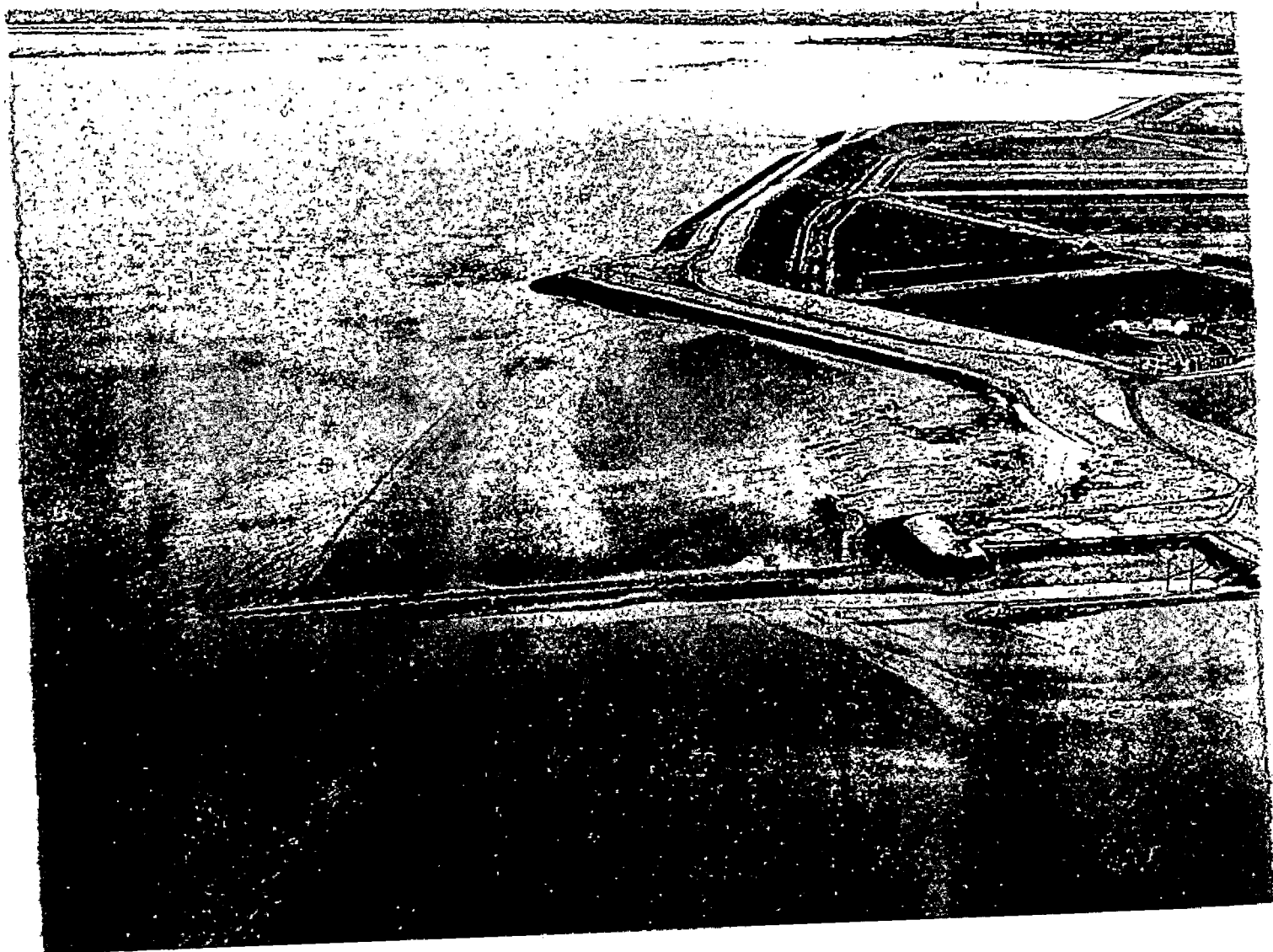


fig. 7.43.

Uitmonding van de afvalwaterpersleiding bij Waarde in de  
Westerschelde. (Foto: Lemcke luchtfotografie)



## 8 Anorganische mikroverontreinigingen (metalen)

### 8.1 Algemeen

Van nature komen anorganische mikroverontreinigingen in het aquatisch milieu voor; de metalen kwik en cadmium in zeer lage concentraties, lood, chroom, koper, zink en nikkel in wat hogere concentraties. De elementen kwik, cadmium en lood zijn niet van essentieel belang in de natuur; daarentegen zijn de elementen chroom, koper en zink (zgn. sporelementen) onmisbaar. Voor deze stoffen geldt dat zowel boven als beneden een bepaalde opgenomen hoeveelheid de groei en stofwisseling van organismen nadelig wordt beïnvloed.

Tabel 8.1 geeft een overzicht van de „natuurlijke” achtergrondconcentraties van enkele metalen in zeewater.

Tabel 8.1. Achtergrondconcentratie van enkele metalen in zeewater in  $\mu\text{g/l}$  (lit. 34, 43, 57)

|         |      |        |       |           |        |          |   |
|---------|------|--------|-------|-----------|--------|----------|---|
| Cadmium | 0.03 | Kwik   | 0.005 | Beryllium | 0.0006 | Vanadium | 2 |
| Koper   | 0.3  | Nikkel | 2     | Borium    | 4600   |          |   |
| Chroom  | 0.05 | Lood   | 0.03  | Seleen    | 0.04   |          |   |
| Lithium | 170  | Zink   | 0.4   | Antimoon  | 0.5    |          |   |

Cadmium en kwik zijn metalen die voorkomen op de zogenaamde zwarte lijst (zie ook par. 9.2). De waterkwaliteitsnormen voor deze stoffen hebben een iets ander karakter dan de normen voor stoffen of stofgroepen die niet op deze lijst staan. Voor lozingen van zwarte lijststoffen geldt namelijk zeer uitdrukkelijk dat zij aangepakt moeten worden door emissiebeperking op basis van de beste bestaande technieken.

De metalen koper, lood, zink, chroom en nikkel staan op de zogenaamde grijze lijst. Gezien hun eigenschappen moet gestreefd worden naar zo laag mogelijke gehalten en dienen de lozingen behandeld te worden via het gebruik van de best toepasbare technieken, eventueel aangevuld met een limitering vanuit de normstelling van het aquatisch milieu.

### 8.2 Relatie anorganische mikroverontreinigingen-zwevend stof

Metalen worden allen in meerdere of mindere mate aan zwevend stof geadsorbeerd. Metalen als chroom en lood komen voornamelijk gebonden aan zwevend stof voor, terwijl nikkel voornamelijk in opgeloste toestand voorkomt.

Bij de bespreking van de afzonderlijke metalen wordt hier nader op ingegaan: o.a. zijn met behulp van het rekenmodel OSTWAT trends gedetecteerd waarbij correcties zijn toegepast voor de zwevend stofgehalten (zie ook hoofdstuk 6) en zijn metaalgehalten in zwevend stof op een aantal locaties in de Westerschelde berekend. In het algemeen zijn de metaalgehalten in zwevend stof in het oostelijk deel van de Westerschelde hoger dan in het westelijk deel. Naast vermenging van het gecontamineerd zwevend stof met relatief schoon zwevend stof uit de Noordzee spelen ook adsorptie-, desorptie- en sedimentatieprocessen en lozingen een rol. Oriënterende berekeningen (lit. 10) duiden op desorptie en sedimentatie van metalen als koper, chroom, lood, cadmium en kwik in zeewaartse richting, terwijl metalen als zink en nikkel alleen gedeeltelijk sedimenteren. Daarnaast vindt vanuit zee in de Westerschelde sedimentatie plaats van zink,

chroom, lood, cadmium, nikkel en kwik. De bijdrage vanuit zee kan enkele tientallen procenten van de totale belasting bedragen.

Hierbij dient te worden opgemerkt dat andere bronnen (lozingen, kanalen, regen) niet zijn beschouwd. Het is wenselijk onderzoek te doen naar de invloeden van deze extra bronnen op de sedimentatie-, adsorptie- en desorptieprocessen omdat verwaarlozing van deze bronnen niet altijd terecht is (zie tabel 4.8).

In perioden met hoge zwevend stofvrachten (meestal veroorzaakt door hoge Schelde-afvoeren) zijn door de adsorptie van metalen aan zwevend stof ook de metaalvrachten hoog. Mede bepalend hiervoor is de samenstelling van het zwevend stof. In het algemeen zal bij een toename van fijnere deeltjes het metaalgehalte in het zwevend stof stijgen (lit. 60, 61, 62). Tabel 8.2 illustreert een en ander voor een jaar met een hoge zwevend stofvracht (1975, Schelde-afvoer is  $100 \text{ m}^3/\text{s}$ ) en een lage zwevend stofvracht (1973, Schelde-afvoer is  $68 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Hierbij is uitgegaan van onveranderde lozingssituaties.

Tabel 8.2. Vergelijking metaalvrachten voor een jaar met een hoge zwevend stofvracht (1975) en met een lage zwevend stofvracht (1973) in ton per jaar.

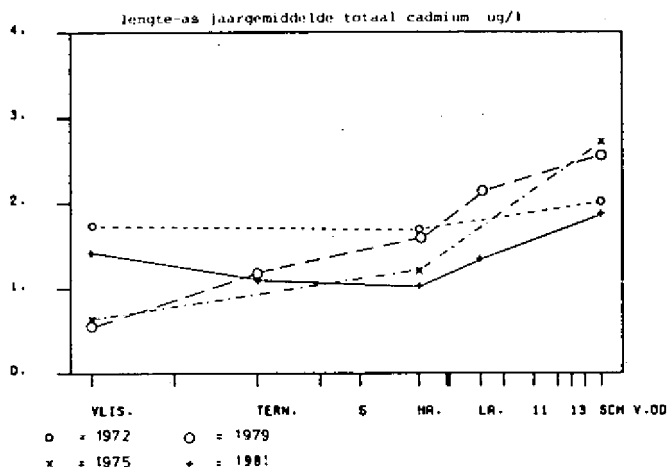
| Schelde-afvoer | 100 ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) | 68 ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) |
|----------------|-------------------------------|------------------------------|
| Zwevend stof   | $5.4 \cdot 10^4$              | $2.4 \cdot 10^4$             |
| Cadmium        | 15.5                          | 5.5                          |
| Chroom         | 196                           | 82                           |
| Lood           | 128                           | —                            |
| Koper          | 123                           | 50                           |
| Nikkel         | 97                            | 53                           |
| Zink           | 614                           | 273                          |
| Kwik           | 3.5                           | 3.2                          |

### 8.3 Cadmium (Cd)

België is na West-Duitsland en Engeland de grootste cadmiumproducent van Europa. Productie vindt plaats uit aangevoerde ertsconcentraten. De voornaamste bron van lozingen in het Scheldebekken is echter de superfosfaatindustrie, waarbij cadmium als sporelement in het erts voorkomt (lit.46).

Het gehalte aan totaal cadmium in de Westerschelde neemt naast verdunning ook af door sedimentatie (fig 8.1). Uit tabel

fig. 8.1.



8.4 blijkt dat de gehalten aan opgelost cadmium in westelijke richting niet afnemen ondanks de verdunning met schoner zeewater; dit gedrag wordt veroorzaakt door lozingen en/of desorptieprocessen. Eerste berekeningen duiden op een sedimentatie van enkele tientallen tonnen per jaar, afkomstig van de Schelde en de Noordzee. De bijdrage van lozingen aan deze sedimentatie is niet bekend. Cadmium wordt in geringe mate aan zwevend stof geadsorbeerd (tabel 8.4).

De tabel toont eveneens dat het cadmiumgehalte, evenals de jaarvrucht, aan sterke schommelingen onderhevig is.

Toepassing van het rekenmodel OSTWAT waarbij correcties voor zwevend stofgehalten zijn toegepast (er wordt in feite een trend bepaald in het verloop van de metaalgehalten, waarbij storingen veroorzaakt door fluktuaties in het zwevend stofgehalte verwijderd worden), duidt op een geringe maar significante toename van het cadmiumgehalte bij Terneuzen (zie tabel 8.3) in de periode 1977-1981. Mogelijk bestaat er een relatie met de gipsstoringen; in eerdere onderzoeken (lit.13,23) is echter geen relatie tussen de storingen en cadmium gebonden aan zwevend stof aangetoond.

Cadmium wordt met de zogenaamde vlamdetektiemethode bepaald. In de behandelde periode is de detectiegrens van  $0,1 \mu\text{g/l}$  onveranderd gebleven. Deze grens geldt zowel voor cadmium in opgeloste vorm als gebonden aan zwevend stof. Voor de basiskwaliteit van zoet water geldt een absolute norm van  $2,5 \mu\text{g/l}$ . Sinds in 1972 begonnen is met het bepalen van het cadmiumgehalte is deze norm ieder jaar overschreden bij Schaar van Ouden Doel.

Tabel 8.3. Lineaire trendbepaling van cadmiumgehalten in de Westerschelde waarbij correcties zijn toegepast voor de zwevend stofgehalten.

| Station               | Periode   | Lineaire trend <sup>1)</sup> |     | Onderscheidend vermogen <sup>2)</sup> (%) |
|-----------------------|-----------|------------------------------|-----|-------------------------------------------|
|                       |           | $\mu\text{g/l}$              | %   |                                           |
| Vlissingen            | 1973-1981 | 0,04                         | 7   | 5                                         |
| Terneuzen             | 1977-1981 | 0,78                         | 180 | 84                                        |
| Hansweert             | 1972-1981 | 0,22                         | 19  | 10                                        |
| Schaar van Ouden Doel | 1973-1981 | 0,50                         | 24  | 21                                        |

1) Lineaire trend: de volgens een rechte lijn verlopende trend van het begin tot het eind van een periode waarbij de grootte van het getal het verschil is van de bij het eind en het begin van de lijn behorende gehalten.

2) Onderscheidend vermogen: het onderscheidend vermogen geeft de kans aan waarmee een werkelijk aanwezige trend (met een zekere betrouwbaarheid) inderdaad gedetekteerd kan worden. Een onderscheidend vermogen groter dan 80% wordt als significant beschouwd.

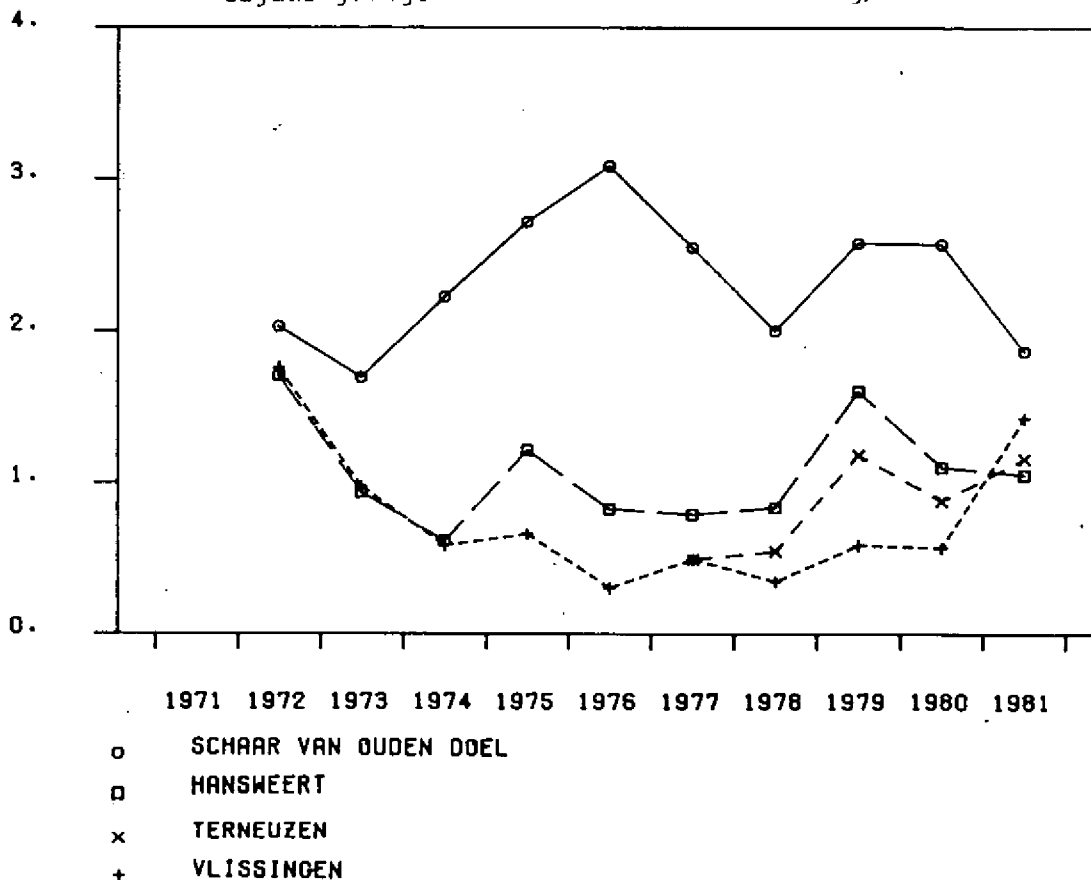
Tabel B.4

| Cadmium                                                              |               |           | 1972   | 1973   | 1974    | 1975   | 1976   | 1977   | 1978   | 1979   | 1980   | 1981   |
|----------------------------------------------------------------------|---------------|-----------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Gehalten totaal<br>( $\mu\text{g/l}$ )                               | Schaar v.O.O. | gemiddeld | 2,0(4) | 1,7(8) | 2,2(10) | 2,7(8) | 3,1(8) | 2,5(9) | 2,0(8) | 2,6(8) | 2,6(9) | 1,9(9) |
|                                                                      |               | mediaan   | 1,7    | 1,4    | 1,6     | 1,8    | 1,3    | 1,7    | 1,7    | 1,6    | 2,6    | 0,9    |
|                                                                      | Hansweert     | gemiddeld | 1,7(4) | 0,9(9) | 0,6(10) | 1,2(9) | 0,8(9) | 0,8(9) | 0,8(8) | 1,6(6) | 1,1(9) | 1,1(9) |
|                                                                      |               | mediaan   | 1,8    | 1,1    | 0,3     | 0,8    | 0,6    | 0,9    | 0,7    | 1,5    | 1,0    | 0,9    |
|                                                                      | Terneuzen     | gemiddeld | -      | -      | -       | -      | -      | 0,5(9) | 0,5(9) | 1,2(6) | 0,9(9) | 1,2(9) |
|                                                                      |               | mediaan   | -      | -      | -       | -      | -      | 0,4    | 0,5    | 1,0    | 0,7    | 0,9    |
|                                                                      | Vlissingen    | gemiddeld | 1,8(4) | 1,0(8) | 0,6(10) | 0,7(9) | 0,3(9) | 0,5(9) | 0,3(9) | 0,6(6) | 0,6(9) | 1,4(9) |
|                                                                      |               | mediaan   | 1,8    | 1,1    | 0,6     | 0,3    | 0,2    | 0,4    | 0,3    | 0,6    | 0,5    | 0,9    |
| Gehalten opgelost<br>( $\mu\text{g/l}$ )                             | Schaar v.O.O. | gemiddeld | 0,9(7) | 0,3(9) | 0,2(10) | 0,8(8) | 0,5(9) | 0,3(9) | 0,4(8) | 0,5(8) | 0,5(9) | 0,5(9) |
|                                                                      |               | mediaan   | 1,0    | 0,2    | 0,2     | 0,4    | 0,4    | 0,4    | 0,3    | 0,5    | 0,4    | 0,3    |
|                                                                      | Hansweert     | gemiddeld | 0,8(8) | 0,2(9) | 0,3(10) | 0,9(9) | 0,5(9) | 0,6(8) | 0,5(9) | 0,8(6) | 0,6(9) | 0,6(9) |
|                                                                      |               | mediaan   | 1,0    | 0,1    | 0,2     | 0,5    | 0,4    | 0,6    | 0,6    | 0,8    | 0,6    | 0,6    |
|                                                                      | Terneuzen     | gemiddeld | -      | -      | -       | -      | -      | 0,4(9) | 0,4(9) | 0,9(6) | 0,7(9) | 0,9(9) |
|                                                                      |               | mediaan   | -      | -      | -       | -      | -      | 0,3    | 0,4    | 0,7    | 0,6    | 0,6    |
|                                                                      | Vlissingen    | gemiddeld | 0,8(8) | 0,2(9) | 0,3(10) | 0,6(9) | 0,2(9) | 0,4(9) | 0,3(9) | 0,5(6) | 0,5(9) | 1,3(9) |
|                                                                      |               | mediaan   | 1,0    | 0,1    | 0,2     | 0,3    | 0,2    | 0,3    | 0,3    | 0,4    | 0,5    | 0,8    |
| Metaalgehalten<br>zwevend stof<br>( $\text{mg/kg}$ )                 | Schaar v.O.O. | gemiddeld | 21,4   | 21,6   | 11,5    | 30,2   | 19,2   | 24,3   | 22,6   | 35,3   | 33,2   | 25,3   |
|                                                                      | Hansweert     | gemiddeld | 27,3   | 57,6   | 0,7     | 7,9    | 32,4   | 4,3    | 5,8    | 9,7    | 8,9    | 7,5    |
|                                                                      | Terneuzen     | gemiddeld | -      | -      | -       | -      | -      | 1,8    | 1,9    | 3,1    | 2,8    | 3,0    |
|                                                                      | Vlissingen    | gemiddeld | 49,4   | 50,5   | -       | 3,8    | 2,5    | 2,1    | 1,2    | 3,4    | 2,0    | 1,5    |
| Bindingspercentage<br>aan zwevend stof                               | Schaar v.O.O. | gemiddeld | 68,6   | 81,9   | 68,9    | 73,4   | 70,5   | 82,4   | 74,7   | 74,4   | 78,4   | 69,4   |
|                                                                      | Hansweert     | gemiddeld | 60,9   | 74,2   | 35,7    | 33,6   | 29,2   | 23,7   | 30,6   | 42,1   | 40,6   | 35,7   |
|                                                                      | Terneuzen     | gemiddeld | -      | -      | -       | -      | -      | 19,5   | 24,7   | 20,6   | 24,8   | 17,2   |
|                                                                      | Vlissingen    | gemiddeld | 58,3   | 73,2   | 37,0    | 14,1   | 15,2   | 15,6   | 9,7    | 19,9   | 14,5   | 11,3   |
| Totaal vracht (ton/jaar) berekend                                    |               |           | 7,5    | 5,5    | 9,6     | 15,5   | 11,7   | 13,2   | 8,5    | 14,5   | 12,6   | -      |
| Debiet Schelde ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) te Schaar van Ouden Doel 7) |               |           | -      | 68     | 139     | 100    | 60     | 98     | 87     | 104    | 129    | -      |

De getallen tussen haakjes duiden op het aantal bemonsteringen dat is verricht.  
 Het bindingspercentage is berekend als het verschil van een metaal in totaal  
 en opgeloste vorm, gedeeld door het metaal in totaalvorm.  
 Het metaalgehalte is berekend als het verschil van een metaal in totaal en  
 opgeloste vorm, gedeeld door het zwevend stofgehalte.

tijdas jaargemiddelde totaal cadmium  $\mu\text{g/l}$

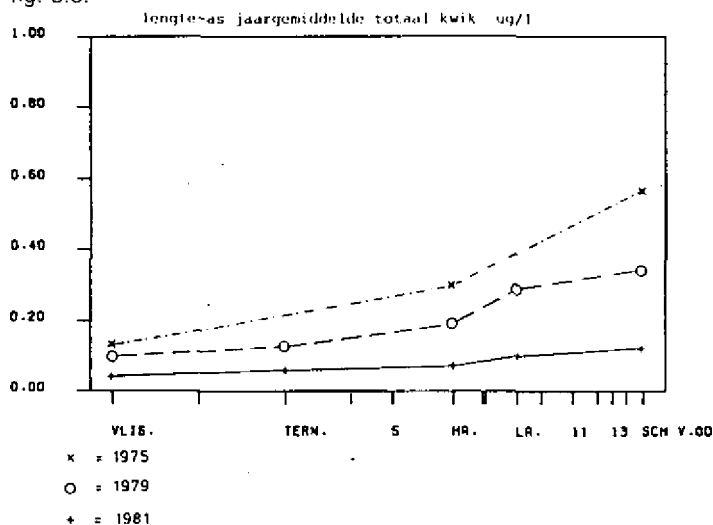
fig. 8.2.



#### 8.4. Kwik (Hg)

Het kwikgehalte neemt door verdunning met zeewater en sedimentatie in westelijke richting af (fig. 8.3). Globale berekeningen duiden op een sedimentatie van enkele tonnen per jaar, afkomstig uit de Noordzee en de Schelde. De bijdrage van lozingen op deze sedimentatie is niet bekend.

fig. 8.3.



Vooraf bij Schaar van Ouden Doel is het kwikgehalte sterk gedaald van gemiddeld 0,79 µg/l in 1973 tot 0,05 µg/l in 1981. Tevens zijn de grensoverschrijdende kwikvrachten afgenomen (tabel 8.6). Belangrijkste bronnen van herkomst van kwik zijn de chlooralkali-industrie, waarvoor inmiddels EG-emissienormen zijn vastgesteld (zie ook 9.2), en de vinylchloride-industrie.

Uit tabel 8.6 blijkt dat kwik zich redelijk aan zwevend stof bindt. Berekeningen met het rekenmodel OSTWAT, waarbij correcties voor het zwevend stofgehalte zijn toegepast, duiden tevens op een significant dalende trend in de hele Westerschelde. Een overzicht is gegeven in tabel 8.5.

Voor de bepaling van kwik wordt de zogenaamde vlamloze methode gebruikt. Deze methode is in de loop der tijd verbeterd. Tot 1975 was de detectiegrens 0,1 µg/l, daarna 0,05 µg/l. In 1980 werd de detectiegrens nogmaals verlaagd tot 0,01 µg/l.

Als norm om aan de basiskwaliteit te voldoen geldt een absoluut gehalte van 0,5 µg/l. Deze norm is bij Schaar van Ouden Doel in de periode 1971-1979 overschreden. Sinds 1980 wordt wel voldaan aan de basiskwaliteitsnorm.

Tabel 8.5. Lineaire trendbepaling van kwikgehalten in de Westerschelde waarbij correcties zijn toegepast voor zwevend stofgehalten.

| Station               | Periode   | Lineaire trend |      | Onderscheidend vermogen (%) |
|-----------------------|-----------|----------------|------|-----------------------------|
|                       |           | µg/l           | %    |                             |
| Vlissingen            | 1972-1981 | -0,33          | -100 | 94                          |
| Terneuzen             | 1977-1981 | -0,08          | -54  | 85                          |
| Hansweert             | 1972-1981 | -0,22          | -74  | 95                          |
| Schaar van Ouden Doel | 1972-1981 | -0,77          | -87  | 99                          |

Tabel 8.6

kwik

|                                                             |               |           | 1972    | 1973    | 1974     | 1975    | 1976     | 1977    | 1978    | 1979    | 1980    | 1981    |
|-------------------------------------------------------------|---------------|-----------|---------|---------|----------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Gehalten totaal<br>(ug/l)                                   | Schaar v.O.D. | gemiddeld | 0,99(8) | 0,79(9) | 0,59(10) | 0,56(8) | 0,50(9)  | 0,37(9) | 0,49(9) | 0,34(8) | 0,24(9) | 0,12(9) |
|                                                             |               | mediaan   | 0,60    | 0,50    | 0,40     | 0,40    | 0,20     | 0,30    | 0,30    | 0,20    | 0,25    | 0,10    |
|                                                             | Hansweert     | gemiddeld | 0,28(8) | 0,29(9) | 0,17(10) | 0,30(9) | 0,21(10) | 0,13(9) | 0,14(8) | 0,19(6) | 0,14(9) | 0,07(9) |
|                                                             |               | mediaan   | 0,20    | 0,20    | 0,15     | 0,10    | 0,10     | 0,10    | 0,10    | 0,15    | 0,10    | 0,06    |
|                                                             | Terneuzen     | gemiddeld | -       | -       | -        | -       | -        | 0,11(9) | 0,13(9) | 0,13(6) | 0,09(9) | 0,06(9) |
|                                                             |               | mediaan   | -       | -       | -        | -       | -        | 0,10    | 0,10    | 0,13    | 0,08    | 0,07    |
|                                                             | Vlissingen    | gemiddeld | -       | 0,32(9) | 0,12(9)  | 0,14(8) | 0,13(9)  | 0,33(9) | 0,10(9) | 0,10(6) | 0,07(9) | 0,05(9) |
|                                                             |               | mediaan   | -       | 0,20    | 0,10     | 0,10    | 0,10     | 0,10    | 0,10    | 0,10    | 0,05    | 0,04    |
| Gehalten opgelost<br>(ug/l)                                 | Schaar v.O.D. | gemiddeld | -       | -       | -        | 0,10(2) | 0,11(9)  | 0,10(8) | 0,10(9) | 0,07(8) | 0,04(9) | 0,02(9) |
|                                                             |               | mediaan   | -       | -       | -        | 0,10    | 0,10     | 0,10    | 0,10    | 0,05    | 0,05    | 0,02    |
|                                                             | Hansweert     | gemiddeld | -       | -       | -        | 0,10(1) | 0,10(8)  | 0,11(9) | 0,10(8) | 0,07(6) | 0,04(9) | 0,02(9) |
|                                                             |               | mediaan   | -       | -       | -        | 0,10    | 0,10     | 0,10    | 0,10    | 0,05    | 0,05    | 0,01    |
|                                                             | Terneuzen     | gemiddeld | -       | -       | -        | -       | -        | 0,10(9) | 0,10(9) | 0,07(6) | 0,04(9) | 0,02(9) |
|                                                             |               | mediaan   | -       | -       | -        | -       | -        | 0,10    | 0,10    | 0,05    | 0,05    | 0,01    |
|                                                             | Vlissingen    | gemiddeld | -       | -       | -        | 0,10(2) | 0,11(8)  | 0,10(8) | 0,10(9) | 0,07(6) | 0,04(9) | 0,01(9) |
|                                                             |               | mediaan   | -       | -       | -        | 0,10    | 0,10     | 0,10    | 0,10    | 0,05    | 0,05    | 0,01    |
| Metaalgehalten<br>zwevend stof<br>(mg/kg)                   | Schaar v.O.D. | gemiddeld | -       | -       | -        | 6,7     | 2,2      | 2,8     | 3,5     | 4,9     | 3,2     | 2,0     |
|                                                             | Hansweert     | gemiddeld | -       | -       | -        | n.m.    | 1,1      | 0,6     | 0,5     | 1,7     | 1,7     | 1,2     |
|                                                             | Terneuzen     | gemiddeld | -       | -       | -        | -       | -        | 0,3     | 0,4     | 1,1     | 0,8     | 0,7     |
|                                                             | Vlissingen    | gemiddeld | -       | -       | -        | 5,2     | n.m.     | 2,8     | n.m.    | 1,5     | 0,7     | 0,5     |
| Bindingspercentage<br>aan zwevend stof                      | Schaar v.O.D. | gemiddeld | -       | -       | -        | 77,5    | 54,6     | 55,0    | 67,0    | 73,1    | 74,6    | 76,0    |
|                                                             | Hansweert     | gemiddeld | -       | -       | -        | n.m.    | 32,6     | 11,1    | 18,8    | 52,8    | 65,7    | 72,7    |
|                                                             | Terneuzen     | gemiddeld | -       | -       | -        | -       | -        | 5,6     | 16,7    | 36,1    | 41,1    | 67,7    |
|                                                             | Vlissingen    | gemiddeld | -       | -       | -        | 50,0    | 4,2      | 18,2    | n.m.    | 27,8    | 33,3    | 66,3    |
| Totaal vrucht (ton/jaar) berekend                           |               |           | 3,4     | 3,2     | 2,8      | 3,5     | 1,9      | 1,8     | 1,9     | 1,9     | 1,2     | -       |
| Debiet Schelde (m <sup>3</sup> /s) te Schaar van Joden Doel |               |           | 73      | 68      | 139      | 100     | 60       | 98      | 87      | 104     | 129     | -       |

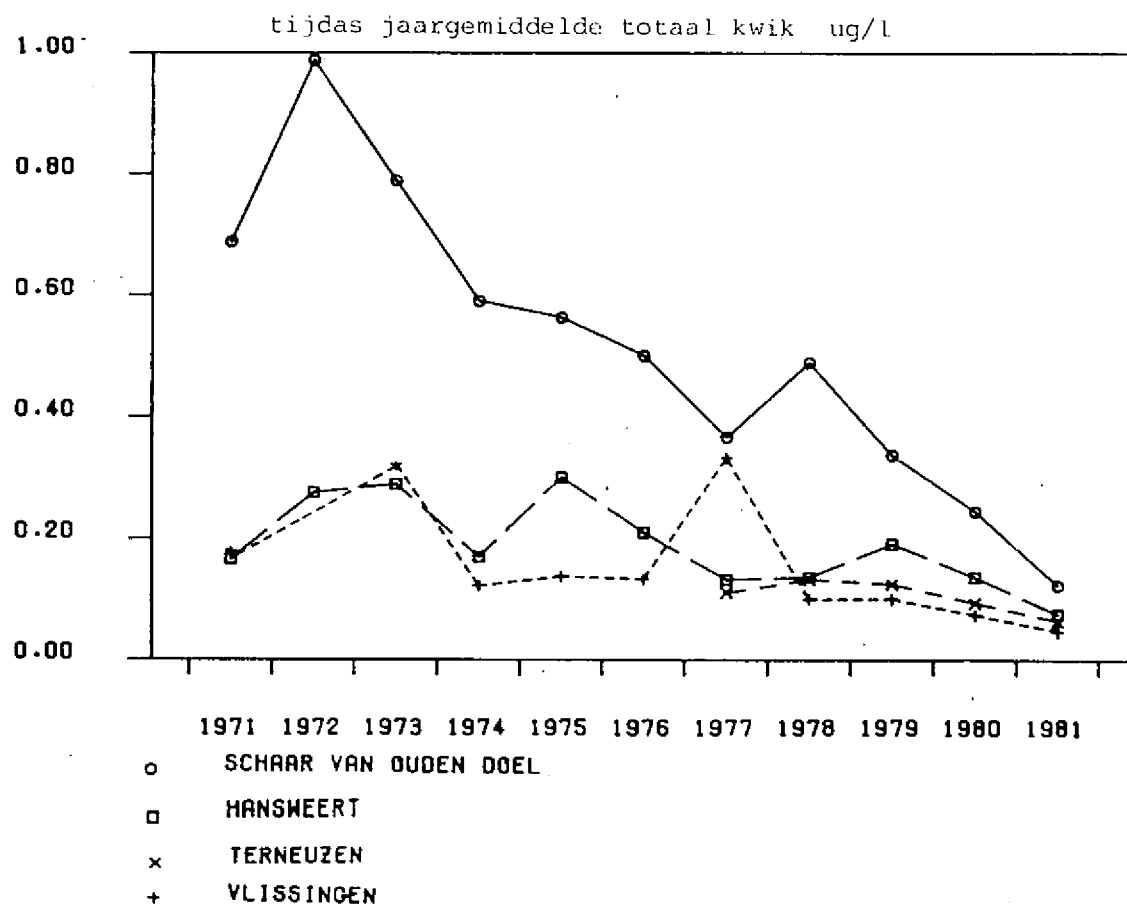


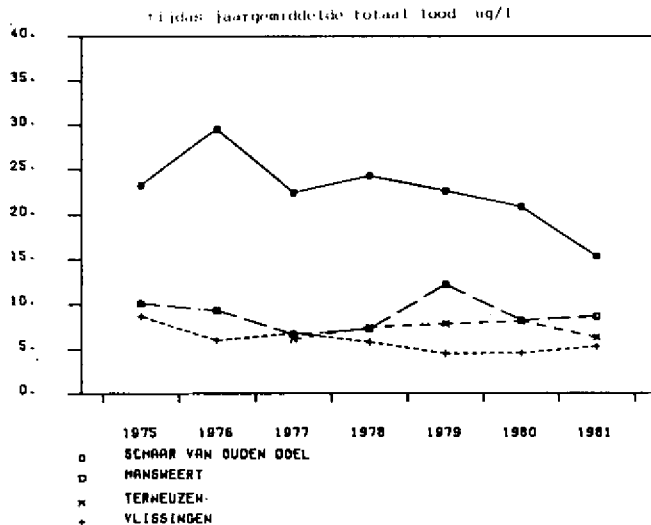
fig. 8.4.

## 8.5 Lood (Pb)

Sinds 1974 is het loodgehalte in de Westerschelde en met name bij Schaar van Ouden Doel enigszins afgenomen (fig. 8.5 en tabel 8.8.).

Uit tabel 8.8 blijkt dat lood zich sterk hecht aan zwevend stof waardoor het bijna niet voorkomt in opgeloste vorm.

fig. 8.5.



Berekeningen met het rekenmodel OSTWAT, waarbij correcties zijn toegepast voor het zwevend stofgehalte duiden eveneens op een dalende trend, die alleen bij Vlissingen significant is (tabel 8.7).

Het grootste deel van de lozingen van lood komen voor rekening van de ijzer- en staalindustrie. Andere bronnen zijn de pigment- en fosfaatindustrie en het verkeer.

Door verdunning met zeewater en sedimentatie vindt, ondanks de vele lozingen, een daling plaats van het gehalte in westelijke richting. Oriënterende berekeningen duiden op een sedimentatie van ca. honderd ton lood per jaar afkomstig uit de Noordzee en de Schelde. De bijdrage van lozingen op deze sedimentatie is niet bekend.

Lood wordt met de vlamdetektiemethode bepaald. In de beschreven periode is de detectiegrens onveranderd op 1 µg/l gebleven, zowel voor lood in opgeloste als totaal vorm. Om aan de basiskwaliteit te voldoen behoren alle waargenomen loodgehalten kleiner dan 50 µg/l te zijn. Sinds 1978 wordt aan deze norm voldaan bij Schaar van Ouden Doel.

Tabel 8.7. Lineaire trendbepaling van loodgehalten in de Westerschelde waarbij correcties zijn toegepast voor de zwevende stofgehalten.

| Station               | Periode   | Lineaire trend |     | Onderscheidend vermogen (%) |
|-----------------------|-----------|----------------|-----|-----------------------------|
|                       |           | µg/l           | %   |                             |
| Vlissingen            | 1974-1981 | -6,97          | -72 | 99                          |
| Terneuzen             | 1974-1981 | -1,34          | -18 | 10                          |
| Hansweert             | 1974-1981 | -2,63          | -26 | 26                          |
| Schaar van Ouden Doel | 1974-1981 | -5,99          | -22 | 23                          |

Tabel 8.8

| Lood                                                        |               |           | 1972 | 1973 | 1974  | 1975  | 1976  | 1977  | 1978  | 1979  | 1980  | 1981  |
|-------------------------------------------------------------|---------------|-----------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Gehalten totaal<br>(ug/l)                                   | Schaar v.O.O. | gemiddeld | -    | -    | 30(9) | 23(8) | 30(9) | 22(9) | 24(8) | 23(8) | 21(9) | 17(8) |
|                                                             |               | mediaan   | -    | -    | 23    | 20    | 10    | 18    | 21    | 13    | 21    | 16    |
|                                                             | Hansweert     | gemiddeld | -    | -    | 10(9) | 10(9) | 9(9)  | 7(9)  | 7(8)  | 12(6) | 8(9)  | 9(8)  |
|                                                             |               | mediaan   | -    | -    | 12    | 12    | 8     | 7     | 5     | 8     | 7     | 6     |
|                                                             | Terneuzen     | gemiddeld | -    | -    | -     | -     | -     | 5(9)  | 7(9)  | 8(6)  | 8(9)  | 7(9)  |
|                                                             |               | mediaan   | -    | -    | -     | -     | -     | 7     | 7     | 5     | 8     | 7     |
|                                                             | Vlissingen    | gemiddeld | -    | -    | 9(9)  | 9(9)  | 6(9)  | 7(9)  | 6(9)  | 5(6)  | 5(9)  | 6(9)  |
|                                                             |               | mediaan   | -    | -    | 6     | 9     | 5     | 8     | 6     | 4     | 3     | 4     |
| Gehalten opgelost<br>(ug/l)                                 | Schaar v.O.O. | gemiddeld | 2(8) | 1(9) | 2(10) | 1(8)  | 2(9)  | 1(9)  | 2(8)  | 3(8)  | 2(9)  | 2(9)  |
|                                                             |               | mediaan   | 1    | 1    | 1     | 1     | 1     | 1     | 2     | 3     | 2     | 2     |
|                                                             | Hansweert     | gemiddeld | 1(8) | 1(9) | 1(10) | 1(9)  | 2(9)  | 1(9)  | 1(8)  | 1(6)  | 1(9)  | 1(9)  |
|                                                             |               | mediaan   | 1    | 1    | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     |
|                                                             | Terneuzen     | gemiddeld | -    | -    | -     | -     | -     | 1(9)  | 1(9)  | 1(6)  | 1(9)  | 1(9)  |
|                                                             |               | mediaan   | -    | -    | -     | -     | -     | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     |
|                                                             | Vlissingen    | gemiddeld | 2(8) | 1(9) | 1(10) | 1(9)  | 2(9)  | 1(9)  | 1(9)  | 1(6)  | 1(9)  | 1(9)  |
|                                                             |               | mediaan   | 1    | 1    | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     |
| Metaalgehalten<br>zwevend stof<br>(mg/kg)                   | Schaar v.O.O. | gemiddeld | -    | -    | 245   | 340   | 192   | 257   | 318   | 356   | 298   | 297   |
|                                                             | Hansweert     | gemiddeld | -    | -    | 171   | 296   | 119   | 134   | 139   | 116   | 125   | 161   |
|                                                             | Terneuzen     | gemiddeld | -    | -    | -     | -     | -     | 91    | 83    | 79    | 122   | 95    |
|                                                             | Vlissingen    | gemiddeld | -    | -    | -     | 322   | 156   | 142   | 113   | 67    | 68    | 57    |
| Bindingspercentage<br>aan zwevend stof                      | Schaar v.O.O. | gemiddeld | -    | -    | 92,7  | 93,9  | 82,0  | 92,3  | 92,7  | 84,2  | 88,4  | 87,2  |
|                                                             | Hansweert     | gemiddeld | -    | -    | 79,1  | 78,6  | 73,0  | 77,8  | 78,5  | 83,8  | 81,5  | 85,5  |
|                                                             | Terneuzen     | gemiddeld | -    | -    | -     | -     | -     | 80,1  | 72,6  | 73,7  | 76,4  | 94,5  |
|                                                             | Vlissingen    | gemiddeld | -    | -    | 15,6  | 71,3  | 60,1  | 69,5  | 16,8  | 63,5  | 61,2  | 60,9  |
| Totaal vrucht (ton/jaar) berekend                           |               |           | -    | -    | 131   | 128   | 110   | 113   | 100   | 126   | 105   | -     |
| Debiet Schelde (m <sup>3</sup> /s) te Schaar van Ouden Doel |               |           | 73   | 68   | 139   | 100   | 60    | 99    | 87    | 104   | 129   | -     |

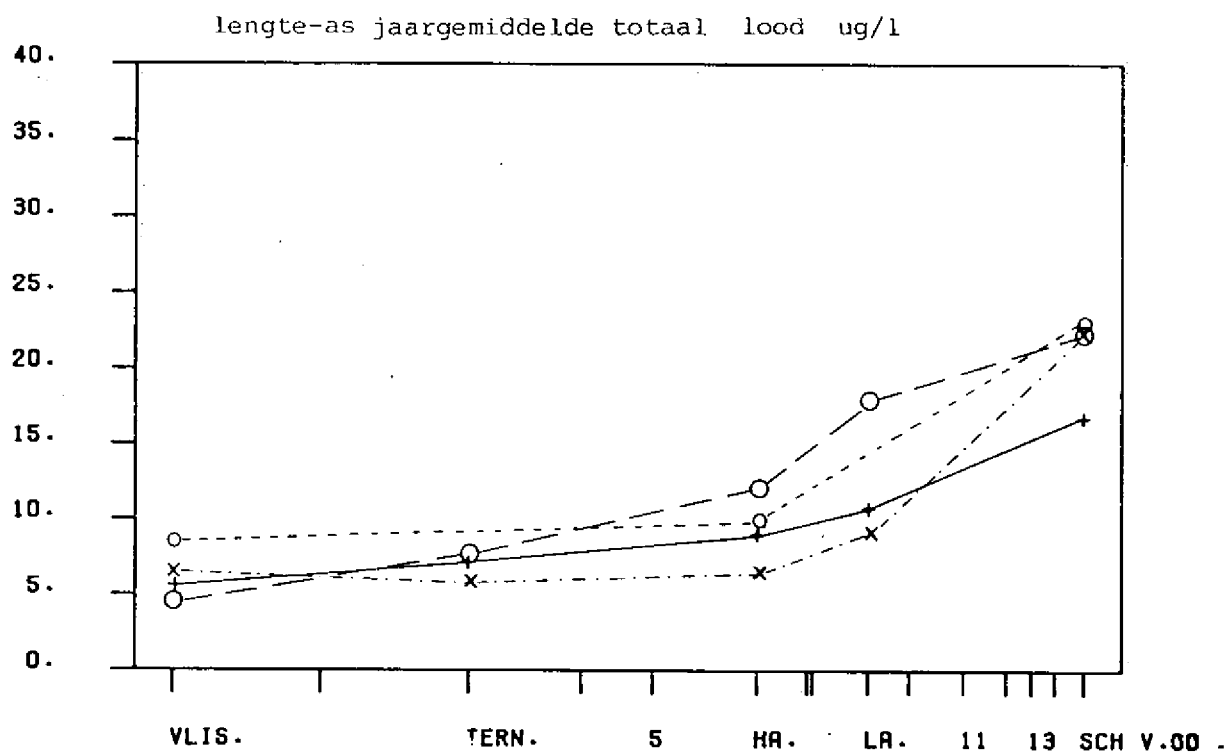


fig. 8.6.

o = 1972

x = 1975

O = 1979

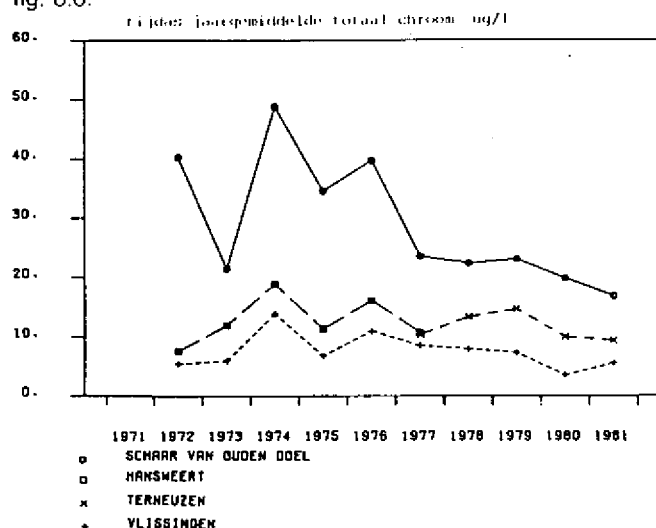
+ = 1981

## 8.6 Chroom (Cr)

Het chroomgehalte in de Westerschelde is na 1974 afgenomen.

Dit is het duidelijkst waarneembaar bij Schaar van Ouden Doel (fig. 8.6) waar het jaargemiddelde gehalte is gedaald van 49  $\mu\text{g/l}$  tot 17  $\mu\text{g/l}$  in 1981.

fig. 8.6.



Uit tabel 8.10 blijkt dat ook de vrachten zijn afgenomen.

Belangrijkste lozingen zijn afkomstig van de kunstmest-, galvanische- en grafische industrieën en van de productie van titaandioxide.

In 1973 zijn slechts twee metingen verricht waarmee mogelijk het lage gemiddelde bij Schaar van Ouden Doel verklaard kan worden. Chroom bindt zich sterk aan zwevend stof.

Berekeningen met het rekenmodel OSTWAT, waarbij correcties zijn toegepast voor het zwevend stofgehalte, duiden eveneens op een significant dalende trend in de gehele Westerschelde (tabel 8.9).

In westelijke richting neemt het chroomgehalte door verdunning en sedimentatie af (zie fig. 8.6). Oriënterende berekeningen duiden op een sedimentatie van 100-200 ton per jaar, afkomstig uit de Noordzee en de Schelde; het aandeel van lozingen op deze sedimentatie is niet bekend.

Het chroomgehalte wordt met de zogenaamde grafietovenmethode bepaald. Deze methode is in de loop der tijd verbeterd waardoor in 1982 de detectiegrens is verlaagd van 1 naar 0,2  $\mu\text{g/l}$ , zowel voor chroom in opgeloste als totaal vorm.

Tabel 8.9. Lineaire trendbepaling van chroomgehalten in de Westerschelde waarbij correcties zijn toegepast voor de zwevend stofgehalten.

| Station               | Periode   | Lineaire trend  |     | Onderscheidend vermogen % |
|-----------------------|-----------|-----------------|-----|---------------------------|
|                       |           | $\mu\text{g/l}$ | %   |                           |
| Vlissingen            | 1974-1981 | - 11.0          | -82 | 99                        |
| Terneuzen             | 1977-1981 | - 7.8           | -52 | 81                        |
| Hansweert             | 1974-1977 | - 6.9           | -39 | 81                        |
| Schaar van Ouden Doel | 1974-1981 | - 27.0          | -64 | 97                        |

Om te voldoen aan de basiskwaliteit, behoort het chroomgehalte bij alle waarnemingen kleiner dan 50  $\mu\text{g/l}$  te zijn. Sinds 1978 wordt bij Schaar van Ouden Doel aan deze norm voldaan.

Tabel 8.10

## Chroom

|                                                             |               |           | 1972  | 1973  | 1974   | 1975  | 1976  | 1977  | 1978  | 1979  | 1980  | 1981  |
|-------------------------------------------------------------|---------------|-----------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Gehalten totaal<br>(ug/l)                                   | Schaar v.O.O. | gemiddeld | 40(4) | 22(2) | 49(10) | 35(8) | 40(9) | 24(9) | 22(8) | 23(8) | 20(9) | 17(9) |
|                                                             |               | mediaan   | 10    | 22    | 45     | 30    | 19    | 21    | 21    | 14    | 22    | 16    |
|                                                             | Hansweert     | gemiddeld | 8(6)  | 12(2) | 19(10) | 11(9) | 16(9) | 11(9) | 11(9) | -     | -     | -     |
|                                                             |               | mediaan   | 6     | 12    | 16     | 11    | 13    | 12    | -     | -     | -     | -     |
|                                                             | Terneuzen     | gemiddeld | -     | -     | -      | -     | -     | 10(9) | 13(9) | 15(6) | 10(9) | 9(9)  |
|                                                             |               | mediaan   | -     | -     | -      | -     | -     | 7     | 10    | 9     | 10    | 6     |
|                                                             | Vlissingen    | gemiddeld | 6(4)  | 6(2)  | 14(10) | 7(9)  | 11(9) | 9(9)  | 8(9)  | 7(6)  | 4(9)  | 5(8)  |
|                                                             |               | mediaan   | 6     | 6     | 11     | 8     | 9     | 10    | 7     | 6     | 3     | 3     |
| Gehalten opgelost<br>(ug/l)                                 | Schaar v.O.O. | gemiddeld | 1(8)  | 4(2)  | 3(8)   | 2(8)  | 3(9)  | 2(9)  | 2(8)  | 3(8)  | 2(9)  | 2(9)  |
|                                                             |               | mediaan   | 1     | 4     | 4      | 2     | 3     | 1     | 2     | 2     | 2     | 2     |
|                                                             | Hansweert     | gemiddeld | 1(8)  | 3(2)  | 3(8)   | 2(9)  | 3(9)  | 2(9)  | -     | -     | -     | -     |
|                                                             |               | mediaan   | 1     | 3     | 3      | 2     | 2     | 1     | -     | -     | -     | -     |
|                                                             | Terneuzen     | gemiddeld | -     | -     | -      | -     | -     | 2(9)  | 1(9)  | 3(6)  | 1(9)  | 1(9)  |
|                                                             |               | mediaan   | -     | -     | -      | -     | -     | 1     | 1     | 2     | 1     | 1     |
|                                                             | Vlissingen    | gemiddeld | 1(8)  | 2(2)  | 5(9)   | 3(9)  | 4(9)  | 1(9)  | 1(9)  | 2(6)  | 1(9)  | 1(8)  |
|                                                             |               | mediaan   | 1     | 2     | 3      | 3     | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     |
| Metaalgehalten<br>zwevend stof<br>(mg/kg)                   | Schaar v.O.O. | gemiddeld | 262   | 351   | 411    | 472   | 298   | 262   | 305   | 328   | 300   | 294   |
|                                                             | Hansweert     | gemiddeld | 190   | 263   | 214    | 235   | 184   | 222   | -     | -     | -     | -     |
|                                                             | Terneuzen     | gemiddeld | 129   | -     | -      | -     | -     | 160   | 175   | 139   | 147   | 111   |
|                                                             | Vlissingen    | gemiddeld | 129   | 81    | -      | 143   | 98    | 184   | 166   | 87    | 58    | 64    |
| Bindingspercentage<br>aan zwevend stof                      | Schaar v.O.O. | gemiddeld | 89,8  | 83,8  | 90,3   | 92,3  | 87,7  | 91,3  | 92,1  | 84,9  | 89,7  | 86,7  |
|                                                             | Hansweert     | gemiddeld | 84,7  | 72,1  | 76,8   | 68,8  | 73,3  | 84,4  | -     | -     | -     | -     |
|                                                             | Terneuzen     | gemiddeld | -     | -     | -      | -     | -     | 81,3  | 88,3  | 72,6  | 85,6  | 87,8  |
|                                                             | Vlissingen    | gemiddeld | 75,6  | 65,0  | 52,6   | 48,3  | 47,2  | 77,0  | 86,8  | 57,6  | 67,4  | 82,9  |
| Totaal vrucht (ton/jaar) berekend                           |               |           | 181   | 82    | 248    | 196   | 145   | 116   | 95    | 130   | 100   | -     |
| Debiet Schelde (m <sup>3</sup> /s) te Schaar van Ouden Doel |               |           | 73    | 68    | 139    | 100   | 60    | 98    | 87    | 104   | 129   | -     |

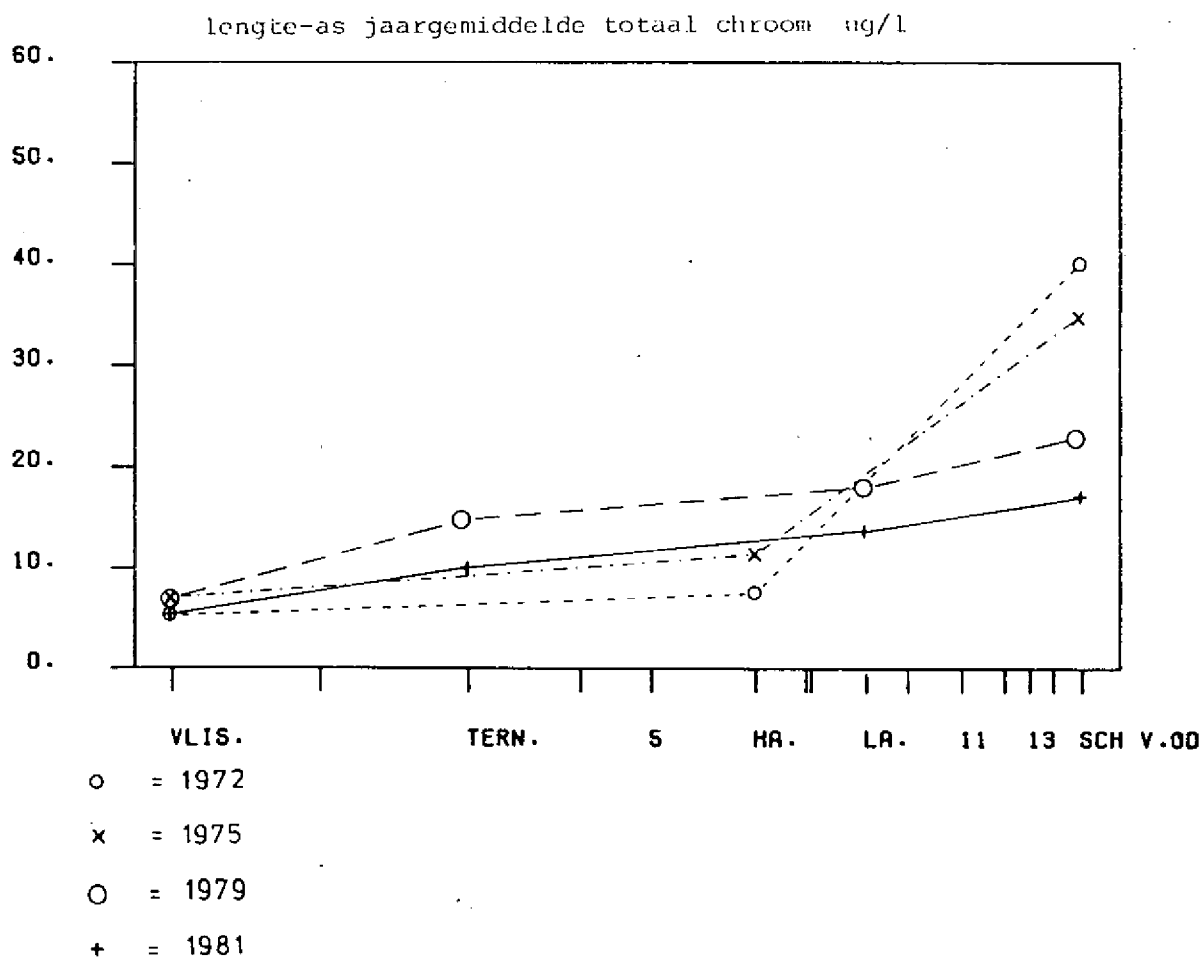
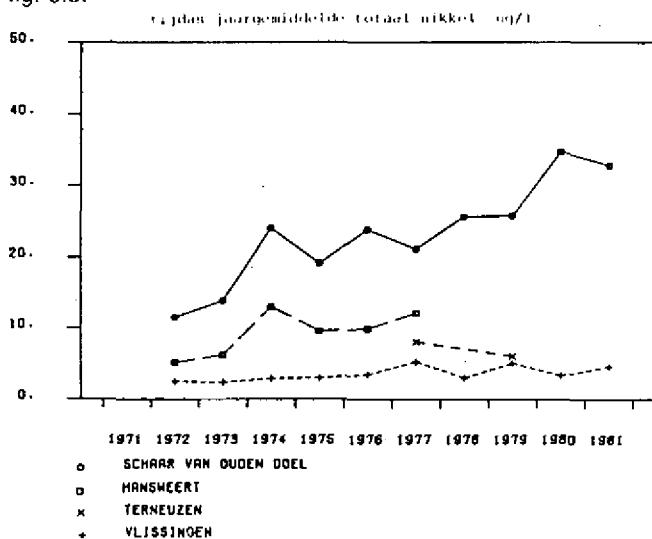


fig. 8.7.

## 8.7. Nikkel (Ni)

In tegenstelling tot de hiervoor besproken metalen is sinds 1972, het jaar waarin begonnen is met het analyseren van metalen, het nikkelgehalte in het oostelijk deel van de Westerschelde toegenomen door een verhoging van het gehalte in de Schelde (fig. 8.8). De oorzaak is niet bekend, maar het is waarschijnlijk dat een constant toenemende lozing debet is aan de geconstateerde stijging. Ook de jaarvrachten zijn aanmerkelijk toegenomen (tabel 8.12).

fig. 8.8.



Belangrijkste bronnen zijn de galvanische-, titaandioxyde-, kunstmest- en levensmiddelenindustrie.

Door verdunning met zeewater en enige sedimentatie nemen de gehalten in westelijke richting af, waardoor de stijgingen in het nikkelgehalte minder duidelijk waarneembaar worden (fig. 8.9).

Globale berekeningen duiden op een sedimentatie van enkele tientallen tonnen per jaar. De bijdrage van lozingen op deze sedimentatie is niet bekend.

Nikkel bindt zich slecht aan zwevend stof (tabel 8.12). In tegenstelling tot de andere metalen neemt in zeewaartse richting het bindingspercentage toe. Een eenduidige verklaring is nog niet te geven; mogelijk speelt het chloridegehalte hierin een rol.

Berekeningen met het rekenmodel OSTWAT, waarbij correcties zijn toegepast voor het zwevend stofgehalte, duiden ook op een significant stijgende trend van het nikkelgehalte in de Westerschelde (tabel 8.11.). Het nikkelgehalte wordt met de vlamdetektie-methode bepaald. In 1982 is de detectiegrens verlaagd van 1 tot 0,5 µg/l door verbetering van de analyse-methode.

Als norm om aan de basiskwaliteit te voldoen geldt een absoluut gehalte van 50 µg/l. Sinds 1980 wordt niet meer aan deze norm voldaan bij Schaar van Ouden Doel.

Tabel 8.11. Lineaire trendbepaling van nikkelgehalten in de Westerschelde waarbij correcties zijn toegepast voor de zwevend stofgehalten.

| Station               | Periode   | Lineaire trend |     | Onderscheidend vermogen (%) |
|-----------------------|-----------|----------------|-----|-----------------------------|
|                       |           | µg/l           | %   |                             |
| Vlissingen            | 1973-1981 | 1,8            | 67  | 69                          |
| Hansweert             | 1972-1977 | 5,6            | 85  | 66                          |
| Schaar van Ouden Doel | 1973-1981 | 19,6           | 125 | 100                         |

Tabel 8.12

| Nikkel                                         |               |           | 1972  | 1973  | 1974   | 1975  | 1976  | 1977  | 1978  | 1979  | 1980  | 1981  |
|------------------------------------------------|---------------|-----------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Gehalten totaal<br>(µg/l)                      | Schaar v.O.D. | gemiddeld | 12(4) | 14(8) | 24(10) | 19(8) | 24(9) | 21(8) | 26(7) | 26(7) | 35(8) | 33(6) |
|                                                |               | mediaan   | 9     | 15    | 25     | 18    | 21    | 21    | 24    | 22    | 33    | 34    |
|                                                | Hansweert     | gemiddeld | 5(7)  | 6(12) | 13(10) | 10(9) | 10(9) | 12(9) | -     | -     | -     | -     |
|                                                |               | mediaan   | 4     | 7     | 12     | 8     | 9     | 11    | -     | -     | -     | -     |
|                                                | Terneuzen     | gemiddeld | -     | -     | -      | -     | -     | 8(9)  | -     | 6(11) | -     | -     |
|                                                |               | mediaan   | -     | -     | -      | -     | -     | 7     | -     | 6     | -     | -     |
|                                                | Vlissingen    | gemiddeld | 3(4)  | 2(8)  | 3(10)  | 3(9)  | 3(9)  | 5(9)  | 3(9)  | 5(6)  | 3(9)  | 5(9)  |
|                                                |               | mediaan   | 3     | 2     | 3      | 2     | 3     | 5     | 2     | 5     | 3     | 5     |
| Gehalten opgelost<br>(µg/l)                    | Schaar v.O.D. | gemiddeld | 8(8)  | 11(9) | 20(10) | 15(8) | 16(9) | 17(8) | 22(7) | 22(7) | 31(8) | 30(7) |
|                                                |               | mediaan   | 8     | 10    | 20     | 13    | 15    | 18    | 21    | 20    | 28    | 34    |
|                                                | Hansweert     | gemiddeld | 4(8)  | 5(12) | 11(10) | 8(9)  | 7(9)  | 10(9) | -     | -     | -     | -     |
|                                                |               | mediaan   | 3     | 5     | 11     | 7     | 9     | -     | -     | -     | -     | -     |
|                                                | Terneuzen     | gemiddeld | -     | -     | -      | -     | -     | 6(9)  | -     | 4(11) | -     | -     |
|                                                |               | mediaan   | -     | -     | -      | -     | -     | 5     | -     | 4     | -     | -     |
|                                                | Vlissingen    | gemiddeld | 2(8)  | 1(9)  | 2(10)  | 2(9)  | 2(9)  | 3(9)  | 2(9)  | 4(6)  | 3(9)  | 3(9)  |
|                                                |               | mediaan   | 1     | 1     | 2      | 2     | 2     | 3     | 2     | 4     | 3     | 3     |
| Metaalgehalten<br>zwevend stof<br>(mg/kg)      | Schaar v.O.D. | gemiddeld | 39    | 45    | 39     | 69    | 90    | 47    | 54    | 67    | 49    | 68    |
|                                                | Hansweert     | gemiddeld | 41    | 150   | 27     | 48    | 36    | 46    | -     | -     | -     | -     |
|                                                | Terneuzen     | gemiddeld | -     | -     | -      | -     | -     | 35    | -     | 19    | -     | -     |
|                                                | Vlissingen    | gemiddeld | 56    | 61    | 15     | 27    | 48    | 72    | 18    | 34    | 16    | 18    |
| Bindingspercentage<br>aan zwevend stof         | Schaar v.O.D. | gemiddeld | 29,6  | 19,6  | 17,7   | 23,1  | 33,9  | 18,1  | 13,9  | 11,7  | 11,7  | 10,7  |
|                                                | Hansweert     | gemiddeld | 29,8  | 25,7  | 12,5   | 16,8  | 24,4  | 14,4  | -     | -     | -     | -     |
|                                                | Terneuzen     | gemiddeld | -     | -     | -      | -     | -     | 22,6  | -     | 33,3  | -     | -     |
|                                                | Vlissingen    | gemiddeld | 50,0  | 46,3  | 27,9   | 12,2  | 35,2  | 37,0  | 28,7  | 23,2  | 18,9  | 23,5  |
| Totaal vracht (ton/jaar) berekend              |               |           | 45    | 53    | 54     | 131   | 92    | 98    | 108   | 142   | 166   | -     |
| Debiet Schelde (m³/s) te Schaar van Ouden Doel |               |           | 73    | 68    | 139    | 100   | 60    | 98    | 87    | 104   | 129   | -     |

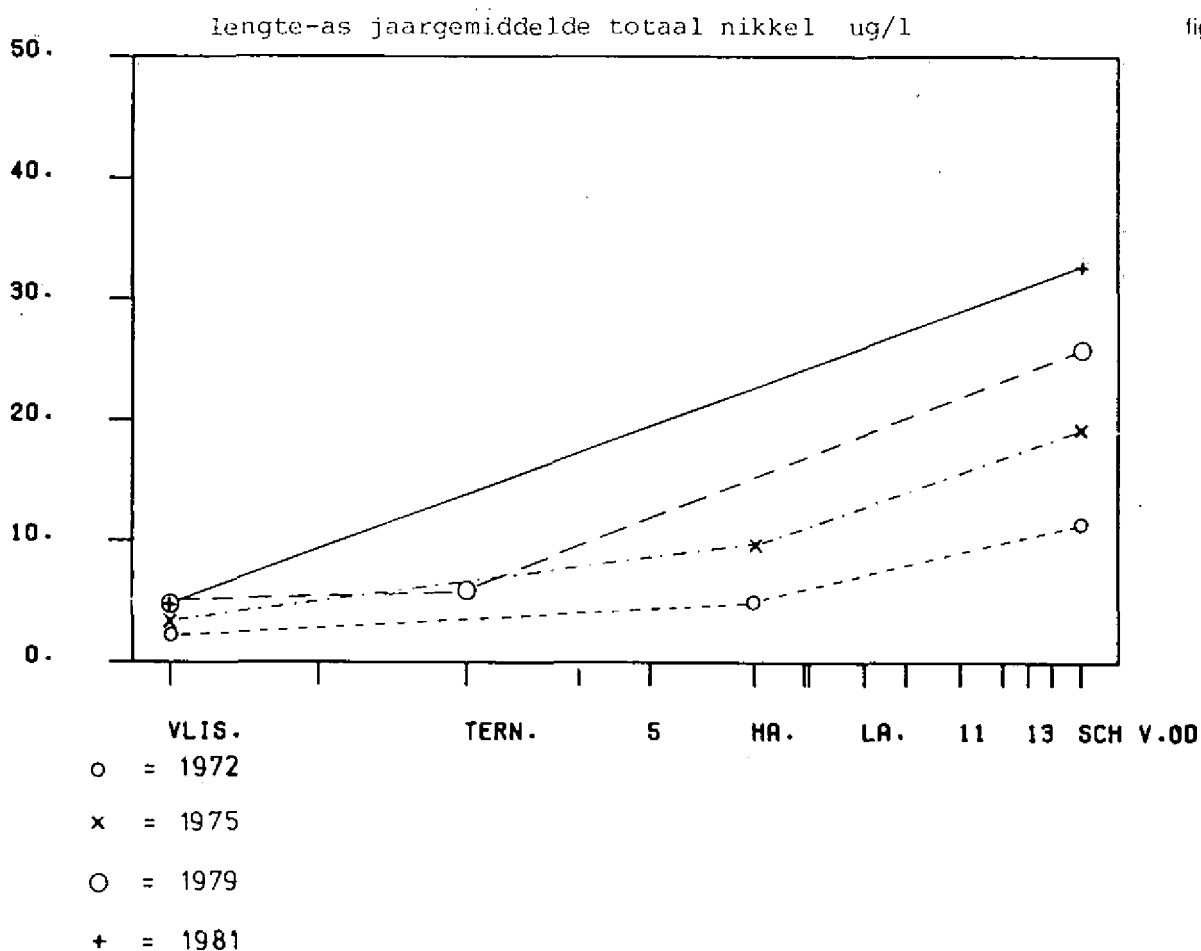
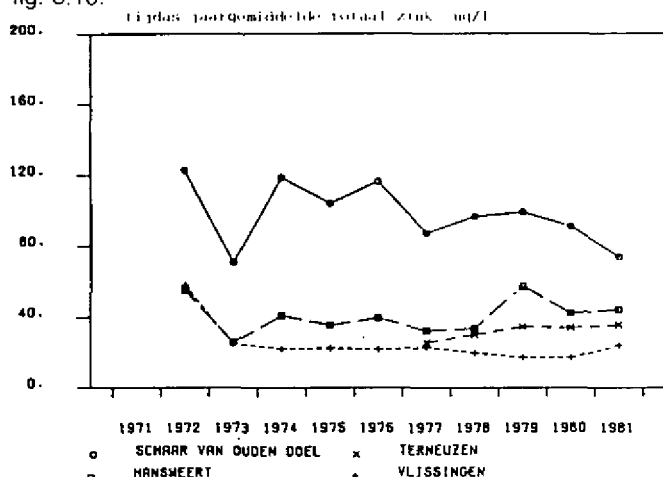


fig. 8.9.

## 8.8 Zink (Zn)

In het begin van de jaren 70 waren de fluktuaties in het jaar-gemiddelde zinkgehalte bij Schaar van Ouden Doel groot. Met name het jaar 1973, waarin het zinkgehalte daalde tot gemiddeld  $70 \mu\text{g/l}$ , maakt het moeilijk uit fig. 8.10 een trend af te lezen. Wordt het jaar 1973 verwijderd dan lijkt een afname aantoonbaar te zijn.

fig. 8.10.



Tabel 8.14 toont aan dat ondanks een geleidelijke toename van de Schelde-afvoer de jaarvruchten sterk variëren, waardoor het niet mogelijk is een trendmatige toe- of afname vast te stellen.

Belangrijke bronnen zijn de galvanische, grafische en ijzer- en staalindustrieën en aan corrosie onderhevige dakgoten. Verdunning met zeewater en sedimentatie veroorzaken ondanks vele lozingen een daling van het gehalte in westelijke richting, waardoor fluktuaties daar minder duidelijk waarneembaar zijn. Oriënterende berekeningen duiden op een sedimentatie van enkele honderden tonnen zink per jaar afkomstig uit de Schelde en de Noordzee. De bijdrage van lozingen op deze sedimentatie is niet bekend.

Zink bindt zich slecht aan zwevend stof (tabel 8.14).

Berekeningen met het rekenmodel OSTWAT, waarbij correcties zijn toegepast voor het zwevend stofgehalte, geven ook geen uitsluitend over het verloop van het zinkgehalte in de Westerschelde (tabel 8.13).

Het zinkgehalte wordt met de vlamdetektiemethode bepaald. In de hier besproken periode is de detectiegrens onveranderd gebleven, namelijk  $1 \mu\text{g/l}$ .

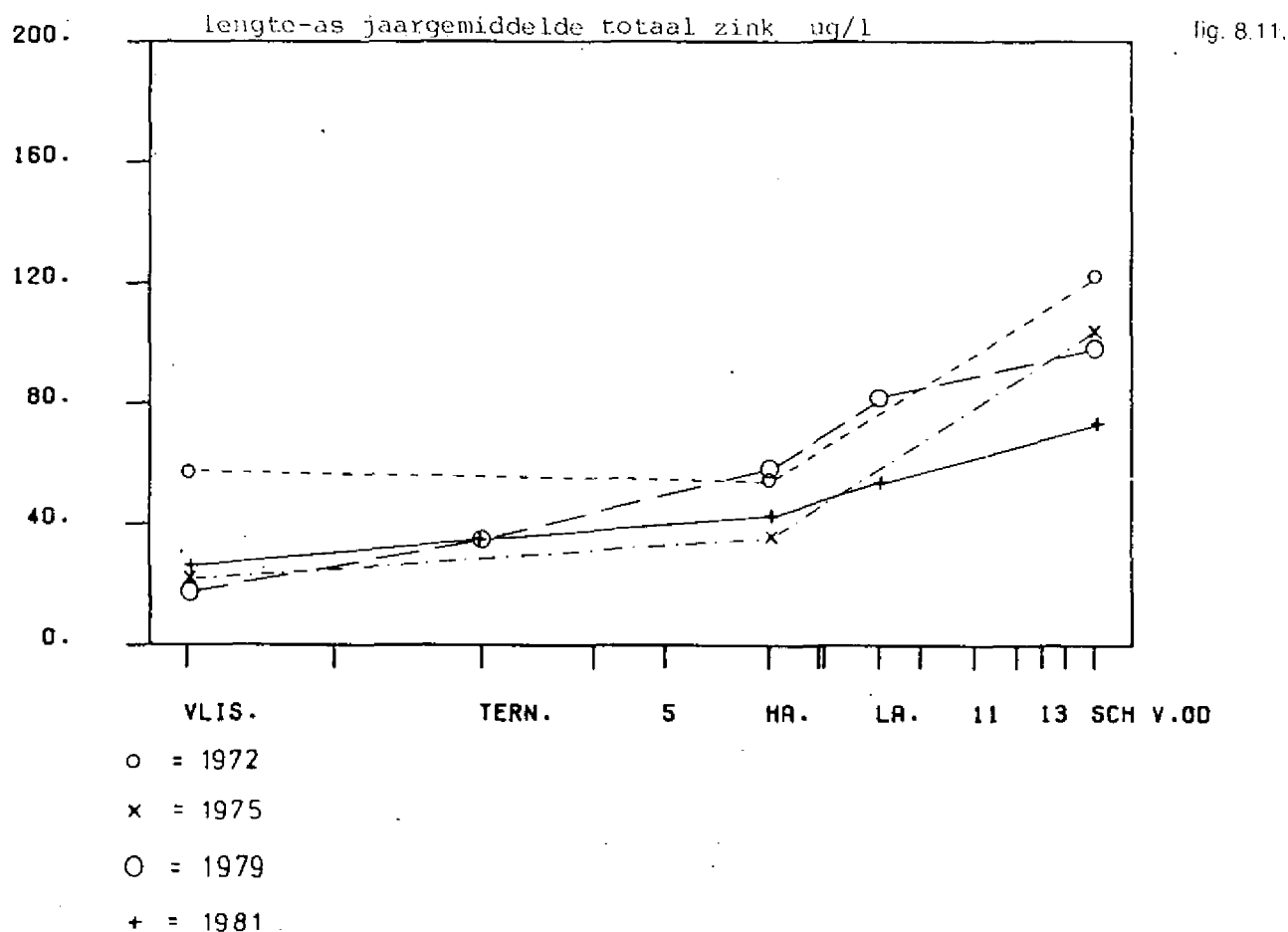
Om aan de basiskwaliteit te voldoen, behoort het zinkgehalte bij alle metingen kleiner dan  $200 \mu\text{g/l}$  te zijn. Sinds 1976 wordt bij Schaar van Ouden Doel aan deze norm voldaan.

Tabel 8.13. Lineaire trendbepaling van zinkgehalten in de Westerschelde waarbij correcties zijn toegepast voor de zwevend stofgehalten.

| Station               | Periode   | Lineaire trend  |     | Onderscheidend vermogen (%) |
|-----------------------|-----------|-----------------|-----|-----------------------------|
|                       |           | $\mu\text{g/l}$ | %   |                             |
| Vlissingen            | 1973-1981 | -7.5            | -30 | 15                          |
| Terneuzen             | 1977-1981 | 1.7             | 58  | 6                           |
| Hansweert             | 1973-1981 | 4.4             | 12  | 9                           |
| Schaar van Ouden Doel | 1973-1981 | -4.7            | -5  | 6                           |

Tabel 8.14

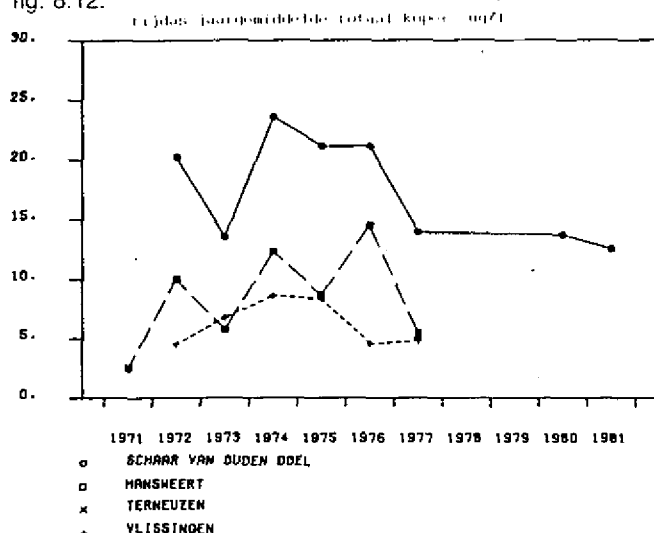
| Zink                                           |               |           | 1972   | 1973   | 1974    | 1975   | 1976   | 1977  | 1978  | 1979  | 1980  | 1981  |
|------------------------------------------------|---------------|-----------|--------|--------|---------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Gehalten totaal (µg/l)                         | Schaar v.O.O. | gemiddeld | 123(4) | 70(8)  | 119(10) | 104(8) | 116(9) | 87(9) | 97(8) | 99(7) | 91(9) | 74(8) |
|                                                |               | mediaan   | 37     | 50     | 96      | 74     | 56     | 77    | 81    | 50    | 101   | 71    |
|                                                | Hansweert     | gemiddeld | 55(7)  | 25(12) | 41(10)  | 35(9)  | 39(9)  | 32(9) | 34(8) | 57(6) | 42(9) | 44(8) |
|                                                |               | mediaan   | 19     | 23     | 29      | 27     | 27     | 19    | 27    | 46    | 35    | 41    |
|                                                | Terneuzen     | gemiddeld | -      | -      | -       | -      | -      | 25(9) | 30(9) | 35(6) | 34(9) | 36(9) |
|                                                |               | mediaan   | -      | -      | -       | -      | -      | 29    | 31    | 24    | 27    | 37    |
|                                                | Vlissingen    | gemiddeld | 58(4)  | 25(9)  | 22(10)  | 22(9)  | 22(9)  | 23(9) | 20(9) | 17(6) | 17(9) | 24(9) |
|                                                |               | mediaan   | 56     | 22     | 20      | 14     | 15     | 24    | 20    | 14    | 13    | 25    |
| Gehalten opgelost (µg/l)                       | Schaar v.O.O. | gemiddeld | 18(8)  | 31(9)  | 19(10)  | 29(8)  | 27(9)  | 23(9) | 31(8) | 21(7) | 31(9) | 23(9) |
|                                                |               | mediaan   | 20     | 20     | 18      | 32     | 26     | 22    | 24    | 24    | 31    | 24    |
|                                                | Hansweert     | gemiddeld | 33(8)  | 15(12) | 14(10)  | 18(9)  | 16(9)  | 16(9) | 14(7) | 17(6) | 18(9) | 19(9) |
|                                                |               | mediaan   | 33     | 13     | 12      | 17     | 16     | 17    | 16    | 17    | 15    | 18    |
|                                                | Terneuzen     | gemiddeld | -      | -      | -       | -      | -      | 10(9) | 11(9) | 11(6) | 13(9) | 15(9) |
|                                                |               | mediaan   | -      | -      | -       | -      | -      | 9     | 12    | 9     | 11    | 16    |
|                                                | Vlissingen    | gemiddeld | 45(8)  | 17(9)  | 7(10)   | 13(9)  | 8(9)   | 9(9)  | 8(9)  | 7(6)  | 9(9)  | 10(9) |
|                                                |               | mediaan   | 45     | 16     | 7       | 6      | 7      | 10    | 8     | 8     | 8     | 10    |
| Metaalgehalten zwevend stof (mg/kg)            | Schaar v.O.O. | gemiddeld | 619    | 725    | 869     | 1028   | 671    | 738   | 900   | 1239  | 946   | 939   |
|                                                | Hansweert     | gemiddeld | 506    | 709    | 448     | 526    | 384    | 427   | 533   | 487   | 425   | 481   |
|                                                | Terneuzen     | gemiddeld | -      | -      | -       | -      | -      | 291   | 286   | 292   | 364   | 290   |
|                                                | Vlissingen    | gemiddeld | 327    | 338    | 312     | 389    | 331    | 378   | 266   | 165   | 167   | 244   |
| Bindingspercentage van zwevend stof            | Schaar v.O.O. | gemiddeld | 57,5   | 61,7   | 79,5    | 67,7   | 66,5   | 69,4  | 68,2  | 69,3  | 63,4  | 60,3  |
|                                                | Hansweert     | gemiddeld | 40,8   | 38,9   | 61,5    | 49,8   | 54,5   | 51,4  | 57,3  | 59,9  | 55,1  | 50,4  |
|                                                | Terneuzen     | gemiddeld | -      | -      | -       | -      | -      | 60,5  | 60,6  | 60,5  | 59,8  | 54,6  |
|                                                | Vlissingen    | gemiddeld | 17,8   | 33,3   | 56,0    | 53,3   | 58,0   | 52,9  | 55,1  | 48,5  | 41,3  | 54,1  |
| Totaal vracht (ton/jaar) berekend              |               |           | 541    | 273    | 544     | 614    | 430    | 423   | 394   | 600   | 450   | -     |
| Debiet Schelde (m³/s) te Schaar van Ouden Doel |               |           | 73     | 68     | 139     | 100    | 60     | 98    | 87    | 104   | 129   | -     |



## 8.9 Koper (Cu)

De kopergehalten in de Westerschelde variëren sterk, waardoor het niet mogelijk is een duidelijke toe- of afname waar te nemen (fig. 8.12). Ook de vrachten die jaarlijks door de Schelde aangevoerd worden variëren sterk ondanks de geleidelijke toename van de afvoer (tabel 8.16).

fig. 8.12.



Belangrijkste bronnen zijn de elektrotechnische-, galvanische- en kunstmestindustrie.

Bij Terneuzen zijn, op 1977 na, geen koperanalyses verricht. In de jaren 1980 en 1981 gebeurde dit alleen bij Schaar van Ouden Doel. Sinds 1982 vinden weer bepalingen plaats op de stations Schaar van Ouden Doel, Hansweert, Terneuzen en Vlissingen.

In westelijke richting vindt ondanks de vele lozingen, door verdunning en sedimentatie een afname plaats van het totaal gehalte. Globale berekeningen duiden op een sedimentatie van vele tientallen tonnen per jaar afkomstig uit de Noordzee en de Schelde. De bijdrage van lozingen aan deze sedimentatie is niet bekend. Koper komt voor een belangrijk deel gebonden aan zwevend stof voor. In westelijke richting nemen de bindingspercentages af. Berekeningen met het rekenmodel OSTWAT, waarbij correcties zijn toegepast voor het zwevend stofgehalte geven geen uitsluitsel over de trend in de Westerschelde (tabel 8.15).

Het kopergehalte wordt met de zogenaamde vlamdetektie-methode bepaald. Door verbetering van deze methode is in 1982 de detectiegrens verlaagd van 1 tot  $0,5 \mu\text{g/l}$ .

De absolute norm om aan de basiskwaliteit te voldoen, is voor koper  $50 \mu\text{g/l}$ . In de jaren 1972 en 1974 t/m 1976 is deze norm overschreden.

Tabel 8.15. Lineaire trendbepaling van kopergehalten in de Westerschelde waarbij correcties zijn toegepast voor de zwevend stofgehalten.

| Station               | Periode   | Lineaire trend  |     | Onderscheidend vermogen (%) |
|-----------------------|-----------|-----------------|-----|-----------------------------|
|                       |           | $\mu\text{g/l}$ | %   |                             |
| Vlissingen            | 1973-1977 | -2,7            | -36 | 11                          |
| Hansweert             | 1972-1977 | -0,7            | -7  | 6                           |
| Schaar van Ouden Doel | 1973-1977 | -6,3            | -29 | 24                          |

Tabel 8.16

## Koper

|                                                                   |               |           | 1972  | 1973  | 1974   | 1975  | 1976  | 1977  | 1978 | 1979 | 1980  | 1981  |
|-------------------------------------------------------------------|---------------|-----------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|
| Gehalten totaal<br>( $\mu\text{g/l}$ )                            | Schaar v.O.O. | gemiddeld | 20(4) | 14(8) | 24(10) | 21(8) | 21(9) | 14(9) | -    | -    | 14(6) | 13(8) |
|                                                                   |               | mediaan   | 6     | 11    | 19     | 14    | 10    | 13    | -    | -    | 14    | 12    |
|                                                                   | Hansweert     | gemiddeld | 10(8) | 6(12) | 12(10) | 9(9)  | 14(9) | 5(9)  | -    | -    | -     | -     |
|                                                                   |               | mediaan   | 7     | 6     | 10     | 9     | 6     | 5     | -    | -    | -     | -     |
|                                                                   | Terneuzen     | gemiddeld | -     | -     | -      | -     | -     | 5(9)  | -    | -    | -     | -     |
|                                                                   |               | mediaan   | -     | -     | -      | -     | -     | 5     | -    | -    | -     | -     |
|                                                                   | Vlissingen    | gemiddeld | 5(4)  | 7(8)  | 9(10)  | 8(9)  | 5(9)  | 5(9)  | -    | -    | -     | -     |
|                                                                   |               | mediaan   | 5     | 7     | 9      | 6     | 2     | 5     | -    | -    | -     | -     |
| Gehalten opgelost<br>( $\mu\text{g/l}$ )                          | Schaar v.O.O. | gemiddeld | 2(8)  | 2(9)  | 4(10)  | 6(8)  | 3(9)  | 2(9)  | -    | -    | 4(9)  | 5(9)  |
|                                                                   |               | mediaan   | 1     | 2     | 4      | 3     | 3     | 2     | -    | -    | 3     | 4     |
|                                                                   | Hansweert     | gemiddeld | 3(7)  | 2(12) | 7(10)  | 5(9)  | 4(9)  | 3(9)  | -    | -    | -     | -     |
|                                                                   |               | mediaan   | 3     | 3     | 5      | 4     | 3     | 3     | -    | -    | -     | -     |
|                                                                   | Terneuzen     | gemiddeld | -     | -     | -      | -     | -     | 3(9)  | -    | -    | -     | -     |
|                                                                   |               | mediaan   | -     | -     | -      | -     | -     | 3     | -    | -    | -     | -     |
|                                                                   | Vlissingen    | gemiddeld | 3(8)  | 3(9)  | 5(10)  | 6(9)  | 2(9)  | 3(9)  | -    | -    | -     | -     |
|                                                                   |               | mediaan   | 3     | 3     | 4      | 3     | 1     | 2     | -    | -    | -     | -     |
| Metaalgehalten<br>zwevend stof<br>( $\text{mg/kg}$ )              | Schaar v.O.O. | gemiddeld | 123   | 171   | 181    | 226   | 129   | 142   | -    | -    | 156   | 155   |
|                                                                   | Hansweert     | gemiddeld | 160   | 270   | 97     | 88    | 150   | 64    | -    | -    | -     | -     |
|                                                                   | Terneuzen     | gemiddeld | -     | -     | -      | -     | -     | 39,7  | -    | -    | -     | -     |
|                                                                   | Vlissingen    | gemiddeld | 86    | 172   | 97     | 78    | 35    | 48    | -    | -    | -     | -     |
| Bindingspercentage<br>aan zwevend stof                            | Schaar v.O.O. | gemiddeld | 78,0  | 81,0  | 78,8   | 71,6  | 73,4  | 81,0  | -    | -    | 69,9  | 60,0  |
|                                                                   | Hansweert     | gemiddeld | 59,3  | 54,3  | 48,1   | 38,3  | 50,1  | 47,1  | -    | -    | -     | -     |
|                                                                   | Terneuzen     | gemiddeld | -     | -     | -      | -     | -     | 39,2  | -    | -    | -     | -     |
|                                                                   | Vlissingen    | gemiddeld | 57,5  | 51,9  | 49,7   | 33,8  | 39,2  | 39,8  | -    | -    | -     | -     |
| Totaal vrucht (ton/jaar) berekend                                 |               |           | 90    | 50    | 114    | 121   | 81    | 69    | -    | -    | 66    | -     |
| Debiet Schelde ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) te Schaar van Ouden Doel |               |           | 73    | 68    | 139    | 100   | 60    | 98    | 87   | 104  | 129   | -     |

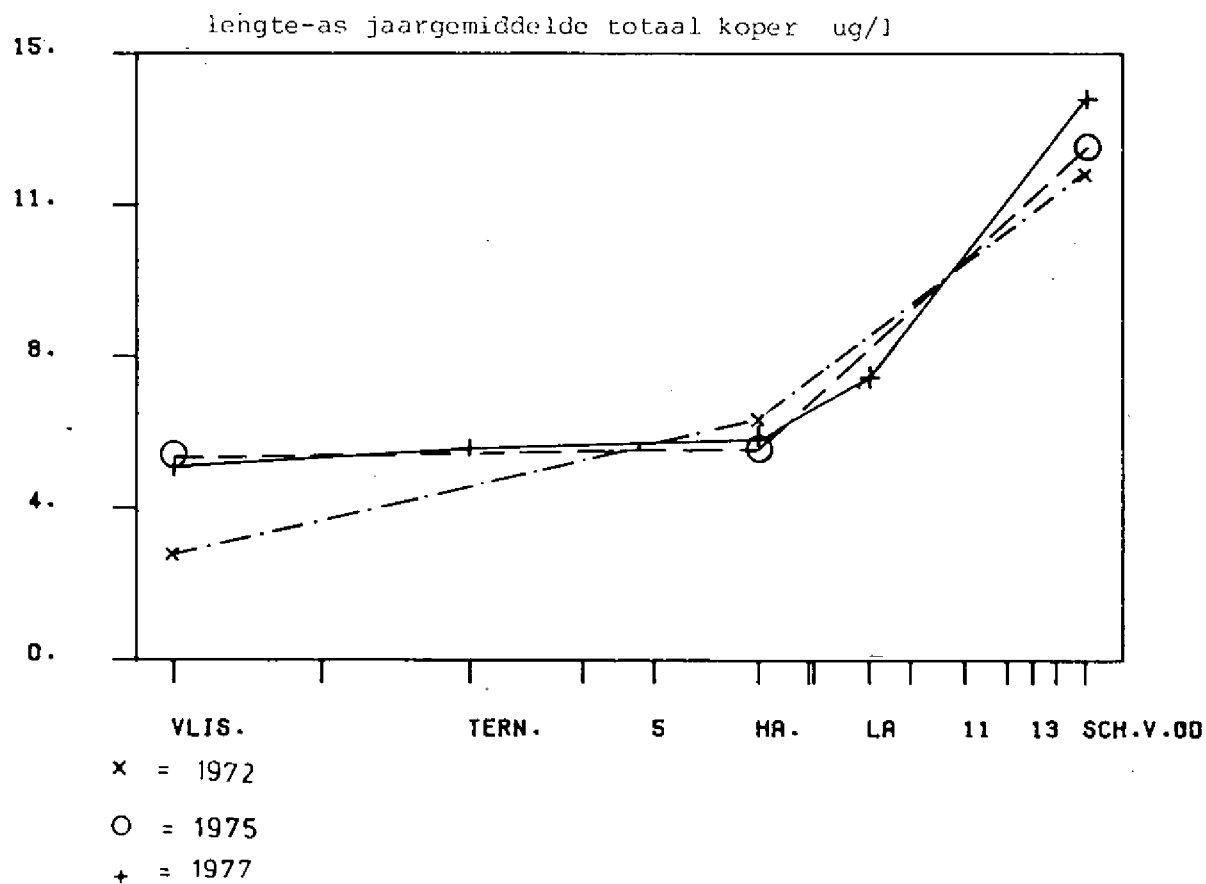


fig. 8.13.

## 8.10 Overige metalen

### 8.10.1 Algemeen

De in deze paragraaf beschreven metalen zijn lithium, beryllium, borium, vanadium, seleen en antimoon. Omdat deze metalen pas sinds het eind van de 70-er jaren routinematig gemeten worden is het niet mogelijk een eventuele trend in de gehalten waar te nemen. De metalen worden alleen bij Schaar van Ouden Doel gemeten. In tabel 8.17 is een overzicht gegeven van de diverse metaalgehalten en bindingspercentages aan zwevend stof. Voor de in deze paragraaf beschreven metalen bestaan geen basiskwaliteitsnormen.

### 8.10.2 - Lithium

Vanaf 1978 ligt het jaargemiddelde gehalte bij Schaar van Ouden Doel op ongeveer 50  $\mu\text{g/l}$  (fig. 8.14). Lithium wordt vrijwel alleen in opgeloste vorm waargenomen. Het natuurlijk gehalte in zeewater is ca. 170  $\mu\text{g/l}$ .

#### - Beryllium

Het jaargemiddelde gehalte bij Schaar van Ouden Doel varieert vanaf 1978 tussen ongeveer 0,30 en 0,60  $\mu\text{g/l}$  (fig. 8.15), wat vele malen hoger is dan het natuurlijke gehalte (0,6 ng/l) in zeewater.

Beryllium hecht zich sterk aan zwevend stof.

#### - Borium

Het jaargemiddelde boriumgehalte was bij Schaar van Ouden Doel in 1979 aanzienlijk hoger (1536  $\mu\text{g/l}$ ) dan in 1981 (789  $\mu\text{g/l}$ ). (fig. 8.16). Dit is voornamelijk veroorzaakt door de toename van de Schelde-afvoer tussen 1979 en 1981 omdat van nature de gehalten in zeewater (4600  $\mu\text{g/l}$ ) hoger zijn dan de gehalten in de Schelde. Borium komt voornamelijk in opgeloste vorm voor in het oostelijk deel van de Westerschelde.

#### - Vanadium

Het gehalte aan vanadium is bij Schaar van Ouden Doel vrij constant gebleven in de periode 1978-1981 (fig. 8.17), rond 20  $\mu\text{g/l}$ . Het natuurlijk gehalte in zeewater is ca. 2  $\mu\text{g/l}$ . Vanadium komt deels gebonden aan zwevend stof en deels in opgeloste vorm voor in het oostelijk deel van de Westerschelde.

#### - Seleen

Sinds 1979 ligt het seleengehalte bij Schaar van Ouden Doel tussen 0,5 en 15  $\mu\text{g/l}$ . Het natuurlijk gehalte in zeewater is ca. 0,04  $\mu\text{g/l}$  (fig. 8.18). Seleen komt voornamelijk in opgeloste vorm voor in het oostelijk deel van de Westerschelde.

#### - Antimoon

Antimoon wordt pas sinds 1980 routinematig gemeten. Het jaargemiddelde gehalte ligt bij Schaar van Ouden Doel rond 4  $\mu\text{g/l}$  (fig. 8.19). Het natuurlijk gehalte in zeewater is ca. 0,5  $\mu\text{g/l}$ . Antimoon komt voornamelijk in opgeloste vorm voor in het oostelijk deel van de Westerschelde.

Tabel 8.17. Metaalgehalten van beryllium, borium, vanadium, antimoon, lithium en seleen in zwevend stof (in mg/kg en als percentage dat gebonden aan zwevend stof voorkomt) bij Schaar van Ouden Doel.

| metaal    | gehalte in zwevend stof |      |      | bindingspercentage metaal |      |      |
|-----------|-------------------------|------|------|---------------------------|------|------|
|           | 1979                    | 1980 | 1981 | 1979                      | 1980 | 1981 |
| Beryllium | 4,9                     | 3,6  | 3,8  | 78,8                      | 88,6 | 94,0 |
| Borium    | 1490                    | 184  | 290  | 6,4                       | 1,4  | 2,5  |
| Vanadium  | 197                     | 157  | 170  | 66,7                      | 61,8 | 54,3 |
| Antimoon  | 7,5                     | 5,4  | 3,3  | 8,3                       | 10,0 | 8,8  |
| Lithium   | 35                      | 34   | 39   | 5,6                       | 5,9  | 7,9  |
| Seleen    | 1,7                     | 3,3  | n.m. | 7,5                       | 10,3 | n.m. |

n.m. = niet meetbaar

fig. 8.14.

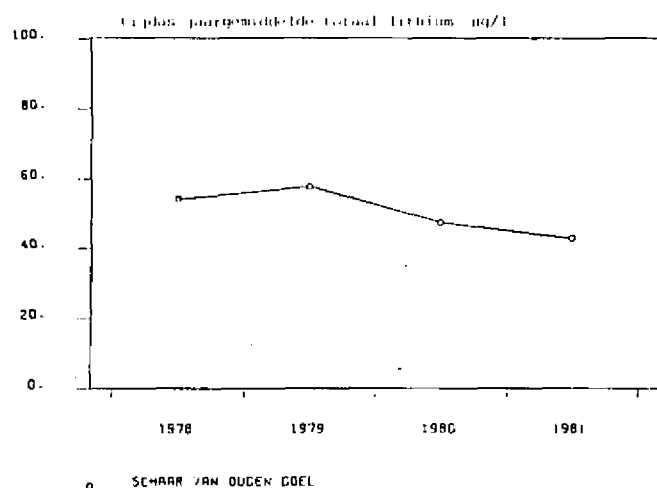


fig. 8.15.

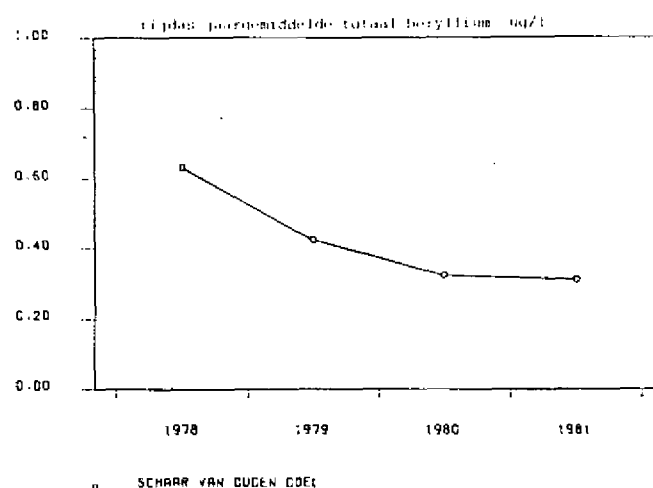


fig. 8.16.

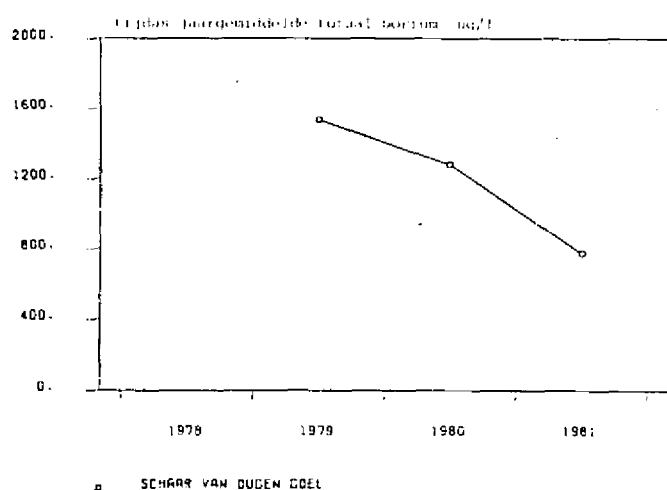


fig. 8.17.

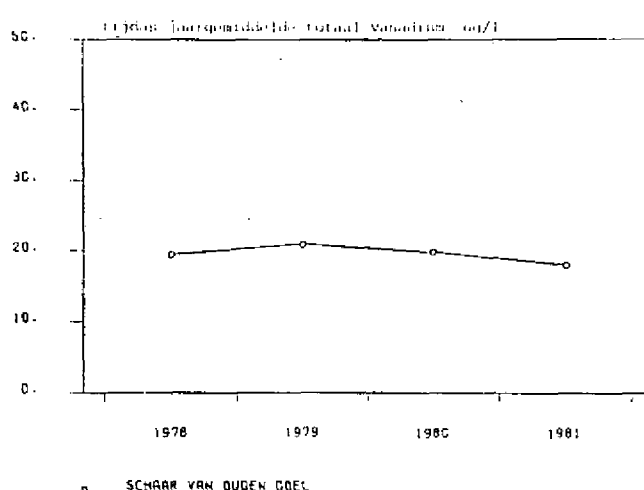


fig. 8.18.

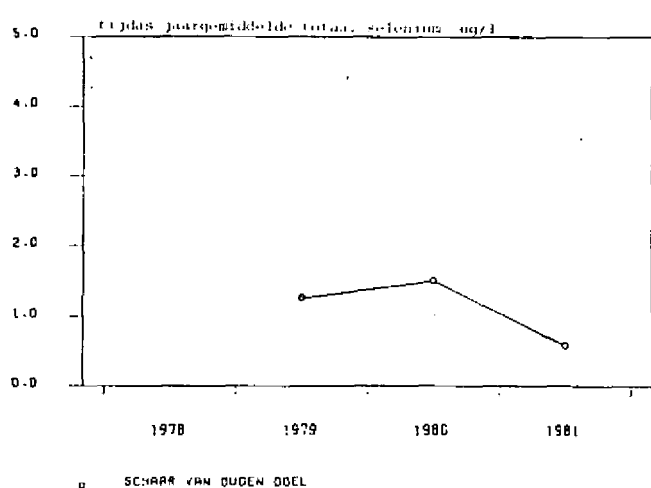
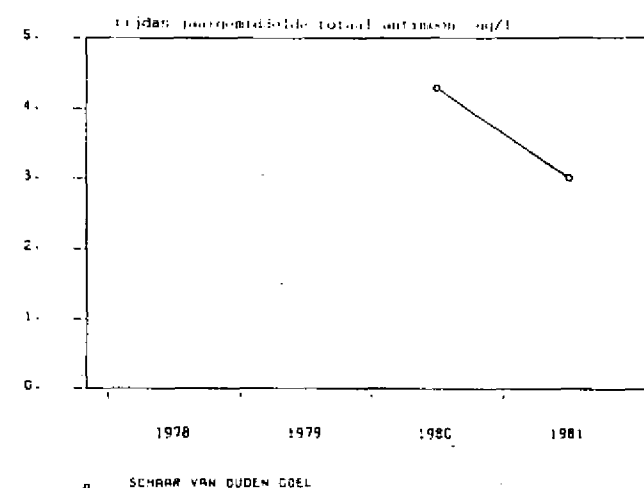


fig. 8.19.



De haven van Hansweert (foto: RIZA).



## 9 Organische mikroverontreinigingen

---

### 9.1 Algemeen

Door productie en gebruik komen vooral in dichtbevolkte geïndustrialiseerde gebieden vele organische mikroverontreinigingen voor in het oppervlaktewater. In het Maas- en Rijnwater zijn al enkele honderden verschillende stoffen aangetroffen en vermoedelijk zijn de aantallen in het Schelde- en Westerscheldewater in dezelfde orde van grootte.

De in oppervlaktewater aangetroffen organische mikroverontreinigingen kunnen evenals andere verontreinigingen van uiteenlopende herkomst zijn. Bedrijven waar een bepaalde stof wordt geproduceerd of verwerkt vormen in beginsel voor de hand liggende bronnen van verontreiniging.

Belangrijk is hierbij of een stof als eindproduct dan wel als commercieel niet interessant produkt vrij komt. Naast de belasting door duidelijke „puntbronnen” spelen ook diffuse lozingen (verspreid voorkomende lozingen van beperkte omvang) welke afkomstig zijn van gebruik in de landbouw, huishoudens, etc. een rol.

Behalve via direkte lozingen komen dergelijke stoffen ook via in regenwater geabsorbeerde rookgassen in het oppervlaktewater terecht.

Vele organische mikroverontreinigingen hebben, net als een aantal anorganische mikroverontreinigingen, de eigenschap aan zwevend stof te adsorberen en/of in organismen te accumuleren. Dit betekent dat, wil men inzicht krijgen in het voorkomen van bepaalde stoffen in het aquatisch milieu, informatie beschikbaar moet zijn over alle afzonderlijke compartimenten. Onderzoek van alleen het compartiment water inclusief zwevend stof is, voor zover kennis over de relatie tussen de verschillende compartimenten ontbreekt, ontoereikend. Voor accumulerende stoffen waarvan het gehalte in oppervlaktewater onder de detectiegrens ligt, geldt dit in nog sterkere mate.

De eigenschap van vele organische mikroverontreinigingen in organismen te accumuleren en aan zwevend stof te adsorberen alsmede veelal een slechte afbreekbaarheid, milieuvreemdheid en de beperkte kennis op het gebied van toxiciteit maakt het moeilijk voor deze stoffen toelaatbare gehalten in water vast te stellen. Veel van deze stoffen zijn op de zogenaamde zwarte lijst geplaatst (par. 9.2).

Presentatie van waarnemingen in dit hoofdstuk vindt voornamelijk plaats in de vorm van tabellen omdat de gehalten van de diverse verontreinigingen vaak rond de detectiegrens liggen en bepaling alleen plaats vindt bij Schaar van Ouden Doel. De stoffen waarvan het voorkomen duidelijk boven de detectiegrens ligt en op meerdere lokaties in de Westerschelde bepaald worden, worden gepresenteerd in de vorm van grafieken.

## 9.2 (Potentiële) zwarte lijststoffen

In het kader van de EG-richtlijn „betreffende de verontreiniging veroorzaakt door bepaalde gevaarlijke stoffen die in het aquatisch milieu worden geloosd” en in het kader van het Rijn chemieverdrag van de Internationale Rijn Commissie wordt momenteel gewerkt aan een selectie van stoffen die voor plaatsing op de zogenaamde zwarte lijst in aanmerking komen. Voor de kwaliteit van de Schelde en Westerschelde zijn voornamelijk de werkzaamheden binnen de EG van belang.

Hiertoe worden voor een aantal stoffen, na voorselectie, studies uitgevoerd naar de betekenis van deze stoffen voor het aquatisch milieu, naar het voorkomen in het aquatisch milieu en naar productie en toepassingen. Tevens wordt onderzocht wat de mogelijkheden zijn om het vrijkomen van deze stoffen (bij de productie, verwerking en toepassingen) te beperken. Per stof of groep van stoffen kan een dergelijke studie uiteindelijk leiden tot een voorstel voor het vaststellen van zogenaamde emissiegrenswaarden die aangeven welke hoeveelheid van een stof maximaal (per eenheid productie) vrij mag komen alsmede de maximale concentratie in afvalwater. Hierbij wordt uitgegaan van de zogenaamde „beste bestaande technieken”. Een overzicht van de stand van zaken voor wat betreft de selectie van zwarte lijststoffen per 1-7-1982 wordt gegeven in tabel 9.1.

Tabel 9.1. Overzicht stand van zaken EG selectie zwarte lijststoffen (per 1-7-1982).

|                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Eerste reeks:                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 1. Kwik en kwikverbindingen                                                                                                            | Voorstel voor een richtlijn betreffende installaties voor de elektrolyse van alkalichloriden, op 20 juni 1979 bij de Raad van de Europese Gemeenschappen ingediend, op 22 maart 1982 aangenomen (PB nr. L 81 van 27.03.1982).<br>Voorstel voor een richtlijn, betreffende andere bedrijven, in voorbereiding. |
| 2. Cadmium en cadmium verbindingen                                                                                                     | Voorstel voor een richtlijn, op 17 februari 1981 bij de Raad ingediend (PB C 118 van 21.5.1981).                                                                                                                                                                                                              |
| 3. Aldrin<br>4. Dieldrin<br>5. Endrin                                                                                                  | Voorstel voor een richtlijn, op 16 mei 1979 bij de Raad ingediend (PB C 118 van 21.5.1981)                                                                                                                                                                                                                    |
| Tweede reeks:                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 6. Chloordaan<br>7. Heptachloor (en heptachloorepoxide)                                                                                | Mededeling van de commissie aan de Raad, ingediend op 18 juli 1980 (COM(80)433 def.), waarvan op 3.12.1981 door de Raad nota genomen.                                                                                                                                                                         |
| 8. DDT<br>9. Hexachloorcyclohexaan (lindaan en alle andere isomeren)                                                                   | Studies en besprekingen met de nationale deskundigen zijn afgerond.                                                                                                                                                                                                                                           |
| 10. PCB's en PCT's<br>11. Hexachloorbenzeen                                                                                            | Studies afgerond: besprekingen aan de gang met de nationale deskundigen.                                                                                                                                                                                                                                      |
| Derde reeks:                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 12. Endosulfan<br>13. Hexachloorbutadieën<br>14. Pentachloorfenol<br>15. Trichloorfenol                                                | Studies voltooid.<br>Besprekingen met de nationale deskundigen aan de gang.                                                                                                                                                                                                                                   |
| Vierde reeks:                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 16. Benzeen<br>17. Tetrachloorkoolstof<br>18. Chloroform                                                                               | In studie                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Kankerverwekkende stoffen:                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 19. Arseen en anorganische arseenverbindingen<br>20. Benzidine<br>21. PAK (in het bijzonder 3,4-benzopyreen en 3,4-benzofluorantheen). | In studie                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

### 9.3 Aldrin, dieldrin, endrin, DDT en metabolieten, heptachloor en heptachloorepoxide

Bovengenoemde stoffen vallen, met uitzondering van heptachloorepoxide - dat een omzettingprodukt is van heptachloor - onder de noemer organochloorpesticiden. Deze stoffen zijn slecht afbreekbaar en accumuleren sterk in organismen. Derhalve zijn het allen potentiële zwarte lijststoffen. In vele gevallen liggen de waarnemingen en de hieruit berekende jaargemiddelden en medianen beneden de detectiegrens. Daarom is in tabel 9.2 een overzicht gegeven van het aantal malen dat een afzonderlijke waarneming gelijk was aan of groter was dan de detectiegrens van 0,01 µg/l.

De gehalten worden sinds 1973 bij Schaar van Ouden Doel bepaald. Opvallend in deze tabel is het aantal malen dat dieldrin, endrin en aldrin in 1980 en 1981 zijn aangelooed.

Dit vaker voorkomen is te wijten aan een toename van incidentele lozingen in het Antwerpse havengebied. De gehalten die gemeten werden waren erg hoog: het maximale gehalte van aldrin was 0,96 µg/l, van dieldrin 1,69 µg/l en van endrin 2,77 µg/l. Gezien het schadelijke karakter van deze stoffen dient deze ontwikkeling zorgvuldig in de gaten te worden gehouden.

Voor de basiskwaliteit voor zoet water worden voor de bovengenoemde organochloorpesticiden 2 normen gehanteerd:

- individueel mogen de maximale gehalten niet hoger dan 0,05 µg/l zijn;
- in combinatie met elkaar mag het totaal gehalte aan organochloorpesticiden niet hoger dan 0,10 µg/l zijn.

Beide normen zijn in 1974 (pp-DDT, op-DDT en pp-DDE) en 1980 (aldrin en endrin) overschreden.

Tabel 9.2. Aantal waarnemingen gelijk aan of groter dan 0,01 µg/l bij Schaar van Ouden Doel.

|                    | '73 | '74 | '75 | '76 | '77 | '78 | '79 | '80 | '81 |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Aldrin             | 0   | -   | -   | 0   | 0   | 0   | 0   | 3   | 3   |
| Dieldrin           | 1   | 1   | -   | -   | 2   | 1   | 0   | 4   | 0   |
| Endrin             | 0   | -   | -   | 0   | -   | 0   | 0   | 3   | 1   |
| pp-DDT             | 1   | 1   | -   | -   | -   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| op-DDT             | 1   | 1   | -   | 4   | 1   | 0   | 0   | 1   | 0   |
| pp-DDE             | 0   | 1   | -   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| TDE                | 5   | 4   | -   | 0   | 2   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| Heptachloor        | 0   | 2   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| heptachloorepoxide | 2   | 1   | 3   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 1   |

- niet bepaald

12-13 waarnemingen per jaar.

### 9.4 Hexachloorbenzeen en α- en γ-hexachloorcyclohexaan

Hexachloorbenzeen (HCB) is een fungicide (schimmelbestrijder), γ-hexachloorcyclohexaan (γ-HCH) of lindaan is een insecticide en α- en β-HCH zijn nevenprodukten die vrijkomen bij de productie van γ-HCH. Evenals de in par. 9.3 vermelde stoffen, zijn HCB en HCH met isomeren potentiële zwarte lijststoffen omdat ook deze stoffen toxisch en niet of nauwelijks afbreekbaar zijn en zich oplopen in organismen.

Tabel 9.3 geeft een overzicht van het voorkomen van HCB en α- en γ-HCH bij Schaar van Ouden Doel. De gehalten worden sinds 1973 bepaald. β-HCH is vanaf 1975 niet meer in het routineprogramma voor de Westerschelde opgenomen.

Deze tabel is iets anders van opzet dan tabel 9.2, omdat de gehalten aan HCB en α- en γ-HCH in slechts enkele gevallen

niet meetbaar waren. Ook voor deze stoffen gelden als basis-kwaliteitsnormen:

- individueel mogen de gehalten niet hoger dan 0,05 µg/l zijn;
- in combinatie met elkaar mag het totaalgehalte aan geïdentificeerde organochloorpesticiden niet hoger dan 0,10 µg/l zijn.

Beide normen zijn voornamelijk door de hoge gehalten aan γ-HCH, sinds 1973 ieder jaar overschreden.

Tabel 9.3 Overzicht van het voorkomen van HCB en α- en γ-HCH (µg/l) bij Schaar van Ouden Doel in de periode 1973-1981.

|       | 1973 | 1974  | 1975 | 1976  | 1977  | 1978  | 1979  | 1980  | 1981  |
|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| HCB   |      |       |      |       |       |       |       |       |       |
| gem.  | 0,01 | <0,01 | 0,01 | 0,01  | 0,01  | <0,01 | 0,01  | <0,01 | <0,01 |
| med.  | 0,01 | <0,01 | 0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 |
| max.  | 0,03 | 0,01  | 0,02 | 0,04  | 0,06  | 0,04  | 0,08  | 0,05  | 0,02  |
| α-HCH |      |       |      |       |       |       |       |       |       |
| gem.  | 0,03 | 0,01  | 0,02 | 0,02  | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 |
| med.  | 0,01 | 0,01  | 0,02 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,01  | <0,01 |
| max.  | 0,10 | 0,04  | 0,06 | 0,06  | 0,02  | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0,01  |
| γ-HCH |      |       |      |       |       |       |       |       |       |
| gem.  | 0,05 | 0,02  | 0,03 | 0,04  | 0,06  | 0,05  | 0,04  | 0,04  | 0,04  |
| med.  | 0,04 | 0,02  | 0,03 | 0,04  | 0,07  | 0,04  | 0,04  | 0,04  | 0,04  |
| max.  | 0,12 | 0,06  | 0,07 | 0,09  | 0,16  | 0,14  | 0,08  | 0,15  | 0,06  |

12-13 waarnemingen per jaar.

### 9.5. Hexachloorbutadiëen

Bij de productie van lagere koolwaterstoffen zoals chloroform en tetra komt hexachloorbutadiëen vrij als bijproduct. De toepassingsmogelijkheden van deze stof zijn beperkt.

De selectie van hexachloorbutadiëen als potentiële zwarte lijststof is gebaseerd op het gegeven dat deze stof toxisch is voor vissen en zeer langzaam in het milieu wordt afgebroken. Bepaling vindt sinds 1975 plaats bij Schaar van Ouden Doel. Een overzicht van de meetresultaten wordt gegeven in tabel 9.4. Omdat in de loop der jaren de analysemethode een aantal keren is gewijzigd, kan aan het verschil tussen de gehalten in de verschillende jaren geen grote betekenis worden toegekend.

Tabel 9.4. Overzicht van de gehalten aan hexachloorbutadiëen bij Schaar van Ouden Doel in de periode 1975-1981 (µg/l).

|            | 1975 | 1976  | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981  |
|------------|------|-------|------|------|------|------|-------|
| gemiddelde | 0,09 | 0,20  | 0,25 | 0,58 | 0,10 | 0,02 | <0,01 |
| mediaan    | 0,05 | <0,01 | 0,12 | 0,20 | 0,05 | 0,01 | <0,01 |
| maximum    | 0,28 | 1,70  | 0,80 | 3,40 | 0,50 | 0,04 | 0,02  |

21-27 waarnemingen per jaar.

## 9.6 Sombepalingen

### 9.6.1. Algemeen

In par. 9.1. is vermeld dat de groep organische mikroverontreinigingen zeer omvangrijk is. Om praktische en financiële redenen is het niet mogelijk alle stoffen afzonderlijk te bepalen. Om toch een indruk te krijgen van de mogelijke aanwezigheid van de nog niet geïdentificeerde organische mikroverontreinigingen worden sombepalingen van aan elkaar verwante stoffen uitgevoerd. De somparameters hebben dan ook vooral een signaal-functie.

Voorbeelden van dergelijke somparameters zijn: vluchtige gechloreerde koolwaterstoffen (VOCl, 9.6.2.), extraheerbare organische koolwaterstoffen (EOCl, wordt niet bepaald in de Westerschelde), polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK, 9.6.3.), fenol (9.6.4), cholinesteraseremmers (worden niet bepaald in de Westerschelde) en synthetische detergenten (9.6.5.).

De waarde van deze sombepalingen als toetsingsgrootheid is beperkt omdat meestal niet bekend is welke afzonderlijke stoffen voor een bepaald gehalte verantwoordelijk zijn.

### 9.6.2. Vluchtige gechloreerde koolwaterstoffen

Onder de noemer vluchtige gechloreerde koolwaterstoffen (VOCl) vallen onder andere de stoffen trichlooretheen, tetrachlooretheen, trichloormethaan (chloroform), tetrachloormethaan (tetra), 1,2-dichloorethaan en 1,1,1-trichloorethaan. Deze stoffen worden in grote hoeveelheden in de industrie gebruikt als oplos- en ontvettingsmiddel, als grondstof voor de produktie van chloorfluormethaan (tri- en tetrachloormethaan) en als grondstof voor de produktie van PVC (dichloormethaan en dichlooretheen). Tetrachloormethaan, tetrachlooretheen en trichloorethaan worden ook als bestrijdingsmiddel toegepast. Gegevens over lozingen bovenstrooms van Schaar van Ouden Doel zijn niet voorhanden. Op Nederlands gebied vinden industriële lozingen van VOCl plaats door o.a. Dow Chemical in Terneuzen. In ongezuiverd effluent overtreft het huishoudelijk aandeel van VOCl vaak het industriële aandeel. Geschat wordt (lit.25) dat per inwonerekwivalent 3-40 gram VOCl per jaar wordt geloosd. Alle hierboven genoemde vluchtige gechloreerde koolwaterstoffen zijn potentiële zwarte lijststoffen. In het kader van het routineprogramma vindt sinds 1979 bepaling door het Rijks Instituut voor Drinkwatervoorziening plaats bij Schaar van Ouden Doel.

Tabel 9.5 geeft hiervan een overzicht. Ondanks de theoretische temperatuursafhankelijkheid vanwege het vluchtige karakter kan er geen seizoensafhankelijkheid gekonstateerd worden. Opvallend in deze tabel zijn de hoge maximumwaarden.

Deze verschijnselen hebben zich ook voorgedaan in de Rijn en Maas. (lit. 6,49).

Detektie gebeurt door het monster met helium door te blazen, waardoor de vluchtige stoffen uit de oplossing verdwijnen.

De vluchtige gechloreerde koolwaterstoffen worden hierna geadsorbeerd en na verbranding met zuivere zuurstof, waardoor waterstofchloride ontstaat, wordt coulometrisch het chloridegehalte bepaald.

### 9.6.3. Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK)

De parameter PAK is de som van de gehalten van benz(a)pyreen, benz(b)fluorantheen, o-fenyleen-pyreen, fluorantheen, benz(k)fluorantheen en benz(ghi)peryleen. De eerste twee stoffen worden als kankerverwekkend beschouwd.

Polycyclische aromatische koolwaterstoffen worden gevormd door verhitting of onvolledige verbranding van organische stoffen. Belangrijkste bronnen zijn raffinaderijen, cokes-, plastic-, kalk- en verfindustrieën. Daarnaast worden ze door enkele planten en mikro-organismen geproduceerd. Routinematige bepaling vindt plaats bij Schaar van Ouden Doel sinds 1975. Tabel 9.6 geeft hiervan een overzicht. Uit deze tabel blijkt dat het gehalte aan sterke schommelingen onderhevig is. Hoewel PAK in water voor een belangrijk deel aan zwevend stof hechten vertonen deze sterk wisselende gehalten geen duidelijke relatie met het zwevend stofgehalte. Uitschieters in het gehalte aan PAK, en dit geldt ook voor de andere organische mikroverontreinigingen, zijn zelden of nooit te baseren op uitschieters in het zwevend stofgehalte. Detektie van PAK vindt plaats door dunne laag chromatografie. Tot 1980 werden deze bepalingen uitgevoerd door het RID, daarna door het RIZA.

Als norm voor de basiskwaliteit geldt een absoluut gehalte kleiner dan 200 ng/l. Sinds 1975 is deze norm in alle jaren overschreden.

Tabel 9.5. Overzicht van het voorkomen van een aantal vluchtige gechloreerde koolwaterstoffen bij Schaar van Ouden Doel in de periode 1979-1981 ( $\mu\text{g/l}$ ).

|                              | 1979 |         |       | 1980 |         |       | 1981 |         |       |
|------------------------------|------|---------|-------|------|---------|-------|------|---------|-------|
|                              | gem. | mediaan | max.  | gem. | mediaan | max.  | gem. | mediaan | max.  |
| trichlooretheen              | 0.94 | 0.60    | 4.70  | 0.88 | 0.65    | 3.20  | 0.55 | 0.28    | 2.20  |
| tetrachlooretheen            | 1.92 | 1.25    | 8.20  | 3.47 | 1.80    | 20.00 | 1.66 | 0.68    | 12.00 |
| trichloormethaan             | 1.87 | 0.75    | 8.00  | 0.60 | 0.40    | 2.80  | 0.43 | 0.20    | 2.50  |
| tetrachloormethaan           | 0.09 | 0.01    | 0.65  | 0.01 | 0.01    | 0.05  | 0.38 | 0.01    | 5.60  |
| 1,2-dichloorethaan           | 8.2  | 1.8     | 130.0 | 1.0  | 0.1     | 6.5   | 4.8  | 0.1     | 65.0  |
| 1,1,1-trichloorethaan        | 1.76 | 1.30    | 4.80  | 2.93 | 2.00    | 18.00 | 2.04 | 0.70    | 12.00 |
| 24-27 waarnemingen per jaar. |      |         |       |      |         |       |      |         |       |

Tabel 9.6. Overzicht van het voorkomen van polycyclische aromatische koolwaterstoffen bij Schaar van Ouden Doel in de periode 1975-1981 ( $\text{ng/l}$ ).

|            | 1975 | 1976 | 1977* | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 |
|------------|------|------|-------|------|------|------|------|
| gemiddelde | 115  | 180  | 193   | 173  | 443  | 408  | 308  |
| mediaan    | 100  | 150  | 175   | 157  | 370  | 330  | 290  |
| maximum    | 630  | 490  | 587   | 600  | 1700 | 740  | 760  |

\*Van het eerste halfjaar waren geen gegevens beschikbaar.  
20-25 waarnemingen per jaar. Vanaf 1980 11 waarnemingen per jaar.

#### 9.6.4. Fenol

Onder de noemer fenol vallen alle stoffen die bestaan uit een benzeenkern met tenminste één hydroxylgroep. Fenolen kunnen in combinatie met andere stoffen kankerverwekkend zijn (lit. 49).

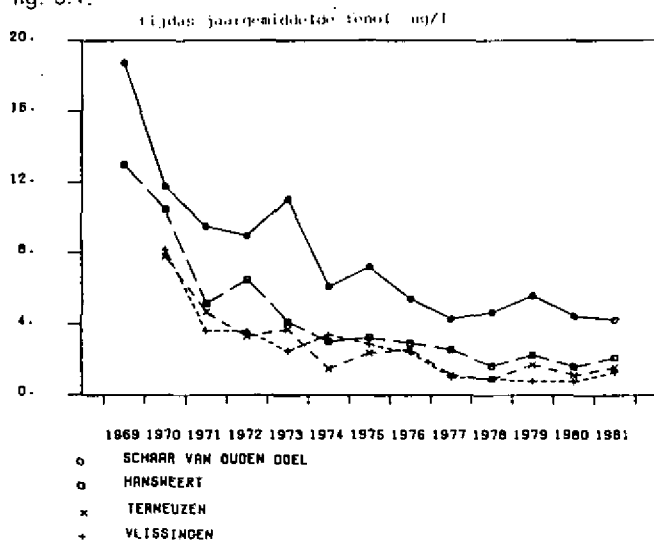
De onder de somparameter fenol behorende stoffen pentachloorfenol en trichloorfenol zijn potentiële zwarte lijststoffen. Beide stoffen worden overigens met de toegepaste analysemethode niet of nauwelijks meegenomen.

De grootste belasting vindt plaats door de chemische- en cookesindustrie (zie ook tabel 4.2).

Sinds 1969 is het gehalte in de Westerschelde sterk gedaald, met name in het oostelijk deel. Was in 1969 het gemiddelde gehalte bij Schaar van Ouden Doel 19 µg/l, in 1981 was dit afgenomen tot 4 µg/l (zie fig. 9.1).

Het gehalte neemt door verdunning en afbraak in westelijke richting af.

fig. 9.1.



Tabel 9.7 geeft een overzicht van de vrachten die jaarlijks via de Schelde naar de Westerschelde zijn afgevoerd. Uit deze tabel blijkt dat in de jaren 1974-1975 en 1979-1980 de vrachten aanmerkelijk hoger waren dan in de overige jaren.

Een duidelijke toe- of afname in de vrachten is evenwel sinds 1974-'75 nauwelijks te constateren.

Vanaf 1979 wordt fenol met behulp van de auto-analyser bepaald. Hierdoor is de detectiegrens verlaagd van 5 naar 1 µg/l. Om aan de basiskwaliteit te voldoen geldt een absoluut gehalte kleiner dan 10 µg/l. Sinds 1979 wordt aan deze zoet-waternorm voldaan.

Tabel 9.7 Overzicht van de berekende jaarvrachten fenol (ton per jaar) en Schelde-afvoeren (m³/s) bij Schaar van Ouden Doel.

|        | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| vracht | 30   | 42   | 35   | 33   | 18   | 22   | 19   | 33   | 23   |
| afvoer | 73   | 68   | 139  | 100  | 60   | 98   | 87   | 104  | 129  |

#### 9.6.5. Synthetische detergents

Detergents zijn stoffen die de oppervlaktespanning van water verlagen. Ze vormen een bestanddeel van wasmiddelen en de herkomst is dan ook voornamelijk van huishoudelijke

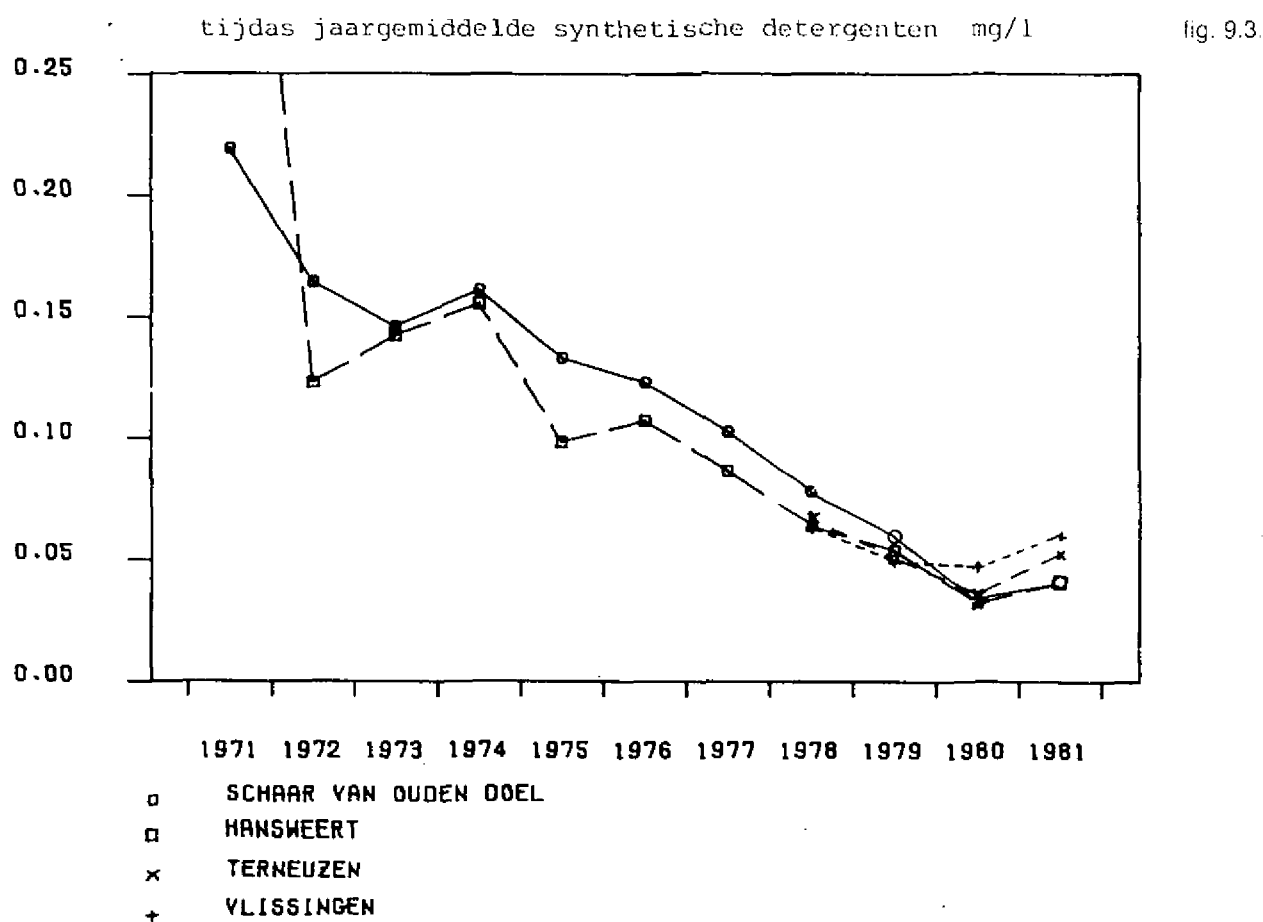
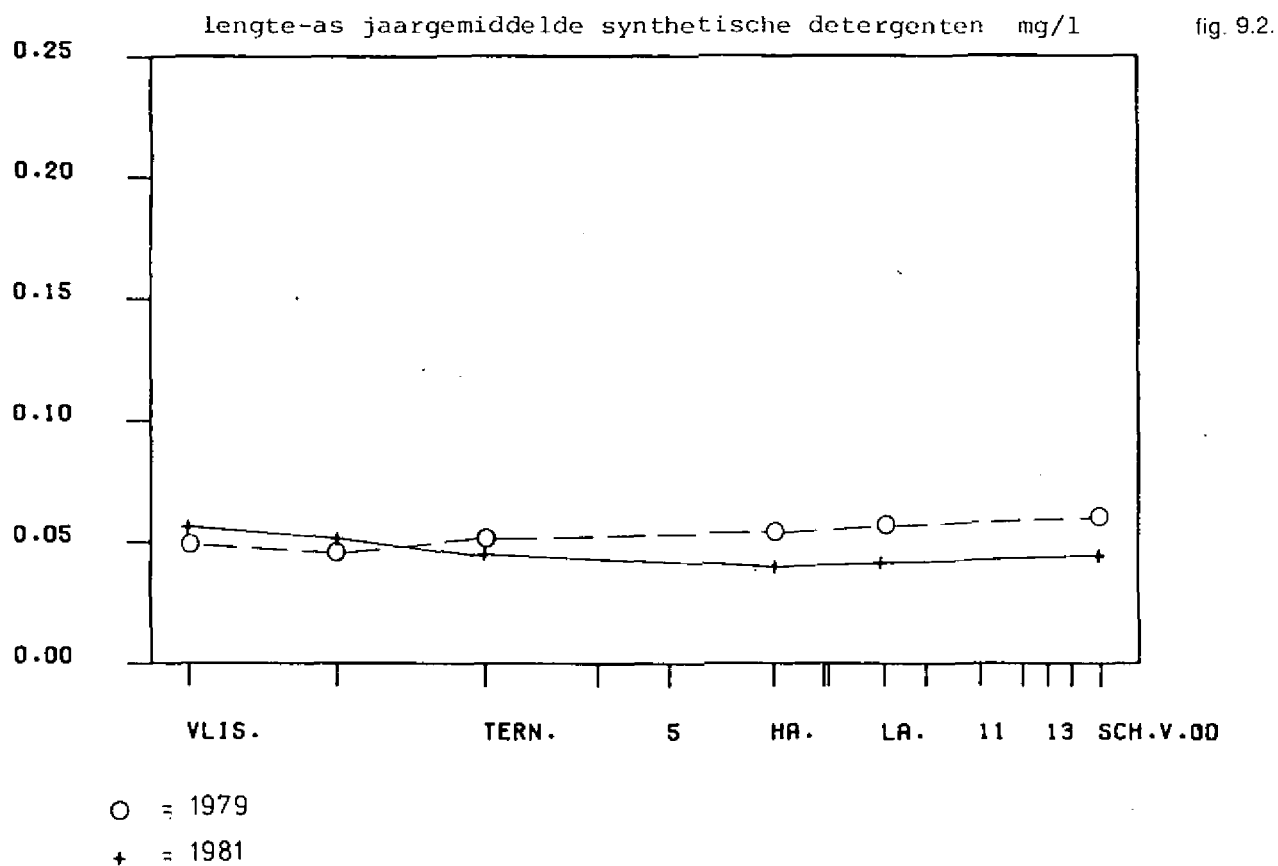
aard. In 1968 is er via een „gentlemen's agreement“ tussen de Nederlandse overheid en de wasmiddelenfabrikanten overeengekomen dat de synthetische detergents biologisch afbreekbaar zijn. In augustus 1977 is besloten, vooruitlopend op de in 1979 van kracht geworden Wet Chemische Afvalstoffen, dat meer dan 90% van de in wasmiddelen voorkomende detergents biologisch afbreekbaar behoren te zijn. In EG-verband geldt sinds 1973 een verbod op het gebruik van detergents die voor minder dan 80% biologisch afbreekbaar zijn.

Bepaling in oppervlaktewater vindt sinds 1971 routinematig plaats bij Schaar van Ouden Doel en Hansweert en sinds 1978 ook bij Lamswaarde, Terneuzen, Hoofdplaat en Vlissingen. De gehalten op het traject Schaar van Ouden Doel-Vlissingen liggen op hetzelfde niveau en zijn sinds 1971 sterk gedaald.

Voor de synthetische detergents geldt de absolute norm voor de basiskwaliteit van 20 µg/l. Na 1976 is deze norm bij Schaar van Ouden Doel niet meer overschreden.

Tabel 9.8 Overzicht van gemiddelde vrachten synthetische detergents (ton/jaar) en Schelde-afvoeren (m³/s) bij Schaar van Ouden Doel.

|        | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| vracht | 567  | 459  | 789  | 588  | 414  | 472  | 325  | 230  | 144  |
| afvoer | 73   | 68   | 139  | 100  | 60   | 98   | 87   | 104  | 129  |



# 10 Bakteriologische verontreinigingen

## 10.1 Algemeen

Voor het bepalen van de bakteriologische waterkwaliteit worden als indicatoren door het RIZA bacteriën van de coligroep en faecale streptococci gebruikt. Met name de thermotolerante bacteriën van de coligroep (een groot deel hiervan bestaat uit E-coli's) vormen een bakteriologische indicator omdat aanwezigheid hiervan kan duiden op besmetting van het water met ziekteverwekkende organismen afkomstig van mens en/of warmbloedige dieren.

De bepaling van E-coli's vindt plaats door gistingsproeven van diverse verdunningen van het monster op een Eijkman lactose medium (44,5°C). Het meest waarschijnlijke aantal (MPN) bacteriën wordt afgelezen uit een tabel (De Man) aan de hand van het aantal buizen dat een positieve reactie vertoont (gasontwikkeling in buisjes). In zout- en brakwater kunnen ook reacties door andere bacteriën voorkomen. Bepalingen in het Eijkman medium kunnen hierdoor sterk gestoord worden.

Daarom vinden sinds 1981 bevestigingsreacties plaats of de verkregen resultaten juist zijn (indoltest, 44°C).

Het 95% betrouwbaarheidsinterval van de MPN-methode heeft een grote spreiding rondom de gevonden waarde, waardoor de bovengrens een veelvoud van de mediaan kan zijn.

Naast de thermotolerante bacteriën van de coligroep worden ook door gistingsproeven de totale aantallen bacteriën van de coligroep bepaald in een zogenaamd Mc Conkey medium (voedingsbodem van bouillon met galzouten 37°C).

Het bepalen van faecale streptococci gebeurt eveneens met een MPN-techniek in een voedingsbodem met gal en azide (37°C), waarna een bevestigingsreactie plaatsvindt (gal-esculine-azide platen, 44°C). In 1981 is naast deze MPN-techniek de membraanfiltratietechniek geïntroduceerd waardoor de cijfers een geringere spreiding vertonen dan die verkregen bij bepalingen via de MPN-techniek.

De faecale streptococci (ook wel D-streptococci genaamd) zijn afkomstig van mens en/of warmbloedige dieren. Sinds 1972 worden voornoemde parameters bepaald. Omdat de variatie in de getallen erg groot is door de aanwezigheid van piekwaarden, vindt presentatie van de waarnemingen plaats in de vorm van tabellen waarin gemiddelden en medianen opgenomen zijn en in de vorm van cumulatieve frequentieverdelingen voor Schaar van Ouden Doel.

## 10.2. Bakteriën van de coligroep

### 10.2.1. Totaal bacteriën van de coligroep

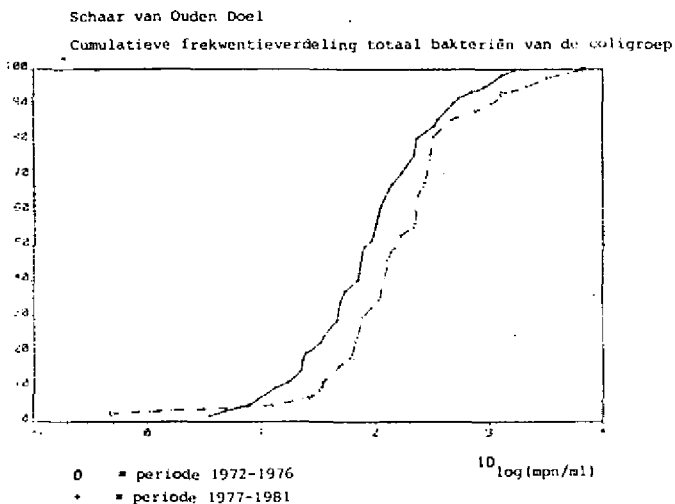
In de tabellen 10.1 en 10.2 is een overzicht gegeven van de meetresultaten. De aanwezigheid van piekwaarden is de oorzaak van de grote verschillen tussen medianen en gemiddelden.

Vanaf 1972 heeft een geleidelijke daling van het coligehalte bij Schaar van Ouden Doel plaatsgevonden die zich na 1975 stabiliseerde.

Varieerde voor 1975 de jaarmediaan tussen 100 en 300 MPN/ml, na 1975 lag deze tussen 30 en 180 MPN/ml. Ook uit de cumulatieve frequentieverdeling (fig. 10.1) blijkt deze af-

name. Verdunning met zeewater en afsterving zijn er de oorzaak van dat de aantallen bij Vlissingen veel lager zijn. Een duidelijke afname in de tijd is hier niet te constateren. In het algemeen zijn 's winters de aantallen bij Vlissingen hoger dan in de zomer. Deze seizoensinvloeden zijn minder duidelijk waarneembaar bij Schaar van Ouden Doel.

fig. 10.1.



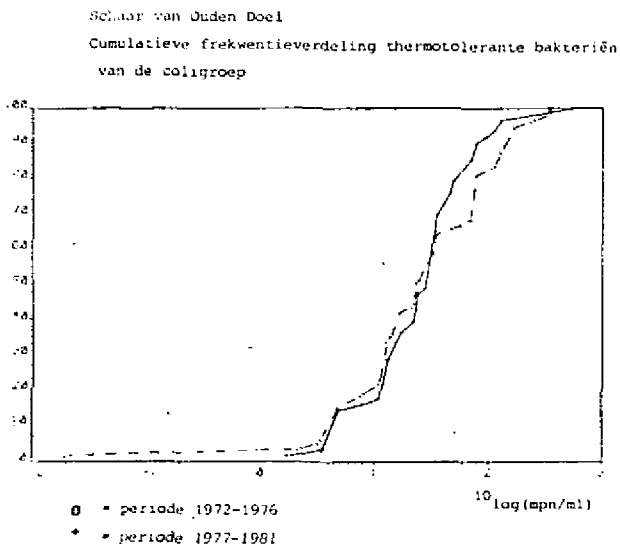
### 10.2.2. Thermotolerante bacteriën van de coligroep (E-coli's)

Zoals reeds is opgemerkt wordt voor het beschrijven van de bakteriologische waterkwaliteit veelal de parameter E-coli gebruikt.

De tabellen 10.3 en 10.4 geven een overzicht van de resultaten van de sinds 1972 uitgevoerde metingen. Ook hier zijn grote verschillen tussen medianen en gemiddelden.

Zowel uit de tabellen als uit fig. 10.2. blijkt dat ondanks saneringen en het bouwen van rioolwaterzuiveringsinstallaties op

fig. 10.2.



Belgisch grondgebied de aantallen E-coli bacteriën bij Schaar van Ouden Doel niet zijn afgenomen. Bij Terneuzen en Vlissingen is er een stijging van het E-coli aantal merkbaar, mogelijk als gevolg van een toename van lozingen van ongezuiverd afvalwater. (De parameter totaal bacteriën van de coligroep geeft hierin een onduidelijker beeld omdat er mede bacteriën geanalyseerd worden die niet indicatief zijn voor lozingen van ongezuiverd afvalwater). Bij Terneuzen steeg de jaarmediaan van 1,3 à 1,6 MPN/ml

(1972 en 1973) tot 4,9 MPN/ml in 1981 en bij Vlissingen van 0,2 tot 2,3 MPN/ml in 1981.

Ook de E-coli's zijn onderhevig aan seizoensinvloeden. 's Zomers worden in het algemeen lagere waarden gemeten dan 's winters. Dit is in de gehele Westerschelde waarneembaar. Als norm voor de basiskwaliteit voor zoetwater geldt een jaar-mediaan van maximaal 20 MPN/ml. De norm is overschreden bij Schaar van Ouden Doel in de jaren 1972-1973 en 1977-1980.

Tabel 10.1 Jaargemiddelden en -medianen van de totaal-bacteriën van de coligroep (MPN/ml)

|                       |           | 1972     | 1973     | 1974     | 1975    | 1976     | 1977     | 1978     | 1979     | 1980     | 1981      |
|-----------------------|-----------|----------|----------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| Schaar van Ouden Doel | gemiddeld | 575 (11) | 431 (14) | 827 (12) | 208 (8) | 159 (3)  | 270 (14) | 106 (10) | 294 (12) | 206 (13) | 165 (13)  |
|                       | mediaan   | 330      | 195      | 130      | 74      | 79       | 30       | 79       | 180      | 110      | 110       |
| Hansweert             | gemiddeld | 1,3 (11) | 3,4 (14) | 1,9 (13) | 1,1 (8) | 12,5 (3) | 5,4 (13) | 1,3 (13) | 2,3 (12) | 2,0 (12) | 15,7 (13) |
|                       | mediaan   | 0,5      | 0,4      | 0,2      | 1,1     | 3,3      | 1,3      | 0,5      | 1,4      | 1,3      | 2,3       |

Tabel 10.2 Kwartaalgemiddelden en -medianen van de totaal-bacteriën van de coligroep (MPN/ml)

|               | 1978              |                   |                   |                   | 1979              |                   |                   |                   | 1980              |                   |                   |                   | 1981              |                   |                   |                   |
|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|               | 1 <sup>o</sup> kw | 2 <sup>o</sup> kw | 3 <sup>o</sup> kw | 4 <sup>o</sup> kw | 1 <sup>o</sup> kw | 2 <sup>o</sup> kw | 3 <sup>o</sup> kw | 4 <sup>o</sup> kw | 1 <sup>o</sup> kw | 2 <sup>o</sup> kw | 3 <sup>o</sup> kw | 4 <sup>o</sup> kw | 1 <sup>o</sup> kw | 2 <sup>o</sup> kw | 3 <sup>o</sup> kw | 4 <sup>o</sup> kw |
| Schaar v.O.O. |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| gemiddeld     | 101 (2)           | 63 (2)            | 34 (3)            | 210 (3)           | 525 (3)           | 284 (3)           | 135 (2)           | 182 (3)           | 420 (4)           | 105 (2)           | 77 (4)            | 160 (3)           | 170 (3)           | 248 (3)           | 39 (3)            | 196 (4)           |
| mediaan       | 101               | 63                | 17                | 230               | 230               | 275               | 135               | 33                | 150               | 105               | 75                | 170               | 110               | 220               | 46                | 110               |
| Vlissingen    |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| gemiddeld     | 3,3 (3)           | 0,2 (4)           | 0,5 (3)           | 1,5 (3)           | 3,1 (3)           | 2,8 (4)           | 0,1 (2)           | 2,2 (3)           | 4,2 (4)           | 0,1 (2)           | 0,7 (4)           | 2,0 (2)           | 6,5 (3)           | 57,7 (3)          | 0,1 (3)           | 2,7 (4)           |
| mediaan       | 3,3               | 0,2               | 0,1               | 0,8               | 3,3               | 0,7               | 0,1               | 1,7               | 4,1               | 0,1               | 0,5               | 2,0               | 3,3               | 13,0              | 0,0               | 2,3               |

De getallen tussen haakjes duiden op het aantal metingen dat is verricht.

Tabel 10.3 Jaargemiddelden en -medianen van de thermotolerante bacteriën van de coligroep (MPN/ml)

|                       |           | 1972      | 1973      | 1974      | 1975     | 1976      | 1977      | 1978      | 1979      | 1980      | 1981      |
|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Schaar van Ouden Doel | gemiddeld | 56,2 (12) | 64,4 (14) | 81,3 (12) | 28,9 (8) | 53,6 (13) | 62,6 (14) | 37,1 (10) | 53,6 (12) | 42,9 (13) | 16,8 (13) |
|                       | mediaan   | 33,0      | 41,0      | 15,0      | 13,5     | 17,0      | 24,0      | 31,5      | 39,5      | 33,0      | 11,0      |
| Hansweert             | gemiddeld | 2,4 (11)  | 2,9 (14)  | 2,4 (13)  | 3,5 (8)  | 5,0 (13)  | 7,0 (13)  | 3,6 (13)  | 7,2 (13)  | 6,5 (14)  | 6,3 (13)  |
|                       | mediaan   | 1,3       | 1,6       | 0,5       | 2,9      | 2,7       | 3,3       | 3,3       | 7,9       | 4,9       | 4,9       |
| Vlissingen            | gemiddeld | 0,4 (12)  | 0,3 (14)  | 0,5 (13)  | 0,4 (9)  | 0,6 (13)  | 1,1 (13)  | 1,0 (13)  | 1,6 (12)  | 1,2 (12)  | 6,3 (13)  |
|                       | mediaan   | 0,2       | 0,3       | 0,1       | 0,3      | 0,5       | 0,8       | 0,8       | 1,3       | 0,6       | 2,3       |

Tabel 10.4 Kwartaalgemiddelden en -medianen van de thermotolerante bacteriën van de coligroep (MPN/ml)

|               | 1978              |                   |                   |                   | 1979              |                   |                   |                   | 1980              |                   |                   |                   | 1981              |                   |                   |                   |
|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|               | 1 <sup>o</sup> kw | 2 <sup>o</sup> kw | 3 <sup>o</sup> kw | 4 <sup>o</sup> kw | 1 <sup>o</sup> kw | 2 <sup>o</sup> kw | 3 <sup>o</sup> kw | 4 <sup>o</sup> kw | 1 <sup>o</sup> kw | 2 <sup>o</sup> kw | 3 <sup>o</sup> kw | 4 <sup>o</sup> kw | 1 <sup>o</sup> kw | 2 <sup>o</sup> kw | 3 <sup>o</sup> kw | 4 <sup>o</sup> kw |
| Schaar v.O.O. |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| gemiddeld     | 47,0 (2)          | 38,5 (2)          | 23,3 (3)          | 43,3 (3)          | 59,7 (3)          | 57,8 (4)          | 73,5 (2)          | 28,7 (3)          | 51,5 (4)          | 88,0 (2)          | 24,0 (4)          | 26,3 (3)          | 31,3 (3)          | 27,7 (3)          | 4,9 (3)           | 6,5 (4)           |
| mediaan       | 47,0              | 38,5              | 22,0              | 46,0              | 46,0              | 51,5              | 73,5              | 23,0              | 52,5              | 88,0              | 25,0              | 33,0              | 13,0              | 33,0              | 4,9               | 5,7               |
| Terneuzen     |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| gemiddeld     | 3,1 (3)           | 3,4 (4)           | 0,8 (3)           | 6,9 (3)           | 12,0 (3)          | 5,8 (5)           | 5,1 (2)           | 5,9 (3)           | 5,5 (5)           | 4,1 (2)           | 6,0 (4)           | 10,4 (3)          | 11,7 (3)          | 3,5 (3)           | 1,4 (3)           | 7,9 (4)           |
| mediaan       | 2,3               | 4,1               | 0,8               | 7,9               | 11,0              | 3,3               | 5,1               | 4,9               | 4,9               | 4,1               | 5,8               | 11,0              | 11,0              | 3,3               | 0,8               | 7,9               |
| Vlissingen    |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| gemiddeld     | 1,0 (3)           | 0,5 (4)           | 0,6 (3)           | 2,0 (3)           | 0,9 (3)           | 1,8 (4)           | 0,7 (2)           | 2,5 (3)           | 2,3 (4)           | 0,1 (2)           | 0,3 (4)           | 2,1 (2)           | 3,5 (3)           | 19,7 (3)          | 0,1 (3)           | 6,5 (4)           |
| mediaan       | 1,3               | 0,4               | 0,2               | 0,8               | 1,3               | 1,8               | 0,7               | 3,1               | 2,4               | 0,1               | 0,3               | 2,1               | 3,3               | 4,9               | 0,1               | 5,7               |

De getallen tussen haakjes duiden op het aantal metingen dat is verricht.

### 10.3. Faecale streptococcen

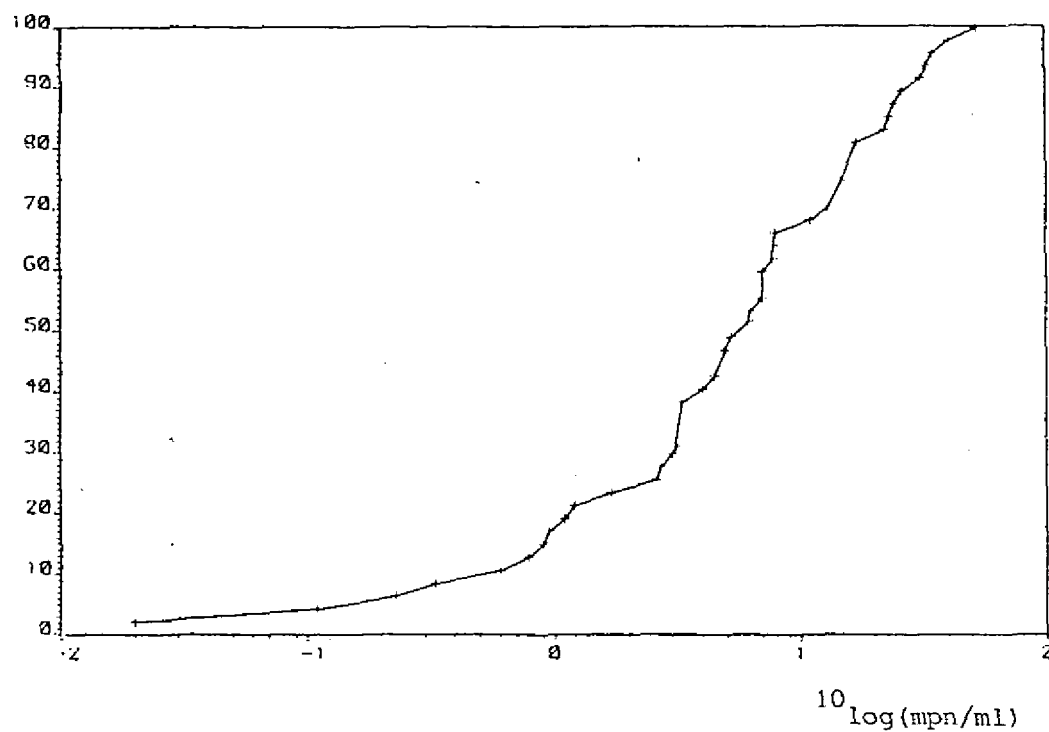
---

In de jaren 1976 en 1977 zijn er geen faecale streptococcen bepaald.

Omdat in de jaren 1972-1975 het gebruikelijk was de titer van de voedingsbodem, waarin nog groei van faecale streptococcen optrad, weer te geven en na 1977 de MPN-methode werd toegepast zijn beide series metingen niet vergelijkbaar. Derhalve worden alleen de resultaten na 1977 in tabel 10.5 weergegeven. Fig. 10.3 geeft een overzicht van de cumulatieve verdelingsfrequentie in deze periode.

Gezien de korte tijd waarin de metingen zijn verricht is het niet mogelijk een trend te detecteren.

Wel zijn seizoensinvloeden merkbaar; zowel bij Schaar van Ouden Doel als bij Vlissingen worden als gevolg van versnelde afsterving 's zomers lagere waarden gemeten dan in de winter.



+ = periode 1978-1981

Tabel 10.5 Kwartaalgemiddelden en -medianen van de faecale streptococci (MPN/ml)

|               | 1978              |                   |                   |                   | 1979              |                   |                   |                   | 1980              |                   |                   |                   | 1981              |                   |                   |                   |
|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|               | 1 <sup>e</sup> kw | 2 <sup>e</sup> kw | 3 <sup>e</sup> kw | 4 <sup>e</sup> kw | 1 <sup>e</sup> kw | 2 <sup>e</sup> kw | 3 <sup>e</sup> kw | 4 <sup>e</sup> kw | 1 <sup>e</sup> kw | 2 <sup>e</sup> kw | 3 <sup>e</sup> kw | 4 <sup>e</sup> kw | 1 <sup>e</sup> kw | 2 <sup>e</sup> kw | 3 <sup>e</sup> kw | 4 <sup>e</sup> kw |
| Schaar v.O.D. |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| gemiddeld     | 34,0(2)           | 5,5(2)            | 1,1(3)            | 9,0(3)            | 26,7(3)           | 11,3(4)           | 6,0(2)            | 8,3(3)            | 22,3(4)           | 12,6(2)           | 4,4(4)            | 12,1(3)           | 8,0(3)            | 3,4(2)            | 0,5(3)            | 7,1(4)            |
| mediaan       | 34,0              | 5,5               | 1,7               | 2,7               | 26,0              | 12,0              | 6,0               | 1,1               | 17,7              | 12,6              | 4,4               | 14,7              | 7,7               | 3,4               | 0,3               | 4,1               |
| Vlissingen    |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| gemiddeld     | 0,8(3)            | 0,1(4)            | 0,1(3)            | 1,2(3)            | 1,4(3)            | 1,5(4)            | 0,0(2)            | 0,3(3)            | 5,4(4)            | 0,4(2)            | 0,4(2)            | 0,5(2)            | 1,5(3)            | 2,1(3)            | 0,0(3)            | 0,4(4)            |
| mediaan       | 0,9               | 0,0               | 0,1               | 0,2               | 1,7               | 0,5               | 0,0               | 0,3               | 1,6               | 0,4               | 0,2               | 0,5               | 1,6               | 1,9               | 0,0               | 0,4               |

De getallen tussen haakjes duiden op het aantal waarnemingen dat is verricht.

*Luchtopname van de kerncentrale bij Borssele (foto: KLM Aerocarto)*



# 11 Radioactieve verontreinigingen

## 11.1 Algemeen

De aanwezigheid van radioactieve stoffen is deels van natuurlijke aard (verval van in de natuur voorkomende nucliden, kosmische straling) en deels van kunstmatige aard (kerncentrales, ertsverwerkende fabrieken, medische-, technische- en wetenschappelijke onderzoekscentra, kernexplosies).

De belangrijkste puntlozingen van radioactieve stoffen in Schelde en Westerschelde vinden plaats bij de opwerkingsfabriek Mol (vanaf 1973 vond een geleidelijke produktievermindering plaats, na 1975 werd het bedrijf tijdelijk gesloten), de kerncentrale Doel, industriële lozingen bij Zandvliet, industriële lozingen bij Terneuzen en de kerncentrale Borssele. Naast deze puntlozingen vormt ook het regenwater een bron van besmetting van het oppervlaktewater met (niet van nature ontstaan) radioactief materiaal. In de jaren zestig is door de bovengrondse kernproeven van vnl. Rusland en Amerika een sterke toename van de radioactiviteit van het regenwater opgetreden. Na het stopzetten van de bovengrondse proeven door beide landen is de activiteit van de neerslag weer afgenomen. Wel zijn na 1962, ten gevolge van door andere landen uitgevoerde kernproeven nog een aantal pieken in de radioactieve besmetting van het regenwater waargenomen.

Tabel 11.1 geeft een overzicht van de voornaamste in zeewater voorkomende radioactieve nucliden met hun specifieke activiteiten en halfwaarde tijden.

Tabel 11.1. Van nature in zeewater voorkomende nucliden:

| nuclide     | soort straling   | halfwaarde<br>tijd(jaar) | activiteit<br>pCi/l | mBq/l |
|-------------|------------------|--------------------------|---------------------|-------|
| Kalium-40   | $\beta + \gamma$ | $1,28 \cdot 10^9$        | 320                 | 11840 |
| Rubidium-87 | $\beta$          | $4,7 \cdot 10^{10}$      | 3                   | 111   |
| Uranium-238 | $\alpha$         | $4,5 \cdot 10^9$         | 1                   | 37    |
| Tritium     | $\beta$          | 12,3                     | 3                   | 111   |
| Koolstof-14 | $\beta$          | 5730                     | 0,1                 | 3,7   |

1 pCi/l = 37 m Bq/l

## 11.2 Totale $\alpha$ -aktiviteit

De totale  $\alpha$ -aktiviteit is bij Schaar van Ouden Doel tot het begin van de 70-er jaren geleidelijk toegenomen (fig. 11.2). Over de lengte van de Westerschelde is nauwelijks een gradiënt aanwezig (fig. 11.1).

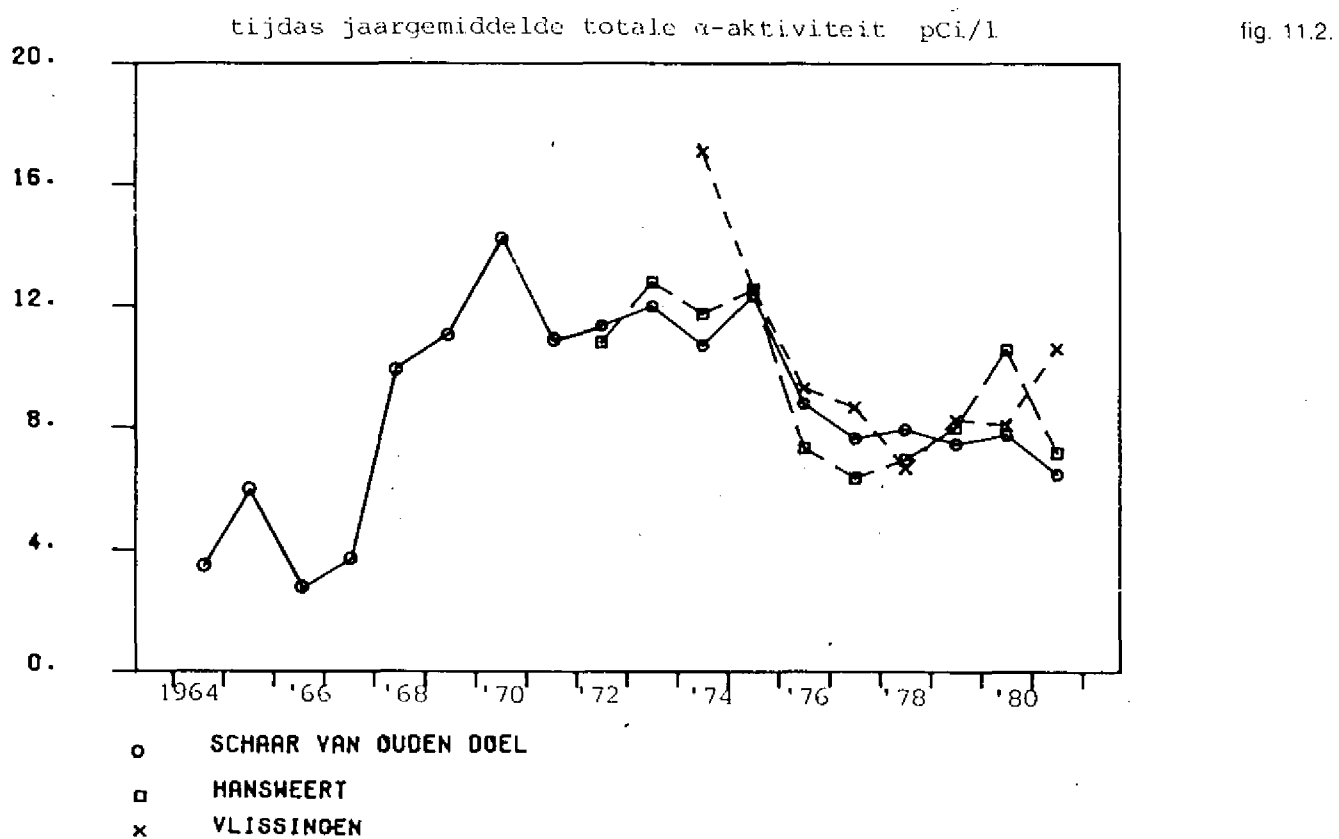
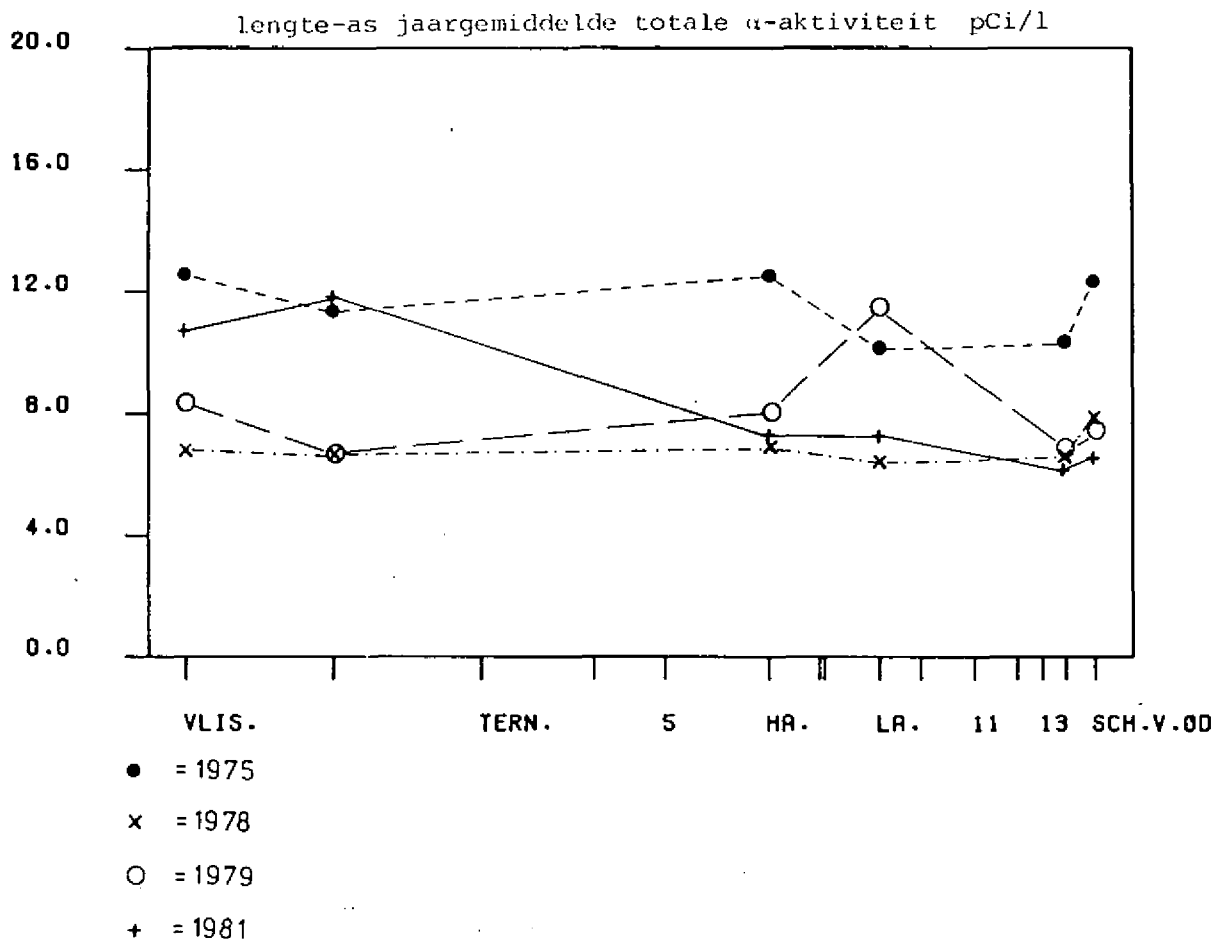
Als één van de bronnen van  $\alpha$ -aktiviteit beschouwt men de lozingen van fosfaat -c.q. kunstmestfabrieken die uranium (en radium) houdend fosfaaterts verwerken. In bijzonder het radiotoxische radium-226 komt in de afvalstoffen voor.

In tabel 11.2 zijn enkele statistische gegevens van de totale  $\alpha$ -aktiviteit verwerkt.

Tussen de Schelde-afvoer en de totale  $\alpha$ -aktiviteit bestaat geen significante overeenkomst.

Tabel 11.2. Statistische gegevens totale  $\alpha$ -radioaktiviteit gemeten bij Vlissingen, Terneuzen, Hansweert en Schaar van Ouden Doel in de periode 1978 t/m 1981. Gehalten in pCi/l.

|               | Vlissingen |      |      |      | Terneuzen |      |      |     | Hansweert |      |      |      | Schaar van Ouden Doel |      |      |      |
|---------------|------------|------|------|------|-----------|------|------|-----|-----------|------|------|------|-----------------------|------|------|------|
|               | '78        | '79  | '80  | '81  | '78       | '79  | '80  | '81 | '78       | '79  | '80  | '81  | '78                   | '79  | '80  | '81  |
| aantal waarn. | 8          | 9    | 9    | 9    | 8         | 9    | 9    |     | 27        | 26   | 27   | 25   | 27                    | 26   | 27   | 26   |
| minimum       | 0,6        | 1,0  | 3,0  | 3,0  | 1,2       | 1,3  | 3,1  |     | 0,8       | 0,6  | 2,5  | 1,2  | 2,4                   | 2,6  | 3,4  | 2,2  |
| maximum       | 15,0       | 18,2 | 13,4 | 20,4 | 22,0      | 21,8 | 26,3 |     | 25,0      | 17,3 | 32,0 | 17,7 | 19,6                  | 16,2 | 23,8 | 22,8 |
| st. deviatie  | 4,5        | 5,4  | 3,6  | 5,1  | 6,7       | 6,0  | 8,4  |     | 4,9       | 4,4  | 7,7  | 3,6  | 4,3                   | 3,5  | 4,9  | 3,9  |
| mediaan       | 5,5        | 8,4  | 9,9  | 7,8  | 6,8       | 7,9  | 9,7  |     | 5,6       | 8,0  | 7,6  | 6,7  | 6,6                   | 7,0  | 5,8  | 5,4  |
| gemiddelde    | 6,7        | 8,3  | 8,1  | 10,6 | 8,2       | 9,1  | 12,8 |     | 7,0       | 8,0  | 10,6 | 7,2  | 7,9                   | 7,5  | 7,8  | 6,5  |



### 11.3 $\beta$ -restactiviteit

Het verloop van de  $\beta$ -restactiviteit vertoont een verhoging in de eerste helft van de 70-jaren. Een duidelijke verklaring is hiervoor niet te vinden. Als mogelijke oorzaken kunnen genoemd worden de licht verhoogde radio-activiteit van het regenwater in deze jaren en een toename van de emissie van radioactief materiaal bij bedrijven (bijv. fosfaat- c.q. kunstmestindustrie, waar in het erts sporen  $\beta$ -stralende stoffen zitten).

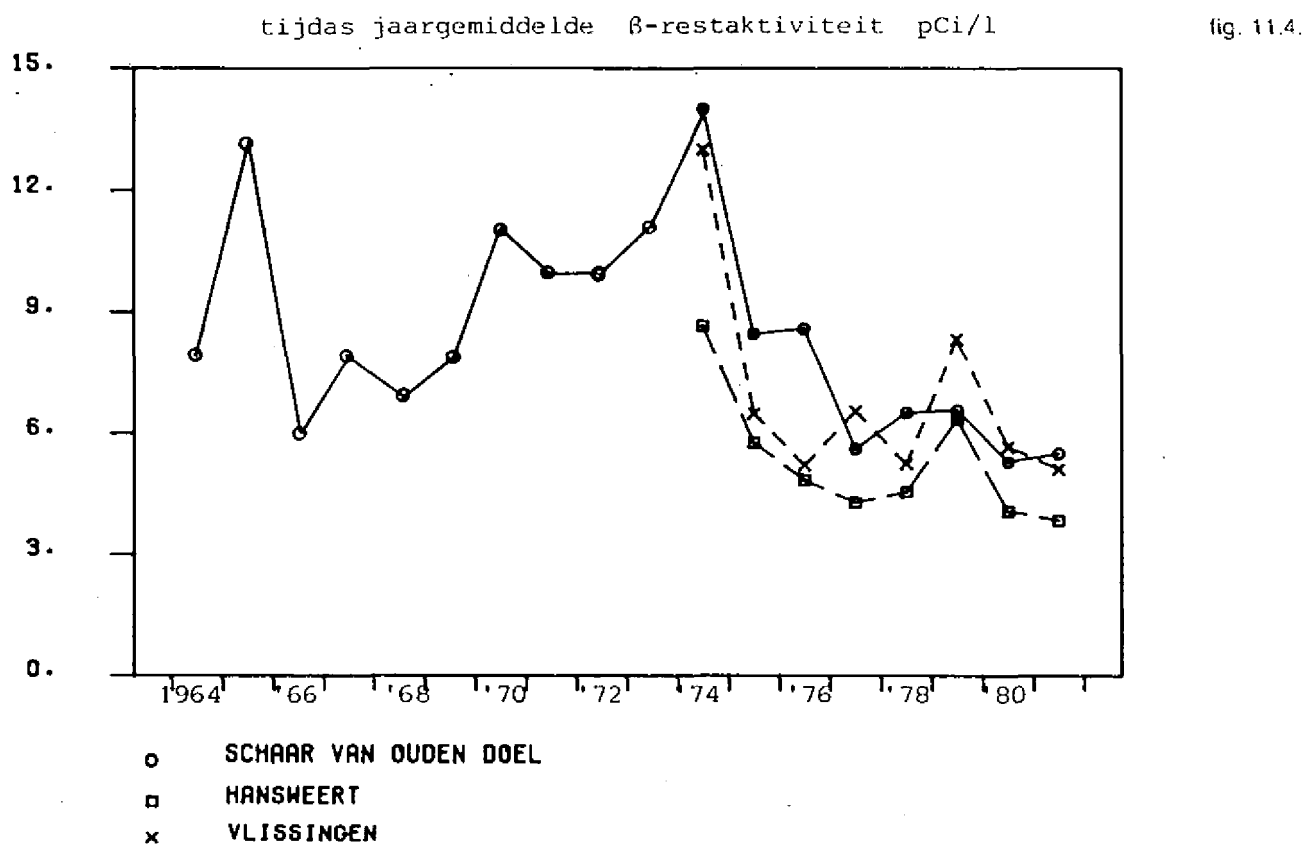
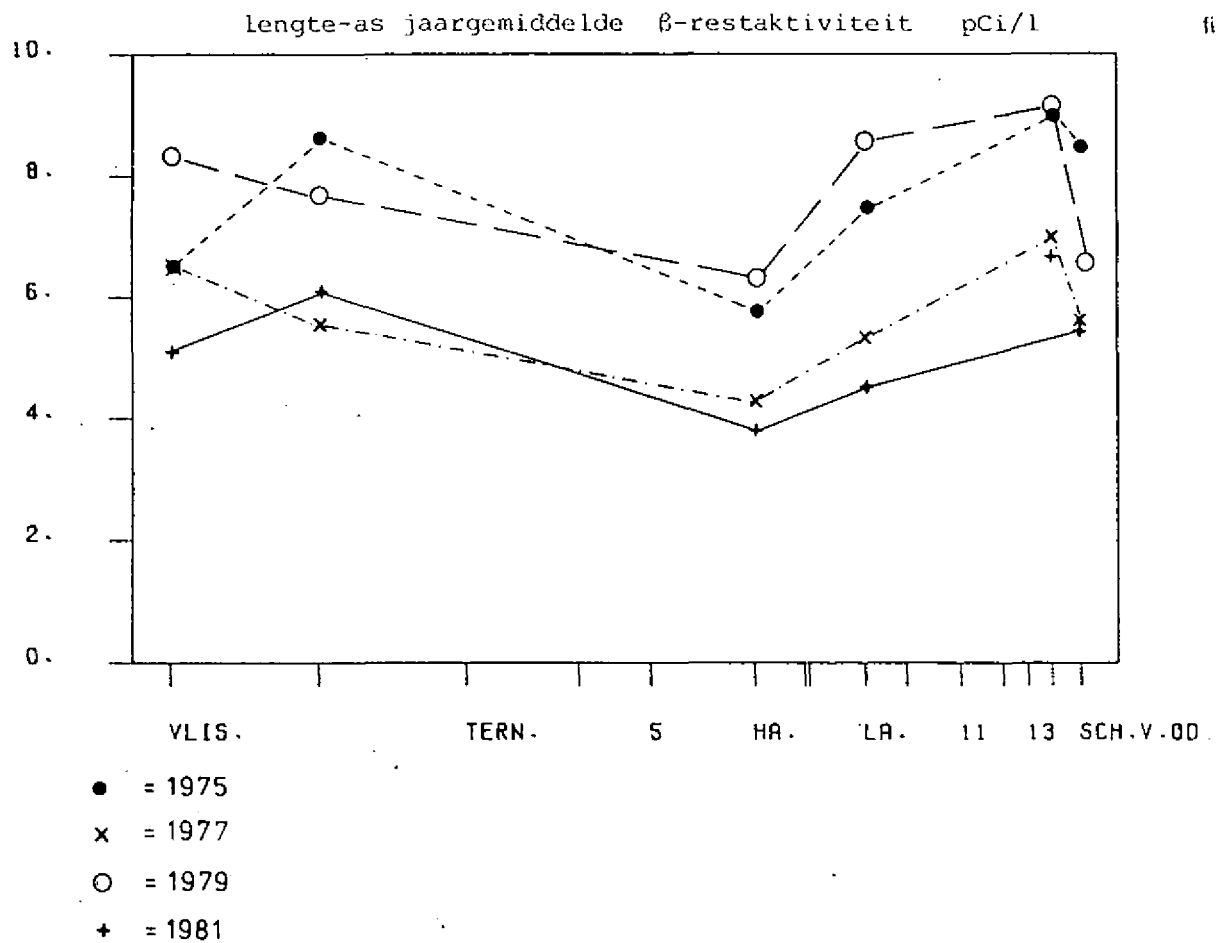
De  $\beta$ -restactiviteit vertoont een grillig verloop (fig. 11.3 en 11.4). Op het traject Schaar van Ouden Doel-Boei 83a is een stijging van het gehalte merkbaar, mogelijk als gevolg van nog niet goed met het Scheldewater vermengde lozingen (zie par. 7.13 en 11.5). In de richting van de Noordzee is een daling van de  $\beta$ -restactiviteit merkbaar, die ter hoogte van Terneuzen, mogelijk als gevolg van industriële activiteiten, overgaat in een stijging. Er dient hierbij opgemerkt te worden dat deze cijfers een onnauwkeurigheid hebben van ca. 20%.

Er is geen aantoonbare invloed van de Schelde-afvoer op de  $\beta$ -restactiviteit.

Bepaling gebeurt door filtratie van het monster over actieve kool, waarna van de kool, met de daaraan geadsorbeerde stoffen, de  $\beta$ -activiteit wordt bepaald. Vervolgens wordt het door vlamdetektie bepaalde kalium<sup>40</sup>-gehalte van deze waarde afgetrokken.

Tabel 11.3. Statistische gegevens van  $\beta$ -restactiviteit gemeten bij Vlissingen, Terneuzen, Hansweert en Schaar van Ouden Doel in de periode 1978 t/m 1981. Gehalten in pCi/l.

|               | Vlissingen |     |     |     | Terneuzen |     |     |     | Hansweert |     |     |     | Schaar van Ouden Doel |     |     |     |
|---------------|------------|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|-----------------------|-----|-----|-----|
|               | '78        | '79 | '80 | '81 | '78       | '79 | '80 | '81 | '78       | '79 | '80 | '81 | '78                   | '79 | '80 | '81 |
| aantal waarn. | 8          | 9   | 9   | 6   | 8         | 9   | 9   | -   | 27        | 26  | 27  | 25  | 27                    | 26  | 27  | 25  |
| minimum       | 3          | 5   | 2   | 1   | 3         | 4   | 3   | -   | 0         | 3   | 2   | 2   | 3                     | 3   | 2   | 2   |
| maximum       | 9          | 12  | 16  | 6   | 10        | 20  | 21  | -   | 10        | 12  | 9   | 7   | 14                    | 13  | 18  | 19  |
| st.deviation  | 2          | 3   | 4   | 2   | 3         | 5   | 5   | -   | 2         | 2   | 2   | 1   | 3                     | 2   | 3   | 3   |
| mediaan       | 5          | 9   | 5   | 6   | 6         | 10  | 5   | -   | 4         | 6   | 4   | 4   | 6                     | 6   | 4   | 5   |
| gemiddelde    | 5          | 8   | 6   | 5   | 6         | 11  | 7   | -   | 5         | 6   | 4   | 4   | 7                     | 7   | 5   | 6   |



## 11.4 Tritium (H<sup>3</sup>)

Met het koelwater van centrales wordt radioactief materiaal in het oppervlaktewater geloosd. Tritium neemt hierbij voor wat betreft het aantal curies de belangrijkste plaats in, hoewel het betrekkelijk weinig radiotoxisch is.

Sinds 1970 wordt het tritiumgehalte van de Westerschelde door het RIV bepaald en sinds 1972 door het RIZA (lit. 51).

Omdat de resultaten van beide laboratoria sterk verschillen worden alleen de sinds 1972 door het RIZA bepaalde gehalten weergegeven.

In de periode 1972-1974 zijn hoge gehalten gemeten bij Schaar van Ouden Doel (jaargemiddelden van 900 tot 1350 pCi/l met maxima van ca. 3250 pCi/l). Na 1975 lagen deze waarden rond 400 pCi/l (fig. 11.6).

De oorzaak van deze daling is de afbouw van werkzaamheden voorafgaand aan een tijdelijke sluiting van Eurochemic te Mol (lit. 8).

In westelijke richting neemt het tritiumgehalte door verdunning met zeewater af.

Tritium komt in de vorm van getritreerd water in het oppervlaktewater terecht. Omdat het chemisch gedrag van getritreerd water hetzelfde is als dat van gewoon water is het vrijwel onmogelijk deze twee stoffen van elkaar te scheiden; dit in tegenstelling tot de overige bij kerncentrales vrijkomende radionucliden.

Bepaling van het gehalte vindt plaats door van het via destillatie afgescheiden water de  $\beta$ -straling te meten.

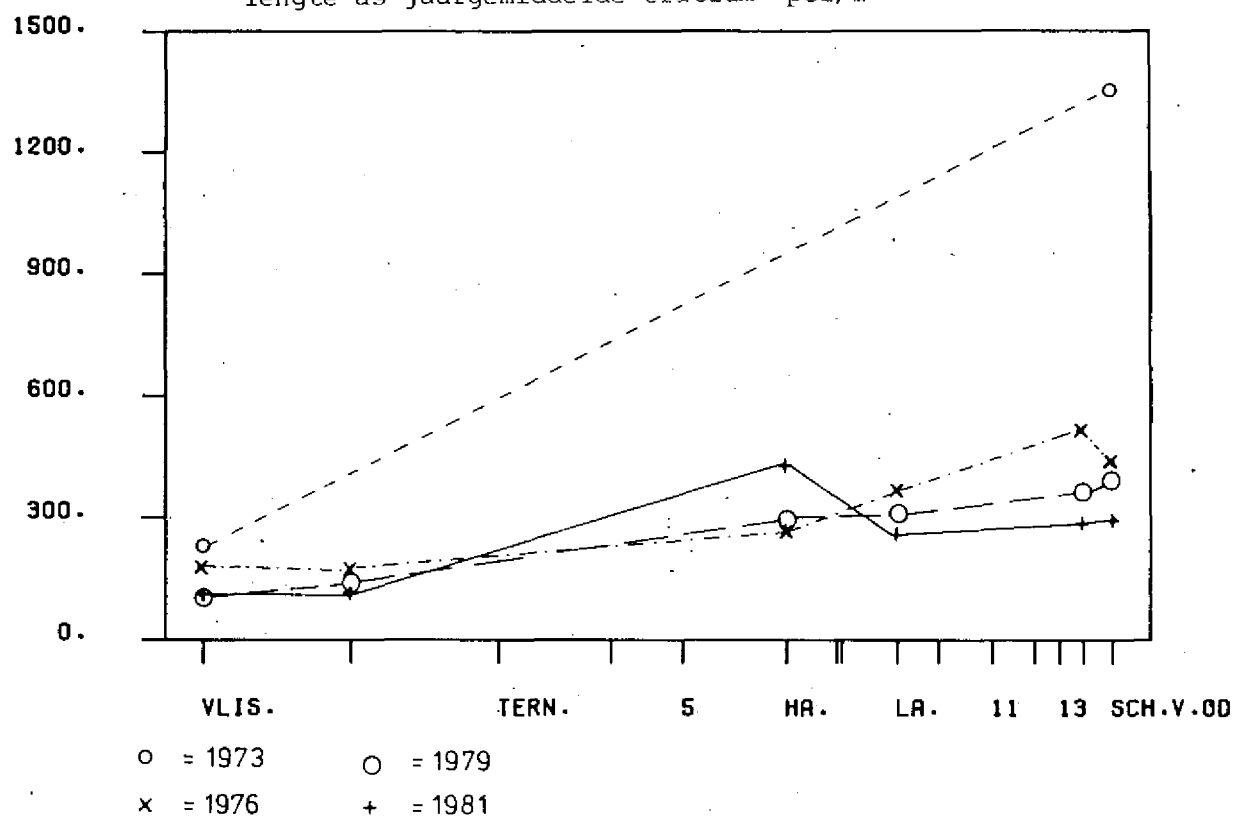
Als norm voor de basiskwaliteit geldt een jaargemiddeld gehalte van 5000 pCi/l. Overschrijding van de norm is sinds 1972 niet geconstateerd.

Tabel 11.4. Statische gegevens van tritium gemeten bij Vlissingen, Terneuzen, Hansweert en Schaar van Ouden Doel in de periode 1978 t/m 1981. Gehalten in pCi/l.

|               | Vlissingen |     |     |     | Terneuzen |     |     |     | Hansweert |     |     |     | Schaar van Ouden Doel |     |     |     |
|---------------|------------|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|-----------------------|-----|-----|-----|
|               | '78        | '79 | '80 | '81 | '78       | '79 | '80 | '81 | '78       | '79 | '80 | '81 | '78                   | '79 | '80 | '81 |
| aantal waarn. | 9          | 10  | 9   | 10  | 8         | 9   | 9   | -   | 29        | 27  | 28  | 25  | 29                    | 27  | 29  | 26  |
| minimum       | 60         | 40  | 10  | 50  | 110       | 90  | 40  | -   | 210       | 150 | 30  | 140 | 300                   | 210 | 60  | 150 |
| maximum       | 140        | 190 | 130 | 210 | 170       | 320 | 200 | -   | 570       | 430 | 300 | 370 | 660                   | 560 | 400 | 450 |
| st.deviate    | 29         | 52  | 43  | 51  | 19        | 71  | 47  | -   | 72        | 76  | 60  | 55  | 82                    | 79  | 65  | 82  |
| mediaan       | 90         | 85  | 50  | 115 | 130       | 170 | 110 | -   | 290       | 290 | 200 | 220 | 450                   | 400 | 270 | 290 |
| gemiddelde    | 99         | 111 | 66  | 117 | 128       | 187 | 116 | -   | 311       | 292 | 203 | 232 | 459                   | 398 | 268 | 293 |

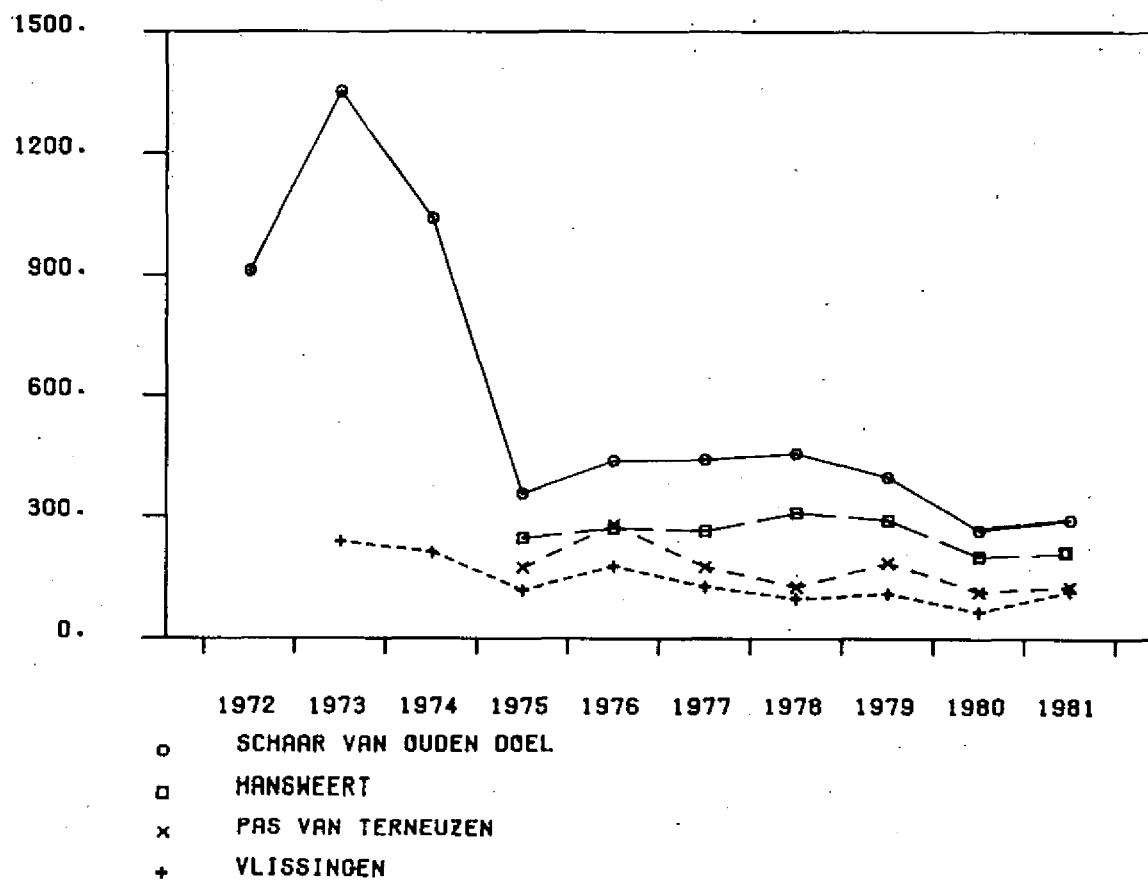
lengte-as jaargemiddelde tritium pCi/l

fig. 11.5.



tijdas jaargemiddelde tritium pCi/l

fig. 11.6.



## 11.5 Radium-226 (Ra<sup>226</sup>)

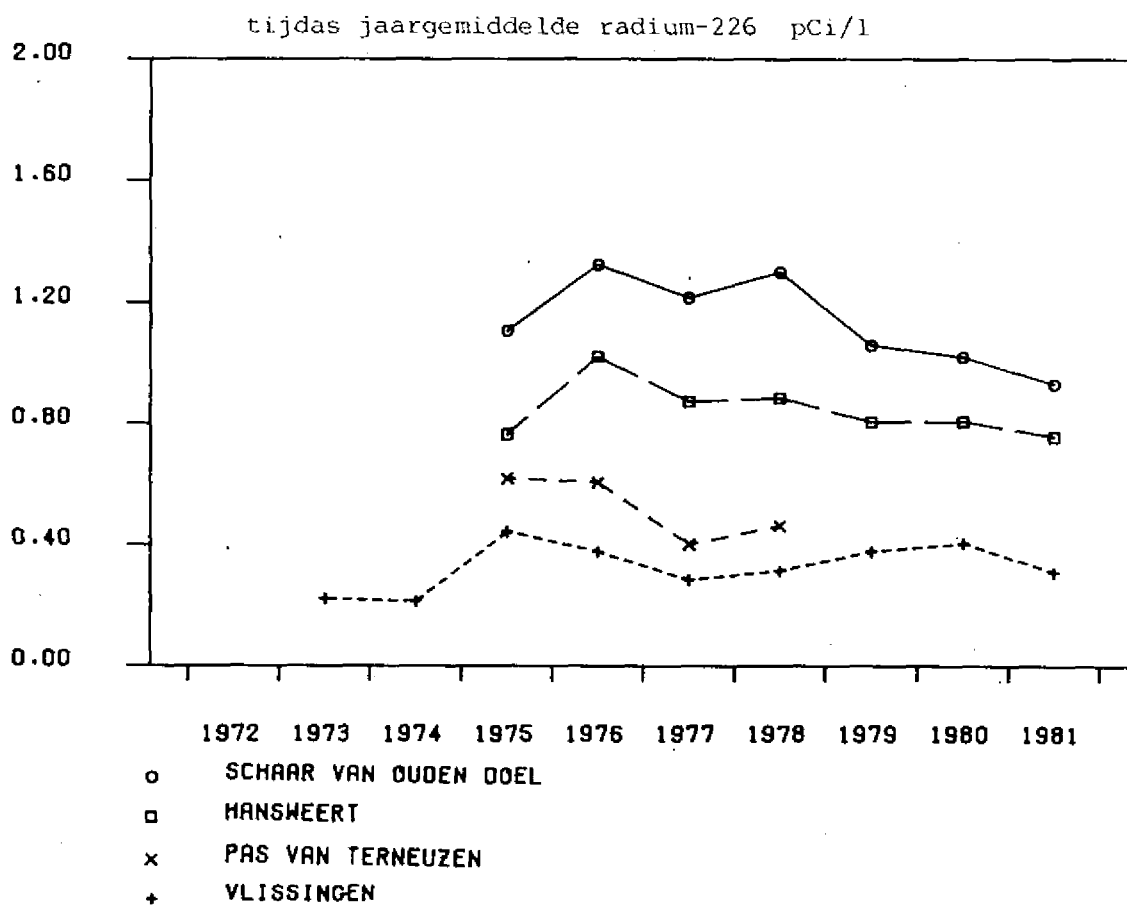
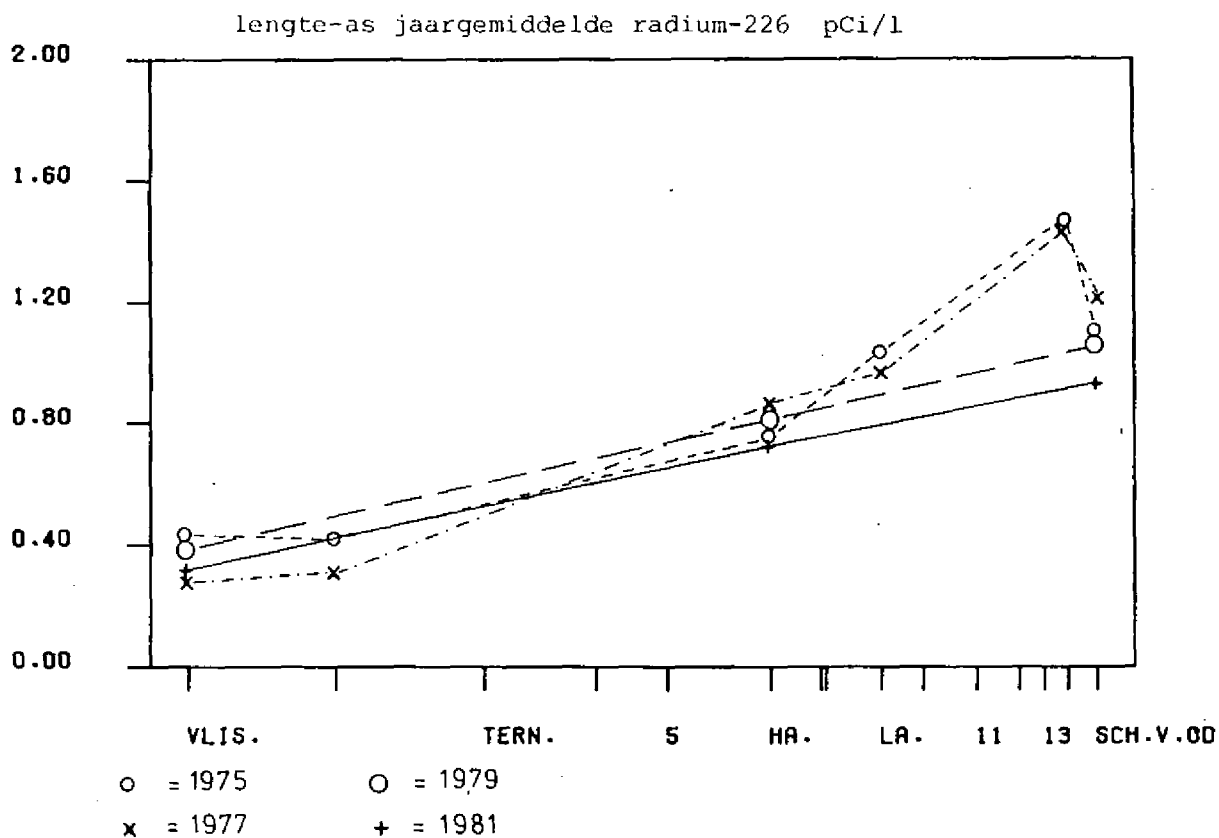
Radium-226 is een vervalproduct van uranium-238 en komt voor in uraniumhoudende ertsen. Fosfaaterts behoort tot deze ertsen. Vanaf 1973 wordt in de Westerschelde door het RIV radium-226 gemeten, vanaf 1975 ook door het RIZA. De meetresultaten zijn doorelkaar in het RAKWAL-bestand opgenomen; de in deze paragraaf weergegeven grafieken en tabellen zijn zodoende een combinatie van de gegevens van beide instituten. De bepaling gebeurt door chemische scheiding van radium waarna door vlamdetektie het gehalte aan radium-226 bepaald wordt.

Vanaf 1975 is het radium-226 gehalte in de Westerschelde enigszins gedaald (fig. 11.8).

Bij Schaar van Ouden Doel bestaat een duidelijke relatie tussen de Scheldeafvoer en het gehalte aan radium-226 (correlatie coëfficiënt = 0,75); bij stijgende afvoer daalt het gehalte. In westelijke richting is een vrijwel lineair dalende gradiënt aanwezig (fig. 11.7). Vlak voorbij de grens, bij boei 83a, blijkt een stijging van het gehalte. Dit is mogelijk het gevolg van een nog niet goed met het Westerscheldewater vermengde afvalstroom van een op Belgisch grondgebied gelegen superfosfaatfabriek (BASF). Ook bij Terneuzen vinden fosfaatlozingen plaats, maar door de grote verdunning met zeewater is het met de beschikbare gegevens niet mogelijk een verhoging van het radium-226 gehalte te constateren.

Tabel 11.5 Statistische gegevens van radium-226 gemeten bij Vlissingen, Hansweert en Schaar van Ouden Doel in de periode 1978 t/m 1981. Gehalten in pCi/l.

|               | Vlissingen |      |      |      | Hansweert |      |      |      | Schaar van Ouden Doel |      |      |      |
|---------------|------------|------|------|------|-----------|------|------|------|-----------------------|------|------|------|
|               | '78        | '79  | '80  | '81  | '78       | '79  | '80  | '81  | '78                   | '79  | '80  | '81  |
| aantal waarn. | 9          | 10   | 9    | 10   | 25        | 21   | 26   | 22   | 25                    | 22   | 26   | 22   |
| minimum       | 0.15       | 0.10 | 0.16 | 0.20 | 0.40      | 0.20 | 0.34 | 0.15 | 0.57                  | 0.20 | 0.25 | 0.10 |
| maximum       | 0.80       | 0.85 | 0.67 | 0.59 | 1.60      | 1.36 | 1.61 | 1.65 | 2.50                  | 1.80 | 2.24 | 2.55 |
| st.deviation  | 0.18       | 0.23 | 0.20 | 0.13 | 0.24      | 0.27 | 0.27 | 0.37 | 0.47                  | 0.41 | 0.49 | 0.49 |
| mediaan       | 0.25       | 0.35 | 0.35 | 0.25 | 0.95      | 0.90 | 0.73 | 0.70 | 1.34                  | 1.03 | 0.85 | 0.90 |
| gemiddelde    | 0.32       | 0.38 | 0.41 | 0.31 | 0.89      | 0.81 | 0.81 | 0.76 | 1.30                  | 1.06 | 1.02 | 0.93 |



## 11.6 Strontium-90 ( $\text{Sr}^{90}$ )

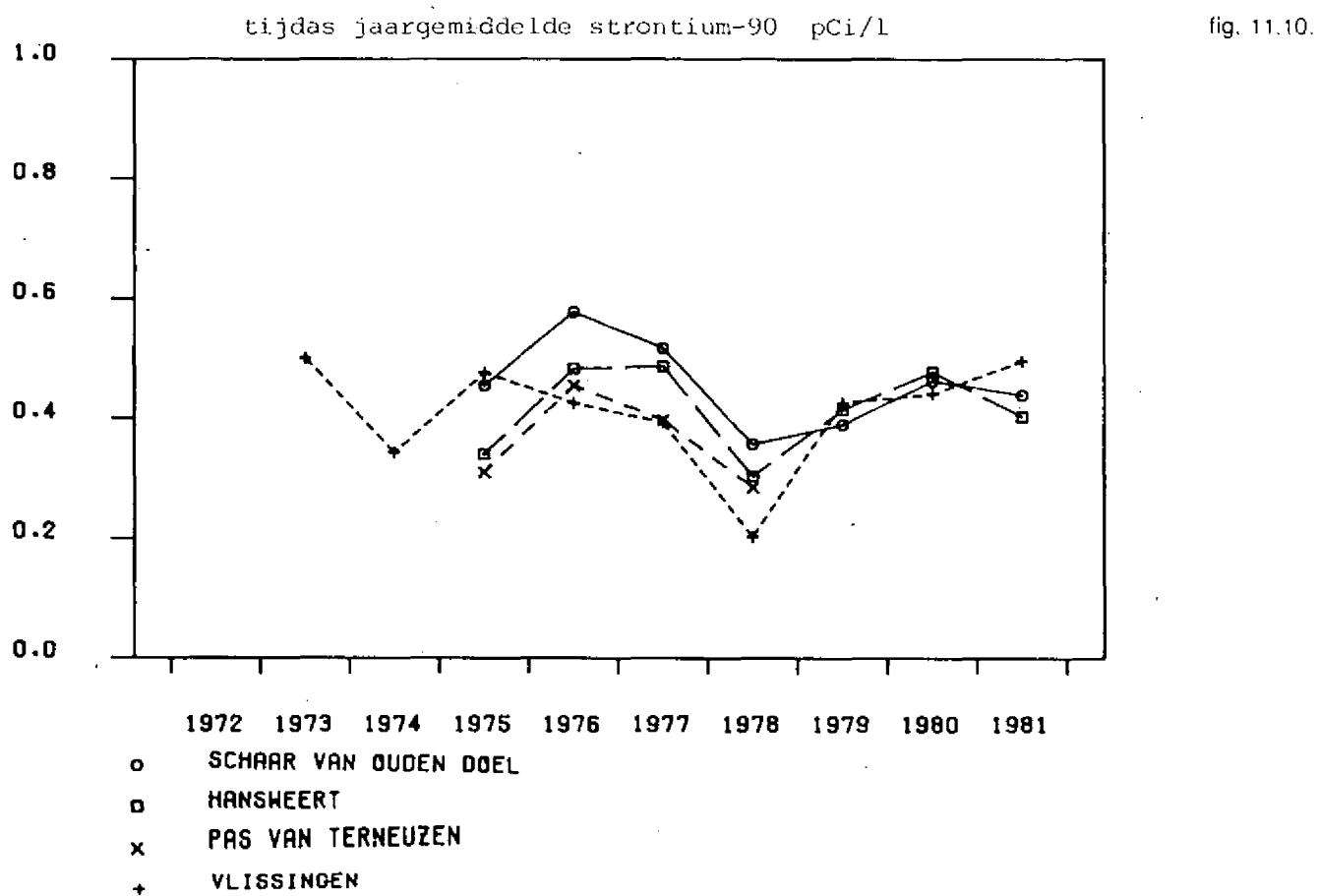
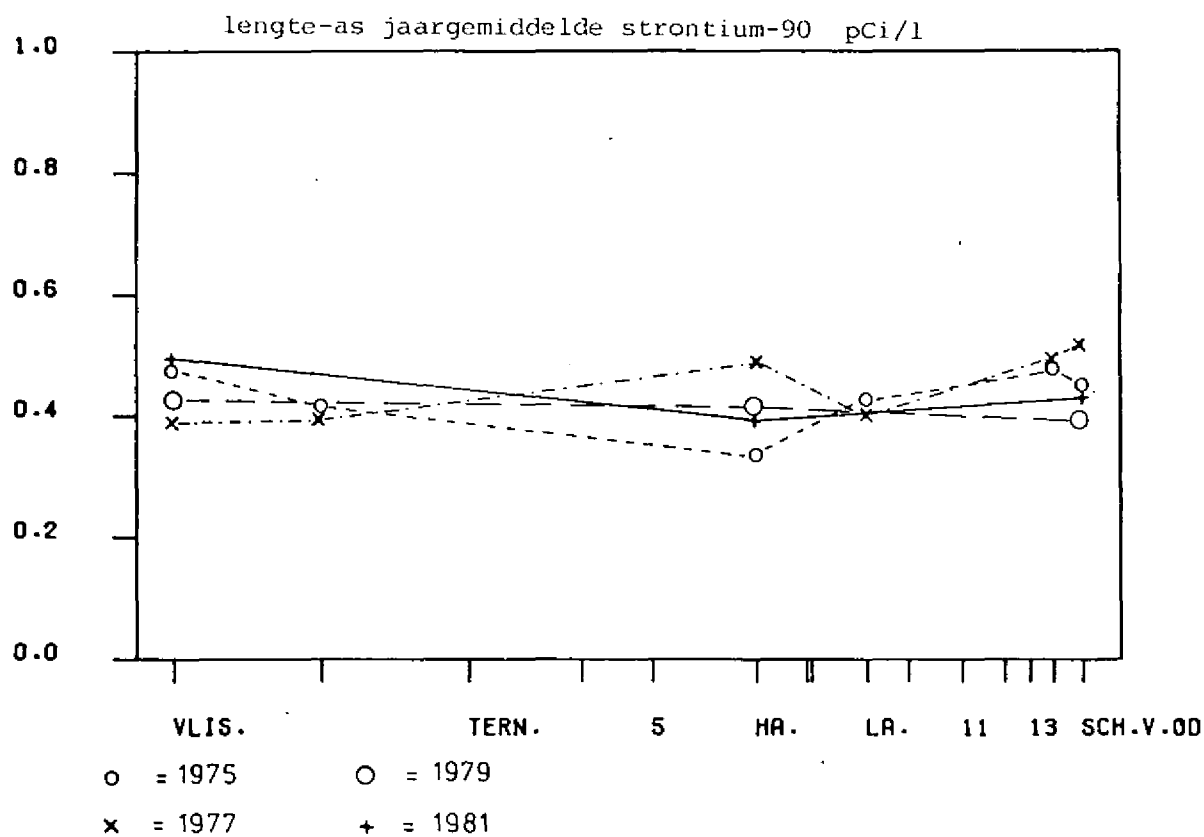
De zeer sterke  $\beta$ -straler strontium-90 komt van nature niet op aarde voor. Het is een zogenaamde kunstmatige nuclide die vooral door kernexplosies in de atmosfeer is gebracht en geleidelijk als fall-out in de biosfeer terecht komt.

Sinds 1973 wordt strontium-90 in de Westerschelde door het RIV gemeten. Bepaling vindt plaats door chemische afscheiding van strontium, waarna via vlamdetektie het gehalte aan strontium-90 wordt bepaald. De bron van herkomst is regenwater. Ondanks het feit dat de Schelde voornamelijk uit regenwater bestaat, er is in de richting van de Noordzee geen gradiënt waarneembaar. Dit wordt veroorzaakt doordat de gemeten gehalten niet veel van de detectiegrens (ca. 0,2 pCi/l) afwijken.

Tabel 11.6 Statistische gegevens van strontium-90 gemeten bij Vlissingen, Hansweert en Schaar van Ouden Doel in de periode 1978-1981. Gehalten in pCi/l.

|               | Vlissingen |     |     |     | Hansweert |     |     |     | Schaar van Ouden Doel |     |     |     |
|---------------|------------|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|-----------------------|-----|-----|-----|
|               | '78        | '79 | '80 | '81 | '78       | '79 | '80 | '81 | '78                   | '79 | '80 | '81 |
| aantal waarn. | 9          | 6   | 7   | 8   | 25        | 17  | 26  | 20  | 25                    | 18  | 26  | 21  |
| minimum       | n.m.       | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,1       | 0,2 | 0,2 | 0,2 | n.m.                  | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| maximum       | 0,5        | 0,5 | 0,8 | 0,8 | 0,9       | 1,1 | 0,9 | 0,5 | 1,4                   | 0,7 | 0,9 | 0,7 |
| st.deviate    | 0,2        | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,2       | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,3                   | 0,1 | 0,2 | 0,1 |
| mediaan       | 0,2        | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,2       | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,3                   | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| gemiddelde    | 0,2        | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,3       | 0,4 | 0,5 | 0,4 | 0,4                   | 0,4 | 0,5 | 0,4 |

n.m. = niet meetbaar



## 12 De kwaliteit van sediment en organismen

### 12.1 Sediment

In estuaria worden rivier- en zeewater gemengd onder invloed van getijdebewegingen, stroomsnelheid van de rivier, morfologie, weersomstandigheden, scheepvaart en door saliniteits- en temperatuursverschillen in het water. In dit systeem wordt ook zwevend stof en gesedimenteerde materiaal, afkomstig uit zee- en rivierwater, met de hieraan geadsorbeerde verontreinigingen met elkaar vermengd. Uit de literatuur (lit. 10, 42, 53, 63) wordt een indruk verkregen hoe adsorptie- en desorptieprocessen verlopen: bovenstrooms van Schaar van Ouden Doel vindt transport van metalen, voornamelijk gebonden aan zwevend stof, plaats. Onder invloed van toenemende zoutgehalten ( $1,5 \cdot 3 \text{ g Cl}^-/\text{l}$ ), dalende zuurstofgehalten (tot minder dan  $4 \text{ mg/l}$ ) en een afname van de zuurgraad vindt tussen Antwerpen en Schaar van Ouden Doel desorptie plaats van metalen uit het zwevend stof. Voornaamste oorzaak hiervan is het in oplossing gaan van ijzer en mangaanhydroxyde deeltjes.

In de Westerschelde vindt, onder invloed van verdere toename van chloridegehalten en het weer stijgen van het zuurstofgehalte, wederom uitvlokking plaats van ijzer- en mangaanhydroxyde, waaraan zich opgeloste metalen kunnen hechten.

Tenslotte treedt, als gevolg van het afnemen van de turbulentie, sedimentatie op in de Westerschelde.

Waarschijnlijk worden via een soortgelijk proces ook andere stoffen (gechloroerde koolwaterstoffen en oliecomponenten) in het sediment vastgelegd.

In westelijke richting wordt het sediment steeds schoner als gevolg van het steeds groter wordend aandeel van schoner sediment afkomstig uit de Noordzee. De invloed van lozingen, adsorptie- en desorptieprocessen op de waargenomen gehalten is niet precies bekend. Fig. 12.1 geeft een overzicht van metaalgehalten (niet gecorrigeerd voor de korrelgrootteverdeling) in sediment uit de Westerschelde, zoals dit in 1979 is bepaald door het IB/WL in een aantal slibrijke gebieden (lit. 10). Vergelijking van dit onderzoek met een soortelijk onderzoek in 1974 (lit. 54) duidt op een kwaliteitsverbetering van het sediment. Zie ter illustratie tabel 12.1 waarin voor de korrelgrootteverdeling gecorrigeerde gehalten (bij 50% kleiner dan  $16 \mu\text{m}$ ) aan metalen en fosfor zijn weergegeven op een tweetal lokaties.

Tabel 12.1 Voor korrelgrootteverdeling gecorrigeerde gehalten (50% <  $16 \mu\text{m}$ ) aan metalen en fosfor op de lokaties Rupelmonde-Antwerpen (B) en Vlissingen in 1974 en 1979.

|            | Rupelmonde-Antwerpen |      | Vlissingen |      |
|------------|----------------------|------|------------|------|
|            | 1974                 | 1979 | 1974       | 1979 |
| Zn (mg/kg) | 1534                 | 993  | 182        | 169  |
| Cu (mg/kg) | 195                  | 177  | 29         | 28   |
| Cr (mg/kg) | 514                  | 289  | 99         | 101  |
| Pb (mg/kg) | 258                  | 259  | 65         | 46   |
| Cd (mg/kg) | 37,2                 | 34,8 | 1,2        | 2,0  |
| Ni (mg/kg) | 70,9                 | 59,6 | 24,0       | 25,7 |
| Hg (mg/kg) | 3,76                 | 2,96 | 0,67       | 0,49 |
| P (mg/kg)  | 5290                 | 4850 | 1070       | 1250 |

De gehalten in sediment aan cadmium en fosfor zijn enigszins

gestegen bij Vlissingen in de periode 1974-1979. Niet bekend is of dit veroorzaakt is door verhoging van gehalten in zwevend stof uit de Noordzee (lit. 58) of dat dit veroorzaakt is door plaatselijke lozingen. Uit fig. 12.1 en tabel 12.1 blijkt dat ieder metaal zich anders gedraagt (zie ook hoofdstuk 8). Dit gedrag hangt sterk af van het gehalte waar het in opgeloste vorm voorkomt, maar ook van de aard van het zwevend stof (fijn, grof), de mate waarmee metalen zich hechten aan zwevend stof en de chloridegehalten. Veel is echter nog onbekend over deze processen en verder onderzoek is noodzakelijk om duidelijk uitspraken te kunnen doen. Over het gedrag van organische mikroverontreinigingen is nog minder bekend.

### 12.2 Organismen

Een estuarium is een potentiële bron van primaire produktie en vormt vaak een „rijk“ aquatisch milieu.

Zo heeft de Westerschelde voor sommige organismen een kinderkamerfunctie (tong, schol, garnaal). Daarnaast vormt de Westerschelde het leefmilieu voor bodemorganismen zoals kokkels en mosselen. Zowel de kwaliteit van het water als de kwaliteit van het zwevend stof en sediment hebben invloed op de gehalten aan contaminanten in aquatische organismen.

Vooralsnog organische halogeenverbindingen (pesticiden, PCB's) zijn bekend om hun accumulatief gedrag, maar ook metalen kunnen zich in organismen ophopen.

Teneinde de invloed van verontreinigingen in de Noordzee en estuaria op de diverse vissoorten te bepalen (opname en accumulatie van stoffen, ziektes, afwijkingen) is in het kader van de verdragen van Oslo en Parijs in 1976 de internationale Joint Monitoring Group opgericht.

Door de aangesloten landen wordt onderzoek verricht naar de verontreinigingsgraad van onder meer enkele waterorganismen in de Noordzee en aangrenzende zoute wateren. Voor Nederland wordt dit onderzoek sinds 1979 uitgevoerd door de Rijkswaterstaat op een tiental lokaties, waaronder drie in de Westerschelde.

De tabellen 12.2 en 12.3 geven een overzicht van de tot nu toe bekende gehalten van enkele metalen en organochloorverbindingen in mosselen en garnalen welke in de Westerschelde zijn gevangen. De parameter PCB bestaat uit de som van 26 individuele chloorbifenylen (bepaald volgens de capillairmethode). Presentatie vindt plaats in de vorm van 2 getallen. De laagste waarde is de som van alle geïdentificeerde chloorbifenylen; de hoogste waarde is de som van de gemeten componenten vermeerderd met de som van de detectiegrenzen voor die individuele bifenylen waarvan het gehalte beneden de detectiegrens ligt. Ter vergelijking zijn enkele gehalten van organismen uit de Waddenzee en het Eemsdollard estuarium opgenomen. Een dalende gradiënt van kwik, zink, koper, chroom en lood - die wel geconstateerd is in het water, sediment en zwevend stof van de Westerschelde in de richting van de zee - is in mosselen nauwelijks waarneembaar. Dit geldt eveneens voor de gehalten aan PCB's en HCB. In vergelijking tot de eerdergenoemde wateren bevatten mosselen in de Westerschelde de hoogste gehalten

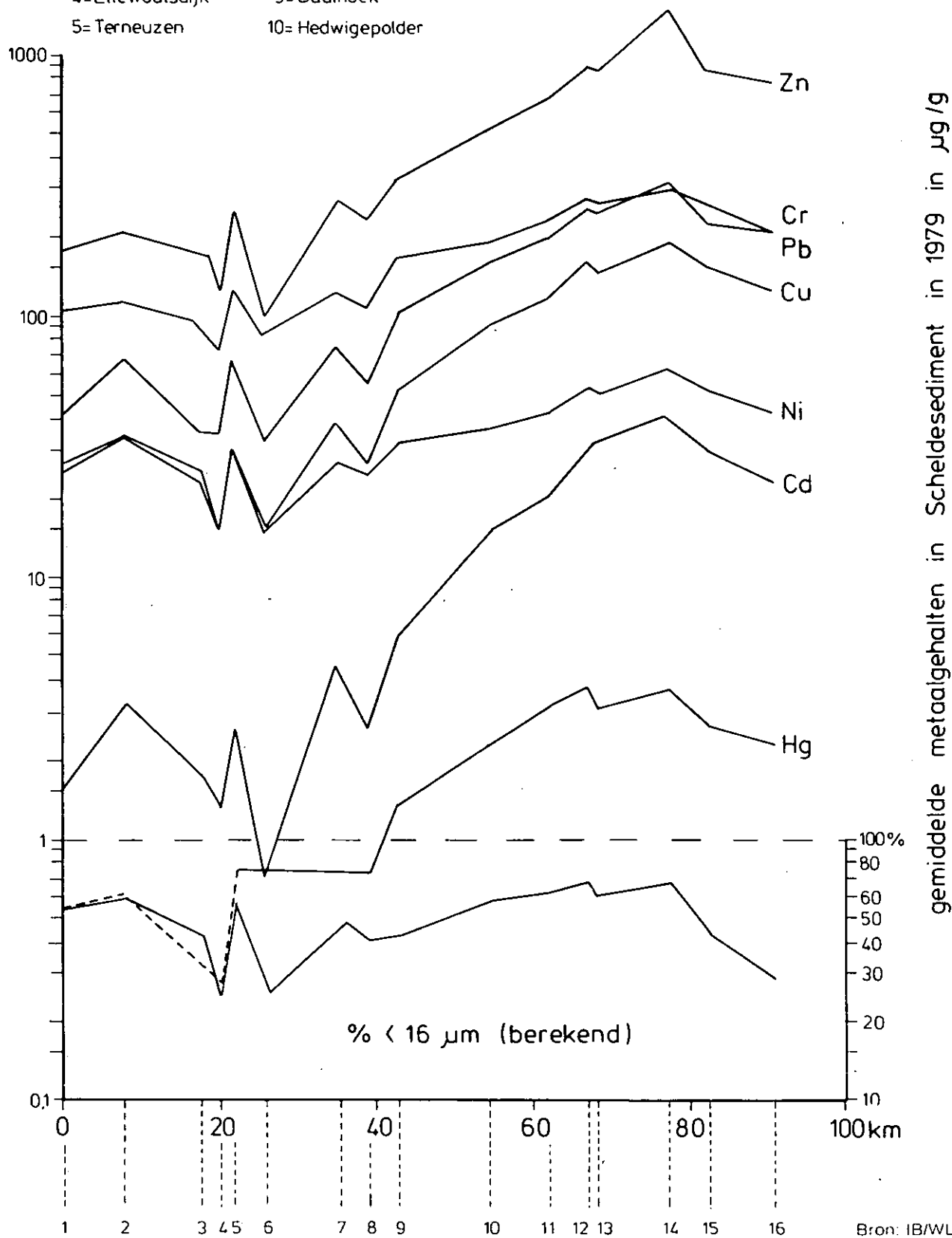
1=Breskens  
2=Sloehaven  
3=DOW  
4=Ellewoutsdijk  
5=Terneuzen

6=Griete  
7=Hansweert  
8=Perkpolder  
9=Baalhoek  
10=Hedwigepolder

11=Doel  
12=Boudewijnsuis  
13=Krankeloonpolder

14=Royerssluizen  
15=Antwerpen  
16=Rupelmonding

fig. 12.1.



aan kwik, cadmium, zink, lood en PCB's. Ook de garnalen in de Westerschelde bevatten verhoogde kwikgehalten.

Uit een onderzoek in 1977 uitgevoerd door het Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek (lit. 55, 59) blijken de huidige cadmiumgehalten in het sediment van schorren 8-25 maal zo hoog te zijn als de oorspronkelijke natuurlijke gehalten, terwijl dit voor schorren in de kom van de Oosterschelde een faktor 2-3 is. Voor kwik in de Westerschelde is dit 3-10 maal. Ook de vegetaties bevatten hogere gehalten. Zo zijn in lamsoor cadmiumgehalten van 400-500 µg/kg aangetroffen; dit is 4-5 maal zo veel als de grenswaarde van de Wereldgezondheidsorganisatie aangeeft voor gewassen die worden geconsumeerd. In zeekraal zijn de cadmiumgehalten lager, 260 µg/kg.

Voor kwik wordt 30 µg/kg als grenswaarde aangehouden. De gevonden gehalten in lamsoor en zeekraal uit de Westerschelde bedragen 30-40% van deze grenswaarde; in de Oosterschelde is dit 10-25% van de toelaatbare hoeveelheden.

In tabel 12.4 wordt een overzicht gegeven van waargenomen gehalten aan zware metalen (lit.59) in vegetaties op schorren in Westerschelde en Oosterschelde. De schorvegetaties in de Westerschelde vertonen, in tegenstelling tot in het water levende organismen als mosselen, wel een dalende gradiënt in westelijke richting.

In het algemeen blijkt er een interactie te bestaan tussen de vier compartimenten water, sediment, zwevend stof en organismen.

Met name over interacties tussen organismen en de overige drie compartimenten is evenwel nog weinig bekend.

Om duidelijke uitspraken te kunnen doen is verder onderzoek noodzakelijk.

Tabel 12.4 Overzicht van waargenomen gehalten aan zware metalen in vegetaties op schorren in Westerschelde (Ellewoutsdijk, Waarde en Bath) en Oosterschelde (Stroodorpolder). Gehalten in µg/kg droog gewicht.

|                | Nikkel   | Koper      | Cadmium | Kwik   | Lood       |
|----------------|----------|------------|---------|--------|------------|
| Ellewoutsdijk  | 100-4600 | 3200-21100 | 70-2700 | 10-140 | 5500- 6300 |
| Waarde         | 200-6200 | 3400-15000 | 50-5400 | 20-360 | 1900-19700 |
| Bath           | 500-5400 | 3800-31100 | 50-4200 | 20-200 | 1700-19700 |
| Stroodorpolder | 400-5000 | 2600-22100 | 70-1500 | 20-100 | 1800-14200 |

Bron: DIHO.

Tabel 12.2 Resultaten onderzoek Joint Monitoring Group 1979-1981 naar gehalten van metalen en organochloorverbindingen in mosselen van diverse lokaties, uitgedrukt in mg per kg nat vleesgewicht.

| Parameter | Periode  | Zuidergat |           |           | Pas v. Terneuzen |           |           | Vlissingen |           |           |
|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|------------------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|
|           |          | 1979      | 1980      | 1981      | 1979             | 1980      | 1981      | 1979       | 1980      | 1981      |
| Kwik      | voorjaar | 0,05      | 0,05      | 0,10      | 0,09             | 0,05      | 0,12      | 0,05       | 0,06      | 0,07      |
|           | najaar   | 0,09      | 0,07      | 0,14      | 0,08             | 0,10      | 0,11      | 0,10       | 0,04      | 0,06      |
| Cadmium   | voorjaar | 3,05      | 6,6       | 6,50      | 2,75             | 2,8       | 5,15      | 1,50       | 0,69      | 1,20      |
|           | najaar   | 2,53      | 12,8      | 4,10      | 0,51             | 7,4       | 2,80      | 2,82       | 1,05      | 0,54      |
| Zink      | voorjaar | -         | 15        | 29        | -                | 17        | 36        | -          | 23        | 35        |
|           | najaar   | -         | 35        | 30        | -                | 31        | 34        | -          | 20        | 27        |
| Koper     | voorjaar | -         | 3,6       | 1,85      | -                | 3,8       | 1,60      | -          | 3,3       | 1,80      |
|           | najaar   | -         | 3,6       | 1,75      | -                | 4,0       | 1,50      | -          | 4,3       | 2,15      |
| Chroom    | voorjaar | -         | 1,6       | 0,59      | -                | 1,1       | 1,15      | -          | 1,9       | 0,31      |
|           | najaar   | -         | 0,8       | 0,67      | -                | 3,1       | 0,90      | -          | 1,8       | 0,57      |
| Lood      | voorjaar | -         | 0,7       | 0,78      | -                | 0,9       | 1,20      | -          | 1,2       | 1,15      |
|           | najaar   | -         | 1,1       | 0,74      | -                | 2,0       | 0,73      | -          | 1,3       | 1,14      |
| PCB       | voorjaar | 0,17/0,22 | 0,25/0,28 | 0,15/0,16 | 0,10/0,15        | 0,09/0,12 | 0,09/0,10 | 0,05/0,10  | 0,06/0,11 | 0,06/0,07 |
|           | najaar   | 0,25/0,27 | 0,19/0,24 | 0,10      | 0,13/0,15        | 0,11/0,16 | 0,10      | 0,12/0,15  | 0,12/0,17 | 0,14      |
| HCB       | voorjaar | 0,001     | 0,001     | 0,001     | 0,001            | 0,001     | 0,001     | 0,001      | 0,001     | 0,001     |
|           | najaar   | 0,001     | 0,001     | 0,001     | 0,001            | 0,001     | 0,001     | 0,001      | 0,001     | 0,001     |

| Parameter | Periode  | Waddenzee |           |           | Oude Wester Eems |           |           | Eems, Bocht van Watum |           |           |
|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|------------------|-----------|-----------|-----------------------|-----------|-----------|
|           |          | 1979      | 1980      | 1981      | 1979             | 1980      | 1981      | 1979                  | 1980      | 1981      |
| Kwik      | voorjaar | 0,09      | 0,06      | 0,06      | -                | 0,03      | 0,06      | -                     | 0,17      | 0,08      |
|           | najaar   | 0,06      | 0,05      | 0,05      | -                | 0,06      | -         | -                     | -         | 0,06      |
| Cadmium   | voorjaar | 0,33      | 0,37      | 0,55      | -                | 0,33      | 0,78      | -                     | 0,48      | 0,43      |
|           | najaar   | 0,10      | 0,12      | 0,14      | -                | 0,33      | -         | -                     | -         | 0,13      |
| Zink      | voorjaar | -         | 13        | 11,8      | -                | 20        | 15,2      | -                     | 21        | 13,9      |
|           | najaar   | -         | 15        | 9,8       | -                | 9,9       | -         | -                     | -         | 15,0      |
| Koper     | voorjaar | -         | 4,4       | 1,65      | -                | 3,5       | 1,75      | -                     | 2,6       | 1,80      |
|           | najaar   | -         | 3,8       | 1,65      | -                | 3,6       | -         | -                     | -         | 1,00      |
| Chroom    | voorjaar | -         | 3,2       | 0,36      | -                | 1,6       | 1,75      | -                     | 2,4       | 1,40      |
|           | najaar   | -         | 2,0       | 0,30      | -                | 3,3       | -         | -                     | -         | 0,79      |
| Lood      | voorjaar | -         | 0,66      | 0,45      | -                | 0,42      | 0,42      | -                     | 0,51      | 0,58      |
|           | najaar   | -         | 0,69      | 0,59      | -                | 0,74      | -         | -                     | -         | 0,51      |
| PCB       | voorjaar | -         | 0,07/0,12 | 0,07      | -                | 0,06/0,09 | 0,02/0,04 | -                     | 0,02/0,07 | 0,02/0,03 |
|           | najaar   | 0,06/0,11 | 0,11/0,16 | 0,08/0,09 | -                | 0,05/0,11 | -         | -                     | -         | 0,09/0,10 |
| HCB       | voorjaar | -         | 0,001     | 0,002     | -                | 0,001     | 0,001     | -                     | 0,001     | 0,001     |
|           | najaar   | 0,001     | 0,001     | 0,001     | -                | 0,001     | -         | -                     | -         | 0,002     |

Tabel 12.3 Resultaten onderzoek Joint Monitoring Group 1979-1981 naar gehalten van metalen en organochloorverbindingen in garnalen van diverse lokaties, uitgedrukt in mg per kg nat vleesgewicht.

| Parameter | Periode  | Westerschelde, Breskens |       |       | Waddenzee |       |       | Oude Wester Eems |       |       |
|-----------|----------|-------------------------|-------|-------|-----------|-------|-------|------------------|-------|-------|
|           |          | 1979                    | 1980  | 1981  | 1979      | 1980  | 1981  | 1979             | 1980  | 1981  |
| Kwik      | voorjaar | -                       | 0,32  | 0,08  | 0,15      | 0,18  | 0,09  | -                | 0,08  | 0,11  |
|           | najaar   | 0,16                    | 0,13  | 0,58  | 0,09      | 0,06  | -     | 0,15             | 0,06  | 0,21  |
| Cadmium   | voorjaar | -                       | 0,012 | 0,015 | 0,007     | 0,07  | 0,01  | -                | 0,005 | 0,046 |
|           | najaar   | 0,09                    | 0,013 | 0,005 | 0,002     | 0,010 | -     | 0,002            | 0,010 | 0,005 |
| Zink      | voorjaar | -                       | 6,8   | 11,9  | -         | 16    | 15    | -                | 11    | 12,6  |
|           | najaar   | -                       | 14    | 10,4  | -         | 12    | -     | -                | 17    | 10,8  |
| Koper     | voorjaar | -                       | 5,7   | 3,3   | -         | 5,9   | 3,3   | -                | 5,7   | 4,3   |
|           | najaar   | -                       | 5,9   | 3,8   | -         | 6,7   | -     | -                | 10,0  | 3,0   |
| Chroom    | voorjaar | -                       | 0,15  | 0,02  | -         | 0,26  | 0,11  | -                | 0,23  | 0,02  |
|           | najaar   | -                       | 0,03  | 0,03  | -         | 0,13  | -     | -                | 0,12  | 0,47  |
| Lood      | voorjaar | -                       | 0,21  | 0,22  | -         | 0,34  | 0,24  | -                | 0,31  | 0,10  |
|           | najaar   | -                       | 0,21  | 0,05  | -         | 0,17  | -     | -                | 0,14  | 0,01  |
| PCB       | voorjaar | -                       | 0,01/ | 0,01/ | 0,05/     | 0,04/ | 0,04/ | -                | 0,01  | 0,01/ |
|           | najaar   | -                       | 0,07  | 0,02  | 0,08      | 0,08  | 0,07  | -                | -     | 0,02  |
| HCB       | voorjaar | -                       | 0,02/ | 0,01/ | 0,02/     | 0,02/ | 0,01/ | 0,04/            | 0,01/ | 0,01/ |
|           | najaar   | -                       | 0,07  | 0,13  | 0,03      | 0,08  | 0,03  | 0,07             | 0,07  | 0,02  |
| HCB       | voorjaar | -                       | 0,001 | 0,001 | 0,001     | 0,001 | 0,001 | -                | 0,001 | 0,001 |
|           | najaar   | 0,001                   | 0,001 | 0,001 | 0,001     | 0,001 | 0,001 | 0,001            | 0,001 | 0,001 |

Schor tussen Baalhoek en Paal (foto: KLM Aerocarto).



## 13. Conclusies en aanbevelingen

### 13.1 Conclusies

De Westerschelde wordt met vele verontreinigingen belast. De belangrijkste bronnen zijn:

- de Schelde met voorbelasting uit België en Frankrijk, gevolgd door
- industriële en huishoudelijke afvalwaterlozingen (afvalwaterleidingen bij o.a. Waarde, Terneuzen en Vlissingen) en gipsstortingen en
- het kanaal van Gent naar Terneuzen met voorbelasting uit de Schelde bij Gent.

Tot aan het begin van de 70-er jaren is de waterkwaliteit van de Westerschelde verslechterd. Door de economische teruggang, saneringen en het bouwen van rioolwaterzuiveringsinstallaties is na 1973-1974 een geleidelijke verbetering van de waterkwaliteit opgetreden.

Ook een natuurlijke faktor, de Schelde-afvoer, heeft hier een rol in gespeeld met een daling van de jaargemiddelde afvoer in de tweede helft van de 60-er jaren en een stijging in de 70-er jaren.

De verlaging van de BZV<sub>5</sub> belasting vanuit België in de 70-er jaren heeft ertoe geleid dat het zuurstofgehalte in de Schelde en het oostelijk deel van de Westerschelde kon toenemen, waardoor nitrifikatieprocessen opgang konden komen. Het duidelijkst is dit waarneembaar in het oostelijk deel van de Westerschelde uit het afnemen van gehalten aan Kjeldahl- en ammoniumstikstof en een toename van het gehalte aan nitraatstikstof.

Ondanks de geleidelijke verbetering van de waterkwaliteit werden in 1981 bij Schaar van Ouden Doel nog vrijwel zuurstofloze (gehalten lager dan 2 mg O<sub>2</sub>/l) situaties waargenomen.

Andere waterkwaliteitsparameters die verbeterd zijn in de 70-er jaren zijn olie, kwik, lood, chroom, fenol, synthetische detergenten en tritium. Daarentegen is een verslechtering opgetreden van de gehalten aan nikkel, drins (1980 en 1981) en polycyclische aromatische koolwaterstoffen. Deze trends zijn het meest duidelijk waarneembaar in het oostelijk deel van de Westerschelde.

Een verbetering van de waterkwaliteit in het oostelijk deel van de Westerschelde impliceert niet altijd dat de door de Schelde aangevoerde vrachten zijn afgenomen; het afvoerregime is daar te grillig voor. Een daling van de gehalten maar nauwelijks of geen daling van de vracht is geconstateerd voor de parameters Kjeldahlstikstof, ammoniumstikstof, lood, zink, fenol en synthetische detergenten.

In de jaren 1979 t/m 1981 zijn op het grenspunt de normen voor de basiskwaliteit van zoet water niet gehaald voor de parameters zuurstof, totaal fosfaat, ammoniak + ammoniumstikstof, cadmium, kwik, nikkel, olie, polycyclische aromatische koolwaterstoffen, (totaal)- organochloorpesticiden, dieldrin, hexachloorbenzeen en thermotolerante bacteriën van de coligroep.

In westelijke richting nemen in het water de gehalten aan verontreinigingen af door verdunning met zeewater, afbraak en sedimentatie. De gehalten bij Vlissingen zijn hierdoor aanmerkelijk lager dan bij Schaar van Ouden Doel. Een uitzonde-

ring hierop zijn cadmium (geen afname van gehalten in opgeloste vorm), B-restactiviteit, strontium-90, totale  $\alpha$ -activiteit en synthetische detergenten (de laatste vier parameters zijn vrij constant in de gehele Westerschelde).

Jaarlijks sedimenteert ca. 10<sup>6</sup> ton zwevend stof in de Westerschelde, afkomstig uit Noordzee en Schelde. Gebonden aan zwevend stof sedimenteren jaarlijks enkele tonnen kwik tot enkele duizenden tonnen fosfaat afkomstig uit de Schelde en de Noordzee.

Omdat organische mikroverontreinigingen alleen in totaal vorm en voornamelijk bij Schaar van Ouden Doel bepaald worden, is het niet mogelijk het gedrag van deze stoffen te beschrijven.

In westelijke richting nemen de gehalten aan metalen in sediment af. Deze trend is ook in vegetaties op schorren aangevoeld.

De mosselen in de Westerschelde bevatten, vergeleken met wateren als Waddenzee en Eems Dollard estuarium, de hoogste gehalten aan metalen en PCB's. Hoewel op grond van een afname aan gehalten in sediment, zwevend stof en water in westelijke richting ook een afname in mosselen te verwachten zou zijn, is dit niet waargenomen voor kwik, cadmium, zink, chroom, lood, koper en PCB's.

### 13.2 Aanbevelingen voor verder onderzoek

De beschrijving van de waterkwaliteit van de Westerschelde in de periode 1964-1981 heeft een aantal onduidelijkheden en „witte vlekken“ inzake bemonsteringen en kennis over oppervlaktewaterprocessen opgeleverd. Derhalve is het wenselijk de volgende punten nader te bestuderen.

Ten aanzien van het routineprogramma

- Zwevend stof. Aangezien het zwevend stofgehalte een grote invloed heeft op de gehalten aan andere in de waterfase voorkomende stoffen (vooral mikroverontreinigingen) is het van groot belang een juiste indruk te krijgen van het voorkomen van zwevend stof in de Westerschelde. Onderzocht dient te worden of de huidige meetfrequentie wel voldoende is om toekomstige veranderingen door verdergaande saneringen en uitbreiding van de baggerwerken goed te kunnen volgen.
- Organische mikroverontreinigingen. Organische mikroverontreinigingen komen zowel in opgeloste vorm als gebonden aan zwevend stof in oppervlaktewater voor. Momenteel worden in de Westerschelde alleen bij Schaar van Ouden Doel routinematige bepalingen gedaan in de vorm van totaal gehalten. Nagegaan dient te worden in hoeverre het routinematig bepalen van organische mikroverontreinigingen in opgeloste en totaal vorm op meerdere lokaties kan bijdragen tot kennis inzake adsorptie, desorptie, sedimentatie en eventuele afbraak van organische mikroverontreinigingen.
- Representativiteit monsterpunten. Toen in 1964 begonnen werd met het routine-onderzoeksprogramma waren

de monsterlokaties gebaseerd op de toenmalige geëlligging en stromingspatronen. In de loop der tijd zijn, met name door een toename van de onderhoudsbaggerwerkzaamheden, de geëlligging en stromingspatronen veranderd, terwijl monsterpunten niet van lokatie veranderden. Het is daarom noodzakelijk een onderzoek in te stellen in hoeverre de watermonsters op de huidige lokaties nog representatief zijn voor de waterkwaliteit van de Westerschelde. In 1982 is reeds een dergelijk onderzoek gedaan voor de meetpunten Vlissingen, Hansweert en Schaar van Ouden Doel.

#### Nader te bestuderen aandachtspunten

- Controle vrachtberekeningen. De in dit rapport weergegeven jaarvrachten zijn berekend aan de hand van veertien-daagse bemonsteringen rond de laagwaterkentering bij Schaar van Ouden Doel en de kadegemiddelde Scheldeafvoeren waarbij correcties zijn toegepast voor het chlooridegehalte. Een controle van deze berekeningen op basis van belasting door de Schelde en bijrivieren bovenstrooms van Schaar van Ouden Doel verdient aanbeveling.
- Adsorptie en desorptie. In de Westerschelde vindt in de richting van de Noordzee een verlaging van gehalten aan metalen in water (behalve nikkel), zwevend stof en sediment plaats. Ook niet metalen, zoals nutriënten, olie en vermoedelijk alle organische mikroverontreinigingen, vertonen dit gedrag. Nog onbekend zijn invloeden van lozingen en verdunning door zeewater op adsorptie aan en desorptie uit zwevend stof. Een eerste onderzoek (lit.10) duidt op desorptie van metalen bij een toename van het zoutgehalte.
- Sedimentatie. In de Westerschelde sedimenteren jaarlijks vele tonnen metalen afkomstig uit de Noordzee en de Schelde. Niet bekend is wat het aandeel is van lozingen op deze sedimentatieprocessen. Voor het berekenen van sedimentatieprocessen waarbij lozingen niet zijn verwaarloosd is het noodzakelijk nieuwe balansberekeningen aangevuld met lozingsgegevens op te stellen.
- Waterkwaliteitsnormen. In het IMP 1980-1984 is de algemene waterkwaliteitsdoelstelling „basiskwaliteit” voor zoet water met daarbij behorende normen geïntroduceerd. Voor zout en brak water ontbreken dergelijke algemene doelstellingen, waardoor een juiste toetsing niet goed mogelijk is. Het is daarom wenselijk de mogelijkheden na te gaan om te komen tot dergelijke algemene ecologisch gerichte waterkwaliteitsdoelstellingen.
- Zwevend stof (transport). De fluktuaties van het zwevend stofgehalte in de Westerschelde worden onder andere veroorzaakt door getijwerkingen en stromingen. Waarschijnlijk komen ook over de vertikaal verschillen in gehalten voor. Met behulp van 13 uren metingen, waarbij over een geheel dwarsprofiel bemonsterd zou moeten worden, is het mogelijk meer informatie over zwevend stof transport in combinatie met stromingen en getijwerking te verkrijgen.
- Zwevend stof (samenstelling). Evenals voor sediment het geval is, is voor zwevend stof de samenstelling (korrelgrootteverdeling, organisch koolstofgehalte) bepalend voor de mate waarin verontreinigingen aan het zwevend stof geadsorbeerd zijn. Via speciale bemonsteringsme-

thodiek zou op een aantal lokaties zwevend stof verzameld en geanalyseerd moeten worden op samenstelling, gehalten aan metalen en organische mikroverontreinigingen.

Relatie verontreinigingen-organismen. Gebleken is dat de gehalten van enkele organische en anorganische verbindingen in organismen uit de Westerschelde tot de hoogste in de Nederlandse zoute wateren behoren.

Nader onderzoek is nodig om na te kunnen gaan:

- wat de relatie is tussen de verontreinigingsgraad van de Westerschelde en die in organismen.
- of het monitoren van organismen in de Westerschelde een onderdeel dient uit te maken van het routine programma.
- of er factoren zijn die de opname van verontreinigingen in organismen beïnvloeden (bijv. verdunning, het voorkomen van verontreiniging in opgeloste vorm dan wel gebonden aan zwevend stof)

# BIJLAGEN

# BIJLAGE I

Overzicht van de normen met betrekking tot de basiskwaliteit volgens het IMP 1980-1984.

| Parameter                                                                              | Norm                                | Opmerkingen                                                                                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Doorzicht                                                                              | absoluut < 0,5 m                    |                                                                                                                          |
| Temperatuur                                                                            | absoluut < 25°C                     |                                                                                                                          |
| Zuurstof                                                                               | absoluut < 5 mg/l                   |                                                                                                                          |
| Zuurgraad                                                                              | absoluut 6,5 < pH < 9,0             |                                                                                                                          |
| Chlorofyl-a                                                                            | gemiddeld < 100 µg/l                | alleen 's zomers                                                                                                         |
| Totaal-fosfaat                                                                         | gemiddeld < 0,3 mg/l P              |                                                                                                                          |
| Nitraat + nitriet                                                                      | absoluut < 10,0 mg/l N              |                                                                                                                          |
| BZV <sub>5</sub>                                                                       | gemiddeld < 5,0 mgO <sub>2</sub> /l |                                                                                                                          |
| Ammonium + ammoniak                                                                    | gemiddeld < 1,0 mg/l N              |                                                                                                                          |
| Fenol                                                                                  | absoluut < 10 µg/l                  |                                                                                                                          |
| Cadmium                                                                                | absoluut < 2,5 µg/l                 | zwarte lijststof                                                                                                         |
| Kwik                                                                                   | absoluut < 0,5 µg/l                 | zwarte lijststof                                                                                                         |
| Koper                                                                                  | absoluut < 50 µg/l                  | )                                                                                                                        |
| Lood                                                                                   | absoluut < 50 µg/l                  | )grijze lijst-                                                                                                           |
| Zink                                                                                   | absoluut < 200 µg/l                 | )stoffen                                                                                                                 |
| Chroom                                                                                 | absoluut < 50 µg/l                  | )                                                                                                                        |
| Nikkel                                                                                 | absoluut < 50 µg/l                  | )                                                                                                                        |
| Olie                                                                                   | absoluut < 0,2 mg/kg                |                                                                                                                          |
| PAK                                                                                    | absoluut < 200 ng/l                 | deels zwarte<br>lijststof                                                                                                |
| Synthetische detergenten                                                               | absoluut < 0,2 mg/l                 |                                                                                                                          |
| Organochloorpesticiden<br>(totaal)                                                     | absoluut < 0,10 µg/l                | Hieronder vallen:                                                                                                        |
| (individueel)                                                                          | absoluut < 0,05 µg/l                | aldrin, dieldrin, endrin, HCB, DDT<br>en metabolieten, heptachloor en<br>lindaan. Meest zijn het zwarte<br>lijststoffen. |
| α + β + γ-activiteit, excl. H <sup>3</sup> ,<br>Ra <sup>226</sup> en Ra <sup>228</sup> | gemiddeld < 100 pCi/l               |                                                                                                                          |
| H <sup>3</sup>                                                                         | gemiddeld < 5000 pCi/l              |                                                                                                                          |
| Thermotolerante bacteriën van<br>de coligroep                                          | mediaan < 20 MPN/ml                 |                                                                                                                          |
| Geur                                                                                   | natuurlijk                          |                                                                                                                          |
| Kleur                                                                                  | natuurlijk                          |                                                                                                                          |
| Drijvend vuil, schuim of oliefilm                                                      | afwezig                             |                                                                                                                          |

Tabel bij bijlage 1

Toetsing van relevante parameters aan de waterkwaliteitsdoelstelling basiskwaliteit voor zoetwater, meetpunt Schaar van ouden Doel

| Parameter                           | Aantal waar-<br>nemingen                                                 |      |      | minimum |      |      | maximum |       |      | toetswaarde |      |      |      |      | aantal overschrij-<br>dingen van de norm |      |      | toetsresultaat |  |  |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|------|------|---------|------|------|---------|-------|------|-------------|------|------|------|------|------------------------------------------|------|------|----------------|--|--|
|                                     | 1979                                                                     | 1980 | 1981 | 1979    | 1980 | 1981 | 1979    | 1980  | 1981 | 1979        | 1980 | 1981 | 1979 | 1980 | 1981                                     | 1979 | 1980 | 1981           |  |  |
| temperatuur                         | 26                                                                       | 27   | 25   | 2,1     | 2,8  | 2,3  | 20,9    | 21,8  | 21,1 | 20,3        | 19,8 | 20,0 | 0    | 0    | 0                                        | +    | +    | +              |  |  |
| zuurstof                            | 26                                                                       | 27   | 24   | 0,9     | 0,6  | 1,1  | 7,5     | 5,9   | 6,9  | 1,0         | 0,8  | 1,4  | 25   | 26   | 19                                       | -    | -    | -              |  |  |
| zuurgraad                           | 26                                                                       | 26   | 25   | 7,30    | 7,30 | 7,40 | 7,70    | 7,90  | 8,10 | 7,70        | 7,80 | 7,60 | 0    | 0    | 0                                        | +    | +    | +              |  |  |
| chlorofyl-a                         | 14                                                                       | 13   | 12   | 7,0     | 4,8  | 8,0  | 97,0    | 72,0  | 92,4 | 39,0        | 39,0 | 4,35 | 0    | 0    | 0                                        | +    | +    | +              |  |  |
| totaal-fosfaat                      | 25                                                                       | 25   | 25   | 0,71    | 0,38 | 0,64 | 2,35    | 3,10  | 3,92 | 1,16        | 1,17 | 1,11 | 25   | 25   | 25                                       | -    | -    | -              |  |  |
| nitraat + nitriet                   | 26                                                                       | 27   | 26   | 0,16    | 2,09 | 3,17 | 5,39    | 5,39  | 5,77 | 4,95        | 5,29 | 5,15 | 0    | 0    | 0                                        | +    | +    | +              |  |  |
| BZV <sub>205</sub>                  | 25                                                                       | 27   | 25   | 1,6     | 1,1  | 2,4  | 7,2     | 6,9   | 7,8  | 3,9         | 3,3  | 4,0  | 6    | 3    | 5                                        | +    | +    | +              |  |  |
| ammonium + ammo-<br>niak            | 26                                                                       | 27   | 26   | 1,36    | 0,19 | 0,24 | 6,12    | 5,64  | 4,35 | 3,44        | 2,55 | 2,46 | 25   | 24   | 22                                       | -    | -    | -              |  |  |
| fenol                               | 25                                                                       | 26   | 24   | 2       | n.m. | 1    | 22      | 8     | 8    | 7           | 8    | 7    | 2    | 0    | 0                                        | +    | +    | +              |  |  |
| cadmium                             | 8                                                                        | 9    | 8    | 1,1     | 1,2  | 0,9  | 5,6     | 4,4   | 3,8  | 5,6         | 4,4  | 3,8  | 3    | 5    | 1                                        | -    | -    | -              |  |  |
| kwik                                | 8                                                                        | 9    | 9    | 0,10    | 0,05 | 0,06 | 0,70    | 0,35  | 0,27 | 0,70        | 0,35 | 0,27 | 3    | 0    | 0                                        | +    | +    | +              |  |  |
| koper                               | /                                                                        | 9    | 8    | /       | 8    | 5    | /       | 22    | 24   | /           | 22   | 24   | /    | 0    | 0                                        | /    | +    | +              |  |  |
| lood                                | 8                                                                        | 9    | 8    | 9       | 9    | 7    | 46      | 31    | 32   | 46          | 31   | 32   | 0    | 0    | 0                                        | +    | +    | +              |  |  |
| zink                                | 7                                                                        | 9    | 8    | 42      | 37   | 25   | 180     | 134   | 142  | 180         | 134  | 142  | 0    | 0    | 0                                        | +    | +    | +              |  |  |
| chrom                               | 8                                                                        | 9    | 9    | 10      | 9    | 6    | 48      | 28    | 44   | 48          | 78   | 44   | 0    | 0    | 0                                        | +    | +    | +              |  |  |
| nikkel                              | 7                                                                        | 8    | 6    | 14      | 16   | 16   | 42      | 54    | 53   | 42          | 54   | 53   | 0    | 2    | 1                                        | +    | -    | -              |  |  |
| olie                                | 13                                                                       | 10   | 14   | n.m.    | n.m. | n.m. | 1,0     | 1,3   | 0,3  | 0,6         | 1,3  | 0,2  | 8    | 2    | 4                                        | -    | -    | -              |  |  |
| PAK                                 | 25                                                                       | 11   | 12   | 120     | 100  | 80   | 1700    | 740   | 760  | 740         | 690  | 640  | 21   | 10   | 9                                        | -    | -    | -              |  |  |
| sythetische<br>detergenten          | 23                                                                       | 27   | 25   | 0,03    | n.m. | 0,01 | 2,10    | 0,07  | 0,11 | 0,14        | 0,06 | 0,06 | 1    | 0    | 0                                        | +    | +    | +              |  |  |
| organochloor-<br>pesticiden(totaal) | 10                                                                       | 13   | 11   | n.m.    | n.m. | 0,02 | 0,10    | 6,72  | 0,16 | 0,10        | 1,20 | 0,06 | 1    | 6    | 1                                        | -    | -    | +              |  |  |
| aldrin                              | 10                                                                       | 13   | 11   | n.m.    | n.m. | n.m. | n.m.    | 0,96  | 0,02 | n.m.        | 0,04 | 0,01 | 0    | 1    | 0                                        | +    | +    | +              |  |  |
| dieldrin                            | 10                                                                       | 13   | 11   | n.m.    | n.m. | n.m. | n.m.    | 1,96  | n.m. | n.m.        | 1,2  | n.m. | 0    | 4    | 0                                        | +    | +    | +              |  |  |
| endrin                              | 10                                                                       | 13   | 11   | n.m.    | n.m. | n.m. | n.m.    | 2,77  | 0,06 | n.m.        | 0,03 | n.m. | 0    | 1    | 1                                        | +    | +    | +              |  |  |
| HCB                                 | 10                                                                       | 13   | 11   | n.m.    | n.m. | n.m. | 0,08    | 0,95  | 0,02 | 0,08        | 0,05 | n.m. | 1    | 2    | 0                                        | -    | -    | +              |  |  |
| TDE                                 | 10                                                                       | 13   | 11   | n.m.    | n.m. | n.m. | n.m.    | n.m.  | n.m. | n.m.        | n.m. | n.m. | 0    | 0    | 0                                        | +    | +    | +              |  |  |
| pp-DDE                              | 10                                                                       | 13   | 11   | n.m.    | n.m. | n.m. | n.m.    | n.m.  | n.m. | n.m.        | n.m. | n.m. | 0    | 0    | 0                                        | +    | +    | +              |  |  |
| op-DDT                              | 10                                                                       | 13   | 11   | n.m.    | n.m. | n.m. | n.m.    | 0,01  | n.m. | n.m.        | n.m. | n.m. | 0    | 0    | 0                                        | +    | +    | +              |  |  |
| pp-DDT                              | 10                                                                       | 13   | 11   | n.m.    | n.m. | n.m. | n.m.    | n.m.  | n.m. | n.m.        | n.m. | n.m. | 0    | 0    | 0                                        | +    | +    | +              |  |  |
| heptachloorepoxide                  | 10                                                                       | 13   | 11   | n.m.    | n.m. | n.m. | 0,03    | 0,01  | 0,01 | n.m.        | n.m. | n.m. | 0    | 0    | 0                                        | +    | +    | +              |  |  |
| γ-HCH                               | 10                                                                       | 13   | 11   | n.m.    | n.m. | n.m. | 0,01    | 0,01  | 0,01 | 0,01        | 0,01 | n.m. | 0    | 0    | 0                                        | +    | +    | +              |  |  |
| γ-HCH                               | 10                                                                       | 13   | 11   | n.m.    | n.m. | n.m. | 0,08    | 0,15  | 0,06 | 0,08        | 0,08 | 0,05 | 5    | 6    | 3                                        | -    | -    | -              |  |  |
| heptachloor                         | 10                                                                       | 13   | 11   | n.m.    | n.m. | n.m. | n.m.    | n.m.  | n.m. | n.m.        | n.m. | n.m. | 0    | 0    | 0                                        | +    | +    | +              |  |  |
| tritium                             | 27                                                                       | 29   | 26   | 210     | 60   | 150  | 560     | 400   | 450  | 398         | 268  | 293  | 0    | 0    | 0                                        | +    | +    | +              |  |  |
| thermotolerante<br>coli's           | 12                                                                       | 13   | 13   | 17,0    | 13,0 | 1,7  | 130,0   | 130,0 | 70,0 | 39,5        | 33,0 | 11,0 | 10   | 10   | 3                                        | -    | -    | -              |  |  |
| n.m. niet meetbaar                  | / niet geanalyseerd - voldoet niet aan de norm + voldoet wel aan de norm |      |      |         |      |      |         |       |      |             |      |      |      |      |                                          |      |      |                |  |  |

## BIJLAGE II

Overzicht van de normen met betrekking tot de zwemwaterkwaliteit volgens ontwerp AMvB (juli 1981).

| Parameter                                  | Norm                                | Opmerkingen                                                                              |
|--------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Thermotolerante bacteriën van de coligroep | absoluut < 10/ml<br>mediaan < 3/ml  |                                                                                          |
| Olie                                       | absoluut < 0,2 mg/kg                |                                                                                          |
| Zuurgraad                                  | absoluut 6,5 < pH < 9,0             |                                                                                          |
| Totaal bacteriën van de coligroep          | absoluut < 50/ml<br>mediaan < 15/ml | Voor alle parameters geldt een twee wekelijkse bemonsteringsfrequentie in het badseizoen |
| Entero-virussen                            | niet aantoonbaar                    |                                                                                          |
| D-streptococci                             | absoluut < 10/ml<br>mediaan < 3/ml  |                                                                                          |
| Fenol                                      | absoluut < 10 µg/l                  |                                                                                          |
| Zuurstof                                   | absoluut < 5 mg/l                   |                                                                                          |
| Oppervlakte actieve stoffen                | absoluut < 0,2 mg/l                 |                                                                                          |
| Salmonella's                               | niet aantoonbaar                    |                                                                                          |
| Geur                                       | natuurlijk                          |                                                                                          |
| Kleur                                      | natuurlijk                          |                                                                                          |
| Drijvend vuil, schuim of olietilm          | afwezig                             |                                                                                          |
| Doorzicht                                  | absoluut > 1,0 m                    |                                                                                          |

Tabel bij bijlage 2

Toetsing van relevante parameters aan de waterkwaliteitsdoelstelling zwemwater, meetpunt Schaar van Ouden Doel

| Parameter               | Aantal waar-nemingen |      |      | minimum                    |      |      | maximum                   |       |       | toetswaarde |       |       | aantal overschrijdingen van de norm |      |      | toetsresultaat |      |      |
|-------------------------|----------------------|------|------|----------------------------|------|------|---------------------------|-------|-------|-------------|-------|-------|-------------------------------------|------|------|----------------|------|------|
|                         | 1979                 | 1980 | 1981 | 1979                       | 1980 | 1981 | 1979                      | 1980  | 1981  | 1979        | 1980  | 1981  | 1979                                | 1980 | 1981 | 1979           | 1980 | 1981 |
| thermotolerante coli's  | 6                    | 6    | 6    | 17,0                       | 13,0 | 4,90 | 130,0                     | 130,0 | 33,0  | 130,0       | 130,0 | 33,0  | 6                                   | 6    | 3    | -              | -    | -    |
| Totaal coli's           | 6                    | 6    | 6    | 95,0                       | 49,0 | 22,0 | 490,0                     | 130,0 | 490,0 | 490,0       | 130,0 | 490,0 | 6                                   | 5    | 2    | -              | -    | -    |
| Zuurgraad               | 14                   | 14   | 12   | 7,30                       | 7,50 | 7,40 | 7,70                      | 7,90  | 8,10  | 7,70        | 7,80  | 7,60  | 0                                   | 0    | 0    | +              | +    | +    |
| olie                    | 7                    | 4    | 7    | n.m.                       | n.m. | n.m. | 0,5                       | 0,1   | 0,2   | 0,5         | 0,1   | 0,2   | 3                                   | 0    | 1    | -              | +    | -    |
| Entero-virussen         | /                    | /    | /    | /                          | /    | /    | /                         | /     | /     | /           | /     | /     | /                                   | /    | /    | /              | /    | /    |
| D-streptokokken         | /                    | /    | /    | /                          | /    | /    | /                         | /     | /     | /           | /     | /     | /                                   | /    | /    | /              | /    | /    |
| Fenol                   | 13                   | 13   | 12   | 2                          | n.m. | 1    | 6                         | 7     | 8     | 5           | 4     | 4     | 0                                   | 0    | 0    | +              | +    | +    |
| Zuurstof                | 14                   | 14   | 12   | 0,9                        | 0,6  | 1,2  | 7,5                       | 4,5   | 5,4   | 1,0         | 0,9   | 1,7   | 13                                  | 14   | 11   | -              | -    | -    |
| Synthetische detergents | 14                   | 14   | 12   | 0,03                       | 0,01 | 0,03 | 0,08                      | 0,07  | 0,11  | 0,05        | 0,05  | 0,06  | 0                                   | 0    | 0    | +              | +    | +    |
| Salmonella's            | /                    | /    | /    | /                          | /    | /    | /                         | /     | /     | /           | /     | /     | /                                   | /    | /    | /              | /    | /    |
|                         | / niet geanalyseerd  |      |      | - voldoet niet aan de norm |      |      | + voldoet wel aan de norm |       |       |             |       |       |                                     |      |      |                |      |      |

# BIJLAGE III

Overzicht van de normen met betrekking tot de schelpdierwaterkwaliteit volgens ontwerp AMvB (juli 1981).

| Parameter                                  | Norm              |
|--------------------------------------------|-------------------|
| Zuurstof                                   | absoluut > 70%    |
| Zuurgraad                                  | 7,5 < pH < 9,0    |
| Thermotolerante bacteriën van de coligroep | absoluut < 0,3/ml |
| Drijvend vuil, schuim of oliefilm          | afwezig           |

Tabel bij bijlage 3

Toetsing relevante parameters aan de waterkwaliteitsdoelstelling schelpdierwater, meetpunt Schaar van Ouden Doel

| Parameter                                                 | aantal waarnemingen |      |      | minimum |      |      | maximum |       |      | toetswaarde |      |      | aantal overschrijdingen van de norm |      |      | toetsresultaat |      |      |
|-----------------------------------------------------------|---------------------|------|------|---------|------|------|---------|-------|------|-------------|------|------|-------------------------------------|------|------|----------------|------|------|
|                                                           | 1979                | 1980 | 1981 | 1979    | 1980 | 1981 | 1979    | 1980  | 1981 | 1979        | 1980 | 1981 | 1979                                | 1980 | 1981 | 1979           | 1980 | 1981 |
| zuurgraad                                                 | 26                  | 26   | 25   | 7,30    | 7,30 | 7,40 | 7,70    | 7,90  | 8,10 | 7,70        | 7,80 | 7,60 | 0                                   | 0    | 0    | +              | +    | +    |
| zuurstof                                                  | 26                  | 27   | 24   | 9       | 7    | 11   | 88      | 48    | 62   | 10          | 8    | 15   | 25                                  | 27   | 24   | -              | -    | -    |
| thermotolerante coli's                                    | 12                  | 13   | 13   | 17,0    | 13,0 | 1,7  | 130,0   | 130,0 | 70,0 | 39,5        | 33,0 | 11,0 | 12                                  | 13   | 13   | -              | -    | -    |
| - voldoet niet aan de norm      + voldoet wel aan de norm |                     |      |      |         |      |      |         |       |      |             |      |      |                                     |      |      |                |      |      |

#### BIJLAGE IV

##### Vrachtberekeningen.

De grensoverschrijdende vrachten bij Schaar van Ouden Doel worden berekend door het zogenaamde gewogen gehalte te vermenigvuldigen met de gemiddelde jaarafvoer. Het gewogen gehalte wordt als volgt berekend:

$$C = \frac{\sum_{a=1}^n C_a \cdot Q_a}{\sum_{a=1}^n Q_a} \quad \text{waarin}$$

$C$  = gewogen gehalte

$C_a$  = gemeten gehalte

$Q_a$  = afvoer in de bij dag  $a$  behorende dekade

$n$  = aantal meetdagen

Om de verdunning met zeewater op te heffen, dienen de gehalten gekorrigeerd te worden met de term

$$\frac{Cl_z}{Cl_z - Cl_s} \quad \text{waarin} \quad \begin{array}{ll} Cl_z & = \text{chloridegehalte in zeewater} \\ Cl_s & = \text{chloridegehalte gemeten bij Schaar van Ouden Doel} \end{array}$$

De uiteindelijke formule wordt dan:

$$G = \bar{Q}_j \cdot \frac{\sum_{a=1}^n C_a \cdot Q_a \cdot Cl_z}{\sum_{a=1}^n Q_a \cdot (Cl_z - Cl_s)}$$

waarin  $\bar{Q}_j$  = jaargemiddelde Schelde-afvoer bij Schaar van Ouden Doel.  
 $G$  = jaarvracht bij Schaar van Ouden Doel.

# BIJLAGE V

## Bijlage 5a

Staptrendbepaling met behulp van het rekenmodel OSTWAT van enkele waterkwaliteitsparameters bij Schaar van Ouden Doel. Hiertoe is de periode 1964-1981 gesplitst in vier perioden, te weten 1964-1968, 1969-1973, 1974-1977 en 1978-1981. Staptrends zijn bepaald door de gemiddelden van de periode 1964-1968 te vergelijken met die van 1969-1973 en de gemiddelden van de periode 1974-1977 met die van 1978-1981. Worden beide staptrends met elkaar vergeleken, dan wordt een "overall" indruk van de waterkwaliteit bij Schaar van Ouden Doel in de periode 1964-1981 verkregen. Een onderscheidend vermogen van meer dan 80% wordt als significant beschouwd.

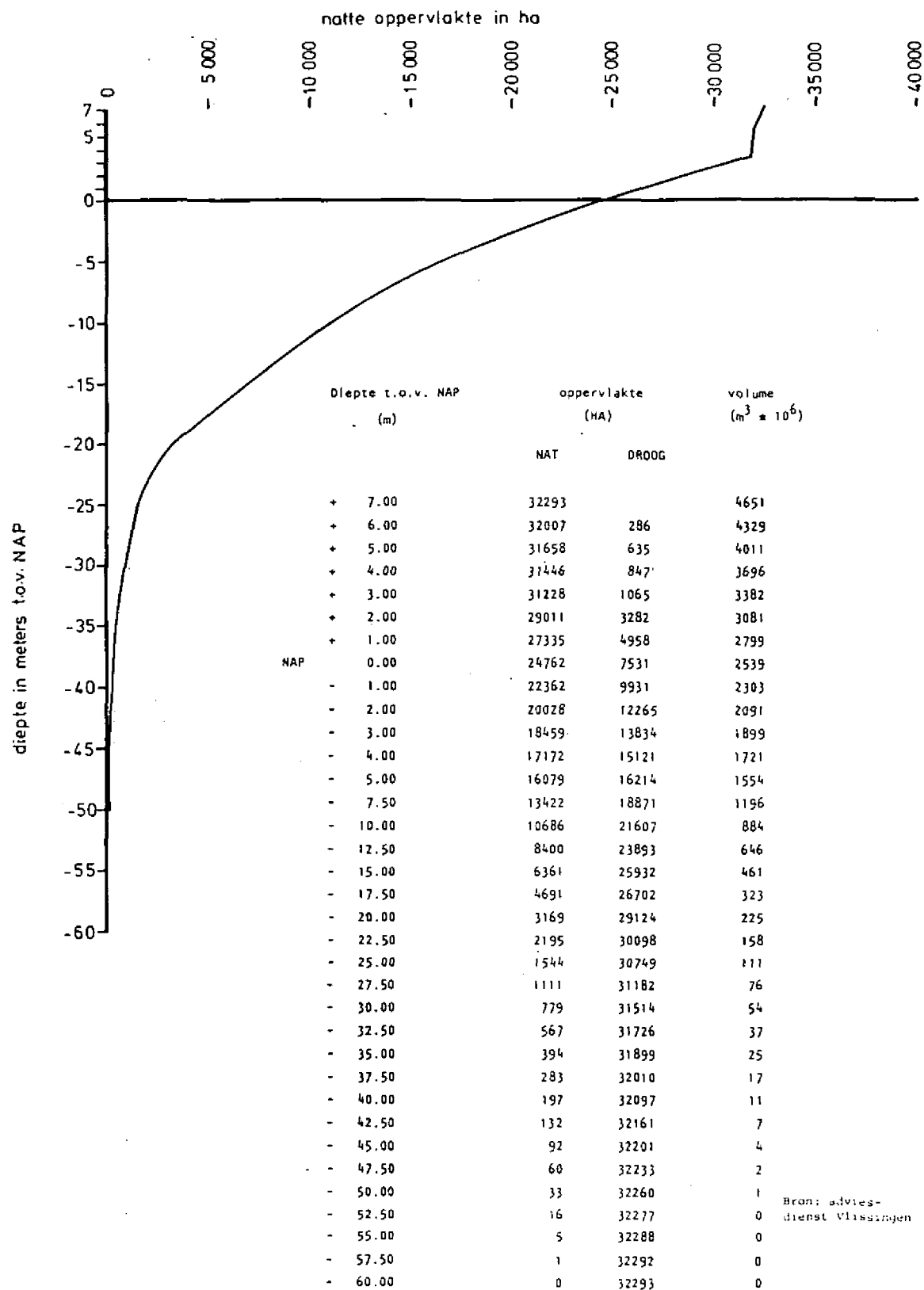
| Parameter           | Periode         | Staptrend                | Onderscheidend vermogen | Periode         | Staptrend               | Onderscheidend vermogen |
|---------------------|-----------------|--------------------------|-------------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|
| afvoer              | '64-'68/'69/'73 | -76,94 m <sup>3</sup> /s | 95%                     | '74-'77/'78-'81 | 60,81 m <sup>3</sup> /s | 81%                     |
| BZV <sub>5</sub>    | idem            | 1,87 mg/l                | 82%                     | idem            | -1,59 mg/l              | 94%                     |
| zuurstof            | idem            | -2,09 mg/l               | 100%                    | idem            | 0,90 mg/l               | 91%                     |
| temperatuur         | idem            | 0,91 °C                  | 82%                     | idem            | -0,66 °C                | 28%                     |
| ammoniumstikstof    | idem            | 3,88 mg/l                | 100%                    | idem            | -1,42 mg/l              | 97%                     |
| Kjeldahlstikstof    |                 |                          |                         | idem            | -1,14 mg/l              | 92%                     |
| nitraatstikstof     |                 |                          |                         | idem            | 1,39 mg/l               | 100%                    |
| zuurgraad           | idem            | 0,07 s.e.                | 87%                     | idem            | -0,002 s.e.             | 5%                      |
| orthofosfaat        |                 |                          |                         | idem            | 0,07 mg/l               | 46%                     |
| totaal-fosfaat      |                 |                          |                         | idem            | -0,11 mg/l              | 29%                     |
| olie                |                 |                          |                         | idem            | -0,16 mg/kg             | 17%                     |
| silicium            |                 |                          |                         | '75-'77/'78-'81 | 0,36 mg/l               | 25%                     |
| zwevend stof        |                 |                          |                         | idem            | -28,5 mg/l              | 70%                     |
| cadmium             |                 |                          |                         | '74-'77/'78-'81 | -0,34 µg/l              | 13%                     |
| kwik                |                 |                          |                         | idem            | -0,21 µg/l              | 89%                     |
| lood                |                 |                          |                         | idem            | -6,11 µg/l              | 42%                     |
| zink                |                 |                          |                         | idem            | -9,08 µg/l              | 12%                     |
| chromium            |                 |                          |                         | idem            | -15,4 µg/l              | 99%                     |
| nikkel              |                 |                          |                         | idem            | 9,08 µg/l               | 100%                    |
| koper               |                 |                          |                         | idem            | -5,28 µg/l              | 42%                     |
| fenol               |                 |                          |                         | idem            | -0,93 µg/l              | 82%                     |
| synth.detergenten   |                 |                          |                         | idem            | -0,07 mg/l              | 100%                    |
| <-HCH               |                 |                          |                         | idem            | -0,01 µg/l              | 95%                     |
| γ-HCH               |                 |                          |                         | idem            | 0,01 µg/l               | 12%                     |
| PAK                 |                 |                          |                         | '75-'77/'78-'81 | 169 ng/l                | 94%                     |
| hexachloorbutadiëen |                 |                          |                         | idem            | -0,07 µg/l              | 42%                     |
| RCB                 |                 |                          |                         | '74-'77/'78-'81 | -0,001 µg/l             | 6%                      |
| tot.colibacteriën   |                 |                          |                         | idem            | -87,2 MPN/ml            | 31%                     |
| therm.colibacteriën |                 |                          |                         | idem            | -9,53 MPN/ml            | 10%                     |
| tot. -aktiviteit    |                 |                          |                         | idem            | -2,20 pCi/l             | 63%                     |
| β-restaktiviteit    |                 |                          |                         | '75-'77/'78-'81 | -2,35 pCi/l             | 90%                     |
| radium-226          |                 |                          |                         | idem            | -0,25 pCi/l             | 81%                     |
| tritium             |                 |                          |                         | '76-'77/'78-'81 | -64,2 pCi/l             | 88%                     |
| strontium-90        |                 |                          |                         | idem            | -0,08 pCi/l             | 23%                     |

## Bijlage 5b.

Staptrendbepaling met behulp van het rekenmodel OSTWAT van enkele waterkwaliteitsparameters bij Schaar van Ouden Doel in de periode 1964-1980, waarbij afvoercorrecties zijn toegepast. Zie voor verklarende tekst hoofdstuk 6.

| Parameter        | Periode         | Afvoer-variantie | Staptrend  | Onderscheidend vermogen | Periode         | Afvoer-variantie | Staptrend  | Onderscheidend vermogen |
|------------------|-----------------|------------------|------------|-------------------------|-----------------|------------------|------------|-------------------------|
| BZV <sub>5</sub> | '64-'67/'68-'71 | 41,6%            | 0,13 mg/l  | 8%                      | '72-'75/'76-'80 | 5,2%             | -2,20 mg/l | 98%                     |
| zuurstof         | idem            | 40,5%            | -0,65 mg/l | 94%                     | idem            | 18,9%            | 0,38 mg/l  | 77%                     |
| Kjeldahlstikstof |                 |                  |            |                         | '71-'75/'76-'80 | 26,9%            | -1,93 mg/l | 80%                     |
| ammoniumstikstof | '64-'67/'68-'71 | 64,9%            | 1,04 mg/l  | 75%                     | '72-'75/'76-'80 | 18,3%            | -1,90 mg/l | 96%                     |
| nitraatstikstof  |                 |                  |            |                         | '70-'75/'76-'80 | 44,5%            | 1,27 mg/l  | 85%                     |
| orthofosfaat     |                 |                  |            |                         | '71-'75/'76-'80 | 5,5%             | 0,10 mg/l  | 36%                     |

AFMETINGEN WESTERSCHELDE TRAJEKT VLISSINGEN -  
BELGISCH/NEDERLANDSE GRENS

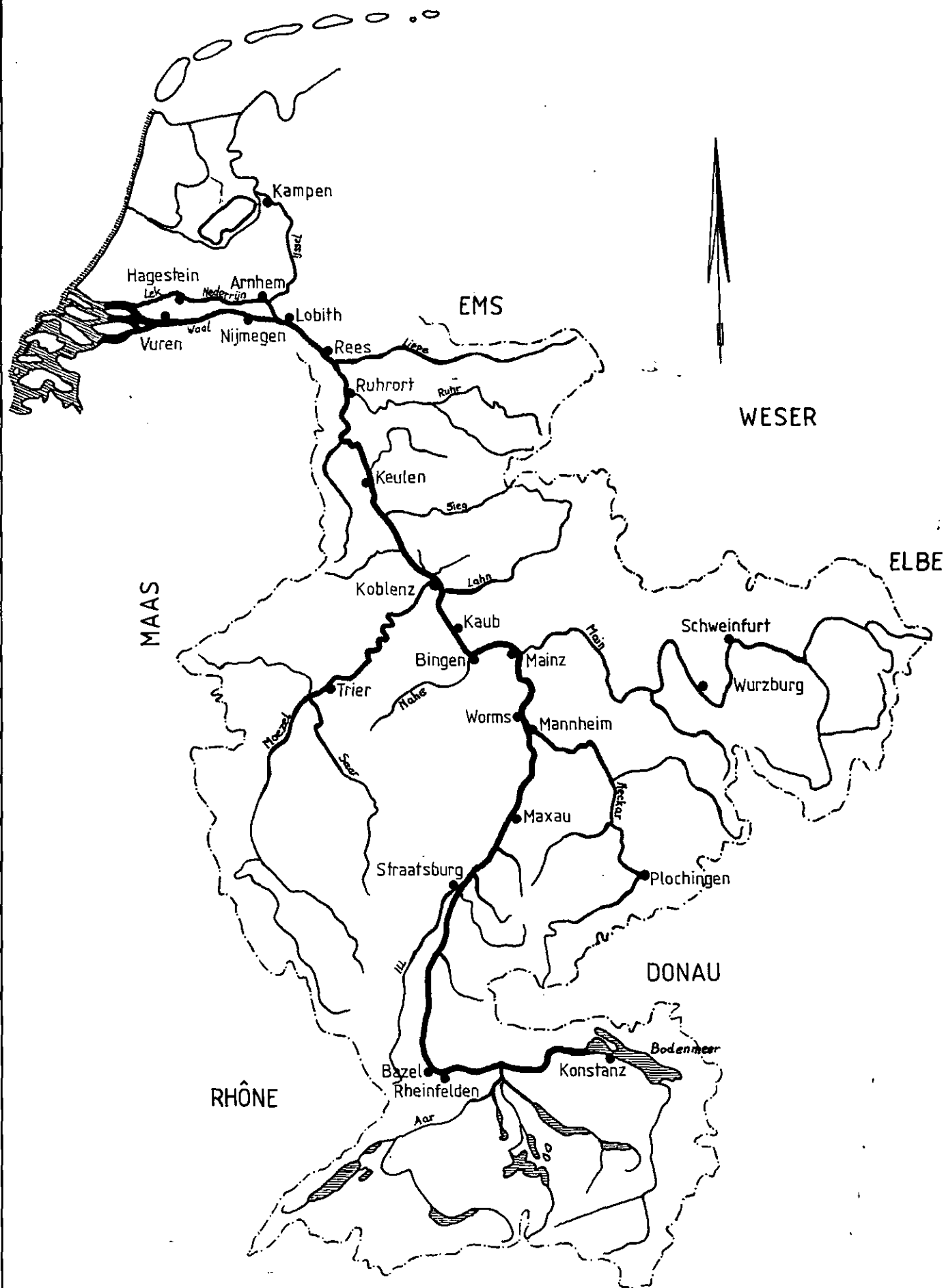


# Geraadpleegde literatuur

1. „Kwaliteitsonderzoek in de Rijkswateren” kwartaaloverzichten van waterkwaliteitsgegevens in Nederland, diverse jaargangen, uitgave van Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor de Volksgezondheid en Rijksinstituut voor de Drinkwatervoorziening.
2. „De debieten van het Scheldebekken” diverse jaargangen. Uitgave van de Antwerpse Zeediensten, bestuur der waterwegen, ministerie van Openbare Werken.
3. „Indicatief Meerjaren Programma Water 1980-1984”, Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage 1981.
4. „Waterkwaliteitsaspecten van de Westerschelde”, ing. J. Hendriksma, Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater, nota 81.049, oktober 1981. Rapportage over de periode 1972-1977.
5. „De waterkwaliteit van de Rijn in Nederland in de periode 1972-1979”, ing. A. Dijkzeul, Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater, nota 80.032, juni 1980.
6. „De waterkwaliteit van de Maas in Nederland in de periode 1953-1980”, ing. D. Dijkzeul, Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater, nota 81.048, juli 1981.
7. „Voorlopig overzicht van de neerslagmetingen en de analyses van de neerslagmonsters”, kwartaalverslagen 1980 en 1981, Meetnet Regenwater, Rijksinstituut voor de Drinkwatervoorziening.
8. „Onderzoek naar de radioactiviteit in de Westerschelde, uitgevoerd in de periode 1973 t/m 1978”, ir. F.C.M. Matern, Rijksinstituut voor de Volksgezondheid, rapportnr. 247606001, februari 1981.
9. „De baggerwerken in de Belgische havens en hun maritieme toegangswegen”, ir. J. Theuns, Antwerpen, november 1979.
10. „Inventarisatie en geochemisch gedrag van zware metalen in de Schelde en Westerschelde”. Waterloopkundig Laboratorium Delft, rapport M1640/M1736, december 1981.
11. „Het Schelde estuarium”, boekdeel 10 van het eindverslag „Projekt Zee”, Jacques C.J. Nihoul en R. Wollast; nationaal onderzoeks- en ontwikkelingsprogramma leefmilieu water; Diensten van de eerste minister, Programmatie van het wetenschapsbeleid, december 1976.
12. „De Westerschelde, een milieu in beweging”, drs. H.L.F. Saeijs, Stichting Zeeuwe Coördinatie-orgaan voor Natuur-, Landschaps- en Milieubescherming, 1977.
13. „De invloed van een gipslozing ter hoogte van Terneuzen op de gehalten aan zware metalen en fosfaat in zwevend stof en afgezet slib in de Westerschelde”, Waterloopkundig Laboratorium Delft, rapport M1650, oktober 1980.
14. „Het estuarium als ontvangend water van grote hoeveelheden afvalstoffen”, Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater, Staatsdrukkerij, 's-Gravenhage 1965.
15. „Waterverontreiniging. Zuurstofhuishouding van de Westerschelde”, ir. P. Roovers, Borgerhout, december 1971.
16. „Kwaliteitsoverzicht van een aantal Belgische oppervlaktewateren”, Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie, ministerie van Volksgezondheid en het Gezin, Brussel. Diverse jaargangen.
17. „Influence of temperature and river discharge on water quality of the Western Scheldt Estuary in 1964-1978”, N. de Pauw, M. Somville, 1980.
18. „Bijdrage tot de kennis van milieu en plankton in het Westerschelde-estuarium”, doktoraatsthesis in de wetenschappen, N. de Pauw, Gent, 1975.
19. „Waterkwaliteitsplan Zuidelijke Deltawateren 1979, periode 1980-1984”, Werkgroep sanering zuidelijk Deltabekken en Westerschelde.
20. „Studie van verontreiniging van de baggerspecie van de Schelde van Antwerpen tot de Nederlandse grens”, P. van Cauwenberge, D. Verhoeve; onderzoek uitgevoerd door het Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie, 1981.
21. „Invloed van verontreiniging (kust en scheepvaart) op het ecosysteem in kustwater en open zee”, D. Maertens, 1981.
22. „Structuurschema natuur- en landschapsbehoud”, ministerie van Cultuur, Recreatie en Maatschappelijk Werk; kamerzitting '80/'81.
23. „Beschouwing omtrent de schadelijke werking op het aquatische milieu van enige stoffen vrijkomend bij de produktie van fosforzuur en fosfaathoudende meststoffen”, ing. J. Hendriksma, Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater, rapport 79.019, november 1978.
24. „De lozing van afvalwater in het kustwater”, ir. J. Bultynck, Waterzuiveringsmaatschappij van het kustbekken, Oostende, 1981.
25. „Onderzoek naar de aanwezigheid van niet-zuurstofbindende en milieuvreemde stoffen in afvalwaterstromen, effluenten van rioolwaterzuiveringsinrichtingen en regenwaterafvoeren”, ir. A.J. Dirkzwager e.a., Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater, rapport 80.034 januari 1980.
26. „Verslag kwaliteit oppervlaktewater 1980”, Technologische Dienst Zeeuwse Waterschappen, 1981.
27. „Transfer of materials in estuarine zones”, R. Wollast, J.J. Peters; International Council for the Exploration of

- the Sea, Copenhagen, oktober 1980.
28. „De natuurwetenschappelijke waarde van de Westerschelde en de bedreigingen daarvan“, drs. H.L.F. Saeijs, 1976.
  29. „De buitendijkse terreinen van de Westerschelde en de Zeeschelde“, ir. W.G. Beeftink. Artikel uit: Natuur en Landschap, zomer 1957.
  30. „Overweging betreffende de bezwaren van de PZEM aangaande de voorschriften 14 en 15 van de kernenergiewetvergunning“, Rijkswaterstaat, direktie Waterhuishouding en Waterbeweging, studiedienst Vlissingen, 1975.
  31. „Het verdunnend en zuiverend vermogen van de Westerschelde“, Rijkswaterstaat voor Zuivering van Afvalwater, Voorburg, december 1966.
  32. „Westerschelde Onderhoudsbaggerwerken, 1971-1980.“ Stortplaatsen in Nederland met herkomst van de gestorte hoeveelheden, Ministerie van Openbare Werken, Bestuur der Waterwegen, Antwerpse Zee-diensten.
  33. „Onderzoek gevolgen verdieping Westerschelde, met betrekking tot morfologie, zandhuishouding, stortplaatsen en stabiliteit oevers“, ing. D. de Looft, Rijkswaterstaat, Direktie Waterhuishouding en Waterbeweging, studiedienst Vlissingen, nota WWKZ-80.V018, december 1980.
  34. „The Sea“, M.N. Hill, Interscience Publishers, Wiley and Sons, New York, London.
  35. „Quality Criteria for water“, Russel E. Train, Eckardt C. Beck, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, july 1976.
  36. „Handbook on the toxicology of metals“, Lars Friberg, Gunnar F. Nordberg, Velimir B. Vonk, Elsevier 1979.
  37. „Statistiek van de internationale binnenvaart 1979“, Centraal Bureau voor de Statistiek.
  38. „Statistiek van de zeevaart 1979“, Centraal Bureau voor de Statistiek.
  39. „Environmental effects of dredging“, ir. K. d'Angrémond, Royal Adriaan Volker Group.
  40. „Jaarboek A“, uitgave van het KNMI, de Bilt, diverse jaargangen.
  41. „Umweltprobleme der Nordsee“, Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen, juni 1980.
  42. „Biochemical and hydrodynamic processes affecting heavy metals in rivers, lakes and estuaries“, W. Salomons, W.G. Mook, W. Eysink, IB/WL publikatienr. 253, 1981.
  43. „Het beheer van onze zeeën“, Luc Cuyvers, Antwerpen 1981.
  44. „De Nederlandse bijdrage aan het Joint Monitoring Programme 1980“, ing. A.J. Schäfer, Rijkswaterstaat voor Zuivering van Afvalwater, nota 82.058, januari 1982.
  45. „De fluoridebelasting van de Westerschelde“, ing. J. Hendriksma, Rijkswaterstaat voor Zuivering van Afvalwater, nota 79.027, november 1979.
  46. „Production consumption and uses of cadmium in the European Community“, S.A. Hiscock, Zinck Development Association/Cadmium Association. EEC study contract on cadmium, contract nr. ENV/223/74-E, oktober 1977.
  47. „Onderzoek oppervlakte bemonstering slib in de Westerschelde, periode '69-'80“, J.P. Swart. Nota WWKZ-82V003, adviesdienst Vlissingen, 1982.
  48. „Publikatieblad van de Europese Gemeenschappen“, maart 1982, nr. L81.
  49. „De Waterkwaliteit van de Rijn in Nederland in de periode 1970-1981“, ing. A. Dijkzeul, RIZA nota 82-061, juni 1982.
  50. „Historische evolutie van de waterkwaliteit in het Schelde estuarium op Belgisch en Nederlands grondgebied“, ir. M. Bruyneel en ing. L. Wouters, ministerie van Volksgezondheid. Lezing te Brugge, 7 oktober 1981; studiedag Genootschap Milieutechnologie KVIV.
  51. „Algemene radioactieve besmetting van de biosfeer in Nederland“, diverse jaargangen. Uitgave van het Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne.
  52. „Behaviour of PCB, pentachlorobenzene, hexachlorobenzene,  $\alpha$ -HCH,  $\gamma$ -HCH,  $\beta$ -HCH dieldrin, endrin and p,p'-DDD in the Rhine-Meuse estuary and the adjacent coastal area“, J.C. Duinker en M.T.J. Hillebrand, artikel uit „Netherlands Journal of Sea Research“, vol. 13, 1979.
  53. „De verontreiniging van de Waddenzee“, J. Horstman, J. Dirx, Projektbureau Waddenzee, december 1981.
  54. „Voorkomen en gedrag van zware metalen in slib uit de Schelde“, Instituut voor Bodemvruchtbaarheid/Waterloopkundig Laboratorium. R944, mei 1975.
  55. „Storage of trace metals in salt marshes of the Eastern and Western Scheldt“, dr. ir. W.G. Beeftink. Progress report 1980. Delta Instituut voor Hydrobiologisch onderzoek.
  56. „Optimalisatie van de bemonsteringsfrequentie van routinematig waterkwaliteitsonderzoek“, T. Schilperoort, S. Groot, B.G.M. v.d. Wetering en F. Dijkman. Artikel uit „H<sub>2</sub>O“, tijdschrift voor watervoorziening en afvalwaterbehandeling; nummer 5, 4 maart 1982.

57. „Dissolved Copper, Zinc and Cadmium in the Southern Bight of the North Sea", J.C. Duinker, R.F. Nolting, artikel uit „Marine Pollution Bulletin" maart 1982, vol. 13.
58. „Monitoring waterkwaliteit Noordzee", ing. W. v. Eijden, ing. J. Bal, J. Strijbos. Projektgroep WAKWON, Rijkswaterstaat, Rijswijk 1980.
59. „Heavy-metal accumulation in salt marshes from the Western and Eastern Scheldt", W.G. Beeftink e.a. Artikel uit „The Science of the Total Environment" 25 (1982).
60. „The river Varde A: Processes affecting the behaviour of metals and organochlorines during estuarine mixing", J.C. Duinker, M.T.J. Hillebrand, R.F. Nolting, S. Wellershaus, artikel uit „Netherlands Journal of Sea Research", vol. 14, 1980.
61. „The river Elbe: processes affecting the behaviour of metals and organochlorines during estuarine mixing", J.C. Duinker, M.T.J. Hillebrand, R.F. Nolting, S. Wellershaus, artikel uit „Netherlands Journal of Sea Research", vol. 15, 1982.
62. „The river Weser: processes affecting the behaviour of metals and organochlorines during estuarine mixing", J.C. Duinker, M.T.J. Hillebrand, R.F. Nolting, S. Wellershaus, artikel uit „Netherlands Journal of Sea Research", vol. 15, 1982.
63. „The river Scheldt as a transport route for heavy metals in the sea". W. Baeyens, S. Wartel, F. Dehadr, G. Decadt, M. Bogaert, G. Gillain, H. Dedeurwaarder. Art. in het kader van ICES bijeenkomst; Marine Environmental Quality Committee, Kopenhagen 1982.



# APPENDIX III

Cumulative frequency distribution (%) for the water quality data recorded at the Lobith sampling point

| rate of flow(m <sup>3</sup> /s)<        | 1500   | 2500 | 3500 | 4500 | 5500 | 6000 | 6500 | max. | n.;  | stand." | —       |      |
|-----------------------------------------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|---------|------|
| 1979                                    | 26     | 65   | 82   | 94   | 96   | 100  |      | 5919 | 51   |         |         |      |
| 1980                                    | 8      | 62   | 85   | 92   | 92   | 96   | 100  | 6326 | 52   |         |         |      |
| 1981                                    | 4      | 42   | 71   | 83   | 94   | 96   | 100  | 6338 | 52   |         |         |      |
| susp.matt. (mg/l) <                     | 20     | 30   | 40   | 50   | 60   | 70   | 100  | max. | n.;  | stand." | —       |      |
| 1979                                    | 8      | 35   | 58   | 77   | 90   | 94   | 96   | 127  | 48   |         |         |      |
| 1980                                    | 26     | 61   | 86   | 96   | 96   | 96   | 96   | 149  | 49   |         |         |      |
| 1981                                    | 4      | 46   | 77   | 88   | 92   | 94   | 94   | 132  | 48   |         |         |      |
| BOD <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /l) | < 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 7.5  | max. | n.;  | stand." | < 5     |      |
| 1979                                    | 2      | 10   | 47   | 65   | 90   | 98   | 100  | 7.1  | 49   |         |         |      |
| 1980                                    | 12     | 46   | 79   | 90   | 98   | 100  |      | 6.8  | 52   |         |         |      |
| 1981                                    | 14     | 50   | 73   | 89   | 96   | 100  |      | 6.6  | 52   |         |         |      |
| O <sub>2</sub> (mg/l)                   | > 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | min. | n.;  | stand." | > 5     |      |
| 1979                                    | 100    | 98   | 77   | 57   | 39   | 28   | 10   | 4.6  | 51   |         |         |      |
| 1980                                    | 100    | 100  | 96   | 71   | 43   | 24   | 16   | 5.1  | 49   |         |         |      |
| 1981                                    | 100    | 96   | 90   | 77   | 48   | 36   | 23   | 4.9  | 52   |         |         |      |
| Chl A (µg/l)                            | < 10   | 30   | 50   | 70   | 90   | 100  | 150  | max. | n.;  | stand." | < 100   |      |
| 1979                                    | 35     | 52   | 57   | 70   | 78   | 87   | 96   | 203  | 23   |         |         |      |
| 1980                                    | 39     | 62   | 62   | 77   | 92   | 100  |      | 99   | 26   |         |         |      |
| 1981                                    | 40     | 56   | —    | 64   | 80   | 80   | 96   | 162  | 25   |         |         |      |
| NH <sub>4</sub> -N (mg/l)               | < 0.50 | 1.0  | 1.25 | 1.5  | 1.75 | 2    | 2.25 | max. | n.;  | stand." | < 1     |      |
| 1979                                    | 26     | 71   | 80   | 90   | 92   | 94   | 94   | 2.59 | 51   |         |         |      |
| 1980                                    | 35     | 69   | 79   | 90   | 96   | 98   | 100  | 2.17 | 52   |         |         |      |
| 1981                                    | 54     | 89   | 92   | 94   | 96   | 98   | 100  | 2.05 | 52   |         |         |      |
| NO <sub>3</sub> -N (mg/l)               | < 3.0  | 3.5  | 4.0  | 4.5  | 5    | 5.5  |      | max. | n.;  | stand." | < 10    |      |
| 1979                                    | 0      | 12   | 53   | 88   | 98   | 100  |      | 5.08 | 51   |         |         |      |
| 1980                                    | 8      | 27   | 48   | 77   | 100  |      |      | 4.82 | 52   |         |         |      |
| 1981                                    | 4      | 33   | 64   | 90   | 100  |      |      | 4.74 | 52   |         |         |      |
| t-N (mg/l)                              | < 4.5  | 5.0  | 5.5  | 6.0  | 6.5  | 7.0  | 7.5  | max. | n.;  | stand." | < 2     |      |
| 1979                                    | 2      | 14   | 20   | 55   | 69   | 84   | 92   | 8.17 | 51   |         |         |      |
| 1980                                    | 14     | 25   | 37   | 54   | 71   | 85   | 100  | 7.49 | 52   |         |         |      |
| 1981                                    | 12     | 31   | 54   | 77   | 87   | 94   | 98   | 7.84 | 52   |         |         |      |
| Kj-N (mg/l)                             | < 1.5  | 2.0  | 2.5  | 3.0  | 3.5  |      |      | max. | n.;  | stand." | —       |      |
| 1979                                    | 8      | 47   | 77   | 88   | 96   |      |      | 4.4  | 51   |         |         |      |
| 1980                                    | 23     | 56   | 79   | 98   | 100  |      |      | 3.3  | 52   |         |         |      |
| 1981                                    | 39     | 85   | 94   | 98   | 100  |      |      | 3.1  | 52   |         |         |      |
| O-PO <sub>4</sub> -P (mg/l)             | < 0.15 | 0.3  | 0.4  | 0.5  | 0.6  | 0.7  |      | max. | n.;  | stand." | —       |      |
| 1979                                    | 0      | 16   | 55   | 75   | 94   | 100  |      | 0.66 | 51   |         |         |      |
| 1980                                    | 0      | 17   | 39   | 73   | 98   | 100  |      | 0.62 | 52   |         |         |      |
| 1981                                    | 0      | 23   | 65   | 94   | 100  |      |      | 0.56 | 52   |         |         |      |
| T-PO <sub>4</sub> -P (mg/l)             | < 0.5  | 0.6  | 0.7  | 0.8  | 0.9  | 1.0  | 1.1  | max. | n.;  | stand." | < 0.3   |      |
| 1979                                    | 4      | 28   | 47   | 63   | 77   | 92   | 98   | 1.15 | 51   |         |         |      |
| 1980                                    | 12     | 33   | 58   | 89   | 98   | 100  |      | 0.94 | 52   |         |         |      |
| 1981                                    | 25     | 48   | 77   | 96   | 100  |      |      | 0.81 | 52   |         |         |      |
| Cl (mg/l)                               | < 50   | 100  | 150  | 200  | 250  | 300  |      | max. | n.;  | stand." | < 200   |      |
| 1979                                    | 0      | 4    | 35   | 69   | 94   | 100  |      | 284  | 51   |         |         |      |
| 1980                                    | 0      | 9    | 37   | 71   | 98   | 100  |      | 278  | 51   |         |         |      |
| 1981                                    | 0      | 15   | 56   | 87   | 100  |      |      | 218  | 52   |         |         |      |
| Pb (µg/l)                               | < 10   | 15   | 20   | 25   | 30   | 35   | 40   | 50   | max. | n.;     | stand." | < 50 |
| 1979                                    | 10     | 43   | 67   | 82   | 92   | 94   | 96   | 98   | 96   | 51      |         |      |
| 1980                                    | 21     | 57   | 87   | 96   | 96   | 96   | 96   | 98   | 53   | 47      |         |      |
| 1981                                    | 24     | 69   | 91   | 98   | 98   | 98   | 98   | 100  | 43   | 42      |         |      |

\* n=number of readings  
basic quality standard

# BIJLAGE II.3.

Resultaten van de toetsing van waterkwaliteitsgegevens aan de ontwerp-norm voor viswater (karperachtigen), volgens de ontwerp Algemene Maatregel van Bestuur 'Waterkwaliteitsdoelstellingen'.

| norm                 |                         |   | Lobith |     |     | Kampen |     |     | Vreeswijk |     |     | Gorkum |     |     | Maassluis |     |     |
|----------------------|-------------------------|---|--------|-----|-----|--------|-----|-----|-----------|-----|-----|--------|-----|-----|-----------|-----|-----|
|                      |                         |   | '79    | '80 | '81 | '79    | '80 | '81 | '79       | '80 | '81 | '79    | '80 | '81 | '79       | '80 | '81 |
| Biochemisch zuurstof |                         |   |        |     |     |        |     |     |           |     |     |        |     |     |           |     |     |
| verbruik             | <10 mgO <sub>2</sub> /l | a | +      | +   | +   | +      | +   | +   | +         | +   | +   | +      | +   | +   | +         | +   | +   |
| Zuurstofgehalte      | > 6 mgO <sub>2</sub> /l | a | —      | +   | —   | —      | +   | —   | +         | +   | +   | +      | +   | +   | —         | +   | —   |
| Nitriet              | <0.3 mgN/l              | a | +      | +   | +   | +      | +   | +   | +         | +   | +   | +      | +   | +   | +         | +   | +   |
| Ammoniak             | <0.02 mgN/l             | a | —      | —   | —   | —      | —   | —   | —         | —   | —   | —      | —   | —   | —         | —   | —   |
| Ammonium opgelost    | <0.8 mgN/l              | a | —      | —   | —   | —      | —   | —   | —         | —   | —   | —      | —   | —   | —         | —   | —   |
| Fosfaat**            | <0.2 mgP/l              | g | —      | —   | —   | —      | —   | —   | —         | —   | —   | —      | —   | —   | —         | —   | —   |
| Zink                 | <200 µg/l               | a | —      | +   | +   | —      | +   | +   | +         | +   | +   | —      | +   | —   | +         | +   | +   |
| Koper                | <30 µg/l                | a | +      | +   | +   | +      | +   | +   | +         | +   | +   | +      | +   | +   | +         | +   | +   |

\* a = absolute norm

g = gemiddelde norm

\*\* gemiddelde periode april t/m september

+ voldoet wel aan de norm

— voldoet niet aan de norm

Toetsingsvoorschrift:

toegestaan aantal overschrijdingen

bij 0-11 waarnemingen: 0

bij 12-23 waarnemingen: 1

bij 24-35 waarnemingen: 2

bij 36-47 waarnemingen: 3

bij 48-52 waarnemingen: 4

*Wol*

| Cr (µg/l)       | < 10   | 15   | 20   | 25   | 30   | 35   | 40   | 45   | max. | n.; stand | < 50   |
|-----------------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------|--------|
| 1979            | 0      | 10   | 36   | 52   | 74   | 88   | 96   | 100  | 44   | 50        |        |
| 1980            | 2      | 25   | 50   | 83   | 94   | 96   | 98   | 100  | 40   | 48        |        |
| 1981            | 14     | 56   | 79   | 92   | 94   | 96   | 98   | 100  | 40   | 52        |        |
| Hg (µg/l)       | < 0.1  | 0.15 | 0.20 | 0.25 | 0.40 | 0.5  | 0.55 |      | max. | n.;       | < 0.5  |
| 1979            | 8      | 26   | 35   | 73   | 94   | 98   | 100  |      | 0.55 | 51        |        |
| 1980            | 4      | 40   | 60   | 83   | 94   | 96   |      |      | 0.60 | 47        |        |
| 1981            | 35     | 73   | 98   |      |      |      |      |      | 1.33 | 52        |        |
| Cd (µg/l)       | < 1    | 1.5  | 2    | 2.5  | 3    | 3.5  | 5    | 7.5  | max. | n.;       | < 2.5  |
| 1979            | 10     | 37   | 67   | 78   | 82   | 92   | 96   | 98   | 11.3 | 51        |        |
| 1980            | 21     | 53   | 79   | 85   | 94   | 96   | 100  |      | 4.0  | 47        |        |
| 1981            | 46     | 81   | 100  |      |      |      |      |      | 2.3  | 52        |        |
| Zn (µg/l)       | < 80   | 100  | 120  | 140  | 160  | 200  | 260  | 340  | max. | n.;       | < 200  |
| 1979            | 14     | 42   | 50   | 62   | 76   | 84   | 94   | 100  | 325  | 50        |        |
| 1980            | 21     | 54   | 73   | 85   | 92   | 100  |      |      | 175  | 48        |        |
| 1981            | 61     | 71   | 92   | 98   | 98   | 100  |      |      | 170  | 51        |        |
| Cu (µg/l)       | < 10   | 15   | 20   | 25   | 35   | 40   | 45   |      | max. | n.;       | < 50   |
| 1979            | 20     | 69   | 90   | 96   | 96   | 98   | 100  |      | 52   | 51        |        |
| 1980            | 13     | 81   | 90   | 92   | 96   | 100  |      |      | 37   | 48        |        |
| 1981            | 29     | 87   | 94   | 94   | 98   | 98   | 100  |      | 41   | 52        |        |
| Oil(mg/kg)      | < 0.05 | 0.15 | 0.25 | 0.35 | 0.45 |      |      |      | max. | n.;       | < 0.2  |
| 1979            | 18     | 55   | 82   | 100  |      |      |      |      | 0.3  | 11        |        |
| 1980            | 19     | 55   | 82   | 82   | 100  |      |      |      | 0.4  | 11        |        |
| 1981            | 39     | 86   | 92   | 100  |      |      |      |      | 0.3  | 13        |        |
| Phenol (µg/l)   | < 5    | 10   | 15   | 20   | 25   | 30   | 35   | 50   | max. | n.;       | < 10   |
| 1979            | 0      | 28   | 84   | 94   | 96   | 96   | 98   | 100  | 48   | 51        |        |
| 1980            | 4      | 64   | 92   | 98   | 98   | 100  |      |      | 25   | 52        |        |
| 1981            | 10     | 88   | 94   | 96   | 100  |      |      |      | 24   | 51        |        |
| HCB (µg/l)      | < 0.01 | 0.03 | 0.05 | 0.07 | 0.09 | 0.11 | 0.13 | 0.22 | max. | n.;       | < 0.05 |
| 1979            | 8      | 17   | 42   | 42   | 58   | 58   | 75   | 100  | 0.21 | 12        |        |
| 1980            | 0      | 20   | 47   | 87   | 93   | 93   | 100  |      | 0.11 | 15        |        |
| 1981            | 14     | 57   | 86   | 100  |      |      |      |      | 0.06 | 14        |        |
| HCH (µg/l)      | < 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.06 | 0.07 |      | max. | n.;       | < 0.05 |
| 1979            | 15     | 23   | 46   | 69   | 85   | 100  |      |      | 0.05 | 13        |        |
| 1980            | 0      | 7    | 47   | 100  |      |      |      |      | 0.03 | 15        |        |
| 1981            | 0      | 14   | 57   | 86   | 92   | 92   | 100  |      | 0.01 | 14        |        |
| PCB (µg/l)      | < 0.05 | 0.10 | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.50 | 0.60 | 0.80 | max. | n.;       | < 0.01 |
| 1979            | 0      | 15   | 31   | 46   | 69   | 77   | 85   | 92   | 16.0 | 13        |        |
| 1980            | 8      | 17   | 33   | 58   | 75   | 92   | 100  |      | 0.69 | 12        |        |
| 1981            | 8      | 42   | 50   | 92   | 100  |      |      |      | 0.30 | 12        |        |
| HCl-buta (µg/l) | < 0.05 | 0.10 | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.50 | 1.00 | 1.75 | max. | n.;       | < 0.05 |
| 1979            |        | 5    | 14   | 30   | 71   | 86   | 91   | 100  | 1.7  | 21        |        |
| 1980            | 8      | 28   | 44   | 76   | 84   | 96   | 100  |      | 0.6  | 25        |        |
| 1981            | 73     | 85   | 92   | 100  |      |      |      |      | 0.2  | 26        |        |
| EOCI (µg/l)     | < 4    | 6    | 8    | 10   | 12   | 14   | 28   |      | max. | n.;       | —      |
| 1979            | 12     | 27   | 50   | 69   | 77   | 85   | 100  |      | 27   | 26        |        |
| 1980            | 25     | 69   | 88   | 100  |      |      |      |      | 9    | 16        |        |
| 1981            | 42     | 77   | 92   | 96   | 100  |      |      |      | 10   | 24        |        |
| VOCI (µg/l)     | < 4    | 6    | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 22   | max. | n.;       | —      |
| 1979            |        | 3    | 16   | 29   | 61   | 65   | 84   | 97   | 37   | 31        |        |
| 1980            | 12     | 27   | 50   | 62   | 77   | 81   | 85   | 96   | 25   | 26        |        |
| 1981            | 12     | 46   | 73   | 92   | 96   | 100  |      |      | 12   | 26        |        |
| PAH (ng/l)      | < 200  | 300  | 400  | 500  | 900  | 1100 | 2100 |      | max. | n.;       | < 200  |
| 1979            | 13     | 30   | 44   | 52   | 74   | 83   | 91   |      | 2800 | 23        |        |
| 1980            | 23     | 39   | 69   | 85   | 92   | 100  |      |      | 1420 | 13        |        |
| 1981            | 46     | 69   | 85   | 85   | 100  |      |      |      | 850  | 13        |        |

|                           |        |      |      |      |      |      |      |      |      |                  |
|---------------------------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------------------|
| Trichlorobenzene          |        |      |      |      |      |      |      |      |      |                  |
| (µg/l)                    | < 0.1  | 0.2  | 0.5  | 0.7  | 0.9  | 1.1  | 1.3  | 2.1  | max. | n.; stand < 0.05 |
| 1979                      | 17     | 26   | 48   | 70   | 74   | 74   | 74   | 91   | 2.4  | 23               |
| 1980                      | 39     | 58   | 81   | 89   | 92   | 96   | 100  |      | 1.2  | 26               |
| 1981                      | 27     | 58   | 92   | 92   | 96   | 100  |      |      | 1.0  | 26               |
| Dichlorobenzene           |        |      |      |      |      |      |      |      |      |                  |
| (µg/l)                    | < 0.5  | 1.0  | 1.5  | 2.5  | 3.5  | 4.5  | 5.5  |      | max. | n.; " —          |
| 1979                      | 13     | 13   | 42   | 71   | 92   | 92   | 96   |      | 7.0  | 24               |
| 1980                      | 31     | 54   | 62   | 77   | 85   | 100  |      |      | 4.3  | 26               |
| 1981                      | 15     | 54   | 81   | 96   | 100  |      |      |      | 3.1  | 24               |
| Trichlorobenzene          |        |      |      |      |      |      |      |      |      |                  |
| (µg/l)                    | < 0.1  | 0.2  | 0.3  | 0.5  | 0.7  | 0.9  | 1.1  | 1.4  | max. | n.; " —          |
| 1979                      | 4      | 4    | 16   | 36   | 52   | 64   | 84   | 96   | 2.4  | 25               |
| 1980                      | 0      | 8    | 19   | 42   | 69   | 89   | 100  |      | 1.0  | 26               |
| 1981                      | 31     | 58   | 77   | 92   | 96   | 100  |      |      | 0.8  | 26               |
| 1,2-Dichloroethane        |        |      |      |      |      |      |      |      |      |                  |
| (µg/l)                    | < 1    | 2    | 3    | 5    | 7    | 9    | 11   | 17   | max  | n.; " —          |
| 1979                      | 24     | 28   | 32   | 40   | 52   | 76   | 84   | 92   | 55   | 25               |
| 1980                      | 12     | 19   | 35   | 58   | 89   | 92   | 96   | 100  | 13   | 26               |
| 1981                      | 50     | 58   | 62   | 73   | 89   | 96   | 96   | 100  | 13   | 26               |
| 1,1,1-Trichloroethane     |        |      |      |      |      |      |      |      |      |                  |
| (µg/l)                    | < 0.00 | 0.04 | 0.08 | 0.12 | 0.16 | 0.50 | 0.9  |      | max. | n.; " —          |
| 1979                      |        | 96   | 96   | 96   | 100  |      |      |      | 0.15 | 25               |
| 1980                      |        | 85   | 85   | 89   | 92   | 100  |      |      | 0.40 | 26               |
| 1981                      | 50     | 62   | 81   | 92   | 96   | 96   | 100  |      | 0.80 | 26               |
| Trichloromethane          |        |      |      |      |      |      |      |      |      |                  |
| (µg/l)                    | < 0.5  | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    |      | max. | n.; " —          |
| 1979                      | 0      | 4    | 20   | 52   | 76   | 88   | 100  |      | 5.6  | 25               |
| 1980                      | 0      | 4    | 35   | 85   | 92   | 96   | 100  |      | 5.1  | 26               |
| 1981                      | 19     | 42   | 69   | 89   | 92   | 92   | 92   |      | 51   | 26               |
| Tetrachloromethane        |        |      |      |      |      |      |      |      |      |                  |
| (µg/l)                    | < 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    |      | max. | n.; " —          |
| 1979                      | 44     | 72   | 84   | 84   | 88   | 96   | 96   |      | 7.7  | 25               |
| 1980                      | 39     | 65   | 73   | 81   | 85   | 89   | 92   |      | 11   | 26               |
| 1981                      | 73     | 85   | 89   | 92   | 92   | 92   | 92   |      | 50   | 26               |
| Tetrachloroethene         |        |      |      |      |      |      |      |      |      |                  |
| (µg/l)                    | < 0.05 | 0.10 | 0.20 | 0.40 | 0.70 | 1.10 | 1.60 | 2.10 | max. | n.; " —          |
| 1979                      |        |      |      | 24   | 64   | 76   | 92   | 92   | 4.0  | 25               |
| 1980                      | 8      | 15   | 35   | 35   | 54   | 62   | 85   | 96   | 3.4  | 26               |
| 1981                      | 8      | 23   | 31   | 62   | 77   | 85   | 92   | 96   | 2.1  | 26               |
| Cholinesterase inhibitors |        |      |      |      |      |      |      |      |      |                  |
| (µg/l)                    | < 0.5  | 1.0  | 1.5  | 2.0  | 2.5  | 3.0  | 4.0  |      | max. | n.; " < 1.0      |
| 1979                      | 12     | 58   | 82   | 94   | 96   | 100  |      |      | 2.8  | 50               |
| 1980                      | 6      | 74   | 90   | 98   | 100  |      |      |      | 2.1  | 50               |
| 1981                      | 8      | 69   | 92   | 96   | 96   | 96   | 100  |      | 3.6  | 26               |

Table 8.2: Mean annual values for  $\beta$ -activity due to tritium multiplied by the rate of flow ('load of activity') at the Lobith sampling point.

|                                                                 | 1975 | 76  | 77  | 78  | 79  | 80  | 81  |
|-----------------------------------------------------------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $\beta$ -activity due<br>to tritium<br>( $10^{-3}\text{Ci/s}$ ) | 1,2  | 0,8 | 1,1 | 1,1 | 1,0 | 1,0 | 0,8 |

It can be seen from the table that, despite the rise in the mean annual rate of flow, there was a fall in the 'load' of activity in the period 1977-1981.

It can thus be concluded that there has been a fall in the quantities of tritium introduced into the Rhine in recent years. It is probable that this is largely due to a fall in the activity of rainwater.

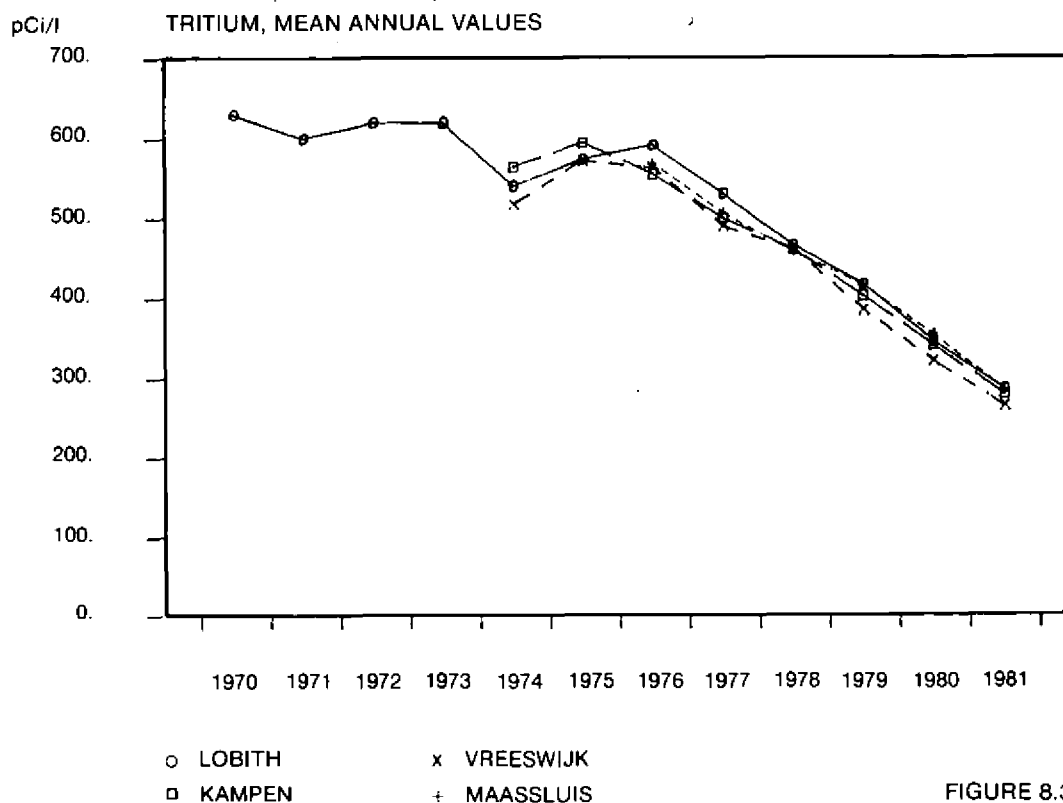


FIGURE 8.3

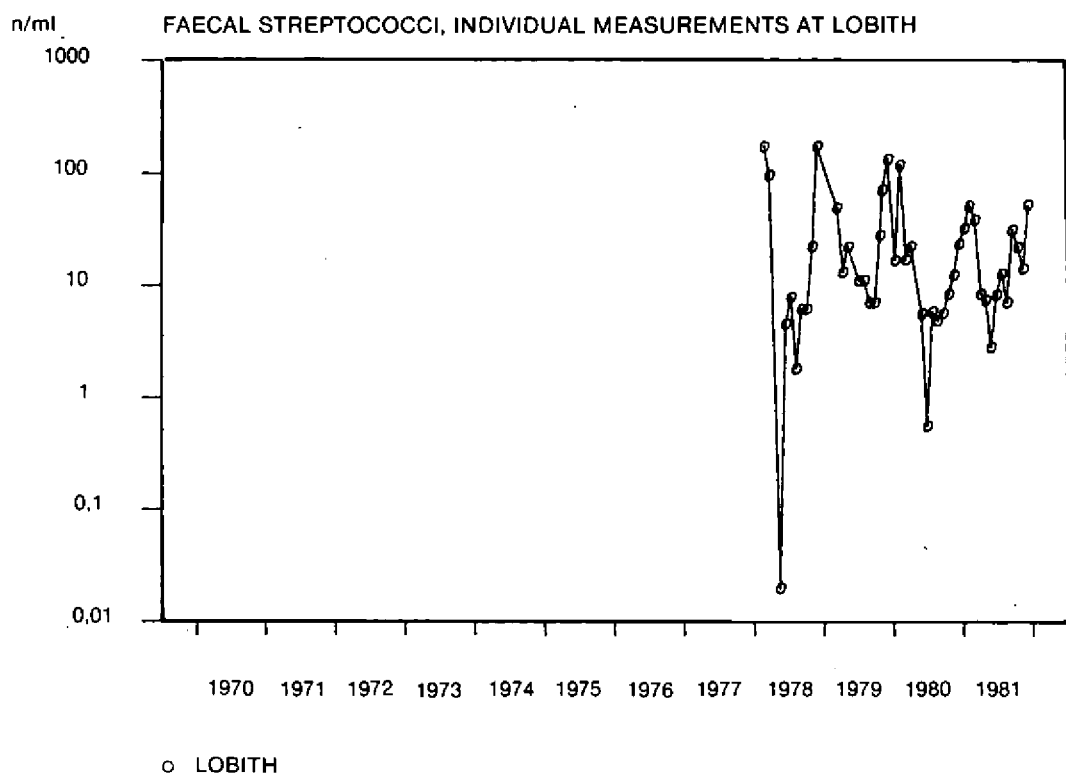


FIGURE 9.5

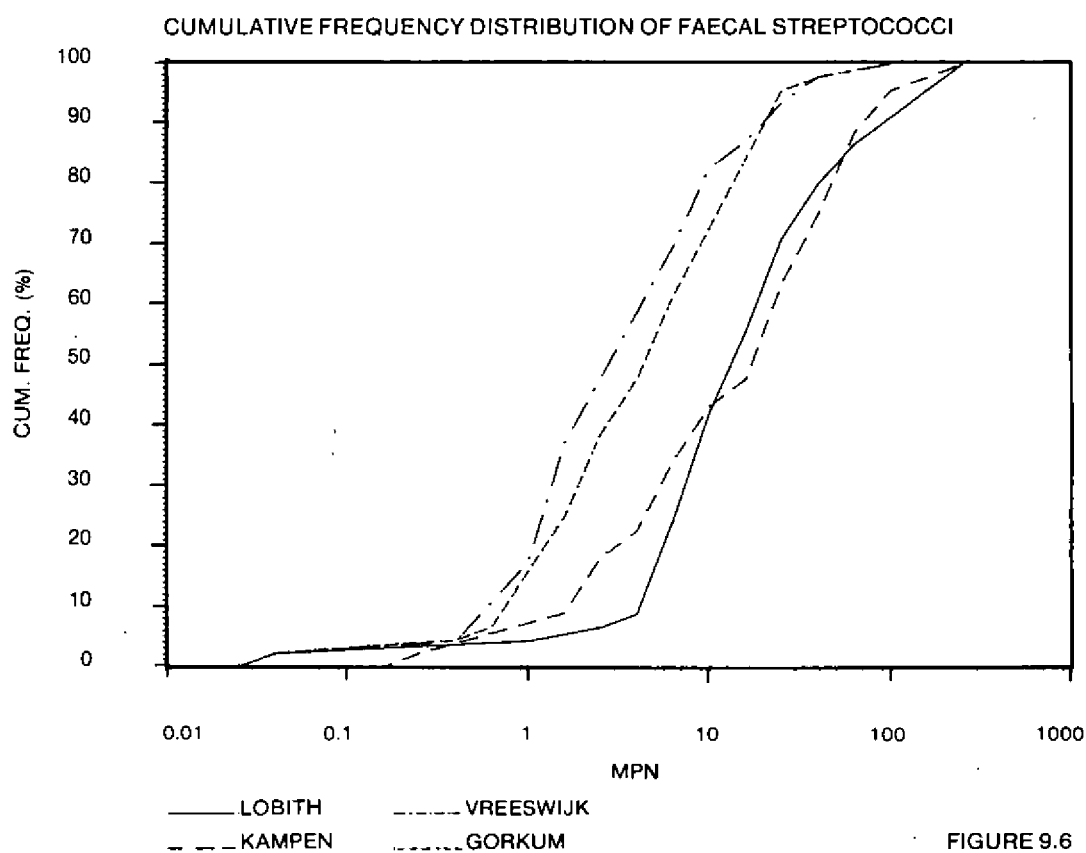


FIGURE 9.6

#### 10.4.2 Trends in numbers of specific species

As a group, the Chironomidae are present in the greatest numbers. The upward trend in the number of these organisms continued in 1981, when a total of about 15,000 were found compared with about 10,000 in 1980 (see Table 10.2 and Fig. 10.1). The numbers of *Hydropsyche contubernalis*, a species of caddis fly, have fallen, but these organisms are now more evenly distributed among the various sampling sites. In 1980 about 80% of the total of 2,104 organisms were found at two sampling sites. In 1981 there were no such extreme values.

After the explosive increase in the numbers of the water louse *Asellus aquaticus* in 1977, the numbers have been falling gradually again. There has been little change in the numbers of snails, except for *Bithynia tentaculata*. In recent years strikingly large numbers of the latter have been found and these have been mainly young specimens.

The flatworm *Dugesia tigrina* was found in large numbers for the first time in 1981.

After two 'lean' years in 1976 and 1977, the zebra mussel *Dreissena polymorpha* is once again substantially increasing in numbers.

Figure 10.1: Macro-invertebrate fauna found in 8 samples from the groynes on the river IJssel; the surface area of the circles is proportional to the number of animals found. The samples were taken in the second half of September.

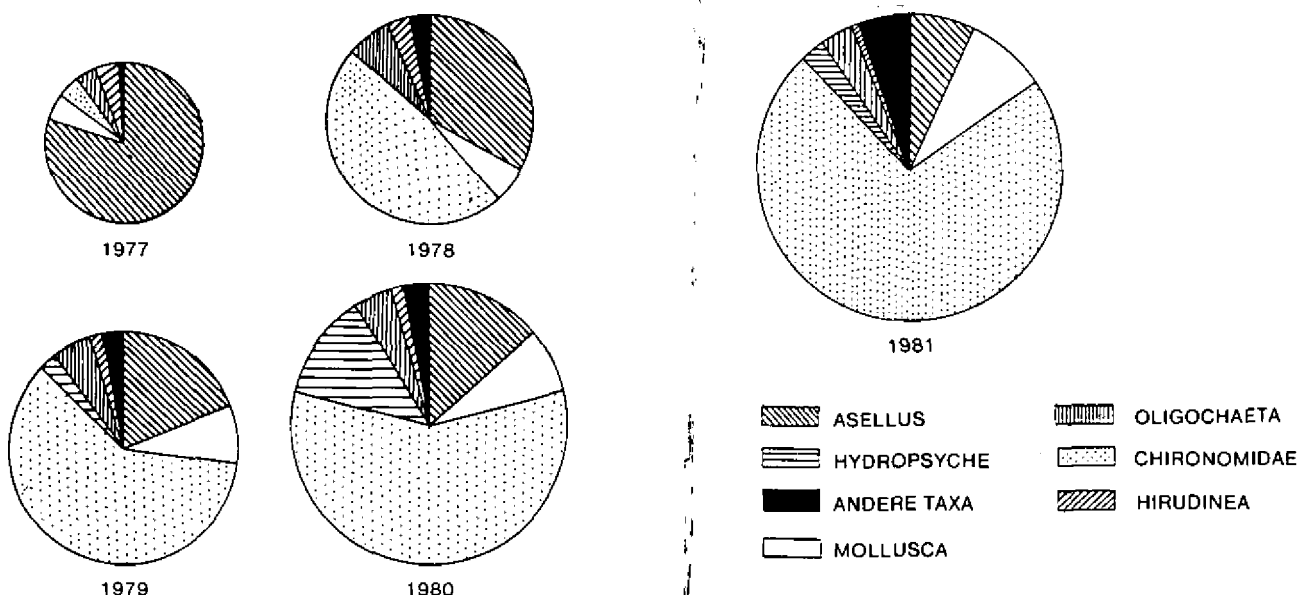
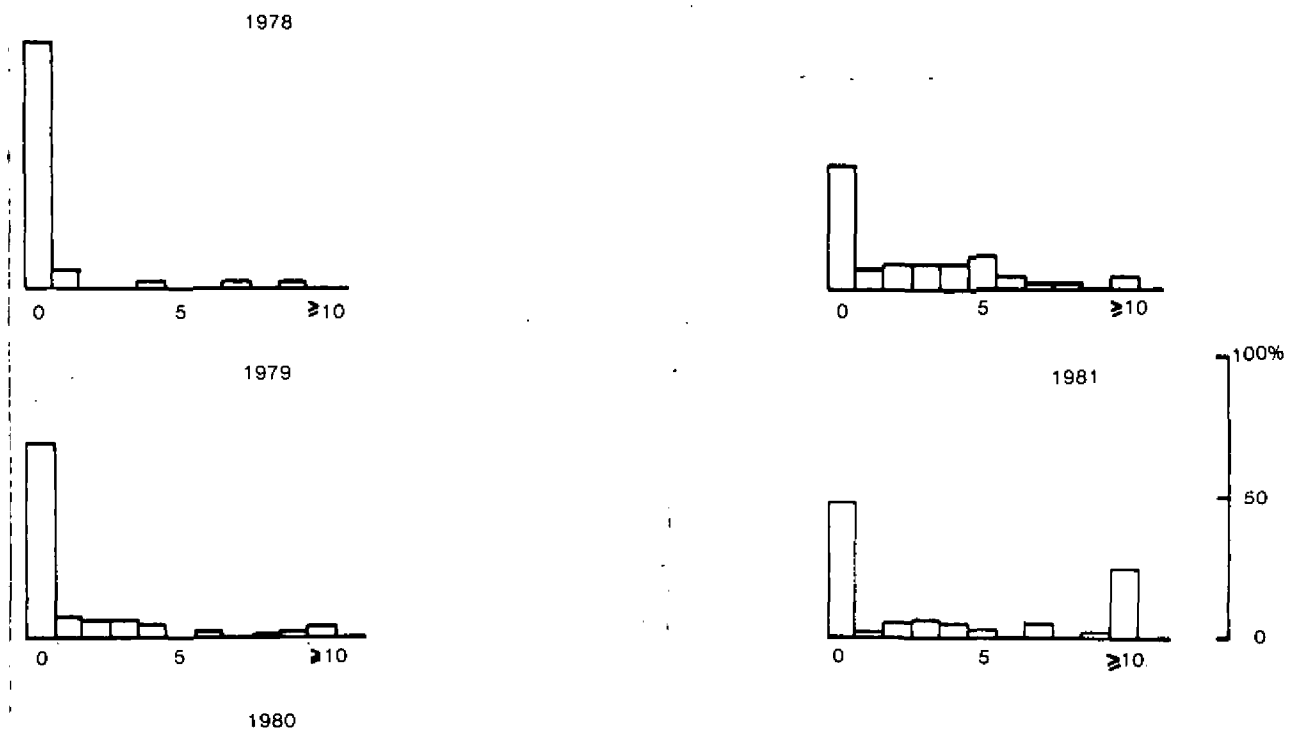


Table 10.2: Composition of the macro-invertebrate fauna on the groynes of the IJssel in the autumn, 1975 to 1981.

|                           |                                 | 1975 | 1976 | 1977  | 1978  | 1979   | 1980   | 1981   |
|---------------------------|---------------------------------|------|------|-------|-------|--------|--------|--------|
|                           | Hydra sp (fresh water polyps)   | 3    | -    | -     | 136   | 111    | 383    | 58     |
| Flatworms                 | Dugesia polychroa               | -    | 29   | 22    | 86    | 136    | 89     | 260    |
|                           | Dugesia tigrina                 | -    | -    | -     | -     | 7      | 84     | 639    |
| Bristled annelid worms    | Nais bretscheri                 | -    | -    | -     | 5     | -      | 30     | 5      |
|                           | Nais elinguis                   | -    | -    | -     | 21    | -      | 75     | 45     |
|                           | Nais simplex                    | -    | -    | -     | 74    | 45     | 67     | 2      |
|                           | Stylaria lacustris              | 48   | 15   | 219   | 609   | 631    | 371    | 799    |
| Leeches (Hirudinea)       | Glossiphonia complanata         | 16   | 14   | 12    | 19    | 20     | 23     | 30     |
|                           | Glossiphonia heteroclita        | 9    | 17   | 35    | 14    | 34     | 9      | 38     |
|                           | Erpobdella octoculata           | 35   | 41   | 244   | 281   | 126    | 181    | 104    |
| Molluscs                  | Acroloxus lacustris             | 31   | 1    | 26    | 53    | 59     | 73     | 68     |
|                           | Ancylus fluviatilis             | 30   | -    | 104   | 376   | 74     | 349    | 122    |
|                           | Bithynia tentaculata            | 50   | 3    | 43    | 51    | 709    | 645    | 1,626  |
|                           | Lymnaea peregra                 | 43   | 13   | 71    | 28    | 47     | 62     | 67     |
|                           | Physa fontinalis                | 7    | 5    | 39    | 10    | 40     | 50     | 8      |
|                           | Dreissena polymorpha (zebra)    | 114  | 4    | 3     | 18    | 52     | 91     | 204    |
|                           | Asellus aquaticus (water louse) | 142  | 345  | 4,370 | 3,168 | 2,326  | 2,373  | 1,621  |
| Caddis flies              | Hydropsyche contubernalis       | -    | -    | -     | 10    | 253    | 2,104  | 598    |
|                           | Cynurus trimaculatus            | -    | -    | -     | -     | -      | -      | 107    |
|                           | Ecnomus tenellus                | -    | -    | -     | -     | -      | -      | 35     |
|                           | Chironomidae, (midges)          | 19   | 56   | 254   | 4,680 | 7,282  | 10,198 | 15,287 |
|                           | Others                          | 33   | 2    | 19    | 39    | 95     | 313    | 234    |
| Total number of organisms |                                 | 580  | 545  | 5,461 | 9,678 | 12,047 | 17,047 | 21,957 |

Figure 10.2: Frequency with which chironomidae are found in sediment samples (surface area 0.03 m<sup>2</sup>) taken at km 1,000  
(x axis: number of chironomidae per sample  
y axis: percentage of the total samples).

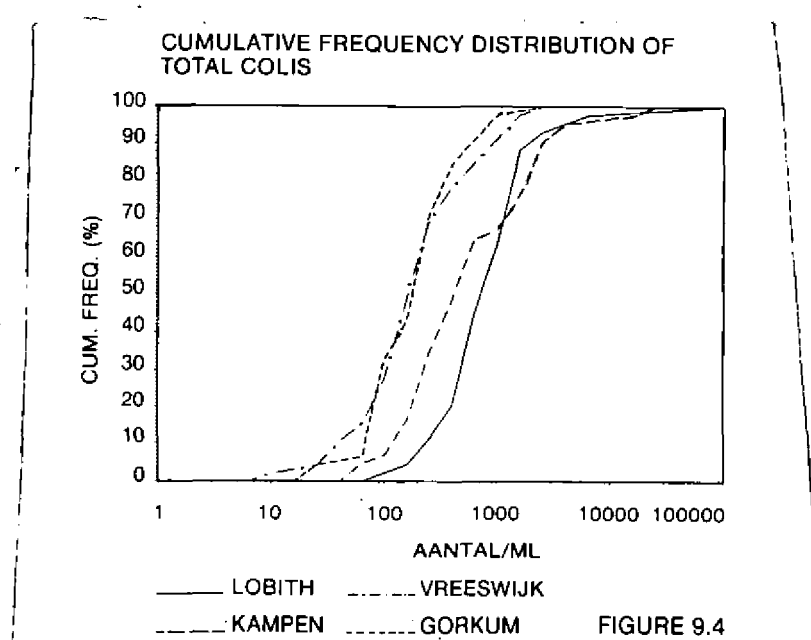
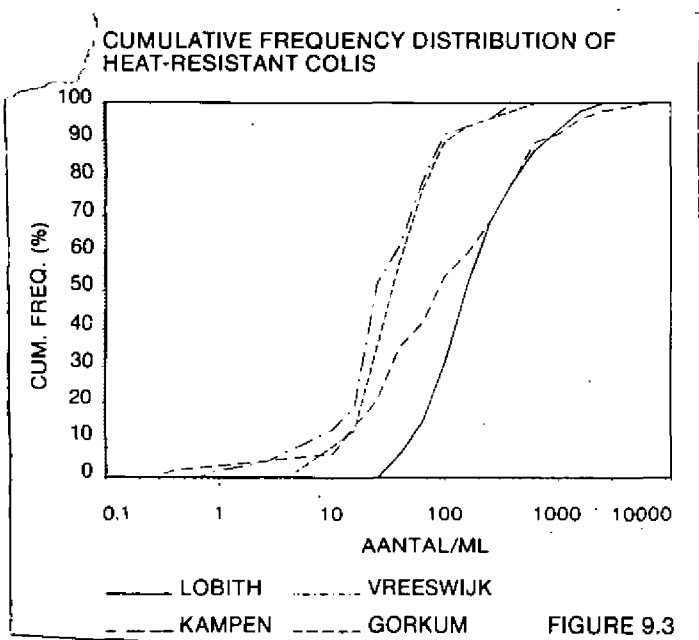


In view of the water treatment measures taken in the period under consideration (see Section 2.3) a significant fall in the number of coli bacteria in Rhine water would be expected. The measured values give no evidence of such a fall. Since 1970 the number of colis has remained at a more or less stable level.

It is not known why the anticipated fall has not taken place.

As can be seen from Table 9.1, and as is shown in more detail in the survey of the cumulative frequency distribution (Figs. 9.3 and 9.4), there is a fall in the number of coli bacteria over the Dutch section of the Rhine. This fall is sharpest over the Lobith-Gorkum and Lobith-Vreeswijk sections. The fall over the Lobith-Kampen section is less clear, probably because the quantities of domestic waste water (mostly treated) introduced into the IJssel are relatively large (in terms of rate of flow and flow-through time).

The basic quality standard is that the median of the number of thermo-tolerant colis must be lower than 20 per ml. As can be seen from Figs. 9.3 and 9.4, this standard was not met at any of the sampling points mentioned.



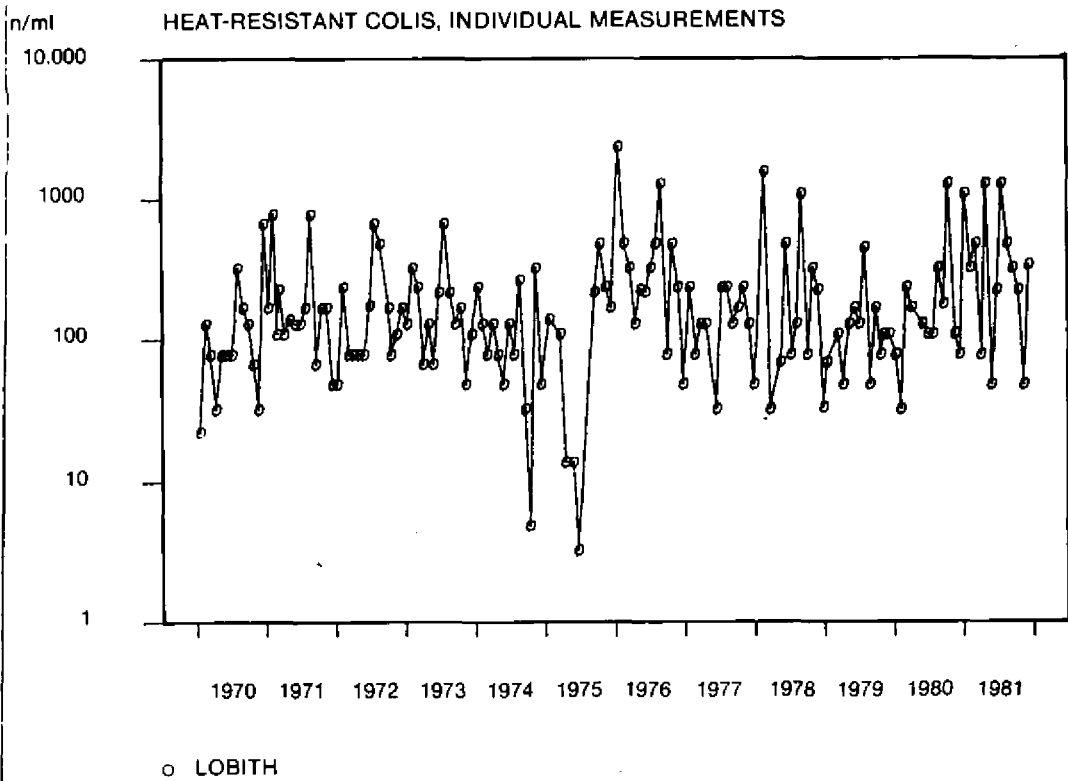


FIGURE 9.1

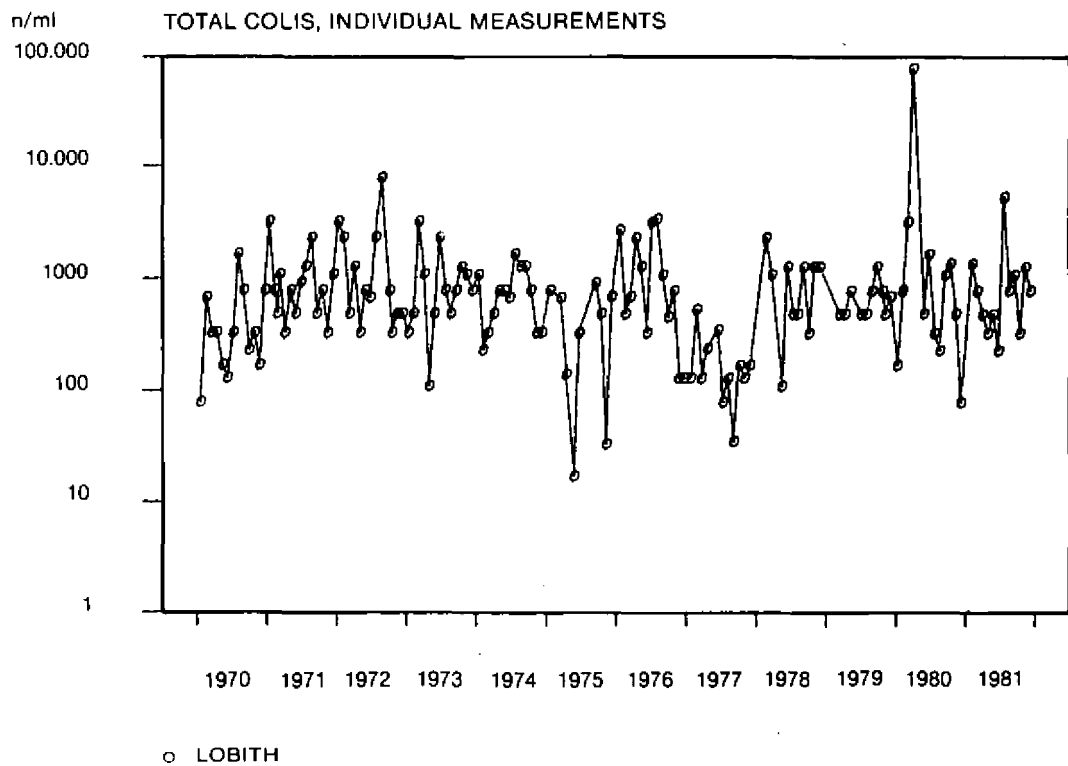
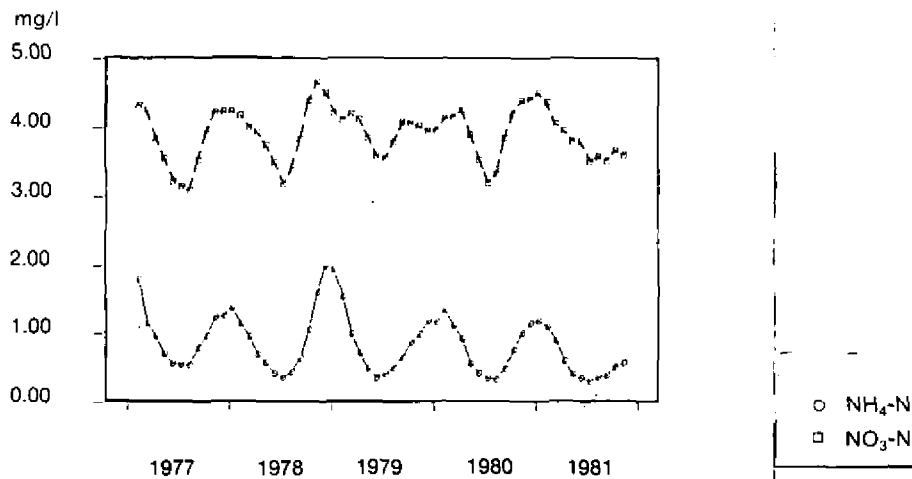


FIGURE 9.2

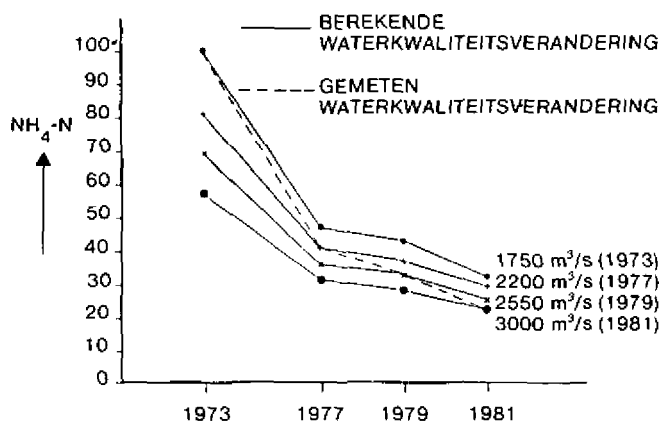
Figure 5.12: Ammonium nitrogen and nitrate nitrogen, progressive 3-monthly average concentrations at Lobith



The mean annual  $\text{NH}_4\text{-N}$  concentration (Fig. 5.13) has shown a progressive fall in recent years. The  $\text{NO}_3\text{-N}$  concentration (Fig. 5.14) has fallen marginally since 1979, after showing a rise during the years prior to that.

The  $\text{NO}_3\text{-N}$  and  $\text{NH}_4\text{-N}$  concentrations with various rates of flow which have been calculated using the water quality model for the Rhine and indexed taking the 1973 values as 100 show that these trends are in part determined by the rate of flow.

Figure 5.15: The effect of flowrate and the effect of clean-up measures on the ammonium nitrogen concentration at Lobith.



If there had been no increase in the rate of flow between 1979 and 1981, the  $\text{NH}_4\text{-N}$  concentration would, according to the calculations made, have fallen from 36 to 28 instead of from 36 to 24.

In the case of  $\text{NO}_3\text{-N}$  there would still have been a slight rise in the concentration if the rate of flow had remained constant.

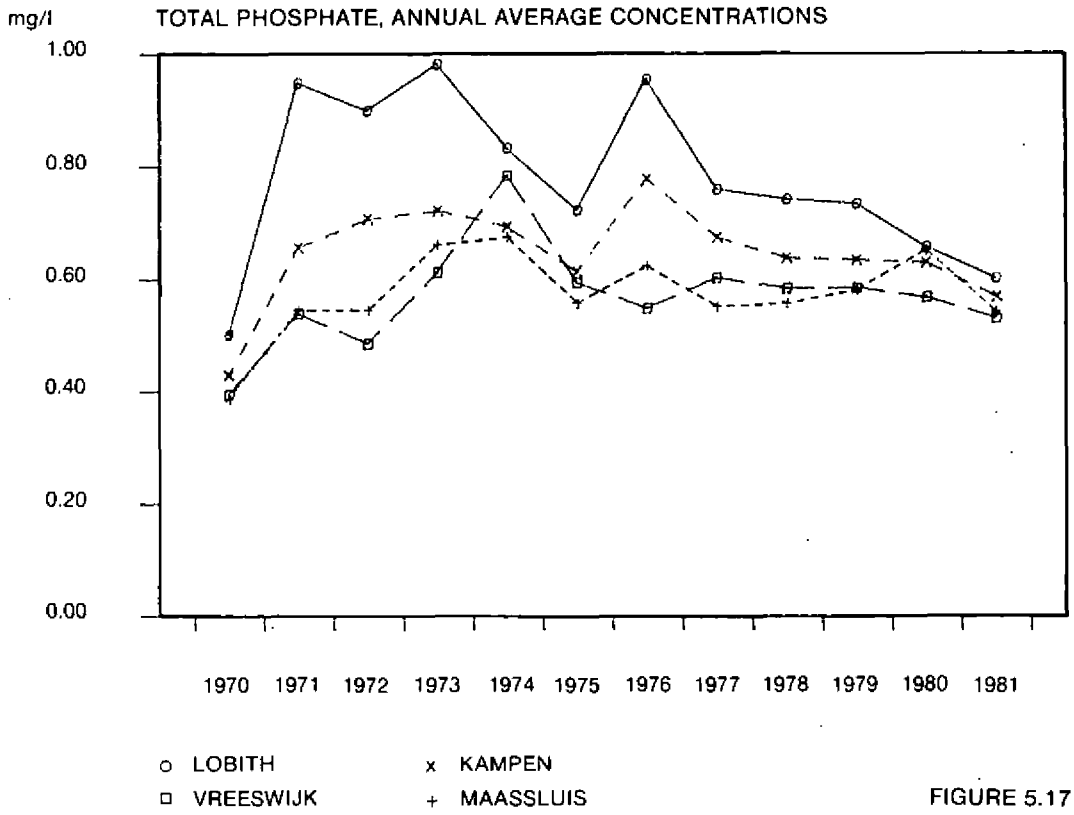


FIGURE 5.17

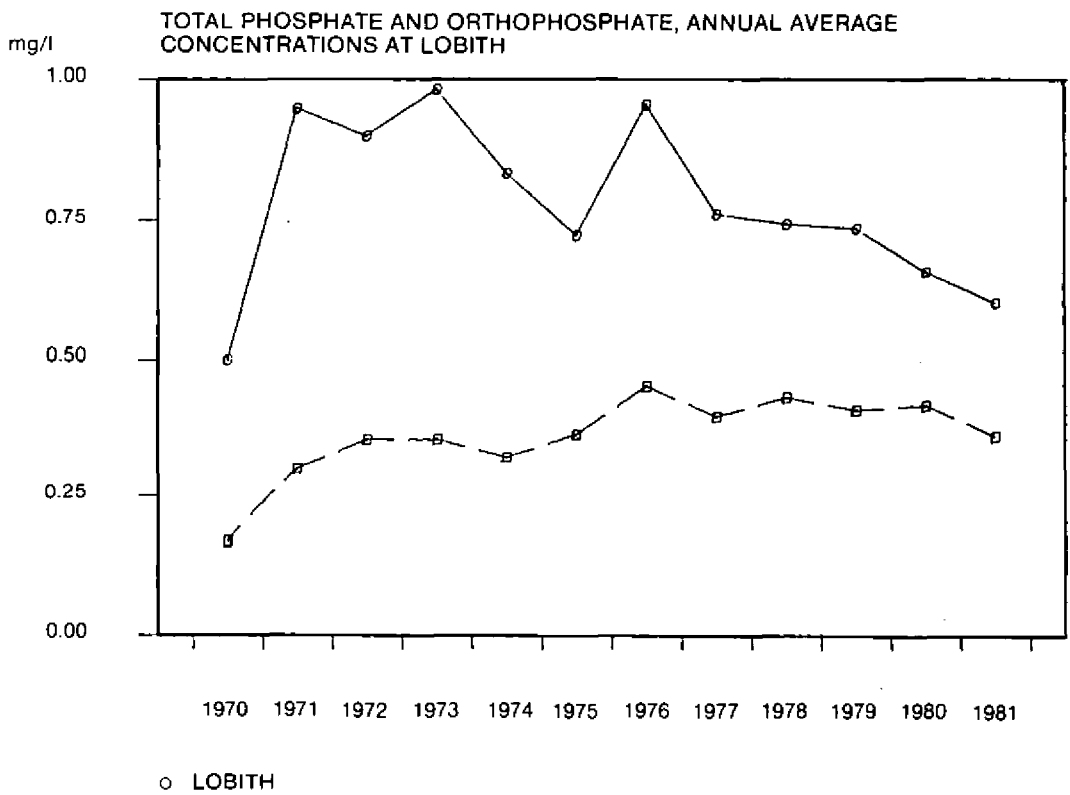


FIGURE 5.18

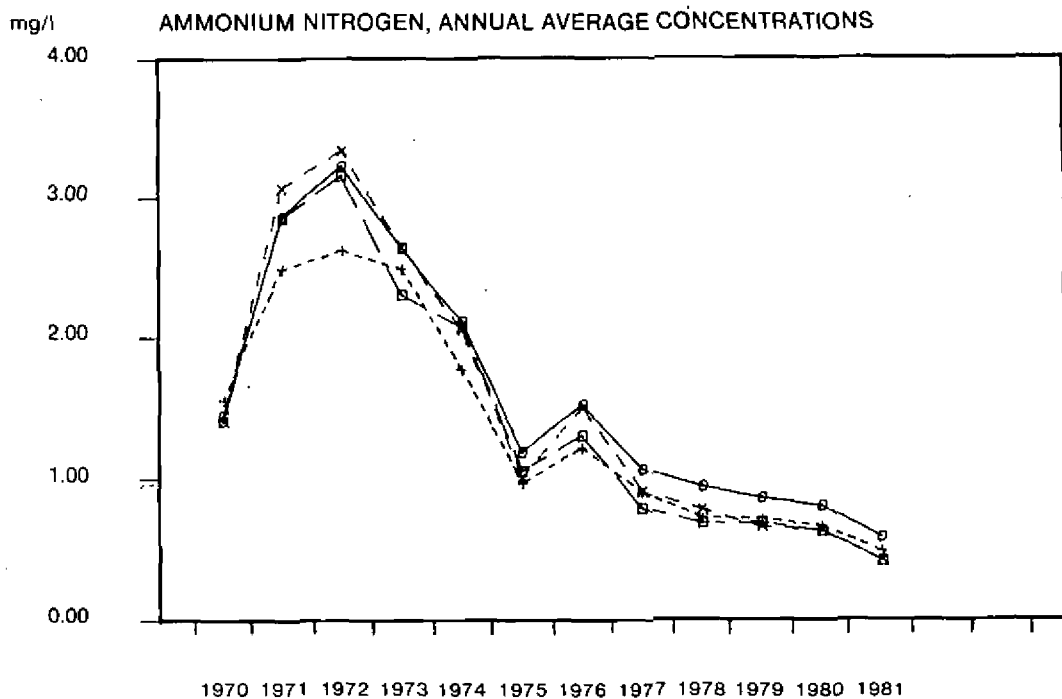


FIGURE 5.13

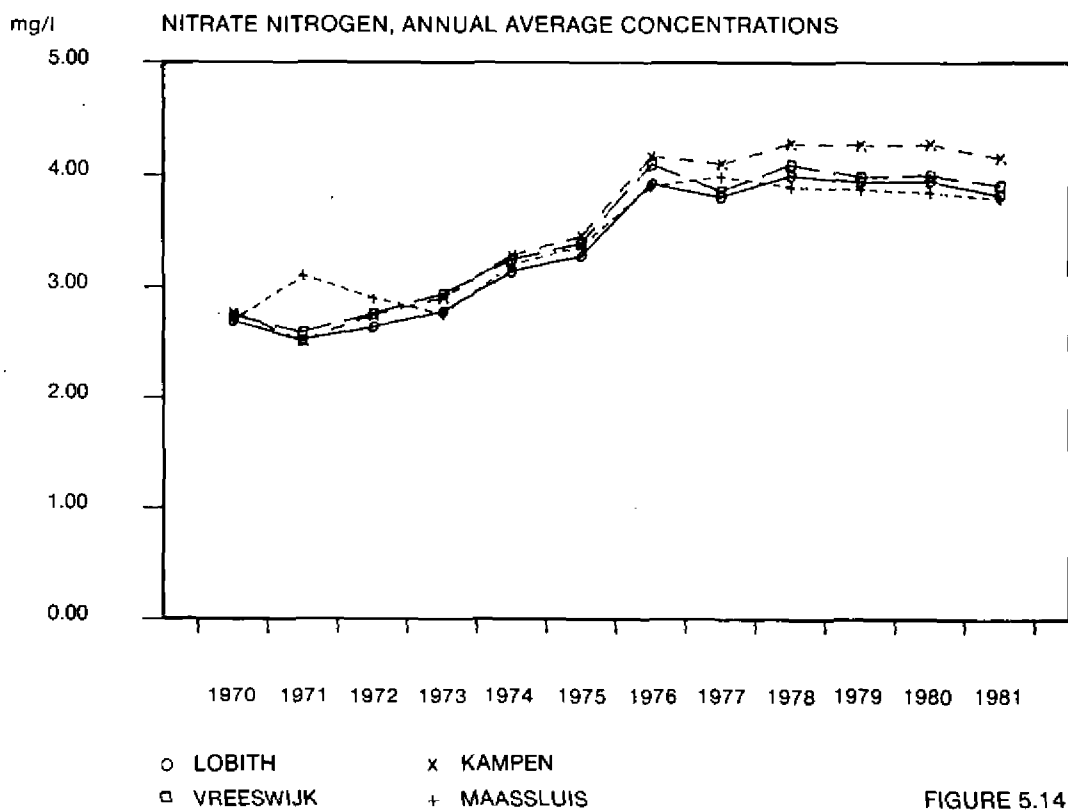
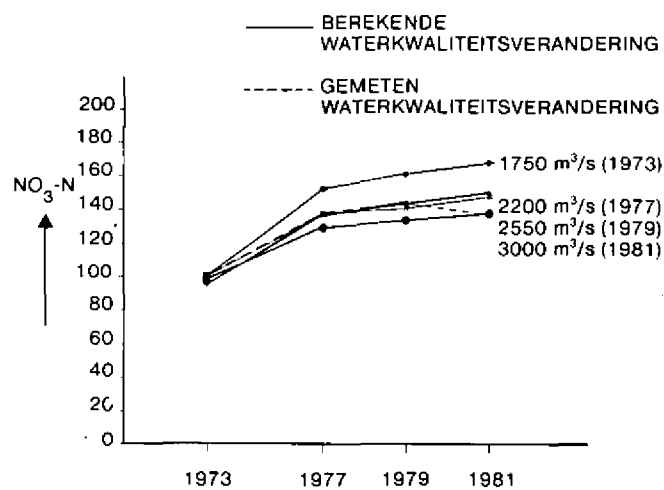


FIGURE 5.14

It is noticeable that the rate of flow (based on the annual average value) had less effect on the  $\text{NO}_3\text{-N}$  concentration in 1973 than in 1981. The reason for this is that since 1973 the  $\text{NO}_3\text{-N}$  level in the Rhine has increased greatly as a consequence of the construction of biological treatment plants. In view of the fact that processes have only a limited effect on  $\text{NO}_3\text{-N}$ , the influence exerted by the discharge of  $\text{NO}_3\text{-N}$  on the water quality is highly dependent on the rate of flow.

Figure 5.16: The effect of flowrate and the effect of clean-up measures on the nitrate nitrogen concentration at Lobith.



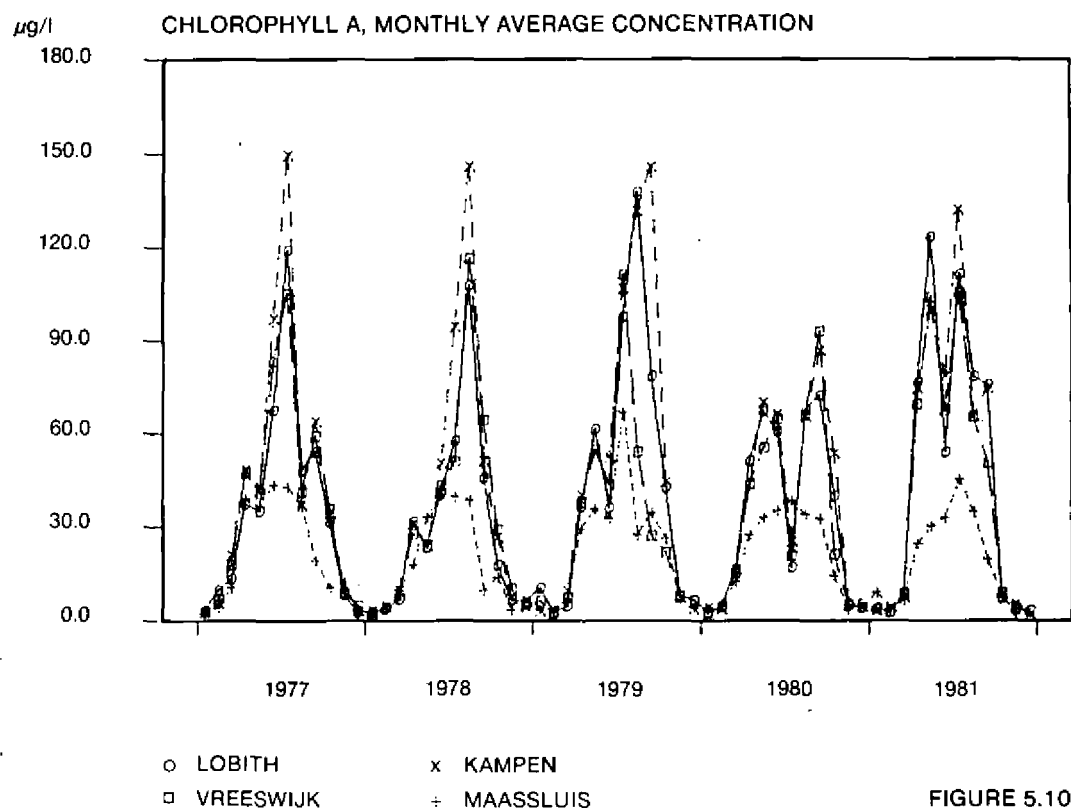


FIGURE 5.10

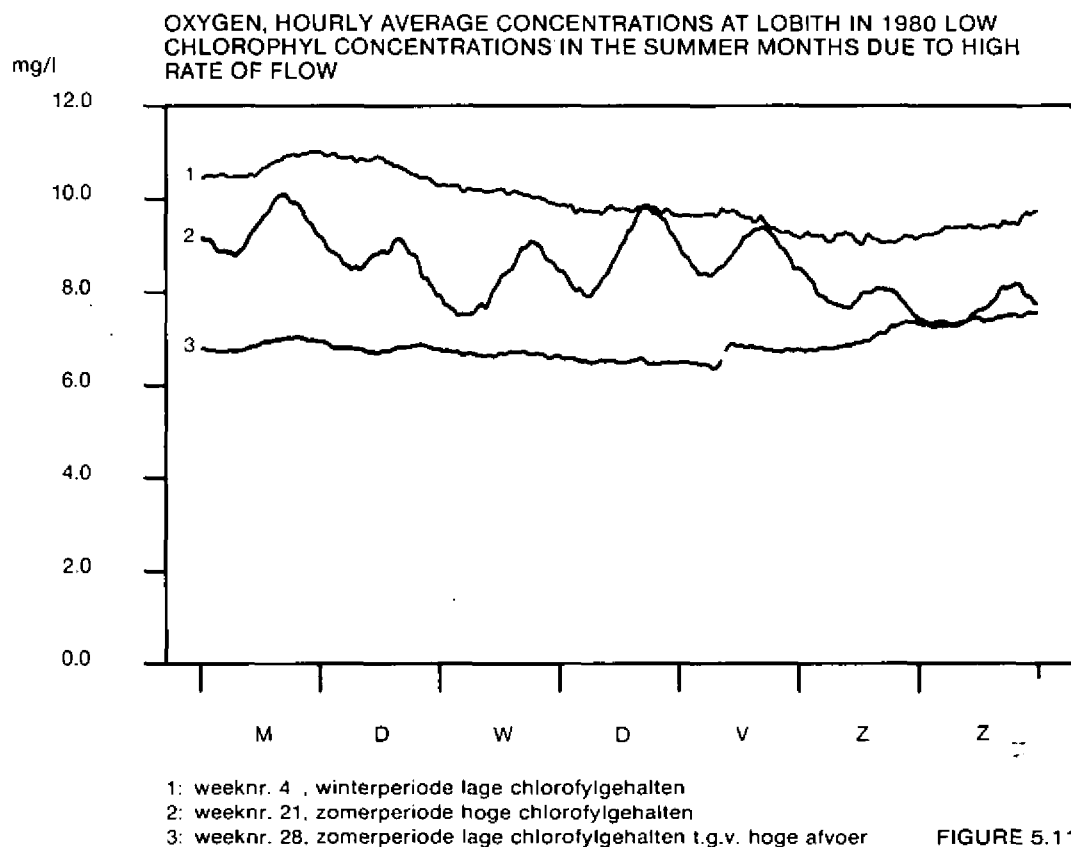


FIGURE 5.11

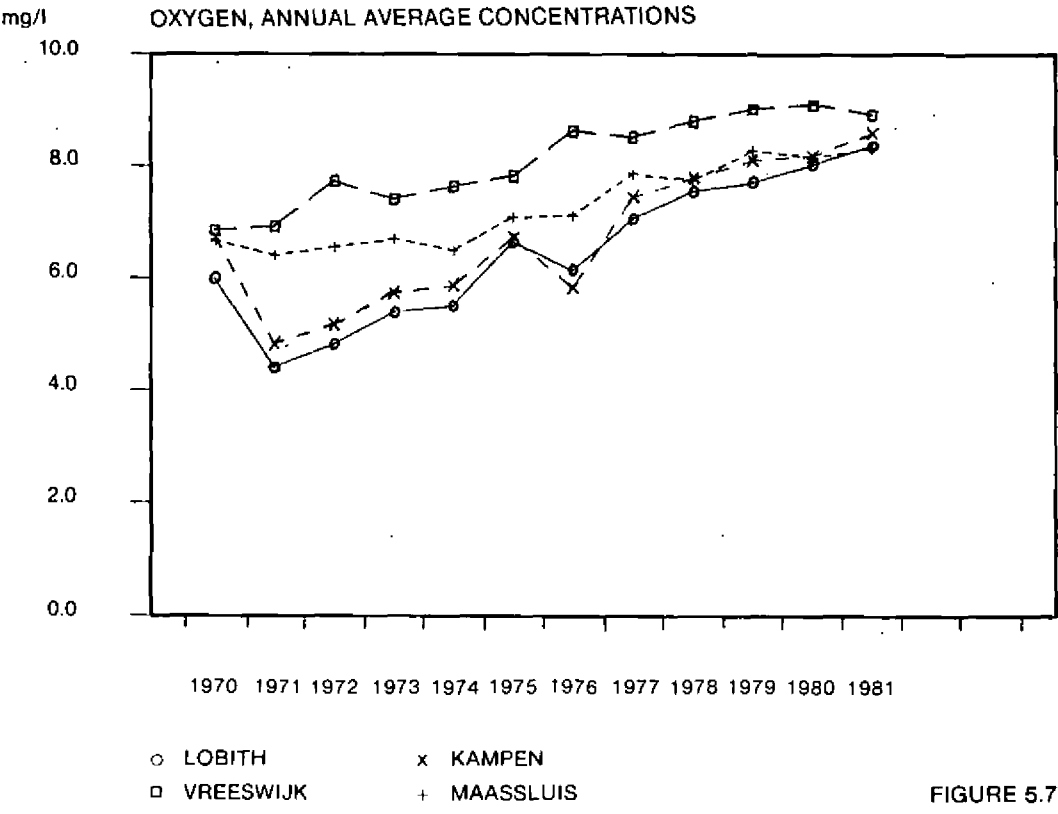
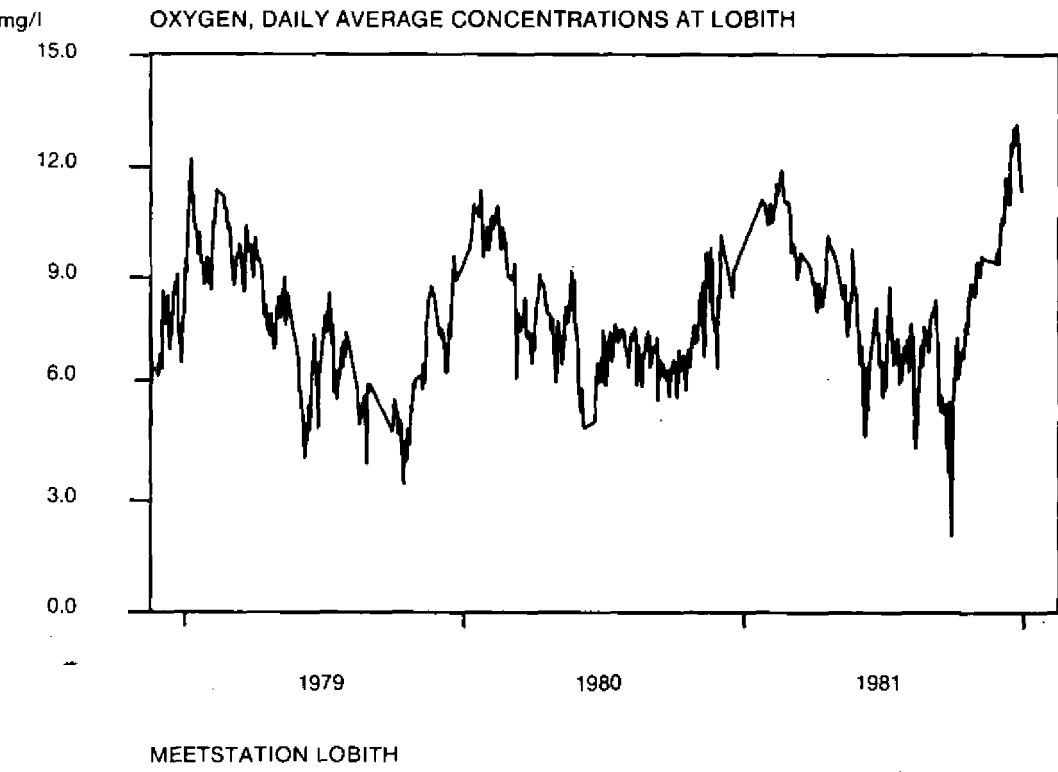


FIGURE 5.7



MEETSTATION LOBITH

FIGURE 5.8

BIOCHEMICAL OXYGEN DEMAND, MEAN ANNUAL VALUES.

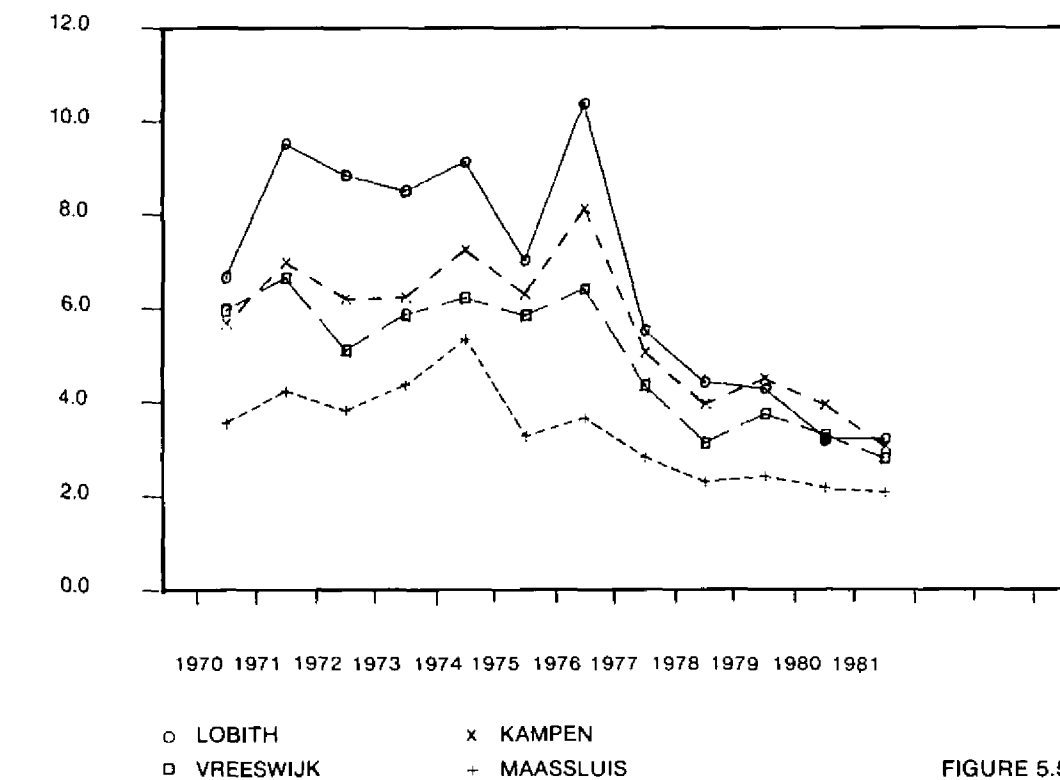


FIGURE 5.5

BIOCHEMICAL OXYGEN DEMAND, PROGRESSIVE 3-MONTHLY AVERAGES AT LOBITH.

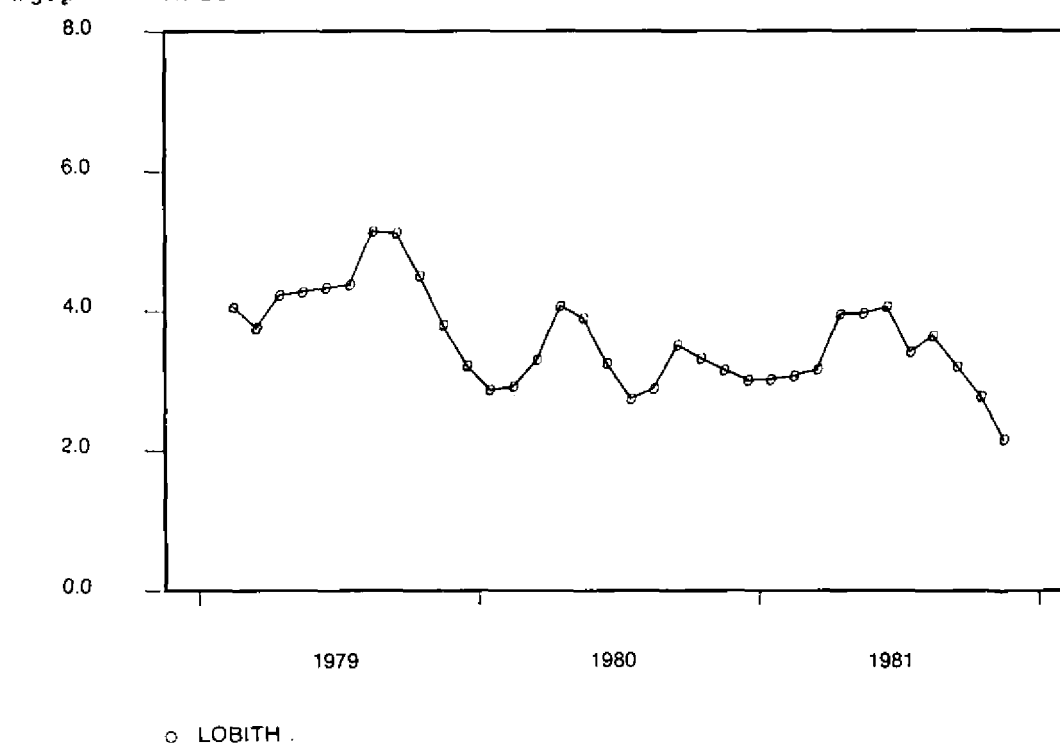
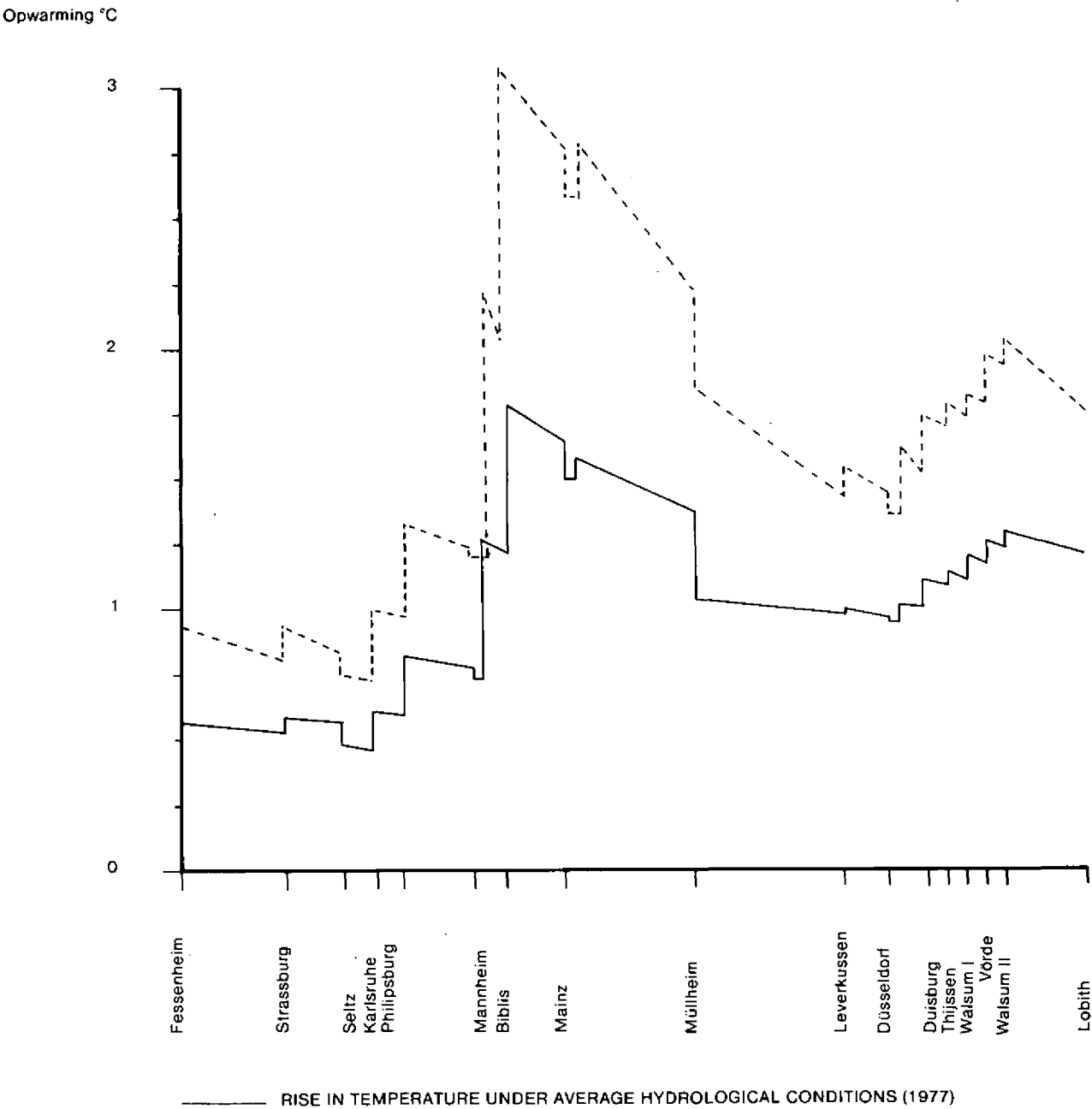


FIGURE 5.6

FIGURE 5.3: THE RISE IN TEMPERATURE OF THE RHINE AS A RESULT OF THE DISCHARGE OF COOLING WATER BY POWER STATIONS (CALCULATED BY THE DIRECTORATE FOR WATER MANAGEMENT AND HYDRAULIC RESEARCH)



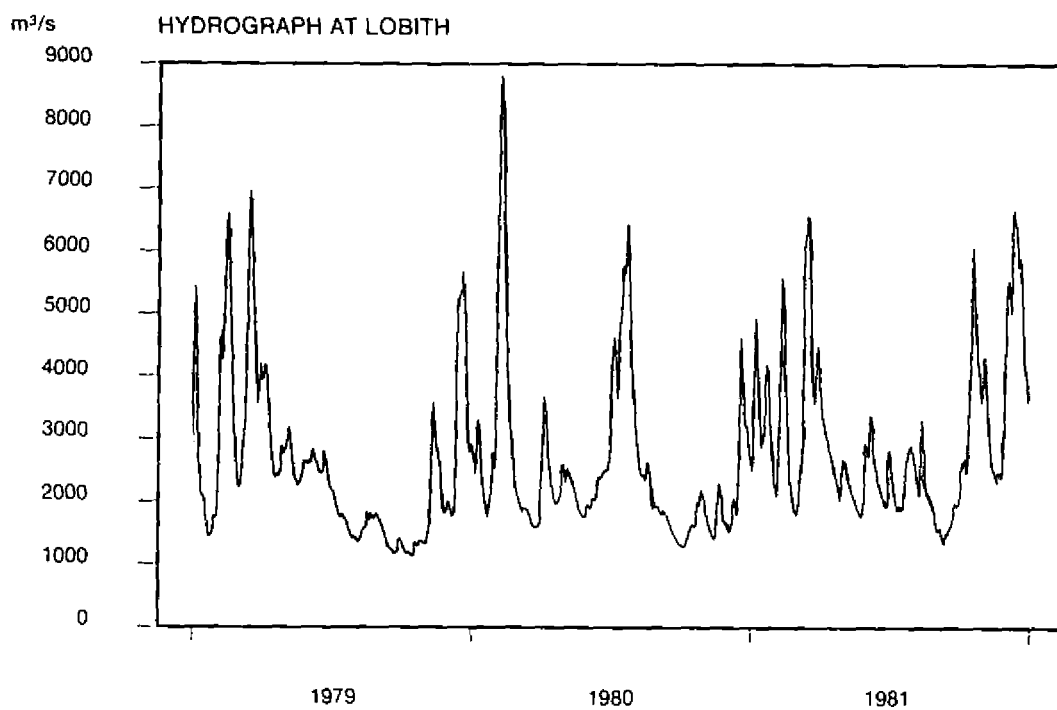


FIGURE 5.1

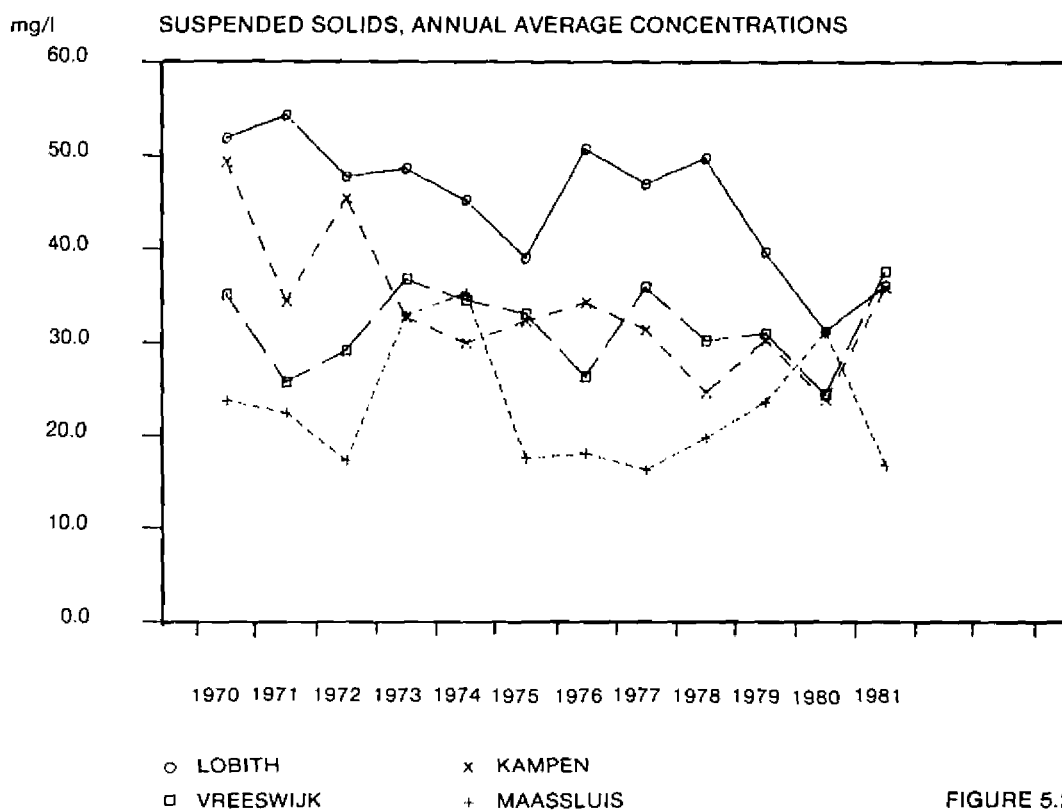


FIGURE 5.2

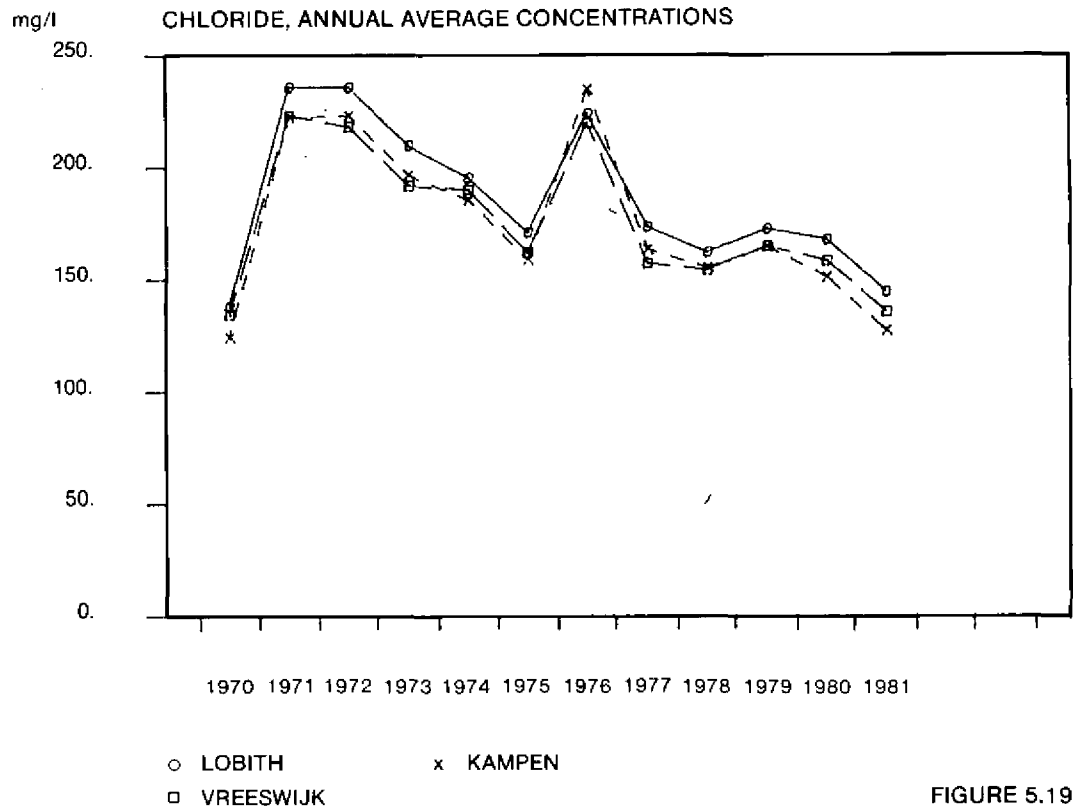


FIGURE 5.19

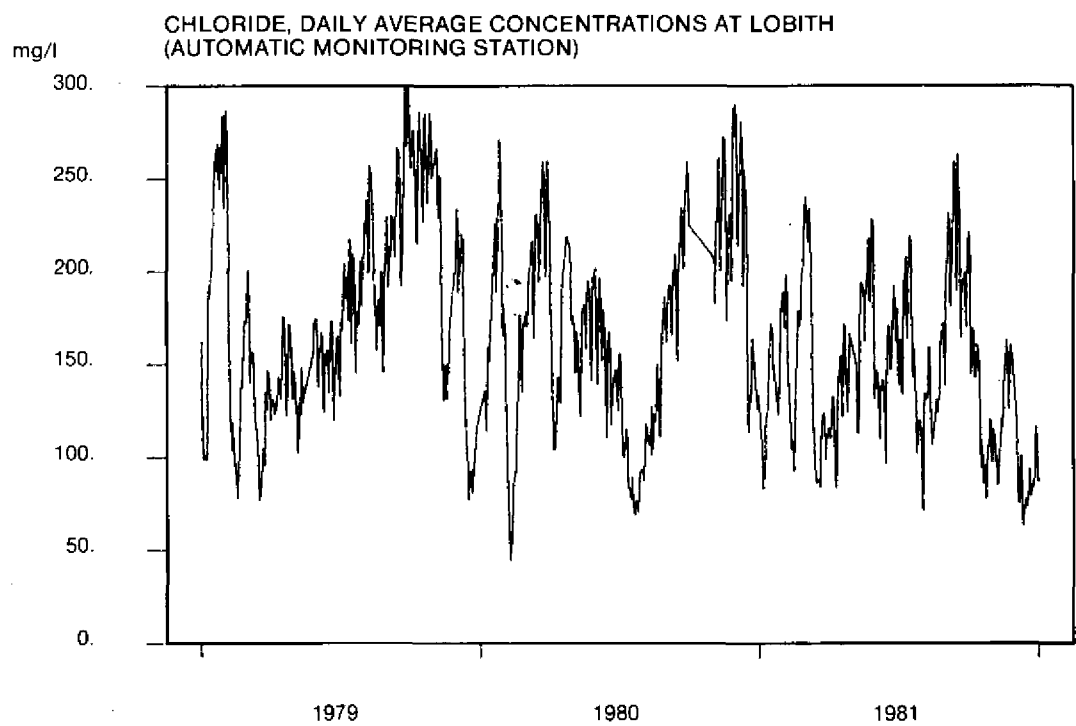
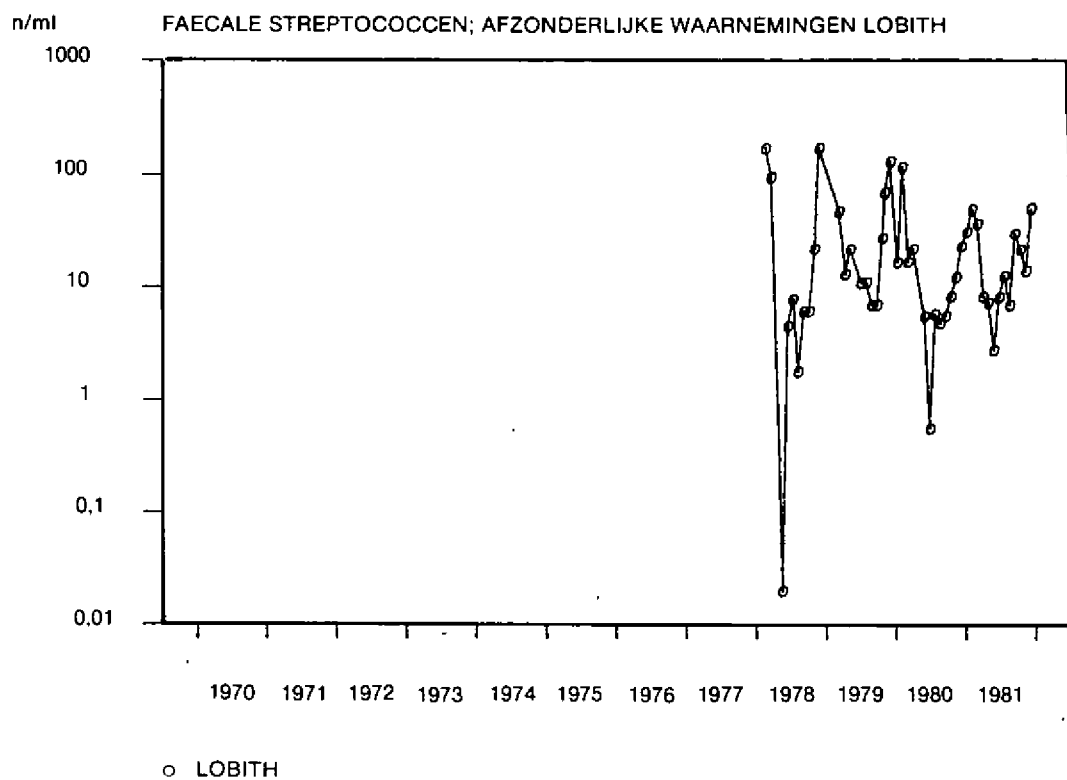
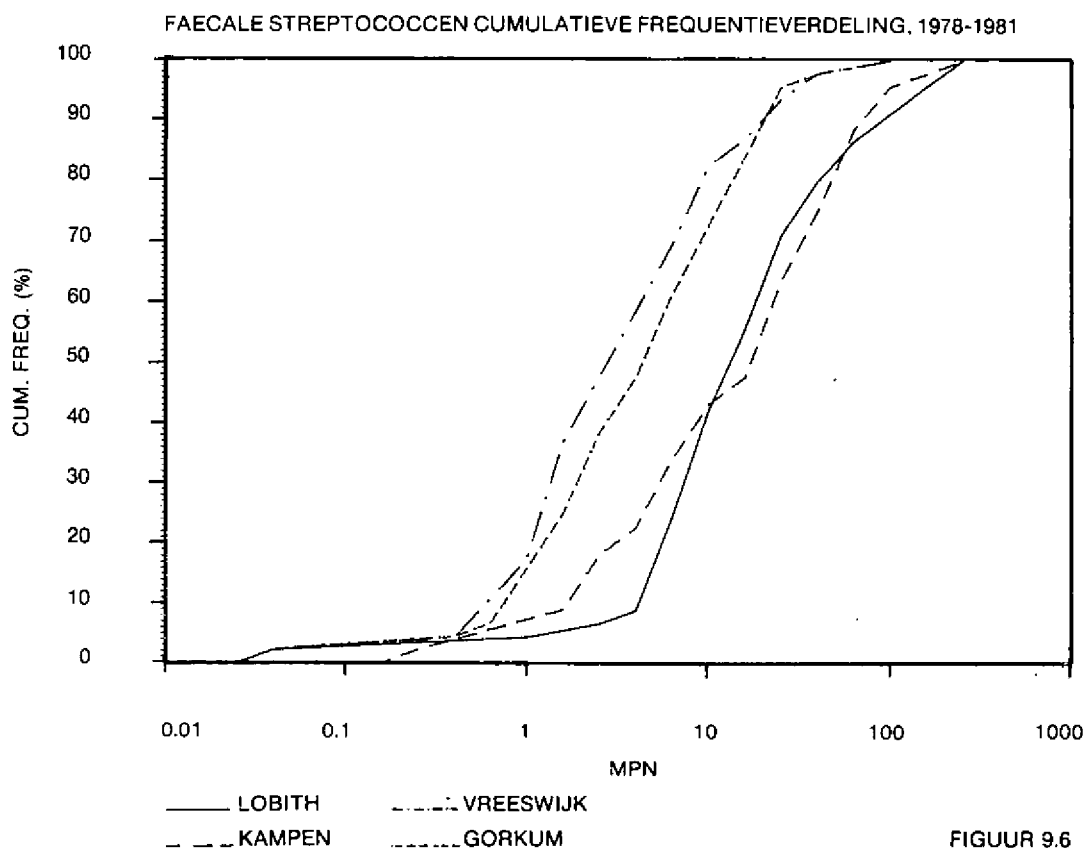


FIGURE 5.20



FIGUUR 9.5



FIGUUR 9.6

*de Neder-Rijn bij Doorwerth*



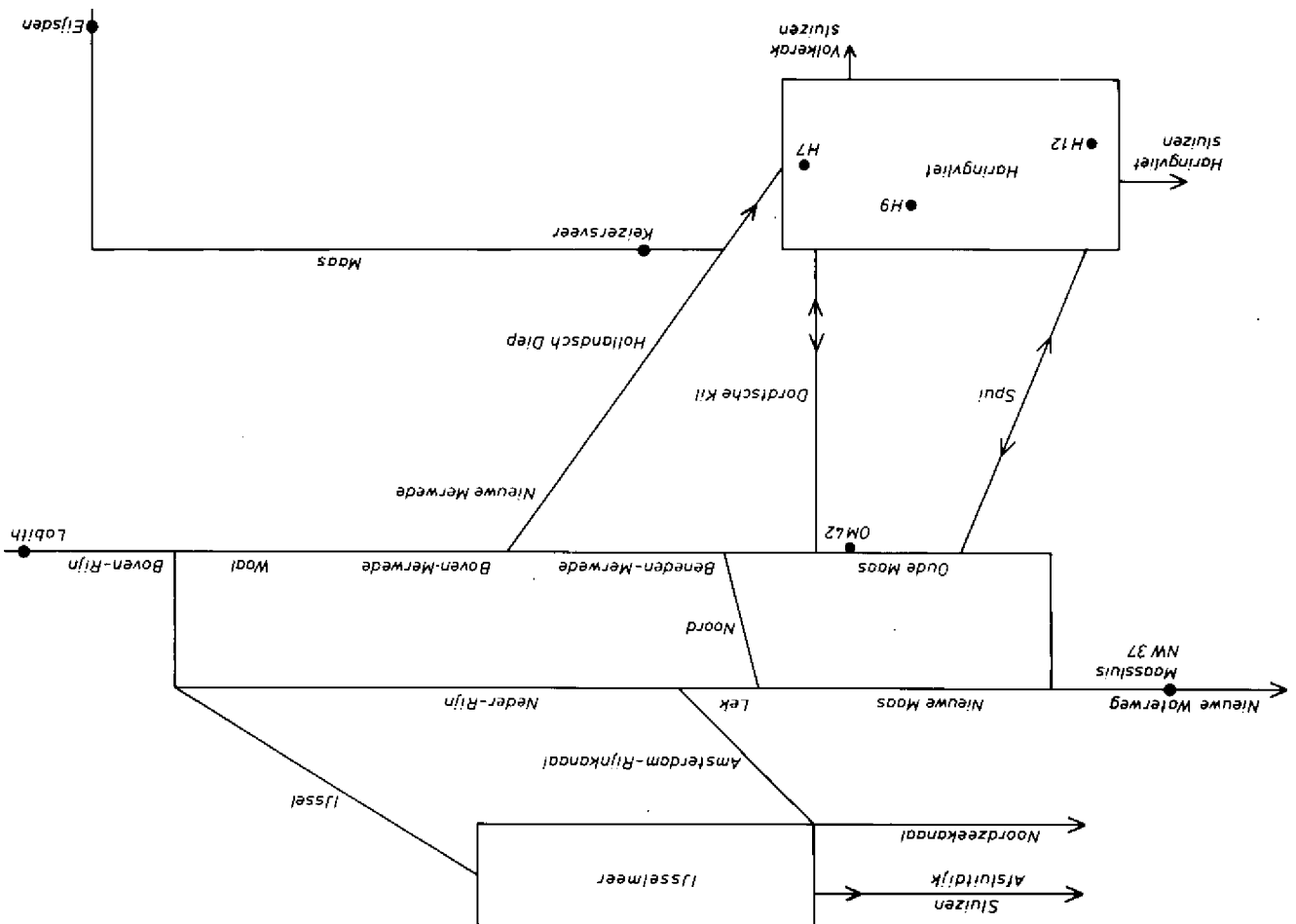


FIGURE IV.1: SCHEMATIC REPRESENTATION OF THE CATCHMENT AREAS OF THE RHINE AND THE MEUSE IN THE NETHERLANDS

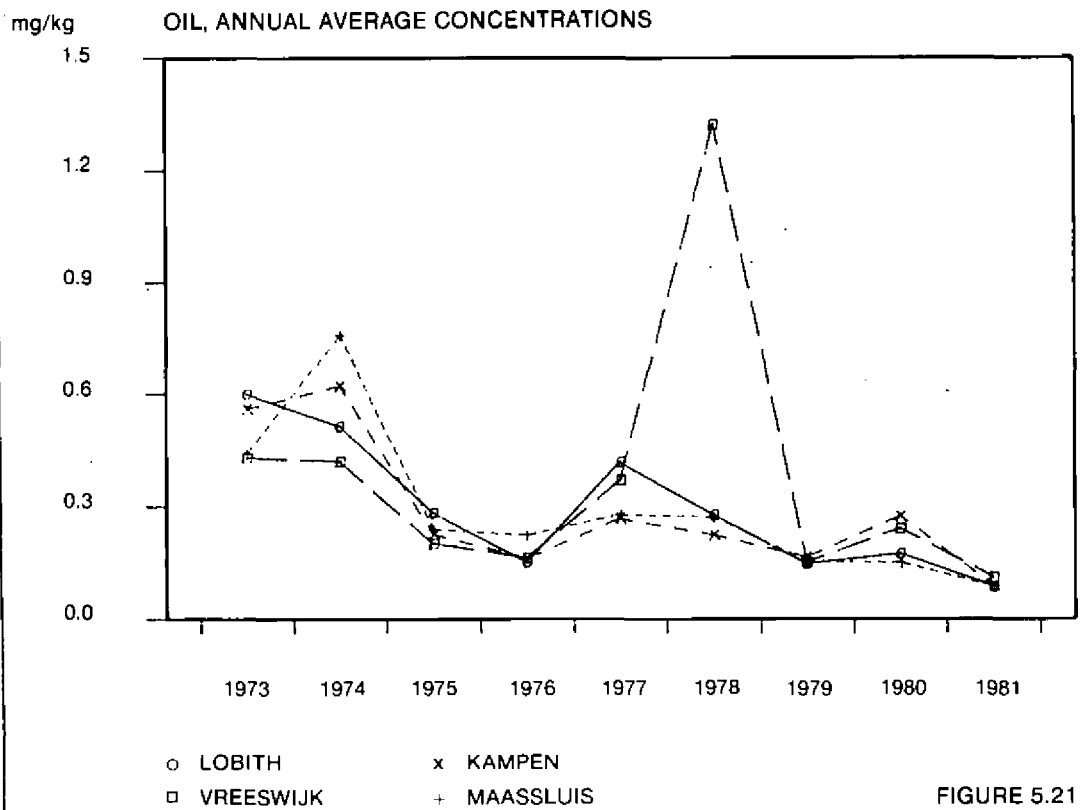


FIGURE 5.21

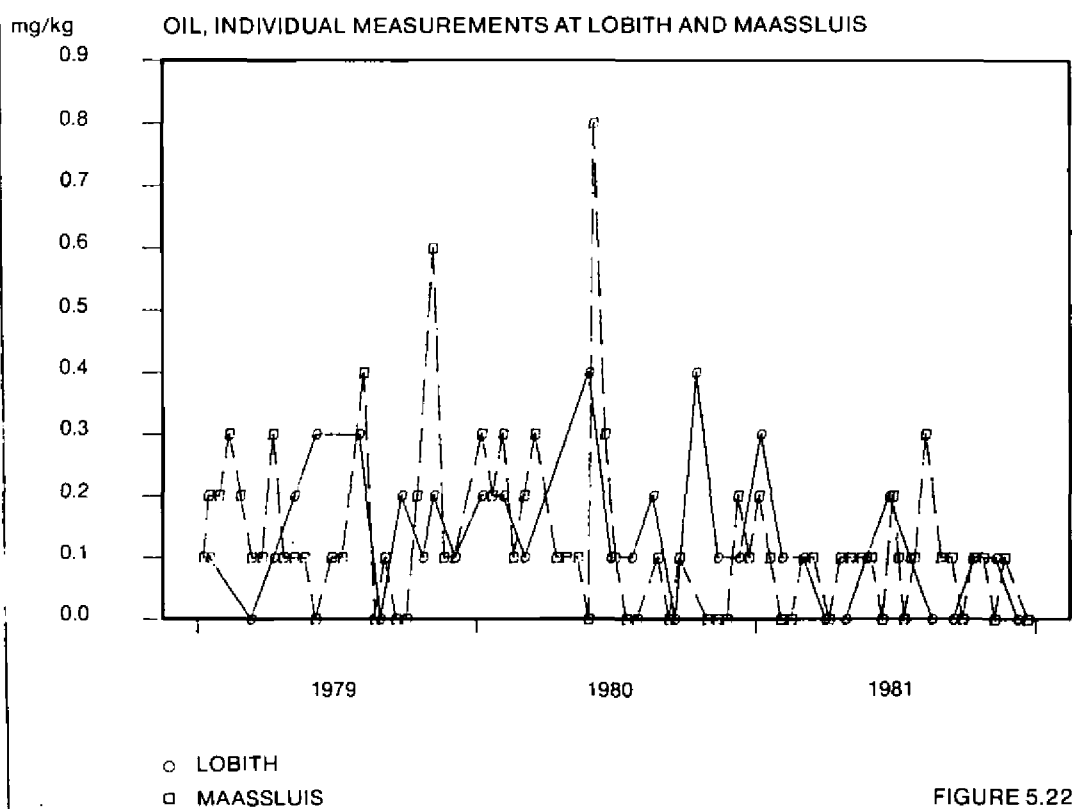


FIGURE 5.22

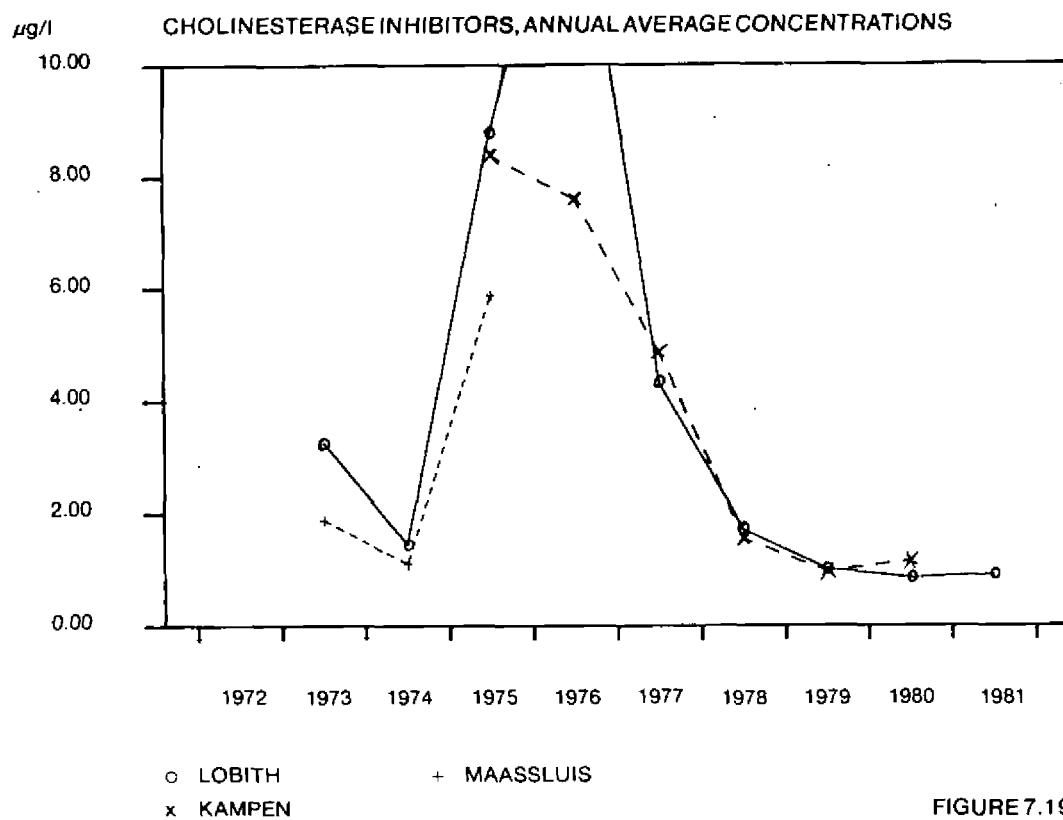


FIGURE 7.19

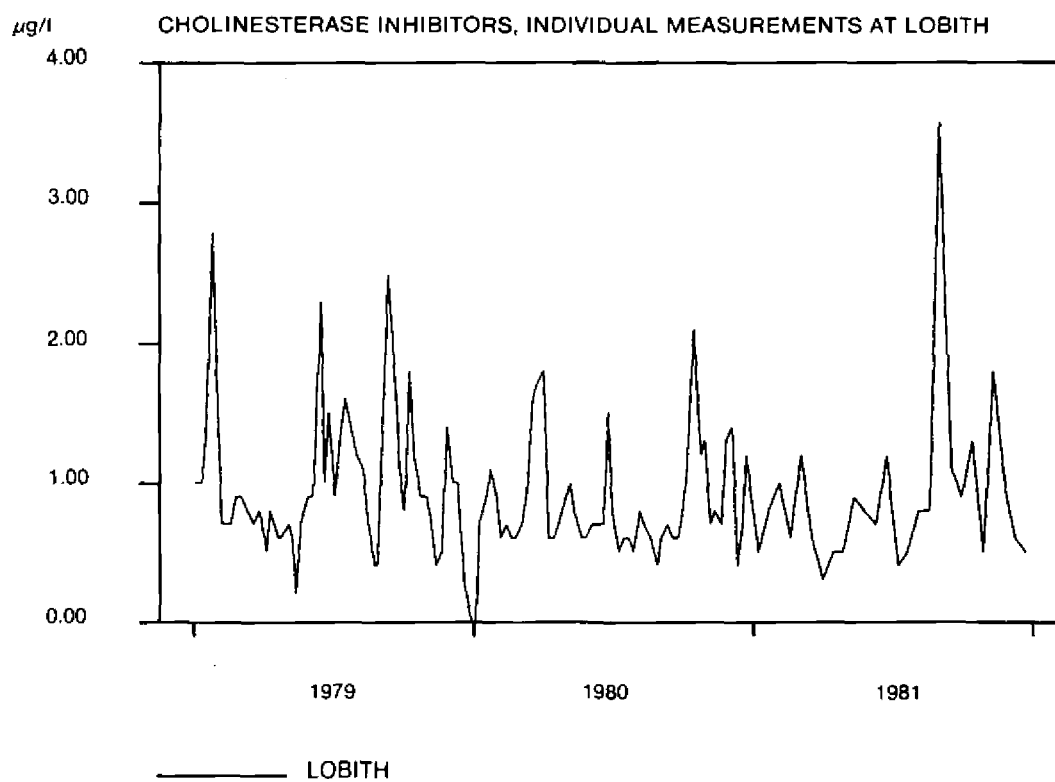


FIGURE 7.20

#### 7.4 Cholinesterase inhibitors

Certain groups of insecticides, viz. the organic-phosphorus esters, such as parathion, malathion, dichlorvos and fenthion, and the carbamates such as carbaryl, exert their biological effect by selective inhibition of the enzyme acetylcholinesterase. These groups of insecticides are determined in surface water by extracting them from the water with a solvent and measuring the effect of this extract on the activity of an enzyme preparation. The inhibition of the enzyme activity by this extract is compared with the inhibitory action of Paraoxon, the oxidation product of parathion. Cholinesterase inhibitors are believed to be, in general, more readily degradable than chlorinated organic pesticides.

As can be seen from the survey of the mean annual concentrations and the survey of the individual readings in recent years (fig. 7.19 and Fig. 7.20), there has been hardly any change in the concentration of cholinesterase inhibitors over recent years. Over the last three years, there has been hardly any change in the concentration of cholinesterase inhibitors over recent years. Over the last three years there has also been hardly any variation in the load of cholinesterase inhibitors (Table 7.18).

Table 7.18: Concentration and load of cholinesterase inhibitors in the Rhine at Lobith ( g/l).

|                                 | 1969  | 1970 | 1971 | 1972 | 1973  | 1974 | 1975  | 1976   | 1977  | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 |
|---------------------------------|-------|------|------|------|-------|------|-------|--------|-------|------|------|------|------|
| mean                            |       |      |      |      | 3.24  | 1.44 | 8.76  | 14.44  | 4.32  | 1.71 | 1.00 | 0.85 | 0.90 |
| median                          | 2.46  | 0.72 | 0.72 | 0.16 | 2.38  | 1.35 | 7.75  | 3.45   | 3.20  | 1.10 | 0.90 | 0.70 | 0.80 |
| maximum                         | 10.67 | 4.01 | 2.00 | 2.30 | 15.80 | 3.64 | 28.40 | 134.00 | 19.00 | 8.20 | 2.80 | 2.10 | 3.60 |
| load (g/s)                      |       |      |      |      | 5.1   | 3.0  | 16.1  | 20.2   | 9.6   | 3.6  | 2.1  | 2.0  | 2.3  |
| Number of measurements per year | 17    | 51   | 52   | 52   | 52    | 50   | 44    | 52     | 51    | 50   | 50   | 50   | 26   |

No data are available on the individual compounds which go to make up the total content of cholinesterase inhibitors. Information with regard to the high concentrations in 1975, 1976 and 1977 is given in (39).

In recent years the cholinesterase inhibitors concentration has not met the basic quality standard ( 1.0 g/l, absolute standard) at any of the sampling points.

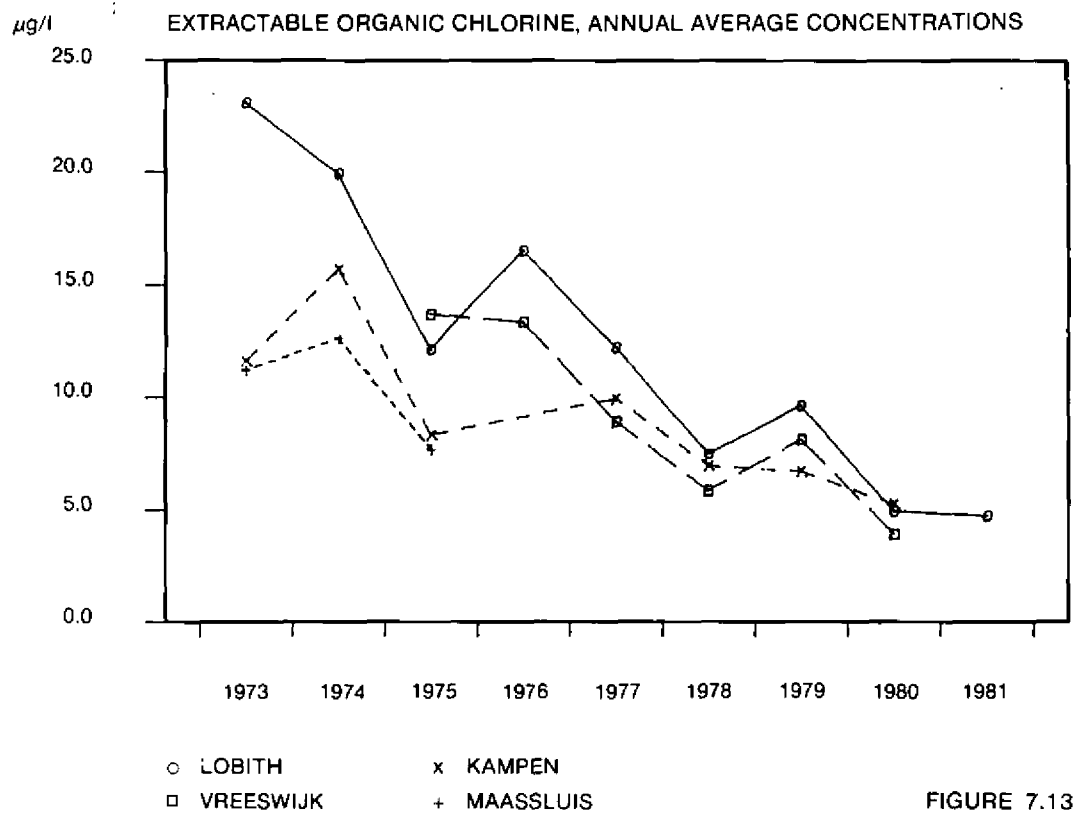


FIGURE 7.13

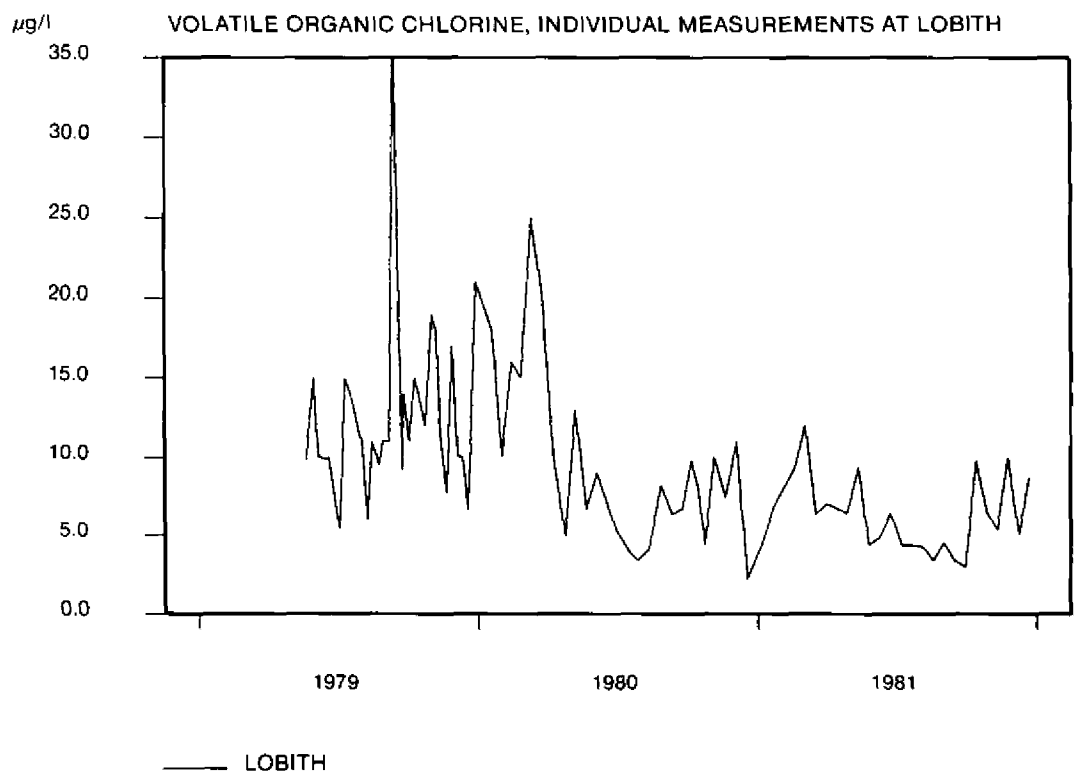


FIGURE 7.14

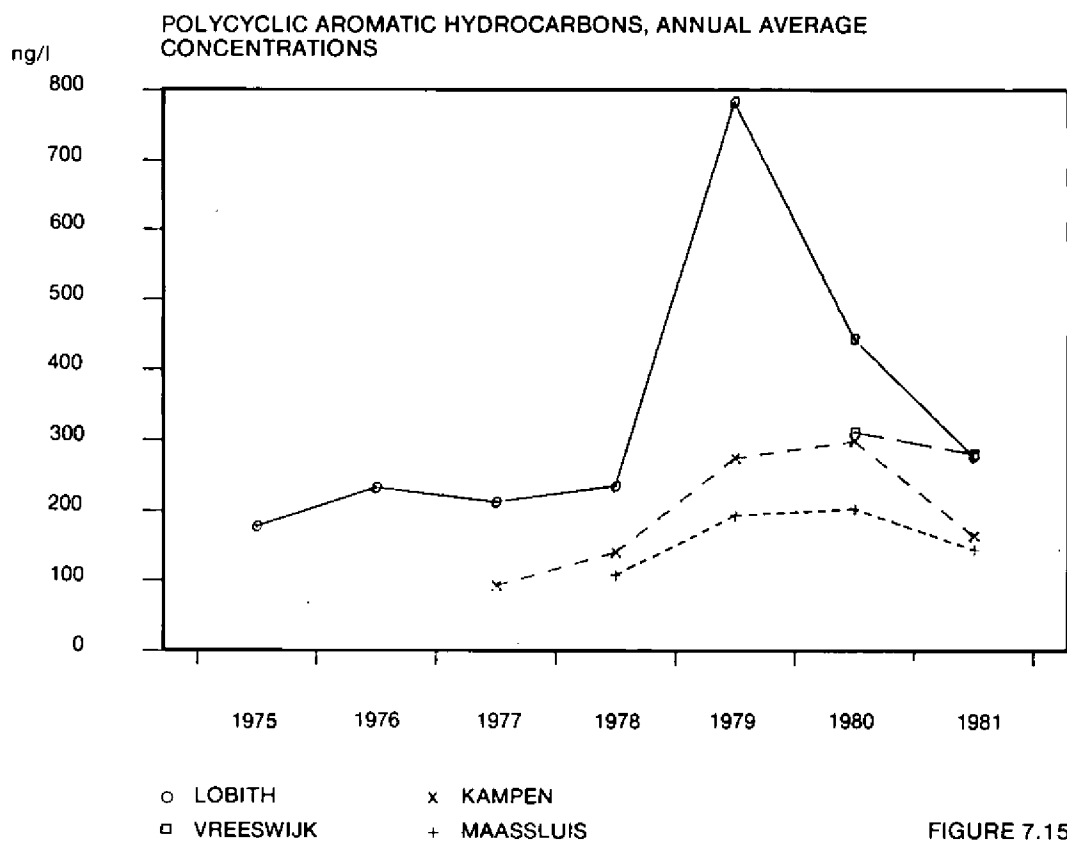


FIGURE 7.15

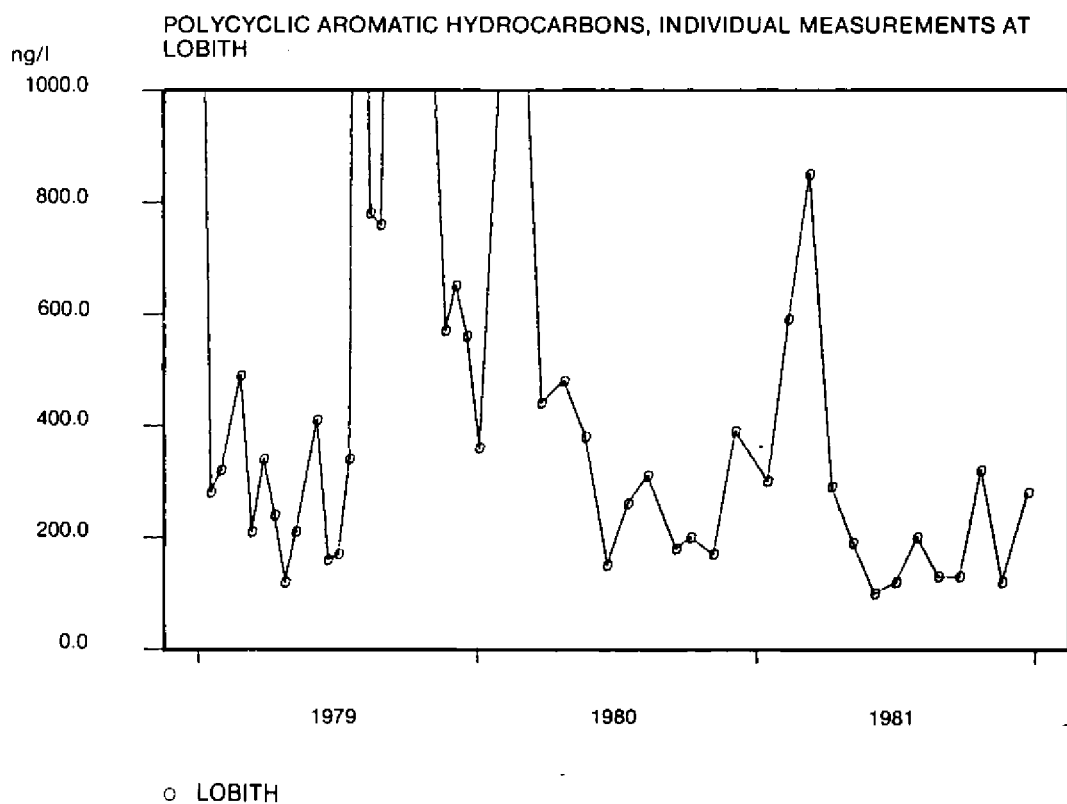


FIGURE 7.16

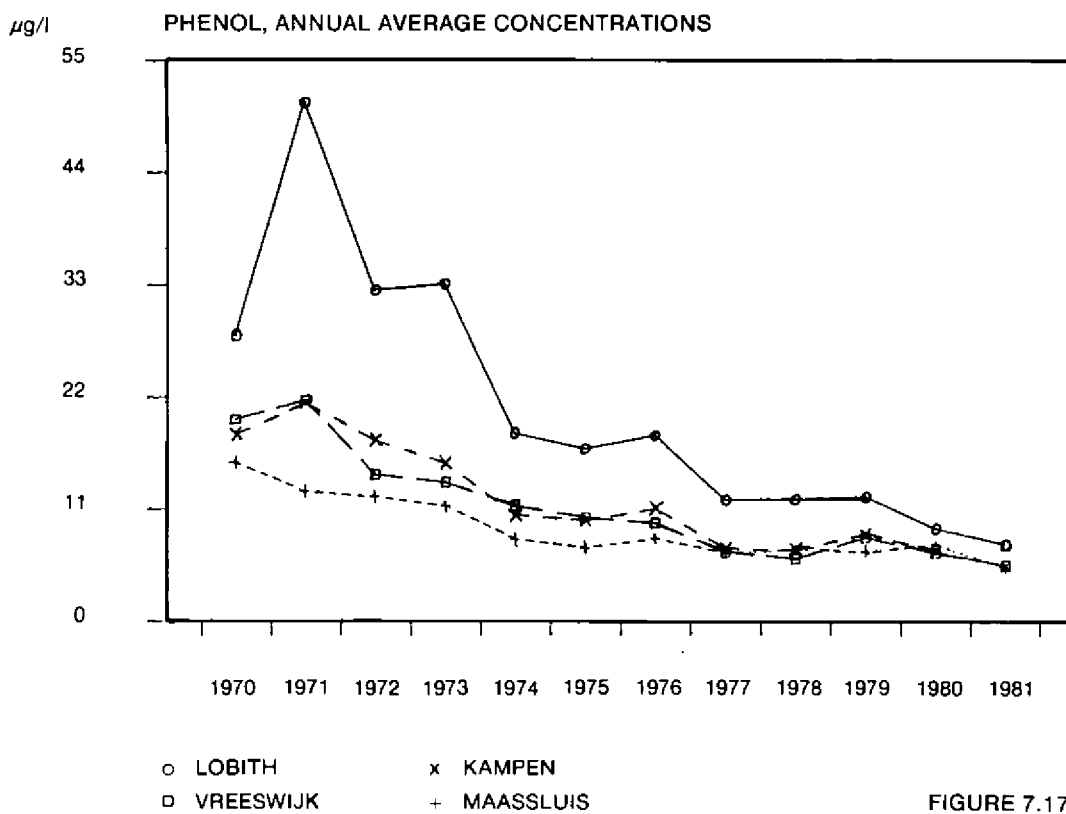


FIGURE 7.17

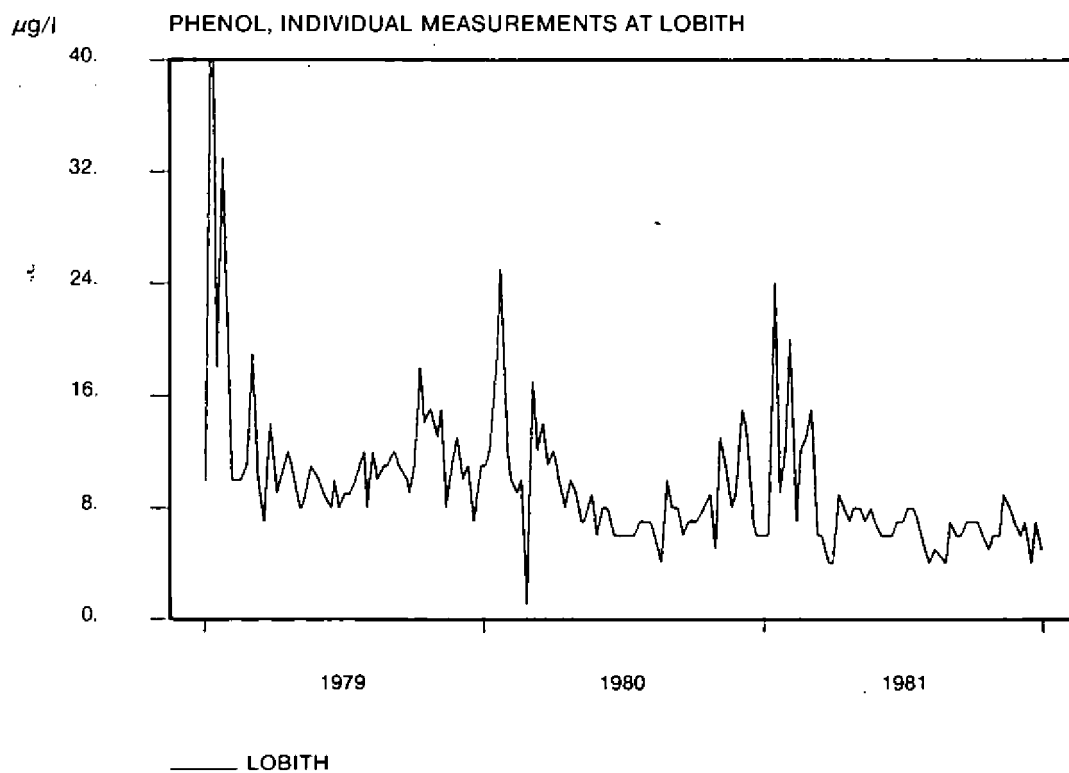


FIGURE 7.18

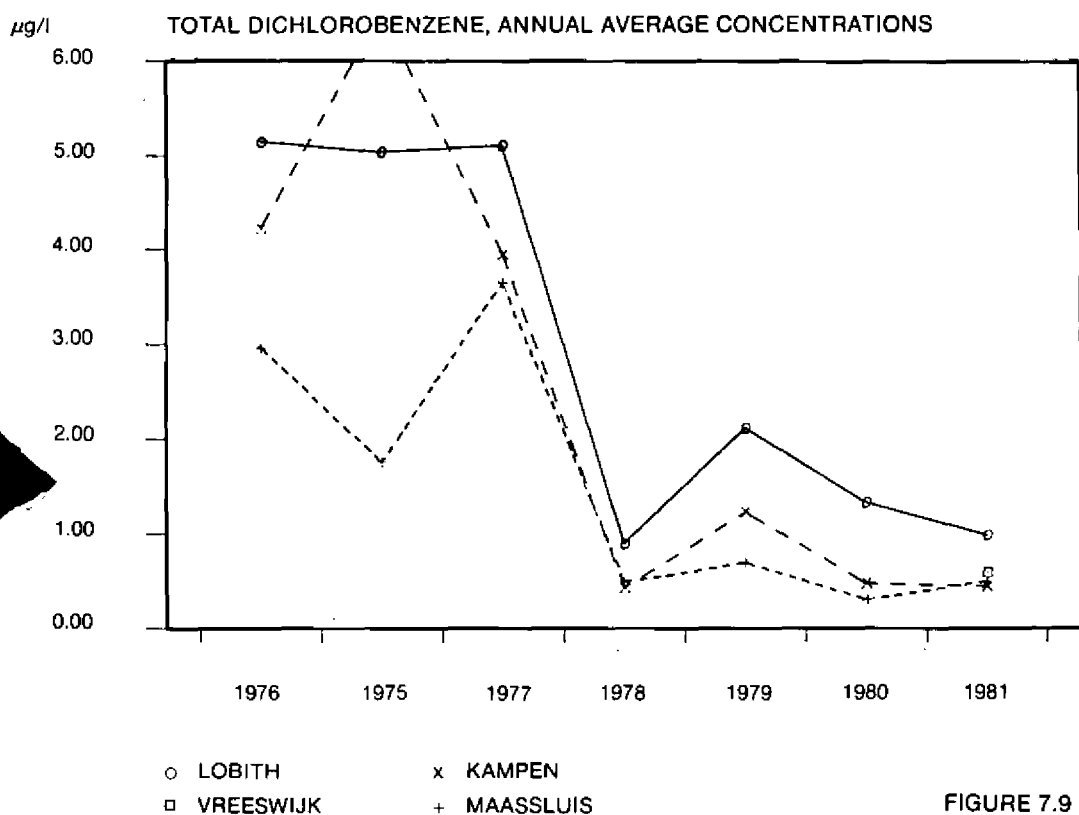


FIGURE 7.9

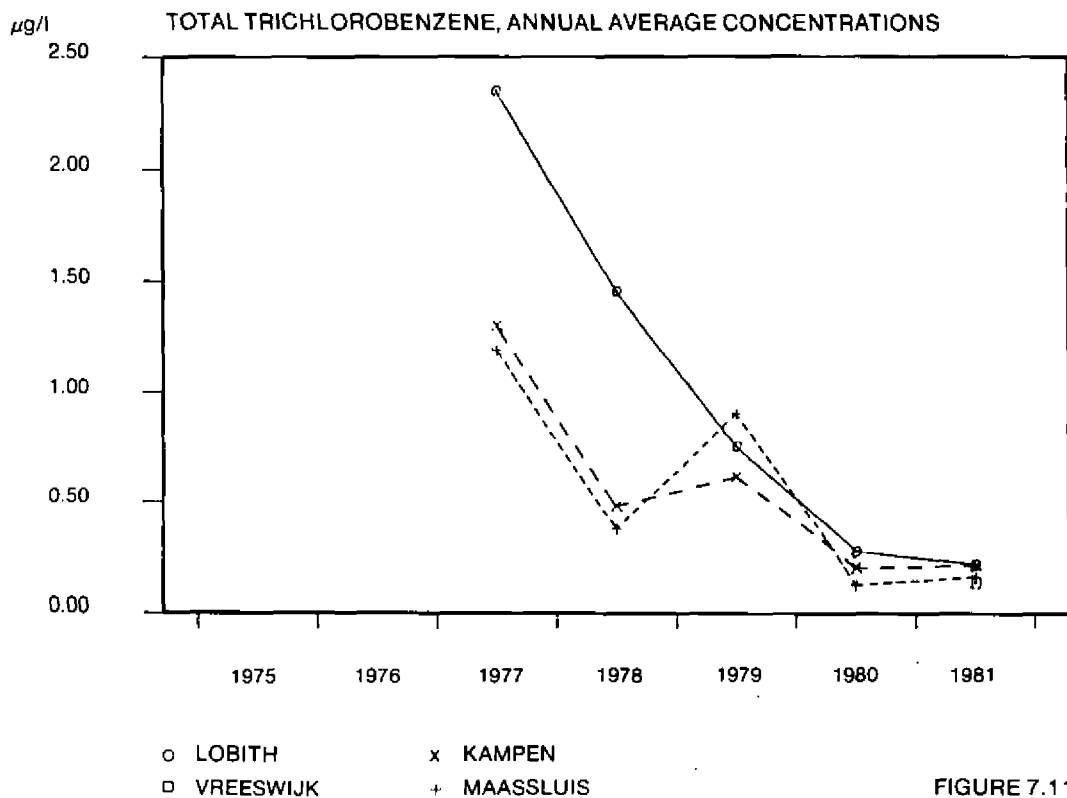


FIGURE 7.11

Table 7.12: Chlorobenzene in Rhine water ( $\mu\text{g/l}$ )

| Total dichloro-<br>benzene  |        | 1975  | 1976  | 1977  | 1978  | 1979 | 1980 | 1981 |
|-----------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| Lobith:                     | mean   | 5.14  | 5.03  | 5.11  | 0.89  | 2.11 | 1.33 | 0.99 |
|                             | median | 4.30  | 4.45  | 3.10  | 0.40  | 1.90 | 0.90 | 0.90 |
|                             | max.   | 22.50 | 13.40 | 22.00 | 3.70  | 7.00 | 4.30 | 3.10 |
| Vreeswijk:                  | mean   |       |       |       |       |      |      | 0.59 |
|                             | median |       |       |       |       |      |      | 0.60 |
|                             | max.   |       |       |       |       |      |      | 1.40 |
| Gorkum:                     | mean   | 4.97  | 4.22  | 3.30  | 0.97  | 0.87 | 0.43 | 0.62 |
|                             | median | 3.50  | 3.00  | 1.85  | 0.02  | 0.25 | 0.30 | 0.25 |
|                             | max.   | 14.30 | 15.00 | 13.50 | 11.80 | 3.00 | 1.70 | 2.50 |
| Maassluis:                  | mean   | 2.96  | 1.75  | 3.65  | 0.49  | 0.69 | 0.30 | 0.49 |
|                             | median | 2.20  | 0.80  | 3.20  | 0.02  | 0.35 | 0.20 | 0.00 |
|                             | max.   | 7.40  | 4.00  | 13.00 | 2.50  | 2.70 | 1.50 | 2.70 |
| Total trichloro-<br>benzene |        |       |       |       |       |      |      |      |
| Lobith:                     | mean   |       |       | 2.35  | 1.45  | 0.75 | 0.26 | 0.20 |
|                             | median |       |       | 1.60  | 0.65  | 0.50 | 0.10 | 0.10 |
|                             | max.   |       |       | 7.00  | 9.50  | 2.40 | 1.20 | 1.00 |
| Vreeswijk:                  | mean   |       |       |       |       |      |      | 0.12 |
|                             | median |       |       |       |       |      |      | 0.08 |
|                             | max.   |       |       |       |       |      |      | 0.50 |
| Gorkum:                     | mean   |       |       | 2.25  | 0.96  | 0.60 | 0.18 | 0.18 |
|                             | median |       |       | 1.10  | 0.50  | 0.40 | 0.08 | 0.08 |
|                             | max    |       |       | 8.60  | 7.60  | 2.10 | 1.10 | 0.70 |
| Maassluis:                  | mean   |       |       | 1.19  | 0.36  | 0.90 | 0.11 | 0.15 |
|                             | median |       |       | 1.10  | 0.30  | 0.40 | 0.10 | 0.05 |
|                             | max.   |       |       | 2.40  | 0.90  | 4.80 | 0.30 | 0.90 |
| Load at Lobith<br>(g/s)     |        | 9.8   | 6.7   | 12.8  | 2.2   | 4.8  | 3.4  | 2.8  |
| Total dichlorobenzene       |        |       |       | 4.8   | 5.3   | 1.9  | 0.6  | 0.5  |
| Total trichlorobenzene      |        |       |       |       |       |      |      |      |

Number of measurements: about 26 per year at Lobith and about 13 per year at the other sampling points.

Figure 7.10: Total dichlorobenzene, individual measurements at Lobith.

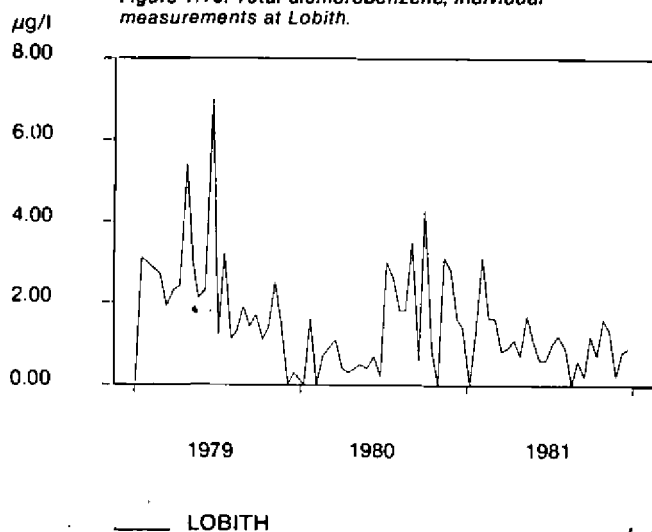
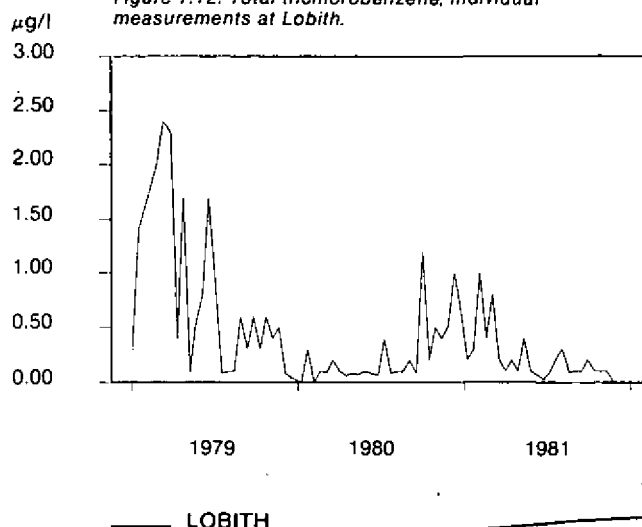


Figure 7.12: Total trichlorobenzene, individual measurements at Lobith.



**Table 7.11: Volatile halogenated organic compounds in Rhine water ( $\mu\text{g/l}$ )**

| Trichloroethene       |         | 1979 | 1980  | 1981  |
|-----------------------|---------|------|-------|-------|
| Lobith                | mean    | 0.72 | 0.53  | 0.20  |
|                       | median  | 0.65 | 0.50  | 0.15  |
|                       | maximum | 2.40 | 1.00  | 0.80  |
| Kampen                | median  | 0.30 | 0.30  | 0.13  |
| Vreeswijk             | median  |      |       | 0.15  |
| Gorkum                | median  | 0.40 | 0.30  | 0.15  |
| Maassluis             | median  | 0.55 | 0.40  | 0.07  |
| 1,2-dichloroethane    |         |      |       |       |
| Lobith                | mean    | 8.9  | 4.3   | 2.7   |
|                       | median  | 6.3  | 4.2   | 1.1   |
|                       | maximum | 55   | 13    | 13    |
| Kampen                | median  | 2.1  | 2.0   | 0.0   |
| Vreeswijk             | median  |      |       | 0.0   |
| Gorkum                | median  | 0.0  | 2.0   | 0.7   |
| Maassluis             | median  | 2.9  | 8.5   | 2.1   |
| 1,1,1-trichloroethane |         |      |       |       |
| Lobith                | mean    | 0.01 | 0.03  | 0.06  |
|                       | median  | 0.00 | 0.00  | 0.01  |
|                       | maximum | 0.15 | 0.40  | 0.80  |
| Kampen                | median  | 0.00 | 0.00  | 0.02  |
| Vreeswijk             | median  |      |       | 0.00  |
| Gorkum                | median  | 0.00 | 0.00  | 0.03  |
| Maassluis             | median  | 0.00 | 0.00  | 0.07  |
| Trichloromethane      |         |      |       |       |
| Lobith                | mean    | 3.03 | 2.28  | 3.68  |
|                       | median  | 2.90 | 2.20  | 1.05  |
|                       | maximum | 5.60 | 5.10  | 51.00 |
| Kampen                | median  | 1.35 | 1.30  | 0.65  |
| Vreeswijk             | median  |      |       | 0.50  |
| Gorkum                | median  | 2.00 | 1.30  | 1.00  |
| Maassluis             | median  | 1.95 | 1.50  | 0.70  |
| Tetrachloromethane    |         |      |       |       |
| Lobith                | mean    | 1.82 | 2.51  | 3.31  |
|                       | median  | 1.00 | 1.65  | 0.10  |
|                       | maximum | 7.70 | 11.00 | 50.00 |
| Kampen                | median  | 0.95 | 1.00  | 0.04  |
| Vreeswijk             | median  |      |       | 0.03  |
| Gorkum                | median  | 0.75 | 1.40  | 0.04  |
| Maassluis             | median  | 0.83 | 1.20  | 0.15  |
| Tetrachloroethene     |         |      |       |       |
| Lobith                | mean    | 0.89 | 0.83  | 0.50  |
|                       | median  | 0.60 | 0.60  | 0.60  |
|                       | maximum | 4.00 | 3.40  | 2.10  |
| Kampen                | median  | 0.35 | 0.30  | 0.18  |
| Vreeswijk             | median  |      |       | 0.15  |
| Gorkum                | median  | 0.35 | 0.40  | 0.30  |
| Maassluis             | median  | 0.80 | 0.65  | 0.20  |

Number of measurements: about 26 per year at Lobith and about 10-13 per year at the other sampling points.

# INDIVIDUAL MEASUREMENTS AT LOBITH $\mu\text{g/l}$

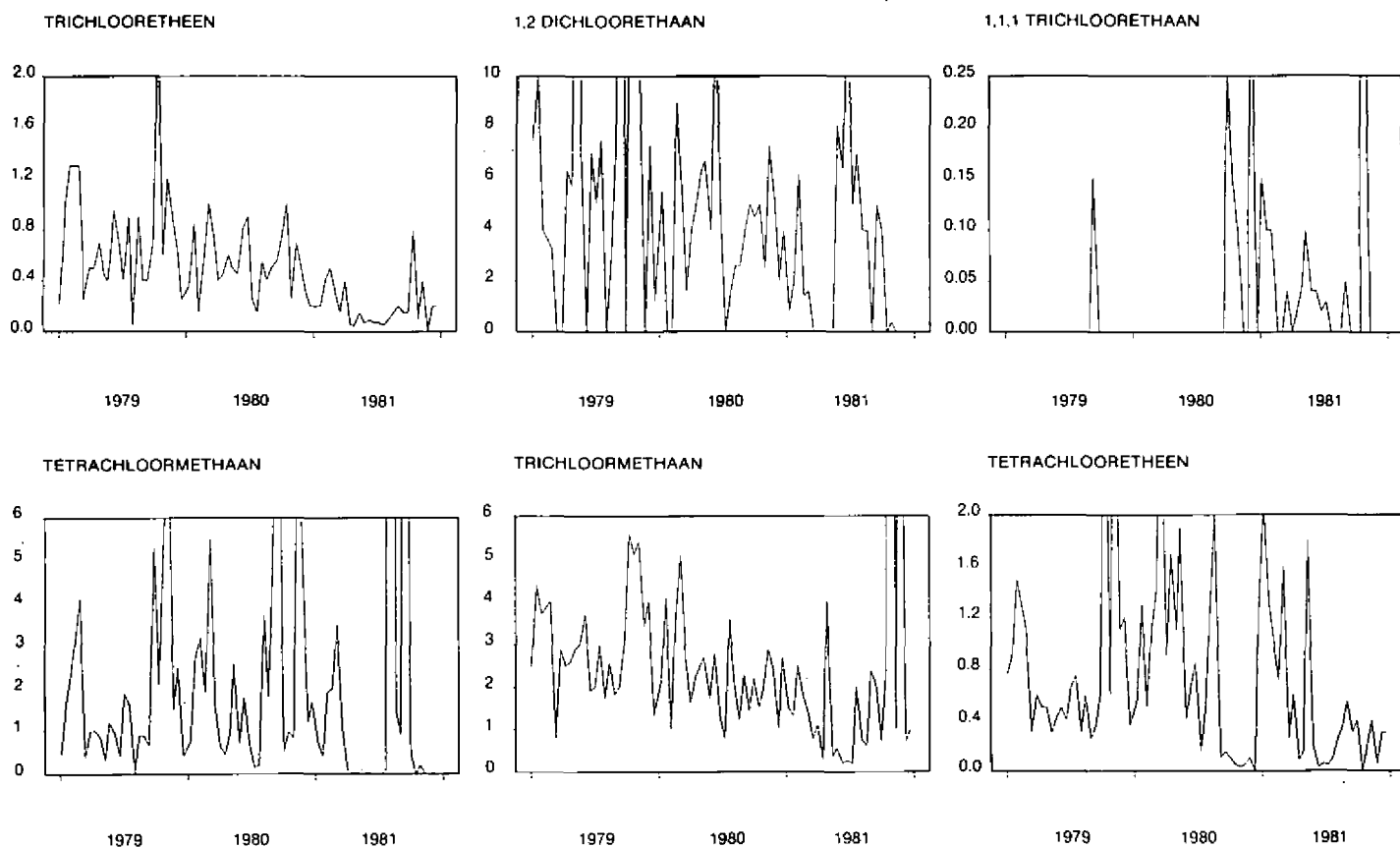


FIGURE 7.7

## CUMULATIVE FREQUENCY DISTRIBUTION

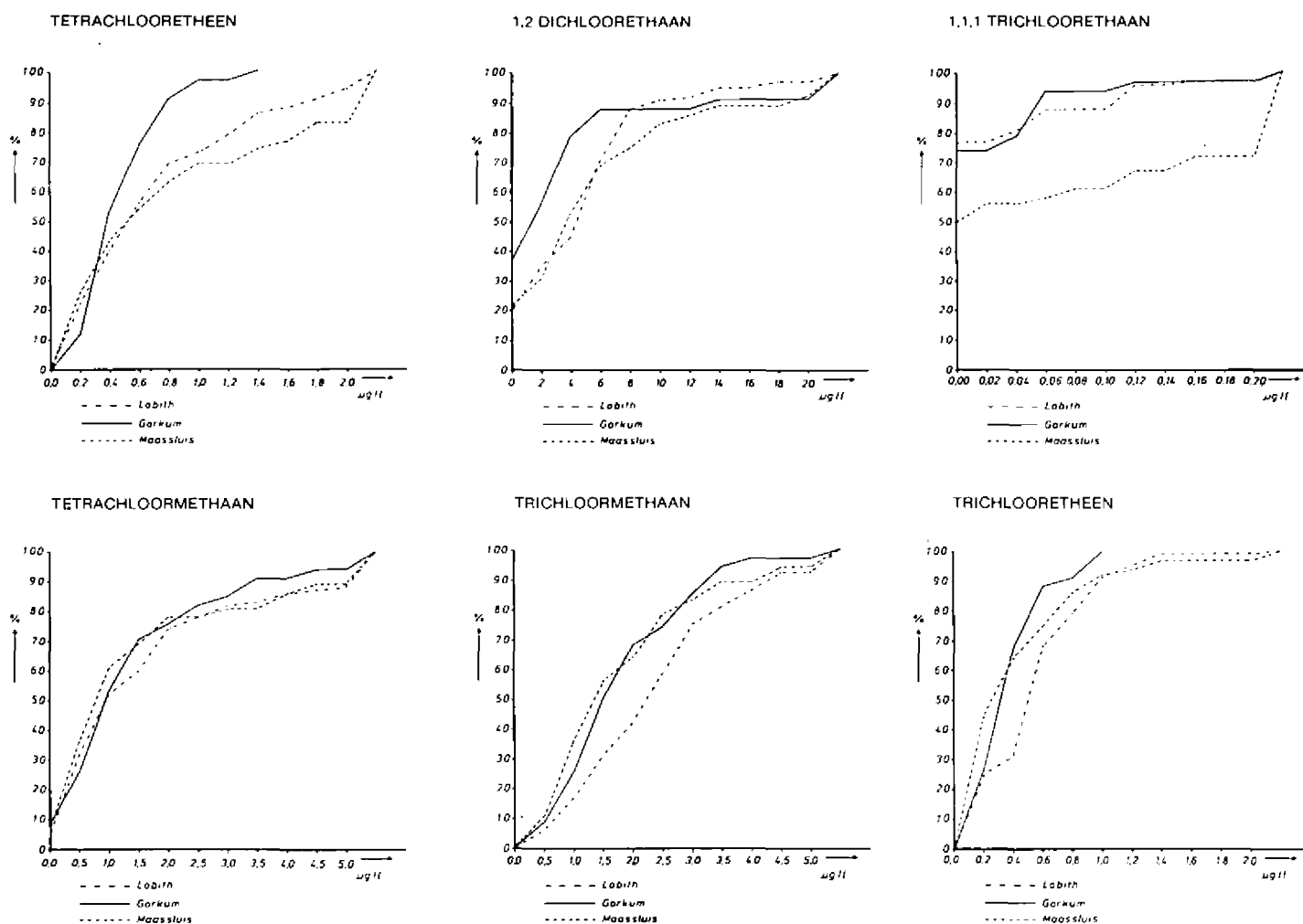


FIGURE 7.8

In general, the concentrations of the chlorophenols under discussion which have been recorded at the Gorkum and Kampen sampling points are the same as or somewhat lower than the concentrations recorded at Lobith.

It can be seen from Table 7.6 that the PCP concentration was much greater in 1977 than before or since. The reason for this is not known. In recent years there has been a considerable fall in the concentrations. In contrast to the situation in 1976-1979, over the past two years 2,4,5-TCP has been found in concentrations over the detection limit ( $0.01 \mu\text{g/l}$ ) only a limited number of times. In this context see Table 7.6a and Fig. 7.6. On the other hand, there has been a rise in the frequency with which 2,3,4- and 2,3,5-TCP are found in concentrations above the detection limit.

The 2,4,6-TCP concentration appears to have fallen somewhat. Furthermore, taking all chlorophenols together, the concentrations recorded in 1981 are distinctly lower than those recorded in previous years. Whether or not this is solely due to the rate of flow, which has been relatively high on a mean annual basis, or whether other factors (such as a structural reduction in the level of pollution) may also have played a role here is not known.

Table 7.6a: Frequency with which pentachlorophenol and trichlorophenol have been found in Rhine water in concentrations equal to the detection limit or higher.

|                       | 1976 | '77 | '78 | '79 | '80 | '81 |
|-----------------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Pentachlorophenol     | 100  | 100 | 100 | 84  | 100 | 100 |
| 2,3,4-trichlorophenol | 0    | 4   | 20  | 8   | 96  | 31  |
| 2,3,5-trichlorophenol | 0    | 12  | 40  | 39  | 88  | 77  |
| 2,3,6-trichlorophenol | 4    | 24  | 20  | 50  | 92  | 31  |
| 2,4,5-trichlorophenol | 80   | 48  | 72  | 71  | 38  | 27  |
| 2,4,6-trichlorophenol | 96   | 90  | 100 | 82  | 100 | 96  |
| 3,4,5-trichlorophenol | 6    | 30  | 12  | 42  | 38  | 15  |

The pentachlorophenol concentration does not meet the basic quality standard ( $0.05 \mu\text{g/l}$ ; absolute standard).

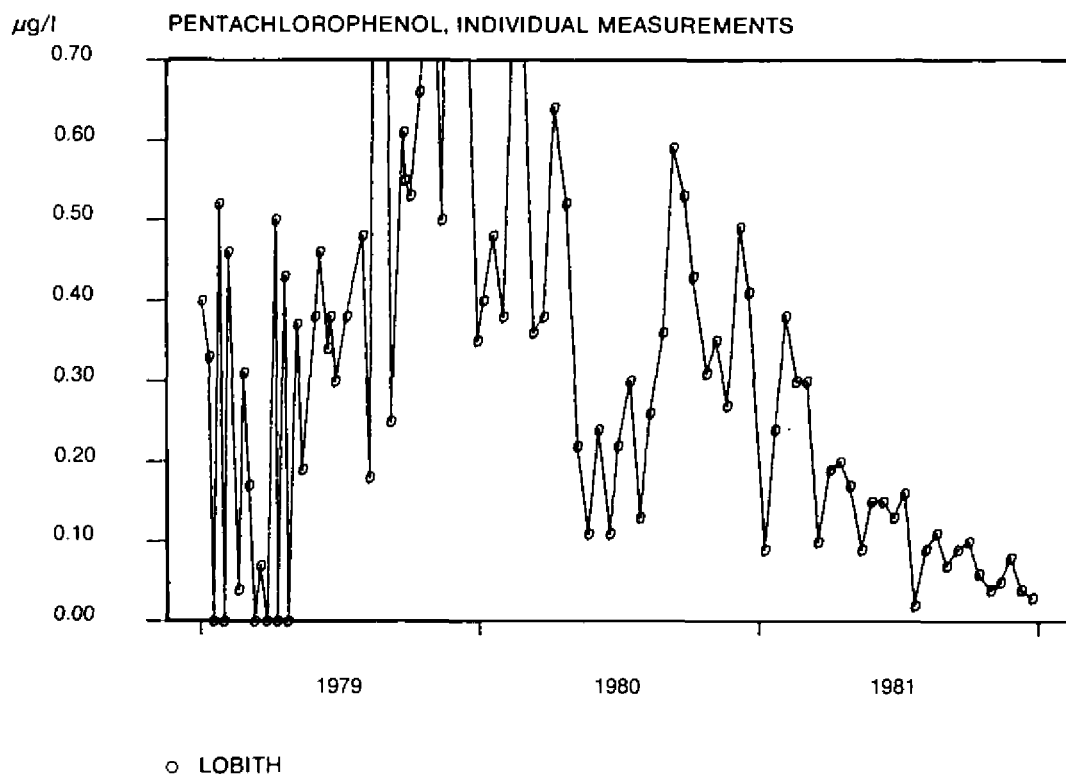


FIGURE 7.5

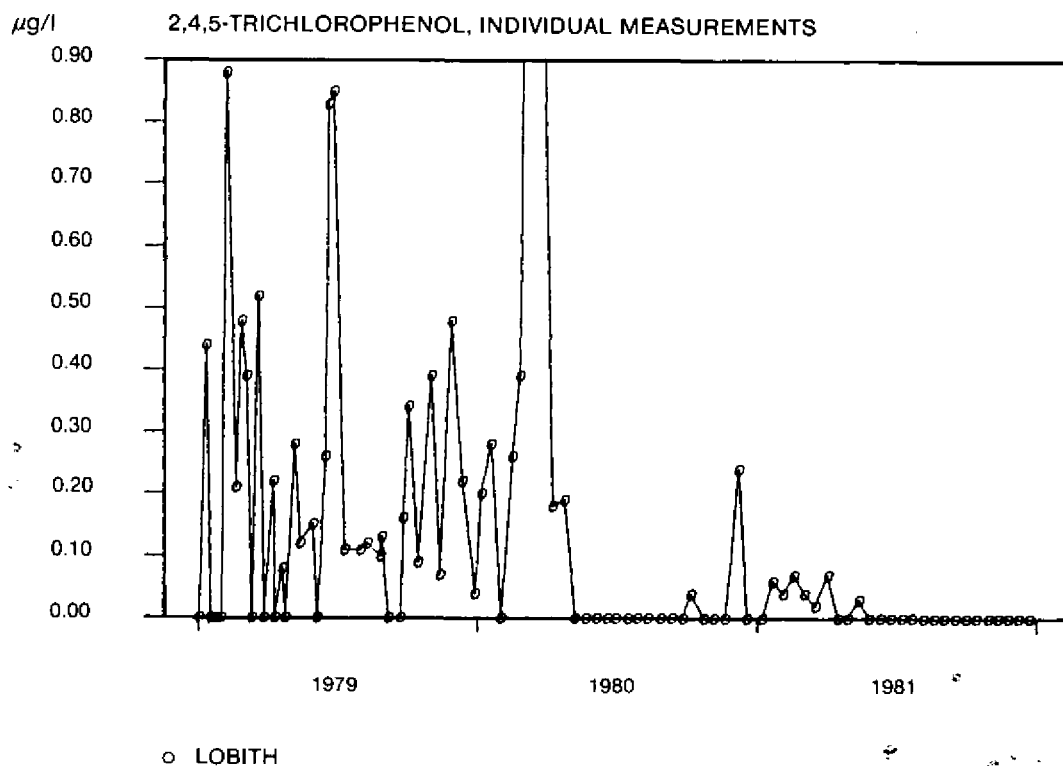


FIGURE 7.6

Table 7.3: Hexachlorobenzene concentration and load; Rhine at Lobith

|                             | 73   | 74   | 75   | 76   | 77   | 78   | 79   | 80   | 81   |
|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| mean ( $\mu\text{g/l}$ )    | 0.11 | 0.11 | 0.07 | 0.13 | 0.08 | 0.05 | 0.09 | 0.05 | 0.02 |
| median ( $\mu\text{g/l}$ )  | 0.08 | 0.10 | 0.06 | 0.12 | 0.06 | 0.03 | 0.08 | 0.05 | 0.02 |
| maximum ( $\mu\text{g/l}$ ) | 0.55 | 0.39 | 0.21 | 0.39 | 1.20 | 0.40 | 0.21 | 0.11 | 0.06 |
| load (g/s)                  | 0.18 | 0.23 | 0.14 | 0.16 | 0.16 | 0.09 | 0.17 | 0.10 | 0.06 |
| number of measurements      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| per year                    | 52   | 50   | 43   | 52   | 52   | 50   | 12   | 15   | 14   |

Although it is probable that a considerable proportion of the hexachlorobenzene is bound to suspended matter, the stray values recorded for the concentration display no correlation with the suspended matter content. This is in contrast to the picture presented by the heavy metals, for example. This means that these stray values probably result from large variations in the quantities discharged. As far as HCB is concerned, Rhine water does not meet the basic quality standard ( $<0.05 \mu\text{g/l}$ ). For the past four to five years the Government Institute of Fisheries Research (RIVO) has been carrying out a study into the incidence of HCB in eels from, inter alia, the Rhine (and its tributaries). The results are shown in Table 7.4.

Table 7.4: Hexachlorobenzene concentration in eels (mg/kg based on net weight)

| Sampling point          | 77  | 78  | 79  | 80  | 81  |
|-------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Rhine at Lobith         | -   | 2,1 | 2,8 | 3,5 | 3,2 |
| Waal at Weurt           | -   | -   | -   | -   | 3,3 |
| Waal at Wamel           | -   | 1,8 | 1,5 | -   | 2,4 |
| Upper Merwede at Gorkum | -   | -   | -   | 4,7 | 3,5 |
| Ketelmeer               | 2,5 | 1,5 | 0.7 | 1,1 | 2,0 |
| - no data available     |     |     |     |     |     |

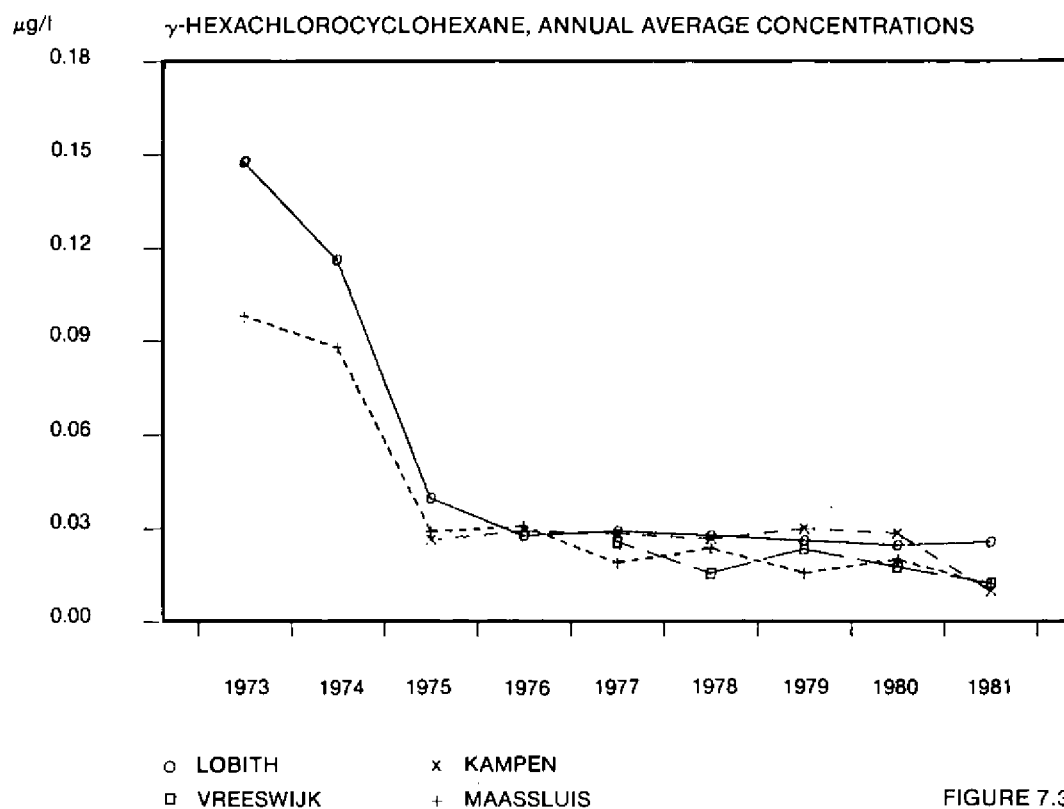


FIGURE 7.3

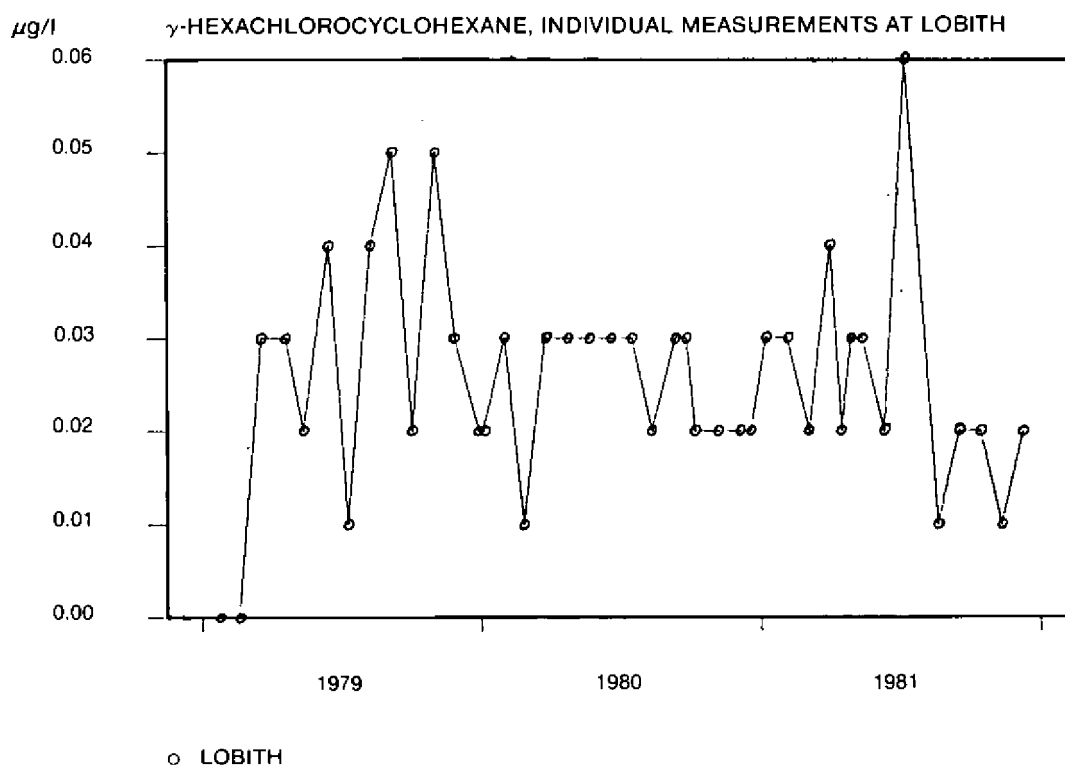


FIGURE 7.4

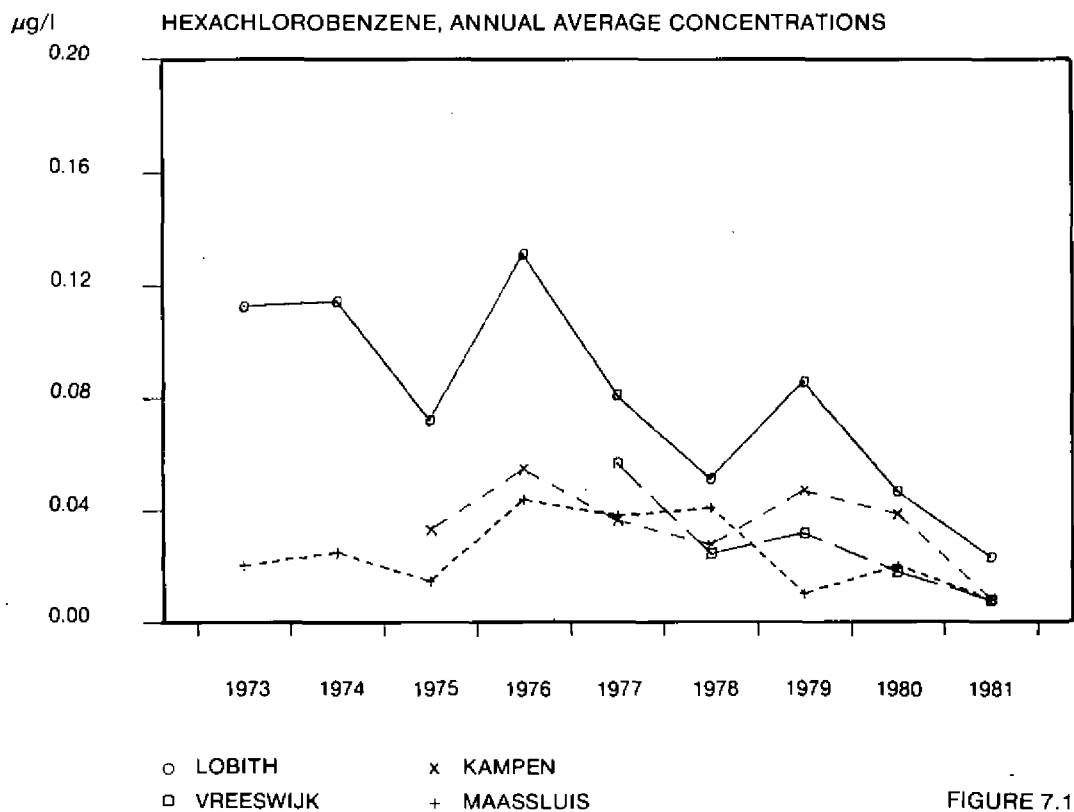


FIGURE 7.1

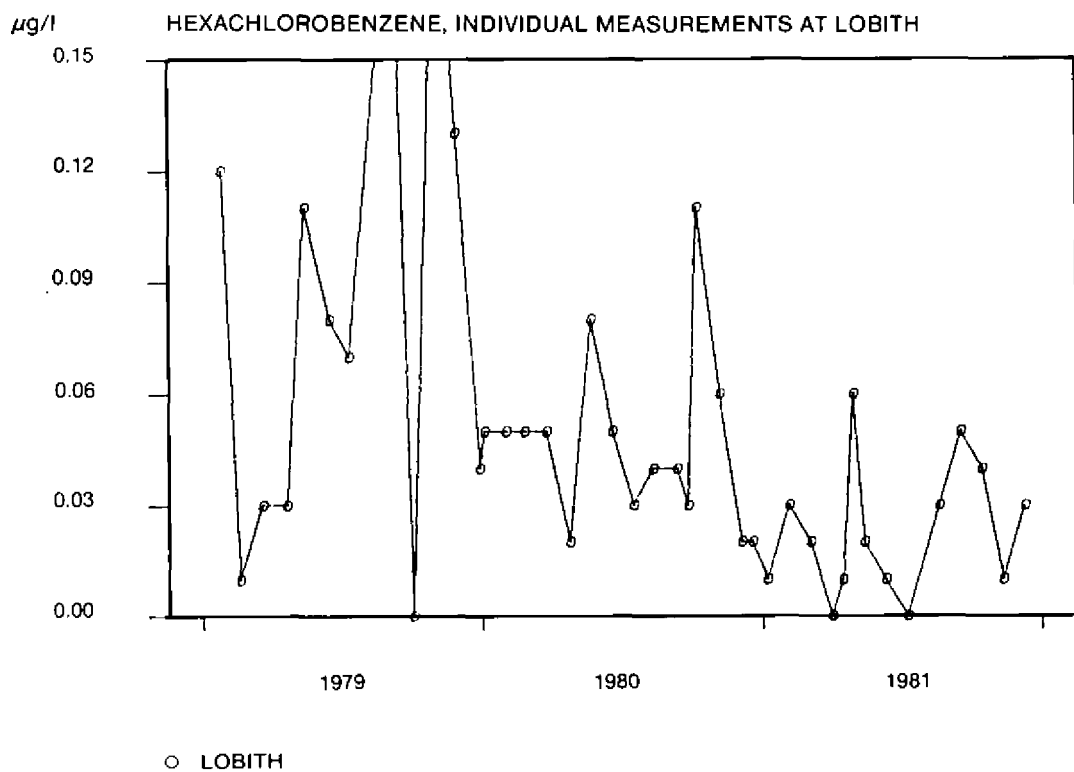


FIGURE 7.2

The other sampling points where these substances are regularly monitored present a picture which is more or less in accord with that presented by the Lobith and Maassluis sampling points. One striking feature to emerge is that after a number of years in which these substances were no longer detected, aldrin, dieldrin and endrin have in recent years once again been found in Rhine water on one or more occasions in concentrations at the detection limit or above. The cause is not known.

Table 7.2: The incidence of chlorinated organic pesticides in Rhine water. Number of readings of 0.01 g/l (detection limit) or higher.

| Lobith                          | 1973            | 74             | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 <sup>xxx</sup> | 81 <sup>xxx</sup> |
|---------------------------------|-----------------|----------------|----|----|----|----|----|-------------------|-------------------|
| Aldrin                          | 0               | 0              | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 4                 | 2                 |
| Dieldrin                        | 4               | 2 <sup>x</sup> | 2  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0                 | 0                 |
| Endrin                          | 0               | 0              | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0                 | 0                 |
| p,p-DDT                         | 7               | 2              | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0                 | 0                 |
| o,p-DDT                         | 10 <sup>x</sup> | 2              | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1                 | 0                 |
| p,p-DDE                         | 10 <sup>x</sup> | 1              | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0                 | 0                 |
| Heptachlor                      | 26 <sup>x</sup> | 4              | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1                 | 1                 |
| Heptachlor-epoxide              | 7               | 1              | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0                 | 0                 |
| α-endosulfan <sup>++</sup>      | 8 <sup>x</sup>  | 1              | 2  | 2  | 0  | 0  | 0  | 0                 | 0                 |
| β-endosulfan <sup>++</sup>      | 1               | 2              | 0  | 2  | 0  | 0  | 0  | 0                 | 0                 |
| Number of measurements per year | 52              | 12             | 12 | 12 | 15 | 13 | 13 | 11                | 13                |

| Maassluis                       | 1973 | 74 | 75 | 76 | 77             | 78 | 79 | 80             | 81 |
|---------------------------------|------|----|----|----|----------------|----|----|----------------|----|
| Aldrin                          | 0    | -  | -  | 0  | 0              | 0  | 1  | 2              | 0  |
| Dieldrin                        | 4    | -  | -  | 0  | 0              | 0  | 0  | 1 <sup>x</sup> | 0  |
| Endrin                          | 0    | -  | -  | -  | -              | 0  | 0  | 1              | 0  |
| p,p-DDT                         | 0    | -  | -  | -  | -              | 0  | 0  | 0              | 1  |
| o,p-DDT                         | 3    | -  | -  | 7  | 2              | 0  | 0  | 0              | 0  |
| p,p-DDE                         | 0    | -  | -  | 3  | 0              | 0  | 0  | 0              | 0  |
| Heptachlor                      | 5    | -  | 0  | 6  | 1              | 1  | 0  | 1              | 0  |
| Heptachlor-epoxide              | 1    | -  | 1  | 0  | 1 <sup>x</sup> | 0  | 0  | 2              | 2  |
| α-endosulfan <sup>++</sup>      | 1    | -  | -  | -  | -              | -  | -  | -              | -  |
| β-endosulfan <sup>++</sup>      | 1    | -  | -  | -  | -              | -  | -  | -              | -  |
| Number of measurements per year | 14   | -  | 11 | 26 | 20             | 11 | 7  | 13             | 14 |

x maximum concentration 0.05 g/l or higher

xx number of readings:

1973 to 1976 : 52 per year

1977: 30 per year

1 1978 to 1981: 12 per year

xxx Lobith sampling point in 1980 and 1981: relates to daily composite samples.

Other years and Maassluis sampling point: random samples.

Table 7.1: The present state of affairs with regard to the selection of black list substances (International Commission for the Protection of the Rhine against Pollution (IRC))

|                                                                                                                                                                                        | Under study | Study completed | Discussion on limit values for emissions | IRC EEC |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------------|------------------------------------------|---------|
| 1. Mercury and mercury compounds                                                                                                                                                       | X           | X               | X                                        | X       |
| 2. Cadmium and cadmium compounds                                                                                                                                                       | X           | X               | X                                        | X       |
| 3. Aldrin, dieldrin and endrin                                                                                                                                                         | X           | X               |                                          | X       |
| 4. Chlordan, heptachlor and heptachlor-epoxide                                                                                                                                         | X           | X               |                                          | X       |
| 5. DDT and the metabolites DDE and DDD                                                                                                                                                 | X           | X               |                                          |         |
| 6. Hexachlorocyclohexane, all isomers                                                                                                                                                  | X           | X               |                                          |         |
| 7. Polychlorinated biphenyls and polychlorinated triphenyls                                                                                                                            | X           | X               |                                          |         |
| 8. Hexachlorobenzene                                                                                                                                                                   | X           | X               |                                          |         |
| 9. Endosulfan                                                                                                                                                                          | X           | X               |                                          |         |
| 10. Hexachlorobutadiene                                                                                                                                                                | X           | X               |                                          |         |
| 11. Pentachlorophenol; trichlorophenols                                                                                                                                                | X           | X               |                                          |         |
| 12. Benzene                                                                                                                                                                            | X           |                 |                                          |         |
| 13. Trichloromethane; tetrachloromethane                                                                                                                                               | X           |                 |                                          |         |
| 14. Benzidine                                                                                                                                                                          | X           | X               |                                          |         |
| 15. Arsenic and arsenic compounds                                                                                                                                                      | X           | X               | X                                        |         |
| 16. 3,4-Benzopyrene; benzo(a)fluoranthene                                                                                                                                              | X           |                 |                                          |         |
| 17. Trichloroethene; tetrachloroethene                                                                                                                                                 | X           |                 |                                          |         |
| 18. 1,2-Dichloroethene; vinyl chloride                                                                                                                                                 | X           |                 |                                          |         |
| 19. 1,1- and 1,2-dichloroethene                                                                                                                                                        |             |                 |                                          |         |
| 20. Trichlorobenzene                                                                                                                                                                   |             |                 |                                          |         |
| 21. o-, m- and p-chloroanilines; o-, m- and p-chloronitrobenzene; epichlorohydrins                                                                                                     |             |                 |                                          |         |
| 22. Monochlorobenzene; 1,2-dibromoethane; 1,1-dichloroethane; dichloromethane; 1,2-dichloropropane; malathion; 1,1,2,2-tetrachloroethane; 1,1,1-trichloroethane; 1,1,2-trichloroethane |             |                 |                                          |         |

• EEC only  
 ↔ IRC only

The EEC has issued a directive on the discharge of mercury by the chloro-alkali industry, and a proposal for a directive on the discharge of mercury from other sources is anticipated.

With regard to chlordan and heptachlor, the EEC Commission is of the opinion that the submission of proposals for a directive would serve no useful purpose because these substances are only of minor importance within the EEC.

A striking fact is that a considerably clearer trend is discernible in the metal concentrations in suspended matter over the past ten years (see Section 6.3) than in the metal concentrations in the sediment, which have been discussed in this section.

A possible explanation for this is that mixing of recent sediment with somewhat older sediment takes place between Lobith and the Rotterdam docks, resulting in a levelling-off of any trend in the concentrations. The possible differences in the granular composition of the suspended matter sampled at Lobith and the sedimented silt in the lower reaches of the river may also have played a role. This is something which warrants further study.

It seems justifiable to conclude that as a method of establishing the pattern of pollution over the years, study of the sediment is certainly as complex as the direct measurement of the water quality.

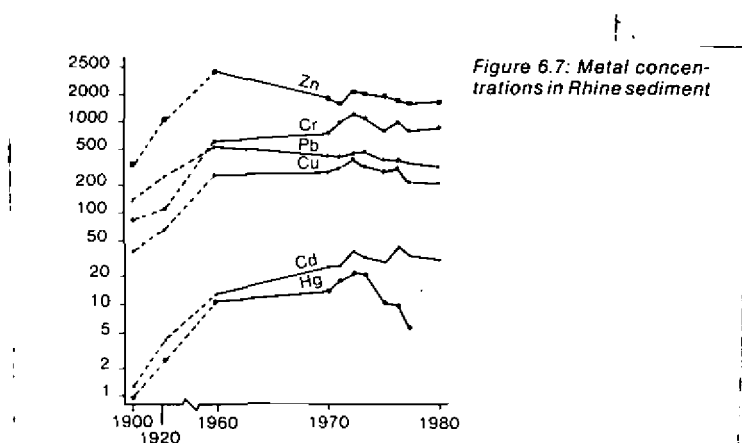


Table 6.12: Metal concentrations in the sediment in the eastern docks in Rotterdam (50% < 16  $\mu$ m)

|      | lead<br>(mg/kg) | copper<br>(mg/kg) | zinc<br>(mg/kg) | chromium<br>(mg/kg) | cadmium<br>(mg/kg) | mercury<br>(mg/kg) |
|------|-----------------|-------------------|-----------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| 1972 | 285(362)        | 280(271)          | 1185(1470)      | 476(586)            | 18.1(22.9)         |                    |
| 1977 | 313(325)        | 220(213)          | 1419(1366)      | 482(494)            | 25.1(25.2)         | 5.2(4.2)           |
| 1979 | 307(305)        | 200(198)          | 1501(1477)      | 420(383)            | 23.9(22.7)         | 4.1(3.8)           |
| 1981 | 319(361)        | 165(168)          | 1099(1124)      | 255(276)            | 18.1(19)           | 4.0(4.0)           |

(...) data relate to those sampling points (7 in all) for which data are available for each of the four years.

The other data relate to all sampling points in the area concerned (1972: 30; 1977 and 1979: 13; 1981: 14).

Table 6.10: Load of suspended matter and of metals bound to suspended matter.  
Lobith sampling point.

|      | suspended<br>matter | part. <sup>x</sup><br>lead | part.<br>copper | part.<br>zinc | part.<br>chromium | part.<br>cadmium | part.<br>mercury |
|------|---------------------|----------------------------|-----------------|---------------|-------------------|------------------|------------------|
| 1972 | 97.7                |                            | 49              | 220           | 113               | 2.7              |                  |
| 1973 | 70.8                | 51                         | 37              | 200           | 71                | 2.7              | 1.9              |
| 1974 | 90.1                | 75                         | 42              | 260           | 103               | 3.4              | 0.9              |
| 1975 | 75.7                | 40                         | 28              | 130           | 55                | 2.3              | 0.6              |
| 1976 | 56.5                | 34                         | 26              | 120           | 57                | 3.2              | 0.5              |
| 1977 | 112.9               | 54                         | 25              | 160           | 53                | 3.1              | 0.5              |
| 1978 | 135.8               | 42                         | 26              | 150           | 58                | 4.2              | 0.4              |
| 1979 | 108.7               | 43                         | 22              | 190           | 43                | 2.6              | 0.3              |
| 1980 | 122.2               | 37                         | 23              | 170           | 39                | 2.3              | 0.4              |
| 1981 | 142.3               | 41                         | 23              | 160           | 39                | 2.2              | 0.3              |

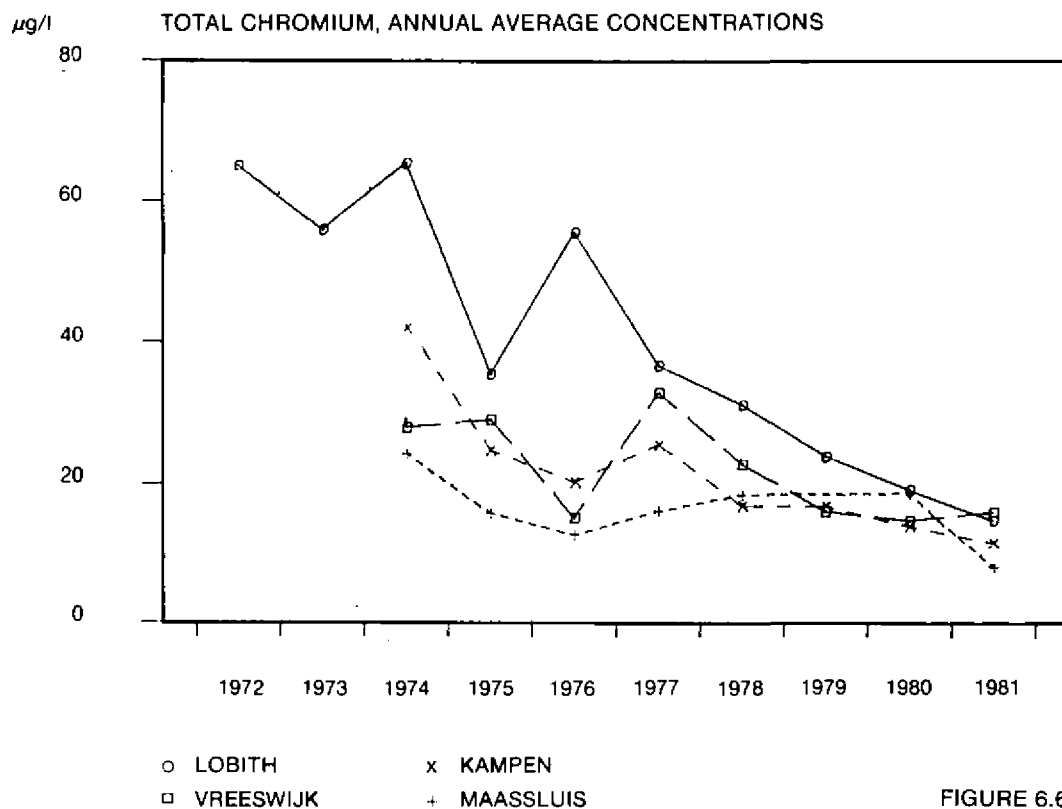
<sup>x</sup> Part. = particulate metal (bound to suspended matter)

Table 6.11: Metal content of suspended matter.  
Lobith sampling point. (mg/kg).

|         | lead | copper | zinc | chromium | cadmium | mercury |
|---------|------|--------|------|----------|---------|---------|
| 1972 a* |      | 720    | 2900 | 1680     | 52      |         |
| w**     |      | 510    | 2250 | 1160     | 28      |         |
| 1973 a* | 840  | 590    | 3540 | 1360     | 45      | 27      |
| w**     | 720  | 520    | 2820 | 1000     | 37      | 27      |
| 1974 a* | 1070 | 590    | 3680 | 1610     | 49      | 12      |
| w**     | 830  | 460    | 2860 | 1150     | 38      | 9       |
| 1975 a* | 590  | 400    | 1920 | 800      | 37      | 9       |
| w**     | 530  | 360    | 1740 | 730      | 31      | 7       |
| 1976 a* | 640  | 490    | 2260 | 1070     | 65      | 11      |
| w**     | 600  | 470    | 2110 | 1000     | 56      | 9       |
| 1977 a* | 580  | 310    | 1640 | 710      | 44      | 8       |
| w**     | 480  | 220    | 1380 | 470      | 27      | 5       |
| 1978 a* | 470  | 300    | 1700 | 570      | 43      | 5       |
| w**     | 310  | 194    | 1130 | 420      | 31      | 3       |
| 1979 a* | 460  | 260    | 2270 | 550      | 36      | 4       |
| w**     | 400  | 210    | 1720 | 400      | 24      | 3       |
| 1980 a* | 390  | 270    | 1820 | 450      | 31      | 5       |
| w**     | 300  | 190    | 1360 | 320      | 19      | 3       |
| 1981 a* | 310  | 190    | 1430 | 340      | 20      | 3       |
| w**     | 290  | 170    | 1150 | 270      | 15      | 2       |

\* a: arithmetic mean

\*\* w: weighted mean



**Table 6.8: Data for chromium**

| CHROMIUM                             |           |            | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 |
|--------------------------------------|-----------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Total concentration                  | Lobith    | mean       | 109  | 65   | 56   | 65   | 35   | 56   | 37   | 31   | 24   | 19   | 15   |      |
|                                      |           | median     | 113  | 54   | 57   | 60   | 33   | 55   | 31   | 27   | 24   | 20   | 14   |      |
|                                      | Vreeswijk | mean       | 42   | 19   |      | 28   | 29   | 15   | 33   | 23   | 16   | 15   | 16   |      |
|                                      |           | median     | 43   | 15   |      | 27   | 27   | 14   | 21   | 23   | 18   | 16   | 15   |      |
|                                      | Kampen    | mean       | 78   | 45   | 44   | 42   | 25   | 20   | 25   | 17   | 17   | 14   | 12   |      |
|                                      |           | median     | 82   | 37   | 44   | 35   | 20   | 23   | 23   | 16   | 16   | 14   | 12   |      |
|                                      | Maassluis | mean       |      |      |      | 24   | 16   | 13   | 16   | 19   |      | 19   | 8    |      |
|                                      |           | median     |      |      |      | 20   | 16   | 10   | 16   | 18   |      | 11   | 9    |      |
| Conc. of dissolved                   | Lobith    | mean       | 3    | 1    | 10   | 12   | 8    | 12   | 11   | 9    | 5    | 5    | 3    |      |
|                                      |           | median     | 2    | 1    | 7    | 9    | 6    | 9    | 8    | 8    | 4    | 5    | 2    |      |
|                                      | Vreeswijk | mean       | 4    | 1    | 8    | 10   | 6    | 4    | 7    | 10   | 5    | 5    | 3    |      |
|                                      |           | median     | 4    | 1    | 8    | 9    | 7    | 8    | 7    | 7    | 5    | 4    | 2    |      |
|                                      | Kampen    | mean       |      |      |      | 5    | 3    | 5    | 6    | 6    |      | 3    | 2    |      |
|                                      |           | median     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                                      | Maassluis | mean       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                                      |           | median     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Load (g/s)                           | Lobith    | mean tot.  | 167  | 115  | 90   | 126  | 70   | 72   | 73   | 79   | 53   | 51   | 46   |      |
|                                      |           | mean diss. | 5    | 2    | 19   | 22   | 15   | 15   | 20   | 21   | 10   | 12   | 7    |      |
| Percent. bound to suspend matter (%) | Lobith    | mean       | 97   | 97   | 83   | 80   | 78   | 78   | 71   | 67   | 81   | 75   | 85   |      |
|                                      | Vreeswijk | mean       | 90   | 92   | 86   | 69   | 77   | 77   | 70   | 57   | 73   | 70   | 81   |      |
|                                      | Kampen    | mean       | 95   | 95   | 78   | 79   | 72   | 60   | 71   | 62   | 71   | 69   | 78   |      |
|                                      | Maassluis | mean       |      |      |      | 75   | 78   | 59   | 66   | 67   |      | 81   | 68   |      |



| ZINC                                 |           |            | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 |
|--------------------------------------|-----------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Total concentration                  | Lobith    | mean       | 205  | 301  | 282  | 253  | 237  | 136  | 181  | 122  | 113  | 132  | 102  | 82   |
|                                      |           | median     | 200  | 302  | 271  | 243  | 221  | 133  | 182  | 103  | 105  | 118  | 95   | 72   |
|                                      | Vreeswijk | mean       | 167  | 187  | 219  | 159  | 134  | 111  | 80   | 129  | 82   | 104  | 94   | 91   |
|                                      |           | median     | 160  | 145  | 173  | 147  | 165  | 105  | 69   | 93   | 70   | 98   | 106  | 90   |
|                                      | Kampen    | mean       | 202  | 256  | 274  | 177  | 155  | 104  | 122  | 129  | 92   | 135  | 100  | 96   |
|                                      |           | median     | 225  | 230  | 241  | 193  | 125  | 97   | 116  | 108  | 88   | 108  | 99   | 91   |
|                                      | Maassluis | mean       |      |      |      |      | 118  | 92   | 76   | 68   | 60   | 64   | 80   | 51   |
|                                      |           | median     |      |      |      |      | 105  | 80   | 68   | 66   | 58   | 56   | 76   | 50   |
| Conc. of dissolved                   | Lobith    | mean       | 102  | 145  | 166  | 130  | 115  | 70   | 88   | 57   | 52   | 50   | 41   | 29   |
|                                      |           | median     | 100  | 126  | 141  | 120  | 110  | 68   | 90   | 50   | 45   | 45   | 35   | 25   |
|                                      | Vreeswijk | mean       | 80   | 118  | 97   | 69   | 81   | 49   | 37   | 34   | 39   | 33   | 41   | 33   |
|                                      |           | median     | 71   | 130  | 124  | 96   | 93   | 59   | 75   | 53   | 49   | 41   | 41   | 40   |
|                                      | Maassluis | mean       |      |      |      |      | 56   | 56   | 53   | 38   | 34   | 36   | 36   | 27   |
| Load (g/s)                           | Lobith    | mean tot.  | 614  | 470  | 438  | 420  | 486  | 275  | 235  | 272  | 259  | 296  | 265  | 246  |
|                                      |           | mean diss. | 240  | 206  | 219  | 220  | 228  | 143  | 115  | 115  | 105  | 109  | 98   | 81   |
| Percent. bound to suspend matter (%) | Lobith    | mean       | 47   | 52   | 43   | 48   | 50   | 49   | 50   | 52   | 55   | 60   | 61   | 65   |
|                                      | Vreeswijk | mean       | 46   | 39   | 41   | 55   | 47   | 54   | 56   | 65   | 54   | 68   | 58   | 66   |
|                                      | Kampen    | mean       | 57   | 48   | 52   | 45   | 40   | 41   | 41   | 55   | 47   | 63   | 59   | 57   |
|                                      | Maassluis | mean       |      |      |      |      | 50   | 47   | 34   | 46   | 44   | 44   | 54   | 46   |

μg/l TOTAL COPPER, ANNUAL AVERAGE CONCENTRATIONS

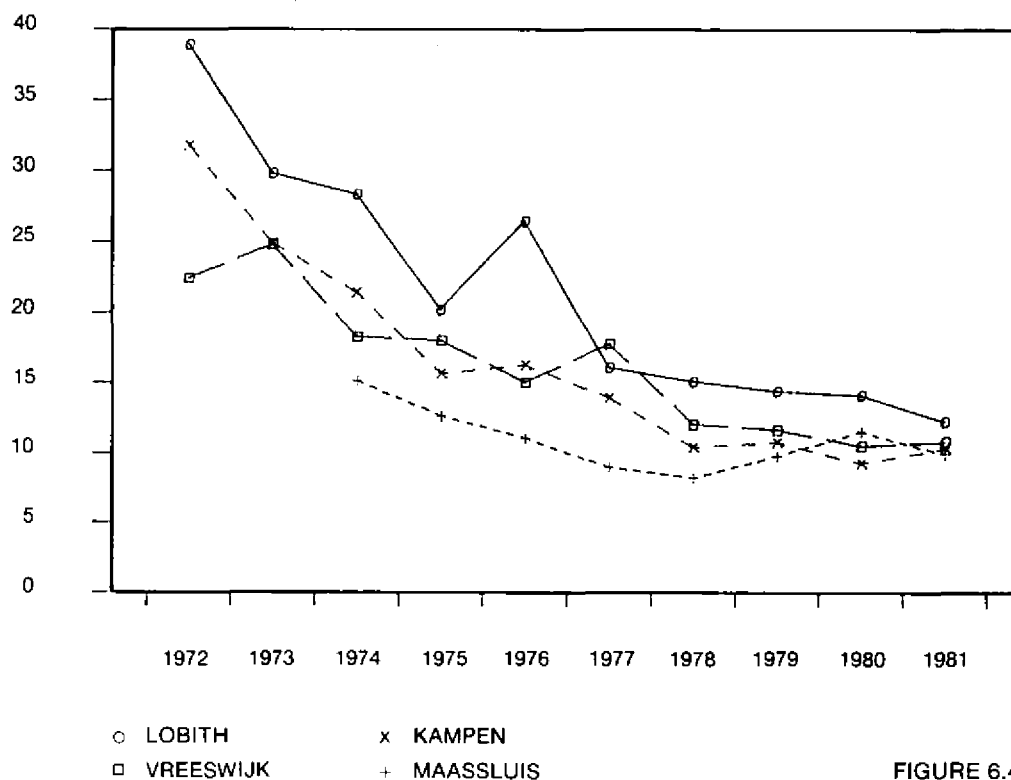


FIGURE 6.4

Table 6.6: Data for copper

| COPPER                               |           |            | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 |
|--------------------------------------|-----------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Total concentration                  | Lobith    | mean       | 28   | 44   | 39   | 30   | 28   | 20   | 26   | 16   | 15   | 14   | 14   | 12   |
|                                      |           | median     | 28   | 43   | 32   | 27   | 29   | 19   | 27   | 14   | 13   | 13   | 12   | 11   |
|                                      | Vreeswijk | mean       | 22   | 15   | 22   | 25   | 18   | 18   | 15   | 18   | 12   | 12   | 11   | 11   |
|                                      |           | median     | 18   | 12   | 15   | 15   | 15   | 20   | 13   | 13   | 12   | 11   | 10   | 11   |
|                                      | Kampen    | mean       | 26   | 26   | 32   | 25   | 21   | 16   | 16   | 14   | 10   | 11   | 9    | 10   |
|                                      |           | median     | 23   | 27   | 25   | 19   | 15   | 14   | 15   | 12   | 10   | 10   | 10   | 9    |
|                                      | Maassluis | mean       |      |      |      |      | 15   | 13   | 11   | 9    | 8    | 10   | 12   | 10   |
|                                      |           | median     |      |      |      |      | 14   | 11   | 8    | 9    | 8    | 10   | 12   | 9    |
| Conc. of dissolved                   | Lobith    | mean       | 8    | 8    | 10   | 8    | 8    | 6    | 6    | 4    | 4    | 5    | 5    | 5    |
|                                      |           | median     | 8    | 8    | 10   | 8    | 8    | 6    | 7    | 4    | 4    | 5    | 5    | 4    |
|                                      | Vreeswijk | mean       | 7    | 5    | 5    | 6    | 8    | 6    | 6    | 4    | 4    | 5    | 5    | 4    |
|                                      |           | median     | 6    | 7    | 6    | 7    | 7    | 6    | 6    | 4    | 4    | 5    | 4    | 5    |
|                                      | Kampen    | mean       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                                      |           | median     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                                      | Maassluis | mean       |      |      |      |      | 6    | 7    | 6    | 4    | 4    | 6    | 5    | 6    |
|                                      |           | median     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Load (g/s)                           | Lobith    | mean tot.  | 93   | 62   | 64   | 52   | 58   | 41   | 34   | 34   | 36   | 33   | 37   | 36   |
|                                      |           | mean diss. | 25   | 10   | 14   | 15   | 16   | 13   | 8    | 9    | 10   | 11   | 14   | 13   |
| Percent. bound to suspend matter (%) | Lobith    | mean       | 69   | 84   | 74   | 70   | 70   | 68   | 75   | 71   | 69   | 65   | 62   | 60   |
|                                      | Vreeswijk | mean       | 64   | 70   | 70   | 67   | 52   | 64   | 56   | 72   | 63   | 55   | 53   | 63   |
|                                      | Kampen    | mean       | 70   | 76   | 80   | 66   | 64   | 61   | 58   | 66   | 59   | 56   | 53   | 50   |
|                                      | Maassluis | mean       |      |      |      |      | 62   | 60   | 42   | 50   | 47   | 40   | 52   | 37   |

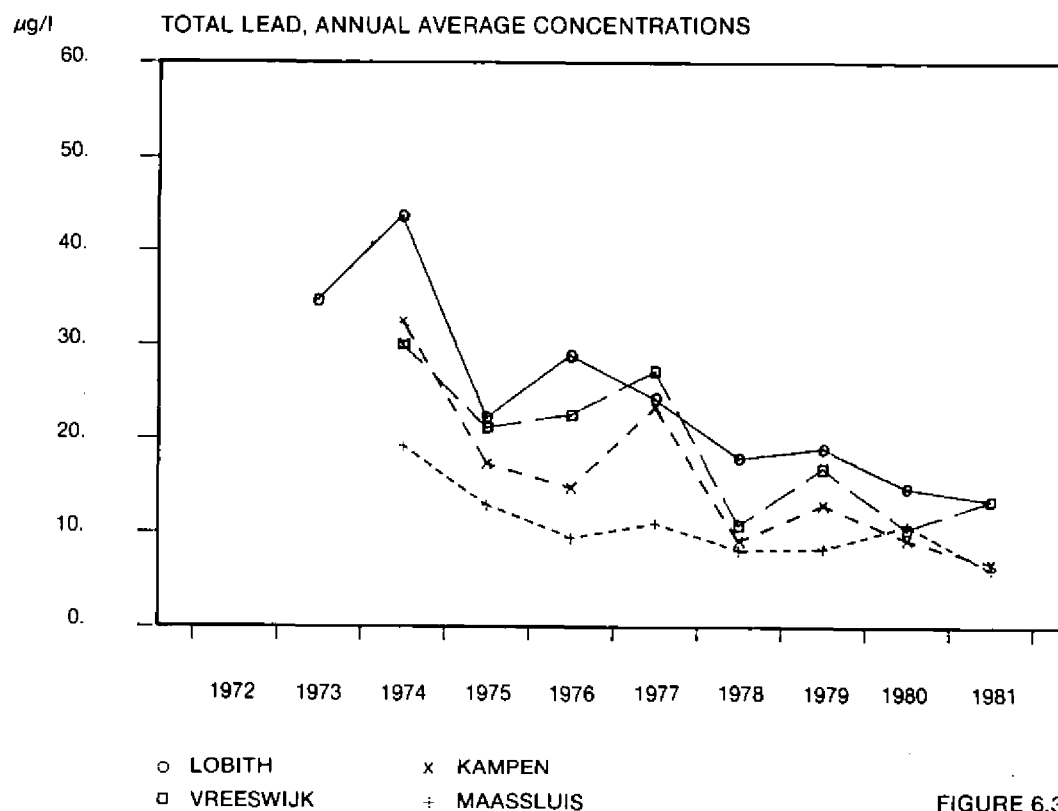


Table 6.5: Data for lead

| LEAD                                 |           |            | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 |
|--------------------------------------|-----------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Total concentration                  | Lobith    | mean       |      |      |      | 35   | 44   | 22   | 29   | 24   | 18   | 19   | 15   | 13   |
|                                      |           | median     |      |      |      | 34   | 38   | 21   | 28   | 20   | 16   | 17   | 13   | 13   |
|                                      | Vreeswijk | mean       |      |      |      |      | 30   | 21   | 23   | 27   | 11   | 17   | 10   | 13   |
|                                      |           | median     |      |      |      |      | 29   | 19   | 12   | 16   | 11   | 16   | 9    | 14   |
|                                      | Kampen    | mean       |      |      |      | 29   | 32   | 17   | 15   | 23   | 9    | 13   | 9    | 7    |
|                                      |           | median     |      |      |      | 27   | 25   | 13   | 14   | 20   | 10   | 11   | 8    | 6    |
|                                      | Maassluis | mean       |      |      |      |      | 19   | 13   | 9    | 11   | 8    | 8    | 11   | 6    |
|                                      |           | median     |      |      |      |      | 20   | 13   | 8    | 10   | 7    | 7    | 10   | 6    |
| Conc. of dissolved                   | Lobith    | mean       | 11   | 11   | 10   | 7    | 7    | 2    | 3    | 2    | 1    | 1    | 1    | 1    |
|                                      |           | median     | 10   | 11   | 10   | 6    | 7    | 1    | 2    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    |
|                                      | Vreeswijk | mean       | 9    | 7    | 3    | 4    | 6    | 3    | 5    | 3    | 2    | 3    | 2    | 3    |
|                                      |           | median     | 8    | 9    | 4    | 5    | 5    | 3    | 5    | 4    | 2    | 2    | 1    | 2    |
|                                      | Kampen    | mean       |      |      |      |      | 4    | 1    | 3    | 3    | 2    | 2    | 2    | 1    |
|                                      |           | median     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                                      | Maassluis | mean       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                                      |           | median     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Load (g/s)                           | Lobith    | mean       |      |      |      | 63.4 | 88.7 | 43.8 | 37.7 | 59.3 | 45.5 | 45.6 | 39.7 | 44.3 |
|                                      |           | tot. diss. | 34.4 | 15.0 | 14.7 | 12.8 | 14.0 | 3.6  | 4.0  | 5.3  | 3.4  | 2.6  | 3.0  | 3.1  |
| Percent. bound to suspend matter (%) | Lobith    | mean       |      |      |      | 81   | 82   | 92   | 86   | 88   | 91   | 93   | 89   | 91   |
|                                      | Vreeswijk | mean       |      |      |      | 90   | 81   | 87   | 73   | 86   | 82   | 82   | 83   | 82   |
|                                      | Kampen    | mean       |      |      |      | 73   | 85   | 86   | 69   | 83   | 78   | 84   | 83   | 77   |
|                                      | Maassluis | mean       |      |      |      |      | 81   | 90   | 68   | 70   | 72   | 68   | 80   | 81   |





# de waterkwaliteit van de westerschelde in de periode



Rijkswaterstaat/RIZA  
Rijksinstituut voor  
 Integraal Zoetwaterbeheer en  
 Afvalwaterbehandeling  
 Documentatie  
 Postbus 17  
 8200 AA Lelystad

---

1964 - 1981



Rijkswaterstaat/RIZA  
Rijksinstituut voor  
 Integraal Zoetwaterbeheer en  
 Afvalwaterbehandeling  
 Documentatie  
 Postbus 17  
 8200 AA Lelystad

Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater,  
Hoofdafdeling oppervlaktewater, augustus 1982

L.A. van der Kooij

Nota nr. 82.063

Waterkwaliteit



# Inhoudsopgave

## Samenvatting

- 1 Algemeen
- 2 Belastingsbronnen
- 3 Verloop waterkwaliteit
  - a) Schaar van Ouden Doel
  - b) Verloop waterkwaliteit tussen Schaar van Ouden Doel en Vlissingen
- 4 De invloed van adsorptie, desorptie en sedimentatie op de kwaliteit van water en sediment
- 5 Organismen
- 6 Toekomstige ontwikkelingen

## 1 Inleiding

## 2 Hydrografie

## 3 Funkties van de Westerschelde

- 3.1 Algemeen
- 3.2 Scheepvaart
- 3.3 Flora en fauna
- 3.4 Rekreatie
- 3.5 Visserij
- 3.6 Industrie
- 3.7 Lozingen en stortingen van afvalstoffen

## 4 Bronnen van verontreiniging

- 4.1 Algemeen
- 4.2 De Schelde
- 4.3 Direkte afvalwaterlozingen
- 4.4 Stortingen
- 4.5 Kanalen
- 4.6 Polderwater
- 4.7 Neerslag
- 4.8 Totale belasting van de Westerschelde

## 5 Het waterkwaliteitsmeetnet Westerschelde

## 6 Interpretatie en toetsing van waterkwaliteitsgegevens

- 6.1 Interpretatie
- 6.2 Toetsing

## 7 Beschrijving algemene parameters

- 7.1 Schelde-afvoer
- 7.2 Zwevend stof
- 7.3 Temperatuur
- 7.4 Chloride
- 7.5 Zuurstof
- 7.6 Biochemisch Zuurstof Verbruik (BZV<sub>5</sub>)
- 7.7 Zuurgraad(pH)
- 7.8 Stikstof
  - 7.8.1 Algemeen
  - 7.8.2 Kjeldahlstikstof (NH<sub>4</sub>-N + org.N)
  - 7.8.3 Ammoniumstikstof (NH<sub>4</sub>-N)
  - 7.8.4 Nitraatstikstof (NO<sub>3</sub>-N)

- 7.9 Fosfaat (PO<sub>4</sub>-P)
- 7.10 Silicium (SiO<sub>2</sub>-Si)
- 7.11 Chlorofyl-a
- 7.12 Olie
- 7.13 Fluoride

## 8 Anorganische mikroverontreinigingen (metalen)

- 8.1 Algemeen
- 8.2 Relatie anorganische mikroverontreinigingen - zwevend stof
- 8.3 Cadmium (Cd)
- 8.4 Kwik (Hg)
- 8.5 Lood (Pb)
- 8.6 Chroom (Cr)
- 8.7 Nikkel (Ni)
- 8.8 Zink (Zn)
- 8.9 Koper (Cu)
- 8.10 Overige metalen
  - 8.10.1 Algemeen
  - 8.10.2 - Lithium (Li)
  - Beryllium (Be)
  - Borium (B)
  - Vanadium (V)
  - Selenium (Se)
  - Antimoon (Sb)

## 9 Organische mikroverontreinigingen

- 9.1 Algemeen
- 9.2 (Potentiële) zwarte lijststoffen
- 9.3 Aldrin, dieldrin, endrin, DDT en metabolieten, heptachloor en heptachloorepoxide
- 9.4 Hexachloorbenzeen (HCB) en  $\alpha$ -en  $\gamma$ -hexachloorcyclohexaan (HCH)
- 9.5 Hexachloorbutadiëen
- 9.6 Sombepalingen
  - 9.6.1 Algemeen
  - 9.6.2 Vluchtige gechloreerde koolwaterstoffen
  - 9.6.3 Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK)
  - 9.6.4 Fenol
  - 9.6.5 Synthetische detergenten

## 10 Bakteriologische verontreinigingen

- 10.1 Algemeen
- 10.2 Bakteriën van de coligroep
  - 10.2.1 Totaal bacteriën van de coligroep
  - 10.2.2 Thermotolerante bacteriën van de coligroep
- 10.3 Faecale streptococci

## 11 Radioactieve verontreiniging

- 11.1 Algemeen
- 11.2 Totale  $\alpha$ -aktiviteit
- 11.3  $\beta$ -restaktiviteit
- 11.4 Tritium (H<sup>3</sup>)

- 11.5 Radium-226 ( $\text{Ra}^{226}$ )
- 11.6 Strontium-90 ( $\text{Sr}^{90}$ )

## **12 De kwaliteit van sediment en organismen**

---

- 12.1 Sediment
- 12.2 Organismen

## **13 Conclusies en aanbevelingen**

---

- 13.1 Conclusies
- 13.2 Aanbevelingen

### **Bijlagen:**

- 1. Toetsing basiskwaliteit
- 2. Toetsing zwemwater
- 3. Toetsing schelpdierwater
- 4. Vrachtberekeningen (theorie)
- 5. Trendbepalingen met behulp van het rekenmodel OSTWAT
- 6. Afmetingen Westerschelde traject Vlissingen-Belgisch/Nederlandse grens

### **Geraadpleegde literatuur**

# Samenvatting

## 1 Algemeen

De Westerschelde, het ca. 70 km lange Nederlandse deel van het Schelde-estuarium, wordt geheel omgeven door dijken en gekenmerkt door buitendijkse schorren en zandplaten met daartussen hoofd (eb) geulen en vloedscharen. Het verticale getij, de daarmee gepaard gaande horizontale stroming en turbulentie en de afvoer van zoet water via de Schelde zijn bepalend voor het estuariene karakter. Bij het Belgisch-Nederlandse grenspunt Schaar van Ouden Doel gaat de in Frankrijk ontspringende Schelde over in de Westerschelde. Belangrijke industriesteden in het Scheldebekken zijn Lille, Brussel, Gent, Antwerpen, Terneuzen en Vlissingen.

Scheepvaart is de hoofdfunctie van de Westerschelde.

Daarnaast kunnen andere functies worden onderscheiden, die betrekking hebben op ondermeer flora en fauna (in en langs de Westerschelde bevinden zich natuurgebieden als het Verdrongen Land van Saeftinge en de Hooge Platen), recreatie (stranden, watersport) en visserij (paling, garnaal, tong, kokkels). De Westerschelde ontvangt ook een groot aantal lozingen van oppervlaktewater (Schelde, polders, kanalen) en afvalwater (industriële en huishoudelijke effluënten).

De toename van bevolking en industrie heeft de lozingen van afvalwater tot het begin van de jaren 70 doen toenemen. De laatste jaren zijn in Nederland en België op het gebied van de sanering van lozingen aanzienlijke verbeteringen opgetreden.

In deze nota is beschreven in hoeverre het lozen en storten van afvalstoffen effect heeft (gehad) op de waterkwaliteit van de Westerschelde aan de hand van een evaluatie van de onder leiding van Rijkswaterstaat routinematig uitgevoerde waterkwaliteitsmetingen in de Westerschelde in de periode 1964-1981, aangevuld met een inventarisatie van belastingbronnen per 1981 en een beschrijving van de kwaliteit van het bodemsediment en enige in de Westerschelde voorkomende organismen.

Het routinematig waterkwaliteitsonderzoek vindt vanaf het begin van de jaren 60 plaats met ca. 26 bemonsteringen per monsterpunt per jaar. Vanaf 1964 zijn de gegevens in het datasysteem WAKWAL opgeslagen. In de beginjaren bestond het programma uit de parameters temperatuur, zuurgraad, chloride, zuurstof, BZV<sub>5</sub>, ammoniumstikstof, totale  $\alpha$ -radioactiviteit en  $\beta$ -restactiviteit. Het aantal parameters is geleidelijk uitgebreid; in 1981 werden meer dan 100 parameters bij Schaar van Ouden Doel bepaald.

De Schelde-afvoer wordt in de vorm van dekadegemiddelden te Schelle (B) bepaald en omgerekend naar de dekadegemiddelde afvoer te Schaar van Ouden Doel.

## 2 Belastingsbronnen

De Westerschelde wordt met vele lozingen en stortingen van afvalstoffen belast.

Belangrijkste bronnen van verontreiniging zijn:

- de Schelde, met voorbelasting uit België en Frankrijk, gevolgd door
- huishoudelijke en industriële lozingen (o.a. afvalwaterlei-

dingen van Waarde, Terneuzen en Vlissingen) en afvalgipsstortingen;

- het kanaal van Gent naar Terneuzen. Dit kanaal wordt bij Gent via sluizen gevoed met Scheldewater en is voorbelast met verontreinigingen uit België en Frankrijk; van relatief grote omvang is de fluoride- en stikstofbelasting.

Van geringere omvang is de belasting door polderwateruitslagen, regen en baggerspeciëstortingen afkomstig uit het Antwerpse havengebied.

## 3 Ontwikkeling van de waterkwaliteit in ruimte en tijd

### a) Schaar van Ouden Doel.

Tot aan het begin van de 70-er jaren is de waterkwaliteit van Schelde en Westerschelde voortdurend verslechterd door de bevolkingstoename en industrialisatie waardoor de Schelde o.a. met steeds meer (nog niet afgebroken) organisch materiaal werd belast. Kenmerkend voor deze verslechtering is het zuurstofgehalte dat in 1973 bij Schaar van Ouden Doel een jaargemiddelde van 1,0 mgO<sub>2</sub>/l bereikte.

Door de vrijwel zuurstofloze situaties konden aerobe zelfreinigingsprocessen niet plaatsvinden en werden hoge gehalten aan BZV<sub>5</sub>, Kjeldahlstikstof en ammoniumstikstof waargenomen. Overigens heeft ook een natuurlijke faktor, namelijk een geleidelijke afname van de jaargemiddelde Schelde afvoer, aan deze verslechtering bijgedragen.

Na 1973-1974 is, mede door een geleidelijke toename van de Schelde-afvoer, de waterkwaliteit van Schelde en Westerschelde enigszins verbeterd. Andere oorzaken van deze -geringe- verbetering zijn de economische situatie, de sanering van lozingen en bedrijven en het bouwen van rioolwaterzuiveringsinstallaties op Belgisch grondgebied.

Zo werd b.v. in 1971 slechts 4,6% van de ca. 6 miljoen huishoudelijke i.e.'s, waarmee het Scheldebekken in België belast werd, gezuiverd; in 1980 was dit toegenomen tot 32% van hetzelfde aantal i.e.'s. De bijdrage van industrie en landbouw in het Scheldebekken bedroeg in 1971 ca. 15 miljoen i.e.'s; in 1980 was deze bijdrage afgenomen tot ca. 10 miljoen i.e.'s (lit.50).

Door de vermindering van de belasting met nog niet afgebroken materiaal konden in de Schelde en het oostelijk deel van de Westerschelde weer zelfreinigingsprocessen plaatsvinden. Duidelijk blijkt dit uit de afname van gehalten aan BZV<sub>5</sub>, Kjeldahlstikstof en ammoniumstikstof en een toename van gehalten aan zuurstof en nitraatstikstof.

Toch werden ook in 1981 nog regelmatig vrijwel zuurstofloze situaties bij Schaar van Ouden Doel waargenomen met gehalten van minder dan 2 mgO<sub>2</sub>/l. Andere waterkwaliteitsparameters die bij Schaar van Ouden Doel vanaf het begin van de 70-er jaren significant zijn gedaald zijn tritium, synthetische detergents, olie, fenol, lood, chroom en kwik.

Significante verslechtingen zijn geconstateerd voor de gehalten aan nikkel, polycyclische aromatische koolwaterstoffen en (incidenteel) de pesticiden aldrin, dieudrin en endrin. Een hulpmiddel bij het bepalen van trends is het rekenmodel OSTWAT geweest, waarop in hoofdstuk 6 en bijlage 5 dieper op wordt ingegaan.

In bijlage 1 is een overzicht gegeven van de toetsing van de waterkwaliteit bij Schaar van Ouden Doel in de jaren 1979,

1980 en 1981 aan de basiskwaliteit (IMP 1980-1984) voor zoet water; dit bij gebrek aan normen voor brak en zout water.

(Hierbij dient te worden opgemerkt dat bij Schaar van Ouden Doel ca. 10-30% zeewater aanwezig is).

In deze jaren zijn overschrijdingen geconstateerd voor zuurstof, totaal-fosfaat, ammoniak + ammoniumstikstof, cadmium, kwik, nikkel, olie, polycyclische aromatische koolwaterstoffen, (totaal)organochloorpesticiden, dieldrin, hexachloorbenzeen, en thermotolerante bacteriën van de coligroep. Het grillige afvoerregime van de Schelde impliceert dat niet altijd een gehalte verbetering ook een vrachtvermindering inhoudt. Zo zijn verbeteringen in gehalten aan Kjeldahlstikstof, ammoniumstikstof, lood, zink, fenol en synthetische detergenten geconstateerd terwijl de vrachten van deze stoffen niet afnamen.

b) Verloop waterkwaliteit tussen Schaar van Ouden Doel en Vlissingen.

Door verdunning met zeewater, afbraak en sedimentatie verbetert de waterkwaliteit in de richting van de Noordzee.

Met de toename van de hoeveelheid zeewater neemt ook de beschikbare hoeveelheid zuurstof toe, waardoor aan het eind van het traject Schaar van Ouden Doel - Hansweert aerobe zelfreinigingsprocessen, b.v. nitrifikatie, al bijna volledig zijn verlopen. Vergeleken met het begin van de jaren 70 zijn de gehalten aan Kjeldahlstikstof en ammoniumstikstof in 1981 in de gehele Westerschelde gehalveerd, terwijl het gehalte aan nitraatstikstof ongeveer is verdubbeld.

De zuurstofgehalten hebben in de periode 1964-1981 ten westen van Hansweert nauwelijks veranderingen ondergaan. Bij Hansweert ligt het gehalte rond 8 mgO<sub>2</sub>/l, bij Vlissingen rond 9,5 mgO<sub>2</sub>/l.

Voor vrijwel alle parameters liggen de gehalten bij Vlissingen een faktor 3-5 lager dan bij Schaar van Ouden Doel. Uitzondering hierop vormt fluoride, dat van nature in zeewater in hogere gehalten voorkomt dan in zoet water, maar desondanks in westelijke richting een geringe daling vertoont. De gehalten van de parameters opgelost cadmium, synthetische detergenten, totale  $\alpha$ -aktiviteit,  $\beta$ -restaktiviteit en strontium-90 vertonen in westelijke richting nauwelijks een toe- of afname.

#### **4 De invloed van adsorptie, desorptie en sedimentatie op de kwaliteit van water en sediment**

Veel stoffen, met name metalen en organische mikroverontreinigingen, hechten zich aan zwevend stof.

Adsorptie-, desorptie- en sedimentatieprocessen van metalen gebonden aan zwevend stof worden o.a. beïnvloed door verdunning met relatief schoner water en zwevend stof uit de Noordzee, de aard van de lozingen, de eigenschappen van het metaal en de samenstelling van het zwevend stof. Bij Schaar van Ouden Doel is het zwevend stof voor ca. 30% afkomstig uit de Noordzee; bij Vlissingen is dit ca. 95%.

Deze vermenging van relatief schoon zwevend stof uit de Noordzee met gecontamineerd zwevend stof uit de Schelde vormt de grootste bijdrage aan de daling van het gehalte aan metalen gebonden aan zwevend stof in westelijke richting. Oriënterende berekeningen (lit. 10) duiden in de Westerschelde op desorptie van koper, chroom, lood, cadmium en kwik uit zwevend stof, afkomstig uit de Schelde. Er zou tevens een

jaarlijkse sedimentatie van ca. 1 miljoen ton zwevend stof afkomstig uit de Noordzee en de Schelde plaatsvinden.

Daar metalen voornamelijk gebonden aan zwevend stof voorkomen vindt hierdoor ook een jaarlijkse sedimentatie plaats van enkele tonnen kwik tot enkele duizenden tonnen fosfaat. Opgemerkt moet worden dat bij deze berekeningen de belasting aan metalen door lozingen en stortingen niet zijn meegerekend, zodat de genoemde bedragen een minimum aangeven. Om meer inzicht in de sedimentatieprocessen te krijgen is het opstellen van een volledige stoffenbalans noodzakelijk.

De gehalten aan verontreinigingen, geadsorbeerd aan sediment, hebben een gradiënt die veel overeenkomst heeft met verontreinigingen voorkomend in de waterfase en gebonden aan zwevend stof. In het oostelijk deel van de Westerschelde komen de hoogste gehalten voor in het sediment terwijl deze, voornamelijk door de invloed van zeewater, in westelijke richting afnemen. Ter hoogte van Vlissingen is de kwaliteit van het sediment ongeveer gelijk aan dat van de Noordzeekust.

#### **5 Organismen**

In het kader van het internationale Joint Monitoring Programme worden, onder leiding van het RIZA, in kustwateren bodemorganismen -zoals mosselen en garnalen- onderzocht op gehalten aan zware metalen, polychloorbifenylen en hexachloorbenzeen. Vergeleken met het Eems-Dollard estuarium en de Waddenzee worden in de Westerschelde in mosselen de hoogste gehalten aan kwik, zink, cadmium, lood en polychloorbifenylen en in garnalen de hoogste gehalten aan kwik waargenomen.

Opvallend is dat in de richting van de Noordzee, ondanks een daling van gehalten in water (uitgezonderd cadmium), zwevend stof en sediment geen significante verlaging van gehalten aan kwik, zink, koper, chroom en lood is te constateren in mosselen. Dit geldt ook voor polychloorbifenylen. Een eenduidige verklaring hiervoor is echter nog niet te geven.

#### **6 Toekomstige ontwikkelingen**

De sanering van lozingen op de Schelde en Westerschelde vanuit België en Nederland heeft reeds een kwaliteitsverbetering tot gevolg gehad. Toch is de waterkwaliteit van de Westerschelde, met name in het oostelijk deel, nog steeds slecht en zullen de saneringen in de toekomst door moeten gaan om de waterkwaliteit nog verder te verbeteren.

Vergeleken met de Rijn zijn de door de Schelde in 1980 aangevoerde vrachten aan zwevend stof en drins groter, terwijl vergeleken met de Maas de vrachten aan Kjeldahlstikstof, ammoniumstikstof, nikkel en drins groter zijn.

In Nederland zijn diverse studies gaande naar verdere saneringsmaatregelen. Zo zal naar verwachting de lozing van de afvalwaterleiding bij Waarde na 1983 gezuiverd plaatsvinden. Lozingen vanuit Zuid Beveland (Goes-Yerseke), Walcheren (afvalwaterleiding bij Vlissingen) en Zeeuws Vlaanderen (Breskens, afvalwaterleiding Terneuzen) zullen vermoedelijk rond 1985 worden gesaneerd evenals die van bedrijven als Dow Chemical, Hoechst en M en T International.

Over de toekomstige ontwikkelingen in België is minder bekend. Na 1981 zou ca. 50% van de ca. 6 miljoen huishoudelijke i.e.'s waarmee het Scheldebekken belast wordt, gezuiverd plaatsvinden (lit. 50). Over duidelijke plannen van de in 1982 opgerichte Zuiveringsmaatschappij Scheldebekken

voor verdergaande saneringen van industrieel en huishoudelijk afvalwater is echter niets bekend.

Vooraf de saneringen in België en Frankrijk kunnen aan een voortgaande verbetering van de waterkwaliteit in het oostelijk deel van de Westerschelde bijdragen, waardoor het zuurstofgehalte verder zal stijgen en de vrachten aan verontreinigingen (fosfaten, BZV<sub>5</sub>, metalen, organische mikroverontreinigingen) zullen afnemen.

De saneringen op Nederlands gebied zullen vooral een meer lokale waterkwaliteitsverbetering tot gevolg hebben. Het geheel van saneringen zal de waterkwaliteit van de gehele Westerschelde verbeteren.

De voltooiing van de compartimentering van de Oosterschelde zal tot gevolg hebben dat extra zoetwater-lozingen op de Westerschelde zullen plaatsvinden. Deze lozingen zullen plaatsvinden via de Antwerpse havens (lekverliezen bij de Kreekraksluizen) en via het spuimiddel bij Bath (om verzilting van de Rijn-Schelde verbinding tegen te gaan zal geforceerd moeten worden doorgespoeld met voornamelijk Rijnwater).

De gevolgen van deze belasting zijn nog in studie.

De verdieping van de vaargeul naar Antwerpen zal invloed hebben op de getijdebeweging. Ook hier zijn de gevolgen voor het estuariene ecosysteem nog in studie.



# 1. Inleiding

---

De afgelopen jaren is in Nederland op het gebied van de sanering van afvalwaterlozingen veel werk verzet. De bouw van rioolwaterzuiveringsinstallaties heeft de kwaliteit van geloosd afvalwater sterk verbeterd, terwijl door interne saneringen bij veel bedrijven ook daar een verbetering in de afvalsituatie is opgetreden.

In deze nota zal worden beschreven wat de invloed is van de lozing van afvalwater op de waterkwaliteit van de Westerschelde en welke ontwikkelingen zich daarin hebben voorgedaan, (mede) als gevolg van sanering van de afvalwaterlozingen. Daarbij kan inzicht worden verkregen in nog eventueel te treffen maatregelen om de waterkwaliteit verder te verbeteren. Ook is deze evaluatie behulpzaam bij de optimalisatie van het in de loop der jaren opgebouwde routine-onderzoeksprogramma, waar per meetpunt vele parameters bepaald worden.

Deze nota geeft in navolging van de waterkwaliteitsbeschrijvingen van de Rijn (RIZA-nota nr. 80-032 en 82-061) en de Maas (RIZA-nota nr. 81-048) een beeld van de kwaliteit van de Westerschelde in de periode 1964-1981, waarbij hoofdzakelijk gebruik is gemaakt van de gegevens die verkregen zijn in het kader van het routine-onderzoeksprogramma der Rijkswateren.

Achtereenvolgens worden besproken de hydrografie en functies van de Westerschelde, verontreinigingsbronnen, het waterkwaliteitsmeetnet, de meetgegevens over de periode 1964-1981 en de invloed van de verontreinigingen op sediment (studie van het Waterloopkundig Laboratorium en Instituut voor Bodemvruchtbaarheid) en organismen (in het kader van het Joint Monitoring Programme).

Opgemerkt moet worden dat de Westerschelde het Nederlandse deel van het Schelde bekken is, waardoor waterkwaliteitsontwikkelingen en het verloop van processen op Belgisch gebied niet beschreven worden. Hierdoor wordt slechts een deel van het waterkwaliteitsprobleem in het gehele Scheldebekken beschreven.

Voor zover niet anders vermeld, geeft de nota een overzicht van de situatie t/m 1981.



## 2 Hydrografie

De Westerschelde is het meest zuidelijk gelegen Deltawater. De totale oppervlakte van het hydrografische Scheldebekken (dit is de oppervlakte van het gebied dat op de Schelde afwaart) is 19141 km<sup>2</sup> (tabel 2.1 en fig. 2.1).

Tabel 2.1 Het hydrografische Scheldebekken: oppervlakte stroomgebieden

|                                       |                       |
|---------------------------------------|-----------------------|
| Schelde + Leie + Deule                | 10505 km <sup>2</sup> |
| Dender                                | 1381 km <sup>2</sup>  |
| Durme                                 | 325 km <sup>2</sup>   |
| Schelde zijbekken (Rupel- Gentbrugge) | 475 km <sup>2</sup>   |
| Zenne                                 | 1160 km <sup>2</sup>  |
| Dijle                                 | 3420 km <sup>2</sup>  |
| Kleine Nete                           | 766 km <sup>2</sup>   |
| Grote Nete                            | 719 km <sup>2</sup>   |
| Beneden Nete                          | 120 km <sup>2</sup>   |
| Rupel                                 | 270 km <sup>2</sup>   |

De totale lengte van de Schelde is ongeveer 280 km, terwijl de Westerschelde een lengte heeft van ongeveer 70 km. Het verband tussen diepte t.o.v. NAP, oppervlakte en inhoud is te vinden in bijlage 6.

Vanaf 1949 worden door de Antwerpse Zeediensten te Schelde metingen verricht om de bovendeblieten van de Schelde en haar zijrivieren te bepalen. Bij deze bepalingen wordt in principe uitgegaan van de ijkgegevens van een stuw dan wel de correlatiekromme waterstand-debiet in een raai. Voor de benedenstroomse Schelde is deze berekeningswijze niet van toepassing gezien de invloed van het getij en wordt het debiet geschat aan de hand van bovenstroomse debieten. Sinds 1964 is door de Schelde jaarlijks gemiddeld 119 m<sup>3</sup>/s afgevoerd. 's Zomers zijn deze debieten lager, ongeveer 80 m<sup>3</sup>/s met uitschieters tot 30 m<sup>3</sup>/s. 's Winters is een afvoer van ongeveer 160 m<sup>3</sup>/s te verwachten met uitschieters tot 500-600 m<sup>3</sup>/s. Door de getijdebeweging stroomt er dagelijks ongeveer tweemaal een miljard m<sup>3</sup> in en uit de Westerschelde. De hydraulische verblijftijd van het Scheldewater bedraagt voor een gemiddelde Schelde-afvoer 1 à 2 maanden binnen het traject Schaar van Ouden Doel-Vlissingen.

De Westerschelde wordt geheel omgeven door dijken met buitendijkse schorren en verder gekenmerkt door zandplaten met daartussen hoofd(eb)geulen en vloedscharen met nevengeulen. Het verticale getij, de daarmee gepaard gaande horizontale stroming en turbulentie en de afvoer van zoet water via de Schelde zijn bepalend voor het estuariene karakter. Hierdoor ontstaat er een gradiënt van zoutgehalten die mede bepalend is voor het voorkomen van gradiënten in dieren- en plantengemeenschappen langs het bekken. De turbulentie en verblijftijd van het water in de verschillende delen van het estuarium zijn van grote invloed op de hoeveelheid en aard van de planktonsoorten.

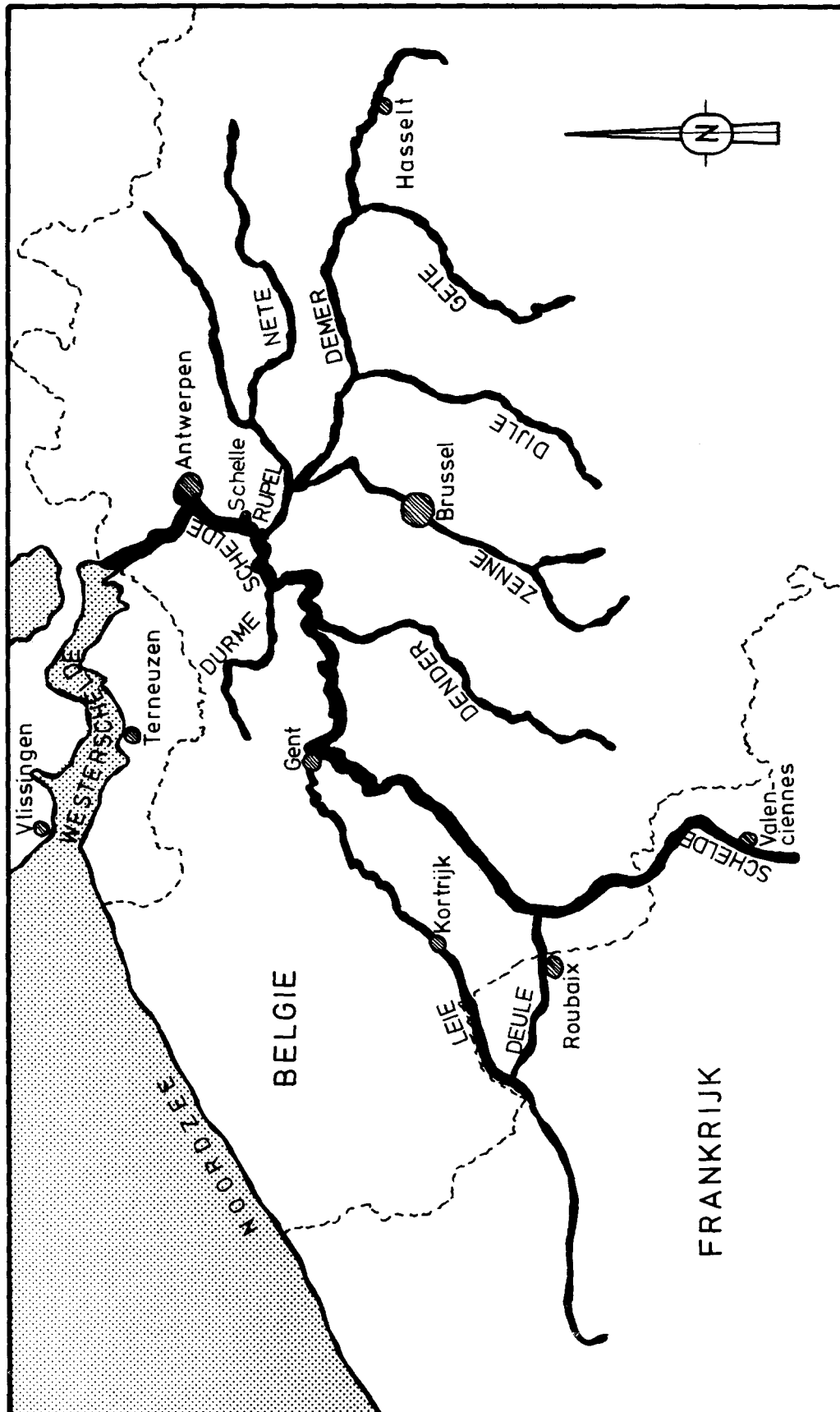
Het verschil tussen de oppervlakten van buitendijkse droogliggende gebieden bij hoogwater (NAP + 2m) en laagwater (NAP - 2m) is aanzienlijk. Bij hoogwater is het droogliggende oppervlak 3282 ha, bij laagwater 12265 ha. De intergetijdegebieden, schorren, slikken en platen die hierdoor ontstaan (Verdronken Land van Saeftinge, Hooge Platen) houden de karakteristieke flora en fauna in stand.

Wat betreft zoetwaterafvoer wordt de Westerschelde gerekend tot de categorie „goed gemengde estuaria”. Dit betekent dat in verticale richting nauwelijks concentratiegradiënten en dichtheidsverschillen aanwezig zijn, terwijl deze er over de lengterichting wel zijn. De mate van menging hangt af van de volgende factoren:

- de morfologie. Intensieve menging treedt op bij aanwezigheid van ondiepten in geulen, een ruwe bodem en een grillige oeverlijn. De wijze waarop het getijdewater via de vloedscharen instroomt en via de ebgeul (hoofdgeul) weer uitstroomt is van belang voor de afvoer van het zoete water. In het oostelijk deel stroomt het water hierdoor tegen de klok in rond, via het nauw van Bath, de Schaar van de Noord en de Pas van Rilland, waardoor in dit gebied intensieve menging met Scheldewater optreedt. Door dit stromingspatroon is de directe doorstroming naar het westen beperkt;
- de verhouding vloedvolume-zoetwaterdebiet. Bij waarden kleiner dan 10 is er sprake van een vertikaal sterk gelaagde toestand. Waarden van 10-1000 duiden op een redelijk tot goed gemengd systeem. Waarden groter dan 1000 duiden op een kwasi homogeen systeem. Ter illustratie: het Scheldebied is slechts een fractie van het vloedvolume. Bij Antwerpen, 83 km van de Westerschelde-monding gelegen, wordt het Scheldebied op slechts 10% van het vloedvolume geschat, dat op die plaats ongeveer 62.10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> per getij is. Bij Vlissingen is dat volume ca. 1 miljard m<sup>3</sup> per getij.

fig. 2.1.

De Bovenschelde met zijrivieren en het Schelde-estuarium.



## 3 Funkties van de Westerschelde

### 3.1 Algemeen

De Westerschelde vervult een groot aantal functies. Deze functies hebben betrekking op scheepvaart, flora en fauna, recreatie, visserij, industrie en de afvoer en verwerking van polder-, afval- en Scheldewater (lit. 19).

### 3.2 Scheepvaart

Een hoofdfunctie van de Westerschelde is de scheepvaart. Reeds in 1839 werd dit tussen België en Nederland wettelijk geregeld in het Scheldetraktaat. In 1979 werd ca. 2,9.10<sup>8</sup> ton per schip over de Westerschelde met zijkanalen vervoerd, waarvan ca. 1,3.10<sup>8</sup> ton voor Antwerpen bestemd c.q. van afkomstig was (lit.37,38). Om de vaargeul op diepte te houden wordt de laatste jaren 15 à 16.10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> per jaar gebaggerd en naast de vaargeul teruggestort.

### 3.3 Flora en fauna

Naast de Oosterschelde en de Waddenzee vervult de Westerschelde een belangrijke rol in de Nederlandse kustwateren als kinderkamer voor tong, schol en garnaal.

De waarde van de Westerschelde als overwinterings- en doortrekgebied voor vogels wordt voornamelijk bepaald door de aanwezigheid van intergetijdegebieden (platen en slikken) en grote aaneengesloten schorgebieden (Verdronken Land van Saeftinghe) waar deze dieren kunnen fourageren. Op de platen en slikken fourageren voornamelijk steltlopers en enkele eendensoorten. Op de schorren fourageren bovendien enkele ganzensoorten. Uit tellingen blijkt dat de Westerschelde een belangrijk gebied is voor doortrekkende en/of overwinterende steltlopers: drieteenstrandloper, kanoetstrandloper, bontbekplevier, alsmede eenden en ganzen: pijlstaart, smiet en kolgans. In de vijftiger jaren kwamen in de Westerschelde vele honderden zeehonden voor. Daarna zijn de aantallen steeds minder geworden en in de jaren '70 zijn er nauwelijks meer zeehonden waargenomen. Dit is vermoedelijk het gevolg van zowel een algemene achteruitgang in de Nederlandse zeehondenpopulatie door toenemende watervervuiling als van een toenemende verstoring van de rust op de platen.

De samenstelling van vegetaties op de schorren wordt in belangrijke mate bepaald door het zoutgehalte van het overstromende water. Vanaf de monding tot ongeveer Borssele worden voornamelijk zoute vegetatiesoorten (lamsoor, zoutmelde, zeealsem, slijkgras) gevonden. Het gebied tussen Borssele en Waarde is een overgangszone.

Tussen Waarde en Antwerpen overheersen de brakwatervegetatiesoorten (zeebies, riet, lepelblad).

Ook het voorkomen van fyto- en zoöplankton is afhankelijk van het zoutgehalte.

### 3.4 Recreatie

Langs en in de Westerschelde zijn diverse vormen van recreatie te onderscheiden, zoals strand en oeverrecreatie (zuid-west kust van Walcheren, kust van west Zeeuws Vlaanderen, kust oostelijk van Terneuzen en de kust tussen Osse-

nisse en Walsoorden), watersport (recreatievaart, plankzeilen), sportvisserij (zie par. 3.5) en veel mogelijkheden tot kamperen.

### 3.5 Visserij

Beroepsmatig wordt in de Westerschelde gevestigd op paling, garnaal, tong en kkokels. Een vijftal vissers vist op paling, voornamelijk met fuiken langs dijken en vaargeulen en in enkele buitenhavens. De boomkorvisserij op de Westerschelde wordt uitgeoefend door een drietal vissers uit Terneuzen en door een aantal uit Breskens en België dat al naar gelang het seizoen varieert van twee tot veertien. De vissers uit Terneuzen vissen voornamelijk in de Everingen en het gat van Ossensisse tot aan Hansweert op garnalen en tong. Door de vissers uit Breskens wordt meer westwaarts gevestigd in de Schaar van de Spijkerplaat, de Rede van Vlissingen, de Wielingen, Deurlo en het Oostgat met de daar tussen liggende geulen en gaten.

Het vaarwater langs Hoofdplaat wordt nauwelijks bevestigd. In het oostelijk deel van de Westerschelde wordt door enkele Belgische vissers gevestigd.

Op kokkels wordt op geringe schaal rond de Hooge Platen (ten zuidoosten van Vlissingen) gevestigd door twee vissers uit Breskens. De plaatsen waar op kokkels gevestigd wordt variëren van jaar tot jaar.

Door sportvissers wordt voornamelijk gevestigd op platvis, paling, geep en kabeljauw.

### 3.6 Industrie

In het Sloegebied, rond Terneuzen en in het Antwerpse havengebied zijn veel industrieën gevestigd die het Schelde- en Westerscheldewater gebruiken voor proces- en koelwater en als vaarweg om de grondstoffen aan en de produkten af te voeren.

### 3.7 Lozingen en stortingen van afvalstoffen.

Naast de bevaarbaarheid is het ontvangend vermogen voor lozingen van effluenten van betekenis geweest voor de industrie om zich rond de Westerschelde te vestigen (lit. 14,31). Een estuarium als de Westerschelde heeft het vermogen - dankzij de vorm en getijdebeweging - om afvalstoffen te verspreiden en daardoor te verdunnen.

Aanvoer van verontreinigd afvalwater vindt niet alleen plaats via direkte lozingen (persleiding bij Waarde vanaf 1973, afvalwaterleidingen o.a. bij Terneuzen, en Vlissingen) maar ook via kanalen - met name het kanaal van Gent naar Terneuzen - en de Schelde. Stortingen van afvalstoffen vinden plaats in de vorm van afvalgips (omgeving Terneuzen, Antwerpse havengebied) en baggerspecie afkomstig van buiten de Westerschelde (voornamelijk uit het Antwerpse havengebied). Op een en ander wordt nader ingegaan in hoofdstuk 4.

Tabel 4.2. Schatting van de belasting van de Westerschelde door direkte afvalwaterlozingen van huishoudelijke en industriële afkomst in 1980/1981 (ton per jaar)

|                               | Walcheren (rond Vlissingen) | N- en Z-Beveland (rond Goes) | Persleiding Waarde | Terneuzen (incl.AWL) | Breskens | Totaal      |
|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|--------------------|----------------------|----------|-------------|
| i.e.                          | 161.000                     | 104.000                      | 435.000            | 209.000              | 8.500    | 917.500     |
| Cd                            | 0,4                         | 0,02                         | 0,05-0,1           | 0,04                 |          | 0,51-0,56   |
| Cu                            | 0,1-1,3                     | 0,8                          | 4-14               | 0,6-1,7              | 0,1-0,2  | 5,6-18      |
| Ni                            | 0,4-0,6                     |                              |                    |                      |          |             |
| Zn                            | 5,6-8,2                     | 3,6                          | 15-22              | 0,6-7,3              | 0,1-0,2  | 24,9-41,3   |
| Pb                            | 0,1-1,3                     | 0,8                          | 1- 4               | 0,1-1,7              | 0,1      | 2,2- 7,9    |
| As                            | 5                           |                              | 0,05               | 0,1                  |          | 5,15        |
| Cr                            | 0,3                         | 0,2                          | 1- 2               | 0,4                  | 0,1-0,2  | 2,0-3,1     |
| Sn                            | 6,5                         |                              | 2- 3               |                      |          | 8,5-9,5     |
| Hg                            | 0,004                       | 0,003                        | 0,01-0,02          | 0,003                |          | 0,02-0,04   |
| Ag                            |                             |                              | 0,7                | 0,2                  |          | 0,9         |
| Al                            | 910                         |                              | 110-130            | 0,07                 |          | 1.020-1.040 |
| V                             | 0,07                        |                              |                    |                      |          | 0,07        |
| P                             | 920                         |                              | 250-325            | 15                   |          | 1.185-1.260 |
| S <sup>2-</sup>               | 0,5                         |                              | 275                | 4                    |          | 280         |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> |                             |                              | 295                |                      |          | 295         |
| Kjd-N                         | 590                         | 380                          | 1590               | 760                  | 30       | 3.350       |
| BZV <sub>5</sub>              | 3170                        | 2050                         | 8575               | 1590                 | 170      | 15.555      |
| F <sup>-</sup>                | 131                         |                              | 20                 |                      |          | 151         |
| CN                            | 90                          |                              | 1- 2               |                      |          | 91-92       |
| EOCl                          |                             |                              | 3                  | 7,1                  |          | 10,1        |
| olie                          | 7,4                         |                              | 1300-1400          |                      |          | 1.300-1.400 |
| fenol                         | 0,1                         |                              | 28-33              | 90                   |          | 118- 123    |
| benzeen                       | 1,4                         |                              | 7-14               | 30                   |          | 38- 45      |
| tolueen                       | 0,5                         |                              | 3- 4               | 5                    |          | 8,5-9,5     |
| PAK                           | 1,8                         |                              |                    | 0,25                 |          | 2,05        |

## 4 Bronnen van verontreiniging

### 4.1 Algemeen

Reeds eerder is vermeld dat de Westerschelde met vele afvalstoffen wordt belast. De volgende categorieën vervuilingbronnen zijn hierbij te onderscheiden:

- De Schelde (verontreiniging vanuit België en Frankrijk).
- Direkte afvalwaterlozingen.
- Stortingen van baggerspecie.
- Kanalen.
- Polders, hoge gronden, e.d.
- Neerslag.

Naast de belasting is ook het gehalte aan verontreinigingen belangrijk; dit speelt vooral een rol bij stortingen (baggerspecie, afvalgips), omdat de verontreinigingen hierin in veel mindere mate verspreid worden.

### 4.2 De Schelde

Met behulp van de door de Antwerpse Zeediensten bij Schelde bepaalde dekadegemiddelde afvoergegevens en de waterkwaliteitsgegevens, gemeten bij het meetpunt Schaar van Ouden Doel, kunnen de vrachten van de diverse verontreinigingen vanuit België berekend worden. In bijlage 4 wordt dieper ingegaan op de formulering van deze berekeningen. Ter illustratie zijn in tabel 4.1 de jaarvrachten voor enkele parameters in de Schelde (Schaar van Ouden Doel), de Rijn (Lobith) en de Maas (Eijsden) weergegeven.

Tabel 4.1 Jaarvrachten in 1980 van de Schelde, Rijn en Maas bij de Nederlandse grens (in ton per jaar).

|                                                  | Schelde | Rijn | Maas |
|--------------------------------------------------|---------|------|------|
| Debiet (m <sup>3</sup> /jr) (.10 <sup>10</sup> ) | 0,38    | 8,11 | 0,95 |
| BZV <sub>5</sub> (.10 <sup>4</sup> )             | 1,5     | 25   | 0,3  |
| Zwevende stof (.10 <sup>5</sup> )                | 3,3     | 31   | 6,7  |
| NH <sub>4</sub> -N (.10 <sup>4</sup> )           | 1,4     | 6,0  | 0,4  |
| NO <sub>3</sub> -N (.10 <sup>4</sup> )           | 0,8     | 310  | 27   |
| Kjd-N (.10 <sup>4</sup> )                        | 2,1     | 15   | 1,1  |
| t-PO <sub>4</sub> -P (.10 <sup>3</sup> )         | 4,5     | 50,4 | 4,8  |
| tot Cd                                           | 13      | 117  | 37   |
| tot Cr                                           | 100     | 1600 | 104  |
| tot Cu                                           | 66      | 1200 | 110  |
| tot Pb                                           | 105     | 1300 | 262  |
| tot Ni                                           | 166     | 735  | 73   |
| tot Zn                                           | 450     | 8400 | 2700 |
| tot Hg                                           | 1,2     | 15,5 | 3,6  |
| Fenol                                            | 23      | 725  | 66   |
| Aldrin                                           | 0,4*    | n.m. | n.m. |
| Dieldrin                                         | 1,7*    | n.m. | n.m. |
| Endrin                                           | 1,1*    | n.m. | n.m. |

\* in voorgaande jaren niet meetbaar (n.m.) maar wegens een toename van het aantal piekbelastingen is er in 1980 een meetbare vracht geconstateerd.

### 4.3 Direkte afvalwaterlozingen

Langs de gehele Westerschelde vinden rechtstreekse afvalwaterlozingen plaats. De belangrijkste zijn:

- de persleiding bij Waarde (industriële en huishoudelijke

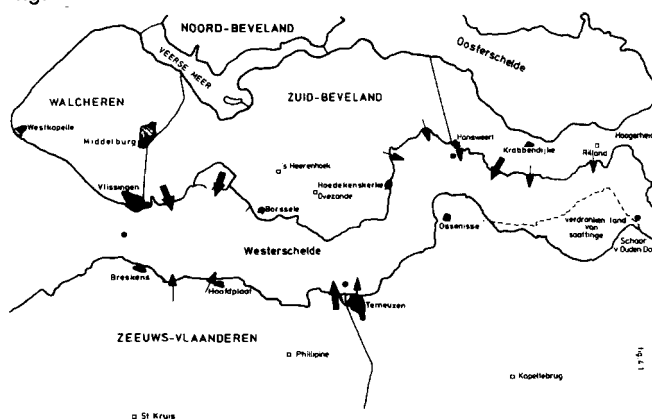
belasting uit West-Brabant, incl. Shell Moerdijk);

- het industriegebied Sloe;
- de plaatsen Middelburg en Vlissingen.

In fig.4.1 zijn bovengenoemde lozingen met een dikke pijl aangegeven; daarnaast zijn een aantal kleinere lozingen aangegeven.

Tabel 4.2 geeft een schatting van de belasting van de Westerschelde door direkte afvalwaterlozingen in 1980/1981; hierbij is de belasting door lozingen op kanalen niet meegerekend.

fig. 4.1



### 4.4 Stortingen

Reeds vele jaren vinden op de Westerschelde stortingen plaats van baggerspecie, afkomstig van de Schelde in België en de Westerschelde zelf. Tevens vinden stortingen plaats van afvalgips afkomstig van Zuid-Chemie te Sas van Gent.

#### Baggerspecie

Jaarlijks vinden, naast onderhoudsbaggerwerkzaamheden (ca. 15-16.10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> wordt jaarlijks gebaggerd en elders in de Westerschelde gestort) stortingen plaats van baggerspecie afkomstig uit het Antwerpse havengebied. Sinds 1979 bedraagt deze nettobelasting ongeveer 1.10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/jaar.

Met behulp van de analysesresultaten van enkele Scheldesedimenten is een schatting gemaakt van de vrachten verontreinigende stoffen die op deze manier in de Westerschelde terecht komen (zie tabel 4.3).

Tabel 4.3 Jaarlijkse belasting van de Westerschelde door Belgische baggerspeciastortingen afkomstig uit het Antwerpse havengebied (ton/jaar) berekend met behulp van lit.20.

|                                |                   |
|--------------------------------|-------------------|
| Gestorte specie (drooggewicht) | 3.10 <sup>5</sup> |
| P                              | 75*               |
| Mn                             | 35                |
| Cr                             | 5                 |
| Cu                             | 10                |
| Zn                             | 15                |
| Pb                             | 5                 |
| org.stof                       | 15000*            |
| Cd                             | 1                 |

\* berekend met behulp van lit. 9

## Industrieel afval

In de Westerschelde vinden ter hoogte van Terneuzen stortingen plaats van gips dat vrijkomt bij de produktie van kunstmest. De maximale hoeveelheid die jaarlijks gestort mag worden bedraagt 200.000 ton gips. Aan de hand van de lozingsvergunning is een schatting gemaakt van de maximale hoeveelheden verontreinigingen die met dit gips in de Westerschelde terechtkomen (tabel 4.4).

Tabel 4.4. Gipsstortingen op de Westerschelde (ton/jaar)

|                               |           |                                             |            |
|-------------------------------|-----------|---------------------------------------------|------------|
| P                             | 600       | Pb                                          | 0,2 - 1,4  |
| F                             | 1400-2000 | Cu                                          | 1,2        |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | 104000    | Ni                                          | 0,2        |
| Zn                            | 4-8       | As                                          | 0,9        |
| Cd                            | 0,4-0,8   | Hg                                          | 0,002-0,01 |
| Cr                            | 2         | Gips (CaSO <sub>4</sub> ·xH <sub>2</sub> O) | 200000     |

## 4.5 Kanalen

Een drietal kanalen staat via sluizen in verbinding met de Westerschelde, te weten:

- 1) het kanaal van Gent naar Terneuzen
- 2) het kanaal door Walcheren
- 3) het kanaal door Zuid-Beveland

ad 1)

De belasting van de Westerschelde door het kanaal van Gent naar Terneuzen wordt grotendeels bepaald door de voorbelasting van het kanaal vanuit Frankrijk en België. Het kanaal staat namelijk via sluizen bij Gent in verbinding met de Schelde waardoor het water in het kanaal voornamelijk Scheldewater is. Daarnaast zijn nog een aantal lozingen op Belgisch en Nederlands gebied van belang.

Tabel 4.5 geeft een overzicht van de totale belasting van de Westerschelde door het kanaal van Gent naar Terneuzen in 1981. In 1981 was het zoetwaterdebiet  $574 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ .

Tabel 4.5. Schatting van de belasting van de Westerschelde door het kanaal van Gent naar Terneuzen in 1981 (ton/jaar).

|                  |      |    |    |    |      |
|------------------|------|----|----|----|------|
| BZV <sub>5</sub> | 1700 | Cu | 2  | Cd | 4    |
| N                | 7800 | Ni | 10 | Cr | 2    |
| P                | 1300 | Zn | 70 | Hg | 0,02 |
| F                | 3200 | Pb | 4  |    |      |

ad 2)

Uit het rekenmodel Pollozin (Polderlozingen) blijkt dat alleen 's winters incidenteel vanuit het kanaal door Walcheren gespuid dient te worden op de Westerschelde. Gemiddeld is dit voor een winterhalfjaar  $5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ . Deze hoeveelheid wordt ruimschoots overtroffen door het inlaatdebiet in de rest van de winter en het gehele zomerseizoen.

Eenzelfde redenatie geldt voor de vrachten aan nutriënten en andere stoffen die echter in het niet vallen vergeleken bij het kanaal van Gent naar Terneuzen; derhalve wordt aan deze bron verder geen aandacht aan besteed.

ad 3)

Uit berekeningen met het rekenmodel Pollozin blijkt dat de Westerschelde jaarlijks met ongeveer  $5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  water belast wordt vanuit het kanaal door Zuid-Beveland. Omdat door schut- en lekverliezen van sluizen ook water vanuit de

Westerschelde het kanaal binnenstroomt is het moeilijk de netto hoeveelheid naar de Westerschelde aan te geven. Gezien de kwaliteit van het water in het kanaal kan evenwel gesteld worden dat de vrachten van de diverse stoffen in het niet vallen vergeleken bij die van het kanaal van Gent naar Terneuzen.

## 4.6 Polderwater

Via een dertigtal sluizen en gemalen wordt overtollig water afkomstig van Walcheren, Zuid-Beveland en Zeeuws-Vlaanderen uitgeslagen op de Westerschelde. Met behulp van de resultaten van de oppervlaktewaterkwaliteitsgegevens van 1980 (gegevens van 1981 waren bij de afsluiting van de rapportage nog niet beschikbaar) en polderwateruitslagen in 1981 en het rekenmodel Pollozin kunnen de jaarvrachten van diverse stoffen geschat worden (zie tabel 4.6).

Tabel 4.6. Geschatte belasting van de Westerschelde door polderwater in 1981 (ton/jaar).

|                  |      |
|------------------|------|
| BZV <sub>5</sub> | 4250 |
| N                | 2200 |
| P                | 625  |

Wateruitslag  $441 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{jaar}$

Wegens het geringe aantal metingen per jaar is het niet mogelijk een schatting van de belasting door metalen te maken.

## 4.7 Neerslag

Neerslag kan in sommige gebieden een relatief hoge belastingsbron van bepaalde verontreinigende stoffen vormen. Het is derhalve van belang deze nader te kwantificeren.

Uitgaande van het natte oppervlak van de Westerschelde bij NAP ( $2,48 \cdot 10^8 \text{ m}^2$ ), de droogliggende buitendijkse gebieden bij NAP ( $7,53 \cdot 10^7 \text{ m}^2$ ) en de gemiddelde neerslag in 1981 (915 mm) wordt de belasting van de Westerschelde voor 1981 geschat op  $296 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ .

Met behulp van door het RID uitgevoerd metingen betreffende de samenstelling van regenwater in 1981 kan de belasting van de Westerschelde door nutriënten en zware metalen berekend worden (tabel 4.7).

Tabel 4.7. Geschatte belasting van de Westerschelde door nutriënten en zware metalen in regenwater in 1981 (ton per jaar).

|    |     |    |                      |
|----|-----|----|----------------------|
| N  | 580 | Ni | 0,4                  |
| P  | 35  | Pb | 4,2                  |
| Cd | 0,2 | Zn | 13                   |
| Cu | 3,2 | Cr | 0,1                  |
|    |     | Hg | n.m.                 |
|    |     |    | n.m. = niet meetbaar |

## 4.8 Totale belasting van de Westerschelde

Aan de hand van voorgaande berekeningen kan een schatting worden gemaakt van de totale belasting van de Westerschelde. Dit is in eerste instantie gedaan voor de parameters BZV<sub>5</sub>, N, P, Cu, Ni, Zn, Cr, Cd, Hg, Pb, en F (tabel 4.8).

Uit de tabel blijkt dat de Schelde de belangrijkste bijdrage aan de verontreiniging van de Westerschelde levert, gevolgd door lozingen en stortingen vanaf Nederlands gebied en het kanaal van Gent naar Terneuzen.

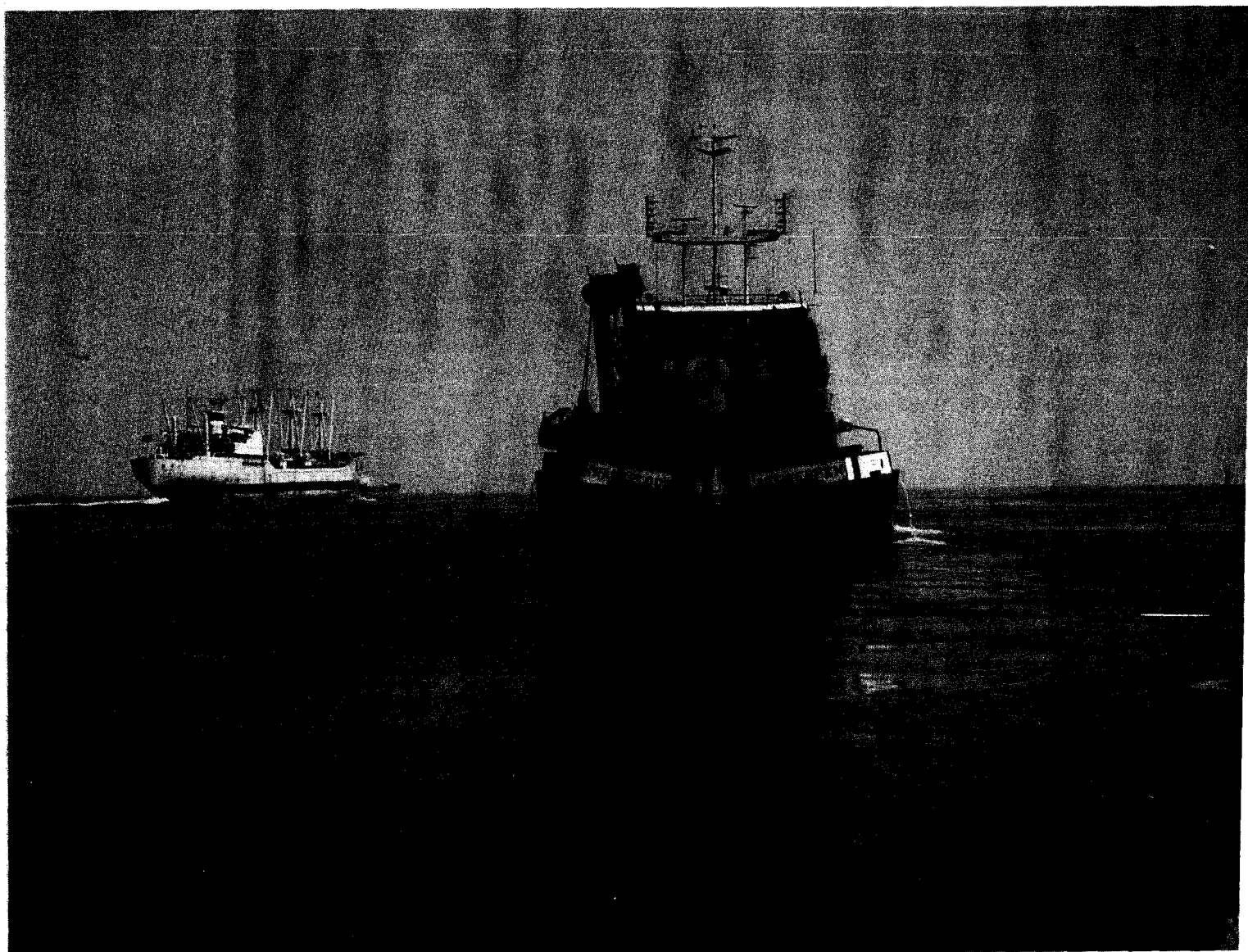
Tabel 4.8. Schatting van de belasting van de Westerschelde in 1981 door diverse bronnen in ton per jaar.

|                                      | N      | P           | BZV <sub>5</sub> | Cu     | Ni      | Zn        | Cr      | Cd        | Hg        | Pb      | F*           |
|--------------------------------------|--------|-------------|------------------|--------|---------|-----------|---------|-----------|-----------|---------|--------------|
| Schelde                              | 40.000 | 4.500       | 15.000           | 66     | 166     | 450       | 100     | 13        | 1,2       | 105     | 3.000- 5.000 |
| Direkte lozingen                     | 3.350  | 1.185-1.260 | 15.555           | 5,6-18 | 2,0-4,0 | 24,9-41,3 | 2,0-3,1 | 0,51-0,56 | 0,02-0,04 | 2,2-7,9 | 151          |
| Stortingen (baggerspecie, gipsafval) |        | 675         |                  | 11,2   |         | 19 -23    | 7       | 1,4 -1,8  |           | 5,2-6,4 | 1.400- 2.000 |
| Kanalen                              | 7.800  | 1.300       | 1.700            | 2      | 10      | 70        | 2       | 0,3       | 0,02      | 4       | 3.200        |
| Polderwater                          | 4.250  | 25          | 4.250            |        |         |           |         |           |           |         |              |
| Regenwater                           | 580    | 35          |                  | 3,2    | 0,4     | 13        | 0,1     | 0,2       |           | 4,2     |              |
| Totaal**                             | 55.980 | 8.320-8.395 | 36.505           | 88-100 | 178-182 | 565-582   | 111-112 | 15,4-15,9 | 1,24-1,26 | 120-128 | 7.750-10.350 |

\* Omdat fluoride van nature in vrij grote hoeveelheden (1-2 mg/l) in zeewater voorkomt, is het vanwege de correctie op chloride-gehalten alleen mogelijk een erg grove schatting van de fluoride vracht op te geven.

\*\* Het totaal bestaat uit de som van zeer ruwe getallen.

Baggerwerkzaamheden op de Westerschelde (foto: RIZA)



## 5 Het waterkwaliteitsmeetnet Westerschelde

In het kader van het routine-onderzoeksprogramma der Rijkswateren wordt onderzoek verricht naar de kwaliteit van het water van de Westerschelde. Wat het programma voor de Westerschelde betreft, is in 1964 van start gegaan met de punten Vlissingen, Hoofdplaat, Terneuzen, Hoek van Baarland, Hoedekenskerke, Hansweert, Zuidergat, Schaar van Waarde, Lamswaarde, Overloop van Valkenisse, Bath en Schaar van Ouden Doel.

In 1973 zijn daar de punten Boei 71, Boei 81a en Boei 83a aan toegevoegd. In figuur 5.1 zijn de bemonsteringspunten in kaart gebracht.

Door aanpassing zijn de punten Hoek van Baarland, Schaar van Waarde, Overloop van Valkenisse, Bath, Boei 81a en Boei 83a in 1982 vervallen.

In eerste instantie (1964-1967) werden alleen de parameters temperatuur, zuurstof, BZV<sub>5</sub>, zuurgraad, ammoniumstikstof, totale  $\alpha$ -radioactiviteit,  $\beta$ -restactiviteit en chloride bepaald en vonden de bemonsteringen eens per maand plaats.

In de loop der tijd is het aantal parameters uitgebreid tot een serie van ruim 100 (waarvan een groot deel alleen te Schaar van Ouden Doel bepaald wordt) en vinden de bemonsteringen momenteel eens per twee weken plaats.

In de Westerschelde werd en wordt veel aandacht besteed aan radiochemische metingen (meetpunten Vlissingen, Hoofdplaat, Terneuzen (toegevoegd in 1982), Hansweert, Lamswaarde, Boei 83a (verdwenen in 1982) en Schaar van

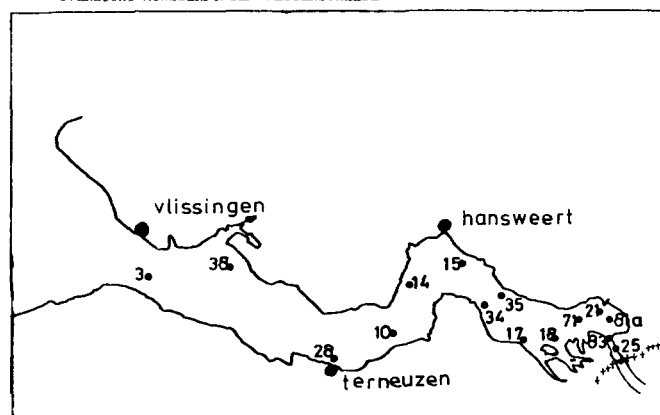
Ouden Doel). Redenen hiervan zijn onder meer de lozingen door nucleaire installaties op de Schelde (Mol, Doel) en Westerschelde (Borssele), de lozingen van fosfaat -c.q. kunstmestfabrieken die uranium- en radiumhoudend fosfaaterts verwerken (rond Terneuzen, Scheldemonding) en de ingewikkelde getijmechanismen (eb- en vloedscharen) in de Westerschelde.

De bemonsteringen voor het routineprogramma worden, voor wat de Westerschelde betreft, uitgevoerd door de adviesdienst Vlissingen van de directie Waterhuishouding en Waterbeweging (district Kust en Zee) en vinden steeds in dezelfde getijfase plaats, namelijk rond de laagwaterkentering ten oosten van Hansweert en rond halftij ten westen van Hansweert. Hierdoor wordt theoretisch de slechtste waterkwaliteit bepaald omdat er rond de laagwaterkentering een minimale hoeveelheid zeewater en een maximale hoeveelheid -ten opzichte van zeewater meer verontreinigd- zoetwater aanwezig is. Tevens vindt bemonstering steeds op dezelfde diepte plaats, namelijk ca. 0,5 m onder het wateroppervlak. De analyses worden uitgevoerd door het RIZA, RID en RIV. Per jaar levert dit ongeveer 10.000 gegevens op die worden opgeslagen in het datasysteem WAKWAL. Met behulp van applicatieprogrammatuur is het mogelijk tekeningen, zoals opgenomen in dit rapport, rechtstreeks te maken.

Via de „jaarboeken” vindt sinds 1965 publikatie van deze gegevens plaats; vanaf 1972 gebeurt dit via de „kwartaaloverzichten”. (lit.1)

fig. 5.1

OVERZICHT MONSTERPUNTEN WESTERSCHDELDE



WESTERSCHDELDE : AFSTAND MEETPUNTEN T.O.V. VLISSINGEN.

| MEETSTATION             | MEETPUNT | AFSTAND IN KM. |
|-------------------------|----------|----------------|
| VLISSINGEN              | 3        | 0              |
| HOOFDPLAAT              | 38       | 11,8           |
| TERNEUZEN               | 28       | 23,6           |
| HOEK VAN BAARLAND       | 10       | 32,6           |
| HOEDEKENSKERKE          | 14       | 38,3           |
| HANSWEERT               | 15       | 46,6           |
| ZUIDERGAT               | 34       | 51,0           |
| SCHAAR VAN WAARDE       | 35       | 50,6           |
| LAMSWAARDE              | 17       | 55,4           |
| OVERLOOP VAN VALKENISSE | 18       | 58,7           |
| BOEI 71 a               | 71 a     | 63,0           |
| BATH                    | 21       | 66,4           |
| BOEI 81 a               | 81 a     | 68,4           |
| BOEI 83 a               | 83 a     | 70,3           |
| SCHAAR VAN OUDEN DOEL   | 25       | 72,6           |

## 6 Interpretatie en toetsing van waterkwaliteitsgegevens

### 6.1 Interpretatie

Door resten van planten en dieren en door erosie wordt een rivier van nature belast met allerlei organische en anorganische stoffen. Deze resten veroorzaken het zogenaamde natuurlijk gehalte van de diverse stoffen in een rivier. Dit natuurlijk gehalte varieert met de afvoer. Zo zal bij een hoge Schelde-afvoer extra erosie, opwerveling en uitspoeling van bezonken materiaal optreden.

In principe geldt dit laatste niet voor de door de mens toegevoegde stoffen; deze hoeveelheden zullen normaal gesproken onafhankelijk zijn van de afvoer. Een toename van de afvoer van de Schelde zal daarom meestal leiden tot een daling van het gehalte van de door de mens toegevoegde stoffen in de Schelde en Westerschelde.

Gecompliseerd wordt het voor stoffen die zich hechten aan het in het water zwevend materiaal, b.v. zware metalen, pesticiden en fosfaten, met als gevolg dat bij lage Schelde-afvoer het zwevend materiaal met de daaraan geadsorbeerde verontreinigingen zal bezinken en het bij hoge afvoer zal opwervelen en een toename van de vracht optreedt. Dit betekent dat stoffen die zich hechten aan zwevend materiaal sterk wisselende vrachten te zien kunnen geven bij gelijk blijvende lozingen. Voor vluchtige stoffen en voor stoffen die in het oppervlaktewater worden afgebroken of omgezet, geldt dat de gehalten worden beïnvloed door de temperatuur van het water, instraling van licht, verblijftijd, verdunning, opname van zuurstof, enz.

Hieruit blijkt dat het vaststellen en beoordelen van een trend in het verloop van een met verontreinigingen belaste rivier zoals de Schelde en een estuarium als de Westerschelde niet alleen kan gebeuren aan de hand van gegevens over gemeten gehalten maar dat ook rekening moet worden gehouden met (natuurlijke) factoren die invloed kunnen hebben gehad op de waterkwaliteit.

Globaal gezien nam in de periode 1964-1972 de jaargemiddelde Schelde-afvoer af en in de periode 1973-1980 toe. De Schelde-afvoer is de belangrijkste natuurlijke faktor die de gehalten in vooral het oostelijk deel van de Westerschelde beïnvloedt. Om veranderingen in de waterkwaliteit onafhankelijk van de afvoer te kunnen beschouwen is naast presentatie van de gemeten gehalten ook een weergave gedaan van de berekende jaargemiddelde vrachten van een aantal parameters bij Schaar van Ouden Doel.

Bij de bespreking van de waterkwaliteit zullen daarom, voor zover dit zinvol is, steeds de volgende punten in beschouwing worden genomen:

- De verandering van de jaargemiddelde gehalten in de jaren 1964-1981 per te bespreken bemonsteringspunt aan de hand van tijdasgrafieken waarin voor de punten Vlissingen, Terneuzen, Hansweert en Schaar van Ouden Doel de jaargemiddelden van de diverse stoffen zijn vermeld. Indien ter verduidelijking gewenst zullen ook voortschrijdend driejaarsgemiddelden, jaarmedianen of kwartaalgemiddelden worden weergegeven.
- De verandering van de jaargemiddelde vrachten vanaf het begin van de 70-er jaren bij Schaar van Ouden Doel. Deze worden samen met de jaargemiddelde Schelde-afvoer in tabelvorm weergegeven.

- Het verloop van de jaargemiddelde gehalten over het traject Vlissingen-Schaar van Ouden Doel aan de hand van lengte-as grafieken voor verschillende jaren, waarin de jaargemiddelden van alle meetpunten zijn opgenomen.

Voor de overzichtelijkheid zijn op de lengte-as de plaatsnamen Vlissingen, Terneuzen, Hansweert, Lamswaarde en Schaar van Ouden Doel aangegeven als respectievelijk „Vlis.“, „Tern.“, „Ha.“, „La.“ en „Sch.v.O.D.“. De tussenliggende punten Hoofdplaat (2), Hoek van Baarland (4), Hoedekenskerke (5), Schaar van Waarde (7), Zuidergat (8), Overloop van Valkenisse (10), Boei 71 (11), Bath (12), Boei 81a (13) en Boei 83a (14) kunnen aan de hand van het achter de naam vermelde cijfer afgelezen worden.

In verband met de geografische interpretatie zijn de afstanden tussen de stations op juiste schaal weergegeven en ligt het station Vlissingen het meest links in de figuren.

De voor sommige parameters vrij grote spreiding in jaar- of kwartaalgemiddelde gehalten maakt het noodzakelijk bij de interpretatie van de waterkwaliteitsgegevens voorzichtig te werk te gaan. De mogelijkheden om uit waterkwaliteitsgegevens conclusies te trekken over structurele of systematische veranderingen van de waterkwaliteit in de tijd wordt in belangrijke mate bepaald door de bemonsteringsfrequentie en de statistische eigenschappen van de gegevens. In het kader van het project „Optimalisatie en structurering van het routine-onderzoek der rijkswateren“ (OSTWAT) is een methode ontwikkeld waarmee kan worden nagegaan wat voor een bepaalde parameter de relatie is tussen de mogelijkheden tot trenddetectie en de bemonsteringsfrequentie. (lit.56).

De ontwikkelde methode bestaat in grote lijnen uit twee onderdelen:

- Een „correctie“ van de waterkwaliteitgegevens voor een bepaald punt en over een bepaalde periode voor eventuele structurele en systematische veranderingen of fluctuaties. Deze correctie voor bijvoorbeeld de afvoer, de temperatuur, het zwevend stofgehalte en de tijd (trend) vindt plaats door het bepalen van de regressievergelijking met deze parameters (b.v.  $\text{gehalte} = \text{faktor 1} \times \text{zwevend stof} + \text{faktor 2} \times \text{afvoer} + \text{faktor 3; variantie } x\%$ ). Een gecorrigeerd verloop (residu) wordt verkregen door alle afzonderlijke waarnemingen te vergelijken met de regressievergelijking. Eventuele seizoensfluctuaties in het residu worden verwijderd met Fourieranalyse.
- De statistische analyse van de „gecorrigeerde“ gegevens.

De „gecorrigeerde“ gegevens vertonen na deze bewerking voornamelijk nog toevallige fluctuaties.

De variantie van de gegevens (voornamelijk bepaald door toevallige fluctuaties) vormt hierbij de basis voor het bepalen van de relatie tussen de betrouwbaarheid van een te detecteren trend en de bemonsteringsfrequentie.

Deze methode is in principe gericht op het bepalen van de mogelijkheden tot trenddetectie afhankelijk van de gehanteerde analysefrequentie maar kan ook gebruikt worden bij het vaststellen van de betrouwbaarheid van gedetecteerde trends. In deze nota zijn de gegevens van het meetpunt Schaar van Ouden Doel volgens deze methode bewerkt om via staptrenddetectie na te gaan in hoeverre de perioden

1964-1968 en 1974-1977 structureel verschillen van respectievelijk de perioden 1969-1973 en 1978-1981. Het toepassen van afvoercorrecties geeft informatie over het effect van variaties in de afvoer op de gemeten concentraties.

De resultaten van deze berekeningen zijn naast andere gegevens gebruikt bij het vaststellen van de conclusies van deze nota en zijn verwerkt in bijlage 5a.

Voor enkele parameters (BZV<sub>5</sub>, zuurstof, Kjeldahl-, ammonium- en nitraatstikstof en orthofosfaat) zijn correcties op de afvoer toegepast, waarbij zowel de waterkwaliteitsparameters als de dekadegemiddelde afvoercijfers voortschrijdend zijn gemiddeld over 1 jaar. De kolom „afvoer variantie” (bijlage 5b) geeft aan in welke mate de afvoer bepalend is geweest voor de waargenomen gehalten; deze blijkt soms ca. 50% te kunnen bedragen.

Door vermindering van het onderscheidend vermogen, door afvlakking van de trend of een combinatie van beide is een trend bepaald met afvoercorrectie minder duidelijk waarneembaar dan een trend bepaald zonder deze correctie.

Dit impliceert dat er minder verandering in de lozingssituatie bovenstrooms van Schaar van Ouden Doel is opgetreden dan op grond van weergegeven grafieken en staptrends, bepaald zonder afvoercorrectie, verwacht zou mogen worden.

Omdat het hoofddoel van de voorliggende nota het beschrijven van de ontwikkeling van de waterkwaliteit in de tijd is, zijn de meetresultaten voornamelijk verwerkt in de vorm van gemiddelden en medianen over langere tijd. De afzonderlijke meetresultaten komen, gezien de veelheid van gegevens en omwille van het bepalen van een trend, slechts in enkele gevallen aan de orde.

In het algemeen zal over een voldoende lange periode waarnemingsmateriaal beschikbaar moeten zijn om betrouwbare uitspraken te kunnen doen over het verloop van de waterkwaliteit.

## 6.2. Toetsing

Aan bepaalde oppervlaktewateren kunnen al naar gelang de functie en bestemming waterkwaliteitsdoelstellingen worden toegekend.

Voor de Westerschelde kunnen de volgende doelstellingen worden onderscheiden (lit.19):

- kwaliteit voor zwemmen
- kwaliteit voor aquatisch leven (vissen, schelpdieren).

Door het hoge chloridegehalte is het Westerschelde-water niet geschikt voor de drinkwatervoorziening en agrarisch gebruik, terwijl voor de scheepvaart de waterkwaliteit van onderschikt belang is.

Naast voornoemde specifieke doelstellingen wordt in het Indikatief Meerjaren Plan 1980-1984 de algemene waterkwaliteitsdoelstelling „basiskwaliteit” voor zoet water geïntroduceerd. Met deze doelstelling wordt een minimum aangegeven in het geheel van waterkwaliteitsdoelstellingen om een basisbescherming te geven aan ekologische belangen en belangen die samenhangen met verschillende vormen van menselijk gebruik. Voor zout water is een dergelijke doelstelling nog niet opgesteld.

Bij elk van de waterkwaliteitsdoelstellingen kan een serie normen worden vastgesteld. In EG-verband is dit tot nu toe gebeurd voor de doelstellingen drinkwatervoorziening, zwemmen, zoetwatervissen en schelpdieren.

In nationaal verband zullen de normen worden vastgesteld door middel van een Algemene Maatregel van Bestuur

(AMvB) bij de WVO. Een en ander is vastgelegd in een in juni 1981 door het parlement goedgekeurde wijziging van de Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren. Een ontwerp-AMvB betreffende de doelstellingen drinkwatervoorziening, zwemmen, zoetwatervissen en schelpdieren is in juli 1981 in de Staatscourant gepubliceerd. De reeds eerder genoemde wijziging van de WVO voorziet ook in de introductie van zogenaamde waterkwaliteitsplannen per 1-1-1984. Een belangrijk onderdeel van deze plannen vormt het vaststellen van de functies voor de verschillende wateren die in het plangebied liggen. Dit betekent dat, voor zover de normen zoals hierboven bedoeld in nationaal verband zijn vastgesteld, in de toekomst voor elk water een op de specifieke functies afgestemd normenpakket zal gelden (lit.19).

Omdat er voor zoute wateren alleen normen zijn voor zwemmen en schelpdieren, zal er naast toetsing aan deze normen, bij gebrek aan zoute basiskwaliteitsnormen, voor het meetpunt Schaar van Ouden Doel getoetst worden aan de normen voor de basiskwaliteit voor zoet water, zoals die beschreven staat in het IMP 1980-1984. Deze toetsing aan de zoete basiskwaliteitsnormen zal alleen gedaan worden voor „relevante” parameters, dus niet voor stoffen die van nature al veel voorkomen in Westerschelde-water, zoals chloride en fluoride.

In bijlage 1 is een totaal overzicht te vinden van de normen van de basiskwaliteit, alsmede een toetsing van de relevante waterkwaliteitsgegevens te Schaar van Ouden Doel aan deze normen voor de jaren 1979 t/m 1981. In deze periode zijn overschrijdingen van de basiskwaliteit geconstateerd voor de parameters zuurstof, totaal fosfaat, ammoniak + ammoniumstikstof, cadmium, kwik, nikkel, olie, polycyclische aromatische koolwaterstoffen, (totaal)organochloorpesticiden, dieldrin, hexachloorbenzeen en thermotolerante bacteriën van de coligroep. In de bijlagen 2 en 3 zijn totaaloverzichten te vinden van de respectievelijke normen voor zwemmen en schelpdieren, alsmede toetsingen van waterkwaliteitsgegevens te Schaar van Ouden Doel aan deze normen. Benadrukt dient te worden dat er nog betrekkelijk weinig bekend is over de relatie tussen enerzijds de fysisch-chemische waterkwaliteit en anderzijds de kwaliteit van het sediment, accumulatie van stoffen in organismen en de hydrobiologische gesteldheid van het water. Naarmate het inzicht groeit, is het mogelijk dat de normen aangepast zullen moeten worden.

## 7 Beschrijving algemene parameters

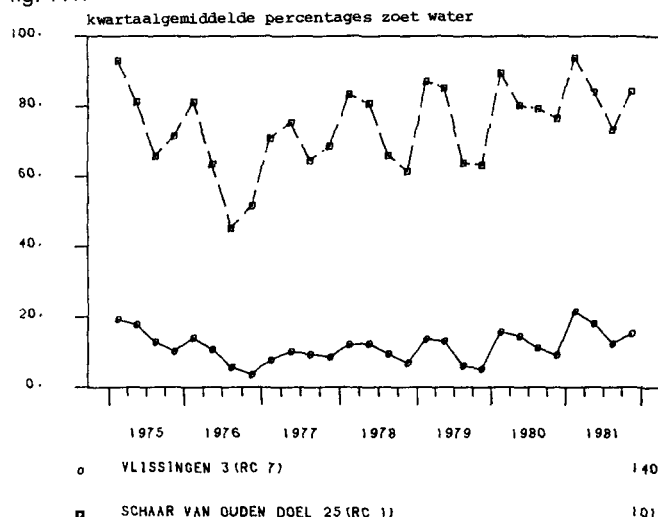
### 7.1 Schelde-afvoer

De rivier de Schelde is tot ver landinwaarts aan de getijde-invloed onderhevig. De verdunnende invloed van zeewater is tot aan de Rupelmonding merkbaar. Bij Gent bedraagt het gemiddelde getijverschil nog ca. 2 meter.

Regenval is de belangrijkste oorzaak van het sterk wisselende afvoerpatroon van de Schelde.

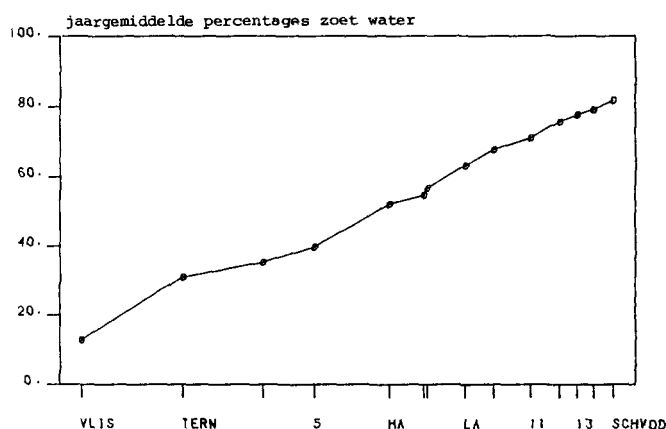
Fig. 7.1 illustreert de invloed van regenval aan de hand van kwartaalgemiddelde percentages zoet water bij Schaar van Ouden Doel en Vlissingen. In natte periodes (1981) blijkt het percentage zoet water bij Schaar van Ouden Doel tot 94% en bij Vlissingen tot 22% te kunnen oplopen; in droge periodes (1976) bereikt het percentage zoet water bij Schaar van Ouden Doel te Vlissingen minima van respectievelijk 45% en 4%.

fig. 7.1.



Deze verdunning zorgt voor een vrijwel lineaire gradiënt van Scheldewater in de Westerschelde. In fig. 7.2 zijn voor het jaar 1980 (vrij hoge afvoer) de jaargemiddelde percentages Scheldewater op alle meetpunten in de Westerschelde weer gegeven.

fig. 7.2.



In principe geldt dat een stof die niet reageert (sedimentatie, afbraak, omzetting) een conservatieve stof is. Een dergelijke stof vertoont in de Westerschelde een vrijwel lineair verlopende gradiënt. Een stof die uit de waterfase verdwijnt (sedimentatie, afbraak) of er juist aan toegevoegd wordt (stortingen, lozingen, nalevering bodem) zal dit lineaire patroon niet volgen. In het algemeen kan gesteld worden dat gehalten van een stof die uit de waterfase verdwijnt onder deze verdunningslijn liggen en gehalten van één die aan de waterfase wordt toegevoegd boven deze lijn liggen.

De gemiddelde afvoer van de Schelde te Schaar van Ouden Doel bedroeg over de periode 1964-1980 119 m³/s. Voor het jaar 1981 waren op het moment dat deze nota afgerond werd nog geen gegevens beschikbaar. Hierdoor was het alleen mogelijk vrachten tot en met 1980 te bepalen.

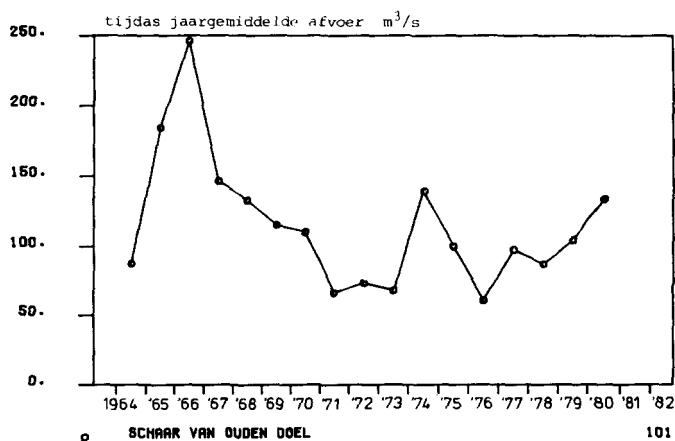
De afvoeren worden door de Antwerpse Zeediensten te Schelle bepaald en gepresenteerd in de vorm van de dekadegemiddelde afvoeren. De afvoer die te Schelle bepaald wordt is niet dezelfde als die bij Schaar van Ouden Doel. Op het traject Schelle-Belgisch/Nederlandse grens vinden nog een aantal lozingen plaats (polderwater, Antwerpen) waardoor deze afvoer enigszins toeneemt. De adviesdienst Vlissingen heeft correcties toegepast om de dekadegemiddelde afvoeren bij Schaar van Ouden Doel te berekenen. Deze correcties variëren al naar gelang de gemeten debieten bij Schelle; gemiddeld is de correctie ca. 12%. In deze nota zullen deze gecorrigeerde afvoeren gebruikt worden.

Tabel 7.1 geeft een overzicht van de kwartaalgemiddelde afvoeren bij Schaar van Ouden Doel.

In fig. 7.3 zijn de jaargemiddelde afvoeren over de periode 1964-1980 opgenomen. Het hieruit berekende voortschrijdend driejaarsgemiddelde is weergegeven in fig. 7.4 Uit deze figuur kan opgemaakt worden dat in de periode vanaf 1964 tot het begin van de jaren '70 de jaargemiddelde afvoer aan een daling onderhevig was. Vanaf het begin van de jaren 70 steeg de afvoer geleidelijk. Ook uit berekeningen met het model OSTWAT (bijlage 5a) blijkt deze trend.

Jaren met extreem hoge afvoeren zijn 1965 en 1966 geweest, jaren met extreem lage afvoeren waren 1973 en 1976.

fig. 7.3.



Tabel 7.1. Berekende kwartaalgemiddelde Schelde-afvoeren bij Schaar van Ouden Doel ( $m^3/s$ ) in de periode 1964-1980.

|                    | 1964 | '65 | '66 | '67 | '68 | '69 | '70 | '71 | '72 | '73 | '74 | '75 | '76 | '77 | '78 | '79 | '80 |
|--------------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 <sup>e</sup> kw. | 98   | 242 | 325 | 308 | 237 | 190 | 215 | 102 | 72  | 80  | 126 | 169 | 106 | 116 | 123 | 201 | 189 |
| 2 <sup>e</sup> kw. | 68   | 194 | 174 | 119 | 74  | 96  | 97  | 71  | 71  | 70  | 43  | 96  | 44  | 94  | 105 | 111 | 117 |
| 3 <sup>e</sup> kw. | 39   | 128 | 120 | 62  | 92  | 72  | 59  | 38  | 66  | 28  | 65  | 49  | 34  | 58  | 55  | 45  | 110 |
| 4 <sup>e</sup> kw. | 144  | 176 | 353 | 124 | 121 | 104 | 88  | 53  | 83  | 93  | 323 | 95  | 57  | 125 | 61  | 68  | 74  |

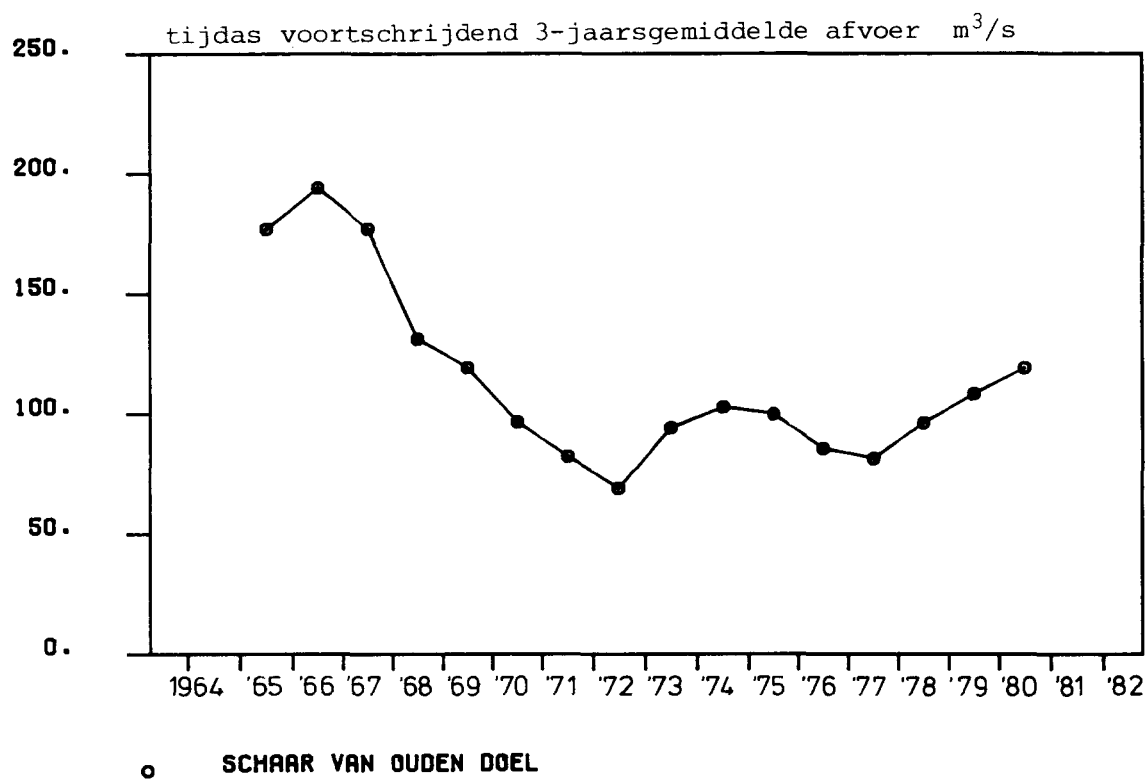


fig. 7.4.

## 7.2. Zwevend stof

Zwevend stof wordt gedefinieerd als het gehalte onopgeloste vaste stof verkregen door filtratie over S en S-witband filter (poriediameter 0,45  $\mu\text{m}$ ). Het zwevend stof in de Westerschelde bestaat voornamelijk uit fijnkorrelig materiaal (diameter tussen 1,5 en 50  $\mu\text{m}$ ) dat bij lage stroomsnelheden sedimenteert en bij hoge stroomsnelheden in suspensie gaat. Vooral in het oostelijk deel van de Westerschelde is het zwevend stofgehalte sterk aan variaties onderhevig. Uit fig. 7.6 blijkt een seizoensafhankelijkheid die vooral bij Schaar van Ouden Doel duidelijk merkbaar is: in de zomer worden lage gehalten (tot 40 mg/l) gemeten, in de winter liggen deze gehalten periodiek boven 200 mg/l. Naast deze seizoensafhankelijkheid (temperatuur, weersomstandigheden), hebben stromingen en getijdebeweging invloed op de gehalten (lit.47).

Naar het westen toe vindt door verdunning met zeewater en sedimentatie (bezinking zonder resuspensie door vermindering van de stroomsnelheid, veroorzaakt door een volumetoename) een -geringe- afname plaats van de gehalten (fig. 7.5), hoewel de seizoensinvloeden nog duidelijk merkbaar zijn. De zwevend stofgehalten bij Vlissingen zijn in dezelfde orde van grootte als voor de Noordzeekust van Walcheren en ca. een faktor 2-4 lager dan voor de Noordzeekust van Zeeuws Vlaanderen.

In westelijke richting neemt het percentage zwevend stof van mariene herkomst toe. Is dit bij Schaar van Ouden Doel nog slechts 30%, bij Hansweert is dit ca. 40%, bij Terneuzen ca. 75% en bij Vlissingen meer dan 95% (lit.10).

Door baggerwerkzaamheden vindt resuspensie plaats van bodemmateriaal dat voor meer dan 90% uit zand (korrels groter dan 50  $\mu\text{m}$ ) bestaat. Volgens een laatste opgave wordt jaarlijks om de vaargeul naar Antwerpen op de juiste diepte te houden ca 15-16.10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> gebaggerd. De specie wordt elders in de Westerschelde gestort.

Uit fig. 7.7 en 7.8 blijkt dat het jaargemiddelde zwevend stofgehalte in het westelijk deel van de Westerschelde aan een geringe stijging onderhevig is; onduidelijk is nog of de uitbreiding van de baggerwerkzaamheden voor de Belgische kust, in het mondingsgebied van de Westerschelde of in de Westerschelde zelf hier -mede- de oorzaak van zijn. Door de overheersende invloed van de sterk variërende Schelde-afvoer is een trend in het oostelijk deel niet waarneembaar. Berekeningen met het rekenmodel OSTWAT hebben aange-toond dat voor het betrouwbaar vaststellen van een trend de huidige bemonsteringsfrequentie niet voldoende is.

Tabel 7.3. laat overigens zien dat toe- of afname van een jaargemiddelde een betrekkelijk begrip is; de verschillen tussen minima en maxima bedragen vele tientallen tot enkele honderden milligrammen per liter.

Uit tabel 7.2. blijkt dat met de jaargemiddelde afvoer de jaarvrachten en de jaargemiddelde gehalten bij Schaar van Ouden Doel sterk variëren. Een onderlinge correlatie is niet aanwezig. Omdat vele verontreinigingen, met name metalen en pesticiden, gebonden aan zwevend stof getransporteerd worden, treden door deze grote variaties in het zwevend stofgehalte ook grote fluktuaties op in deze verontreinigingen. Schattingen (lit.10) geven aan dat jaarlijks ca. 0,73.10<sup>6</sup> ton zwevend stof afkomstig uit zee en ca. 0,24.10<sup>6</sup> ton afkomstig uit de Schelde in de Westerschelde sedimenteert.

Tabel 7.2. Overzicht van de jaarvrachten zwevend stof (in miljoen ton per jaar) de Schelde-afvoer (m<sup>3</sup>/s) en de jaargemiddelde zwevend stofgehalten (mg/l) bij Schaar van Ouden Doel.

|         | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Vracht  | 0,49 | 0,24 | 0,54 | 0,54 | 0,41 | 0,39 | 0,29 | 0,52 | 0,33 |
| Afvoer  | 73   | 68   | 139  | 100  | 60   | 98   | 87   | 104  | 129  |
| Gehalte | 112  | 70   | 103  | 116  | 125  | 88   | 92   | 96   | 85   |

Tabel 7.3. Statistische gegevens zwevend stof gemeten bij Vlissingen, Terneuzen, Hansweert en Schaar van Ouden Doel in de periode 1978 t/m 1981. Gehalten in mg/l.

|               | Vlissingen |     |     |     | Terneuzen |     |     |     | Hansweert |     |     |     | Schaar van Ouden Doel |     |     |     |
|---------------|------------|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|-----------------------|-----|-----|-----|
|               | '78        | '79 | '80 | '81 | '78       | '79 | '80 | '81 | '78       | '79 | '80 | '81 | '78                   | '79 | '80 | '81 |
| aantal waarn. | 9          | 6   | 9   | 9   | 9         | 6   | 9   | 8   | 8         | 6   | 9   | 9   | 22                    | 27  | 28  | 21  |
| minimum       | 15         | 9   | 35  | 27  | 12        | 30  | 33  | 29  | 11        | 31  | 31  | 16  | 38                    | 24  | 24  | 17  |
| maximum       | 91         | 125 | 57  | 131 | 105       | 118 | 83  | 129 | 78        | 104 | 93  | 93  | 280                   | 340 | 445 | 664 |
| st.deviate    | 23         | 35  | 6   | 35  | 30        | 35  | 18  | 32  | 24        | 29  | 23  | 22  | 60                    | 77  | 76  | 133 |
| mediaan       | 34         | 47  | 42  | 45  | 78        | 68  | 53  | 72  | 33        | 70  | 49  | 41  | 73                    | 64  | 71  | 51  |
| gemiddelde    | 44         | 53  | 42  | 64  | 65        | 72  | 58  | 74  | 42        | 71  | 54  | 47  | 92                    | 96  | 85  | 84  |

fig. 7.5.

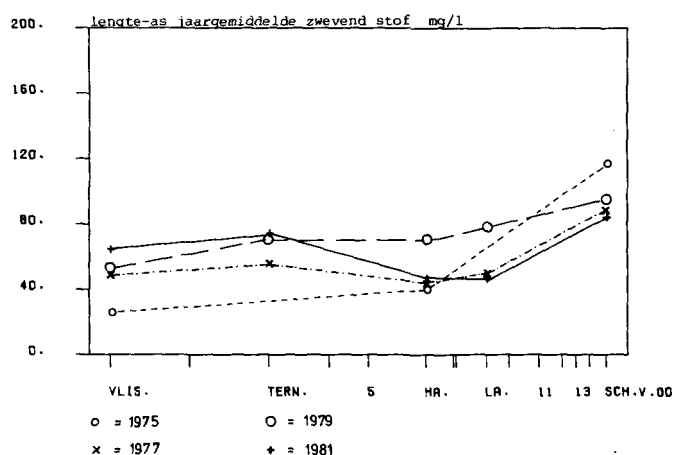
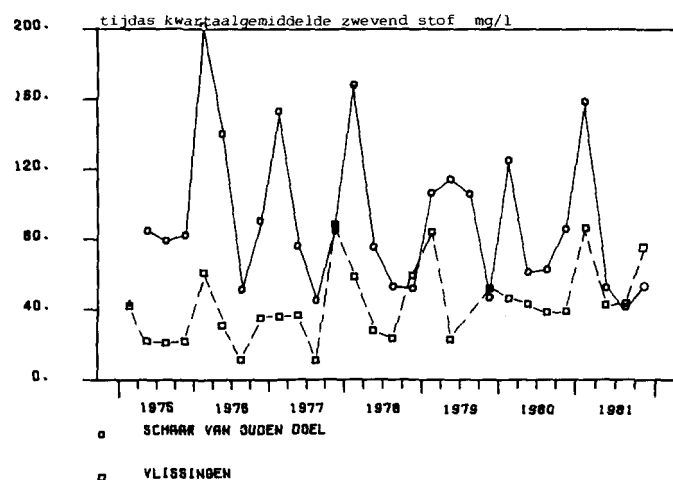
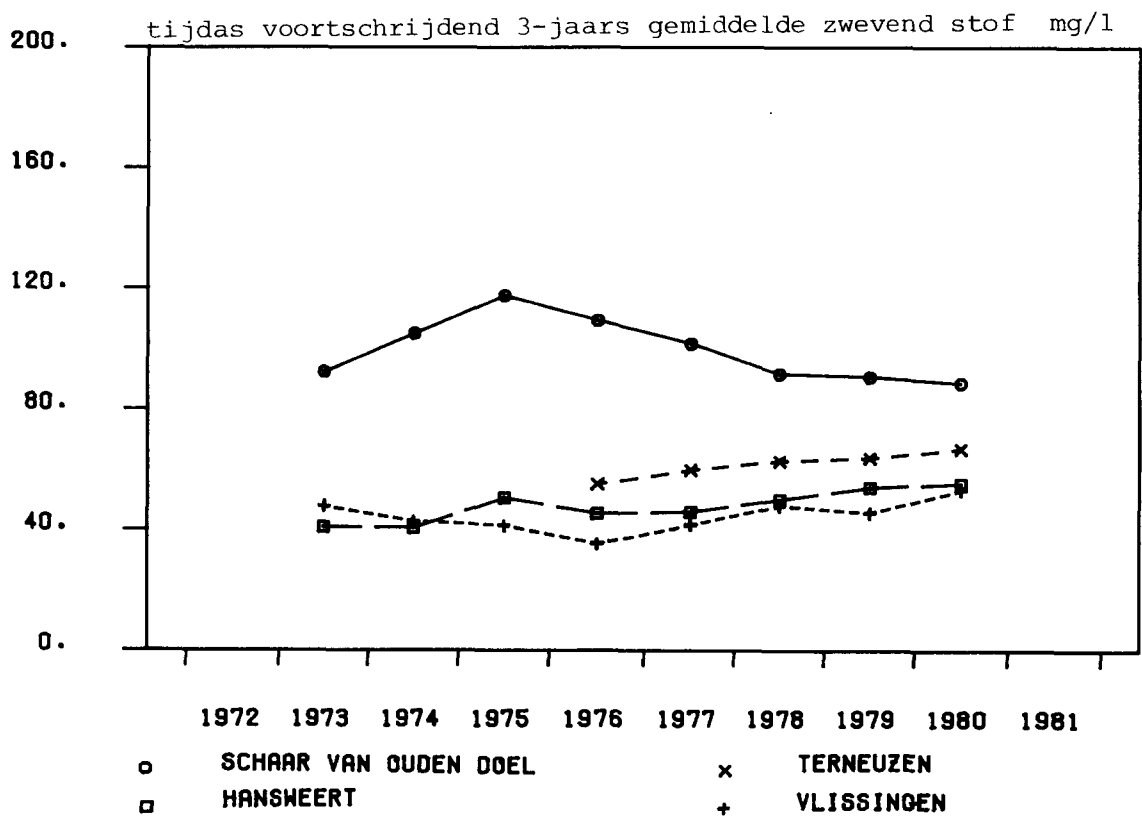
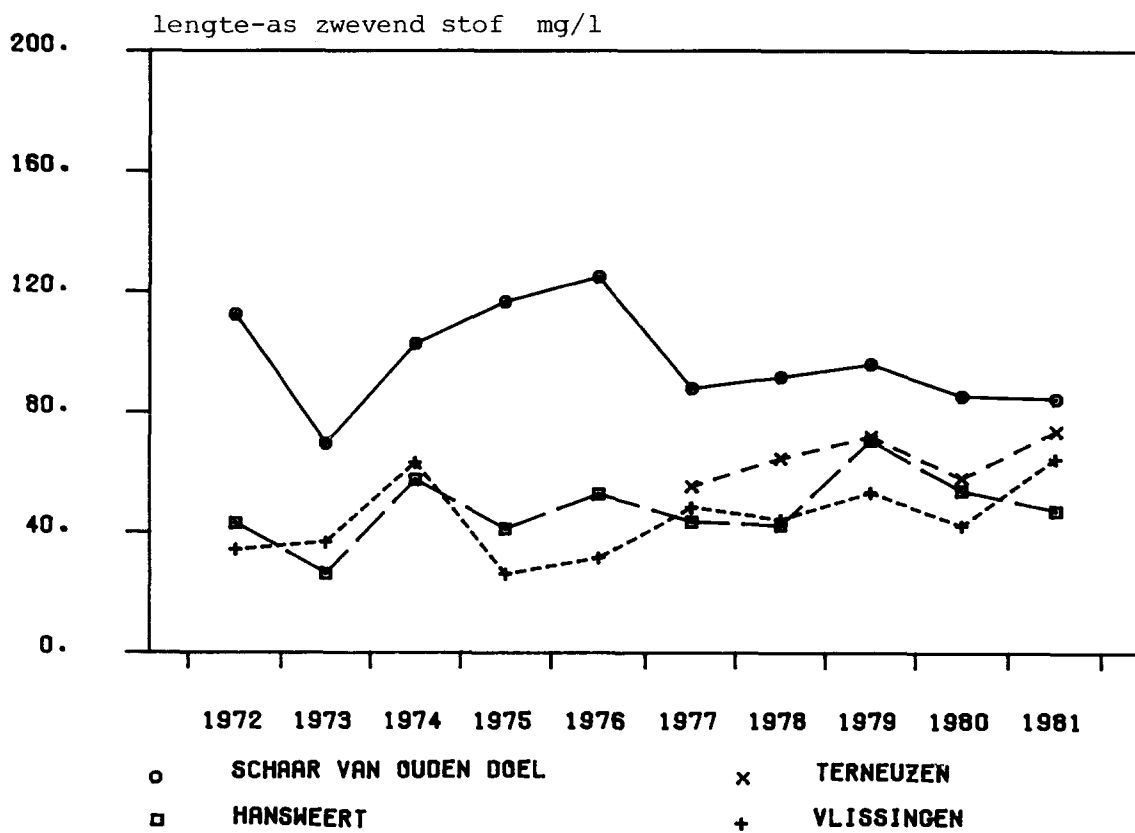


fig. 7.6.





### 7.3. Temperatuur

De temperatuur van het Westerscheldewater wordt voornamelijk bepaald door het Noordzeewater en de instraling vanuit de atmosfeer. Door de grote verdunning en verblijftijd heeft het Scheldewater alleen in het oostelijk deel van de Westerschelde invloed op de temperatuur.

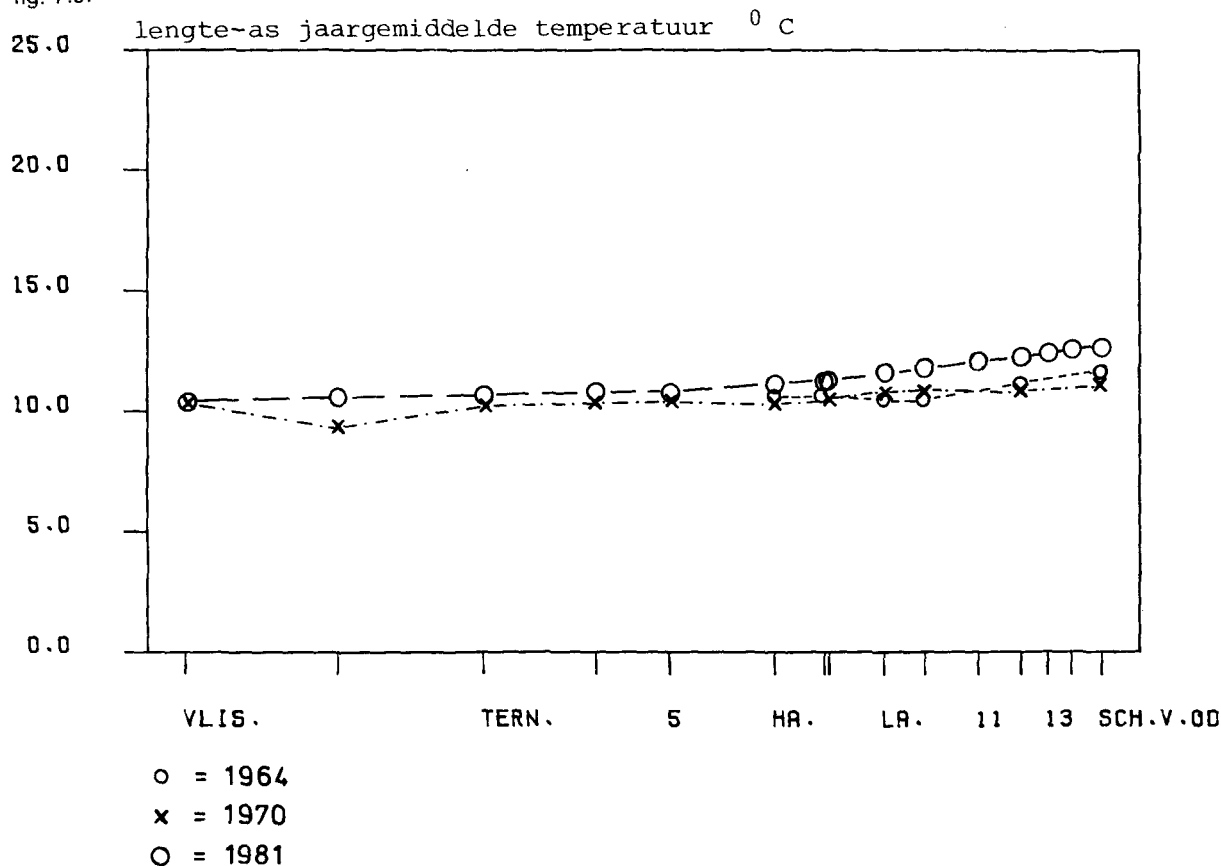
Voor een groot aantal processen in het water is de temperatuur van groot belang. Het meest bekend is wel de invloed op de primaire productie van het fytoplankton en op mineralisatie processen. De intensiteit van de mineralisatie, d.w.z. de bacteriële afbraak van organisch materiaal tot  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  en andere zuurstofrijke verbindingen zoals fosfaat, nitraat en silicaat neemt toe bij hogere temperatuur. Zolang de afbraak aerobisch verloopt, wordt zuurstof verbruikt.

Bij hogere temperatuur neemt de oplosbaarheid van zuurstof in water af. Onder bepaalde omstandigheden kan als gevolg van intensieve mineralisatie zuurstofloosheid optreden.

Daarentegen wordt door vele plantaardige organismen (fytoplankton) bij hogere temperatuur meer zuurstof geproduceerd. Het „overall” effect van een verandering van de temperatuur op de zuurstofhuishouding is niet altijd eenduidig en hangt af van het type water. Hoge zwevend stofgehalten bijvoorbeeld beperken de lichtindringing, waardoor de primaire productie en daarmee gepaard de productie van zuurstof beperkt wordt.

Omdat het Scheldewater gemiddeld enkele graden warmer is dan het Noordzeewater worden er bij Schaar van Ouden Doel hogere temperaturen ( $2-5^\circ\text{C}$ ) gemeten dan bij Vlissingen en is er een vrijwel constante gradiënt aanwezig (fig. 7.9 en 7.10).

fig. 7.9.



Uit fig. 7.11 blijkt dat het jaargemiddelde temperatuurverschil tussen Vlissingen en Schaar van Ouden Doel groter is geworden. (De temperatuur van het Westerscheldewater werd bij Vlissingen pas vanaf 1967 bepaald). Dit is voornamelijk veroorzaakt door de geleidelijke opwarming van het Scheldewater (koelwaterlozingen, industrie). Daarnaast heeft ook het iets kouder worden van het Noordzeewater een rol gespeeld. Als absolute norm voor de basiskwaliteit geldt een temperatuurwaarde kleiner dan  $25^\circ\text{C}$ . Uit de in de hier besproken periode verrichte waarnemingen blijkt dat deze waarde geen enkele maal is overschreden.

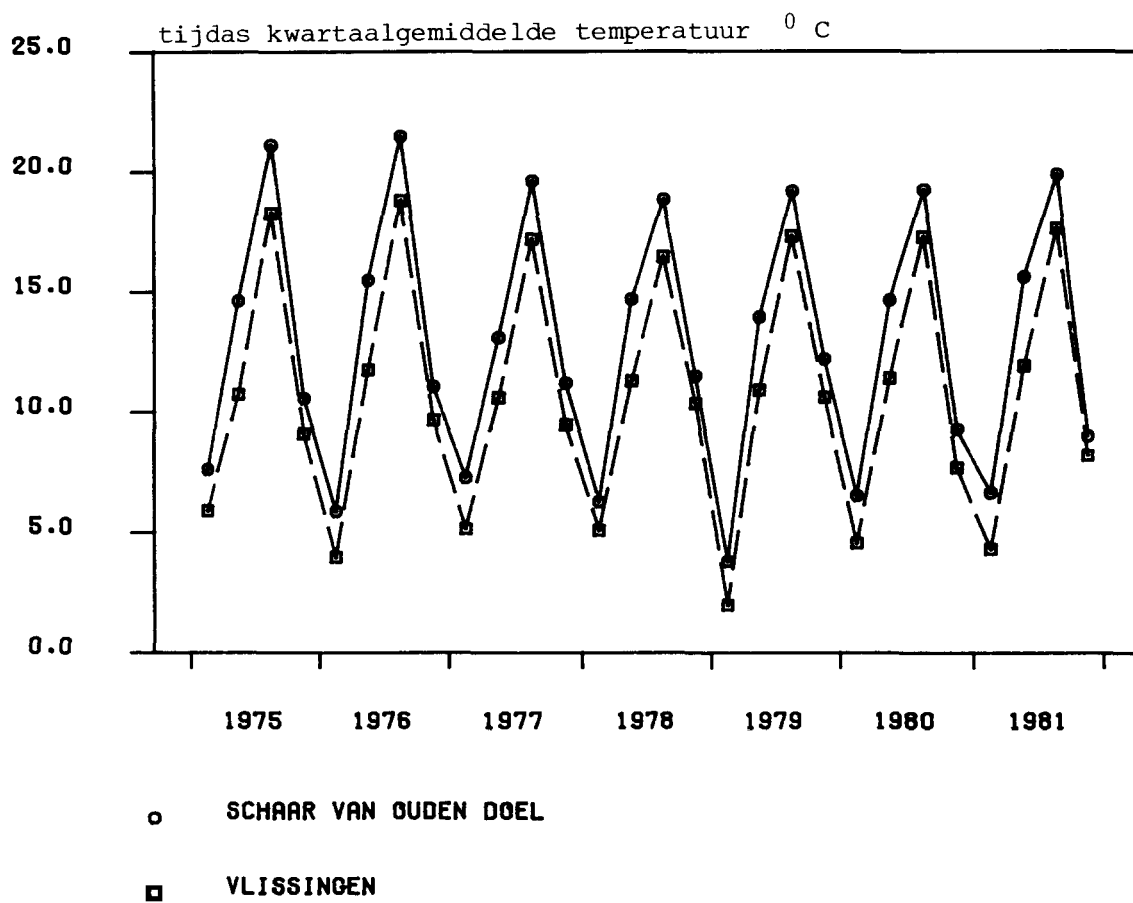


fig. 7.10.

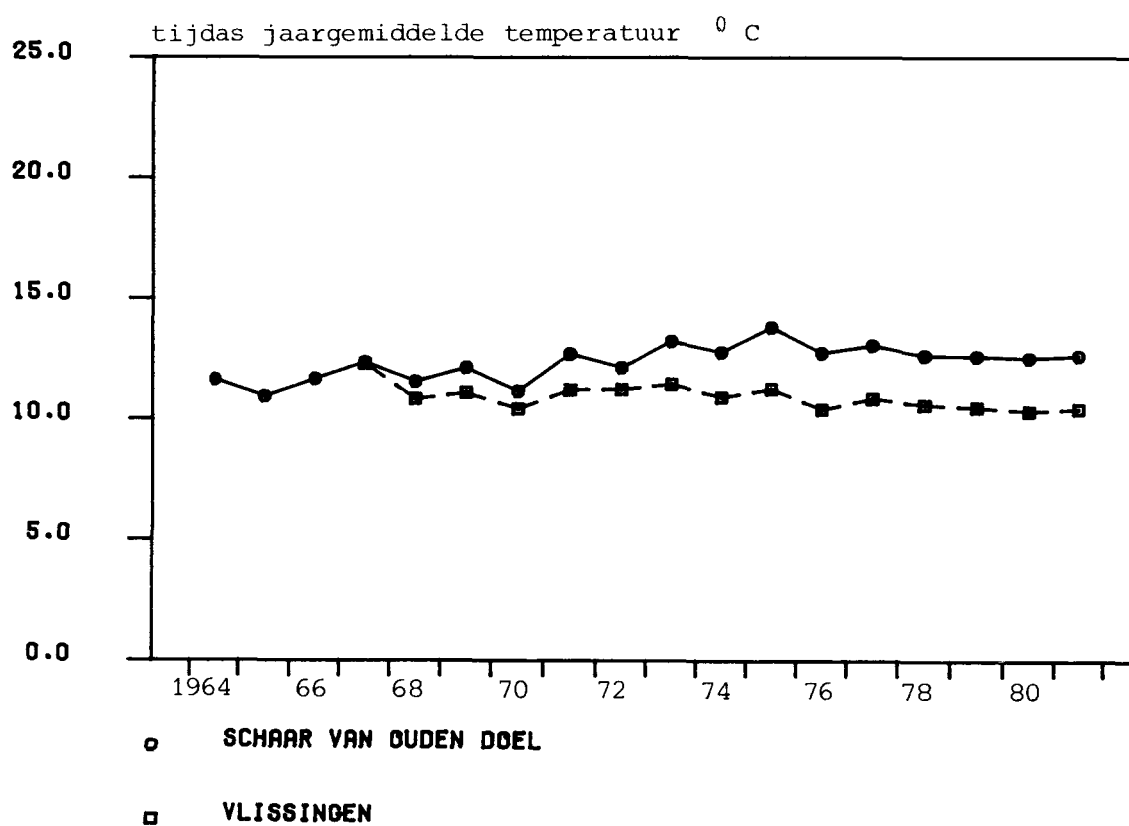


fig. 7.11.

#### 7.4. Chloride

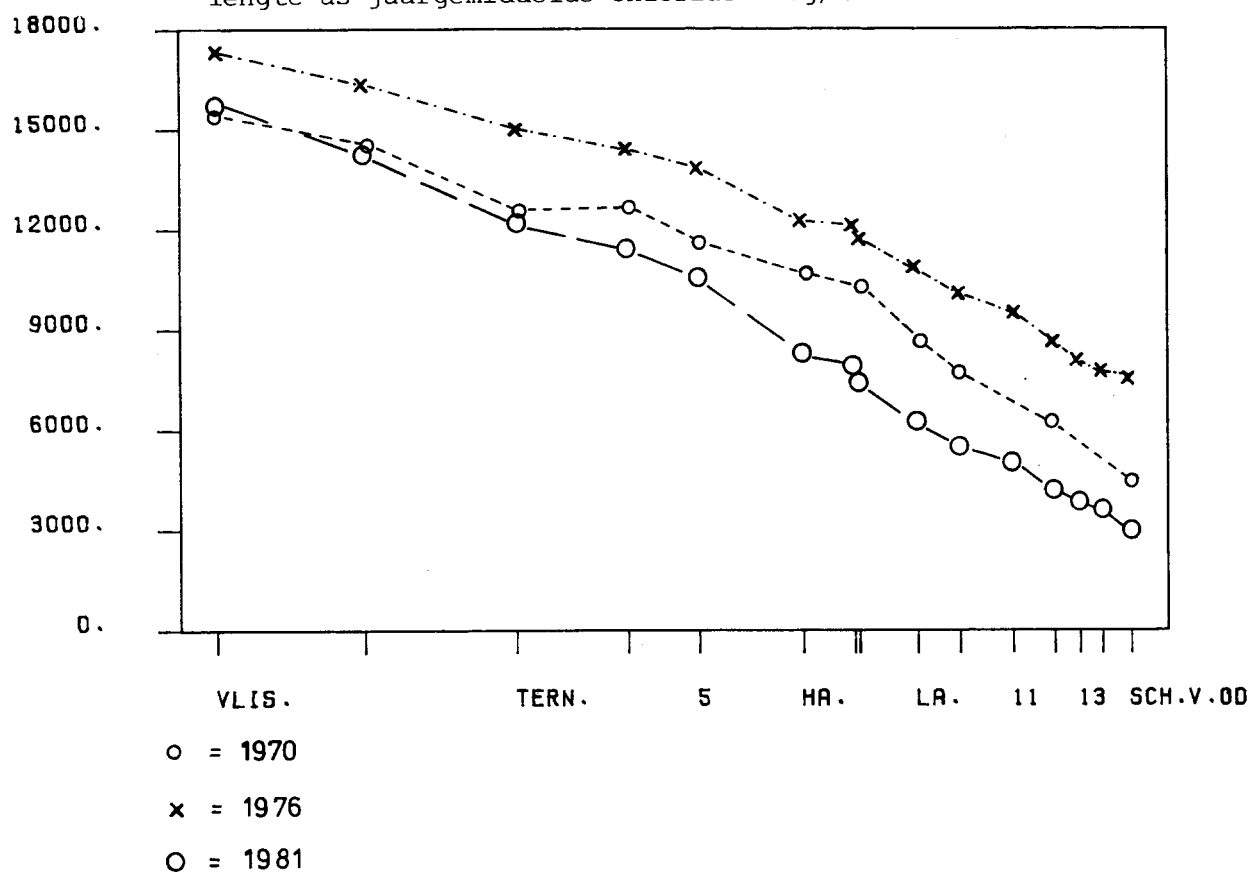
---

Het chloridegehalte vertoont een vrijwel lineaire gradiënt over het traject Vlissingen-Schaar van Ouden Doel. Bij lage Schelde-afvoeren (1976) stijgt door opdringing van zeewater het chloridegehalte over het hele traject (tot een jaargemiddelde van 17400 mg/l bij Vlissingen en 7700 mg/l bij Schaar van Ouden Doel); bij hoge Schelde-afvoeren (1966) daalt het chloridegehalte over het hele traject (tot gemiddeld 2300 mg/l bij Schaar van Ouden Doel). Hoewel de werkelijke Schelde-afvoer van 1981 nog niet bekend is kan uit fig. 7.12. worden afgeleid dat ook 1981 een jaar was met een hoge Schelde-afvoer (groter dan 150 m<sup>3</sup>/s). 1970 was een jaar met een gemiddelde afvoer.

Fig. 7.13 laat zien dat de chloridegehalten aan seizoensinvloeden onderhevig zijn. Door de lage Schelde-afvoeren zijn in de zomer en najaar de chloridegehalten hoger dan in de winter en voorjaar.

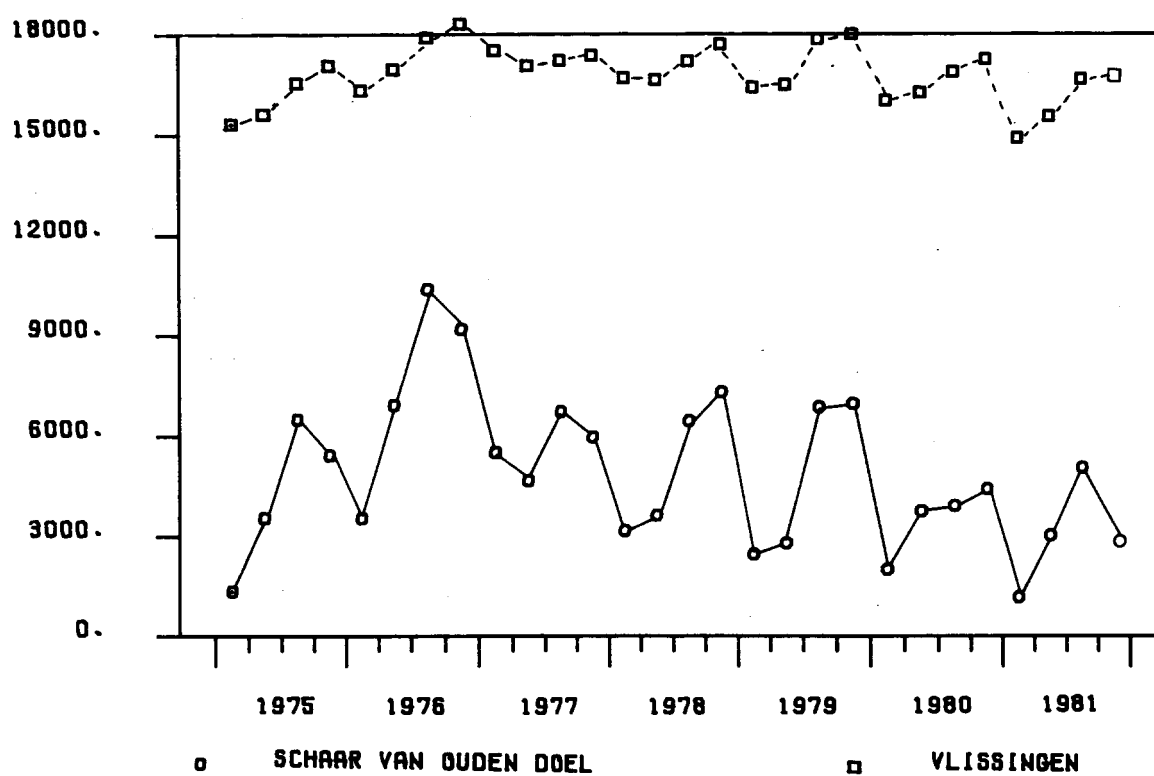
lengte-as jaargemiddelde chloride mg/l

fig. 7.12.



tijds kwartaalgemiddelde chloride mg/l

fig. 7.13.



## 7.5 Zuurstof

Het meetpunt Schaar van Ouden Doel is van de onderzochte meetpunten het sterkst onderhevig aan veranderingen in het zuurstofgehalte. Was in 1964 het zuurstofgehalte er gemiddeld 4,9 mg/l, in 1973 werd het laagste jaargemiddeld gehalte van 1,0 mg/l bereikt (fig. 7.16).

Belangrijkste oorzaak van deze lage waarden was de steeds hoger wordende belasting van het Scheldewater met organische stoffen waardoor meer zuurstof verbruikt werd dan het water kan opnemen. Onder meer de bouw van rioolwaterzuiveringsinstallaties heeft ertoe bijgedragen dat in de tweede helft van de 70-er jaren het zuurstofgehalte enigszins is gaan stijgen. In 1970 werden nog slechts ca. 265.500 i.e. van de ca.  $5,75 \cdot 10^6$  i.e., waarmee het Scheldebekken belast werd, gezuiverd (4,6%). In 1980 werd ca.  $1,84 \cdot 10^6$  i.e. gezuiverd (32%) (lit.50).

Naast wijzigingen in de vuilbelasting blijken ook de Schelde-afvoeren van invloed te zijn op het zuurstofgehalte. In tabel 7.4 is een overzicht gegeven van jaargemiddelde zuurstofgehalten en Schelde-afvoeren bij Schaar van Ouden Doel. Hieruit blijkt dat bij hogere Schelde-afvoeren hogere zuurstofgehalten worden waargenomen dan bij lagere Schelde-afvoeren (correlatiecoëfficiënt = 0,61). Omdat de afvoeren vanaf 1964 tot het begin van de jaren 70 zijn afgenomen en daarna weer zijn gestegen is een verbetering van het zuurstofgehalte deels aan de verhoogde afvoer toe te schrijven. Uit berekeningen met OSTWAT, waarbij correcties op de afvoer zijn toegepast (bijlage 5a,b), blijkt dat de afvoer mede bepalend is voor het zuurstofgehalte.

Door menging van het Scheldewater met zuurstofrijk zeewater neemt het zuurstofgehalte in westelijke richting snel toe (fig. 7.16). Bij Hansweert schommelt het gemiddeld rond de 8 mg/l, al blijft de invloed van het Scheldewater merkbaar. Bij Vlissingen is het zuurstofgehalte nagenoeg gelijk aan dat van zeewater.

Uit fig. 7.14 blijkt dat het zuurstofgehalte onderhevig is aan seizoensinvloeden. 's Winters vindt door verhoogde Schelde-afvoeren verdunning van de zuurstofverbruikende verontreinigingen plaats en verlopen de processen die zuurstof verbruiken langzamer, zodat het zuurstofgehalte te Schaar van Ouden Doel ca. 2 tot 3 maal zo hoog kan worden als in de rest van het jaar.

De methode van de bepaling van het zuurstofgehalte is na 1964 niet veranderd.

Als absolute norm voor de basiskwaliteit voor zoet water geldt een zuurstofgehalte hoger dan 5 mg/l. Sinds 1964, het jaar waarin begonnen werd met de waterkwaliteitsbepalingen van de Westerschelde is nooit voldaan aan deze norm bij Schaar van Ouden Doel.

In 1981 kwamen 's zomers nog steeds zuurstofgehalten lager dan 2 mg/l voor bij Schaar van Ouden Doel (fig. 7.15).

fig.7.14.

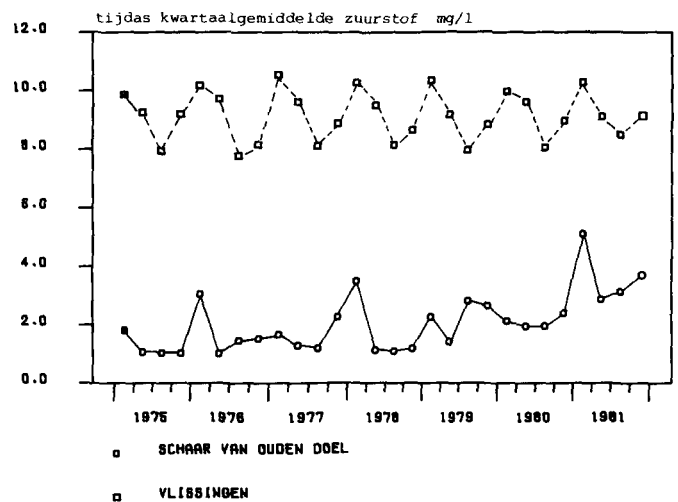
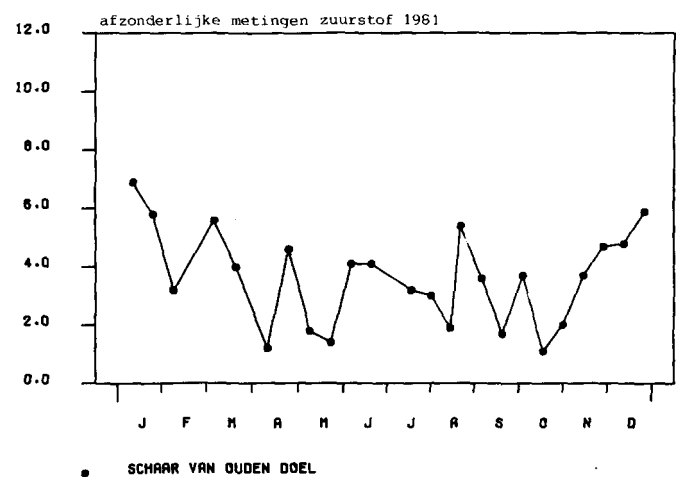
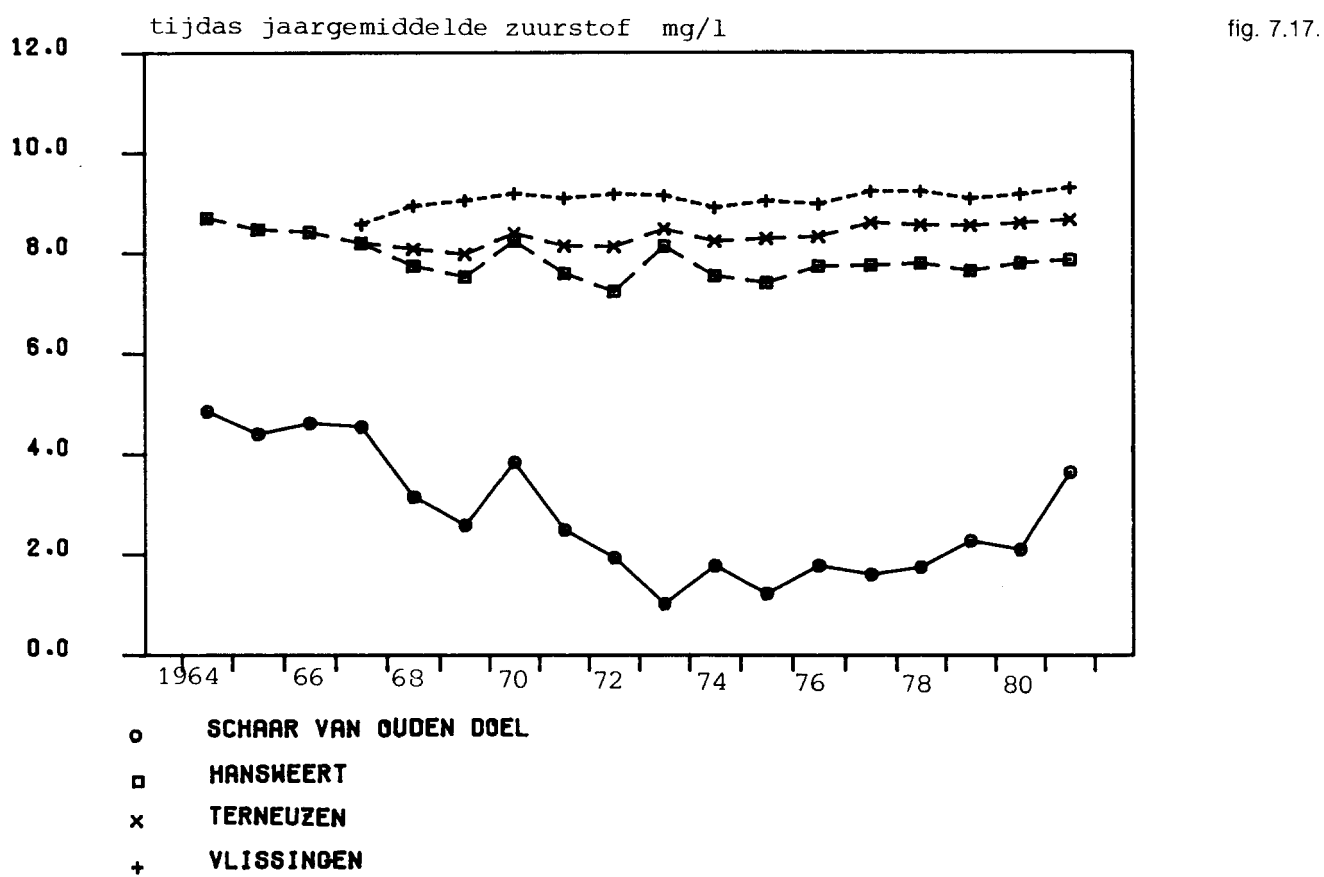
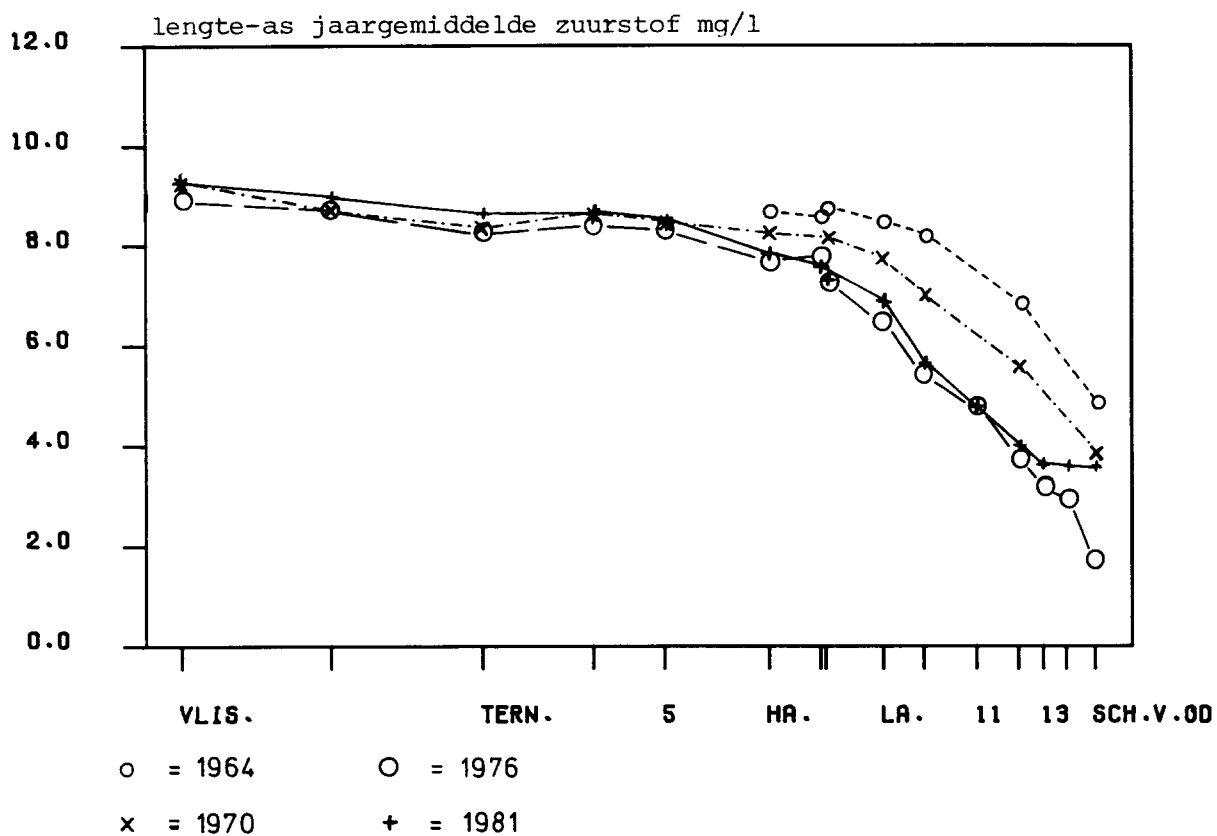


fig.7.15.



Tabel 7.4. Overzicht van jaargemiddelde zuurstofgehalten (mg/l) en Schelde-afvoeren (m³/s) bij Schaar van Ouden Doel.

|         | '64 | '65 | '66 | '67 | '68 | '69 | '70 | '71 | '72 | '73 | '74 | '75 | '76 | '77 | '78 | '79 | '80 |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| gehalte | 4,9 | 4,4 | 4,6 | 4,6 | 3,2 | 2,6 | 3,8 | 2,5 | 1,9 | 1,0 | 1,8 | 1,2 | 1,8 | 1,6 | 1,8 | 2,3 | 2,1 |
| afvoer  | 87  | 184 | 246 | 146 | 133 | 115 | 110 | 66  | 73  | 68  | 139 | 100 | 160 | 98  | 87  | 104 | 129 |



## 7.6 Biochemisch Zuurstof Verbruik (BZV<sub>5</sub>)

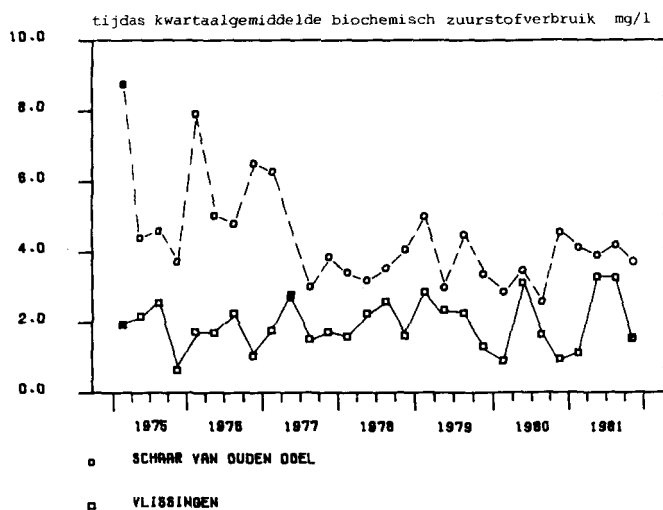
Het BZV<sub>5</sub> geeft een indruk hoeveel zuurstof nodig is om de in het water aanwezige organische stoffen langs bacteriologische weg af te breken en geeft derhalve aan in hoeverre water met biologisch afbreekbaar materiaal belast is.

Een hoge BZV<sub>5</sub>-belasting heeft veelal een daling van het in het water aanwezige zuurstofgehalte als gevolg. Dit kan leiden tot anaerobe afbraakprocessen (rotting) en sterfte van de in het water aanwezige organismen.

Door vermenging van zuurstofarm en BZV<sub>5</sub>-rijk Scheldewater met relatief zuurstofrijk en BZV<sub>5</sub>-arm Noordzeewater treedt een versnelde BZV<sub>5</sub>-afname op (fig. 7.19). Op het traject Hansweert-Vlissingen is vrijwel niets over van de hoge belasting bij Schaar van Ouden Doel. Fig. 7.20 laat zien dat het BZV<sub>5</sub>-gehalte bij Schaar van Ouden Doel vanaf 1964 steeg tot gemiddeld 7,9 mg/l in 1971. In het begin van de jaren 70 zette zich een daling van het gehalte in, waarbij in 1981 een jaar-gemiddelde van 4,0 mg/l werd bereikt. Uit berekeningen met het model OSTWAT (bijlage 5a,b) blijkt de afvoer mede bepalend te zijn geweest voor de waargenomen gehalten en trends. In tabel 7.5 is een overzicht gegeven van een aantal BZV<sub>5</sub>-vrachten en Schelde-afvoeren. Ook hieruit blijkt een geleidelijke afname van de belasting door de Schelde.

Uit fig. 7.18 blijkt het BZV<sub>5</sub>-gehalte in de hele Westerschelde aan grote variaties onderhevig te zijn, hoewel er geen seizoensinvloeden kunnen worden onderscheiden. Met name bij Vlissingen zijn de verschillen tussen minima en maxima de laatste jaren toegenomen. Mogelijke oorzaken kunnen een toename van ongezuiverde lozingen uit Walcheren en/of de toename van de baggeractiviteiten voor de Belgische kust zijn.

fig. 7.18.

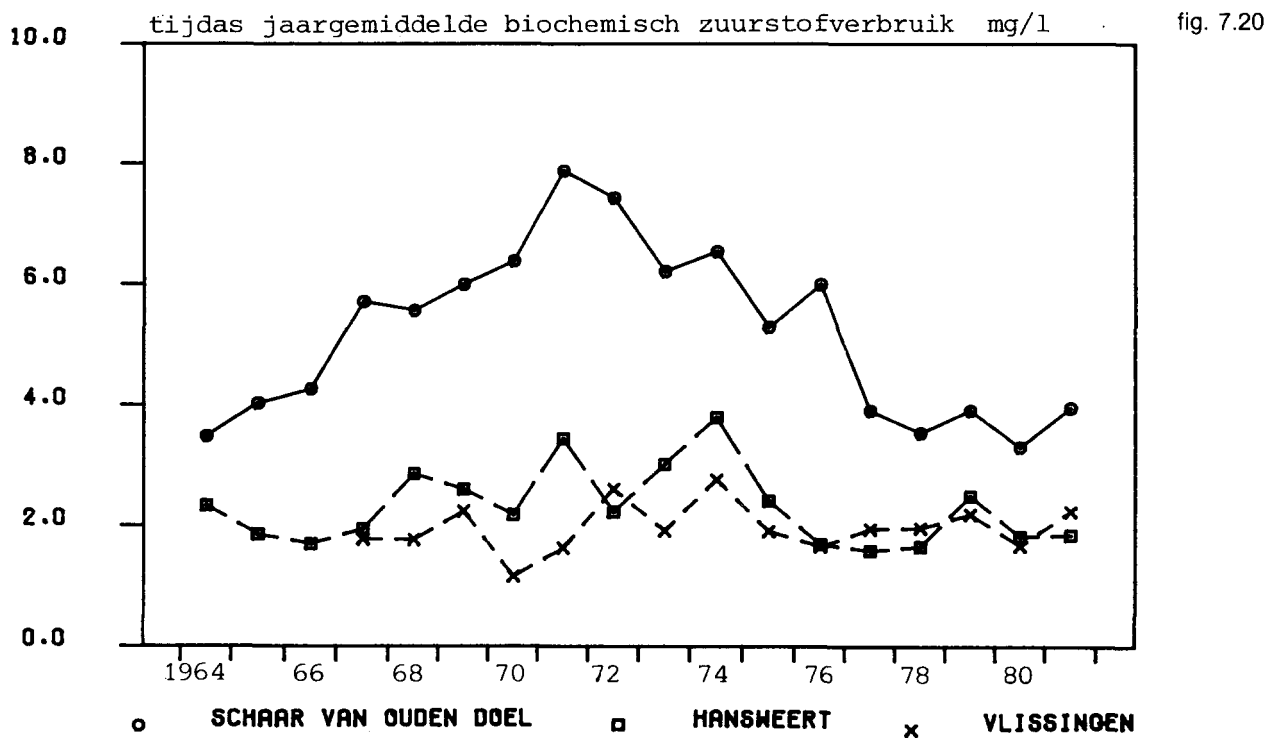
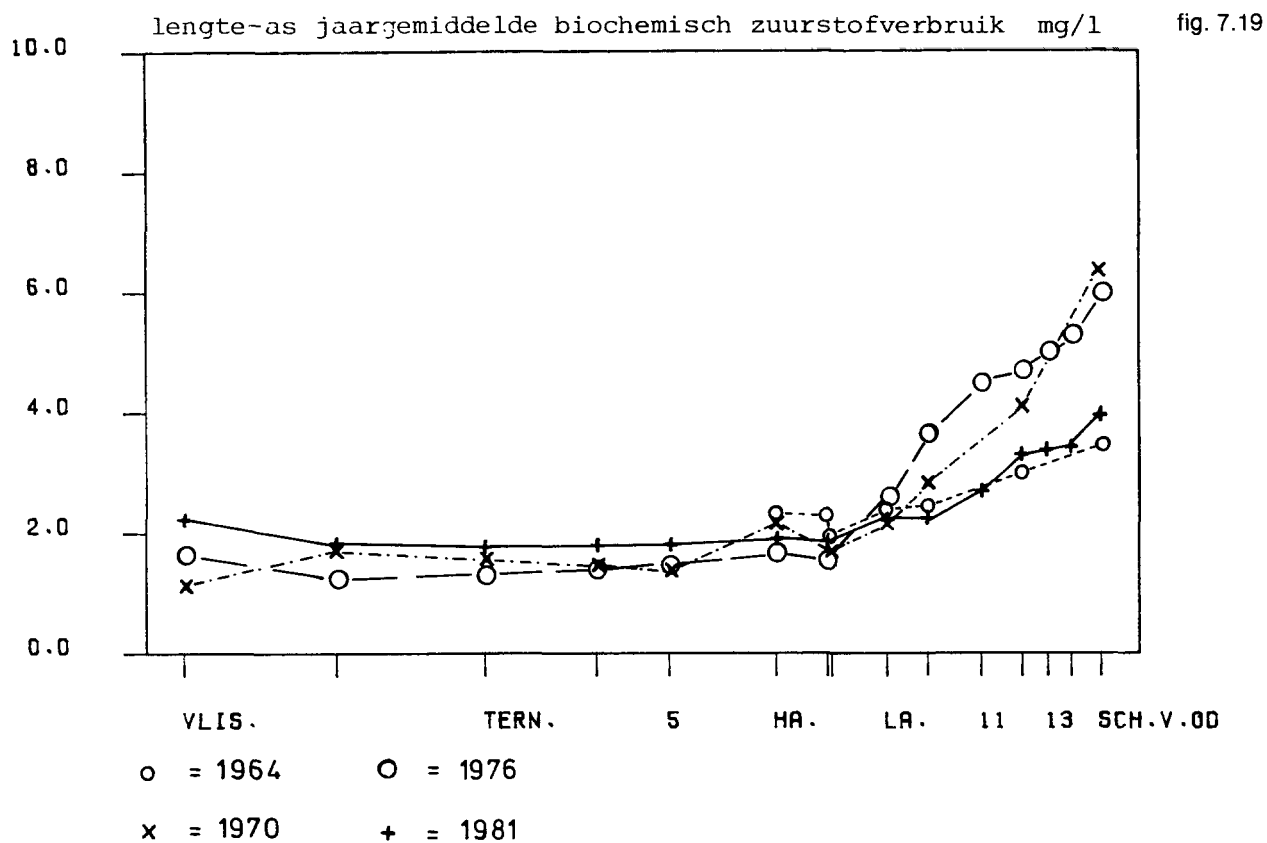


Tabel 7.5. Overzicht van BZV<sub>5</sub>-vrachten (in kiloton per jaar) en jaargemiddelde Schelde-afvoeren (m<sup>3</sup>/s) bij Schaar van Ouden Doel.

|        | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Vracht | 26   | 20   | 37   | 28   | 22   | 17   | 14   | 23   | 16   |
| afvoer | 73   | 68   | 139  | 100  | 60   | 98   | 87   | 104  | 129  |

Vanaf 1972 wordt het BZV<sub>5</sub>-gehalte bepaald na toevoeging van allylthiourem, daarvoor vond deze toevoeging niet plaats, waardoor de voor 1972 gemeten gehalten ca. 1-2 mg/l te hoog zijn.

Om aan de basiskwaliteit te voldoen geldt als norm een jaar-gemiddeld gehalte kleiner dan 5,0 mg/l. Deze norm is bij Schaar van Ouden Doel in de periode 1967-1976 niet gehaald. Na 1976 wordt wel aan deze norm voldaan.



## 7.7 Zuurgraad (pH)

---

Van Vlissingen naar Schaar van Ouden Doel daalt de zuurgraad (pH) van het Westerscheldewater met ca. 0,5 eenheden (zie fig. 7.21). Deze lagere zuurgraad van het meer brakke Scheldewater bij Schaar van Ouden Doel wordt veroorzaakt door de afbraak van in het water aanwezige organische stoffen waarbij  $\text{CO}_2$  vrijkomt, dat opgelost in water een zuurgraad verlagend effect heeft. Het is vooral de verdunnende werking van zeewater die dit effect in westelijke richting niet meer waarneembaar maakt.

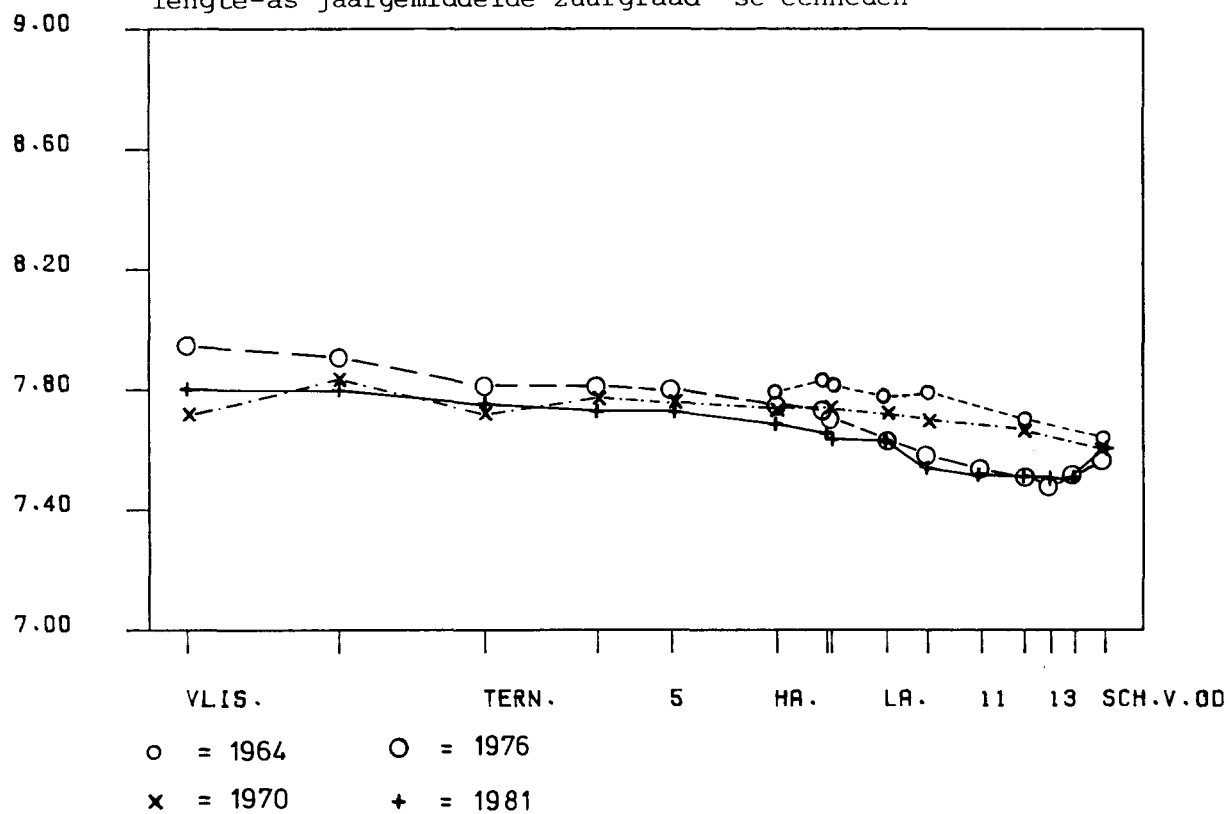
De toenemende BZV<sub>5</sub>-belasting tot het begin van de jaren 70 heeft een verlaging van de zuurgraad in het oostelijk deel van de Westerschelde tot gevolg gehad met 0,25 eenheden (fig. 7.22). De afname van deze belasting heeft in de 70-er jaren weer een geleidelijke stijging van de zuurgraad tot gevolg gehad in het oostelijk deel van de Westerschelde.

Westelijk van Hansweert zijn deze zuurgraadveranderingen minder significant.

Om aan de basiskwaliteit te voldoen geldt als norm dat alle waarnemingen tussen pH 6,5 en 9 behoren te liggen. Bij Schaar van Ouden Doel is in de hier beschreven periode geen overschrijding of onderschrijding van de norm geconstateerd.

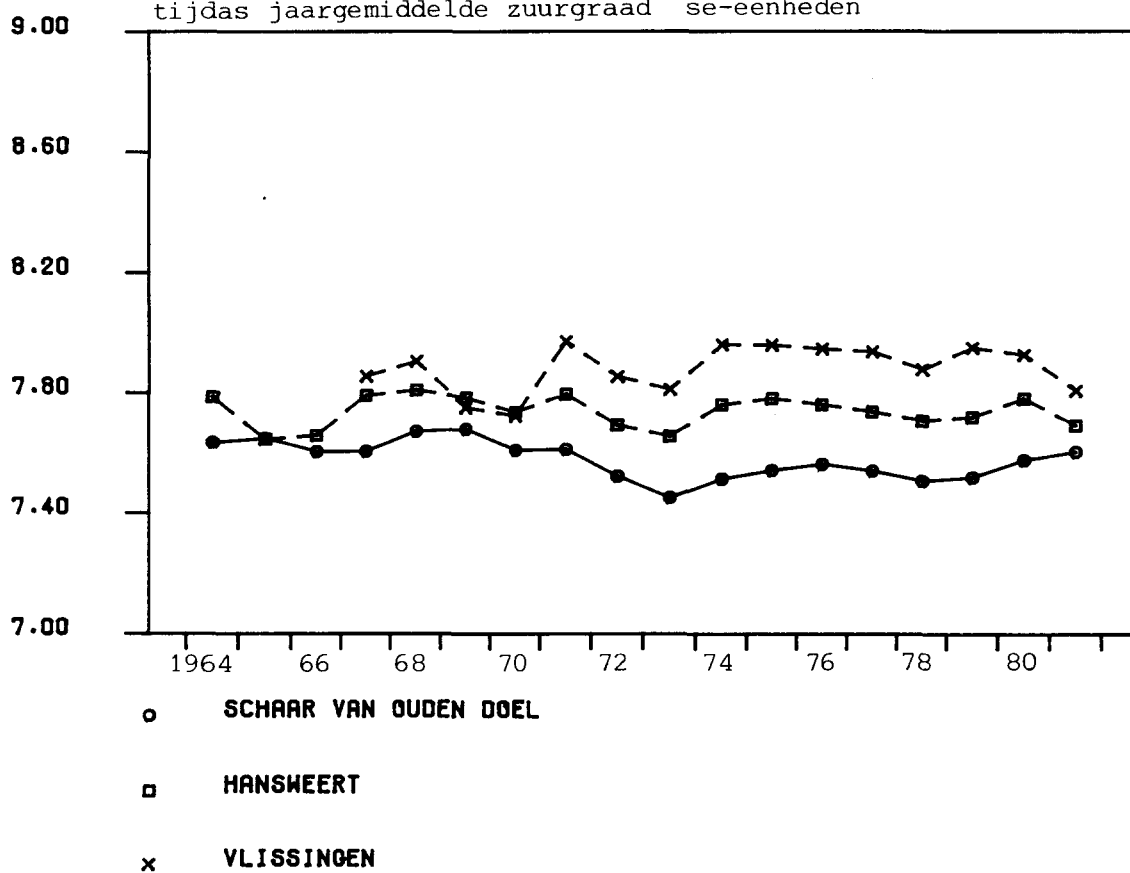
lengte-as jaargemiddelde zuurgraad se-eenheden

fig. 7.21.



tijdas jaargemiddelde zuurgraad se-eenheden

fig. 7.22.



## 7.8 Stikstof

### 7.8.1 Algemeen

Stikstofhoudende verbindingen zijn in oppervlaktewateren aan een groot aantal chemische en biologische processen onderhevig. De belangrijkste van deze processen zijn:

- ammonifikatie. Organisch gebonden stikstof wordt omgezet in ammoniumstikstof ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ).
- $\text{NH}_3$  (ammoniak) en  $\text{NH}_4^+$  zijn met elkaar in evenwicht. Een stijging van de pH heeft een stijging van het toxische  $\text{NH}_3$ -gehalte tot gevolg.
- Nitrifikatie. Het ammoniumstikstof wordt via het tussenprodukt nitrietstikstof ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ) door bacteriën omgezet in nitraatstikstof ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ). Dit is een proces dat zuurstof vereist: voor de omzetting van 1 mg  $\text{NH}_4\text{-N}$  is theoretisch 4,57 mg  $\text{O}_2$  nodig. In zuurstofarm water zal dit proces leiden tot anaërobie.
- eutrofiëring. Stikstofverbindingen, met name  $\text{NO}_3\text{-N}$ , zijn belangrijke voedingselementen voor organismen (fito- en zoöplankton, bacteriën).
- denitrifikatie. Door denitrificerende bacteriën wordt nitraatstikstof omgezet in vrije stikstof ( $\text{N}_2$ ) dat voor een belangrijk deel in de atmosfeer verdwijnt.

De som van de parameters  $\text{NH}_4\text{-N}$  en organisch gebonden stikstof wordt Kjeldahlstikstof (Kj-N) genoemd. Vanaf 1972 worden de stikstofverbindingen op de zogenaamde auto-analyser (automatische analysemethode) bepaald. Daarvoor gebeurde dit met de hand.

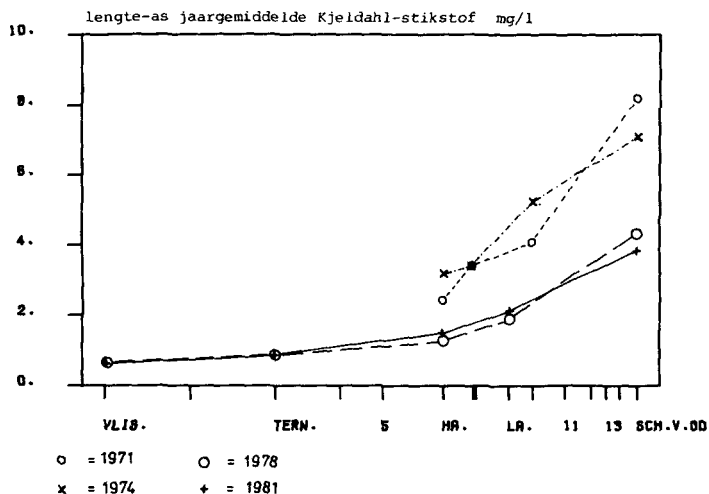
### 7.8.2 Kjeldahlstikstof ( $\text{NH}_4\text{-N}$ + organisch gebonden stikstof)

De parameter Kjeldahlstikstof wordt sinds 1971 in de Westerschelde bepaald. Tussen 1971 en 1973 lag het gehalte bij Schaar van Ouden Doel op een niveau van ca. 8,2 mg/l (fig. 7.24).

Na 1973 is het gehalte verminderd tot gemiddeld 3,9 mg/l in 1981. Tabel 7.6 laat zien dat ondanks deze verlaging de belasting aan Kjeldahlstikstof en organisch gebonden stikstof die via de Schelde in de Westerschelde komt, veel minder is afgenomen, dan op grond van de gehaltesdalingen verwacht had mogen worden. Hieruit (en ook uit bijlage 5a,b) blijkt dat de waterkwaliteitsverbetering voor een deel moet worden toegeschreven aan een verhoging van de Schelde-afvoer in het begin van de jaren 70. Fig. 7.23 laat zien dat de sterkste afname plaatsvindt op het traject Schaar van Ouden Doel-Hansweert, deels door verdunning en deels door nitrifikatie. Het gehalte aan Kjeldahlstikstof is onderhevig aan seizoensinvloeden (fig. 7.25); 's zomers worden bij Schaar van Ouden Doel lage gehalten gemeten (ongeveer 3 mg/l); 's winters

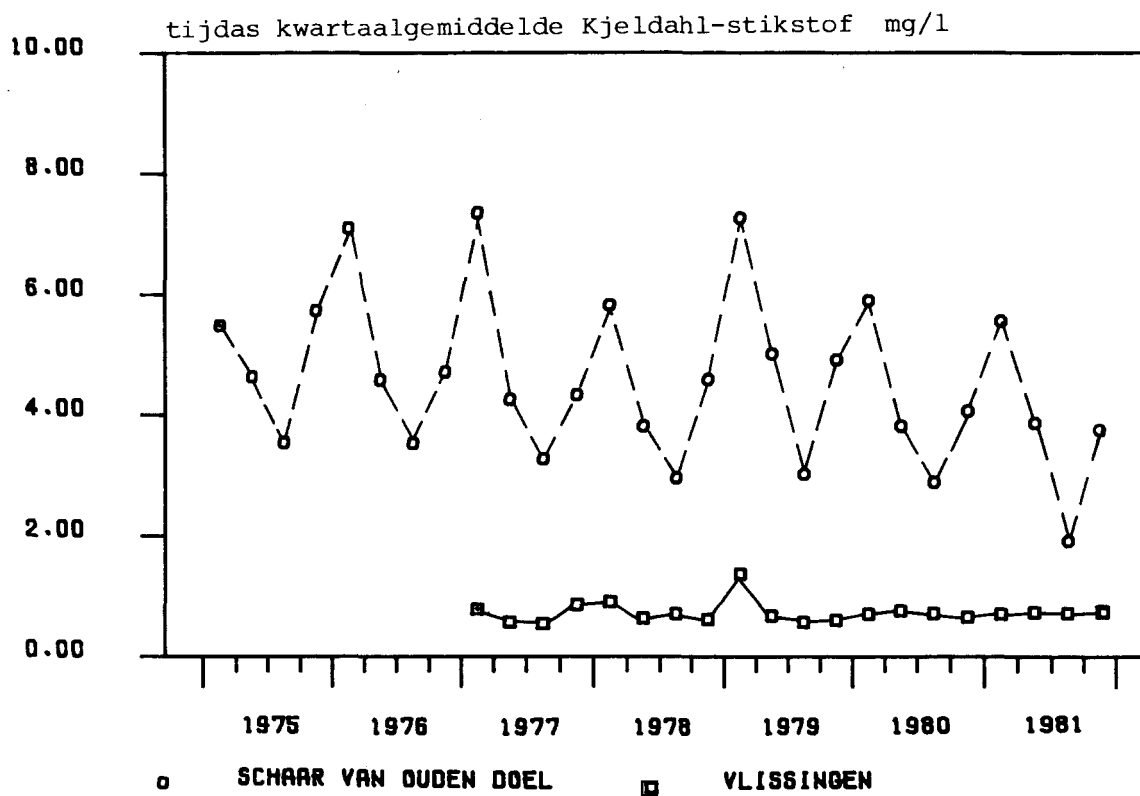
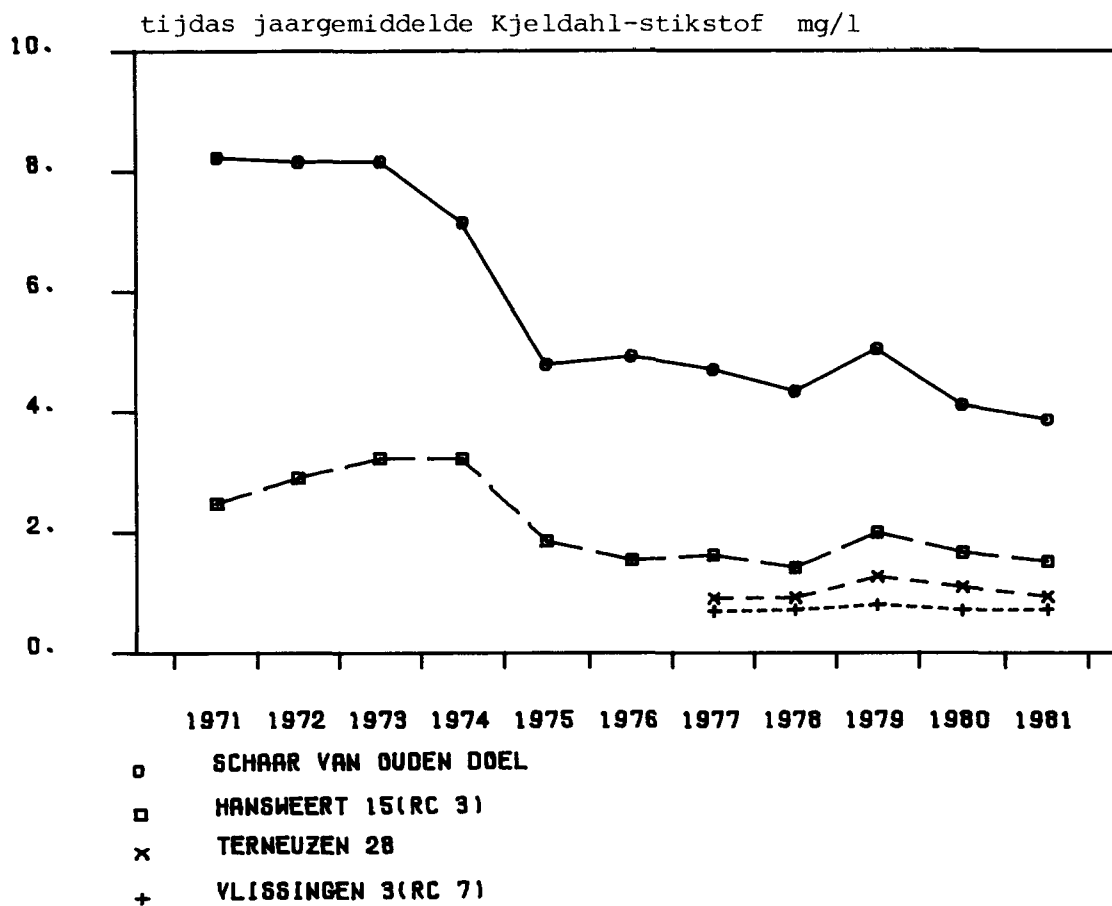
liggen deze gehalte hoger (ca. 7 mg/l) als gevolg van een bijna niet verlopende nitrifikatie. Ten gevolge van de grote verdunning met zeewater en een al bijna gestopte nitrifikatie is bij Vlissingen nog maar relatief weinig van deze seizoensinvloeden te merken.

fig. 7.23.



Tabel 7.6. Overzicht berekende jaarvrachten Kjeldahl- en organisch verbonden stikstof (in kiloton per jaar) en jaargemiddelde Schelde-afvoeren ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) bij Schaar van Ouden Doel.

|              | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Vracht Kj-N  | 28   | 26   | 34   | 24   | 1 8  | 2 1  | 1 9  | 3 0  | 21   |
| Vracht org-N | 6    | 9    | 6    | 6    | 4    | 3    | 6    | 10   | 7    |
| Afvoer       | 73   | 68   | 139  | 100  | 60   | 98   | 87   | 104  | 129  |



### 7.8.3 Ammoniumstikstof ( $\text{NH}_4\text{-N}$ )

Het gehalte aan ammoniumstikstof vertoont een soortgelijk verloop als dat van  $\text{BZV}_5$  en Kjeldahlstikstof. Tot aan het begin van de 70-er jaren steeg het  $\text{NH}_4\text{-N}$ -gehalte bij Schaar van Ouden Doel van gemiddeld 1,3 mg/l in 1964 tot 6,8 mg/l in 1973 door een toename van de belasting door de Schelde en een afname van de afvoer. Evenals bij Kjeldahlstikstof het geval is, zijn de  $\text{NH}_4\text{-N}$ -gehalten na het begin van de 70-er jaren afgenomen terwijl de  $\text{NH}_4$ -vrachten die door de Schelde werden aangevoerd in veel mindere mate zijn afgenomen dan op grond van de gehalteverlaging verwacht had mogen worden. Ook hier kan de verbetering voor een belangrijk deel toegeschreven worden aan een geleidelijke verhoging van de Schelde-afvoer (tabel 7.7). Berekeningen met het model OST-

WAT (bijlage 5a,b) tonen een invloed van de afvoer op de waargenomen gehalten aan.

Uit fig. 7.26 blijkt dat door verdunning met zeewater en nitrifikatie de grootste afname plaatsvindt op het traject Schaar van Ouden Doel-Hansweert.

Evenals Kjeldahlstikstof heeft het gehalte aan ammoniumstikstof een seizoensafhankelijkheid (fig. 7.28). In de zomer liggen de gehalten ca. 3 mg/l lager dan in de winter als gevolg van een in de winter bijna niet verlopende nitrifikatie. Ten gevolge van de grote verdunning met zeewater is bij Vlissingen nog maar weinig van deze seizoensinvloeden merkbaar.

Als norm voor de basiskwaliteit geldt een jaargemiddeld gehalte aan  $\text{NH}_4\text{-N}$  (+  $\text{NH}_3\text{-N}$ ) kleiner dan 1 mg/l. Hieraan is bij Schaar van Ouden Doel is de gehele verslagperiode niet voldaan.

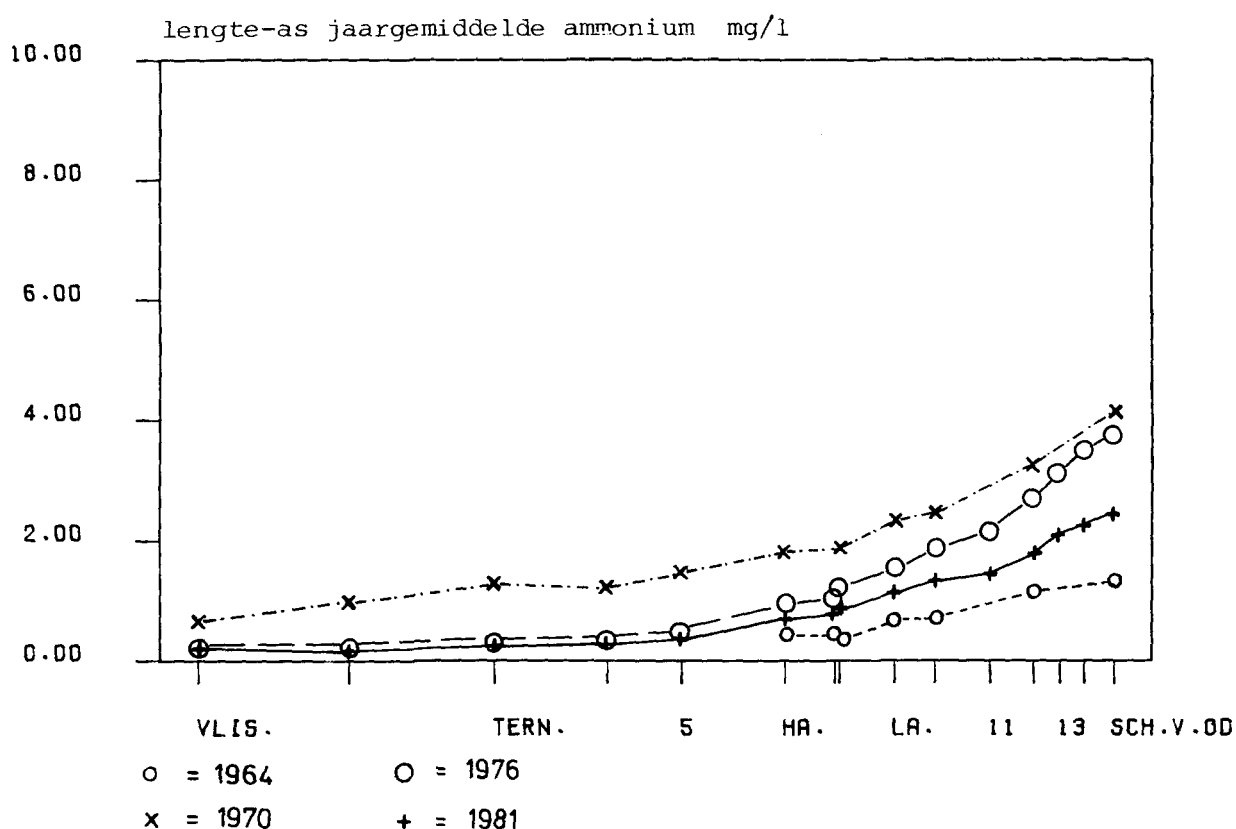
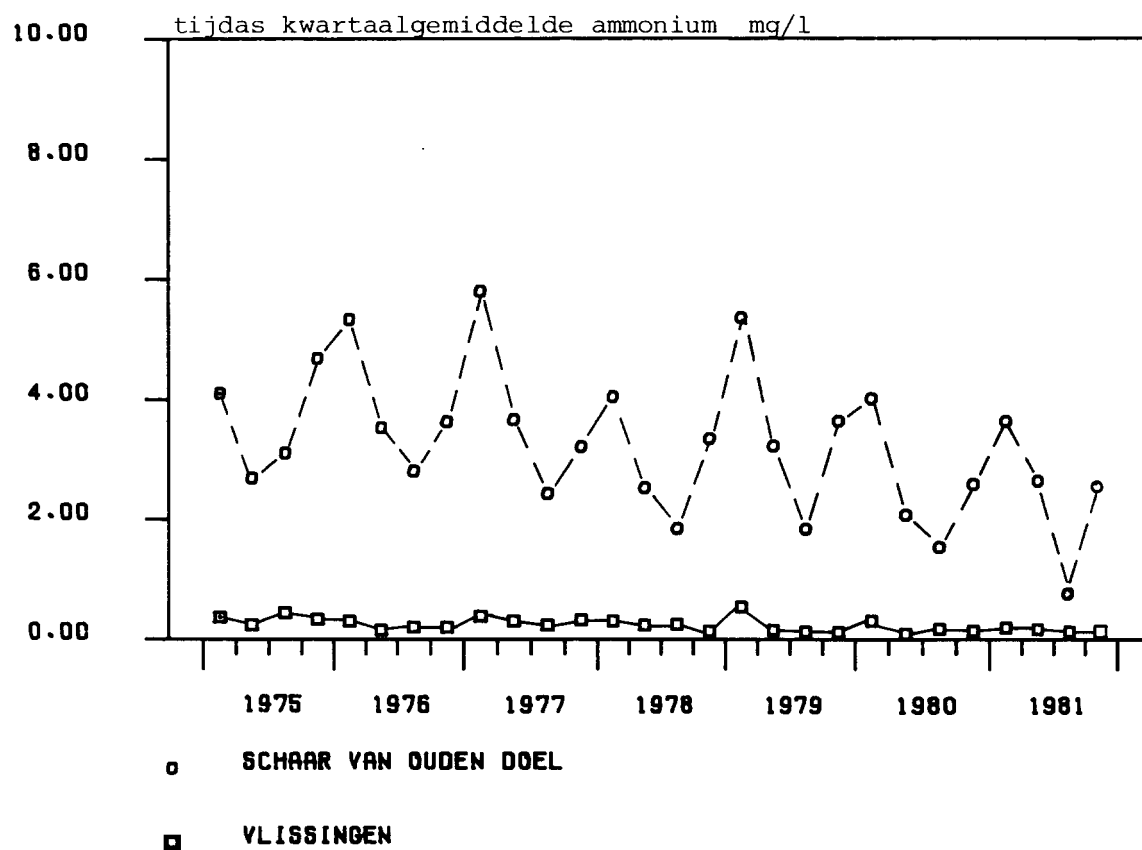
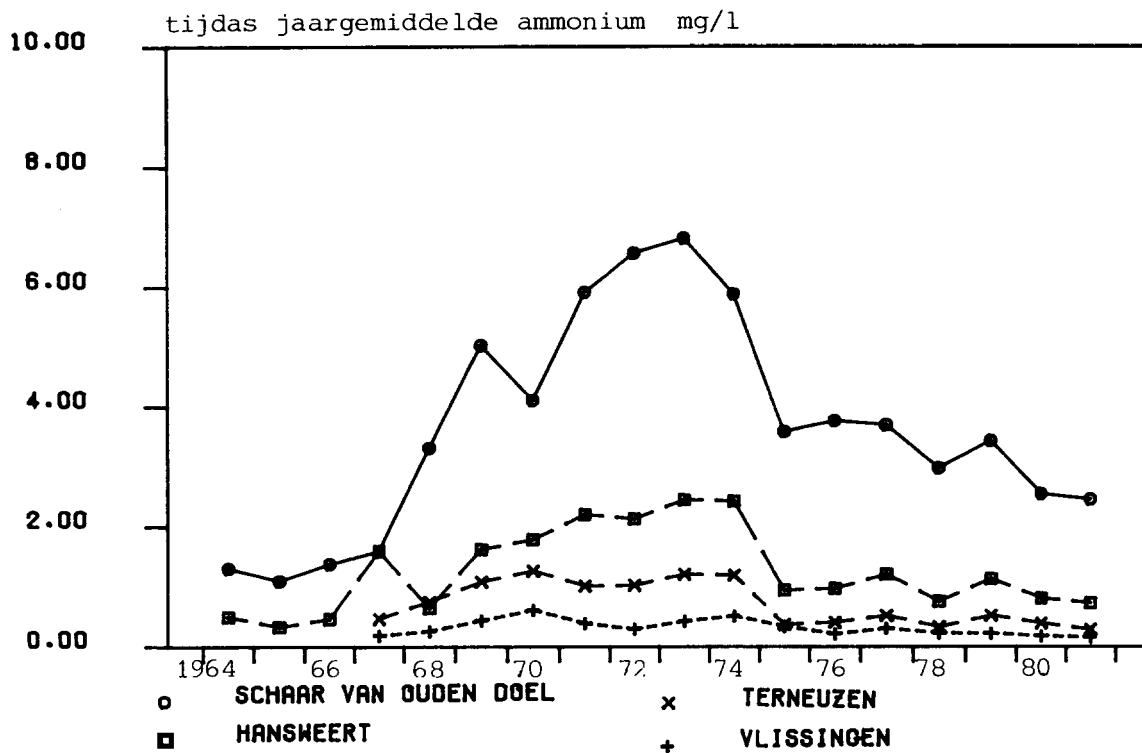


fig. 7.26.

Tabel 7.7. Overzicht berekende jaarvrachten ammoniumstikstof (kiloton per jaar) en Schelde-afvoer ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) bij Schaar van Ouden Doel.

|        | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Vracht | 22   | 17   | 28   | 18   | 14   | 18   | 13   | 20   | 14   |
| Afvoer | 73   | 68   | 139  | 100  | 60   | 98   | 87   | 104  | 129  |



#### 7.8.4 Nitraatstikstof ( $\text{NO}_3\text{-N}$ )

Sinds 1970, het jaar waarin begonnen werd met het meten van het nitraatstikstofgehalte, is dit gehalte voortdurend gestegen. Met name in het oostelijk deel van de Westerschelde is deze toename groot, ongeveer een verdubbeling in 1981 ten opzichte van 1970 (fig. 7.29 en 7.30). Dat nitrifikatie in de Westerschelde in (toenemende) mate optreedt wordt bewezen door fig. 7.29: ondanks het ontbreken van grote lozingen en ondanks de verdunning met zeewater neemt het  $\text{NO}_3\text{-N}$ -gehalte westelijk van Schaar van Ouden Doel jaarlijks toe. Oorzaak hiervan is onder meer de bouw van rioolwaterzuiveringsinstallaties, waardoor sinds het begin van de jaren '70 het Scheldewater enerzijds geleidelijk meer werd belast met  $\text{NO}_3\text{-N}$  en anderzijds geleidelijk minder werd belast met zuurstofbindende stoffen ( $\text{BZV}_5, \text{NH}_4\text{-N}$ ). Als gevolg van de afname van de  $\text{BZV}_5$ -belasting kwam er meer zuurstof beschikbaar voor nitrifikatieprocessen (lit. 4). Daarnaast is de toename van de Schelde-afvoer van -indirekte- invloed geweest op het nitraatstikstofgehalte, omdat door de grotere verdunning

van zuurstofbindende stoffen meer zuurstof in het water beschikbaar kwam voor nitrifikatie. Uit berekeningen met het model OSTWAT blijkt een invloed van de Schelde-afvoer op de waargenomen gehalten (bijlage 5a,b). Het nitraatstikstofgehalte is onderhevig aan seizoensvariaties (fig. 7.31). De 's zomers hogere temperaturen hebben een hogere nitrifikatiesnelheid dan in de winter tot gevolg. Ten opzichte van de gehalten aan  $\text{NH}_4\text{-N}$  zijn de gehalten aan  $\text{NO}_3\text{-N}$  in de Westerschelde hoger en zijn deze variaties ook bij Vlissingen nog duidelijk merkbaar (in het algemeen zijn de nitraatstikstofgehalten in de Noordzee een fractie van de gehalten in de Westerschelde).

Tabel 7.8 geeft een overzicht van de jaarvrachten nitraatstikstof die sinds 1972 de Belgisch-Nederlandse grens gepasseerd zijn. Ook hieruit blijkt een toename van de nitrificatie.

Om aan de basiskwaliteit te voldoen geldt als norm een absoluut gehalte aan  $\text{NO}_3\text{-N} + \text{NO}_2\text{-N}$  van 10 mg/l. Bij Schaar van Ouden Doel is voor de hier behandelde termijn nimmer een overschrijding van deze norm geconstateerd.

Tabel 7.8. Overzicht jaarvrachten nitraatstikstof (in kiloton per jaar) en Schelde-afvoeren ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) bij Schaar van Ouden Doel.

|        | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Vracht | 2,2  | 1,9  | 11,8 | 12,9 | 8,6  | 9,8  | 21,5 | 25,1 | 19,2 |
| Afvoer | 73   | 68   | 139  | 100  | 60   | 98   | 87   | 104  | 129  |

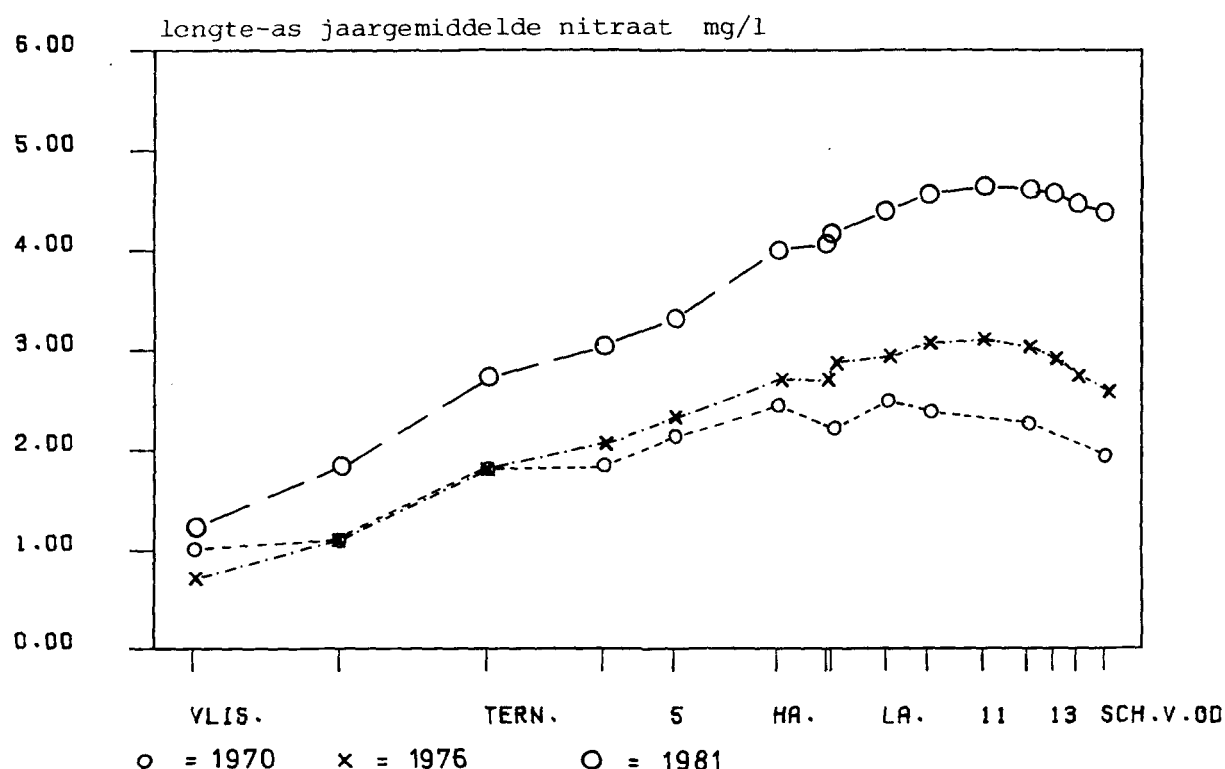


fig. 7.29.

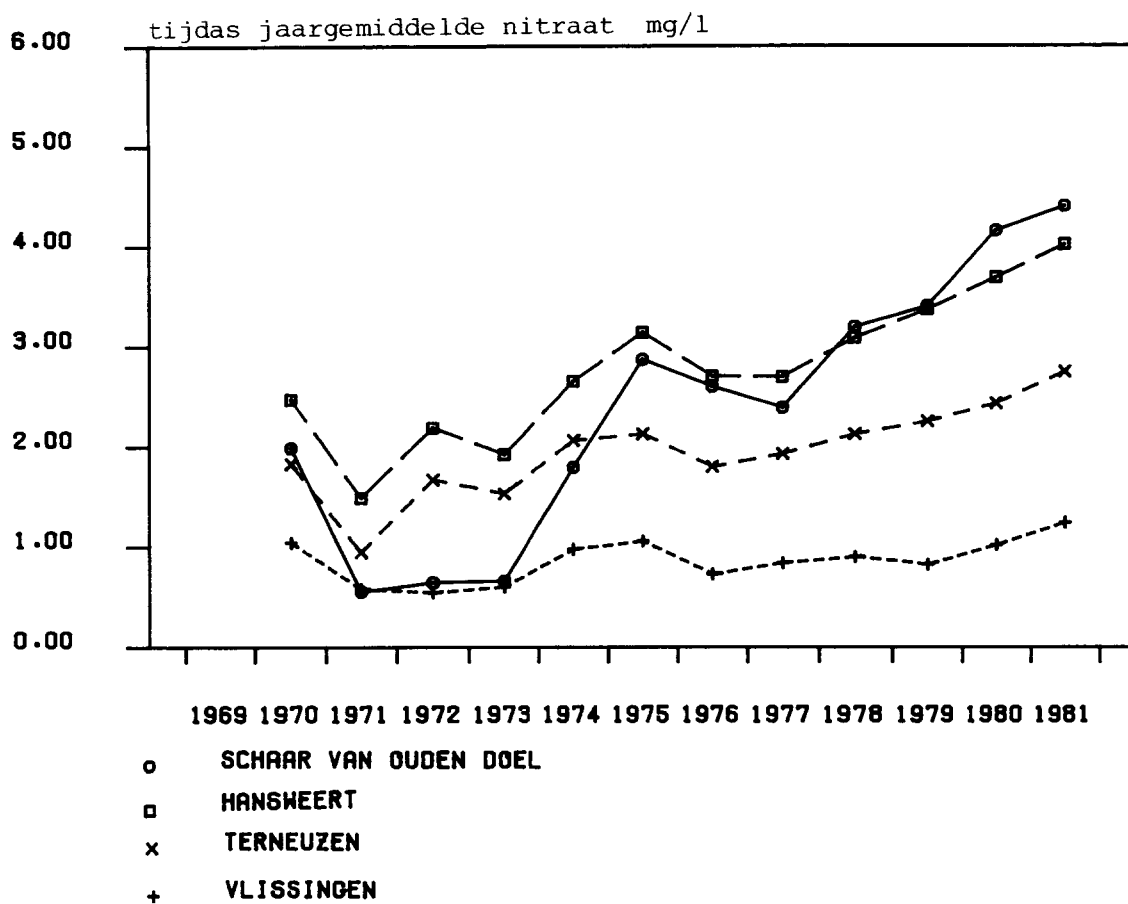


fig. 7.30.

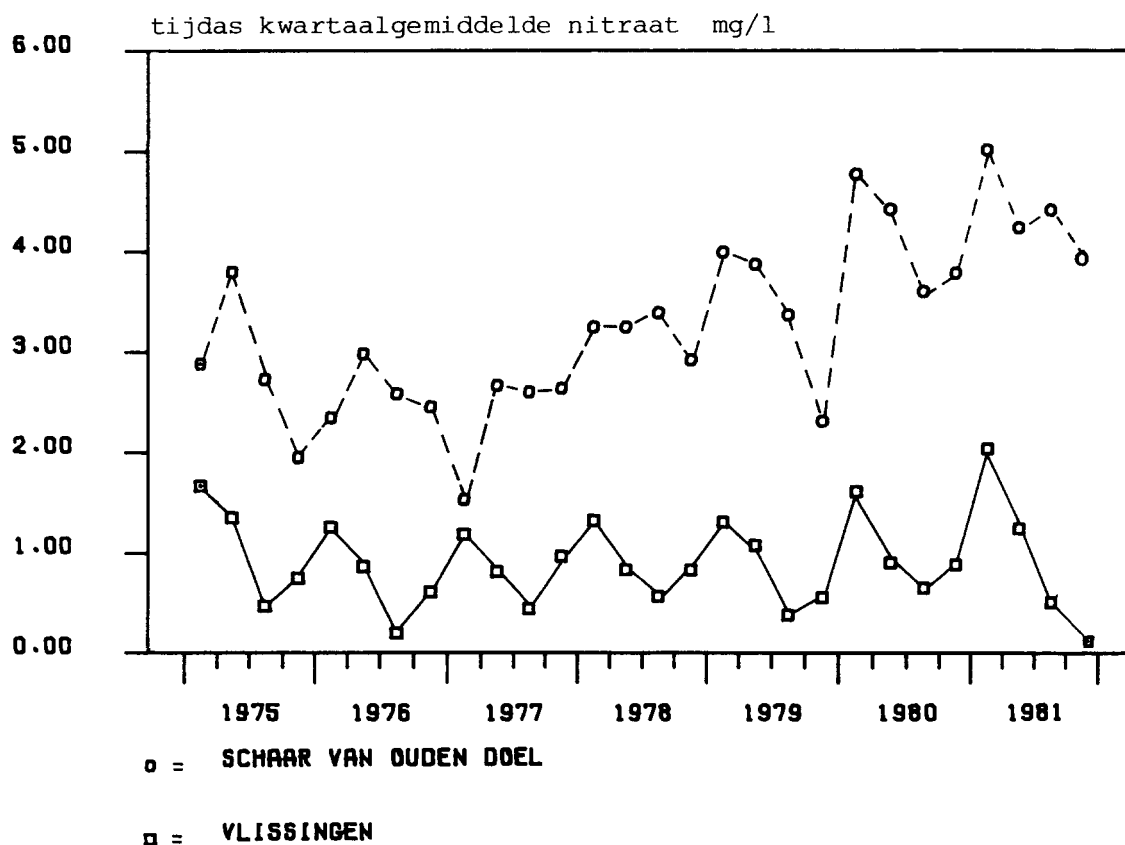


fig. 7.31.

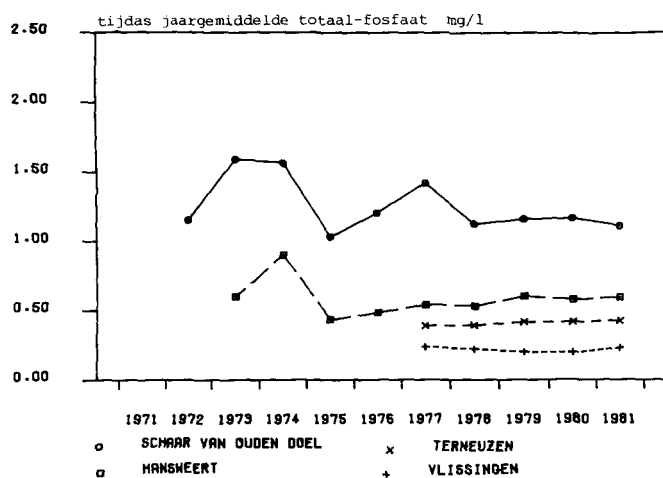
## 7.9 Fosfaat ( $\text{PO}_4\text{-P}$ )

Fosfaat wordt in twee vormen bepaald: in de vorm van orthofosfaat ( $\text{o-PO}_4\text{-P}$ ) en totaal fosfaat ( $\text{t-PO}_4\text{-P}$ ). De parameter  $\text{o-PO}_4\text{-P}$  bestaat uit in het water opgeloste orthofosfaten. De parameter  $\text{t-PO}_4\text{-P}$  bestaat uit alle in het water opgeloste fosfaten en aan in het water voorkomende deeltjes gebonden fosforverbindingen die via destructieprocessen omgezet worden in orthofosfaat en als zodanig gemeten worden. Dientengevolge omvat het totaal-fosfaat ook de parameter orthofosfaat.

Sinds 1971 wordt  $\text{o-PO}_4\text{-P}$  bepaald, sinds 1972  $\text{t-PO}_4\text{-P}$ . Vanaf 1972 vinden beide bepalingen plaats met behulp van de auto-analyser.

Het gehalte aan orthofosfaat is vooral in het oostelijk deel van de Westerschelde toegenomen (Schaar van Ouden Doel) van gemiddeld 0,39 mg/l in 1972 tot 0,60 mg/l in 1981 (fig. 7.35), mogelijk als gevolg van de toename van het gebruik van fosfaathoudende stoffen (wasmiddelen, kunstmest) en een uitbreiding van fosfaatverwerkende industrieën op Belgisch en Nederlands gebied. Het totaal-fosfaatgehalte is ondanks afzonderlijke variaties gemiddeld gelijk gebleven (fig. 7.32). Ook uit vrachtberekeningen (tabel 7.9) blijkt dat vanaf het begin van de jaren 70 de hoeveelheid orthofosfaat die

fig. 7.32.



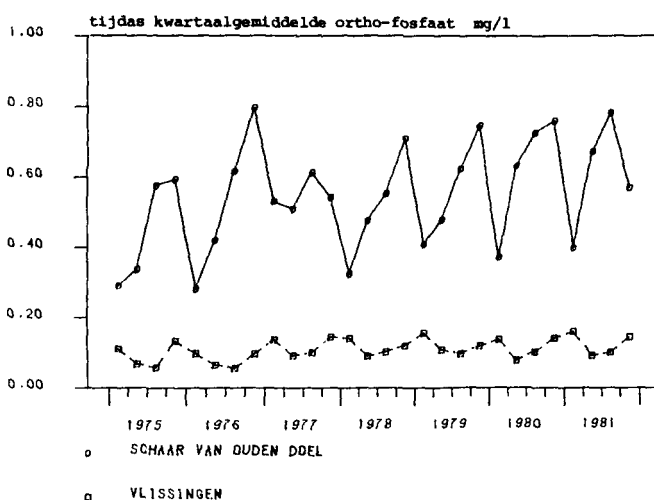
jaarlijks de Belgisch-Nederlandse grens passeert is toegenomen, terwijl de vrachten aan totaal-fosfaat en particulier ge-

bonden fosfaat (aan zwevend stof + organisch gebonden fosfaat) ongeveer konstant bleven.

Orthofosfaat vormt een van de belangrijkste voedingsstoffen voor algen. In het voorjaar en de zomer zou een verlaging van het orthofosfaatgehalte te verwachten zijn omdat in die periode de algengroei groter is dan in de rest van het jaar. Bij Vlissingen wordt dit inderdaad waargenomen. Bij Schaar van Ouden Doel is echter het tegenovergestelde het geval: in de zomer zijn de orthofosfaatgehalten hoog en in de winter laag. Dit vindt waarschijnlijk zijn oorzaak in de 's zomers vaak voorkomende zuurstofloosheid van het Scheldewater, waardoor aan sediment geadsorbeerde orthofosfaten weer in oplossing gaan (fig. 7.33).

In zeewaartse richting neemt het ortho- en totaal-fosfaatgehalte, ondanks de vele lozingen, door verdunning met zeewater en sedimentatie af (fig. 7.32 en 7.34).

fig. 7.33.



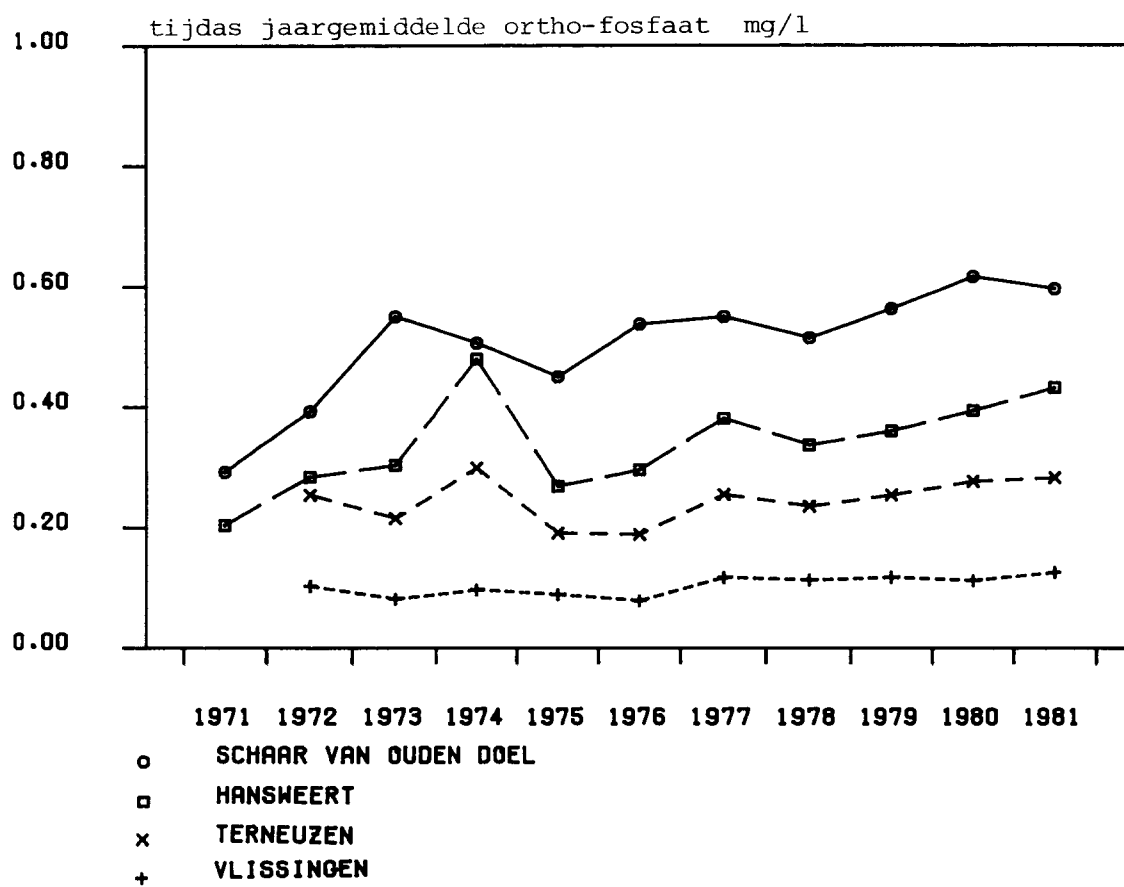
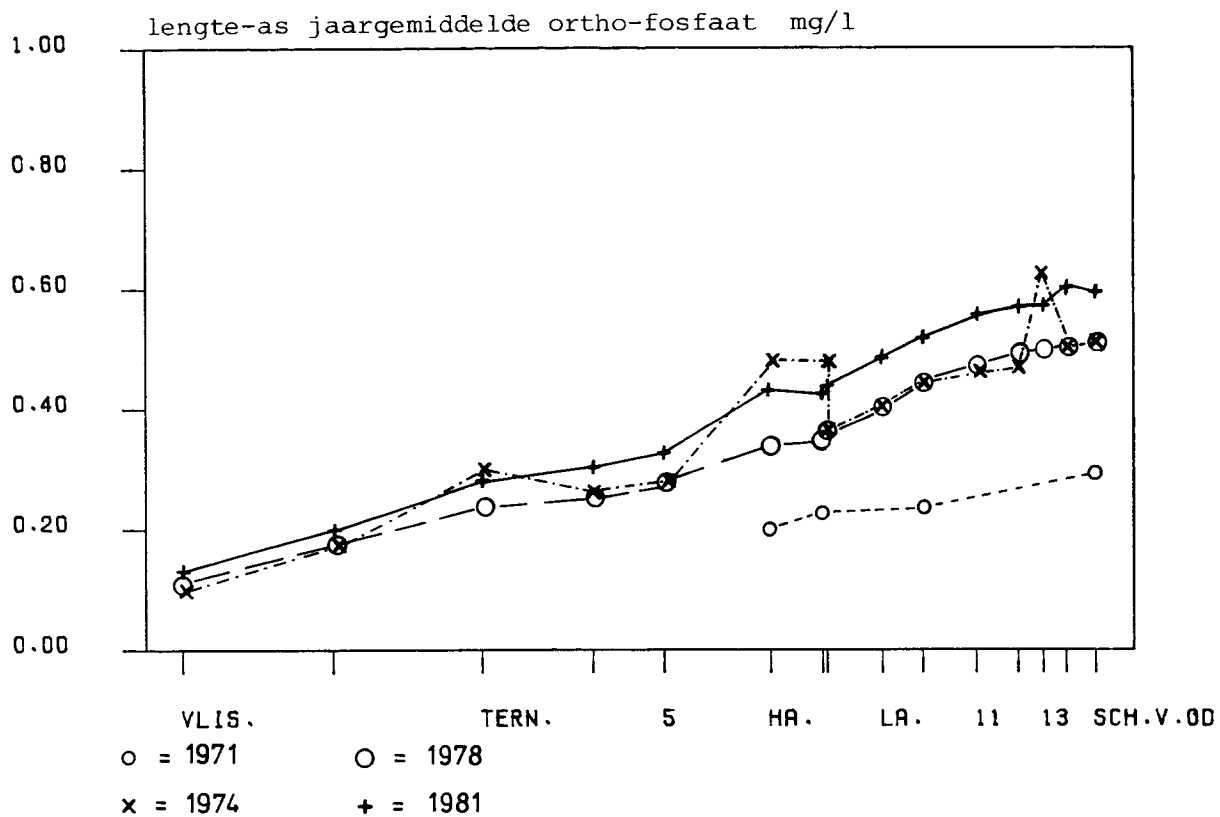
Globale berekeningen (lit. 10) geven een sedimentatie van ca. 5000 ton P per jaar aan. Deze berekeningen duiden eveneens op desorptie van fosfaat uit zwevend stof.

Daar bij deze berekeningen geen rekening is gehouden met lozingen is nader onderzoek naar de invloed van lozingen op deze processen gewenst.

Als norm voor de basiskwaliteit geldt een jaargemiddelde gehalte aan  $\text{t-PO}_4\text{-P}$  van kleiner dan 0,3 mg/l. Sinds in 1972 begonnen is met de bepalingen is aan deze norm bij Schaar van Ouden Doel niet voldaan.

Tabel 7.9. Overzicht berekende jaarvrachten  $\text{o-PO}_4\text{-P}$  en particulier gebonden fosfaat (in kiloton per jaar) en Schelde-afvoeren ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) bij Schaar van Ouden Doel.

|                          | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 |
|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Vracht                   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| $\text{o-PO}_4\text{-P}$ | 1,1  | 1,6  | 3,0  | 1,9  | 1,8  | 2,3  | 2,0  | 3,4  | 2,7  |
| Vracht                   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| $\text{t-PO}_4\text{-P}$ | 3,9  | 5,2  | 11,7 | 4,9  | 5,1  | 7,0  | 3,9  | 6,0  | 4,5  |
| Vracht part.             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| $\text{PO}_4\text{-P}$   | 2,8  | 3,6  | 8,7  | 3,0  | 3,3  | 4,7  | 1,9  | 2,6  | 1,8  |
| Afvoer                   | 73   | 68   | 139  | 100  | 60   | 98   | 87   | 104  | 129  |



## 7.10 Silicium

Silicium wordt sinds 1974 in de vorm van opgelost silicaat gemeten. Het is een belangrijke voedingsstof voor de groei van kiezelalgen, zgn. diatomeeën, die als eerste algensoort in het voorjaar gaan bloeien. Het siliciumgehalte is dan ook onderhevig aan seizoensvariaties (fig. 7.36).

In zeewaartse richting neemt het gehalte af, voornamelijk door verdunning met zeewater. Sinds 1974 is er geen toe- of afname van de jaargemiddelde gehalten te constateren.

Tabel 7.10. geeft een overzicht van de jaarvrachten silicium die sinds 1974 vanuit de Schelde in de Westerschelde zijn terecht gekomen. Er bestaat een duidelijke korrelatie tussen de Schelde-afvoer en het gehalte (korrelatiecoëfficiënt = 0,85): hoe hoger de Schelde-afvoer, hoe hoger het gehalte.

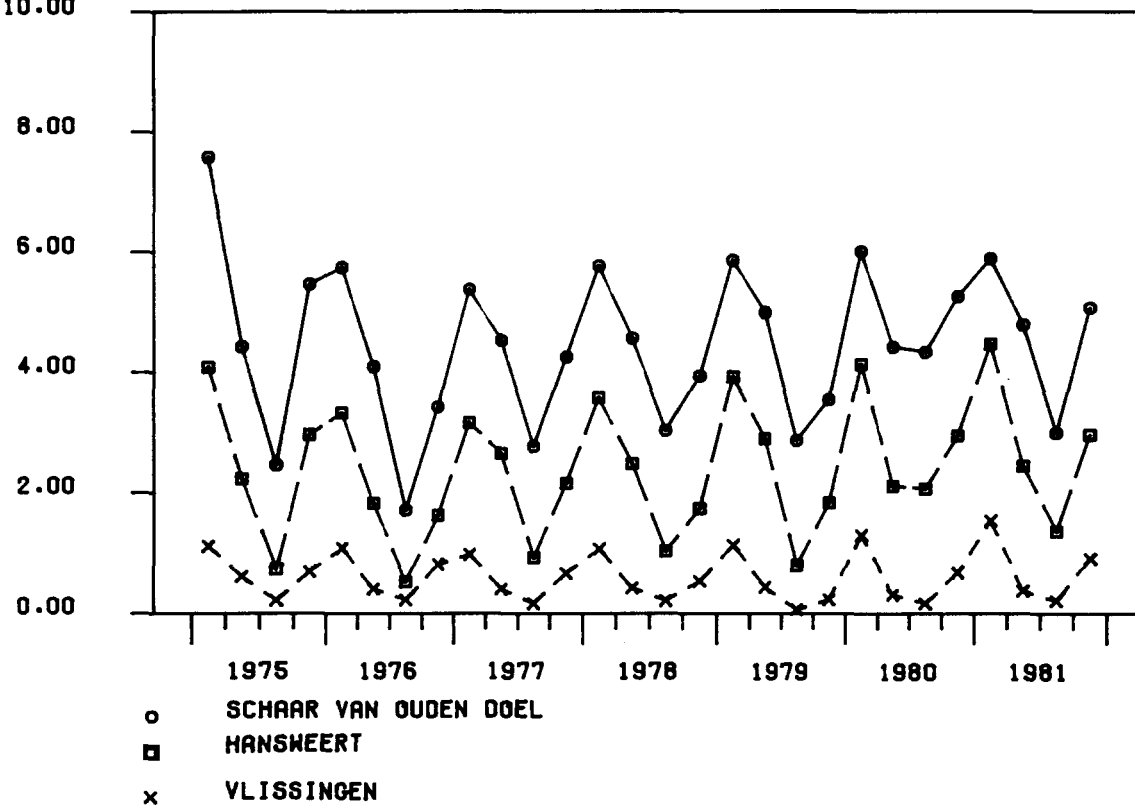
Hierdoor hangt ook de vracht nauw samen met de afvoer. Overigens is niet al het silicium in de Westerschelde afkomstig van de Schelde. Voor een deel is silicium onderhevig aan de natuurlijke kringloop van mineralisatie van de bodem (mei-december) en het weer opladen van de bodem door afsterven van siliciumhoudende organismen.

*Tabel 7.10. Overzicht berekende jaarvrachten silicium (kiloton per jaar) gemiddelde gehalten (mg/l) en Schelde-afvoeren (m<sup>3</sup>/s) bij Schaar van Ouden Doel.*

|         | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|
| Vracht  | 35   | 26   | 13   | 20   | 19   | 25   | 25   |
| Gehalte | 6,0  | 5,0  | 3,7  | 4,2  | 4,4  | 4,3  | 5,0  |
| Afvoer  | 139  | 100  | 60   | 98   | 87   | 104  | 129  |

10.00 tijdas kwartaalgemiddelde opgelost silicium mg/l

fig. 7.36.

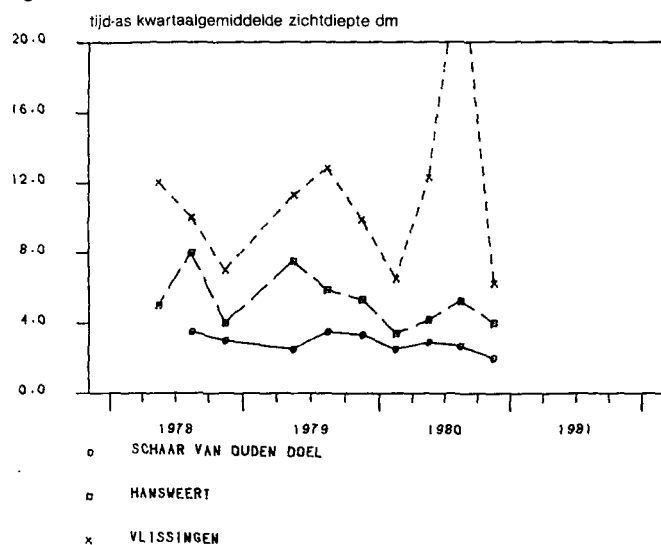


## 7.11 Chlorofyl-a

Chlorofyl (bladgroen) is een essentieel bestanddeel van plant-aardige organismen die via fotosynthese energie opwekken om te kunnen groeien. Het chlorofylgehalte in water geeft een indruk van de hoeveelheid aanwezige algen. De belangrijkste factoren die invloed hebben op de hoeveelheid algen zijn:

- aanwezigheid van voedingsstoffen. De belangrijkste voedingsstoffen fosfaat, nitraat en silicium zijn, met name in het oostelijk deel van de Westerschelde, ruimschoots aanwezig.
- temperatuur en licht. Door de hoge zwevend stofgehalten (vooral in het oostelijk deel van de Westerschelde) worden zelden zichtdieptes van meer dan 0,5 m waargenomen (fig. 7.37). De slechte zonlichtdoordringing heeft een remmende invloed op de algengroei.
- begrazing door filterfeeders (schelpdieren) en zoöplankton.

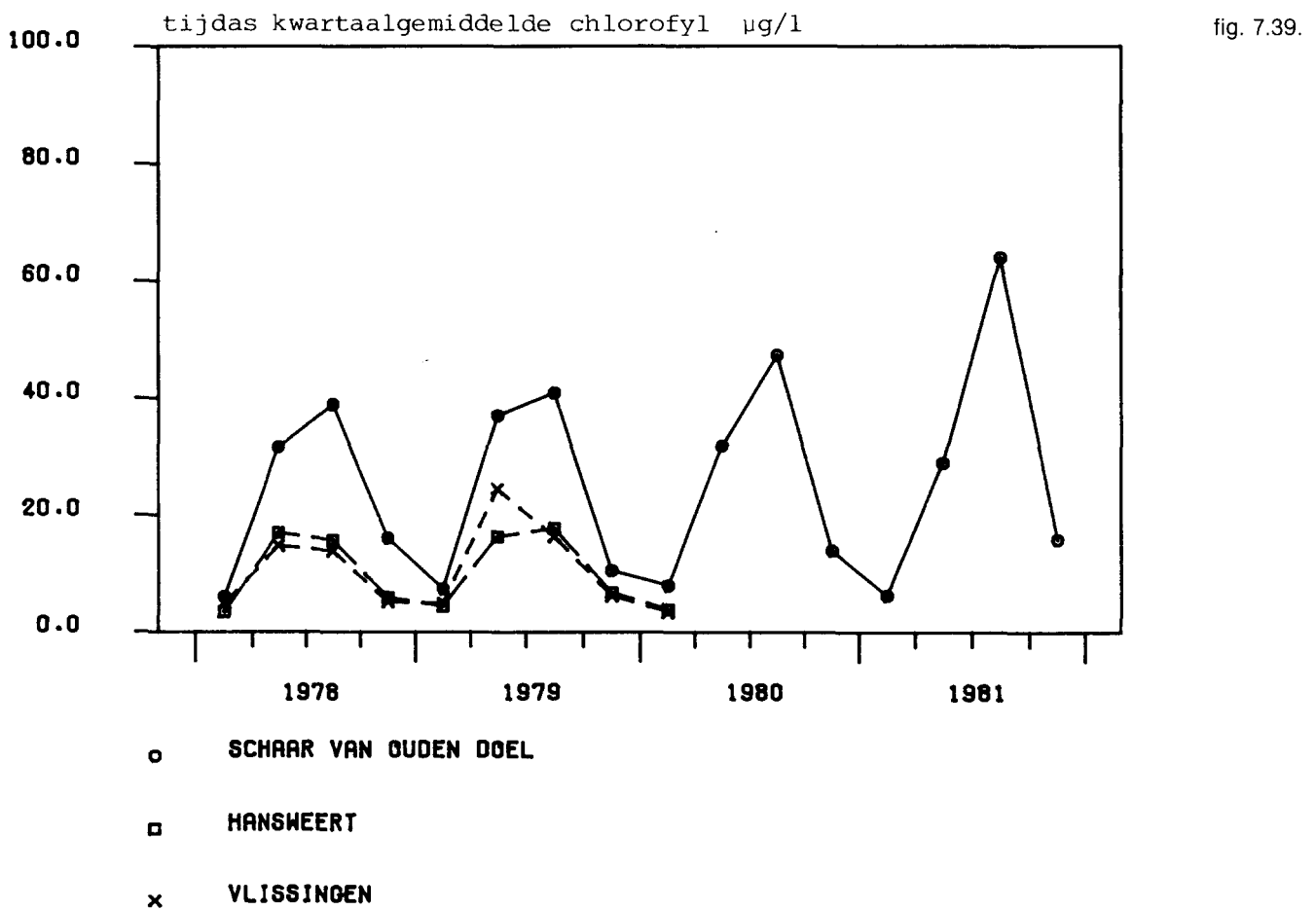
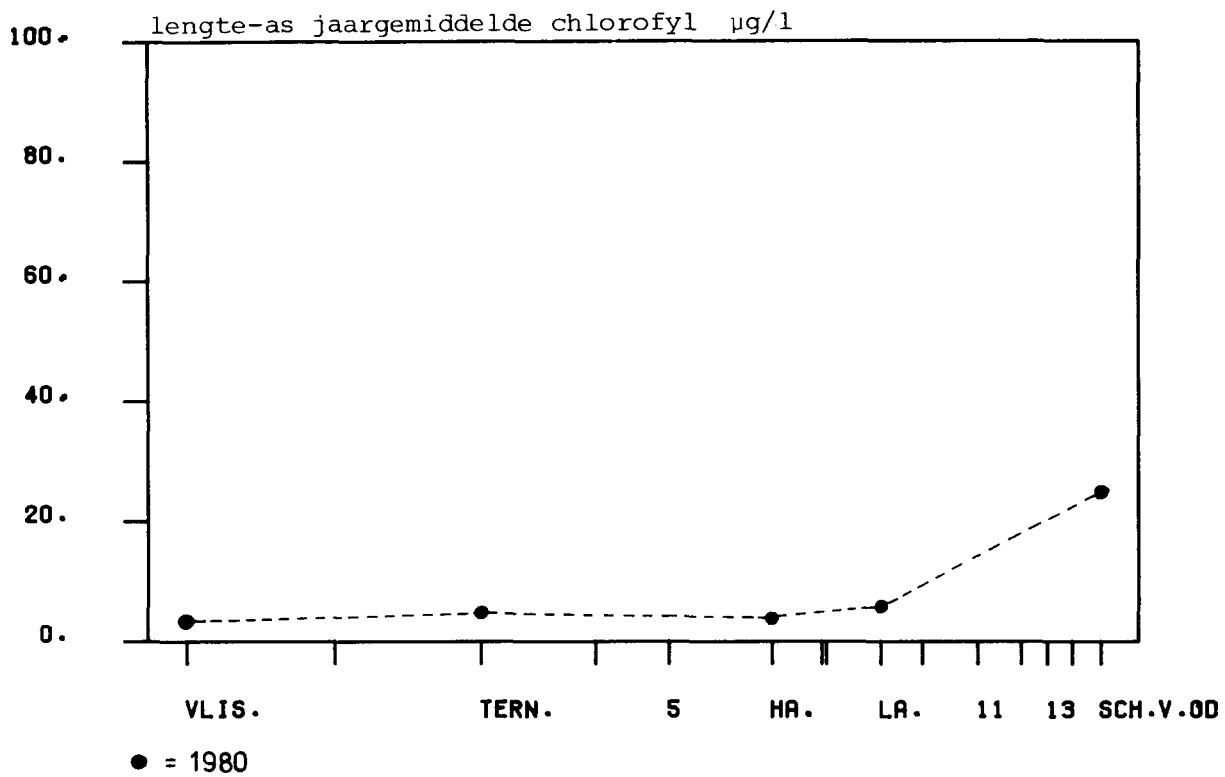
fig. 7.37.



Het chlorofylgehalte wordt in de Westerschelde sinds 1978 bepaald. Omdat de omvang van het onderzoek naar deze parameter een nogal wisselend karakter heeft gehad, worden alleen de meetresultaten weergegeven in de vorm van een tijdsgrafiek voor de jaren 1978 t/m 1981 en in de vorm van een lengte-asgrafiek voor het jaar 1980.

Door verdunning met zeewater en afsterving van zoetwater-algen in het brakker wordende water vindt de grootste chlorofylafname plaats op het traject Schaar van Ouden Doel-Lamswaarde. Verder westwaarts zijn de gehalten ongeveer gelijk aan die in zeewater (fig. 7.38).

Fig. 7.39 laat zien dat 's zomers het gehalte 5 à 10 maal zo hoog kan zijn als 's winters. De toename van de hoogte van pieken in het oostelijk deel van de Westerschelde wordt waarschijnlijk veroorzaakt door verbeteringen van het lichtdoordringend vermogen en de zuurstofhuishouding. Als norm voor de basiskwaliteit geldt een zomergemiddeld gehalte kleiner dan 100 µg/l. Overschrijding van deze norm is tot nu toe niet waargenomen bij Schaar van Ouden Doel.



## 7.12 Olie

Het oliegehalte wordt sinds 1972 bepaald via infraroodspektrometrie. De somparameter die hieruit voortkomt geeft geen uitsluitel over de afzonderlijke bestanddelen waaruit olie is opgebouwd. De detectiegrens is 0,05 mg/kg. Het jaargemiddelde is bij Schaar van Ouden Doel afgenomen van 1,3 mg/kg in 1972 tot 0,1 mg/kg in 1981 (fig. 7.40). Het oliegehalte vertoont bij Vlissingen eveneens een dalende trend.

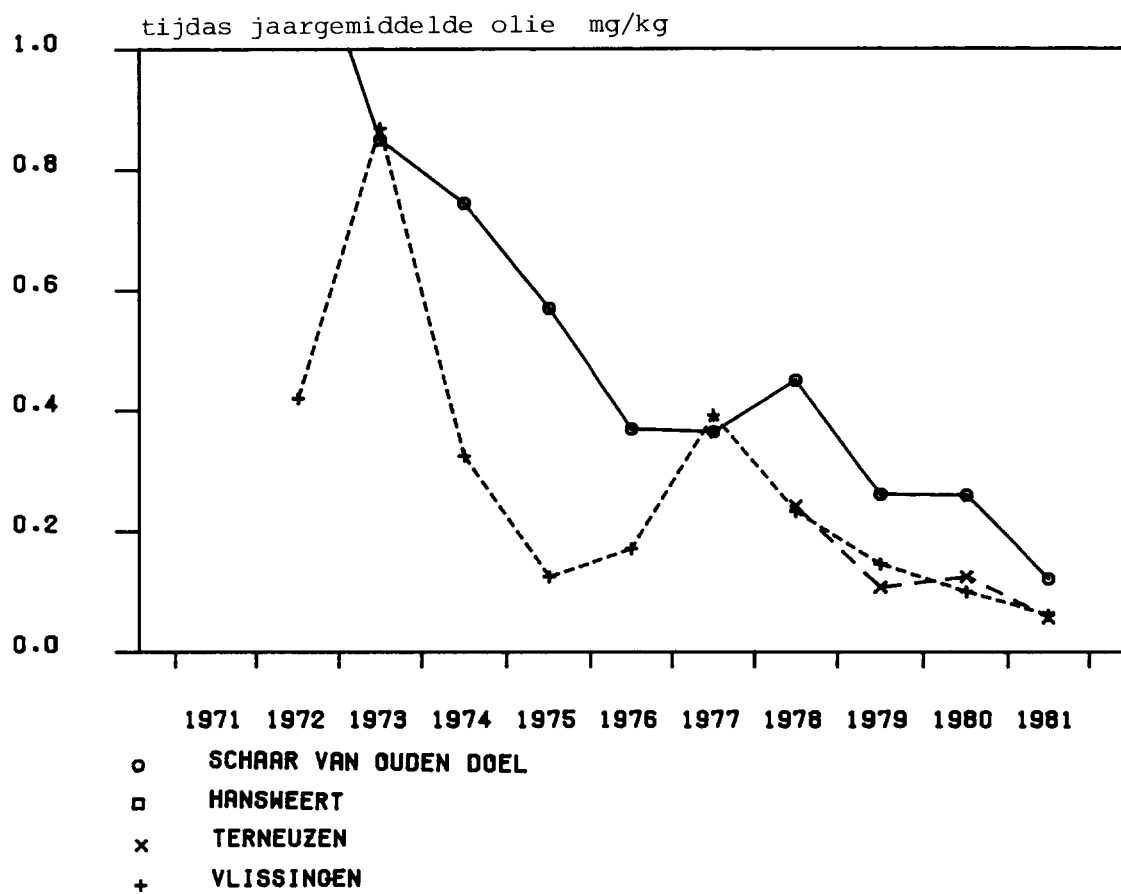
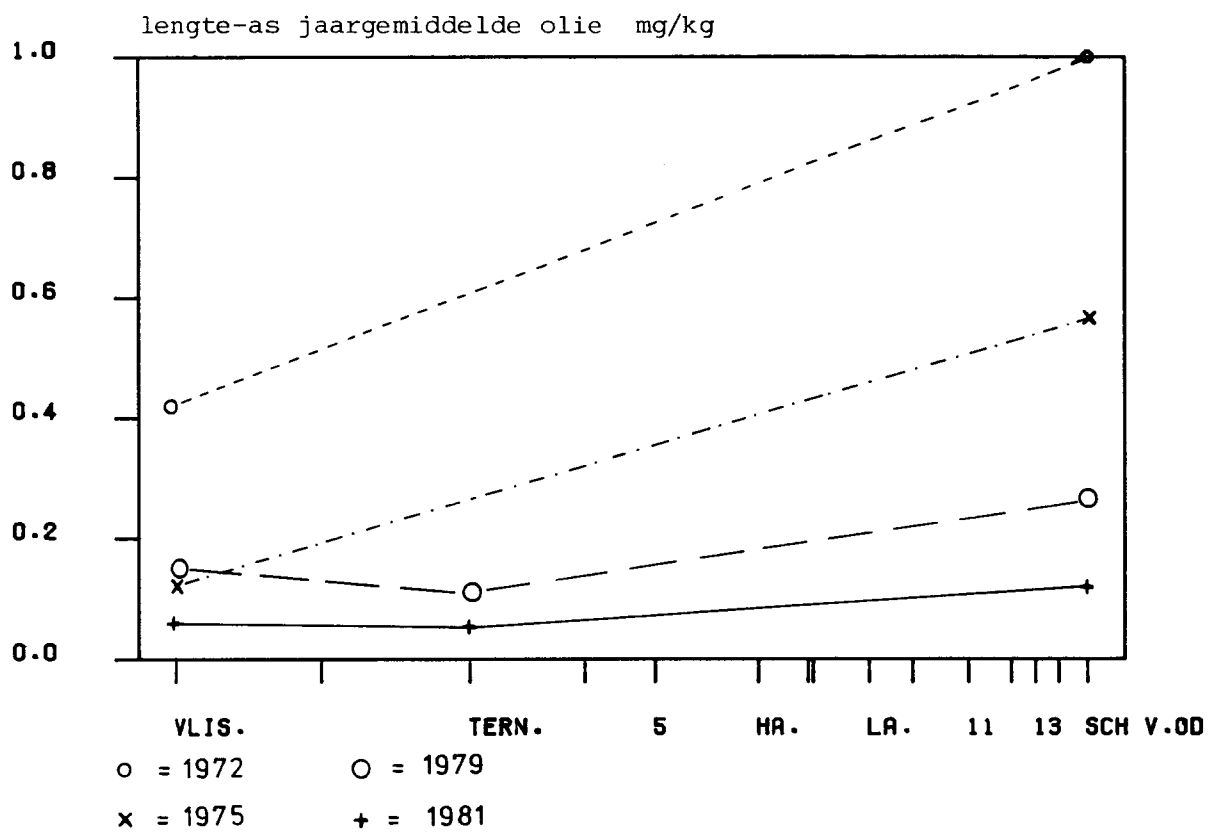
Als gevolg van het feit dat olie op zee (schoonmaken van ruimen, illegale en legale lozingen van met chemisch afval verontreinigde olie, calamiteiten) grotendeels van andere bronnen afkomstig is dan de olie in de Schelde (voornamelijk industriële lozingen) is er nauwelijks of geen relatie tussen het verloop van het oliegehalte bij Vlissingen en bij Schaar van Ouden Doel (zie fig. 7.41).

In tabel 7.11 zijn de jaarvrachten berekend die bij Schaar van Ouden Doel door de Schelde in de Westerschelde zijn aangevoerd. Ook hieruit blijkt dat sinds het begin van de jaren '70 de Westerschelde via de Schelde minder met olie wordt belast.

De absolute norm voor de basiskwaliteit is 200 µg/kg. Aan deze norm is bij Schaar van Ouden Doel vanaf 1972 niet voldaan.

Tabel 7.11. Overzicht berekende jaarvrachten olie (kiloton per jaar) en jaargemiddelde Schelde-afvoeren (m³/s) bij Schaar van Ouden Doel.

|        | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Vracht | 3,5  | 2,2  | 5,6  | 0,9  | 1,1  | 1,6  | 1,6  | 1,6  | 1,1  |
| Afvoer | 73   | 68   | 139  | 60   | 60   | 98   | 87   | 104  | 129  |

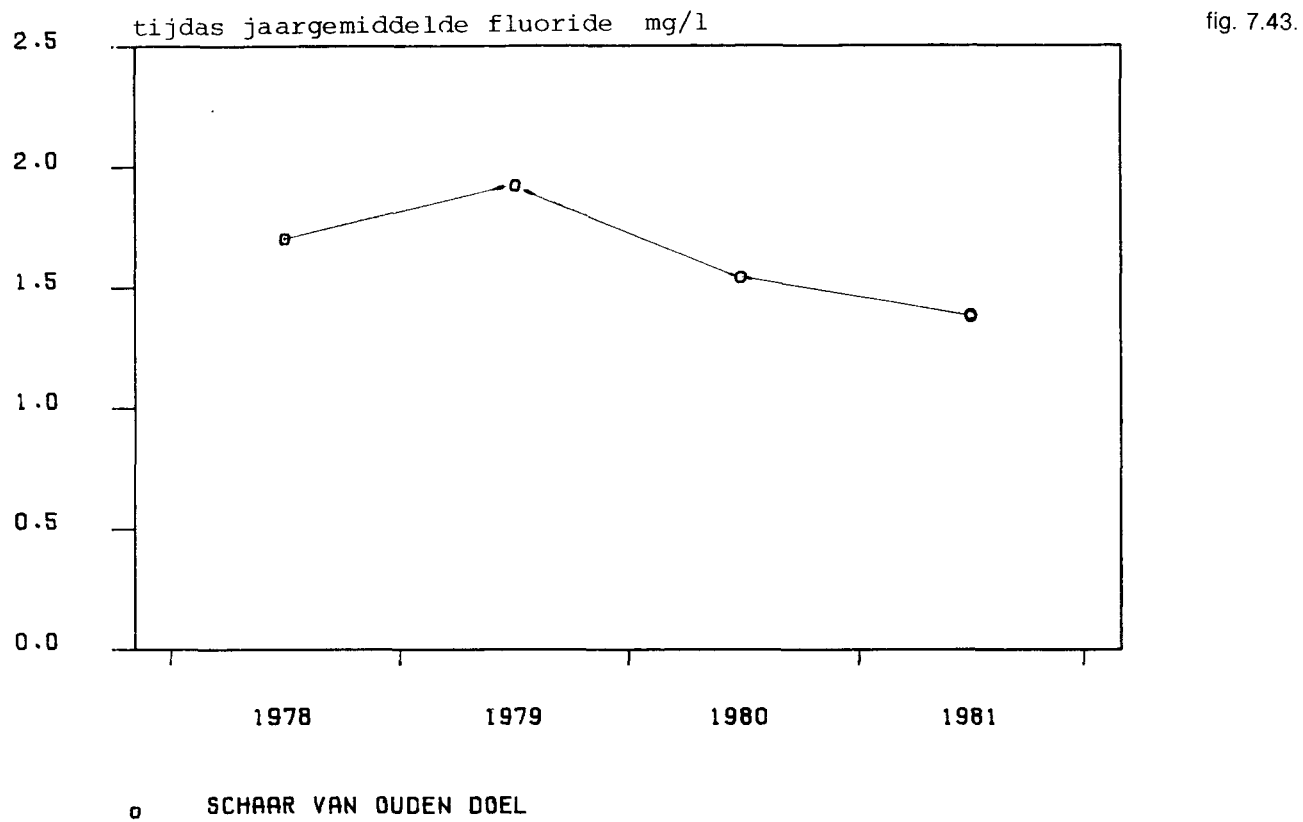
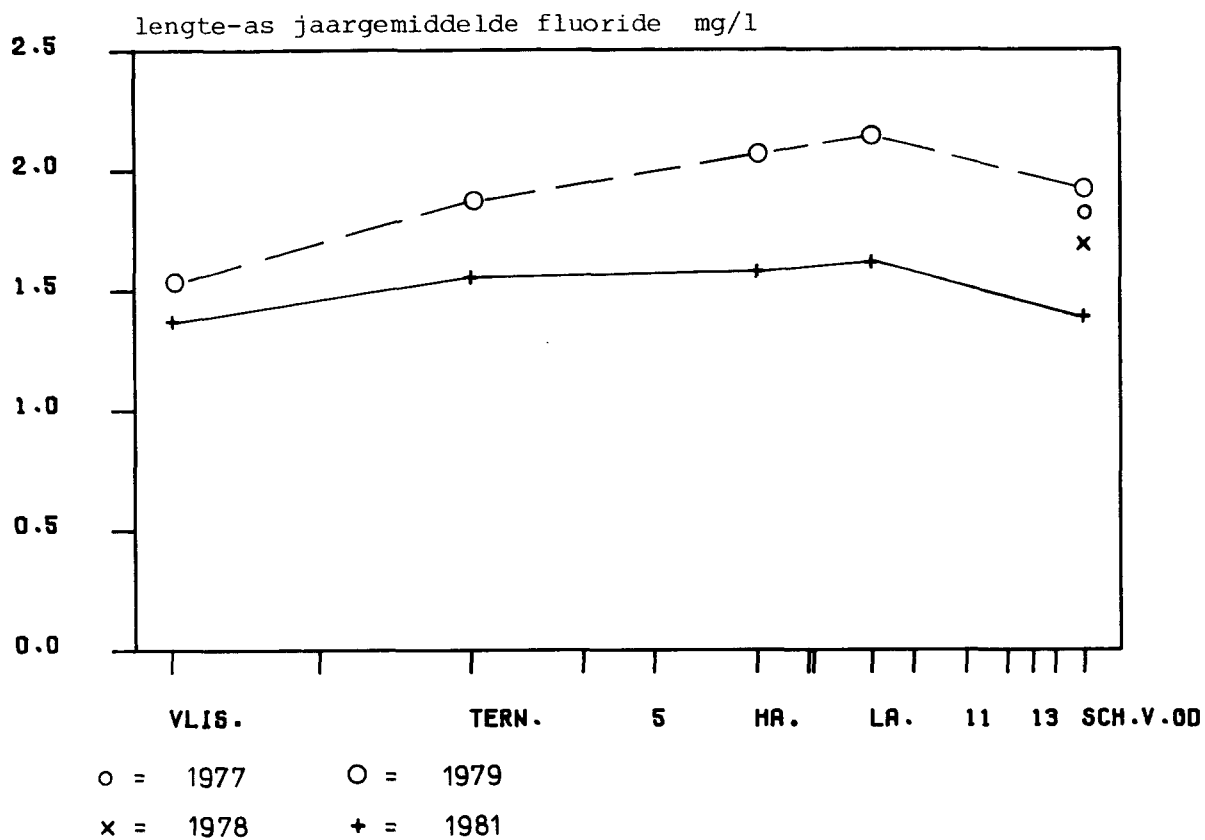


### 7.13 Fluoride

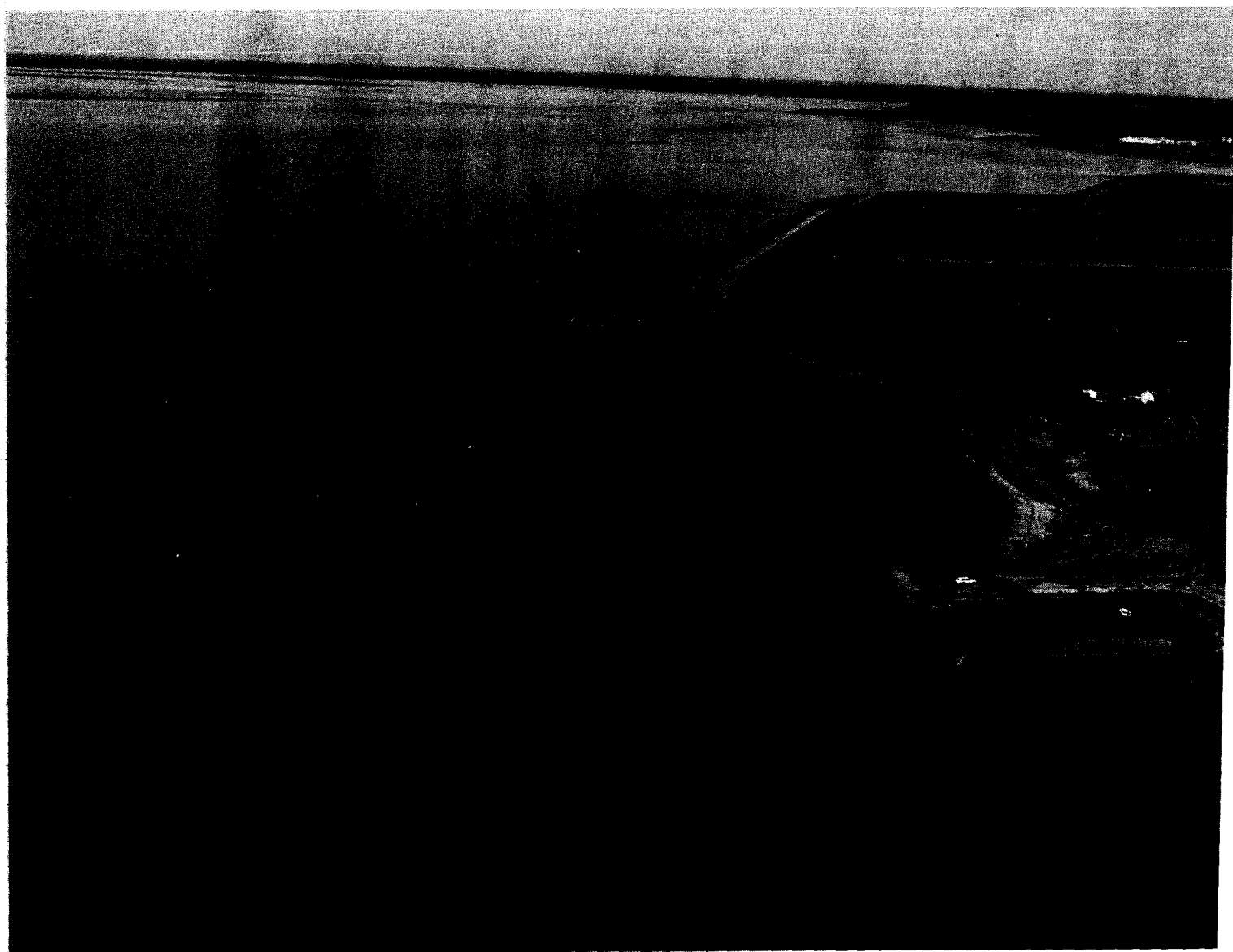
---

Fluoride komt van nature in relatief hoge gehalten in zout water voor. Van nature is het fluoridegehalte direkt gerelateerd aan het chloridegehalte. De verhouding (F-):(CL-) bedraagt ca.  $6,75 \cdot 10^{-5}$  (lit. 45).

Analoog aan het chloridegehalte zou er voor het fluoridegehalte een stijgende gradiënt verwacht worden op het traject Schaar van Ouden Doel-Vlissingen, maar door de hoge voorbelasting van de Schelde en de lozingen op de Westerschelde is het eerder een dalende gradiënt geworden (fig. 7.42). De stijging van het fluoridegehalte op het traject Schaar van Ouden Doel-Lamswaarde wordt mogelijk veroorzaakt door nog niet goed met het Westerscheldewater vermengde afvalwaterlozingen vanaf Belgisch grondgebied (fosfaatindustrie). Sinds fluoride bepaald wordt (1976) is het gehalte bij Schaar van Ouden Doel gedaald van gemiddeld 2,0 mg/l tot 1,4 mg/l in 1981 (fig. 7.43). Volgens de natuurlijke fluoride/chloride-verhouding zou een fluoridegehalte van enkele tienden van milligrammen per liter verwacht mogen worden, waardoor momenteel het fluoridegehalte nog ca. een faktor 3 hoger is dan het op grond van deze verhouding zou behoren te zijn. Naar schatting bedraagt de fluoride belasting van de Westerschelde door de Schelde ca. 3.000-5.000 ton/jaar.



Uitmonding van de afvalwaterpersleiding bij Waarde in de  
Westerschelde. (Foto: Lemcke luchtfotografie)



## 8 Anorganische mikroverontreinigingen (metalen)

### 8.1 Algemeen

Van nature komen anorganische mikroverontreinigingen in het aquatisch milieu voor; de metalen kwik en cadmium in zeer lage concentraties, lood, chroom, koper, zink en nikkel in wat hogere concentraties. De elementen kwik, cadmium en lood zijn niet van essentieel belang in de natuur; daarentegen zijn de elementen chroom, koper en zink (zgn. sporelementen) onmisbaar. Voor deze stoffen geldt dat zowel boven als beneden een bepaalde opgenomen hoeveelheid de groei en stofwisseling van organismen nadelig wordt beïnvloed.

Tabel 8.1 geeft een overzicht van de „natuurlijke” achtergrondconcentraties van enkele metalen in zeewater.

Tabel 8.1. Achtergrondconcentratie van enkele metalen in zeewater in  $\mu\text{g/l}$  (lit. 34, 43, 57)

|         |      |        |       |           |        |          |   |
|---------|------|--------|-------|-----------|--------|----------|---|
| Cadmium | 0,03 | Kwik   | 0,005 | Beryllium | 0,0006 | Vanadium | 2 |
| Koper   | 0,3  | Nikkel | 2     | Borium    | 4600   |          |   |
| Chroom  | 0,05 | Lood   | 0,03  | Seleen    | 0,04   |          |   |
| Lithium | 170  | Zink   | 0,4   | Antimoon  | 0,5    |          |   |

Cadmium en kwik zijn metalen die voorkomen op de zogenaamde zwarte lijst (zie ook par. 9.2). De waterkwaliteitsnormen voor deze stoffen hebben een iets ander karakter dan de normen voor stoffen of stofgroepen die niet op deze lijst staan. Voor lozingen van zwarte lijststoffen geldt namelijk zeer uitdrukkelijk dat zij aangepakt moeten worden door emissiebeperking op basis van de beste bestaande technieken.

De metalen koper, lood, zink, chroom en nikkel staan op de zogenaamde grijze lijst. Gezien hun eigenschappen moet gestreefd worden naar zo laag mogelijke gehalten en dienen de lozingen behandeld te worden via het gebruik van de best toepasbare technieken, eventueel aangevuld met een limitering vanuit de normstelling van het aquatisch milieu.

### 8.2 Relatie anorganische mikroverontreinigingen-zwevend stof

Metalen worden allen in meerdere of mindere mate aan zwevend stof geadsorbeerd. Metalen als chroom en lood komen voornamelijk gebonden aan zwevend stof voor, terwijl nikkel voornamelijk in opgeloste toestand voorkomt.

Bij de bespreking van de afzonderlijke metalen wordt hier nader op ingegaan; o.a. zijn met behulp van het rekenmodel OSTWAT trends gedetecteerd waarbij correcties zijn toegepast voor de zwevend stofgehalten (zie ook hoofdstuk 6) en zijn metaalgehalten in zwevend stof op een aantal lokaties in de Westerschelde berekend. In het algemeen zijn de metaalgehalten in zwevend stof in het oostelijk deel van de Westerschelde hoger dan in het westelijk deel. Naast vermenging van het gecontamineerd zwevend stof met relatief schoon zwevend stof uit de Noordzee spelen ook adsorptie-, desorptie- en sedimentatieprocessen en lozingen een rol. Oriënterende berekeningen (lit. 10) duiden op desorptie en sedimentatie van metalen als koper, chroom, lood, cadmium en kwik in zeewaartse richting, terwijl metalen als zink en nikkel alleen gedeeltelijk sedimenteren. Daarnaast vindt vanuit zee in de Westerschelde sedimentatie plaats van zink,

chroom, lood, cadmium, nikkel en kwik. De bijdrage vanuit zee kan enkele tientallen procenten van de totale belasting bedragen.

Hierbij dient te worden opgemerkt dat andere bronnen (lozingen, kanalen, regen) niet zijn beschouwd. Het is wenselijk onderzoek te doen naar de invloeden van deze extra bronnen op de sedimentatie-, adsorptie- en desorptieprocessen omdat verwaarlozing van deze bronnen niet altijd terecht is (zie tabel 4.8).

In perioden met hoge zwevend stofvrachten (meestal veroorzaakt door hoge Schelde-afvoeren) zijn door de adsorptie van metalen aan zwevend stof ook de metaalvrachten hoog. Mede bepalend hiervoor is de samenstelling van het zwevend stof. In het algemeen zal bij een toename van fijnere deeltjes het metaalgehalte in het zwevend stof stijgen (lit. 60, 61, 62). Tabel 8.2 illustreert een en ander voor een jaar met een hoge zwevend stofvracht (1975, Schelde-afvoer is  $100 \text{ m}^3/\text{s}$ ) en een lage zwevend stofvracht (1973, Schelde-afvoer is  $68 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Hierbij is uitgegaan van onveranderde lozingssituaties.

Tabel 8.2. Vergelijking metaalvrachten voor een jaar met een hoge zwevend stofvracht (1975) en met een lage zwevend stofvracht (1973) in ton per jaar.

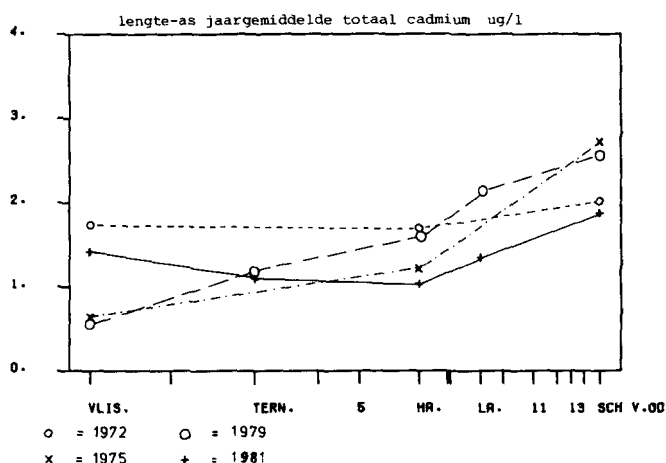
| Schelde-afvoer | 100 ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) | 68 ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) |
|----------------|-------------------------------|------------------------------|
| Zwevend stof   | $5,4 \cdot 10^3$              | $2,4 \cdot 10^3$             |
| Cadmium        | 15,5                          | 5,5                          |
| Chroom         | 196                           | 82                           |
| Lood           | 128                           | —                            |
| Koper          | 123                           | 50                           |
| Nikkel         | 97                            | 53                           |
| Zink           | 614                           | 273                          |
| Kwik           | 3,5                           | 3,2                          |

### 8.3 Cadmium (Cd)

België is na West-Duitsland en Engeland de grootste cadmiumproducent van Europa. Productie vindt plaats uit aangevoerde ertsconcentraten. De voornaamste bron van lozingen in het Scheldebekken is echter de superfosfaatindustrie, waarbij cadmium als sporelement in het erts voorkomt (lit.46).

Het gehalte aan totaal cadmium in de Westerschelde neemt naast verdunning ook af door sedimentatie (fig 8.1). Uit tabel

fig. 8.1.



8.4 blijkt dat de gehalten aan opgelost cadmium in westelijke richting niet afnemen ondanks de verdunning met schoner zeewater; dit gedrag wordt veroorzaakt door lozingen en/of desorptieprocessen. Eerste berekeningen duiden op een sedimentatie van enkele tientallen tonnen per jaar, afkomstig van de Schelde en de Noordzee. De bijdrage van lozingen aan deze sedimentatie is niet bekend. Cadmium wordt in geringe mate aan zwevend stof geadsorbeerd (tabel 8.4).

De tabel toont eveneens dat het cadmiumgehalte, evenals de jaarvrucht, aan sterke schommelingen onderhevig is.

Toepassing van het rekenmodel OSTWAT waarbij correcties voor zwevend stofgehalten zijn toegepast (er wordt in feite een trend bepaald in het verloop van de metaalgehalten, waarbij storingen veroorzaakt door fluktuaties in het zwevend stofgehalte verwijderd worden), duidt op een geringe maar significante toename van het cadmiumgehalte bij Terneuzen (zie tabel 8.3) in de periode 1977-1981. Mogelijk bestaat er een relatie met de gipsstoringen; in eerdere onderzoeken (lit.13,23) is echter geen relatie tussen de storingen en cadmium gebonden aan zwevend stof aangetoond.

Cadmium wordt met de zogenaamde vlamdetektiemethode bepaald. In de behandelde periode is de detektiegrens van 0,1 µg/l onveranderd gebleven. Deze grens geldt zowel voor cadmium in opgeloste vorm als gebonden aan zwevend stof. Voor de basiskwaliteit van zoet water geldt een absolute norm van 2,5 µg/l. Sinds in 1972 begonnen is met het bepalen van het cadmiumgehalte is deze norm ieder jaar overschreden bij Schaar van Ouden Doel.

Tabel 8.3. Lineaire trendbepaling van cadmiumgehalten in de Westerschelde waarbij correcties zijn toegepast voor de zwevend stofgehalten.

| Station               | Periode   | Lineaire trend <sup>1)</sup> |     | Onderscheidend vermogen <sup>2)</sup> (%) |
|-----------------------|-----------|------------------------------|-----|-------------------------------------------|
|                       |           | µg/l                         | %   |                                           |
| Vlissingen            | 1973-1981 | 0,04                         | 7   | 5                                         |
| Terneuzen             | 1977-1981 | 0,78                         | 180 | 84                                        |
| Hansweert             | 1972-1981 | 0,22                         | 19  | 10                                        |
| Schaar van Ouden Doel | 1973-1981 | 0,50                         | 24  | 21                                        |

1) Lineaire trend: de volgens een rechte lijn verlopende trend van het begin tot het eind van een periode waarbij de grootte van het getal het verschil is van de bij het eind en het begin van de lijn behorende gehalten.

2) Onderscheidend vermogen: het onderscheidend vermogen geeft de kans aan waarmee een werkelijk aanwezige trend (met een zekere betrouwbaarheid) inderdaad gedetekteerd kan worden. Een onderscheidend vermogen groter dan 80% wordt als significant beschouwd.

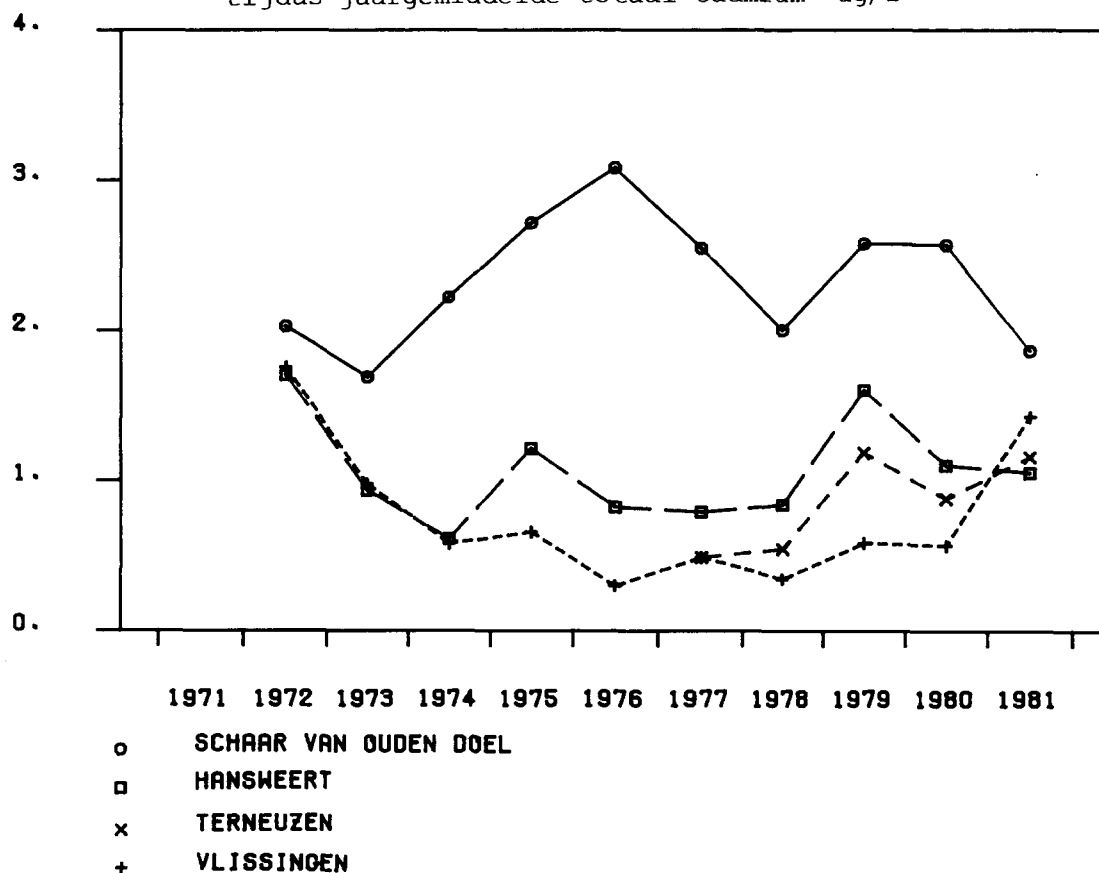
Tabel 8.4

| Cadmium                                                        |               |           | 1972   | 1973   | 1974    | 1975   | 1976   | 1977   | 1978   | 1979   | 1980   | 1981   |
|----------------------------------------------------------------|---------------|-----------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Gehalten totaal<br>(ug/l)                                      | Schaar v.O.D. | gemiddeld | 2,0(4) | 1,7(8) | 2,2(10) | 2,7(8) | 3,1(8) | 2,5(9) | 2,0(8) | 2,6(8) | 2,6(9) | 1,9(9) |
|                                                                |               | mediaan   | 1,7    | 1,4    | 1,6     | 1,8    | 1,3    | 1,7    | 1,7    | 1,6    | 2,6    | 0,9    |
|                                                                | Hansweert     | gemiddeld | 1,7(4) | 0,9(9) | 0,6(10) | 1,2(9) | 0,8(9) | 0,8(9) | 0,8(8) | 1,6(6) | 1,1(9) | 1,1(9) |
|                                                                |               | mediaan   | 1,8    | 1,1    | 0,3     | 0,8    | 0,6    | 0,9    | 0,7    | 1,5    | 1,0    | 0,9    |
|                                                                | Terneuzen     | gemiddeld | -      | -      | -       | -      | -      | 0,5(9) | 0,5(9) | 1,2(6) | 0,9(9) | 1,2(9) |
|                                                                |               | mediaan   | -      | -      | -       | -      | -      | 0,4    | 0,5    | 1,0    | 0,7    | 0,9    |
|                                                                | Vlissingen    | gemiddeld | 1,8(4) | 1,0(8) | 0,6(10) | 0,7(9) | 0,3(9) | 0,5(9) | 0,3(9) | 0,6(6) | 0,6(9) | 1,4(9) |
|                                                                |               | mediaan   | 1,8    | 1,1    | 0,6     | 0,3    | 0,2    | 0,4    | 0,3    | 0,6    | 0,5    | 0,9    |
|                                                                | Schaar v.O.D. | gemiddeld | 0,9(7) | 0,3(9) | 0,2(10) | 0,8(8) | 0,5(9) | 0,3(9) | 0,4(8) | 0,5(8) | 0,5(9) | 0,5(9) |
|                                                                |               | mediaan   | 1,0    | 0,2    | 0,2     | 0,4    | 0,4    | 0,4    | 0,3    | 0,5    | 0,4    | 0,3    |
|                                                                | Hansweert     | gemiddeld | 0,8(8) | 0,2(9) | 0,3(10) | 0,9(9) | 0,5(9) | 0,6(8) | 0,5(9) | 0,8(6) | 0,6(9) | 0,6(9) |
|                                                                |               | mediaan   | 1,0    | 0,1    | 0,2     | 0,5    | 0,4    | 0,6    | 0,6    | 0,8    | 0,6    | 0,6    |
| Gehalten opgelost<br>(ug/l)                                    | Terneuzen     | gemiddeld | -      | -      | -       | -      | -      | 0,4(9) | 0,4(9) | 0,9(6) | 0,7(9) | 0,9(9) |
|                                                                |               | mediaan   | -      | -      | -       | -      | -      | 0,3    | 0,4    | 0,7    | 0,6    | 0,6    |
|                                                                | Vlissingen    | gemiddeld | 0,8(8) | 0,2(9) | 0,3(10) | 0,6(9) | 0,2(9) | 0,4(9) | 0,3(9) | 0,5(6) | 0,5(9) | 1,3(9) |
|                                                                |               | mediaan   | 1,0    | 0,1    | 0,2     | 0,3    | 0,2    | 0,3    | 0,3    | 0,4    | 0,5    | 0,8    |
| Metaalgehalten<br>zwevend stof<br>(mg/kg)                      | Schaar v.O.D. | gemiddeld | 21,4   | 21,6   | 11,5    | 30,2   | 19,2   | 24,3   | 22,6   | 35,3   | 33,2   | 25,3   |
|                                                                | Hansweert     | gemiddeld | 27,3   | 57,6   | 0,7     | 7,9    | 32,4   | 4,3    | 5,8    | 9,7    | 8,9    | 7,5    |
|                                                                | Terneuzen     | gemiddeld | -      | -      | -       | -      | -      | 1,8    | 1,9    | 3,1    | 2,8    | 3,0    |
|                                                                | Vlissingen    | gemiddeld | 49,4   | 50,5   | -       | 3,8    | 2,5    | 2,1    | 1,2    | 3,4    | 2,0    | 1,5    |
| Bindingspercentage<br>aan zwevend stof                         | Schaar v.O.D. | gemiddeld | 68,6   | 81,9   | 68,9    | 73,4   | 70,5   | 82,4   | 74,7   | 74,4   | 78,4   | 69,4   |
|                                                                | Hansweert     | gemiddeld | 60,9   | 74,2   | 35,7    | 33,6   | 29,2   | 23,7   | 30,6   | 42,1   | 40,6   | 35,7   |
|                                                                | Terneuzen     | gemiddeld | -      | -      | -       | -      | -      | 19,5   | 24,7   | 20,6   | 24,8   | 17,2   |
|                                                                | Vlissingen    | gemiddeld | 58,3   | 73,2   | 37,0    | 14,1   | 15,2   | 15,6   | 9,7    | 19,9   | 14,5   | 11,3   |
| Totaal vracht (ton/jaar) berekend                              |               |           | 7,5    | 5,5    | 9,6     | 15,5   | 11,7   | 13,2   | 8,5    | 14,5   | 12,6   | -      |
| Debiet Schelde (m <sup>3</sup> /s) te Schaar van Ouden Doel 73 |               |           | 68     | 139    | 100     | 60     | 98     | 87     | 104    | 129    | -      | -      |

De getallen tussen haakjes duiden op het aantal bemonsteringen dat is verricht.  
Het bindingspercentage is berekend als het verschil van een metaal in totaal  
en opgeloste vorm, gedeeld door het metaal in totaalvorm.  
Het metaalgehalte is berekend als het verschil van een metaal in totaal en  
opgeloste vorm, gedeeld door het zwevend stofgehalte.

tijd as jaargemiddelde totaal cadmium ug/l

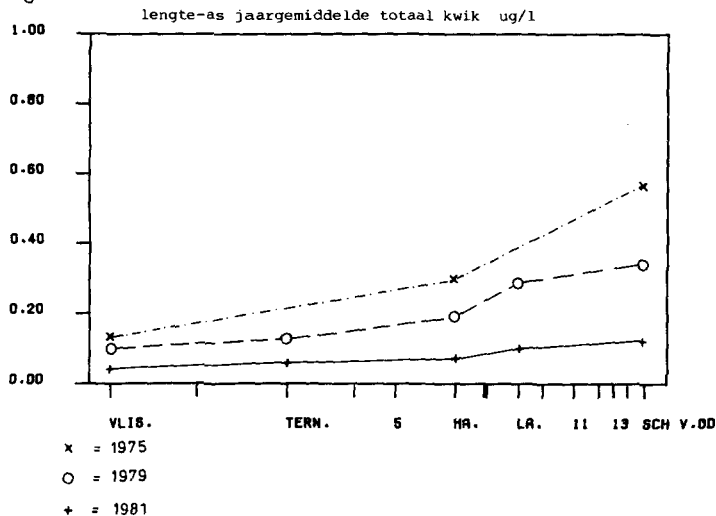
fig. 8.2.



#### 8.4. Kwik (Hg)

Het kwikgehalte neemt door verdunning met zeewater en sedimentatie in westelijke richting af (fig. 8.3). Globale berekeningen duiden op een sedimentatie van enkele tonnen per jaar, afkomstig uit de Noordzee en de Schelde. De bijdrage van lozingen op deze sedimentatie is niet bekend.

fig. 8.3.



Vooraf bij Schaar van Ouden Doel is het kwikgehalte sterk gedaald van gemiddeld  $0,79 \mu\text{g/l}$  in 1973 tot  $0,05 \mu\text{g/l}$  in 1981. Tevens zijn de grensoverschrijdende kwikvrachten afgenomen (tabel 8.6). Belangrijkste bronnen van herkomst van kwik zijn de chlooralkali-industrie, waarvoor inmiddels EG-emissienormen zijn vastgesteld (zie ook 9.2), en de vinylchloride-industrie.

Uit tabel 8.6 blijkt dat kwik zich redelijk aan zwevend stof bindt. Berekeningen met het rekenmodel OSTWAT, waarbij correcties voor het zwevend stofgehalte zijn toegepast, duiden tevens op een significant dalende trend in de hele Westerschelde. Een overzicht is gegeven in tabel 8.5.

Voor de bepaling van kwik wordt de zogenaamde vlamloze methode gebruikt. Deze methode is in de loop der tijd verbeterd. Tot 1975 was de detectiegrens  $0,1 \mu\text{g/l}$ , daarna  $0,05 \mu\text{g/l}$ . In 1980 werd de detectiegrens nogmaals verlaagd tot  $0,01 \mu\text{g/l}$ .

Als norm om aan de basiskwaliteit te voldoen geldt een absoluut gehalte van  $0,5 \mu\text{g/l}$ . Deze norm is bij Schaar van Ouden Doel in de periode 1971-1979 overschreden. Sinds 1980 wordt wel voldaan aan de basiskwaliteitsnorm.

Tabel 8.5. Lineaire trendbepaling van kwikgehalten in de Westerschelde waarbij correcties zijn toegepast voor zwevend stofgehalten.

| Station               | Periode   | Lineaire trend  |      | Onderscheidend vermogen (%) |
|-----------------------|-----------|-----------------|------|-----------------------------|
|                       |           | $\mu\text{g/l}$ | %    |                             |
| Vlissingen            | 1972-1981 | -0,33           | -100 | 94                          |
| Terneuzen             | 1977-1981 | -0,08           | -54  | 85                          |
| Hansweert             | 1972-1981 | -0,22           | -74  | 95                          |
| Schaar van Ouden Doel | 1972-1981 | -0,77           | -87  | 99                          |

Tabel 8.6

## Kwik

|                                                             |               |           | 1972     | 1973     | 1974      | 1975     | 1976      | 1977     | 1978     | 1979     | 1980     | 1981     |
|-------------------------------------------------------------|---------------|-----------|----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Gehalten totaal<br>(ug/l)                                   | Schaar v.O.D. | gemiddeld | 0,99 (8) | 0,79 (9) | 0,59 (10) | 0,56 (8) | 0,50 (9)  | 0,37 (9) | 0,49 (9) | 0,34 (8) | 0,24 (9) | 0,12 (9) |
|                                                             |               | mediaan   | 0,60     | 0,50     | 0,40      | 0,40     | 0,20      | 0,30     | 0,30     | 0,20     | 0,25     | 0,10     |
|                                                             | Hansweert     | gemiddeld | 0,28 (8) | 0,29 (9) | 0,17 (10) | 0,30 (9) | 0,21 (10) | 0,13 (9) | 0,14 (8) | 0,19 (6) | 0,14 (9) | 0,07 (9) |
|                                                             |               | mediaan   | 0,20     | 0,20     | 0,15      | 0,10     | 0,10      | 0,10     | 0,10     | 0,15     | 0,10     | 0,06     |
|                                                             | Terneuzen     | gemiddeld | -        | -        | -         | -        | -         | 0,11 (9) | 0,13 (9) | 0,13 (6) | 0,09 (9) | 0,06 (9) |
|                                                             |               | mediaan   | -        | -        | -         | -        | -         | 0,10     | 0,10     | 0,13     | 0,08     | 0,07     |
|                                                             | Vlissingen    | gemiddeld | -        | 0,32 (9) | 0,12 (9)  | 0,14 (8) | 0,13 (9)  | 0,33 (9) | 0,10 (9) | 0,10 (6) | 0,07 (9) | 0,05 (9) |
|                                                             |               | mediaan   | -        | 0,20     | 0,10      | 0,10     | 0,10      | 0,10     | 0,10     | 0,10     | 0,05     | 0,04     |
| Gehalten opgelost<br>(ug/l)                                 | Schaar v.O.D. | gemiddeld | -        | -        | -         | 0,10 (2) | 0,11 (9)  | 0,10 (8) | 0,10 (9) | 0,07 (8) | 0,04 (9) | 0,02 (9) |
|                                                             |               | mediaan   | -        | -        | -         | 0,10     | 0,10      | 0,10     | 0,10     | 0,05     | 0,05     | 0,02     |
|                                                             | Hansweert     | gemiddeld | -        | -        | -         | 0,10 (1) | 0,10 (8)  | 0,11 (9) | 0,10 (8) | 0,07 (6) | 0,04 (9) | 0,02 (9) |
|                                                             |               | mediaan   | -        | -        | -         | 0,10     | 0,10      | 0,10     | 0,10     | 0,05     | 0,05     | 0,01     |
|                                                             | Terneuzen     | gemiddeld | -        | -        | -         | -        | -         | 0,10 (9) | 0,10 (9) | 0,07 (6) | 0,04 (9) | 0,02 (9) |
|                                                             |               | mediaan   | -        | -        | -         | -        | -         | 0,10     | 0,10     | 0,05     | 0,05     | 0,01     |
|                                                             | Vlissingen    | gemiddeld | -        | -        | -         | 0,10 (2) | 0,11 (8)  | 0,10 (8) | 0,10 (9) | 0,07 (6) | 0,04 (9) | 0,01 (9) |
|                                                             |               | mediaan   | -        | -        | -         | 0,10     | 0,10      | 0,10     | 0,10     | 0,05     | 0,05     | 0,01     |
| Metaalgehalten<br>zwevend stof<br>(mg/kg)                   | Schaar v.O.D. | gemiddeld | -        | -        | -         | 6,7      | 2,2       | 2,8      | 3,5      | 4,9      | 3,2      | 2,0      |
|                                                             | Hansweert     | gemiddeld | -        | -        | -         | n.m.     | 1,1       | 0,6      | 0,5      | 1,7      | 1,7      | 1,2      |
|                                                             | Terneuzen     | gemiddeld | -        | -        | -         | -        | -         | 0,3      | 0,4      | 1,1      | 0,8      | 0,7      |
|                                                             | Vlissingen    | gemiddeld | -        | -        | -         | 5,2      | n.m.      | 2,8      | n.m.     | 1,5      | 0,7      | 0,5      |
| Bindingspercentage<br>aan zwevend stof                      | Schaar v.O.D. | gemiddeld | -        | -        | -         | 77,5     | 54,6      | 55,0     | 67,0     | 73,1     | 74,6     | 76,0     |
|                                                             | Hansweert     | gemiddeld | -        | -        | -         | n.m.     | 32,6      | 11,1     | 18,8     | 52,8     | 65,7     | 72,7     |
|                                                             | Terneuzen     | gemiddeld | -        | -        | -         | -        | -         | 5,6      | 16,7     | 36,1     | 41,1     | 67,7     |
|                                                             | Vlissingen    | gemiddeld | -        | -        | -         | 50,0     | 4,2       | 18,2     | n.m.     | 27,8     | 33,3     | 66,3     |
| Totaal vracht (ton/jaar) berekend                           |               |           | 3,4      | 3,2      | 2,8       | 3,5      | 1,9       | 1,8      | 1,9      | 1,9      | 1,2      | -        |
| Debiet Schelde (m <sup>3</sup> /s) te Schaar van Ouden Doel |               |           | 73       | 68       | 139       | 100      | 60        | 98       | 87       | 104      | 129      | -        |

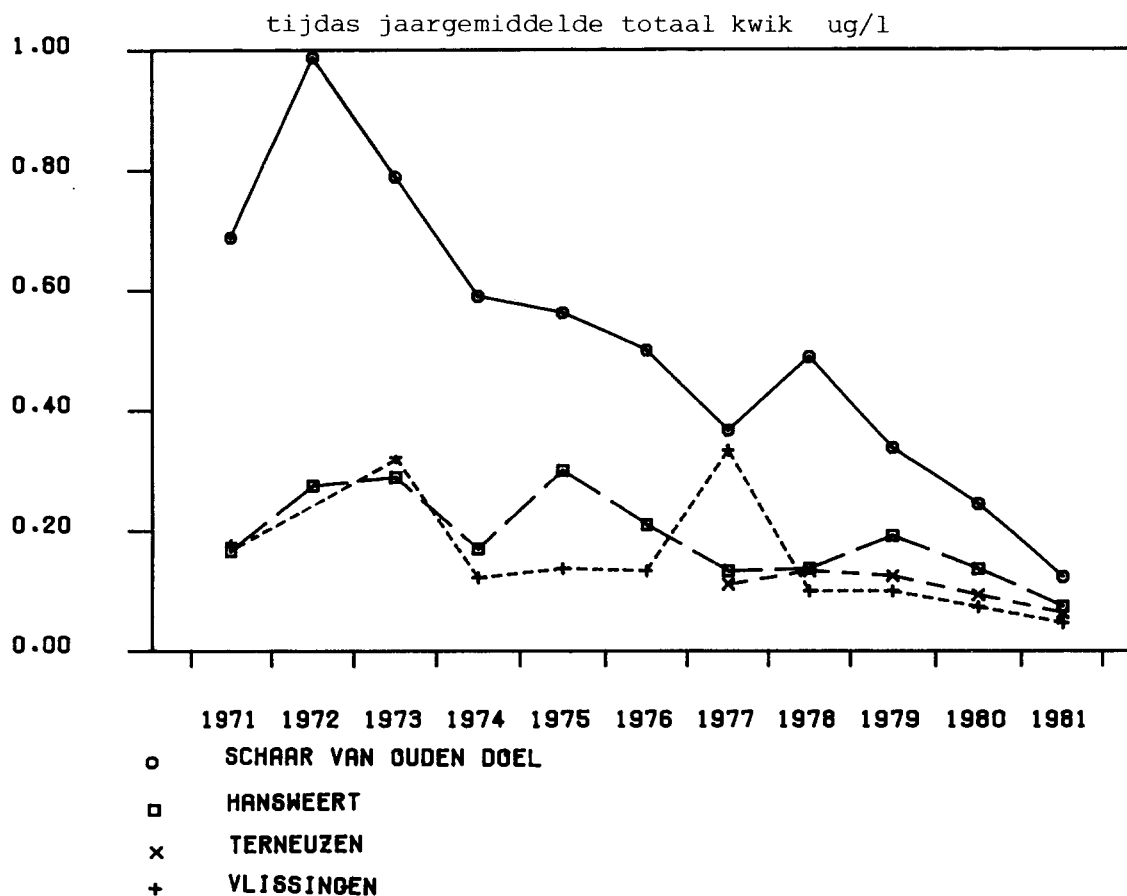


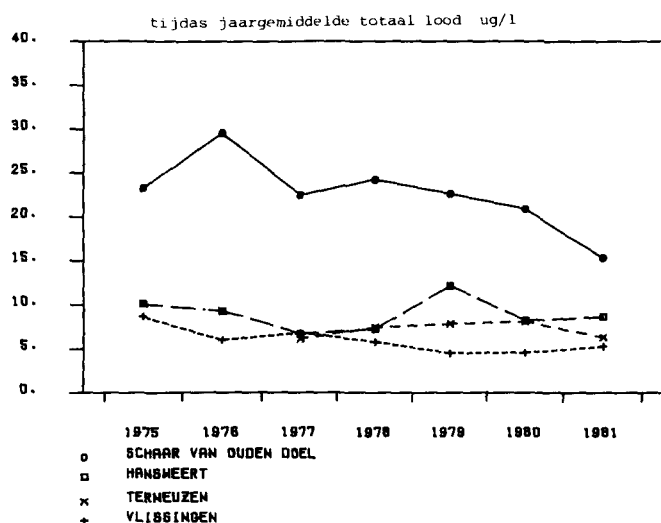
fig. 8.4.

## 8.5 Lood (Pb)

Sinds 1974 is het loodgehalte in de Westerschelde en met name bij Schaar van Ouden Doel enigszins afgenomen (fig. 8.5 en tabel 8.8).

Uit tabel 8.8 blijkt dat lood zich sterk hecht aan zwevend stof waardoor het bijna niet voorkomt in opgeloste vorm.

fig. 8.5.



Berekeningen met het rekenmodel OSTWAT, waarbij correcties zijn toegepast voor het zwevend stofgehalte duiden eveneens op een dalende trend, die alleen bij Vlissingen significant is (tabel 8.7).

Het grootste deel van de lozingen van lood komen voor rekening van de ijzer- en staalindustrie. Andere bronnen zijn de pigment- en fosfaatindustrie en het verkeer.

Door verdunning met zeewater en sedimentatie vindt, ondanks de vele lozingen, een daling plaats van het gehalte in westelijke richting. Oriënterende berekeningen duiden op een sedimentatie van ca. honderd ton lood per jaar afkomstig uit de Noordzee en de Schelde. De bijdrage van lozingen op deze sedimentatie is niet bekend.

Lood wordt met de vlamdetektiemethode bepaald. In de beschreven periode is de detectiegrens onveranderd op 1 µg/l gebleven, zowel voor lood in opgeloste als totaal vorm. Om aan de basiskwaliteit te voldoen behoren alle waargenomen loodgehalten kleiner dan 50 µg/l te zijn. Sinds 1978 wordt aan deze norm voldaan bij Schaar van Ouden Doel.

Tabel 8.7. Lineaire trendbepaling van loodgehalten in de Westerschelde waarbij correcties zijn toegepast voor de zwevende stofgehalten.

| Station               | Periode   | Lineaire trend |     | Onderscheidend vermogen (%) |
|-----------------------|-----------|----------------|-----|-----------------------------|
|                       |           | µg/l           | %   |                             |
| Vlissingen            | 1974-1981 | -6,97          | -72 | 99                          |
| Terneuzen             | 1974-1981 | -1,34          | -18 | 10                          |
| Hansweert             | 1974-1981 | -2,63          | -26 | 26                          |
| Schaar van Ouden Doel | 1974-1981 | -5,99          | -22 | 23                          |

Tabel 8.8

| Lood                                                        |               |           | 1972 | 1973 | 1974  | 1975  | 1976  | 1977  | 1978  | 1979  | 1980  | 1981  |
|-------------------------------------------------------------|---------------|-----------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Gehalten totaal<br>(ug/l)                                   | Schaar v.O.D. | gemiddeld | -    | -    | 30(9) | 23(8) | 30(9) | 22(9) | 24(8) | 23(8) | 21(9) | 17(8) |
|                                                             |               | mediaan   | -    | -    | 23    | 20    | 10    | 18    | 21    | 13    | 21    | 16    |
|                                                             | Hansweert     | gemiddeld | -    | -    | 10(9) | 10(9) | 9(9)  | 7(9)  | 7(8)  | 12(6) | 8(9)  | 9(8)  |
|                                                             |               | mediaan   | -    | -    | 12    | 12    | 8     | 7     | 5     | 8     | 7     | 6     |
|                                                             | Terneuzen     | gemiddeld | -    | -    | -     | -     | -     | 6(9)  | 7(9)  | 8(6)  | 8(9)  | 7(9)  |
|                                                             |               | mediaan   | -    | -    | -     | -     | -     | 7     | 7     | 5     | 8     | 7     |
|                                                             | Vlissingen    | gemiddeld | -    | -    | 9(9)  | 9(9)  | 6(9)  | 7(9)  | 6(9)  | 5(6)  | 5(9)  | 6(9)  |
|                                                             |               | mediaan   | -    | -    | 6     | 9     | 5     | 8     | 6     | 4     | 3     | 4     |
| Gehalten opgelost<br>(ug/l)                                 | Schaar v.O.D. | gemiddeld | 2(8) | 1(9) | 2(10) | 1(8)  | 2(9)  | 1(9)  | 2(8)  | 3(8)  | 2(9)  | 2(9)  |
|                                                             |               | mediaan   | 1    | 1    | 1     | 1     | 1     | 1     | 2     | 3     | 2     | 2     |
|                                                             | Hansweert     | gemiddeld | 1(8) | 1(9) | 1(10) | 1(9)  | 2(9)  | 1(9)  | 1(8)  | 1(6)  | 1(9)  | 1(9)  |
|                                                             |               | mediaan   | 1    | 1    | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     |
|                                                             | Terneuzen     | gemiddeld | -    | -    | -     | -     | -     | 1(9)  | 1(9)  | 1(6)  | 1(9)  | 1(9)  |
|                                                             |               | mediaan   | -    | -    | -     | -     | -     | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     |
|                                                             | Vlissingen    | gemiddeld | 2(8) | 1(9) | 1(10) | 1(9)  | 2(9)  | 1(9)  | 1(9)  | 1(6)  | 1(9)  | 1(9)  |
|                                                             |               | mediaan   | 1    | 1    | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     |
| Metaalgehalten<br>zwevend stof<br>(mg/kg)                   | Schaar v.O.D. | gemiddeld | -    | -    | 245   | 340   | 192   | 257   | 318   | 356   | 298   | 297   |
|                                                             | Hansweert     | gemiddeld | -    | -    | 171   | 296   | 119   | 134   | 139   | 136   | 125   | 161   |
|                                                             | Terneuzen     | gemiddeld | -    | -    | -     | -     | -     | 91    | 83    | 79    | 122   | 95    |
|                                                             | Vlissingen    | gemiddeld | -    | -    | -     | 322   | 156   | 142   | 113   | 67    | 68    | 57    |
| Bindingspercentage<br>aan zwevend stof                      | Schaar v.O.D. | gemiddeld | -    | -    | 92,7  | 93,9  | 82,0  | 92,3  | 92,7  | 84,2  | 88,4  | 87,2  |
|                                                             | Hansweert     | gemiddeld | -    | -    | 79,1  | 78,6  | 73,0  | 77,8  | 78,5  | 83,8  | 81,5  | 85,5  |
|                                                             | Terneuzen     | gemiddeld | -    | -    | -     | -     | -     | 80,1  | 72,6  | 73,7  | 76,4  | 84,5  |
|                                                             | Vlissingen    | gemiddeld | -    | -    | 16,6  | 71,3  | 60,1  | 69,5  | 16,8  | 63,6  | 61,2  | 60,9  |
| Totaal vracht (ton/jaar) berekend                           |               |           | -    | -    | 131   | 128   | 110   | 113   | 100   | 126   | 105   | -     |
| Debiet Schelde (m <sup>3</sup> /s) te Schaar van Ouden Doel |               |           | 73   | 68   | 139   | 100   | 60    | 98    | 87    | 104   | 129   | -     |

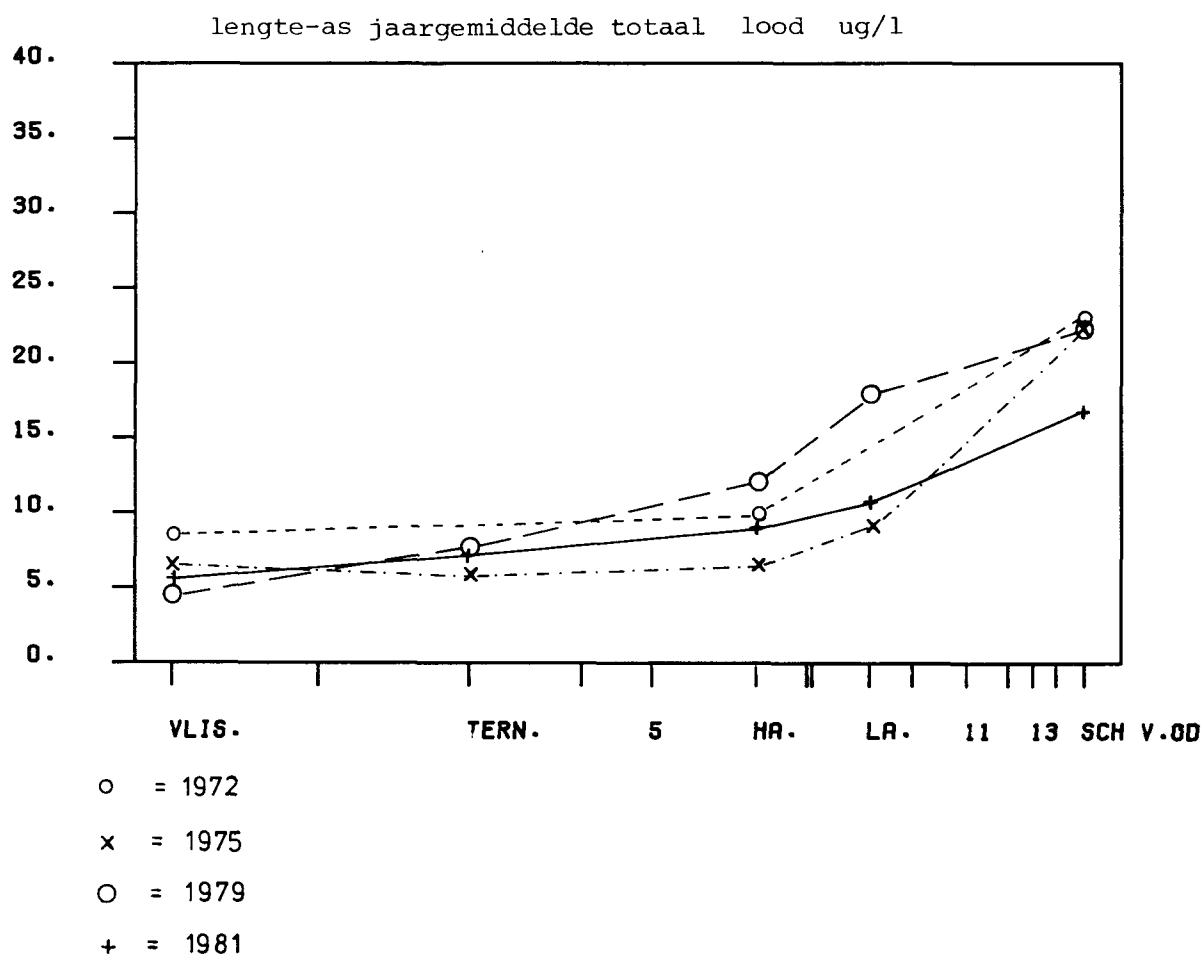


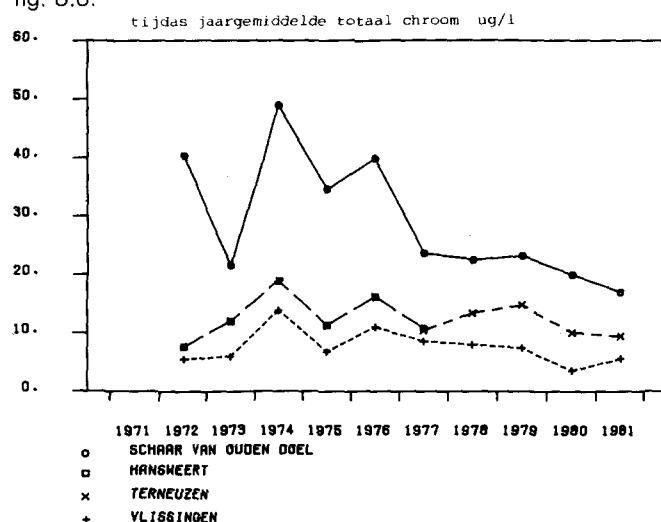
fig. 8.6.

## 8.6 Chroom (Cr)

Het chroomgehalte in de Westerschelde is na 1974 afgenomen.

Dit is het duidelijkst waarneembaar bij Schaar van Ouden Doel (fig. 8.6) waar het jaargemiddelde gehalte is gedaald van 49  $\mu\text{g/l}$  tot 17  $\mu\text{g/l}$  in 1981.

fig. 8.6.



Uit tabel 8.10 blijkt dat ook de vrachten zijn afgenomen. Belangrijkste lozingen zijn afkomstig van de kunstmest-, galvanische- en grafische industrieën en van de productie van titaandioxide.

In 1973 zijn slechts twee metingen verricht waarmee mogelijk het lage gemiddelde bij Schaar van Ouden Doel verklaard kan worden. Chroom bindt zich sterk aan zwevend stof. Berekeningen met het rekenmodel OSTWAT, waarbij correcties zijn toegepast voor het zwevend stofgehalte, duiden eveneens op een significant dalende trend in de gehele Westerschelde (tabel 8.9).

In westelijke richting neemt het chroomgehalte door verdunning en sedimentatie af (zie fig. 8.6). Oriënterende berekeningen duiden op een sedimentatie van 100-200 ton per jaar, afkomstig uit de Noordzee en de Schelde; het aandeel van lozingen op deze sedimentatie is niet bekend.

Het chroomgehalte wordt met de zogenaamde grafietovenmethode bepaald. Deze methode is in de loop der tijd verbeterd waardoor in 1982 de detectiegrens is verlaagd van 1 naar 0,2  $\mu\text{g/l}$ , zowel voor chroom in opgeloste als totaal vorm.

Tabel 8.9. Lineaire trendbepaling van chroomgehalten in de Westerschelde waarbij correcties zijn toegepast voor de zwevend stofgehalten.

| Station               | Periode   | Lineaire trend  |     | Onderscheidend vermogen % |
|-----------------------|-----------|-----------------|-----|---------------------------|
|                       |           | $\mu\text{g/l}$ | %   |                           |
| Vlissingen            | 1974-1981 | - 11,0          | -82 | 99                        |
| Terneuzen             | 1977-1981 | - 7,8           | -52 | 81                        |
| Hansweert             | 1974-1977 | - 6,9           | -39 | 81                        |
| Schaar van Ouden Doel | 1974-1981 | - 27,0          | -64 | 97                        |

Om te voldoen aan de basiskwaliteit, behoort het chroomgehalte bij alle waarnemingen kleiner dan 50  $\mu\text{g/l}$  te zijn. Sinds 1978 wordt bij Schaar van Ouden Doel aan deze norm voldaan.

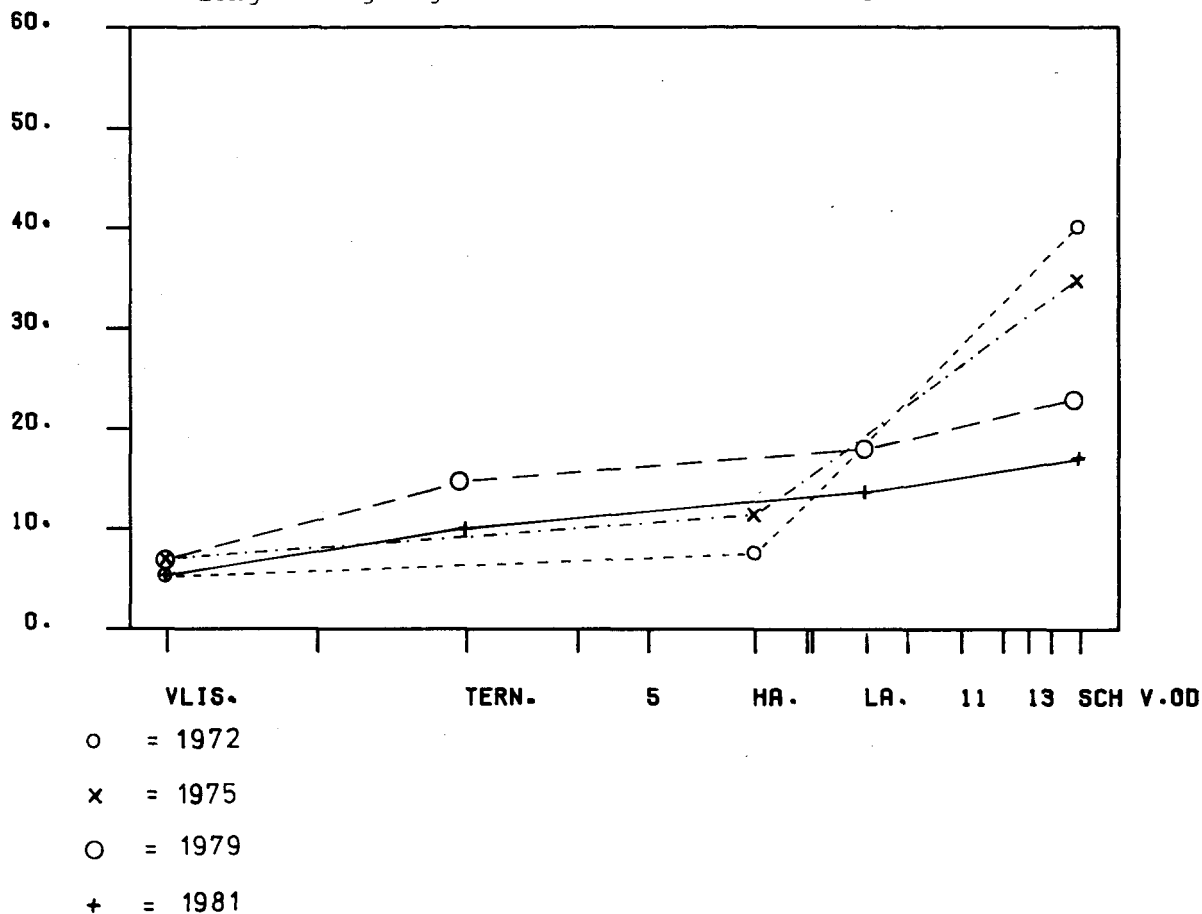
Tabel 8.10

## Chroom

|                                                             |               |           | 1972  | 1973  | 1974   | 1975  | 1976  | 1977  | 1978  | 1979  | 1980  | 1981  |
|-------------------------------------------------------------|---------------|-----------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Gehalten totaal<br>(ug/l)                                   | Schaar v.O.D. | gemiddeld | 40(4) | 22(2) | 49(10) | 35(8) | 40(9) | 24(9) | 22(8) | 23(8) | 20(9) | 17(9) |
|                                                             |               | mediaan   | 10    | 22    | 45     | 30    | 19    | 21    | 21    | 14    | 22    | 16    |
|                                                             | Hansweert     | gemiddeld | 8(6)  | 12(2) | 19(10) | 11(9) | 16(9) | 11(9) | 11(9) | -     | -     | -     |
|                                                             |               | mediaan   | 6     | 12    | 16     | 11    | 13    | 12    | -     | -     | -     | -     |
|                                                             | Terneuzen     | gemiddeld | -     | -     | -      | -     | -     | 10(9) | 13(9) | 15(6) | 10(9) | 9(9)  |
|                                                             |               | mediaan   | -     | -     | -      | -     | -     | 7     | 10    | 9     | 10    | 6     |
|                                                             | Vlissingen    | gemiddeld | 6(4)  | 6(2)  | 14(10) | 7(9)  | 11(9) | 9(9)  | 8(9)  | 7(6)  | 4(9)  | 5(8)  |
|                                                             |               | mediaan   | 6     | 6     | 11     | 8     | 9     | 10    | 7     | 6     | 3     | 3     |
| Gehalten opgelost<br>(ug/l)                                 | Schaar v.O.D. | gemiddeld | 1(8)  | 4(2)  | 3(8)   | 2(8)  | 3(9)  | 2(9)  | 2(8)  | 3(8)  | 2(9)  | 2(9)  |
|                                                             |               | mediaan   | 1     | 4     | 4      | 2     | 3     | 1     | 2     | 2     | 2     | 2     |
|                                                             | Hansweert     | gemiddeld | 1(8)  | 3(2)  | 3(8)   | 2(9)  | 3(9)  | 2(9)  | -     | -     | -     | -     |
|                                                             |               | mediaan   | 1     | 3     | 3      | 2     | 2     | 1     | -     | -     | -     | -     |
|                                                             | Terneuzen     | gemiddeld | -     | -     | -      | -     | -     | 2(9)  | 1(9)  | 3(6)  | 1(9)  | 1(9)  |
|                                                             |               | mediaan   | -     | -     | -      | -     | -     | 1     | 1     | 2     | 1     | 1     |
|                                                             | Vlissingen    | gemiddeld | 1(8)  | 2(2)  | 5(9)   | 3(9)  | 4(9)  | 1(9)  | 1(9)  | 2(6)  | 1(9)  | 1(8)  |
|                                                             |               | mediaan   | 1     | 2     | 3      | 3     | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     |
| Metaalgehalten<br>zwevend stof<br>(mg/kg)                   | Schaar v.O.D. | gemiddeld | 262   | 353   | 411    | 472   | 298   | 262   | 305   | 328   | 300   | 294   |
|                                                             | Hansweert     | gemiddeld | 190   | 263   | 214    | 235   | 184   | 222   | -     | -     | -     | -     |
|                                                             | Terneuzen     | gemiddeld | 129   | -     | -      | -     | -     | 160   | 175   | 139   | 147   | 111   |
|                                                             | Vlissingen    | gemiddeld | 129   | 81    | -      | 143   | 98    | 184   | 166   | 87    | 58    | 64    |
| Bindingspercentage<br>aan zwevend stof                      | Schaar v.O.D. | gemiddeld | 89,8  | 83,8  | 90,3   | 92,3  | 87,7  | 91,3  | 92,1  | 84,9  | 89,7  | 86,7  |
|                                                             | Hansweert     | gemiddeld | 84,7  | 72,1  | 76,8   | 68,8  | 73,3  | 84,4  | -     | -     | -     | -     |
|                                                             | Terneuzen     | gemiddeld | -     | -     | -      | -     | -     | 83,3  | 88,3  | 72,6  | 85,5  | 87,8  |
|                                                             | Vlissingen    | gemiddeld | 75,6  | 65,0  | 52,6   | 48,3  | 47,2  | 77,0  | 86,8  | 57,6  | 67,4  | 82,9  |
| Totaal vracht (ton/jaar) berekend                           |               |           | 181   | 82    | 248    | 196   | 145   | 116   | 95    | 130   | 100   | -     |
| Debiet Schelde (m <sup>3</sup> /s) te Schaar van Ouden Doel |               |           | 73    | 68    | 139    | 100   | 60    | 98    | 87    | 104   | 129   | -     |

lengte-as jaargemiddelde totaal chroom ug/l

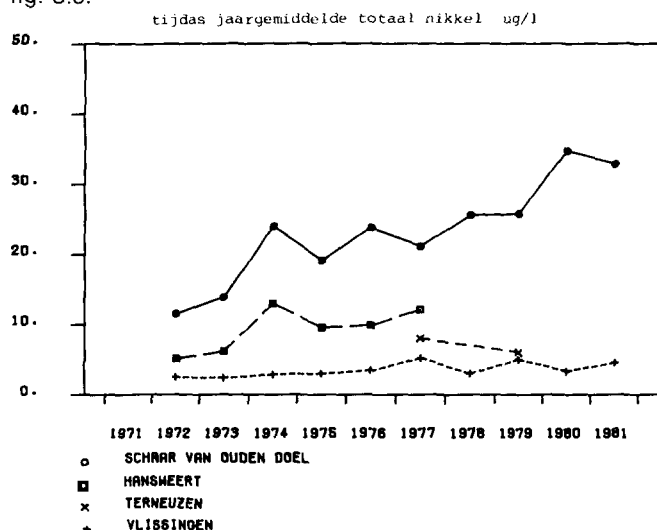
fig. 8.7.



## 8.7. Nikkel (Ni)

In tegenstelling tot de hiervoor besproken metalen is sinds 1972, het jaar waarin begonnen is met het analyseren van metalen, het nikkelgehalte in het oostelijk deel van de Westerschelde toegenomen door een verhoging van het gehalte in de Schelde (fig.8.8). De oorzaak is niet bekend, maar het is waarschijnlijk dat een constant toenemende lozing debet is aan de geconstateerde stijging. Ook de jaarvrachten zijn aanmerkelijk toegenomen (tabel 8.12).

fig. 8.8.



Belangrijkste bronnen zijn de galvanische-, titaandioxyde-, kunstmest- en levensmiddelenindustrie.

Door verdunning met zeewater en enige sedimentatie nemen de gehalten in westelijke richting af, waardoor de stijgingen in het nikkelgehalte minder duidelijk waarneembaar worden. (fig. 8.9).

Globale berekeningen duiden op een sedimentatie van enkele tientallen tonnen per jaar. De bijdrage van lozingen op deze sedimentatie is niet bekend.

Nikkel bindt zich slecht aan zwevend stof (tabel 8.12). In tegenstelling tot de andere metalen neemt in zeewaartse richting het bindingspercentage toe. Een eenduidige verklaring is nog niet te geven; mogelijk speelt het chloridegehalte hierin een rol.

Berekeningen met het rekenmodel OSTWAT, waarbij correcties zijn toegepast voor het zwevend stofgehalte, duiden ook op een significant stijgende trend van het nikkelgehalte in de Westerschelde (tabel 8.11.). Het nikkelgehalte wordt met de vlamdetektie-methode bepaald. In 1982 is de detektielgrens verlaagd van 1 tot 0,5  $\mu\text{g/l}$  door verbetering van de analyse-methode.

Als norm om aan de basiskwaliteit te voldoen geldt een absoluut gehalte van 50  $\mu\text{g/l}$ . Sinds 1980 wordt niet meer aan deze norm voldaan bij Schaar van Ouden Doel.

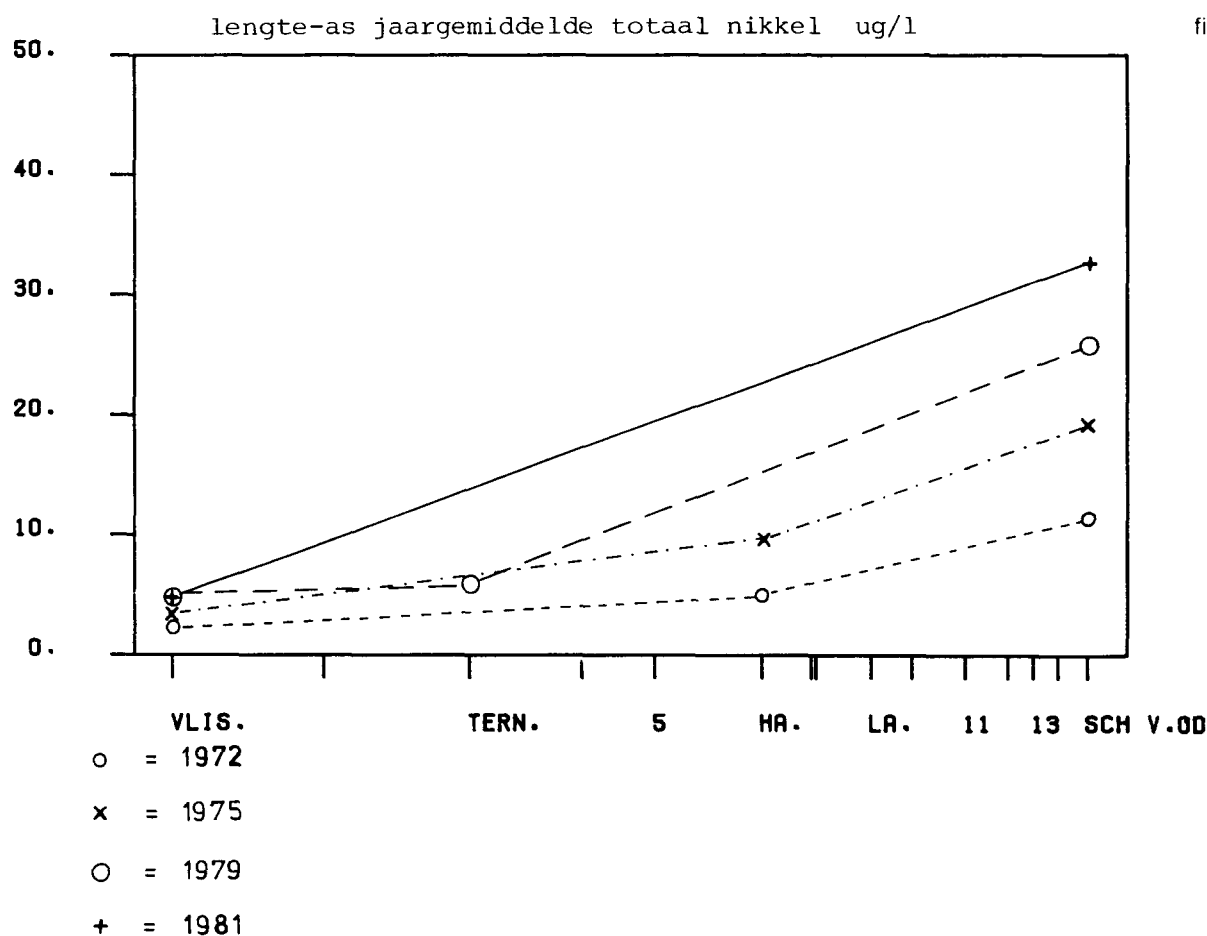
Tabel 8.11. Lineaire trendbepaling van nikkelgehalten in de Westerschelde waarbij correcties zijn toegepast voor de zwevend stofgehalten.

| Station               | Periode   | Lineaire trend  |     | Onderscheidend vermogen (%) |
|-----------------------|-----------|-----------------|-----|-----------------------------|
|                       |           | $\mu\text{g/l}$ | %   |                             |
| Vlissingen            | 1973-1981 | 1,8             | 67  | 69                          |
| Hansweert             | 1972-1977 | 5,6             | 85  | 66                          |
| Schaar van Ouden Doel | 1973-1981 | 19,6            | 125 | 100                         |

Tabel 8.12

## Nikkel

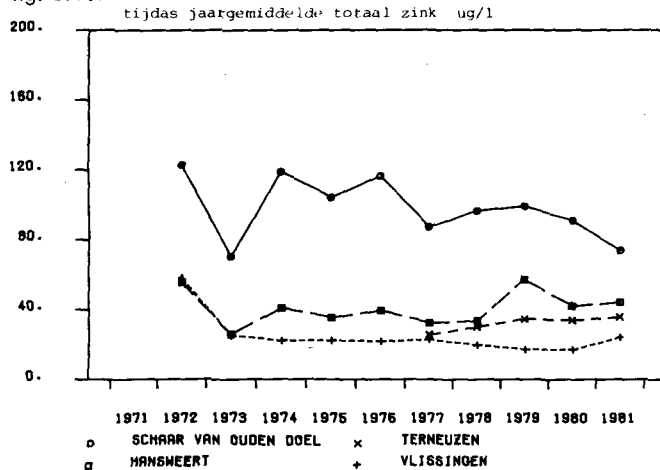
|                                                                   |               |           | 1972  | 1973  | 1974   | 1975  | 1976  | 1977  | 1978  | 1979  | 1980  | 1981  |
|-------------------------------------------------------------------|---------------|-----------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Gehalten totaal<br>( $\mu\text{g/l}$ )                            | Schaar v.O.O. | gemiddeld | 12(4) | 14(8) | 24(10) | 19(8) | 24(9) | 21(8) | 26(7) | 26(7) | 35(8) | 33(6) |
|                                                                   |               | mediaan   | 9     | 15    | 25     | 18    | 21    | 21    | 24    | 22    | 33    | 34    |
|                                                                   | Hansweert     | gemiddeld | 5(7)  | 6(12) | 13(10) | 10(9) | 10(9) | 12(9) | -     | -     | -     | -     |
|                                                                   |               | mediaan   | 4     | 7     | 12     | 8     | 9     | 11    | -     | -     | -     | -     |
|                                                                   | Terneuzen     | gemiddeld | -     | -     | -      | -     | -     | 8(9)  | -     | 6(1)  | -     | -     |
|                                                                   |               | mediaan   | -     | -     | -      | -     | -     | 7     | -     | 6     | -     | -     |
|                                                                   | Vlissingen    | gemiddeld | 3(4)  | 2(8)  | 3(10)  | 3(9)  | 3(9)  | 5(9)  | 3(9)  | 5(6)  | 3(9)  | 5(9)  |
|                                                                   |               | mediaan   | 3     | 2     | 3      | 2     | 3     | 5     | 2     | 5     | 3     | 5     |
| Gehalten opgelost<br>( $\mu\text{g/l}$ )                          | Schaar v.O.O. | gemiddeld | 8(8)  | 11(9) | 20(10) | 15(8) | 16(9) | 17(8) | 22(7) | 22(7) | 31(8) | 30(7) |
|                                                                   |               | mediaan   | 8     | 10    | 20     | 13    | 15    | 18    | 21    | 20    | 28    | 34    |
|                                                                   | Hansweert     | gemiddeld | 4(8)  | 5(12) | 11(10) | 8(9)  | 7(9)  | 10(9) | -     | -     | -     | -     |
|                                                                   |               | mediaan   | 3     | 5     | 11     | 7     | 7     | 9     | -     | -     | -     | -     |
|                                                                   | Terneuzen     | gemiddeld | -     | -     | -      | -     | -     | 6(9)  | -     | 4(1)  | -     | -     |
|                                                                   |               | mediaan   | -     | -     | -      | -     | -     | 5     | -     | 4     | -     | -     |
|                                                                   | Vlissingen    | gemiddeld | 2(8)  | 1(9)  | 2(10)  | 2(9)  | 2(9)  | 3(9)  | 2(9)  | 4(6)  | 3(9)  | 3(9)  |
|                                                                   |               | mediaan   | 1     | 1     | 2      | 2     | 2     | 3     | 2     | 4     | 3     | 3     |
| Metaalgehalten<br>zwevend stof<br>( $\text{mg/kg}$ )              | Schaar v.O.O. | gemiddeld | 39    | 45    | 39     | 69    | 90    | 47    | 54    | 67    | 49    | 68    |
|                                                                   | Hansweert     | gemiddeld | 41    | 150   | 27     | 48    | 36    | 46    | -     | -     | -     | -     |
|                                                                   | Terneuzen     | gemiddeld | -     | -     | -      | -     | -     | 35    | -     | 19    | -     | -     |
|                                                                   | Vlissingen    | gemiddeld | 56    | 61    | 15     | 27    | 48    | 72    | 18    | 34    | 16    | 18    |
| Bindingspercentage<br>aan zwevend stof                            | Schaar v.O.O. | gemiddeld | 29,6  | 19,6  | 17,7   | 23,1  | 33,9  | 18,1  | 13,9  | 11,7  | 11,7  | 10,7  |
|                                                                   | Hansweert     | gemiddeld | 29,8  | 25,7  | 12,5   | 16,8  | 24,4  | 14,4  | -     | -     | -     | -     |
|                                                                   | Terneuzen     | gemiddeld | -     | -     | -      | -     | -     | 22,6  | -     | 33,3  | -     | -     |
|                                                                   | Vlissingen    | gemiddeld | 50,0  | 46,3  | 27,9   | 12,2  | 35,2  | 37,0  | 28,7  | 23,2  | 18,9  | 23,5  |
| Totaal vracht (ton/jaar) berekend                                 |               |           | 45    | 53    | 54     | 131   | 92    | 98    | 108   | 142   | 166   | -     |
| Debiet Schelde ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) te Schaar van Ouden Doel |               |           | 73    | 68    | 139    | 100   | 60    | 98    | 87    | 104   | 129   | -     |



## 8.8 Zink (Zn)

In het begin van de jaren 70 waren de fluktuaties in het jaargemiddelde zinkgehalte bij Schaar van Ouden Doel groot. Met name het jaar 1973, waarin het zinkgehalte daalde tot gemiddeld 70  $\mu\text{g/l}$ , maakt het moeilijk uit fig. 8.10 een trend af te lezen. Wordt het jaar 1973 verwijderd dan lijkt een afname aantoonbaar te zijn.

fig. 8.10.



Tabel 8.14 toont aan dat ondanks een geleidelijke toename van de Schelde-afvoer de jaarvruchten sterk variëren, waardoor het niet mogelijk is een trendmatige toe- of afname vast te stellen.

Belangrijke bronnen zijn de galvanische, grafische en ijzeren staalindustrieën en aan corrosie onderhevige dakgoten. Verdunning met zeewater en sedimentatie veroorzaken ondanks vele lozingen een daling van het gehalte in westelijke richting, waardoor fluktuaties daar minder duidelijk waarneembaar zijn. Oriënterende berekeningen duiden op een sedimentatie van enkele honderden tonnen zink per jaar afkomstig uit de Schelde en de Noordzee. De bijdrage van lozingen op deze sedimentatie is niet bekend.

Zink bindt zich slecht aan zwevend stof (tabel 8.14).

Berekeningen met het rekenmodel OSTWAT, waarbij correcties zijn toegepast voor het zwevend stofgehalte, geven ook geen uitsluitsel over het verloop van het zinkgehalte in de Westerschelde (tabel 8.13).

Het zinkgehalte wordt met de vlamdetektiemethode bepaald. In de hier besproken periode is de detectiegrens onveranderd gebleven, namelijk 1  $\mu\text{g/l}$ .

Om aan de basiskwaliteit te voldoen, behoort het zinkgehalte bij alle metingen kleiner dan 200  $\mu\text{g/l}$  te zijn. Sinds 1976 wordt bij Schaar van Ouden Doel aan deze norm voldaan.

Tabel 8.13. Lineaire trendbepaling van zinkgehalten in de Westerschelde waarbij correcties zijn toegepast voor de zwevend stofgehalten.

| Station               | Periode   | Lineaire trend  |     | Onderscheidend vermogen (%) |
|-----------------------|-----------|-----------------|-----|-----------------------------|
|                       |           | $\mu\text{g/l}$ | %   |                             |
| Vlissingen            | 1973-1981 | -7,5            | -30 | 15                          |
| Terneuzen             | 1977-1981 | 1,7             | 58  | 6                           |
| Hansweert             | 1973-1981 | 4,4             | 12  | 9                           |
| Schaar van Ouden Doel | 1973-1981 | -4,7            | -5  | 6                           |

Tabel 8.14

| Zink                                           |               |           | 1972   | 1973   | 1974    | 1975   | 1976   | 1977  | 1978  | 1979  | 1980  | 1981  |
|------------------------------------------------|---------------|-----------|--------|--------|---------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Gehalten totaal<br>(ug/l)                      | Schaar v.O.D. | gemiddeld | 123(4) | 70(8)  | 119(10) | 104(8) | 116(9) | 87(9) | 97(8) | 99(7) | 91(9) | 74(8) |
|                                                |               | mediaan   | 37     | 50     | 96      | 74     | 56     | 77    | 81    | 50    | 101   | 71    |
|                                                | Hansweert     | gemiddeld | 55(7)  | 26(12) | 41(10)  | 35(9)  | 39(9)  | 32(9) | 34(8) | 57(6) | 42(9) | 44(8) |
|                                                |               | mediaan   | 39     | 23     | 29      | 27     | 27     | 39    | 27    | 46    | 35    | 41    |
|                                                | Terneuzen     | gemiddeld | -      | -      | -       | -      | -      | 26(9) | 30(9) | 35(6) | 34(9) | 36(9) |
|                                                |               | mediaan   | -      | -      | -       | -      | -      | 29    | 31    | 24    | 27    | 37    |
|                                                | Vlissingen    | gemiddeld | 58(4)  | 25(9)  | 22(10)  | 22(9)  | 22(9)  | 23(9) | 20(9) | 17(6) | 17(9) | 24(9) |
|                                                |               | mediaan   | 56     | 22     | 20      | 14     | 15     | 24    | 20    | 14    | 13    | 25    |
| Gehalten opgelost<br>(ug/l)                    | Schaar v.O.D. | gemiddeld | 18(8)  | 31(9)  | 19(10)  | 29(8)  | 27(9)  | 23(9) | 31(8) | 21(7) | 31(9) | 23(9) |
|                                                |               | mediaan   | 20     | 20     | 18      | 32     | 26     | 22    | 24    | 24    | 31    | 24    |
|                                                | Hansweert     | gemiddeld | 33(8)  | 15(12) | 14(10)  | 18(9)  | 16(9)  | 16(9) | 14(7) | 17(6) | 18(9) | 19(9) |
|                                                |               | mediaan   | 33     | 13     | 12      | 17     | 16     | 17    | 16    | 17    | 15    | 18    |
|                                                | Terneuzen     | gemiddeld | -      | -      | -       | -      | -      | 10(9) | 11(9) | 11(6) | 13(9) | 15(9) |
|                                                |               | mediaan   | -      | -      | -       | -      | -      | 9     | 12    | 9     | 11    | 16    |
|                                                | Vlissingen    | gemiddeld | 45(8)  | 17(9)  | 7(10)   | 13(9)  | 8(9)   | 9(9)  | 8(9)  | 7(6)  | 9(9)  | 10(9) |
|                                                |               | mediaan   | 45     | 16     | 7       | 6      | 7      | 10    | 8     | 8     | 8     | 10    |
| Metaalgehalten<br>zwevend stof<br>(mg/kg)      | Schaar v.O.D. | gemiddeld | 619    | 725    | 869     | 1028   | 671    | 738   | 900   | 1239  | 946   | 939   |
|                                                | Hansweert     | gemiddeld | 506    | 709    | 448     | 526    | 384    | 427   | 533   | 487   | 425   | 481   |
|                                                | Terneuzen     | gemiddeld | -      | -      | -       | -      | -      | 291   | 286   | 292   | 364   | 290   |
|                                                | Vlissingen    | gemiddeld | 327    | 338    | 312     | 389    | 331    | 378   | 266   | 165   | 167   | 244   |
| Bindingspercentage<br>aan zwevend stof         | Schaar v.O.D. | gemiddeld | 57,5   | 61,7   | 79,5    | 67,7   | 66,5   | 68,4  | 68,2  | 69,3  | 63,4  | 60,3  |
|                                                | Hansweert     | gemiddeld | 40,8   | 38,9   | 61,5    | 49,8   | 54,5   | 51,4  | 57,3  | 59,9  | 55,1  | 50,4  |
|                                                | Terneuzen     | gemiddeld | -      | -      | -       | -      | -      | 60,5  | 60,6  | 60,5  | 59,8  | 54,6  |
|                                                | Vlissingen    | gemiddeld | 17,8   | 33,3   | 66,0    | 53,3   | 58,0   | 52,9  | 55,1  | 48,5  | 41,3  | 54,1  |
| Totaal vracht (ton/jaar) berekend              |               |           | 541    | 273    | 544     | 614    | 430    | 423   | 394   | 600   | 450   | -     |
| Debiet Schelde (m³/s) te Schaar van Ouden Doel |               |           | 73     | 68     | 139     | 100    | 60     | 98    | 87    | 104   | 129   | -     |

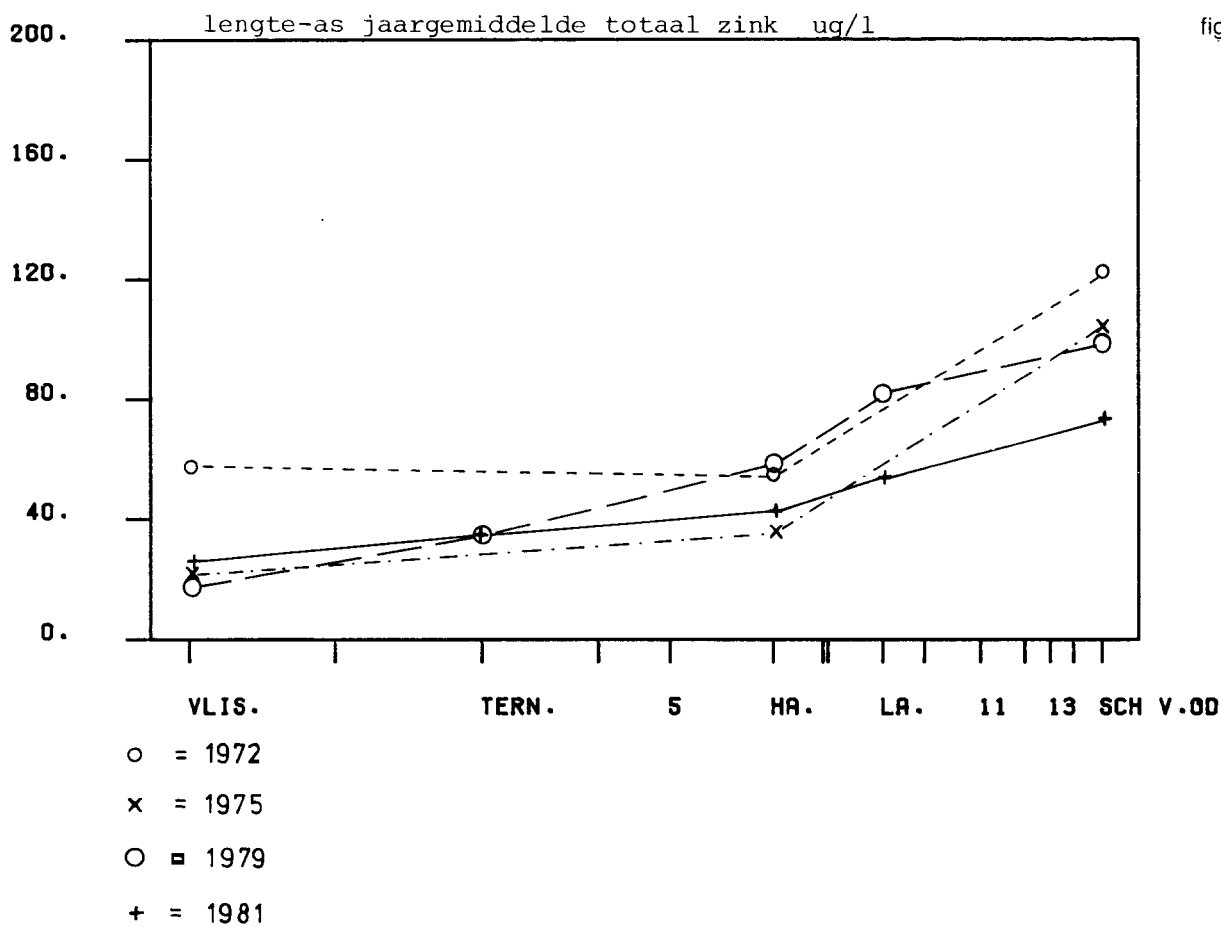
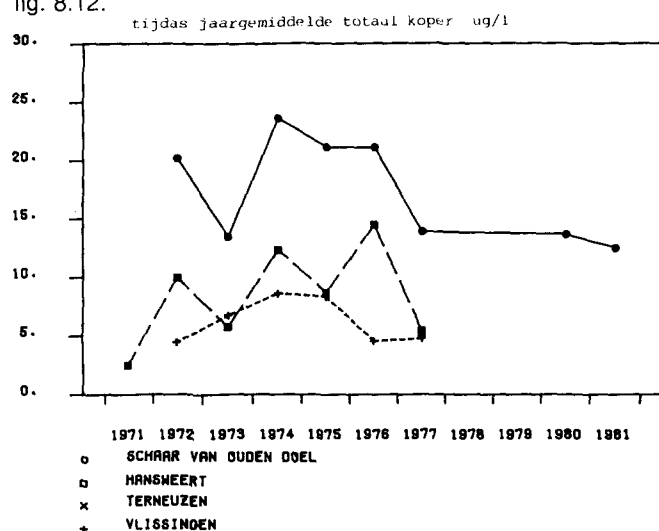


fig. 8.11.

## 8.9 Koper (Cu)

De kopergehalten in de Westerschelde variëren sterk, waardoor het niet mogelijk is een duidelijke toe- of afname waar te nemen (fig. 8.12). Ook de vrachten die jaarlijks door de Schelde aangevoerd worden variëren sterk ondanks de geleidelijke toename van de afvoer (tabel 8.16).

fig. 8.12.



Belangrijkste bronnen zijn de elektrotechnische-, galvanische- en kunstmestindustrie.

Bij Terneuzen zijn, op 1977 na, geen koperanalyses verricht.

In de jaren 1980 en 1981 gebeurde dit alleen bij Schaar van Ouden Doel. Sinds 1982 vinden weer bepalingen plaats op de stations Schaar van Ouden Doel, Hansweert, Terneuzen en Vlissingen.

In westelijke richting vindt ondanks de vele lozingen, door verdunning en sedimentatie een afname plaats van het totaal gehalte. Globale berekeningen duiden op een sedimentatie van vele tientallen tonnen per jaar afkomstig uit de Noordzee en de Schelde. De bijdrage van lozingen aan deze sedimentatie is niet bekend. Koper komt voor een belangrijk deel gebonden aan zwevend stof voor. In westelijke richting nemen de bindingspercentages af. Berekeningen met het rekenmodel OSTWAT, waarbij correcties zijn toegepast voor het zwevend stofgehalte geven geen uitsluitsel over de trend in de Westerschelde (tabel 8.15).

Het kopergehalte wordt met de zogenaamde vlamdetektie-methode bepaald. Door verbetering van deze methode is in 1982 de detectiegrens verlaagd van 1 tot 0,5 µg/l.

De absolute norm om aan de basiskwaliteit te voldoen, is voor koper 50 µg/l. In de jaren 1972 en 1974 t/m 1976 is deze norm overschreden.

Tabel 8.15. Lineaire trendbepaling van kopergehalten in de Westerschelde waarbij correcties zijn toegepast voor de zwevend stofgehalten.

| Station               | Periode   | Lineaire trend |     | Onderscheidend vermogen (%) |
|-----------------------|-----------|----------------|-----|-----------------------------|
|                       |           | µg/l           | %   |                             |
| Vlissingen            | 1973-1977 | -2,7           | -36 | 11                          |
| Hansweert             | 1972-1977 | -0,7           | -7  | 6                           |
| Schaar van Ouden Doel | 1973-1977 | -6,3           | -29 | 24                          |

Tabel 3.16

| Koper                                                       |               |           | 1972  | 1973  | 1974   | 1975  | 1976  | 1977  | 1978 | 1979 | 1980  | 1981  |
|-------------------------------------------------------------|---------------|-----------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|
| Gehalten totaal<br>(ug/l)                                   | Schaar v.O.D. | gemiddeld | 20(4) | 14(8) | 24(10) | 21(8) | 21(9) | 14(9) | -    | -    | 14(6) | 13(8) |
|                                                             |               | mediaan   | 6     | 11    | 19     | 14    | 10    | 13    | -    | -    | 14    | 12    |
|                                                             | Hansweert     | gemiddeld | 10(8) | 6(12) | 12(10) | 9(9)  | 14(9) | 5(9)  | -    | -    | -     | -     |
|                                                             |               | mediaan   | 7     | 6     | 10     | 9     | 6     | 5     | -    | -    | -     | -     |
|                                                             | Terneuzen     | gemiddeld | -     | -     | -      | -     | -     | 5(9)  | -    | -    | -     | -     |
|                                                             |               | mediaan   | -     | -     | -      | -     | -     | 5     | -    | -    | -     | -     |
|                                                             | Vlissingen    | gemiddeld | 5(4)  | 7(8)  | 9(10)  | 8(9)  | 5(9)  | 5(9)  | -    | -    | -     | -     |
|                                                             |               | mediaan   | 5     | 7     | 9      | 6     | 2     | 5     | -    | -    | -     | -     |
| Gehalten opgelost<br>(ug/l)                                 | Schaar v.O.D. | gemiddeld | 2(8)  | 2(9)  | 4(10)  | 6(8)  | 3(9)  | 2(9)  | -    | -    | 4(9)  | 5(9)  |
|                                                             |               | mediaan   | 1     | 2     | 4      | 3     | 3     | 2     | -    | -    | 3     | 4     |
|                                                             | Hansweert     | gemiddeld | 3(7)  | 2(12) | 7(10)  | 5(9)  | 4(9)  | 3(9)  | -    | -    | -     | -     |
|                                                             |               | mediaan   | 3     | 3     | 5      | 4     | 3     | 3     | -    | -    | -     | -     |
|                                                             | Terneuzen     | gemiddeld | -     | -     | -      | -     | -     | 3(9)  | -    | -    | -     | -     |
|                                                             |               | mediaan   | -     | -     | -      | -     | -     | 3     | -    | -    | -     | -     |
|                                                             | Vlissingen    | gemiddeld | 3(8)  | 3(9)  | 5(10)  | 6(9)  | 2(9)  | 3(9)  | -    | -    | -     | -     |
|                                                             |               | mediaan   | 3     | 3     | 4      | 3     | 1     | 2     | -    | -    | -     | -     |
| Metaalgehalten<br>zwevend stof<br>(mg/kg)                   | Schaar v.O.D. | gemiddeld | 123   | 171   | 181    | 226   | 129   | 142   | -    | -    | 156   | 155   |
|                                                             | Hansweert     | gemiddeld | 160   | 270   | 97     | 88    | 150   | 64    | -    | -    | -     | -     |
|                                                             | Terneuzen     | gemiddeld | -     | -     | -      | -     | -     | 39,7  | -    | -    | -     | -     |
|                                                             | Vlissingen    | gemiddeld | 86    | 172   | 97     | 78    | 35    | 48    | -    | -    | -     | -     |
| Bindingspercentage<br>aan zwevend stof                      | Schaar v.O.D. | gemiddeld | 78,0  | 81,0  | 78,8   | 71,6  | 73,4  | 81,0  | -    | -    | 69,9  | 60,0  |
|                                                             | Hansweert     | gemiddeld | 59,3  | 54,3  | 48,1   | 38,3  | 50,1  | 47,1  | -    | -    | -     | -     |
|                                                             | Terneuzen     | gemiddeld | -     | -     | -      | -     | -     | 39,2  | -    | -    | -     | -     |
|                                                             | Vlissingen    | gemiddeld | 57,5  | 51,9  | 49,7   | 33,8  | 39,2  | 39,8  | -    | -    | -     | -     |
| Totaal vracht (ton/jaar) berekend                           |               |           | 90    | 50    | 114    | 123   | 81    | 69    | -    | -    | 66    | -     |
| Debiet Schelde (m <sup>3</sup> /s) te Schaar van Ouden Doel |               |           | 73    | 68    | 139    | 100   | 60    | 98    | 87   | 104  | 129   | -     |

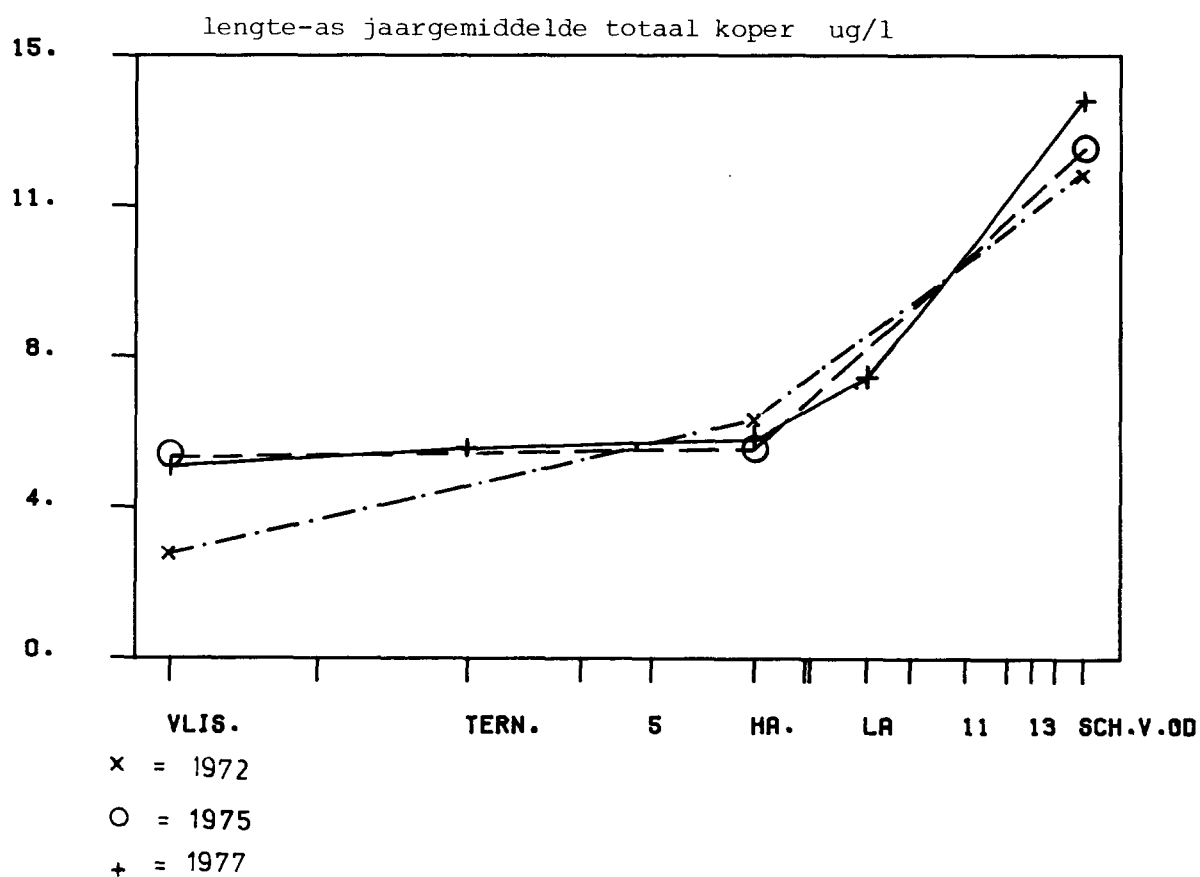


fig. 8.13.

## 8.10 Overige metalen

### 8.10.1 Algemeen

De in deze paragraaf beschreven metalen zijn lithium, beryllium, borium, vanadium, seleen en antimoon. Omdat deze metalen pas sinds het eind van de 70-er jaren routinematig gemeten worden is het niet mogelijk een eventuele trend in de gehalten waar te nemen. De metalen worden alleen bij Schaar van Ouden Doel gemeten. In tabel 8.17 is een overzicht gegeven van de diverse metaalgehalten en bindingspercentages aan zwevend stof. Voor de in deze paragraaf beschreven metalen bestaan geen basiskwaliteitsnormen.

### 8.10.2 - Lithium

Vanaf 1978 ligt het jaargemiddelde gehalte bij Schaar van Ouden Doel op ongeveer 50  $\mu\text{g/l}$  (fig. 8.14). Lithium wordt vrijwel alleen in opgeloste vorm waargenomen. Het natuurlijk gehalte in zeewater is ca. 170  $\mu\text{g/l}$ .

#### - Beryllium

Het jaargemiddelde gehalte bij Schaar van Ouden Doel varieert vanaf 1978 tussen ongeveer 0,30 en 0,60  $\mu\text{g/l}$  (fig. 8.15), wat vele malen hoger is dan het natuurlijke gehalte (0,6 ng/l) in zeewater.

Beryllium hecht zich sterk aan zwevend stof.

#### - Borium

Het jaargemiddelde boriumgehalte was bij Schaar van Ouden Doel in 1979 aanzienlijk hoger (1536  $\mu\text{g/l}$ ) dan in 1981 (789  $\mu\text{g/l}$ ). (fig. 8.16). Dit is voornamelijk veroorzaakt door de toename van de Schelde-afvoer tussen 1979 en 1981 omdat van nature de gehalten in zeewater (4600  $\mu\text{g/l}$ ) hoger zijn dan de gehalten in de Schelde. Borium komt voornamelijk in opgeloste vorm voor in het oostelijk deel van de Westerschelde.

#### - Vanadium

Het gehalte aan vanadium is bij Schaar van Ouden Doel vrij constant gebleven in de periode 1978-1981 (fig. 8.17), rond 20  $\mu\text{g/l}$ . Het natuurlijk gehalte in zeewater is ca. 2  $\mu\text{g/l}$ . Vanadium komt deels gebonden aan zwevend stof en deels in opgeloste vorm voor in het oostelijk deel van de Westerschelde.

#### - Seleen

Sinds 1979 ligt het seleengehalte bij Schaar van Ouden Doel tussen 0,5 en 15  $\mu\text{g/l}$ . Het natuurlijk gehalte in zeewater is ca. 0,04  $\mu\text{g/l}$  (fig. 8.18). Seleen komt voornamelijk in opgeloste vorm voor in het oostelijk deel van de Westerschelde.

#### - Antimoon

Antimoon wordt pas sinds 1980 routinematig gemeten. Het jaargemiddelde gehalte ligt bij Schaar van Ouden Doel rond 4  $\mu\text{g/l}$  (fig. 8.19). Het natuurlijk gehalte in zeewater is ca. 0,5  $\mu\text{g/l}$ . Antimoon komt voornamelijk in opgeloste vorm voor in het oostelijk deel van de Westerschelde.

Tabel 8.17. Metaalgehalten van beryllium, borium, vanadium, antimoon, lithium en seleen in zwevend stof (in mg/kg en als percentage dat gebonden aan zwevend stof voorkomt) bij Schaar van Ouden Doel.

| metaal    | gehalte in zwevend stof |      |      | bindingspercentage metaal |      |      |
|-----------|-------------------------|------|------|---------------------------|------|------|
|           | 1979                    | 1980 | 1981 | 1979                      | 1980 | 1981 |
| Beryllium | 4,9                     | 3,6  | 3,8  | 78,8                      | 88,6 | 94,0 |
| Borium    | 1490                    | 184  | 290  | 6,4                       | 1,4  | 2,5  |
| Vanadium  | 197                     | 157  | 170  | 66,7                      | 61,8 | 54,3 |
| Antimoon  | 7,5                     | 5,4  | 3,3  | 8,3                       | 10,0 | 8,8  |
| Lithium   | 35                      | 34   | 39   | 5,6                       | 5,9  | 7,9  |
| Seleen    | 1,7                     | 3,3  | n.m. | 7,5                       | 10,3 | n.m. |

n.m. = niet meetbaar

fig. 8.14.

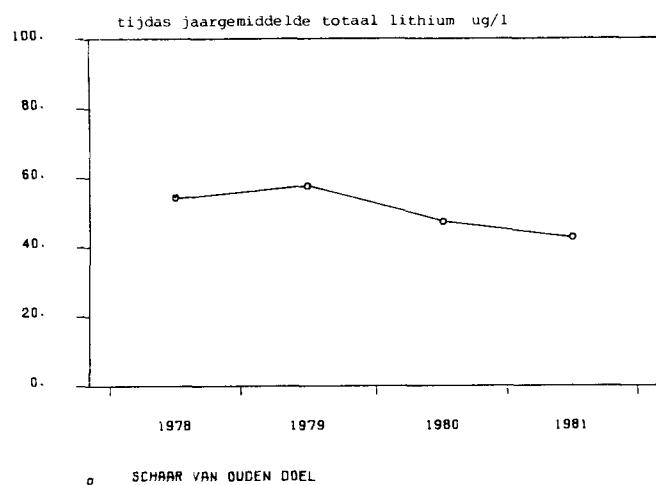


fig. 8.15.

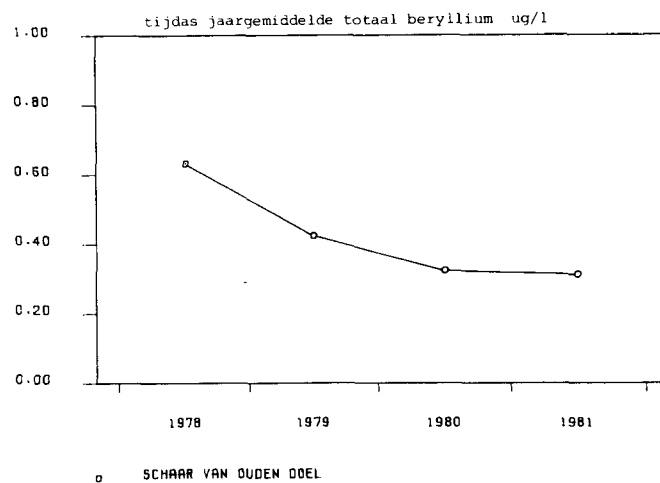


fig. 8.16.

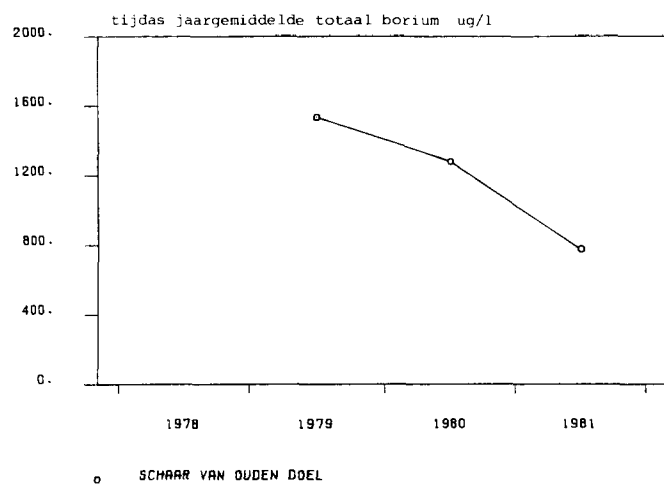


fig. 8.17.

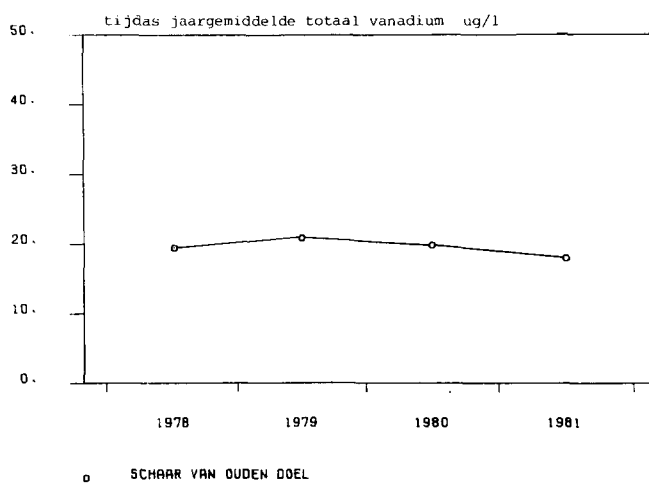


fig. 8.18.

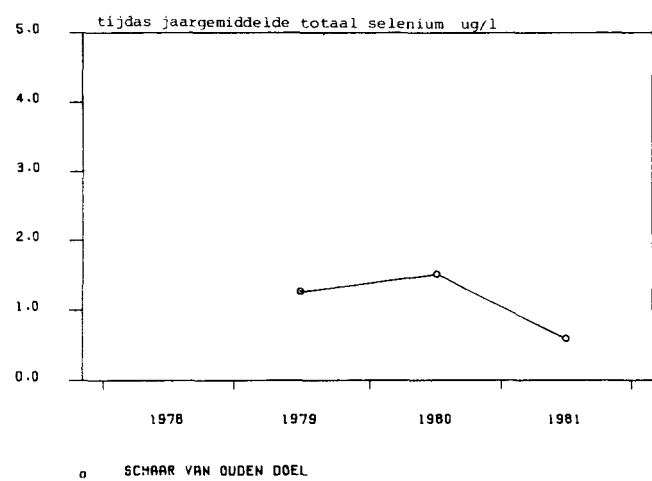
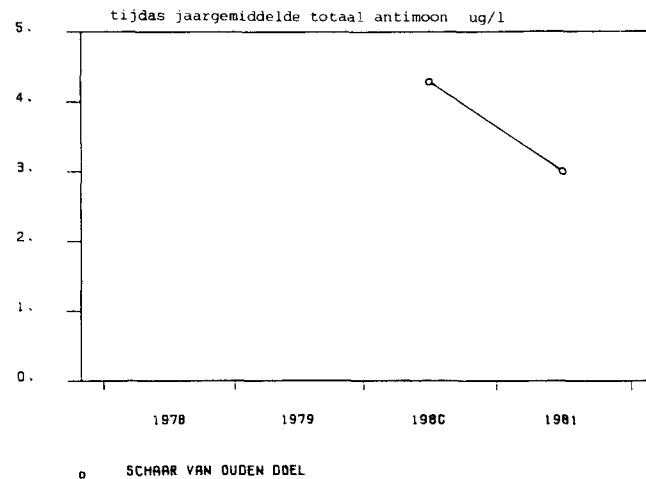
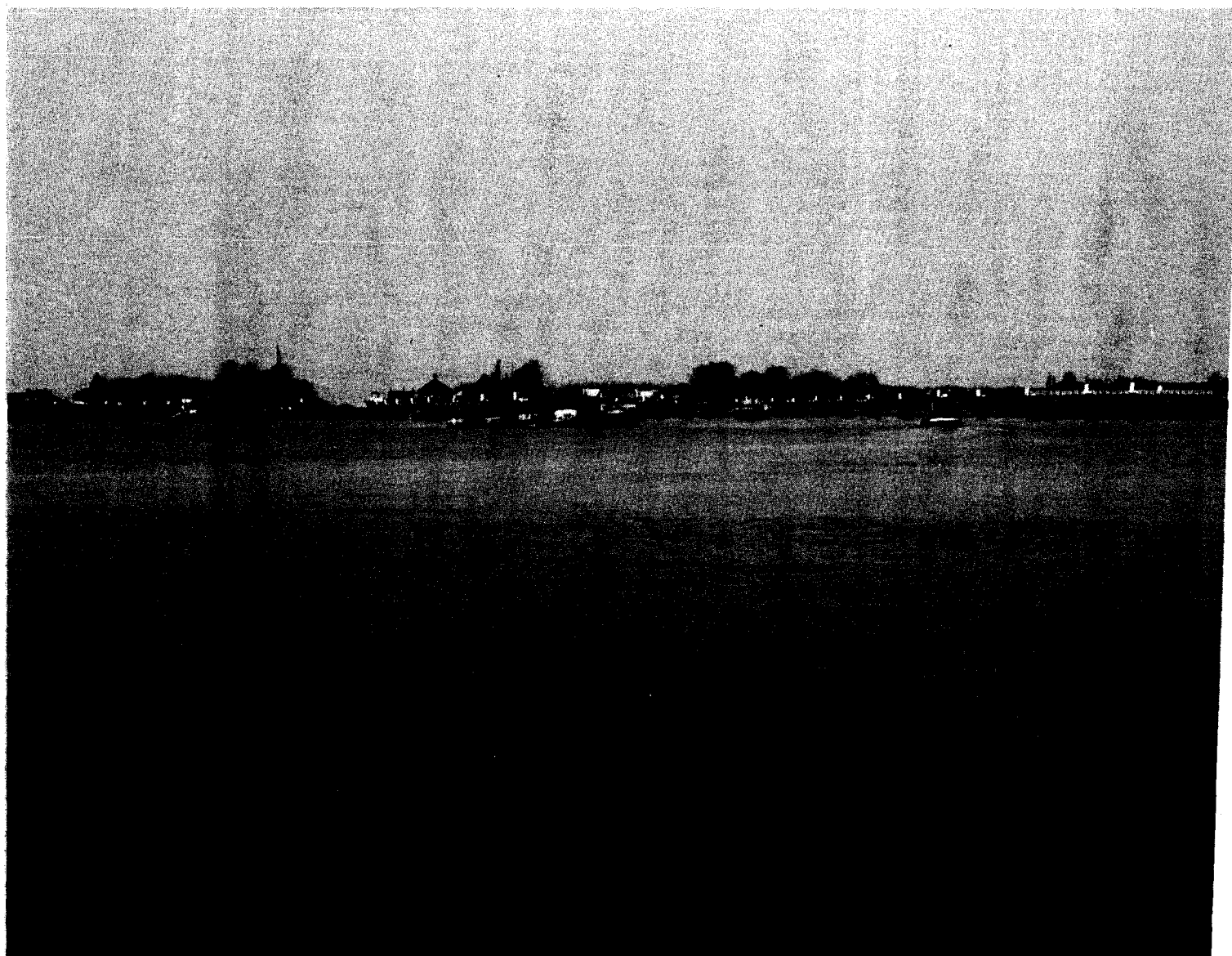


fig. 8.19.



De haven van Hansweert (foto: RIZA).



## 9 Organische mikroverontreinigingen

---

### 9.1 Algemeen

Door productie en gebruik komen vooral in dichtbevolkte geïndustrialiseerde gebieden vele organische mikroverontreinigingen voor in het oppervlaktewater. In het Maas- en Rijnwater zijn al enkele honderden verschillende stoffen aangetroffen en vermoedelijk zijn de aantallen in het Schelde- en Westerscheldewater in dezelfde orde van grootte.

De in oppervlaktewater aangetroffen organische mikroverontreinigingen kunnen evenals andere verontreinigingen van uiteenlopende herkomst zijn. Bedrijven waar een bepaalde stof wordt geproduceerd of verwerkt vormen in beginsel voor de hand liggende bronnen van verontreiniging.

Belangrijk is hierbij of een stof als eindprodukt dan wel als commercieel niet interessant produkt vrij komt. Naast de belasting door duidelijke „puntbronnen” spelen ook diffuse lozingen (verspreid voorkomende lozingen van beperkte omvang) welke afkomstig zijn van gebruik in de landbouw, huishoudens, etc. een rol.

Behalve via directe lozingen komen dergelijke stoffen ook via in regenwater geabsorbeerde rookgassen in het oppervlaktewater terecht.

Vele organische mikroverontreinigingen hebben, net als een aantal anorganische mikroverontreinigingen, de eigenschap aan zwevend stof te adsorberen en/of in organismen te accumuleren. Dit betekent dat, wil men inzicht krijgen in het voorkomen van bepaalde stoffen in het aquatisch milieu, informatie beschikbaar moet zijn over alle afzonderlijke compartimenten. Onderzoek van alleen het compartiment water inclusief zwevend stof is, voor zover kennis over de relatie tussen de verschillende compartimenten ontbreekt, ontoereikend. Voor accumulerende stoffen waarvan het gehalte in oppervlaktewater onder de detektiengrens ligt, geldt dit in nog sterkere mate.

De eigenschap van vele organische mikroverontreinigingen in organismen te accumuleren en aan zwevend stof te adsorberen alsmede veelal een slechte afbreekbaarheid, milieuvreemdheid en de beperkte kennis op het gebied van toxiciteit maakt het moeilijk voor deze stoffen toelaatbare gehalten in water vast te stellen. Veel van deze stoffen zijn op de zogenaamde zwarte lijst geplaatst (par. 9.2).

Presentatie van waarnemingen in dit hoofdstuk vindt voornamelijk plaats in de vorm van tabellen omdat de gehalten van de diverse verontreinigingen vaak rond de detektiengrens liggen en bepaling alleen plaats vindt bij Schaar van Ouden Doel. De stoffen waarvan het voorkomen duidelijk boven de detektiengrens ligt en op meerdere lokaties in de Westerschelde bepaald worden, worden gepresenteerd in de vorm van grafieken.

## 9.2 (Potentiële) zwarte lijststoffen

In het kader van de EG-richtlijn „betreffende de verontreiniging veroorzaakt door bepaalde gevaarlijke stoffen die in het aquatisch milieu worden geloosd” en in het kader van het Rijn chemieverdrag van de Internationale Rijn Commissie wordt momenteel gewerkt aan een selectie van stoffen die voor plaatsing op de zogenaamde zwarte lijst in aanmerking komen. Voor de kwaliteit van de Schelde en Westerschelde zijn voornamelijk de werkzaamheden binnen de EG van belang.

Hiertoe worden voor een aantal stoffen, na voorselectie, studies uitgevoerd naar de betekenis van deze stoffen voor het aquatisch milieu, naar het voorkomen in het aquatisch milieu en naar productie en toepassingen. Tevens wordt onderzocht wat de mogelijkheden zijn om het vrijkomen van deze stoffen (bij de productie, verwerking en toepassingen) te beperken. Per stof of groep van stoffen kan een dergelijke studie uiteindelijk leiden tot een voorstel voor het vaststellen van zogenaamde emissiegrenswaarden die aangeven welke hoeveelheid van een stof maximaal (per eenheid productie) vrij mag komen alsmede de maximale concentratie in afvalwater. Hierbij wordt uitgegaan van de zogenaamde „beste bestaande technieken”. Een overzicht van de stand van zaken voor wat betreft de selectie van zwarte lijststoffen per 1-7-1982 wordt gegeven in tabel 9.1.

Tabel 9.1. Overzicht stand van zaken EG selectie zwarte lijststoffen (per 1-7-1982).

|                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Eerste reeks:                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 1. Kwik en kwikverbindingen                                                                                                            | Voorstel voor een richtlijn betreffende installaties voor de elektrolyse van alkalischloriden, op 20 juni 1979 bij de Raad van de Europese Gemeenschappen ingediend, op 22 maart 1982 aangenomen (PB nr. L 81 van 27.03.1982).<br>Voorstel voor een richtlijn, betreffende andere bedrijven, in voorbereiding. |
| 2. Cadmium en cadmium verbindingen                                                                                                     | Voorstel voor een richtlijn, op 17 februari 1981 bij de Raad ingediend (PB C 118 van 21.5.1981).                                                                                                                                                                                                               |
| 3. Aldrin<br>4. Dieldrin<br>5. Endrin                                                                                                  | Voorstel voor een richtlijn, op 16 mei 1979 bij de Raad ingediend (PB C 118 van 21.5.1981)                                                                                                                                                                                                                     |
| Tweede reeks:                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 6. Chloordaan<br>7. Heptachloor (en heptachloorepoxide)                                                                                | Mededeling van de commissie aan de Raad, ingediend op 18 juli 1980 (COM(80)433 def.), waarvan op 3.12.1981 door de Raad nota genomen.                                                                                                                                                                          |
| 8. DDT<br>9. Hexachloorcyclohexaan (lindaan en alle andere isomeren)                                                                   | Studies en besprekingen met de nationale deskundigen zijn afgerond.                                                                                                                                                                                                                                            |
| 10. PCB's en PCT's<br>11. Hexachloorbenzeen                                                                                            | Studies afgerond: besprekingen aan de gang met de nationale deskundigen.                                                                                                                                                                                                                                       |
| Derde reeks:                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 12. Endosulfan<br>13. Hexachloorbutadieën<br>14. Pentachloorfenol<br>15. Trichloorfenol                                                | Studies voltooid.<br>Besprekingen met de nationale deskundigen aan de gang.                                                                                                                                                                                                                                    |
| Vierde reeks:                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 16. Benzeen<br>17. Tetrachloorkoolstof<br>18. Chloroform                                                                               | In studie                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Kankerverwekkende stoffen:                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 19. Arseen en anorganische arseenverbindingen<br>20. Benzidine<br>21. PAK (in het bijzonder 3,4-benzopyreen en 3,4-benzofluorantheen). | In studie                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

### 9.3 Aldrin, dieldrin, endrin, DDT en metabolieten, heptachloor en heptachloorepoxide

Bovengenoemde stoffen vallen, met uitzondering van heptachloorepoxide - dat een omzettingprodukt is van heptachloor - onder de noemer organochloorpesticiden. Deze stoffen zijn slecht afbreekbaar en accumuleren sterk in organismen. Derhalve zijn het allen potentiële zwarte lijststoffen. In vele gevallen liggen de waarnemingen en de hieruit berekende jaargemiddelden en medianen beneden de detectiegrens. Daarom is in tabel 9.2 een overzicht gegeven van het aantal malen dat een afzonderlijke waarneming gelijk was aan of groter was dan de detectiegrens van 0,01 µg/l.

De gehalten worden sinds 1973 bij Schaar van Ouden Doel bepaald. Opvallend in deze tabel is het aantal malen dat dieldrin, endrin en aldrin in 1980 en 1981 zijn aangetoond.

Dit vaker voorkomen is te wijten aan een toename van incidentele lozingen in het Antwerpse havengebied. De gehalten die gemeten werden waren erg hoog: het maximale gehalte van aldrin was 0,96 µg/l, van dieldrin 1,69 µg/l en van endrin 2,77 µg/l. Gezien het schadelijke karakter van deze stoffen dient deze ontwikkeling zorgvuldig in de gaten te worden gehouden.

Voor de basiskwaliteit voor zoet water worden voor de genoemde organochloorpesticiden 2 normen gehanteerd:

- individueel mogen de maximale gehalten niet hoger dan 0,05 µg/l zijn;
- in combinatie met elkaar mag het totaal gehalte aan organochloorpesticiden niet hoger dan 0,10 µg/l zijn.

Beide normen zijn in 1974 (pp-DDT, op-DDT en pp-DDE) en 1980 (aldrin en endrin) overschreden.

Tabel 9.2. Aantal waarnemingen gelijk aan of groter dan 0,01 µg/l bij Schaar van Ouden Doel.

|                    | '73 | '74 | '75 | '76 | '77 | '78 | '79 | '80 | '81 |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Aldrin             | 0   | -   | -   | 0   | 0   | 0   | 0   | 3   | 3   |
| Dieldrin           | 1   | 1   | -   | -   | 2   | 1   | 0   | 4   | 0   |
| Endrin             | 0   | -   | -   | 0   | -   | 0   | 0   | 3   | 1   |
| pp-DDT             | 1   | 1   | -   | -   | -   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| op-DDT             | 1   | 1   | -   | 4   | 1   | 0   | 0   | 1   | 0   |
| pp-DDE             | 0   | 1   | -   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| TDE                | 5   | 4   | -   | 0   | 2   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| Heptachloor        | 0   | 2   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| heptachloorepoxide | 2   | 1   | 3   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 1   |

- niet bepaald

12-13 waarnemingen per jaar.

### 9.4 Hexachloorbenzeen en α- en γ-hexachloorcyclohexaan

Hexachloorbenzeen (HCB) is een fungicide (schimmelbestrijder), γ-hexachloorcyclohexaan (γ-HCH) of lindaan is een insecticide en α- en β-HCH zijn nevenprodukten die vrijkomen bij de productie van γ-HCH. Evenals de in par. 9.3 vermelde stoffen zijn HCB en HCH met isomeren potentiële zwarte lijststoffen omdat ook deze stoffen toxisch en niet of nauwelijks afbreekbaar zijn en zich ophopen in organismen.

Tabel 9.3 geeft een overzicht van het voorkomen van HCB en α- en γ-HCH bij Schaar van Ouden Doel. De gehalten worden sinds 1973 bepaald. β-HCH is vanaf 1975 niet meer in het routineprogramma voor de Westerschelde opgenomen.

Deze tabel is iets anders van opzet dan tabel 9.2, omdat de gehalten aan HCB en α- en γ-HCH in slechts enkele gevallen

niet meetbaar waren. Ook voor deze stoffen gelden als basiskwaliteitsnormen:

- individueel mogen de gehalten niet hoger dan 0,05 µg/l zijn;
- in combinatie met elkaar mag het totaalgehalte aan geïdentificeerde organochloorpesticiden niet hoger dan 0,10 µg/l zijn.

Beide normen zijn voornamelijk door de hoge gehalten aan γ-HCH, sinds 1973 ieder jaar overschreden.

Tabel 9.3 Overzicht van het voorkomen van HCB en α- en γ-HCH (µg/l) bij Schaar van Ouden Doel in de periode 1973-1981.

|       | 1973 | 1974  | 1975 | 1976  | 1977  | 1978  | 1979  | 1980  | 1981  |
|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| HCB   |      |       |      |       |       |       |       |       |       |
| gem.  | 0,01 | <0,01 | 0,01 | 0,01  | 0,01  | <0,01 | 0,01  | <0,01 | <0,01 |
| med.  | 0,01 | <0,01 | 0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 |
| max.  | 0,03 | 0,01  | 0,02 | 0,04  | 0,06  | 0,04  | 0,08  | 0,05  | 0,02  |
| α-HCH |      |       |      |       |       |       |       |       |       |
| gem.  | 0,03 | 0,01  | 0,02 | 0,02  | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 |
| med.  | 0,01 | 0,01  | 0,02 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,01  | <0,01 |
| max.  | 0,10 | 0,04  | 0,06 | 0,06  | 0,02  | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0,01  |
| γ-HCH |      |       |      |       |       |       |       |       |       |
| gem.  | 0,05 | 0,02  | 0,03 | 0,04  | 0,06  | 0,05  | 0,04  | 0,04  | 0,04  |
| med.  | 0,04 | 0,02  | 0,03 | 0,04  | 0,07  | 0,04  | 0,04  | 0,04  | 0,04  |
| max.  | 0,12 | 0,06  | 0,07 | 0,09  | 0,16  | 0,14  | 0,08  | 0,15  | 0,06  |

12-13 waarnemingen per jaar.

### 9.5. Hexachloorbutadiëen

Bij de productie van lagere koolwaterstoffen zoals chloroform en tetra komt hexachloorbutadiëen vrij als bijproduct. De toepassingsmogelijkheden van deze stof zijn beperkt.

De selectie van hexachloorbutadiëen als potentiële zwarte lijststof is gebaseerd op het gegeven dat deze stof toxisch is voor vissen en zeer langzaam in het milieu wordt afgebroken. Bepaling vindt sinds 1975 plaats bij Schaar van Ouden Doel. Een overzicht van de meetresultaten wordt gegeven in tabel 9.4. Omdat in de loop der jaren de analysemethode een aantal keren is gewijzigd, kan aan het verschil tussen de gehalten in de verschillende jaren geen grote betekenis worden toegekend.

Tabel 9.4. Overzicht van de gehalten aan hexachloorbutadiëen bij Schaar van Ouden Doel in de periode 1975-1981 (µg/l).

|            | 1975 | 1976  | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981  |
|------------|------|-------|------|------|------|------|-------|
| gemiddelde | 0,09 | 0,20  | 0,25 | 0,58 | 0,10 | 0,02 | <0,01 |
| mediaan    | 0,05 | <0,01 | 0,12 | 0,20 | 0,05 | 0,01 | <0,01 |
| maximum    | 0,28 | 1,70  | 0,80 | 3,40 | 0,50 | 0,04 | 0,02  |

21-27 waarnemingen per jaar.

## 9.6 Sombepalingen

### 9.6.1. Algemeen

In par. 9.1. is vermeld dat de groep organische mikroverontreinigingen zeer omvangrijk is. Om praktische en financiële redenen is het niet mogelijk alle stoffen afzonderlijk te bepalen. Om toch een indruk te krijgen van de mogelijke aanwezigheid van de nog niet geïdentificeerde organische mikroverontreinigingen worden sombepalingen van aan elkaar verwante stoffen uitgevoerd. De somparameters hebben dan ook vooral een signaal-functie.

Voorbeelden van dergelijke somparameters zijn: vluchtige gechloreerde koolwaterstoffen (VOCl, 9.6.2.), extraheerbare organische koolwaterstoffen (EOCl, wordt niet bepaald in de Westerschelde), polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK, 9.6.3.), fenol (9.6.4), cholinesteraseremmers (worden niet bepaald in de Westerschelde) en synthetische detergenten (9.6.5.).

De waarde van deze sombepalingen als toetsingsgrootheid is beperkt omdat meestal niet bekend is welke afzonderlijke stoffen voor een bepaald gehalte verantwoordelijk zijn.

### 9.6.2. Vluchtige gechloreerde koolwaterstoffen

Onder de noemer vluchtige gechloreerde koolwaterstoffen (VOCl) vallen onder andere de stoffen trichlooretheen, tetrachlooretheen, trichloormethaan (chloroform), tetrachloormethaan (tetra), 1,2-dichloorethaan en 1,1,1-trichloorethaan. Deze stoffen worden in grote hoeveelheden in de industrie gebruikt als oplos- en ontvettingsmiddel, als grondstof voor de productie van chloorfluormethaan (tri- en tetrachloormethaan) en als grondstof voor de productie van PVC (dichloormethaan en dichlooretheen). Tetrachloormethaan, tetrachlooretheen en trichloorethaan worden ook als bestrijdingsmiddel toegepast. Gegevens over lozingen bovenstrooms van Schaar van Ouden Doel zijn niet voorhanden. Op Nederlands gebied vinden industriële lozingen van VOCl plaats door o.a. Dow Chemical in Terneuzen. In ongezuiverd effluent overtreft het huishoudelijk aandeel van VOCl vaak het industriële aandeel. Geschat wordt (lit.25) dat per inwonerekwivalent 3-40 gram VOCl per jaar wordt geloosd.

Alle hierboven genoemde vluchtige gechloreerde koolwaterstoffen zijn potentiële zwarte lijststoffen. In het kader van het routineprogramma vindt sinds 1979 bepaling door het Rijks Instituut voor Drinkwatervoorziening plaats bij Schaar van Ouden Doel.

Tabel 9.5 geeft hiervan een overzicht. Ondanks de theoretische temperatuursafhankelijkheid vanwege het vluchtige karakter kan er geen seizoensafhankelijkheid gekonstateerd worden. Opvallend in deze tabel zijn de hoge maximumwaarden.

Deze verschijnselen hebben zich ook voorgedaan in de Rijn en Maas. (lit. 6,49).

Detektie gebeurt door het monster met helium door te blazen, waardoor de vluchtige stoffen uit de oplossing verdwijnen.

De vluchtige gechloreerde koolwaterstoffen worden hierna geadsorbeerd en na verbranding met zuivere zuurstof, waardoor waterstofchloride ontstaat, wordt coulometrisch het chloridegehalte bepaald.

### 9.6.3. Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK)

De parameter PAK is de som van de gehalten van benz(a)pyreen, benz(b)fluorantheen, o-fenyleen-pyreen, fluorantheen, benz(k)fluorantheen en benz(ghi)peryleen. De eerste twee stoffen worden als kankerverwekkend beschouwd.

Polycyclische aromatische koolwaterstoffen worden gevormd door verhitte of onvolledige verbranding van organische stoffen. Belangrijkste bronnen zijn raffinaderijen, cokes-, plastic-, kalk- en verfindustrieën. Daarnaast worden ze door enkele planten en mikro-organismen geproduceerd. Routinematige bepaling vindt plaats bij Schaar van Ouden Doel sinds 1975. Tabel 9.6 geeft hiervan een overzicht. Uit deze tabel blijkt dat het gehalte aan sterke schommelingen onderhevig is. Hoewel PAK in water voor een belangrijk deel aan zwevend stof hechten vertonen deze sterk wisselende gehalten geen duidelijke relatie met het zwevend stofgehalte. Uitschieters in het gehalte aan PAK, en dit geldt ook voor de andere organische mikroverontreinigingen, zijn zelden of nooit te baseren op uitschieters in het zwevend stofgehalte. Detektie van PAK vindt plaats door dunne laag chromatografie. Tot 1980 werden deze bepalingen uitgevoerd door het RID, daarna door het RIZA.

Als norm voor de basiskwaliteit geldt een absoluut gehalte kleiner dan 200 ng/l. Sinds 1975 is deze norm in alle jaren overschreden.

Tabel 9.5. Overzicht van het voorkomen van een aantal vluchtige gechloreerde koolwaterstoffen bij Schaar van Ouden Doel in de periode 1979-1981 ( $\mu\text{g/l}$ ).

|                              | 1979 |         |       | 1980 |         |       | 1981 |         |       |
|------------------------------|------|---------|-------|------|---------|-------|------|---------|-------|
|                              | gem. | mediaan | max.  | gem. | mediaan | max.  | gem. | mediaan | max.  |
| trichlooretheen              | 0,94 | 0,60    | 4,70  | 0,88 | 0,65    | 3,20  | 0,55 | 0,28    | 2,20  |
| tetrachlooretheen            | 1,92 | 1,25    | 8,20  | 3,47 | 1,80    | 20,00 | 1,66 | 0,68    | 12,00 |
| trichloormethaan             | 1,87 | 0,75    | 8,00  | 0,60 | 0,40    | 2,80  | 0,43 | 0,20    | 2,50  |
| tetrachloormethaan           | 0,09 | 0,01    | 0,65  | 0,01 | 0,01    | 0,05  | 0,38 | 0,01    | 5,60  |
| 1,2-dichloorethaan           | 8,2  | 1,8     | 130,0 | 1,0  | 0,1     | 6,5   | 4,8  | 0,1     | 65,0  |
| 1,1,1-trichloorethaan        | 1,76 | 1,30    | 4,80  | 2,93 | 2,00    | 18,00 | 2,04 | 0,70    | 12,00 |
| 24-27 waarnemingen per jaar. |      |         |       |      |         |       |      |         |       |

Tabel 9.6. Overzicht van het voorkomen van polycyclische aromatische koolwaterstoffen bij Schaar van Ouden Doel in de periode 1975-1981 ( $\text{ng/l}$ ).

|            | 1975 | 1976 | 1977* | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 |
|------------|------|------|-------|------|------|------|------|
| gemiddelde | 115  | 180  | 193   | 173  | 443  | 408  | 308  |
| mediaan    | 100  | 150  | 175   | 157  | 370  | 330  | 290  |
| maximum    | 630  | 490  | 587   | 600  | 1700 | 740  | 760  |

\*Van het eerste halfjaar waren geen gegevens beschikbaar.  
20-25 waarnemingen per jaar. Vanaf 1980 11 waarnemingen per jaar.

$$\begin{aligned} & \underline{80} \quad 408 \text{ ng/l} \times 380 \times 10^{10} \text{ l/j} \\ & 408 \times 3800 \text{ g/j} = \end{aligned}$$

#### 9.6.4. Fenol

Onder de noemer fenol vallen alle stoffen die bestaan uit een benzeenkernel met tenminste één hydroxylgroep. Fenolen kunnen in combinatie met andere stoffen kankerverwekkend zijn (lit. 49).

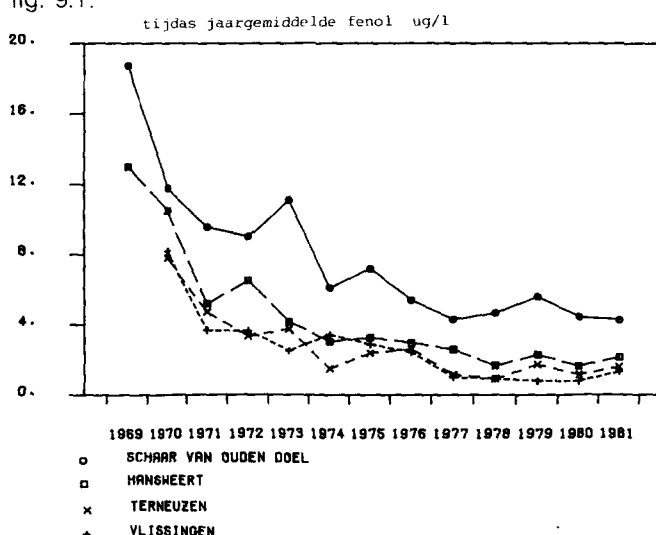
De onder de somparameter fenol behorende stoffen pentachloorfenol en trichloorfenol zijn potentiële zwarte lijststoffen. Beide stoffen worden overigens met de toegepaste analysemethode niet of nauwelijks meegenomen.

De grootste belasting vindt plaats door de chemische- en coke-industrie (zie ook tabel 4.2).

Sinds 1969 is het gehalte in de Westerschelde sterk gedaald, met name in het oostelijk deel. Was in 1969 het gemiddelde gehalte bij Schaar van Ouden Doel 19 µg/l, in 1981 was dit afgenomen tot 4 µg/l (zie fig. 9.1).

Het gehalte neemt door verdunning en afbraak in westelijke richting af.

fig. 9.1.



Tabel 9.7 geeft een overzicht van de vrachten die jaarlijks via de Schelde naar de Westerschelde zijn afgevoerd. Uit deze tabel blijkt dat in de jaren 1974-1975 en 1979-1980 de vrachten aanmerkelijk hoger waren dan in de overige jaren.

Een duidelijke toe- of afname in de vrachten is evenwel sinds 1974-'75 nauwelijks te constateren.

Vanaf 1979 wordt fenol met behulp van de auto-analyser bepaald. Hierdoor is de detectiegrens verlaagd van 5 naar 1 µg/l. Om aan de basiskwaliteit te voldoen geldt een absoluut gehalte kleiner dan 10 µg/l. Sinds 1979 wordt aan deze zoet-waternorm voldaan.

Tabel 9.7 Overzicht van de berekende jaarvrachten fenol (ton per jaar) en Schelde-afvoeren (m³/s) bij Schaar van Ouden Doel.

|        | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| vracht | 30   | 42   | 35   | 33   | 18   | 22   | 19   | 33   | 23   |
| afvoer | 73   | 68   | 139  | 100  | 60   | 98   | 87   | 104  | 129  |

#### 9.6.5. Synthetische detergents

Detergents zijn stoffen die de oppervlaktenspanning van water verlagen. Ze vormen een bestanddeel van wasmiddelen en de herkomst is dan ook voornamelijk van huishoudelijke

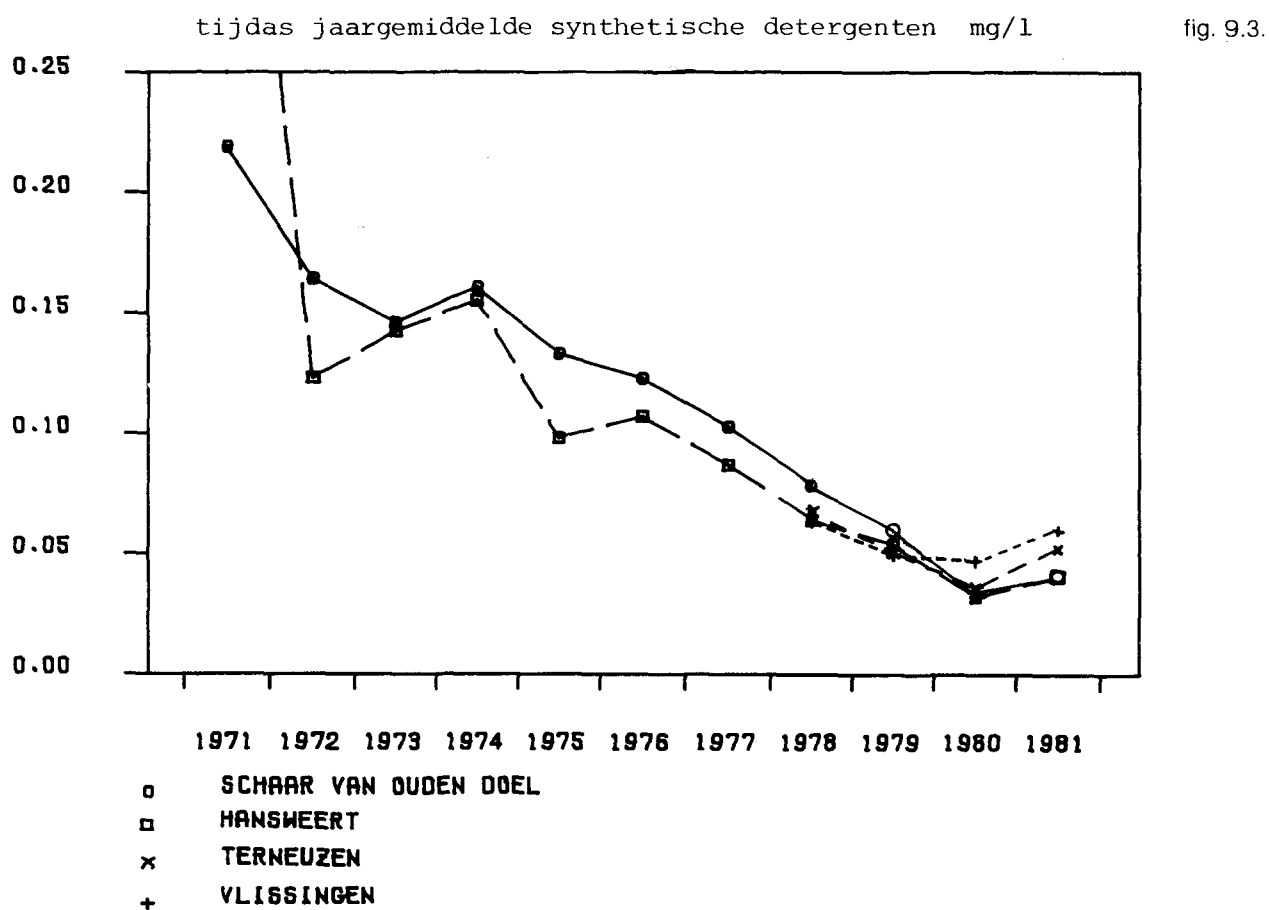
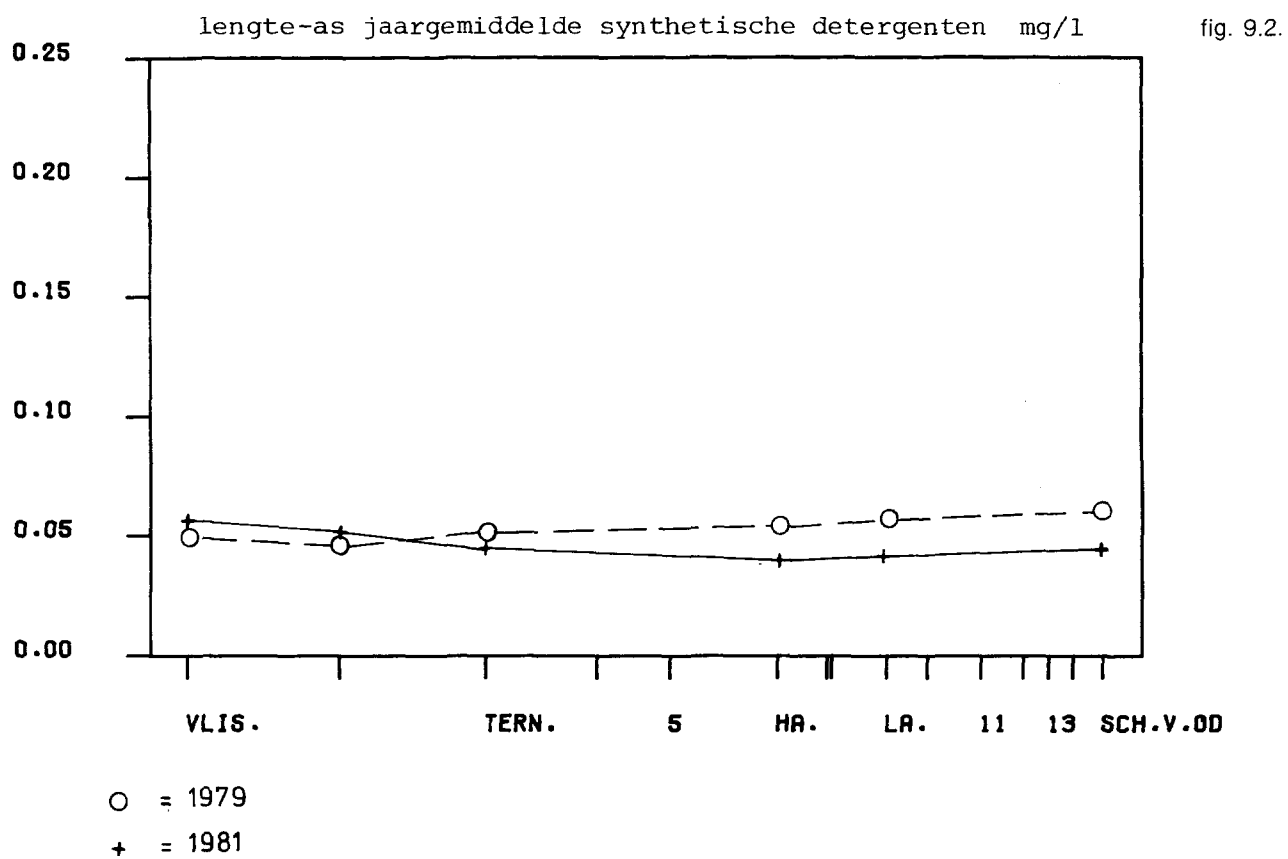
aard. In 1968 is er via een „gentlemen's agreement" tussen de Nederlandse overheid en de wasmiddelenfabrikanten overeengekomen dat de synthetische detergents biologisch afbreekbaar zijn. In augustus 1977 is besloten, vooruitlopend op de in 1979 van kracht geworden Wet Chemische Afvalstoffen, dat meer dan 90% van de in wasmiddelen voorkomende detergents biologisch afbreekbaar behoren te zijn. In EG-verband geldt sinds 1973 een verbod op het gebruik van detergents die voor minder dan 80% biologisch afbreekbaar zijn.

Bepaling in oppervlaktewater vindt sinds 1971 routinematig plaats bij Schaar van Ouden Doel en Hansweert en sinds 1978 ook bij Lamswaarde, Terneuzen, Hoofdplaat en Vlissingen. De gehalten op het traject Schaar van Ouden Doel-Vlissingen liggen op hetzelfde niveau en zijn sinds 1971 sterk gedaald.

Voor de synthetische detergents geldt de absolute norm voor de basiskwaliteit van 20 µg/l. Na 1976 is deze norm bij Schaar van Ouden Doel niet meer overschreden.

Tabel 9.8. Overzicht van gemiddelde vrachten synthetische detergents (ton/jaar) en Schelde-afvoeren (m³/s) bij Schaar van Ouden Doel.

|        | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| vracht | 567  | 459  | 789  | 588  | 414  | 472  | 325  | 230  | 144  |
| afvoer | 73   | 68   | 139  | 100  | 60   | 98   | 87   | 104  | 129  |



## 10 Bakteriologische verontreinigingen

### 10.1 Algemeen

Voor het bepalen van de bacteriologische waterkwaliteit worden als indicatoren door het RIZA bacteriën van de coligroep en faecale streptococci gebruikt. Met name de thermotolerante bacteriën van de coligroep (een groot deel hiervan bestaat uit E-coli's) vormen een bacteriologische indicator omdat aanwezigheid hiervan kan duiden op besmetting van het water met ziekteverwekkende organismen afkomstig van mens en/of warmbloedige dieren.

De bepaling van E-coli's vindt plaats door gistingssproeven van diverse verdunningen van het monster op een Eijkman lactose medium (44,5°C). Het meest waarschijnlijke aantal (MPN) bacteriën wordt afgelezen uit een tabel (De Man) aan de hand van het aantal buizen dat een positieve reactie vertoont (gasontwikkeling in buisjes). In zout- en brakwater kunnen ook reacties door andere bacteriën voorkomen. Bepalingen in het Eijkman medium kunnen hierdoor sterk gestoord worden.

Daarom vinden sinds 1981 bevestigingsreacties plaats of de verkregen resultaten juist zijn (indoltest, 44°C).

Het 95% betrouwbaarheidsinterval van de MPN-methode heeft een grote spreiding rondom de gevonden waarde, waardoor de bovengrens een veelvoud van de mediaan kan zijn.

Naast de thermotolerante bacteriën van de coligroep worden ook door gistingssproeven de totale aantallen bacteriën van de coligroep bepaald in een zogenaamd Mc Conkey medium (voedingsbodem van bouillon met galzouten 37°C).

Het bepalen van faecale streptococci gebeurt eveneens met een MPN-techniek in een voedingsbodem met gal en azide (37°C), waarna een bevestigingsreactie plaatvindt (gal-esculine-azide platen, 44°C). In 1981 is naast deze MPN-techniek de membraanfiltratietechniek geïntroduceerd waardoor de cijfers een geringere spreiding vertonen dan die verkregen bij bepalingen via de MPN-techniek.

De faecale streptococci (ook wel D-streptococci genaamd) zijn afkomstig van mens en/of warmbloedige dieren. Sinds 1972 worden voornoemde parameters bepaald. Omdat de variatie in de getallen erg groot is door de aanwezigheid van piekwaarden, vindt presentatie van de waarnemingen plaats in de vorm van tabellen waarin gemiddelden en medianen opgenomen zijn en in de vorm van cumulatieve frequentieverdelingen voor Schaar van Ouden Doel.

### 10.2. Bakteriën van de coligroep

#### 10.2.1. Totaal bacteriën van de coligroep

In de tabellen 10.1 en 10.2 is een overzicht gegeven van de meetresultaten. De aanwezigheid van piekwaarden is de oorzaak van de grote verschillen tussen medianen en gemiddelden.

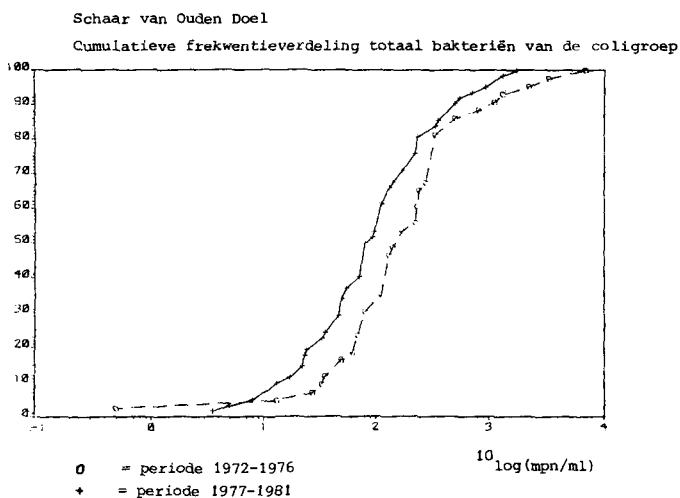
Vanaf 1972 heeft een geleidelijke daling van het coligehalte bij Schaar van Ouden Doel plaatsgevonden die zich na 1975 stabiliseerde.

Variëerde voor 1975 de jaarmediaan tussen 100 en 300 MPN/ml, na 1975 lag deze tussen 30 en 180 MPN/ml. Ook uit de cumulatieve frequentieverdeling (fig. 10.1) blijkt deze af-

name. Verdunning met zeewater en afsterving zijn er de oorzaak van dat de aantallen bij Vlissingen veel lager zijn. Een duidelijke afname in de tijd is hier niet te constateren.

In het algemeen zijn 's winters de aantallen bij Vlissingen hoger dan in de zomer. Deze seizoensinvloeden zijn minder duidelijk waarneembaar bij Schaar van Ouden Doel.

fig. 10.1.



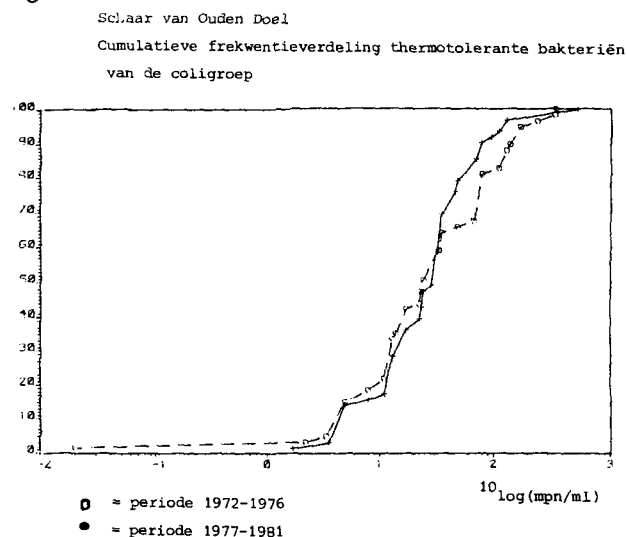
#### 10.2.2. Thermotolerante bacteriën van de coligroep (E-coli's)

Zoals reeds is opgemerkt wordt voor het beschrijven van de bacteriologische waterkwaliteit veelal de parameter E-coli gebruikt.

De tabellen 10.3 en 10.4 geven een overzicht van de resultaten van de sinds 1972 uitgevoerde metingen. Ook hier zijn grote verschillen tussen medianen en gemiddelden.

Zowel uit de tabellen als uit fig. 10.2. blijkt dat ondanks saneringen en het bouwen van rioolwaterzuiveringsinstallaties op

fig. 10.2.



Belgisch grondgebied de aantallen E-coli bacteriën bij Schaar van Ouden Doel niet zijn afgenomen.

Bij Terneuzen en Vlissingen is er een stijging van het E-coli aantal merkbaar, mogelijk als gevolg van een toename van lozingen van ongezuiverd afvalwater. (De parameter totaal bacteriën van de coligroep geeft hierin een onduidelijker beeld omdat er mede bacteriën geanalyseerd worden die niet indicatief zijn voor lozingen van ongezuiverd afvalwater).

Bij Terneuzen steeg de jaarmediaan van 1,3 à 1,6 MPN/ml

(1972 en 1973) tot 4,9 MPN/ml in 1981 en bij Vlissingen van 0,2 tot 2,3 MPN/ml in 1981.

Ook de E-coli's zijn onderhevig aan seizoensinvloeden. 's Zomers worden in het algemeen lagere waarden gemeten dan 's winters. Dit is in de gehele Westerschelde waarneembaar. Als norm voor de basiskwaliteit voor zoetwater geldt een jaar-mediaan van maximaal 20 MPN/ml. De norm is overschreden bij Schaar van Ouden Doel in de jaren 1972-1973 en 1977-1980.

Tabel 10.1 Jaargemiddelden en -medianen van de totaal-bacteriën van de coligroep (MPN/ml)

|                       |           | 1972     | 1973     | 1974     | 1975    | 1976     | 1977     | 1978     | 1979     | 1980     | 1981      |
|-----------------------|-----------|----------|----------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| Schaar van Ouden Doel | gemiddeld | 575 (11) | 431 (14) | 827 (12) | 208 (8) | 159 (3)  | 270 (14) | 106 (10) | 294 (12) | 206 (13) | 165 (13)  |
|                       | mediaan   | 330      | 195      | 130      | 74      | 79       | 30       | 79       | 180      | 110      | 110       |
| Hansweert             | gemiddeld | 1,3 (11) | 3,4 (14) | 1,9 (13) | 1,1 (8) | 12,5 (3) | 5,4 (13) | 1,3 (13) | 2,3 (12) | 2,0 (12) | 15,7 (13) |
|                       | mediaan   | 0,5      | 0,4      | 0,2      | 1,1     | 3,3      | 1,3      | 0,5      | 1,4      | 1,3      | 2,3       |

Tabel 10.2 Kwartaalgemiddelden en -medianen van de totaal-bacteriën van de coligroep (MPN/ml)

|               | 1978              |                   |                   |                   | 1979              |                   |                   |                   | 1980              |                   |                   |                   | 1981              |                   |                   |                   |
|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|               | 1 <sup>e</sup> kw | 2 <sup>e</sup> kw | 3 <sup>e</sup> kw | 4 <sup>e</sup> kw | 1 <sup>e</sup> kw | 2 <sup>e</sup> kw | 3 <sup>e</sup> kw | 4 <sup>e</sup> kw | 1 <sup>e</sup> kw | 2 <sup>e</sup> kw | 3 <sup>e</sup> kw | 4 <sup>e</sup> kw | 1 <sup>e</sup> kw | 2 <sup>e</sup> kw | 3 <sup>e</sup> kw | 4 <sup>e</sup> kw |
| Schaar v.O.D. |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| gemiddeld     | 101 (2)           | 63 (2)            | 34 (3)            | 210 (3)           | 525 (3)           | 284 (3)           | 135 (2)           | 182 (3)           | 420 (4)           | 105 (2)           | 77 (4)            | 160 (3)           | 170 (3)           | 248 (3)           | 39 (3)            | 196 (4)           |
| mediaan       | 101               | 63                | 17                | 230               | 230               | 275               | 135               | 33                | 150               | 105               | 75                | 170               | 110               | 220               | 46                | 110               |
| Vlissingen    |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| gemiddeld     | 3,3 (3)           | 0,2 (4)           | 0,5 (3)           | 1,5 (3)           | 3,1 (3)           | 2,8 (4)           | 0,1 (2)           | 2,2 (3)           | 4,2 (4)           | 0,1 (2)           | 0,7 (4)           | 2,0 (2)           | 6,5 (3)           | 57,7 (3)          | 0,1 (3)           | 2,7 (4)           |
| mediaan       | 3,3               | 0,2               | 0,1               | 0,8               | 3,3               | 0,7               | 0,1               | 1,7               | 4,1               | 0,1               | 0,5               | 2,0               | 3,3               | 13,0              | 0,0               | 2,3               |

De getallen tussen haakjes duiden op het aantal metingen dat is verricht.

Tabel 10.3 Jaargemiddelden en -medianen van de thermotolerante bacteriën van de coligroep (MPN/ml)

|                       |           | 1972      | 1973      | 1974      | 1975     | 1976      | 1977      | 1978      | 1979      | 1980      | 1981      |
|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Schaar van Ouden Doel | gemiddeld | 56,2 (12) | 64,4 (14) | 81,3 (12) | 28,9 (8) | 53,6 (13) | 62,6 (14) | 37,1 (10) | 53,6 (12) | 42,9 (13) | 16,8 (13) |
|                       | mediaan   | 33,0      | 41,0      | 15,0      | 13,5     | 17,0      | 24,0      | 31,5      | 39,5      | 33,0      | 11,0      |
| Hansweert             | gemiddeld | 2,4 (11)  | 2,9 (14)  | 2,4 (13)  | 3,5 (8)  | 5,0 (13)  | 7,0 (13)  | 3,6 (13)  | 7,2 (13)  | 6,5 (14)  | 6,3 (13)  |
|                       | mediaan   | 1,3       | 1,6       | 0,5       | 2,9      | 2,7       | 3,3       | 3,3       | 7,9       | 4,9       | 4,9       |
| Vlissingen            | gemiddeld | 0,4 (12)  | 0,3 (14)  | 0,5 (13)  | 0,4 (9)  | 0,6 (13)  | 1,1 (13)  | 1,0 (13)  | 1,6 (12)  | 1,2 (12)  | 6,3 (13)  |
|                       | mediaan   | 0,2       | 0,3       | 0,1       | 0,3      | 0,5       | 0,8       | 0,8       | 1,3       | 0,6       | 2,3       |

Tabel 10.4 Kwartaalgemiddelden en -medianen van de thermotolerante bacteriën van de coligroep (MPN/ml)

|               | 1978              |                   |                   |                   | 1979              |                   |                   |                   | 1980              |                   |                   |                   | 1981              |                   |                   |                   |
|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|               | 1 <sup>e</sup> kw | 2 <sup>e</sup> kw | 3 <sup>e</sup> kw | 4 <sup>e</sup> kw | 1 <sup>e</sup> kw | 2 <sup>e</sup> kw | 3 <sup>e</sup> kw | 4 <sup>e</sup> kw | 1 <sup>e</sup> kw | 2 <sup>e</sup> kw | 3 <sup>e</sup> kw | 4 <sup>e</sup> kw | 1 <sup>e</sup> kw | 2 <sup>e</sup> kw | 3 <sup>e</sup> kw | 4 <sup>e</sup> kw |
| Schaar v.O.D. |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| gemiddeld     | 47,0 (2)          | 38,5 (2)          | 23,3 (3)          | 43,3 (3)          | 59,7 (3)          | 57,8 (4)          | 73,5 (2)          | 28,7 (3)          | 51,5 (4)          | 88,0 (2)          | 24,0 (4)          | 26,3 (3)          | 31,3 (3)          | 27,7 (3)          | 4,9 (3)           | 6,5 (4)           |
| mediaan       | 47,0              | 38,5              | 22,0              | 46,0              | 46,0              | 51,5              | 73,5              | 23,0              | 52,5              | 88,0              | 25,0              | 33,0              | 13,0              | 33,0              | 4,9               | 5,7               |
| Terneuzen     |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| gemiddeld     | 3,1 (3)           | 3,4 (4)           | 0,8 (3)           | 6,9 (3)           | 12,0 (3)          | 5,8 (5)           | 5,1 (2)           | 5,9 (3)           | 5,5 (5)           | 4,1 (2)           | 6,0 (4)           | 10,4 (3)          | 11,7 (3)          | 3,5 (3)           | 1,4 (3)           | 7,9 (4)           |
| mediaan       | 2,3               | 4,1               | 0,8               | 7,9               | 11,0              | 3,3               | 5,1               | 4,9               | 4,9               | 4,1               | 5,8               | 11,0              | 11,0              | 3,3               | 0,8               | 7,9               |
| Vlissingen    |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| gemiddeld     | 1,0 (3)           | 0,5 (4)           | 0,6 (3)           | 2,0 (3)           | 0,9 (3)           | 1,8 (4)           | 0,7 (2)           | 2,5 (3)           | 2,3 (4)           | 0,1 (2)           | 0,3 (4)           | 2,1 (2)           | 3,5 (3)           | 19,7 (3)          | 0,1 (3)           | 6,5 (4)           |
| mediaan       | 1,3               | 0,4               | 0,2               | 0,8               | 1,3               | 1,8               | 0,7               | 3,1               | 2,4               | 0,1               | 0,3               | 2,1               | 3,3               | 4,9               | 0,1               | 5,7               |

De getallen tussen haakjes duiden op het aantal metingen dat is verricht.

### 10.3. Faecale streptococcen

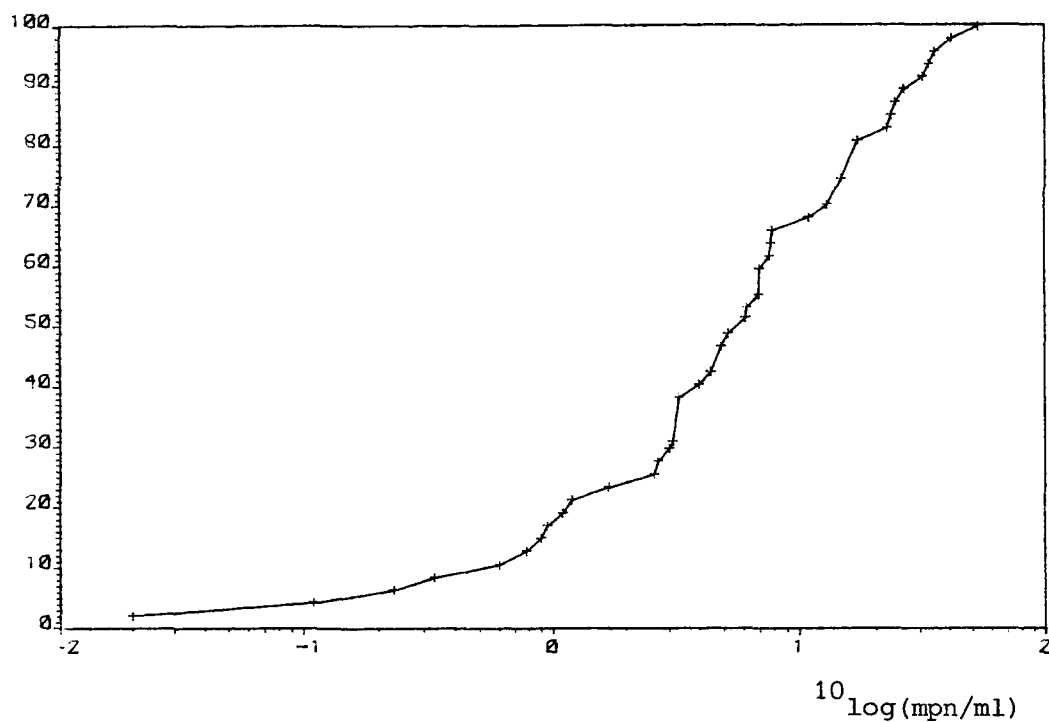
---

In de jaren 1976 en 1977 zijn er geen faecale streptococcen bepaald.

Omdat in de jaren 1972-1975 het gebruikelijk was de titer van de voedingsbodem, waarin nog groei van faecale streptococcen optrad, weer te geven en na 1977 de MPN-methode werd toegepast zijn beide series metingen niet vergelijkbaar. Derhalve worden alleen de resultaten na 1977 in tabel 10.5 weergegeven. Fig. 10.3 geeft een overzicht van de cumulatieve verdelingsfrequentie in deze periode.

Gezien de korte tijd waarin de metingen zijn verricht is het niet mogelijk een trend te detekteren.

Wel zijn seizoensinvloeden merkbaar; zowel bij Schaar van Ouden Doel als bij Vlissingen worden als gevolg van versnelde afsterving 's zomers lagere waarden gemeten dan in de winter.



+ = periode 1978-1981

Tabel 10.5 Kwartaalgemiddelden en -medianen van de faecale streptococcen (MPN/ml)

|               | 1978              |                   |                   |                   | 1979              |                   |                   |                   | 1980              |                   |                   |                   | 1981              |                   |                   |                   |
|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|               | 1 <sup>e</sup> kw | 2 <sup>e</sup> kw | 3 <sup>e</sup> kw | 4 <sup>e</sup> kw | 1 <sup>e</sup> kw | 2 <sup>e</sup> kw | 3 <sup>e</sup> kw | 4 <sup>e</sup> kw | 1 <sup>e</sup> kw | 2 <sup>e</sup> kw | 3 <sup>e</sup> kw | 4 <sup>e</sup> kw | 1 <sup>e</sup> kw | 2 <sup>e</sup> kw | 3 <sup>e</sup> kw | 4 <sup>e</sup> kw |
| Schaar v.O.D. |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| gemiddeld     | 34,0 (2)          | 5,5 (2)           | 1,7 (3)           | 9,0 (3)           | 26,7 (3)          | 11,3 (4)          | 6,0 (2)           | 8,3 (3)           | 22,3 (4)          | 12,6 (2)          | 4,4 (4)           | 12,1 (3)          | 8,0 (3)           | 3,4 (2)           | 0,5 (3)           | 7,1 (4)           |
| mediaan       | 34,0              | 5,5               | 1,7               | 2,7               | 26,0              | 12,0              | 6,0               | 1,1               | 17,7              | 12,6              | 4,4               | 14,7              | 7,7               | 3,4               | 0,3               | 4,1               |
| Vlissingen    |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| gemiddeld     | 0,8 (3)           | 0,1 (4)           | 0,1 (3)           | 1,2 (3)           | 1,4 (3)           | 1,5 (4)           | 0,0 (2)           | 0,3 (3)           | 5,4 (4)           | 0,4 (2)           | 0,4 (2)           | 0,5 (2)           | 1,5 (3)           | 2,1 (3)           | 0,0 (3)           | 0,4 (4)           |
| mediaan       | 0,9               | 0,0               | 0,1               | 0,2               | 1,7               | 0,5               | 0,0               | 0,3               | 1,6               | 0,4               | 0,2               | 0,5               | 1,6               | 1,9               | 0,0               | 0,4               |

De getallen tussen haakjes duiden op het aantal waarnemingen dat is verricht.

*Luchtopname van de kerncentrale bij Borssele (foto: KLM Aerocarto)*



# 11 Radioactieve verontreinigingen

## 11.1 Algemeen

De aanwezigheid van radioactieve stoffen is deels van natuurlijke aard (verval van in de natuur voorkomende nucliden, kosmische straling) en deels van kunstmatige aard (kerncentrales, ertsverwerkende fabrieken, medische-, technische- en wetenschappelijke onderzoekscentra, kernexplosies).

De belangrijkste puntlozingen van radioactieve stoffen in Schelde en Westerschelde vinden plaats bij de opwerkingsfabriek Mol (vanaf 1973 vond een geleidelijke produktievermindering plaats, na 1975 werd het bedrijf tijdelijk gesloten), de kerncentrale Doel, industriële lozingen bij Zandvliet, industriële lozingen bij Terneuzen en de kerncentrale Borssele. Naast deze puntlozingen vormt ook het regenwater een bron van besmetting van het oppervlaktewater met (niet van nature ontstaan) radioactief materiaal. In de jaren zestig is door de bovengrondse kernproeven van vnl. Rusland en Amerika een sterke toename van de radioactiviteit van het regenwater opgetreden. Na het stopzetten van de bovengrondse proeven door beide landen is de activiteit van de neerslag weer afgenomen. Wel zijn na 1962, ten gevolge van door andere landen uitgevoerde kernproeven nog een aantal pieken in de radioactieve besmetting van het regenwater waargenomen.

Tabel 11.1 geeft een overzicht van de voornaamste in zeewater voorkomende radioactieve nucliden met hun specifieke activiteiten en halfwaarde tijden.

Tabel 11.1. Van nature in zeewater voorkomende nucliden.

| nuclide     | soort straling   | halfwaarde<br>tijd(jaar) | aktiviteit<br>pCi/l | mBq/l |
|-------------|------------------|--------------------------|---------------------|-------|
| Kalium-40   | $\beta + \gamma$ | $1,28 \cdot 10^9$        | 320                 | 11840 |
| Rubidium-87 | $\beta$          | $4,7 \cdot 10^{10}$      | 3                   | 111   |
| Uranium-238 | $\alpha$         | $4,5 \cdot 10^9$         | 1                   | 37    |
| Tritium     | $\beta$          | 12,3                     | 3                   | 111   |
| Koolstof-14 | $\beta$          | 5730                     | 0,1                 | 3,7   |

1 pCi/l = 37 m Bq/l

## 11.2 Totale $\alpha$ -aktiviteit

De totale  $\alpha$ -aktiviteit is bij Schaar van Ouden Doel tot het begin van de 70-er jaren geleidelijk toegenomen (fig. 11.2). Over de lengte van de Westerschelde is nauwelijks een gradiënt aanwezig (fig. 11.1).

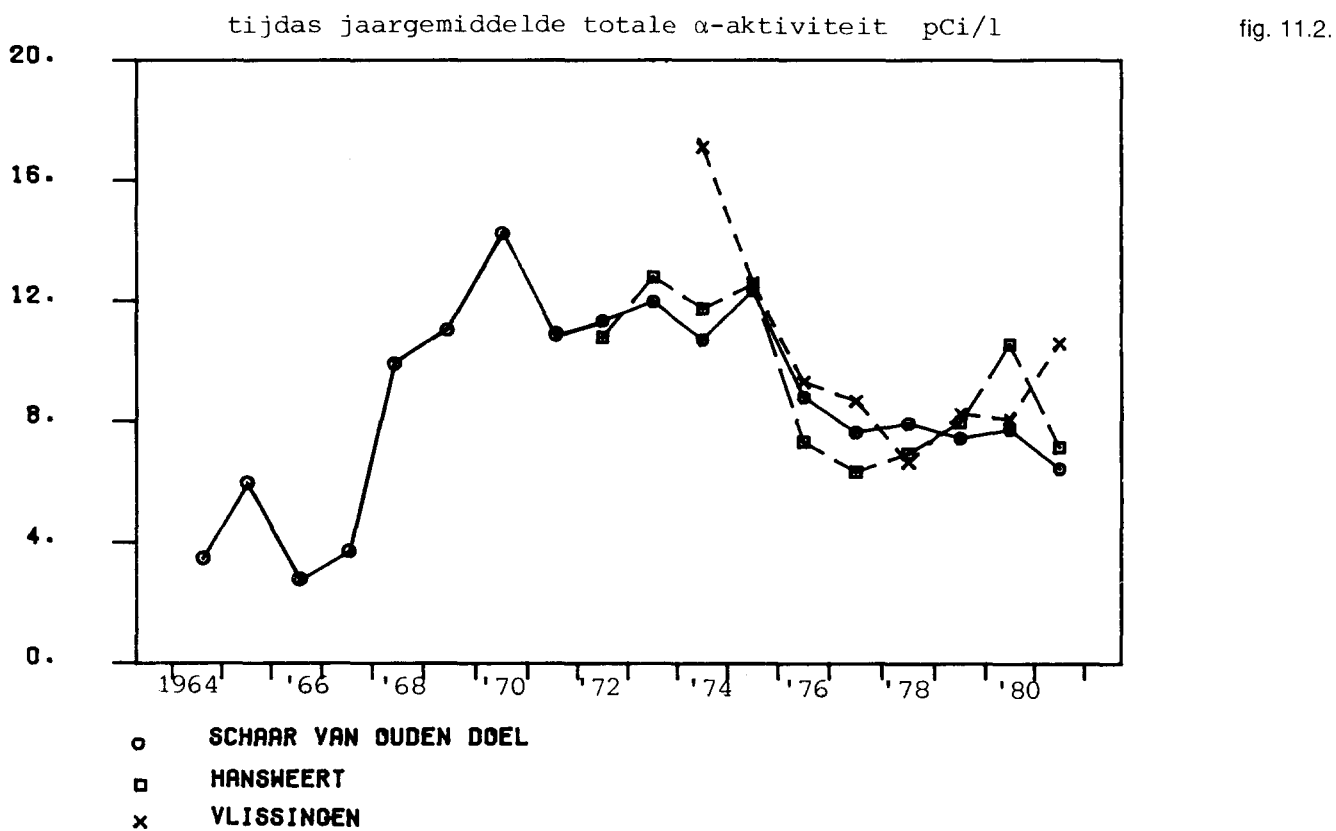
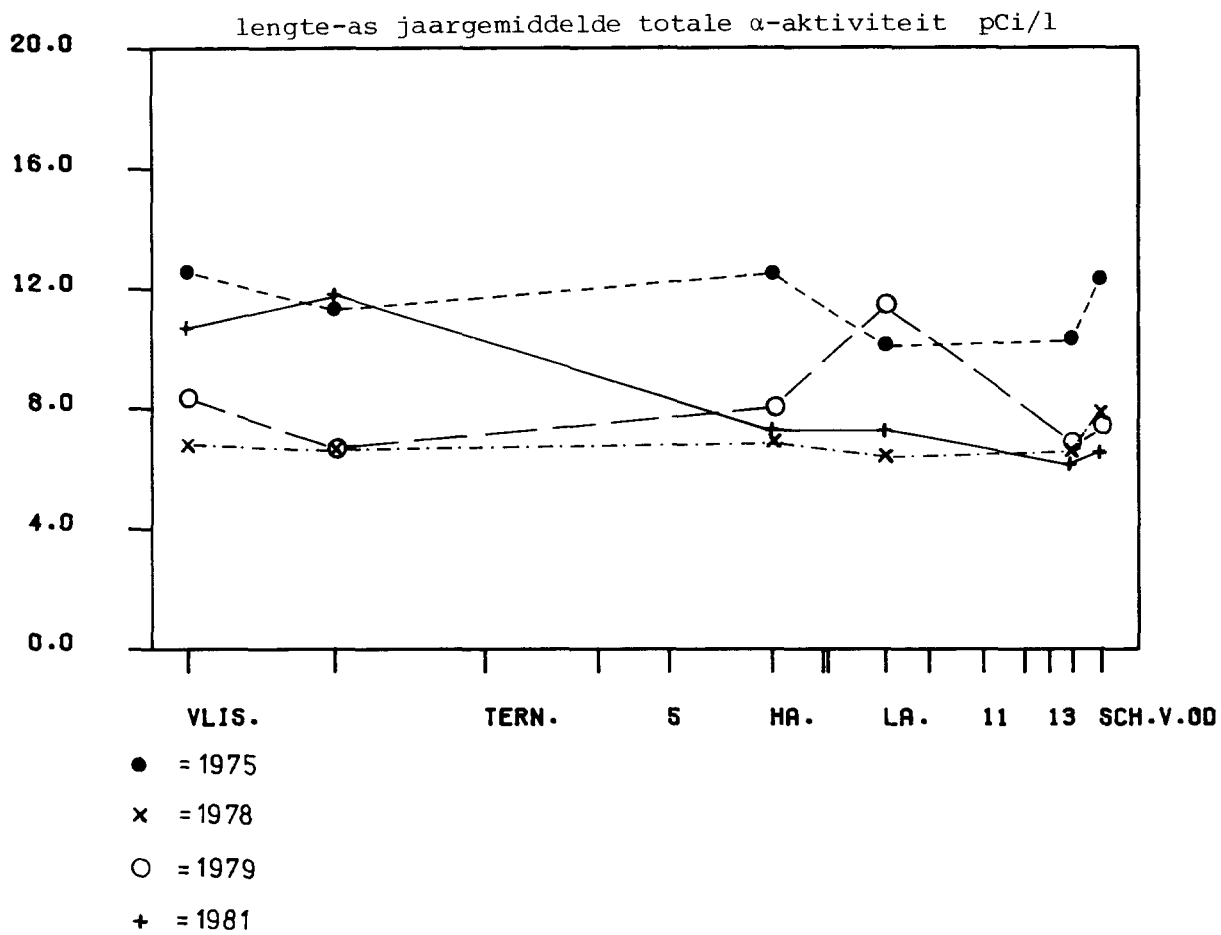
Als één van de bronnen van  $\alpha$ -aktiviteit beschouwt men de lozingen van fosfaat -c.q. kunstmestfabrieken die uranium (en radium) houdend fosfaaterts verwerken. In bijzonder het radioxische radium-226 komt in de afvalstoffen voor.

In tabel 11.2 zijn enkele statistische gegevens van de totale  $\alpha$ -aktiviteit verwerkt.

Tussen de Schelde-afvoer en de totale  $\alpha$ -aktiviteit bestaat geen significante overeenkomst.

Tabel 11.2. Statistische gegevens totale  $\alpha$ -radioaktiviteit gemeten bij Vlissingen, Terneuzen, Hansweert en Schaar van Ouden Doel in de periode 1978 t/m 1981. Gehalten in pCi/l.

|               | Vlissingen |      |      |      | Terneuzen |      |      |     | Hansweert |      |      |      | Schaar van Ouden Doel |      |      |      |
|---------------|------------|------|------|------|-----------|------|------|-----|-----------|------|------|------|-----------------------|------|------|------|
|               | '78        | '79  | '80  | '81  | '78       | '79  | '80  | '81 | '78       | '79  | '80  | '81  | '78                   | '79  | '80  | '81  |
| aantal waarn. | 8          | 9    | 9    | 9    | 8         | 9    | 9    | -   | 27        | 26   | 27   | 25   | 27                    | 26   | 27   | 26   |
| minimum       | 0,6        | 1,0  | 3,0  | 3,0  | 1,2       | 1,3  | 3,1  | -   | 0,8       | 0,6  | 2,5  | 1,2  | 2,4                   | 2,6  | 3,4  | 2,2  |
| maximum       | 15,0       | 18,2 | 13,4 | 20,4 | 22,0      | 21,8 | 26,3 | -   | 25,0      | 17,3 | 32,0 | 17,7 | 19,6                  | 16,2 | 23,8 | 22,8 |
| st. deviatie  | 4,5        | 5,4  | 3,6  | 5,1  | 6,7       | 6,0  | 8,4  | -   | 4,9       | 4,4  | 7,7  | 3,6  | 4,3                   | 3,5  | 4,9  | 3,9  |
| mediaan       | 5,5        | 8,4  | 9,9  | 7,8  | 6,8       | 7,9  | 9,7  | -   | 5,6       | 8,0  | 7,6  | 6,7  | 6,6                   | 7,0  | 5,8  | 5,4  |
| gemiddelde    | 6,7        | 8,3  | 8,1  | 10,6 | 8,2       | 9,1  | 12,8 | -   | 7,0       | 8,0  | 10,6 | 7,2  | 7,9                   | 7,5  | 7,8  | 6,5  |



### 11.3 $\beta$ -restactiviteit

Het verloop van de  $\beta$ -restactiviteit vertoont een verhoging in de eerste helft van de 70-jaren. Een duidelijke verklaring is hiervoor niet te vinden. Als mogelijke oorzaken kunnen genoemd worden de licht verhoogde radio-activiteit van het regenwater in deze jaren en een toename van de emissie van radioactief materiaal bij bedrijven (bijv. fosfaat- c.q. kunstmestindustrie, waar in het erts sporen  $\beta$ -stralende stoffen zitten).

De  $\beta$ -restactiviteit vertoont een grillig verloop (fig. 11.3 en 11.4). Op het traject Schaar van Ouden Doel-Boei 83a is een stijging van het gehalte merkbaar, mogelijk als gevolg van nog niet goed met het Scheldewater vermengde lozingen (zie par. 7.13 en 11.5). In de richting van de Noordzee is een daling van de  $\beta$ -restactiviteit merkbaar, die ter hoogte van Terneuzen, mogelijk als gevolg van industriële activiteiten, over gaat in een stijging. Er dient hierbij opgemerkt te worden dat deze cijfers een onnauwkeurigheid hebben van ca. 20%.

Er is geen aantoonbare invloed van de Schelde-afvoer op de  $\beta$ -restactiviteit.

Bepaling gebeurt door filtratie van het monster over actieve kool, waarna van de kool, met de daaraan geabsorbeerde stoffen, de  $\beta$ -activiteit wordt bepaald. Vervolgens wordt het door vlamdetektie bepaalde kalium<sup>40</sup>-gehalte van deze waarde afgetrokken.

Tabel 11.3. Statistische gegevens van  $\beta$ -restactiviteit gemeten bij Vlissingen, Terneuzen, Hansweert en Schaar van Ouden Doel in de periode 1978 t/m 1981. Gehalten in pCi/l.

|               | Vlissingen |     |     |     | Terneuzen |     |     |     | Hansweert |     |     |     | Schaar van Ouden Doel |     |     |     |
|---------------|------------|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|-----------------------|-----|-----|-----|
|               | '78        | '79 | '80 | '81 | '78       | '79 | '80 | '81 | '78       | '79 | '80 | '81 | '78                   | '79 | '80 | '81 |
| aantal waarn. | 8          | 9   | 9   | 6   | 8         | 9   | 9   | -   | 27        | 26  | 27  | 25  | 27                    | 26  | 27  | 25  |
| minimum       | 3          | 5   | 2   | 1   | 3         | 4   | 3   | -   | 0         | 3   | 2   | 2   | 3                     | 3   | 2   | 2   |
| maximum       | 9          | 12  | 16  | 6   | 10        | 20  | 21  | -   | 10        | 12  | 9   | 7   | 14                    | 13  | 18  | 19  |
| st.deviation  | 2          | 3   | 4   | 2   | 3         | 5   | 5   | -   | 2         | 2   | 2   | 1   | 3                     | 2   | 3   | 3   |
| mediaan       | 5          | 9   | 5   | 6   | 6         | 10  | 5   | -   | 4         | 6   | 4   | 4   | 6                     | 6   | 4   | 5   |
| gemiddelde    | 5          | 8   | 6   | 5   | 6         | 11  | 7   | -   | 5         | 6   | 4   | 4   | 7                     | 7   | 5   | 6   |

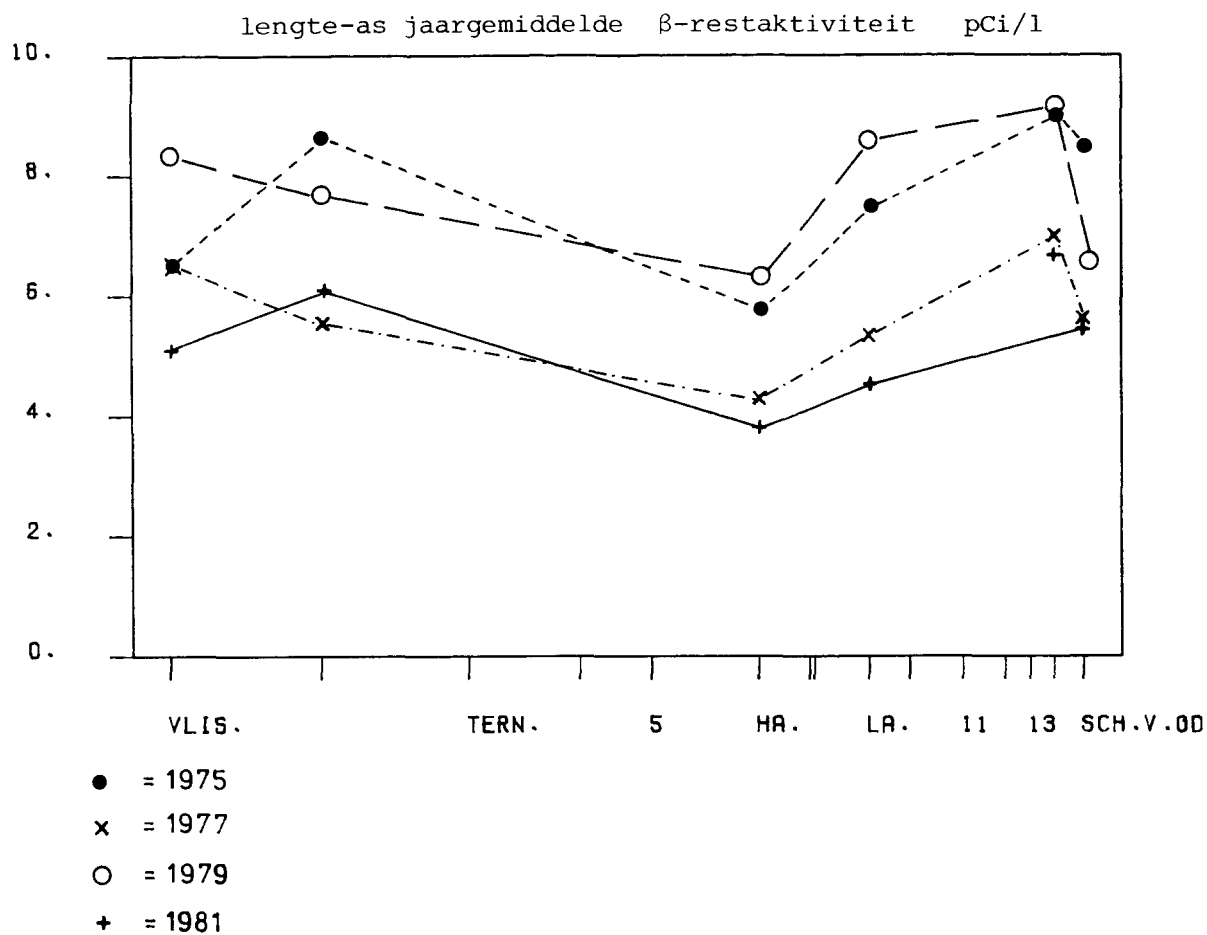


fig. 11.3.

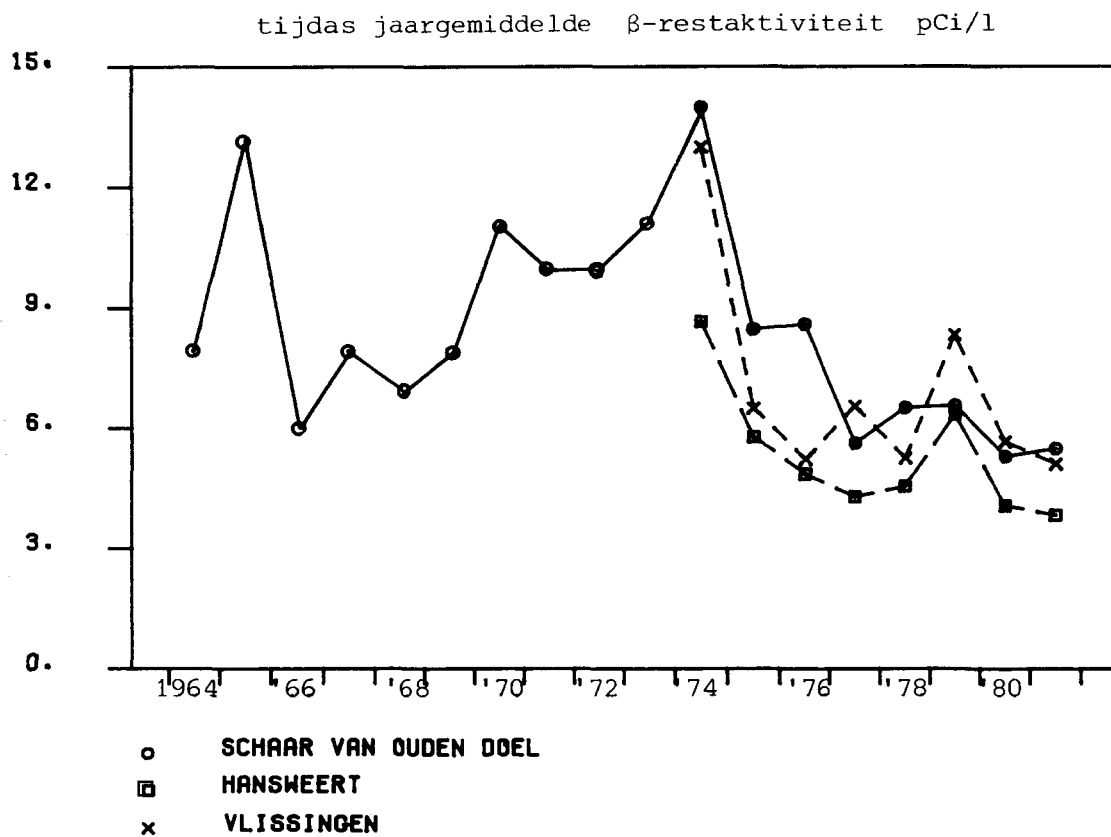


fig. 11.4.

## 11.4 Tritium (H<sup>3</sup>)

Met het koelwater van centrales wordt radioactief materiaal in het oppervlaktewater geloosd. Tritium neemt hierbij voor wat betreft het aantal curies de belangrijkste plaats in, hoewel het betrekkelijk weinig radiotoxisch is.

Sinds 1970 wordt het tritiumgehalte van de Westerschelde door het RIV bepaald en sinds 1972 door het RIZA (lit. 51).

Omdat de resultaten van beide laboratoria sterk verschillen worden alleen de sinds 1972 door het RIZA bepaalde gehalten weergegeven.

In de periode 1972-1974 zijn hoge gehalten gemeten bij Schaar van Ouden Doel (jaargemiddelden van 900 tot 1350 pCi/l met maxima van ca. 3250 pCi/l). Na 1975 lagen deze waarden rond 400 pCi/l (fig. 11.6).

De oorzaak van deze daling is de afbouw van werkzaamheden voorafgaand aan een tijdelijke sluiting van Eurochemic te Mol (lit. 8).

In westelijke richting neemt het tritiumgehalte door verdunning met zeewater af.

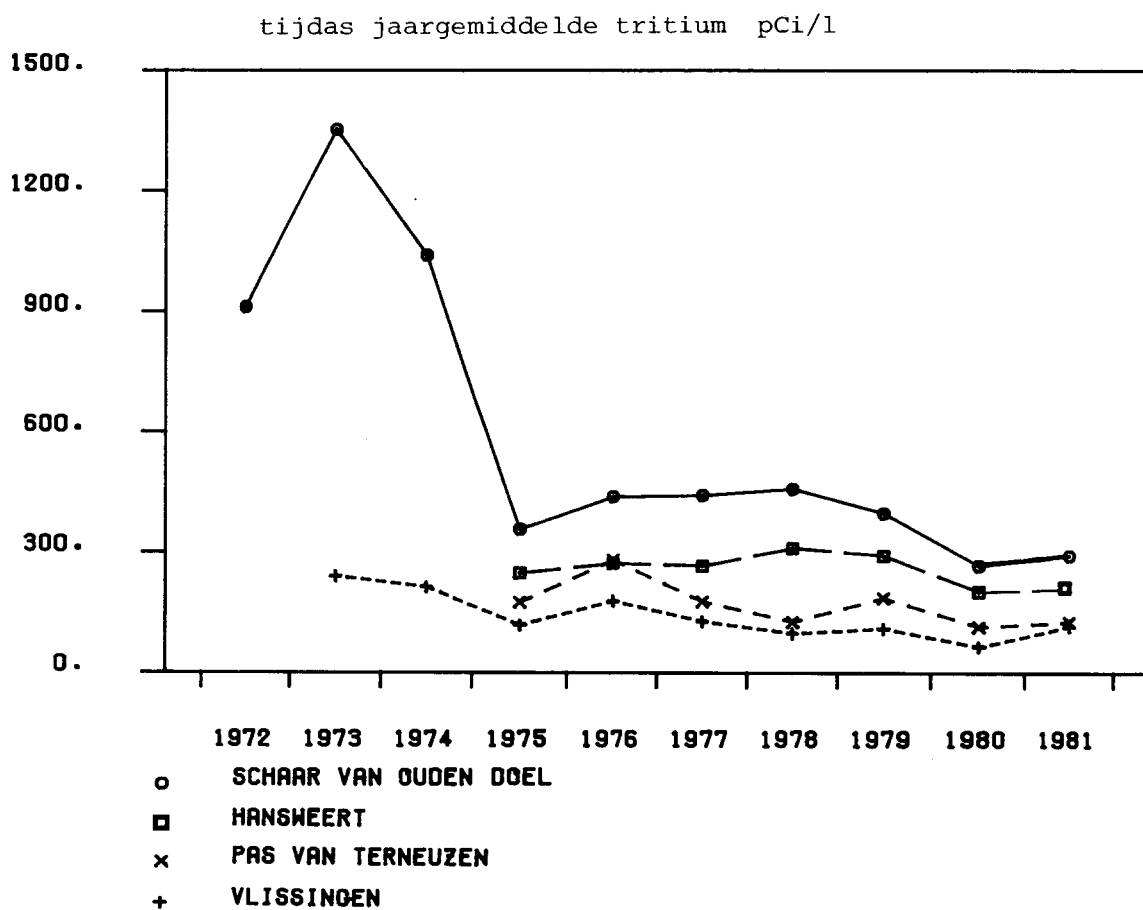
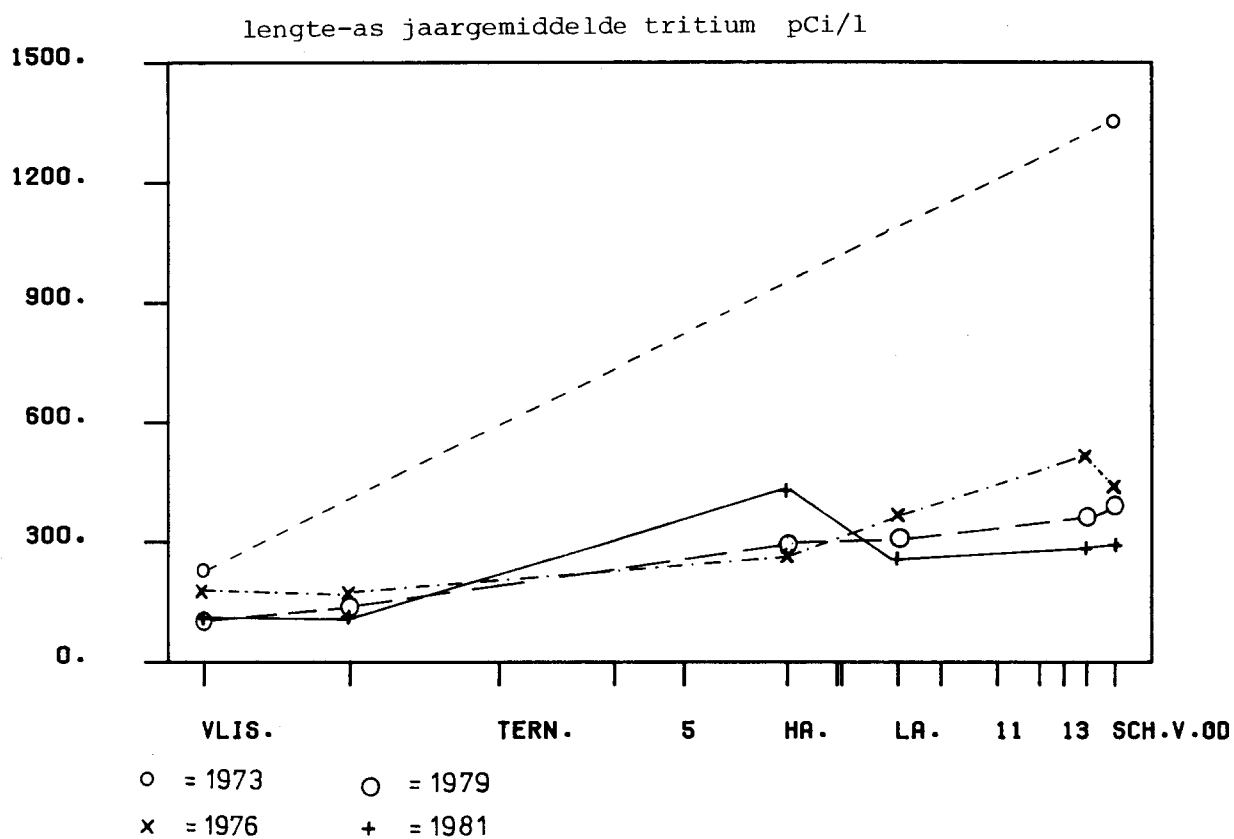
Tritium komt in de vorm van getitreerd water in het oppervlaktewater terecht. Omdat het chemisch gedrag van getitreerd water hetzelfde is als dat van gewoon water is het vrijwel onmogelijk deze twee stoffen van elkaar te scheiden; dit in tegenstelling tot de overige bij kerncentrales vrijkomende radionucliden.

Bepaling van het gehalte vindt plaats door van het via destillatie afgescheiden water de  $\beta$ -straling te meten.

Als norm voor de basiskwaliteit geldt een jaargemiddeld gehalte van 5000 pCi/l. Overschrijding van de norm is sinds 1972 niet geconstateerd.

Tabel 11.4. Statistische gegevens van tritium gemeten bij Vlissingen, Terneuzen, Hansweert en Schaar van Ouden Doel in de periode 1978 t/m 1981. Gehalten in pCi/l.

|               | Vlissingen |     |     |     | Terneuzen |     |     |     | Hansweert |     |     |     | Schaar van Ouden Doel |     |     |     |
|---------------|------------|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|-----------------------|-----|-----|-----|
|               | '78        | '79 | '80 | '81 | '78       | '79 | '80 | '81 | '78       | '79 | '80 | '81 | '78                   | '79 | '80 | '81 |
| aantal waarn. | 9          | 10  | 9   | 10  | 8         | 9   | 9   | -   | 29        | 27  | 28  | 25  | 29                    | 27  | 29  | 26  |
| minimum       | 60         | 40  | 10  | 50  | 110       | 90  | 40  | -   | 210       | 150 | 30  | 140 | 300                   | 210 | 60  | 150 |
| maximum       | 140        | 190 | 130 | 210 | 170       | 320 | 200 | -   | 570       | 430 | 300 | 370 | 660                   | 560 | 400 | 450 |
| st.deviate    | 29         | 52  | 43  | 51  | 19        | 71  | 47  | -   | 72        | 76  | 60  | 55  | 82                    | 79  | 65  | 82  |
| mediaan       | 90         | 85  | 50  | 115 | 130       | 170 | 110 | -   | 290       | 290 | 200 | 220 | 450                   | 400 | 270 | 290 |
| gemiddelde    | 99         | 111 | 66  | 117 | 128       | 187 | 116 | -   | 311       | 292 | 203 | 232 | 459                   | 398 | 268 | 293 |



### 11.5 Radium-226 (Ra<sup>226</sup>)

Radium-226 is een vervalprodukt van uranium-238 en komt voor in uraniumhoudende ertsen. Fosfaaterts behoort tot deze ertsen. Vanaf 1973 wordt in de Westerschelde door het RIV radium-226 gemeten, vanaf 1975 ook door het RIZA. De meetresultaten zijn doorelkaar in het RAKWAL-bestand opgenomen; de in deze paragraaf weergegeven grafieken en tabellen zijn zodoende een combinatie van de gegevens van beide instituten. De bepaling gebeurt door chemische scheiding van radium waarna door vlamdetektie het gehalte aan radium-226 bepaald wordt.

Vanaf 1975 is het radium-226 gehalte in de Westerschelde enigszins gedaald (fig. 11.8).

Bij Schaar van Ouden Doel bestaat een duidelijke relatie tussen de Scheldeafvoer en het gehalte aan radium-226 (correlatie coëfficiënt = 0,75); bij stijgende afvoer daalt het gehalte. In westelijke richting is een vrijwel lineair dalende gradiënt aanwezig (fig. 11.7). Vlak voorbij de grens, bij boei 83a, blijkt een stijging van het gehalte. Dit is mogelijk het gevolg van een nog niet goed met het Westerscheldewater vermengde afvalstroom van een op Belgisch grondgebied gelegen superfosfaatfabriek (BASF). Ook bij Terneuzen vinden fosfaatlozingen plaats, maar door de grote verdunning met zeewater is het met de beschikbare gegevens niet mogelijk een verhoging van het radium-226 gehalte te constateren.

Tabel 11.5 Statistische gegevens van radium-226 gemeten bij Vlissingen, Hansweert en Schaar van Ouden Doel in de periode 1978 t/m 1981. Gehalten in pCi/l.

|               | Vlissingen |      |      |      | Hansweert |      |      |      | Schaar van Ouden Doel |      |      |      |
|---------------|------------|------|------|------|-----------|------|------|------|-----------------------|------|------|------|
|               | '78        | '79  | '80  | '81  | '78       | '79  | '80  | '81  | '78                   | '79  | '80  | '81  |
| aantal waarn. | 9          | 10   | 9    | 10   | 25        | 21   | 26   | 22   | 25                    | 22   | 26   | 22   |
| minimum       | 0,15       | 0,10 | 0,16 | 0,20 | 0,40      | 0,20 | 0,34 | 0,15 | 0,57                  | 0,20 | 0,25 | 0,10 |
| maximum       | 0,80       | 0,85 | 0,67 | 0,59 | 1,60      | 1,36 | 1,61 | 1,65 | 2,50                  | 1,80 | 2,24 | 2,55 |
| st.deviate    | 0,18       | 0,23 | 0,20 | 0,13 | 0,24      | 0,27 | 0,27 | 0,37 | 0,47                  | 0,41 | 0,49 | 0,49 |
| mediaan       | 0,25       | 0,35 | 0,35 | 0,25 | 0,95      | 0,90 | 0,73 | 0,70 | 1,34                  | 1,03 | 0,85 | 0,90 |
| gemiddelde    | 0,32       | 0,38 | 0,41 | 0,31 | 0,89      | 0,81 | 0,81 | 0,76 | 1,30                  | 1,06 | 1,02 | 0,93 |

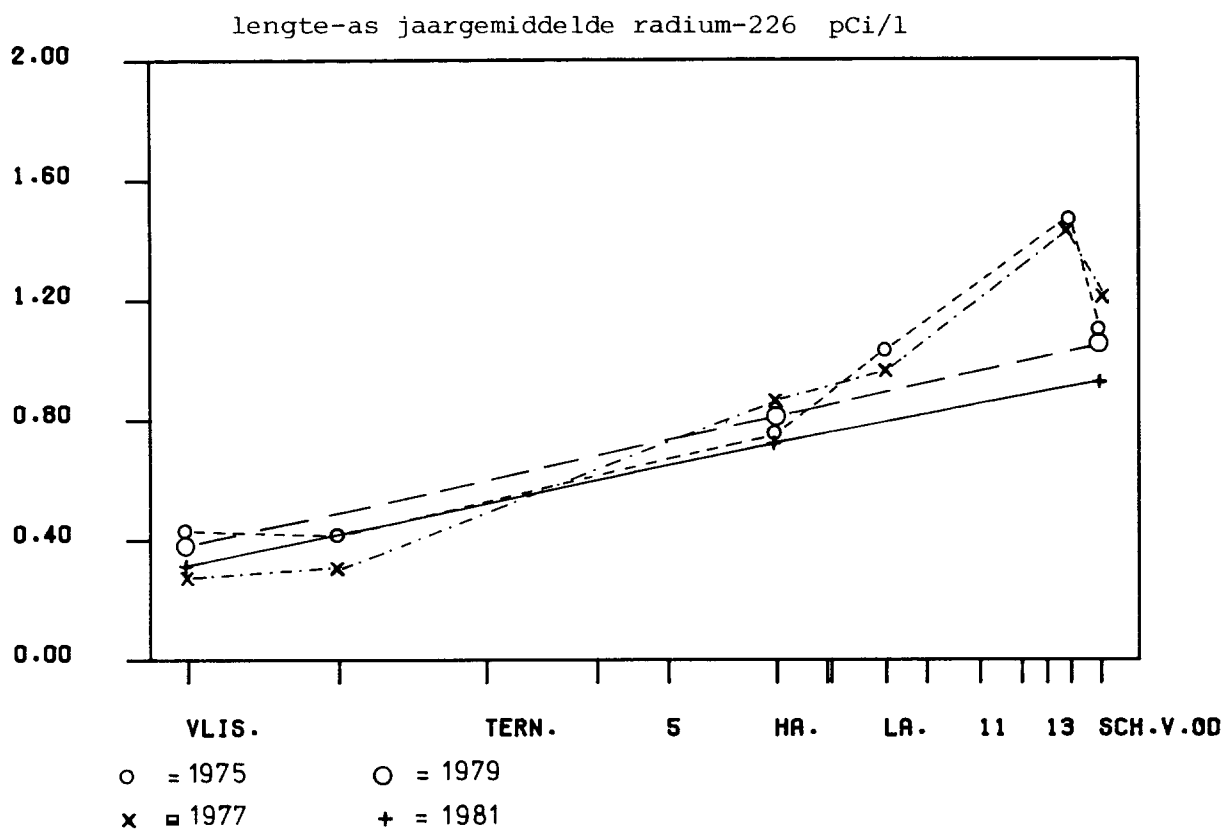


fig. 11.7.

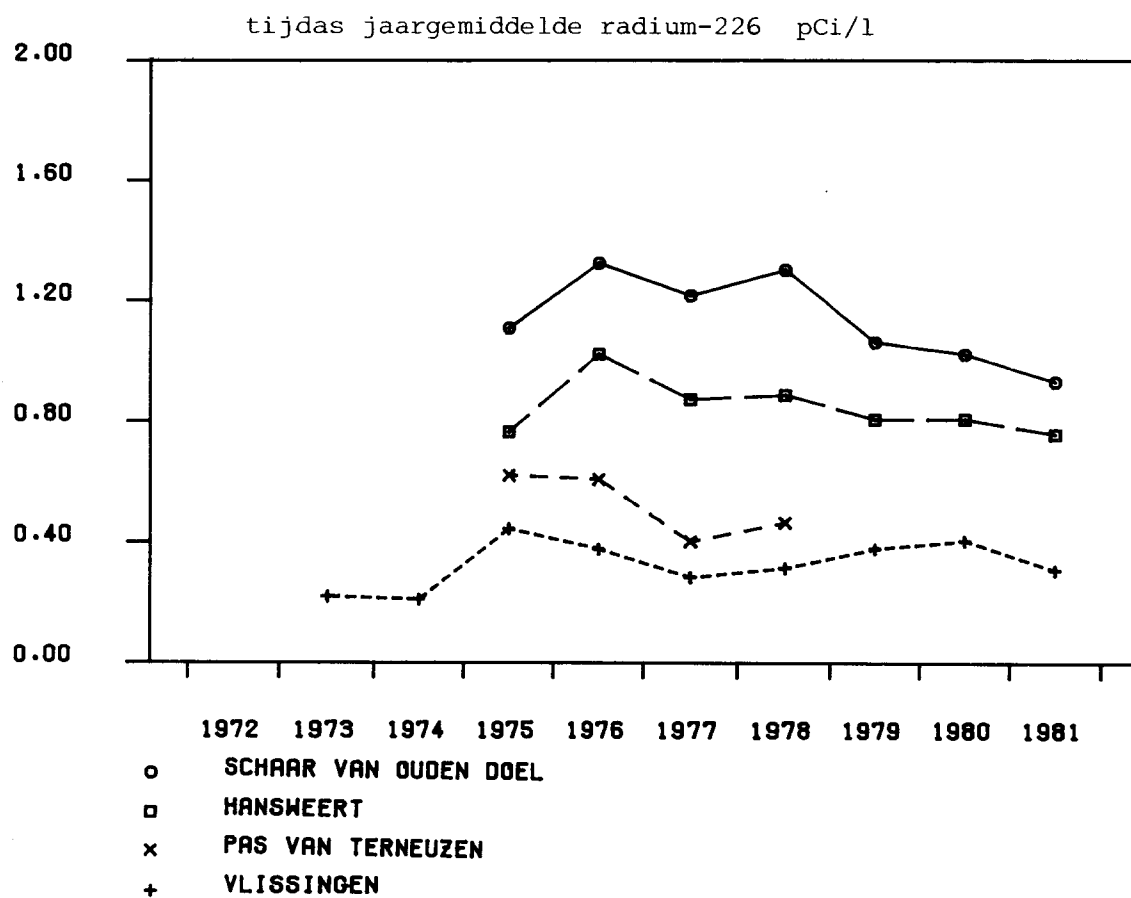


fig. 11.8.

## 11.6 Strontium-90 ( $\text{Sr}^{90}$ )

De zeer sterke  $\beta$ -straler strontium-90 komt van nature niet op aarde voor. Het is een zogenaamde kunstmatige nuclide die vooral door kernexplosies in de atmosfeer is gebracht en geleidelijk als fall-out in de biosfeer terecht komt.

Sinds 1973 wordt strontium-90 in de Westerschelde door het RIV gemeten. Bepaling vindt plaats door chemische afscheiding van strontium, waarna via vlamdetektie het gehalte aan strontium-90 wordt bepaald. De bron van herkomst is regenwater. Ondanks het feit dat de Schelde voornamelijk uit regenwater bestaat, er is in de richting van de Noordzee geen gradiënt waarneembaar. Dit wordt veroorzaakt doordat de gemeten gehalten niet veel van de detektiengrens (ca. 0,2 pCi/l) afwijken.

Tabel 11.6 Statistische gegevens van strontium-90 gemeten bij Vlissingen, Hansweert en Schaar van Ouden Doel in de periode 1978-1981. Gehalten in pCi/l.

|               | Vlissingen |     |     |     | Hansweert |     |     |     | Schaar van Ouden Doel |     |     |     |
|---------------|------------|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|-----------------------|-----|-----|-----|
|               | '78        | '79 | '80 | '81 | '78       | '79 | '80 | '81 | '78                   | '79 | '80 | '81 |
| aantal waarn. | 9          | 6   | 7   | 8   | 25        | 17  | 26  | 20  | 25                    | 18  | 26  | 21  |
| minimum       | n.m.       | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,1       | 0,2 | 0,2 | 0,2 | n.m.                  | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| maximum       | 0,5        | 0,5 | 0,8 | 0,8 | 0,9       | 1,1 | 0,9 | 0,5 | 1,4                   | 0,7 | 0,9 | 0,7 |
| st.deviation  | 0,2        | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,2       | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,3                   | 0,1 | 0,2 | 0,1 |
| mediaan       | 0,2        | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,2       | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,3                   | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| gemiddelde    | 0,2        | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,3       | 0,4 | 0,5 | 0,4 | 0,4                   | 0,4 | 0,5 | 0,4 |

n.m. = niet meetbaar

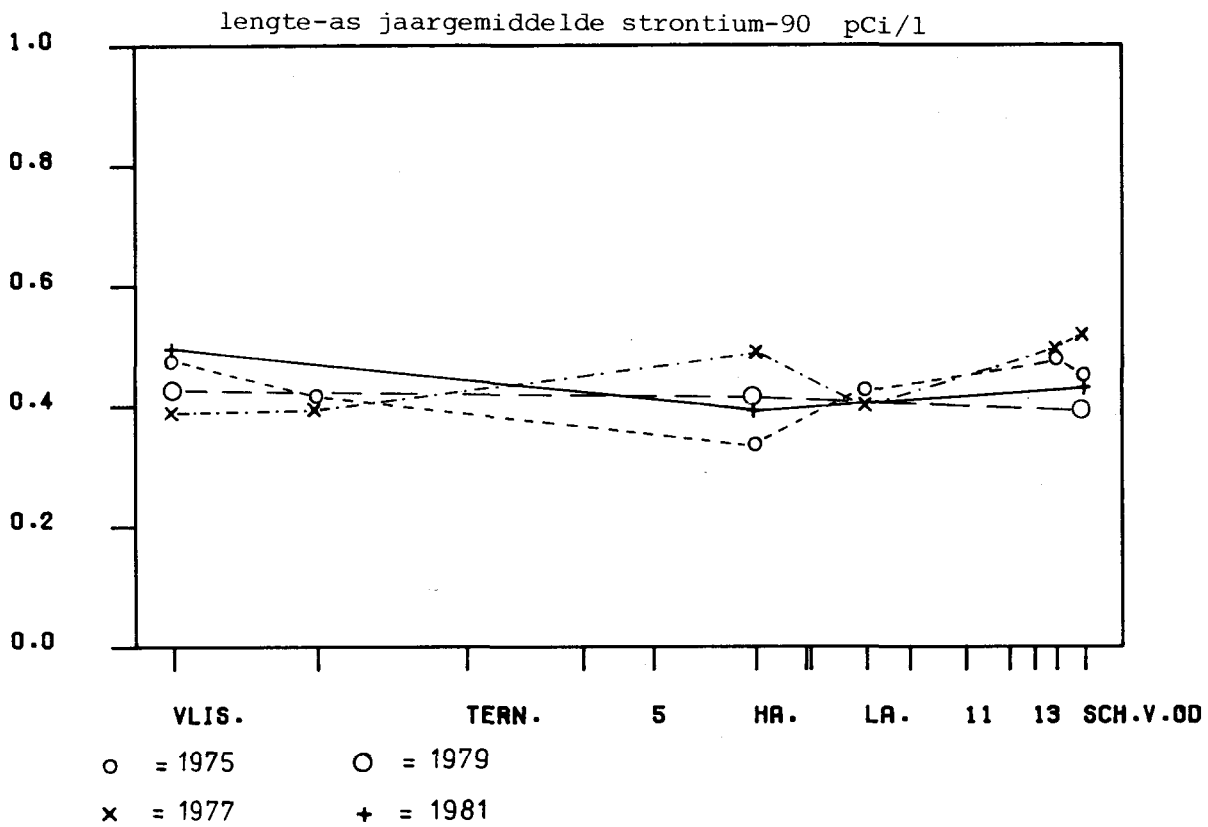


fig. 11.9.

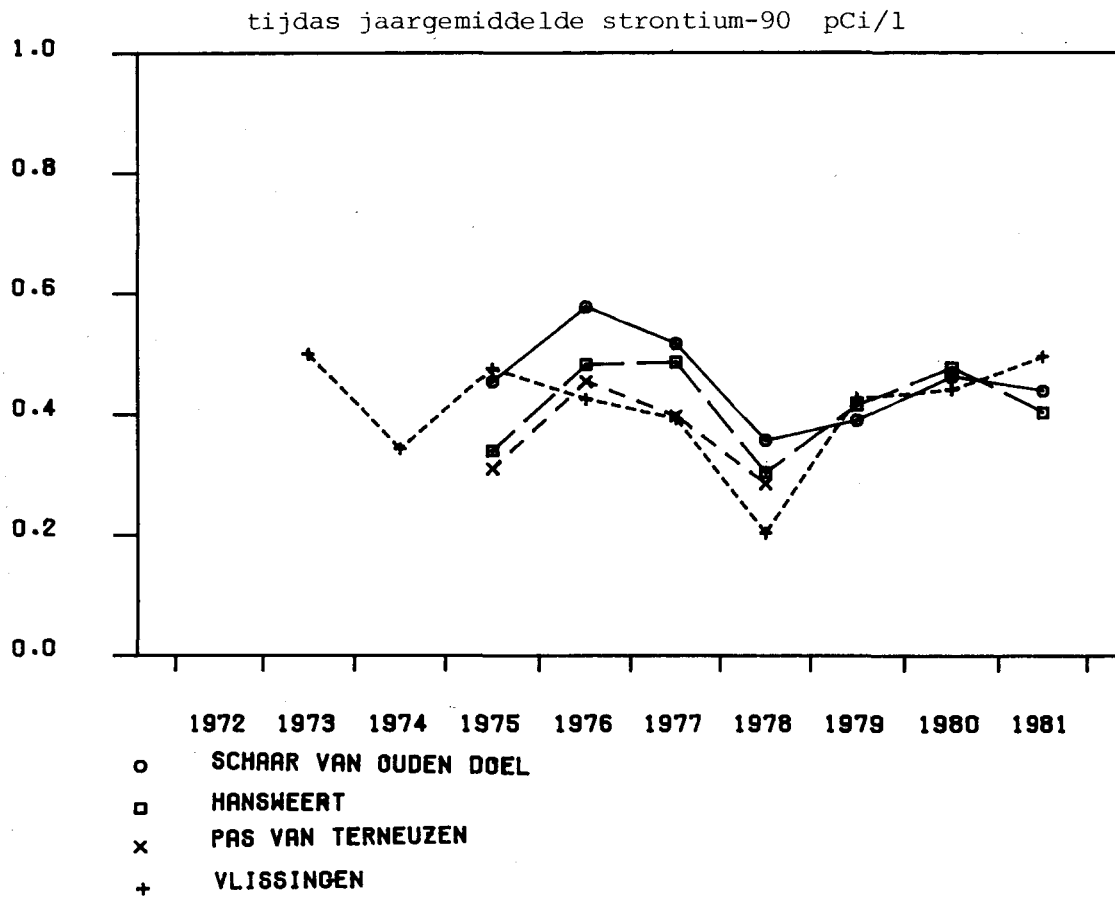


fig. 11.10.

# 12 De kwaliteit van sediment en organismen

## 12.1 Sediment

In estuaria worden rivier- en zeewater gemengd onder invloed van getijdebewegingen, stroomsnelheid van de rivier, morfologie, weersomstandigheden, scheepvaart en door saliniteits- en temperatuursverschillen in het water. In dit systeem wordt ook zwevend stof en gesedimenteerde materiaal, afkomstig uit zee- en rivierwater, met de hieraan geadsorbeerde verontreinigingen met elkaar vermengd. Uit de literatuur (lit. 10, 42, 53, 63) wordt een indruk verkregen hoe adsorptie- en desorptieprocessen verlopen: bovenstrooms van Schaar van Ouden Doel vindt transport van metalen, voornamelijk gebonden aan zwevend stof, plaats. Onder invloed van toenemende zoutgehaltes ( $1,5 - 3 \text{ g Cl}^-/\text{l}$ ), dalende zuurstofgehaltes (tot minder dan  $4 \text{ mg/l}$ ) en een afname van de zuurgraad vindt tussen Antwerpen en Schaar van Ouden Doel desorptie plaats van metalen uit het zwevend stof. Voornaamste oorzaak hiervan is het in oplossing gaan van ijzer en mangaanhydroxyde deeltjes.

In de Westerschelde vindt, onder invloed van verdere toename van chloridegehaltes en het weer stijgen van het zuurstofgehalte, wederom uitvloeking plaats van ijzer- en mangaanhydroxyde, waaraan zich opgeloste metalen kunnen hechten.

Tenslotte treedt, als gevolg van het afnemen van de turbulentie, sedimentatie op in de Westerschelde.

Waarschijnlijk worden via een soortgelijk proces ook andere stoffen (gechloreerde koolwaterstoffen en oliecomponenten) in het sediment vastgelegd.

In westelijke richting wordt het sediment steeds schoner als gevolg van het steeds groter wordend aandeel van schoner sediment afkomstig uit de Noordzee. De invloed van lozingen, adsorptie- en desorptieprocessen op de waargenomen gehalten is niet precies bekend. Fig. 12.1 geeft een overzicht van metaalgehalten (niet gecorrigeerd voor de korrelgrootteverdeling) in sediment uit de Westerschelde, zoals dit in 1979 is bepaald door het IB/WL in een aantal slibrijke gebieden (lit. 10). Vergelijking van dit onderzoek met een soortelijk onderzoek in 1974 (lit. 54) duidt op een kwaliteitsverbetering van het sediment. Zie ter illustratie tabel 12.1 waarin voor de korrelgrootteverdeling gecorrigeerde gehalten (bij 50% kleiner dan  $16 \mu\text{m}$ ) aan metalen en fosfor zijn weergegeven op een tweetal lokaties.

Tabel 12.1 Voor korrelgrootteverdeling gecorrigeerde gehalten (50% <  $16 \mu\text{m}$ ) aan metalen en fosfor op de lokaties Rupelmonde-Antwerpen (B) en Vlissingen in 1974 en 1979.

|            | Rupelmonde-Antwerpen |      | Vlissingen |      |
|------------|----------------------|------|------------|------|
|            | 1974                 | 1979 | 1974       | 1979 |
| Zn (mg/kg) | 1534                 | 993  | 182        | 169  |
| Cu (mg/kg) | 195                  | 177  | 29         | 28   |
| Cr (mg/kg) | 514                  | 289  | 99         | 101  |
| Pb (mg/kg) | 258                  | 259  | 65         | 46   |
| Cd (mg/kg) | 37,2                 | 34,8 | 1,2        | 2,0  |
| Ni (mg/kg) | 70,9                 | 59,6 | 24,0       | 25,7 |
| Hg (mg/kg) | 3,76                 | 2,96 | 0,67       | 0,49 |
| P (mg/kg)  | 5290                 | 4850 | 1070       | 1250 |

De gehalten in sediment aan cadmium en fosfor zijn enigszins

gestegen bij Vlissingen in de periode 1974-1979. Niet bekend is of dit veroorzaakt is door verhoging van gehalten in zwevend stof uit de Noordzee (lit. 58) of dat dit veroorzaakt is door plaatselijke lozingen. Uit fig. 12.1 en tabel 12.1 blijkt dat ieder metaal zich anders gedraagt (zie ook hoofdstuk 8). Dit gedrag hangt sterk af van het gehalte waar het in opgeloste vorm voorkomt, maar ook van de aard van het zwevend stof (fijn, grof), de mate waarmee metalen zich hechten aan zwevend stof en de chloridegehalten. Veel is echter nog onbekend over deze processen en verder onderzoek is noodzakelijk om duidelijk uitspraken te kunnen doen. Over het gedrag van organische mikroverontreinigingen is nog minder bekend.

## 12.2 Organismen

Een estuarium is een potentiële bron van primaire produktie en vormt vaak een „rijk” aquatisch milieu.

Zo heeft de Westerschelde voor sommige organismen een kinderkamerfunctie (tong, schol, garnaal). Daarnaast vormt de Westerschelde het leefmilieu voor bodemorganismen zoals kokkels en mosselen. Zowel de kwaliteit van het water als de kwaliteit van het zwevend stof en sediment hebben invloed op de gehalten aan contaminanten in aquatische organismen.

Vooraf organische halogeenverbindingen (pesticiden, PCB's zijn bekend om hun accumulatief gedrag, maar ook metalen kunnen zich in organismen ophopen.

Teneinde de invloed van verontreinigingen in de Noordzee en estuaria op de diverse vissoorten te bepalen (opname en accumulatie van stoffen, ziektes, afwijkingen) is in het kader van de verdragen van Oslo en Parijs in 1976 de internationale Joint Monitoring Group opgericht.

Door de aangesloten landen wordt onderzoek verricht naar de verontreinigingsgraad van onder meer enkele waterorganismen in de Noordzee en aangrenzende zoute wateren. Voor Nederland wordt dit onderzoek sinds 1979 uitgevoerd door de Rijkswaterstaat op een tiental lokaties, waaronder drie in de Westerschelde.

De tabellen 12.2 en 12.3 geven een overzicht van de tot nu toe bekende gehalten van enkele metalen en organochloorverbindingen in mosselen en garnalen welke in de Westerschelde zijn gevangen. De parameter PCB bestaat uit de som van 26 individuele chloorbifenylen (bepaald volgens de caplaarmethode). Presentatie vindt plaats in de vorm van 2 getallen. De laagste waarde is de som van alle geïdentificeerde chloorbifenylen; de hoogste waarde is de som van de gemeten componenten vermeerderd met de som van de detectiegrenzen voor die individuele bifenylen waarvan het gehalte beneden de detectiegrens ligt. Ter vergelijking zijn enkele gehalten van organismen uit de Waddenzee en het Eem Dollard estuarium opgenomen. Een dalende gradiënt van kwik, zink, koper, chroom en lood -die wel geconstateerd is in het water, sediment en zwevend stof van de Westerschelde in de richting van de zee- is in mosselen nauwelijks waarneembaar. Dit geldt eveneens voor de gehalten aan PCE en HCB. In vergelijking tot de eerdergenoemde wateren bevatten mosselen in de Westerschelde de hoogste gehalten.

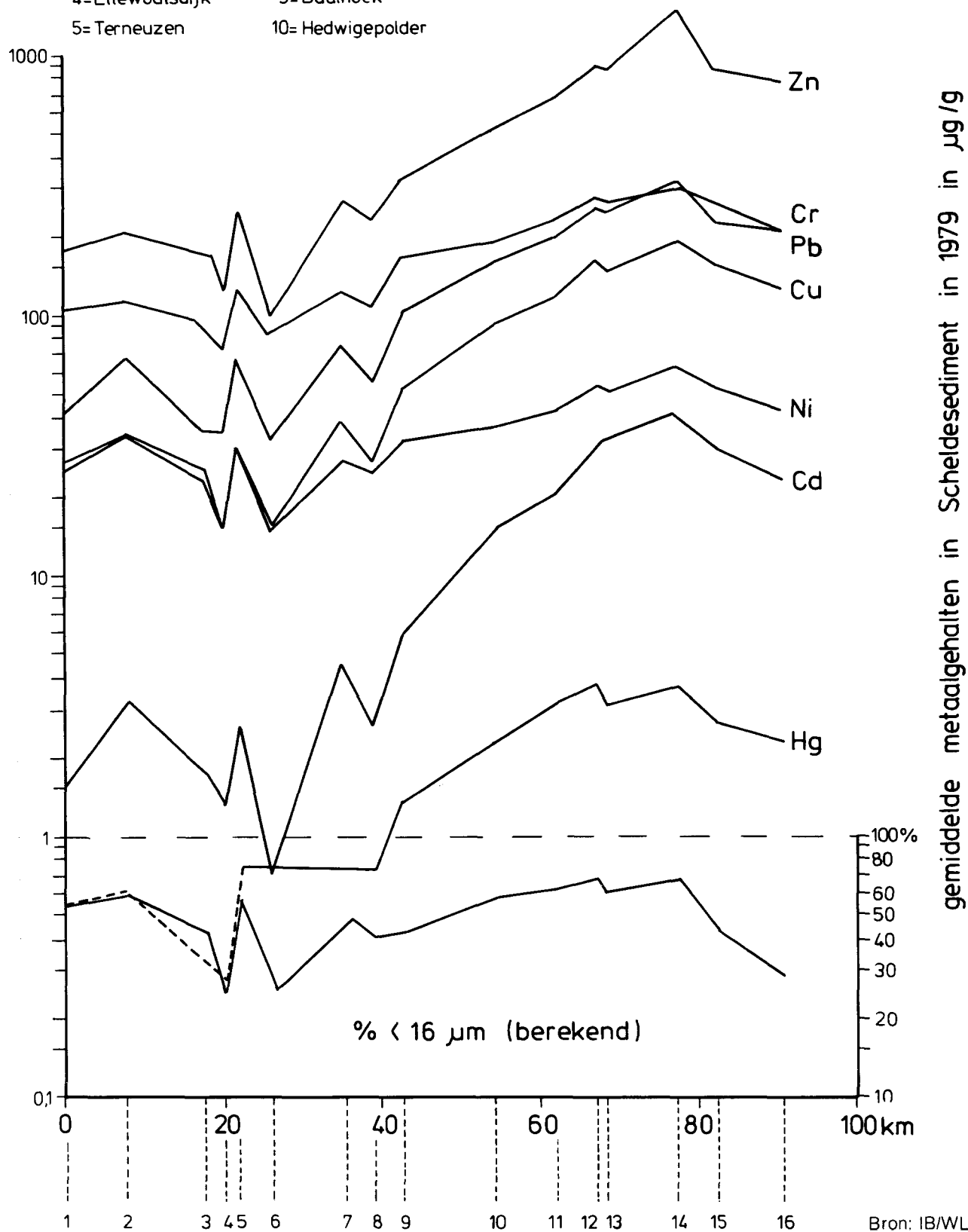
1= Breskens  
2= Sloehaven  
3= DOW  
4= Ellewoutsdijk  
5= Terneuzen

6= Griete  
7= Hansweert  
8= Perkpolder  
9= Baalhoek  
10= Hedwigepolder

11= Doel  
12= Boudewijnsdijk  
13= Krankeloonpolder

14= Royerssluizen  
15= Antwerpen  
16= Rupelmonding

fig. 12.1.



aan kwik, cadmium, zink, lood en PCB's. Ook de garnalen in de Westerschelde bevatten verhoogde kwikgehalten.

Uit een onderzoek in 1977 uitgevoerd door het Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek (lit. 55, 59) blijken de huidige cadmiumgehalten in het sediment van schorren 8-25 maal zo hoog te zijn als de oorspronkelijke natuurlijke gehalten, terwijl dit voor schorren in de kom van de Oosterschelde een faktor 2-3 is. Voor kwik in de Westerschelde is dit 3-10 maal. Ook de vegetaties bevatten hogere gehalten. Zo zijn in lamsoor cadmiumgehalten van 400-500  $\mu\text{g/kg}$  aangetroffen; dit is 4-5 maal zo veel als de grenswaarde van de Wereldgezondheidsorganisatie aangeeft voor gewassen die worden geconsumeerd. In zeekraal zijn de cadmiumgehalten lager, 260  $\mu\text{g/kg}$ .

Voor kwik wordt 30  $\mu\text{g/kg}$  als grenswaarde aangehouden. De gevonden gehalten in lamsoor en zeekraal uit de Westerschelde bedragen 30-40% van deze grenswaarde; in de Oosterschelde is dit 10-25% van de toelaatbare hoeveelheden.

In tabel 12.4 wordt een overzicht gegeven van waargenomen gehalten aan zware metalen (lit.59) in vegetaties op schorren in Westerschelde en Oosterschelde. De schorvegetaties in de Westerschelde vertonen, in tegenstelling tot in het water levende organismen als mosselen, wel een dalende gradiënt in westelijke richting.

In het algemeen blijkt er een interactie te bestaan tussen de vier compartimenten water, sediment, zwevend stof en organismen.

Met name over interacties tussen organismen en de overige drie compartimenten is evenwel nog weinig bekend.

Om duidelijke uitspraken te kunnen doen is verder onderzoek noodzakelijk.

Tabel 12.4 Overzicht van waargenomen gehalten aan zware metalen in vegetaties op schorren in Westerschelde (Ellewoutsdijk, Waarde Bath) en Oosterschelde (Stroodorpepolder). Gehalten in  $\mu\text{g/kg}$  droog gewicht.

|                  | Nikkel   | Koper      | Cadmium | Kwik   | Lood       |
|------------------|----------|------------|---------|--------|------------|
| Ellewoutsdijk    | 100-4600 | 3200-21100 | 70-2700 | 10-140 | 5500- 6300 |
| Waarde           | 200-6200 | 3400-15000 | 50-5400 | 20-360 | 1900-19700 |
| Bath             | 500-5400 | 3800-31100 | 50-4200 | 20-200 | 1700-19700 |
| Stroodorpepolder | 400-5000 | 2600-22100 | 70-1500 | 20-100 | 1800-14200 |

Bron: DIHO.

Tabel 12.2 Resultaten onderzoek Joint Monitoring Group 1979-1981 naar gehalten van metalen en organochloorverbindingen in mosselen van diverse lokaties, uitgedrukt in mg per kg nat vleesgewicht.

| Parameter | Periode  | Zuidergat |           |           | Pas v. Terneuzen |           |           | Vlissingen |           |           |
|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|------------------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|
|           |          | 1979      | 1980      | 1981      | 1979             | 1980      | 1981      | 1979       | 1980      | 1981      |
| Kwik      | voorjaar | 0,05      | 0,05      | 0,10      | 0,09             | 0,05      | 0,12      | 0,05       | 0,06      | 0,07      |
|           | najaar   | 0,09      | 0,07      | 0,14      | 0,08             | 0,10      | 0,11      | 0,10       | 0,04      | 0,06      |
| Cadmiüm   | voorjaar | 3,05      | 6,6       | 6,50      | 2,75             | 2,8       | 5,15      | 1,50       | 0,69      | 1,20      |
|           | najaar   | 2,53      | 12,8      | 4,10      | 0,51             | 7,4       | 2,80      | 2,82       | 1,05      | 0,54      |
| Zink      | voorjaar | -         | 15        | 29        | -                | 17        | 36        | -          | 23        | 35        |
|           | najaar   | -         | 35        | 30        | -                | 31        | 34        | -          | 20        | 27        |
| Koper     | voorjaar | -         | 3,6       | 1,85      | -                | 3,8       | 1,60      | -          | 3,3       | 1,80      |
|           | najaar   | -         | 3,6       | 1,75      | -                | 4,0       | 1,50      | -          | 4,3       | 2,15      |
| Chroom    | voorjaar | -         | 1,6       | 0,59      | -                | 1,1       | 1,15      | -          | 1,9       | 0,31      |
|           | najaar   | -         | 0,8       | 0,67      | -                | 3,1       | 0,90      | -          | 1,8       | 0,57      |
| Lood      | voorjaar | -         | 0,7       | 0,78      | -                | 0,9       | 1,20      | -          | 1,2       | 1,15      |
|           | najaar   | -         | 1,1       | 0,74      | -                | 2,0       | 0,73      | -          | 1,3       | 1,14      |
| PCB       | voorjaar | 0,17/0,22 | 0,25/0,28 | 0,15/0,16 | 0,10/0,15        | 0,09/0,12 | 0,09/0,10 | 0,05/0,10  | 0,06/0,11 | 0,06/0,07 |
|           | najaar   | 0,25/0,27 | 0,19/0,24 | 0,10      | 0,13/0,15        | 0,11/0,16 | 0,10      | 0,12/0,15  | 0,12/0,17 | 0,14      |
| HCB       | voorjaar | 0,001     | 0,001     | 0,001     | 0,001            | 0,001     | 0,001     | 0,001      | 0,001     | 0,001     |
|           | najaar   | 0,001     | 0,001     | 0,001     | 0,001            | 0,001     | 0,001     | 0,001      | 0,001     | 0,001     |

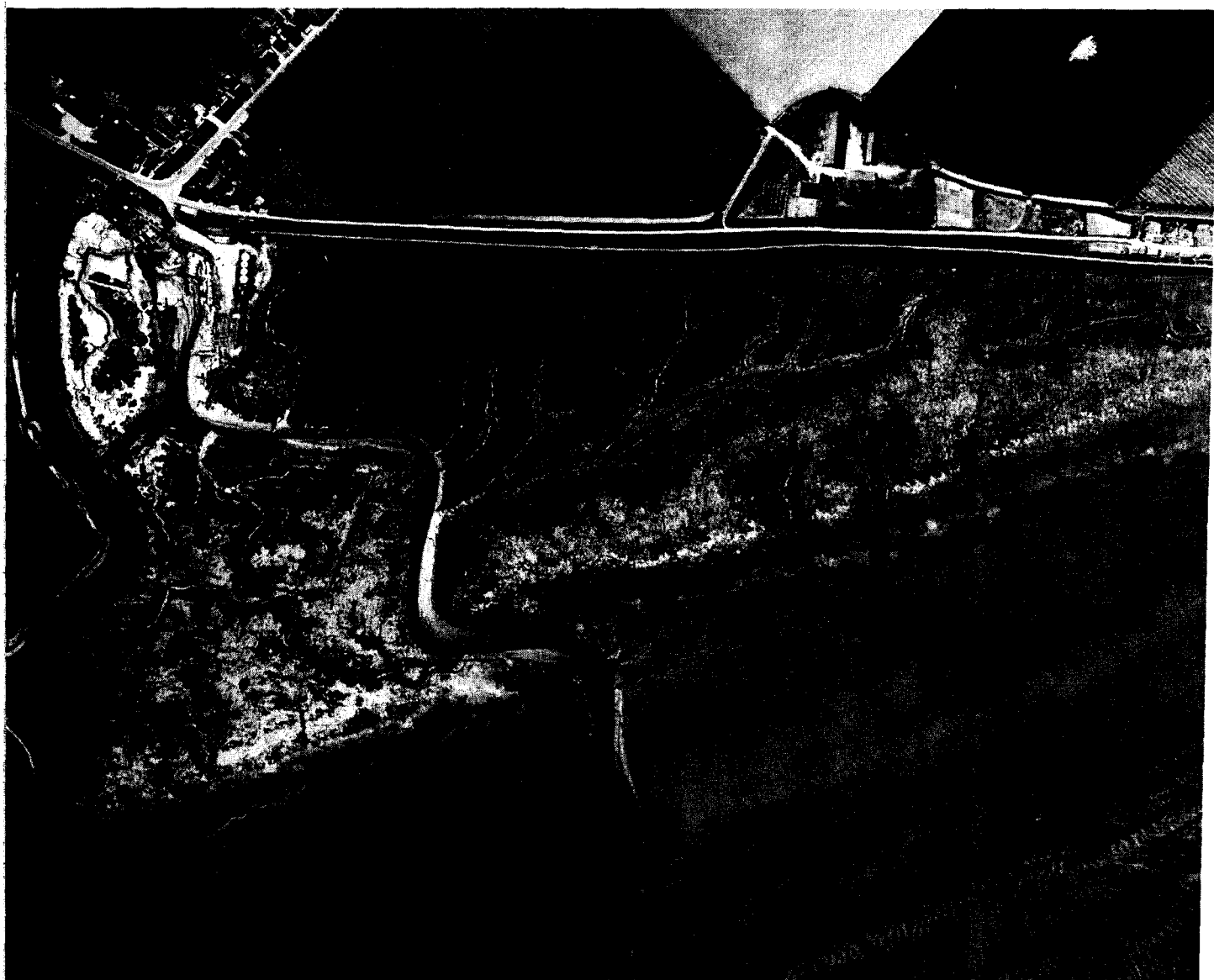
  

| Parameter | Periode  | Waddenzee |           |           | Oude Wester Bems |           |           | Bems, Bocht van Watum |           |           |
|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|------------------|-----------|-----------|-----------------------|-----------|-----------|
|           |          | 1979      | 1980      | 1981      | 1979             | 1980      | 1981      | 1979                  | 1980      | 1981      |
| Kwik      | voorjaar | 0,09      | 0,06      | 0,06      | -                | 0,03      | 0,06      | -                     | 0,17      | 0,08      |
|           | najaar   | 0,06      | 0,05      | 0,05      | -                | 0,06      | -         | -                     | -         | 0,06      |
| Cadmiüm   | voorjaar | 0,33      | 0,37      | 0,55      | -                | 0,33      | 0,78      | -                     | 0,48      | 0,43      |
|           | najaar   | 0,10      | 0,12      | 0,14      | -                | 0,33      | -         | -                     | -         | 0,13      |
| Zink      | voorjaar | -         | 13        | 11,8      | -                | 20        | 15,2      | -                     | 21        | 13,9      |
|           | najaar   | -         | 15        | 9,8       | -                | 9,9       | -         | -                     | -         | 15,0      |
| Koper     | voorjaar | -         | 4,4       | 1,65      | -                | 3,5       | 1,75      | -                     | 2,6       | 1,80      |
|           | najaar   | -         | 3,8       | 1,65      | -                | 3,6       | -         | -                     | -         | 1,00      |
| Chroom    | voorjaar | -         | 3,2       | 0,36      | -                | 1,6       | 1,75      | -                     | 2,4       | 1,40      |
|           | najaar   | -         | 2,0       | 0,30      | -                | 3,3       | -         | -                     | -         | 0,79      |
| Lood      | voorjaar | -         | 0,66      | 0,45      | -                | 0,42      | 0,42      | -                     | 0,51      | 0,58      |
|           | najaar   | -         | 0,69      | 0,59      | -                | 0,74      | -         | -                     | -         | 0,51      |
| PCB       | voorjaar | -         | 0,07/0,12 | 0,07      | -                | 0,06/0,09 | 0,02/0,04 | -                     | 0,02/0,07 | 0,02/0,03 |
|           | najaar   | 0,06/0,11 | 0,11/0,16 | 0,08/0,09 | -                | 0,05/0,11 | -         | -                     | -         | 0,09/0,10 |
| HCB       | voorjaar | -         | 0,001     | 0,002     | -                | 0,001     | 0,001     | -                     | 0,001     | 0,001     |
|           | najaar   | 0,001     | 0,001     | 0,001     | -                | 0,001     | -         | -                     | -         | 0,002     |

Tabel 12.3 Resultaten onderzoek Joint Monitoring Group 1979-1981 naar gehalten van metalen en organochloorverbindingen in garnalen van diverse lokaties, uitgedrukt in mg per kg nat vleesgewicht.

| Parameter | Periode  | Westerschelde, Breskens |       |       | Waddenzee |       |       | Oude Wester Bems |       |       |
|-----------|----------|-------------------------|-------|-------|-----------|-------|-------|------------------|-------|-------|
|           |          | 1979                    | 1980  | 1981  | 1979      | 1980  | 1981  | 1979             | 1980  | 1981  |
| Kwik      | voorjaar | -                       | 0,32  | 0,08  | 0,15      | 0,18  | 0,09  | -                | 0,08  | 0,11  |
|           | najaar   | 0,16                    | 0,13  | 0,58  | 0,09      | 0,06  | -     | 0,15             | 0,06  | 0,21  |
| Cadmiüm   | voorjaar | -                       | 0,012 | 0,015 | 0,007     | 0,07  | 0,01  | -                | 0,005 | 0,046 |
|           | najaar   | 0,09                    | 0,013 | 0,005 | 0,002     | 0,010 | -     | 0,002            | 0,010 | 0,005 |
| Zink      | voorjaar | -                       | 6,8   | 11,9  | -         | 16    | 15    | -                | 11    | 12,6  |
|           | najaar   | -                       | 14    | 10,4  | -         | 12    | -     | -                | 17    | 10,8  |
| Koper     | voorjaar | -                       | 5,7   | 3,3   | -         | 5,9   | 3,3   | -                | 5,7   | 4,3   |
|           | najaar   | -                       | 5,9   | 3,8   | -         | 6,7   | -     | -                | 10,0  | 3,0   |
| Chroom    | voorjaar | -                       | 0,15  | 0,02  | -         | 0,26  | 0,11  | -                | 0,23  | 0,02  |
|           | najaar   | -                       | 0,03  | 0,03  | -         | 0,13  | -     | -                | 0,12  | 0,47  |
| Lood      | voorjaar | -                       | 0,21  | 0,22  | -         | 0,34  | 0,24  | -                | 0,31  | 0,10  |
|           | najaar   | -                       | 0,21  | 0,05  | -         | 0,17  | -     | -                | 0,14  | 0,01  |
| PCB       | voorjaar | -                       | 0,01/ | 0,01/ | 0,05/     | 0,04/ | 0,04/ | -                | 0,01  | 0,01/ |
|           |          |                         | 0,07  | 0,02  | 0,08      | 0,08  | 0,07  |                  |       | 0,02  |
|           | najaar   | 0,02/                   | 0,07/ | 0,01/ | 0,02/     | 0,02/ | 0,01/ | 0,04/            | 0,01/ | 0,01/ |
|           |          | 0,07                    | 0,13  | 0,13  | 0,03      | 0,08  | 0,03  | 0,07             | 0,07  | 0,02  |
| HCB       | voorjaar | -                       | 0,001 | 0,001 | 0,001     | 0,001 | 0,001 | -                | 0,001 | 0,001 |
|           | najaar   | 0,001                   | 0,001 | 0,001 | 0,001     | 0,001 | 0,001 | 0,001            | 0,001 | 0,001 |

Schor tussen Baalhoek en Paal (foto: KLM Aerocarto).



## 13. Conclusies en aanbevelingen

### 13.1 Conclusies

De Westerschelde wordt met vele verontreinigingen belast. De belangrijkste bronnen zijn:

- de Schelde met voorbelasting uit België en Frankrijk, gevolgd door
- industriële en huishoudelijke afvalwaterlozingen (afvalwaterleidingen bij o.a. Waarde, Terneuzen en Vlissingen) en gipsstortingen en
- het kanaal van Gent naar Terneuzen met voorbelasting uit de Schelde bij Gent.

Tot aan het begin van de 70-er jaren is de waterkwaliteit van de Westerschelde verslechterd. Door de economische teruggang, saneringen en het bouwen van rioolwaterzuiveringsinstallaties is na 1973-1974 een geleidelijke verbetering van de waterkwaliteit opgetreden.

Ook een natuurlijke faktor, de Schelde-afvoer, heeft hier een rol in gespeeld met een daling van de jaargemiddelde afvoer in de tweede helft van de 60-er jaren en een stijging in de 70-er jaren.

De verlaging van de BZV<sub>5</sub> belasting vanuit België in de 70-er jaren heeft ertoe geleid dat het zuurstofgehalte in de Schelde en het oostelijk deel van de Westerschelde kon toenemen, waardoor nitrifikatieprocessen opgang konden komen. Het duidelijkst is dit waarneembaar in het oostelijk deel van de Westerschelde uit het afnemen van gehalten aan Kjeldahl- en ammoniumstikstof en een toename van het gehalte aan nitraatstikstof.

Ondanks de geleidelijke verbetering van de waterkwaliteit werden in 1981 bij Schaar van Ouden Doel nog vrijwel zuurstofloze (gehalten lager dan 2 mg O<sub>2</sub>/l) situaties waargenomen.

Andere waterkwaliteitsparameters die verbeterd zijn in de 70-er jaren zijn olie, kwik, lood, chroom, fenol, synthetische detergenten en tritium. Daarentegen is een verslechtering opgetreden van de gehalten aan nikkel, drins (1980 en 1981) en polycyclische aromatische koolwaterstoffen. Deze trends zijn het meest duidelijk waarneembaar in het oostelijk deel van de Westerschelde.

Een verbetering van de waterkwaliteit in het oostelijk deel van de Westerschelde impliceert niet altijd dat de door de Schelde aangevoerde vrachten zijn afgenomen; het afvoerre-gime is daar te grillig voor. Een daling van de gehalten maar nauwelijks of geen daling van de vracht is geconstateerd voor de parameters Kjeldahlstikstof, ammoniumstikstof, lood, zink, fenol en synthetische detergenten.

In de jaren 1979 t/m 1981 zijn op het grenspunt de normen voor de basiskwaliteit van zoet water niet gehaald voor de parameters zuurstof, totaal fosfaat, ammoniak + ammoniumstikstof, cadmium, kwik, nikkel, olie, polycyclische aromatische koolwaterstoffen, (totaal)- organochloorpesticiden, lieldrin, hexachloorbenzeen en thermotolerante bacteriën en de coligroep.

In westelijke richting nemen in het water de gehalten aan verontreinigingen af door verdunning met zeewater, afbraak en sedimentatie. De gehalten bij Vlissingen zijn hierdoor aanmerkelijk lager dan bij Schaar van Ouden Doel. Een uitzonde-

ring hierop zijn cadmium (geen afname van gehalten in opgeloste vorm),  $\beta$ -restactiviteit, strontium-90, totale  $\alpha$ -activiteit en synthetische detergenten (de laatste vier parameters zijn vrij constant in de gehele Westerschelde).

Jaarlijks sedimenteert ca. 10<sup>6</sup> ton zwevend stof in de Westerschelde, afkomstig uit Noordzee en Schelde. Gebonden aan zwevend stof sedimenteren jaarlijks enkele tonnen kwik tot enkele duizenden tonnen fosfaat afkomstig uit de Schelde en de Noordzee.

Omdat organische mikroverontreinigingen alleen in totaal vorm en voornamelijk bij Schaar van Ouden Doel bepaald worden, is het niet mogelijk het gedrag van deze stoffen te beschrijven.

In westelijke richting nemen de gehalten aan metalen in sediment af. Deze trend is ook in vegetaties op schorren aange-toond.

De mosselen in de Westerschelde bevatten, vergeleken met wateren als Waddenzee en Eems Dollard estuarium, de hoogste gehalten aan metalen en PCB's. Hoewel op grond van een afname aan gehalten in sediment, zwevend stof en water in westelijke richting ook een afname in mosselen te verwachten zou zijn, is dit niet waargenomen voor kwik, cadmium, zink, chroom, lood, koper en PCB's.

### 13.2 Aanbevelingen voor verder onderzoek

De beschrijving van de waterkwaliteit van de Westerschelde in de periode 1964-1981 heeft een aantal onduidelijkheden en „witte vlekken” inzake bemonsteringen en kennis over oppervlaktewaterprocessen opgeleverd. Derhalve is het wenselijk de volgende punten nader te bestuderen.

Ten aanzien van het routineprogramma

- Zwevend stof. Aangezien het zwevend stofgehalte een grote invloed heeft op de gehalten aan andere in de waterfase voorkomende stoffen (vooral mikroverontreinigingen) is het van groot belang een juiste indruk te krijgen van het voorkomen van zwevend stof in de Westerschelde. Onderzocht dient te worden of de huidige meetfrequentie wel voldoende is om toekomstige veranderingen door verdergaande saneringen en uitbreiding van de baggerwerken goed te kunnen volgen.
- Organische mikroverontreinigingen. Organische mikroverontreinigingen komen zowel in opgeloste vorm als gebonden aan zwevend stof in oppervlaktewater voor. Momenteel worden in de Westerschelde alleen bij Schaar van Ouden Doel routinematige bepalingen gedaan in de vorm van totaal gehalten. Nagegaan dient te worden in hoeverre het routinematig bepalen van organische mikroverontreinigingen in opgeloste en totaal vorm op meerdere lokaties kan bijdragen tot kennis inzake adsorptie, desorptie, sedimentatie en eventuele afbraak van organische mikroverontreinigingen.
- Representativiteit monsterpunten. Toen in 1964 begonnen werd met het routine-onderzoeksprogramma waren

de monsterlokaties gebaseerd op de toenmalige geulliging en stromingspatronen. In de loop der tijd zijn, met name door een toename van de onderhoudsbaggerwerkzaamheden, de geulliging en stromingspatronen veranderd, terwijl monsterpunten niet van lokatie veranderden. Het is daarom noodzakelijk een onderzoek in te stellen in hoeverre de watermonsters op de huidige lokaties nog representatief zijn voor de waterkwaliteit van de Westerschelde. In 1982 is reeds een dergelijk onderzoek gedaan voor de meetpunten Vlissingen, Hansweert en Schaar van Ouden Doel.

#### Nader te bestuderen aandachtspunten

- Controle vrachtberekeningen. De in dit rapport weergegeven jaarvrachten zijn berekend aan de hand van veertien-daagse bemonsteringen rond de laagwaterkentering bij Schaar van Ouden Doel en dekadegemiddelde Scheldeafvoeren waarbij correcties zijn toegepast voor het chloordegehalte. Een controle van deze berekeningen op basis van belasting door de Schelde en bijrivieren bovenstrooms van Schaar van Ouden Doel verdient aanbeveling.
- Adsorptie en desorptie. In de Westerschelde vindt in de richting van de Noordzee een verlaging van gehalten aan metalen in water (behalve nikkel), zwevend stof en sediment plaats. Ook niet metalen, zoals nutriënten, olie en vermoedelijk alle organische mikroverontreinigingen, vertonen dit gedrag. Nog onbekend zijn invloeden van lozingen en verdunning door zeewater op adsorptie aan en desorptie uit zwevend stof. Een eerste onderzoek (lit.10) duidt op desorptie van metalen bij een toename van het zoutgehalte.
- Sedimentatie. In de Westerschelde sedimenteren jaarlijks vele tonnen metalen afkomstig uit de Noordzee en de Schelde. Niet bekend is wat het aandeel is van lozingen op deze sedimentatieprocessen. Voor het berekenen van sedimentatieprocessen waarbij lozingen niet zijn verwaarloosd is het noodzakelijk nieuwe balansberekeningen aangevuld met lozingsgegevens op te stellen.
- Waterkwaliteitsnormen. In het IMP 1980-1984 is de algemene waterkwaliteitsdoelstelling „basiskwaliteit” voor zoet water met daarbij behorende normen geïntroduceerd. Voor zout en brak water ontbreken dergelijke algemene doelstellingen, waardoor een juiste toetsing niet goed mogelijk is. Het is daarom wenselijk de mogelijkheden na te gaan om te komen tot dergelijke algemene ecologisch gerichte waterkwaliteitsdoelstellingen.
- Zwevend stof (transport). De fluktuaties van het zwevend stofgehalte in de Westerschelde worden onder andere veroorzaakt door getijwerkingen en stromingen. Waarschijnlijk komen ook over de vertikaal verschillen in gehalten voor. Met behulp van 13 uurs metingen, waarbij over een geheel dwarsprofiel bemonsterd zou moeten worden, is het mogelijk meer informatie over zwevend stof transport in combinatie met stromingen en getijwerking te verkrijgen.
- Zwevend stof (samenstelling). Evenals voor sediment het geval is, is voor zwevend stof de samenstelling (korrelgrootteverdeling, organisch koolstofgehalte) bepalend voor de mate waarin verontreinigingen aan het zwevend stof geadsorbeerd zijn. Via speciale bemonsteringsme-

thodiek zou op een aantal lokaties zwevend stof verzameld en geanalyseerd moeten worden op samenstelling gehalten aan metalen en organische mikroverontreinigingen.

- Relatie verontreinigingen-organismen. Gebleken is dat de gehalten van enkele organische en anorganische verbindingen in organismen uit de Westerschelde tot de hoogst in de Nederlandse zoute wateren behoren.

Nader onderzoek is nodig om na te kunnen gaan:

- wat de relatie is tussen de verontreinigingsgraad van de Westerschelde en die in organismen.
- of het monitoren van organismen in de Westerschelde een onderdeel dient uit te maken van het routine programma.
- of er factoren zijn die de opname van verontreinigingen in organismen beïnvloeden (bijv. verdunning, het voorkomen van verontreiniging in opgeloste vorm of wel gebonden aan zwevend stof)

# BIJLAGEN

## BIJLAGE I

Overzicht van de normen met betrekking tot de basiskwaliteit volgens het IMP 1980-1984.

| Parameter                                                                              | Norm                                | Opmerkingen                                                                                                                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Doorzicht                                                                              | absoluut < 0,5 m                    |                                                                                                                                               |
| Temperatuur                                                                            | absoluut < 25°C                     |                                                                                                                                               |
| Zuurstof                                                                               | absoluut < 5 mg/l                   |                                                                                                                                               |
| Zuurgraad                                                                              | absoluut 6,5 < pH < 9,0             |                                                                                                                                               |
| Chlorofyl-a                                                                            | gemiddeld < 100 µg/l                | alleen 's zomers                                                                                                                              |
| Totaal-fosfaat                                                                         | gemiddeld < 0,3 mg/l P              |                                                                                                                                               |
| Nitraat + nitriet                                                                      | absoluut < 10,0 mg/l N              |                                                                                                                                               |
| BZV <sub>5</sub>                                                                       | gemiddeld < 5,0 mgO <sub>2</sub> /l |                                                                                                                                               |
| Ammonium + ammoniak                                                                    | gemiddeld < 1,0 mg/l N              |                                                                                                                                               |
| Fenol                                                                                  | absoluut < 10 µg/l                  |                                                                                                                                               |
| Cadmium                                                                                | absoluut < 2,5 µg/l                 | zwarte lijststof                                                                                                                              |
| Kwik                                                                                   | absoluut < 0,5 µg/l                 | zwarte lijststof                                                                                                                              |
| Koper                                                                                  | absoluut < 50 µg/l                  | )                                                                                                                                             |
| Lood                                                                                   | absoluut < 50 µg/l                  | )grijze lijst-                                                                                                                                |
| Zink                                                                                   | absoluut < 200 µg/l                 | )stoffen                                                                                                                                      |
| Chroom                                                                                 | absoluut < 50 µg/l                  | )                                                                                                                                             |
| Nikkel                                                                                 | absoluut < 50 µg/l                  | )                                                                                                                                             |
| Olie                                                                                   | absoluut < 0,2 mg/kg                |                                                                                                                                               |
| PAK                                                                                    | absoluut < 200 ng/l                 | deels zwarte<br>lijststof                                                                                                                     |
| Synthetische detergenten                                                               | absoluut < 0,2 mg/l                 |                                                                                                                                               |
| Organochloorpesticiden<br>(totaal)                                                     | absoluut < 0,10 µg/l                | Hieronder vallen:<br>aldrin, dieldrin, endrin, HCB, DDT<br>en metabolieten, heptachloor en<br>lindaan. Meest zijn het zwarte<br>lijststoffen. |
| (individueel)                                                                          | absoluut < 0,05 µg/l                |                                                                                                                                               |
| α + β + γ-aktiviteit, excl. H <sup>3</sup> ,<br>Ra <sup>226</sup> en Ra <sup>228</sup> | gemiddeld < 100 pCi/l               |                                                                                                                                               |
| H <sup>3</sup>                                                                         | gemiddeld < 5000 pCi/l              |                                                                                                                                               |
| Thermotolerante bacteriën van<br>de coligroep                                          | mediaan < 20 MPN/ml                 |                                                                                                                                               |
| Geur                                                                                   | natuurlijk                          |                                                                                                                                               |
| Kleur                                                                                  | natuurlijk                          |                                                                                                                                               |
| Drijvend vuil, schuim of oliefilm                                                      | afwezig                             |                                                                                                                                               |

Toetsing van relevante parameters aan de waterkwaliteitsdoelstelling basiskwaliteit voor zoetwater, meetpunt Schaar van ouden Doel

| Parameter                      | Aantal waar-<br>nemingen                                                 |    | minimum |      | maximum |      | toetswaarde |       |      |      | aantal overschrij-<br>dingen van de norm |      |      |      | toetsresultaat |   |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|----|---------|------|---------|------|-------------|-------|------|------|------------------------------------------|------|------|------|----------------|---|
|                                |                                                                          |    | 1979    | 1980 | 1981    | 1979 | 1980        | 1981  | 1979 | 1980 | 1981                                     | 1979 | 1980 | 1981 |                |   |
| temperatuur                    | 26                                                                       | 27 | 25      | 2,1  | 2,8     | 2,3  | 20,9        | 21,8  | 21,1 | 20,3 | 19,8                                     | 20,0 | 0    | 0    | 0              | + |
| zuurstof                       | 26                                                                       | 27 | 24      | 0,9  | 0,6     | 1,1  | 7,5         | 5,9   | 6,9  | 1,0  | 0,8                                      | 1,4  | 25   | 26   | 19             | - |
| zuurgraad                      | 26                                                                       | 26 | 25      | 7,30 | 7,30    | 7,40 | 7,70        | 7,90  | 8,10 | 7,70 | 7,80                                     | 7,60 | 0    | 0    | 0              | + |
| chlorofyl-a                    | 14                                                                       | 13 | 12      | 7,0  | 4,8     | 8,0  | 97,0        | 72,0  | 92,4 | 39,0 | 39,0                                     | 4,35 | 0    | 0    | 0              | + |
| totaal-fosfaat                 | 25                                                                       | 25 | 25      | 0,71 | 0,38    | 0,64 | 2,35        | 3,10  | 3,92 | 1,16 | 1,17                                     | 1,11 | 25   | 25   | 25             | - |
| nitraat + nitriet              | 26                                                                       | 27 | 26      | 0,16 | 2,09    | 3,17 | 5,39        | 5,39  | 5,77 | 4,95 | 5,29                                     | 5,15 | 0    | 0    | 0              | + |
| BZV <sub>20</sub> <sub>5</sub> | 25                                                                       | 27 | 25      | 1,6  | 1,1     | 2,4  | 7,2         | 6,9   | 7,8  | 3,9  | 3,3                                      | 4,0  | 6    | 3    | 5              | + |
| ammonium + ammo-<br>niak       | 26                                                                       | 27 | 26      | 1,36 | 0,19    | 0,24 | 6,12        | 5,64  | 4,35 | 3,44 | 2,55                                     | 2,46 | 26   | 24   | 22             | - |
| fenol                          | 25                                                                       | 26 | 24      | 2    | n.m.    | 1    | 22          | 8     | 8    | 7    | 8                                        | 7    | 2    | 0    | 0              | + |
| cadmium                        | 8                                                                        | 9  | 8       | 1,1  | 1,2     | 0,9  | 5,6         | 4,4   | 3,8  | 5,6  | 4,4                                      | 3,8  | 3    | 5    | 1              | - |
| kwik                           | 8                                                                        | 9  | 9       | 0,10 | 0,05    | 0,06 | 0,70        | 0,35  | 0,27 | 0,70 | 0,35                                     | 0,27 | 3    | 0    | 0              | + |
| koper                          | /                                                                        | 9  | 8       | /    | 8       | 5    | /           | 22    | 24   | /    | 22                                       | 24   | /    | 0    | 0              | / |
| lood                           | 8                                                                        | 9  | 8       | 9    | 9       | 7    | 46          | 31    | 32   | 46   | 31                                       | 32   | 0    | 0    | 0              | + |
| zink                           | 7                                                                        | 9  | 8       | 42   | 37      | 25   | 180         | 134   | 142  | 180  | 134                                      | 142  | 0    | 0    | 0              | + |
| chromium                       | 8                                                                        | 9  | 9       | 10   | 9       | 6    | 48          | 28    | 44   | 48   | 78                                       | 44   | 0    | 0    | 0              | + |
| nikkel                         | 7                                                                        | 8  | 6       | 14   | 16      | 16   | 42          | 54    | 53   | 42   | 54                                       | 53   | 0    | 2    | 1              | + |
| olie                           | 13                                                                       | 10 | 14      | n.m. | n.m.    | n.m. | 1,0         | 1,3   | 0,3  | 0,6  | 1,3                                      | 0,2  | 8    | 2    | 4              | - |
| PAK                            | 25                                                                       | 11 | 12      | 120  | 100     | 80   | 1700        | 740   | 760  | 740  | 690                                      | 640  | 21   | 10   | 8              | - |
| sythetische<br>detergenten     | 23                                                                       | 27 | 25      | 0,03 | n.m.    | 0,01 | 2,10        | 0,07  | 0,11 | 0,14 | 0,06                                     | 0,06 | 1    | 0    | 0              | + |
| organochloor-                  |                                                                          |    |         |      |         |      |             |       |      |      |                                          |      |      |      |                |   |
| pesticiden(totaal)             | 10                                                                       | 13 | 11      | n.m. | n.m.    | 0,02 | 0,10        | 6,72  | 0,16 | 0,10 | 1,20                                     | 0,06 | 1    | 6    | 1              | - |
| aldrin                         | 10                                                                       | 13 | 11      | n.m. | n.m.    | n.m. | n.m.        | 0,96  | 0,02 | n.m. | 0,04                                     | 0,01 | 0    | 1    | 0              | + |
| dieldrin                       | 10                                                                       | 13 | 11      | n.m. | n.m.    | n.m. | n.m.        | 1,96  | n.m. | n.m. | 1,2                                      | n.m. | 0    | 4    | 0              | + |
| endrin                         | 10                                                                       | 13 | 11      | n.m. | n.m.    | n.m. | n.m.        | 2,77  | 0,06 | n.m. | 0,03                                     | n.m. | 0    | 1    | 1              | + |
| HCB                            | 10                                                                       | 13 | 11      | n.m. | n.m.    | n.m. | 0,08        | 0,95  | 0,02 | 0,08 | 0,05                                     | n.m. | 1    | 2    | 0              | + |
| TDE                            | 10                                                                       | 13 | 11      | n.m. | n.m.    | n.m. | n.m.        | n.m.  | n.m. | n.m. | n.m.                                     | n.m. | 0    | 0    | 0              | + |
| pp-DDE                         | 10                                                                       | 13 | 11      | n.m. | n.m.    | n.m. | n.m.        | n.m.  | n.m. | n.m. | n.m.                                     | n.m. | 0    | 0    | 0              | + |
| op-DDT                         | 10                                                                       | 13 | 11      | n.m. | n.m.    | n.m. | n.m.        | n.m.  | n.m. | n.m. | n.m.                                     | n.m. | 0    | 0    | 0              | + |
| pp-DDT                         | 10                                                                       | 13 | 11      | n.m. | n.m.    | n.m. | n.m.        | n.m.  | n.m. | n.m. | n.m.                                     | n.m. | 0    | 0    | 0              | + |
| heptachloorepoxide             | 10                                                                       | 13 | 11      | n.m. | n.m.    | n.m. | 0,03        | 0,01  | 0,01 | n.m. | n.m.                                     | n.m. | 0    | 0    | 0              | + |
| α-HCH                          | 10                                                                       | 13 | 11      | n.m. | n.m.    | n.m. | 0,01        | 0,01  | 0,01 | 0,01 | 0,01                                     | n.m. | 0    | 0    | 0              | + |
| γ-HCH                          | 10                                                                       | 13 | 11      | n.m. | n.m.    | n.m. | 0,08        | 0,15  | 0,06 | 0,08 | 0,08                                     | 0,05 | 5    | 6    | 3              | - |
| heptachloor                    | 10                                                                       | 13 | 11      | n.m. | n.m.    | n.m. | n.m.        | n.m.  | n.m. | n.m. | n.m.                                     | n.m. | 0    | 0    | 0              | + |
| tritium                        | 27                                                                       | 29 | 26      | 210  | 60      | 150  | 560         | 400   | 450  | 398  | 268                                      | 293  | 0    | 0    | 0              | + |
| thermotolerante<br>coli's      | 12                                                                       | 13 | 13      | 17,0 | 13,0    | 1,7  | 130,0       | 130,0 | 70,0 | 39,5 | 33,0                                     | 11,0 | 10   | 10   | 3              | - |
| n.m. niet meetbaar             | / niet geanalyseerd - voldoet niet aan de norm + voldoet wel aan de norm |    |         |      |         |      |             |       |      |      |                                          |      |      |      |                |   |

## BIJLAGE II

Overzicht van de normen met betrekking tot de zwemwaterkwaliteit volgens ontwerp AMvB (juli 1981).

| Parameter                                  | Norm                                | Opmerkingen                                                                              |
|--------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Thermotolerante bacteriën van de coligroep | absoluut < 10/ml<br>mediaan < 3/ml  |                                                                                          |
| Olie                                       | absoluut < 0,2 mg/kg                |                                                                                          |
| Zuurgraad                                  | absoluut 6,5 < pH < 9,0             |                                                                                          |
| Totaal bacteriën van de coligroep          | absoluut < 50/ml<br>mediaan < 15/ml | Voor alle parameters geldt een twee wekelijkse bemonsteringsfrequentie in het badseizoen |
| Entero-virussen                            | niet aantoonbaar                    |                                                                                          |
| D-streptococci                             | absoluut < 10/ml<br>mediaan < 3/ml  |                                                                                          |
| Fenol                                      | absoluut < 10 µg/l                  |                                                                                          |
| Zuurstof                                   | absoluut < 5 mg/l                   |                                                                                          |
| Oppervlakte actieve stoffen                | absoluut < 0,2 mg/l                 |                                                                                          |
| Salmonella's                               | niet aantoonbaar                    |                                                                                          |
| Geur                                       | natuurlijk                          |                                                                                          |
| Kleur                                      | natuurlijk                          |                                                                                          |
| Drijvend vuil, schuim of oliefilm          | afwezig                             |                                                                                          |
| Doorzicht                                  | absoluut > 1,0 m                    |                                                                                          |

Tabel bij bijlage 2

Toetsing van relevante parameters aan de waterkwaliteitsdoelstelling zwemwater, meetpunt Schaar van Ouden Doel

|                          | Aantal waar-<br>nemingen |      |      | minimum                    |      |      | maximum |       |       | toetswaarde               |       |       | aantal overschrij-<br>dingen van de norm |      |      | toetsresulta |      |
|--------------------------|--------------------------|------|------|----------------------------|------|------|---------|-------|-------|---------------------------|-------|-------|------------------------------------------|------|------|--------------|------|
| Parameter                | 1979                     | 1980 | 1981 | 1979                       | 1980 | 1981 | 1979    | 1980  | 1981  | 1979                      | 1980  | 1981  | 1979                                     | 1980 | 1981 | 1979         | 1980 |
| thermotolerante coli's   | 6                        | 6    | 6    | 17,0                       | 13,0 | 4,90 | 130,0   | 130,0 | 33,0  | 130,0                     | 130,0 | 33,0  | 6                                        | 6    | 3    | -            | -    |
| Totaal coli's            | 6                        | 6    | 6    | 95,0                       | 49,0 | 22,0 | 490,0   | 130,0 | 490,0 | 490,0                     | 130,0 | 490,0 | 6                                        | 5    | 2    | -            | -    |
| Zuurgraad                | 14                       | 14   | 12   | 7,30                       | 7,50 | 7,40 | 7,70    | 7,90  | 8,10  | 7,70                      | 7,80  | 7,60  | 0                                        | 0    | 0    | +            | +    |
| olie                     | 7                        | 4    | 7    | n.m.                       | n.m. | n.m. | 0,5     | 0,1   | 0,2   | 0,5                       | 0,1   | 0,2   | 3                                        | 0    | 1    | -            | +    |
| Entero-virussen          | /                        | /    | /    | /                          | /    | /    | /       | /     | /     | /                         | /     | /     | /                                        | /    | /    | /            | /    |
| D-streptokokken          | /                        | /    | /    | /                          | /    | /    | /       | /     | /     | /                         | /     | /     | /                                        | /    | /    | /            | /    |
| Fenol                    | 13                       | 13   | 12   | 2                          | n.m. | 1    | 6       | 7     | 8     | 5                         | 4     | 4     | 0                                        | 0    | 0    | +            | +    |
| Zuurstof                 | 14                       | 14   | 12   | 0,9                        | 0,6  | 1,2  | 7,5     | 4,5   | 5,4   | 1,0                       | 0,9   | 1,7   | 13                                       | 14   | 11   | -            | -    |
| Synthetische detergenten | 14                       | 14   | 12   | 0,03                       | 0,01 | 0,03 | 0,08    | 0,07  | 0,11  | 0,05                      | 0,05  | 0,06  | 0                                        | 0    | 0    | +            | +    |
| Salmonella's             | /                        | /    | /    | /                          | /    | /    | /       | /     | /     | /                         | /     | /     | /                                        | /    | /    | /            | /    |
|                          | / niet geanalyseerd      |      |      | - voldoet niet aan de norm |      |      |         |       |       | + voldoet wel aan de norm |       |       |                                          |      |      |              |      |

### BIJLAGE III

Overzicht van de normen met betrekking tot de schelpdierwaterkwaliteit volgens ontwerp AMvB (juli 1981).

| Parameter                                   | Norm              |
|---------------------------------------------|-------------------|
| zuurstof                                    | absoluut > 70%    |
| zuurgraad                                   | 7,5 < pH < 9,0    |
| thermotolerante bacteriën van de oligogroep | absoluut < 0,3/ml |
| drijvend vuil, schuim of oliefilm           | afwezig           |

tabel bij bijlage 3

toetsing relevante parameters aan de waterkwaliteitsdoelstelling schelpdierwater, meetpunt Schaar van Ouden Doel

| parameter                                                 | aantal waarnemingen |      |      | minimum |      |      | maximum |       |      | toetswaarde |      |      | aantal overschrijdingen van de norm |      |      | toetsresultaat |      |      |
|-----------------------------------------------------------|---------------------|------|------|---------|------|------|---------|-------|------|-------------|------|------|-------------------------------------|------|------|----------------|------|------|
|                                                           | 1979                | 1980 | 1981 | 1979    | 1980 | 1981 | 1979    | 1980  | 1981 | 1979        | 1980 | 1981 | 1979                                | 1980 | 1981 | 1979           | 1980 | 1981 |
| zuurgraad                                                 | 26                  | 26   | 25   | 7,30    | 7,30 | 7,40 | 7,70    | 7,90  | 8,10 | 7,70        | 7,80 | 7,60 | 0                                   | 0    | 0    | +              | +    | +    |
| zuurstof                                                  | 26                  | 27   | 24   | 9       | 7    | 11   | 88      | 48    | 62   | 10          | 8    | 15   | 25                                  | 27   | 24   | -              | -    | -    |
| thermotolerante oli's                                     | 12                  | 13   | 13   | 17,0    | 13,0 | 1,7  | 130,0   | 130,0 | 70,0 | 39,5        | 33,0 | 11,0 | 12                                  | 13   | 13   | -              | -    | -    |
| - voldoet niet aan de norm      + voldoet wel aan de norm |                     |      |      |         |      |      |         |       |      |             |      |      |                                     |      |      |                |      |      |

## BIJLAGE IV

### Vrachtberekeningen.

De grensoverschrijdende vrachten bij Schaar van Ouden Doel worden berekend door het zogenaamde gewogen gehalte te vermenigvuldigen met de gemiddelde jaarafvoer. Het gewogen gehalte wordt als volgt berekend:

$$C = \frac{\sum_{a=1}^n C_a \cdot Q_a}{\sum_{a=1}^n Q_a} \quad \text{waarin}$$

$C$  = gewogen gehalte  
 $C_a$  = gemeten gehalte  
 $Q_a$  = afvoer in de bij dag  $a$  behorende dekade  
 $n$  = aantal meetdagen

Om de verdunning met zeewater op te heffen, dienen de gehalten gekorrigeerd te worden met de term

$$\frac{Cl_z}{Cl_z - Cl_s} \quad \text{waarin} \quad \begin{array}{ll} Cl_z & = \text{chloridegehalte in zeewater} \\ Cl_s & = \text{chloridegehalte gemeten bij Schaar van Ouden Doel} \end{array}$$

De uiteindelijke formule wordt dan:

$$G = \bar{Q}_j \cdot \frac{\sum_{a=1}^n C_a \cdot Q_a \cdot Cl_z}{\sum_{a=1}^n Q_a \cdot (Cl_z - Cl_s)}$$

waarin  $\bar{Q}_j$  = jaargemiddelde Schelde-afvoer bij Schaar van Ouden Doel.  
 $G$  = jaarvracht bij Schaar van Ouden Doel.

# BIJLAGE V

## Bijlage 5a

Staptrendbepaling met behulp van het rekenmodel OSTWAT van enkele waterkwaliteitsparameters bij Schaar van Ouden Doel. Hiertoe is de periode 1964-1981 gesplitst in vier perioden, te weten 1964-1968, 1969-1973, 1974-1977 en 1978-1981. Staptrends zijn bepaald door de gemiddelden van de periode 1964-1968 te vergelijken met die van 1969-1973 en de gemiddelden van de periode 1974-1977 met die van 1978-1971. Vorden beide staptrends met elkaar vergeleken, dan wordt een "overall" indruk van de waterkwaliteit bij Schaar van Ouden Doel in de periode 1964-1981 verkregen. Een onderscheidend vermogen van meer dan 80% wordt als significant beschouwd.

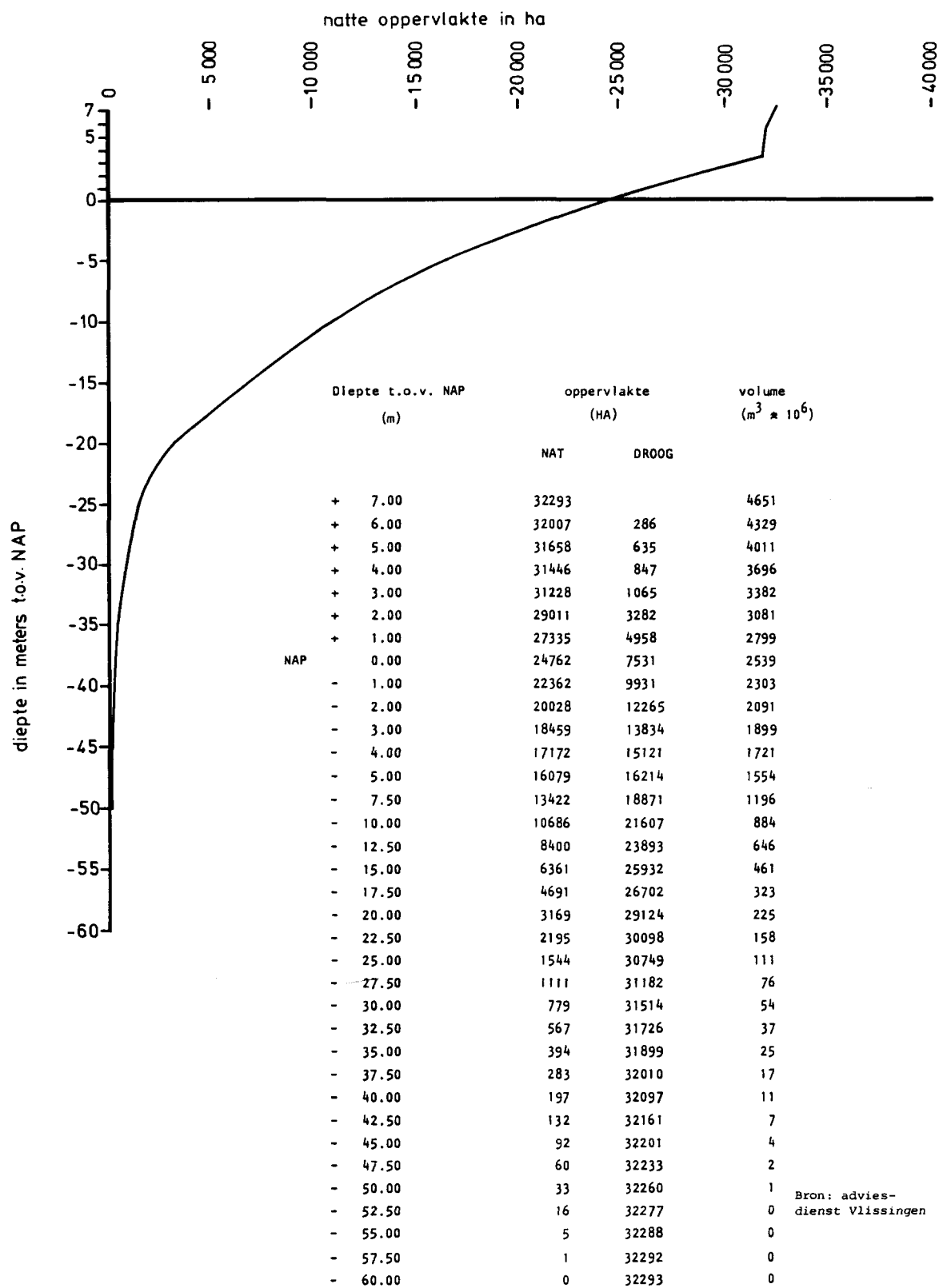
| Parameter          | Periode         | Staptrend                | Onderscheidend vermogen | Periode         | Staptrend               | Onderscheidend vermogen |
|--------------------|-----------------|--------------------------|-------------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|
| afvoer             | '64-'68/'69/'73 | -76,94 m <sup>3</sup> /s | 95%                     | '74-'77/'78-'81 | 60,81 m <sup>3</sup> /s | 81%                     |
| NH <sub>4</sub>    | idem            | 1,87 mg/l                | 82%                     | idem            | -1,59 mg/l              | 94%                     |
| zuurstof           | idem            | -2,09 mg/l               | 100%                    | idem            | 0,90 mg/l               | 91%                     |
| temperatuur        | idem            | 0,91 °C                  | 82%                     | idem            | -0,66 °C                | 28%                     |
| ammoniumstikstof   | idem            | 3,88 mg/l                | 100%                    | idem            | -1,42 mg/l              | 97%                     |
| eldahlstikstof     |                 |                          |                         | idem            | -1,14 mg/l              | 92%                     |
| itraatstikstof     |                 |                          |                         | idem            | 1,39 mg/l               | 100%                    |
| uurgraad           | idem            | 0,07 s.e.                | 87%                     | idem            | -0,002 s.e.             | 5%                      |
| orthofosfaat       |                 |                          |                         | idem            | 0,07 mg/l               | 46%                     |
| otaal-fosfaat      |                 |                          |                         | idem            | -0,11 mg/l              | 29%                     |
| olie               |                 |                          |                         | idem            | -0,16 mg/kg             | 17%                     |
| ilicium            |                 |                          |                         | '75-'77/'78-'81 | 0,36 mg/l               | 25%                     |
| wevend stof        |                 |                          |                         | idem            | -28,5 mg/l              | 70%                     |
| admium             |                 |                          |                         | '74-'77/'78-'81 | -0,34 ug/l              | 13%                     |
| wik                |                 |                          |                         | idem            | -0,21 ug/l              | 89%                     |
| ood                |                 |                          |                         | idem            | -6,11 ug/l              | 42%                     |
| ink                |                 |                          |                         | idem            | -9,08 ug/l              | 12%                     |
| hroom              |                 |                          |                         | idem            | -15,4 ug/l              | 99%                     |
| ikkel              |                 |                          |                         | idem            | 9,08 ug/l               | 100%                    |
| oper               |                 |                          |                         | idem            | -5,28 ug/l              | 42%                     |
| enol               |                 |                          |                         | idem            | -0,93 ug/l              | 82%                     |
| ynth,detergenten   |                 |                          |                         | idem            | -0,07 mg/l              | 100%                    |
| -HCH               |                 |                          |                         | idem            | -0,01 ug/l              | 95%                     |
| -HCH               |                 |                          |                         | idem            | 0,01 ug/l               | 12%                     |
| AK                 |                 |                          |                         | '75-'77/'78-'81 | 169 ng/l                | 94%                     |
| exachloorbutadiëen |                 |                          |                         | idem            | -0,07 ug/l              | 42%                     |
| CB                 |                 |                          |                         | '74-'77/'78-'81 | -0,001 ug/l             | 6%                      |
| ot.colibacteriën   |                 |                          |                         | idem            | -87,2 MPN/ml            | 31%                     |
| herm.colibacteriën |                 |                          |                         | idem            | -9,53 MPN/ml            | 10%                     |
| ot. -activiteit    |                 |                          |                         | idem            | -2,20 pCi/l             | 63%                     |
| -restactiviteit    |                 |                          |                         | '75-'77/'78-'81 | -2,35 pCi/l             | 90%                     |
| adium-226          |                 |                          |                         | idem            | -0,25 pCi/l             | 81%                     |
| ritium             |                 |                          |                         | '76-'77/'78-'81 | -64,2 pCi/l             | 88%                     |
| trontium-90        |                 |                          |                         | idem            | -0,08 pCi/l             | 23%                     |

## Bijlage 5b.

Staptrendbepaling met behulp van het rekenmodel OSTWAT van enkele waterkwaliteitsparameters bij Schaar van Ouden Doel in de periode 1964-1980, waarbij afvoercorrecties zijn toegepast. Zie voor verklarende tekst hoofdstuk 6.

| Parameter        | Periode         | Afvoer-variantie | Staptrend  | Onderscheidend vermogen | Periode         | Afvoer-variantie | Staptrend  | Onderscheidend vermogen |
|------------------|-----------------|------------------|------------|-------------------------|-----------------|------------------|------------|-------------------------|
| NH <sub>4</sub>  | '64-'67/'68-'71 | 41,6%            | 0,13 mg/l  | 8%                      | '72-'75/'76-'80 | 5,2%             | -2,20 mg/l | 98%                     |
| zuurstof         | idem            | 40,5%            | -0,65 mg/l | 94%                     | idem            | 18,9%            | 0,38 mg/l  | 77%                     |
| eldahlstikstof   |                 |                  |            |                         | '71-'75/'76-'80 | 26,9%            | -1,93 mg/l | 80%                     |
| ammoniumstikstof | '64-'67/'68-'71 | 64,9%            | 1,04 mg/l  | 75%                     | '72-'75/'76-'80 | 18,3%            | -1,90 mg/l | 96%                     |
| itraatstikstof   |                 |                  |            |                         | '70-'75/'76-'80 | 44,5%            | 1,27 mg/l  | 85%                     |
| thofosfaat       |                 |                  |            |                         | '71-'75/'76-'80 | 5,5%             | 0,10 mg/l  | 36%                     |

AFMETINGEN WESTERSCHELDE TRAJEKT VLISSINGEN -  
BELGISCH/NEDERLANDSE GRENS



## ieraadpleegde literatuur

1. „Kwaliteitsonderzoek in de Rijkswateren” kwartaaloverzichten van waterkwaliteitsgegevens in Nederland, diverse jaargangen, uitgave van Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor de Volksgezondheid en Rijksinstituut voor de Drinkwatervoorziening.
2. „De debieten van het Scheldebekken” diverse jaargangen. Uitgave van de Antwerpse Zeediensten, bestuur der waterwegen, ministerie van Openbare Werken.
3. „Indicatief Meerjaren Programma Water 1980-1984”, Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage 1981.
4. „Waterkwaliteitsaspecten van de Westerschelde”, ing. J. Hendriksma, Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater, nota 81.049, oktober 1981. Rapportage over de periode 1972-1977.
5. „De waterkwaliteit van de Rijn in Nederland in de periode 1972-1979”, ing. A. Dijkzeul, Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater, nota 80.032, juni 1980.
6. „De waterkwaliteit van de Maas in Nederland in de periode 1953-1980”, ing. D. Dijkzeul, Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater, nota 81.048, juli 1981.
7. „Voorlopig overzicht van de neerslagmetingen en de analyses van de neerslagmonsters”, kwartaalverslagen 1980 en 1981, Meetnet Regenwater, Rijksinstituut voor de Drinkwatervoorziening.
8. „Onderzoek naar de radioactiviteit in de Westerschelde, uitgevoerd in de periode 1973 t/m 1978”, ir. F.C.M. Matern, Rijksinstituut voor de Volksgezondheid, rapportnr. 247606001, februari 1981.
9. „De baggerwerken in de Belgische havens en hun maritieme toegangswegen”, ir. J. Theuns, Antwerpen, november 1979.
10. „Inventarisatie en geochemisch gedrag van zware metalen in de Schelde en Westerschelde”, Waterloopkundig Laboratorium Delft, rapport M1640/M1736, december 1981.
11. „Het Schelde estuarium”, boekdeel 10 van het eindverslag „Projekt Zee”, Jacques C.J. Nihoul en R. Wollast; nationaal onderzoeks- en ontwikkelingsprogramma leefmilieu water; Diensten van de eerste minister, Programmatie van het wetenschapsbeleid, december 1976.
12. „De Westerschelde, een milieu in beweging”, drs. H.L.F. Saeijs, Stichting Zeeuwse Coördinatie-orgaan voor Natuur-, Landschaps- en Milieubescherming, 1977.
13. „De invloed van een gipslozing ter hoogte van Terneuzen op de gehalten aan zware metalen en fosfaat in zwevend stof en afgezet slib in de Westerschelde”, Waterloopkundig Laboratorium Delft, rapport M1650, oktober 1980.
14. „Het estuarium als ontvangend water van grote hoeveelheden afvalstoffen”, Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater, Staatsdrukkerij, 's-Gravenhage 1965.
15. „Waterverontreiniging. Zuurstofhuishouding van de Westerschelde”, ir. P. Roovers, Borgerhout, december 1971.
16. „Kwaliteitsoverzicht van een aantal Belgische oppervlaktewateren”, Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie, ministerie van Volksgezondheid en het Gezin, Brussel. Diverse jaargangen.
17. „Influence of temperature and river discharge on water quality of the Western Scheldt Estuary in 1964-1978”, N. de Pauw, M. Somville, 1980.
18. „Bijdrage tot de kennis van milieu en plankton in het Westerschelde-estuarium”, doktoraatsthesis in de wetenschappen, N. de Pauw, Gent, 1975.
19. „Waterkwaliteitsplan Zuidelijke Deltawateren 1979, periode 1980-1984”, Werkgroep sanering zuidelijk Deltabekken en Westerschelde.
20. „Studie van verontreiniging van de baggerspecie van de Schelde van Antwerpen tot de Nederlandse grens”, P. van Cauwenberge, D. Verhoeve; onderzoek uitgevoerd door het Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie, 1981.
21. „Invloed van verontreiniging (kust en scheepvaart) op het ecosysteem in kustwater en open zee”, D. Maertens, 1981.
22. „Structuurschema natuur- en landschapsbehoud”, ministerie van Cultuur, Recreatie en Maatschappelijk Werk; kamerzitting '80/'81.
23. „Beschouwing omtrent de schadelijke werking op het aquatische milieu van enige stoffen vrijkomend bij de produktie van fosforzuur en fosfaathoudende meststoffen”, ing. J. Hendriksma, Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater, rapport 79.019, november 1978.
24. „De lozing van afvalwater in het kustwater”, ir. J. Bultynck, Waterzuiveringsmaatschappij van het kustbekken, Oostende, 1981.
25. „Onderzoek naar de aanwezigheid van niet-zuurstofbindende en milieuvreemde stoffen in afvalwaterstromen, effluenten van rioolwaterzuiveringsinrichtingen en regenwaterafvoeren”, ir. A.J. Dirkzwager e.a., Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater, rapport 80.034 januari 1980.
26. „Verslag kwaliteit oppervlaktewater 1980”, Technologische Dienst Zeeuwse Waterschappen, 1981.
27. „Transfer of materials in estuarine zones”, R. Wollast, J.J. Peters; International Council for the Exploration of

- the Sea, Copenhagen, oktober 1980.
28. „De natuurwetenschappelijke waarde van de Westerschelde en de bedreigingen daarvan”, drs. H.L.F. Saeijs, 1976.
  29. „De buitendijkse terreinen van de Westerschelde en de Zeeschelde”, ir. W.G. Beeftink. Artikel uit: Natuur en Landschap, zomer 1957.
  30. „Overweging betreffende de bezwaren van de PZEM aangaande de voorschriften 14 en 15 van de kernenergiewetvergunning”, Rijkswaterstaat, directie Waterhuishouding en Waterbeweging, studiedienst Vlissingen, 1975.
  31. „Het verdunnend en zuiverend vermogen van de Westerschelde”, Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater, Voorburg, december 1966.
  32. „Westerschelde Onderhoudsbaggerwerken, 1971-1980.” Stortplaatsen in Nederland met herkomst van de gestorte hoeveelheden, Ministerie van Openbare Werken, Bestuur der Waterwegen, Antwerpse Zee-diensten.
  33. „Onderzoek gevolgen verdieping Westerschelde, met betrekking tot morfologie, zandhuishouding, stortplaatsen en stabiliteit oevers”, ing. D. de Looft, Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging, studiedienst Vlissingen, nota WWKZ-80.V018, december 1980.
  34. „The Sea”, M.N. Hill, Interscience Publishers, Wiley and Sons, New York, London.
  35. „Quality Criteria for water”, Russel E. Train, Eckardt C. Beck, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, july 1976.
  36. „Handbook on the toxicology of metals”, Lars Friberg, Gunnar F. Nordberg, Velimir B. Vonk, Elsevier 1979.
  37. „Statistiek van de internationale binnenvaart 1979”, Centraal Bureau voor de Statistiek.
  38. „Statistiek van de zeevaart 1979”, Centraal Bureau voor de Statistiek.
  39. „Environmental effects of dredging”, ir. K. d'Angrémond, Royal Adriaan Volker Group.
  40. „Jaarboek A”, uitgave van het KNMI, de Bilt, diverse jaargangen.
  41. „Umweltprobleme der Nordsee”, Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen, juni 1980.
  42. „Biochemical and hydrodynamic processes affecting heavy metals in rivers, lakes and estuaries”, W. Salomons, W.G. Mook, W. Eysink, IB/WL publikatienr. 253, 1981.
  43. „Het beheer van onze zeeën”, Luc Cuyvers, Antwer 1981.
  44. „De Nederlandse bijdrage aan het Joint Monitoring gramme 1980”, ing. A.J. Schäfer, Rijksinstituut voor vering van Afvalwater, nota 82.058, januari 1982.
  45. „De fluoridebelasting van de Westerschelde”, ing Hendriksma, Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalter, nota 79.027, november 1979.
  46. „Production consumption and uses of cadmium in European Community”, S.A. Hiscock, Zinck Development Association/Cadmium Association. EEC study contract on cadmium, contract nr. ENV/223/74-E, octo 1977.
  47. „Onderzoek oppervlakte bemonstering slib in Westerschelde, periode '69-'80”, J.P. Swart. N WWKZ-82V003, adviesdienst Vlissingen, 1982.
  48. „Publikatieblad van de Europese Gemeenschappen maart 1982, nr. L81.
  49. „De Waterkwaliteit van de Rijn in Nederland in de pe de 1970-1981”, ing. A. Dijkzeul, RIZA nota 82-061, 1982.
  50. „Historische evolutie van de waterkwaliteit in het Sc de estuarium op Belgisch en Nederlands grondgebied ir. M. Bruyneel en ing. L. Wouters, ministerie van Ve gezondheid. Lezing te Brugge, 7 oktober 1981; stu dag Genootschap Milieutechnologie KVIV.
  51. „Algemene radioactieve besmetting van de biosfeer Nederland”, diverse jaargangen. Uitgave van het nisterie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne.
  52. „Behaviour of PCB, pentachlorobenzene, hexachlor benzene,  $\alpha$ -HCH,  $\gamma$ -HCH,  $\beta$ -HCH dieldrin, endrin p,p'-DDD in the Rhine-Meuse estuary and the adjacent coastal area”, J.C. Duinker en M.T.J. Hillebrand, artikel uit „Netherlands Journal of Sea Research”, vol. 1979.
  53. „De verontreiniging van de Waddenzee”, J. Horst J. Dirx, Projektbureau Waddenzee, december 1981.
  54. „Voorkomen en gedrag van zware metalen in slib in Schelde”, Instituut voor Bodemvruchtbaarheid/Wa loopkundig Laboratorium. R944, mei 1975.
  55. „Storage of trace metals in salt marshes of the East and Western Scheldt”, dr. ir. W.G. Beeftink. Progress port 1980. Delta Instituut voor Hydrobiologisch onderzoek.
  56. „Optimalisatie van de bemonsteringsfrequentie van tinematig waterkwaliteitsonderzoek”, T. Schilperoor Groot, B.G.M. v.d. Wetering en F. Dijkman. Artikel „H<sub>2</sub>O”, tijdschrift voor watervoorziening en afvalwa behandeling; nummer 5, 4 maart 1982.

1. „Dissolved Copper, Zinc and Cadmium in the Southern Bight of the North Sea”, J.C. Duinker, R.F. Nolting, artikel uit „Marine Pollution Bulletin” maart 1982, vol. 13.
2. „Monitoring waterkwaliteit Noordzee”, ing. W. v. Eijden, ing. J. Bal, J. Strijbos. Projektgroep WAKWON, Rijkswaterstaat, Rijswijk 1980.
3. „Heavy-metal accumulation in salt marshes from the Western and Eastern Scheldt”, W.G. Beeftink e.a. Artikel uit „The Science of the Total Environment” 25 (1982).
4. „The river Varde A: Processes affecting the behaviour of metals and organochlorines during estuarine mixing”, J.C. Duinker, M.T.J. Hillebrand, R.F. Nolting, S. Wellershaus, artikel uit „Netherlands Journal of Sea Research”, vol. 14, 1980.
5. „The river Elbe: processes affecting the behaviour of metals and organochlorines during estuarine mixing”, J.C. Duinker, M.T.J. Hillebrand, R.F. Nolting, S. Wellershaus, artikel uit „Netherlands Journal of Sea Research”, vol. 15, 1982.
6. „The river Weser: processes affecting the behaviour of metals and organochlorines during estuarine mixing”, J.C. Duinker, M.T.J. Hillebrand, R.F. Nolting, S. Wellershaus, artikel uit „Netherlands Journal of Sea Research”, vol. 15, 1982.
7. „The river Scheldt as a transport route for heavy metals in the sea”. W. Baeyens, S. Wartel, F. Dehadr, G. Decadt, M. Bogaert, G. Gillain, H. Dedeurwaarder. Art. in het kader van ICES bijeenkomst; Marine Environmental Quality Committee, Kopenhagen 1982.

