

Onderzoek naar concentraties (en variaties hierin) van
nutriënten, PCB's, PAK's en pesticiden in de Schelde ter hoogte
van Rupelmonde in 1991 en 1992 voor het beter definiëren van de
invoerparameter "belasting te Rupelmonde" van het SAWES-model

In opdracht van Rijkswaterstaat Directie Zeeland
en Dienst Getijdewateren Middelburg

afdeling Watersystemen Delta

project Schoon

auteur : Harald Huter
student HBO Milieuchemie
Rijkshogeschool IJsselland
Deventer
voor : Rijkswaterstaat Directie Zeeland
en de Dienst Getijdewateren
begeleiders : Wouter Iedema (Directie Zeeland)
Albert Holland (Dienst Getijdewateren)
Michiel Flooren (Rijkshogeschool IJsselland)
plaats/ datum : Middelburg, juni 1992

Voorwoord

Als vierdejaars student van de HBO opleiding Milieuchemie bij Rijkshogeschool IJsselland loop ik een afstudeerstage van begin februari tot en met juni 1992 bij Rijkswaterstaat Directie Zeeland, standplaats Dienst Getijdewateren, te Middelburg. Dit onderzoek vormt het theoretisch gedeelte van mijn stage.

Hierbij wil ik mijn begeleiders, Albert Holland van de Dienst Getijdewateren en Wouter Iedema van Directie Zeeland hartelijk bedanken voor hun gastvrijheid, voor de goede begeleiding en voor hun advies en hulp die zorgden voor een goed verloop van mijn stage. Ook wil ik Michiel Flooren van Rijkshogeschool IJsselland bedanken voor de hulp met het zoeken van een geschikte stageplaats, en voor de begeleiding vanuit de school, waarbij ik vooral denk aan de de adviezen die hij mij tijdens de terugkomdagen en tijdens zijn bezoek aan de werkplek heeft gegeven.

Verder wil ik een ieder die op een of andere manier een bijdrage heeft geleverd aan dit onderzoek bedanken. Van de Dienst Getijdewateren zijn dit onder meer: Jan van de Broeke, Jo de Brabander, Ed Stikvoort, Belinda Kater, Gilles Wattel, Frits Lefèvre, Jaap Consemulder, Marloes Besters, Louw Louws, Jaap de Ridder, en alle andere mensen van de DGW die hierboven niet met naam zijn genoemd. Tevens wil ik het Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie en de Antwerpse Zeediensten bedanken voor hun informatie.

Harald Huter,
10 juni 1992,
Middelburg.

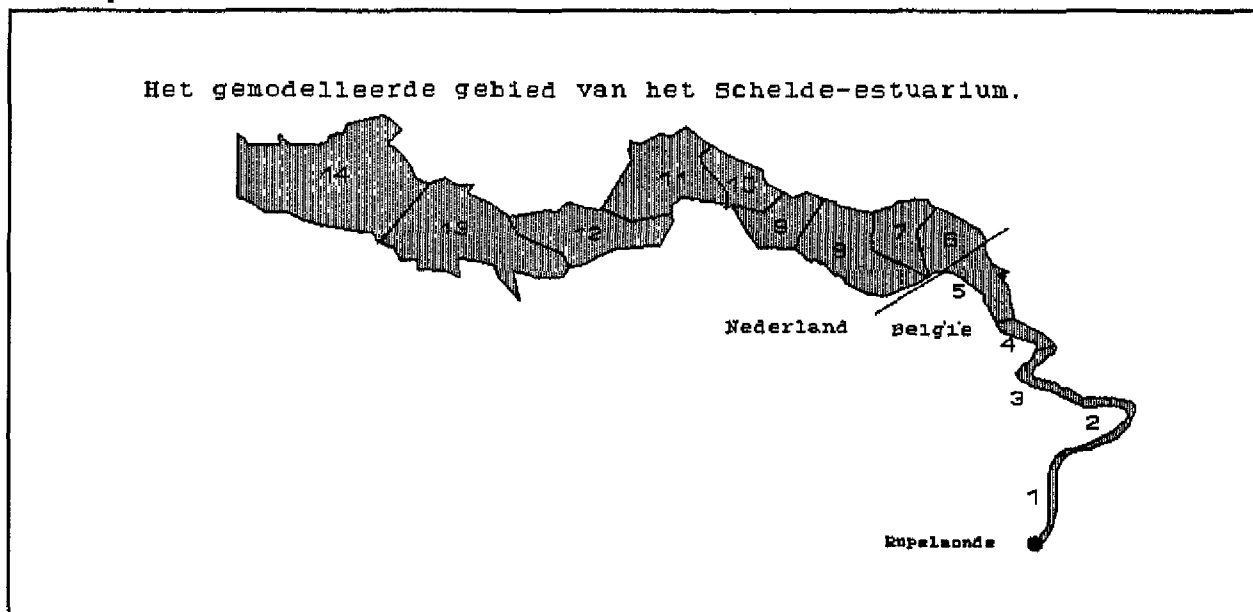
Samenvatting

project	: Onderzoek naar concentraties van diverse verontreinigende stoffen in de Schelde ter hoogte van Rupelmonde
auteur	: Harald Huter
begeleiders	: Albert Holland, Wouter Iedema en Michiel Flooren
stageplaats	: Rijkswaterstaat Directie Zeeland, standplaats Dienst Getijdewateren Middelburg
periode	: 20 februari - 20 juni 1992

Inleiding

Het project "Schoon" van de Dienst Getijdewateren Middelburg verricht onderzoek naar de consequenties ten aanzien van de gehalten, belastingen en de processen in de Westerschelde bij uitvoering van de sanering van de belasting van de Schelde met verontreinigende stoffen door Nederland en België.

Om inzicht te krijgen in de omvang en de gevolgen van de belasting is in 1991 een computersimulatiemodel gemaakt van de Westerschelde. Dit model heet het SAWES model; Systeem Analyse Westerschelde. Hieronder is een afbeelding gepresenteerd met het gemodelleerde gebied van het Schelde-estuarium. Rupelmonde (rechtsonder) is hierin de rand van het model. Rupelmonde is de plaats waar de rivier de Rupel uitmondt in de Schelde; het ligt 14 kilometer ten zuiden van Antwerpen.



Een groot deel van de verontreiniging die wordt aangetroffen bij de Nederlandse grens, zo'n 70 procent, is te Rupelmonde al in het Scheldewater aanwezig. Om een beter beeld te krijgen van de order-grootte van deze "vuilvracht" is Rijkswaterstaat in februari 1991 gestart met het meten van concentraties van nutriënten, zware metalen, polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's), polychloor biphenylen (PCB's) en pesticiden. Er wordt maandelijks één meting verricht door de bemonsteringsboot de Argus.

Doel van dit onderzoek

Het doel van dit onderzoek is om de metingen, die van februari 1991 tot en met maart 1992 verricht zijn te Rupelmonde, te verwerken. Deze nieuwe gegevens worden vergeleken met de oude aannames die voor het SAWES model zijn gemaakt. Op grond van deze vergelijking wordt er voor elke onderzochte stof een nieuwe input voor het model gedefinieerd.

Aanpak

Het concentratieverloop in de tijd is onderzocht. Tevens is gekeken of de variaties in de concentraties van de stoffen door plaatselijke factoren (bijvoorbeeld door bedrijfslozingen of getijdeverschillen) kunnen worden verklaard. Met behulp van statistische berekeningen (door middel van Pearson korrelaties) is er gezocht naar relaties die tussen de stoffen voorkomen. Met Tauw korrelaties is er gezocht naar relaties tussen de stoffen en de zoetwaterafvoer. Er is een jaarvracht berekend voor Rupelmonde. Deze is vergeleken met een jaarvracht die enkele jaren geleden is berekend op basis van meetresultaten van Belgische meetinstituten. Als laatste wordt er een nieuwe input voorgesteld.

Monstername methode en analyses

De monstername wordt uitgevoerd door een onderzoeksschip van Rijkswaterstaat. Vijfhonderd meter stroomafwaarts van de uitmonding van de Rupel in de Schelde wordt er ten tijde van laagwater een dwarsraai gevaren. Tijdens het varen over de dwarsraai vindt de monstername plaats.

Een meetset wordt in het water getakeld, en op 60 % waterdiepte gehouden (gerekend vanaf het wateroppervlak). Deze meetset meet op de betreffende diepte algemene parameters als de zuurgraad, de geleidendheid, fluorescentie, partikelconcentratie en doorzicht. Via een slang, die aan de meetset is gemoniteerd, wordt er water aan boord gepompt. Een deel van het water wordt naar een doorstroomcentrifuge geleid, en een ander deel gaat naar het laboratorium van het schip. Het slib wat door het centrifugeren wordt afgevangen wordt geanalyseerd op cadmium, koper en organische microverontreinigingen. Op het laboratorium wordt in de laminaire flowkast om de vijf minuten (dus zesmaal in totaal) een deelmonster genomen. Dit watermengmonster wordt geanalyseerd op nutriënten, lindaan, fluorantheen, benzo(a)pyreen, chroom en zink. De analyse is beperkt tot deze stoffen omdat alleen die gemodelleerd zijn.

Resultaten

Uit de resultaten blijkt het volgende:

Er zijn veel (95% betrouwbare) korrelaties gevonden tussen de stoffen onderling van één stofgroep (met name bij PAK's onderling en PCB's onderling).

Twee bedrijven stroomopwaarts Rupelmonde zouden, op grond van metingen en waarden uit de lozingsvergunningen, een metaalvracht lozen in de orde-grootte van 10% van de vracht die is gevonden bij Rupelmonde. Eventuele invloed van de bedrijfslozingen op concentraties aan stoffen bij Rupelmonde zal alleen bij hoog water te bemerken zijn, alleen voor stoffen die advectioneel gedrag tonen.

In 1991 is de afvoer van water van de Rupel relatief hoger dan de afvoer van de Schelde (voor Rupelmonde), maar de Schelde (voor Rupelmonde) bevat jaargemiddeld meer verontreiniging dan de Rupel.

Uit toetsing van de analyseresultaten aan de norm voor de waterkwaliteit (Derde Nota Waterhuishouding) blijkt dat het zuurstofgehalte nog zeer ver verwijderd is van de minimum norm van 5 mg/l. De gevonden concentraties liggen meestal tegen 0 mg/l aan!

Concentraties van fosfaat (totaal), orthofosfaat, stikstof totaal en ammonium- en nitriet stikstof liggen alle boven de gestelde norm.

De norm voor PAK's totaal van 0,1 ug/l wordt ruim overschreden (gevonden concentratie 2,8 ug/l!). Cadmium, koper, en zinkconcentraties liggen 10 keer zo hoog als de norm. De PCB concentratie (mediaan som) ligt net iets boven de norm.

Bij vergelijking van de vuilvracht (op grond van de analyseresultaten berekend voor 1991) met de belasting zoals berekend voor SAWES (1985), kan geconstateerd worden dat de verschillen in belasting voor de meeste stoffen niet erg groot zijn.

Er is bijna geen verschil tussen de jaren in de belasting door de stikstofverbindingen en het biologisch zuurstofverbruik. De totaal-fosfaat belasting in 1991 is hoger, terwijl de orthofosfaat belasting in datzelfde jaar lager is.

Het zwevend stof gehalte in 1991 is nagenoeg twee maal zo hoog als in 1985, maar de berekende vracht door cadmium, koper en chroom zijn voor de verschillende jaren bijna gelijk (verschillen van 10-20%). Opmerkelijk is dat de vracht aan zink in 1991 bijna vier keer zo hoog is als in 1985.

De PCB-vracht is ook groter dan die van 1985 (faktor 2). De linaanvracht in 1991 is drie maal zo laag als in 1985.

Op grond van deze vergelijking kan worden gesteld dat de waterkwaliteit niet is verbeterd. De aanname voor SAWES zoals gemaakt in 1985 levert een berekende vracht die voor de meeste stoffen overeenkomt met de berekende vracht in 1991.

Voorgesteld wordt dan ook om de aanname voor SAWES in 1985 niet te veranderen. Een maandelijkse input voor 1991 is voor het model gemaakt. Het model kan nu met deze waarden werken, waarbij nader onderzoek nodig is om vast te stellen of de belasting van zwevend stof en PCB's daadwerkelijk aangepast moet worden.

Aanbevolen wordt om te onderzoeken wat de oorzaak is van verschillen in meetresultaten van diverse stoffen bij verschillende instituten (IHE, Rijkswaterstaat, Vlaamse Milieu Maatschappij). Dit kan uitgevoerd worden door een monster naar verschillende laboratoria te sturen voor onderzoek. Na dit onderzoek kan dan in overleg met deze instituten gezocht worden naar een uniforme monsternamen- en analyse methode.

Ook wordt aanbevolen om de meetnetten van de verschillende instituten te integreren, waardoor het beleid voor de toekomst van de Schelde gemaakt door Nederland en België gebaseerd zal zijn op dezelfde resultaten.

Inhoudsopgave

pagina

Voorwoord

Samenvatting

H.1	Inleiding.....	1,2
H.2	De Schelde	
2.1	Het stroombekken van de Schelde.....	3
2.2	Het debiet van de Schelde in 1991.....	3,4
H.3	De monsternamen en analyseresultaten	
3.1	De monsternamen en analyses.....	5
3.2	De analyses.....	5
3.3	Analyseresultaten.....	5
H.4	Statistische berekeningen	
4.1	Invloed van de plek van monsternamen op variaties in concentraties.....	6
4.2	Variatie van concentratie in de tijd	
4.2.1	Dagelijkse variatie.....	6
4.2.2	Jaarlijkse variatie.....	7
4.3	Meetresultaten van andere instituten.....	10
4.4	Korrektie voor zout water.....	10
4.5	Vrachtbepaling voor Rupelmonde.....	11
Intermezzo: de waterkwaliteit te Rupelmonde		
H.5	Gemaakte aanname voor het SAWES model	
5.1	Het SAWES model.....	12
5.2	De in het model opgenomen randvoorwaarden.....	12
5.3	De SAWES vracht in 1985.....	13
H.6	Vergelijking aanname en resultaten metingen.....	14,15
H.7	Conclusies en aanbevelingen.....	16,17
	Literatuurlijst.....	18,19
	Inhoud bijlagen.....	20

H.1 Inleiding

Begin februari 1991 is in het kader van project SCHOON van de Dienst Getijdewateren Middelburg gestart met het maandelijks meten van de waterkwaliteit in de Schelde ter hoogte van Rupelmonde¹. Het doel van project SCHOON is: "onderzoek te doen naar de consequenties ten aanzien van de gehalten, belastingen en de processen van de Westerschelde bij uitvoering van de sanering van de belasting van de Schelde door België en Nederland". De metingen te Rupelmonde zijn van belang omdat Rupelmonde het beginpunt is (de rand) van het computersimulatiemodel Systeem Analyse Westerschelde² (SAWES). Aan de hand van de metingen kan er een input voor Rupelmonde worden gedefinieerd voor dit model van diverse verontreinigende stoffen. De momenteel in het model gebruikte randconcentraties zijn gekozen op basis van informatie uit de periode van 1980-1988. Op grond van het onderzoek naar de waterkwaliteit te Rupelmonde kan deze instelparameter worden bijgesteld.

Doel

Het doel van dit onderzoek is om de resultaten van de metingen te Rupelmonde te verwerken; deze nieuwe gegevens te vergelijken met de oude aanname die is gemaakt voor het SAWES model, en op grond hiervan voor de onderzochte stoffen een nieuwe input voor het model definiëren.

Aanpak

De metingen die zijn verwerkt in dit verslag zijn de metingen vanaf februari 1991 tot en met maart 1992. Allereerst wordt de grootte en het jaarverloop van de gemeten stoffen (nutriënten, PAK's, zware metalen en pesticiden) beschreven. Getracht is om het jaarverloop te verklaren aan de hand van debietgegevens. De door Rijkswaterstaat gemeten concentraties te Rupelmonde worden vergeleken met de concentraties die in hetzelfde jaar gemeten zijn door het Belgische Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie (IHE) op locaties te Temse en Kruikeke, gelegen respectievelijk 5 km stroomopwaarts Rupelmonde (Schelde) en 5 km stroomafwaarts Rupelmonde.

Voor de stoffen is een jaarvracht berekend. De verschillen tussen oude gemaakte aanname in het model en huidige gevonden (gemeten) waarden worden verklaard. Als laatste is een nieuwe input voorgesteld.

Rapportage

Allereerst wordt Rupelmonde en haar plaats in het Scheldestroombekken beschreven (hoofdstuk 2). De invloed van het getij wordt uitgelegd.

De stoffen die zijn gemeten, de methode van monsternamen en analyse en de analyseresultaten worden beschreven in hoofdstuk 3. De stoffeigenschappen van de stoffen zijn in een bijlage bijgevoegd.

- | | | |
|---|---|---|
| 1 Rupelmonde | = | plaats waar de rivier de Rupel de Schelde instroomt, 95 km stroomopwaarts van Vlissingen, 14 km ten zuiden van Antwerpen. |
| 2 Systeem Analyse Westerschelde (SAWES) | = | computersimulatiemodel uit 1991; Het doel van het model is kennis te verwerven en te operationaliseren, opdat inzicht wordt verkregen in de omvang en de gevolgen van de belasting op het Schelde-estuarium van diverse verontreinigende stoffen. |

In hoofdstuk 4 worden statistische bewerkingen op de resultaten uitgevoerd. Het concentratieverloop in de tijd is onderzocht. Onderzocht is of de variaties in de concentraties van de stoffen door plaatselijke factoren (bijvoorbeeld door bedrijfslozingen of getijdeverschillen) kunnen worden verklaard. Verder is gekeken naar de grootte van het verschil tussen de dagelijkse spreiding van gemeten stoffen en de jaarlijkse spreiding. Het jaargemiddelde is vergeleken met het jaargemiddelde van het Belgische Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie. Met behulp van statistische berekeningen (door middel van Pearson korrelaties) is er gezocht naar relaties die tussen de stoffen voorkomen. Met Tauw korrelaties is er gezocht naar relaties tussen de stoffen en de zoetwaterafvoer. Er is een jaarvracht berekend voor Rupelmonde.

In hoofdstuk 5 is het SAWES model nader omschreven, met de eerder gemaakte aanname (geschatte input voor de invoerparameter "belasting te Rupelmonde") voor het SAWES-model.

Hoofdstuk 6 vergelijkt de aanname met de resultaten van Rupelmonde. Een discussie over de verschillen en een voorstel voor veranderingen aan de huidige invoerparameter wordt gegeven.

Hoofdstuk 7 geeft een conclusie over de bevindingen, met aanbevelingen voor de toekomst.

In een intermezzo wordt een ander aspect van de Schelde omschreven dat in het verslag niet aan bod is gekomen, maar dat wel een goed beeld geeft van het breder kader waarin dit onderzoek valt. Het beschrijft de waterkwaliteit te Rupelmonde, en gaat in op het verschil in vervuiling; afkomstig van de Rupel enerzijds en van de Schelde anderzijds.

H.2 De Schelde

2.1 Het stroombekken van de Schelde

De Schelde ontspringt in Saint-Quentin in Frankrijk, en mondt na 350 km uit in de Noordzee nabij Vlissingen. Het gedeelte van de bron tot aan Gent heet de Bovenschelde; het gedeelte van Gent tot de Belgisch-Nederlandse grens heet de Zeeschelde (hierin kan nog worden onderscheiden de boven Zeeschelde, van Gent tot Antwerpen en de beneden Zeeschelde, van Antwerpen tot de grens). Het gedeelte vanaf de Belgisch-Nederlandse grens tot de uitmonding in de Noordzee heet de Westerschelde. In bijlage 1A is er een overzicht gegeven van het stroomgebied van de Schelde.

De Westerschelde is gemiddeld 5 km breed en bevat geulen, scharen en platen. De Zeeschelde is bij de Belgisch-Nederlands grens 2 km breed en bij Gent ongeveer 50 meter. Het tijverschil neemt van Vlissingen naar Rupelmonde toe vanwege deze vernauwing (trechtervorm) en vanwege de steeds ondiepere bodem van de rivier. Stroomopwaarts Rupelmonde neemt het tijverschil weer af. Aan de monding bedraagt het tijverschil 4 meter; bij Rupelmonde is dit 5.25 meter, en bij Gent is het gedaald tot 2 meter. Door stuwen bij Gent is de Bovenschelde niet meer aan getijwerking onderhevig.

Voor dit verslag is alleen het stroomgebied tot Antwerpen van belang. Zoals uit bijlage 1A blijkt heeft de Bovenschelde drie en de Zeeschelde twee belangrijke bijrivieren. Voor de Bovenschelde is dit de Leie, de Haine en de Scarpe; voor de Zeeschelde is dit de Dender en de Rupel. De plaats waar de rivier de Rupel de Schelde instroomt wordt meestal met Rupelmonde of Schelle aangeduid, deze monding ligt 14 km ten zuiden van Antwerpen.

Het gevolg van de getijwerking is, dat in dit stroomgebied het water twee maal daags gedurende de vloed in opwaartse richting stroomt waarbij de bovenafvoer opgehouden wordt en bij het vloedvolume wordt gevoegd en twee maal daags tijdens eb in afwaartse richting stroomt waarbij het naar opwaarts gevloede vloedvolume, samen met de tijdens vloed opgespaarde bovenafvoer, naar zee vloeit. Ter verduidelijking: een regendrappel die ter hoogte van de Rupelmonding in de Schelde valt zal voor- en achteruitgaand naar afwaarts toe bewegen, per vloed ongeveer 14 km in opwaartse richting en per eb ongeveer 16 km terug. De gemiddelde snelheid van het water bedraagt zowel bij vloed als bij eb 70 cm/s. De eb-stroom duurt langer dan de vloedstroom, waardoor een netto zee-waarts restdebiet ontstaat.

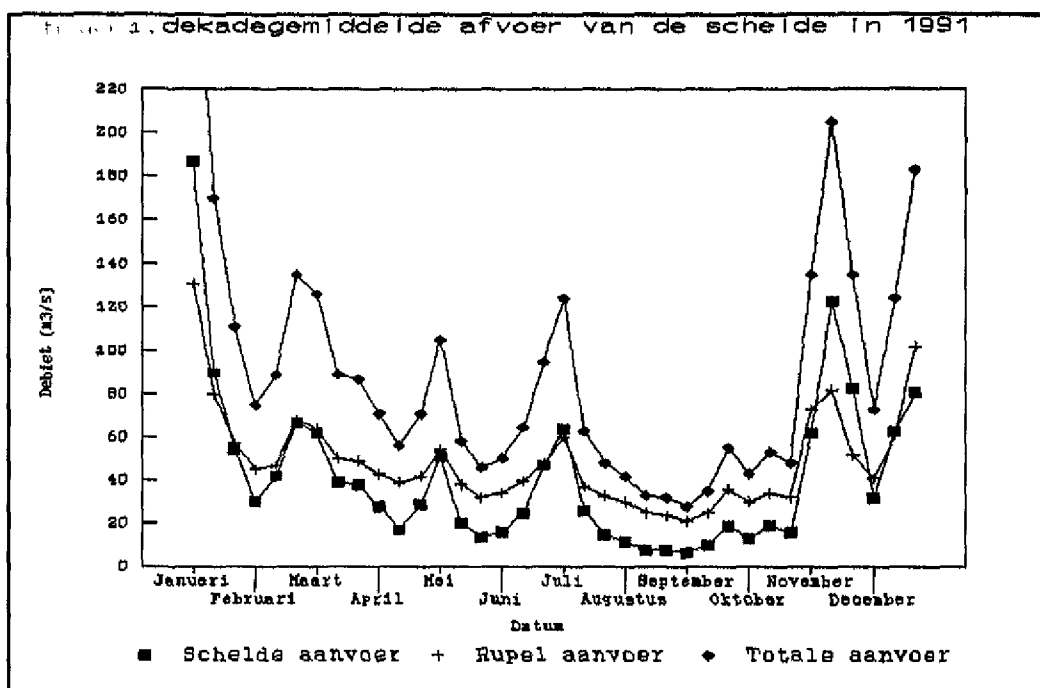
Dit betekent dat een stof met een advectief (opgelost en concentratie-onafhankelijk) gedrag, die in Antwerpen tijdens laagwater wordt geloosd, met vloed kan worden aangetroffen bij Rupelmonde. Bij stormvloed of springtij zal deze afgelegde afstand nog groter zijn. Interessant bij deze problematiek is, dat als een lozing uit de Zenne in de Rupel stroomt, deze bij hoog tij weer gedeeltelijk in een andere rivier (Beneden-Nete) terug kan stromen en aldaar dus ook de waterkwaliteit beïnvloedt.

2.2 Het debiet van de Schelde in 1991

De Schelde is een regenrivier, en is dus volledig afhankelijk van de hoeveelheid neerslag. De oppervlakte waarvan iedere zijrivier van de Schelde haar water ontvangt (deelbekken) is weergegeven in bijlage 1B. Opwaarts van Schelle bedraagt de totale oppervlakte van het bekken 18.981 km², waarvan de Schelde 12.289 km² in beslag neemt en de Rupel 6.692 km². Hoewel de oppervlakte van het Scheldebekken bijna twee keer zo groot is als de oppervlakte van het Ru-

pelbekken komt dit niet tot uiting in de afvoer van beide deelbekkens. Gemiddeld is de afvoer van het Rupelbekken zelfs groter dan de afvoer van het Scheldebekken opwaarts de Rupelmonding. Dit komt doordat het water van de Leie en de Bovenschelde wordt afgevoerd via een aantal kanalen in Noord Frankrijk en in België (Gent is een belangrijk hydrologisch regelpunt).

Wegens de vloedstroom is het niet mogelijk om het rivieraafvoer te meten bij Schelle. Daarom is deze afvoer bepaald uit de debieten van de deelstroombekkens. Dit gebeurt door de Antwerpse Zeehavendienst (lit. 16 en lit. 17). In bijlage 2A is beschreven volgens welke methode dit gebeurt.



De hoeveelheid afgevoerd water is, zoals verwacht, in de winter hoger dan in de zomer. In bijlage 2B zijn de dekadegemiddelden van de afvoer van beide bekkens over 1991 weergegeven. In figuur 1 is de dekadegemiddelde afvoer van de Rupel, de Schelde voor Rupelmonde en de Schelde na Rupelmonde gepresenteerd. Om eerder genoemde reden is de dekadegemiddelde afvoer van het Rupelbekken in 1991 vrijwel altijd groter dan die van het Scheldebekken. In 1991 is het jaargemiddelde debiet van de Rupel en de Schelde $90 \text{ m}^3/\text{s}$. Dit ligt onder het gemiddelde van de afgelopen 42 jaar ($107 \text{ m}^3/\text{s}$) en is na 1990 het op één na droogste jaar sinds 1978.

tabel 1: debiet van de dagen waarop is gemonsterd

datum	dagdebiet m^3/s
21-02-91	97.4
21-03-91	81.0
02-05-91	68.4
12-06-91	44.1
03-07-91	197.3
15-08-91	24.3
30-09-91	51.1
28-10-91	33.0
25-11-91	102.6

In de hiernaast gepresenteerde tabel (1) is het debiet bij Rupelmonde weergegeven, dat berekend is voor de dagen dat er werd bemonsterd. Dit is gedaan volgens de methode beschreven in bijlage 2A.

H.3 De monsternamen en analyseresultaten

3.1 De monsternamen en analyses

De bemonstering vindt plaats met een onderzoeksschip van Rijkswaterstaat, de Argus. Gestreefd wordt om maandelijks de waterkwaliteit van Rupelmonde vast te stellen. Een half uur lang wordt er een dwarsraai ter hoogte van Schelle gevangen. De bemonstering vindt plaats als het laagwater is te Hemiksem (een half uur na het tijdstip van laagwater te Antwerpen). Ter plaatse wordt een meetset in het water getakeld, waarmee de pH, geleidendheid, fluorescentie, partikelconcentratie en doorzicht gemeten wordt. Uit de geleidendheid wordt het chlooridegehalte berekend, en gebruikt voor correctie van het gemeten zuurstofgehalte en voor het zuurstofverzadigingspercentage. De diepte van de meetset wordt met een hendel op ongeveer 60% gehouden (gerekend vanaf het wateroppervlak). Op deze diepte vindt namelijk het maximum van het slibtransport plaats. Via een slang (die aan de meetset is gemonteerd) wordt het water aan boord gepompt, waarbij een leiding naar de doorstroomcentrifuge gaat (doorspoeling van 1000 liter per uur) en een andere leiding naar de laminaire flowkast.

3.2 De analyses

Het slib uit de centrifuge wordt bij elkaar geschraapt en geanalyseerd op zware metalen, PCB's en sinds 28 oktober 1991 ook op pesticiden en PAK's. In de flowkast worden de watermonsters voor lindaan, fluorantheen, benzo(a)pyreen, chroom, zink en nutriënten genomen. Dit is een watermengmonster, waarbij om de zes minuten een deelmonster genomen wordt, het totale monster bestaat dus uit vijf deelmonsters.

De analyse is beperkt tot bovenstaande stoffen, omdat alleen deze gemodelleerd zijn.

De analyses worden uitgevoerd door het lab van DGW en Alcontrol (nutriënten en zwevend stof op het lab te DGW; zware metalen, PCB's, pesticiden en PAK's bij Alcontrol).

3.3 Analyseresultaten

In de bijlage 3 is een korte omschrijving gegeven van de belangrijkste gemeten stoffen. De analyseresultaten zijn vermeld in bijlage 4. In bijlage 6 zijn de jaargemiddelde waarden (en spreiding) en de daggemiddelde waarden (en spreiding) van de belangrijkste stoffen weergegeven.

H.4 Statistische bewerkingen

4.1 Invloed van de plek van monstername op variaties in concentraties

Visuele waarnemingen op de lokatie duiden erop dat er weinig industriële lozingen plaatsvinden in de buurt van Rupelmonde. Een variatie in concentraties veroorzaakt door plaatselijke lozingen zou veroorzaakt kunnen worden door Metallurgie Hoboken en door Beckaert Cockerill, allebei gelegen enkele kilometers stroomafwaarts Rupelmonde. Vanwege de ligging van deze bedrijven zal een eventuele invloed op metingen bij Rupelmonde alleen bij hoog water merkbaar zijn, en dan wel alleen voor stoffen die een advectief gedrag vertonen. Doordat de metingen plaatsvinden bij laag water zal de kans dat er stoffen van stroomafwaarts aangetroffen worden zeer klein zijn. Om een idee te krijgen van wat de orde-grootte van deze lozingen ongeveer zijn, is er, geschat op grond van de lozingsvergunningen en van metingen, beschreven hoeveel de bedrijven zouden kunnen lozen.

Wattel (lit. 25) schat dat Metallurgie Hoboken per maand zo'n 80 kg cadmium, 8 kg kwik, 80 kg lood, 160 kg chroom en 400 kg zink loost. Lefèvre (lit. 15) komt op waarden die een factor twee lager liggen dan de waarden van Wattel. Bij de vermelde hoeveelheid water die er geloosd wordt (80000 m³ per maand) komt dit neer op 0,5-1 mg/l cadmium, 0,05-0,1 mg/l kwik, 0,5-1 mg/l lood, 1-2 mg/l chroom en 2,5-5 mg/l zink. Per dag stroomt er 2650 m³ in de Schelde, terwijl er zo'n 8 miljoen m³ langs het bedrijf stroomt. Dit wil zeggen dat de concentraties als gevolg van de getijdewerking circa 3000 maal verdund worden. Op grond hiervan zou de concentratie in het Scheldewater met 0,15-0,3 ug/l cadmium, 0,015-0,03 ug/l kwik, 0,15-0,3 ug/l lood, 0,3-0,6 ug/l chroom en 0,75-1,5 ug/l zink toenemen, uitgaande van het tegoed komen van deze lozingen aan de waterkolom. Als deze lozingen daadwerkelijk plaatsvinden dan loost het bedrijf ten opzichte van de vracht van metalen bij Rupelmonde tot circa 5% van deze vracht.

- Lefèvre (lit.15) schat dat Beckaert Cockerill per maand circa 24 kg cadmium, 48 kg chroom, 54 kg koper en 183 kg zink loost. De hoeveelheid geloosd water wordt geschat op zo'n 48000 m³ per maand. Dit geeft concentraties van 0,5 mg/l cadmium, 1 mg/l chroom, 1,1 mg/l koper en 3,8 mg/l zink. Deze concentraties worden circa 5000 maal verdund. Op grond hiervan zou de concentratie in het Scheldewater met respectievelijk 0,1 ug/l cadmium, 0,2 ug/l chroom, 0,23 ug/l koper en 0,76 ug/l zink toenemen. Op grond van deze cijfers loost het bedrijf maximaal 10% in vergelijking met de berekende vracht bij Rupelmonde van cadmium, en 5% in vergelijking met de berekende vracht van de overige metalen.

De waarden van Wattel en Lefèvre berusten zowel op meetwaarden als op waarden die op basis van lozingsvergunningen zijn geschat. De betrouwbaarheid van deze waarden is niet erg groot. Interessant is in ieder geval dat op grond van deze gegevens de bedrijven een grote bijdrage leveren (betreffende de metaalverontreiniging) aan het Schelde water.

4.2 Variatie van concentratie in de tijd

4.2.1 Dagelijkse variatie (dagfluctuatie)

In bijlage 6 zijn de jaargemiddelde waarden (en spreiding) en de daggemiddelde waarden (en spreiding) van de belangrijkste stoffen weergegeven. Het jaargemiddelde is aan de hand van 10, 11 of 12 metingen berekend, en de daggemiddelden op basis van 5 metingen.

Als er sprake is van seizoensinvloeden, dan zal de jaarlijkse spreiding groter zijn dan de spreiding op een dag. Als er geen sprake is van seizoensinvloeden dan zal de jaarlijkse spreiding kleiner zijn dan de dagelijkse spreiding. De spreiding op een dag is dus van belang om te controleren of de variaties die optreden gedurende een jaar inderdaad door seizoensinvloeden tot stand komen (liefst te bepalen over meerdere dagen verspreid over het jaar).

Voor deze waarden worden vergeleken moet worden opgemerkt dat:

- * de standaardafwijking van de gemiddelden in theorie kleiner wordt naarmate er meer waarnemingen zijn gedaan; er zijn meer metingen gebruikt om het jaargemiddelde te berekenen.
- * de spreiding op een dag groter kan zijn door het verschil in getij wat op zo'n dag optreedt, terwijl bij de spreiding in een jaar dit niet het geval is omdat de monsters (meestal) rond laagwater zijn genomen.
- * bij extreme weersomstandigheden op een monsterdag, de gevonden gehalten en concentraties van sommige stoffen niet representatief (geschikt) zijn, vanwege een relatie die kan bestaan tussen zoetwaterafvoer en concentratie van een stof (3 juli was een dag waarop de zoetwateraanvoer extreem hoog was, namelijk $197,3 \text{ m}^3/\text{s}$ (!)), op 21 februari bedroeg de zoetwateraanvoer $97,4 \text{ m}^3/\text{s}$).

Als 3 juli en 21 februari verder worden vergeleken dan blijkt dat de watertemperatuur op 3 juli een stuk hoger ligt dan op 21 februari. Wind op 3 juli bedroeg 3 m/s . Op 21 februari was er geen wind.

Als de spreiding van een stof in het jaar met die op de twee dagen wordt vergeleken, dan zien we dat:

- * de spreiding op een dag groter is bij zwevend stof (3 juli) en bij PCB 52 (3 juli)
- * de spreiding bijna gelijk is bij POC (21 februari en 3 juli) en bij koper, PCB 153 en NO_2N (alle op 3 juli)

De hoeveelheid neerslag op 3 juli duidt op een aanzienlijk regenbui. Dit kan de grote spreiding in het zwevend stof gehalte verklaren. Metalen en PCB's zijn voornamelijk aan het organisch deel van het zwevend stof gebonden. Uit het feit dat de spreiding van zwevend stof deze dag erg hoog is, kan afgeleid worden dat de betrouwbaarheid van de grootte van de vracht van metalen en PCB's voor die dag zeer laag is.

4.2.2 Jaarlijkse variatie

De spreiding is groot bij chloride, j-HCH, NO_2N , nitrietnitraat, zink, benzo(a)pyreen, pyreen, fluoreen en PAK totaal. Dit betekent dat de stoffen gedurende het jaar grote variaties in concentraties vertonen. De spreiding is laag bij de pH.

De concentraties van de stoffen zijn uitgezet tegen de tijd (bijlage 5). Om de groep te bespreken stoffen kleiner te kunnen maken zijn de stoffen per groep (nutriënten, PAK's, zware metalen en PCB's) met elkaar gekorreleerd met een Pearson korrelatie. De korrelatiematrix is weergegeven in bijlage 7. Hierin zijn de stoffen binnen hun stofgroep (nutriënten, PCB's, PAK's en zware metalen) weergegeven die een korrelatie met elkaar vertonen die voor 95 % of meer betrouwbaar is. Van de pesticiden is alleen lindaan meegenomen in de korrelatie omdat er te weinig gegevens van de andere stoffen waren. Bij de algemene parameters chloride, geleidbaarheid, partikels, pH en temperatuur vertonen

alleen de geleidbaarheid en de chlorideconcentratie een korrelatie met een betrouwbaarheid van meer dan 99 % met elkaar.

Op basis van een onderlinge hoge korrelatie zijn de stoffen geclusterd. Doel bij clusteranalyse is het groeperen van waarnemingen tot min of meer homogene groepen. De clusters zijn in tabel 2 weergegeven, waarbij de stof die later voor de hele cluster synoniem zal staan; "de vertegenwoordiger" in de eerste kolom van de tabel is gezet.

tabel 2: de stoffen met onderlinge hoge korrelatie zijn geclusterd

Vertegenwoordiger	Korrelatiegroep
Algemene parameters chloride	geleidbaarheid
Nutriënten	
stikstof totaal	kjeldahl stikstof ammonium stikstof
P-totaal NO3NO2N	PO4P
Sili BZVS zwevend stof	POC
PCB's	
PCB 52	PCB 118
PCB 101	PCB 138 PCB 153
PCB 28	PCB 180
PAK's	
PAK (totaal)	anthraceen benzo(ghi)peryleen chryseen indeno(123cd)pyreen benzo(b)fluorantheen benzo(a)pyreen benzo(a)anthraceen benzo(k)fluorantheen pyreen fenanthreen
fluorantheen fluoreen naftaleen dibenzo(ah)ant. acenaftteen acenaftyleen flu(slib) benzo(a)pyr. slib	
Metalen	
chrom (water)	cadmium (water) koper (water)
zink (water) cadmium (slib)	koper (slib)

Zoals uit de tabel blijkt vertonen PCB 52 en PCB 118 een grote onderlinge korrelatie, evenals PCB 138, PCB 101 en PCB 153. Ook PCB 28 en PCB 180 vertonen een onderlinge korrelatie. Er is een grote groep PAK's (10 stoffen!) die onderling goed korreleren. Bij de groep metalen korreleren cadmium en koper goed met elkaar.

Een goede korrelatie tussen stoffen kan veroorzaakt worden doordat stoffen dezelfde stoffeigenschappen hebben, waarbij ze bijvoorbeeld in dezelfde fase-verhoudingen voorkomen, maar de reden kan ook zijn dat de stoffen bij dezelfde monsterpunten worden geloosd, bijvoorbeeld doordat ze beide nodig zijn bij het produceren van een bepaald produkt. Is het zo dat de korrelatie optreedt omdat de stoffen dezelfde stoffeigenschappen hebben, dan kan worden volstaan met het meten van één van deze stoffen in plaats van allebei. Omdat projekt Schoon de vermindering van de belasting van verontreiniging van de Schelde onderzoekt is

het niet verstandig om op grond van de bovenstaande tabel 2 het project te adviseren om minder stoffen te gaan meten en analyseren.

Door sanering van bronnen van belasting kan het namelijk gebeuren dat:

1. De relatie tussen de twee stoffen (de verhouding) die eerst goed correleerden verandert.
2. Dat er nieuwe processen gaan optreden door verandering in bijvoorbeeld het zuurstofgehalte, waardoor er resuspensie van bepaalde verontreinigingen optreden. Als deze veranderingen nauwkeurig gevolgd willen worden, dan dienen voor die stoffen de metingen en analyses door te gaan.

Bovendien is er al voor een beperkt aantal stoffen gekozen.

De korrelaties die optreden tussen de clusters zijn in bijlage 7c weergegeven.

De belangrijkste korrelaties zijn hieronder samengevat:

- Chloride/ geleidbaarheid:

Een negatieve korrelatie is gevonden met Silicaat; de verklaring hiervoor is dat Silicaat door verwerking van gesteenten alleen maar met het zoete water aangevoerd wordt, hoe hoger het chloridegehalte, des te lager is de hoeveelheid Silicium

Tevens is een negatieve korrelatie gevonden met ammonium stikstof. NH_4N is een teken van ongezuiverd rioolwater. De aanvoer hiervan zal veelal door zoet water plaats vinden, vooral doordat het ongezuiverde rioolwater van Brussel via de Zenne aangevoerd wordt naar Rupelmonde

Een positieve korrelatie is gevonden met POC, zink, chroom, cadmium en koper (deze laatsten als opgeloste berekende waarden). Een verklaring kan zijn dat een hoger chloridegehalte een lagere zoetwaterbelasting geeft, waarbij het water relatief hogere metaalconcentraties bevat.

- Totaal fosfaat en orthofosfaat:

Positieve korrelaties worden gevonden met de temperatuur, de pH, het zwevend stofgehalte, POC, chroom, cadmium en koper (water), PCB 52, PAK (totaal), pyreen en fluorantheen (in water en in slib gemeten).

- Nitraatnitriet stikstof:

Nitraatnitriet stikstof vertoont alleen negatieve korrelaties, en wel met de temperatuur, de pH, partikels, lindaan en met alle PCB's.

- De PCB's vertonen alle een positieve korrelatie met fluorantheen (slib), PCB 52, 101, 118, 138 en 153 vertonen een positieve korrelatie met de temperatuur.
- PAK totaal, en de individuele PAK's die deze stof vertegenwoordigt, vertonen negatieve korrelaties met de temperatuur, met BZV5, en met lindaan. Positieve korrelaties worden gevonden bij fosfaat (totaal en ortho), chroom, cadmium en koper (water), en met enkele andere PAK's die niet tot de groep behoren.

Uit een (eveneens Pearson) korrelatie van de stoffen met de zoetwaterafvoer (het totaal van de Rupel en de Schelde samen) blijkt dat alleen totaal stikstof, kjeldahl stikstof en ammonium stikstof korreleren met de zoetwaterafvoer (een positieve korrelatie met één betrouwbaarheid van 99%).

Dat er geen ander verband gevonden is tussen zoetwaterafvoer en stoffen (als metalen en PCB's) zou kunnen liggen aan het feit dat er bij hogere afvoer stoffen uit de bodem weer in oplossing komen (resuspensie) door oververzadiging van de stoffen in de bodem.

4.3 Meetresultaten van andere instituten

In België wordt zowel door de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM) als door het Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie (IHE) waterkwaliteitsmetingen verricht op de Rupel en de Schelde. Meetresultaten van 1991 zijn bij deze instanties opgevraagd, zodat er met meer gegevens kan worden gewerkt. De meetresultaten van de VMM zijn helaas niet verkregen. De resultaten van het IHE zijn vergeleken met de gegevens van projekt Schoon (tabel 3). In de Bijlage 8 zijn enkele stoffen in grafiekvorm weergegeven.

tabel 3: vergelijken jaargemiddelde waarden van Rupelmonde (DGW) en Kruibeke (IHE)

stof	Rupelmonde			Kruibeke		
	n	gem.	st. dev.	n	gem.	st. dev.
BZV5 (mg/l)	10	8,47	3,10	5	3,72	0,74
Kj N (mg/l)	11	9,63	4,21	5	7,04	3,78
NO2- (mg/l)	12	0,17	0,14	5	0,28	0,14
NO3- (mg/l)	12	1,40		5	3,15	2,55
NH4+ (mg/l)	11	6,48	2,38	5	5,04	2,80
Cd (ug/l)	12	2,30	0,91	5	1,44	1,52
Cu (ug/l)	12	41,3	13,8	5	29,2	32,1
Zn (ug/l)	11	340	233	5	94,6	64,3
Cr (ug/l)	11	27,3	3,1	5	23,8	21,7

De waarden voor het biologisch zuurstofverbruik en voor zink verschillen significant van elkaar. Dit komt zeer waarschijnlijk door verschil in monstername- en analysemethode.

4.4 Korrektie voor zout water

Wegens de tijwerking stroomt er in feite meer water langs Rupelmonde dan nu is weergegeven. De menging van dit zoute water met het zoete water blijkt uit het zoutgehalte. Uit het zoutgehalte kan bepaald worden wat de fractie zout water is. De chlorideconcentratie in zoet water is op een concentratie van 100 mg per liter gesteld. De chlorideconcentratie van zout water is op een concentratie van 18000 mg per liter gesteld.

De minimum concentratie gemeten in Rupelmonde bedraagt 150 mg per liter (met een zoetwater aanvoer van 197300 l/s). De hoogste gemeten concentratie bedraagt 1089 mg per liter (zoetwateraanvoer is 102600 l/s). De hoeveelheid zee-water op het moment van monsternamen kan nu worden berekend met:

$$Cl \text{ gemeten } * (\text{debiet zoet} + \text{zout}) = \frac{[Cl \text{ zoet} * \text{debiet zoet} + Cl \text{ zout} * \text{debiet zout}]}{2}$$

Na berekening blijkt dat bij het chloride gehalte van 1089 mg/l de verhouding zoet water tot zeewater 31 staat tot 1 bedraagt. Bij de chloride concentratie van 150 mg/l is deze verhouding 88 staat tot 1.

Wanneer er vanuit gegaan wordt dat zeewater schoon is en dus geen verontreinigende stoffen bevat, dan blijkt dat de concentraties gemeten bij Rupelmonde (bij benadering) maximaal 3 procent hoger zijn als ze gecorrigeerd zijn voor zoetwaterconcentraties.

4.5 Vrachtbepaling voor Rupelmonde

De vracht wordt berekend volgens de formule:

$$\text{jaarvracht (g)} = \text{jaargemiddelde concentratie (g/m}^3\text{)} * \text{jaardebiet (m}^3\text{)}$$

De jaargemiddelde concentratie (12 metingen, zie bijlage 6) is vermenigvuldigd met het jaargemiddelde debiet (90 m³/s). Voor de stoffen die van het SAWES model, geeft dit de belasting vermeld in tabel 4.

tabel 4: belasting bij Rupelmonde in 1991

parameter	belasting
BZV5 (ton)	24125
ZS (ton)	669824
N-totaal (ton)	34002
Kjeldahl N (ton)	26197
NH ₄ N (ton)	18392
NO ₃ NO ₂ N (ton)	6130
P-totaal (ton)	6925
PO ₄ -P (ton)	1646
Silicaat (kg)	17625
Cd (kg)	6527
Cu (kg)	117000
Cr (kg)	77484
Zn (kg)	965000
BaP (kg)	454 ^a
Fluorantheen (kg)	1107
PCB 52 (g)	10189
PCB 153 (g)	28127
Lindaan (kg)	88 ^b

- a = de detektielimiet is bij benzo(a)pyreen (1991) twee maal niet bereikt, als waarde voor het berekenen van de belasting is de detektielimiet zelf gebruikt
- b = de detektielimiet is bij lindaan (1991) drie maal niet gehaald, als waarde voor het berekenen van de belasting is de detektielimiet zelf gebruikt

Intermezzo: De waterkwaliteit van de Schelde te Rupelmonde

Wanneer de jaargemiddelde waarden voor de stoffen, zoals vermeld in bijlage 6, worden vergeleken met de normen voor de waterkwaliteit (Derde Nota Waterhuishouding) dan kan het volgende worden geconstateerd:

- * De zuurstofnorm van > 5 mg/l wordt niet gehaald. De concentraties van zuurstof liggen vaak tegen de nulwaarde aan!
- * De concentraties van fosfaat (totaal), orthofosfaat, stikstof totaal en ammoniak- en nitriet stikstof liggen alle boven de gestelde norm.
- * De cadmiumgehalten liggen 11 maal boven de norm, de concentraties van koper overschrijdt de norm 13 maal, de zinkconcentraties overschrijden de norm ook 13 maal. Alleen de chroom concentraties liggen rond de norm.
- * De PAK concentraties overschrijden de norm van 0,1 ug/l 28 maal!!
- * Lindaanconcentraties liggen driemaal zo hoog als de gestelde individuele norm van 10 ng/l.
- * De norm voor PCB's is 7 ng/l (mediaan totaal). PCB 153 (gemiddelde 9,91 ng/l) overschrijdt deze norm al.

Op grond van deze duidelijke overschrijding van de Nederlands norm voor bijna elke stof kan worden geconcludeerd dat Rupelmonde zo vervuild is dat er geen aquatisch leven voor hogere organismen mogelijk is. Opmerkelijk is vooral de hoge PAK (totaal) concentratie die te Rupelmonde is aangetroffen.

Veranderingen door het saneren van de bronnen van belasting

Door de lage zuurstofconcentratie bij Rupelmonde ligt het verdelingsevenwicht bodem/ water (lit. 28) geheel aan de kant van de bodem (en het zwevend stof). De metalen cadmium, koper en zink komen in sulfidevorm (particulair) voor. Als de bronnen van de belasting worden gesaneerd dan zal de zuurstofconcentratie in het water hoger worden. Dit heeft tot gevolg dat het evenwicht naar de oplosbare fase verschuift; de metalen die opgeslagen zijn in het sediment en de aan het zwevend stof gebonden metalen zullen meer in opgeloste vorm voorkomen.

Door de zuurstofloosheid van de Schelde zijn de denitrificatie (omzetting van nitraat stikstof in vrije stikstof) omstandigheden gunstig. Er is echter weinig nitraat in het water aanwezig; de stikstofverbindingen komen vooral in ammoniumvorm voor. Door waterzuiveringsinstallaties zal het ammoniumstikstof omgezet worden in nitraat stikstof, en zal het aanbod van nitraatstikstof groter worden. Denitrificatie kan dan volop plaatsvinden, totdat er teveel zuurstof is of als er geen organische stoffen meer aanwezig zijn. Doordat er door zuivering van water meer zuurstof in het water zal komen, zal de denitrificatie vooral plaatsvinden in de zuurstofarme bodem. De rivier is echter niet als zuiveringsorgaan bedoeld. Door derde trapszuivering in rioolwaterzuiveringen aan te brengen, kan dit dan ook worden voorkomen.

Verschil tussen waterkwaliteit van de Rupel en de Schelde (voor Rupelmonding)

Het Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie heeft bij Temse (de Schelde 5 km. voor de Rupelmonding) en bij Kruibeke (5 km na de Rupelmonding) waterkwaliteitsmetingen verricht (5 per jaar). De resultaten van 1991 zijn opgevraagd. Door de meetresultaten van de twee bemonsteringspunten met elkaar te vergelijken kan de invloed van de rivier de Rupel worden bepaald. Hieronder is voor enkele stoffen de jaargemiddelde waarde weergegeven. Bij het berekenen van de waarden voor de concentraties in de rivier Rupelmonde is voor het verschil in wateraanvoer tussen de twee rivieren uitgegaan van een verhouding van 48,4 % voor de Schelde en 51,6 % voor de Rupel.

Stof	Temse	Kruibeke	Rupel
chloride (mg/l)	336	1097	-
zuurstof (mg/l)	2,3	2,9	3,7
BZV5 (mg/l)	6,0	3,7	1,5
CZV (mg/l)	87	74	61,8
Cd tot. (ug/l)	1,96	1,44	0,95
Cr tot. (ug/l)	30,0	23,8	17,98
Cu tot. (ug/l)	30,3	29,2	28,20
Pb tot. (ug/l)	22,6	15,9	9,62
Zn tot. (ug/l)	146	95	47,2
PAK's van Borneff (ug/l)	0,75	0,60	0,46

Bij Kruibeke is het percentage zeewater hoger dan bij Temse. Dit is de reden dat het chloridegehalte bij Kruibeke hoger is. Daarom is voor de Rupel niet het chloridegehalte berekend, deze berekening gaat namelijk niet uit van verdunnig met zeewater. Er is circa 2 % meer zeewater aanwezig bij Kruibeke. Dit heeft natuurlijk ook gevolgen op het zuurstofgehalte en op de andere waarden. Op deze invloed is niet dieper ingegaan. De concentraties aan metalen, aan PAK's, en aan BZV5 en CZV zijn in de Schelde hoger dan in de Rupel. De zuurstofconcentratie is in de Schelde bij Temse lager dan in de Rupel. Hieruit kan worden geconcludeerd dat (over het jaar heen) de Schelde een hogere verontreinigingsgraad heeft als de Rupel. De Vlaamse Milieu Maatschappij (lit. 29) gaat dieper in op de waterkwaliteit van de verschillende rivieren in België. Door haar uitgebreide meetnet (waarin ook lozingspunten van bedrijven bemonsterd worden) heeft de VMM veel vergelijkingsmateriaal. Gegevens over 1991 zijn nog niet bekend.

De analyseresultaten van de Argus van 1991 en 1992 zijn gekorreleerd (Tauf) met zowel de toevoer van de Rupel als de toevoer van de Schelde. Er is geen enkele relatie gevonden tussen de zoetwaterafvoer van de twee verschillende rivieren en het concentratieverloop van de stoffen.

H.5 Geschatte aanname voor SAWES

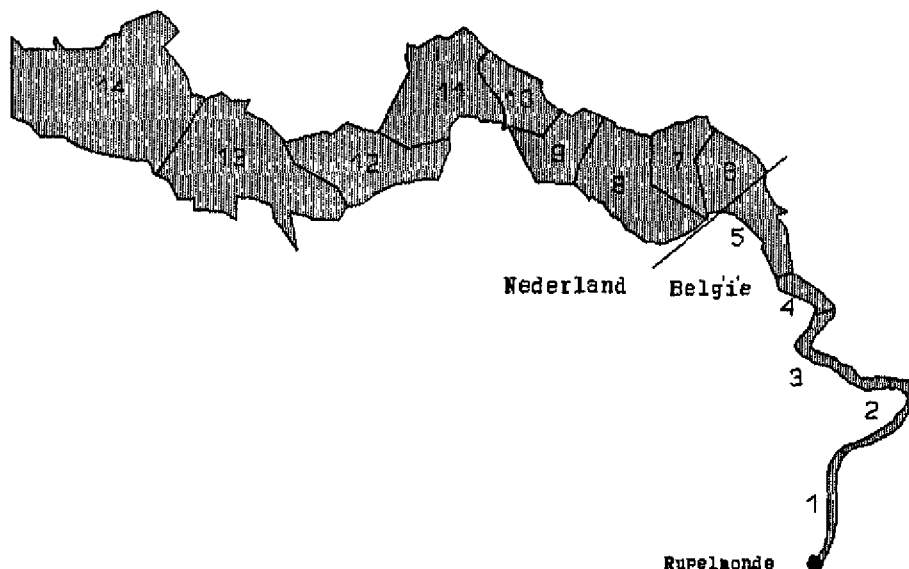
5.1 Het SAWES model

Het SAWES model is een computermodel waarmee de gehalte van een select aantal verontreinigende stoffen in het Schelde-estuarium als functie van de belasting van het estuarium berekend kan worden. Het SAWES model is ingedeeld in 14 segmenten. Deze indeling is gebaseerd op de aanname dat:

1. fysische en biologische processen en hun gevolgen binnen een segment homogeen zijn
2. veranderingen over de segmenten zoveel mogelijk gelijk zijn

Segment een tot en met vijf liggen in België, en segment zes tot en met veertien in Nederland. De situatie van het model en de segmenten zijn hieronder weergegeven.

Het gemodelleerde gebied van het Schelde-estuarium.



5.2 De in het model opgenomen randvoorwaarden

Een groot deel van de belasting (zo'n 70%) van wat er bij de grens bij Nederland in het Westerscheldewater aangetroffen wordt is bij Rupelmonde al in het water van de Schelde aanwezig. In het model wordt de vuilvracht op basis van de afvoergegevens van de Schelde berekend, in combinatie met de gehalten van de verontreinigende stoffen in het Scheldewater. De vuilvracht wordt berekend via de formule: $Q * c$

Q = maanddebiet (m^3)

c = de gemiddelde maandconcentratie per m^3

Deze methode berekent alleen het advectieve, stroomafwaartse transport. Er wordt dus geen rekening gehouden met het dispersieve transport, dat afhankelijk van de gradiënt, zowel stroomopwaarts als stroomafwaarts gericht kan zijn.

De parameters die worden ingevoerd in het model zijn: watertemperatuur, zuurgraad, zuurstof, zuurstofpercentage, zwevend stof, chlorofyl-a, DOC, TOC, stikstof totaal, kjeldahl stikstof, nitraat-nitriet stikstof, nitraat-, nitriet- en ammonium stikstof, totaal fosfaat, ortho-fosfaat, silicaat, cadmium, koper, chroom, zink, lindaan, PCB 52, PCB 153, benzo(a)pyreen en fluorantheen.

In het model is voor deze stoffen voor de jaren 1980-1988 een input op de rivierrand van het model geschat (lit. 14), waarbij gebruik is gemaakt van meetresultaten van het Provinciaal Instituut voor Hygiëne (PIH) en van het IHE. Het zijn analyseresultaten die aan het wateroppervlak zijn genomen. Elke bemonsteringsdatum waarop door het IHE een detektielimiet is opgegeven is geschrapt omdat er geen exacte waarden van de limieten bekend waren. Elke detektielimiet die door het PIH is opgegeven heeft de reële waarde gekregen.

Na het samenstellen van de gegevensreeksen zijn deze bewerkt met het programma INPOL en EXPOL. Deze stap was noodzakelijk om zo de voor het model equidistante tijdreeksen met een tijdstap van één maand te verkrijgen. Deze bewerking bestaat uit het via lineaire inter- en extrapolatie aanvullen van ontbrekende gehalten, en het aanvullen van enkele grotere hiaten in de gegevensreeksen van waterkwaliteitskenmerken waarbij geen periodiciteit optreedt.

5.3 De SAWES vracht in 1985

Voor het vergelijken van materiaal van de in SAWES gebruikte gegevens en van de gegevens van de Rupelmonde metingen is geen gebruik gemaakt van de bij SAWES maandelijks ingevoerde concentraties. In plaats daarvan is de jaarvracht voor 1985, die representatief staat voor de periode 1983-1988 (zie lit. 10), gebruikt. De jaarvracht van 1985 staat vermeld in tabel 4 (op de volgende bladzijde).

Opmerking betreffende de onnauwkeurigheid van de SAWES vracht. Per bron wordt de onzekerheid in de belasting van organisch materiaal en nutriënten geschat op 10 tot 25%, van metalen op 20-50% en van organische microverontreinigingen op 50-300%. De onzekerheid in de totale belasting is vrijwel niet te bepalen, maar deze is zonder meer aanzienlijk (lit. 10).

H.6 Vergelijkingen aanname en resultaten metingen

In dit hoofdstuk wordt de SAWES jaarvracht vergeleken met de vracht die op grond van de metingen bij Rupelmonde is berekend (bladzijde 11), en met de vracht die de Vlaamse Milieumaatschappij op grond van haar metingen heeft berekend (zie lit. 29). In tabel 5 zijn de verschillende vrachten (elk uit een verschillend jaar en met een ander debiet) weergegeven.

tabel 5: Vergelijken belasting bij Rupelmonde, volgens Schoon berekeningen 1991, volgens SAWES berekeningen 1985, en volgens de VMM voor 1990

parameter	Schoon 1991	SAWES 1985	VMM 1990
debiet m ³ /s	90	107	80
BZV5 (ton)	24125	25900	15835
CZV (ton)		253000	138866
ZS (TON)	669824	351000	
N-totaal (ton)	34002	33700	
Kjeldahl N (ton)	26197	26900	28619
NH4N (ton)	18392	16300	
NO3NO2 N (ton)	6130	6800	
P-totaal (ton)	6925	4900	4091
PO4-P (ton)	1646	2900	
Silicaat (kg)	17625	19800	
Cd (kg)	6527	5500	1709
Cu (kg)	117000	130000	3809
Cr (kg)	77484	93200	15081
Zn (kg)	965000	241600	140751
BaP (kg)	454 ^a	263	
Fluorantheen (kg)	1107	477	
PCB 52 (g)	10189	6000	
PCB 153 (g)	28127	12000	
Lindaan (kg)	88 ^b	269	
som PCB's (g)			1865
som PAK's (kg)			963

- a = de detektielimiet is bij benzo(a)pyreen (1991) twee maal niet bereikt, als waarde voor het berekenen van de belasting is de detektielimiet zelf gebruikt
- b = de detektielimiet is bij lindaan (1991) drie maal niet gehaald, als waarde voor het berekenen van de belasting is de detektielimiet zelf gebruikt

Bij vergelijking van de jaarvrachten van SCHOON en SAWES, kan geconstateerd worden dat de verschillen in belasting voor de meeste stoffen klein zijn.

Er is bijna geen verschil tussen de jaren 1985 en 1991 in de belasting voor de stikstofverbindingen en BZV5. De totaal-fosfaat belasting in 1991 is hoger, terwijl de orthofosfaat concentratie in datzelfde jaar lager is.

Het zwevend stof gehalte in 1991 is nagenoeg twee maal zo hoog als in 1985, maar de belasting voor cadmium, koper en chroom zijn voor de verschillende jaren bijna gelijk (verschillen van 10-20%). Opmerkelijk is dat de vracht aan zink in 1991 bijna vier keer zo hoog is als in 1985.

De vracht van benzo(a)pyreen en fluorantheen zijn in 1991 hoger dan in 1985. De PCB-vracht van Schoon is ook groter dan die van 1985 (faktor 2). De lindaanvracht in 1991 is drie maal zo laag als in 1985.

De jaarvracht berekend door de VMM komt op aanzienlijk lagere belastingen voor de BZV5, cadmium, koper, chroom, zink en PCB's. Hiervoor is geen verklaring gevonden.

Op grond van de nieuwe vrachtberekening te Rupelmonde kan worden gesteld dat de waterkwaliteit niet is verbeterd. De aanname voor SAWES zoals gemaakt in 1985 komt voor veel stoffen overeen met de berekende belasting in 1991.

H.7 Conclusies en aanbevelingen

De resultaten op een rij:

In 1991 is de afvoer van water van de Rupel relatief hoger dan de afvoer van de Schelde (voor Rupelmonde), maar de Schelde (voor Rupelmonde) bevat jaargemiddeld meer verontreiniging dan de Rupel.

Er zijn veel (95% betrouwbare) korrelaties gevonden tussen de stoffen onderling van één stofgroep (met name bij PAK's onderling en PCB's onderling).

Uit een (Pearson) korrelatie van de stoffen met de zoetwaterafvoer (het totaal van de Rupel en de Schelde samen) blijkt dat alleen totaal stikstof, ammonium stikstof en kjeldahl stikstof correleren met de zoetwaterafvoer (een positieve korrelatie met een betrouwbaarheid van 99%).

Dat er geen ander verband gevonden is tussen zoetwaterafvoer en stoffen (als metalen en PCB's) zou kunnen liggen aan het feit dat er bij hogere afvoer stoffen uit de bodem weer in oplossing komen (resuspensie) door oververzadiging van de desbetreffende stoffen in de bodem.

Twee bedrijven stroomafwaarts Rupelmonde zouden op grond van metingen en waarden uit de lozingsvergunningen een vracht aan metalen op de Schelde lozen in de orde grootte van 10 procent, in vergelijking met de vracht die voor Rupelmonde is berekend.

Uit vergelijking van de meetresultaten van het Belgische Instituut voor Hygiene en Epidemiologie met die van Rijkswaterstaat blijkt dat er bij de gemeten concentraties van zink en van BZV5 grote verschillen tussen de instituten bestaan. Een verklaring is hiervoor niet gevonden.

Uit toetsing van de analyseresultaten aan de Nederlandse norm voor de waterkwaliteit (Derde Nota Waterhuishouding) blijkt dat het zuurstofgehalte de minimum norm van 5 mg/l niet haalt. De gevonden concentraties liggen meestal tegen 0 mg/l aan.

Concentraties van fosfaat (totaal), orthofosfaat, stikstof totaal en ammonium- en nitriet stikstof liggen alle boven de gestelde norm.

De norm voor PAK's totaal van 0,1 ug/l wordt ruim overschreden (gevonden concentratie 2,8 ug/l!). Cadmium, koper, en zinkconcentraties liggen 10 keer zo hoog als de norm. De PCB concentratie (mediaan som) ligt net iets boven de norm.

Bij vergelijking van de vuilvracht, op grond van de analyseresultaten berekend voor 1991, met de belasting zoals berekend voor SAWES (1985), kan geconstateerd worden dat de verschillen in belasting voor de meeste stoffen niet erg groot zijn.

Er is bijna geen verschil tussen de jaren in de belasting voor de stikstofverbindingen en BZV5. De totaal-fosfaat belasting in 1991 is hoger, terwijl de orthofosfaat concentratie in datzelfde jaar lager is.

Het zwevend stof gehalte in 1991 is nagenoeg twee maal zo hoog als in 1985, maar de belasting voor cadmium, koper en chroom zijn voor de verschillende jaren bijna gelijk (verschillen van 10-20%). Opmerkelijk is dat de vracht aan zink in 1991 bijna vier keer zo hoog is als in 1985.

De PCB-vracht is ook groter dan die van 1985 (faktor 2). De linaanvracht in 1991 is drie maal zo laag als in 1985.

Op grond van deze vergelijking kan worden gesteld dat de waterkwaliteit niet is verbeterd. De aanname voor SAWES zoals gemaakt in 1985 komt voor veel stoffen overeen met de berekende belasting in 1991.

Voorgesteld wordt dan ook om de aanname voor SAWES in 1985 niet te veranderen. Een maandelijkse input voor 1991 is voor het model gemaakt. Het model kan nu met deze waarden werken, waarbij vooral gekeken moet worden naar invloed van het verschil in concentraties aan zwevend stof, zink, linaan en PCB's.

Aanbevolen wordt om te onderzoeken wat de oorzaak is van de verschillen in meetresultaten van diverse stoffen bij verschillende instituten (IHE, Rijkswaterstaat, Vlaamse Milieu Maatschappij). Dit kan uitgevoerd worden door een monster naar verschillende laboratoria te sturen voor onderzoek. Na dit onderzoek kan dan in overleg met deze instituten gezocht worden naar een uniforme monsternamen- en analyse methode.

Ook wordt aanbevolen om de meetnetten van de verschillende instituten te integreren, waardoor het beleid voor de Schelde gemaakt door Nederland en België in de toekomst gebaseerd kan zijn op dezelfde resultaten .

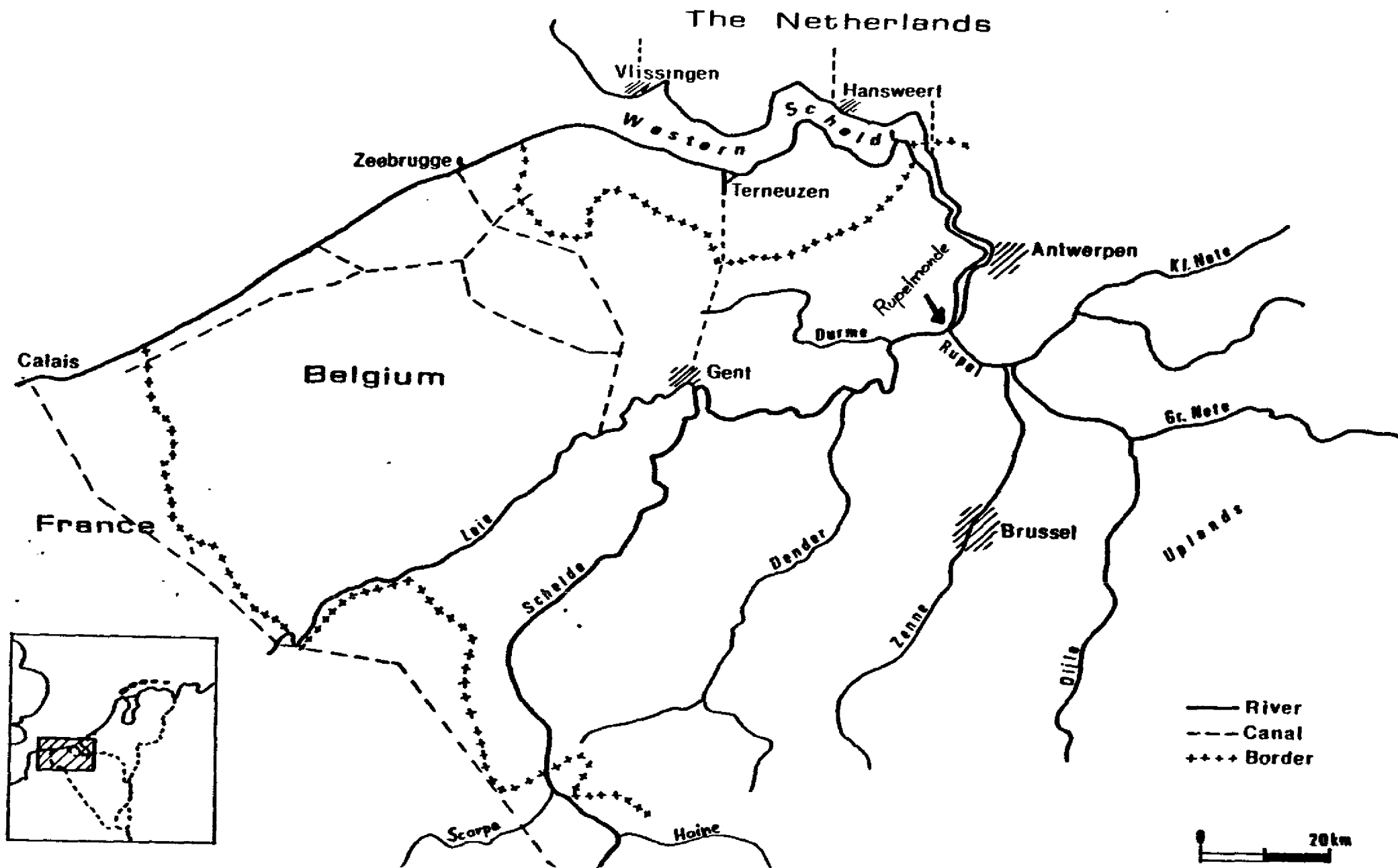
Literatuurlijst

1. Blom AM, "*Fliessende Welle Schelde*", International Centre of Water Studies (ICWS), juni 1986.
2. Brabander K de, Verhoeve D en Roels I, "*De waterkwaliteit van de Dender in 1980-1981 vergeleken met de toestand in 1971-1975 en 1961-1964*", uit Water nr. 12, september/oktober 1983.
3. Bruyneel M, een Wauters L, "*Historische evolutie van de waterkwaliteit in het Schelde-estuarium op Belgisch en Nederlands grondgebied*", technologisch instituut, Antwerpen, 1981.
4. Buijs A, "*Statistiek om mee te werken*", derde herziene druk, Stenferd en Kroese uitgevers, Leiden/ Antwerpen, 1989.
5. Buijs A, "*Statistiek om mee verder te werken*", Stenferd Kroese, Leiden/ Antwerpen, 1988.
6. Claessens J, "*Het hydraulisch regime van de Schelde*", uit Water nr. 43, november/ december 1988.
7. Gemeenschapsministerie van het Vlaamse Gewest Departement leefmilieu en Infrastructuur, "*De baggerwerken in de Schelde en de kwaliteit van water en bodem, stand van zaken 'voorlopig rapport'*", december 1990.
8. Grieken R van et al., "*Het Scheldeestuarium: de moeilijke ontmoeting tussen de rivier en de zee*", universitaire instelling Antwerpen, programma milieukunde, vijfde promotie, academiejaar 1990-1991.
9. Hermans JH en Smedes F, "*Onderzoek naar de monstername en bepaling van OMIVE (PCB's en PAK's) in oppervlakte water*", DGW, nota gwio-91.060 oktober 1991.
10. Holland et al., "*De belasting van het Scheldeestuarium (1980-1988)*", SAWES nota 91.07, februari 1991.
11. Internationale Scheldewerkgroep, "*beterschap; actieplan voor verbetering van de waterkwaliteit van de Schelde*", Zeeuwse Milieufederatie, november 1988.
12. "*Inventarisatie en geochemisch gedrag van zware metalen in de Schelde en Westerschelde, verslag onderzoek*", M 1640, M 1736, december 1981.
13. Klankbordforum Westerschelde, "*Beleidsplan Westerschelde, ontwerp t.b.v. overleg en inspraak*", augustus 1989.
14. Lefèvre F, "*Samenstellen rivierrand bij Hemiksem t.b.v. het SAWES model*", projektgroep SAWES, nota GWWS-88.637 (herziene versie), DGW, 17 maart 1990.
15. Lefèvre F, "*De belasting van de Schelde met nutriënten en zware metalen in het traject tussen Rupelmonde en de Belgisch-Nederlandse grens*", deelprojektgroep SAWES model, notitie gwws-90.13071, DGW, 3 mei 1990.

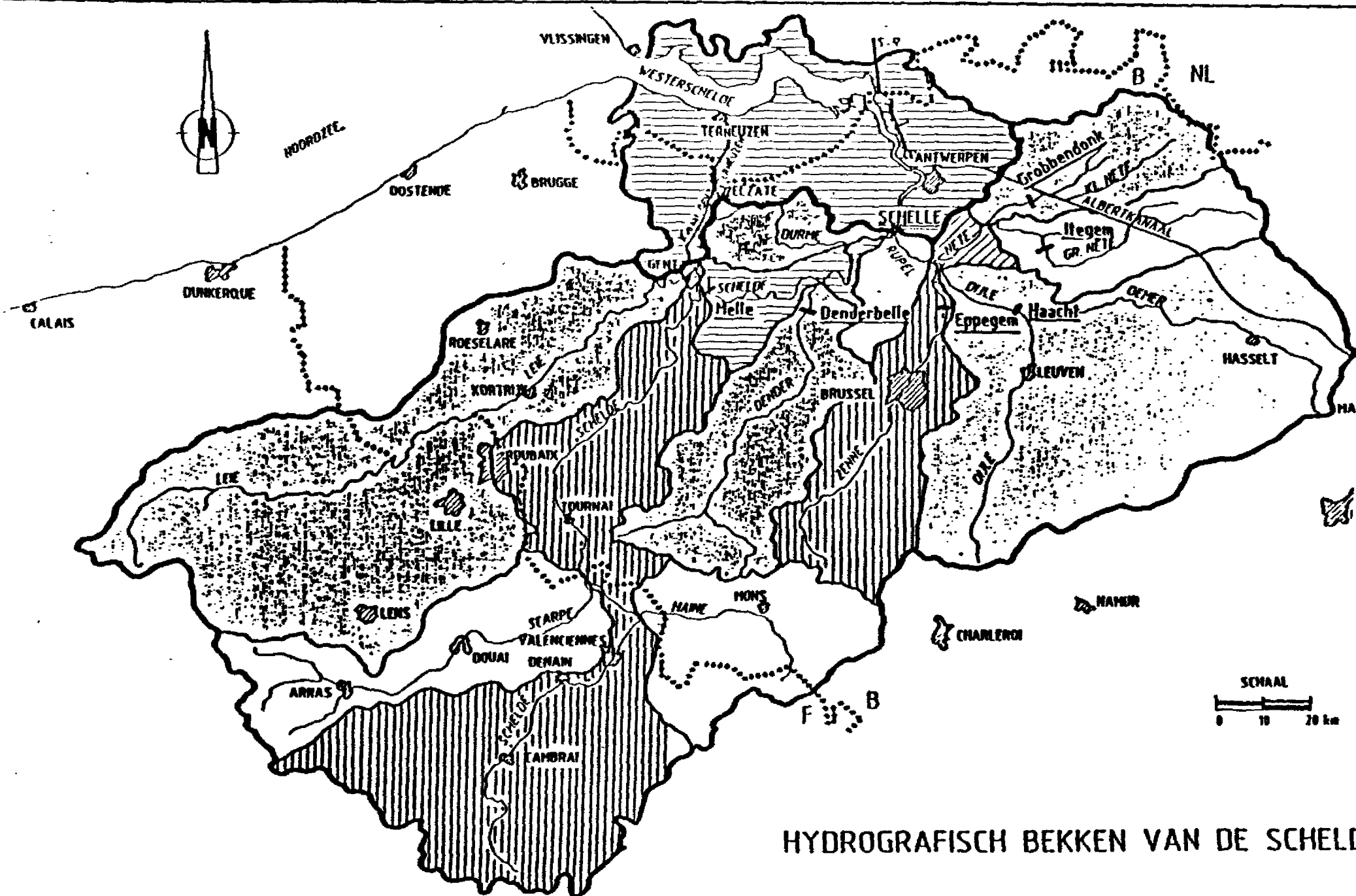
16. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Departement Leefmilieu en Infrastructuur, Antwerpse Zeehavendienst, "De afvoer van de Schelde in 1991", verslag no. AZ.92/02, Administratie waterinfrastructuur en Zeewezen, Departement Leef-milieu en Infrastructuur, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, 1992.
17. Ministerie van openbare werken, Bestuur der Waterwegen, Antwerpse Zee-diensten, "Debietten van het Scheldebekken periode 1959-1972".
18. Pauw N de en Peters JJ, "Contribution to the study of the salinity distribution and circulation in the Western Scheldt estuary", Belgian Environment Sea Project, Ministry for Science Policy, Belgium, 1973.
19. Rietman F, "Project 'Monitoring Schelde', Identificatie puntbronnen tussen Gent en de Belgisch-Nederlandse grens, meetcampagne 1989", International Centre of Water Studies (ICWS), Rijkswaterstaat Directie Zeeland, Vlaamse Maatschappij voor Waterzuivering, januari 1990.
20. Schouwenaar A, "Berekening jaarvrachten Westerschelde en Schelde van een aantal algemene parameters, nutriënten en zware metalen over de periode 1980-1988", SAWES-belastingen, DGW, notitie GWWS-89646, december 1989, aanpassing augustus 1990.
21. Stichting Reinwater, "Frankrijk: Afvalwater en beleid, onderzoek naar de haalbaarheid van de internationale afspraken rond Rijn en Noordzee", Amsterdam, januari 1992.
22. Stichting Reinwater en bond beter leefmilieu, "De Schelde: Vlaamse delta ekologisch rampgebied", juli 1989.
23. Swart JP, "Beschrijving zoutmetingen in de Westerschelde, periode 1982-1983", directie waterhuishouding en kustbeweging, district kust en zee, adviesdienst Vlissingen, nota wwkg-84.v014, juli 1984.
24. WATER, Tijdschrift over waterproblematiek, "De Schelde, perspectieven voor ecologisch herstel", no. 60, sept/okt. 1991.
25. Wattel G, "Belgische bedrijfslozingen per compartiment", bericht van Gilles Wattel aan SAWES-belastingen d.d. 3 april 1989, notitie GWWS-89.518.
26. Zoest R van, "Gehalten, gedrag en modellering van organische microverontreinigingen in het Schelde-estuarium", Rijkswaterstaat, DGW, Den Haag, 29 december 1989.
27. Zoest R van en Eck GTM van, "Behaviour of particulate polychlorinated biphenyls and polycyclic aromatic hydrocarbons in the scheldt estuary", uit Netherlands Journal of Sea Research, 26 (1): 89-96, 1990.
28. Zwolsman JJG en Eck GTM van, "Behaviour of trace metals in the Scheldt estuary, S.W. Netherlands", Waterloopbouwkunig laboratorium Delft.
29. Vlaamse Milieumaatschappij, "Inventarisatie waterkwaliteitstoestand van het stroomgebied van de Schelde", Bestuur Meetnetten en Planning, Dienst Informatie, september 1991.

Inhoud bijlagen

- 1: De Schelde
 - 1A: Het stroomgebied van de Schelde
 - 1B: De ontvangende oppervlakte van elke deelrivier
 - 1C: De lokatie Rupelmonde
- 2: De rivierafvoer
 - 2A: Berekening van de rivierafvoer te Schelle (Rupelmonde)
 - 2B: Dekadegemiddelde waarden van de rivierafvoer in 1991
- 3: Korte omschrijving van de gemeten stoffen
- 4: Resultaten
- 5: Jaarverloop van de stoffen
 - 5A: chloride, geleidbaarheid, temperatuur en de zuurgraad
 - 5B: BZV5, sili, fosfaat totaal en ortho-fosfaat
 - 5C: stikstof, NH₄N, NO₃NO₂N en kjeldahl stikstof
 - 5D: POC, zwevend stof, partikels en PAK's
 - 5E: fluorantheen, benzo(a)pyreen, chroom en zink
 - 5F: cadmium en koper
 - 5G: j-HCH, PCB28, PCB 52 en PCB101
 - 5H: PCB118, PCB138, PCB153 en PCB180
- 6: Jaargemiddelden en daggemiddelden
(inclusief spreiding, minima en maxima)
- 7: Korrelatiematrix
 - 7A: nutriënten en PCB's
 - 7B: PAK's en zware metalen
 - 7C: Korrelatie van de clusters
- 8: Vergelijking gegevens Schoon met gegevens IHE



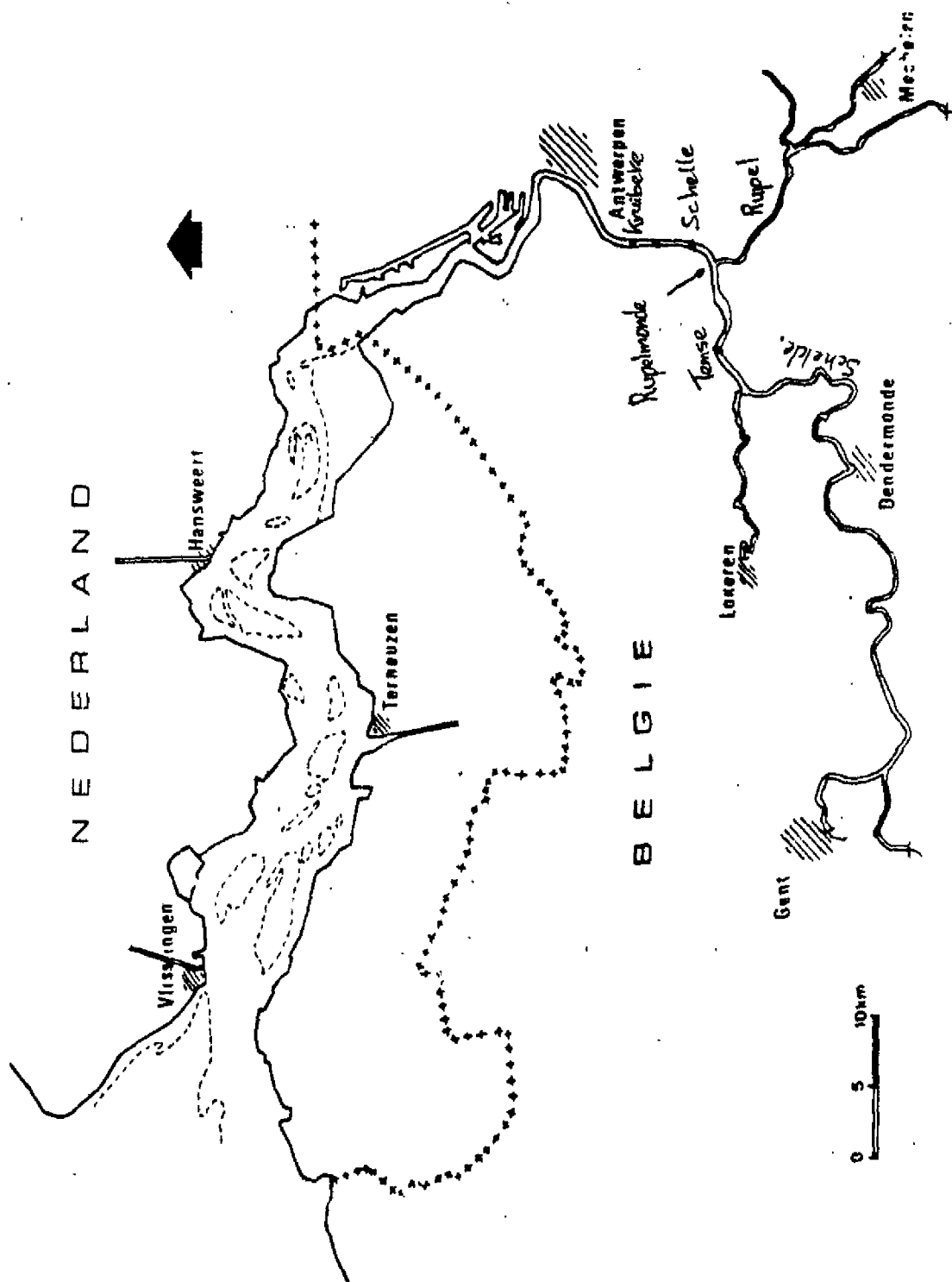
Bijlage 1A: Het stroomgebied van de Schelde



Bijslage 1B: De ontvangende oppervlakte van elke deelrivier

HYDROGRAFISCH BEKKEN VAN DE SCHELDE

Bijlage 1c: De lokatie Rupelmonde



Bijlage 2A: De berekening van de rivieraafvoer te Schelle (Rupelmonde)

Stroomopwaarts van Schelle bedraagt de totale oppervlakte van het bekken 18.981 km² (lit. 16). De onderverdeling in deelbekkens is als volgt:

<i>Schelde opwaarts Rupel</i>	:	12.289 km ²
<i>waarvan Bovenschelde</i>	:	6.097 km ²
<i>Leie</i>	:	4.026 km ²
<i>Dender</i>	:	1.374 km ²
<i>zijbekken Schelde (+Durme)</i>	:	792 km ²
 <i>Rupelbekken</i>	:	 6.692 km ²
<i>waarvan Zenne</i>	:	1.169 km ²
<i>Dijle</i>	:	3.577 km ²
<i>Grote Nete</i>	:	736 km ²
<i>Kleine Nete</i>	:	813 km ²
<i>zijbekken Rupel</i>	:	397 km ²

De afvoer van de Rupel en de Schelde worden hieronder apart besproken (bron: lit. 17).

1. Afvoer van de Rupel

Bij de bepaling van de debieten van de Dijle, Zenne, Kleine Nete en Grote Nete wordt uitgegaan van de registraties van de waterstanden in de meetraaien van deze rivieren. Te Haacht (Dijle), Eppegem (Zenne), Grobbendonk (Kleine Nete) en Itegem (Grote Nete) wordt permanent de waterstand gemeten m.b.v. een limni-graaf. Het verband tussen de waterstand en het debiet is in deze raaien vastgelegd (dateert echter wel van 1973). Het verband levert de volgende berekeningswijze op volgt:

- debiet Dijle	- debiet Haacht	* 1,08
- debiet Zenne	- debiet Eppegem	* 1,08
- debiet Kleine Nete	- debiet Grobbendonk	* 1,46
- debiet Grote Nete	- debiet Itegem	* 1,35

Het debiet van het zijbekken van de Rupel zelf wordt hieruit berekend door het debiet van de aanstromende deelbekkens te delen door het oppervlak van de deelbekkens, en dit maal het oppervlak van het Rupelzijbekken te vermenigvuldigen:

$$\text{- debiet zijbekken Rupel} = \text{debiet deelbekkens} / 6295 * 379$$

Het debiet van het zijbekken en van de deelbekkens van de Rupel worden daarna bij elkaar opgeteld.

2. Afvoer van de Schelde

Voor de bepaling van de afvoer van de Bovenschelde wordt sinds 1987 gebruik gemaakt van een akoestische debietmeter, opgesteld in de Zeeschelde te Melle, dit ligt enkele stroomafwaarts van Gent.

Bij debietbepaling van de Dender wordt gebruik gemaakt van de ijkgrafieken van de stuw te Denderbelle. Hiervoor is bepaald dat:

$$\text{- debiet Dender} = \text{debiet denderbelle} * 1,13$$

Het debiet van het zijbekken van de Schelde van Melle tot Rupelmonde (waarbij ook de aanvoer van de Durme is meegenomen), wordt evenals bij bepaling van het

debiet van het zijbekken van de Rupel berekend door de gemiddelde afvoer per km^2 in de Rupeldeelbekkens te vermenigvuldigen met het oppervlak van het zijbekken van de Schelde:

$$\text{- debiet zijbekken Schelde} = \text{debiet deelbekkens Rupel} / 6295 * 792$$

Het debiet van de Dender, de Bovenschelde en van het zijbekken van de Schelde worden bij elkaar opgeteld.

Discussie bij het hanteren van deze methode: De afvoerrelaties stammen uit 1973, het is dus niet zeker of deze relaties nu ook nog gelden. Een voorbeeld: kloppen de cijfers over het ontvangend oppervlak van de Nete en de Demer nog wel? Het Albertkanaal zorgt namelijk ook voor heel wat afvoer, dus per vierkante kilometer zal er relatief meer afgevoerd worden dan dat is verondersteld. Dit kan zo zijn gevolgen hebben op het debiet wat wordt berekend voor het zijbekken van de Rupel en voor het zijbekken van de Schelde.

Debiet van de Schelde in 1991 (10-daagse gemiddelden)

Datum	Schelde bij Temse	Rupel	Schelde te Schelle
Januari	187	131	318
	90	80	170
	54	57	111
Februari	30	45	75
	42	47	89
	67	68	135
Maart	62	64	126
	39	50	89
	38	49	87
April	28	43	71
	17	39	56
	29	42	71
Mei	51	54	105
	20	38	58
	14	32	46
Juni	16	34	50
	25	40	65
	47	48	95
Juli	64	60	124
	26	37	63
	15	33	48
Augustus	12	30	42
	8	25	33
	8	24	32
September	7	21	28
	10	25	35
	19	36	55
Oktober	13	30	43
	19	34	53
	16	32	48
November	62	73	135
	123	82	205
	83	52	135
December	32	41	73
	63	61	124
	81	102	183

Bijlage 3: Korte omschrijving van de belangrijkste gemeten stoffen

zuurstof

De hoeveelheid zuurstof die in het water zit, is ongetwijfeld een van de belangrijkste van de parameters die goede indicatie geven voor de waterkwaliteit. Bij afbraak van grote hoeveelheden organisch materiaal en stikstofverbindingen (vooral in ammoniumvorm) wordt zuurstof verbruikt. Door vermenigiging met zuurstofrijk zeewater en door het opname van zuurstof uit de atmosfeer komt er weer zuurstof in het water.

zuurstofverzadigingspercentage

De hoeveelheid zuurstof kan ook in het verzadigingspercentage worden uitgedrukt, waardoor het een maat wordt voor de hoeveelheid zuurstof opgelost in water ten opzichte van een volledige verzadiging (100%). Op deze wijze wordt rekening gehouden met de temperatuur van het water. Bij een temperatuur van 15 graden Celcius is er sprake van 100 % verzadiging bij een concentratie aan zuurstof van 10 mg/l (lit. 8).

biochemisch zuurstof verbruik

Het biochemisch zuurstofverbruik (BZV5) is de afname van het zuurstofgehalte van een afgesloten watermonster dat 5 dagen lang bij 20 graden Celcius is bewaard. Het BZV-gehalte van water is van nature niet nul. Een hoog gehalte wijst op de aanwezigheid van veel gemakkelijk afbreekbaar organisch materiaal, dat bijvoorbeeld veelvuldig aanwezig is in ongezuiverd huishoudelijk afvalwater. Rioolwaterzuiveringsinstallaties zorgen ervoor dat een groot gedeelte van het organisch materiaal wordt afgebroken voordat het op een waterloop wordt geloosd.

chemisch zuurstof gebruik

Organische verbindingen geloosd door de industrie worden trager afgebroken. Een goede graadmeter voor deze afbraak is het chemisch zuurstof verbruik (CZV). Normaal ligt de als CZV gemeten zuurstof behoefte ongeveer 6 maal hoger dan de BOD-waarde; hogere waarden wijzen op industriële lozingen (lit. 11).

chloride

Bij Rupelmonde ligt ongeveer de grens tussen zoet en zout water. Uit de chlorideconcentratie kan afgeleid worden hoeveel zeewater zich op een bepaald moment in het Rupelmonde gebied bevindt (bij kennis van het zoetwaterdebiet).

zwevend stof

Zwevend stof is de hoeveelheid onopgeloste stof in water. Het gehalte wordt bepaald via filtratie. De zwevend stof belasting is vooral van belang omdat daarmee de belasting door microverontreinigingen in hoge mate wordt bepaald. Microverontreinigingen zijn namelijk sterk aan het slib gebonden, of aan het organische stofdeel ervan.

stikstofverbindingen

Stikstofverbindingen kunnen in water voorkomen als nitraatstikstof (NO_3N), nitrietstikstof (NO_2N), ammoniumstikstof (NH_3 of NH_4^+) en als organische stikstof. Kjeldahl stikstof is een somparameter voor particulier stikstof, organisch gebonden stikstof en ammonium stikstof. Lozingen van niet of slechts gedeeltelijk gezuiverd stedelijk en industrieel afvalwater zijn de voornaamste bronnen van kjeldahl stikstof.

Ammoniumstikstof ontstaat uit de afbraak van organisch gebonden stikstof, of reductie van nitraat/nitriet. Ammoniakale stikstof (NH_3) wordt geproduceerd door anaërobe bacteriële afbraak van organische stof.

Door de landbouw wordt het oppervlaktewater steeds zwaarder bemest met stikstof en fosfaten. De stikstofmeststoffen spoelen als nitraat uit. In rioolwaterzuiveringen wordt het bij de afbraak van organische stof vrijkomende ammonium gedeeltelijk omgezet in nitraat.

fosfaten

Fosfaten worden onder twee vormen bepaald; onder de vorm van orthofosfaat ($\text{o-PO}_4\text{-P}$) en totaal fosfaat ($\text{t-PO}_4\text{-P}$). De parameter orthofosfaat 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.

Algen kunnen alleen orthofosfaat gebruiken als nutriënt. Een laag zuurstofgehalte heeft invloed op de zuurstofhuishouding; zuurstofloosheid veroorzaakt het in oplossing gaan van de aan het sediment geadsorbeerde orthofosfaten.

silicaat opgelost

Silicaten zijn mineralen die siliciumoxide bevatten. Veruit de belangrijkste bron van opgelost silicaat is de verwerking van (alumino) silicaten. Lozingen spelen vrijwel geen rol.

cadmium

Cadmium is een stof die als verontreiniging in veel delfstoffen aanwezig is. De lozing van cadmiumhoudend afvalwater afkomstig van de produktie van fosfaten ten behoeve van wasmiddelen, krachtvoer en kunstmest is de grootste bron van vervuiling. Cadmium komt in opgeloste en in particuliere vorm voor. Bij een zuurstofgehalte van nul is er slechts weinig cadmium opgelost. De adsorptie aan zwevende stof bepaald de verdeling opgelost/ particulier.

chroom

Chroom komt van nature overal voor en is in lage concentraties niet schadelijk maar juist essentieel voor de gezondheid van plant en dier. Chroom kent veel toepassingen als nonferro metaal en als hulpstof in leerlooierijen en de petrochemie. Daarnaast bevatten afvalzuren uit de titaandioxideproduktie bijzonder veel chroom uit de verwerkte titaanertsen. In het water bindt chroom zich aan zwevende stoffen.

koper

Koper is evenals chroom een spore-element. Kenmerkend voor koper is dat de marge tussen noodzakelijke en schadelijke concentratie klein is. De lozingsbronnen zijn diverse takken in de industrie, en varkensdrijfmest in de vee-teelt. In België vormende koperen waterleidingen een grote bron van de koperbelasting.

zink

Ook zink is een spore-element. Van de metalen cadmium, koper, chroom en zink is zink het minst toxisch.

lindaan

Lindaan is een bestrijdingsmiddel dat toegepast wordt in de aardappel-, mais- en bietenteelt. Lindaan is vanwege zijn persistentie vooral schadelijk op lange termijn (chronische effecten). Lindaan mag alleen in de zaaitelt nog worden toegepast. Het kan enkele tientallen jaren duren (na gebruik) eer lindaan de bodem is uitgespoeld en in het oppervlaktewater wordt aangetroffen.

PCB's

Polychloorbifenylen bestaan uit bifenylen die op een of meerdere plaatsen gesubstitueerd is met chloor. Er zijn 209 combinatiemogelijkheden. Analytisch beperkt men zich tot een representatieve set van bijvoorbeeld 7 'congeners', met verschillende substitutiegraad. PCB's worden (werden) gebruikt in condensatoren en transformatoren, als additief in smeeroliën, in pesticiden en in lijmen, inkten en verven. PCB's zijn toxisch en kankerverwekkend. Voor estuariene en mariene organismen zijn het vooral de dieren in de hogere trofische nivo's (vogels, zoogdieren) die in de huidige toestand het meeste risico lopen op een gestoorde voortplanting. Het vetweefsel waarin de PCB's zich opstapelen wordt aangesproken voor voeding van nakomelingen (eieren, embryo's, juvenielen), die aldus in een korte tijd een hoge dosis kunnen krijgen.

PAK's

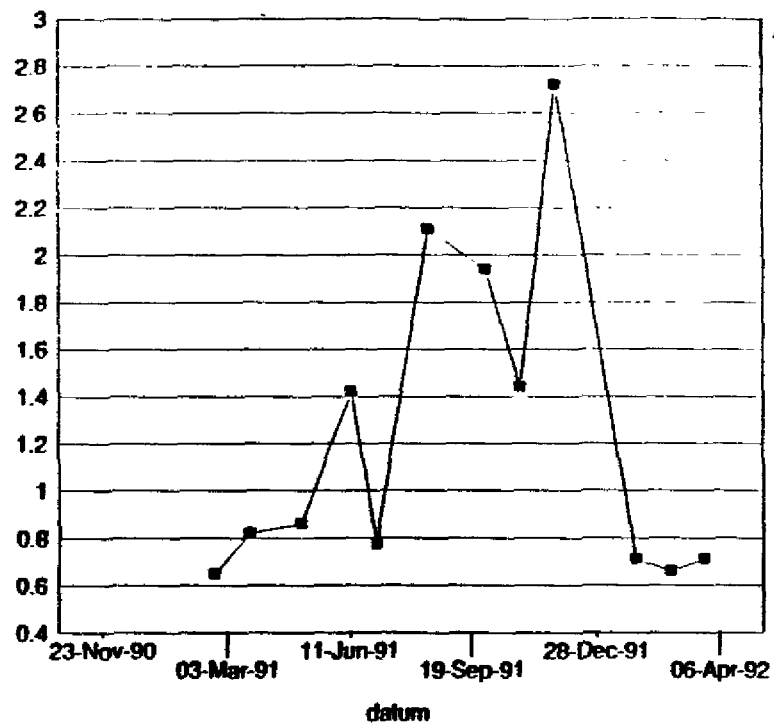
Polycyclische aromatische koolwaterstoffen zijn stoffen met verschillende organische verbindingen, waarin twee of meer koolstofringen zijn ingebouwd. In de Westerschelde zijn benzo(a)pyreen en fluorantheen gemodelleerd. PAK's ontstaan bij de onvolledige verbranding van fossiele brandstoffen. Cokesfabrieken vormen een groot aandeel in de belasting met PAK's. PAK's worden verdacht op het hebben van carcinogene eigenschappen.

Bijlage 4: Resultaten

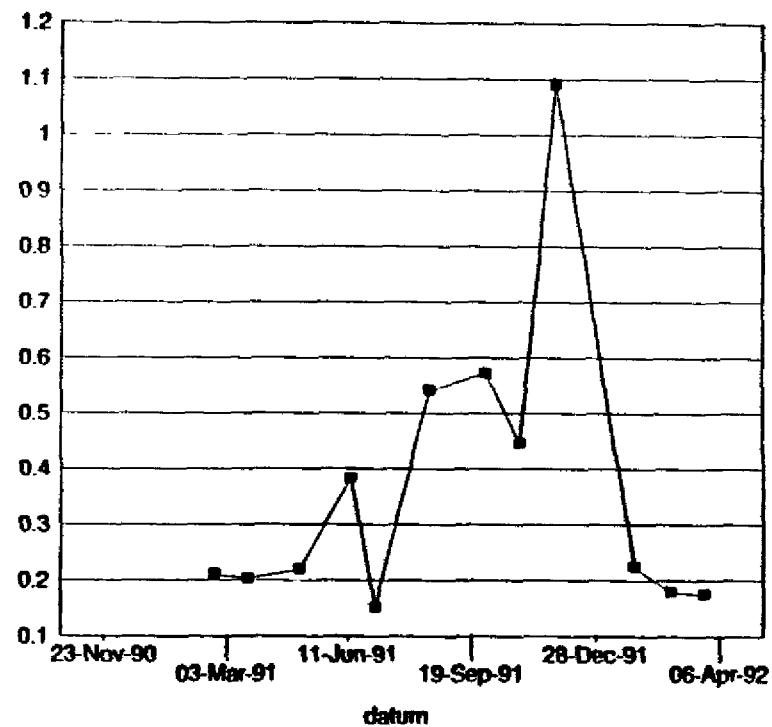
Voor cadmium, koper en PCB's geldt dat ze vanaf het begin gemeten zijn in het gecentrifugeerde slib. Vanaf 26-10-1991 zijn de gehalten van pesticiden en PAK's ook op deze manier bepaald. De in de tabel vermelde gehalten van de pesticiden en PAK's zijn vanaf 26-10 uit het gecentrifugeerde slib berekend op de volgende manier: droge stof (kg/l) * gehalte stof (ug/kg droge stof) = gehalte stof (ug/l). Op 25 maart zijn ook de concentraties chroom en zink in het slib bepaald, deze concentraties bedroegen: chroom 140 mg/kgds, zink 640 mg/kgds.

Jaar		1991																			1992				
datum		21 - 02				21-03	02-05	12-06	03 - 07				15-08	30-09	20-10	25-11	28-01	26-02	24-03						
Looptijd Antwerpen		13.59				13.06	11.40	9.14	13.20				13.12	13.38	12.48	11.56	16.41	14.40	13.23						
tijd		11.45	14.30	15.15	14.02	14.45	13.00	12.15	10.25	11.35	13.35	14.40	15.40	17.25	14.20	13.00	14.20	14.35	16.40	15.20	14.17				
BZV5	ug/l	10.0	12.0	8.4	9.6	12.0	11.0	14.0	< 5.0																
ZS	ug/l	172	214	232	125	214	190	199	244	232	344	82	169	340	224	370	6.7	11.0	5.3	<5					
W4	ug/l	10.39	11.30	10.51	10.70	9.70	7.45	8.35	11.36	19.34	20.84	21.26	19.34	18.20	3.14	4.8	6.19	7.94	7.07	7.40					
W4 M	ug/l	8.2	8.7	9.3	9.2	8.4	7.5	7.4	8.3	8.4	9.8	10.3	9.0	8.3	1.65	4.8	3.16	7.10	6.23	6.72					
W4 M2	ug/l	3.11	3.10	3.19	3.20	3.10	0.92	0.63	0.04	0.16	0.74	0.94	0.86	0.50	2.94	0.04	7.21	2.64	4.43	3.60					
W4 M2	ug/l	0.36	0.39	0.36	0.35	0.37	0.27	0.32	0.02	0.06	0.33	0.29	0.40	0.25	0.36	0.02	0.09	0.16	0.03	0.11					
P totaal	ug/l	13.5	14.4	13.7	13.9	12.8	8.57	9.98	11.40	18.7	21.6	21.2	20.4	19.3	7.69	13.6	19.4	10.6	11.5	11.0					
P totaal	ug/l	1.59	2.04	1.59	1.61	1.63	1.16	2.53	2.90	2.72	3.70	2.75	2.01	2.24	2.71	2.43	2.55	2.40	2.26	1.93					
PO4 P	ug/l	0.29	0.38	0.41	0.41	0.62	0.57	0.92	0.87	0.92	0.92	0.99	0.89	0.83	0.91	0.93	0.94	0.39	0.23	0.42					
SILI	ug/l	7.61	7.68	7.68	7.65	7.78	7.60	6.18	6.49	6.01	6.11	6.11	5.92	6.02	2.18	4.39	6.60	5.23	8.25	7.28					
DOC	ug/l	14.82	18.44	20.80	12.26	18.34	17.89	19.20	18.00	17.69	21.57	8.84	16.46		16.15	22.67	30.36	17.52	12.75	16.06					
DOC	ug/l	9.3	8.1	8.0	8.0	7.6	6.8								16.15	22.67	30.36	17.52	12.75	16.06					
naftaleen	ug/l					< 0.2	< 0.2	0.03	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	0.05	< 0.2	0.11	0.08	0.04					
acenafthaleen	ug/l					< 0.2	< 0.2	0.06	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	0.03	< 0.05	0.01	< 0.02					
acenafthaleen	ug/l					0.29	< 0.2	0.14	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	0.20	0.04	0.03	0.10					
fluoreen	ug/l					0.22	0.10	0.06	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	0.17	0.10	0.04	0.08					
fenanthreen	ug/l					0.16	0.15	0.13	0.14	0.08	0.06	0.04	0.22	0.06	0.12	0.58	0.22	0.23	0.30	0.34					
anthracen	ug/l					0.06	0.04	0.04	0.04	0.02	0.03	0.02	0.10	0.02	0.04	0.13	0.07	0.08	0.10	0.09					
fluoranthreen	ug/l	0.15	0.19	0.15	0.14	0.14	0.20	0.21	0.40	0.35	0.22	0.20	0.15	0.51	0.27	0.62	0.88	0.28	0.32	0.17					
fluoranthreen	ug/l																1.63	0.95	0.92	1.08					
pyreen	ug/l						0.15	0.16	0.43	0.36	0.34	0.28	0.23	0.50	0.31	0.58	1.26	0.76	0.55	0.85					
benzo(a)anthracen	ug/l					< 0.02	< 0.02	0.12	0.10	0.08	0.09	0.06	0.13	0.10	0.19	0.34	0.24	0.19	0.35	0.24					
chryseen	ug/l					< 0.02	< 0.02	0.16	0.09	0.10	0.09	0.06	0.14	0.13	0.19	0.37	0.32	0.19	0.40	0.23					
benzo(b)fluoranthreen	ug/l					< 0.02	< 0.02	0.12	0.10	0.08	0.10	0.06	0.13	0.12	0.20	0.19	0.43	0.23	0.33	0.31					
benzo(k)fluoranthreen	ug/l					< 0.01	< 0.01	0.05	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.08	0.34	0.13	0.10	0.02	0.14					
benzo(a)pyreen	ug/l	0.27	0.02	0.02	0.02	< 0.01	< 0.01	0.08	0.08	0.06	0.06	0.04	0.08	0.09	0.16	0.13	0.07	0.16	0.34	0.06					
benzo(a)pyreen	ug/l																0.21	0.23	0.18	0.28					
dienseno(1,2,3-cd)py	ug/l					< 0.02	< 0.02	0.03	0.02	0.02	0.10	< 0.02	0.23	0.02	< 0.02	0.08	0.11	0.03	< 0.2	0.07					
benzo(ghi)peryl	ug/l					< 0.02	< 0.02	0.10	0.06	0.04	0.08	< 0.02	0.08	0.07	0.12	0.27	0.17	0.13	0.13	0.23					
indeno(123-cd)py	ug/l					< 0.02	< 0.02	0.10	0.04	0.04	0.04	< 0.02	0.07	0.08	0.14	0.37	0.24	0.10	0.10	0.16					
PAK totaal	ug/l					1.08	0.68	2.10	1.40	1.08	1.20	0.70	2.30	1.40	2.40	6.26	4.16	2.90	4.24	3.66					
alfa-BCH	ug/l					< 50	< 10	< 10	30	< 20	30	< 10	30	120	< 10	< 3.1	< 0.3	< 0.3	0.2	< 0.3					
beta-BCH	ug/l					< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 3.1	1.5	0.7	0.8	0.6					
gamma-BCH	ug/l	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	80	60	40	60	50	50	40	30	20	10	20	20	20	20					
gamma-BCH	ug/l					< 50	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 3.1	1.3	0.5	1.0	1.2					
HCB	ug/l					< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 3.1	0.5	1.2	1.0	0.8					
heptachloor	ug/l					< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 3.1	0.4	0.2	0.2	0.3					
Aldrin	ug/l					< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 3.1	1.3	0.2	5.2	3.4					
Teodrin	ug/l					< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 3.1	0.3	0.2	0.4	0.3					
Isodrin	ug/l					< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 3.1	0.3	0.2	0.8	< 0.3					
heptachloorep.	ug/l					< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 3.1	9.8	1.9	2.7	1.6					
DDE (totaal)	ug/l					< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 3.1	6.4	3.3	2.3	4.0					
Dieldrin	ug/l					< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 3.1	5.3	0.7	1.9	1.1					
Endrin	ug/l					< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 3.1	0.3	0.2	0.6	0.5					
DDD (totaal)	ug/l					< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 3.1	4.3	2.8	0.7	2.4					
DDT (totaal)	ug/l					< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 3.1	2.6	0.8	1.3	2.2					
Alfa-endosulfan	ug/l					< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 3.1	2.0	1.4	1.0	1.4					
Cd	ug/kg	10.0	15.0	8.0	10.0	10.0	15.0	7.0	10.0	12.0	11.0	10.0	11.0	15.0	10.0	15.0	9.0	10.0	10.0	7.0					
Cd	ug/l	1.6	2.7	2.3	1.3	1.7	1.9	2.2	1.4	2.4	2.6	2.4	1.0	1.9	3.4	1.6	4.6	3.0	1.8	1.7					
Cu	ug/kg	200.0	200.0	130.0	180.0	150.0	200.0	350.0	120.0	180.0	210.0	220.0	180.0	220.0	230.0	180.0	230.0	180.0	210.0	180.0					
Cu	ug/l	32.6	36.2	37.5	23.0	24.9	38.1	50.6	24.7	42.7	44.6	48.2	17.2	37.2	51.8	29.1	70.6	39.3	37.2	31.4					
Cr	ug/l	7.0	15.0	10.0	8.0	9.0	25.0	23.0	20.0	30.0	20.0	25.0	13.0	20.0	-	30.0	55.0	53.0	30.0	20.0					
As	ug/l						10.0																		
Hg	ug/l						0.9																		
Ni	ug/l						26.0																		
Pb	ug/l						58.0																		
Zn	ug/l	270.0	230.0	260.0	300.0	210.0	280.0	430.0	330.0	360.0	410.0	340.0	390.0	240.0	-	150.0	320.0	000.0	220.0	180.0					
PCB28	ug/kg					< 10	< 10	13	11	< 10	17	< 10	< 10	<											

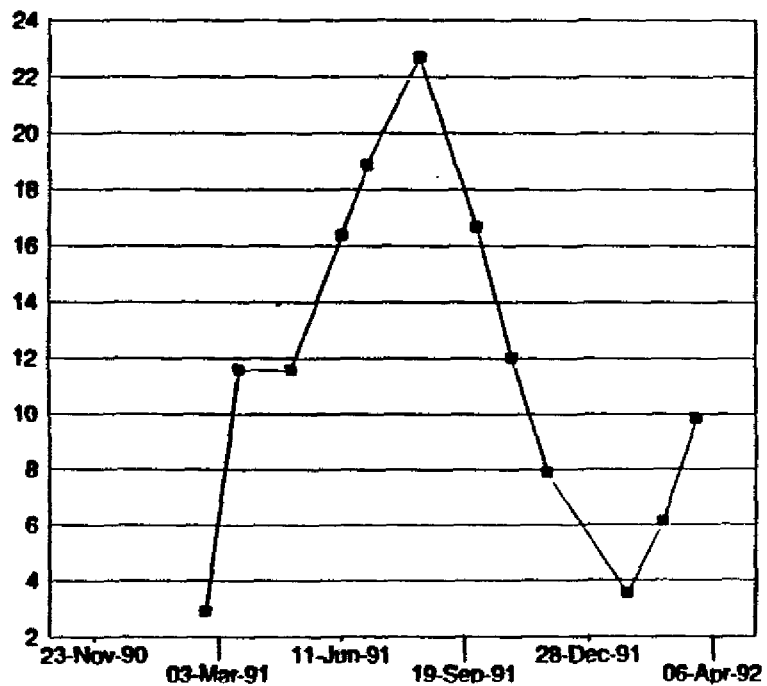
geleidbaarheid (mS/cm)



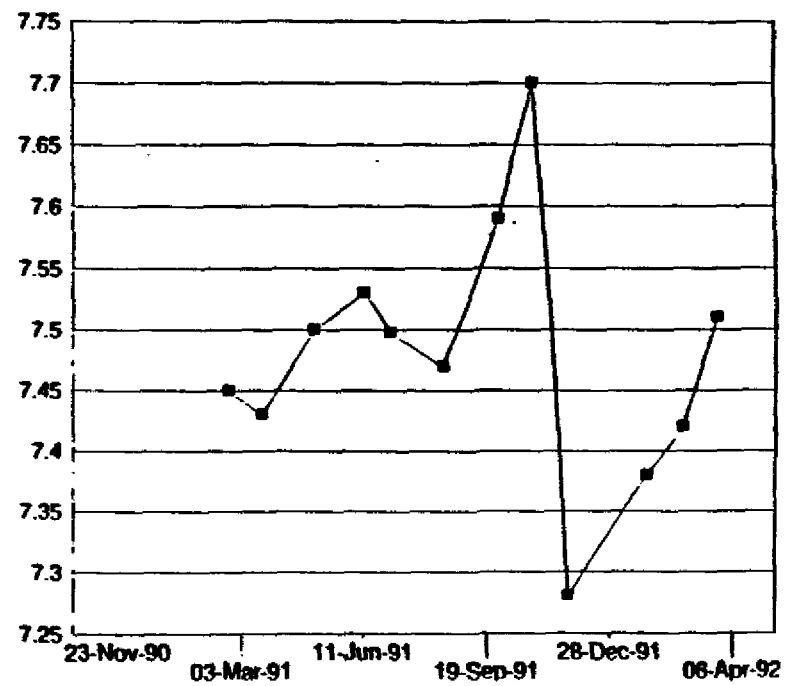
chloride (mg/l)
(Thousands)



temperatuur (graden celcius)

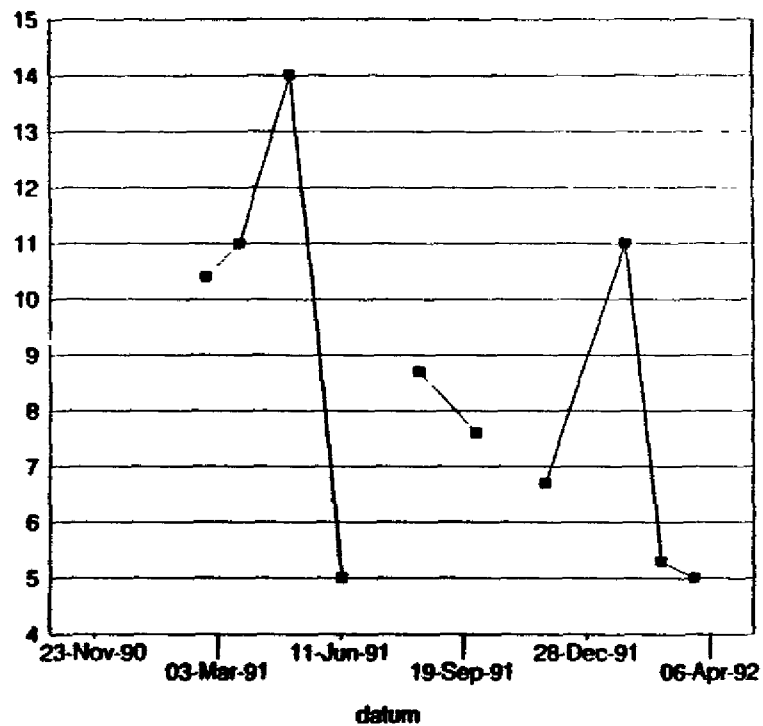


pH

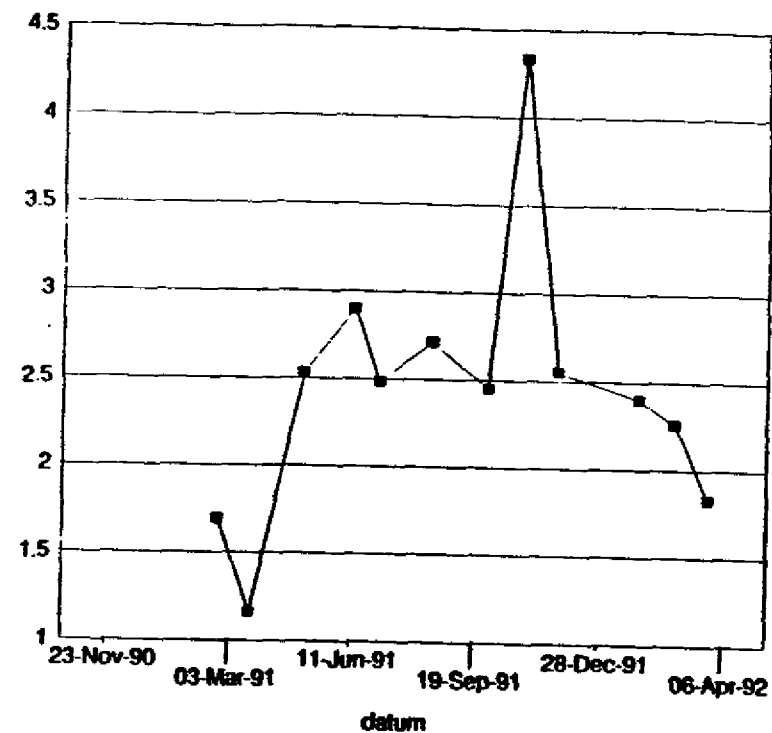


Bijlage 5: Jaarverloop van de stoffen
5A: chloride, geleidbaarheid, temperatuur en de zuurgraad

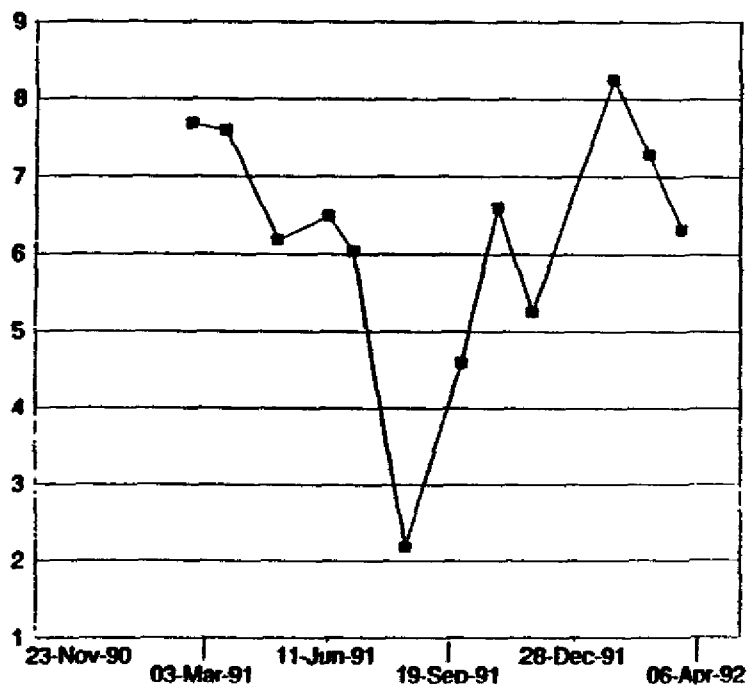
BZV5 (mg/l)



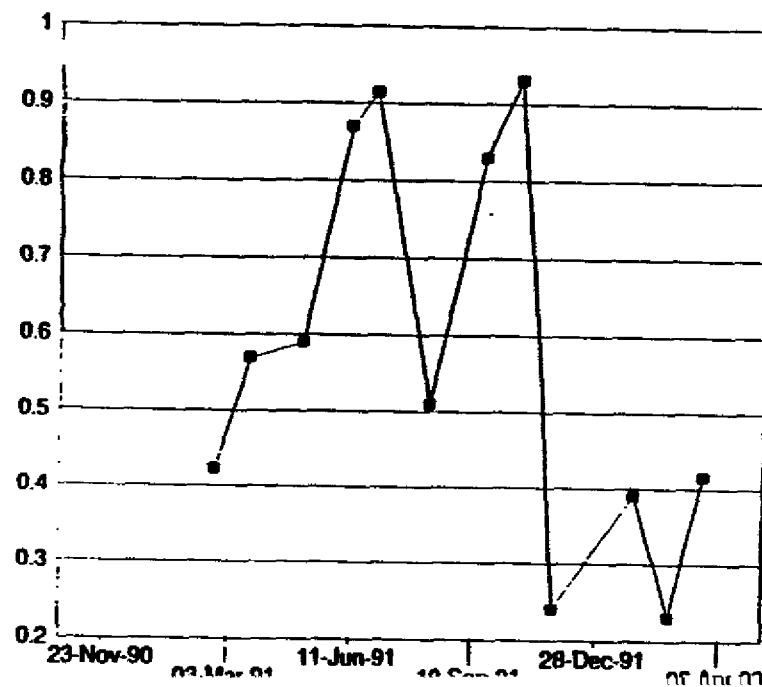
P (mg/l)



Silicium (mg/l)

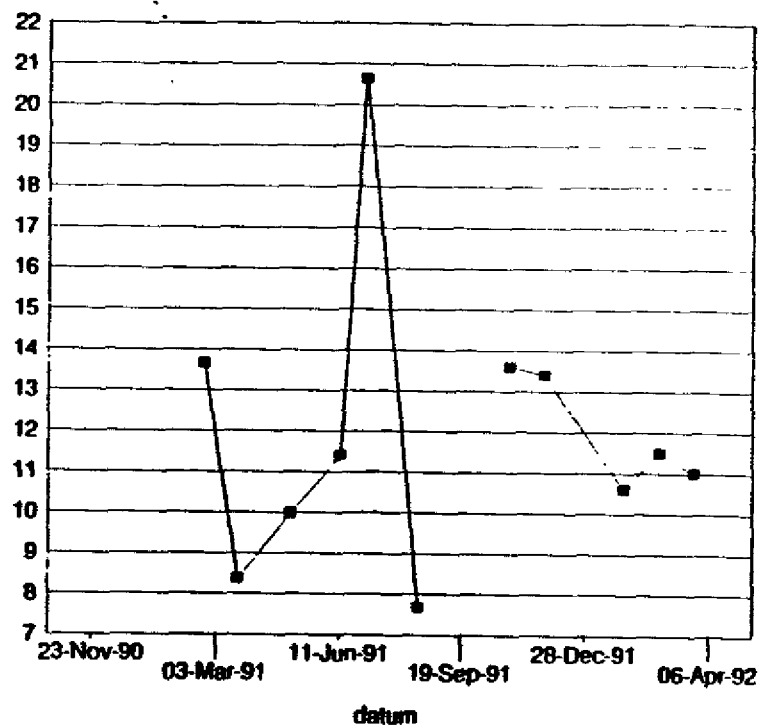


PO4 P (mg/l)

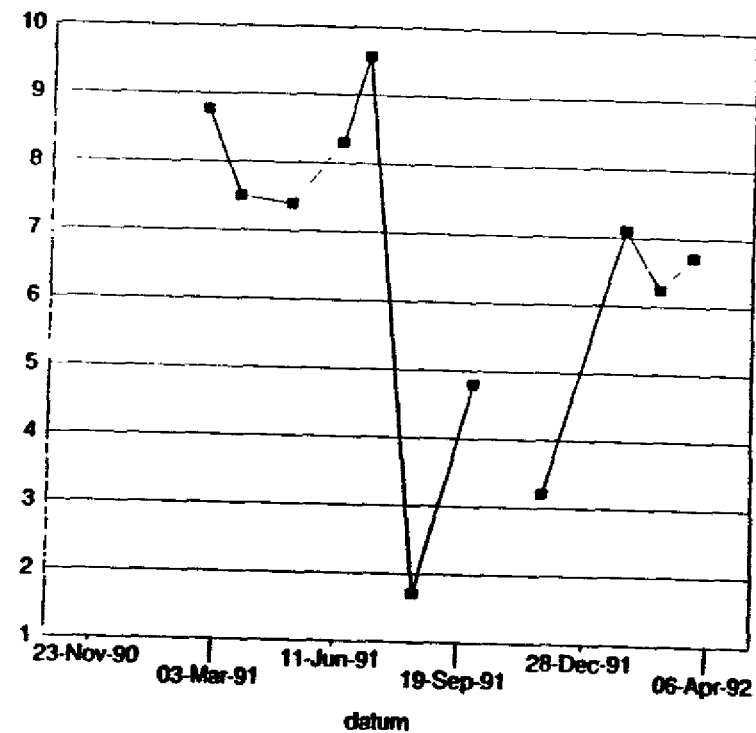


Bijlage 5: Jaarverloop van de stoffen
 5B: BZV5, silicium, fosfaat totaal en ortho-fosfaat

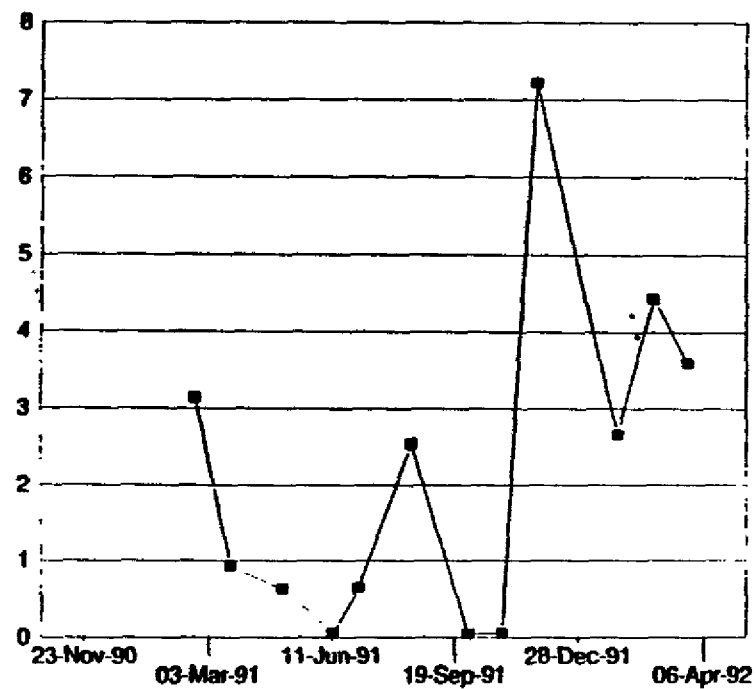
Stikstof (mg/l)



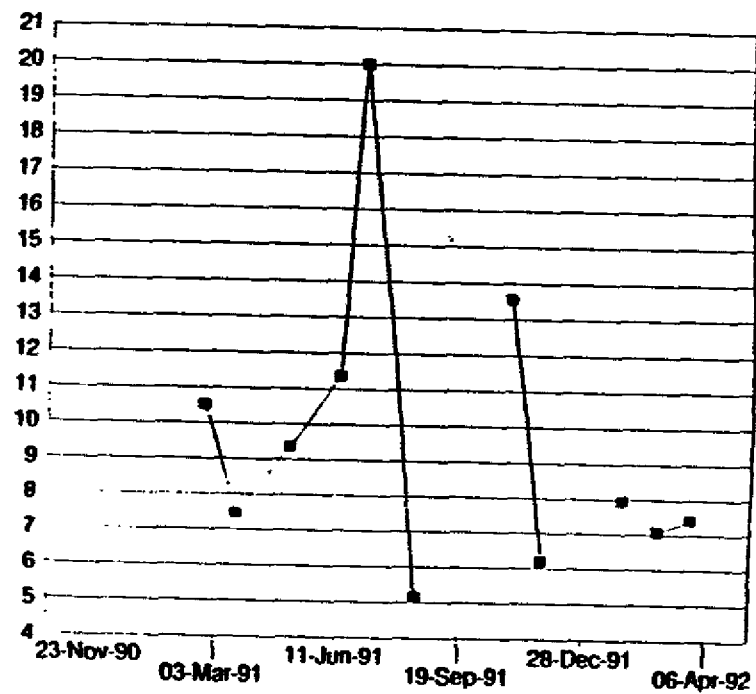
NH4 N (mg/l)



NO3 NO2 N (mg/l)

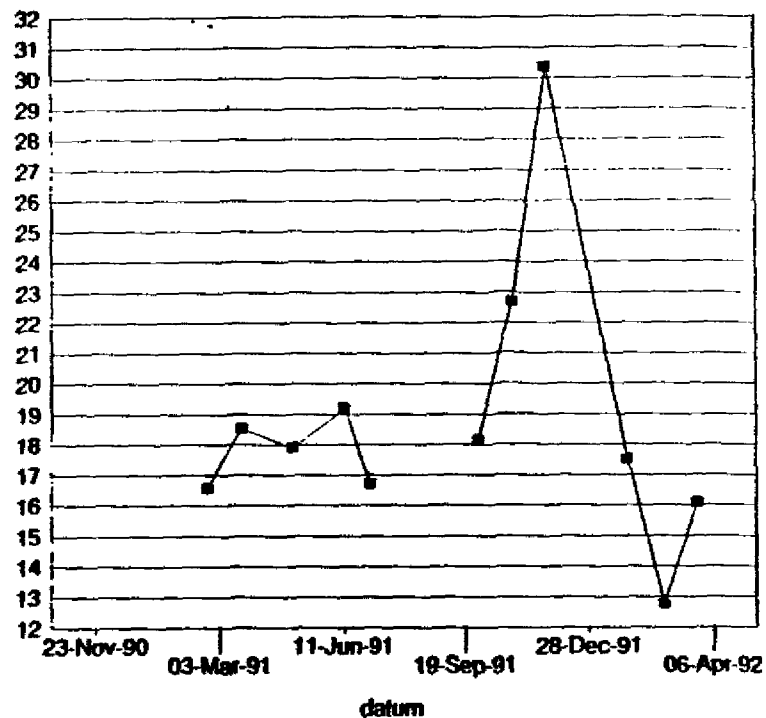


Kjeldahl stikstof (mg/l)

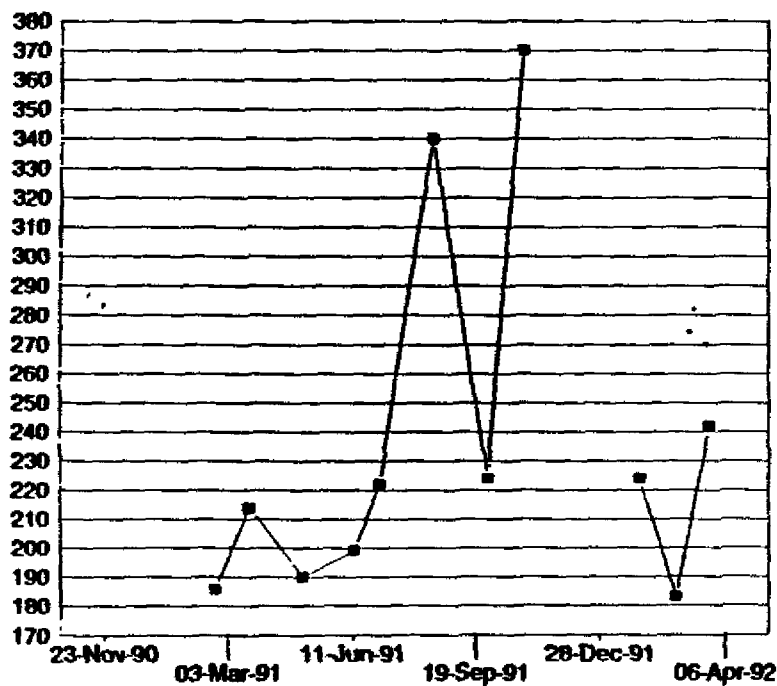


Bijlage 5: Jaarverloop van de stoffen
SC: stikstof, NH4N, NO3NO2N en Kjeldahl stikstof

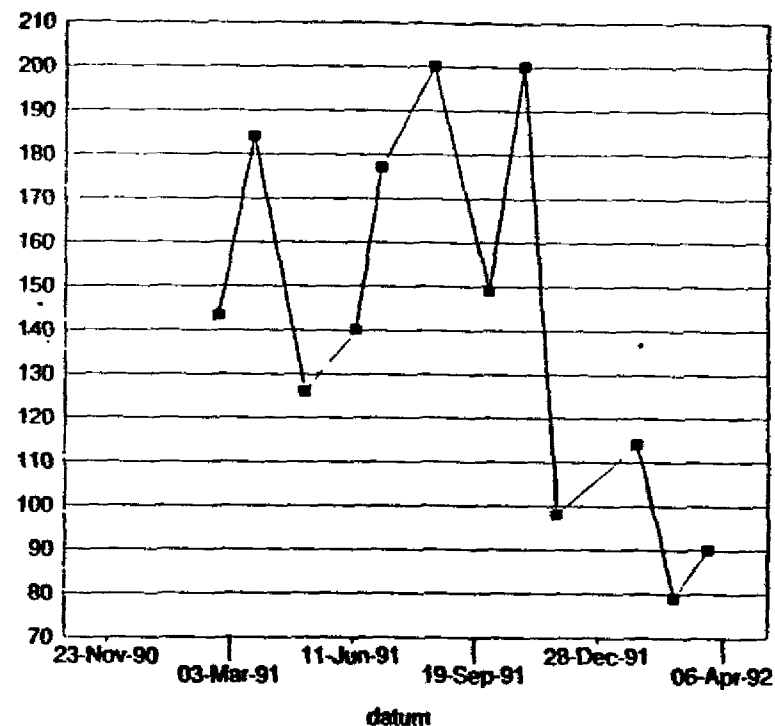
partikulair organisch koolstof (mg/l)



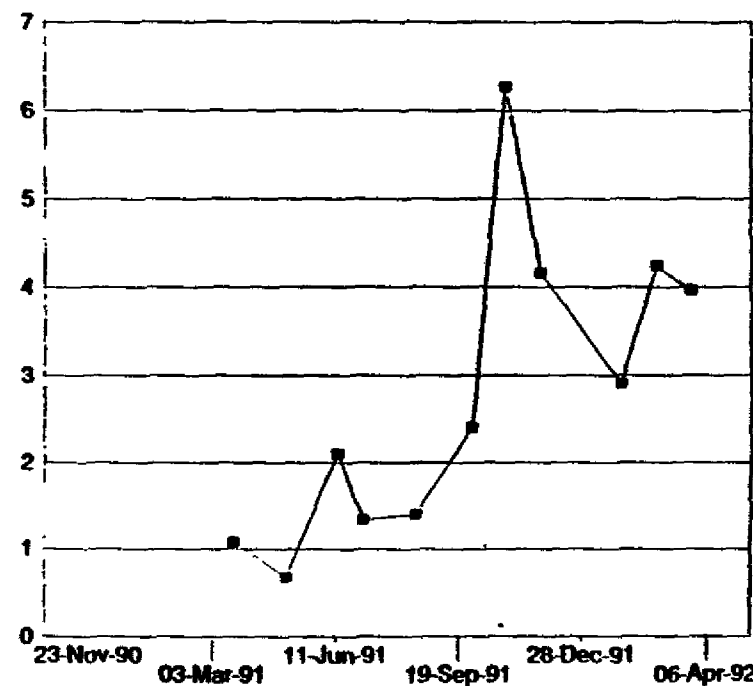
zwevend stof (mg/l)



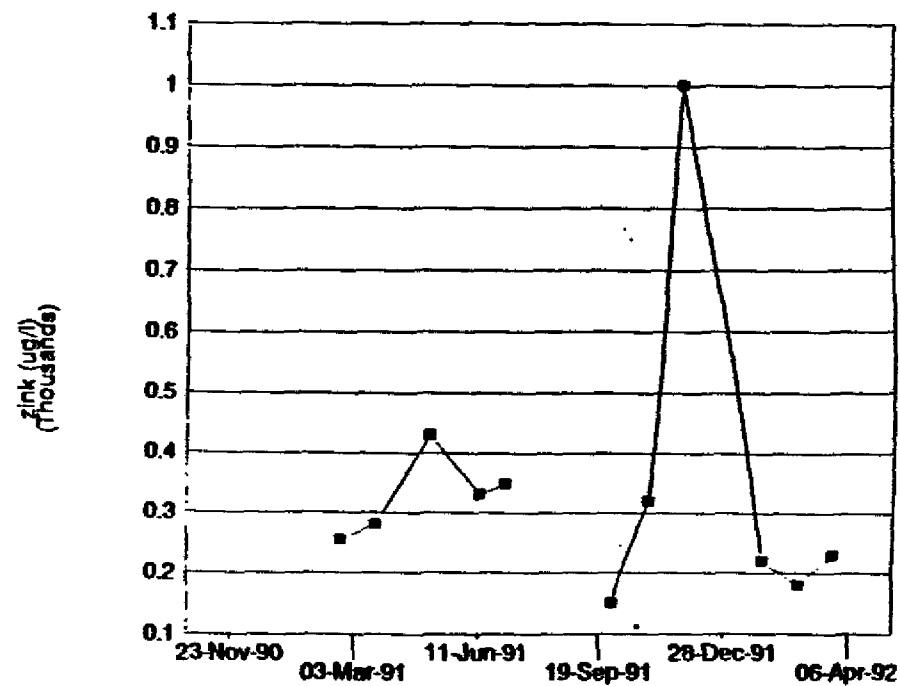
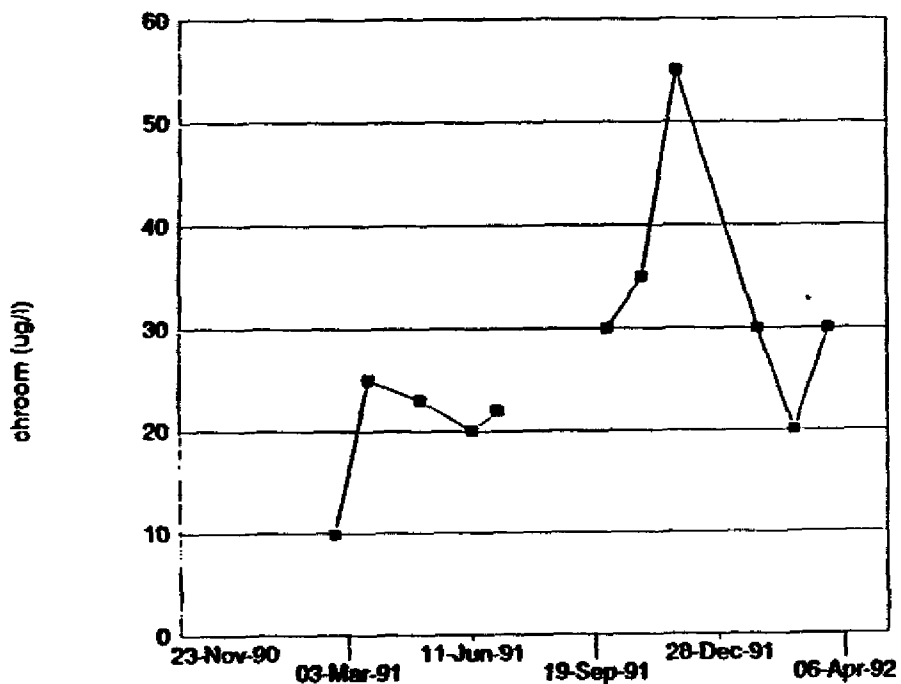
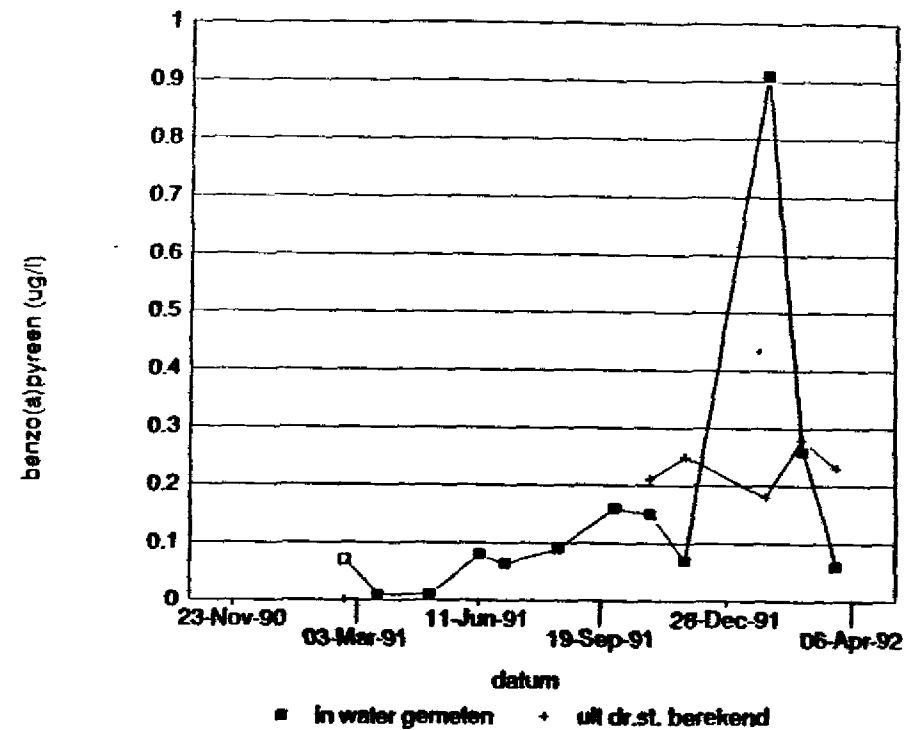
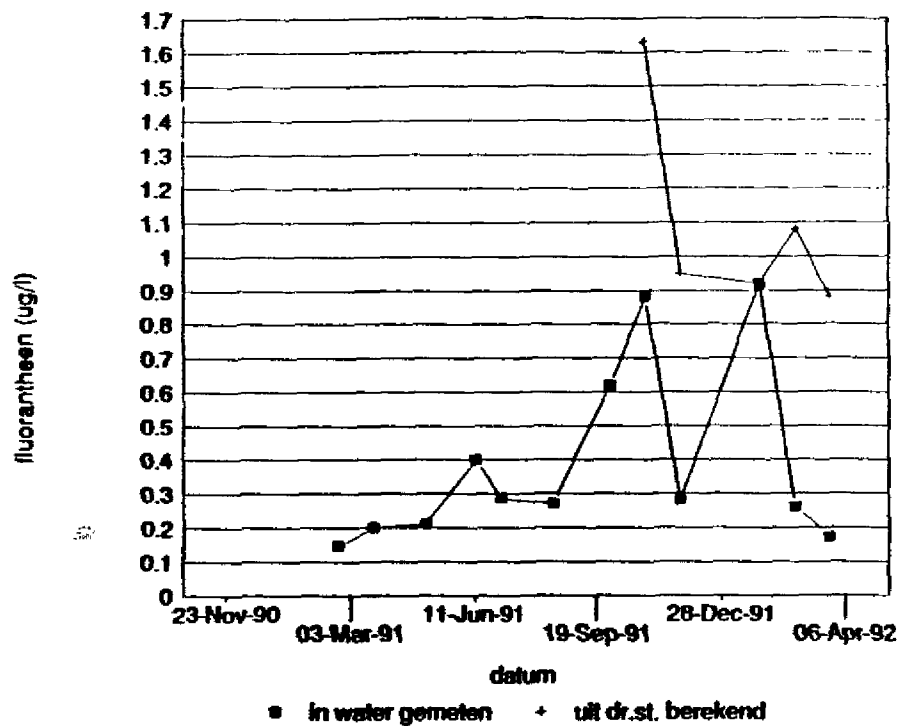
partikels (FTU)



PAK (totaal) (µg/l)

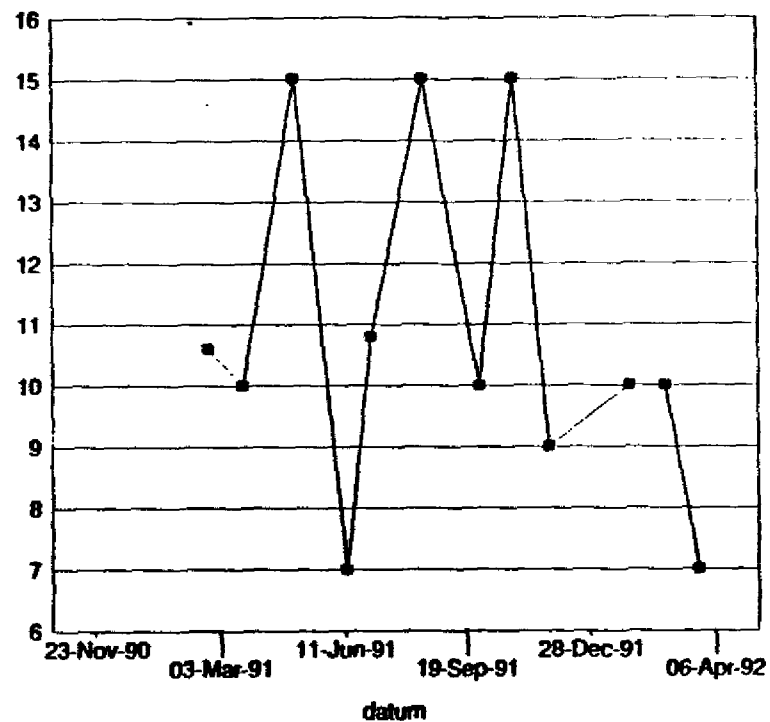


Bijlage 5: Jaarverloop van de stoffen
SD: POC, zwevend stof, partikels en PAK's

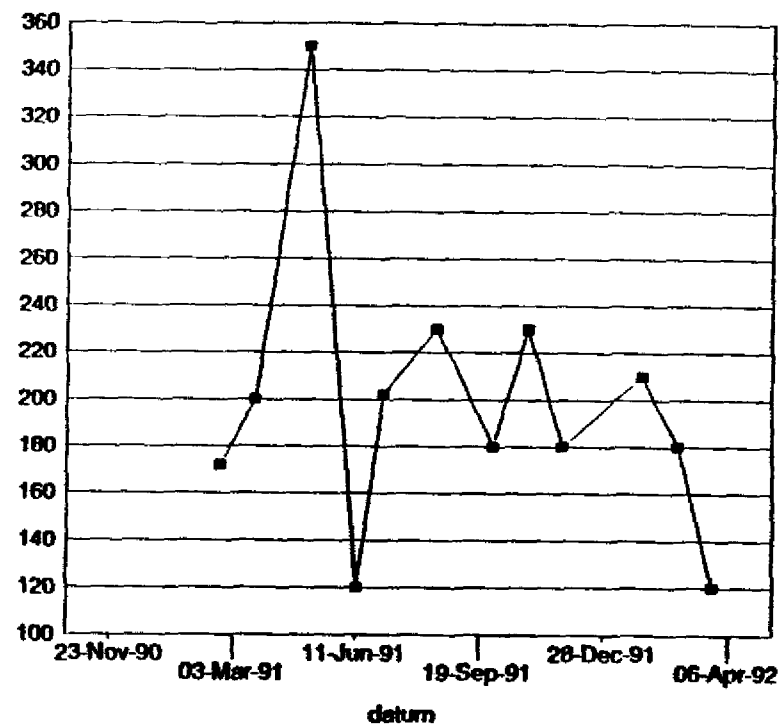


Bijlage 5: Jaarverloop van de stoffen
SE: fluorantheen, benzo(a)pyreen, chroom en zink

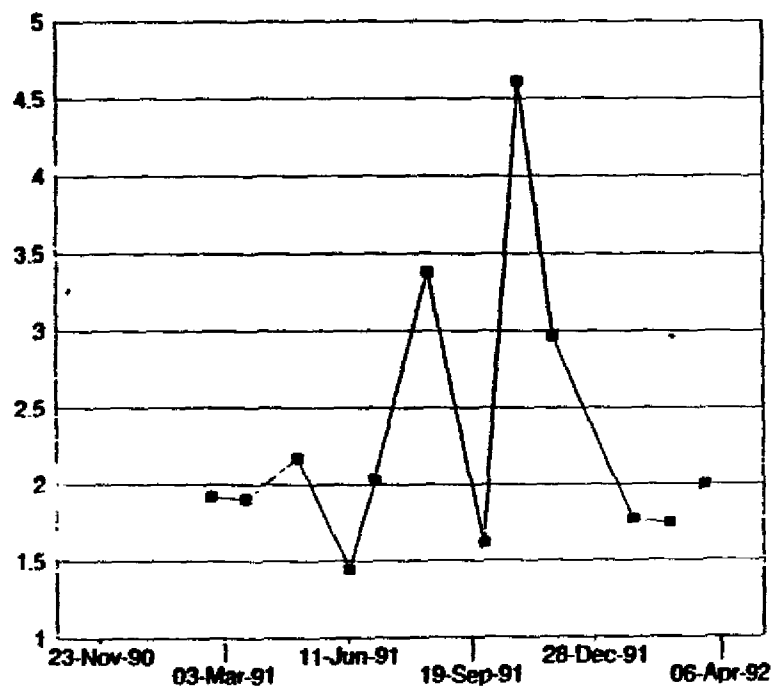
cadmium (mg/kg droge stof)



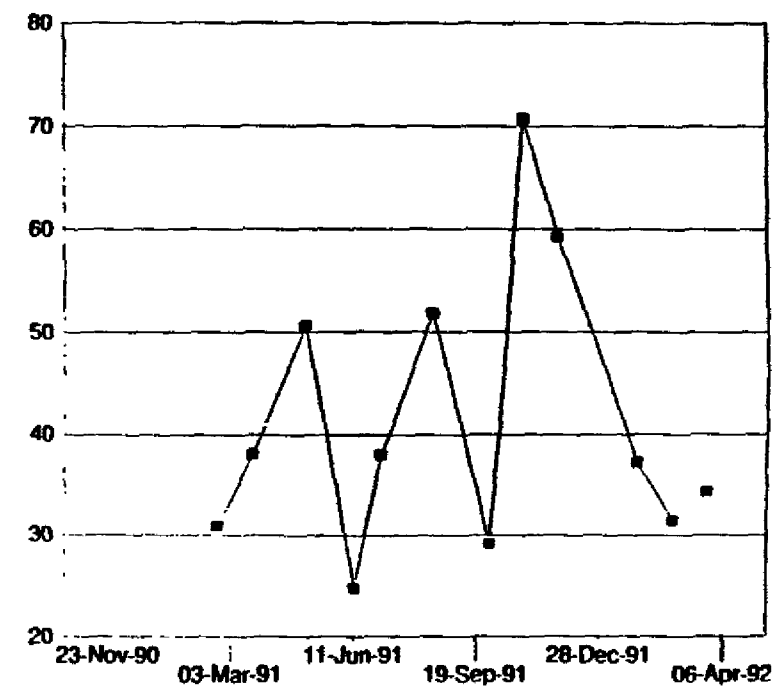
koper (mg/kg droge stof)



cadmium (µg/l)

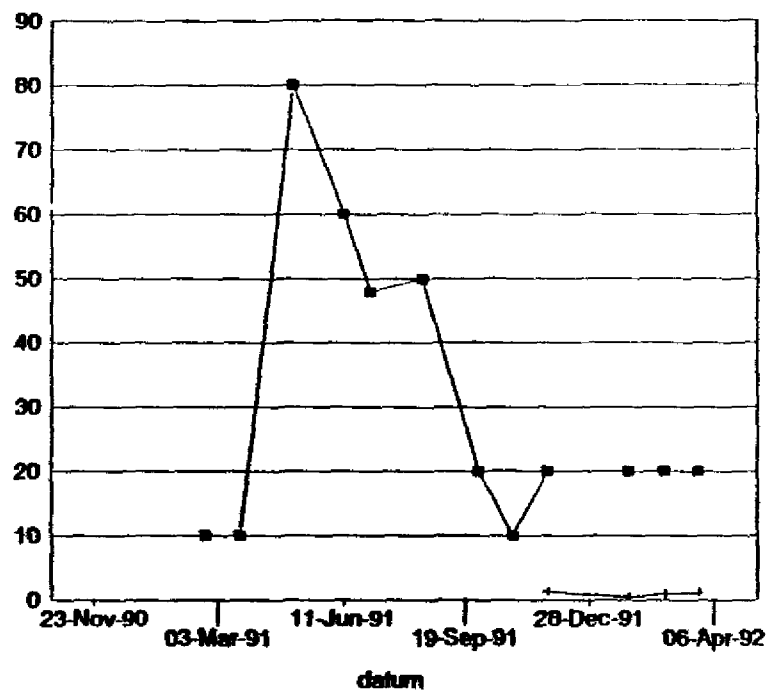


koper (µg/l)



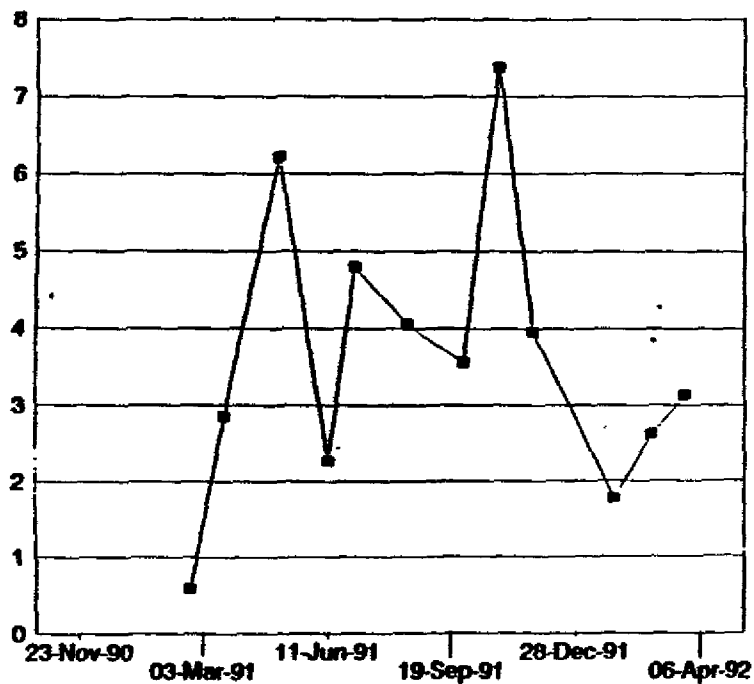
Bijslage 5: Jaarverloop van de stoffen
SF: cadmium en koper

gamma-HCH (ng/l)

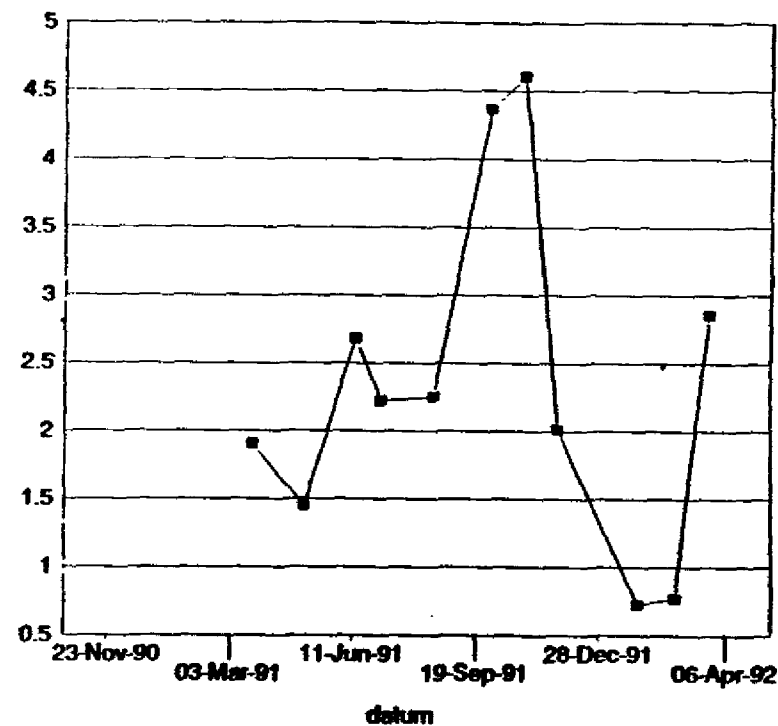


■ in water gemeten + uit dr.st. berekend

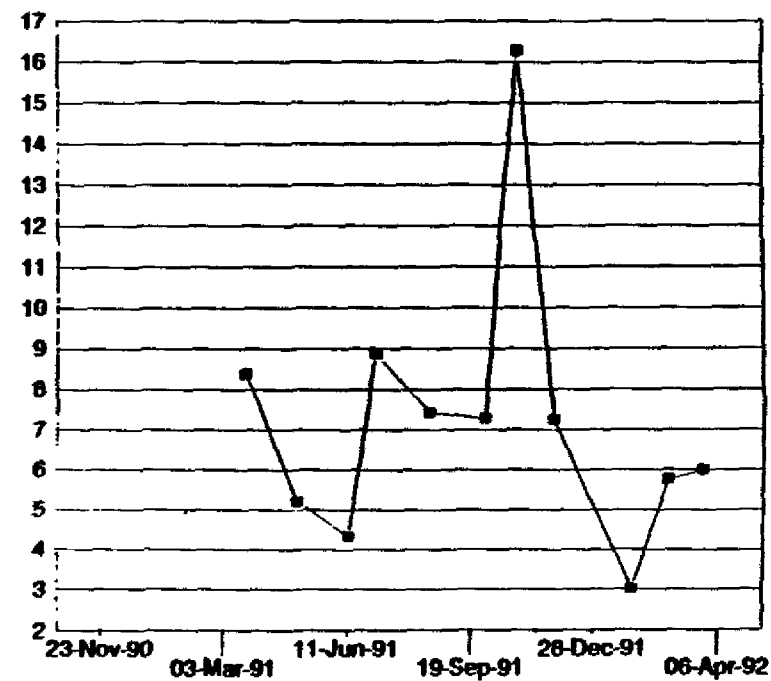
pcb 52 (ug/l)



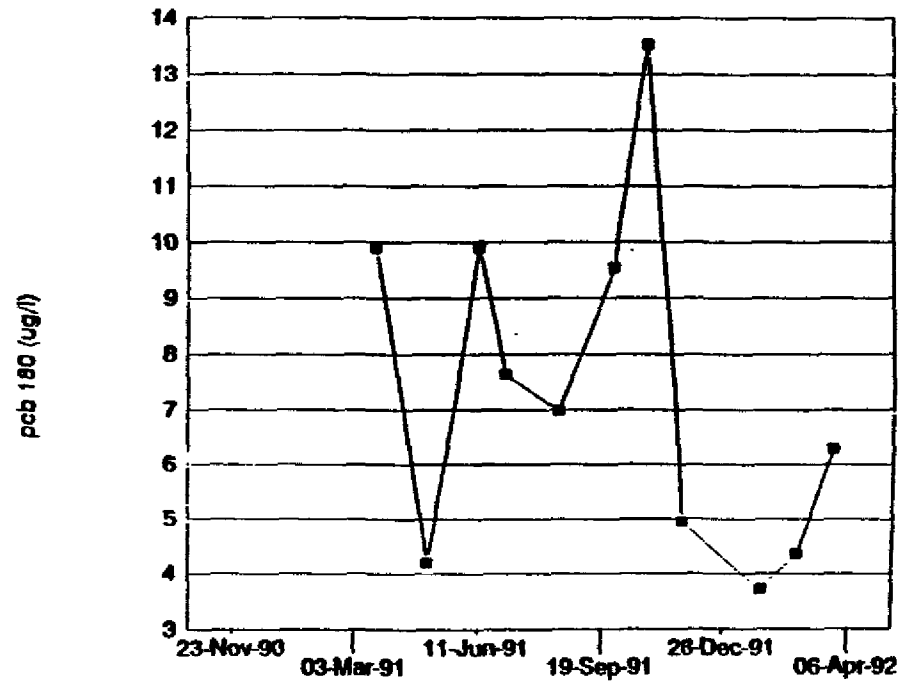
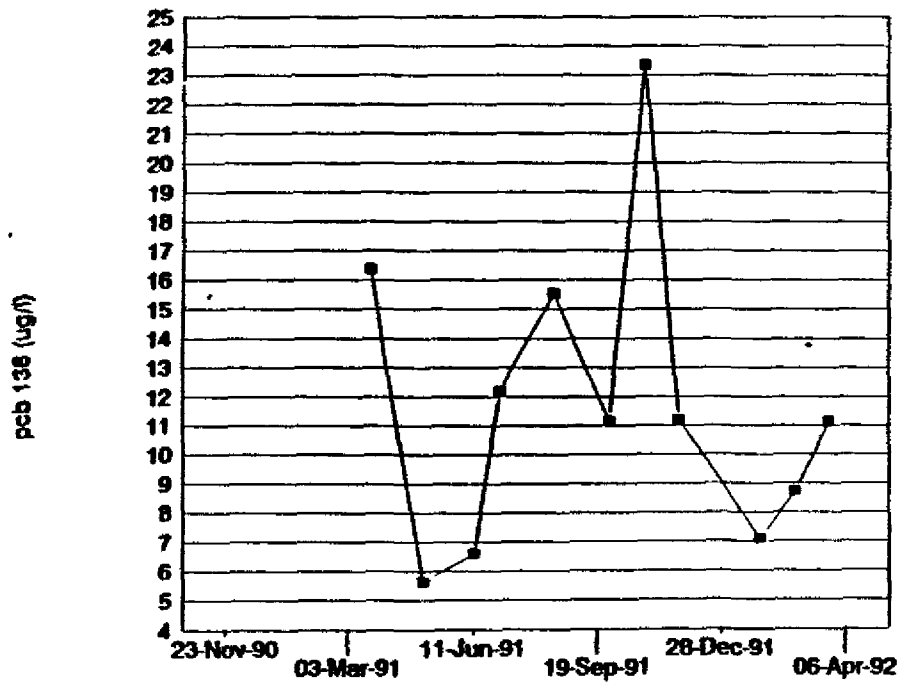
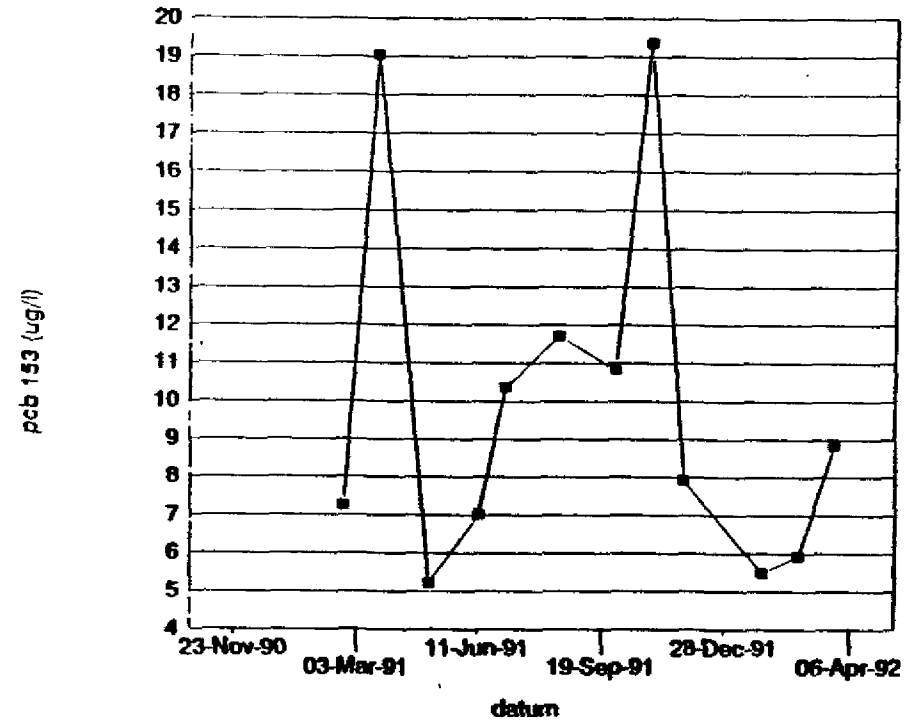
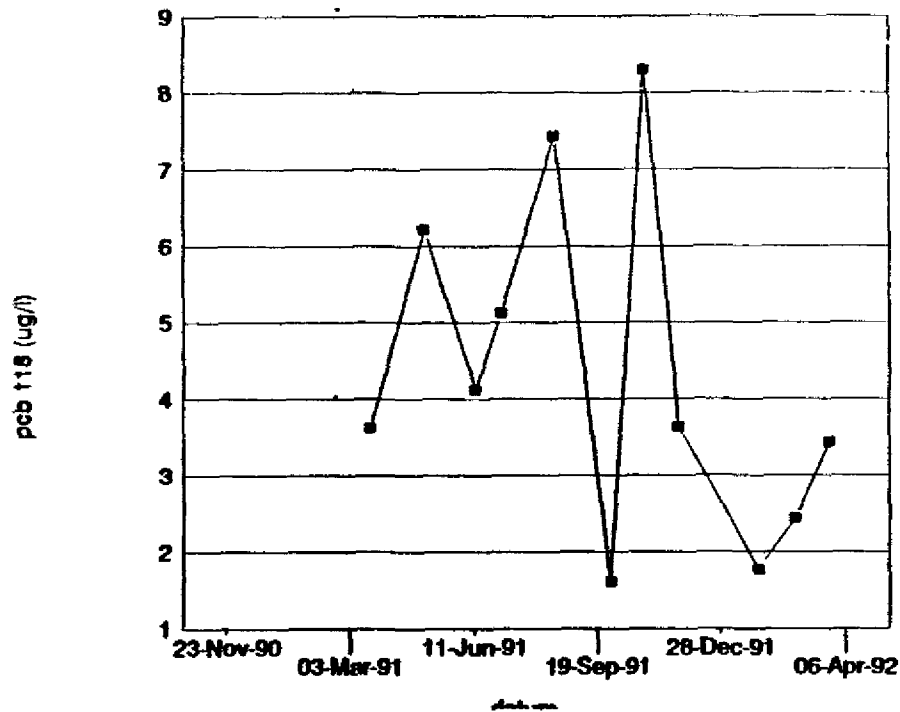
pcb 28 (ug/l)



pcb 101 (ug/l)



Bijlage 5: Jaarverloop van de stoffen
5G: γ-HCH, PCB28, PCB 52 en PCB101



Bijlage 5: Jaarverloop van de stoffen
SH: PCB118, PCB138, PCB153 en PCB180

	BZV5			N			NH4N			NO3NO2			NO2N			P			PO4P		
	jaar	21-02	03-07	jaar	21-02	03-07	jaar	21-02	03-07	jaar	21-02	03-07	jaar	21-02	03-07	jaar	21-02	03-07	jaar	21-02	03-07
N	10	5	-	11	5	5	11	5	5	12	5	5	12	5	5	12	5	5	12	5	5
MINIMUM	5.0	8.4	-	7.68	12.80	19.30	1.70	8.20	9.00	0.04	3.10	0.16	0.02	0.35	0.06	1.16	1.58	2.01	0.23	0.29	0.4
MAXIMUM	14.0	12.0	-	20.64	14.40	22.20	9.56	9.30	10.30	7.21	3.20	0.94	0.37	0.39	0.40	4.33	2.06	2.75	0.93	0.62	0.4
MEAN	8.5	10.4	-	11.98	13.66	20.64	6.48	8.76	9.56	2.16	3.14	0.64	0.17	0.37	0.27	2.44	1.69	2.48	0.58	0.42	0.4
STAND DEV	3.1	1.6	-	3.48	0.58	1.23	2.38	0.48	0.50	2.21	0.05	0.32	0.14	0.02	0.13	0.77	0.21	0.34	0.25	0.12	0.0

	POC			Si			Zs			Part			pH			Temp			Cl		
	jaar	21-02	03-07	jaar	21-02	03-07	jaar	21-02	03-07	jaar	21-02	03-07	jaar	21-02	03-07	jaar	21-02	03-07	jaar	21-02	03-07
N	11	4	5	12	5	5	11	4	5	12	5	5	12	5	5	12	5	5	12	5	5
MINIMUM	12.75	12.26	9.84	2.18	7.61	5.92	183	125	82	79	135	130	7.28	7.44	7.45	2.9	2.4	18.4	151	192	13
MAXIMUM	30.36	20.80	21.57	8.25	7.78	6.11	370	232	364	280	157	219	7.70	7.47	7.54	22.7	3.1	19.1	1089	257	17
MEAN	18.77	16.58	16.71	6.21	7.68	6.03	236	186	222	141	143	177	7.48	7.45	7.50	11.7	2.9	18.9	366	211	15
STAND DEV	4.53	3.88	4.29	1.64	0.06	0.88	62	48	104	42	10	34	0.11	0.01	0.04	6.1	0.3	0.27	272	29	1

	Cr (ug/l)			Zn (ug/l)			Cd (ug/l)			Cu (ug/l)			j-BCH (ng/l)			PCB 52 (ug/l)			PCB 153 (ug/l)		
	jaar	21-02	03-07	jaar	21-02	03-07	jaar	21-02	03-07	jaar	21-02	03-07	jaar	21-02	03-07	jaar	21-02	03-07	jaar	21-02	03-07
N	11	5	5	11	5	5	12	5	5	12	5	5	12	5	5	12	5	5	12	5	5
MINIMUM	9.8	7.0	15.0	150	210	240	1.44	1.28	0.96	24.7	23.0	17.2	10	10	40	0.58	0.35	1.82	5.21	4.73	4.9
MAXIMUM	55.0	15.0	30.0	1000	300	410	4.61	2.72	2.55	70.6	37.5	48.2	80	10	60	7.37	0.75	7.66	19.35	8.66	14.0
MEAN	27.3	9.8	22.0	340	254	348	2.30	1.92	2.03	41.3	30.8	38.0	31	10	48	3.59	0.58	4.80	9.91	7.24	10.3
STAND DEV	11.5	3.1	5.7	233	35	66	0.91	0.58	0.65	13.8	6.6	12.3	23	0	8	1.88	0.18	2.20	4.01	1.58	3.6

	fluorantheen			benzo(a)pyreen			fluoreen			fenanthreen			pyreen			PAK totaal		
	jaar	21-02	03-07	jaar	21-02	03-07	jaar	21-02	03-07	jaar	21-02	03-07	jaar	21-02	03-07	jaar	21-02	03-07
N	12	5	5	12	0	5	11	0	5	11	0	5	11	0	5	11	0	5
MINIMUM	0.15	0.13	0.15	0.01	0.04	0.02	0.02	0.05	0.06	0.04	0.15	0.23	0.15	0.23	0.23	0.68	0.70	0.70
MAXIMUM	0.92	0.19	0.51	0.91	0.08	0.08	0.22	0.05	0.58	0.22	1.26	0.50	0.56	0.34	0.34	6.26	2.30	2.30
MEAN	0.39	0.15	0.29	0.16	0.06	0.09	0.09	0.05	0.22	0.11	0.56	0.34	0.56	0.34	0.34	2.77	1.34	1.34
STAND DEV	0.27	0.03	0.15	0.25	0.02	0.02	0.06	0	0.15	0.07	0.33	0.10	0.33	0.10	0.10	1.72	0.60	0.60

Bijlage 6: Jaar gemiddelden en dag gemiddelden
 (inclusief spreiding, minima en maxima)

Korrelatiematrix van de gemeten stoffen: Welke groepen kunnen we onderscheiden?

In de onderstaande tabel staan alleen de correlaties die significante correlatie met elkaar vertonen.

- = geen correlatie
- + = positieve correlatie met betrouwbaarheid van 95% of meer
- ++ = positieve correlatie met betrouwbaarheid van 99% of meer
- = negatieve correlatie met betrouwbaarheid van 95% of meer
- = negatieve correlatie met betrouwbaarheid van 99% of meer

Nutriënten onderling

	N	Kj. N	NH4N	PO4 P	NO3NO2 N	P	ZS	S111	NO2 N	BZV5	POC
N	1										
Kj. N	++	1									
NH4 N	++	++	1								
PO4 P	++	++	-	1							
NO3NO2 N	-	++	-	++	1						
P	-	-	-	+	-	1					
ZS	-	-	-	-	-	++	1				
S111	-	-	-	-	-	-	-	1			
NO2 N	-	-	-	-	-	+	-	-	1		
BZV5	-	-	-	-	-	-	-	-	+	1	
POC	-	-	-	-	-	-	++	-	-	-	1

PCB's onderling

	PCB 28	PCB 52	PCB 101	PCB 118	PCB 138	PCB 153	PCB 180
PCB 28	1						
PCB 52	-	1					
PCB 101	-	-	1				
PCB 118	-	++	-	1			
PCB 138	-	-	++	-	1		
PCB 153	-	-	+	-	++	1	
PCB 180	+	-	-	-	-	+	1

PAK's onderling

	Acenafth.	Acenafstyl.	Anthr.	B(a)ent.	B(a)p.	B(a)pslib	B(ghi)per.	B(b)fl	B(k)fl	Chrys	Dib(ah)en.	Fenan	Fluoranth.	Fluorth(slb)	Fluoreen	Ind(123)	Naftaleen	Pyreen
Acenaftheen	/																	
Acenafstyeen	-	/																
Anthraceen	++	-	/															
Benzo(a)anthraceen	-	-	++	/														
Benzo(a)pyreen	-	-	-	-	/													
Benzo(a)pyreen slib	-	-	-	-	-	/												
Benzo(ghi)perylene	-	-	++	++	-	-	/											
Benzo(b)fluorantheen	-	-	+	++	-	-	++	/										
Benzo(k)fluorantheen	-	-	+	++	-	-	++	-	/									
Chryseem	-	-	++	++	-	-	++	++	++	/								
Dibenzo(ah)anthr.	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	/							
Fenanthreen	++	-	++	++	-	-	++	-	++	++	-	/						
Fluorantheen	-	-	+	-	++	-	-	-	+	++	-	+	/					
Fluorantheen slib	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	/				
Fluoreen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	/			
Indeno(123cd)py.	-	-	++	++	-	-	++	+	++	++	-	++	+	-	-	/		
Naftaleen	-	-	-	++	-	-	-	-	-	++	-	-	-	-	-	-	/	
Pyreen	+	-	++	++	-	-	++	++	++	++	-	++	+	+	-	++	-	/
PAK totaal	+	-	++	++	-	-	++	++	++	++	-	++	+	+	-	++	-	++

Metalen onderling

	Zn water	Cr water	Cd slib	Cu slib	Cd water	Cu water	gec.hoev.
Zn water	/						
Cr water	++	/					
Cd slib	-	-	/				
Cu slib	-	-	++	/			
Cd water	-	+	++	-	/		
Cu water	+	++	+	+	++	/	
mg/l centr. stof	-	++	-	-	++	++	/

Bijlage 7c: Korrelatie van de clusters

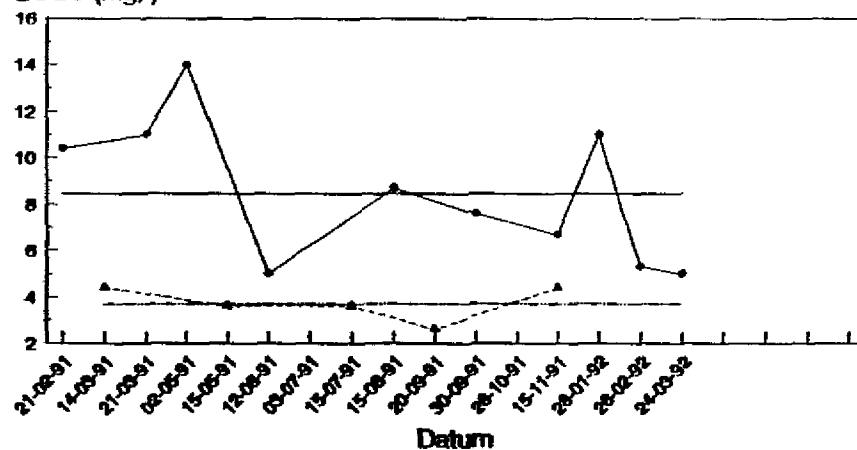
Let op! De stof in de tabel kan meerdere stoffen vertegenwoordigen! Zie hiervoor de tabel op bladzijde 8.

	f	pH	IS	Part	CL	bzv5	N-t	NO3+2	P-t	Si	Zn w	Cr w	Cd s	J-HCHw	J-HCHs	PCB28	PCB52	PCB101	PAKt	naft	pyr	fl w	fl s	B(a)P	dibenz(a,h)	acen	acenw
temperatuur	+																										
pH	-	+																									
zwevend stof	-	-	+																								
partikels	+	+	+	+																							
chloride	-	-	-	-	+																						
BZV5	-	-	-	-	-	+																					
stikstof tot	-	-	-	-	-	-	+																				
NO3NO2N	++	++	-	++	-	-	-	+																			
t-fosfaat	+	+	++	-	-	-	-	-	+																		
silicium	++	-	-	-	+	-	-	-	-	+																	
Zn water	-	-	-	-	++	-	-	-	-	-	+																
Cr water	-	-	+	-	++	-	-	-	+	+	++	+															
Cd slib	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+														
lindaan water	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+													
lindaan slib	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+												
PCB 28	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+											
PCB 52	++	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	++	-	-	+										
PCB 101	+	+	-	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+									
PAK (totaal)	+	-	-	-	-	+	-	++	+	-	-	+	-	++	-	-	-	-	+								
naftaleen	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+							
pyreen	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	++	-	+						
fluorant water	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+					
fluorant slib	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	++	++	++	+	-	+	-	+				
benzo(a)p sl	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+			
dibenz(a,h)ant	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+		
acenaftheen	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	+	-	+	-	+	-	-	-	+
acenaftyleen	-	-	-	-	-	-	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+

n.b. Chloride korrelaert ook positief met POC (99%), en negatief met NH4N (99%)

Vergelijking gegevens SCHOON met IHE gegevens

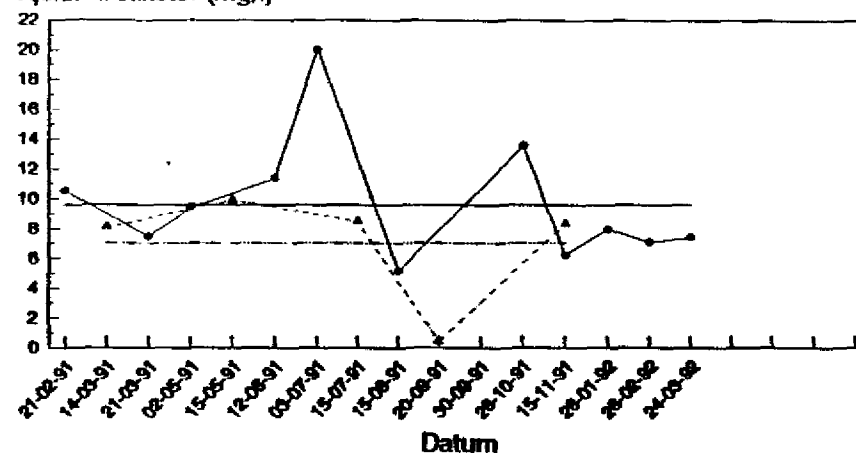
BOD5 (mg/l)



SCHOON data SCHOON gemiddelde IHE data IHE gemiddelde

Vergelijking gegevens SCHOON met IHE gegevens

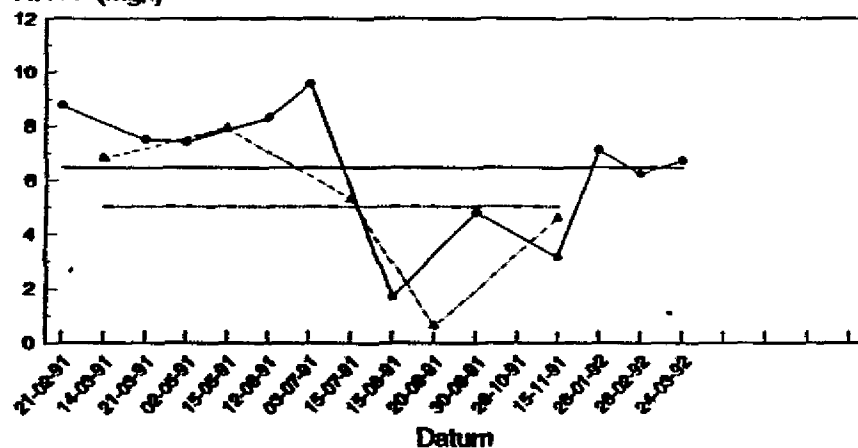
Kjeldahl stikstof (mg/l)



SCHOON data SCHOON gemiddelde IHE data IHE gemiddelde

Vergelijking gegevens SCHOON met IHE gegevens

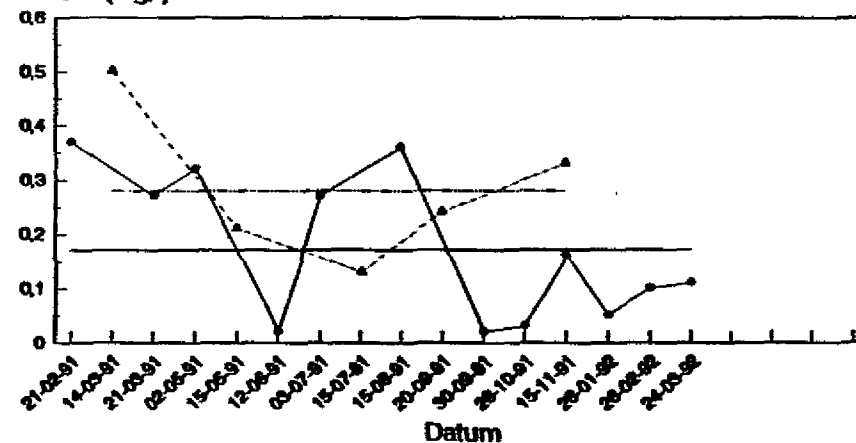
NH4+ (mg/l)



SCHOON data SCHOON gemiddelde IHE data IHE gemiddelde

Vergelijking gegevens SCHOON met IHE gegevens

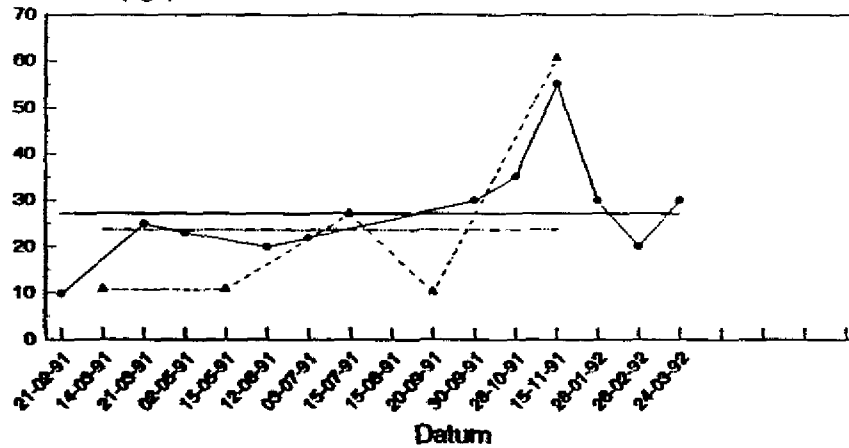
NO2 N (mg/l)



SCHOON data SCHOON gemiddelde IHE data IHE gemiddelde

Vergelijking gegevens SCHOON met IHE gegevens

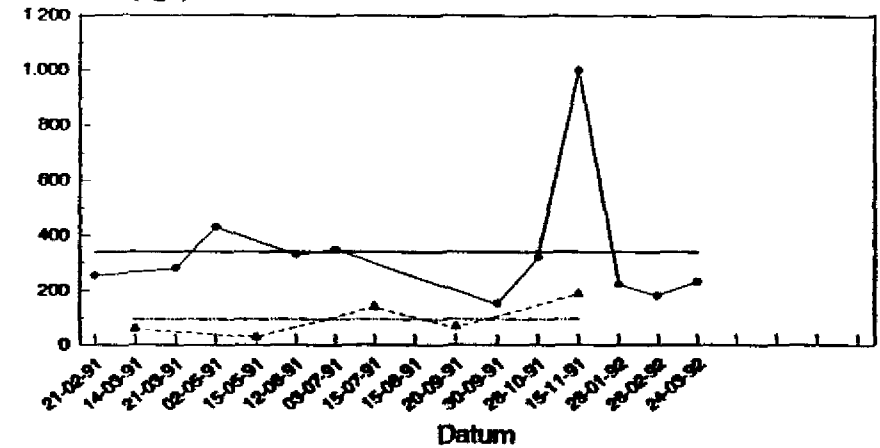
Cr totaal (ug/l)



SCHOON data SCHOON gemiddelde IHE data IHE gemiddelde

Vergelijking gegevens SCHOON met IHE gegevens

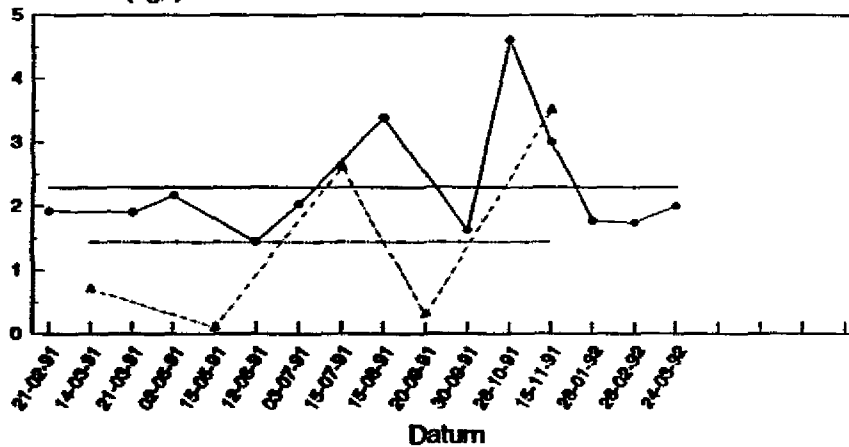
Zn totaal (ug/l)



SCHOON data SCHOON gemiddelde IHE data IHE gemiddelde

Vergelijking gegevens SCHOON met IHE gegevens

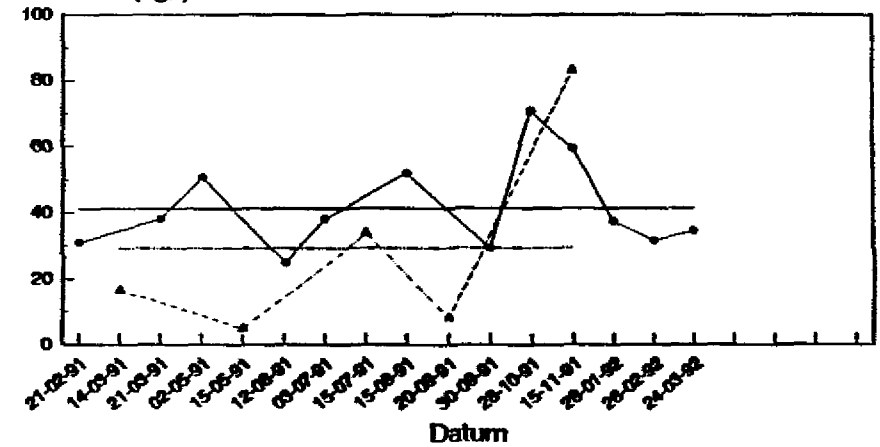
Cd totaal (ug/l)



SCHOON data SCHOON gemiddelde IHE data IHE gemiddelde

Vergelijking gegevens SCHOON met IHE gegevens

Cu totaal (ug/l)



SCHOON data SCHOON gemiddelde IHE data IHE gemiddelde

