

De gevolgen van de brand bij Sandoz te Bazel voor de waterkwaliteit in Nederland

1. Inleiding

In de nacht van vrijdag 31 oktober op zaterdag 1 november brak brand uit in een opslaghal voor chemicaliën van het chemisch bedrijf Sandoz te Bazel. Tijdens het blussen van de brand zijn met het bluswater grote hoeveelheden bestrijdingsmiddelen in de Rijn terecht gekomen. Ten gevolge hiervan is massale vissterfte vanaf Bazel tot aan Mannheim opgetreden. In dit artikel wordt een kort overzicht gegeven van de wijze waarop door Rijkswaterstaat is ingespeeld op deze milieucalamiteit.



MW. ING. A. J. SCHÄFER
D.B.W./RIZA



DRS. G. VAN URK
D.B.W./RIZA



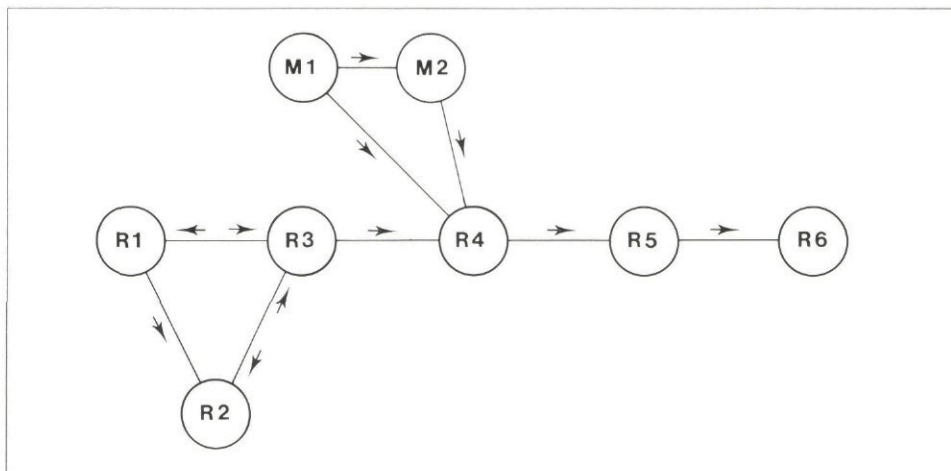
DR. C. J. VAN LEEUWEN
D.B.W./RIZA

Hierbij wordt achtereenvolgens aandacht besteed aan de alarmering, de in Nederland getroffen maatregelen en het onderzoek naar de omvang en verspreiding alsmede de directe effecten van de gifgolf op het aquatisch systeem in Nederland. Tenslotte zal kort worden ingegaan op de mogelijke gevolgen op wat langere termijn.

2. Melding

In de IRC, de Internationale Commissie ter bescherming van de Rijn tegen verontreiniging, is afgesproken dat bij waterverontreinigingen ten gevolge van calamiteiten de Rijnsoeverstaten elkaar zo spoedig mogelijk via een gestandaardiseerde waarschuwingsprocedure alarmeren. De belangrijkste principes van het overeengekomen waarschuwingssysteem zijn:

- In de verschillende Rijnsoeverstaten zijn acht zogenaamde hoofdwaarschuwingsposten (IHWP's) aangewezen. Voor het Nederlandse deel van het Rijnstroomgebied is dit de Directie Gelderland van Rijkswaterstaat te Arnhem.
- De eerste melding dient uit te gaan van de IHWP in het gebied waar het ongeval heeft plaatsgevonden.
- Deze IHWP geeft de melding direct telefonisch door aan de stroomafwaarts gelegen IHWP. Vervolgens wordt de melding



Afb. 1 - Schematische weergave van het IRC waarschuwingssysteem.

volgens een estafette-systeem telefonisch doorgegeven aan de andere stroomafwaarts gelegen IHWP's (afb. 1).

— Zo spoedig mogelijk na de telefonische waarschuwing wordt de melding per telex aan alle IHWP's bevestigd. Tevens wordt per telex de beschikbare nadere informatie verschaft over de aard en de hoeveelheden van de in het water geraakte verontreinigingen.

Na de brand bij Sandoz heeft IHWP 3 (Mannheim) in Duitsland de waarschuwing doorgegeven aan Nederland op zaterdag 1 november. Directie Gelderland heeft vervolgens direct contact opgenomen met de Dienst Binnenwateren/RIZA van de Rijkswaterstaat (D.B.W./RIZA) te Lelystad en met de WRK (Watertransportmaatschappij Rijn-Kennemerland) te Nieuwegein die de drinkwatervoorziening voor o.a. Amsterdam verzorgt. De WRK fungeert als centrale alarmpost voor de waterleidingbedrijven in Nederland. Zwitserland (IHWP 1) heeft de brand pas op 2 november officieel gemeld aan de andere Rijnsoeverstaten.

3. Acties ondernomen door Rijkswaterstaat

3.1. Berichtgeving

Nadat uit nadere informatie bleek dat de brand bij Sandoz ernstige gevolgen zou hebben voor de waterkwaliteit besloot D.B.W./RIZA het op 1 november 1986 geïnstalleerde berichtencentrum min of meer continue te bemannen.

Waterbeheerders, pers en ook particulieren konden zowel op werkdagen als in het weekeinde informatie krijgen over de lokatie van de gifgolf en de gevolgen hiervan voor Nederland. Uit de vele telefoontjes afkomstig uit binnen- en buitenland en de interviews voor krant, radio en televisie (vanuit o.a. Finland, Australië, Amerika en Zweden kwamen vragen) bleek dat het berichtencentrum in een behoefte voorzorg. Eén van de eerste acties van dit centrum was

het voorspellen van het moment waarop de gifgolf Nederland zou bereiken. Dit werd gedaan met behulp van een zogenaamd looptijdenmodel.

Tevens werden hiermee de te verwachten concentraties aan stoffen berekend. Daarbij moest in eerste instantie worden uitgegaan van summere gegevens over de omvang van de lozing en de soort stoffen. Vervolgens werd nagegaan hoe toxisch deze stoffen zijn voor de diverse waterorganismen. Op grond hiervan werd een eerste bericht uitgebracht, waarin gesteld werd, dat geen vissterfte in Nederland te verwachten was, doch dat waarschijnlijk wel sterfte onder lagere organismen (o.a. watervlooien) zou optreden. Aan de hand van actuele informatie uit Duitsland over de lokatie van de steeds dichterbij komende gifgolf zijn deze berekeningen vervolgens gecontroleerd en enigszins doch niet wezenlijk bijgesteld.

3.2. Onderzoek

D.B.W./RIZA startte eveneens een uitgebreid onderzoeksprogramma. De reeds geruime tijd bestaande samenwerking met instituten in Duitsland maakte het mogelijk om, enige dagen vóórdat de verontreiniging de Nederlandse grens bereikte, watermonsters van diverse lokaties uit Duitsland te onderzoeken. Daarbij werden insecticiden aangetoond. Een bijzondere omstandigheid was dat in Bazel door de ramp tevens een aanzienlijke hoeveelheid kleurstof (rhodamine) met het bluswater in de Rijn was gekomen. Dit maakte het mogelijk het verloop van de gifgolf zeer eenvoudig te volgen. Hiertoe werden de meetstations van Rijkswaterstaat te Lobith (Bovenrijn), Vuren (Waal), Hagestein (Lek) en Kampen (IJssel) uitgerust met fluorescentiemeters zodat continue de concentratie aan rhodamine kon worden gemeten. Uiteraard werden op deze stations ook continue watermonsters verzameld voor de aangetoonde, kwikverbindingen, de

analyse naar, de al in de Duitse monsters verzamelparameter 'cholinesteraseremming' en enkele afzonderlijke bestrijdingsmiddelen zoals disulfoton en thiometon. Deze analyses werden verricht op het laboratorium te Lelystad. Om na te gaan of de in het water aanwezige zwevende stof verontreinigd was, is te Lobith, m.b.v. een centrifuge, zwevende stof verzameld en vervolgens te Lelystad geanalyseerd.

In het Ketelmeer/IJsselmeer en het beneden-rivierengebied werd de verspreiding van het verontreinigde water gevolgd door het meten van rhodamine aan boord van meetschepen. Ook werden watermonsters genomen voor de analyse van de reeds genoemde parameters. Naast al deze analyses en het vergelijken van de daarmee verkregen gegevens met literatuurgegevens over de toxiciteit zijn in het laboratorium proeven gedaan met watervlooien en muggelarven. Deze organismen werden uitgezet in watermonsters uit Lobith, Kampen, Vuren en Hagestein.

In de Nederrijn-Lek werd hydrobiologisch onderzoek verricht naar de effecten van de verontreiniging op het rivier-ecosysteem. Aandacht werd hierbij geschonken aan sterfte en vluchtgedrag (drift) van macrofauna (watervlooien, insectenlarven etc.). In de IJssel heeft in september een uitgebreide hydrobiologische inventarisatie plaatsgevonden. Deze is herhaald na het passeren van de gifgolf.

3.3. Maatregelen

Om de verontreiniging zo snel mogelijk af te voeren naar de Noordzee zijn door Rijkswaterstaat diverse waterhuishoudkundige maatregelen genomen, zoals bijvoorbeeld het sluiten van de Haringvliet- en Volkeraksluizen. Door het openen van de stuw te Driel in de Nederrijn werd de afstroming naar het IJsselmeer zoveel mogelijk beperkt. Verder zijn de waterschappen geadviseerd om zo min mogelijk Rijnwater in te laten.

Op enkele plaatsen is het schutten van schepen van en naar de Rijntakken beperkt of zelfs stopgezet tijdens het passeren van de gifgolf. De onttrekkingen uit de rivier ten behoeve van drinkwater zijn eveneens stopgezet en er is geadviseerd om enige voorzichtigheid te betrachten bij het drenken van vee met Rijnwater.

In antwoord op vragen is geadviseerd om geen vis uit de Rijn te consumeren gedurende de periode van het passeren van de gifgolf.

4. Resultaten van het uitgevoerde onderzoek

4.1. Rhodamine

De kleurstof rhodamine maakte het dus mogelijk de gifgolf goed te volgen. Deze kleurstof is namelijk slecht afbreekbaar en kan in lage concentraties op een

eenvoudige manier worden gemeten.

In afb. 2 is het verloop langs de rivieren weergegeven.

Tevens kon de verspreiding in het IJsselmeer gevolgd worden. Afb. 3 geeft hiervan een beeld.

In het benedenrivierengebied is de vlek aan de hand van rhodaminemetingen eveneens gevolgd. Uit de metingen op 17 november bleek dat het merendeel van de gifgolf in de Noordzee terecht was gekomen.

4.2. Chemisch onderzoek

Een aanzienlijk deel van de chemicaliën die ten gevolge van de brand bij Sandoz in de Rijn terecht kwam, grijpt in op het enzym

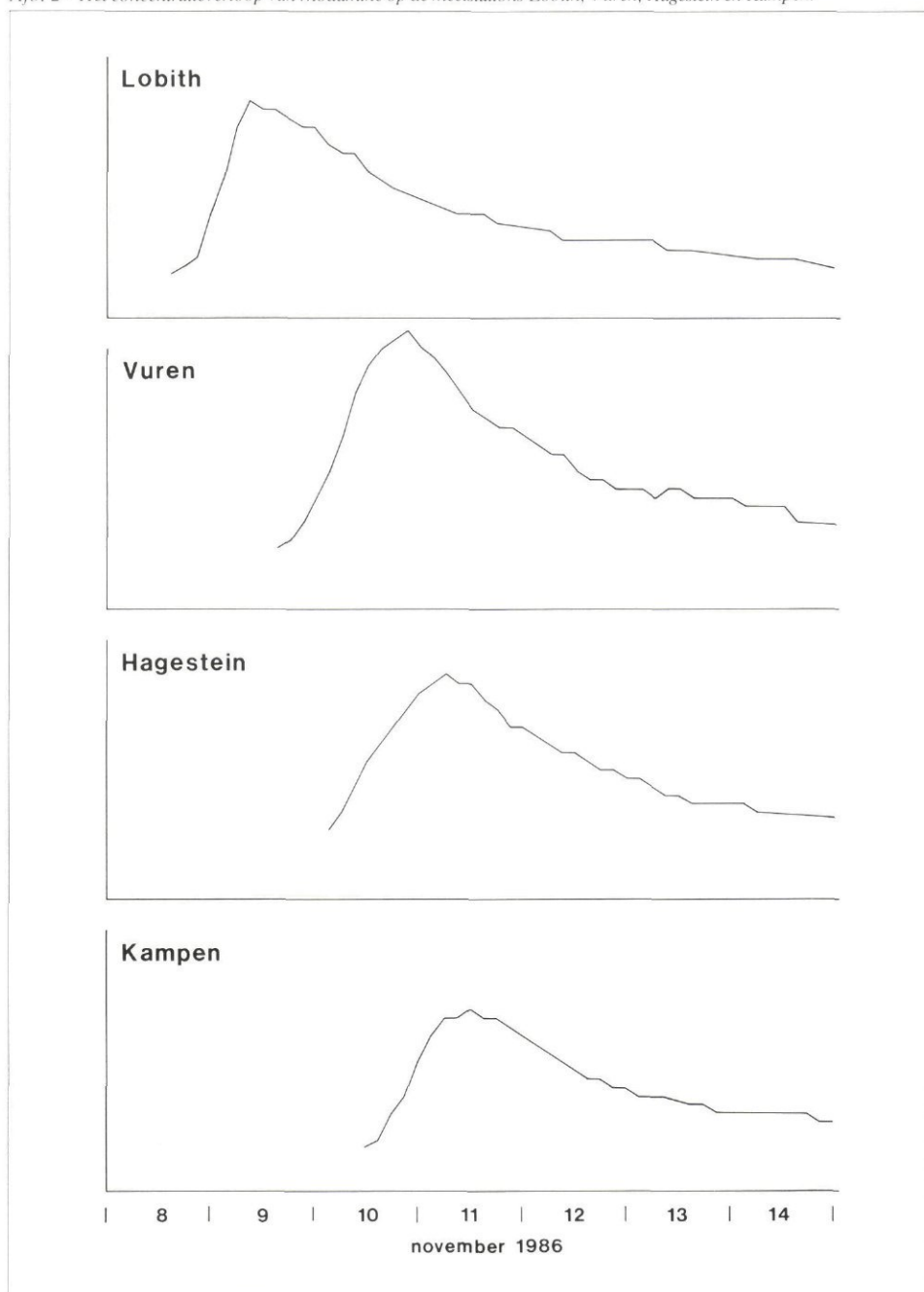
acetylcholinesterase, dat bij alle organismen met een zenuwstelsel aanwezig is.

De bestrijdingsmiddelen remmen de activiteit van dit enzym hetgeen disfunctioneren van het zenuwstelsel tot gevolg heeft en uiteindelijk leidt tot de dood van het organisme.

In het laboratorium kan met behulp van een preparaat van datzelfde enzym, de cholinesteraseremmende werking in watermonsters worden onderzocht waarbij de mate van remming – als overall-effect – wordt gerelateerd aan die van een bekende hoeveelheid parathion.

Indien het verloop aan cholinesteraseremmers wordt bekeken valt op dat in het

Afb. 2 - Het concentratieverloop van rhodamine op de meetstations Lobith, Vuren, Hagestein en Kampen.

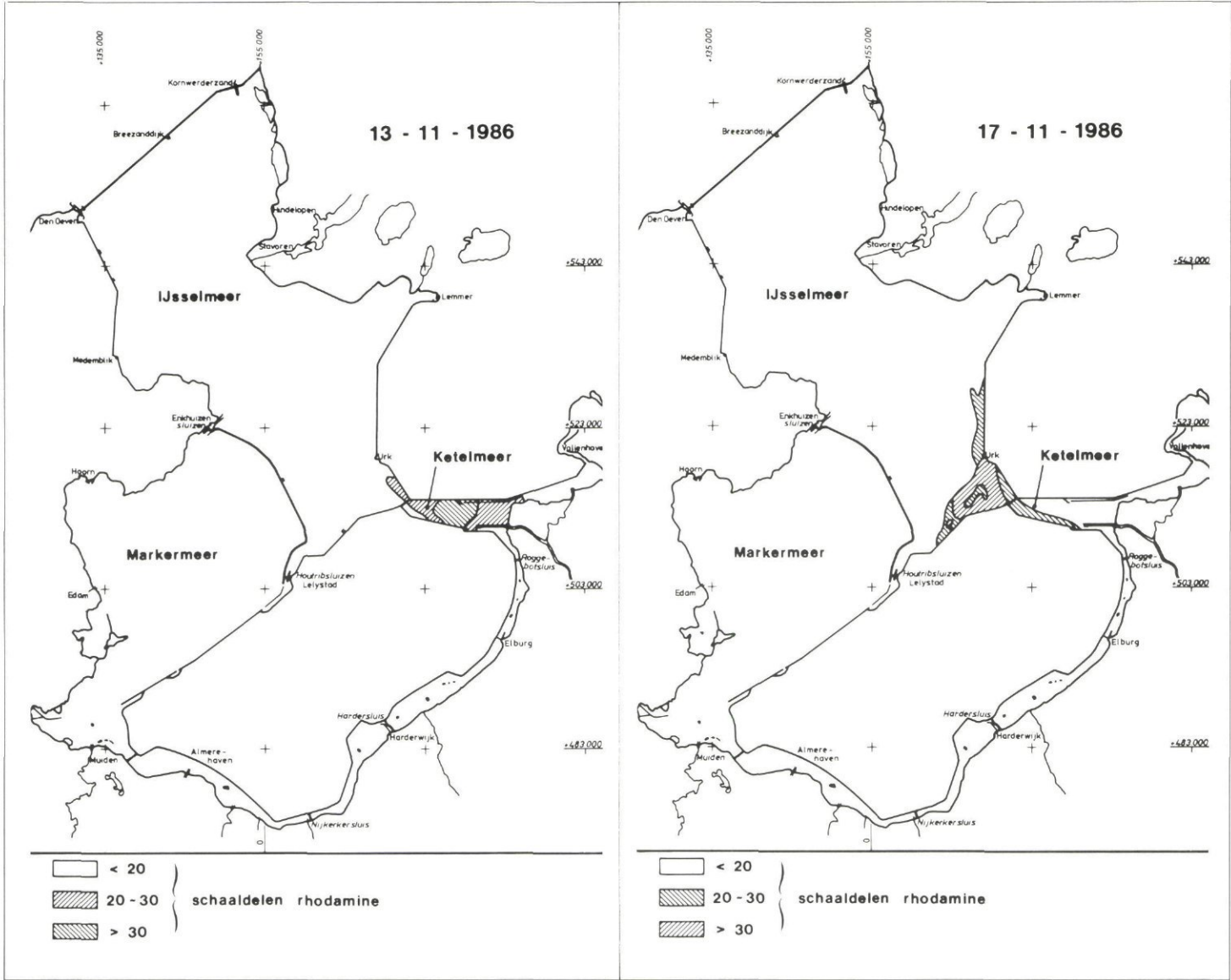


midden van de zeventiger jaren het gehalte sterk toenam. De oorzaak hiervan wordt gezocht in tijdelijke lozingen ten gevolge van nieuwe produktieprocessen. Sinds 1979 schommelen de jaargemiddelden rond 1 µg/l. Tengevolge van deze calamiteit is te Lobith een maximumconcentratie aan cholinesteraseremming gemeten die circa 6 maal hoger was dan het jaargemiddelde van 1985. Te Vuren, Hagestein en Kampen lagen gemeten maximumconcentraties in vergelijking met Lobith een factor 2 lager. Door de opgetreden verdunning in het IJsselmeer en Haringvliet konden daar geen verhoogde concentraties meer worden aangetoond. In de uit Duitsland afkomstige watermonsters zijn door D.B.W./RIZA gehalten gemeten die in dezelfde orde van grootte lagen als te Lobith. Het maximum kan overigens daar in werkelijkheid hoger zijn geweest omdat niet alle monsters precies

in de piek zijn genomen. De cholinesteraseremming moet vooral worden toegeschreven aan de organofosfaatesters disulfoton en thiometon, die als insecticiden worden gebruikt. Van deze stoffen stond respectievelijk 323 en 285 ton op het terrein van Sandoz opgeslagen. Hoeveel daarvan uiteindelijk met het bluswater in de Rijn terecht kwam is niet bekend. Deze verbindingen hebben een halfwaardetijd van 20-50 dagen en zijn vrij polair waardoor ze slechts in geringe mate aan zwevende stof hechten. Normaal gesproken worden deze stoffen niet aangetroffen in concentraties boven de detectiegrens (0,1 µg/l). In het maximum van de verontreinigingsgolf werden te Lobith concentraties gemeten aan disulfoton van circa 5 µg/l en van thiometon van ongeveer 2 µg/l (zie afb. 4). Op de meetstations te Vuren, Kampen en Hagestein lagen de concentraties op eenzelfde niveau. In het IJsselmeer en het benedenrivieren-

gebied werden slechts geringe verhogingen waargenomen. In totaal is er tijdens het passeren van de gifgolf circa 1.500 kg disulfoton en 500 kg thiometon ons land binnengekomen. Boven- genoemde stoffen zijn niet aangetroffen in de zwevende stof monsters. Zware metalen waaronder kwik komen van nature in het milieu voor. Voor mens en dier zijn vooral organische kwikverbindingen toxisch; deze verbindingen accumuleren voornamelijk in aquatische organismen waardoor het in de voedselketens terecht komt. Op het terrein van Sandoz lag circa 12 ton van een organische kwikverbinding (ethoxy-ethylkwikhydroxide) opgeslagen, dat in de landbouw wordt gebruikt als fungicide. In de waterfase is het grootste deel gebonden aan de zwevende stof, dat door de water- beweging in suspensie wordt gehouden.

Afb. 3 - De verspreiding van rhodamine op het Ketelmeer en IJsselmeer, gemeten op 13 en 17 november 1986.



Door de afnemende stroomsnelheid bezinkt een groot deel van de zwevende stof in de sedimentatiebekkens, zoals het Ketelmeer en Haringvliet. Dankzij saneringen is het kwik-gehalte in de Rijn de laatste 15 jaar sterk afgenomen.

In 1985 was de jaarvracht aan kwik te Lobith ongeveer 5 ton. Door de lozing van Sandoz werd te Lobith een maximum kwik-concentratie waargenomen die circa 3 maal zo hoog was als normaal. Tijdens het passeren van de verontreinigingsgolf is circa 50 kg extra aan kwik ons land binnengekomen.

Doordat het kwik zich voornamelijk aan het slib hecht zal de komende maanden de belasting met kwik ten gevolge van de brand bij Sandoz in geringe mate voortduren.

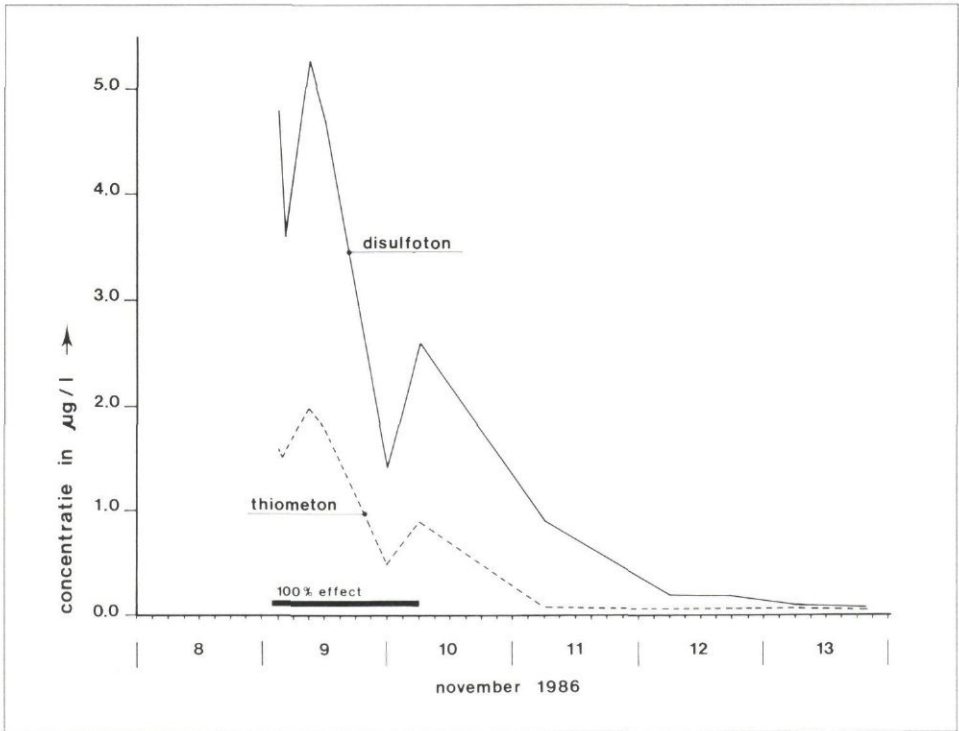
Uit het routinematig onderzoek is gebleken dat, waarschijnlijk ten gevolge van de scheepvaart (opwerveling van slib), het Rijnwater te Lobith meer zwevende stof en daardoor ook meer kwik bevatte in vergelijking met Kampen, Vuren en Hagestein. Dit laatste is een mogelijke oorzaak voor de lagere maximum kwik-gehalten op deze stations. In IJsselmeer en Haringvliet werden slechts geringe verhogingen gemeten.

In het zwevende stof monster uit het maximum van de verontreiniging werd een gehalte aan kwik gemeten van 1 mg/kg droge stof. Het kwikgehalte in het zwevende stof monster, genomen vóór de gifgolf, bedroeg 0,5 mg/kg droge stof.

4.3. Toxicologisch onderzoek

Inschattingen van de hoeveelheden van de stoffen die in Bazel te water zijn geraakt en de concentraties waarbij schadelijke effecten optreden wijzen in de richting van de organo-fosfaatesters (O.P.-esters) als de veroorzakers van de massale vissterfte nabij het lozingspunt en sterfte onder kleinere voedselorganismen voor vissen in de rest van de Rijn. Dit kan worden ontleend aan tabel I. Natuurlijk blijft de mogelijkheid aanwezig dat ook andere stoffen aan deze sterfte een (belangrijke) bijdrage hebben geleverd. Het feit dat in Nederland geen en in Duitsland wel vissterfte is opgetreden laat zich verklaren uit tabel I. Met name kleinere waterorganismen, zoals watervlooien (zoetwaterkreeftjes), blijken veel gevoeliger te zijn dan vissen. De belangrijkste stof binnen de groep der O.P.-esters is waarschijnlijk disulfoton geweest.

Geconstateerd wordt dat watervlooien doodgaan bij circa 25 µg/l maar al volledig verlamd raken bij kortdurende blootstelling aan 2 µg/l van deze stof. Geconstateerd is dat Rijnwater verzameld op het moment van het passeren van de gifgolf te Lobith verlammingen en sterfte heeft teweeggebracht in laboratoriumproeven met watervlooien. Deze proeven duurden 48 uur.



Afb. 4 - Concentratieverloop van disulfoton en thiometon te Lobith en van de periode waarin 100% effect optrad bij watervlooien.

De resultaten zijn tezamen met de disulfoton concentraties weergegeven in afb. 4. Dezelfde effecten werden waargenomen in Hagestein (10 november, 22.00 uur), Vuren (10 november, van 06.30 uur tot 19.00 uur) en Kampen (11 november, van 10.45 uur tot 18.00 uur).

TABEL I – Toxiciteitsgegevens van verschillende organofosfaatesters. (De gegevens zijn ontleend aan de open literatuur en aan onderzoeksrapporten van D.B.W./RIZA –Rijkswaterstaat–).

Stof	LC50-vis (µg/l)	LC50-watervlo (µg/l)
Dimethoate	6.000-340.000	580-2.500
Thiometon	10.000	8.000
Trichlorphon	4.800-10.000	0.18-0.4
Parathion	1.000-3.300	1.2-1.6
Dichlorphos	480-3.300	0.07-0.09
Malathion	55-3.100	1.6-1.8
Diazinon	22-3.400	0.7-0.9
Disulfoton	60-4.000	20-30

4.4. Hydrobiologisch onderzoek

Schade aan waterorganismen in de Rijn is vastgesteld door directe observatie van de conditie van organismen tijdens en vlak na het passeren van de gifgolf, en door vergelijking van aantallen organismen na het passeren van de gifgolf met eerdere waarnemingen.

Bemonsteringen van de sedimentbewonende fauna in de benedenloop van de IJssel wezen uit dat de grotere zoetwatermossels (zwane- en schildermossels, driehoeksmossels en erwtenmossels van het genus Sphaerium) nog in goede conditie leken te zijn.

De aanwezige Tubificidae waren na enkele dagen duidelijk aangetast: veel wormen hadden beschadigingen of waren sterk

verslijmd, terwijl de uiterlijk niet beschadigde wormen maar geringe activiteit vertoonden. Bij een herhaalde bemonstering bleek wat betreft het activiteitsniveau van de resterende wormen een zeker herstel op te treden, maar gezien de geringere aantallen in deze nieuwe serie monsters is sterfte onder het meest aangetaste deel van de populatie niet onwaarschijnlijk.

Onder de muggelarven (Chironomidae) in deze sedimentmonsters werden relatief veel dode en verlamde exemplaren waargenomen. Aantasting was het sterkst bij het genus Endochironomus: de larven leven normaliter op waterplanten en overwinteren in de bodem in een soort cocon. De sterfte was minder onder soorten die vrijwel hun hele larvale bestaan in de bodem doorbrengen. In het Ketelmeer werden tot dusver geen bijzondere effecten waargenomen op de Chironomus-populatie die voorkomt bij de IJsselmonding.

In de 'normale' situatie is deze populatie overigens verre van gezond gezien het hoge percentage misvormingen.

In monsters van de macroinvertebraten op stenen en beschoeiingen van de IJssel werden na het passeren van de gifgolf nog grote aantallen driehoeksmosselen, vlokreeftjes (Gammarus) en kokerjuffers van het geslacht Hydropsyche gevonden. De aantallen van een andere kokerjuffersoort (Ecnomus tenellus) waren gedecimeerd ten opzichte van de waarnemingen in september (nog slechts 10 ex. op 2 monsterpunten tegen 159 op 5 punten in september). Een dergelijke teruggang kan niet verklaard worden uit de