

ECOTOXICOLOGISCH ONDERZOEK NAAR  
HET SEDIMENT IN DE MAAS OVER HET TRAJECT  
ANNEVOIE-ROUILLON (F) TOT KEIZERSVEER (NL), 1994

Het project 'Ecologisch Herstel Rijn en Maas' is een samenwerkingsverband van:

-Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling

-Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu

-DLO-Rijksinstituut voor Visserij-onderzoek

-DLO-Instituut voor Bos-en Natuuronderzoek

-DLO-Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk gebied.

Doel van het project is een bijdrage te leveren aan het ecologisch herstel van de Rijn en de Maas. Daartoe wordt onder andere de reeks Publicaties en rapporten van het project 'Ecologisch Herstel Rijn en Maas' uitgegeven.

**Opdrachtgevers:**

**RIVM: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu**

**RIZA: Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en  
Afvalwaterbehandeling**

**ECOTOXICOLOGISCH ONDERZOEK NAAR  
HET SEDIMENT IN DE MAAS OVER HET TRAJECT  
ANNEVOIE-ROUILLON (F) TOT KEIZERSVEER (NL), 1994**

**R.A.E. Knoben  
P.J.M. Duteweert**

**Witteveen + Bos Raadgevende ingenieurs b.v.  
Postbus 233  
7400 AE Deventer**

**Publicaties en rapporten van het project 'Ecologisch Herstel Rijn en Maas' no. 63-1995.**

**Deelnemende instituten:**

**Namens het Ministerie van Verkeer en Waterstaat:  
Rijksinstituut voor Zoetwater en Afvalwaterbehandeling (RIZA)  
Postbus 17, 8200 AA Lelystad**

**Namens het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke ordening en Milieubeheer:  
Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM)  
Postbus 1, 3720 BA Bilthoven**

**Namens het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij:  
Rijksinstituut voor Visserijonderzoek (RIVO-DLO)  
Postbus 68, 1970 AB IJmuiden  
Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN-DLO)  
Postbus 9201 HB Arnhem  
Staring Centrum, Instituut voor onderzoek van het Landelijk Gebied (SC-DLO)  
Postbus 125, 6700 AC Wageningen**

<b>INHOUDSOPGAVE</b>	<b>Blz.</b>
<b>DANKWOORD</b>	1
<b>VOORWOORD</b>	2
<b>1. INLEIDING</b>	3
<b>2. BEMONSTERING</b>	4
<b>3. METHODEN</b>	5
3.1. Algemeen	5
3.2. Voorbehandeling sediment	5
3.3. Bioassay met <i>Chironomus riparius</i>	5
3.4. Bioassay met <i>Daphnia magna</i>	6
3.5. Fysisch-chemische analyses	7
3.6. Datering sediment	7
<b>4. RESULTATEN EN DISCUSSIE</b>	8
4.1. Bioassay met <i>Chironomus riparius</i>	8
4.1.1. Randvoorwaarden, kwaliteitseisen en gevoeligheid testorganisme	8
4.1.2. Overleving elpakketten	8
4.1.3. Sterfte en groeivertraging	8
4.2. Bioassay met <i>Daphnia magna</i>	9
4.2.1. Randvoorwaarden, kwaliteitseisen en gevoeligheid testorganisme	9
4.2.2. Sterfte	10
4.2.3. Reproductie	10
4.3. Fysisch-chemische analyses	11
4.4. Samenvatting effectparameters en classificatie	12
4.5. Verklaarbaarheid van waargenomen effecten in de bioassays	13
4.6. Datering sediment	15
<b>5. SAMENVATTING EN CONCLUSIES</b>	17
<b>REFERENTIES</b>	18
<b>BIJLAGEN</b>	
I Resultaten chemische analyses per locatie (LaWaBo-uitvoer)	
II Resultaten radiochemische datering	

## **DANKWOORD**

Dit onderzoek is uitgevoerd door Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs b.v. in samenwerking met en in opdracht van het RIVM en RIZA. Hierbij zijn verschillende personen betrokken geweest die wij hierbij willen bedanken. D. Tubbing heeft een belangrijke bijdrage geleverd aan de voorbereiding, de bemonstering is uitgevoerd door E. Meuffels, J. van der Molen, D. Tubbing, B. van Zanten, de radiochemische analyses door het laboratorium van het RIZA, de interpretatie van de radiochemische analyses door K. Beurskens en de uitvoering van de ecotoxicologische bioassays en fysisch/chemische analyses door Witteveen+Bos.

## VOORWOORD

In het kader van het nationaal onderzoeksprogramma 'Ecologisch Herstel Rijn en Maas', uitgevoerd in een samenwerkingsverband door het RIZA, RIVM, RIVO-DLO, IBN-DLO en SC-DLO, is in augustus/september 1994 langs de lengte-as van de Maas een inventariserende studie verricht naar de ecotoxicologisch toestand van het sediment.

De acht monsterpunten in deze studie waren: Annevoie Rouillon (F), Eysden (haven), Ohé en Laak (jachthaven), Blerick Venlo, Heijen (Gennep, Paesplas), Grave (bij sluis), Drongelen (jachthaven) en Keizersveer.

Uit deze studie blijkt er stroomafwaarts geen duidelijk patroon in verontreinigingsgraad. Het sediment van drie locaties (Eysden, Blerick Venlo en Grave) is ernstig verontreinigd, het sediment van de overige locaties matig. Alleen bij Keizersveer voldoet het sediment aan de grenswaarden. Op de drie genoemde locaties Eysden, Blerick en Grave wordt de interventiewaarde voor zink overschreden. Daarnaast wordt op locatie Eysden ook de interventiewaarde van de som van de 7 PCB's overschreden en op locatie Blerick ook die voor cadmium.

In bioassays met *Chironomus riparius* bleek het sediment van Annevoie een ernstig negatief effect te hebben op de ontwikkeling van de larven; het sediment van Eysden en Grave een matig effect. In bioassays met *Daphnia magna* bleek het poriewater van alle locaties geen effect te hebben op de sterfte. Op alle locaties behalve Annevoie, had het poriewater echter een ernstig negatief effect op de reproductie van *Daphnia magna*. Hierbij wordt aangetekend dat in een aantal gevallen geen duidelijke concentratie-respons relatie werd gevonden.

De relatief hoge cadmiumconcentratie bij Eysden en Blerick ligt boven de NOEC voor *Daphnia magna* en kan het waargenomen toxische effect van poriewater op *Daphnia magna* verklaren. In de meeste gevallen zijn de waargenomen effecten in de bioassays niet verklaarbaar uit de aanwezigheid van afzonderlijke stoffen, maar wel wanneer rekening gehouden wordt met de combinatietoxiciteit van de aanwezige zware metalen.

Uit radiochemische dateringen van het sediment blijkt dat alleen de locaties Eysden, Paesplas en Keizersveer zeer recent afgezet materiaal bevatten, waarbij de gehalten voor  $\Sigma$  6-PCB in Eysden zeer hoog zijn in en in stroomafwaartse richting lijken af te nemen. Een dergelijke observatie is echter speculatief door de zeer verschillende ligging van de bemonsterde locaties, zoals locaties in de rivierloop en in havens. Elke locatie heeft zijn eigen gevoeligheid voor erosie en een eigen historie van afzettingen van materiaal.

Ecologisch herstel van een rivier vereist niet alleen een goede waterkwaliteit maar tevens een schone waterbodem. Deze studie toont aan dat lokaal het Maassediment sterk verontreinigd is en dat dit onder laboratoriumomstandigheden aantoonbare toxische effecten op biota heeft. Ecologisch herstel van de Maas vereist duidelijk een kwaliteitsverbetering van het sediment.

G.M. van Dijk (RIVM)  
A.J. Hendriks (RIZA)  
J.L. Maas-Diepeveen (RIZA)

## **1. INLEIDING**

In het nationaal onderzoeksprogramma 'Ecologisch Herstel Rijn en Maas', uitgevoerd in een samenwerkingsverband door het RIZA, RIVM, RIV-DLO, IBN-DLO en SC-DLO, staat onderzoek naar de randvoorwaarden voor ecologisch herstel van de rivieren de Rijn en de Maas centraal. Pas in 1992 is de Maas in dit onderzoeksprogramma opgenomen; daarvoor beperkte het programma zich tot de Rijn. Er is relatief veel bekend over toestand en ontwikkeling in de waterkwaliteit van de Maas. Tevens zijn er enkele ecotoxicologische studies verricht naar de effecten van de waterkwaliteit op het ecologisch functioneren van de Maas (o.a. Maas et al, 1994, Tubbing et al, 1995, RIZA, 1995). Tot dusverre is er echter geen of nauwelijks systematisch onderzoek gedaan naar de ecotoxicologische toestand van het sediment langs de lengte-as van de Maas.

Een standaardmethode die door het RIZA wordt aanbevolen voor een ecotoxicologische beoordeling van de waterbodemkwaliteit is de zogenaamde TRIADE-beoordeling, die bestaat uit chemische analyses, bioassays in het laboratorium en veldinventarisaties (van Steenwijk et al, 1991). Deze methode wordt toegepast in het kader van het Nader Onderzoek naar verontreinigde waterbodems en levert inzicht in de risico's voor het aquatisch milieu.

In het bovengenoemde onderzoekprogramma voor de Maas is het gewenst een eerste inventarisatie van de verontreinigingsgraad en ecotoxicologische effecten uit te voeren, waarbij bioassays en een beperkt pakket chemische analyses een goed uitgangspunt vormen.

Voorliggend rapport beschrijft de resultaten van het ecotoxicologisch onderzoek aan sediment. Hoofdstuk 2 besteedt aandacht aan de methode van bemonstering en bemonsterde locaties. In hoofdstuk 3 komen de toegepaste onderzoeksmethoden aan de orde. Hoofdstuk 4 bevat de resultaten en discussie van het chemische en ecotoxicologisch onderzoek. Tenslotte bestaat hoofdstuk 5 uit een samenvatting en conclusies.

## 2. BEMONSTERING

De eerste bemonsteringstocht naar het Franse en Belgische deel van de Maas is in februari 1994 verricht. Op geen enkele locatie kon voldoende sedimentmateriaal verzameld worden, waarschijnlijk als gevolg van de resuspensie van sediment door de voorafgaande periode met zeer grote piekafvoeren.

In augustus en september 1994 kon tijdens een volgende bemonsteringstocht van het RIVM/LWD op sommige locaties wel en op andere geen materiaal verzameld worden. In België was ook op luwe plaatsen, zoals voor stuwen, geen bemonstering vanaf de wal mogelijk. Daarop is het aantal locaties in Nederland uitgebreid ten opzichte van het geplande aantal.

In onderhavig rapport worden de bemonsteringslocaties, in stroomafwaartse richting genummerd, met hun code aangeduid. Onderstaande tabel geeft een specificatie van de locaties en het type sediment.

**Tabel 2: Bemonsteringslocaties**

code	locatie	bemonsteringsplek	type	oever	datum	aard
1-AR	Annevoie Rouillon (Frankrijk)	vanaf steiger, ca. 2-3 m uit de kant	rivier	R	29-8-94	zand
2-EY	Eysden	vanaf steiger, ca. 2 m uit de kant	haven	R	31-8-94	zand
3-OL	Ohé en Laak	vanaf steiger, ca. 8 m uit de kant	jachthaven	R	31-8-94	slib
4-BV	Blerick Venlo	vanaf steiger, ca. 15 m uit de kant	haven	R	31-8-94	slib
5-HE	Heyen (Gennepe, Paesplas)	vanaf woonboot, ca. 3-5 m uit de kant	afgesloten grindgat	R	5-9-94	zand
6-SG	Grave (sluis)	vanaf oever, ca. 4 m uit de kant	rivier	R	5-9-94	zand
7-DR	Drongelen	vanaf oever, ca. 5 m uit de kant	jachthaven	L	2-9-94	slib
8-KE	Keizersveer	vanaf steiger, ca. 4 m uit de kant	rivier	R	2-9-94	zand

opmerkingen: oever: R = rechteroever, L = linkeroever

Het sedimentmateriaal is verzameld met behulp van een Ekman-Birgehopper en in emmers naar het laboratorium getransporteerd.

Uit het mengmonster (ca. 50 l) is twee maal een submonster van 700 ml genomen voor fysisch-chemische analyses (vervoerd in glazen potten) en één maal 250 ml sediment (PVC potten) voor datering van het sediment middels radiochemisch onderzoek.



### 3. METHODEN

#### 3.1. Algemeen

Het doel van ecotoxicologisch onderzoek aan sediment is het verkrijgen van inzicht in de actuele blootstelling van aquatische organismen aan toxische stoffen in verontreinigde waterbodems en de daardoor optredende effecten. Het effectgerichte onderzoek volgens de TRIADE-benadering (v.d. Guchte, 1991) geeft invulling aan dit doel met behulp van drie gestandaardiseerde onderdelen, te weten fysisch-chemische analyses, bioassays en veldinventarisaties. Met veldinventarisaties wordt getracht in het veld opgetreden effecten op organismen en levensgemeenschappen als gevolg van verontreinigingen vast te stellen. Deze vallen buiten het bestek van dit onderzoek.

In een bioassay zijn toetsorganismen onder gecontroleerde omstandigheden in het laboratorium langdurig (2-4 weken) blootgesteld aan sediment of poriewater. In de bioassays is onderzocht of effecten optreden ten opzichte van een blanco situatie. Standaard bestaat het pakket bioassays uit een chronische toets met de watervlo *Daphnia magna* in poriewater gedurende 16 dagen en een chronische toets met de muggelarf *Chironomus riparius* gedurende 28 dagen (Maas et al, 1993).

De fysisch-chemische analyses worden gebruikt om mogelijk causale relaties tussen aanwezige stoffen en waargenomen effecten te identificeren.

Een gedetailleerde beschrijving van de gehanteerde methoden voor de voorbehandeling van de sedimenten en de uitvoering van de bioassays is beschreven in Maas et al. (1993). Onderstaande paragrafen bevatten een beknopte beschrijving van de methoden.

#### 3.2. Voorbehandeling sediment

Het sediment is meteen na aankomst in het laboratorium bij 4°C opgeslagen en bewaard. De sedimenten zijn binnen de toegestane bewaartijd van 3 maanden in behandeling genomen. Het mengen, bezinken en afgieten heeft plaatsgevonden direct voorafgaand aan de uitvoering van de bioassays.

Het mengen van de sediment-watersystemen voor de bioassay met *Chironomus* heeft op een rollenbank plaats gevonden. Het poriewater is met behulp van een centrifuge gedurende 30 minuten bij ca. 3000 rpm bereid. Het poriewater is gedurende de *Daphnia*-toets per week vers gemaakt.

#### 3.3. Bioassay met *Chironomus riparius*

De bioassay start met het blootstellen van eipakketten van de mug *Chironomus riparius* aan het bovenstaande water (elutriaat) dat ontstaat na menging en bezinking van sediment met een standaardmedium (1:4 v/v, Dutch Standard Water). In het elutriaat zijn in tweevoud drie halve eipakketten per testvat "at random" ingezet. Na 1 week zijn per locatie 25 uitgekomen larven in viervoud in een sediment-watersysteem overgezet. De larven verblijven vervolgens 3 weken in dit systeem. De sediment-watersystemen zijn 3x per week belucht en 1x per week voorzichtig omgewerveld.

Op de tijdstippen dag 0, 7, 14 en 28 worden in het elutriaat of sediment/watersysteem pH, O<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub> en EGV gemeten en aan de randvoorwaarden getoetst. Als referentiesediment is een niet-verontreinigd sediment met vergelijkbare slibkarakteristieken betrokken, namelijk het Veluwemeer voor zandige monsters en het Markermeer voor slibbige monsters.

In de bioassay worden de volgende effectparameters bestudeerd:

- overleving van eipakketten in het elutriaat;
- de sterfte van de larven na 28 dagen;
- groeivertraging (gemiddeld percentage larven in stadium L2, L3 of dood);
- ontwikkeling (gemiddeld drooggewicht van de larven in stadium L4).

Significantie ( $P < 0,05$ ) van verschillen in sterfte, groeivertraging en drooggewicht van de chironomidenlarven worden per locatie ten opzichte van het controlesediment of het referentiesediment getoetst met een ANOVA test met behulp van het programma TOXSTAT (Gulley et al., 1988).

Voor het beoordelen van de opgetreden sterfte en ontwikkeling of groeivertraging zijn de criteria volgens Maas et al (1993) gehanteerd, mits de waargenomen effecten significant verschillen van het referentiemateriaal. De criteria luiden:

sterfte:	criterium 1: 10% < sterfte < 50%
	criterium 2: $\geq 50\%$ sterfte.
groeivertraging:	criterium 1: 10% < stadium L2,L3 of dood < 50%
	criterium 2: $\geq 50\%$ in stadium L2,L3 of dood.
drooggewicht:	criterium 1: 10% < minder t.o.v. controle < 25%
	criterium 2: $\geq 25\%$ minder t.o.v. controle.

Overschrijding van criterium 1 duidt op matig toxisch effect. Wanneer de sterfte, groeivertraging of drooggewicht voldoet aan criterium 2 is sprake van ernstig toxisch effect.

#### 3.4. Bioassay met *Daphnia magna*

De watervlo *Daphnia magna* is geen sedimentbewoner. Daarom wordt de bioassay uitgevoerd met gecentrifugeerd en gefiltreerd poriewater uit het sediment. In een verdunningsreeks (100%, 56%, 32% en 10%) van het poriewater van de locaties zijn jonge daphnia's blootgesteld. Tijdens de testperiode is de sterfte en de reproductie van de daphnia's gevolgd. De testduur bedraagt 14 dagen of zoveel langer dat elke blanco daphnia  $\geq 3$  broedsels gehad heeft.

Dagelijks is waargenomen of jongen in de testvatjes aanwezig zijn. Op de teldagen (ma, wo en vr) zijn alle aanwezige jongen geteld en verwijderd. Jongen die op de dag voor de teldag zijn geboren zijn op de geboortedag genoteerd. Het poriewater is 2x per week verversd en belucht bij overzetten van de ouderdieren. De jongen worden 3 maal per week geteld en verwijderd. In de hoogste en laagste verdunning worden op  $t = 0, 7$  en 14 pH,  $O_2$ ,  $NH_4$ ,  $NO_2$  en EGV gemeten en aan de randvoorwaarden getoetst.

In de bioassay zijn de volgende effectparameters bestudeerd:

- sterfte van de ouder na 16 dagen;
- reproductie, uitgedrukt als No Observed Effect Concentration (NOEC) van de reproductieparameter  $r_m$ .

De  $NOEC_{sterfte}$  wordt bepaald als die concentratie waarbij  $\leq 20\%$  sterfte optreedt.

De reproductieparameter  $r_m$  (populatiegroei-parameter of intrinsic rate of natural increase) is een maat waarin zowel het effect van geboortes van jonge watervlooiën als de sterfte van ouderdieren verrekend worden. De parameter wordt berekend met behulp van de formule van Lotka (Van Leeuwen et al, 1985):

$$\sum l_x m_x e^{-r_m x} = 1$$

waarin  $l_x$  de fractie is van het aantal overlevende vrouwtjes per verdunningsconcentratie en  $m_x$  het aantal geproduceerde jongen per overlevend vrouwtje op tijdstip  $x$ . De berekening is telkens per 2 daphnia's uitgevoerd. In het geval dat beide daphnia's van één paar de testduur niet overleefd hebben, terwijl dit bij de andere paren wel het geval is, zijn de daphnia's zodanig samengenomen dat elk paar tenminste uit één overlevende daphnia bestaat.

De  $NOEC_{reproductie}$  wordt per sediment bepaald ten opzichte van het blanco Elendt medium met behulp van de Williams'-test met het programma TOXSTAT (Gulley et al., 1988). Met deze (tweezijdige) test kan zowel remming als stimulatie aangetoond worden. Alleen remming wordt als negatief effect van verontreinigingen beschouwd.

De beoordelingscriteria voor de effectparameters sterfte en reproductie in de bioassay met *Daphnia magna* zijn (Maas, 1993):

sterfte:                      criterium 1:  $10\% (v/v) < NOEC_{sterfte} < 100\% (v/v)$   
                                    criterium 2:  $NOEC_{sterfte} \leq 10\% (v/v)$

reproductie:                criterium 1:  $10\% (v/v) < NOEC_{reproductie} < 100\% (v/v)$   
                                    criterium 2:  $NOEC_{reproductie} \leq 10\% (v/v)$

Overschrijding van criterium 1 duidt op matig toxisch effect. Wanneer aan criterium 2 wordt voldaan is sprake van ernstig toxisch effect.

### 3.5. Fysisch-chemische analyses

Het analyse-pakket dat door het RIZA wordt aanbevolen is op elke locatie toegepast. Het pakket bestaat uit:

fysisch:

- droogrest, organisch stof (als gloeirest) en korrelgroottefracties  $< 2 \mu m$  en  $> 16 \mu m$  en calciet ( $CaCO_3$ )

chemisch:

- ammonium, chloride, sulfaat en totaal-P
- zware metalen (cadmium, chroom, koper, kwik, lood, nikkel, zink) en arseen
- polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK, 16 van EPA)
- polychloorbifenylen (PCB) en organochloorbestrijdingsmiddelen (OCB)
- minerale olie.

Voor PCB's betreft het de nummers: 28,52,101,118,138,153,180.

Het pakket OCB bestaat uit: alfa-, beta-, gamma-, delta-HCH, HCB, Isodrin, Telodrin, Heptachloor,(+ epoxide), alfa-, beta-endosulfan, endosulfansulfaat, aldrin, dieldrin en DDT DDD en DDE.

De resultaten van de chemische analyses zijn getoetst aan de vigerende normering voor waterbodems volgens de Regeringsbeslissing Evaluatie Nota Water (Min V&W,1994). De toetsing is uitgevoerd met behulp van het pc-programma LAWABO (versie 3.0, RIZA, juli 1994).

De beoordeling van het toetsingsresultaat volgens de TRIADE-benadering geschiedt aan de hand van de volgende criteria:

criterium 1: voldoet aan grenswaarden (AMK);

criterium 2: voldoet aan de signaleringswaarden.

### 3.6. Datering sediment

Voor een juiste interpretatie van de resultaten en met name vergelijking van verschillende locaties langs de rivier is het van essentieel belang vast te stellen of het om oud of meer recent afgezet materiaal gaat. Daarom is per locatie het sediment gedateerd door middel van radiochemisch onderzoek. De analyses zijn verricht conform de standaard-protocollen (RIZA, 1994b)

## 4. RESULTATEN EN DISCUSSIE

### 4.1. Bioassay met *Chironomus riparius*

#### 4.1.1. Randvoorwaarden, kwaliteitseisen en gevoeligheid testorganisme

De geldigheid van de resultaten van de bioassay hangt samen met de kwaliteit van de uitvoering van de bioassay, de gebruikte organismen en de geschiktheid van het sediment. De parameters zuurstof, pH, geleidbaarheid en nitriet van het elutriaat en de sediment-watersystemen voldoen tijdens alle metingen gedurende de testperiode aan de voor het testorganisme gestelde criteria (Maas et al., 1993).

De kwaliteitseisen voor de bioassay met *Chironomus riparius* luiden:

- elutriaat en sediment-watersysteem voldoen aan de randvoorwaarden;
- gemiddelde sterfte in referentiesediment is  $\leq 10\%$ ;
- aan eind van de test is  $\geq 80\%$  van de larven in L4 stadium, pop of uitgevlogen;
- het gemiddeld drooggewicht van L4-larven is  $\geq 0,3$  mg/larve.

Het elutriaat en de sediment-watersystemen in de toets met *Chironomus riparius* voldoen aan de randvoorwaarden. Het gemiddelde percentage sterfte in het referentieslib (Markermeer) bedraagt 8%; aan het eind van de test is 86% van de larven in het L4-stadium en het gemiddelde drooggewicht van de L4-larven is 0,71 mg/larve. In het referentie-zand (Veluwemeer) bedraagt het gemiddelde percentage sterfte 3%; aan het eind van de test is 97% van de larven in het L4-stadium en het gemiddelde drooggewicht van de L4-larven is 0,68 mg/larve.

De kwaliteit van de door W + B gekweekte organismen wordt regelmatig getest met behulp van een acute toxiciteitstoets met kaliumdichromaat. De toets met *Chironomus riparius* is 2 maanden voor de uitvoering van de bioassay uitgevoerd. De LC50.96h bedraagt 35 mg/l (95% b.i. 33 - 38 mg/l), hetgeen binnen het door RIZA empirisch vastgestelde toegestane bereik (20 - 75 mg/l) ligt (Maas et al., 1993).

Omdat aan alle randvoorwaarden en kwaliteitseisen is voldaan kan gesteld worden dat eventuele waargenomen effecten op de muggelarven toe te schrijven zijn aan het sediment dat in de bioassay getoetst is.

#### 4.1.2. Overleving eipakketten

De overleving (uitgedrukt als gemiddeld percentage uitgekomen eipakketten) van de eipakketten van *Chironomus riparius* in elutriaat is op dag 4 opgenomen (tabel 4.1). De overleving is voor alle locaties en referentiesedimenten groter dan de helft; het elutriaat veroorzaakt geen toxisch effect.

#### 4.1.3. Sterfte en groeivertraging

Een samenvatting van deze gegevens staat per effectparameter in onderstaande tabel.

Als controle op de testomstandigheden zijn 2 referentiesedimenten betrokken die vaak in TRIADE-onderzoeken toegepast worden, namelijk uit het Markermeer (slib) en het Veluwemeer (zand). De referentiesedimenten zijn door het RIZA verzameld.

De witte vakjes in de tabel geven aan dat in de variantieanalyse (ANOVA) alle groepen gelijk zijn en er geen significant verschillen zijn tussen de referentie en de sedimenten. Dit leidt tot de classificatie "-". In grijs zijn sedimenten weergegeven die significant verschillend zijn binnen de ANOVA (nulhypothese 'alle groepen gelijk' wordt verworpen). Hiervoor geldt dat respectievelijk sterfte, groeivertraging of drooggewicht van de geteste sedimenten significant verschillen van de referentiesedimenten.

**Tabel 4.1. Gemiddelden en standaardafwijkingen van de effectparameters sterfte en groei vertraging bij *Chironomus riparius* (gegroepeerd per referentiesediment waartegen getoetst is)**

Locatie	overleving eipakket (%)	n	sterfte		groei vertraging			
			(%)	effect t.o.v. referentie	< L4 + dood (%)	effect t.o.v. referentie	drooggewicht (mg)	effect t.o.v. referentie
referentie zand Veluwemeer	90	4	3 ± 6		3 ± 5		0,68 ± 0,15	.
1-AR	70	4	6 ± 8	-	9 ± 7	-	0,51 ± 0,08 D	+
2-EY	70	4	17 ± 6	-	28 ± 7	±	0,87 ± 0,08	-
5-HE	70	4	8 ± 6	-	9 ± 6	-	0,77 ± 0,05	-
6-SG	80	4	8 ± 13	-	11 ± 14	±	0,71 ± 0,09	-
8-KE	70	4	5 ± 4	-	5 ± 4	-	0,78 ± 0,05	-
referentie slib Markermeer	70	4	8 ± 5		14 ± 8		0,71 ± 0,13	
3-OL	70	4	7 ± 5	-	11 ± 2	-	0,87 ± 0,08	-
4-BV	70	4	17 ± 7	±	20 ± 10	±	0,78 ± 0,08	-
7-DR	70	4	2 ± 2	-	3 ± 2	-	0,63 ± 0,07	-

legenda:

+ / ± / - : respectievelijk ernstig/matig/geen effect

D : significant kleiner dan controle in Dunnett's test (P = 0,05)

Het sediment van locatie 1-AR veroorzaakt een ernstig effect op de ontwikkeling (drooggewicht) van *Chironomus riparius* ten opzichte van de referentie. In de overige sedimenten is het drooggewicht significant hoger (zandsedimenten) of gelijk (slibsedimenten) aan de betreffende referentie.

Het sediment van 2-EY en 6-SG veroorzaken een matig effect op de ontwikkeling van de larven. Meer dan 10% van de larven kent een onvoldoende ontwikkeling in vergelijking met de referentie. Bij de overige locaties is op basis van de effectparameters sterfte, ontwikkeling en drooggewicht geen toxisch effect geconstateerd.

## 4.2. Bioassay met *Daphnia magna*

### 4.2.1. Randvoorwaarden, kwaliteitseisen en gevoeligheid testorganisme

De geldigheid van de resultaten van de bioassay hangt samen met de kwaliteit van de uitvoering van de bioassay en de gebruikte organismen. De parameters zuurstof, pH, geleidbaarheid en nitriet van het poriewater voldoen alle tijdens de testduur aan de voor het testorganisme gestelde criteria (Maas et al., 1993).

Voor de bioassay met *Daphnia magna* gelden de volgende kwaliteitseisen:

- het poriewater en de -verduunningen voldoen aan randvoorwaarden;
- sterfte in de blanco serie ≤ 20%;
- de eerste jongen in de controle moeten geworpen zijn ≤ 9 dagen;
- het gemiddelde van het cumulatief aantal gereproduceerde jongen in de controle moet na drie broedsels ≥ 30 zijn;
- de variatiecoëfficiënt (standaardafwijking gedeeld door gemiddelde) van de gereproduceerde jongen in de blanco serie ≤ 25%.

De poriewaterverduunningen in de toets met *Daphnia magna* voldoen alle aan de randvoorwaarden. De sterfte in de blanco's zijn beide 0% (tabel 4.2a). De eerste jongen zijn binnen 9

dagen geboren. Het gemiddelde van het cumulatief aantal gereproduceerde jongen bedraagt na drie broedsels (16 dagen) 48 en 53 in de Veluwemeer- en Markeermere-referentie. De variatiecoëfficiënt van het gemiddeld aantal jongen in de 2 blanco series bedraagt respectievelijk 21% en 12%.

De LC50.24u van de kwaliteitstoets met *Daphnia magna* die circa 3 weken voor uitvoering van de bioassays verricht bedraagt 1,6 mg/l (95% b.i.: 1,4 - 1,8 mg/l) hetgeen binnen het door RIZA empirisch vastgestelde toegestane bereik (0,9 - 2,4 mg/l) ligt (Maas et al., 1993).

Omdat aan de randvoorwaarden en de kwaliteitseisen is voldaan kunnen eventuele effecten op de watervlooiën in de test toe worden geschreven aan het geteste sediment.

#### 4.2.2. Sterfte

De sterfte per locatie en poriewaterverdunding tot en met dag 16 is in tabel 4.2a samengevat.

**Tabel 4.2a: Percentage sterfte *Daphnia magna* per poriewaterverdunding, NOEC<sub>sterfte</sub> en classificatie van effect**

locatie	STERFTE <sub>16dagen</sub> (%)					NOEC <sub>st</sub> % v/v	effect
	blanco Elendt	10% v/v	32% v/v	56% v/v	100% v/v		
1-AR	0	0	0	0	10	> 100	-
2-EY	0	0	10	10	0	> 100	-
3-OL	0	0	10	0	0	> 100	-
4-BV	0	0	0	20	10	> 100	-
5-HE	0	0	10	0	0	> 100	-
6-SG	0	0	0	0	0	> 100	-
7-DR	0	10	0	0	0	> 100	-
8-KE	0	0	10	10	10	> 100	-

+ / ± / - : respectievelijk ernstig/matig/geen effect

Het poriewater van geen van de sedimenten vertoont enig effect op de sterfte van *Daphnia magna*. De LC50.16d is dan ook niet berekend en opgenomen.

#### 4.2.3. Reproductie

In tabel 4.2b zijn de berekende gemiddelde waarden van de reproductieparameter  $r_m$  voor de verschillende locaties per poriewaterverdunding opgenomen tezamen met de daarvoor afgeleide NOEC<sub>reproductie</sub> en beoordeling van het effect.

Tabel 4.2b laat zien dat voor het poriewater van alle locaties, met uitzondering van locatie 1, een ernstig effect veroorzaakt op de reproductie van de *Daphnia*. Voor locatie 1 is er geen toxisch effect geconstateerd. Opgemerkt dient te worden dat de dosis-respons curves voor de reproductieparameter geen regelmatig, afnemend verloop bij toenemende concentratie vertoont. Dit wordt mogelijk veroorzaakt door een toenemende beschikbaarheid van voedsel uit het sediment(poriewater) waardoor toxische effecten gemaskeerd worden.

**Tabel 4.2b: Gemiddelde waarden (N = 5) voor de reproductieparameter en NOEC<sub>reproductie</sub> Daphnia magna per locatie en poriewaterverduunning**

locatie	r <sub>m</sub> (gemidd.)					NOEC <sub>repr</sub>	effect
	0%	10% v/v	32% v/v	56% v/v	100% v/v	% v/v	
1-AR	0,356	0,321	0,338	0,348	0,366	> 100	-
2-EY	0,356	0,304 w-	0,320 w-	0,313 w-	0,277 w-	< 10	+
3-OL	0,356	0,306 w-	0,306 w-	0,323 w-	0,278 w-	< 10	+
4-BV	0,356	0,298 w-	0,320 w-	0,318 w-	0,304 w-	< 10	+
5-HE	0,361	0,299 w-	0,315 w-	0,310 w-	0,320 w-	< 10	+
6-SG	0,361	0,309 w-	0,316 w-	0,341 w-	0,336 w-	< 10	+
7-DR	0,361	0,297 w-	0,289 w-	0,331 w-	0,292 w-	< 10	+
8-KE	0,361	0,323 w-	0,335 w-	0,330	0,311 w-	< 10	+

legenda:

w- : significante remming (Williams' test); +/±/-: resp. ernstig/matig/geen effect

### 4.3. Fysisch-chemische analyses

De resultaten van de fysisch-chemische analyses zijn opgenomen in bijlage 1. De bijlage bestaat uit de uitvoer van het programma LAWABO (versie 3.0) voor elke locatie. Het eindoordeel van de toetsing aan de Regeringsbeslissing ENW is opgenomen in tabel 4.3a.

**Tabel 4.3a: Eindoordeel toetsing chemische analyses aan ENW**

code	klasse	TRIADE oordeel	opmerking
1-AR	3	±	
2-EY	4	+	geen overschrijding signaleringswaarden voor metalen vastgesteld
3-OL	3	±	
4-BV	4	+	geen overschrijding signaleringswaarden voor metalen vastgesteld
5-HE	3	±	
6-SG	4	+	geen overschrijding signaleringswaarden voor metalen vastgesteld
7-DR	3	±	
8-KE	2	±	

In het verontreinigingsbeeld in stroomafwaartse richting van de Maas is geen duidelijk patroon te herkennen. Het sediment van drie locaties (Eysden, Blerick en Grave) is ernstig verontreinigd (klasse 4). Op basis van de Wet Bodembescherming is hier sprake van een saneringsnoodzaak. Gemeenschappelijk op deze locaties is de overschrijding van de interventiewaarde voor zink. Op de locatie Blerick Venlo (4-BV) wordt daarnaast de interventiewaarde voor cadmium overschreden. Op de locatie te Eysden overschrijdt naast zink ook de som van de 7 PCB's de interventiewaarde. De overige sedimenten zijn matig verontreinigd terwijl het sediment van de rivier ter hoogte van Keizersveer voldoet aan de grenswaarden.

Een aantal parameters dat wel gemeten is maar niet in het programma LAWABO is betrokken is

opgenomen in tabel 4.3b. Voor deze parameters zijn geen (afzonderlijke) grens- en interventiewaarden opgesteld.

**Tabel 4.3b: Resultaten aanvullende chemische parameters**

parameter	eenheid	1-AR	2-EY	3-OC	4-BV	5-HE	6-SG	7-DR	8-KE
Fosfaat	mgP/kgds	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Calciet (CaCO <sub>3</sub> )	%	13	16	8,6	12,5	4,2	7	4,5	5,7
SO <sub>4</sub>	mgSO <sub>4</sub> /kgds	60	310	200	250	310	450	280	250
Cl	mgCl/kgds	19	78	49	165	80	91	75	57
NH <sub>4</sub>	mg/kgds	2,5	39	20	64	22	9,2	21	20
Acenafteleen	mg/kgds	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Acenafteen	mg/kgds	<0,1	0,8	0,2	0,4	0,7	0,3	0,2	0,2
Fluoreen	mg/kgds	0,4	1,7	1,1	0,9	1,5	1	0,4	0,4
Pyreen	mg/kgds	1,1	3,6	2,1	1,9	2,9	2,7	1	1,2
Benzo(b)fluoranteen	mg/kgds	0,5	2,9	1,8	2,3	2,7	2,3	0,8	1
Dibenzo(ghi)peryleen	mg/kgds	<0,2	<0,5	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2

#### 4.4. Samenvatting effectparameters en classificatie

In tabel 4.4 is de beoordeling van de waargenomen effecten in de bioassays met *Daphnia magna* en *Chironomus riparius* opgenomen en naast de beoordeling op basis van de fysisch-chemische analyses geplaatst. Het oordeel over de beide bioassays wordt bepaald door de effectparameter waarvoor het ernstigste effect is waargenomen. De classificatie van effecten is als volgt (Maas et al., 1993):

##### Toets met *Chironomus riparius*:

- sterfte: > 10% sterfte; klasse ±  
 ≥ 50% sterfte; klasse +
- groevertraging: > 10% L2,L3 of dood; klasse ±  
 ≥ 50% L2,L3 of dood; klasse +
- ontwikkeling: > 10% minder t.o.v. controle; klasse ±  
 ≥ 25% minder t.o.v. controle; klasse +

##### Toets met *Daphnia Magna*:

- sterfte: NOEC<sub>sterfte</sub> < 100% v/v; klasse ±  
 NOEC<sub>sterfte</sub> ≤ 10% v/v; klasse +
- reproductie: NOEC<sub>reproductie</sub> < 100% v/v; klasse ±  
 NOEC<sub>reproductie</sub> ≤ 10% v/v; klasse +



**Tabel 4.4: Samenvatting classificatie effectparameters bij *Chironomus riparius*, *Daphnia magna* en fysisch-chemische analyses**

locatie	Chironomus riparius			Daphnia magna		oordeel effecten in bioassays*	oordeel ernst van verontreiniging (chemisch)**
	effect sterfte	effect ontwikkeling	effect drooggewicht	effect sterfte	effect reproductie		
1-AR	-	-	+	-	-	+	±
2-EY	-	±	-	-	+	+	+
3-OL	-	-	-	-	+	+	±
4-BV	±	-	-	-	+	+	+
5-HE	-	-	-	-	+	+	±
6-SG	-	±	-	-	+	+	+
7-DR	-	±	-	-	+	+	±
8-KE	-	-	-	-	+	+	±

\* : classificatie effecten: + = ernstig; ± = matig effect; - = geen effect  
 \*\* : oordeel sediment: + = saneringsnoodzaak; ±/- = geen saneringsnoodzaak

#### 4.5. Verklaarbaarheid van waargenomen effecten in de bioassays

De bioassays zijn onder laboratoriumomstandigheden uitgevoerd met sedimentmonsters uit het veld en toetsorganismen uit een gestandaardiseerde kweek. Er is dus sprake van een geëxtrapoleerde situatie ten opzichte van de veldsituatie. De waargenomen effecten in de bioassays winnen aan kracht wanneer deze via een causale relatie te verklaren zijn met behulp van de gemeten gehalten aan verontreinigingen enerzijds en uit literatuur bekende effectdrempels (NOEC's, No Observed Effect Concentration) voor de toetsorganismen anderzijds. Hierbij is gebruik gemaakt van de voorlopige NOEC-waarden zoals door Mulder gegeven (1994; bijlage 20).

Een eerste vergelijking op basis van metingen van afzonderlijk gemeten stoffen laat zien dat de (gestandaardiseerde) cadmiumgehalten van het sediment uit de Maas bij Eysden en Blerick boven de NOEC<sub>chronisch</sub> van *Daphnia magna* ligt en dus de effecten in de bioassay verklaren. In de meeste gevallen zijn de waargenomen effecten echter niet uit gehalten van afzonderlijke stoffen te verklaren.

Dit kan door meerdere redenen veroorzaakt worden:

- de waargenomen effecten worden veroorzaakt door stoffen die niet gemeten zijn;
- er zijn niet voor alle gemeten stoffen literatuurwaarden bekend over de NOEC's voor *Chironomus* en *Daphnia*;
- het effect wordt veroorzaakt door een combinatie van stoffen, waarvoor de NOEC's per stof niet overschreden worden.

Via een genuanceerdere benadering, zoals die door Stortelder et al (1989) beschreven is, kan rekening gehouden worden met combinatietoxiciteit binnen een groep van stoffen. De relatie tussen aanwezigheid en toxiciteit van de aanwezige stoffen wordt uitgedrukt in Toxic Units (TU). De TU is het quotiënt van het (gestandaardiseerde) gehalte en de drempelwaarde voor toxisch effect. Binnen een groep verwante stoffen of verbindingen wordt aangenomen dat deze additief werken en de gecombineerde toxiciteit de som van de TU's van de afzonderlijke stoffen is. Bij een  $\Sigma\text{-TU} > 1$  kan de (additieve) toxiciteit de oorzaak van waargenomen effecten zijn. Mulder (1994) stelt dat bij  $\Sigma\text{-TU} \geq 3$  met grote zekerheid gesteld kan worden dat de effecten door de gecombineerde toxiciteit verklaard worden. In tabel 4.5 zijn de berekende waarden voor combinatietoxiciteit berekend voor alle zware metalen en arseen samengevat. Voor deze groep stoffen zijn de literatuurgegevens volledig.

Het blijkt dat alleen al op grond van de aanwezige gehalten aan zware metalen, in de sedimenten

van alle lokaties effecten verwacht kunnen worden. Voor *Chironomus* blijkt een matig tot ernstig effect in de bioassays te correleren met een  $\Sigma$ -TU > 3. Combinatietoxiciteit van zware metalen is dus een mogelijke verklaring van deze effecten.

Ook bij *Daphnia* blijken de waargenomen ernstige effecten samen te lopen met een  $\Sigma$ -TU > 1 en dus uit combinatietoxiciteit verklaard kunnen worden. De overgang van geen naar ernstig effect lijkt bij  $\Sigma$ -TU = 1,5 te liggen. Hierbij moet echter aangetekend worden dat eventuele effecten van de aanwezige organische microverontreinigingen hierin nog niet betrokken zijn.

Daarnaast kunnen er stoffen aanwezig zijn die niet in het analysepakket betrokken zijn. Omdat een aantal locaties in (jacht)havens gesitueerd is kan gedacht worden aan organotinverbindingen. Recente metingen aan organotinverbindingen in Driehoeksmosselen laten zien dat deze verhoogd zijn in de directe omgeving van bronnen, waaronder de anti-fouling voor de pleziervaart (Ståb et al, 1993).

**Tabel 4.5: Beoordeling combinatietoxiciteit van zware metalen**

	<i>Chironomus riparius</i>		<i>Daphnia magna</i>	
	effect in bioassay	$\Sigma$ -TU	effect in bioassay	$\Sigma$ -TU
1-Annevoie-Rouillon	+	4,7	-	1,5
2-Eysden	±	4,9	+	3,6
3-Ohé en Laak	-	3,0	+	1,8
4-Blerick Venlo	±	6,2	+	4,8
5-Heijen	-	2,4	+	1,6
6-Grave	±	4,3	+	3,0
7-Drongelen	±	2,7	+	1,9
8-Keizersveer	-	2,6	+	1,7

+ / ± / - : resp. ernstig/matig/geen effect

#### 4.6. Datering sediment

In tabel 4.6 is de ouderdom van de sedimenten per locatie weergegeven. Deze ouderdom is afgeleid van de radiochemisch resultaten (bijlage II). Een hoge activiteit van <sup>7</sup>Be duidt op zeer recent materiaal. Dit element komt van nature in water voor, eenmaal afgezet in het sediment zal de activiteit snel afnemen door de korte halfwaardetijd (53 dagen). Indien <sup>7</sup>Be activiteit meetbaar is in het sediment, dan kan globaal worden aangenomen dat het materiaal niet ouder is dan één jaar; in tabel 4.6 gemakshalve aangeduid met zeer recent of indien afwezig: "laatste periode ontbreekt". Indien activiteit van <sup>134</sup>Cs meetbaar is, dan duidt dit op materiaal dat rond 1986 afgezet is. Dit element is immers vrijgekomen bij kernongeval Chernobyl in april 1986.

Uit de dateringen van het sediment blijkt dat alleen de locaties Eysden, Paesplas en Keizersveer zeer recent afgezet materiaal bevatten. Met uitzondering van locatie Eysden zijn de cadmium- en  $\Sigma$  6-PCB-concentraties op deze locaties relatief laag. Het recent afgezette sedimentmateriaal in Eysden bevat behalve cadmium ook hoge concentraties PCB's.

Ook de meest stroomopwaarts gelegen locatie Annevoie-Rouillon en de locatie met relatief oud sediment (Ohe en Laak) hebben een lagere verontreinigingsgraad dan de sedimenten die relatief recent zijn, en waarvan de laatste periode ontbreekt.

Hoewel er een zekere afnemende tendens in de  $\Sigma$  6-PCB gehalten in de lengterichting van de Maas onderscheiden zou kunnen worden, is een dergelijke observatie zeer speculatief. De zeer

verschillende ligging van de bemonsterde locaties, zoals locaties in de rivierloop en in havens, vertroebelen de vorming van een objectief oordeel. Elke locatie heeft zijn eigen gevoeligheid voor erosie en zijn eigen historie van afzettingen van materiaal.

**Tabel 4.6: Resultaten radiochemische datering en cadmium en  $\Sigma$  6-PCB-concentraties**

locatie	periode	ouderdom	Cd <sup>*</sup> (mg/kgds)	$\Sigma$ 6-PCB <sup>*</sup> ( $\mu$ g/kgds)
1-AR	1986-1992	relatief recent, echter laatste periode ontbreekt	< 0,6	90
2-EY	>1993	zeer recent afgezet	10,5	4200
3.OL	<1986	relatief oud materiaal	3,8	225
4-BV	1986-1992	relatief recent, echter laatste periode ontbreekt	14,7	245
5-HE	>1993	zeer recent afgezet	4,1	112
6-SG	1986-1992	relatief recent, echter laatste periode ontbreekt	7,0	130
7-DR	1986-1992	relatief recent, echter laatste periode ontbreekt	5,8	111
8-KE	>1993	zeer recent afgezet	4,7	113

\* gestandaardiseerde gehalten

## 5. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

In het kader van het project Ecologisch Herstel Rivieren is een ecotoxicologisch onderzoek met een inventariserend karakter verricht naar de kwaliteit van het sediment in de Maas op het traject van Annevoie-Rouillon in Frankrijk tot en met Keizersveer in Nederland. Het sediment van 8 locaties is bemonsterd: Annevoie-Rouillon, Eysden (haven), Ohé en Laak (jachthaven de Maasterp), Blerick Venlo (haven), Heijen (Gennep, Paesplas), Sluis Grave, Drongelen (jachthaven) en Keizersveer.

Het effectgerichte ecotoxicologisch onderzoek bestond uit twee gestandaardiseerde bioassays en een uitgebreid pakket fysisch-chemische parameters. In de bioassay met de watervlo *Daphnia magna* is gedurende 16 dagen de sterfte en reproductie bestudeerd bij blootstelling aan een verdunningsreeks van het poriewater. Opgetreden effecten zijn op significantie getoetst tegen een blanco medium. In de bioassay met eieren en larven van de vedermug (*Chironomus riparius*) heeft de blootstelling plaatsgevonden in een sediment-watersysteem. Effecten op sterfte, ontwikkeling en drooggewicht zijn na 28 dagen bestudeerd.

Het pakket fysisch-chemische analyses bestond onder meer uit de zware metalen en arseen, PCB, PAK en organochloorpesticiden. De resultaten zijn getoetst aan de huidige normering en gebruikt om causale relaties tussen gehalten en opgetreden effecten in de bioassays op te sporen.

Voor alle sedimenten (en poriewater) werd in één of beide bioassays een effect waargenomen; in de meeste gevallen een ernstige remming van de reproductie van de watervlo. De sedimenten van Eysden, Blerick en Grave zijn zodanig verontreinigd (klasse 4) dat er sprake is van een saneringsnoodzaak. De chemische kwaliteit van het sediment in de Maas ter hoogte van Keizersveer voldoet aan de grenswaarden. De overige sedimenten zijn matig verontreinigd (klasse 3).

De waargenomen effecten bij *Daphnia magna* op de locaties Eysden en Blerick zijn te verklaren uit het cadmiumgehalte van het sediment. Voor de overige sedimenten zijn de effecten niet verklaarbaar uit metingen van de afzonderlijke stoffen. Door het betrekken van de combinatietoxiciteit op basis van literatuurgegevens zijn de effecten redelijk goed verklaarbaar.

## REFERENTIES

- Guchte, C. v.d.** (1991). De TRIADE, een methode voor de veroordeling van verontreinigde waterbodems. In : Biekart, J.W. en R.Leuven (red), "Van vuile bagger tot schoon slib". Proc. Symp. Natuur & Milieu.Utrecht 1990. pp.209-304.
- Gulley, D.D., A.M. Boelter & H.L. Bergman** (1988). Toxstat (release 3.3). Fish Physiology and Toxicology Laboratory Department of Zoology and Physiology. Univ. of Wyoming. USA.
- Leeuwen, C.J.van, W.J.Luttmer & P.S.Griffioen** (1985). The use of cohorts and populations in chronic toxicity studies with *Daphnia magna*. I. A cadmiumexample. *Ecot.and Env.Safety* 9 26-39.
- Maas, J.L., C. v.d. Guchte & F.C.M. Kerkum** (1993). Methodebeschrijvingen voor de beoordeling van verontreinigde waterbodems volgens de TRIADE benadering. RIZA notanr. 93.027.
- Maas, J.L., M.A.A. De La Haye & M.A. Beek** (1994). Ecotoxicologisch onderzoek aan Maaswater en sediment (1991, 1992), Report 23, Ecological Rehabilitation of the River Meuse, Institute of Inland Water Management and Waste Water Treatment RIZA.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat** (1994). Regeringsbeslissing Evaluatienota Water.
- Mulder, M.A.A.J.** (1994). Ecotoxicologische beoordeling van de waterbodempkwaliteit in Zuid-Holland (TRIADE West). RIZA werkdocument 94.117X, WSC-ecotoxicologie nr.94-13.
- RIZA** (1994). LAWABO. PC-programma en gebruikershandleiding Versie 3.0. juli 1994.
- RIZA** (1994b). Analyseboek van de afdeling Laboratoria van het RIZA (Manual for analysis), RIZA, Lelystad.
- RIZA** (1995). Biologische monitoring zoete rijkswateren, Maas, RIZA, Lelystad.
- Stäb, J.A., I.L.Freriks & W.P.Cofino** (1993). Organotinverbindingen in Driehoeksmosselen in de Nederlandse zoete wateren. Instituut voor Milieuvraagstukken Amsterdam. rapport W-93/08
- Steenwijk, J.van, P. Stortelder, T. Bakker & C. van de Guchte** (1991). Richtlijnen voor het Nader Onderzoek van de verontreinigde waterbodems. RIZA notanr. 91.002.
- Stortelder, P.B.M, M.A. van der Gaag & L.A. van der Kooij** (1989). Kansen voor waterorganismen. een ecotoxicologische onderbouwing voor kwaliteitsdoelstellingen voor water en waterbodemp. DBW/RIZA notanr. 89.016. Deel 1. Resultaten en berekeningen en Deel 2. Gegevens.
- Tubbing, G.M.J., D. De Zwart and T. Burger-Wiersma** (1995). Phytoplankton dynamics in the River Meuse as affected by pollution. *Neth. J. Aquat. Ecol.* (in press).

**BIJLAGE I Resultaten chemische analyses per locatie (LaWaBo-uitvoer)**

## BIJLAGE I Resultaten chemische analyses per locatie (LaWaBo-uitvoer)

Beheerder: RIVM/LWD

Toetsing gegevens volgens Waterbodennormering regeringsbeslissing ENW.  
 Locatie: 1-AR Annevoie-Rouillon (Bhv 6.1) d.d.: 11-10-1994

Gebruikte grootheden voor standaardisatie van gehalten:

- Het org.stofgehalte is berekend m.b.v. :  $(100 - \text{gloeirest}) * 0.90 = 1.71 \%$ .  
 i.v.m. voorschriften is gerekend met 2.00 % organische stof.
- Het lutumgehalte is berekend:  $0.63 * \text{perc.} < 16 \mu\text{m} = 8.06 \%$ .

Parameter	gemeten gehalte	gestand gehalte	klasse	overschrijding klassegrens
Deeltjes < 2 $\mu\text{m}$	% 14.90	14.90		
Deeltjes < 16 $\mu\text{m}$	% 12.80	12.80		
Organisch koolstof	%			
Gloeirest	% 98.10	98.10		
Organische stof	%			
<b>METALEN</b>				
Cadmium	mg/kg < 0.40	< 0.63	0	
Kwik	mg/kg < 0.20	< 0.26	0	
Koper	mg/kg 29.00	49.62	2	( 42 %)
Nikkel	mg/kg 28.00	54.25	3	( 21 %)
Lood	mg/kg 30.00	42.45	0	
Zink	mg/kg 230.00	417.14	1	( 198 %)
Chroom	mg/kg 30.00	45.37	0	
Arseen	mg/kg 11.00	16.77	0	
EOX	mg/kg			
<b>PAK's</b>				
Som 10 PAK's	mg/kg 5.10	25.50	3	( 155 %)
Naftaleen	mg/kg < 0.10	< 0.50		
Benzo(a)antraceen	mg/kg 0.50	2.50		
Benzo(ghi)peryleen	mg/kg 0.40	2.00		
Benzo(a)pyreen	mg/kg 0.50	2.50		
Fenantreen	mg/kg 0.90	4.50		
Indenopyreen	mg/kg 0.30	1.50		
Anthraceen	mg/kg 0.30	1.50		
Benzo(k)fluoranth.	mg/kg 0.20	1.00		
Chryseen	mg/kg 0.60	3.00		
Fluorantheen	mg/kg 1.40	7.00		
Hexachloorbenzeen	$\mu\text{g}/\text{kg}$ < 1.00	< 5.00	$\leq 2$	
Chloorbenzenen	$\mu\text{g}/\text{kg}$ < 1.00	< 5.00	0	
<b>PCB's</b>				
PCB-28	$\mu\text{g}/\text{kg}$ 4.00	20.00	2	( 400 %)
PCB-52	$\mu\text{g}/\text{kg}$ 12.00	60.00	3	( 100 %)
PCB-101	$\mu\text{g}/\text{kg}$ < 1.00	< 5.00	$\leq 2$	
PCB-118	$\mu\text{g}/\text{kg}$ < 1.00	< 5.00	$\leq 2$	
PCB-138	$\mu\text{g}/\text{kg}$ < 1.00	< 5.00	$\leq 2$	
PCB-153	$\mu\text{g}/\text{kg}$ < 1.00	< 5.00	$\leq 2$	
PCB-180	$\mu\text{g}/\text{kg}$ 2.00	10.00	2	( 150 %)
Som PCB's (6)	$\mu\text{g}/\text{kg}$ 18.00	90.00	1	( 350 %)
Som PCB's (7)	$\mu\text{g}/\text{kg}$ 18.00	90.00	0	
<b>BESTRIJDINGSMIDDELEN</b>				
Aldrin	$\mu\text{g}/\text{kg}$ 8.20	41.00	1	(1540 %)
Diieldrin	$\mu\text{g}/\text{kg}$ < 1.00	< 5.00	$\leq 1$	
Som Aldrin/Diieldrin	$\mu\text{g}/\text{kg}$ 8.20	41.00	3	( 2 %)
Endrin	$\mu\text{g}/\text{kg}$ < 1.00	< 5.00	$\leq 1$	
Drins	$\mu\text{g}/\text{kg}$ 8.20	41.00	0	
DDT (incl. DDD en DDE)	$\mu\text{g}/\text{kg}$ < 6.00	< 30.00	$\leq 3$	
2,4 DDT	$\mu\text{g}/\text{kg}$ < 1.00	< 5.00		
4,4 DDT	$\mu\text{g}/\text{kg}$ < 1.00	< 5.00		
2,4 DDD	$\mu\text{g}/\text{kg}$ < 1.00	< 5.00		
4,4 DDD	$\mu\text{g}/\text{kg}$ < 1.00	< 5.00		
2,4 DDE	$\mu\text{g}/\text{kg}$ < 1.00	< 5.00		
4,4 DDE	$\mu\text{g}/\text{kg}$ < 1.00	< 5.00		
$\alpha$ -Endosulfan/sulft	$\mu\text{g}/\text{kg}$ < 1.00	< 5.00	$\leq 1$	
$\alpha$ -HCH	$\mu\text{g}/\text{kg}$ < 1.00	< 5.00	$\leq 1$	
$\beta$ -HCH	$\mu\text{g}/\text{kg}$ 5.00	25.00	3	( 25 %)
$\gamma$ -HCH	$\mu\text{g}/\text{kg}$ < 1.00	< 5.00	$\leq 2$	
HCH-verbindingen	$\mu\text{g}/\text{kg}$ 5.00	25.00	0	
Heptachloor	$\mu\text{g}/\text{kg}$ < 1.00	< 5.00	$\leq 1$	
Heptachloor & epox.	$\mu\text{g}/\text{kg}$ < 1.00	< 5.00	0	
Som pesticiden	$\mu\text{g}/\text{kg}$ 13.20	66.00	0	
<b>Overige stoffen</b>				
Minerale Olie (GC)	mg/kg < 50.00	< 250.00	$\leq 1$	

Eindoordeel is 3

Beheerder: RIVM/LWD

Toetsing gegevens volgens Waterbodennormering regeringsbeslissing ENW.  
 Lokatie: 2-EY Eysden (haven) (Bhv 6.1) d.d.: 11-10-1994  
 Gebruikte grootheden voor standaardisatie van gehalten:  
 - Het org.stofgehalte is berekend m.b.v. :  $(100 - \text{gloeirest}) * 0.90 = 6.66 \%$   
 - Het lutumgehalte is berekend:  $0.63 * \text{perc.} < 16 \mu\text{m} = 18.90 \%$

Parameter	gemeten gehalte	gestand gehalte	klasse	overschrijding klassegrens
Deeltjes < 2 $\mu\text{m}$	‡ 13.40	13.40		
Deeltjes < 16 $\mu\text{m}$	‡ 30.00	30.00		
Organisch koolstof	‡			
Gloeirest	‡ 92.60	92.60		
Organische stof	‡			
<b>METALEN</b>				
Cadmium	mg/kg 9.00	10.51	3	( 40 ‡)
Kwik	mg/kg 1.10	1.21	2	( 141 ‡)
Koper	mg/kg 95.00	112.74	3	( 25 ‡)
Nikkel	mg/kg 38.00	46.02	3	( 2 ‡)
Lood	mg/kg 220.00	247.49	1	( 191 ‡)
Zink	mg/kg 1000.00	1199.76	4	( 67 ‡)
Chroom	mg/kg 62.00	70.62	0	
Arseen	mg/kg 17.00	19.54	0	
<b>EOX</b>				
<b>PAK's</b>				
Som 10 PAK's	mg/kg 23.40	35.14	3	( 251 ‡)
Naftaleen	mg/kg 1.70	2.55		
Benzo(a)antraceen	mg/kg 2.40	3.60		
Benzo(ghi)peryleen	mg/kg 1.70	2.55		
Benzo(a)pyreen	mg/kg 2.50	3.75		
Fenantreen	mg/kg 3.20	4.80		
Indenopyreen	mg/kg 1.90	2.85		
Anthraceen	mg/kg 1.20	1.80		
Benzo(k)fluoranth.	mg/kg 1.10	1.65		
Chryseen	mg/kg 2.60	3.90		
Fluorantheen	mg/kg 5.10	7.66		
Hexachloorbenzeen	$\mu\text{g/kg} < 1.00$	$< 1.50$	0	
Chloorbenzenen	$\mu\text{g/kg} < 1.00$	$< 1.50$	0	
<b>PCB's</b>				
PCB-28	$\mu\text{g/kg} 240.00$	360.36	3	(1101 ‡)
PCB-52	$\mu\text{g/kg} 260.00$	390.39	3	(1201 ‡)
PCB-101	$\mu\text{g/kg} 430.00$	645.65	3	(2052 ‡)
PCB-118	$\mu\text{g/kg} 160.00$	240.24	3	( 701 ‡)
PCB-138	$\mu\text{g/kg} 620.00$	930.93	3	(3003 ‡)
PCB-153	$\mu\text{g/kg} 530.00$	795.80	3	(2553 ‡)
PCB-180	$\mu\text{g/kg} 710.00$	1066.07	3	(3454 ‡)
Som PCB's (6)	$\mu\text{g/kg} 2790.00$	4189.19	1	(20846 ‡)
Som PCB's (7)	$\mu\text{g/kg} 2950.00$	4429.43	4	( 343 ‡)
<b>BESTRIJDINGSMIDDELEN</b>				
Aldrin	$\mu\text{g/kg} 4.60$	6.91	1	( 176 ‡)
Dieldrin	$\mu\text{g/kg} 5.00$	7.51	1	(1402 ‡)
Som Aldrin/Dieldrin	$\mu\text{g/kg} 9.60$	14.41	0	
Endrin	$\mu\text{g/kg} < 1.00$	$< 1.50$	$\leq 1$	
Drins	$\mu\text{g/kg} 9.60$	14.41	0	
DDT (incl. DDD en DDE)	$\mu\text{g/kg} 120.50$	180.93	3	( 805 ‡)
2,4 DDT	$\mu\text{g/kg} 8.30$	12.46		
4,4 DDT	$\mu\text{g/kg} 8.70$	13.06		
2,4 DDD	$\mu\text{g/kg} 38.00$	57.06		
4,4 DDD	$\mu\text{g/kg} 52.00$	78.08		
2,4 DDE	$\mu\text{g/kg} 7.30$	10.96		
4,4 DDE	$\mu\text{g/kg} 6.20$	9.31		
$\alpha$ -Endosulfan/sulft	$\mu\text{g/kg} 11.00$	16.52	2	( 65 ‡)
$\alpha$ -HCH	$\mu\text{g/kg} 24.00$	36.04	3	( 80 ‡)
$\beta$ -HCH	$\mu\text{g/kg} < 1.00$	$< 1.50$	$\leq 1$	
$\gamma$ -HCH	$\mu\text{g/kg} 3.00$	4.50	2	( 350 ‡)
HCH-verbindingen	$\mu\text{g/kg} 27.00$	40.54	0	
Heptachloor	$\mu\text{g/kg} 8.00$	12.01	1	( 380 ‡)
Heptachloor & epox.	$\mu\text{g/kg} 8.00$	12.01	0	
Som pesticiden	$\mu\text{g/kg} 176.10$	264.41	3	( 164 ‡)
<b>Overige stoffen</b>				
Minerale Olie (GC)	mg/kg $< 50.00$	$< 75.08$	$\leq 1$	

Eindoordeel is 4

Er is geen overschrijding van de signaleringswaarden voor metalen vastgesteld.



Beheerder: RIVM/LWD

Toetsing gegevens volgens Waterbodennormering regeringsbeslissing ENW.  
 Lokatie: 3-OC Ohe en Laak (jachthaven) (Bhv 6.1 ) d.d.: 11-10-1994  
 Gebruikte grootheden voor standaardisatie van gehalten:  
 - Het org.stofgehalte is berekend m.b.v. : (100 - gloeirest) \* 0.90 = 4.32 %.  
 - Het lutumgehalte is berekend: 0.63 \* perc. < 16 µm = 18.27 %.

Parameter	gemeten gehalte	gestand gehalte	klasse	overschrijding klassegrens
Deeltjes < 2 µm	‡ 13.65	13.65		
Deeltjes < 16 µm	‡ 29.00	29.00		
Organisch koolstof	‡			
Gloeirest	‡ 95.20	95.20		
Organische stof	‡			
<b>METALEN</b>				
Cadmium	mg/kg 3.00	3.81	2	( 90 ‡)
Kwik	mg/kg 0.70	0.78	2	( 57 ‡)
Koper	mg/kg 47.00	59.26	2	( 69 ‡)
Nikkel	mg/kg 24.00	29.71	0	
Lood	mg/kg 160.00	187.35	1	( 120 ‡)
Zink	mg/kg 570.00	717.05	2	( 49 ‡)
Chroom	mg/kg 35.00	40.44	0	
Arseen	mg/kg 11.00	13.27	0	
<b>BOX</b>				
<b>PAK's</b>				
Som 10 PAK's	mg/kg 13.50	31.25	3	( 212 ‡)
Naftaleen	mg/kg 0.60	1.39		
Benzo(a)antraceen	mg/kg 1.60	3.70		
Benzo(ghi)peryleen	mg/kg 1.20	2.78		
Benzo(a)pyreen	mg/kg 1.60	3.70		
Fenantreen	mg/kg 1.50	3.47		
Indenopyreen	mg/kg 1.20	2.78		
Anthraceen	mg/kg 0.60	1.39		
Benzo(k)fluoranth.	mg/kg 0.70	1.62		
Chryseen	mg/kg 1.60	3.70		
Fluorantheen	mg/kg 2.90	6.71		
Hexachloorbenzeen	µg/kg < 1.00	< 2.31	0	
Chloorbenzenen	µg/kg < 1.00	< 2.31	0	
<b>PCB's</b>				
PCB-28	µg/kg 4.00	9.26	2	( 131 ‡)
PCB-52	µg/kg 10.00	23.15	2	( 479 ‡)
PCB-101	µg/kg 12.00	27.78	2	( 594 ‡)
PCB-118	µg/kg 5.20	12.04	2	( 201 ‡)
PCB-138	µg/kg 22.00	50.93	3	( 70 ‡)
PCB-153	µg/kg 21.00	48.61	3	( 62 ‡)
PCB-180	µg/kg 28.00	64.81	3	( 116 ‡)
Som PCB's (6)	µg/kg 97.00	224.54	1	(1023 ‡)
Som PCB's (7)	µg/kg 102.20	236.57	3	( 18 ‡)
<b>BESTRIJDINGSMIDDELEN</b>				
Aldrin	µg/kg 5.00	11.57	1	( 363 ‡)
Dieldrin	µg/kg 1.00	2.31	1	( 363 ‡)
Som Aldrin/Dieldrin	µg/kg 6.00	13.89	0	
Endrin	µg/kg 4.80	11.11	1	(1011 ‡)
Drins	µg/kg 10.80	25.00	0	
DDT (incl. DDD en DDE)	µg/kg 36.00	83.33	3	( 317 ‡)
2,4 DDT	µg/kg 4.00	9.26		
4,4 DDT	µg/kg < 1.00	< 2.31		
2,4 DDD	µg/kg 13.00	30.09		
4,4 DDD	µg/kg 19.00	43.98		
2,4 DDE	µg/kg < 1.00	< 2.31		
4,4 DDE	µg/kg < 1.00	< 2.31		
α-Endosulfan/sulft	µg/kg 2.80	6.48	1	( 159 ‡)
α-HCH	µg/kg 15.00	34.72	3	( 74 ‡)
β-HCH	µg/kg < 1.00	< 2.31	≤ 1	
γ-HCH	µg/kg 2.00	4.63	2	( 363 ‡)
HCH-verbindingen	µg/kg 17.00	39.35	0	
Heptachloor	µg/kg 23.00	53.24	1	(2030 ‡)
Heptachloor & epox.	µg/kg 23.00	53.24	3	( 166 ‡)
Som pesticiden	µg/kg 89.60	207.41	3	( 107 ‡)
<b>Overige stoffen</b>				
Minerale Olie (GC)	mg/kg < 50.00	<115.74	≤ 1	

Eindoordeel is 3

Beheerder: RIVM/LWD

Toetsing gegevens volgens Waterbodennormering regeringsbeslissing ENW.  
 Lokatie: 4-BV Elerick Venlo (Bhv 6.1 ) d.d.: 11-10-1994  
 Gebruikte grootheden voor standaardisatie van gehalten:  
 - Het org.stofgehalte is berekend m.b.v. : (100 - gloeirest) \* 0.90 = 9.81 %.  
 - Het lutumgehalte is berekend: 0.63 \* perc. < 16 µm = 20.16 %.

Parameter	gemeten gehalte	gestand gehalte	klasse	overschrijding klassegrens
Deeltjes < 2 µm	% 17.70	17.70		
Deeltjes < 16 µm	% 32.00	32.00		
Organisch koolstof	%			
Gloeirest	% 89.10	89.10		
Organische stof	%			
<b>METALEN</b>				
Cadmium	mg/kg 14.00	14.71	4	( 23 %)
Kwik	mg/kg 1.50	1.59	2	( 218 %)
Koper	mg/kg 120.00	130.98	3	( 46 %)
Nikkel	mg/kg 49.00	56.86	3	( 26 %)
Lood	mg/kg 250.00	265.72	1	( 213 %)
Zink	mg/kg 1500.00	1677.38	4	( 133 %)
Chroom	mg/kg 95.00	105.18	1	( 5 %)
Arseen	mg/kg 19.00	20.42	0	
<b>EOX</b>				
<b>PAK's</b>				
Som 10 PAK's	mg/kg 12.80	13.05	3	( 30 %)
Naftaleen	mg/kg < 0.10	< 0.10		
Benzo(a)antraceen	mg/kg 1.20	1.22		
Benzo(ghi)peryleen	mg/kg 1.60	1.63		
Benzo(a)pyreen	mg/kg 1.80	1.83		
Fenantreen	mg/kg 1.20	1.22		
Indenopyreen	mg/kg 1.80	1.83		
Anthraceen	mg/kg 0.30	0.31		
Benzo(k)fluoranth.	mg/kg 0.90	0.92		
Chryseen	mg/kg 1.60	1.63		
Fluorantheen	mg/kg 2.40	2.45		
Hexachloorbenzeen	µg/kg < 1.00	< 1.02	0	
Chloorbenzenen	µg/kg < 1.00	< 1.02	0	
<b>PCB's</b>				
PCB-28	µg/kg 10.00	10.19	2	( 155 %)
PCB-52	µg/kg 22.00	22.43	2	( 461 %)
PCB-101	µg/kg 36.00	36.70	3	( 22 %)
PCB-118	µg/kg 25.00	25.48	2	( 537 %)
PCB-138	µg/kg 61.00	62.18	3	( 107 %)
PCB-153	µg/kg 56.00	57.08	3	( 90 %)
PCB-180	µg/kg 55.00	56.07	3	( 87 %)
Som PCB's (6)	µg/kg 240.00	244.65	1	(1123 %)
Som PCB's (7)	µg/kg 265.00	270.13	3	( 35 %)
<b>BESTRIJDINGSMIDDELEN</b>				
Aldrin	µg/kg 12.00	12.23	1	( 389 %)
Dieldrin	µg/kg 7.40	7.54	1	(1409 %)
Som Aldrin/Dieldrin	µg/kg 19.40	19.78	0	
Endrin	µg/kg < 1.00	< 1.02	≤ 1	
Drins	µg/kg 19.40	19.78	0	
DDT (incl. DDD en DDE)	µg/kg 58.10	59.23	3	( 196 %)
2,4 DDT	µg/kg < 1.00	< 1.02		
4,4 DDT	µg/kg 7.70	7.85		
2,4 DDD	µg/kg 43.00	43.83		
4,4 DDD	µg/kg < 1.00	< 1.02		
2,4 DDE	µg/kg < 1.00	< 1.02		
4,4 DDE	µg/kg 7.40	7.54		
α-Endosulfan/sulft	µg/kg < 1.00	< 1.02	0	
α-HCH	µg/kg < 1.00	< 1.02	0	
β-HCH	µg/kg 19.00	19.37	1	(1837 %)
γ-HCH	µg/kg < 1.00	< 1.02	≤ 2	
HCH-verbindingen	µg/kg 19.00	19.37	0	
Heptachloor	µg/kg 9.20	9.38	1	( 275 %)
Heptachloor & epox.	µg/kg 9.20	9.38	0	
Som pesticiden	µg/kg 105.70	107.75	3	( 8 %)
<b>Overige stoffen</b>				
Minerale Olie (GC)	mg/kg < 50.00	< 50.97	≤ 1	

Eindoordeel is 4

Er is geen overschrijding van de signaleringswaarden voor metalen vastgesteld.

Beheerder: RIVM/LWD

Toetsing gegevens volgens Waterbodemonnormering regeringsbeslissing ENW.  
 Lokatie: 5-HE Heijen (Gennep, Paesplas) (Bhv 6.1) d.d.: 11-10-1994  
 Gebruikte grootheden voor standaardisatie van gehalten:  
 - Het org.stofgehalte is berekend m.b.v. :  $(100 - \text{gloeirest}) * 0.90 = 4.77 \%$ .  
 - Het lutumgehalte is berekend:  $0.63 * \text{perc.} < 16 \mu\text{m} = 18.27 \%$ .

Parameter	gemeten gehalte	gestand gehalte	klasse	overschrijding klassegrens
Deeltjes < 2 $\mu\text{m}$	% 14.70	14.70		
Deeltjes < 16 $\mu\text{m}$	% 29.00	29.00		
Organisch koolstof	%			
Gloeirest	% 94.70	94.70		
Organische stof	%			
<b>METALEN</b>				
Cadmium	mg/kg 3.30	4.12	2	( 106 %)
Kwik	mg/kg 0.40	0.45	1	( 49 %)
Koper	mg/kg 38.00	47.46	2	( 36 %)
Nikkel	mg/kg 18.00	22.29	0	
Lood	mg/kg 80.00	93.10	1	( 10 %)
Zink	mg/kg 460.00	575.18	2	( 20 %)
Chroom	mg/kg 35.00	40.44	0	
Arseen	mg/kg 9.00	10.78	0	
EOX	mg/kg			
<b>PAK's</b>				
Som 10 PAK's	mg/kg 17.90	37.53	3	( 275 %)
Naftaleen	mg/kg < 0.10	< 0.21		
Benzo(a)antraceen	mg/kg 1.90	3.98		
Benzo(ghi)peryleen	mg/kg 1.90	3.98		
Benzo(a)pyreen	mg/kg 2.40	5.03		
Fenantreen	mg/kg 2.10	4.40		
Indenopyreen	mg/kg 2.00	4.19		
Anthraceen	mg/kg 0.50	1.05		
Benzo(k)fluoranth.	mg/kg 1.00	2.10		
Chryseen	mg/kg 2.20	4.61		
Fluorantheen	mg/kg 3.90	8.18		
Hexachloorbenzeen	$\mu\text{g}/\text{kg}$ < 1.00	< 2.10	0	
Chloorbenzenen	$\mu\text{g}/\text{kg}$ < 1.00	< 2.10	0	
<b>PCB's</b>				
PCB-28	$\mu\text{g}/\text{kg}$ < 1.00	< 2.10	$\leq$ 1	
PCB-52	$\mu\text{g}/\text{kg}$ < 1.00	< 2.10	$\leq$ 1	
PCB-101	$\mu\text{g}/\text{kg}$ 8.50	17.82	2	( 345 %)
PCB-118	$\mu\text{g}/\text{kg}$ 5.20	10.90	2	( 173 %)
PCB-138	$\mu\text{g}/\text{kg}$ 16.00	33.54	3	( 12 %)
PCB-153	$\mu\text{g}/\text{kg}$ 15.00	31.45	3	( 5 %)
PCB-180	$\mu\text{g}/\text{kg}$ 14.00	29.35	2	( 634 %)
Som PCB's (6)	$\mu\text{g}/\text{kg}$ 53.50	112.16	1	( 461 %)
Som PCB's (7)	$\mu\text{g}/\text{kg}$ 58.70	123.06	0	
<b>BESTRIJDINGSMIDDELEN</b>				
Aldrin	$\mu\text{g}/\text{kg}$ 8.80	18.45	1	( 638 %)
Dieldrin	$\mu\text{g}/\text{kg}$ < 1.00	< 2.10	$\leq$ 1	
Som Aldrin/Dieldrin	$\mu\text{g}/\text{kg}$ 8.80	18.45	0	
Endrin	$\mu\text{g}/\text{kg}$ < 1.00	< 2.10	$\leq$ 1	
Drins	$\mu\text{g}/\text{kg}$ 8.80	18.45	0	
DDT (incl. DDD en DDE)	$\mu\text{g}/\text{kg}$ 8.40	17.61	2	( 76 %)
2,4 DDT	$\mu\text{g}/\text{kg}$ < 1.00	< 2.10		
4,4 DDT	$\mu\text{g}/\text{kg}$ < 1.00	< 2.10		
2,4 DDD	$\mu\text{g}/\text{kg}$ 8.40	17.61		
4,4 DDD	$\mu\text{g}/\text{kg}$ < 1.00	< 2.10		
2,4 DDE	$\mu\text{g}/\text{kg}$ < 1.00	< 2.10		
4,4 DDE	$\mu\text{g}/\text{kg}$ < 1.00	< 2.10		
$\alpha$ -Endosulfan/sulft	$\mu\text{g}/\text{kg}$ < 1.00	< 2.10	0	
$\alpha$ -HCH	$\mu\text{g}/\text{kg}$ < 1.00	< 2.10	0	
$\beta$ -HCH	$\mu\text{g}/\text{kg}$ 10.00	20.96	3	( 5 %)
$\gamma$ -HCH	$\mu\text{g}/\text{kg}$ < 1.00	< 2.10	$\leq$ 2	
HCH-verbindingen	$\mu\text{g}/\text{kg}$ 10.00	20.96	0	
Heptachloor	$\mu\text{g}/\text{kg}$ < 1.00	< 2.10	0	
Heptachloor & epox.	$\mu\text{g}/\text{kg}$ < 1.00	< 2.10	0	
Som pesticiden	$\mu\text{g}/\text{kg}$ 27.20	57.02	0	
<b>Overige stoffen</b>				
Minerale Olie (GC)	mg/kg < 50.00	< 104.82	$\leq$ 1	

Eindoordeel is 3

Beheerder: RIVM/LWD

Toetsing gegevens volgens Waterbodennormering regeringsbeslissing ENW.  
Lokatie: 6-SG Grave (sluis) (Bhv 6.1 ) d.d.: 11-10-1994  
Gebruikte grootheden voor standaardisatie van gehalten:  
- Het org.stofgehalte is berekend m.b.v. : (100 - gloeirest) \* 0.90 = 7.29 %  
- Het lutumgehalte is berekend: 0.63 \* perc. < 16 µm = 14.49 %

Parameter	gemeten gehalte	gestand gehalte	klasse	overschrijding klassegrens
Deeltjes < 2 µm	% 12.00	12.00		
Deeltjes < 16 µm	% 23.00	23.00		
Organisch koolstof	%			
Gloeirest	% 91.90	91.90		
Organische stof	%			
<b>METALEN</b>				
Cadmium	mg/kg 5.80	6.96	2	( 248 %)
Kwik	mg/kg 1.00	1.15	2	( 131 %)
Koper	mg/kg 64.00	82.09	2	( 135 %)
Nikkel	mg/kg 28.50	40.73	2	( 16 %)
Lood	mg/kg 150.00	177.63	1	( 109 %)
Zink	mg/kg 1200.00	1609.12	4	( 123 %)
Chroom	mg/kg 52.50	66.47	0	
Arseen	mg/kg 11.00	13.45	0	
EOX	mg/kg			
<b>PAK's</b>				
Som 10 PAK's	mg/kg 15.60	21.40	3	( 114 %)
Naftaleen	mg/kg 0.50	0.69		
Benzo(a)antraceen	mg/kg 1.60	2.19		
Benzo(ghi)peryleen	mg/kg 1.50	2.06		
Benzo(a)pyreen	mg/kg 2.00	2.74		
Fenantreen	mg/kg 1.70	2.33		
Indenopyreen	mg/kg 1.60	2.19		
Anthraceen	mg/kg 0.40	0.55		
Benzo(k)fluoranth.	mg/kg 0.90	1.23		
Chryseen	mg/kg 1.90	2.61		
Fluorantheen	mg/kg 3.50	4.80		
Hexachloorbenzeen	µg/kg < 1.00	< 1.37	0	
Chloorbenzenen	µg/kg < 1.00	< 1.37	0	
<b>PCB's</b>				
PCB-28	µg/kg 7.80	10.70	2	( 167 %)
PCB-52	µg/kg 10.00	13.72	2	( 243 %)
PCB-101	µg/kg 14.00	19.20	2	( 380 %)
PCB-118	µg/kg 92.00	126.20	3	( 321 %)
PCB-138	µg/kg 22.00	30.18	3	( 1 %)
PCB-153	µg/kg 22.00	30.18	3	( 1 %)
PCB-180	µg/kg 19.00	26.06	2	( 552 %)
Som PCB's (6)	µg/kg 94.80	130.04	1	( 550 %)
Som PCB's (7)	µg/kg 186.80	256.24	3	( 28 %)
<b>BESTRIJDINGSMIDDELEN</b>				
Aldrin	µg/kg 2.40	3.29	1	( 32 %)
Dieldrin	µg/kg 3.00	4.12	1	( 723 %)
Som Aldrin/Dieldrin	µg/kg 5.40	7.41	0	
Endrin	µg/kg 5.70	7.82	1	( 682 %)
Drins	µg/kg 11.10	15.23	0	
DDT (incl. DDD en DDE)	µg/kg 41.70	57.20	3	( 186 %)
2,4 DDT	µg/kg 2.70	3.70		
4,4 DDT	µg/kg < 1.00	< 1.37		
2,4 DDD	µg/kg 18.00	24.69		
4,4 DDD	µg/kg 21.00	28.81		
2,4 DDE	µg/kg < 1.00	< 1.37		
4,4 DDE	µg/kg < 1.00	< 1.37		
α-Endosulfan/sulft	µg/kg 3.80	5.21	1	( 109 %)
α-HCH	µg/kg 7.60	10.43	1	( 317 %)
β-HCH	µg/kg < 1.00	< 1.37	≤ 1	
γ-HCH	µg/kg < 1.00	< 1.37	≤ 2	
HCH-verbindingen	µg/kg 7.60	10.43	0	
Heptachloor	µg/kg 5.70	7.82	1	( 213 %)
Heptachloor & epox.	µg/kg 5.70	7.82	0	
Som pesticiden	µg/kg 69.90	95.88	0	
<b>Overige stoffen</b>				
Minerale Olie (GC)	mg/kg < 50.00	< 68.59	≤ 1	

Eindoordeel is 4

Er is geen overschrijding van de signaleringswaarden voor metalen vastgesteld.

Beheerder: RIVM/LWD

Toetsing gegevens volgens Waterbodennormering regeringsbeslissing ENW.  
 Lokatie: 7-DR Drongelen (jachthaven) (Bhv 6.1 ) d.d.: 11-10-1994  
 Gebruikte grootheden voor standaardisatie van gehalten:  
 - Het org.stofgehalte is berekend m.b.v. : (100 - gloeirest) \* 0.90 = 3.87 %.  
 - Het lutumgehalte is berekend: 0.63 \* perc. < 16 µm = 15.12 %.

Parameter	gemeten gehalte	gestand gehalte	klasse	overschrijding klassegrens
Deeltjes < 2 µm	% 13.55	13.55		
Deeltjes < 16 µm	% 24.00	24.00		
Organisch koolstof	%			
Gloeirest	% 95.70	95.70		
Organische stof	%			
<b>METALEN</b>				
Cadmium	mg/kg 4.30	5.75	2	( 187 %)
Kwik	mg/kg 0.50	0.59	2	( 17 %)
Koper	mg/kg 39.00	53.19	2	( 52 %)
Nikkel	mg/kg 18.00	25.08	0	
Lood	mg/kg 70.00	86.24	1	( 1 %)
Zink	mg/kg 430.00	595.07	2	( 24 %)
Chroom	mg/kg 45.00	56.08	0	
Arseen	mg/kg 6.00	7.70	0	
BOX	mg/kg			
<b>PAK's</b>				
Som 10 PAK's	mg/kg 5.40	13.95	3	( 40 %)
Naftaleen	mg/kg < 0.10	< 0.26		
Benzo(a)antraceen	mg/kg 0.50	1.29		
Benzo(ghi)peryleen	mg/kg 0.60	1.55		
Benzo(a)pyreen	mg/kg 0.60	1.55		
Fenantreen	mg/kg 0.80	2.07		
Indenopyreen	mg/kg 0.60	1.55		
Anthraceen	mg/kg 0.10	0.26		
Benzo(k)fluoranth.	mg/kg 0.30	0.78		
Chryseen	mg/kg 0.60	1.55		
Fluorantheen	mg/kg 1.30	3.36		
Hexachloorbenzeen	µg/kg < 1.00	< 2.58	≤ 1	
Chloorbenzenen	µg/kg < 1.00	< 2.58	0	
<b>PCB's</b>				
PCB-28	µg/kg 4.00	10.34	2	( 158 %)
PCB-52	µg/kg 5.00	12.92	2	( 223 %)
PCB-101	µg/kg 6.00	15.50	2	( 288 %)
PCB-118	µg/kg 4.00	10.34	2	( 158 %)
PCB-138	µg/kg 10.00	25.84	2	( 546 %)
PCB-153	µg/kg 9.00	23.26	2	( 481 %)
PCB-180	µg/kg 9.00	23.26	2	( 481 %)
Som PCB's (6)	µg/kg 43.00	111.11	1	( 456 %)
Som PCB's (7)	µg/kg 47.00	121.45	0	
<b>BESTRIJDINGSMIDDELEN</b>				
Aldrin	µg/kg 3.00	7.75	1	( 210 %)
Dieldrin	µg/kg 1.00	2.58	1	( 417 %)
Som Aldrin/Dieldrin	µg/kg 4.00	10.34	0	
Endrin	µg/kg 2.00	5.17	1	( 417 %)
Drins	µg/kg 6.00	15.50	0	
DDT (incl. DDD en DDE)	µg/kg 12.00	31.01	3	( 55 %)
2,4 DDT	µg/kg < 1.00	< 2.58		
4,4 DDT	µg/kg < 1.00	< 2.58		
2,4 DDD	µg/kg 9.00	23.26		
4,4 DDD	µg/kg < 1.00	< 2.58		
2,4 DDE	µg/kg 1.00	2.58		
4,4 DDE	µg/kg 2.00	5.17		
α-Endosulfan/sulft	µg/kg < 1.00	< 2.58	≤ 1	
α-HCH	µg/kg 2.00	5.17	1	( 107 %)
β-HCH	µg/kg 8.00	20.67	3	( 3 %)
γ-HCH	µg/kg < 1.00	< 2.58	≤ 2	
HCH-verbindingen	µg/kg 10.00	25.84	0	
Heptachloor	µg/kg 1.00	2.58	1	( 3 %)
Heptachloor & epox.	µg/kg 1.00	2.58	0	
Som pesticiden	µg/kg 29.00	74.94	0	
<b>Overige stoffen</b>				
Minerale Olie (GC)	mg/kg < 50.00	<129.20	≤ 1	

Eindoordeel is 3

Beheerder: RIVM/LWD

Toetsing gegevens volgens Waterbodemonnormering regeringsbeslissing ENW.  
 Lokatie: 8-KE Keizersveer (Bhv 6.1 ) d.d.: 11-10-1994  
 Gebruikte grootheden voor standaardisatie van gehalten:  
 - Het org.stofgehalte is berekend m.b.v. : (100 - gloeirest) \* 0.90 = 5.49 %.  
 - Het lutumgehalte is berekend: 0.63 \* perc. < 16 µm = 19.53 %.

Parameter	gemeten gehalte	gestand gehalte	klasse	overschrijding klassegrens
Deeltjes < 2 µm	% 14.80	14.80		
Deeltjes < 16 µm	% 31.00	31.00		
Organisch koolstof	%			
Gloeirest	% 93.90	93.90		
Organische stof	%			
<b>METALEN</b>				
Cadmium	mg/kg 3.90	4.70	2	( 135 %)
Kwik	mg/kg 0.50	0.55	2	( 10 %)
Koper	mg/kg 40.00	47.98	2	( 37 %)
Nikkel	mg/kg 21.00	24.89	0	
Lood	mg/kg 110.00	124.63	1	( 47 %)
Zink	mg/kg 470.00	563.24	2	( 17 %)
Chroom	mg/kg 37.00	41.55	0	
Arseen	mg/kg 8.00	9.28	0	
EOX	mg/kg			
<b>PAK's</b>				
Som 10 PAK's	mg/kg 5.20	9.47	2	( 847 %)
Naftaleen	mg/kg 0.30	0.55		
Benzo(a)antraceen	mg/kg 0.60	1.09		
Benzo(ghi)peryleen	mg/kg < 0.10	< 0.18		
Benzo(a)pyreen	mg/kg 0.80	1.46		
Fenantreen	mg/kg 0.90	1.64		
Indenopyreen	mg/kg < 0.10	< 0.18		
Anthraceen	mg/kg 0.10	0.18		
Benzo(k)fluoranth.	mg/kg 0.30	0.55		
Chryseen	mg/kg 0.70	1.28		
Fluorantheen	mg/kg 1.50	2.73		
Hexachloorbenzeen	µg/kg < 1.00	< 1.82	0	
Chloorbenzenen	µg/kg < 1.00	< 1.82	0	
<b>PCB's</b>				
PCB-28	µg/kg 5.80	10.56	2	( 164 %)
PCB-52	µg/kg 1.90	3.46	1	( 246 %)
PCB-101	µg/kg 8.50	15.48	2	( 287 %)
PCB-118	µg/kg 6.30	11.48	2	( 187 %)
PCB-138	µg/kg 16.00	29.14	2	( 629 %)
PCB-153	µg/kg 15.00	27.32	2	( 583 %)
PCB-180	µg/kg 15.00	27.32	2	( 583 %)
Som PCB's (6)	µg/kg 62.20	113.30	1	( 466 %)
Som PCB's (7)	µg/kg 68.50	124.77	0	
<b>BESTRIJDINGSMIDDELEN</b>				
Aldrin	µg/kg 3.50	6.38	1	( 155 %)
Dieldrin	µg/kg 12.00	21.86	2	( 9 %)
Som Aldrin/Dieldrin	µg/kg 15.50	28.23	0	
Endrin	µg/kg 14.00	25.50	1	(2450 %)
Drins	µg/kg 29.50	53.73	0	
DDT (incl. DDD en DDE)	µg/kg 6.70	12.20	2	( 22 %)
2,4 DDT	µg/kg < 1.00	< 1.82		
4,4 DDT	µg/kg < 1.00	< 1.82		
2,4 DDD	µg/kg 3.60	6.56		
4,4 DDD	µg/kg 3.10	5.65		
2,4 DDE	µg/kg < 1.00	< 1.82		
4,4 DDE	µg/kg < 1.00	< 1.82		
α-Endosulfan/sulft	µg/kg < 1.00	< 1.82	0	
α-HCH	µg/kg 4.40	8.01	1	( 221 %)
β-HCH	µg/kg < 1.00	< 1.82	1	
γ-HCH	µg/kg 3.00	5.46	2	( 446 %)
HCH-verbindingen	µg/kg 7.40	13.48	0	
Heptachloor	µg/kg 5.80	10.56	1	( 323 %)
Heptachloor & epox.	µg/kg 5.80	10.56	0	
Som pesticiden	µg/kg 49.40	89.98	0	
<b>Overige stoffen</b>				
Minerale Olie (GC)	mg/kg < 50.00	< 91.07	< 1	

Eindoordeel is 2

Klasse-indeling volgens Waterbodennormering regeringsbeslissing ENW.

Lokaties:

1.	1-AR Annevoie-Rouillon	(Bhv 6.1 )	d.d. 11-10-1994
2.	2-EY Eysden (haven)	(Bhv 6.1 )	d.d. 11-10-1994
3.	3-OC Ohe en Laak (jachthaven)	(Bhv 6.1 )	d.d. 11-10-1994
4.	4-BV Blerick Venlo	(Bhv 6.1 )	d.d. 11-10-1994
5.	5-HE Heijen (Gennep, Paesplas)	(Bhv 6.1 )	d.d. 11-10-1994
6.	6-SG Grave (sluis)	(Bhv 6.1 )	d.d. 11-10-1994
7.	7-DR Drongelen (jachthaven)	(Bhv 6.1 )	d.d. 11-10-1994
8.	8-KE Keizersveer	(Bhv 6.1 )	d.d. 11-10-1994

Parameter		1	2	3	4	5	6	7	8
<b>METALEN</b>									
Cadmium	mg/kg	0	3	2	4	2	2	2	2
Kwik	mg/kg	0	2	2	2	1	2	2	2
Koper	mg/kg	2	3	2	3	2	2	2	2
Nikkel	mg/kg	3	3	0	3	0	2	0	0
Lood	mg/kg	0	1	1	1	1	1	1	1
Zink	mg/kg	1	4	2	4	2	4	2	2
Chroom	mg/kg	0	0	0	1	0	0	0	0
Arseen	mg/kg	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>EOX</b>									
<b>PAK's</b>									
Som 10 PAK's	mg/kg	3	3	3	3	3	3	3	2
<b>Vluchtige hal. kw.</b>									
Trichlooretheen	µg/kg								
Hexachloorethaan	µg/kg								
<b>Chloorbenzenen</b>									
Dichloorbenzenen	µg/kg								
Trichloorbenzenen	µg/kg								
Tetrachloorbenzenen	µg/kg								
Pentachloorbenzeen	µg/kg								
Hexachloorbenzeen	µg/kg	≤ 2	0	0	0	0	0	≤ 1	0
Chloorbenzenen	µg/kg	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>PCB's</b>									
PCB-28	µg/kg	2	3	2	2	≤ 1	2	2	2
PCB-52	µg/kg	3	3	2	2	≤ 1	2	2	1
PCB-101	µg/kg	≤ 2	3	2	3	2	2	2	2
PCB-118	µg/kg	≤ 2	3	2	2	2	3	2	2
PCB-138	µg/kg	≤ 2	3	3	3	3	3	2	2
PCB-153	µg/kg	≤ 2	3	3	3	3	3	2	2
PCB-180	µg/kg	2	3	3	3	2	2	2	2
Som PCB's (6)	µg/kg	1	1	1	1	1	1	1	1
Som PCB's (7)	µg/kg	0	4	3	3	0	3	0	0
<b>BESTRIJDINGSMIDDELEN</b>									
Aldrin	µg/kg	1	1	1	1	1	1	1	1
Dieldrin	µg/kg	≤ 1	1	1	1	≤ 1	1	1	2
Som Aldrin/Dieldrin	µg/kg	3	0	0	0	0	0	0	0
Endrin	µg/kg	≤ 1	≤ 1	1	≤ 1	≤ 1	1	1	1
Drins	µg/kg	0	0	0	0	0	0	0	0
DDT (incl. DDD en DDE)	µg/kg	≤ 3	3	3	3	2	3	3	2
α-Endosulfan/sulft	µg/kg	≤ 1	2	1	0	0	1	≤ 1	0
α-HCH	µg/kg	≤ 1	3	3	0	0	1	1	1
β-HCH	µg/kg	3	≤ 1	≤ 1	1	3	≤ 1	3	≤ 1
γ-HCH	µg/kg	≤ 2	2	2	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2	2
HCH-verbindingen	µg/kg	0	0	0	0	0	0	0	0
Heptachloor	µg/kg	≤ 1	1	1	1	0	1	1	1
Heptachloorepoxyde	µg/kg								
Heptachloor & epox.	µg/kg	0	0	3	0	0	0	0	0
Chloordaan	µg/kg								
Hexachloorbutadien	µg/kg								
Som pesticiden	µg/kg	0	3	3	3	0	0	0	0
<b>Overige stoffen</b>									
Minerale Olie (GC)	mg/kg	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1
<b>Eindoordeel</b>		<b>3</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>

## **BIJLAGE II Resultaten radiochemische datering**



**BIJLAGE II Resultaten radiochemische datering**

LOCATIE	Ra-226 Bq/kg	Pb-210 Bq/kg	Cs-134 Bq/kg	CS-137 Bq/kg	Be-7 Bq/kg	Co-60 Bq/kg	Mn-54 Bq/kg
1-AR	22 ± 1	.	0,8 ± 0,1	7 ± 1	<2	<1	<1
2-EY	45 ± 2	59 ± 15	0,7 ± 0,1	15 ± 1	5 ± 2	<1	0,5 ± 0,2
3-OL	30 ± 1	36 ± 10	<1	8 ± 1	<2	0,7 ± 0,2	0,5 ± 0,2
4-BV	45 ± 2	120 ± 30	1,8 ± 0,1	45 ± 1	<2	3,4 ± 0,3	0,8 ± 0,1
5-HE	30 ± 1	.	0,8 ± 0,1	13 ± 1	14 ± 2	1,0 ± 0,2	0,5 ± 0,2
6-SG	20 ± 1	.	0,5 ± 0,1	9 ± 1	<2	<1	<1
7-DR	21 ± 1	.	0,7 ± 0,1	20 ± 1	<2	<1	<1
8-KE	23 ± 1	23 ± 1	<1	10 ± 1	7 ± 2	<1	<1

