



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Rijksinstituut voor Kust en Zee / RIKZ (voorheen Dienst Getijdewateren)

WERKDOCUMENT RIKZ/AB-94.862x

**Evaluatie oesterlarventests
Schelde-estuarium
periode 1989 - 1993**

Aan: Rijkswaterstaat Directie Zeeland, afd AXW

Auteur: A. Phernambucq, afd. Advies en Beleidsanalyse Delta

datum: november 1994

projekt: Slurp

Vestiging Middelburg
Postbus 8039, 4330 EA Middelburg
Bezoekadres Grenadlerweg 31

Telefoon 01180-72200
Telefax 01180-16500

Bereikbaar 20 minuten loopafstand vanaf station Middelburg richting industriegebied Arnestein, treintaxi



Werkdocument:RIKZ/AB-94.862x

Evaluatie oesterlarventests Schelde-estuarium periode 89-93

INHOUDSOPGAVE

pag.

1 Inleiding	1
2 Ontwikkeling oesterlarventest	1
3 Beschikbare gegevens Westerschelde	3
3.1 Westerschelde + Zeeschelde, 1989, sublitoraal (drempels)	4
3.2 Westerschelde + Zeeschelde, 1990, sublitoraal (drempels)	6
3.3 Westerschelde en Zeeschelde, 1990, litoraal	7
3.4 Verdrongen Land van Saeftinge, 1991, oeverwallen, kreken en kommen	8
3.5 Platen van Valkenisse, 1991, litoraal	10
3.6 Water + zwevend stof , april-aug 1991	11
3.7 Joint Monitoring Programme Nederland	12
3.8 Westerschelde + Zeeschelde, 1993, sublitoraal (drempels)	13
4 Evaluatie	16
4.1 Evaluatie gegevens Schelde-estuarium	16
4.2 Bruikbaarheid en toepassing	16
4.3 Hoe verder met de oesterlarventest?	18
4.4 Implementatie van ecotoxicologische testen in beheerspraktijk	18
5 Samenvatting/Conclusies	19
6 Literatuur	20
Tabellen en figuren	
Bijlage	



1 Inleiding

In het Schelde-estuarium zijn vanaf 1989 bioassays met oesterlarven gebruikt om de kwaliteit van de waterbodem te onderzoeken. Bioassays met oesterlarven zijn in principe geschikt om in bodems van zoute wateren de biologische effecten van aanwezige verontreinigingen te bepalen. De onderzochte gebieden zijn plaat- en schorgebieden en de geulen, daar waar onderhoudsbaggerwerk plaatsvindt (drempels). De verontreinigingsgraad van de sedimenten is er vastgesteld door chemische en fysische analyses van de sedimenten uit te voeren. In één onderzoek is tevens de nematodenfauna (microscopisch kleine aaltjes) geanalyseerd en bij twee onderzoeken zijn bioassays met amphipoden (kleine kreeftachtigen: *Corophium* en *Bathyporeia*) uitgevoerd. Verder zijn in het kader van het internationale JMP-onderzoek (Joint Monitoring Programme) oesterlarventesten uitgevoerd.

Op verzoek van de afdeling AXW van RWS Directie Zeeland zijn alle tot nu toe uitgevoerde oesterlarventests in de Westerschelde in dit werkdokument samengevat en geëvalueerd.

De methode voor bepaling van de effecten van verontreinigingen met een oesterlarventest is nog in ontwikkeling. Verschillende onderzoeken, gericht op het verbeteren van de oesterlarventest, zijn sinds 1989 uitgevoerd. De oesterlarven-gegevens worden in dit rapport per onderzoek gepresenteerd en besproken. In een aantal gevallen zijn ook fysische en chemische gegevens opgenomen. De praktische uitvoering en verbetering van de oesterlarventest wordt beschreven en de beperkingen als gevolg van onvolkomenheden in de methodiek worden aangegeven. Tenslotte wordt ingegaan op de bruikbaarheid van de oesterlarventest bij de beoordeling van de sedimentkwaliteit. Van de Hurk en Smaal (1993) en v.d. Hurk (1994) evalueren in een artikel een aantal methodologische aspecten van de toxiciteitstest van sediment met oesterlarven.

2 Ontwikkeling oesterlarventest

De oesterlarventest is van oorsprong een waterkwaliteitstest. Chapman & Morgan (1983) ontwikkelden daaruit een methode voor het testen van sedimenten. Hiertoe wordt een suspensie van het sediment (elutriaat) gemaakt door dit te schudden met 'schoon' gefiltreerd zeewater met een saliniteit tussen de 18 en 32 o/oo. Een klein gedeelte van de sedimentgebonden verontreinigingen gaat in oplossing, tot de evenwichtssituatie is bereikt. Nadat deze suspensie is weggezet en het sediment is bezonken worden oesterembryo's toegevoegd. Deze ontwikkelen zich binnen enkele uren tot vrij zwemmende larven. Na incubatie (48 uur) worden de levende, normaal ontwikkelde larven in de bovenstaande vloeistof geteld. Het percentage dode en misvormde larven (A) wordt berekend door het aantal ingezette embryo's te verminderen met het aantal normaal ontwikkelde larven in het monster en deze uitkomst te delen door het



aantal ingezette embryo's. De kwaliteit van de oesterlarven is niet constant. Ook onder omstandigheden zonder vervuiling komt een deel van de oesterlarven niet tot ontwikkeling. Daarom wordt er gecorrigeerd met het percentage embryo's dat niet tot normale larven is ontwikkeld in een controle-monster van alleen zeewater¹.

Het resultaat van de oesterlarventest wordt uitgedrukt als PNR (Percentage Netto Response). De PNR is dus het (middels een controle gecorrigeerde) percentage embryo's dat niet tot normale larven is ontwikkeld.

In formulevorm:

$$PNR = 100 * \frac{(A-M)}{(100-M)}$$

waarin:

- A = $100(N-B)/N$, het percentage embryo's dat niet tot normale larven is ontwikkeld in de test
- N = aantal delende embryo's bij aanvang test
- B = aantal normaal ontwikkelde, levende larven bij einde test
- M = gemiddelde percentage van embryo's dat niet tot normale larven is ontwikkeld in de controlemonsters.

De PNR is een maat voor de verontreinigingsgraad (toxiciteit) van het sediment. Is de PNR ratio 0 dan is er geen effect gemeten. Bij een PNR van 100 is het gemeten effect maximaal. Alle larven zijn dan misvormd of dood. Door de spreiding in de overleving van de oesterlarven kunnen ook negatieve PNR-waarden voorkomen, vooral als de testlocatie ongeveer even 'schoon' is als het controlemonster.

De oestersoort die gebruikt wordt is de japanse oester *Crassostrea gigas*. Het is bekend dat de larven van deze oestersoort zeer gevoelig zijn voor onder andere de zware metalen koper en kwik. Toxiciteitsgegevens voor verschillende metalen en organische microverontreinigingen zijn opgenomen in Gerritsen & Bowmer(1992).

De bioassay methode is bij het Rijks Instituut voor Kust en Zee (voorheen DGW) vanaf 1989 operationeel. In de rapportage's van de onderzoeken met oesterlarventests door v.d. Hurk is de gehanteerde methodiek steeds uitvoerig beschreven. De rapporten van v.d. Hurk vormen het uitgangsmateriaal voor deze evaluatie. Daarnaast zijn in 1990 en 1993 in JMP-kader met monsters uit de Westerschelde enkele oesterlarventes-

Noot 1 Door een methodische fout blijkt de controle met zeewater bij veel onderzoeken niet bruikbaar om de blanco-sterfte te bepalen. In die gevallen is gecorrigeerd voor de 'kwaliteit' van de oesterlarven aan de hand van een referentiesediment (vaak het schone zandige sediment van Jacobahaven, Oosterschelde). Het is dan beter te spreken van controle-sediment.



ten uitgevoerd door A. Bikker en C. Schipper van het RIKZ. In de jaren 1989-1991 zijn de meeste testen uitgevoerd met sediment uit de Westerschelde en de Zeeschelde. In deze periode is voor de oesterlarventest een definitief protocol ontwikkeld (v.d. Hurk, 1991). In 1993 zijn 14 sedimentmonsters van baggerlokatie in de Zeeschelde en Westerschelde onderzocht met de oesterlarventest volgens het ontwikkelde protocol en in JMP-kader 3 lokaties bij boeien in de Westerschelde.

De test blijkt zeer gevoelig voor methodische variatie. Tijdens de ontwikkelingsfase zijn aanpassingen en verbeteringen in de praktische uitvoering gedaan waardoor met name de gevoeligheid en reproduceerbaarheid van de oesterlarventests is verbeterd. Deze ontwikkelingsfase heeft tot gevolg dat de verschillende sets met gegevens van het Schelde-estuarium onderling verschillen wat betreft de praktische uitvoering. Verschillenpunten betreffen: bemonstering, bewaartijd en -omstandigheden van het monster, beschikbaarheid en kwaliteit van de proefdieren (oesters), bereiden elutriaat, incubatie-omstandigheden, methode van tellen van larven, referentiemateriaal, blanco's (controle's) en onderzoekers. Hiermee moet rekening gehouden worden bij de interpretatie. De resultaten van de verschillende sets kunnen niet zondermeer met elkaar vergeleken worden. Enkele sets met gegevens zijn minder waardevol doordat methodische fouten zijn gemaakt. In dit document wordt de technische uitvoering niet in detail beschreven. Bij de bespreking van de sets met gegevens is wel vermeld welke details in de praktische uitvoering relevant zijn voor de interpretatie van de testresultaten.

V. d. Hurk (1994) evalueert een aantal methodologische aspecten van de toxiciteitstest van sediment met oesterlarven.

De PNR percentage's die zijn opgenomen in de tabellen van de verschillende basisdocumenten suggereren een grote nauwkeurigheid (2 decimalen). Dit komt niet overeen met de werkelijkheid en om deze reden zijn de waarden in de tabellen in dit werkdocument afgerond. De aanduiding +/- in de kolom statistiek (stat.) in de tabellen duidt op het resultaat van een statistische analyse uitgevoerd door v.d. Hurk. De resultaten zijn statistisch geanalyseerd met het programma Systat. Op de berekende gemiddelden van de lokaties is een variantieanalyse uitgevoerd (ANOVA). Met Dunnett's Multiple Comparison test is getoetst welke lokaties significant (aangeduid met + of -, $p < 0,05$) verschillen van de referentie.

3 Beschikbare gegevens Westerschelde

In tabel 1 staan de tot nu toe uitgevoerde onderzoeken met oesterlarven in de Westerschelde en de Zeeschelde. Vermeld is ook welke andere analyses bij de betreffende onderzoeken zijn uitgevoerd en hoe de resultaten van het onderzoek met oesterlarven zijn gerapporteerd. De verschillende onderzoeken worden in deze paragraaf op chronologische volgorde behandeld.



3.1 Westerschelde + Zeeschelde, 1989, sublitoraal (drempels)

Voor het eerst in 1985 en jaarlijks vanaf 1989 zijn in het kader van onderzoek voor de WVO-vergunningen, de sedimenten van drempels in de Westerschelde en de Zeeschelde alsmede de toegangsgeulen naar de havens van Antwerpen fysisch-chemisch onderzocht (Temmerman, 1989, 1990 e.v.). In 1989 zijn van de 30 sublitorale locaties er 15 in de Westerschelde tussen Sluissche Hompels en de drempel van Bath en 13 in de Zeeschelde tussen de drempel van Zandvliet en Krankeloon getest met oesterlarven (zie fig. 1).

Methode

De sedimenten worden met een Van Veen-happer bemonsterd, waaruit een 'ongestoord' subsample van 1 kg wordt genomen en bewaard in een zuurgespoelde glazen pot. De gebruikte oesters bij dit onderzoek waren afkomstig uit de Oosterschelde. Dit wijkt af van de andere onderzoeken waarbij steeds oesters van een oesterkwekerij uit Engeland zijn gebruikt. De testen zijn in een aantal verschillende runs uitgevoerd. Bij iedere run is een sediment uit de omgeving van Breskens meegenomen als interne standaard (controle). De incubatieperiode bedroeg 24 uur bij 25 °C. Deze incubatieperiode wijkt af van testen die vanaf de 2e helft van 1990 zijn uitgevoerd. De larven zijn handmatig met behulp van een telkamer en microscoop geteld.

Resultaten

De chemische kwaliteit van de baggerspecie op de drempels wordt jaarlijks gerapporteerd in rapporten van het IHE (Temmerman, 1989, 1990 e.v.). Stronkhorst & v.d. Hurk (1990) en v.d. Hurk (memo) legden de resultaten van de oesterlarventests vast. De respons van de oesterlarven is daarbij uitgedrukt in overlevingspercentages t.o.v. de referentie Breskens. Daarbij is een indeling in 3 categorieën gebruikt; lage overleving (<30%), beperkte overleving (30-70%) en hoge overleving (>70%).

De resultaten van het onderzoek in 1989 zijn opnieuw berekend als PNR en gerapporteerd door Stronkhorst (1993). In tabel 2 zijn de resultaten van deze oesterlarventests en het bijbehorende fysisch-chemisch onderzoek samengevat, alsmede het resultaat van de statistische toets. De PNR-waarden zijn in figuur 2 uitgezet langs de gradient van zout naar zoet. De locaties zijn terug te vinden in figuur 1.

Interpretatie

Uit de resultaten van de oesterlarventests is een duidelijke gradiënt waarneembaar van hogere PNR waarden (toename toxiciteit) bij meer stroomopwaarts gelegen locaties. Een hoge toxiciteit (hoge PNR) hebben de meeste sedimenten in de Zeeschelde en enkele punten in het oostelijk deel van de Westerschelde.

Bij de statistische analyse is de locatie drempel van Borssele als referentie gekozen. Dit op grond van de resultaten van de chemische analyse en vanwege de relatief hoge overleving met lage standaard deviatie.

Tabel 1. Overzicht van onderzoeken met oesterlarven in periode 1989 - 1993 in de Westerschelde en Zeeschelde.

Periode	Gebied	Aantal locaties	Beschikbare gegevens	Rapportage's oesterlarventests (zie voor rapportage's ander onderzoek de literatuurlijst)
1. 1989	sublitoraal (drempels, baggerlokaties) Westerschelde, tussen Sluische Hompel en drempel Bath Zeeschelde, tussen drempel Zandvliet en Krankeloon	15 13	chemie, oesterlarven sedimentkarakteristiek	v.d. Hurk, memo 23-07-90 en nota DGW/GWMS-90.087
2. mrt 1990	sublitoraal (drempels, baggerlokaties) Westerschelde, Pl. v. Valkenisse en Terneuzen Zeeschelde, tussen drempel Zandvliet-Krankeloon	2 9	chemie, oesterlarven, sedimentkarakteristiek amphipodentests	v.d. Hurk, memo 23-07-90 en nota DGW/GWMS-90.087
3. najaar 1990	litoraal Westerschelde, tussen Hooge Platen en grens Nld-België Zeeschelde, tussen grens Nld-België en Dendermonde	11 14	chemie, oesterlarven, sedimentkarakteristiek, amphipodentests	concept verslag F. v.d. Hurk en H. Velthuis, 1991
4. juli 1991	Verdronken Land van Saeftinge oeverwallen, krek en kommen	13	chemie, oesterlarven, sedimentkarakteristiek, nematodenfauna	P.v.d. Hurk, 1992, rapportnr 92.27 P.v.d. Hurk, 1992, Case study Triade
5. juli 1991	litoraal Platen van Valkenisse	18	oesterlarven, sedimentkarakteristiek,	P.v.d. Hurk, voorl. rapportage
6. apr-aug1991	water + zwevend stof Hansweert, Saeftinge en Schaar v.Ouden Doel	3	chemie, oesterlarven	P.v.d. Hurk, voorl. rapportage, '92
7. 1990 1993	JMP, sediment, locatie Hansweert en Terneuzen JMP, sediment, locatie Vlissingen, Hansweert, Terneuzen	3 3	chemie etc.	National Evaluation Report JMP, 1990 mond.med. C. Schipper (RIKZ), juni 1994
8. jan-feb1993	sublitoraal (drempels, baggerlokaties) Westersch., tussen Sluische Hompel en drempel Valkenisse Zeeschelde, tussen drempel Zandvliet en Krankeloon	7 7	chemie, oesterlarven sedimentkarakteristiek	Aquasense, 1993, rapport





3.2 Westerschelde + Zeeschelde, 1990, sublitoraal (drempels)

Bij het drempelonderzoek in 1990 zijn van 9 drempels in de Zeeschelde en 2 lokaties in de Westerschelde de sedimenten opnieuw getest met oesterlarven. Op de drempels wordt stroomafwaarts gezien steeds aan de linker- en rechterkant van de geul bemonsterd. Uitgaande van de betoning wordt dit resp. de 'groene' en 'rode' kant genoemd. De oesterlarventesten werden uitgevoerd met sedimenten afkomstig van de 'rode' kant. Naast de bioassay met oesterlarven werden biologische testen met het kniksprietkreeftje *Bathyporeia* uitgevoerd.

Methode

De gehanteerde methode voor de oesterlarventest verschilt op een aantal punten met de gebruikte methode bij het drempelonderzoek in 1989. De test is, zoals alle navolgende testen, uitgevoerd met oesters afkomstig van een oesterkwekerij in Engeland. De incubatie bij dit onderzoek en alle navolgende onderzoeken betrof 48 uur bij 20 °C. In tegenstelling tot de andere onderzoeken zijn bij dit onderzoek de larven niet handmatig met een microscoop geteld, maar met een Coulter Counter met channelizer. Als controle is alleen een zeewatermonster gebruikt. Er is geen referentiesediment meegenomen.

Resultaten

De rapportage van deze test is opgenomen in een nota (Stronkhorst & v.d. Hurk, 1990) en een memo (v.d. Hurk (1990) over het sublitoraal onderzoek in 1989 en 1990. De overleving in de controle met zeewater blijkt te laag om de testresultaten goed te kunnen interpreteren. De test had eigenlijk herhaald moeten worden, maar de sedimentmonsters waren door langdurige opslag niet meer geschikt om te testen. De resultaten zijn als gevolg van een onbruikbaar gebleken zeewatercontrole minder waardevol en voor deze evaluatie daarom niet omgerekend naar PNRs maar opgenomen als % overleving. De resultaten zijn samengevat in tabel 3 en figuur 3. De locaties zijn terug te vinden in figuur 1.

Interpretatie

De lage en nogal wisselende overleving van oesterlarven in het als controle gebruikte zeewater kwam in eerdere en latere testen als storende factor voor. Hiervoor zijn in de loop van de tijd verschillende verklaringen gezocht (zuurstofgehalte, DOC-gehalte). Uiteindelijk bleek dat levende oesterlarven in een fles met alleen zeewater zich meer ophouden vlakbij en op de bodem dan in een fles met bezonken sediment-suspensie. Doordat aan het eind van de test de larven in de bovenstaande vloeistof worden geteld kan dit grote verschillen opleveren met een bezonken sediment-suspensie. Er worden dan te weinig larven geteld (v.d. Hurk & Smaal, 1993).

De methodische fout met de zeewater controle en het niet beschikken over testresultaten met een goed controle sediment maakt dat deze set met gegevens met de nodige voorzichtigheid bekeken moet worden.



Dit wordt nog versterkt doordat in dit onderzoek de oesterlarven niet geteld zijn met een handmatige microscopische methode maar met behulp van een geautomatiseerde methode met een Coulter Counter. Uit later onderzoek blijkt dat geautomatiseerde telmethoden met Coulter Counter of flowcytometer niet voldoende discrimineren tussen sedimentdeeltjes en misvormde en normaal ontwikkelde larven. Tellen met een microscopische methode blijkt het meest betrouwbaar (v.d. Hurk & Smaal, 1993).

Het totale beeld van de resultaten van dit onderzoek stemt wel overeen met het drempelonderzoek in 1989. De monsters uit het meer stroomopwaartse deel blijken opnieuw het meest toxisch. De toegangseuvelen tot de Antwerpse havensluizen en de drempels van de Parel en Lillo vertonen de hoogste toxiciteit voor oesterlarven. Het controlemonster (zeewater) vertoont echter een te lage overleving van oesterlarven om hiermee statistische analyse's uit te voeren. De locatie drempel van Frederik heeft bij de test wel een hoog overlevingspercentage, ook ten opzichte van de locaties Valkenisse en Terneuzen. De oorzaak hiervan is onduidelijk. Bij statistische analyse, met locatie drempel van Frederik als referentie, blijken alle locaties behalve Valkenisse en Terneuzen significant verschillend van de drempel van Frederik.

3.3 Westerschelde en Zeeschelde, 1990, litoraal

De sedimentkwaliteit van het intergetijdegebied van de Westerschelde en Zeeschelde is in 1990 volgens de Triade methode onderzocht. Daarvoor zijn gelijktijdig en op dezelfde locaties monsters genomen voor chemische analyses, bioassays en onderzoek van de macrofauna. Met sediment van 25 van de 50 bemonsterde locaties zijn bioassays uitgevoerd met oesterlarven en de amphipoden *Bathyporeia* (kniksprietkreeftje) en *Corophium* (slijkgarnaal). Op een beperkt aantal locaties is bovendien getest met de Microtox Solid Phase test. De keuze van de 25 litorale locaties is gebaseerd op de resultaten van een chemisch onderzoek in 1987 (Daemen, 1988). Gelijkmatic verspreid tussen de Hooge Platen in de Westerschelde en Dendermonde in de Zeeschelde zijn 11 locaties op nederlands en 14 op belgisch grondgebied gekozen (fig.4). Locaties zijn gekozen op het hoogste gehalte aan verontreinigingen ten opzichte van omliggende locaties (figuur 4).

Methode

De bemonstering gebeurde met steekbuizen in de maanden september en oktober. Voor de chemische analyses en bioassays zijn subsamples uit een gehomogeniseerd mengmonster gebruikt. De sedimenten voor de oesterlarventest zijn ingevroren bewaard. In november en december 1990 is de oesterlarventest voor de eerste maal uitgevoerd maar door de slechte kwaliteit van de oesters waren de resultaten niet acceptabel. De kwaliteit van de embryo's is niet acceptabel als het percentage van de ingezette embryo's in de controle dat zich normaal ontwikkelt kleiner is dan 60 % (v.d. Hurk, 1991).

De monsters zijn vervolgens in drie afzonderlijke runs in juli 1991 opnieuw getest toen oesters van een goede kwaliteit beschikbaar waren.



Als referentie is sediment van het strand Jacobahaven aan de Oosterschelde getest. Dit sediment is in 1990 chemisch onderzocht en kan als schoon geclassificeerd worden.

Resultaten

De resultaten van de fysisch-chemische analyses, uitgevoerd door milieulaboratorium Alcontrol, zijn bewerkt door Legler (1991) in een correlatie-onderzoek met mortaliteit van de amphipoden *Bathyporeia* en *Corophium*. Ysebaert et al. (1992) rapporteerden over de relatie tussen het macrozoöbenthos en de verontreinigingsgraad en Bikker en v.d. Hurk (1991) over de Microtox test. De resultaten van de bioassays zijn gerapporteerd door v.d. Hurk en Velthuis (1991). Alle data zijn door v.d. Hurk (1992a) bewerkt voor de Triade-beoordeling. De resultaten van de oesterlarventesten en het fysisch-chemisch onderzoek zijn in tabel 4 samengevat. De PNR waarden zijn langs de gradient van de Schelde uitgezet in figuur 5.

Interpretatie

Dit onderzoek wordt evenals de voorgaande gekenmerkt door een aantal storende factoren die aanleiding zijn om de resultaten voorzichtig te behandelen.

Uit de testen met oesterlarven blijkt een hoge respons (hoge PNR) voor vrijwel alle lokaties terwijl de amphipodentesten een gedifferentieerde respons te zien gaven. Door de hoge respons is het onderscheid tussen de locaties onderling onvoldoende en lijkt de test in dit geval te gevoelig. Alle sedimenten verschillen significant ten opzichte van de referentie en moeten als toxisch beschouwd worden. Door de te hoge gevoeligheid van de methode is onderscheid in de mate van toxiciteit niet mogelijk.

Ondanks de geringe verschillen in respons tonen de resultaten een stroomopwaartse gradiënt van toenemende toxiciteit zoals in het onderzoek met de oesterlarventesten op de drempels in 1989 en 1990.

De respons van de oesterlarventest is mogelijk beïnvloed doordat de monsters noodgedwongen gedurende langere tijd ingevroren zijn bewaard voordat de test is uitgevoerd. Het effect van het bewaren van de sedimentmonsters gedurende langere tijd is niet onderzocht.

Gezien het grote aantal monsters zijn de testen in drie verschillende runs uitgevoerd. Dit introduceert een methodische variantie, omdat steeds met andere proefdieren en nieuw referentiesediment wordt gewerkt.

3.4 Verdronken Land van Saeftinghe, 1991, oeverwallen, krekens en kommen.

Als onderdeel van het project 'Nader onderzoek Waterbodempkwaliteit Saeftinghe' van de Directie Zeeland van RWS (Notitie DZ/AXW concept jan.'91) zijn in dit gebied in juni 1991 13 sedimentmonsters getest met oesterlarven. Voor dit project zijn in totaal 33 sedimentmonsters van oeverwallen, kommen en krekens (16 verschillende locaties) onderzocht op fysisch-chemische parameters en nematodenfauna. Van de 13 met oesterlarven geteste sedimenten komen er 2 uit een kreek, 2 van een



oeverwal en 9 uit een kom.

Methode

De bemonstering betreft de bovenste 10 cm van het sediment en is beschreven in Notitie ZLMD-91.N.054 van de meetdienst van Directie Zeeland. De oesterlarventest is een maand na monsternamen uitgevoerd waarbij sediment van het strand Jacobahaven als referentie is gebruikt. De monsters zijn gedurende een maand bewaard in de koelkast. Van den Hurk (1992b) beschrijft de gehanteerde methodiek.

Resultaten

De data van de fysisch-chemische analyses, uitgevoerd door milieulaboratorium Alcontrol, zijn via E. Daemen (RWS Dir. Zld) beschikbaar gesteld. Medewerkers van de Landbouwniversiteit te Wageningen onderzochten de nematodenfauna en effecten van toxicanten hierop (Claassen (1991), Bongers & Claassen (1991)). In hun rapporten zijn ook de fysisch-chemische analyseresultaten van Alcontrol opgenomen. De oesterlarventesten zijn door v. d. Hurk (1992b) gerapporteerd. Stikvoort (1992) onderzocht met de beschikbare gegevens de relaties tussen biotische aspecten en de verontreinigingsgraad in het Verdrongen Land van Saeftinghe. De resultaten van de oesterlarventesten en het fysisch-chemisch onderzoek zijn in tabel 5 samengevat. De ligging van de lokaties en de hoogteligging is aan de hand van de nummering in tabel 5 terug te vinden in figuur 6a en 6b. De PNR waarden zijn per locatie in figuur 7 aangegeven.

Interpretatie

Ook in dit onderzoek is de onder 3.2 toegelichte methodische fout gemaakt bij het tellen van larven in de zeewatercontrole, waardoor grote verschillen optreden tussen replica's. Voor de berekening van de blanco sterfte is daarom gebruik gemaakt van de referentie met schoon sediment van Jacobahaven.

Van de 13 onderzochte lokaties hebben 9 lokaties een significante hogere respons dan het sediment van Jacobahaven. De toxische sedimenten komen verspreid over het gehele gebied voor. Zeer hoge PNR-waarden, zoals waargenomen in het oostelijk deel van de Westerschelde, komen op Saeftinghe niet voor. Er zijn geen significante verschillen tussen locaties onderling aangetoond.

De twee monsters van de oeverwallen blijken het minst toxisch. Dit stemt overeen met de gehalten van verontreinigingen (Stikvoort, 1993). Bij veel van de voor standaardbodem gecorrigeerde abiotische parameters constateert Stikvoort een gradiënt van hogere concentraties in meer oostelijke richting. Dit beeld is niet terug te vinden in de respons van de oesterlarventest. Ook variabelen afgeleid van het onderzoek van de nematodenfauna vertonen geen correlaties met de larvenrespons. Stikvoort constateert bij sedimenten met een hogere fractie droge stof lagere PNR waarden. De slibfractie van deze droge sedimenten is veelal lager en, als gevolg van uitloging en aëratie is de vervuilingsgraad lager. Dit wordt ondersteund door de positieve correlatie tussen de oesterlarventest en de fractie organische stof. Oesterlarven zijn



ondermeer gevoelig voor koper en zink. Voor beide metalen werd door Stikvoort een significante positieve correlatie aangetoond met % PNR, voor zowel naar standaardbodem gecorrigeerde als ongecorrigeerde waarden.

Uitgangspunt voor het onderzoek in Saeftinghe was een beoordeling van de toxiciteit van het sediment 'in het veld' (in-situ). Bij de oesterlarventest wordt een sediment-suspensie gemaakt door sediment uit te schudden met zuurstofrijk water. De biologische beschikbaarheid van de toxicanten is onder deze omstandigheden anders dan in een onverstoord sediment in het veld. Voor het type sediment-onderzoek in Saeftinghe zou een chronische 'whole-sediment' test met een representatief (schor)organisme het meest direct informatie verschaffen over de toxiciteit in de veldomstandigheden. Een dergelijke bioassay is momenteel niet beschikbaar. In par. 4.2 wordt op de bruikbaarheid van de oesterlarventest nader ingegaan. Zoals eerder vermeld werd in Saeftinghe de bruikbaarheid van de nematodenfauna als biologisch bodembeoordelingsinstrument onderzocht. Duidelijke effecten van verontreinigingen op de nematodenfauna werden niet aangetoond (Bongers & Claassen, 1991).

3.5 Platen van Valkenisse, 1991, litoraal

Analyseresultaten van microverontreinigingen in de fijne fractie van sediment uit de brakwaterzone tonen gehalten ver boven de achtergrondswaarden. Toxiciteitstesten met oesterlarven van enkele sedimentmonsters uit het brakwatergebied, uitgevoerd voor 1991, vertonen een wisselende respons. In 1991 is besloten om het ruimtelijk beeld en de relatie met de slibgehalten van de sedimenten in het brakwater deel van de Westerschelde nader te onderzoeken (DGW Notitie GWWS-91.13027, Stronkhorst). Als te onderzoeken gebieden kwamen de belangrijke sedimentatiegebieden Platen van Valkenisse en het Verdrongen Land van Saeftinghe in aanmerking. Het Verdrongen Land van Saeftinghe is onderzocht in het kader van het bodemkwaliteitsonderzoek in dit gebied (par. 3.4). In het gebied van de Platen van Valkenisse zijn 32 lokaties bemonsterd. Met alle monsters werd een oesterlarventest ingezet. Van 18 lokaties zijn in januari 1992 de bewaarde, gefixeerde, larvenmonsters geteld. De keuze van deze 18 lokaties is, in overleg met medewerkers van het project OOSTWEST, zodanig dat zowel hoogteligging als zand- en slibgehalte van de sedimenten uiteenlopen. De ligging van de lokaties is opgenomen in figuur 8.

Methode

De bemonstering (in juni 1991) en de uitvoering van de oesterlarventest gebeurde op dezelfde manier als toegepast bij het onderzoek in het Verdrongen Land van Saeftinghe (par. 3.4). De gefixeerde larvenmonsters zijn gedurende 6 maanden bewaard en in januari '92 handmatig met behulp van een telkamer en microscoop geteld.

Resultaten

In een beknopte rapportage van V.d. Hurk (1992c) zijn de resultaten opgenomen. Tabel 6 geeft een overzicht. De sedimentkarakteristiek van



de verschillende lokaties is gebaseerd op analyses van monsters die gelijktijdig zijn genomen (juni 1991) en gegevens die in het kader van het projekt OostWest zijn verzameld (apr.91 en aug.91). In figuur 9 zijn de PNR ratio's uitgezet tegen een aantal sedimentparameters.

Interpretatie

De PNR ratio's op de verschillende lokaties lopen sterk uiteen. Uit figuur 9 blijkt niet direct een duidelijk verband tussen de respons van de oesterlarven en het % slib ($< 16 \mu\text{m}$), het % silt ($< 63 \mu\text{m}$), het % zand ($> 63 \mu\text{m}$) en de mediane korrelgrootte. Deze abiotische sedimentparameters oefenen geen duidelijke invloed uit op de respons van de oesterlarventest. Op basis van andere resultaten concludeert v.d. Hurk (1994) eveneens dat er geen verband bestaat tussen zowel deze sedimentkarakteristieken als het gehalte aan organische stof met PNR-waarden.

3.6 Water + zwevend stof , april-aug 1991

Ter aanvulling op het in par 3.5 beschreven sedimentonderzoek in sedimentatiegebieden in het brakwater deel van de Westerschelde is in 1991 op drie locaties in het oostelijk deel van de Westerschelde het aangevoerde zwevende sediment en het water onderzocht op toxiciteit met de oesterlarventest.

Methode

In april, juli en augustus is water gecentrifugeerd op de locaties Hansweert, het Verdrongen Land v. Saeftinghe en Schaar v. Ouden Doel. Het gecentrifugeerde slib (zwevend stof) en het gecentrifugeerde water (partikel-vrij water) is getest met oesterlarven. De monsters konden om praktische redenen, waaronder het mislukken van een test vanwege de slechte kwaliteit van de oesterlarven, niet altijd in een zelfde run worden meegenomen. Dit introduceert een methodische variantie en zorgt bovendien voor onderlinge verschillen in bewaartijd. Bij de oesterlarventest van de watermonsters doet zich bovendien het probleem voor van verschil in saliniteit tussen de lokaties en een te lage saliniteit voor de oesterlarven om te overleven. Dit maakt het noodzakelijk om de watermonsters voordien aan te zouten. Het resultaat is dat van een aantal monsters de respons is gemeten bij twee verschillende saliniteiten. Het slibmonster van april van Schaar v. Ouden Doel is tweemaal geanalyseerd omdat de eerste analyse een onwaarschijnlijk lage respons gaf. De tweede analyse vond echter pas 3 maanden na monsternamen plaats. De verdere praktische uitvoering van de tests komt overeen met die van de andere beschreven testen in 1991.

Resultaten

De resultaten zijn door v.d. Hurk (1992d) gerapporteerd en opgenomen in tabel 7.

Interpretatie

De slibmonsters zijn vrijwel allemaal zeer toxisch met uitzondering van het monster van april bij Schaar v. Ouden Doel. Bij de tweede analyse



blijkt dit monster zeer toxisch, maar is het effect van langdurig gekoeld bewaren niet bekend. Bij eerder onderzoek is verondersteld dat langdurig ingevroren bewaren van sedimentmonsters de respons in ieder geval kan beïnvloeden (par. 3.3).

Vanwege het feit dat voor de eerste keer de waterfase is getest dienen deze resultaten met de nodige voorzichtigheid bekeken te worden. Dit temeer omdat de eerder beschreven methodische fout (met alleen water als medium) nog niet was achterhaald en geëxperimenteerd is met verschillende zoutgehaltenes.

De test van de watermonsters van juli is op basis van de praktische uitvoering het meest betrouwbaar. Uit de resultaten hiervan blijkt een gradiënt van hogere PNR ratio (hogere toxiciteit) in meer oostelijke richting. Dit komt overeen met de gradiënt die bij litoraal en sublitoraal onderzoek van sedimenten in de Westerschelde is aangetoond. Er zijn verschillen in respons tussen monsters waarvan de saliniteit wel en niet is aangepast. Een saliniteit van 15 promille lijkt te laag voor de oesterlarven. Bij 20 promille blijkt de test uitvoerbaar. In twee van de drie gevallen levert het aanzouten een lagere PNR waarde op.

3.7 Joint Monitoring Programme Nederland

In het internationale Joint Monitoring Programme (JMP) wordt jaarlijks de kwaliteit van het kust- en zeewater gemeten, door gehalten aan verontreinigende stoffen in zeewater, organismen en sediment te bepalen. In 1990 is tevens gestart met de uitvoering van enkele biologische effect technieken binnen dit programma. Hiertoe is de oesterlarventest in 1990 en 1993 ingezet. In de Westerschelde zijn in 1990 en in 1993 drie lokaties onderzocht, namelijk bij Hansweert, Terneuzen en Vlissingen. Alle lokaties liggen nabij boeien in geulen en betreffen routinematig bemonsterde lokaties.

Methode

In 1990 zijn op het nederlands continentaal plat 19 locaties onderzocht, in 1993 is het aantal 18. De locaties liggen in de Westerschelde (3), Oosterschelde (1), Noordzee kustgebied, Noordzee Oestergronden en Doggerbank, Waddenzee en Eems-Dollard. Voor de bemonstering wordt gewerkt met een box-corer waarbij uit de bovenste 5 cm van de core het sediment wordt verzameld. In 1993 zijn van de locaties in de Westerschelde en Oosterschelde duplomonsters ontvangen en geanalyseerd. De oesterlarventest in 1990 is uitgevoerd (vd Hurk/Bikker) in een periode waarin de methode nog volop in ontwikkeling was. In 1993 is gewerkt volgens het protocol en was de uitvoering in handen van C. Schipper (RIKZ/ITL).

Resultaten

De resultaten van 1990 zijn opgenomen in het National Evaluation Report of the Joint Monitoring Programme of the Netherlands 1990. De data van 1993 zijn nog niet gepubliceerd maar met toestemming van de afdeling ITL in dit werkdokument opgenomen samen met de gegevens van 1990 in tabel 8.



Interpretatie

Het onderling vergelijken van de absolute PNR-waarden van 1990 en 1993 is vanwege de verschillen in toegepaste methodiek en het feit dat verschillende personen de onderzoeken hebben uitgevoerd niet aanvaardbaar. De interpretatie van de JMP gegevens moet beperkt blijven tot het binnen een meetjaar onderling vergelijken van gebieden/lokaties en het signaleren van algemene trends met betrekking tot bepaalde gebieden of lokaties.

Bij de resultaten van 1990 valt de locatie Terneuzen op met een PNR van 95,3 ; de hoogste PNR van alle Nederlandse JMP lokaties. Daarentegen bleek ter hoogte van Hansweert en Vlissingen geen effect waarneembaar. De PNR waarden van de overige lokaties lopen uiteen van niet detecteerbaar tot 86,6 op de Oestergronden in de Noordzee.

In 1993 hebben alle lokaties in de Westerschelde een meetbaar effect. De duplo-waarden van Hansweert verschillen sterk, 38,2 en 2,0 ; die van Terneuzen en Vlissingen komen goed overeen (resp. 13,4/11,0 en 18,0/18,5). Ten opzichte van de andere JMP lokaties liggen de PNR-waarden in de Westerschelde in het middengebied. Sediment uit de Oosterschelde (Hammen) en van lokaties op de Noordzee vertonen een hogere toxiciteit. De toxiciteit van sediment van de Oestergronden op de Noordzee blijkt in 1990 en 1993 relatief hoog en dat is, evenals de lage waarden (niet detecteerbaar) van Hansweert en Vlissingen in 1990 onverwacht en onbegrijpelijk, gezien de veronderstelde verontreinigingsgraad van de sedimenten op deze lokaties.

3.8 Westerschelde + Zeeschelde, 1993, sublitoraal (drempels)

In 1993 is in opdracht van RWS Directie Zeeland bij het onderzoek naar fysisch-chemische parameters op de drempels in het Schelde-estuarium op 14 lokaties (7 lokaties in de Westerschelde en 7 in de Zeeschelde) opnieuw de toxiciteit van de baggerspecie onderzocht met de oesterlarventest AquaSense (v.d. Hurk). Eerdere onderzoeken op de drempels vonden plaats in 1990 en 1991 (par. 3.1 en 3.2).

Methode

Het onderzoek is uitgevoerd volgens het protocol voor de uitvoering van de oesterlarventest. Er is van het protocol op enkele punten afgeweken. Zo is per lokatie de test niet in vijfvoud, zoals staat omschreven in het protocol, maar in drievoud uitgevoerd. De zeewatercontrole en het referentiesediment zijn wel in vijfvoud uitgevoerd. Deze keuze is ook gemaakt bij andere onderzoeken waarin de oesterlarventest is toegepast. Belangrijkste reden is dat per run (analysegang) meer lokaties kunnen worden meegenomen.

Een andere afwijking betreft de formule die is gehanteerd voor de berekening van de PNR. Het berekende percentage dode en misvormde larven wordt nu gecorrigeerd voor het referentie (controle) sediment (Jacobahaven) en niet voor de blanco-sterfte in zeewater.



Volgens de formule van Abbott wordt het Percentage Netto Respons (PNR) dan als volgt berekend (v.d. Hurk, 1993):

$$PNR = 100 * \frac{\frac{100 * (I - D_{test})}{I} - \frac{100 * (I - D_{ctr})}{I}}{100 - \left(\frac{100 * (I - D_{ctr})}{I} \right)}$$

In deze formule is I het aantal ingezette embryo's. D_{ctr} en D_{test} is het aantal normaal ontwikkelde larven in de blanco (het controlesediment, Jacobahaven), respectievelijk in het sediment dat wordt getest. In eerdere testen is steeds de formule gehanteerd zoals opgenomen in het protocol (pag. 2 in dit werkdokument). Daarbij wordt niet gecorrigeerd met het resultaat van het referentie-/controlesediment maar alleen voor de controle met zeewater (blanco). Wanneer de blanco-sterfte in zeewater onacceptabel bleek (door methodische fout), werd het referentiesediment als controle gebruikt, waardoor in feite dezelfde berekening als hierboven ontstaat. Doordat I hetzelfde is voor de controle en de testen van de monsters kan de formule vereenvoudigd worden tot:

$$PNR = 100 * \frac{(D_{ctr} - D_{test})}{D_{ctr}}$$

Resultaten

De resultaten zijn opgenomen in rapport 93.0364 van AquaSense (1993). In tabel 9 zijn ze samengevat en in fig 10 uitgezet langs de gradient van zout naar zoet zoals ook de onderzoeken in '89 en '90 zijn gepresenteerd in figuur 2 en 3. De lokaties zijn terug te vinden in figuur 1.

In figuur 11 zijn de drie drempel-onderzoeken onder elkaar gepresenteerd. Dit betreft 'kale' PNR's en % overlevings-waarden zonder dat schaalverdelingen zijn aangepast. Opgemerkt moet worden dat de methode van de drie onderzoeken op aan aantal punten verschilt, evenals de berekeningsmethode.

Van de Hurk en Dubbeldam (AquaSense, 1993) passen in hun rapportage een lineaire transformatie toe op de meetresultaten van de drie jaren om de schaalverdelingen op elkaar af te stemmen en op deze manier de jaren onderling te vergelijken. Deze figuur is samen met hun conclusies opgenomen in bijlage 1. AquaSense concludeert ondermeer dat de toxiciteit van de sedimenten behoorlijk constant is over de gemeten jaren.

Interpretatie

De PNR waarden van de 14 onderzochte drempels in het Schelde estuarium in 1993 variëren van -8,3 tot 55,3. Door te corrigeren voor blanco sterfte met het controlesediment (referentiesediment) in plaats van met



de zeewatercontrole vallen de PNR-waarden lager uit. Deze verlaging is 5-10 % (mondelinge mededeling C. Schipper/RIKZ-ITL). Van de 14 geteste lokaties blijken 7 lokaties statistisch significant hogere toxische respons te hebben dan het controlesediment. De meest toxische sedimenten zijn te vinden in de toegangsgeulen naar de sluizen in het Antwerpse havengebied. Daarnaast zijn drie drempels in het oostelijk deel toxisch, twee andere drempels hebben een lage PNR (gering toxisch). De lokatie ter hoogte van Terneuzen valt ook op vanwege een significant toxische PNR. Het totaalbeeld uit dit onderzoek komt overeen met dat uit eerdere drempel-onderzoeken; een stroomopwaartse gradiënt van toenemende toxiciteit.

Het toepassen van de 'nieuwe' formule ter berekening van de PNR van de monsters waarin wordt gecorrigeerd voor de blanco-sterfte aan de hand van het controlesediment (Jacobahaven) is bij eerdere onderzoeken ook toegepast, nadat bleek dat de zeewatercontrole onbruikbaar was. Het mee-analyseren van een controle/referentiesediment verschaft inzicht in het verloop van de test en kan gebruikt worden om te beoordelen of een analysegang voldoet aan randvoorwaarden of moet worden verworpen. Bij een gevoelige en matig reproduceerbare test als de oesterlarventest, waarin wordt gewerkt met levende organismen is het belangrijk om de randvoorwaarden over de respons van zowel de zeewatercontrole als het controle/referentiesediment duidelijk te formuleren. Dit geldt ook voor de afzonderlijke resultaten van de triplo's van een monster. Uit tabel 9 blijkt dat hierin een relatief grote spreiding voor kan komen. Bij onderzoeken met grote aantallen monsters moet de test in meerdere runs (analysegangen) worden uitgevoerd waardoor methodische variantie wordt geïntroduceerd. Hierbij kan het controlesediment gebruikt worden om runs onderling te vergelijken.

In veel gevallen is het sediment van Jacobahaven nu gebruikt als controle/blanco voor de correctie voor blanco-sterfte én als referentie voor statistische toetsing. Met name voor de interpretatie van de resultaten is het van belang dat ook de statistische toetsing wordt gestandaardiseerd.

Momenteel worden deze aspecten, in het kader van ander onderzoek waarin de oesterlarventest wordt toegepast, nader onderzocht en uitgewerkt (zie ook par. 4.3).



4 Evaluatie

In dit rapport is gebruik gemaakt van gegevens uit verschillende onderzoeken waarvan de aard van de verslaglegging sterk verschilt. Voor een aantal onderzoeken geldt dat de verslaglegging beperkt is gebleven tot ruwe tabellen met een korte toelichting over de gebruikte methode en soms vermelding van voorlopige conclusies. Als gevolg hiervan, en door personele wisselingen zijn relevante gegevens met betrekking tot monstername, subsampling, 'kwaliteit' van de oesters, bewaaromstandigheden en laboratoriumcondities vaak niet volledig te achterhalen. Ook de verslaglegging van tussentijdse methodische evaluaties en aanpassingen is onvolledig. Dit benadeelt de kwaliteit van de gegevens en bemoeilijkt het onderling vergelijken en de interpretatie.

4.1 Evaluatie gegevens Schelde-estuarium

In de periode 89-91 waarin ondermeer het onderzoek met oesterlarven plaatsvond in de Westerschelde en Zeeschelde was deze bioassay techniek volop in ontwikkeling. Methodische verbeteringen en aanpassingen in de technische uitvoering hebben geleid tot een protocol voor deze biologische test van sediment (v.d. Hurk, 1991).

De ontwikkelingsfase maakt dat de testresultaten van sedimenten uit het Schelde-estuarium uit die periode (89-91) niet geschikt zijn voor een uitgebreide studie naar relaties met abiotische en biotische factoren. Wel is duidelijk dat de sedimenten in het Schelde-estuarium in stroomopwaartse richting toenemen in toxiciteit. Dit is ook de conclusie van het onderzoek in 1993 waarbij de test is uitgevoerd volgens het protocol.

Uit vervolg-onderzoek met de oesterlarventest, in ondermeer het Schelde-estuarium in de jaren na 1991 blijkt dat de oesterlarventest zeer gevoelig is. Niet in alle gevallen kunnen opmerkelijke testresultaten voldoende verklaard worden. De test lijkt op dit moment niet voldoende reproduceerbaar om sedimentmonsters van verschillende onderzoeken met elkaar te vergelijken aan de hand van hun PNR-waarde. Voor het Schelde-estuarium dient het gebruik voorlopig beperkt te blijven tot het signaleren van onderlinge verschillen tussen de monsters per onderzoek. Bijzondere aandacht vraagt de spreiding die ontstaat tengevolge van verschillende runs (analysegangen). Alleen globale trends die uit de verschillende onderzoeken naar voren komen, kunnen met elkaar worden vergeleken. Te denken valt aan de stroomopwaartse gradiënt van toenemende toxiciteit in het Schelde-estuarium en veranderingen hierin met betrekking tot bepaalde gebieden of specifieke lokaties die opvallen.

4.2 Bruikbaarheid en toepassing

De oesterlarventest geeft inzicht in de acute toxiciteit (blootstellingsduur 48 uur) en is niet geschikt voor het vaststellen van chronische effecten die bij langdurige blootstelling (in-situ) aan het



sediment kunnen optreden. De respons van de oesterlarven is afhankelijk van de combinatie-toxiciteit en van de biologische beschikbaarheid van verontreinigende stoffen. Er is reden om aan te nemen dat de toxiciteit, die wordt vastgesteld in de test, het effect is van de opgeloste fase van de verontreinigingen. Uit onderzoek blijkt dat de beschikbare fractie.

Voor het uitvoeren van de oesterlarventest met het sediment wordt een test-oplossing (elutriaat) gemaakt. Het te testen sediment wordt daarbij 'uitgeschud' met zuurstofrijk zeewater. Door deze procedure zullen de verontreinigingen die in de natuurlijke situatie in het veld aan het sediment gebonden zijn, in meer of mindere mate in oplossing komen. Na schudden en bezinken wordt de test in het bovenstaande (heldere) water uitgevoerd terwijl sediment en water met elkaar in contact blijven.

Het proces van het uitschudden van het sediment met zeewater kan als simulatie gezien worden van natuurlijke water-bodemuitwisselingen, en van processen als baggeren en terugstorten van specie. De oesterlarventest lijkt om deze reden geschikt om ingezet te worden bij onderzoek van baggerspecie.

De mate waarin de verschillende toxicanten beschikbaar komen door het uitschudproces (de evenwichtinstelling) en de mate waarin deze stoffen toxisch zijn voor oesterlarven kan sterk uiteenlopen. Over de geochemische processen die optreden wanneer een (anaeroob) sediment wordt uitgeschud met zuurstofrijk water bestaat nog veel onduidelijkheid. Veel metalen zijn in anaerobe sedimenten gebonden aan sulfiden. Ook verandering van het zoutgehalte in het (poriën)water is van invloed op de evenwichtinstelling. De metalen kunnen in de biologisch beschikbare vorm vrijkomen als de sulfiden oxideren. Er kan onder deze omstandigheden echter ook coprecipitatie van ijzerhydroxide optreden. Sommige stoffen zijn zo sterk aan het sediment gebonden dat de concentratie die in oplossing komt lager is dan de concentratie die effect geeft. De oesterlarventest heeft voor deze stoffen dus een lage gevoeligheid.

Uit bovenstaande mag duidelijk zijn dat de respons van de oesterlarventests niet eenduidig op basis van de chemische analyses van het sediment te verklaren is. Daarbij speelt mee dat lang niet alle stoffen waarvoor oesterlarven gevoelig zijn routinematig geanalyseerd worden (denk aan organotinverbindingen, bestrijdingsmiddelen) en dat we van de combinatie-toxiciteit onvoldoende weten.

De oesterlarventest is gevoelig en naar verwachting is die gevoeligheid voor een bepaalde groep verontreinigingen het grootst. Andere biologische toetsen hebben hun eigen soortspecifieke gevoeligheid voor verontreinigingen. Om de 'totale' toxiciteit van een sediment te bepalen zullen verschillende bioassays uitgevoerd moeten worden. In hoeverre de oesterlarventest een rol kan spelen bij de beoordeling van de 'totale' toxiciteit van sediment hangt af van de mate waarin de reproduceerbaarheid verbeterd kan worden. De grote verschillen die in



de evaluatie naar voren komen zijn, ook na meerdere jaren onderzoek, vaak nog onverklaarbaar.

4.3 Hoe verder met de oesterlarventest?

Uit het onderzoek tot nu blijkt de oesterlarventest een zeer gevoelige methode om de toxiciteit van sediment te bepalen. Mede door die gevoeligheid laat ook de reproduceerbaarheid te wensen over. Het is van belang dat onderzoek met deze test wordt uitgevoerd volgens een standaard procedure. Het huidige protocol (v.d. Hurk, 1991) dient hiertoe verder uitgebouwd te worden waarbij met name de aspecten reproduceerbaarheid, keuze referentiesediment, 'kwaliteit' van de oesterlarven, nauwkeurigheid, bewaren monsters, methodische variantie door verschillende analysegangen en statistische toetsing meer in detail ingevuld moeten worden. Zowel binnen als buiten RIKZ wordt hieraan momenteel gewerkt ondermeer door de werkgroep Bioassays en Biomarkers (BBE). Binnen RIKZ is het van belang dat alle betrokkenen onderlinge afstemming bereiken over het belang van verdere ontwikkeling, toepassing en implementatie van de oesterlarventest. Dit ook in relatie tot de ontwikkeling en toepassing van andere bioassay- en biomarkermethoden. De in 1993 gestarte RIKZ-werkgroep Bioassays en Biomarkers (BBE) lijkt hiertoe een goede aanzet.

4.4 Implementatie van ecotoxicologische testen in beheerspraktijk

In de beheerspraktijk bij WVO-vergunningen en WVZ-ontheffingen wordt de kwaliteit van afvalwater en onderhoudsbaggerspecie momenteel beschreven met chemische parameters. Bij het saneringsonderzoek van waterbodems wordt de ecotoxicologische beoordeling van het sediment bepaald met bioassays. Voor veel beheerders is de interpretatie van de toetsuitslag echter een probleem. Er bestaat behoefte aan meer duidelijkheid over toetsmethode (welke test), interpretatie van de resultaten en het betrekken van ecotoxicologische aspecten bij de onderbouwing voor het verlenen van vergunning en ontheffingen.

Momenteel worden door RIKZ en RIZA onderzoeken uitgevoerd naar de mogelijkheid tot implementatie van ecotoxicologische testen in de beheerspraktijk van sediment (baggerspecie) en afvalwater.

Ook het nut van het toepassen van de oesterlarventest bij calamiteiten op zee verdient aandacht omdat hiermee snel inzicht kan worden verkregen in de toxiciteit van sediment en water in zoute wateren. Vanuit dit oogpunt is huidig onderzoek naar conserveringstechnieken van oesterlarven interessant. Idealiter zou men seizoenonafhankelijk willen beschikken over 'gebruiksklare' oesterlarven van constante goede kwaliteit.



5 Samenvatting/Conclusies

-De resultaten van de oesterlarventests in het Schelde-estuarium geven een stroomopwaartse gradiënt aan van toenemende toxiciteit van het sediment. De meest toxische sedimenten zijn te vinden in de toegangsgeulen naar de sluizen in het Antwerpse havengebied. Enkele drempels in het verontreinigde oostelijk deel zijn matig toxisch evenals enkele lokaties in het middengebied. De resultaten van de oesterlarventests leiden niet tot andere inzichten dan die op basis van de chemische analyses zijn verkregen.

-Voorzichtigheid is geboden bij het vergelijken van de verschillende onderzoeken met oesterlarven in het Schelde-estuarium. De oesterlarventest is zeer gevoelig en nog onvoldoende reproduceerbaar. Een deel van de onderzoeken is uitgevoerd tijdens de beginfase van de ontwikkeling van de test. Derhalve is de spreiding in de resultaten tussen de jaren aanzienlijk.

-De standaardprocedure voor de uitvoering van de oesterlarventest dient verder uitgebouwd te worden om te komen tot een meer reproduceerbare bioassay-methode voor het vaststellen van de toxiciteit van sediment. Het is van belang dat hiertoe optimale onderlinge afstemming wordt nagestreefd zowel binnen RIKZ als in de relaties met derden, omdat de kans dat de oesterlarventest nog ontwikkeld kan worden tot een bruikbaar instrument lager wordt ingeschat dan die van andere biologische testen die momenteel in ontwikkeling zijn.

-De standaardprocedure zal onderbouwd moeten worden met de resultaten van een onderzoek naar de reproduceerbaarheid van de oesterlarventest onder variërende omstandigheden van monstername, subsampling, bodemkarakteristiek, seizoen, kwaliteit van de gebruikte oesterlarven, kwaliteit van het controlesediment, referentiemonsters etc. Ook voor de statistische toetsing is een standaardprocedure vereist.

-In deze evaluatie wordt gesignaleerd dat er veel problemen kleven aan de oesterlarventest. De wens om te kunnen beschikken over (biologische) tests voor de beoordeling van water- en bodemkwaliteit staat niet ter discussie. Daarom is het belangrijk te blijven zoeken naar andere bioassays die (liefst) voor alle wateren en waterbodems geschikt zijn. Voorlopig zullen verschillende biologische testen naast elkaar verder ontwikkeld moeten worden om een duidelijk totaalbeeld van de toxiciteit te kunnen krijgen.

Op dit moment blijkt, ook uit andere onderzoeken, de oesterlarventest zeer gevoelig en matig reproduceerbaar. De potentiële bijdrage die de oesterlarventest kan leveren bij de beoordeling van de toxiciteit van sediment dient om deze reden ter discussie gesteld te worden.



6 Literatuur

Hieronder zijn per onderzoek, zoals in tabel 1 (pag. 5) aangegeven en genummerd, de beschikbare resultaten in rapportvorm vermeld. Daarnaast zijn onder 'diversen' enkele algemene referenties opgenomen.

1, 2 en 8. Sublitoraal (drempels, baggerlokaties) 1989, 1990 en 1993 Westerschelde en Zeeschelde

Aquasense, 1993. Oesterlarventest op sedimenten uit de Zeeschelde en Westerschelde. Toxiciteit van baggerspecie uit het Schelde estuarium. In opdracht van: Rijkswaterstaat-Directie Zeeland. Rapport 93.0364

Temmerman, I., 1989, 1990 e.v.. De chemische kwaliteit van baggerspecie in de Westerschelde en de Zeeschelde (tussen de Drempel van Krankeloon en de Sluissche Hompels). IHE, Brussel

Stronkhorst, J. en P. v.d. Hurk, 1990. Toxiciteit van sediment uit het Schelde-estuarium; Resultaten van bioassays met oesterlarven. RWS/DGW nota GWWS-90.087.

Stronkhorst, J., 1993. The environmental risks of pollution in the Scheldt estuary. Concept artikel.

Hurk, P.v.d., 1990. Resultaten sediment bioassays Westerschelde sedimenten 1989 en 1990. Memo

3. Litoraal 1990, Westerschelde en Zeeschelde

Bikker, A. en P. v.d. Hurk, 1991. Evaluatierapport van de Microtox model 500 toxicity analyzer: de Solid Phase test. RWS/DGW GWIO-91.13003.

Daemen, E. 1988. De bodemkwaliteit van de intergetijdegebieden in de Westerschelde (najaar 1987). RWS/DZ Notitie AXW-88.056.

Hurk, P.v.d., 1992a. Case study toepassing Triade methode op litoraal sedimenten Westerschelde.

Hurk, P. v.d. en H. Velthuis (1991). Resultaten van bioassays met oesterlarven, de amphipoden *Bathyporeia sarsi* en *Corophium volutator* en de Microtox Solid Phase test op sedimenten uit het intergetijde gebied van de Westerschelde en de Zeeschelde. Concept. Bureau Waardenburg bv. Culemborg

Legler, 1991 Werkdocument Analyse Westerschelde Gegevens, 10 april 1991



Ysebaert, T., P. Meire, D. Maes en N. de Regge (1992). Het macrozoo-benthos in relatie tot de verontreinigingsgraad van sedimenten van de Westerschelde en de Zeeschelde. R.U. Gent, Inst. v. Natuurbehoud, Hasselt.

4. Verdronken land van Saeftinghe 1991

Hurk, P.v.d., 1992b. De toxiciteit van sedimenten uit het Verdronken Land van Saeftinghe, getest met larven van de Japanse oester *Crassostrea gigas*. Bureau Waardenburg bv, rapportnr 92.27.

Stikvoort, E., 1993. Verspreiding en relaties van (a)biotische parameters op Het Verdronken Land van Saeftinghe. RWS/DGW werkdocument GWWS-93.802x.

Claassen, Y., 1991. Effecten van verontreinigd sediment op de nematodenfauna van het Land van Saeftinghe. Studentenverslag, Vakgroep Bodemkunde & Geologie, Landbouwuniversiteit Wageningen.

Bongers, A.M.T. en Y. Claassen, 1991. Bepaling van de effecten van toxicanten op de nematodenfauna van het Land van Saeftinghe. Rapport deelproject 'Nema', Mededeling nr. 248, Vakgroep Nematologie, Landbouwuniversiteit Wageningen.

Alcontrol, Analyse resultaten chemisch onderzoek Land van Saeftinghe. Via E. Daemen RWS/Dir.ZLD.

Valente, T., 1992. The water and sediment quality of Western Scheldt and Saeftinghe 1987-1992. RWS/DGW werkdocument?

Postma, R., 1991. Voorstel voor nader onderzoek en saneringsonderzoek in het land van Saeftinghe. RWS/DZ Concept notitie jan.'91

Meetdienst Zeeland, 1991. Bodembemonstering Land van Saeftinghe. RWS/DZ Notitie ZLMD-91.N.054.

5 en 6. Platen van Valkenisse 1991 en Water + zwevend stof Westerschelde 1991

Hurk, P.v.d., 1992c Rapportage resultaten Platen van Valkenisse.

Hurk, P.v.d., 1992d Rapportage resultaten water + zwevend stof Westerschelde.

Stronkhorst, J., 1991. Toxiciteitstesten (oesterlarven en microtox) van sedimenten uit het oostelijk deel van de Westerschelde; onderzoek zomer '91. RWS/DGW Notitie GWWS-91.13027.



7. Joint monitoring programme.

National evaluation report of the joint monitoring programme of the Netherlands 1990, DGW Report No. DGW-92.003, Akkerman et.al.

Diversen:

Chapman, P.M. and J.D. Morgan, 1983. Sediment bioassays with Oyster Larvae. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 31: 438-444.

Gerritsen, A.A.M. en C.T. Bowmer, 1992. Assessing the impact of industrial discharges on the marine environment. Part 3.1 (deelrapport). TNO 1992 in opdracht van RWS, DGW Projekt WVO*Toets.

Hurk, P.v.d., 1991. Bepaling van de acute toxiciteit met behulp van oesterlarven. Bureau Waardenburg bv, Culemborg. (Protocol)

Hurk, P. v.d. and A.C. Smaal, 1993. Testing sediment toxicity with oyster embryos: methodological considerations. Abstract lezing.

Hurk, P.v.d., 1994. Effect of natural sediment properties on test results in bioassays with oysterlarvae on sediment elutriates. Geaccepteerd artikel door Journal of Aquatic Ecosystem Health.



TABELLEN EN FIGUREN.

- tabel 2. Resultaten oesterlarventests en fysisch-chemisch onderzoek in sublitoraal op drempels in het Schelde-estuarium in 1989.
- tabel 3. Resultaten oesterlarventests en fysisch-chemisch onderzoek in sublitoraal op drempels in het Schelde-estuarium in 1990.
- tabel 4. Resultaten oesterlarventests en fysisch-chemisch onderzoek van litoraal onderzoek in Westerschelde en Zeeschelde in 1990.
- tabel 5. Resultaten oesterlarventests en fysisch-chemisch onderzoek van bodemonderzoek Saeftinghe in 1991.
- tabel 6. Resultaten oesterlarventests en fysisch onderzoek van platen Valkenisse in 1991.
- tabel 7. Resultaten oesterlarventests water en zwevend stof 1991.
- tabel 8. Resultaten oesterlarventests JMP-onderzoek 1990 en 1993.
- tabel 9. Resultaten oesterlarventests in sublitoraal onderzoek op drempels in het Schelde-estuarium in 1993.
-
- figuur 1. Locaties sublitoraal onderzoek (drempels) 1989, 1990 en 1993.
- figuur 2. Oesterlarventests drempels 1989 Schelde-estuarium.
- figuur 3. Oesterlarventests drempels 1990 Schelde-estuarium.
- figuur 4. Locaties litoraal onderzoek 1990.
- figuur 5. Oesterlarventests litoraal 1990 Schelde-estuarium.
- figuur 6a en b. Lokaties Saeftinghe en hoogteligging.
- figuur 7. Oesterlarventests Saeftinghe.
- figuur 8. Lokaties Platen van Valkenisse.
- figuur 9. Pl. van Valkenisse, relatie PNR - sedimentkarakteristieken.
- figuur 10. Oesterlarventests drempels 1993 Schelde-estuarium.
- figuur 11. Oesterlarventests drempels Schelde-est. 1989, 1990 en 1993.

Tabel 2. Resultaten oesterlarventests en fysisch-chemisch onderzoek in sublitoraal op drempels in het Schelde-estuarium in 1989

locatie nummer	omschrijving	bioassays		stat.		sedimentkarakter		chemie											EOX mgCl/kgds	olie mg/kgds	som PAKs mg/kgds	som PCBs ug/kgds	som OCBs ug/kgds
		oesterl. gem.PNR	oesterl. sign.	org.	stof %	lutum %	As mg/kgds	Cd mg/kgds	Cr mg/kgds	Cu mg/kgds	Hg mg/kgds	Pb mg/kgds	Ni mg/kgds	Zn mg/kgds									
1	sluissche hompels	-37	-	1.48	0.34	18.0	0.11	1.2	0.2	0.87	5.0	2.0	26	0.04	13	0.022	0.7	1.4					
2	dr.borssale rd.	-51	-	0.97	0.95	4.4	0.08	7.3	0.2	0.33	2.7	2.2	27	0.05	7	0.046	0.7	1.3					
3	terneuzen	-21		0.86	0.22	13.3	0.30	6.3	0.6	0.67	3.5	2.3	35	0.04	13	0.050	0.7	1.3					
4	overl.hansw.afw.	7		0.69	0.02	7.5	0.05	1.8	0.2	0.57	1.4	0.5	31	0.06	8	0.012	0.7	1.4					
5	overl.hansw.opw.	-14		0.43	0.06	11.0	0.01	5.5	0.2	0.99	2.7	1.0	35	0.05	8	0.005	0.7	1.7					
6	dr.hansw.opw.B51	-25		0.28	0.21	9.2	0.25	5.1	1.1	1.91	6.5	3.4	23	0.05	28	0.018	0.8	1.6					
7	walsoorden	14		0.22	0.34	5.7	0.94	1.3	2.5	2.89	2.9	7.9	43	0.06	20	0.081	0.7	1.6					
8	pl.valken.B50-B54	2		0.43	0.17	4.7	0.27	7.2	0.2	0.13	2.0	2.1	46	0.08	20	0.009	0.7	1.7					
9	pl.valken.B54-B58	19	+	0.29	0.13	6.7	0.16	2.0	0.2	0.24	2.3	1.4	31	0.06	20	0.009	0.7	1.2					
10	pl.valken.B58-B62	11		0.33	0.06	7.3	0.44	3.6	1.2	2.35	2.5	2.1	36	0.07	28	0.010	0.7	1.3					
11	dr. valken.B62-B64	6		0.67	0.34	8.8	0.17	4.3	1.3	1.63	3.3	2.6	35	0.05	20	0.025	1.0	1.4					
12	dr.valken.schaarb.	-13		0.45	0.22	4.1	2.50	9.5	0.7	0.5	3.4	3.2	30	0.04	35	0.032	0.7	1.4					
13	dr.bath afw.B70	24		0.43	0.13	8.4	0.08	1.8	0.6	6.95	4.9	3.5	26	0.06	28	0.017	1.1	1.2					
14	dr.bath opw.B70	0		0.91	0.52	9.1	0.26	4.6	0.9	0.31	5.2	2.9	43	0.06	20	0.036	1.4	1.3					
15	dr.zandvliet rd.	-4		1.60	6.60	6.3	0.75	69.4	4.0	1.90	45.0	26.5	140	0.10	356	1.181	6.6	2.4					
16	dr.zandvliet gr.	3		1.74	3.33	8.1	0.60	69.0	21.0	0.60	27.3	26.4	120	0.13	300	1.014	6.0	2					
17	zandv/berend.sluis	31	+	4.34	13.40	6.0	1.36	171.1	105.0	20.40	130.6	75.2	540	0.90	762	3.673	49.5	7.5					
18	dr.frederik rd.	27	+	1.34	2.07	9.8	2.17	22.0	11.0	0.69	10.0	7.8	113	0.20	135	0.771	11.2	3.6					
19	dr.frederik gr.	31		1.40	2.13	5.0	0.42	52.1	44.2	1.10	21.9	39.2	65	0.18	238	0.875	1.8	2					
20	dr.lillo rd.	24	+	1.95	2.33	15.2	2.38	43.0	15.0	2.87	15.0	9.1	155	0.13	131	0.633	11.3	2.2					
21	dr.lillo gr.	46	+	2.64	4.07	29.0	6.81	62.0	40.0	0.85	31.0	24.9	295	0.43	369	1.396	30.3	7.1					
22	boud/cauwel.sluis	29	+	5.12	15.07	55.4	8.82	169.0	126.0	2.31	88.0	63.3	768	1.12	1143	5.595	67.7	10.3					
23	dr.parel rd.	23	+	2.76	5.80	10.6	0.74	66.9	24.5	1.30	41.6	33.9	194	0.10	769	1.774	9.4	2.6					
24	dr.parel gr.	11		1.62	4.60	8.5	0.80	80.6	17.4	1.90	54.5	32.1	175	0.06	378	1.871	9.6	2.3					
25	kallosluis	30	+	6.24	18.80	51.6	9.07	156.0	121.0	3.60	113.0	70.2	736	2.07	923	4.742	81.7	13.6					
26	dr.krankel.rd.	7		0.48	0.47	5.8	0.23	20.0	3.0	0.52	6.0	4.3	45	0.06	6	0.331	6.4	1.8					
27	dr.krankel.gr.	5		0.95	1.07	5.3	3.55	17.0	5.0	0.59	8.0	3.9	48	0.17	42	0.362	6.8	1.8					

Tabel 3.
Resultaten oesterlarventests (% overleving) en fysisch-chemisch onderzoek in sublitoraal op drempels in het Schelde-estuarium in 1990

[illegible]

Tabel 4. Resultaten oesterlarventests en fysisch-chemisch onderzoek van litoraal onderzoek in Westerschelde en Zeeschelde in 1990.

locatie		bioassays				sedimentkarakter		chemie									
nummer	omschrijving	oesterlarven				org.stof	lutum	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Ni	Zn		
		gem.	PNR	PNR1	PNR2	PNR3	PNR4	%	%	mg/kgds	mg/kgds	mg/kgds	mg/kgds	mg/kgds	mg/kgds	mg/kgds	
1	hooge platen zuid	50	50.73	53.21	46.06			2.52	11.80	5.9	2.30	11.0	8.9	<0.20	27.0	13.0	71
2	mosselb/paulinaschor	84	86.79	86.51	79.91			6.75	42.60	11.0	3.00	33.0	18.0	0.25	55.0	26.0	130
3	plaat v. baarland	82	85.44	78.34	80.83			3.06	15.50	14.0	0.50	14.0	8.1	<0.20	10.0	7.8	54
4	kapellabank	80	81.18	63.43	95.74			5.76	27.60	11.0	3.30	29.0	19.0	0.24	52.0	22.0	130
5	pl.v.valkenisse nd	92	87.93	90.41	96.45			0.99	2.80	6.3	0.50	8.9	<5.0	<0.20	8.6	<5.0	31
6	pl.v.valkenisse zd	77	81.18	92.9	57.04			1.53	4.00	7.3	0.50	13.0	5.6	<0.20	12.0	5.6	46
7	slik v. waarde	72	73.37	71.24	72.66			2.52	7.70	5.7	1.90	11.0	9.2	<0.20	26.0	12.0	53
8	saeft./konijnesch.	86	69.47	92.19	95.38			1.53	5.10	7.2	0.50	12.0	6.3	<0.20	12.0	5.4	40
9	saeft./ijskelder	97	95.38	96.45	98.93			14.13	39.20	44.0	7.90	103.0	67.0	1.30	130.0	31.0	390
10	slik no.hedwigep.	94	86.86	93.96	95.74	98.93		3.87	19.10	11.0	2.80	23.0	21.0	0.32	43.0	14.0	150
11	appelzak	93	95.38	92.19	90.41			4.14	16.60	15.0	3.90	37.0	31.0	0.23	58.0	18.0	190
12	gr. buitenschoor	100	99.17	100	100			7.47	25.70	7.0	8.20	74.0	70.0	0.88	100.0	27.0	350
13	gr. buitenschoor	74	76.33	76.06	68.35			1.98	10.60	32.0	0.71	17.0	16.0	<0.20	26.0	5.4	76
14	galgeschoor nrd	95	97.8	98.9	88.99			6.21	21.90	8.7	4.00	56.0	52.0	0.56	64.0	20.0	250
	doel	96	97.8	96.97	93.67			6.48	24.20	17.0	3.80	53.0	71.0	0.60	68.0	22.0	240
15	galgeschoor zd	76	63.94	87.61	76.88			6.57	17.30	15.0	4.00	49.0	44.0	0.56	56.0	20.0	260
16	ketenispo/ketelpl.	77	77.98	85.69	68.07			2.07	9.70	12.0	1.60	27.0	24.0	0.48	52.0	8.7	150
17	pl. v. krankeloon	97	99.17	98.35	92.29			5.94	24.00	34.0	9.80	110.0	82.0	1.90	130.0	28.0	450
18	kennedytun./vlaktes	89	91.47	89.82	85.96			1.89	6.20	9.1	2.60	30.0	30.0	0.48	62.0	14.0	220
	kruibeke	99	99.69	97.22	98.76			3.87	13.20	13.0	3.20	40.0	42.0	0.54	64.0	16.0	260
19	mond.benedenvliet	100	100	100	100			2.79	13.60	12.0	3.20	46.0	55.0	0.50	74.0	17.0	270
20	monding rupel	100	99.69	99.69	100			2.97	13.20	12.0	3.30	42.0	45.0	0.43	63.0	20.0	280
21	slik baillooi	99	99.69	98.46	98.46			3.42	9.90	9.1	2.20	37.0	38.0	0.43	60.0	15.0	230
22	monding durme	100	100	100	100			3.42	11.80	9.8	3.50	49.0	47.0	0.40	80.0	20.0	330
23	mariekerke	100	100	100	100			9.72	35.50	26.0	9.10	130.0	160.0	0.96	170.0	39.0	620
24	de kramp	100	100	100	100			2.88	17.90	24.0	3.10	60.0	48.0	0.43	66.0	15.0	410
25	vlassenbroek	99	98.76	99.69	100			5.31	21.60	42.0	6.60	300.0	74.0	1.00	100.0	24.0	790

vervolg tabel 4

locatie		vervolg chemie			
nummer	omschrijving	EOX mgCl/kgds	olie mg/kgds	som PAKs mg/kgds	som PCBs ug/kgds
1	hooge platen zuid	0.11	52	0.54	<7.0
2	mosselb/paulinaschor	0.36	92	0.77	<7.0
3	plaat v. baarland	0.15	25	0.33	24.5
4	kapellebank	0.34	160	0.78	<7.0
5	pl.v.valkenisse nd	0.10	10	0.12	<7.0
6	pl.v.valkenisse zd	0.10	10	0.26	<7.0
7	slik v. waarde	0.20	36	0.23	<7.0
8	saeft./konijnesch.	0.10	10	0.25	<7.0
9	saeft./ijskelder	0.71	300	2.50	16.9
10	slik no.hedwigep.	0.37	140	0.70	<7.0
11	appelzak	0.84	270	1.23	32.5
12	gr. buitenschoor	0.37	450	2.64	76.5
13	gr. buitenschoor	0.23	46	0.52	11.4
14	galgeschoor nrd	0.69	260	2.09	61.1
	doel	0.64	380	2.31	40.0
15	galgeschoor zd	0.82	280	2.79	61.3
16	ketenispo/ketelpl.	0.32	210	1.02	20.3
17	pl. v. krankeloon	0.93	1400	5.23	138.0
18	kennedytun./vlakte	0.60	310	1.15	54.8
	kruibeke	1.40	500	2.95	99.0
19	mond.benedenvliet	1.70	570	2.31	57.0
20	monding rupel	0.92	530	2.34	44.8
21	slik ballooi	0.89	260	1.83	33.1
22	monding durme	0.98	370	2.53	53.7
23	mariekerke	1.70	910	3.75	108.8
24	de kramp	0.76	430	2.56	114.5
25	vlassenbroek	1.20	1200	5.53	151.0

Tabel 5. Resultaten oesterlarventests en fysisch-chemisch onderzoek van bodemonderzoek Saeftinghe in 1991

lokatie	bioassays					stat.	sedimentkarakter		
nummer	oesterlarventest					stat.	org.stof	org.stof	lutum
	gem.	PNR	PNR1	PNR2	PNR3	st.dev.	sign.	% gemeten	% berekend
2k	51	83.7	31.6	37.9	28.4	+		7.8	7.93
3k	50	77.7	36.5	35.9	24.0	+		4.2	4.48
5k	71	88.8	54.9	69.6	17.0	+		11.1	10.17
6k	38	81.8	8.1	25.3	38.6			5.5	7.59
7k	48	72.6	40.4	31.6	21.6	+		4.3	6.83
9k	35	55.5	21.6	29.3	17.8			0	1.38
13k	75	93.3	68.6	62.4	16.3	+		9.9	10.17
14k	50	81.8	28.5	40.8	27.9	+		9.1	8.79
16k	77	94.7	72.6	64.5	15.6	+		13	9.48
6kr	54	45.7	53.9	62.0	8.2	+		1.8	2.59
11kr	52	74.3	47.7	33.4	20.7	+		0	0.91
2o	24	44.0	12.4	15.0	17.6			2.2	2.41
14o	15	14.2	2.6	27.9	12.7			1	0.22

lokatie	chemie												
nummer	Arseen	Cadmium	Chroom	Koper	Kwik	Lood	Nikkel	Zink	Olie	EOCl	som PAKs	somPCBs	som OCBs
	mg/kgds	mg/kgds	mg/kgds	mg/kgds	mg/kgds	mg/kgds	mg/kgds	mg/kgds	mg/kgds	mgCl/kgds	mg/kgds	ug/kg/ds	ug/kgds
2k	25	4	65	60	0.5	80	25	240	550	0.94	1.34	55.9	29.3
3k	3	1.9	35	30	0.3	40	10	140	210	0.54	1.25	25.7	7.8
5k	45	5	95	80	1.2	120	35	350	660	0.65	1.71	30.3	22.8
6k	20	2.4	35	35	0.4	40	15	160	310	0.75	1.85	32.7	24.9
7k	10	2	25	25	0.4	40	10	130	570	0.72	2.02	22.5	8.1
9k	4	0.5	7	7	0	6	0	50	92	0.22	0.23	14.9	27.8
13k	35	4	80	80	0.7	100	25	310	750	0.66	2.39	62.4	149.3
14k	30	4	80	75	0.8	90	25	290	550	0.8	2.85	66	202.1
16k	30	4	60	55	0.7	70	15	240	410	0.72	3.33	54.7	43.6
6kr	10	2	25	20	0.4	25	7	90	260	0.29	0.94	28.5	15.6
11kr	4	0	0	0	0	10	0	30	89	0.12	0.56	0	0
2o	10	0.7	35	15	0	20	15	90	150	0.46	0.71	11.8	6.8
14o	10	0.7	20	5	0	10	10	50	75	0.22	0.27	6	3.7

Tabel 6.

Resultaten oesterlarventests en fysisch onderzoek platen Valkenisse, 1991

Valkenisse, 1991

monster nr	oostwest nr	PNR gem.	datum analyse korrel	% humus	% slib < 16 um	% zand > 16 um	mediaan korrelgr	% zand < 63 um	% totaal < 63 um (silt)	% totaal > 63 um
6006	111	-12.77	jun.91	0	0.4	96.5	191.3	0.4	0.79	99.21
6007	114	26.16	jun.91	0	5.6	82.9	107	18.8	21.19	78.81
6010	135	31.72	jun.91	0	1.2	94.7	188.9	0.5	1.67	98.33
6011	106	52.62	jun.91	0.9	15.9	64.1	78.8	34.8	38.21	61.79
6016	512	16.66	apr.91	0	2	91.4	156	2.9	4.65	95.35
6017	509	13.7	aug.91	0	1.4	89	154	2.4	3.54	96.46
6018	551	44.92	aug.91	0	8.8	75.1	98	18.5	22.69	77.31
6020	553	22.83	aug.91	0.5	1.4	90.8	137	4.4	5.4	94.6
6021	591hoog	5.55	aug.91	0	0.4	97	238	0.3	0.69	99.31
6022	592hoog	23.63	aug.91	0	0.4	90.7	234	0.2	0.58	99.42
6023	593hoog	-8.02	aug.91	0.4	0.4	96.7	224	0.2	0.59	99.41
6025	516	41.21	apr.91	0	5	83.2	119	13.9	16.56	83.44
6027	405	68.77	jun.91	0	1.3	94.2	172.3	1.4	2.62	97.38
6028	542	76.5	aug.91	1	6.2	77.6	94	18.8	20.79	79.21
6029	541	84.75	jun.91	0.4	2.1	88.6	139.1	3.8	5.47	94.53
6030	591laag	2.96	aug.91	0.9	0	96.3	243	0	0	100
6031	592laag	0.12	aug.91	0.4	0.4	95.5	233	0	0.4	99.6
6032	593laag	26.03	aug.91	0.8	0.4	95.1	211	0.3	0.69	99.31

Tabel 7. Gegevens oesterlarventests water en zwevend stof 1991

Water en zwevend stof april-augustus 1991

Lokatie	Datum	Water salin.	PNR gem.	Zwevend stof PNR gem.
Hansweert	25-04	19	27.3	99.1
	05-07	21	-26.9	93
	16-08	24.0	-19.8	99.7
		(32.0)	-10.6	
Saeftinge	24-04	16	24.3	99.9
	02-07	16	58.7	99.5
	15-08	20.3	7	100
		(32)	-9.9	
Schaar v. O. Doel	09-04	9.3	96.2	29.6 (100)
	02-07	12	76.8	100
	15-08	14.9	99.5	99.2
		(32)	-39.9	

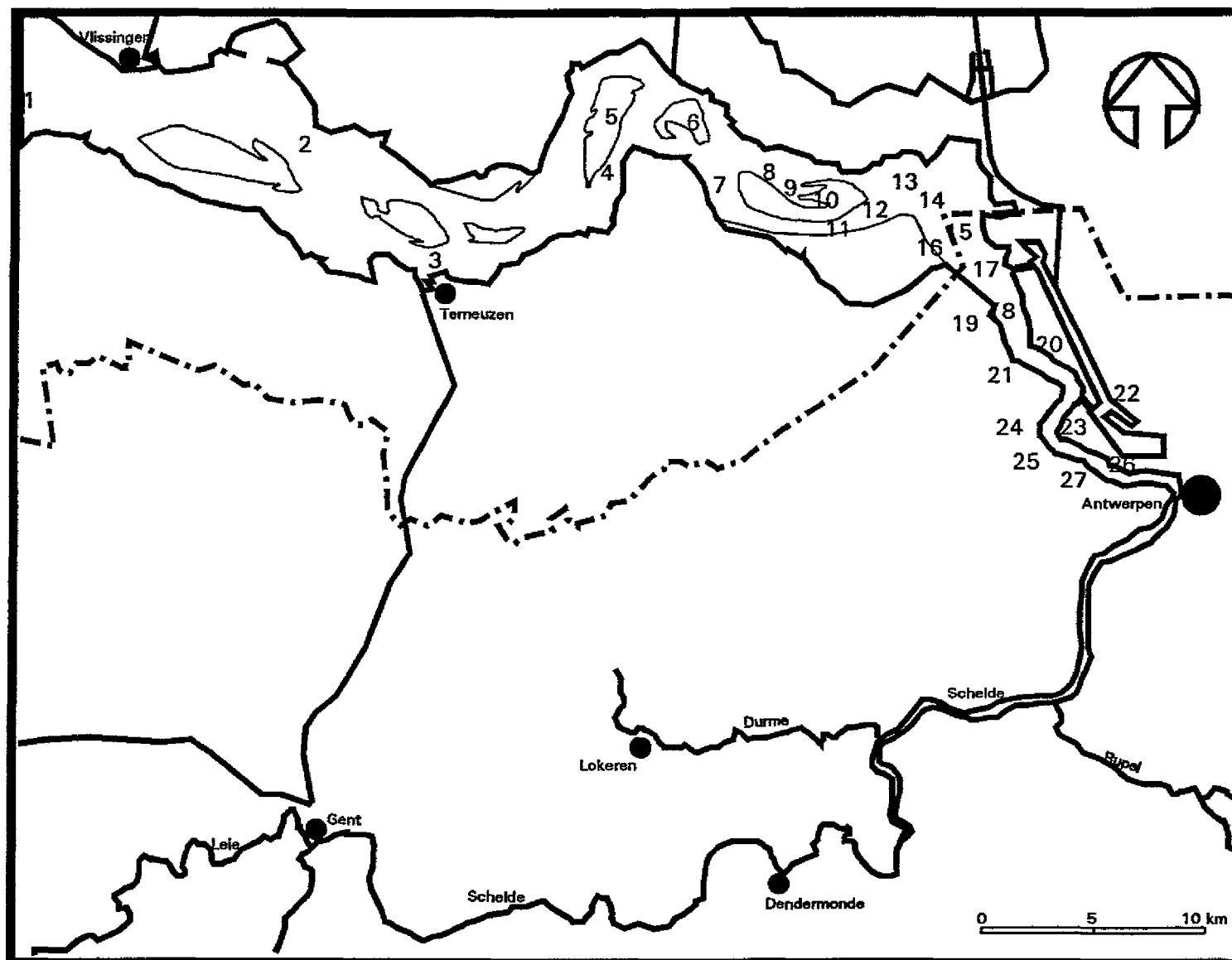
Tabel 8. Oesterlarvengegevens JMP-onderzoek 1990 en 1993

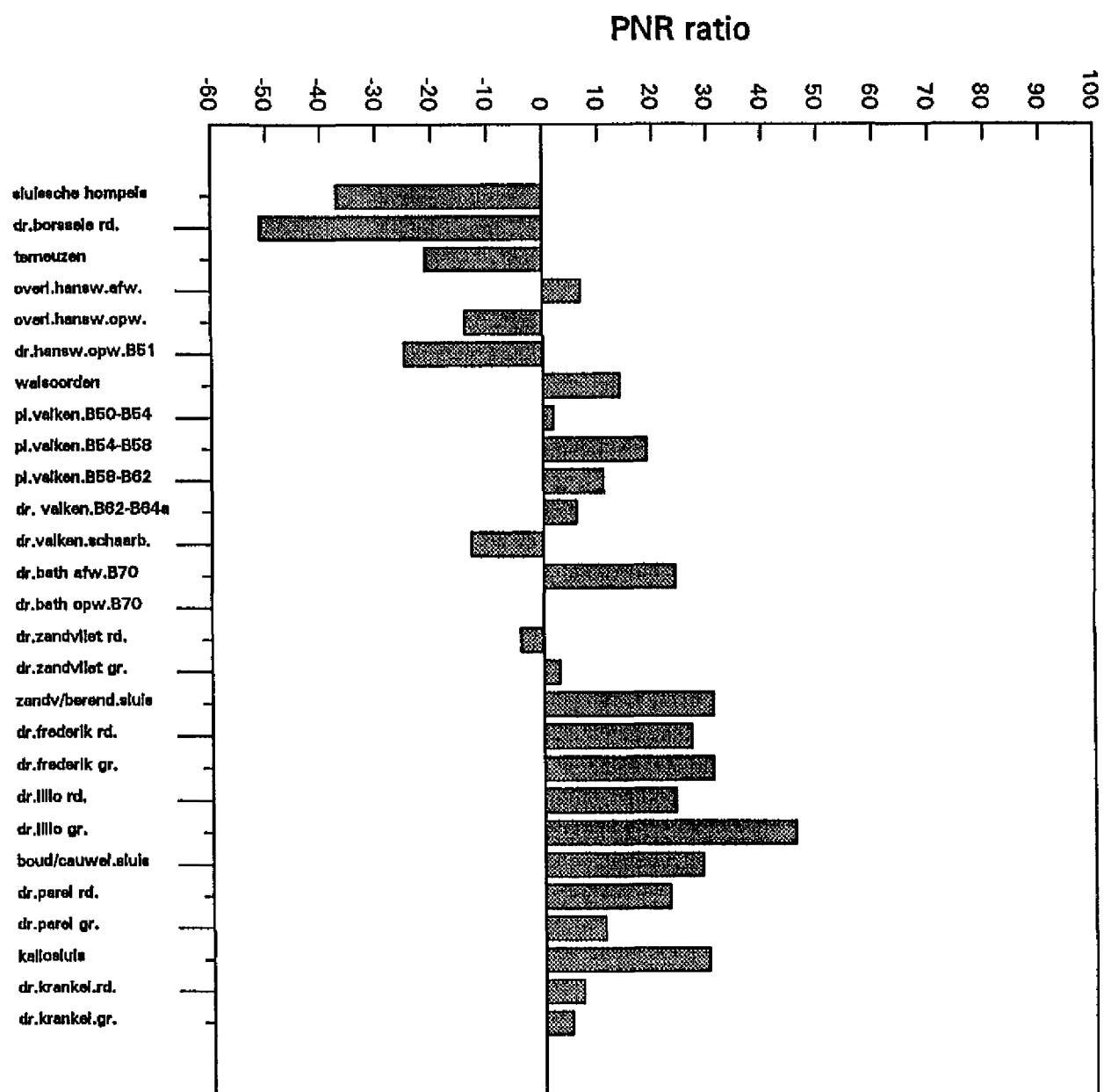
lokatie code 1990	omschrijving	Worsro code	Bosi	1990 PNR gem.	1993 PNR gem.
J22.1.2.	Westerschelde, Hansweert	WS105	OEMG	<	38.2 2
J22.2.1	Westerschelde, Terneuzen	WS125	WPT 2	95.3	13.4 11
J22.3.1	Westerschelde, Vlissingen	WS155	SSVH	<	18 18.5
J23.0.1	Oosterschelde, Hammen	OS110		30.2	38.8 34.2
J21.3.4	Noordzee, 30 km v. Walcheren			8.4	
J21.5.8	Noordzee, 70 km v. Walcheren	NZRWC70		<	19.7
J21.2.2	Noordzee, 2 km v. Noordwijk	NZRNW2		11.1	31
J21.5.9	Noordzee, 50 km v. Noordwijk			<	
J21.2.12	Noordzee, 4 km v. Terschelling	NZRTS4		0.8	8.8
J21.6.1	Noordzee, 100 km Oostergronden	NZRTS100		86.6	68.9
J21.6.4	Noordzee, 235 km Doggerbank	NZRTS235		<	21.8
J21.6.5	Noordzee, 275 km Doggerbank			24.2	
J24.0.7	Waddenzee, ecoplot 1			66.3	
J24.0.3	Waddenzee, Texelstroom			31	
J24.0.4	Waddenzee, Terschelling			29.8	
J24.1.1	Waddenzee, ecoplot 2			27.9	
J24.1.4	Waddenzee, noordwal			<	
J25.2.2	Eems-Dollard, ecoplot 4a, bocht Watum	ED155		57.3	17.3
J21.4.1	Noordzee, 3 km v. Rottum	NZRRT3		<	40
	?	WZ110			<
	?	WZ60			<
	?	WZ590			2.9

Tabel 9 Resultaten oesterlarventests in sublitoraal onderzoek op drempels in Schelde-estuarium in 1993

locatie nummer	omschrijving	bioassays oesterl. gem. PNR	stat. oesterl. sign.	oesterlarven, triplo PNR		
				1	2	3
1	sluissche hompels	8.6		22.5	-3.6	6.9
2	dr. borsssele rd.	22.8		24.7	3.1	40.4
3	terneuzen	26.7	+	32.9	25.5	21.8
4						
5						
6	dr. hansw. afw. B51	11.8		18.8	3.1	13.6
7						
8	pl. valken. B50-B54	-8.3		-0.6	-5.1	-19.2
9						
10						
11	dr. valken. B62-B64	23.5		22.5	28.5	19.5
12	dr. valken. schaarb.	27.2	+	38.2	18.8	24.7
13						
14						
15	dr. zandvliet rd.	44.1	+	34.4	53.8	44.1
16						
17	zandv/berend. sluis	45.1	+	32.9	53.1	49.3
18						
19	dr. frederik gr.	5.6		10.6	25.5	-19.2
20						
21	dr. lillo gr.	32.2	+	46.3	21.0	29.2
22	boud/cauwel. sluis	47.3	+	53.1	38.9	50.1
23						
24						
25	kallosluis	55.3	+	53.8	56.0	56.0
26	dr. krankel. rd.	2.4		18.8	-6.6	-5.1
27						

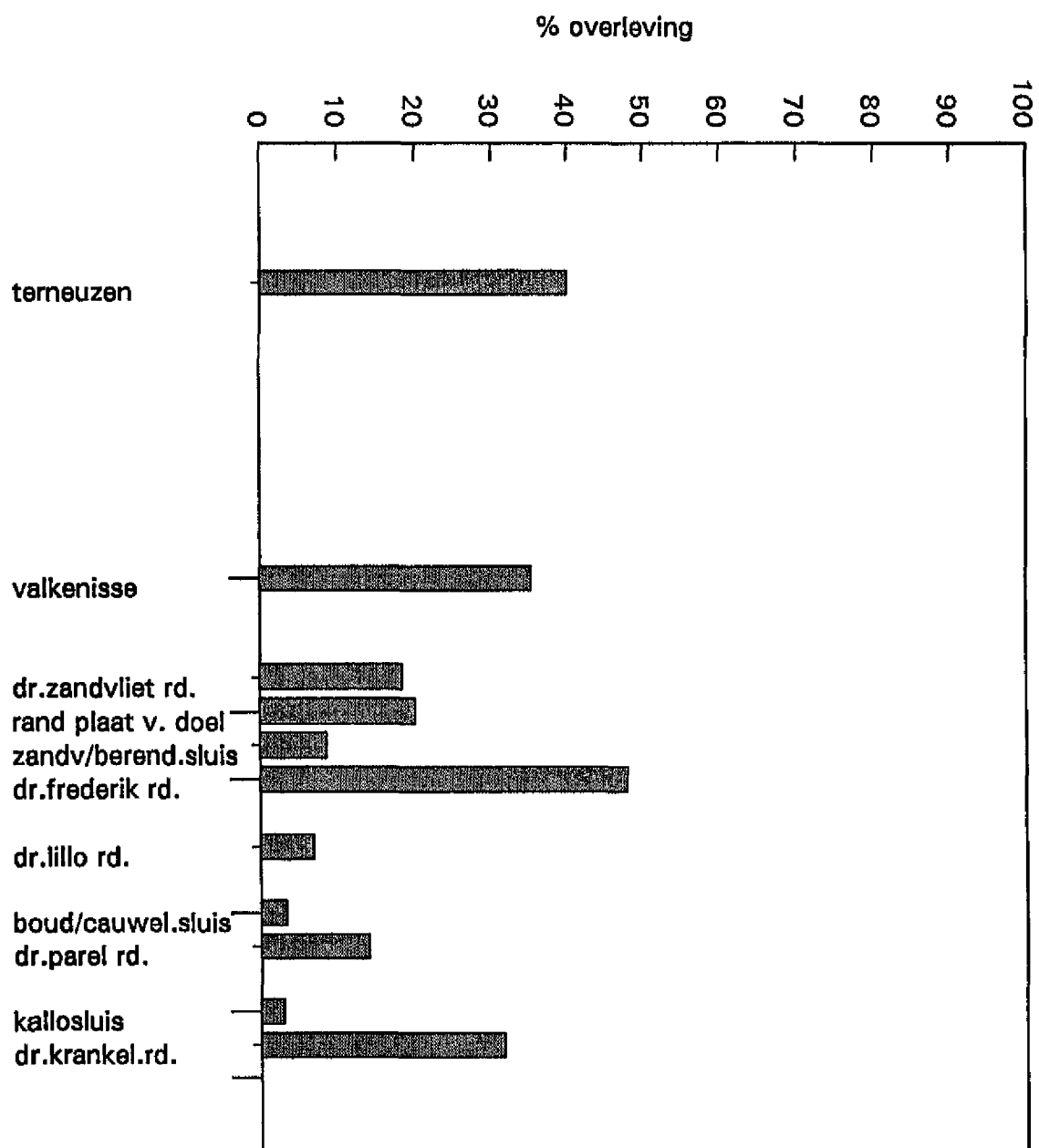
Figuur 1. Locaties sublitoraal onderzoek (drempels) 1989, 1990 en 1993.



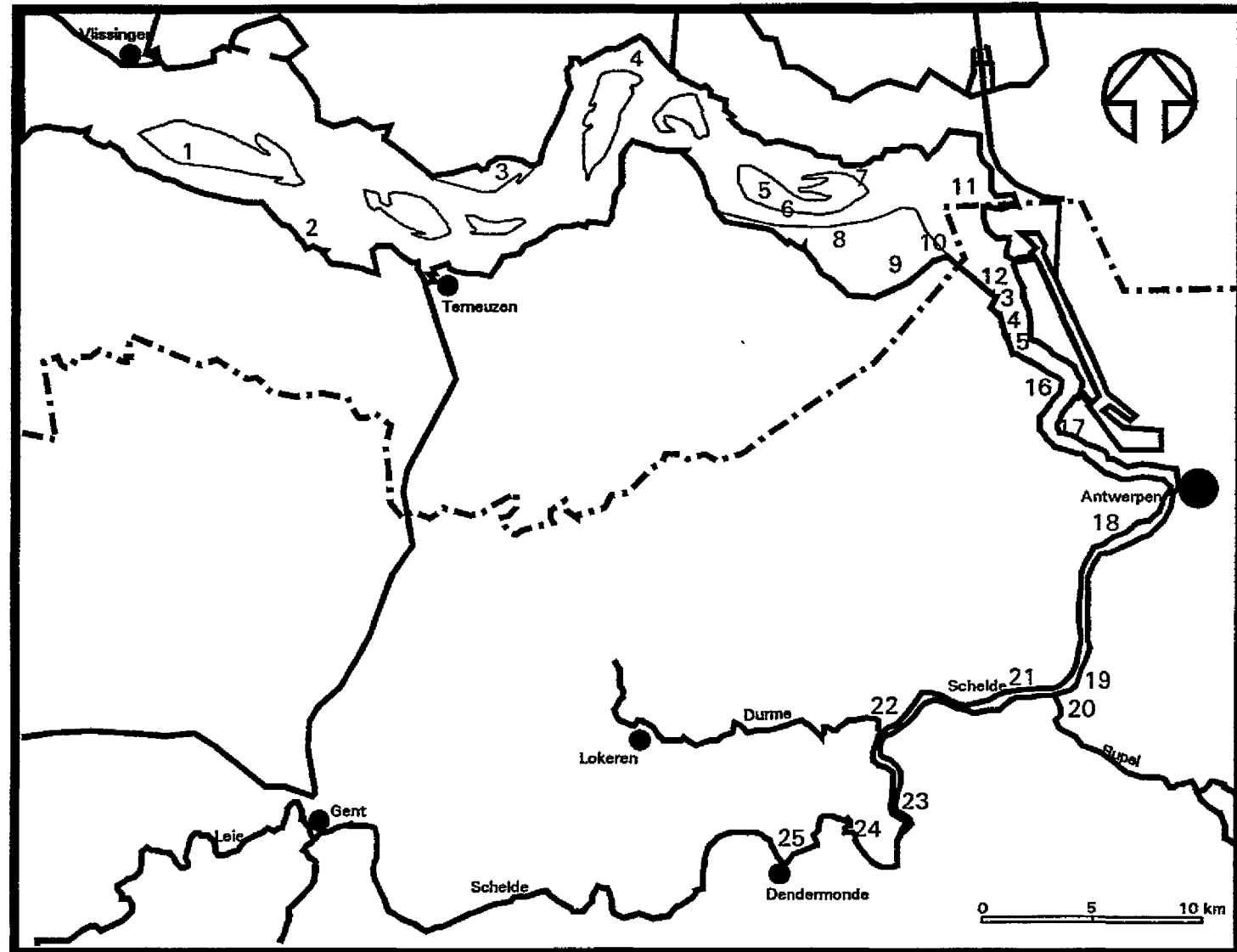


Figur 2. Oesterlarventests drempels 1989 Schelde-estuarium.

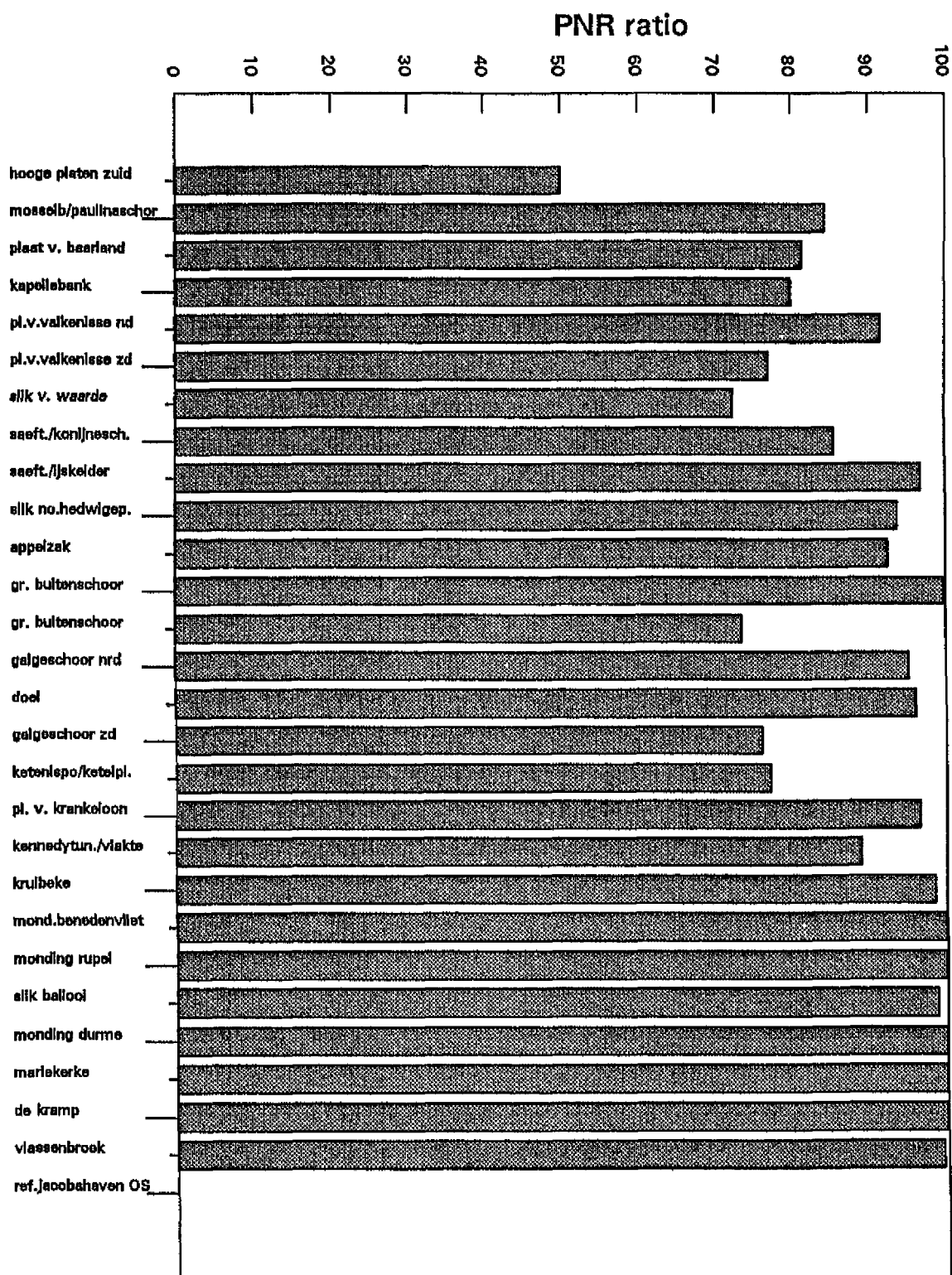
Figur 3. oesterlarventests drempels 1990 Schelde-estuarium



Figuur 4. Locaties litoraal onderzoek 1990.

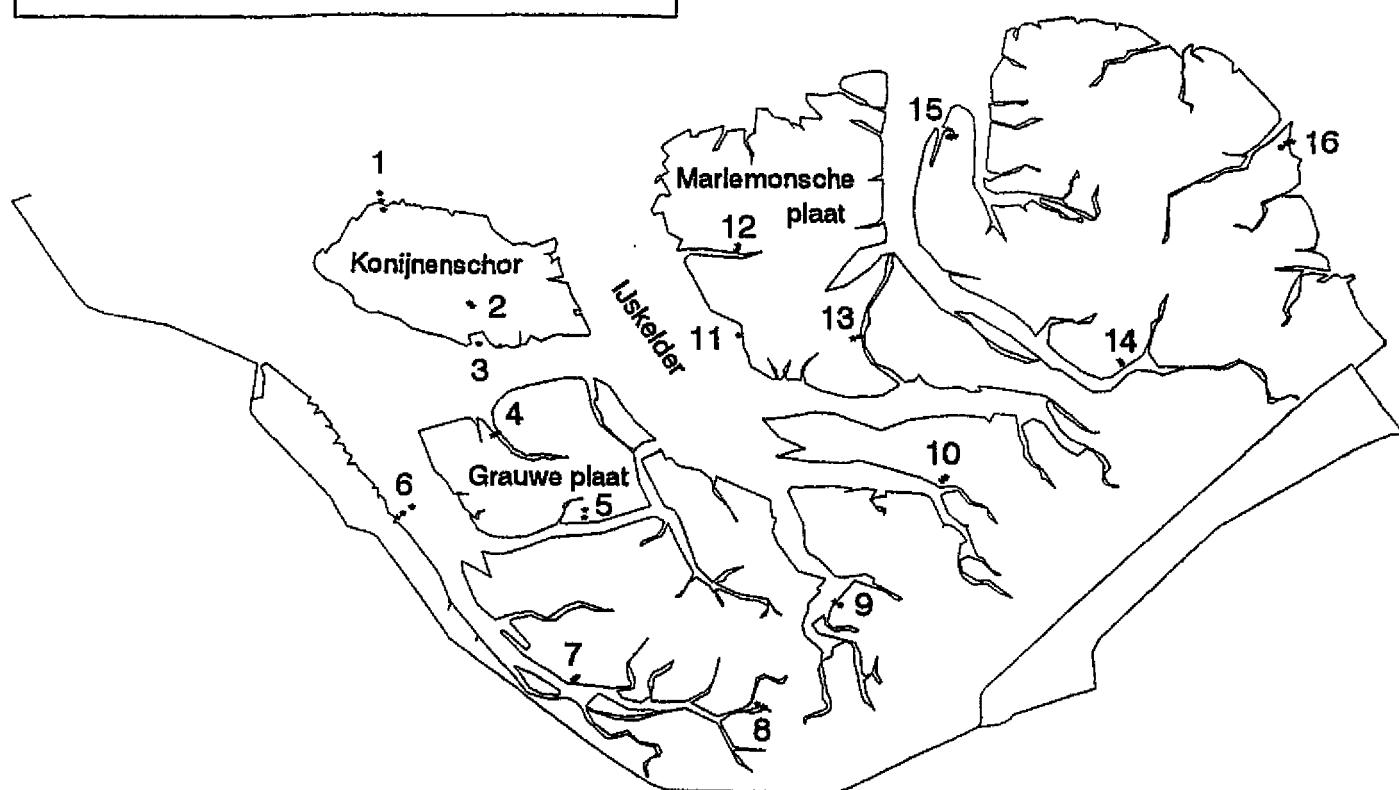


Figuur 5. Oesterlarventests littoraal 1990 Schelde-estuarium.



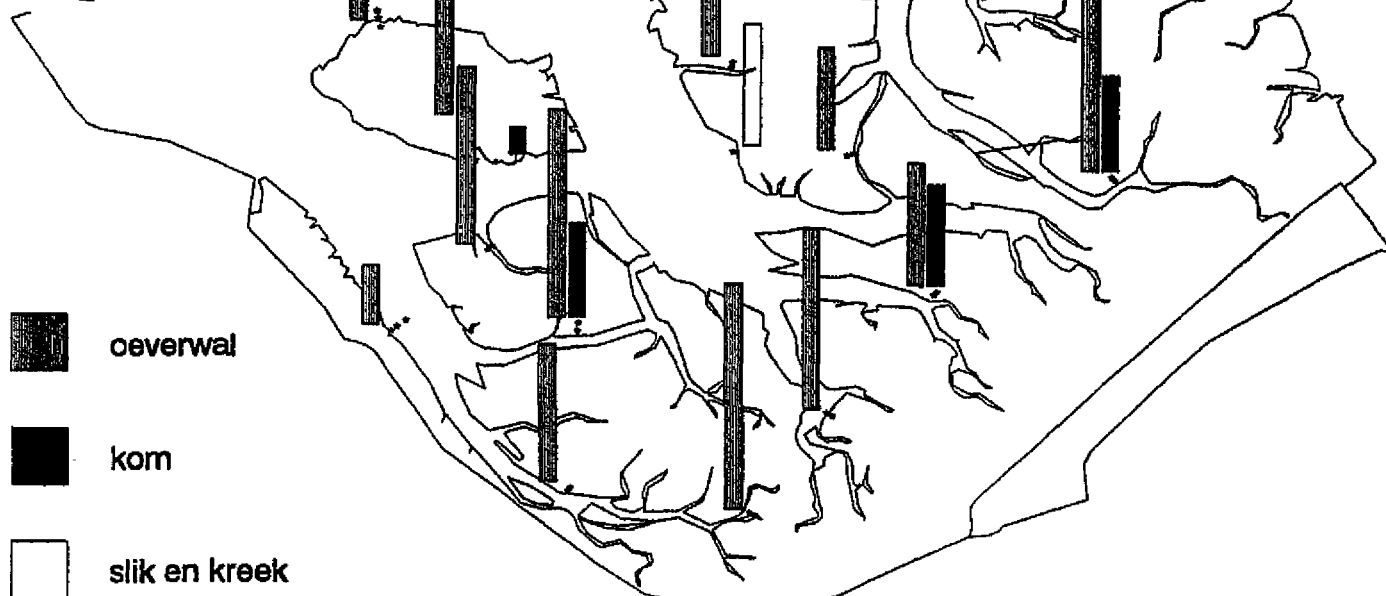
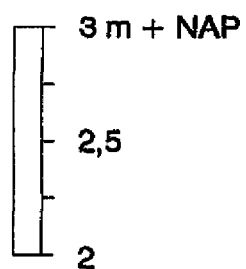
Figuur 6a.

Monsterlokaties Saeftinge

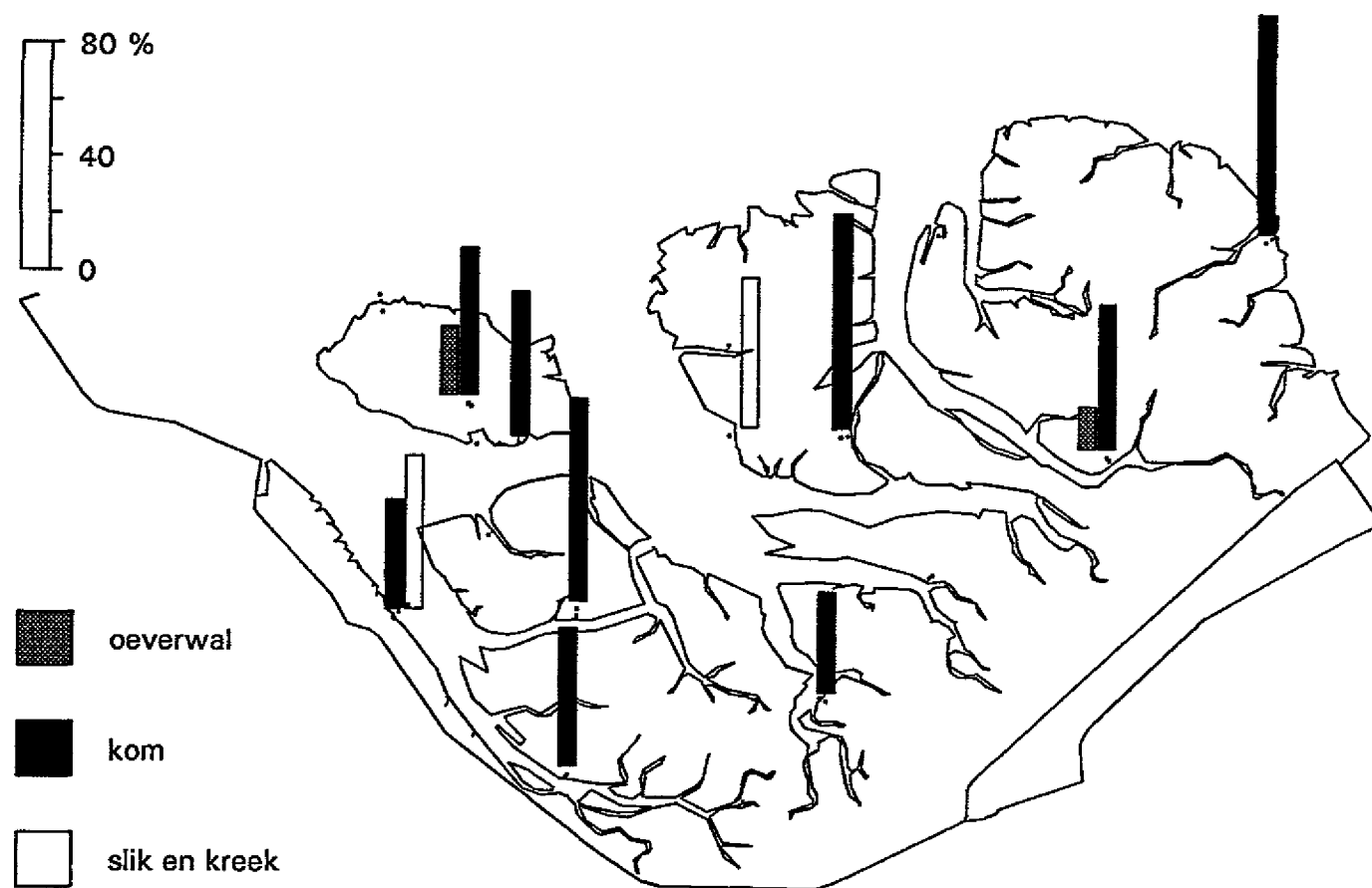


Figuur 6b.

Hoogte (m t.o.v. NAP)



Figuur 7. Oesterlarventest Saeftinge (% PNR)



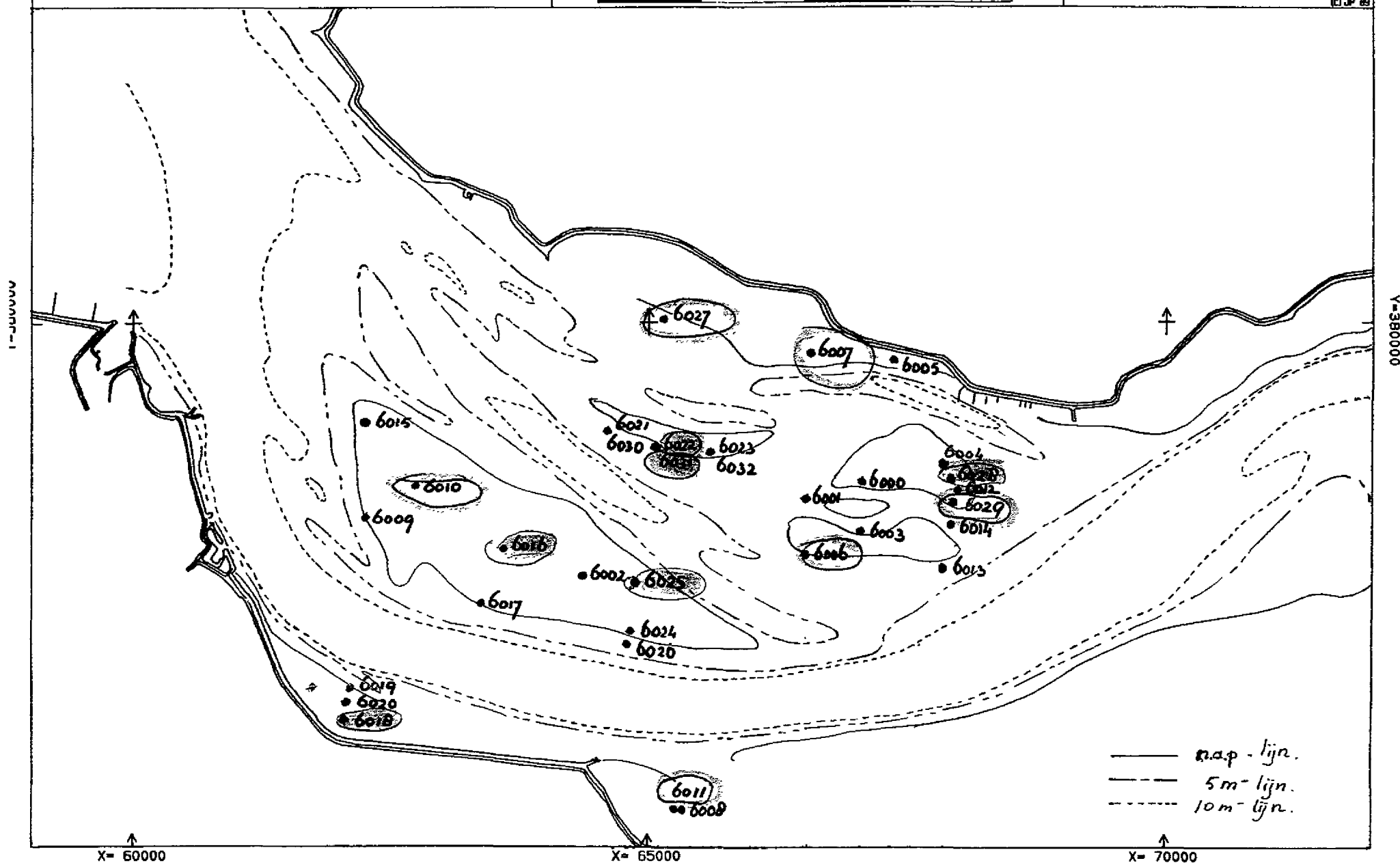
Figuur 8.

Platen van Valkenisse-gebied
punten bodembemonstering

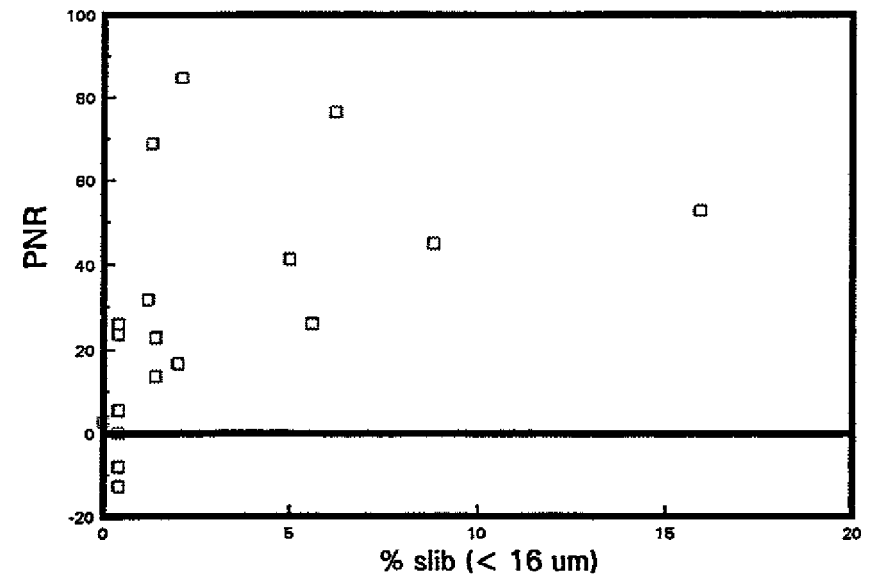
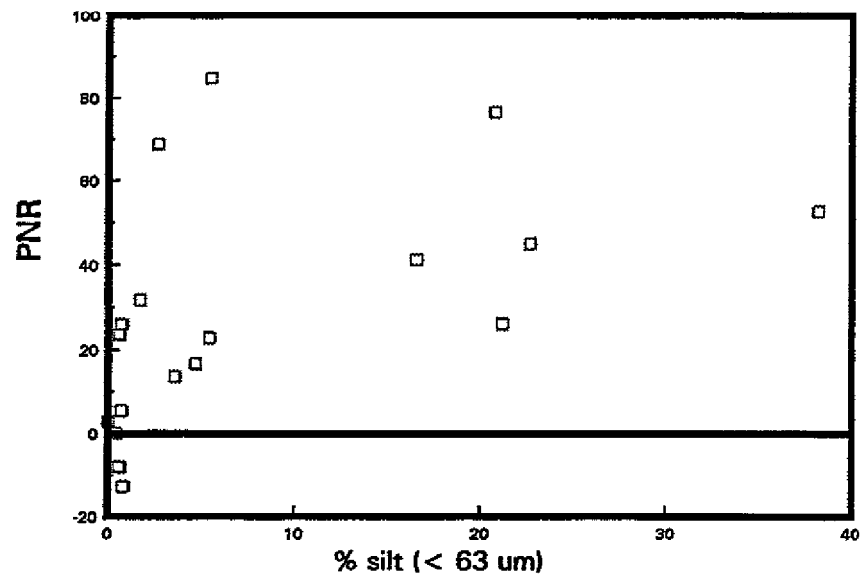
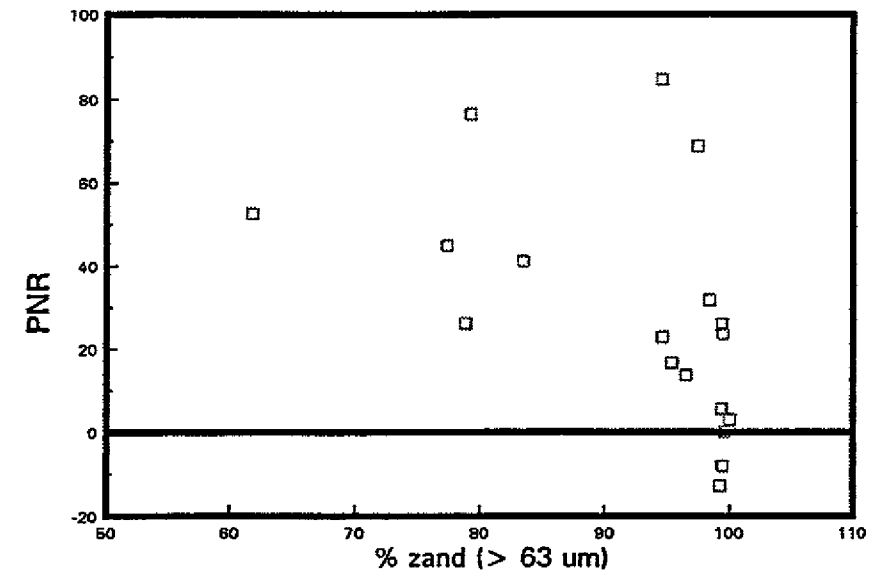
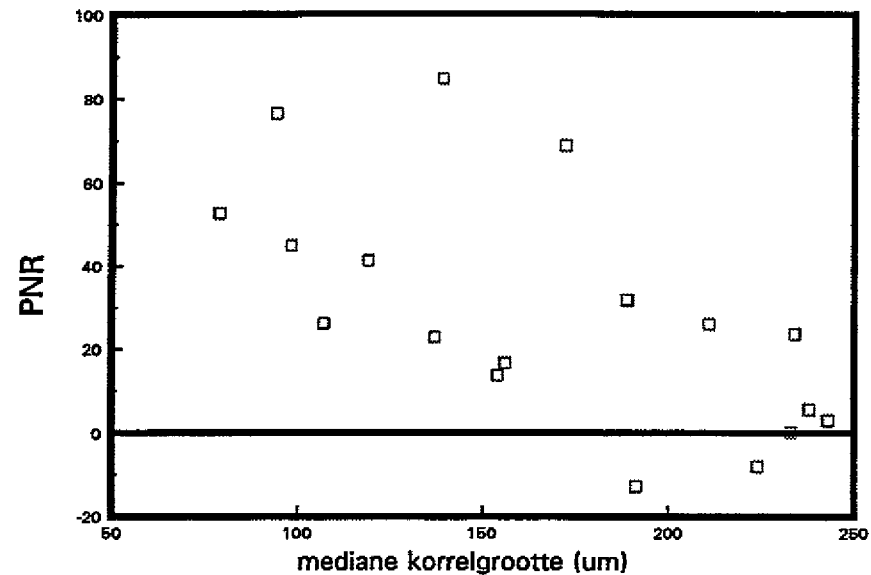
○ locaties oesterlarventest

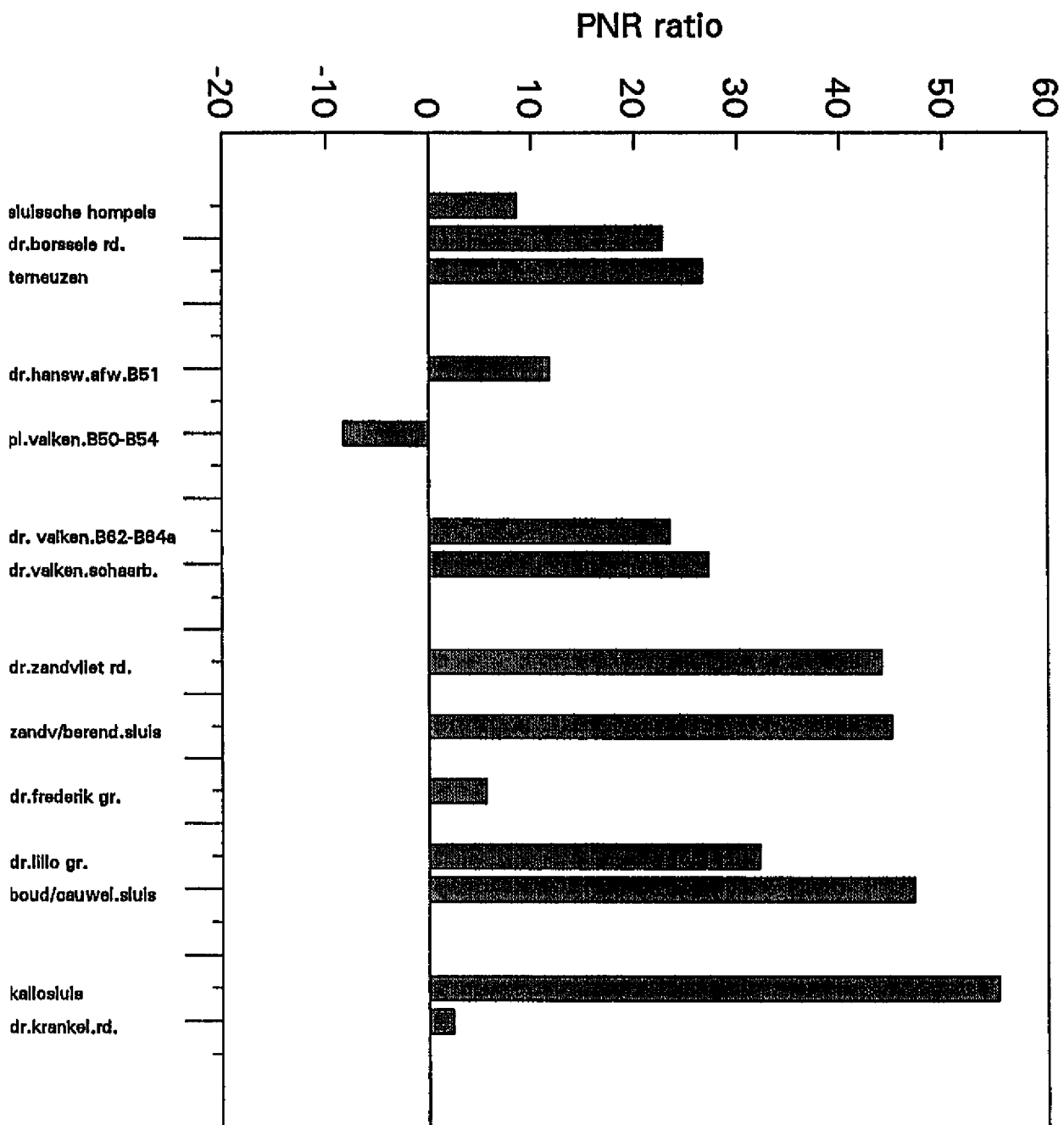
Plot: 31 oktober 1990 9:48 uur
X10= 59000.00 Y10= 375000.00
Rotatie y-as = 0 grad
Schaal 1: 50000

(c) J.P. 89



Figuur 9. Plaat van Valkenisse, 1991, relatie PNR-sedimentkarakteristieken





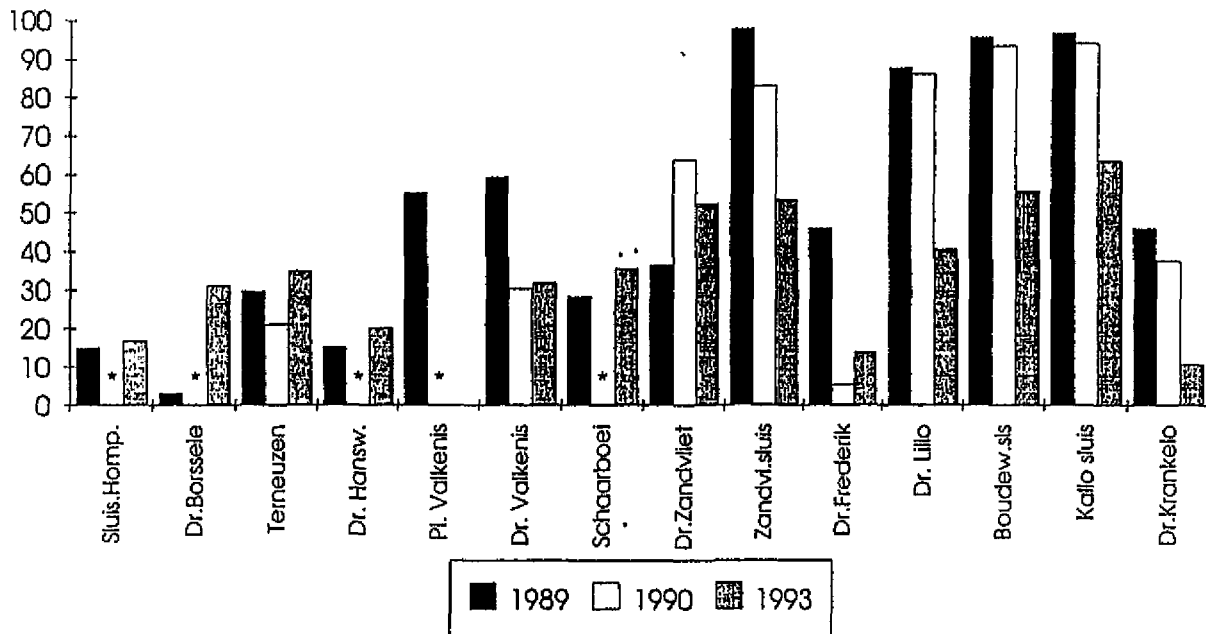
Figuur 10. Oesterlarventest drempels 1993 Schelde-estuarium

BIJLAGE:

Bijlage 1. pagina 14 uit:

Aquasense, 1993. Oesterlarventest op sedimenten uit de Zeeschelde en Westerschelde. Toxiciteit van baggerspecie uit het Schelde estuarium. In opdracht van: Rijkswaterstaat-Directie Zeeland. Rapport 93.0364

Bijlage 1.



Figuur 1. Vergelijking van de oesterlarventesten uitgevoerd op sedimenten uit het Schelde estuarium. Schaalverdeling geeft getransformeerde PNR waarden, * = niet gemeten in 1990.

Uit de figuur komen een aantal opvallende zaken naar voren:

- Hoewel er voor een aantal lokaties een aanzienlijke spreiding is in de resultaten tussen de jaren, lijkt er voor de meeste lokaties toch een duidelijke trend te zijn.
- De toegangseulen naar de sluizen van Zandvliet, Boudewijn en Kallo zijn altijd zeer toxisch, evenals de drempel van Lillo.
- De drempels van Frederik en Krankeloon zijn, hoewel ze in een verontreinigd gebied liggen, bij herhaling maar matig toxisch.
- De lokaties in het mondings-, en middengebied van de Westerschelde (Sluissche Hompels, Drempel van Borssele en Drempel van Hansweert) zijn nooit erg toxisch.
- De lokaties Terneuzen, Drempel van Valkenisse en Drempel van Zandvliet laten bij herhaling een matig toxische respons zien.

Concluderend kan gezegd worden dat de toxiciteit van de sedimenten behoorlijk constant is over de gemeten jaren.