

02936

DI: 501611

DIRECTIE NOORDZEE
BIJLAGE NR. 2563 2002

Potentiële probleemstoffen in de Noordzee

Eindrapportage NZTOXTOP10

Werkdocument RIKZ/OS/2002.607x



Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat
Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ

Potentiële probleemstoffen in de Noordzee

Eindrapportage NZTOXTOP10

Werkdocument
RIKZ/OS/2002.607X



Aan
Projectgroep NZTOXTOP10

Van
H. Klamer
Datum
28 mei 2002
Onderwerp
Eindrapportage NZTOXTOP10

Doorkiesnummer
050 - 5415411
Nummer
RIKZ/OS/2002.607X
Product
NZTOXTOP10, WT*2-BCI

Potentiële probleemstoffen in de Noordzee

Samenvatting

Op verzoek van Directie Noordzee is op tien locaties in de Noordzee het gehalte aan gebromeerde vlamvertragers, Irgarol 1051 en ftalaten in sediment vastgesteld. Tevens is de biologische respons bepaald in testen voor dioxine-type toxiciteit, hormoon-verstorende toxiciteit, genotoxiciteit en breed-spectrum toxiciteit. Ten behoeve van een uitgebreidere beschrijving van de locaties zijn de gegevens aangevuld met analyseresultaten van MWTL (PCBs, PAKs, zware metalen, organotins).

De concentraties van geanalyseerde stoffen zijn over het algemeen laag ten opzichte van (indicatieve) normen of beneden de detectiegrenzen (Irgarol, polybroombiphenyl). Er zijn aanwijzingen dat het gehalte aan Diethylhexylftalaat (DEHP) sterk verhoogd is t.o.v. de geldende norm. Omdat contaminatie met DEHP van de monsters tijdens de voorbehandeling niet uitgesloten kon worden, wordt aanbevolen de monsternamen en analyse te herhalen na validatie van de voorbehandelingsprocedures.

In brongebieden van de Noordzee, met name in de Westerschelde, zijn in andere studies verhoogde gehalten aan gebromeerde vlamvertragers (decabroomdiphenylether, hexabroomcyclododecaan) aangetoond. Aanbevolen wordt om de gehalten in met name kustnabije locaties op de Noordzee te monitoren.

De respons testen voor genotoxiciteit, hormoon-verstorende toxiciteit en breed-spectrum toxiciteit was beneden de detectiegrenzen of anderszins zeer laag. Op alle locaties kon dioxine-type toxiciteit worden aangetoond. Resultaten verkregen met een innovatieve, niet-destructieve zuiveringsmethode gaven een gemiddeld 75 keer hogere respons dan met het protocol voor de beoordeling van baggerspecie. Een belangrijke conclusie hieruit is dat het storten van baggerspecie op grond van beoordeling met het vigerende protocol ertoe kan leiden dat de Noordzee met significant meer dioxine-achtige toxiciteit wordt belast dan aangenomen. Aanbevolen wordt uit te laten zoeken om welke stoffen het hier gaat.

1. Inleiding

In 1999 is in het klantenplan Noordzee aan het RIKZ gevraagd de concentratie van potentiële probleemstoffen op het Nederlandse deel van het Continentale Plat van de Noordzee vast te stellen. Aan deze vraag is invulling gegeven binnen het project NZTOXTOP10; in dit project worden potentiële probleemstoffen gedefinieerd als stoffen die voldoen aan de volgende criteria (zie ook Laane *et al.*, 2001):

- (1) Niet opgenomen in standaard monitoring-studies van RWS;
- (2) Waargenomen tijdens inventariserend onderzoek;
- (3) Waargenomen gehalten mogelijk hoger dan de doelstelling.

Ftalaten, gebromeerde vlamvertragers (biphenylen, diphenylethers en cyclododecaan), en Irgarol 1051 voldoen aan deze criteria en de gehalten moeten daarom worden vastgesteld. Van deze stoffen zijn in het veld de concentraties bepaald. Bij de uitvoering van NZTOXTOP10 aangesloten is bij de standaard MWTL-bemonstering. Hierdoor zijn gegevens m.b.t. gehalten aan PCB's, PAK's, zware metalen en organotins eveneens ter beschikking gekomen. Daarnaast zijn een aantal bioassays uitgevoerd. Potentiële biologische effecten zijn bepaald door de respons van extracten van deze sedimenten te meten na blootstelling in de ER-CALUX, antri-ER-CALUX, DR-CALUX, Microtox en Mutatox en umu-C testen (respectievelijk reagerend op hormoonverstorende stoffen, stoffen met een dioxineachtige toxiciteit, stoffen met een narcosewerking en genotoxische stoffen).

2. Methoden

Tussen februari en mei 2000 zijn oppervlakte sedimenten m.b.v. een boxcore bemonsterd; op elke locatie (Tabel 1) is de bovenste 5 cm van 6 individuele monsters samengevoegd en verder gebruikt als één monster.

Elk monster werd op het RIKZ m.b.v. gestandaardiseerde methoden gezeefd (63µm), gevriesdroogd en gehomogeniseerd (planetenmolen). De te gebruiken analytisch-chemische procedures werden in samenwerking met het project WT*2-BCI gevalideerd vóórdat tot analyse van de 10 sedimenten werd overgegaan. De validatiestudies, uitgevoerd door RIVO (vlamvertragers en CALUX-assays) en IVM (Ftalaten en Irgarol), zijn apart gerapporteerd (Belfroid en Burgers, 2000; Lamoree en van der Horst, 2001; Leonards en van der Veen, 2001a en 2001b; Leonards *et al.*, 2001).

De toxiciteitstesten (Microtox en Mutatox: RIKZ; Umu-C: AquaSense; CALUX: BDS) zijn volgens de meest recente protocollen uitgevoerd. De sedimentextracten t.b.v. de

toxiciteitstesten zijn op dezelfde wijze bereid als de extracten t.b.v. de chemische analyses.

Tabel 1: Locaties oppervlaktebemonstering voorjaar 2000, NZTOXTOP10

Nummer	Locatie	MWTL code	Motivatie
1	Appelzak 20	APPZK20	Nabij uitstroom Schelde
2	Callantsoog 70	CALLOG70	Referentie
3	Goeree 6	GOERE6	Mogelijke TBT-verontreiniging
4	Haringvliet 1	HARVT1	Nabij uitstroom Rijn-Maas
5	IJmuiden, buitenhaven	IJMDBTN1	Uitstroom Noordzeekanaal
6	Noordwijk10	NOORDWK10	Kustzone
7	Oestergronden noord	OESTGDN21	Sedimentatiegebied Noordzee
8	Oestergronden zuid	OESTGDN19	Sedimentatiegebied Noordzee
9	Terheijde 10	TERHDE10	Stroomafwaarts van Loswal Noord
10	Walcheren 70	WALCRN70	Referentie

3. Resultaten en discussie.

In 2001 zijn de gehalten aan vlamvertragers, Irgarol, ftalaten en de respons in de Microtox, Mutatox en umu-C testen afzonderlijk gerapporteerd (Klamer, 2001; Åkerman, 2001). In het voorliggende rapport worden deze resultaten aangevuld met de respons in de DR-CALUX, ER-CALUX en anti-ER-CALUX testen. In de statistische analyse worden de binnen MWTL-kader bepaalde PCB, PAK en zware-metaal gehalten eveneens meegenomen. Tevens is door RIKZ het $\delta^{13}\text{C}$ gehalte van het sedimentaire organische koolstof bepaald, om hiermee een schatting te maken van de bijdrage van het vaste land en van zee aan de recente herkomst van het organisch koolstof (Salomons and Mook, 1982; Klamer *et al*, 1994).

In de bovengenoemde NZTOXTOP10 rapportage (Klamer, 2001) is benadrukt dat de analyse van de ftalaten mogelijk beïnvloed is door contaminatie tijdens monsternamen of monstervoorbewerking (zeven, vriesdrogen). Aanvullend onderzoek zou hier meer inzicht in kunnen geven. Op dit moment blijft de betekenis van de resultaten (waarbij diethylhexylftalaat, DEHP, werd aangetroffen in gehalten tot meer dan 1200 keer de VR), onduidelijk.

3.1 Dioxine-type toxiciteit (DR-CALUX)

In het validatie-onderzoek ten behoeve van de DR-CALUX test is aandacht besteed aan de invloed van de zuivering van het ruwe extract op de respons in de test. Het vigerende RIKZ protocol schrijft voor dat gebruik gemaakt moet worden van een

zogeneten "multi-layer silica kolom". Deze kolom zorgt voor een chemische zuivering waardoor alleen stabiele, vlakke verbindingen (zoals dioxines, dibenzofuranen en vlakke PCB's) in het extract overblijven en aan de test worden aangeboden. In een alternatieve zuiveringsprocedure met Gel Permeatie Chromatografie (GPC; scheiding vindt plaats op basis van fysisch-chemische interacties) worden uitsluitend matrix-componenten (vetten, pigmenten, eiwitten, humusachtige verbindingen) en zwavel verwijderd. In Tabel 2 staan de resultaten van de DR-CALUX analyse van beide typen extracten, uitgedrukt in 2,3,7,8-tetrachloordibenzodioxine-equivalenten (TEQ).

Tabel 2: DR-CALUX TEQ waarden (pg/g droge stof) van op twee manieren gezuiverde extracten van 10 oppervlakte sedimenten (fractie < 63µm) uit de Noordzee (2000), en de ration van deze waarden. Si-TEQ: zuivering m.b.v. multi-layer silica; GPC-TEQ: zuivering m.b.v. Gel Permeatie Chromatografie.

Nummer	Locatie	Si-TEQ	GPC-TEQ	Ratio GPC-TEQ/ SI-TEQ
1	Appelzak 20	15	856	58
2	Callantsoog 70	6	502	86
3	Goeree 6	9	629	68
4	Haringvliet 1	25	968	39
5	IJmuiden, buitenhaven	21	1606	76
6	Noordwijk10	18	1008	55
7	Oestergronden noord	8	1241	150
8	Oestergronden zuid	9	1149	128
9	Terheijde 10	27	1084	40
10	Walcheren 70	11	494	46

De hoogste respons in de 'klassieke' DR-CALUX test (Si-TEQ) wordt waargenomen op Terheijde 10, 'stroomafwaarts' van Loswal Noord, en vervolgens buiten de mondingen van de Rijn/Maas (Haringvliet 1) en het Noordzeekanaal (IJmuiden buitenhaven). In de GPC-gezuiverde extracten wordt de hoogste respons gevonden op locatie IJmuiden, gevolgd door de twee Oestergronden-locaties. In paragraaf 3.3. wordt nader ingegaan op mogelijke oorzaken van deze hoge respons.

Na zuivering op GPC in plaats van op multi-layer silica is de DR-CALUX respons significant hoger ($p < 0.0001$; gemiddelde ratio: 75 ± 37 ; 90-percentiel: 130). Deze extra respons wordt veroorzaakt door onbekende stoffen (anders dan dioxines, dibenzofuranen en PCBs), die, gezien de aanwezigheid in de Noordzee, mogelijk persistent zijn. Nader onderzoek hiernaar is geboden.

3.2 Hormoonverstorende toxiciteit (ER-CALUX en anti-ER-CALUX)

De ER-CALUX test meet de oestrogeen-gemedieerde luciferase activiteit en levert daarmee een maat op voor de aanwezigheid van stoffen met een oestrogene werking (die bij opname in organismen de hormoonbalans kunnen verstoren). In de experimentele anti-ER-CALUX test wordt gekeken naar de aanwezigheid van stoffen (in extracten) die de normale respons in de ER-CALUX test bij blootstelling aan oestradiol verlagen (uitgedrukt in % remming). Dit anti-ER effect kan worden veroorzaakt door veel verschillende, mogelijk α -specifiek werkende stoffen. In Tabel 2 wordt zowel de ER-CALUX als de anti-ER-CALUX respons weergegeven.

Op slechts één locatie kon een respons in de ER-CALUX test gemeten worden (IJmuiden buitenhaven); alle andere locaties gaven een respons beneden de detectiegrens of een respons niet met voldoende betrouwbaarheid gekwantificeerd kon worden.

Tabel 2: ER-CALUX respons (fmol oestradiol equivalenten (EEQ) /g droge stof) en anti-ER respons [%] van extracten van 10 oppervlakte sedimenten (fractie < 63 μ m) uit de Noordzee (2000).

Nummer	Locatie	ER-CALUX [fmol EEQ/g]	Anti-ER-CALUX [% remming (stdev)]
1	Appelzak 20	n.d. ^a (<8.7)	88 (2)
2	Callantsoog 70	n.d. ^a (<9.3)	83 (14)
3	Goeree 6	n.q. ^b (<26)	52 (6)
4	Haringvliet 1	n.q. ^b (<27)	89 (20)
5	IJmuiden, buitenhaven	250	59 (6)
6	Noordwijk10	n.d. ^a (<7.1)	56 (6)
7	Oestergronden noord	n.q. ^b (<27)	42 (13)
8	Oestergronden zuid	n.d. ^a (<7.1)	97 (6)
9	Terheijde 10	n.d. ^a (<7.5)	90 (3)
10	Walcheren 70	n.d. ^a (<16)	85 (12)

^a Respons was beneden de detectielimiet. De gerapporteerde waarde is de detectielimiet, gecorrigeerd voor de hoeveelheid geëxtraheerd sediment.

^b Respons was meetbaar, maar kon niet gekwantificeerd worden omdat de respons tussen de detectiegrens en kwantificatiegrens lag. Gerapporteerd is de hoogste waarde (kwantificatiegrens), gecorrigeerd voor de hoeveelheid geëxtraheerd sediment.

De respons in de anti-ER-CALUX lijkt hoog. De respons correleert echter met geen enkele andere parameter: noch met een respons in een andere bioassay, nog met een van de gemeten contaminanten.

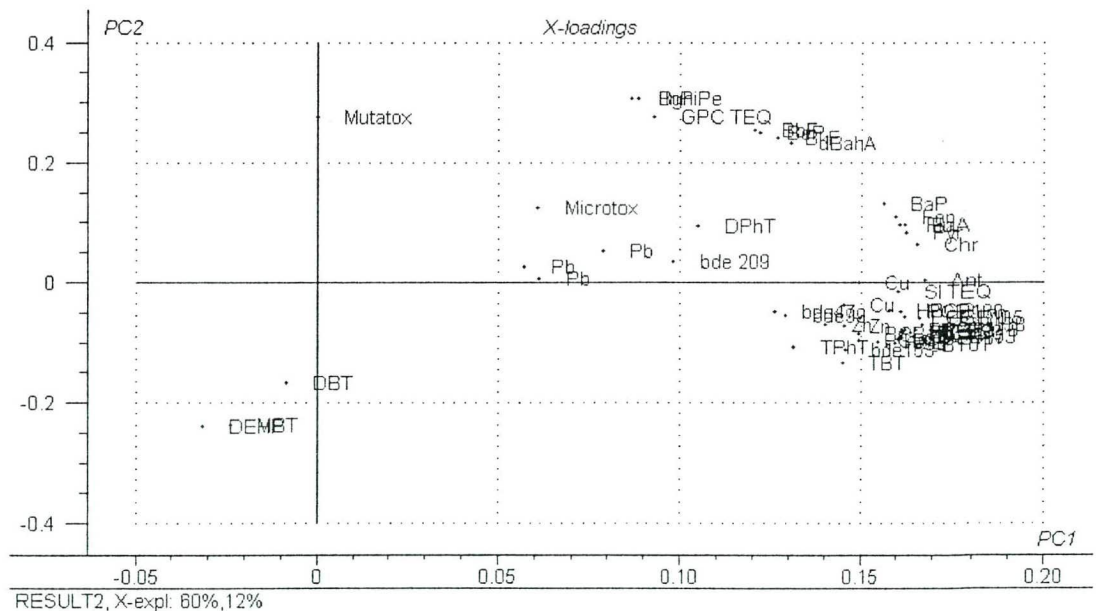
3.3 Statistische evaluatie

Om mogelijke correlaties tussen parameters te ontdekken en om een overzicht te krijgen van de variatie in de gegevens is Principal Component Analysis (PCA) gebruikt. De contaminant gegevens zijn op organisch koolstof basis uitgedrukt waarna zogenaamde *loading* en *score* plots zijn gemaakt.

Een *loading plot* geeft informatie over de spreiding van de resultaten voor elke parameter. Hoe groter de afstand van een parameter tot het middelpunt (0,0) hoe groter de spreiding in de resultaten tussen de monsters is. De loading plot geeft tevens informatie over mogelijke correlaties tussen parameters. Als parameters in hetzelfde kwadrant of langs dezelfde as liggen dan is er een positieve correlatie tussen de parameters aanwezig.

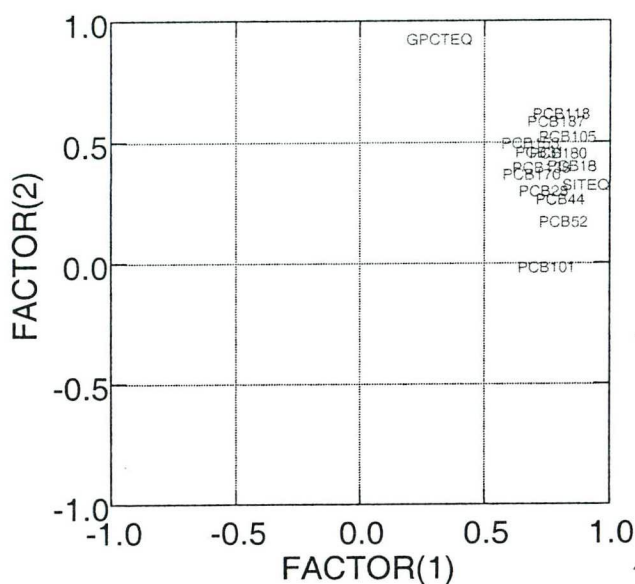
Een *score plot* geeft informatie over de mate van spreiding van de parameters voor elk monster. Een monster dat ver weggelegen is van het middelpunt heeft veel spreiding in de resultaten. De ligging van de monsters in de score plot kan vergeleken worden met de ligging van de parameters in de loading plot en op deze manier kan een correlatie tussen parameters en een monster worden gelegd.

In Figuur 1 is de loading plot te zien van de resultaten van in dit onderzoek gemeten parameters. Figuur 2 geeft hiervan een detail inzicht voor uitsluitend de PCB-gehalten en de DR-CALUX respons (Si-TEQ en GPC-TEQ), waardoor gevolgen van methodische verschillen duidelijk worden.



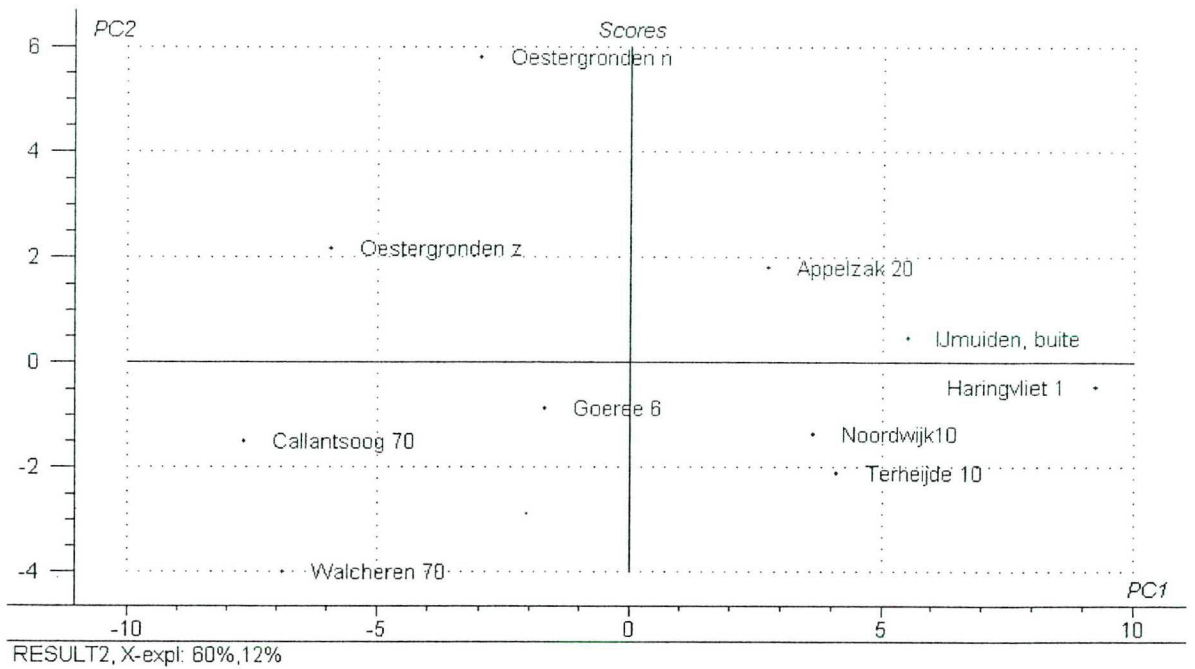
Figuur 1: Loading-plot na Principal Component Analyse van de chemische en toxicologische bepalingen in 10 Noordzee oppervlakte-sedimenten.

Te zien is dat GPC-TEQ positief gecorreleerd is aan PAK's (Figuur 1; vooral de hoge MW PAK's) en dat Si-TEQ gecorreleerd is aan PCB's. (Figuur 2). Dit is goed te verklaren uit het feit dat sedimentextracten opgewerkt met de GPC-methode een veel breder scala aan verbindingen bevatten (waaronder PAK's), dan met de Si-methode waarin alleen persistent verbindingen zoals PCB's en dioxinen aanwezig zijn.



Figuur 2: Loading plot na Principal Component Analyse van uitsluitend de GPC-TEQ en SI-TEQ resultaten en de PCB-analyses.

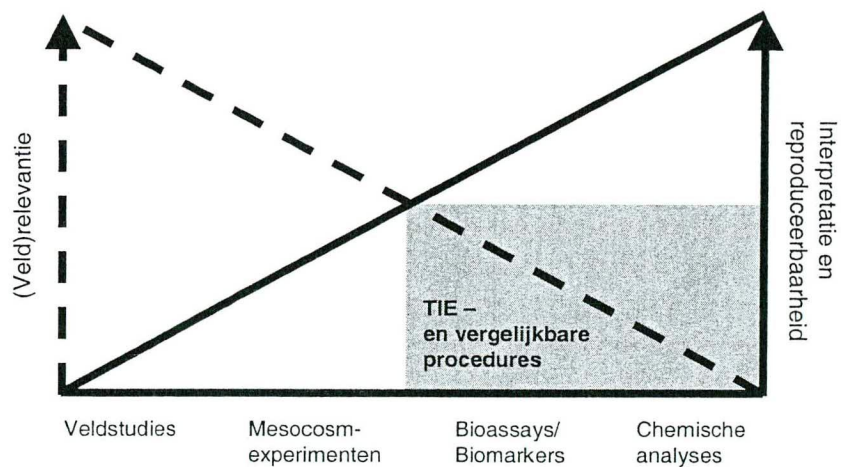
Regionale verschillen komen tot uitdrukking in de score plot (Figuur 3), waar na vergelijking met de loading plot (Figuur 1) te zien is dat in het Oestergronden Noord-monster relatief verhoogde gehalten aan hoge MW PAK's worden gevonden en dat het een relatief hoge Mutatox respons bezit. Eerder onderzoek van Klamer *et al.* (1990) wees op de relatie met de mogelijke Engelse herkomst van het sediment uit de noordelijke Oestergronden. De $\delta^{13}\text{C}$ metingen gaven hierbij in het huidige onderzoek geen verdere aanwijzingen. Haringvliet, IJmuiden, Appenzak, Terheijde 10 en Noordwijk liggen bij elkaar als gevolg van verhoogde PCB, PAK, organotin en BDE-209 gehalten. Walcheren en Callantsoog liggen apart als gevolg van relatief hoge MBT en DBT gehalten. Vanwege de ligging van deze locaties t.o.v. de kust en het stromingspatroon in de Zuidelijke Bocht is het minder waarschijnlijk dat afbraak van kustnabij TBT deze gehalten aan TBT-metabolieten kan verklaren.



Figuur 3: Score-plot na Principal Component Analyse van de chemische en toxicologische bepalingen in 10 Noordzee oppervlakte-sedimenten. Zie Tabel 1 voor een omschrijving van de locaties.

3.4 De respons in de DR-CALUX assay : Si-TEQ versus GPC-TEQ.

Bioassays als de DR-CALUX hebben hun specifieke plaats in het RIKZ-onderzoek waarin vanuit effectstudies gezocht wordt naar de stoffen (stofgroepen) die daadwerkelijk het effect veroorzaken. Tevens wordt de ecologische relevantie van *in vitro* assays bestudeerd: Schema 1.



Schema 1: De relatie tussen veldrelevantie en interpreteerbaarheid van waarnemingen. Door het slaan van (interpretatie-)bruggen tussen naburige model-systemen (veldstudie, mesocosm, biologische toets, chemische analyse) wordt zowel de veldrelevantie als de interpreteerbaarheid van de waarneming verhoogd.

Het vóórkomen in extracten van stoffen ("*chemische analyses*") die een respons in DR-CALUX assay veroorzaken ("*bioassays*") en die mogelijk meer of minder persistent zijn ("*veldstudies*" en "*mesocosm*") biedt in beginsel aanknopingspunten om oplossingsgericht onderzoek en, op basis daarvan, brongericht beleid te formuleren. Ten behoeve van het voorliggende probleem zou aanvullend onderzoek zich daarom moeten richten op

- (1) de persistentie *onder (semi-) veldomstandigheden* van de DR-CALUX respons van GPC-gezuiverde extracten en
- (2) de identiteit en herkomst van de respons-veroorzakende stoffen.

4. Conclusies en aanbevelingen.

Volledigheidshalve worden in dit hoofdstuk als eerste de conclusies uit de tussenrapportages herhaald.

4.1 Conclusies en aanbevelingen uit de rapportage van chemische analyses (Klamer, 2001).

- Ftalaten

Op basis van de resultaten van deze studie wordt aanbevolen de analyse van ftalaten te herhalen, waarbij de monstervoorbehandeling door RIKZ en IVM apart wordt uitgevoerd. Indien de resultaten van de huidige studie worden bevestigd wordt aanbevolen ftalaten op te nemen in monitoringsprogramma's om zodoende het eventuele verloop in gehalten te kunnen vaststellen.

- Irgarol

Gezien de overschrijding van de MTR-water van Irgarol op diverse zoetwater-locaties wordt aanbevolen de komende tijd de gehalten van Irgarol in sediment te volgen.

- Gebromeerde vlamvertragers

Verhoogde gehalten aan verschillende gebromeerde vlamvertragers (met name decabroomdiphenylether en hexabroomcyclododecaan) in sediment en zwevend stof van de Westerschelde geven eveneens aanleiding tot het volgen van de ontwikkeling van de gehalten van dit type stoffen in kustnabije locaties.

4.2 Conclusies uit de rapportage van acute toxiciteit en genotoxiciteit (Åkerman, 2001)

De respons in de Microtox® test op locaties langs de kust ligt gemiddeld iets hoger dan bij locaties verder van de kust (Oestergronden, Callantsoog 70 en Walcheren 70), waarbij Noordwijk 10 een uitzondering vormt. De verschillen zijn echter klein. Alle locaties in dit onderzoek gaven een respons in de directe uitvoering van de Mutatox test. Met uitzondering van twee locaties lag de LOEC van de extracten rond de 9 gram/l. Bij deze hoge extract-concentraties wordt de vitaliteit van de cellen dermate aangetast dat een eventuele genotoxische respons nauwelijks waarneembaar en relevant is. De LOEC van de locaties Callantsoog 70 en Oestergronden zuid ligt een factor 2-3 lager, maar de genotoxische respons van deze twee locaties blijft laag. In de S9-versie van de test werd geen respons gevonden.

In de UmuC-test zijn, in tegenstelling tot de Mutatox test, geen van de locaties genotoxisch bevonden. Dit duidt erop dat de UmuC-test een kwalitatief minder gevoelige test is dan de Mutatox test, wat in overeenstemming is met recentelijk uitgevoerd onderzoek test (AquaSense, 2001b). Vanwege de lage respons van de extracten in de Mutatox test, was een negatieve respons van de extracten in de UmuC-test te verwachten.

4.3 Eindconclusies en aanbevelingen

Het project NZTOXTOP10 heeft sterk kunnen profiteren van de vrijwel gelijktijdige uitvoering van belangrijke onderdelen van het RIKZ WONS-project WT*2-BCI. In enkele gevallen is de planning van WT*2-BCI én NZTOXTOP10 bijgesteld om de gemeenschappelijke belangen van beide projecten beter te kunnen behartigen. Dit heeft er toe geleid dat alle analytisch-chemische procedures zijn gevalideerd voor zowel de chemische analyses als de relevante onderdelen van de bio-assays. Met name de DR-CALUX test heeft hiervan geprofiteerd omdat voor het eerst sinds de ontwikkeling van de DR-CALUX test de omzetting van het gezuiverde sedimentextract naar DMSO en de toediening hiervan aan het assay zijn gevalideerd.

De concentraties op de Noordzee van de in dit onderzoek geanalyseerde potentiële probleemstoffen zijn over het algemeen laag ten opzichte van (indicatieve) normen, al zijn er stoffen waar de aandacht op gevestigd moet blijven: vlamvertragers en ftalaten. Ook de respons in de bioassays Microtox, Mutatox, umu-C en ER-CALUX was laag; de respons in de experimentele anti-ER-CALUX test leek hoog maar kon niet gekoppeld worden aan één van de andere onderzochte parameters.

De dioxine-type toxiciteit van GPC gezuiverde extracten in de DR-CALUX test verdient nader onderzoek, omdat deze fors én significant hoger is dan de respons die bepaald

kon worden bij toepassing van het vigerende (en in de beoordeling van baggerspecie enige toegestane extractie en opwerkings) protocol. Het storten van baggerspecie op grond van beoordeling met het vigerende protocol kan er hierdoor toe leiden dat de Noordzee met significant meer dioxine-achtige toxiciteit wordt belast dan aangenomen.

5. Referenties

- Åkerman, J. (2001).** *Acute- en genotoxiciteit van oppervlakesedimenten uit de Noordzee.* RIKZ Werkdocument RIKZ/OS/2001.610x
- AquaSense (2001).** *Toepasbaarheid van genotoxiciteitstesten voor beoordeling van sedimenten: Onderlinge vergelijking van Mutatox[®] en Umu-C test.* Amsterdam.
- Belfroid, A.C. en I. Burgers (2000).** *Validatie ftalatenalyse in sediment.* IVM, Rapport W-01/26.
- Houtman, C. (2002).** Verslag begeleidingscommissievergadering ER-CALUX TIE project. IVM.
- Klamer, J.C. (2001).** *Potentiële probleemstoffen in oppervlakesedimenten van de Noordzee. Gebromeerde vlamvertragers, ftalaten en Irgarol 1051.* RIKZ Werkdocument RIKZ/OS/2001.609x.
- Klamer, H.J.C., R. van Zoest, R.W.P.M. Laane, & B.T.M van Eck (1994).** *Estuaries as a filter for organic micropollutants: a case study of PCBs in the Rhine and Scheldt. In: Changes in fluxes in estuaries: Implications from Science to Management.* ECSA 22/ERF. Dyer, K.R. and R.J. Orth (Eds.), Olsen & Olsen, Fredensborg, pp.121-124.
- Klamer, J.C., R.N. Hull, R.W.P.M. Laane and D. Eisma (1990).** The distribution of heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments of the Oyster Grounds (North Sea). *Neth. J. Sea Res.* 26(1), 83-87.
- Laane, R.W.P.M., E. Yland, J. Pijnenburg, G. Groeneveld, A. de Vries (2001).** *Selectie potentiële probleemstoffen voor de Noordzee. Stand van zaken & analyse maart 2001.* RIKZ/2000.034
- Lamoree, M.H en A. van der Horst (2001).** *Validatie van de analyse van Irgarol in mariene sediment.* IVM, Rapportnummer W-01/25.
- Leonards, P.E.G., I. van der Veen (2001a).** *Validatie van een GPC-procedure voor de opzuivering van sedimentextracten.* RIVO, Rapport C077/01
- Leonards, P.E.G., I. van der Veen (2001b).** *Chemische validatie van analysemethoden in sediment voor de toepassing van de DR-CALUX.* RIVO, Rapport C076/01.

Leonards, P.E.G., M. Lamoree, P. Booy, A. van der Horst, I. Van der Veen (2001).
Validatie van analysemethoden in sediment voor de toepassing van de ER-CALUX en de DR-CALUX en de bepaling van milieucontaminanten in sediment. RIVO.IVM
Rapport C078/01.

Salomons, W. and W.G. Mook (1982). *Natural stable isotopes transport studies.*
Waterloopkundig Laboratorium, notanr. 271, 52 pp.

