

ERASES

ecotoxicologische risico-analyse

Schelde-estuarium:

het model

Werkdocument RIKZ/AB-95.835x
B.J. Kater
juni 1995

Werkdocument

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Rijksinstituut voor Kust en Zee / RIKZ

Aan

project SCHOON

Van

B.J. Kater

Datum

12 juni 1995

Nummer

RIKZ/AB-95.835x

Onderwerp

ERASES-werkdocument 3

Doorkiesnummer

299

Bijlage(n)

-

Project

SCHOON

Inhoudsopgave

1. Inleiding	2
2. Het model ERASES	2
3. Het waterkwaliteitsmodel Schelde-estuarium	4
4. Kern van het ERASES-model	4
5. De modelschil SENECA	4
6. Het gebruik van het model	5
6.1 Koppeling met het waterkwaliteitsmodel	5
4.2 Gebruik van SENECA	5
7. Voorbeeld van een toepassing	6
8. Literatuur	12

Vestiging Middelburg

Postbus 8039, 4330 EA Middelburg

Bezoekadres Grenadierweg 31

Telefoon 01180-72200

Telefax 01180-16500

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

1. Inleiding

In het Indicatief Meerjaren Programma Milieubeheer 1986-1990 is de risicobenadering als beleidskader geïntroduceerd. Uitgangspunt van het milieubeleid is het streven naar een duurzame ontwikkeling waarbij mensen, dieren, planten, ecosystemen en goederen worden beschermd. Het milieubeleid kent voor de concretisering voor deze doelen een twee sporen van beleid, het brongerichte en het effectgerichte beleid. Uitgangspunt van het brongericht beleid is dat onnodige milieuverontreiniging wordt voorkomen. Uitgangspunt van het effectgericht beleid is dat de kans op nadelige effecten voor mensen, dieren, planten, ecosystemen, milieufuncties en goederen verwaarloosbaar is. De risicobenadering treedt niet in plaats van het brongericht beleid, maar vormt de grondslag voor het effectgericht beleid en is de maatlat om de nadelige effecten van milieubelasting te kunnen vaststellen en voorspellen. Voor risico's voor ecosystemen wordt er vooralsnog van uitgegaan dat de functie van het ecosysteem wordt beschermd als er voor 95% van de soorten geen nadelige effecten zijn. (Min. VROM, 1989)

In de afgelopen jaren zijn diverse methodes ontwikkeld om het eco(toxico)logische risico van stoffen te berekenen uit ecotoxicologische gegevens. Op advies van de Gezondheidsraad (1988) wordt in Nederland een aangepaste versie van de "Methode van Straalen" toegepast om de concentratie van contaminanten te schatten waarboven er een reële kans op effecten op ecosystemen bestaat.

In de context van milieubescherming in Westerschelde gaat het bij risico analyse om de relatie tussen de concentratie van een verontreinigende stof in het water en de kans op een onacceptabele ecologische schade.

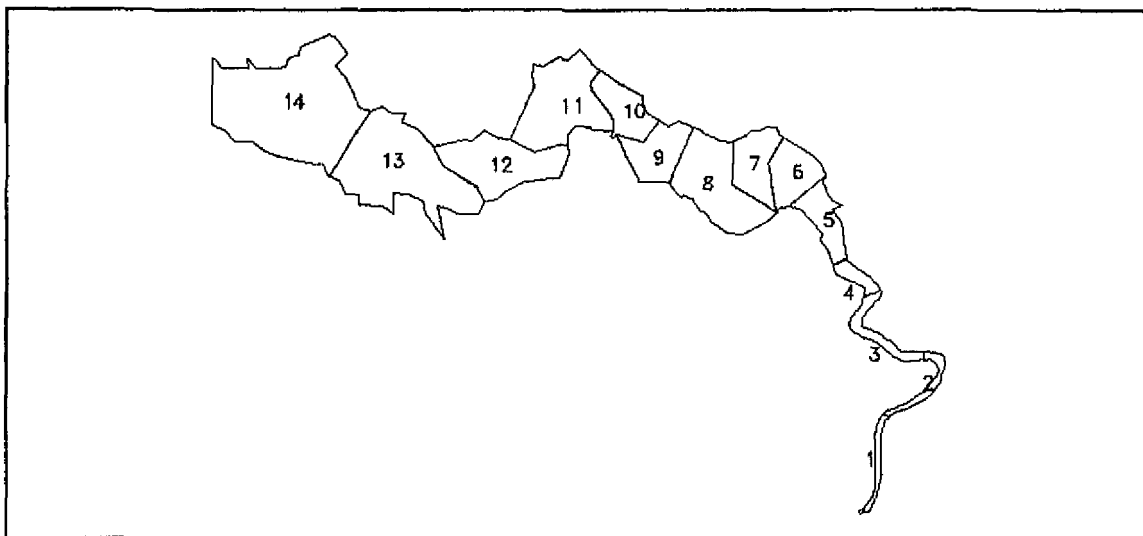
In het kader van het project SCHOON (product KK4, SCHOON, 1995) wordt een instrumentarium ontwikkeld wat op basis van de "Inverse methode van Straalen" het ecotoxicologisch risico berekend. Dit risico wordt gedefinieerd als de kans dat een willekeurig organisme in (een deel van) de Westerschelde effect ondervindt van een bepaalde concentratie. Het instrumentarium wordt gekoppeld aan het waterkwaliteitsmodel Schelde-estuarium (WL, 1991; Kater, 1994). Daarmee wordt het mogelijk om bij het berekenen van beleidsalternatieven op het gebied van waterkwaliteit (bijvoorbeeld Lefèvre et al., 1995) ook uitspraken te doen omtrent het effect van een alternatief op het ecosysteem.

2. Het model ERASES

ERASES staat voor Ecotoxicologische Risico Analyse Schelde-ESTuarium. Doel van het model is om bij een gegeven stofconcentratie in het water het ecotoxicologisch risico te berekenen. De kans die door ERASES wordt berekend geeft weer hoe groot de kans is dat een willekeurige soort uit het ecosysteem effect ondervindt. Deze kans is gelijk aan het percentage soorten dat het effect ondervindt.

Als effect is gekozen voor het geen-effect niveau (NEC). De gebruiker van het model kan kiezen uit het effect op de reproductie of het effect op sterfte.

Het model is een dynamisch model in tijd en in ruimte. Wat betreft de tijd berekent het model het risico gedurende het jaar aan de hand van de door het jaar heen variërende metaalconcentraties. Qua ruimte sluit het model aan bij de compartimentering van het waterkwaliteitsmodel. Deze compartimentering is te zien in figuur 1. Voor ieder modelcompartiment wordt een apart risico berekend.



Figuur 1: Compartimentering van het Schelde-estuarium/

In deze eerste fase beperkt het ERASES-model zich tot de vier zware metalen die in het waterkwaliteitsmodel Schelde-estuarium zijn gemodelleerd, namelijk cadmium, koper, zink en chroom.

Uitbreiding van het model kan naar vele kanten plaats vinden:

- Het aantal stoffen kan uitgebreid worden met de in IMPAQT gemodelleerde organische microverontreinigingen PCB-52, PCB-153, benzo(a)pyreen, fluorantheen en lindaan. Ook kan uitbreiding plaatsvinden met de in LIFE kader aan het model toegevoegde pesticiden en gewasbeschermingsmiddelen.
- Er kan doorvergiftiging naar hogere trofische niveaus (vogels) worden ingebouwd.
- Het risico kan op diverse manieren worden uitgedrukt, zo kan bijvoorbeeld de optie worden toegevoegd om uit te rekenen in welk percentage oppervlakte van de Westerschelde een bepaalde drempelwaarde (norm) wordt overschreden. Zie hiervoor bijvoorbeeld Schobben et al. (1992).
- Gepoogd kan worden het risico in één risicogetal te formuleren.
- Tevens kan gecorrigeerd gaan worden voor aspecten als zout, temperatuur, biologisch beschikbare fractie. Zout bijvoorbeeld is niet door het gehele estuarium constant en kan een grote invloed op de NEC hebben.

3. Het waterkwaliteitsmodel Schelde-estuarium

Het waterkwaliteitsmodel Schelde-estuarium is een één-dimensionaal, deterministisch en dynamisch model dat uit opgegeven belastingen de waterkwaliteit in het Schelde-estuarium berekent. Het model beslaat het gebied tussen de lijn Vlissingen-Breskens en de plaats waar de Rupel de Schelde instroomt bij de Belgische plaats Rupelmonde. Om modelleren mogelijk te maken is dit gebied verdeeld in een veertiental homogeen veronderstelde compartimenten (figuur 1).

De uitvoer van het model bestaat uit concentraties en fluxen per modelcompartiment. Via een eenvoudige input-output koppeling worden de concentraties geschikt gemaakt voor gebruik in ERASES.

4. Kern van het ERASES-model

Het ERASES-model berekent het milieurisico van de concentraties van stoffen in het water. Dit gebeurt aan de hand van de "inverse methode van Straalen". De kern van het model wordt gevormd door de volgende formule (Van Straalen, 1991):

$$\delta = [1 + \exp(\frac{\pi(x_m - \ln C)}{s_m \sqrt{3}})]^{-1} \quad (1)$$

waarin:

- δ : het milieu risico
- exp: exponent
- π : het getal π (3.14..)
- x_m : gemiddelde van de effectconcentraties
- s_m : standaarddeviatie van de effectconcentraties
- C: concentratie stof

x_m en s_m zijn geschat aan de hand van de gegevens uit de database ERDATA (Kater, 1995a). Een beschrijving van het schatten van de parameters wordt gegeven door Kater (1995a).

C kan beschouwd worden als een forcing function voor het model. Het verloop van de concentratie door het jaar wordt uitgerekend door het waterkwaliteitsmodel Schelde-estuarium (zie 3). Via het programma ERMETAL wordt de uitvoer van het waterkwaliteitsmodel omgezet in invoer voor ERASES.

5. De modelschil SENECA

ERASES is ondergebracht in de modelschil SENECA 2.0 (de Hoop et al., 1992). SENECA is een software pakket dat is ontworpen om simulatiemodellen te ontwerpen en gebruiken. SENECA handelt daarbij alle technische details van programmering af, zodat de gebruiker zich op het model zelf kan concentreren.

In feite is SENECA ontwikkeld om modellen met differentiaal vergelijkingen in onder te brengen. ERASES kent echter geen differentiaal vergelijkingen.

De gebruikte formulering voor milieurisico kan echter als differentie vergelijking worden opgevat, en door SENECA berekend worden. Kater (1995b) heeft laten zien dat het daarbij het veiligste is om als oplosmethode Runga-Kutta in plaats van Euler te kiezen. De kans oplossingsfouten is dan het kleinste.

6. Het gebruik van het model

6.1 Koppeling met het waterkwaliteitsmodel

Het model ERASES wordt als module in de menu schil van het waterkwaliteitsmodel ingebouwd. Wanneer een run met dit model is gedaan wordt deze over het algemeen gearchiveerd. De run waarvan een risico analyse gedaan moet worden moet met deze archiveringsfunctie opgehaald worden, zie verder de handleiding van het waterkwaliteitsmodel (Kater, 1993).

Na het ophalen van de juiste run moeten de opgeloste metaalconcentraties uit het waterkwaliteitsmodel gegenereerd worden. Hiervoor wordt de .map file die uit de run met het waterkwaliteitsmodel komt aangeboden aan het programma ERMETAL. Dit kan door in de menuschil de optie "Genereer forcing function metalen" te kiezen. Het programma ERMETAL genereert voor ieder gemodelleerd metaal een matfile: chroom.mat, koper.mat, zink.mat en zink.mat en cadmium.mat.

4.2 Gebruik van SENECA

Voor het gebruik van ERASES in SENECA is enige kennis van SENECA noodzakelijk. Deze kennis wordt hier niet beschreven, hieronder staan slechts de acties die voor het draaien met ERASES van belang zijn.

Na het genereren van de forcing function files kan met de optie "SENECA" SENECA worden gestart.

De files met de gegevens uit het waterkwaliteitsmodel moeten via de forcing function optie in SENECA gekoppeld worden aan het model (SENECA - MODEL - FORCING - SPECIFY). Dit moet voor alle metalen in alle compartimenten gebeuren.

Vervolgens moeten de populatieparameters worden ingesteld. In de file erases.par (SENECA - VARIABLES & PARAMETERS - CHANGE) staan deze parameters. Gekozen kan worden uit de populatieparameter reproductie (0) of sterfte (1).

Zijn de instellingen naar wens ingevuld, dan moet de juiste periode voor de run worden ingevuld (SENECA - RUN SINGLE - RUN PARAMETERS), waarna het model gedraaid worden en de milieurisico's berekend (SENECA - RUN SINGLE - EXECUTE).

SENECA genereert figuren en tabellen. Deze laatste kunnen naar een spreadsheetprogramma als LOTUS-123 worden geëxporteerd en daar verder bewerkt.

7. Voorbeeld van een toepassing

Voor het jaar 1990 is met het waterkwaliteitsmodel uit de geschatte belastingen de waterkwaliteit berekend. Uit het model zijn de opgeloste concentraties van cadmium, koper, zink en chroom geïmporteerd in ERASES. Aan de hand van de concentraties is een risico analyse voor 1990 uitgevoerd. De gebruikte populatieparameter is reproductie. Op volgende bladzijden worden de resultaten van de analyse gepresenteerd.

Per metaal zijn twee figuren en een tabel gemaakt. De histogram geeft per modelcompartiment (zie figuur 1) het maximale risico dat in dat compartiment in 1990 is voorgekomen weer. Dit risico is uitgedrukt in %. De tabel geeft per modelcompartiment het gemiddelde risico van 1990 weer. De lijndiagram tenslotte geeft het verloop van het risico door het jaar heen weer van het compartiment waar het maximale risico het grootste was.

Behalve voor de waterconcentraties in 1990 zijn ook de risico's berekend die horen bij de normen voor opgeloste metalen in water (MILBOWA, 1991). Tabel 1 geeft een overzicht.

Tabel 1: Risico's (%) behorende bij de normen voor opgeloste metalen.

stof	grenswaarde	streefwaarde
cadmium	0.0130	0.00188
koper	0.5821	0.3628
zink	0.1365	0.1365
chroom	0.1028	0.01742

Cadmium:

Het risico voor cadmium varieert tussen de 0 en 0.06%. Dit wil zeggen dat de kans dat een willekeurige soort uit het ecosysteem in het Schelde-estuarium minder reproduceert vanwege de cadmiumconcentratie in het water tussen de 0 en de 0.06% ligt.

Het risico voor cadmium is het hoogste in modelcompartiment vijf, het maximum wordt bereikt in november. Andere modelcompartimenten met een hoog risico zijn 4, 6 en 7.

Alleen in modelcompartiment 1 is het risico lager dan het risico dat de grenswaarde voor cadmium geeft, nergens wordt het risico lager dan het risico dat de streefwaarde geeft.

Alhoewel de risico's klein lijken, liggen ze boven het risico dat door de norm wordt aangegeven.

Koper:

Het risico voor koper varieert tussen de 0 en 3.5%. Dit wil zeggen dat de kans dat een willekeurige soort uit het ecosysteem in het Schelde-estuarium minder reproduceert vanwege de koperconcentratie in het water tussen de 0 en de 3.5% ligt.

Het risico voor cadmium is het hoogste in modelcompartiment vier, het maximum wordt bereikt in september. Andere modelcompartimenten met een hoog risico zijn 3 en 5.

In de modelcompartimenten 1, 13 en 14 is het risico lager dan het risico dat de grenswaarde voor cadmium geeft, in modelcompartiment 14 wordt het risico lager dan het risico dat de streefwaarde geeft.

Het grootste deel van de compartimenten heeft een risico dat hoger is dan het risico dat door de norm wordt aangegeven.

Zink:

Het risico voor zink varieert tussen de 0 en 5%. Dit wil zeggen dat de kans dat een willekeurige soort uit het ecosysteem in het Schelde-estuarium minder reproduceert vanwege de zinkconcentratie in het water tussen de 0 en de 5% ligt.

Het risico voor zink is het hoogste in modelcompartiment 5, het maximum wordt bereikt in december. Andere modelcompartimenten met een hoog risico zijn 4, 6 en 7.

In geen enkele modelcompartiment is het risico lager dan het risico dat de grens(streef)waarde en voor zink geeft.

Chroom:

Het risico voor chroom varieert tussen de 0 en 0.15%. Dit wil zeggen dat de kans dat een willekeurige soort uit het ecosysteem in het Schelde-estuarium minder reproduceert vanwege de chroomconcentratie in het water tussen de 0 en de 0.15% ligt.

Het risico voor chroom is het hoogste in modelcompartiment één, het maximum wordt bereikt in februari. Andere modelcompartimenten met een hoog risico zijn 2, 3 en 12.

In de modelcompartimenten 5, 6, 7, 8, 9 en 14 is het risico lager dan het risico dat de grenswaarde voor chroom geeft, in geen enkel modelcompartiment wordt het risico lager dan het risico dat de streefwaarde geeft.

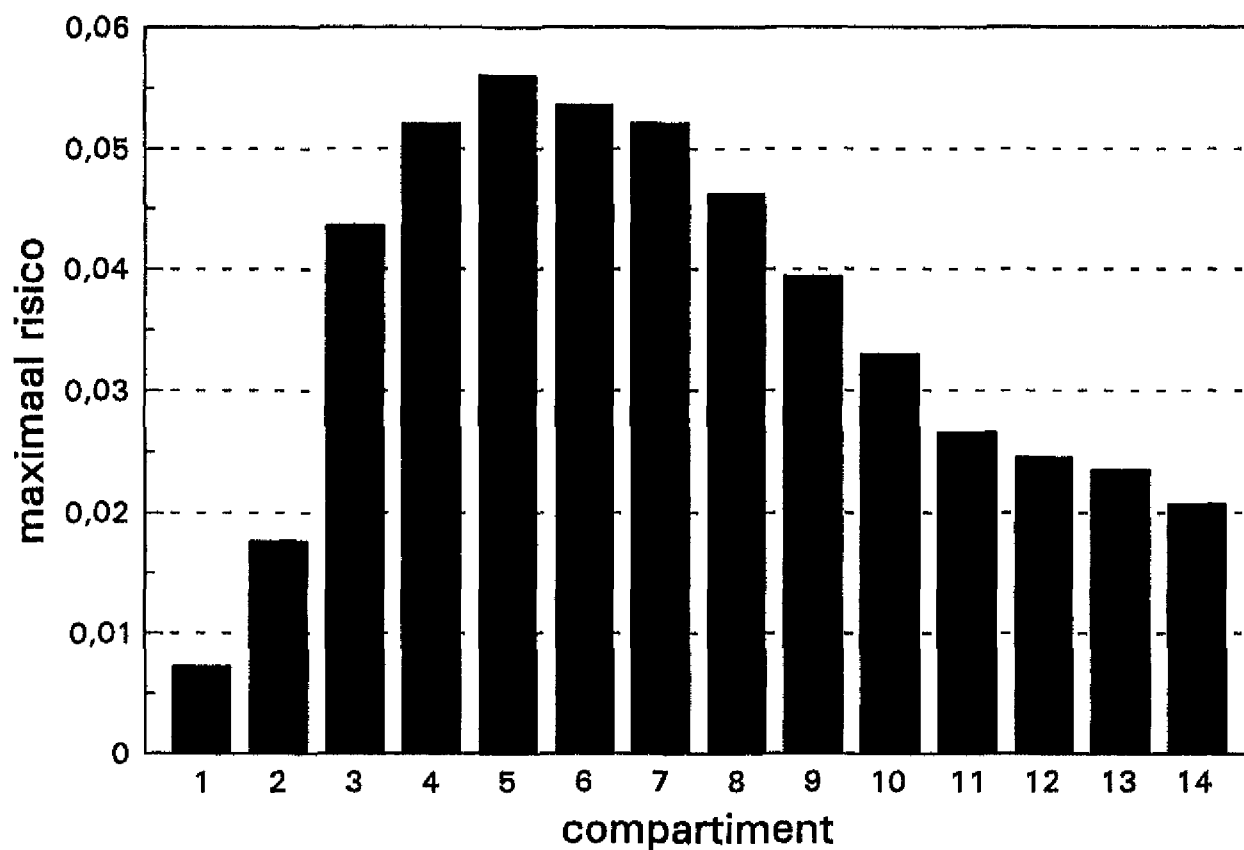
De helft van de compartimenten heeft een risico dat hoger is dan het risico dat door de norm wordt aangegeven. Deze compartiment liggen voor een deel in België en voor een deel in het westelijke deel van de Westerschelde.

Tabel 2 geeft een samenvatting van de resultaten. Geconcludeerd kan worden dat het zwaartepunt van het risico ligt rond de compartimenten vier en vijf. Daar wordt voor alle stoffen behalve chroom een hoog risico gevonden. Het hoge risico treedt meestal op aan het einde van het jaar, alleen voor chroom treedt het hoogste risico in februari op.

Tabel 2: Samenvatting resultaten.

stof	compartiment met hoogste risico	andere compartimenten met een hoog risico	maand met hoogste risico
cadmium	5	4 6 7	november
koper	4	3 5	september
zink	5	4 6 7	december
chroom	1	2 3 12	februari

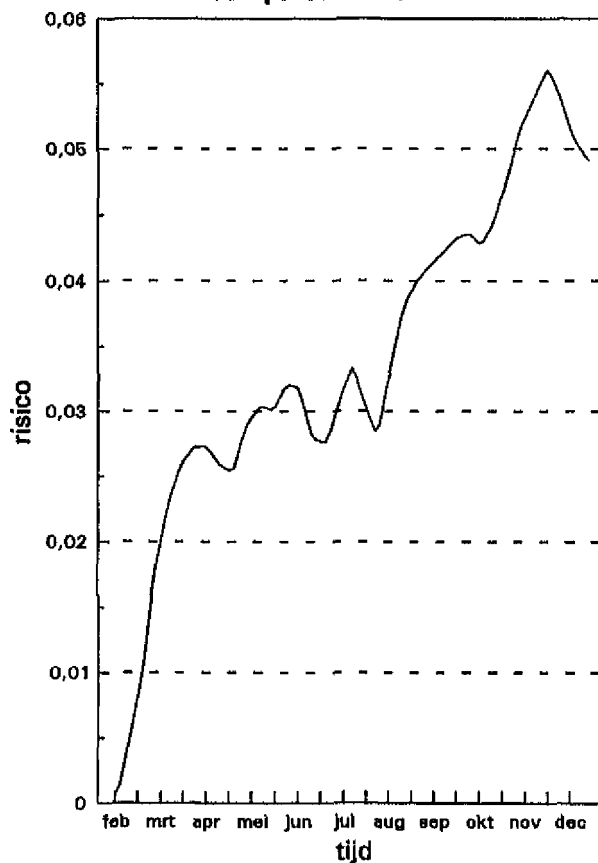
cadmium 1990



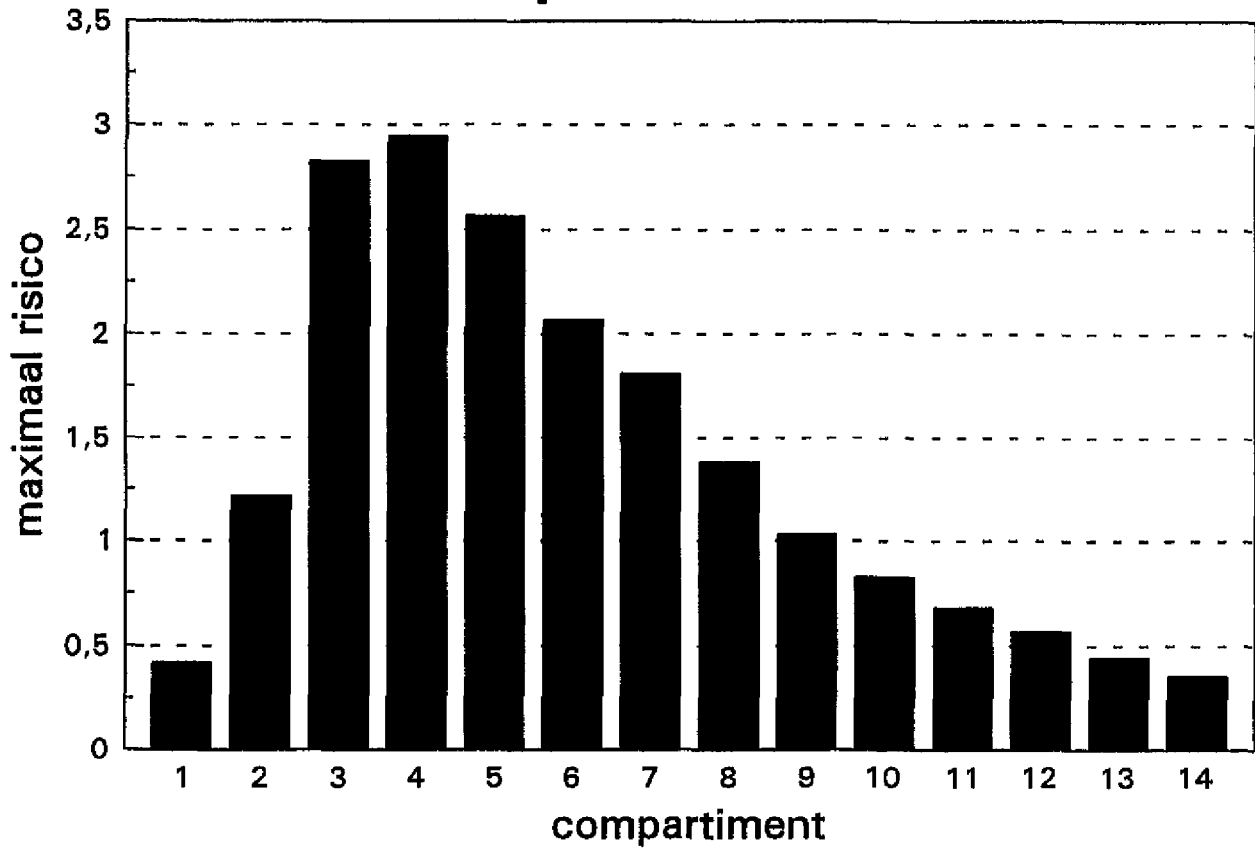
Gemiddelde risico per compartiment

	<i>risico</i>
1	0,003
2	0,007
3	0,021
4	0,034
5	0,034
6	0,030
7	0,028
8	0,023
9	0,020
10	0,017
11	0,016
12	0,015
13	0,013
14	0,011

compartiment 5



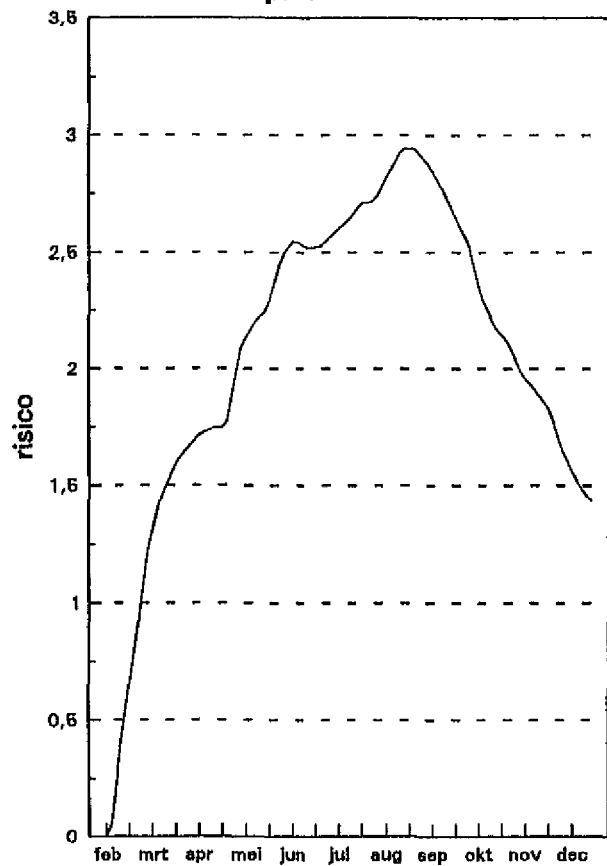
koper 1990



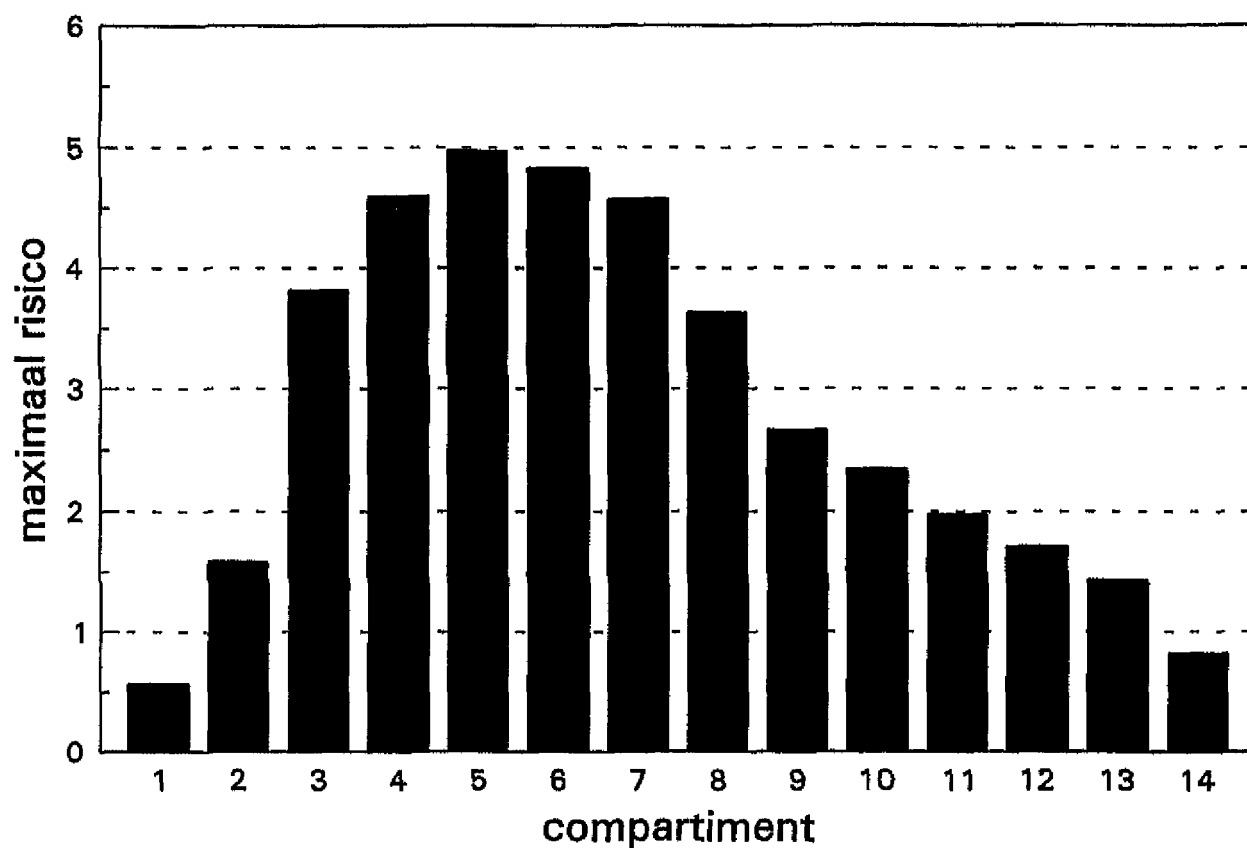
Gemiddelde risico per compartiment

	<i>risico</i>
1	0,247
2	0,689
3	1,750
4	2,099
5	1,980
6	1,673
7	1,467
8	1,133
9	0,854
10	0,676
11	0,541
12	0,435
13	0,310
14	0,219

compartiment 4



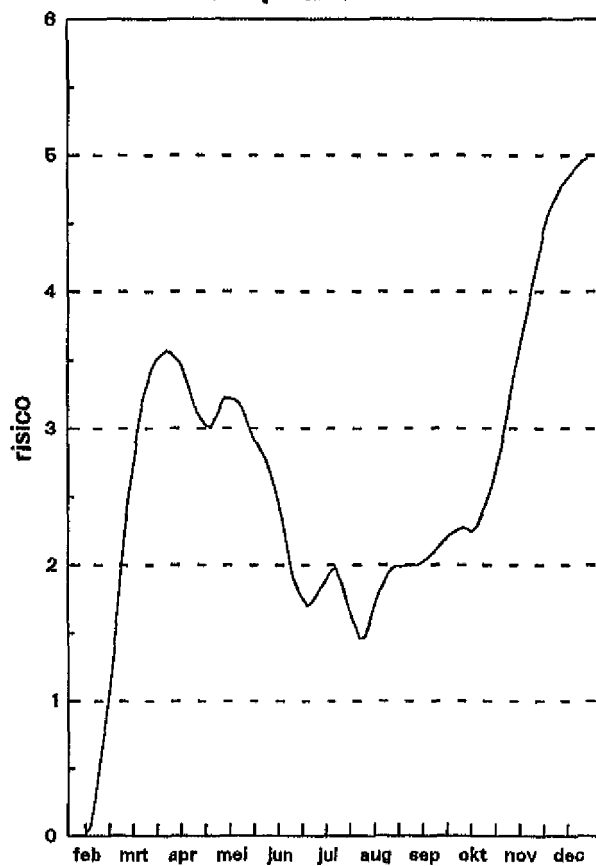
zink 1990



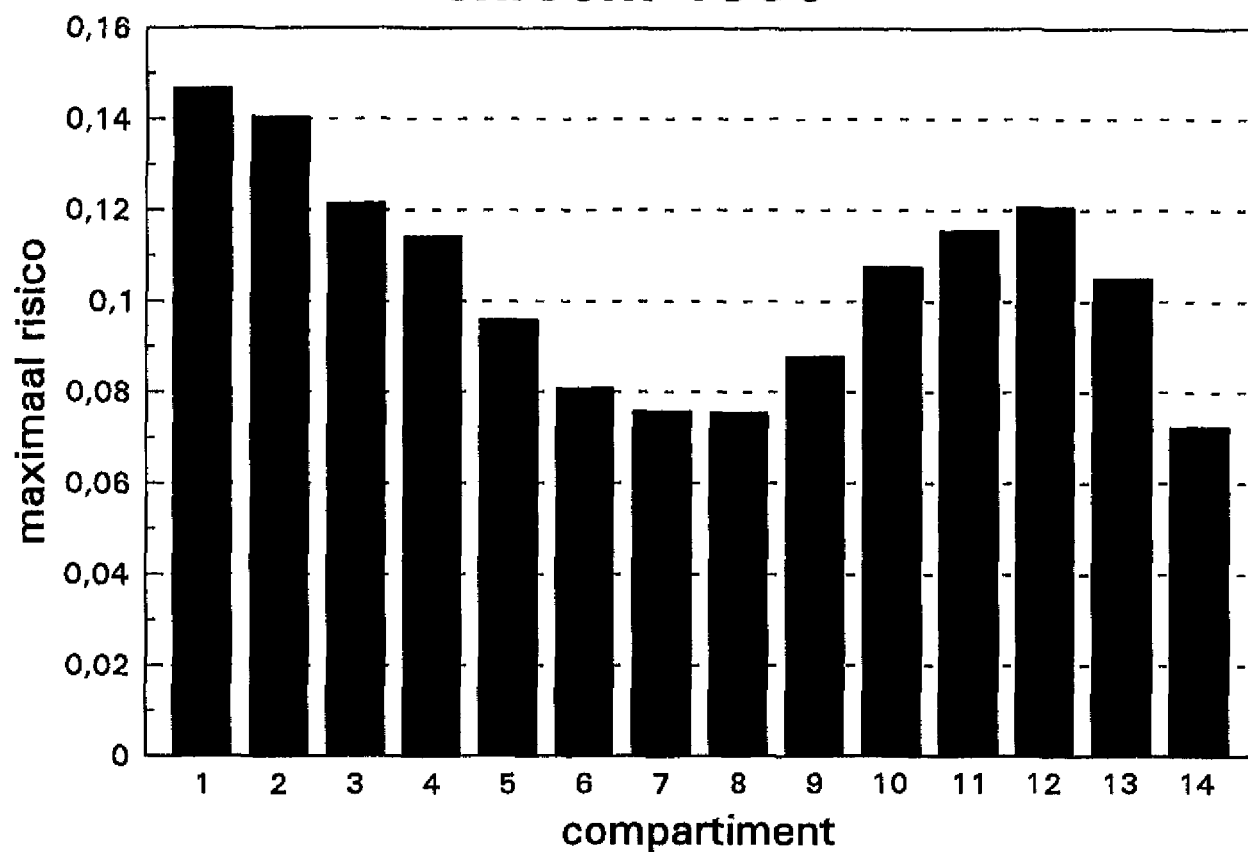
Gemiddelde risico per compartiment

	<i>risico</i>
1	0,298
2	0,828
3	2,435
4	3,104
5	2,647
6	2,177
7	1,938
8	1,506
9	1,213
10	1,029
11	0,848
12	0,708
13	0,505
14	0,292

compartiment 5



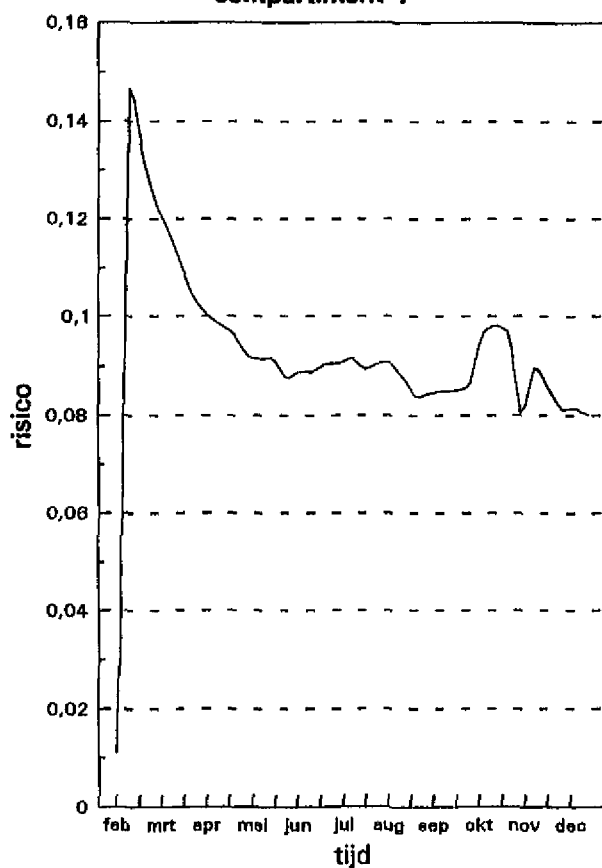
chroom 1990



Gemiddelde risico per compartiment

	<i>risico</i>
1	0,094
2	0,075
3	0,062
4	0,049
5	0,034
6	0,028
7	0,026
8	0,022
9	0,019
10	0,018
11	0,017
12	0,016
13	0,017
14	0,018

compartiment 1



8. Literatuur

Gezondheidsraad 1988

Advies inzake ecotoxicologische risico-evaluatie van stoffen.

Hoop de, B.J., Herman, P.M.J., Scholten, H. & Soetaert, K. 1992

SENECA 2.0 A Simulation ENvironment for ECological Application. Manual. NIOO/CEMO. Yerseke.

Kater, B.J. 1993

Handleiding waterkwaliteitsmodel Schelde-estuarium. Werkdocument GWWS-93.837x. Rijksinstituut voor Kust en Zee. Middelburg.

Kater, B.J. 1994

De operationalisatie van het waterkwaliteitsmodel Schelde-estuarium. Rapport RIKZ-94.006. Rijksinstituut voor Kust en Zee. Middelburg.

Kater, B.J. 1995a

ERASES ecotoxicologische risico analyse Schelde-estuarium: de parameters. Werkdocument RIKZ/AB-95.834x. Rijksinstituut voor Kust en Zee. Middelburg.

Kater, B.J. 1995b

Verschillende oplosmethoden in seneca. Concept-werkdocument, Rijksinstituut voor Kust en Zee. Middelburg.

Lefevre, F.O.B., van Eck, G.T.M., Holland, A.M.B. & Kater, B.J. 1995

Effecten van het beleid op de kwaliteit van water en bodem van de Westerschelde. concept-rapport RIKZ-95.026. Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee. Middelburg.

MILBOWA 1991

Milieukwaliteitsdoelstellingen bodem en water. Tweede Kamer, vergaderjaar 1990-1991, 21 990, nr. 1, SDU Uitgeverij 's-Gravenhage.

Ministerie van VROM 1989

Nationaal milieubeleidsplan, Nota Tweede Kamer 1988-1989, 21 137, nr. 5, SDU uitgeverij. 's Gravenhage.

Schobben, H.P.M., Schobben, J.H.M., van Boven, R.M. & Scholten, M.C.T. 1992

Introductie van methoden voor kwantitatieve ecologische risicoanalyse gericht op AMOEBA-soorten. Rapportage in het kader van RAM. TNO-rapport R92/291. TNO. Delft.

SCHOON 1995

Product-definities Kwaliteit Scheldes, dd 27 maart 1995. Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee. Middelburg.

Straalen van, N.M. 1991

Oecotoxicologische risico-evaluatie. In: Leerboek Oecotoxicologie, ed: N.M. van Straalen & J.A.C. Verkleij. VU Uitgeverij. Amsterdam.

WL 1991

Waterkwaliteitsmodel Westerschelde. Concept-rapport T257. Waterloopkundig Laboratorium. Delft.