



OMEGA: stapsgewijs van normen naar effecten van verontreinigingen

M. BEEK, RIJKSINSTITUUT VOOR INTEGRAAL ZOETWATERBEHEER EN AFVALWATERBEHANDELING
 A. DURAND, WITTEVEEN+BOS
 J. HENDRIKS, RIJKSINSTITUUT VOOR INTEGRAAL ZOETWATERBEHEER EN AFVALWATERBEHANDELING

Door RIZA is een programma ontwikkeld voor ecotoxicologische risicobeoordeling. Met dit programma, genaamd OMEGA, kunnen nadelige effecten op planten, dieren en populaties voorspeld worden. Dat gebeurt stapsgewijs waarbij iedere stap verder ingaat op de effecten voor soorten op soortniveau naar effecten op populatieniveau. Het gebruik van OMEGA heeft een signalerende en prioriterende functie in de totaalbeoordeling van verontreinigingen.



Sinds het uitkomen van de Vierde Nota Waterhuishouding is een groot deel van de milieunormen voor water en sediment ecotoxicologisch onderbouwd. Met de komst van het maximaal toelaatbaar risico (MTR) als norm kan het risico van concentraties van milieubelastende stoffen echter nog maar in beperkte mate worden aangegeven. Normoverschrijdingen alleen zeggen nog niet zo veel over de te verwachten effecten voor organismen in het veld¹. Voor het inschatten van effecten is locatiespecifiek onderzoek onontbeerlijk, waarbij de biologische beschikbaarheid van verontreinigingen en de gevoeligheid van de aanwezige organismen nader bestudeerd moet worden. Dergelijk onderzoek is

echter duur en het is daarom handig om te weten hoe locatiespecifiek onderzoek nader afgebakend kan worden. Met het door RIZA ontwikkelde programma OMEGA is een nadere afbakening mogelijk via een stapsgewijze risicobeoordeling waarbij steeds verder wordt ingegaan op de effecten van stoffen op soortniveau naar populatieniveau, van chemie via toxicologie naar ecologie. De naam OMEGA staat voor 'Optimal Modelling for Ecotoxicological Assessment'.

OMEGA bestaat uit vijf stappen: de beoordeling van de milieukwaliteit aan de hand van normen, de berekening van de potentieel aange-taste fractie soorten binnen een ecosysteem, de bepaling van de gevoelige soorten of soortgroepen, de berekening van accumulatie in voedselketens en de ontwikkeling van populaties.

Op dit moment is een prototype gereed

voor gebruik⁴ voor de eerste drie stappen, genaamd OMEGA₁₂₃. Voor de berekening van de accumulatie in voedselketens en de ontwikkeling van populaties is ook een programma klaar voor gebruik, dat zonodig door experts ingezet kan worden. De eerste drie stappen kunnen dus worden gebruikt om stoffen en soorten te identificeren die in het laboratorium en/of in het veld gemonitord moeten worden of waarnaar een uitgebreidere modelstudie noodzakelijk is (de berekening van de accumulatie in voedselketens).

Stap 1: beoordeling van de milieukwaliteit aan de hand van normen

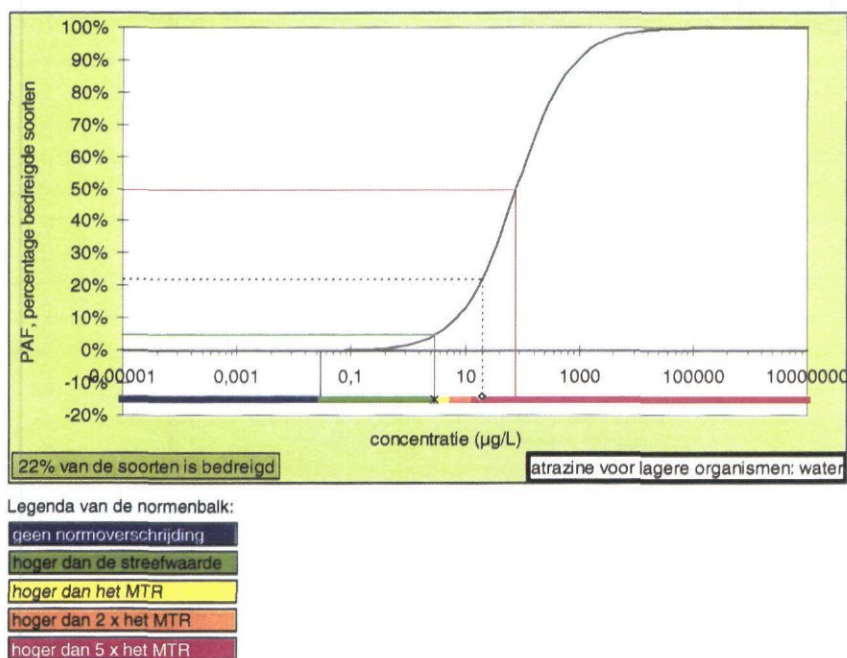
Stap 1 in OMEGA is voor waterbeheerders een bekende stap: de beoordeling van de milieukwaliteit of de mate van verontreiniging aan de hand van toetsing aan normen. Deze stap geeft een eerste indicatie van de kwaliteit van een locatie. Omdat de normen sinds 1989 ecotoxicologisch zijn onderbouwd, is het ook een logische eerste stap binnen de beoordeling van een ecotoxicologisch vraagstuk. Met een kleur, gebaseerd op de gebruikelijk kleur-codering van de CIW, wordt een indicatie gegeven van de kwaliteit. Dit is voor water aangegeven in tabel 1.

Stap 2: berekening van de potentieel aangetaste fractie soorten

In stap 2 wordt voor een bepaalde concentratie het ecotoxicologisch risico bepaald met de berekening van het percentage bedreigde soorten (PAF). PAF staat voor 'Potentieel Aangetaste Fractie' en is in het programma uitgedrukt als een percentage. Hiertoe is gebruik gemaakt van de berekeningsmethode die gangbaar was in de huidige normstelling: de methode Aldenberg en Slob¹, waarmee het mogelijk is om de gevoeligheid van soorten voor een stof te berekenen. De aanname die aan deze methode ten grondslag ligt, is dat voor een zeker aantal NOEC's de verdeling van alle soorten gekarakteriseerd kan worden door een logistische kansverdelingscurve. Dit levert een gevoeligheidsverdeling van soorten voor een verontreiniging op. Er bestaan gevoeligheidsverdelingen van lagere aquatische organismen, terrestrische processen, terrestrische organismen en mossel-, vis- en wormetende hogere organismen.

Tabel 1. Klassegrenzen en kleurcodering voor gehalten in water.

ondergrens	bovengrens	kleur
–	streefwaarde	blauw
streefwaarde	MTR	groen
MTR	2 x MTR	geel
2 x MTR	5 x MTR	oranje
5 x MTR	–	rood



Afb. 1: Voorbeeld stap 2: potentieel aangetaste fractie soorten.

In beginsel worden voor deze methode chronische toxiciteitsgegevens gebruikt (No Observed Effect Concentrations - NOEC's). De beschikbaarheid van toxiciteitsgegevens wisselt echter per stof. Daarom is er bij OMEGA voor gekozen om niet alleen gevoeligheidsverdelingen op basis van NOEC's af te leiden, maar ook curven af te leiden die de verdeling van de acute toxiciteit van soorten voor een stof weergeven. Met een curve gebaseerd op acute toxiciteitsgegevens kan het percentage acuut bedreigde soorten worden berekend. Ervan uitgaande dat het effectniveau voor acute blootstelling gemiddeld een factor 10 hoger ligt dan voor chronische blootstelling³⁾, wordt het percentage acuut bedreigde soorten gedeeld door tien om het te kunnen vergelijken met het percentage bedreigde soorten berekend met een curve op basis van NOEC's. Ter vergelijking zijn in het programma in de gevoeligheidsverdeling drie risicogrenzen aangegeven, namelijk het verwaarloosbaar risiconiveau (VR, 0,01 x MTR), het maximaal toelaatbaar risiconiveau (MTR, 5% van de soorten bedreigd) en het ernstig risiconiveau (ER, 50% van de soorten bedreigd). Voor stoffen waarvoor geen curve beschikbaar is, is alleen een risicobeoordeling op basis van deze risicogrenzen opgenomen.

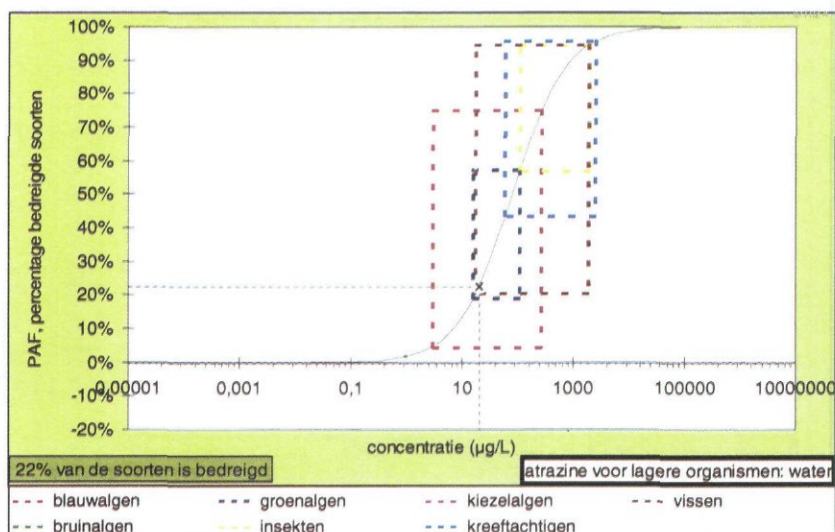
OMEGA berekent desgewenst ook het percentage bedreigde soorten voor een combinatie van stoffen (combinatie-PAF). Bij het berekenen hiervan wordt ervan uitgegaan dat de fractie beschermde soorten gelijk is aan het product van de fracties die beschermd zijn bij blootstelling aan de individuele stoffen. Deze benadering gaat uit van een additief effect op

soorten door de stoffen waarmee de combinatie-PAF is berekend.

Stap 3: bepaling van gevoelige soorten of soortgroepen

Het identificeren van de meest gevoelige soorten of soortgroepen gebeurt in stap 3 van OMEGA. Hierbij wordt nagegaan voor welke soorten en soortgroepen de NOEC of L(E)C₅₀ worden overschreden. In OMEGA wordt dit op twee manieren weergegeven: als ranges van toxiciteitsgegevens van soortgroepen in de curve en als een tabel van soorten waarvan toxiciteitsgegevens worden overschreden. Deze tabel bevat alle NOEC's onder de ingevoerde concentratie. Eventuele acute toxiciteitsgegevens (L(E)C₅₀-waarden) worden weergegeven

Afb. 2: Voorbeeld stap 3: bedreigde soortgroepen.



wanneer ze lager zijn dan tien maal de ingevoerde concentratie. Hiervoor is gekozen omdat het effectniveau voor acute blootstelling gemiddeld een factor 10 boven het effectniveau voor acute blootstelling ligt.

Het is bij de interpretatie van stap 3 van belang om te beseffen dat de beschikbaarheid van toxiciteitsgegevens per stof sterk wisselt. Zo zijn bijvoorbeeld voor cadmium in het achterliggende gegevensbestand 87 NOEC's opgenomen voor lagere aquatische organismen, waarbij vrijwel alle soortgroepen zijn vertegenwoordigd. Voor het bestrijdingsmiddel carbendazim betreft dit echter slechts twee NOEC's en zeven L(E)C₅₀-waarden, waarbij net vier lagere aquatische soortgroepen zijn vertegenwoordigd. Voor cadmium zijn geen acute toxiciteitsgegevens opgenomen, omdat voldoende NOEC's beschikbaar zijn.

Stap 4/5: berekening van accumulatie in voedselketens en ontwikkeling van populaties

In stap 4 en 5 kunnen de accumulatie en de remming van de populatiegroei worden berekend. Deze stappen zijn uitgewerkt voor enkele typisch op de Nederlandse situatie gebaseerde voedselketens. De concentraties in organismen die in deze stappen worden berekend, kunnen worden vergeleken met de de NOEC's van deze organismen en de populatiegroeisnelheid. Stap 4 geeft de accumulatie van stoffen in voedselketens en de populatieontwikkeling van soorten bij constante blootstelling. Stap 5 geeft berekeningen met een variabele blootstelling.

Voorbeeld van toepassing

Ter illustratie zijn de eerste drie stappen van OMEGA doorlopen voor lagere aquatische organismen en de stof atrazine, met een hypothetische concentratie in water van 20 µg/l. Uit

de beoordeling van deze concentratie aan de hand van normen bij stap 1 blijkt dat hiermee het MTR met meer dan een factor 5 wordt overschreden, een score die met de kleurcodering van de CIW met rood wordt aangegeven.

Bij stap 2, de berekening van de potentieel aangetaste fractie soorten, blijkt dat 22 procent van de lagere aquatische organismen in het ecosysteem potentieel bedreigd worden bij de ingevoerde concentratie voor atrazine. In afbeelding 1 is te zien dat de concentratie de curve snijdt bij 22 procent, dus ruim boven het MTR-niveau voor lagere organismen van vijf procent die is weergegeven als een groene lijn en onder het 50 procent-niveau, die het ernstig risiconiveau weergeeft met de rode lijn. In de balk onder de curve is ter illustratie de CIW-kleurcodering weergegeven. Het MTR is in deze balk weergegeven als een sterretje (*).

De percentages potentieel bedreigde soorten bieden de mogelijkheid om de potentiële bezwaarlijkheid van verschillende stoffen tegen elkaar af te wegen en een inschatting te geven van de combinatietoxiciteit. In tabel 2 is hiervan een voorbeeldberekening opgenomen.

Vervolgens zijn met stap 3 de bij de ingevoerde concentratie voor atrazine gevoelige soortgroepen en soorten bepaald, welke respectievelijk zijn weergegeven in afbeelding 2 en tabel 2. Hieruit blijkt dat van een beperkt aantal soortgroepen NOEC's onder de ingevoerde concentratie zijn gevonden. Met name de groen- en blauwalgen zijn gevoelig voor atrazine, in tegenstelling tot kreeftachtigen en insecten waarbij de NOEC's boven de ingevoerde concentratie liggen. De gevoeligheid

van algen is niet verwonderlijk, aangezien atrazine een herbicide is die de fotosynthese remt.

Tabel 3 laat de soorten zien die een NOEC onder de ingevoerde concentratie hebben en dus potentieel bedreigd zijn. Dit wil overigens niet zeggen dat andere organismen uit deze soortgroepen per definitie niet bedreigd worden. Het is namelijk goed mogelijk dat hiervan geen toxiciteitsgegevens bekend zijn. Daarnaast is de daadwerkelijke toxiciteit afhankelijk van de situatie ter plekke, waarbij de milieuchemische beschikbaarheid van de stof een belangrijke rol speelt.

Wegwijzer voor vervolgonderzoek

OMEGA is reeds meermalen toegepast voor verschillende waterbeheerders, bijvoorbeeld voor de bepaling van de potentiële effecten van bestrijdingsmiddelen in uitslagwater⁵⁾ en voor een risico-evaluatie ten behoeve van de selectie van ecotoxicologische monitoringsparameters⁶⁾.

De resultaten van de modelberekeningen leverden bij deze studies inzicht in probleemstoffen en risicogroepen, waarop in het vervolgonderzoek toegespitst kon worden. Toetsing aan normen alleen biedt hiervoor meestal geen uitkomst, omdat de lijst met probleemstoffen vaak erg groot is. De uitkomsten van OMEGA bieden aanknopingspunten voor locatiespecifiek onderzoek, zoals de soortgroepen waarop ingezoomd kan worden. Daarnaast biedt OMEGA de mogelijkheid om locaties met elkaar te vergelijken, ook als op de verschillende locaties sprake is van verschillende probleemstoffen. ¶

LITERATUUR

1) Aldenberg T. en W. Slob (1991). Confidence limits for hazardous concentrations on logistically distributed NOEC toxicity data. RIVM-rapport 719102002.

2) Beek M. en R. Knoben (1997). Ecotoxicologische risico's van stoffen voor watersystemen. RIZA-rapport 97.064.

3) Chapman P., A. Fairbrother en D. Brown (1998). A critical evaluation of safety (uncertainty) factors for ecological risk assessment. Env. tox. and Chem. nr. 1, pag. 99-108.

4) Durand A. (2001). Handleiding en achtergronden OMEGA1.23 (versie 4.0) en OMEGA45 (versie 2.0). RIZA-werkdocument 2001.036X. Witteveen+Bos, in opdracht van RIZA.

5) Beek M. en R. Duivenvoorde (1998). Potentiele ecologische risico's van bestrijdingsmiddelen in het uitslagwater van oostelijk en zuidelijk Flevoland. RIZA-werkdocument 98.146X.

6) Witteveen+Bos (2000). Selectie eco(toxico)logische monitoringsparameters voor DLB op basis van risico-evaluatie met OMEGA. Witteveen+Bos, in opdracht van RIZA.

Tabel 2. Voorbeeldberekening combi-PAF.

stof	percentage onbeschermden soorten	combi-PAF (vanaf eerste stof)
cadmium	3	
koper	17	19
atrazine	22	37
diazinon	2	38
alle stoffen		38%

Tabel 3. Bedreigde soorten bij een concentratie atrazine van 20 µg/l (voorbeeld stap 3).

soort	groep	NOEC (µg/L)
Microcystis aeruginosa	blauwalgen	3
Laminaria hyperborea	bruinalgen	1
Chlorella pyrenoidosa	groenalgen	16
Ictalurus punctatus	vissen	18