



Bijdrage uitspoeling zware metalen aan belasting van grond- en oppervlaktewater

PAUL RÖMKENS, ALTERRA
 LUC BONTEN, ALTERRA
 RENÉ RIETRA, ALTERRA
 SANDRA PLETTE, RIZA

Uitspoeling vanuit de bodem vormt mogelijk een belangrijke bijdrage aan de totale belasting van het oppervlaktewater met metalen. In een modelstudie is de uitspoeling op landelijke schaal gekwantificeerd middels een combinatie van een hydrologisch en een bodemchemisch model. De berekende totale bijdrage van uitspoeling op landelijke schaal varieert van twaalf procent voor lood en 30 procent voor koper tot bijna 50 procent voor cadmium en zink. Dit geeft aan dat de natuurlijke belasting vanuit de bodem voor de meer mobiele elementen als cadmium en zink significant bijdraagt aan de belasting van het oppervlaktewater. Dit kan ook de verklaring vormen voor het voorkomen van verhoogde metaalgehalten in het oppervlaktewater in niet specifiek belaste gebieden.

Bij het bepalen van de belasting van het oppervlaktewater met zware metalen is tot op heden de bijdrage van uitspoeling vanuit de bodem nog niet meegenomen¹. Uit inventariserende studies blijkt echter dat deze bijdrage voor metalen als cadmium en zink substantieel zou kunnen zijn ten opzichte van bekende bronnen². Ook worden in verschillende waterschappen concentraties aan zware metalen gemeten die boven de MTR liggen zonder dat in deze gebieden duidelijk aanwijsbare

bronnen - anders dan uitspoeling vanuit de bodem - aanwezig zijn. Beide feiten (eerste schattingen en overschrijding van het MTR in het landelijk gebied) maken dat het noodzakelijk is meer inzicht te krijgen in de mogelijke omvang van de belasting van het oppervlaktewater via uitspoeling.

Daarom is door Alterra in opdracht van het RIZA en het ministerie van LNV een studie uitgevoerd waarbij de uitspoeling van zware metalen vanuit de bodem naar grond- en

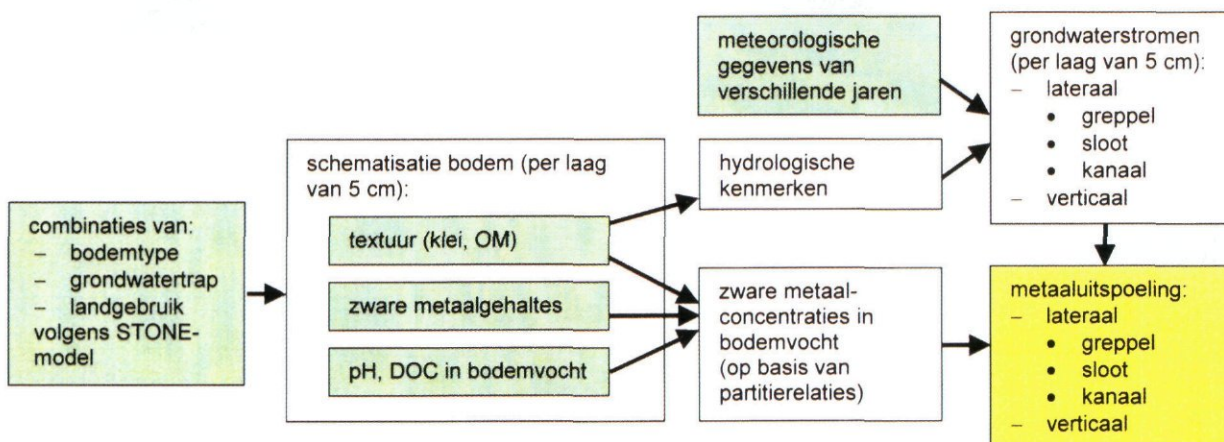
oppervlaktewater modelmatig is berekend. Hierbij was het doel een uitspraak te doen op landelijke schaal, dat wil zeggen de omvang van belasting via uitspoeling voor geheel Nederland. De aldus berekende bijdrage is vervolgens vergeleken met gemeten directe belastingen van het oppervlaktewater zoals die jaarlijks gerapporteerd worden door de CCDM³.

Eén van de uitgangspunten was een model te gebruiken dat op basis van een beperkt aantal invoergegevens (in dit geval het lutumgehalte, percentage organische stof, pH en metaalgehalte per onderscheiden horizont) een schatting kan maken van de concentratie in het bodemvocht. Middels een koppeling met het hydrologische model STONE³) is vervolgens het laterale transport naar het oppervlaktewater en het verticale transport naar het diepere grondwater berekend. De bijdrage van het verticale transport is echter niet meegenomen bij de berekening van de totale belasting van het oppervlaktewater, aangezien vooralsnog te verwachten is dat de zware metalen in de dieper gelegen aquifers gebonden worden.

Modelbeschrijving

De structuur van het gebruikte model is schematisch weergegeven in afbeelding 1. Voor de selectie van de combinaties van bodemtype, grondwatertrap en landgebruik en de berekening van de grondwaterstromen is gebruik gemaakt van het landelijk dekkend STONE-model, ontwikkeld door RIVM, Alterra en RIZA⁴). Hierbij is Nederland opgedeeld in 6405 verschillende ruimtelijke eenheden met elk een unieke combinatie van bodemtype, grondwaterstand, en landgebruik. In de hier gevolgde opzet zijn vervolgens de qua oppervlakte belangrijkste combinaties van bodemtype en grondwatertrap geselecteerd. Voor iedere combinatie is het bodemprofiel geschematiseerd in laagjes van vijf centimeter met bijbehorende bodemeigenschappen (inclusief

Afb. 1: Opbouw model voor berekening van uitspoeling van zware metalen uit de bodem.



metaalgehalte) tot een diepte van vijf meter beneden maaiveld. De schematisatie van de zware metalengehaltes is uitgevoerd op basis van gegevens van de landelijke en provinciale bodemmeetnetten en aanvullend laboratoriumonderzoek.

De concentraties van zware metalen in het bodemvocht voor elke onderscheiden laag zijn berekend op basis van een zogeheten partitiemodel⁵⁾ en verder uitgewerkt op basis van een recent gereed gekomen databestand met meer dan 1400 combinaties van bodem- en bodemvochtgegevens⁶⁾. Dit partitiemodel geeft - gezien het beperkte aantal bodemparameters dat voor de schatting wordt gebruikt (klei, organische stof, pH, DOC) - een relatief betrouwbare relatie tussen de zware metaalgehalten in de bodem en concentraties in het

bodemvocht. In afbeelding 2 zijn als voorbeeld de berekende en gemeten concentraties van zink weergegeven voor verschillende bodemvochtmonsters. Met behulp van het partitiemodel is op basis van de vaste fase eigenschappen de concentratie in het bodemvocht voorspeld en vergeleken met de gemeten gehalten. Een belangrijke aanname is wel dat het gedrag (lees: de concentratie in het bodemvocht) van zware metalen bepaald wordt door adsorptie, de invloed van de redoxpotentiaal (zuurstofhuishouding) is hierbij niet meegenomen.

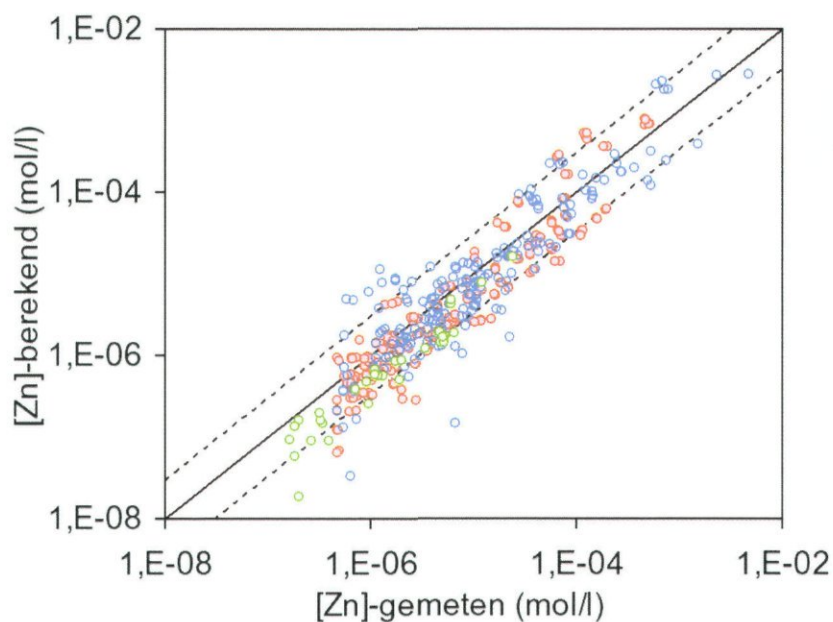
Ook de met het partitiemodel berekende concentraties in het freatische en ondiepe grondwater onder zand-, klei- en veengronden onder bos, grasland en akkerbouw komen in grote lijnen overeen met gemeten concentra-

ties in de grondwatermeetnetten van het RIVM, de Provincie Gelderland en Alterra⁷⁾.

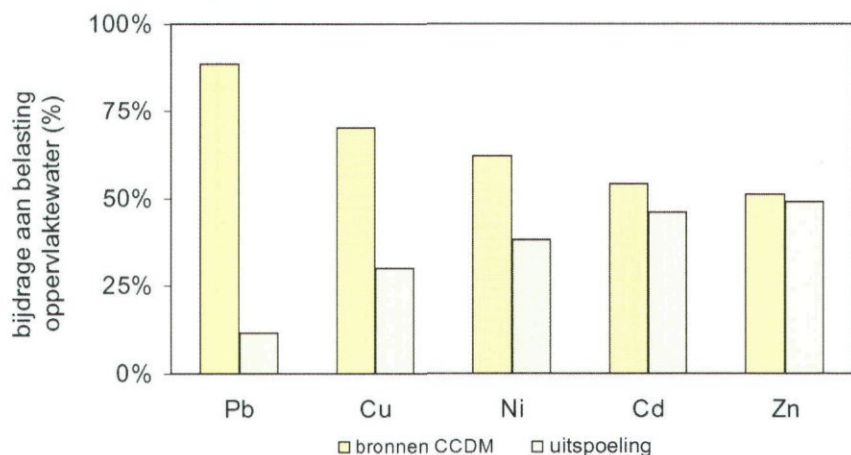
Op basis van de bodemeigenschappen en meteorologische gegevens zijn de grondwaterstromen met behulp van STONE berekend. Zowel een flux van metalen richting oppervlaktewater (in dit geval uitsluitend de laterale flux, opgedeeld in drie deelfluxen) als richting grondwater (verticale flux) worden daarbij onderscheiden. Door alle bodemeenheden vervolgens op te schalen naar een representatieve verdeling over Nederland, is de bijdrage van uitspoeling op landelijke schaal ten opzichte van die van andere bronnen bepaald.

Om inzicht te krijgen in de variatie in uitspoeling tussen verschillende jaren en de uitspoeling over langere tijd (vijf tot 30 jaar) is de uitspoeling berekend voor een nat, een gemiddeld en een droog jaar.

Afb. 2: Concentraties zink, berekend met partitiemodel ten opzichte van gemeten concentraties zink (data uit drie verschillende databestanden).



Afb. 3: Relatieve bijdragen aan belasting oppervlaktewater door zware metalen via uitspoeling en overige bronnen (voor een gemiddeld weerjaar, in dit geval 1985).



Resultaten

In afbeelding 3 is de verdeling van de totale belasting van het oppervlaktewater gesplitst naar uitspoeling en de overige bronnen (zoals gegeven door het CCDM) weergegeven. Hieruit blijkt dat voor de meeste metalen uitspoeling een belangrijke bijdrage kan leveren aan de totale belasting van het oppervlaktewater. Deze bijdrage varieert van twaalf procent voor lood, 30 procent voor koper, 38 procent voor nikkel, 46 procent voor cadmium tot 49 procent voor zink. Deze verschillen tussen de geschatte bijdragen komen overeen met de chemische mobiliteit van de metalen in de bodem, waarbij zink en cadmium de meest mobiele metalen zijn en lood het minst mobil is.

Wanneer de bijdrage van alle bodemeenheden geclusterd wordt op hoofdbodemtype (zand, klei en veen), blijkt dat de belasting via laterale stroming voornamelijk afkomstig is uit veengronden (tussen de 65 en 87 procent van de totale metaalvracht die via laterale stroming de bodem verlaat) en, in mindere mate, uit kleigronden (tussen de zes en 26 procent), terwijl de belasting via verticale stroming naar het grondwater voornamelijk optreedt in zandgronden (meer dan 90 procent van de totale vracht richting grondwater). Dit is met name het gevolg van de grootte van de laterale grondwaterstromen die in zandgronden relatief klein is ten opzichte van nattere klei- en veengronden. De concentraties van zware metalen in het bodemvocht zijn echter wel hoger in zandgronden ten opzichte van veen- en kleigronden tengevolge van de veel geringe bindingscapaciteit van zandgronden. In natte zandgronden kan derhalve uitspoeling uit de bodem wel een belangrijke bijdrage leveren aan de belasting van het oppervlaktewater. Omdat dit echter vaak kleine, sterk heterogene

eenheden zijn, is deze bijdrage op landelijke schaal nu niet meegenomen.

Wanneer een zelfde clustering gemaakt wordt op basis van landgebruik (in de categorieën gras, akkerbouw, maïs en natuur), dan is de laterale belasting voornamelijk afkomstig uit gronden onder grasland (67 tot 81 procent) en akkerbouw (19 tot 33 procent). De belasting van grondwater via verticale stroming neemt daarentegen af in de volgorde natuur (29 tot 69 procent), maïs (acht tot 39 procent), akkerbouw (tien tot 20 procent) en grasland (elf tot 14 procent). De hier genoemde ranges, bijvoorbeeld 29 tot 69 procent voor de bijdrage van natuur, is de range voor alle elementen, in dit geval 29 procent voor cadmium tot 69 procent voor nikkel.

Deze laatste uitkomsten zijn in hoge mate een gevolg van het feit dat bepaalde landgebruiksvormen sterk gekoppeld zijn aan bodemtype. Zo is het landgebruik op veen vrijwel altijd grasland en zal daarom de bijdrage van grasland aan de laterale flux richting oppervlaktewater hoog zijn, terwijl de bijdrage van natuur (met name bos en heide op droge zandgronden) gering is. Het tegenovergestelde geldt voor concentraties in het uitspoelende grondwater. Deze zullen het laagst zijn bij grasland (op veen) en het hoogst bij natuur (op zand).

De uitspoeling van zware metalen is berekend voor drie verschillende meteorologische jaren: een zeer nat jaar (1998), een droog jaar (1976) en een gemiddeld jaar (1985). In afbeelding 4 is als voorbeeld voor zink de variatie in de totale uitspoeling voor de drie genoemde jaren weergegeven, evenals het neerslagoverschot (neerslag minus bodemverdamping). Deze afbeelding toont dat de uitspoeling meer dan evenredig toeneemt met een toename van het neerslagoverschot. Dit wordt veroorzaakt doordat bij een toename van het neerslagover-

schot ook een stijging van de grondwaterspiegel optreedt, met als gevolg dat uitspoeling uit meer oppervlakkig gelegen lagen optreedt. In het algemeen liggen de gehalten zware metalen in deze meer oppervlakkig gelegen hoger dan in onderliggende lagen, waardoor de concentraties in het uitspoelende grondwater toenemen. Daarnaast neemt het volume aan uitspoelend grondwater toe door het grotere neerslagoverschot. Intuïtief verwacht men lagere concentraties in natte periodes door verdunning van de zware metaalconcentraties. De door het model voorspelde hogere concentraties worden echter ook regelmatig in de praktijk tijdens natte periodes aangetroffen⁸⁾, hetgeen de berekende trend van deze modelberekening bevestigt.


Evaluatie modelconcept

De hier gepresenteerde bijdrage van uitspoeling van metalen uit de bodem ligt in dezelfde orde van grootte als die van eerdere schattingen, die op basis van een zeer beperkt aantal gegevens zijn gemaakt²⁾. Met de eerder toegepaste methodiek was het echter niet mogelijk een inschatting te maken van de bijdrage van specifieke bodemtypen en landgebruiksvormen. In de huidige modelberekening is uitgegaan van landelijk gemiddelde metaalgehalten per combinatie bodemtype-grondwatertrap-landgebruik. Door de spreiding in metaalgehalten, zoals die voorkomt tussen de verschillende regio's, mee te nemen, kunnen ook modelleringen op regionale schaal worden uitgevoerd.

Het modelconcept is beperkt in die zin dat specifieke processen die lokaal erg belangrijk kunnen zijn (denk aan stroming via krimp-scheuren in kleigronden of via preferente stroombanen in zandgronden), niet meegenomen zijn. Het belang van dergelijke processen in combinatie met de complexiteit ervan - in termen van modellering - maakt echter dat het

meenemen ervan in een aanpak die geschikt moet zijn voor toepassing op nationale of regionale schaal op dit moment niet aan de orde is.

De berekende concentraties lijken een goede weergave van de gemiddelde condities te zijn. De aanpak kan daarom gebruikt worden om op een relatief eenvoudige manier de bijdrage van uitspoeling te kwantificeren anders dan door tijdrovende metingen van gehalten in het grond- en oppervlaktewater. Bovendien kan de systematiek gebruikt worden om na te gaan of de gehalten, zoals aangetroffen in grondwater, te verwachten zijn op basis van de 'natuurlijke' belasting vanuit de bodem of dat deze aanleiding geven tot nader onderzoek vanwege mogelijke vervuiling.

Samenvattend kan worden gesteld dat het hier gepresenteerde model laat zien dat uitspoeling van zware metalen uit de bodem een significante bijdrage kan leveren aan de belasting van het oppervlaktewater, waarbij modelresultaten aansluiten bij meetgegevens uit het veld. 

LITERATUUR

- 1) CCDM (2002). Emissie-monitor. Jaarcijfers 2000 en ramingen 2001 voor emissies en afval. Rapportage reeks milieumonitor 6.
- 2) Römken P., A. Plette en G. Verstappen (2002). Contribution of agriculture to the heavy metal loads of Dutch surface waters. J. Steenvoorden, F. Claessen and J. Willems (eds). Agricultural effects on ground and surface waters: research at the edge of science and society. IAHS publication 273.
- 3) Kroes J., P. van Bakel, J. Huygen, T. Kroon en R. Pastoors (...). Actualisatie van de hydrologie voor STONE 2.0. Alterra-rapport 298 / Reeks Natuurplanbureau 16.
- 4) Kroon T., P. Finke, I. Peereboom en A. Beusen (2001). Redesign STONE. De nieuwe schematisatie voor STONE: de ruimtelijke indeling en de toekenning van hydrologische en bodemchemische parameters. RIZA-rapport 2001.017.
- 5) Otte J., P. Römken, A. Tiktak en W. de Vries (2000). Partitierelaties voor zware metalen (Cd, Cu, Pb, en Zn) voor diffuus verontreinigde Nederlandse bodems. Rapporten Programma Geïntegreerd Bodemonderzoek (PGBO), deel 30.
- 6) Römken P., J. Groenenberg en W. de Vries (2003). Derivation of partition relationships to calculate Cd, Cu, Pb, Ni and Zn solubility and activity in soil solutions. Alterra-rapport in voorbereiding.
- 7) Römken P., L. Bonten, R. Rietra, J. Groenenberg, A. Plette en J. Bril (2003). Uitspoeling van zware metalen uit landbouwgronden. Schatting van de bijdrage van uitspoeling uit landbouwgronden aan de belasting van het oppervlaktewater: modelaanpak en resultaten. Alterra-rapport 791 / RIZA-rapport 2003-18.
- 8) Van Tilborg W. (2000). Seasonality in Dutch surface water zinc concentrations. VTBC-Report nr. 0006.

Afb. 4: Neerslagoverschot en totale zinkuitspoeling voor verschillende meteorologische jaren.

