

Beoordeling bodemkwaliteit kan beter.

Normstelling voor metalen in de bodem heeft een aantal beperkingen. Normen zijn niet gerelateerd aan daadwerkelijk optredende risico's voor ecosystemen. Er wordt geen rekening gehouden met verschillen in (bio)beschikbaarheid tussen de veld- en lab-situaties, tussen veldbodems onderling, noch met verschillen in beschikbaarheid tussen de van nature aanwezige metaalfractie en de antropogeen toegevoegde metaalfractie. Vanuit wetenschappelijke hoek wordt aangegeven dat normstelling gebaseerd kan worden op de beschikbare fractie van in de bodem aanwezige zware metalen. Een combinatie van fysisch-chemische én biologische beschikbaarheidsmodellen én meettechnieken van de 'biobeschikbare' fractie kan de normstelling verbeteren. De 'nieuwe' normen zullen niet per definitie 'strenger' worden, wel 'reëler'.

Willie Peijnenburg en Nico de Rooij

Het huidige normeringsstelsel voor metalen in Nederlandse bodems zegt weinig of niets over het optreden van risico's omdat er geen rekening wordt gehouden met de verschillen in biologische beschikbaarheid. Daarnaast ontbreken voldoende terrestrische toxiciteitsdata. Om dit laatste te ondervangen wordt gebruik gemaakt van aquatische toxiciteitsgegevens die met partiticoëfficiënten worden omgerekend naar data voor het terrestrische compartiment. Het gebruik van veld-relevante evenwichtspartiticoëfficiënten is hierbij essentieel.

Evenwichtspartitieconcept

De validiteit van het onderliggende evenwichtspartitieconcept (EP-concept) is recent voor de Nederlandse veldsituatie onderzocht.¹ Het EP-concept veronderstelt dat:

- De gevoeligheid van aquatische en terrestrische organismen voor toxicanten vergelijkbaar is.

- Toxische effecten van stoffen in of aan de vaste fase zich laten verklaren en voorspellen uit de concentratie in de (porie)waterfase die met de vaste stof in contact is.
- De concentratie van stoffen in het poriewater te voorspellen is uit de concentratie in de vaste fase met behulp van een berekende of in laboratoriumproeven gemeten EP-coëfficiënt.

Door Janssen et al.¹ wordt geconcludeerd dat:

1. Partiticoëfficiënten voor zware metalen niet constant zijn, maar sterk variëren met de bodemsamenstelling.
2. Partiticoëfficiënten voor zware metalen welke onder gecontroleerde laboratoriumomstandigheden bepaald zijn, kwantitatief verschillen van veldgemeten partiticoëfficiënten. Wel is het mogelijk om de onzekerheid in de extrapolatie van lab- naar veldgemeten partiticoëfficiënten te kwantificeren.
3. pH de belangrijkste bodemeigenschap is die voor de meeste zware metalen in grote mate sturend is voor de partitie tussen de vaste fase en de vloeistoffase. Op basis van gemeten partiticoëfficiënten (Kp) in Nederlandse bodems zijn pragmatische partitiemodellen afgeleid waarmee de Kp als functie van voornamelijk de bodem-pH kan worden berekend. In tabel 1 zijn deze partitiemodellen weergegeven voor een zestal metalen en voor arseen.
4. Een verbetering van het huidige systeem van bodemtypecorrectie kan worden verkregen door naast (of in plaats van) het lutum- en het organisch-stof-percentage rekening te houden met de bodem-pH. Dit is

ook in andere studies (Boekholt, LUW) naar voren gekomen.

Tabel 1: Statistisch significante relaties tussen log-getransformeerde Kp-waarden, zoals gemeten in een twintigtal Nederlandse bodems, en bodemkarakteristieken voor een zestal metalen en arseen.

Metaal	Regressievergelijking
As	$0.99 \cdot \log Fe_{ox} + 1.52$
Cd	$0.48 \cdot pH + 0.28$
Cr	$0.15 \cdot pH + 0.50 \cdot \log Al_{ox} + 2.22$
Cu	$0.88 \cdot \log Fe_{ox} + 0.89$
Ni	$0.20 \cdot pH + 0.54 \cdot \log lutum + 1.35$
Pb	$0.24 \cdot pH + 0.40 \cdot \log Fe_{ox} + 1.98$
Zn	$0.61 \cdot pH - 0.65$

De bruikbaarheid van variabele Kp-waarden in normstelling is op dit moment nog beperkt. Het belangrijkste knelpunt is dat óók partiticoëfficiënten géén informatie verschaffen over de daadwerkelijk biobeschikbare metaalfracties in het bodemsysteem: het EP-concept is enkel gebaseerd op totaalgehalten in de vaste fase en in de vloeistoffase. Voor veel bodemorganismen vormen niet het totaalgehalte, maar organische en anorganische metaalspecies de feitelijk biobeschikbare fractie, meer in het bijzonder het vrije metaalion. Bovendien is gebleken dat een goede correlatie voor een Kp nog niet betekent dat met de bijbehorende relatie ook een goede voorspelling gemaakt kan worden van het gehalte in de oplossing.

Biobeschikbaarheid

Omdat het kwantificeren van de biobeschikbare fractie een belangrijk knelpunt is, is in opdracht van het directoraat-generaal voor Milieubeheer van het Ministerie van VROM een studie gestart naar een (gevalideerde) methodologie die rekening houdt met de potentieel en actueel (c.q. locatie-specifiek) in bodem beschikbare metaalfracties. Deze methodologie moet tevens bodem- en grondwaternormen beter op elkaar afstemmen. Dit lijkt noodzakelijk omdat de toetsing aan de huidige normen geen eenduidige resultaten oplevert. Metingen van Van den Hoop² toonden aan dat in 9 van de 13 bemonsterde Nederlandse bodems met totaal-zinkgehalten in de vaste fa-

Over de auteurs



Dr. ir. W.J.G.M. Peijnenburg

is als wetenschappelijk onderzoeker werkzaam bij het Laboratorium voor Ecotoxicologie van het RIVM te Bilthoven.



Drs. N.M. de Rooij

is als senior projectadviseur werkzaam bij het WL/Delft Hydraulics te Delft.

se beneden de streefwaarde (dus: relatief 'schone' gronden), de streefwaarde voor grondwater wordt overschreden. Janssen et al.¹ vonden in aanvulling hierop dat in 7 Nederlandse gronden met totaal-zinkgehalten boven de interventiewaarde, er in 3 gevallen ook overschrijding van de interventiewaarde van zink in grondwater plaatsvond terwijl in 4 van deze 7 gronden de zinkgehalten in het grondwater lager waren dan de interventiewaarde. In totaal werd bij een vijftal bodems een overschrijding van de interventiewaarde van zink in grondwater vastgesteld. In 3 van deze 5 gronden bleek dat ook de interventiewaarde voor zink in bodem werd overschreden terwijl in 2 gevallen het totaal-zinkgehalte in de vaste fase zelfs lager was dan de streefwaarde voor grond.

Als eerste stap in het onderzoek is door De Rooij et al.³ een definitiestudie uitgevoerd. Daarin wordt uitgegaan van de hypothese dat het vrije metaalion in principe de beste maat is voor de biobeschikbare fractie én de beste indicatie voor het optreden van toxische effecten. Idealiter zou de bodemkwaliteit dan ook dienen te worden uitgedrukt in termen van vrij metaalionconcentraties. Dit vereist echter daadwerkelijke meting danwel berekening aan de hand van gevalideerde biobeschikbaarheidsmodellen. Omdat de te ontwikkelen methodologie in het verlengde dient te liggen van het huidige normeringsstelsel moet ook het verband tussen de potentieel beschikbare metaalfractie en het totaalgehalte in de vaste fase worden nagegaan.

De nieuwe methodologie moet de volgende 8 componenten bevatten:³

1. Definitie van potentieel en actueel biobeschikbare metaalfracties in bodem en bodemoplossing.

2. Een empirisch model voor de relatie tussen specifieke bodemeigenschappen en potentieel en actueel biobeschikbare concentraties.
3. Methodes voor het meten van de potentieel en actueel beschikbare gehalten (ter validatie van het empirische biobeschikbaarheidsmodel).
4. Methodes voor het meten van de relevante bodem- en poriewaterkarakteristieken (bijvoorbeeld pH, lutumgehalte, organisch-stofgehalte, etc.).
5. Een model dat de relatie aangeeft tussen actueel biobeschikbare metaalconcentraties en gehalten c.q. effecten in een aantal organismen (koppeling 'chemische' aspecten van beschikbaarheid aan 'biologische' aspecten).
6. Een procedure voor de risicoschatting voor bodempopulaties, gebaseerd op actueel biobeschikbare gehalten c.q. gehalten in organismen.
7. Een procedure voor het extrapoleren van gemeten data naar realistische omstandigheden.
8. Een procedure voor de bepaling van de toepasbaarheid van de methodologie.

Gangbare partiemodellen leggen een verband tussen totaalgehalten in de vaste en de vloeistoffase. Velddata laten echter zien dat deze modellen in het algemeen onvoldoende nauwkeurige schattingen leveren voor metaalconcentraties in poriewater. Wél kan op basis van deze velddata een model worden opgesteld dat, rekening houdend met de effecten van pH en competitie tussen het desbetreffende metaalion en Ca²⁺, een relatie legt tussen de metaalactiviteit in het poriewater en het totaalgehalte in de vaste fase. Naar verwachting zal

het te ontwikkelen model de volgende vorm hebben:

$$\log (Me_{ion}) = a + \log (Me_{solid}) + b * pH + c * \log (Ca^{2+}) + d * \log (..)$$

Met:

(Me_{ion}) = activiteit van het vrije metaalion in de bodemoplossing.

(Me_{solid}) = potentieel biobeschikbare metaalconcentratie in de vaste fase.

(Ca²⁺) = activiteit van het calciumion in de bodemoplossing.

Na het opstellen en valideren van het hierboven aangehaalde model, is het niet meer noodzakelijk om de activiteit van het vrije metaal daadwerkelijk te meten. De activiteit van het vrije metaalion in oplossing, dat naar men aanneemt bepalend is voor effecten, kan dan worden berekend.

De hoeveelheid metaal die door organismen daadwerkelijk wordt opgenomen is maatgevend voor de ecotoxicologische risico's. Met opname-modellen moet worden voorspeld hoeveel een organisme via poriewater of andere blootstellingsroutes, zoals voedsel, zal opnemen. In deze modellen wordt elk organisme danwel groep van organismen beschouwd als een afzonderlijk bodembestanddeel dat deelneemt aan de verschillende uitwisselingsprocessen in de bodem. Ook in dit geval zullen pH en concurrerende kationen een belangrijke rol spelen bij de partitie van vrij metaalionen tussen poriewater en organisme.⁴

Vervolg op pagina 25

Literatuur

1. Janssen, R.P.T., F.A. Swartjes, M.A.G.T. van den Hoop en W.J.G.M. Peijnenburg, 1996, Evaluatie van het evenwichtspartitieconcept voor zware metalen in bodems en sedimenten, RIVM rapportnr. 719101027.
2. Van den Hoop, M.A.G.T., 1995, Metal speciation in Dutch soils: field based partition coefficients for heavy metals at background levels, RIVM rapportnr. 719101013.
3. De Rooij, N.M., J.G.C. Smits, J. Bril, A.C.C. Plette en W.H. van Riemsdijk, 1997, Methodology for determination of heavy metal standards for soil, Delft Hydraulics, rapportnr. T2004.
4. Peijnenburg, W.J.G.M., L. Posthuma, H.J.P. Eijsackers en H.E. Allen, 1997, A conceptual framework for implementation of bioavailability of metals for environmental purposes, Ecotoxicology and Environmental Safety 37, 163-172.

Definities

- **Potentieel beschikbare metaalfractie:** De voor organismen vanuit de vaste fase en de vloeistoffase direct of indirect opneembare fractie: onder andere (an)organische metaalcomplexen in oplossing, metaal geadsorbeerd aan vaste bodembestanddelen (organisch materiaal, klei, etc.), alsmede metaalmineralen.
- **Indirect beschikbare fractie:** De fractie die binnen een tijdsschaal gelijk aan de levenscyclus van bodemorganismen door natuurlijke (bio)chemische omzettingen direct beschikbaar komt voor opname. Vooralsnog is gekozen voor een periode van één jaar als zijnde de in dit verband relevante tijdsschaal.
- **Actueel beschikbare metaalfractie:** De fractie die in een specifieke veldsituatie direct door organismen kan worden opgenomen: vrije metaalion in oplossing plus direct opneembare metaalspecies in de vloeistof- en de vaste fase (inclusief opname via niet-poriewater-opname-routes zoals voedsel).
- **Niet-beschikbare fractie:** Metaalspecies die niet binnen een tijdspanne van één jaar door natuurlijke processen in een biobeschikbare vorm kunnen worden omgezet.

Vervolg van pagina 13

De uiteindelijke risicoschatting zal rekening houden met inhomogeniteiten in bodemsamenstelling en variaties in milieucondities. Tevens zal de procedure rekening houden met de inherente onzekerheden in de verschillende modellen. Uitgegaan zal worden van een 'gemiddelde' danwel 'mediane' situatie, waarna op basis van onzekerheidsanalyse het 'veilige' percentiel van de kansverdeling zal worden bepaald.

De methode zal worden toegepast op bodems met bodemeigenschappen die vallen binnen de range van bodems waarmee de verschillende modellen en methodes zijn ontwikkeld. Onder- en bovengrenzen zullen worden vastgesteld voor een aantal nader te bepalen bodemeigenschappen (zoals bijvoorbeeld zuurtegraad, organisch koolstofgehalte, redoxpotentiaal, saliniteit, etc.).