

Zware metalen in het bovenste grondwater onder landbouwgronden op zand

LUC BONTEN, ALTERRA
RENÉ RIETRA, ALTERRA
PAUL RÖMKENS, ALTERRA

Hoge concentraties van zware metalen in het oppervlakkige grondwater kunnen leiden tot risico's voor uitspoeling naar het diepere grondwater en oppervlaktewater. Op diverse locaties in Nederland worden reeds MTR-waarden in het oppervlaktewater overschreden door uitspoeling uit de bodem. Bij metingen van de kwaliteit van het bovenste grondwater op zandgronden werden de hoogste concentraties waargenomen in zuidoost-Nederland, waarbij voor een groot aantal locaties de streefwaarde werd overschreden. De concentraties zware metalen in het grondwater worden niet alleen bepaald door de gehalten in de bodem en samenstelling van die bodem, maar zijn ook sterk gerelateerd aan de samenstelling (macrochemie) van het grondwater. Bij lage pH en hoge concentraties opgeloste organische stof kunnen de concentraties van zware metalen relatief hoog liggen, zodat de normen voor het grondwater worden overschreden zonder dat sprake is van een concrete bodemverontreiniging. De risico's voor uitspoeling zullen echter toenemen. De macrochemie van het grondwater wordt deels bepaald door het gebruik van het land. Daarin kan wel worden ingegrepen.

Als gevolg van bemesting en atmosferische depositie zijn de gehalten aan zware metalen als koper en zink in het landelijk gebied gestegen ten opzichte van 'niet-belaste' gebieden. Ofschoon de stijging in de meeste gevallen niet dermate groot is dat nu sprake is van groot-schalige overschrijding van bodemnormen, kunnen deze veranderingen aanleiding geven tot een stijging van de concentraties zware metalen in het grondwater. Uitspoeling naar het oppervlaktewater en het diepere grondwater leidt tot verspreiding van de verontreiniging. Deze uitspoeling is echter nog onvoldoende in kaart gebracht. Het inzicht in de verschillen tussen bodemtypen en de mogelijke rol van landgebruik en bemesting op de kwaliteit van grondwater is nog onduidelijk. Of en zo ja in welke mate metalen die als gevolg van bemesting in de bodem terechtkomen, bijdragen aan de belasting van het grond- en oppervlaktewater, hangt sterk samen met het vermogen van de bodem om metalen te binden. Met name in zandgronden kan een verhoging van het zware metaalgehalte in de bovengrond leiden tot verhoogde uitspoeling als gevolg van een combinatie van de lagere pH en het geringe vermogen van deze

gronden om metalen te binden. Verhoogde gehalten aan zware metalen in de bodem kunnen daarom bij een geringe bindingscapaciteit van de bodem mogelijke risico's vormen voor uitspoeling naar het diepere grondwater of afstroming naar het oppervlaktewater. Om een inschatting van deze risico's te kunnen maken, is het belangrijk een overzicht te hebben van

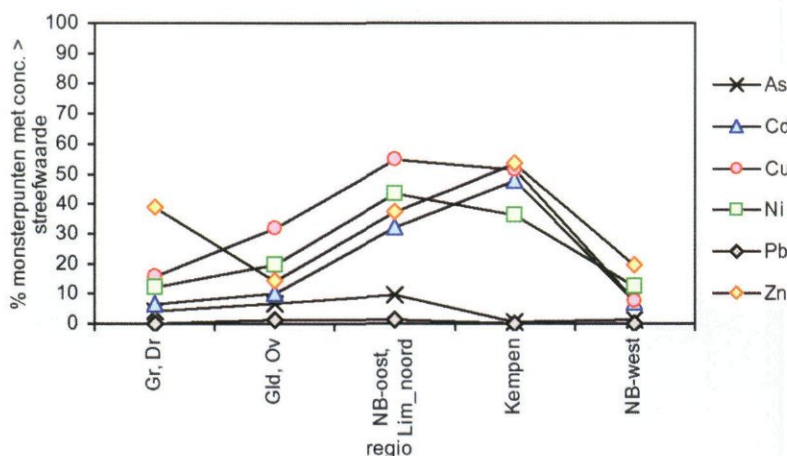
de hoeveelheid zware metalen die kunnen uitspoelen.

Op zandgronden in Nederland is door Alterra een 500-tal monsters genomen van het bovenste grondwater. De monsternamen zijn uitgevoerd op zandgronden, omdat deze bodems door een gering gehalte aan klei en organisch stof een beperkte bindingscapaciteit hebben voor zware metalen, waardoor risico's voor uitspoeling hier het grootst zijn. Van deze grondwatermonsters is behalve de concentratie aan zware metalen ook de macrochemische samenstelling van het grondwater bepaald. Verder is per monsterpunt de grondwaterstand, het bodemtype en het landgebruik bepaald. Doel van deze studie is om na te gaan of de verschillen in bodemtype, landgebruik en geografische ligging aanleiding geven tot belangrijke verschillen in metaalconcentraties in het grondwater. Ook verschillen in zuurgraad en aanwezigheid van onder andere opgelost organisch koolstof kunnen al aanleiding geven tot grote verschillen in de opgeloste concentraties in het grondwater. Met name bij de beoordeling van de kwaliteit van grondwater is het daarom wenselijk inzicht te hebben in de spreiding van de metaalconcentraties die van nature al kan voorkomen.

Regionale verschillen in concentraties

Een eerste indruk van de kwaliteit van het bovenste grondwater ontstaat door de concentraties van de zware metalen te toetsen aan de bestaande normen voor grondwater, in dit geval de streefwaarde voor ondiep grondwater. Bij de vergelijking van de gemeten concentraties met normen voor grondwater is onderscheid gemaakt tussen de verschillende regio's in Nederland, namelijk het noordelijk zandgebied (Drente en Groningen), het oostelijk zandgebied (Gelderland, Overijssel) en het zuidelijk zandgebied (noord-Limburg en Noord-

Afb. 1: Percentage grondwatermonsters met concentratie zware metalen boven de streefwaarde, indeling per regio.



Brabant). Het zuidelijk zandgebied is verder verdeeld in een oostelijk en westelijk deel. Verder is de Kempen als aparte regio opgenomen vanwege de specifieke historische belasting van de bovengrond door de daar aanwezige zinksmelterijen. Afbeelding 1 geeft per regio weer in welk percentage van de monsters de concentratie van het betreffende metaal hoger lag dan de streefwaarde.

Afbeelding 1 toont aan dat de laagste percentages overschrijdingen in het grondwater door zware metalen voorkomen in het noordelijk zandgebied en in het westen van Noord-Brabant. De hoogste concentraties van zware metalen worden waargenomen in het oosten van Noord-Brabant en noord-Limburg, met uitzondering van cadmium en zink in de Kempen en zink in noord-Nederland. Deze verschillen in concentraties worden veroorzaakt door verschillen in de huidige en historische belasting van de bodem als gevolg van atmosferische depositie en gebruik van meststoffen. Voor de meeste zware metalen is zowel de historische en huidige atmosferische depositie als de belasting via meststoffen het hoogst in zuidoost-Nederland, hetgeen overeenkomt met de hoge percentages overschrijdingen van de streefwaarde in het oosten van Noord-Brabant en noord-Limburg. De verhoogde concentraties zink en cadmium in de Kempen zijn het gevolg van de vroegere hoge atmosferische depositie van zink en cadmium door uitstoot van de metaalindustrie (zinksmelters) in deze regio. Opmerkelijk in afbeelding 1 is het hoge percentage van streefwaardeoverschrijdingen voor zink in noord-Nederland. Dit hoge percentage kan niet worden herleid uit bekende gegevens van atmosferische depositie of bemesting.

Effect van grondwatersamenstelling

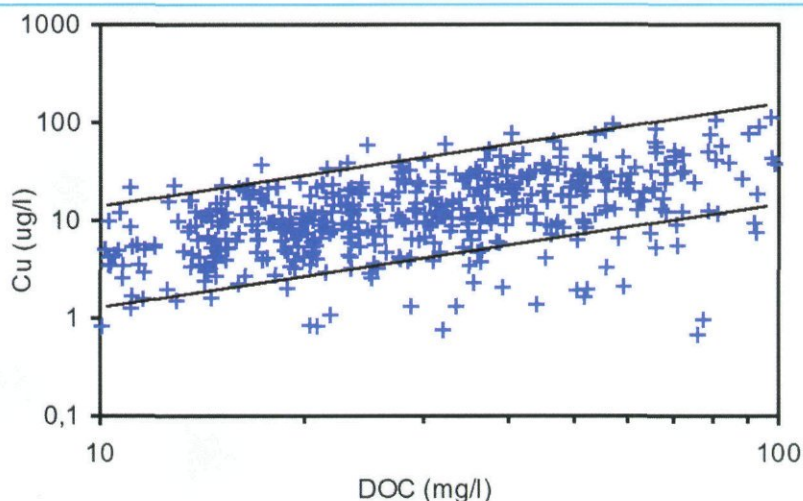
Uit het voorgaande blijkt dat regionale verschillen in concentraties van zware metalen in het grondwater deels verklaard kunnen worden door verschillen in belasting van de grond en daarmee door verschillen in gehalten in de grond. Vergelijkbare regionale verschillen zijn onder andere ook waargenomen in het Landelijk Meetnet Bodem en het Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit. In dit onderzoek is ook uitgebreid de samenstelling van het grondwater bepaald. Deze is namelijk van grote invloed op de concentraties in het grondwater, samen met de gehalten in de bodem. Zo geldt dat de concentratie koper in het grondwater in hoge mate bepaald wordt door de concentratie van opgeloste organische stof (DOC). Dit effect is te zien in de grondwatermonsters van dit onderzoek, zoals die weergegeven zijn in afbeelding 3. Deze afbeelding toont dat de concentratie koper in het grondwater toeneemt bij een toenemende concentratie van

DOC in het grondwater. De oorzaak hiervan is de sterke binding van koper aan het opgeloste organische materiaal, waardoor de totale hoeveelheid koper die zich in het grondwater bevindt toeneemt bij een toenemende concentratie organisch stof. Voor de overige metalen is de relatie tussen de concentratie in het grondwater en de concentratie DOC veel min-

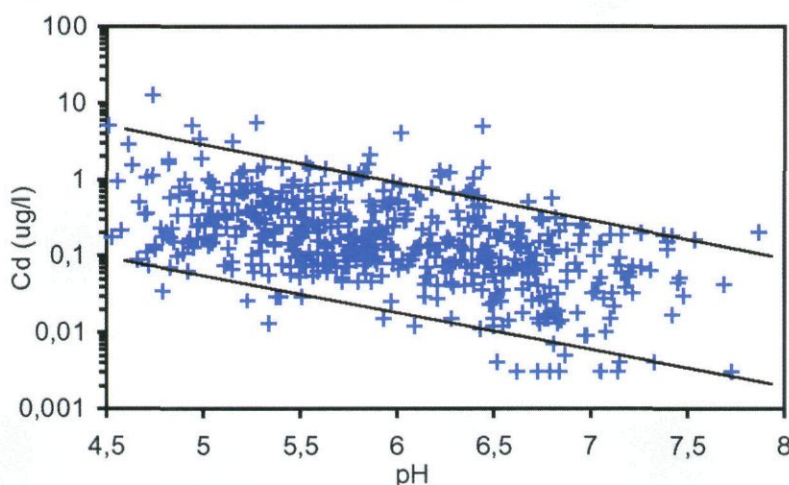
der duidelijk.

De lijnen in afbeelding 2 geven de breedte weer van koperconcentraties in het grondwater die aangetroffen kunnen worden in geval van een niet door directe verontreiniging belaste bodem, de achtergrondconcentraties. De spreiding van gemeten koperconcentraties bij een bepaalde DOC-concentratie

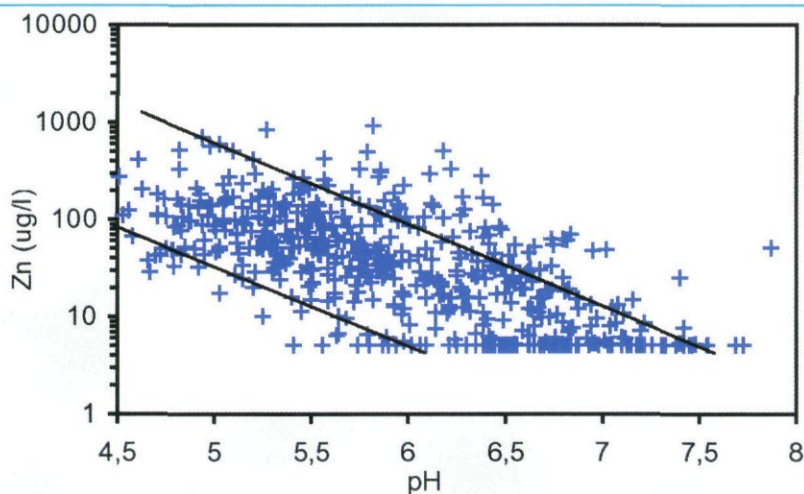
Afb. 2: Koperconcentratie in het grondwater in relatie tot de concentratie opgelost organisch materiaal (DOC).



Afb. 3: Cadmiumconcentratie in het grondwater in relatie tot de zuurgraad van het grondwater (pH).



Afb. 4: Zinkconcentratie in het grondwater in relatie tot de zuurgraad van het grondwater (pH).



tussen de lijnen wordt onder andere veroorzaakt door verschillen in bodemeigenschappen (humus- en kleigehalte, pH) en/of verschillen in het kopergehalte in de grond voor de verschillende monsterpunten. Indien bij een meting van de kwaliteit van het grondwater, de koperconcentratie bij een bepaalde DOC-concentratie ver boven de bovengrens ligt, zoals die in afbeelding 2 is weergegeven, zou dat kunnen betekenen dat in dat geval sprake is van een niet-natuurlijk verband. De concentratie kan in dat geval niet meer verklaard worden door de natuurlijke variatie in koper en zou dus een aanwijzing kunnen zijn voor een verontreinigingssituatie.

Anderzijds laat afbeelding 2 echter ook zien dat bij hoge concentraties aan opgeloste organisch stof de streefwaarde voor koper ($= 15 \mu\text{g/l}$) overschreden kan worden zonder dat sprake is van een concrete verontreinigingssituatie. Dit kan betekenen dat onder normale omstandigheden bepaalde vormen van bodemgebruik niet mogelijk zijn door te hoge concentraties aan zware metalen. Kritische vormen van bodemgebruik zijn bijvoorbeeld drenking van vee met oppervlakkig grondwater of natuurdoeltypen met relatief gevoelige soorten.

Voor cadmium en zink geldt dat de concentratie in het grondwater sterk bepaald wordt door de zuurgraad van het grondwater. Dat is ook voor de grondwatermonsters van dit onderzoek te zien in de afbeeldingen 3 en 4. Deze laten zien dat de concentratie cadmium en zink in het grondwater toenemen bij een toenemende zuurgraad (pH daalt) van het grondwater. Ook hierbij geldt dat een bandbreedte kan worden weergegeven van 'normale' concentraties, afhankelijk van de pH. Concentraties boven de bovengrens zijn dan een aanwijzing voor een mogelijke verontreinigingssituatie. Bij lagere pH-waarden kunnen deze 'normale' concentraties de streefwaarden

van cadmium ($= 0,4 \mu\text{g/l}$) of zink ($= 65 \mu\text{g/l}$) overschrijden zonder dat sprake is van een aanwijsbare verontreiniging, waardoor bepaalde vormen van bodemgebruik wellicht niet mogelijk zijn. Ook voor de overige zware metalen zijn de concentraties in het grondwater afhankelijk van de pH en de DOC-concentratie. Deze relaties zijn echter niet zo duidelijk als hierboven weergegeven bij de relatie voor koper en de concentratie DOC en de relaties voor zink en cadmium met de pH.

Effecten van bodemgebruik

De huidige belasting van de grond komt voor de meeste zware metalen voor rekening van bemesting. Alleen voor lood en arseen speelt de atmosferische depositie een belangrijke rol. Door de sterke binding van zware metalen aan de bodem zullen de belastingen over langere tijd in de bodem accumuleren. De historische belasting is derhalve van grote invloed op de huidige concentraties in het grondwater. En logischerwijs zullen de gehalten in de grond en de concentraties in het grondwater slechts in geringe mate bepaald worden door de huidige belasting en dus het huidige bodemgebruik. Dit is duidelijk te zien in afbeelding 5, waar voor verschillende vormen van bodemgebruik is weergegeven in welk percentage van de monsters de concentratie van het betreffende metaal hoger was dan de streefwaarde. Alleen het percentage overschrijdingen van de streefwaarde voor zink onder bouwland is relatief verhoogd. Dit wordt veroorzaakt doordat voor de monsterpunten in noord-Nederland, waar de zinkconcentraties relatief verhoogd waren, een groot deel van de monsterlocaties op bouwland lag. Ook in eerdere studies (door onder andere het RIVM) werd geen relatie tussen huidige belasting en gehalten in grond en grondwater gevonden. De regionale verschillen in concentraties in het grondwater (afbeelding 1) worden dus met name bepaald door de vroegere belasting. Dit betekent dat concentraties in

het grondwater en daarmee uitspoeling niet direct beïnvloed kan worden door verandering van de immissie naar de bodem.

In tegenstelling tot de gehalten in de grond zijn de pH en concentratie DOC in het grondwater wel afhankelijk van het huidige bodemgebruik. Dit betekent dat bij een verandering van bodemgebruik op een locatie de risico's voor uitspoeling van zware metalen kunnen toe- of afnemen afhankelijk van de effecten van de verandering op de samenstelling van de bodem. Zo treedt bij omzetting van landbouw- in natuurgebieden er in het algemeen zowel een daling van de pH als een stijging van de DOC-concentratie op, waardoor de risico's voor uitspoeling toenemen, zonder dat het totale gehalte aan zware metalen in de bodem verandert. Aan de andere kant is het door een gericht bodemgebruik ook mogelijk de bodemsamenstelling te sturen, zodanig dat de concentraties aan opgeloste zware metalen en daarmee de risico's voor uitspoeling verminderen.

Conclusies

Tussen de verschillende zandgebieden in Nederland bestaan grote verschillen qua concentraties van zware metalen in het bovenste grondwater. Deze verschillen zijn met name veroorzaakt door de vroegere belasting van de bovengrond door bemesting en atmosferische depositie. De invloed van de huidige belasting op de concentraties zware metalen in het grondwater is slechts zeer gering. Alleen op de lange termijn zal een veranderd bodemgebruik leiden tot lagere gehalten in de grond en daarmee tot een verminderde uitspoeling. Op veel kortere termijn is het huidige bodemgebruik van invloed op de samenstelling van het grondwater. Met name de pH en de concentratie opgelost organisch koolstof zijn vervolgens wel van grote invloed op de concentraties van opgeloste zware metalen in het grondwater (pH, DOC). Zo nemen bij een dalende pH met name de concentraties van zink en cadmium sterk toe en bij toenemende concentraties opgelost organisch koolstof neemt de concentratie koper sterk toe. Uit deze relaties tussen de macrochemie en de concentraties kan verder worden afgeleid welke concentraties onder 'normale' omstandigheden in het grondwater kunnen worden waargenomen. In vervolgonderzoek zal verder worden ingegaan op de relaties tussen grondwaterstand, bodemgebruik, macrochemie en concentraties in het grondwater.

LITERATUUR

Römkens P. (2002). Uitspoeling van zware metalen uit landbouwgronden. Alterra-rapport 459.

Afb. 5: Percentage grondwatermonsters met concentratie zware metalen boven de streefwaarde, indeling per bodemgebruik.

