



Ruth Heerdink, TNO Bouw en Ondergrond
 Hans-Peter Broers, TNO Bouw en Ondergrond
 Bas van der Grift, TNO Bouw en Ondergrond
 Adrie Geerts, Provincie Noord-Brabant

Nog zeker 30 jaar toename van zware metalen in het oppervlaktewater

Van oudsher worden bodem en grond- en oppervlaktewater door verschillende specialisten bestudeerd en door verschillende overheden gecoördineerd. Tegenwoordig vraagt de Kaderrichtlijn Water om een integrale aanpak van het gehele hydrologische systeem in stroomgebieden. Deze aanpak vereist ook kennis van het hydrologische systeem als geheel. In deze studie is onderzoek verricht naar de bijdrage van het grondwater aan de kwaliteit van het oppervlaktewater (ook in de komende decennia). Daarnaast is gekeken naar het effect van een aantal kansrijke maatregelen op de kwaliteit van het oppervlaktewater. Hiervoor is een regionaal geïntegreerd model voor het bodem- en grondwatersysteem ontwikkeld. Met dit model kan de belasting van het oppervlaktewater berekend worden. Als pilotgebied dient het stroomgebied van de Dommel. Uit het onderzoek blijkt dat de belasting van het oppervlaktewater met zware metalen in de toekomst zal toenemen. Geen van de doorgerekende maatregelen kan hieraan wezenlijk iets veranderen. Wel zullen de concentraties nitraat en sulfaat in het oppervlaktewater afnemen als de bemesting wordt gereduceerd.

In het kader van het zesde kaderprogramma van de Europese Unie speelt TNO een rol in het project Aquaterra. Aquaterra streeft naar een beter begrip van het functioneren van het rivier-sediment-bodem-grondwatersysteem. Het huidige

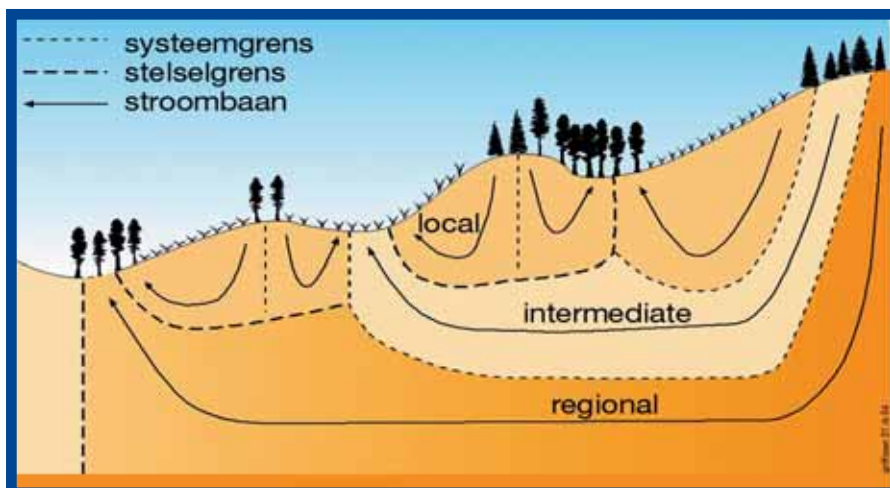
onderzoek maakt deel uit van dit project. Een belangrijke doelstelling van het onderzoek is het vaststellen van de relaties tussen grond- en oppervlaktewaterkwaliteit in het stroomgebied van de Dommel en het verkrijgen van generiek inzicht in de effectiviteit van

maatregelen op de oppervlaktewaterkwaliteit. De provincie Noord-Brabant en de waterschappen de Dommel, Aa en Maas en Brabantse Delta participeren in dit onderzoek.

Vervuiling van bodem naar oppervlaktewater

In de benadering van bron-pad-object is het grondwater de verbinding tussen de verontreinigde bodem en het oppervlaktewater. Stoffen zoals nitraat en zware metalen zullen immers uit de bodem uitspoelen naar het bovenste grondwater en vervolgens door middel van drainbuizen of met stroombanen door de iets diepere ondergrond in het oppervlaktewater terecht komen. De reistijd van een stof door de ondergrond zal variëren (zie afbeelding 1). Een stof die in een infiltratiegebied in de bodem komt, zal een lange weg afleggen door het grondwatersysteem naar sloten en beken. Deze reis door het grondwatersysteem kan vele tientallen jaren duren. Een stof die in een kwelgebied in de bodem terecht komt, zal een korte weg afleggen door het grondwatersysteem en kan binnen een jaar of enkele jaren het oppervlaktewater bereiken.

Afb. 1: Strooming van het grondwater door de ondergrond.



Plakker of niet?

Vervuilde stoffen gedragen zich niet hetzelfde. Sommige stoffen plakken (adsorberen) aan bodemdeeltjes; andere stoffen doen dit niet. Zware metalen zoals cadmium, zink en koper adsorberen aan bodemdeeltjes en verplaatsen zich daarom traag. Nitraat en sulfaat doen dit niet en bewegen daarom gewoon met het grondwater mee. Nitraat kan wel worden afgebroken als zich in de bodem organisch materiaal of pyriet bevindt. Metalen die in de jaren '70 met mest in de bodem terecht kwamen, zitten vaak nu nog in de bovenste meter van de bodem. Nitraat en sulfaat uit de jaren '70 hebben zich al tot een diepte van ruim 30 meter verplaatst.

Stroomgebied de Dommel zwaar vervuild

De rivier de Dommel begint in België ten zuiden van de plaats Peer in de moerassen en vennen van de Donderslagse Heide. Bij Borkel en Schaft komt de Dommel Nederland binnen. De Dommel stroomt door de zandgronden van de streken Kempen en Meierij. In het stroomgebied komt veel landbouw voor. Omdat de grond langs de rivier weinig voedingstoffen bevat ('arme' zandgrond) wordt er veel bemest. Op de grens van Nederland en België staan zinkfabrieken. Tot het midden van de jaren '70 zijn via de schoorstenen van deze fabrieken grote hoeveelheden zink en cadmium in de atmosfeer en in de omgeving op de bodem terechtgekomen. Het gebied is daardoor zwaar vervuild geraakt.

De vervuilde bodem

De belasting van de bodem bestaat in het stroomgebied van de Dommel vooral uit atmosferische depositie, mest en uitspoeling van zware metalen uit zinkassenwegen. Atmosferische depositie is iets wat overal en altijd plaatsvindt. Zware metalen, stikstof en zwavel zitten in bepaalde concentraties in de lucht en slaan vanuit de lucht neer op het aardoppervlak. De atmosferische depositie van stikstof en zwavel is tussen begin jaren '50 en medio jaren '80 toegenomen door industrialisatie, het gebruik van de auto en als gevolg van bemesting. Dankzij wetgeving neemt de atmosferische depositie van deze stoffen sinds enkele decennia weer af. Vervuilde stoffen kunnen ook direct via de mest in de bodem terechtkomen. Ook voor meststoffen geldt dat de belasting van de bodem met deze stoffen tussen 1950 en

1985 is toegenomen en daarna als gevolg van wetgeving weer is afgenomen. In het stroomgebied van de Dommel zijn zinkassen (afvalstoffen van de zinkfabrieken) verwerkt in wegen. Het zink en cadmium uit deze wegen komen langzaam vrij en verdwijnen in de bodem en het grondwater.

Modelbenadering

Een stof die op het maaveld terechtkomt, zal een langere of kortere weg door de bodem volgen vóór het de grondwaterspiegel bereikt. Afhankelijk van de chemische eigenschappen van een stof kan deze zich snel of langzaam door de bodem bewegen. Hoe stevig een adsorberende stof aan bodemdeeltjes 'plakt', is afhankelijk van eigenschappen van de bodem, zoals de zuurgraad, het organisch stofgehalte en het kleigehalte. In het stroomgebied van de Dommel komen veel verschillende bodemsoorten voor. Hoe zuurder de bodem, des te minder stevig een stof aan de bodem adsorbeert en des te sneller de stof kan bewegen. In de berekeningen is met de zuurgraad, het organisch stofgehalte en kleigehalte rekening gehouden.

Afbeelding 2 laat de concentratie cadmium zien in het bovenste grondwater (net onder de grondwaterspiegel) in 1950, 2000 en 2050. Door de ruimtelijke variatie van bodemeigenschappen varieert de snelheid waarmee stoffen de grondwaterspiegel bereiken en dus de concentratie in het bovenste grondwater. In 2000 is de uitspoeling het grootst in de relatief kwetsbare, zure zandbodems onder bosgebieden. In 2050 neemt de uitspoeling daar al weer af, maar vindt juist de vertraagde uitspoeling uit de minder kwetsbare landbouwgebieden plaats.

Voor niet-adsorberende stoffen zoals nitraat zijn ook de zuurgraad, het organisch stofgehalte, het kleigehalte en de vochtigheid van de bodem belangrijk. Nitraat wordt namelijk afgebroken onder natte omstandigheden met een hoog organisch stofgehalte. Nadat een stof via de bodem de grondwaterspiegel heeft bereikt, speelt de grondwaterstroming een belangrijke rol. Deze bepaalt in welke richting en met welke snelheid een stof zich door het grondwatersysteem kan bewegen. Net als in de bodem wordt onder de grondwaterspiegel de snelheid van cadmium, koper en zink en de afbraak van nitraat (mede)bepaald door

factoren als de zuurgraad, het organisch stofgehalte en het kleigehalte.

Na een lange of korte weg door de ondergrond bereikt een stof ergens een waterloop (sloot, greppel, drainagebuis, beek). Het water hierin is eigenlijk een mengvorm van water dat al lang onderweg is en water dat nog maar kort onderweg is, of anders gezegd: van water dat van verderweg komt of water dat van dichtbij de waterloop komt.

Deze processen zijn gesimuleerd in een stoftransportmodel. Het model is uitgebreid getest. De resultaten zijn vergeleken met meetgegevens²⁾. Het stroomgebied van de Dommel is in deze studie opgedeeld in zes substroomgebieden: Run, Keersop-Beekloop, Dommel, Tongelreep, Kleine Aa en Strabeekse Aa. Hierna worden de resultaten voor het substroomgebied van de Run gepresenteerd. Telkens worden de effecten van bepaalde maatregelen besproken in vergelijking met het basisscenario (het scenario waarin de bemesting en de hydrologische situatie gelijk blijven aan hoe het nu is).

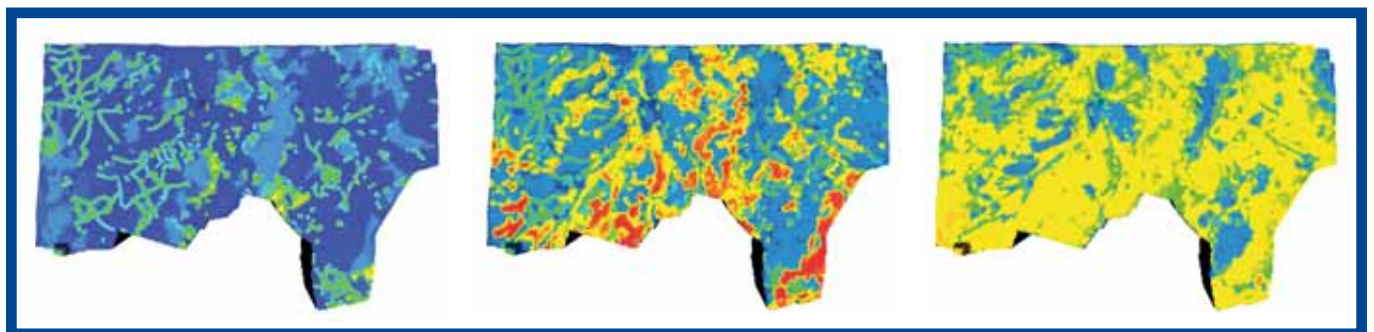
Meer zink, cadmium en koper

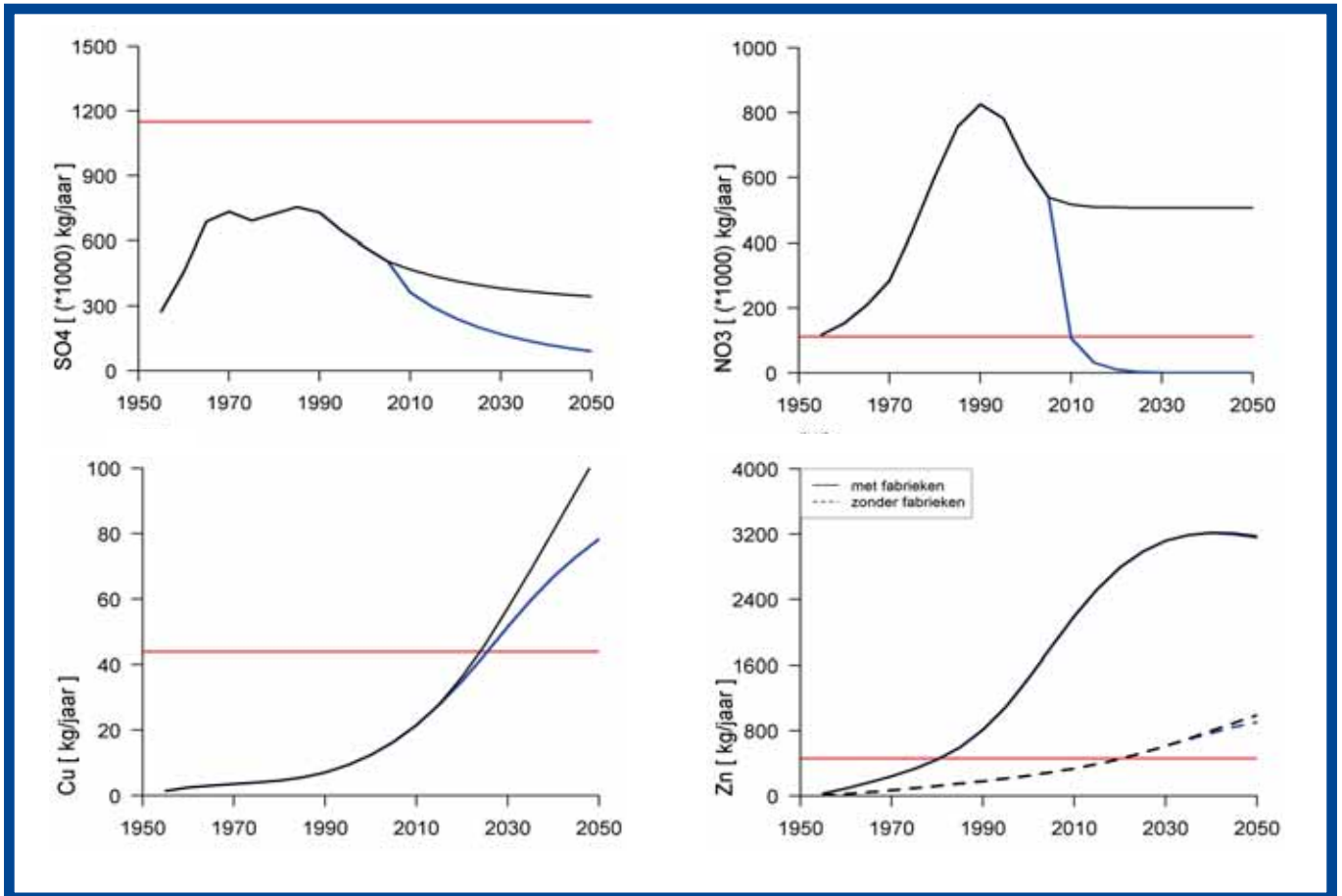
In afbeelding 3 geeft de zwarte lijn de belasting van het oppervlaktewater aan in het basisscenario. De concentraties cadmium, zink en koper zullen nog zeker met een factor twee stijgen. Deze metalen bewegen traag door het bodem-grondwatersysteem; grote hoeveelheden zware metalen hebben zich de afgelopen decennia opgehoopt in de bodem. De hoeveelheden die momenteel het oppervlaktewater belasten, zijn maar een fractie van de in de bodem aanwezige zware metalen. De in de bodem aanwezig zware metalen zullen in de loop van de jaren uitspoelen naar het grondwater en daarmee op den duur het oppervlaktewater meer en meer belasten. Van de zware metalen beweegt koper het traagst en daarom zal de belasting van het oppervlaktewater met deze stof het langst blijven stijgen.

Reduceren bemesting heeft wisselende effecten

Het effect van een reductie van de bemesting (tot nul) vanaf 2005 is voor nitraat erg groot (zie afbeelding 3). Nitraat reageert vrijwel direct: de belasting van het oppervlaktewater gaat binnen enkele jaren richting nul. Omdat nitraat kan worden afgebroken in de bodem en het grondwater, zit in water dat

Afb. 2: Concentraties cadmium in het bovenste grondwater in het stroomgebied van de Dommel in 1959 (links), 2000 (midden) en 2050 (rechts). In 1959 is de concentratie in het hele stroomgebied relatief laag (blauw). In 2000 is de concentratie ruimtelijk gevarieerd: onder de bosgebieden worden hoge concentraties berekend (rood) en onder landbouwgebieden nog lage concentraties (blauw). In 2050 voorspellen we in grote delen van het landbouwgebied middelhoge concentraties (groen en oranje) in het bovenste grondwater.





Afb. 3: De belasting van het oppervlaktewater met sulfaat, nitraat, koper en zink in de periode 1950-2050 in het substroomgebied van de Run als gevolg van het reduceren van de bemesting (blauw) en 'niet ingrijpen' (zwart). De rode lijn geeft de MTR-waarde aan.

lang onderweg is naar een waterloop, geen nitraat. Als er geen nitraat meer in de bodem terecht komt omdat de bemesting stopt, zal nitraat na verloop van tijd uit het grondwatersysteem verdwijnen. De belasting van het oppervlaktewater is dan nul.

De belasting van het oppervlaktewater met sulfaat neemt ook erg duidelijk af; echter niet zo abrupt als voor nitraat. Omdat sulfaat niet wordt afgebroken in bodem en grondwater, verdwijnt sulfaat niet uit het water dat lang onderweg is naar een waterloop. Het water dat een lange weg aflegt door het grondwatersysteem, geeft nog tot lange tijd na het moment dat er geen sulfaat meer uit mest in de bodem komt, sulfaat aan het oppervlaktewater af.

Voor koper is een licht effect van deze mestreductiemaatregel zichtbaar. Van al het koper in de bodem is een groot deel afkomstig uit mest. Veranderingen in bemesting zullen daarom effect hebben op de koperverontreiniging van de bodem en daarmee op de uitspoeling naar het grond- en oppervlaktewater.

Voor cadmium en zink is een vergelijkbaar effect te zien. In gebieden waar echter veel cadmium en zink uit de zinkfabrieken in de bodem terecht kwam, is het effect van de mestreductiemaatregel vrijwel nihil. In deze gebieden bevat de bodem zoveel cadmium en zink, dat een vermindering van de aanvoer van cadmium en zink vanuit mest nauwelijks verschil maakt.

Representatief voor zandgronden

De belasting van de bodem met nitraat,

sulfaat en koper in de afgelopen decennia in het stroomgebied van de Dommel is vergelijkbaar met die in andere zandgebieden in Nederland. De berekende belasting van het oppervlaktewater met nitraat, sulfaat en koper is dan ook representatief voor kalkarme zandgronden in Nederland. Voor cadmium en zink geldt dit niet. De belasting van de bodem met cadmium en zink is in het stroomgebied van de Dommel tot de jaren '70 significant hoger geweest dan op andere zandgronden in Nederland. Om toch inzicht te krijgen in de belasting van het oppervlaktewater met cadmium en zink en het effect van de mestreductiemaatregel hierop in andere kalkarme zandgebieden in Nederland, is een scenario doorgerekend zonder de zinkfabrieken. De belasting van het oppervlaktewater met cadmium en zink is dan vele malen lager (zie afbeelding 3). Ook is meer effect zichtbaar van de mestreductiemaatregel. Het cadmium en zink dat in de bodem aanwezig is in het scenario zonder zinkfabrieken, is vooral uit mest afkomstig. Mestreductie zal dus gevolgen hebben voor het zinkgehalte in de bodem en op lange termijn op het zinkgehalte in het grond- en oppervlaktewater. Duidelijk wordt echter ook dat de belasting van het oppervlaktewater met cadmium en zink, evenals al eerder aangetoond voor koper, de komende 50 jaar fors zal stijgen in de kalkarme zandgebieden van Nederland.

Effect bufferstroken

Om het effect van mestreductie in bufferstroken te berekenen, zijn rond waterlopen

bufferstroken van 50 meter gesimuleerd. In deze bufferstroken is vanaf 2005 geen mest meer aangebracht. Buiten deze 50 meter vanaf de waterlopen is wel bemest. Het effect van deze maatregel is vergelijkbaar met het effect van een totale mestreductie, maar wel minder sterk²⁾.

Conclusies

Naar aanleiding van dit onderzoek kunnen we concluderen dat het mogelijk is om met het ontwikkelde model het stoftransport in het bodem-grondwater-oppervlaktewatersysteem op regionale schaal goed te simuleren. Effecten van maatregelen voor stoffen met verschillende eigenschappen kunnen hiermee berekend worden. Met betrekking tot cadmium, koper en zink zien we dat alle gesimuleerde maatregelen de komende 50 jaar nog weinig positief effect hebben. Effecten van de huidige maatregelen zullen voor de zware metalen echter op de lange termijn wél positief uitvallen. Een mestreductie zal leiden tot een afname van nitraat en sulfaat in het oppervlaktewater.

LITERATUUR

- 1) Rozemeijer J., H-P. Broers, H. Passier en B. van der Grift (2005). Een quickscan inventarisatie van de bijdrage van het grondwater aan de oppervlaktewaterkwaliteit in Noord-Brabant. Concept-deelrapport I. Aquaterra/STROMON. NITG 05-186-A.
- 2) Heerdink R., B. van der Grift, H-P. Broers, A. Marsman en F. Roelofs (2007). Concept-deelrapport II. Aquaterra/STROMON. Pilot modelstudie in Zuidoost-Brabant.