

De waterbodem beheerst het verontreinigde grondwater Oppervlaktewater een bedreigd object?

Door activiteiten in het verleden is in veel Nederlandse steden het grondwater verontreinigd geraakt. De verontreinigingspluimen kunnen terecht komen in het oppervlaktewater. Oppervlaktewater wordt gezien als een kwetsbaar object. Maar wat als door biologische processen in de waterbodem de verontreiniging wordt afgebroken voordat deze het oppervlaktewater bereikt? Dan kan de waterbodem juist actief ingezet worden voor het beheersen van verontreinigd grondwater.

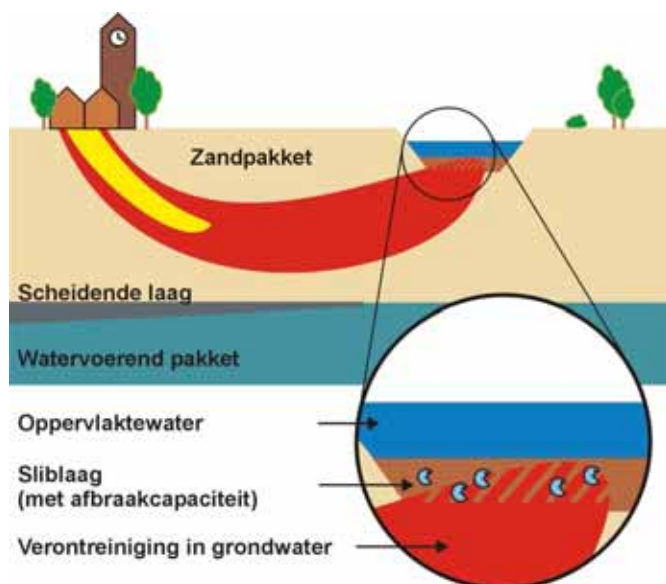
Door: Marlea Wagelmans, Anneke Roosma en Stephan Euverink

Over de auteurs:

M. Wagelmans (Bioclear earth), senior projectleider Risicobeoordeling en -management
A. Roosma (Bioclear earth), senior projectleider Bodem en Water
S. Euverink (Gemeente Hengelo), Adviseur bodemonderzoek & bodemsanering

NATUURLIJKE AFBRAAK IN WATERBODEMS

De beleidsmatige verandering van een gevalsgerichte saneringsaanpak naar een gebiedsgerichte benadering en het feit dat verspreiding per geval meer wordt geaccepteerd, betekent automatisch dat pluimen vaker meer ruimte krijgen. Als gevolg van het drainerend effect van oppervlaktewater, kan een pluim met grondwaterverontreiniging uistromen in het oppervlaktewater. Een benadering op basis van Natuurlijke Afbraak in de



FIGUUR 1: SCHEMATISCHE WEERGEAVE VAN DE BIOLOGISCHE PROCESSEN IN DE SLIBLAAG VAN EEN WATERLOOP.

Waterbodem (Nawabo) past zowel in een gebiedsgerichte aanpak als in gevalsgerichte sanering. Mits de risico's goed te beheersen zijn en geen onacceptabele uitbreiding van verontreiniging naar het oppervlaktewater optreedt, kan Nawabo een waardevolle bijdrage leveren aan het welslagen van deze sanering- en beheerplannen.

BIOLOGISCHE PROCESSEN

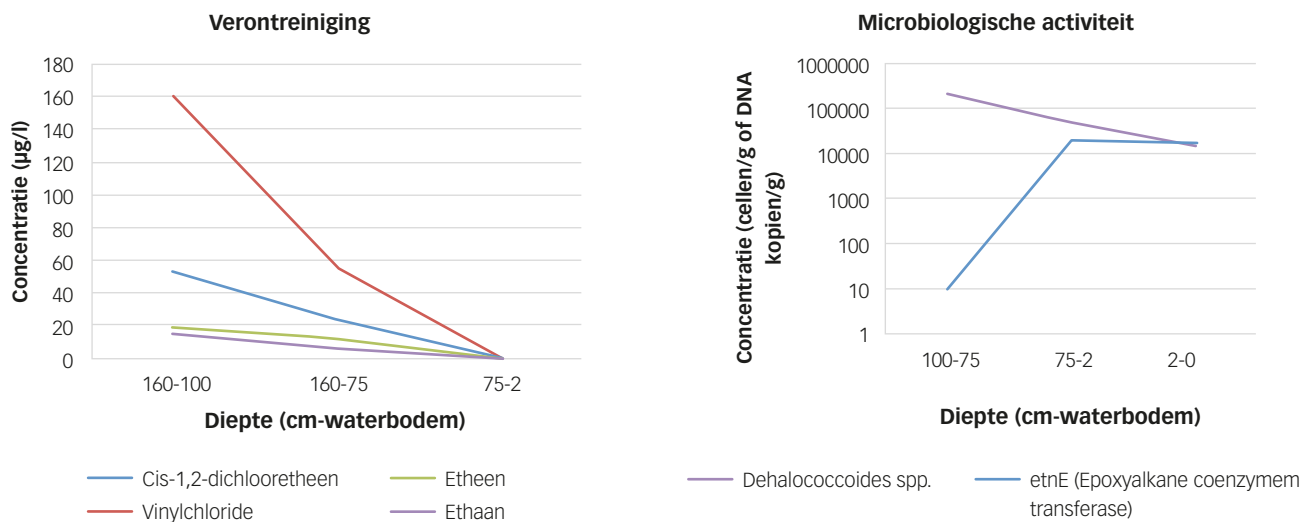
Van belang is dat bij passage van de sli-laag in de waterlopen biologische afbraak van gechloreerde koolwaterstoffen (VOCl)

Natuurlijke Afbraak in de Waterbodem (Nawabo) opnemen in sanering- en beheerplannen

kan optreden. Dit is schematisch weergegeven in figuur 1. Het tot op heden best bestudeerde afbraakmechanisme voor VOCl verontreinigingen is reductieve dechlorering. Dit is een anaeroob afbraakproces waarbij VOCl onder methanogene omstandigheden door de dechlorerende bacterie *Dehalococcoides* spp als elektronacceptor wordt gebruikt en organisch stof als elektrondonor.

Een ander biologisch afbraakproces is micro-aerofiele aerobe afbraak waarbij in de aanwezigheid van zeer lage zuurstofconcentraties, circa 0,1 mg/l (dit is in het veld niet nauwkeurig te meten) cis-DCE en VC worden afgebroken tot CO₂ en water. Tot op heden is één bacterie bekend die in staat is om cis-DCE als koolstofbron te gebruiken; *Polaromonas* sp JS666. Er zijn twee genen bekend die betrokken zijn de afbraak van VC onder micro-aerofiele condities; *etnE* en *etnC*.

Door het hoge organische stofgehalte van een sli-laag ontstaan gunstige condities voor anaerobe biologische afbraak van gechloreerde koolwaterstoffen. De meeste waterbodems zijn van



FIGUUR 2: SCHEMATISCHE WEERGAVE VERONTREINIGING EN EN MICROBIOLOGISCHE ACTIVITEIT.

nature overwegend methanogeen. Als gevolg hiervan kan een groot deel van de VOCl verontreiniging die met het grondwater de sliblaag bereikt in deze sliblaag via reductieve dechlorering worden afgebroken voordat de verontreiniging het oppervlaktewater bereikt. In de laag boven de methanogene zone heersen aerobe tot micro-aerofiele condities. In wetenschappelijk onderzoek^{2,3,4,5,6} en onderzoek uitgevoerd bij Bioclear⁸ is aangetoond dat in sliblagen versnelde biologische dechlorering optreedt. Naast deze anaerobe processen kan ook aerobe afbraak van VOCl (DCE en VC) in het bovenste deel van de sliblaag van een watergang optreden. Inmiddels wordt het concept al op meerdere locaties in Nederland onderbouwd toegepast.

HOE HET WERKT

Als gevolg van de bedrijfsactiviteiten op en in de buurt van de locatie Thiemsland te Hengelo is het grondwater ernstig verontreinigd geraakt met voornamelijk VOCl. Naast de locatie ligt de Berflobek, een beek van ongeveer 40 cm diep. Deze beek heeft een drainerende werking op het ondiepe grondwater. Naast en onder de Berflobek zijn hoge concentraties aan VOCl aangetroffen, vooral cis-DCE en VC. In de waterbodem nemen naar boven toe de concentraties af. In het oppervlaktewater zijn nog slechts spoortjes aan VC aanwezig. Stroomafwaarts van de locatie wordt geen verontreiniging meer aangetroffen in het oppervlaktewater. Tegelijkertijd zijn in het sediment en de onderliggende zandlaag tot op een diepte van 140 cm beneden de waterspiegel (of 100 cm beneden de bovenkant van de waterbodem) dechlorerende bacteriën aangetroffen. Daarnaast zijn in de bovenste lagen van het sediment, tot een diepte van 115 cm beneden de waterspiegel (of 75 cm beneden de bovenkant van de waterbodem), enzymen aangetroffen die betrokken zijn bij de micro-aerofiele afbraak van cis-DCE en VC. Het verwijderingsrendement in het slib bedraagt 99,9 tot 100%.⁹

Cis-DCE grondwater onder de waterbodem	1.100 µg/l
VC grondwater onder de waterbodem	1.700 µg/l
Cis-DCE oppervlaktewater	< d
VC oppervlaktewater	0,03 µg/l

BEHEREN IS SANEREN

In Hengelo zijn het Beleidsplan Ondergrond Hengelo¹⁰ en het Gebiedsbeheerplan voor het centrumgebied van Hengelo¹¹ opgesteld. De locatie Thiemsland maakt onderdeel uit van de gebiedsgerichte aanpak van het grondwater. Hierbij is vastgesteld dat de op de locatie aanwezige verontreiniging tot 6 m-mv

functioneel dient te worden aangepakt en de verontreiniging vanaf 6 m-mv is ondergebracht in de gebiedsgerichte aanpak. De verontreiniging in het ondiepe grondwater (tot circa 6 m-mv) is lange tijd door middel van een grondwateronttrekking beheerst. Uiteindelijk is de beheersing uitgezet en is een saneringsplan opgesteld voor het saneren van de restverontreiniging met behulp van directe injecties van koolstofbron. Vervolgens is bekeken of de pluim van nature stabiel zou kunnen worden door de inzet van de waterbodem. Bioclear heeft voor de gemeente Hengelo een saneringsplan opgesteld op basis van Nawabo. De saneringsdoelstelling van de sanering tot 6 m-mv is het beheersen van nalevering naar het oppervlaktewater, beheersen van eventuele humane risico's en verminderen van nalevering naar het diepere grondwater. Humane risico's zijn momenteel niet meer aanwezig. Vanwege de drainerende werking van de beek vindt geen nalevering plaats naar het diepere grondwater. Uit onderzoek is gebleken dat

Gebruik maken van het natuurlijk systeem past nadrukkelijk wel binnen de nieuwe Omgevingswet

door de optredende processen in de waterbodem geen noemenswaardige verspreiding naar het oppervlaktewater optreedt. Uit een afweging van mogelijke saneringsvarianten kwam monitoring in combinatie met het gebruik maken van het natuurlijk systeem als meest kosteneffectieve variant uit de bus. De komende tien jaar vindt eerst jaarlijks en daarna tweejaarlijks monitoring plaats op het grondwater op de locatie en stroomafwaarts daarvan, het oppervlaktewater ter hoogte van de locatie en stroomafwaarts daarvan en het in de beek instromende grondwater. Met het waterschap Vechtstromen is voor het oppervlaktewater een grenswaarde van maximaal 1 µg VC/l afgesproken ter hoogte van de locatie. Verder stroomafwaarts mag geen verontreiniging aanwezig zijn ten gevolge van deze locatie. Door gebruik te maken van het natuurlijk systeem wordt de verontreiniging op kosteneffectieve, natuurlijke en duurzame wijze beheerd en daarmee gesaneerd.

CONCLUSIES

Moeten we oppervlaktewater zien als bedreigd object? Zeker niet per definitie! Waterbodems van sloten, beken, kanalen en rivieren kunnen een actieve bijdrage leveren aan de verwijdering van VOCl uit het milieu. Vooral in combinatie met een bronaanpak, waarbij een groot deel van de aanwezige verontreiniging effectief kan worden verwijderd, kan dit leiden tot een effectieve en doelmatige aanpak van de VOCl problematiek. Een dergelijke oplossing voldoet aan het criterium van een stabiele eindsituatie aangezien de verspreiding wordt beheerst door de biologische afbraak in de waterbodem. Saneren om het saneren is al jaren niet doelmatig en past al helemaal niet meer binnen de nieuwe Omgevingswet. Gebruik maken van het natuurlijk systeem past daar nadrukkelijk wel in. Zo is ook de Hengelse bodem klaar voor de toekomst.

Sinds begin 1900 was het Thiemsland in gebruik als industriegebied. Als gevolg van de industriële activiteiten tot eind 20ste eeuw is de bodem plaatselijk ernstig verontreinigd met verschillende componenten als zware metalen, PAK's, brandstofproducten en VOCl's. De voormalige bedrijfsactiviteiten leidden ook tot grootschalige grondwaterverontreinigingen. In midden jaren 90 van de vorige eeuw is een eerste start gemaakt met de sanering van het terrein. De grondsanering, waarbij grote hoeveelheden verontreinigde grond zijn afgevoerd, is in 1997 afgerond. De aanpak van het freatisch grondwater is na beëindiging van de grondsanering opgestart. Freatisch grondwater werd met behulp van een drainagesysteem onttrokken, gezuiverd en geloosd. De aanpak van het diepe grondwater is als gevolg van de complexiteit van verontreinigingsbeeld en bodemopbouw nooit opgestart.

Bij de intensieve aanpak van het freatisch grondwater werden grote hoeveelheden grondwater onttrokken aan het systeem, gezuiverd en op het riool geloosd. Bij een verkenning naar een andere aanpak van de verontreiniging zijn verschillende opties ter tafel gekomen en enkele zijn wat uitgewerkt (o.a. ijzerschermen). Na verschillende opties te hebben besproken kwam de aanpak via Nawabo ter sprake. Deze duurzame aanpak spreekt de gemeente Hengelo meer aan dan de andere opties. Geen grondwateronttrekking en geen onnodige belasting van de RWZI met grijs water. Daarnaast geen energieverbruik als gevolg van het instandhouden van een GWZI en geen uitstoot van VOCl's in de atmosfeer (strippertoren). De verontreiniging wordt door de (water)bodem zelf opgeruimd.

Op papier ziet het er veelbelovend uit. Ondanks dat de ervaringen met deze saneringsmethodiek zeer schaars zijn, heeft de gemeente Hengelo toch besloten om deze vooruitstrevende aanpak te kiezen en te laten onderzoeken

op haalbaarheid in Hengelo. Vanwege de niet gangbare saneringsmethodiek, is in een vroeg stadium de andere betrokken partij Waterschap Vechtstromen erbij betrokken. Op basis van de hoopgevende resultaten van het laboratorium- en veldproeven is in overleg met de betrokken partijen een deelsaneringsplan opgesteld. In overleg met het Waterschap zijn actiewaarden en monitoringsplannen voor het waterlichaam opgesteld.

De gemeente Hengelo denkt met deze innovatieve methodiek de sanering op een duurzame manier uit te voeren, die veel minder belastend is voor het grondwatersysteem en andere milieucapartimenten dan andere saneringstechnieken. Deze duurzame aanpak van het freatisch grondwater sluit naadloos aan bij de gebiedsgerichte aanpak van het diepere grondwater.

LITERATUUR

1. De Lange, de Wit, Harmsen en Koelmans, Nalevering van verontreinigende stoffen uit waterbodems, deelrapport A, een literatuurstudie naar processen, Alterra rapport 1404, 2006.
2. SEDBARCAH: Investigation of sediment biobarriers for chlorinated aliphatic hydrocarbons in groundwater reaching surface water.
3. SEDBARCAH: sediment biobarriers for chlorinated aliphatic hydrocarbons in groundwater reaching surface waters. K Harmonts, A. Ryngaert, M. Sturme, H. Smidt, J. Dijk, D. Springgael, N-H. Peters, W. Dejonghe.
4. SEDBARCAH: Use of molecular techniques to monitor the microbial removal capacity of organic and inorganic pollutants in soil and sediment. W. Dejonghe, K. Vanbroekhoven, K. Hamonts, A. Ryngaert, L. Diels.
5. SEDBARCAH: enrichment of PCE/VC reductively dechlorinating microbial consortia from River sediment. J. Dijk, K. Hamonts, W. Dejonghe, R. Lookman, M. Sturme, H. Smidt, D. Springael.
6. SEDBARCAH: Molecular monitoring of microbial communities and reductive dehalogenases in River sediments polluted with chlorinated aliphatic hydrocarbons. M. Sturme, K. Hamonts, J. Dijk, D. Springael, W. Dejonghe, H. Smidt.
7. Abe, Aravena, Zopfi, Parker, Hunkeler, Evaluating the fate of chlorinated ethenes in streambed sediments by combining stable isotope, geochemical and microbial methods, *Journal of Contaminant Hydrology* 107 10-21, 2009.
8. Natuurlijke afbraak van VOCl en chloorbenzenen in Waterbodems (Nawabo), Bioclear rapport 20103782/9929, december 2014.
9. Notitie Resultaten Nawabo onderzoek Berflobeek 20144734/10252, juni 2015.
10. Beleidsplan Ondergrond Hengelo, Uitgangspunten voor een gebiedsgerichte aanpak van grootschalige grondwaterverontreinigingen, Linea Rekta, 3Dimensies, Bioclear, december 2011.
11. Gebiedsbeheerplan voor het centrumgebied van Hengelo, Linea Rekta, 3Dimensies, Bioclear, december 2011.