

Grondwatertransport en natuurlijke afbraak sturend op voormalig gasfabrieksterrein

Wat betekent water sturend in het Griftpark?

Het BestParc project onderzoekt hoe we het beheer van de bodemverontreiniging in het Griftpark in Utrecht slimmer kunnen organiseren. Met de hulp van een krachtige bondgenoot: de microbiële populatie in de bodem.

Door: Tim Grotenhuis, Dilan Aydin, Jan Gerritse, Johan van Leeuwen en Suzanne Faber

Over de auteurs:

Dr. T. (Tim) Grotenhuis, tot voor kort verbonden aan de Wageningen Universiteit (WUR) afdeling Milieutechnologie, tim.grotenhuis@stadswende.nl
 MSc D. (Dilan) Aydin, promovendus Wageningen University and Research, dilan.aydin@wur.nl
 Dr. J. (Jan) Gerritse, specialist microbiologie bij Deltares, jan.gerritse@deltares.nl
 Dr. ing. J.A. (Johan) van Leeuwen, onderzoeker Geohydrologie, Universiteit Utrecht, team hydrogeologie en KWRwater, j.a.vanleeuwen@uu.nl
 MSc S.C. (Suzanne) Faber, promovendus Universiteit Utrecht, s.c.faber@uu.nl

Het Griftpark in Utrecht was niet altijd een mooi park zoals dat nu is. Vroeger was dit een industrieel complex voor onder andere de productie van lichtgas voor de stad. Het terrein is zwaar vervuild geraakt als stortplaats en door de industriële activiteiten met vooral teer gerelateerde verontreinigingen. Om verdere verspreiding van opgeloste verontreiniging met het grondwater in het 1e watervoerende pakket (WVP) te voorkomen is het terrein in 1990 geïsoleerd met cement-bentoniet wanden rondom, tot op een kleilaag circa 50 meter onder het maaiveld. Uit het geïsoleerde gebied wordt grondwater onttrokken (ca. 5-10 m³/uur) om in het Griftpark een lager waterniveau te creëren dan erbuiten en lekkage van verontreiniging door de schermwand of naar het dieper gelegen 2e WVP te voorkomen. Het onttrokken sterk verontreinigde water wordt naar een waterzuivering gepompt op 2 km afstand. In deze waterzuivering wordt zuurstof gedoseerd waardoor de opgeloste koolwaterstoffen uit de teer efficiënt worden afgebroken door een complexe cocktail van aerobe bacteriën, die inmiddels bekend staat als de “Griftparkbacterie”¹.

Met de nazorgmaatregel (isoleren, beheren en controleren, afgekort IBC) is de veiligheid van de omgeving van het Griftpark gewaarborgd. Toch knaagde het bij Gert Leurink van Gemeente Utrecht, want de IBC-maatregel is relatief duur (300.000 euro/jaar) en in principe oneindig benoemd. De bevinding dat er bacteriën bestaan die de verontreiniging afbreken was voor hem de reden om het BestParc project, grotendeels gefinancierd door het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW)², op te zetten. In dit project werken Wageningen Universiteit (WUR),

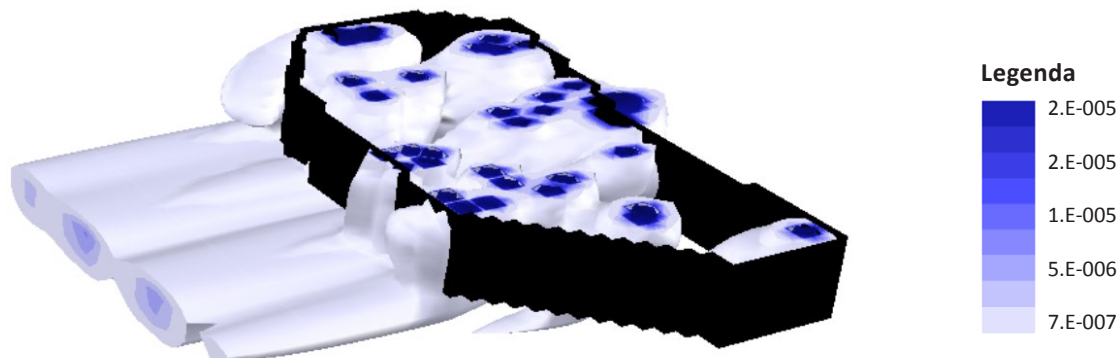
Universiteit Utrecht (UU), Deltares en Aveco de Bondt samen om te onderzoeken of natuurlijke biologische afbraak de beheerskosten kan verminderen, zonder concessies te doen aan de veiligheid. Eén van de belangrijkste vragen in dit onderzoek is of er ook in de anaerobe ondergrond van het Griftpark bacteriën zijn die de verontreiniging afbreken en hiermee verspreiding tegengaan.

Generiek versus locatiespecifiek

In Nederland hebben ongeveer 140 gasfabrieken gestaan³. Vele van de daardoor verontreinigde locaties worden gecontroleerd met een combinatie van passieve (schermwanden) en actieve (pompen) IBC-maatregelen. Vanuit het bodemconvenant (2015 – 2020) is de ambitie geformuleerd om te komen tot afbouw van IBC-locaties. Actieve beheersmaatregelen kunnen echter niet zomaar stopgezet worden vanwege de verspreidingsrisico's die dat met zich meebrengt. Daarvoor moet eerst een risicoanalyse worden uitgevoerd. Tegenwoordig wordt daarbij vaak gekeken naar

Micro-organismen in de bodem zijn onze krachtige bondgenoot

natuurlijke afbraak als mogelijke uitkomst en de stimulering van afbraak als aanvullende optie. Bij het maken van een risicoanalyse voor het Griftpark komen grote uitdagingen aan de orde. Omstandigheden in de bodem zijn zeer heterogeen en we hebben te maken met veel onbekende factoren, net zoals op veel andere locaties. Zodoende is een belangrijk doel van het BestParc project geworden om per geval de optimale methodes te vinden om op dergelijke locaties onderzoek te doen en tot een afbouwplan te komen waarbij natuurlijke afbraakprocessen in de bodem centraal staan.



Figuur 1: Driedimensionale weergave van potentiële verspreiding van grondwater naar het 2e WVP. De cement-bentoniet muur, geïnstalleerd tot bovenop het 2e WVP, in zwart. In blauwe kleuren de zonder afbraak gesimuleerde concentraties naftaleen in mol/L. De meest lichte kleur zijn concentraties lager dan de interventiewaarde. Verwachting is dat door natuurlijke afbraak geen opgeloste verontreiniging weglekt en wanneer dit toch het geval is, dan zal hiervoor een terugvalmaatregel worden ingezet. Grondwater stroomt in westelijke richting.

Balans transport en afbraak

Microbiële afbraak is in essentie een redoxreactie. De opgeloste teer-aromaten fungeren als elektronendonor en de beschikbaarheid van elektronenacceptoren (EAs) in het grondwater is essentieel. Zuurstof, aanwezig in de waterzuivering, is een EA die het proces vaak zeer snel doet verlopen. Diep in de grond en het grondwater bevinden zich andere EAs, zoals nitraat, ijzer(III), mangaan(IV) sulfaat en/of CO_2 . Omdat de concentratie en het type EA van invloed zijn op afbraaksnelheden is het belangrijk hun beschikbaarheid te kennen. Een centrale onderzoeksvraag voor de risicoanalyse in het Griftpark is of er voldoende EAs beschikbaar zijn om opgeloste verontreiniging af te breken wanneer dat buiten het beheerste gebied lekt als de grondwaterpompen zouden worden uitgeschakeld.

Onderzoek

In aanloop naar het opzetten van een grondwatermodel door de Universiteit Utrecht (UU), is onderzoek verricht naar de bodemstructuur met een combinatie van sonderingen, sonische boringen en een pomptest⁴. Er is gebleken dat de scheidende laag tussen het 1e en 2e WVP erg heterogeen is. Deze bestaat uit klei-afzettingen afgewisseld met zand. Zoals eerder bekend, zorgt dit ervoor dat er interactie tussen het 1e en 2e WVP kan bestaan. Alhoewel dit een risico voor verspreiding van opgeloste verontreiniging naar het diepe grondwater inhoudt (zie figuur 1), lijkt de laag ondoorlatend genoeg om kans op lekkage van pure teer te voorkomen. Met de verbeterde kennis van de eigenschappen van de ondergrond en door gebruik te maken van regionale grondwaterstanden en regenval is een driedimensionaal model opgezet waarmee grondwaterstroming en lekkage door de schermwand en de scheidende laag kunnen worden berekend bij verschillende pompdebieten.

Door Deltares is het afbraakpotentieel onderzocht van de in de bodem van nature voorkomende micro-organismen⁵. Hiervoor is gewerkt met 3 verschillende bewijslijnen voor natuurlijke afbraak, gericht op 1) veranderingen in de verontreiniging, 2) veranderingen in redoxomstandigheden, en 3) aanwezigheid van micro-organismen met afbraakcapaciteit (zie figuur 2). Uit het onderzoek bleek dat er flinke afbraak van teer-aromaten in het Griftpark plaatsvindt met ijzer(III), mangaan(IV), sulfaat en koolzuur als EAs, waarvan ijzer(III) en sulfaat de belangrijkste zijn. Het is mogelijk dat de potentiële snelheid waarmee afbraak van nature optreedt voldoende is om transport van verontreinigingen naar het 2e WVP volledig te compenseren. Uit de grondwateranalyses bleek dat er geen verontreiniging in het 2e WVP is aangetoond. Dit wijst erop dat er met de huidige maatregelen geen verontreiniging naar het 2e WVP lekt. Met deze kennis is bij de UU het grondwatermodel uitgebreid tot

een reactief transportmodel. In dit model zijn ijzer(III), dat oplost uit mineralen in de bodem, en sulfaat, dat met regen- en grondwater wordt aangevoerd, opgenomen. Met het model wordt de afbraak van teer-aromaten en de reductie van EAs berekend. Dit model is een belangrijk gereedschap voor het uitvoeren van een risicoanalyse.

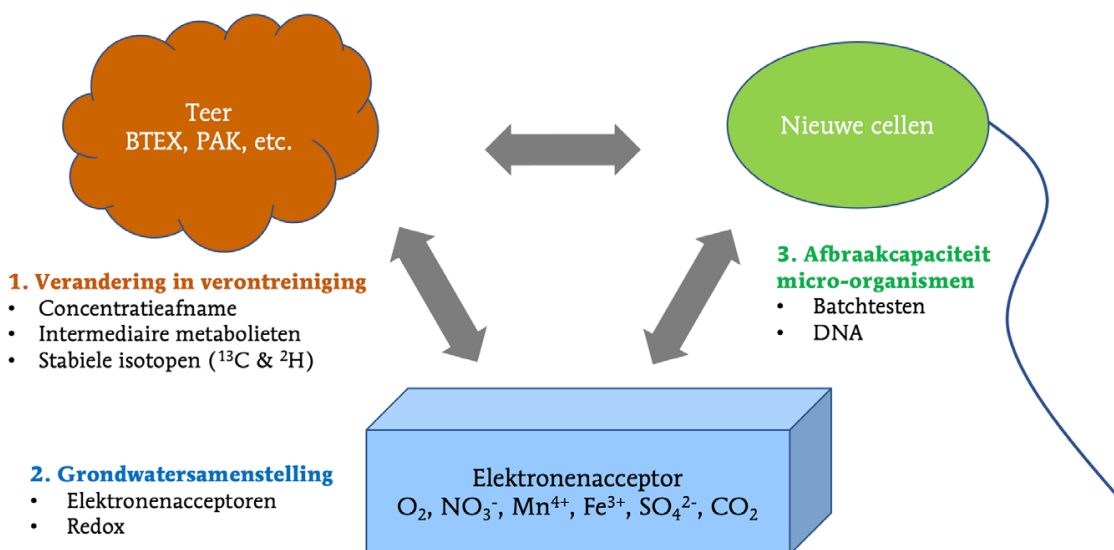
Lokale omstandigheden
bepalen hoe
grondwaterkwantiteit en
-kwaliteit het best gestuurd
kan worden

Bij Milieutechnologie van Wageningen Universiteit (WUR) is onderzocht wat de maximale microbiële afbraaksnelheid kan zijn onder verschillende redoxcondities. Laboratoriumexperimenten met zuurstof als EA laten een snelle en volledige afbraak zien van de in het grondwater opgeloste verontreinigingen, benzeen, toluen, ethylbenzeen, xyleen, indeen, indaan en naftaleen (BTEXIeIaN). Hierbij worden de verontreinigingen niet tegelijk maar na elkaar afgebroken binnen 40 dagen. Ook blijkt de afbraaksnelheid geremd te worden in de mix van verschillende verontreinigingen door mengseltoxiciteit. Om dit verder uit te zoeken zijn ook experimenten uitgevoerd in kolommen van 30 cm met grondmonsters uit het Griftpark van meer dan 30 meter diepte en de BTEXIeIaN mix, maar ook met meer eenvoudige mengsels. De kolomexperimenten zijn gedaan met sulfaat en nitraat als EA. Bij een verblijftijd van 50 of 500 uur vond geen meetbare afbraak plaats van BTEXIeIaN. Positief is dat onder sulfaat reducerende omstandigheden benzeen en toluen als individuele verontreiniging wel werden afgebroken, met respectievelijk 82% en 98% verwijdering in 3 weken. Met nitraat als elektronenacceptor werden de verbindingen benzeen en toluen, zowel individueel als samen binnen 3 weken volledig afgebroken.

Pilots

Voor verder onderzoek naar mogelijke op natuurlijke afbraakprocessen gebaseerde voorzorg- en terugvalmogelijkheden worden er binnen het BestParc project pilots ontwikkeld. In het Griftpark worden er dit jaar vier gestart, gebaseerd op het

3 bewijslijnen voor natuurlijke afbraak



Figuur 2: Bewijslijnen voor het vaststellen van natuurlijke afbraak van teerverontreiniging in het grondwater van het Griftpark richten zich op het aantonen van: 1. Veranderingen in de concentraties, stabiele isotopen en intermediaire afbraakproducten van de verontreinigingen, 2. Veranderingen in de chemische samenstelling van het grondwater en 3. Het aantonen van micro-organismen die teer-aromaten kunnen afbreken.

laboratoriumonderzoek, namelijk:

1. *In situ* nitraat-gestimuleerde anaerobe afbraak,
2. *In situ* sulfaat-gestimuleerde anaerobe afbraak,
3. *In situ* gestimuleerde aerobe afbraak met microbubblen,
4. *Ex situ* reiniging van onttrokken grondwater in een helofytenfilter i.c.m. microbubblen en actief kool.

Het doel van de pilots is om vast te stellen welke van deze methoden het meest geschikt is om de beheersing van teerverontreiniging in het Griftpark slimmer, duurzamer en kostenefficiënter te kunnen inrichten.

BestParc Utrecht heeft onderzoeksmethoden naar natuurlijke afbraak in kaart gebracht die wereldwijd kunnen worden toegepast

Vooruitblik

Tijdens het BestParc Utrecht project zijn onderzoeksmethoden naar natuurlijke afbraak in kaart gebracht die ook op andere IBC-locaties in Nederland en het buitenland kunnen worden toegepast. Hierbij zullen locatiespecifieke omstandigheden bepalen met welke aanpak de grondwaterkwantiteit en -kwaliteit het best gestuurd kunnen worden. De combinatie van veld- en laboratoriumonderzoek heeft inzicht opgeleverd waarmee een reactief transportmodel opgezet kon worden waarin de belangrijkste transport- en afbraakprocessen

in de bodem zijn opgenomen. Dit model vormt de start voor een risicoanalyse waarvoor nog een aantal vragen openliggen, zoals naar de hoeveelheid van pure teer in de bodem en afbraaksnelheden in het veld onder zowel natuurlijke als gestimuleerde omstandigheden. Met voortgezette modelstudies en de uitvoering van pilots zal meer inzicht worden verkregen over hoe van nature in de bodem voorkomende micro-organismen meegenomen kunnen worden in de aanpak voor veilige afbouw van de huidige IBC-maatregelen in het Griftpark.

Samenwerking

BestParc is een samenwerking van Wageningen Universiteit (WUR), Universiteit Utrecht (UU), Deltares en Aveco de Bondt.

1. Opdrachtgevers van het onderzoek (Gemeente Utrecht en ministerie IenW)
2. Begeleidingsteam Gemeente Utrecht: Gert Leurink, Peter Rood, Bart Manders, Harry Boerma
3. Begeleidingsteams onderzoekers: Andrea Aldas Valgas (WUR), Sophie Vermooten & Annemieke Marsman (Deltares), Alraune Zech & Ruud Schatting (UU)
4. Ondersteunende adviseurs: Antoine Booms (Aveco de Bondt) en Kees Fris (Antea)

Bronnen

1. E. Hauptfeld et al. A metagenomic portrait of the microbial community responsible for two decades of bioremediation of poly-contaminated groundwater *Water Research* 221 (2022) 118767, zie ook www.uu.nl/nieuws/gifafbrekende-bacterien-griftpark-in-kaart-gebracht
2. www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2021/01/18/van-veldhoven-investeert-in-schone-bodem-utrecht
3. P. de Vries et al 2003
4. A. Lacoste, Pumping test analysis performed in the Griftpark's subsurface, Utrecht, the Netherlands. Master's Thesis University Utrecht
5. J. Gerritse et al. Karakterisering en Natuurlijke Afbraak van Teer Aromaten in het Griftpark, Deltares 2021
6. Ing. B. Manders et al. Griftpark: van eeuwigdurende nazorg naar no-zorg, *Bodem* nr. 3 juni 2009