

Fyto-remediatie

bij cyanideverontreiniging

CYANIDEN, EEN VEEL VOORKOMENDE VERONTREINIGING IN DE BODEM, WORDEN OPGENOMEN EN AFGEBROKEN DOOR PLANTEN, MEER IN HET BIJZONDER DOOR BOMEN ALS DE WILG, TERWIJL ER WEINIG AANRIJING IS VAN CYANIDE IN DE BLADEREN. DIT MAAKT DAT FYTO-REMEDIAATIE VAN ONDIEPE BODEM- EN GRONDWATERVERONTREINIGING IN SOMMIGE SITUATIES EEN VEILIG EN BIJZONDER DUURZAAM ALTERNATIEF BIEDT VOOR DE SANERING VAN CYANIDEVERONTREINIGDE TERREINEN.

M. CLEMMENS, CLEMMENS CONSULT – WATOU

Sedert de jaren negentig is er heel wat onderzoek gebeurd op vlak van fyto-remediatie. Door het bundelen van deze vooral academische kennis kan een inschatting worden gemaakt voor de haalbaarheid van fyto-remediatie voor een specifiek terrein. Hierbij hoeft bodemsanering niet het belangrijkste doel te zijn. Bepaalde gronden zijn verontreinigd maar hoeven niet te worden gesaneerd. Dit is bijvoorbeeld het geval bij lichte verontreinigingen, bij historische verontreinigingen waarvoor na onderzoek blijkt dat ze geen risico vormen of voor restverontreinigingen na

het uitvoeren van een bodemsanering. Het vergroenen van dergelijke terreinen kan een grote meerwaarde bieden voor mens en ecosysteem niet in het minst op bedrijfsterrainen en in woonomgeving. De kennis over fyto-remediatie draagt in dit geval bij aan het verhogen van de slaagkans van een eventuele aanplant, de afname van de bodemverontreiniging en het verminderen van risico's die van een beplanting kunnen uitgaan zoals mobilisatie van de verontreiniging als gevolg van veranderende bodemparameters, verspreiding via de voedselketen, bladval, uitdamping. ... Ook de valorisatie als biomassa





Fytoremediatie is het inzetten van planten voor het afbreken, onttrekken of immobiliseren van bodem- en/of grondwaterverontreiniging (J. VANGRONSVELD et al., 2009).

Fytoremediatie is mogelijk voor verontreinigingen met onder andere zware metalen, BTEX, minerale olie, PAK, VOCl, pesticiden en cyaniden.

behoort tot de mogelijkheden. Een dergelijke win-winsituatie biedt opportuniteiten en een doordachte monitoring levert meetresultaten die het mogelijk maken het volledige proces op te volgen en erover te communiceren met tal van stakeholders.

We lichten dit toe aan de hand van een casus: een met cyanide verontreinigd terrein. De vroegere gasfabrieken waren een veel voorkomende bron van Berlijns blauw, ook wel Pruisisch blauw genoemd. Het uit steenkool geproduceerde gas bevatte het zeer toxische blauwzuur (HCN). Om het gas te reinigen, werd het blauwzuur chemisch gebonden op ijzeroxiden. Na het reinigingsproces bevatte het residu hoge gehalten aan zwavel en cyanide hoofdzakelijk in de vorm van Pruisisch blauw ($\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$). Daarnaast komen typisch ook ferricyanide ($\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}$) en thiocyanaten zoals HSCN voor naast een beperkte hoeveelheid vrije cyaniden. Het residu werd vaak op verschillende plaatsen gestort of gebruikt als kruidwerende aanvulling. Cyanide blijkt een belangrijke bron van stikstof te zijn voor micro-organismen, zwammen en planten. Een groot aantal organismen zijn in staat om cyanide af te breken. De meest belangrijke afbraakwegen zijn hydrolyse, oxidatie, reductie en substitutie/transfer (S. EBBS, 2004).

Metaalcyanidecomplexen zijn resistenter tegen biodegradatie dan eenvoudige cyaniden. In het donker dissociëren ze traag met een lage toxiciteit als gevolg. Onder invloed van UV-licht doet zich een snelle fotolyse voor. Uit diverse onderzoeken is gebleken dat ook planten ijzercyaniden kunnen afbreken. Uit onderzoek met betrekking tot het transport en metabolisme van vrije cyanide en ijzercyaniden door wilg (*Salix* sp.) (S. EBBS et al., 2003) blijkt dat cyanide wordt opgenomen door wilg en vervolgens wordt afgebroken waarbij de stikstof wordt gebruikt voor de aanmaak van aminozuren en andere processen in de plant. Er is weinig accumulatie van cyanide in de bladeren.

Uit proeven die werden uitgevoerd in het kader van de fytoremediatie van een terrein ter plaatse van de vroegere Holte gasfabriek in Sölleröd (Denemarken) is gebleken dat onder andere wilgen tolerant zijn voor cyanideverontreinigingen in de bodem tot 1.000 mg/kg droge stof. Cyanide wordt binnen in de plant gemetaboliseerd. Accumulatie van cyanide in de bladeren vormt geen risico omdat deze pas optreedt bij concentraties die dermate toxisch zijn voor de plant dat deze niet kan groeien (S.A.J. TRAPP et al., 2003). Het eten van vruchten en wortels kan bij ge-

bruik van grote hoeveelheden wel een risico inhouden. Hiermee dient rekening te worden gehouden bij de plantkeuze, de inrichting en het beheer van het terrein.

Uit onderzoek (M. LARSEN et al., 2002) blijkt dat alle onderzochte vaatplanten beschikken over de enzymes beta-cyanoalanine synthase en beta-cyanoalanine hydrolase die vrije cyaniden omzetten in het aminozuur asparagine. Verder bleek ook dat de wortels van ruwe berk (*Betula pendula*) in veertien uur tijd 58% van de aanwezige vrije cyaniden afbreken. Op een verontreinigde site in Amager (Denemarken) bleek dat berk de enige plantensoort was die kon kiemen op grond met pH 3,3 en een totaal cyanidegehalte van 3.219 mg CN/kg droge stof.

In 2011 en 2012 werd met toestemming van de OVAM een veldproef uitgevoerd voor de bebossing en fyto remediatie van een met cyanide verontreinigd terrein in Rumst. Het betreft een deel van een terrein met een oppervlakte van 2.000 m². De bodemsaneringsnorm voor natuurgebied en industriegebied bedraagt respectievelijk 5 mg/kg droge stof en 550 mg/kg droge stof. In ruim 80% van de stalen waarbij de norm voor natuurgebied wordt overschreden, bedraagt het gehalte aan cyanide tussen de 5 mg/kg droge stof en de 550 mg/kg droge stof. De verontreiniging bevindt zich tot een halve meter diepte. In het kader van de veldproef werden onder andere katwilg (*Salix viminalis*), ratelpopulier (*Populus tremula*), witte els (*Alnus incana*), schietwilg (*Salix alba*) en zwarte populier (*Populus nigra*) aangeplant. Voor het betreffende terrein bleken vooral witte els en schietwilg geschikt naast de spontane verbossing met ruwe berk (*Betula pendula*) en de ontwikkeling van duinriet (*Calamagrostis epigejos*), een grassoort die van nature voorkomt op natte, vaak kalkhoudende zandgronden zoals natte duinvalleien.

Uit de veldproef blijkt dat er een mogelijkheid is om met cyanide verontreinigde gronden te bebossen of te laten begroeien. Uit literatuurstudie blijkt dat grassen, kruidachtigen en bomen in staat zijn om cyaniden af te breken zonder dat er cyanide accumuleert in de bladeren en zonder dat er cyanide uitdampst. De aanwezige begroeiing breekt vrije cyaniden af en zorgt voor een fyto stabilisatie van de verontreinigde grond. Bovendien wordt de infiltratie van hemelwater doorheen de verontreinigde grond sterk verminderd. Dit maakt dat fyto remediatie mogelijkheden biedt voor het saneren van met cyanide verontreinigde terreinen. De precieze plantkeuze is uiteraard afhankelijk van de lokale abiotische en biotische factoren en dient bij te



Het uit steenkool geproduceerde gas bevatte het zeer toxische blauwzuur (HCN). Om het gas te reinigen, werd het blauwzuur chemisch gebonden op ijzeroxiden.

dragen aan het minimaliseren van de eventuele humane en ecotoxicologische risico's. Het is steeds aangewezen om te voorzien in een monitoring om na te gaan of er zich geen accumulatie van cyanide in de bladeren of uitdamping van cyanide voordoet. Onderzoekinstellingen zoals het Centrum voor Milieukunde van de Universiteit Hasselt beschikken hiervoor over de nodige expertise (N. WEYENS et al., 2009).

Fyto remediatie kan ook steeds als aanvullende saneringstechniek worden gebruikt, bijvoorbeeld in combinatie met een ontgraving waarbij de fyto remediatie dan wordt ingezet voor het wegnemen van de restverontreiniging.

Fyto remediatie opent perspectieven voor gronden die verontreinigd zijn met tal van verontreinigende stoffen en kan in combinatie met een ecologisch terreinbeheer een bijzondere meerwaarde bieden zowel op menselijk, ecologisch als economisch vlak.

Literatuurlijst

- J. VANGRONSVELD, R. HERZIG, N. WEYENS, J. BOULET, K. ADRIAENSEN, A. RUTTENS, T. THEWYS, A. VASSILEV, E. MEERS, E. NEHNEVAJOVA, D. VAN DER LELIE & M. MENCH (2009), Phytoremediation of contaminated soils and groundwater: lessons from the field, *Environ. Sci. Pollut. Res.* nr 16, p. 765-794.
- S. EBBS (2004), Biological degradation of cyanide compounds, *Current Opinion in Biotechnology* nr.15, p. 231-236.
- S. EBBS, J. BUSHEY, S. POSTON, D. KOSMA, M. SAMIOTAKIS & D. DZOMBAK (2003), Transport and Metabolism of free cyanide and iron cyanide complexes by willow, *Plant, Cell and Environment* nr. 26, p. 1467-1478.
- S.A.J. TRAPP & H. CHRISTIANSEN (2003), *Phytoremediation: Transformation and Control of Contaminants*, Ed. By Steve C. Mc Cutcheon & Jerald L. Schnoor, ISBN 0-471-39435-1 p. 829-86.
- M. LARSEN, S. TRAPP, A. PIRANDELLO (2002), Removal of cyanide by woody plants, *Chemosphere* 2004 nr. 54, p. 325-333.
- N. WEYENS, D. VAN DER LELIE, T. ARTOIS, K. SMEETS, S. TAGHAVI, L. NEWMAN, R. CARLEER & J. VANGRONSVELD (2009), Bioaugmentation with engineered endophytic bacteria improves contaminant fate in phytoremediation, *Environ. Sci. Technol.* nr 43, p. 9413-9418.

mario.clemmens@clemmens-consult.be