

BEHANDELBAARHEID VAN MET PAK's VERONTREINIGDE BODEM M.B.V. BIOLOGISCHE TECHNIEKEN

Ir. J.F. de Kreuk

SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Binnen het programma milieutechnologie 1994 van NOVEM is door BioSoil R & D een in-situ-saneringstechniek voor bodemverontreiniging met PAK's ontwikkeld. Het project is medio 1998 gereedgekomen en is voortgezet als een volledige sanering van de betrokken lokatie. Als model is het terrein van een voormalige creosoteerinrichting aan de Oostdijk te Rotterdam gekozen, waar ca 60 jaar is gewerkt en waar grote hoeveelheden creosootolie in de bodem terecht zijn gekomen. Daarnaast is laboratoriumonderzoek uitgevoerd met bodemmonsters van het voormalige gasfabrieksterrein Kralingen te Rotterdam en van de creosoteerinrichting van de NS te Dordrecht.

De gemeente Rotterdam en de NS hebben eveneens financieel bijgedragen aan het project (zie bijgaande brief van de Gemeente Rotterdam van 26 april 1999).

Creosootolie is bereid uit teer afkomstig van fabricage van stadsgas door dit te destilleren (kookpunt 350 °C) en het destillaat op te mengen met een deel van de zware fractie. Op deze wijze werd creosoot op specificatie gebracht afhankelijk van het gebruiksdoel. Creosootolie bestaat daardoor uit PAK's (vooral lichtere), fenolen en minerale olie. Creosootolie is deels zwaarder dan water. Er treedt in de bodem een zekere ontmenging op, waardoor een lichte fractie op het grondwater blijft drijven en zwaarder materiaal zaklagen vormt op slecht doorlatende lagen. Er kunnen zo diepe verontreinigingen ontstaan. Dit kan overigens ook gebeuren op gasfabrieksterreinen.

Het project is gefaseerd uitgevoerd, waarbij in de eerste fase laboratoriumonderzoek en een oriënterend veldonderzoek is verricht en in de tweede fase een proefsanering.

Het laboratoriumonderzoek is uitgevoerd met sterk verontreinigde grondmonsters afkomstig van het betrokken terrein. Het was bedoeld om de afbreekbaarheid van dit type verontreinigingen te toetsen en om vast te stellen welk niveau van reiniging mogelijk zou zijn bij de uitvoering van een biologische sanering.

PAK's en minerale olie bleken vergaand te kunnen worden afgebroken (>99 %). De snelheid van de afbraak was hoog en werd zelfs in de laboratoriumproeven beperkt door zuurstofoverdracht. Hierbij bleek, dat ook de zwaardere PAK's werden afgebroken. Op basis van deze resultaten werd de proefsanering opgezet en gedimensioneerd.

bioSoil Research & Development

De microbiële activiteit in het veld tijdens de sanering was hoog waardoor de bodemtemperatuur met ongeveer 6 EC toenam. Na ca. een jaar was de verontreiniging in de grond ver afgenomen en er ontstond zo evenwicht tussen stofoverdracht en biologische afbraak, waarbij de grondwatergehalten sterk afnamen.

Er is in de loop van het project ook veel aandacht besteed aan het verwijderen van zaklagen. Op de lokatie Oostdijk worden de hoeveelheden hiervan op 300 tot 600 ton geschat. Uit een beperkt deel van het terrein (ca 400 m²) kon tot een ton per week worden verwijderd.

Op basis van de resultaten van het onderzoek is een saneringsplan opgesteld en goedgekeurd, waarbij als uitgangspunt is gehanteerd, dat de mobiele verontreiniging wordt verwijderd tot een niveau, waarbij de gehalten aan PAK's in het grondwater de tussenwaarden blijvend niet zullen overschrijden. Voor de 6 PAK's van EPA, die niet voorkomen in de lijst van VROM zijn in overleg met het bevoegd gezag tussenwaarden bepaald door interpolatie.

Het laboratorium- en veldonderzoek onderzoek liet zien, dat:

- (ook zwaardere) PAK's goed afbreekbaar zijn;
- grondwater biologisch volledig kan worden gereinigd;
- in ieder geval de mobiele fractie van de verontreiniging kan worden verwijderd, waardoor nalevering naar de omgeving stopt en de restverontreiniging niet langer een bedreiging voor mens en milieu vormt;
- zaklagen kunnen worden verwijderd, waarna de restverontreiniging op dezelfde wijze als de rest van het terrein kan worden behandeld.
- na de sanering IBC-maatregelen achterwege kunnen blijven.

In de volgende delen worden deze aspecten nader toegelicht.

AFBREEKBAARHEID VAN PAK's

Er zijn afbreekbaarheidsproeven gedaan met sterk verontreinigde grond van verschillende delen van het terrein. In tabel 1 zijn de resultaten samengevat.

Tabel 1: Overzicht van de verkregen afbraak in de aangegeven toetsduur (dagen).

GROND	PROEFDUUR (dagen) ^a	Gehaltes voor afbraak (mg/kg)		Gehaltes na afbraak (mg/kg) ^a	
		PAK's ^b	minerale olie	PAK's ^b	minerale olie
Oostdijk A	392/374	3300	5900	89/84	140/330
Oostdijk B	392/188	5000	15000	77/110	430/760
Oostdijk C	441/441	9700	18000	43/33	250/210

Legenda:

^a De proeven zijn in duplo uitgevoerd. De toetsduur en de proefresultaten zijn apart aangegeven gescheiden door een /.

^b De 16 PAK's van EPA

Het niveau van de afbraak was hoog. Bij het eind van de proef lag dit op 95 tot 99 %. De afbraak - gemeten als zuurstofopname - liep toen nog steeds door. Er is ook een duidelijke afbraak van de zwaardere PAK's opgetreden. Vergelijkbare resultaten zijn verkregen met grond van het voormalige gasfabrieksterrein Kralingen te Rotterdam en met bodemmateriaal van de creosoteerinrichting van de NS. De afbraak is derhalve niet locatiespecifiek.

BEHANDELBAARHEID GRONDWATER

De behandelbaarheid van het grondwater is vastgesteld door dit in een bioreactor te reinigen. Een voorbeeld van de verkregen resultaten zijn in tabel 2 vermeld.

Er werd een voldoende reiniging verkregen om de uitvoering van een sanering mogelijk te maken. Tevens is duidelijk, dat voor de verontreiniging van het grondwater vooral de lichtere PAK's een rol spelen en dat deze vergaand kunnen worden afgebroken. Er trad ook een duidelijk groei van micro-organismen op de vulling op, hetgeen de verkregen resultaten ondersteunt. Met het gekozen ontwerp bleek het systeem ongevoelig voor sterke schommelingen in de belasting. Creosoot is gedeeltelijk zwaarder dan water, waardoor er plaatselijk sterke ophopingen van product kunnen optreden, die stootsgewijs kunnen vrijkomen, waardoor zelfs vrij product in de zuivering kan komen.

Tabel 2: Samenstelling van in- en effluent van de zuivering

COMPONENT	INFLUENT (:g.l ⁻¹)	EFFLUENT (:g.l ⁻¹)
naftaleen	18	1
acenaftyleen	64	1
acenaftteen	17	2,4
fluoreen	120	< 0,02
fenantreen	67	1,2
antraceen	5,1	0,04
fluoranteen	9,6	0,05
pyreen	1,4	0,11
benzo(a)antraceen	0,19	< 0,02
chryseen	0,23	0,03
benzo(b)fluoranteen	< 0,02	0,02
dibenzo(a,h)antraceen	< 0,04	< 0,04
benzo(k)fluoranteen	< 0,02	< 0,02
benzo(a)pyreen	< 0,02	< 0,04
benzo(ghi)peryleen	< 0,04	< 0,02
indeno(1,2,3,-c,d)pyreen	< 0,04	< 0,04
PAK's-totaal	300	5,8
Minerale olie totaal	10.000	180
C ₁₀ - C ₁₂	1.000	<
C ₁₂ - C ₁₄	2.000	80
C ₁₄ - C ₂₀	6.000	45
C ₂₀ - C ₂₆	1.000	55

De resultaten van de analyses van het grondwater als gemeten in het veld zijn weergegeven in Figuur 1. In alle monitoringpeilbuizen namen de gehalten van minerale olie en PAK's duidelijk af. Monitoringpeilbuis 2 stond in een relatief schoon gedeelte van de sanering. De hoogste gehalten aan PAK's en minerale olie, die hier in de bodem waren gevonden, bedroegen respectievelijk 34 en 620 mg/kg. Al na 60 dagen werden hier in het grondwater nog slechts lage waarden voor PAK's en minerale olie gevonden.

In de omgeving van peilbuizen 4 en 5 waren de gehalten aan PAK's en minerale olie veel hoger (in de orde van 10.000 tot 20.000 mg/kg voor ieder van deze verontreinigingen). De zuurstofvraag in deze gebieden was hoog en de biologische afbraak leverde een zodanige hoeveelheid warmte, dat de temperatuur van het behandelde pakket met ca 6 °C steeg.

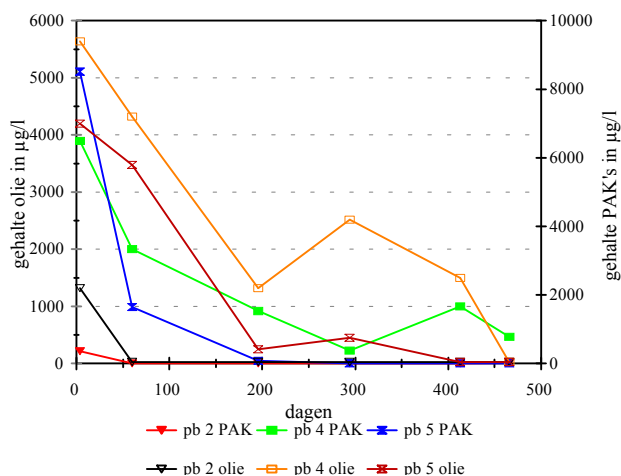


Fig. 1: Het verloop van de gehalten van PAK's en minerale olie in de monitoringpeilbuizen in het grondwater (2,7 - 5,7 m-mv)

BEHANDELBAARHEID GROND

De verontreiniging in de bodem was vlekkelig en ontstaan door diverse lekkages en morsingen en door het “drogen” van geïmpregneerd hout. Het vaststellen van de reinigingsgraad is dan lastig, omdat gedurende de uitvoering van de sanering de gehalten in diverse monsterrondes sterk kunnen fluctueren. Pas wanneer het hele gebied vergaand is gereinigd wordt het beeld weer consistent.

De verschillende monitoringsgegevens moeten dan met elkaar in overeenstemming zijn. Zo werd bijvoorbeeld de daling van de grondwatergehalten in peilbuis 4 bevestigd door de analyse van grondmonsters uit de directe omgeving als weergegeven in Tabel 3. De uitgangshealten voor zowel PAK's als minerale olie in dit gebied lagen boven de 10.000 mg/kg. Er kan redelijkerwijs worden aangenomen, dat de gehalten van vooral de lichtere PAK's nog sterk zullen afnemen bij voortzetting van de sanering, zodat uiteindelijk een restverontreiniging wordt verkregen, die niet meer nalevert naar de omgeving en de bodem functioneel is gesaneerd en verdere IBC-maatregelen achterwege kunnen blijven.

Behalve aan biologische afbraak van de verontreiniging is uitgebreid aandacht besteed aan het verwijderen van vrij product (zaklaag), die zich op een kleipakket op 10- 12 m-mv bevond. Door gericht afpompen en sturing van de grondwaterbeweging kon een effectieve onttrekking worden gerealiseerd, waarbij over een oppervalk ca 400 m² een ton product per week kon worden verwijderd. De overblijvende restverontreiniging kon op haar beurt weer biologisch worden aangepakt.

Tabel 3: Gehaltes PAK's in grond aan het eind van de proefperiode (gehaltes in mg/kg)

COMPONENT	gehaltes	
	2-2,4 m-mv	3,5-4 m-mv
Naftaleen	8,8	0,36
Acenaftyleen	1,0	0,02
Acenafteen	19	1,6
Fluoreen	37	1,8
Fenantreen	25	2,2
Antraceen	15	1,5
Flouranteen	23	2,4
Pyreen	18	2,1
benzo(a)antraceen	11	0,67
Chryseen	11	0,76
benzo(b)fluoranteen	3,9	0,31
benzo(k)fluoranteen	1,3	0,12
benzo(a)pyreen	2,3	0,10
dibenzo(a,h)antraceen	0,15	< 0,01
benzo(ghi)peryleen	0,53	0,04
indeno(1,2,3,-cd)pyreen	1,0	0,06
minerale olie - totaal	590	< 50
PAKs-totaal	180	14

OVERDRAAGBAARHEID RESULTATEN

Het laboratoriumonderzoek is uitgevoerd met bodemmonsters van verschillende lokaties. Hierbij bleek de mate van afbreekbaarheid van de verontreinigingen niet sterk te verschillen. Ook de chemische samenstelling van de aangetroffen verontreinigingen was globaal gelijk. Dit betekent, dat verwacht mag worden dat het gedrag van dit type verontreiniging vrij algemeen is en dat dus ook de verkregen resultaten overdraagbaar zijn op andere lokaties. De gevolgde aanpak leidt tot een situatie, waarin een vergaande afbraak optreedt en de restverontreiniging niet meer mobiel is.

Het resultaat is dus een functionele sanering, omdat er niet van mag worden uitgegaan, dat bij de meestal extreem hoge gehalten aan bodemverontreiniging een afbraak tot onder de interventiewaarde mogelijk zal zijn. Het saneringsresultaat kan echter wel worden uitgedrukt in eisen aan de grondwatergehalten. Zo mogen deze ook na het beëindigen van de in-situ-sanering niet meer oplopen tot waarden boven $\frac{1}{2}(S + I)$. Mens en milieu worden daarmee in voldoende mate beschermd en IBC-

maatregelen kunnen dan achterwege worden gelaten. Voor de sanering van de betrokken lokatie zijn in het saneringsplan hiervoor expliciete eisen opgenomen. Overigens nemen de grondwatergehalten al tijdens de uitvoering van een in-situ-sanering sterk af, waardoor ca een half jaar na de start van de activiteiten de verontreiniging ophoudt een bedreiging voor haar omgeving te zijn.