

**PILOT IN SITU TOEPASSEN
ZUURSTOF AFGEVENDE STOFFEN BIJ
BODEMSANERING (PT5122)
EINDRAPPORTAGE**

GOUDA, SKB

Auteurs:

Marc van Tulder

Jeroen Hanssen

Marijke Keizer

13 november 2006

110504/ZF6/3O9/201167



Universiteit Utrecht

Auteursrechten

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze opgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of op enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van SKB.

Het is toegestaan overeenkomstig artikel 15a Auteurswet 1912 gegevens uit deze uitgave te citeren in artikelen, scripties en boeken mits de bron, SKB, Gouda, op duidelijke wijze wordt vermeld, alsmede de aanduiding van de maker, indien deze in de bron voorkomt."

Aansprakelijkheid

SKB en degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, hebben een zo groot mogelijke zorgvuldigheid betracht bij het samenstellen van deze uitgave. Nochtans moet de mogelijkheid niet worden uitgesloten dat er toch fouten en onvolledigheden in deze uitgave voorkomen. Ieder gebruik van deze uitgave en gegevens daaruit is geheel voor eigen risico van de gebruiker en SKB sluit, mede ten behoeve van al degenen die aan deze uitgave hebben meegewerkt, iedere aansprakelijkheid uit voor schade die mocht voortvloeien uit het gebruik van deze uitgave en de daarin opgenomen gegevens, tenzij de schade mocht voortvloeien uit opzet of grove schuld zijdens SKB en/of degenen die aan deze uitgave hebben meegewerkt.

*Rapportinformatieblad***Titel rapport:**

Pilot in situ toepassen zuurstofafgevende stoffen bij bodemsanering (PT5122)

SKB rapportnummer : PT5122**Project rapportnummer: 110504/ZF6/1Q2/201167****Auteur(s)**

M. van Tulder (projectleider)

J. Hanssen

M. Keizer

Aantal bladzijden**Rapport: 29****Bijlagen: 9****Uitvoerende organisaties (consortium)**

ARCADIS

Universiteit Utrecht

SABIC Pipelines

Uitgever**SKB Gouda****Samenvatting**

Op een site in het zuiden van Nederland, heeft in 1987 een incident plaatsgevonden. Het incident betrof een lekkage van een brandstofleiding, waarbij een bodemverontreiniging met minerale olie (vluchtig) en vluchtige aromaten is ontstaan. Destijds is de grondverontreiniging nagenoeg volledig ontgraven. Uit een onderzoek in 2002 is gebleken, dat er een restverontreiniging (in met name het grondwater) aanwezig is. De grond is slechts licht verontreinigd. Doelstelling van het project is het implementeren van een kosteneffectieve saneringstechniek, die valt binnen categorie drie van de SKB techniekwaaier: commercieel beschikbaar en beperkt toegepast in het (Nederlandse) veld. Doelstelling van het demonstratieproject is enerzijds de aanwezige grondwaterverontreiniging met oliecomponenten, middels toediening van zuurstofafgevende zouten gedurende de looptijd van het project grotendeels te saneren door de biologische afbraak te stimuleren en anderzijds kennis en ervaring met betrekking tot deze (in Nederland) relatief nieuwe techniek op te doen.

In augustus 2005 zijn verschillende zuurstofafgevende stoffen op verschillende wijzen geïnjecteerd. In de periode september 2005 – juni 2006 zijn de effecten op het grondwater binnen en buiten het injectiegebied intensief gemonitord.

Uit de resultaten van de pilot blijkt dat de doelstelling bereikt is, dit op basis van:

- afname van verontreinigingsconcentraties en vracht van circa 95% binnen het injectiegebied en een beperkte afname buiten het injectiegebied waardoor de invloed van de pilot bewezen is;
- langdurige aanwezigheid van een verhoogd zuurstofgehalte en een verhoogde redoxpotentiaal in het grondwater binnen het pilotgebied;
- Grote invloedstraal van de injectie (2 – 4 meter) en goede verspreiding van zuurstof, beiden beter dan verwacht.

Het zuurstofafgevende zout calciumperoxide heeft op basis van de resultaten de voorkeur.

Daarnaast is uit de pilot naar voren gekomen, dat de stof natriumpercarbonaat niet toepasbaar is op deze site vanwege het sterk reactieve karakter van deze stof bij injecteren.

Trefwoorden

Gecontroleerde termen:

In situ
Zuurstof
Olie
Aromatische verbindingen
Biologische afbraak

Vrije trefwoorden:

Injectie
Calciumperoxide
Natriumpercabonaat
Zouten

Titel project

Pilot in situ toepassen zuurstofafgevend stoffen

Projectleiding

ARCADIS

Voorwoord

Dit project is tot stand gekomen dankzij bijdragen van SABIC Pipelines, SKB, Universiteit Utrecht en ARCADIS.

Het testen van een saneringstechniek doet een groot beroep op het vertrouwen van de consortiumleden en SKB. Zonder dit vertrouwen was het project niet tot stand gekomen. De auteurs bedanken J. Burdick (ARCADIS TGP), S.M. Hassanizadeh (Universiteit Utrecht), W. Plaisier (In situ Technieken Wageningen) en M. Miseré (SABIC Pipelines) voor hun inzet, steun en tips.

Inhoud

Samenvatting	6
1 Inleiding	13
1.1 Onderwerp project	13
1.2 Probleemstelling	14
1.3 Doelstelling project	14
1.4 Samenstelling consortium	14
1.5 Opbouw van het rapport	14
2 Aanpak en beschrijving van de uitgevoerde werkzaamheden	15
2.1 Vooronderzoek	15
2.2 Opstellen grondwatermodel	15
2.3 Monitoring	16
2.4 Injectie	16
3 Resultaten van de uitgevoerde werkzaamheden	17
3.1 Vooronderzoek	17
3.2 Opstellen en bijstellen grondwatermodel	18
3.3 Vaststellen nulsituatie	19
3.4 Uitvoering pilotsanering	19
3.4.1 Testen van injectietechnieken	19
3.4.2 Injectiewerkzaamheden	21
3.5 Onderzoek aantasting coating door zouten	21
4 Evaluatie van de resultaten	22
4.1 Resultaten nulmeting	22
4.1.1 Verontreinigingssituatie	22
4.1.2 Redoxomstandigheden	22
4.2 Resultaten monitoring	23
4.2.1 Monitoring grondwater na eerste injectie	23
4.2.2 Bodemlucht	27
5 Conclusies	28
5.1 Injectiemethode	28
5.2 Afbraak van koolwaterstoffen	28
5.3 Zuurstofafgifte	29
5.4 Aantasting leidingcoating	29
5.5 Bewezen techniek	29
6 Aanbevelingen	31
Bijlage 1 Referenties	32

Bijlage 2	Situering injectiepunten en monitoringpunten	33
Bijlage 3	Zonering van gebieden	34
Bijlage 4	Meetresultaten van de monitoringgrondes 1 – 11	35
Bijlage 5	Rapportage bodemluchtmetingen	36
Bijlage 6	Analyseresultaten geochemische grondwaterkarakterisatie	37
Bijlage 7	Geochemische grondwaterkarakterisatie 2003	38
Bijlage 8	Verloop zuurstofconcentraties	42
Bijlage 9	Verloop verontreinigingsparameters	43
Bijlage 10	Rapportage: Laboratoriumonderzoek aantasting coating leidingen door calciumperoxide	44
Colofon		45

Samenvatting

INLEIDING

De probleemeigenaar heeft een restverontreiniging van een bodemsanering van een nieuw geval van bodemverontreiniging met minerale olie (vluchtig) en vluchtige aromaten in met name het grondwater, waarvoor een geschikte en kosteneffectieve saneringstechniek wordt gezocht.

De in situ saneringstechniek van aëroob afbreekbare verontreiniging met zuurstofafgevende stoffen is een commercieel beschikbare techniek, die in Nederland nog slechts beperkt is toegepast. In de Verenigde Staten is het gebruik van zuurstofafgevende stoffen een bewezen en veelvuldig toegepaste techniek. Naast ORC (een "algemeen bekend" product) zijn er ook andere (minder bekende) zuurstofafgevende producten op de markt. Er zijn nog weinig gedocumenteerde referentieprojecten van de toepassing van de techniek in Nederland.

De doelstelling van het SKB-aanleunproject is kennis en ervaring, omtrent de werking van verschillende ORC-achtige producten, in de Nederlandse context op te doen en te communiceren.

CONSORTIUM

Het consortium bestaat uit de volgende partijen:

- SABIC Pipelines, de heer M. Miseré (probleemhebber en eindgebruiker).
- Stichting Kennisontwikkeling Kennisoverdracht Bodem, mevrouw E.L. Visser-Westerweele.
- ARCADIS Regio Zuid B.V., de heer ir. M. van Tulder, adviesbureau, aannemer en expert.
- Universiteit Utrecht, de heer prof. dr. ir. S.M. Hassanizadeh, kennisinstituut grondwatermodellering.

De saneringswerkzaamheden op locatie zijn onder verantwoordelijkheid van ARCADIS uitgevoerd door In-situ Technieken B.V..

PROJECTOPZET

Het plan was om twee zuurstofafgevende stoffen te injecteren binnen een deel van de pluim, genaamd het pilotgebied. Er is uitgegaan van twee injectierondes. Aangezien de resultaten na de eerste injectieronde boven verwachting waren (de verontreiniging is sterk afgenomen beneden streefwaarden/detectielimieten), is ervoor gekozen de tweede injectieronde niet meer uit te voeren.

VERONTREINIGINGSSITUATIE

De concentraties minerale olie vluchtig (C6 – C12) binnen het verontreinigde gebied variëren in de bovenste 4 meter (2,5 tot 6,5 m –mv.) van 2400 µg/l tot 5400 µg/l, dit is overeenkomstig de verwachting. Minerale olie (C10 – C40) concentraties liggen tussen streefwaarde en tussenwaarde. De concentraties aromaten liggen onder en boven de interventiewaarde.

In de diepere filters (7,0 tot 9,0 m –mv.) liggen de concentraties minerale olie vluchtig tussen 840 µg/l en 3900 µg/l, met uitzondering van peilbuis B41-014 ter plaatse van de afsluiterput. Ter plaatse van de afsluiterput (nabij het voormalige lekkagepunt) is het grondwater in diepe filter niet verontreinigd.

Langjarige monitoring van peilbuis B41-02 laat sterke variaties in de tijd zien, te weten:

- xylenen (som) : 190 tot 830 µg/l;
- vluchtige olie : 2000 tot 9700 µg/l;
- minerale olie : 0 tot 190 µg/l.

De nulmeting van de monitoring laat concentraties zien die in het midden van voornoemde range vallen.

INJECTIE ZUURSTOFAFGEVENDE ZOUTEN

Eerst is gestart met de buitenste punten, daarvoor is calciumperoxide gebruikt. In het veld bleek dat het poeder erg fijn was, dit maakte een goede verdeling van de stof over de te injecteren lucht moeilijk (verstoppingen bij de mengketel).

Vervolgens is het natriumpercarbonaat getest. Het natriumpercarbonaat bleek bij contact met grond of grondwater zeer reactief te zijn. De injectiebuis raakte snel verstopt, zelfs het opvoeren van de luchtdruk tot het maximum van 7 bar loste de verstoppingen niet op.

Natriumpercarbonaat leende zich niet goed voor het beoogde gebruik op de saneringslocatie (ook niet bij injectie als slurry), vanwege verkleving/zwelling.

Het is besloten om het volledige projectgebied te behandelen met calciumperoxide, in te brengen als slurry.

De injectie vindt plaats van 9,5 m –mv. in verschillende injectiemomenten per punt tot aan de grondwaterspiegel op circa 3 m -mv.

MONITORING

Ongeveer een maand na de eerste injectie is de monitoring gestart. Bij de monitoring is onderscheid gemaakt in het volgen van de realisatie van aërobe omstandigheden (proces monitoring) en het volgen van het sanerend effect van de injecties (performance monitoring). De omstandigheden in het grondwater zijn gevolgd door tweewekelijks de veldparameters te meten en op bepaalde momenten ook verontreinigingen en macroparameters analytisch te bepalen.

De veldparameters zijn:

- temperatuur;
- zuurgraad;
- redoxpotentiaal;
- zuurstofconcentratie;
- elektrische geleidbaarheid.

De te trekken conclusies worden hieronder per onderdeel toegelicht.

CONCLUSIES

Injectiemethode

- Natriumpercarbonaat is niet geschikt voor injectie in de bodem op de testlocatie.
- De stof calciumperoxide is eenvoudig in te brengen in de bodem en heeft direct positief effect op de zuurstofconcentratie en bodemcondities.
- De invloedstraal van calciumperoxide, wanneer het als melk wordt geïnjecteerd, blijkt op de pilotlocatie te variëren tussen 2 en 4 meter, dit is meer dan verwacht.
- Calciumconcentraties in het water nabij de injectiepunten zijn niet anders, dan calciumconcentraties ver buiten het injectiegebied.
- Gezien de sterke toename in zuurstofconcentraties tot zelfs buiten het injectiegebied, in combinatie met de nagenoeg stagnante grondwaterstromingssituatie en de matige doorlatendheid van de bodem zal diffusie, de drijvende kracht achter de verspreiding van zuurstof door de bodem zijn.

Afbraak van koolwaterstoffen

De concentraties vluchtige aromaten en vluchtige olie (C6-C12) zijn sterk gedaald.

De gestimuleerde biologische afbraak is hierbij het drijvend mechanisme.

Hiervoor zijn indirecte bewijzen, te weten:

- de afname in concentraties binnen het injectiegebied veel sterker zijn vergeleken met de daling buiten het injectiegebied (zie tabel 5.1);
- mechanismen als chemische oxidatie en verspreiding zijn niet waargenomen. Dit op basis van respectievelijk een relatief lage redoxpotentiaal en het niet aantonen van verontreiniging in de randen van het pilotgebied.

Eventuele reboundeffecten zijn niet aangetoond, en zijn ook niet langer waarschijnlijk gezien de lange tijd van monitoring na het plaatsvinden van de injectie.

Zuurstofafgifte

Het calciumperoxide is een geschikte stof voor stimulering van biodegradatie op de testlocatie omdat:

- zuurstofconcentraties aanzienlijk boven de drempelwaarde voor biodegradatie worden gebracht;
- zuurstofafgifte tenminste gedurende drie maanden voortduurt.

Bewezen techniek

De in saneringstechniek met injectie van zuurstofafgevend stoffen is succesvol gebleken op de testlocatie. Binnen zes maanden is circa 95% van de vracht verwijderd.

Uit onderzoek blijkt dat er geen aantasting van leidingcoating plaatsvindt door injectie van calciumperoxide.

De injectie van zuurstofafgevend stoffen is een nieuwe techniek voor Nederland die zich bewezen heeft. Wij bevelen aan deze techniek te overwegen bij aanpak van aromaten en vluchtige minerale olie in met name het grondwater.

Toepassingseisen voor de techniek

De haalbaarheid op andere locaties hangt met name af van:

- vracht aan verontreiniging; de techniek is niet geschikt voor zeer hoge concentraties in de grond en puur product;
- afbreekbaarheid van de verontreiniging; minerale olie met ketenlengte langer dan C20 zijn moeilijk afbreekbaar;

- autonome zuurstofbehoefte van de bodemmatrix, sterk humeuze grond zoals veen heeft een veel te hoge autonome zuurstofbehoefte voor deze techniek.

HOOFDSTUK 1 Inleiding

1.1

ONDERWERP PROJECT

De probleemeigenaar heeft een restverontreiniging van een bodemsanering van een nieuw geval van bodemverontreiniging met minerale olie (vluchtig) en vluchtige aromaten in met name het grondwater, waarvoor een geschikte en kosteneffectieve saneringstechniek wordt gezocht.

Het consortium heeft een in de Verenigde Staten bewezen in techniek, de toepassing van zuurstofafgevend stoffen, onderzocht. Deze stoffen creëren over een langere periode een aëroob milieu, waarbij minerale olie en vluchtige aromaten biologisch afbreekbaar zijn. Er zijn nog weinig gedocumenteerde referentieprojecten van de toepassing van de techniek in Nederland.

Op 19 april 2004 is door ARCADIS een demonstratie-projectvoorstel ingediend voor het uitvoeren van een in pilotsanering, middels zuurstofafgevend stoffen in het kader van het SKB-programma 2004.

Na honorering van het projectvoorstel is door de consortiumleden (Universiteit Utrecht, SABIC Pipelines en ARCADIS als penvoerder), in de periode april 2005 het vooronderzoek, en in de periode juli 2005 – maart 2006 de in sanering van minerale olie en vluchtige aromaten in grondwater uitgevoerd.

Voor de specifieke inhoud van het project wordt verwezen naar het projectplan (ref. 1), het injectieplan (ref. 2) en het monitoringsvoorstel (ref. 3).

Tijdens het project zijn een tweetal voortgangsrapportages verschenen:

- Voortgangsrapportage 'nummer 1' (ref. 4) beschrijft de werkzaamheden vanaf start tot en met de afronding van het vooronderzoek.
- Voortgangsrapportage 'nummer 2' (ref. 7) beschrijft de uitvoering van de injectie en de monitoring tot en met 16 november 2005.

De verontreinigings situatie zoals die voorafgaand aan het project bekend was, is gerapporteerd op 15 april 2005 (ref. 5).

Bij de Universiteit van Utrecht is de modellering van grondwaterstroming en microbiologische afbraak uitgevoerd en gerapporteerd in een apart rapport (ref. 9).

In dit rapport wordt een samenvatting gegeven van het totale project, waarbij aanvullend op voortgangsrapportages nr. 1 en nr. 2 de monitoringsresultaten tot en met juni 2006 zijn opgenomen.

1.2 **PROBLEEMSTELLING**

De in saneringstechniek van aëroob afbreekbare verontreiniging met zuurstofafgevende stoffen is een commercieel beschikbare techniek, die in Nederland nog slechts beperkt is toegepast. In de Verenigde Staten is het gebruik van zuurstofafgevende stoffen een bewezen en veelvuldig toegepaste techniek. Naast ORC (een "algemeen bekend" product) zijn er ook andere (minder bekende) zuurstofafgevende producten op de markt. Er zijn nog weinig gedocumenteerde referentieprojecten van de toepassing van de techniek in Nederland.

1.3 **DOELSTELLING PROJECT**

De doelstelling van het SKB-aanleunproject is kennis en ervaring, omtrent de werking van verschillende ORC-achtige producten, in de Nederlandse context op te doen en te communiceren.

1.4 **SAMENSTELLING CONSORTIUM**

Het consortium bestaat uit de volgende partijen:

- SABIC Pipelines, de heer M. Miseré (probleemhebber en eindgebruiker).
- Stichting Kennisontwikkeling Kennisoverdracht Bodem, mevrouw E.L. Visser-Westerweele.
- ARCADIS Regio Zuid B.V., de heer ir. M. van Tulder, adviesbureau, aannemer en expert.
- Universiteit Utrecht, de heer prof. dr. ir. S.M. Hassanizadeh, kennisinstituut grondwatermodellering.

De saneringswerkzaamheden op locatie zijn onder verantwoordelijkheid van ARCADIS uitgevoerd door In situ technieken.

1.5 **OPBOUW VAN HET RAPPORT**

Voorliggende rapportage is als volgt opgebouwd:

In hoofdstuk 2 worden de aanpak en de uitgevoerde werkzaamheden beschreven en in hoofdstuk 3 de resultaten hiervan. In hoofdstuk 4 volgt de evaluatie van de resultaten.

In hoofdstuk 5 zijn de conclusies beschreven. Als afsluiting wordt in hoofdstuk 6 een aantal aanbevelingen door het consortium gedaan.

HOOFDSTUK

2 Aanpak en beschrijving van de uitgevoerde werkzaamheden

De volgende activiteiten worden in het aanleunproject onderscheiden:

- Vooronderzoek.
- Opstellen en bijstellen grondwatermodel.
- Uitvoering stimulering en monitoren.
- Interpretatie resultaten en rapportage.

2.1

VOORONDERZOEK

De studies NOBIS 95-1-41, fase 2 aërobe pilotproef, en NOBIS 96-1-01, bioschermen, technische mogelijkheden en marktpotentie, gericht op implementatie, vormen het vooronderzoek met betrekking tot het voorgestelde demonstratieproject. De uit deze NOBIS-studies voortgekomen kennis en de ervaring van dochterbedrijf Geraghty & Miller, van ARCADIS in de Verenigde Staten, zijn meegenomen in het demonstratieproject.

De resultaten van het vooronderzoek zijn besproken met, en goedgekeurd door, de Provincie Limburg en de Gemeente Heel.

De leveranciers van de injectiemiddelen hebben de eigenschappen van hun product nader gespecificeerd. Op basis hiervan heeft ARCADIS in overleg met de Universiteit Utrecht de keuze gemaakt ten aanzien van de in te zetten middelen (zuurstofafgevende stoffen).

2.2

OPSTELLEN GRONDWATERMODEL

Het grondwatermodel is door het kennisinstituut (Universiteit Utrecht) gebouwd.

Dit is een aangepaste versie van RT3D die in het kader van het project ModelCode, een van de SKB I projecten, ontwikkeld is.

De modellering is uitgevoerd door de Environmental Hydrogeology onderzoeksgroep van de Universiteit van Utrecht.

Bij deze onderzoeksgroep is veel kennis aanwezig over het transport en afbraak van bodemverontreinigingen.

Op dit moment vinden er enkele promotieonderzoeken op dit gebied plaats:

- Multiphase flow and enhanced biodegradation of dense non-aqueous phase liquids door mevrouw M. Langevoort in samenwerking met onder andere TNO-NITG, Bio Clear B.V.
- Mixing Processes in Natural and Enhanced Attenuation door de heer P. Ham in samenwerking met TNO-MEP.

De onderzoeksgroep wordt geleid door Professor S.M. Hassanizadeh, die onder andere veel onderzoekservaring heeft op het gebied van modelleren van microbiologische processen in het kader van natuurlijke afbraak en grondwaterreiniging. Dr. Ir. T.N.P. Bosma, hoofd van het geïntegreerd laboratorium van de faculteit, heeft ondersteuning geleverd op het gebied van de microbiologie.

De inzet van een grondwatermodel in dit project is gebeurd op een cyclische manier. Van de locatie is een grondwatermodel opgezet.

De modellering liep tegen de volgende problemen aan:

- De kleine schaal waarop heterogeniteiten aanwezig zijn hebben een belangrijke invloed op het verspreidingsgedrag maar zijn moeilijk te modelleren.
- Invloed van de rivier de Maas op 25 meter met sterk variërende waterstanden gedurende het jaar.

Door een gebrek aan kennis over de kinetiek van de reacties die leiden tot het vrijkomen van zuurstof bleek het niet mogelijk om stoftransport en afbraak te modelleren.

Het grondwatermodel is als hulpmiddel gebruikt om het saneringsstelsel en monitoringsstelsel te ontwerpen en bij te stellen:

- Waar moet wanneer hoeveel stof worden toegevoegd om de biologische afbraak optimaal te stimuleren.
- Waar moet wanneer wat worden gemeten om zo efficiënt mogelijk de ontwikkeling te monitoren.

Uit de modellering blijkt dat de grondwaterstroming op de pilot-locatie niet of nauwelijks plaatsvindt. Op basis van deze informatie is een injectie- en monitoringsstelsel ontworpen waarbij de minimale afstand tussen injectiepunten en peilbuizen is bepaald aan de hand van de berekeningen, waarbij uiteindelijk is uitgegaan van een invloedstraal van 3 meter.

2.3

MONITORING

De monitoringsactiviteiten zijn als volgt samen te vatten:

- Na uitvoering van het vooronderzoek is een monitoringsplan opgesteld.
- Op basis van dit plan zijn aanvullende peilbuizen geplaatst.
- Voor aanvang (1 september 2005) van de injecties is de nulsituatie vastgesteld.
- Na de injecties hebben er verschillende monitoringsronden plaatsgevonden (30 september 2005 – 14 juni 2006).

2.4

INJECTIE

Het plan was om twee zuurstofafgevend stoffen te injecteren binnen een deel van de pluim, genaamd het pilotgebied. Er is uitgegaan van twee injectierondes. Aangezien de resultaten na de eerste injectieronde boven verwachting waren (de verontreiniging is sterk afgenomen beneden streefwaarden/detectielimieten), is ervoor gekozen de tweede injectieronde niet meer uit te voeren.

HOOFDSTUK 3 Resultaten van de uitgevoerde werkzaamheden

3.1 VOORONDERZOEK

Van nature zijn in de bodem aërobe bacteriën aanwezig, die organische verontreinigingen kunnen afbreken. Zuurstof is vaak de beperkende factor voor deze afbraak. Wanneer er niet voldoende zuurstof aanwezig is, zal de afbraak van de verontreiniging anaëroob gaan. De aërobe afbraak is echter sneller.

Door middel van het toevoegen van zuurstof afgevend stoffen aan de bodem kan de biologische afbraak van organische verontreinigingen versneld worden.

De belangrijkste factoren die de werking van een zuurstof afgevend stof bepalen zijn:

- pH;
- redox;
- zuurstof transport en afgifte;
- biologische aspecten;
- opgeloste metalen;
- bufferende werking van het grondwater.

De in het vooronderzoek onderzochte stoffen zijn magnesiumperoxide (ORC), calciumperoxide, natriumpercarbonaat en waterstofperoxide.

Van deze stoffen geeft ORC gedurende de langste tijd zuurstof af, gevolgd door calciumperoxide. Natriumpercarbonaat en een verdunde oplossing van waterstofperoxide geven gedurende een beduidend kortere tijd zuurstof.

De pH in de bodem stijgt, wanneer één van deze producten toepast worden. De pH stijging is per stof verschillend, de pH stijging is het kleinst bij het gebruik van ORC. Hoeveel de pH stijgt is afhankelijk van het bufferend vermogen van de bodem.

De meest essentiële factoren voor het slagen van de techniek zijn het zuurstoftransport in de bodem en de hoeveelheid zuurstof, die nodig is om een aëroob milieu te creëren.

Het zuurstoftransport kan gehinderd worden door de structuur van de bodem.

De aanwezigheid van klei heeft een negatieve invloed op de verspreiding van de zuurstof, immers klei is slecht doorlatend voor water.

De hoeveelheid zuurstof, die een bodem nodig heeft om een aëroob milieu te creëren, is te voorspellen aan de hand van de redoxpotentiaal. Hoe lager de redoxpotentiaal, hoe meer anaëroob de bodem is, dus hoe meer zuurstof er nodig is om het milieu om te laten slaan naar een aëroob milieu.

Ook de aanwezigheid van metalen heeft invloed op de hoeveelheid zuurstof die nodig is. De metalen zullen namelijk eerst als hydroxide neerslaan, voordat er zuurstof over is voor de micro-organismen

Tevens is de grondwatersnelheid een belangrijke factor. Is deze laag, dan zal de zuurstof niet ver verspreiden. Is de grondwatersnelheid te hoog, dan zal de zuurstof een te korte contacttijd met de verontreiniging hebben en niet door micro-organismen gebruikt worden om de verontreiniging af te breken.

Op basis van stoffeigenschappen en kosten, is gekozen voor de test van twee stoffen:

- Natriumpercarbonaat.
- Calciumperoxide.

Het natriumpercarbonaat zal met name ter plaatse van de hoogste zuurstofvraag (kern van de pluim) worden toegepast, omdat de kosten per kilogram ingebracht zuurstof het laagst liggen.

Voor een volledige beschrijving van het vooronderzoek, wordt verwezen naar het document "Vooronderzoek zuurstofafgevend stoffen" (ref. 6).

3.2

OPSTELLEN EN BIJSTELLEN GRONDWATERMODEL

De bouw van het grondwatermodel en uitkomsten van de berekeningen zijn uitvoerig beschreven in het rapport "Progress report on groundwater modelling of Wessem site PRB 41" (ref. 9). In deze paragraaf worden de conclusies uit dit document aangehaald.

De stroming van grondwater is essentieel voor het transport van stoffen in het grondwater, echter, in de situatie van Wessem is de horizontale grondwaterstroming laag (1 mm tot 4 cm per dag). Een ander transportmedium om zuurstof via het grondwater naar de kern van de verontreiniging te transporteren is verticaal transport, vanaf de zuurstofrijke overgangszone verzadigde/onverzadigde zone, naar het diepere grondwater. Ondanks vastgestelde verticale verplaatsing van grondwater, met name door fluctuaties van de nabijgelegen Maas, is de mate van verticale grondwaterverplaatsing te beperkt om een significant transportmechanisme voor opgelost zuurstof te kunnen zijn.

Bij de injectie zal de verspreiding van zuurstof alleen via de volgende mechanismen kunnen plaatsvinden:

- Verplaatsing van watervolumes.
- Diffusie.

Aangezien over de invloed van diffusie weinig bekend is, zal alleen met de instantane invloedssfeer van de injectie gerekend worden. Dit betekent een dicht netwerk van injecties. Voorgesteld is om de stof via hoge druk in de luchtfase te injecteren om gebruik te kunnen maken van het 'fracturing' mechanisme, waarbij kleine kanaaltjes in de grond worden gevormd.

Stoftransport en afbraak zijn niet gemodelleerd. In de literatuur zijn weinig gegevens bekend over de kinetiek van de reacties van calciumperoxide tot, onder andere, zuurstof. Het ontbreken van deze informatie maakte het niet mogelijk een betrouwbaar model op te stellen.

3.3 VASTSTELLEN NULSITUATIE

Voorafgaand aan de injectiewerkzaamheden is de nulsituatie in het grondwater en de bodemlucht bepaald.

De werkzaamheden bestonden uit de volgende werkzaamheden:

- Bijplaatsen van peilbuizen voor grondwatermonstername op een zestal locaties en twee filters in de onverzadigde zone voor bemonstering van bodemlucht, dit is uitgevoerd op 15 juli 2005.
- Grondwatermonstername van alle peilbuizen binnen het projectgebied en de referentiepeilbuizen stroomopwaarts en stroomafwaarts (in de pluim) van het projectgebied.
- Bemonstering van bodemlucht.
- Chemische analyses van het grondwater.
- Chemische analyse van de bodemlucht.

De werkzaamheden en analyses zijn uitgevoerd conform het monitoringvoorstel (ref. 3). De referentielijst is opgenomen in bijlage 1. In bijlage 2 is de situering van de peilbuizen en filters binnen de locatie opgenomen. In bijlage 3 is de indeling van de onderzoekslocatie in diverse zones/onderzoeksgebieden weergegeven. In bijlage 4 zijn de analyseresultaten van het grondwater en in bijlage 5 is de rapportage van de bodemluchtmetingen opgenomen.

3.4 UITVOERING PILOTSANERING

3.4.1 TESTEN VAN INJECTIETECHNIKEN

Op 29 augustus 2005 zijn de injectiewerkzaamheden gestart.

Voor de injectie is gebruik gemaakt van een boorstelling met pneumatische hamer (Geoprobe).

De opstelling van de injectie-unit was als volgt:

- Compressor.
- Mengketel/drukvat.
- Flexibele leidingen.
- Boorstelling.

Natriumcarbonaat levert veel zuurstof in een relatief korte tijd, dit maakt het geschikt voor aanpak van de kern van de verontreiniging.

Calciumperoxide levert een redelijke hoeveelheid zuurstof gedurende een lange tijd, dit maakt het geschikt voor aanpak van de pluim/randen waar concentraties van verontreiniging lager liggen.

De eerste injecties zijn in de rand gedaan om te voorkomen, dat bij injectie in de kern verontreiniging naar buiten worden verplaatst zonder een behandelde zone te passeren.

In het veld bleek dat het poeder van calciumperoxide erg fijn was, een goede verdeling van de stof over de te injecteren lucht verliep niet goed (verstoppingen bij de mengketel).

Vervolgens is het natriumpercarbonaat getest. Het natriumpercarbonaat bleek bij contact met grondwater zeer reactief te zijn. De injectiebuis raakte snel verstopt, zelfs het opvoeren van de luchtdruk tot het maximum van 7 bar loste de verstoppingen niet op.

Natriumpercarbonaat leende zich niet goed voor het beoogde gebruik op de saneringslocatie (ook niet bij injectie als slurry), vanwege verkleving/zwelling.

Op 31 augustus 2005 is een spoedoverleg met SKB en SABIC Pipelines op de saneringslocatie belegd en is een afweging gemaakt van de mogelijkheden, zie tabel 3.1.

Tabel 3.1

Samenvatting van bevindingen
test injectietechnieken

Techniek	Resultaat	Veiligheid	Analyse
Natriumpercarbonaat Via lucht	De stof reageert Instantaan met vocht, mits dit in de bodem is. Direct uitzetten en clogging Korrelgrootte (1 a 2 mm) Versterkt clogging	De straalketel Moet vaak open en Verspreidt dan veel stof (reactief)	Niet haalbaar
Natriumpercarb. Via slurry	De korrels hebben een coating Derhalve wil het niet snel oplossen, na oplossen gaat het direct sterk bruisen, Moeilijke handling	Zware maatregelen aangezien Het op chemische oxidatie lijkt	Voor chem. oxidatieve techniek misschien interessant, maar is er dan geen meerwaarde t.o.v. het gangbare waterstofperoxide
Calciumperoxide Droog	Het poeder is moeilijk in de luchtstroom vanuit de ketel te doseren. Erg veel lucht geïnjecteerd om kleine hoeveelheid stof in de bodem te krijgen.	De straalketel Moet vaak open en Verspreidt dan veel stof (reactief)	Onderzoek naar doseertechniek gewenst
Calciumperoxide Nat (30%)	De melk is makkelijk aan te maken, zeer lichte reactie (belletjes). Makkelijk in de grond te krijgen, nauwelijks of geen overdruk nodig	Licht regime	Opstelling is eenvoudig, stof is goed handelbaar.
Alternatieven			
Waterstofperoxide (sterk verdund, 2 tot 5%)	De techniek wordt vaak uitgevoerd als chemische oxidatie bij hogere concentraties, er is echter veel meer water nodig	Zwaar regime	De zuurstofboost is snel uitgewerkt na injectie, dit vraagt veel injectierondes hetgeen het duur maakt.

Op basis van deze afweging is besloten om het volledige projectgebied te behandelen met calciumperoxide, in te brengen als slurry. Dezelfde dag is gestart met het inbrengen van calciumperoxide als suspensie, hierna te noemen melk. De hoeveelheid per punt is bepaald op 88 kg, totaal 20 punten. De injectie vindt plaats van 9,5 m -mv. in verschillende injectiemomenten per punt tot aan de grondwaterspiegel op circa 3 m -mv.

Het veiligheids- en Gezondheidsplan is aangepast aan de nieuwe werkwijze.

Het was nodig om de meng- en injectie-installatie aan te passen:

- De wateropslag is vergroot.
- Voor de menging is een plastic 1 m³ container geplaatst.
- Voor de dosering en drukopbouw is een wormpomp aangebracht.

De injectie is uitgevoerd met dezelfde boorstelling zoals opgenomen in het injectieplan.

3.4.2 INJECTIEWERKZAAMHEDEN

Nadat op 31 augustus bleek, dat de injectie van calciumperoxide als melk succesvol verliep, is de extra benodigde calciumperoxide met spoed besteld en na drie dagen geleverd op locatie. Een mengverhouding op volume van een deel calciumperoxide op vijf delen water is gehanteerd. In bijlage 2 is de situering van de uitgevoerde injectiepunten opgenomen. Vervolgens liepen de injectiewerkzaamheden voorspoedig, op 9 september 2005 zijn de werkzaamheden voltooid en zijn het ketenpark en de rijplaten afgevoerd.

3.5 ONDERZOEK AANTASTING COATING DOOR ZOUTEN

Door In Situ Technieken is een laboratoriumonderzoek uitgevoerd naar de invloed van de injectie van zuurstofafgevend zout op de coating van transportleidingen zoals deze op de pilot locatie aanwezig is. Het rapport waarin de opzet van het onderzoek en de onderzoeksresultaten worden beschreven is opgenomen in bijlage 10.

De conclusie van dit onderzoek is dat er onder diverse omstandigheden (zuurgraad, zoutconcentraties, blootstellingsduur) geen aantasting van de leidingcoating zal optreden.

HOOFDSTUK

4 Evaluatie van de resultaten

4.1 RESULTATEN NULMETING

De bespreking van de resultaten vindt plaats in twee delen:

- Verontreinigingssituatie.
- Redoxomstandigheden.

4.1.1 VERONTREINIGINGSSITUATIE

De concentraties minerale olie vluchtig (C6 – C12) binnen het verontreinigde gebied variëren in de bovenste 4 meter (2,5 tot 6,5 m –mv.) van 2400 µg/l tot 5400 µg/l, dit is overeenkomstig de verwachting. Minerale olie (C10 – C40) concentraties liggen tussen streefwaarde en tussenwaarde. De concentraties aromaten liggen onder en boven de interventiewaarde.

In de diepere filters (7,0 tot 9,0 m –mv.) liggen de concentraties minerale olie vluchtig tussen 840 µg/l en 3900 µg/l, met uitzondering van peilbuis B41-014 ter plaatse van de afsluiterput. Ter plaatse van de afsluiterput (nabij het voormalige lekkagepunt) is het grondwater in diepe filter niet verontreinigd. Stroomafwaarts van de voormalige lekkage is de verontreiniging dieper verspreid dan verwacht. De einddiepte is op basis van de gegevens niet vast te stellen.

Langjarige monitoring van peilbuis B41-02 laat sterke variaties in de tijd zien, te weten:

- xylenen (som) : 190 tot 830 µg/l;
- vluchtige olie : 2000 tot 9700 µg/l;
- minerale olie : 0 tot 190 µg/l.

De nulmeting van de monitoring laat concentraties zien die in het midden van voornoemde range vallen.

4.1.2 REDOXOMSTANDIGHEDEN

De bespreking van de redoxomstandigheden is gebaseerd op de volgende indeling van de locatie:

- Referentie bestaat uit peilbuizen 009 en 013.
- Verontreinigde zone binnen injectiegebied (pilotgebied) bestaat uit peilbuizen 029/030, 027/028 en 033/034 (tweede nummer betreft de diepe peilbuis).
- Verontreinigde zone buiten injectiegebied (verontreinigd gebied) bestaat uit peilbuizen 039/040.
- schoon gebied langs de rand van het injectiegebied (randgebied) bestaat uit de peilbuizen 031/032, 035/036 en 037/038.

De indeling van de zones is opgenomen in bijlage 3, de peilbuizen ter plaatse van de afsluiterput zullen specifiek behandeld worden.

De stroomopwaartse referentiepeilbuizen (hierna te noemen referentiesituatie) tonen weinig verschil tussen ondiep en diep grondwater. De zuurstofconcentraties zijn laag (0,2 – 0,9 mg/l) en de redoxpotential is positief (100 tot 240 mv.).

In tabel 4.1 zijn de bodemcondities samengevat. De gedetailleerde analyseresultaten van de geochemische grondwaterkarakterisatie zijn opgenomen in bijlage 6.

De temperatuur (12 +/- 1 °C), elektrische geleidbaarheid (700 tot 1600 (uS/m) en de pH (7,4 – 8,6) verschillen niet significant tussen de diverse zones.

Tabel 4.1

Bodemcondities bij nulsituatie
15 juli 2005

Zone	Conditie
Referentie	Aëroob/Anaëroob
Pilot	Anaëroob
Verontreinigd	Anaëroob
Rand	Aëroob/Anaëroob (ondiep) Anaëroob (diep)
Afsluiterput	Anaëroob

De redoxpotential buiten de verontreiniging is positief, binnen is de potential negatief. Dit geeft aan, dat de aanwezigheid van de koolwaterstoffen in het verontreinigde gebied een verandering in het redoxmilieu van de locatie teweeg heeft gebracht. De preferente elektronenacceptoren (zuurstof, nitraat, ijzer(II) en sulfaat, in afnemende voorkeur op basis van vrijkomende energie), zijn in het verontreinigde gebied opgebruikt, resulterend in een relatief sterk reducerend milieu. Dit wordt bevestigd door de aanwezigheid van methaan. Het introduceren van deze elektronenacceptoren zal de afbraak van de koolwaterstoffen waarschijnlijk doen versnellen.

Het beeld van de redoxomstandigheden komt overeen met de resultaten van een geochemische grondwaterkarakterisatie uit 2003, zie bijlage 7.

4.2

RESULTATEN MONITORING

4.2.1

MONITORING GRONDWATER NA EERSTE INJECTIE

Ongeveer een maand na de eerste injectie is de monitoring gestart. Bij de monitoring is onderscheid gemaakt in het volgen van de realisatie van aërobe omstandigheden (proces monitoring) en het volgen van het sanerend effect van de injecties (performance monitoring). De omstandigheden in het grondwater zijn gevolgd door tweewekelijks de veldparameters te meten en op bepaalde momenten ook verontreinigingen en macroparameters analytisch te bepalen.

De veldparameters zijn:

- temperatuur;
- zuurgraad;
- redoxpotential;
- zuurstofconcentratie;
- elektrische geleidbaarheid.

De meetmomenten zijn:

2005

- 30 september (na 4 weken);
- 21 oktober (na 7 weken);
- 2 november (na 9 weken);
- 16 november (na 11 weken);
- 30 november (na 13 weken);
- 14 december (na 16 weken).

2006

- 4 januari (na 21 weken);
- 1 februari (na 25 weken);
- 1 maart (na 29 weken);
- 14 juni (na 43 weken).

In de paragrafen hieronder worden de resultaten kort toegelicht.

Veldparameters

Temperatuur

De variatie in de tijd is dominant (12 – 15 °C). Verschillen tussen referentie en andere zones zijn niet significant.

Zuurgraad

De variatie in de tijd is dominant. De zuurgraad neemt niet toe, waarden liggen tussen 5,9 en 8,4.

Elektrische geleidbaarheid

De EC neemt globaal gesproken af in de tijd, er zijn geen significante verschillen tussen de zones. De diepe peilbuis bij de bak is een uitzondering door de relatief hoge en constante waarde (1600 – 1900 mv.). De reden is onbekend. Elders is de hoogst gemeten waarde 1500 mv.

Zuurstof en redoxpotentiaal

De redoxpotentiaal en zuurstofconcentratie worden duidelijk beïnvloed door de injectie, zie tabel 4.2 en 4.3.

Tabel 4.2

Ontwikkeling
zuurstofconcentratie (mg/l)

Moment na inj.	Referentie	Pilot	Verontreinigd	Rand
Nulsituatie	0,2 – 0,9	0,2 – 0,3	0,1 – 0,2	0,1 – 0,7
Na 4 weken	0,28 – 0,44	Ondiep 1-12 Diep 10-31	0,25 – 0,29	0,7 – 3,9
Na 7 weken	0,2	Ondiep 5-19 Diep 4-38	0,4	0,3 – 9,6
Na 9 weken	0,3	Ondiep 2,5 – 9,8 Diep 0,4 -36	0,3 – 0,4	0,3 – 13,8
Na 11 weken	0,2 – 0,4	Ondiep 2,5 – 11,6 Diep 3,2 – 37	0,3	0,3 – 6,8
Na 43 weken	-	Ondiep 1,1 – 5,7 Diep 2,8 - 27	0,5	-

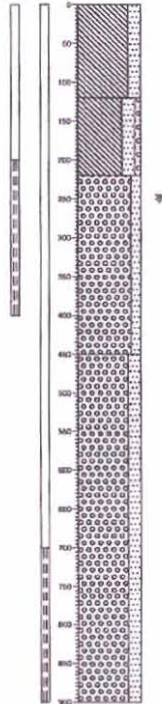
De zuurstofconcentraties in het pilotgebied zijn sterk verhoogd, plaatselijk tot boven de oplosbaarheidsgrens. Bij sommige metingen in de rondes na vier en zeven weken, wordt belvorming in het water in de buis gesignaleerd.

De zuurstofconcentraties in de eerste drie maanden tonen langzaam een afname, waarden blijven echter hoog genoeg om de biodegradatie te blijven stimuleren. De waarden in het ondiepe grondwater liggen lager dan in het diepe water.

Deze waarneming wordt verklaard door de stratificatie die is waargenomen in de bodemopbouw (zie figuur 4.1).

Figuur 4.1

Boorstaat boring B41-027



Uit de boorstaat komt naar voren dat de bovenste 2 tot 2,5 m –mv bestaat uit siltige, lemige laag, relatief rijk aan organisch stof (circa 1%) met daaronder een grindrijke laag, arm aan organisch stof (<1%). Verwacht wordt dat het van nature voorkomend organisch stofgehalte rond de grondwaterstand hoger is dan het organisch stofgehalte dieper. Bodemlagen met een hoger organische stofgehalte hebben een hogere (autonome) zuurstofbehoefte. Zuurstofconcentraties zullen na de injectie niet extreem toenemen en snel terug lopen.

De resultaten van de zuurstofmetingen op verschillende momenten na injectie is in een aantal grafieken weergegeven in bijlage 8. Hierbij zijn de ondiepe en diepe filters per monitoringslocatie in één grafiek weergegeven.

De invloedstraal van zuurstofafgifte varieert sterk binnen de locatie, dit houdt waarschijnlijk verband met heterogeniteit in de bodemopbouw. De straal varieert van net 2 meter (B41-031 ondiep) tot meer dan 4 meter (B41-037 en B41-02). De gekozen ontwerpstraal van 1,5 meter is voldoende laag gekozen, immers alle peilbuizen binnen het injectiegebied tonen duidelijke verhoging van het zuurstofgehalte.

De redoxpotentiaal is een maat voor de mate van geoxideerdheid of gereduceerdheid van het grondwater. De redoxpotentiaal moet gezien worden als een indicatie en is een resultante van alle redoxkoppels in het grondwater.

Tabel 4.3

Ontwikkeling van de redoxpotentiaal (mv.)

Moment na inj.	Referentie	Pilot	Verontreinigd	Rand
Nulsituatie	110 - 238	-260 - -44	-97 - -20	Ondiep 117 - 171 Diep -133 - 131
Na 4 weken	110-126	Ondiep -31 - 63 Diep 81-163	-124 - - 66	126 - 280
Na 7 weken	57-62	Ondiep -35 - 75 Diep 44 - 156	-116 - -79	150 - 166
Na 9 weken	96-123	Ondiep -65 - 24 Diep -13 - 134	-148 - -94	127 - 143
Na 11 weken	23-66	Ondiep -85 - 38 Diep 2 - 138	-151 - -63	71 - 134
Na 43 weken ¹	-	Ondiep 36 - 191 Diep 150 - 318	43 - 79	

De redoxpotentiaal neemt in het pilotgebied duidelijk toe. Ondiep varieert de potentiaal rond de nullijn (positieve en negatieve waarden) en diep is de potentiaal gedurende de drie maanden positief gebleven. De redox buiten de verontreiniging blijft echter hoger.

De redox in de rand (beïnvloed door injectie en niet verontreinigde zone) wijzigt nauwelijks, uitzondering is de diepe peilbuis B41-036 die in de nulsituatie als enige negatief was en daarna ook positief is zoals de overige waarden.

Macroparameters

De wijzigingen in het referentiegebied zijn niet significant met uitzondering van een afname in het nitraatgehalte, de oorzaak hiervan is onbekend. IJzer II wordt niet aangetroffen, hetgeen overeenstemt met de positieve redoxomstandigheden. In het pilotgebied neemt de concentratie IJzer II af, dit stemt overeen met een stijging van de redoxpotentiaal.

In de verontreinigde zone zijn geen nulmetingen van de macroparameters bepaald. Ondiep is IJzer II aanwezig als indicator van IJzer III als elektronenacceptor, hier heersen sterk gereduceerde omstandigheden. Diep zijn nitraat en sulfaat aanwezig, IJzer II is afwezig. Er heersen hier geen of zeer lichte reducerende omstandigheden. In de rand zone zijn geen macroparameters gemeten.

Kiemgetal en koolzuur

De parameter koolzuur stijgt bij aërobe afbraak van koolwaterstoffen, omdat dit het uiteindelijk afbraakproduct is. Het kiemgetal is een indicator van de heterotrofe microbiële activiteit in het grondwater. In het pilotgebied is, in de eerste maanden na injectie, een lichte stijging van het kiemgetal waar te nemen. Deze parameter geeft echter geen consistent beeld per deelgebied. Koolzuur blijft gelijk of neemt iets af.

Er is geen duidelijke indicatie van de toename van biodegradatie. Een verklaring kan zijn dat de biomassa zich bij voorkeur hecht aan de bodemmatrix en dus niet toeneemt in het grondwater waar gemeten wordt.

Calcium

De calciumgehalten in de peilbuizen binnen het pilotgebied (na injectie) verschillen niet significant van de gehalten in de referentiepeilbuizen.

Dit kan twee oorzaken hebben:

¹ De gemeten redox-waarden worden niet betrouwbaar geacht.

- Het calcium uit het calciumperoxide verspreidt zich nauwelijks buiten de eerste meter rondom het injectiepunt.
- Het calcium gaat reacties aan met macroparameters in de bodem waardoor het snel na het vrijkomen neerslaat.

Op basis van de monitoring gegevens is geen conclusie ten aanzien van de oorzaak te trekken.

Minerale olie en aromaten

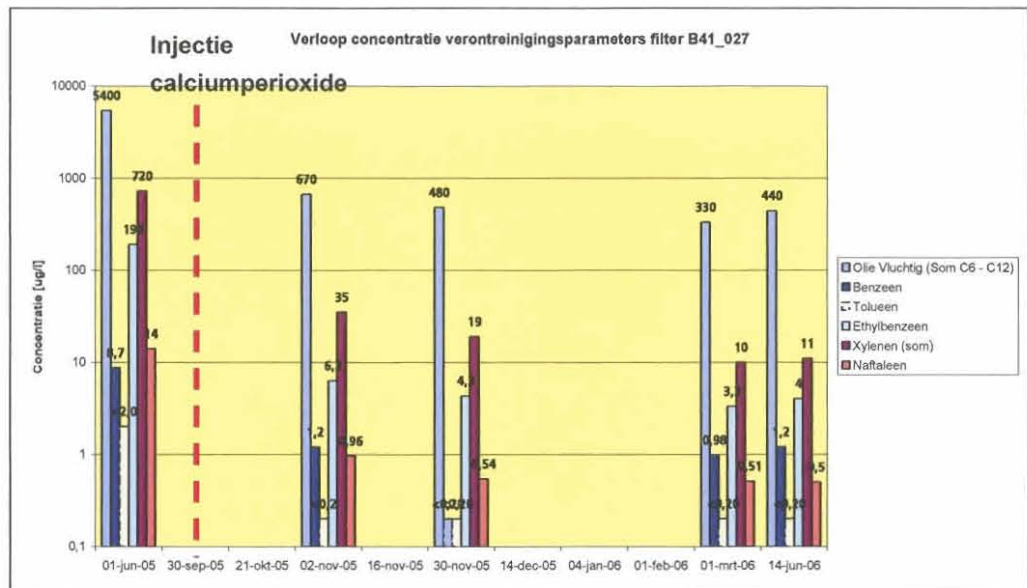
In het pilotgebied zijn de concentraties aromaten en vluchtige olie met 90 tot 95% afgenomen. De concentraties minerale olie waren laag en zijn nauwelijks gewijzigd, het is bekend dat de afbraak van deze langere ketens langzamer gaat. In de verontreinigde zone is ook een duidelijke afname in concentraties vluchtige olie waarneembaar, tussen 50 en 90%. De oorzaak van deze afname is niet duidelijk omdat hier zuurstof noch redoxpotentiaal zijn veranderd. Op basis van langjarige monitoring is gebleken, dat binnen korte tijdsintervallen de concentraties tot een factor vier kunnen verschillen.

De resultaten van de metingen op verschillende momenten na injectie zijn in een aantal grafieken weergegeven in bijlage 9. Hierbij zijn de concentraties aromaten en vluchtige olie per monitoringslocatie in één grafiek weergegeven.

Figuur 4.2 laat het concentratieverloop in peilbuis B41_027 van minerale olie, minerale olie vluchtig en vluchtige aromaten zien, voor, en na de injectie met calciumperoxide.

Figuur 4.2

Verloop concentraties
grondwater peilbuis B41_027



4.2.2

BODEMLUCHT

Op 11 juli 2005 (voor de injectie) en op 30 september 2005 (vier weken na de injectie) zijn de concentraties koolwaterstoffen in de bodemlucht op ongeveer 1 m –mv. en 1,5 m –mv. gemeten (meetpunten B41-041 en B41-028). De rapportage van de werkzaamheden is opgenomen in bijlage 4. Op basis van de PID metingen kan worden geconcludeerd, dat in het filter op 1,5 m –mv. een lichte verhoging is gemeten. Deze verhoging is dusdanig gering, dat dit analytisch niet bevestigd is. Derhalve kan worden geconcludeerd, dat met de gekozen saneringstechniek geen significante vracht aan verontreiniging via de bodemlucht naar de atmosfeer wordt verplaatst.

HOOFDSTUK 5 Conclusies

De te trekken conclusies, worden in de paragrafen hieronder per onderdeel toegelicht.

5.1 INJECTIEMETHODE

- Natriumpercarbonaat is niet geschikt voor injectie in de bodem op de testlocatie.
- De stof calciumperoxide is als suspensie ('melk') eenvoudig in te brengen in de bodem en heeft direct positief effect op de zuurstofconcentratie en bodemcondities.
- De invloedstraal van calciumperoxide, wanneer het als melk wordt geïnjecteerd, blijkt op de pilotlocatie te variëren tussen 2 en 4 meter, dit is meer dan verwacht.
- Calciumconcentraties in het water nabij de injectiepunten zijn nauwelijks anders dan ver buiten het injectiegebied. Waarschijnlijk is diffusie de drijvende kracht achter de verspreiding van zuurstof door de bodem.

5.2 AFBRAAK VAN KOOLWATERSTOFFEN

De concentraties vluchtige aromaten en vluchtige olie (C6-C12) zijn sterk gedaald.

De gestimuleerde biologische afbraak is hierbij het drijvend mechanisme.

Hiervoor zijn indirecte bewijzen, te weten:

- Vóór de injectie met zuurstofafgevend zout is de verontreinigingssituatie jarenlang stabiel gebleven, pas na injectie wordt een sterke afname gemeten. Hiermee is natuurlijk optredende, ongestimuleerde, afbraak uit te sluiten als verklaring.
- De afname in concentraties binnen het injectiegebied is veel sterker in vergelijking met de daling buiten het injectiegebied (zie tabel 5.1).
- Mechanismen als chemische oxidatie en verspreiding zijn niet waargenomen. Dit op basis van respectievelijk een relatief lage redoxpotentiaal en het niet aantonen van verontreiniging in de randen van het pilotgebied.

Eventuele reboundeffecten zijn niet aangetoond nadat het geïntroduceerde zuurstof is verbruikt door de microbiologie. Ter plaatse van peilbuis B41-027 (filterstelling van 2 - 4 m -mv.) wordt een concentratie vluchtige minerale olie waargenomen welke stabiel blijft tot juni 2006 (circa 10 maanden na injectie). Deze concentratie stijgt niet waardoor mag worden aangenomen dat rebound niet meer plaats zal vinden gezien.

Een zelfde stagnatie in de daling van verontreinigingsconcentraties wordt waargenomen in peilbuis B41-39 (buiten het injectiegebied, filterstelling van 2 - 4 m -mv.). De concentratie zuurstof die deze peilbuis bereikt is, gezien de afstand vanaf het pilotgebied, vele malen lager waardoor deze geringe zuurstoftoevoer meteen verbruikt wordt door de aanwezige microbiologie. Op een gegeven moment is de toevoer van zuurstof terug naar het niveau van voor de pilot en stagneert de afbraak.

Over het algemeen nemen de zuurstofconcentraties ter plaatse van de ondiepe peilbuizen sneller af na de injectieronde dan ter plaatse van andere (diepe) peilbuizen.

De hypothese met betrekking tot deze stagnatie is dat de autonome zuurstofbehoefte van de ondiepe bodemmatrix (peilbuizen B41-027, B41-29, B41-33) hoger is dan elders waardoor zuurstof verbruikt wordt door het van nature aanwezige organisch stof. Hierdoor blijft er minder zuurstof over ten behoeve van de biologische afbraak van verontreiniging.

5.3

ZUURSTOFAGIFTE

Het calciumperoxide is een geschikte stof voor stimulering van biodegradatie op de testlocatie, omdat:

- zuurstofconcentraties aanzienlijk boven de drempelwaarde voor biodegradatie worden gebracht;
- zuurstofagifte tenminste gedurende drie maanden voortduurt.

5.4

AANTASTING LEIDINGCOATING

Uit onderzoek uitgevoerd door In Situ Technieken blijkt dat er geen aantasting van leidingcoating plaatsvindt door injectie van calciumperoxide (zie bijlage 10).

5.5

BEWEZEN TECHNIEK

De saneringstechniek met injectie van zuurstofafgevend stoffen is succesvol gebleken op de testlocatie. Binnen zes maanden is circa 95% van de vracht verwijderd.

Onderstaande tabel 5.1 geeft een samenvatting van de monitoringsresultaten in het pilotgebied (en het verontreinigingsgebied).

Tabel 5.1

Samenvatting analyseresultaten pilot (027 – 034)- en verontreinigingsgebied (039 en 040)

Filtercode	Filterdiepte (m –mv.)	MO Nulsituatie ¹⁾ (µg/l)	MO Juni 2006 (µg/l)	MOvl Nulsituatie ¹⁾ (µg/l)	MOvl Juni 2006 (µg/l)	BTEX Nulsituatie ¹⁾ (µg/l)	BTEX Juni 2006 (µg/l)
027	2 - 4	190	52	5.400	440	920	17
028	7 - 9	95	<50	3.900	<100	390	<20
029	2 - 4	110	<50	3.400	<100	8,9	<20
030	7 - 9	<50	<50	1.000	<100	0,71	<20
033	2 - 4	260	<50	3.500	<100	96	<20
034	7 - 9	130	<50	3.100	<100	35	<20
039*	2 – 4	200	120	3.100	1.000	10	3,2
040*	7 - 9	59	<50	840	<100	1,4	<0,20

- - geen meting uitgevoerd * verontreinigd gebied buiten pilotgebied
 MOvl minerale olie vluchtig BTEX vluchtige aromaten
 (C6-C12) MO minerale olie niet vluchtig
¹⁾ 1 juni 2005 (C10 – C40)

De haalbaarheid op andere locaties hangt met name af van:

- vracht aan verontreiniging; de techniek is niet geschikt voor zeer hoge concentraties in de grond en puur product;
- afbreekbaarheid van de verontreiniging; minerale olie met ketenlengte langer dan C20 zijn moeilijk afbreekbaar;
- autonome zuurstofbehoefte van de bodemmatrix, sterk humeuze grond zoals veen heeft een veel te hoge autonome zuurstofbehoefte.

In vergelijking met andere saneringstechnieken die ingezet kunnen worden bij een dergelijke verontreinigingssituatie (relatief hoge vrachten in het grondwater, lage vracht aan de grond) kan de volgende matrix worden opgesteld (zie tabel 5.2):

Tabel 5.2

Vergelijkingsmatrix technieken

Techniek	Persluchtinjectie	Chemische oxidatie	Zuurstofafgevende zouten
Kosten	+ / -	-	+
Saneringsduur	+	++	+
Overlast op maaiveld	-	+	+
Veiligheid	+	-	+
Invloedstraal bij slecht doorlatende lagen	-	+	+

+ positieve beoordeling

- negatieve beoordeling

Uit bovenstaande matrix blijkt dat het onderscheid van de techniek waarbij zuurstofafgevende stoffen worden gebruikt, in vergelijking met andere technieken, met name positief uitvalt met betrekking tot kosten, overlast en te hanteren veiligheidsprocedure.

HOOFDSTUK

6 Aanbevelingen

De injectie van zuurstofafgevende stoffen is een nieuwe techniek voor Nederland die zich bewezen heeft. Wij bevelen aan deze techniek te overwegen bij aanpak van aromaten en vluchtige minerale olie in het grondwater.

Uit de ervaringen opgedaan bij deze pilot blijkt dat de techniek werkt bij situaties waarbij de autonome zuurstofbehoefte van de bodemmatrix gering is. Bij het voor aanvang van een dergelijk project uit te voeren vooronderzoek dient uitdrukkelijk gekeken te worden naar het organisch stofgehalte van de bodemmatrix en de gehalten bodemverontreiniging met organische stoffen. Deze parameters zijn bepalend voor de slagingskans van saneringen die met de beschreven methode uitgevoerd worden.

Specifieke voordelen van deze techniek zijn:

- géén installaties op locatie, minimale verstoring van bedrijfsprocessen;
- goed aan te passen aan doorlatendheid van de bodem en grondwaterstroming door het pakket;
- geringe veiligheidseisen bij toepassen van zuurstofafgevende stoffen;
- de snelheid waarmee de verhoogde concentraties teruggebracht worden.

BIJLAGE 1

Referenties

Nr	Titel rapportage	Opsteller	Datum	Kenmerk
1	projectplan pilotsanering ORC/Permeox/oxyper	ARCADIS	18 april 2005	110504/ZF5/0U1/201167
2	Injectieplan pilot in toepassen zuurstof afgevendende stoffen	ARCADIS	27 juni 2005	110504/ZF5/2K8/201167
3	monitoringsvoorstel t.b.v. pilot in toepassen zuurstofafgevendende stoffen	ARCADIS	29 april 2005	110504/ZF5/1X0/201167
4	Voortgangsrapportage nr. 1	ARCADIS	27 juni 2005	-
5	Verontreinigings situatie Wessem	ARCADIS	15 april 2005	110504/ZF5/1P2/201167
6	Vooronderzoek zuurstofafgevendende stoffen	ARCADIS	15 april 2005	110504/ZF5/1P1/201167
7	Voortgangsrapportage 2, Pilot in toepassen zuurstofafgevendende stoffen	ARCADIS	6 december 2006	110504/ZF5/4D9/201167
8	Monitoring grondwaterverontreiniging 2005 Afsluitpost PRB 41 Wessem	ARCADIS	16 januari 2006	110504/AF6/057/201167 /001
9	Progress report on groundwater modelling of Wessem site PRB 41 (PT-5122)	ARCADIS / Universiteit Utrecht	20 februari 2006	110504/ZF6/0L0/201167

BIJLAGE 2

Situering injectiepunten en monitoringpunten

PRB-post 41
Afsluiterbak

B41-009
(7,0-9,0)
22 m

B41-013
(2,0-4,0)
5 m

B41-002 (2,0-4,0) B41-014 (7,0-9,0)

B41-005
(1,8-3,8)

1,70 m-mv

1,30 m-mv

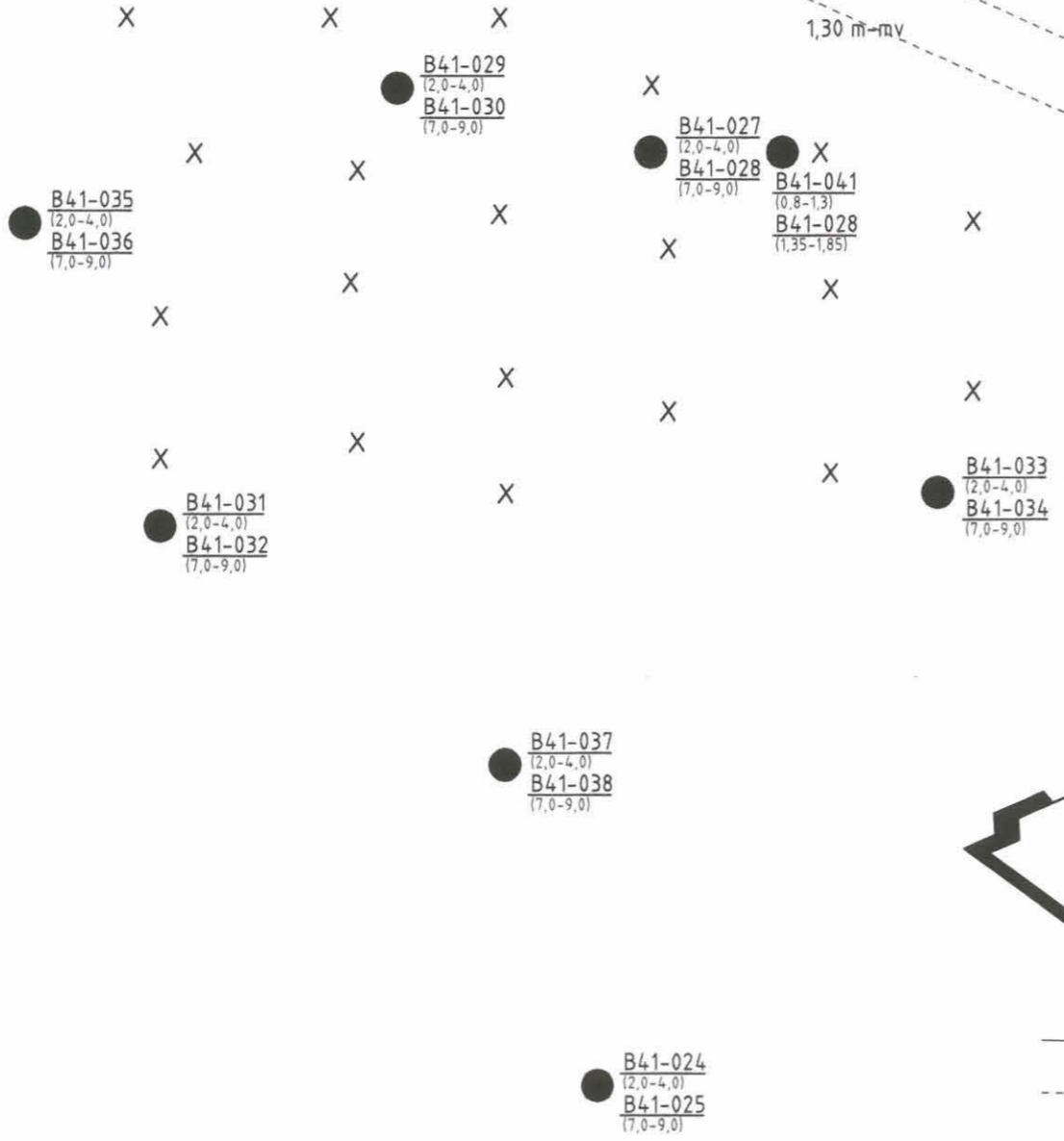
1,20 m-mv

Sabic leiding

Gas Ø8"

Gas Ø12"

B41-007
(7,0-9,0)
B41-006
(2,0-4,0)
3 m



B!	Extra peilbuizen
A	Definitief
Versie	Omschrijving



Part of a bigger picture

Opdrachtgever : Sabic Pipelines

Project : Pilot sanering PRB post 41 te Wessen

Onderwerp : Situering monitoringspeilbuizen en injectiepunten

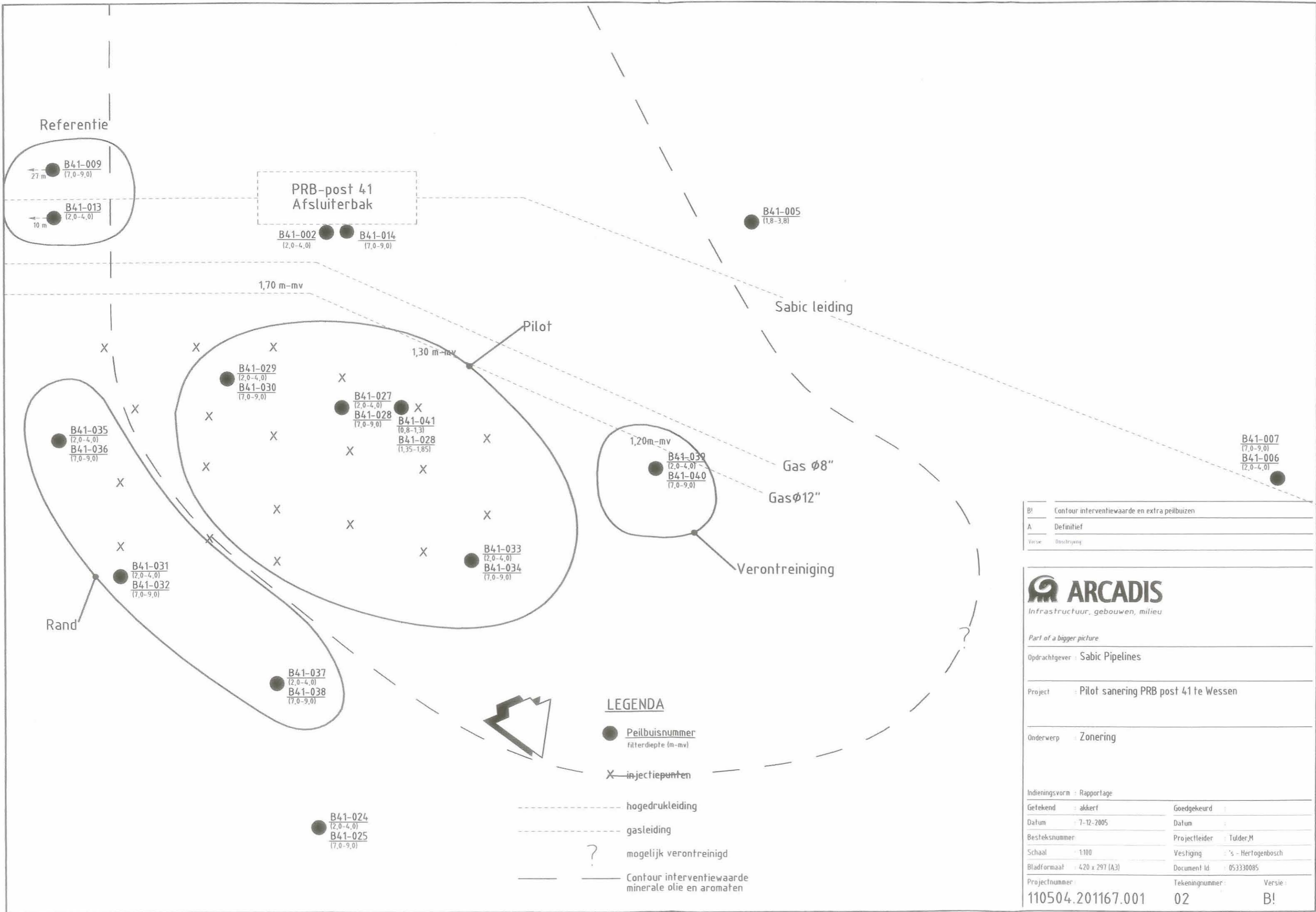
Indieningsvorm : Rapportage

Getekend : akkerf	Goedgekeurd :
Datum : 7-12-2005	Datum :
Besteknummer :	Projectleider : Tulder, M
Schaal : 1:100	Vestiging : 's - Hertogenbosch
Bladformaat : 420 x 297 (A3)	Document Id : 052080040
Projectnummer : 110504.201167.001	Tekeningnummer : 01
	Versie : B!

LEGENDA

- Peilbuisnummer
filterdiepte (m-mv)
- X injectiepunten
- hogedrukleiding
- - - - - gasleiding

BIJLAGE 3 Zonering van gebieden



B!	Contour interventiewaarde en extra peilbuisen
A	Definitief
Verse	Omschrijving



Part of a bigger picture

Opdrachtgever : Sabic Pipelines

Project : Pilot sanering PRB post 41 te Wessen

Onderwerp : Zonering

Indieningsvorm : Rapportage

Getekend : akkerf	Goedgekeurd :	
Datum : 7-12-2005	Datum :	
Besteknummer :	Projectleider : Tulder, M	
Schaal : 1:100	Vestiging : 's - Hertogenbosch	
Bladformaat : 420 x 297 (A3)	Document Id : 053330085	
Projectnummer : 110504.201167.001	Tekeningnummer : 02	Versie : B!

LEGENDA

- Peilbuisnummer
filterdiepte (m-mv)
- X injectiepunten
- hogedrukleiding
- gasleiding
- ? mogelijk verontreinigd
- Contour interventiewaarde
minerale olie en aromaten

BIJLAGE 4

Meetresultaten van de monitoringrondes 1 – 11

DATUM	Monsteromschr. B41_002 (2,0-4,0)	01-jun-05	30-sep-05	21-okt-05	02-nov-05	16-nov-05	30-nov-05	14-dec-05	04-jan-06	01-feb-06	01-mrt-06
		1e monitoringronde (nulsituatie)	2e monitoringronde	3e monitoringronde	4e monitoringronde	5e monitoringronde	6e monitoringronde	7e monitoringronde	8e monitoringronde	9e monitoringronde	10e monitoringronde
Omschrijving											
Metalen											
Calcium (Ca)	mg/L					110					
IJzer (II)	mg/L					<0,620					
Natrium (Na)	mg/L										
Vluchtige Aromatische Koolwaterstoffen											
Benzeen	µg/L	7,2					0,92				
Tolueen	µg/L	0,61					0,25				
Ethylbenzeen	µg/L	170					26				
o-Xyleen	µg/L	220					62				
m,p-Xyleen	µg/L	250					74				
Xylenen (som)	µg/L	470					140				
BTEX (som)	µg/L	650					160				
Naftaleen	µg/L	18					3,5				
Minerale olie vluchtig											
Olie Vluchtig C6 - C8	µg/L	2100					1100				
Olie Vluchtig C8 - C10	µg/L	1700					560				
Olie Vluchtig C10 - C12	µg/L	290					300				
Olie Vluchtig (Som C6 - C12)	µg/L	4100					1900				
Minerale olie											
Minerale olie C10-C16	µg/L	180					97				
Minerale olie C16-C22	µg/L	<10					<10				
Minerale olie C22-C30	µg/L	<10					<10				
Minerale olie C30-C40	µg/L	<15					<15				
Minerale olie (GC) totaal	µg/L	190					100				
Anorganische verbindingen & natte chemie											
Carbonaat	mg/L					<5					
Bicarbonaat (HCO3)	mg/L					370					
Nitraat (NO3-N)	mg N/L					<0,1					
Nitraat (NO3)	mg/L					<0,44					
Nitriet (NO2-N)	mg N/L					<0,01					
Nitriet (NO2)	mg/L					<0,03					
Sulfaat opgelost (SO4)	mg SO4/L					9,3					
Sulfaat opgelost (SO4-S)	mg S/L					3,1					
Microbiologisch onderzoek											
Koolzuur (vrij)	mg/L	46									
kiemgetal		110									
Overig onderzoek											
Methaan	µg/L										
Bodemlucht											
PID (?)											
CO2 (?)											
O2 (?)											
totale koolwaterstoffen (?)											
Veldparameters											
grondwaterstand	cm -kb	307									
pH	(-)	7,5	6,5	6,1	6,3	6,3	6,4	6,2	6,6		
EC	(µS/m)	1000	1100	1300	1000	1000	800	800	800		
redox	mV	-181	23	-14	-47	-36	-66	-1	-66		
temperatuur	OC	12,5	15,1	14,1	14,3	13,3	11,4	11,5	10,1		
O2	(?)	0,16	21,4	9,8	2,52	5,6	2,2	6,7	3,64		

DATUM		1e monitoringsronde (nulsituatie)	2e monitoringsronde	3e monitoringsronde	4e monitoringsronde	5e monitoringsronde	6e monitoringsronde	7e monitoringsronde	Monitoring SABIC pipelines	8e monitoringsronde	9e monitoringsronde	10e monitoringsronde
Metalen												
Calcium (Ca)	mg/L	98				71						
IJzer (II)	mg/L	<0,050				<0,05						
Natrium (Na)	mg/L	140										
Vluchtige Aromatische Koolwaterstoffen												
Benzeen	µg/L	<0,20										
Tolueen	µg/L	<0,20										
Ethylbenzeen	µg/L	<0,20										
o-Xyleen	µg/L	<0,20										
m,p-Xyleen	µg/L	<0,20										
Xylenen (som)	µg/L	-										
BTEX (som)	µg/L	-										
Naftaleen	µg/L	<0,20										
Minerale olie vluchtig												
Olie Vluchtig C6 - C8	µg/L	-										
Olie Vluchtig C8 - C10	µg/L	-										
Olie Vluchtig C10 - C12	µg/L	-										
Olie Vluchtig (Som C6 - C12)	µg/L	<100										
Minerale olie												
Minerale olie C10-C16	µg/L	-										
Minerale olie C16-C22	µg/L	-										
Minerale olie C22-C30	µg/L	-										
Minerale olie C30-C40	µg/L	-										
Minerale olie (GC) totaal	µg/L	<50										
Anorganische verbindingen & natte chemie												
Carbonaat	mg/L					<5						
Bicarbonaat (HCO3)	mg/L					250						
Nitraat (NO3-N)	mg N/L	5,2				<0,1						
Nitraat (NO3)	mg/L	23				<0,44						
Nitriet (NO2-N)	mg N/L	0,052				<0,01						
Nitriet (NO2)	mg/L	0,17				<0,03						
Sulfaat opgelost (SO4)	mg SO4/L	38				25,00						
Sulfaat opgelost (SO4-S)	mg S/L	13				8,50						
Microbiologisch onderzoek												
Koolzuur (vrij)	mg/L	13			9							
kiemgetal		170			110							
Overig onderzoek												
Methaan	µg/L	58										
Bodemlucht												
PID (?)												
CO2 (?)												
O2 (?)												
totale koolwaterstoffen (?)												
Veldparameters												
grondwaterstand	cm -kb	?										
pH	(-)	8,6	7	7,1	6,7	7	7,3	7		7,2		
EC	(uS/m)	1300	900	800	800	800	700	800		800		
redox	mV	110	110	57	96	23	4	50		46		
temperatuur	0C	12,9	14,6	14,4	14,2	13,8	13,2	12,8		12,3		
O2	(?)	0,23	0,44	0,27	0,3	0,23	0,29	0,36		0,33		

Monsteromschr.	B41_013 (2,0-4,	01-jun-05	30-sep-05	21-okt-05	02-nov-05	16-nov-05	30-nov-05	14-dec-05	23-dec-05	04-jan-06	01-feb-06	01-mrt-06
DATUM	1e monitoringsronde (nulsituatie)	2e monitoringsronde	3e monitoringsronde	4e monitoringsronde	5e monitoringsronde	6e monitoringsronde	7e monitoringsronde	Monitoring SABIC pipelines	8e monitoringsronde	9e monitoringsronde	10e monitoringsronde	
Metalen												
Calcium (Ca)	mg/L	90				54						
Ijzer (II)	mg/L	<0,050				<0,05						
Natrium (Na)	mg/L	150										
Vluchtige Aromatische Koolwaterstoffen												
Benzeen	µg/L	<0,20						<0,20				
Tolueen	µg/L	<0,20						<0,20				
Ethylbenzeen	µg/L	<0,20						<0,20				
o-Xyleen	µg/L	<0,20						<0,20				
m,p-Xyleen	µg/L	<0,20						<0,20				
Xylenen (som)	µg/L	-						--				
BTEX (som)	µg/L	-						--				
Naftaleen	µg/L	<0,20						<0,20				
Minerale olie vluchtig												
Olie Vluchtig C6 - C8	µg/L	-						-				
Olie Vluchtig C8 - C10	µg/L	-						-				
Olie Vluchtig C10 - C12	µg/L	-						-				
Olie Vluchtig (Som C6 - C12)	µg/L	<100						<100				
Minerale olie												
Minerale olie C10-C16	µg/L	-						--				
Minerale olie C16-C22	µg/L	-						--				
Minerale olie C22-C30	µg/L	-						--				
Minerale olie C30-C40	µg/L	-						--				
Minerale olie (GC) totaal	µg/L	<50						<50				
Anorganische verbindingen & natte chemie												
Carbonaat	mg/L					<5						
Bicarbonaat (HCO3)	mg/L					190,00						
Nitraat (NO3-N)	mg N/L	4,8				2,10						
Nitraat (NO3)	mg/L	21				9,10						
Nitriet (NO2-N)	mg N/L	<0,010				<0,01						
Nitriet (NO2)	mg/L	<0,030				<0,03						
Sulfaat opgelost (SO4)	mg SO4/L	31				27,00						
Sulfaat opgelost (SO4-S)	mg S/L	10				9,10						
Microbiologisch onderzoek												
Koolzuur (vrij)	mg/L	12			9,2							
kiemgetal		56			24							
Overig onderzoek												
Methaan	µg/L	41										
Bodemlucht												
PID (?)												
CO2 (?)												
O2 (?)												
totale koolwaterstoffen (?)												
Veldparameters												
grondwaterstand	cm -kb	?										
pH	(-)	8,4	6,9	6,5	6,6	7,1	7	7,1	6,9	7,2		
EC	(µS/m)	1200	1100	1000	900	800	700	1000	900	900		
redox	mV	238	126	62	123	66	36	57	-	50		
temperatuur	0C	12,6	14,8	14,9	14,8	14,1	12,9	11,8	11,1	10,5		
O2	(?)	0,93	0,28	0,22	0,36	0,44	0,41	0,82	-	1,48		

DATUM		01-jun-05	30-sep-05	21-okt-05	02-nov-05	16-nov-05	30-nov-05	14-dec-05	04-jan-06	01-feb-06	01-mrt-06
		1e monitoringsronde (nulsituatie)	2e monitoringsronde	3e monitoringsronde	4e monitoringsronde	5e monitoringsronde	6e monitoringsronde	7e monitoringsronde	8e monitoringsronde	9e monitoringsronde	10e monitoringsronde
Omschrijving											
Metalen											
Calcium (Ca)	mg/L										
IJzer (II)	mg/L										
Natrium (Na)	mg/L										
Vluchtige Aromatische Koolwaterstoffen											
Benzeen	µg/L	<0,20									
Tolueen	µg/L	<0,20									
Ethylbenzeen	µg/L	<0,20									
o-Xyleen	µg/L	<0,20									
m,p-Xyleen	µg/L	<0,20									
Xylenen (som)	µg/L	-									
BTEX (som)	µg/L	-									
Naftaleen	µg/L	<0,20									
Minerale olie vluchtig											
Olie Vluchtig C6 - C8	µg/L	-									
Olie Vluchtig C8 - C10	µg/L	-									
Olie Vluchtig C10 - C12	µg/L	-									
Olie Vluchtig (Som C6 - C12)	µg/L	<100									
Minerale olie											
Minerale olie C10-C16	µg/L	-									
Minerale olie C16-C22	µg/L	-									
Minerale olie C22-C30	µg/L	-									
Minerale olie C30-C40	µg/L	-									
Minerale olie (GC) totaal	µg/L	<50									
Anorganische verbindingen & natte chemie											
Carbonaat	mg/L										
Bicarbonaat (HCO3)	mg/L										
Nitraat (NO3-N)	mg N/L										
Nitraat (NO3)	mg/L										
Nitriet (NO2-N)	mg N/L										
Nitriet (NO2)	mg/L										
Sulfaat opgelost (SO4)	mg SO4/L										
Sulfaat opgelost (SO4-S)	mg S/L										
Microbiologisch onderzoek											
Koolzuur (vrij)	mg/L	9,9									
kiemgetal		2100									
Overig onderzoek											
Methaan	µg/L										
Bodemlucht											
PID (?)											
CO2 (?)											
O2 (?)											
totale koolwaterstoffen (?)											
Veldparameters											
grondwaterstand	cm -kb	310									
pH	(-)	7,4	6,7	6,4	6,8	6,4	6,5	6,5	6,7		
EC	(µS/cm)	1600	1700	1900	1800	1700	1500	1800	1800		
redox	mV	-60	-37	0	-9	11	-19	26	-18		
temperatuur	0C	12,3	13,4	12,9	13,2	12,8	12,4	12,5	11,8		
O2	(?)	0,23	0,35	0,32	0,2	0,58	0,21	0,74	0,42		

DATUM	Monsteromschr. B41_027 (2,0-4,0)											
	01-jun-05	30-sep-05	21-okt-05	02-nov-05	16-nov-05	30-nov-05	14-dec-05	04-jan-06	01-feb-06	01-mrt-06	14-jun-06	
	1e monitoringronde (nulstufte)	2e monitoringronde	3e monitoringronde	4e monitoringronde	5e monitoringronde	6e monitoringronde	7e monitoringronde	8e monitoringronde	9e monitoringronde	10e monitoringronde	11e monitoringronde	
Omschrijving												
Metalen												
Calcium (Ca)	mg/L				93							
Ijzer (II)	mg/L	23			8,6							
Natrium (Na)	mg/L											
Vluchtige Aromatische Koolwaterstoffen												
Benzeen	µg/L	8,7		1,2		<0,20			0,88	1,2		
Tolueen	µg/L	<2,0		<0,2		<0,20			<0,20	<0,20		
Ethylbenzeen	µg/L	18		6,3		4,3			3,3	4		
o-Xyleen	µg/L	360		19		10			5,2	8,2		
m,p-Xyleen	µg/L	370		16		8,8			5,1	5,1		
Xylenen (som)	µg/L	728		35		19			10	11		
BTEX (som)	µg/L	920		43		23			15	17		
Naftaleen	µg/L	14		0,96		0,54			0,51	0,5		
Minerale olie vluchtig												
Olie Vluchtig C6 - C8	µg/L	3000		400		280				170	260	
Olie Vluchtig C8 - C10	µg/L	1800		210		140				130	120	
Olie Vluchtig C10 - C12	µg/L	650		65		65				<40	54	
Olie Vluchtig (Som C6 - C12)	µg/L	5400		670		480				330	440	
Minerale olie												
Minerale olie C10-C16	µg/L	180		83		58				58	49	
Minerale olie C16-C22	µg/L	<10		<10		<10				<10	<10	
Minerale olie C22-C30	µg/L	<10		<10		<10				<10	<10	
Minerale olie C30-C40	µg/L	<15		<16		<15				<15	<15	
Minerale olie (GC) totaal	µg/L	190		120		65				58	52	
Anorganische verbindingen & natte chemie												
Carbonaat	mg/L					<5						
Bicarbonaat (HCO3)	mg/L					340						
Nitraat (NO3-N)	mg N/L	<0,10				<0,01						
Nitraat (NO3)	mg/L	<0,44				<0,44						
Nitriet (NO2-N)	mg N/L	<0,010				0,02						
Nitriet (NO2)	mg/L	<0,030				0,066						
Sulfaat opgelost (SO4)	mg SO4/L	<5,0				<5						
Sulfaat opgelost (SO4-S)	mg S/L	<1,7				<1,7						
Microbiologisch onderzoek												
Koolzuur (vrij)	mg/L	33		24								
klemgetal		410		500						200		
Overig onderzoek												
Methaan	µg/L	57000										
Bodemlucht												
PID (?)												
CO2 (?)												
O2 (?)												
totale koolwaterstoffen (?)												
Veldparameters												
grondwaterstand	cm -xb	?									308	
pH	(-)	8,4	6,7	6,4	6,5	6,4	6,5	6,5	6,7	6,8	6,6	
EC	(µS/m)	700	1000	1000	900	900	800	900	800	700	860	
redox	mV	-104	27	-33	-65	-85	-64	-38	-74	-77	-78	
temperatuur	OC	12,5	15,1	14,3	13,6	13,8	12,3	11,7	10,5	8,7	7,9	
O2	(?)	0,22	7,16	7,65	2,55	2,58	1,9	2,98	1,6	0,81	1,1	

DATUM	Monsteromschr B41_028 (7,0-9,0)	01-jun-05	30-sep-05	21-okt-05	02-nov-05	18-nov-05	30-nov-05	14-dec-05	04-jan-06	01-feb-06	01-mrt-06	14-jun-06
		1e monitoringronde (nulsituatie)	2e monitoringronde	3e monitoringronde	4e monitoringronde	5e monitoringronde	6e monitoringronde	7e monitoringronde	8e monitoringronde	9e monitoringronde	10e monitoringronde	11e monitoringronde
Omschrijving												
Metalen												
Calcium (Ca)	mg/L	0,056				99						
Ijzer (II)	mg/L					<0,05						
Natrium (Na)	mg/L											
Vluchtige Aromatische Koolwaterstoffen												
Benzeen	µg/L	<2,0			<0,20		<0,20				<0,20	<0,20
Toluoen	µg/L	<2,0			<0,20		<0,20				<0,20	<0,20
Ethylbenzeen	µg/L	82			<0,20		<0,20				<0,20	<0,20
o-Xyleen	µg/L	140			<0,20		<0,20				<0,20	<0,20
m,p-Xyleen	µg/L	160			<0,20		<0,20				<0,20	<0,20
Xylenen (som)	µg/L	318			<0,20		<0,20				<0,20	<0,20
BTEX (som)	µg/L	390										
Naftaleen	µg/L	6,3			<0,20		<0,20				<0,20	<0,20
Minerale olie vluchtig												
Olie Vluchtig C8 - C8	µg/L	2400			110		-				-	-
Olie Vluchtig C8 - C10	µg/L	1100			84		-				-	-
Olie Vluchtig C10 - C12	µg/L	470			<40		-				-	-
Olie Vluchtig (Som C6 - C12)	µg/L	3900			180		<100				<100	<100
Minerale olie												
Minerale olie C10-C16	µg/L	89					-				-	-
Minerale olie C16-C22	µg/L	<10					-				-	-
Minerale olie C22-C30	µg/L	<10					-				-	-
Minerale olie C30-C40	µg/L	<15					-				-	-
Minerale olie (GC) totaal	µg/L	96			<50		<50				<50	<50
Anorganische verbindingen & natte chemie												
Carbonaat	mg/L					<5						
Bicarbonaat (HCO3)	mg/L					230						
Nitraat (NO3-N)	mg N/L	<0,10				<0,1						
Nitraat (NO3)	mg/L	<0,44				<0,44						
Nitriet (NO2-N)	mg N/L	0,051				<0,01						
Nitriet (NO2)	mg/L	0,17				<0,03						
Sulfaat opgelost (SO4)	mg SO4/L	27				18,00						
Sulfaat opgelost (SO4-S)	mg S/L	8,9				6,00						
Microbiologisch onderzoek												
Koolzuur (vrij)	mg/L	17			17							
Kiemgetal		210			700						8	
Overlig onderzoek												
Methaan	µg/L	310										
Bodemlucht												
PID (?)												
CO2 (?)												
O2 (?)												
totale koolwaterstoffen (?)												
Veldparameters												
grondwaterstand	cm -kb	?										302
pH	(-)	8,6	6,6	6,3	6,5	6,7	6,6	6,5	6,7	6,8		6,4
EC	(µS/m)	1500	1500	1500	1500	1400	1100	1200	1300	1100	1000	1550
redox	mV	-44	81	44	-13	2	28	15	24	67	28	150
temperatuur	°C	12,3	13,3	13	12,8	12,9	12,5	12,5	12	11,1	10,7	13
O2	(?)	0,16	10,41	4,4	0,44	3,18	2,38	2,61	2,75	0,82	1,68	2,77

Monsteromschr. B41_029 (2,0-4,0)

DATUM		05	30-sep-05	21-okt-05	02-nov-05	16-nov-05	30-nov-05	14-dec-05	04-jan-06	01-feb-06	01-mrt-06	14-jun-06
		1e monitoringsronde (nulsituatie)	2e monitoringsronde	3e monitoringsronde	4e monitoringsronde	5e monitoringsronde	6e monitoringsronde	7e monitoringsronde	8e monitoringsronde	9e monitoringsronde	10e monitoringsronde	11e monitoringsronde
Omschrijving												
Metalen												
Calcium (Ca)	mg/L											
IJzer (II)	mg/L	20										
Natrium (Na)	mg/L	52										
Vluchtige Aromatische Koolwaterstoffen												
Benzeen	µg/L	1,4										<0,20
Tolueen	µg/L	<0,20										<0,20
Ethylbenzeen	µg/L	1,5										<0,20
o-Xyleen	µg/L	1,2										<0,20
m,p-Xyleen	µg/L	4,9										<0,20
Xylenen (som)	µg/L	6,1										<0,20
BTEX (som)	µg/L	8,9										-
Naftaleen	µg/L	3,1										<0,20
Minerale olie vluchtig												
Olie Vluchtig C6 - C8	µg/L	1700										-
Olie Vluchtig C8 - C10	µg/L	500										-
Olie Vluchtig C10 - C12	µg/L	220										-
Olie Vluchtig (Som C6 - C12)	µg/L	2400										<100
Minerale olie												
Minerale olie C10-C16	µg/L	110										-
Minerale olie C16-C22	µg/L	<10										-
Minerale olie C22-C30	µg/L	<10										-
Minerale olie C30-C40	µg/L	<15										-
Minerale olie (GC) totaal	µg/L	110										<50
Anorganische verbindingen & natte chemie												
Carbonaat	mg/L	<5,0										
Bicarbonaat (HCO3)	mg/L	370										
Nitraat (NO3-N)	mg N/L	<0,10										
Nitraat (NO3)	mg/L	<0,44										
Nitriet (NO2-N)	mg N/L	<0,010										
Nitriet (NO2)	mg/L	<0,030										
Sulfaat opgelost (SO4)	mg SO4/L	<5,0										
Sulfaat opgelost (SO4-S)	mg S/L	<1,7										
Microbiologisch onderzoek												
Koolzuur (vrij)	mg/L	10										
kiemgetal		80										
Overig onderzoek												
Methaan	µg/L	64000										
Bodemlucht												
PID (?)												
CO2 (?)												
O2 (?)												
totale koolwaterstoffen (?)												
Veldparameters												
grondwaterstand	cm -kb	325										314
pH	(-)	7,7	6,50	6,10	6,30	6,50	6,10	6,90	6,80	7		6,6
EC	(µS/m)	1000	1100,00	1100,00	1000,00	1000,00	900,00	900,00	900,00	900		720
redox	mV	-153	63,00	75,00	24,00	38,00	46,00	-7,00	-15,00	26		191
temperatuur	0C	12,1	14,80	14,10	13,80	13,60	12,40	11,70	10,40	9,1		13,2
O2	(?)	0,18	12,74	19,62	6,75	11,60	3,05	0,61	3,37	3,26		5,61

DATUM	Monsteromschr. B41_030 (7,0-9,0)										
	05	30-sep-05	21-okt-05	02-nov-05	16-nov-05	30-nov-05	14-dec-05	04-jan-06	01-feb-06	01-mrt-06	14-jun-06
	1e monitoringsronde (multisituatie)	2e monitoringsronde	3e monitoringsronde	4e monitoringsronde	5e monitoringsronde	6e monitoringsronde	7e monitoringsronde	8e monitoringsronde	9e monitoringsronde	10e monitoringsronde	11e monitoringsronde
Omschrijving											
Metalen											
Calcium (Ca)	mg/L										
IJzer (II)	mg/L	<0,050									
Natrium (Na)	mg/L	160									
Vluchtige Aromatische Koolwaterstoffen											
Benzeen	µg/L	<0,20									<0,20
Tolueen	µg/L	<0,20									<0,20
Ethylbenzeen	µg/L	0,2									<0,20
o-Xyleen	µg/L	<0,20									<0,20
m.p-Xyleen	µg/L	0,5									<0,20
Xylenen (som)	µg/L	0,5									<0,20
BTEX (som)	µg/L	0,71									-
Naftaleen	µg/L	<0,20									<0,20
Minerale olie vluchtig											
Olie Vluchtig C6 - C8	µg/L	700									-
Olie Vluchtig C8 - C10	µg/L	220									-
Olie Vluchtig C10 - C12	µg/L	99									-
Olie Vluchtig (Som C6 - C12)	µg/L	1000									<100
Minerale olie											
Minerale olie C10-C16	µg/L	-									-
Minerale olie C16-C22	µg/L	-									-
Minerale olie C22-C30	µg/L	-									-
Minerale olie C30-C40	µg/L	-									-
Minerale olie (GC) totaal	µg/L	<50									<50
Anorganische verbindingen & natte chemie											
Carbonaat	mg/L	<5,0									
Bicarbonaat (HCO3)	mg/L	320									
Nitraat (NO3-N)	mg N/L	<0,10									
Nitraat (NO3)	mg/L	<0,44									
Nitriet (NO2-N)	mg N/L	<0,010									
Nitriet (NO2)	mg/L	<0,030									
Sulfaat opgelost (SO4)	mg SO4/L	21									
Sulfaat opgelost (SO4-S)	mg S/L	7,1									
Microbiologisch onderzoek											
Koolzuur (vrij)	mg/L	5,5									
kiemgetal		200									
Overig onderzoek											
Methaan	µg/L	2100									
Bodemlucht											
PID (?)											
CO2 (?)											
O2 (?)											
totale koolwaterstoffen (?)											
Veldparameters											
grondwaterstand	cm -kb	320									312
pH	(-)	7,6	6,3	5,9	6,1	6,2	6,2	6,7	6,8	6,9	6,5
EC	(µS/m)	1500	1300	1200	1100	1000	900	1000	1000	900	1210
redox	mV	-260	163	156	134	138	136	166	162	147	318
temperatuur	OC	12,2	13,7	13,3	13,1	13	12,7	12,8	12,1	10,6	13,1
O2	(?)	0,21	31,3	38,1	35,8	36,7	36,1	34,9	33,9	43,2	26,6

DATUM

05 30-sep-05 21-okt-05 02-nov-05 16-nov-05 30-nov-05 14-dec-05 04-jan-06 01-feb-06 01-mrt-06

Omschrijving		1e monitoringsronde (nulsituatie)	2e monitoringsronde	3e monitoringsronde	4e monitoringsronde	5e monitoringsronde	6e monitoringsronde	7e monitoringsronde	8e monitoringsronde	9e monitoringsronde	10e monitoringsronde
Metalen											
Calcium (Ca)	mg/L	100									
IJzer (II)	mg/L	<0,050									
Natrium (Na)	mg/L										
Vluchtige Aromatische Koolwaterstoffen											
Benzeen	µg/L	<0,20					<0,20				
Tolueen	µg/L	<0,20					<0,20				
Ethylbenzeen	µg/L	<0,20					<0,20				
o-Xyleen	µg/L	<0,20					<0,20				
m,p-Xyleen	µg/L	<0,20					<0,20				
Xylenen (som)	µg/L	-					--				
BTEX (som)	µg/L	-					--				
Naftaleen	µg/L	<0,20					<0,20				
Minerale olie vluchtig											
Olie Vluchtig C6 - C8	µg/L	-					-				
Olie Vluchtig C8 - C10	µg/L	-					-				
Olie Vluchtig C10 - C12	µg/L	-					-				
Olie Vluchtig (Som C6 - C12)	µg/L	<100					<100				
Minerale olie											
Minerale olie C10-C16	µg/L	-					--				
Minerale olie C16-C22	µg/L	-					--				
Minerale olie C22-C30	µg/L	-					--				
Minerale olie C30-C40	µg/L	-					--				
Minerale olie (GC) totaal	µg/L	<50					<50				
Anorganische verbindingen & natte chemie											
Carbonaat	mg/L	<5,0									
Bicarbonaat (HCO3)	mg/L	230									
Nitrat (NO3-N)	mg N/L	1,7									
Nitrat (NO3)	mg/L	7,7									
Nitriet (NO2-N)	mg N/L	0,14									
Nitriet (NO2)	mg/L	0,47									
Sulfaat opgelost (SO4)	mg SO4/L	30									
Sulfaat opgelost (SO4-S)	mg S/L	10									
Microbiologisch onderzoek											
Koolzuur (vrij)	mg/L	8,6									
kiemgetal		210									
Overig onderzoek											
Methaan	µg/L	43									
Bodemlucht											
PID (?)											
CO2 (?)											
O2 (?)											
totale koolwaterstoffen (?)											
Veldparameters											
grondwaterstand	cm -kb	309									
pH	(-)	7,5	6,7	6,4	6,7	7,2	6,6	6,7	6,8		
EC	(µS/m)	1400	1300	1300	1100	1100	900	800	800		
redox	mV	138	177	150	127	84	125	149	115		
temperatuur	0C	12,9	15	14,3	13,8	13,4	11,9	11,2	9,9		
O2	(?)	0,42	1,29	0,86	0,8	0,61	0,69	0,56	2,03		

DATUM	Monsteromschr. B41_032 (7,0-9,0)	01-jun-05	30-sep-05	21-okt-05	02-nov-05	16-nov-05	30-nov-05	14-dec-05	04-jan-06	01-feb-06	01-mrt-06
		1e monitoringsronde (nulsituatie)	2e monitoringsronde	3e monitoringsronde	4e monitoringsronde	5e monitoringsronde	6e monitoringsronde	7e monitoringsronde	8e monitoringsronde	9e monitoringsronde	10e monitoringsronde
Omschrijving											
Metalen											
Calcium (Ca)	mg/L	110									
IJzer (II)	mg/L	<0,050									
Natrium (Na)	mg/L										
Vluchtige Aromatische Koolwaterstoffen											
Benzeen	µg/L	<0,20					<0,20				
Tolueen	µg/L	<0,20					<0,20				
Ethylbenzeen	µg/L	<0,20					<0,20				
o-Xyleen	µg/L	<0,20					<0,20				
m,p-Xyleen	µg/L	<0,20					<0,20				
Xylenen (som)	µg/L	-					-				
BTEX (som)	µg/L	-					-				
Naftaleen	µg/L	<0,20					<0,20				
Minerale olie vluchtig											
Olie Vluchtig C6 - C8	µg/L	-					-				
Olie Vluchtig C8 - C10	µg/L	-					-				
Olie Vluchtig C10 - C12	µg/L	-					-				
Olie Vluchtig (Som C6 - C12)	µg/L	<100					<100				
Minerale olie											
Minerale olie C10-C16	µg/L	-					-				
Minerale olie C16-C22	µg/L	-					-				
Minerale olie C22-C30	µg/L	-					-				
Minerale olie C30-C40	µg/L	-					-				
Minerale olie (GC) totaal	µg/L	<50					<50				
Anorganische verbindingen & natte chemie											
Carbonaat	mg/L	<5,0									
Bicarbonaat (HCO3)	mg/L	230									
Nitraat (NO3-N)	mg N/L	0,92									
Nitraat (NO3)	mg/L	4,1									
Nitriet (NO2-N)	mg N/L	0,11									
Nitriet (NO2)	mg/L	0,37									
Sulfaat opgelost (SO4)	mg SO4/L	34									
Sulfaat opgelost (SO4-S)	mg S/L	11									
Microbiologisch onderzoek											
Koolzuur (vrij)	mg/L	7									
kiemgetal		120									
Overig onderzoek											
Methaan	µg/L	48									
Bodemlucht											
PID (?)											
CO2 (?)											
O2 (?)											
totale koolwaterstoffen (?)											
Veldparameters											
grondwaterstand	cm -kb	303									
pH	(-)	7,7	6,6	6,2	6,6	7	6,6	6,7	6,8		
EC	(µS/m)	1400	1300	1200	1100	1000	800	900	900		
redox	mV	131	192	166	143	105	134	158	123		
temperatuur	OC	12,3	13,9	13	12,8	12,5	12,4	12,5	11,7		
O2	(?)	0,22	3,93	8,2	3,23	2,6	1,58	1,43	2,04		

DATUM	Monsteromschr. B41_033 (2,0-4,0)										
	05	30-sep-05	21-okt-05	02-nov-05	16-nov-05	30-nov-05	14-dec-05	04-jan-06	01-feb-06	01-mrt-06	14-jun-06
	1e monitoringsronde (nulsituatie)	2e monitoringsronde	3e monitoringsronde	4e monitoringsronde	5e monitoringsronde	6e monitoringsronde	7e monitoringsronde	8e monitoringsronde	9e monitoringsronde	10e monitoringsronde	11e monitoringsronde
Omschrijving											
Metalen											
Calcium (Ca)	mg/L										
IJzer (II)	mg/L	8,9									
Natrium (Na)	mg/L										
Vluchtige Aromatische Koolwaterstoffen											
Benzeen	µg/L	0,77									<0,20
Tolueen	µg/L	<0,20									<0,20
Ethylbenzeen	µg/L	5									<0,20
o-Xyleen	µg/L	6,5									<0,20
m,p-Xyleen	µg/L	84									<0,20
Xylenen (som)	µg/L	99									<0,20
BTEX (som)	µg/L	96									-
Naftaleen	µg/L	8,9									<0,20
Minerale olie vluchtig											
Olie vluchtig C6 - C8	µg/L	2100									-
Olie vluchtig C8 - C10	µg/L	980									-
Olie vluchtig C10 - C12	µg/L	340									-
Olie vluchtig (Som C6 - C12)	µg/L	3500									<100
Minerale olie											
Minerale olie C10-C16	µg/L	250									-
Minerale olie C16-C22	µg/L	<10									-
Minerale olie C22-C30	µg/L	<10									-
Minerale olie C30-C40	µg/L	<15									-
Minerale olie (GC) totaal	µg/L	260									<50
Anorganische verbindingen & natte chemie											
Carbonaat	mg/L										
Bicarbonaat (HCO3)	mg/L										
Nitraat (NO3-N)	mg N/L	<0,10									
Nitraat (NO3)	mg/L	<0,44									
Nitriet (NO2-N)	mg N/L	<0,010									
Nitriet (NO2)	mg/L	<0,030									
Sulfaat opgelost (SO4)	mg SO4/L	<5,0									
Sulfaat opgelost (SO4-S)	mg S/L	<1,7									
Microbiologisch onderzoek											
Koolzuur (vrij)	mg/L	14									
kiemgetal		210									
Overig onderzoek											
Methaan	µg/L	55000									
Bodemlucht											
PID (?)											
CO2 (?)											
O2 (?)											
totaie koolwaterstoffen (?)											
Veldparameters											
grondwaterstand	cm -kb	308									298
pH	(-)	8,1	7,3	6,8	7,1	6,8	6,8	6,9	7,1		6,8
EC	(µS/m)	800	1100	1100	1000	1000	900	900	800		910
redox	mV	-119	-31	-35	5	-25	74	26	-15		67
temperatuur	0C	12,5	15,2	14,3	13,9	13	12,5	11,7	10,3		13,4
O2	(?)	0,27	1,17	5,08	9,88	5,3	7,55	6,4	5,03		1,05

DATUM	Monsteromschr. B41_034 (7,0-9,0)										
	05	30-sep-05	21-okt-05	02-nov-05	16-nov-05	30-nov-05	14-dec-05	04-jan-06	01-feb-06	01-mrt-06	14-jun-06
Omschrijving	1e monitoringsronde (huissituatie)	2e monitoringsronde	3e monitoringsronde	4e monitoringsronde	5e monitoringsronde	6e monitoringsronde	7e monitoringsronde	8e monitoringsronde	9e monitoringsronde	10e monitoringsronde	11e monitoringsronde
Metalen											
Calcium (Ca)	mg/L										
IJzer (II)	mg/L	0,14									
Natrium (Na)	mg/L										
Vluchtige Aromatische Koolwaterstoffen											
Benzeen	µg/L	<0,20									<0,20
Tolueen	µg/L	<0,20									<0,20
Ethylbenzeen	µg/L	1,6									<0,20
o-Xyleen	µg/L	2,3									<0,20
m,p-Xyleen	µg/L	31									<0,20
Xylenen (som)	µg/L	33									<0,20
BTEX (som)	µg/L	35									--
Naftaleen	µg/L	3									<0,20
Minerale olie vluchtig											
Olie Vluchtig C6 - C8	µg/L	1300									--
Olie Vluchtig C8 - C10	µg/L	570									--
Olie Vluchtig C10 - C12	µg/L	170									--
Olie Vluchtig (Som C6 - C12)	µg/L	2100									<100
Minerale olie											
Minerale olie C10-C16	µg/L	120									--
Minerale olie C16-C22	µg/L	<10									--
Minerale olie C22-C30	µg/L	<10									--
Minerale olie C30-C40	µg/L	<15									--
Minerale olie (GC) totaal	µg/L	130									<50
Anorganische verbindingen & natte chemie											
Carbonaat	mg/L										
Bicarbonaat (HCO3)	mg/L										
Nitraat (NO3-N)	mg N/L	2,1									
Nitraat (NO3)	mg/L	9,4									
Nitriet (NO2-N)	mg N/L	0,12									
Nitriet (NO2)	mg/L	0,39									
Sulfaat opgelost (SO4)	mg SO4/L	49									
Sulfaat opgelost (SO4-S)	mg S/L	16									
Microbiologisch onderzoek											
Koolzuur (vrij)	mg/L	3,5									
kiemgetal		250									
Overig onderzoek											
Methaan	µg/L	1600									
Bodemlucht											
PID (?)											
CO2 (?)											
O2 (?)											
totale koolwaterstoffen (?)											
Veldparameters											
grondwaterstand	cm -kb	299									291
pH	(-)	8	7,3	6,9	7,1	6,9	6,8	6,9	7		6,8
EC	(µS/m)	1200	1200	1200	1200	1000	1000	1000	1000		1380
redox	mV	22	126	76	104	85	90	134	92		220
temperatuur	°C	12,4	15,4	12,9	13	12,4	12,3	12,4	12		12,4
O2	(?)	0,32	16,16	18,22	23,8	14,4	13,8	11	15,8		14,5

DATUM	Monsteromschr B41_035 (2,0-4,0)									
	01-jun-05	30-sep-05	21-okt-05	02-nov-05	16-nov-05	30-nov-05	14-dec-05	04-jan-06	01-feb-06	01-mrt-06
	1e monitoringsronde (nulsituatie)	2e monitoringsronde	3e monitoringsronde	4e monitoringsronde	5e monitoringsronde	6e monitoringsronde	7e monitoringsronde	8e monitoringsronde	9e monitoringsronde	10e monitoringsronde
Omschrijving										
Metalen										
Calcium (Ca)	mg/L									
IJzer (II)	mg/L									
Natrium (Na)	mg/L									
Vluchtige Aromatische Koolwaterstoffen										
Benzeen	µg/L	<0,20								
Toluëen	µg/L	<0,20								
Ethylbenzeen	µg/L	<0,20								
o-Xyleen	µg/L	<0,20								
m,p-Xyleen	µg/L	<0,20								
Xylenen (som)	µg/L	--								
BTEX (som)	µg/L	--								
Naftaleen	µg/L	<0,20								
Minerale olie vluchtig										
Olief vluchtig C6 - C8	µg/L	-								
Olief vluchtig C8 - C10	µg/L	-								
Olief vluchtig C10 - C12	µg/L	-								
Olief vluchtig (Som C6 - C12)	µg/L	<100								
Minerale olie										
Minerale olie C10-C16	µg/L	--								
Minerale olie C16-C22	µg/L	--								
Minerale olie C22-C30	µg/L	--								
Minerale olie C30-C40	µg/L	--								
Minerale olie (GC) totaal	µg/L	<50								
Anorganische verbindingen & natte chemie										
Carbonaat	mg/L									
Bicarbonaat (HCO3)	mg/L									
Nitraat (NO3-N)	mg N/L									
Nitraat (NO3)	mg/L									
Nitriet (NO2-N)	mg N/L									
Nitriet (NO2)	mg/L									
Sulfaat opgelost (SO4)	mg SO4/L									
Sulfaat opgelost (SO4-S)	mg S/L									
Microbiologisch onderzoek										
Koolzuur (vrij)	mg/L	9,7								
kiemgetal		150								
Overig onderzoek										
Methaan	µg/L									
Bodemlucht										
PID (?)										
CO2 (?)										
O2 (?)										
totale koolwaterstoffen (?)										
Veldparameters										
grondwaterstand	cm -kb	319								
pH	(-)	7,8	6,9	6,3	6,5	6,7	6,4	6,5	7,1	
EC	(µS/m)	1200	1000	1100	1000	900	800	700	700	
redox	mV	171	280	153	127	134	105	192	161	
temperatuur	0C	12,1	14,6	14	13,8	13,6	12,3	11,8	10,8	
O2	(?)	0,77	3,7	9,6	13,8	6,85	9,98	10,71	9,72	

DATUM		05	30-sep-05	21-okt-05	02-nov-05	16-nov-05	30-nov-05	14-dec-05	04-jan-06	01-feb-06	01-mrt-06
		1e monitoringsronde (nulsituatie)	2e monitoringsronde	3e monitoringsronde	4e monitoringsronde	5e monitoringsronde	6e monitoringsronde	7e monitoringsronde	8e monitoringsronde	9e monitoringsronde	10e monitoringsronde
Omschrijving											
Metalen											
Calcium (Ca)	mg/L										
IJzer (II)	mg/L										
Natrium (Na)	mg/L										
Vluchtige Aromatische Koolwaterstoffen											
Benzeen	µg/L	<0,20									
Tolueen	µg/L	<0,20									
Ethylbenzeen	µg/L	<0,20									
o-Xyleen	µg/L	<0,20									
m,p-Xyleen	µg/L	<0,20									
Xylenen (som)	µg/L	--									
BTEX (som)	µg/L	--									
Naftaleen	µg/L	<0,20									
Minerale olie vluchtig											
Olie Vluchtig C6 - C8	µg/L	-									
Olie Vluchtig C8 - C10	µg/L	-									
Olie Vluchtig C10 - C12	µg/L	-									
Olie Vluchtig (Som C6 - C12)	µg/L	<100									
Minerale olie											
Minerale olie C10-C16	µg/L	--									
Minerale olie C16-C22	µg/L	--									
Minerale olie C22-C30	µg/L	--									
Minerale olie C30-C40	µg/L	--									
Minerale olie (GC) totaal	µg/L	<50									
Anorganische verbindingen & natte chemie											
Carbonaat	mg/L										
Bicarbonaat (HCO3)	mg/L										
Nitraat (NO3-N)	mg N/L										
Nitraat (NO3)	mg/L										
Nitriet (NO2-N)	mg N/L										
Nitriet (NO2)	mg/L										
Sulfaat opgelost (SO4)	mg SO4/L										
Sulfaat opgelost (SO4-S)	mg S/L										
Microbiologisch onderzoek											
Koolzuur (vrij)	mg/L	7,7									
kiemgetal		90									
Overig onderzoek											
Methaan	µg/L										
Bodemlucht											
PID (?)											
CO2 (?)											
O2 (?)											
totale koolwaterstoffen (?)											
Veldparameters											
grondwaterstand	cm -kb	309									
pH	(-)	7,7	6,7	6,3	6,5	6,5	6,5	6,5	6,8		
EC	(uS/m)	1500	1200	1200	1100	900	900	900	900		
redox	mV	-133	176	157	136	155	129	200	168		
temperatuur	OC	12,7	13	13	12,8	12,8	12,3	12,8	12,1		
O2	(?)	0,31	2,65	4,38	3,75	4,01	3,36	4,3	5,01		

DATUM	Monsteromschr. B41_037 (2,0-4,0)									
	01-jun-05	30-sep-05	21-okt-05	02-nov-05	16-nov-05	30-nov-05	14-dec-05	04-jan-06	01-feb-06	01-mrt-06
	1e monitoringsronde (nulsituatie)	2e monitoringsronde	3e monitoringsronde	4e monitoringsronde	5e monitoringsronde	6e monitoringsronde	7e monitoringsronde	8e monitoringsronde	9e monitoringsronde	10e monitoringsronde
Omschrijving										
Metalen										
Calcium (Ca)	mg/L									
Ijzer (II)	mg/L									
Natrium (Na)	mg/L									
Vluchtige Aromatische Koolwaterstoffen										
Benzeen	µg/L	<0,20								
Tolueen	µg/L	<0,20								
Ethylbenzeen	µg/L	<0,20								
o-Xyleen	µg/L	<0,20								
m,p-Xyleen	µg/L	<0,20								
Xylenen (som)	µg/L	-								
BTEX (som)	µg/L	-								
Naftaleen	µg/L	<0,20								
Minerale olie vluchtig										
Olie Vluchtig C6 - C8	µg/L	-								
Olie Vluchtig C8 - C10	µg/L	-								
Olie Vluchtig C10 - C12	µg/L	-								
Olie Vluchtig (Som C6 - C12)	µg/L	<100								
Minerale olie										
Minerale olie C10-C16	µg/L	-								
Minerale olie C16-C22	µg/L	-								
Minerale olie C22-C30	µg/L	-								
Minerale olie C30-C40	µg/L	-								
Minerale olie (GC) totaal	µg/L	<50								
Anorganische verbindingen & natte chemie										
Carbonaat	mg/L									
Bicarbonaat (HCO3)	mg/L									
Nitraat (NO3-N)	mg N/L									
Nitraat (NO3)	mg/L									
Nitriet (NO2-N)	mg N/L									
Nitriet (NO2)	mg/L									
Sulfaat opgelost (SO4)	mg SO4/L									
Sulfaat opgelost (SO4-S)	mg S/L									
Microbiologisch onderzoek										
Koolzuur (vrij)	mg/L	6,6			10					
kiemgetal		1700			68					
Overig onderzoek										
Methaan	µg/L									
Bodemlucht										
PID (?)										
CO2 (?)										
O2 (?)										
totale koolwaterstoffen (?)										
Veldparameters										
grondwaterstand	cm -kb	311								
pH	(-)	8	7,2	6,8	6,9	7	6,9	6,9	7,1	
EC	(µS/m)	700	1000	1000	1000	900	900	900	900	
redox	mV	114	126	150	130	71	127	149	89	
temperatuur	OC	12,2	14,9	14,1	13,7	13,1	12,4	11,7	10,5	
O2	(?)	0,55	3,2	1,6	1,13	1,26	0,9	1,41	2,34	

DATUM	Monsteromschr. B41_038 (7,0-9,0)									
	01-jun-05	30-sep-05	21-okt-05	02-nov-05	16-nov-05	30-nov-05	14-dec-05	04-jan-06	01-feb-06	01-mrt-06
	1e monitoringronde (nulsituatie)	2e monitoringronde	3e monitoringronde	4e monitoringronde	5e monitoringronde	6e monitoringronde	7e monitoringronde	8e monitoringronde	9e monitoringronde	10e monitoringronde
Omschrijving										
Metalen										
Calcium (Ca)	mg/L									
IJzer (II)	mg/L									
Natrium (Na)	mg/L									
Vluchtige Aromatische Koolwaterstoffen										
Benzeen	µg/L	<0,20								
Tolueen	µg/L	<0,20								
Ethylbenzeen	µg/L	<0,20								
o-Xyleen	µg/L	<0,20								
m,p-Xyleen	µg/L	<0,20								
Xylenen (som)	µg/L	--								
BTEX (som)	µg/L	--								
Naftaleen	µg/L	<0,20								
Minerale olie vluchtig										
Olie Vluchtig C6 - C8	µg/L	-								
Olie Vluchtig C8 - C10	µg/L	-								
Olie Vluchtig C10 - C12	µg/L	-								
Olie Vluchtig (Som C6 - C12)	µg/L	<100								
Minerale olie										
Minerale olie C10-C16	µg/L	--								
Minerale olie C16-C22	µg/L	--								
Minerale olie C22-C30	µg/L	--								
Minerale olie C30-C40	µg/L	--								
Minerale olie (GC) totaal	µg/L	<50								
Anorganische verbindingen & natte chemie										
Carbonaat	mg/L									
Bicarbonaat (HCO3)	mg/L									
Nitraat (NO3-N)	mg N/L									
Nitraat (NO3)	mg/L									
Nitriet (NO2-N)	mg N/L									
Nitriet (NO2)	mg/L									
Sulfaat opgelost (SO4)	mg SO4/L									
Sulfaat opgelost (SO4-S)	mg S/L									
Microbiologisch onderzoek										
Koolzuur (vrij)	mg/L	6,6			12					
kiemgetal		270			400					
Overig onderzoek										
Methaan	µg/L									
Bodemlucht										
PID (?)										
CO2 (?)										
O2 (?)										
totale koolwaterstoffen (?)										
Veldparameters										
grondwaterstand	cm -kb	304								
pH	(-)	7,9	6,7	6,7	6,8	6,7	6,7	6,8	6,9	
EC	(µS/m)	1300	1500	1500	1400	1300	1200	1300	1300	
redox	mV	2	139	151	134	82	132	156	94	
temperatuur	OC	11,9	13,3	12,7	12,8	12,4	12,4	12,4	11,5	
O2	(?)	0,15	0,74	0,29	0,33	0,32	0,26	0,32	0,51	

DATUM	Monsteromschr. B41_039 (2,0-4,0)										
	01-jun-05	30-sep-05	21-okt-05	02-nov-05	16-nov-05	30-nov-05	14-dec-05	04-jan-06	01-feb-06	01-mrt-06	14-jun-06
	1e monitoringronde (nulsituatie)	2e monitoringronde	3e monitoringronde	4e monitoringronde	5e monitoringronde	6e monitoringronde	7e monitoringronde	8e monitoringronde	9e monitoringronde	10e monitoringronde	11e monitoringronde
Omschrijving											
Metalen											
Calcium (Ca)	mg/L				77						
Ijzer (II)	mg/L				47						
Natrium (Na)	mg/L										
Vluchtige Aromatische Koolwaterstoffen											
Benzeen	µg/L	1,4		2,80		2,3				0,93	1,6
Tolueen	µg/L	<0,20		0,28		<0,20				<0,20	<0,20
Ethylbenzeen	µg/L	4,1		1,00		0,75				0,41	0,38
o-Xyleen	µg/L	2,5		1,10		0,72				0,57	0,32
m,p-Xyleen	µg/L	32		2,20		1,6				0,75	0,89
Xylenen (som)	µg/L	34		3,30		2,3				1,3	1,2
BTEX (som)	µg/L	40		7,40		5,3				2,7	3,2
Naftaleen	µg/L	10		4,00		2,9				1,9	1,5
Minerale olie vluchtig											
Olie Vluchtig C6 - C8	µg/L	2100		1300,00		810				990	680
Olie Vluchtig C8 - C10	µg/L	730		450,00		260				390	230
Olie Vluchtig C10 - C12	µg/L	280		170,00		140				110	130
Olie Vluchtig (Som C6 - C12)	µg/L	3100		1900		1200				1500	1000
Minerale olie											
Minerale olie C10-C16	µg/L	130		190,00		140				160	110
Minerale olie C16-C22	µg/L	13		20,00		<10				15	<10
Minerale olie C22-C30	µg/L	41		<10		<10				<10	<10
Minerale olie C30-C40	µg/L	16		<15		<15				<15	<15
Minerale olie (GC) totaal	µg/L	200		220		150				180	120
Anorganische verbindingen & natte chemie											
Carbonaat	mg/L				<5						
Bicarbonaat (HCO3)	mg/L					410					
Nitraat (NO3-N)	mg N/L					<0,1					
Nitraat (NO3)	mg/L					<0,44					
Nitriet (NO2-N)	mg N/L					<0,01					
Nitriet (NO2)	mg/L					<0,03					
Sulfaat opgelost (SO4)	mg SO4/L					<5					
Sulfaat opgelost (SO4-S)	mg S/L					<1,7					
Microbiologisch onderzoek											
Koolzuur (vrij)	mg/L	18									
kiemgetal		230								700	
Overig onderzoek											
Methaan	µg/L										
Bodemlucht											
PID (?)											
CO2 (?)											
O2 (?)											
totale koolwaterstoffen (?)											
Veldparameters											
grondwaterstand	cm -kb	304									295
pH	{-}	8	6,8	6,6	6,4	6,5	6,6	6,8	6,8		6,9
EC	{uS/m}	700	900	900	900	800	700	700	700	400	760
redox	mV	-97	-124	-116	-148	-151	-119	-103	-139	-128	43
temperatuur	0C	12	14,7	14,1	13,6	13,1	12,3	11,8	10,6	8,1	12,7
O2	{?}	0,25	0,25	0,4	0,45	0,3	0,27	0,3	0,26	0,7	0,54

DATUM	Monsteromschr. B41_040 (7,0-9,0)										
	05	30-sep-05	21-okt-05	02-nov-05	16-nov-05	30-nov-05	14-dec-05	04-jan-06	01-feb-06	01-mrt-06	14-jun-06
	1e monitoringsronde (nulsituatie)	2e monitoringsronde	3e monitoringsronde	4e monitoringsronde	5e monitoringsronde	6e monitoringsronde	7e monitoringsronde	8e monitoringsronde	9e monitoringsronde	10e monitoringsronde	11e monitoringsronde
Omschrijving											
Metalen											
Calcium (Ca)	mg/L				110						
IJzer (II)	mg/L				<0,05						
Natrium (Na)	mg/L										
Vluchtige Aromatische Koolwaterstoffen											
Benzeen	µg/L	<0,20		0,51		0,38				<0,20	<0,20
Tolueen	µg/L	<0,20		<0,2		<0,20				<0,20	<0,20
Ethylbenzeen	µg/L	<0,20		<0,20		<0,20				<0,20	<0,20
o-Xyleen	µg/L	<0,20		<0,20		<0,20				<0,20	<0,20
m,p-Xyleen	µg/L	1,4		<0,2		<0,20				<0,20	<0,20
Xylenen (som)	µg/L	1,4		<0,2		<0,20				<0,20	<0,20
BTEX (som)	µg/L	1,4		0,51		0,38				<0,20	<0,20
Naftaleen	µg/L	0,4		0,2		<0,20				<0,20	<0,20
Minerale olie vluchtig											
Olie Vluchtig C6 - C8	µg/L	590				-				-	-
Olie Vluchtig C8 - C10	µg/L	200				-				-	-
Olie Vluchtig C10 - C12	µg/L	52				-				-	-
Olie Vluchtig (Som C6 - C12)	µg/L	840			<100	<100				<100	<100
Minerale olie											
Minerale olie C10-C16	µg/L	37				-				-	-
Minerale olie C16-C22	µg/L	14				-				-	-
Minerale olie C22-C30	µg/L	<10				-				-	-
Minerale olie C30-C40	µg/L	<15				-				-	-
Minerale olie (GC) totaal	µg/L	59			<50	<50				<50	<50
Anorganische verbindingen & natte chemie											
Carbonaat	mg/L					<5					
Bicarbonaat (HCO3)	mg/L					210,00					
Nitraat (NO3-N)	mg N/L					1,60					
Nitraat (NO3)	mg/L					7,10					
Nitriet (NO2-N)	mg N/L					0,02					
Nitriet (NO2)	mg/L					0,06					
Sulfaat opgelost (SO4)	mg SO4/L					41,00					
Sulfaat opgelost (SO4-S)	mg S/L					14,00					
Microbiologisch onderzoek											
Koolzuur (vrij)	mg/L	5,1									
kiemgetal		450								14	
Overig onderzoek											
Methaan	µg/L										
Bodemlucht											
PID (?)											
CO2 (?)											
O2 (?)											
totale koolwaterstoffen (?)											
Veldparameters											
grondwaterstand	cm -kb	287									280
pH	(-)	8,1	7,1	6,6	6,8	6,6	6,7	6,7	6,8		7,1
EC	(µS/m)	1100	1100	1000	1000	1000	900	1100	1000	800	690
redox	mV	-20	-66	-79	-94	-63	-62	-44	-93	-64	79
temperatuur	OC	11,8	13,2	12,8	12,6	12,3	12,1	12,2	11,9	10,4	12,8
O2	(?)	0,16	0,29	0,39	0,29	0,27	0,26	0,22	0,23	0,56	0,49

BIJLAGE 5

Rapportage bodemluchtmetingen



Hannover Milieu- en Veiligheidstechniek B.V.

Arcadis Regio B.V.
T.a.v. mevrouw Keizer
Postbus 1018
5200 BA 's-Hertogenbosch

d.d. 05 augustus 2005

Ons kenmerk: 05067-brf-01

Uw kenmerk:
110504/ZF5/2M3/201167

Ede, 3 augustus 2005

Betreft: Resultaten bodemluchtbemonstering te Wessem

Geachte mevrouw Keizer,

Op 11 juli 2005 hebben wij op de locatie van Sabic Pipelines te Wessem twee bodemluchtmetingen uitgevoerd. De metingen zijn uitgevoerd via reeds bestaande monitoringsfilters B41-041 en B41-042. Ten behoeve van de metingen zijn beide filters afgepompt met een kleine luchtpomp. De bodemlucht is indicatief gecontroleerd met behulp van een PID-meter. Tevens zijn de onderdrukken van de afzuiging gecontroleerd. Van de uitkomende bodemlucht zijn luchtmonsters ter analyse naar SGS te Dordrecht gezonden.

De volgende resultaten zijn gemeten:

Monsterpunt	PID-meting (ppm)	Onderdruk (mbar)	Analyse BTEX (mg/m ³)	Analyse totaal- kw (mg/m ³)
B41-041	0	100	<d	<d
B41-042	0	80	<d	<d

Een kopie van het analysecertificaat is bijgevoegd. Geconcludeerd kan worden dat zowel met behulp van de PID-meter als analytisch geen verhoogde concentraties (aromatische) koolwaterstoffen zijn aangetroffen.

Wij hopen u hiermee voldoende te hebben geïnformeerd.

Hoogachtend,

Hannover Milieu- en
Veiligheidstechniek B.V.

bla
Marco van den Bfand

Aflever/bezoek adres
 Spoorstraat 12
 Postbus 78
 4430 AB 's Gravenpolder
 Nederland
 Dir.Tel (0113)-319 200
 Dir.Fax (0113)-319 299

H.M.V.T.
 Dhr. W. Neutel
 Postbus 174
 6710 BD EDE

pagina : 1
 datum : 's Gravenpolder , 21/07/2005

ANALYSERAPPORT 200507000712

Opdrachtgever : H.M.V.T.
 Omschrijving : Sabic Wessem

Bemonsterd door : Opdrachtgever
 Bemonsterd d.d. : 11/07/2005
 Referentie : 05067

Monsteromschrijvingen : 1 : B41-041 (A) (Luchtmonster)
 2 : B41-042 (B) (Luchtmonster)

 Monstercode 1 2
 Monsterontvangst datum 14/07/05 14/07/05

Parameter Eenheid Methode

VLUCHTIGE AROMATISCHE VERBINDINGEN

Parameter	Eenheid	Methode	1	2
Benzeen	mg/m ³	[SGS 99-02]	< 1.0	< 1.0
Ethylbenzeen	mg/m ³		< 1.0	< 1.0
Xylenen	mg/m ³		< 3.0	< 3.0
Tolueen	mg/m ³		< 1.0	< 1.0

GASCHROMATOGRAFISCHE BEPALINGEN

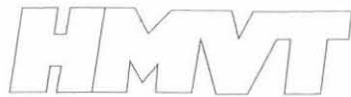
Totaal koolwaterstoffen	mg/m ³		< 50	< 50
-------------------------	-------------------	--	------	------

K.J. Vuurmans
 Laboratorium manager

(laatste pagina)

In bijlage "Form 200-01" vindt u een toelichting bij de analyse resultaten. Alle rapporten worden opgesteld op naam en voor rekening van de opdrachtgever, die uitdrukkelijk aanvaardt dat deze rapporten slechts een momentopname vertegenwoordigen en steeds in hun geheel en in de context ervan dienen te worden voorgelegd en/of vermeld. SGS Nederland B.V., opsteller van deze rapporten, kan niet aansprakelijk gesteld worden voor fouten of wijzigingen van resultaten ontstaan gedurende of n.a.v. elektronische- of faxtransmissie. Enkel en uitsluitend het origineel getekend rapport is bindend. Het analyserapport kan enkel en alleen aangewend worden binnen de specifieke context van de opdracht en is enkel geldig voor de geanalyseerde monsters.

Een toelichting op de met * gemarkeerde resultaten is weergegeven in de bijlage behorende bij dit rapport.



Hannover Milieu- en Veiligheidstechniek B.V.

Arcadis Regio B.V.

T.a.v. mevrouw Keizer/04.201248

Postbus 1018

5200 BA 's-Hertogenbosch

ARCADIS Regio Zuid ingekomen

d.d. 01 NOV 2005

Ons kenmerk: 05067-brf-02

Uw kenmerk:
110504/ZF5/2M3/201167

Ede, 28 oktober 2005

Betreft: Resultaten bodemlucht bemonstering te Wessem

Geachte mevrouw Keizer,

Op 30 september 2005 hebben wij op de locatie van Sabc Pipelines te Wessem twee bodemluchtmetingen uitgevoerd. Dit is een vervolgmeting geweest op onze eerste (nul)meting van 11 juli 2005. De metingen zijn uitgevoerd via dezelfde monitoringsfilters B41-041 en B41-042. Ten behoeve van de metingen zijn beide filters afgepompt met een kleine luchtpomp. De bodemlucht is indicatief gecontroleerd met behulp van een PID-meter. Tevens zijn de onderdrukken van de afzuiging gecontroleerd. Van de uitkomende bodemlucht zijn luchtmonsters ter analyse naar SGS te Dordrecht gezonden.

De volgende resultaten zijn gemeten:

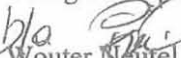
Monsterpunt	PID-meting (ppm)	Onderdruk (mbar)	Analyse BTEX (mg/m ³)	Analyse totaal- kw (mg/m ³)
B41-041	0,0	105	<d	<d
B41-042	3,6	90	<d	<d

Een kopie van het analysecertificaat is bijgevoegd. Op basis van de PID metingen kan worden geconcludeerd dat in filter B41-042 een lichte verhoging is gemeten. Deze verhoging is dusdanig gering dat dit analytisch niet wordt bevestigd. Derhalve kan worden geconcludeerd dat op basis van de geanalyseerde parameters analytisch geen verhogingen zijn geconstateerd ten opzichte van de nulmeting op 11 juli 2005.

Wij hopen u hiermee voldoende te hebben geïnformeerd.

Hoogachtend,

Hannover Milieu- en
Veiligheidstechniek B.V.


Wouter Neutel

Aflever/bezoek adres
Sporstraat 12
Postbus 78
4430 AB 's Gravenpolder
Nederland
Dir.Tel (0113)-319 200
Dir.Fax (0113)-319 299

H.M.V.T.
Dhr. W. Neutel
Postbus 174
6710 BD EDE

ONTVANGST 13/10/2005

pagina : 1
datum : 's Gravenpolder , 13/10/2005

ANALYSERAPPORT 200510000117

Opdrachtgever : H.M.V.T.
Omschrijving : Sabc Wessem

Bemonsterd door : Opdrachtgever
Bemonsterd d.d. : 30/09/2005
Referentie : 05067

Monsteromschrijvingen : 1 : B41-041 (Luchtmonster)
2 : B41-042 (Luchtmonster)

Monstercode 1 2
Monsterontvangst datum 04/10/05 04/10/05

Parameter Eenheid Methode

VLUCHTIGE AROMATISCHE VERBINDINGEN

Benzeen	mg/m ³	[SGS 99-02]	< 1.0	< 1.0
Ethylbenzeen	mg/m ³		< 1.0	< 1.0
Xylenen	mg/m ³		< 3.0	< 3.0
Tolueen	mg/m ³		< 1.0	< 1.0

GASCHROMATOGRAFISCHE BEPALINGEN

Totaal koolwaterstoffen	mg/m ³	< 50	< 50
-------------------------	-------------------	------	------

1.0
K.J. Vuurmans
Laboratorium manager

(laatste pagina)

In bijlage "Form 200-01" vindt u een toelichting bij de analyse resultaten. Alle rapporten worden opgesteld op naam en voor rekening van de opdrachtgever, die uitdrukkelijk aanvaardt dat deze rapporten slechts een momentopname vertegenwoordigen en steeds in hun geheel en in de context ervan dienen te worden voorgelegd en/of vermeld. SGS Nederland B.V., opsteller van deze rapporten, kan niet aansprakelijk gesteld worden voor fouten of wijzigingen van resultaten ontstaan gedurende of n.a.v. elektronische- of faxtransmissie. Enkel en uitsluitend het origineel getekend rapport is bindend. Het analyserapport kan enkel en alleen aangewend worden binnen de specifieke context van de opdracht en is enkel geldig voor de geanalyseerde monsters.

Een toelichting op de met * gemarkeerde resultaten is weergegeven in de bijlage behorende bij dit rapport.

BIJLAGE 6

Analyseresultaten geochemische grondwaterkarakterisatie

Tabel: Analyseresultaten geochemische grondwaterkarakterisatie (d.d. 16/11/2005)

Parameter	Referentie	Pilot	Verontreiniging	Rand	Afsluiterbak
Zuurstof (mg/l)	0,2 – 0,9	0,2 – 0,3	0,1 – 0,2	0,1 – 0,7	0,16 – 0,23
Redox	110 tot 238	-44 tot -260	-20 tot -97	Ondiep 114 tot 171 Diep -133 tot 131	Ondiep -181 Diep -60
Carbonaat (mg/l)	-	< 5	-	<5	-
Bicarbonaat (mg/l)	-	320 – 370	-	230	-
Nitraat (NO ₃) (mg/l)	21 – 23	<0,44 – 9,4	-	4,1 – 7,7	-
Nitriet (NO ₂) (mg/l)	0,17 - < 0,03	<0,03 – 0,39	-	0,37 – 0,47	-
Sulfaat (SO ₄) (mg/l)	31 – 38	Ondiep <5 Diep 21 – 49	-	30 – 34	-
Koolzuur (vrij) (mg/l)	12 – 13	3,5 – 33	5,1 – 18	6,6 – 9,7	9,9 – 46 (ondiep)
Methaan	41 – 58	Ondiep 55.000 – 64.000 Diep 310 – 2100	-	43 – 48	-
Kiemgetal	56 – 170	80 - 410	23 – 450	90 – 1700 (B41-038)	110 – 2100 (diep)
IJzer II	<0,05	Ondiep 8,9 – 23 Diep <0,05 – 0,14	-	<0,05	-
Calcium	90 - 98	-	-	100 - 110	-

BIJLAGE 7

Geochemische grondwaterkarakterisatie 2003

The naphtha fraction of petroleum and the BTEX aromatics are both very degradable in the environment. Naphtha is the first and lightest distillate from crude oil and consists predominantly of alkanes, isoalkanes and aromatic compounds. All three of these classes of hydrocarbons have high vapor pressures and moderate to high solubilities in water. These compounds are readily degraded by aerobic bacteria, but will also degrade at slower rates in anaerobic environments where nitrates, iron/manganese, sulfate or carbon dioxide are used as alternate electron acceptors. The heavier hydrocarbons (>C12) can also degrade at appreciable rates using sulfate as an electron acceptor. Often in petroleum degradation, the hydrocarbon itself can be used as a source of energy and growth (carbon) and it is directly degraded, or mineralised to carbon dioxide. Hydrocarbons can also be degraded cometabolically.

where the bacteria utilize an alternative source of carbon for energy and produce enzymes and other cofactors which sequentially breakdown the target hydrocarbon. Co-metabolic pathways are generally more significant for the more complex and heavier hydrocarbons, but have also been shown for benzene.

A mixed microbial community has the most powerful biodegradation potential, because more than one organism will be needed to degrade most hydrocarbon mixtures. The bacteria responsible for petroleum hydrocarbon degradation are ubiquitous (meaning always present in soil) and the rates of degradation are therefore attributable to environmental factors such as oxygen, pH, temperature, and available nitrate and phosphate. For a light hydrocarbon target, such as naphtha and BTEX, the environmental degradation rates can typically be boosted significantly by adding nutrients or electron acceptors that have been depleted by the historical degradation and biological activity associated with the spill. The purpose of collecting the geochemical data at the Wessem site is to determine if biological activity is ongoing and to identify usage and depletion of electron acceptors (such as oxygen and nitrate) that could be added to the groundwater to enhance these rates.

Three wells were sampled for geochemical parameters: Well 4102 (source area) and Wells 4112 (northwest, clean reference) and 4116 (southeast, clean reference). Samples were analysed for nitrate, nitrite, ferrous iron, dissolved organic carbon and methane. Field measurements were also obtained for electrical conductivity (EC), pH, temperature, dissolved oxygen and oxidation-reduction potential (ORP).

The most thermodynamically favourable electron acceptor for bacteria is oxygen. In an oxygen rich environment, bacteria can degrade the hydrocarbon directly while utilizing

oxygen and producing carbon dioxide. Once oxygen is depleted, the bacteria adapt to utilize other electron acceptors, producing a by-product in each step (in parenthesis), for example: nitrate is consumed as an electron acceptor (via denitrification, producing nitrite), and sequentially then iron and manganese reduction (producing ferrous iron (Fe+2) and the manganous form of manganese (Mn+2), followed by sulfate reduction (producing hydrogen sulfide – H₂S) and finally methanogenesis, where carbon dioxide is utilized as an electron acceptor (producing methane – CH₄). The more reducing redox couples will typically degrade hydrocarbons at slower rates. Analyzing the geochemistry is an exercise in synergy: meaning the data should be looked at as multiple lines of evidence (since any single parameter can be affected by sensitivity to field techniques and laboratory handling).

For example, ferrous iron can also be used as an indication of an anaerobic (oxygen depleted) environment - since it will be reactive with oxygen (producing a precipitate - rust).

At the site, groundwater data collected from the two reference wells (4112 and 4116) can be compared to data collected from the most impacted well (4102) in order to identify patterns that indicate biological activity.

Field Parameters: Dissolved Oxygen, Oxidation Reduction Potential, and Electrical Conductivity:

The reference well 4116 (east) shows that the regional groundwater is aerobic and oxidizing (D.O. = 1.84 mg/L and ORP = +141 mv). The source area well 4102, shows anaerobic and reducing conditions (D.O. = 0.29 mg/L and ORP = -58 mv). Well 4112, located to the northwest shows anaerobic and slightly less reducing conditions (D.O. = 0.3 mg/L and ORP = -58 mv). This indicates that oxygen is being preferentially consumed within the footprint of the hydrocarbon plume and that groundwater is being reduced.

The other field parameter data shows that pH values for these three wells range from 7.5 to 8.0 s.u. (standard units). For the entire site, pH ranges from 5.9 to 9.1, with the more alkaline measurements being obtained from the deeper wells. These pH values are all within the range that can support biological activity.

Electrical conductivity shows that all wells range between 200 and 900 micromohs (units?). This is a general indication that the wells are completed in similar lithologies with similar geochemistry.

Nitrate/nitrite: Background levels of nitrate range from 3.6 to 8.0 mg/L in the two nonimpacted wells, as compared to non detect in the impacted well. This is an indication that oxygen has been depleted in the source area of the site and the bacteria have preferentially utilized any nitrate that moves into the area in groundwater. Low levels of nitrite are detected on the flanks of the source indicating that denitrification is ongoing in the natural water system. No nitrite is detected in the source area, likely since there is no nitrate left in this area. It should be noted that the reference well located to the east, Well 4116 shows a higher level of nitrate than Well 4112, indicating that well 4112 is in a marginally more reducing environment. This may also indicate that the plume has moved preferentially in this direction (and since degraded/recovered on the flanks to the north/northwest)

Dissolved (Ferrous) Iron: In reference well 4116, located east of the source area, the ferrous iron is low (0.071 mg/L). This is consistent with the dissolved oxygen and ORP measurements in this area (i.e. aerobic). Well 4112 shows an increase in ferrous iron (6.4 mg/L), indicating some reducing conditions. The highest levels of ferrous iron (7.5 mg/L) are observed in the source area well 4102, indicating that reducing conditions are strongest here.

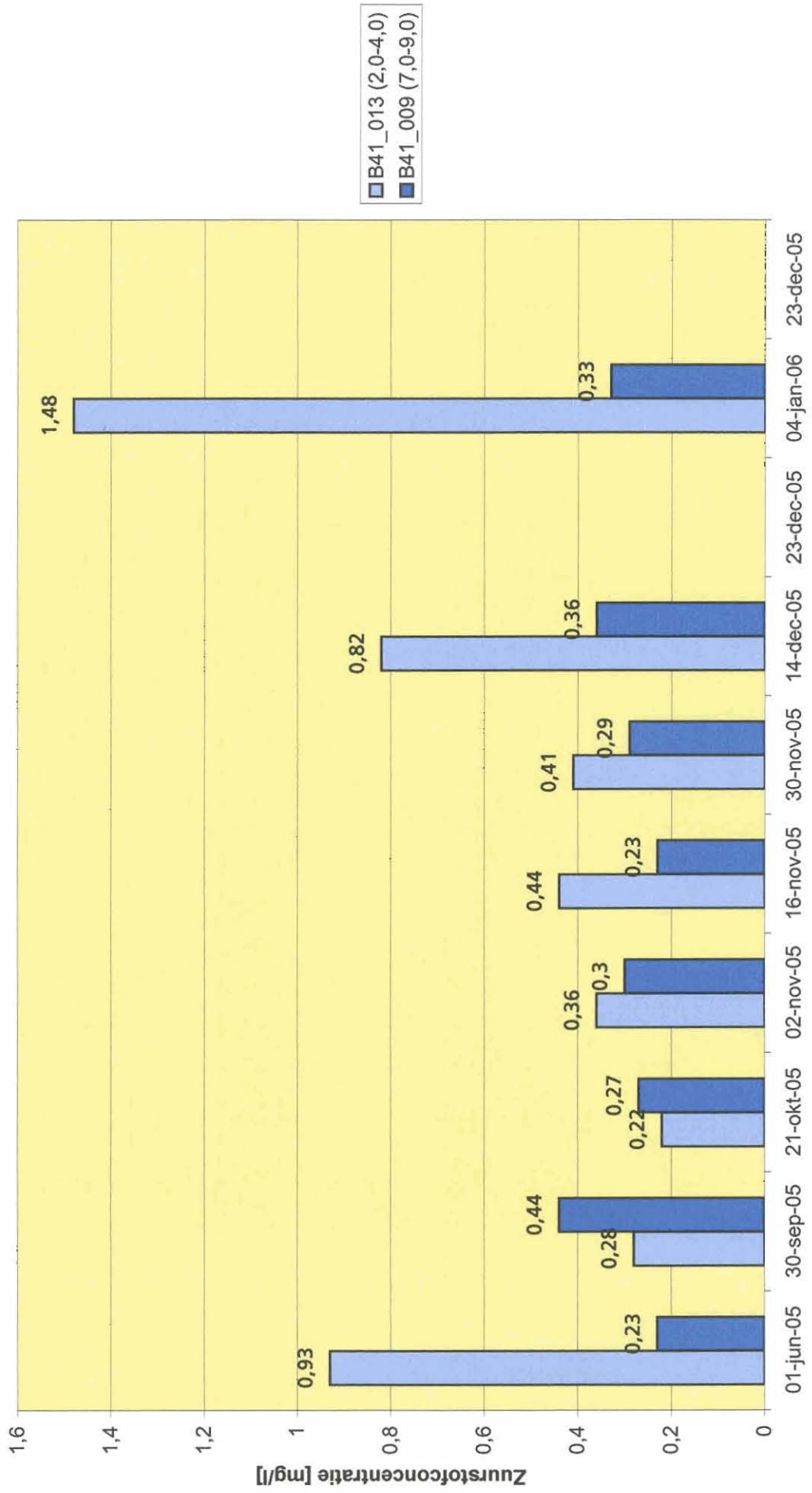
Sulfate: Sulfate is detected in both of the reference wells located on the flanks of the plume in the range of 19 to 30 mg/L (with the most elevated level being from the background, "aerobic" well 4116). In contrast, no sulfate is detected in the source area; it has been completely depleted (<5.0 mg/L). This is a strong indication of an evolved reducing environment that is depleting electron acceptors.

Methane: When all electron acceptors are depleted, bacteria can use carbon dioxide itself as a means to respire and produce methane in the process. Methane is detected at levels of 0.0015 to 0.2 mg/L in the two reference wells on the flanks of the plume, while it is detected at a concentration of 3.1 mg/L in the source area well 4102. This indicates a strongest reducing environment is present. The lowest level of methane is observed at Well 4116, and this is consistent with the other observations on geochemistry. It should also be noted that methane moving in groundwater into the aerobic fringe could also serve as a food source for methanotrophic bacteria – which can also degrade hydrocarbons.

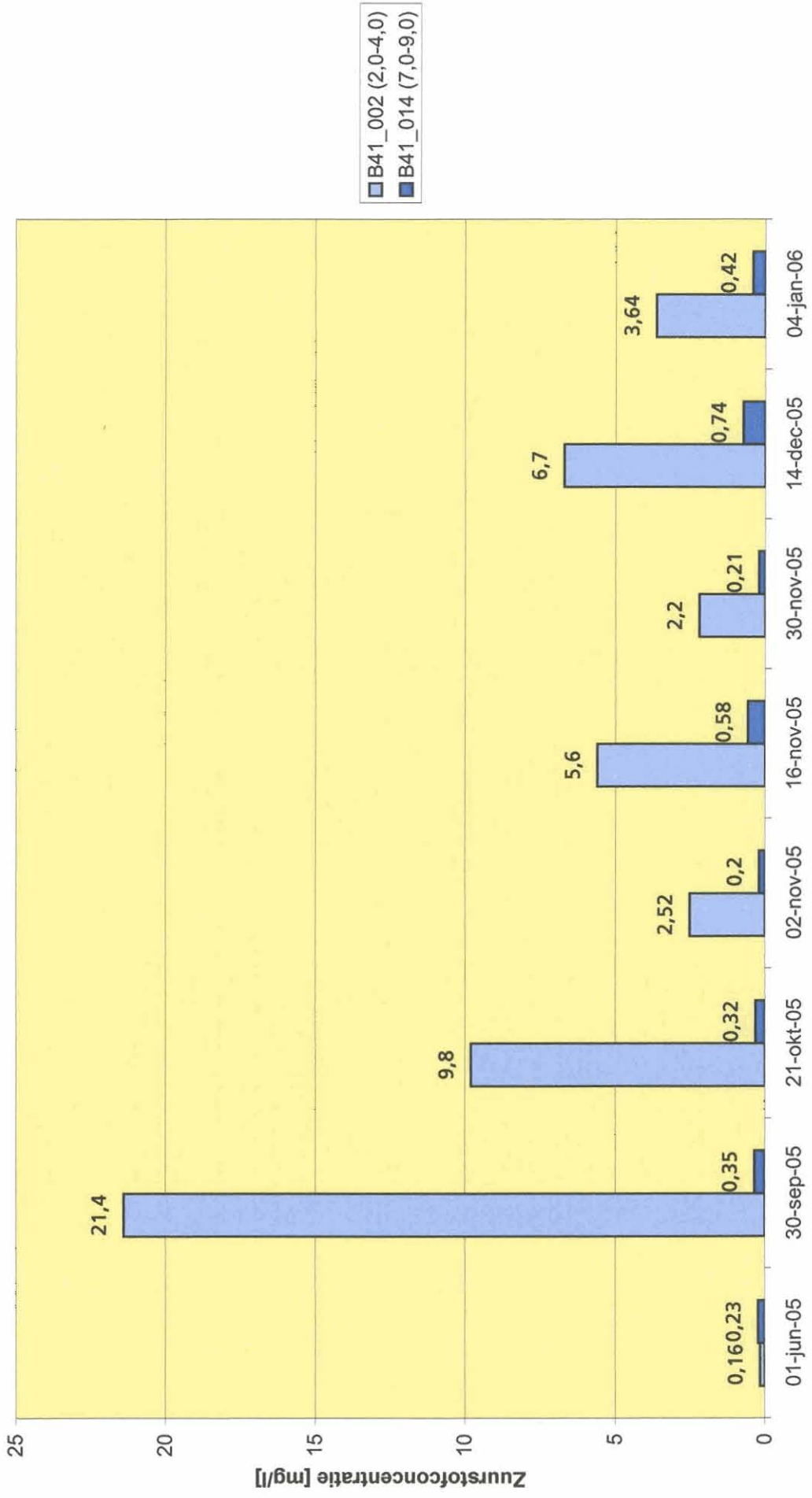
Dissolved organic carbon is present in all of the wells at a concentration ranging from 1.2 to 7.2 mg/L. Some of this is likely the petroleum hydrocarbon itself. The low levels observed on the flanks of the plume (1 or 2 mg/L) will sustain less bioactivity than the more elevated levels of organic carbon observed in the source area (7.2 mg/L). An overload of organic carbon in the environment will cause bacteria to grow quickly and deplete electron acceptors, creating an increasingly stronger reducing environment with time. All of the geochemical data points to an anaerobic core environment that has developed in the source area. Adding oxygen, nitrate and even sulfate to this environment will result in greater degradation rates of the source hydrocarbons.

BIJLAGE 8 Verloop zuurstofconcentraties

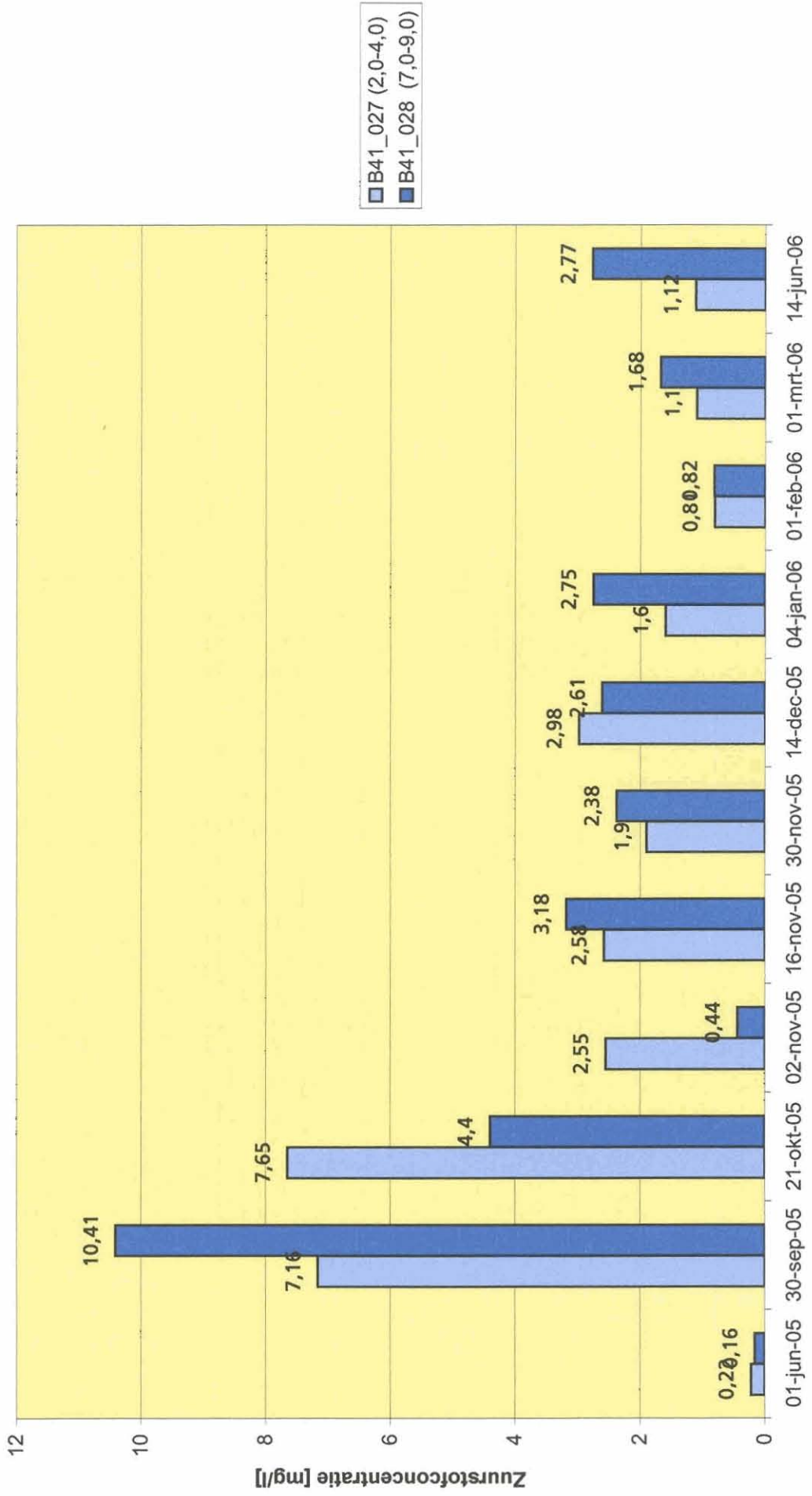
Verloop zuurstofconcentratie



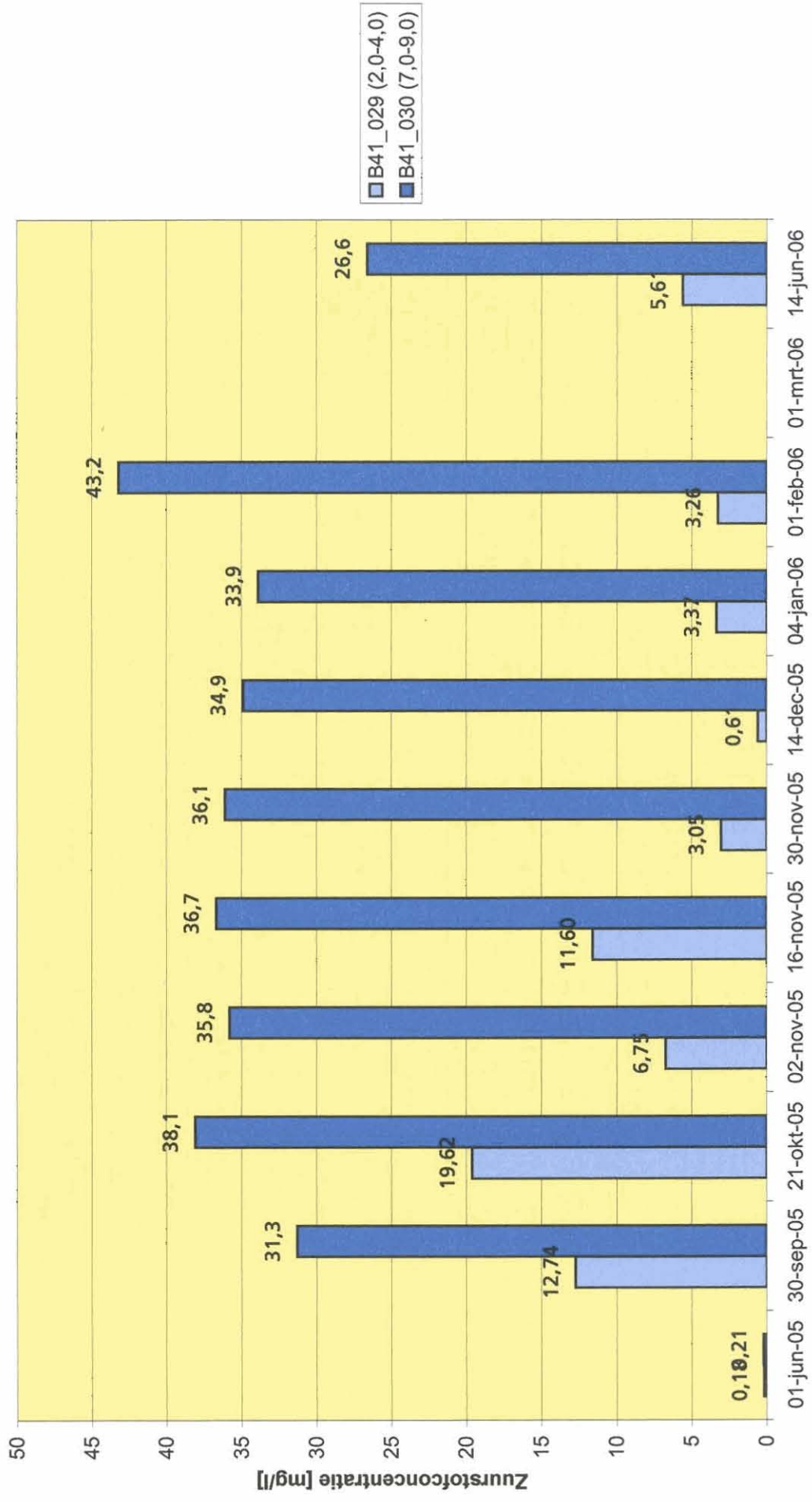
Verloop zuurstofconcentratie



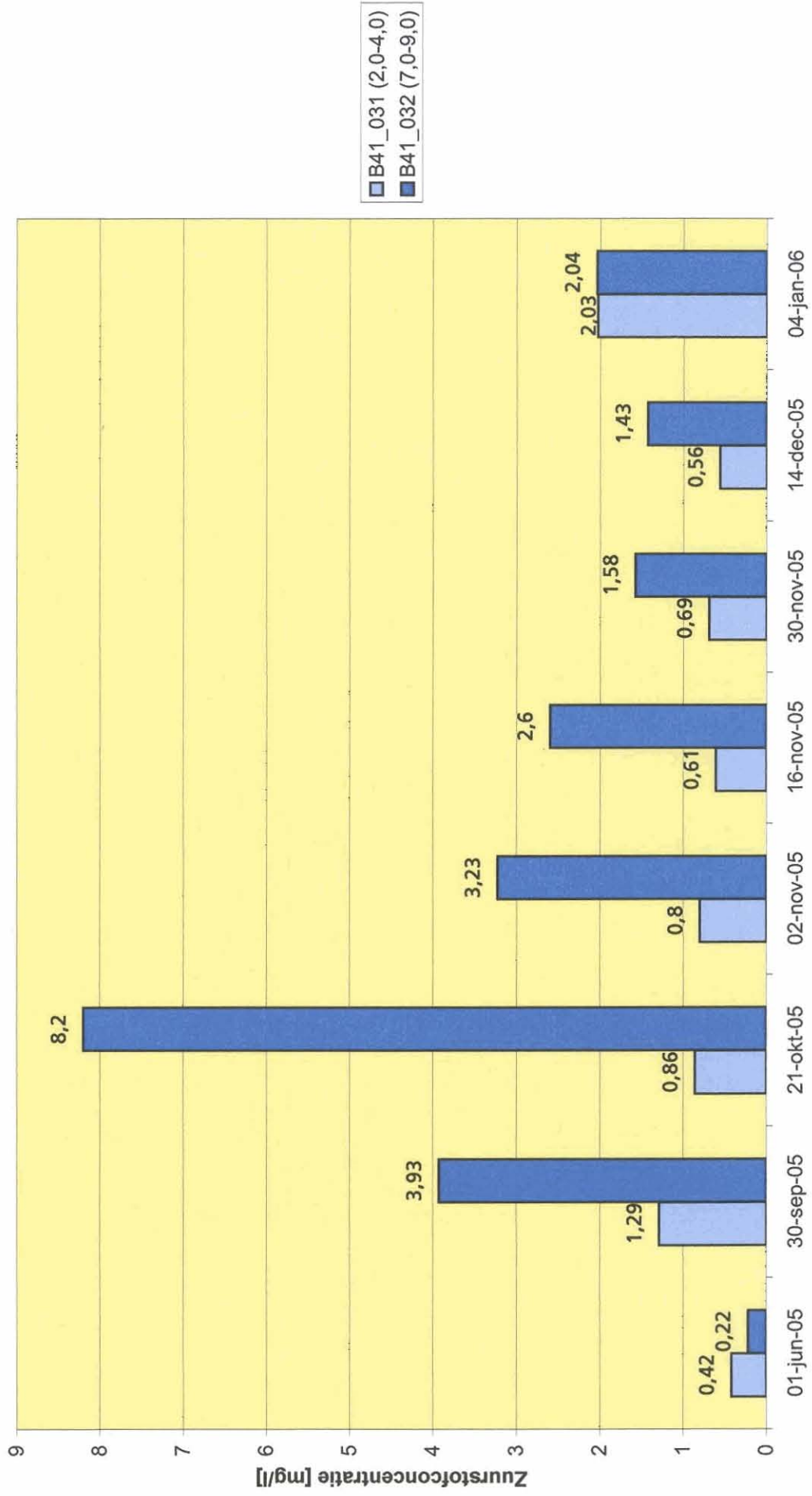
Verloop zuurstofconcentratie



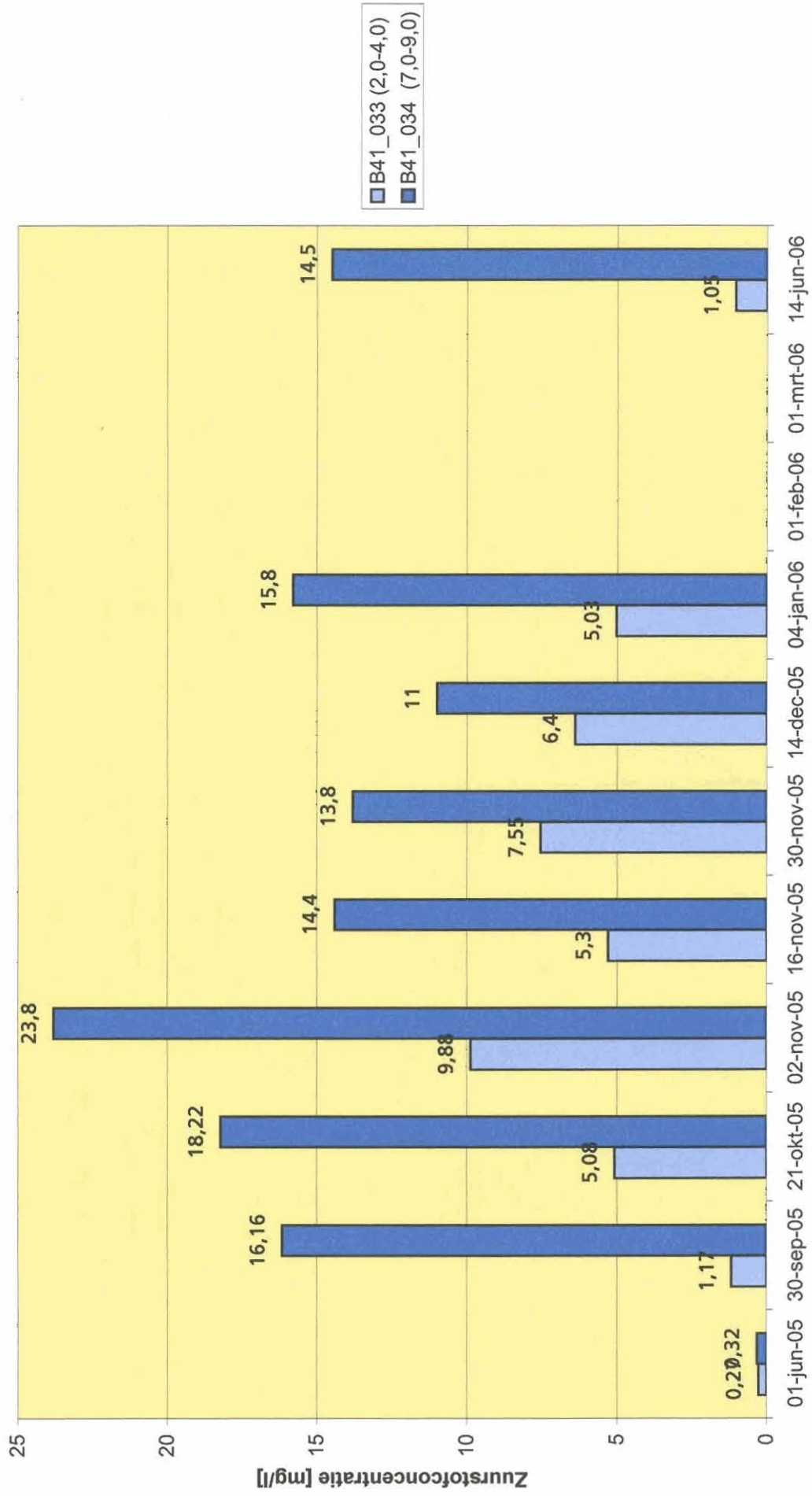
Verloop zuurstofconcentratie



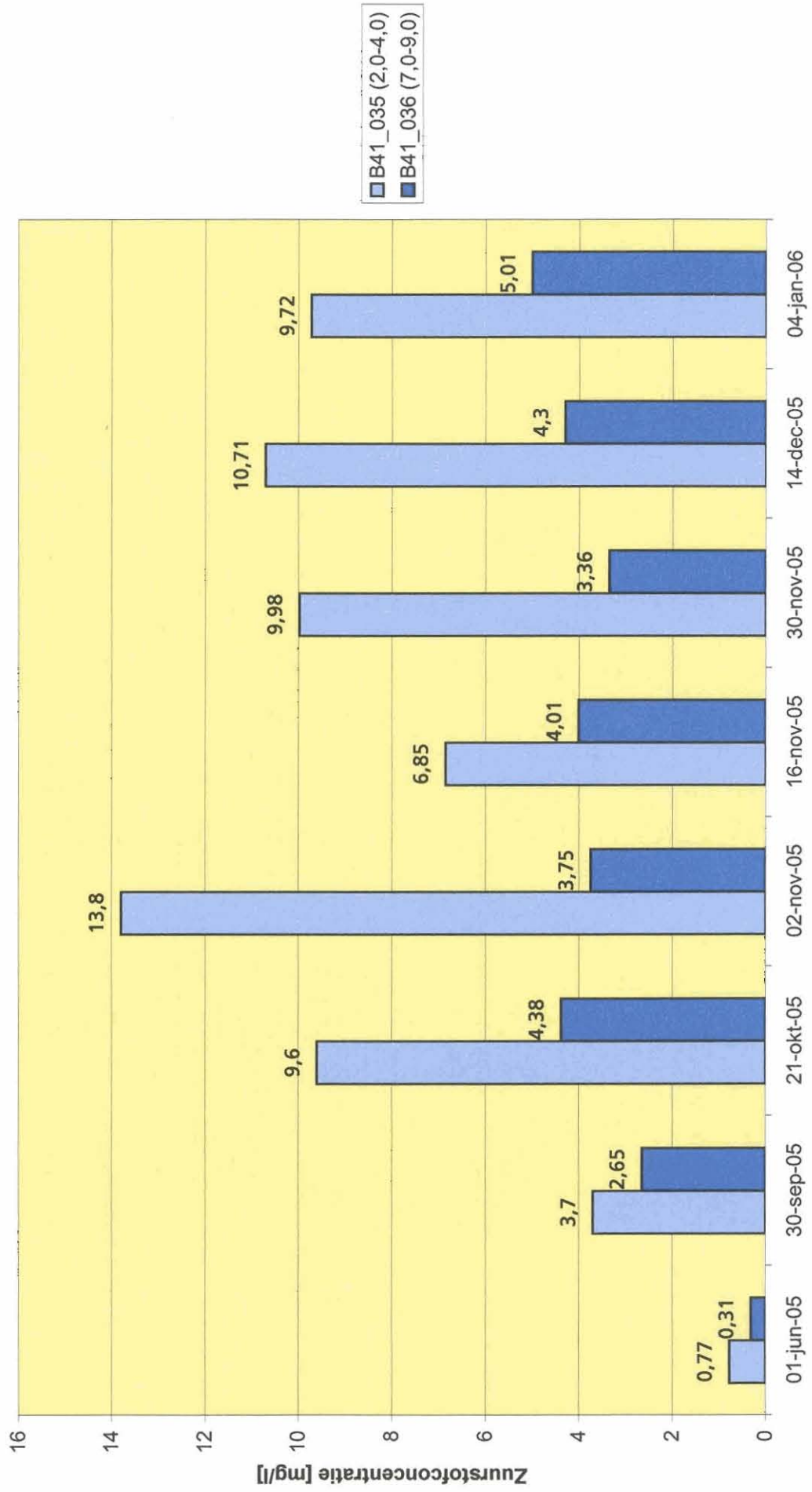
Verloop zuurstofconcentratie



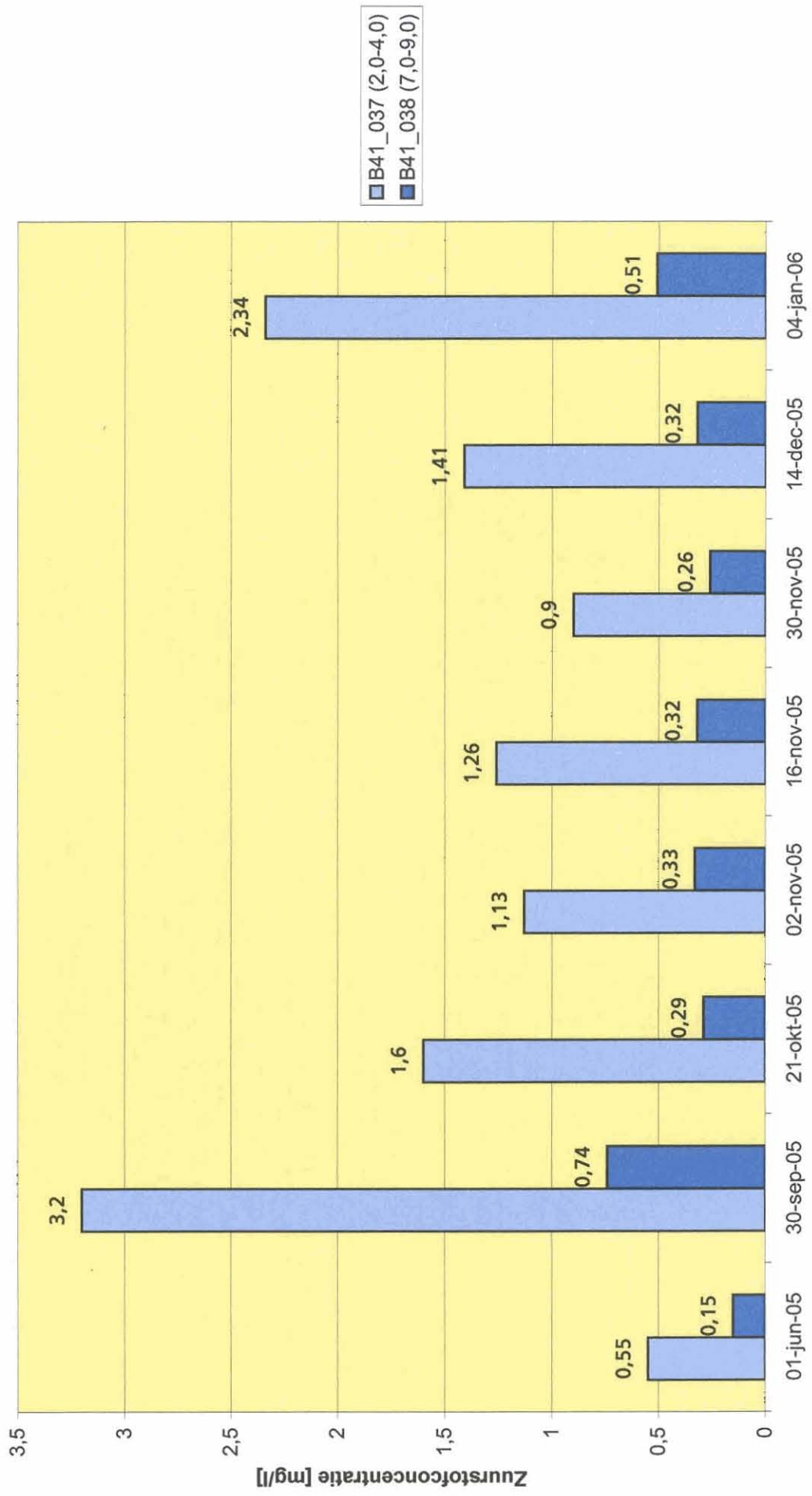
Verloop zuurstofconcentratie



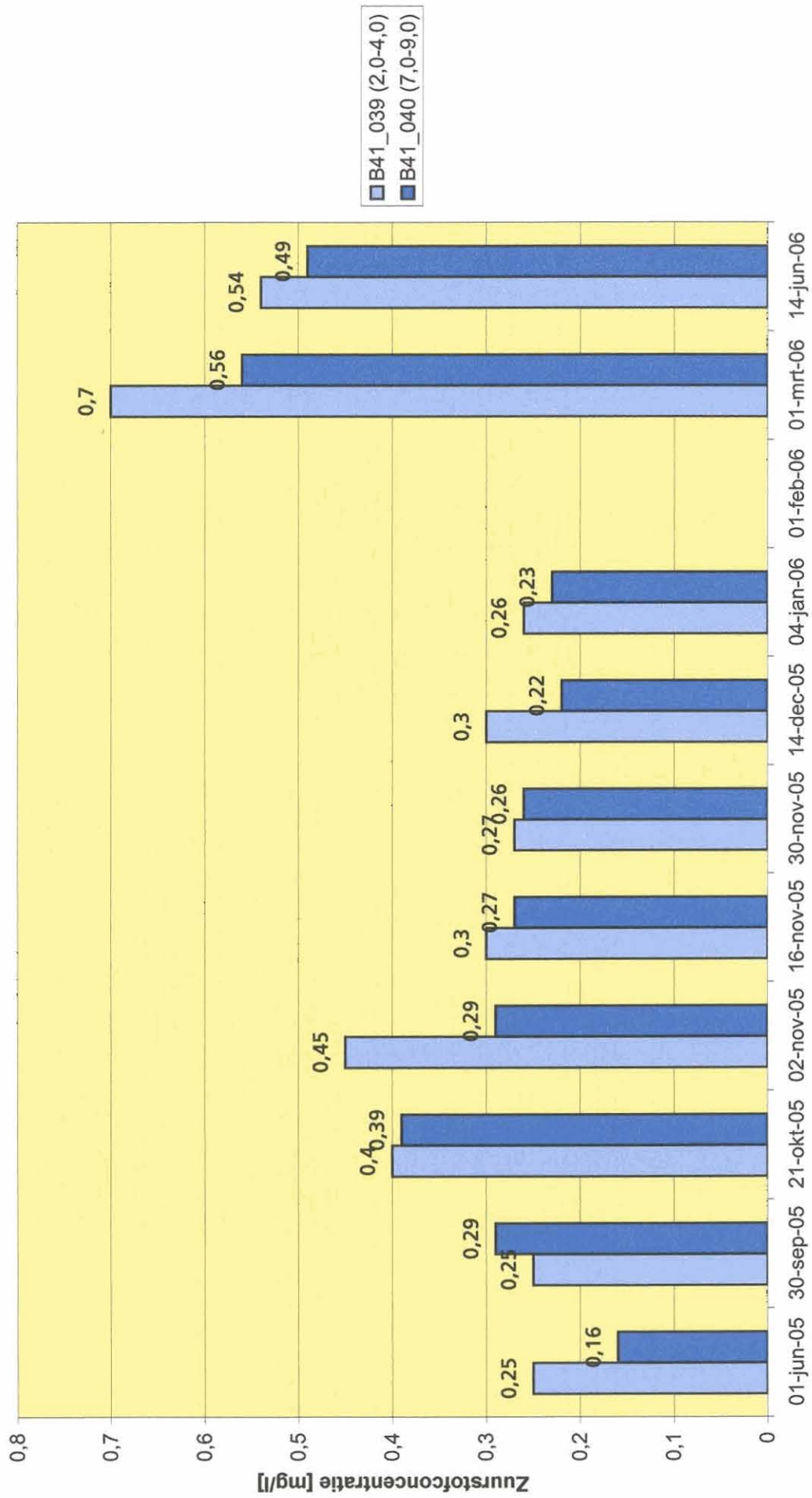
Verloop zuurstofconcentratie



Verloop zuurstofconcentratie



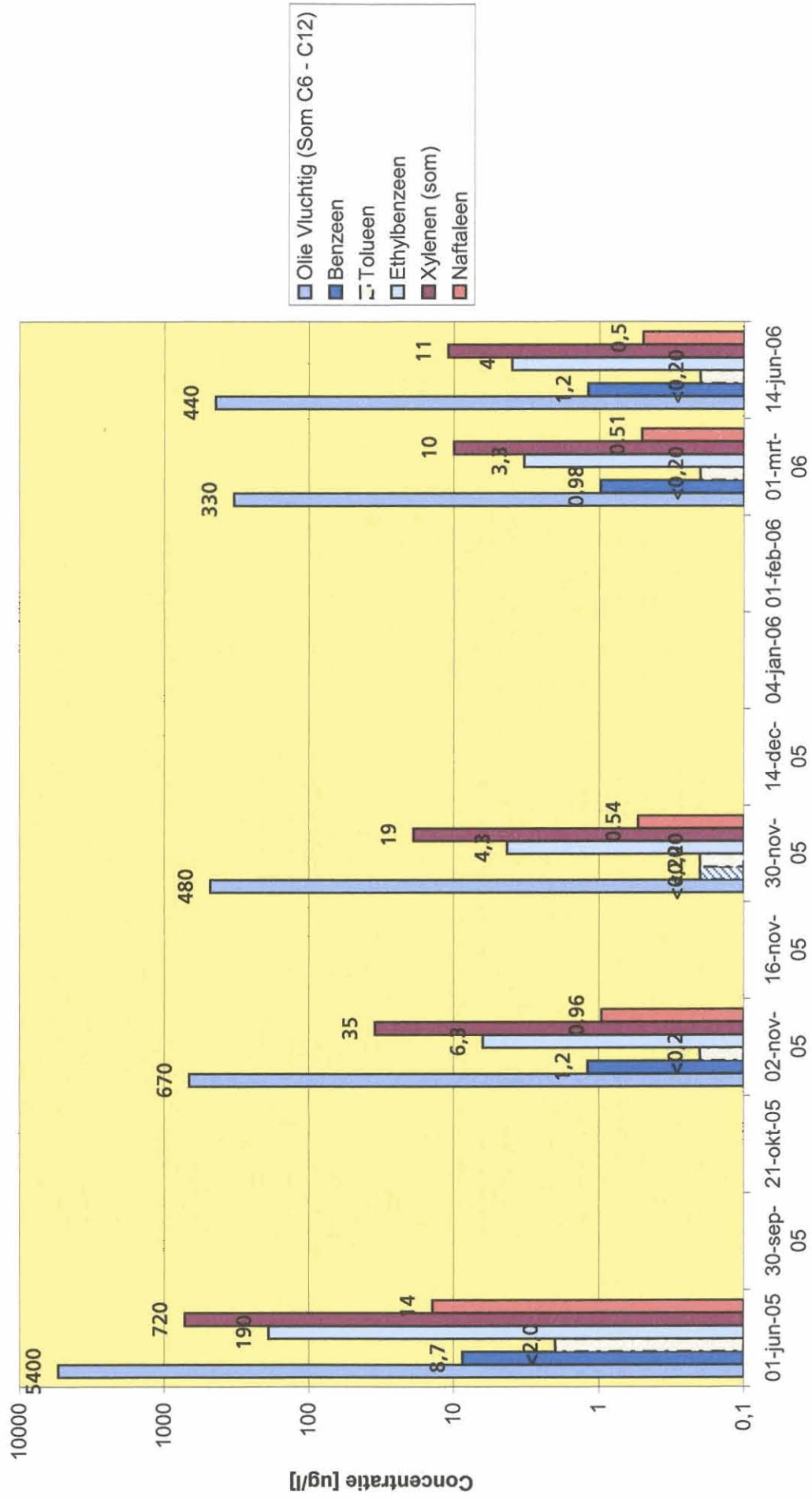
Verloop zuurstofconcentratie



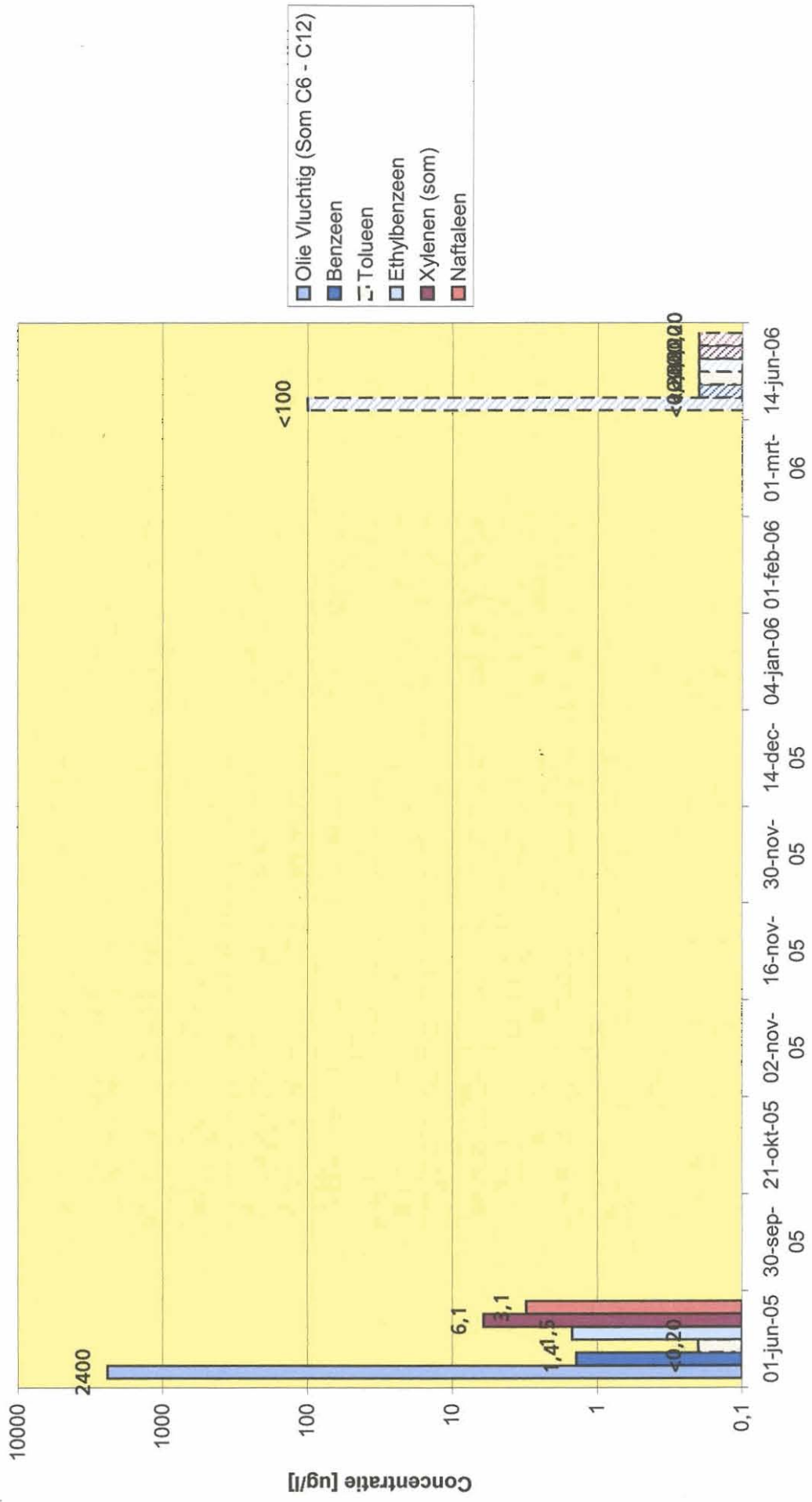
BIJLAGE 9

Verloop verontreinigingsparameters

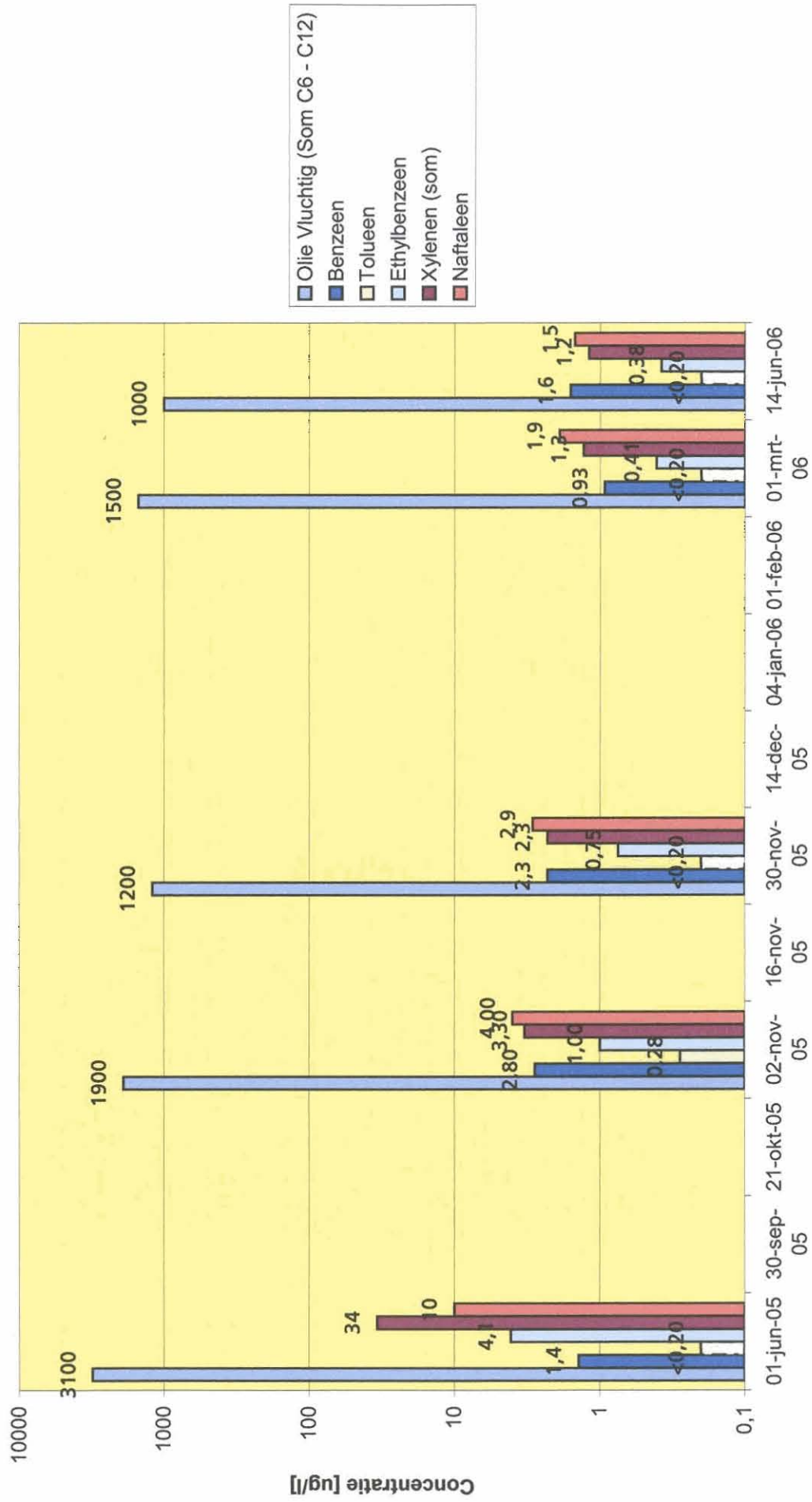
Verloop concentratie verontreinigingsparameters filter B41_027



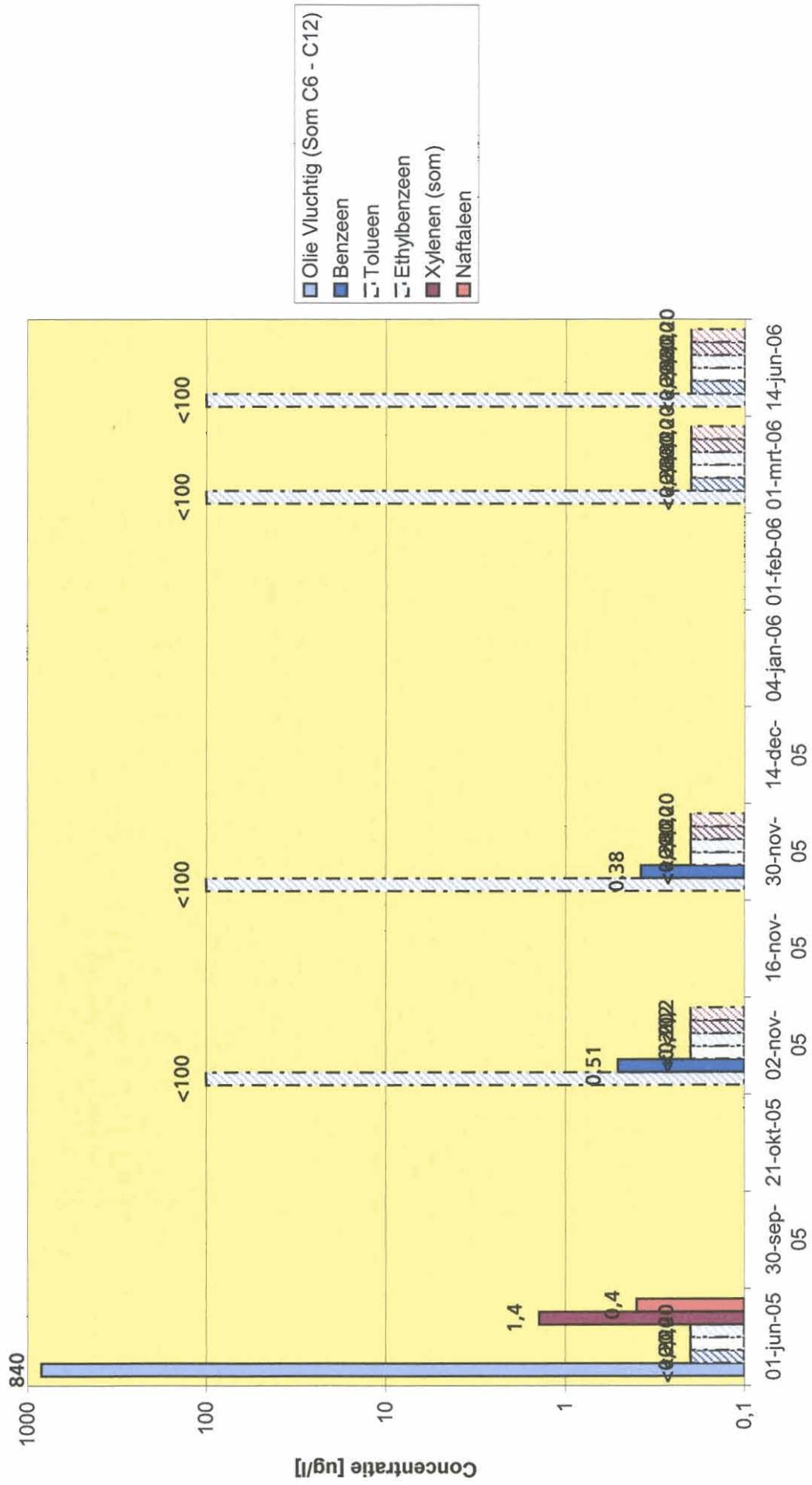
Verloop concentratie verontreinigingsparameters filter B41_029



Verloop concentratie verontreinigingsparameters filter B41_039



Verloop concentratie verontreinigingsparameters filter B41_040



BIJLAGE 10

Rapportage: Laboratoriumonderzoek aantasting coating leidingen door calciumperoxide

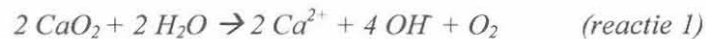
LABORATORIUMONDERZOEK AANTASTING COATING LEIDINGEN DOOR CALCIUMPEROXIDE

Calciumperoxide is een vaste stof die in contact met water of atmosferisch vocht langzaam ontleedt in water en calciumhydroxide. Hierbij wordt zuurstof geproduceerd.

Op het project in Wessem is calciumperoxide als zuurstofdonor voor de afbraak van een BTEX verontreiniging toegepast. Op de locatie lopen ondergrondse leidingen van SABIC pipelines en de Gasunie.

Alhoewel het calciumperoxide op enige afstand van de ondergrondse leidingen in de grond wordt ingebracht (> 1 meter), wordt door middel van een laboratoriumonderzoek vastgesteld of het calciumperoxide de ondergrondse leidingen kan aantasten.

In contact met water reageert calciumperoxide en wordt hydroxide en zuurstof gevormd.



Het vrijkomende zuurstof is beschikbaar voor de bevordering van biologische afbraak van de verontreiniging in de ondergrond. Als bijproduct wordt hydroxide gevormd wat kan zorgen voor een verhoging van de pH.

Wanneer in de bodem een lage pH aanwezig is kan onder invloed van zuur waterstofperoxide worden gevormd uit calciumperoxide:



Waterstofperoxide is een sterkere oxidant dan calcium peroxide. Om een mogelijk effect hiervan te kunnen bestuderen worden naast monsters met calciumperoxide tevens monsters met waterstofperoxide ingezet.

Werkwijze laboratoriumonderzoek

Om te bepalen of mogelijk aantasting van het materiaal van de ondergrondse leidingen plaatsvindt, zijn stukjes coating blootgesteld aan hoge concentraties calciumperoxide. Proeven zijn in duplo ingezet. Het eerste monster is na 1 week bestudeerd, het tweede monster is na 4 weken bestudeerd om zo het langetermijneffect te kunnen bestuderen (calciumperoxide is gedurende langere tijd stabiel).

Om verschil te kunnen maken tussen effecten van calciumperoxide en andere effecten (pH-effecten, effecten van waterstofperoxide) zijn de volgende monsters ingezet.

1. Blanco (alleen water)
2. Water pH 12
3. Water pH 3
4. Calciumperoxide 1,6 g/l (oplosbaarheid calciumperoxide in de vorm van calciumhydroxide)
5. Calciumperoxide 1:5 (v/v). Dit komt overeen met 10 gram calciumperoxide op 100 ml water.
6. Calciumperoxide dikke slurry ('pap')
7. Water pH 3 + calciumperoxide 1,6 g/l

8. Water pH 3 + waterstofperoxide 0,8 g/l
9. Water pH 3 + waterstofperoxide 47 g/l

Hierbij is voor alle omstandigheden gekozen voor sterk afwijkende omstandigheden ten opzichte van neutraal. De omstandigheden waarbij een pH van 3 is ingezet zullen in Wessem naar alle waarschijnlijkheid niet voorkomen. Deze monsters zijn ingezet om een eventuele vorming van waterstofperoxide te bevorderen.

Alle monsters zijn ingezet met een stukje coating van circa 4 cm². De bekersglazen zijn gevuld met 100 ml demiwater waarna de overige toevoegingen zijn toegevoegd.

Calciumperoxide is ingezet in drie concentraties; een concentratie gelijk aan de maximale oplosbaarheid (1,65 g/l), een verhouding calciumperoxide van 1 deel calciumperoxide op 5 delen water (v/v) zoals toepasbaar in het veld en een hoeveelheid calciumperoxide waarbij een dikke slurry ('pap') gegenereerd is. De verhouding 1:5 kwam neer op circa 10 gram calciumperoxide op 100 ml water. De dikke slurry bestond uit een hoeveelheid calciumperoxide van 25 gram gemengd met 18 ml water.

Tevens zijn twee monsters ingezet met waterstofperoxide als oxidant in plaats van calciumperoxide. De hoeveelheid waterstofperoxide die is ingezet komt overeen met de hoeveelheid waterstofperoxide die gevormd kan worden uit 1,65 g/l calciumperoxide voor monster 8 en uit 10 gram calciumperoxide voor monster 9, volgens reactievergelijking 2.

Deze monster zijn ingezet om een effect waar te kunnen nemen die op zou kunnen treden indien alle aanwezige calciumperoxide omgezet zou zijn in waterstofperoxide. Omdat bij reactie van calciumperoxide met water direct een hoge pH ontstaat is het onwaarschijnlijk dat bij toepassing van calciumperoxide een dergelijk lage pH optreedt dat alle calciumperoxide omgezet wordt in waterstofperoxide. Desondanks is de maximale concentratie bestudeerd om het maximale effect op de coating te kunnen bestuderen.

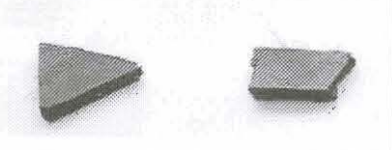
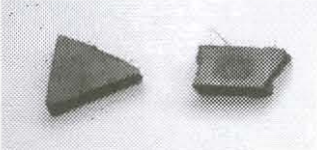
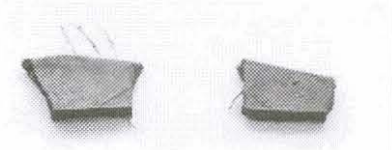

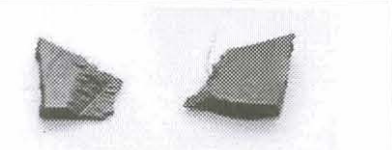
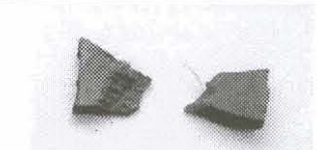
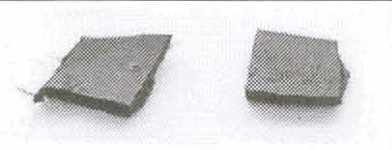

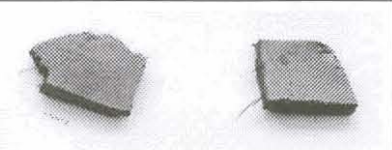
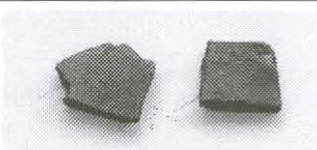
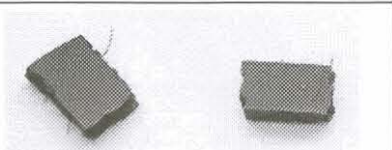

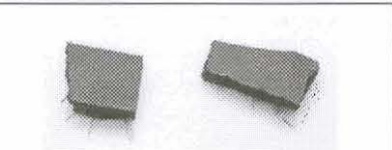
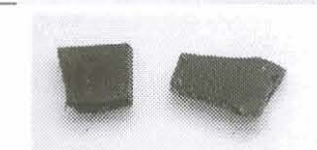
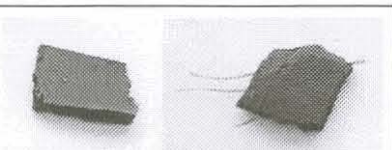
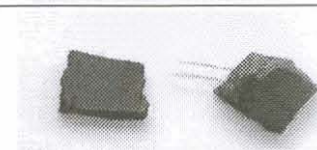
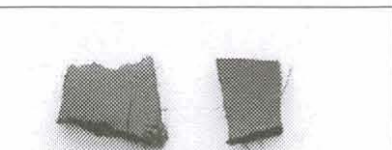

De monsters zijn ingezet bij kamertemperatuur in afgesloten bekersglazen (eventueel gegenereerd lucht kan wel ontsnappen) en in het donker.

Na één en vier weken zijn de monsters (visueel) bestudeerd op mogelijke veranderingen en aantastingen. Daarnaast zijn de monsters vooraf en natijd gedroogd en gewogen om een eventuele gewichtsafname waar te kunnen nemen. De bovenstaande vloeistof is gemonitord op pH en op aanwezigheid van oxidant.

Resultaten

In tabel 1 zijn foto's weergegeven van de coating voor uitvoering van het experiment (kolom 2), na 1 week (kolom 3, linker monster) en na 4 weken (kolom 3, rechter monster).

Tabel 1. Foto's coating voor en na behandeling

Behandeling	Stukjes coating voor uitvoering experiment	Stukjes coating 1 week (links) en 4 weken na experiment (rechts)
Blanco		
pH 12		
pH 3		
CaO ₂ (1,6 g/l) / pH 3		
CaO ₂ (1,6 g/l)		
CaO ₂ (1:5)		
CaO ₂ (slurry)		
H ₂ O ₂ (0,8 g/l)		
H ₂ O ₂ (47 g/l)		

De bovenstaande vloeistof was voor de meeste monsters kleurloos. Voor de monsters behandeld met calciumperoxide was een witte neerslag (of slurry) te zien. De bovenstaande vloeistof van de monsters behandeld met pH 12 was lichtgeel van kleur. Opmerkelijk was dat bij de monsters met calciumperoxide waar de pH ook 12 of hoger was geen lichtgele kleur waarneembaar was.

Aan de stukjes zelf is geen of nauwelijks effect zichtbaar. De monsters blijven intact, een eventueel effect wat op zou kunnen treden vindt plaats aan het oppervlak van de monsters. Na behandeling met calciumperoxide heeft afzetting van calciumperoxide op de monsters plaatsgevonden. Dit is zichtbaar op het rechtermonster wat met een slurry van calciumperoxide is behandeld.

Van de stukjes is het gewicht voor en na het experiment bepaald. Daarnaast is van de bovenstaande vloeistof de pH en aanwezigheid van oxidant bepaald.

Monster behandeld met:	Na 1 week			Na 4 weken		
	Afname gewicht (%)	pH	Oxidant aanwezig?	Afname gewicht (%)	pH	Oxidant aanwezig?
1. Water (blanco)	< 0,5*	7	Nee	< 0,5*	6,5	Nee
2. Water pH 12	< 0,5*	11	Nee	< 0,5*	9	Nee
3. Water pH 3	< 0,5*	3	Nee	< 0,5*	3	Nee
4. Water pH 3 + calciumperoxide 1,6 g/l	0,6	1	Nee	< 0,5*	1	Nee
5. Calciumperoxide 1,6 g/l	< 0,5*	12	Ja	< 0,5*	12	Ja
6. Calciumperoxide 1:5	< 0,5*	13	Ja	0,7**	13	Ja
7. Calciumperoxide dikke slurry	< 0,5*	n.b.	n.b.	< 0,5*	n.b.	n.b.
8. Water pH 3 + waterstofperoxide 0,8 g/l	< 0,5*	3	Nee	< 0,5*	3,5	Nee
9. Water pH 3 + waterstofperoxide 47 g/l	< 0,5	3,5	Ja	< 0,5*	3,5	Ja

* een gewichtsverandering < 0,5% is niet significant meetbaar;

** stukje afgebroken

n.b. niet bepaald (was niet mogelijk)

Voor alle bovenstaande monsters is de gewichtsafname < 0,5%, behalve voor het monster behandeld met pH 3 + calciumperoxide 1,6 g/l (na 1 week) en voor het monster behandeld met calciumperoxide 1:5.

Waarschijnlijk is de gewichtsafname in het monster met pH 3 + calciumperoxide 1,6 g/l (na 1 week) een meetfout geweest, het monster dat 3 weken langer heeft gereageerd is namelijk niet afgenomen.

De afname van het gewicht van het monster behandeld met calciumperoxide 1:5 wordt verklaard doordat tijdens de behandeling een stukje van het monster is afgebroken.

Conclusies

Na behandeling met calciumperoxide, waterstofperoxide en een hoge en lage pH is geen zichtbaar effect op de monsters waargenomen. Daarnaast is geen significante gewichtsafname van de monsters gemeten veroorzaakt door de behandeling.

COLOFON

PILOT IN SITU TOEPASSEN ZUURSTOF AFGEVENDE STOFFEN BIJ BODEMSANERING (PT5122)

EINDRAPPORTAGE

OPDRACHTGEVER:

GOUDA, SKB

STATUS:

Vrijgegeven

AUTEUR:

J. Hanssen

GECONTROLEERD DOOR:

M. van Tulder

VRIJGEGEVEN DOOR:

M. van Tulder

13 november 2006

110504/ZF6/3O9/201167

ARCADIS REGIO BV
Utopialaan 40-48
Postbus 1018
5200 BA 's-Hertogenbosch
Tel 073 6809 211
Fax 073 6144 606
www.arcadis.nl

©ARCADIS. Alle rechten voorbehouden. Behoudens uitzonderingen door de wet gesteld, mag zonder schriftelijke toestemming van de rechthebbenden niets uit dit document worden veelevoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, digitale reproductie of anderszins.