

NOBIS 97-4-01
DEMONSTRATIEPROJECT ANAËROBE 'ONGE-
STOORDE' GRONDWATERBEMONSTERING LO-
CATIE RADEMARKT TE GRONINGEN

drs. A.A.M. Nipshagen (IWACO B.V.)
drs. C.C.D.F. van Ree (Grondmechanica Delft)
ing. M. Rienks (IWACO B.V.)
drs. J.J. van der Waarde (BIOCLEAR Milieubiotechnologie B.V.)

februari 1999

Gouda, CUR/NOBIS

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 CUR/NOBIS.

Het is toegestaan overeenkomstig artikel 15a Auteurswet 1912 gegevens uit deze uitgave te citeren in artikelen, scripties en boeken mits de bron op duidelijke wijze wordt vermeld, alsmede de aanduiding van de maker, indien deze in de bron voorkomt, "©"Demonstratieproject anaërobe 'ongestoorde' grondwaterbemonstering locatie Rademarkt te Groningen", februari 1999, CUR/NOBIS, Gouda."

Aansprakelijkheid

CUR/NOBIS 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 CUR/NOBIS 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 CUR/NOBIS en/of degenen die aan deze uitgave hebben meegewerkt.

Copyrights

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording and/or otherwise, without the prior written permission of CUR/NOBIS.

It is allowed, in accordance with article 15a Netherlands Copyright Act 1912, to quote data from this publication in order to be used in articles, essays and books, unless the source of the quotation, and, insofar as this has been published, the name of the author, are clearly mentioned, "©"Demonstration project anaerobic groundwater sampling location Rademarkt Groningen", February 1999, CUR/NOBIS, Gouda, The Netherlands."

Liability

CUR/NOBIS and all contributors to this publication have taken every possible care by the preparation of this publication. However, it can not be guaranteed that this publication is complete and/or free of faults. The use of this publication and data from this publication is entirely for the user's own risk and CUR/NOBIS hereby excludes any and all liability for any and all damage which may result from the use of this publication or data from this publication, except insofar as this damage is a result of intentional fault or gross negligence of CUR/NOBIS and/or the contributors.

Titel rapport

Demonstratieproject anaërobe 'ongestoorde'
grondwaterbemonstering locatie Rademarkt
te Groningen

CUR/NOBIS rapportnummer

97-4-01

Project rapportnummer

97-4-01

Auteur(s)

drs. A.A.M. Nipshagen
drs. C.C.D.F. van Ree
ing. M. Rienks
drs. J.J. van der Waarde

Aantal bladzijden

Rapport: 18

Bijlagen: 27

Uitvoerende organisatie(s) (Consortium)

BIOCLEAR Milieubiotechnologie B.V. (drs. J.J. van der Waarde, 050-5718455)
Grondmechanica Delft (drs. C.C.D.F. van Ree, 015-2693704)
IWACO B.V. (drs. A.A.M. Nipshagen, 050-5214247)

Uitgever

CUR/NOBIS, Gouda

Samenvatting

In opdracht van NOBIS is in het kader van het Project Integratie Team (PIT) 'Karakterisatie en monitoring' een demonstratieproject uitgevoerd op de locatie Rademarkt te Groningen inzake de anaërobe 'ongestoorde' bemonstering van grondwater. Grondwaterbemonstering voor het vaststellen en monitoren van (intrinsieke) biorestauratie wordt in PIT-verband nog steeds als knelpunt ervaren, omdat niet ondubbelzinnig is vastgelegd welke factoren het analyseresultaat daadwerkelijk beïnvloeden en welke bemonsteringsmethode het beste resultaat garandeert.

Getracht is het relatieve belang te demonstreren van de verschillende procedures bij bemonstering en analyse van grondwater in een vergelijkend onderzoek.

Met alle uitgevoerde bemonsteringen en analyses zijn resultaten behaald die vergelijkbare informatie over het intrinsieke afbraakproces geven en leiden tot eensluidende conclusies.

Trefwoorden**Gecontroleerde termen:**

biologische afbraak, chloorethenen,
monitoring

Vrije trefwoorden:

analysemethoden, bemonsterings-
methoden, karakterisatie

Titel project

Demonstratieproject anaërobe 'ongestoorde'
grondwaterbemonstering locatie Rademarkt
5214247)
te Groningen

Projectleiding

IWACO B.V.
(drs. A.A.M. Nipshagen, 050-

Dit rapport is verkrijgbaar bij:

CUR/NOBIS, Postbus 420, 2800 AK Gouda

Report title

Demonstration project anaerobic
groundwater sampling location
Rademarkt Groningen

CUR/NOBIS report number

97-4-01

Project report number

97-4-01

Author(s)

drs. A.A.M. Nipshagen
drs. C.C.D.F. van Ree
ing. M. Rienks
drs. J.J. van der Waarde

Number of pages

Report: 18

Appendices: 27

Executive organisation(s) (Consortium)

BIOCLEAR Milieubiotechnologie B.V. (drs. J.J. van der Waarde, 050-5718455)
Grondmechanica Delft (drs. C.C.D.F. van Ree, 015-2693704)
IWACO B.V. (drs. A.A.M. Nipshagen, 050-5214247)

Publisher

CUR/NOBIS, Gouda

Abstract

By order of NOBIS and in the framework of the Project Integration Team (PIT) 'Characterization and monitoring', a demonstration project has been carried out on the location Rademarkt in Groningen. The project concerns the anaerobic sampling of groundwater. Groundwater sampling for characterization and monitoring of (intrinsic) bioremediation is considered a bottleneck, because it is not clear which factors determine the parameters and which method of sampling guarantees the best results.

The relative importance of the different groundwater sampling and analysing procedures is demonstrated in a comparative research.

The different sampling and analysing procedures, which have been carried out, give corresponding information about the intrinsic degradation processes and lead to similar conclusions.

Keywords**Controlled terms:**

biodegradation, chloroethylenes,
monitoring

Uncontrolled terms:

analysing procedures, charac-
terization, sampling methods

Project title

Demonstration project anaerobic
groundwater sampling location
5214247)
Rademarkt Groningen

Projectmanagement

IWACO B.V.
(drs. A.A.M. Nipshagen, 050-

This report can be obtained by: CUR/NOBIS, PO Box 420, 2800 AK Gouda, The Netherlands
Dutch Research Programme In-Situ Bioremediation (NOBIS)

VOORWOORD

In diverse NOBIS projecten heeft reeds grondwaterbemonstering plaatsgevonden. Daarbij is geconcludeerd dat geen ernstige bemonsteringsfouten zijn gemaakt. Ook worden in de (inter)nationale literatuur regelmatig resultaten van veldkarakterisaties gepubliceerd waarbij gebruik is gemaakt van goed gedocumenteerde bemonsteringsmethoden. Toch wordt grondwaterbemonstering in het Project Integratie Team 'Karakterisatie en monitoring' nog steeds als knelpunt ervaren, omdat niet ondubbelzinnig is vastgelegd welke factoren het analyseresultaat daadwerkelijk beïnvloeden en welke bemonsteringsmethode het beste resultaat garandeert.

Teneinde bovenstaande onzekerheden te kunnen wegnemen, is in mei 1998 door een projectgroep, bestaande uit BIOCLEAR, Grondmechanica Delft en IWACO, een vergelijkend grondwateronderzoek uitgevoerd op de locatie Rademarkt te Groningen met de bedoeling om het relatieve belang van de verschillende bemonsterings- en analyseprocedures te demonstreren. Speciale dank gaat hierbij uit naar TNO-MEP, vanwege hun aanwezigheid op de tweede meetdag en het uitvoeren van een aantal analyses.

Het was een inspirerende en warme ervaring om met een representatief team professionals van metend Nederland, gedurende drie dagen, onder een stralende zon rond een filter van rond 150 mm te bivakkeren.

Voor u ligt de rapportage van dit PIT-project.

februari 1999



The crew

INHOUD

		SAMENVATTING	v
		SUMMARY	vii
Hoofdstuk	1	INLEIDING	1
Hoofdstuk	2	WERKWIJZE	3
	2.1	Bemonstering	3
	2.2	Veldmetingen	5
	2.3	Analyses	5
Hoofdstuk	3	RESULTATEN EN INTERPRETATIE	7
	3.1	Effecten van de pompmethode op de macrochemie	8
	3.2	Verschil tussen laboratorium- en veldanalyses macrochemie	8
	3.3	Effecten van de pompmethode en type doorstroomcel/elektrode op redox, zuurstofgehalte, pH, temperatuur en geleidbaarheid	9
	3.4	Effecten van de pomp- en analysemethode op chloorethenen, etheen, ethaan en methaan	12
Hoofdstuk	4	CONCLUSIES EN AANBEVLINGEN	17
Bijlage	A	SITUERING VAN DE MONSTERPUNTEN	
Bijlage	B	BOORSTAAT EN SONDEERGRAFIEK	
Bijlage	C	BESCHRIJVING VAN GRONDWATERMONSTERSONDE EN CHEMOSONDE	
Bijlage	D	BESCHRIJVING VAN ANALYSEMETHODEN BIOCLEAR- EN IWACO-LABORATORIUM	
Bijlage	E	CHRONOLOGISCHE WEERGAVE VAN BEMONSTERING	
Bijlage	F	ANALYSERESULTATEN	

SAMENVATTING

Demonstratieproject anaërobe 'ongestoorde' grondwaterbemonstering locatie Rademarkt te Groningen

In opdracht van NOBIS is in het kader van het Project Integratie Team (PIT) 'Karakterisatie en monitoring' een demonstratieproject uitgevoerd op de locatie Rademarkt te Groningen inzake de anaërobe 'ongestoorde' bemonstering van grondwater.

Grondwaterbemonstering voor het vaststellen en monitoren van (intrinsieke) biorestauratie wordt in PIT-verband nog steeds als knelpunt ervaren, omdat niet ondubbelzinnig is vastgelegd welke factoren het analyseresultaat daadwerkelijk beïnvloeden en welke bemonsteringsmethode het beste resultaat garandeert.

Bovenstaande onzekerheden kunnen worden weggenomen door demonstratie van het relatieve belang van de verschillende procedures in een vergelijkend onderzoek.

In het project is geprobeerd een antwoord te vinden op de volgende onderzoeksvragen:

- Wat is het effect van de pompmethode op de grondwaterkarakterisatie?
- Wat is het effect van het type doorstroomcel en elektrode op de grondwaterkarakterisatie?
- Kunnen veldanalyses een goede vervanging zijn voor laboratoriumanalyses voor wat betreft (macrochemische) karakterisatie?

Op basis van de NEN 5745 (bemonstering grondwater vluchtige componenten) is op 11, 12 en 13 mei 1998 een grondwaterbemonstering uitgevoerd in een nieuw geplaatst peilfilter (rond 150 mm) met gebruik van verschillende pompmethoden. Deze pompmethoden zijn zowel na elkaar (op dag 1 en 2) als gelijktijdig (op dag 3) ingezet.

Tijdens de bemonstering met de diverse pompmethoden zijn zuurgraad (pH), temperatuur (T), geleidbaarheid (Ec), redoxpotentiaal (Eh), zuurstof en sulfidemetingen uitgevoerd, waarbij (afwisselend) gebruik is gemaakt van in-line geplaatste doorstroomcellen. Daarnaast zijn de pH, T, Ec en Eh eveneens insitu bepaald met de chemosonde van GD, zowel in het filter als daarbuiten.

Voor de directe bepaling in het veld van macrochemische componenten is gebruik gemaakt van een kuvettentest (dr. Lange) en daarnaast zijn laboratoriumanalyses uitgevoerd op de macrochemie. Voor de meting van chloorethenen en etheen in het veld is gebruik gemaakt van een draagbare GC (Photovac 10S). Daarnaast zijn de gehalten aan chloorethenen, etheen, ethaan en methaan in de laboratoria van BIOCLEAR, IWACO en TNO-MEP bepaald volgens verschillende analyseprocedures.

Gesteld kan worden dat de verschillende pompmethoden nauwelijks leiden tot verschillen in de gemeten parameters pH, T, Ec, redox en zuurstofgehalte, alsmede in de gemeten macrochemische parameters.

Verschillen die zich hebben voorgedaan, met name in de redoxpotentiaal en het zuurstofgehalte, kunnen mede veroorzaakt zijn door de gebruikte meetapparatuur. De wijze van kalibratie (en de stabiliteit en gevoeligheid van de gebruikte meters) is hier van belang. Daarnaast is het gebruikte slangenmateriaal van grote invloed op de metingen van zuurstof en (in mindere mate) redoxpotentiaal. Teflon pompslang leidt tot verhoogde zuurstofconcentraties in het opgepompte grondwater bij blootstelling aan de lucht.

Fotometrische veldmeting kan een goede vervangende meetmethode zijn voor de parameters chloride, nitraat en ijzerII. De sulfide-elektrode geeft overeenkomstige resultaten als de laboratoriumanalyses en lijkt een goed vervangend instrument.

Ten aanzien van de chloorethenen is de pompmethode van weinig invloed op het analyseresultaat. De chlooretheenanalyses hebben met de verschillende gebruikte pompmethoden en bij gelijkblijvende analysemethode consequent een lage (%) spreiding. De analyseresultaten verschillen echter aanzienlijk tussen de verschillende analysemethoden. Niet duidelijk is wat daarbij de sturende factor is. Met name de verschillen in voorbehandelingsduur en de daarbij gebruikte temperatuur kunnen mogelijk van doorslaggevend belang zijn.

De Photovac kan als screening dienen voor chlooretheenconcentraties en na validatie mogelijk ook als vervanging van laboratoriumanalyses.

Met alle uitgevoerde bemonsteringen en analyses zijn resultaten behaald die vergelijkbare informatie over het intrinsieke afbraakproces geven en leiden tot eensluidende conclusies bij deze ondiepe bemonstering.

Aanbevolen wordt het gebruik van teflon pompslang bij ondiepe ongestoorde anaërobe grondwaterbemonstering te vermijden in verband met zuurstofpermeatie.

Aanbevolen wordt de validatie van de sulfide-elektrode op een andere locatie te bevestigen, aangezien op deze locatie geen vrij sulfide in het grondwater aanwezig is.

Aanbevolen wordt een ringonderzoek te verrichten betreffende de verschillende gebruikte GC-analyses voor bepaling van de concentraties chloorethenen, etheen, ethaan en methaan.

Aanbevolen wordt bij monitoring van een locatie in de tijd gebruik te maken van dezelfde analysemethode voor analyse van de vluchtige anaërobe afbraakcomponenten.

Aanbevolen wordt de ongestoorde anaërobe grondwaterbemonstering ook te demonstreren in de diepe ondergrond, waarbij met name het effect van ontgassing tijdens de bemonstering een negatieve invloed heeft op de interpretatie van intrinsieke biorestauratie. In het verlengde hiervan wordt aanbevolen hieromtrent aangepaste bemonsteringsmethoden te ontwikkelen.

SUMMARY

Demonstration project anaerobic groundwater sampling location Rademarkt Groningen

By order of NOBIS and in the framework of the Project Integration Team (PIT) 'Characterization and monitoring', a demonstration project has been carried out on the location Rademarkt in Groningen. The project concerns the sampling of anaerobic groundwater.

Groundwater sampling for characterization and monitoring of (intrinsic) biorestauration is still considered a bottleneck, because it is not clear which factors determine the results of groundwater analyses and which method of sampling guarantees the best results. The relative importance of the different groundwater sampling and analysing procedures have been demonstrated in a comparative research.

The following results were aimed for:

- What is the effect of the method of groundwater sampling on the characterization of the groundwater.
- What is the effect of the type of flowcell and electrode on the characterization of the groundwater.
- Can field analyses replace the laboratory analyses regarding the (macrochemical) characterization.

Based on NEN 5745 (sampling of volatile components in groundwater) samples have been taken (on 11, 12 and 13 may 1998) from a monitoring well (150 mm diameter) using various methods of sampling. The sampling has been carried out in succession (day 1 and 2) as well as simultaneously (day 3).

During the sampling, the acidity (pH), temperature (T), conductivity (Ec), redoxpotential (Eh), oxygen and sulphide have been measured, by using in-line flow-cells. The pH, T, Ec en Eh is also measured in situ by using a chemo-probe, inside as well as outside the well.

A field-test (Dr. Lange) as well as laboratory analyses have been carried out to measure macrochemical components. For the analyses of chloroethylenes and ethylene a portable GC (Photovac 10S) has been used. The concentrations of chloroethylenes, ethylene, ethane en methane have been determined in the laboratories of BIOCLEAR, IWACO en TNO-MEP according to various procedures.

The various methods of sampling hardly result in differences in the measured values of the parameters pH, T, Ec, Eh and oxygen, nor has it effect on the macrochemical parameters.

The measuring devices probably cause differences in redoxpotential and concentrations of oxygen. Most important is the method of calibration (and the stability and sensitivity of the used gauge). Also the used tubing has a significant influence on the measured values of oxygen and (lesser) on the redoxpotential. Teflon tubing leads to increasing concentrations of oxygen in the groundwater samples when exposed tot the air.

Photometric field measurements can be a proper way to determine chloride, nitrate and ironII. The sulphide electrode shows similar results as laboratory analyses and therefore is a proper substitute.

The concentrations of the chloroethylenes are hardly influenced by the method of sampling. However the results differ significantly by using various analytical procedures. It is not clear what the key factor is. Differences in pre-treatment and the used temperature possibly are of importance.

The Photovac can be used as a screening instrument for the chloroethylene concentrations and after validation can possibly replace laboratory analyses.

All various methods of sampling and analysing procedures give comparable information about the intrinsic degradation processes and lead to identical conclusions.

It is recommended avoiding the use of teflon tubing for anaerobic sampling of groundwater in connection with permeation of oxygen.

It is recommended confirming the validation of the sulphide electrode on another location, because on this location there is no free sulphide present in the groundwater.

It is recommended carrying out a quality investigation concerning the various GC analytical procedures used for determination of the concentrations chloroethylenes, ethylene, ethane and methane.

It is recommended in case of monitoring to use the same method of analysis for determination of the concentrations of chloroethylenes, ethylene, ethane, and methane.

It is recommended to demonstrate the anaerobic sampling of groundwater in the deeper groundwater layers (> 5 m-gl), where there is a significant degassing effect of the groundwater during sampling. This can have a negative effect on the interpretation of the intrinsic degradation processes. In order to cope with this degassing effect, it is recommended to develop a specific method of sampling.

HOOFDSTUK 1

INLEIDING

In opdracht van NOBIS is in het kader van het Project Integratie Team (PIT) 'Karakterisatie en monitoring' een demonstratieproject uitgevoerd inzake de anaërobe 'ongestoorde' bemonstering van grondwater. De werkzaamheden zijn uitgevoerd op de locatie Rademarkt in Groningen.

Bij de natuurlijke afbraak van verontreinigingen in de ondergrond spelen diverse biologische processen een rol. In de verzadigde zone raakt zuurstof al snel op en zullen met name anoxische en anaërobe processen als biologische denitrificatie, ijzerreductie, mangaanreductie, sulfaat-reductie en methanogenese overheersen. De relatieve snelheid van biologische afbraak van verontreinigingen als BTEX en VOCI's is afhankelijk van de heersende redoxcondities en het dominante biologische proces. Dit betekent dat bij het in kaart brengen van in situ afbraak-snelheden het essentieel is om een juiste indruk te krijgen van de redoxcondities in de bodem. Deze redoxcondities kunnen alleen goed worden gekarakteriseerd als de wijze van bemonstering en analyseverstoring van deze condities voorkomt.

Grondwaterbemonstering voor het vaststellen en monitoren van intrinsieke biorestauratie vindt deels plaats volgens NEN-normen. Deze NEN-normen zijn echter niet ontworpen en gevalideerd voor bemonstering ten behoeve van monitoring van intrinsieke biorestauratie. Dit betekent dat in de praktijk soms verstoring van grondwatermonsters optreedt, waardoor de analyseresultaten niet meer representatief zijn voor de situatie in de bodem. Hierdoor wordt de data-interpretatie en het vaststellen van natuurlijke afbraak bemoeilijkt. Vaak worden de analysedata wel geïnterpreteerd, omdat ervan wordt uitgegaan dat de NEN-richtlijn voldoende waarborging geeft.

Een goede grondwaterbemonstering voorkomt vervluchtiging van vluchtige componenten of verstoring door blootstelling aan zuurstof. Dit betekent dat de samenstelling van het grondwater moet worden gewaarborgd vanaf het moment van monsternamen tot aan het moment van hetzij veld-, hetzij laboratoriumanalyse. Grote zorg is bijvoorbeeld nodig bij het bemonsteren voor vinylchloride, methaan, sulfide en ijzer(II). Vervluchtiging van vluchtige verbindingen als vinylchloride en methaan moet worden vermeden. Het is bekend dat oxidatie van opgelost Fe(II) door zuurstof een snelle reactie is (in de orde van grootte van minuten tot uren) bij neutrale pH. Evenzo is oxidatie van opgeloste sulfiden een zeer snelle reactie die moet worden voorkomen. Sommige analyses kunnen daarom het beste in het veld worden uitgevoerd. Onduidelijk is nog welke analyses dit zijn. Ook de keuze tussen veldanalyses en laboratoriumanalyses voor het analyseren van ionen (NO_3 , SO_4 , FeII) is nog onduidelijk. Kwantitatieve colorimetrische veldassays hebben een hogere detectielimiet, maar worden wel direct op verse monsters uitgevoerd. Analyses in het laboratorium hebben een lagere detectielimiet, maar de samenstelling van het monster kan zijn veranderd tijdens het transport en de opslag.

In diverse NOBIS-projecten heeft reeds grondwaterbemonstering plaatsgevonden. Daarbij is geconcludeerd dat geen ernstige bemonsteringsfouten zijn gemaakt. Ook worden in de (inter)nationale literatuur regelmatig resultaten van veldkarakterisaties gepubliceerd waarbij gebruik is gemaakt van goed gedocumenteerde bemonsteringsmethoden. Toch wordt grondwaterbemonstering in PIT-verband nog steeds als knelpunt ervaren, omdat niet ondubbelzinnig is vastgelegd welke factoren het analyseresultaat daadwerkelijk beïnvloeden en welke bemonsteringsmethode het beste resultaat garandeert.

De genoemde onzekerheden kunnen worden weggenomen door demonstratie van het relatieve belang van de verschillende procedures in een vergelijkend onderzoek. Dergelijk onderzoek, gericht op intrinsieke biorestauratie, is in het NOBIS-kader nog niet uitgevoerd.

In een eerder NOBIS-project, dat door BIOCLEAR en IWACO is uitgevoerd (werkbezoek VS monsternamen en monitoring), is ervaring opgedaan met diverse methoden om ongestoorde grondwaterbemonstering uit te voeren.

Het doel van dit PIT-project is om te demonstreren dat een ongestoorde grondwaterbemonstering ten behoeve van het bepalen van het intrinsieke afbraakpotentieel mogelijk is en om mogelijke factoren, die de kwaliteit van de bemonstering en analyse beïnvloeden, te identificeren. Hierbij wordt geprobeerd een antwoord te vinden op de volgende onderzoeksvragen:

- Wat is het effect van de pompmethode op de grondwaterkarakterisatie?
- Wat is het effect van het type doorstroomcel en elektrode op de grondwaterkarakterisatie?
- Kunnen veldanalyses een goede vervanging zijn voor laboratoriumanalyses voor wat betreft (macrochemische) karakterisatie?

HOOFTUK 2

WERKWIJZE

2.1 Bemonstering

Op 6 april 1998 is een boring uitgevoerd (diameter 325 mm, diepte 7,5 m) met een avegaar, waarbij de laatste 2 meter is gepulsd. Tijdens de uitvoering van de boring is circa 25 liter werkwater gebruikt. De boring is afgewerkt met een peilfilter 150 mm rond, met het filter van 6 - 7 m-mv en een filtergrindomstorting van 5,5 tot 7,5 m-mv. Een week na de plaatsing is het filter afgepompt. Hierbij is driemaal de boorgatinhoud afgepompt (600 liter).

Op 11 mei 1998 is door Grondmechanica Delft op circa 3 m afstand van de boring een piëzsondering uitgevoerd tot een diepte van 10 m-mv. In bijlage A is de plaats van de boring en de sondering weergegeven. De boorstaat en het sonderingsresultaat zijn opgenomen in bijlage B.

Op basis van de NEN 5745 (bemonstering grondwater vluchtige componenten) is op 11, 12 en 13 mei 1998 een bemonstering uitgevoerd van het peilfilter met gebruik van verschillende pompmethoden. Deze pompmethoden zijn zowel na elkaar (op dag 1 en 2) als gelijktijdig (op dag 3) ingezet. De gebruikte pompmethoden zijn:

- de slangenpomp (met PE-bemonsteringsslang en siliconen pompslang);
- de dompelpomp (Eykelkamp, PVC, met PE-bemonsteringsslang);
- de grondwaterbemonsteringssonde van GD (teflon bemonsteringsslang), waarbij eenzelfde type zowel in als buiten het filter is toegepast. In bijlage C wordt een beschrijving gegeven van de sonde;
- de balgpomp van IWACO (Eykelkamp, PVC, met PE-bemonsteringsslang);
- de balgpomp van TNO-MEP (Well Wizard QED, RVS, met teflon bemonsteringsslang).

De bemonsteringen op dag 1 en 2 zijn als volgt verlopen:

- de pomp (of slang van slangenpomp) is in de peilbuis gebracht met de instroomopening van de pomp op 6,5 m-mv;
- er is circa 5 liter water opgepompt, met een aangekoppelde doorstroomcel, of in ieder geval zoveel water als nodig was voor het verkrijgen van een stabiele waarde van zuurstof, redox en geleidbaarheid (zie bijlage F voor het gespoeld volume water);
- met name op dag 1 is steeds gewisseld van doorstroomcel, waarna de pompprocedure weer is herhaald;
- op dag 2 zijn bij (in de tijd na elkaar) gebruikte pompsystemen monsterflessen gevuld voor veld- en laboratoriumanalyses.

Het monsterschema voor dag 3 was als volgt:

- alle pompen zijn voorzichtig in de peilbuis gebracht met de instroomopening op 6,5 m-mv;
- er is met alle pompsystemen gelijktijdig circa 5 liter water opgepompt, met een aangekoppelde doorstroomcel, of in ieder geval zoveel water als nodig was voor het verkrijgen van een stabiele waarde van zuurstof, redox en geleidbaarheid;
- de monsterflessen zijn gevuld voor veld- en laboratoriumanalyses. Hierbij is getracht het bemonsteringsmoment voor de verschillende pompsystemen zo dicht mogelijk op elkaar te laten volgen.

In bijlage E is de bemonstering op chronologische schaal weergegeven. De meetmomenten verwijzen daarbij naar de meetmomenten, zoals is aangegeven in tabel 1 waarin het analyse-schema is weergegeven.

Tabel 1. Bemonsteringsschema.

methode	meetdag	bemonsteringsmomenten en aantal (n)							
		doorstroomcel IWACO (I)	doorstroomcel BIOCLEAR (II)	doorstroomcel GD (III)	Photovac-analyse (IV)	veldanalyse BIOCLEAR (V)	lab-analyse IWACO (VI)	lab-analyse BIOCLEAR (VII)	lab-analyse TNO-MEP (VIII)
slangenpomp	dag 1: 11 mei	10, 18, 20	11, 15, 22	12					
	dag 2: 12 mei	9	10		9, 10	10	9	10	9
	dag 3: 13 mei	1, 2, 3, 4	1, 3		1, 2, 3, 4	2	2	2	
balgpomp IWACO	dag 1	1, 13	2	14					
balgpomp TNO-MEP	dag 2	4		8	4	4	4	4	8
balgpomp IWACO	dag 3	1, 2, 4	1, 3, 4		1, 2, 3, 4	2	2	2	
dompelpomp	dag 1	6, 21	8, 9, 19	7					
	dag 2	11, 13	12, 14		11, 13	12	11	12	11
	dag 3	1, 2, 3, 4	1, 2		1, 2, 3, 4	2	2	2	
grondwatermonstersonde in filter	dag 1	5	4, 17	3, 16					
	dag 2	6	5	1	5	1	1	1	1
	dag 3		4	1, 2, 3	1, 2, 3, 4	2	2	2	
grondwatermonstersonde buiten filter	dag 1		8						
	dag 2		7	2*, 3*, 15**	3, 15	15	15	15	15
	dag 3								
	totaal	24	23	13	24	9	9	9	5

Verklaring

I pH, T, Ec, Eh, O₂

II pH, T, Ec, Eh, O₂, sulfide

III pH, T, Ec, Eh, O₂

IV PER, TRI, cis-DCE, VC, etheen

V nitraat, Fe²⁺, Cl⁻

VI sulfaat, sulfide, nitraat, Fe²⁺, Cl⁻, TOC, VC, etheen, ethaan, methaan

VII sulfaat, sulfide, PER, TRI, cis-DCE, VC, etheen, ethaan, methaan

VIII PER, TRI, cis-DCE, VC, etheen, ethaan

* sondering circa 3 m buiten het filter, ter hoogte van de bovenkant van het filter (6 m-mv)

** sondering circa 3 m buiten het filter, ter hoogte van het midden van het filter (6,5 m-mv)

De pompdebieten zijn, uitgezonderd de GD-sonde, zoveel mogelijk gehandhaafd op 0,5 l/min. Het pompdebiet van de GD-sonde bedroeg circa 0,1 - 0,2 l/min. Voor de debieten wordt verwezen naar 'overzicht resultaten veldmetingen doorstroomcellen' opgenomen in bijlage F.

De bemonstering ten behoeve van de veld- dan wel GC-analyses (laboratoria van TNO-MEP, BIOCLEAR en IWACO) zijn na elkaar genomen. De bemonstering ten behoeve van de GC-analyse bij BIOCLEAR is uitgevoerd met een in-line geplaatste continu doorstroomde monsterfles. De monsters ten behoeve van de analyse bij IWACO en TNO-MEP zijn voor de doorstroomcel genomen. De monsters ten behoeve van de sulfide-analyse zijn in het veld met zinkacetaat en natriumcarbonaat geconserveerd. De monster ten behoeve van de ijzeranalyses zijn in het veld met HNO₃ geconserveerd. De monsters ten behoeve van de chlooretheenanalyse in het IWACO-laboratorium zijn geconserveerd met kopersulfaat. Voor de bemonstering ten behoeve van de Photovac- en TNO-MEP-analyse is gebruik gemaakt van 25 ml GC-vials.

2.2 Veldmetingen

Tijdens de bemonstering met de diverse pompsystemen zijn zuurgraad (pH), temperatuur (T), geleidbaarheid (Ec), redoxpotentiaal (Eh) en zuurstofmetingen uitgevoerd, waarbij (afwisselend) gebruik is gemaakt van in-line geplaatste doorstroomcellen van GD (teflon cel), BIOCLEAR (perspex cel, mede voorzien van een sulfide-elektrode) en IWACO (glas cel). Daarnaast zijn de pH, T, Ec en Eh eveneens in situ bepaald met de chemosonde van GD, zowel in het filter als daarbuiten.

Voor de directe bepaling in het veld van nitraat-, ijzer(II)- en chloridegehalte is de kuvettentest van dr. Lange met de spectrofotometer (LASA 20) gebruikt.

Voor de meting van chloorethenen en etheen in het veld is gebruik gemaakt van een Photovac 10S.

2.3 Analyses

Op de genomen monsters zijn de volgende analyses uitgevoerd:

- De kuvettentest van dr. Lange met de spectrofotometer (LASA 20) voor de directe bepaling in het veld van nitraat-, ijzer(II)- en chloridegehalten, na filtratie. Het sulfidegehalte is met de kuvettentest van dr. Lange in het laboratorium uitgevoerd omdat de benodigde ijkmonsters, vanwege het vluchtige karakter van sulfide, niet in het veld kunnen worden aangemaakt. De LASA 20 kuvettentest analyzer is door de leverancier dr. Lange voor de duur van het project kosteloos ter beschikking gesteld.
- De parameters sulfaat, nitraat en chloride zijn met de HPLC-methode (ionchromatografisch) bepaald. Sulfide en Fe^{2+} (na veldfiltratie) zijn fotometrisch door het IWACO-laboratorium bepaald. Daarnaast is het sulfaatgehalte turbidimetrisch in het BIOCLEAR-laboratorium bepaald.
- Metingen van het gehalte perchlooretheen (PCE), trichlooretheen (TCE), cis-dichlooretheen (c-DCE), trans-dichlooretheen (t-DCE), vinylchloride (VC) en etheen en/of ethaan en/of methaan met een draagbare gaschromatograaf (Photovac) direct in het veld, alsmede in de laboratoria van BIOCLEAR, IWACO en TNO-MEP.

BIOCLEAR: PCE, TCE, cis/t-DCE met GCMS en VC, etheen, ethaan en methaan met GC/FID met statische headspace analyse na equilibratie (8 uur) bij 30 °C.

Photovac: PCE, TCE, cis/t-DCE, VC en etheen met GC/FID met statische headspace na equilibratie (15 minuten) bij 30 °C.

IWACO: PCE, TCE en cis/t-DCE met GC/FID na purge and trap op tenax (10 minuten bij 95 °C) en thermische desorptie. VC met GCMS na 8 minuten purge and trap bij kamertemperatuur. Etheen, ethaan en methaan met GC/FID met headspace na 5 minuten equilibratie bij 50 °C.

TNO-MEP: PCE, TCE cis/t-DCE met GC/ECD met headspace na equilibratie bij 80° C. VC, etheen, ethaan en methaan met FID na 5 minuten purge and trap.

In bijlage D zijn de beschrijvingen van de analysemethoden kort weergegeven. In tabel 2 zijn de analysemethoden voor elke gemeten parameter nog eens samengevat.

Tabel 2. Gemeten parameters en analysemethoden.

parameter	analysemethode			
PCE/TCE/DCE	GCMS/hs-L30	FID/p&t	FID/hs-v	ECD/hs-L
VC	FID/hs-L30	GCMS/p&t	FID/hs-v	FID/p&t
etheen	FID/hs-L30	FID/hs-L50	FID/hs-v30	FID/p&t
ethaan/methaan	FID/hs-L30	FID/hs-L50		FID/p&t
sulfaat	turbidimetrisch	HPLC		
sulfide	fotometrisch (lab)	fotometrisch (lab)	selectieve elektrode	
nitraat	fotometrisch (kuvettentest)	HPLC		
ijzerII	fotometrisch (kuvettentest)	fotometrisch (lab)		
chloride	fotometrisch (kuvettentest)	HPLC		
TOC		infrarood		

Verklaring:

hs-L = headspace lab, 8 uur equilibratie

hs-v = headspace veld, 15 minuten equilibratie

p&t = purge and trap

hs-L30 = headspace lab, 8 uur equilibratie bij 30 °C

hs-v30 = headspace veld, 15 minuten equilibratie bij 30 °C

hs-L50 = headspace lab, 5 minuten equilibratie bij 50 °C

HOOFDSTUK 3

RESULTATEN EN INTERPRETATIE

In bijlage F zijn alle meetresultaten in tabelvorm weergegeven. In tabel 3 zijn de resultaten van de macrochemische parameters weergegeven.

Tabel 3. Overzicht van de resultaten van de macroparameters

pompmethode/analysemethode	moment	chloride (mg/l)	nitraat (mg/l)	sulfaat (mg/l)	sulfide (mg/l)	TOC (mg/l)	ijzer ²⁺ (mg/l)
dag 2: 12 mei							
dompelpomp							
HPLC (lab)	11	280	< 0,04	170			
fotometrisch (lab)	11				< 0,050		0,071
turbidimetrisch (lab)	12			120			
fotometrisch (veldkit)	12	380	< 1,0		< 0,1		< 0,2
infrarood	11					14	
slangenpomp							
HPLC (lab)	9	270	< 0,04	170			
fotometrisch (lab)	9				0,087		0,077
turbidimetrisch (lab)	10			120			
fotometrisch (veldkit)	10	370	< 1,0		< 0,1		< 0,2
infrarood	9					7,0	
balgpomp TNO							
HPLC (lab)	4	270	< 0,04	170			
fotometrisch (lab)	4				< 0,050		< 0,050
turbidimetrisch (lab)	4			120			
fotometrisch (veldkit)	4	360	< 1,0		< 0,1		< 0,2
infrarood	4					8,5	
sonde GD in							
HPLC (lab)	1	270	< 0,04	180			
fotometrisch (lab)	1				< 0,050		0,087
turbidimetrisch (lab)	1			140			
	16			190			
fotometrisch (veldkit)	1	350	< 1,0		< 0,1		< 0,2
	16	510	< 1,0		< 0,1		< 0,2
infrarood	16					8,8	
sonde GD naast							
HPLC (lab)	15	420	< 0,04	230			
fotometrisch (lab)	15				< 0,050		< 0,050
infrarood	15					11	
dag 3: 13 mei							
dompelpomp							
HPLC (lab)	2	270	< 0,04	140			
fotometrisch (lab)	2				< 0,050		< 0,050
turbidimetrisch (lab)	2			120			
fotometrisch (veldkit)	2	300	< 1,0		< 0,1		< 0,2
infrarood	2					8,4	
slangenpomp							
HPLC (lab)	2	260	< 0,04	130			
fotometrisch (lab)	2				< 0,050		0,07
turbidimetrisch (lab)	2			130			
fotometrisch (veldkit)	2	310	< 1,0		< 0,1		< 0,2
infrarood	2					9,3	
balgpomp IWACO							
HPLC (lab)	2	300	< 0,04	160			
fotometrisch (lab)	2				< 0,050		0,13
turbidimetrisch (lab)	2			140			
fotometrisch (veldkit)	2	370	< 1,0		< 0,1		< 0,2
infrarood	2					9,3	
sonde GD in							
HPLC (lab)	2	260	< 0,04	140			
fotometrisch (lab)	2				< 0,050		0,077
turbidimetrisch (lab)	2			130			
fotometrisch (veldkit)	2	320	< 1,0		< 0,1		< 0,2
infrarood	2					9,6	
sonde GD naast							

geen parameters bepaald							
-------------------------	--	--	--	--	--	--	--

3.1 Effecten van de pompmethode op de macrochemie

De veldmetingen geven voor de macrochemische parameters nauwelijks verschillen te zien tussen de gebruikte pompmethoden. De waargenomen verschillen zijn relatief gering. Op dag 2 zijn de pompmethoden na elkaar gebruikt. Op dag 2 zijn voor chloride, nitraat en sulfaat nauwelijks verschillen zichtbaar tussen de gebruikte pompmethoden. De analyseresultaten, verkregen met de GD-sonde naast het filter, zijn afwijkend maar gezien de afstand tot het filter (circa 3 m) moet dit worden beschouwd als een ander monster. De verschillen tussen de analyseresultaten bij het gebruik van de diverse pompmethoden laten zich niet in een trend vertalen, die in relatie met het verpompt volume water zou kunnen worden gebracht.

Op dag 3 zijn de pompmethoden gelijktijdig gebruikt. Ook op dag 3 zijn de waargenomen verschillen relatief gering.

Er zijn geen grote verschillen aanwijsbaar bij de vergelijking van de analyseresultaten van dag 2 en dag 3. Ook hier is derhalve geen relatie met het verpompt volume water zichtbaar.

Bij bemonstering na elkaar, noch bij gelijktijdige bemonstering met gebruikmaking van dompelpomp, slangpomp, balgpomp of bemonsteringssonde treden geen zodanige verschillen op in de gehalten van de macrochemie dat dit de voorkeur voor één van de pompmethoden zou rechtvaardigen. Dit is overeenkomstig de verwachting.

3.2. Verschil tussen laboratorium- en veldanalyses macrochemie

De veldanalyse en laboratoriumanalyse geven een consequent verschil in het gehalte van chloride. Deze verschillen worden, zoals reeds is besproken, niet veroorzaakt door een verschil in pompmethode. De absolute waarde van de analyse in identieke monsters wordt bepaald door de gebruikte analysemethode.

De veldanalyse heeft een hogere detectielimiet voor nitraat en ijzerII. De analyse is echter gevoelig in een bereik dat voldoende informatie geeft over het optreden van biologische afbraakprocessen. Gezien de resultaten kan worden gesteld dat de veldmeting een goede vervangende meetmethode kan zijn voor de parameters chloride, nitraat en ijzerII.



Veldkit voor de bepaling van chloride, nitraat en ijzerII is een goede vervanger voor laboratoriumanalyses

Meting van het sulfidegehalte met een selectieve elektrode in een doorstroomcel levert in alle gevallen een gehalte < 0,1 mg/l (zie bijlage F voor de resultaten).

De sulfide-elektrode geeft overeenkomstige resultaten als de laboratoriumanalyses en lijkt een goed vervangend instrument. Deze conclusie dient echter op een andere locatie te worden bevestigd, aangezien op deze locatie geen vrij sulfide in het grondwater aanwezig is.

3.3 Effecten van de pompmethode en type doorstroomcel/elektrode op redox, zuurstofgehalte, pH, temperatuur en geleidbaarheid

Redoxpotentiaal

In figuur 1 zijn de meetresultaten van de redox op dag 1 weergegeven, gemeten met de BIO-CLEAR-, IWACO- en GD-doorstroomcel, afgezet tegen de bemonsteringsmethoden.

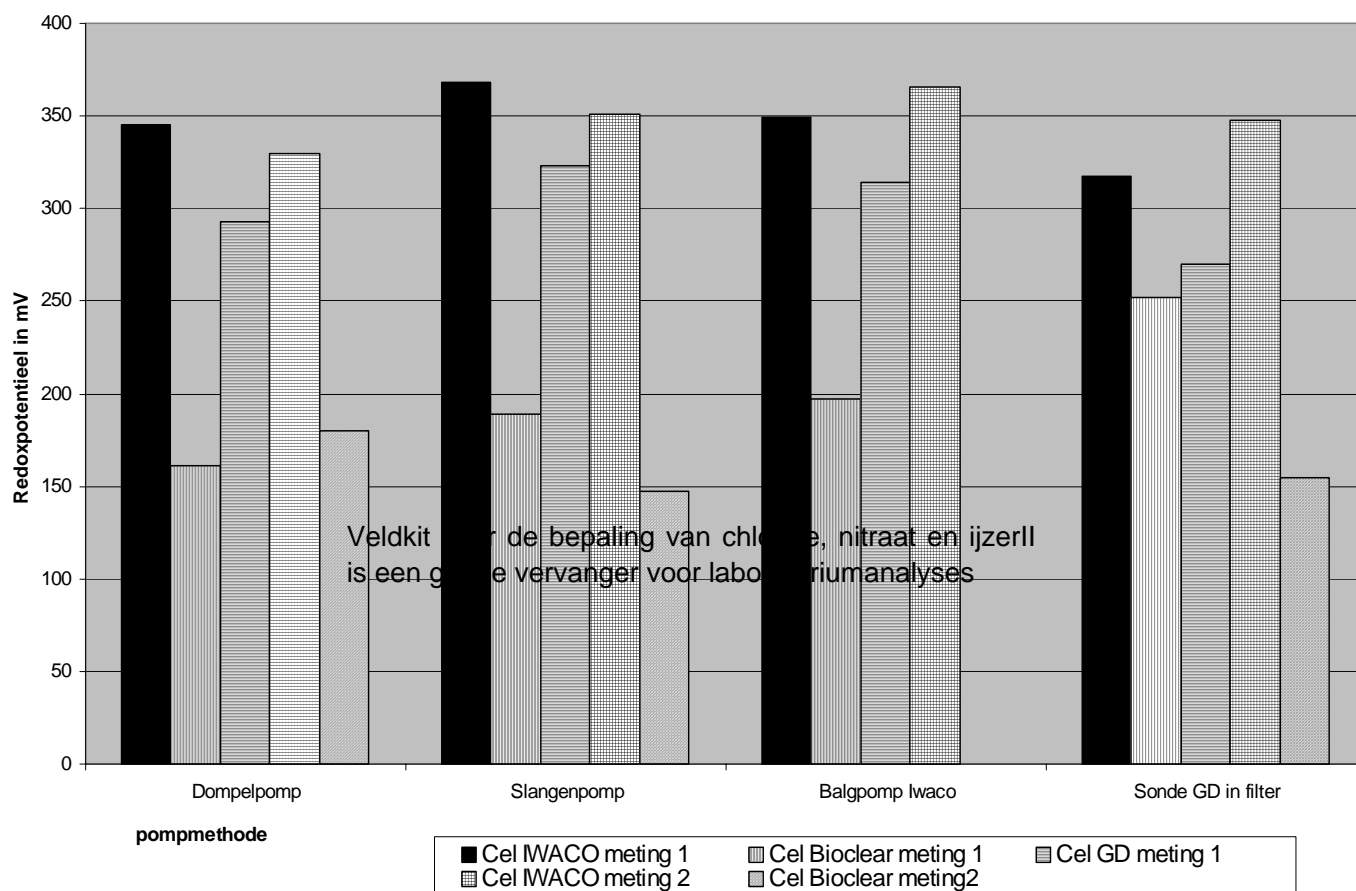


Fig. 1. Redox dag 1 tegen pompmethode.

De redoxpotentiaal vertoont bij de meting met de IWACO-en GD-cel een geringe spreiding tussen de pompmethoden (zie fig. 1). De resultaten liggen met deze cellen dicht bij elkaar. De metingen met de redoxelektrode in de BIOCLEAR-doorstroomcel liggen consequent lager dan bij de andere elektroden. Bij de meting met de BIOCLEAR-cel wordt een grotere spreiding waargenomen tussen de pompmethoden. Hier worden de verschillen mogelijk niet veroorzaakt door verschillen in de pompmethode of het verpompt volume water, maar door verschillen in de gebruikte elektroden. De genoemde verschillen doen zich zowel op dag 1, 2 als 3 voor. De met de chemosonde gemeten redoxpotentiaal is veel lager dan gemeten met de GD-sonde naast het filter en de GD-doorstroomcel, maar komt overeen met de BIOCLEAR-doorstroomcelmeting.

Zuurstofgehalte

In figuur 2 is het zuurstofgehalte op dag 1 tegen de bemonsteringsmethode weergegeven.

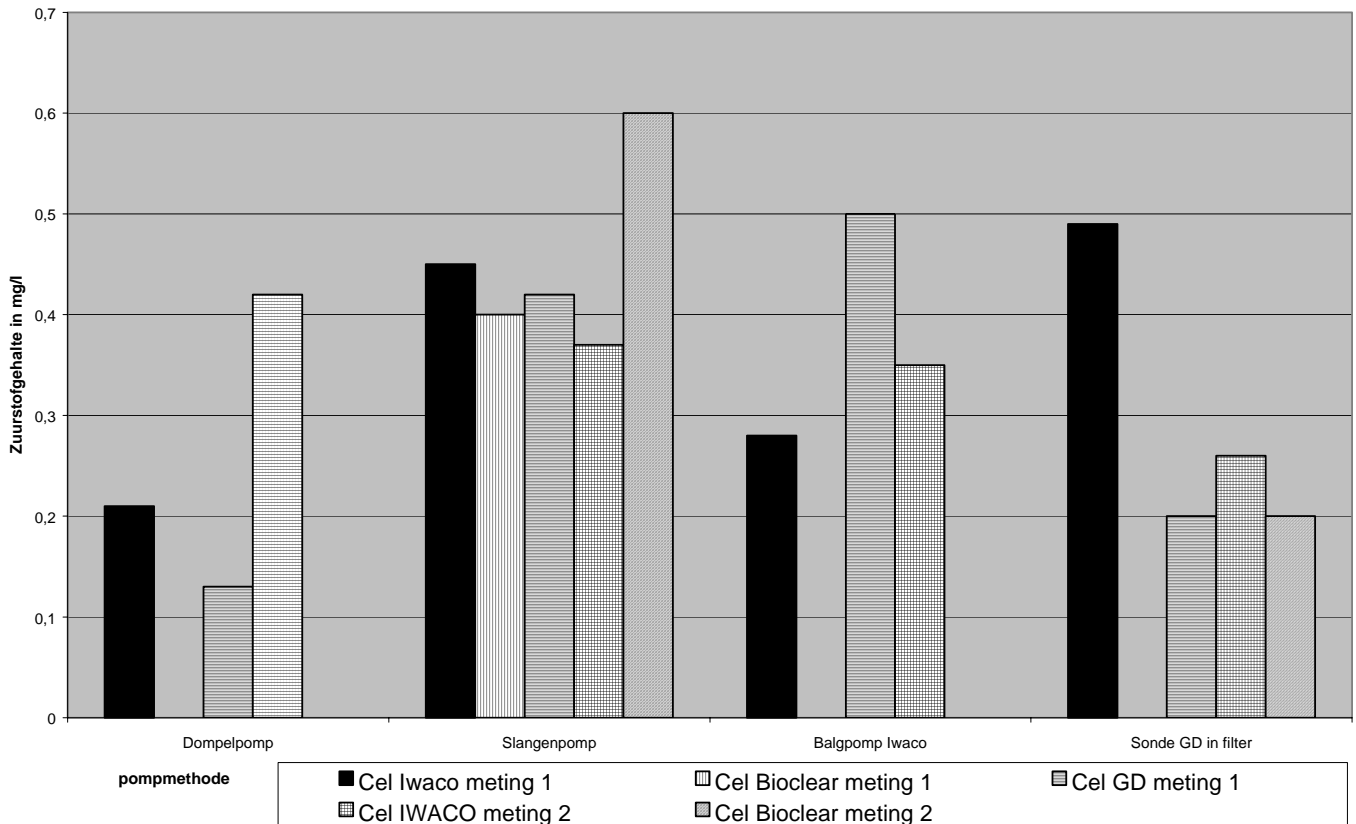


Fig. 2. Zuurstofgehalte dag 1 tegen pompmethode.

Bij de eerste vier zuurstofmetingen is een negatief signaal gemeten. Controle van het nulpunt geeft een negatief signaal van -0,3 mg/l, mogelijk veroorzaakt door het grote temperatuurverschil tussen de ijking op het lab en de hoge buitentemperatuur (circa 30 °C). Na deze metingen is de zuurstofmeter opnieuw gekalibreerd. Tevens is bij controle van de zuurstofmeters van GD en IWACO gebleken dat deze meters geen 0,0 mg/l aangeven in de gebruikte zero-oxygenoplossing, maar circa 0,2 mg/l.

Er zijn wat betreft het zuurstofgehalte geen verschillen aanwijsbaar die zijn terug te voeren op de gebruikte pompmethode. De verschillen, die zijn waargenomen, worden wellicht voor een deel bepaald door de gebruikte elektroden, maar meer nog door het gebruikte slangenmateriaal (PE versus teflon).

Bij de toepassing van teflon slang zijn de gemeten zuurstofgehalten meestal hoger dan bij het gebruik van PE-slang. Dit blijkt ook uit de data op dag 2 waar met de balgpomp van TNO, met tussenschakeling van 50 m teflon slang, een zuurstofgehalte wordt gemeten van circa 1,2 mg/l.

Op dag 2 is het permeatie-effect geïllustreerd door bij de GD-sonde naast het filter de teflon slang tussen twee meetmomenten 5 meter in te korten. Het gemeten zuurstofgehalte daalt hierdoor van 0,9 naar 0,5 mg/l.

Zuurgraad en temperatuur

De pH vertoont een geringe spreiding, zowel tussen de gebruikte doorstroomcellen, de pompmethoden als in de tijd. Ook laat de GD-sonde (3 m) naast het filter geen verschil zien met de andere metingen in het filter. Derhalve is de halve pH-eenheid verschil welke op dag 3 met de chemosonde is gemeten opmerkelijk te noemen. Wellicht dat bij alle pompmethoden een verschuiving in het bicarbonaatevenwicht optreedt welke verantwoordelijk is voor de daling van de pH tot pH 6,7.

De verschillen in de gemeten temperatuur worden vooral veroorzaakt door de verschillen in de slanglengte en slangdikte. Opmerkelijk is de in situ gemeten temperatuur met de chemosonde (19 °C). Gezien de andere meetresultaten mag worden getwijfeld aan deze waarde. Deze is waarschijnlijk veroorzaakt door een snelle bemonstering na het wegdrukken van de sonde (wrijvingswarmte!).

Geleidbaarheid

Tijdens dag 1 van de monitoring is gebleken dat de geleidbaarheidsmeter van BIOCLEAR, in vergelijking met de meters van IWACO en GD en bij meting in een kalibratievloeistof, een te hoge waarde aangeven. Bij controle is vastgesteld dat de elektrode defect was. In figuur 3 zijn deze waarden dan ook weggelaten.

In figuur 3 is de geleidbaarheid op dag 1 in de tijd per pompmethode weergegeven.

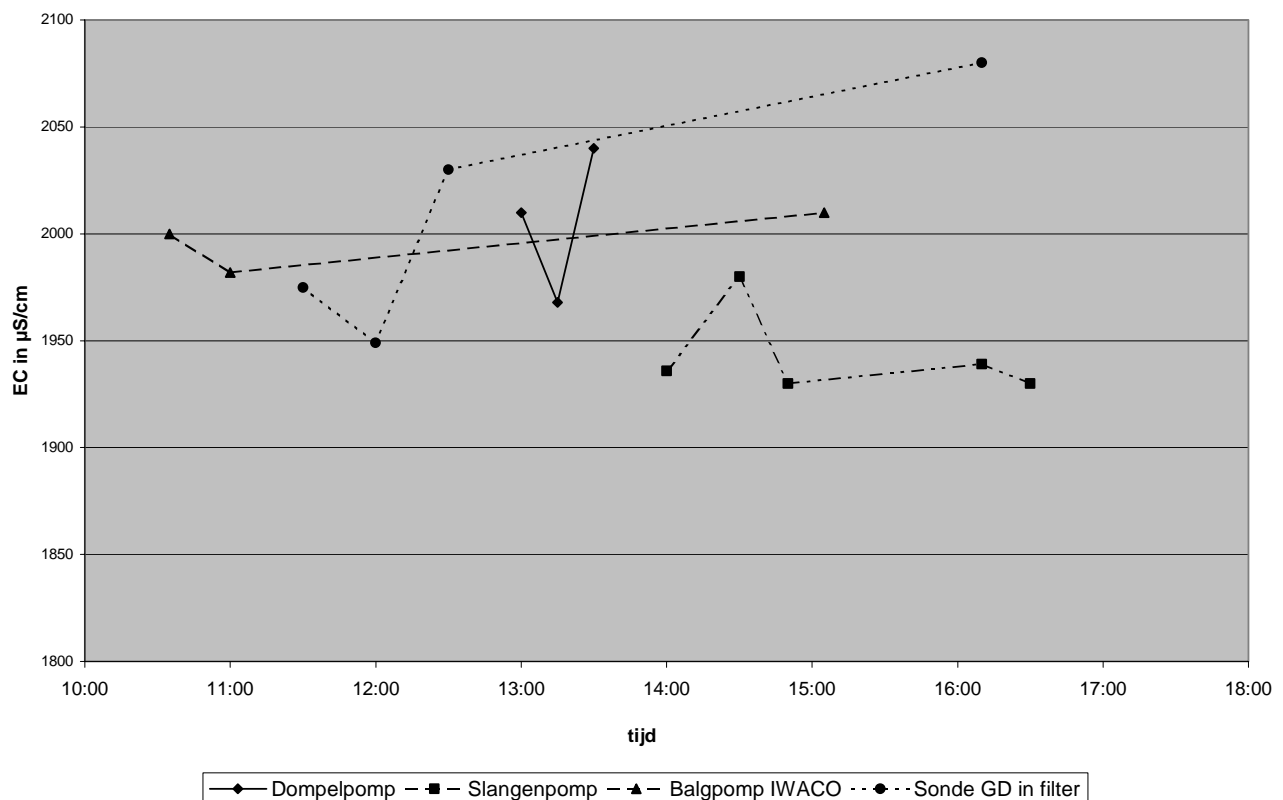


Fig. 3. Geleidbaarheid dag 1.

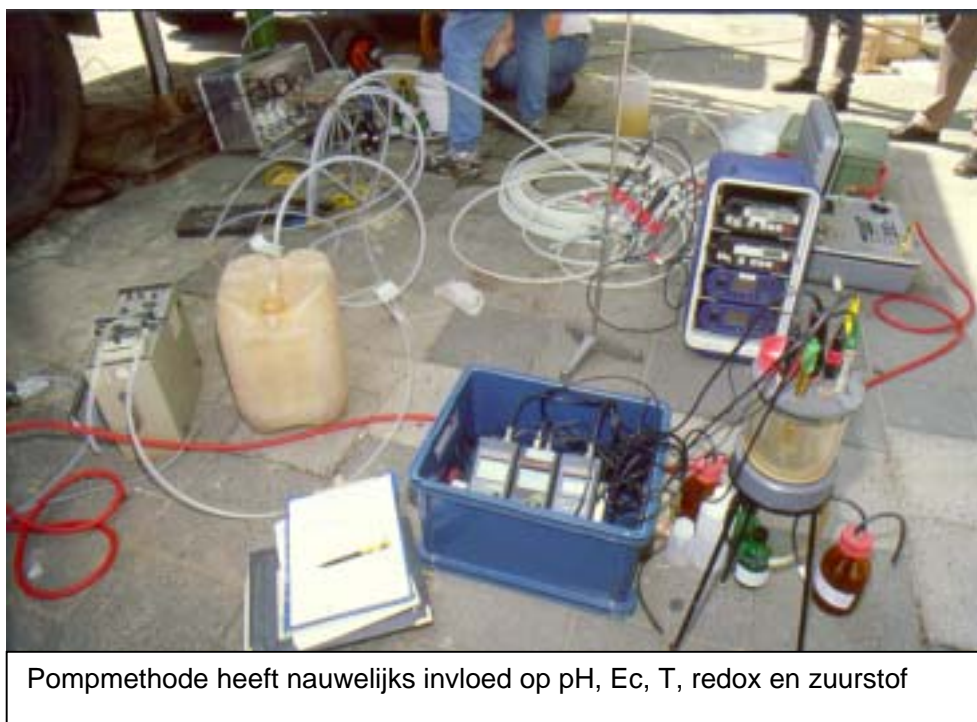
Op dag 1 zijn nauwelijks verschillen aanwijsbaar in de gemeten geleidbaarheid bij het gebruik van de diverse pompmethoden en gemeten in de verschillende doorstroomcellen van GD en IWACO.

Op dag 2 is bij het na elkaar gebruiken van de pompmethoden geen tijdsafhankelijk (volumeafhankelijk) effect zichtbaar op de geleidbaarheid. De meetresultaten vertonen een geringe spreiding. De resultaten van de GD-sonde naast het filter liggen op een hoger niveau, maar zijn ook gemeten op een andere plaats. Hier is overigens wel een verloop van de geleidbaarheid in de tijd zichtbaar.

Op dag 3 vertonen de resultaten met de balgpomp van IWACO een verschil. Deze zijn niet toe te schrijven aan de doorstroomcelmetingen (zie dag 1). Mogelijk is de niet helemaal goed functionerende balgpomp hier debet aan. De met de chemosonde gemeten geleidbaarheid ligt op hetzelfde niveau (ca. 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$) als de andere metingen.

Tussen de dagen onderling bestaat, afgezien van de hierboven vermelde afwijkingen, nauwelijks verschil in geleidbaarheid.

Concluderend kan worden gesteld dat de verschillende pompmethoden nauwelijks leiden tot verschillen in de gemeten parameters pH, T, Ec, redox en zuurstofgehalte. Mogelijk hebben alle toegepaste methoden bij bemonstering wel een pH-daling tot gevolg en daarmee ook invloed op de redoxpotentiaal. In alle gevallen zijn geheel van de buitenlucht afgesloten doorstroomcellen gebruikt. Verschillen die zich hebben voorgedaan, met name in redoxpotentiaal en zuurstofgehalte, zijn derhalve wellicht mede veroorzaakt door de gebruikte meetapparatuur. De wijze van kalibratie (en de stabiliteit en gevoeligheid van de gebruikte meters) is hier mogelijk van wezenlijk belang. Daarnaast is het gebruikte slangenmateriaal van grote invloed op de metingen van zuurstof en (in mindere mate) redoxpotentiaal.



3.4 Effecten van de pomp- en analysemethode op chloorethenen, etheen, ethaan en methaan

In de figuren 4, 5, 6 en 7 zijn de analyseresultaten, uitgaande van diverse analysemethoden op dag 2 en dag 3 van respectievelijk PCE, TCE, cis-DCE en VC, weergegeven, afgezet tegen de bemonsteringsmethoden.

Uit de resultaten blijkt dat per analysemethode de analyseresultaten niet worden beïnvloed door de pompmethode. Dit mag een opmerkelijk resultaat worden genoemd. Ongeacht de pompmethode en de dag van bemonstering worden vergelijkbare analysewaarden van chlooretheen behaald.



Pompmethode heeft weinig invloed op de gemeten gehalten aan chloorethenen

Grotere verschillen bestaan vooral in de absolute analysewaarde die wordt berekend door de verschillende analyselaboratoria op identieke monsters. Deze verschillen zijn op een enkele uitzondering consequent gedurende de bemonsteringsperiode.

Zo worden zowel op dag 2 als dag 3 met de FID/headspace veldanalyse de laagste gehalten aan TCE en cis-DCE gemeten en met de ECD/headspace de laagste PCE-gehalten. Met FID/purge and trap worden de hoogste gehalten PCE, TCE en cis-DCE gemeten. De verschillen betreffen in een enkel geval een factor 3. De uitzonderingen betreffen PCE met slangpomp, GD-sonde in het filter dag 3 en TCE met dompel-, slangpomp dag 3. De gehalten aan TCE en cis-DCE die met de GCMS/headspace en de gehalten PCE die met de FID/headspace zijn gemeten liggen hier tussenin. De cis-DCE-analyse uitgevoerd met de ECD/headspace (niet weergegeven) lijkt met een afwijking van een factor 1000 ten opzichte van de andere methoden een fout te bevatten in de berekening. Voor VC zijn de gemeten verschillen met name aanwezig tussen FID/headspace veldanalyse en GCMS/purge and trap enerzijds en FID/headspace labanalyse en FID/purge and trap anderzijds.

Uit de resultaten wordt in ieder geval duidelijk dat de verschillen in de gemeten chlooretheengehalten vooral worden veroorzaakt door de verschillen bij de analyse in de combinatie van voorbehandeling (headspace dan wel purge and trap) en detector. Met name de verschillen in voorbehandelingsduur en de daarbij gebruikte temperatuur kunnen mogelijk van doorslaggevend belang zijn.

Eenzelfde trend is waarneembaar in de analyses van de vluchtige eindproducten van de anaërobe afbraak van etheen, ethaan en methaan. Per analysemethode worden gedurende de bemonsteringsperiode vergelijkbare analyseresultaten behaald, onafhankelijk van de pompmethode. Grote verschillen bestaan echter ook ten aanzien van de onderlinge absolute waarden. Zo is de FID/headspace (5 minuten bij 50 °C) methaananalyse consequent een factor 10 lager dan de FID/headspace (8 uur bij 30 °C) methaananalyse. Het omgekeerde lijkt weer het geval bij de ethaananalyse.

Concluderend kan worden gesteld dat zeker ten aanzien van VC, cis-DCE en TCE de pompmethoden van weinig invloed zijn op het analyseresultaat. Dit is zeker voor de slangenpomp opmerkelijk, gezien de opvoerhoogte ter plaatse van de locatie van circa 5,3 m. Het effect van de opvoerhoogte is mogelijk weggevallen door het voorschakelen van flessen bij de bemonstering. De toegepaste analysemethoden hebben een grote invloed op het analyseresultaat. Niet duidelijk is wat daarbij de sturende factor is. Met name de verschillen in voorbehandelingsduur en de daarbij gebruikte temperatuur kunnen mogelijk van doorslaggevend belang zijn. Het verdient aanbeveling hieromtrent een ringonderzoek te verrichten.



Toegepaste analysemethoden hebben grote invloed op het analyseresultaat

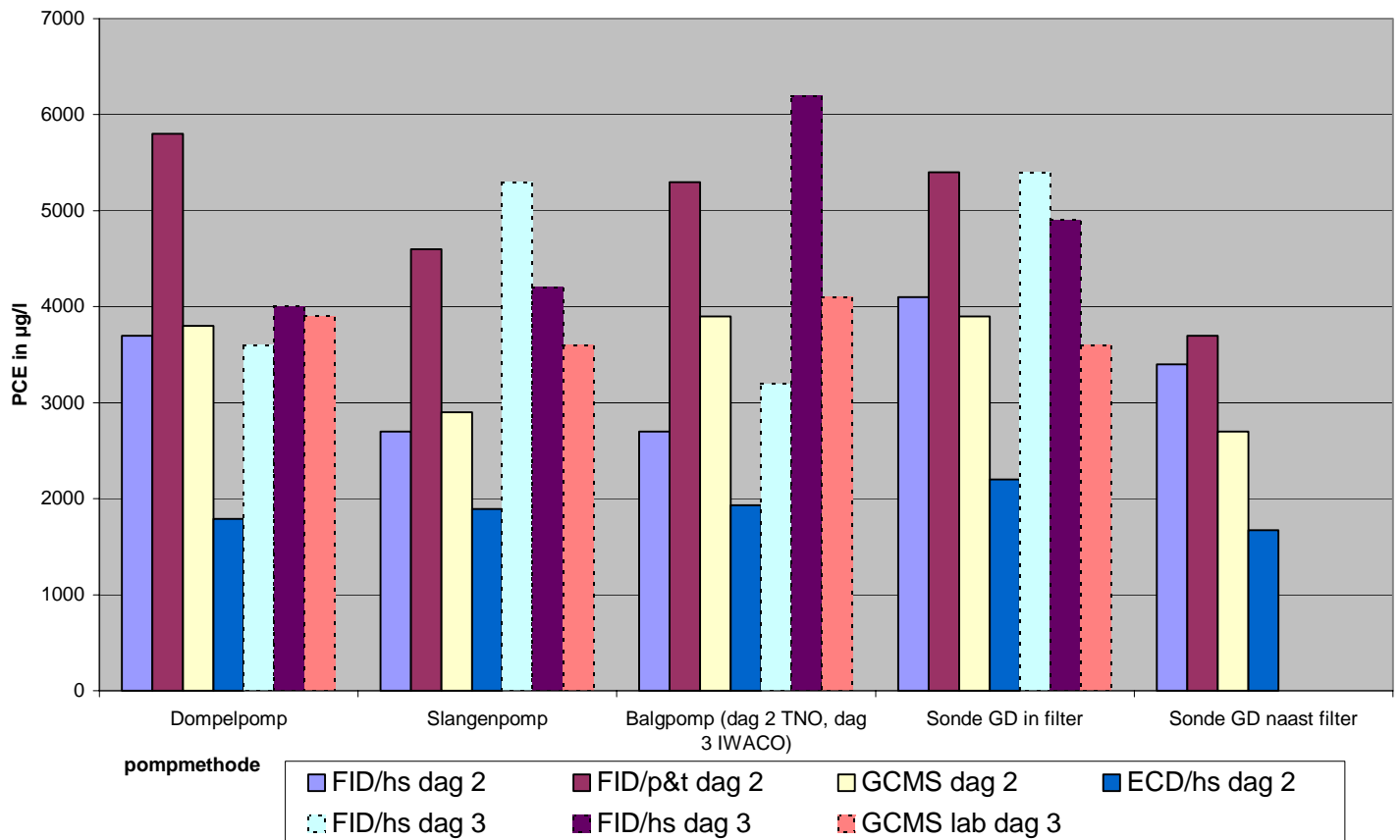


Fig. 4. Gehalten PCE per bemonsteringsmethode.

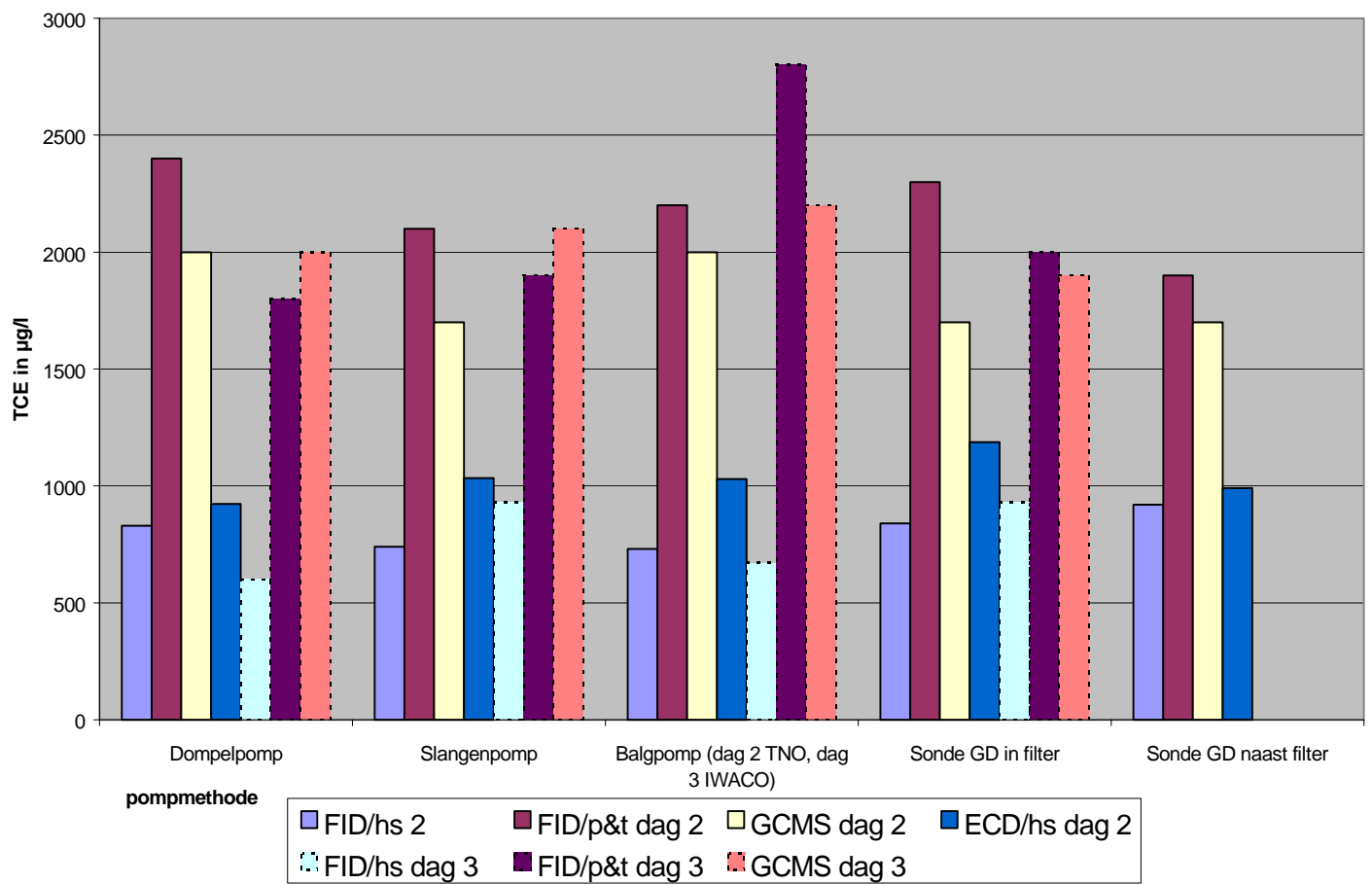


Fig 5. Gehalten TCE per bemonsteringsmethode.

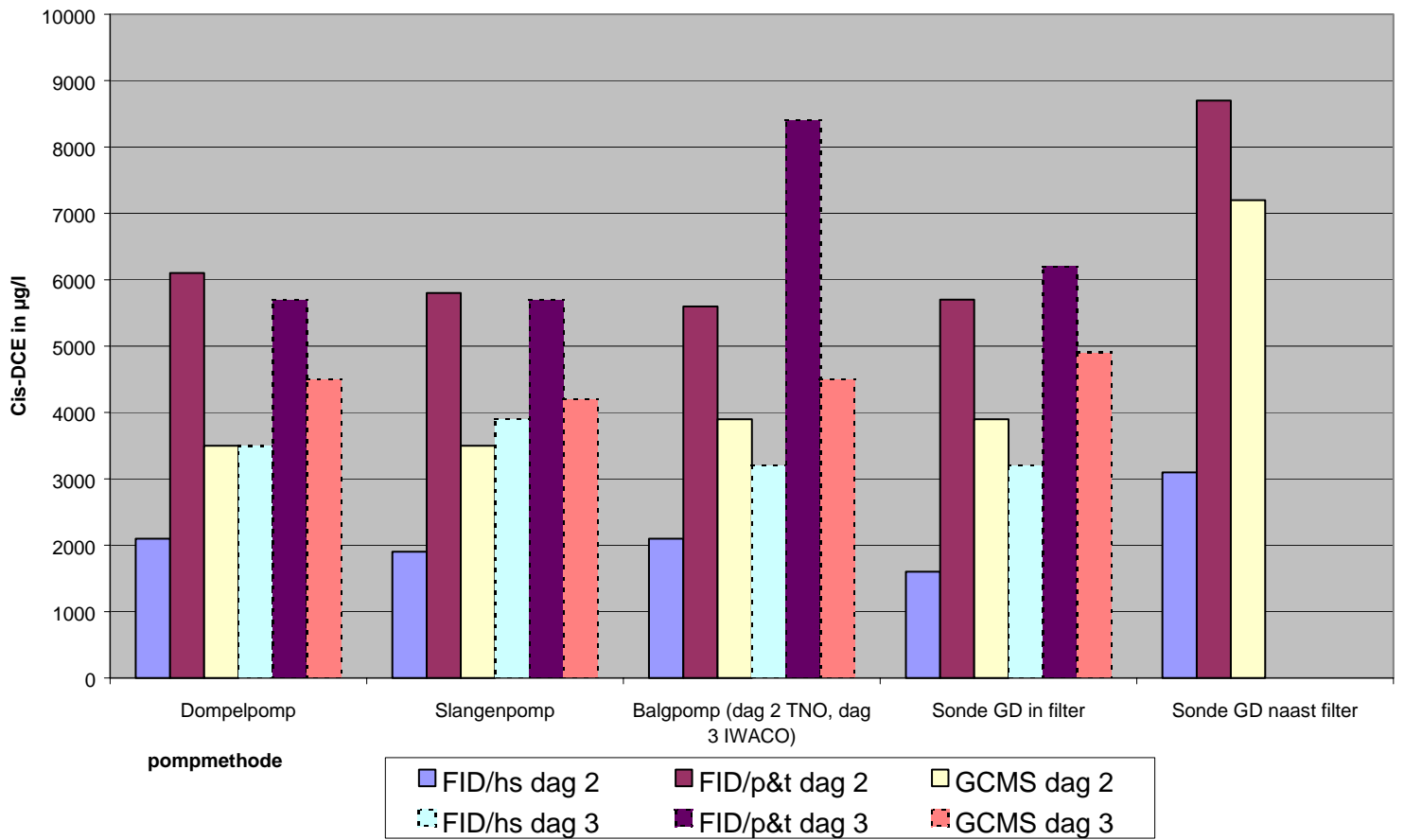


Fig. 6. Gehalten cis-DCE per bemonsteringsmethode.

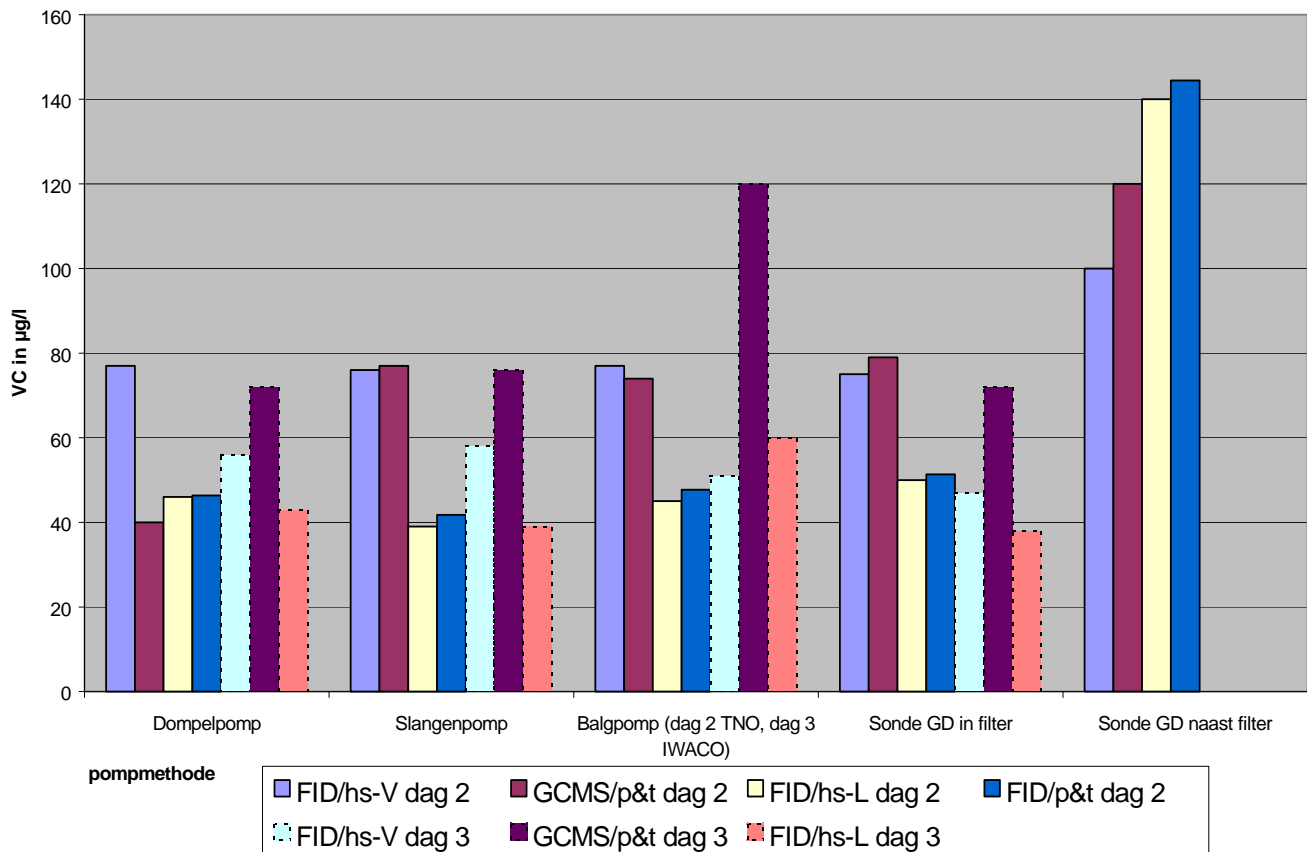


Fig. 7. Gehalten VC per bemonsteringsmethode.

HOOFDSTUK 4

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

De slangenpomp, balgpomp, dompelpomp en grondwatersonde geven bij anaërobe grondwaterbemonstering tot 5 m-mv alle een vergelijkbare en anaërobe kwaliteit grondwater.

Bij de bemonstering zijn noch na elkaar, noch bij gelijktijdige bemonstering, gebruik makend van dompelpomp, slangenpomp, balgpomp of bemonsteringssonde, zodanige verschillen opgetreden in de gehalten van de macrochemie dat dit de voorkeur voor één van de pompmethoden zou rechtvaardigen.

Gezien de resultaten kan worden gesteld dat de fotometrische veldmeting een goede vervangende meetmethode kan zijn voor de parameters chloride, nitraat en ijzerII. De gevonden verschillen in het analyseresultaat zijn in de meeste gevallen toe te schrijven aan de verschillen in analyse en zijn niet beïnvloed door de bemonstering.

De sulfide-elektrode geeft overeenkomstige resultaten als de laboratoriumanalyses en lijkt een goed vervangend instrument.

Gesteld kan worden dat de verschillende pompmethoden nauwelijks leiden tot verschillen in de gemeten parameters pH, T, Ec, redox en zuurstofgehalte. Het gebruik van een lage pompsnelheid, zoals soms is toegepast bij de balgpomp en de chemosonde, leidt tot een temperatuurverandering in het opgepompte grondwater. Het pompdebiet dient minimaal 150 ml/min te bedragen om temperatuurverstoring van het grondwater te voorkomen.

Mogelijk hebben alle toegepaste methoden bij de bemonstering wel een pH-daling tot gevolg en daarmee ook invloed op de redoxpotentiaal.

In alle gevallen zijn geheel van de buitenlucht afgesloten doorstroomcellen gebruikt. Verschillen die zich hebben voorgedaan, met name in de redoxpotentiaal en het zuurstofgehalte, zijn derhalve wellicht mede veroorzaakt door de gebruikte meetapparatuur. De wijze van kalibratie (en de stabiliteit en gevoeligheid van de gebruikte meters) is hier mogelijk van wezenlijk belang. Daarnaast is het gebruikte slangenmateriaal van grote invloed op de metingen van zuurstof en (in mindere mate) redoxpotentiaal. Teflon pomp slang leidt tot verhoogde zuurstofconcentraties in het opgepompte grondwater. Gesteld kan worden dat zeker ten aanzien van de chloorethenen de pompmethoden van weinig invloed zijn op het analyseresultaat. De chlooretheenanalyses hebben met de verschillende gebruikte pompmethoden en bij gelijkblijvende analysemethode consequent een lage (%) spreiding. Dit is zeker voor de slangenpomp opmerkelijk, gezien de opvoerhoogte ter plaatse van de locatie van circa 5 m. De analyseresultaten verschillen echter aanzienlijk tussen de verschillende analysemethoden. Niet duidelijk is wat daarbij de sturende factor is. Met name de verschillen in voorbehandelingsduur en de daarbij gebruikte temperatuur kunnen mogelijk van doorslaggevend belang zijn.

De Photovac kan als screening dienen voor chlooretheenconcentraties en na validatie mogelijk ook als vervanging van laboratoriumanalyses.

De demonstratie van ongestoorde anaërobe grondwaterbemonstering is geslaagd met een aantal verschillende monsternamen- en analysemethoden

Met alle uitgevoerde bemonsteringen en analyses zijn resultaten behaald die vergelijkbare informatie over het intrinsieke afbraakproces geven en leiden tot eensluidende conclusies bij deze ondiepe bemonstering.

Aanbevolen wordt het gebruik van teflon pompslang bij ondiepe ongestoorde anaërobe grondwaterbemonstering te vermijden in verband met zuurstofpermeatie.

Aanbevolen wordt de validatie van de sulfide-elektrode op een andere locatie te bevestigen, aangezien op deze locatie geen vrij sulfide in het grondwater aanwezig is.

Aanbevolen wordt een ringonderzoek te verrichten betreffende de verschillende gebruikte GC-analyses voor bepaling van de concentraties chloorethenen, etheen, ethaan en methaan.

Aanbevolen wordt bij monitoring van een locatie in de tijd gebruik te maken van dezelfde analysemethode voor analyse van de vluchtige anaërobe afbraakcomponenten.

Aanbevolen wordt de ongestoorde anaërobe grondwaterbemonstering ook te demonstreren in de diepe ondergrond, waarbij met name het effect van ontgassing tijdens de bemonstering een negatieve invloed heeft op de interpretatie van intrinsieke biorestauratie. In het verlengde hiervan wordt aanbevolen hieromtrent aangepaste bemonsteringsmethoden te ontwikkelen.

BIJLAGE A

SITUERING VAN DE MONSTERPUNTEN

BIJLAGE B

BOORSTAAT EN SONDEERGRAFIEK

BIJLAGE C

BESCHRIJVING VAN GRONDWATERMONSTERSONDE EN CHEMOSONDE

BIJLAGE D

**BESCHRIJVING VAN ANALYSEMETHODEN BIOCLEAR- EN
IWACO-LABORATORIUM**

BIJLAGE E

CHRONOLOGISCHE WEERGAVE VAN BEMONSTERING

BIJLAGE F

ANALYSERESULTATEN