

ONDERZOEKPROGRAMMA TRIAS

Eindrapport



Stichting
Kennisontwikkeling
Kennisoverdracht
Bodem



ONDERZOEKPROGRAMMA TRIAS

Eindrapport

Samenstelling: Drs. Th. A.W.M. Saat, NWO-ALW
Ir. H. Rogaar

Uitgave: Stichting Kennisontwikkeling Kennisoverdracht Bodem (SKB)
Postbus 420, 2800 AK Gouda.
T 0182 – 540690; F 0182 – 540691
E-mail : programmabureau@skbodem.nl
<http://www.skbodem.nl/>

Den Haag/ Wageningen/ Gouda, september 2007

Inhoudsopgave

1.	Verantwoording.....	4
2.	Samenvatting.....	5
3.	Initiatief.....	6
4.	Opzet en organisatie.....	8
4.1	Opzet.....	8
4.2	Onderzoek-tenders.....	8
4.3	Organisatie.....	9
5.	Onderzoekprojecten.....	11
5.1.	Korte beschrijving van de projecten.....	11
5.2	Publicaties.....	15
6.	Kennisoverdracht en communicatie.....	16
7.	Betekenis en uitstraling.....	18
8.	Loopbaanvervolg onderzoekers.....	20
9.	Financiën.....	21
10.	Vervolg.....	22
11.	Bijlagen.....	23

1. Verantwoording

De drie samenwerkende onderzoekorganisaties, de Stichting Kennisontwikkeling Kennisoverdracht Bodem (SKB), Delft Cluster (DC) en de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO) en daarvan het gebied Aard- en Levenswetenschappen (ALW) hebben in 2000 het initiatief genomen tot het bodemonderzoekprogramma TRIAS.

Bij de afsluiting in 2007 is op verzoek van de Stuurgroep dit eindrapport samengesteld, voornamelijk voor intern gebruik. Het beschrijft de aanleiding tot het programma, de opzet en uitvoering ervan, geeft een samenvatting van de resultaten, een samenvatting van het loopbaanverloop van de betrokken onderzoekers en een financiële verantwoording van de beschikbaar gestelde middelen.

Bij het opmaken van dit eindrapport was het programma nog niet geheel afgesloten en in die zin is het dus niet volledig. Dit betreft o.a. nog een klein deel van het onderzoek en de publicatie van de resultaten, de organisatie en uitvoering van voorgenomen workshops voor presentatie van de onderzoekresultaten aan het beroepsveld en de overheid en de financiële afsluiting. Dit is aangegeven in het rapport.

Het rapport bestaat uit een hoofdtekst en 11 bijlagen met meer gedetailleerde gegevens.

2. Samenvatting

TRIAS, een samentrekking van TRIpartite Approach to Soil system processes, is een samenwerking tussen:

- de Stichting Kennisontwikkeling Kennisoverdracht Bodem (SKB), Gouda
- Delft Cluster, Delft
- Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO, het gebied Aard- en Levenswetenschappen (ALW), Den Haag

De drie partijen hebben in 2000 gezamenlijk het initiatief genomen tot een fundamenteel-strategisch bodemonderzoekprogramma met een budget van ruim 4 miljoen Euro en een looptijd van in beginsel 4 jaar. Daarnaast heeft ieder van de partijen een deel van de organisatie op zich genomen en daarvan de kosten gedragen, zoals die van het programmamanagement, projectbeheer, publiciteit en secretariële ondersteuning. Het programma is afgesloten in 2007.

De gezamenlijke behoefte en ideeën omtrent bodemonderzoek dat dicht bij de praktijk staat en de praktijk ten dienste zou zijn, bracht de partijen bij elkaar, alsmede de overtuiging dat de combinatie van middelen tot een meerwaarde zou leiden. Andere belangrijke aspecten van programma waren de opbouw en onderhoud van een kennisnetwerk, het onderhoud van de beschikbare kennisinfrastructuur en het opleiden van deskundigen voor de toekomst. Naar doelstellingen sluit het programma hiermee aan bij een reeks van eerdere stimuleringsprogramma's, te weten het Onderzoekprogramma Bodemecologie (1984 – 1985), het Speerpuntprogramma Bodemonderzoek (1985 – 1995), NOBIS (1996 – 2000), het Programma Geïntegreerd Bodemonderzoek (1996 – 2001) en de stimulering van praktijkgericht bodemonderzoek door SKB vanaf 2000.

Het proces van programmering bestond uit een aantal stappen, waarbij vanuit een visie op de ontwikkelingen op het gebied van het bodembeheer is toegewerkt naar kennisvragen voortkomende uit die visie. Vervolgens zijn daaruit de onderzoeksvragen afgeleid.

Centraal in het programma stonden de afstemming van functioneel bodemgebruik en bodemkwaliteit, waarbij twee onderzoekgebieden zijn onderscheiden:

- Patronen en processen in de ondergrond
- Ecologie en bodemkwaliteit

Het programma omvatte 12 onderzoekprojecten uitgevoerd door universiteiten en onderzoeksinstituten met een totaal van 26 onderzoekplaatsen voor AIO's, postdoctorale onderzoekers (post-docs) en een analist. Een deel van de projecten is in samenwerking uitgevoerd tussen verschillende instellingen. De projecten zijn geselecteerd uit een totaal van 57 aanvragen naar aanleiding van twee tenders in 2000 en 2001.

Behalve aandacht voor het onderzoek zelf is in het kader van het programma ook ruim aandacht besteed aan kennisuitwisseling en –overdracht en netwerkvorming via workshops en het jaarlijkse symposium BodemDiep, later genoemd Soil & Water. Dit symposium is georganiseerd in samenwerking met andere onderzoekprogramma's, met name SSEO en Aquaterra. Deelname stond uitdrukkelijk ook open voor andere bodemonderzoekers, die niet in programmaverband werken. De workshops zijn gehouden ten dienste van kennisuitwisseling met kenniswerkers van de overheid en het bedrijfsleven.

Een ander aspect van het programma, dat de uitwisseling van kennis en ervaring ondersteunde, was de instelling van begeleidingscommissies voor ieder project. De commissies bestonden uit onderzoekers van andere onderzoekinstellingen en grote technische instituten en uit wetenschappelijk georiënteerde medewerkers van het uitvoerend bedrijfsleven.

De organisatie van het programma was in handen van een project management team, bestaande uit een programmadirecteur, tevens vertegenwoordiger van SKB; een programmasecretaris en financieel beheerder, tevens vertegenwoordiger van NWO; een vertegenwoordiger van Delft Cluster, tevens zorg dragend voor de publiciteit, en een projectbegeleider. De wetenschappelijke invulling was de verantwoordelijkheid van een programmacommissie, bestaande uit onderzoekers van verschillende kennisinstellingen en wetenschappelijk georiënteerde medewerkers uit het bedrijfsleven. De Stuurgroep van het programma, samengesteld uit vertegenwoordigers van de drie deelnemende partijen, droeg de eindverantwoordelijkheid.

3. Initiatief

De naam TRIAS verwijst naar de drie partijen, die in 2000 gezamenlijk het initiatief namen om te komen tot een fundamenteel-strategisch bodemonderzoekprogramma, te weten:

- de Stichting Kennisontwikkeling en Kennisoverdracht Bodem (SKB)
- Delft Cluster (DC)
- Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO), het gebied Aard- en Levenswetenschappen (ALW)

TRIAS kan ook worden gezien als een acroniem voor **TRI**partite **A**pproach to **S**oil System Processes. Het onderzoek richt zich op de fysische, chemische, hydrologische en biologische processen en op de ruimtelijke variabiliteit in ondergrondse systemen.

Het fundamentele karakter van het TRIAS blijkt uit de aard van het onderzoek, namelijk fundamenteel wetenschappelijk onderzoek dat is uitgevoerd door universiteiten via promotieonderzoeken en door post-doc's.

De strategische aard blijkt uit de gekozen onderzoekgebieden met focus op de gevolgen van menselijk handelen door gebruik van de ondergrond. Dit heeft gevolgen voor de ecologie en de bodemprocessen. De drie organisaties hebben hieromtrent onderkend, dat om een zinvolle afweging te kunnen maken tussen gebruik van de ondergrond en behoud van kwaliteit inzicht moet bestaan in de patronen en processen in de bodem en hun onderlinge samenhang.

Centraal in het programma stond de afstemming van functioneel bodemgebruik en bodemkwaliteit, waarbij twee onderzoekgebieden zijn onderscheiden:

- Patronen en processen in de ondergrond
- Ecologie en bodemkwaliteit

Als rode draad voor het onderzoekgebied *Patronen en processen in de ondergrond* is gekozen voor de hydrologische cyclus. Bodemwater is het transportmedium voor stoffen in de ondergrond. De stoffen kunnen op alle mogelijke manieren interacties aangaan met bodemdeeltjes, met het microbiële leven in de poriëruimte, de van nature aanwezige stoffen in het bodemwater en met elkaar. Het is een uitdaging om deze interacties en processen in hun onderlinge en ruimtelijke samenhang te leren begrijpen. In TRIAS is het accent van dit onderzoekgebied gelegd op drie thema's:

- natuurlijke afname van verontreinigende stoffen
- veerkracht van het systeem en bufferend vermogen
- reactieve grensvlakken

Het onderzoekgebied *Ecologie en bodemkwaliteit* richt zich op de vitaliteit van bodemecosystemen. Het gaat om het behoud van bodemecologische processen, zoals de organische stofdynamiek en de nutriëntenkringlopen. Ook gaat het om het behoud van de structuur van de levensgemeenschappen van bodemorganismen, wier activiteit de basis vormt van de hiervoor genoemde processen. Met het oog op de afstemming van de maatschappelijke processen van bodemgebruik en behoud aan bodemkwaliteit met aandacht voor ecologie zijn de volgende thema's geselecteerd voor TRIAS:

- conversie van landbouw naar natuur
- ruimte voor de rivier
- functiegerichte sanering van verontreiniging

Met betrekking tot het derde thema zijn uiteindelijk geen projecten geselecteerd voor uitvoering.

Bij de selectie van onderzoeken voor de onderscheiden onderzoekgebieden en thema's zijn de navolgende criteria gehanteerd:

- het gaat om de verkrijging van verdergaand, fundamenteel begrip en inzicht in mechanismen, noodzakelijk om te komen tot een duurzaam en functioneel bodembeheer. Deze kennis kan verder een inspiratiebron zijn voor de ontwikkeling van nieuwe technologieën;
- het onderzoek is niet exemplarisch of anekdotisch;
- het onderzoek geeft inzicht in aard en de orde van grootte van processen. De resultaten moeten gebruikt kunnen worden bij een kwantitatieve beschrijving of voorspelling van processen;

- het effect van heterogeniteit en ruimtelijke variabiliteit van bodemeigenschappen waardoor processen op alle schaalniveaus beïnvloed worden, is een belangrijk punt van aandacht.

Weliswaar was TRIAS in de eerste plaats een onderzoeksprogramma, maar tegelijk is het ook als 'methode' op de kaart gezet en wel omdat uitdrukkelijk aandacht is geschonken aan de bekende pijn- en aandachtspunten van wetenschappelijk onderzoek en hiervoor oplossingen zijn gezocht, zoals:

- kennisvalorisatie
- kennisoverdracht naar de praktijk
- kennisoverdracht naar het beleid
- netwerkvorming en
- invloed van de praktijk op de sturing van het onderzoek

Op pragmatische wijze en 'voor de muziek uit', zijn deze aandachtspunten geïntegreerd in het programma.

Tenslotte moet worden opgemerkt, dat het overlijden van TRIAS-projectleider Henk van Verseveld op 11 juli 2003 door een noodlottig ongeval in de Alpen een schok was voor alle betrokkenen.

In het navolgende wordt een samenvatting gegeven van de opzet en organisatie van het programma, een overzicht en samenvattingen gegeven van de uitgevoerde projecten, wordt ingegaan op de aspecten van kennisoverdracht en communicatie, de betekenis en uitstraling van het programma, vervolgvactiteiten en als afsluiting een financieel overzicht. Het rapport is voorzien van een aantal bijlagen, waarin meer gedetailleerde gegevens zijn te vinden.

4. Opzet en organisatie

4.1 Opzet

De drie deelnemende partijen (SKB, Delft Cluster en NWO-ALW) zijn de samenwerking in TRIAS aangegaan om een krachtige impuls te geven aan fundamenteel-strategisch bodemonderzoek voor de langere termijn. Hiermee wordt onderzoek bedoeld dat wordt ingezet voor het beantwoorden van vragen van fundamentele aard binnen een toepassingsgebied (of technologie). Daarnaast gaat het om onderzoek dat anticipeert op maatschappelijke vragen die op de middellange termijn zijn te voorzien.

In het programma zijn de expertise van NWO in het beoordelen en begeleiden van fundamenteel onderzoek en de kennis van de universitaire onderzoekstructuur samengebracht met de expertise van SKB en Delft Cluster, die in direct contact staan met betrokkenen bij bodembeheer en de GWW sector. De synergie bood mogelijkheden voor een koppeling van fundamenteel-strategisch onderzoek met toegepast onderzoek op het gebied van bodembeheer, dat wordt uitgevoerd in het vraaggestuurde deel van het SKB-programma en het meer praktijk gerichte deel van Delft Cluster.

Verder is beoogd om door een bundeling van onderzoeksmiddelen, zowel de middelen van NWO als de ICES-middelen van SKB en Delft Cluster optimaal te gebruiken. De kritische massa is voldoende geacht om het onderzoekveld samenhangend te benaderen. Voorts is TRIAS bedoeld als een krachtig signaal naar de universiteiten ten aanzien van het belang van intensivering van het meer fundamenteel onderzoek in Nederland, waardoor ook een kwaliteitsverbetering zal optreden van het bodemkundig onderzoek en onderwijs.

Tenslotte is met het programma beoogd nieuwe mogelijkheden te bieden voor een blijvend duurzame samenwerking van alle disciplines die zich bezighouden met onderzoek van de bodem. Dit geldt zowel binnen de universitaire wereld als tussen universitaire instellingen en GTI's of andere private en publieke partijen, die toegepast onderzoek uitvoeren of op de praktijk gericht zijn. Langs deze weg is beoogd dat TRIAS tot een duurzame verbetering van de infrastructuur zal leiden.

Binnen TRIAS is tussen de drie partijen een taakverdeling overeengekomen, waarbij NWO als taak op zich heeft genomen het uitschrijven van de onderzoek-tenders, de beoordeling van ontvangen voorstellen en het financieel beheer van het programma. NWO heeft tevens de secretariële ondersteuning van Stuurgroep en Programmacommissie geleverd. SKB heeft het voortouw genomen, waar het gaat om de projectbegeleiding en de interactie van de onderzoekers onderling en met marktpartijen. Delft Cluster tenslotte zou zorgdragen voor de PR en communicatie, alsmede voor de interactie met het eigen netwerk, maar is daartoe onvoldoende in staat gebleken.

4.2 Onderzoek-tenders

Op grond van de aanbevelingen van het eindrapport van de voorbereidingscommissie TRIAS is het programma van start gegaan door het uitschrijven van 2 tenders voor de onderscheiden onderzoekgebieden "*Patronen en processen in de ondergrond*" en "*Ecologie en bodemkwaliteit*", resp. medio 2000 en voorjaar 2001¹. Behalve individueel, bestond hierbij ook uitdrukkelijk de mogelijkheid om als consortium van samenwerkende onderzoekers van universiteiten en para-universitaire groepen aanvragen te doen voor de aanstelling van AIO's voor 4 jaar of post-doc's voor drie jaar. Samenwerkingsverbanden hadden daarbij zelfs de voorkeur.

Anders dan de eerste tender, is de tweede gericht uitgezet in die zin dat aan geselecteerde partijen is verzocht met een passend voorstel te komen op het gebied "*Ecologie en bodemkwaliteit*". Als extra

¹ Anonymus, 2000. TRIAS, Call for proposals - Patronen en processen in de ondergrond.
Anonymus, voorjaar 2001. TRIAS 2, Call for proposals
Anonymus, November 2000. TRIAS, Aanwijzingen voor projectleiders & subsidiebepalingen.

aanbeveling is nog meegegeven, dat het onderzoek zou aansluiten bij het Stimuleringsprogramma Systeemgericht Ecotoxicologisch Onderzoek (SSEO) en dan vooral bij het thema "Ingrepen en herstel" van dit programma. Tevens, dat afstemming zou worden gezocht bij activiteiten van andere organisaties zoals STOWA, AKWA en RIZA.

De in het Engels gestelde aanvragen zijn na ontvangst beoordeeld door externe (buitenlandse) referenten aan de hand van vragenlijsten, zoals bij NWO gebruikelijk is. De oordelen zijn voor wederhoor voorgelegd aan de indieners en vervolgens in een laatste slag voor toewijzing beoordeeld door de inmiddels samengestelde programmacommissie. De beste voorstellen op basis van een puntenwaardering en inpasbaarheid zijn tenslotte door de programmacommissie gemotiveerd voorgedragen aan de Stuurgroep voor honorering tot het maximum van de beschikbare middelen. De overige voorstellen zijn noodgedwongen afgefallen, ook al bevonden zich daar zeker te honoreren voorstellen tussen. In totaal zijn 57 projectvoorstellen ontvangen (resp. 48 en 9 in de eerste en tweede tender), waarvan er 10 zijn gehonoreerd met een totaal van 23 onderzoekplaatsen (zie bijlage 1). In de loop van het programma zijn hieraan nog twee projecten toegevoegd buiten bezwaar van de TRIAS-middelen (de projecten 835.80.009 en 835.80.121) op grond van de samenhang met de overige projecten en de meerwaarde van het programma door zijn begeleidingsstructuur, marktgerichtheid en netwerkfunctie.

4.3 Organisatie

TRIAS kent een stuurgroep, een programmacommissie, een project management team en begeleidingscommissies voor ieder project, alsmede een voorbereidingscommissie. De personele samenstelling is gegeven in de bijlagen 2, 3 en 4. Op de samenstelling en werkwijze wordt hierna kort ingegaan.

Programma Voorbereidingscommissie

Het programma is voorbereid door een commissie onder leiding van Prof. Ir. H.P. van Heel. De samenstelling van de commissie is gegeven in bijlage 2. Het eindrapport met aanbevelingen voor de opzet van het programma is verschenen in februari 2000².

In dit rapport heeft de commissie uitdrukkelijk aandacht besteed aan:

- de voordelen van de beoogde samenwerking en de samenhang met andere programma's;
- inhoudelijk hoofdlijnen opgesteld voor een programma van fundamenteel onderzoek, dat enerzijds voldoende is geënt op vraagstellingen uit de praktijk (voortkomend uit SKB en Delft Cluster) en anderzijds wetenschappelijk voldoende uitdagend is;
- uitvoeringsmodaliteiten en de tenderprocedures;
- overige organisatorische en financiële aspecten.

Aan deze voorbereiding is in de loop van 1998 en 1999 uitvoerig overleg voorafgegaan met de universitaire geleding van SKB en een kerngroep daaruit om tot een coherent en relevant pakket van onderzoekaanbevelingen te komen voor nadere uitwerking in TRIAS.

De voorbereidingscommissie is na het uitbrengen van haar rapport ontbonden, maar individuele leden zijn wel betrokken gebleven bij het geheel.

Stuurgroep

De stuurgroep is gevormd door vertegenwoordigers van de drie deelnemende organisaties. Aanvankelijk waren dit H.J. Vermeulen van SKB, J. Blaauwendraad van Delft Cluster en J. Marks van NWO-ALW. Naderhand hebben personele wisselingen plaats gevonden (zie bijlage 3). De stuurgroep is ondersteund door een ambtelijk secretaris van NWO. De vergaderingen werden in de regel ook bijgewoond door leden van het project management team.

De Stuurgroep is vanaf de formulering van het programma door de voorbereidingscommissie in 1999-2000 betrokken geweest bij het geheel en draagt de eindverantwoordelijkheid. De middelen voor de uitvoering van de projecten zijn toegewezen door de stuurgroep op voordracht van de

² J.C.M. de Wit, 2000. Eindrapport Programma Voorbereidingscommissie TRIAS, 8 februari 2000

programmacommissie. De individuele leden van de stuurgroep waren tevens verantwoording verschuldigd aan de besturen van de deelnemende organisaties.

Programmacommissie

Bij de aanvang van het programma is een programmacommissie benoemd onder voorzitterschap van Prof. Dr. H.J. van Veen (KNAW-NIOO). De commissie is samengesteld uit universitaire medewerkers van verschillende wetenschappelijke disciplines en uit wetenschappelijk geschoolde leden uit het bedrijfsleven teneinde een verbinding met de praktijk te maken (zie bijlage 3). De commissie is ondersteund door een ambtelijke secretaris van de zijde van NWO, dezelfde als voor de Stuurgroep. De vergaderingen werden in de regel ook bijgewoond door leden van project management team.

De programmacommissie droeg de wetenschappelijke verantwoordelijkheid voor de beoordeling en selectie van projectvoorstellen, bewaking van de voortgang en afronding van de projecten. Zij adviseerde de stuurgroep in deze. De commissie heeft vooral activiteiten ontplooid bij de start van het programma m.b.t. beoordeling en selectie van de ontvangen projectvoorstellen en halverwege het programma voor een tussenevaluatie, waarbij alle projectleiders zijn uitgenodigd om een tussentijdse evaluatie te maken van de voortgang en resultaten tot dan toe en een verwachting uit te spreken over het te behalen resultaat. De bevindingen zijn gerapporteerd aan de stuurgroep. Dit heeft plaats gevonden in twee tranches, resp. in mei 2004 en januari 2005.

Project management team

De dagelijkse leiding van het programma berustte bij het projectmanagement team onder leiding van ing. H.J. van Veen (SKB). De samenstelling is gegeven in bijlage 3.

Begeleidingscommissies en projectbegeleider

Voor ieder onderzoekproject is een begeleidingscommissie benoemd, bestaande uit wetenschappelijke leden en vertegenwoordigers van het uitvoerend bedrijfsleven, GTI's, natuurbeherende instanties e.d., teneinde de band met de praktijk te versterken. In iedere commissie was met dit doel tevens SKB vertegenwoordigd (bijlage 4).

De commissies hadden een begeleidende, stimulerende en adviserende taak bij de projecten, vooral op wetenschappelijk gebied. Ieder halfjaar is met de onderzoekers de voortgang besproken op basis van halfjaarlijkse voortgangsrapporten, opgemaakt door de onderzoeker(s) en hun begeleider(s). Het door NWO gevraagde eindrapport van ieder project bij afsluiting is beoordeeld door deze commissies en na goedkeuring ingezonden naar NWO. Een externe beoordeling van de projecten na afloop van het programma, zoals bij NWO gebruikelijk is, kon hierdoor achterwege blijven. De begeleidingscommissies droegen geen verantwoordelijkheid voor de projecten. Voor de werkwijze van de commissies is een richtlijn opgesteld (bijlage 5).

Voor de begeleiding is tevens een aparte projectbegeleider benoemd in de persoon van Ir. H. Rogaar, belast met het volgen van de projecten namens de organisatie, het halfjaarlijks bijeenroepen van de begeleidingscommissies, verslaglegging van deze bijeenkomsten en het laten opmaken en de goedkeuring van een eindrapport bij de afsluiting van projecten volgens een speciaal format (zie bijlage 6).

Deze vorm van begeleiding van projecten heeft over het algemeen goed gewerkt, niet alleen om redenen van de ontvangen adviezen e.d., maar ook omdat deze werkwijze de onderzoekers regelmatig noodzaakte om de voortgang en vervolgstappen onder ogen te zien en om in geval van projecten met meer deelnemers van verschillende universiteiten, de onderlinge samenhang en afstemming te bewaken. Uiteraard zijn er ook minpunten gesignaleerd, zoals een gebrek aan interesse of tijd aan de kant van de leden van de begeleidingscommissie om het project goed te volgen, gebrek aan kennis bij leden van de begeleidingscommissie op bepaalde deelgebieden en het verstrekken van ontijdige of onbruikbare adviezen. Ook moet worden opgemerkt, dat de begeleidingskosten niet werden vergoed, waardoor het o.a. voor GTI's moeilijk was om de gevraagde begeleiding op te brengen of prioriteit te geven.

Eind 2005 is er een evaluatie uitgevoerd waarbij de vraag centraal stond in hoeverre de bij aanvang van het programma gestelde onderzoeksvragen zijn beantwoord. De resultaten van de evaluatie zijn gepresenteerd op BodemBreed 2005 en in een speciale uitgave van SKB-nieuws.

5. Onderzoekprojecten

Het uitgevoerde onderzoek besloeg een zevental onderwerpen:

1. Het gedrag en modellering van tweefasensystemen, bestaande uit water en zware, niet met water mengbare, olieachtige stoffen (DNAPL's):
 - a. het effect van micro-heterogeniteit van de bodem;
 - b. stroming en natuurlijke afbraak in een pluim;
 - c. de modellering van menging en afbraak als gevolg van transversale dispersie in een pluim.
2. Natuurlijke afbraak van stoffen onder zuurstofarme omstandigheden, randvoorwaarden en beperkingen:
 - a. redox reactiviteit en biobeschikbaarheid van ijzerhydroxiden;
 - b. veerkracht van het grondwater-ecosysteem bij antropogene verstoring;
 - c. anaërobe afbraak van benzeen met chloraat in de ondergrond;
 - d. monitoring van natuurlijke afbraak van gechloreerde koolwaterstoffen in een verontreinigd grondwatersysteem.
3. Chemo- en electro-osmotisch transport van stoffen door dichte kleilagen bij verschillen in zoutsterkte.
4. Oplossing en neerslag van arseen op natuurlijke ijzerfilters in de ondergrond bij waterwinning.
5. Ontwikkeling van een instrument voor ecotoxicologische risico-beoordeling in landbouwgronden.
6. Natuurlijk herstel van landbouwgronden na verlating.
7. Biogeochemische beperkingen voor een duurzame ontwikkeling van rivieruiterwaarden.

In het navolgende wordt een korte beschrijving gegeven van de afzonderlijke projecten en kort ingegaan op de wijze van publicatie van de resultaten. Nadere projectgegevens zijn gegeven in bijlage 1, meer uitvoerige projectsamenvattingen in bijlage 7. Een lijst van proefschriften is gegeven in bijlage 8.

5.1. Korte beschrijving van de projecten

Het effect van micro-heterogeniteiten op het gedrag van zware, niet met water mengbare olieachtige stoffen (DNAPL's) in de bodem.

De verdringing van water door zware olieachtige producten in de grondwaterzone verloopt anders, dan wanneer, omgekeerd, de olieachtige stoffen worden verdrongen door water. Men noemt dit hysteresis. Deze is het gevolg van de aanwezigheid van fijne en grotere poriën en de afwisseling van fijn en grof zand, kortom van de natuurlijke heterogeniteit van de bodem. Voor de voorspelling en modellering van stroming en afbraak van verontreinigingen in de bodem is dit een lastige eigenschap, aangezien het ondoenlijk is om dit gedrag op ieder punt en in iedere porie te voorspellen en vervolgens te combineren. Om hiervoor een oplossing te vinden, is in dit onderzoek nagegaan door middel van modellering en experimenten, o.a. met de Geocentrifuge van GeoDelft, hoe groot voor verschillende mengsels van grof en fijn zand de zogenaamde 'eenheidscel' moet zijn om het gedrag van het systeem zo goed mogelijk te voorspellen, maar rekening houdend met de beschikbare reken capaciteit en de nauwkeurigheid van de gebruikte modellen.

Project: 835.80.001, Upscaling micro-heterogeneities in two-phase flow in porous media: Theory and experiments. Projectleider: Prof. S.M. Hassanizadeh, UU - Faculteit Geowetenschappen.. Informatie: hassanizadeh@geo.uu.nl.

Stroming en afbraak van zware, niet met water mengbare olieachtige stoffen (DNAPL's) in een pluim.

Vooral in de rand van een verontreinigingspluim treedt afbraak op door natuurlijke processen en ontstaan afbraakproducten. De stroming van de olieachtige producten zelf, maar ook die van het grondwater, beïnvloeden de afbraak en de verplaatsing van de pluim. Het onderzoek richt zich op de modellering van deze processen door combinatie, uitbreiding en toetsing van bestaande modellen voor stroming en natuurlijke afbraak. De toetsing vindt plaats met behulp van batchexperimenten in

het laboratorium, kolomexperimenten en met een experimentele opstelling in de vorm van een 'sandbox', waarin het stromingsgedrag en de afbraak van een DNAPL (TCE) kunnen worden gevolgd en gemeten. Modelleren en experimenteren gaan hand in hand in dit project.

Project 835.80.002, Multiphase flow and enhanced biodegradation of dense non-aqueous phase liquids. Projectleider : Prof. S.M. Hassanizadeh, UU – Faculteit Geowetenschappen.. Informatie: hassanizadeh@geo.uu.nl.

De modellering van menging en afbraak als gevolg van transversale dispersie in een pluim.

Een pluim van verontreinigende stoffen in de ondergrond verplaatst zich door stroming, diffusie en hydrodynamische dispersie. Dispersie treedt op zowel in de lengterichting als dwars op de richting van de stroming. Dispersie leidt tot verdunning van de verontreiniging, waardoor natuurlijke afbraak door micro-organismen wordt vergemakkelijkt en de pluim wellicht ook eerder dan gedacht tot stilstand komt. De modellering van dispersie in relatie tot stroming stond in dit onderzoek centraal. Het model is getoetst aan de uitkomsten van experimenteel onderzoek naar de stroming, reactie en dispersie van anorganische stoffen in een 'sandbox' van de Universiteit van Tuebingen en aan die van een olieverontreiniging in de omgeving van Perth (Australië).

Project 835.80.005, Mixing processes in enhanced and natural attenuation. Projectleider: Dr. R.J. Schotting, UU – Faculteit Geowetenschappen. Informatie: schotting@geo.uu.nl.

Redox reactiviteit en biobeschikbaarheid van ijzeroxyhydroxiden bij natuurlijke afbraak

In zuurstofloos grondwater is de afbraak van organische verontreinigingen door micro-organismen vaak gekoppeld aan de reductie van ijzerverbindingen. De samenstelling en kristalvorm van de aanwezige ijzerverbindingen zijn bepalend voor de energie, die dit proces voor de betrokken micro-organismen oplevert en het succes van de afbraak. Hierbij ondervinden zij tevens concurrentie van andere micro-organismen, die dezelfde voor hun groei benodigde stoffen gebruiken. In het onderzoek is experimenteel de groei en overleving van enkele model-organismen onder verschillende redox-omstandigheden en met verschillende ijzerverbindingen nagegaan en de te behalen energiewinst voor de verschillende omstandigheden bepaald. Tegelijkertijd is nagegaan welke groepen micro-organismen een rol spelen bij de afbraak van verontreinigingen onder ijzerreducerende omstandigheden in de pluim van de vuilstort Banisveld bij Boxtel door bemonstering, isolatie en kweek. Het geheel van gegevens wordt gebruikt voor de invulling van een model, de zogenaamde Ecologische Controle Analyse, met de bedoeling te bepalen welke soorten of factoren de afbraak in hoofdzaak controleren, teneinde deze beter te kunnen voorspellen en sturen.

Project 835.80.004, Redox reactivity and bioavailability of ironoxyhydroxides in the subsurface. Projectleiders: Prof. Dr. P. Van Cappellen, UU – Faculteit Geowetenschappen en Prof. H.V. Westerhoff en Dr. W.F.M. Röling, VU - Faculteit Aard- en Levenswetenschappen. Informatie: pvc@geo.uu.nl of wilfred.roling@falw.vu.nl.

Veerkracht van het grondwater-ecosysteem bij antropogene verstoring

Organische verontreinigingen in de ondergrond leiden tot verstoring van het aanwezige grondwaterecosysteem, maar in de regel tevens tot natuurlijke afbraak van de stoffen op korte of langere termijn. In het onderzoek is onder andere gekeken naar de structuur van het voedselweb en de rol van protozoën in het afbraaksysteem, waarbij geldt dat protozoën zich vrij bewegen in het grondwater en leven van micro-organismen. Hun vraat lijkt de groei van de micro-organismen te bevorderen en daarmee de afbraak van aanwezige verontreinigingen. De gegevens zullen worden ingevoerd en doorgerekend met de eerder genoemde Ecologische Controle Analyse (ECA; zie project 835.80.004). Voorts is in het kader van dit onderzoek in het laboratorium de anaërobe afbraak en afbraakroute van BTEX in monsters, afkomstig uit de pluim van de vuilstort Banisveld bij Boxtel nagegaan, o.a. door gebruikmaking ¹³C-gelabelde verbindingen. Onder deze omstandigheden is de afbraak van benzeen, toluen, en m-xyleen waargenomen, soms na een zeer lange lag-phase. Afbraak van ethylbenzeen en van de isomeren p- en o-xyleen is niet of nauwelijks gevonden. Tenslotte is in dit project gewerkt aan de snelle detectie en karakterisering van de afbraak van chloorkoolwaterstoffen in anaërobe grondwatersystemen met behulp van moleculair-biologische technieken. Aanwezige afbraakcapaciteit kan op deze wijze worden getraceerd. Of die ook werkzaam

is en in welke mate hangt af van de omgevingsfactoren en overige organismen, zoals die beschreven kan worden met ECA. Dat geldt ook voor de in het laboratorium gevonden BTEX-afbraak in veldmonsters.

Projectnummer 835.80.007, Resilience of the groundwater ecosystem in reaction to anthropogenic disturbances. Projectleiders: Dr. W.F.M. Röling, Prof. H.V. Westerhoff en Prof. N.M. van Straalen, VU – Faculteit Aard- en levenswetenschappen, Dr. H. Smidt, WUR – Laboratorium voor Microbiologie en Dr. J.R. Parsons, UvA – IBED. Informatie: wilfred.roling@falw.vu.nl en op www.bio.vu.nl/geomicrob/TRIAS/index.html.

Anaërobe afbraak van benzeen met chloraat in de ondergrond

Een consortium van 4 of 5 micro-organismen blijkt in staat om in aanwezigheid van chloraat en onder anaërobe omstandigheden benzeen af te breken, doordat uit het chloraat een kleine hoeveelheid zuurstof wordt vrij gemaakt. Het verkrijgen en beschrijven van de organismen afzonderlijk is niet mogelijk gebleken. Wel is een aantal fylogenetische eigenschappen langs moleculair biologische weg vastgesteld en zijn fysiologische condities van het consortium bepaald, die de afbraak mogelijk maken.

Project 835.80.009, Anaerobic biodegradation in contaminated soils. Projectleiders: Prof. A.J.M. Stams, WUR – Laboratorium voor Microbiologie en Dr. A.A.M. Langenhoff, TNO. Informatie: fons.stams@wur.nl en alette.langenhoff@tno.nl.

Monitoring van natuurlijke afbraak van gechloreerde koolwaterstoffen in een verontreinigd grondwatersysteem.

De ruimtelijke verdeling van chloorkoolwaterstoffen en afbraak door micro-organismen in een verontreinigingspluim in relatie tot de geochemische condities en de structuur van de bodem is geanalyseerd. De bodem- en grondwatermonsters zijn afkomstig van 'hoge resolutie peilbuizen', die zijn geplaatst in en buiten de verontreinigingspluim en zowel bovenstrooms als benedenstrooms van een actief bioscherm, dat in de stroombaan van de pluim is aangebracht. Het betreft de z.g. 'Brabant-site' van het CORONA-project, dat in Europees verband wordt uitgevoerd door TNO-Bouw en Ondergrond. In de batchexperimenten zijn de aërobe en anaërobe afbraak van chloorkoolwaterstoffen aangetoond, maar de capaciteit blijkt zeer uiteenlopend te zijn van plaats tot plaats, van diepte tot diepte en van afwezig tot duidelijk aanwezig. De grootste capaciteit is aangetoond in en rond het geplaatste bioscherm. Het onderzoek suggereert, dat de in het bioscherm ontwikkelde micro-organismen zich stroomafwaarts in de pluim kunnen verspreiden waardoor de actieve zone in het verontreinigde grondwatersysteem wordt uitgebreid.

Project 835.80.121, CORONA: Confidence in forecasting of natural attenuation. Projectleider: Dr. J. Gerritse, TNO – Bouw en Ondergrond. Informatie: jan.gerritse@tno.nl.

Chemo – en electro-osmotisch transport van stoffen door dichte kleilagen bij verschillen in zoutsterkte.

Als gevolg van verschillen in zoutsterkte aan weerszijden van een dichte kleilaag, bijvoorbeeld de afdichting van een slibdepot, kunnen ongewild water- en stoftransport gaan optreden door de kleilaag onder invloed van opgewekte chemische en elektrische potentiaalverschillen. Daardoor kan het depot gaan lekken. In dit onderzoek is experimenteel in het laboratorium met dunne kleiplakken in een z.g. 'permeameter', in het veld in ondiepe kleilagen en in zeer diepe, compacte kleipakketten ('Boonse klei') met behulp van piëzometers en door bewerking van bestaande gegevens uit de literatuur nagegaan of door deze mechanismen inderdaad verontreinigingen uit een slibdepot zouden kunnen weglekken. Op grond van het onderzoek valt dit niet uit te sluiten, maar de marges zijn groot.

Project 835.80.003, Chemically and electrically coupled transport in clayey soils and sediments. Projectleiders: Dr. J.P.G. Loch en Dr. R.J. Schotting, UU – Faculteit Geowetenschappen en Dr. H. Kooij, VU – Faculteit Aardwetenschappen. Informatie: jpgl@geo.uu.nl.

Oplossing en neerslag van arseen op natuurlijke ijzerfilters in de ondergrond bij waterwinning.

Arseen (As) in drinkwater is een bedreiging voor de volksgezondheid. Het is vooral een grote zorg in sommige ontwikkelingslanden, zoals Bangladesh. Een mogelijke oplossing is om arseen ondergronds al zoveel mogelijk weg te vangen met een ijzerfilter, dat door periodieke zuurstofinjectie kan worden gevormd en ververst rond een drinkwaterput. Het project omvatte experimenteel chemisch onderzoek en modellering van het bindingsgedrag van As aan ijzeroxide bij verschillende zuurstoftoestanden en in aanwezigheid van andere stoffen, o.a. fosfaat en bicarbonaat, zoals die zich in de praktijk voordoen. In combinatie hiermee is in een cel experimenteel het ontstaan en de verandering van de neerslag van ijzeroxiden in grondwater bij zuurstofinjectie onderzocht ter validatie van een reactief transportmodel voor bodemwater en daarin opgeloste stoffen. In het kader van dit project is voor dit doel en voor toepassing in de ingenieurswereld meer in het algemeen tevens de wiskundige techniek van homogenisatie beschikbaar gemaakt. .

Project 835.80.006, Solubility/ mobility of arsenic under changing redox conditions as affected by multi-component transport. Projectleiders: Prof. H.W. van Riemsdijk Dr. Tj. Hiemstra, WUR – Departement Omgevingswetenschappen en Dr. J. Bruining, TUD – Dietz Laboratorium voor Petroleum Engineering. Informatie: tjisse.hiemstra@wur.nl en j.bruining@citg.tudelft.nl.

Ontwikkeling van een instrument voor ecotoxicologische risico-beoordeling in landbouwgronden.

Afbraak en omzetting van organische stof en stoffstromen in de bodem worden in belangrijke mate bepaald door bodemorganismen, die tezamen een voedselweb vormen. Een te hoog gehalte aan zware metalen in de bodem of andere ongunstige omstandigheden kunnen leiden tot verstoring hiervan. In dit project is door veld- en experimenteel onderzoek nagegaan in welke mate het bodemvoedselweb in landbouwgronden wordt aangetast door, dan wel weerstand biedt aan stress factoren, zoals een te hoog gehalte aan koper in de grond. Op grond hiervan is beoogd een instrument voor risico-beoordeling van bodemverontreiniging te ontwikkelen.

Project 835.80.008, Ecosystem Stability Analysis (ESA): towards a quantitative guide for user oriented soil management and ecological soil quality assessment. Projectleiders: Dr. J. Kammenga, WUR – Laboratorium voor Nematologie, Prof. H.A. Verhoef en Dr. C.A.M. van Gestel, VU – Faculteit voor Aard- en Levenswetenschappen, Prof. P.C. de Ruiter, UU – Faculteit Ruimtelijke Wetenschappen en Dr. J. Bloem, Alterra – Research Instituut voor de Groene Ruimte. Informatie: jan.kammenga@wur.nl.

Natuurlijk herstel van landbouwgronden na verlaten

Het onderzoek is gericht op het proces van natuur- en vegetatieontwikkeling in een tijdreeks van verlaten landbouwgronden op de Veluwe, teneinde een uitspraak te kunnen doen over de haalbaarheid en tijd, die gemoeid is met het bereiken van het gewenste einddoel of doelvegetatie. Beperkingen worden o.a. gevormd door de traagheid van de ontwikkeling van de bodemgemeenschap, de eruit voortkomende omzettingssnelheden van koolstof en stikstof en terugkoppelingen tussen planten en bodemorganismen. Vegetatiekundig en bodembologisch veld- en experimenteel onderzoek in het laboratorium stonden centraal in dit onderzoek. De gegevens zijn ingevoerd in een bodemvoedselwebmodel, teneinde de ontwikkeling in de tijd van het bodemecosysteem te kunnen volgen. Tenslotte is de effectiviteit onderzocht van methoden om de beoogde natuurontwikkeling te versnellen in de gewenste richting, namelijk heide-schraalgrasland of heide.

Project 835.80.011, Soils in transition: patterns and processes in soil ecosystems during the restoration of natural ecosystems on former agricultural land. Projectleiders: Prof. W.H. van Putten en Dr. W. de Boer, NIOO-KNAW, Centrum voor Terrestrische Ecologie en Prof. P.C. de Ruiter, UU – Faculteit Ruimtelijke Wetenschappen. Informatie: putten@nioo.knaw.nl.

Biochemische beperkingen voor een duurzame ontwikkeling van rivieruiterwaarden

Het plan 'Ruimte voor de rivieren' gaat gepaard met natuurontwikkeling in het buitendijkse langs de grote rivieren. De hoge gehalten aan fosfaat, nitraat en sulfaat van deze gronden in Nederland remmen echter de gewenste ontwikkeling van kenmerkende, rivierbegeleidende vegetaties. Het onderzoek was er op gericht de verantwoordelijke biogeochemische mechanismen bloot te leggen, o.a. door vergelijking met meer natuurlijke riviersystemen elders in Europa en door experimenteel onderzoek. Het project kent tevens een microbiologische vraagstelling, namelijk naar de betekenis van sulfaat-reducerende micro-organismen voor de gewenste vegetatie-ontwikkeling of remming daarvan i.v.m. de zwavelhuishouding van de gronden. Centraal staat de vraag naar de haalbaarheid van de beoogde ontwikkeling in de Nederlandse situatie.

Project 835.80.010. Biogeochemical constraints for sustainable development of floodplains in riverine regions. Projectleiders: Prof. J.G.M. Roelofs en Dr. P.M. Lamers, RU – Afdeling Aquatische Ecologie en Milieubiologie, Dr. J.T.A. Verhoeven, UU – Afdeling Geobiologie en Prof. H.J. Laanbroek, NIOO-KNAW, Centrum voor Limnologie. Informatie: J.lamers@science.ru.nl.

Meer uitgebreide informatie over de projecten wordt gegeven in de bijlagen 1 en 7 van dit eindrapport, alsmede op de website <http://www.skbodem.nl/trias/>.

5.2 Publicaties

Gezien de aard van het onderzoek zijn of zullen van de meeste projecten de gegevens worden vastgelegd in proefschriften (zie bijlage 8) en in de vorm van wetenschappelijke publicaties. Hiervan is geen overzicht opgenomen in dit eindrapport. Voorzover reeds beschikbaar bij de afsluiting van de projecten zijn opgaven hiervan te vinden in het samenvattende eindrapport van ieder project, zie <http://www.skbodem.nl/trias/>. Dit geldt ook voor niet-wetenschappelijke publicaties in vaktijdschriften, workshop- en symposiumbijdragen en andere berichten over het onderzoek.

6. Kennisoverdracht en communicatie

In TRIAS is veel aandacht besteed aan kennisoverdracht en communicatie. Te noemen vallen:

1. het jaarlijkse symposium "BodemDiep", later genoemd "Soil & Water"
2. workshops met het uitvoerend bedrijfsleven en beheerinstanties
3. incidentele bijeenkomsten en uitgaven om de resultaten van het programma onder de aandacht te brengen, o.a. in de vorm van een SKB-special
4. projectbegeleidingscommissies
5. het onderhouden van een website
6. artikelen in kranten en tijdschriften

Op deze onderdelen zal in het navolgende worden ingegaan.

Symposium BodemDiep/ Soil & Water

Vanaf 2002 is jaarlijkse een 2-daags symposium georganiseerd voor deelnemers aan TRIAS en andere bodemprogramma's. De doelstelling van deze reeks symposia was om jonge onderzoekers en post-doc onderzoekers op bodemgebied in de gelegenheid te stellen hun onderzoek en resultaten te presenteren, kennis uit te wisselen met collega's en meer in het algemeen om contacten te leggen binnen en buiten hun vakgebied. Tijdens de symposia was er zowel gelegenheid om korte mondelinge presentaties te geven als om deel te nemen aan zogenaamde "poster-workshops", waarin posters kort kunnen worden toegelicht door de auteur en bediscussieerd, o.a. tegen de achtergrond van andere posters in dezelfde workshop onder leiding van een moderator. Deze actieve werkvorm is zeer goed bevallen. De voertaal van het symposium is Engels. Het aantal deelnemers bedroeg in de regel 50 tot 100. Van de symposia zijn proceedings verschenen met de (extended) abstracts van de voordrachten en posters. Deze zijn aan het begin van het symposium beschikbaar gesteld aan de deelnemers.

De symposia zijn opgezet samen met andere onderzoekorganisaties, met name SSEO, KCBBS en Aquaterra. Om de toegangsprijs laag te houden, zijn voor deelnemende AIO's extra middelen beschikbaar gesteld door NWO en SKB. Behalve financiële ondersteuning verschaft SKB ook de noodzakelijke secretariële en organisatorische ondersteuning. Het symposium kan worden gezien als de wetenschappelijke pendant van het jaarlijkse symposium BodemBreed in Lunteren, dat door zijn opzet en deelname echter te weinig mogelijkheden biedt voor wetenschappelijke kennisuitwisseling *pur sang*.

Het ligt in de bedoeling dit symposium voort te zetten, ook na de afsluiting van TRIAS, indien hiervoor de noodzakelijke middelen kunnen worden gevonden en de belangstelling blijft.

Workshops

In de loop van het programma is een aantal workshops gehouden met vakgenoten uit de praktijk en van behorende instanties om de kennisuitwisseling te bevorderen en resultaten door te spelen. Deelnemers werden hiervoor speciaal uitgenodigd. De organisatie was in handen van SKB, dat ook de kosten voor haar rekening nam.

De gehouden workshops in de loop van het programma zijn:

- DNAPL's, 21 oktober 2003, Utrecht
- Anaerobe afbraak van benzeen, 4 november 2003, Utrecht
- Bodemkwaliteit en Ecologie, 20 november 2003, Wageningen

Bij de afsluiting van TRIAS zullen opnieuw workshops worden gehouden om wetenschap en praktijk bij elkaar te brengen. Deze zullen worden georganiseerd door de BodemBreed Academy onder de hoede van SKB.

Incidentele bijeenkomsten

Voor direct contact met medewerkers van het ministerie van VROM is in 2005 een speciale lunchbijeenkomst gehouden bij dit ministerie om de verworvenheden van het programma voor het voetlicht te brengen. Met dit doel zijn ook in 2001 en 2005 presentaties verzorgd op het symposium BodemBreed in Lunteren.

Begeleidingscommissies

De begeleidingscommissies van de projecten zijn zodanig samengesteld, dat er in de regel behalve onderzoekers van verschillende universiteiten, ook wetenschappelijk geïnteresseerde medewerkers van o.a. GTI's zitting hadden. Dit heeft de uitwisseling van kennis en praktijkervaring bevorderd en heeft bijgedragen tot de vorming van netwerken tussen kennisinstellingen en de praktijk.

Websites

TRIAS kent twee websites (www.nwo.nl/nwohomen.nsf/pagesnwop_HCLZ7 en <http://www.skbodem.nl/trias>) waarop alle voortgangsrapporten van onderzoekprojecten en samenvattende eindrapporten beschikbaar zijn voor derden.

Kranten en tijdschriften

Bij de afsluiting van TRIAS is contact gelegd met een wetenschapsjournalist om de doorstroming van kennis uit TRIAS naar kranten en tijdschriften te bevorderen. Dit heeft inmiddels geleid tot enkele publicaties in de wetenschappelijke bijlagen van kranten, o.a. bij het gereed komen van proefschriften e.d. De voorlichtingsdiensten van de deelnemende universiteiten nemen ook zelf initiatieven in deze.

Tenslotte heeft SKB in SKB-Nieuws no 21 van november 2005 aandacht besteed aan TRIAS voor haar achterban. Dit was een [TRIAS special](#).

7. Betekenis en uitstraling

Aan universitair wetenschappelijk onderzoek moet de eis worden gesteld, dat het zich richt op de formulering en toetsing van hypothesen, denkrichtingen en concepten. Daarbij spelen experimenten, de herhaalbaarheid daarvan en hun rol bij het falsificeren van de onderliggende, uit de opgestelde theorie voortspruitende hypothese een centrale rol.

Voor TRIAS geldt in aanvulling hierop, dat het onderzoek inspeelt op problemen, die in de praktijk van de bodemsanering en –bescherming worden gevoeld. Dit stelt ook eisen aan de intensiteit en de wijze van communiceren van de uitkomsten van het onderzoek.

Belangrijke elementen van het programma zijn daarom:

1. het ontwikkelen van denkrichtingen, modellen en oplossingen voor problemen, die in de praktijk van de bodemsanering en -bescherming worden gevoeld;
2. het ontwikkelen en onderhouden van een kennisnetwerk voor de problematiek van de bodemsanering en –bescherming, waarbij het netwerk zowel wetenschappelijk als praktijk-geïntereerde personen omvat.
3. het doorgeven van wetenschappelijk kennis.
4. het opleiden van onderzoekers en deskundigen op dit terrein.

In TRIAS zijn deze doelen nagestreefd door het uitzetten van onderzoek bij een aantal universitaire onderzoeksgroepen, waarbij bovendien is gestreefd naar samenwerkingsverbanden met het oog op het ontwikkelen van nieuwe oplossingsrichtingen (doelstelling 1) en ter ondersteuning van het ontwikkelen en onderhouden van een kennisnetwerk (doelstelling 2). Verder door het aanstellen van jonge onderzoekers, die op deze wijze deskundigheid als onderzoeker op dit terrein kunnen ontwikkelen (doelstelling 4) en voorts door voor ieder project een begeleidingscommissie te benoemen, die bestaat uit collega-wetenschappers uit de relevante vakgebieden en uit wetenschappelijk georiënteerde deskundigen uit de praktijk. Dit heeft in sterke mate bijgedragen tot de realisatie van doelstellingen 2 en 3 en bovendien tot sturing van het onderzoek in de onder 1 genoemde richting. Tenslotte is een beperkt budget beschikbaar gesteld voor de organisatie van workshops en symposia, vooral voor realisatie van doelstellingen 2 en 3.

Gezien de uitkomst is het programma geslaagd in de realisatie van de genoemde doelstellingen, al zijn er geen grote doorbraken op wetenschappelijk gebied opgetreden. Dat mag van een programma van beperkte omvang en met een zo brede insteek ook niet worden verwacht.

In vergelijking tot het Speerpuntprogramma Bodemonderzoek, de tweede in de reeks van stimuleringsprogramma's voor bodemonderzoek, dat liep van 1985 tot ca 1995, zullen de impact en de doorwerking geringer zijn. Dat heeft niet alleen te maken met het feit, dat het Speerpuntprogramma destijds naar onderzoeksvolume en middelen meer dan 5x zo groot was. Ten tijde van het Speerpuntprogramma was de problematiek nog betrekkelijk nieuw. Het onderwerp werd toen voor het eerst via een breed opgezet, doelgericht programma aangepakt. Nu geldt dat de room eraf is! Van 'quick wins' is het karakter verschoven naar het ontwikkelen van de achterliggende mechanismen, van meer 'tool-gericht' onderzoek naar een 'systeemoriëntatie', waarvan de toepassingsmogelijkheden breder, maar daarmee tevens ook diffuser van aard zijn.

Dat TRIAS als programma veel bescheidener is, is ook aanvaardbaar. Destijds was veel energie nodig om het proces van kennisvermeerdering in gang te zetten én daarbij ook nog eens een nivo te bereiken dat verantwoorde toepassing van de kersverse kennis en inzichten mogelijk maakte. Nu is alleen onderhoudsenergie nodig om de trein rijdende te houden. Zo is dat ook gevoeld door de voorbereidingscommissie van TRIAS. Aan het einde van 'de rit' past hierbij de waarschuwing dat, wanneer het bodemonderzoek onverhoopt tot stilstand zou komen, het wederom erg veel extra inspanning zou gaan kosten om infrastructuur en competentie-ontwikkeling op deelterreinen weer vanaf de grond af te moeten opbouwen.

Tenminste de helft van de TRIAS-onderzoekers is afkomstig uit het buitenland. In elk geval een deel daarvan zal geen werkkring in Nederland vinden, laat staan op het gebied van de bodemsanering en – bescherming in ons land. Dat kan als een bezwaar worden gezien, maar ook als een kans. De kans bestaat hierin, dat vanuit Nederland deze onderzoekers worden gevolgd in het land waar zij werk vinden en betrokken blijven bij het kennisnetwerk op dit gebied. Dat geldt niet alleen voor de individuen zelf, maar meer nog voor de onderzoeksgroepen of instellingen waar zij gaan werken. Voor adviesbureaus ligt hier een kans om in het buitenland actief te worden. Deze ontwikkeling is onvermijdelijk en past in deze tijd van het virtueel worden van landsgrenzen, schaalvergroting en globalisering. Omgekeerd trekt Nederland ook deskundigen, die in het buitenland zijn opgeleid en daar hun netwerk hebben opgezet, aan. Overigens heeft een aantal (buitenlandse) TRIAS-onderzoekers vlot een baan in Nederland gevonden binnen dit vakgebied. In die zin is er sprake van kennisimmigratie en een verrijking voor het Nederlandse bestand aan kenniswerkers.

Teneinde het contact van de jonge onderzoekers te onderhouden is door SKB het netwerk “Jong SKB” opgericht met een eigen website en Nieuwsbrief.

Tenslotte kan worden opgemerkt, dat TRIAS door zijn opzet en wijze van organisatie model zou kunnen staan voor andere onderzoekprogramma's, waarin het contact tussen wetenschappelijk onderzoek en marktpartijen belangrijk wordt geacht, maar ook wanneer sprake is van onderzoek, dat door meer partijen wordt uitgevoerd en waarbij samenwerking en afstemming belangrijke elementen zijn.

8. Loopbaanvervolg onderzoekers

Het blijkt dat vrijwel alle onderzoekers na afloop van het project vlot een baan hebben gevonden. Bij een aantal was dit noodgedwongen reeds voordat de dissertatie gereed was, waardoor de afronding hiervan verdere vertraging oploopt.

Een samenvatting van functies en werkkringen is gegeven in tabel 1; meer detail kan worden gevonden in bijlage 9.

Tabel 1: loopbaanvervolg TRIAS-onderzoekers (zie ook bijlage 9)

Aard functie	binnenland	buitenland	totaal
Onderzoeker			
<i>universiteit</i>	8	5	13
<i>GTI</i>	4	1	5
<i>bedrijfsleven</i>	1	0	1
Adviseur	2	1	3
Medewerker (semi-)overheid	1	1	2
Anders	2	1	3
Onbekend	2	1	4
totaal	20	10	30

Van de 30 onderzoekers zijn er 20 in Nederland terecht gekomen en 10 in het buitenland. 19 van hen zetten vooralsnog hun carrière voort als onderzoeker aan een universiteit (13), bij een onderzoekinstituut (5) of bij de industrie (1). Drie onderzoekers zijn terecht gekomen in het adviserend bedrijfsleven. Twee vonden een baan bij de (semi-)overheid. Van de overigen is één onderzoeker nog bezig met het onderzoek (project 835.80.002), één nog doende om een onderzoekbaan te vinden en is één is aangesteld als technisch assistent bij de WUR. Van vier onderzoekers is geen nadere informatie verkregen.

Het valt op dat negen van de veertien onderzoekers, die uit het buitenland afkomstig waren weer naar het buitenland zijn vertrokken. Vijf van hen hebben een functie in Nederland gevonden.

Bijzonder vermeldenswaard is de toekenning van een Wigner fellowship van UT/ORNL aan Dr. Paul Kardol (project 835.80.011) voor het verrichten van onderzoek naar de relatie bodembio-vegetatie aan de University of Tennessee/Oak Ridge National Laboratory op basis van zijn cv en presentatie. Volgens ingewijden is dit een zeer prestigieus fellowship.

9. Financiën

Het programma kon beschikken over ruim 4 miljoen Euro voor projectfinanciering, ingebracht door de drie deelnemende partijen (zie tabel 2 en bijlage 10). De uitgaven voor projecten naar kostensoort en de uitgaven per project zijn weergegeven in tabel 3, resp. bijlage 11. De financiële middelen, die in de loop van het programma vrijvielen zijn gebruikt om te krappe toewijzingen uit de tweede tranche enigszins te herstellen.

Naast de financiële middelen voor projectfinanciering is door ieder van de partijen een organisatorische bijdrage geleverd. Voor NWO-ALW bestond deze uit het geheel van de projectadministratie met inbegrip van de boekhouding, alsmede die van de ambtelijke secretaris van Stuurgroep en Programmacommissie. SKB leverde de programmamanager en de projectbegeleider en nam alle kosten van workshops en symposia (Bodem Diep c.q. Soil & Water) voor haar rekening, voorzover deze niet werden gedekt uit verkregen inkomsten, alsmede de kosten van publiciteit in eigen kring. Volgens afspraak zou Delft Cluster de PR-kosten voor haar rekening nemen en de PR verzorgen. Dit is uiteindelijk niet gebeurd, waardoor deze kosten eveneens ten laste van de andere partners zijn gekomen.

De leden van de begeleidingscommissies van projecten, evenals degenen die hebben bijgedragen tot de gehouden workshops en symposia hebben geen betaling ontvangen. Hierbij is de beleidslijn van NWO gevolgd, waarbij wordt uitgegaan van het idee van wederzijds profijt. De leden van de programmacommissie hebben eveneens om niet hun bijdrage geleverd.

Tabel 2: Samenvatting van baten en lasten projectfinanciering (d.d. 25 mei 2005)

Baten	€	Lasten	€
ALW	1.075.541	Projectkosten	3.889.443
SKB	2.113.037	Verplichtingen	192.521
Delft Cluster	862.152	Eindevaluatie, reservering	20.000
		Afwikking	-41.270
		Bestemd fonds	-9.966
Totaal	4.050.730	Totaal	4.050.730

Tabel 3: Projectkosten naar kostensoort (d.d. 25 mei 2007)

Programma	Budget	Besteed	Afwikking	Saldo
Salariskosten	2.960.588	2.902.193	26.658	31.737
Overige Pers k.	50.000	50.000	0	0
Einde P.Verg	74.892	37.671	- 25.189	62.410
Reiskosten	45.780	50.218	- 3.813	- 625
Gebr.goederen	101.422	100.845	0	577
Verb.goederen	706.683	645.925	62.454	- 1.695
Onderz. kosten	82.689	74.887	-819	8.622
Bench fee	27.228	27.228	0	0
Dissertatie	20.430	9.534	0	10.896
Bijeenkomsten	12.252	12.252	0	0
Afronding	0	- 1	0	-1
Totaal	4.081.964	3.910.752	59.291	111.921

10. Vervolg

Voor wat betreft het vervolg van TRIAS kan allereerst worden opgemerkt, dat een goede bodemkwaliteit een nationaal belang is en het behoud en de bevordering daarvan tot de overheidstaken gerekend moeten worden. Uit het geheel van de wet- en regelgeving blijkt gelukkig ook dat de overheid zich wat aan die opdracht gelegen laat liggen. Hoe belangrijk de inbreng vanuit particuliere initiatieven en het bedrijfsleven ook is, regie en verantwoordelijkheid horen aan de staat.

Om onderzoek en kennis m.b.t. de bodemsanering en –bescherming op de langere termijn te waarborgen is het noodzakelijk, dat Nederland een kennisinfrastructuur in stand houdt. Om voortdurend te kunnen bewaken of zich wellicht nieuwe kwesties aandienen, dan wel bekende problemen verwaarloosd dreigen te worden, moet die kennisbasis voldoende breedte en omvang hebben. Zoiets vergt gerichte impulsen en (financiële) middelen. Dit wordt uitstekend bereikt via doelgerichte onderzoekprogramma's met voldoende armslag en verankering, zoals TRIAS. Door (co-)financiering van dergelijke programma's kan de overheid bewerkstelligen dat er voldoende 'staande kennis' voorhanden blijft om de overheid zelf en het bedrijfsleven te voeden en bij te staan.

De opzet en inrichting van het onderzoek is bij TRIAS en haar voorlopers is overwegend aan de betrokken partijen overgelaten. Overheidssturing op afstand is hierbij één van de succesfactoren.

De te genereren kennis dient een breed pallet te omvatten en vertaalt zich in een diffuus scala aan producten. Een marktpartij kan zich dan ook bijna geen belangrijke rol in zo'n programma permitteren: winstgevendheid vereist focus. De maatschappij als geheel is echter juist bij een brede en interdisciplinaire aanpak gebaat. Vanwege de diffusiteit van de opbrengsten is het waarschijnlijk dat alle betrokken partijen, ook de uitvoerders, geld op TRIAS hebben toegelegd. Zij waren daartoe bereid op grond van de meerwaarde die het programma oplevert, met name als het gaat om het opbouwen en onderhouden van een kennisnetwerk en het ontwikkelen en doorgeven van wetenschappelijke kennis.

De opleiding van deskundigen door het verrichten van onderzoek en kennisvergaring is een algemeen belang. Het uitvoeren van het eigenlijke onderzoek zelf is in dit geval vooral in het directe belang van universiteiten en onderzoeksinstituten, hun primaire taak.

De deelname van NWO-ALW in TRIAS is nuttig gebleken vanwege haar grote ervaring bij het opzetten en managen van onderzoeksprogramma's en wetenschappelijk onderzoek zelf. Maar voor de vereiste brede aandacht, de sturing vanuit beleidsvragen van de overheid en de uitvoeringspraktijk, dient zo'n onderzoeksprogramma door een bredere organisatie dan NWO alleen te worden getrokken.

Kortom, een vervolg op TRIAS is zeer wenselijk. Naast de overheid in haar rol van regisseur, dient zo'n programma, net als voor TRIAS het geval was, bij voorkeur weer door partijen met een uiteenlopende, maar elkaar aanvullende achtergrond, ter hand te worden genomen. De overheid zou de verantwoordelijkheid moeten voelen door hiertoe het initiatief te nemen!

11. Bijlagen

Bijlagen

1. Lijst van TRIAS-projecten
2. Personele samenstelling voorbereidingscommissie TRIAS
3. Samenstelling Stuurgroep, programmacommissie en programmamanagement
4. Samenstelling begeleidingscommissie per project
5. Taken en werkwijze begeleidingscommissie
6. Format samenvattend eindrapport projecten
7. Samenvatting projecten
8. Lijst van proefschriften
9. Loopbaanvervolg TRIAS-onderzoekers
10. Programmafinanciering, baten en lasten
11. Specificatie van uitgaven per project

Lijst van TRIAS-projecten

Project nr. ¹⁾	Projecttitel	Projectleiders	Onderzoekers	Looptijd
835.80.001 (DC 5.3.1)	Upscaling micro-heterogeneities in two-phase flow in porous media: Theory and experiments.	Hassanizadeh, UU	Dr. B. Ataie-Ashtiani Dr. D.B. Das, TUD Oubol Oung, Geodelft Dr. C. Berentsen, UU	2000 – 2002 2002 – 2003 2002 – 2003 2004
835.80.002 (DC 5.1.6)	Multiphase flow and enhanced biodegradation of dense non-aqueous phase liquids.	Hassanizadeh, UU	L. Bouw, TUD M. Langevoort, UU	2000 – 2003 2004 – 2008
835.80.003 (DC 5.3.4)	Chemically and electrically coupled transport in clayey soils and sediments.	Loch, UU		2001 – 2005
835.80.031	Laboratory studies of transport by chemical and electro-osmotic coupling.	Loch, UU	K. Heister, UU	
835.80.032	Field studies for validation of osmotic transport.	Kooi, VU	A.M. Garavito, VU	
835.80.033	Incorporation of chemical and electro-osmosis in an existing transport model .	Schotting, TUD/UU	S. Bader, TUD/UU	
835.80.004 (DC 5.1.4)	Redox reactivity and bioavailability of ironoxyhydroxides in the subsurface.	Van Cappellen, UU		2001 - 2005
835.80.041	a. Redox reactivity of ironoxyhydroxides. b. Modeling iron respiration in anaerobic environments.	Van Cappellen, UU	S.C. Bonneville, UU Dr. W.M.F. Röling, VU	
835.80.042	Structure and activity of microbial iron-reducing communities.	Westerhoff, VU	Bin Lin, VU	
835.80.005 (DC 5.1.6)	Mixing processes in enhanced and natural attenuation.	Schotting, TUD/UU	P. Ham, TUD/UU	2001 - 2005
835.80.006 (DC 5.1.7)	Solubility/ mobility of arsenic under changing redox conditions as affected by multi-component transport.			2002 - 2006
835.80.061	Idem, part I	Van Riemsdijk, WUR	M. Stachowicz, WUR	
835.80.062	Idem, part II	Bruining, TUD	Md. Samsul Islam, TUD Dr. M.I.M. Darwish, TUD	2002 - 2003 2004 - 2006
835.80.007	Resilience of the groundwater ecosystem in reaction to anthropogenic disturbances.	Westerhoff, VU Röling, VU		2001 - 2005
835.80.071 ²⁾	Effects of pollution on the biodiversity of groundwater fauna and related microbial communities.	Van Straalen, VU	T. Brad, VU	
835.80.072 ²⁾	Dehalogenation in deep groundwater ecosystems in reaction to anthropogenic disturbances.	Smidt, WUR	M. van Heusden, WUR	
835.80.073 ²⁾	Resilience of subsurface anaerobic environments in reaction to BTEX contamination (UvA/VU).	Parsons, UvA	S. Botton, UvA	

835.80.008	Ecosystem Stability Analysis (ESA): towards a quantitative guide for user oriented soil management and ecological soil quality assessment.	Kammenga, WUR		2001 - 2006
835.80.081	Effects on the structure, stability and functioning of the populations of soil organisms.	Kammenga, WUR	A. Doroszuk, WUR	
835.80.082	Effects on the structure, stability and functioning of soil food webs and soil ecosystem processes.	Van Gestel, VU	F. Kuenen, VU	
835.80.083	Effects on the structure and stability of microbial populations and ecosystem processes; development of ecosystem stress indices through ecosystem network analysis.	De Ruiter, UU/WUR Bloem, Alterra	M. Tobor-Kaplon, Alterra/UU	
835.80.009	Anaerobic biodegradation in contaminated soils.	Stams, WUR Langenhoff, TNO-MEP	Dr. N.C.G. Tan, WUR W. van Doesburg, WUR	2002 - 2004
835.80.010	Biogeochemical constraints for sustainable development of floodplains in riverine regions.	Roelofs, RUN		2002 - 2007
835.80.101	Idem, part I	Roelofs, RUN	R. Loeb, RUN	
835.80.102	Idem, part II	Verhoeven, UU	A.M. Antheunisse, UU	
835.80.103	Idem, part III	Laanbroek, NIOO-KNAW	M. Miletto, RUN/NIOO	
835.80.011	Soils in transition: patterns and processes in soil ecosystems during the restoration of natural ecosystems on former agricultural land.	Van der Putten, NIOO-KNAW		2002 - 2007
835.80.111	The microbial component of soil food webs and ecosystem processes.	Van der Putten, NIOO-KNAW	A. van der Wal, NIOO	
835.80.112	Food web modelling.	De Ruiter, UU/WUR	R. Holtkamp, UU	
835.80.113	Soil food web structure, soil ecosystem processes and vegetation development.	De Boer, NIOO-KNAW	P. Kardol, NIOO	
835.80.121	CORONA: Confidence in fORecasting Of Natural Attenuation	Gerritse, TNO	Dr. M.L.C.G. Luijten, TNO	2003 - 2004

- 1) NWO-projectnummer; tussen haakjes: projectnummer Delft Cluster
- 2) Werktitels

Samenstelling voorbereidingscommissie TRIAS

Leden

Prof. Ir. H.P. van Heel, voorzitter
Prof. Dr. H.J. Laanbroek, NWO-ALW
Prof. Dr. Ir. M.C.M. van Loosdrecht, NWO-ALW
Prof. Dr. E.F.J. de Mulder, Delft Cluster
Prof. Dr. P.C. de Ruiter, SKB
Dr. R.J. Schotting, Delft Cluster
Ing. H.J. van Veen, SKB
Dr. Ir. J.C.M. de Wit, secretaris

Begeleidende stuurgroep

Prof. Dr. Ir. J. Blaauwendraad, Delft Cluster
Dr. J. Marks, NWO-ALW
Ir. H. Vermeulen, SKB

Samenstelling Stuurgroep, Programmacommissie en Project management team TRIAS

<u>Stuurgroep</u>	
Prof. Dr. Ir. J. Blaauwendraad, Delft Cluster	2000 – 2002
Prof. Dr. H.-J. Overbeek, Delft Cluster	2002 - ?
Dr. J. Marks, NWO-ALW	2000 – 2003
Dr. F.M. Martens, NWO – ALW	2004 - 2007
Ir. H. Vermeulen, SKB	2000 – 2007
 <i>Secretaris</i>	
Drs. P.J.M. Beckers, NWO - ALW	2000 - 2002
Drs. Th. A.W.M. Saat, NWO –ALW	2002 - 2007
 <u>Programmacommissie*)</u>	
<i>Voorzitter</i>	
Prof. Dr. J.A. van Veen, KNAW – NIOO	2000 – 2007
 <i>Leden</i>	
Prof. Dr. Ph. Van Cappellen, UU	2000 - 2007
Dr. Ir. C. van Gestel, VU	2000 – 2007
Dr. Ir. T. Heimovaara, Iwaco en Groundwater Technology	2000 – 2007
Prof. Dr. E.J. de Mulder, TUD	2000 – 2003
Prof. Dr. J. Roelofs, KUN	2001 – 2007
Dr. R.J. Schotting, TUD/ UU	2000 – 2007
Drs. J.J. van der Waarde, BioClear BV	2001 – 2003
Prof. Dr. Ir. S. van der Zee, WUR	2000 – 2002

*) secretaris: zie Stuurgroep

<u>Project management team</u>	
Ing. H.J. van Veen, voorzitter, SKB	2000 – 2007
Dr. Ir. R.J. Schotting, Delft Cluster	2000 – 2007
Drs. P.J.M. Beckers, NWO - ALW	2000 - 2002
Drs. Th. A.W.M. Saat, NWO –ALW	2002 - 2007
Ir. H. Rogaar, projectbegeleider	2000 - 2007

Samenstelling begeleidingscommissies TRIAS-projecten (per project)

835.80.001 Upscaling micro-heterogeneities in two-phase flow in porous media: Theory and experiments

Begeleiding: Ir. A. Bezuijen (GeoDelft), Dr. Ir. T. Heimovaara (Groundwater Technology/SKB), Dr. C. Hofstee (TNO- Bouw en Ondergrond), Prof. Dr. P.A.C. Raats, Dr. R.J. Schotting (UU).

835.80.002 Multiphase flow and enhanced biodegradation of dense non-aqueous phase liquids.

Begeleiding¹): Dr. Ir. T. Heimovaara (Groundwater Technology/SKB), Dr. J. Hofstee (TNO-Bouw en Ondergrond), Dr. J. Krooneman (BioClear BV), Dr. Ir. G.A.M. van Meurs (GeoDelft), Prof. Dr. P.A.C. Raats, Dr. R. Schotting (UU), Dr. Ir. G. Schraa (WUR), Ir. A.W. van der Werf (BioClear BV).

835.80.003 Chemically and electrically coupled transport in clayey soils and sediments

Begeleiding: Dr. G. Greeuw (GeoDelft), Dr. Ir. T. Heimovaara (Groundwater Technology/SKB), Dr. T.J.S. Keijzer (Tauf), Prof. Dr. Ir. A. Leijnse (TNO-Bouw en Ondergrond, Prof. Dr. P.A.C. Raats.

835.80.004 Redox reactivity and bioavailability of ironoxyhydroxides in the subsurface

Begeleiding: Dr. Ir. T.N.P. Bosma (TNO – Bouw en Ondergrond), Dr. J. Griffioen (TNO-Bouw en Ondergrond, Dr. T.J.S. Keizer (TAUW/SKB), Drs. J.J. Olie (GeoDelft), Dr. I.H.M. van Oorschot (Royal Haskoning).

835.80.005 Mixing processes in enhanced and natural attenuation

Begeleiding¹): Dr. Ir. T. Heimovaara (Groundwater technology/SKB), Dr. J. Krooneman (BioClear BV), Prof. Dr. Ir. A. Leijnse (TNO – Bouw en Ondergrond), Dr. Ir. G.A.M. van Meurs (GeoDelft), Prof. Dr. P.A.C. Raats, Dr. Ir. G. Schraa, Ir. A. van der Werf (BioClear BV).

835.80.006 Solubility/ mobility of arsenic under changing redox conditions as affected by multi-component transport

Begeleiding: Dr. Ir. K. van Beek (KIWA); Dr. J. Griffioen (TNO-Bouw en Ondergrond), Dr. Ir. T. Heimovaara (GroundwaterTechnology/ SKB), Dr. N. de Rooij (WL).

835.80.007 Resilience of the groundwater ecosystem in reaction to anthropogenic disturbances

Begeleiding: Drs. I.J.T. Dinkla (BioClear BV), Dr. J. Gerritse (TNO-Bouw en Ondergrond), Dr. Ir. T. Heimovaara (Groundwater technology)/SKB), Dr. A. de Klijne (Royal Haskoning), Dr. J. Noteboom (RIVM), Dr. Ir. F. Volkering (Tauf);

835.80.008 Ecosystem Stability Analysis (ESA): towards a quantitative guide for user oriented soil management and ecological soil quality assessment

Begeleiding: Dr. Ir. P. Doelman (SKB), Dr. R. Hengeveld (Alterra), Dr. H.W. van der Putten (NIOO-CTO), Dr. J. van Wensem (TCB).

835.80.009 Anaerobic Biodegradation in contaminated soils

Begeleiding: Drs. P. de Bruijn (SKB), Dr. J. Gemoets (VITO), Dr. W. Dejonghe (VITO), P. Meuldijk (NAM), Dr. J. Parsons (UvA), Dr. N.J.P. van Ras (BioClear BV).

835.80.010 Biogeochemical constraints for sustainable development of floodplains in riverine regions

Begeleidingscommissie: Dr. H. Coops (RIZA/WL), Dr. Ir. P. Doelman (SKB), Dr. G. Muijzer (TUD), Dr. Ir. J. Vink (RIZA).

835.80.011 Soils in transition: patterns and processes in soil ecosystems during the restoration of natural ecosystems on former agricultural land.

Begeleidingscommissie: Prof. Dr. J.P. Bakker (RUG-Biologie), Dr. M.P. Berg (VU-Aard- en Levenswetenschappen), Dr. J. Bloem (Alterra), Dr. Ir. P. Doelman (SKB), Mw. Dr. L. Hemerik (WUR-Biometrics), Dr. G.W. Korthals (PPO/WUR).

- 1) De projecten 835.80.002 en 835.80.005 (beide DC 5.1.6) hebben dezelfde begeleidingscommissie.

TAAK EN WERKWIJZE VAN DE BEGELEIDINGSCOMMISSIES BIJ TRIAS-PROJECTEN

In dit document worden de taak, de werkwijze en de positie van de begeleidingscommissies in het kader van het onderzoeksprogramma TRIAS beschreven.

KADER

Het doel van TRIAS is de bevordering van fundamenteel wetenschappelijk onderzoek op het terrein van "patronen en processen in de ondergrond" en van "ecologie en bodemkwaliteit", alsmede het toegankelijk maken van de resultaten van het onderzoek voor gebruikers (overheid, onderzoek en bedrijfsleven). Het onderzoeksprogramma is een gezamenlijk initiatief van de Stichting Kennisontwikkeling en Kennisoverdracht Bodem (SKB), Delft Cluster (DC) en de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek, gebied Aard- en Levenswetenschappen (NWO-ALW), die daartoe een Stuurgroep hebben ingesteld. Deze is bevoegd namens de drie deelnemende organisaties de noodzakelijke besluiten te nemen over de inrichting en uitvoering van het programma. De Stuurgroep laat zich bijstaan door een daartoe ingestelde programmacommissie voor de wetenschappelijke invulling van het programma, de begeleiding en het bewaken van de voortgang van het onderzoek.

Onderzoekers die TRIAS-steun ontvangen zullen bereid moeten zijn actief mee te werken aan het overdragen van de nieuw verworven kennis, die anders misschien niet gemakkelijk beschikbaar zou komen voor potentiële gebruikers.

TAAK

De taak en de samenstelling van de begeleidingscommissie hangen ten nauwste samen met de hierboven genoemde doelstellingen van het programma. De taak van de commissie is *meerledig*. In de eerste plaats draagt de commissie zorg voor de wetenschappelijke begeleiding van het project. Voor dit doel wordt de commissie samengesteld uit een of meer experts die een zinvolle wetenschappelijke bijdrage aan het project kunnen leveren. In de tweede plaats dient zij ervoor te waken dat de onderzoeker bij de uitvoering van zijn onderzoek het toepassingsaspect voldoende in het oog houdt c.q. kan houden. Zij voorziet hem daartoe, indien nodig, van informatie en fungeert desgewenst als gesprekspartner. De commissie adviseert de projectleider over de wijze waarop de resultaten in een hanteerbare vorm aan gebruikers overgedragen kunnen worden. Een derde taak is de bewaking van de voortgang van het project en het signaleren van knelpunten namens de programma-commissie.

SAMENSTELLING EN WERKWIJZE

1. De verantwoordelijkheid voor de uitvoering van het onderzoek, zoals omschreven in de goedgekeurde projectaanvraag, berust bij de door TRIAS erkende leider of coördinator van het project.
2. De begeleidingscommissie wordt samengesteld, ingesteld en opgeheven door de TRIAS-programmacommissie. Potentiële leden mogen niet door de programmacommissie worden benaderd en de commissie mag niet worden ingesteld dan na overleg met de projectleider.
3. De begeleidingscommissie zal in de regel bestaan uit een lid van de programmacommissie zelf, een secretaris vanuit TRIAS, twee experts vanuit het academische circuit en tenminste één lid, dat geacht mag worden inzicht te hebben in de gebruiks- en toepassingsmogelijkheden van de resultaten van het desbetreffende onderzoek in de praktijk. De programmacie wijst tevens de voorzitter aan.
4. De begeleidingscommissie vergadert zo frequent als zij zelf nodig acht, doch ten minste eenmaal per jaar.

5. De leden van de begeleidingscommissie kunnen ook individueel informeel met de onderzoekers in contact treden.

6. De begeleidingscommissie treedt niet zelfstandig naar buiten, maar brengt uitsluitend verslag uit van haar bevindingen aan de Programmacommissie. Deze besluit hierover en informeert op haar beurt de Stuurgroep over de voortgang en andere zaken het project betreffende, gevraagd of ongevraagd.

7. De projectleider heeft de taak de begeleidingscommissie goed te informeren over de voortgang van het onderzoek. Hij stelt hiertoe m.b.t. het onderzoeksproject o.a. de volgende stukken ter beschikking:

- (half)jaarverslagen;
- pre- en eventueel reprints van publicaties;
- interne rapporten;
- verslagen van (buitenlandse) reizen.

Deze stukken worden via de secretaris gedistribueerd. Zij zijn niet openbaar, maar met uitzondering van publicaties e.d., die door de projectleider zelf of zijn medewerkers zijn gepubliceerd in tijdschriften en andere gremia. Na goedkeuring door de programmacommissie en verkregen instemming van de projectleider kunnen de (half)jaarverslagen, worden gepubliceerd op de TRIAS-website ter informatie van een breder publiek (www.nwo.nl/alw/programmas/TRIAS).

8. Als de projectleider de mogelijkheid aanwezig acht dat het onderzoek leidt tot een octrooieerbare uitvinding, stelt hij TRIAS daarvan terstond schriftelijk in kennis. TRIAS neemt in dat geval contact op met zowel de projectleider als de leden van de begeleidingscommissie om na te gaan of, en zo ja door wie en op wiens kosten, een octrooi-aanvraag moet worden ingediend. Zolang dit overleg niet is afgerond, dient men strikte geheimhouding te betrachten.

9. Voor de uitwisseling van informatie en voor discussie wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van schriftelijke procedures. Vergaderingen vinden als regel plaats in het instituut waar het desbetreffende project wordt uitgevoerd, zodat tevens proefopstellingen e.d. bekeken kunnen worden. Een besluit tot bijeenroeping van een vergadering wordt door de voorzitter van de commissie eerst genomen na overleg met de projectleider en alleen als de indruk bestaat dat de begeleidingscommissie van de wenselijkheid ervan overtuigd is; een dergelijk besluit wordt uitgevoerd door de secretaris.

TAKEN SECRETARIS BEGELEIDINGSCOMMISSIE

1. voorbereiden en bijeenroepen van vergaderingen, inclusief de verzending van de vergaderstukken;
2. bijwonen en het maken van een verslag van de vergadering ten behoeve van de programmacommissie, waarin de voortgang van het project, afspraken en eventuele knelpunten kort zijn verwoord;
3. opzetten en bijhouden van een projectadministratie;
4. bijwonen van workshops e.d., die betrekking hebben op de TRIAS-projecten;
5. begeleiden van een algemeen toegankelijk eindrapport bij de afsluiting van het project, waarin het doel, de opzet, de uitkomsten en conclusies van het onderzoek kort zijn weergegeven.
6. bijwonen van vergaderingen van de programmacommissie.

Den Haag, april 2001



**Eindrapportage-formulier TRIAS projecten
Final report format for TRIAS projects.**

When a TRIAS project has finished, or is about to finish, a Final Report is required. This report serves several goals simultaneously:

- it enables the program commission to check whether the project has met its goals,
- it enables NWO-ALW to finalize the project administratively, e.g. pay the final part of the personnel costs of the project,
- it provides some of the information needed for evaluation purposes,
- it provides information which can be publicized, e.g. via a web site.

We have integrated the questionnaires from TRIAS and ALW into one, in order to prevent the need to fill in the same answers twice.

Please send in the filled out forms within a month after the project is completed to:

Netherlands Organisation for Scientific Research
Earth and Life Sciences
Carmen van Meerkerk and/or Theo Saat
P.O. Box 93510
2509 AM The Hague



Part I

General information, also intended for publication through the TRIAS website

- 01 Project Title.
- 02 TRIAS/ALW project number or file number
- 03 Research period, at what date did the project start, at what date did it end.
- 04 Names of the researchers involved, the names and addresses of the institutes where the research work was carried out.
- 05 Short scientific summary (500 words) in English of: main research objective, research methods, results and conclusion
- 06 Popular summary to inform the general public (1/2 to 2 pages of text) **in Dutch.**

The funding organisations of TRIAS (SKB, NWO-ALW and Delft Cluster) want to inform a more general audience about the results of the TRIAS Research projects. That is why we ask you to give an executive summary of the project in a popularising way and written in the Dutch language.

- 07 What impact and relevance has this project's outcome for practicing soil protection and/or soil remediation? Again, please motivate.
- 08 Please list the presentations held in connection to this project
- 09 Please list publications (published and submitted) in connection to this project. Please indicate publication took place in either a refereed journal, a non-refereed journal (incl. conference proceedings); whether it was published as a chapter of a book, as a monography or as a dissertation.
- 10 Please list Patent applications or other professional products (including contracts, articles in the popular media, contributions to documentaries or scientific television or radio programs, CD-ROMS, DVD or other (electronic) media).



Part II

Detailed information, primarily intended for administrative and statistical use by NWO-ALW

- 11a Under item 5 you have filled in the main research objectives. Please list all the original research objectives as indicated in the project's application and both indicate as well as motivate, to what extent these goals were realised, and/or whether the original research objectives had to be adapted.
- 11b Did the project also include objectives which were not scientific? For instance, did the project also intend to apply research results, or strengthen the economic position of certain businesses?
- 11c Did the project's aims include the expanding the (international) network of contacts (at what level), providing education, improve communication, serve as input for policy drafting or policy decisions, etc.? Please motivate.
- 12 Do the results obtained match the original objectives? Please provide a short motivation why they do or don't.
- 13 Will the results of this project serve as input for an initiative integrating/and or generalizing input from several projects, for instance into a (numerical) model, or into more understanding at the higher/system level? If so, was this intended and optimised from the beginning or did it occur by chance/ spontaneous? Please elaborate.
- 14 To what extent has this research project pointed the way in which further research has to be undertaken? Please motivate the guiding role perceived.
- 15 In what way, and to what extent, are the results reached of importance to research done by others? Please motivate or elaborate.
- 16 Are you aware of any essential gaps or obstacles standing in the way of applying the results from your research project? Please elaborate.



Part II - continued

Detailed information, primarily intended for administrative and statistical use by NWO-ALW

- 17 Which new research questions were generated through this project?
Were these new questions addressed within this research project itself?
Or will these new questions, or the results from your research project lead to new research projects (to be) funded by either 1st, 2nd, or 3rd category funding or funding through international funding agencies? Please elaborate.
- 18 In what way did you link this project to other projects within the TRIAS-program or link it to projects outside TRIAS? Did you cooperate within the TRIAS-program and did this cooperation lead to integrated results?
- 19 Can you elaborate on the impact on society as a whole of your results (e.g. societal organisations, NGO's, businesses, schools, municipal authorities, etc.)
- 20 What actions were taken to disseminate the results in the direction of the general public, besides the usual scientific channels?
- 21 Have the researchers involved obtained a new position or employment after the project came to an end? Please specify and elaborate!

Wageningen, Heteren, The Hague, January 22nd 2004.

Samenvatting projecten

835.80.001 *Upscaling micro-heterogeneities in two-phase flow in porous media: Theory and experiments/ TUD, UU*

Tussen bodemdeeltjes bevinden zich poriën, die met lucht of water, maar ook met olie en andere bodemverontreinigende vloeistoffen gevuld kunnen zijn. Porositeit is een maat voor de hoeveelheid holle ruimten in een bodem. Met de permeabiliteit of doorlatendheid wordt aangegeven hoe gemakkelijk vloeistoffen of gassen door het medium kunnen stromen.

De verdringing van water door zware olieachtige producten in de grondwaterzone verloopt anders, dan wanneer omgekeerd de olieachtige stoffen worden verdrongen door water dat in de bodem doordringt. Men noemt dit hysteresis. Deze is het gevolg van de aanwezigheid van fijne en grotere poriën en de afwisseling van fijn en grof zand, kortom van de natuurlijke heterogeniteit van de bodem. Voor de voorspelling en modellering van stroming en afbraak van verontreinigingen in de bodem is dit een lastige eigenschap, aangezien het ondoenlijk is om dit gedrag op ieder punt en in iedere porie te voorspellen en vervolgens te combineren.

Dit project richtte zich op de modellering van het stromingsgedrag van twee niet-mengbare vloeistoffen, namelijk olie en water, wanneer zij tegelijkertijd in een verzadigde bodem voorkomen en geen sprake is van een evenwichtsituatie, bijvoorbeeld in een verontreinigingspluim. Hierbij speelt de hechting van beide vloeistoffen aan de gronddeeltjes en verplaatsing door capillaire krachten een belangrijke rol. Bij drukverandering kan de ene vloeistof daardoor de andere verdringen. De berekening wordt extra gecompliceerd, wanneer wordt bedacht dat er in de regel geen sprake is van een evenwichtsituatie. Bij eerdere bepalingen is hier meestal wel van uitgegaan en werden de waarden bepaald na intreden van evenwicht. Dat kan echter heel lang duren of in het geheel niet plaats vinden, wanneer voortdurend drukveranderingen optreden. Met de in dit project onderzochte aanpassing is men in staat het dynamisch stromingsgedrag van water en olie in grond kwalitatief correct weer te geven in een model voor de kleinste volume-eenheid op porieschaal, de zogenaamde eenheidscel. In deze eenheid is alle variatie op porieschaal voor wat betreft de grootte van de poriën en bodemdeeltjes gevangen. Van hieruit is opschaling van de meerfasenstroming naar het macro-niveau mogelijk. Het modelleringswerk is ondersteund met experimenteel onderzoek in grondkolommen en met experimenten in de Geocentrifuge van GeoDelft in Delft.

Met betrekking tot dit onderzoek is een groot aantal publicaties verschenen, zijn enkele master classes gehouden en voordrachten op verschillende wetenschappelijke bijeenkomsten.

835.80.002 *Multiphase flow and enhanced biodegradation of dense non-aqueous phase liquids/ TUD, UU*

Vooral in de rand van een verontreinigingspluim treedt afbraak op van organische verontreinigingen door natuurlijke processen en ontstaan afbraakproducten. De stroming van de olieachtige producten zelf, maar ook die van het grondwater, beïnvloeden de afbraak en de verplaatsing van de pluim. Het onderzoek richt zich op de modellering van deze processen door combinatie, uitbreiding en toetsing van bestaande modellen voor stroming en natuurlijke afbraak. In de eerste fase van dit project is experimenteel nagegaan tot welke concentratie nog afbraak van polychlooretheen (PCE) in een waterige omgeving wordt gevonden door een consortium van micro-organismen, met welke snelheid dit plaats vindt en welke afbraakproducten worden gevormd in batches en zandkolommen. Het consortium van micro-organismen is geleverd door Bioclear BV in Groningen en verkregen uit een saneringslocatie, waar afbraak van PCE is vastgesteld. Tevens is in deze fase van het onderzoek de bruikbaarheid van verschillende beschikbare modellen voor stroming en afbraak nagegaan, waarbij een selectie en aanpassingen zijn gedaan. In de laatste fase van dit project wordt de verkregen kennis getoetst in een speciaal gebouwde, experimentele opstelling in de vorm van een 'sand-box', waarin het stromingsgedrag en de afbraak van PCE nauwkeurig kunnen worden gevolgd en gemeten. Modellering en experimenten gaan hand in hand in dit project.

Het project loopt nog door tot begin 2008 en zal dan worden afgesloten met de nodige publicaties en een proefschrift.

835.80.003 *Chemically and electrically coupled transport in clayey soils and sediments/ TUD,UU, VU*

Transport van water en opgeloste stoffen door klei is van belang bij beheer van grondwater en afvalstoffen. Hierbij kan worden gedacht aan de indringing van zeewater in het grondwater van

kustgebieden, het gebruik van kleischermen rondom afvalstortplaatsen, verspreiding van stoffen vanuit verontreinigde bagger naar de omgeving en de opslag van radioactief afval in diepe kleilagen. Dichte kleilagen gedragen zich als *semi-permeabele membranen*, die wel water maar geen zouten doorlaten. Echter, een kleimembraan is niet ideaal. Dit wil zeggen dat een deel van het zout het membraan toch zal passeren door diffusie. De mate van idealiteit wordt uitgedrukt door de reflectiecoëfficiënt.

De beweging van water in dichte kleilagen wordt niet alleen gedreven door verschillen in hydraulische druk en de dichtheid van het water aan weerszijden van het membraan, maar ook door verschillen in zoutconcentratie en elektrische spanning. Deze processen worden achtereenvolgend aangeduid als *chemische osmose* en *elektrische osmose*. Behalve dat een elektrisch spanningsverschil door de mens actief kan worden aangebracht over een kleilaag, kan osmotisch transport door kleilagen in de natuur spontaan worden opgewekt door een hydraulisch drukverschil of een verschil in zoutsterkte aan weerszijden van de laag. Deze spanningsverschillen worden respectievelijk *stromingspotentiaal* en *membraan potentiaal* genoemd. In transportmodellen voor grondwater wordt in de praktijk geen rekening gehouden met chemische en elektrische osmose. In de genoemde voorbeeldsituaties lijkt de verwaarlozing hiervan echter niet gerechtvaardigd.

De doelstelling van dit onderzoek was het onderbouwen van deze stelling door het effect van de stromingspotentiaal en de membraan potentiaal op het transport van water en zouten in dichte kleilagen te onderzoeken en te kwantificeren door middel van laboratoriumexperimenten, veldexperimenten en modelleringsonderzoek.

Het laboratoriumonderzoek werd verricht met speciaal gebouwde "*permeameters*", waarin dunne kleiplakken (2 à 3 mm) onder verhoogde druk kunnen worden blootgesteld aan waterstroming, waarbij aan weerszijden een verschillende zoutconcentratie of over de plak een elektrische potentiaal wordt aangebracht. Het systeem kan ook worden kort gesloten, waardoor de elektrische potentiaal nul wordt. Op deze wijze is het chemisch en elektrisch osmotisch gedrag van Bentoniet klei (Wyoming), Boomse klei (Mol, België) en Calais klei (Mijdrechtse polder) onderzocht en zijn waarden en coëfficiënten verkregen voor de validatie van de transportmodellen van water en opgeloste stoffen door kleilagen. Uit de labexperimenten kwam naar voren dat elektro-osmose, zowel actief toegepast, als geïnduceerd door waterstroming, significant bijdraagt aan transport in dichte Wyoming bentoniet en Boomse Klei, en dient te worden ingebouwd in de transportmodellen, zoals die zijn ontwikkeld door de *Environmental Hydrogeology Group* van de Universiteit Utrecht.

In het onderzoek zijn tevens veldmetingen uitgevoerd aan "Calais klei", een estuariene, ongeconsolideerde, plastische klei die zich op geringe diepte onder het maaiveld bevindt in de Mijdrechtse polder en aan Boomse klei, een sterk geconsolideerde, mariene, doch zoete klei, waarin radioactief afval wordt opgeslagen in het ondergronds laboratorium van URL in Mol (België) op ca 220 meter diepte. De experimenten betroffen registratie van veranderingen in waterdruk en zoutgehalte in van de atmosfeer afgesloten vloeistofreservoirs die via een filter in contact staan met de klei. Om een osmotisch signaal te krijgen werden de filters gevuld met water met een zoutgehalte dat afwijkt van dat in de klei. Voor de experimenten in de Calais klei is een speciaal ontworpen instrument gebruikt. Tevens is gebruik gemaakt van de "BAT probe", een handsonderingsapparaat dat speciaal geschikt is voor grondwaterdruk- en doorlatendheidsmetingen in slecht doorlatende lagen. In de weinig geconsolideerde, ondiepe Calais klei bleken de metingen niet eenduidig te interpreteren. Membraangedrag van deze klei onder deze omstandigheden lijkt echter zeer gering of afwezig. De metingen in de Boomse klei zijn verricht via permanent ingebrachte piëzometers. Zoals al in het laboratoriumonderzoek werd aangetoond, is electro-osmotisch transport in deze klei en onder deze omstandigheden niet te verwaarlozen. Hieraan wordt nog verder gewerkt.

De onderzochte osmotische transportprocessen blijken wiskundig beschreven te kunnen worden door de wet van Darcy uit te breiden met een term gerelateerd aan de zoutgradiënt. Dit geldt evenzeer voor elektrisch geladen potentiaalgradiënten (electro-osmose) en temperatuurgradiënten (thermo-osmose). Door schaling ontstond een simpele set van vergelijkingen leidend tot betrekkelijk eenvoudige oplossingen waaruit algemene eigenschappen van osmose in grondwater kunnen worden afgeleid. Voor het gekozen laboratoriumexperiment bleek het echter niet mogelijk de experimentele druk- en zoutgehalteverandering gelijktijdig goed te reproduceren. Dit duidt mogelijk op structuurveranderingen in de klei die zijn ontstaan tijdens het experiment en die niet in beschouwing zijn genomen in de numerieke simulaties.

Voor de modellering van de veldexperimenten is tevens gebruik gemaakt van een numeriek "eindige-elementen" model. Dit is tevens toegepast op reeds beschikbare gegevens van een reeds negen jaar durend *in situ* osmose-experiment in de Pierre shale in South Dakota in de Verenigde Staten. Verder is het model gebruikt om de bijdrage van osmose aan gemeten hoge poriewaterdrukken in het Dunbarton bekken in de Verenigde Staten te onderzoeken. In de literatuur worden voor deze kleirijke formaties van TRIAS ouderdom waarin zich water met een hoog zoutgehalte bevindt, stijghoogten gerapporteerd voor twee putten (192 en 140 m boven zeeniveau) die veel hoger zijn dan de daar bovengelegen lokale grondwaterspiegel (58 m boven zeeniveau) in de kustvlakte. Eerder is op basis van een eenvoudige berekening van osmotische drukken voor de betreffende zoutgehalten geopperd dat osmose verantwoordelijk is voor de hoge vloeistofdrukken in het bekken en dat de kleien zich gedragen als een ideaal membraan. Toepassing van het eindige-elementen model geeft aan dat de efficiënties voor de hoogste en laagste gemeten concentraties respectievelijk 0.9897 en 0.9950 bedragen en dat de grootte van de gemeten stijghoogten goed kan worden gereproduceerd. De modellering laat verder zien dat de overdrukken grotendeels bewaard kunnen blijven in het bekken over een periode van 200 miljoen jaar wat ongeveer overeen komt met de ouderdom van het bekken.

Het project is afgesloten met drie proefschriften en een reeks publicaties in wetenschappelijke tijdschriften.

835.80.004 Redox reactivity and bioavailability of ironoxyhydroxides in the subsurface/ UU, VU

Het geochemische en ecologische belang van enzymatische reductie van ijzeroxiden in grondwatersystemen wordt algemeen erkend, maar nog weinig bergrepen. Dit project had ten doel om het mechanisme van de geochemische, ecofysiologische en milieukundige randvoorwaarden voor de microbiologische reductie van ijzer in de ondergrond te doorgronden. Dit is gedaan door een combinatie van veldonderzoek, experimenten en wiskundige modellering. Geochemisch en microbiologisch onderzoek werden geïntegreerd door de ontwikkeling van kwantitatieve wiskundige modellen die in staat zijn de snelheid van biologische ijzerreductie te beschrijven. De uitkomsten zijn van belang voor bodembescherming en onderzoek naar de kansen van natuurlijke afbraak van vervuiling in de ondergrond. Hierbij is van belang om op te merken, dat driewaardig ijzer een belangrijke rol speelt bij de oxidatieve afbraak van organische verbindingen en xeno-bionten in de ondergrond, namelijk als acceptor van elektronen die bij de afbraak van deze stoffen door micro-organismen vrijkomen, waarbij driewaardig ijzer wordt gereduceerd tot tweewaardig ijzer.

De belangrijkste conclusies van het onderzoek zijn:

1. De huidige grondwatermodellen kunnen worden verbeterd door het invoegen van de reactiekinetiek van microbiële ijzerreductie.
2. Inzicht in het functioneren van het gehele ecologische systeem kan leiden tot verrassende en nieuwe strategieën in bioremediatie, zoals het toevoegen van bacterie-etende organismen, die indirect kunnen leiden tot stimulering van de bacteriële degradatieactiviteit.
3. De waargenomen grote verscheidenheid in micro-organismen betrokken bij ijzerreductie geeft aan dat er een groot reservoir van ijzer-reduceerders is, waaruit door natuurlijke processen op eenvoudige wijze geschikte ijzer-reducerende micro-organismen kunnen worden geselecteerd die de vervuiling te lijf gaan.
4. De aanwezigheid van sommige soorten ijzer-reducerende micro-organismen correleert met afbraak van verontreinigingen. Deze indicatieve soorten kunnen nu ook worden gedetecteerd op andere verontreinigingslocaties.
5. Er is een snelle chemische extractiemethode ontwikkeld voor het bepalen van de beschikbaarheid van ijzer voor microbiële reductie.

Voor het aanmaken van energie zijn micro-organismen in staat om anders dan de mens, behalve zuurstof een enorme reeks van elektronenacceptoren te gebruiken, waaronder ijzer-ionen. Fe(III) gaat daarbij over in Fe(II). In veel zuurstofloze omgevingen, waaronder vervuilde grondwater-ecosystemen, is ijzerreductie het dominante elektron-accepterende proces, doordat ijzer een veel voorkomend element is en omdat de voor micro-organismen energetisch voordeliger elektronenacceptoren zuurstof en nitraat in deze omgevingen snel worden opgebruikt en op natuurlijke wijze niet gemakkelijk meer worden aangevuld.

Het blijkt dat de samenstelling van de ijzerreducerende microbiële gemeenschappen complex is en sterk varieert van plaats tot plaats. In grondwater dat vervuild is door een lekkende vuilstort, het stort Banisveld bij Boxtel, werden vooral *Geobacter*-soorten aangetroffen. In twee ondiepe ijzerreducerende omgevingen in het Schelde-estuarium werden veel andere soorten aangetroffen. Dit werd vastgesteld met een aantal technieken. Allereerst met zeer snelle moleculaire 'fingerprint' technieken waarbij het niet nodig is om eerst de micro-organismen te laten groeien. Daarnaast ook met de veel langzamere, traditionele kweektechnieken. Deze kweken hadden als voordeel dat de verkregen micro-organismen weer konden worden gebruikt voor aanvullende groeitesten die leidden tot een beter inzicht in de fysiologie van ijzerreducerders.

Voor het modelonderzoek en de thermodynamische karakterisering van het microbiologische reductieproces in zuurstofloze omgevingen is gebruik gemaakt van incubaties met goed gedefinieerde synthetische ijzeroxiden en de ijzer-reducerende bacterie *Shewanella putrefaciens* als modelorganisme. Hiermee is aangetoond dat biologische ijzerreductie zeer goed kan worden beschreven met de welbekende Michaelis-Menten snelheidsvergelijking. Daarnaast is aangetoond dat de maximale reductiesnelheid is gerelateerd aan de oplosbaarheid van de ijzeroxiden via een lineaire vrije energie relatie. Op grond van dit resultaat en van sorptie-experimenten van colloïdaal ijzeroxide op de bacterie is een conceptueel model ontwikkeld voor de kinetiek van microbiële ijzerreductie dat zich richt op de fysische associatie van het celoppervlak met ijzerdeeltjes. Deze kinetiek kan nu worden ingebouwd in de huidige wiskundige grondwatermodellen om beter de natuurlijke processen te beschrijven en te voorspellen. Ijzerreductie blijkt complexer te verlopen dan voorheen werd aangenomen en dit opent de weg voor aanvullend onderzoek.

Het project is afgesloten met twee proefschriften en een reeks artikelen in wetenschappelijke tijdschriften. Voorts kan nog worden opgemerkt dat intensieve samenwerking heeft plaats gevonden met onderzoekers van project 835.80.007 en een deel van de resultaten ook in dat kader is gebruikt.

835.80.005 *Mixing processes in enhanced and natural attenuation/ TUD, UU*

Natuurlijke afname (NA = Natural Attenuation) en gestimuleerde natuurlijke afname (ENA = Enhanced Natural Attenuation) kunnen een belangrijke rol spelen bij het saneren van bodem- en grondwaterverontreinigingen. Onder verontreinigde locaties, zoals bijvoorbeeld afvalstortplaatsen en industrieterreinen, is veelal sprake van een mobiele verontreinigingspluim, bestaande uit in het grondwater opgeloste stoffen. De beweging wordt veroorzaakt door de stroming van het grondwater. Een samenspel van (natuurlijke) fysische, chemische en biologische processen bepaalt het lange-termijngedrag van zo'n pluim: afhankelijk van een complex van factoren kan de pluim groeien, krimpen of niet meer in omvang veranderen (de stationaire toestand). Deze laatste twee mogelijkheden kunnen betekenen dat kostbare en ingrijpende saneringsmethoden (afgraven, geohydrologische isolatie, etc) achterwege kunnen blijven. Met name in de overgangszone aan de rand van de verontreinigingspluim vinden de relevante NA-processen plaats. Mengprocessen zoals diffusie en mechanische dispersie spelen hierbij een cruciale rol. Menging is essentieel voor natuurlijke afname, menging zorgt voor contact tussen het geochemisch reactieve milieu en het biologisch actieve milieu. Dit onderzoek geeft inzicht in methodes voor de beoordeling van de potentie van natuurlijke afname in verontreinigingsituaties, waarbij sprake is van een pluim. Tegen de gangbare opvatting in, blijkt dat transversale dispersie als mengmechanisme het meest bepalende proces is, vooral voor het bepalen van de lengte van 'steady-state' pluimen. Hierin zijn transversale verspreiding en biologische afbraak gekoppelde processen die leiden tot het ontstaan van effectieve dispersiewaarden.

Eén van de ontwikkelde, analytische modellen maakt het mogelijk met een beperkt aantal parameters (porositeit van de grond, stroomsnelheid grondwater, concentratie van de verontreiniging en de mate waarin de verontreiniging zich loodrecht op de stromingsrichting van het grondwater verspreidt) de lengte van de verontreinigingspluim en de concentratie van de verontreiniging in het grondwater te berekenen. Bovendien valt te voorspellen of de pluim zonder interventie zal uitzetten of juist krimpen. De formule is geldig voor elke grondsoort en voor elke verontreiniging die biologisch moeilijk afbreekbaar is. Het model is onder andere getest op een olieverontreiniging in Perth (Australië), waarbij de met het model berekende oplossingen goed overeenkomen met de werkelijke lengte van de pluim.

Met het ontwikkelde model is het mogelijk om efficiënt een voorlopige voorspelling te doen over de effectiviteit van NA als verantwoord saneringsalternatief.

Het onderzoek is afgesloten met een proefschrift en artikelen in wetenschappelijke tijdschriften.

835.80.006 Solubility/mobility of arsenic under changing redox conditions as affected by multi-component transport/ WUR, TUD

Wereldwijd wordt Arseen (As) aangetroffen in grondwatervervoerende pakketten. Het meest uitgesproken voorbeeld hiervan is te vinden in Bangladesh. Aëratie of anaërobie van het sediment zijn bepalend voor de vorm waarin arseen aanwezig is, d.w.z. als arseniet (As(III)) of arsenaat (As(V)). Deze vormen verschillen in adsorptiegedrag. Onder aërobe omstandigheden wordt arseen in sterke mate gebonden door ijzeroxiden. Bij reductie onder zuurstofarme omstandigheden gaat arseen echter in oplossing, hetgeen nog wordt versterkt doordat onder die omstandigheden ook fosfaat en bicarbonaat vrij komen en met arseen de competitie aangaan om de beschikbare bindingsplaatsen. Omgekeerd, kan arseen worden vastgelegd door de vorming van ijzeroxiden bij aëratie van grondwater.

In dit onderzoek is onderzocht of van dit principe gebruik gemaakt kan worden voor de verwijdering van arseen uit drinkwater bij de bron in de aquifer door afwisselend zuurstofrijk water te injecteren en grondwater te onttrekken. Bij de eerste stap zullen zich ondergronds ijzeroxiden vormen rond het onttrekkingspunt. Bij de tweede stap, de onttrekking van grondwater, kan dan het met het grondwater aangevoerde arseen op de gevormde ijzerhydroxiden neerslaan en op die wijze worden weggevangen totdat het gevormde "ijzerfilter" is verzadigd en het aangevoerde arseen doorlaat. Vervolgens dient weer zuurstofrijk water te worden geïnjecteerd om een nieuw ijzerfilter te vormen, enzovoort. Het project omvatte twee typen onderzoek:

1. experimenteel geochemisch onderzoek naar het gedrag van arseen in grondwater onder verschillende redox-condities en bij verschillende grondwatersamenstellingen en modellering;
2. experimenteel onderzoek naar de vorming van ijzeroxiden bij injectie van zuurstofrijk water en de modellering hiervan.

In het geochemische onderzoek is de As-adsorptie aan goed gedefinieerde ijzeroxidedeeltjes (goethiet) experimenteel onderzocht voor enkelvoudige systemen met As(III) en As(V) en in combinatie. Teven zijn de effecten nagegaan van bicarbonaat (HCO_3), fosfaat (PO_4), magnesium en calcium op de binding van de beide vormen van arseen. Er blijkt een goede overeenkomst te bestaan tussen de voorspelde waarden voor de binding van arseen aan ijzerhydroxiden met het gebruikte oppervlaktecomplexeringsmodel, CD-MUSIC, en de experimentele uitkomsten. De analyse toont aan dat fosfaat een dominant ion is in het reguleren van het adsorptiegedrag van As aan ijzerhydroxiden. De effecten van bicarbonaat, alsmede die van opgelost calcium, magnesium en kiezelzuur in natuurlijke voorkomende concentraties blijken gering. Voorts is aandacht besteed aan de binding van As aan amorf ijzeroxide (HFO), dat door velen wordt beschouwd als de reactieve ijzerfractie in sedimenten. De hechting van As aan dit type ijzerverbindingen is eveneens goed voorspelbaar met het gebruikte model, mits rekening wordt gehouden met een andere verhouding en verdeling van reactieve oppervlaktegroepen dan in het gebruikte goethiet. In het project is tevens een theorie ontwikkeld, waarmee afwijkend gedrag van de binding van As(III) aan ijzeroxiden kan worden verklaard en berekend uit de verandering van de oriëntatie van watermoleculen in de nabijheid van het oppervlak als gevolg van de vorming van het oppervlaktecomplex met arseen.

De uitkomst van het onderzoek maakt het mogelijk om de mate van binding en het in oplossing gaan van arseen bij verandering van de biogeochemische grondwatercondities te berekenen. Het model kan worden gekoppeld aan beschikbare transportmodellen voor grondwater.

Het onderzoek van het Dietz laboratorium in Delft betrof met name:

1. de experimentele bepaling van verschillende grootheden voor de stroming van water met daarin opgeloste stoffen in combinatie met de neerslag van ijzer en arseen bij oxidatie;
2. modellering van deze processen en opschaling van de porieschaal naar de kolomschaal teneinde de veldsituatie zo dicht mogelijk te benaderen.

Voor experimenteel onderzoek naar de oxidatie en neerslag van tweewaardig ijzer (Fe(II)) in een poreus medium teneinde de oxidatie-snelheidsconstante onder goed gedefinieerde stroming- en transportomstandigheden te bepalen, is gebruik gemaakt van een nieuwe niet-destructieve visualisatietechniek en van kolomexperimenten. Bepaling van de neerslagprofielen (concentratieprofielen) van Fe(II) op met driewaardig ijzer gecoate korrels met niet-destructieve fysisch-chemische methoden, zoals NMR, is eveneens uitgeprobeerd. Dit bleek echter minder succesvol bij de toegepaste lage concentraties, o.a. als gevolg van een te lage resolutie.

De gevonden waarden zijn getoetst aan de literatuur en ingevoerd in het beoogde reactie-transportmodel voor de bepaling van de neerslag van ijzer en arseen op met ijzer omgeven zandkorrels van het bodemskelet. Hierbij is de krachtige wiskundige techniek van homogenisatie toegepast en beschikbaar gemaakt voor de ingenieurswereld. Dit heeft geleid een opgeschaalde

convectie/diffusievergelijking voor opgelost ijzer in evenwicht met geadsorbeerd ijzer op korrelige oppervlakken met inbegrip van een vertragingfactor (retardation factor). De methode biedt tevens de mogelijkheid om de dispersiecoëfficiënt te berekenen. Met de trits (a) opschaling, (b) analyse en (c) experimenten is de groep in staat complexe processen in de ondergrond te analyseren. Een volgende stap is de koppeling met het geochemisch onderzoek via modellering.

Het onderzoek naar het geochemisch gedrag van Arseen zal in de loop van 2007 worden afgesloten met een proefschrift. Daarnaast zijn reeds enkele publicaties in wetenschappelijke tijdschriften verschenen en zal publicatie nog verder plaats. Het onderzoek naar reactief transport is afgesloten wordt afgesloten met publicaties in wetenschappelijke tijdschriften. Een proefschrift is niet voorzien.

835.80.007 Resilience of the groundwater ecosystem in reaction to anthropogenic disturbances/ VU, WUR, UvA

Veel grondwater is vervuild, vooral met relatief goed-oplosbare organische stoffen, zoals oliecomponenten en gechlloreerde koolwaterstoffen. Het is gebleken dat de ondergrond vaak een natuurlijk vermogen bezit om organische verontreinigingen af te breken of vast te leggen, ook onder zuurstofloze omstandigheden zoals in Nederland gebruikelijk is. Als dit proces voldoende snel verloopt kan men vertrouwen op de natuurlijke reiniging tegen aanzienlijk lagere kosten dan bij ingrijpen het geval zou zijn. Daarvoor is het belangrijk om inzicht te hebben in de processen van natuurlijke afbraak en hoe men die zou kunnen meten.

Het doel van dit samenwerkingsproject was het in kaart brengen van natuurlijke afbraakprocessen met nadruk op de afbraak onder zuurstofloze omstandigheden van monoaromatische oliecomponenten (BTEX) en gechlloreerde koolwaterstoffen (VOCL). De verontreinigingen hebben een verschillende functie voor micro-organismen: stoffen van de eerste soort zijn elektronendonoren en fungeren als voedsel, stoffen van de tweede soort zijn elektronenacceptoren en ondersteunen de ademhaling. In het onderzoek werden drie locaties betrokken: het benedenstroomse grondwater van de vuilstort Banisveld bij Boxtel, waarin vooral BTEX-componenten voorkomen; de zogenaamde "Brabant site" bij Eindhoven met vooral gechlloreerde ethenen; en de zogenaamde "Limburg site" met een combinatie van BTEX en gechlloreerde ethenen.

In het Wageningse onderzoek werden moderne moleculaire technieken om afbraakcapaciteit aan te tonen gecombineerd met conventionele bacteriekweek. Het onderzoek richtte zich op de afbraak van gechlloreerde koolwaterstoffen. Met moleculaire technieken kunnen specifieke stukjes erfelijke informatie (DNA), of het expressie-product ervan (mRNA), worden vermenigvuldigd en waargenomen via de polymerasekettingreactie (PCR). Uniek in deze aanpak is dat de functie van de microorganismen in hun natuurlijke omgeving wordt onderzocht en niet zozeer hun identiteit. Dit is gedaan door specifiek te kijken naar het dehalogenase-gen, essentieel bij de ademhaling met gechlloreerde koolwaterstoffen. De methodieken, die zijn gebruikt en ontwikkeld in dit project kunnen bijdragen aan het voorspellen en volgen van natuurlijke afbraak op andere vervuilde locaties en zullen bijdragen aan de management en actieve remediatie van vervuilde grondwater ecosystemen.

In het projectonderdeel van de UvA en in samenwerking met de VU is de zuurstofloze afbraak van monoaromatische koolwaterstoffen met ijzer als electronenacceptor onderzocht in de vervuilingpluim bij Banisveld. De biodegradatiecapaciteit in vervuild grondwater en in schone referentiepunten is bepaald om afbraak van deze stoffen in het algemeen te bepalen, alsmede het effect van eerdere blootstelling op microbiële gemeenschappen en hun vermogen om die vervuiling af te breken. Behalve afbraakproeven in batchculturen met geïsoleerde consortia van micro-organismen is ook gebruik gemaakt van gelabelde verbindingen. Hiermee is achterhaald welke organismen stoffen zoals toluen, afbreken en welke afbraakroute wordt gevolgd doordat het label wordt ingebouwd in de biomassa, vooral vetzuren, maar ook in de afbraakproducten. Als eerste werd aangetoond dat o.a. p-xyleen *in situ* kan worden afgebroken onder ijzerreducerende condities. Deze analyses als ook de moleculaire karakterisering suggereren een rol van *Geobacter*-soorten in de afbraak. Daarnaast werd de eigenschap van micro-organismen om vooral vervuiling die relatief veel lichte isotopen bevat op te eten, gebruikt om te achterhalen hoe de biologische afbraak van de verontreiniging bij Banisveld verloopt op basis van veranderingen in de ratio lichte/zware isotopen met de afstand tot het stort. Hieruit blijkt, dat de pluim gestabiliseerd lijkt te zijn, maar er is ook een indicatie, dat de pluim in de laatste jaren meer naar het oppervlakte is gekomen. Een systeem van extensieve monitoring lijkt gewenst.

Als derde deel van het onderzoek is bij de VU gekeken naar de structuur van de levensgemeenschappen in de ondergrond bij Banisveld. Deze bleek vrij simpel. Er zijn veel soorten bacteriën aanwezig, terwijl het aantal eencellige organismen dat zich zou kunnen voeden met bacteriën, zoals protozoa, gering is. Grotere organismen, zoals kleine kreeftachtigen waren hier afwezig als gevolg van het fijnzandige karakter van de ondergrond. Over relatieve korte afstanden (meter schaal) bleek er een grote variatie in levensgemeenschappen te zijn qua aanwezigheid van soorten. Tijdens zijn loop door de ondergrond zou het grondwater met de verontreiniging vanwege de heterogene levensgemeenschappen een grotere kans kunnen hebben de juiste omstandigheden en micro-organismen tegen te komen die bijdragen aan de afbraak. Behalve een grote ruimtelijke heterogeniteit, werd ook een grote dynamiek in de tijd (6 jaar) waargenomen. Uit experimenteel onderzoek blijkt tenslotte, dat protozoën indirect kunnen bijdragen aan de afbraak van vervuiling doordat zij de betrokken micro-organismen consumeren en daardoor de groei van deze organismen stimuleren.

De gegevens uit dit onderzoek zijn tevens gecombineerd met de resultaten van TRIAS-onderzoek 835.80.004 en ingebracht de ontwikkeling van een mathematisch model, de Ecologische Controle Analyse, waarmee het functioneren van grondwaterecosystemen in relatie tot afbraak van organische verbindingen, waaronder vervuiling, kan worden beschreven en knelpunten kunnen worden aangegeven. Tenslotte is door de onderzoekers uitvoerig aandacht besteed aan een beschrijving van het begrip "resilience" en ecologisch herstel van vervuilde aquifers, zoals in de projecttitels aangegeven. Hiervan is een overzichtartikel verschenen. Hieruit blijkt dat technisch herstel m.b.t. afbraak wellicht mogelijk is, maar herstel in ecologische zin wellicht achterwege blijft als gevolg van de kwetsbaarheid en het geïsoleerde karakter van grondwaterlevensgemeenschappen.

Het onderzoek wordt afgesloten met drie proefschriften, waarvan er inmiddels één is verschenen, alsmede met publicaties in wetenschappelijke tijdschriften.

835.80.008 Ecosystem Stability Analysis (ESA): towards a quantitative guide for user oriented soil management and ecological soil quality assessment/ WUR, UU, VU

Het bodembeleid accepteert relatief lage concentraties aan verontreinigende stoffen, zolang deze geen schade veroorzaken voor mens en milieu. Dit standpunt impliceert dat al in een vroeg stadium het effect van langdurige blootstelling aan contaminanten op het ecosysteem moet kunnen worden vastgesteld, met name in combinatie met andere milieufactoren zoals verzuring. Het doel van dit project was het ontwikkelen van een kwantitatief instrument voor de risicoanalyse van bodemverontreiniging op ecosysteemniveau, de Ecosystem Stability Analysis (ESA). Hiertoe zijn indicatoren ontwikkeld die representatief zijn voor de bodemgezondheid en voor velerlei biologische functies die de bodem moet kunnen verrichten. Centraal in de benadering staat de stabiliteit van het ecosysteem als maat voor de weerstand tegen lange termijn verstoringen. Het project bestond uit veld- en laboratoriumexperimenten en een geïntegreerde ontwikkeling van mathematische en simulatiemodellen. In het project is een systeembenadering gehanteerd.

In het project is gekeken naar de effecten van koper en verzuring op het bodemecosysteem op landbouwgrond op de lange termijn. Beide hebben een negatief effect op de bodemorganismen. De totale biomassa van bacteriën, schimmels en nematoden (aaltjes), alsmede de totale bodemademhaling is lager bij hogere koperconcentraties en lage pH. Het blijkt dat er zich in bacterie- en nematodenpopulaties een tolerantie heeft opgebouwd t.a.v. koper en pH, die gevolgen heeft voor het functioneren van deze groepen. Zo zijn de aan lage pH aangepaste bacteriën ook tolerant tegen uitdroging van de bodem. Bij blootstelling van aangepaste nematoden aan hogere koperconcentraties en lagere pH bleef de totale reproductie gelijk, maar dit werd bereikt gedurende een veel langere reproductieve periode. De kracht van deze effecten bleek sterk afhankelijk van het seizoen en de weersomstandigheden, ook al was er geen sterke correlatie vast te stellen. De effecten van koper en verzuring werden alleen waargenomen, indien deze in combinatie voorkomen. Hoge kopergehalten hadden alleen effect bij een lage pH.

Mathematische modellering op basis van zgn. Ecosystem Network Analysis bracht aan het licht dat blootstelling aan koper en pH leidt tot een afname van specialistische soorten in het bodemecosysteem. De meest gestresste levensgemeenschappen blijken minder efficiënt in hun energiehuishouding dan niet gestresste gemeenschappen. De modellen kunnen worden gebruikt als instrument voor de biologische bodembeoordeling van gestresste bodems.

Het onderzoek wordt afgesloten met drie proefschriften, waarvan er inmiddels twee zijn verschenen, alsmede met publicaties in wetenschappelijke tijdschriften.

835.80.009 Anaerobic biodegradation in contaminated soils/ WUR, TNO

Dit onderzoek betreft de anaërobe afbraak van benzeen en onderzoek naar de betrokken bacteriën. Het werd uitgevoerd in batchexperimenten en twee grondkolommen met continue doorstroming. Verschillende bacteriële groeimedia en entmaterialen, zoals vervuilde gronden, sedimenten en grondwater, maar ook ophopings- en reinculturen werden getest. In het onderzoek zijn vier verschillende elektronenacceptoren toegepast, namelijk carbonaat (methanogene omstandigheden), sulfaat, nitraat en chloraat.

Het doel om een anaërobe benzeen afbrekende bacterie te isoleren is helaas niet bereikt. Wel zijn twee ophopingsculturen verkregen die benzeen kunnen afbreken met nitraat of chloraat als electronenacceptor.

De chloraatreducerende ophopingscultuur werd geïsoleerd uit een cultuur afkomstig van TNO Bouw en Ondergrond (Dr. Jan Gerritse). Deze ophopingscultuur bleek niet de nauw aan chloraat verwante electronenacceptoren nitraat en perchloraat te kunnen gebruiken. De cultuur kon naast benzeen ook fenol, catechol en toluen afbreken. Qua snelheid bleef toluen achter. Benzoesaat, een mogelijk intermediair, werd niet afgebroken. De benzeen-afbraaksnelheid van de chloraat-ophopingscultuur is 1650 μM /d. Dit is veel hoger dan de afbraaksnelheid van vergelijkbare anaërobe ophopingsculturen en geïsoleerde organismen. De afbraaksnelheid van deze cultuur ligt in de buurt van die onder aërobe omstandigheden. Dit is niet verwonderlijk omdat de potentiaal van de redoxkoppels chloraat/chloride en zuurstof/water dicht bij elkaar in de buurt liggen. De verkregen ophopingscultuur bestaat waarschijnlijk uit vier verschillende bacteriën. Door middel van kloneren en sequenzen werden drie van de bacteriën op basis van het 16S rRNA-gen vergeleken met bekende bacteriën uit een database en tonen nauwe verwantschap met *Acidovorax avenae*, *Zoogloea resiniphila* PIV-3a2Y en *Mesorhizobium* sp. WG. In de grondkolom die benzeen afbreekt gekoppeld aan chloraatreductie bleek de maximale afbraaksnelheid van het systeem te liggen rond de 80 $\mu\text{mol} / \text{l}_{\text{reactor}} / \text{h}$.

De benzeenafbrekende, nitraatreducerende cultuur is opgehoopt uit grondwater van de locatie Flebo (Hoogezand), waar met behulp van nitraat de benzeenafbraak is gestimuleerd. Deze cultuur bleek benzeen veel langzamer af te breken dan de chloraat-ophopingscultuur. De afbraaksnelheid van benzeen van deze cultuur is 0.5 μM /d. Met behulp van moleculaire technieken werd aangetoond dat deze cultuur waarschijnlijk uit vijf soorten bacteriën bestaat. Drie hiervan konden worden gekloneerd en gesequenced. Deze waren nauw verwant aan een pivilaat (2,2-dimethylpropionaat)-afbrekende nitraat-reducerende bacterie, een denitrificerende *Azoarcus* stam PbN1 en een *Rhodoferax ferrireducens* bacterie.

Het onderzoek toont aan dat afbraak van benzeen door middel van chloraat-toediening tot een interessante en snelle methode kan uitgroeien om persistente verontreinigingen af te breken.

Het onderzoek is afgesloten met een verslag, waarvan de gegevens zijn gebruikt in een wetenschappelijke publicatie. Een proefschrift is niet voorzien.

835.80.010 Biogeochemical constraints for sustainable development of floodplains in riverine regions/ RU, UU, NIOO

In het kader van het plan 'Ruimte voor de Rivier' krijgt het rivierbed meer ruimte voor het opvangen van piekafvoeren. Hierbij is tevens grote aandacht voor natuurontwikkeling. Deze verloopt echter niet zoals gewenst; soortenrijke oobossen, riviergraslanden, zeggemoerassen en andere doeltypen ontstaan niet of nauwelijks. Voor estuariene gebieden zijn plannen in de maak voor het herstel van zoet-zout-gradiënten. De effecten hiervan op gebieden die zich onder zoete omstandigheden ontwikkeld hebben, zijn echter nog onbekend. In dit onderzoeksproject is onderzocht welke biogeochemische oorzaken mogelijk ten grondslag liggen van het beperkte succes van de gewenste natuurontwikkeling. Hierbij is de aandacht vooral uitgegaan naar de beschikbaarheid en het gedrag

van de macro-nutriënten voor planten N en P onder de gewijzigde omstandigheden, mede in relatie tot de beschikbaarheid van sulfaat en ijzer in de grond.

Door vergelijkende veldonderzoek van sterk door de mens beïnvloede uiterwaarden in Nederland en meer natuurlijke overstromingsvlakten in Polen is aangetoond dat de plantengroei langs de Nederlandse rivieren hoogstwaarschijnlijk niet (meer) beperkt wordt door de hoeveelheid beschikbare nutriënten in de bodem, terwijl in de meer natuurlijke Poolse systemen de productiviteit nog door stikstof wordt gelimiteerd. Deze conclusie wordt ondersteund door onderzoek aan soortenrijke hooilanden met een zeer zeldzame plantensamenstelling langs de Overijsselse Vecht, waaruit is gebleken dat aanvoer van extra stikstof leidt tot extra groei van grassen. Zeldzame soorten krijgen hierdoor minder kans.

Fosfaat is een belangrijke voedingsstof voor planten, maar kan ook worden afgegeven aan het bovenstaande water en dan leiden tot (blauw)algenbloei. Tijdens overstroming wordt het ijzer in de bodem gereduceerd als gevolg van anaërobie en komt fosfaat vrij, omdat dit niet langer wordt gebonden door ijzer. De hoeveelheid fosfaat die vrijkomt blijkt goed te voorspellen op grond van de verhouding tussen het aan ijzer gebonden fosfaat en de totale hoeveelheid ijzer in de bodem.

Een verdere bevinding op basis van experimenteel onderzoek is dat de huidige plantengemeenschappen in het Nederlandse rivierengebied zomeroverstromingen bij hoge temperaturen niet goed verdragen. Naast directe effecten op planten die niet tegen overstroming kunnen, is een mogelijke oorzaak het snellere verloop van afbraak- en reductieprocessen in de bodem onder deze omstandigheden, waardoor gemakkelijker sulfide wordt gevormd en nutriënten versneld vrijkomen. Het blijkt dat vegetaties van meer natuurlijke overstromingsvlakten in Polen hiervan minder te lijden hebben.

In de estuariene delen van de onderzochte rivieren in Nederland en Ierland bleek dat in zowel sterk beïnvloede als meer natuurlijke systemen de productiviteit van de vegetatie niet beperkt wordt door de beschikbaarheid van nutriënten, maar door andere standplaatsfactoren, zoals de hydrologie en saliniteit. Op grond van experimenteel onderzoek valt te verwachten dat bij het herstellen van de getijdenbeweging in het Haringvliet er meer zuurstof in de bodem zal doordringen, waardoor de afbraak van organische stof voornamelijk met zuurstof plaats zal vinden en minder sulfide zal worden gevormd. Hierdoor zal minder fosfaat vrijkomen uit de bodem.

In de stroomgebieden van Rijn en Maas zijn het oppervlakte- en grondwater verontreinigd met sulfaat. Onder zuurstofloze omstandigheden in de bodem als gevolg van langdurige overstroming wordt sulfaat omgezet in sulfide door anaërobe micro-organismen bij de afbraak van organische stof. Sulfide is potentieel toxisch voor organismen, waaronder planten. Bij aanwezigheid van ijzer, zoals in de meeste uiterwaardenbodems, wordt het gevormde sulfide gebonden en zijn giftige concentraties voor planten niet te verwachten. Drijftillen, die erg weinig ijzer bevatten en uit oogpunt van natuurbeheer erg waardevol zijn, vormen hierop een uitzondering. Bij langdurig contact met rivierwater kan sulfide zich hierin ophopen tot giftige concentraties. Bovendien kan onder deze omstandigheden geen methaan worden gevormd in de drijftillen. Omdat zij hier voornamelijk op drijven, kunnen ze hierdoor zinken.

De activiteit van sulfaatreducerende micro-organismen zou indirect een ingrijpend effect kunnen hebben op het herstel van de vegetatie in de uitwaarden. Weinig is bekend over de aanwezigheid en de diversiteit van sulfaatreducerende micro-organismen in de bodems langs de rivieren, alsmede over hun reactie op veranderende omstandigheden tengevolge van ingrepen in de hydrologie van de uitwaarden. Het projectonderdeel uitgevoerd door NIOO had als doel meer inzicht te vergaren in het voorkomen en de soortensamenstelling van sulfaatreducerende micro-organismen in de Nederlandse uiterwaarden, alsmede in hun reactie op veranderende overstromingsregimes. Voor de inventarisatie is gebruik gemaakt van z.g. PhyloChips. Deze bevatten kenmerkende stukjes DNA van het 16S rRNA-gen en maken het mogelijk snel een indruk te krijgen over de meest voorkomende soorten. In het project werd tevens een controle uitgevoerd, waarbij gebruik werd gemaakt van een alternatief gen, het *dsrB* gen. Dit codeert voor het sulfaatreducerende enzym in sulfaatreducerende micro-organismen. Beide moleculaire methoden leverden hetzelfde opvallende resultaat op: De diversiteit aan sulfaatreducerende micro-organismen bleek onverwachts groot, ook in de drogere zuurstofbevattende bodems. Bovendien waren de verschillen tussen de locaties erg groot. Verschillen

tussen locaties bleken het meest gekoppeld aan fysisch-chemische bodemeigenschappen en niet zozeer aan eigenschappen van de vegetatie of de hydrologie.

Gebaseerd op dezelfde moleculaire technieken, aangevuld met metingen van omzettingssnelheden, zijn tevens de effecten van getij en brakwater op het functioneren van sulfaatreducerende micro-organismen in bodems afkomstig van graslanden en natuurgebieden grenzend aan het Haringvliet onderzocht. De sulfaatreducerende microbiële gemeenschap in beide bodemtypen bleek sterk bepaald door het voormalige beheer van de gronden. Het invoeren van getij en de toevoer van brakwater heeft nauwelijks een effect op de samenstelling van de sulfaatreducerende gemeenschap en op de snelheid van sulfidevorming. Verwacht mag ook worden dat sulfaatreducerende micro-organismen van weinig invloed zullen zijn op de toekomstige ontwikkelingen van de vegetatie bij herstel van het getij.

In een laatste experiment met Liesgras (*Glyceria maxima* L.) als modelplant, werd onderzoek gedaan naar het effect van overstroming met sulfaatrijk water op het functioneren van planten en op het functioneren van sulfaatreducerende micro-organismen in de wortelzone. Opnieuw werd een grote diversiteit aan sulfaatreducerende micro-organismen aangetroffen. De toevoer van sulfaatrijk water leidde tot een verhoging van de sulfaatreductiesnelheid in de wortelzone, maar had geen effect op de groei van de planten.

Op grond van dit en de andere experimenten komt naar voren dat sulfaatreducerende micro-organismen bij veranderende milieuomstandigheden en op de korte termijn geen invloed hebben op het functioneren van de planten of de ontwikkeling van de vegetatie. Een verklaring hiervoor zou gevonden kunnen worden in de grote verschillen in schaal waarop de onderzochte processen plaatsvinden. Over de effecten op de langere termijn, vooral in estuariene gebieden, kunnen geen uitspraken worden gedaan op basis van de uitgevoerde experimenten.

Een belangrijkste aanbeveling op grond van dit onderzoek voor de vegetatieontwikkeling en het beheer van uiterwaarden is om de stikstofbeschikbaarheid in de bodem te verminderen. Dit kan door specifiek beheer, bijvoorbeeld door frequent maaien en afvoeren van nutriënten of het initiëren van waterpeilfluctuaties die de natuurlijke stikstofverwijdering optimaal stimuleren. De hoeveelheden stikstof in de bodem zijn in veel gevallen echter zeer groot, waardoor wellicht meer ingrijpende maatregelen nodig zijn, zoals het verwijderen van de stikstofrijke toplaag. Indien het niet mogelijk is de hoeveelheid stikstof in de bodem sterk te reduceren zou terughoudend gehandeld moeten worden bij het herstellen van de hydrologische connectie tussen het zomebed en de uiterwaard als er nog ecologisch waardevolle vegetaties voorkomen in deze gebieden.

Het onderzoek zal worden afgesloten met drie proefschriften, waarvan er inmiddels één is verschenen, alsmede met publicaties in wetenschappelijke tijdschriften.

835.80.011 Soils in transition: patterns and processes in soil ecosystems during the restoration of natural ecosystems on former agricultural land/ NIOO, UU

Herstel van natuurlijke ecosystemen op voormalige landbouwgronden vindt plaats in veel geïndustrialiseerde landen. Het is echter onbekend hoe de gronden reageren op verlaten en hoe dit de ecosysteemontwikkeling beïnvloedt. In het onderzoek is nagegaan hoe de zich ontwikkelende plantengemeenschap en de bodemgemeenschap op elkaar inspelen door veldonderzoek, veldexperimenten en laboratoriumonderzoek. Hierbij zijn de volgende vragen gesteld: (1) welke belangrijke veranderingen treden op in de bodemgemeenschap in relatie tot de belangrijkste bodemprocessen als gevolg van de overgang van hoge-input landbouwgrond naar lage-input heischrale graslanden en heide; (2) welke patronen en processen in het bodemcompartiment zijn sleutelfactoren voor het herstellen van een soortenrijke doelvegetatie.

In een chronosequentie van 26 verlaten landbouwgronden op pleistocene zandgronden op de Veluwe, 0-34 jaar geleden verlaten, blijken de schimmelbiomassa en de kwaliteit en kwantiteit van de organische stof niet het niveau te bereiken van een natuurlijk heide-ecosysteem dat als referentie dient. De plantengemeenschap in deze sequentie en de nematodenontwikkeling in de bodem blijken in de tijd niet parallel te verlopen. Bovendien vertonen de nematoden een ander patroon in de successie dan bodemmijten, hetgeen er op wijst dat de ontwikkeling van de ene groep bodemorganismen niet indicatief is voor die van een andere groep.

De structuur van het bodemvoedselweb en de C- en N-mineralisatie zijn gemeten in een vroeg-, middel en recent-verlaten landbouwgrond, alsmede in een heideterrein als referentie. In deze reeks is

een toename van organische stof in de vorm van biomassa en wortels zichtbaar. Het gehalte aan schimmelen en aan organismen die op wortels leven neemt eveneens toe. Er is geen toename van organismen van hogere trophische niveaus waargenomen. Analyse van de "energie-kanalen" indiceert dat de structuur van het bodemvoedselweb op verlaten landbouwgronden sterk afwijkt van die onder heide. Bij verlaten van landbouwgronden neemt de mineralisatiesnelheid van koolstof eerst toe en vakt dan af, die van stikstof neemt eerst eveneens toe, maar wordt daarna lager.

Opportunistische schimmels zijn verantwoordelijk voor het afbraakproces van organische stof in landbouwgronden. De ontwikkeling van deze schimmels kan worden gestimuleerd door toediening van een organisch materiaal van een hoge kwaliteit, grove textuur en door inwerken van het materiaal in de grond. Simulatie met een dynamisch model toont aan dat bij een jaarlijkse aanvoer van laagwaardige bodemorganische stof en grove textuur juist de houtschimmels stimuleert en de schimmel:bacteriën-verhouding sneller doet veranderen in de richting van meer natuurlijke bodemecosystemen.

Er is geen aanwijzing gevonden voor de uitspoeling van fosfaat in deze gronden na verlaten. In kasexperimenten met modelsystemen van planten en grond uit verschillende successiestadia is gebleken dat negatieve plant-bodem terugkoppelingen de successie bevorderen in de vroege stadia na verlaten, wellicht als gevolg van de werking van wortelpathogenen. Een positieve terugkoppeling vertraagt de successie in de latere stadia. Hierbij wordt gedacht aan het ontstaan van wortel-schimmel interacties, die dan gemakkelijker tot stand komen. De effecten van vroege successie plantensoorten op de microbiële bodemgemeenschap werkt door op de vegetatie-samenstelling gedurende latere successie-stadia. De vroege successiestadia geven dus een nalatenschap naar de vegetatie-ontwikkeling later in de successie. Deze experimenten tonen aan dat de bodem een rol kan spelen bij de temporele verandering van plantengemeenschappen. Echter uit het veldonderzoek blijkt dat het herstel van soortenrijk grasland eerder door de beschikbaarheid van zaden wordt beperkt, dan door de ontwikkeling van de bodemgemeenschap of een zeer hoog bodemvruchtbaarheidsniveau. Desalniettemin zijn op een recent verlaten landbouwgrond plekken met struikheide aangetroffen (*Calluna vulgaris*). Alle wortels van de planten bleken bezet te zijn met ericoïde mycorrhiza's (ERM). De stikstofmineralisatie bleekt beperkt te zijn onder de struiken, maar de heidestruiken zelf hebben geen stikstofbeperking. Dit wijst erop, dat struikheide zich kan vestigen in een vroeg successiestadium, mits de zaden en de noodzakelijke mycorrhiza's aanwezig zijn voor de noodzakelijke voeding met organische stikstof.

Uit het onderzoek komt naar voren, dat de ontwikkeling van de bodemgemeenschap bij het verlaten van landbouwgronden traag is vergeleken bij die van de plantengemeenschap. De ontwikkeling van het bodemecosysteem kan daarom niet worden afgelezen uit de bovengrondse ontwikkeling en diversiteit. Specifieke pathogenen en symbiotische bodemorganismen die direct met de wortels interacteren kunnen de vroege vegetatieontwikkeling bevorderen, maar de latere successie juist afremmen. Een andere conclusie is, dat de situatie bij verlaten van landbouwgronden, zoals bijvoorbeeld de beschikbaarheid van zaden of de aanwezigheid van bepaalde schimmels, bepalend kan zijn voor wat er daarna gebeurt.

Het onderzoek zal worden afgesloten met drie proefschriften, waarvan er inmiddels één is verschenen, alsmede met publicaties in wetenschappelijke tijdschriften als in het tijdschrift "De Levende Natuur" voor een breder publiek.

835.80.121 CORONA:Conficence in fORecasting Of Natural Attenuation/ TNO

Het huidige bodemsaneringsbeleid is gebaseerd op het bereiken en handhaven van een "stabiele eindsituatie" van een verontreinigingspluim. In de praktijk is deze echter zeer moeilijk vast te stellen en voorspellingen van het gedrag van verontreinigingen in het grondwater zijn nog aan grote marges van onzekerheid onderhevig. Daarom is er meer inzicht en vertrouwen nodig in de factoren en processen die de snelheid van natuurlijke afbraak (NA) in het veld bepalen en de duurzaamheid daarvan. Dit project heeft, als onderdeel van EU-project CORONA, tot doel om een wetenschappelijke basis te vormen voor NA van veel voorkomende grondwater-verontreinigingen. De centrale hypothese is dat binnen verontreinigingspluimen in het grondwater er zones zijn waar de afbraak sneller verloopt dan elders. Deze "Corona zones" zijn bepalend voor het gedrag van de pluim, d.w.z. groei, stabilisatie of afname. In het project worden twee soorten zones onderscheiden:

1. Een actieve, oxiderende pluimrand waar afbraak wordt bepaald door dispersie en menging van de verontreiniging met elektronen-acceptoren in het omliggende grondwater;

2. Anaërobe zones in de pluim, waar afbraak wordt bepaald door de beschikbaarheid van elektronendonoren of –acceptoren, micro-organismen en verontreiniging. De afbraak kan hierbij reductief of oxidatief zijn.

Op de onderzochte locatie in Eindhoven is in het verleden trichlooretheen en 1,1,1-trichloorethaan gebruikt. Dit heeft in het grondwater een verontreinigingspluim met een lengte van ongeveer een kilometer veroorzaakt. In de pluim is een bioscherm geplaatst vlak bij de bron, waarin reductieve dechlorering wordt gestimuleerd door protamylase in het grondwater te pompen. Voor het onderzoek zijn in de pluim zes “hoge resolutie peilbuizen” (HRP) geplaatst. Iedere HRP had 16 filters waarmee grondwatermonsters konden worden genomen op dieptes variërend van 30 tot 80 meter onder maaiveld. Tijdens de installatie zijn tevens 48 bodemonsters genomen. De grondwater- en bodemonsters zijn gebruikt om de ruimtelijke verdeling vast te stellen van de verontreinigingen, de geochemische condities, de structuur van de bodem en de micro-organismen, verantwoordelijk voor afbraak. De bodem is grofzandig met wat hout- en kleideeltjes en anaëroob. Op enkele monsterpunten zijn pieken aangetroffen in de waterstof- en ijzerconcentraties. Dit kan duiden op lokale zones met meer gereduceerde of geoxideerde condities in de pluim. De geochemie van het grondwater binnen en buiten de pluim is nagenoeg gelijk.

Als belangrijkste verontreinigingen zijn gevonden cis-1,2-dichlooretheen (cis-DCE), vinylchloride (VC) en 1,1-dichloorethaan (1,1-DCA), evenals hun reductieve (biologische) omzettingsproducten etheen en ethaan. De opgeloste waterstofconcentraties en het organisch stof gehalte waren relatief laag, maar wel voldoende om reductieve dechlorering te kunnen laten verlopen. Het optreden van reductieve omzetting van cis-DCE en VC werd onderbouwd door de vaststelling van een toename van dechloreringsproducten en een verrijking in ¹³C-isotopen in cis-DCE en VC langs een stroombaan in de pluim. Zuurstof en nitraat zijn niet of alleen in zeer geringe concentraties in het grondwater aanwezig en er is geen sprake van een oxiderende pluimrand met een verhoogde afbraaksnelheid van de verontreinigingen.

De afbraak van de gechloreerde ethenen en ethanen is ook onderzocht in batchcultures gevuld met verontreinigd grondwater en grond van verschillende dieptes uit een HRP. Verschillende redox-condities zijn aangebracht door het doseren van elektronenacceptoren (zuurstof, nitraat, mangaanoxide, ijzeroxide of sulfaat) of een electronendonor (protamylase). In de aërobe batches werd VC snel en volledig afgebroken, werd cis-DCE gedeeltelijk verwijderd (35±19%, n=8 batches) en werd 1,1-DCA niet verwijderd. Afbraakproducten werden niet gedetecteerd, wat wijst op volledige oxidatie tot CO₂. In de batches met andere electronenacceptoren bleek na een jaar van incubatie nog geen reductie of oxidatie van de verontreinigingen te zijn opgetreden. In alle batches met de electronendonor protamylase echter, werd 1,1-DCA volledig omgezet tot chloorethaan. Een langzame reductieve dechlorering van cis-DCE tot VC werd waargenomen in 4 van de 7 batches met protamylase. In 3 van de 8 blanco batches (geen electronendonor of –acceptor toegevoegd) waren cis-DCE en VC na een jaar eveneens volledig verdwenen en werd etheen gevormd. De gevonden variatie in dechloreringsactiviteit in de batches van verschillende dieptes zou kunnen duiden op Corona-zones binnen de pluim. Een snelle omzetting van cis-DCE en VC en vorming van etheen trad op nadat een dechlorerende verrijkingcultuur met *Dehalococcoides* in een niet-dechlorerende batch werd geënt. In veldmonsters uit het aangebrachte bioscherm zijn hoge aantallen *Dehalococcoides*-cellen (range van 10² tot 10⁴) gevonden met de moleculaire methode “real-time PCR”. Dit was ook het geval in een peilbuis stroomafwaarts van het bioscherm samen met een hoge etheenconcentratie. In het grondwater en bodemmateriaal verder stroomafwaarts werd echter geen *Dehalococcoides* meer gevonden (detectiegrenzen ongeveer 5 cellen per ml grondwater en 500 cellen per gram grond).

Het eindresultaat van het Corona project is een eenvoudig te hanteren en robuust voorspellingsinstrument voor NA, gekoppeld aan rekenmodellen en een cursus. De verkregen resultaten zullen langs deze weg worden gepubliceerd.

Lijst van proefschriften, september 2007

Project 835.80.003

Samual Bader, 2005. Osmosis in groundwater – Chemical and electrical extensions to Darcy's law. PhD thesis. Utrecht University, Utrecht.

Katja Heister, 2005. Coupled transport in clayey materials with emphasis on introduced electrokinetic phenomena. PhD thesis. Utrecht University, Utrecht.

Ana María Garavito Rogas, 2006. Chemical osmosis in clayey sediments - Field experiments and numerical modelling. PhD thesis. Free University, Amsterdam.

Project 835.80.004

Steeve Bonneville, 2005. Kinetics of microbial Fe(III) oxyhydroxide reduction: The role of mineral properties. PhD thesis. Utrecht University, Utrecht.

Bin Lin, 2006. Composition and functioning of iron-reducing communities in two contrasting environments, i.e. a landfill leachate-polluted aquifer and estuarine sediments. PhD thesis. Free University, Amsterdam.

Project 835.80.005

Phil A.S. Ham, 2006. Dispersion Controlled Natural Attenuation: The role of conservative plume characteristics in modelling reactive mixing processes. PhD thesis. Utrecht University, Utrecht.

Project 835.80.007

Sabrina Botton, 2007. natural attenuation of BTEX in a polluted aquifer – Give bugs a chance! PhD thesis, University of Amsterdam, Amsterdam.

Project 835.80.008

Maria A. Tobor – Kaplon, 2006. Soil life under stress. PhD thesis. Utrecht University, Utrecht.

Agnieszka Doroszuk, 2007. Populations under stress – Analyses of the interface between ecology and evolutionary genetics in nematods. PhD thesis. Wageningen University, Wageningen.

Project 835.80.010

Martijn Antheunisse, 2007. Floodplain rehabilitation and the importance of nitrogen dynamics for plant communities. PhD thesis. Utrecht University, Utrecht.

Project 835.80.011

Paul Kardol, 2007. Plant and soil community assembly in secondary succession on ex-arable land – Fundamental and applied approaches. PhD thesis. Wageningen University, Wageningen.

Annemieke van der Wal, 2007. Soils in transition: dynamics and functioning of fungi. PhD Thesis, Leiden University, The Netherlands.

Loopbaanvervolg TRIAS-ondezoekers, september 2007

Naam onderzoeker	TRIAS-project	Huidige functie en plaats
Dr. B. Ataie – Ashtiani	835.80.001	Sharif University of Technology, Teheran; ass. professor in hydrology
Dr. D.B. Das	835.80.001	Oxford University, UK; lecturer in hydrology
Dr. Oubol Oung	835.80.001	onbekend
Dr. C. Berentsen	835.80.001	UU, Dept of Earth sciences; ass. professor in hydrology
Drs. L. Bouw	835.80.002	onbekend
Drs. Ing. M. Langevoort opleiding	835.80.002	UU, Dept. of Earth Sciences; assistent in (onderzoek nog gaande)
Dr. K. Heister	835.80.003	Techn. Universität München, Freising-Weißen-Stephan, post-doctoraal onderzoeker
milieuchemie Dr. A.M. Garavito	835.80.003	Colombia; onbekend
Dr. S. Bader	835.80.003	RIVM; post-doctoraal onderzoeker ioniserende straling
Dr. S.C. Bonneville	835.80.004	Univ. of Leeds, Fac. of Earth science and Environment; research fellow bio-geochemistry
Dr. Bin Lin	835.80.004	Agriculture and Agri-food Department, Ottawa, Can.; Environmental health and energy employee;
Dr. W.F.M. Röling	835.80.004	VU, Fac. Aard- en Levenswetenschappen, senior onderzoeker moleculaire celfysiologie
Dr. P.A.S. Ham	835.80.005	UK; consultant transport of soil pollutions and heat/cold storage in the soil
M. Stachowicz MSc. engineer,	835.80.006	KH Engineering BV, Schiedam; process chemical and environmental engineering.
Dr. M.I.M. Darwish	835.80.006	Shell Research; senior researcher microbially mediated processes in oil reservoirs.
T. Brad, MSc. onderzoeker	835.80.007	Inst. for Speleology, Cluj, Roemenië; grondwaterfauna.
Ir. M. van Heusden natuurlijke	835.80.007	Adviesbureau Syncera, Delft; adviseur afbraak
Dr. S. Botton	835.80.007	TUD, Lab. voor Microbiologie; post-doctoraal onderzoeker.
Dr. A. Doroszuk doctoraal	835.80.008	RUL, Lab. voor Evolutiebiologie; post-onderzoeker.
Drs. F. Kuenen etc.	835.80.008	RU, Stichting RAVON; onderzoeker reptielen
Dr. M. Tobor-Kaplon	835.80.008	VU, Fac. Aard- en Levenswetenschappen, postdoctoraal onderzoeker microbiële ecologie;

Dr. N. Tan	835.80.009	RU, Lab. Voor microbiologie; post-doctoraal onderzoeker;
Ing. W. van Doeburg	835.80.009	WUR, technisch medewerker
Ir. R. Loeb	835.80.010	Alterra, Wageningen; onderzoeker aquatische ecologie.
Dr. A.M. Antheunisse Landschapsecologie;	835.80.010	UU, Dept. Geobiologie, sectie post-doctoraal onderzoeker
landchapsecologie M. Miletto, MSc.	835.80.010	Italië; op zoek naar onderzoekbaan.
Ir. A. van der Wal	835.80.011	RIVM, lab. voor Ecologische risico-beoordeling (LER); onderzoeker, effecten landgebruik op bodem – plant relaties.
Ir. R. Holtkamp	835.80.011	Centraal Bureau Statistiek (CBS); statistisch onderzoeker.
Dr. P. Kardol 1)	835.80.011	Univ. of Tennessee, Oak Ridge National Laboratory, USA; post doctoral researcher, biology – vegetation relationships
soil Dr. M.L.C.G. Luijten onderzoek	835.80.121	Senter-Novem, Den Haag, medewerker subsidiëring.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Totaal
BATEN									
Baten regulier ALW		245.040	260.500	263.500	265.500	22.000	19.000		1.075.540
Baten SKB			706.000	1.407.037					2.113.037
Baten DC		114.846	171.500	575.806					862.152
Totaal Baten		359.886	1.138.000	2.246.343	265.500	22.000	19.000		4.050.729
LASTEN									
Projectkosten, fin. adm	9.756	384.876	979.703	929.267	863.318	722.523			3.889.443
Idem, meerjaren verol							167.557	24.964	192.521
(Totaal verplicht, specificatie, zie bijlage 9									(4.081.964)
Eindevaluatie								20.000	20.000
Atwikkelingen				-259		-1.740	-39.271		-41.270
Totaal Lasten	9.756	384.876	979.703	929.008	863.318	720.783	128.286	44.946	4.060.694
Bestemd fonds per	0	-9.756	-34.746	123.551	1.440.886	843.068	144.285	34.999	
Baten -/- Lasten	-9.756	-24.990	158.297	1.317.335	-597.818	-698.783	-109.286	-44.964	-9.965
Bestemd fonds per	-9.756	-34.746	123.551	1.440.886	843.068	144.285	34.999	-9.965	-9.965

Uitgaven per project (d.d. 25 mei 2007)

835.80.000 (Bureaunkosten)	Budget	Besteed	Afwikkeling	Saldo
Salariskosten				
Gebruiksgoederen (Gebr.goederen)				
Verbruiksgoederen (Verb.goederen)	9.756	9.497	259	0
Totaal	9.756	9.497	259	0

835.80.003 (TRIAS-alg)	Budget	Besteed	Afwikkeling	Saldo
Salariskosten				
Reiskosten	650	671	0	- 21
Gebr.goederen				
Verb.goederen	3.500	5.223	0	-1.723
Totaal	4.150	5.894	0	-1.744

835.80.001	Budget	Besteed	Afwikkeling	Saldo
Salariskosten	119.118	118.354	764	0
Reiskosten	4.540	4.227	313	0
Gebr.goederen				
Verb.goederen	158.826	158.823	3	0
Dissertatie				
Totaal	282.484	281.404	1.080	0

835.80.002	Budget	Besteed	Afwikkeling	Saldo
Salariskosten	128.685	96.948	0	31.737
Reiskosten NL	0	1.093	0	-1.093
Reizen buitenl.	3.178	2.689	0	489
Gebr.goederen	31.084	30.507	0	577
Verb.goederen	93.575	93.548	0	27
Dissertatie	1362	0	0	1362
Totaal	257.884	224.785	0	33.099

835.80.031	Budget	Besteed	Afwikkeling	Saldo
Salariskosten	122.144	122.144	0	0
Reiskosten	3.178	3.178	0	0
Gebr.goederen				
Verb.goederen	28.592	28.592	0	0
Dissertatie	1.362	1.362	0	0
Totaal	155.276	155.276	0	0

835.80.032	Budget	Besteed	Afwikkeling	Saldo
Salariskosten	123.482	123.482	0	0
Reiskosten	3.178	3.178	0	0
Gebr.goederen				
Verb.goederen	28.594	29.309	-715	0
Dissertatie	1.362	1.362	0	0
Totaal	156.616	157.331	-715	0

835.80.033	Budget	Besteed	Afwikkeling	Saldo
Salariskosten	121.694	96505	25.189	0
Einde Pr. Verg.	0	25.189	0	-25.189
Reiskosten	3.178	1.966	1.212	0
Gebr.goederen				
Verb.goederen	28.592	11.201	17.391	0
Dissertatie	1.362	1.362	0	0
Totaal	154.826	136.223	18.603	0

835.80.041	Budget	Besteed	Afwikkeling	Saldo
Salariskosten	120.782	120.782	0	0
Reiskosten	1.816	1.816	0	0
Gebr.goederen				
Verb.goederen	22.737	22.082	655	0
Dissertatie	1.362	1.362	0	0
Totaal	146.697	146.042	655	0

835.80.042	Budget	Besteed	Afwikkeling	Saldo
Salariskosten	226.368	225.663	705	0
Reiskosten	1.816	1.816	0	0
Gebr.goederen	9.076	9.076	0	0
Verb.goederen	22.737	22.732	5	0
Dissertatie	1.362	1.362	0	0
Totaal	261.359	260.649	710	0

835.80.005	Budget	Besteed	Afwikkeling	Saldo
Salariskosten	124.792	124.792	0	0
Reiskosten	3178	12.386	-9.208	0
Gebr.goederen				
Verb.goederen	28.592	8.243	20.349	0
Dissertatie	1.362	1.362	0	0
Totaal	157.924	146.783	11.141	0

835.80.061	Budget	Besteed	Afwikkeling	Saldo
Salariskosten	128.108	128.108	0	0
Reiskosten	3.178	3.178	0	0
Gebr.goederen	40.841	40.841	0	0
Verb.goederen	28.592	28.592	0	0
Dissertatie	1.362	0	0	1.362
Totaal	202.081	200.719	0	1.362

835.80.062	Budget	Besteed	Afwikkeling	Saldo
Salariskosten	128.646	128.646	0	0
Reiskosten	3.178	1.252	1.926	0
Gebr.goederen	20.421	20.421	0	0
Verb.goederen	28.592	12.497	16.095	0
Dissertatie	1.362	0	0	1.362
Totaal	182.199	162.816	18.021	1.362

835.80.071	Budget	Besteed	Afwikking	Saldo
Salariskosten	124.792	124.792	0	0
Reiskosten	3.178	3.376	-198	0
Gebr.goederen				
Verb.goederen	38.119	38.118	1	0
Dissertatie	1.362	0	0	1.362
Totaal	167.451	166.285	-196	1.362

835.80.072	Budget	Besteed	Afwikking	Saldo
Salariskosten	124.792	124.792	0	0
Reiskosten	3.178	1.480	1.698	0
Gebr.goederen				
Verb.goederen	23.825	23.001	824	0
Onderz.-kosten	0	819	-819	0
Dissertatie	1.362	0	0	1.362
Totaal	153.157	150.092	1.703	1.362

835.80.073	Budget	Besteed	Afwikking	Saldo
Salariskosten	124.792	124.792	0	0
Reiskosten	5.187	4.659	519	0
Gebr.goederen				
Verb.goederen	21.825	18.083	3.742	0
Dissertatie	1.362	0	0	1.362
Totaal	153.157	147.533	4.262	1.362

835.80.081	Budget	Besteed	Afwikking	Saldo
Salariskosten	127.567	127.567	0	0
Reiskosten	1.362	1.362	0	0
Gebr.goederen				
Verb.goederen	28.592	28.592	0	0
Dissertatie	1.362	0	0	1.362
Totaal	158.883	157.521	0	1.362

835.80.082	Budget	Besteed	Afwikking	Saldo
Salariskosten	125.712	125.712	0	0
Reiskosten	908	983	-75	0
Gebr.goederen				
Verb.goederen	28.592	24.747	3.845	0
Dissertatie	1.362	0	0	1.362
Totaal	156.574	151.442	3.770	1.362

835.80.083	Budget	Besteed	Afwikking	Saldo
Salariskosten	125.909	125.909	0	0
Reiskosten	908	908	0	0
Gebr.goederen				
Verb.goederen	28.592	28.592	0	0
Dissertatie	1.362	1.362	0	0
Totaal	156.771	156.771	0	0

835.80.091	Budget	Besteed	Afwikking	Saldo
Salariskosten	158.823	158.823	0	0
Reiskosten				
Gebr.goederen				
Verb.goederen				
Dissertatie				
Onderz.kosten	22.689	22.689	0	0
Totaal	181.512	181.512	0	0

835.80.092	Budget	Besteed	Afwikking	Saldo
Salariskosten	0	0	0	0
Reiskosten				
Gebr.goederen				
Verb.goederen	54.453	54.453	0	0
Bijeenkomsten	12.252	12.252	0	0
Dissertatie				
Totaal	66.705	66.705	0	0

835.80.101	Budget	Besteed	Afwikking	Saldo
Salariskosten G-posten	117.397	117.397	0	0
Einde P.Verg	12.482	0	0	12.482
Reiskosten				
Gebr.goederen				
Verb.goederen				
Onderz. kosten	10.000	8.379	0	1.621
Bench fee	4.538	4.538	0	0
Dissertatie				
Totaal	144.417	130.314	0	14.103

835.80.102	Budget	Besteed	Afwikking	Saldo
Salariskosten G-posten	117.397	117.397	0	0
Einde P.Verg	12.482	12.482	0	0
Reiskosten				
Gebr.goederen				
Verb.goederen				
Onderz. kosten	10.000	10.000	0	0
Bench fee	4.538	4.538	0	0
Dissertatie				
Totaal	144.417	144.417	0	0

835.80.103	Budget	Besteed	Afwikkeling	Saldo
Salariskosten G-posten	117.397	117.397	0	0
Einde P.Verg	12.482	0	0	12.482
Reiskosten				
Gebr.goederen				
Verb.goederen				
Onderz. kosten	10.000	10.000	0	0
Bench fee	4.538	4.538	0	0
Dissertatie				
Totaal	144.417	131.935	0	12.482

835.80.111	Budget	Besteed	Afwikkeling	Saldo
Salariskosten G-posten	117.397	117.397	0	0
Einde P.Verg	12.482	0	0	12.482
Reiskosten				
Gebr.goederen				
Verb.goederen				
Onderz. kosten	11.000	11.000	0	0
Bench fee	4.538	4.538	0	0
Dissertatie				
Totaal	145.417	132.935	0	12.482

835.80.112	Budget	Besteed	Afwikkeling	Saldo
Salariskosten G-posten	117.397	117.397	0	0
Einde P.Verg	12.482	0	0	12.482
Reiskosten	45.789	49.318	- 3.813	468
Gebr.goederen				
Verb.goederen				
Onderz. kosten	7.000	0	0	7.000
Bench fee	4.538	4.538	0	0
Dissertatie				
Totaal	141.417	121.935	0	19.482

835.80.113	Budget	Besteed	Afwikkeling	Saldo
Salariskosten G-posten	117.397	117.397	0	0
Einde P.Verg	12.482	0	0	12.482
Reiskosten				
Gebr.goederen				
Verb.goederen				
Onderz. kosten	12.000	12.000	0	0
Bench fee	4.538	4.538	0	0
Dissertatie				
Totaal	146.417	133.935	0	12.482

835.80.121	Budget	Besteed	Afwikking	Saldo
Salariskosten G-posten				
Overige Pers k.	50.000	50.000	0	0
Einde P.Verg				
Reiskosten				
Gebr.goederen				
Verb.goederen				
Onderz. kosten				
Bench fee				
Dissertatie				
Totaal	50.000	50.000	0	0

Totaaloverzicht op basis van projectkostenoverzichten.

Programma	Budget	Besteed	Afwikking	Saldo
Salariskosten	2.960.588	2.902.193	26.658	31.737
Overige Pers k.	50.000	50.000	0	0
Einde P.Verg	74.892	37.671	- 25.189	62.410
Reiskosten	45.780	50.218	- 3.813	- 625
Gebr.goederen	101.422	100.845	0	577
Verb.goederen	706.683	645.925	62.454	- 1.695
Onderz. kosten	82.689	74.887	-819	8.622
Bench fee	27.228	27.228	0	0
Dissertatie	20.430	9.534	0	10.896
Bijeenkomsten	12.252	12.252	0	0
Afronding	0	- 1	0	-1
Totaal	4.081.964	3.910.752	59.291	111.921