

KENNISBEHOEFTE EN KENNISAANBOD
TEN AANZIEN VAN GEDRAG EN EFFECTEN VAN
VERONTREINIGINGEN IN DE DIEPERE ONDERGROND

A.J.M. Schelwald-Van der Kley

S.W. Moolenaar

P. Doelman

RAPPORTEN PROGRAMMA GEÏNTEGREERD BODEMONDERZOEK

DEEL 19

Gegevens: Kennisbehoefte en kennisaanbod ten aanzien van gedrag en effecten van verontreinigingen in de diepere ondergrond / A.J.M. Schelwald-Van der Kley, S.W. Moolenaar, P. Doelman - Wageningen: Programmabureau Geïntegreerd Bodemonderzoek (Rapporten Programma Geïntegreerd Bodemonderzoek; deel 19) - 29 p., 2 bijl., - ISBN 90-73270-33-2, E. summ.

Trefwoorden: bodembescherming, bodemonderzoek, bodemverontreiniging

Verantwoording: Als gevolg van een steeds intensiever gebruik van de diepere ondergrond voor allerlei doeleinden en de bescherming van de bodemkwaliteit is een verkenning uitgevoerd naar het kennisaanbod en de kennisbehoefte met betrekking tot het gedrag en effecten van verontreinigingen in de diepere ondergrond. De diepere ondergrond is daarbij opgevat als het deel van de ondergrond, dat deelneemt aan de hydrologische kringloop en dat wordt begrensd door het freatisch oppervlak en de hydrologische basis. De uitkomst van de verkenning is gebaseerd op interviews en een workshop.

De conclusies en aanbevelingen zijn samengevat in een overzicht. Het blijkt, dat er op dit ogenblik behoefte is aan meer fundamentele, samenhangende kennis over de fysische, chemische en biologische processen, die zich in de ondergrond afspelen en aan de formulering van een integrale beschermingsgrondslag, waarop het beleid en de prioritering bij kennisontwikkeling kunnen worden geschoeid.

Het rapport is verkrijgbaar bij het Programmabureau Bodemonderzoek in Wageningen à f 40,--.

Dankwoord:

De leiding van het Programma Geïntegreerd Bodemonderzoek is veel dank verschuldigd aan hen, die tijd en aandacht hebben willen besteden aan het welslagen van deze verkenning door hun deelname aan de interviews en de workshop. Extra dank is verschuldigd aan prof.dr. W. Harder (TNO-MEP) en ir. R. van den Berg (RIVM) voor de begeleiding van het project namens de Programmacommissie Geïntegreerd Bodemonderzoek. Het project was in goede handen bij Schelwald-Van der Kley en IWACO.

Projectuitvoering:

Schelwald-Van der Kley, Milieuadvies en -training, Zwanenwater 2, 8245 BV Lelystad:
drs. A.J.M. Schelwald-Van der Kley, projectleiding;
IWACO, Adviesbureau voor water en milieu, vestiging West, Hoofdweg 490, Postbus 8520, 3009 AM Rotterdam: dr.ir. S.W. Moolenaar en dr. P. Doelman.

©1998. Programma Geïntegreerd Bodemonderzoek. Postbus 37, NL-6700 AA Wageningen; telefoon: 0317-484170; telefax: 0317-485051; e-mail: PGBO@SPBO.BENG.WAU.NL.

Vertaling samenvatting: E.A. Pieterse-Hogeweg, Bennekom

Omslag: Ernst van Cleef

Druk: Grafisch Service Centrum van Gils B.V., Wageningen

Inhoud

Samenvatting	i
Summary	vii
1. Inleiding	1
1.1 Aanleiding en doel van de studie	1
1.2 Werkwijze	1
1.3 Opzet van dit rapport	2
2. Afbakening van het onderwerp	3
2.1 Functies van de ondergrond	3
2.2 Definities en grenzen	4
2.3 Van reactorvatconcept naar integraal grondwaterbeheer	6
3. Trends en ontwikkelingen	9
3.1 Gebruik	9
3.2 Bescherming	11
3.3 Sanering	11
4. Aanbevelingen voor onderzoek	13
4.1 Fundamentele kennisontwikkeling	13
4.2 Gesignaleerde kennisbehoefte	14
4.3 Onderwerpen voor toekomstig onderzoek	17
5. Conclusies en aanbevelingen	21
Bijlagen	
1 Overzicht geïnterviewde personen	24
2 Overzicht genodigden workshop	25

Tabellen

Tabel 1	Deelonderwerpen, kennisgebieden en actoren met betrekking tot het gedrag en effect van verontreinigingen in de diepere ondergrond	2
Tabel 2	Samenvatting interviews; gesignaleerde ontwikkelingen, onderzoeksvragen, gewenst onderzoek en overige opmerkingen	15
Tabel 3	Onderwerpen van onderzoek als uitkomst van de workshop	19

Figuren

Figuur 1	Interactie tussen bodemgerelateerde activiteiten en het grondwater	3
Figuur 2	De diepte van de hydrologische basis in Nederland	7
Figuur 3	Hydrobiogeochemie	13

Samenvatting

Aanleiding en doel van de studie

Met het oog op het steeds intensiever gebruik van de diepere ondergrond voor allerlei doeleinden en de bescherming van de bodemkwaliteit is er behoefte aan samenhangende kennis met betrekking tot de processen die zich afspelen in de ondergrond.

In de tweede helft van 1998 is in opdracht van het Programma Geïntegreerd Bodemonderzoek (PGBO) het project “Gedrag en effecten van verontreinigingen in de diepere ondergrond” uitgevoerd met als doel:

Het identificeren van het kennisaanbod en de kennisbehoefte met betrekking tot het gedrag en de effecten van verontreinigingen in de diepere ondergrond;

en als uiteindelijk resultaat:

Aanbevelingen voor een meerjarig onderzoekprogramma, dat invulling geeft aan de kennisbehoeften op het gebied van processen in de diepere ondergrond in relatie tot het gebruik, de sanering en bescherming van de bodem.

Het bovengenoemde raamwerk is opgesteld door vertegenwoordigers van de relevante partijen uit de kennisinfrastructuur, zowel van vraag- als aanbodzijde, bijeen te brengen. Op basis van gesprekken en discussies, onder meer tijdens een workshop die gehouden is op 17 november 1998, zijn aanbevelingen opgesteld voor verder onderzoek op de relevant geachte kennisgebieden.

Voorafgaand aan de workshop is door het projectteam in de periode juli tot en met september 1998 een 8-tal interviews gehouden met key persons uit het werkveld.

Dit rapport vormt het eindproduct van het project. Op basis van de discussienotitie en de uitkomsten van de workshop zijn aanbevelingen opgesteld voor een meerjarig onderzoekprogramma, dat wellicht richtinggevend kan zijn voor programma's, die de diepere ondergrond als één van hun speerpunten hebben benoemd, zoals de Stichting Kennisontwikkeling en Kennistransfer Bodem (SKB) en het Delftse Cluster.

Afbakening van het onderwerp

Als praktisch werkbare definitie van de “diepere ondergrond” is in het kader van deze studie gekozen voor dat deel van de ondergrond waarbij het grondwater deelneemt aan de hydrologische kringloop. In concreto is dat het grondwater vanaf de grondwaterspiegel tot aan de hydrologische basis.

Wat betreft de verontreinigingen wordt in eerste instantie gedacht aan verontreinigingen die vanaf maaiveld in de grond terecht komen. Echter ook allerlei ondergrondse activiteiten, zoals winning van delfstoffen, wateropslag, -onttrekking en -infiltratie en

opslag van afval, resulteren in belasting van en effecten op de ondergrond, maar dan van “onderaf”.

Ten aanzien van de effecten dient vooral gekeken te worden naar “interacties”: welke gevolgen hebben handelingen in de ondergrond en hoe beïnvloeden processen elkaar? Een voorbeeld is de interactie tussen grondwater en oppervlaktewater, met name in kwelgebieden, en de mogelijke ecologische consequenties daarvan.

Uit de interviews is onder meer naar voren gekomen dat de bodem bij voorkeur niet als een te engineeren reactorvat moet worden beschouwd. Een dergelijk reactorvatconcept wordt in het algemeen beschouwd als een zeer technisch concept vanuit de koker van de civiel-ingenieur. Het hanteren van een systeembenadering op basis van een input-output model van een afgebakend ondergronds systeem spreekt wel aan. Een input-output analyse moet daarbij gecombineerd worden met proceskennis. Basiskennis omtrent het natuurlijk functioneren van het systeem is noodzakelijk om de effecten van bepaalde ingrepen goed in te kunnen schatten.

Kennisbehoefte en kennisontwikkeling

Toekomstige activiteiten en ontwikkelingen bepalen de kennisbehoefte. Een verwachte toekomstige ontwikkeling is dat de ondergrond steeds dieper en steeds intensiever gebruikt zal gaan worden voor menselijke activiteiten (TCB-rapport, 1996). Nog steeds vinden nieuwe toepassingen plaats, zoals de (tijdelijke) opslag van aardgas, kooldioxide, afvalstoffen en warmte/koude in de diepe ondergrond. De vraag die zich hierbij voordoet is wat de effecten zijn van het intensieve ruimtegebruik op de kwalitatieve en kwantitatieve aspecten van de ondergrond. De ondergrond zal de komende decennia niet alleen intensiever, maar zelfs voor meerdere doeleinden tegelijkertijd worden benut. Realisatie van ondergronds gebruik in combinatie met bodemsanering behoort daarbij tot de mogelijkheden.

De Waterleidingbedrijven vormen een belangrijke actor, die gebaat is bij een goede grondwaterkwaliteit. Voor hen vormt met name diffuse verontreiniging een reële bedreiging. De verwachting is dat deze diffusieproblematiek de komende jaren nog verder toe zal nemen. Ondanks allerlei maatregelen aan de bron, is er nog een grote vracht (nitraat, bestrijdingsmiddelen e.d.) onderweg. Lokale verontreinigingen hebben als relatief voordeel voor de drinkwaterindustrie dat ze beter gelokaliseerd en aangepakt kunnen worden, dan wel vermeden kunnen worden door het verplaatsten van onttrekkingsputten naar diepere en/of schonere grondwatervoorkomens.

Vanuit beschermingsoogpunt is de diepere ondergrond nog steeds een ondergeschoven kindje. Er is behoefte aan een meer integrale visie, waarbij de diepere ondergrond een plaats krijgt in het omgevingsbeleid. De centrale vraag die hierbij beantwoord moet worden is: “Wat willen “we” met de diepere ondergrond (inclusief het grondwater) en welke kwaliteitsdoelstellingen streven “we” na?” Belangrijke actoren hierbij zijn de

provincies die aan het langetermijn-beleid van de diepere ondergrond vorm en inhoud moeten geven.

In de uitwerking van het nieuwe Kabinetsstandpunt inzake Bodembeleid, als resultante van de Beleids VERnieuwings operatie (BEVER), wordt ook ruimte geschapen voor een gebiedsgerichte aanpak van verontreinigd grondwater. Vanuit het oogpunt van bodembeleid en bodemsanering is het derhalve ook van belang om meer inzicht te hebben in de natuurlijke (afbraak)processen die zich in de laag dieper dan circa 5 meter minus maaiveld afspeelen.

Alle betrokkenen zijn het erover eens dat hoe dieper we kijken hoe onvollediger de kennis is. Verschillende onderzoekers zouden graag een koppeling zien van hydrologie, biologie, geologie en chemie. De term “hydrobiogeochemie” als nieuw geïntegreerd “vakgebied” is een paar keer genoemd. Er is gesteld dat er al veel informatie beschikbaar is, waar slim gebruik van moet worden gemaakt.

De zorg is uitgesproken dat “de praktijk ons inhaalt”. De ondergrond wordt namelijk al volgebouwd en nieuwe kennis komt dan ook te laat beschikbaar. Juist vanwege de langetermijn-processen en onvoorspelbaarheid van complexe biotische en abiotische interacties in de ondergrond is het gevaar aanwezig dat we achter de feiten aan zullen lopen.

Onderzoeksvragen vloeien voort uit de gesignaleerde ontwikkelingen. De vragen hebben onder meer betrekking op de omzettings/afbraakprocessen die plaats vinden, de (on)omkeerbaarheid van processen en effecten en men vraagt zich af hoe groot de ecologische veerkracht is. Ook leven er vragen met betrekking tot het meten en modelleren van processen in de ondergrond teneinde de processen in beeld te krijgen.

Ruimtelijke ordening van de derde dimensie is nodig om goede afwegingen en keuzes te kunnen maken. Behalve een ruimtelijke dimensie speelt hierbij nadrukkelijk ook de tijd als een vierde dimensie. Problemen kunnen zich namelijk in ruimte en tijd ver uitstrekken. Duurzaam grondwater- en bodemkwaliteitsbeheer hebben per definitie betrekking op de lange termijn. Gezien deze lange termijn, komen ruimtelijke ontwikkeling, planologie en bodemkwaliteitsbeheer in elkaars verlengde te liggen. Er is dus een kennisbasis nodig ter onderbouwing van afwegingen op de lange termijn. Met een duidelijke langetermijn-visie voor ogen kunnen ook korter durende projecten beter worden geprioriteerd en op elkaar afgestemd.

Tenslotte is er in dit verband nog opgemerkt, dat er oog moet zijn voor het feit dat grondwater zich verspreidt. Het beheer van de ondergrond is dan ook niet gerelateerd aan eigendomsgrenzen aan het maaiveld. Wat dat betreft is het van belang te denken in grondwatersystemen, waarbij een systeem het gehele traject van infiltratie, transport en kwel omvat.

Aanbevelingen voor onderzoek

De interviews en de workshop hebben geresulteerd in aanbevelingen voor onderzoek. De onderwerpen die prioriteit kregen zijn:

- * Definitie van een integrale beschermingsgrondslag van de ondergrond;
- * Integrale verkenning van de ondergrond, zowel biotisch als abiotisch;
- * Karakterisering van de biologie van de ondergrond in samenhang met fysische en chemische processen;
- * Onderzoek naar de reactiviteit van de ondergrond in relatie tot organische verontreinigingen (VOH, BTEX, pesticiden en NO₃);
- * Opbouw van een goed toegankelijk gegevensbestand met betrekking tot de ondergrond;
- * Grondwater in de stad in relatie tot diepe (bouw)activiteiten en effecten op grondwaterkwaliteit.

Het is opvallend dat er prioriteit gegeven wordt aan het formuleren van een *beschermingsgrondslag*. Wat betreft de beoogde beschermingsgrondslag doen zich onder andere de volgende vragen voor: Wat is het belang van de diepere ondergrond? Welke maatschappelijke en/of andere functies heeft de diepere ondergrond en welke waarde moet aan deze functies worden gehecht?

Een goede beschermingsgrondslag voorziet in een zodanig beheer van de ondergrond, dat de huidige en potentiële functies in stand worden gehouden. Gezien de intrinsieke waarde van de ondergrond is het hierbij niet alleen de vraag wat de effecten van een activiteit zijn op bijvoorbeeld de kwaliteit van het grondwater, maar ook welke beïnvloeding nog acceptabel is.

Geconstateerd is dat de huidige kennis in ieder geval ontoereikend is en er derhalve grote behoefte is aan meer *basiskennis* teneinde een goed beeld van de ondergrond te kunnen verkrijgen en om de voorspelling van toekomstig gedrag van verontreinigingen mogelijk te maken. Wat deze voorspelling (ofwel projectie) betreft, speelt de tijdsdimensie vanzelfsprekend een belangrijke rol; het is van groot belang om niet te blijven steken bij de "waan van de dag".

Ook het overzichtelijk en toegankelijk *beheren van gegevens* is geprioriteerd. Dit is van belang om data te kunnen koppelen en om goed om te kunnen gaan met meetgegevens en modellen.

Tenslotte verdient de toepassing van kennis in relatie tot *toekomstige ontwikkelingen* een belangrijke plaats.

De onderwerpen zijn over het algemeen generiek en fundamenteel van aard en meer thematisch dan projectmatig geformuleerd. Voor een concrete invulling binnen een onderzoekprogramma moeten de onderwerpen nog verder projectmatig ingevuld worden.

Afstemming

Het wordt van belang geacht om op korte termijn al een aantal onderzoekprojecten te starten, waarbij samenwerking tussen disciplines noodzakelijk is. Er zijn diverse mogelijkheden voor financiering van het onderzoek. Meerdere onderzoekprogramma's hebben de diepere ondergrond als één van hun speerpunten benoemd en financieren fundamenteel/strategisch en/of toegepast onderzoek. In dit verband kunnen genoemd worden: SKB, Delftse Cluster, NWO-STW en daarnaast is er de zogenaamde doel-financiering. Afstemming tussen programma's onderling ten aanzien van het onderzoek naar processen in de diepere ondergrond en bundeling van krachten is essentieel. Bij voorkeur zou er een platform moeten komen voor afstemming en sturing in de financiering van onderzoek op het gebied van de diepere ondergrond. Kennisuitwisseling kan ook via een dergelijk platform geschieden.

De workshop van 17 november kan beschouwd worden als een eerste aanzet om tot een onderzoekprogramma voor de diepere ondergrond te komen. Regelmatige afstemming over voortgang en resultaten en bijstelling van het programma is noodzakelijk.

Summary

Reasons for and purpose of the study

In view of the ever intensifying use of the deeper subsoil for various purposes and in order to protect the soil quality, the need exists for coherent knowledge about the processes taking place in the subsoil. In the second half of 1998 the Netherlands Integrated Soil Research Programme therefore carried out the project "Behaviour and consequences of contamination in the deeper subsoil" which had as its purpose:

The identification of the supply of and the demand for knowledge regarding the behaviour and the consequences of contamination in the deeper subsoil;

and as a final deliverable:

Recommendations for a long-term research programme which describes the need for knowledge on processes taking place in the deeper subsoil in relation to the use, remediation and protection of the soil.

The framework described above was set up by a number of representatives from the relevant parties in the knowledge infrastructure, from both the supply and the demand sides. Based on discussions at a workshop, held on 17 November 1998, recommendations have been drafted for further research in fields of knowledge that were considered relevant.

Preceding the workshop, during the period of July until October 1998, the project team organised a series of eight interviews with key persons from the field.

The present report is the final deliverable of the project. Based on the discussion paper and the results of the workshop, recommendations have been drawn up for a long-term research programme which may be directional for other programmes that have the deeper subsoil as one of their focusses, such as the Centre for Soil Quality Management and Knowledge Transfer (SKB), and the "Delft Cluster".

Demarcation of the subject matter

As a practical and workable definition of the "deeper subsoil" for the purpose of this study the layer of the subsoil was chosen in which the groundwater is part of the hydrological cycle. Factually this means the layer between the upper groundwater level down to the hydrological basis.

As far as contamination is concerned, first of all contamination resulting from above ground activities and spillages is thought of. However, certain underground activities also place a load on and have consequences for the subsoil, albeit in this case "from below", e.g. mining, water storage and extraction and infiltration and storage of waste materials.

With respect to the consequences, special attention should be paid to the phenomenon of “interaction”: what are the consequences of activities carried out in the subsoil and how do processes interact? One example of this is the interaction between groundwater and surface water (especially in areas where seepage occurs), and its possible ecological consequences.

From the interviews it appeared among other things that the soil should preferably not be seen as a reactor which can be engineered. Such a concept is generally viewed as a highly technical concept invented by civil engineers. What does appeal, however, is an approach of the system on the basis of input and output flows to and from a defined underground system. In this approach, an input-output analysis should be made based on knowledge of the relevant processes. Basic knowledge of the natural processes occurring within the system is essential in order to be able to estimate the effects of certain interventions.

Knowledge requirement and development

Future activities and developments will determine the knowledge required. One development expected in the near future is that the subsoil will be used for human activities ever more intensively and at ever deeper levels (TCB report, 1996). Continually, new utilizations are implemented, such as the (temporary) storage of natural gas, carbon dioxide, waste materials and heat or cold in the deeper subsoil. The question that arises here is what the consequences of this intensive use of subsoil space will be on the qualitative and quantitative aspects of the subsoil. In the coming decades the subsoil will be used not only more intensively, but also for more purposes simultaneously. Realization of the use of the subsoil combined with remediation of the soil belongs to the possibilities.

The public water companies are key actors who will benefit from a sound groundwater quality. Especially for the water companies diffuse contamination poses a real threat. It is expected that the problem of diffuse contamination will increase in years to come. Despite all sorts of measures taken at the sources, a major load of nitrates, pesticides etc. is on its way. As far as the drinking water suppliers are concerned, local contamination has the relative advantage that it can be better identified and dealt with or be evaded by the relocation of extraction wells to deeper and/or cleaner groundwater bodies.

From a protection point of view the deeper subsoil hasn't yet received the attention it deserves. The need exists for a more integral view, in which the deeper subsoil is included in environmental policy. The central question to be answered here is “What do “we” want to do with the deeper subsoil (including the groundwater) and what are “our” objectives as far as groundwater quality is concerned?” Major actors in this matter are the provincial authorities who are to shape and detail the long-term policy concerning the deeper subsoil. In the elaboration of the new governmental view resulting from the Soil Policy Renewal Operation (BEleids VERnieuwings operatie, BEVER) room is made for dealing with groundwater contamination at local level. From a soil policy and remediation point of view it is, therefore, of importance to have a better insight into the processes that take place in the layer at a level of more than 5 metres below groundlevel.

The research questions mentioned during the interviews result from the developments already indicated. The questions refer amongst other things to the processes of transformation and decomposition taking place and the (ir)reversability of processes and their effects. In this respect the question also arises how large the ecological resilience will be. Many questions also exist about measuring and modelling of processes in the subsoil in order to get a clear picture of these processes.

All those concerned agree that the deeper we look, the more incomplete knowledge appears to be. Various researchers would prefer coupling of knowledge from the fields of hydrology, biology, geology and chemistry. A number of times the term “hydrobiogeochemistry” was mentioned as a new integral field of science.

It was also remarked that a great deal of information is already available and good use should be made of it.

Recommendations for future research

The interviews and the workshop have resulted in recommendations for research. A selection of the subjects that received highest priority during the workshop is given below:

- * Defining of an integral basis for the protection of the subsoil (also as a basis for long-term priorities);
- * Integral investigation of the subsoil (both biotical and abiotical). Application of knowledge about the upper soil to the subsoil. Also with reference to methodological aspects such as genetic definition, clear sampling, and detection of (in)active zones;
- * Characterization of the subsoil biology in relation with physical and chemical processes (diagnosis, characterization and biomonitoring);
- * Checking the reactivity of the subsoil in relation to organic contamination (VOH, BTEX, pesticides) and for example NO₃. Diagnosis of short-term and long-term processes on the basis of cases;
- * Setting up of a database on the subsoil (data bank/mapping);
- * The urban groundwater in relation to (building) activities at greater depths and consequences for groundwater quality: “from water-collection area to urban area”.

It is remarkable that priority is given to the *formulation of a basis for protection*; this appears to be lacking at present. With reference to the basis for protection in mind the following questions have arisen: What is the importance of the deeper subsoil? What social and/or other functions does the deeper subsoil have and how do we rate the value of these functions?

A sound basis for protection of the subsoil should provide adequate management for the preservation of its present and potential functions.

Considering the intrinsic value of the subsoil, the question not only is what the consequences of certain activities on the quality of the groundwater will be but also what effects are considered acceptable.

It was established that the current knowledge is inadequate, and therefore there is a need for more *basic knowledge* in order to obtain a sound image of the subsoil and to facilitate the prediction of future behaviour of contaminants. As far as this prediction (or projection) is concerned, the dimension of time evidently plays an important part; it is of great importance not to be swayed by “the issues of the day”.

Priority is given to setting of a well-organized and accessible *data management*. This is of great importance for the linking of data and the interpretation of measurement data and modelling results.

Finally, the application of knowledge in relation to *future developments* deserves a prominent place.

The most favoured subjects are of a generic and fundamental nature, formulated along thematic rather than project lines. For concrete introduction within a research programme the subjects should still be further defined within projects.

What should be done in the next 5 years?

A lot of research on the subsoil has already been done. Yet, it is established that too little basic knowledge is available. Research should be carried out more widely, deeper (in a literal and in a metaphorical sense) and in an integrated fashion. Linking and exchange of knowledge should increasingly take place and knowledge gaps should be bridged (e.g. on behaviour, structure and vulnerability of ecosystems).

There is a worry that “practice will outrun us”. The subsoil is being “built over” already and as a result new knowledge will come available too late. The danger exists that, because of the long-term processes and the unpredictability of complex biotic and abiotic interaction in the subsoil, we will be overtaken by the developments.

Urban and rural planning of the third dimension is necessary in order to be able to make sound considerations and choices. Apart from the spatial dimensions, also time, as the fourth dimension, plays an emphatic role in this process. The fact of the matter is that problems may stretch a long way both in space and in time.

By definition, sustainable management of groundwater and soil quality refer to developments in the long range. In view of this long-range, rural development, planning and management of soil quality, are on par with one another. Therefore, a sound basis of knowledge is

required to make the right decisions in the long run. With a clear long-term vision in mind also short-term projects can be better prioritized and fine-tuned.

Good tuning and communication are necessary among policy makers, scientists and other professionals. Moreover, one should bear in mind that groundwater actually tends to disperse and that, therefore, management of the subsoil does not relate to property boundaries at groundlevel. On the contrary, it is important to consider entire groundwater systems which comprise the entire trajectory of infiltration, transport and seepage.

Fine-tuning

It is considered important that in the short term a number of research projects are started in which collaboration among disciplines is required. Various possibilities exist for the funding of the research. A number of research programmes have mentioned the deeper subsoil as one of their focusses and are funding fundamental/strategic and/or applied research. In this respect the Netherlands Organisation for Scientific Research (NWO-STW), SKB, and Delft Cluster mentioned previously can be named. Besides these the so-called purpose research funding exists.

Fine-tuning among individual programmes with respect to research into the processes in the deeper subsoil, and combining of forces is essential. Preferably a platform should be created for tuning and steering the funding of research on the deeper subsoil. Dissemination of knowledge could also take place through such a platform. One suggestion made was that of a "virtual research school".

The workshop held on 17 November 1998 may be considered a first step towards a research programme for the deeper subsoil. Regular fine-tuning about progress and results and adjustment of the programme is required.

“Als je me vraagt of wij als beleidsmakers onze vragen op orde hebben, zeg ik nee. Maar de aanbieders van onderzoeksinformatie lopen er ook op achter terwijl ze juist zouden moeten anticiperen. We moeten meer interactie met elkaar hebben en beter matchen, en wel vanaf het allereerste stadium dat een onderwerp opduikt. De wetenschap mag gerust kritisch zijn op vragen die we stellen, misschien zijn het de verkeerde vragen. Het is een kwestie van communicatie, niet van opdrachtverlening.”

Citaat: Hans Pont,
directeur generaal Milieubeheer
in: VROM onderzoek 1998/3

1. Inleiding

1.1 Aanleiding en doel van de studie

De diepere ondergrond verheugt zich in een toenemende maatschappelijke, beleidsmatige en wetenschappelijke belangstelling. Er is tot op heden vanuit verschillende invalshoeken onderzoek uitgevoerd naar processen in de ondergrond. Echter, hoe dieper men gaat des te minder is er bekend over het gedrag en de effecten van verontreinigingen.

Samenhang in kennis en verdere kennisontwikkeling zijn onder meer van belang om een rationele, wetenschappelijke onderbouwing van het bodembeleid te geven. Dit is nodig met het oog op het steeds intensievere gebruik van de diepere ondergrond voor allerlei doeleinden en in het kader van de bescherming van de bodemkwaliteit.

Genoemde overwegingen vormden voldoende aanleiding voor het Programma Geïntegreerd Bodemonderzoek (PGBO) om medio 1998 een project te starten, uitgevoerd door Schelwald-Van der Kley Milieuadvies en -training en IWACO BV, met als doel:

Het identificeren van het kennisaanbod en de kennisbehoefte met betrekking tot het gedrag en de effecten van verontreinigingen in de diepere ondergrond;

en als uiteindelijk resultaat:

Aanbevelingen voor een meerjarig onderzoekprogramma, dat invulling geeft aan de kennisbehoeften op het gebied van processen in de diepere ondergrond in relatie tot het gebruik, de sanering en bescherming van de bodem.

1.2 Werkwijze

Het bovengenoemde raamwerk is opgesteld door vertegenwoordigers van de relevante partijen uit de kennisinfrastructuur, zowel van vraag- als aanbodzijde, bijeen te brengen. Op basis van gesprekken en discussies, onder meer tijdens een workshop die gehouden is op 17 november 1998, zijn aanbevelingen opgesteld voor verder onderzoek op de relevant geachte kennisgebieden.

Voorafgaand aan de workshop is door het projectteam in de periode juli tot en met september 1998 een 8-tal "combinatie"-interviews gehouden met key persons uit het werkveld. Een overzicht van de geïnterviewde personen is weergegeven in bijlage 1. De selectie is zo representatief mogelijk gemaakt op basis van een vooraf opgesteld overzicht waarin deelonderwerpen, de bijbehorende kennisgebieden en actoren ("vragers" en "aanbieders") onderscheiden zijn (zie tabel 1).

Tabel 1. *Deelonderwerpen, kennisgebieden en actoren met betrekking tot het gedrag en effect van verontreinigingen in de diepere ondergrond.*

Deelonderwerpen	Kennisgebied	Actoren
Transportprocessen/gedrag van stoffen	Geohydrologie Geochemie/Geologie Modellering van stoftransport	TUD, NITG-TNO, LUW TUD RUU, VU, NITG-TNO, LUW TUD, LUW, NITG-TNO, RIVM, GD, IWACO, Tauw, Oranjewoud,
Chemische en biologische processen	Milieuchemie Microbiologie	UvA, RIVM, LUW VU, LUW, RUG, TNO-MEP, Bioclear, TAUW, IWACO
Ecologische processen en effecten	Ecologie/Ecotoxicologie	VU, LUW, RITOX, TCB, RIVM
Gebruik van diep grondwater - voor drinkwaterwinning - voor landbouw - voor industriële doeleinden	Proceskunde Zuiverings- en milieutechniek	- VEWIN, RIZA, KIWA - DLO - NAM, AVEBE, Bierbrouwerijen, Frisdrankfabrikanten
Beleid (bodem, grondwater-bescherming)		VROM, RIVM, TCB IPO/provincies

Als tussentijds product is op basis van de gehouden interviews een *state of the art* discussienotitie opgesteld. Deze notitie diende als basisdocument voor de discussie tijdens de workshop van 17 november 1998.

Dit rapport vormt het eindproduct van het project. Op basis van de discussienotitie en de uitkomsten van de Workshop zijn aanbevelingen opgesteld voor een meerjarig onderzoekprogramma, dat wellicht richtinggevend kan zijn voor programma's, die de diepere ondergrond als één van hun speerpunten hebben benoemd, zoals de Stichting Kennisontwikkeling en Kennistransfer Bodem (SKB).

1.3 Opzet van dit rapport

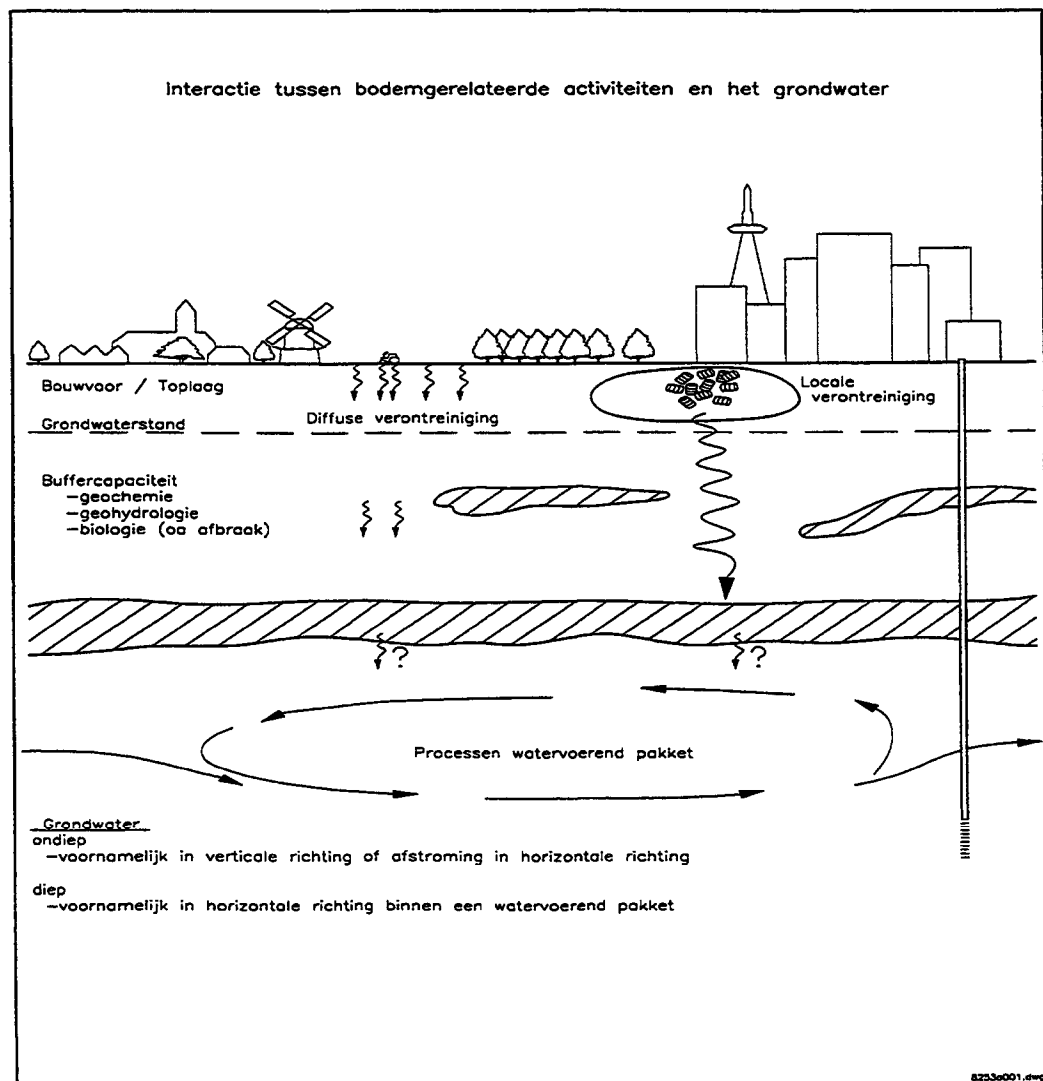
In hoofdstuk 2 wordt een nadere afbakening van het onderwerp gegeven, waarbij ingegaan wordt op definities en grenzen, die binnen de studie gehanteerd zijn. Ook wordt de vraag besproken of "het reactorvatconcept" als denkmodel bruikbaar is. Vervolgens worden in hoofdstuk 3 maatschappelijke ontwikkelingen en trends ten aanzien van het gebruik van de ondergrond beschreven. In hoofdstuk 4 worden, op basis van de voorstellen die uit de interviewronde en de workshop gekomen zijn, aanbevelingen gedaan voor een meerjarig onderzoekprogramma voor de diepere ondergrond. Tenslotte worden in hoofdstuk 5 conclusies en aanbevelingen gegeven.

2. Afbakening van het onderwerp

2.1 Functies van de ondergrond

Verschillende vormen van landgebruik en processen zoals depositie kunnen resulteren in zowel diffuse als lokale toevoer van stoffen naar de bodem. Deze stoffen komen aan het maaiveld terecht op de bodem en kunnen in de bodem zowel mobiel als immobiel zijn. Dit verschil in mobiliteit uit zich in een verschillende mate van uitspoeling naar het ondiepe en vervolgens diepe grondwater.

Andere verwijderingsprocessen zijn afvoer via het gewas en afvoer via het oppervlaktewater (zie figuur 1).



Figuur 1. *Interactie tussen bodemgerelateerde activiteiten en het grondwater.*

De ondergrond maakt zowel deel uit van het ecologische systeem (biosfeer) als van het hydrologische systeem (hydrosfeer: met name oppervlaktewater en grondwater). Een goed functioneren van de ondergrond binnen het hydrologische systeem is ook van belang voor de ecologische functie (ofwel een gezond ecosysteem) en voor de diverse gebruiksfuncties van de ondergrond zoals waterwinning. De hydrologische functie van de ondergrond strekt zich uit over heel Nederland tot verschillende dieptes.

Niet alleen een toevoer van verontreinigingen vanaf het maaiveld speelt een rol, maar ook allerlei ondergrondse activiteiten resulteren in belasting van en effecten op de ondergrond, maar dan “van onderaf”. Deze ondergrondse activiteiten zijn gekoppeld aan de gebruiksfuncties van de ondergrond. Hierbij zijn vooral de volgende activiteiten en/of functies van belang:

- funderingen;
- winning van klei, zand, grind, kalksteen, (thermaal) water, zout, minerale olie, gas, steenkool, bruinkool en geothermische energie;
- onttrekking, infiltratie en opslag van water
- opslag van warmte/koude, gas, CO₂, en (chemisch) afval;
- aanleg van tunnels, kabels en leidingen;
- lokale gebruiksruidten;
- (diepe) verticale putten.

De functies van de ondergrond zijn derhalve zeer veelzijdig en in veel gevallen zijn verschillende functies gekoppeld aan specifieke grondlagen. De belangen ten aanzien van milieu, maatschappij en economie die met deze functies gemoeid zijn, zullen soms onvermijdelijk conflicteren, zeker gezien de tendens om ruimte- en milieuproblemen aan de bovengrond af te wentelen op de ondergrond. De effecten op termijn zijn nog onvoldoende bekend. Vooral het effect van “interacties” moet in de gaten gehouden worden: welke gevolgen hebben processen en handelingen in de ondergrond op elkaar en op andere compartimenten. Locaal kunnen overigens de gevolgen van verontreinigingen bij genoemde ondergrondse activiteiten groter zijn dan de effecten van bovengrondse activiteiten.

2.2 Definitie en grenzen

De vraag waar een praktische grens tussen diepe en ondiepe ondergrond gelegd kan worden, is niet eenduidig te beantwoorden. De begrippen “diep” en “ondiep” zijn namelijk relatief en een keuze is dan ook veelal gerelateerd aan het vakgebied van waaruit men redeneert.

Als alleen het grondwater beschouwd wordt dat nog van belang is voor de drinkwaterproductie, zal de beschouwde diepte zich tot maximaal circa 300 meter uitstrekken.

Indien de intrinsieke (ecologische) waarde van de bodem en dus bijvoorbeeld het voorkomen van (micro-)organismen centraal staat, geldt een andere diepte als ondergrens.

Op grotere diepte bevinden zich systemen die oligotroof zijn en waarin zeer gespecialiseerde en geadapteerde organismen voorkomen in lagere dichtheden. Zweeds onderzoek heeft bijvoorbeeld tot op 1.000 meter diepte nog redelijk actieve populaties chemo-litho-autotrofe bacteriën aangetoond. De definitie van “diep” is wat betreft ecologische karakteristieken moeilijk te operationaliseren, aangezien het onderscheid tussen diep en ondiep mede bepaald wordt door de hydrologie. Meercelligen stellen in het algemeen specifiekere eisen aan hun milieu dan micro-organismen. Zo zal de beschikbare ruimte eerder beperkend zijn en zijn zij afhankelijk van zuurstof. Met toenemende diepte worden in het algemeen de omstandigheden voor meercelligen ongunstiger. Van nature wordt ondiep grondwater relatief sterk beïnvloed door bovengrondse systemen (meer eutroof) en diep grondwater veel minder. In kwelgebieden is er bijvoorbeeld een duidelijke interactie tussen grondwater en oppervlaktewater met mogelijke ecologische consequenties.

In de hydrologie wordt met het diepe grondwater in het algemeen het grondwater in het tweede watervoerend pakket bedoeld. Dat ligt afhankelijk van de omstandigheden op een diepte variërend van 10 tot 100 meter beneden maaiveld. Een ondiepe boring ten behoeve van de olie- en gaswinning is circa 500 meter diep, terwijl een ondiepe boring ten behoeve van milieuonderzoek maximaal 2 meter diep zal zijn.

De definitie van “diepe ondergrond” is in deze studie uiteindelijk gedefinieerd als dat deel van de ondergrond waarbij het grondwater deelneemt aan de hydrologische kringloop. Concreet is dat het grondwater vanaf de grondwaterspiegel tot aan de hydrologische basis. Op deze definitie valt heel wat af te dingen, maar ze lijkt werkbaar in dit verband. De ligging van “de” hydrologische basis is afhankelijk van de definitie van het hydrologische of milieuhygiënische probleem. Dat heeft dus alles te maken met de beschouwde diepte en de tijdschaal waarop gekeken wordt. Bovendien liggen lagen die in het westen diep liggen in het oosten juist ondiep (figuur 2).

Ten aanzien van het gedrag en de effecten van verontreinigingen zou eigenlijk niet slechts een stofgerichte benadering gekozen moeten worden. Een verandering in omstandigheden in de (natuurlijke) omgeving (zuurstof, redoxtoestand, pH, macroparameters) en gerelateerde processen heeft namelijk in potentie ook grote consequenties. Het is daarom mogelijk beter om te spreken over effecten van menselijk handelen in het algemeen in plaats van over specifieke effecten van stoffen en verontreinigingen.

2.3 Van reactorvatconcept naar integraal grondwaterbeheer

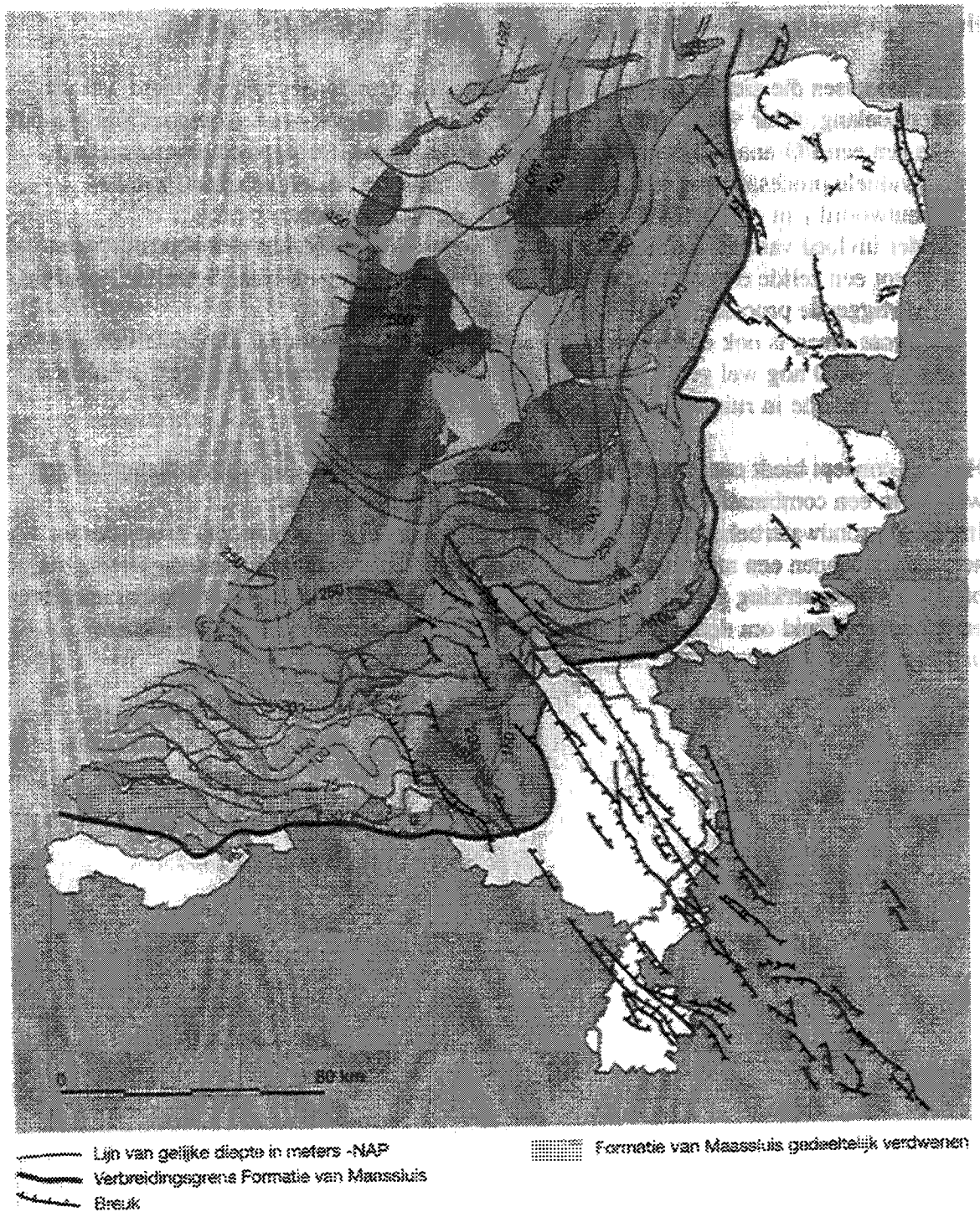
Tijdens de interviews is de bruikbaarheid van het “reactorvat”-concept als denkmodel voor de ondergrond ter sprake gekomen. Het reactorvat-concept heeft een directe relatie met zogenaamde “engineering”: het ingrijpen in de ondergrond met het doel processen zodanig te beïnvloeden, dat gestelde doelen (bijvoorbeeld reiniging van grondwater) gehaald worden. In zekere zin wordt de bodem eigenlijk al gezien als een te engineeren reactorvat als scenario's worden ontwikkeld en gerealiseerd met het doel om via bepaalde maatregelen aan bepaalde standaarden en/of normen te kunnen voldoen. Een andere context waarbinnen al volop vanuit het engineering-denken gehandeld wordt, is bij bodemsaneringen. Een bekend voorbeeld hiervan is biologische reiniging van met olie verontreinigde bodems.

Het reactorvatconcept is moeilijk te hanteren op de schaal van grondwaterstromen omdat het volume te groot is om te sturen op regionale en nationale schaal. Hoe moet een dergelijk concept nu vormgegeven worden daar waar het gaat om zulke diepe en diffuse verontreinigingen als bijvoorbeeld organische pesticiden? De bodemprocessen zelf zijn niet (goed) te sturen vanaf het maaiveld. Verder is niet alleen de verontreinigingsbron van belang aangezien de transformaties in de ondergrond kunnen leiden tot immobilisatie of juist “triggering” van verontreinigingen.

Eventueel is sturing wel mogelijk in beheerste systemen (gecontroleerde grondwater-systemen). Ook zou gestuurd kunnen worden met betrekking tot de “vorm en plaats” van het reactorvat. Door het centrum van een waterwinning te verplaatsen, zijn de te onttrekken grondwaterstromen namelijk te verleggen.

De “bodem als reactorvat” wordt in het algemeen beschouwd als een zeer technisch concept uit de koker van de civiel-ingenieur die alles kan engineeren. Eerst moet bekend zijn hoe het systeem “van nature” functioneert. Basiskennis en basisinformatie zijn noodzakelijk om de consequenties van bepaalde ingrepen goed in te schatten. Er is in ieder geval voorzorg geboden waarbij men eerst wil weten of iets werkt, welke risico's er zijn, of er onomkeerbare effecten optreden, en onder welke omstandigheden processen wel optreden en onder welke niet.

Samenhangende kennis van de processen die zich in de ondergrond afspelen is nog beperkt. Het hanteren van een systeembenadering op basis van toevoer- en afvoerstromen (input-output modellen) naar en van een afgebakend ondergronds systeem spreekt dan ook aan, daar dit een raamwerk biedt waarbinnen verschillende disciplines samen kunnen werken. Een systeemanalyse van ondergrondse toevoer- en afvoerstromen biedt een goed concept om de lotgevallen van verontreinigingen te verhelderen. Een input/output model van de bodem kent drie ruimtelijke dimensies en bovendien de tijd als vierde dimensie. In de (diepe) ondergrond gaat alles trager; ook veranderingen onder invloed van externe factoren.



Figuur 2. *De diepte van de hydrologische basis in Nederland. In het westelijke gedeelte van Nederland wordt de diepte van de Formatie van Maassluis in de regel beschouwd als de hydrologische basis. In oostelijk Nederland worden kleilagen in andere formaties als basis genomen (naar: F.C. Dufour: Grondwater in Nederland, p. 5).*

Het maken van input/output balansberekeningen is zeker niet altijd eenduidig:

- De processen die zich afspelen in de bodem en het grondwater zijn uiteraard wel van groot belang, maar vormen niet de voornaamste invalshoek in deze benadering. Het nut van een I/O-analyse hangt dan ook af van de schaal. Op perceelsniveau spelen individuele processen wel een belangrijke rol, maar op landelijke schaal kan het verantwoord zijn om met bepaalde somparameters te werken;
- Onder invloed van verschillende processen in de ondergrond kan een bepaalde input toch tot een zelfde output leiden. De uitkomsten zijn dan weliswaar hetzelfde, maar de achterliggende processen kunnen totaal verschillend zijn;
- De grote vraag is ook of bij verandering van een zekere input het afgeleide verband tussen I en O nog wel geldt. Er mag niet verondersteld worden dat dit per definitie zo is. Extrapolatie in ruimte en tijd is dus "gevaarlijk".

Het I/O-concept biedt een raamwerk waarbinnen verschillende disciplines samen kunnen werken in een combinatie van zowel proceskennis als I/O-analyse.

Integraal grondwaterbeheer gedefinieerd als het op elkaar afstemmen van processen en activiteiten binnen een afgebakend gebied met een gedefinieerd grondwatersysteem, zou bij zo'n samenwerking gebaat kunnen zijn. Op basis van inzicht in relevante parameters en de mogelijkheid om deze te controleren zou verantwoord beheer van de diepere ondergrond en het grondwater mogelijk kunnen zijn.

3. Trends en ontwikkelingen

De huidige activiteiten en de toekomstige ontwikkelingen met betrekking tot het gebruik, de bescherming en de sanering van de ondergrond bepalen in belangrijke mate de vraag naar onderzoek. In dit hoofdstuk worden enkele belangrijke maatschappelijke ontwikkelingen gesignaleerd, die naar voren gebracht zijn tijdens de interviews en de workshop. Tevens wordt aangegeven welke consequenties het een en ander heeft voor de kennisontwikkeling.

3.1 Gebruik

Menselijke activiteiten op en in de bodem hebben geresulteerd in een verstoring van de bodemkwaliteit in kwantitatieve en kwalitatieve zin. Wat betreft de verontreiniging van de bodem is een onderscheid te maken in diffuse en lokale verontreiniging.

Diffuse verontreiniging

Voor de waterwinning vormen met name diffuse verontreinigingen (o.a. nitraat, zware metalen en bestrijdingsmiddelen), die op grote schaal voorkomen, een reële bedreiging. De belangrijkste bron van diffuse verontreiniging vormt de overbesteding in de landbouw. Tengevolge van allerlei overheidsmaatregelen is de uitspoeling van stikstof uit landbouwgrond de laatste 10 jaar gedaald. Voor de hoger gelegen zandgronden in Nederland, waar de denitrificatie gering is en die tegelijkertijd zwaar bemest zijn, is de verwachting echter dat de nitraatconcentraties in het grondwater nog verder zullen stijgen. Hierdoor wordt mogelijk de drinkwaternorm in een aantal winningen in zuid en oost Nederland op termijn overschreden.

De directe belasting van bodem en grondwater door het gebruik van bijvoorbeeld bestrijdingsmiddelen in de land- en tuinbouw, vormt evenzeer een bedreiging voor de grondwaterwinning.

Het lijkt op dit moment vrijwel onmogelijk om de ingezette tendens van toenemende gehalten aan verontreinigingen in het grondwater versneld om te buigen. Aangezien het opgepompte grondwater al tientallen tot honderden jaren geleden in de bodem geïnfilteerd is, is het immers voor een belangrijk deel veel ouder dan het huidige beleid.

Lokale verontreiniging

Lokale verontreinigingen, veroorzaakt door puntlozingen, afvalberging en dergelijke, aan het maaiveld en in de bovengrond hebben als relatief "voordeel" dat ze voor de drinkwaterwinning minder bedreigend zijn, omdat de problematiek duidelijker gelokaliseerd en aangepakt kan worden door verwijdering of isolatie. Het tijdsaspect speelt hierbij wel een rol. De tijd die verloopt voordat een verontreiniging het diepere

grondwater bereikt, is sterk afhankelijk van de bodemopbouw en van de aard van de verontreiniging.

De waterleidingbedrijven hebben op de verontreinigingsproblematiek in eerste instantie gereageerd door het aanwijzen van grondwaterbeschermingsgebieden. Momenteel worden problemen tevens zoveel mogelijk vermeden door de onttrekkingsputten te “verplaatsen” naar het diepere en/of schonere grondwater. Ook is er een tendens waarneembaar van een preventief naar een curatief beleid. Daar waar verplaatsing geen oplossing biedt en een bronaanpak niet mogelijk of onvoldoende effectief is, wordt geïnvesteerd in zuiveringstechnieken. De verwachting is dan ook dat de kosten voor zuivering van grondwater, verontreinigd met bijvoorbeeld bestrijdingsmiddelen, toe zullen nemen, waardoor tevens de vraag naar adequate oplossingen urgenter wordt.

Overigens is er ook een verschuiving waarneembaar van het gebruik van grondwater richting het gebruik van oppervlaktewater. Deze tendens is niet zozeer ingegeven door de verwachte toenemende verontreiniging van het grondwater als wel door kostenoverwegingen (onder andere belasting op grondwaterwinning) die voortvloeien uit het antiverdrogingsbeleid.

Vanuit een gebruikersperspectief zijn uiteraard ook onttrekkingen voor bijvoorbeeld de voedingsmiddelenindustrie (bierbrouwerijen, verwerkende bedrijven etc.) van belang.

Intensiever gebruik van de ondergrond

Een te verwachten toekomstige ontwikkeling is dat de ondergrond steeds dieper en steeds intensiever gebruikt zal worden voor menselijke activiteiten. Al decennia lang worden in de diepe ondergrond fossiele brandstoffen en zout gewonnen. Vanwege ruimte- en milieuproblemen aan de bovengrond is er een stijgende belangstelling voor andere toepassingen, zoals de (tijdelijke) opslag van aardgas, kooldioxide en afvalstoffen in de diepe ondergrond. Uit energiebesparingsoogpunt wordt de diepe ondergrond op kleine schaal ook al benut voor warmte- en koude-opslag.

Tijdens de interviews is opgemerkt dat er voor gewaakt moet worden dat ruimte- en milieuproblemen aan de bovengrond afgewenteld worden op de ondergrond. De vraag die zich hierbij voordoet is dan ook wat de kwalitatieve en kwantitatieve effecten zijn van het intensieve ruimtegebruik op de ondergrond. Het in 1996 verschenen rapport van de Technische Commissie Bodembescherming (TCB), met als titel “Diepe ondergrond en bodembescherming” geeft een uitgebreid overzicht van de bestaande kennis over de effecten van ondergrondse activiteiten. Een belangrijke conclusie van dit rapport is dat activiteiten niet op zichzelf staan. Verschillende activiteiten en natuurlijke processen kunnen elkaar zowel positief als negatief beïnvloeden, waardoor de mogelijkheden in de ondergrond niet onbeperkt zijn.

Een insteek van kennisontwikkeling zou dus het gebruik van de ondergrondse ruimte kunnen zijn. Er treden daarbij ook allerlei interacties op tussen verschillende typen gebruik (infrastructuur, warmte/koude-opslag en CO₂-opslag) en dus ook conflicten tussen maatschappelijke functies.

Een aanbeveling uit het TCB-rapport is om verstandig gebruik te maken van de diepe ondergrond, waarbij een totaalvisie over de bestemming van de ondergrond onontbeerlijk is. Tevens is in het TCB-rapport geconcludeerd dat verdere verwerving van kennis noodzakelijk is om met grotere zekerheid dan thans het geval is iets te kunnen zeggen over de effecten van sommige activiteiten.

Meervoudig ruimtegebruik

De ondergrond wordt niet alleen intensiever, maar zelfs voor meerdere doeleinden tegelijkertijd benut. Het bij ICES* ingediende programma "Meervoudig Ruimtegebruik" wil oplossingen bieden voor de schaarste aan ruimte en de toenemende vraag naar verbetering van de kwaliteit ervan. Er wordt gekeken naar nieuwe concepten voor de integratie van functies, belangen, financiën e.d. Realisatie van ondergronds gebruik in combinatie met bodemsanering behoort derhalve tot de mogelijkheden.

3.2 Bescherming

Vanuit beschermingsoogpunt is grondwater een ondergeschoven kindje. Er is behoefte aan een meer integrale visie, waarbij het grondwater een plaats krijgt in het omgevingsbeleid. Centrale vraag hierbij is: "Wat willen "we" nu en in de toekomst met het diepere grondwater en welke kwaliteitsdoelstellingen streven "we" na?" Belangrijke actoren hierbij zijn de provincies die aan het langetermijn-beleid van grondwater vorm en inhoud moeten geven.

Indien aan de diepere bodem een intrinsieke (ecologische) waarde wordt toegekend is het van belang om, zolang de effecten van allerlei activiteiten nog onvoldoende bekend zijn, het voorzorgsprincipe toe te passen: voorkomen is beter dan genezen!

Het preventieve bodembeschermingsbeleid richt zich momenteel op het afsluiten van bronnen via de vergunningverlening. Voor lokale bronnen is het streven 0-emissie. Dit is relatief gemakkelijker te reguleren dan voor de diffuse bronnen. Uitgangspunt voor diffuse verontreiniging is dat de aanvoer niet groter is dan de afvoer. Hier spreekt men over een kritische bodem- of grondwaterbelasting.

3.3 Sanering

Medio 1997 is, als resultante van onder meer de BEleids VERnieuwings operatie (BEVER), het nieuwe kabinetsstandpunt inzake Bodembeleid verschenen. Voor het curatieve spoor is er voor immobiele verontreinigingen in de bovengrond sprake van een verschuiving van multifunctioneel naar functiegericht saneren. De functiegerichte sanering speelt zich af in de bovenste meters en heeft een directe relatie met de activiteiten die boven maaiveld plaatshebben. Voor de aanpak van mobiele verontreinigingen wordt

gestreefd naar een kosteneffectieve verwijdering. Deze kosteneffectieve verwijdering heeft veelal betrekking op de laag dieper dan 5 meter beneden maaiveld. In het kabinetsstandpunt en de uitwerking ervan wordt ook ruimte geschapen voor een gebiedsgerichte aanpak van verontreinigd grondwater. Vanuit het oogpunt van bodembeleid en bodemsanering is het derhalve ook van belang om meer inzicht te hebben in de processen die zich in de laag dieper dan circa 5 meter minus maaiveld afspelen. Het zoeken naar kosteneffectieve oplossingen voor de bodemverontreinigingsproblematiek vormt een belangrijke doelstelling van NOBIS (Nederlands Onderzoekprogramma voor Biologische In-situ Sanering). Dit programma is in 1995 gestart en richt zich op het ontwikkelen en verbeteren van de toepassingsmogelijkheden van in-situ bodemsaneringsconcepten en -technieken. Het zoveel mogelijk benutten van het zelfreinigend vermogen van de bodem (natural attenuation) vormt een belangrijk uitgangspunt en staat momenteel sterk in de belangstelling. Meten en monitoren van de bodemkwaliteit zijn hierbij van wezenlijk belang en hier wordt binnen NOBIS dan ook veel aandacht aan besteed.

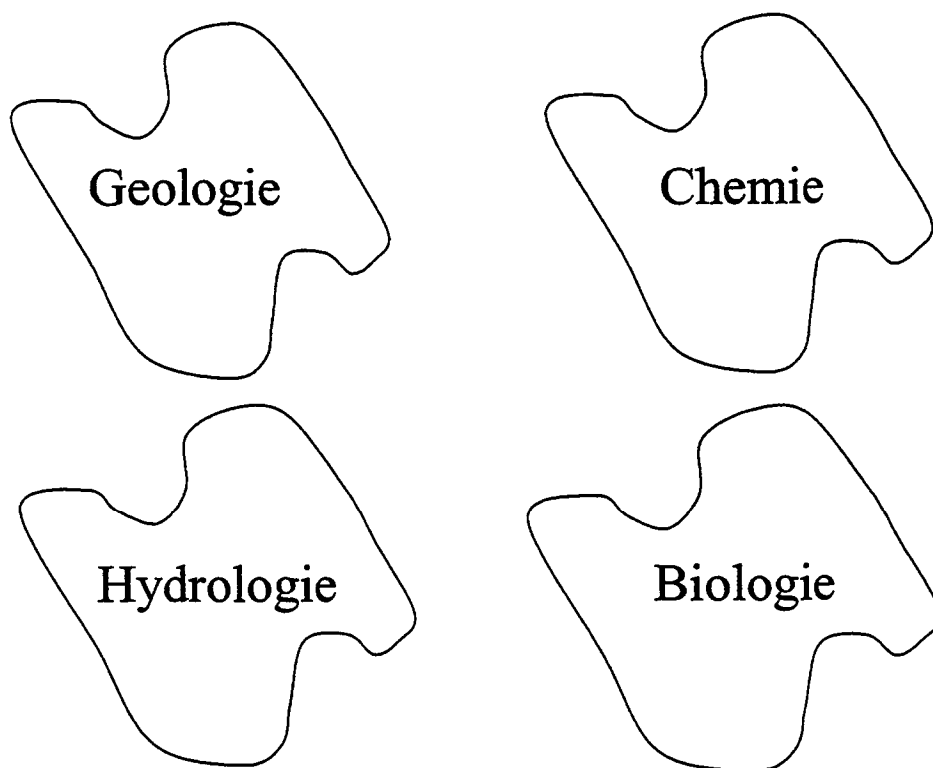
Samengevat kan gesteld worden dat er vanuit een gebruikersperspectief (drinkwaterwinning, gebruik van grondwater voor procesdoeleinden) behoefte is aan meer kennis over processen in de diepere ondergrond. Daarnaast is er ook vanuit beschermingsoogpunt meer kennis nodig om verantwoorde beslissingen te kunnen nemen over met name toekomstige activiteiten in relatie tot de bescherming van de ondergrond en om adequaat beleid te formuleren. Tenslotte is meer kennis omtrent het zelfreinigend vermogen van de bodem van belang voor saneringsdoeleinden.

4. Aanbevelingen voor onderzoek

4.1 Fundamentele kennisontwikkeling

Het is gebleken dat het op kennisgebied van belang is meer basiskennis te verzamelen. Er is echter al veel bekend, waarvan slim gebruikgemaakt kan worden. Data zouden dan ook gekoppeld moeten worden om al bestaande kennis toegankelijk te maken en de relaties helder te krijgen.

Alle betrokkenen zijn het erover eens dat hoe dieper we kijken, hoe onvollediger de kennis is. Er bestaat een sterke behoefte om zicht te krijgen op geochemische, hydrologische en biologische processen die zich op grotere diepte afspelen. Dit geldt zowel voor de afzonderlijke processen als voor interacties. Zo is de geochemische opbouw bijvoorbeeld bepalend voor de reactiviteit van de ondergrond. Verschillende onderzoekers zouden dan ook graag een koppeling zien van hydrologie, biologie, geologie en chemie. De term “hydrobiogeochemie” als integrale benadering is genoemd in het kader van zogenaamd “interface” onderzoek (figuur 3). De koppeling van de verschillende disciplines en van theorie en praktijk kan tot een meerwaarde en tot doorbraken leiden die met monodisciplinair onderzoek niet te behalen zijn.



Figuur 3. *Hydrobiogeochemie.*

Toekomstig onderzoek moet praktische relevantie hebben (van betekenis voor het beleid en gebruikers) en tegelijk wetenschappelijk grensverleggend zijn. Door de beleidsmakers zelf is gesteld dat kennisontwikkeling onafhankelijk moet zijn van wat je er beleidsmatig mee wil. Hoe beter de kennisontwikkeling, hoe duidelijker de beleidsontwikkeling kan zijn. Er is fundamenteel onderzoek nodig ter ondersteuning van het beleid waarin maatschappelijke activiteiten tegen het licht gehouden kunnen worden.

4.2 Gesignaleerde kennisbehoefte

Een samenvatting van de interviews ten aanzien van belangrijke toekomstige ontwikkelingen, kennisvragen en suggesties voor onderzoek is weergegeven in tabel 2. Hierbij wordt opgemerkt dat daar waar blanco's staan, dit niet betekent dat de geïnterviewde personen geen mening over dit onderwerp hebben, maar dat het item gewoonweg niet ter sprake is gekomen.

Ten aanzien van de drinkwaterwinning spelen de vragen wat er onderweg is, hoe de kwaliteit zich ontwikkelt en of er wel voldoende kennis is over processen die zich voltrekken.

Als aandachtsstoffen voor verder onderzoek zijn in relatie tot de drinkwaterwinning met name bestrijdingsmiddelen en nitraat genoemd. Maar ook medicinale en hormonaal werkende stoffen zouden wel eens de probleemstoffen van de volgende eeuw kunnen worden, zodat verder onderzoek wenselijk is. Gefaciliteerd transport door de aanwezigheid van deeltjes in het grondwater vormt een ander onderwerp van onderzoek.

Verder zijn er vragen met betrekking tot het meten en modelleren van processen in de ondergrond. Ofwel, hoe krijgen we de processen in beeld?

Om meer inzicht te verkrijgen en een vinger aan de pols te kunnen houden, is het volgens verschillende gesprekspartners noodzakelijk dat de bestaande (provinciale en nationale) meetnetten geoptimaliseerd worden.

De dataverzameling dient daarbij afgestemd te worden op de doelstellingen die nagestreefd worden. In dit verband is ook opgemerkt dat een koppeling van biologische data met de gegevensbank van het Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit wenselijk is. Daarnaast zou een koppeling tot stand gebracht kunnen worden tussen de ondiepe bodemkwaliteitsmeetnetten en de diepere grondwatermeetnetten teneinde de relatie tussen de boven- en ondergrond te leggen en een vertaalslag te kunnen maken van ondiep naar diep grondwater.

Ten aanzien van het gedrag van verontreinigingen is het de vraag hoe de chemie van de diepere ondergrond het stofgedrag beïnvloedt en hoe verontreinigingen zich op grotere diepten gedragen, welke processen dominant zijn en wat er gebeurt op de lange termijn: in hoeverre zijn processen c.q. effecten onomkeerbaar? Het verbeteren van bestaande stoftransportmodellen is herhaaldelijk genoemd als actie voor de (nabije) toekomst.

Tabel 2. *Samenvatting interviews; signaleerde ontwikkelingen, onderzoeksvragen, gewenst onderzoek en overige opmerkingen.*

	NITG – TNO De Mulder & Griffioen	IWACO Frapport	RIVM Meinardi & Leijnse	RIVM Notenboom
Trends & Ontwikkelingen	Potentiele bedreiging van de hydrologische kringloop door diepe berging	Bedreiging van drinkwatervoorzieningen door historische verontreinigingen		- Toenemende interventie in de ondergrond
Onderzoeksvragen	Wat zijn de effecten van opslag en berging in de diepe ondergrond (bijv. CO ₂ en radio-actief afval)	- Hoe beïnvloedt de geochemie van de diepere ondergrond het stofgedrag? - Wat zijn de indirecte effecten van natuurlijke processen? - Het belang van een onderscheid tussen ondiepe/korte stroombanen versus diepe/ lange stroombanen	- Wat, hoe en waarom te meten? - Hoe verhoudt meten zich tot modelleren? - Hoe te extrapoleren van lab naar veld? - Welke opschalings-technieken om lokale processen te vertalen naar grotere schaal?	- In hoeverre verschillen de afbraakprocessen in de diepere bodem t.o.v. die van de ondiepere bodem? - Wat is de invloed van input fluxen en de rol van toevoegingen?
Toekomstig onderzoek:	- Reactiviteit van sedimenten	- Invloed van chemie van de ondergrond op het stofgedrag	- Afstemming meten en modelleren	- Ontwikkeling goede stoftransportmodellen
Thema's/Onderwerpen	- Biochemische karakterisatie ondergrond - Nalevering bij grondwater-saneringen (vooral DNAPL en olie) - Natuurlijke achtergrond-gehalten - Chemische schermen/anorganische barrières - Natuurlijke afbraakpotentie verschillende bodems - Verbeteren stoftransportmodellen - Risicobeoordelingsmodellen - Koppeling meetnetten diep en ondiep - Relatie bodemkwaliteit en grondgebruik - Ondergrondse bestemmingsplannen - Geologisch opbergen van afval	- Vrijkomen van stoffen zonder directe link met de oppervlakkige belasting - Risico-reductie door immobilisatie		- Koppeling biologische metingen aan het landelijk meetnet grondwaterkwaliteit - Ecologische processen in de ondergrond op "een kaart" zetten
Algemene suggesties t.a.v. onderzoek	- Bestaande kennis toegankelijker maken - Data koppelen	- Bestaande kennis slim benutten - Centraal databeheer	- Transport, modellering en biologie in samenhang en samenwerking bestuderen - Uitvoeren van input/output analyse om regionale scenario's te verkrijgen	- Interdisciplinaire projecten van minimaal 8 jaar

	LUW-KIWA Stams & van der Kooij	KIWA Stuyfsand & Van Beek	TCB Van den Akker & Wijland	VROM Kramer & De Wit
Trends & ontwikkelingen	- Toename van antropogene contaminanten	- Waterleidingbedrijven: van preventief naar curatief beleid en problemen "vermijden" door verplaatsing - Verschuiving richting het gebruik van oppervlakte-water als drinkwater	- Toenemend gebruik van de (diepere) ondergrond (infrastructuur, opslag en berging, winning)	- Toenemend gebruik van de ondergrond - Van multifunctioneel naar functiegericht saneren - Kosteneffectief verwijderen - Meer integrale visie op grondwater
Onderzoeksvragen	- Hoe gedragen verontreinigingen zich op grotere diepten? - Wat gebeurt er op lange termijn? - Welke processen worden op grotere diepte verstoord?	- Invloed van verzuring, vermisting en verspreiding op kwaliteit van het ruwe grondwater - Geochemisch onderzoek naar reactieve fasen in relatie tot watervoerende pakketten	- Welke effecten hebben processen en handelingen in de ondergrond op elkaar en op andere compartimenten? - In hoeverre zijn effecten onomkeerbaar	- Hoe functioneert de ondergrond? - Hoe groot is de ecologische veerkracht? - Hoe liggen de relaties en interacties (continuïumgedachte) - Hoe is de bodem te gebruiken voor reiniging? - Wat betekent een ingreep op grote diepte voor de ondiepe ondergrond? - Hoe krijgt het grondwater een plaats in het omgevingsbeleid? - Welke meetlat voor kwaliteit?
Toekomstig onderzoek	- Vergroting kennis microbiologie op diepten groter dan 2 m - De rol van natuurlijke afbraakprocessen - Basisprocessen bij anaerobe omzettingen - Fysiologie en detectie van anaerobe micro-organismen	- Bestrijdingsmiddelen: metaboliëten en hun gedrag in de ondergrond - Medicinale stoffen/hormonaal werkende stoffen - Aanwezigheid van deeltjes die het transport van verontreinigingen faciliteren	- Mobiele en immobiele verontreinigingen - Diffuse verontreinigingen - Toenemend gebruik van de ondergrond - Gebiedsgericht grondwaterbeleid - Grondwaterecosystemen/intrinsieke waarde - Meten en modelleren van grondwaterkwaliteit	- Diffuse verontreiniging (bestrijdingsmiddelen/mitraat) - Effecten van verspreiding - Meer integrale visie op de bescherming van het grondwater - Communicatie - Beleidswetenschappen
Thema's/ Onderwerpen				
Algemene suggesties t.a.v. toekomstig onderzoek	- Verbetering/transparanter maken onderzoeks-infrastructuur - Onderzoek moet praktische relevantie hebben en wetenschappelijk grensverleggend zijn - Langdurige onderzoeks-programma's (AIO's) - Multidisciplinaire aanpak ("in welk milieu meet je?")	- Multidisciplinair - Hydrologie en geochemie zijn met name belangrijk	- Interface onderzoek (grensvlak van verschillende disciplines en van theorie en praktijk)	- Kennisontwikkeling onafhankelijk laten zijn van wat men er beleidsmatig mee wil

Validatie, bijvoorbeeld met behulp van aquiferboxen op semi-praktijkschaal, wordt wenselijk geacht.

Ook vraagt men zich af welke (microbiologische) processen er op grotere diepte eigenlijk verstoord worden en in hoeverre de transformatie- en afbraakprocessen in de diepere bodem verschillen van die in de ondiepe bodem. Met andere woorden: hoe groot is de ecologische veerkracht van de ondergrond?

Vanuit de saneringsoptiek vormt een inventarisatie van de natuurlijke afbraakpotentie van mobiele verontreinigingen in verschillende bodemtypes een interessant onderwerp. Ook de effecten van het (tijdelijk) toestaan van verspreiding op het grondwater(eco)-systeem zouden onderzocht moeten worden. Dit mede ter onderbouwing van het nieuwe bodembeleid. Koppeling van het belang van grondwater, drinkwater en natuurwaarden in relatie tot inrichting vraagt om beleidsstudies.

Zulke beleidsstudies zouden kunnen voorzien in de behoefte aan goed onderbouwde ondergrondse bestemmingsplannen. Een meer integrale visie op de bescherming van het grondwater hangt hier nauw mee samen. Met name de toenemende interventie in de ondergrond, waarbij de tendens is om steeds dieper te gaan, roept vragen op als:

- wat betekent een ingreep op grote diepte voor de ondiepe ondergrond?;
- welke effecten hebben processen en handelingen op elkaar en op andere compartimenten?

In het kader van het nieuwe bodembeleid is, zeker voor het implementatietraject, ook behoefte aan een verdere ontwikkeling en inbreng van expertise vanuit de communicatiewetenschappen. Er moet derhalve een versterking komen van kennis op het gebied van beleidswetenschappen (gebruik en ontwikkeling van instrumentarium) en communicatiewetenschappen.

Uit de gestelde vragen blijkt dat er een grote behoefte is aan meer kennis over de processen die zich afspelen in de diepere ondergrond.

4.3 Onderwerpen voor toekomstig onderzoek

Op 17 november 1998 is een workshop gehouden waarbij een groot deel van de personen uit de kennisinfrastructuur aanwezig was (zie bijlage 2).

Tijdens de workshop is een brainstorm gehouden om onderzoeksonderwerpen te inventariseren. De deelnemers zijn hiertoe verdeeld in een aantal gespreksgroepen. De uitkomsten in de vorm van onderzoeksaanbevelingen zijn per groep weergegeven in tabel 3. Vervolgens zijn de opgevoerde aanbevelingen gezamenlijk geprioriteerd.

De onderwerpen 2-1; 2-2; 3-1; 3-2, 3-3 en 3-4 in tabel 3 kregen de meeste voorkeurstemmen. Deze zijn vet weergegeven. Deze onderwerpen vertonen meer of minder overlap met andere onderwerpen die minder “scoorden”, maar die wel degelijk van belang geacht werden (cursief weergegeven in tabel 3).

De onderwerpen 2-1 en 3.2 vertonen overlap met de onderwerpen 1-1, 4-1 en 4-2.

Onderwerp 1-3 vertoont overlap met onderwerp 2-2. Onderwerp 2-3 vertoont overlap met onderwerp 3-3 en onderwerp 3-4 vertoont overlap met onderwerp 4-3.

Het is opvallend dat er prioriteit gegeven wordt aan het formuleren van een integrale *beschermingsgrondslag* (onderwerp 3.1); deze is tot nu toe slechts geformuleerd vanuit de gebruiksfuncties, i.c. drinkwaterwinning; een integrale visie ontbreekt echter. Wat betreft de beoogde beschermingsgrondslag doen zich onder andere de volgende vragen voor: Wat is het belang van de diepere ondergrond? Welke maatschappelijke en/of andere functies heeft de ondergrond en welke waarde moet aan deze functies worden gehecht?

Een goede beschermingsgrondslag voorziet in een zodanig beheer van de ondergrond, dat huidige en potentiële functies in stand worden gehouden. Gezien de intrinsieke waarde van de ondergrond is het hierbij niet alleen de vraag wat de effecten van een activiteit zijn op de ondergrond, maar ook welke beïnvloeding van de ondergrond nog acceptabel is.

Geconstateerd is dat de huidige kennis van de ondergrond in ieder geval ontoereikend is en er derhalve grote behoefte is aan meer *basiskennis* (onderwerpen 2.1; 3.2; 3.3) om processen die zich in de ondergrond afspelen te doorgronden, teneinde de voorspelling van toekomstig gedrag van verontreinigingen mogelijk te maken. Wat deze voorspelling (ofwel projectie) betreft, speelt de tijdsdimensie vanzelfsprekend een belangrijke rol; het is van groot belang om niet te blijven steken bij de “waan van de dag”.

Ook het overzichtelijk en toegankelijk *beheren van gegevens* (onderwerp 3.4) krijgt prioriteit. Dit is van belang om data te kunnen koppelen en om goed om te kunnen gaan met meten en modelleren.

Tenslotte verdient de toepassing van kennis in relatie tot *toekomstige ontwikkelingen* (onderwerp 2.2) sterke aandacht.

De projecten die “scoorden” tijdens de workshop zijn over het algemeen zeer generiek en fundamenteel van aard.

Redenen voor een lagere inschaling van bepaalde onderwerpen zijn dat er in termen van onderzoek niets meer aan te ontwikkelen valt (men kan het al) of dat het toch al gebeurt (bijvoorbeeld onderzoek naar natuurlijke afbraakpotentie, ontwikkeling van meet- en monitoringstechnieken en -strategieën).

Bovendien waren tijdens de workshop relatief weinig eindgebruikers aanwezig, waardoor mogelijk een meer generieke invulling van de onderwerpen plaatsvond. Het is dan ook raadzaam om met de verkregen resultaten eerst nog een “praktijk-screening” te houden. De onderwerpen zijn verder meer thematisch dan projectmatig geformuleerd. Voor een

Tabel 3. *Onderwerpen van onderzoek als uitkomst van de workshop.*

Onderwerp	Titel
1-1	Verkrijgen van een ecologisch basisbeeld of referentiebeeld van de ondergrond.
1-2	Opschalen van processen en gegevens in tijd en ruimte.
1-3	Planologie van de ondergrond: cumulatieve effecten van ondergrondse activiteiten.
1-4	Downscaling van grondwaterkwaliteitsgegevens (invulling op lokale schaal).
1-5	Intensieve(re) monitoring van specifieke cases.
1-6	Bewijzen van natural attenuation met een vrachtbenadering in het veld.
2-1	Integrale verkenning van de ondergrond (zowel biotisch als abiotisch). Vertaling van kennis over de bovengrond naar de ondergrond. Ook met betrekking tot methodologische aspecten, zoals genetische bepalingen, ongestoorde monsternamen en detecteren in (in)actieve zones.
2-2	Grondwater in de stad in relatie tot diepe bouwactiviteiten en effecten op grondwaterkwaliteit: "van waterwingebied naar stedelijk gebied".
2-3	Vertalen van kennis van intrekgebieden m.b.t. reactiviteit van de ondergrond (koppeling transport/chemie/biologie) naar andere delen van Nederland om een landsdekkend beeld te kunnen verkrijgen (bijvoorbeeld met een tijdreeksanalyse van ruwwatersamenstelling).
2-4	Verspreidingsgedrag in veen (contaminanten en eutrofiëring).
3-1	Definitie van een integrale beschermingsgrondslag van de ondergrond (tevens als basis voor langetermijn-prioritering).
3-2	Biologie van de ondergrond karakteriseren in samenhang met fysische en chemische processen (diagnose, karakterisering en biomonitoring).
3-3	Reactiviteit van de ondergrond in relatie tot organische verontreinigingen (VOH, BTEX, pesticiden) en bijvoorbeeld NO₃ nagaan. Diagnose van korte en langetermijn-processen m.b.v. cases.
3-4	Opbouw van een gegevensbestand m.b.t. de ondergrond (databank/kartering). Geochemische karakterisatie met zowel diagnose- als prognosedoeleinden.
3.5	Ontwikkeling van onderzoekstechnieken zoals sondes, microcosms, bemonsteringstechnieken, geofysische technieken, isotopen etc.
4-1	Onderzoek naar effecten van verontreinigingen op microbiële reactiviteit in de diepere ondergrond voor schone en vervuilde situaties.
4-2	Onderzoek naar de effecten van natuurlijke condities (geochemisch, hydrochemisch en hydrologisch) op de grondwaterkwaliteit in schone en vervuilde situaties
4-3	Opzetten van een meetnetwerk/datanetwerk.
5-1	Ontwikkeling van een keuzemodel/beslismodel om afhankelijk van doelstellingen en vereiste nauwkeurigheid de meest geschikte bemonsteringsmethode te bepalen.
5-2	Optimalisatie van bestaande bemonsteringstechnieken.
5-3	Opstellen van richtlijnen voor interpretatie van onderzoeksresultaten rekening houdend met de gebruikte onderzoeksmethode.

concrete invulling binnen een onderzoekprogramma moeten de onderwerpen dus nog verder projectmatig ingevuld worden.

Wat moet er nu de komende 5 jaar gebeuren? Er is al heel veel werk gedaan. Toch wordt er geconstateerd dat er te weinig basiskennis is. Onderzoek moet breder, dieper (letterlijk en figuurlijk) en meer integraal plaatsvinden. Hierbij dient meer koppeling en uitwisseling van kennis plaats te vinden en moeten leemten in kennis opgevuld worden (bijvoorbeeld gedrag, samenstelling en kwetsbaarheid van ecosystemen). De roep om meer samenwerking tussen disciplines in de vorm van interface-onderzoek vertaalde zich ondermeer in de behoefte aan breed georiënteerde AIO's die samen kunnen werken op het gebied van microbiologie (moleculaire ecologie, fysiologie en ecologie), hydrochemie, geochemie, hydrologie en bodemkunde.

Een zorg die uitgesproken is, is dat "de praktijk ons inhaalt". De ondergrond wordt namelijk al volgebouwd en nieuwe kennis komt dan ook te laat beschikbaar. Juist vanwege de langetermijn-processen en onvoorspelbaarheid van complexe biotische en abiotische interacties in de ondergrond is het gevaar aanwezig dat we achter de feiten aanlopen.

Ruimtelijke ordening van de derde dimensie is nodig om goede afwegingen en keuzes te kunnen maken. Behalve een ruimtelijke dimensie speelt hierbij nadrukkelijk ook de tijd als een vierde dimensie. Problemen kunnen zich namelijk in ruimte en tijd ver uitstrekken. Duurzaam grondwater- en bodemkwaliteitsbeheer hebben per definitie betrekking op de lange termijn. Gezien deze lange termijn, komen ruimtelijke ontwikkeling, planologie en bodemkwaliteitsbeheer in elkaars verlengde te liggen. Er is dus een kennisbasis nodig ter onderbouwing van afwegingen op de lange termijn. Met een duidelijke langetermijn-visie voor ogen kunnen ook korter durende projecten beter worden geprioriteerd en op elkaar afgestemd.

Het is opvallend dat "het beleid" niet al te veel wil sturen door een concrete set beleidsvragen te formuleren. Vanuit het onderzoek zijn echter geluiden te bespeuren dat het beleid best meer mag sturen: "wat wil het beleid nu eigenlijk met de ondergrond?" Een duidelijke beleidsvisie dient in ieder geval antwoord te geven op de vraag hoe kennisontwikkeling zich verhoudt tot beleidsontwikkeling. Er is dus een goede afstemming en communicatie nodig tussen beleid, wetenschap en praktijk. Bovendien moet er oog zijn voor het feit dat grondwater zich nu eenmaal verspreidt. Het beheer van de ondergrond is dan ook niet gerelateerd aan eigendomsgrenzen van de bovengrond. Wat dat betreft is het van belang te denken in grondwatersystemen, waarbij een systeem het gehele traject van infiltratie, transport en kwel bevat.

5. Conclusies en aanbevelingen

Deze studie heeft onder meer uitgewezen dat er vanuit praktijk en beleid behoefte is aan meer samenhangende kennis van de diepere ondergrond om tot verantwoorde beslissingen te kunnen komen over toekomstige activiteiten in de ondergrond en om adequaat beleid ten aanzien van bodembescherming en -sanering te kunnen formuleren.

Vanuit wetenschappelijke zijde is er voldoende deskundigheid, bereidheid en enthousiasme om op deze behoefte in te spelen.

Inherent aan het feit dat de diepere ondergrond, en in het bijzonder het diepere grondwater, grotendeels onzichtbaar en ongrijpbaar is, blijkt er een grote behoefte te bestaan om door onderzoek een basisbeeld te krijgen van de ondergrond (zowel geochemisch, hydrologisch als biologisch). Ook wil men de omzettings- en afbraakprocessen die zich ondergronds afspelen beter in de vingers krijgen en nagaan in hoeverre het zelfreinigend vermogen van de bodem benut kan worden. Deze kennis is noodzakelijk om voorspellingen dan wel uitspraken te kunnen doen over de effecten van bijvoorbeeld verontreinigingen en over het toestaan van verspreiding daarvan en ingrepen in de ondergrond. Tevens kan de verkregen kennis bijdragen aan een betere onderbouwing van het bodembeschermingsbeleid (wat willen we nu eigenlijk beschermen, waarom en hoe?).

Het onderzoek dat nodig is om een antwoord te geven op de vragen die leven is voor een groot deel fundamenteel-strategisch van aard en betreft derhalve overwegend langlopend onderzoek. Vanuit praktijk en beleid is er echter een zekere tijdsdruk, aangezien er op korte termijn al beslissingen genomen moeten worden over voorgestelde activiteiten in de diepere ondergrond en de bescherming van onder meer de strategische grondwatervoorraden. Het is dan ook belangrijk om niet te lang te wachten en op korte termijn al een aantal onderzoeksprojecten te starten. Dit geldt uiteraard ook voor meer toegepaste onderzoeksprojecten met een veelal kortere doorlooptijd, zoals bijvoorbeeld het tijdens de workshop genoemde onderzoeksproject naar “beschermingsgrondslagen”.

Dit leidt tot de volgende vragen: Wie financiert het toekomstig onderzoek, wie gaat wat uitvoeren en hoe worden de continuïteit en verankering gewaarborgd? Alhoewel niet direct onderwerp van deze studie, heeft het project wel suggesties en ideeën opgeleverd op basis waarvan de volgende aanbevelingen zijn opgesteld:

Financiering

Er zijn diverse mogelijkheden voor financiering van onderzoek dat betrekking heeft op de diepere ondergrond. Een aantal bestaande en toekomstige onderzoekprogramma's financieren fundamenteel-strategisch en/of toegepast, vraaggestuurd onderzoek en sommige van deze programma's hebben de diepere ondergrond als één van hun speerpunten benoemd. Voor dergelijke programma's kan de gesignaleerde kennisbehoefte die in

deze rapportage is vastgesteld, op grond van de interviews en de voorstellen die tijdens de workshop van 17 november jl. naar voren zijn gebracht, wellicht als richtinggevend beschouwd worden.

Dit geldt onder meer voor de Stichting Kennisontwikkeling en Kennistransfer Bodem (SKB), die per 1 januari 1999 van start is gegaan. SKB is vraaggestuurd en biedt een platform waarop beleid, kennisontwikkeling en uitvoeringspraktijk elkaar ontmoeten. SKB erkent dat voor een duurzame kennisontwikkeling voeding op lange termijn nodig is door strategisch/fundamenteel onderzoek.

Hiervoor is een deel van het beschikbare budget (circa 1,5 miljoen gulden per jaar op een totaal van zo'n 14,5 miljoen gulden) gereserveerd. De diepere ondergrond, in relatie tot de verontreinigingsproblematiek van de bodem en sanering ervan, vormt één van de thema's.

Het Delftse Cluster, dat naar verwachting, na goedkeuring door het kabinet, in de loop van 1999 start, vormt een ander onderzoekprogramma dat zich onder andere richt op onderzoek naar het diepere grondwater. Het toegekende budget bedraagt 42 miljoen gulden voor de komende 4 jaar op een totale aanvraag van 360 miljoen gulden voor 20 jaar. Binnen de oorspronkelijke aanvraag werd circa 20 miljoen besteed aan bodem en 45 miljoen aan watersystemen, vooral gericht op modelontwikkeling en informatiesystemen.

In de wetenschappelijke wereld is de Stichting NWO-STW al vele jaren een begrip. NWO-STW financiert onderzoek met een toegepast, wetenschappelijk karakter.

Gehele of gedeeltelijke private financiering is ook een mogelijkheid. Te denken valt aan onderzoek naar natuurlijke afbraakprocessen in de bodem. In NOBIS-kader is gebleken dat private en publieke "probleembezoekers" bereid zijn te investeren in onderzoek dat het benutten en optimaliseren van het zelfreinigend vermogen van de bodem centraal stelt.

Verder is er de zogenaamde doelfinanciering die door kennisinstellingen aangewend kan worden voor bepaalde onderwerpen (bijvoorbeeld landelijke meetnetten, databankbeheer etc.).

Afhankelijk van het type onderzoek, het onderwerp en de duur dient een keuze gemaakt te worden uit de verschillende financieringsmogelijkheden. Daarbij is de financiering erg verspreid en versnipperd, zowel qua instellingen als qua discipline (civiel technisch, geohydrologisch, biologisch). Bovendien stelt ieder programma zijn eigen voorwaarden en criteria voor toekenning van middelen. Voor een kennisgebied als de diepere ondergrond met een beperkte (financiële) omvang, maar van groot belang, is afstemming tussen de programma's en bundeling van krachten essentieel.

Taakverdeling

De vraag wie welk soort onderzoek uit gaat voeren is vooral een kwestie van aanwezige expertise en affiniteit met het onderwerp. Dit vergt een goede onderlinge afstemming,

zeker als het gaat om multidisciplinair onderzoek. Er blijkt in de praktijk al sprake te zijn van een zekere “natuurlijke” verdeling, die deels ook geografisch bepaald is. Zo is geohydrologisch onderzoek sterk gekoppeld aan Delft (TUD en NITG-TNO), evenals geochemisch onderzoek. Geochemie is ook het domein van de VU te Amsterdam en van de RUU. De nadruk in Utrecht ligt sterk op fundamenteel geologisch onderzoek. In Amsterdam (UvA) en Wageningen (LUW) wordt daarnaast ook milieuchemisch onderzoek verricht, evenals bij het RIVM. Met de LUW als geografisch centrum, vindt microbiologisch en ecologisch onderzoek onder meer plaats bij het RIVM in Bilthoven, de VU te Amsterdam, TNO-MEP in Apeldoorn en de Rijks Universiteit te Groningen. Ook bij adviesbureaus en onderzoeksinstituten zoals het KIWA is een grote verscheidenheid aan kennis en expertise aanwezig op het gebied van het diepere grondwater.

Bundeling van krachten en koppeling van expertise is ook hier van groot belang.

Tijdens de PGBO-workshop op 17 november jl. was een groot deel van de deskundigen uit Nederland aanwezig. Het regelmatig houden van dergelijke bijeenkomsten is belangrijk voor onderlinge uitwisseling van kennis en ervaring, afstemming en het maken van samenwerkingsafspraken.

Verankering en continuïteit

Een goede taakverdeling, organisatie en sturing van programmering en financiering draagt bij aan de verankering en continuïteit van de opgebouwde kennis en expertise. Er zou een platform moeten komen verantwoordelijk voor afstemming en sturing in de financiering van onderzoek op het gebied van de diepere ondergrond. Kennisuitwisseling kan ook via een dergelijk platform geschieden. De SKB zou hierin een faciliterende rol kunnen spelen. Een idee dat genoemd is, is een platform in de vorm van een “virtuele onderzoeksschool”. Anders dan de bestaande onderzoekscholen, betreft het geen formele instelling met bijbehorende administratieve verplichtingen. Het kan gezien worden als een platform dat gelegenheid biedt aan deskundigen om met elkaar te communiceren over onderzoek en resultaten van onderzoek op het gebied van de diepere ondergrond. De communicatie kan verlopen via internet, bijvoorbeeld via een eigen web-site met projectenoverzicht en discussieplatform etc. Daarnaast zouden de deelnemers 2 à 3 maal per jaar elkaar daadwerkelijk kunnen ontmoeten tijdens een platformbijeenkomst met als doel kennis en ervaring uit te wisselen, nieuwe samenwerkingsafspraken te maken voor vervolgonderzoek en het onderzoekprogramma bij te stellen op basis van nieuwe inzichten. De workshop van 17 november kan beschouwd worden als een eerste aanzet om tot afstemming voor een onderzoekprogramma voor de diepere ondergrond te komen.

Bijlage 1 Overzicht geïnterviewde personen

Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO:
dr. J. Griffioen
prof.dr. E.F.J. de Mulder

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu:
dr.ir. C.R. Meinardi
prof.dr.ir. A. Leijnse
dr.J. Notenboom

KIWA N.V. Onderzoek en Advies/Universiteit Wageningen:
prof.dr.ir. D. van der Kooij
dr.ir. A.J.M. Stams

Ministerie van VROM/Technische Commissie Bodembescherming:
drs. R. Wijland
prof.dr.ir. C. van den Akker

Ministerie van VROM-DGM:
drs. N.H.S.M. de Wit
ir. W. Cramer

KIWA N.V. Onderzoek en Advies:
dr. P.J. Stuyfzand
ir. C. Verbeek

IWACO B.V.
dr. G. Frapporti

Bijlage 2 Overzicht genodigden workshop

Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO
De heer dr. J. Griffioen
Postbus 6012
2600 JA Delft

Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO
De heer prof.dr. E.F.J. de Mulder
Postbus 6012
2600 JA Delft

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
De heer dr.ir. C.R. Meinardi
Postbus 1
3720 BA Bilthoven

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
De heer prof.dr.ir. A. Leijnse
Postbus 1
3720 BA Bilthoven

KIWA N.V. Onderzoek en Advies/Universiteit Wageningen
De heer prof.dr.ir. D. van der Kooij
Postbus 1072
3420 BB Nieuwegein

Universiteit Wageningen
Vakgroep Microbiologie
De heer dr.ir. A.J.M. Stams
Hesselink van Suchtelenweg 4
6703 CT Wageningen

Ministerie van VROM
Technische Commissie Bodembescherming
Mevrouw drs. R. Wijland
Postbus 30947
2500 GX Den Haag

Technische Universiteit Delft/Ministerie van VROM-TCB
De heer prof.dr.ir. C. van den Akker
Postbus 4048
2600 GA Delft

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
De heer dr. J. Notenboom
Postbus 1
3720 BA Bilthoven

KIWA N.V. Onderzoek en Advies
De heer dr. P.J. Stuyfzand
Postbus 1072
3430 BB Nieuwegein

KIWA N.V. Onderzoek en Advies
De heer ir. C. van Beek
Postbus 1072
3430 BB Nieuwegein

IWACO B.V.
De heer dr. G. Frapporti
Postbus 8520
3009 AM Rotterdam

Ministerie van VROM-DGM
Directie Bodem
De heer drs. N.H.S.M. de Wit
Postbus 30945
2500 GX Den Haag

Ministerie van VROM-DGM
Directie Water en Landbouw
De heer ir. W. Cramer
Postbus 30945
2500 GX Den Haag

Provincie Zuid-Holland
Afdeling Bodemsanering
De heer S.J. de Jong
Postbus 90602
2509 LP Den Haag

Provincie Zuid-Holland
De heer A.V.M. van Zuilen
Postbus 90602
2509 LP Den Haag

Ministerie van VROM-DGM
Directie Bodem
De heer dr. J.M. Roels
Postbus 30945
2500 GX 's-Gravenhage

Stichting Natuur en Milieu
De heer dr. B. van Geleuken
Donkerstraat 17
3511 KB Utrecht

Universiteit Wageningen
De heer prof.dr.ir. S.E.A.T.M. van der Zee
Postbus 8005
6700 EC Wageningen

VEWIN
De heer L. Joosten
Postbus 70
2280 AB Rijswijk

Universiteit Wageningen
De heer dr. P. van Meegeren
Hollandseweg 1
6706 KN Wageningen

Gemeentewerken Rotterdam
Ingenieursbureau
De heer J. Streng
Postbus 6633
3002 AP Rotterdam

Provincie Drenthe
Dienst Water en Milieu
De heer ing. E. Meijerink
Postbus 122
9400 AC Assen

Provincie Zuid-Holland
Dienst Water en Milieu
De heer drs. J.W. Stellingwerff
Postbus 90602
2509 LP Den Haag

IWACO B.V.
De heer ir. C. van den Brink
Postbus 8064
9702 KB Groningen

Netwerkorganisatie voor Omgevingskwaliteit
De heer drs. P.S.H. Ouboter
Postbus 213
2800 AE Gouda

Technische Universiteit Delft
Faculteit der Civiele Techniek
De heer dr.ir. S.M. Hassanizadeh
Postbus 5048
2600 GA Delft

Vrije Universiteit Amsterdam
Faculteit der Aardwetenschappen
De heer drs. J. Groen
De Boelelaan 1085
1081 HV Amsterdam

TNO Milieu, Energie en Procesinnovatie
De heer ing. H.J. van Veen
Postbus 342
7300 AH Apeldoorn

TNO Milieu, Energie en Procesinnovatie
Afdeling Milieubiotechnologie
De heer dr.ir. T.N.P. Bosma
Postbus 342
7300 AH Apeldoorn

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
De heer ir. W. van Duijvenbouden
Postbus 1
3720 BA Bilthoven

Fugro Milieuconsult B.V.
De heer M. de Muijnck Keizer
Postbus 63
2260 AB Leidschendam

TNO Milieu, Energie en Procesinnovatie
De heer prof.dr. W. Harder
Postbus 342
7300 AH Apeldoorn

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
Afdeling LBG
De heer ir. R. van den Berg
Postbus 1
3720 BA Bilthoven

Programmabureau Geïntegreerd Bodemonderzoek
De heer ir. H. Rogaar
Postbus 37
6700 AA Wageningen

Bioclear
De heer drs. J.J. van der Waarde
Postbus 2262
9704 CG Groningen

IPO-DLO
De heer D. van Elzas
Postbus 9060
6700 GW Wageningen

Rijks Universiteit van Utrecht
Afdeling Geochemie
De heer N. Hartog
Budapestlaan 4
3584 CD Utrecht

Stichting Bodemsanering NS
De heer ing. R.P.A.M. Boom
Postbus 2809
3500 GV Utrecht

N.V. Waterleidingmaatschappij Overijssel
De heer ing. E. Gosselink
Postbus 1005
8000 GA Zwolle

Vrije Universiteit Amsterdam
Faculteit Biologie
De heer dr. H.W. van Verseveld
De Boelelaan 1085
1081 HV Amsterdam

CUR-NOBIS
De heer ir. H.J. Vermeulen
Postbus 420
2800 AK Gouda

Rijks Universiteit Utrecht
Vakgroep Milieukunde
De heer prof.dr. P.C. de Ruiter
Postbus 80115
3508 TC Utrecht