

news



letter

Vol. 11 No. 1 2004



## Environmental edition

- Biosealing: how micro-organisms repair leaks
- Arseen in de Nederlandse kustprovincies
- Environmental friendly roads in Bhutan
- De krater in de Luikerweg bij Maastricht
- Impressies van een jaar Presidentschap IAEG

# Table of contents

Editorial .....	2
From the chairman of the ingeokring .....	3
<b>ENVIRONMENT</b>	
Geological information as basis for conceptualisation: Application at a former gas production facility .....	4
BioSealing: how micro-organisms become our little allies in repairing leaks .....	9
Permeable Reactive Barriers as an interesting alternative to Isolation, Maintenance and Control .....	14
Arseen in de Nederlandse Kustprovincies .....	16
Environmental Friendly Roads in Bhutan: Providing access to rural communities while protecting the environment .....	24
De krater in de Luikerweg bij Maastricht .....	29
Het Kwelgedrag van het Voorste Diep .....	38
The dirtiest river of England .....	43
<b>CONFERENCES</b>	
Eurengo 2004 .....	48
<b>PROFESSOR'S COLUMN</b>	
"Geological Engineering" or "Engineering Geology" - What is in a Name? .....	49
<b>INGEOKRING ACTIVITIES</b>	
Nieuwjaarsborrel .....	52
Verslag Ingeokring jaarvergadering 2002 .....	53
Impressies van een jaar presidentschap IAEG .....	55
<b>NEWS</b> .....	57
<b>BOEKBESPREKING</b> .....	58
<b>STUDENTEN</b> .....	59
<b>SURF SUGGESTIONS / INTERESSANTE INTERNET LINKS</b> .....	60
<b>THESIS ABSTRACTS</b> .....	62
<b>ENGINEERS ABROAD</b>	
An Engineering Geologist in the Middle East .....	66

# Editorial

Beste lezers,

Voor u ligt Volume 11 van de Ingeokring Newsletter, dit keer met als thema “Milieu”. Hierin presenteren wij u weer uiteenlopende onderwerpen binnen het thema milieu. In een steeds voller wordende maatschappij, worden we steeds meer geconfronteerd met vervuiling van de bodem. Voor het traceren en oplossen van dit probleem is kennis van de ondergrond essentieel. Vanuit Geodelft hebben we dit keer 3 artikelen mogen ontvangen: een van Dhr Van Meurs over het meenemen van bodem opbouw bij het vaststellen van verspreidingsrisico's, een van W.H. van der Zon en J. Maccabiani over Permeable Reactive Barriers en een van J. Lambert et al. over Biosealing. J. Gunnink, werkzaam bij TNO, heeft een artikel geschreven over Arseen in de Nederlandse kustprovincies.

Maar afgezien van vervuiling van de bodem kan er ook gekeken worden naar het milieuvriendelijk construeren van bijvoorbeeld wegen. H. Visser werkend voor SNV Bhutan, Department of Roads, heeft een artikel aangedragen over Environmental Friendly Roads in Bhutan.

Natuurlijk hebben we naast artikelen met als thema “milieu” andere interessante onderwerpen. Van J.H.J. Ebbing et al. hebben we een artikel ontvangen over “Het Kwelgedrag van het Voorse Diep” en R.F. Bekendam heeft een artikel ingestuurd over een eind vorig jaar ontstane krater in Maastricht.

Voor de professoren column vonden wij Professor K. Turner bereid om te schrijven. Hieruit blijkt dat niet alleen in Nederland het onderwijs in de Ingenieursgeologie problemen heeft om zich staande te houden. Van Michiel Maurenbrecher hebben we een column mogen ontvangen over “The Dirtiest River of England”. De “Engineering Geologist Abroad” is dit keer Bernice Baardman, die de nodige maanden aan het werk is in Qatar voor Fugro. Uiteraard is er weer informatie over de Ingeokring activiteiten en zijn er enkele surf suggesties voor internet. Verder geeft Niek Rengers zijn impressies van zijn presidentschap bij het IAEG.

Tevens willen wij u er op wijzen dat er een nieuwe vorm van sponsoring van de Newsletter mogelijk is. Deze editie is namelijk gedrukt bij Witteveen+Bos, zoals aangegeven op de achterkant van de Newsletter. Op deze manier proberen we de kosten te drukken. Andere bedrijven worden dan ook van harte uitgenodigd om de Newsletter op deze manier te sponsoren. Hierdoor kan het natuurlijk voorkomen dat de Newsletter op verschillend papier gedrukt wordt, maar de redactie doet er alles aan om de kwaliteit op een zo hoog en constant mogelijk niveau te houden.

Kortom, dankzij de inzet van alle auteurs en de DIG kunnen wij u weer een interessante Newsletter aanbieden en wensen u dan ook veel leesplezier.

Xander van Beusekom, Bart Fellinging, Gerben Groenewegen, Jacco Haasnoot, Albert van der Horst en Robert Vuurens.

## From the chairman of the ingeokring

Een kleine verzameling krantenknipsels uit het NRC van de drie laatste weken van de winter 2004 levert de volgende geselecteerde geo-onderwerpen:

- wateroverlast in nieuwbouwwijken in Leidschendam, maatregelen gewenst;
- zwelklei in de bodem van Noord-Nederland, mogelijke oorzaak van scheuren in boerderijen;
- bacteriën werken aan 'versteving' van kustzanden;
- olie- en gasvoorraden van Shell te groot ingeschat, koersval en onderzoek gestart;
- zout en bodem van Friesland kruipt langzaam, bodemdaling minder dan voorspeld;
- 'zandhonger' in de waddensee sneller dan bodemdaling van waddengaswinning;
- schuifgolven lichten Nederlandse dijken door;
- Peter Timofeeff graaft vijver in eigen tuin om toenemend wateroverlast rivieren te mitigeren.

Bovenstaande indrukwekkende lijst is verzameld gedurende een periode van ca. twee weken. De lijst geeft aan dat het belang van geo-kennis voor Nederland groot is en dat de interesse van de samenleving overhand toeneemt. En terecht! Duurzaam gebruik van de Ondergrond staat op de maatschappelijke agenda en innovatieve oplossingen worden gezocht om de veiligheid te vergroten. Rijkswaterstaat is reeds meer dan 50 jaar serieus bezig met indrukwekkende kunstwerken om de nukkige zee buiten te sluiten. Het zijn geen alledaagse bedreigingen, maar dat zijn de aanslagen in Madrid ook niet. Laten we bezien wat de Ingenieursgeologie kan bijdragen.

Nederland ligt voor een groot deel onder zeeniveau, en de dijken en de zeeduin beschermen ons. Dat hindert echt niet. We moeten wel alert blijven en ingrijpen waar nodig om overstromingen en wateroverlast te beperken. Sommige risico's en problemen hebben we zelf gemaakt, zoals de nieuwbouwwijken in voormalige veengebieden. Wat heet, .... voormalige veengebieden? Zet een sondering of een boring, of kijk op de geologische oppervlaktekaart van Nederland en constateer dat het Groene Hart van Nederland niet voor niets groen is! Dit is het meest zompige gebied van Nederland en het is *groen* vanwege de geologische omstandigheden: veenhoudende klei en kleihoudend veen met hoge grondwaterstand, en plassen, ..... veel plassen. Dit gebied had eigenlijk het Blauwe Hart moeten heten. We bouwen het wel vol, zetten de huizen op palen en ..... negeren vervolgens de natuurlijke daling van het maaiveld en de hoge grondwaterstanden. Gelukkig gaan een aantal mensen, zoals Peter Timofeeff (*lees* het Rijk, de Provincies en de Waterschappen) zich zorgen maken, terecht want de bodem daalt, de zeespiegel stijgt en de Amerikanen zeggen dat Nederland rond 2100 niet meer bestaat, althans gehalveerd is. En dat is toch vervelend wanneer 75% van de Nederlandse bevolking in het lage deel woont.

Zelfs in mijn woonplaats Soest (NAP + 10 m tot + 25 m), gelegen aan de *zuidkust* van Eempolder, worden aan de 'randen' woonhuizen gebouwd die direct na oplevering *plotsklaps* waterproblemen kent. Dit bewuste gebied heet *heel vreemd* .... Soesterveen. Er zijn een aantal huizen in deze wijk met natte kelders, wateroverlast in de tuin en een riool dat regelmatig kapot gaat. Deze huizen blijken dan slecht verkoopbaar te zijn, omdat de kosten voor verbetering groot zijn en niemand een vijver zijn achtertuin wil hebben (behalve Peter Timofeeff).

Even serieus, wateroverlast en moerassen zijn niet altijd even levensbedreigend, maar het kan wel voor onplezierig hoge kosten zorgen. En de voorspelling van de Amerikanen schets wellicht een pessimistisch scenario, maar het risico en de economische schade is niet verwaarloosbaar.

wordt vervolgd.....

Voorzitter INGEOKring,

Richard Rijkers

## ENVIRONMENT

# Geological information as basis for conceptualisation: Application at a former gas production facility

*Gerard van Meurs and Bert Sman, GeoDelft P.O. Box 69, NL-2600 AB DELFT, info@GeoDelft.nl*

### Introduction

In former days gas production facilities were present in most cities of the Netherlands. Examples are Kralingen in Rotterdam, the Ooster- and Westergasfabriek in Amsterdam and Binckhorstlaan in The Hague.

In The Hague, the production of gas started at about 1907 and the production finished in 1967. Due to the production of gas, waste is buried in the surroundings or used as material for surfacing soft roads. By now, the buildings of the former plant are removed and the location attains to its full development (Figure 1).

In the past, contamination of soil and groundwater was observed. The subsoil is seriously contaminated with among other things cyanides and (polycyclic) aromatic hydrocarbons. Currently, there are no direct risks for human beings or for the ecology due to use of the site, due to the depth at which the contamination is present and due to the fact that the groundwater at the site is infiltrating. Therefore, the risk of migration of contaminants dissolved in the groundwater only might remain.

Site investigation carried out in the time period 1990-1995 showed that the core area with the main source of contamination was restricted to the area of the former production facilities in horizontal respect and to the shallow aquifer in vertical respect. This core area is depicted in Figure 2 in yellow.

### Conceptual Site Model

In order to assess the risk of migration of contaminants, a conceptual site model (CSM) is created. This CSM contains our best understanding of the governing phenomena which determine the mechanisms of fate and behaviour of the relevant contaminants. For the site with its specific contamination problem, the mobility and the rate of degradation are the governing phenomena. Both phenomena are determined by the permeability and the content of lutum (clay) and organic material (peat) in the sub-soil. Therefore, the key factor within the CSM is formed by the geological origin of the different soil layers that are present in terms of permeability and the content of lutum and organic material.



Figure 1: Picture of the area of the former gas production facility in The Hague.

### Geological origin of the site

The geological origin of the area of the site resulted in sequential coastal sedimentations. The influence of tide, water waves and flow of surface water resulted in heterogeneity in soil characteristics on a local scale. This heterogeneity, relatively large differences in properties, is present in vertical as well as in lateral direction. The site is located in a so-called coastal plane between two old sandy dunes. In this coastal plane relatively calm sedimentation took place. Therefore, relatively fine particles were deposited. During periods of a low sea level, vegetation was present in a swampy environment. As a result forming of peat took place. Two layers of peat are present: Basisveen and Hollandveen (Figure 3).

The deepest clay layer is deposited in shallow water. After some time, developing of the coastal area has taken place. Looking to the particles within the old sand dunes, we see a coarsening upwards of the grain size distribution. This means that in time the energy of sedimentation is increased. Therefore, not much channels are to be expected in the area. It also can be concluded from the description of the sediments that much waves must have been present. This also is an argument that not much channels are to be expected.

Based upon information obtained from soundings and

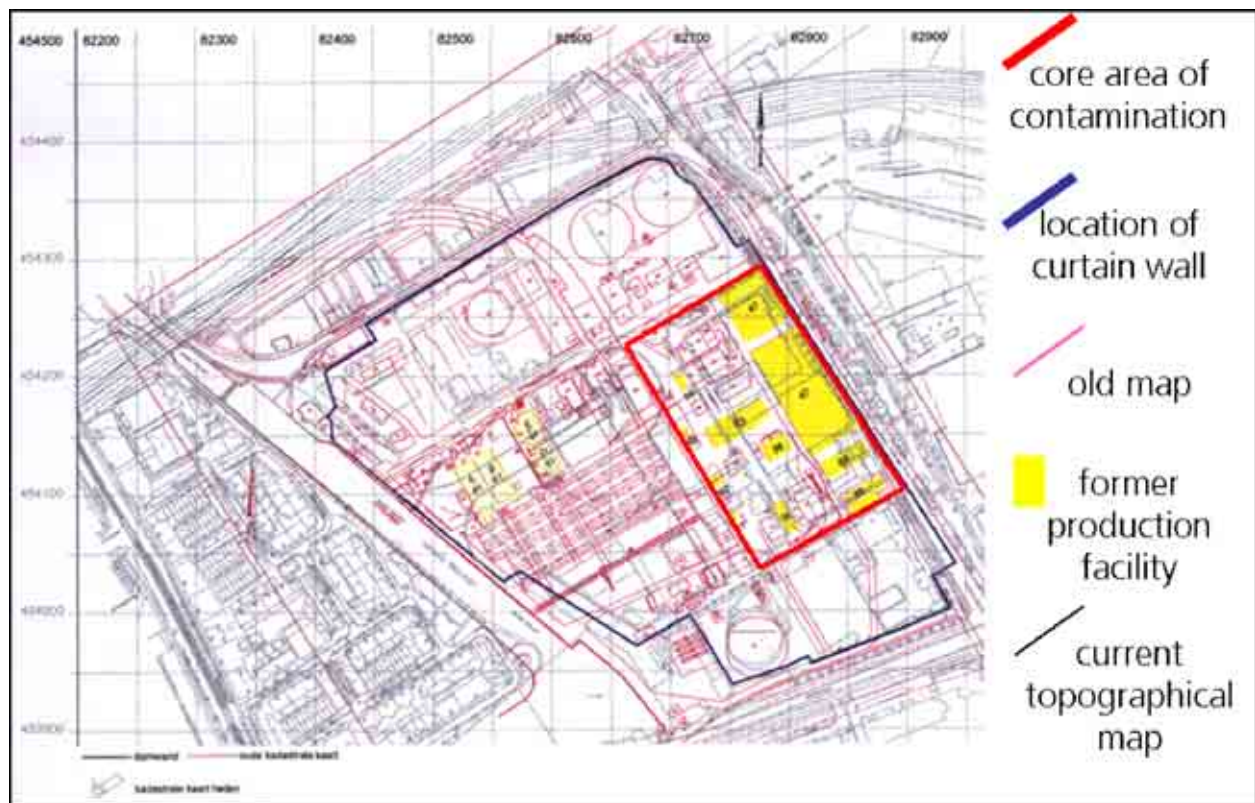


Figure 2: Location of former production facilities (yellow areas). The red lines are related with an ancient map, the black lines with the current topographical map and the blue line represents the position of an isolating vertical barrier made of sheet piles.

borings, several geological profiles of the site were created. Each profile gives a cross-sectional view of the layers present. The locations of the cross sections are based upon the core area of soil contamination. One of them is depicted as Figure 3. At every location that is investigated, the layer of clay and peat is present at the depth between 14 and 17 m below soil surface. Therefore, the soundings carried out as part of the site investigation do lead to the same conclusion as the geological research: the layers of peat and clay are continuous.

From a geohydrological point of view three aquifers are present: the phreatic aquifer (an anthropogenic layer), the shallow aquifer (the old sand dunes) and the first aquifer (Pleistocene sands). The Pleistocene aquifer has a regional extent. Based upon the geological origin of the site, the layer of peat and clay covering the Pleistocene sands seems to be continuous at the site. Therefore, in order to isolate the core area of contamination from the surroundings, a curtain wall is placed at the end of the year 2002. The bottom of the wall is in the continuous layer of clay and peat.

### Risk of migration

#### General

The risk of migration is related with advection, moving along with the flow of groundwater, with dispersion, contribution due to irregularities in the flow of groundwater, with adsorption /desorption due to the interaction between contaminants dissolved and adsorbed onto the solid particles and with degradation due to the activity of micro-organisms. All these phenomena are fully related with the structure and characteristics of the different soil layers. Further on, some aspects of these phenomena are given.

The objective of investigating the risk is divided in several aspects. One of the aspects is to see whether or not vulnerable objects, present in the vicinity, will be threatened in the near future. Another aspect is whether or not extension of the current dimensions of contamination, the plume of dissolved contaminants, takes place. The local authorities do not accept a further extension of the plume of dissolved contaminants in the shallow and the phreatic aquifer and the first (regional) aquifer is seen as a vulnerable object.

The concept of dealing with contamination is addressed in the concept of Flexible Emission Control (FEC). Within FEC [VanMeurs et al., 2001] on the one hand restrictions

are formulated towards migration in order to protect vulnerable objects. On the other hand, the subsoil is used as a reactive vessel in which natural processes lead to a reduction in the mass of contamination or to such a reduction in concentration that no environmental limits are exceeded in the vicinity of the vulnerable object. Monitoring is addressed to see whether this hypothesis becomes true.

### *Advection*

A groundwater flow model is created based upon the CSM, among others the presence of the different soil layers. Fine-tuning of the model for the groundwater flow is based upon measured groundwater heads before and after the completion of the curtain wall. Again, the results showed that the layer of clay and peat covering the regional aquifer is continuous at the site.

With the flow model, the water balance of the site and the flow lines of the groundwater are calculated. The modelling is carried out with the numerical code ModFlow [McDonald and Harbaugh, 1988]. These flow lines are the pathways along which migration of contaminants (chemical species) may take place. Therefore, among others, the groundwater flow model is used to trace the path lines along which contaminants can migrate. Two different calculations are carried out. For the first calculation (trace forward), particles started at the location of the production facilities and flow along a path line of the groundwater flow. The results show the area which can be affected by contamination originating from the production facilities. For the second calculation (trace backward), particles start at the location of present monitoring wells at which the samples taken are highly contaminated. Now the particles follow the flow lines upstream. The results (Figure 4) show that the major source of contamination could be limited to a restricted number of former process units.

### *Retardation*

The mechanism of adsorption is described by a so-called retardation factor. This factor expresses the proportionality between the pore water velocity and the rate of migration of a chemical species dissolved in the groundwater and moving along with the flow of groundwater. The higher the retardation factor is, the less mobile a specific chemical species will be. The retardation factor is a function of the type of soil, especially the lutum fraction and percentage of organic material in the soil, the bulk density of the soil, the porosity of the soil, and the chemical species involved. The retardation factor of a Polycyclic Aromatic Hydrocarbon, like Naphthalene, is for instance much higher compared with an Aromatic Hydrocarbon, like Benzene. When more organic material is present also more adsorption capacity for contaminants is present.

This results in a higher retardation factor and therefore this phenomenon reduces mobility.

### *Degradation due to micro-organisms*

Whenever a soil layer contains organic material, then consumption of oxygen out of the groundwater takes place due to the decomposition of organic material. The rate of degradation of Aromatic Hydrocarbons, like Benzene, is lower in an anaerobic environment compared with an aerobic one. The main advantage of degradation is that reduction in mass of the original product takes place. However, conversion to a so-called daughter product may lead to a species that is even more toxic and / or more mobile than the original one. When degradation of a hydrocarbon is complete, it ends up with carbon dioxide and water.

### *Transport model*

RT3D [Clement, 1997] is used to model the transport of contaminants. The site specific model is based upon the CSM and therefore among others upon the local groundwater flow and the local phenomena affecting fate and mobility. The results of the transport model have shown that advective transport in the shallow aquifer is the major pathway for migration. Although there is infiltration of groundwater from the shallow aquifer towards the deeper aquifer, this has not yet resulted in a serious generation of concentration in the first aquifer due to the geochemical conditions in the peat and clay layers as well as due to biodegradation in the shallow aquifer.

### *Effect of curtain wall*

The realisation of the curtain wall at the end of the year 2002 did have some effects that were not anticipated during the designing stage. The curtain wall prevents the flow of groundwater out of the isolated area to the surroundings and it results in a rather flat groundwater table within the isolated area. Therefore, the curtain wall only slightly increases the rate of infiltration. This increase is larger on the downstream side compared with the upstream site. This increase is confirmed by the results of the groundwater model and amounts about 10% of the initial infiltration. The core area is on the downstream side of the isolated area.

However, the unexpected effect is a (calculated) increase of the emission towards the deeper aquifer. This increase amounts an order of magnitude and may result in an unacceptable increase in the concentration of contaminants in the first aquifer! Analysis of the modelling results led to the conclusion that it is caused by a significant change in the groundwater flow pattern in the shallow aquifer. Instead of having horizontal migration of contaminants over a substantial distance and time period within the shallow aquifer, the migration of contaminants now is directed vertical within the

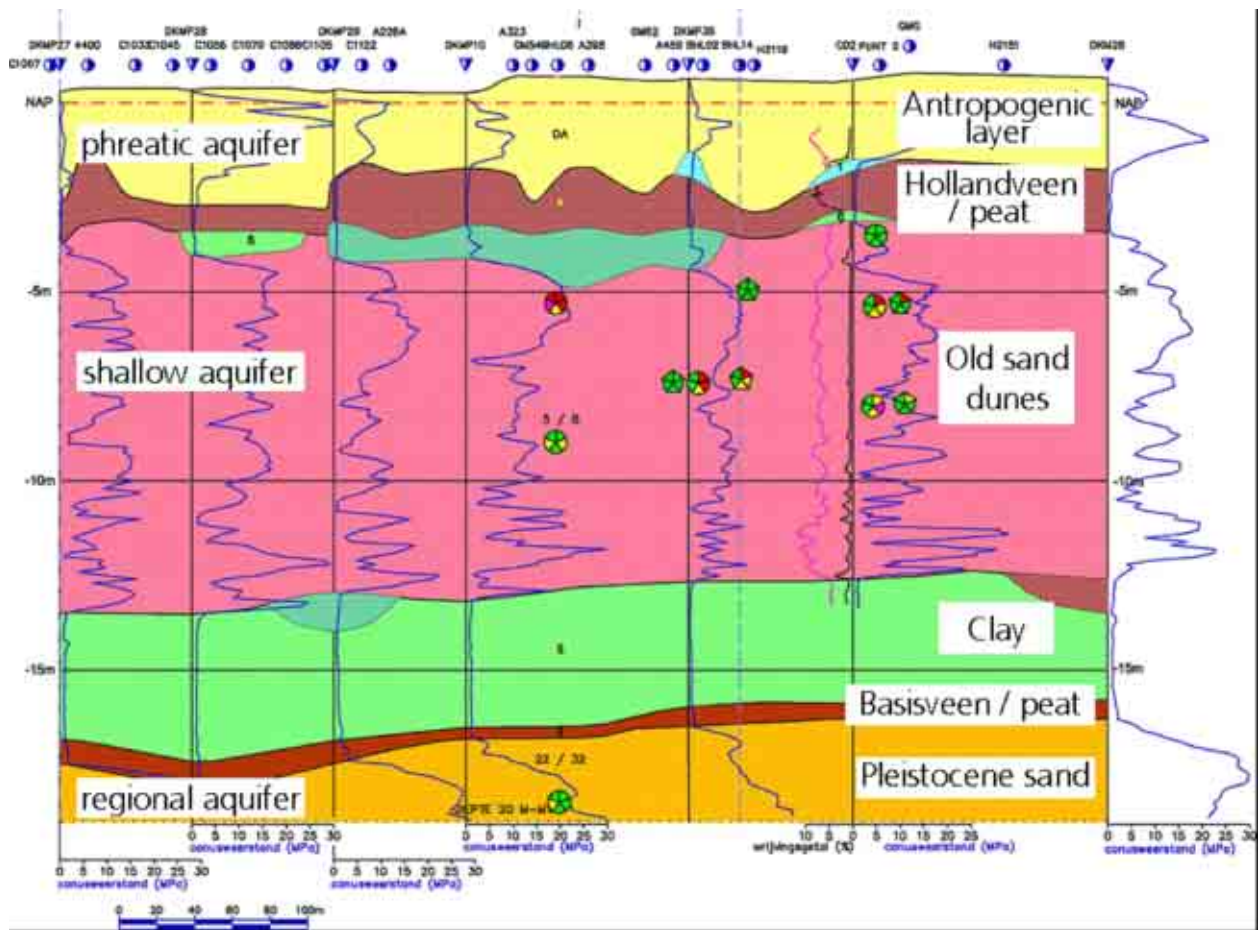


Figure 3: The geological profile along a vertical cross-section based upon information from soundings and borings.

isolated area. So, there is less dilution and far less time available for biodegradation in the shallow aquifer. The result is a higher emission to the deeper aquifer for the current situation. Therefore, remedial measures need to address this aspect in the near future in order to reduce

this emission.

**Conclusions**

The geological origin of the investigated location of the former Gasworks facility in The Hague is a key factor in assessing the risk of contaminant migration. The presence of a continuous layer consisting of peat and clay is dominant not only in the local groundwater flow pattern. Especially the peat layer also is a major source of carbon and of nutrients necessary for microbiological activity. The result of this activity is biodegradation or transformation of contaminants. A disadvantage of the peat layer is consolidation when extraction of groundwater is involved. Therefore, it is important to gain a thorough knowledge of the geological origin of a site in order to be able to construct a reliable Conceptual Site model. Subsequently, soundings, borings and other measurements are used to verify the CSM.



Figure 4: Back tracing along flow lines. The flow lines (light blue lines) end at the depth of the observation well at which the concentration level exceeds more than five times the Dutch intervention level for cyanide. The flow line starts at the groundwater table where replenishment with infiltrating rainwater takes place.

**Literature**

Clement, T.P. 1997, RT3D - A Modular Computer Code for Simulating Reactive Multi-Species Transport in 3-Dimensional Groundwater Aquifers. Pacific Northwest National Laboratory, Richland, Washington. PNNL-11720.



DeVries, P.O., R.N.J. Comans, K.R. Weytingh, P.A. Alphenaar 2003, Handboek gasfabrieken voor bodemingenieurs (in Dutch), The Three Engineers, Deventer, Maart 2003, 162 pp.

McDonald, M.G. & A.W. Harbaugh 1988, A Modular Three-Dimensional Finite Difference Ground-Water Flow Model, U.S.G.S., Techniques of Water Resources Investigations, Book 6, 586 pp.

VanderVeen, A.J.J. & A.W. VanderWerf 2002,

Biologische in-situ aanpak van de mobiele grondwaterverontreiniging van voormalige gasfabrieksterreinen (in Dutch), Blad Bodem, nummer 2, April 2002, pp 67-69.

VanMeurs, G.A.M., M.P.T.M. DeCleen, J. Taat, E. Schurink 2001, Flexible Emission Control: a process-like approach Seminar on Analysis, Methodology of Treatment and Remediation of Contaminated Soils and Groundwater, UN Economic Commission for Europe, Paris – Villapinte, 13-15 March 2001

Delft Cluster partner

**GeoDelft**  
Stieltjesweg 2  
2628 CK Delft  
Postbus 69  
2600 AB Delft

Tel (015) 269 35 00  
Fax (015) 261 08 21  
info@geodelft.nl  
www.geodelft.nl

## 70 jaar ontdekkingsreis door de delta



**GeoDelft is als Groot Technologisch Instituut al zeventig jaar actief in het vakgebied van de geo-engineering en slaat daarbij dagelijks een brug tussen wetenschap en praktijk.**

**Geo-engineering heeft vele aandachtsgebieden, zoals funderingstechniek, geo-ecologie en grondmechanica waarmee het allerlei maatschappelijke en infrastructurele ontwikkelingen raakt.**

**Een fascinerend en relevant vakgebied, waarin nog dagelijks ontdekkingen worden gedaan die een belangrijke meerwaarde hebben.**

- 2004
- 2003 dijkdoorbraak Wilnis
- 1980 bodemverontreiniging Lekkerkerk
- 1953 Watersnoodramp
- 1934 oprichting GeoDelft
- 1918 treinramp Weesp

**Nationaal instituut voor geo-engineering**



## ENVIRONMENT

# BioSealing: how micro-organisms become our little allies in repairing leaks

*John Lambert, Vasco Veenbergen, Eline van der Hoek & Sonja Karstens (GeoDelft), For more information:*

*J.W.M.Lambert@geodelft.nl*

This article presents a new method for leak repair in underground constructions like sheet piles and contamination retaining barriers, being developed at GeoDelft in close cooperation with Delft University of Technology and Visser and Smit Bouw and funded by the Ministry of Economic Affairs. The method is called BioSealing and makes use of natural processes in the soil and the groundwater. BioSealing can be used to prevent water leaking through geotechnical constructions as well as to prevent migration of contaminants in contaminant retaining constructions. In this article the method of BioSealing is described and illustrated by results from laboratory experiments and the first results of current field experiments.

### 1. Introduction

In civil engineering and in environmental geotechnics underground water retaining barriers are frequently applied. In a lot of parts of the Netherlands a shallow ground water table is present. During civil engineering projects water barriers such as sheet piles need to be able to work under dry conditions. Underground water retaining constructions are designed to be impermeable. Although a general agreement exists that prevention of leaks has a high priority this appears not always to be possible. Unfortunately, in practice a lot of these (temporary) water barriers in underground constructions appear to be more permeable than they are designed for. Occasional leaks lead to the need for excessive groundwater extraction (involving higher costs and potential problems with drainage permissions), damage in the surroundings by settlement and therefore large

delays in the construction time. For environmental purposes water retaining barriers are designed to prevent migration of contaminants. Examples are underground barriers underneath waste disposal sites, chemical industry plants and gasoline stations. These barriers may have an extremely low permeability when they are constructed but have to stay in place for a long time or even “forever”. During that lifetime the barrier might be damaged and therefore not prevent the contaminants from migrating through the groundwater anymore. This contaminant migration may lead to environmental risks and/ or higher amounts of groundwater to be extracted with cleaning and disposal costs.

Not all leaks need to be restored. Whether or not a leak needs to be repaired depends on the risks involved, the costs and the fall-back scenarios. After it is decided that the leak needs to be repaired a number of methods

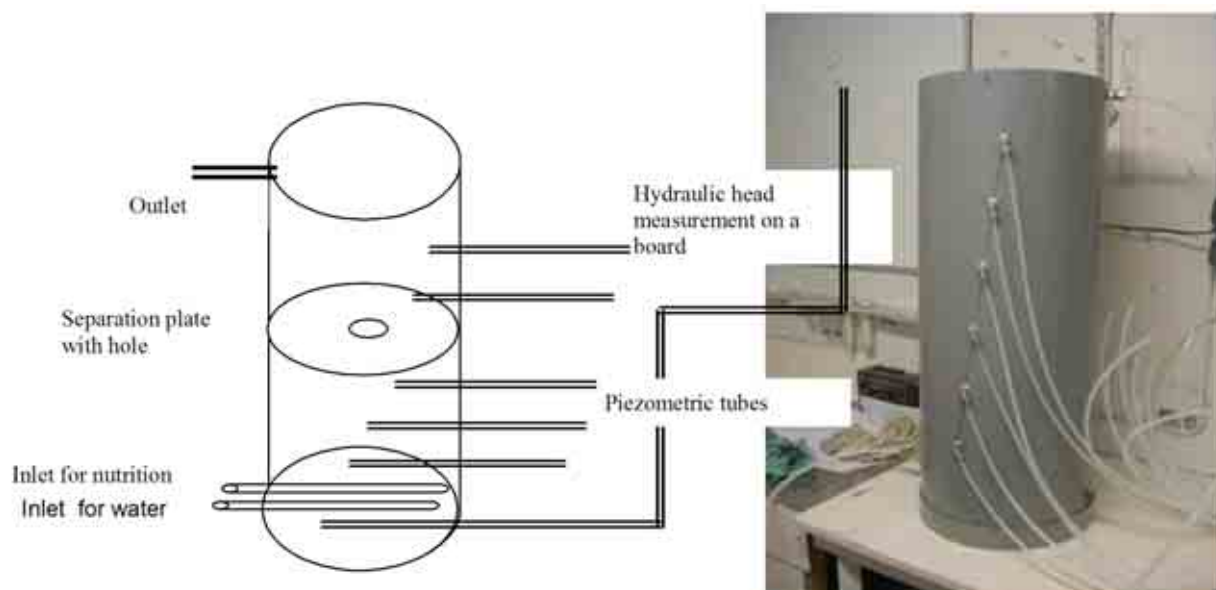


Figure 1: Schematic experimental set up (left) and photo of a column (right)

are available to do so. Repairing a leak in a traditional way however is expensive and sometimes even impossible because the locations of leaks are hardly accessible for big and heavy equipment. The available methods to repair the leak in situ so far (for example injection of grouts and gels) have numerous disadvantages. They are often expensive and environmentally unfriendly. Another disadvantage is that an excessive amount of injection fluids is required because the location of the leak is not exactly known. Therefore, a need exists for easier, more effective and less expensive methods.

## 2. BioSealing: a new promising solution

The method of BioSealing utilises the natural chemical, physical and biological properties of the soil, the groundwater and the leak itself. The idea of BioSealing evolved from problems occurring in the field of drinking water supply, namely clogging in groundwater extraction wells. In groundwater extraction more or less the opposite of the problem of leak occurs: near groundwater extraction wells clogging takes place which puts limits on the possible amounts of extraction and causes many problems. These clogging processes are caused by natural processes in the underground. The idea of BioSealing was to use and stimulate these natural clogging processes to repair leaks in water barriers by adding nutrition. In the case of BioSealing repair of leaks is interpreted as “to reduce the permeability at the location of the leak”. One of the goals set when this method was designed was to reduce the permeability with at least a factor 5.

Due to a difference in hydraulic heads inside and outside the water retaining barrier a groundwater flow is induced towards and through the leak. Addition of nutrition for micro-organisms near the leak creates a favourable environment which leads to a multiplication of micro-organisms in the vicinity of the leak. The micro-organisms will cause a biological clogging of biomass in the leak. Later this clogging can be reinforced by a (biologically induced) chemical precipitation of iron sulphide. The method of Bio Sealing has been patented by GeoDelft.

## 3. Laboratory testing

### Set up

In a first stage the BioSealing process was tested in a laboratory setting. The objective of the laboratory test was to discover if it was possible to control the clogging process in a defined environment. In large PVC columns filled with natural Dutch Pleistocene sand a separation plate with small hole was placed, representing a leak, while water was squeezed through the columns under constant pressure. The nutrition (Nutrolase provided by AVEBE) was added to the water to stimulate bacterial

growth and thereby close the leak. The location of the clogging process and the durability of the clog were studied.

The experiments were performed under anaerobic conditions using the water as transport medium for nutrition. The water flow was directed towards and through the leak. The water flow was driven by natural decline in the column (using a storage tank) and the flow was upwards to prevent specific flow channels to occur. Two inlets were created, one for water and one for the nutrition (Nutrolase) was created. Groundwater velocities used were based on travel time between injection and hole in real conditions. This time was estimated for building pits using customary groundwater conditions, knowledge of leaking conditions and the knowledge that new leak detection techniques can find the leak within 5 meters accuracy. This accuracy is realistic with electrical leak detection techniques such as ECR and EFT, recently tested on several sites in the Netherlands and Germany.

### Results

From these experiments it was concluded that it is possible to repair a leak with natural clogging processes. In the laboratory experiments the clogging always appeared around the leak, independently of the flow speed, the size of the leak and the kind of nutrition. The experiments showed some difficulties. An example of a difficulty encountered was the formation of gas that causes temporary clogging. After the gas has disappeared the leak flow is reinstalled. The gas formation may be caused by high temperature in laboratory circumstances. The durability tests showed that after stopping the nutrition supply the micro-organisms stayed at the hole for the duration of the test, which was in this case 4 months. This leads to the conclusion that Bio Sealing is a durable solution. A boundary condition is that the clogging process takes place in an anaerobic environment, because otherwise the iron sulphide will oxidate and dissolve.

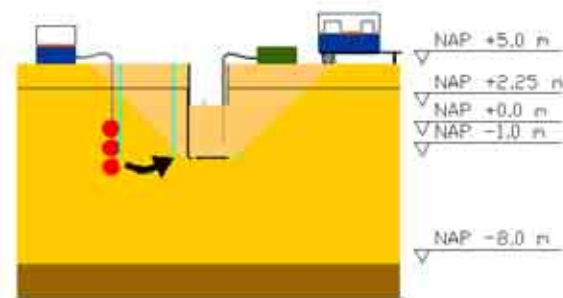


Figure 2: Set up of the field experiment

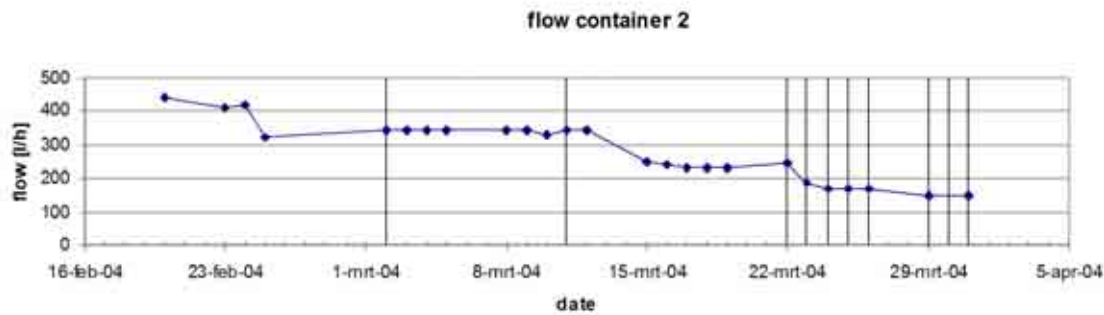


Figure 3: Groundwater flow data

#### 4. Field Experiment

In the beginning of 2004 a field experiment was designed because the circumstances in the laboratory (for example temperature, scale, heterogeneity, size of the leak) are different from the circumstances in the field. The objective of the field experiment is to see whether a reduction of the permeability at the location of the leak with a factor 5 is feasible. In the design representation, inspection of unwanted leak, costs and possibilities to monitor were factors that played an important role.

The experiment is currently carried out at the factory site of Lyondell Chemicals Nederland B.V. at the Maasvlakte (port of Rotterdam). This location has been selected because of the presence of sandy subsoil, the presence of groundwater at reachable depth and the relationship with Lyondell due to geotechnical soil investigations in the past. Figure 2 shows a schematic drawing of the experimental setting. The experiment is carried out by using three 20ft sea containers, which are buried with the doors at the top (so 90 degrees rotated). To avoid the influence of oxygen in the anaerobic process of reducing the permeability in the vicinity of the leak, it is necessary to have at least one meter groundwater above the bottom in the container. The difference in hydraulic head (3 to 4 meters under normal circumstances) is being maintained by a horizontal drain in combination with a pump. The drain has been constructed in a gravel filter to avoid clogging near the drain. The fact is that the circumstances nearby the injection point are similar to those nearby the leak: streamlines come together and the flow rate increases. It is therefore not unrealistic that when the permeability nearby the leakage reduces, this also happens nearby the drain, which is an unwanted side effect. The large porosity of the gravel filter has to avoid this potential problem of clogging.

To stimulate the micro-organism activity, Nutrolase is injected at various places and various depths by using an injection method similar to grouting. It is generally

known that by injection of nutrition clogging may occur near the injection point. During the experiment, after injecting nutrition water is injected to clean out the immediate vicinity in order to prevent clogging. Also the possibility exists to inject the nutrition under high pressure to be able to reduce the amount of clogs near the injection point. During the experiment nutrition is injected several times to reach maximum micro-organism activity.

The process is monitored by standpipes, a water meter and several apparatuses to measure chemical properties of ground water (pH, EC, oxygen, redox potential). A decreasing redox potential indicates for example an increasing micro-organism activity and a decreasing flow indicates a decreasing permeability nearby the leak. A monitoring plan was designed to collect more information about the behaviour of the nutrition and micro-organisms in field conditions. Also it provided a possibility to be able to make adjustments in the parameters that can be influenced in case of unforeseen developments.

At the moment of writing the flow has decreased by a factor three, so the target of a decrease by a factor five is not reached yet. In figure 3 the change of the flow in relation to time is shown. Vertical lines represent the dates of injection of nutrition. The decline in the flow between February 20 2004 and February 25 2004 is caused by setting the stationary head and is therefore not relevant in relation to the clogging.

#### 5. Discussion

Although the field experiments are not completely finished yet, BioSealing will provide both the field of civil engineering and environmental geotechnics with a sustainable method for decreasing permeability of the soil, which will be useful for the repair of leaks. The solution is sustainable because use is made of natural micro-organisms and natural occurring physical, chemical and biological processes that are stimulated

by adding natural nutrition like Nutrolase. The clogging process has shown to be durable because it does not reverse after stopping the supply of nutrition. It also prevents waste of clean drinking water which occurs when additional drainage is necessary to keep the water out of the construction site or to prevent migration of contaminants.

The research on BioSealing is incorporated in a larger research program of GeoDelft called Smart Soils. Within this program research is being conducted on how micro-organisms that are already present in the subsoil can be used to improve the properties of the soil, for example the strength.

If the remaining of the experiments on BioSealing turns out to be successful a new world of possibilities is expected to open up. Leak repair in water barriers is considered to be just one of the possibilities of BioSealing. One other example of an issue that can be studied is the prevention of salt water seepage through clay layers, but there are many other possibilities.

### **Acknowledgements**

The authors would like to thank Visser and Smit Bouw B.V. and the Delft University for their cooperation in this project, Lyondell Chemicals Nederland B.V. for their help in providing a testing location and AVEBE for providing Nutrolase. The research has been funded by the Ministry of Economic Affairs, for which the authors are grateful.

### **References**

Janssen-Roelofs, K., Extensieve herstellmethoden, Factual report invloed omgevingsfactoren, November 2003, GeoDelft (confidential)

Veenbergen, V., Extensieve herstellmethode voor waterremmende constructies, Deel I: Opzet en ontwerp van het veldexperiment, January 2004, GeoDelft (confidential)



# Infrastructural challenges Structural solutions



Royal Boskalis Westminster creates, reclaims and protects land. Constructs and maintains harbors and waterways. Lays ground for infrastructure, subsea or ashore. From conceptual engineering and a creative, innovative approach to any infrastructural challenge, to the down-to-earth dredging and construction of the solutions conceived. Breaking ground for the environment. Setting records for precision. Extending the reach of our technology. Investing in our fleet and in our people. Providing structural solutions to your infrastructural challenges.



**Royal**  
**Boskalis Westminster nv**

International Dredging Contractors

Rosmolenweg 20, 3356 LK Papendrecht, the Netherlands  
Telephone +31 (0)78 69 69 000, telefax +31 (0)78 69 69 555  
E-mail [royal@boskalis.nl](mailto:royal@boskalis.nl), internet [www.boskalis.com](http://www.boskalis.com)

We move the earth to a better place

## ENVIRONMENT

# Permeable Reactive Barriers as an interesting alternative to Isolation, Maintenance and Control

*W.H. van der Zon & J. Maccabiani, GeoDelft, Delft, email: w.h.vanderzon@geodelft.nl*

### Introduction

Permeable reactive barriers have been the subject of research in the Netherlands, but few have actually been implemented. This short paper describes the route from research to implementation of a permeable reactive barrier.

A Permeable Reactive Barrier (PRB) is a frequently used method of removing groundwater contamination in the USA and Canada [EPA 2002]. A PRB is a screen that contains or creates a reactive treatment zone that aims to intercept and remediate a contaminant plume (see figure 1). This is a way of passively remove contaminants from the groundwater by physical, chemical or biological processes. Some PRBs are installed as a permanent system and some have removable in-situ reactors which can be renewed with a cassette-like system.

Case: fluorides & cyanides in a landfill leachate

To give a short view of the route from research to implementation we will discuss a case in which the groundwater is contaminated with fluorides and cyanides. The problem site has been used in the 60's and 70's to dump both industrial as well as household waste. It was closed in the early 80's. At present the site is in use as both a motocross racetrack and it houses the practice grounds of a rifle association.

The leachate from the site contains both fluorides (in high concentrations) and cyanides. The contamination plume has to be dealt with in order to prevent further contamination of groundwater outside the site's limits. The default approach to such a problem is a "total remediation strategy", meaning that activities are aimed at actively removing all the contaminants from both the ground and the groundwater. This would mean however that the site cannot be used for human activities other than the clean-up for quite a while. Both present users of the site, the motocross club and the rifle club, are difficult to relocate. Therefore the current use of the site demands a special approach.

The objectives to look for a new remediation strategy are:

1. Present users of the site must be able to keep using it throughout the remediation. Therefore remediation must take place in situ;
2. The remediation concept should take care of the existing plume, it has to be thorough;

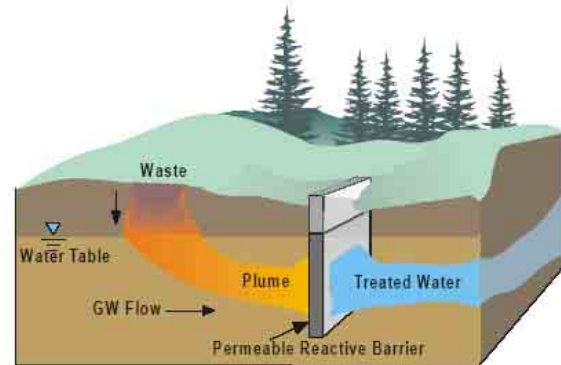


Figure 1: sketch showing the principle of groundwater cleanup using PRBs [EPA2002]

3. The costs of the remediation must be lower than the conventional method of isolation, maintenance and control, "IMC" (or else this, rather expensive, strategy should be used).

The idea was born to use a PRB. Since PRBs clean up contaminations in the ground water in-situ, the site can still be used for it's present functions. The costs of PRBs are generally, and also in this case, much less than when using an IMC method. A PRB would fulfill all objectives if it could be proven that objective 2 can be fulfilled. A pilot project was then defined to investigate if a PRB can thoroughly clean the groundwater contamination.

### Design points of interest

The design process will not be discussed here, but several important points of interest are named. For this case, the design of a PRB for this site consisted of exploring:

1. the contaminated site itself, including:
  - assessments of the representative type of groundwater
  - assessments of the representative contamination (e.g. heavy metals, VOCl's, fluorides & cyanides)
2. the geotechnical boundary conditions (especially grain size distributions for the permeability profile)
3. the geochemical boundary conditions (reaction rates, competing reactions)
4. the geohydrological conditions, especially the

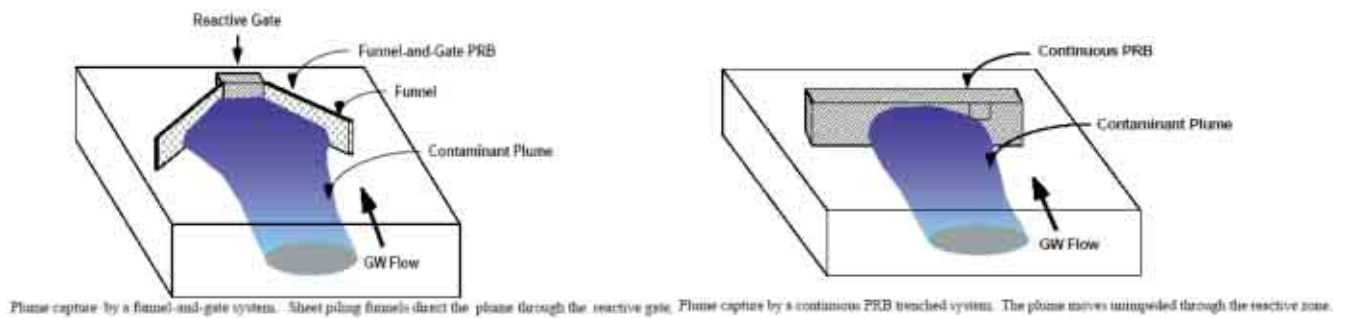


Figure 2: Fundamental difference between "funnel and gate" systems (left) and "continuous trench" systems (right). [EPA 2002].

- direction of flow and flow velocity of the groundwater
- 5. suitable barrier materials and type of remediation process (chemical adsorption, physical adsorption)
- 6. the effectivity of the physical or chemical process through implementation and interpretation of laboratory studies and numerical models

**Resulting design of the PRB**

The design process mentioned above resulted in a design with a barrier based on two materials, zeolite and iron. They are used in a "funnel and gate" type barrier for capturing fluoride and cyanide. The funnel and gate design efficiently catches the ground water flow and forces it to flow through the reactive barrier (see figure 2).

In figure 3, the design of the PRB is shown. The drain at the bottom of the PRB is there to collect some of the leachate after it went through the reactive barrier. With this drain it is easy to carry out quality control. During a pilot project the level of remediation of the polluted ground water has been analysed against several easily measurable macro parameters. It was found that these macro parameters give detailed information about the level of remediation inside the reactive barrier. This makes quality control an easy job which can be performed from behind the desk – no (expensive)

laboratory work is necessary.

The drain can also have the function of a hydrological barrier, preventing the contaminated ground water in case the reactive barrier will fail (for one reason or another). As such, the system is called "fail-safe" with a double isolation system. By lowering the groundwater table inside the waste disposal site a continuous flow is created towards the reactive barrier. This effect can be made to just include all (probable) contaminated areas, also the ones just outside the site's perimeter. In this way the "outer regions" will be cleaned as well.

The costs of this PRB system are estimated at only 20 % of the costs of the conventional method of isolation, maintenance and control. Therefore the PRB can be seriously considered as an interesting alternative for the isolation, maintenance and control.

**References**

U.S. Environmental Protection Agency (EPA), (2002), "Field applications of in situ remediation technologies: permeable reactive barriers", EPA office of solid waste and emergency response technology innovation office, Washington, dc 20460

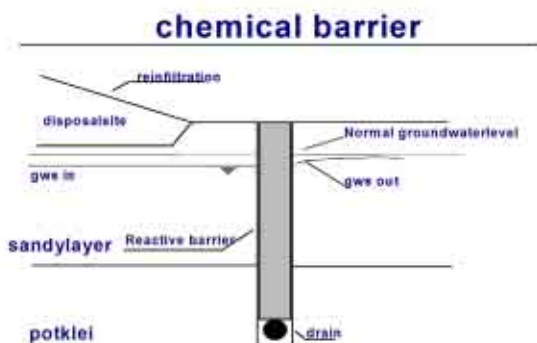


Figure 3: The design of the PRB



## ENVIRONMENT

# Arseen in de Nederlandse Kustprovincies

*J.Gunnink, NITG-TNO*

### Inleiding

In de Nederlandse ondergrond bevinden zich chemische stoffen die door natuurlijke processen in de grond of het grondwater terecht zijn gekomen; een bekend voorbeeld is arseen.

In bijna alle provincies komen gebieden voor waar van nature voorkomende stoffen in hoge gehalten worden aangetroffen. Grond en grondwater bevatten soms hoge concentraties Arseen, waarbij de huidige normen (streef en interventiewaarden) plaatselijk fors worden overschreden. De oorzaak en de omvang van deze - van nature - verhoogde gehalten Arseen worden beschreven. De resultaten zijn met name op de kustprovincies gericht, maar de algemene principes die aan de natuurlijke aanrijking ten grondslag liggen gelden ook voor andere provincies.

Om de omvang van de natuurlijk verhoogde Arseen gehalten in bodem en grondwater te bepalen is het eerst nodig het mechanisme te achterhalen waardoor Arseen in verhoogde gehalten voorkomt. Een aantal vakgebieden hebben daarbij samengewerkt: geologie voor de opbouw van de ondergrond, geohydrologie voor de modellering van de grondwaterstroming -zowel de huidige als de paleo-stroombanen en de geochemische karakterisering van de lagen waar Arseen in voorkomt (geochemie).

De huidige wet- en regelgeving houdt geen rekening met de natuurlijke oorsprong van de verhoogde gehalten Arseen. Om op een verantwoorde manier met van nature verhoogde gehalten om te kunnen gaan is een raam-Bodembeheerplan opgesteld. In dit plan wordt een visie geformuleerd, en worden voorstellen gedaan voor een beleid, waarin de verschillende beleidskaders voor bodem en grondwater worden gebundeld. De nadruk ligt op risicogericht gebiedsbeleid, waarbij een systeemgerichte aanpak wordt voorgestaan. Ingrijpen in het natuurlijke systeem beïnvloeden het vrijkomen of juist de vastlegging van Arseen. Door kennis en begrip van de relaties en interacties die bestaan tussen de verschillende onderdelen van het systeem te gebruiken, kan een duurzaam bodembeheer worden vormgegeven.

### 1.1 Algemeen

In de diepere ondergrond van Nederland komt arseen over het algemeen voor in relatief lage concentraties. Het gemiddelde gehalte in de zandige Pleistocene sedimenten bedraagt 3.7 mg / kg d.s. (90-percentiel 7.4

µg/l); de gemiddelde concentratie in het diepe grondwater (5-25 meter beneden maaiveld) bedraagt 1.3 µg/l (90-percentiel 2.2 µg/l). De verschillen in de gemiddelde arseengehaltes tussen de verschillende geologische sedimenten zijn over het algemeen gering.

In Nederland zijn echter gebieden aan te wijzen waar in de ondergrond arseen van nature in verhoogde gehalten voorkomt. De accumulatie van arseen in deze gebieden is veroorzaakt een specifieke combinatie van geologische, geo-hydrologische en geochemische processen. In deze gebieden, waar sedimenten en grondwater aangerijkt zijn met arseen, kunnen de gehalten oplopen tot meer dan 800 mg / kg droge stof (d.s.) en enkele duizenden µg/l in het grondwater.

### 1.2 Arseen in de vaste fase en het grondwater

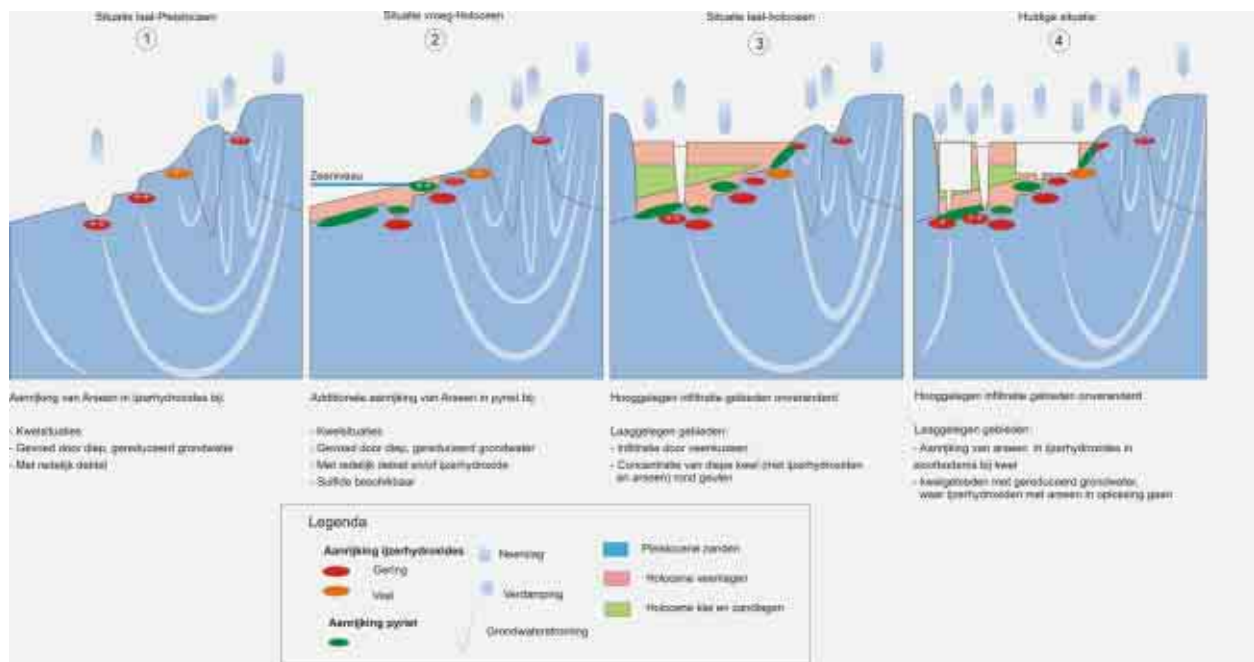
Arseen komt in Nederland zowel in de vaste fase als in het grondwater voor. In de vaste fase komt arseen voornamelijk voor in pyriet (het zgn. "pyriet-type") en in combinatie met ijzerhydroxides (het zogenaamde "roest-type"). Tevens komt arseen voor in het mineraal glauconiet; sedimenten met glauconiet komen in Nederland slechts op grote diepte voor, behalve in Zeeuwsch-Vlaanderen en in het oosten van Nederland.



Figuur 1. Pyriet-kristal

#### 1.2.1 Arseen in pyriet: "Pyriet-type"

Pyriet (FeS<sub>2</sub>) wordt gevormd uit ijzerhydroxides en sulfaat. Pyrietvorming vindt plaats onder de volgende voorwaarden:



Figuur 3. Ontstaanswijze van arseenaanrijking

- er is organische stof beschikbaar als brandstof
- er bestaan gereduceerde (zuurstofloze / nitraatarme) omstandigheden
- er is voldoende aanvoer van zowel ijzer als sulfide

pyriet kan hoge concentraties arseen bevatten, doordat het arseen in de pyrietstructuur wordt ingebouwd als vervanger van sulfide.

pyriet is in het verleden gevormd in gebieden waar de bovengenoemde omstandigheden gunstig waren. In het Holoceen was dit voornamelijk de (toenmalige) kuststrook.

### 1.2.2 Arseen in ijzerhydroxides: "roest-type"

IJzerhydroxides worden gevormd door het neerslaan



Figuur 2. IJzeroerbank

van opgelost ijzer (Fe) met zuurstof. De meest voorkomende situatie waarin dit gebeurd is als gereduceerd water met opgelost ijzer in contact komt met zuurstof. Het eveneens aanwezige arseen wordt geadsorbeerd aan de ijzerhydroxides, of in de structuur van ijzerhydroxides ingebouwd.

Waar ijzerrijk grondwater in zuurstofrijke omstandigheden komt, en dit proces voor een langere tijd plaatsvindt, kunnen zgn. "ijzeroerbanken" ontstaan. Dit zijn sterk verkitte ijzerhydroxidelagen, waarbij hoge concentraties arseen, samen met het ijzer, zijn vastgelegd.

### 1.3 Ontstaan van gebieden met van nature verhoogde arseengehaltes

De processen die geleid hebben tot lokale accumulatie van arseen in de Nederlandse ondergrond zijn als volgt samen te vatten, zie figuur 3.

1. IJzer en arseen worden door gereduceerd grondwater opgenomen uit de zandige, Pleistocene pakketten - waarbij de concentraties in het grondwater laag zijn (enkele µg/l) - en vervolgens door diepe grondwaterstroming getransporteerd. Indien het grondwater weer in contact komt met zuurstof - daar waar het grondwater uittreedt of in kwelgebieden - slaat het ijzer neer in de vorm ijzerhydroxides (roest). Op deze plekken met geconcentreerd grondwater, vindt continue aanrijking van ijzerhydroxiden (in associatie met arseen) plaats, de zgn. "ijzeroerbank" afzettingen, waarin de gehalten arseen kunnen oplopen tot meer dan 1000 mg / kg. De omstandigheden die gunstig

zijn voor aanrijking van ijzerhydroxiden zijn o.a. een groot achterland waar infiltratie kan plaatsvinden, gebieden waar het grondwater op geconcentreerde plaatsen weer uittreedt (reliëfelementen, kwelgebieden), een zandige ondergrond voor voldoende infiltratie en een stabiele situatie voor een langere periode. Deze omstandigheden kwamen in de geologische geschiedenis voor in een beperkt aantal gebieden in de kustprovincies, zoals de rand van het Drents plateau in Noord-Nederland, de gestuwde gebieden in West-Nederland (die nu begraven liggen onder recentere afzettingen) en in Zeeland, aan de voet van de Brabantse wal. De op deze manier gevormde aanrijking vallen onder het "roest-type".

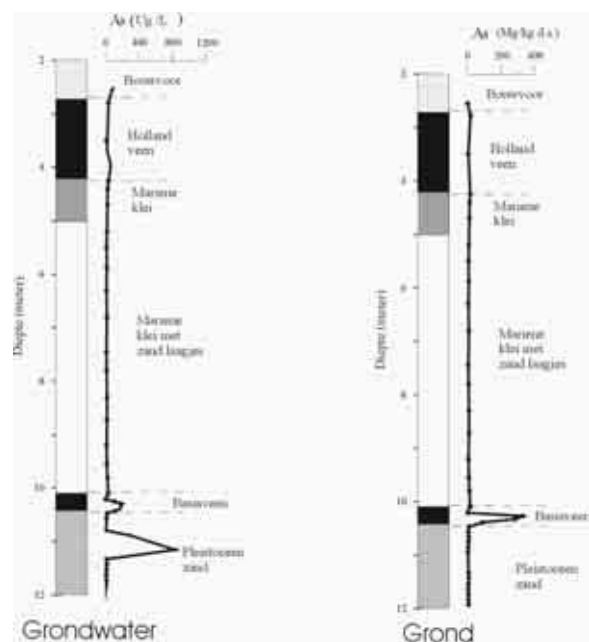
2. In het vroeg-Holoceen vond in de kustgebieden onder invloed van zeespiegelstijging op uitgebreide schaal veenvorming plaats. Indien het veen rechtstreeks op de Pleistocene ondergrond is afgezet wordt gesproken van basisveen. Sterke accumulatie van arseen in het basisveen in de vorm van pyriet heeft daar plaatsgevonden waar ijzer- en arseen rijke kwel in contact is gekomen met sulfidrijk water, zoals rivier- en zeewater. Op deze plaatsen wordt voldaan aan de voorwaarden voor pyrietvorming, nl. de aanwezigheid van organische stof als brandstof (veen), zuurstofloze omstandigheden (het veen wordt "verdronken" met rivier- of zeewater, waardoor de ijzerhydroxiden in oplossing zijn) en de aanwezigheid van ijzer en Sulfide. In grote gebieden in laag-Nederland zijn de omstandigheden voor accumulatie van Fe en As niet erg gunstig geweest, doordat reliëfelementen in het oppervlak ontbraken. Echter, de algemene kwelsituatie was zodanig dat er toch voldoende ijzer en arseen heeft kunnen accumuleren om pyrietvorming te krijgen. Dit geldt voor het grootste gedeelte van het basisveen. De gehalten arseen zijn, in tegenstelling tot de gebieden met geconcentreerde kwel, niet hoog. In de hoger gelegen gebieden, waar (nog) geen veenvorming heeft plaatsgevonden, gaan de processen als beschreven bij 1. door.
3. Later in het Holoceen snijden de rivieren zich in het veen in en worden gedeelten van het veen geërodeerd door de zee, die daarbij soms diepe inhammen achterlaat. Hierdoor ontstaan nieuwe kwelgebieden, waar accumulatie van ijzerhydroxiden en arseen kan plaatsvinden. In deze periode raakt het basisveen begraven onder jongere afzettingen, voornamelijk regenwater gevoede venen (Hollandveen) en zandige / kleiige afzettingen, waardoor het basisveen in constante gereduceerde omstandigheden verkeert. Hierdoor zal pyriet niet in oplossing gaan, maar in de vaste fase blijven, en zal Arseen niet in het grondwater terechtkomen. De onderliggende ijzerrijke



Figuur 4: Geoxideerd veen met pyriet

sedimenten verkeren tevens in een permanent gereduceerd milieu, waardoor ijzer en arseen in oplossing gaan en in het grondwater terecht komen ("roest-type" arseen).

4. In de huidige situatie heeft de mens grootschalig ingegrepen in het landschap en de waterhuishouding, met name in West-Nederland. Het maaiveld is drastisch veranderd t.o.v. de natuurlijke situatie. Door het aanleggen van droogmakerijen en polders en door bodemdaling als gevolg van oxidatie van het veen en inklinking is het geohydrologische systeem ernstig verstoord, waarbij soms de grondwaterstroming is omgedraaid t.o.v. de natuurlijke situatie. Hierdoor zijn kwelstromen van diep grondwater op gang gekomen die in bepaalde gebieden voor aanvoer van arseen hebben gezorgd. Tevens kunnen



Figuur 5: verloop van arseengehalte

reducerende omstandigheden in het grondwater ontstaan die het aanwezige arseen in ijzerhydroxiden mobiel hebben gemaakt.

## 1.4 Vrijkomen van arseen

### 1.4.1 Oxidatie van pyriet

In de aanwezigheid van zuurstof of nitraat wordt pyriet afgebroken, en komt het ingebouwde arseen vrij in oplossing.

Indien pyriet oxideert is de kans groot dat verhoogde arseen gehalten in het grondwater voorkomen. Afhankelijk van de milieuomstandigheden (mate van oxidatie, pH) kunnen relatief lage gehalten arseen in pyriet zeer hoge gehalten arseen in oplossing veroorzaken, waarbij gehalten van 150 µg/L tot meer dan 5000 µg/L kunnen voorkomen.

Het vrijgekomen arseen kan worden geadsorbeerd aan of opgenomen in nieuw gevormde ijzerhydroxides.

### 1.4.2 Reductie van ijzerhydroxiden: "roest-type"

Arseen dat gebonden is aan ijzerhydroxides komt vrij als milieu - omstandigheden reducerend worden. Hierbij valt te denken aan lokale kwelvensters, met hoge organische stof gehalte.

Bij het vrijkomen van ijzerhydroxiden onder reducerende omstandigheden zullen de opgenomen sporelementen, waaronder arseen, vrijkomen in het grondwater.

Verhoogde fosfaat- en bicarbonaatgehalten kunnen tevens tot gevolg hebben dat arseen wordt gemobiliseerd uit ijzerhydroxides. Fosfaat en bicarbonaat worden regelmatig in verhoogde gehalten in gereduceerd grondwater aangetroffen.

In het freatisch grondwater worden verhoogde arseengehalten aangetroffen in gebieden die episodisch onder de grondwaterspiegel komen als gevolg van (natuurlijke) fluctuaties in de grondwaterstand. Bij een hoge grondwaterstand zullen hoge gehalten arseen worden gemeten en bij een lage grondwaterstand lagere gehalten.

De gehalten arseen in freatisch grondwater kunnen tot 700 µg/L oplopen, waarbij de gehalten in de bodem laag zijn.

In het diepere grondwater worden verhoogde arseengehalten aangetroffen in gebieden die in het verleden een opbouw van ijzeroer of ijzerhoudende sedimenten hebben doorgemaakt, en die nu permanent in gereduceerde omstandigheden verkeren. De ijzerhydroxiden vormen in dit geval een permanente bron van arseen.

Zowel in het diepere grondwater als in het freatische grondwater is het moeilijk een direct verband te leggen tussen de gehalten arseen in de vaste fase en die in het gereduceerde grondwater, behalve in het geval van ijzeroerbanken. Lage gehalten arseen in de vaste kunnen reeds tot een forse verhoging in het grondwater aanleiding geven.

Naast de mobilisatie van arseen onder anaërobe condities, kan er sprake zijn van een pH-effect. Arseen dat is gebonden aan ijzerhydroxides blijft immobiel onder de normaal in Nederland voorkomende pH-omstandigheden. Zowel onder hoge (> 8.5) als lage (< 3) pH's gaat ijzer, en eventueel daarmee geassocieerde arseen, weer in oplossing, waarbij Arseen kan vrijkomen in hoge concentraties

## 2 Ruimtelijke verspreiding van nature verhoogde arseengehalten

### 2.1 Inleiding

De ruimtelijke verspreiding van gebieden met een verhoogde kans op arseen in de bodem en het freatisch grondwater is voornamelijk gebaseerd op de eerder beschreven proceskennis, waardoor een regionaal beeld is ontstaan van de gebieden met een verhoogde kans op van nature verhoogde gehalten arseen.

### 2.2 Het "roest-type" in bodem en freatisch grondwater

In het freatisch grondwater is de kans op verhoogde gehalten in bepaalde gebieden verhoogd. Deze gebieden hangen samen met de geologische opbouw en de geohydrologische omstandigheden, met name kwelsituaties. In deze gebieden worden overschrijdingen van de streefwaarde in het freatisch grondwater regelmatig geconstateerd, waarbij de gehalten in de bodem vaak niet verhoogd zijn. Indien de milieuomstandigheden gunstig zijn kan een zeer geringe hoeveelheid arseen in de bodem (ver beneden de streefwaarde) zorgen voor een sterke verhoging van arseen in het freatisch grondwater, waarbij gehalten tot 700 µg/L kunnen voorkomen.

Wat duidelijk is geworden is dat verhoogde gehalten in de bodem (bovenste 1 meter) niet frequent voorkomen. Dit is gezien de proceskennis ook niet te verwachten: indien verhoogde gehalten in de bodem worden aangetroffen, zijn deze veroorzaakt door processen die in de kustprovincies in het algemeen alleen in de diepere grondlagen hebben plaatsgevonden. Er is dan sprake van een aanrijking in de vorm van "ijzeroerbanken" of ijzerconcreties.

Een uitzondering moet worden gemaakt voor gebieden

die door diepe kwelstromen worden gevoed met arseenrijk grondwater. In deze gebieden zal in de waterbodem de kans op aanrijking van arseen verhoogd zijn. Wanneer bagger in deze gebieden op de kant wordt gezet, zal de bodem een sterk verhoogde kans op verhoogde gehalten arseen van het "roest-type" hebben.

Uit een analyse van de beschikbare detailgegevens blijkt dat de ruimtelijke variatie groot is. Dit is het gevolg van wisselende bodemkenmerken en milieumomstandigheden over een korte afstand. In zowel de gegevens in het noorden van het land als die in Zuid-Holland is gebleken dat de maximale afstand waarover waarnemingen nog aan elkaar gecorreleerd zijn tussen de 500 en 750 meter ligt. Gevolg hiervan is dat waarnemingen op een afstand kleiner dan 500 meter moeten liggen wil deze korte afstandsvariatie meegenomen worden. Het lijkt derhalve niet mogelijk om op provinciale schaal het gehalte arseen in het freatisch grondwater in kaart te brengen, behalve in het geval waar gemeentelijke gegevens een voldoende ruimtelijke resolutie vertonen.

### 2.3 Het "pyriet-type" in de vaste fase

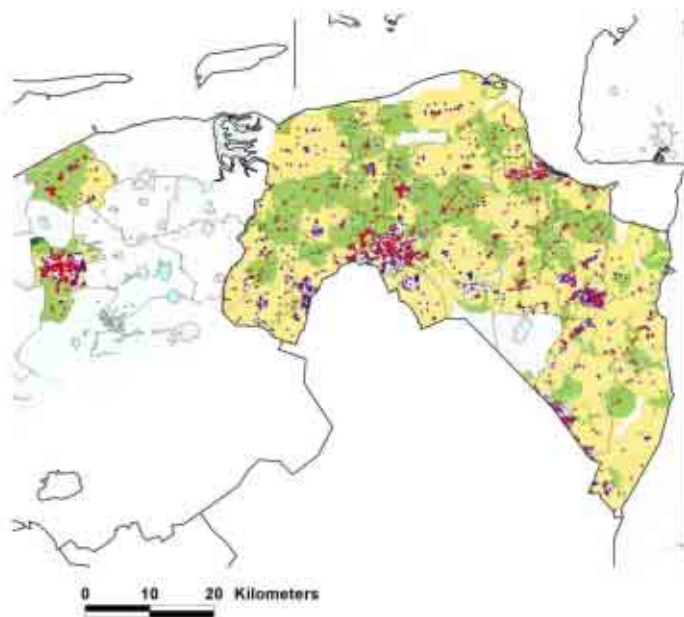
In de (diepere) ondergrond komt in grote gedeelten van de kustprovincies het basisveen voor. In een strook ten zuiden van Amsterdam en aan de voet van de Brabantse wal in Zeeland is de kans op sterk verhoogde gehalten arseen in het basisveen verhoogd. De reden hiervoor is dat de geologische geschiedenis en de lokale geohydrologische situatie in het verleden heeft bijgedragen aan een aanvoer van arseenrijk kwelwater. In de overige gebieden zijn in het basisveen nauwelijks verhoogde gehalten arseen aangetroffen. Hier zijn de omstandigheden voor regionale aanrijking van arseen niet gunstig geweest.

Daar waar het basisveen dicht aan het maaiveld ligt, bestaat de mogelijkheid dat door oxidatie arseen uit pyriet wordt vrijgemaakt. Hierdoor kunnen hoge gehalten arseen (tot boven de interventiewaarde) in het grondwater terechtkomen. De afbraaksnelheid van pyriet is zodanig dat voor een langere tijd (maanden tot jaren) verhoogde gehalten in het grondwater kunnen worden aangetroffen. In slechts enkele gebieden in de kustprovincies komt het basisveen op een geringe diepte voor.

In de situatie waar het basisveen wordt vergraven en vervolgens in contact komt met zuurstofrijk regenwater of nitraat, is de kans groot dat in het grondwater sterk

Bijlage B1

Kans op overschrijding van de streefwaarde voor natuurlijk arseen in freatisch grondwater



Op basis van gegevens die voor de provincie Groningen en twee gemeenten in Friesland beschikbaar zijn gesteld, is een kaart gemaakt van de kans op overschrijding van de Streefwaarde van arseen in freatisch grondwater. De gegevens zijn gebruikt om een gedetailleerd beeld van de arseen gehalten te krijgen. Allereerst zijn de "verdachte locaties" (nl. waar een antropogene invloed wordt vermoed) verwijderd. Vervolgens zijn die waarnemingen samengevoegd die op een afstand van minder dan 250 meter van elkaar liggen. Op deze manier wordt de ruimtelijke variatie verminderd tot een hanteerbaar niveau. Met behulp van interpolatie is een gebiedsdekkend beeld verkregen.

De ruimtelijke variabiliteit is zeer groot: de arseen gehalten van de oorspronkelijke waarnemingen die op meer dan 500 meter van elkaar verwijderd liggen hebben geen relatie meer met elkaar. In de gegevens die zijn samengevoegd op basis van het feit dat deze binnen 250 meter van elkaar liggen is de ruimtelijke relatie tot 1700 meter aantoonbaar.

De ruimtelijke patronen zijn vervolgens vergeleken met het regionale beeld van het "roest-type", dat op basis van de proceskennis is verkregen. Hieruit blijkt dat voor 76% van het gebied dat gekarakteriseerd wordt door een (mogelijk) verhoogde kans op van nature verhoogde arseen gehalten in het grondwater, de geïnterpoleerde gehalten de streefwaarde overschrijden.

In het freatisch grondwater variëren de gehalten arseen sterk in de tijd; waarnemingen die zijn genomen bij een hoge grondwaterstand vertonen vaak een hoger gehalte dan die bij een lage grondwaterstand. Deze variatie is niet in het kaartbeeld meegenomen, omdat voor een groot gedeelte van de waarnemingen niet bekend was bij welke grondwaterstand deze is uitgevoerd. Voor individuele waarnemingen is het wel belangrijk om deze informatie te betrekken in de analyse van de situatie ter plekke.

Deze kaart laat zien dat de lokale situatie en de variatie in de ruimte een grote invloed hebben op het beeld van de verspreiding van arseen gehalten in het freatisch grondwater. Een combinatie van gemeten gehalten met de lokale omstandigheden (o.a. grondwaterstand) zijn nodig om een betrouwbaar beeld van natuurlijk arseen in het grondwater te krijgen.

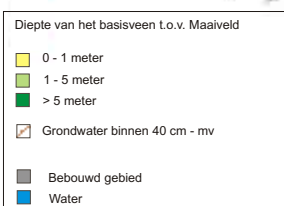


 Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen

Projectnr. 005.41098  
Nabron: van nature verhoogde arseengehalten in de kustprovincies  
Opdrachgever: provincie Groningen, Fryslân, Noord-Holland, Zuid-Holland, Zeeland en SKB

Bijlage A9

Regionale verbreiding en diepteligging van verhoogde arseen gehalten in veen: het "pyriet-type"



**TNO** Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen  
 Projectnr. 005.41098  
 Nabron: van nature verhoogde arseengehalten in de kustprovincies  
 Opdrachtgever: provincie Groningen, Fryslân, Noord-Holland, Zuid-Holland, Zeeland en SKB

In deze kaart wordt de verbreiding en de diepteligging (t.o.v. maaiveld) weergegeven van het basisveen.

De verbreiding en de diepteligging van het basisveen is gebaseerd op geologische informatie. Het basisveen is direct op de pleistocene formaties afgezet, onder invloed van een stijgende grondwaterspiegel. Als gevolg van een kenmerkend afzettingmilieu (zuurstofloos, aanbod van ijzer en sulfaat) is pyriet in het basisveen gevormd. Tijdens de pyrietvorming is ook arseen vastgelegd.

Het basisveen is voor een groot gedeelte weggeslagen door erosie. De overgebleven resten basisveen liggen voor het grootste gedeelte dieper dan 5 meter beneden maaiveld.

In slecht enkele punten is het arseen gehalte gemeten, waarbij de gehalten niet zijn verhoogd t.o.v. de streefwaarde. De geologische opbouw en de gehydrologische geschiedenis van Zeeland maken het niet waarschijnlijk dat op grote schaal pyriet vorming, met daaraan gekoppeld arseen, heeft plaatsgevonden. In het oosten, net buiten de provinciegrens van Zeeland, - aan de voet van de Brabantse wal is een gebied waar de arseen gehalten lokaal sterk verhoogd zijn. De geohydrologische situatie heeft hier voor een sterke aanvoer van ijzer en arseenrijk water gezorgd, waardoor de omstandigheden gunstig waren voor pyriet-vorming.

Zolang het veen in gereduceerde omstandigheden verkeert (onder de grondwaterspiegel) zal het arseen dat aanwezig in het pyriet niet vrijkomen. Indien het basisveen geoxideerd raakt, zal het arseen in het pyriet vrijkomen. In dat geval is de kans groot dat er, ook bij lage arseengehalten in het basisveen, hoge gehalten arseen in het grondwater voorkomen.

**Betrouwbaarheid van de kaart**

De verbreiding van het basisveen is gebaseerd op regionale informatie over de ondergrond. Dit betekent dat de afbakening van de gebieden als indicatief moet worden beschouwd.

Maximum gehalte arseen in het basisveen

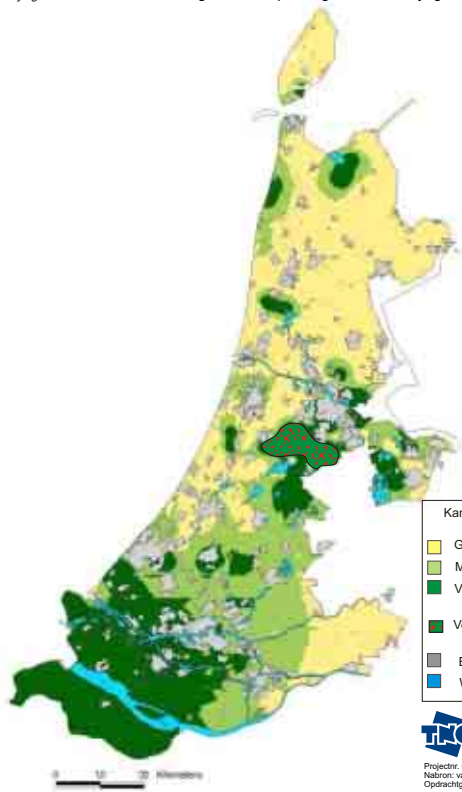


- < 29 mg / kg
- 29 - 55 mg / kg
- > 55 mg / kg

Voorbeeldkaart Zeeland

Bijlage A6

Regionale verspreiding van arseen-rijk grondwater op een diepte van 5-15 meter beneden maaiveld



**TNO** Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen  
 Projectnr. 005.41098  
 Nabron: van nature verhoogde arseengehalten in de kustprovincies  
 Opdrachtgever: provincie Groningen, Fryslân, Noord-Holland, Zuid-Holland, Zeeland en SKB

In deze kaart zijn gebieden weergegeven met een kans op verhoogde arseen gehalten in het grondwater op een diepte van 5-15 meter. De streefwaarde en de interventiewaarde zijn hiervoor als referentie gebruikt (respectievelijk 7.2 en 60 ug/l).

De afbakening van de gebieden is gebaseerd op metingen van het arseengehalte op een diepte van 5-15 meter beneden maaiveld.

Bij het vertalen van de puntinformatie naar een ruimtelijk beeld zijn de maximum gemeten gehalten als uitgangspunt genomen. Dit geeft een "worst-case" voor de kans op overschrijding van de normwaarden.

De kans op overschrijding van de streefwaarde is voor een groot gedeelte van Zuid-Holland en het noorden van Noord-Holland aanwezig. Ten zuiden van Amsterdam is het gebied met de "begraven" stuwwal te zien; hier bestaat tevens een verhoogde kans op overschrijding van de interventiewaarde, zie kaart met meetpunten.

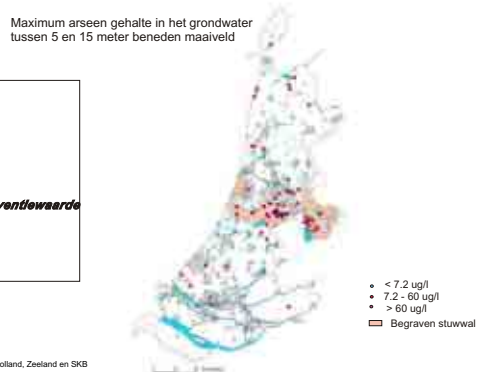
In het midden van Zuid-Holland is kans op een mogelijk verhoogde kans op verhoogde arseen gehalten in het grondwater. De dichtheid van het meetnet staat echter niet toe om een meer precieze uitspraak te doen.

De verhoogde kans op overschrijding van de streefwaarde op de Zuid-Hollandse eilanden wordt veroorzaakt door een aantal meetpunten op de meest noordelijke Zeeuwse eilanden, die allen een overschrijding van de streefwaarde laten zien.

**Betrouwbaarheid van de kaart**

De informatie op deze kaart is voornamelijk gebaseerd op een regionaal grondwaterkwaliteitsmeetnet. Dit betekent dat de afbakening van de gebieden als indicatief moet worden beschouwd.

Maximum arseen gehalte in het grondwater tussen 5 en 15 meter beneden maaiveld



- < 7.2 ug/l
- 7.2 - 60 ug/l
- > 60 ug/l
- Begraven stuwwal

Voorbeeldkaart N-Z Holland

verhoogde arseengehaltes worden aangetroffen, tot ver boven de interventiewaarde. Dit geldt zowel voor het basisveen in gebieden waar verhoogde arseengehaltes zijn waargenomen als in gebieden waar dit niet het geval is.

## 2.4 Het "roest-type" in diep grondwater.

In het diepe grondwater wordt arseen gevonden dat aan het "roest-type" is gekoppeld. Op plekken waar in de geologische geschiedenis de omstandigheden gunstig zijn geweest voor een accumulatie van ijzeroer worden sterk verhoogde arseengehaltes in het diepere grondwater gevonden. Ten zuiden van Amsterdam zijn deze omstandigheden gunstig geweest voor de accumulatie van ijzeroer, nl. een gestuwd gebied, dat later is begraven door recentere afzettingen. Deze ijzeroer banken zijn als een constante bron van arseen in de ondergrond aanwezig.

In het interval 5 - 15 is de kans op overschrijding van de streefwaarde in grote gebieden verhoogd. Dit hangt samen met het feit dat het grondwater zich op deze diepte vaak in een gereduceerde toestand bevindt. Een kleine hoeveelheid arseen in de vaste fase (bijvoorbeeld als "coating" van ijzerhydroxides van het sediment of als natuurlijk achtergrondgehalte) kan al een verhoogd arseen gehalte in het grondwater tot gevolg hebben.

## 3 Effecten van ingrepen

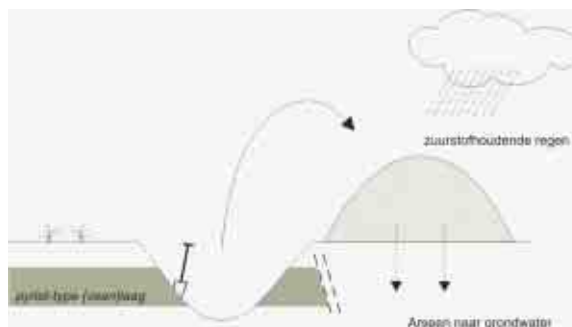
Uit de bovenstaande proceskennis zijn de belangrijkste mechanismen te bepalen die verhoogde gehalten in bodem en grondwater kunnen veroorzaken.

Hierbij is het belangrijkste mechanisme de verandering van redox-condities: de verandering van geoxideerde naar gereduceerde omstandigheden en andersom. Afhankelijk van de wijze waarop het arseen is vastgelegd ("pyriet-type" of "roest-type") zullen veranderende redox-omstandigheden voor de vrijmaking van arseen zorgen.

### 3.1 Ingerepen in gebieden met "pyriet-type"

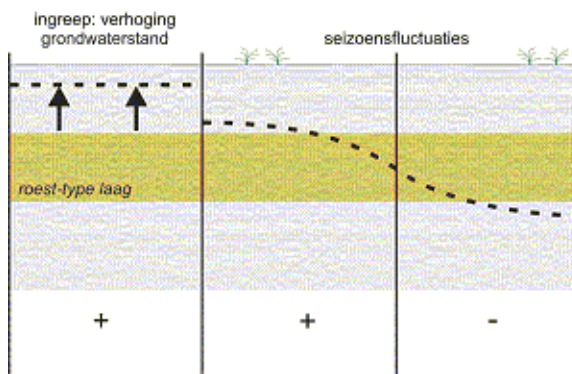
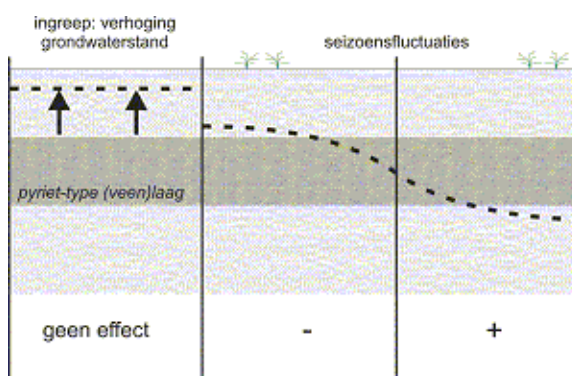
Het pyriet-type is in reducerende omstandigheden stabiel, maar in geoxideerde toestand zal arseen worden opgelost en naar het grondwater uitspoelen.

Behalve in een goed af te bakenen gebied ten zuiden van Amsterdam en aan de voet van de Brabantse wal in Zeeland zijn de gehalten in de vaste fase niet of slechts weinig verhoogd t.o.v. de streefwaarde. Echter, in aanwezigheid van zuurstof of nitraat zal pyriet worden afgebroken en arseen worden vrijgemaakt, zodat in het grondwater overschrijdingen t.o.v. de streef- en / of interventiewaarde kunnen voorkomen. Daarom is het belangrijk dat bij ingrepen wordt gekeken of basisveen



Figuur 6: Effect van vergraven van pyrietrijk veen

(waar een sterk verhoogde kans op pyriet aanwezig is) wordt blootgesteld aan oxiderende omstandigheden. Hierbij valt te denken aan het boven de grondwaterspiegel brengen van het basisveen, of het blootstellen aan nitratrijk water. Tevens kan een daling van de grondwaterspiegel in gebieden waar het basisveen aan de oppervlakte ligt, tot gevolg hebben dat het basisveen oxideert en arseen uitspoelt naar het grondwater.



Figuur 7: Effect van verandering in de grondwaterstand op het arseengehalte

Het arseen wat vrijkomt uit pyriet kan meteen worden geadsorbeerd aan nieuwgevormde ijzerhydroxides.

### 3.2 Ingrepen in gebieden met "roest-type"

Arseen dat aan ijzerhydroxiden is gebonden ("roest-type") komt vrij indien de omstandigheden reducerend zijn. De gehalten in de bodem zijn vaak niet verhoogd t.o.v. de streefwaarde, terwijl onder reducerende omstandigheden ijzerhydroxiden oplossen, en het arseen dat aan de ijzerhydroxiden is gebonden vrijkomt. Hierbij valt te denken aan situaties waar de grondwaterspiegel wordt verhoogd, waardoor gereduceerde omstandigheden in de bodem kunnen ontstaan.

In het freatisch grondwater kunnen, als gevolg van (natuurlijke) fluctuaties in de grondwaterstand,

ijzerhydroxiden oplossen en het arseen vrijkomen. Bij een hoge grondwaterstand zullen hoge gehalten arseen worden gemeten en bij een lage grondwaterstand lagere gehalten.

De diepere grondwaterpakketten met sterk verhoogde arseengehaltes zijn voornamelijk geconcentreerd in gebieden die in het verleden een aanvoer van ijzer en arseen hebben meegemaakt. Indien dit grondwater wordt onttrokken, zal na beluchting het ijzer en arseen onmiddellijk neerslaan als ijzerhydroxiden. Bij grote onttrekkingen in een gebied met lage arseengehaltes kan arseenrijk grondwater worden aangetrokken vanuit gebieden met een hoge gehalte as. De mate waarin dit kan gebeuren is sterk afhankelijk van het lokale grondwaterstroming.

The advertisement features a grayscale illustration of a cross-section of the earth's subsurface. It shows various geological layers, a city skyline on the surface, and several vertical boreholes or monitoring wells extending into the ground. The text is overlaid on this background.

## Voor informatie en onderzoek van de ondergrond

Het Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO is het centrale geowetenschappelijke informatie- en onderzoeksinstituut van Nederland, ten behoeve van het duurzaam beheer en gebruik van de ondergrond en de ondergrondse natuurlijke bestaansbronnen.

Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO  
Postbus 80015 • 3508 TA Utrecht • T 030 2654256  
info@nitg.tno.nl • www.nitg.tno.nl



De kracht van kennis



# ENVIRONMENT

## Environmental Friendly Roads in Bhutan: Providing access to rural communities while protecting the environment

*Hendrik Visser (Civil Engineer Delft University of Technology)*

### Bhutan

The Kingdom of Bhutan, or the land of the thunder dragon, has an area of approximately 38,394 square kilometres. It has borders with the Tibetan autonomous region of China in the north and India in the east, west and south. Geographically Bhutan lies within the latitudes 26°45' N and 28°10' N and longitudes 88°45' E and 92°10' E.

The climatic conditions vary due to the mountainous nature of the country. The country is subject to the monsoon rain in summer, with relatively dry winters. About 73 percent of the land area is covered by forests of temperate and sub-tropical species that are a natural habitat of a diversity of flora and fauna. The country has one of the richest biodiversity in the world with about 3,281 plant species per 10,000 square kilometres and has been declared one of the ten global biodiversity 'hotspots'.

Bhutan is one of the least populated countries in South Asia. Most of the population is concentrated in the valleys, while large areas at higher altitudes in the north of the country are virtually empty except for nomadic herders. The population was estimated to be 699,000 in 2001, with more than 40 percent of the people below 15 years.

The population is probably growing at between 2.5-3.5 percent per year, putting heavy pressure on natural resources in the villages and resulting in a high rate of



Figure 1: Countries within the Hindu-Kush Himalayan

migration from rural to urban areas. The current rate of increase is, however, expected to decline to 1.6 percent per annum in 2011 and 1.3 percent in 2016.

Approximately 80 percent of the population lives in villages in an extended family system. The average household is variously estimated to comprise between 6-8 members, with an average of 43 houses per village. There are approximately 80,000 landholdings in rural Bhutan. About 60 percent of farmers own less than 2 hectares, which is usually insufficient to feed the average size family. Only 7-8 percent of the land can be cultivated and the population pressure on land and other



figure 2: equipment use



figure 3: controlled blasting

natural resources has become a real challenge. The livelihood of the rural population has improved significantly during the past 20 years; most villages have improved access to health, educational and agricultural extension services but some 30 percent of rural households may remain vulnerable, with consumption levels close to the poverty line.

Rural-urban migration is a serious problem. A majority of Bhutanese live in rural areas but about 20 percent of the population now lives in urban areas. Centres like Thimphu, the capital with a population of almost 50,000, and Phuentsholing, the most important border post for goods flowing to/from Bhutan, have been growing very fast recently.

### **Economic development through rural access**

One of the keys to economic development of the country is the provision of an efficient and cost-effective transport system for freight and passengers. This is particularly important in the context of Bhutan's difficult physical environment. The country is land-locked and almost entirely located in the various mountain ranges of the Himalayas (see figure 1), which makes it highly dependent on transport for its international trade, and makes the provision of domestic road transport links difficult, especially in the north of the country.

Because of the mountainous terrain, with altitudes between 200 to 7500 meter, the area of land suitable for agriculture is very limited and the population is distributed in remote scattered settlements. The above factors make the construction and maintenance of roads and the delivery of health and education services extremely difficult and costly.

The Royal Government of Bhutan's (RGoB) series of Five Year Plans (FYP) have since 1961 therefore placed strong emphasis on improving the country's transport infrastructure, and one of the most important results is a road network that has now been extended to cover all of the main towns and valleys.

Bhutan has about 3,800 km of road network at present, but many rural communities are still cut off from the road network and depend on animal and head-load transport. In about one-third of all Geogs (Blocks), no part of the Geog is connected to feeder roads, and in another one-third only few parts are connected to them. In this situation, farmers remain dependent on subsistence agriculture, with no access to markets or to the education and health care services that have been provided, and there is a need to expand the national road network to enhance their lives.

At the same time, travel on the National Highways remains slow and costly, and existing roads may have to be upgraded or improved. Maintenance of the existing infrastructure is an equally important component of the development and management of the road system. Priorities for the next 20 years therefore include both the further development of the national trunk roads and of the network of district and feeder roads, and the expansion of access to rural areas and to vulnerable groups through power tiller and farm roads.

### **The Middle Path**

Bhutan has realized the possible problems that could be caused by uncontrolled economic development. It has also recognized the importance of sustainable development with its fragile mountain ecosystem and extremely rich bio-diversity. Accordingly, Bhutan has chosen the "middle path" where economic development should not take place at the expense of natural resources. The Environment Assessment Act, 2002 approved by the National Assembly, ensures that environment assessments are conducted for all development activities that have potentially significant environmental impact.

Road projects are one of the largest land users in the country. Inadequate road construction techniques have a significant impact on the environment and on sustainability. Road projects can therefore only commence upon receipt of an environmental clearance from National Environment Commission. The implementation of the recommendations of the Environment Assessment are monitored at site and penalties imposed wherever lapses have been noted. The Ninth Plan therefore also states that all road construction activities will be required to adopt environmentally sound techniques and conform to the Environmental Code of Practice for Highways and Roads.

### **The EFRC Support Project**

In the end of 1999 SNV Bhutan started its support to the Department of Roads for the implementation of a World Bank credit for the construction of 122 km of feeder roads. Since environmental friendly road construction (EFRC) techniques were still absent in the country the project focussed on the development of such techniques and on creating an enabling environment for EFRC. In 2002 SNV Bhutan, with support from the Sustainable Development Secretariat (bi-lateral funding from The Netherlands), decided to continue its support to further develop and introduce the EFRC concept and to further strengthen the capacity of the Department of Roads and other actors involved. For this purpose the EFRC Support Project

started in March 2003, which brings all relevant actors together. The eight components of the project cover the following areas:

1. Rural Access Project (RAP) implementation support (World Bank credit);
2. EFRC concept further development within the RAP;
3. EFRC adoption by Department of Roads;
4. Sustainable EFRC policy development;
5. Introduction EFRC concept to other Road Agencies (mainly farm and forest roads);
6. Capacity building for Districts and communities;
7. Capacity building Private Construction Sector (mainly contractors and branch organisations);
8. Dissemination of EFRC to Technical Training and Education Institutes.

The EFRC Support Project will end in December 2005. Already at this moment there is a high demand for the (continued) services of SNV in the road sector, from as well RGoB as the international donor community, especially on district capacity strengthening for infrastructure development (EFRC) and for integrated rural accessibility planning combined with rural enterprise development and marketing support.

### **SNV Netherlands Development Organisation**

SNV is a provider of advisory services to local organisations in developing countries and also supports knowledge development and dissemination. Through these activities SNV aims to contribute to reduction of poverty, increased equity and improved governance. SNV works from a broader understanding of poverty issues and patterns since specific poverty issues are often embedded in wider patterns of imbalances in power, in the right to claim support and in access to (economic) opportunities, on the basis of gender, cultural and/or socio-economic status.

SNV provides services for diagnosis, organisational development, partnership building and institutional change. SNV provides these services mainly in the thematic areas of natural resource management, private sector development and local governance. To effectively assist its clients, SNV provides for a mix of technical-thematic and change expertise.

The support from SNV Bhutan in the EFRC Support Project is focused on strengthening the organisational and institutional capabilities of the Department of Roads and other actors involved in road construction. SNV provides a variety of technical assistance which includes expertise for surveying, design, supervision and execution of the road construction projects. The present Technical Assistance team comprises of two international road engineering experts, five national road engineers, one environmental specialist, one construction development specialist and one

community maintenance specialist. There is also a variety of short term national and international experts available in the areas of quality assurance, bio-engineering, engineering geology, curriculum development, equipment management, transport economy, community organisation development and construction sector development.

The main objective of SNV's technical assistance is to ensure that in future all road construction in Bhutan can be environmental friendly. The aim of the cooperation between all the partners is ultimately to create a self-sustaining Bhutanese capacity for environmental friendly road construction.

### **Environmental friendly roads**

For the introduction of EFRC the normal project cycle for building the roads was analysed and adapted to include environmental friendly features. First, it was important to develop a realistic implementation plan for the road project, as well as a proper monitoring and evaluation system. A main focus at the start of the project was also to develop an Environmental Code of Practice, which provides environmental guidelines for all the stages of the road project cycles.

Environmental friendly design takes into account specific site conditions such as wet areas, rocks, paddy fields and areas with high environmental and cultural value, to prevent and mitigate as much as possible environmental damage. Before the first excavator appears, these and other important site conditions are identified with a "desk study" of possible road alignments made by the design engineer in consultation with other team members. The desk study uses accurate maps based on aerial photographs and identified geologically-hazardous and culturally-vulnerable areas to plot out potential alignments between the villages to be connected.

After the desk study is completed, a feasibility study and environmental impact and social assessments are made. The proposed road alignments must be verified in the field from an economic, technical, social and environmental point of view. For this purpose the Department of Roads survey team cooperates with the Environmental Assessment team and when found necessary with a team of the Department of Mines and Geology to find the best possible alignment. The National Environmental Commission Secretariat then reviews the EIA report for issuing the environmental clearance. It is only after this process has been completed that the actual work plan for the building phase begins.

In order to make an optimal environmental friendly design, detailed survey data must be collected about



figure 4: cross drainage

forest cover, soil classification, slope steepness, water sources, cultural heritage, and other factors. For this purpose, survey teams have been trained to collect information and make assessments. By building the roads away from geologically-hazardous and culturally-vulnerable areas, many problems can be avoided in the later stages of construction and it extends the life of the road. The design engineer needs therefore to find the optimal balance in the design between prevention of environmental damage and investment and maintenance costs over the life-time of the road.

### The right balance

Environmental friendly design aims to minimize where possible cuts into mountain slopes. Especially where the slopes are fragile and prone to landslides, part of the road width will be made in fill, so retaining walls are necessary. Box cut designs are avoided in order to reduce the volume of cut and the height of cut. Based on experiences from executed projects, it is estimated that the volume of cut decreases by roughly 4 times if box cuts are avoided in the design. It is also estimated that by shifting the road centre line to the valley side by 1 meter, a reduction of cut volume by 35 % and a shift by 2 meters a reduction of cut volume by 65% can be achieved. The design engineers must find a balance between less cutting in the slopes and higher initial investments for retaining walls.

Cutting of trees is kept to a minimum and only within the road corridor. The previously used bulldozers are now replaced by excavators, which allows for the loading of tippers and the transport of excavated surplus material and debris to selected spoil disposal sites (see figure 2). Excavated materials are now also segregated in order to optimise re-use. Excavation is done in benches starting from the top batter by the smaller excavator and subsequently excavation to the final level by the medium sized excavator.

Barriers constructed out of logs or boulders at about 10-15 meter below the road are used to catch materials falling down or in some cases to allow for controlled dumping of excavated materials. Trenches, excavated by excavator, are also used for this purpose. These features are especially important to protect the valley side vegetation and to create spoil disposals near the excavation site. The latter is important since transport of excavated materials is relatively expensive.

Controlled blasting is adopted in order to minimize damages to the down hill environment and to prevent destabilization of the remaining slopes (see figure 3). Marshy areas are drained before excavation is allowed through the construction of French drains and other water management structures such as catch drains.

Permanent structures and the base course are now taken up with the formation-cutting works in one contract. This provides an incentive for the contractor to ensure that excavated useful materials like boulders are kept aside and are used in the permanent works. It also ensures that proper water drainage is available already during the first monsoon, which decreases the risk of erosion and landslides (see figure 4). A new design for retaining walls, with gabion boxes, has been introduced. These walls are permeable and are flexible enough to adapt to small slope movements.



figure 5: bio-engineering

Bioengineering works are carried out in conjunction with the construction of support structures like breast- and retaining walls. This use of selected vegetation to stabilize and protect slopes against erosion in the monsoon has proven to be very successful (see figure 5).

## Quality Assurance

Quality Assurance has got a high priority in the Environmental Friendly Road Construction Project. In all stages of the project cycle from design to maintenance the quality will be enforced through Quality Assurance Plans in which all activities for process and product control are planned and described. The contractors are trained in the production and execution of Quality Assurance Plans to enable them to carry out the works in accordance to the technical specifications. The clients (like the Department of Roads) are trained to control the contractors and to ensure the quality of the design and of the bidding documents including the technical specifications. Besides the Standard and Quality Control Authority is supported to carry out audits and trainings in the field of quality assurance

## Economic feasibility of EFRC

The initial investments in the first (two) year(s) of construction in EFRC roads are higher than for the traditional roads constructed in the past. The increase in investment goes, however, hand in hand with an improved road standard and road quality. The maintenance and monsoon restoration costs are therefore substantially lower over the total life time of the road. As shown in the figure below the EFRC roads become already economically feasible after about eight years.

The improved quality of the roads also leads to lower vehicle movement costs, which has a significant positive impact on the economic benefits of the roads. Other indirect (economic) benefits are: fewer road

blockages, fewer damages to flora and fauna and fewer damages to (private) properties and cultural heritage sites.

Because on the relatively low economic rate of return (mainly caused by the low population density), investments in single roads will remain difficult to justify. RGoB with support from the World Bank has prepared a Transport Sector Note in which a more integrated approach to road investments is proposed. The development of Transport Plans at district and national level, where different road categories (and transport means) are combined in transport networks is promoted. The development of transport networks with an increased in service area, combined with additional sector interventions (like agriculture, forestry, health, and education) is essential to justify the continued investment in road construction in Bhutan.



For more information please refer to the EFRC Support Project, SNV Bhutan Technical Assistance team, Mr. Hendrik Visser, P.O. Box 815, Thimphu, Bhutan, [hendrik@druknet.bt](mailto:hendrik@druknet.bt)

## References

- Bhutan 2020 – A vision for Peace, Prosperity and Happiness, 1999, Planning Commission, RGoB.
- Bhutan's Ninth Five Year Plan, 2002, RGoB.
- Environmental Assessment Act, 2000, National Environment Commission, RGoB.
- Various standards and documents of Department of Roads, RGoB.
- Roads Planning & Management Strengthening Project, Final Report, June 2002.
- Environmental Friendly Road Construction Support Project document, February 2003, and other project documents [SNV Bhutan / Department of Roads].



# De krater in de Luikerweg bij Maastricht

Dr. R.F. Bekendam

GeoControl, Meidoorn 93, 6226 WG Maastricht, tel: +31 (0)43-3628523

E-mail: [geocontrol@planet.nl](mailto:geocontrol@planet.nl)

## Inleiding

In de nacht van 2 op 3 november 2003 daalde, tijdens een routinepatrouille, een politiebusje de Pietersberg af richting Maastricht. Plotseling zag de chauffeur een gat in de weg, dat zij maar net kon ontwijken. Bij nadere inspectie bleek het gat 4 bij 6 meter groot te zijn. Ook was een waterstroom hoorbaar. Toen de chauffeur en haar collega de telefoon pakten om te weten te komen waarom deze “wegwerkzaamheden” aan de Luikerweg niet waren afgezet, schoof het talud vlakbij het restaurant “Chalet Bergrust” het gat in en ontstond uiteindelijk een 8 meter diepe krater van 10 bij 10 meter. Een gietijzeren waterleiding bleek te zijn gebroken, waardoor circa drie miljoen liter water uit de hoger op de berg gelegen drinkwaterreservoirs in het gangenstelsel was gestroomd. De patrouille sloeg alarm, en het gat werd door politie en brandweer afgezet (Fig. 1).

Inmiddels werd duidelijk dat er sprake was van een instorting in een “mergelgrot”. In Nederlands en Belgisch Limburg zijn namelijk in de zachte, tijdens het Boven-Krijt (Maastrichtien) afgezette, kalksteen in totaal meer dan 400 ondergrondse gangenstelsels uitgezaagd en -gekapt<sup>1</sup>. Instortingen in deze gangenstelsels treden met enige regelmaat op, welke, afhankelijk van het type instorting en de geologische configuratie, gepaard kunnen gaan met ernstige verzakkingen aan het oppervlak<sup>2</sup>. De krater in de Luikerweg lag boven een instabiel en niet voor het publiek toegankelijk gedeelte van het Noordelijk Gangenstelsel. Voor alle zekerheid werden toeristische rondleidingen in het gangenstelsel voorlopig stopgezet. In opdracht van de door de Gemeente Maastricht ingeschakelde gespecialiseerde aannemer GEO Organisation BV heeft GeoControl onderzoek gedaan naar de stabiliteit van het gangenstelsel in de directe omgeving van de krater en de mogelijke gevaren onder- en bovengronds [1]. Bij alle aspecten van stabiliteit en veiligheid is het Staatstoezicht op de Mijnen nauw betrokken geweest.

## Voorgeschiedenis

De instortingskrater heeft zich gevormd boven een oud instortingsgebied (Fig. 2), dat op een bijzondere manier is ontstaan. In 1794 heeft het Franse leger geprobeerd om de stellingen van de verdedigers een slag toe te



Fig. 1. De net gevormde instortingskrater (Dagblad De Limburger, 4-11-2003). Op de achtergrond Chalet Bergrust.

brennen door de daaronder gelegen gangenstelsels te doen instorten met behulp van enkele vaten buskruit [2]. Deze acties waren in zoverre “succesvol” dat een grootschalige pilaarinstorting is opgetreden, waarbij binnen enkele secondes enkele hectares gangenstelsel werden verwoest. In 1813 zouden de Fransen op dezelfde wijze nog een instorting hebben veroorzaakt [3]. Waarschijnlijk ten gevolge van roofofbouw en de door de ontploffingen aangerichte schade zijn in de eerste helft van de negentiende eeuw nog één of meer grootschalige pilaarinstortingen opgetreden.

Bij een grootschalige pilaarinstorting komen het mergeldak en de bovenliggende grondlagen enkele decimeters tot enkele meters naar beneden en worden de pilaren sterk in elkaar gedrukt [4]. De instorting doet altijd een krachtige drukgolf ontstaan die ook voor personen in andere delen van het gangenstelsel, en zelfs buiten de groeve bij de ingang, dodelijk kan zijn (bij kleinschalige, lokale dak- of pilaarinstortingen treedt een dergelijke drukgolf uiteraard niet op). Het instortingsgebied wordt meestal door schuifbreuken begrensd die van het instortingsgebied af hellen onder een hoek van rond de 70° (Fig. 3). Bovengronds ontstaat dan altijd een verzakkingsgebied. In Nederlands en Belgisch Limburg zijn tot nu toe minstens tien (niet door explosieven geïnduceerde) grootschalige instortingen van ondergrondse mergelgroeves opgetreden. De oorzaak is meestal kruipvervorming van te klein

<sup>1</sup> De benaming “mergel” is strikt genomen onjuist. Het gaat hier namelijk om een vrijwel pure kalksteen, terwijl mergel officieel een mengsel is van klei en kalk. Omdat “mergel” zo sterk is ingeburgerd, wordt deze benaming in dit artikel toch aangehouden.

<sup>2</sup> Overigens dient te worden opgemerkt dat de voor toeristen toegankelijke gangenstelsels regelmatig op stabiliteit en veiligheid worden geïnspecteerd.

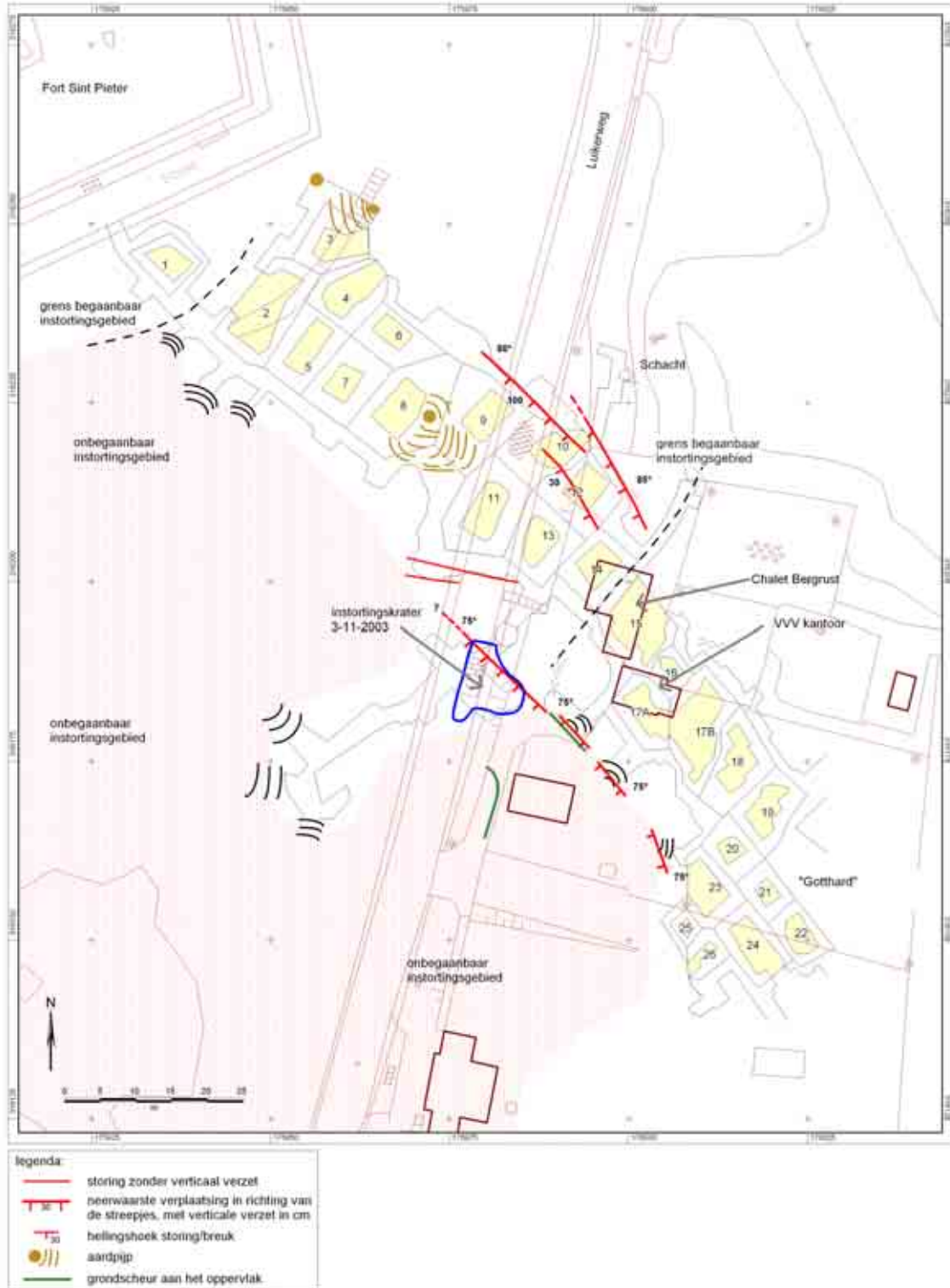


Fig.2. Plattegrond van het gangenstelsel en de topografie van de bovengrond.

gedimensioneerde pilaren, eventueel in combinatie met roofofbouw. Van oktober t/m december 1992 waren op de plaats van de instortingskrater al enkele malen beperkte verzakkingen opgetreden. Daarvóór, in augustus van dat jaar, was ondergronds al lekkage geconstateerd in de gang ten noordoosten van de latere verzakkingen. Het dak van deze gang stortte die maand nog in, waardoor de doorgang werd versperd (Fig.2; zwarte cirkel in gang getekend). Het is niet duidelijk of instroming van water in de ondergrond of instabiliteit van het gangenstelsel op zich toen de primaire oorzaak was van de verzakkingen en de ondergrondse instorting. In januari 1993 werd de verzakking opgevuld, met op 1 meter diepte een betonnen plaat en nieuwe bestrating aan het oppervlak.



Fig. 3. Veel voorkomende geometrie van een grootschalige instorting.

#### Situatie bovengronds en in de krater

In krater was te zien dat de mergel door 2 tot 2.5 m grond wordt bedekt. De kraterwanden hielden aan de west- en zuidkant  $60^\circ$  tot  $70^\circ$  naar binnen, maar aan de noordoostkant werd de krater door een breuk begrensd (Fig. 2) en helde de kraterwand circa  $75^\circ$  naar buiten (noordoosten). Het mergel- en grondpakket was langs deze breuk afgegleden. De breuk had een opening van plaatselijk meer dan een decimeter. Deze breuk ligt in het verlengde van- en maakt deel uit van een stelsel breuken dat het onbegaanbare deel van het instortingsgebied begrenst volgens de geometrie van Fig. 3. De gietijzeren waterleiding, die parallel aan- en onder de oostzijde van de Luikerweg op een diepte van circa 4 meter ligt, was afgebroken op de intersectie met de breuk aan de noordkant van de krater, terwijl aan de zuidkant een leidingsegment uit de pakking getrokken leek te zijn.

Vanuit de krater was een nauwe doorgang in noordoostelijke richting die eerder door de ondergrondse instorting van 1992 was versperd. Bij inspectie in de krater door GEO BV bleek ook dat de gang in zuidwestelijke richting, ongeveer onder de westrand van de Luikerweg, geheel versperd was door mergelblokken met daarboven op modder, die tijdens- en mogelijk ook vóór de vorming van de instortingskrater was binnengestroomd. Aan het groevedak, ongeveer onder de westrand van de Luikerweg, waren recent gevormde kalkafzettingen,

zoals stalactieten met een lengte tot 1 cm, zichtbaar.

#### Eerste opvulling

Op 3 november was door de Gemeente Maastricht een poging gedaan om de krater op te vullen met een zand-cement mengsel. Deze poging werd al snel gestaakt omdat de te hoge viscositeit een adequate opvulling onmogelijk bleek te maken. Op 13 november werd door GEO Organisation de krater tot de bovengenoemde blokkades met succes opgevuld tot iets onder het niveau van de waterleiding. Hiervoor werd  $350 \text{ m}^3$  dämmer gebruikt, een vulmiddel dat speciaal voor opvulling van ondergrondse ruimtes is ontwikkeld. Door de samenstelling aan te passen kan de gewenste E-modulus, druksterkte en uithardingstijd worden verkregen. De hier gebruikte dämmer had een consistentie die is te vergelijken met die van karnemelk, waardoor het materiaal de kleinste openingen in de ondergrond binnendringt. Tevens vertoont dit vulmiddel bij uitharding niet of nauwelijks krimp. Meteen vanaf het begin had de krater een overweldigende -wat overdreven- aandacht van de media gekregen. Tijdens deze opvullingen stond het parkeerterrein onder Chalet Bergrust helemaal vol met TV-wagens. Geen enkele omroep leek dit "evenement" te willen missen.

#### Situatie in de ondergrondse groeve in de directe omgeving van de krater

Zoals reeds is opgemerkt is de instortingskrater ontstaan boven een oud instortingsgebied. Het onderzoek diende antwoord te geven op de vraag in hoeverre er gevaar bestond voor verdere instortingen en verzakkingen in de directe omgeving van de krater, met name onder de Luikerweg en onder Chalet Bergrust.

Een begaanbaar deel strekte zich uit van het zuidoosten, dat in verbinding staat met de toeristische ingang van het Noordelijk Gangenstelsel, naar het noordwesten, dat in verbinding staat met het Fort Sint Pieter (Fig. 2). Dit begaanbare gedeelte is deels instortingsgebied (pilaren 2-14), in Fig. 2 begrensd door zwarte stippellijnen. Hier is tijdens de grootschalige instorting van ruim 200 jaar geleden het mergel- en grondpakket als geheel enkele decimeters naar beneden gekomen (Fig. 4). Hierbij zijn de pilaren sterk in elkaar gedrukt en is ernstige scholvorming opgetreden (Fig. 5). De pilaren zijn over een groot deel van hun oorspronkelijke hoogte omgeven met puin uit de pilaren zelf en uit het dak. Plaatselijk ligt het puin tot boven het oorspronkelijk dakniveau, en was doorgang alleen mogelijk dankzij koepelvorming in het dak.

Het gangenstelsel bij pilaar 1, vlakbij het fort, is nog geheel intact, terwijl pilaren 16-26, hoewel eveneens niet ingestort, wél sterk zijn beschadigd. Op diverse locaties stuit men in zuidwestelijke richting op het onbegaanbare deel van instortingsgebied, dat door een stelsel van circa  $75^\circ$  naar het noordoosten hellende breuken wordt begrensd volgens de geometrie van Fig. 3.



Het begaanbare instortingsgebied werd aan de noordoostkant onder de Luikerweg begrensd door een aantal breuken met een verticaal verzet tot 100 cm (Fig. 6). Dit zijn natuurlijke joints of breuken, die als afschuivingsvlak tijdens de grootschalige instorting hebben gefungeerd. De breuken hadden openingen van meerdere centimeters. Door deze breuken is water en modder naar binnen gestroomd, maar niet recent want de modder was compleet droog.

De grootschalige instorting van rond 1800 heeft zich dus “getrapt” voorgedaan. Hierbij is het mergel- en grondpakket in het begaanbare deel minder naar beneden gekomen, met minder pilaarverkortening en minder intensieve instorting van het groevedak boven de gangen, dan in het onbegaanbare instortingsgebied ten zuidwesten daarvan.

### Stabiliteit van het dak

Behalve dat de bovengrond als geheel langs breuken naar beneden was gekomen, waren ook de onderste mergellagen van het groevedak op vele plaatsen ingestort. Hierbij waren koepels ontstaan die zich naar boven uitstrekten tot 6 m boven het oorspronkelijke dakniveau (Fig. 7). De dikte van het mergeldak was hier dus aanzienlijk gereduceerd. Verder bleek het groevedak veelvuldig door joints doorsneden te zijn. Door deze joints waren op een aantal plaatsen plantewortels gegroeid (Fig. 8), hetgeen een extra aanwijzing was voor een mergeldak van slechts enkele meters dikte. Vervolgens zijn op een halve meter nauwkeurig de hoogtes van de koepels boven het oorspronkelijke dakniveau geschat. Vanwege de gevaarlijke situatie ondergronds - in het dak hingen op vele plaatsen losse, tot een ton zware, gesteentefragmenten - was een meer nauwkeurige waterpassing niet verantwoord. De geschatte diktes van het mergeldak boven deze koepels zijn weergegeven in Fig. 9. Met name in de directe omgeving van de Luikerweg, rond de pilaren 6 t/m 14, bleek de dikte van het mergeldak (plaatselijk minder dan 4 meter) uiterst gering te zijn. Tijdens het onderzoek waren binnen enkele dagen scheuren, die losse dakfragmenten begrenzen, breder geworden.

Op basis van deze waarnemingen bleek duidelijk dat er gevaar bestond voor nóg een lokale instorting over de gehele dikte van het mergeldak, met als mogelijk gevolg de vorming van een nieuwe instortingskrater aan het maaiveld, met een oppervlakte in de orde van 10 bij 10 meter.

### Stabiliteit van de pilaren

Met behulp van de in [4] t/m [6] ontwikkelde berekeningsmethode is voor de pilaren een veiligheidsfactor SF berekend:

$$SF = \frac{S_p}{S}$$

waarbij  $S_p$  gelijk is aan de pilaarsterkte en  $S$  de gemiddelde verticale spanning, die door het bovenliggende gesteente/grond pakket op de pilaar wordt uitgeoefend. Praktijkervaring wijst uit dat een veilige waarde boven 1.5 tot 2 ligt. Hierbij is ook de mogelijke lange-termijn verzwakking van de pilaren ten gevolge van kruip verdisconteerd. De pilaarspanning  $S$  wordt berekend met de tributary area-methode. Hierbij wordt het gewicht beschouwd van de gesteente- en grondlagen boven de pilaar en een deel van de gangen die de pilaar begrenzen (zie bijvoorbeeld Fig. 2). Bij de berekening zijn de huidige pilaarafmetingen, dus die van na de grootschalige instorting van rond 1800 gebruikt.

De veiligheidsfactoren zijn gepresenteerd in Fig. 10. In het instortingsgebied hadden 4 pilaren een voldoende stabiliteit (SF van meer dan 2), 3 pilaren een twijfelachtige stabiliteit (SF van 1.5 tot 2) en 6 pilaren een onvoldoende stabiliteit (SF van minder dan 1.5). De pilaren 14 en 15 onder Chalet Berggrust hadden een veiligheidsfactor van meer dan 3 (ruim voldoende). De meeste pilaren buiten het instortingsgebied, richting "Gotthard", hadden een onvoldoende veiligheidsfactor van minder dan 1. Wat betreft de veiligheidsfactor van reeds ingestorte pilaren dient nog te worden opgemerkt dat deze, ondanks de instorting en de ernstige pilaarschade, toch nog voldoende kan zijn. Dit komt doordat de betreffende pilaar voor een groot deel van zijn oorspronkelijke pilaarhoogte zijwaarts wordt gesteund door mergelpuin. Mede hierdoor is de grootschalige instorting toentertijd tot stilstand gekomen.

Om te kunnen bepalen of onvoldoende pilaarstabiliteit ook daadwerkelijk tot een nieuwe pilaarinstorting kan leiden, dient de boogwerking van het mergeldak te worden beschouwd. Het gaat er hierbij om of het te veel aan verticale druk op de te zwakke pilaren via het mergeldak voldoende naar de massieve mergel naast het gangenstelsel kan worden afgebogen. De kans hierop neemt toe bij een toenemende totale dikte van het mergeldak en bij een afnemende totale overspanning van het gangenstelsel (zie Fig. 11). Alle datapunten uit dit figuur komen overeen met gangenstelsels, of delen daarvan, waarvan de meeste pilaren zijn bezweken. Het linker bovengedeelte van het diagram bevat gevallen waar geen grootschalige instorting heeft plaats gevonden, terwijl rechtsonder alleen ingestorte groeves zijn aan te treffen. Bij benadering kan een scheidslijn tussen deze twee gebieden worden getrokken, die overeenkomt met de maximale spanningsboog voor een bepaalde dikte van het mergeldak. Fig. 11 laat zien dat, zonder de vele breuken en storings in beschouwing te nemen, een grootschalige instorting van het nog begaanbare gangenstelsel niet mogelijk bleek te zijn. Hiervoor is de totale overspanning van het gangenstelsel te klein, en dus de boogwerking te sterk. Deze conclusie gaat op voor het gebied ten zuidoosten van Chalet Berggrust. Een verdere pilaarinstorting was



Fig. 4. Tijdens een grootschalige instortingen afgesholde pilaarwand, die, voordat deze door rotatie naar rechts op de vloer terecht kon komen, door het plotseling neerdalende groevedak is vastgeklemd.



Fig. 6. Natuurlijke storing, waarlangs het linker (zuidoostelijke) gedeelte ca. 30 cm naar beneden is bewogen tijdens één van de grootschalige instortingen van rond 1800.



Fig. 5. Enkele decimeters ineen gedrukte pilaar.



Fig. 7. Koepelvorming tot 6 m boven het oorspronkelijke dakniveau.



Fig. 8. Plantenwortels die door storingen in het mergeldak tot in de ondergrondse groeve zijn gegroeid.

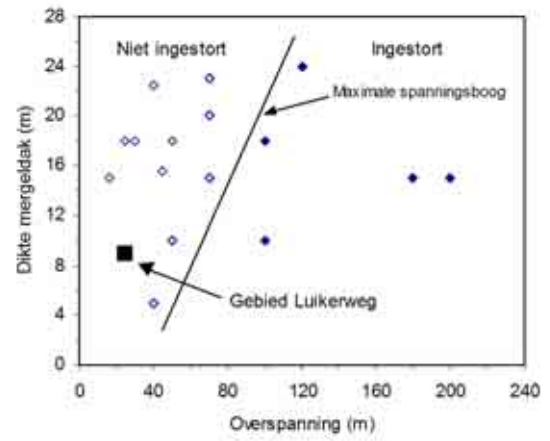


Fig. 11. Boogwerking boven het gangenstelsel.

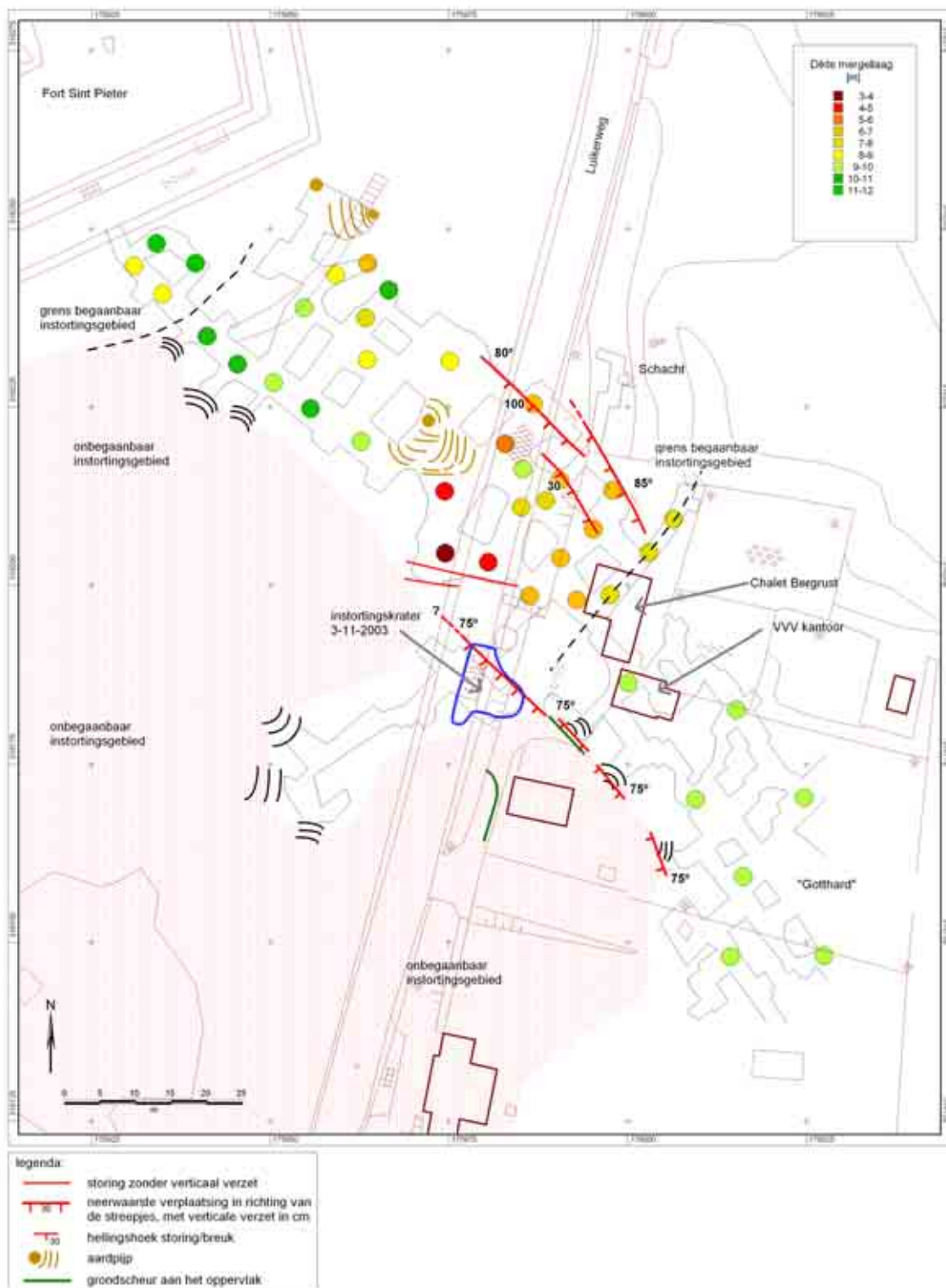


Fig. 9. Huidige dikte van het mergeldak.

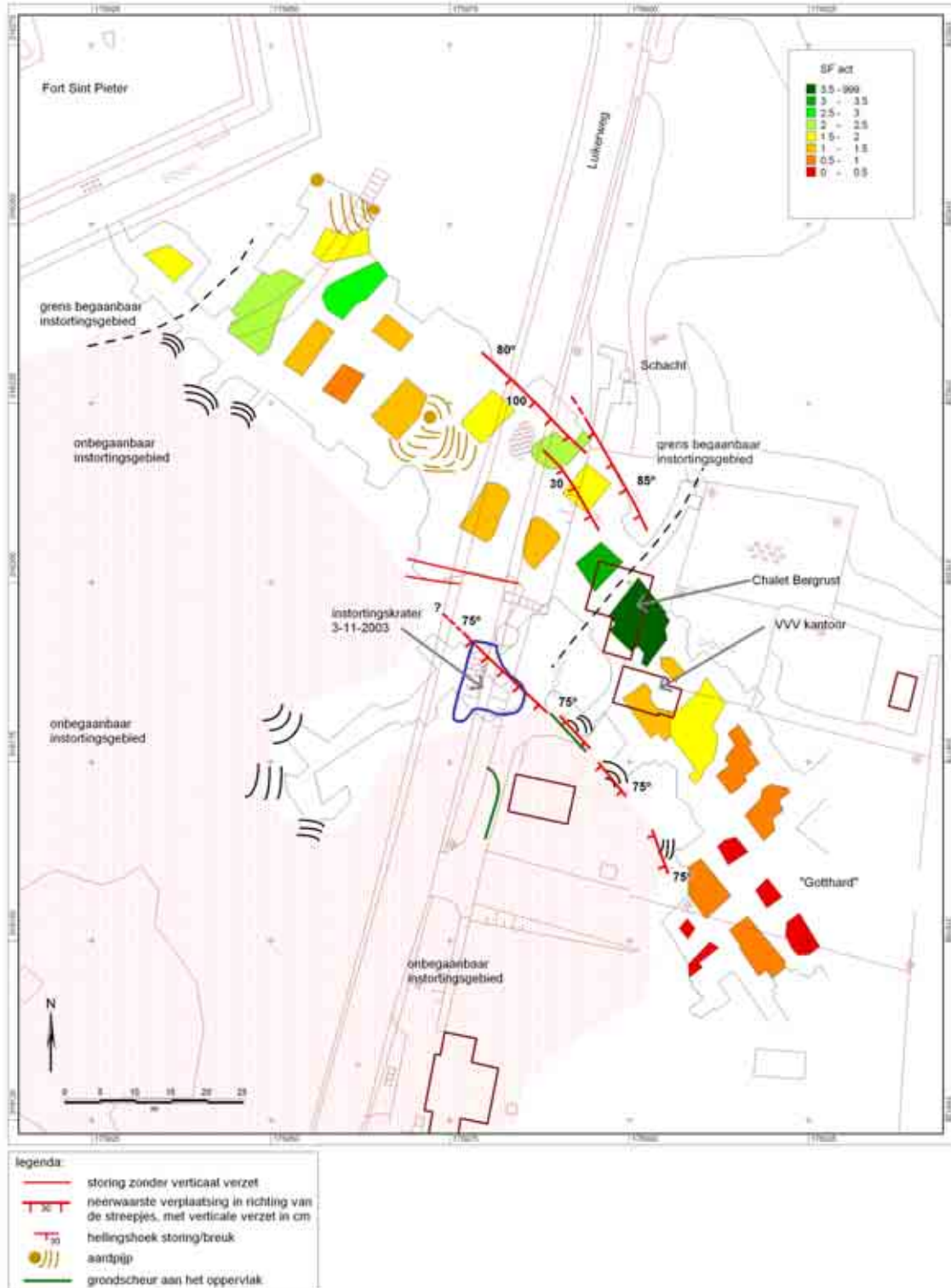


Fig. 10. Veiligheidsfactoren van de pilaren.

wèl mogelijk in de directe omgeving van de Luikerweg, omdat daar het mergeldak maar enkele meters dik is èn er een aantal grote breuken en storingen voorkomen. De beschermende boogwerking door het mergeldak wordt hierdoor verstoord. De reeds sterk ineens gedrukte pilaren, die onvoldoende sterkte hebben, zouden nog enkele decimeters verder kunnen worden samengedrukt bij een instorting van mergel en grond langs de aanwezige breuken en storingen. Onder de Luikerweg en directe omgeving bestond dus gevaar voor een dakinstorting over de gehele breedte van het gangenstelsel, gecombineerd met een verdere samendrukking van de pilaren, met verzakking en mogelijk vorming van instortingskraters over een gebied in de orde van 25 bij 25 meter aan het maaiveld als gevolg. Een zware drukgolf, die bezoekers in andere delen van het Noordelijk Gangenstelsel in gevaar zou brengen, zou hierbij overigens niet kunnen worden gegenereerd. Hiervoor zou het instortingsgebied te klein zijn en ook zou de pilaarverkorting bij een verdere instorting te gering zijn.

#### Maatregelen

De Luikerweg en directe omgeving werden dus bedreigd door het gevaar van verzakkingen en de vorming van instortingskraters. Het onveilige gebied, inclusief een veiligheidszone rondom potentieel ondergronds instortingsgebied, strekte zich uit tot 20 meter aan weerszijden van de Luikerweg. Om dit gebied weer toegankelijk te maken voor personen en voertuigen, en om de waterleidingen tegen (nieuwe) breuk te behoeden, was versteviging van het onderliggende gangenstelsel noodzakelijk.

Het ommuren van pilaren met metselwerk was geen optie, omdat hiervoor langdurig mensen in een risicogebied zouden moeten werken. Bovendien was het groevedak in zo'n slechte staat dat deze vrijwel overal door boogconstructies en dergelijke ondersteund zouden moeten worden.

Opvulling met een geschikt vulmiddel, aangevoerd door boorgaten was wèl mogelijk. Begin december is het gebied van pilaren 6 en 7 tot pilaar 15 tot aan het groevedak dan ook met ruim 3000 m<sup>3</sup> dämmer opgevuld. Daardoor kan het groevedak nu niet of nauwelijks meer zakken en worden de pilaren over de gehele hoogte aan de zijkant gesteund, waardoor deze niet verder in elkaar kunnen worden gedrukt. Ernstige verzakkingen of het ontstaan van instortingskraters aan het maaiveld zijn niet meer mogelijk. Wel dient te worden opgemerkt dat de groeievloer wordt bedekt door enige meters mergelpuin, die enige zetting kan vertonen, wanneer het mergeldak de opvulling en dus ook het mergelpuin zou belasten. Geringe nazakking in de orde van een decimeter aan het maaiveld zijn dan ook nu nog opvulling nog mogelijk. Tot na het opvullen en de

uitharding van de dämmer bleef de Luikerweg afgezet, vonden geen toeristische rondleidingen in het gangenstelsel plaats, en is Chalet Bergrust enkele weken gesloten geweest.

#### Epiloog

Mede op advies van het Staatstoezicht op de Mijnen dienen de risico's op verdere verzakkingen boven het instortingsgebied ten zuiden van de instortingskrater nader te worden onderzocht. Voor enkele delen van dit gebied zijn dergelijke studies reeds verricht.

Verder is nog onduidelijk in hoeverre de Gemeente Maastricht of de Waterleidingmaatschappij Limburg (WML) voor de kosten opdraait. Hierbij speelt een "kip of ei" discussie over de primaire oorzaak van het ontstaan van de krater een belangrijke rol: is instabiliteit van de ondergrond de primaire oorzaak van lekkage van de waterleiding of is het tegendeel het geval?

#### Literatuur

1. Bekendam, R.F. (2003) Het Noordelijk Gangenstelsel in de directe omgeving van de instortingskrater onder de Luikerweg - stabiliteit en verstevigingsmaatregelen - , In opdracht van GEO Organisation BV, 20 pag. met bijlagen.
2. Notermans, J. (1980) Fort Sint Pieter, Maastrichts Silhouet, Stichting historische reeks Maastricht (pp 24)
3. Venmans, A. (1985) Instability in the St. Pietersberg room and pillar workings, Memoirs of the Centre for Engineering Geology in The Netherlands, 28 (pp 125).
4. Bekendam, R.F. (1998) Pillar stability and large-scale collapse of abandoned limestone room and pillar mines in South-Limburg, The Netherlands, Dissertatie TU Delft (pp 361)
5. Bekendam, R.F. (2000) Stabiliteitsbepaling ondergrondse mergelgroeven, GeoControl rapport, Contr.nr. 66141, In opdracht van Staatstoezicht op de Mijnen, 76 pag.
6. Bekendam, R.F. (2001) Stabiliteitsbepaling van het gebied "Aardappelgang" in het Noordelijk Gangenstelsel (St. Pietersberg), In opdracht van Vereniging Natuurmonumenten, 17 pag. met bijlagen.

# Het Kwelgedrag van het Voorste Diep

*Drs. Jan H.J. Ebbing, Ing. Adrie C.T. van Ruiten en Ing. Koen J.J. Kanen*

*Syncera GeoData, Dr. Stolteweg 54A, 8025 AX Zwolle, Tel. +31(0)38-7507000, email: [jeb@syncera-geodata.nl](mailto:jeb@syncera-geodata.nl)*

## 1 Inleiding

De provincie Drenthe verricht al enige tijd, samen met de Waterleidingmaatschappij Drenthe (WMD), onderzoek aan de kwelsituatie in de omgeving van het dal van het Voorste Diep. Concreet lag in het voorjaar van 2003 nog de volgende probleemstelling op tafel: uit modelresultaten kwam een extreem natte kwelzone naar voren ter hoogte van het genoemde dal, die niet aansluit bij de veldwaarnemingen die wijzen op een relatieve droogte en het ontbreken van duidelijke kwelverschijnselen.

De provincie Drenthe heeft Syncera GeoData juni 2003 opdracht gegeven om in relatie tot de genoemde probleemstelling een nader geologisch onderzoek uit te voeren. Dit diende te gebeuren met behulp van de aanwezige boorgegevens, geo-elektrische gegevens, sonderingen en andere relevante ondergrond informatie. Dit betroffen zowel analoge als digitale gegevens. Het doel van het onderzoek was het vinden van een verklaring voor het, ten opzichte van het geohydrologische model, afwijkende kwelgedrag van het dal van het Voorste Diep.

## 2 Werkwijze

Relevante literatuurinformatie over het onderzoeksgebied is geanalyseerd, hierbij is vooral gezocht naar informatie over de geologische opbouw en de opbouw van de relevante te onderscheiden geologische eenheden. Daarnaast zijn alle voor handen zijnde bestaande ondergrondgegevens verzameld. Deze gegevens zijn geherinterpreteerd en opgenomen in een relationele projectdatabase. Met behulp van deze digitale informatie is er een ruimtelijk ondergrondmodel gemaakt, dat als basis dient voor de oplossingsrichting.

### 2.1 Relevante geologische informatie

Het onderzoeksgebied ligt voornamelijk op de Hondsrug, ten zuiden van Gasselte, waarbij het dal eindigend op het Voorste Diep centraal ligt (figuur 1). In deze bijdrage wordt niet diep in gegaan op de ontstaanswijze van de Hondsrug en haar relatie met het Hunzedal. Hierover bestaan meerdere visies, die buiten de feitelijke scope van het onderzoek vallen. De door de voormalige Rijks Geologische Dienst aangehangen,

meest gangbare, visie is in het kort de volgende: het huidige landschap waartoe de Hondsrug en het Hunzedal behoren is vooral gevormd tijdens de voorlaatste ijstijd. Waarbij de Hondsrug een bewaard gebleven relict is van het toen aanwezige landijs, dankzij de achtergelaten grondmorene (keileem). Terwijl het Hunzedal juist sterke erosie heeft ondergaan, waarbij oudere afzettingen volledig of deels zijn verdwenen. Het is tevens van belang om te weten dat het Hunzedal ook al voor het Saalien een belangrijke depressie in het landschap vormde.

Uit de gepubliceerde geologische kaart, Assen West en Oost (Bosch, 1990), zijn de voor dit onderzoek van belang zijnde geologische eenheden<sup>1</sup> gedistilleerd. De interne opbouw en samenstelling (lithologie) van deze eenheden is kritisch geëvalueerd.

### 2.2 Ondergrondgegevens

Er kon gebruik gemaakt worden uit een drietal type ondergrondgegevens, zijnde: boorgegevens, geo-elektrische gegevens en sonderingen. De geo-elektrische gegevens en een deel van de boorgegevens heeft de WMD beschikbaar gesteld, terwijl de sonderingen die voor een eerdere studie waren gemaakt zijn aangeleverd door Geo-Delft. De belangrijkste bron voor boorgegevens was evenwel de DINO-database van TNO-NITG.

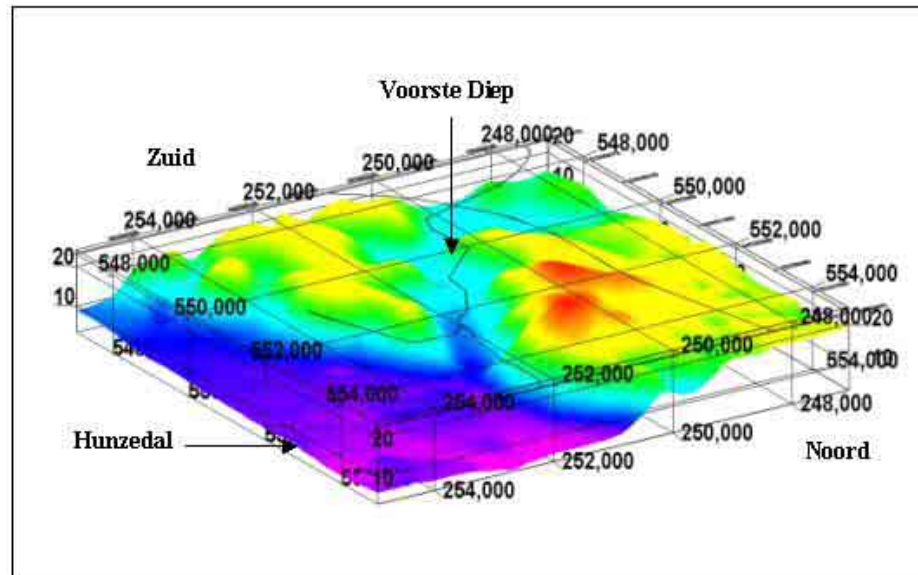
Met het bestaande en verworven inzicht, na evaluatie van de geologische informatie, zijn de bestaande ondergrondgegevens geuniformiseerd, geherinterpreteerd en opgeslagen in de projectdatabase. Hierbij zijn de geo-elektrische metingen en de sonderingen indicatief vertaald naar lithologie om tot een uniforme database te kunnen komen. Zonder uniforme database is het immers niet mogelijk om een betrouwbaar consistent ondergrondmodel te bouwen.

### 2.3 Ruimtelijk ondergrondmodel

De in de projectdatabase opgeslagen gegevens in combinatie met de regionale geologische kennis vormen de basis voor de ruimtelijke modellering, die op haar beurt de basis vormt van de contourbeelden en profielen.

<sup>1</sup> Omdat de resultaten van dit onderzoek moesten aansluiten bij eerder onderzoek is de oude stratigrafie gebruikt en niet de door Weerts e.a. (2000) gepresenteerde en onlangs door TNO-NITG geïmplementeerde nieuwe stratigrafie.

Figuur 1



Figuur 1: Ruimtelijk beeld van de oppervlaktetopografie rond het Voorste Diep, een zijdal van de Hondsrug.

### 3 Resultaten

De belangrijkste resultaten worden kort beschreven en er wordt tevens een toelichting gegeven op de keuzes die gaande het onderzoek zijn gemaakt. Over deze keuzes is destijds tussentijds overleg geweest met de opdrachtgever.

#### 3.1 Geologische eenheden en hun samenstelling

In het studiegebied vormt de Formatie van Urk (soms de Formaties van Harderwijk en Enschede) de fluviatiele basis van het voor deze studie relevante sedimentpakket. De top van deze afzettingen ligt meestal op 40 tot 50 meter beneden NAP. Een voor dit onderzoek belangrijke eenheid vallend binnen de Formatie van Urk is de Groene Bank Afzetting, een kustnabije afzetting. De genoemde fluviatiele afzettingen worden in dit deel van Nederland vaak doorsneden door diepe erosiegeulen, die opgevuld zijn met glaciale sedimenten behorende tot de Formatie van Peelo (fluvioglaciaal, lacustroglaciaal). Sedimenten van deze formatie in dit gebied dekken de genoemde fluviatiele afzettingen ook af zonder een duidelijke insnijding. Op zijn beurt wordt de Formatie van Peelo bedekt door afzettingen

behorende tot de Formatie van Drenthe (glaciaal, fluvioglaciaal) en Twente (dekzand, fluvioperiglaciaal, hellingafzettingen). In het Hunzedal worden lokaal tussen de laatstgenoemde eenheden de afzettingen behorende tot de Eem Formatie (vnl. mariene klei, soms veen) aangetroffen. De top van de Formatie van Twente ligt aan het maaiveld, tenzij ze zelf door de Formatie van Singraven (beekafzettingen) of de Formatie van Griendtsveen (veen) wordt afgedekt.

De belangrijkste constatering, na bestudering van de literatuur en ondergrondgegevens, is de feitelijke onbruikbaarheid van deze geologische eenheden als basis voor het benodigde ondergrondmodel. Uit de korte lithologische beschrijving van deze eenheden blijkt dat het lithologisch erg heterogene afzettingen zijn die allen bijvoorbeeld zowel zand als klei bevatten. Daarbij komt dat zonder een erg gedetailleerde monsterbeschrijving en –analyse de samenstelling van de zanden veelal erg op elkaar lijkt. Dit laatste is overigens logisch omdat het zand van de Formatie van Urk weer omgewerkt opgenomen is in de Formatie van Peelo en uiteindelijk in de Formatie van Drenthe.



Een belangrijker resultaat van de geologische analyse is de constatering dat; in alle pakketten kleilagen, c.q. kleilaagjes voorkomen en dat sommige zandtrajecten sterk siltig kunnen zijn. Waarbij opgemerkt moet worden dat de siltigheid van zand versus de gelaagdheid van zand, met kleilaagjes, in gespoelde boormonsters vaak moeilijk is vast te stellen.

### 3.2 Ondergrondgegevens en projectdatabase

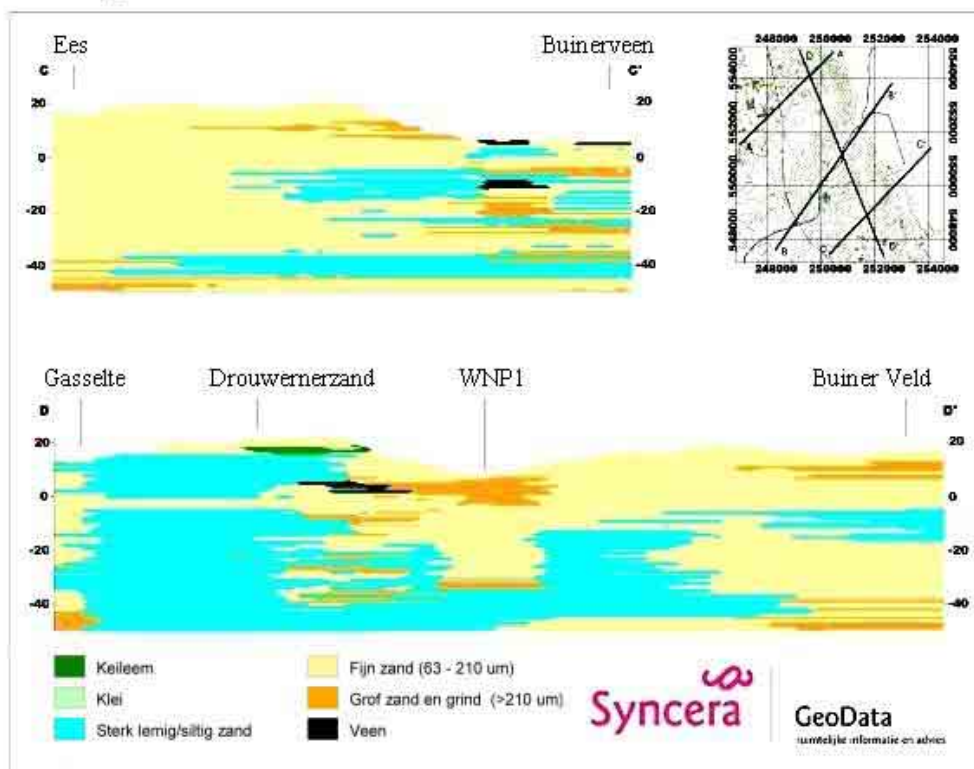
De overwegingen beschreven in paragraaf 3.1 hebben de keuze voor een puur lithologische benadering gestuurd. Immers, om de ruimtelijke verbreding van storende lagen in relatie tot grondwaterstromingen te karteren, kunnen de bestaande stratigrafische eenheden niet gebruikt worden. Deze zijn daarvoor te weinig specifiek, lees te heterogeen. Door de lithologie, met name klei versus zand, in een ruimtelijk beeld te vangen wordt mogelijk wel inzichtelijk waarom het dal van het Voorste Diep een afwijkend kwelgedrag heeft. Daarom is de keuze gemaakt om de projectdatabase zoveel mogelijk te vullen met objectieve lithologische informatie en geen overkoepelende en in dit geval subjectief sturende stratigrafische eenheden aan de database toe te voegen.

De bestudering van de beschikbare ondergrond gegevens (geo-elektriek, boringen en sonderingen) maakt een verdere opschoning noodzakelijk. Daarbij is na een aantal bewerkingen geconstateerd dat met name een cluster boorgegevens van het pompstation Gasselte erg heterogeen en zeer divers beschreven is. Een dergelijk cluster weegt dermate zwaar bij de geautomatiseerde vergridding dat het totale eindresultaat daardoor teveel wordt beïnvloed, terwijl de invloed van deze informatie op de opbouw van de ondergrond rond het dal van het Voorste Diep eigenlijk zeer beperkt zou moeten zijn. De cluster ligt daarbij ook nog aan de rand van het gedefinieerde onderzoeksgebied. Vanwege deze overweging is dit cluster boringen uit de dataset gefilterd, voordat het definitieve ruimtelijk ondergrondmodel werd gemaakt.

### 3.3 Ruimtelijk ondergrondmodel en afgeleide producten

Voordat er met een software pakket een ruimtelijk ondergrond model gemaakt kan worden moeten eerst de te onderscheiden eenheden geclassificeerd worden. Naar aanleiding van de bovenstaande discussie en

Figuur 2



Figuur 2: Een lithologisch dwars- en lengteprofiel (resp. C-C' en D-D') over de Hondsrug, ter hoogte van WNP1 ligt het Voorste Diep.

conclusies is er gekozen voor de volgende lithologische eenheden, met per eenheid een opmerking over de veronderstelde mate van waterdoorlatendheid:

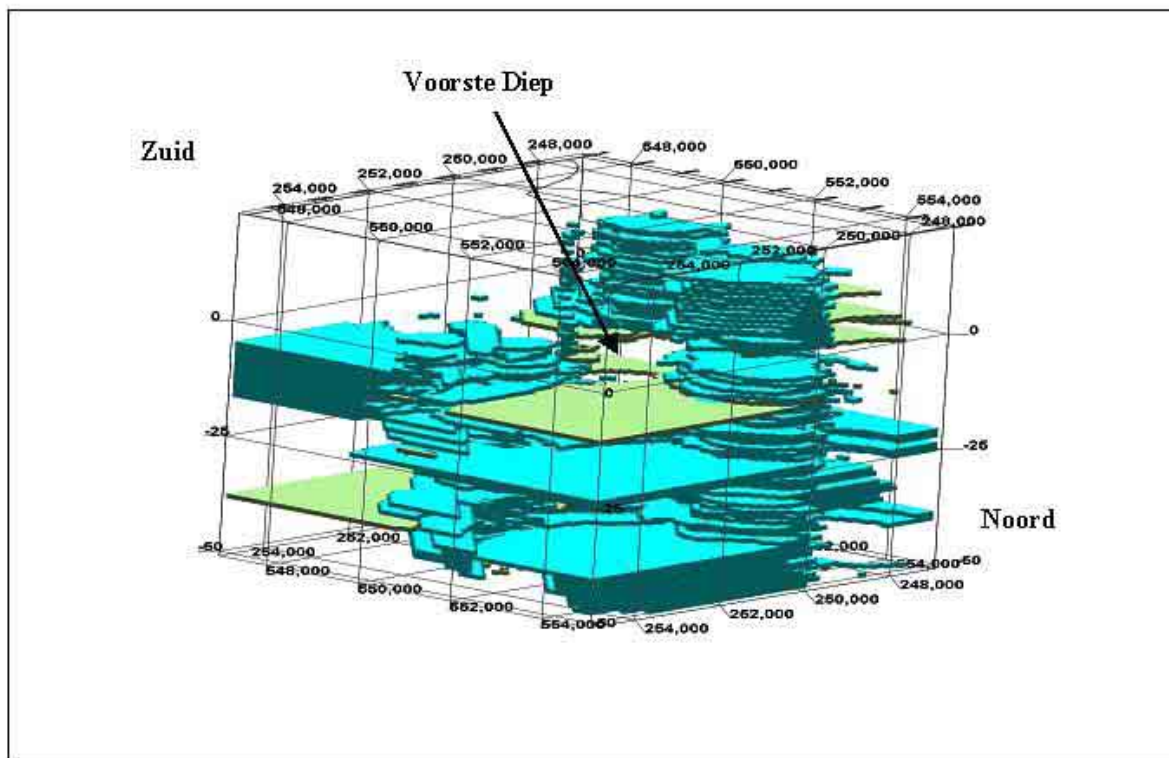
- De keileem, behorende tot de Formatie van Drenthe, gelegen op de Hondsrug vlak bij het maaiveld. Dit leempakket vormt een natuurlijke barrière voor de infiltratie van regenwater.
- De potklei, behorende tot de Formatie van Peelo, heterogeen voorkomend in de ondergrond is samengenomen met de kleilaag (onderdeel van de Groene Bank) behorende tot de Formatie van Urk. Deze klei vormt een natuurlijke barrière voor de grondwaterstroming.
- Matig (10 %) tot uiterst (50 %) siltig zand voornamelijk voorkomend in de Formatie van Peelo, maar ook in de Formatie van Urk. Zoals eerder aangegeven, is het de vraag of het werkelijk siltig zand is of zand met kleilaagjes, die tijdens het boren verspoelt zijn. Daarnaast is matig en zeker uiterst siltig zand slecht tot zeer slecht waterdoorlatend.
- Fijn zand (< 210 mm) zwak siltig (0 – 10 %), behorende tot de Formaties van Peelo, Urk, Twente, Eem en Drenthe, heterogeen voorkomend is samengenomen als een goed watervoerend pakket.

- Grof zand tot grind (> 210 mm) zwak siltig (0 – 10 %), behorende tot de Formaties van Peelo, Urk, Eem en Drenthe, heterogeen voorkomend is samengenomen als een zeer goed watervoerend pakket.
- Veem, voornamelijk behorende tot de Eem Formatie of de Formatie van Twente, heterogeen voorkomend is samengenomen als een goed watervoerend pakket.

Uit de variogram analyse bleek dat de data zeer heterogeen waren. Daarom is gekozen voor een eenvoudige gridmethodiek (kriging), waarbij door beperkte handmatige sturing rekening is gehouden met de geologie van het gebied. Anisotropie kon op basis van de data niet eenduidig worden vastgesteld. Met Rockware is een ruimtelijk ondergrond model gemaakt dat als basis heeft gediend voor de bijgevoegde overzichtsfiguren. De top van dat model wordt gevormd door een digitaal hoogtebestand dat de provincie ter beschikking heeft gesteld.

In figuur 2 zijn ter illustratie twee van de vier door het onderzoeksgebied gemaakte overzichtprofielen gegeven. De bovengenoemde classificatie is hierbij

Figuur 3



Figuur 3: Een 3D-beeld van de ondergrond rond het Voorste Diep, waarbij de orientatie gelijk is aan de orientatie in figuur 1. In deze figuur zijn alle goed watervoerende pakketten en de afdekkende keileem weggelaten.

omgewerkt naar de op de figuren genoemde legenda-eenheden. In de profielen vallen de volgende zaken op:

- Profiel C-C', het meest zuidelijke dwarsprofiel: opvallend is de afwezigheid van het keilempakket ondanks de hoogte van de Hondsrug op deze dwarsdoorsnede. Dit betekent dat regenwater hier ook goed kan infiltreren. Daarnaast is het aandeel lemig/siltig zand en klei beduidend geringer dan in de noordelijke profielen. Hoewel ook hier van enige beperkingen ten aanzien van vrije grondwaterstroming sprake zal zijn.
- Profiel D-D', het profiel in de lengterichting van de Hondsrug: dit profiel illustreert duidelijk een sterke isolatie van het dal van het Voorste Diep (met WNP1 centraal daarin) voor wat betreft water toestroom. In het noorden, onder Drouwenezand, is het dal volledig geïsoleerd. Ook van onderen uit is het dal geïsoleerd. Vanuit het zuiden is het dal in mindere mate geïsoleerd. In het dal zelf bestaat het sediment tot een diepte van circa 30 m (- NAP) uit fijn en grof zand, een voorkomen van relatief beperkte omvang.

Met deze beschrijvingen en constatering is voor het atypische kwelgedrag van het dal van het Voorste Diep een aannemelijke oorzaak aan te wijzen. Namelijk een grotendeels geïsoleerde geohydrologische positie van dit dal ten gevolge van slecht doorlatende sedimentpakketten in haar directe omgeving.

Uit het gegenereerde ruimtelijk ondergrondmodel is, ter illustratie van het onderzoeksgebied en de mogelijke oorzaak van het afwijkende kwelgedrag van het dal het Voorste Diep, ook nog een ruimtelijke overzichtsfiguur gedistilleerd, weergegeven in figuur 3. In deze figuur is getracht de isolatie van het dal ruimtelijk weer te geven. Hiertoe zijn alle fijn en grof zandpakketten uit het ruimtelijk model weggelaten, tevens is het keilempakket weggelaten, teneinde een vrije inblik in de ondergrond met haar storende lagen te garanderen.

#### 4 Belangrijkste conclusies

Het doel van het onderzoek was om een verklaring voor het, ten opzichte van het model, afwijkende kwelgedrag van het dal van het Voorste Diep te vinden. Waarbij de afwijking bestaat uit een veel te droog dal in tegenstelling tot de modelvoorspelling van een nat, kwelrijk, dal.

Uit het onderzoek is naar voren gekomen dat:

- Het dal feitelijk voornamelijk omgeven is door slecht doorlatende sedimentpakketten, waardoor de toestroom van water naar het potentiële kwelgebied sterk gehinderd wordt.
- De ligging van de storende pakketten ruimtelijk redelijk goed gemodelleerd kan worden ondanks de heterogene dataset.
- Het gebruik van gegevens uit spoelboringen met

kennis van zaken gebruikt en geïnterpreteerd moeten worden.

- Het gebruik van een stratigrafisch, of geologische, eenheden niet altijd de oplossing biedt.

#### 5 Referenties

- Assen West en Oost (12 W + O), Toelichtingen bij de Geologische kaart van Nederland 1:50.000. Door: J.H.A. Bosch, Rijks Geologische Dienst, 1990.
- De lithostratigrafische indeling van Nederland - Formaties uit het Tertiair en Kwartair, versie 2000. Door: Weerts, H.J.T., Cleveringa, P., Ebbing, J.H.J., de Lang F.P. en Westerhoff, W.E., TNO-NITG, april 2000, No. 00-95-A.

# The dirtiest river of England

By P.M. Maurenbrecher

It was a case of taming the River Tame. Yes, "Tame" and not "Thames". The River Tame is one of the few rivers that become contaminated at its source. Birmingham lies at the heart of England on the watershed between the west and east. The name Birmingham is synonymous with industry, heavy industry and lots of pollution. The Tame is an upper and main tributary of the River Trent whose estuary is the Humber.

My colleagues in the London office of Binnie and Partners commiserated with me when they heard I was the unfortunate to act as "resident engineer" on a site investigation for a project to clean up the river. This was in the days when the word "environment" or in the Netherlands "milieu" was just starting to make a tentative impact. Possibly it was because it was the

winter of 1973/74 when I was to go up north. Going north of London was like being banished to Siberia, as the north was ugly and was ravaged by industry meaning mining, steel works, heavy machinery and lots of chemical installations.

I was not disappointed when I settled into "The Swan" at Coleshill Warwickshire. Coleshill was a typically rural Midlands English town which could support the cast of a England's most favourite English serial/soap "The Archers". Coleshill had seen better days and could emulate towns to the south if its buildings were renovated and restored. Two pictures show "The Swan" as an inn one would expect from the English tourist brochures as well as Coleshill's parish church. But that was all that Coleshill had to show off: it had views of



Figure 1a Proposed dried/caked sludge disposal location in disused clay pit. Now filled with water and used as diving recreational facility.

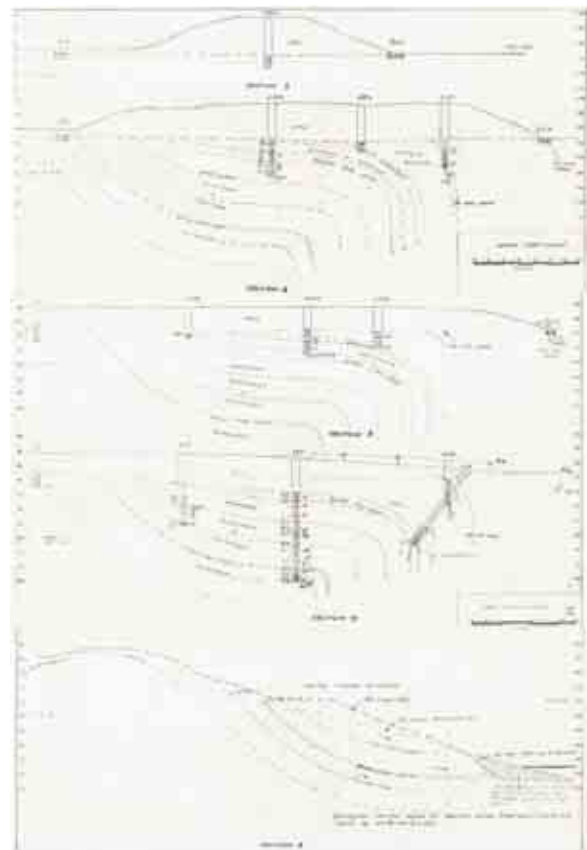


Figure 1b Cross-sections on westside of pit showing mono-cline type structure consisting of Carboniferous shales and coal seams. These overlie Cambrian Merevale shales. Interpretation of geology based on borehole and publications.



Figure 2 Layout plan from Binnie and Partners 1973 of the proposed River Tame Purification Scheme with shaded area showing future Kingsbury Water Park. Note North is from left to right Figure 1a and 1b area and Stineware Limited in white dotted area

power stations and furnaces where once, I presume, Archer-type farms used to be. Ham Hall Power Station is located on a site, which had an historic house that was destroyed in the war. Nearby Tamworth was even more dilapidated and required more creative imagination to see the town restored to former glory. At Tamworth the Reliant car factory produced the three wheeler car, the 'Robin'. So far my colleagues were correct. I did get a brand new Land Rover to cover the large area that we were to investigate. If I was not going from one driller to another I was looking for petrol stations willing to sell me fuel. It was crisis in the UK. The oil sheiks had turned on the screws and half of England was on strike so fuel was hard to get. Environmental awareness was coming hard and fast: rationing of petrol meant care had to be taken not to make unnecessary trips. Make do with less and waste less. And here in England's heart it looked like the country was indeed dieing from heart seizure bought about by lungs and arteries clogged with nicotine, striking workers and fuel shortages.

The start of the project is a small village called Lea Marston where a rural stone arched bridge crosses the River Tame and that the river starts to look like a river except: beneath the bridge one has a good view of a fairly fast flowing dark grey murky fluid which to some may still be water. The object is to have the water flow into lakes, allow the grey silt containing PCBs, heavy metals, organics material etc. to settle. A mud-cat (suction dredger) would slurp the material from the lakebeds and then pump the slurry to a treatment works by turning the 'sludge' into solids for burning or disposal. This process had already been tried on the Ruhr river in Germany. If one looks at a publication by Woods (1984) one can see that the River Tame was even dirtier than the Ruhr (see Table 1).

Lake Site	Period	Dry solids %	Volatile solids %	Metal concentrations (mg/kg dry solids)						Source
				Ni	Cu	Cr	Zn	Cd	Pb	
Elford sed. tank	1967-1970	10.2	35.5	871	2486	1850	6179	101	640	Trent River Authority
Lea Marston sed. tank	1969-1970	10.5	40.5	554	1743	1275	8000	44	617	
Lea Marston exp. lake 1	1972-1974	11.4	35.1	1000	2350	1340	5160	70	950	
Lea Marston exp. lake 2	-	7.5	32.7	970	2230	1650	5400	80	950	
Lea Marston dredged sludge	1961-1982	4.5	24.9	410	1335	510	3570	35	780	Ruhr River
Hengstey	-	39.4	12.3	261	1240	440	4030	18	450	
Harkort	-	45.6	11	250	830	280	3120	29	480	
Balkeney	-	45.6	14	312	730	400	3540	36	525	

Table 1: Comparison between sediments collected from experimental lakes at Elford and Lea Marston and lakes on the River Ruhr (Woods, 1984)

My focus at the time was to carry out boreholes to investigate the deposits along the banks of the river where new artificial lakes would be created in the rather flat valley of between Lea Marston and Dosthill to the north. The lakes would be formed partly from existing reworked gravel pits and new gravel pits. The idea is that the first lake, at Lea Marston would trap the bulk of the effluent in the water. The water would then pass over aeration weirs situated between the lakes. The whole Lakeland area would also become a nature/recreation reserve. Binnie and Partners (the 'Engineers' for the project and my employer had a number of engineers from Cambridge and Oxford who were keen on rowing and they were trying their best to fit in a proper full-length rowing course but could not succeed. The boreholes had to be instrumented with standpipes so eventually part of my routine was to make daily ground water measurements and to see if they fluctuated with the river levels (they did).

Much of the investigation was for a pipeline to the village of Dosthill. (Dosthill resembled a rather forlorn and

unattractive public housing estate situated on a ridge exposed to the cold winds of the winter of 73/74). Their main industry was ‘Stoneware Ltd.’ a clay-ceramic works nearby and where my site office was located. (A sparse cabin with a paraffin heater not exactly ideal when fuel of the fluid type is hard to come by). It was situated next to old disused brickworks. The clay pipes being produced nearby looked like an industry that should have imploded on itself half a century earlier. Much of it looked Victorian and even the their offices, an apology of some unattractive small brick utility buildings had antique filing cabinets made out of oak wood!

The pipeline would terminate there to supply a proposed sludge treatment works. The solidified sludge would be disposed of in what looked probably the not to distant future, a disused clay pit. The question arose: would the clay pit be suitable to contain the heavy metal solidified sludge cake without contaminating the ground water (assuming the groundwater was not contaminated!). To make matters worse, Stoneware had landscaped the spoil heap and part, despite levelling, was slip failing Figure 1 showing the geology interpreted at the time from the borehole logs and published geological reports and a photo of the failure.

In the end the old clay quarry pit was not chosen and

the treatment works located elsewhere upstream of Lea Marsten. I saw from a website the pit still exists and is filled with water. It is used for diving. The website described the visibility as very poor.

. I sent home a tongue in cheek letter at the time:

“You realize I keep a site diary, it goes something like this:

WEATHER: Rain, windy, cool

ACTIVITY: Rig one: on H12 about 3m

Rig two finish H24 moving to H26

Rig three on H25 down 20m

WATER LEVELS H9 32cm H2 31 cm H3.1 5cm, H3.2 6cm

PHONE CALLS: Steve Colback: he would like another hole in old quarry workings. I said it would not be possible since the rig has just moved out and the the driller would not be pleased going back in. Lorry Thompson (design/project engineer) told him (Steve Colback) to address my mail to Swan Hotel and not site office.

VISITORS: Mr. Jennings, Chief Geologist FE (Foundation Engineering)

STONEWARE Ltd., Saw Mr. Faulkner, director.

1. He maintained he had the final option as to where the pipeline should go.

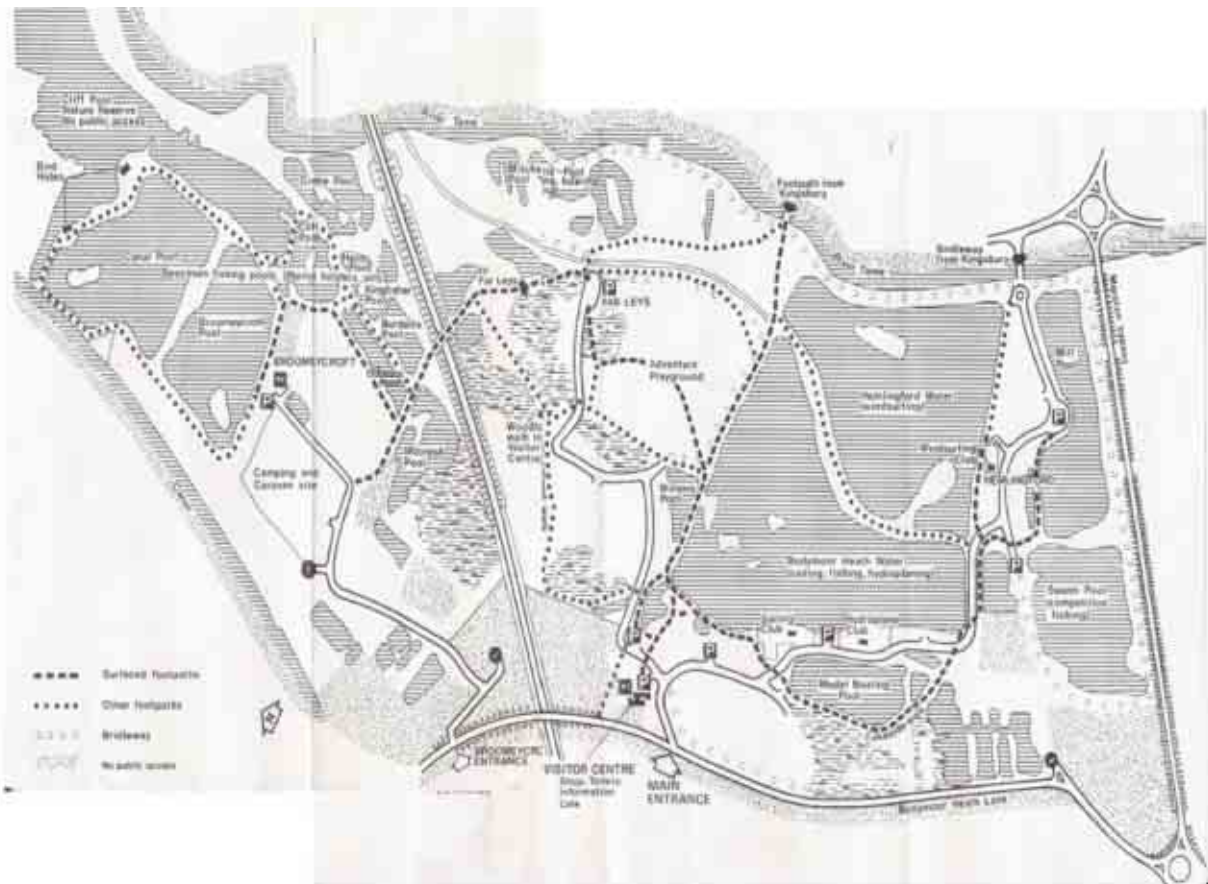


Figure 3 Tourist brochure map of Kingsbury River Park. Note North is from lower right to upper left.



Figure 4 top photo: view of sedimentation lake with Ham Hall Power Station cooling towers in background and aeration weir. Lower pictures: two views of Kingsbury Water Park

2. Could we not keep the pipeline on the west side of the railway line as this could possibly tie in well with his proposed housing scheme.
3. He would like a meeting with ourselves and TRA (Trent River Authority).<sup>1</sup>

The letter paper I used was stained with grease with a comment: ‘That is from my lunch (Fish and Chips) which I had with Mr. Simpson from the Atomic Energy Board!’ This suggests the whole project may be dealing with radio-active waste being flushed down the River Tame from upstream nuclear power stations! In fact he was there for the contractor<sup>1</sup>, Foundation Engineering, whose sister company (part of the Costain Group) produced Pilcon drilling rigs and he was interested in purchasing a few.

Other visits were more serious: lots of utilities run through our investigation area including oil pipelines. I had met Mr. Simpson at an earlier date when I was

dealing with Mr. Knight who represented the oil pipeline company. There were the Archer types as well, meaning there were farms. One was Mr. Mason who had a pig farm (rather a few pigs roaming freely in a field) and another who looked like a bachelor in his late eighties, Mr. Pearman (I wrote: a gentleman farmer who was there and was not: you meet all sorts on this job). The foreman of the farm said he was not there, presuming, if I had listened more often to the Archers radio soap, the foreman meant he was not all there.

This is all now thirty years ago. The area is known in ancient times as “Mercia”. The project looks like a mercy mission. I did pass by years later (about 1985) and found lakes, wooded forest and with a uniformed park-warden in a LandRover at the Kingsbury Water Park visitors centre. The Midlands is being revamped, and a famous golf course, the Belfry, has also been built since where the world famous golfer meet to fight out the Ryder Cup. Present day website visits suggests further

<sup>1</sup>Note: Civil engineering projects usually consisted of three parties: The Client (in this case the Severn Trent River Authority), the ‘Engineer’ (Binnie and Partners) and the ‘Contractor’ (Foundation Engineering). The ‘Engineer’ does most of the design work and then ‘contracts’ investigation and construction work to a ‘Contractor’. The Engineer supervises the construction by making sure the Contractor does his work according to the contract and approves payment. Hence you have a ‘site or resident engineer’ who inspects the construction to see if it is built according to the contract/ contract drawings and to see if the work is of quality. The contractors manager on the construction is known as the ‘site agent’.

changes: a Great Western Hotel at Lea Marston for enthusiastic golfers at £138 per night! And even more photographs showing a wooded wetlands inconceivable 30 years ago.

The cleanup works was not a cure, though, for the dirtiest river of England. It was a preventive measure to stop the dirt travelling all the way downstream to the Humber. It is now being cleaned at its source. Soon Lea Marston works may be also industrial relic. There are various studies going on to clean up the river and it is found that the water still has insufficient oxygen and too much ammonia. In figure 2 is shown the general plan of the works in 1973 and in figure 3 a brochure I obtained at the by then (1985) a completely changed landscape. Attached in figure 4 are photographs I took in 1985 and a few I downloaded from the web. I have added a bibliography for those interested in how environmental awareness has become ingrained into society; if only they knew what it was like back in 1973.

#### Reference

Binnie and Partners 1974 Geotechnical appraisal of contract No. 2 December 1973 Site Investigations on River Tame Purification Scheme

Woods, D.R., Green, M.B., and Parish, R.C. 1984 Lea Marston Purification Lake: Operational and River-Quality Aspects, *Water Pollution Control* v83 n2 p226-242

Selection bibliography on River Tame:

Anon 2003 SMURF Project Methodology and Techniques, Environment Agency King's College London University of Birmingham and HR Wallingford Ltd 162p

Beavan, L., Sadler, J. and Pinder, C. 2000 The invertebrate fauna of a physically modified urban river, *Hydrobiologia* v445 97-108

Booker, D, Dunbar, M, Stratford, C. Latimer, Rogerson, H. Bass, B. Dawson, H. Gozlan, R. Welton, S. Ash, J. Fenn, T. Postle, M. 2003 Heavily Modified Waters in Europe; Case Study on the Tame Catchment (Case Study submitted by the Environment Agency of England & Wales and the UK Government Department for Food, Environment and Rural Affairs) Edited by Michael Dunbar (CEH Wallingford) 104p

Crabtree, B., Hickman, M. and Martin, D. 1999, Integrated water quality and environmental cost-benefit modelling for the management of the River Tame, *Wat. Sci. Tech.* V39 n4 pp213-220

Martin, J.R. and Green, M.B. 1986 Water quality

modelling of the Birmingham Tame, Int. Conf. On Water Quality Modelling in the Natural Environment, Bournemouth, p9-25

Pullin, J. 1976 Lakes will take the pollution load off Old Father Tame, *Surveyor*, v148 n4410 p7-9

Thompson, J.L. 1979 River Tame Purification Scheme-development and design, Paper presented to the Institution Water Engineers and Scientists.





# EurEnGeo2004



## 1<sup>st</sup> European Regional IAEG Conference *Professional Practices and Engineering Geological Methods in European Infrastructure Projects*

In 2004 is een conferentie georganiseerd voor alle leden van de *International Association of Engineering Geology and the Environment* (IAEG) en alle belanghebbende Europese vakgenoten die te maken hebben met geologie, geotechniek en civiele techniek. Deze eerste EurEnGeo conferentie is gehouden in Luik (België) en is georganiseerd door de Belgische, Nederlandse en Duitse nationale secties van de IAEG.

Deze conferentie is georganiseerd om specifieke nieuwe onderwerpen en ontwikkelingen rond het vakgebied van ingenieursgeologie te bespreken. De Europese trend naar professionele samenwerking biedt ook een kans om de eisen aan wetenschappelijk onderwijs in Ingenieursgeologie op de agenda te zetten..

De conferentie onderwerpen van EurEnGeo2004 zijn:

Topic 1: Professional Practices

Topic 2: Engineering Geological Methods

Topic 3: Case studies of Infrastructure Projects

Topic 4a: Hazardous Geological Process in Civil Engineering Case studies of Infrastructure Projects

Topic 4b: New Developments in Risk Evaluation

Met 88 paper presentaties uit 24 verschillende Europese landen waarvan 18 Nederlandse presentaties (zie de onderstaande tabel). Meer informatie kunt u vinden op: [www.eurengeo2004.org](http://www.eurengeo2004.org)

Titel	Auteur(s)	Organisatie(s)
1 New developments in Risk Evaluation	Buu-Long Nguyen	TNO-NITG,
2 Geotechnical Baseline Report as risk allocation tool	Martin van Staveren and Johan Knoeff	GeoDelft
3 Matching Monitoring, Risk allocation and Geotechnical Baseline Report	Martin van Staveren and Ton Peters	GeoDelft
4 Cut-and-Cover Tunnel below Boulevard River Meuse, Maastricht, The Netherlands	Joost van der Schrier and Rijk Gerritsen	Royal Haskoning
5 Stability and Subsidence Assessment over Shallow Abandoned Room and Pillar Limestone Mines	Roland Bekendam	GeoControl
6 Smart Site Investigations Save Money	Martin van Staveren and Adriaan Seters	GeoDelft
7 The artificiality of differentiating between rock and soil mechanics in education and research in engineering geology.	Robert Hack	ITC
8 European initiative on exchange of geological and geotechnical data, using the XML-format	Aleid Bosch, R. Chandler, T. Peters and S.Walthall.	TNO-NITG
9 Engineering Geology Property Parameters for the Tertiary in The Netherlands	Michiel Maurenbrecher and Dominique Ngan-Tillard	TU Delft
10 3D Terrestrial Laser Scanning as a New Field Measurement and Monitoring Technique	Siefko Slob and Robert Hack	ITC
11 Soil Investigation Aspects of a Complex Metro Project in Amsterdam	Jurgen Herbschleb	Royal Haskoning
12 Effect of Pore Fluid Salinity on Compressibility and Shear Strength Development of Clayey Soils	Leon van Paassen and Laurent Gareau	GeoDelft, TU Delft
13 Engineering Geology and Infrastructure in International Dredging	Willem-Jan Vlasblom	TU Delft
14 Artificially Ground Freezing: theory, application and risk control	Richard Rijkers and Ger de Lange	TNO-NITG
15 Overconsolidated, Early-Pleistocene Clays in Relation to Foundation Design and Construction of HSL South	Floris Schokking	Geoconsult
16 Tunnelling Problems in Older Sand Formations	Jan Dirk Nieuwenhuis and Arnold Verruijt	TU Delft
17 Suitability Maps of Underground Construction in the Province of South-Holland	Jurgen Herbschleb, Brecht Wassing and Henk Weerts	Royal Haskoning, TNO-NITG
18 ConsoliTest – Using SurfaceWaves for Estimating Shear-Wave Velocities in the Dutch Subsurface	Rogier Westerhoff, Vincent van Hoegaerden, Jan Brouwer and Richard Rijkers	TNO-NITG

## PROFESSOR'S COLUMN

# "Geological Engineering" or "Engineering Geology" - What is in a Name?

*Professor A. Keith Turner*

*Department of Geology and Geological Engineering  
Colorado School of Mines  
Golden, Colorado 80401 USA*

At first glance the terms “geological engineer” and “engineering geologist” appear synonymous. Because the two terms employ essentially the same two words – “geology” and “engineering” – although in reverse order, the opportunity for confusion is great. The word choices may be unfortunate, but the two terms represent distinct, although related, concepts concerning educational and professional endeavors. Both have developed in response to the complexity of modern engineering design, especially those designs involving the interface between naturally occurring earth materials and the engineered structure, or the use of naturally occurring materials within the constructed facility.

### **Geological Engineering**

In the early 20<sup>th</sup> Century, advances in both technology and engineering made larger and more complex engineering works feasible. New branches of engineering – such as petroleum engineering – developed in response to technological advances. Existing engineering disciplines – such as civil engineering – increased demands for new specialties to design ever larger and more complex bridges, dams, tunnels, for water-supply and transportation systems. The minerals and petroleum industries also required increasing numbers of exploration and production specialists and administrators – roles for which engineering training combined with geological knowledge was the basic requirement.

Consequently, a number of universities and mining schools in the western United States began to offer engineering programs leading to a degree in “Geological Engineering.” Graduates from these programs were hired by petroleum and minerals exploration and production companies, and placed in positions where their combined geological and engineering training made them uniquely qualified. Subsequently, as professional engineering registration procedures became codified, these geological engineering programs became accredited – allowing their graduates to later achieve the status of Professional Engineer (PE). Geological engineers that obtained PE status could legally approve designs for engineering works, an important consideration in some situations. The term “Geological Engineer” thus developed in the United States in response to both technological demands and to legal

professional engineering registration procedures. A geological engineer is trained as an engineer – but an engineer with a broad understanding of applied geological science.

Most of the early geological engineers did not work on civil engineering projects. They were more likely to work on minerals exploration and exploitation projects with mining engineers, or on petroleum exploration and production projects with petroleum engineers. Only in the latter half of the 20<sup>th</sup> Century, when major civil engineering projects following World War II placed new demands for specialists to work with civil engineers, did many North American universities begin to provide “options” within their academic programs – usually three, with titles such as “Petroleum Exploration”, “Minerals Exploration” and “Engineering Geology.” Thus developed the confusing situation of some “Geological Engineers” undertaking programs of study in “Engineering Geology.”

### **Engineering Geology**

In contrast to the geological engineer, the engineering geologist remains first of all a geoscientist – albeit a rather applied geologist. Engineering geology uses geology to create more efficient and effective engineering works, to assess and allay environmental concerns, and to promote the public health, safety, and welfare. Geologists have advised on engineering works from the earliest days of geology investigations; the evolution of relationships between civil engineering and geology forms an interesting historical study.

The term “engineering geology” became widely accepted only as the demand for geological specialists to advise civil engineers developed in the last half of the 20<sup>th</sup> Century. Several universities in both the USA and Canada established “Engineering Geology” options within science-oriented geological programs. Graduates who chose to work with civil engineers adopted the title “Engineering Geologist.” Many Canadian university geology departments either partially or entirely joined the faculties of applied science (in other words – engineering). This allowed many, if not all, of their graduates to achieve registration as professional engineers, and many individuals did so. In contrast, within the USA, graduates from these science-oriented

programs cannot easily achieve professional engineering registrations – although they often become members of multi-disciplinary teams undertaking a variety of construction projects and environmental evaluations.

The engineering geologist and the civil engineer together share the responsibility for ensuring the public health, safety, and welfare associated with geologic factors that may affect or influence engineering works. Yet, in most cases, the public demands that the professional engineers be held responsible for the safety and integrity of their works. Thus the engineering geologist may be considered as a specialist advisor to the design team, and may hold a position similar to an architect or other design specialist. In this role, the engineering geologist often cannot provide legally binding approvals of a design of an engineering work – many laws require a Professional Engineer make such judgments. There is a growing requirement for establishing a separate professional registration of geologists, especially for those individuals undertaking engineering geology investigations.

### **Professional Liability and Professional Registration**

Professional liability has become an important concern for many professions in many countries and geological engineers and engineering geologists are not immune from this condition. These concerns have led to increased professional registration requirements for both geologists and engineers. Several competing registration approaches have developed in the USA, Canada, and Europe. In North America, the professional registration of engineers has been legislated at the state/provincial level since the early 20<sup>th</sup> century and has been accepted as needed to protect the public interests. The case for an equivalent registration of geologists has not been so clearly accepted, and in fact there has been considerable opposition to such registration by many geologists.

In the USA, procedures to register engineers and geologists are administered quite independently by distinct official boards of registration. While all states have engineering boards, only about one-half the states have geology boards. In Canada, the provincial legislatures delegate the registration process to professional associations, and in the majority of the provinces a single association supervises the registration of engineers and geologists. The concept of professional registration is evolving in Europe. Once again, geologists are tending to lag behind engineers in embracing the need for professional registration.

International trends, especially the increased globalization of markets for consultation services as well as goods, have placed new pressures on the existing professional registration procedures. The requirements

to have multiple registrations in several states or provinces in North America, in order to undertake projects at several locations, impose time and cost constraints on individual engineers and geologists, and their employers. Only limited reciprocity arrangements currently exist between Canada and the United States. Similar trends within the European Union have led to new developments that promote European designations.

The concept of professional registration for geologists is still relatively young. Major constraints are the lack of public acceptance of the need for registration, the lack of “official” legal standing within some jurisdictions, the objections of many geologists who see registration as restricting their mobility and freedom to conduct studies, objections by other professions, and competition among professional societies for authority to provide and supervise such registrations.

### **What Will the Future Bring?**

Engineering Geology and Geological Engineering appear to be at a crossroads – their ability to provide the expertise to solve society’s needs and desires for a more livable environment points toward a bright future. Certainly, new and ever more challenging environmental issues will make the design and construction of new transportation and other facilities depend even more on an accurate prediction of geologic conditions. The increasingly sophisticated designs depend for their success on the involvement and acceptance of the geological engineer and engineering geologist.

Yet Geological Engineering does not have the advocacy within the larger established professional societies to ensure its growth or even survival as a designated independent engineering specialization. Even the wider field of engineering geology practice, encompassing both geological engineers and engineering geologists, is facing a similar identity crisis. This is occurring in spite of expanding employment opportunities and the recognition of the need for such specialists by potential employers.

The limited, and shrinking, capacity to educate and train new practitioners in these fields provides an even greater threat. The majority of the academic programs are relatively small. In many countries, universities face economic pressures that encourage the elimination of smaller “specialist” or “elitist” high-cost programs and departments. Throughout Western Europe and North America, the enrollment of students in engineering and science, especially geoscience, has been falling for several years. Many talented students are not selecting the “tougher” courses of study demanded by engineering and science fields. Topical areas perceived as narrow specialties are apparently at a further

disadvantage in attracting new recruits.

In recent years, the scope of engineering geology practice has expanded beyond its original close connection with civil engineering. Many geological engineers and engineering geologists currently work closely with land-use planners, water resource specialists, environmental specialists, architects, public policy makers, and property-owners, both public and private, to prepare plans and specifications for a variety

of projects that are influenced by geologic factors, involve environmental modifications, or require mitigation of existing or potential effects to the environment. These skills are becoming more desirable than ever as the technologies involved in construction continue to evolve. So the future appears bright for graduates; however, the financial pressures faced by many universities suggest that it may be difficult for adequate numbers of new practitioners to be trained in order to maintain a viable cadre of professionals.



**Meer camera's,  
meer ME  
of meer design?**

Hoe maak je een stadion veiliger? En wie is er verantwoordelijk voor? De politie, de clubs, de KNVB? Ze hebben er allemaal mee te maken. Maar veiligheid begint al aan de basis. Bij de bouwtekeningen van het stadion. Want ruimtes communiceren met mensen. Een goede inrichting en het gebruik van hoogwaardige materialen kunnen zelfs vandalisme en agressief gedrag verminderen. Bouwen betekent dus niet alleen kijken naar constructies, kosten en kwaliteit. Maar ook rekening houden met de uitwerking ervan op de gebruiker. Of het nu gaat om een stadion, een fabriek, een winkelcentrum of een complete woonwijk. DHV is als internationaal advies- en ingenieursbureau actief in de markten Bouw en Industrie, Mobiliteit en Infrastructuur, Water, Telecommunicatie en Ruimtelijke Inrichting en Milieu. In een informele, open organisatie van ruim 3.800 professionals werken we aan innovatieve, veelal maatschappelijk relevante projecten. Bouw en Industrie is onder meer gespecialiseerd in flexibele kantoorconcepten, complexe bouwprojecten en de herontwikkeling van binnenstedelijke gebieden. Ontmoet ons op onze site [www.dhv.nl](http://www.dhv.nl).

## INGEOKRING ACTIVITIES

**Nieuwjaarsborrel en lezing dr. Frans Mulders (TNO-NITG), "Stress development and possible Fault slip in and around a producing gas reservoir"**



# INGEOKRING ACTIVITIES

## Verslag Ingeokring jaarvergadering 2002

Onderstaand zijn de notulen gegeven van de Ingeokring jaarvergadering 2002, gehouden op 1 oktober 2003 te Delft.

### 1. Welkom en opening jaarvergadering 2002

- De voorzitter van de Ingeokring, Richard Rijkers, verwelkomt en dankt alle aanwezige bestuursleden en overige leden van de Ingeokring voor hun aanwezigheid bij de jaarvergadering van de vereniging.

### 2. Mededelingen

- Hans Roest treedt terug als ISRM contact. Marco Huisman is door het bestuur benaderd om deze functie over te nemen.
- Ingeokring is betrokken bij de organisatie van EurEngGeo 2004 in Luik.
- Binnenkort zal een nieuwe editie van de Newsletter uitkomen.
- Op 2 oktober 2003 zal het DIG bestuur gewisseld worden.

### 3. Goedkeuring Jaarverslag Ingeokring 2002

- Het jaarverslag wordt door alle aanwezigen goedgekeurd.

### 4. Financien

- Financieel jaarverslag 2001, 2002 en begroting 2003
- Het financieel jaarverslag over 2001 wordt goedgekeurd.

De penningmeester geeft een toelichting bij het financieel jaarverslag over 2003:

- Slechts 40% van de achterstallige rekeningen zijn betaald.
- Wanbetalers zijn verwijderd uit het ledenbestand.
- Over het jaar 2002 is 80% van de contributie bijdragen geïnd. Waarschijnlijk komt dit door het versturen van de accept giro's direct na het uitkomen van de newsletter.
- G. De Lange heeft vragen over hoge uitgaven (euro 371.15) van de rekening "Stichting IAEG 1990" in de afrekening over 2002. De penningmeester licht toe dat dit een voorschot was van de stichting aan de Ingeokring en dat het bedrag terug gestort zal worden op de rekening van "Stichting IAEG 1990".
- Hack heeft vragen over de IAEG 1990 kosten (SIECA repro - voor Eurengio 2004, kasoverzicht 2002 post 0217). Dit is deel van de Nederlandse bijdrage voor EurEnGeo, welke uit de rekening "Stichting IAEG 1990" wordt betaald.
- De afstudeerprijs staat niet vermeld als afzonderlijke post in de jaarrekening. Het geld van de sponsors

is wel aanwezig, maar dit komt niet goed uit de jaarafrekening. Voorgesteld wordt om een post in te stellen in de jaarbegroting 2003 voor de afstudeerprijs.

Complimenten aan de penningmeester van de aanwezigen voor het opschonen van het ledenbestand. De eindafrekening klopt en wordt derhalve goedgekeurd door de kascommissie, onder het voorbehoud dat de afstudeerprijs in de jaarrekening over 2003 opgenomen wordt.

### Financieel jaarverslag DIG 2001

- Het financieel overzicht en de begroting van het Dispuut Ingenieursgeologie wordt gepresenteerd, er waren minder uitgaven dan inkomsten. Het jaar is derhalve met een positief resultaat afgesloten.
- Slob merkt op dat "subsidie Ingeokring 2003" verandert moet worden in "subsidie Ingeokring 2002".
- De penningmeester van de Ingeokring keurt het financieel jaarverslag over 2002 van de DIG goed.

### Begroting Ingeokring 2003

De begroting van de Ingeokring over 2003 wordt goedgekeurd, onder voorbehoud dat de afstudeerprijs wordt opgenomen in de begroting.

Wegens het goedkeuren van het financieel jaarverslag over 2001, wordt het oud-bestuur 2001-2002 gedechargeerd.

### 5. ISRM Vertegenwoordiging

- Hans Roest treedt terug als ISRM contact. Marco Huisman is door het bestuur benaderd om deze functie over te nemen.
- Marco Huisman is werkzaam bij het ITC.
- Bij de secretaris zijn geen schriftelijke bezwaren tegen deze benoeming binnengekomen.
- De aanwezigen keuren de benoeming van M. Huisman goed, Hans Roest wordt derhalve gedechargeerd.

### 6. Status opleiding Ingenieursgeologie TU Delft

In de komende Newsletter zal een korte samenvatting staan van de afgelopen gebeurtenissen rond de status van de opleiding Ingenieursgeologie aan de TU Delft. R. Rijkers geeft een korte samenvatting:

- Prof. Molenkamp vroeg de Ingenieursgeologische gemeenschap en de bedrijfstak om speerpunten voor onderzoek aan te geven.
- Aardwetenschappen zou onder de CiTG cluster

"ondiepe grond" gaan vallen.

- Er is een vacature open voor een voltijds hooglerstoel IG. Hoewel er financieel nog gezocht wordt naar mogelijkheden, wordt de meerwaarde van IG erkend.
- Het bestuur van de Ingeokring heeft als reactie op prof. Molenkamps brief 4 onderzoeksrichtlijnen aangegeven.

Toekomstige acties van het bestuur:

- Het bestuur van de Ingeokring wacht op dit moment af hoe het advies van de Ingeokring betreffende de 4 onderzoeksrichtlijnen ontvangen wordt door de faculteit CiTG.
- Het bestuur zal een brief sturen naar de leden met het verzoek om te lobbyen voor het behoud van de studie IG en om te benadrukken dat IG een meerwaarde levert aan de Nederlandse samenleving.

### 7. Congressen

1. Sustainable Development & Management of the Subsurface, Utrecht, 2003. Papers kunnen worden ingezonden.
2. EurEnGeo, 1th European Regional IAEG Conference, Luik, 2004.

P.M. Maurenbrecher suggereert om papers voor EurEnGeo op te nemen in de Newsletter.

### 8. Activiteiten najaar 2003

- De excursie naar Antwerpen in het najaar, georganiseerd in samenwerking met de DIG, gaat niet door.
- In het najaar zal nog een excursie / lezing worden georganiseerd.
- Voor december wordt een jaarsafsluiting georganiseerd, in samenwerking met de DIG.

### Extra Agendapunt: Afstudeerprijs

- De procedure om een afstudeeronderzoek voor te dragen om mee te dingen naar de afstudeerprijs is onbekend en moet duidelijker worden (actie Bierman).
- De "Award Poster" dient vernieuwd te worden (actie Bierman).
- Voorstel om de afstudeerprijs de "David Price Prijs" te noemen.
- DIG zal e-mail aan afstudeerders sturen waarin de aandacht op de afstudeerprijs zal worden gevestigd (actie DIG).

### 9. Rondvraag, sluiting en borrel

*Rondvraag:*

- Opmerking X. van Beusekom: Het thema voor de Newsletter, uit te komen in begin 2004, zal zijn: "Milieu / Environment".

De vergadering wordt gesloten, waarna een afsluitende borrel volgt.

# Impressies van een jaar presidentschap IAEG

Niek Rengers

Thimphu, Bhutan 22 maart 2004

Sinds januari 2003 ben ik in functie als “President of the International Association of Engineering Geology and the Environment”. De president vormt samen met de secretary general, de treasurer en de 7 regionale vice presidents het Executive Committee van de IAEG.

De IAEG funktioneert voornamelijk op nationaal niveau in National Groups, zoals de Ingeokring, maar er zijn (buiten de vanzelfsprekende organisatorische en administratieve taken) een aantal bovennationale taken waarvoor het Executive Committee (en uiteindelijk de Council, die samengesteld is uit vertegenwoordigers van alle nationale groepen en eenmaal per jaar bijeenkomt) de (mede-)verantwoordelijkheid draagt:

- publicatie van het Bulletin of Engineering Geology and the Environment
- de toewijzing van de organisatie van het vierjaarlijks internationaal congres en de begeleiding van de voorbereiding ervan
- toezicht op het werk van de technische commissies en werkgroepen
- verlening van awards en prijzen
- contacten met en coördinatie van activiteiten met internationale organisaties zoals ISSMGE (Soil Mechanics and Geotechnical Engineering) en ISRM (Rock Mechanics).

Meteen na de verkiezing van het nu zittende Executive Committee (in September 2002 in Durban) hebben we een aantal hoofdaandachtspunten gedefinieerd waaraan we in de huidige periode met voorrang zullen werken.

- interne communicatie in de IAEG en dienstverlening aan de leden via een nieuw opgezette website
- uitwerking “core values of engineering geology” en bepaling prioriteiten voor het inhoudelijk IAEG werk in de toekomst
- vernieuwing van de aanpak van het werk van de technische commissies, met strakker gedefinieerde terms of reference en deadlines en kwalitatief sterke bezetting
- vorming van een krachtig samenwerkingsverband met ISSMGE en ISRM

In mijn “president’s letter” van november 2003 die in de nieuwste IAEG Newsletter van februari is opgenomen en die ook binnenkort zal worden opgenomen in onze rudimentaire website [www.iaeg.info](http://www.iaeg.info) ga ik op die punten nader in, dat zal ik hier niet herhalen.

Om het werk aan de genoemde hoofdaandachtspunten in beweging te krijgen en te houden is veel communicatie

nodig, want een ieder die in het IAEG Executive committee is gekozen, heeft over het algemeen ook een drukke werkkring en daarnaast vaak nog andere taken. In de aanloop tot en tijdens de jaarlijkse Executive Committee vergadering is iedereen vol goede ideeën en voornemens, maar bij thuiskomst wacht weer veel achterstallig ander werk.

De president en de Secretary General hebben daarom een belangrijke coördinerende en aanjagende functie. Gelukkig hebben we in Michel Deveughele van de Ecole des Mines in Parijs een uitstekende en zeer ervaren Secretary General met een goed ingevoerde medewerkster Francoise Nore-Sausset, die gedeeltelijk door de IAEG betaald wordt. Een keer of vier per jaar ontmoeten we elkaar in Parijs om alle lopende zaken na te gaan en afspraken te maken voor te ondernemen acties. Over de belangrijkste zaken wordt via e.mail met alle vice presidents overlegd voordat een besluit genomen wordt. Kortom, het presidentschap is vooral een regelende en sturende activiteit met af en toe wat ceremoniële functies bij grotere internationale bijeenkomsten overal ter wereld.

Hoe kunnen individuele Ingeokring leden buiten de Ingeokring om een bijdrage leveren aan het functioneren van de IAEG ? Twee belangrijke zaken kan ik op dit moment noemen, die voortvloeien uit de bovengenoemde aandachtspunten:

- Fred Baynes, onze vice president voor Australasia heeft als voorzitter van een speciale task force een discussiestuk geschreven over core values en over de opzet van het werk in de IAEG Commissies. Dit stuk wordt in de februari IAEG Newsletter gepubliceerd en komt binnenkort ook op onze website. National Groups, maar ook individuele leden worden uitgenodigd daarop een reactie naar Fred te sturen ter voorbereiding van besluitvorming die zal plaatsvinden op onze council vergadering in augustus in Florence.
- Is er binnen de Ingeokring wellicht iemand die zich voor een aantal jaren wil vast leggen om als webmaster voor onze website te functioneren ? Een redelijke vergoeding is er voor beschikbaar en in het najaar zal er iemand voor worden aangetrokken. Er hebben zich al enkele kandidaten gemeld.

Bij mijn aantreden heb ik aangekondigd aan het punt van samenwerking met de zusterorganisaties ISSMGE en ISRM zelf veel aandacht te zullen besteden, omdat ik van mening ben dat we alleen samen een aantal grote uitdagingen van de komende jaren zullen kunnen aangaan. Dat heeft er toe geleid dat we nu twee maal per jaar een 3-presidents meeting hebben waar over zaken



van gemeenschappelijk belang gesproken wordt, de wetenschappelijke congressen en symposia agenda en het werk in de commissies op elkaar wordt afgestemd. In januari van dit jaar hebben we in Lissabon een gemeenschappelijke task force in het leven is geroepen van 9 leden (voor IAEG oud president Paul Marinos (Griekenland), IAEG vice president Lars Persson (Zweden) en AEG past president Scott Burns (USA)) en terms of reference voor de task force gedefinieerd. De task force heeft de opdracht om uit te werken hoe een federatie van de drie organisaties kan worden opgezet en hoe die zou moeten functioneren. Het toeval wilde dat de drie presidenten bij die gelegenheid met elkaar Nederlands konden spreken omdat mijn collega van de ISSMGE William van Impe Vlaming is en de ISRM president Nielen van der Merwe Zuid-Afrikaan. Deze bijeenkomsten zijn bijzonder waardevol voor het proces van onderlinge toenadering van de drie zuster organisaties, omdat men alleen op basis van onderling vertrouwen en gezamenlijk commitment verder komt. Het zal trouwens in de council vergaderingen van de drie organisaties nog voldoende touwtrekken geven om te komen tot meer dan alleen vrijblijvende samenwerking. Ook op Europees niveau wordt stevig aan de samenwerking van de drie associations getrokken: een zeer actieve Joint European Working Group, onder voorzitterschap van de Duitse IAEG groep voorzitter Helmut Bock, brengt binnenkort een gedetailleerd uitgewerkt voorstel uit over "Professional Tasks, Responsibilities and Co-operation in Ground Engineering". Ook dat rapport is het zeer waard om in Ingeokring verband behandeld te worden en om op te reageren voordat het in de drie councils aan de orde wordt gesteld.

Deze bijdrage aan de nieuwsbrief schrijf ik vanuit Thimphu, de hoofdstad van Bhutan, waar ik voor een periode van twee jaar coördinator ben van een samenwerkings project van ITC en TUD om het Department of Geology and Mines bij- en om te scholen voor werk dat gericht is op geotechnische ondersteuning van infrastructurele ontwikkeling in de wegebouw en de stedelijke ontwikkeling. Ingeokring penningmeester Siefko Slob en het hoofd van het TUD geotechnisch lab hebben bij me gelogeerd en zijn net vertrokken en op dit ogenblik zijn Robert Hack en Jan Rupke bij me om een aantal onderwerpen les te geven in een zesweekse full time cursus over slope stability analysis aan 16 ingenieurs en geologen van verschillende organisaties in het land.

## NEWS

### TU Delft lanceert afdeling geotechnologie

Op 17 februari werd door Prof de Quelerij, decaan van de faculteit CITG (Civiele Techniek en Geowetenschappen), het startschot gegeven voor de nieuwe afdeling GeoTechnologie, die de integratie bewerkstelligt van de subfaculteit Technische Aardwetenschappen en Civiele Techniek. De trekker van de nieuwe afdeling is Prof Stephan Luthi.

In de afdeling Geotechnologie zijn 5 secties samengebracht:

1. Applied Geology; trekker Salomon Kroonenberg (met Stephan Luthi), 2 hoogleraren, 6 staf, 12 AIOs; R&D-focus: kwantificeren geologische systemen door seismiek, geologie-analogie, modellen en SAR; er is een 3D visualisatiecentrum (virtueel).
2. Petroleum Engineering; trekker Cor van Kruijsdijk (met Peter Curry), 2 hoogleraren, 6 staf, 12 AIOs (groei naar 20); R&D-focus: multi-vloeistofstroming door poreuze media, upscaling, heterogeniteit, smart fields/smart fluids.
3. Geo-engineering; trekker Frans Molenkamp (met Frits van Tol, Frans Barends, Johan Bosch, vacature Geo-environmental engineering), 5 hoogleraren, 9 staf, 9 AIOs; R&D-focus: OGB, sleufloze technieken, numerieke modellen, geocentrifuge, normen.
4. Geophysics; trekker Kees Wapenaar (en Jacob Fokkema), 4 hoogleraren, 6 staf, 12 AIOs; R&D-focus: karakterisatie van de ondergrond.
5. Resource Engineering; trekker Markus Reuter (en Udo Boin); R&D-focus: recycling; gaat op termijn naar Faculteit Werktuigbouwkunde.

De afdeling Geotechnologie wordt (in 2005) gehuisvest in het gebouw voor (voorheen) Civiele Techniek aan de noordzijde (boven de sectie van (voorheen) Geotechniek), inclusief de laboratoria.

### Landsdekkend Beeld Bodemvervuiling

Een landelijk onderzoek naar bodemvervuiling - het zogeheten Landsdekkend Beeld - heeft in totaal 600.000 verdachte locaties opgeleverd. In het dossier Bodemverontreiniging is de laatste informatie over dit onderzoek te vinden.

Het aantal verdachte locaties uit deze laatste inventarisatie is een verdubbeling ten opzichte van de laatste telling uit 1997. Op verzoek van VROM is door de provincies en gemeenten in kaart gebracht welke

locaties in Nederland mogelijk zijn vervuild. Dat is gebeurd aan de hand van archieven waarin is teruggezocht op welke plaatsen 'risicobedrijven' hebben bestaan. Dit heeft in totaal 600.000 verdachte locaties opgeleverd. De ervaring leert dat uiteindelijk zo'n tien procent van de verdachte locaties ook daadwerkelijk gesaneerd moet worden. Dat getal is ongeveer gelijk aan het aantal van circa 60.000 te saneren locaties, die de laatste inventarisatie van 1997 opleverde. Dat het aantal verwachte saneringen niet toeneemt, komt doordat het huidige bodembeleid functiegerichte saneringen bevordert. Daarbij wordt eerst gekeken naar de (toekomstige) functie van een terrein, voordat wordt bepaald of en hoe er moet worden gesaneerd.

#### Hoe ernstig zijn de vervuilingen?

De afgelopen decennia zijn de meest in het oog springende verontreinigingen zoals het Griftpark, Kralingen en Diemerzeedijk al aangepakt. Het gaat er nu om dat ook de minder urgente gevallen worden opgespoord en in kaart gebracht. Het Landsdekkend Beeld geeft een overzicht van alle verdachte locaties in Nederland. De komende jaren wordt onderzocht of er op die plaatsen ook daadwerkelijk sprake is van een verontreiniging.

#### Hoe gaat Nederland om met de bodemvervuiling?

Niet elke bodemverontreiniging vormt een acuut gevaar voor het milieu. De inventarisatie van het Landsdekkend Beeld helpt provincies en gemeenten bij het stellen van prioriteiten. Acute problemen moeten zo snel mogelijk worden aangepakt, maar andere verontreinigingen vormen geen probleem zolang de grond niet wordt bewerkt.

Het ministerie van VROM heeft als doel om de bodemverontreinigingen in Nederland voor 2030 beheerst te hebben. Daarbij wordt een relatie gelegd tussen de (toekomstige) functie van een terrein en de vraag of en in welke mate er gesaneerd moet worden. Daarbij ligt het voor de hand dat aan een industrieterrein andere eisen gesteld kunnen worden dan aan een toekomstige woonwijk. De totale kosten bedragen circa 20 miljard euro.

#### Waar vind ik de verdachte locaties?

Nog dit jaar zullen bij de grote gemeenten en provincies kaarten en lijsten beschikbaar zijn met daarop alle verdachte locaties per gebied. Hierdoor zijn overheden, projectontwikkelaars en bouwbedrijven veel beter in staat om te anticiperen op de aanwezigheid van bodemverontreiniging. In 2005 komt er een landelijke internetsite waarop de bekende informatie over alle verdachte locaties zal worden vermeld.

meer informatie [www.vrom.nl](http://www.vrom.nl)

## BOEKBESPREKING

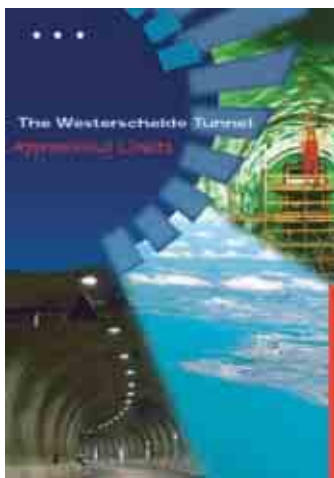
### The Westerschelde Tunnel - *Approaching limits*

Siefko Slob, ITC

Dit boek behandelt in detail veel van de technische aspecten die vooral te maken hadden met het boorproces van het Westerschelde tunnel project. In totaal 18 hoofdstukken, zeer leesbaar (in het engels) beschreven door verschillende experts, geven een goed beeld van het project op een redelijk technisch niveau. Vooral hoofdstuk 11 ("The boring and tunnelling proces", door Sonke, Roepius en Stouten) geeft een goed beeld van wat er vooral allemaal mis is gegaan, maar nog interessanter, hoe de problemen zijn opgelost. Ook de geotechnische aspecten komen aan bod in een apart hoofdstuk geschreven door Martin van Staveren van GeoDelft. Al met al, een fascinerend en leerzaam naslagwerk over een van de grotere infrastructurele werken in Nederland van de afgelopen 10 jaar. Een erg aantrekkelijk boek voor in de boekenkast of op de koffietafel.

Heijboer, J., van den Hoonaard, J. & van de Linde, W. (Editors). (2003). *The Westerschelde Tunnel – Approaching Limits*. A.A. Balkema Publishers. ISBN: 90 5809 597 5. December 2003.

Prijs: EUR 69,-  
Contact: [order@swets.nl](mailto:order@swets.nl)



### Field Measurements in Geomechanics

Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Symposium FMGM 2003, Oslo, Norway, 15-18 September 2003.  
Editor: Myrvoll, F.

Bart Fellingma

This publication fills more than 800 pages and contains 105 papers, written by 296 authors and co-authors from 27 different countries. The articles are related to the 6<sup>th</sup> International Symposium Field Measurements in Geomechanics. The articles are conveniently arranged, and contain a decent quantity of clarifying figures. The articles are categorized in three themes, which are:

1. Case histories
2. Measurement technology
3. Planning, administration and quality assurance

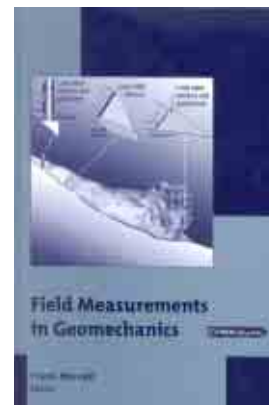
The case histories cover a wide variety of topics, from the monitoring of dams to vibrations from the demolition of a large offshore platform. With the different cases the geological conditions are also very variable.

The Measurement technology theme contains very specific articles, for example about specific measuring equipment. There are also articles in this theme with a more general character, for example about measuring stress in concrete.

In the Planning, administration and quality assurance theme, monitoring is the main subject. There are articles about particular monitoring projects as well as articles, which describe monitoring procedures.

To order the book, ISBN 90 5809 602 5, price • 249.00 you can contact:

A.A. Balkema Publishers  
P.O. Box 825, NL-2160 SZ Lisse, Netherlands  
Telephone: (+31.252) 435 111; Fax: (+31.252) 435 447  
E-mail: [orders@swets.nl](mailto:orders@swets.nl); website: [www.balkema.nl](http://www.balkema.nl)



# STUDENTEN

## Wissel DIG bestuur

*Agnes van Uiterd, Alfred van der Horst*

Studiejaar 2003-2004 is alweer een aardig eind op weg, maar het is uiteraard nog niet te laat om het 19<sup>e</sup> bestuur van het Dispuut Ingenieurs Geologie van de TU Delft aan u voor te stellen. Eind oktober 2003 vond de bestuurswissel in faculteitscafé 'Het Noorden' onder een goede slok Oranje Boom plaats. Vier nieuwe bestuursleden deden hun intrede. Een ruim gezelschap valt op te merken, gezien het aantal studenten dat Ingenieurs Geologie dit jaar rijker is geworden.

Het DIG bestuur 2003-2004 bestaat uit:

- Michiel Zandbergen, president
- Alfred van der Horst, secretaris
- Wiebke Tegtmeier, penningmeester
- Agnes van Uiterd, commissaris promo

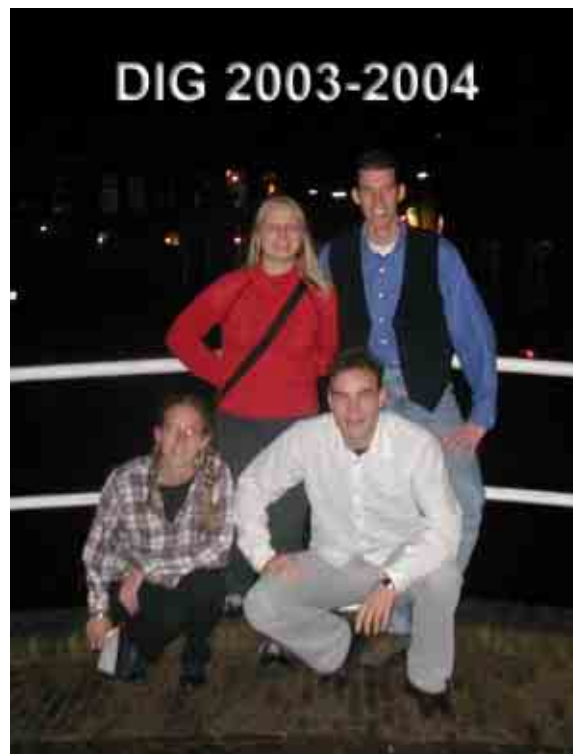
Goed nieuws is dat er op de faculteit hard gewerkt wordt aan de naamsbekendheid van Technische Aardwetenschappen onder middelbare scholieren. Daarnaast is het aan de DIG en de faculteit IG om Ingenieurs Geologie bij TA Bachelor studenten te promoten door middel van bijvoorbeeld interessante en goed gedoceede modules in het 3<sup>e</sup> jaar, bedrijfsbezoeken en presentaties.

### Toekomst

De toekomst van Ingenieurs Geologie blijft erg onzeker. Als studenten wachten wij af of er inderdaad een nieuwe professor zal worden gevonden. Ons was anderhalf jaar geleden verteld dat er werd gezocht naar een geschikte persoon en een advertentie zou worden geplaatst. Een half jaar geleden werd hetzelfde verkondigt. Nu lijkt de advertentie nog niet de deur uit en het zicht op een professor voor het komende college jaar dus gering. Voor afstudeerders is het nu zaak een professor van Geotechniek (Civiele Techniek) te vinden.

Daarnaast zijn er ieder jaar maar weinig studenten die voor de afstudeerrichting Ingenieurs Geologie kiezen. Ieder jaar kiest een enkele derdejaars voor deze Master opleiding samen met een enkele instromende HTS'er en een (toenemend maar) gering aantal buitenlandse studenten.

De promotieavonden voor de verschillende afstudeerrichtingen is na 2001 afgeschaft wegens te weinig animo. Helaas is er niets (ook geen kleinschaliger project) voor in de plaats terug gekomen. Nu moeten deze studenten zonder voorlichting een keuze maken. Of ze een goed beeld van de verschillende richtingen hebben is twijfelachtig. Een 'struikel' vak als Gesteente Mechanica (een van de eerste in het Engels gegeven vakken) wordt vaak met Ingenieurs Geologie geassocieerd en zal geen goed doen aan het imago van



de Ingenieurs Geologie Master. De DIG probeert nu met enige medewerking van de studieadviseur een voorlichtingscampagne voor tweede- en derdejaars op te zetten. We hebben goede hoop hiermee het aantal studenten voor de komende jaren wat te kunnen verhogen.

### 3VWO

In februari werden er op de TU verschillende workshops georganiseerd voor drie VWO leerlingen. Het doel is om de scholieren met techniek kennis te laten maken en de (goede) naam van de TU te verspreiden, zodat er over een aantal jaar weer meer studenten aan de TU komen studeren.

Ook op de faculteit Technische Aardwetenschappen waren er workshops. Deze werden door de DIG verzorgd. Een week lang werden er iedere dag twee klassen ontvangen. Als eerste werd er een korte inleiding gegeven over Technische Aardwetenschappen en de vijf Master opleidingen. Vervolgens werd de 'bridge game' aangevangen. In deze opdracht moesten de leerlingen naar aanleiding van een aantal uit de computer verkregen boringen de beste plaats voor een brug vinden op een kaartje van een rivier. Na een korte thee pauze werd er verder gegaan op de computer. Met het programma Terragen kon een landschap worden gecreëerd. Naar aanleiding hiervan konden de

beginselen van de geomorfologie aardig aan de scholieren worden uit gelegd. Na een door de TU verzorgde lunch vertrokken de leerlingen naar de volgende workshop bij een andere faculteit en werd er een nieuwe groep scholieren ontvangen. De grote verschillen tussen de groepen maakte het een leuke uitdaging. De DIG kijkt terug op een geslaagde week die zeker voor herhaling vatbaar is.

### Plannen

Naar het einde van dit studiejaar toe is het de bedoeling om tenminste nog één bedrijfsbezoek te organiseren. Daarnaast is de DIG bezig met een studiereis naar Duitsland. De mogelijkheid om dit in augustus van dit jaar plaats te laten vinden wordt bekeken. Van 9 mei tot

4 juni zal het veldwerk in Cambrils (Spanje) ook weer beoefend worden. Vierde jaar Ingenieursgeologie studenten van de TU Delft samen met de studenten van het ITC zullen hieraan deelnemen. Net als voorgaande jaren zal het programma bestaan uit een ingenieursgeologische kartering van een gebied, een 'Slope Stability' analyse en enkele excursies. Voor eind april hebben we het voornemen om met een excursie de Noord-Zuidlijn in Amsterdam te bezoeken.

Op onze website [www.dig.tudelft.nl](http://www.dig.tudelft.nl) zijn binnenkort, na een kleine update, weer alle ontwikkelingen te volgen!

Glück auf!

## Surf suggestions / Interessante internet links

*Robert Vuurens*

When you are looking for rock and soil properties, you can look in a classic textbook or in your company's database. On the Internet however, there are many free online databases one can query. In most cases the database are designed and supported by geological surveys or universities. A few surf suggestions concerning rock/soil properties are given below, but of course there's more to explore.

[http://gsca.nrcan.gc.ca/pubprod/rockprop/index\\_e.php](http://gsca.nrcan.gc.ca/pubprod/rockprop/index_e.php)  
The Canadian Geological Survey has tested the compressional (Vp) and shear (Vs) wave velocity of over 1000 rock samples from around the world. "The samples include a wide variety of igneous, metamorphic and sedimentary rocks from the continental and oceanic crust, plus a large suite of ores provided by the mining industry. The velocity measurements were made at room temperature and hydrostatic confining pressures ranging from 10 Mpa to 1 Gpa using the pulse transmission technique".

<http://commonground.mines.edu>  
The Common Ground Database of the Colorado School of Mines is composed of 6 free databases related to rock physics.

<http://www.rocsience.com/library/rocnews/fall2003/RocProp.pdf>  
The company RocScience introduced a new database RocProp, especially for the geotechnical engineer. This is an online database in which users can enter their own data (these data will be evaluated of course) and help building the database. This database is not freely accessible; you will need to buy the software from RocScience.

<http://www.geosci.unc.edu/Petunia/IgMetAtlas/mainmenu.html>

"Atlas of igneous and metamorphic rocks, minerals and textures". This website displays useful images and examples, especially when looking at rock samples under a microscope.

<http://georoc.mpch-mainz.gwdg.de/Start.asp>  
This is a geochemical database, useful if you are looking for the chemical composition of rocks. The entries include references to publications for more information.

A few mineralogical databases:  
<http://webmineral.com/>  
<http://un2sg4.unige.ch/athena/mineral/mineral.html> (online)  
[http://www.geosystems.no/uk/index\\_uk.htm](http://www.geosystems.no/uk/index_uk.htm) (Geolib, downloadable)

<http://www.webelements.com/webelements/index.html>  
Very educative website on the elements.



# SERVICE WITHOUT FRONTIERS



Fugro collects, processes and interprets data related to the earth's surface and soil composition and provides advice based on the results, in the oil and gas industry and the construction of buildings or civil engineering structures. Other services are precise positioning, construction material testing, reservoir engineering and data management.

Fugro Engineers B.V.  
Tel.: 070-3111444

[www.fugro.com](http://www.fugro.com)



MEETING THE CHALLENGE OF NATURE

## THESIS ABSTRACTS

### Abstract thesis Jeroen van Nes

TU Delft

#### Application of computerized tomography to investigate strain fields caused by cone penetration in sands.

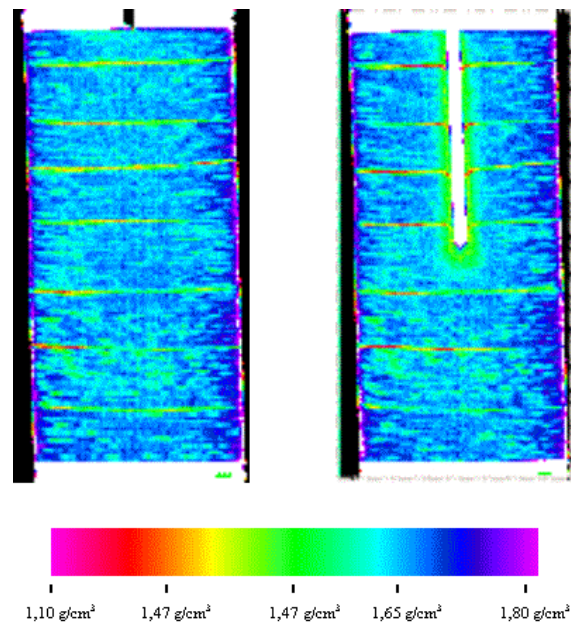
Everywhere in the Netherlands, where a structure is built, a study of the shallow subsurface is done. It is of major importance to know the geotechnical properties of the soils on which the structure is to be founded. One of the most important methods to explore the subsurface is the cone penetration test (CPT).

A large number of correlations between cone penetration test parameters and several geotechnical soil properties exist but have a low degree of repeatability. Empirical relationships require local tuning. Analytical relationships make strong assumptions on failure structures, which are believed to be created by the CPT test but have not been really investigated. Numerical codes have problems in simulating cone penetration correctly and their results are only partially validated with cone resistance measurements.

The objective of this thesis is to visualize and characterize the deformation patterns taking place during cone penetration using X-ray Computerized Tomography (CT). Its outcome can be used to improve hypotheses made in analytical models or validate new numerical models, either finite element models or discrete element models.

For this purpose, homogenous dry sand samples of various densities are prepared with dry sand pluviation. Baskarp sand is selected due to the finesses, well sorting and small amount of contamination by deviate minerals and materials. Sand samples are created with a density varying between 1,51 g/cm<sup>3</sup> and 1,68g/cm<sup>3</sup>. Small-scale penetration tests are conducted with a 6 mm diameter aluminium cone in calibration chambers with varying density, confining pressures and boundary properties. Measured cone penetration resistances range from 5 MPa in loose sand under low confining pressure (40 kPa) up to 18 MPa in dense sand under high confining pressures (80 kPa). The measured lateral strains ranges from almost zero in loose sand, up to 0,0035 in dense sand. Taking in consideration the measurements of the cone penetration resistance and lateral strain measurements it can be concluded that the repeatability of the small scale CPT test is adequate.

To investigate the deformation patterns and failure



Spatial distribution of the absolute density of the initial sand sample (left) and penetrated sand sample (right). The horizontal lines in the sand sample are placed on purpose in order to obtain a better visualization of the deformation occurring during the CPT test.

structures, computerized tomography, a non-destructive investigation method, is used to analyse the sand sample before and at several stages during the CPT tests. By obtaining the linear relationship between the Hounsfield Values observed in the CT-analyses and the sand density it is possible to define the density changes and volumetric strain in the sand samples.

Several scanning parameters are to be set before any CT-scanning can begin: the X-ray intensity X-ray beam strength and slice width. Also the diameter of the sample influences the image quality obtained by the CT-scanner. Several tests show that the optimum scanning parameters are a high X-ray intensity (to decrease noise), a moderate high X-ray beam strength (to decrease beam-hardening effects and to keep the loss of beam sensitivity to a minimum), and a slice thickness of 1 mm (to obtain an adequate resolution in the direction perpendicular to the slices). The diameter of the sand samples used during this thesis study is 10 cm but it is also possible to use larger diameters up to 15 cm.

In general the test results showed that a dilating area is formed ahead of the cone tip during the penetration, creating a dilating zone around the probe. A very dilating zone was found at 1-2 mm from the probe and shear bands are believed to be present in these zones. Outside this dilating area an area is observed which is not influenced or slightly compacted by the penetration test. In some cases some compaction takes place in front of

the cone. Decreasing the confining pressure result in, besides a decrease of the cone penetration resistance, large differences in size of the area affected and degree of density changes. A larger difference is observed by lowering the sand density. The size of the area dilating is significantly smaller and the degree of dilation is much lower. The use of rigid boundaries only resulted in a small decrease of the dilating area.

It was not possible to observe shear bands in the sand sample with the CT- scanner setup present in the Faculty of applied Earth science of the Technical University in Delft. Reasons for this are the not perfect homogeneity of the sand samples and the noise in the CT-scanner.

## Abstract thesis Sabine Backx

*TU Delft*

### **Investigation of practical use of synthetic and mixed arrays in 2D resistivity surveys and the optimization of acquisition configurations**

The last decades shallow depth geophysics are becoming more used for engineering geological purposes. One of the used methods is the direct current (DC) resistivity method. Lately, multielectrode systems have become more user friendly thanks to increasing computer power. But the fieldwork necessary for data acquisition is still a very time consuming job. To minimize this amount of work, synthetic electrode arrays can be very useful.

The goals of this research are twofold: The first is to consider the feasibility of synthetic electrode arrays created out of the pole-pole configuration from the geo-electrical method. The second goal is to find out if mixed arrays with these synthetic data would lead to better results with a better resolution and benefits from all the different configurations compared to one single measurement.

For most common arrays, with the aid of four different models, that represent different possible geological features, the conversion from pole-pole to synthetic data is investigated. Every model has three different options, resembling different resistivity distributions. So boundaries going from high to low resistivity and the other way around. It shows that the conversion into other common arrays is useful, since an increase in data points, and therefore an increase in resolution appears. Even when the accuracy limits of the later used apparatus were taken into account the results were still very good.

For the same models mixed arrays were created. In this research, mixed arrays are arrays that consist out of both the pole-pole data set and the synthetic common array data set. They are placed in one data file and inverted simultaneously. The results give a good level of detail for the shallow part, but also have the benefits of the large depth that the pole-pole array can achieve. The mixed arrays show at deeper parts even a lower sensitivity to resistivity changes than the pole-pole array. Apparently the software uses more information when it is not being told what type of array is used. Accuracy plots are produced by comparing the inversion results of all the different arrays with the original models. The relative difference between these points is plotted in graphs. These show that the singular arrays have an enormous oscillating pattern where the mixed arrays show a more constant deviation. The accuracy graphs show for every array an increase in deviation when approaching the boundaries of the model. This is due to the absence of data beyond the boundaries.

A field survey has been conducted to check the modeling results with the real life data. Four different lines were being measured. One to check the repeatability of testing when the stakes remain in the ground over night. A second line was used to see if a limited distance of the far away electrodes would influence the data. Both lines gave a positive response in the sense that there were no influences visible from both actions.

The last two lines were the actual lines used for the research purpose. One line used 48 electrodes and was measured with pole-pole, pole-dipole, dipole-dipole and schlumberger. The 72-electrode line was only measured with pole-pole, pole-dipole and schlumberger. Both lines have been measured with different arrays while the stakes remained in the ground, to ensure an exact positioning. The pole-pole data was converted into synthetic data and this synthetic data set could then be compared to the original measured arrays. The synthetic data sets showed an increase in data points and therefore resolution. Even when taking into account the limitations of the apparatus, and minimizing the amount of significant numbers possible, the subsurface image that was produced was still very useful. Of course, the conversion only works with a good pole-pole data set, so it is possible that this data set has to be edited before it is ready for conversion.

Extra points for further research are the expansion into 3 dimensions, better software and an extended field survey.



## Abstract thesis Subodh Dhakal

*ITC*

### **Empirical relations for earthquake response of slopes**

The finite difference program FLAC is used to find the relationships between the slope geometry, earthquake input signals (mainly frequency of the wave) and the material properties of the slope on the amplification of vibration on the surface. A sinusoidal wave with acceleration of  $1 \text{ m/s}^2$ , input frequency of 5 Hz and amplitude of 1 m is applied for the duration of 0.25 sec in the first three models used for the calculations. For the fourth model, however influence of varying input frequencies is also investigated applying the input frequencies of 3 Hz, 5 Hz, 10 Hz and 15 Hz. Other material properties are varied whenever necessary to examine the response of that particular material properties. The response of three models are first observed before the simulation of the last model, the response of which is to be used for finding out the relationship between the input parameters and the amplification. The first three models revealed that the edge of the slope crest is generally more vulnerable for amplification than farther away from it as in most of the cases the magnitude of amplification at the edge of the slope crest is more than that farther away. Regarding the influence of the slope angle, friction angle, and the material cohesion, the first three models show that if the slope angle is higher than the friction angle, the slope starts to fail when the material cohesion is not enough to resist the slope. In addition, the response of the slope after it fails is very different to that before it fails.

Simulation with the fourth model show that higher slopes are amplified most by the lower input frequency whereas the reverse is true for the smaller slopes. The overall magnitude of the amplification is maximum with input signals of higher frequency and lower slope heights. The horizontal amplification as much as 17 are obtained for the normal limestone slope with 20 m height when an input signal of 15 Hz frequency is applied. The amplification peaks repeat for the same input frequency but for different slope heights. It is considered reflection of the harmonic effect. The exact effect of bulk modulus however could not be found out, as the relationship could not be explained properly. A clear resonance effect is seen when the amplification is plotted against the shear modulus as well as against the ratio of the slope height to wavelength of the input signals. The slope height to wavelength ratio of 0.07 to 0.23 is seen to be most vulnerable for seismic amplification. The horizontal amplifications in the order of 6.5 are obtained for that range of slope height to wavelength ratio. The

generation of standing waves at certain harmonic frequencies could be the reason behind such a high amplification. An empirical function is recommended to show the relation of slope height, shear wave velocity and the input frequency on amplification. This type of relationship is believed to have great importance for seismic microzonation study as the results might be used along with the digital elevation model for separating different zones of hazard levels. However, one should be aware that the relationship is for the particular combination of material properties and slope geometry and the generalization for all type of materials might give misleading results.

## Abstract thesis Getachew Lemessa Fufa

*ITC*

### **Reliability or Likelihood of Geological or Geotechnical Models**

Nowadays, the likelihood of a subsurface geological model is becoming a very critical concern to geoscientists because the decisions on investments require accurate models and quantification of the economic and business risks.

The aim of this research is to build multi 3D models based on semantic approaches, and assess and evaluate factors affecting the reliability or likelihood of a geological or geo-technical model. The data set of the Reeuwijk road project, Western part of The Netherlands, obtained from NITG-TNO (Netherlands Institute of Applied Geosciences) has been used. The 63 shallow borehole data were selected covering an area of  $3.2 \text{ km}^2$ . Holocene and Pleistocene clay, peat and sand are the main sediments. By an integration of geo knowledge acquired from multiple data sources such as previous reports, geological and geo-technical maps and sections, the conceptual framework has been designed for guiding interpretations of the down hole data in assisting the modelling process. In the course of the modelling approach, different possible ways of presenting the lithology units and lithostratigraphic formations were used and as a result four different types of models have been produced which each can be used for different purposes, and are executed by the lithological modelling and stratigraphic modelling respectively in Rock works 2002.

In this research work, methodology is formulated that could help in the evaluation of the likelihood of the  $G^2$  models. These might be pursued by two ways: one qualitative and one quantitative.

1. Visual inspections through a logical reasoning system of an expert having a good geological knowledge of the area and /or comparison of the made models with an existing references data set. Especially user-defined modelling objectives can help and ensure that the final model output is compatible with its intended applications.

2. A conceptual design of reliability assessment methodology is proposed to select or rank (in terms of reliability) the models based on the quantification of the input parameters, such as data quality, interpretation quality and quality of modelling algorithms. The evaluation of the likelihood of a model requires conversion of the subjective reasoning or logic to mathematical computation, to obtain a likelihood index. This is executed in a four-step process.

- Step 1: To define the modelling objectives properly and establish the standard format which can satisfy the idea of professional experts
- Step 2: To gather the opinions from different professional experts by questionnaires
- The third step is to organize different opinions systematically and assign the weighting score for each parameter either by the verbal method or statistical methods
- The fourth step is to sum up the reasoning result from the data quality, interpretation quality and modelling parameters, and give the final ranking of the model.

In this research, the second part is not fully covered because it requires a lot of time and resources.

## Abstract thesis Ruena Mendoza

*ITC*

### Determination of Lateral Stresses in Boom Clay

The Boom Clay formation is a well-studied deposit in terms of its geotechnical and geological properties. These studies are in line with the projects such as the Western Scheldt tunnel, the nuclear disposal site in Mol, Belgium, Western Scheldt barrier and other related projects in Belgium as well as in the Netherlands. It is a tertiary deposit that is outcropping in the Northeastern part of Belgium. This clay is a deposit that is known of not being overrun by glaciers as contrary to the Pot Clay that are being pushed by the glaciers during the ice age.

At the beginning of this research project, it was assumed that such formation is cross-anisotropic due to its stress history that is primarily composed of deposition and erosion. In the present research study, the lateral stress oedometer used to determine the anisotropy of the Pot

clay is used in Boom Clay to test the isotropy/anisotropy of its lateral stresses. There have been few modifications on this lateral stress oedometer, so together with the testing of Boom Clay, assessment of these modifications is also considered.

The soil specimen used in conducting the test using the lateral stress oedometer is Boom Clay that is extracted from the Western Scheldt area. Four samples tube are being used in the laboratory test and each of the test displays anisotropy with respect to the three points that are 120° apart from each other. The anisotropic lateral stress oedometer was designed (Hegterman, 2003) such that it will be able to keep track of the lateral stresses of these three points in response to the vertical load applied to the soil. Such lateral stress oedometer functions the same as the standard oedometer with additional feature of being able to determine the isotropy/anisotropy of the soil specimen.

Assessment of the stress history of the Boom Clay will be determined from the result of the lateral stress oedometer. The tests results suggest that the Boom Clay has some degree of anisotropy with respect to its response to the applied vertical load and it seems there is anisotropic stiffness of the deposit in its horizontal plane. As compared to the Pot Clay, the degree of anisotropy in Boom Clay is less than that of the Pot Clay (Hegtermans, 2003). The values suggest that the magnitude of the anisotropy of the Boom Clay is lesser than that of the deposits overrun by glaciers.

According to Schokking et al. (1995), the Boom Clay in the Western Scheldt has fissures that are due to stress relief during tectonic uplift and subsequent erosion while Dehandschutter et al. (in press) concluded that these fractures of the Boom Clay at Mol and Antwerp is of regional importance and these fractures are results of the combination of compaction and consolidation as well as uplift and bending. The anisotropic stiffness in its horizontal plane of the Boom Clay in Western Scheldt can probably be due to the uplift and flexure or bending of the deposit in such area which seems to agree with the results of Dehandschutter.

## ENGINEERS ABROAD

### An Engineering Geologist in the Middle East

*Bernice Baardman  
Fugro Peninsular  
Doha, Qatar  
[fugroqtr@qatar.net.qa](mailto:fugroqtr@qatar.net.qa)*

#### Doha?

No, I hadn't heard of Doha either, before coming to the Middle East. It turned out to be the capital of Qatar, a small peninsular country in the Persian Gulf where oil exploration started somewhat later than in Saudi-Arabia, Kuwait or the United Arab Emirates. But Qatar's emir is trying hard to catch up with rich, well-developed cities like Dubai. That leads to many new constructions, which in turn creates a lot of work for geotechnical companies.



Figure 1: Fugro's nearshore jack-up rig Geo Giant drilling for Pearl of the Gulf Island, Doha.

#### Work

Fugro Peninsular is a branch office of Fugro Middle East, with headquarters in Dubai, for the onshore and nearshore geotechnical market in Qatar. It is a small office with two drilling rigs, one and a half drill crew, a basic lab, some Asian staff and one geotechnical engineer. That gives me quite an interesting job, being involved in all aspects of a geotechnical investigation. From preparing quotations, planning fieldworks, supervising fieldwork and lab testing, logging rock,

engineering and reporting, to maintaining drilling rigs, improving lab quality, dealing with clients, fixing the network and, almost daily, consulting the Fugro Dubai office for all those times when I feel short of being a specialist commercial manager, senior engineer, operations manager, IT specialist or lab manager.



Figure 2: Offshore jack-up rig ready to move.

Projects and clients are very diverse, too. One drilling rig can be working for a local construction company who is building a three story residence for Sheikh Mohammed, runs into trouble with the highly weathered limestone during foundation excavation because no geotechnical investigation had been carried out, and sends us a fax asking: 'For a soil test of clay soil on our site we request you to investigate the clay soil and give us a report'. At least it is more comprehensible than the request in Arabic, with a phone number (I can read Arabic numbers by now) that answers 'Salaam aleikum, ???, no English', beepbeepbeep.

At the same time the other rig might be working in Ras Laffan Industrial City, one of the three major sites in Qatar where offshore gas is processed before being exported, for an international oil company. Client representatives will fly in from Europe or the USA and make sure we deliver extensive project quality plans, adhere to the strictest safety regulations, protect the environment, and comply with their detailed specs to obtain high quality geotechnical data for the foundation design of their gas plant or pipeline.

If projects are slow, there will always be a request to fly over and assist in the Dubai office, or to hop on a helicopter for a rigmove. Rigmoves are interesting, short

offshore projects. An oil drilling rig is moving to a new location, and the rig owner wants to know if there is any hazard for a leg punch-through during pre-loading. If the legs break through a thin, hard layer overlying soft clay while jacking the hull out of the water, the rig may suffer serious damage. So it is up to the Fugro engineer and operator to drill a borehole using the jack-up rig's drill equipment, to evaluate the sub-seabed conditions real-time and to predict the punch-through hazard, while the tool-pusher is reminding her that his rig is costing him \$2,000 an hour. Challenging!

### Thousand and One Arabian Nights

A third option in quieter times (which hasn't happened in the last year ☺) is to take a regional holiday. I love Oman! One of the highlights was a hiking trip in arid mountains along 1km deep gorges, spending the night at the highest peak (3009m), passing through remote villages and being invited for coffee and dates instead of being thrown at with stones (which I had expected, since I couldn't get myself to cover my legs and arms in temperatures of over 40°).



Figure 3: Green Turtle mommy in Oman

And the turtles are great! Each night Green Turtles come to lay eggs on the beach at Ras al Jiniz. You can camp behind the dunes, and at night time the ranger will take you to the beach. You will see from close by how the ladies crawl ashore, dig a hole and drop the eggs into the hole. At sunrise you can go alone and even touch the turtles while they exhaustedly make their way back to the sea. Later in the season you can help the thousands of cute baby turtles survive a bit longer by directing them to the sea.

Oman's forts are superb too. Some of the medieval forts are restored and made into a museum. It is so pleasant to stroll through the cool corridors, see the soldiers quarters and ammunition stores, the prayer rooms, the date storage cellars and date syrup jars, the water supply system with canals and water wells, and the dark dungeons while recalling stories from Thousand and

One Arabian Nights.

### Women in the Middle East

The inevitable question. No, it isn't that difficult. Not really different from working in a male dominated environment elsewhere in the world. Virtually all my mail is addressed to Mr. Bernice. Everyone always stares. No female colleagues. Whenever you touch a pipe wrench, it is being pulled out of your hands.

The few differences in Islamic countries haven't posed serious problems yet. In Iran I dressed up with long sleeves and a scarf only, no veil required for Christian ladies. The Qatar national oil company refuses women for offshore work, but made an exception when Fugro insisted there was no other engineer available. Ras Laffan Industrial City didn't allow women to enter the Labour Camp (where some 5,000 male construction workers live), leave alone to spend the night in the Camp. When I re-applied for accommodation at a higher level, a foreign manager thought Qatar ready for emancipation and changed the rules. Security did keep an eye on my room though! Recently I stopped for two Indian hitchhikers. The moment they saw the driver, they backed off! But usually I deal with Europeans or with Arabic managers who have been educated in the West and treat me like any other engineer.

All in all, life of an engineering geologist in the Middle East isn't too bad!

PS. If you want to read more about Oman, email me for the full travel account.



Figure 4: drilling rig in Ras Laffan Industrial City

## ADVERTISING IN THE NEWSLETTER

*The Newsletter is a journal on engineering geology and related fields. It is distributed twice a year to the 200 members of the Ingeokring and several companies and institutes, active in the field of applied earth sciences.*

The Newsletter gives the possibility to advertise and bring your company to readers' notice. Advertisements will be in black and white or in color, either half a page or a whole page large.

	B/W	COLOR
• A4 format	EURO 200 (for two issues)	EURO 450 (for two issues)
• ½A4 format	EURO 125 (for two issues)	EURO 250 (for two issues)

Advertisements in digital format should be sent to:

G.S.Groenewegen@student.tudelft.nl

Camera-ready advertisements should be sent to:

Dispuut Ingenieursgeologie  
Delft University of Technology,  
Faculty of Applied Earth Sciences, Section Engineering Geology  
PO Box. 5028, 2600 GA, DELFT  
phone : 015-2786026  
fax : 015-2784103

Payment should be made to:

DIG  
giro nr: 5780457  
Mijnbouwstraat 120  
2628 RX DELFT