

# Natural Resource

TU Delft



Officieel Orgaan van de Mijnbouwkundige Vereeniging  
en Technische Aardwetenschappen

Nummer 1 • Jaargang 14 • November 2011  
Barbaraborrels: 2 december en 6 januari

Biogrout Field Trials

page 6



Levensloop: Leen Weijers

page 14



# We don't just look to the future. We create it.

Meeting the world's growing energy demands takes new, innovative solutions. With specialized technology like 3-D seismic imaging, Chevron is getting more from our oil and gas resources. Behind this technology lie the true innovators – our employees worldwide. Wherever we operate around the world, we're tapping the most powerful energy of all – human energy. To learn more, visit us at [chevron.com](http://chevron.com).



**12 GEOSPOT: INDIA**

Guido Schaepman tells about his experiences during his field work in Bihar, India.



**14 LEVENSLOOP: LEEN WEIJERS**

An article in which Leen Weijers tells about his life and career.



Editorial	4	SME Study Tour	27
Presidential	4	Bestuur Belicht	28
News	5	Fotopagina	29
Biogrout field trails	6	Zomerstages	30
Geospot: India	12	Commissies 2011-2012	32
Levensloop: Leen Weijers	14	Nieuwe Ereleden	34
Thesis	19	Weber puzzle	35
Study Abroad: EMEC	24	Graduation Subjects	37
Bestuur 120	25	MV Agenda	39
		Colophon	39

# Editorial

---

Dear Reader,

The new academic year has started, which means there is a new group of students responsible for this magazine. For everyone of us this will be the first time creating a whole magazine. So we decided to just keep using the layout of last year, since we think they did a good job on that.

Something we do want to focus on coming year is the originality and freshness of our articles, getting articles of the newest developments and discoveries in the different aspects our beautiful faculty has to offer.

And to achieve this we could use some help. So we would like to ask everyone with ideas about exciting hot topics or current developments to please inform us by sending a email to [naturalresource-mv@tudelft.nl](mailto:naturalresource-mv@tudelft.nl), so we can be as cutting-edge as we would like to be!

Now for what you can expect in this Natural Resource. In general we kept the same themes as you were already used to.

First of all the leading article, this is usually a bigger article about nearly any interesting and/or cutting-edge subject. This year we want to link the leading

article with the centerfold, to emphasize the article. Secondly a "Geospot" article, this is a story with the emphasis on adventures in exotic places. There is also a "Levensloop" article. Someone who finished his or her study some time ago tells us what they did and how they did it, to come to the point in life where they are now. This should be interesting for students, to see what they can achieve and what could happen in their lives and for alumni for the same reason. Further we will have an article about a student who did his or her study abroad for some time. And of course we will have an article about someone's thesis, but unfortunately this article will not be present in this Natural Resource yet.

These will be the big stories, but of course there will be much more! ■

We hope you enjoy the first result of our team effort as Omnico 2011-2012.

Kasper Speth

Chief Editor on behalf of the whole editorial staff

# Presidential

---

Dear members, extraordinary members and other interested,

Now the new year has begun and everybody is getting started. So are we as the new board of the Mijnbouwkundige Vereniging. This year started with the Owee, the introduction week of all the new students in Delft. In this week we've let all Delft know what a beautiful thing it is to be a miner. With a face as if they just came above ground and with one or two beers in their hands, our new students were welcomed in the Mining way of life. Almost instantly a warm year bond was created.

Less than two weeks later the 50 new freshmen went on the introduction excursion, where they could taste for the first time what they are going to experience the upcoming years. Accompanied by a lot of interested members they experienced the traditional "mijndoop".

Subsequently it was time for us time to be inaugurated as the 120th board of the Mijnbouwkundige Vereniging. The 118th board organised an awesome 'lumberjack' themed evening in Het Noorden, from which we have some good memories! The first thing we had to organise was the installation of a fresh NoCo and thank the old NoCo with a nice gift, for all the drinks and snacks they have served the past year.

After that, it was time for the 'Inter Facultair Feest' or the

IFF, a party organised by the small faculties of the TU Delft. But as always the miners made the party.

During the inauguration on the 5th of October, our freshmen finally became full members of the MV. This year there were also a lot of incoming master students who dared to take on the challenge to become a member. I'm very glad that I can say we've welcomed 49 new members. The older students among us went on a traditional MSc trip, where some of the international students stood on ice for the first time.

I am also proud to say that we've enriched the MV with two new honorary members! Ir. Dick Swart and Drs. Ir. Duco Drenth have been rewarded for all the effort they've put in the MV. We hope we can count on their support for the many years to come.

With all the activities we've experienced already, we can't wait for what's to come. The Barbararede in December, Sinterklaas in Het Noorden and many other. ■

Glück Auf!

Frank Pennekamp

President der Mijnbouwkundige Vereniging

## July 4

Japanese researchers have found rare earth elements in mud layers at the bottom of the Pacific off the coast of Japan. It is estimated that 80 to 100 billion tons can be extracted. ■

## July 8

Salt producer Frisia Zout will get a permit for the extraction of salt in the Wadden Sea in northwest Friesland. The salt lies 3km from the coast at a depth of 2km and will be mined from Harlingen, the Netherlands. ■

## August 13

An oil leak has been found near the Gannet Alpha platform of the Royal Dutch Shell, 180km from Aberdeen, Scotland. A clean-up vessel has been sent and one of the nearby wells has been closed. ■

## August 19

Sarin Technologies has developed a machine that values rough diamonds on color, clarity and carat. The machine uses a kind of CT-scan and determines the value within a few minutes. ■

## August 30

In the Heilongjiang province, North-eastern China, 19 miners were rescued after being trapped for a week. They drilled into a flooded shaft by accident. The mine was ordered to shut down in 2007 but re-opened nevertheless. ■

## September 9

40 km southeast of Nijmegen, the Netherlands, an earthquake of 4.5 on the Richter scale occurred at a depth of 7 km. Although the earthquake has a natural cause, it did not occur at fault lines. ■

Four miners have been found dead in a flooded Swansea Valley colliery in Wales. Three other miners managed to escape when a wall restraining groundwater failed. ■

## September 22

Cuadrilla estimates to have found 5.6 trillion cubic meters of gas shales in North England. This makes the British shale gas reserves 10 times larger than estimated before. ■

## September 23

RWE/Essent proceed with the construction of the coal powerplant in Eemshaven. A few weeks back two nature permits were revoked as a result of a court order stating that there was insufficient research into the effects on the Wadden Sea and Frisian Islands. ■

## September 16



▲ Gold price over the last 6 months.

Based on information from nu.nl and bbc.co.uk

# Biogrout field trials; Stabilizing gravel to prevent borehole collapse

"Use bacteria to increase the strength of soils", seems like a nice idea, but perhaps a bit extraordinary for engineers building constructions on soft soils in The Netherlands. At least so it seemed almost a decade ago when researchers in Australia reported that bacteria could strengthen sand and renovate monuments. Ten years later the principle of biological soils strengthening has been applied in practice for a pipe line crossing the river Waal in The Netherlands.

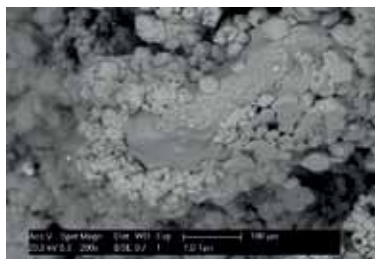
That the idea had to be taken seriously, became clear after a bag of sand was sent to Australia, and returned as columns of sandstone. That was in 2003. The columns were tested and one of the biological properties of the cemented sand, which caught the attention was the limited reduction in water permeability while the compressive strength had increased to a few MPa. This was a unique advantage over traditional ground improvement techniques, where soil is mixed or injected with cement or other chemicals, which usually make the soil practically water impermeable (Karol, 2003; Hayward Baker Inc, 2004). Maintaining the permeability allows for multiple treatments and also the use of low injection pressure or treating larger volumes per injection. Hence it would be possible to improve the soil properties remotely under existing buildings or infrastructure, with minimal disturbance to their operation.

By: Leon van Paassen

## Urea hydrolysis

In 2004, Deltares (then GeoDelft), Volker Wessels and Delft University of Technology, obtained a grant of Senter Novem, and started to investigate and develop biogrout: ground improvement using bacteria. This was done in collaboration with Australian researchers at Murdoch University and Calcite Technology Ltd (Whiffin, 2004, Kucharski et al, 2005) and later with French contractor Soletanche Bachy. The biological process that was developed involved 4 steps:

1. *Sporosarcina pasteurii*, an aerobic bacterium that occurs naturally in soil and contains a large amount of the enzyme urease, is cultivated in a rich nutrient medium containing yeast extract and ammonium chloride, which is sparged with air;
2. The suspension of the bacteria is injected into the ground, followed by a solution of urea and calcium chloride;
3. The urease enzymes catalyse the conversion (hydrolysis) of urea to ammonia and carbonate production and carbonate precipitates with calcium as calcium carbonate crystals. These crystals form



▲ **Figure 1: Scanning electron microscopic image of biologically formed calcite crystals on sand grains**

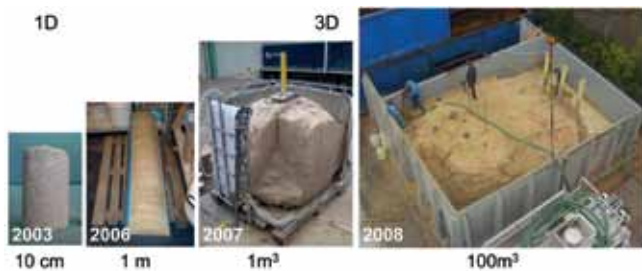
connections between the sand grains, which increases the strength and stiffness of the sand (Figure 1);

4. The remaining solution of ammonium chloride is removed and discarded.

## Empirical scale up

The process was scaled up in five years from a small column (20 cm) in the laboratory to a large field-scale experiment in 2008 (Van Paassen et al, 2009). First, a method was designed to better distribute the bacteria over a sand core and prevent clogging close to the injection well (Harkes et al, 2010). Using this method in 2006 a column of sand was cemented over a distance of five meters (Whiffin et al, 2007). A year later the same procedure was repeated

in a 1 m<sup>3</sup> container. Finally, in 2008 an experiment was conducted in a large sandbox of 5 by 8 by 2.5 m (100 m<sup>3</sup>), with equipment and procedures which were likely to be used in the field. In the latter experiment, the sand was flushed 6 times in 12 days over a distance of five meters between three injection and three extraction wells. Changes in stiffness during treatment were monitored using seismic shear wave velocity measurements: using a special vibration source at the surface of the sand shear waves were initiated, which were then recorded by geophones buried under the sand. The shear wave velocity is directly related to the average stiffness of the sand. Afterwards, the body of cemented sand excavated and intensively sampled and tested. About 43 m<sup>3</sup> of sand appeared to be cemented with a compressive strength up to 12 MPa. The geophysically measured average stiffness values corresponded well to the actually measured elastic modulus values from the compressive strength tests in the lab (Figure 2) (Van Paassen et al, 2010). Although the large-scale experiments showed a significant increase ►



◀ **Figure 2:**  
Results of the large scale sand box experiment in 2008

in the average strength and stiffness, the reinforcement was not homogeneously distributed in the sand.

From all the measurements on the samples from the large scale experiments, empirical correlations were derived between the calcium content, dry density, porosity, permeability, strength and stiffness. The strength and stiffness were found to correlate with calcium content, but even better with the dry density after treatment. Furthermore, the geotechnical parameters were determined (cohesion, friction angle, Young's moduli and Poisson ratio) which are needed to design customized BioGrout procedures for different potential applications, including, liquefaction prevention, erosion control, dust control, or increase the bearing capacity of soils under roads and buildings or improve slope stability (De Jong et al, 2010).

### Cementing gravel

Although most of the biogrout experiments were performed in sand, the method was first applied in practice in a coarser material. Visser & Smit Hanab, a construction company focusing on development, construction and management of surface and underground pipe and cable infrastructures, wondered if biogrout could be applied in gravel. When constructing underground pipelines using

horizontal directional drilling (HDD) there is a risk that the borehole collapses when the route crosses a gravel layer. Because of the large pores between the grains, the drilling fluid can wash away and might not form a filter cake. In the absence of a filter cake and the lack of cohesion between the gravel grains the borehole may collapse. The risk of collapse increases with increasing borehole diameter. In case of a borehole collapse, the drill can get trapped during drilling or reaming of the borehole or during the installation of the pipeline. To reduce the risk of borehole instability in gravel the potential of biogrout application in gravel was investigated. After several successful tests on laboratory scale, a 3 m<sup>3</sup> container was filled with gravel and treated with multiple biogrout flushes. Using a HDD bore installation a hole was drilled through the biologically cemented gravel, which remained stable after drilling (Figure 3).



### Field trials

Following the success of this container test, Visser & Smit Hanab and Volker Staal en Funderingen (both VolkerWessels companies) carefully planned two field tests in the south of the Netherlands in collaboration with Deltares and Delft University of Technology and executed them in summer 2010 in close consultation with the water board Rivierenland as part of a gas pipeline installation project for client Gasunie.

Injection, extraction and monitoring wells were installed in the vicinity of the proposed pipeline trajectory. During each field test a soil volume of 1.000 m<sup>3</sup> was treated using the biogrouting procedure at a depth varying between 3 and 20 m below the surface. The procedure involved three steps: 1) about 200 m<sup>3</sup> of (diluted) bacterial suspension which was cultivated by Fermensys S.A. France, according to a cultivation procedure similar to Whiffin et al (2007); 2) injection of 300 to 600 m<sup>3</sup> of substrate solution containing urea and calcium chloride; 3) extraction of groundwater until electrical conductivity and ammonium concentrations were back to the initial values. The extracted ground water was offered to a local waste water treatment plant. As limited amount of strength ►



▲ **Figure 3:** After drilling through biological cemented gravel (left) the borehole remained stable (right).

increase was required, the amount of flushes was limited to two pore volumes. After treatment the HDD's were performed and the pipelines successfully installed.

In the field tests several monitoring methods were evaluated, including:

- Geo-electrical resistivity measurements before, during and after treatment
- Reflective shear wave velocity measurements before and after treatment
- Cone penetration tests (CPT) before and after treatment,
- Dynamic penetration test (DPT)
- Sampling and measuring the ammonium concentration and electrical conductivity of the extracted liquid during treatment,
- sampling
- Sonic vibration coring
- Excavation
- Measurement of the CaCO<sub>3</sub>

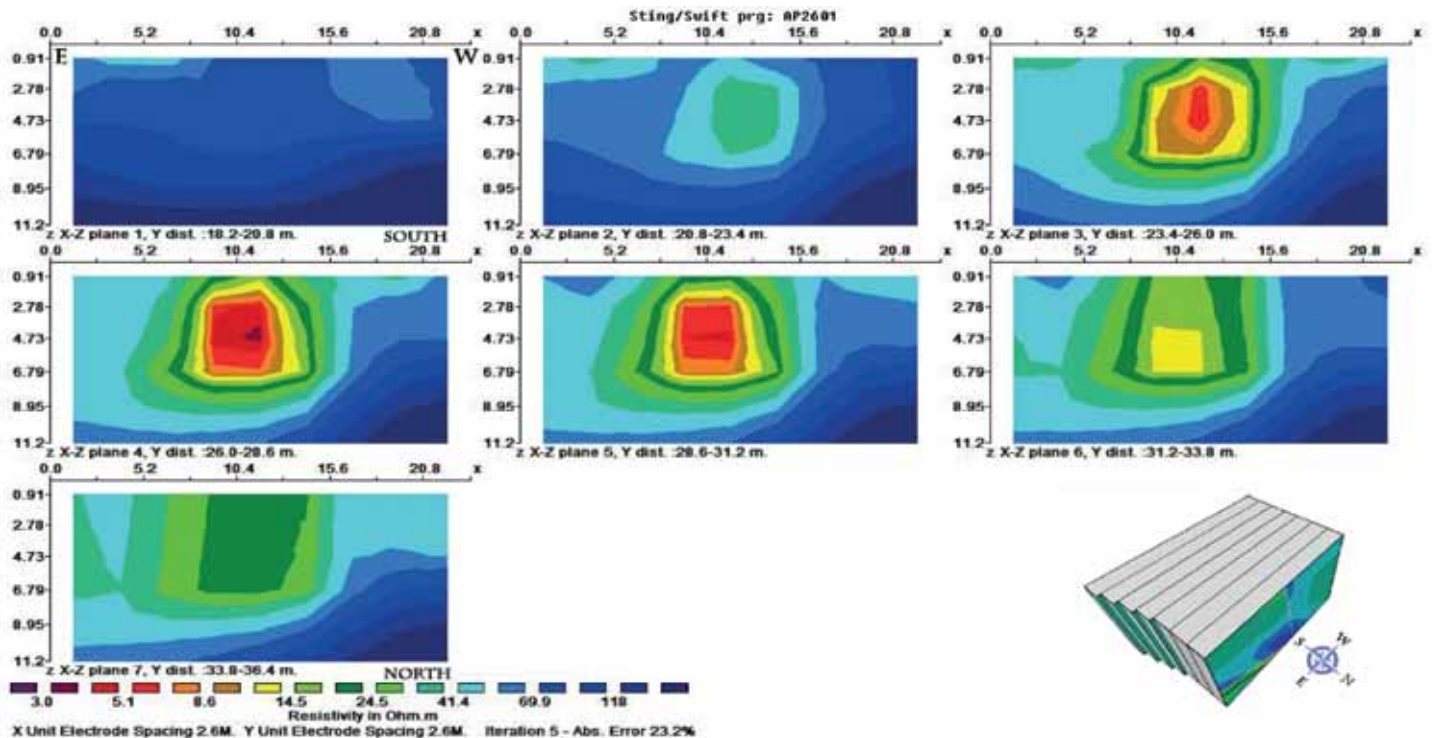
content on excavated samples after treatment.

Preliminary results indicated that the geoelectrical resistivity measurements (Figure 4) and the electrical conductivity and ammonium measurements on the extracted liquid are good methods to monitor the flow and transport of the brine solutions, as the injected bacterial suspension and substrate solutions had a large contrast with the surrounding groundwater.

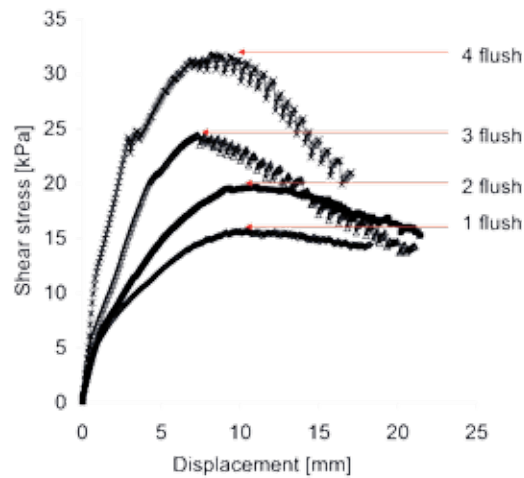
Providing the evidence of cementation appeared more difficult. The reflected shear wave velocity measurements had a limited resolution. CPT and SPT measurements did not show significant difference before and after treatment. Obtaining undisturbed samples for strength testing using the different coring techniques appeared rather difficult, particularly in the gravel layers. And excavation

below the groundwater level, which appeared at 2 m below the surface, proved impossible without additional measures of support or water withdrawal in the surroundings. Calcium carbonate measurements on the excavated (but disturbed) samples still provided the most direct evidence of biogrout, reaching values up to 6% of the total dry weight. ESEM analysis of soil samples showed similar calcite crystals as observed in other biogrout experiments, indicating the CaCO<sub>3</sub> was precipitated during the biogrout process. Further analysis of the monitoring results will provide additional evidence of the effect of biogrouting.

In order to estimate the strength of the biologically cemented gravel from the calcium carbonate measurements, additional column studies were performed to provide a correlation. ▶



▲ **Figure 4** The geoelectrical resistivity measurements before (top) and during (bottom) treatment indicate the approximate area, which is affected by biogrouting. The high salinity of the flushed with (brine) substrate solutions reduce the apparent resistivity from 120 (dark blue) to 2 (purple) Ωm (Van Paassen, 2011).



▲ **Figure 5** Although the calcium carbonate was heterogeneously distributed throughout the gravel (left), still a clear correlation was observed between the shear strength and the amount of flushes (right).

Boxes of 15 x 15 x 40 cm were filled with gravel of similar grain size distribution and treated with the same liquids as used in the field tests. The columns were flushed from top to bottom, with high flow rate (one pore volume in several minutes). First they were flushed with one pore volume of bacterial suspension and consequently with a number of flushes of biogrouting solution, which varied from 1 to 4. After each flush the column was left for at least 24 hours to react. After treatment the gravel appeared to be heterogeneously packed: the finer sand fraction had segregated from the coarser gravel fraction. Consequently, also the calcium carbonate appeared heterogeneously distributed in layers, which were formed at the interface below the gravel and on top of the sand. In between the cemented zones pockets of gravel and sand were completely loose. In order to determine strength, the wooden boxes were carefully cut along the length in two equal halves and installed in an adjusted direct shear box frame. The peak strength appeared to increase with an increasing number of flushes

(Figure 5). Vertical displacement was registered during shearing and showed that a large part of the shearing resistance was due to an increase in dilatancy (Van Paassen et al, 2012).

#### **Alternative biogROUT processes**

While the biogROUT process based on urea hydrolysis has been applied successfully in a pilot application, process costs are still relatively high, due to the required removal of ammonium chloride and the use of specific micro-organisms, which are cultivated ex situ and slowly decay after being injected in the subsurface. Several alternative pathways were evaluated in which micro-organisms induce calcium carbonate precipitation, in particular several ways of aerobic and anaerobic oxidation of organic substrates (Van Paassen et al, 2010). One of the most promising alternatives seemed a process in which calcium acetate (or calcium salts of other fatty acids) and calcium nitrate are converted into calcium carbonate crystals by indigenous nitrate

reducing micro-organisms. The proof of principle has been demonstrated experimentally in the laboratory. Besides being a source of calcium carbonate these substrates can also be used by “denitrifying” micro-organisms for their growth and maintenance. So, no specific organisms have to be cultivated ex situ and injected. Secondly, if nitrate is fully reduced, the only side product will be nitrogen gas, which does not require removal. On the other hand, the denitrification process is slower than urea hydrolysis and the gas and biomass formation will affect the permeability and consequent distribution of calcium carbonate. Also, incomplete reduction of nitrate might result in the accumulation and release of unwanted side products like nitrite, nitrous oxide and nitric oxide. A final advantage of the denitrification process is that the required substrates can be obtained from pre-treated waste streams. Nitrogen rich waste streams such as the digestate of pig manure can be used to produce calcium nitrate and organic waste streams such as molasses to produce calcium salts of fatty acids (Van der Star et al, 2009).

#### **Conclusions**

BiogROUT has developed in relatively short time from laboratory experiment to first full scale application. The field trials enabled to evaluate the feasibility and limitations of different monitoring methods. Involvement of all different stakeholders, from industry, government and university proved essential for developments in such a cross-disciplinary field. Still, numerous opportunities for adaptation of ►

the engineering approach may be uncovered from this cross-fertilization between biology and civil engineering.

### Acknowledgements

This research and in particular the biogrout field trials were made possible by close collaboration between different stakeholders, in particular Werner van Hemert and Arno Mulder from the department of Geo-Engineering of Delft University of Technology, Mike Woning, Wouter van der Star, Marien Harkes, Miranda van Wijngaarden and the rest of the SmartSoils® research group at Deltares, Lennart van Baalen of Visser & Smit Hanab, Gerard van Zwieten, Peter Ensink and the crew of Volker Staal en Funderingen and Erik Brink of GasUnie.

Large parts of this article have been published in: Van Paassen, L.A., 2011, Bio-mediated ground improvement: From laboratory experiment to pilot applications, Geotechnical Special Publication, (211 GSP), pp. 4099-4108. ■

### References

Harkes, M.P., van Paassen, L.A., Booster, J.L., Whiffin, V.S. & van Loosdrecht, M.C.M. 2009. Fixation and distribution of bacterial activity in sand to induce carbonate precipitation for ground reinforcement. *Ecological Engineering* 36(2): 197-210.

De Jong, J.T., Fritzsche, M.B. and Nusslein, K. 2006. "Microbially Induced Cementation to Control Sand Response to Undrained Shear." *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering* 132(11): 1381-1392.

De Jong, J.T., Mortensen, B.M., Martinez, B.C. and Nelson, D.C. 2010. "Biomediated soil

improvement." *Ecological Engineering* 36(2): 197-210.

Harkes, M.P., Van Paassen L.A., Booster J.L., Whiffin, V.S. and Van Loosdrecht, M.C.M. 2010. Fixation and distribution of bacterial activity in sand to induce carbonate precipitation for ground reinforcement, *Ecological Engineering* 36(2): 112-117.

Hayward Baker Inc. 2004. Jetgrouting, www.haywardbaker.com, Pub No. G32: pp 8

Ivanov, V. and Chu, J., 2008. "Applications of microorganisms to geotechnical engineering for bioclogging and biocementation of soil in-situ." *Reviews in Environmental Science and Biotechnology* 7(2): 139-153.

Karol, R.H. 2003. Chemical grouting and soil stabilization. 3rd edition, New York, Dekker, 558p.

Kucharski E.S., Cord-Ruwisch R, Whiffin V, Al-Thawadi S.M.J. 2006. Microbial Biocementation. World Patent 066326.

Mitchell, J.K. and J.C. Santamarina (2005). "Biological Considerations in Geotechnical Engineering." *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering* 131(10): 1222-1233.

Van Paassen, L.A. 2009. Biogrout, ground improvement by microbial induced carbonate precipitation, PhD thesis, Department of Biotechnology, Delft University of Technology, 202 pp.

Van Paassen, L.A., Daza, C.M., Staal, M., Sorokin, D.Y., Van der Zon, W. and Van Loosdrecht, M.C.M. 2010. Potential soil reinforcement by microbial denitrification, *Ecological Engineering* 36(2): 168-175.

Van Paassen, L.A., Harkes, M.P., Van Zwieten, G.A., Van der Zon, W.H., Van der Star, W.R.L. and Van Loosdrecht, M.C.M. 2009.

Scale up of BioGrout: a biological ground reinforcement method. In: Proceedings of the 17th International Conference on Soil Mechanics & Geotechnical Engineering (ICSMGE), Alexandria, Egypt, Hamza, M. Shahien, M., Mossallamy, Y.E. (Eds.): 2328-2333. doi: 10.3233/978-1-60750-031-5-2328.

Van Paassen, L.A., Ghose, R., Van der Linden, T.J.M., Van der Star, W.R.L. and Van Loosdrecht, M.C.M. 2010. "Quantifying bio-mediated ground improvement by ureolysis: a large scale biogrout experiment", *ASCE Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, in press

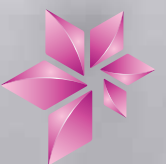
Van der Star, W.R.L., Taher, E., Harkes, M.P., Van Loosdrecht, M.C.M. and Van Paassen, L.A. 2009. Use of waste streams and microbes for in-situ transformation of sand into sandstone. In: *International Symposium on Ground Improvement Technologies and Case Histories (ISGI2009)*, Singapore, CF Leung, J Chu and RF Shen (Eds): 177-182. doi: 10.3850/GI126.

Whiffin, V.S. 2004. Microbial CaCO<sub>3</sub> Precipitation for the production of Biocement, Ph.D thesis, School of Biological Sciences & Biotechnology, Perth, Western Australia, Murdoch University, ISBN: 978-3639038729, 154 pp.

Whiffin, V.S., Van Paassen, L.A. & Harkes, M.P. 2007. "Microbial Carbonate Precipitation as a Soil Improvement Technique." *Geomicrobiology Journal* 24(5): 417-423.

# Like to be one of us?

[www.statoil.com/careers](http://www.statoil.com/careers)



Statoil

# Geospot: India

## Verslag van afstudeerwerk in Bihar, India

*“Het is beter een mijl te reizen dan duizend boeken te lezen”*

Confucius

Op 15 maart 2011 vertrok ik voor drie maanden naar Patna, India, samen met de Indiase PhD student van de TU Delft, Ajay Bhatt. Het doel was om een betrouwbare dataset te verzamelen voor onze afstudeeronderwerpen. Mijn onderzoek richt zich op de geologie van een rivierafzetting dichtbij Patna. De geologie staat namelijk mogelijk in verband met de ruimtelijke verdeling arsenicumconcentraties in het grondwater, dat veel wordt gedronken en zo gezondheidsrisico's met zich meebrengt. Daarom wilde ik de ondergrond in kaart brengen met een elektromagnetisch apparaat en drie boringen verrichten. Met behulp van onze resultaten kunnen we mogelijk zones aanwijzen waar de arsenicumconcentratie in het grondwater laag zal zijn. In dit verslag beschrijf ik voornamelijk mijn persoonlijke beleving en tussendoor welke resultaten ik heb kunnen boeken voor mijn onderzoek.

By: Guido Schaepman

Bihar is een van de armste staten van India, dus de overstap van het aangeharkte Nederland naar de chaos van Patna was groot. In twee maanden tijd zag ik geen enkel ander Westers gezicht. De eerste week in India stond dan ook voornamelijk in het teken van acclimatiseren, het gewend raken aan het voedsel en de gebruiken, voorbereidingen treffen voor het veldwerk en kennismaken met de mensen die zouden helpen tijdens het veldwerk. Tot mijn geluk was mijn verblijf voor het grootste gedeelte van de gehele periode (15 maart tot 1 juni) bij Dr. Ashok Ghosh, werkzaam als docent voor het AN College in Patna. Zijn familie ving mij erg goed op en het voelde dan ook aan als een gastgezin.

Tijdens het anderhalve maand durende veldwerk verbleef ik ook veel in kleine middeleeuwse dorpjes

op 2 uur reizen van het stadse Patna af. Deze landbouwdorpjes met rieten huisjes en hobbelige zandwegen staan nog verder af van het leven dat ik doorgaans in Nederland leid. De mensen die zichtbaar werkten en soms zelf vochten voor hun bestaan, maakten veel indruk op mij. Ik werd ontroerd door de simpelheid van hun bestaan en door de gastvrijheid die ze aanboden. Ik heb dan ook hele mooie herinneringen aan deze tijd en aan de warme en temperamentvolle mensen die ik heb ontmoet. De meest opvallende was Sunil, de vrolijke eigenaar van een theebar, die maar liefst twaalf kinderen had gekregen, maar er nog maar zes over had. Dat is de hardheid van het bestaan in deze gebieden, waar ziektes en dood nog tot de orde van de dag behoren.

Het was ook een erg vermoeiende tijd. We werkten dagelijks zes tot tien

uur op de open akkers, waar de zon fel scheen en temperaturen van 40 graden werden aangetikt. Bovendien was ik vaak ziek doordat mijn gestel het gebrek aan hygiëne niet aankon. Gelukkig kreeg ik veel energie van de groepen mensen die zich vaak om ons heen verzamelden om eens een blanke te mogen aanschouwen.

Veel baat had ik bij de hulp van vier Indiase studenten van het AN College in Patna. Toegewijde en hardwerkende studenten, die veel werk van ons uit handen hebben genomen. Zonder hun hulp hadden we nooit zoveel kunnen bereiken. Het veldwerk zelf bestond uit het meten van weerstanden in de ondergrond en het verzamelen van uiteindelijk maar twee boorkernen. Beide onderdelen kenden problemen. Zo raakte het elektromagnetische apparaat defect en kostte het boren meer tijd dan gedacht. Dit vereiste veel flexibiliteit en creativiteit. Uiteindelijk hebben we toch de weerstanden van een groot deel van de rivierafzetting kunnen meten, waarbij de verschillen tussen zanden en kleien goed zichtbaar zijn. Hoogstwaarschijnlijk zijn deze goed te correleren aan de twee boorkernen van ieder 50m die ik inmiddels al heb bestudeerd in India. Uit deze gedetailleerde studie blijkt dat we inderdaad in een point bar



◀ **Het veldwerkgebied: tussen de graanakkers werden we toch nog gespot door de 'locals' die dan ook nieuwsgierig een kijkje kwamen nemen.**



◀ **De theebar van Sunil waar we dagelijks onze lunch en avondeten namen.**

▶ **De sierlijke vrouwen op het platteland.**



zitten, maar het is een onverwachte bevinding dat we vanaf 30m louter grind tegenkomen, dat als een hoog permeabele formatie zou kunnen functioneren. Aan het einde zijn in beide putten ook nog verschillende metingen gedaan; de gamma ray, de weerstand en de spontane potentiaal. Deze komen de betrouwbaarheid ten goede. De uiteindelijke dataset is in ieder geval ruim voldoende voor een goed driedimensionaal geologisch model. In oktober 2011 hoop ik de eindresultaten van het project te kunnen presenteren.

Aan het einde van de periode kwamen ook nog mijn twee begeleiders langs (Prof. Dr. J. Bruining en Dr. M.E. Donselaar), voornamelijk om contacten te leggen voor de toekomst van het project, maar ook om mijn onderzoek te bekijken. Zij waren erg onder de indruk van de resultaten die we hadden geboekt en de omgeving waarin wij hadden gewerkt.

Alles bij elkaar is India een geweldige ervaring voor mij geweest. Ik heb veel geleerd van het zelfstandig opzetten van een veldwerk en onderzoek, waarbij ik verantwoordelijkheid droeg. Het was ook erg uitdagend om dit in een omgeving te doen waar flexibiliteit vereist is en waar we elke keer met creatieve oplossingen moesten komen om te kunnen slagen. Bovendien heb ik een grote persoonlijke groei doorgemaakt, die je alleen maar tijdens een reis als deze kan doormaken. Ik dank dan ook iedereen die aan het project heeft meegewerkt en steun heeft geboden, waaronder het UniversiteitsFonds Delft en de CICAT voor hun financiële bijdrage.

Dat is misschien nog een laatste punt.

Het is zo een mooi wetenschappelijk en maatschappelijk betrokken project, dat het zonde zou zijn als er geen vervolg op zou kunnen komen vanwege geld. Prof. Dr. J. Bruining en Dr. M.E. Donselaar hebben goede ideeën voor de toekomst en gaan zelfs al het een en ander publiceren. Ook zijn er instanties in India die ons op de voet volgen, zodat zij onze ideeën misschien kunnen toepassen. Toch zijn de onkosten hoog, waardoor financiering vanaf buitenaf wenselijk is. Vandaar ook mijn oproep aan bedrijven en oud-leden: neem contact op met Prof. Dr. J. Bruining van de TU Delft voor een bijdrage. ■

▶ **Mijn begeleiders en professoren die een bezoek kwamen brengen aan het veldwerkgebied. Op de achtergrond de boorinstallatie.**



## Fraccen met Doctor Ouigee

### Ga Terug Naar Start

Het is de ochtend van 11 maart 2011, als ik word gebeld. Het is een doordeweekse dag, maar de kinderen hebben een dag vrij vanwege een “teacher work day”. Ik ben aan het skiën met mijn twee jongste zoons in Winter Park, 70 mijl ten westen van Denver, Colorado. Het is Chris, een goede vriend en mijn vroegere baas: “Doc, I need your help to run this new frac company”. Ga ik na 16 jaar opnieuw beginnen?

By: Leen Weijers

### Dorpsstraat, Ons Dorp

Mijn ouders waren immigranten. Uit het westen bij Rotterdam trokken ze via Utrecht naar Noord Groningen. Op mijn vijfde verhuisden we naar Ten Boer, waar we westerse “import” waren. Ik werd geboetseerd uit Groningse klei lange middagen bij mijn beste vriend op de boerderij en op het land.

Ik ging naar de middelbare school in Appingedam. Tussen veel vrienden vond ik er mijn beste vriendin en “high school sweetheart”. Zomervakanties brachten we door in Frankrijk en Engeland, waar ik met mijn vader, een amateur-geoloog, vaak dagen in een beek of bij een outcrop fossielen bij elkaar hakte. Ik wist al vroeg dat er voor mij maar één keuze was: Mijnbouwkunde in Delft.

Ik begon in 1984 bij de TH Delft en studeerde in 1990 bij de TU Delft af in Technische Geofysica bij Prof. Anton Ziolkowski en Joop Van Baaren, met veel hulp van Karel Heller en Dr. Guido Baeten. Ik rolde van afstuderen in een promotie onderzoek via Dr. Hans de Pater, die in 1990 net een nieuw onderzoek project in “hydraulische scheurgroei” had gestart met sponsoring van de EU en verschillende bedrijven in de olie- en gasindustrie, iets wat toen uniek was in Delft. Snel na

het afstuderen trouwde ik in Den Haag, waar mijn oudste zoon werd geboren in 1992. In de herfst van 1994 begon er eindelijk schot te komen in mijn onderzoek, waarbij ik hulp kreeg van Hans de Pater, Prof. Jacques Hagoort, Gerard Mathu en vele afstudeerders in Petroleumwinning in het Dietz Lab.

Ik begon mijn eerste job interviews in de zomer van 1994, maar het vlotte niet erg. Ik had mijn zinnen gezet op Shell, maar de interviews gingen niet erg goed en het werd vreemd gevonden dat deze “Lab Rat” in operations wilde werken. Ook de consortiumleden in het onderzoeksprogramma waren niet geïnteresseerd in een tijd van lage olieprijs. In augustus presenteerde ik resultaten van het onderzoek op een conferentie in Delft. Een welbespraakte en levendige Amerikaanse jonge man presenteerde commerciële meetings van hydraulische scheurgroei in het Belridge Field in Zuid Californie, direct na mijn presentatie. Hans de Pater introduceerde me aan hem - Chris. Hij had in 1992 een klein bedrijf gestart genaamd Pinnacle Technologies en er waren nu 6 werknemers. Na een avond kletsen met Chris was mijn nabije toekomst beklonken: ik zou 2 maanden proef lopen in San Francisco, mijn proefschrift afmaken en als het allemaal

wederzijds beviel na de verdediging van mijn proefschrift, met mijn vrouw en zoon naar San Francisco verhuizen.

### Berend Botje Ging uit Varen

De twee proefmaanden in San Francisco, “City by the Bay”, waren spannend en enorm leuk. Ik hoorde voor het eerst Chris’ “stump speech” bij Occidental in Bakersfield en een contract voor consulting werk was binnen. Ik was overtuigd: voor deze menselijke, slimme, gedreven man wilde ik werken. Mijn eerste werk was het schrijven van papers en het maken van presentaties over het gebruik van metingen en uitleg van de fysica bij hydraulische scheurgroei voor een contract met een Amerikaanse semi-overheidsinstelling, het Gas Research Institute (GRI). Doel was om Amerikaanse ingenieurs en bedrijven meer over het nut ►



▲ Schaatsen op een meer bij Denver.

---

van “hydraulic fracturing” te leren en hoe ze dat proces door het doen van metingen beter kunnen beheersen. Naast schrijven en presenteren was ook veldwerk om dit alles in praktijk te brengen met ingenieurs in California, Colorado en New Mexico, een groot onderdeel van mijn allereerste werk.

Margreet, Steven en ik arriveerden in Amerika op 3 maart, 1995. Met z'n drieën “alleen” in een groot land. Nou ja, niet helemaal alleen: een goeie vriend van Mijnbouw woonde met zijn vrouw in Reno, nog geen 350 km bij ons vandaan. Net om de hoek voor een Amerikaan, maar dichtbij genoeg voor regelmatige visite. We trokken in een leeg appartement – de spullen uit Nederland waren nog onderweg in een container. Een collega bracht wat tuinstoelen over. Het regende het hele weekend, een van die jaarlijkse weekenden waarin het wel 50 cm kon regenen. Onze eerste aankoop was een TV met videorecorder voor onze 2,5 jaar oude zoon en ik denk dat we de “Lion King” video wel honderd keer gezien hebben in die eerste weken. Ik moest gelijk op maandag 6 maart het veld in en vrouw en zoon waren alleen – door mij “gedumpt” in Amerika. Het was een moeilijke start.

Ook op het werk was het aanpassen in de eerste maanden. Een telefoongesprek in het Engels is even wennen. Ik moest leren een duidelijk rapport te schrijven – iets waarvan ik dacht dat ik het al kon. En voor mijn vrouw was het vaak eenzaam in ons appartement.

Maar het was ook fantastisch om elk weekend op vakantie te zijn. Naar

de Golden Gate, de stranden aan de Pacific Ocean, wandelen in de Marin Headlands en zwemmen in de Bay. Na dat lange regenachtige weekeinde was het ook genieten van het lange voorjaar en de lange “Indian Summer” die tot diep in oktober duurt. Gelukkig is San Francisco een geliefde plek voor bezoek en veel familie en vrienden zijn langsgesproken in die jaren.

Naast het projectwerk voor GRI moest ik ook regelmatig naar het veld om klanten te helpen met het pompen van hun frac jobs. Het “recept” voor zo’n job – wat voor vloeistof, hoeveel vloeistof, wat voor injectiesnelheid, hoeveelheden “proppant” (zand of keramische korrels om de frac open te houden) en methodes voor het succesvol completeren van een frac job waren dingen waar ik klanten mee hielp. Real-time metingen van vloeistofdruk konden helpen voor het succesvol wegpompen van al dit material. Het was tijdens één van mijn eerste trips naar New Mexico dat ik met een klant te maken kreeg die mijn achternaam niet uit kon spreken. “I’m gonna call you Doctor Ouigee!”. Later op kantoor vertelden mijn collega’s over het “Ouigee board”, een bord met allerhande woorden en nummers erop, waarmee een groep mensen die een zoeker vasthouden onder hypnotische omstandigheden antwoorden probeert te krijgen op allerhande vragen. Handig voor het beantwoorden van vragen over hydraulische scheuren! Ik heb de bijnaam gehouden. Pinnacle was als bedrijf uniek in het aanbieden van “fracture mapping services”. Tijdens een “hydraulic fracture treatment” wordt met enorme mixers en

pompen (alles bij elkaar een “frac spread”) een groot volume water met “proppant” onder hoge druk in olie- of gashoudend gesteente gepompt. Voor het optimaliseren van dit proces is het belangrijk te weten hoe groot de scheuren zijn die worden gecreëerd en in welke richting ze groeien. Afhankelijk van het volume dat wordt gepompt, de snelheid waarmee wordt gepompt en de vloeistof- en gesteente-eigenschappen kan er een enorme variatie zijn in de lengte, hoogte en breedte van deze scheuren. Variaties in oriëntatie en dimensies hebben een enorme invloed op het ontwikkelen van een veld met “infill drilling”, de hoeveelheid frac jobs per put, etcetera.

Pinnacle bouwde aan technologieën om die oriëntatie en dimensies zo precies mogelijk te meten. De eerste techniek die we gebruikten was “tiltmeter fracture mapping”. Tijdens het maken van een hydraulische scheur op kilometers diepte wordt een subtiel deformatiepatroon gecreëerd op het aardoppervlak, dat kan worden gemeten met een serie nauwkeurige elektronische waterpassen, die een minieme (tot één miljardste van een radiaal) hoekverdraaiing meten tijdens de frac job. Met een aantal van die waterpassen op verschillende locaties rond de put kan worden berekend wat voor oriëntatie een hydraulische scheur heeft.

In 1997 verbeterden we de tiltmeters, zodat ze ook tijdelijk in een serie aan een wireline in een put konden worden neergelaten. Dit was een kritisch project voor het nog altijd kleine bedrijf en na veel tegenslagen was iedereen van Pinnacle in ►



◀ Met de boys op de top van Mt. Lincoln, een 14er.

het veld bij Bakersfield om voor 10 dagen alle koppelingen schoon te maken. Het werd een voorbeeld van wat er met een goed idee en hard werken door een klein bedrijf bereikt kan worden. Met succes: we konden de klant niet alleen de oriëntatie van de hydraulische scheuren rapporteren, maar ook hun lengte, hoogte en overlapping. Aangezien veel putten vertikaal worden geboord door lagen met honderden meters olie- of gashoudend gesteente, is het noodzakelijk om verschillende frac jobs te doen op verschillende dieptes, in sommige velden in de US wel tot 20 over een interval van 2000 meter. Kennis over de mate van overlapping tussen scheuren of een gebrek aan scheuren op een bepaalde diepte is kritisch. Pinnacle's real-time meeting van deze dimensies kan worden gebruikt om te zorgen dat de optimale overlap wordt verkregen en dat de productie van de put wordt verbeterd.

Behalve het gebruik van deze directe meting is het ook mogelijk indirecte metingen te gebruiken om een schatting te doen van deze dimensies, door het gebruik van drukmetingen en diverse aannames in een model. Een programma om deze aannames te doen is FracproPT, de meest gebruikte "fracture growth simulator" in de industrie. Pinnacle verwierf de rechten om

dit programma te ontwikkelen en te verkopen in 1999 en ik nam de leiding om dit programma verder te ontwikkelen. Ik werkte jaren met programmeurs en gaf tot 2006 jaarlijks zo'n 20 cursussen overal ter wereld: weken in Japan, Rusland, China, Argentinië, Mexico, Venezuela, Indonesië, Canada en natuurlijk in vele staten van de US.

Het was in die jaren dat we helemaal ingeburgerd raakten in het leven in de Bay Area. Onze Nederlandse zoon kreeg nog twee Amerikaanse broers en één zus. De kinderen gingen allemaal naar een co-op preschool, waarbij de ouders één dag in de week meelopen in de school. We deden veel aan wandelen, mountainbiken en kamperen op allerlei plaatsen in California. Het Nederlandse schaatsgevoel kwam terug in de vorm van roller hockey, iets wat mijn oudste zoons ook leuk vonden.

Reizen mag dan allemaal heel glamorous zijn, maar het vele reizen en wegzijn van familie eist haar tol. We zijn een aantal keren in een situatie geweest waarbij ik bijna te laat was voor een geboorte en waarbij weinig tijd was te helpen naderhand, of waarbij ik weer eens de eerste schooldag of een ouderavond miste.

### **Rocky Mountain High**

Pinnacle was inmiddels uitgegroeid tot een bedrijf met zo'n 100 man personeel en we hadden nu meerdere kantoren naast het eerste in San Francisco. In januari 2007 werd me gevraagd of

we naar Denver wilden verhuizen, waar ik zou werken als de Regional Manager voor onze nieuwe Rocky Mountain regio. Het zou een baan worden met lokale klanten en veel minder reizen, dus meer tijd met de familie. De tijd van airmiles lag achter me. Ik zou gaan werken aan mapping projecten van North Dakota tot New Mexico.

Verhuizingen in Amerika draaien rond de zomervakantie en gebeuren ontzettend veel – de gemiddelde Amerikaan is heel mobiel en heeft geen probleem om ver te verhuizen voor werk. Ik reisde voor een halfjaar wekelijks heen en weer tussen San Francisco en Denver. Er was veel onrust in de familie over een verhuizing, zeker bij onze oudste twee jongens, die inmiddels 10 en 14 jaar oud waren. Het halve jaar voor de verhuizing was een moeilijke tijd, maar zodra we waren verhuisd was alles goed – ze maakten snel vrienden, terwijl ze ook contact met hun vrienden in California hielden. Ook voor mijn vrouw was het opnieuw bouwen aan een vriendenkring.

De overgang in omgang met mensen was groot. San Francisco is het Amsterdam van Amerika, met mensen met die gehaaste stadsmentaliteit, terwijl het sociale denken lijkt op de "alles-kan" mentaliteit in Nederland.

Hoewel Denver een miljoenenstad is, is het nog steeds een "cow town", waar mensen vriendelijker en minder gehaast zijn, maar sociaal veel conservatiever. Het bruiert er van de "import" uit alle hoeken van de wereld. Een grote attractie bij de "Mile High City" Denver zijn de bergen en het uigestreckte natuurschoon in Colorado en de westelijke ►

United States. In de laatste paar jaren hebben we een dozijn “14ers” beklommen – er zijn meer dan 50 bergen in Colorado hoger dan 14.000 ft (4.300 m) en het is een sport ze allemaal te beklimmen. De oudste jongens en ikzelf hebben roller hockey voor ice hockey geruild en er zijn weinig dingen waar ik meer van houd dan het oud-Nederlandse gevoel van een middag op het ijs op een stralende winterdag. Onze jongste zoon houdt het op boy scouts en Tai Kwon Do, terwijl onze dochter uren per week dansles heeft. Fietsen is ook heel goed te doen in Denver met veel fietspaden en ik ben begonnen met lange georganiseerde fietstochten door de bergen zoals de “Death Ride” en “Triple Bypass”. Wat we hier het meeste missen is de zee - 1000 mijl bij ons vandaan.

Maar het leven van een immigrant is niet alleen rozengeur en maneschijn. Vrienden, vaders, moeder, en zussen zijn ver weg en ik mis vooral de mogelijkheid om even snel bij elkaar op de koffie te komen. Mijn vader overleed na een lang ziekbed in 1999 en hoewel ik een paar keer in Nederland kon zijn tijdens zijn ziekte, mis ik de gelegenheid voor meer contact op zulke kritische momenten. Na de geboorte van neefjes of nichtjes duurt het maanden of soms wel een jaar voor we ze met de hele familie kunnen zien. Mijn kinderen brengen niet zo veel tijd door met opa en oma als ik toen ik jong was en hoewel we Nederlandse tradities bijhouden, zullen ze die niet zo goed kennen. Bij elke volgende generatie horen veranderingen, maar ons permanente verblijf in Amerika heeft dat zeker versneld. Wat we tekort komen aan Nederland proberen we goed

te maken door eens in de twee of drie jaar naar Nederland te komen, waar we weken bij familie doorbrengen en ook meestal een week vakantie nemen in eigen land. Wat altijd weer opvalt bij aankomst in Nederland is hoe groen alles is in vergelijking met de westerse dorheid en onze hoge woestijn.

De laatste keer dat we een week in Amsterdam waren was toevallig tijdens de finale van het WK en de huldiging van het team. Die traditie was een fantastische ervaring. We komen ook altijd samen met een kleine groep van fantastische vrienden uit Delft en ik ben in de gelukkige omstandigheid dat een tweede vriend met zijn familie naar Amerika is verhuisd. Maar ik zie ook elke twee jaar een vriend die ik ken van de kleuterschool, met wie ik bijna elk bezoek in Holland even langs de boerderij van zijn ouders ga om koeien van het land te halen voor het melken aan het einde van de middag. We slenteren door het lange gras en gaan “slootje springen”. Naast de weilanden rond Ten Boer zijn er andere favoriete plekjes die we altijd even bezoeken, zoals het slik achter de dijk op de Punt van Reide, Nieuw Statenzijl en de

haven van Zuid-Beijerland.

Mijn oudste zoon is intussen met “college” gestart, hij heeft helemaal zelf gekozen om een geoloog te worden. Ik plaag hem als Mijnbouwer met “liegen, loog, geologen”, maar ik ben trots op een zoon die wil werken in mijn vakgebied.

Met Pinnacle was het ondertussen fantastisch gegaan – over 15 jaar een gemiddelde jaarlijkse omzetgroei van 35%. Het bedrijf met zes werknemers in 1995 is uitgegroeid tot een bedrijf met meer dan 200 employees. De Rocky Mountain regionale groep was uitgegroeid van drie mensen tot een team van een dozijn werknemers.

Hoewel dat nog redelijk klein is, zijn we de marktleider in fracture mapping met onze metingen en ervaringen opgeschreven in honderden SPE papers en dat is niet onopgemerkt aan de grote servicebedrijven voorbij gegaan. In de vroege jaren 2000 staat Pinnacle aan de voet van een revolutie in de gasindustrie via de commercialisering van shale (“unconventional”) gas.

Pinnacle commercialiseerde ►



◀ **Fracture mapping project in west Colorado met twee Pinnacle wireline trucks op de voorgrond. Frac spread rechts in de achtergrond.**

in 2002 “micro-

---

seismic fracture mapping”, een nieuwe techniek die micro-seismische activiteit meet en via geofysische interpretaties de lokaties van die seismische activiteit berekent. De golven die door deze activiteit worden gecreëerd kunnen worden opgevangen door onze “geophone toolstring”. Tijdens scheurgroei kunnen hiermee scheurdimensies worden gemeten in real-time en dat helpt het begrip over wat shale gas fracturing zo succesvol maakt. Recepten voor frac jobs worden via onze metingen zo veranderd dat het gesteente wordt gescheurd in een enorme hoeveelheid kleine scheuren met complexe scheurgroei. Die techniek, samen met horizontaal boren en effectieve isolatietechnieken in horizontale putten, zijn kritisch voor het enorme commerciële succes van shale gas. Een belangrijke consequentie hiervan is dat de VS op termijn een net-exporter van gas wordt en dat de prijs van gas behoorlijk is ingezakt.

Dit heeft ook geresulteerd in een enorme groei van de “pumping industry”, die is gegroeid van zo’n 30.000 frac jobs in 2005 tot naar schatting 125.000 frac jobs in 2011. De VS neemt 85% van alle jaarlijkse fracjobs in de wereld voor haar rekening en is dus een goede plaats om een “frac doctor” te zijn.

Een resultaat van ons commerciële succes is dat we in 2002 worden gekocht door Carbo Ceramics, die ons in 2008 doorverkoopt aan servicegigant Halliburton. Ik heb ineens 60.000 nieuwe collega’s en de bureaucratie van zo’n monster sijpelt langzaam door in onze kleine organisatie.

De methodes die worden gebruikt in shale gas worden nu aangepast en verbeterd in oliehoudende gesteentes, die traditioneel niet economisch te ontwikkelen waren. Onconventionele oliehoudende gesteentes zijn de volgende “frontier” in de industrie en ook hier is de enorme groei in “frac intensity” verantwoordelijk voor het feit dat de US olieproductie voor het eerst in 25 jaar (na “Peak Oil”) weer aan het stijgen is. Er is nog een lange weg te gaan naar die oude record productie, maar ik denk dat er een kans is om er via onconventionele oliewinning nabij te komen.

### **Kans**

Tijdens mijn telefoongesprek met Chris weet ik eigenlijk het antwoord al op zijn vraag of ik wil helpen met een nieuw bedrijf. Dit is een geweldige kans om opnieuw te beginnen en iets op te bouwen op de manier waarop wij dat willen. Ik zal de mensen in Pinnacle missen, maar het is fantastisch om met een aantal oude vrienden en collega’s iets nieuws

te beginnen. De inefficiënties en vertragingen in de frac pumping industrie zijn verbazingwekkend groot door een “penny wise pound foolish” werkwijze en moeilijke werkomstandigheden voor personeel, die zorgen voor enorme “personnel turnover” en verlies aan collectieve ervaring. Ik verwacht dat we het veel beter kunnen doen.

Ik neem na 16 jaar ontslag bij Pinnacle in juli 2011 en begin als “Business Manager” samen met Chris en een andere vriend met Liberty Oilfield Services LLC, een officieel nieuw bedrijf op 22 augustus 2011. Een business plan is geschreven en financiering uit New York voor een aantal “frac spreads” is rond. Onze eerste spread zal operationeel zijn in november, terwijl we een tweede spread verwachten in maart 2012. We vestigen ons hoofdkantoor in Denver en laten een veldkantoor bouwen in Williston, North Dakota, waar we zullen fraccen in de oliehoudende Bakken Shale. We zijn inmiddels volgeboekt tot december 2012 vanwege een enorme inventaris van horizontale putten, die elk wachten op tientallen frac jobs. In de korte tijd dat het bedrijf is gestart hebben we 40 mensen aan personeel ingehuurd – bijna iedereen die we nodig hebben “to rock the Bakken” in november. ■

# Thesis

Some people like spending their thesis-days in laboratories, anxiously hoping for the experiment set-up not to crack, bend or explode, just to put the famous “look at me in my lab coat with my geek goggles” picture in their final presentation. Others like nu.nl that much that they want to be the first to shout the newest gossip across the afstudeerzolder for which, given the fierce competition in there, they need to refresh before auto-refresh, and thus spend their days with tedious modeling software. Yet others like to take their favorite tool and hammer some rocks in a country far far away.

By: Guido Rutten

If you're amongst the latter species, the trick is to find the right rock for your wet fieldwork dreams. For volcanologists and glaciologists that's an easy task, but what if you want to spend your field days on a tropical beach?

There is a solution, and it's called, no surprise, beachrock! I must give acknowledgements for this heavenly discovery to Leon van Paassen, who introduced me to the subject. In a highly innovative approach, Leon tries to make his own rock by inserting cement-forming bacteria into soils. With this, our geo-Willie Wortel actually uses a process that might be one of the key factors in the genesis of beachrock. For me, the task was to investigate this beachrock and see if there were lessons to be learned from them.

Blessed with the investigative freedom that was once inseparable to the concept university, I dived into what turned out to be a world of mystery and fellow sun-loving geologists. To explain the curious interest of masses of opportunistic adventurers into this marginal rock, we have to look at how and where it's formed.

Darwin called it “a remarkable bar of sandstone” and took half a day off to wade through the water on top of the beachrock. The spoiled Mr. Darwin didn't even go into lengths to find out the real extent of the formation. Would he have done this, we might still have been in the dark about the origin of species. Beachrocks are beaches that have been cemented, often outcropping in small patches on pocket beaches in the Mediterranean, but sometimes covering tens of kilometers, as off the coast of Brazil

where Darwin took his stroll. Would Darwin have shown a little more scientific perseverance, he could have been taken away by the rising tides, leaving the Beagle orphan and us clueless.

Another British naval hero, mister Moresby, campaigned to the Maldives and saw that the locals used beachrocks to construct their houses. This was only possible because the rock forms in a geological sneeze, possibly within a year. This was later confirmed by American scholars that visited islands in the Pacific right after the end of World War II and found their own nation's bombshells incorporated in the beachrock.

A thorough literature review can answer many questions but raises many more. The mechanism of genesis of beachrocks is still a key topic of research, but difficult to investigate in the timeframe of an MSc thesis. So instead, I was aiming to look at the geo-engineering properties of the rock, being the variation in its rock mass properties related to its disintegration. I found an obscure French article about a beachrock in Togo, contacted the author and boarded a flight to Africa. Of course there were the inevitable organizational struggles, but with

some perseverance and pocket money from the University funds and Molengraaff Stichting, I eventually found myself on my way to the former French colony.

The case study in Togo is a classic example of African misfortune. Led by the search for socioeconomic independence, western institutions stimulated the construction of deepwater harbors along the West African shoreline. Thinking of becoming a thriving hub for trade and commerce, Togo proceeded and built a harbor in Lomé, their capital. Unfortunately, they had not taken into account the sensitive equilibrium that held their shoreline in place. A major longshore current was interrupted by the construction of the harbor, causing impressive erosion on the down drift side. And it was there that beachrock was uncovered, continuing over the full length of the Togolese coastline towards Bénin.

The beachrock is now situated in the surf zone, crest level just above mean sea level, thus blocking the impinging (swell) waves. My objectives were to see what variation can be observed in the rock mass and how this can be related to the weathering or disintegration of the beachrock. In order to do so, I had two months ▶



◀ Example of a stretch of coast with exposed beachrocks. Upper image: aerial photographs of coastline (courtesy CG-ILE). Lower image: beachrock exposed in surf zone.





Pull-in of a 48 inch steel gas pipeline. After having finished the Biogrouting process and Horizontal Directional Drilling process the pipeline was successfully installed with no problems during the pull-in

Photo by: Leon van Paassen

in Togo, of which I had reserved a considerable part for organizational struggles. This was no luxury; even for the ten days I actually spent in the field I had to mislead the local system. But the result was perfect: ten days of trekking the beach with a backpack, equipped with my hammer and gazed at by dozens of Togolese kids.

The campaign has been fruitful; the Togolese coast proved not only to be a very interesting case for beachrock research, but also for more generic research on the influence of hard elements on coastal evolution. As such, this study in fact explored the possibilities for further research on several topics, which are plenty.

A first observation made in the field was the remarkable geometry of the most pronounced formation. This 10 to 15 meters wide bank of beachrock is thought by the local population to be the remains of the old road that had been constructed by the German colonizers (lucky Togolese had both the French and the Germans!). Not a strange thought and not nearly as mythical as in Bimini (Bahamas), where locals believe the beachrock is the old road to Atlantis. Beachrock can show very rectangular weathering patterns, caused by tensional cracking. The highly linear appearance of the beachrock in Togo implies that it is the result of the rapid cementation of a linear (in this case sandy) coast.



▲ Example of weathering patterns both in detail (left image) and from a distance (right image)

continuity made me wander off my research questions a bit, back to the genesis of the beachrock. Some scientists argued that “stability” of a beach is a control on beachrock genesis, i.e. as cementation of beaches would only occur when the beach particles are stationary. If we assume that a beachrock is formed in one year, this would mean that the whole beach would show minimal variation, maximum a few meters over a year. Scholars have upscaled this stability of the beach to longer term trends; i.e. they have linked beachrock genesis to relative sea-level change.

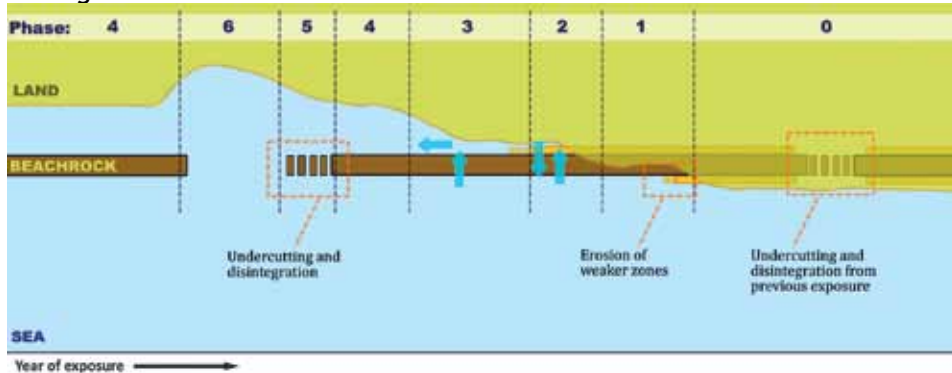
That this use of beachrock as a palaeoenvironmental indicator is unjust becomes clear when looking at the natural variability of beaches. From a coastal engineering point of view, the beach is regarded as a buffer zone between land and sea, with different forces (waves, tides, sediment supply, land freshwater table) acting on it. These forces vary over time and as a result the position and shape of the beach varies with it. During one tidal cycle, the shoreline can already shift a few meters. Some

types of beaches are very narrow and steep during winter but wide during summer.

Moreover, the inside-beach environment is never “stable”. Inside the beach exists a mixing zone of marine salt water and meteoric freshwater from the land. This mixing zone shifts as the water pressures or heads from the sea and the land vary. This means that the genetic environment (think of salinity, pH) of the beachrock is constantly varying. So getting back to the question of whether the stability of a beach is a control on beachrock genesis, the answer is yes, but on a much smaller timescale as conveniently used by geologists to find palaeoenvironmental significance for the rock. So beachrock can be used to determine the approximate sea-level at the time of its genesis, but there is no evidence to link its genesis to sea-level trends.

Another observation made in the field is on how the coastline reacts to the exhumation of the beachrock. In order to better understand this behavior, I came up with the Phased Retreat model, a name I coined for a model that describes the different phases that a retreating coast with buried beachrock experiences. In the field, it was apparent that large parts of the coastline were fixated by beachrock that was lying just beneath the beach. In other parts, coastline retreat had gone beyond the beachrock where it had become a wave breaker in the surf zone. By analyzing aerial photographs, I reconstructed the evolution of the coastline and found that the beach obtained a new equilibrium profile ▶

Seeing this rock and its remarkable



▲ The Phased Retreat Model in planview as proposed in the thesis. Each phase (1-6) is characterized by different erosional processes and coastal retreat rates

behind the beachrock barrier.

A remarkable result of the analysis of coastline evolution was that the erosion landward of the beachrock barrier showed a specific direction, opposite to the direction of the longshore current seaward of the beachrock. This resulted in asymmetric profiles which are unknown in current literature. One of the observations that guided this conclusion was the presence of different erosional patterns in the exhumed beachrock. Equipped with the Phased Retreat model and the knowledge on direction of erosion, I was able to make a more accurate definition of zones under threat of erosion. Up till now, prognoses had been based on linear extrapolation of retreat rates.

The new prediction of retreat, incorporating the beachrock, will allow for more adequate and efficient mitigation measures. Simple, relatively inexpensive engineered structures that make use of the function of the beachrock can be built to protect specific stretches of coast that have high economic value or potential. With the dataset gained in Togo, further research can be conducted, especially on the influence of barriers on coastline evolution.

But other important questions remain to be answered. Beachrock is after all a natural structure, which means that we have much less knowledge on its rock mass properties than we have for engineered structures. For the beachrock in Togo, the key question is how long the beachrock will protect the coast before it is demolished



▲ **Local population is forced to quit fishing because of danger imposed by currents around beachrock and finds alternative occupation in (manual) sand extraction, further aggravating coastal erosion.**

by the waves continuously beating it up. To solve this, a more thorough understanding of the variation in rock mass properties is required. But also the mode of failure is important. In the Togo case, the major formation is at some places interrupted by breaches of up to 50 meters width.

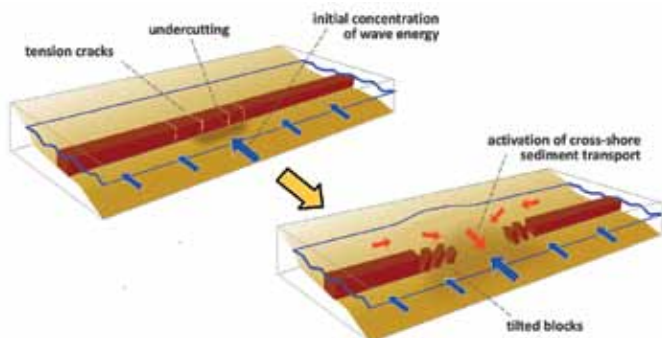
The structure of the disintegrated beachrock blocks and experiments conducted in the laboratory suggest that the dominant mode of failure here is the undercutting of the beachrock. Scouring of the seabed seaward of the beachrock leads to removal of sand beneath the rock, increasing tensile stresses within the beachrock and ultimately cracking. So, to investigate the status of the beachrock as a shoreline protector, we should be investigating the seabed around its base. Unfortunately, the sea in Togo can be very rough and the presence of the beachrock means a great threat to diving campaigns.

In conclusion, the study revealed many things about the interactions between beachrock and shoreline evolution.

Furthermore, being in the field I became more and more aware of the social impact of the coastal retreat and the appearance of the beachrock. With the dangerous currents around the breaches in the beachrock, fisherwomen could not enter the sea anymore in their small boats. They found a new job in harvesting sand and shells from the beach to be sold for construction purposes, as such aggravating coastal erosion.

But of course, the solution is not simple and the Togolese only has very limited means to protect the coast. The Togolese population is heavily affected by the problem, and I walked along the coast I was amazed by the number of people that already guessed what I was doing there. The support of the local people made this field study a very rewarding experience. So if you're still looking for a thesis topic, you're not addicted to nu.nl and you prefer beach shorts over lab coats, invest some time to find the rock that brings you places! ■

◀ **Concept of undercutting as dominant mode of weathering**



## A year on the road

In September 2010 Koen Aberkrom and myself departed from home in a little blue Citroën Saxo, later dubbed 'The Blue Monster', to start our year on the European Mineral Engineering Course in Falmouth, Cornwall. Since the success of our year would presumably depend largely on the people in our group, we were very curious to meet our coursemates. As we spent our first night on the road eating mussels in Calais, we pondered about the people we would be spending the next eight months with. Would they be boring? Would they be fun? More importantly, would they be any good at drinking?

By: Stephanie Lier

The first inkling of an answer came when we met the first two of our coursemates on the ferry to Dover. These two Finnish gentlemen, Markus and Toni, had also come by car, all the way from Finland, in the grey-green Volkswagen we would later all come to know as the 'Toro Verde'. So far so good - we got along well, which was a promising start. After arriving at our accommodation for the next two months, the cosy pub-hostel 'Jacob's Ladder Inn', we discovered that this was fortunate, as the gentlemen would be sharing particularly close quarters - four to a room in bunk beds! How cosy! That night, we met and had drinks with the rest of the course, which turned out to consist of Chilean 'Latin Lover' Javier, diligent German Jan, properly English Charlotte and Hugo, unintelligible Indian Sathish and cheerful Chinese Josh. After ending up at a party in local legend Steve's house, we were able to conclude that we were off to a good start!

Over the course of the next few days, we met the remaining three of the group - Kasia from Poland, Tinah from Zambia and Greg from Cornwall. Striking up an elegant balance between our demanding academic schedule at the campus in Truro and our similarly demanding social engagements at the pubs and clubs of Falmouth, we soon got to know each other far beyond these first impressions and discovered, to our great relief, that we all got on swimmingly.

Those first two months in Falmouth

turned out to be the best possible place to get to know each other. Living in close quarters above a pub meant that we were never far away from one another and we always had things to do. Moreover, just across the street, the treacherous Jacob's Ladder staircase (the Inn's namesake) took us right into the center of town and into such entertaining places as Remedies, Shades or the infamous Club I. On campus, Richard Pascoe and Hylke Glass occupied us with Process Design, Physical Separation and Data Analysis. Naturally, we paid a visit to local china clay mining company Imerys as well as a historical tin mine on the Cornish coast. In the weekends, we did excursions to various places such as London, Cardiff and Bath, and even went on a few surfing trips. We were also quite lucky to be able to catch the Falmouth Oyster Festival, which is certainly worth recommendation.

All too soon our time in England was at an end, but now it was time to

head to Wrocław. Our first impression of Poland wasn't too encouraging: having finally arrived at our Polish accommodation after a long and exhausting drive from Holland, we were greeted by a Polish lady who forcefully shooed us out the door. Eventually an obliging Polish student turned up who also spoke English and kindly translated for us, after which she finally agreed to let us in, but not before demanding, in a loud voice, "Paszport! Paszport!" Such was the fear that this lady instilled in us that, when the internet in our rooms broke down several weeks later, we dared not ask her to fix it because we were convinced she had cut it off on purpose to reprimand us for bad behavior.

Our courses in Wrocław consisted of Hydrometallurgy, Pyrometallurgy, Biomining, Plastics Recycling and Mineral Economics. Despite our high course load, we still managed to squeeze in a few nights on the town, for which Wrocław was the perfect



◀ Christmas dinner in the corridor in Wrocław ▶

destination - great clubs and cheap beer! One of our excursions, to a KGHM copper and salt mine, was the first opportunity for several people in the group to go underground and was therefore very exciting. As a group, we did a weekend trip to Krakow, and some time later the boys spent a weekend in Berlin while Kasia, Charlotte and I had a nice girls-only weekend in Prague. For the duration of our stay in Wroclaw, we were joined by a group of five Turkish exchange students, who, if nothing else, at least provided a good deal of entertainment that we welcomed during the bleak winter period. Before leaving, we had a fantastic Christmas dinner in our cramped dormitory corridors, which was certainly one of the highlights of the year.

Moving on to Aachen in January was a welcome change, because we finally got to live in real houses with real kitchens where everybody got their own rooms! At the university, we were finally able to do some more practical work, casting molten aluminium scrap and measuring copper levels in slag samples. We also got to spend quite some time with processing and recycling equipment such as rotor shears, eddy current separators and hammer mills, which was very fun and interesting. Living in our Landal Greenparks houses in Vaals, we settled into something that almost resembled a home life, with regular visits to one another's houses - barbecue parties at Markus' house, who grilled burgers on his little Weber grill outside even when it was snowing - and 'Nigella Night' every Friday night in the girls' house, when we would cook up a recipe from one of Nigella Lawson's cookbooks. We organized trips to Cologne, Paris and RWE; and were even able to spend one unforgettable Wednesday night in Delft. During a skiing trip to Winterberg, those members of our group who were accustomed to a slightly warmer climate were able to have their first crack at winter sports.

But as we went about our business in our cosy little houses we became

in serious danger of 'kakking in', and so it was a good thing when, in March, we moved on to the final leg of our journey: Helsinki. For those who want to ease gently into the Finnish lifestyle, I would not recommend going by boat. Nevertheless, that is what we did. On Monday morning, as we left the harbor and continued directly on to the campus, I came to regret my decision to drink only Finnish beer. For those of you who don't know, Finnish beer contains some vile ingredient that causes the worst hangovers known to man. From that day on, I stuck mostly to cider and long drinks.

The timing of our stay in Helsinki was just right. We arrived in March, when everything was still covered by snow, but by the time we left, in May, the first buds had started to bloom on the trees. That meant that we were still able to do quite a lot of skiing, but also got our fair share of nice weather towards the end, and, most importantly: Vappu. On the first of May, the Finns have a crazy celebration which is particularly popular within the engineering department of the university, and thanks to the Finnish companions in our group, we were able to participate in a lot of activities, including the mining department's beer rally, where Koen, Markus, Greg and myself managed to snag a not unimpressive fifth place! We even managed to get our hands on some genuine blue mining overalls, which, for a moment, made us feel almost like true Finns. During the course of those two months we also indulged in many sauna visits, including one to a genuine smoke sauna, followed, naturally, by a dive into the icy waters of the adjacent lake.

Our time in Finland gave us the opportunity to collect all our knowledge and apply it in an extensive group project in which we were tasked with designing a processing plant, during which the most important thing, as our professor (and 'Finnish Hans') Kari Heiskanen told us *ad infinitum*, was to 'THINK LIKE ENGINEERS!' Towards

the end of our stay in Finland, we had a week-long excursion, crossing all the way through Finland to Lapland in the north and over the border into Sweden and visiting various mines and processing plants. Bittersweet, because we were almost at the end of our time together, but a great way to end a fantastic year. Before going back, we spent the weekend in Levi, a ski resort in Lapland, where we were able to take advantage of the last few days that the slopes were open before closing for the summer. After that, it was over all too soon: final presentations, a farewell dinner (where Kari finally conceded that he had at last succeeded in molding us into engineers) and then back home!

I had a great time on the EMEC; I made some fantastic friends from all over the world and got to see lots of new places, not to mention that I learned a huge amount about mineral processing and metallurgy! I really hope that the EMEC will continue to flourish and that more students will decide to join - in my opinion, it truly is an excellent choice for a master's degree. So now I will end with some important words I used over the past year - Cheers, Na Zdrowie, Prost, Kippis, and, of course,

Glück Auf! ■



▲ Skiing in Levi, Finland.

# 120<sup>ste</sup> Bestuur der Mijnbouwkundige Vereeniging

---



Frank Pennekamp (midden)

President

Niels Noordijk (midden links)

Vice-President/Secretaris

Michiel Ensing (midden rechts)

Penningmeester

Henneke de Vries (links)

Onderwijscommissaris

Sam Hoebee (rechts)

Commissaris/Beheerder

# SME Study Tour

Every year the SME-TMS Student Chapter organizes an excursion abroad, in cooperation with the Mining Engineering section. The goal of the excursion is to see the mining industry of a particular country and to get familiar with its culture and living standards.

By: Ko Korenromp

This year's destination was the United Kingdom and Ireland. A destination that is close to home and has a great diversity in mining. We visited mines in four different countries (Wales, England, Ireland and Northern Ireland). From large scale underground base metal mines to small open-pit gold projects and from cement factories to underground storage facilities. We took off on the first of July with a small (and again diverse) group in a van, with lots of ferries ahead of us. Among us was Hans de Ruiter, one graduate student, one master student, three bachelor graduates and three bachelor students. Most students were exhausted after the final and harsh exam period, so everybody needed a free weekend in London. After "The Square Mile", everyone was recharged and eager to hit the road. We started off in Wales with a medium-sized open-pit coal mine. They are so popular in their neighbourhood that there exists a Facebook page to support the local coal mining! Welshmen are very friendly people, but hard to understand when they speak in their own

..uhm.. language. The next two days we visited the coal mines of UK Coal in central England. One very small 'dirt-moving' operation and a large scale underground project (longwall mining). It was very interesting to see three totally different operations that work with the same resource in different quantities and under other conditions.

We left the coal behind us and drove north to visit the potash mine at Boulby, located under the North Sea. I can tell you it is not very comfortable to walk in a salt mine, knowing that there are huge amounts of water right above your head. But the miners up at the east coast knew how to work through the deposit. Some rock salt at the oldest mine in the UK, Winsford, completed our first week of company visits. Their deep storage projects are unique and very impressive to see. Five days of utmost attention and clever questions to engineers asked for some leisure in Snowdonia National Parc, North Wales. A treetop tour, some rafting and a 400 year old farm as accommodation



▲ Romanian deadlifting with Koen Aberkrom.

supplied in that need. After crossing the Irish Sea, we set foot in Ireland. Two large underground lead-zinc deposits, from Vedanta and New Boliden, were waiting for us. The massive scale of these hard rock drilling & blasting operations made an impression on the group. We left the big scale projects while we moved up north. Visiting a gypsum quarry, a gold project and a cement factory with an adjacent limestone quarry. So the trip ended, after two weeks of company visits in four different countries, in Belfast. We had a great last night in the city and a way too early wake-up call to catch our ferry the next morning. ■



▲ The whole group on a caterpillar truck



▲ Open-pit coal mine in Wales

# Bestuur belicht

Naam: Frank Pennekamp  
Leeftijd: 20 jaar  
Derdejaars Mijnbouw  
Bestuursfunctie: President



## **Je bent nu een aantal weken president van de MV. Hoe bevalt het tot nu toe?**

“We zijn natuurlijk nog niet zo lang bezig, maar het bevalt heel goed! We zijn met een gezellige groep en kunnen lekker samen werken. Het is ook leuk om de commissies aan te sturen en van alles op gang te zetten. Met name het opzetten van het lustrum vind ik een mooie taak! Daarnaast heb je veel contact met ereleden en bedrijven, dus al met al lekker afwisselende bezigheden. En de bestuurswissel was ook een mooie ervaring, het heeft gezorgd voor een goede band met elkaar.”

## **Voordat je bestuursjaar begon had je nog tien weken vakantie. Hoe heb je die besteed?**

“Ik ben natuurlijk op vakantie geweest! Maar van tevoren ben ik een weekje ingewerkt door Rogier, die week stond eigenlijk vooral in het teken van de MV. Daarna ging in met mijn ouders en mijn broertje naar Indonesië. Ik heb daar de eerste anderhalf jaar van mijn leven doorgebracht, omdat mijn vader daar heeft gewerkt. Het was een fantastische vakantie, met lekker eten en lekker weer. Vervolgens ben ik ook nog met mijn vriendin naar Sardinië geweest. En na die vakanties moest

ik meteen weer aan de bak voor de MV!”

## **De OWee was natuurlijk een prachtige kennismaking met de nieuwe nullen. Hoe vind je de lichter van 2011?**

“Ik zou graag meer nullen op de MV-kamer zien! Ze zijn wel erg enthousiast over de MV en dat is leuk. Ik vond het ook heel mooi dat een aantal nullen naar Het Noorden kwam in de week tussen de OWee en het begin van het collegejaar! Ze zijn lekker dichtgetikt op de MV, maar weten ook dat studeren heel belangrijk is. De OWee en de nuldejaarsexcursie hebben gezorgd voor een leuke, gezellige groep.”

## **Wat is het gekste dat je afgelopen jaren bij de MV hebt meegemaakt?**

Na een lange stilte en diep nadenken: “Er zijn een heleboel gekke dingen gebeurd, maar het mooiste is toch wel de Nationale NoCo-dag! Vorig jaar liep ik de dag na de bestuurswissel samen met Axel langs Het Noorden en we kwamen erachter dat de deur nog open was. Zelf hadden we geen sleutel, dus we belden Randy. We gingen naar binnen en hebben de tap opengegooid. Toen hebben we de rest van de NoCo, die gewoon in college zat, gebeld met de mededeling dat ze naar Het Noorden moesten komen omdat er een leiding was gesprongen. Vervolgens hebben we de hele middag met elkaar gezopen! Sindsdien is de dag na de bestuurswissel dus de Nationale NoCo-dag!”

## **Wat zijn jouw favoriete bezigheden naast de MV?**

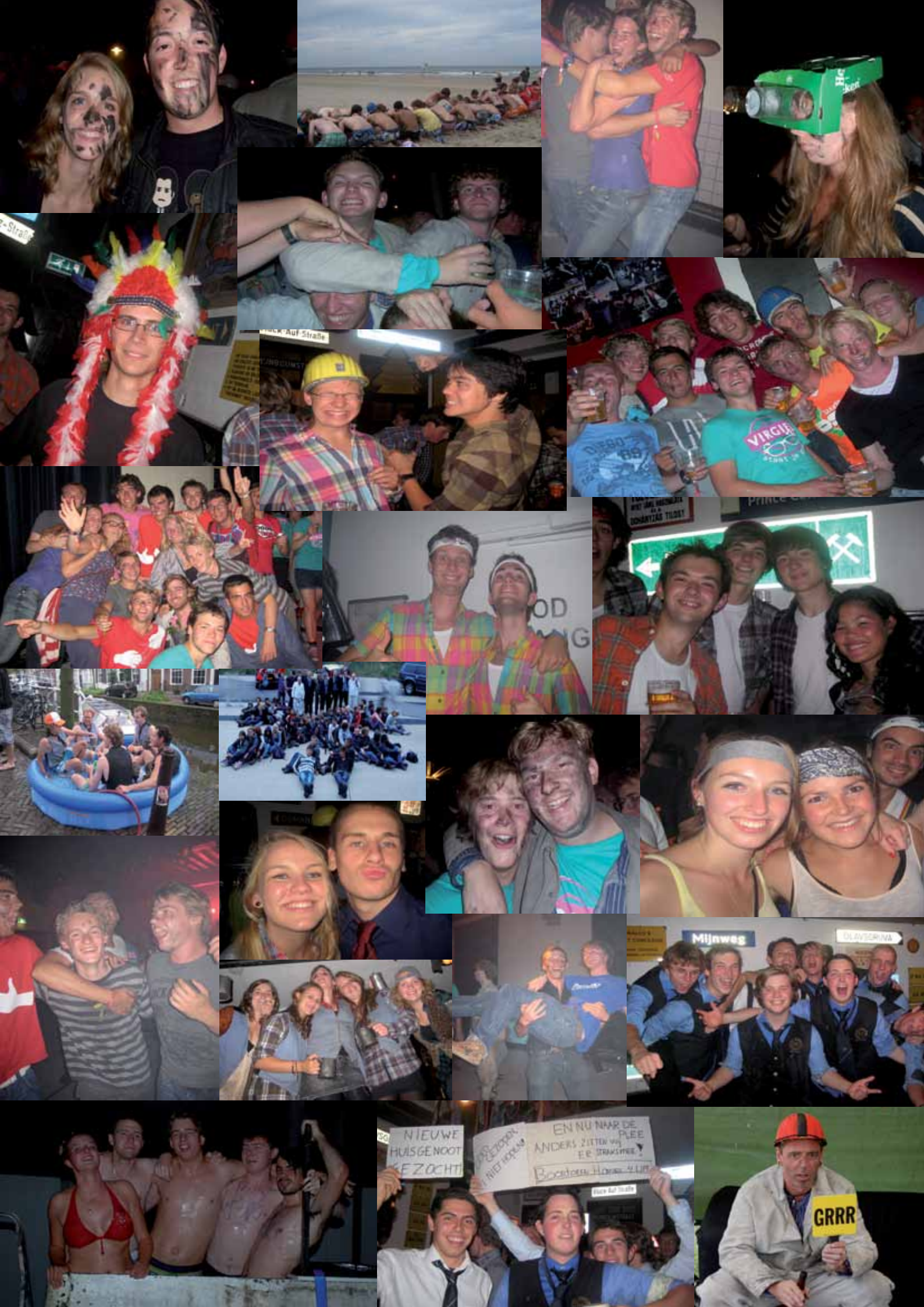
Lachend: “Ik heb geen leven naast de MV! Nee, ik vind het leuk om met goed weer te gaan wielrennen en ik heb natuurlijk mijn vriendin. Ik ben een contactmens, ik vind het gezellig om met andere mensen te eten en te drinken.”

## **Je zit al een tijdje dagelijks opgehokt met je mede-bestuursleden. Als de MV-kamer voor één dag zou veranderen in een dierentuin, welk bestuurslid zou dan welk dier zijn en waarom?**

De President krijgt een grote frons op zijn voorhoofd. “Henneke wordt dan een kangoeroe, ze springt de hele dag op en neer en is overal superenthousiast over. Sam zou een dikke, rooie kater zijn, omdat hij af en toe alleen maar doet waar hij zelf zin in heeft, maar wel heel bewust. En omdat hij als Beheerder natuurlijk veel drinkt! Niels is de wijze uil, hij observeert, blijft rustig en maakt op het juiste moment scherpe en zinnige opmerkingen.” Over Michiel moest de President wat langer nadenken. “Een baviaan? Nee ik weet eigenlijk niet waarom. Eigenlijk is hij brilsmurf, maar dat is geen dier. Doe dan toch maar een mol, omdat hij een echte mijnbouwer is die diep graaft en weer naar boven komt met een enorme schat van wijsheid.”

## **Beschrijf in 120 woorden jouw ideale date.**

“De ideale date begint met een mooie vrouw zonder een al te dikke laag make-up, die weet hoe ze zichzelf moet kleden en er moeite voor doet om er aantrekkelijk uit te zien. We gaan geen zwijmelactiviteiten doen, maar iets actiefs. Paintballen of kleiduifschieten met een AK-47. Vervolgens worden we in onze verlengde Mercedes naar een mooie plek gereden, waar we even rondwandelen en een lekker mousserend wijntje drinken. Daarna gaan we decadent in avondkleding uit eten in een duur restaurant, want ik houd van lekker eten. Na het eten worden we door onze chauffeur naar een veel te luxe hotel gebracht, waar we de nacht doorbrengen en 's ochtends uitbrakken in bed onder het genot van heerlijke roomservice.” ■



# Zomerstages

Afgelopen zomer stond voor enkele bachelorstudenten onder andere in het teken van hun zomerstage. In onderstaande verslagen is te lezen hoe Jaap Regelink, Randy Calis, Roman Hijman, Veerle Steenhuisen, Dirk-Jan van Veen en Suus Oudwater het tijdens hun stage gesteld hebben. Hopelijk zorgen hun enthousiaste verhalen ervoor dat er volgende zomer een nieuwe lading gemotiveerde studenten klaarstaat om aan hun stage te beginnen.

## TATA Steel

By: Jaap Regelink

Vijf weken lang zou ik vanuit Delft naar Het Noorden reizen om stage te lopen bij TATA Steel, dat was één ding wat zeker was na een eerste gesprek met mijn stagebegeleider Jolanda Laanbroek. Na afloop van het collegejaar ben ik gelijk op stage gegaan, veel veiligheidsinstructies en tien handtekeningen verder was de eerste kennismaking met de mensen uit het lab waar ik vijf weken lang onderzoek zou doen. Het onderzoek was een van de aanleidingen waarom ik contact heb gezocht met TATA Steel, je wordt als stagiar erg serieus genomen en krijgt veel eigen verantwoordelijkheid, niet vijf weken lang achter iemand aan sjokken, maar zelf de handen uit de mouwen steken in het lab. Tijdens de stage heb ik onderzoek gedaan naar het zwellen van pellets tijdens het hoogovenproces en dan voornamelijk het zwellingsverloop gedurende het proces. Ook heb ik

gekeken naar een kwaliteitstest voor de gebruikte bentoniet in de pelletfabriek. Beide onderzoeken waren erg interessant maar ook leuk om te doen. Om een beter beeld te krijgen van hoe pellets gemaakt worden, maar ook omdat het natuurlijk vet is, heb ik nog een bezoek gebracht aan de pelletfabriek. Buiten zie je al het enorme gebouw, maar binnen lijkt het allemaal nog veel groter, echt supervet om allemaal te zien! Ook kreeg ik nog een rondleiding bij grondstoffenlogistiek, waar we gingen kijken bij de grote vrachtschepen, de ship-to-shore kranen op gingen en waar ik nog in een stacker-reclaimer heb gezeten. Echt heel vet! Een groot deel van mijn zomervakantie was ik kwijt, maar dat was het zeker waard! ■

## RAG Anthrazit Ibbenbüren

By: Randy Calis & Roman Hijman

Voor een stage in de zomer reisden wij af naar het verre Ibbenbüren, wat vijftig meter over de grens in

Duitsland ligt. Deze ondergrondse antracietmijn heeft door middel van longwall mining een productie van circa 2 miljoen ton per jaar en is daarmee een van de grootste ondergrondse kolenmijnen. Voor ons begon het met een dag van medische keuring en na twee dagen met veiligheidsvoorschriften volgde er een interessante dag waarbij ons werd uitgelegd hoe de mijn functioneerde en uitgebreid werd. Bovengronds hadden we in de eerste paar dagen al veel gezien en geleerd, maar zoals enthousiaste mijnbouwers betaamt, wilden wij natuurlijk zo snel mogelijk ondergronds. Wij hesen ons in de nog schone pungel, waarop we “ha, dort sind die grüne” hoorden. De vijfde dag was het zo ver: met 12 m/s naar beneden. Daar kregen wij een les ‘bandfahren’ die gevolgd werd door een uitgebreide rondleiding, waarbij wij zelf de weg moesten zien te vinden aan de hand van ons ‘telefonplan’. Verdwalen is ondergronds nog verdomde makkelijk!



▲ Op het terrein bij TATA Steel



▲ Ondergronds met de mijnwerkers.

De laatste twee weken van onze stage werden wij aan het echte werk blootgesteld: we mochten meedraaien bij revier 155. De schacht waarbij wij ingedeeld waren was de Nordschacht (b'vo), waarbij het transport van de koempels en het materiaal plaatsvindt. Dit ging om het uitbreiden 'strecke 7 E 65/68' - mijngang nummer 7 in de richting van het oosten (East), flöz (kolenlaag) 65 tot en met 68. Om daar te komen moesten we vanaf de schacht 8 km reizen, hierbij was het wel heel aangenaam dat er stukken bij zaten met 1,5 km lange transport banden. Minder aangenaam was de werktemperatuur van 30 graden en het verse gesteente tot 100 graden. Dat krijg je dan ook als je 1700 meter ondergronds zit. Tot slot hebben wij de 'mineral processing plant' gezien, met daarna een rondleiding bij de energiecentrale van RWE die pal naast de mijn ligt en een groot afnemer van de antraciet is. Een leerzame ervaring rijker en blij verrast dat we nog in bezit waren van onze fietsen, eindigden we onze stage. ■

Glück Auf!

### **Summer School of Mining Engineering**

By: Veerle Steenhuisen

Fire in the ore... BAM! Dat was The Summer School of Mining Engineering: een explosie van nieuwe ervaringen en gezellige mensen. Een halfjaar geleden hadden Suus, Dirk-Jan en ik het idee om samen een zomerstage of cursus te doen tijdens de zomervakantie na ons eerste jaar. Dankzij de informatie van Hans de Ruiter

besloten wij om deel te nemen aan de Summer School of Mining Engineering, een 2 weken durende zomerschool in Krakow, waarin vele aspecten binnen de grondstoffentechnologie zouden worden belicht en ook vier mijnen zouden worden bezocht. Het bleek een succes! Eenmaal aangekomen in een van de mooiste steden van Oost-Europa, Krakow, hadden we nog een aantal dagen voordat de Summer School begon. Krakow is een geweldige stad om te bezichtigen: overal zijn monumentale panden te zien en midden in het centrum ligt het Wawel kasteel, dat boven de stad uit torent. Verder kun je er heerlijk eten en 's avonds hangt er een gezellige sfeer in het centrum. Maandag begon de Summer School dan eindelijk en werden we samen met de andere deelnemers hartelijk welkom geheten door decaan Czaja. We waren een groepje van ongeveer 20 man van verschillende nationaliteiten: een grote delegatie Russen (waaraan we nog een goede wodka avond te danken hebben), Slovenen, een Zweedse, een Canadees, Duitsers, een Turk en dan natuurlijk wij. Hierna volgden drie colleges over de principes van de steenkolen-, open pit- en ertsenmijnbouw. De colleges waren erg interessant, wij als eerstejaars wisten immers nog niet zo veel van de echte mijnbouw. Dinsdag begon het echte werk: het bezoek aan een nog werkende steenkoolmijn! Dezedag moesten we vroegonsbed uit omdat we al vóór 8 uur ondergronds moesten zijn. Na onze pungel te hebben aangetrokken en nog een schietgebedje voor Barbara te hebben gedaan, werden we de lift ingeperst (letterlijk) om af te dalen naar zo'n 500 meter onder

zeeniveau. Vervolgens moesten we met een gammel ijzeren treintje 5 km verder horizontaal de mijn in en vanaf dat punt nog 1,5 km met een monorail. Uiteindelijk kwamen we dan aan bij allerlei indrukwekkende machines die een enorme herrie maakten, transportbanden en natuurlijk veel beroete en zwetende mijnbouwers, want het leek wel een sauna daar beneden. Na een aantal uur moesten we weer het daglicht opzoeken tot grote spijt van Suus, die graag nog langer was gebleven (of dat nou aan de halfnaakte mijnbouwers lag of aan de machines moet je maar aan haar vragen...). De opvolgende dagen hadden we om en om college en bezochten we een mijn. Zo zijn we ook nog in een kalksteengroeve, lood- en zinkmijn en in een zoutmijn geweest. De Summer School werd mooi afgesloten op een terrein buiten Krakow, waar wij zelf explosieven mochten testen en tot slot onder het genot van een biertje het Glück Auf hebben gezongen met de Duitse delegatie uit Freiberg. ■



▲ Met zijn drieën ondergronds

# Commissies 2011-2012

Op de volgende twee pagina's zullen de commissies van de Mijnbouwkundige Vereeniging zich aan u voorstellen. Ieder jaar beginnen enthousiaste studenten aan de nobele taken die deze commissies met zich mee brengen, om zich in te zetten voor onze mooie vereeniging.

## Omnico

Een nieuw jaar met nieuwe commissieleden, zo ook voor de Omnico! Dit jaar gaan Tom van den Ende, Marlotte Kox, Harm Nolte, Kasper Speth en Thaisa van der Woude zich buigen over het in elkaar zetten van de Natural Resource. Ons doel is de hoge kwaliteit van dit blad in ere te houden en door middel van baanbrekende artikelen de grens van nieuwe ontwikkelingen op te zoeken. Ook zal er gekeken worden naar het digitaliseren van de NR, zodat we overal waar internet is de NR binnen handbereik hebben! Verder laten we de foto's van MV-activiteiten er natuurlijk niet bij slossen en zal de Omnico ook dit jaar weer overal opduiken waar een leuke activiteit gaande is. ■

Glückauf  
Kasper Speth



v.l.n.r. Kasper Speth, Tom van den Ende, Marlotte Kox, Thaisa van der Woude, Harm Nolte

## Jaarboek Commissie

De nobele eer van het samenstellen van het jaarboek der Mijnbouwkundige Vereeniging is dit jaar ten deel gevallen aan de 74e jaarboekcommissie. Het betreft hier echter geen gewone editie, maar het paradepaardje der jaarboeken: de prachtige lustrumuitgave. Dit betekent, naast een strakke lichtblauwe omslag, dat er een periode van anderhalf jaar beschreven wordt. Dit alles wordt gedaan aan de hand van een actueel thema. De redactie zal ervoor moeten zorgen dat er interessante artikelen aangeleverd worden, de kosten gedekt zijn (schoonheid kent z'n prijs) en dat het boek er nóg gelijker uitziet dan voorgaande jaren. Dit vereist maatwerk dat geleverd dient te worden met grote passie en toewijding. Om dit alles te bewerkstelligen, is een uiterste maat van capabelheid vereist. Vandaar dat de samenstelling van de commissie als volgt is: Thom van Gerwe, Marit Knol, Arjan Tabak en Dirk-Jan van Veen. Vanaf volgend jaar november heeft iedereen zijn mooiste mijnbouwherinneringen weer gebundeld en al op de plank staan! ■

Glück Auf!  
Arjan Tabak



v.l.n.r. Arjan Tabak, Marit Knol, Dirk-Jan van Veen, Thom van Gerwe

## NoCo

Waarde Mijnbouwers,

Inmiddels volledig geïnstalleerd, is het tijd voor een voorstelronde van de mooiste MV commissie van 2011-2012: de NoCo! Dit jaar zullen wij, zeven Noordencommissarissen genaamd Tijmen Chorus, Joël Wetterhahn, Kaj van der Waal, Annelot van Nass, Suus Oudwater, Jaap Regelink en Marieke Selles samen met onze Beheerder Sam Hoebee de regie over Het Noorden en haar leidingen hebben.

Wij zullen er voor zorgen dat Het Noorden een jaar lang te allen tijde goed gevuld is en dat er naar behoren Bavaria en Ketel 1 gedronken wordt. Na de geweldige NoCo wissel en met het beleidsweekend in zicht hebben wij er in ieder geval enorm veel zin in!

Hopend eenieder binnenkort aan de bar te ontmoeten, groeten wij met een welluidend ■

Glück Auf,  
NoCo 2011-2012



v.l.n.r. Niels Noordijk (QQ), Martijn Bijmolt, Veerle Steenhuisen, Axel Sanden, Wokke Wijdeveld



v.l.n.r. Annelot van Nass, Jaap Regelink, Tijmen Chorus, Sam Hoebee (QQ), Marieke Selles, Joël Wetterhahn, Suus Oudwater, Kaj van der Waal

## Promoco

Waarde lezer,

Wat zou de Mijnbouwkundige Vereeniging zijn zonder haar leden?

Het is voor de MV van levensbelang dat zij een continue toestroom van nieuwe studenten heeft. Om dit te garanderen is een aantal jaren geleden de PromoCo in het leven geroepen.

De PromoCo 2011-2012 bestaat uit Veerle Steenhuisen, Martijn Bijmolt, Axel Sanden en Wokke Wijdeveld. Wij staan onder toezicht van Niels Noordijk als QQ'er en werken nauw samen met Ramona Groenewegen van Marketing en Communicatie CitG. Wij gaan ons komend jaar inzetten om zoveel mogelijk scholieren te informeren over TA/Mijnbouw en onze studie op de kaart te zetten.

Dit gaan wij doen d.m.v. middelbare schoolbezoeken, meeloopdagen en de open dagen. Verder geeft de PromoCo workshops aan middelbare schoolklassen en is er natuurlijk zoals elk jaar de VWO-excursie. Zijn na het lezen van dit stuk je handen gaan jeuken om onze prachtige studie te promoten? Spreek dan één van ons aan en wellicht kunnen we jouw hulp gebruiken tijdens de open dagen! ■

Glück Auf!

Namens de PromoCo 2011-2012  
Wokke Wijdeveld

## Nieuwe Ereleden

---



Ir. Dick Swart

Dick heeft zich altijd bekommerd om net afgestudeerde mijnbouwers en biedt hen een baan wanneer zij die nodig hebben. Niet alleen zijn loyaliteit aan de mijnbouwer is reden om hem tot Erelid te maken, maar ook zijn jovialiteit aan de MV. Dick schroomt zich niet om zijn netwerk in te zetten om de MV te kunnen helpen. De laatste jaren heeft Dick zich enorm ingezet om het Delft Aardwarmte Project tot een succes te maken. Als Erelid van de Mijnbouwkundige Vereniging zal Dick zijn waarde voor de MV alleen maar meer kunnen bewijzen.



Ir. Duco Drenth

Na zijn afstuderen bleef Duco enorm betrokken bij de Mijnbouwkundige Vereniging. Nadat hij werd voorgedragen als voorzitter voor het KIVI van de afdeling Mijnbouw heeft hij zich alleen maar meer ingezet om de contacten tussen de studenten, het bedrijfsleven en alumni te vergroten. Hij doet dit altijd met enorm veel enthousiasme en wij, als MV, denken dat hij zijn enthousiasme alleen maar meer kwijt kan als Erelid van de Mijnbouwkundige Vereniging.

# Weber Puzzle

## What are the names of these huge volcanoes?

Here you see a collection of twelve majestic volcanoes from all over the world.

They are the highest mountains in the region or country.

No less than seven are arranged around the Pacific as a result of subduction processes. One is related to a hot spot in the Pacific. Two are in the Middle East and there is one each in Africa and Europe.

Because the height of the volcanoes is given this puzzle should be quite easy to solve!



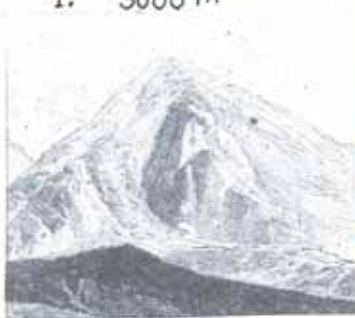
1. 3600 m



2. 6958 m



3. 4208 m



4. 5671 m



5. 5895 m



6. 5822 m



7. 3340 m



8. 4392 m



9. 3776 m



10. 5165 m



11. 5452 m



12. 3676 m

## Solution to the Travelling Mining Engineers Collection

---

Most objects are characteristic for their place of origin.

Some may require some investigation or the advice of a well travelled mining engineer!

- No. 1 The small bronze figure of a stag comes from Tomadjan in NW Iran and is at least 3000 years old.
- No. 2 Replica of a pendant of cast and gilded tombago from the Tairona region, Magdalena, N. Colombia. The original is 1600-1800 years old.
- No. 3 Replica of a Norwegian bronze mantle pin of the Viking age.
- No. 4 Japanese Netsuke.
- No. 5 Walrus carved from soapstone by a Canadian Eskimo.
- No. 6 Russian wooden doll containing four more similar dolls in declining size.
- No. 7 Silver box containing a Koran text typical for Oman.
- No. 8 Copy of an Egyptian scarabee in blue fayence.
- No. 9 Nigerian bronze armring used as money in the old days.
- No. 10 Small earthenware portret of a Mexican Maya Indian.
- No. 11 Souvenir from Venezuela. Rural transport vehicle carrying to many passengers, goats and chickens.
- No. 12 Katchina doll of the Navajo Indians of Arizona, USA.
- No. 13 Messing ear-hanger from the Kayaks in Borneo.
- No. 14 Replica of a silver lama from the Inca's of Peru.
- No. 15 Wooden chess piece in the shape of an elephant from India.
- No. 16 Ivory statue of a Chinese immortal.

## Alternative Solution to the Professor Duparc Memorial Puzzle

---

$$\int_0^{\infty} \frac{\sin 4x}{x} dx = S_I(\infty) = \frac{\pi}{2}, \text{ where } S_I \text{ is the Sine Integral}$$

$$\int_0^1 \frac{dt}{1+t^2} = [\arctan(t)]_0^1 = \frac{\pi}{4},$$

$$\int_0^{\pi/2} \sin^2 x dx = \int_0^{\pi/2} \frac{1 - \cos 2x}{2} dx = \frac{1}{2} [x - \sin 2x/2]_0^{\pi/2} = \frac{\pi}{4}$$

$$\int_0^{\infty} e^{-4x^2} dx = \frac{1}{2} \int_0^{\infty} e^{-X^2} dX = \frac{\sqrt{\pi}}{4} \operatorname{erf}(\infty) = \frac{\sqrt{\pi}}{4}, \text{ where } \operatorname{erf} \square \text{ is the Error Function}$$

So:

$$\begin{aligned} 4\sqrt{\pi} \times \int_0^{\infty} e^{-4x^2} dx + \int_0^{\infty} \frac{\sin 4x}{x} dx - \int_0^1 \frac{dt}{1+t^2} - \int_0^{\pi/2} \sin^2 x dx &= \\ &= 4\sqrt{\pi} \frac{\sqrt{\pi}}{4} + \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{4} - \frac{\pi}{4} = \pi \end{aligned}$$

Note, the answer can be written in terms of the Weber Function  $E_\nu$  defined by

$$E_\nu(z) = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi \sin(\nu t - z \sin t) dt$$

$$\pi = {}^2/E_{\frac{1}{2}}(0)$$

# Graduation Subjects

<b>Naam</b>	<b>Datum</b>	<b>Onderwerp</b>
Swarna Kumarswamy	29 juni 2011	Polymer injection in poorly consolidated heavy oil reservoirs(PE)
Leila Bagherian	30 juni 2011	Prediction of Reservoir Porosity Using Drill cuttings (RG)
Bert Lietaert	30 juni 2011	Design and development of a hazard map for the positioning and siting of large jack-up rigs at the geologically complex areas of the Gulf of Suez (GE)
Raymond Ramautarsing	7 juni 2011	Polymer EOR Pilot for the Tambaredjo Oilfield
Andrea van Overveldt	8 juli 2011	A CT scan aided core-flood study of the leak-off process in oil-based drilling fluids (PW)
Rahul Mark Fonseca	28 juli 2011	Robust Ensemble based Multi-Objective Production Optimization: Application to Smart Wells (AG)
Jeroen van Eldert	22 juli 2011	Stochastic Open Pit Design with a Network Flow Algorithm: Application at Escondida Norte, Chile
Jonathan Johnson	2 augustus 2011	Depositional and Tectonic Control of Clastic Reservoir Developments, Offshore Niger Delta, Nigeria (RG)
Jonatan Flores Colmenares	4 augustus 2011	Process-Based Modelling of the Brent Delta: Influence of paleobathymetry from the Oseberg Fm. pinch out on the wave dominated Brent Delta progradation. North Sea Norwegian Sector – Huldra Field (RG)
Peter Matev	23 augustus 2011	Comprehensive reservoir quality assessment of Buntsandstein sandstone reservoirs in the West Netherlands Basin for geothermal applications in Zuid Holland province area (AG)
Pablo Barros	25 augustus 2011	Reservoir stratigraphy and architecture of glacial tunnel valleys reservoirs: Examples from Ordovician of North Africa and Pleistocene of North America (RG)
Jide Ogunbo	25 augustus 2011	CSEM modeling of a VTI layered medium with the effective anisotropic medium (AG)
Gavin Menzel-Jones	25 augustus 2011	Seismoelectric Modelling of the Flux-Normalized P-SV-TM Propagation Mode (AG)
Jonathan Wall	25 augustus 2011	Merging active and passive surface wave data with interferometry by multidimensional deconvolution (AG)
Mengmeng Zhang	25 augustus 2011	High Resolution VSP Detection of Point Bar Structures within Bituminous Sands (AG)
Siavash Kahrobaei	26 augustus 2011	Gravity-enhanced transfer between fracture and matrix in solvent-based enhanced oil recovery (GE)
Ted Brueren	26 augustus 2011	EOR Screening for the Rijn Oil Field by Numerical Simulation (PE)
Werner van Hemert	31 augustus 2011	A study on monitoring the first field applications of Biogrout in gravel (GE)
Marinus Dalm	6 september 2011	Applicability of near-infrared spectroscopy for sensor based sorting of mill pebbles from the Los Bronces copper mine, Chile (RE)
Guido Rutten	12 september 2011	Interactions between beachrock formations and shoreline evolution (GE)
Matthieu Grognet	13 september 2011	The boundary conditions in direct simple shear tests, developments for peat testing at low normal stress (GE)
Wouter van Pelt	14 september 2011	Mapping of the Vlieland Sandstone Formation in the northern Netherlands onshore area (RG)

---

Machiel Bakker	16 september 2011	CO <sub>2</sub> Flooding as an Enhanced Oil Recovery Method for a Tight Oil Field. A Feasibility Study (PE)
Matthijs Ruoff	22 september 2011	Numerical study on dispersion of dilute glycerol-water mixtures in channel flow (PE)
Aydin Kalantarli	26 september 2011	Numerical modelling of well performance in shale gas reservoirs: The impact of fracture spacing on production of adsorbed gas (PE)
Donata Liuzzi Fernández	26 september 2011	Basin settings of the Upper Jurassic Source Rock of the Southern Danish Central Graben (RG)
Bouwe Hoekstra	30 september 2011	The impact of chemical reactions in the gas phase on in-situ combustion processes: An experimental study (PE)
Quirijn Noordoven	3 oktober 2011	Characterization of production potential in Jurassic and Carboniferous Shale plays of the Netherlands (RG)

# MV Agenda

---

Dinsdag	15 november	MV-Cup
Maandag	21 november	Bedrijfspresentatie RWE
Donderdag	24 november	Sjaarschuitje
Maandag	28 november tot 9 december	Petroleum Company Days
Vrijdag	2 december	Barbararede
Zaterdag	10 december	Ouderdag
Donderdag	22 december	Kerstborrel
Vrijdag	6 januari	Barbaraborrel

## Colophon

---

The Natural Resource is the periodical of the Mijnbouwkundige Vereniging, the study association for students of Applied Earth Sciences at Delft University of Technology. The periodical is released four times a year and is sent to all members of the Mijnbouwkundige Vereniging free of charge. Furthermore 100 copies are used for promotional purposes. Most of these will go to Dutch high schools and partners.

### **Colofon**

Stevinweg 1  
2628 CN Delft  
E-mail: [MV@tudelft.nl](mailto:MV@tudelft.nl)  
tel. +31 (0)15-2786039

**Print**  
1500

### **Editorial staff**

Tom van den Ende (Design & Layout)  
Marlotte Kox (Secretary)  
Harm Nolte (Design & Layout)  
Kasper Speth (Chief Editor)  
Thaïsa van der Woude (Comm. Photo)  
Sam Hoebee (QQ)

### **Printer**

De Swart

### **Contact**

E-mail: [NaturalResource-mv@tudelft.nl](mailto:NaturalResource-mv@tudelft.nl)

### **Cover**

Photo taken by: Guido and Cindy van der Willigen  
Location: Waitomo Caves, New-Zealand

---

The greatest care has been taken in compiling this magazine. However, no responsibility can be accepted by the editorial staff for the accuracy of the information presented. Where opinion is expressed, it is that of the author and does not necessarily coincide with the opinion of the Mijnbouwkundige Vereniging or the TU Delft. No part of this publication may be reproduced or used without permission in writing from author and/or the editorial staff.



Oil and gas is our business. From Argentina to Russia we operate successfully the exploration, production and marketing of hydrocarbons. In order to expand and grow our position as Germany's largest producer of crude oil and natural gas we are offering unique and challenging job opportunities such as our

## Special Professional Experts Accelerated Development (SPEAD) Programme

The aim of the SPEAD programme is to develop highly qualified university graduates in engineering and geoscience within our company. We offer you a tailor-made combination of "on the job training" supplemented with dedicated technical training over a 2-year period in order to equip you with the skills and competencies to excel in your future role within Wintershall. Prerequisite for the SPEAD programme, and for employment with Wintershall, is your mobility and enthusiasm to take on demanding international positions for several years. For further information about the SPEAD programme and the application process please visit our website or contact us directly:

Wintershall Holding GmbH  
HR Management  
P.O. Box 10 40 20  
34112 Kassel  
Germany  
[personal@wintershall.com](mailto:personal@wintershall.com)  
[www.wintershall.com](http://www.wintershall.com)



■ BASF Group

Shaping the future.

We open up perspectives.

fully in  
strengthen  
gas we are