



De ondiepe ondergrond

**Waarom we niet genoeg weten
en meten?**

1 april 2017 Middelstum



1^e beving Slochterenveld 5-12-1991



Huis aan Boterdiep op knipklei met structurele schade bij slechts M 2.4. Ik dacht hoe komt dat?





Processen van belang (Groningen)

Bodemdaling/aardbevingen door gaswinning

Knipklei en grondwaterhuishouding veranderingen

Ongelijkmatige bodembewegingen (veenoxidatie +?)

Ontlasting van drukopbouw door aardbevingen

Verweking en lateral spreading

Grondwateronttrekking en verzilting

Aardbeving gerelateerde grondwaterveranderingen

Plus alle combinaties van verschillende processen



Ongelijkmatige bodembewegingen

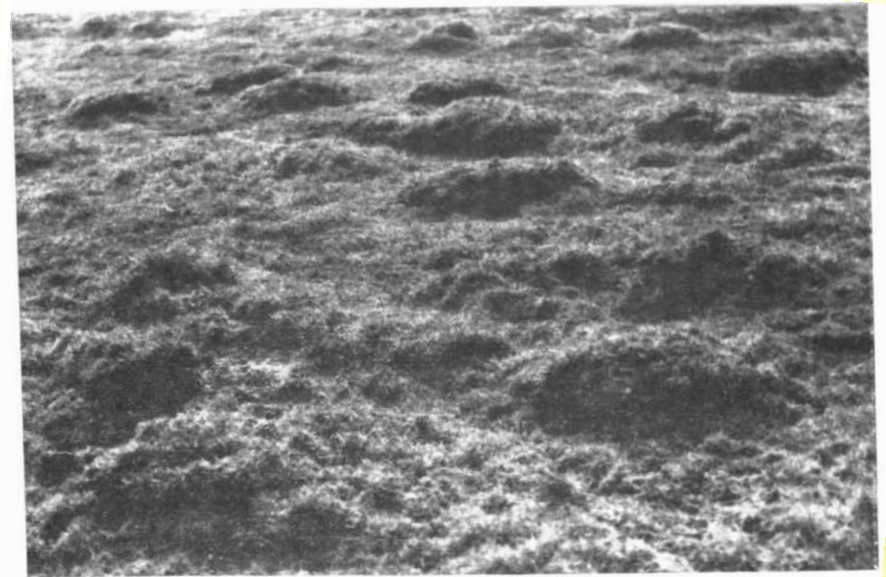
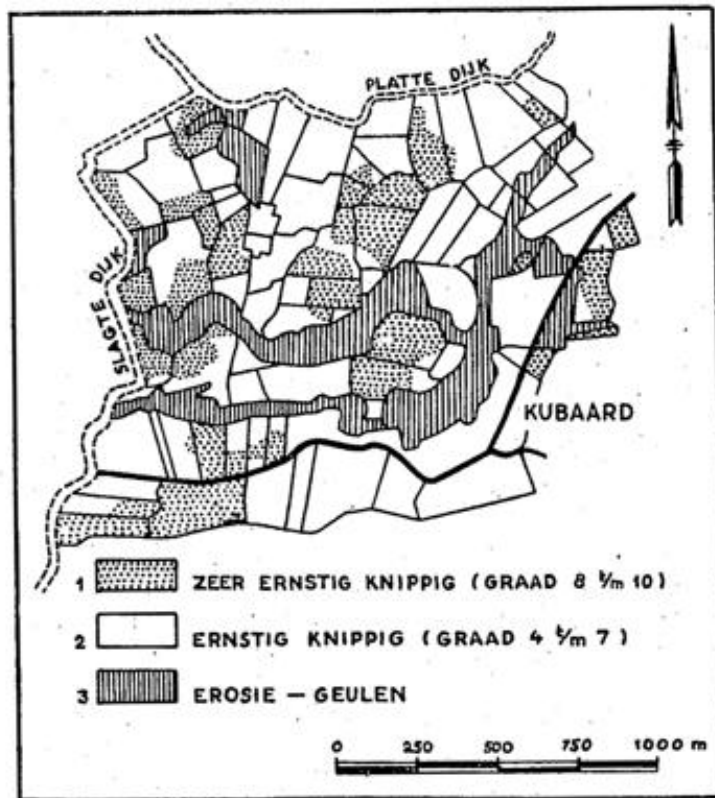


Foto: Friese Landbouwblad

Geconstateerd kon worden dat kleibrokken van verschillende knippigheid, in verschillende mate vervloeiing vertoonden. Het ergste trad dit wel op bij een knipklei uit een perceel dat bekend staat om het z.g. „verschijnsel van Jorwerd". Dit perceel vertoont zeer eigenaardige bulten, waarvan de bestrijding een moeilijke opgave blijkt.



Zwelklei versterkt gevolgen gaswinning

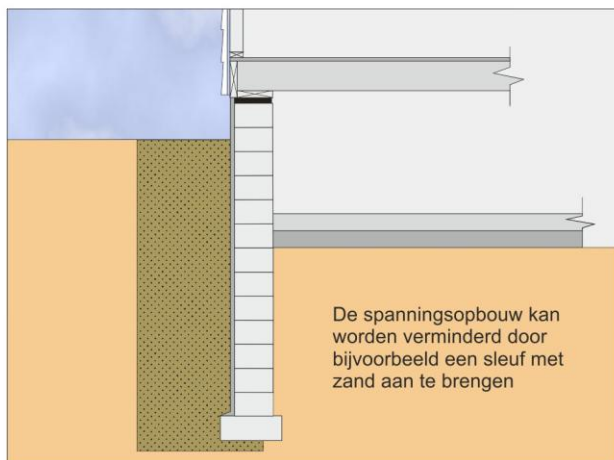
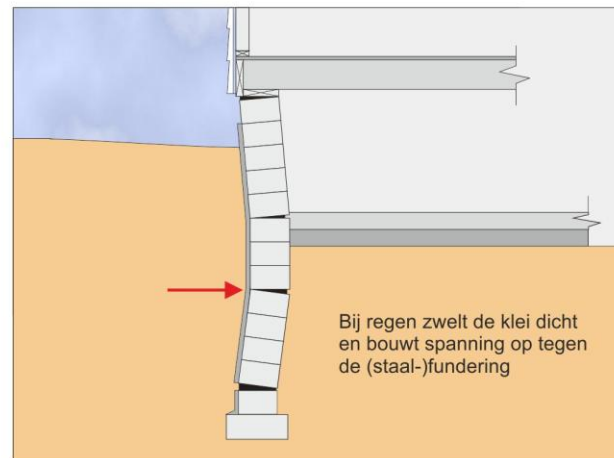
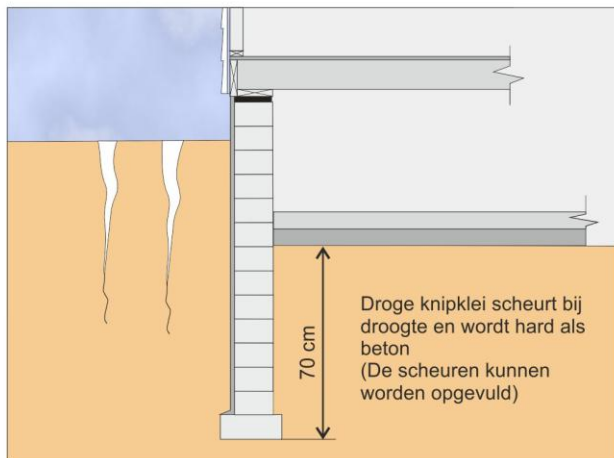
natuur en Techniek Nr. 4/2004) april 2004

“De aardbevingen in Groningen zijn meestal nauwelijks voelbaar. Toch zorgen ze vaak voor aanzienlijke schade”, zegt hij. “Wij denken dat dat komt doordat de ondiepe ondergrond in Groningen op veel plaatsen bestaat uit zwelklei.” Zwelklei is klei die het vermogen heeft water op te nemen, niet alleen in de poriën tussen de kleideeltjes maar ook in het kristalrooster van de mineralen. Droogt de klei weer in, dan krimpt de laag.

“Bij wisselende grondwaterstanden in deze zwelkleilagen staat de ondiepe ondergrond dus voortdurend onder spanning”, legt Van der Gaag uit. “Als in zo’n zwelkleigebied genoeg spanning is opgebouwd, dan kan een lichte aardbeving al de druppel zijn die de emmer doet overlopen. Dat kan tot onevenredig grote schade leiden.”



Knipklei : advies ter voorkoming



Advies 2004





De eeuwig durende discussie

Hoe meet je dat er ongelijkmatige bodemdaling plaatsvindt en hoe onderscheid je dat van de bodemdaling door de gaswinning.

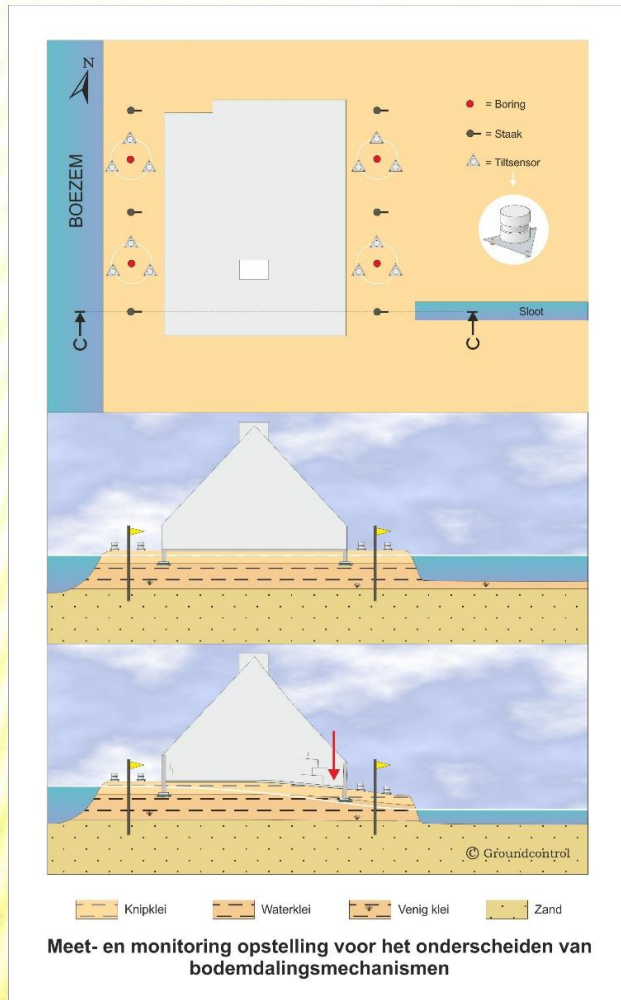
Gedupeerden zeggen dat er ongelijkmatige bodemdaling plaatsvindt door de gaswinning.

NAM en vele onderzoekers zeggen dat dat niet kan omdat de bodemdaling door de gaswinning gelijkmatig gaat.

Dus – voer voorstel uit van 2004



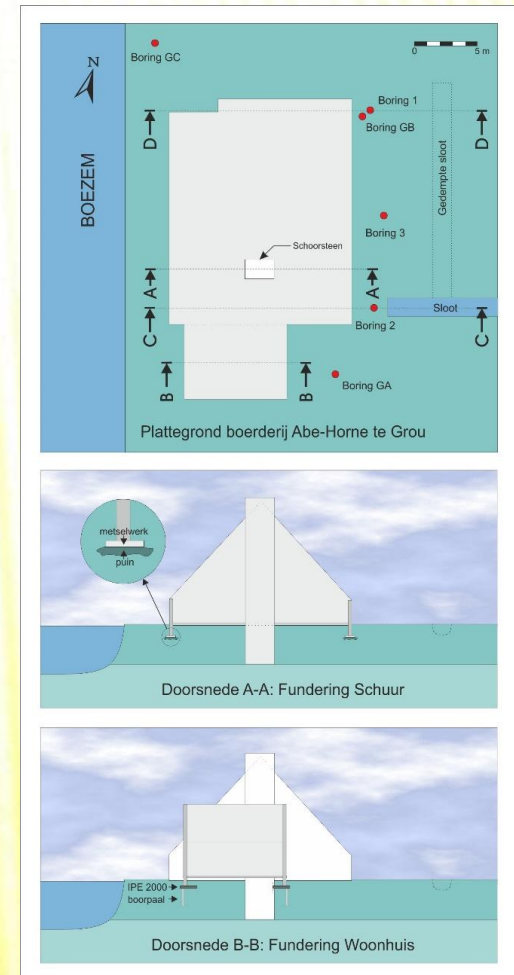
Verschillende bodembewegingen meten



Zet tiltmeter systeem neer dat diepe oorzaak van ondiepe oorzaak onderscheidt

Tiltmeters aan maaiveld en tiltmeters op stabiele zandlaag
Relateer bewegingen aan grondwater en polderpeil

Onderzoeksvoorstel (gesteund door 3 professoren, 2004)
EZ: no way niet meten!





Verweking

Het proces waarbij zand draagkracht verliest, noemen we verweking.

In het Engels heet dat liquefaction –

Niets is zo aanschouwelijk als een filmpje

https://www.youtube.com/watch?v=b_alm5oi5eA





Verweking



Foto: HBS Expertise BV. Onderin de profielkuil op 2 meter onder maaiveld verwekingsgevoelig blauw wadzand. Links: zanduitloper . Verweking?





Verweking

Foto HBS Expertise BV

We hebben een aantal zandmonsters geanalyseerd.

Bij alle 4 zandmonsters gaat het om verwekingsgevoelig zand

Gemiddelde korrelgrootte is 0,1 mm, slecht gesorteerd, hele jonge afzetting, geen klei



Nederlands onderzoek beweert dat drempelwaarde voor verweking 0,1 g is (m/sec²) is
Japans onderzoek laat zien dat verweking kan bij 0,025g – buitenlandse collega's spreken over verwekingsgevoelig zand, dus : zet meetapparatuur neer





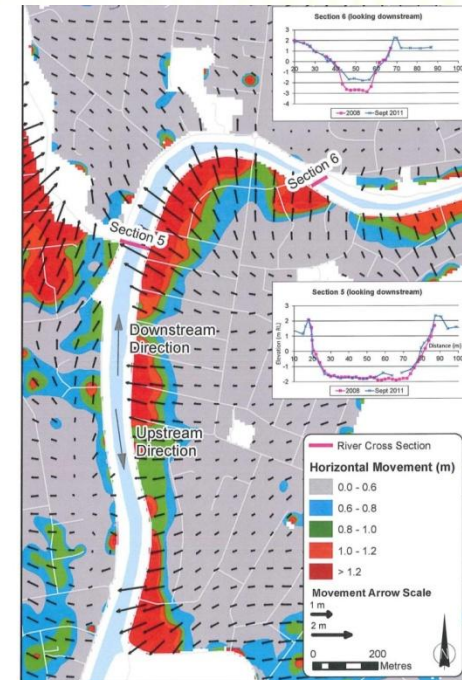
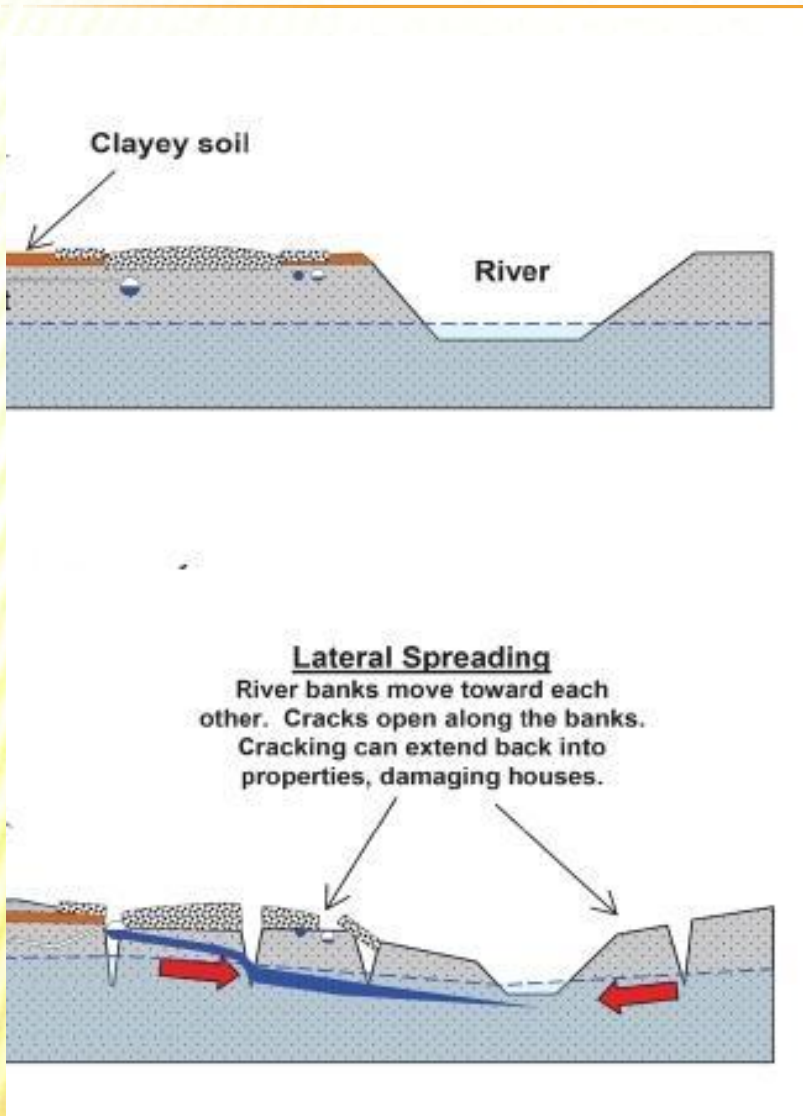
Meten verzakking/tilt

Wij hebben een monumentale boerderij (1850) bezocht en zagen dat die was verzakt (-> ZW). Meten in 2017 met lasers laten een scheefzetting van 13,5 cm zien

Dit is natuurlijk een meting 4 jaar na een gebeurtenis (aardbeving Zandweer), waarbij gedupeerde de scheefstelling heeft gemeld. Maar: tot 2013 liepen dakgoten naar binnenplaats met waterput (NO) en lopen ze nu andere kant op).

Boringen en analyses wijzen uit dat op 1,5-2 meter diepte verwekingsgevoelig zand aanwezig is. Met 1 tiltmeter in elke hoek van een kelder kan relatie verzakking/tilt worden gemeten ten tijde of vlak na een aardbeving. Misschien zijn ze nu nog te gebruiken, immers, wanneer het gebouw nu een nieuwe evenwicht zoekt zou verzakking (naar 1 kant) moeten afnemen. En met tiltmeters meet je vertraging en versnelling van beweging

Lateral spreading



Lateral spreading is het vrij trillen bij een aardbeving van rivier/kanaal oevers. Bij een aardbeving kunnen de beide oevers naar elkaar bewegen

Onderzoek Nieuw Zeeland





Lateral spreading?



Boterdiep Onderdendam Gevoelig voor lateral spreading ?





Lateral spreading



Foto 1 Scheuren in de Maasdijk bij Asselt als gevolg van de beving bij Roermond op 13 april 1992 (Rijkswaterstaat)

Boven: lateral spreading Roermond

Advies (2015): Dit kun je meten door accelerometers (PGA) te plaatsen in een lijn loodrecht op de oever – resultaat anno 2017?

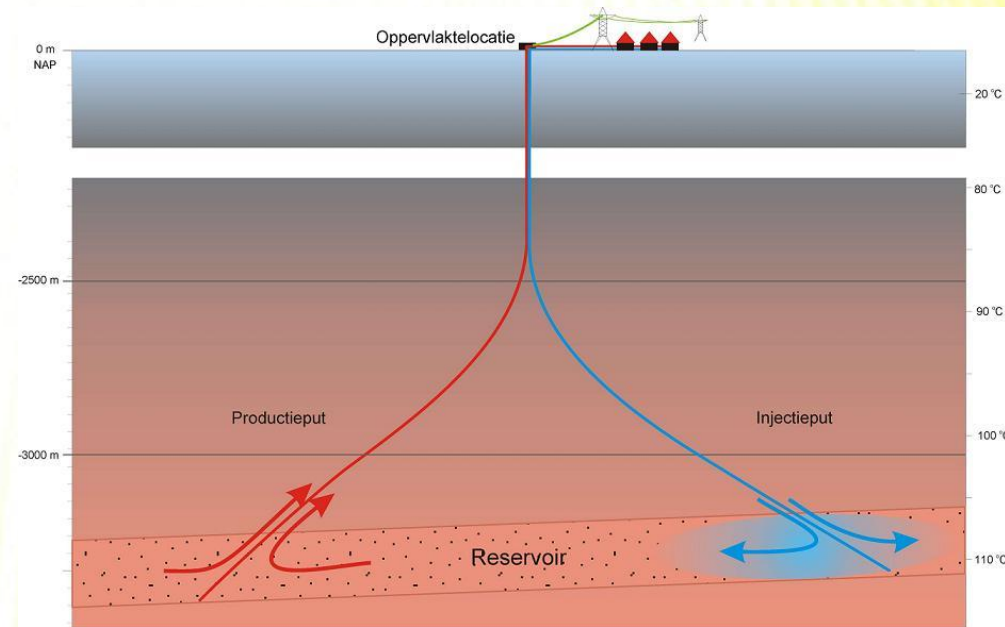


Rasquert scheuren na aardbeving evenwijdig aan sloot



Tiltmeters Japan: gebruikt bij wateronttrekking

Surface tilt can be directly related to volume change in the subsurface associated with fluid injection or withdrawal. The tiltmeter survey promises to provide a method for monitoring subsurface volume change due to injection or production.



World Geothermal Congress 2000 Kyushu - Tohoku, Japan,

Japan 2012: geotechniek tiltmeter meting standaard

➤ Tiltmeters in buitenland Australië

This award recognises those projects that have been carried out for either coal or metaliferous mining operations that use innovative techniques to achieve the objectives.

WINNER

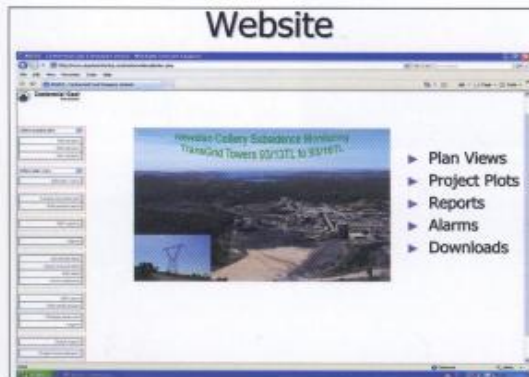
Centennial Newstan Pty Ltd, Philip Enright

Continuous Subsidence Monitoring with Tiltmeters and the Internet

This project was established to provide a real-time subsidence monitoring program and management system to effectively manage the unpredictable magnitude of mine subsidence impacts on a number of Transgrid 330kV transmission towers that are significant to the supply of electricity in NSW.

The project achieved its objective by providing all stakeholders with real-time data in both graphical and numeric format that could be viewed and accessed from any location via the Internet. The accuracy and reliability of the data, combined with alarming and notification gave management and stakeholders confidence that the system would adequately trigger any management plan responses to ensure the States energy supply network was maintained.

As a result of the project significant cost benefits were achieved. The project confirmed that tiltmeters and continuous real-time monitoring provides the opportunity to efficiently examine many aspects of subsidence and advance the science and engineering of mine subsidence in the future.



JUDGES COMMENTS

Winner and Highly Commended

Overall the judges considered that the standard of entries was excellent. For a new category the results indicated a high level of thought and application to resolve substantial problems in the mining industry. All the finalists should be congratulated on their effort.



Tiltmeters meten bodemdaling nauwkeurig en brengen de wetenschap van de mijnbouwschade op een hoger peil.



Rechtszaak Texas

Geduceerde en veroorzaker komen in de rechtbank overeen om tiltmeters te gebruiken om te bewijzen wie gelijk heeft inzake mogelijke schade door zoutmijnbouw

Rechter: wat zijn dat tiltmeters?

Beide partijen :tiltmeters zijn de beste instrumenten om de causaliteit tussen schade en proces te bewijzen

Texas court (2015)



Tiltmeters (Fuhrberg, Duitsland)



Large amounts of ground water withdrawn by pump wells can cause considerable ground deformation. Therefore, 12 tiltmeters and 5 pressure transducers were installed to monitor the vertical ground inclinations and the variations of water table,



Grondwaterwinning in Bedum



Waterwinning op 60-100 meter diepte: vergunning laat 480.000 kub/j toe –
Waarom niet met tiltmeters gekeken uit welke richting het meeste water komt.



Grondwaterhuishouding

Bevolking meldt verandering zoutgehalte, overlopen putten,
ontstaan nieuwe wellen, afstervende planten en bomen

Leeglopen sloten – verstopte filters – lekke kelders

Onze hypothese is dat de grondwaterhuishouding door elkaar is
geschud door de aardbevingen

Bekend bij de Romeinen, daar doen we nu veel onderzoek naar



Lekke (mest) kelders

(Mest) kelders staan vol water en zijn lek – volgens CVW, TCCB, commissie bodemdaling en ingenieursbureaus is de oorzaak een lekke waterleiding dan wel overvloedige regen

Een chloride gehalte van 1000-1900 mg/l in onze watermonsters lijken regenwater en kraanwater uit te sluiten, tenzij in Groningen sprake is van chloor in regen dan wel kraanwater

Neem ten minste de moeite om te boren, en uit het (vaak hoge) grondwater een watermonster te nemen en op chloridegehalte te analyseren





't Zandt

Maaiveld plus 1.10 NAP – erg veel last van zout aanslag, planten in tuin dood
HIT BV boort, bovenste kleilaag lijkt impermeabel – na boring stijgt grondwater
niveau tot plus 50 cm NAP. Wateranalyse wijst HIER op 8000 mg chloride/l



Commissie bodemdaling: schade komt niet door gaswinning of door polderpeil
aanpassing – geen watermonsters genomen. Inmiddels is woning geëvacueerd



Mogelijk gebruik tiltmeters Groningen

Meten van aandeel gaswinning en andere processen in beweging

Meten van verweking- meten van ongelijkmatige zettingen

Meten van effecten bij grondwaterwinning

Meten van deformatie bij sloten en kanalen

Meten van tilt/deformatie door aardbevingen

Waarom worden ze niet gebruikt - zie volgende sheet:



Industrie leidraad meten (2015)

Doel van deze industrieleidraad is het vastleggen van het kader voor het inwinnen en verwerken van meetgegevens, overeenkomstig de aanbevelingen in (TCBB, november 2009). Het oogmerk is om uit geodetische waarnemingen eenduidig vast te stellen welk deel van de bodembeweging aan het maaiveld het gevolg is van delfstoffenwinning en/of opslag in de diepe ondergrond.

Doel is ook de specificatie van bijbehorende nauwkeurigheid en betrouwbaarheid. In deze leidraad zijn de inrichting van meetnetten, het verwerven van gegevens, de wijze van verwerking en het rapporteren van de bodembeweging door delfstoffenwinning en/of opslag geformaliseerd.

Van website TCBB



Industrie leidraad meten

101 bladzijden vol meten – slechts op pagina 58 komt het woord tiltmeter voor

Andere meettechnieken die ingezet kunnen worden voor deformatiemonitoring op land zijn tiltmeters en laseraltimetrie. De beperkende factor bij tiltmeters is de drift in de tijd

Opvallend is het winningsplan van NAM 2012 tiltmeters aanbeveelt



Uitspraak TCBB December 2016

De Tcbb heeft met u overlegd om de lintvoegmeting een keer te herhalen en op die wijze te controleren of er waarneembare effecten zijn van (nog steeds) naijlende ongelijkmatige bodemdaling die de schade zouden kunnen verklaren. De Tcbb heeft van de tweede meting moeten afzien omdat de beschikbare tussenperiode van drie maanden tussen de twee waterpassingen te klein is voor een significante uitkomst. Om iets significant te meten zou een aantal jaren nodig zijn.

Tiltmeters kunnen versnelling/vertraging in 3 maanden meten



Conclusies

Er vinden vele geologische processen en menselijke activiteiten in de Groningse boden plaats die niet goed worden begrepen en niet worden gemeten. Zonder meten, boren en analyses kunnen niet zonder meer conclusies worden getrokken

Effecten zoals tilt en verzakking tijdens of vlak na aardbeving kunnen met tiltmeters worden gemeten (niet met accelerometers). Causaliteit tussen schade en aardbeving (permanente deformatie) kan zo worden vastgesteld

Het verschil tussen bodemdaling door gaswinning en ondiepe geologische of hydrologische processen kan worden vastgesteld met tiltmeters

In vele landen worden tiltmeters toegepast, voorgeschreven, zelfs standaard.



Aanbevelingen

Laat Kamerleden vragen waarom de minister het gebruik van tiltmeters afwijst terwijl die in de rest van de wereld geaccepteerd en gewaardeerd zijn (interne notities?)

Verplicht bij onderzoek naar ongelijkmatige zetting en verweking het gebruik van tiltmeters. Gebruik tiltmeters om causaliteit vast te stellen en diepe- van ondiepe processen te onderscheiden

Algemeen: verbeter onderzoek en laat meer onafhankelijk onderzoek naar de ondiepe ondergrond uitvoeren,, meet (zoutgehalte) , deformatie (tiltmeters) en boor op iedere locatie met schade

Ieder dorp zou een boorset beschikbaar moeten hebben, een cursus geologie moeten faciliteren en iedere bewoner zou een peilbuis moeten kunnen plaatsen – **geologie is een mooi vak**



Dank U voor uw aandacht

Peter van der Gaag

Holland Innovation Team BV

1 april 2017

Middelstum Groningen



Onderzoek individuele gevallen

HIT BV heeft de laatste jaren veel onafhankelijk onderzoek gedaan

Er is veel geboord, er zijn watermonsters en zandmonsters geanalyseerd

Er is gecorrespondeerd met experts, stand der wetenschap is meegenomen

Duidelijk is geworden dat zonder bodemonderzoek geen enkele conclusie te trekken is over wel of geen oorzakelijke verband tussen schade en aardbevingen. Onderzoeken hebben eveneens aangetoond dat schade ontstaat door ondeskundig waterbeheer en infrastructurele werken.

Er zijn veel lekke (mest) kelders, grondwaterpeil komt vaak omhoog tot waar het nog nooit is geweest.

tZand – Rasquert – Uithuizen - Wirdum





Profielkuilen en boringen

Maaiveld 70 cm boven NAP
Uitstroom zout water > 1000 tot
1900 mg/l op 1.35-1.45 onder
maaiveld (= -65 cm NAP).

Dat was ver boven freatische
grondwaterniveau

Bij schuren zout grondwater op
10 cm plus NAP, water niveau
sloot -1.25 NAP)





CO₂ monitoring met tiltmeters

NETL Best practices for monitoring, verification, and accounting of CO₂ stored in deep geologic formations. [see more](#) considers tiltmeters a "promising technology". Several U.S. Regional Carbon Sequestration Partnerships have proposed employing tiltmeter surveys in their monitoring



➤ Tiltmeters – VS - zoutmijnbouw

Napoleonville Salt Dome Sinkhole Monitoring

In August 2012, RESPEC was contracted by Texas Brine Co., LLC to provide field engineering and geotechnical services support at a developing sinkhole on the western flank of the Napoleonville salt dome in Louisiana.

RESPEC engineers designed and deployed a real-time, early-warning system to continually monitor effects around the developing sinkhole. The system consists of research-grade dataloggers, tiltmeters, inclinometers, and water-level transducers. The network telemetry allows two-way communication so data can be gathered remotely, and the dataloggers and sensors in the field can be reprogrammed or reconfigured from the office.



Tiltmeters China

Abstract

Tiltmeter observation is one of the important methods to monitor subtle crustal deformation related to earthquakes, and plays more and more important role in geodynamics, solid earth tide and earthquake monitoring. Currently, about 280 tiltmeters of various types have been operating in China mainland.



➤ Tiltmeters: Spanje (zwelklei)

Asco II Nuclear Power Plant, Catalonia, Spain

This plant was constructed in the early 1980s on a deep (55 meter) cut in expansive claystone. After construction began, it was noted that the foundation began heaving upward, moving the plant with it. The designer concluded that the foundation would move rigidly, preventing damaging shear stresses in the critical elements of the cooling system and reactor. To verify this conclusion, the Spanish Nuclear Regulatory Agency specified monitoring of foundation tilts throughout the plant. A 40-tiltmeter system was installed by Jewell in 1987. Data are continuously recorded by computer and by manual sampling.



➤ Tiltmeters in buitenland Gasopslag VS

- II. The underground gas storage operator would perform field monitoring of surface deformations and micro-seismic emissions.
 - a. Surface deformations
 - i. The operator would obtain precision surface deformation measurements and inversion by placing stable benchmarks or stable tilt meters in array over the site. Tilt meters are the preferred approach because they are more sensitive and can be measured any time.
 - ii. The down-hole use of tilt meters by the underground gas storage operator can give deformation measurements
 - a. Real-time micro-seismic monitoring
 - i. Tri-axial geophones are installed in a three-dimensional array in boreholes at depth, or shallow holes which penetrate into the bedrock. If the emissions migrate substantially over time, increase greatly in amplitude and frequency, or are found to become large in area and concentrated on large planar feature, they can be interpreted as potential indicators of instability, either current or impending.

In order for the Department to evaluate a request for an increase in underground gas storage pressure the underground gas storage operator would have follow these steps in order to obtain the information they needed to determine if an increase in underground gas storage pressure, over discovery pressure can be accomplished safely.