



---

# **Gaswinning rondom Ternaard**

## **Geologie – winning – monitoring**



# Inhoud van de presentatie

- Introductie
- Data – voorziening – wat kan iedereen vinden
- Gaswinning, gasvelden, kleine en grote
- Friesland – verschillen met Groningen
- Aardbevingen bij gaswinning
- Monitoring van bodemdaling – monitoren van fracking
- Wat zijn tilt meters – of tilt sensoren, wat kun je ermee
- De ondiepe bodem in Friesland - geologische processen
- Specifieke aandachtspunten
- Conclusies en aanbevelingen





# Datavoorziening: wat iedereen vinden kan

---

[www.topotijdreis.nl](http://www.topotijdreis.nl) topografisch kaarten vanaf 1815

[www.dinoloket.nl](http://www.dinoloket.nl) waaruit boringen in de buurt kunnen worden bekeken

[www.ahn.nl](http://www.ahn.nl) actueel hoogtebestand Nederland – hierop kunnen hoogten zeer gedetailleerd worden verzameld

[www.bodemdata.nl](http://www.bodemdata.nl) vanuit deze bestanden kunnen de bodemopbouw van de eerste meter (1.20 – maaiveld) worden verkregen. Ook kan de diepte van de grondwaterspiegel worden bekeken.

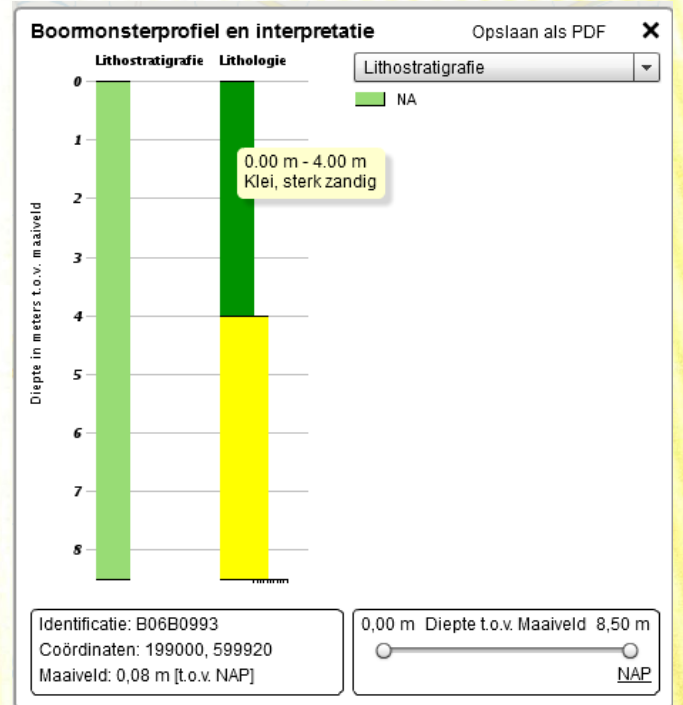
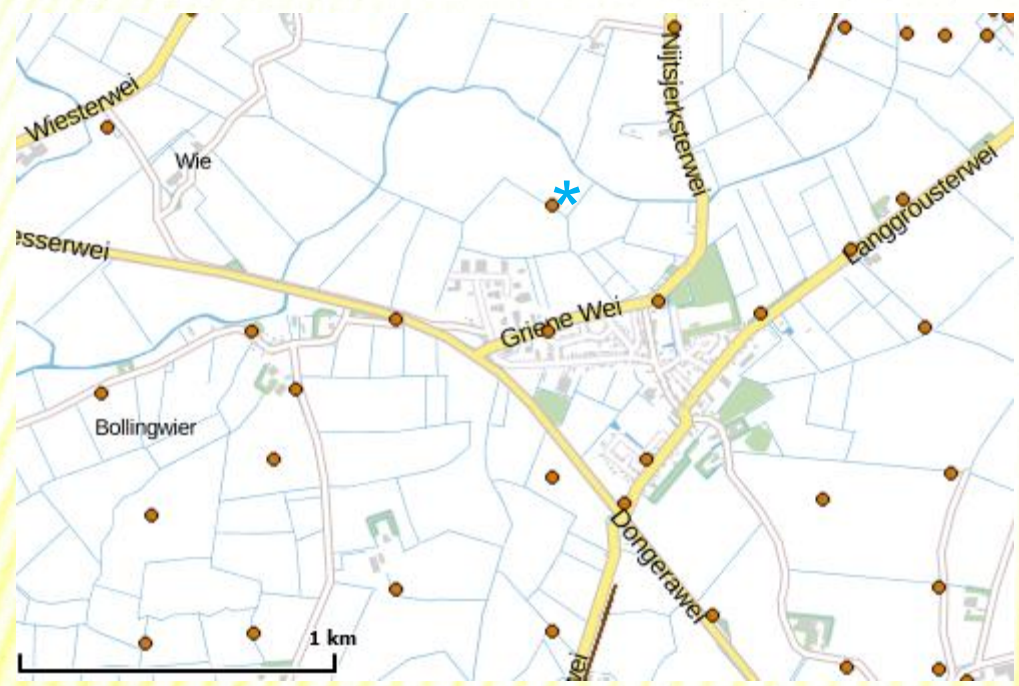
# Topotijdreis door de tijd



[www.topotijdreis.nl](http://www.topotijdreis.nl)



# Dinoloket [www.dinoloket.nl](http://www.dinoloket.nl)



Boringen – sonderingen en grondwaterstanden



# Actueel hoogtebestand Nederland

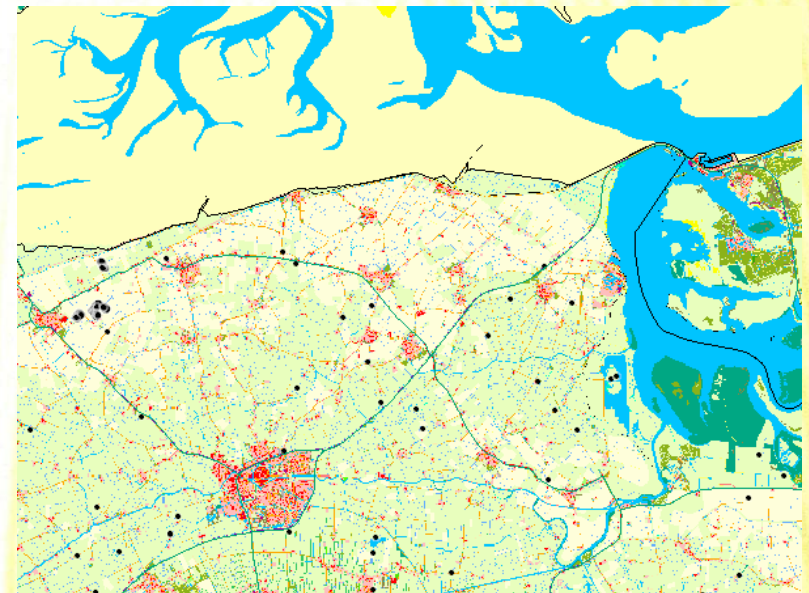
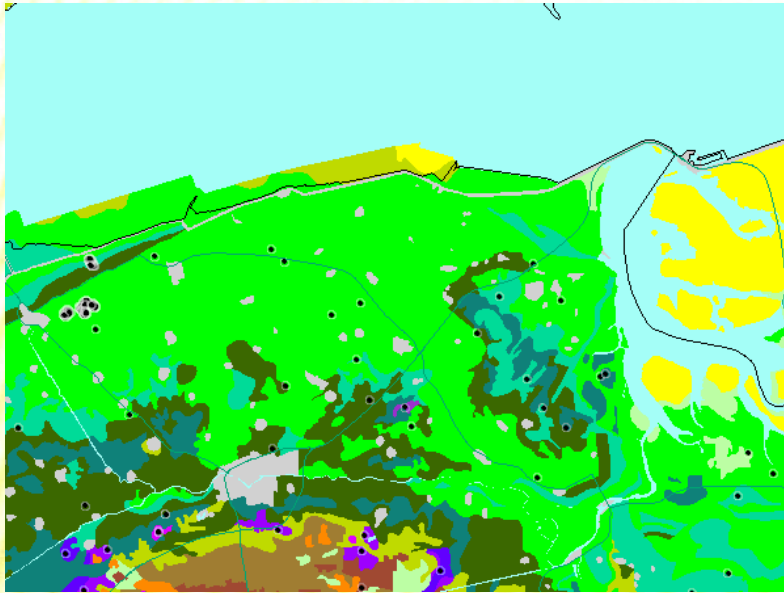
<https://ahn.arcgisonline.nl/ahnviewer/>





# Bodemdata Wageningen

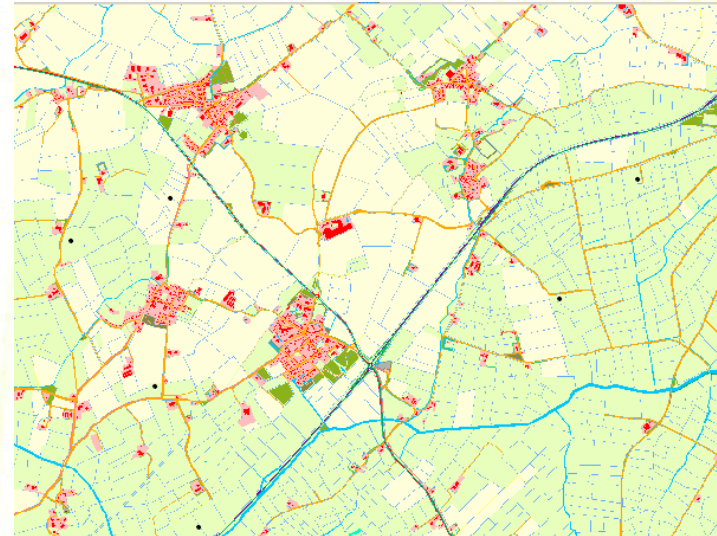
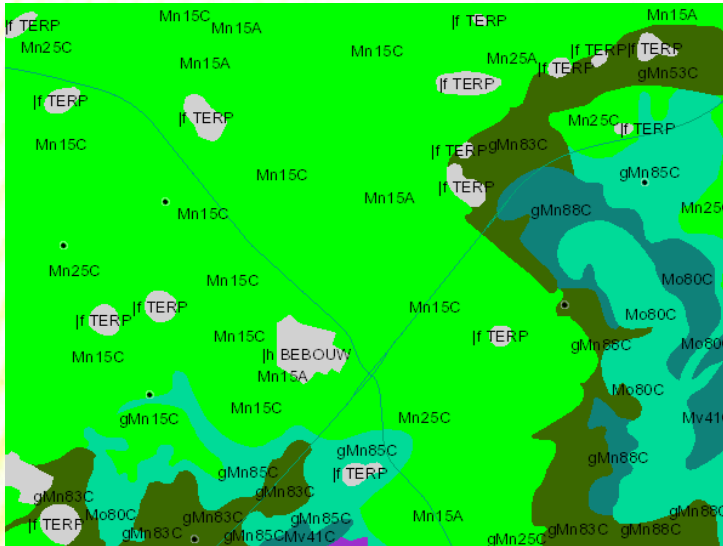
<http://maps.bodemdata.nl/bodemdatanl/index.jsp>





# Bodemdata Wageningen

<http://maps.bodemdata.nl/bodemdata.nl/index.jsp>



Mn15A = zandige klei – zavel – zonder kalk ; Mn15C = zandige klei met kalk  
gMn85C = zware klei – knippig; Mo80C = knipklei, afgeticheld voor de  
steenfabriek; Mv41 = knipklei met daaronder veen







# Compartimenten Ternaard

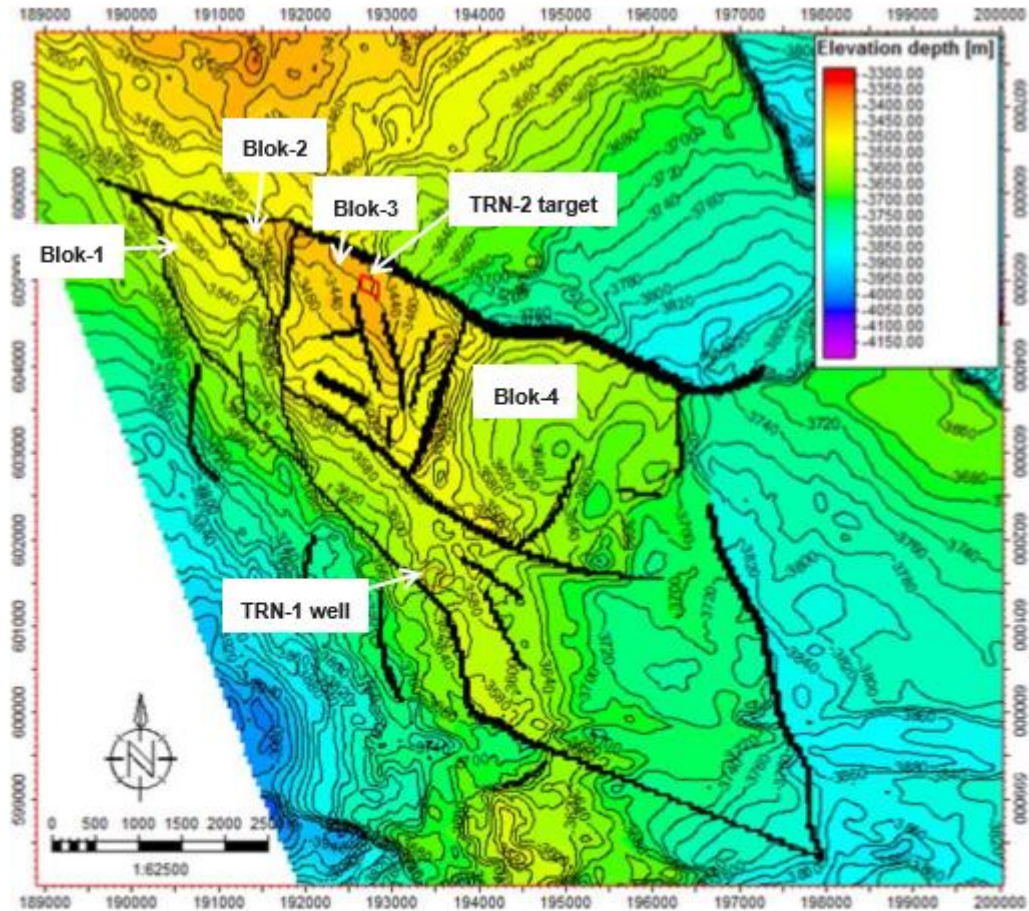
NAM data



*Uitvergroting van het gasveld Ternaard met daarin de verdeling van de blokken 1 tot en met 5*

# Breuken in compartimenten Ternaard

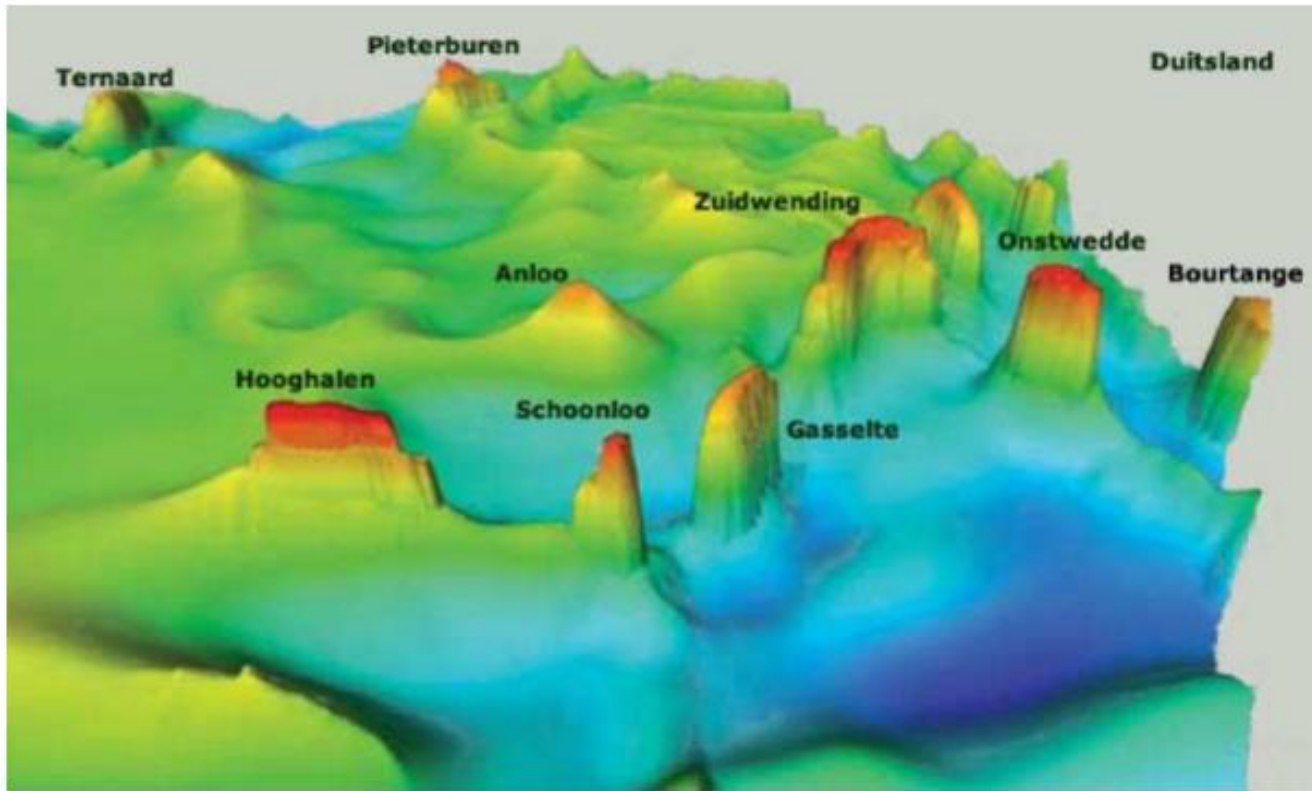
NAM data



Figuur 5 Hoogte van de bovenkant van het Ternaard gasveld ( TRN-1 wel is het punt dat NAM in het verleden heeft aangeboord. TRN 2 target is het ondergronds doel. Met de zwarte lijnen zijn breuken weergegeven.)

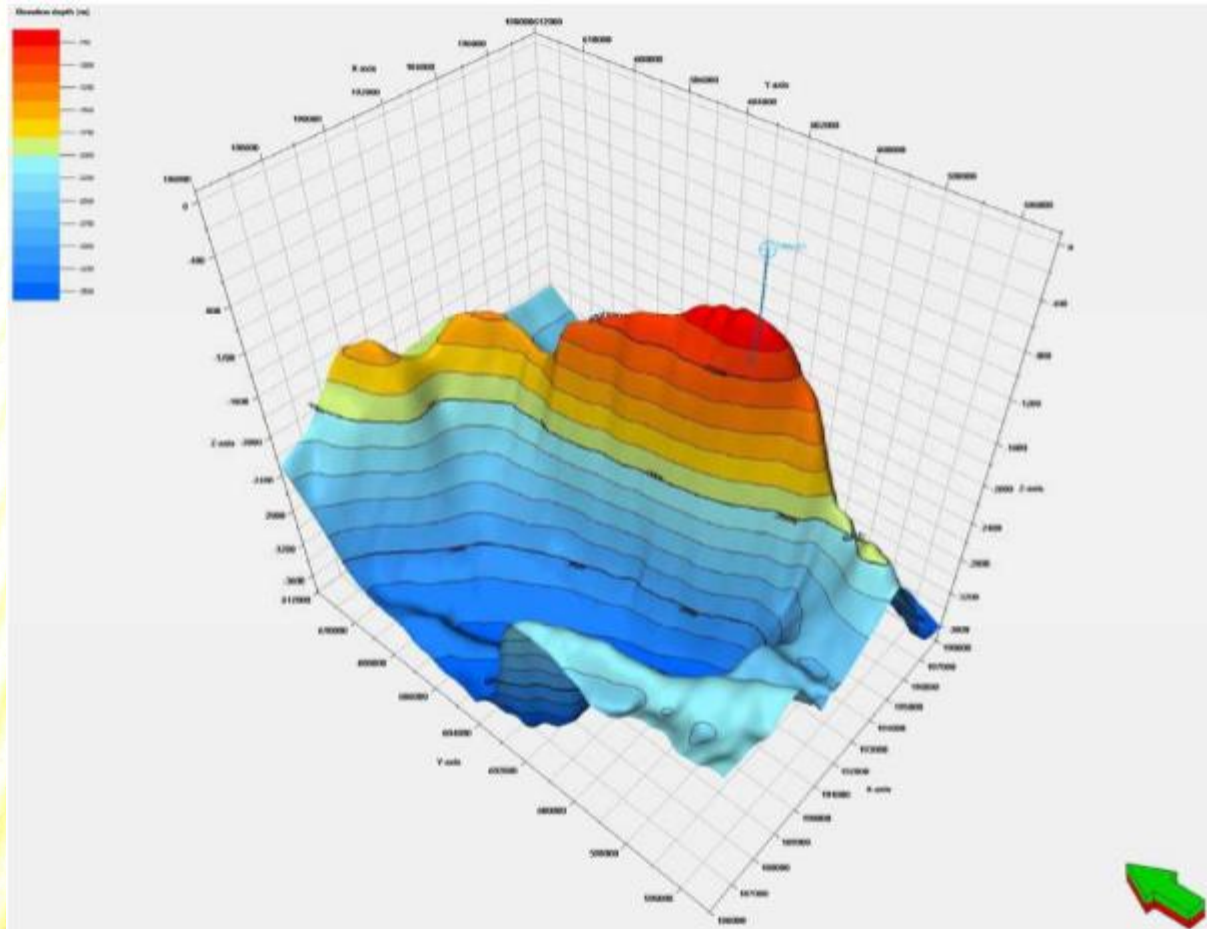


# Zoutpijlers Groningen en Friesland



Data: Cees Laban – Rijks Geologische Dienst

# Zoutpijler Ternaard (top 653 m – NAP)



Data: <http://www.nlog.nl/>



# Bodemdaling alleen zichtbaar op land ?

Figuur 16 toont het gebied waar mogelijk de bodemdaling zal plaatsvinden. Aan het waddenoppervlak vindt geen bodemdaling plaats door toevoer van sediment uit de Noordzee. In het MER wordt dit verder gespecificeerd.



Figuur 16 Studiegebied bodemdaling door gaswinning Ternaard

Data: NAM



# Hoe monitor je bodemdaling bij kleine velden?

---

Je kunt gebruik maken van satellieten die erg nauwkeurig de hoogten bijhouden, alleen komen satellieten niet iedere dag voorbij

Je kunt vaste meetpunten – gefundeerd op vaste grond (zand) inmeten en met tussen tijden de verschillen meten (met satelliet of met waterpassing)

Je kunt ook een stelsel tilsensoren neerzetten en daarvan permanent en continu de helling meten. Zo krijg je een goed idee van hoe de dalingskom zich ontwikkelt

Overigens gaat dat vooral goed daar waar er maar 1 winningsput is –

Duizend tiltmeters neerzetten in Groningen heeft geen zin, gezien de hoeveelheid putten en gezien de processen in de ondiepe bodem,



# Wat zijn eigenlijk tilt meters?

Loodrecht op elkaar staande elektronische waterpassen. Gevuld met twee vloeistoffen laat men een gekend stroompje Elektriciteit lopen – wanneer vloeistoffen verschuiven bij tilt, verandert de weerstand tussen de twee punten ( $I = V * R$ ), dan meten we het veranderende voltageverschil tussen de twee punten

Uitslag (tilt) worden gekalibreerd aan gekende beweging zon en maan er zijn tilt meters, nauwkeurig tot 1 nanoradiaal = 1 radiaal = 0,017 graad. Er zijn verschillende soorten tilt meters met andere nauwkeurigheid en meetfrequentie

Uitslag wordt vertaald naar een vector - iedere vector wijst naar het punt met de grootste tilt (diepste daling of grootste stijging) – lengte en richting zijn belangrijk. Systeem tilt sensoren kan op deze manier worden geïntegreerd naar een bodemdalings kaart –





# Verschillen/overeenkomsten van meters

---

Accelerometers – registreren trillingen / grondversnelling (PGA)

Inclinometers – meten de helling in een vastgestelde richting

Satelliet –INSAR kan periodiek stijging of daling meten

Seismograaf – registreert aardbevingen (trillingen)

Tilt sensoren meten continu en een systeem tilt sensoren meet de deformatie ten gevolge van een geologisch- of mijnbouwproces

Wanneer we het geologische model kennen, kunnen we bezien of Tilt sensoren een afwijking tonen van wat we verwachten

De andere meters registreren een gebeurtenis/feit daarna gaan we statistiek “bedrijven” - met tilt meters kun je zelfs een versnelling meten van een proces en daarop anticiperen



# Combinaties met tilt metingen

Bij bodemdaling :

Het is aan te bevelen om ook werkelijke hoogtemetingen te doen (lasers)

Satelliet metingen (INSAR) helpen tilt meters; andersom helpen tilt meters INSAR

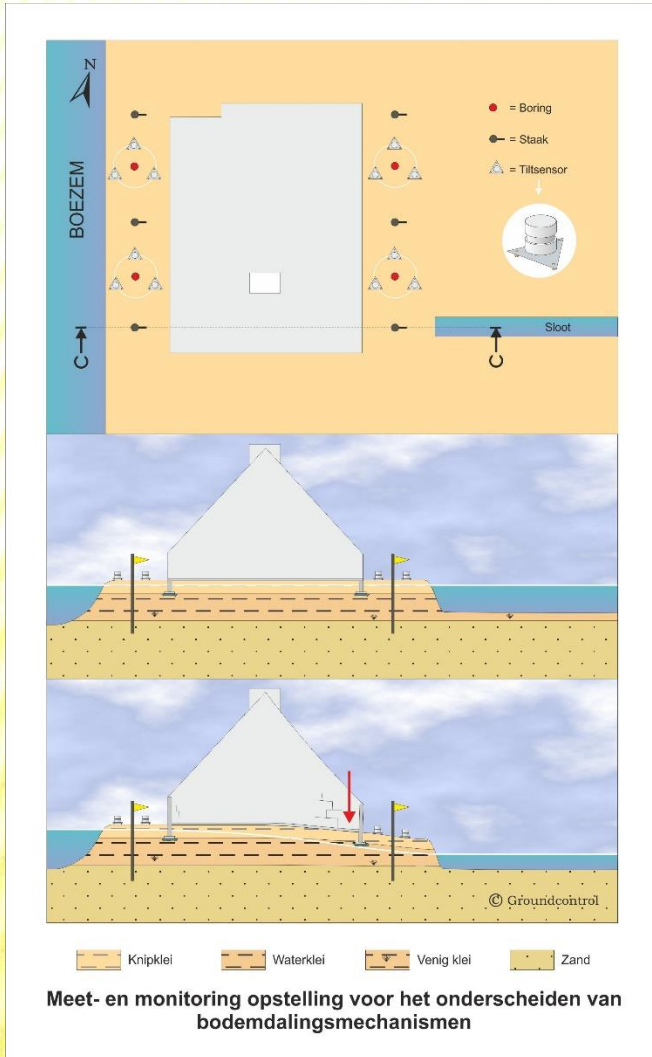
Bij schade:

Een seismograaf en een accelerometer geven de juiste tijd aan van een aardbeving

Wanneer er op 4 tiltsensoren – geplaatst in een huis - is te zien dat er deformatie is opgetreden ten tijde van een aardbeving – **is het bewijs sluitend en is de schade veroorzaakt door die aardbeving.**

**Tiltmeters hebben grote meerwaarde wanneer ze op de juiste plaatsen worden geïnstalleerd!**

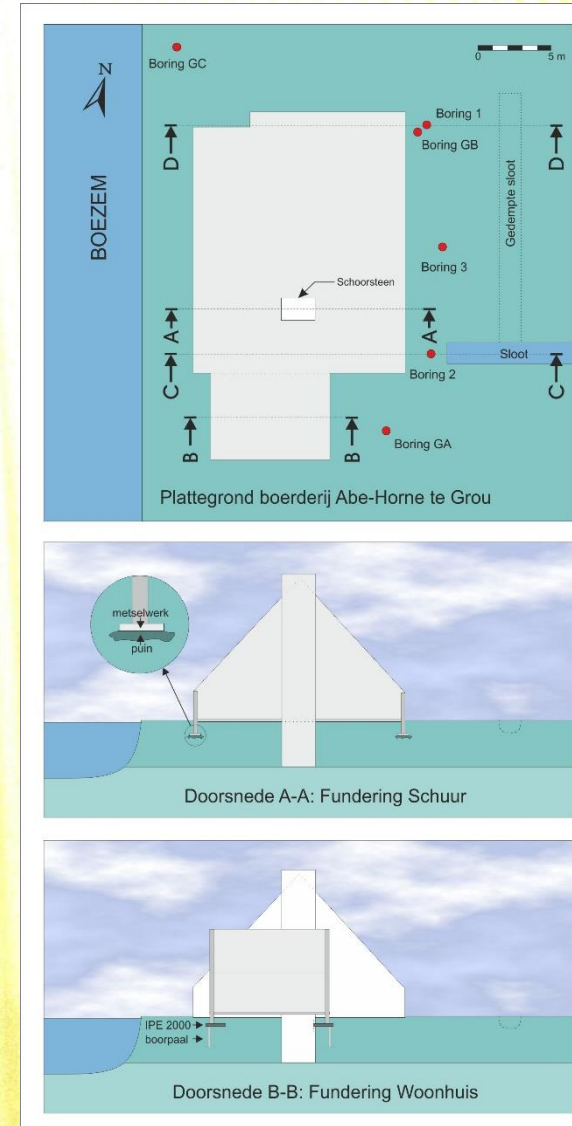
# Onderscheiden van ongelijkmatige bodemdaling was al lange tijd mogelijk geweest met tilt meters



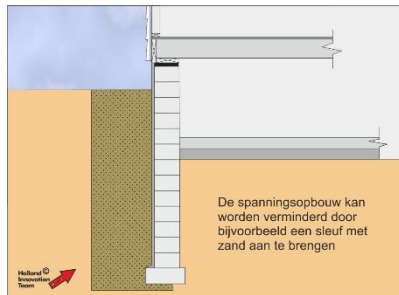
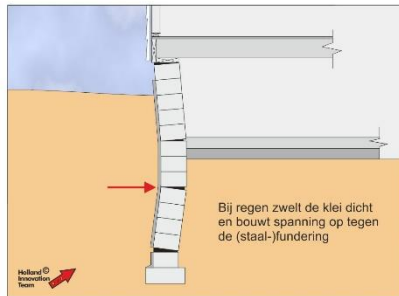
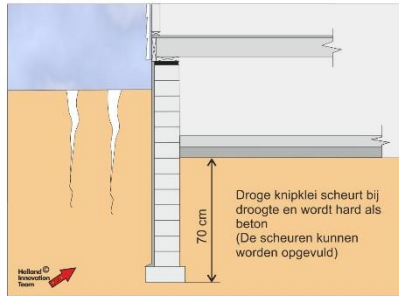
Zet tiltmeter systeem neer dat diepe oorzaak van ondiepe oorzaak onderscheidt

1 systeem op maaiveld  
 2<sup>e</sup> systeem op vaste zandlaag op enige meters diepte  
 Relateer bewegingen aan grondwater en polderpeil en aan gaswinning

Onderzoeksvoorstel  
 (HIT/Groundcontrol, 2004)



# Lokale omstandigheden – je kunt iets doen



Funderingen in knipklei zullen heel verschillend reageren in droge en natte perioden

In Groningen bouwt knipklei spanning op die er volgens ons toe leidt dat bij aardbevingen de spanning ontladen wordt en er dus extra schade in knipklei gebieden dreigt –

Houdt dus de waterhuishouding constant – (Van der Gaag 2004)



# Wek vertrouwen: monitoring i.p.v. registratie

Geofoons , seismografen, satellieten, accelerometers, waterpas surveys registreren een gebeurtenis/toestand. Daar kun je statistiek op los laten maar vaak wordt het een ja/nee spel bij identificatie van schade

Tilt sensoren – meten continu een beweging – meten continu de reactie van een reservoir wanneer er iets uit wordt gehaald, of iets in wordt gebracht. Een tilt sensoren systeem kan de relatie leggen tussen de hoeveelheid geproduceerd gas (of water) en de bewegingen aan het maaiveld.

Tilt sensoren hadden eventueel kunnen bewijzen dat gaswinning geen directe ongelijkmatige bodemdaling veroorzaakt – maar **bijvoorbeeld wel** de waterpeilaanpassingen die door de gaswinning noodzakelijk waren.

Nu kunnen tilt meters bewijzen dat bevingen in knipklei gebieden extra schade veroorzaken.



# Conclusies

---

Grote gasvelden met meerdere putten zijn veel moeilijker te monitoren dan kleine gasvelden met maar 1 put.

Vanaf het begin tiltmeters om een put inzetten garandeert monitoring en voorkomt welles nietes

Ongelijkmatige zettingen bij kleine gasvelden zijn onwaarschijnlijk zo niet onmogelijk

Schade door bodemdaling ten gevolge van gaswinning dus zeer onwaarschijnlijk van wege het kleine gelijkmatig aflopende “verzet” van enige centimeters per km.



# Aanbevelingen

---

Aanbevolen wordt ( Friesland) om tilt meters in te zetten bij de nulmeting bij het boren in blok Ternaard

Aanbevolen wordt om tilt meters in te zetten voor het onderscheiden van diepe (gaswinning) en ondiepe (knipklei, waterpeilen, veenoxidatie) processen

Aanbevolen wordt om de installatie/modellering en interpretatie te laten uitvoeren door onafhankelijke deskundigen ten einde communicatie en vertrouwen te verbeteren



## Vraag: over overlappende bodemdalingskommen

---

Met het veld Ternaard er nog tussen lijken de velden in N.O.Friesland een aaneengesloten gebied te zijn. Hoe gedraagt de bodem zich in het gebied tussen deze kommen zich? Is hier ook meer kans op zetting schade of wordt het in de toekomst een grote kom? Enkele dorpen liggen precies op zo'n rand en zijn hier niet gerust over.

-----

Vanuit de verschillende operationele boorputten breidt de bodemdalingskom van ieder gasveld zich verder uit zodat die elkaar uiteindelijk overlappen - We zien dit ook in Groningen – bij Saaksum – het gaat hier om centimeters verschil





# Velden rond Saaksum

The screenshot displays a PDF viewer window titled "NLOG\_FieldAsset\_2094\_20070706-2-67-Pub\_Public\_Winningsplan\_Grijskerk\_Noord.pdf". The main content is a map of agricultural fields around Saaksum, with blue lines and numbers (2, 4, 6) indicating field boundaries or zones. The map includes labels for various locations: EZUMAZIJL, MUNNEKEZIJL, LEENS, HOUWERZIJL, SAAKSUM, FEERWERD, KOLLUM NOORD, and KOMMERZIJL. The PDF viewer interface shows the title, a search bar, and a sidebar with page thumbnails numbered 15, 16, 17, and 18. The bottom of the screen shows the Windows taskbar with various application icons and the system clock showing 18:41 on 10-12-2015.



# Over terpen en grondwaterhuishouding

---

Gedraagt een terp zich anders dan het omringende gebied bij bodemdaling of grondwaterstand aanpassing?

-----

Een terp gedraagt zich vooral anders bij aardbevingen – je moet je daarbij voorstellen dat een terp een heuveltje is en dat de bovenkant vrij kan trillen – ook kunnen aardbevingsgolven in de top samenkomen (dat heet focussing)

Aanpassing van de grondwaterhuishouding heeft tot veel schade geleid in NL en ook in Friesland. Ik heb zelf onderzoek gedaan op bepaalde plaatsen in Friesland.

Vooraf in knipklei gebieden moet de grondwaterhuishouding zo constant mogelijk worden gehouden



# Groningen versus Friesland

Is de situatie in Friesland te vergelijken met de situatie in Groningen buiten het bevingsgebied waar omkering van bewijslast niet geldt. Wat kunnen we hier met de kennis die daar al is opgedaan? Maar nog beter, hoe versterken we elkaar?

-----

Te vergelijken wel, hetzelfde niet. Het Groninger reservoir is veel dikker dan de velden in Friesland. Daarom is de bodemdaling zo fors en daarom komen er zoveel aardbevingen voor. Simpel: een breuk in het Groninger reservoir ondervindt over 200 meter druk veranderingen, dat kunnen ze niet goed hebben. In Friesland zijn de gasvelden (gasreservoirs) veel “dunner”



# Vraag over verzilting door gaswinning:

---

In een landbouw gebied als het onze is men bezorgd over de toegenomen zoute kwel. Is de toestand hier vergelijkbaar met Groningen en wat doen we ermee/tegen.

-----

Zoute kwel bestaat in NL, dit zal verergerd worden door de klimaatverandering (lees: zeespiegelrijzing)

Verzilting zal eveneens toenemen door bodemdaling ten gevolge van de gaswinning

Echter op bepaalde plaatsen in Groningen is de zeespiegelrijzing 8 cm en de bodemdaling door gaswinning 24 cm (over de laatste 30 jaar) – dus zorgt bodemdaling door gaswinning voor drie keer meer verzilting op bepaalde plaatsen in Groningen.

In Friesland is de bijdrage aan verzilting van de bodemdaling door gaswinning kleiner dan de bijdrage aan verzilting door de zeespiegelrijzing



# Vraag over eventueel fracken

---

Vele kleine velden komen aan het eind van hun winningsperiode in aanmerking om gefrackt te worden. Hoe schat jij de gevaren daarvan in ?

-----

Fracken gaat met hoge druk – fracken gebeurt al tientallen jaren wereldwijd

Fracken vanuit een boorput in een klein aardgasveld is niet te vergelijken met fracken bij schaliegas winning en de risico's zijn er niet of nauwelijks mits goed gemanaged

Toch zou ik “eisen” dat iedere frack operatie wordt gemonitord met geavanceerde tiltmeters. Er zijn bedrijven die de lengte en de richting ( 3 dimensies) van de gecreëerd scheur geven.



# Monitoring fracken, jarenlange ervaring

Tiltmeters meten al tientallen jaren nauwkeurig tot 5 km diepte – fracking, injectie en bodemdaling

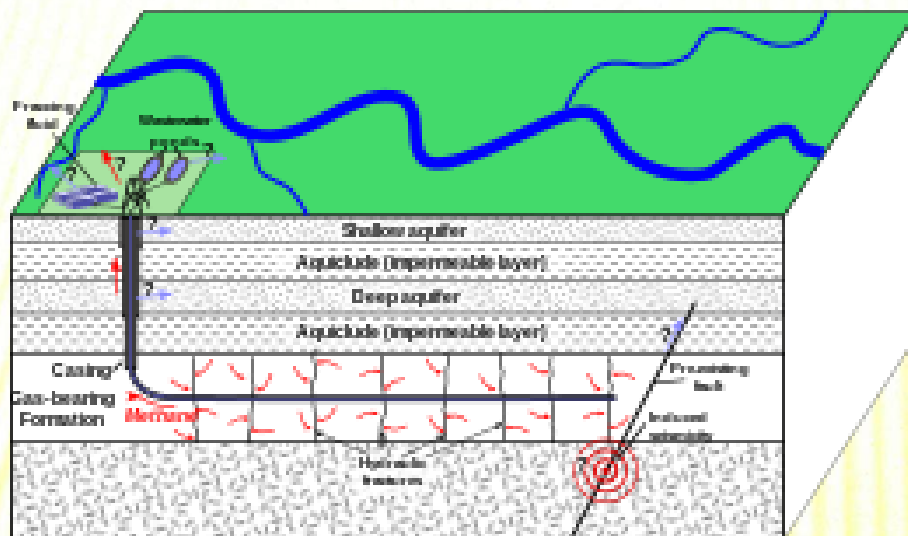
Surface tiltmeter fracture mapping is a unique fracture diagnostic technique in the oil and gas industry that provides a reliable measurement of fracture orientation (azimuth and dip), fracture volume, complexity and approximate location. Pinnacle has successfully mapped more than **10,000 fracture treatments** using surface tiltmeter mapping at depths greater than **16,000 ft**. Pinnacle's latest generation tiltmeters were recognized with a prestigious 1997 R&D 100 Award. Surface tiltmeter mapping has been employed by producers worldwide to design well placement for infill drilling and enhanced recovery projects, design horizontal well trajectories, identify fracture reorientation, map in-situ stress state for borehole stability, diagnose complex fracture behavior, monitor waste injection, map steam injection, and precisely monitor long-term surface subsidence.

<http://www.halliburton.com/en-US/ps/stimulation/reservoir-monitoring/micro-deformation-monitoring/surface-tiltmeter-fracture-mapping.page>



# Verschillende frack jobs in de ondergrond

- 1 Hydraulic fracturing vanuit een (1) verticale put
2. Multiple Hydraulic fracturing van uit een horizontale put



3. Injectie van vloeistoffen vrijkomend bij schaliegaswinning, of beter "deep well disposal"
4. Re-injectie van geothermisch water



# Verschillen “resultaten” fracken

Injectie bij eenmalige frackjob: druk al verlaagd door gaswinning:  
Effect gering

Injectie van water in leeg gasveld – druk laag, kan via zwaartekracht:  
Effect gering

Fracken bij schaliegaswinning – gesteente niet permeabel – druk hoog:  
Effect “sterk”

Injectie van water bij schaliegaswinning in aquifers – moet waterdruk overwinnen:  
Effect sterk

Re-injectie geothermisch water – waterlaag (aquifer) is vol en staat onder druk:  
Water is afgekoeld en heeft hogere viscositeit (weerstand stroming): Effect sterk

Conclusie: risico's bij geothermie (bijvoorbeeld waterinjectie Zernike Groningen)  
zijn (veel) groter dan bij eenmalige frackjob in “klein” aardgasveld





# Vraag over ongelijkmatige zetting

Hoe schat je de kans in dat bij dergelijke velden zetting schade kan ontstaan. De NAM is hierin nog steeds vrij eenzijdig. Bij een overleg laatst met de NAM en bureau Thorbecke over een nulmeting kwam weer duidelijk naar voren dat gaswinning volgens de NAM een komvormige daling geeft zonder kans op schade.

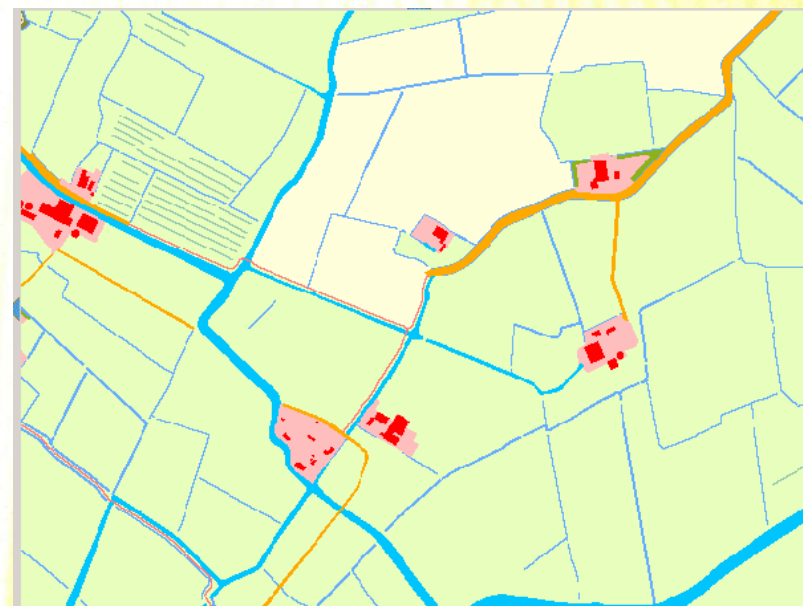
-----

De kans dat er schade optreedt door bodemdaling bij kleine gasvelden is nihil –  
De maat voor schade aan een huis

Wanneer de maximale bodemdaling in het centrum 15 cm is en aan de rand op enige km's 0 dan is het verloop  $< 3$  cm per km, dat is veel te weinig om schade te berokkenen – daarvoor is 1-2 cm per 10 meter nodig



# Reahus : ondiepe ondergrond



g en k voorvoegsel staat voor knipklei, die kan zwellen en krimpen en bij zwellling druk kan opbouwen op de fundering



# Reahus: schade maar geen gaswinning



Onderzoek Holland Innovation Team uit 2004



# Vraag over nulmeting

Wat is er volgens jou nodig voor een goede nulmeting en hoe kun je dit nog toepassen bij een al bestaand winning? Feste grun is namelijk opgericht voor de al bestaande wingebieden zoals Anjum/Ee/ Moddergat/ Nes. Naast deze velden zijn we de laatste tijd bij de nieuwe winning in Ternaard betrokken.

Een nulmeting kan met allerlei middelen – wat daarna van belang is om vertrouwen te wekken , is constante monitoring van de bodemdaling, dus niet met een satelliet (bijvoorbeeld 1 keer per maand) maar 24 uur per dag

Bij 1 put kun je dat doen met een systeem van 20-100 tiltmeters –

Wanneer je dan twee systemen neerzet – kun je ook nog ondiepe geologische processen onderscheiden van bodemdaling door gaswinning van de NAM



# Vraag over aardbevingen

---

De NAM is vrij vaag over de breuklijnen onder N.O. Friesland. Hoe is volgens jou de kans op meer aardbevingen hier, alhoewel de winning hier natuurlijk niet te vergelijken is met Groningen?

-----

De kleine gasvelden zijn veel dunner , er zijn ook minder breuken, die daarnaast ook minder lang zijn – ook kun je aan de permeabiliteit en porositeit verdeling inschatten of er gas pockets overblijven die weer tot grotere druk verschillen leiden – omdat het moedergesteente in Groningen veel dikker is, heb je naast langere breuken ook zandsteen lagen die grote verschillen (porositeit/permeabiliteit) tonen en dus grote druk verschillen aan weerskanten van de breuk.

Het is kortom goed te verklaren waarom er bij kleine velden bijna geen aardbevingen optreden



## Additionele vragen van Fetse Grun

Is situatie in Friesland te vergelijken met de situatie in Groningen buiten het bevingengebied waar omkering van bewijslast niet geldt. Wat kunnen we hier met de kennis die daar al is opgedaan? Maar nog beter, hoe versterken we elkaar? \*Evenals Groningen heeft dit gebied ook economische schade door de gaswinning. Waar en hoe zou je deze kunnen terugvorderen? \*De Bodemdalingscommissie Fryslan lijkt iets anders te opereren als zijn Groninger evenknie. Is zij onafhankelijk genoeg of is het ook beter voor Friesland dit op de manier te doen zoals die nu in Groningen wordt opgestart?\* Is de ondergrond van de kleine Friesche velden onderling gelijk of zijn er verschillen te zien die van invloed zijn op bodemdaling of zoute kwel? \* Vele kleine velden komen aan het eind van hun winningsperiode in aanmerking om gefrackt te worden. Hoe schat jij de gevaren daarvan in ?



---

**Dank u voor uw aandacht  
Nog meer vragen ?  
Peter van der Gaag  
Holland Innovation Team  
16 juni 2017**