

Review Winningsplan Havenmond 2013

Besluit

1. *Art 12. Frisia Zout B.V. continueert GPS-hoogtemetingen bij de locatie Barradeel, conform het meetplan en installeert twee nieuwe GPS-hoogtemeters op twee representatieve locaties op het Wad. Deze nieuwe GPS-hoogtemeters dienen tenminste 1 jaar voor aanvang van de zoutwinning operationeel te zijn.*

GPS-hoogtemeters te vervangen door GPS ontvangers. Het is een wetenschappelijke doodzonde de gratis informatie over horizontale beweging ongebruikt te laten.

Winningsplan

1. Wat is er precies fout gegaan bij BAS-3 en hoe wordt herhaling voorkomen ?
2. Wat als bv. door technische problemen de tegendruk niet gehandhaafd kan worden?
3. *De zoutkruip vertaalt zich vrijwel zonder vertraging in bodemdaling aan bovengrond. Hoe weten we dat?*
4. *Controle op de gewenste ontwikkeling van de caverne geschiedt door het opstellen van massabalansen, het uitvoeren van drukmetingen aan de putmond, de chemische analyse van de ruwe pekels en het uitvoeren van metingen in de caverne, zoals het meten van het niveau van de oliespiegel in het dak en akoestische holruimte metingen, waarmee het gehele open volume van de caverne in beeld gebracht kan worden.*

Bij Veendam was het caverne volume onvoldoende meetbaar doordat delen van de caverne verscholen waren achter onoplosbaar gesteente in de sump.

5. Zoutkruip interactie bij winning uit naburige cavernes?
6. Wat bepaalt de maximale productieperiode voor een enkele caverne op 15 jaar?
7. Insluiting, conversie, prognose en beheersing: Refs 3, 6, 7, 14, 17 beschikbaar?.
8. *Het permeatieproces speelt zich af op een diepte van ca. 2.5 km, op een tijdschaal van honderden tot duizenden jaren, zodat dit proces niet leidt tot aantoonbare bodemdaling. Onderbouwing?*
9. *Na beëindiging van de actieve winning en voorafgaande aan de bovengenoemde observatieperiode wordt de olie teruggehaald uit de caverne en hergebruikt in andere cavernes.*

Hoe?

10. Data voor material balance:

3.5 m³ geïnjecteerd water per ton geproduceerd zout.

De gemiddeld benodigde bruto hoeveelheid zout is 1,35 miljoen ton per jaar.

Verzadigde pekels heeft een soortelijk gewicht van 1200 kg/m³, zodat op een referentiediepte van 3000 m de hydrostatische druk minimaal 360 bar bedraagt. De hoogste druk in de caverne wordt bepaald door de gesteentedruk. De gemiddelde gesteentedichtheid van het 3000 m dikke gesteente- en grondpakket is ongeveer 2150 kg/m³, wat een lithostatische druk in de zoutlaag van 645 bar op 3000 m diepte oplevert.

Tijdens pekelsproductie ligt de druk een tiental bar boven de statische pekeldruk om stromingsverliezen in de verbuizing te compenseren. De cavernes kunnen in de volledig

operationele fase bij een debiet van circa 400 - 500 m/uur een doorsnede van ongeveer 75 m en een volume van circa 750.000 - 1.250.000 m³ bereiken

Een vaak gehanteerd richtgetal is dat een verhoging van 1°C een druktoename van 10 bar veroorzaakt.

Het zout heeft een soortelijkgewicht van 2,16 ton/m³

De oppervlakte van kombergingsgebied Vlie bedraagt 632 vierkante kilometer; voor het kombergingsgebied Marsdiep bedraagt deze 590 vierkante kilometer.

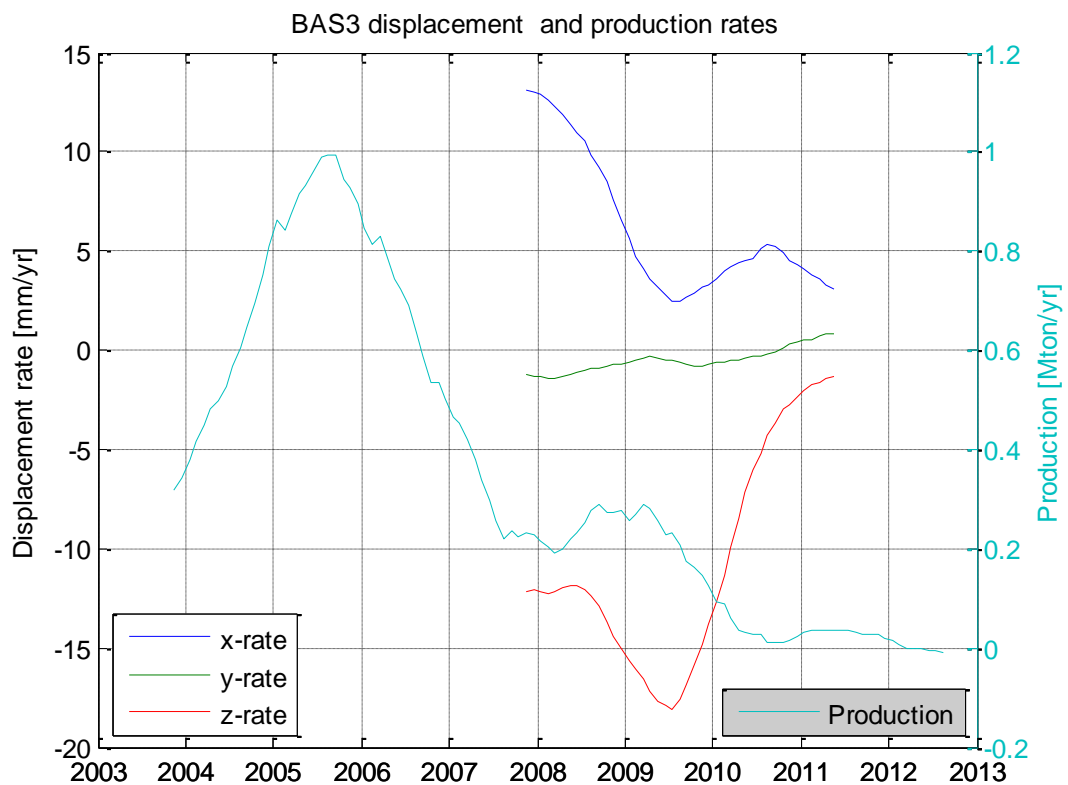
Het zout heeft een gemiddelde zuiverheid van 95%. De onoplosbare bestanddelen (circa 5%) vallen neer op de bodem van de caverne en vormen daar een los gepakte hoop (de 'sump') met een geschatte porositeit van 25 à 35% na compactie.

11. Recentelijk heeft zich in de eerder uit productie genomen, maar nog niet afgesloten caverne BAS-3 door omstandigheden de situatie voorgedaan, dat de dikte van het resterende zoutdak lokaal te gering was geworden.

Hoe kon dit gebeuren? Hoe wordt herhaling voorkomen?

12. Uit continue GPS metingen boven de caverne BAS-3 blijkt dat er gedurende het conversieproces geen aantoonbare bodemdaling is opgetreden.

Wat was de timing van het conversie probleem? Inconsistent GPS gedrag vanaf 2008. Van mid 2008 tot mid 2009 nam de bodemdalingssnelheid toe van 12 tot 18 mm/jaar.



13. Het voorval met BAS-3 toont aan dat het proces onvoorziene risico's kent. Vooraf is niet te zeggen of de consequenties van dergelijke onvoorziene gebeurtenissen beheersbaar zijn.

14. Een vaak gehanteerd richtgetal is dat een verhoging van 1°C een druktoename van 10 bar veroorzaakt.

Dat klinkt alsof U het gewoon niet weet.

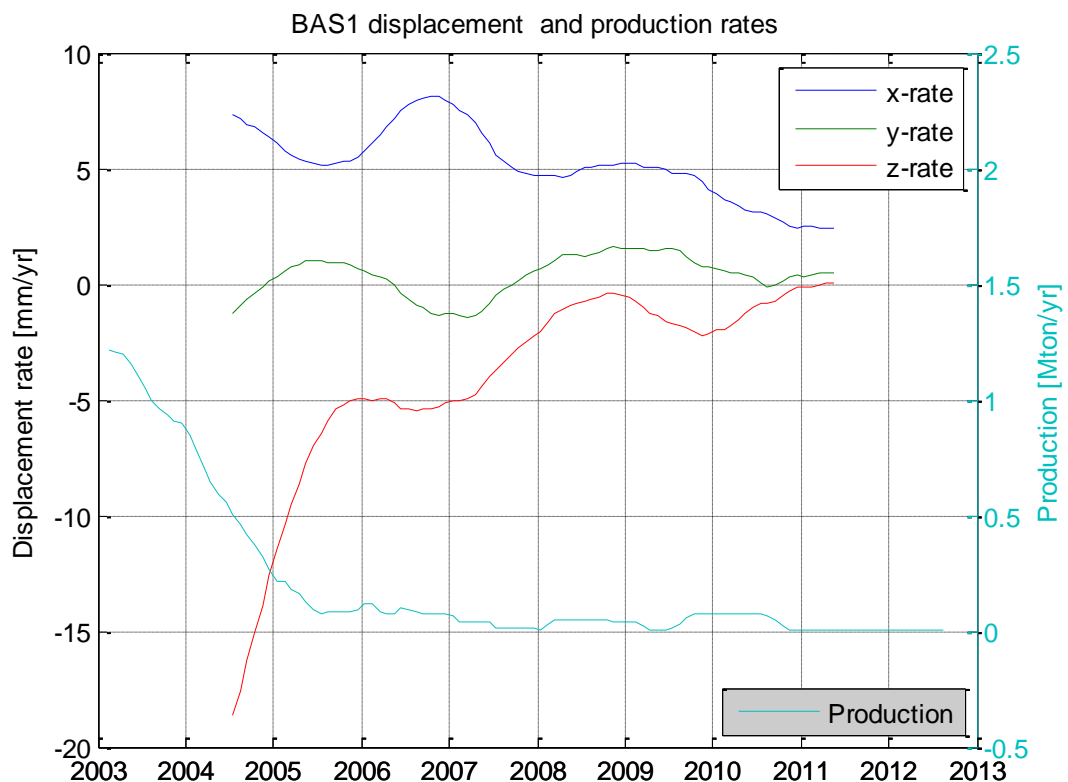
Het geleidelijke permeatieproces voorkomt breukvorming in het zoutgesteente rond de

caverne en waarborgt de stabiliteit van de caverne.

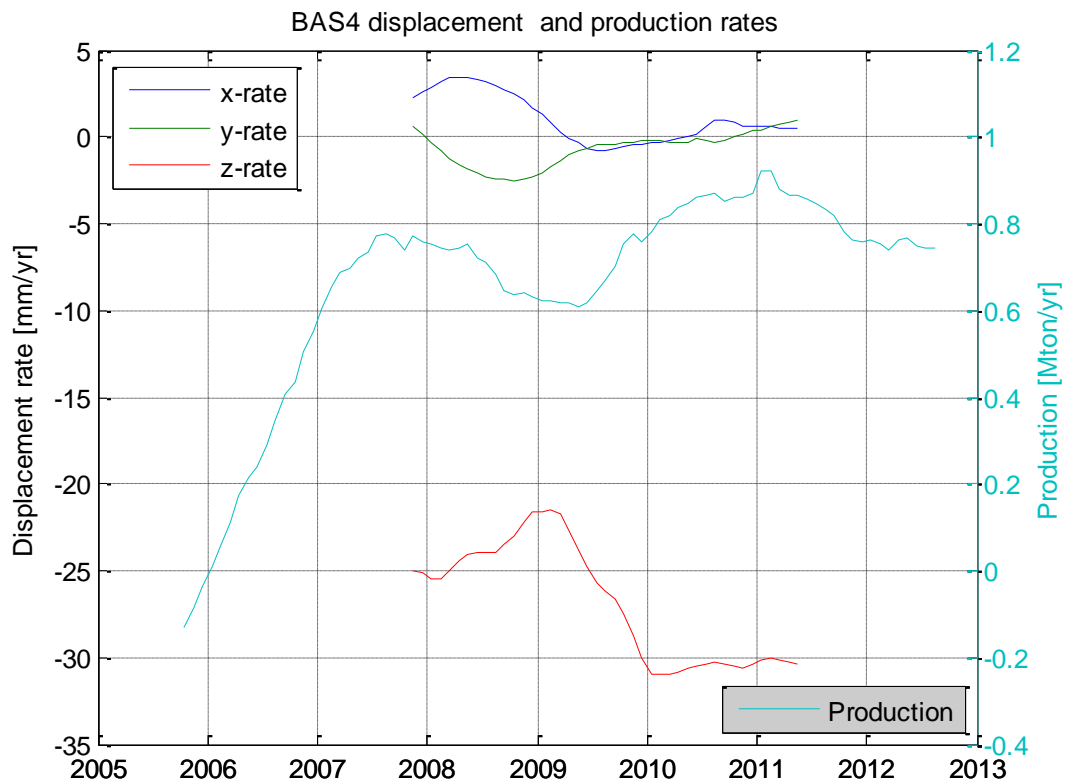
Theorie of bewezen praktijk?

15. Dat na het beëindigen van de productie de bodemdaling vrijwel direct stopt is in de praktijk aangetoond voor de cavernes BAS-1 en BAS-2. Caverne BAS-2 is sinds 2004 onder hoge druk ingesloten. Vanaf einde 2004 is de actieve zoutproductie uit BAS-1 beëindigd en sinds september 2008 is de caverne onder bijna-lithostatische druk ingesloten. Vanaf 2007 toont de trendlijn van de continue GPS-metingen op de winlocatie Barradeel aan dat de bodemdalingtoename boven de cavernes BAS-1 en 2 langzaam afneemt en eind 2011 gestopt is (ref. 17).

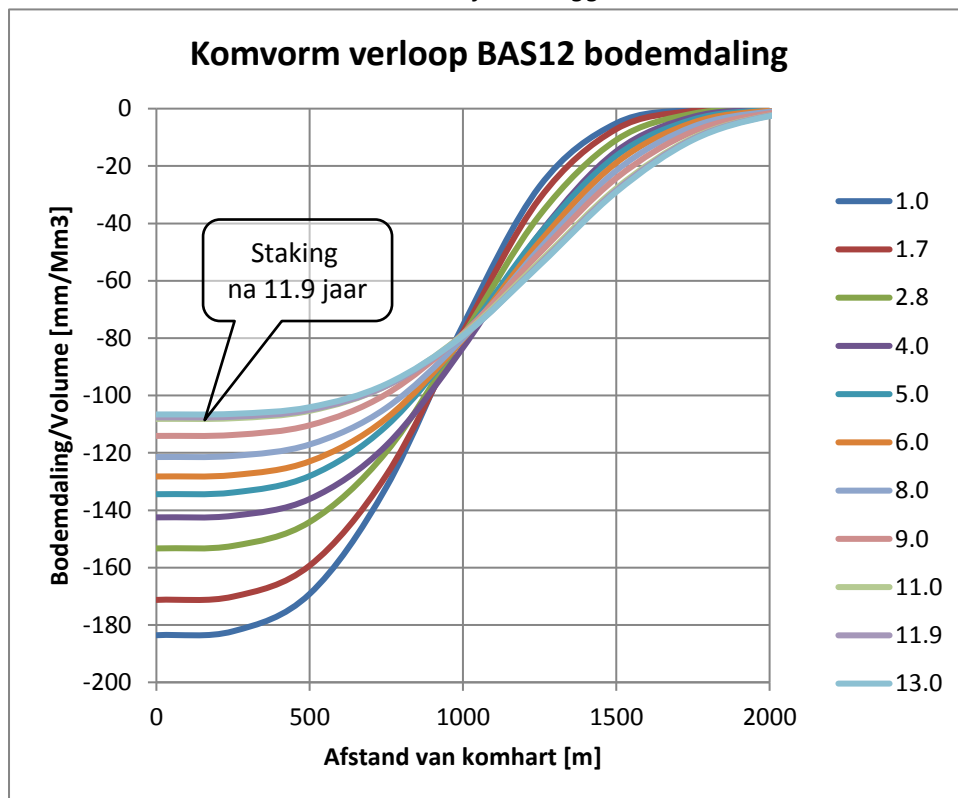
De GPS metingen nadat de productie in 2005 nagenoeg is gestopt, laten een van 5 mm/jaar tot in 2005 tot 0 mm/jaar in 2011 afnemende dalingsnelheid zien. Dit is niet te rijmen met de claim dat de bodemdaling onmiddellijk stop bij staking van de productie. In dezelfde periode schuift de GPS antenne met een van 5 mm/jaar tot 3 mm/jaar afnemende snelheid in oostelijke richting. Wat kan de verklaring daarvan zijn?



Geen GPS gedurende de logging fase. Mogelijk is reageert de bodemdaling meer op de zoutkruip, die weer sterk reageert op het verschil tussen caverne en lithostatische druk, dan op productie



16. De Pleistocene bodemdaling, die daar het gevolg van is, is goed te voorspellen, omdat de vorm en de inhoud van de kom behoorlijk vast liggen.

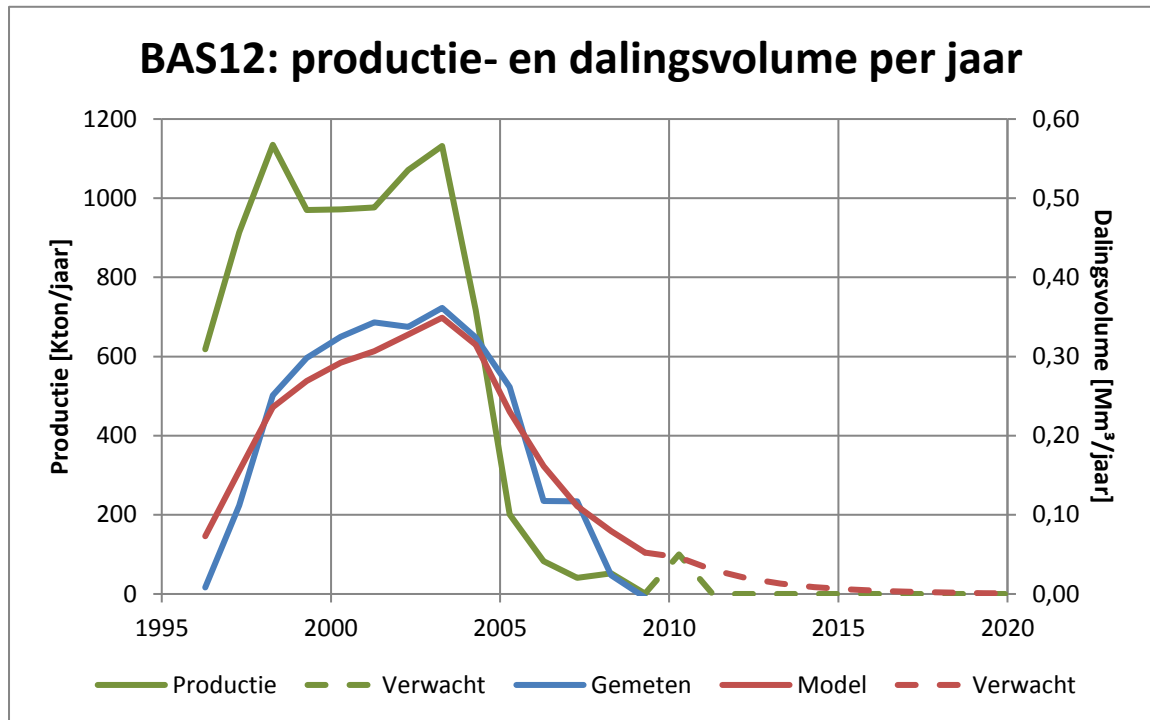


De vorm en inhoud zijn alles behalve vast.

17. De inhoud van de dalingskom wordt bepaald uit een volumebalans.

Niet door metingen geverifieerd?

18. De betrouwbaarheid van de theoretische dalingsmodellen is in de praktijk van de productie uit de cavernes BAS-1 t/m 4 voldoende aangetoond (ref. 17).



Er lijkt toch een time lag van 2.4 jaar te zijn.

19. Het zout heeft een soortelijkgewicht van $2,16 \text{ ton/m}^3$. In bijlage 6 is de Pleistocene bodemdalingkom na afloop van 32 miljoen ton zoutproductie uit vier cavernes getoond. De bodemdalingkom is het cumulatieve eindresultaat van vier onderling verschoven bodemdalingkommen na afloop van 8 miljoen ton zoutproductie per caveerne. Elke caveerne heeft een openstaand eindvolume van 1 miljoen m^3 .

$4 \cdot 8 \text{ mln ton} = 4 \cdot 8 / 2.16 = 4 \cdot 3.7 \text{ mln m}^3$ Maar kunnen de spanningsvelden en vloeipatronen rond individuele cavernes simpelweg zonder interactie bij elkaar worden opgeteld?
... maximum daling van 275 mm (komparameters: $\gamma = 4,35 \cdot 10^{-7}$ en $\delta = 1,96$).

20. Hierbij is geen rekening gehouden met het feit dat de dalingskommen van de cavernes op enige afstand van elkaar liggen.

Waarom niet?

21. De variant zonder groei van het caveernevolume geeft de maximaal mogelijke bodemdaling aan als gevolg van de zoutproductie ('worst case' scenario), maar heeft alleen werkelijkheidswaarde voor het geval dat de cavernes na productiebeëindiging met een minimaal eindvolume verlaten zouden moeten worden.

De "worst case" zou in het bijzonder ook modelonzekerheden moeten bekijken. Is b.v. het bodemdalingsvolume echt gelijk aan het ondergrondse volume verlies of 50% groter zoals Geertsma dicteert?

22. Uit studies blijkt dat het meegroeivermogen van zowel Vlie als Marsdiep 5 mm/jaar bedraagt (refs.5, 13).

Dit betreft het op basis van ongeverifieerde modellen, verwachtte, niet het werkelijke

gemeten meegroeivermogen. De beschrijving van precisie en betrouwbaarheid waarmee volumes uit metingen bepaald kunnen worden is geodetisch ondeskundig.

23. *De inhoud van de dalingskom V_{kom} wordt bepaald uit het ondergrondse convergentievolume en kan niet groter worden dan dat volume. De jaarijke toename van het convergentievolume wordt zonder tijdvertraging gelijk gesteld aan het jaarlijkse zoutvolume dat aan een caveerne onttrokken is, verminderd met 6/7 deel van de jaarlijkse toename van het pekervolume in de caveerne. In het geval van Havenmond gaat Frisia bij het opstellen van dalingprognoses standaard uit van de verhouding $V_{kom} = V_{con}$*

Volgens Geertsma is het komvolume $2 \cdot (1-v) = 1.5$ maal het ondergrondse volume verlies voor kleine voorkomens, door volume strain van de overburden.

24. *De onzekerheid in de bodemdalingssnelheid en de toename van het komvolume is gering (< 5%).* Hierbij wordt voorbij gegaan aan fouten in de talloze aannames. Is het komvolume inderdaad gelijk aan het convergentievolume. Zijn de productie omstandigheden ondanks schommelingen in de vraag inderdaad stabiel. Zullen zich geen technische problemen voordoen waardoor de druk in de caveerne niet constant gehouden kan worden?

25. *Maatregelen om bodembeweging te voorkomen of te beperken*

Bij welke waarde van $(\varepsilon^T \cdot Q_{adh}^{-1} \cdot \varepsilon) / (n - b)$ gaat er ingegrepen worden?

Meet- en regelprotocol

1. Ref 11? Bijlage: Toelichting Meetplan Havenmond, rev.6, Frisia Zout B.V., 29 februari 2012.
2. *Deze continue GPS metingen hebben een signaleringsfunctie om tijdig afwijkingen ten opzichte van de verwachte bodemdaling te kunnen detecteren.*
Deze continue GPS metingen zouden ten volle moeten worden benut: d.w.z. ter signalering van de dalingsnelheid, als indicator van veranderingen in de plaats van het centrum van de bodemdalingsskom en van de vorm van de bodemdalingsskom, maar ook als onderdeel van het netwerk waarmee jaarlijks plaats, vorm en grootte van de bodemdalingsskom wordt bepaald. Het verder is nodig van te voren in een verkenningsberekening te bepalen of het komvolume voldoende nauwkeurig uit de metingen kan worden berekend en of onjuiste aannames t.a.v. volume, plaats en vorm met voldoende betrouwbaarheid uit de metingen kunnen worden opgemaakt (grenswaardes).
3. *Volgens het 'Hand aan de kraan' principe zal Frisia de zoutwinning verminderen bij een dreigende overschrijding van een of beide gebruiksruimten.*
Wat is het criterium om van een dreigende overschrijding te spreken?
4. *Op een paar posities boven de cavernes worden continue GPS metingen verricht, die een signaleringsfunctie vervullen. Indien één van beide signaleringsfuncties (of beide signaleringsfuncties) in een bepaalde maand een significante overschrijding van de verwachte Pleistocene bodemdalingssnelheid ter plaatse registreert (registreert), wordt meteen onderzocht, wat hiervan de oorzaak kan zijn.*
Wat is een significante overschrijding? 3 sd waarvan? Dat kan +/- 3 mm/jaar zijn.
5. *In het kader van de beheerscyclus vinden ook maandelijkse rapportages aan de IGM plaats. Dit betreft in de eerste plaats de verstrekking van injectie- en productievolumes en putmondrukken per caverne.*
Deze putmondrukken zijn het meest bepalend voor de beheersing van de snelheid van productie, convergentie en bodemdaling. Dergelijke gegevens zouden volgens Aarhus openbaar moeten zijn. Zullen deze in beginsel ook beschikbaar zijn voor onafhankelijk onderzoek?
6. *Er zijn aanwijzingen uit bepaalde modelstudies dat de bodemdaling in het diepste punt van de kom zelfs kan terugveren ('rebound'). Sinds oktober 2004 voert Frisia op land in de Barradeel caverne BAS-2 een lange termijn insluittest uit om de processen met betrekking tot een afgesloten caverne nauwkeurig te volgen. Tot nu toe is het optreden van rebound bij caverne BAS-2 niet waargenomen, hoewel de pekeldruk in de caverne al vrijwel gelijk is aan de gesteentedruk in het omringende zout (ref.2).*
Voorzover hier de 2003 studie van Breunese et al is bedoeld, zijn de onderzoeksresultaten gecorrumped door een fout in de nul meting.
7. *Het mogelijke terugveren van bodemdaling (rebound) vanwege lineaire zoutkruip wordt niet meegenomen in de prognoses.*
Hiermee wordt ten onrechte geen afstand genomen van een zowel theoretisch als experimenteel onjuist bevonden hypothese.
8. *Na harde afsluiting van een caverne neemt de caverneconvergentie meteen zeer sterk af en komt de bodemdaling praktisch tot stilstand. Er treedt geen significante na-ijlende bodemdaling op en de dalingsnelheid is verwaarloosbaar (zichtperiode van meer dan 50 jaar).*
De zeer sterke afname van caverneconvergentie is een ongeverifieerde veronderstelling. De

zeer sterke afname van de bodemdalingsnelheid direct boven de caverne is uit metingen gebleken, maar de afname van de snelheid waarmee het bodemdalingsvolume groeit is veel minder sterk.

9. *De vorm en het volume van de dalingskommen boven de cavernes kan men aan de hand van periodieke (semi- permanente) GPS-metingen, aangevuld met waterpassingen op en rond de Waddenzeedijk, modelleren met eenvoudige cirkelsymmetrische Gausskrommen.*

Dat zal moeten blijken uit een geodetische verkenningsberekening.

10. "Observation and prediction of the relation between salt creep and land subsidence in solution mining. The Barradeel Case. " Laat verschillen tot 20% zien tussen gemeten en gemodelleerde cavernevolumes.

11. *Als in de ene caverne het feitelijke volume groter is dan gemeten en in een andere caverne juist het omgekeerde het geval is, middelt de genoemde onzekerheid waarschijnlijk nog enigszins over het caverneveld uit.*

"Observation and prediction of the relation between salt creep and land subsidence in solution mining. The Barradeel Case " laat verschillen met en sd van 5% en uitschieters tot tot 20% zien tussen gemeten en gemodelleerde caverne volumes zien. "Moreover, the measured volume probably slightly underestimates the real open volume by a few percent because of the roughness of the cavern walls (SOCON, 2002)." De voornaamste fouten zullen ongetwijfeld modelfouten zijn en die zijn 100 % positief gecorreleerd, d.w.z. fouten accumulatie, geen middeling.

12. *Twee peilmerken vlak boven de cavernes worden continu gemeten met vaste GPS stations door middel van differentiële GPS metingen naar de referentiestations Barradeel en Zweins.* Analyse van 8 continue registrerende GPS ontvangers rond de Waddenzee geeft aan dat de SD van "single baseline" resultaten 9 maal zo groot is als die van multi baseline netwerk resultaten. Single baseline resultaten hebben ook significant meer discontinuïteiten en grotere systematische fouten. Het daarom aan te bevelen de GPS resultaten in een Multi baseline netwerk te berekenen.

13. *Het totale aantal meetposities op het wad is vanwege de locale omstandigheden noodgedwongen beperkt, maar voldoende in aantal om periodiek de vormvastheid van de cumulatieve dalingsschotel te controleren.*

Dit dient middels een geodetische verkenningsberekening geverifieerd te worden.

14. *De coördinaten van het referentiestation Zweins worden jaarlijks geijkt vanuit het nationale GPS netwerk van 06-GPS en met Geo++ software nauwkeurig bepaald.*

Tussentijdse aanpassing van referentiecoördinaten maakt deformatiemetingen ongeldig!!!

15. *Sinds 2007 is het aansluitpunt van het waterpasmeetnet het ondergrondse merk OA 2760 (Zweins). De hoogte van dat merk is vastgelegd met een nauwkeurigheid van circa 3 millimeter.*

De nauwkeurigheid waarmee de hoogte van een referentie merk is vastgelegd, is voor bodemdalingsmetingen volstrekt irrelevant, zolang maar steeds het zelfde fysieke merk wordt aangemeten en in de berekeningen steeds dezelfde numerieke waarde (b.v. 0) wordt gebruikt.

16. *Bodemdalingsprognoses*

De scenario's waarvoor prognoses zijn berekend, zijn niet consistent met de verwachte ontwikkeling, d.w.z. cavernegroei van nul tot 1 Mm³ over enkele jaren, gevolgd door steady state production, waarin de caverne niet meer groeit, en afgesloten door insluiting met 1

Mm3 openstaand cavernevolumen. Bij de variant zonder openstaand caverne volume zou in de eindfase de zoutkruip de gelegenheid worden gegeven de caverne dicht te drukken door verlaging van de tegendruk en productie van de resterende pekels (zoals voorgesteld bij Veendam om economische redenen?).

17. *Tot dit principe hoort ook een remwegscenario waarmee wordt bereikt dat, indien de productie wordt gereduceerd of gestopt, de (na-ijlende) bodemdalingssnelheid en de belasting van het kombergingsgebied dusdanig reduceren dat deze ook binnen de aansluitende richtscenario's voor de gebruiksruidten blijven. In de praktijk van de zoutwinning in het winningsgebied Barradeel is aangetoond, dat de bodemdaling vrijwel meteen tot stilstand komt indien de zoutproductie wordt beëindigd.*

De bodemdaling boven de caverne wel, maar die op flanken niet. De groei van het bodemdalingsvolumen ijlt nog na met een retardatie constante van 2.4 jaar.

18. *In het winningsgebied Havenmond liggen de cavernes ongeveer 300 m dieper (hogere druk en temperatuur) en de caverne volumes zijn ongeveer tweemaal zo groot. Naar verwachting worden de beschreven permeatie processen hierdoor met een factor 3 à 4 versneld, maar ook dan duurt het honderden jaren, voordat na-ijlende bodemdaling gaat optreden.*

Zoals we bij alle voorgaande zoutkruip modellen hebben gezien: modellen zijn slechts hypothesen. Zij bewijzen niets. Het is onwaarschijnlijk dat de bodemdaling eerst zou stoppen bij staking van de productie en dan honderden jaren weer zou starten. Waarschijnlijker is het dat pre-stakings gedrag geleidelijk overgaat in het gedrag na staking.

19. *Samenvatting onzekerheden in standaard dalingsprognose*

Voeg toe: de talloze modelonzekerheden.

20. *Volgens de huidige ervaringen met dit type zoutwinning ligt de vorm van de dalingskom over de tijd nagenoeg geheel vast. Gezien de kleine standaarddeviatie van de GPS metingen zullen eventuele (plaatselijke) systematische afwijkingen van enkele centimeters tussen meting en prognose zeker gedetecteerd worden.*

Narekenen, maar dat kan niet kloppen gezien de slechte hoogte precisie van single baseline GPS en de gebrekkige stabiliteit van punten op het Wad.

Technische Bijlage bij Meet- en regelprotocol zoutwinning

1. Ref 2. Bodemdalingprognoses en beheersing bodemdaling - Technische Bijlage bij Meet- en regelprotocol winningplan 'Barradeel II', Frisia Zout B.V., juni 2012.
2. Ref 5. Bodemdaling door zoutwinning in de Barradeel en Barradeel II winningvergunningen, gebaseerd op de nauwkeurigheidswaterpassing van november 2011 en de GPS meetresultaten tot 15 februari 2012, Frisia Zout B.V., 3 mei 2012 (versie 3).
3. Ref 8. Het meegroeivermogen van de Westelijke Waddenzee, Deltares 1202685-000, 12 augustus 2010.
4. Ref 9. Meegroeivermogen en gebruiksruimte in de getijdebekken Vlie en Marsdiep;
5. Grootschalige morfologische ontwikkelingen westelijke Waddenzee, Alkyon, Emmeloord, juli 2010.
6. Ref 11. Advies actualisering beleidsscenario zeespiegelstijging voor bepaling gebruiksruimte voor gaswinning onder de Waddenzee vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen, TNO, brief van 12 juni 2011 met kenmerk AGE 11 -10.044.
7. Ref 12. Gebruiksruimte productiebandbreedte. Memo Arcadis, Divisie Water.
8. Ref 13. Frisia cavern abandonment BAS-3, Final, Frisia Zout B.V, 24 december 2010.
9. Ref 14. Ruimte voor zoutwinning Komberging Vlie, Adviesrapport TNO Bouw en ondergrond, TNO Bouw en Ondergrond, 07 september 2007.

Meetplan

1. Veel te summier. Network embedded GPS is OK or single baseline is not. State precision and reliability with which the subsidence volume can be quantified based on these measurements.
2. State exceedance tolerance before Hand aan Kraan ingreep
3. *Bijlage: Toelichting Meetplan Havenmond, revisie 6, 29 februari 2012.?*

SodM-TNO advies

1. *TNO-AGE is niet overtuigd dat monitoring van het caverne-volume op basis van een watermassabalans voldoende is. Voorwaarde zou moeten zijn, dat Frisia die volume-monitoring, in combinatie met de geplande holruimtemetingen, nader uitwerkt, inclusief een onzekerheidsanalyse.*

In combinatie met oppervlakte metingen!

2. *Frisia werkt vóór aanvang van de winning ten genoegen van de Inspecteur Generaal der Mijnen de volume-monitoring op basis van de waterbalans - in combinatie met de geplande holruimtemetingen - nader uit, inclusief een onzekerheidsanalyse.*

Overgenomen in besluit?

TCBB Advies

Gezien deze te verwachten bodemdaling is het begrijpelijk dat de beschrijving van de mogelijke omvang en verwachte aard van de schade door bodemdaling, een beschrijving van de maatregelen die worden genomen om bodemdaling te voorkomen of te beperken en een beschrijving van de maatregelen die worden genomen om schade door bodemdaling te voorkomen of te beperken, achterwege zijn gebleven.

1.

Is dit een standaard frase die laat zien dat TCBB advies aanvragen routinematig , zonder er zelfs maar naar te kijken, positief beantwoord. De te verwachten daling is 1.09 m!!!!

Meegroeivermogen Vlie en Marsdiep

1. Metingen?
2. Precisie en betrouwbaarheid berekening sedimentatie volume uit Lidar metingen/ lodingen?

Review Winningsplan Havenmond 2013

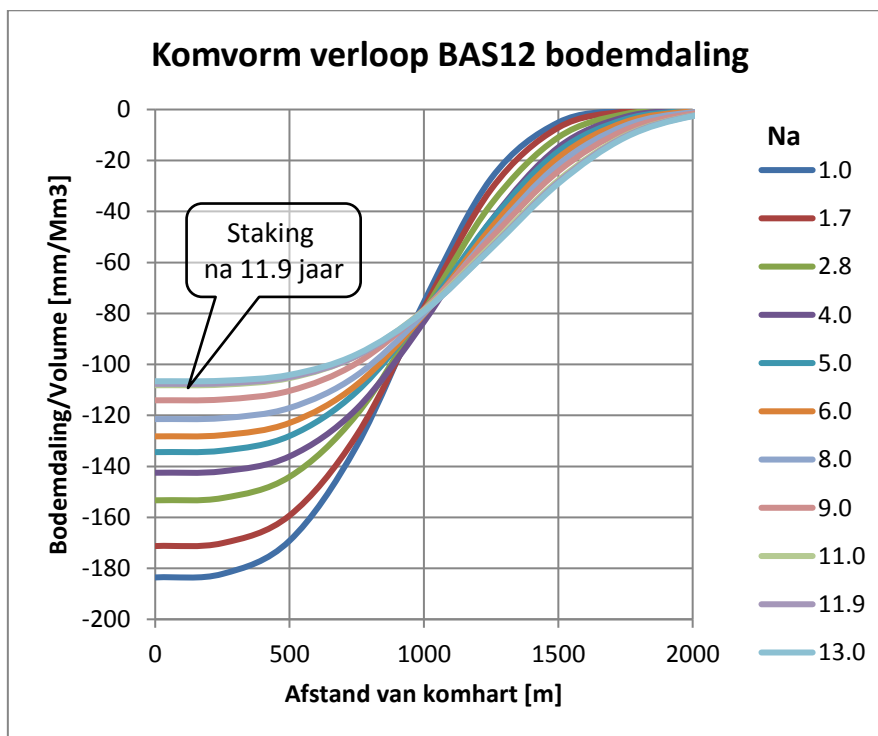
Prognose

De bodemdalingsprognose steunt op onjuiste en/of aanvechtbare aannames:

- De vorm van de bodemdalingskom is rotatie symmetrisch en wordt gegeven door : $w = w_{max}e^{-\gamma r^\delta}$
- Deze vorm is nagenoeg onveranderlijk in de tijd
- De inhoud van de bodemdalingskom is gelijk aan het convergentievolume, gegeven door:
 $V_{kom} = V_{con} = (1 - 0.05 \times 0.3) \times V_{zout.prod} - (1 - (1 - 0.05 \times 0.3)/7) \times V_{cav..open}$
- De bodemdaling stopt direct na staking van de winning

Zoals de Integrale oorzakelijke ontrafeling (Houtenbos, Bodemdaling NW-Friesland 1976-2009, 2009) aangaf was de lange as van de kom veroorzaakt door zoutwinning uit de cavernes BAS1 en BAS2, op 500 meter van elkaar, 25% langer dan de korte as. Voor de HM cavernes, met 1000 spreiding, zal de lange as mogelijk 50% langer zijn dan de korte. De bodemdalingsvoorspelling zal daarom de effecten langs de Friese Waddenkust hebben overschat en die langs de Pollendam en op de Ballastplaat hebben onderschat.

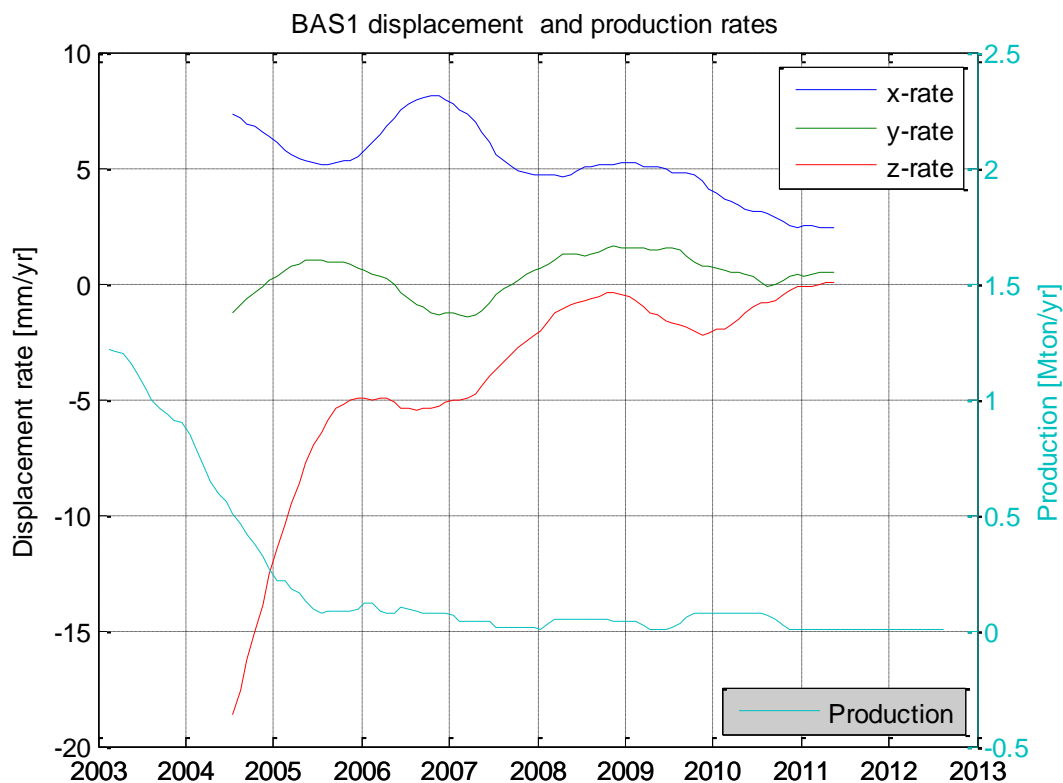
De hypothese van een onveranderlijke komvorm staat op gespannen voet met zowel de theorie als de metingen. Volumeverlies door zoutkruip zal zich in de loop van de tijd steeds verder van de caveerne voordoen. Dit resulteert in een steeds vlakker kom, die zowel in Barradeel (Houtenbos, Bodemdaling NW-Friesland 1976-2009, 2009) als in Veendam (Houtenbos, 2012) ook daadwerkelijk gemeten is (Figuur 1) .



Figuur 1: Ruimtelijke verdeling van 1 miljoen m³ cumulatieve bodemdaling

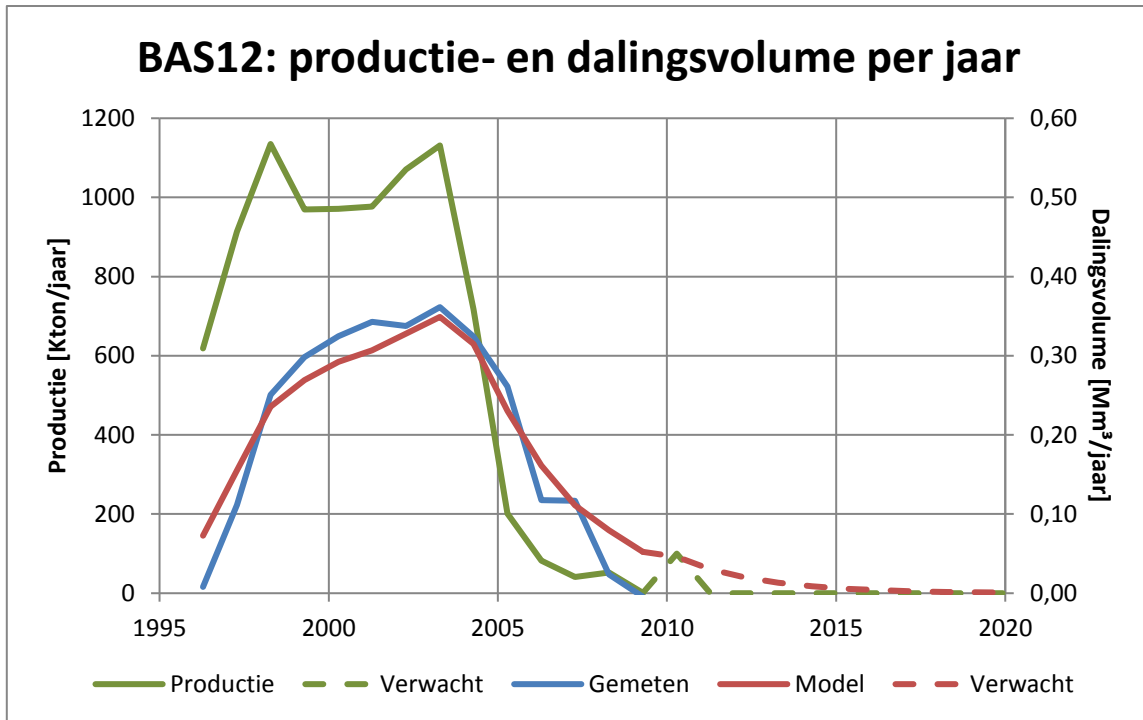
Ook de gelijkstelling van het bodemdalingsvolume aan het ondergrondse volumeverlies staat op gespannen voet met zowel theorie als metingen. Geertsma (Geertsma, 1973) produceert een bodemdalingsvolume van 150% van het ondergrondse volumeverlies voor kleine voorkomens. De factoren (0.05, 0.3 en 1/7) in de relatie tussen convergentievolume enerzijds en de zoutproductie en openstaande cavernevolume anderzijds zijn niet direct meetbaar en dus hooguit *educated guesses*. Evenwichtige oorzakelijke ontrafeling van de bodemdaling bij Veendam resulteerde in een bodemdalingsvolume door zoutwinning gelijk aan 55% van – onder de nodige aannames berekende - ondergrondse volumeverlies (Houtenbos, 2012). Wat hier ook de oorzaak van moge zijn, feit is dat de onzekerheden alleen op dit punt al plus of minus 50% bedragen, tien maal de marge van het winningsplan .

In 2012 is de relatie tussen delfstofwinning en bodembeweging onderzocht aan de hand van de metingen van 8 continue registrerende GPS ontvangers rond de Waddenzee (Houtenbos, 2012). Figuur 2 geeft het resultaat voor BAS12.



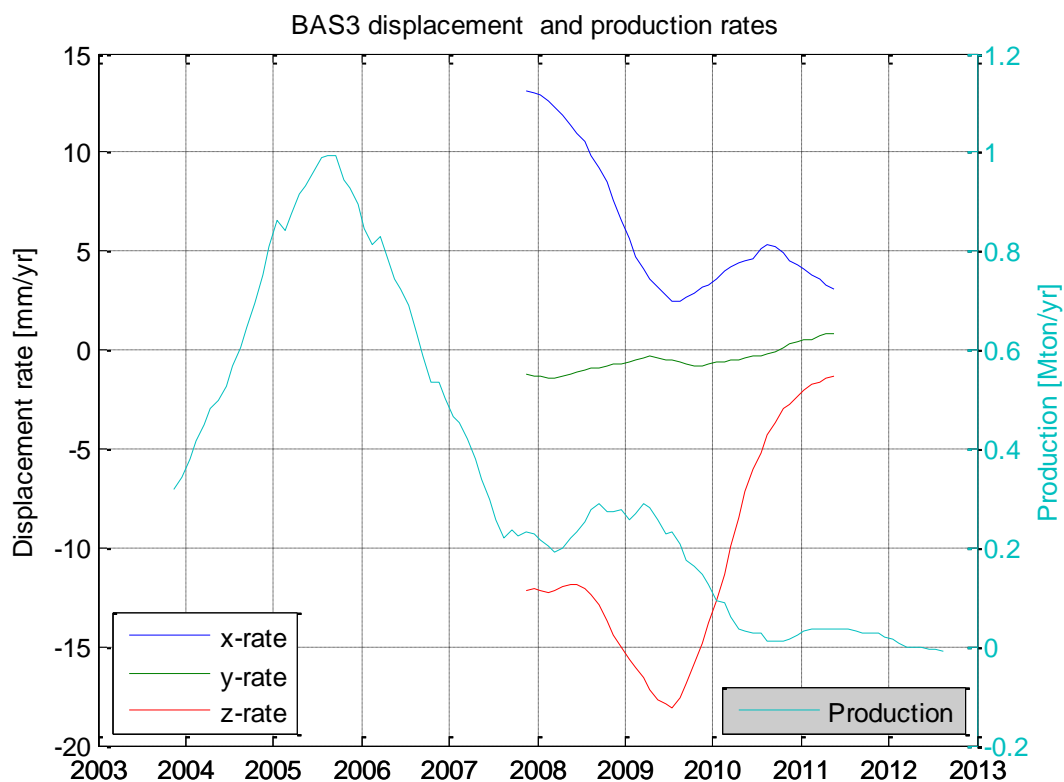
Figuur 2: GPS snelheden in x,y,z richting en productiesnelheid uit de BAS1/2 cavernes

Onmiddellijk na staking van productie in 2005 bedraagt de bodemdalingsnelheid nog 5 mm/jaar. Deze loopt daarna langzaam terug tot 0 mm/jaar in 2011. Ook de volumeontwikkeling valt niet onmiddellijk stil na staking van de productie. De oorzakelijke ontrafeling van bodemdaling in noordwest Friesland (Houtenbos, 2009) gaf aan dat de ontwikkeling van het bodemdalingsvolume het productie volume via convolutie (rood in Figuur 3) volgt met een *time lag* van 2.39 jaar. Dit verklaart zowel de langzame start als het trage wegsterven van de volumetrische bodemdaling. Bij de berekening van het remweg scenario zou hier rekening mee gehouden moeten worden.

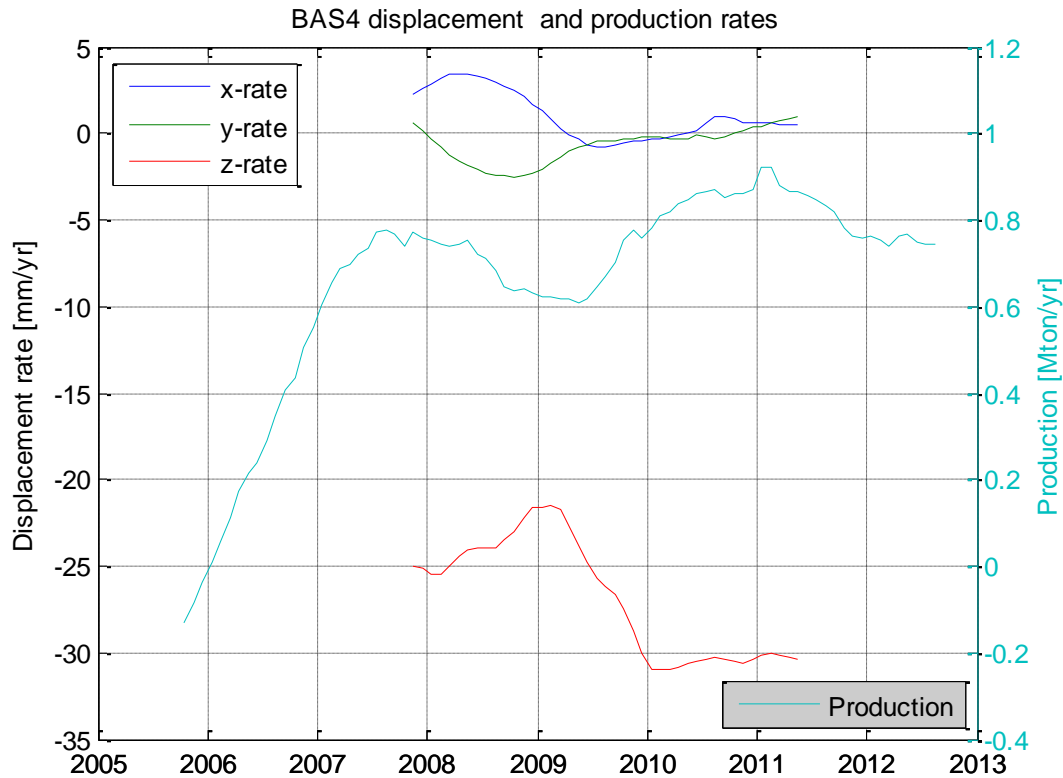


Figuur 3: Ontwikkeling van productie, dalingsvolume, gemeten en volgens convolutie model.

Ook de continue GPS registraties boven BAS3 (Figuur 4) en BAS4 (Figuur 5) plaatsen vraagtekens bij de precisie en betrouwbaarheid van de kwantitatieve relatie tussen zoutwinning en bodembeweging.



Figuur 4: GPS snelheden in x,y,z richting en productiesnelheid uit de BAS3 caveerne



Figuur 5: GPS snelheden in x,y,z richting en productiesnelheid uit de BAS4 caveerne

Er zijn opvallende verschillen in horizontale en verticale snelheid boven BAS3 voor en na 2009. Zonder fysische verklaring voor dit soort afwijkend gedrag blijft de betrouwbaarheid van de voorspellingen een punt van zorg.

Het standaard scenario wijkt af van de beschreven verwachting. De bodemdaling ten gevolge van winning uit cavernes gespreid over 1000 meter is geaccumuleerd op een en dezelfde plaats en de, in de eerste drie jaren geconcentreerde, caveerne groei is uitgesmeerd over de hele productieperiode. Hierdoor is de bodemdaling vooral in het begin van de winning sterk overschat. Toetsing van de gemeten daling tegen een dergelijk scenario wekt valse verwachtingen ten aanzien van het verdere verloop.

Uit het winningsplan is niet duidelijk geworden waarom in dit geval gekozen is voor buitengebruikstelling na beëindiging van de winning door middel van afsluiten onder druk, terwijl in het veel ondiepere, maar verder vergelijkbare Veendam werd gekozen voor het aflaten overtollige pekkel. Hoe kon de risico afweging zo anders uitpakken?

Het winningsplan stelt dat de onzekerheid in de bodemdalingssnelheid en de toename van het komvolume minder dan 5% is. Hierbij is voorgegaan aan de vele modelonzekerheden. Voorzover veronderstelde relaties tussen geïnjecteerde watervolumes, zoutproductie, caveernevolumes en bodemdalingvolumes al geverifieerd (Barradeel, Veendam) konden worden, zijn deze kwantitatief weinig betrouwbaar gebleken. Is er zoutkruip interactie bij gelijktijdige winning uit twee naburige cavernes? Kunnen zich technische problemen voordoen, waardoor de druk in de caveerne niet constant gehouden kan worden? Zijn problemen zoals die zich voordeden bij BAS3 wel te voorzien en zo ja, waarom was daar dan in het winningsplan niet op geanticipeerd? Zouden juist rapporten als

referentie 11 bij het winningsplan (Frisia Zout B.V., 2012) niet vrij voor onderzoek toegankelijk moeten zijn om herhaling van dergelijke problemen zoveel mogelijk te voorkomen?

Metingen

De doelmatigheid van de metingen is niet onderbouwd. Uitgaande van de variantie-covariantie matrices van meet- en identificatie ruis zou met behulp van de statistische voortplantingswet moeten worden aangetoond dat het komvolume met een redelijke (>10) signaal/ruis verhouding uit de metingen kan worden berekend. Gezien de vele onzekerheden in de relatie tussen debiet, concentratie en holruimte metingen enerzijds en het bodemdalingsvolume anderzijds is het zeer de vraag of dat enige kans van slagen heeft. Merk op dat bij de zoutwinning in Veendam de holruimte onvoldoende meetbaar is gebleken door achter onoplosbaar materiaal verscholen ruimte. Gezien de geringe dichtheid, stabiliteit en duurzaamheid van meetpunten op het Wad en de magere precisie van Frisia's 'single baseline GPS techniek (t.o.v. de elders gebruikte netwerk oplossingen) zal ook voor de berekening van het komvolume uit geodetische metingen gelden dat de precisie daarvan ruim onvoldoende is.

Ook de doelmatigheid van de GPS signaleringsmetingen is twijfelachtig. Analyse van 8 continue registrerende GPS ontvangers rond de Waddenzee geeft aan dat de standaarddeviatie van Frisia's "single baseline" resultaten 9 maal zo groot is als die van multi-baseline netwerk resultaten. Single baseline resultaten hebben ook significant meer discontinuïteiten en grotere systematische fouten. Voorzover jaarlijkse ijking van het referentiestation Zweins leidt tot aanpassing van de coördinaten tast dat de bruikbaarheid voor deformatie metingen aan. Die moeten immers uitgaan van een in de tijd onveranderlijke referentie.

De bruikbaarheid van de gemeten GPS antenne beweging als maat voor de groei van het komvolume wordt verder aangetast door onzekerheden in de relatie tussen de beweging van de GPS antenne en die van het onderliggende Pleistoceen, in de positie van de GPS antenne t.o.v. het snelst dalende punt en in de vormvastheid van de bodemdalingskom. Dit samenstel van vooral systematische fouten laat in de praktijk weinig over van de waarde van continue GPS registratie als 'early warning system' voor divergentie tussen het werkelijke en het voorspelde bodemdalingsvolume.

In het winningsplan en het instemmingsbesluit wordt gesproken van GPS-hoogtemeters. GPS-ontvangers registreren bewegingen in 3 dimensies. De horizontale beweging geeft de richting aan naar het centrum van de instantane bodemdalingskom. Het zou een wetenschappelijke doodzonde zijn deze de gratis informatie ongebruikt te laten.

Uitstel van het aantonen van doelmatigheid van metingen ten genoegen van de Inspecteur Generaal der Mijnen tot na het onherroepelijk worden van het instemmingsbesluit ontnemt andere stakeholders het recht betwiste uitkomsten aan de rechter voor te leggen.

Toetsing

Het ontwerp van het meetplan zou dusdanig moeten zijn dat significante afwijkingen van de voorspelling ook met voldoende zekerheid gedetecteerd worden. De TU-Delft ontwikkelde een 'state of the art' toetsingstheorie voor dit doel (Kenselaar & Martens, 1999). De tot nu toe gevolgde toetsingsprocedure, bijlage B (TCBB, 2009), is geodetisch en statistisch onzuiver en faciliteert

selectief gebruik van metingen en heeft een te hoge tolerantie voor onjuiste geomechanische modellen.

Van te voren moet duidelijk zijn tot hoever het verschil tussen gemeten en voorspelde bodemdalingsvolume kan oplopen, voordat toetsing met 80% kans tot verwerping leidt. Het zelfde geldt voor het verschil tussen gemeten en veronderstelde ellipticiteit van de bodemdalingskom.

Hand aan de Kraan

Productie met de hand aan de kraan kan alleen effectief zijn als het in staat stelt bodemdaling door delfstofwinning zodanig te beheersen dat het meegroeivermogen niet wordt overschreden. Door de sedimentatie en de zeespiegelstijging ter plaatse en ten tijde van de winning te vervangen door geëxtrapoleerde algemene ficties en deze niet door specifieke metingen ter plaatse te controleren, wordt dit principe geweld aan gedaan.

Uit spijkermetingen onder Ameland blijkt een sterke correlatie tussen hoogteligging en aanslibbingsnelheid en geen correlatie tussen bodemdaling en aanslibbingsnelheid. Er is geen reden om te veronderstellen dat de onder Ameland gevonden correlaties elders systematisch anders zullen uitpakken. De spijkermetingen geven een aanslibbingsnelheid in het Pinkegat aan van 2 mm per jaar tegen een fictie van 6 mm/jaar. Ten onrechte zijn deze metingen voor de gaswinning als irrelevant terzijde geschoven. Ter controle van de aanslibbingsnelheid in het kombergingsgebied Vlie zouden spijkermetingen moeten worden toegevoegd.

De hoop is nu gevestigd op Lidar. In het memo Vaklodingen van RWS (RWS, 2010) wordt de gemiddelde precisie per lodingen en Lidar meetpunt beschreven. De sterk positieve correlatie in ruimte en tijd tussen metingen onderling blijft buiten beschouwing. Het is juist deze sterke correlatie die de precisie van volumes, berekend uit lodingen en Lidar metingen zodanig, beïnvloedt, dat van zinvolle signaal/ruis verhoudingen geen sprake meer is.

Het meet- en regelprotocol maakt onvoldoende duidelijk wanneer er precies sprake is van een dreigende overschrijding van de gebruiksruimte. Ten onrechte is geen rekening gehouden met volumetrische na-ijleffecten. Deze zijn er wel. Om tijdig in te kunnen grijpen is een betrouwbare schatting nodig van de tijd die het gaat nemen om metingen te interpreteren, overeenstemming te tussen mijnbouwer en overheid te bereiken over te nemen actie en de ingreep tenslotte effect te laten sorteren. Het beschreven remwegscenario negeert de na-ijleffecten en de tijd nodig om een ingreep effect te laten sorteren.

Referenties

Frisia Zout B.V. (2012). *Bodemdalingprognoses en beheersing bodemdaling - Technische Bijlage bij Meet- en regelprotocol winningplan 'Barradeel II'*.

Geertsma, J. (1973). *A basic theory of subsidence due to reservoir compaction: the homogenous case*. Verhandelingen van het Koninklijk Nederlands geologisch mijnbouwkundig Genootschap, Deel 28, pp. 43-62.

Houtenbos, A. (2009). *Bodemdaling NW-Friesland 1976-2009*.
<http://www.waddenzee.nl/fileadmin/content/Dossiers/Energie/pdf/NWFR09.pdf>.

Houtenbos, A. (2012). *Bodemdaling Zoutwinning Veendam 1977-2011*. bodemdaling.houtenbos.org.

Houtenbos, A. (2012). *GPS: Effective early warning system?* Unpublished.

Kenselaar, F., & Martens, M. (1999). *Modellering van bodemdaling met een tijd-plaats-model*. Mathematische Geodesie en Puntbepaling, TU-Delft.

RWS. (2010). *Memo vaklodingen*. <http://s04.static-shell.com/content/dam/shell-new/local/business/nam-2/Downloads/pdf/monitoring/2010-rws-memo-vaklodingen.pdf>.

TCBB. (2009). *Van Metiing naar Daling; Bodemdaling door delfstofwinning*. Technische commissie bodembeweging.