

Nederlandse vertaling van de “Introduction” en het hoofdstuk “Interim Results” van het Interim Report “Harlingen Upper Cretaceous Subsidence van Vermilion Energy van 10 september 2010”

Verantwoording

Dit document is een Nederlandstalige versie van de “Introduction” en de “Interim Results” secties uit het Engelstalige interim rapport van Vermilion Oil&Gas Netherlands B.V. over de studie naar het verschil tussen de voorspelde en de opgetreden bodemdaling boven het Harlingen Boven Krijt gasreservoir. De vertaling is bedoeld om de inleiding en de tussenresultaten uit het Vermilion interim rapport voor een breder publiek toegankelijk te maken.

Waar relevant zijn aanvullende opmerkingen toegevoegd om zaken te verduidelijken. De aanvullende opmerkingen zijn duidelijk te onderscheiden als aparte (lichtgrijze) tekstblokken. De Nederlandse tekst moet worden gezien als een weergave van wat er volgens SodM in het Vermilion interim rapport staat. De aanvullende opmerkingen dienen ter verduidelijking en om aan te geven hoe SodM sommige resultaten interpreteert. De Nederlandstalige tekst en de aanvullende opmerkingen komen geheel voor rekening van SodM, Vermilion is daarvoor niet verantwoordelijk. Waar verschillen worden gezien tussen de Nederlandstalige vertaling en het oorspronkelijke interim rapport geldt het Vermilion rapport.

Inleiding

Dit tussenrapport beschrijft de voortgang van de studie die in opdracht van Vermilion Oil&Gas Netherlands B.V. wordt uitgevoerd door Golder Associates, het Norwegian Geotechnical Institute en SGS Horizon. Het is een samenvatting van de huidige stand van zaken van de uitgevoerde werkzaamheden en resultaten van de studie door Vermilion Oil and Gas Netherlands B.V naar de oorzaak van het verschil tussen de voorspelde en de in de tijd waargenomen bodemdaling boven het Harlingen Boven Krijt gasreservoir. Het is van belang op te merken dat de huidige conclusies gebaseerd zijn op de resultaten van het werk zoals dat op dit moment is uitgevoerd. Naarmate het werk vordert kan het begrip van de verschillende factoren die van belang zijn en hun onderlinge wisselwerking tot andere conclusies leiden.

Tijdens de zomer van 2008 werd duidelijk dat de bodemdaling boven het Harlingen gasveld groter was dan voorspeld op basis van het eerder ontwikkelde bodemdalingmodel. Daarom werd besloten het gasveld in te sluiten en de oorzaak van de extra bodemdaling te onderzoeken. Daarvoor is opdracht gegeven tot een aantal studies, namelijk:

1. Een seismische herinterpretatie van het veld en zijn omgeving voor de ontwikkeling van een structureel model;
2. Een geologisch model met nadruk op de porositeitverdeling in het kalksteenreservoir;
3. Een gesteentemechanische studie in drie fases op gesteentemonsters uit het Harlingen kalksteenreservoir om de gesteentemechanische eigenschappen vast te stellen;
4. Een dynamisch reservoirmodel van de gasproductie om de drukprofielen te actualiseren;
5. Een geomechanische studie om te komen tot een nieuw bodemdalingmodel.

Items 1 en 2 zijn afgerond door SGS Horizon in Den Haag. Fase 1 en 2 van de gesteentemechanische studie zijn klaar. Fase 1 is uitgevoerd door de universiteit van Luik (België); fase 2 door het Norwegian Geotechnical Institute (NGI, Oslo). Fase 3 zal ook worden uitgevoerd door NGI en de verwachting is dat dit werk in het najaar van 2010 zal zijn afgerond. Een dynamisch reservoir model, gebaseerd op de drukdata in de periode voorafgaand aan de insluiting van het veld in 2008 was al eerder door Vermilion ontwikkeld. Recente statische drukmetingen in het reservoir na een insluitingperiode van twee jaar laten zien dat dit dynamische model op onderdelen moet worden aangepast om ook deze laatste data goed te kunnen beschrijven. De verwachting is dat dit werk in oktober 2010 wordt afgerond.

Voor de geomechanische studie zal eerst een relatief eenvoudig 2.5D compactie / bodemdalingmodel worden ontwikkeld om scenario's te testen en schaafeffecten te kunnen onderzoeken. Het modellerwerk in deze fase zal worden uitgevoerd met de door TNO

ontwikkelde AESubs software. Dit werk zal helpen om de invoerparameters te bepalen voor meer gedetailleerde 3-dimensionale Eindige Elementen geomechanische modellering. Het Eindige Elementen modelleerwerk bestaat uit twee delen: een deel met nadruk op alleen het gasveld en een deel met nadruk op de bijdrage van de zoutwinning in de omgeving. Het Eindige Elementen modelleerwerk wordt uitgevoerd door Golder Associates in Turijn, Italië. Bodemdalingdata verkregen met behulp van satellietmetingen zullen worden gebruikt in de geomechanische studie. Dat kan leiden tot verbeteringen in het model door de frequentere meting en de soms hogere dichtheid van de satellietmetingen in vergelijking met peilmerkmetingen. Dit deel van het werk zal worden afgerond wanneer de satellietdata beschikbaar komen. De Eindige Elementen modelleerfase kan worden gestart zodra de resultaten van de aanvullende NGI metingen (verwacht in oktober 2010) en de resultaten van het 2.5D AESubs modelleerwerk beschikbaar zijn.

Tussenresultaten

1) Gebieden met grotere bodemdaling komen overeen met gebieden met hogere porositeit en een daaraan gekoppelde grotere drukdaling in het gasreservoir;

SodM commentaar: Dit is een duidelijke aanwijzing dat de oorzaak van de extra bodemdaling voornamelijk in het gasreservoir moet worden gezocht en dat de invloed van andere factoren waarschijnlijk van beperkt belang is.

2) Voorspellingen van de gesteentecompactie in het gasreservoir op basis van een standaard aanpak kunnen de opgetreden bodemdaling niet verklaren op basis van de beschikbare laboratoriumdata en algemeen gangbare werkwijzen. Dat is ook het geval als wordt meegenomen dat er pore-collapse* kan plaatsvinden in de lagen in het reservoir met de hoogste porositeit (met porositeiten tussen de 35 en de 40%);

SodM commentaar: Standaard laboratoriummetingen op de meeste Harlingen kalksteenmonsters vertonen pas pore-collapse bij drukken die in het veld niet kunnen voorkomen. Wanneer wordt meegenomen dat kalklagen met hogere porositeit tegen het einde van de winningperiode pore-collapse zouden kunnen ondergaan leidt dit ook volgens berekeningen van SodM tot een toename van de voorspelde bodemdaling. Maar de zo berekende daling blijft aanzienlijk lager dan waargenomen

3) Het verschil in snelheid waarmee het gesteente in het veld wordt belast in vergelijking met de snelheid waarmee dit in het laboratorium gebeurt kan een effect hebben op de druk waarbij pore-collapse optreedt. Daar moet in het laboratoriummeetprogramma rekening mee worden gehouden. Als het verlagen van de belastingsnelheid in het laboratorium leidt tot lagere pore-collapse drukken dan zal pore-collapse in het veld ook bij lagere porositeiten optreden dan verwacht op basis van standaard experimenten. Pore-collapse in het veld zal dan uitgebreider zijn dan voorspeld op basis van de standaard aanpak. Momenteel worden laboratorium-proeven uitgevoerd om vast te stellen of, en in welke mate, de belastingsnelheid een effect heeft op pore-collapse en op de druk waarbij pore-collapse optreedt;

SodM commentaar: In laboratoriumproeven (referenties 1 – 7) is een aanzienlijk effect gevonden van de snelheid waarmee de gasdruk daalt op het pore-collapse gedrag en op de druk waarbij pore collapse optreedt. De aanvullende laboratorium-experimenten zullen uitsluitend moeten geven of dit effect ook voor gesteente uit het Harlingen gasveld optreedt. Extrapolatie naar veldcondities voorspelt in dat geval een afname van de drukdaling waarbij pore-collapse optreedt met 30 - 40% en een toename van de samendrukbaarheid van het gesteente na collapse met ca. 30%. Het zou ook betekenen dat een aanzienlijk groter gedeelte van de gashoudende lagen pore-collapse kan ondergaan. Het is wel de vraag of zo'n extrapolatie geldig is: treedt het waargenomen effect ook in het veld op? Overtuigend bewijs hiervoor (of voor het tegendeel) is niet beschikbaar in de open literatuur. Voor Harlingen kan dit nu goed onderzocht worden door vergelijking van het waargenomen veldgedrag met bodemdaling-voorspellingen waarin de in het laboratorium gemeten snelheidseffecten worden meegenomen.

4) Het optreden van kruip** na het optreden van pore-collapse kan een deel van de extra compactie en de resulterende bodemdaling verklaren, met name de doorgaande bodemdaling na het stopzetten van de productie;

SodM commentaar: Na het optreden van pore-collapse vertoont kalkgesteente een aanzienlijke hoeveelheid kruip (referenties 1– 7). Stilzetten van de productie leidt dan niet direct tot stilzetting van de bodemdaling: er kan nog een aanzienlijke hoeveelheid na-ijling optreden.

5) De bijdrage van zoutbeweging aan de bodemdaling in het gebied van de gasproductie wordt nog onderzocht maar het effect is waarschijnlijk te klein om de waargenomen verschillen te kunnen verklaren. De voorgenomen gedetailleerde Eindige Elementen berekeningen zijn erop gericht het effect nader te kwantificeren;

SodM commentaar: Een betere scheiding van de effecten van zoutwinning en gaswinning is mogelijk door modellering in die gebieden waar een van de twee een beperkte c.q. geen rol speelt. Bijvoorbeeld ten noordwesten van de zoutcavernes voor de zoutwinning en in de omgeving van War voor de gaswinning. Ook scheiding naar oorzaak met behulp van geavanceerde geodetische methodes kan daaraan een waardevolle bijdrage leveren.

6) De invloed van het watergehalte in het gasreservoir is waarschijnlijk niet belangrijk. Momenteel worden proeven uitgevoerd om deze hypothese te bevestigen.

SodM commentaar: In referenties 1-7 wordt regelmatig gerapporteerd dat het optreden van pore-collapse wordt beïnvloed door de hoeveelheid water in het reservoirgesteente. Boven een bepaald watergehalte zou er echter geen verdere invloed zijn en het gesteente in Harlingen heeft een watergehalte boven die grens.

7) De geologie boven en onder het gashoudende gesteente en in de omgeving van het zoutproducerende gebied bij Harlingen is complex met in dikte variërende (zout)lagen. Het voornemen is om in de Eindige Elementen modellen de dikte en de gesteente-eigenschappen van alle lagen onder en boven het reservoir mee te nemen,

8) Verwacht wordt dat drukondersteuning en waterstroming in de lagen onder het gasreservoir klein zijn en dat dit depletie in deze watervoerende lagen onder het gasreservoir t.g.v. de depletie in het gasreservoir zal beperken. Recente drukdata moeten nog wel worden meegenomen om dit met zekerheid te kunnen vaststellen.

SodM commentaar: Wanneer er, eventueel met vertraging, drukdaling zou plaatsvinden in het gesteente onder de gashoudende lagen kan dit ook leiden tot extra en mogelijk na-ijlende bodemdaling. Het gesteente onder de gaslaag in Harlingen is slecht doorlatend en nauwelijks samendrukbaar. Daarom wordt deze verklaring als niet waarschijnlijk gezien maar verdere analyse is gewenst.

* een plotselinge sterke toename van de gesteentesamendrukbaarheid boven een gegeven drukdaling.

** doorgaande compactie/bodemdaling bij constante druk

References

1. Prediction of Abrupt Reservoir Compaction and Surface Subsidence Caused by Pore Collapse in Carbonates, R.M.M. Smits, J.A. de Waal and J.F.C. van Kooten, SPE Formation Evaluation, June 1988
2. Enhanced Compaction of Stressed North Sea Chalk during Water Flooding, Anderson, Third European Core Analysis Symposium, Paris, September 14-16, 1992
3. The rate-type compaction of a weak North Sea Chalk, M. A. Andersen, Amoco Production Company; N. Foged & H. E. Pedersen, Danish Geotechnical Institute, 33th U.S. Symposium on Rock Mechanics (USRMS), June 3 - 5, 1992, Santa Fe, NM
4. Water-weakening of under Stressed Carbonates: New Insights on Pore Volume Compressibility Measurements, P. Charles, P Lapointe, Int. Symposium of the Society of Core Analysts, Abu Dhabi, 5 – 9 October 2004
5. Measurement of pore compressibility characteristics in rocks exhibiting “pore collapse” and volumetric creep, J. M. Hamilton and J. L. Shafer, SCA Conference Paper Number 9124, San Antonio, Texas, 1991
6. Formulation and Implementation of a Constitutive Model for Soft Rock, R. J. Hickman, Dissertation submitted to the Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, September 2004
7. History Matched Full Field Geomechanics Model of the Valhall Field Including Water Weakening and Re-Pressurisation, Kristiansen, T. Golder and B. Plischke, EUROPEC/EAGE Annual Conference and Exhibition held in Barcelona, Spain, 14–17 June 2010.