

Retouradres: Postbus 80015, 3508 TA Utrecht

Ministerie van Economische Zaken
Directie Energiemarkt
T.a.v. de heer P. Jongerius
Postbus 20401
2500 EK DEN HAAG



Onderwerp

Nederlandse samenvatting TNO rapport R11703

Geachte heer Jongerius,

Bijgaand ontvangt u de Nederlandse samenvatting van het TNO rapport R 11703 met de titel "*Recent developments of the Groningen field in 2014 and, specifically, the southwest periphery of the field*".

Hoogachtend,

Dr. I.C. Kroon
Hoofd Adviesgroep Economische Zaken

Energie

Princetonlaan 6
3584 CB Utrecht
Postbus 80015
3508 TA Utrecht

www.tno.nl

T +31 88 866 42 56

Datum

16 december 2014

Onze referentie

AGE 14-10.080

E-mail

ingrid.kroon@tno.nl

Doorkiesnummer

+31 88 866 45 31

Projectnummer

060.07751/01.02

Bijlage(n)

1

Op opdrachten aan TNO zijn de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, zoals gedeponeerd bij de Griffie van de Rechtbank Den Haag en de Kamer van Koophandel Den Haag van toepassing. Deze algemene voorwaarden kunt u tevens vinden op www.tno.nl. Op verzoek zenden wij u deze toe.

Handelsregisternummer 27376655.

Datum
16 december 2014

Onze referentie
AGE 14-10.080

Blad
2/12

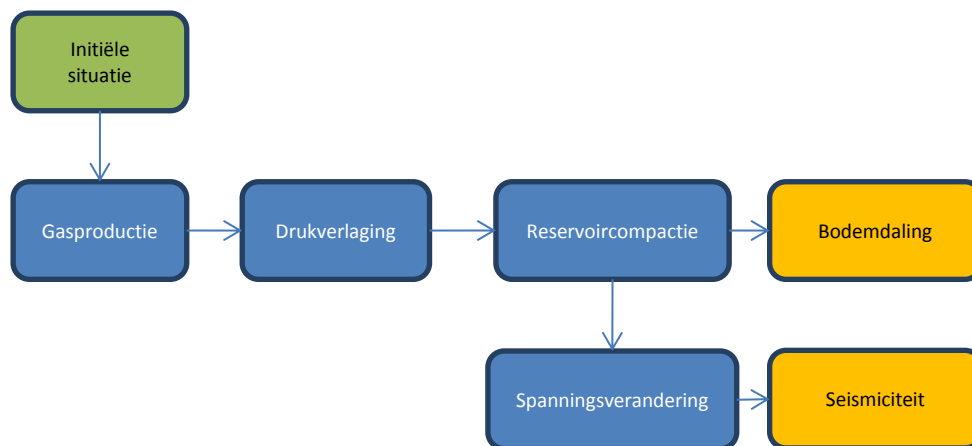
Recente ontwikkelingen van het Groningen gasveld, in het bijzonder van het zuidwestelijke randgebied

Nederlandse samenvatting van TNO Rapport 2014 R11703 "Recent developments of the Groningen field in 2014 and, specifically, the southwest periphery of the field", 9 december 2014.

Algemeen kader¹

In de bijlage wordt de definitie gegeven van de gebruikte technische vaktermen (onderstreept).

Als gevolg van de productie van aardgas daalt de interne gasdruk in het reservoir. Daardoor worden de gashoudende lagen samengedrukt onder het gewicht van de bovenliggende gesteentelagen. Dit heet compactie. De compactie uit zich enerzijds in bodemdaling en anderzijds in bevingen, wanneer een deel van de door compactie in het gesteente opgebouwde energie zich ontladst via beweging langs een breukvlak. Compactie kan dus worden gezien als de drijvende kracht achter zowel bodemdaling als seismiciteit. Dit wordt geïllustreerd in Figuur 1.



Figuur 1. Schematische beschrijving van de relatie tussen gasproductie en de gevolgen voor bodemdaling en seismiciteit, waarop de gevolgde methode is afgestemd.

De opgetreden compactie in het reservoir is – afgezien van metingen in enkele putten – niet direct en voor het hele veld meetbaar. Daarom wordt compactie met een ondergrondmodel berekend en vertaald in berekende bodemdaling, die wordt geïjkt aan gemeten bodemdaling. De daaruit afgeleide relatie tussen historische gasproductie en compactie kan worden gebruikt om de toekomstige toename van de compactie – zowel in plaats als in tijd – te berekenen voor diverse productiescenario's.

¹ Deze tekst is deels overgenomen uit de aanbiedingsbrief van TNO met kenmerk AGE 14-10.016 van 16 januari 2014

Datum

16 december 2014

Onze referentie

AGE 14-10.080

Blad

3/12

Door een aardbeving beweegt de bodem aan het maaiveld met een kortstondige grondversnelling, waardoor krachten worden uitgeoefend op gebouwen en infrastructuur. De maximale waarde van deze grondversnelling is bepalend voor de aard en omvang van schade. Het seismisch risico wordt bepaald door de combinatie van de kans dat een bepaalde grondversnelling wordt overschreden (seismische dreiging) en de effecten van die grondversnelling op omgeving en omwonenden. In TNO (2014a, b) is de relatieve seismische indicator geïntroduceerd. De indicator geeft de relatieve verandering aan tussen twee productiescenario's voor de hoeveelheid energie, die seismisch kan vrijkomen per locatie in het veld. Net als de aardbevingsdichtheid is de relatieve indicator een maat voor de hoeveelheid bevingen op een locatie in het veld. De indicator is niet direct te vergelijken met de seismische dreiging.

Achtergrond van rapport TNO 2014 R11703, 9 december 2014

Op 17 januari 2014 besloot de minister van Economische zaken om het plafond voor de totale gasproductie per jaar neerwaarts bij te stellen op 42,5 miljard Nm³ voor 2014 en 2015, en op 40 miljard Nm³ voor 2016. Daarnaast werd besloten om de productie van de vijf clusters van productieputten in de omgeving van Loppersum (POS, PAU, LRM, OVS, ZND, zie Figuur 2) met 80% te verminderen voor de periode van januari 2014 tot januari 2017. De motivatie voor beide maatregelen is het verlagen van de seismische dreiging in het centrale deel van het veld. De operator NAM heeft op 17 januari 2014 gehoor gegeven aan het besluit door de gasproductie van de vijf clusters in de omgeving van Loppersum omlaag te draaien.

Een beving van magnitude 2,8 bij Ten Boer op 30 september 2014 leidde tot kamervragen. Hierop kwam het verzoek van de minister aan NAM om de bevingsgevoeligheid voor het zuidwestelijke randgebied van het Groningen gasveld te analyseren (nabij het cluster van productieputten Eemskanaal; EKL in Figuur 2). Aan Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) is gevraagd om over deze analyse te adviseren. SodM heeft in dit kader aan TNO verzocht om een technisch evaluatie uit te voeren en hierover te rapporteren. Daarbij heeft TNO gebruik gemaakt van de nieuwe gegevens, die sinds het voornoemde besluit ter beschikking zijn gekomen.

De technische evaluatie is gericht op de volgende vraag en aspecten:

1. Zijn er aanwijzingen dat de productiebeperking effect heeft?
2. Analyse van het ondergrondmodel rondom het zuidwestelijke randgebied;
3. Review van de analyse van NAM (NAM, 2014) over het zuidwestelijke randgebied;
4. Actualisatie van TNO-studies (TNO 2014a, b).

Datum

16 december 2014

Onze referentie

AGE 14-10.080

Blad

4/12

De belangrijkste bevindingen op bovengenoemde punten zijn hieronder samengevat:

1. Er zijn aanwijzingen dat de productiebeperking een verlagend effect heeft op het aantal bevingen in het centrale deel van het gasveld. Op dit moment zijn nog onvoldoende monitoringsdata beschikbaar om hier statistisch sterke uitspraken over te doen.
2. De gasproductie van het cluster Eemskanaal (EKL) in 2014 is hoger dan in eerdere studies was aangenomen. Eveneens is de compactie in het zuidwestelijke randgebied groter dan tot nu toe werd aangenomen. Hierdoor kan de gemeten bodemdaling beter worden verklaard. Dit is in lijn met de NAM analyse. TNO verwacht dat verlaging van de gasproductie uit het Eemskanaal cluster een minder snelle drukafname in het zuidwestelijke deel van het Groningen veld tot gevolg zal hebben gedurende circa twee jaar.
3. NAM heeft voor het zuidwestelijke randgebied naar een voldoende breed spectrum aan modellen gekeken. De ruimtelijke differentiatie van de seismische dreiging wordt, anders dan voorheen, via het compactiemodel geïntroduceerd. Enkele andere bekende onzekerheden in de eigenschappen van het ondergrondmodel worden niet meegenomen in het iken van het seismologisch model³ van NAM. In de analyse van NAM wordt de ruimtelijke differentiatie van de seismische dreiging dus beperkt meegenomen.
4. De ruimtelijke verdeling van de berekende indicator seismische dreiging, zoals beschreven in TNO (2014a, b), is vergelijkbaar met het waargenomen verschil in aardbevingsdichtheid voor de jaren 2013 en 2014 in het gebied. Het systeem van gasproductie naar bevingen lijkt hierdoor regelbaar. Deze hypothese zal in de toekomst statistisch bevestigd moeten worden. De gemodelleerde indicator suggereert een lokale respons op de gemeten seismiciteit (in het bijzonder de locatie van bevingen).

Deze bevindingen worden hieronder toegelicht.

1 Zijn er aanwijzingen dat de productiebeperking effect heeft?

Uit de registratie van aardbevingen blijkt dat de aardbevingsdichtheid over het Groningen veld in 2014 lager is dan in 2013. Analyse van de aardbevingsdichtheid laat tevens zien dat in 2014 het ruimtelijke patroon veranderd is ten opzichte van 2013. Er vinden minder bevingen plaats in het centrum van het veld. Daarnaast zijn meer bevingen geregistreerd in de gebieden ten noorden van Hoogezand-Sappemeer en ter hoogte van Tjuchem (TJM in Figuur 2).

De trend in het jaarlijks aantal optredende bevingen sinds de eerste beving in 1991 is aan de hand van een statistische methode geanalyseerd. Voor de periode 2003 tot en met 2013 geeft deze analyse aan dat de waargenomen toename van het aantal bevingen in het veld in de tijd significant is en niet past binnen een

Datum

16 december 2014

Onze referentie

AGE 14-10.080

Blad

5/12

model waarin de seismiciteit constant is (stationair model). Voor de periode na 17 januari 2014 laat de statistische analyse een lichte voorkeur zien voor een model dat een afname van het aantal bevingen in 2014 voorspelt. Dit komt overeen met de eerder genoemde lagere aardbevingsdichtheid in 2014 in vergelijking met 2013. Het aantal waargenomen bevingen over 2014 is echter niet voldoende om statistisch sterke uitspraken hierover te kunnen doen.

Een verlaging van de gasproductie van het Eemskanaal cluster zal naar verwachting een tijdelijk effect hebben op de snelheid van de drukafname in dit deel van het gasveld van ongeveer twee jaar. Na deze tijdsduur zal de drukverlaging vanuit producerende omliggende clusters merkbaar worden in dit gebied. De productie in het centrum van het veld is verlaagd sinds januari 2014, waardoor een significante verlaging van het aantal bevingen lijkt te hebben plaatsgevonden. Een verdere verlaging van het aantal bevingen kan mogelijk gerealiseerd worden door de productie over het gehele veld te verlagen.

2 Analyse van het ondergrondmodel rondom het zuidwestelijke randgebied

Het ondergrondmodel wordt gebruikt als invoer voor het seismologisch model (Figuur 1). Daarom wordt het ondergrondmodel uitgebreid geanalyseerd, specifiek voor het zuidwestelijke randgebied.

Evaluatie van de gesteentekennmerken (petrofysica) in de putten van het Eemskanaal cluster (EKL) heeft de porositeit op de locatie van de putten, zoals berekend door NAM, grotendeels bevestigd. Enkele verschillen zijn geobserveerd voor de onderste gasreservoir eenheid (Lower Slochteren of LSS2), maar deze leiden niet tot significante afwijkingen in de berekende compactie.

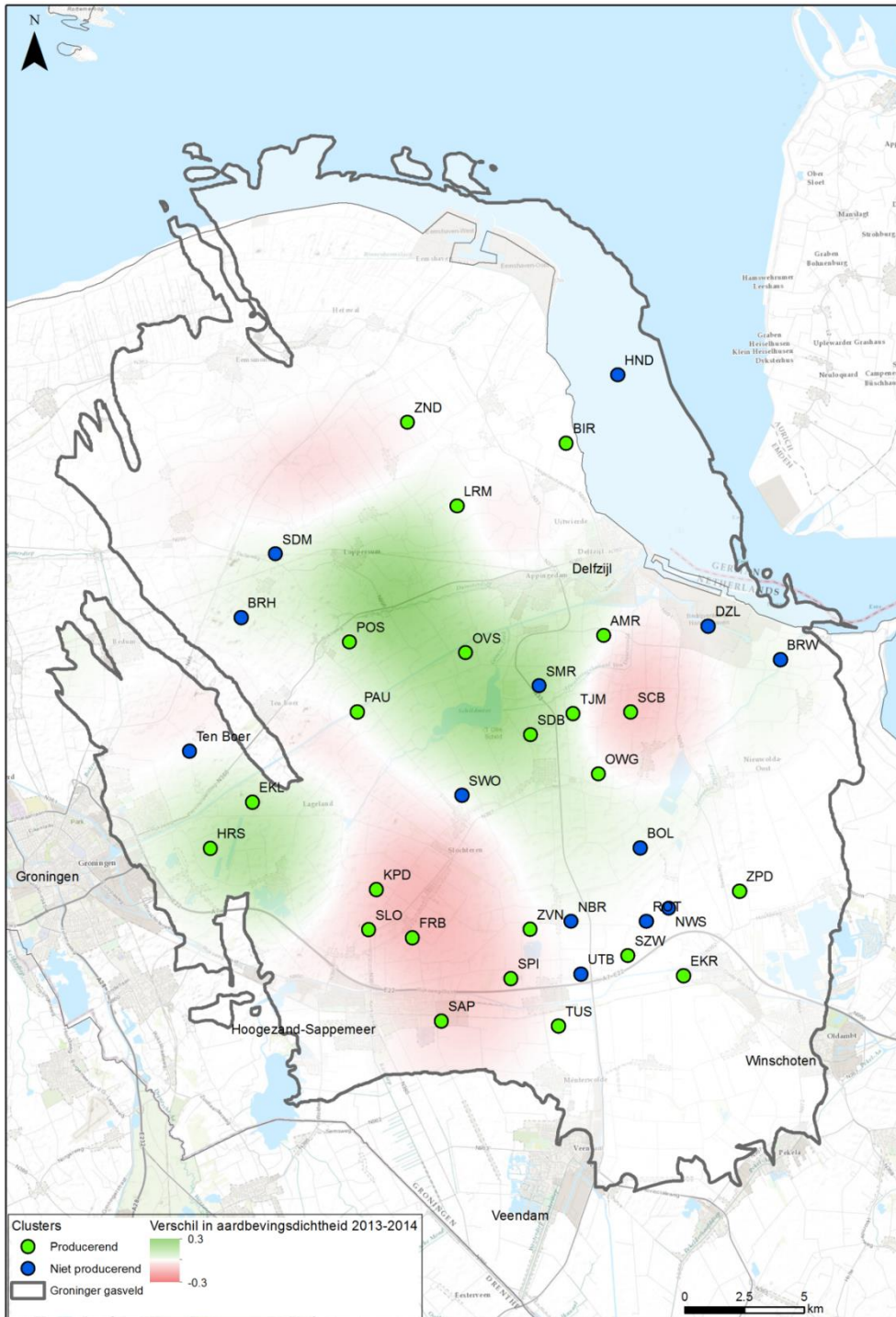
Ten aanzien van het door de NAM gehanteerde porositeitsmodel heeft TNO dezelfde opmerkingen als in de TNO-studie van 2013. In het gebied tussen de puttenclusters Ten Boer (TBR, Figuur 2) en Eemskanaal (EKL, Figuur 2) zijn lagere porositeiten (ca. 14 tot 17%) gemodelleerd ten opzichte van de porositeitswaarden in het Eemskanaal puttencluster zelf (ca. 16 tot 19%). Dit gebied wordt tevens gekenmerkt door geobserveerde bodemdalingen, die hoger zijn dan de berekende bodemdaling. TNO veronderstelt in het gebied tussen de twee puttenclusters hogere gemiddelde waarden van de porositeit geologisch gezien niet uit te sluiten zijn. Hiermee kan het verschil tussen de lagere berekende dan gemeten bodemdaling in dit gebied deels worden verklaard.

Uit het bovenstaande volgt dat de compactie in dit gebied groter is dan tot nu toe werd aangenomen (NAM 2013, TNO 2013, 2014a, b). De feitelijke gasproductie van het Eemskanaal cluster in 2014 is hoger dan de productie die gemodelleerd is in eerdere studies (NAM, 2013, TNO 2013, 2014 a, b).

Datum
16 december 2014

Onze referentie
AGE 14-10.080

Blad
6/12



Figuur 2. Verschil in de gemeten aardbevingsdichtheid (aantal bevingen per km²) voor de periode van 1 april tot 1 november 2013 vergeleken met dezelfde periode in 2014. Een positief verschil (groen) betekent dat 2014 een lagere aardbevingsdichtheid had dan 2013. De cluster in het Loppersum gebied die sinds 17 januari 2014 een verminderde productie hebben zijn LRM, POS, PAU, OVS en ZND.

3 Review van de seismologische analyse van NAM (2014) over het zuidwestelijke randgebied

Datum
16 december 2014

Onze referentie
AGE 14-10.080

Blad
7/12

Door het gebrek aan putgegevens, is in het zuidwestelijke randgebied van het Groningen gasveld minder controle op de modellering van de instroom van formatiewater uit de naastgelegen watervoerende laag aan de westzijde van het veld. De mate van instroming van water bepaalt hoe de druk in het gasreservoir verloopt. NAM heeft daarom twee modellen gebruikt. Een model met een hoge instroming van water en een met een lage instroming. Vanaf de start van productie in 1963 tot januari 2014 loopt het verschil in totale compactie tussen beide modellen op tot 6 à 10 cm boven het gasvoerende deel van het veld.

Een toekomstige verlaging van de productie uit het Eemskanaal cluster met 63% naar 3 miljoen Nm³ per dag zal volgens modelberekeningen van NAM (2014) kunnen leiden tot een verdere verlaging van de totale seismische dreiging voor het gehele gasveld van maximaal 15%. Een groot gedeelte van de seismische dreiging in de omgeving van Eemskanaal kan niet worden verlaagd door de productie bij Eemskanaal te verlagen. De seismische dreiging wordt, volgens NAM, gedomineerd door het optreden van grotere bevingen in het centrum van het veld, waar grotere samendrukking van de reservoirlagen optreedt.

Net als in 2013, is de ruimtelijke differentiatie van de seismische dreiging tussen verschillende productiescenario's voor TNO een belangrijk uitgangspunt voor het bepalen van de beste productiestrategie. De ruimtelijke differentiatie is afhankelijk van het gebruikte compactiemodel, de partiticoëfficiënt en de wijze van berekening van de seismische dreiging. NAM introduceert een ruimtelijke differentiatie in het model op basis van het compactiemodel van TNO (2013). Voor een volledig beeld van de ruimtelijke differentiatie moeten ook de andere factoren (partiticoëfficiënt en wijze van berekening van seismische dreiging) worden meegenomen. Net als in 2013 ontbreekt, in de analyse van NAM, een fysisch model waarmee lokale effecten zoals de aanwezigheid van breuken en lokale veranderingen in stress in ogenschouw kunnen worden genomen.

Datum
16 december 2014

Onze referentie
AGE 14-10.080

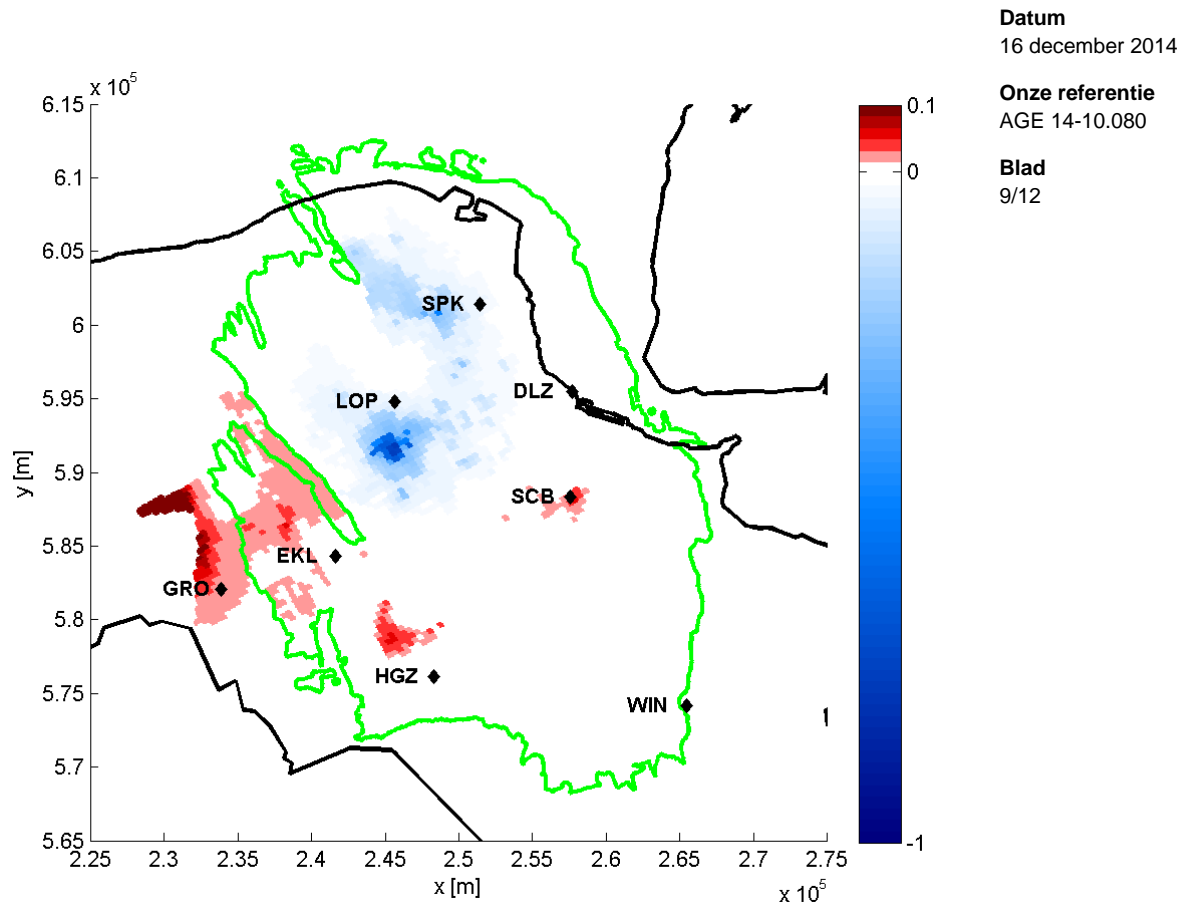
Blad
8/12

4 Actualisatie van TNO-studies (TNO 2014a, b)

De relatieve indicator voor de seismische dreiging (TNO, 2014 a, b) is her berekend. Deze relatieve indicator geeft het verschil weer in het relatieve seismisch moment tussen twee scenario's. In dit geval een scenario waarin de gasproductie afhankelijk is van de vraag naar gas en een waarin de gasproductie vooraf is gelimiteerd. Het tweede scenario omvat een vermindering van zowel de totale productie uit het veld als een vermindering met 80% in centrale deel van het veld. Voor januari 2014 tot en met oktober 2014 is de actuele gasproductie in plaats van de voorspelde productie gebruikt in het scenario van productievermindering. Het resultaat hiervan is weergegeven in Figuur 3.

Figuur 3 geeft in vergelijking met dezelfde figuur in de eerdere TNO rapportage (2014a, b) hetzelfde patroon weer: een sterke verlaging van de indicator in het centrum en kleinere verhogingen in het zuiden van het Groningen veld. De verhoging ten noorden van Hoogezand-Sappemeer was eerder ook zichtbaar, maar minder uitgesproken. De verhoging nabij het Schaapbulten cluster (SCB in Figuur 3) wordt veroorzaakt door de verhoging van productie van dit cluster in 2014. De oorzaak van de verhoging ten noorden van het Eemskanaal cluster nabij de stad Groningen (GRO) is tweeledig: Ten eerste is het ondergrondmodel veranderd in deze omgeving, waardoor de compactie in het reservoir groter is ten opzichte van de analyse in 2013. Daarnaast is de actuele productie van het Eemskanaal cluster hoger dan de productie, die eerder als invoer gebruikt is (TNO 2014 a, b).

De ruimtelijke verdeling van de berekende indicator (Figuur 3) is vergelijkbaar met het waargenomen verschil in aardbevingsdichtheid voor de jaren 2013 en 2014 (Figuur 2). Ook Figuur 2 heeft betrekking op de vergelijking van een marktvaart productiescenario (observaties van bevingen in 2013) met een gelimiteerd productiescenario (actuele productie in 2014). De berekende indicator is volledig onafhankelijk van deze observaties van bevingen. De indicator suggereert een lokale respons op de gemeten seismiciteit (in het bijzonder de locatie van bevingen).



Figuur 3. Relatieve indicator voor seismische dreiging. De indicator is genormaliseerd op de hoogste waarde i.e. de verlaging in het centrum van het veld. De afkortingen in de figuur staan voor: EKL=Eemskanaal cluster, SCB = Schaapbulten cluster, GRO=Groningen, HGZ=Hoogezand-Sappemeer, LOP=Loppersum, SPK=Spijk, DLZ=Delfzijl, WIN=Winschoten. Verder zijn de contouren van het gasveld aangegeven (groen) alsook de kustlijn en de provinciegrens (zwart).

Referenties**Datum**
16 december 2014**Onze referentie**
AGE 14-10.080**Blad**
10/12

TNO 2013	Toetsing van de bodemdalingsprognoses en seismische hazard ten gevolge van gaswinning van het Groningen veld. TNO rapport 2013 R11953, 23 december 2013.
TNO 2014	Aanbiedingsbrief rapport TNO-2013 R11953 met kenmerk AGE 14-10.016 van 16 januari 2014.
TNO 2014a	Effecten verschillende productiescenario's op de verdeling van de compactie in het Groningen veld in de periode 2014 t/m 2016. TNO rapport 2014 R10427, 7 maart 2014.
TNO 2014b	Technisch rapport behorende bij "Effecten verschillende productiescenario's op de verdeling van de compactie in het Groningen veld in de periode 2014 t/m 2016". TNO rapport 2014 R10426, 7 maart 2014
NAM 2013	Wijziging winningsplan Groningen 2013, inclusief technische bijlage Groningen winningsplan 2013. Versie 29 november 2013.
NAM 2014	Hazard Assessment for the Eemskanaal area of the Groningen field. Versie 15 november 2014. Addendum to Hazard Assessment for the Eemskanaal area of the Groningen field.

Datum
16 december 2014

Onze referentie
AGE 14-10.080

Blad
11/12

BIJLAGE: TOELICHTING TERMINOLOGIE

Bodemdaling:

Daling van het maaiveld – uitgedrukt in (centi-)meters – ten gevolge van compactie van gesteenten in de ondergrond.

Compactie:

Samendrukking van ondergrondse lagen onder het gewicht van de bovenliggende gesteentelagen, bv. door het afnemen van interne gasdruk door gasproductie.

Magnitude (Richter schaal):

De kracht van de aardbeving in de ondergrond, in het kader van deze onderzoeken meestal uitgedrukt middels een bepaalde waarde op de schaal van Richter.

Nm³:

1 Nm³ is gelijk aan 1 kubieke meter gas bij een normale atmosferische druk van 1 atmosfeer en een temperatuur van 0 °C

Ondergrondmodel:

Het ondergrondmodel omvat in deze tekst het statische model, het dynamische model en het geomechanische model. Het statische model beschrijft fysische kenmerken van het gas reservoir zoals de gesteente-eigenschappen (o.a. porositeit) en het voorkomen van breuken. Het dynamische model geeft het fysisch gedrag van het reservoir in relatie tot de gasproductie en de drukken in het veld. Het geomechanische model geeft de compactie van het gesteente en de daarbij optredende bodemdaling.

Partiticoëfficiënt:

Empirisch bepaalde fractie van de in ondergrond door compactie opgeslagen energie die als seismische energie vrijkomt. Een waarde van 1 betekent dat alle in de ondergrond opgebouwde energie (uiteindelijk) vrijkomt middels één of meerdere bevingen; een waarde van 0,001 betekent dat slechts 0.1% ervan vrijkomt als seismische energie.

Relatieve seismische indicator:

Het genormaliseerde verschil in seismisch moment voor twee scenario's over een tijdsperiode.

Seismiciteit:

Het optreden van (aard)bevingen.

Seismische dreiging (*Engels: "seismic hazard"*):

In statistische analyses wordt de seismische dreiging meestal gedefinieerd als de kans dat een bepaalde waarde van grondversnelling wordt overschreden (binnen een bepaalde periode, bv. 1, 10 of 50 jaar).

Datum

16 december 2014

Onze referentie

AGE 14-10.080

Blad

12/12

Seismisch risico:

De kans op door aardbevingen veroorzaakte schade (aan mensen, gebouwen, infrastructuur, productie). Risico wordt – in het algemeen – bepaald door de combinatie van de kans dat iets gebeurt en de potentiële effecten daarvan. In die zin is “seismisch risico” de combinatie van de “seismische dreiging” en de potentiële effecten.

Seismologisch model:

In dit rapport: een model dat compactie vertaalt in grondversnellingen.

Schade:

Het effect van bodembewegingen - beweging van de bodem aan het oppervlak (door compactie of door een aardbeving op diepte) - op mensen, gebouwen, infrastructuur, productie etc.