

Retouradres: Postbus 80015, 3508 TA Utrecht

Ministerie van Economische Zaken  
Directie Energiemarkt  
T.a.v. de heer P. Jongerius  
Postbus 20101  
2500 EC DEN HAAG

**Onderwerp**

Aanbiedingsbrief rapport TNO-2013 R11953

Geachte heer Jongerius,

Hierbij bieden wij u het rapport "*Toetsing van de bodemdalingsprognoses en seismische hazard ten gevolge van gaswinning van het Groningen veld*" aan (rapportnummer TNO-2013 R11953, dd. 23 december 2013).

**Achtergrond**

In het rapport worden de resultaten beschreven van onderzoek, dat is uitgevoerd ter ondersteuning van de beoordeling van het door de NAM recent ingediende gewijzigde winningsplan Groningen. Dit onderzoek is beschreven in de opdracht van het ministerie van Economische Zaken met kenmerk DGETM-EM / L3707495 van 21 juni 2013. Conform die opdracht bevat het rapport een combinatie van:

- i) een review van de door de NAM ontwikkelde reservoirmodellen op alle voor bodembeweging belangrijke aspecten;
- ii) controleberekeningen op de NAM resultaten m.b.t. bodembeweging, zoals beschreven in de Technische Bijlage<sup>1</sup> behorende bij het door de NAM ingediende gewijzigde winningsplan Groningen;
- iii) TNO beantwoording van technische vragen van het Staatstoezicht op de Mijnen;
- iv) eigen geomechanisch modelwerk van TNO.

Het TNO rapport heeft een complex, technisch karakter. In deze brief wordt daarom eerst uitleg gegeven over de relatie tussen gasproductie en mogelijke schade door aardbevingen (het seismische risico). Vervolgens worden de belangrijkste conclusies en aanbevelingen uit het rapport kort samengevat en toegelicht (zie de Bijlage voor uitleg van in deze brief gebruikte termen). Het rapport richt zich in het bijzonder op specifieke verschillen in modelkeuzes en aannames tussen de evaluaties van TNO en NAM. Deze brief plaatst de mening van TNO in een breder perspectief.

<sup>1</sup> Wijziging winningsplan Groningen 2013, inclusief technische bijlage. Versie 29 november 2013.

Princetonlaan 6  
3584 CB Utrecht  
Postbus 80015  
3508 TA Utrecht

www.tno.nl

T +31 88 866 42 56  
F +31 88 866 44 75  
infodesk@tno.nl

**Datum**

16 januari 2014

**Onze referentie**

AGE 14-10.016

**E-mail**

ingrid.kroon@tno.nl

**Doorkiesnummer**

+31 88 866 45 31

**Doorkiesfax**

+31 30 256 45 05

Op opdrachten aan TNO zijn de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, zoals gedeponneerd 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](http://www.tno.nl).  
Op verzoek zenden wij u deze toe.

Handelsregisternummer 27376655.

**Datum**  
16 januari 2014

**Onze referentie**  
AGE 14-10.016

**Blad**  
2/6

## Van gasproductie naar geïnduceerde seismiciteit

Als gevolg van de productie van aardgas daalt de interne gasdruk in het reservoir en 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 ontleedt via beweging langs een breukvlak. Compactie kan dus worden gezien als de drijvende kracht achter zowel bodemdaling als seismiciteit. De opgetreden compactie in het reservoir is echter – afgezien van metingen in enkele putten – niet direct en voor het hele veld meetbaar. Daarom wordt compactie met een model berekend en vertaald in berekende bodemdaling, die wordt geïjkt aan gemeten bodemdaling. De daaruit afgeleide relatie tussen historische gasproductie en compactie wordt gebruikt om de toekomstige toename van de compactie – zowel in plaats als in tijd – te berekenen voor diverse productiescenario's.

Door een aardbeving beweegt de bodem aan het maaiveld met een kortstondige grondversnelling, waardoor er 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.

## Het TNO Rapport

De NAM ondergrondmodellen zijn zorgvuldig geëvalueerd op de aspecten die TNO belangrijk acht voor bepaling van de seismische dreiging. TNO onderschrijft de generieke aanpak in het NAM-onderzoek met betrekking tot de statische, dynamische, geomechanische en seismologische modellen. De statische en dynamische modellen van de NAM zijn over het geheel genomen van hoge kwaliteit. Daarom zijn deze als uitgangspunt genomen voor het TNO onderzoek.

Bij de berekeningen van de geomechanische en seismologische modellen worden deels alternatieve methodieken, modelkeuzes en aannames voor parameters toegepast. TNO heeft verschillende productiescenario's doorgerekend voor compactie. Hierbij is gekozen voor een constante productie (van 30 bcm/jaar) en veranderingen in de manier van winning van het Groningen veld. De keuze voor de productiescenario's zijn bepaald in overleg met het Staatstoezicht op de Mijnen.

**Datum**  
16 januari 2014

**Onze referentie**  
AGE 14-10.016

**Blad**  
3/6

## **Belangrijkste conclusies en aanbevelingen**

### **1. Compactie en bodemdaling**

Het door TNO gebruikte compactiemodel geeft als maximum bodemdaling 39 cm in 2025; 45 cm in 2050; en 47 cm in 2080. De berekende diepte en vorm van de nog te verwachten bodemdaling komen overeen met de NAM prognoses binnen de foutenmarge van de ijking aan reeds waargenomen bodemdaling. Het door de NAM gebruikte compactiemodel wordt gekenmerkt door een tijdvertraging, waardoor op korte termijn nauwelijks variatie in compactie voor verschillende productiescenario's ontstaat. Door TNO ontwikkelde alternatieve modellen laten een response zien, die wordt bepaald door het tempo van de drukveranderingen.

De berekening van de compactie en daarmee de bodemdaling kan sterk worden verbeterd door op korte termijn:

- uitgebreider meetnet voor bodemdaling en meer nauwkeurige metingen
- verbeterde modellering van de reservoirporositeit
- verbetering van het aquifermodel

en op lange termijn:

- verbetering van de compactiemodellering

### **2. Seismische dreiging**

In het geval dat de gasproductie conform de marktvraag plaatsvindt, wordt de seismische dreiging, volgens de TNO analyse, boven het Groningen veld voor de komende 10 jaar vooral bepaald door bevingen met een magnitude van 4,0 tot 5,0 op de schaal van Richter.

De berekening van de seismische dreiging voor de periode na de komende 3 tot 5 jaar wordt gekenmerkt door een zeer grote bandbreedte van mogelijke uitkomsten. Deze bandbreedte kan worden gereduceerd, naast bovengenoemde aanbevelingen, door aanvullende studies naar de partiticoëfficiënt. Het verdient daarnaast aanbeveling om de huidige methoden uit te breiden door de al opgetreden compactie en bevingen mee te nemen in de bepaling van de seismische dreiging. Daarnaast is ook het meenemen van breuken in het model van groot belang.

### **3. Ruimtelijke verdeling van de seismische dreiging**

Het is op basis van de door TNO gemaakte evaluaties en berekeningen in het rapport aannemelijk dat reductie van de gaswinning uit de productieclusters nabij Loppersum zal leiden tot een verandering van de verdeling van de seismische dreiging tussen de verschillende deelgebieden boven het veld. Deze ruimtelijke verdeling is van significant belang voor de bepaling van het seismische risico en de beheersing daarvan.

**Datum**

16 januari 2014

**Onze referentie**

AGE 14-10.016

**Blad**

4/6

De berekening van de ruimtelijke verdeling van de seismische dreiging kan sterk worden verbeterd door:

- het bepalen van locatieafhankelijke seismische dreiging
- het verbeteren van de compactiemodellering
- driedimensionale geomechanische modellering

#### 4. Reductie seismische dreiging

Tijdelijke reductie van de seismische dreiging is mogelijk door een andere verdeling van gaswinning in het Groningen veld. Het betreft in het bijzonder significante reductie van de productie uit de vijf productieclusters nabij het Loppersumgebied in combinatie met deels vervangende productie uit het zuidelijk deel van het Groningen veld.

In het kader van doelmatige winning bevelen we aan om op korte termijn de verdeling van de productie te optimaliseren binnen *acceptabele* grenzen voor de seismische dreiging boven het Groningen veld.

Het verdient tevens aanbeveling om aanvullende studies te verrichten naar:

- de partiticoëfficiënt
- de lange termijneffecten van aanpassing van de manier van winning

ten einde de onzekerheden voor langere termijn voorspellingen te reduceren.

Hoogachtend,



Dr. I.C. Kroon  
Hoofd Adviesgroep Economische Zaken

**Datum**  
16 januari 2014

**Onze referentie**  
AGE 14-10.016

**Blad**  
5/6

## **BIJLAGE: TOELICHTING TERMINOLOGIE**

### Bodembeweging:

De beweging van de bodem aan het oppervlak (door compactie of door een aardbeving op diepte)

### 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.

### Dynamisch model:

Model voor de stroming en drukverdeling van gas binnen het reservoir

### Empirisch:

Letterlijke betekenis: 'proefondervindelijk'. Een empirisch resultaat is een onderzoeksresultaat dat is verkregen door het vergelijken van de drijvende kracht van een proces met de waargenomen respons, zonder dat (noodzakelijkerwijs) de fysische relatie tussen die drijvende kracht en de response is verklaard en begrepen. Extrapolatie van langs empirische weg verkregen resultaten is alleen toegestaan onder de aanname dat het onderzochte systeem zich in andere omstandigheden (bv. in de toekomst, of op andere ruimtelijk schaal) net zo zal gedragen als in de huidige situatie. Zonder die toevoeging heeft een extrapolatie geen waarde.

### Geomechanisch model:

Model van het mechanisch gedrag van het reservoir onder variërende spanningscondities.

### 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.

### 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.

### Seismiciteit:

Het optreden van (aard)bevingen.

### Seismische dreiging ("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).

### 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 op mensen, gebouwen, infrastructuur, productie etc.

Statisch model:

Geologisch reservoir model inclusief de breuken.

**Datum**

16 januari 2014

**Onze referentie**

AGE 14-10.016

**Blad**

6/6