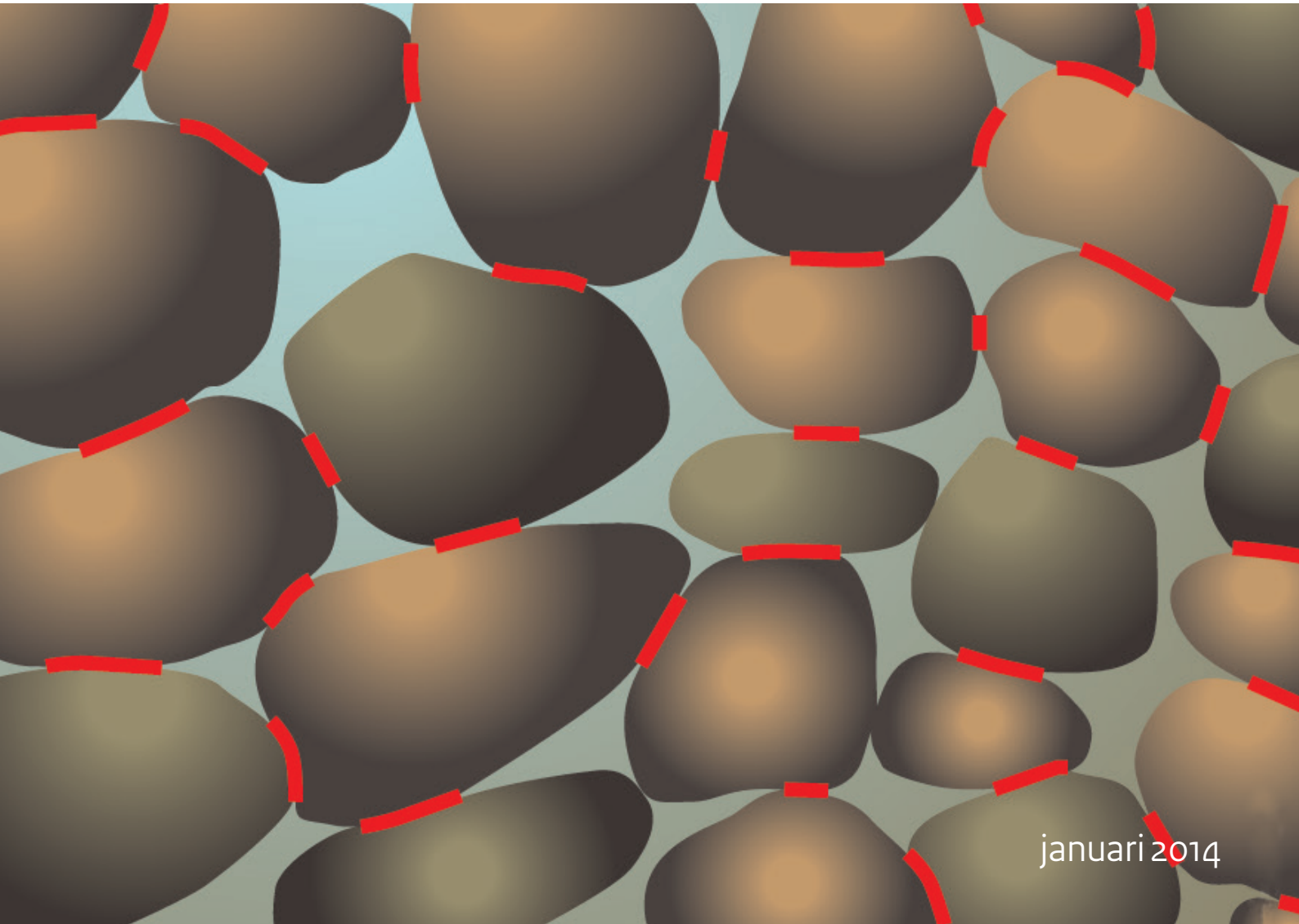
Staatstoezicht op de Mijnen
Ministerie van Economische Zaken

Staatstoezicht op de Mijnen

Advies

Winningsplan 2013 / Meet- en Monitoringsplan NAM Groningen gasveld



januari 2014

Inhoud

1. Inleiding 3

2. Ontwikkelingen januari – december 2013 4
2.1 Uitgevoerde onderzoeken 4
2.2 Toename aantal aardbevingen 5

3. Beoordeling Winningsplan 6
3.1 Werkwijze 6
3.2 Volledigheid 6
3.2.1 Conclusie Volledigheid 6
3.3 Planmatig beheer 6
3.3.1 Wat is planmatig beheer? 6
3.3.2 Opmerkingen SodM 7
3.3.3 Conclusies Planmatig Beheer 8
3.4 Bodembeweging 9
3.4.1 Leeswijzer bodembeweging 9
3.4.2 Bodemdaling 9
3.4.3 Seismisch Risico 12
3.4.4 Invloed van gasproductie op de seismische activiteit 17
3.4.5 Borgingsprotocol aardbevingsrisico´s 22
3.4.6 Conclusies Bodembeweging 26

4. Beoordeling Integraal Meet- en Monitoringsplan 28
4.1 Werkwijze 28
4.2 Volledigheid 28
4.3 Inhoudelijk 28
4.3.1 Hoogtemetingen 28
4.3.2 Detectie seismiciteit 29
4.4 Conclusie 30

5. Advies 31
5.1 Fundatie van het winningsplan 31
5.2 Maatregelen 31
5.3 Advies 32

Referenties 34

Lijst van afkortingen 35

Bijlage 1: Consequenties beoordeling Bommer et al. op ARUP seismisch risico rapport 36
Bijlage 2: Commentaar op NAM hazard analyse 38
Bijlage 3: NAM analyse naar invloed van productiesnelheid op seismiciteit Groningen 40

1. Inleiding

De Minister van Economische Zaken (EZ) heeft aan Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) gevraagd[1] een advies te geven over de wijziging van het winningsplan Groningen 2013 van de Nederlandse Aardolie Maatschappij (NAM). Dit rapport bevat het gevraagde advies.

Dit advies gaat over twee documenten die NAM per brief van 29 november 2013, kenmerk EP201311216133, aan de Minister van EZ heeft aangeboden, namelijk "Wijziging winningsplan Groningen 2013" (inclusief het Borgingsprotocol Seismisch Risico Groningen) en het "Meet- en Monitoringsplan". Dit laatste plan maakt geen deel uit van het winningsplan, maar hangt wel met het winningsplan samen. Daarom heeft NAM aan de Minister verzocht om beide plannen gecoördineerd te behandelen.

In dit advies zijn tevens de onderliggende studies van NAM betrokken. Deze studies heeft NAM per brief van 29 november 2013, kenmerk EP201311216689, aan de Minister aangeboden. Daarnaast is gebruik gemaakt van een toelichting op het winningsplan Groningen 2013, die NAM per brief van 23 december 2013, kenmerk EP201312212241, aan de Minister heeft gestuurd. Bovendien zijn de rapportages van het KNMI, de Technische Begeleidingscommissie Ondergrond (TBO) en de Technische Begeleidingscommissie Bovengrond (TBB) bij dit advies betrokken, voor zover zij van toepassing zijn op het winningsplan Groningen 2013.

In dit advies wordt de wijziging winningsplan Groningen 2013 steeds aangeduid als "winningsplan Groningen 2013". Het advies is als volgt opgebouwd. Eerst worden de ontwikkelingen in het afgelopen jaar besproken (hoofdstuk 2). Daarna volgt een beoordeling van het winningsplan Groningen 2013 (hoofdstuk 3). Vervolgens wordt het Meet- en Monitoringsplan behandeld (hoofdstuk 4). Ten slotte volgt het advies (hoofdstuk 5).

[1] Zie kamerstukken: KST, 2012-2013, 33529, nr.1 en KST, 2012 -2013, 33529, nr. 25.

2. Ontwikkelingen januari – december 2013

2.1 Uitgevoerde onderzoeken

Na het advies van SodM van 22 januari 2013 over de toegenomen seismiciteit in de provincie Groningen[2] heeft de Minister van EZ elf onderzoeken in gang gezet, begeleid door de Stuurgroep "Onderzoek Aardbevingen Groningen"[3]. Daarnaast heeft de minister van EZ de NAM gevraagd vóór 1 december 2013 een wijziging Winningsplan Groningen in te dienen, waarin de daarvoor relevante onderzoeksresultaten worden betrokken[4]. De minister van EZ heeft SodM gevraagd hem over dit Winningsplan te adviseren.

De planning van de onderzoeken is opgenomen in een brief van 28 maart 2013[5]. Zie onderstaand overzicht:

	Onderzoek	Gereed
1.	Inventarisatie preventieve maatregelen	Juni 2013
2.	Quick scan naar mogelijke effecten op vitale infrastructuur	Juni 2013
3.	Schadepatroon bij hoger maximum beving	December 2013
4.	Beïnvloedingscirkel bij hoger maximum beving	December 2013
5.	Bepaling maximum beving	December 2013
6.	Alternatieve winningstechnieken	December 2013
7.	Mogelijkheden kwaliteitsconversie	December 2013
8.	Mogelijke financiële effecten op inkomsten Staat	December 2013
9.	Leveringscontracten	December 2013
10.	Waardedaling	Juni 2013
11.	Verankeren onafhankelijkheid schadeprocedures	Maart 2013

Figuur 1: Overzicht van de 11 onderzoeken

Bij haar werkzaamheden werd de stuurgroep inhoudelijk ondersteund door twee technische begeleidingscommissies: de Technische Begeleidingscommissie Ondergrond (TBO) en de Technische Begeleidingscommissie Bovengrond (TBB). De TBO heeft de onderzoeken 5 en 6 begeleid en de resultaten beoordeeld. De TBB heeft de onderzoeken 1, 2, 10 en 11 begeleid en de resultaten beoordeeld. Op verzoek van de Minister van EZ hebben deskundigen van SodM, TNO en KNMI zitting genomen in de TBO. Tevens heeft een bouwkundige van SodM zitting gehad in de TBB.

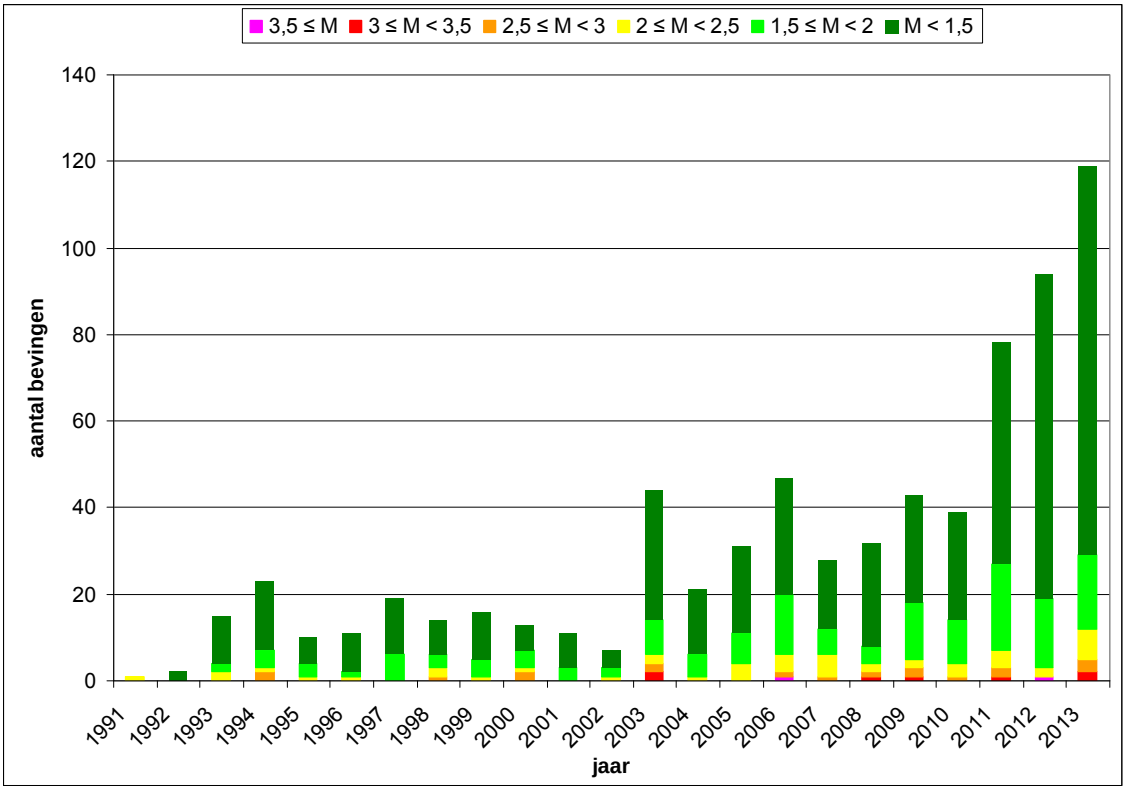
Voor de onderbouwing van het ingediende winningsplan Groningen 2013 zijn de resultaten van de onderzoeken 1, 4, 5 en 6 van belang. Het winningsplan Groningen 2013 omvat echter meer dan de resultaten van deze onderzoeken. Naast alternatieve winningstechnieken (onderzoek 6) en de maximum beving (onderzoek 5) komen in het winningsplan Groningen 2013 ook aan de orde: het seismisch risico, bodemdaling en maatregelen om

[2] http://www.sodm.nl/sites/default/files/redactie/brief_sodm_13010015.pdf
[3] KST, 2012-2013, 33529, nr.2
[4] KST, 2012-2013, 33529, nr.1
[5] KST, 2012-2013, 33529, nr.20

bodembewegingen te voorkomen of te beperken. In hoofdstuk 3 komt de beoordeling van al deze thema's aan de orde.

2.2 Toename aantal aardbevingen

Naast het werk aan de onderzoeken, heeft in het afgelopen jaar ook de bodem in Groningen niet stil gestaan. Het aantal (geregistreerde) aardbevingen in het Groningen veld is het afgelopen jaar, net zoals in de laatste jaren, verder toegenomen. Dit blijkt uit onderstaande grafiek, die gebaseerd is op registraties van het KNMI. Het aantal geregistreerde aardbevingen in 2013 bedroeg 119, waarvan 29 met een sterkte groter dan 1,5 op de schaal van Richter. In de grafiek is ook een toename van het aantal zwaardere, schadeveroorzakende aardbevingen zichtbaar.



Figuur 2: Overzicht van het aantal bevingen in Groningen per sterkteklasse (bron: KNMI)

Uit de onderzoeken die in 2013 zijn uitgevoerd blijkt dat deze toename van de seismische activiteit te maken heeft met de toename van de samendrukking (compactie) van het reservoirgesteente in het Groningen gasveld. Op zijn beurt hangt compactie samen met de hoeveelheid gas die aan het reservoirgesteente wordt onttrokken. Hoe meer gasproductie, hoe meer aardbevingen en hoe meer zwaardere, schadeveroorzakende aardbevingen [ref.1]. In hoofdstuk 3 wordt dit thema verder uitgewerkt.

3. Beoordeling Winningsplan

3.1 Werkwijze

Het winningsplan Groningen 2013 borduurt voort op het winningsplan Groningen 2007. NAM heeft ervoor gekozen om het plan totaal te vernieuwen. Om die reden heeft SodM besloten om het plan op dezelfde wijze te beoordelen als een “nieuw” winningsplan. Dat houdt in dat het plan op drie aspecten is getoetst: de volledigheid van het plan, de wijze van winning (“planmatig beheer”) en de risico’s die aan de winning verbonden zijn vanwege bodemdaling en aardbevingen. De keuze voor deze drie aspecten vloeit voort uit de Mijnbouwwet. Deze wet stelt dat de minister van EZ op basis van deze onderwerpen zijn instemming met het winningsplan kan onthouden of aan zijn instemming voorwaarden en/of beperkingen kan verbinden.

Het ingediende Meet- en Monitoringsplan maakt geen deel uit van het winningsplan Groningen 2013, maar hangt er wel mee samen. Het winningsplan is gebaseerd op artikel 34 van de Mijnbouwwet. Het Meetplan is gebaseerd op artikel 30 van het Mijnbouwbesluit. In het Meetplan wordt vastgelegd hoe bodembeweging door gasproductie (bodemdaling, seismiciteit) wordt gemeten. Het Meetplan moet jaarlijks worden geactualiseerd en voor instemming worden voorgelegd aan SodM. In het geval van Groningen heeft NAM ervoor gekozen om het meetplan samen te voegen met een monitoringsplan en voor instemming voor te leggen aan de minister van EZ.

Bij de beoordeling van het Meet- en Monitoringsplan heeft SodM geverifieerd of NAM het meten van de bodembeweging adequaat en doeltreffend zal uitvoeren.

3.2 Volledigheid

De Mijnbouwwet (Mbw) en het Mijnbouwbesluit (Mbb) bevatten regels over de inhoud van een winningsplan. Deze regels zijn opgenomen in artikel 35 van de Mijnbouwwet en in artikel 24 van het Mijnbouwbesluit. Om een goed advies te kunnen geven over het winningsplan, moet het plan compleet zijn. Daarom is dit het eerste beoordelingspunt.

3.2.1 Conclusie Volledigheid

Alle vereiste onderwerpen komen in het winningsplan Groningen 2013 aan de orde. Bij de kwaliteit van de verschillende onderdelen van het winningsplan Groningen 2013 plaatst SodM opmerkingen. Deze worden in de volgende paragrafen besproken.

3.3 Planmatig beheer

3.3.1 Wat is planmatig beheer?

Het begrip “planmatig beheer” komt op verschillende plaatsen voor in de Mijnbouwwet. Planmatig beheer betekent dat de winning van het gas op een doelmatige en verantwoorde manier moet plaatsvinden[6]. Het doel hiervan is het zo goed mogelijk benutten van het

[6] KST, 1998-1999, nr.7, p.38

aardgas als onze nationale bodemschat en het voorkomen dat onnodig gas in de grond achterblijft. De Mijnbouwwet gaat ervan uit dat de vergunninghouder zich inspant om het gas volgens de beginselen van planmatig beheer te exploiteren. Als uit het winningsplan blijkt dat de exploitatie onvoldoende in lijn is met het principe van planmatig beheer, dan kan de Minister van EZ zijn instemming met het winningsplan weigeren.

3.3.2 Opmerkingen SodM

a. gas in het Carboon

Op p.1, sectie A2, van het winningsplan Groningen 2013 staat dat het plan alleen betrekking heeft op de winning van aardgas uit een zandsteenlaag die wordt aangeduid met "Rotliegend" (de Duitse aanduiding "Rot" betekent "rood" en verwijst naar de rode kleur van de zandsteen). Onder deze zandsteenlaag bevindt zich echter een gesteentepakket, dat aangeduid wordt met "Carboon". Dit gesteentepakket bevat steenkoollagen (Engels: carbon = koolstof), maar ook poreuze zandsteenlagen. Het is bekend dat deze zandsteenlagen in het Carboon voor een deel gasvoerend zijn. Alleen, die zandsteenlagen zijn niet erg goed doorlatend en bovendien staan de verschillende gesteentelagen niet goed met elkaar in verbinding. Dat bemoeilijkt het winnen van gas uit deze gesteentelagen.

In het Besluit wijziging winningsplan Groningen van 21 december 2007, kenmerk ET/EM/7159161[7], heeft de Minister van EZ bepaald dat het moeilijk te winnen gas uit het Carboon niet uit het oog mag worden verloren. In het winningsplan Groningen 2013 schrijft NAM op p.14 over het Carboon:

> "(..) dat de ontwikkeling van het Carboon met grote technische en financiële risico's gepaard gaat, en daarom tot nader order is uitgesteld."

Het argument om de ontwikkeling van het Carboon uit te stellen vindt SodM valide. Al vindt SodM het -uit oogpunt van planmatig beheer- van belang dat dit gas niet buiten beeld raakt. Bij toekomstige herzieningen van het winningsplan Groningen zou NAM telkens moeten nagaan of er mogelijkheden zijn om het gas uit het Carboon op een verantwoorde manier te winnen.

b. Groningenplafond

De omvang van de productie van het Groningen gasveld wordt vooral bepaald door de afnamevraag van GasTerra op basis van de fluctuerende marktvraag binnen de grenzen van het vastgestelde Groningen plafond. Het Groningen plafond is de totale hoeveelheid gas uit het Groningen veld, die op grond van artikel 55 van de Gaswet over een bepaalde periode door GasTerra mag worden afgenomen. Deze hoeveelheid wordt tenminste eenmaal per vijf jaar vastgelegd in een ministerieel besluit. Dit besluit is gericht aan GasTerra, niet aan NAM.

SodM merkt op, dat de vaststelling van het plafond onderdeel behoort uit te maken van de voorschriften (op grond van de Mijnbouwwet art.36, 2^{e} en 3^{e} lid) die aan de ministeriële

---

[7] Zie de website van het Nederlandse Olie en Gasportaal: http://www.dinodata.nl/deliverables/sync/NLOG_FieldAsset_2353_20071224-1-01_NAMwiplaGRON_Matig-20080107-171237.PDF

instemming met het winningsplan verbonden worden. Het winningsplan moet hierin leidend zijn.

c. productiefilosofie

In sectie B5.1 (productiefilosofie) van het winningsplan Groningen 2013 merkt NAM op dat 'planmatig beheer' en 'verantwoord opereren' twee aspecten zijn van het winningsplan.

In de paragraaf over 'verantwoorde gasproductie' merkt NAM op dat er een Borgingsprotocol Seismisch Risico is gemaakt met een bijbehorend Meet- en Monitoringsplan. Dit protocol moet "de beheersing van de seismische activiteit waarborgen om te voorkomen dat het risico de acceptabele grenzen gaat overschrijden", aldus NAM. Of dit daadwerkelijk het geval is, toetst SodM in paragraaf 3.4.5, waar het "Borgingsprotocol" aan de orde komt. De conclusie in die paragraaf is dat er onvoldoende sprake is van een systematische beheersing van het seismisch risico.

d. verlenging productieperiode

Het winningsplan Groningen 2013 voorziet in een verlenging van de levensduur van het Groningen veld van het jaar 2068 (winningsplan 2007) tot 2080 (winningsplan Groningen 2013).
Gelet op het langjarige karakter van gascontracten en de lange termijn energievoorziening van Nederland is het goed dat NAM het productieplaatje schetst voor de hele levensduur van het Groningen veld. Vanwege het seismische risico dat aan de gaswinning is verbonden, is het noodzakelijk dat NAM het plan jaarlijks ijkt en aan de hand daarvan het winningsplan Groningen ten minste iedere vijf jaar actualiseert, of zoveel eerder als noodzakelijk. Zie ook de opmerkingen van SodM over het Borgingsprotocol in paragraaf 3.4.5.

3.3.3 Conclusies Planmatig Beheer

- NAM zou de mogelijkheden van de winning van gas uit het Carboon in de toekomst opnieuw moeten bezien.
- De vaststelling van het Groningenplafond behoort onderdeel uit te maken van de voorschriften bij het winningsplan. Het winningsplan moet hierin leidend zijn.
- NAM's productiefilosofie houdt onvoldoende rekening met een systematische beheersing van het seismisch risico.
- De levensduur van het Groningen veld is in het winningsplan Groningen 2013 verlengd tot 2080. Vanwege het seismische risico dat aan de gaswinning is verbonden, vindt SodM het noodzakelijk dat NAM het plan jaarlijks ijkt en aan de hand daarvan het winningsplan Groningen ten minste iedere vijf jaar actualiseert, of zoveel eerder als noodzakelijk.

3.4 Bodembeweging

3.4.1 Leeswijzer bodembeweging

Het onderdeel 'bodembeweging' van het winningsplan Groningen 2013 gaat over twee aspecten, namelijk 'bodemdaling' en 'aardbevingen'. Vanwege het belang van dit onderdeel zijn beide aspecten uit het winningsplan Groningen 2013 grondig beoordeeld.

Allereerst komen de mate van bodemdaling door de gaswinning en de onzekerheden daarin aan de orde. Vervolgens is het seismisch risico beoordeeld. Het gaat dan over de vraag: hoe groot is het risico dat de bevolking loopt in termen van schade en letsel als gevolg van aardbevingen door de gaswinning. Daarna is beoordeeld of het winningsplan Groningen 2013 voorziet in mogelijkheden om de seismische activiteit te beperken, bijvoorbeeld door beperking van de gasproductie. Ten slotte is het borgingsprotocol voor aardbevingsrisico's behandeld.

De onderwerpen 'bodemdaling' en 'seismisch risico' worden hierna volgens een vast stramien besproken. Eerst komt de positie van NAM aan de orde. Het gaat dan om de uitgangspunten die NAM hanteert bij de verschillende aspecten van bodembeweging. Deze uitgangspunten zijn afgeleid uit het winningsplan Groningen 2013. Daarna worden de belangrijkste opmerkingen van de TBO en TBB vermeld over de onderzoeksrapporten 1, 5 en 6. Dat zijn de rapporten die belangrijke bouwstenen zijn geweest voor het winningsplan Groningen 2013. De opmerkingen van de TBO en de TBB zijn van belang voor het advies van SodM, omdat ze breed worden gedragen door deskundigen van verschillende partijen. Tenslotte volgt de beoordeling van SodM. Aan het einde van hoofdstuk 3 wordt een overzicht gegeven van de conclusies van SodM.

3.4.2 Bodemdaling

a. Positie NAM in winningsplan Groningen

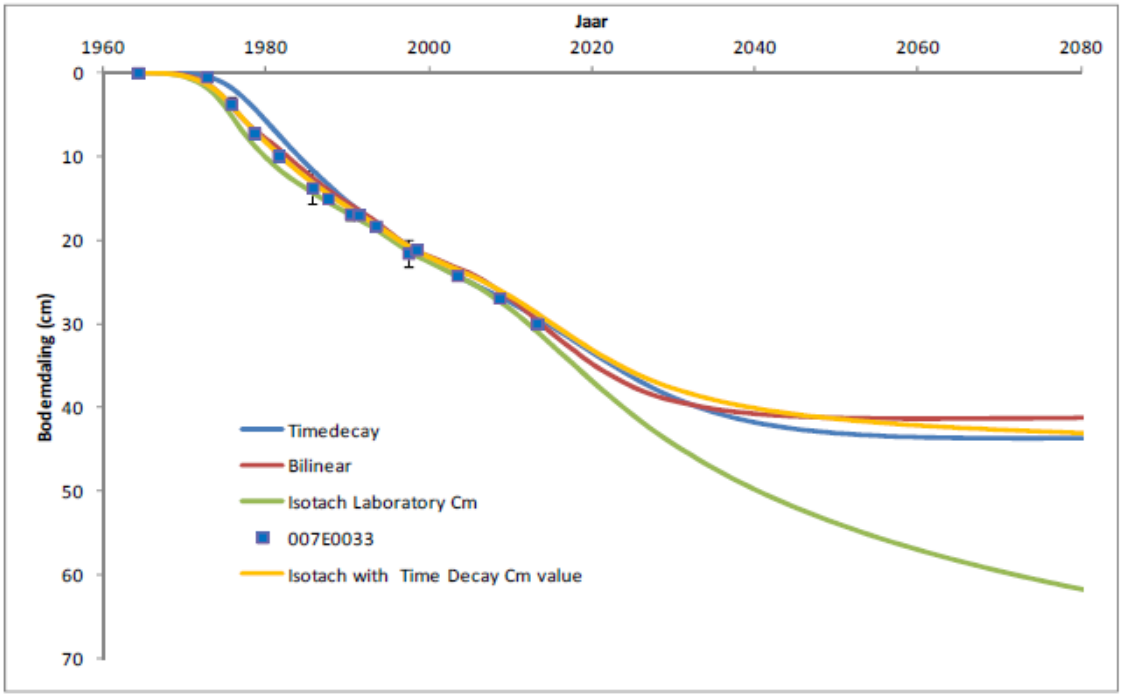
In het winningsplan Groningen 2013 heeft NAM een prognose gegeven voor de verwachte mate van bodemdaling met een inschatting van de onzekerheden daarin. De belangrijkste wijzigingen ten opzichte van het winningsplan Groningen 2007 zijn 1) de actualisering van de geologische en dynamische reservoirmodellen, en 2) het toepassen van enkele alternatieve compactiemodellen, met als voorkeurmodel een op diffusie gebaseerd compactiemodel (time decay model) voor het reservoirgesteente.

De gaswinning is gestart in 1963. Uit sectie C2.1 van het winningsplan Groningen 2013 blijkt, dat de maximale bodemdaling door gaswinning in de periode 1972 – 2008 minder dan 30 cm bedroeg[8]. Uit het winningsplan Groningen 2013 blijkt niet goed hoeveel bodemdaling in de periode 2008 – 2013 is opgetreden. Op pagina 21 wordt uitgelegd dat de bodemdaling over de periode 2013 – 2080 volgens het marktvraag productie-scenario naar verwachting 18 cm zal bedragen (time decay model).

[8] Uit het winningsplan Groningen blijkt dat de bodemdaling over de periode 1964 – 1972 minder dan 2 cm bedroeg in het diepste punt..

NAM geeft aan dat alternatieve modellen (het bi-lineaire compactiemodel, het isotachen compactiemodel met geoptimaliseerde parameters en het isotachen compactiemodel met in het laboratorium bepaalde compressibiliteiten) laten zien dat de nog op te treden bodemdaling uiteen kan lopen van 16 cm tot 34 cm.

Uit onderstaand Figuur 3 blijkt dat de totale bodemdaling over de periode 1972 – 2080 uiteen kan lopen van 41 tot 62 cm ter plaatse van een bepaald peilmerk (007E0033) gelegen in het centrale deel van het gasveld.



Figuur 3: Verloop in de tijd van de bodemdaling volgens verschillende compactiemodellen (Figuur C6 uit het winningsplan Groningen 2013 NAM).

b. Review TBO

In het review op onderzoek 6 [ref. 2] geeft de TBO aan dat zij graag zou zien dat de in de modellen gehanteerde parameters die ten grondslag liggen aan NAM's bodemdalings-berekeningen, zoals compressibiliteit, poisson ratio en rigid-basement diepte, worden geëxpliciteerd. NAM trekt in het rapport van onderzoek 6 de conclusie dat het effect van de verschillende productiescenario's op de compactievolumes klein is, vergeleken bij het effect van de verschillende compactiemodellen. De TBO is van mening dat nader bekeken moet worden of - bij gelijke parameters in de modellen - deze conclusie van NAM blijft staan. De TBO merkt tevens op dat NAM in de grafieken de gemiddelde te verwachten waarde (de expectation) laat zien, maar de onzekerheden niet aangeeft. Voor eventuele conclusies is het relevant te weten hoe de verschillen tussen de compactiemodellen zich verhouden tot die marge.

Met betrekking tot de parameterkeuze merkt de TBO op dat onduidelijk is welke relaxatietijd is gebruikt bij het berekenen van de cumulatieve compactie. NAM noemt dat een relaxatietijd van vijf jaar (met een onzekerheid van plus of min vijf jaar) de beste overeenkomst met de geobserveerde bodemdaling geeft.

Onder deskundigen bestaat nog geen consensus over het fysisch compactiemodel dat de afhankelijkheid van de compactie van de drukdaling in de tijd het beste beschrijft. Hiervoor bestaan verschillende hypothesen die op basis van de huidige bodemdalingsmetingen alle valide zouden kunnen zijn. De TBO vindt het belangrijk om naar een scala van compactiemodellen en parameters te kijken die de bodemdaling, binnen de foutenmarge in de bodemdalingsmetingen, even goed representeren. Op basis daarvan kan vervolgens een betere inschatting gemaakt worden van de onzekerheid in de toekomstige bodemdaling.

c. Oordeel SodM

Op verzoek van SodM heeft TNO controleberekeningen op de verwachte mate van bodemdaling uitgevoerd [ref.3]. TNO rapporteert dat de door NAM bepaalde orde van grootte van de maximaal te verwachten bodemdaling in overeenstemming is met de berekeningen van TNO. Met daarbij de opmerking dat het rate-type compactiemodel, in vergelijking met het time-decay model van NAM, een betere overeenkomst vertoont met de gemeten daling – rekening houdend met de onzekerheden in de metingen - met name aan de rand van de kom. Voor het centrum van de kom zijn de verschillen het grootst in de periode vóór 1990, waarbij opnieuw het rate-type model beter met de metingen overeenkomt.

Daarnaast plaatst TNO de kanttekening dat een deel van de locale systematische afwijkingen die worden vastgesteld tussen de gemodelleerde en gemeten bodemdaling, zeer waarschijnlijk een direct gevolg zijn van de manier waarop NAM de gesteente-eigenschappen (de porositeit) heeft gemodelleerd. Bij de interpolatie van de porositeitmetingen tussen de putten heeft NAM geen gebruik gemaakt van geologische of akoestische impedantie informatie (uit de seismiek). Ook informatie over de porositeitsverdeling die kan worden afgeleid uit de vergelijking van lokaal berekende en gemeten bodemdaling is niet meegenomen.

De door TNO geconstateerde onnauwkeurigheid van het porositeitsmodel van NAM zijn mogelijk ook de verklaring voor de verkeerde ligging van het centrum van de berekende kom ten opzichte van de gemeten positie. In werkelijkheid ligt het centrum van de kom ongeveer 5 kilometer ten zuidwesten van de berekende positie.

Met het NAM porositeitsmodel kan de veel lager dan berekende bodemdaling aan de noordwest rand van het Groningenveld niet volledig verklaard worden. NAM gebruikt daarom een dynamisch reservoirmodel met een grote waterinstroming vanuit een watervoerende laag (aquifer) ten noordwesten van het veld waardoor de drukdaling en daarmee de bodemdaling ter plaatse beperkt blijft. Een dergelijke grote waterinstroming wordt door TNO als onwaarschijnlijk gezien op basis van gemeten putdrukken en de waargenomen beweging

van het gas-water contact. Een dynamisch reservoirmodel met een veel geringere waterinstroming geeft een betere overeenkomst met de gemeten putdrukken en de beperkte beweging van het gas-water contact. Een alternatieve verklaring voor de tot nu toe geringe daling aan de noordwest rand van het veld is het vertraagd depleteren van de waterhoudende delen van het reservoirgesteente onder het gas-water contact. Soortgelijke verschijnselen worden bij Ameland en andere gasvelden in het Rotliegend waargenomen.

3.4.3 Seismisch Risico

a. Positie NAM in winningsplan Groningen 2013

In sectie C3 van het winningsplan Groningen 2013 benoemt NAM het onderwerp: Risicoanalyse bodemtrilling. In dit onderdeel merkt NAM op (p.30):

> Om het seismische risico te bepalen voor de toekomst is uitgegaan van een zogenaamde "Probabilistic Seismic Hazard Analysis (PSHA)" waarbij een Monte-Carlo analyse methode wordt gebruikt.

Het gaat hier over een "hazard analyse", dat wil zeggen een analyse die niet verder gaat dan de berekening van grondversnellingen die als gevolg van een aardbevingen kunnen optreden. Daarmee wordt het potentiële gevaar in kaart gebracht. Een risico-analyse gaat een stap verder en brengt ook in kaart wat de gevolgen kunnen zijn voor infrastructuur, gebouwen en mensen die zich in en rond die gebouwen bevinden. Bij de onderliggende rapporten die NAM bij het winningsplan Groningen 2013 heeft gevoegd bevindt zich onderzoeksrapport 1 van ARUP dat wél ingaat op het seismische risico voor gebouwen en mensen. NAM vat in de oplegnotitie bij de onderliggende rapporten de bevindingen van ARUP als volgt samen:

> Op basis van de berekeningen valt het op dit moment niet uit te sluiten, dat op termijn bevingen mogelijk zijn met een magnitude, waarbij gebouwen zwaar beschadigd kunnen raken of zelfs zouden kunnen instorten, indien deze gebouwen niet verstevigd zouden zijn. Zonder versteviging kunnen slachtoffers derhalve niet volledig uitgesloten worden.

In de aanbiedingsbrief bij het winningsplan Groningen 2013 (p.2) stelt NAM:

> De voorgestelde activiteiten in dit Winningsplan zijn gebaseerd op NAM's beoordeling van deze risico's en de bijbehorende beheersing daarvan tot ALARP (As Low As Reasonable Practical) niveaus.

En:

> Op dit moment wordt het veiligheidsrisico beoordeeld als acceptabel.

Echter, uit het winningsplan Groningen 2013 en de onderliggende rapporten blijkt niet duidelijk waarop NAM dit oordeel baseert.

b. Positie NAM in toelichting op Winningsplan Groningen 2013

Op 23 december 2013 heeft NAM op verzoek van de Minister van EZ een toelichting op het winningsplan Groningen 2013 ingediend. In bijlage 2 van deze toelichting wordt nader ingegaan op de seismisch risico analyse. NAM gebruikt voor deze analyse voornamelijk "interne standaarden". Hierbij hanteert NAM het beslismodel van de Britse olie- en gaswinningsbrancheorganisatie 'Oil & Gas UK' om inzicht te geven in de wijze waarop

invulling moet worden gegeven aan de zorgplicht. NAM concludeert:

> In dit geval valt het risico echter in categorie C: het is een nieuw soort risico, met significante onzekerheden, een grote sociale en economische impact en sterke (afwijkende) zienswijzen en belangen. De tussenliggende QRA en kosten-baten-analyse (CBA) is maar ten dele een valide instrument om een solide brug te vormen.

Hierbij dient opgemerkt te worden dat voor het maken van beslissingen bij deze categorie "company values" en "societal values" leidend zijn. NAM stelt:

> De "company values" vormen de kern van deze notitie (en gekozen insteek) omdat deze ingaat op het NAM interne beleid en standaarden. Het element "societal values" is in deze notitie niet in detail geduid ....

Binnen NAM wordt de Risk Assessment Matrix (RAM) gebruikt om bedrijfsrisico's te duiden. Op basis hiervan concludeert NAM dat de effecten voor aardbevingsrisico's op dit moment voor 'reputatie' en 'bedrijfsmiddelen' in de gele en/of rode categorieën terecht komen. In de toekomst voorspelt NAM dat ook het effect voor 'mensen' en 'milieu' de potentie hebben om in de gele en/of rode categorieën terecht te komen. Voor risico's in deze categorieën dient volgens de gangbare procedures een Bow-tie te worden opgesteld met als doel de risico's, middels barrières tussen het gevaar en de consequenties, te verlagen tot "ALARP"[9] niveau. NAM stelt:

> Een risiconiveau van 10^{-6} (een kans van één op de miljoen per jaar dat een persoon sterft ten gevolge van een risico) of lager is algemeen geaccepteerd.

En:

> ... het ALARP-gebied heeft (in de Nederlandse situatie) de 10^{-5} als basis veiligheidsniveau ... risico's boven de 10^{-4} worden in het algemeen niet geaccepteerd.

Voor de bepaling van het risiconiveau is het noodzakelijk het Plaatsgebonden Risico[10] te bepalen. NAM stelt dat het niet mogelijk is om de standaard methode die hiervoor binnen de olie- en gasindustrie gangbaar is, te gebruiken voor aardbevingsrisico's, omdat:

> ... deze niet stationair zijn en de (vele) parameters die het risico bepalen een hoge mate van onzekerheid kennen en moeilijk a priori te modelleren zijn.

Desondanks heeft NAM op basis van een combinatie van technieken (NAM: "de gangbare en andere kwantitatieve analysetechnieken") een eerste aanzet gegeven tot het berekenen van een Plaatsgebonden Risico. NAM komt hiermee voor de komende 3 jaar tot een range van 0 tot 2×10^{-5} met een verwachtingswaarde van 3×10^{-7}. NAM heeft geen inzicht in de achterliggende berekening van deze getallen gegeven, noch over de periode waarop deze getallen betrekking hebben.

c. Review TBB

De TBB merkt in zijn eindrapport [ref. 4] op, dat NAM met de seismisch risico rapportage van ARUP geen inzicht heeft gegeven in de grootte van de aardbevingsrisico's, bijvoorbeeld in vergelijking met andersoortige risico's zoals overstromingsrisico's.

---

[9] ALARP = As Low As Reasonably Practical.
[10] Plaatsgebonden Risico is een maat voor het risico dat op een bepaalde locatie heerst.

Eén van de eindconclusies van de TBB luidt:

> Gezien de grote onzekerheden die er zowel ten aanzien van de seismische hazard (de input voor onderzoeken 1 en 2) als voor de bovengrondse effecten van bevingen voorlopig zullen blijven bestaan, is het voor het afwegen van alle risico's en belangen essentieel te weten hoe groot de risico's zijn – ook in vergelijking met bijv. overstromingsrisico's – en of er gelet op de risico's voldoende tijd is om die onzekerheden te reduceren.

SodM merkt op, dat de TBB niet de beschikking heeft gehad over de nagekomen toelichting van NAM op het winningsplan (23 december 2013). Voor de eindconclusie van de TBB maakt dat echter niet uit, omdat NAM in de nagekomen toelichting evenmin een vergelijking geeft met overstromingsrisico's.

d. Oordeel SodM

De belangrijkste kritiek op NAM's analyse van de aardbevingsrisico's is, dat zij dit benadert alsof dit industriële risico´s voor gevaarlijke inrichtingen zijn. Hierbij maakt zij gebruik van de hazard (de grondversnelling en/of sterkte van een beving) die met een overschrijdingskans van respectievelijk 50% en 10% kan optreden. Overschrijdingskansen van 50% en 10% geven voor gevaarlijke inrichtingen een redelijke indicatie van de te verwachten schade bij lekkages of ontploffingen. Bij aardbevingen is het karakter van het risico geheel anders. Wiskundigen gebruiken voor de beschrijving daarvan een Paretoverdeling [zie ook onderzoek 5]. Daarbij ontstaat het grootste risico niet door bevingen met een 50% overschrijdingskans, maar juist door de veel zeldzamere bevingen met hoge magnitudes die gepaard kunnen gaan met hoge grondversnellingen. In Groningen geldt dat volgens de risicoanalyse van ARUP al voor aardbevingen met een sterkte boven de 4,5. Bepaling van risico's op basis van magnitudes of grondversnellingen met een jaarlijkse overschrijdingskans van 50% of 10%, zoals door NAM wordt gedaan, leidt dan tot een aanzienlijke onderschatting van de werkelijke risico's. Om aardbevingsrisico's goed in kaart te brengen wordt wereldwijd een jaarlijkse overschrijdingskans voor de grondversnelling van 0,2% gehanteerd. Bestaande internationale normen zoals de "Uniform building code" uit de Verenigde Staten, de "Building standard law" uit Japan en de "Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistence" in Europa zijn op deze overschrijdingskans gebaseerd.

In de appendix van Bijlage 2 van de toelichting op het winningsplan Groningen 2013 geeft NAM de methodiek om te komen tot een berekening van het risico, waarbij de, in de olie- en gasindustrie gangbare en andere kwantitatieve analysetechnieken zijn gebruikt. Daarbij wordt door NAM gesproken over een berekening van een "Plaatsgebonden Risico". De beschrijving van de manier waarop dit risico door NAM is berekend, is onduidelijk. Deze onduidelijkheid betreft ondermeer de manier waarop overschrijdingskansen gecumuleerd zijn en de manier waarop het gemiddelde is berekend over het aantal personen dat blootgesteld kan worden. Volgens de definitie is het Plaatsgebonden Risico echter locatie specifiek en onafhankelijk van de aanwezigheid van mensen. NAM heeft derhalve geen Plaatsgebonden Risico bepaald. De NAM berekening is ook geen bepaling van het individuele risico of voor de kans op overlijden van één persoon [ref. 5]. De vergelijking hiervan met de "ALARP" normen, zoals NAM vervolgens doet, is dan ook niet mogelijk. Overigens heeft NAM de

achterliggende gegevens voor het door NAM berekende risico niet aangeleverd, waardoor deze door SodM niet beoordeeld konden worden.

Tenslotte heeft NAM de Risico matrix methode (RAM) gebruikt om het bedrijfsrisico als gevolg van de aardbevingen in Huizinge en Zandeweer in te schalen. NAM schat in dat alle 4 de onderdelen (“mensen”, “bedrijfsmiddelen”, “milieu” en “reputatie”) in ieder geval het potentieel hebben om in de gele en/of rode categorieën terecht te komen. Om het risico voor toekomstige aardbevingen in te schatten, is deze aanpak echter niet geschikt. Mogelijk is hier verwarring opgetreden met een ander gebruik van de RAM: het prioriteren van onderzoek na een incident [ref. 5].

SodM seismisch risico analyse

Omdat NAM geen adequaat inzicht geeft in de aardbevingsrisico’s, heeft SodM eigen berekeningen van het seismisch risico gemaakt [ref. 6]. Deze berekeningen zijn gemaakt op basis van de PSHA, zoals beschreven in de technische bijlage bij het winningsplan Groningen 2013, de rapportages van onderzoeken 5 en 6 en de resultaten uit onderzoeksrapport 1 van ARUP. De analyse van SodM is beoordeeld door twee onafhankelijke partijen: het RIVM [ref. 7] en ir.Chr.Pietersen [ref. 8], een gerenommeerd deskundige op het gebied van veiligheidsanalyses.

Uit de analyse volgt dat het risico ten gevolge van door gaswinning veroorzaakte aardbevingen met een epicentrum in het gebied tussen Huizinge, Zandeweer en Hoeksmeer, in vergelijking met andere industriële risico’s in de maatschappij, hoog is.

Groepsrisico

NAM bepaalt geen risico op grotere aantallen slachtoffers, het groepsrisico [ref. 5]. In Nederland kennen we geen wettelijke norm voor het groepsrisico. Een zo goed mogelijke inschatting van het groepsrisico is echter van belang omdat deze gebruikt kan worden om te bepalen hoe het risico van aardbevingen zich verhoudt tot de risico's van andere risicovolle activiteiten.

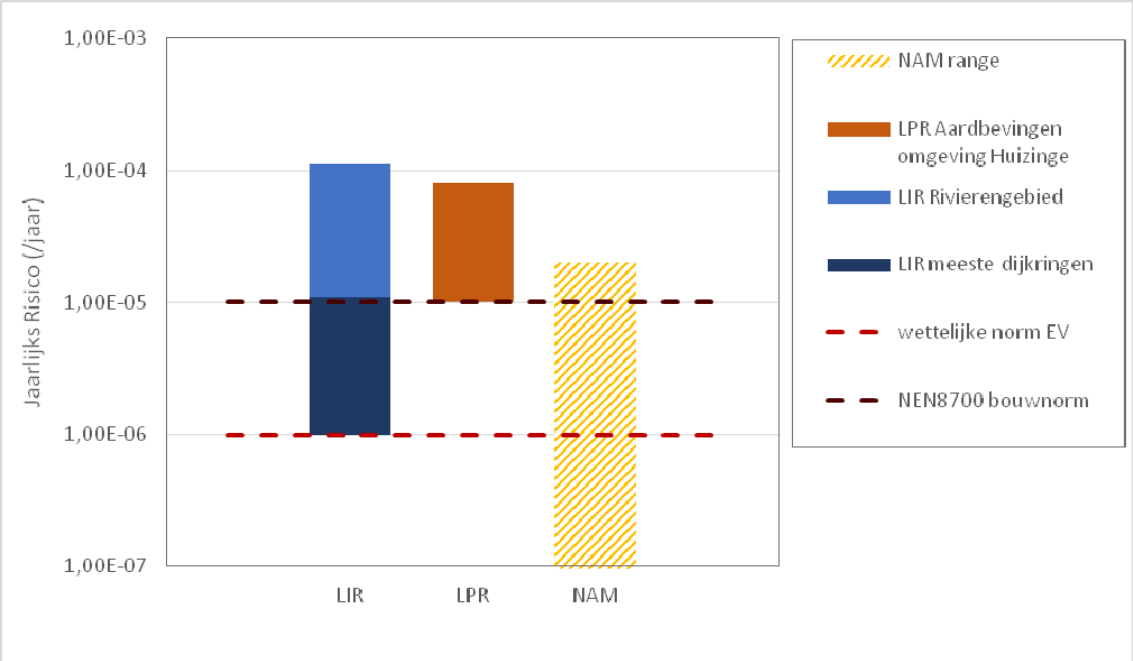
N.B. Het is belangrijk vooraf te vermelden dat -omdat de onderlinge verschillen tussen de beschouwde activiteiten groot zullen zijn - de vergelijking van deze risicovolle activiteiten **indicatief** van aard is.

Uit de analyse van SodM blijkt dat het groepsrisico door aardbevingen in het gebied tussen Hoeksmeer, Zandeweer en Huizinge **vergelijkbaar** is met het landelijk groepsrisico bij overstromingen. In vergelijking met het groepsrisico in andere externe veiligheidssectoren en in vergelijking met het groepsrisico voor Schiphol is het groepsrisico door aardbevingen **hoog**.

Plaatsgebonden Risico

Voor 90% van de huizen binnen een straal van 15 km van de Huizinge beving geldt dat het Lokaal Persoonlijk Risico (LPR; te vergelijken met het Plaatsgebonden Risico [zie ref. 6]) ten gevolge van door gaswinning geïnduceerde aardbevingen tussen de 10^{-5} en 10^{-4} per jaar ligt

[Figuur 4]. De risico's die bewoners in deze huizen ten gevolge van door gaswinning geïnduceerde aardbevingen lopen zijn **vergelijkbaar** met het Lokaal Individueel Risico (LIR)[11] bij overstromingen voor bewoners in het rivierengebied. De risico's voor deze huizen zijn **hoger** dan de bouwcodenormen die internationaal voor natuurlijke aardbevingen en nationaal voor andere (vergelijkbare) risico's ten gevolge van belastingen op huizen worden aangehouden. Het hoogste LPR in dit gebied, van ca. 7 x 10^{-5} per jaar, geldt voor een persoon in een huis uit de klasse "niet versterkte bakstenen huizen van vóór 1920".



Figuur 4: Het Lokaal Persoonlijk Risico (LPR) voor aardbevingen in de omgeving van Huizinge in relatie tot het Lokaal Individueel Risico (LIR) voor overstromingen, de wettelijke norm voor Externe Veiligheidsinrichtingen (EV) en de NEN 8700 bouwnorm voor belastingen op huizen.

In vergelijking met de "ALARP" normen is het LPR voor 90% van de huizen binnen een straal van 15 km van de Huizinge beving hoger dan het basis veiligheidsniveau van 10^{-5}/jaar. Risico's tussen de 10^{-5}/jaar en 10^{-4}/jaar worden alleen geaccepteerd voor onvrijwillige risico's afkomstig van activiteiten van nationaal belang, maar worden mede begrensd door het maatschappelijke draagvlak[12]. Hierbij moet opgemerkt dat het bovengenoemde LPR een gemiddelde is voor de komende 3 jaar. Door de toenemende compactie zal de kans op (zwaardere) bevingen en daarmee het seismisch risico de komende jaren in het gebied verder toenemen.

---

[11] Het Lokaal Individueel Risico is het Plaatsgebonden Risico waarbij rekening is gehouden met de mogelijkheid tot evacuatie.

[12] Een voorbeeld hiervan zijn de burgerluchthavens waar het gebied met een plaatsgebonden risico tussen 10^{-5} en 10^{-4} per jaar als "sloopzone" wordt aangemerkt [het Luchthavenindelingsbesluit Schiphol 2002]. Op vrijwillige basis worden huizen in dit gebied aangekocht en vervolgens gesloopt. Bewoners die niet wensen te vertrekken kunnen vrijwillig blijven. Bij overlijden of latere verhuizing wordt het huis alsnog aangekocht en gesloopt.

Invloed review rapport ARUP door Bommer, Pinho en Crowley

Op 19 december 2013 heeft NAM een review van het ARUP rapport aan de TBB gestuurd [ref. 9]. De review is opvallend kritisch over het werk van Arup maar heeft geen wezenlijke gevolgen voor conclusies van SodM ten aanzien van de seismische risico's in Groningen die mede op de resultaten van Arup zijn gebaseerd (zie bijlage 1).

Wel onderschrijft SodM de aanbeveling dat NAM op zo kort mogelijke termijn een volledig probabilistische seismisch risicoanalyse uitvoert.

Invloed NAM hazard analyse

De basis voor de SodM risico analyse vormt de NAM hazard analyse uit de onderzoeken 5 en 6, samengevat in de Technische bijlage bij het winningsplan Groningen 2013[13]. Op verzoek van SodM heeft TNO op de NAM hazard analyse een aantal controleberekeningen uitgevoerd [ref. 3]. Op basis hiervan plaatst TNO kanttekeningen bij de door NAM gebruikte methodiek om de grondversnellingen te berekenen (zie Bijlage 2 bij dit advies). SodM heeft onderzocht in hoeverre haar berekeningen van het risico beïnvloed worden door deze kanttekeningen.

In essentie stelt TNO de resultaten van de hazard berekening van NAM ter discussie. Het KNMI heeft in onderzoek 4, op basis van de geregistreerde seismiciteit tussen 1991 en 1-10-2013, een onafhankelijke Probabilistische Seismische Hazard Analyse uitgevoerd [ref.10]. De resultaten van deze analyse zijn (voor de grondversnellingen) voor de komende jaren vergelijkbaar met de resultaten van hazardanalyse van NAM.

Aangezien de door het KNMI onafhankelijk bepaalde hazards vergelijkbaar zijn met de resultaten van de NAM, kan geconcludeerd worden dat de conclusies van de risicoanalyse van SodM [ref.6], voor de komende drie jaar en bij de geplande productie van NAM, niet wezenlijk worden beïnvloed door de, door NAM in onderzoeken 5 en 6 gebruikte, methodiek om de hazards te berekenen (zie bijlage 2). De invloed op het berekende hazard van alternatieve productiescenario's wordt besproken in paragraaf 3.4.4.

3.4.4 Invloed van gasproductie op de seismische activiteit

a. Positie NAM

In Sectie B5 van het winningsplan Groningen 2013 gaat NAM in op de productiestrategie van het Groningen veld. Uit de tekst blijkt dat enkele alternatieve productiescenario's zijn doorgerekend om een beeld te krijgen van het effect daarvan op de seismische hazard. In Bijlage 1 van de toelichting op het winningsplan Groningen 2013 (dd. 23-12-2013) zijn op verzoek van de Minister van EZ nog een aantal aanvullende scenario's doorgerekend. De conclusie van NAM is, dat er drie scenario's zijn die –ten opzichte van het voorkeursscenario – tot een wat grotere reductie van de seismiciteit leiden. Behalve voor het scenario van het stopzetten van de productie en voor het scenario van stikstofinjectie, geldt dit voor het

[13] NAM, *Technical Addendum to the Winningsplan Groningen 2013, Subsidence, Induced Earthquakes and Seismic Hazard Analysis in the Groningen Field*, november 2013

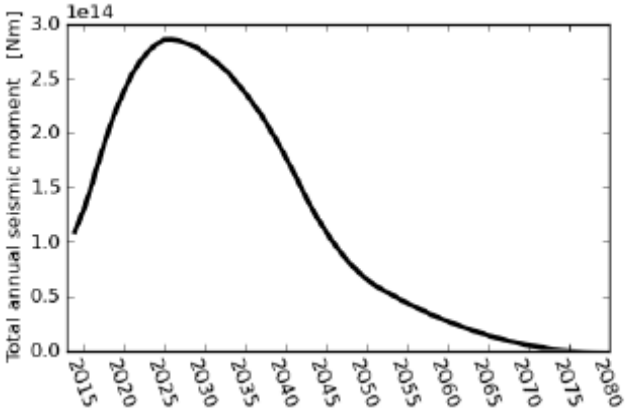
uitvoeren van een alternatieve productiefilosofie (preferent winnen in het zuiden) in combinatie met het verminderen van de productie.

Uiteindelijk kiest NAM ervoor om **niets** aan de huidige productiestrategie te veranderen. In de begeleidende brief bij het winningsplan verwoordt NAM het zo:

> NAM stelt verder geen productiereductiemaatregel voor die verder gaat dan de al aangegeven productie-afname, welke, zoals vermeld, gerelateerd is aan het Groningen plafond en de afnemende capaciteit. Een gedeeltelijke productiereductie zal naar verwachting alleen het aantal bevingen in de tijd spreiden, maar niet de maximale magnitude beïnvloeden.

In de bijlage bij het winningsplan Groningen 2013[14] laat NAM in een grafiek op p.124 zien dat de seismische energie die jaarlijks vrijkomt, de komende jaren sterk zal toenemen door de (geplande) gasproductie en daaruit resulterende samendrukking (compactie) van het reservoirgesteente. Na langere tijd (orde van grootte 15 jaar) zal de jaarlijkse vrijkomende hoeveelheid seismische energie (moment) weer afnemen door de teruglopende productie.

Tegelijkertijd geeft NAM in het winningsplan Groningen 2013 aan dat er een grote mate van onzekerheid is in het verloop van de curve uit Figuur 5. Deze onzekerheid neemt in de tijd sterk toe.



Figuur 5: Verwachte jaarlijkse hoeveelheid seismische energie (seismic moment) die vrijkomt, uitgaande van het huidige winningsplan en het huidige compactiemodel, het mediane 'seismic strain partioning' model en aangenomen dat er geen vertraging optreedt tussen teweeg gebrachte compactie en teweeg gebrachte aardbevingen (Figuur 8.5 uit bijlage A, p.124, winningsplan Groningen 2013 NAM)

b. Review TBO

De TBO tekent in zijn reviews van onderzoeken 5 en 6 [ref. 2 en 11] het volgende aan:

- Verdergaande depletie van het reservoir (verdere drukdaling) zal leiden tot meer aardbevingen en daarmee tot een grotere kans op sterkere bevingen; het niveau van de jaarlijkse gasproductie in eerste orde bepaalt hoe frequent de aardbevingen zich zullen voordoen.
- De centrale vraag van de minister voor onderzoek 5 betrof de (nieuwe) maximale sterkte van bevingen voor het Groningen gasveld. Deze vraag wordt in de rapportage van NAM niet

[14] NAM, *Technical Addendum to the Winningsplan Groningen 2013, Subsidence, Induced Earthquakes and Seismic Hazard Analysis in the Groningen Field*, november 2013

beantwoord. Daarbij moet aangetekend worden dat in de door NAM gepresenteerde hazard analyse Mmax geen rol speelt en vervangen wordt door het totaal beschikbare seismische moment.

- De TBO is van oordeel dat het serieus in overweging nemen van de alternatieve productiefilosofie (preferent winnen in het zuiden) de moeite waard is. Daarbij zou ook gekeken moeten worden naar de mogelijkheid de productie gedurende de komende jaren in het noorden geheel te stoppen.
- NAM heeft een compactiemodel gebruikt –het time-decay model- waarmee verschillen pas met een vertraging van tenminste zeven[15] jaar zichtbaar worden.
- De TBO is van mening dat er, gezien de grote onzekerheden voor de verdere toekomst, op dit moment alleen voldoende zekerheid bestaat over de seismische hazard in de komende drie tot vijf jaar.

c. Oordeel SodM

SodM onderschrijft de conclusies van de TBO. Ook de conclusie dat de seismische hazard (dreiging) voor de bewoners in het gebied van groter belang is dan de maximale sterkte (Mmax) van een aardbeving.

Op verzoek van SodM heeft TNO controleberekeningen uitgevoerd op de productiescenario´s van NAM en de gevolgen berekend voor de 'bodemdaling' en de 'seismische hazard'. Bovendien heeft TNO nog enkele aanvullende scenario´s doorgerekend. Omdat de onzekerheid in de berekeningen voor periodes langer dan drie tot vijf jaar sterk toeneemt ligt de nadruk bij de controleberekeningen op de komende drie tot vijf jaar.

De conclusies van TNO zijn onder meer:

- Het door NAM gekozen porositeitsmodel is van grote invloed op de bodemdaling en daarmee op de seismiciteit. Volgens TNO geeft het gebruikte model echter geen correct beeld van de porositeitsverdeling in het reservoirgesteente.
- NAM heeft bij de modellering van de effecten van de productie op de compactie van het gesteente aangenomen dat er zich aan de Noord-West kant van het veld een actieve aquifer bevindt. Volgens TNO is er echter geen aanleiding om dat aan te nemen. De drukken in het noordwesten en de beweging van het Gas-Water-Contact zijn beter te modelleren met het G2 model (zwakke aquifer) dan met het G1 model (sterke aquifer). Ook dit heeft gevolgen voor de ontwikkeling van de seismiciteit in het gasveld.
- Het compactiemodel dat NAM gebruikt (het time-decay model) brengt met zich mee dat de uitwerking van onderscheiden productiescenario´s pas met een vertraging van zeven jaar zichtbaar wordt. Hetzelfde geldt voor de door NAM gebruikte versie van het lineair isotachenmodel, zij het in iets mindere mate.
- TNO heeft een alternatief productiescenario doorgerekend, waarbij de productie uit een vijftal clusters in een straal van 10 kilometer rond het aardbevingsgebied van Loppersum/Middelstum

[15] In het TBO rapport staat "vijf jaar", uit de technische bijlage bij de wijziging winningsplan Groningen blijkt dat dit "zeven jaar" moet zijn (bijlage A bij het winningsplan, p. 73)

enkele jaren wordt stopgezet. Uit de berekeningen blijkt dat de compactie in het centrum van het veld dan aanzienlijk afneemt en daarmee ook de kans op grotere aardbevingen terugloopt.

Parameterkeuzes en gevolgen voor het berekende seismische hazard

In het NAM Time-Decay model wordt een tijdsconstante van 5 tot 7 jaar gebruikt. TNO controleberekeningen [ref. 3] laten zien dat de beste fit voor het Time-Decay model bereikt wordt met een tijdconstante van ongeveer 5 jaar. Dat is consistent met de oplossingsruimte voor de tijdsconstante die door NAM wordt aangegeven: 5 +/- 5 jaar. Dat heeft tot gevolg dat veranderingen in de productiesnelheid pas op langere termijn (orde 5 tot 7 jaar) effect hebben op de compactie en op de daaraan gekoppelde bodemdaling en seismiciteit.

Ook bij gebruik van een alternatief compactiemodel (het gelineariseerd isotachenmodel) vindt NAM kleine verschillen tussen de verschillende productiescenario's.
De gesteentecompressibiliteit in het NAM Time-Decay en het TNO RTCM model is geoptimaliseerd tegen de historische bodemdaling in Groningen. Voor het lineair isotachenmodel dat door NAM is gebruikt voor de hazardberekeningen is dat niet gedaan[16] [ref.3]. In het NAM isotachenmodel wordt gebruik gemaakt van de in het laboratorium gemeten gesteentecompressibiliteiten zonder dat daarop een correctie wordt toegepast. Calibratie tegen de historische bodemdaling leidt er vervolgens toe dat ook dit model met een grote vertraging reageert op veranderingen in productiesnelheid. Een lineair isotachenmodel met veldgeoptimaliseerde compressibiliteit zal naar verwachting veel sneller reageren. Responsetijden voor het RTCM model worden bepaald door de mate van productiesnelheidsverandering. Voor het TNO RTCM model met veldgeoptimaliseerde compressibiliteit zal de typische reactietijd op dit moment in de orde van een jaar zijn. De in het verleden door NAM gebruikte compactiemodellen (lineair en bi-lineair model) hebben een instantane reactietijd. Deze zijn door NAM niet betrokken in de huidige hazard analyse en analyse van de invloed van alternatieve productiescenario's.

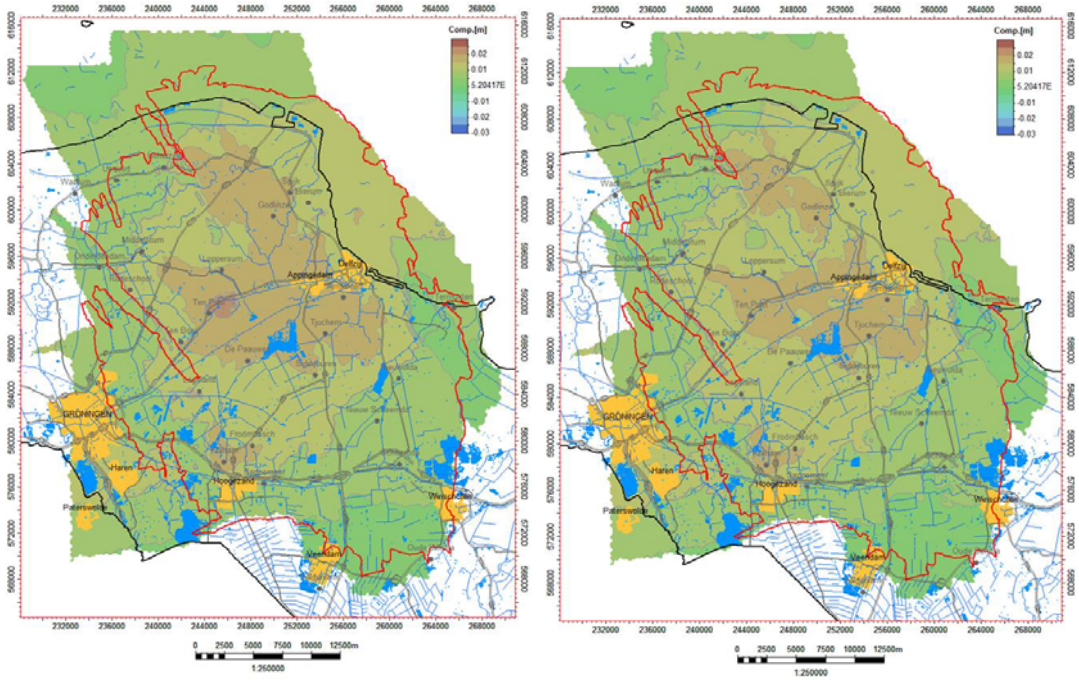
Effect verschillende productiescenario's op compactie

NAM heeft voor een aantal productiescenario's een vergelijking gemaakt tussen de reservoircompactie en de seismische hazard op basis van het NAM Time-Decay en het NAM lineair isotachenmodel. De met deze modellen berekende effecten van verschillende productiescenario's op compactie en seismische hazard gedurende de komende jaren zijn erg beperkt.

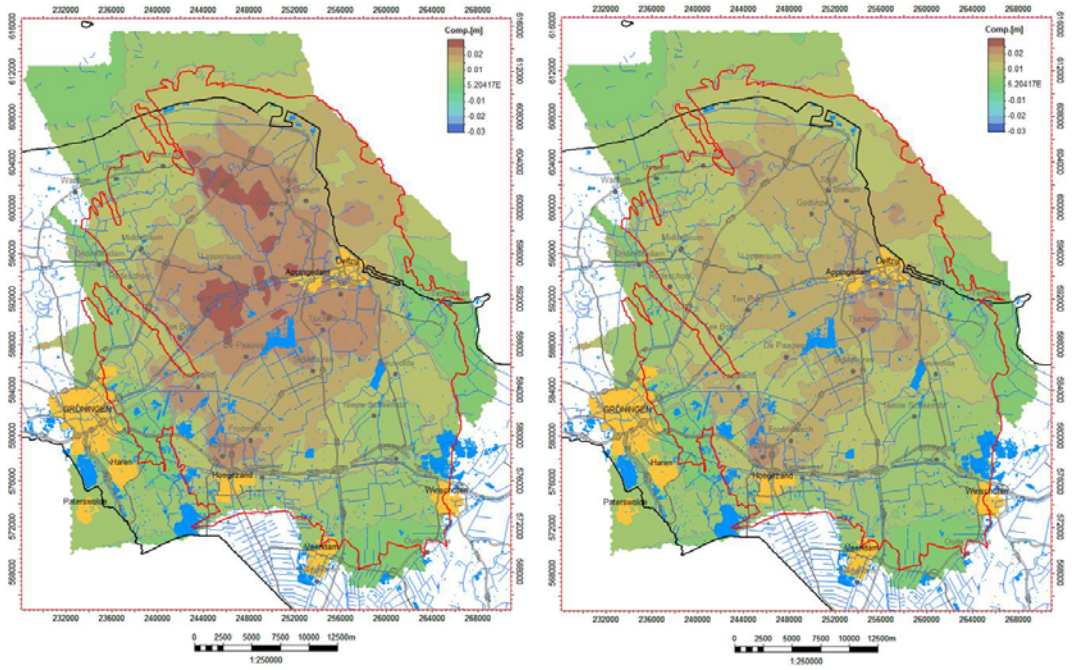
TNO heeft op verzoek van SodM voor een aantal productiescenario's een vergelijking gemaakt tussen de compactie volgens het NAM Time-Decay en het RTCM compactiemodel. Daarbij zijn ook een aantal aanvullende scenario's doorgerekend die (nog) niet door NAM zijn onderzocht. Bij gebruik van het RTCM model leiden de verschillende productiescenario's, zoals verwacht, voor de komende 3 tot 5 jaar tot veel grotere verschillen in de compactie en de ruimtelijke verdeling daarvan. Een voorbeeld daarvan wordt gegeven in de figuren 6 en 7

[16] Voor de berekening van de toekomstige bodemdaling heeft NAM wel een voorspelling op basis van een lineair isotachen model met aangepaste compressibiliteiten toegevoegd. De daarmee berekende toekomstige bodemdaling is ongeveer gelijk aan die van de andere modellen.

[ref. 3]. Vergelijkbare verschillen zullen naar verwachting optreden voor het seismisch hazard.



Figuur 6: Vergelijking van de compactie in het interval 2013 tot 2016 voor het NAM marktvraag scenario (links) en het 30 BCM/jaar scenario met insluiting van de vijf clusters rondom Loppersum berekend met het NAM Time-Decay compactiemodel. Berekende verschillen zijn beperkt.



Figuur 7: Vergelijking van de compactie in het interval 2013 tot 2016 voor het NAM marktvraag scenario (links) en het 30 BCM/jaar scenario met insluiting van de vijf clusters rondom Loppersum berekend met het TNO RTCM compactiemodel. Berekende verschillen zijn aanzienlijk.

Effect verschillende productiescenario's op het berekende seismische hazard

Zoals bij paragraaf 3.4.3d (onder het kopje Hazardberekeningen) aangegeven, is uit de controleberekeningen van TNO gebleken dat er kanttekeningen te plaatsen zijn bij de berekening van NAM van het toekomstige hazard (zie ook bijlage 2). Voor de effecten van de verschillende productiescenario's is met name het effect van de loskoppeling van de magnitude en locatie van de bevingen een probleem. TNO concludeert:

> Een direct gevolg hiervan is dat de seismische hazard analyse niet voldoende kan differentiëren tussen verschillende productiefilosofieën. De hazard wordt bepaald door de hogere magnitude's, die immers in het gehele veld kunnen voorkomen. Hierdoor wordt het cumulatieve hazard voor een groot aantal aardbevingscatalogi (zoals berekend in NAM, 2013b) geldig voor vrijwel het gehele Groningen veld zonder voldoende differentiatie naar compactie.

Dit betekent dat een alternatieve productiefilosofie op basis van een andere verdeling van de productie over de verschillende productieclusters (bijv. het bij voorkeur produceren uit het zuiden van het veld bij gelijkblijvende totale productie) in de NAM berekeningen, weinig tot geen invloed zal hebben op de hazard.

Invloed productiesnelheid op het totale aantal aardbevingen

SodM is nog steeds van mening dat de snelheid van de gasproductie een aanzienlijk effect kan hebben op het totale aantal aardbevingen. SodM heeft bij NAM bij voortduring aangedrongen op literatuurstudie en nader onderzoek. In sectie 6.3.2 van de technische bijlage van het winningsplan gaat NAM daarop in, maar worden geen resultaten gepresenteerd. De door de NAM uitgevoerde analyse van de invloed van productiesnelheid op seismiciteit op basis van het Groningen veldgedrag is niet valide (zie bijlage 3).

3.4.5 Borgingsprotocol aardbevingsrisico´s

a. Positie NAM

In de begeleidende brief bij het winningsplan Groningen 2013 stelt NAM dat de aardbevingsrisico´s op een goede manier kunnen worden beheerst. NAM schrijft:

> Om de risico´s te beheersen en de onzekerheden verder te verkleinen is een intensief monitorings- en studieprogramma vastgesteld. Dit wordt verder beschreven in het bijgaande Meet- en Monitoringsplan.

In sectie B5.1 van het winningsplan Groningen 2013 wordt eveneens het woord "beheersing" gebruikt. Ook daar stelt NAM dat de seismische activiteit kan worden beheerst:

> Het Borgingsprotocol "Seismisch Risico Groningen" en bijbehorende Meet- en Monitoringsplan zullen de monitoring en de beheersing van de seismische activiteit waarborgen om te voorkomen dat het risico de acceptabele grenzen gaat overschrijden.

NAM spreekt in het winningsplan Groningen 2013 over "acceptabele grenzen", waarvan voorkomen moet worden dat ze overschreden worden.

Het "Borgingsprotocol Seismisch Risico Groningen" (bijlage C bij het winningsplan Groningen 2013) bevat een overzicht van "mogelijke" beheersacties, die uitgevoerd kunnen worden als de grenzen overschreden dreigen te worden. NAM zal in die situatie in overleg treden met de Minister van EZ. Bovendien zal NAM de Minister van EZ en SodM informeren als er tijdens

het uitvoeren van het Meet- en Monitoringsplan observaties worden gedaan die significant afwijken van de verwachte waarden of die aangeven dat de (niet vastgelegde) acceptabele grenzen zullen worden overschreden. Er zal dan tevens een “versnelde actualisatie van de risico-analyse” worden uitgevoerd.

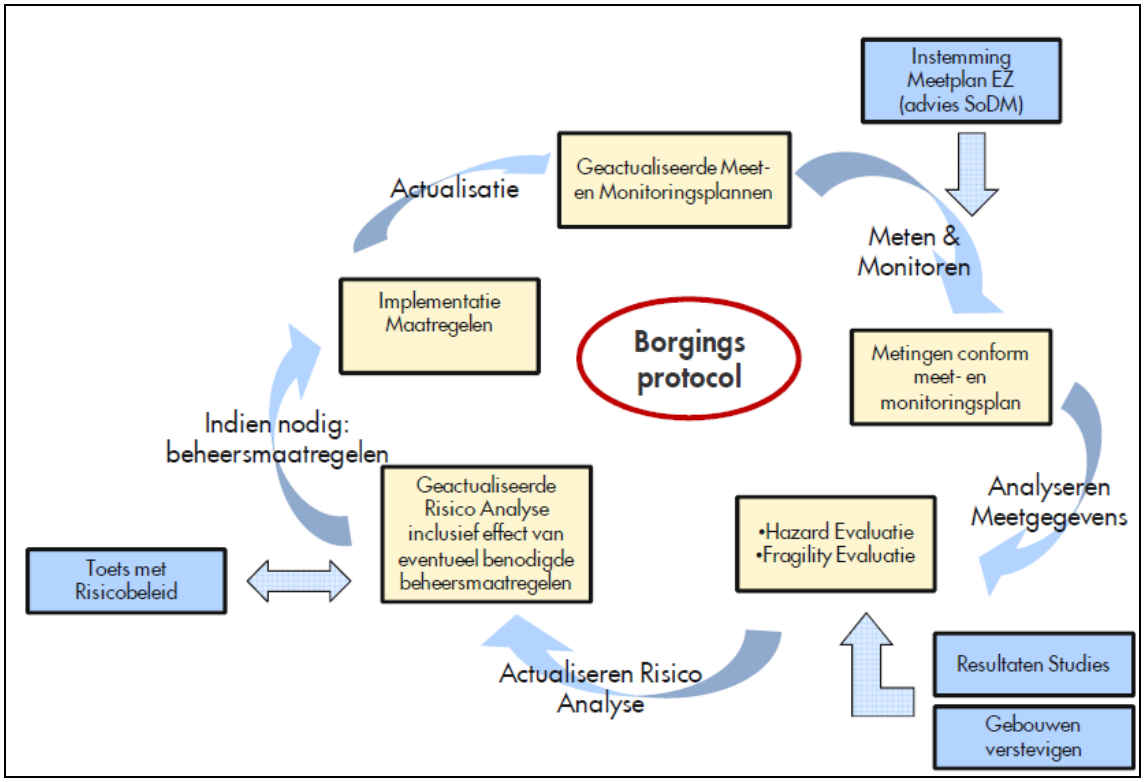
NAM stelt voor dat de Minister van EZ een onafhankelijke technische commissie instelt, die de kwaliteit van de jaarlijks geactualiseerde risicoanalyse en de ondersteunende rapportages beoordeelt. Daarnaast voorziet NAM een rol voor de regio in de jaarlijks te doorlopen cyclus. NAM onderzoekt het instellen van een begeleidingscommissie “monitoring seismisch risico Groningen”.

b. Oordeel SodM

De “beheersing van seismische activiteit” maakt geen onderdeel uit van de “elf onderzoeken” (zie paragraaf 2.1). Daarom is daarover geen review beschikbaar van de TBB, de TBO en de Stuurgroep. Het borgingsprotocol is een nadere invulling van artikel 24.1r van het Mijnbouwbesluit, onderdeel van het winningsplan. Dit artikel vraagt een beschrijving van de maatregelen die worden genomen om *bodembeweging* te voorkomen of te beperken.
De claim van NAM dat het borgingsprotocol voorziet in een beheersing van de seismische activiteit overtuigt niet. Al in de productiefilosofie wordt geen rekening gehouden met de mogelijkheden tot het beperken van het ‘seismisch risico’ door preventieve maatregelen aan de productiekant. Er lijkt te weinig rekening gehouden met de differentiatie van het seismisch risico in de verschillende deelgebieden. Uit de controleberekeningen van TNO blijkt immers dat de omvang en ook het patroon van de winning vanuit dat oogpunt zou kunnen worden geoptimaliseerd.

SodM ziet veel overeenkomsten tussen het borgingsprotocol en het meet- en regelprotocol dat voor de beheersing van de bodemdaling in de Waddenzee wordt gebruikt. Dat protocol functioneert naar tevredenheid. De basis hiervoor wordt gevonden in de milieuzorg volgens ISO 14001, die binnen NAM geïntegreerd is in het bedrijfsvoeringsysteem. De milieuzorg en de veiligheidszorg zijn gericht op de aantoonbare beheersing van bedrijfsprocessen.

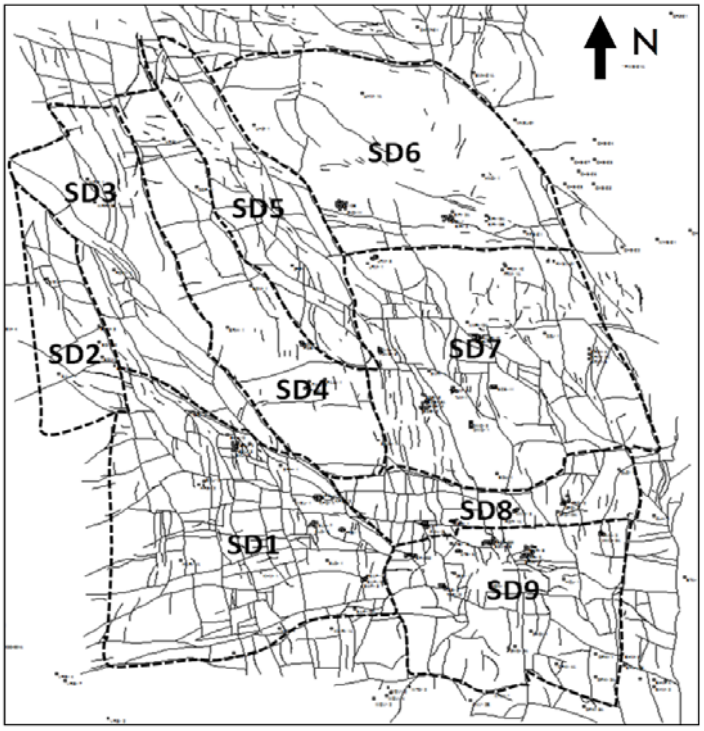
Bij het winningsplan Groningen 2013 is volgens SodM nog onvoldoende sprake van systematische beheersing van het seismisch risico. SodM staat weliswaar achter de methodiek van het borgingsprotocol met de cyclische actualisatie van de risicoanalyse op basis van intensieve monitoring, maar op essentiële punten lijkt het risico-beheerssysteem nog onvolledig. In het borgingsprotocol voor het Groningen veld wordt bijvoorbeeld niet duidelijk aangegeven wat de “acceptabele grenzen” zijn die NAM voor het seismisch risico hanteert (de toetsingsnorm). Daarnaast ontbreekt een goede beschrijving hoe het seismisch risico bepaald wordt.



Figuur 8: Schematische weergave van de jaarlijks te doorlopen monitorings- en borgingscyclus (bron NAM)

Kernpunt van het door NAM voorgestelde borgingsprotocol is de jaarlijkse “actualisatie van de Seismisch risicoanalyse” (zie Figuur 8). SodM constateert echter dat een goede initiële analyse ontbreekt in het winningsplan Groningen 2013 en slechts beperkt is beschreven in een aanvullende ‘toelichting’. Daardoor is door NAM niet aangetoond wat precies “geborgd” wordt en komt het “borgingsprotocol” in de lucht te hangen. Dit geldt ook voor de mededeling die NAM doet, dat het huidige veiligheidsrisico als “acceptabel” wordt beoordeeld.

In de bijlage bij het Meet- en Monitoringsplan worden door NAM een aantal monitoringsparameters beschreven die de afwijking van de huidige globale trend voor het hele veld kunnen aangeven. Door NAM wordt het veld daarbij als één geheel benaderd terwijl SodM een duidelijk verschil ziet tussen seismisch ‘kritische’ en ‘minder actieve’ gebieden. De verwachting van SodM is dat de (ontwikkeling van de) seismische activiteit over verschillende delen van het veld, een belangrijke rol zal moeten spelen bij de beheersing ervan. Mede op basis van de TNO controleberekeningen wordt verwacht dat met intensieve seismische monitoring en aangepaste continue GPS hoogtemetingen het patroon van de winning (in ieder geval tijdelijk) beter kan worden geoptimaliseerd.



Figuur 9: De indeling in negen regio's (bron NAM)

De indeling in negen structurele regio's (zie Figuur 9) kan worden gebruikt in combinatie met de indeling (van het KNMI) op basis van monitoringsresultaten. Bij de evaluatie van de monitoring en de vergelijking van escalatie-parameters met trends moet rekening gehouden worden met een verdeling in regio's.

SodM vindt de instelling van een – door de Minister van EZ in te stellen – Technische Commissie onnodig. De wettelijke toezichthoudende taak ligt bij SodM. Om een goede beoordeling te kunnen geven van de kwaliteit van rapportages e.d. kan SodM een beroep doen op instituten als TNO en KNMI, die in staat zijn om controlemetingen en -berekeningen uit te voeren. Bovendien kan bij de beoordeling van rapportages over beheersmaatregelen aan de bovengrond (versterking huizen e.d.) de Technische commissie bodembeweging (Tcbb) worden ingeschakeld.

Het voorstel van NAM om stakeholders uit de regio bij het monitoren en meten te betrekken –via een Begeleidingscommissie- is naar de mening van SodM een verstandige zaak.

3.4.6 Conclusies Bodembeweging

De conclusies van SodM ten aanzien van het onderwerp bodembeweging in het winningsplan Groningen 2013 luiden als volgt.

Conclusies bodemdaling

- Over de periode 1972 – 2080 zal –volgens NAM- een bodemdaling optreden van 41 à 62 cm boven het centrum van het gasveld. Controleberekeningen van TNO wijzen uit, dat deze bandbreedte realistisch is;
- NAM kan de (ruimtelijke) verdeling van de bodemdaling niet goed verklaren. Controle berekeningen van TNO wijzen uit dat dit naar alle waarschijnlijkheid te maken heeft met een ontoereikend porositeitsmodel van NAM;
- Het is onwaarschijnlijk dat de minder dan voorspelde bodemdaling aan de noordwest rand van het veld het gevolg is van een sterke waterinstroming, zoals door NAM in het winningsplan Groningen 2013 wordt aangenomen. Een alternatieve verklaring is het vertraagd depleteren van het reservoirgesteente onder het gas-water contact.

Conclusies Seismisch Risico

- Het seismisch risico in Groningen wordt door NAM aanzienlijk onderschat;
- NAM hanteert een verkeerde aanpak voor de bepaling van het seismisch risico;
- Het huidige seismisch risico in het gebied tussen Hoeksmeer, Zandeweer en Huizinge is hoog in vergelijking met risico's door industriële activiteiten in Nederland;
- Het huidig groepsrisico door de bevingen in het gebied tussen Hoeksmeer, Zandeweer en Huizinge is vergelijkbaar met het landelijk groepsrisico voor overstromingen;
- De verwachting is dat de risico's door de bevingen in Groningen op termijn verder zullen toenemen;
- De zeer kritische review van Bommer, Pinho en Crowley op onderzoeksrapport 1 van Arup heeft geen wezenlijke invloed op de bovenstaande conclusies;
- De kanttekeningen van TNO bij de berekeningsmethodiek die door NAM gebruikt wordt voor de berekening van het seismisch hazard, heeft eveneens geen wezenlijke invloed op bovenstaande conclusies.
- NAM dient op zo kort mogelijke termijn een volledig probabilistische seismisch risicoanalyse uit te voeren.

Conclusies invloed gasproductie op de seismische activiteit

- SodM onderschrijft de analyse van NAM dat de hoeveelheid seismische energie de komende jaren nog aanzienlijk zal toenemen, op langere termijn gevolgd door een daling (zie figuur 5);

- De stelling van NAM dat wijzigingen in de gasproductie gedurende de komende jaren nauwelijks invloed zullen hebben op de seismiciteit en de seismische hazard, is een logisch gevolg van selectieve model- en parameterkeuzes van NAM.
- De door de NAM uitgevoerde analyse van de invloed van productiesnelheid op seismiciteit op basis van het Groningen veldgedrag is niet valide;
- De controleberekeningen van TNO laten zien dat de effecten van veranderingen in productiesnelheid en met name van veranderingen in de verdeling van de productie over het veld in de praktijk, veel groter kunnen zijn dan door NAM wordt verondersteld;
- Eén van de door TNO doorgerekende scenario's [ref. 3] met een productiestop in de 5 clusters binnen een straal van 10 km van Loppersum, geeft de komende jaren een significante reductie van de drukdaling onder het meest aardbevingsgevoelige gebied. Met een vertraging van naar verwachting ongeveer een jaar[17] [ref. 3] zal ook de toename van de compactie onder dit gebied sterk gereduceerd worden en zal het jaarlijkse seismische hazard (en daarmee ook het seismisch risico) afnemen. Dit scenario leidt tot een jaarlijkse productiereductie van ongeveer 15 mld Nm^3;
- De onzekerheden in de berekeningen worden groot voor periodes verder dan drie tot vijf jaar in de toekomst.

Conclusies Borgingsprotocol

- SodM staat achter de methodiek van het borgingsprotocol met de cyclische actualisatie van de risicoanalyse op basis van intensieve monitoring;
- Bij het winningsplan Groningen 2013 is volgens SodM nog onvoldoende sprake van systematische beheersing van het seismisch risico;
- In het borgingsprotocol voor het Groningen veld wordt niet duidelijk aangegeven wat de "acceptabele grenzen" zijn die NAM voor het seismisch risico hanteert;
- NAM maakt geen differentiatie van het seismisch risico naar regio's;
- Een goede beschrijving van de vaststelling en een daarop gebaseerde berekening van het huidige seismisch risico ontbreekt;
- SodM vindt de instelling van een – door de Minister van EZ in te stellen – Technische Commissie onnodig. De wettelijke toezichthoudende taak ligt bij SodM;
- SodM vindt het voorstel om stakeholders uit de regio via een Begeleidingscommissie bij het monitoren en meten te betrekken, een verstandige zaak.

[17] 0-5 jaar afhankelijk van het gekozen compactiemodel. Het TNO-RTCM model, hetgeen de beste fit aan de gemeten bodemdaling geeft heeft een reactietijd van ongeveer 1 jaar.

4. Beoordeling Integraal Meet- en Monitoringsplan

4.1 Werkwijze

NAM heeft tegelijk met het winningsplan Groningen 2013 een “Meet- en Monitoringsplan” ingediend. Dit Meet- en Monitoringsplan maakt geen deel uit van het winningsplan Groningen 2013, maar hangt er wel mee samen. Daarom heeft NAM aan de Minister van EZ verzocht om beide plannen gecoördineerd te behandelen.

SodM heeft zich, bij de beoordeling van het Meet- en Monitoringsplan, geconcentreerd op het gedeelte dat betrekking heeft op het “meten” van alles wat met bodembeweging (bodemdaling, aardbevingen) te maken heeft. De reden daarvan is, dat voor dit type metingen een duidelijke structuur is vastgelegd in het Mijnbouwbesluit (artikel 30). Voor de overige metingen en monitoring is in de Mijnbouwregelgeving geen vastomlijnde structuur aangegeven. Over de monitoring van vervorming van gebouwen geeft SodM geen advies. De Technische commissie bodembeweging (Tcbb) brengt hierover advies uit.

4.2 Volledigheid

In het gedeelte van het Meet- en Monitoringsplan dat gaat over het meten van bodembewegingen komen alle onderwerpen aan de orde, die in artikel 30 van het Mijnbouwbesluit worden vermeld.

4.3 Inhoudelijk

4.3.1 Hoogtemetingen

In het Meet- en Monitoringsplan wordt beschreven hoe de beweging van de bodem zal worden gemeten. Hiervoor worden drie technieken ingezet: waterpasmetingen, radarmetingen van de Radarsat-2 satelliet (InSAR) en GPS metingen. Uit het plan blijkt dat één keer per vijf jaar een waterpasmeting zal worden uitgevoerd. De laatste meting is uitgevoerd in 2013 over een gedeelte van het gebied. In het totale gebied zijn ook metingen met behulp van PS-InSAR-techniek uitgevoerd. De eerstvolgende gedeeltelijke waterpasmeting zal plaatsvinden in 2018. De tijdsinterval van vijf jaar is gebruikelijk. Tussendoor worden van tijd tot tijd de radarbeelden van de Radarsat-2 satelliet geanalyseerd, zodat een tamelijk continu beeld gevormd wordt van het verloop van de bodemdaling in ruimte en tijd. Het Meet-en Monitoringsplan gaat niet in detail in op de wijze van verwerking en rapportage van de hoogtemetingen. Evenmin op de validatie van InSAR-analyses met waterpasmetingen. SodM gaat ervan uit dat NAM zich hierbij houdt aan de Industrieleidraad [ref. 12], die door de leden van NOGEPA (waaronder NAM) is opgesteld en binnenkort beschikbaar komt.

NAM heeft twee GPS stations boven het Groningen veld geïnstalleerd (Ten Post en Veendam) Door NAM wordt het plan uitgewerkt om 5 extra stations te plaatsen zodat een vergelijking met INSAR metingen gemaakt kan worden. Om de bodembeweging in de verschillende delen van het veld continu en met grote precisie te kunnen volgen, adviseert SodM om dit aantal

permanente GPS-stations met nog eens vijf stuks te laten uitbreiden, bij voorkeur op de volgende plaatsen.

- Eén GPS station bij de cluster Slochteren i.v.m. de bodemdaling in het oosten van de structurele regio 1 (bij Froombosch/Lageland).
- Eén GPS-station aan de noordkant van structurele regio 9 (bij “de Eeken”), met het oog op mogelijke extra winning in het Zuid-Oosten van het veld.
- Eén GPS-station centraal in structurele regio 7 (bij “Schaapbulten”).
- Twee extra continue GPS stations bij de locaties Zeerijp en Stedum. Daar zijn de verticale array’s geplaatst en is reservecapaciteit (tegen apparatuuruitval) in het ‘Loppersum gebied’ gewenst.

Naast verticale bewegingen dienen ook horizontale bewegingen te worden gemeten. SodM stelt voor om over drie jaar een evaluatie uit te voeren van de mogelijkheid tot meten van de horizontale verplaatsingen.
De gevolgen van aanpassingen in het productiepatroon kunnen met de extra meetstations veel beter gemonitord worden. Daarnaast is het mogelijk met gerichte analyses van INSAR data ook lokale hoogteveranderingen te monitoren (z.g. pseudo GPS hoogtemeting). Op het Groningerwad worden overigens met tijdelijke verplaatsbare GPS-stations ook hoogtemetingen uitgevoerd.

4.3.2 Detectie seismiciteit

Het Meet- en Monitoringsplan geeft, wat betreft de seismische instrumentatie, een goede beschrijving van een relevante uitbreiding van het meetnet (boorgat seismometers en versnellingsmeters). Deze uitbreiding sluit aan op het bestaande netwerk van boorgatseismometers en versnellingsopnemers.

Het seismisch netwerk, met de uitbreiding in 2014 met 60 additionele boorgaten en 60 versnellingsmeters, zal in alle deelgebieden een aanzienlijke toename van de precisie van de aardbevingslocaties geven. Op pagina 185 van het Technical Addendum Groningen winningsplan 2013 wordt beschreven dat daarmee de detectiegrens van de huidige M= 1,5 naar verwachting teruggebracht wordt tot M=0,5. De (geplaatste) ondergrondse seismische arrays geven de mogelijkheid belangrijke aanvullende informatie over de diepte van de hypocentra en het patroon van met name kleinere bevingen te verkrijgen.

Naast de bovenstaande uitbreidingen komen er vier breed-band boorgat sensoren, zo blijkt uit de Technical Addendum Winningsplan Groningen 2013, p. 186. Deze sensoren, verspreid over het veld opgenomen, zijn van belang voor de lokalisering en karakterisering van grotere bevingen. De data van deze sensoren kunnen worden gebruikt voor de bepaling van het haardmechanisme van de bevingen.

4.4 Conclusie

- Het Meet- en Monitoringsplan is volledig.
- SodM adviseert de minister van EZ in te stemmen met het ingediende Meet- en Monitoringsplan, onder de volgende voorwaarden:

    - NAM dient binnen één maand na het ministeriële besluit een aanpassing van het Meet- en Monitoringsplan in, met betrekking tot de uitbreiding met vijf permanente GPS- stations. De totaal twaalf GPS-meetstations dienen vóór 1 juli 2014 operationeel te zijn.
    - In de aanpassing van het meetplan moet NAM ook een fasering van de installatie van de boorgatseismometers en accelerometers opnemen, waarbij rekening gehouden wordt met het verwachte patroon van winning en seismiciteit.
    - NAM verstrekt de Inspecteur-generaal der Mijnen maandelijks de resultaten van de GPS- en microseismische monitoringsmetingen.

5. Advies

5.1 Fundatie van het winningsplan

SodM heeft het winningsplan Groningen 2013 en de documenten die daaraan ten grondslag liggen beoordeeld op de aspecten 'volledigheid', 'planmatig beheer' en 'bodembeweging'. De conclusie is, dat de belangrijkste pijlers waarop het winningsplan rust, niet solide zijn.

In het winningsplan Groningen 2013 geeft NAM het volgende aan:

1. NAM beoordeelt het veiligheidsrisico van de activiteiten in het winningsplan als *acceptabel;*
2. NAM neemt *geen maatregelen* om de seismische activiteit terug te brengen, bijvoorbeeld door productievermindering, omdat men niet verwacht dat dit op korte termijn zal leiden tot vermindering van de dreiging van aardbevingen en de risico's die daarvan het gevolg zijn.

SodM vindt dit geen solide uitgangspunten, omdat:

ad. 1 NAM een verkeerd type risico-analyse toegepast heeft. NAM benadert het risico als een industrieel risico, maar die aanpak geldt voor aardbevingsrisico's niet. Daarnaast berekent NAM het Plaatsgebonden Risico op een verkeerde wijze, waardoor dit niet als zodanig gebruikt mag worden. Het door SodM berekende lokaal persoonlijk risico ligt tussen de 10^{-5} en 10^{-4} per jaar. Het groepsrisico van door gaswinning veroorzaakte aardbevingen is vergelijkbaar met het landelijk groepsrisico bij overstromingen. SodM kwalificeert deze risico's als **hoog**. Daarnaast focust NAM bij risicobeperking alleen op de versterking van huizen en doet daarbij niets aan het voorkómen van het risico.

ad.2 De controleberekeningen van TNO laten zien dat de stelling van NAM dat wijzigingen in de gasproductie gedurende de komende jaren **nauwelijks invloed** zullen hebben op de seismiciteit en de seismische hazard (dreiging), volgt uit de selectieve model- en parameterkeuzes van NAM. De controleberekeningen van TNO laten zien dat de effecten van veranderingen in productiesnelheid en productieverdeling op de compactie en seismische hazard in de praktijk **veel groter** kunnen zijn dan door NAM wordt verondersteld. Zo blijkt bijvoorbeeld dat een andere verdeling van de productie over het gasveld, al dan niet in combinatie met een vermindering van de totale productie al op korte termijn (1 à 2 jaar) zou kunnen leiden tot een aanzienlijke (tijdelijke) verlaging van de seismische activiteit.

5.2 Maatregelen

SodM pleit ervoor om zodanige maatregelen te nemen dat het seismisch veiligheidsrisico wordt verlaagd, en tegelijk een voortvarend preventieprogramma en een goed meet- en studieprogramma wordt uitgevoerd. Om dit doel te bereiken reikt de Mijnbouwwet twee instrumenten aan: artikel 36 en artikel 50. Op basis van artikel 36 kan de instemming met het winningsplan worden geweigerd of kunnen er aan de in stemming beperkingen en voorschriften worden verbonden. Artikel 50 biedt de mogelijkheid om van overheidswege

maatregelen voor te schrijven in het geval er sprake is van een ernstige aantasting van belangen van burgers vanwege schade of dreigende schade door aardbevingen.

Op dit moment is de enige manier om het seismische veiligheidsrisico te verlagen de compactie van het reservoirgesteente te beperken in het meest risicovolle gebied, namelijk het gebied rond Loppersum. Dat blijkt uit onderzoek van TNO. Om compactie te beperken moet de gasproductie in dat gebied drastisch omlaag. Dit kan worden gerealiseerd door enkele (vijf) clusters in dit gebied tijdelijk buiten bedrijf te stellen. Uit onderzoek van TNO blijkt, dat dat effect sorteert. Niet onmiddellijk, maar wel na 1 à 2 jaar. Uiteindelijk zullen de clusters tenminste drie jaar gesloten moeten blijven om de snelheid van de (gas)drukdaling en de toename van de compactie in dat gebied significant af te remmen. Die periode kan worden benut om gedetailleerde metingen en vervolgonderzoek te verrichten. Daarnaast kan in die periode het uitvoeren van preventieve (versterkings)maatregelen voortvarend ter hand worden genomen.

In het winningsplan Groningen 2013 wordt niet voorzien in het verlagen van het seismische veiligheidsrisico door clusters te sluiten, omdat NAM het huidige risico acceptabel vindt. Zoals in de vorige paragraaf uiteen is gezet vindt SodM dat dit uitgangspunt van NAM niet deugt en dat daarmee het fundament onder het winningsplan wegvalt. Aan de andere kant voorziet het winningsplan wel in goede maatregelen in de preventieve sfeer (versterking van woningen e.d.) en is er een stevig meet- en monitoringsprogramma.

5.3 Advies

Met het gestelde doel voor ogen en gebruikmakend van de instrumenten die de Mijnbouwregelving aanreikt, komt SodM –uit oogpunt van veiligheid- tot het volgende advies.

1. **SodM adviseert de minister van EZ niet in te stemmen met de wijziging van het Winningsplan Groningen 2013 van NAM.**

2. **SodM adviseert de minister van EZ met gebruikmaking van artikel 50 van de Mijnbouwwet aan NAM de volgende maatregelen voor te schrijven:**

    a. NAM sluit op zo kort mogelijke termijn van de negenentwintig beschikbare productieclusters, de vijf clusters in het meest risicovolle gebied rond Loppersum (‘t Zandt, Overschild, De Paauwen, Ten Post en Leermens), voor een periode van ten minste drie jaar.

    b. NAM dient, ten genoegen van de Inspecteur Generaal der Mijnen, vóór 1 april 2014 een werkplan in, waarin een tijdplanning is opgenomen om te komen tot een herziening van het winningsplan Groningen 2013.

    c. NAM dient vóór 1 september 2015 een herziening van het winningplan Groningen 2013 in, waarin de ‘state-of-the-art’ inzichten op het gebied van de statische- en

dynamische ondergrondmodellen, de geomechanica (inclusief de resultaten van de “doorgaande bodemdalingstudie”) en seismisch risicoanalyse zijn verwerkt.

d. NAM dient, ten genoegen van de Inspecteur Generaal der Mijnen, vóór 1 juli 2014 een meet- en regelprotocol in, waarin de beheersing van het seismisch risico in Groningen is uitgewerkt.

e. NAM dient, ten genoegen van de Inspecteur Generaal der Mijnen, vóór 1 april 2014 een actualisatie in van het ‘Study and Data Acquisition Program on induced earthquakes in the Groningen field’, met bijbehorende planning.

f. NAM voert preventieve maatregelen uit zoals aangegeven in sectie C6.2.1 van het winningsplan Groningen 2013.

3. SodM adviseert de minister van EZ in te stemmen met het ingediende Meet- en Monitoringsplan, onder de volgende voorwaarden:

- NAM dient binnen één maand na het ministeriële besluit een aanpassing van het Meet- en Monitoringsplan in, waarin wordt voorzien in een uitbreiding van aantal permanente GPS-stations met vijf, waarmee het totaal aantal GPS-meetstations op twaalf komt. Het plan moet zodanig worden ingericht, dat alle GPS-stations vóór 1 juli 2014 operationeel zijn.
- In de aanpassing van het meetplan wordt een fasering van de installatie van de boorgatseismometers en accelerometers opgenomen, waarbij rekening wordt gehouden met het verwachte patroon van winning en seismiciteit.
- NAM verstrekt de Inspecteur-generaal der Mijnen maandelijks de resultaten van de GPS-metingen en de microseismische monitoring metingen.

Referenties

1. Staatstoezicht op de Mijnen*, Reassessment of the probability of higher magnitude earthquakes in the Groningen gas field,* 16 januari 2013.

2. Technische Begeleidingscommissie Ondergrond, *Review TBO rapportage onderzoek 5*, Den Haag, Utrecht, de Bilt, 24 november 2013.

3. TNO, *Toetsing van de bodemdalingsprognoses en seismische hazard ten gevolge van gaswinning van het Groningen veld*, TNO 2013 R11953 Eindrapport, 23 december 2013.

4. Technische Begeleidingscommissie Bovengrond, *Eindrapport TBB*, Den Haag, 8 december 2013.

5. Pietersen, C., *Beschouwing NAM risico benadering aardbevingen Groningen*, 6 januari 2014.

6. Staatstoezicht op de Mijnen, *Risico Analyse Aardgasbevingen Groningen*, Den Haag, december 2013.

7. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, *Memo Beoordeling Risicoanalyse aardgasbevingen*, 16 december 2013.

8. Pietersen, C., *Review notitie SodM 'Risicoanalyse aardgasbevingen Groningen'*, 6 januari 2014.

9. Bommer, J., Crowley, H. and Pinho, R., *Review of Arup Report "Seismic Risk Study: Earthquake Scenario-Based Risk Assessment"*, 6 december 2013.

10. Dost, B., Caccavale, M., Eck, T. van, Kraaijpoel, D., *Report on the expected PGV and PGA values for induced earthquakes in the Groningen area,* KNMI report, november 2013.

11. Technische Begeleidingscommissie Ondergrond, *Review TBO rapportage onderzoek 6*, Den Haag, Utrecht, de Bilt, 9 december 2013.

12. *Geodetische basis voor Mijnbouw, Industrieleidraad ter Geodetische bepaling van bodembeweging als gevolg van mijnbouwactiviteiten*, in press.

Lijst van afkortingen

ALARP	As Low As Reasonably Practical
ARUP	Ingenieursbureau, genoemd naar de oprichter: Ove Arup
bcm	billion cubic metre (miljard kubieke meter)
EZ	Ministerie van Economische Zaken
GMPE	Ground Motion Prediction Equations
GPS	Global Positioning System
GR	Groepsrisico
InSAR	Satellietmetingen van bodemdaling (Interferometric Synthetic Aperture Radar)
KNMI	Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut
KST	Kamerstukken
LPR	Lokaal Persoonlijk Risico
M	Magnitude (sterkte van een aardbeving)
Mbb	Mijnbouwbesluit
Mbw	Mijnbouwwet
mld	miljard
NAM	Nederlandse Aardolie Maatschappij BV
NLOG	Nederlandse Olie- en Gasportaal
Nm3	Normaal kubieke meter (condities: 0º Celsius en 101,325 kiloPascal)
NOGEPA	Nederlandse Olie en Gas Exploratie en Productie Associatie
P&C	Pinho en Crowley
PGA	Peak Ground Acceleration
PGV	Peak Ground Velocity
PR	Plaatsgebonden Risico
PSHA	Probabilistic Seismic Hazard Analysis
PS-InSAR	Persistent Scatterer Interferometric Synthetic Aperture Radar
RAM	Risico Assessment Matrix
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
RTCM	Rate Type Compaction Model
SodM	Staatstoezicht op de Mijnen
TBB	Technische Begeleidingscommissie Bovengrond
TBO	Technische Begeleidingscommissie Ondergrond
Tcbb	Technische commissie bodembeweging
TNO	Nederlanse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek

Bijlage 1: Consequenties beoordeling Bommer et al. op ARUP seismisch risico rapport

De review van Bommer, Pinho en Crowley is opmerkelijk kritisch ten aanzien van het onderzoekswerk door Arup (onderzoeksrapport 1). Naast veel detailkritiek zijn de drie belangrijke hoofdbezwaren:

1. Het door Arup berekende risico is niet in overeenstemming met het risico zoals dat wordt waargenomen bij natuurlijke bevingen met vergelijkbare magnitudes;
2. De gebruikte kwetsbaarheidsfunctie is bepaald voor andere type gebouwen en voor natuurlijke bevingen van grotere magnitude, waarbij de functie niet gecorrigeerd is voor de langere duur van deze grotere bevingen;
3. In de analyse is uitgegaan van uniformiteit in de reactie van de bovengrond op een beving.

Deze drie punten van kritiek zijn door SodM nader geanalyseerd ten aanzien van de mogelijke gevolgen ervan voor de berekening van het seismisch risico in Groningen.

Ad 1. Dat het gevonden schade- en letselbeeld niet in overeenstemming is met het waargenomen beeld voor natuurlijke bevingen met vergelijkbare magnitudes, is vanzelfsprekend gezien de veel geringere diepte waarop de bevingen in Groningen plaatsvinden. Beter is het dan ook om te kijken naar bevingen met vergelijkbare grondversnellingen en het aantal dodelijke slachtoffers te corrigeren voor de diepte waarop de beving plaatsvindt. Hiermee vergeleken is het aantal dodelijke slachtoffers niet uitzonderlijk hoog. Ook in vergelijking met de Modified Mercali Intensity schaal, waar de impact van een beving gekoppeld is aan de grondversnelling, komen de grondversnellingen zoals voor Groningen bepaald overeen met bevingen die een gemiddelde (“moderate”) tot zware schade (“moderate/heavy”) kunnen geven.

Ad 2. In het ARUP rapport worden eveneens voor een tweetal scenario’s de resultaten gegeven van het gebruik van een kwetsbaarheidsfunctie, waarbij gecorrigeerd is voor de kortere duur van aardbevingen met een lagere magnitude. Het bijbehorende risico is in de SodM analyse bepaald en in Figuur 3 weergegeven. De bepaalde curve bestaat maar uit 4 punten en de interpolatie ervan, gegeven door de stippellijn, is daardoor onzeker. De correctie voor het andere type huizen (correctie op de kwetsbaarheidsfunctie) geeft een lichte reductie van het risico (ongeveer een factor 2 voor 10 of meer dodelijke slachtoffers). Dit resulteert niet in significant andere conclusies. Het risico blijft hoog in vergelijking met andere risico’s door industriële activiteiten en vergelijkbaar met het landelijk risico bij overstromingen.

Ad 3. In de ARUP analyse wordt ervan uitgegaan dat op alle locaties de grondversnellingen worden bepaald door dezelfde GMPE vergelijking (P50 of P84). Dit betekent dat op alle locaties de grondversnellingen gemiddeld of verhoogd zullen zijn, bij een beving met een bepaalde magnitude. Deze benadering is inherent aan de gevolgde deterministische aanpak

en kan alleen worden opgelost door het maken van een volledige probabilistische risico analyse, waarin al deze onzekerheden expliciet kunnen worden meegenomen. Ook SodM is van mening dat alleen een probabilistische analyse een volledig beeld kan geven van de risico's.

De conclusie van SodM is dat geen van de drie hoofdbezwaren een wezenlijke invloed heeft op de analyse van de seismische risico's in Groningen. Met name het derde punt van kritiek wordt door SodM onderschreven en leidt mede tot de aanbeveling dat NAM op zo kort mogelijke termijn een volledig probabilistische seismisch risicoanalyse uitvoert.

Bijlage 2: Commentaar op NAM hazard analyse

De basis voor de SodM risico analyse vormt de NAM hazard analyse uit de onderzoeken 5 en 6, samengevat in de Technische bijlage bij het Winningsplan[18]. Op verzoek van SodM heeft TNO op de NAM hazard analyse een aantal controleberekeningen uitgevoerd. Op basis van deze controleberekeningen plaatst TNO een aantal kanttekeningen bij de hazard analyse van NAM[19]:

1. De manier waarop het totale seismische moment dat in een periode kan vrijkomen wordt bepaald[20], geeft een onderschatting van het werkelijke seismische moment dat kan vrijkomen
2. Door het loskoppelen van magnitude en locatie in de NAM berekeningen is het mogelijk dat bevingen met hogere magnitudes kunnen voorkomen op locaties waar daarvoor onvoldoende seismisch moment beschikbaar is (locaties met lage compactie en lage aardbevingsdichtheid). Hierdoor wordt het seismische hazard uitgesmeerd over het gehele Groningen veld en kan de methode voor wat betreft het seismische hazard niet differentiëren tussen de verschillende productiefilosofieën.
3. De seismisch hazard is gevoelig voor onzekerheden in de partitiecoëfficiënt, het deel van het reservoirmoment dat wordt omgezet in seismisch moment (bevingen) en de berekende compactie. Hierdoor is het lastig uitspraken te doen omtrent het absolute niveau van het seismische hazard.

SodM is van mening dat deze kanttekeningen van TNO bij de methodiek in onderzoeken 5 en 6 verder uitgezocht moeten worden in samenwerking met de NAM. Wel heeft SodM onderzocht in hoeverre haar berekeningen van het risico beïnvloed worden door deze kanttekeningen.

In essentie stelt TNO de resultaten van de hazard berekening van NAM ter discussie. Het KNMI heeft in onderzoek 4, op basis van de geregistreerde seismiciteit tussen 1991 en 1-10-2013, een onafhankelijke Probabilistische Seismische Hazard Analyse uitgevoerd. De KNMI analyse resulteert in voorspelde maximale grondversnellingen die vergelijkbaar zijn de resultaten uit de analyse van NAM. De locatie van het maximum van de door KNMI berekende grondversnellingen ligt echter meer westelijk dan door NAM bepaald. In de analyse van het KNMI komt het gebied met de hoogste grondversnellingen goed overeen met de huidige locatie van de grootste bevingen in de driehoek tussen Hoeksmeer, Zandeweer en Huizinge.

---

[18] NAM, *Technical Addendum to the Winningsplan Groningen 2013, Subsidence, Induced Earthquakes and Seismic Hazard Analysis in the Groningen Field*, november 2013

[19] TNO, *Toetsing van de bodemdalingsprognoses en seismische hazard ten gevolge van gaswinning van het Groningen veld*, TNO 2013 R11953 Eindrapport, 23 december 2013.

[20] Het totale seismische moment wordt bepaald door het berekende cumulatieve seismische moment in een bepaald jaar in de toekomst te verminderen met het *uit het model berekende* cumulatieve seismische moment in 2013. SodM en TNO zijn van mening dat in plaats van het berekende seismische moment in 2013 het daadwerkelijke cumulatieve *vrijgekomen* seismische moment gebruikt zou moeten worden.

Aangezien de door het KNMI onafhankelijk bepaalde hazards voor de komende drie jaar vergelijkbaar zijn met de resultaten van de NAM, kan geconcludeerd worden dat de conclusies van de risicoanalyse van SodM [ref.6], voor het gebied met het hoogste aardbevingsrisico (tussen Hoeksmeer, Zandeweer en Huizinge) en bij de geplande productie van NAM, niet wezenlijk worden beïnvloed door de, door NAM in onderzoeken 5 en 6 gebruikte, methodiek om de hazards te berekenen.

Wegens het ontbreken van gegevens in de onderzoeken 1, 5 en 6 voor locaties buiten bovengenoemde gebied, kan de invloed van de kanttekeningen van TNO op het risico in deze locaties niet worden bepaald.

Bijlage 3: NAM analyse naar invloed van productiesnelheid op seismiciteit Groningen

NAM stelt dat een invloed van productiesnelheid op het totale aantal bevingen gedurende de gehele productieperiode wordt weerlegd door een analyse van het aardbevingsgedrag tijdens perioden met verschillende productiesnelheden. De NAM analyse (onderstaande figuur 6.7 uit de technische bijlage bij het winningsplan) toont de gasproductie tussen individuele bevingen gedurende perioden met verschillende productiesnelheden. **Deze analyse is echter niet valide.**

De getoonde variatie in de productiesnelheid is een gevolg van de zomer/winter productieswing in het Groningen veld. De tijdsduur tussen de hoogste en de laagste snelheden is in de orde van 6 maanden. De getoonde productiesnelheden (gas production rate) gelden voor de putlocaties. De getoonde bevingen vinden plaats op verschillende afstanden van die putlocaties. Door de verschillen in afstand tot verschillende putten en de aanzienlijke looptijden (jaren) van drukpulsen vanaf de verschillende putlocaties naar de bevingslocaties (sectie 6.3.1 van de technische bijlage bij het winningsplan) zijn de getoonde productiesnelheden niet geldig voor de bevingen die daarbij getoond worden. Daardoor en door het gecombineerde effect van drukpulsen vanaf verschillende putten is de variatie in de productiesnelheden door de zomer/winter swing op de locaties van de bevingen in werkelijkheid zeer gering.

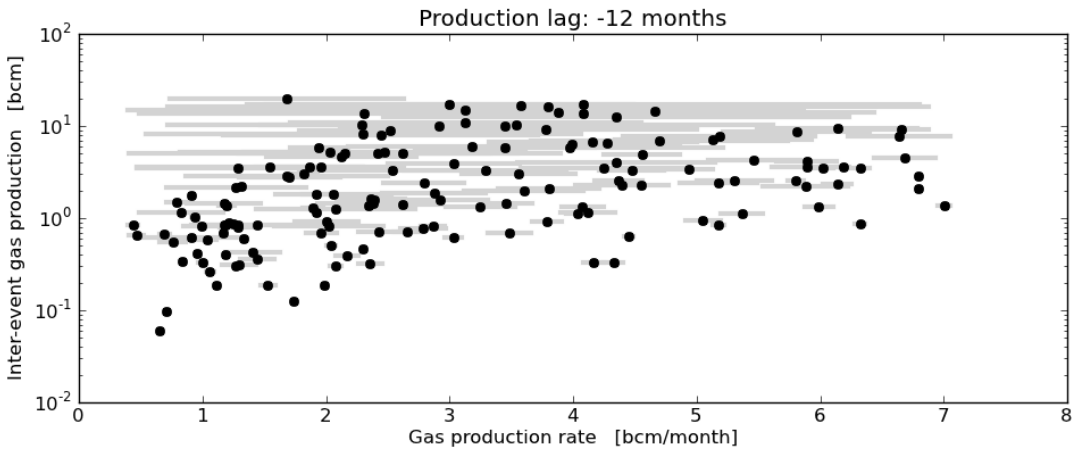


Figure 6.7b (Technische bijlage bij het winningsplan Groningen 2013 NAM) Inter-event gas production exhibits little sensitivity to the rate of gas production. To avoid any bias of event clustering, all events within 3 days of the previous event were excluded. Dots and grey bars denote the average and the range of inter-event production rates respectively; in some instances the grey bar is so small as to be covered by the black dot;