

Stibbe

Amsterdam Brussels Luxembourg Dubai Hong Kong London New York

RAAD VAN STATE	
INGEKOMEN	
30 JUNI 2017	
ZAAKNR.	(10)(2e)
AAN	Advocaat
BEHANDELD DD:	PAR: Advocaten en notarissen

Aangetekend en per koerier

Aan de Afdeling bestuursrechtspraak
van de Raad van State
Postbus 20019
2500 EA DEN HAAG

Beethovenplein 10
Postbus 75640
1070 AP Amsterdam
Nederland
T +31 (10)(2e)
F +31 (10)(2e)
(10)(2e) @stibbe.com
www.stibbe.com

Tevens vooraf per fax: (10)(2e)

Onze ref.
AtV/MC
Uw ref.
201608211/1/A1
Datum
30 juni 2017

INDIENING MEET- EN REGELPROTOCOL door NAM in de procedure over de gaswinnings Groningen

Uw procedurenummer: 201608211/1/A1

Hoogedelgestreng college,

Met deze brief zendt NAM aan u toe haar Meet- en Regelprotocol ("MRP") dat op 1 juni 2017 bij de minister van Economische Zaken ("EZ") is ingediend. De grondslag hiervan is artikel 5 van het Instemmingsbesluit d.d. 30 september 2016 van de minister van EZ. Het MRP is met de bijbehorende bijlagen als **bijlage 1** bij deze brief gevoegd.

Het MRP is in overleg met het Staatstoezicht op de Mijnen ("SodM") door NAM tot stand gebracht. Als **bijlage 2** is bijgevoegd de begeleidende brief d.d. 1 juni 2017 van NAM gericht aan de minister van EZ, waarin NAM kort het proces van de totstandkoming van het MRP beschrijft.

NAM is tot op heden nog niet door het SodM geïnformeerd of het een 'ten genoeg van' ten aanzien van dit MRP afgeeft. Zij hoopt uw Afdeling en andere betrokkenen daarover zo spoedig als mogelijk te informeren.

Zoals op vrijdagochtend 30 juni 2017 telefonisch is besproken met de heer (10)(2e) van uw Afdeling, stuurt NAM u deze brief met bijlagen in vijftientigvoud per koerier toe.

Hoogachtend,

(10)(2e)

(10)(2e)

(10)(2e)

Bijlagen

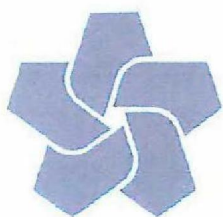
Stibbe N.V. is geregistreerd bij de Kamer van Koophandel onder nummer 34198700. Alle diensten worden verricht op basis van een overeenkomst van opdracht met Stibbe N.V. die uitsluitend door Nederlands recht wordt beheerst. De algemene voorwaarden van Stibbe N.V. zijn van toepassing en bevatten een beperking van aansprakelijkheid. Deze algemene voorwaarden zijn beschikbaar op verzoek en via www.stibbe.com/generalconditions.

STVSD\19140277.1

Handwritten notes or markings, possibly a signature or initials, located in the upper central portion of the page.

Stibbe

Bijlage 1



NAM

Groningen Meet- en Regelprotocol

29 mei 2017

Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	5
1.1	Doel en strekking Meet- en Regelprotocol.....	5
1.2	Juridische context.....	6
2	Leeswijzer Meet- en Regelprotocol.....	7
3	Algemene structuur risico-beheerssysteem.....	8
4	Technische context.....	9
4.1	Uitgangspunten voor dit protocol.....	9
4.2	Metten van relevante grootheden.....	9
4.3	Oppakken van signalen die kunnen duiden op afwijkende ontwikkelingen.....	9
4.4	Categorieën van te nemen maatregelen.....	10
4.5	Timing van maatregelen.....	11
4.6	Effectiviteit van maatregelen.....	12
5	Risico beheerssysteem – bow-tieperspectief.....	12
5.1	Ondergrondse dreigingen (rode blokjes).....	14
5.2	Barrières (groene blokjes).....	14
5.3	Gevolgen beperken (paarse blokjes).....	15
5.4	Gebruik bow-tie.....	16
6	Structuur van het signaleringssysteem.....	16
6.1	Signaleringssysteem in het algemeen.....	16
6.2	De niveaus.....	18
6.3	De gekozen parameters.....	19
6.3.1	PGA.....	19
6.3.2	Activity Rate.....	19
6.3.3	Aardbevingsdichtheid.....	19
6.3.4	PGV.....	20
6.3.5	Damage State.....	20
6.3.6	Herziening van grenswaarden in de toekomst.....	20
6.4	Bouwkundig versterken.....	20
7	Overwegingen bij potentiële maatregelen.....	20
7.1	Identificatie maatregelen.....	20
7.2	Te nemen maatregelen.....	22

7.3	Soort gebeurtenis.....	24
7.3.1	Impact van de seismische gebeurtenis	24
7.3.2	Hoe verontrustend is de seismische gebeurtenis.....	25
7.3.3	Onverwacht element	25
7.4	Integratie van de context van beheersmaatregelen.....	25
7.4.1	Operationele uitvoerbaarheid: werking Groningen productiesysteem	26
7.4.2	Leveringszekerheid	27
7.4.3	Eerdere beheersmaatregelen	27
7.4.4	(Onbedoelde) negatieve gevolgen.....	27
7.5	Voorbeelden van maatregelen	28
7.6	Conclusie	28
8	Escalatiestructuur	28
8.1	Overzicht	28
8.2	De betrokken NAM-teams	29
8.3	Andere betrokken partijen.....	29
8.4	Besluitvorming	30
8.5	Communicatie.....	30
9	ISO 14001	31
9.1	Integratie in bedrijfsvoeringsysteem	31
9.2	Rapportage en evaluatie	31
10	Kwaliteitsborging	31
10.1	Opbouw van het dreigings- en risicomodel	31
10.2	Gegevensvergaring	32
10.3	Borgingsprocessen.....	33
10.4	Kwaliteitsbewaking	34
10.5	Mogelijkheid tot verkeerde voorspellingen uit het model	34
10.6	Voorkomen van verkeerde voorspellingen.....	37
10.7	Kwaliteitsborging halfjaarlijkse rapportages en maatregelen	37
11	Periodieke rapportages.....	38
11.1	Algemeen	38
11.2	Meetresultaten	38
11.3	Analyses	39

11.4 Optimalisatie van de verdeling van de productie over het veld..... 39

12 Flexibiliteit van het Meet- en Regelprotocol40

1 Inleiding

1.1 Doel en strekking Meet- en Regelprotocol

Het doel van het Meet- en Regelprotocol is dat er:

op basis van metingen – en analyses van die metingen – ingegrepen kan worden in het productiesysteem van het Groningenveld, zodra de ontwikkelingen (seismiciteit, grondversnellingen, etc.) daartoe aanleiding geven. (p. 29 Instemmingsbesluit)

Met andere woorden: het Meet- en Regelprotocol heeft als doel de gaswinning uit het Groningenveld op zo'n manier te laten plaatsvinden dat het seismisch risico zoveel als redelijkerwijs mogelijk wordt beperkt. Mochten er afwijkende signalen zijn, dan wordt in dit Meet- en Regelprotocol aangegeven welke maatregelen worden genomen naar aanleiding van die afwijkende signalen. Daarnaast wordt een signaleringssysteem gehanteerd waarbij vaste waarden gelden voor parameters die gemonitord worden. Bij overschrijding van de waarden die gekoppeld zijn aan de parameters zullen maatregelen worden voorgesteld.

Met 'afwijkende signalen' wordt bedoeld signalen die afwijken ten opzichte van wat verwacht kan worden op basis van de seismische historie (trends) en context van het Groningenveld, maar ook afwijkend ten opzichte van de door NAM gebruikte modellen. Een afwijking kan positief of negatief zijn. Een afwijking is positief wanneer er sprake is van minder seismiciteit dan verwacht. Een dergelijke afwijking geeft geen reden tot zorg en extra maatregelen. Is een gesignaleerde afwijking negatief – bijvoorbeeld omdat er meer seismiciteit is dan verwacht – dan treedt het escalatiemodel van dit Meet- en Regelprotocol in werking en wordt dat toegepast.

Inleidend merkt NAM op dat de regelbaarheid van het Groningensysteem begrenzingen kent. Ter toelichting daarop het volgende. Drie soorten maatregelen lijken in het verleden effect te hebben gehad op de seismiciteit van het Groningenveld: (i) het verminderen van de productie op veldschaal en (ii) het verminderen van productie op lokale schaal. (iii) Ook vlakke productie heeft mogelijk een positief effect op de seismiciteit. Dit soort maatregelen zijn in het verleden reeds opgenomen in de Instemmingsbesluiten voor het Groningenveld en geïmplementeerd. Aanvullende maatregelen zouden kunnen worden ingevoerd om het gebruik van het Groningenveld verder te optimaliseren, maar daarbij moet wel bedacht worden dat dit effecten kan hebben op bijvoorbeeld de seismiciteit in een ander gebied en de leveringszekerheid. Welke afwegingen gemaakt moeten worden voordat een maatregel kan worden genomen is beschreven in dit Meet- en Regelprotocol.

Daarnaast kost het enige tijd voordat een maatregel effect heeft: het is niet zo dat als (bijvoorbeeld) een beving met een kracht van 4,0 op de schaal van Richter zou plaatsvinden, het verder terugregelen van de productie direct een positieve impact heeft op de seismiciteit. Het duurt namelijk enige tijd voordat het effect van de maatregelen meetbaar wordt.

NAM verricht continu onderzoek met als doel de productie van het Groningenveld op dusdanige wijze plaats te laten vinden dat het seismisch risico zoveel als redelijkerwijs mogelijk beperkt wordt. Voortschrijdende inzichten zullen worden verwerkt in dit onderzoek en in dit Meet- en Regelprotocol

(zie ook hoofdstuk 12). Dit Meet- en Regelprotocol geeft hier structuur aan en biedt transparantie naar de buitenwereld. Helaas zullen aardbevingen en de daarmee gepaard gaande schade en overlast in enige vorm blijven bestaan.

1.2 Juridische context

Uitgangspunt van dit Meet- en Regelprotocol is dat met het productieniveau dat is toegestaan in het geldende Instemmingsbesluit¹, wordt voldaan aan de voorschriften, beperkingen en aannames van het Instemmingsbesluit. De Minister van Economische Zaken heeft daarbij overwogen dat hij het belangrijk vindt dat er een goed Meet- en Regelprotocol is, waarmee op basis van metingen – en analyses van die metingen – ingegrepen kan worden in het productiesysteem van het Groningenveld, zodra de ontwikkelingen (seismiciteit, grondversnellingen, etc.) daartoe aanleiding geven. In artikel 5 van het Instemmingsbesluit staan de eisen genoemd waar het Meet- en Regelprotocol aan moet voldoen om “ten genoeg van de inspecteur-generaal der mijnen” te zijn:

De Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. dient uiterlijk op 1 juni 2017 bij de Minister van Economische Zaken een nieuw Meet- en Regelprotocol in, waarin tot genoeg van de inspecteur-generaal der mijnen wordt beschreven:

- a. het risicobeheerssysteem waarmee het seismisch risico en de schade zo veel mogelijk worden beperkt;*
- b. de beslis- en escalatiestructuur;*
- c. de inpassing in het bedrijfsmilieuzorgsysteem (ISO 14001);*
- d. de halfjaarlijkse publicatie van meet- en monitoringsresultaten;*
- e. de methodiek waarmee een optimale verdeling van de productie uit oogpunt van seismisch risico wordt bepaald.*

De Minister van Economische Zaken en het Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) hebben diverse keren een zogenaamde “verwachtingenbrief” gestuurd aan NAM. In deze brief vermeldt SodM wat zij belangrijk vindt bij het opstellen van het Meet- en Regelprotocol. In het kader van dit Meet- en Regelprotocol heeft SodM drietal brieven opgesteld: één op 30 september 2016 (verwachtingenbrief), één op 25 januari 2017 (reactie op plan van aanpak) en één op 24 april 2017 (reactie concept Meet- en Regelprotocol). De kaders en verwachtingen geven aan dat het Meet- en Regelprotocol in ieder geval de volgende onderdelen dient te bevatten:

- Het Meet- en Regelprotocol dient invulling te geven aan de zorgplicht, zoals die is vastgelegd in artikel 33 van de Mijnbouwwet. In de actualisatie wordt rekening gehouden met alle randvoorwaarden waarbinnen de productie dient te worden geoptimaliseerd, te weten:
 - o normstelling ten aanzien van het veiligheidsrisico; en

¹ Op het moment van indienen van het Meet- en Regelprotocol zijn van kracht het Instemmingsbesluit winningsplan Groningenveld d.d. 30 september 2016 en het Wijziging instemmingsbesluit winningsplan Groningenveld d.d. 24 mei 2017.

- o zoveel als redelijkerwijs mogelijk voorkómen van schade aan gebouwen en infrastructurele werken of de werking daarvan.

Al deze punten zijn verwerkt in dit Meet- en Regelprotocol, waarbij de normstelling niet primair bij NAM ligt maar bij de overheid. Aan de onderdelen "normstelling" en "voorkómen van schade" is invulling gegeven met de keuze van de signaalparameters en de daaraan gekoppelde signaalwaarden.

Als laatste wordt gewezen op de zorgplicht als beschreven in artikel 33 Mijnbouwwet. Dit artikel is met ingang van 1 januari 2017, en dus ten opzichte van eerdere versies van dit Meet- en Regelprotocol, gewijzigd in het kader van de implementatie van Richtlijn 2013/30/EU (de zgn. Offshore Safety Directive). De reeds bestaande verplichtingen zijn blijven bestaan, welke in de kern betekenen dat NAM afdoende maatregelen moeten treffen om de risico's als gevolg van de gaswinning voor mens en milieu vroegtijdig te beheersen. In het Winningsplan en de daaraan ten grondslag liggende 'bow-tie' is reeds aangegeven op welke integrale wijze NAM de beheersing van de risico's voorstaat.

2 Leeswijzer Meet- en Regelprotocol

Het Meet- en Regelprotocol is als volgt opgezet. Om te beginnen wordt een algemene uitleg gegeven van de werking van het Meet- en Regelprotocol. Daarna wordt in ieder hoofdstuk een detail van die werking beschreven. Eerst worden de technische achtergronden van het document besproken, waarna wordt ingegaan op het bow-tiemodel en aan de hand van de bow-tie wordt inzichtelijk gemaakt waar het Meet- en Regelprotocol invloed op kan uitoefenen om de seismiciteit te beperken.

Vervolgens wordt ingegaan op het zogenaamde signaleringssysteem: wat doet NAM op welk moment en hoe wordt geprobeerd te voorkomen dat een bepaalde parameter wordt overschreden. Vervolgens wordt besproken wat die parameters zijn en waarom voor die parameters is gekozen. De mogelijke maatregelen worden in het daarop volgende hoofdstuk besproken

Bij dit Meet- en Regelprotocol is een Technisch Addendum gevoegd dat de technische achtergronden beschrijft van dit protocol.

Deze invulling van het Meet- en Regelprotocol is ook volledig in lijn met de eisen van het Instemmingsbesluit. De onderwerpen die daar zijn benoemd zijn terug te vinden in de volgende hoofdstukken:

- het risicobeheerssysteem is beschreven in de hoofdstukken 3 tot en met 6;
- de beslis- en escalatiestructuur is terug te vinden in hoofdstuk 7 en 8
- de inpassing in het ISO-14001 systeem is opgenomen in hoofdstuk 9;
- de halfjaarlijkse publicatie van meet- en monitoringsresultaten in hoofdstuk 11; en
- de methodiek zoals genoemd in sub e (par. 1.2, hierboven) beschreven in hoofdstuk 6 van het Technisch Addendum bij het Meet- en Regelprotocol.

3 Algemene structuur risico-beheersysteem

Het meten en regelen in dit protocol bestaat uit vijf onderdelen:

1. Meten en signaleren
2. Analyseren
3. Besluiten over te nemen maatregel
4. Nemen maatregel
5. Evalueren

Het doel van al deze onderdelen is hetzelfde: om het gas uit het Groningenveld zo te produceren dat de seismiciteit zo veel als redelijkerwijs mogelijk wordt beperkt. Het Meet- en Regelprotocol maakt inzichtelijk wat wordt gemonitord en op welke wijze de gevolgen van gaswinning worden onderzocht. Daarnaast laat dit Meet- en Regelprotocol zien welke maatregelen mogelijk effectief zijn indien er aanleiding is om maatregelen te treffen. Ook wordt inzichtelijk gemaakt wie het besluit neemt om een maatregel te nemen.

Het (1) meten en signaleren en (2) analyseren wordt gedaan door NAM. Aan de hand van een aantal vaste parameters en gebeurtenissen wordt gekeken of er "afwijkende" trends ontstaan. Als uit de analyse van de onderzoeken blijkt dat er inderdaad een dergelijke trend lijkt te zijn en deze is negatief, of er is sprake van een overschrijding van een parameter in het signaleringssysteem, dan wordt (3) met de betrokken vertegenwoordigers van de instanties zoals beschreven in hoofdstuk 8 besloten (4) welke maatregelen genomen zouden kunnen worden. Daarnaast is in het Technisch Addendum al in grote lijnen aangegeven welke maatregelen genomen kunnen worden en welke beperkingen, onzekerheden en mogelijkheden daar bij horen.

NAM stelt zelf voor welke maatregel zij denkt dat er genomen moet worden. Zolang de ontwikkelingen zich nog op het laagste niveau in de escalatiestructuur bevinden (zie hoofdstuk 6) zal zij hier over overleggen met SodM en de maatregel zelfstandig doorvoeren. Indien de gebeurtenissen op het middelste niveau zitten, dan zal SodM actiever betrokken worden alvorens een maatregel wordt doorgevoerd. De Minister van Economische Zaken zal vervolgens worden geïnformeerd over het uiteindelijke besluit welke maatregel er wordt genomen. Indien een gebeurtenis optreedt van het hoogste niveau, dan is het waarschijnlijk dat een afweging moet worden gemaakt van verschillende maatschappelijke belangen. Dat is niet de taak van NAM maar van de Minister van Economische Zaken. Vanzelfsprekend zal NAM hier weer zo snel als mogelijk alle benodigde informatie verstrekken.

Nadat de maatregel is doorgevoerd zullen de effecten daarvan worden (5) geëvalueerd. Daarbij wordt niet alleen beoordeeld of en in hoeverre de maatregel effectief was, maar ook of de maatregel geen onverwachte negatieve bijwerkingen had (zoals een verhoogde seismiciteit in een ander gebied dan waar de maatregel betrekking op had).

4 Technische context

4.1 Uitgangspunten voor dit protocol

Er zijn de afgelopen jaren veel geomechanische en statistische studies gedaan naar de relatie tussen de seismiciteit en productie van het Groningenveld (zie Technisch Addendum voor de samenvatting). Hierdoor is meer duidelijkheid ontstaan over hoe het Groningenveld werkt en waarom aardbevingen plaatsvinden. Omdat de oorzaken van de seismiciteit duidelijker zijn geworden, kan nu ook beter worden beoordeeld welke maatregelen zorgen voor een mogelijke beperking van de seismiciteit. De werking van het Meet- en Regelprotocol verloopt volgens een aantal stappen, die in het vorige hoofdstuk al kort zijn toegelicht.

4.2 Meten van relevante grootheden

Om te kunnen “regelen” en reageren zal eerst moeten worden gemeten: eerst moet duidelijk zijn wat er gebeurt in het veld, voordat kan worden besloten welke maatregelen kunnen/moeten worden genomen indien er sprake is van afwijkende signalen. In dat kader wordt het monitoren van de volgende grootheden van belang geacht omdat deze in het verleden geassocieerd waren met hogere bevingsintensiteit (zowel qua magnitude als qua aantal bevingen):

1. Totale drukdaling
2. Druk daling per tijdseenheid
3. Totale compactie
4. Compactie per tijdseenheid
5. Aantal bevingen (12-maandsgetal)
6. Bevingsdichtheid (12-maandsgetal) en
7. Verhouding tussen kleine en grote bevingen

Alle parameters en gebeurtenissen die worden voorgesteld in dit Meet- en Regelprotocol om te bepalen of onderzoek naar trends moet worden gedaan en/of er maatregelen moeten worden genomen, zijn gebaseerd op deze grootheden. De signaalparameters van het signaleringssysteem zijn de PGA, PGV, Activity Rate en Damage State (zie verder paragraaf 6.3). De gebeurtenissen die daarnaast in de gaten worden gehouden zijn beschreven in paragraaf 4.3. De hierboven genoemde zeven grootheden zullen in de periodieke rapportage worden gemonitord (zie ook hoofdstuk 11). In de periodieke rapportages worden daarnaast ook de parameters opgenomen en tevens wordt de omvang van de productie en het aantal graaddagen gerapporteerd aan de Minister van Economische Zaken.

4.3 Oppakken van signalen die kunnen duiden op afwijkende ontwikkelingen

De tweede stap in het proces is het analyseren van de reacties van het Groningenveld. Voor het voorspellen van toekomstige seismiciteit – en als afgeleide, het risico – wordt gebruik gemaakt van modellen. Deze modellen maken gebruik van fysisch verklaarbare relaties, zoals de verhouding tussen winningsvolume en compactie in het gasreservoir. De door NAM gehanteerde modellen – die wetenschappelijk en door externen zijn beoordeeld – worden continu getoetst aan de laatste

meetgegevens en inzichten. Naast een modelmatige aanpak is het ook belangrijk om trendmatig naar seismiciteit te kijken. Trendanalyse kan namelijk indicaties geven die (nog) niet fysisch verklaard kunnen worden, of binnen de bandbreedte van de modelvoorspellingen liggen, maar toch als waarschuwing of als mogelijke nieuwe studierichting dienen.

Een van de uitbreidingen van deze versie van het Meet- en Regelprotocol ten opzichte van eerdere versies betreft daarom het benoemen en monitoren van gebeurtenissen die grotendeels buiten de huidige conceptuele (en numerieke) modellen en verwachtingen vallen. Dit zijn dus gebeurtenissen die bekeken worden naast de signaalparameters en de bijbehorende signaalwaarden, hoewel het wel in de lijn der verwachting ligt dat daar (deels) een overlap zal zijn. NAM zal daarbij de focus leggen op de volgende gebeurtenissen:

- Toenemende seismiciteit in een nieuw gebied
- Een aardbeving met veel grotere kracht dan verwacht
- Seismiciteit waarbij een ondiepe breuk geactiveerd wordt
- Eerder terugkomen van hogere seismiciteit dan verwacht
- Klimmende seismische events afkomstig van één breuk
- Veranderende verhouding kleine en grote bevingen
- Lokale clustering van bevingen (ook als niet vast te stellen of ze van één breuk komen)
- Schadepatroon met veel meer schade dan verwacht
- Versnelde bodemdaling
- Gemeten onverwacht hoge grondversnellingen
- Het ontstaan van DS4 of DS5 schade bij beving met een kleine magnitude

Door het kijken naar deze gebeurtenissen wordt voorkomen dat de werking van het Meet- en Regelprotocol te afhankelijk is van een model. Het risico dat het model dat NAM gebruikt niet volledig blijkt te zijn of niet voldoende betrouwbaar is op de gebruikte variabelen, wordt hiermee gemitigeerd. Het oppakken van deze signalen vormt nu een integraal onderdeel van dit protocol en ook combinaties van de bovenstaande gebeurtenissen zijn en worden geadresseerd.

Het modelleren van schade is nog in volle gang en op basis van kalibratie met experimenten zal – conform de eisen van het Instemmingsbesluit – een prognose voor schade in november van 2017 gereed zijn. De signaalparameter “Damage State” is wel opgenomen in dit Meet- en Regelprotocol. Op basis van de resultaten van het onderzoeksprogramma (modellering en experimented) zal NAM in november 2017 een aanpassing van de signaalwaarden van deze parameter voorstellen.

4.4 Categorieën van te nemen maatregelen

De derde en vierde stappen zijn het daadwerkelijk nemen van maatregelen. De praktijk heeft laten zien dat de maatregelen die de Minister van Economische Zaken al heeft genomen lijken te hebben geleid tot een (al dan niet tijdelijke) afname van de seismiciteit. Door de productie uit het Groningenveld te verminderen en de gasproductie rondom Loppersum te verminderen, is de frequentie van de bevingen afgenomen en lijken ze ook af te nemen in magnitude. Op grond van wetenschappelijke studies en deze

ervaringen wordt ervan uit gegaan dat de volgende categorieën maatregelen kunnen worden genomen om de seismiciteit te beïnvloeden:

1. Totaal productievolume
2. Productievolume per regio en per cluster
3. Vlakke productie op veldschaal
4. Vlakke productie op kortere tijdschalen en per cluster

Alle maatregelen die in dit Meet- en Regelprotocol worden voorgesteld, kunnen worden ingedeeld in een van deze vier categorieën. Met deze ingrepen lijkt de totale hoeveelheid aardbevingen per tijdseenheid te kunnen worden beïnvloed, zowel voor het Groningenveld als geheel als per regio. Daarnaast lijkt het erop dat wellicht een deel van de opgebouwde spanning door deze maatregelen a-seismisch weglekt. Met andere woorden: door de ingrepen lijken er niet alleen minder aardbevingen te zijn in een jaar, maar er lijken daarnaast ook bij elkaar opgeteld over de jaren waarin het Groningenveld nog geproduceerd wordt, minder aardbevingen te zijn en de bevingen lijken in grootte af te nemen. Er zou dus niet alleen sprake kunnen zijn van "uitstel" maar ook mogelijk van "afstel" van bevingen. Het studieprogramma van NAM is in belangrijke mate gericht op het bevestigen/bestendigen van deze theorie.

4.5 Timing van maatregelen

De in hoofdstuk 7 genoemde maatregelen om seismiciteit te beperken werken niet direct en/of het kost tijd om de maatregelen uit te voeren. Daarnaast zal voor een aantal maatregelen gelden dat deze enkel kunnen worden genomen nadat een nadere belangenafweging is gemaakt door de Minister van Economische Zaken (bijvoorbeeld op het gebied van leveringszekerheid).

De tijdsvertraging is een belangrijke onzekerheid in de huidige fysische modellen en het is bijvoorbeeld moeilijk een exacte voorspelling te geven van de ontwikkelende seismiciteit op een breuk, als gevolg van een verandering in de productie van een nabij cluster. Mogelijk hebben de maatregelen een trager effect dan de gebruikte modellen nu aangeven. "Indirecte grootheden" zijn beter voorspelbaar, zoals drukdaling per tijdseenheid; er is een redelijk betrouwbare schatting mogelijk van de tijd die nodig is om door een productie-ingreep de drukdaling op een bepaalde plek te beïnvloeden. Echter, drukdaling per tijdseenheid is nog niet direct te relateren aan een seismische grootheid. Met andere woorden, het regelen op basis van indirecte grootheden is makkelijker, maar het doel is de seismiciteit te beïnvloeden en niet slechts de indirecte grootheden.

Dat betekent dat er ten behoeve van het inschatten van de benodigde tijd die nodig is om de effecten van de genomen maatregelen waar te nemen, gebruik moet worden gemaakt van meer kwalitatieve (dus meer beschrijvende) en semi-kwantitatieve (statistische), historische gegevens. In recente publicaties van TNO en CBS (zie referenties in Technisch Addendum), wordt gesuggereerd dat veranderingen in productie een tijdsvertraging van tussen de twee en acht maanden lieten zien. In het Meet- en Regelprotocol wordt daarom impliciet een schatting van zes maanden gehanteerd voordat een maatregel effect heeft op de seismiciteit, en voorbereiding van een (grote) maatregel kan ook nog eens

zes maanden in beslag nemen (om te voorkomen dat er, bijvoorbeeld, een leveringszekerheidsprobleem of operationeel probleem ontstaat).

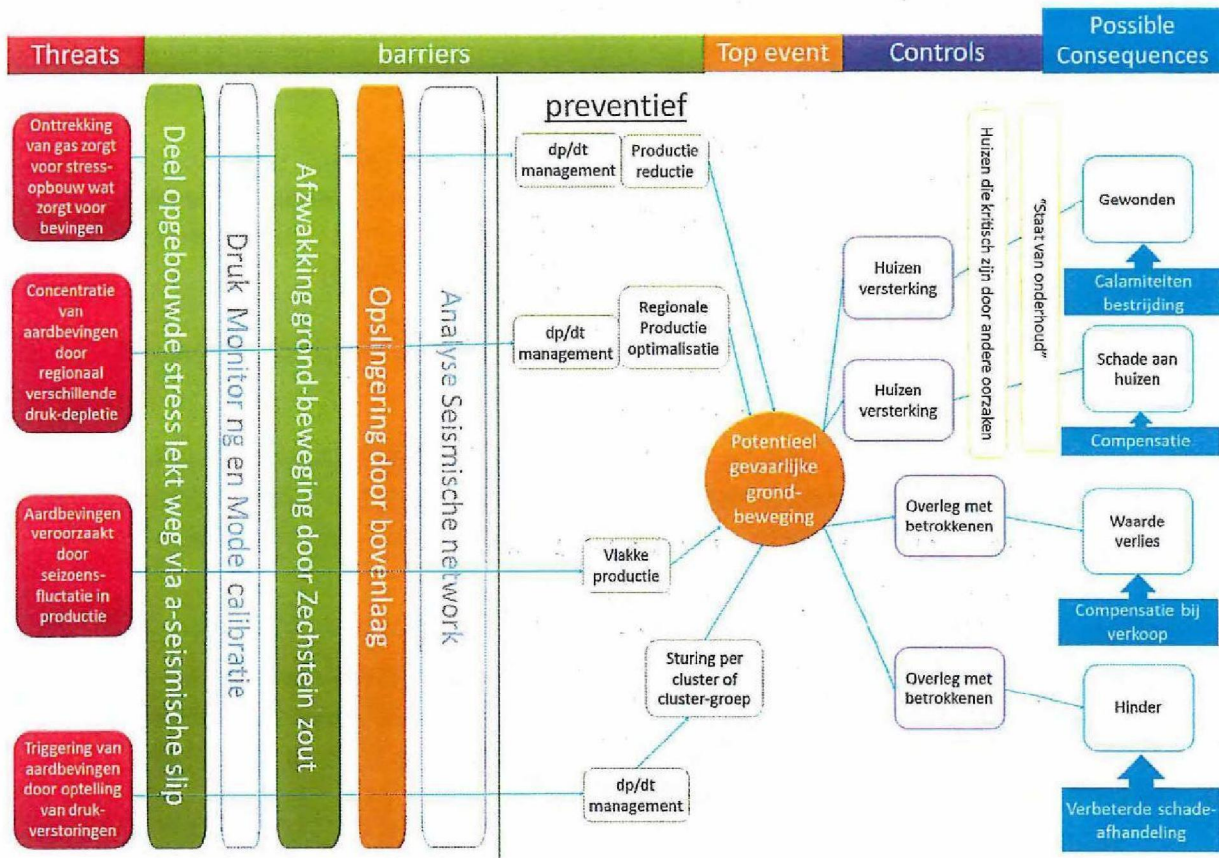
Vanwege de verwachting dat het dus enige tijd zal duren voordat een maatregel effect heeft, is het temeer van groot belang dat al in een vroeg stadium wordt begonnen met het signaleren van eventuele afwijkende trends en het identificeren van maatregelen. Het Meet- en Regelprotocol is daarom zo ingericht dat de eerste onderzoeken naar potentiële afwijkende trends en mogelijke oplossingen indien deze trend zich doorzet, al worden ingezet bij relatief lage waarden van de gekozen signaalparameters. Een verdere uitwerking van dit systeem wordt gegeven in hoofdstuk 6.

4.6 Effectiviteit van maatregelen

Het is op het moment van schrijven van het Meet- en Regelprotocol niet mogelijk om een volledig kwantitatief beeld te geven van de effectiviteit van maatregelen. Wel is er zoals eerder aangegeven de afgelopen jaren enige ervaring opgedaan met het effect van grootschalige reductie van volume op seismiteit en een aantal lokale ingrepen (Loppersum, zuidwesten van het veld). Er is reden om te veronderstellen dat de effectiviteit van maatregelen zal verschillen in de tijd en per locatie. Daar waar mogelijk zal de eerder opgedane kennis over effectiviteit van een maatregel meegenomen worden in de weging van de proportionaliteit van een maatregel. Dit kan betekenen dat een zwaardere maatregel wordt gebruikt daar waar een lichtere maatregel niet effectief gebleken is. Dat kan ook betekenen dat de effectiviteit van kleine maatregelen groter is dan verwacht en dus breder kan worden toegepast.

5 Risico beheerssysteem – bow-tieperspectief

De inventarisatie van mogelijke seismische dreigingen en gevolgen is geïllustreerd in het winningsplan met behulp van een bow-tie (vlinderdas) model. De bow-tie in deze paragraaf is een specifieke invulling van die bow-tie voor dit Meet- en Regelprotocol. In deze paragraaf wordt gekeken naar een “actual event” en het voorkómen althans beheersen ervan. Er wordt niet gekeken naar het vermijden van het inzetten van de verkeerde beheersmaatregelen, dat wordt besproken in hoofdstuk 10.



Figuur 1 Bow-tie actual event

Figuur 1 bevat aan de linkerkant de seismische dreiging die wordt bepaald door ondergrondse factoren. De 'knoop' van de vlinderdas is het optreden van een mogelijk gevaarlijke trilling. De rechterkant toont de mogelijke gevolgen en beheersmaatregelen die verdere escalatie voorkomen (maar ook de factoren die escalatie juist verergeren). Deze onderdelen worden in de volgende paragrafen toegelicht.

5.1 Ondergrondse dreigingen (rode blokjes)

De ondergrondse dreigingen staan in rood-omlijnde tekstblokjes. Dit zijn de volgende dreigingen:

- Gasonttrekking die zorgt voor de bevingen
 - o Gasonttrekking uit het Groningse Rotliegendes-reservoir is de oorzaak van de seismiciteit. Groningen kent geen of een verwaarloosbaar kleine natuurlijke seismiciteit.
- Concentratie van aardbevingen door regionaal verschillende drukafname
 - o De snelheid waarmee de druk afneemt kan onder bepaalde omstandigheden een veroorzaker zijn van seismiciteit. Deze drukafname kan regionaal verschillen door (in veel gevallen benodigde) productieinzet van de productieclusters.
- Aardbevingen veroorzaakt door seizoensfluctuatie in productie
 - o Uit statistisch onderzoek is het vermoeden ontstaan dat seizoensfluctuaties kunnen bijdragen aan de ontwikkeling van seismiciteit.
- Opwekken van aardbevingen door optelling van drukverstoringen
 - o Op een breukvlak zullen de effecten van productie van de verschillende clusters voelbaar zijn. Omdat elk cluster op een andere tijdschaal met een deel van het reservoir communiceert, zullen deze drukverschillen hun oorsprong vinden in andere tijdstippen van het jaar.

5.2 Barrières (groene blokjes)

De groen-omlijnde blokjes geven de preventieve maatregelen weer die worden gebruikt om de seismiciteit te verminderen en derhalve worden gebruikt in dit Meet- en Regelprotocol. De beschreven barrières zijn op te delen in twee soorten: barrières die simpelweg aanwezig zijn en waar NAM geen invloed op heeft, en barrières die NAM zelf in het leven kan roepen:

- Weglekken van opgebouwde "stress" in het reservoir via "a-seismische slip"
 - o Niet alle opgebouwde stress vertaalt zich in seismiciteit; een deel lekt mogelijk weg dit wordt a-seismische slip genoemd; dit kan potentieel enigszins beïnvloed worden door productiemaatregelen.
- Afzwakking grondbeweging door eigenschappen Zechstein-zout
 - o Het Zechstein-zout heeft een sterk dempende werking op de voortplanting van seismische golven in de ondergrond en vormt daarmee een natuurlijke barrière voor hogere grondbeweging bovengronds. Dit kan NAM niet beïnvloeden, maar hier wordt wel rekening mee gehouden bij het bepalen van de maatregelen die genomen moeten worden. Dit wordt gedaan door de invloed van het Zechstein-zout mee te nemen in de berekening van de te verwachten grondbeweging aan het oppervlak.

- Opslingering en demping door bovenlaag
 - o De Groningse bovengrond speelt een belangrijke rol in de overdracht van de seismiciteit van de ondergrond naar de bovengrond. Deze rol is verwerkt in de zogenaamde "Ground Motion Prediction Equation". Dit is een koppeling van een aantal modellen en laat zien op welke wijze de seismische beweging in de ondergrond uiteindelijk resulteert in seismische beweging aan het oppervlakte ('opslingering' genaamd). De uitkomsten van dit onderzoek laten zien dat een verschillende bovenlaag in de ondergrond leidt tot verschillende effecten aan de bovengrond. Een beving met bijvoorbeeld magnitude 3 op de schaal van Richter heeft daardoor in het ene gebied een groter effect dan in het andere. Dit is niet iets wat NAM kan beïnvloeden, maar is wel waar rekening mee wordt gehouden bij de te nemen maatregelen.
- Management van drukdaling per tijdseenheid (dp/dt)
 - o De drukdaling per tijdseenheid speelt waarschijnlijk een rol bij de zogenaamde "partitioning-factor". Dat is de verhouding tussen seismische en a-seismische relaxatie van opgebouwde stress. Oftewel: komt de opgebouwde spanning in de ondergrond tot uiting in een aardbeving of vloeit die spanning weg zonder beving (a-seismische slip).
- Productiereductie
 - o Vermindering van de productie van gas uit het Groningenveld kan gebruikt worden om in het hele Groningenveld de drukdaling te beïnvloeden. Het gevolg daarvan is dat de hoeveelheid bevingen in een jaar zullen afnemen.
- Regionale productieoptimalisatie
 - o Delen van het veld vertonen meer seismiciteit dan andere en eenzelfde hoeveelheid productie uit sommige delen van het veld lijkt meer seismiciteit te veroorzaken dan in andere delen van het veld. Er zijn bovendien sterke statistische aanwijzingen dat seismiciteit gecorreleerd is aan de dikte van de "hydro-carbon" kolom. Door op lokaal niveau de productie van het gas aan te passen kunnen mogelijk lokaal de aardbevingen worden verminderd.
- Vlakke productie
 - o Vlakke productie, waarbij er zo weinig mogelijk verschil is in gasproductie tussen zomer en winter, zou mogelijk seismiciteit kunnen verminderen.
- Sturing per cluster of per clustergroep
 - o Het beperken van productie van een aantal clusters met veel seismiciteit zou mogelijk de drukdaling regionaal kunnen beperken en daarmee de seismiciteit op kritische breuken kunnen verminderen.

5.3 Gevolgen beperken (paarse blokjes)

De paars-omlijnde blokjes aan de rechterkant van de bow-tie beschrijven de maatregelen die tot doel hebben de gevolgen te beperken. Deze stap maakt geen onderdeel uit van dit Meet- en Regelprotocol en is slechts opgenomen om een zo volledig mogelijk overzicht te geven:

- Huizenversterking
 - o Het huizenversterkingsprogramma onder regie van de Nationaal Coördinator Groningen (NCG) vormt een belangrijke pijler bij het voorkomen van persoonlijk letsel.
- Compensatie van schade
 - o Indien bewoners schade hebben geleden ten gevolge van de aardbevingen worden zij hiervoor gecompenseerd of wordt de schade hersteld.
- Mitigeren hinder en maatschappelijke gevolgen
 - o Door middel van het verbeteren van het schadeafhandelingsproces door het Centrum Veilig Wonen (CVW), wordt de ervaren overlast door de schade zoveel als mogelijk beperkt. NAM is zelf op afstand geplaatst in het schadeafhandelingstraject.

5.4 Gebruik bow-tie

In de volgende hoofdstukken zal worden beschreven aan de hand van welke parameters de groundbeweging wordt gemonitord. Daarnaast zal worden beschreven welke barrières NAM zal voorstellen als de reeds bestaande barrières niet afdoende (b)lijken te zijn om afwijkende signalen op te vangen dan wel indien de waarden van de parameters in het signaleringssysteem worden overschreden.

De maatregelen die kunnen worden genomen zijn steeds gebaseerd op de activiteiten die in de bow-tie vermeld staan onder “preventieve maatregelen”. De vier hoofdmaatregelen zijn in hoofdstuk 4 al geïdentificeerd als maatregelen die mogelijk effect hebben op de seismiciteit. In de volgende hoofdstukken zal een uitwerking worden gegeven van het signaleringssysteem, de gebruikte parameters, de mogelijke maatregelen en de manier waarop tot deze maatregelen wordt gekomen.

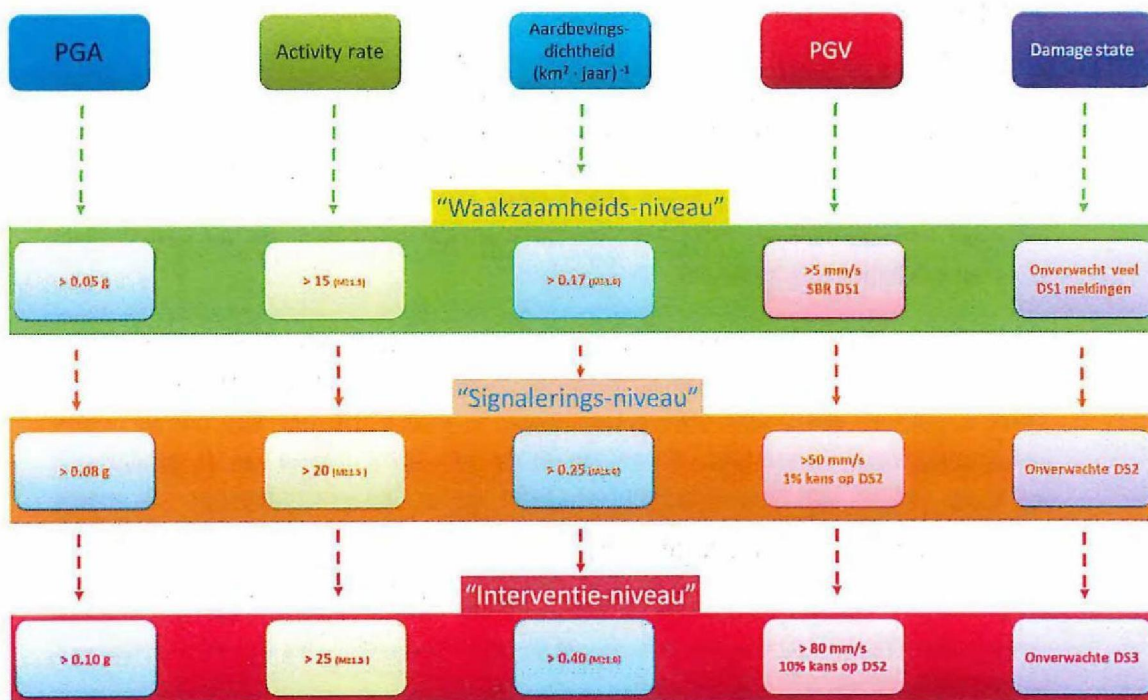
6 Structuur van het signaleringssysteem

6.1 Signaleringsysteem in het algemeen

De structuur van het signaleringssysteem staat schematisch weergegeven in figuur 2. De daar in weergegeven bovenste “balk” met tekstboxen geeft de grootheden (parameters) aan waarop gemonitord en gestuurd wordt. Hierin staan de signaalparameters PGA, Activity Rate, Aardbevingsdichtheid, PGV en Damage State. De betekenis en achtergrond van deze parameters worden beschreven in paragraaf 6.3, maar in het algemeen kan gezegd worden dat er aangesloten is bij de grootheden zoals beschreven in paragraaf 4.2..

Naast de signaalparameters zijn er ook drie “niveaus van signalering” vastgesteld (zie verder paragraaf 6.2). Elk niveau is gekoppeld aan steeds hogere waarden van de gehanteerde parameters. Elk niveau geeft daarbij een verschillende urgentie en verschillende maatregelen aan. Naarmate het niveau van signalering hoger wordt, zullen de maatregelen die genomen worden ook een grotere impact hebben op de werking van het Groningensysteem (zie hoofdstuk 7).

Structuur van het signalerings-systeem met voorgestelde grenswaarden



Figuur 2

structuur van het signaleringssysteem

6.2 De niveaus

Er zijn drie niveaus te onderscheiden in dit Meet- en Regelprotocol:

- Waakzaamheidsniveau (groen). Het eerste niveau (waakzaamheidsniveau) wordt weergegeven in de tweede – groen-omkaderde – balk. NAM monitort en analyseert de verschillende parameters. Op dit niveau worden gerichte analyses uitgevoerd om significante trends en/of ontwikkelingen te identificeren en eventuele maatregelen te treffen. De aanleiding voor deze onderzoeken zijn zowel de in paragraaf 4.3 beschreven afwijkende ontwikkelingen als de waardes van de signaalparameters op dit niveau. De waardes van de parameters zijn zo laag gekozen dat in de toekomst nagenoeg continu in het waakzaamheidsniveau zal worden geopereerd.

De intentie is dat wordt geprobeerd op dit niveau een oranje of rood niveau zo veel als redelijkerwijs mogelijk te voorkomen en/of dat de maatregelen worden voorbereid die nodig zijn op het moment dat wordt aangekomen in het escalatiedeel (oranje en rood) van dit model. Deze voorbereiding houdt ook in (waar relevant) de afstemming met Gasunie Transport Services (verder: "GTS") en GasTerra en het uitwerken van de operationele aspecten van beheersmaatregelen.

- Signaleringsniveau (oranje). Het tweede niveau (signaleringsniveau) en het begin van het escalatiemodel, staat weergegeven in de derde – oranje-omkaderde – balk. Op dit niveau wordt in principe een directe actie geformuleerd, in eerste instantie door het NAM Risk Coördination Team Earthquakes dat binnen 48 uur een korte analyse van de gebeurtenis geeft met een set van bijbehorende maatregelen die binnen een tijdsbestek van enkele weken uitgevoerd kunnen worden. Daarbij wordt gebruik gemaakt van de maatregelen die reeds geïdentificeerd zijn op het waakzaamheidsniveau. Een voorgestelde maatregel heeft in de regel een regionaal karakter. In de meeste gevallen wordt deze maatregel genomen na overleg met GTS en GasTerra, en in sommige gevallen na goedkeuring van de Minister van Economische Zaken.
- Interventieniveau (rood). Het derde en laatste niveau (interventieniveau), tevens het hoogste niveau van de escalatiestructuur, is weergegeven in de vierde – rood-omkaderde – balk. Dit is het niveau waarbij vrijwel altijd direct een ingreep in het systeem wordt gedaan, indien nodig op veldschaal. Indien wordt gekozen voor een ingreep op veldschaal, dan zal in veel gevallen goedkeuring van de Minister van Economische Zaken nodig zijn omdat hiervoor mogelijk een wijziging van het Instemmingsbesluit is vereist. Een gebeurtenis op het interventieniveau betekent overigens *niet* dat automatisch sprake is van een gebeurtenis waarbij de veiligheid in het geding is.

Combinaties van grenswaarden die overschreden worden, leiden in het algemeen tot verdere escalatie van maatregelen.

Voor alle niveaus geldt dat het niveau van de signaalparameters aanleiding is voor actie, maar tegelijk geldt dat het niveau maar één van de indicatoren is om te bepalen *welke* maatregel moet worden genomen. In hoofdstuk 7 wordt concreet ingegaan op de maatregelen die kunnen worden genomen gekoppeld aan de diverse niveaus, en welke afwegingen hierin nog meer een rol spelen.

6.3 De gekozen parameters

Zoals beschreven, zijn vijf parameters vastgesteld om te beoordelen of sprake is van afwijkende gebeurtenissen die onderzoek dan wel maatregelen behoeven. De termen die voor deze parameters zijn gebruikt worden hieronder verder uitgewerkt. De achtergrond bij de grenswaarden worden toegelicht in het Technisch Addendum..

6.3.1 PGA

PGA staat voor peak ground acceleration, de aan de oppervlakte gemeten grondversnelling als gevolg van een seismische gebeurtenis. De waarde wordt gemeten door het KNMI, op basis van een netwerk van meetstations. Een kaart met gemeten PGA wordt alleen gepubliceerd voor gebeurtenissen met een magnitude van krachtiger dan 2,0 op de schaal van Richter. De belangrijkste reden om de PGA te monitoren, is dat dit een sleutelparameter is in de groundbeweging en daarmee voor de seismische risico's.

Schade aan gebouwen en het risico voor diegenen die in deze gebouwen aanwezig zijn, is voornamelijk afhankelijk van de horizontale component van de PGA. Gebouwen worden ontworpen om verticale krachten goed te kunnen weerstaan. De grenswaarden voor PGA (figuur 2) hebben dan ook alleen betrekking op de horizontale componenten (radiaal en transversaal) van de PGA.

6.3.2 Activity Rate

Bij de "Activity Rate" wordt het aantal seismische gebeurtenissen bijgehouden met een magnitude groter dan 1,5 op de schaal van Richter. De belangrijkste reden voor die ondergrens van 1,5 is dat deze ondergrens het mogelijk maakt om de hoeveelheid gebeurtenissen betrouwbaar te vergelijken voor de gehele historie van het Groningenveld (sinds 1993). Bevingen met een kleinere magnitude ($M > 1,0$) worden immers pas sinds kort gemeten. De magnitude wordt berekend door het KNMI aan de hand van meetgegevens verkregen met de geofon en versnellingsmeter. De Activity Rate wordt berekend door middel van een 12-maandsgetal (som van bevingen over 12 maanden, waarbij de eerste en de laatste maand steeds één keer verspringt). Het belangrijkste doel van het bijhouden van de Activity Rate is dat het een indicator kan zijn van een gebeurtenis met een hogere magnitude in de toekomst en een maatstaf is voor de hoeveelheid seismiciteit.

6.3.3 Aardbevingsdichtheid

Aardbevingsdichtheid wordt gemeten als het aantal aardbevingen per vierkante kilometer per jaar met een magnitude groter dan 1.0 op de schaal van Richter. De gebruikte berekeningsmethode is gebaseerd op een internationaal aanvaarde methode (quartic kernel function). Ook de aardbevingsdichtheid wordt berekend aan de hand van een 12-maandsgetal. Er zijn twee belangrijke redenen om aardbevingsdichtheid te monitoren; in de eerste plaats omdat het een indicatie kan zijn van komende,

hogere seismiciteit (hogere magnitudes) in een bepaalde regio en in de tweede plaats de verhoogde lokale seismiciteit zelf.

6.3.4 PGV

De PGV (Peak Ground Velocity) is een nieuwe waarde die in dit protocol geïntroduceerd wordt als signaalparameter. De reden om deze parameter te introduceren is dat deze belangrijk is voor schade- (voorspelling). De berekeningsmethode volgt die van de meest recente GMPE, voor alle events met een magnitude groter dan 2,0 op de schaal van Richter op basis van KNMI-data.

6.3.5 Damage State

De laatste grootheid die deel uitmaakt van het protocol is de "Damage State" van schade. De definitie van Damage State is kwalitatief, maar wel internationaal aanvaard. In het Technisch Addendum bij het Meet- en Regelprotocol wordt een korte uitleg gegeven van de verschillende Damage States. DS3 wordt gedefinieerd als significante schade aan dragende delen van de constructie, DS2 als beginnende schade aan dragende constructies en DS1 als "cosmetische" schade. In dit protocol wordt voorgesteld om voorlopig te monitoren op onverwachte schade, deze onverwachte schades zijn de signaalparameters die worden gebruikt. De vaststelling van de schade zou kunnen gebeuren op basis van proactieve schade-inspecties uitgevoerd op verzoek van NAM.

6.3.6 Herziening van grenswaarden in de toekomst

Vrijwel alle grenswaarden zijn gebaseerd op steeds voortschrijdend inzicht. Het ligt dan ook in de lijn der verwachting dat deze waarden in de toekomst naar boven of naar beneden bijgesteld moeten worden op basis van nieuwe academische of statistische inzichten, dan wel beleidsveranderingen. Meer over de flexibiliteit van het Meet- en Regelprotocol en de procedure die daarvoor dient te worden gevolgd, staat in hoofdstuk 12.

6.4 Bouwkundig versterken

Hoewel bouwkundig versterken een integraal onderdeel is van de beperking van de seismische risico's, betreft dit een mitigerende maatregel (rechtterkant bow-tie). Dit valt niet binnen het bereik van het Meet- en Regelprotocol en hier zal dus niet verder op worden ingegaan.

7 Overwegingen bij potentiële maatregelen

7.1 Identificatie maatregelen

Zoals aangegeven in hoofdstuk 4 zijn de praktische maatregelen die genomen kunnen worden in te delen in vier categorieën:

1. Totaal productievolume
2. Productievolume per regio en per cluster
3. Vlakke productie op veldschaal
4. Vlakke productie op kortere tijdschalen en per cluster

Figuur 3 toont een overzicht van de maatregelen die hieronder besproken worden in relatie tot de drie niveaus in het signaleringssysteem. De maatregelen die hier genoemd staan worden in paragraaf 7.2 verder uitgewerkt.

In figuur 3 is ook duidelijk uitgewerkt welke maatregelen overwogen zullen worden op welk niveau van het signaleringssysteem. Bij overschrijding van het waakzaamheidsniveau zullen de te nemen maatregelen in de regel variëren van maatregel 1 (speciale rapportages) tot aan maatregel 6 (productiebeperking cluster). Bij overschrijding van het signaleringsniveau zullen de maatregelen in beginsel variëren van maatregel 1 (een speciale rapportage, enkel in bijzondere situaties) tot maatregel 8 (volume reductie). Een overschrijding van een waarde op het interventieniveau zal in de regel een zwaardere maatregel betekenen, variërend van maatregel 4 (voorbereiding van een productieperking van de cluster(s)) tot maatregel 10 (voor langere tijd slechts een klein deel van de ring opereren). Het afwegingskader waarmee uiteindelijk gekozen wordt voor een maatregel is verder uitgewerkt in hoofdstuk 7

Koppeling signalerings-systeem met maatregelen



Figuur 3. Koppeling signaleringssysteem aan de te nemen maatregelen. Figuur 3 geeft weer bij welk niveau welk type maatregelen overwogen zal worden. De kolom naast de maatregelen geeft het afwegingskader weer met daarin (een selectie van) de gebruikte criteria om maatregelen af te wegen. De laatste kolom tenslotte geeft de partijen weer die de afweging in principe zullen maken. Maatregelen 1 t/m 8 zullen in de regel genomen kunnen worden zonder tussenkomst van de Minister. Maatregelen 9 en 10 zullen vrijwel altijd tussenkomst van de Minister vergen.

7.2 Te nemen maatregelen

De vier categorën van maatregelen genoemd in paragraaf 7.1 zijn verder uitgewerkt in een aantal concrete maatregelen die genomen kunnen worden indien de situatie hier om vraagt (zie ook verder paragraaf 7.3 en 7.4). Deze maatregelen worden in het onderstaande verder uitgewerkt.

1. *Ad-hoc maatregelen met weinig tot geen impact op de (wijze van) productie uit het Groningenveld*
 - Speciale rapportage
 - Het doel van het Meet- en Regelprotocol is niet zozeer het voorkomen van alle seismiciteit (en schade). Seismiciteit is namelijk inherent aan de gaswinning uit het Groningenveld. Dat betekent dus ook dat seismiciteit op zichzelf geen afwijkende gebeurtenis is. Wel worden alle aardbevingen meegenomen in de continu lopende onderzoeken die plaatsvinden om de seismiciteit ten gevolge van de gaswinning in Groningen beter te begrijpen.
 - Doel van de speciale rapportages is aan de hand van een analyse van de gebeurtenis duidelijk te krijgen of deze gebeurtenis ook een trend in de seismiciteit laat zien die afwijkend is en/of er wellicht voorbereidingen moeten worden getroffen voor een nadere maatregel. Het kan ook zijn dat de trend zelf geen aanleiding geeft tot verder handelen, maar wel nieuwe informatie geeft voor de modellen die NAM gebruikt. Als hoofdregel wordt een speciale rapportage altijd gemaakt als de waarden op het waakzaamheidsniveau van het signaleringssysteem worden overschreden en indien de in paragraaf 4.3 beschreven afwijkende ontwikkelingen zich voordoen. De waarden zijn zo laag gekozen dat dit in de toekomst eigenlijk een continu proces is dat door NAM zal worden uitgevoerd.
 - Speciale rapportages worden daarnaast gemaakt indien zou blijken dat daar een maatschappelijke vraag naar is. Met het maken van de speciale rapportages wordt immers ook een (wetenschappelijke) uitleg gegeven voor de ontwikkelingen van de seismiciteit, wat zorgt voor meer transparantie naar de bewoners boven het Groningenveld.
 - Met een speciale rapportage als maatregel zal op het signaleringsniveau slechts in uitzonderlijke gevallen kunnen worden volstaan. Wel kan op signaleringsniveau een speciale rapportage worden gemaakt in combinatie met een andere maatregel.
 - Proactieve schade-inspecties
 - Proactieve schade inspecties hebben tot doel om op korte termijn duidelijk te krijgen wat de impact is van een gebeurtenis op de schadeontwikkeling. Met een speciaal inspectieteam zal worden gekeken of sprake is van onverwachte DS1, DS2 of DS3 schade. De aanleiding zal – conform het signaleringssysteem – het aantal meldingen zijn dat in die categorie wordt gedaan. NAM zal hierover geïnformeerd moeten worden door de partij die de schademeldingen beheert. Hierover zullen nadere afspraken worden gemaakt met de NCG nadat duidelijk is geworden hoe “NAM op afstand” geëffectueerd zal worden.
 - Opregelprocedure clusters aanpassen

- Het opregelen van een productiecluster zou in theorie een stressverandering teweeg kunnen brengen die op zijn beurt een beving zou kunnen veroorzaken. Hier zijn ook statistische aanwijzingen voor, maar concreet wetenschappelijk bewijs voor deze koppeling ontbreekt vooralsnog. Het trager opregelen van de clusters is een maatregel die gecontroleerd genomen kan worden indien de seismische omwikkelingen in dit cluster daar aanleiding voor geven, zodat dit beter kan worden onderzocht.

2. *Maatregelen met een regionaal karakter*

- Vlakke productie cluster
 - Op dit moment wordt geprobeerd om veldbreed zo vlak mogelijk te produceren, wat betekent dat de volumes die per kalendermaand worden onttrokken uit het veld vrijwel gelijk zijn (+/- 20% variatie). Een mogelijke maatregel is om bij een cluster dat onverwacht hoge seismiciteit laat zien, gekozen wordt om dat cluster (nagenoeg) volledig vlak te produceren, dus bijvoorbeeld met een fluctuatie van maximaal 5%.
- Individuele clusters (tijdelijk) insluiten
 - Naar voorbeeld van de Loppersum clusters zouden andere clusters geheel of gedeeltelijk kunnen worden ingesloten indien de (lokale) seismiciteit daartoe aanleiding geeft.
- Groep clusters terugregelen
 - Naar voorbeeld van het Loppersum cluster zou er voor kunnen worden gekozen om meerdere clusters met – bijvoorbeeld 20-30% terug te regelen indien de (lokale) seismiciteit daar aanleiding voor geeft. Afhankelijk van de situatie hoeft dit niet automatisch te betekenen dat er minder uit het veld geproduceerd wordt.
- Regionale vlakke productie
 - Door het uitgangspunt van vlakke productie ook regionaal door te voeren – dus niet op veldniveau – kan die regionale seismiciteit wellicht worden beïnvloed.
- Groep clusters voor onbepaalde tijd (al dan niet gedeeltelijk) insluiten
 - Met het insluiten van een aantal clusters wordt aansluiting gezocht bij de maatregelen die eerder zijn genomen met het terugregelen van bijvoorbeeld de Loppersum clusters, maar ook met het reduceren van het totale volume dat wordt gewonnen uit het Groningenveld.

3. *Maatregelen met een veld-brede impact*

- Vlakke productie regionaal met veld-brede effecten
 - Vlakke productie doorvoeren op regionaal niveau kan tot gevolg hebben dat minder (piek)productie kan plaatsvinden uit het Groningenveld als geheel.
- Volumereductie veldschaal (preferentieel opereren met Norg)
 - Door het productieniveau van het Groningenveld naar beneden bij te stellen zal de inzet zijn om de seismiciteit veldbreed te beïnvloeden.
- Regionale productiebeperkingen die niet gecompenseerd kunnen worden in andere delen van het Groningenveld.

- Het is goed mogelijk dat de regionale maatregelen (bijvoorbeeld het insluiten van bepaalde clusters) per saldo leiden tot veld-brede reductie van het volume dat gewonnen wordt. Het is namelijk niet altijd zo dat de verminderde productie uit het ene deel van het veld gecompenseerd kan worden met een grotere productie uit een ander deel van het veld. De redenen hiervoor kunnen zijn dat praktisch gezien die capaciteit niet beschikbaar is, maar bijvoorbeeld ook dat een verhoging in een ander deel van het veld onacceptabel is in verband met verhoogde risico's op seismiciteit.
- Alleen de zuidelijke ring opereren samen met Norg
 - Met het sluiten van noordelijke ring wordt geprobeerd de seismiciteit in die specifieke delen van het veld te beïnvloeden. Wanneer deze maatregel voor langere tijd ingezet wordt, dan is dit potentieel de maatregel met de grootste leveringszekerheid-consequentie.

Welke maatregel dient te worden genomen is afhankelijk van twee factoren: de soort gebeurtenis (paragraaf 7.3) en de uitvoerbaarheid van de maatregel (paragraaf 7.4). Daarnaast kan ieder van de gebeurtenissen en rapportages die daaruit volgen leiden tot input in het Studie- and Data-acquisitieprogramma van NAM. Andersom zal dit programma ook zorgen voor input voor een eventuele verbetering van de rapportages die NAM doet in het kader van het Meet- en Regelprotocol. Bij al deze maatregelen zullen de vraagstukken die in paragraaf 7.3 en 7.4 benoemd worden, integraal worden meegewogen.

7.3 Soort gebeurtenis

De te nemen maatregel is, naast de technische analyse en het technisch inzicht, mede afhankelijk van de gebeurtenis waarop dient te worden gereageerd. Daarbij spelen drie elementen een rol:

- De (maatschappelijke) impact van de seismische gebeurtenis
- Hoe verontrustend is de seismische gebeurtenis
- Is er sprake van een onverwacht element

Elk van deze drie onderdelen wordt hierna toegelicht.

7.3.1 Impact van de seismische gebeurtenis

De (maatschappelijke) impact van de seismische gebeurtenis is concreet gemaakt met de beschrijving van het signaleringssysteem. Naarmate het niveau hoger wordt – van waakzaamheidsniveau naar signaleringsniveau naar interventieniveau – is het in beginsel gerechtvaardigd dat de impact van de maatregel groter is.

Een gebeurtenis op het interventieniveau betekent *niet* dat automatisch sprake is van een gebeurtenis die de veiligheid in het geding brengt. De parameters op dit niveau zijn met name gekozen op basis van historische gegevens over de waarde van de gekozen parameters waarbij grote maatschappelijke onrust is ontstaan of verwacht wordt dat dit zal ontstaan, niet omdat niet meer voldaan zou worden aan de veiligheidsnormen.

Indien een gebeurtenis op het interventieniveau ertoe zou leiden dat de inzichten ten aanzien van de veiligheid moeten worden bijgesteld, zal NAM alle maatregelen nemen die noodzakelijk zijn.

7.3.2 Hoe verontrustend is de seismische gebeurtenis

Eén van de verschillen met de voorgaande versie van het Meet- en Regelprotocol is dat uitdrukkelijk wordt gekeken naar factoren die (nog) niet zijn meegenomen in de modellen van NAM. De signalen die gemonitord worden en waarover gerapporteerd wordt zijn beschreven in paragraaf 4.3. Uit de analyses van deze gebeurtenissen kan naar voren komen dat – al dan niet naast de overschrijding van één van de parameters op één van de drie niveaus in het signaleringssysteem – er een opvallend element zit in de ontwikkeling van de seismiciteit. Een voorbeeld hiervan is dat wordt gezien dat in korte tijd binnen een bepaald gebied een escalatie te zien is van de magnitude van de aardbevingen die daar plaatsvinden. In korte tijd een beving van (bijvoorbeeld) 1,5, 2,0 en 2,5 op de schaal van Richter past op zich binnen de toegepaste modellen, maar is wel opvallend.

De voornaamste actie die genomen wordt na het constateren van dergelijke ontwikkelingen is het maken van een analyse van de gebeurtenis om beter te begrijpen wat er gebeurt met de ontwikkeling van seismiciteit in het Groningenveld. De uitkomsten van de analyse kan vervolgens consequenties hebben voor het gebruik van de modellen, maar kan ook laten zien dat de modellen grotere onzekerheden hebben dan aanvankelijk werd gedacht. In dat geval zullen maatregelen moeten worden overwogen.

7.3.3 Onverwacht element

Het laatste element die van belang is bij het bepalen van de te nemen maatregel, is het antwoord op de vraag of de seismische gebeurtenis een onverwacht element in zich heeft. Een onverwachte gebeurtenis wordt in dit Meet- en Regelprotocol gedefinieerd als een gebeurtenis die niet past binnen de door NAM gebruikte modellen dan wel een gebeurtenis die een significante afwijking van een trend vormt (trendbreuk). Een aantal gebeurtenissen kan bijvoorbeeld op interventieniveau plaatsvinden, maar niet onverwacht zijn gelet op de voorspellingen van de modellen die NAM gebruikt. Een gebeurtenis die voorspelbaar en geen trendbreuk is zal minder snel leiden tot een maatregel die een grote impact heeft op de (wijze van) productie uit het Groningenveld.

Bij onverwachte gebeurtenissen ligt dit anders. Bij onverwachte gebeurtenissen zal primair worden vastgesteld of de gebeurtenis moet leiden tot een aanpassing in de modellen en (dus) van de voorspellingen van het veiligheidsrisico. Afhankelijk van de ernst van de gebeurtenis en de mate van afwijking van de modellen, zal de onvoorspelbaarheid van de gebeurtenis op zichzelf al een reden kunnen zijn om (tijdelijke) veldbrede maatregelen te nemen.

7.4 Integratie van de context van beheersmaatregelen

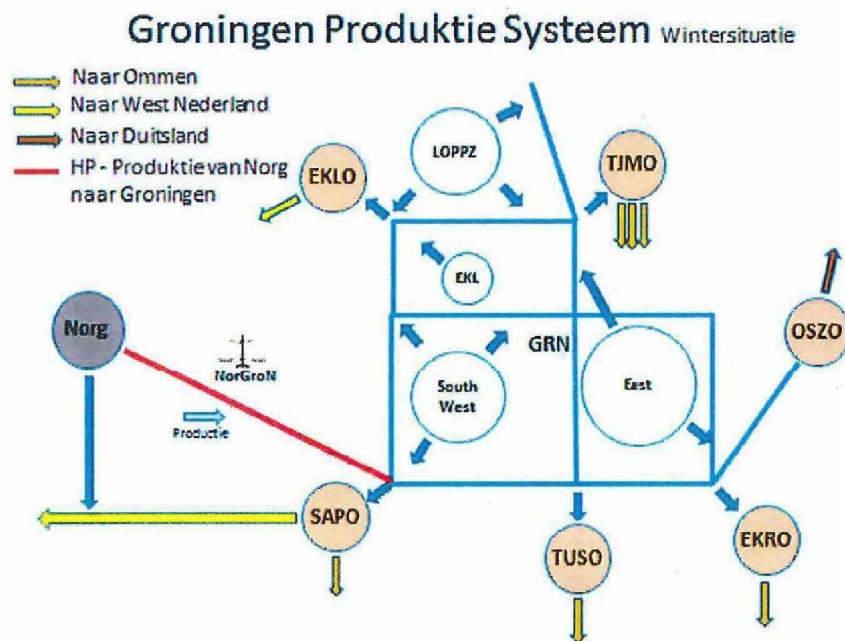
Bij het voorstellen van maatregelen worden de volgende vier aspecten meegenomen in de voorbereiding:

- Operationele uitvoerbaarheid
- Impact op leveringszekerheid (toets gedaan door GTS/GasTerra).
- Impact op het effect van andere al actief zijnde beheersmaatregelen (zoals bijvoorbeeld vlak produceren).
- Mogelijke (onbedoelde) negatieve gevolgen.

Daarnaast merkt NAM op dat deze maatregelen ook van invloed zullen zijn op het bedrijfsbelang van NAM. Dit vraagt om proportionele maatregelen, waarbij vanzelfsprekend de veiligheid voorop staat.

7.4.1 Operationele uitvoerbaarheid: werking Groningen productiesysteem

NAM is de vergunninghouder en operator van de clusters, het gasproductiesysteem en de overslagen. Het gasproductiesysteem van het Groningenveld bestaat uit verschillende clusters, die door middel van een complex pijpleidingnetwerk met kleppen en afsluiters onderling verbonden zijn (zie figuur 4). Deze zijn op hun beurt weer verbonden met zogeheten 'overslagen'. Deze overslagen zijn de locaties waar het door NAM geproduceerde gas via meetpunten wordt 'afgeleverd' aan het aardgastransportnetwerk van GTS. Hieronder staat de typische situatie voor de inzet van het Groningenveld in de winter weergegeven:



Figuur 4 Groningen productiesysteem

De lichtgrijze bolletjes geven groepen productieclusters weer, het grijze bolletje de ondergrondse gasopslag Norg. De zes overslagen (oranje bolletjes) bedienen vanwege de ligging van het gastransportnetwerk van GTS (niet weergegeven) in beginsel elk een deel van de (geografische) markt. Zo is het geproduceerde gas dat wordt afgeleverd op overslag Oude Statenzijl (OSZO) bestemd voor de Duitse markt. Overslag Eemskanaal (EKLO) en overslag Sappemeer (SAPO) zijn primair bestemd om gas aan het GTS-aardgastransportnetwerk te leveren, wat daarmee voldoet aan de gasvraag uit de markt in het westen van Nederland.

Het geproduceerde laagcalorische gas uit het Groningenveld moet op de overslagstations voldoen aan de kwaliteitsspecificatie die door GTS wordt bepaald. In dat verband is van belang dat het gas uit het Eemskanaalcluster een hogere calorische waarde heeft dan het gas uit de overige clusters in het

Groningenveld (en daarmee buiten de bandbreedte van de kwaliteitsspecificaties van GTS valt). Het gas geproduceerd uit het Eemskanaalcluster moet daarom worden bijgemengd met gas uit andere clusters voordat het kan worden ingevoerd op het GTS-netwerk.

Bij het adviseren over de meest effectieve beheersmaatregel zal NAM rekening houden met de werking van dit productiesysteem. Beperking van de productie in de clusters in het oosten van het Groningen veld zullen bijvoorbeeld eerder leiden tot problemen met leveringszekerheid dan beperkingen met betrekking op de clusters in het zuiden van het Groningenveld.

7.4.2 Leveringszekerheid

Leveringszekerheid is een taak die belegd is bij GTS. Kort weergegeven: GTS heeft als landelijk netbeheerder op grond van de Gaswet tot taak ervoor te zorgen dat de samenleving niet zonder gas komt te zitten. NAM heeft nadrukkelijk niet de taak om leveringszekerheid te garanderen. Wel is het één van de belangen die de Minister van Economische Zaken heeft meegewogen bij het Instemmingsbesluit. Dat betekent dat als een ingreep een afwijking zou betekenen van de voorwaarden van het Instemmingsbesluit op het gebied van leveringszekerheid, de Minister een nieuwe afweging dient te maken.

Hierbij zal altijd een advies over de operationele consequenties nodig zijn om te bepalen welke maatregel het best past bij de dan vigerende omstandigheden.

7.4.3 Eerdere beheersmaatregelen

Het ander element waar rekening meer moet worden gehouden is het balanceren van twee maatregelen die al genomen zijn: productiebeperking en gelijkmatige productie van het Groningenveld. Deze twee maatregelen kunnen (lokaal) tegenstrijdig met elkaar zijn. Indien de productie te veel beperkt wordt terwijl wel hetzelfde niveau van leveringszekerheid moet worden behouden, betekent dit automatisch dat er meer fluctuaties in de gaswinning zullen plaatsvinden.

NAM zal bij het voorstellen van de te nemen maatregelen deze toets verrichten om aan te geven welke maatregelen kunnen worden ingezet en of eventuele nadelige effecten kunnen worden gemitigeerd. Voor een verdere uitwerking van de technisch aspecten bij het nemen van de maatregelen wordt verwezen naar het Technisch Addendum bij het Meet- en Regelprotocol.

Van belang hierbij is ook de rol van de UGS Norg (ondergrondse gasopslag). De UGS Norg zorgt er mede voor dat NAM het Groningenveld in de wintermaanden bij een piekvraag zo vlak mogelijk kan blijven produceren.

7.4.4 (Onbedoelde) negatieve gevolgen

Als laatste wordt gewezen op mogelijk onbedoelde negatieve effecten van de te nemen maatregelen. Voorbeelden van onbedoelde negatieve gevolgen zijn een toename van de verhouding grote/kleine bevingen en verplaatsing van seismiciteit naar dichtere bevolkte gebieden. Deze (mogelijke) gevolgen zullen worden meegewogen in de besluitvorming rond beheersmaatregelen in het kader van een risicogewogen operatie van het Meet- en Regelprotocol.

7.5 Voorbeelden van maatregelen

In de Appendix “Cases bij het Groningen Meet en Regelprotocol” worden aan de hand van een seismisch scenario maatregelen uitgewerkt als voorbeeld van de praktische toepassing van het in dit hoofdstuk uiteengezette proces.

7.6 Conclusie

Het besluit om te komen tot een ingreep in de productie van het Groningenveld bij een afwijkende trend, moeten – naast de seismische aspecten – de volgende elementen worden meegewogen:

1. De gebeurtenis zelf:
 - o De (maatschappelijke) impact van de gebeurtenis
 - o Hoe verontrustend is de gebeurtenis
 - o Is er sprake van een onverwacht element
2. De grenzen en impact van de te nemen maatregel:
 - o Operationele uitvoerbaarheid
 - o Impact op leveringszekerheid (toets gedaan door GTS)
 - o Impact op het effect van andere al actief zijnde beheersmaatregelen
 - o Mogelijke onbedoelde gevolgen.

NAM zal altijd zelf met een voorstel voor een maatregel komen. Welke partijen betrokken zijn bij de totstandkoming en keuze voor de maatregel hangt af van het niveau in het signaleringssysteem. Hierbij moet tevens rekening worden gehouden met de grenzen van het Instemmingsbesluit: op het moment dat daarbuiten wordt getreden is het aan de Minister om een nieuwe afweging te maken. De betrokkenheid van de partijen op elk van de drie niveaus in het signaleringssysteem wordt in het volgende hoofdstuk beschreven.

8 Escalatiestructuur

8.1 Overzicht

De escalatiestructuur behorend bij de verschillende niveaus in het signaleringssysteem staat weergegeven in onderstaande tabel:

Level	Analyse voorstel maatregelen	Komt samen binnen	Geeft advies binnen	Informeert	Wie neemt in principe besluit
Waakzaamheid	NAM RCT	Enkele dagen	Enkele weken	SodM, GTS, GasTerra	NAM in overleg met SodM
Signalering	NAM RCT/ ECT	48 uur	1 week	SodM, GTS, GasTerra, Minister EZ	NAM/SodM
Interventie	NAM RCT/ECT (CMT)	24 uur	2 dagen	SodM, GTS, GasTerra, Minister EZ	Minister EZ

Figuur 5 Escalatiestructuur

8.2 De betrokken NAM-teams

Binnen NAM zijn een aantal teams betrokken bij het reageren op incidenten en de uitvoering van het Meet- en Regelprotocol. Het eerste team is het zogenaamde NAM Emergency Coordination Team (ECT). Het tweede team betreft het Crisis Management Team (CMT) en als laatste is er nog het NAM RCT, het Risk Coordination Team Earthquakes.

Het ECT wordt ingeschakeld als sprake is van een lokaal incident dat niet onder controle is en waarbij ondersteuning nodig is vanuit de NAM "Emergency response organization". Een aardbeving kan in een gegeven situatie zorgen voor het activeren van het ECT. Het CMT wordt ingeschakeld als het incident van een lokale naar NAM-brede impact gaat. In extreme situaties kan het CMT dus ook worden ingeschakeld bij een incident veroorzaakt door aardbevingen. Beide teams zijn dus gericht op het reageren op en managen van acute incidenten.

Het RCT is opgericht met een veel breder doel dan het reageren op incidenten die zich voordoen. De doelstellingen van het RCT zijn:

- Regelmatig reviewen van het risicobeleid van NAM ten aanzien van aardbevingen en de voortgang m.b.t. de reductie van seismische risico's;
- Uitvoeren van de taken zoals beschreven in het Meet- en Regelprotocol;
- Faciliteren van geïntegreerde besluitvorming ten aanzien van risicomangementzaken; en
- Faciliteren van voortgang van de onderzoeken naar de aandachtspunten binnen het risicomanagementsysteem van NAM.

Het RCT is primair verantwoordelijk voor het uitvoeren van onderzoeken en analyseren van data van het incident en dit te vertalen in adviezen voor potentiële maatregelen. De rol van het ECT (en indien nodig CMT) zal met name gericht zijn op het managen van het incident. Dat betekent dat zij veel informatie verzamelen over hetgeen zich heeft voorgedaan. Om deze reden zijn zij ook betrokken bij het verzamelen en analyseren van de data van een incident ten gevolge van seismiciteit, en ondersteunen zij op die manier het RCT bij het uitvoeren van haar taken. Het RCT zal het primaire aanspreekpunt zijn voor SodM en EZ voor alle vragen met betrekking tot potentiële maatregelen en de data/onderzoeken die hieraan ten grondslag liggen.

8.3 Andere betrokken partijen

SodM, Gasterra, GTS en de Minister van Economische Zaken zijn de meest voor de hand liggende betrokken partijen bij de informatieverkrijging en de uiteindelijke besluitvorming. Daarbij zal ieder vanuit de eigen rol opereren. SodM als toezichthouder, GTS als verantwoordelijke voor de leveringszekerheid, GasTerra vanuit haar kennis van het gassysteem en de Minister van Economische Zaken als de vergunningverlener en politiek verantwoordelijke voor de gaswinning uit het Groningenveld. Een andere partij die een belangrijke rol kan spelen is het KNMI. Het KNMI beschikt immers over – bijvoorbeeld – de data afkomstig uit het meetnet.

8.4 Besluitvorming

Zoals beschreven in figuur 5 is NAM primair verantwoordelijk voor het verzamelen van de relevante data en het geven van het eerste advies over de – mogelijke – maatregelen in reactie op de gebeurtenis. Daarnaast zal NAM altijd vanuit haar eigen verantwoordelijkheid direct de maatregelen nemen die zij noodzakelijk acht. Voor zover daarbij de leveringszekerheid in het geding komt zal dit vooraf worden gemeld aan SodM, GTS en de Minister van Economische Zaken.

De mate van betrokkenheid van andere partijen buiten NAM is primair gekoppeld aan de drie niveaus in het signaleringssysteem. Gelet echter op het (veel) bredere afwegingskader (zie hoofdstuk 7) zijn er meer factoren van belang voor de vraag welke partijen – met name SodM en de minister – betrokken moeten worden bij de uiteindelijke besluitvorming. In het algemeen zal gelden dat naarmate de ernst van de gebeurtenis groter is, meer partijen betrokken zullen zijn bij de besluitvorming ten aanzien van de te nemen maatregel. Zo zal bijvoorbeeld bij een ontwikkeling zoals beschreven in paragraaf 4.3, die opvallend is maar niet leidt tot overschrijding van één van de parameters, NAM daarover rapporteren aan SodM. In overleg met SodM zal worden besloten wie van de partijen betrokken zullen zijn bij de te nemen beslissing en of er al dan niet een maatregel moet volgen.

Als onderdeel van het advies dat wordt gegeven binnen de periode zoals genoemd in figuur 5, kan ook worden opgenomen dat de data door alle betrokken partijen nader moet worden uitgewerkt met een grotere mate van wetenschappelijke zekerheid en controle (door middel van bijvoorbeeld peer-review) en dat daarvoor meer tijd nodig is. Bij het opstellen van de adviezen zal immers altijd een afweging moeten worden gemaakt tussen de snelheid waarmee een rapportage moet worden gemaakt en de mate van wetenschappelijkheid die het rapport kan hebben. Waar snelheid het belangrijkste is, kan eerst worden volstaan met een globaal rapport dat afdoende is om de besluitvorming op te kunnen faciliteren.

In de begeleidende brief aan de Minister bij dit Meet- en Regelprotocol is het voorstel gedaan om te kijken naar de instelling van een Technische Commissie die belast is met de advisering over de maatregelen zoals die genomen kunnen worden op grond van het Meet- en Regelprotocol. Indien een dergelijke commissie zou worden ingesteld dan dient dit hoofdstuk van het Meet- en Regelprotocol daar vanzelfsprekend op te worden aangepast.

8.5 Communicatie

De werking van het ECT en het RCT – inclusief eventuele communicatie naar bijvoorbeeld overheden – staat beschreven in twee BMS-procedures van NAM.

Daarnaast zal NAM haar rapportages – nadat deze zijn toegezonden aan SodM – publiceren op haar website www.NAM.nl. Daar waar behoefte blijkt te zijn aan een nadere toelichting bij bijvoorbeeld een gemeente of een dorp, zal NAM zorgen voor de juiste informatievoorziening. Hoe dit eruit zal zien, is afhankelijk van de omstandigheden van het geval. Dat kan bijvoorbeeld een gesprek met een burgemeester zijn, maar ook een dorpenronde of een publicatie in een lokale krant.

9 ISO 14001

9.1 Integratie in bedrijfsvoeringssysteem

Milieuzorg is volledig geïntegreerd in het bedrijfsvoeringssysteem (Business Management System, BMS) van NAM. Het bedrijfsvoeringssysteem is gericht op de aantoonbare beheersing van de bedrijfsprocessen. Voor elk bedrijfsproces is daarvoor een op risico's (waaronder risico's rond milieu en veiligheid) gebaseerd raamwerk van beheersmaatregelen en interne regelgeving opgesteld.

Het milieuzorgsysteem van NAM is sinds 1996 gecertificeerd volgens de norm (thans) NEN-EN ISO 14001, als onderdeel van het bredere zorgsysteem voor veiligheid, gezondheid, welzijn en milieu (VGWM). Het zorgsysteem staat voor een systematische beheersing van de VGWM-aspecten die een bepaalde mate van risico met zich meebrengen. Verstoring van de bodem en ondergrond, inclusief bodemdaling en seismiciteit, is door de NAM onderkend als een belangrijk aspect, waarvoor interne regelgeving, een specifiek team en voorliggend Meet- en Regelprotocol zijn opgesteld.

9.2 Rapportage en evaluatie

Naast de jaarlijkse (her)certificatie-audits in het kader van ISO 14001 en de bevindingen van het RCT, wordt de rapportage en evaluatie momenteel met name bepaald door de halfjaarlijkse publicatie van de resultaten (artikel 5, lid 1 d) en de evaluatie- en rapportagevoorwaarde in het geval van een (dreigende) overschrijding van de gehanteerde waarden (hoofdstuk 6).

10 Kwaliteitsborging

10.1 Opbouw van het dreigings- en risicomodel

Het dreigings- en risicomodel voor geïnduceerde aardbevingen in Groningen fungeert als een fundamenteel modellerings- en voorspellingsraamwerk voor het Meet- en Regelprotocol. Dit model is in de afgelopen vijf jaar gebouwd, verder verbeterd en aangepast, en telkens gebaseerd op de meest recente gegevens en inzichten. Het model is overkoepelend opgebouwd uit een aantal sub-modellen (zie hierna ook figuur 6) en begint bij de oorzaak van de bevingen (de gasproductie uit het Rotliegend-reservoir) en maakt een inschatting van de gevolgen aan het oppervlak boven het Groningen gasveld: schade aan gebouwen en risico's voor mensen.

Belangrijk is dat dit model zoveel mogelijk gebaseerd is op metingen en gegevens verkregen in en specifiek voor Groningen, alsook dat het model wordt gevalideerd door meetgegevens. Het onderzoeksplan dat ten grondslag ligt aan de studies en gegevensvergaring die dit model ondersteunen is beschreven in het "Study and Data Acquisition Plan" dat met regelmaat wordt vernieuwd en aangepast (zie "Technisch Addendum bij het Meet- en Regelprotocol").

Op diverse manieren wordt geborgd dat:

- Het juiste model wordt gebruikt en
- De juiste conclusie wordt getrokken op basis van het gebruikte model.

Dit gebeurt door middel van drie processen:

1. Kwaliteitsbewaking:

Verwerken van de resultaten van de studies in codes van het dreigings- en risicomodel is van groot belang. Er worden daarbij processen gebruikt die moeten voorkomen dat daar fouten in worden gemaakt.

2. Borging:

Naast NAM zijn er diverse organisaties en personen die het gebruikte model toetsen aan historische en actuele data. Dit betreffen zowel mensen die direct en indirect voor NAM werken, toezichhouders als onafhankelijke experts en academici. Een uitwerking hiervan is opgenomen in het Technisch Addendum bij het Meet- en Regelprotocol.

3. Monitoring:

NAM toets voortdurend of nieuwe data passend is binnen de gebruikte modellen en indien dit niet zo is, wat daar de mogelijke consequenties van zijn. Een opsomming van de toetsing en mogelijke consequenties wordt gegeven in het "Technisch Addendum bij het Meet- en Regelprotocol".

Daarnaast is het vanzelfsprekend van groot belang dat er afdoende en correcte data beschikbaar is om te gebruiken in het model.

10.2 Gegevensvergaring

De activiteiten voor gegevensvergaring bestaan zowel uit (al dan niet herhaalde) meetcampagnes als uit het installeren en hanteren van continue monitoringssystemen.

De volgende tabel geeft de parameters die continue worden gemonitord in het Groningenveld en de systemen die daartoe zijn ingericht:

Reservoirdruk	Metingen worden verricht in diepe putten. De drukken aan de putmond worden continu geregistreerd, waarmee ook de druk op diepte kan worden bepaald.
Bodemdaling	Optische waterpassingen worden al sinds de vroege jaren 60 van de vorige eeuw met regelmaat uitgevoerd. InSAR satellietbeelden worden gebruikt om bodemdaling gedetailleerd in kaart te brengen. Verspreid over het veld zijn (12) GPS Stations zijn geplaatst.
Reservoircompactie	Metingen van de compactie die gebruik maken van markers geïnstalleerd in drie diepe putten. Experimentele opstelling: Met een glasvezelkabel wordt in de put ZRP-3 compactie gemeten.
Seismiciteit	KNMI meetnetwerk bestaand uit 70 putten met een diepte van 200 m waarin geofoons zijn geïnstalleerd. Geofoons geplaatst in diepe putten in het Loppersumgebied, op het niveau van het reservoir. Dit betreft zowel tijdelijk plaatsing in bestaande putten als meer permanente plaatsing in special hiervoor ontworpen en geboorde putten.
Grondversnelling	Bij alle (bovengenoemde) KNMI (gefoon)stations zijn ook versnellingsmeters

en snelheid	geplaatst. Verder zijn er aan de rand van het veld aanvullend ook nog versnellingsmeters geplaatst.
Versnelling en snelheid van het fundament van een gebouw	Door TNO zijn in meer dan 300 gebouwenversnellingsmeters (TNO-sensor) aan het fundament van een gebouw geplaatst. Dit zijn zowel publieke gebouwen (gemeentehuizen) als woningen.
Gebouwenschade	De schadeclaims en schadebeoordelingen zijn beschikbaar voor onderzoek en trendanalyse. Gebouwen uitgerust met een TNO-sensor worden ook geïnspecteerd bij overschrijding van een drempelwaarde voor de versnelling.
Sociaal-maatschappelijke effecten	NAM heeft de sociaal-maatschappelijke effecten via de Maatschappelijke Effecten Inventarisatie (MEI) gemonitord. Ook – en aanvullend – onder de noemer van “Groninger Perspectief” worden met regelmaat onderzoeken gedaan naar sociaal-maatschappelijke effecten.

Figuur 6 Overzicht monitoringsystemen in het Groningen gasveld

Het “Technisch Addendum bij het Meet- en Regelprotocol” bevat een overzicht met referenties die deze monitoring verder beschrijven.

Naast de continue monitoring worden er ook nog specifieke meetcampagnes in het veld uitgevoerd. Voorbeelden van specifieke meetcampagnes zijn:

- Zwaartekrachtmetingen boven het hele veld en omliggende aquifers (zal over vijf jaar herhaald worden).
- Bodemonderzoek om de ondiepe ondergrond en aarde te beschrijven.
- Geofysische metingen bij de KNMI stations en met het flexibele geofoonnetwerk om mechanische eigenschappen (bijvoorbeeld shear-wavesnelheid) van de ondiepe ondergrond te bepalen.
- Metingen in het laboratorium van compactie en frictie aan kernmateriaal uit de Zeerijp-3 put.

In het Technisch Addendum is een lijst van referenties opgenomen die meer inzicht in deze meetcampagnes geven.

Gebaseerd op deze gegevensvergaring en (eventueel aanvullende) studies zal het dreigings- en risicomodel regelmatig worden geactualiseerd. Gegevens verzameld door onafhankelijke instituten en onderzoekers zullen – indien relevant en gevalideerd – daarbij ook worden gebruikt.

10.3 Borgingsprocessen

Fundatie van de onderliggende modellen op (lokale) gegevens en waarnemingen zorgt voor een eerste verankering. Verificatie en borgingsprocessen zorgen voor verder vertrouwen in de modellen. Met andere woorden: met deze processen wordt geborgd dat de juiste conclusies worden getrokken over de trends en activiteiten van het Groningenveld.

Het verificatie- en borgingsproces voor de studies waarop het model is gebouwd bestaat uit zeven lagen:

1. Interne borgingsprocessen van NAM;

2. Onafhankelijke borging op verzoek van NAM;
3. Onafhankelijke borging op verzoek van de Minister van Economische Zaken (voor WP2013 de TBO en TBB commissies en voor WP2016 de SAC commissie);
4. Onafhankelijke borging door de toezichthouder SodM;
5. Onafhankelijke borging op verzoek van de toezichthouder SodM;
6. Onafhankelijke en kritische experts;
7. Transparantie; studies worden op de onderzoekspagina van www.nam.nl beschikbaar gesteld en gepubliceerd in peer-reviewed wetenschappelijke publicaties.

Door deze borging wordt zoveel mogelijk gestreefd naar een op onafhankelijk en objectief onderzoek gebaseerd dreigings- en risicomodel.

10.4 Kwaliteitsbewaking

Naast de borging van de studies is ook kwaliteitsbewaking op de implementatie van de resultaten van de studies in codes van het dreigings- en risicomodel van groot belang. Deze worden daarom geïmplementeerd in twee onafhankelijke codes elk in een andere programmeertaal; in Python en in C-programmeertaal. Beide codes worden door verschillende programmeurs, die onafhankelijk implementatiekeuzes maken, bewerkt. Resultaten worden door beide codes onafhankelijk berekend en daarna vergeleken. Alleen wanneer de verschillen binnen nauwe toleranties vallen worden deze geaccepteerd. De kwaliteitsbewaking moet voorkomen dat fouten worden gemaakt.

10.5 Mogelijkheid tot verkeerde voorspellingen uit het model

Ondanks de sterke fundatie van het model op metingen en waarnemingen gedaan in Groningen, de uitgebreide borging van studies en kwaliteitsbewaking bij het programmeren, is het in principe toch mogelijk dat de ontwikkeling van seismiteit zich buiten de onzekerheidsmarges van deze modellen begeeft. Vooral als dit significante afwijkingen in de prognose van belangrijke parameters betreft kan dit tot resultaat hebben dat voorspellingen niet juist zijn.

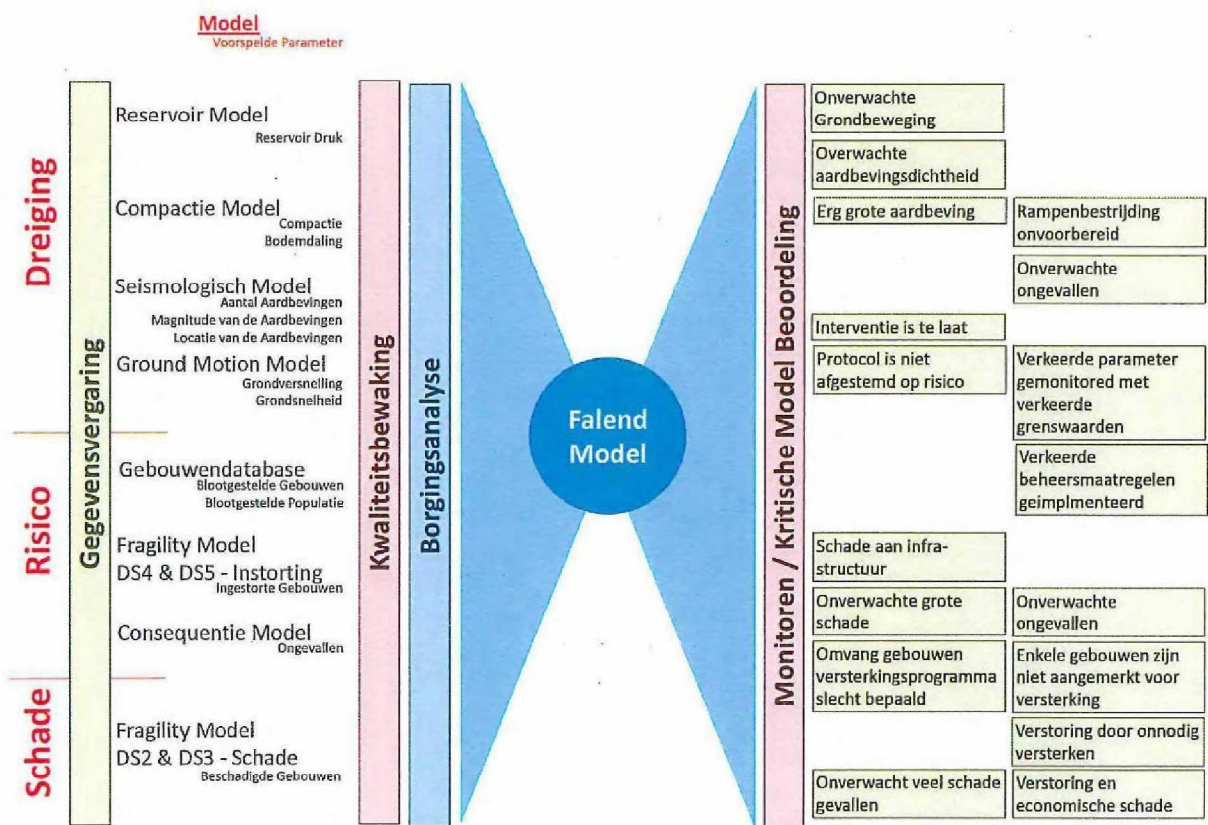
Zo'n verkeerde voorspelling kan aanleiding zijn om het Meet- en Regelprotocol te herzien. In figuur 7 wordt een oorzaak-gevolgdiagram² getoond voor dit geval. Links in de figuur staan de modellen die gebruikt worden in de dreigings- en risicoanalyse met de hierboven beschreven gegevensvergarig, kwaliteitsbewaking en borgingsanalyse.

Rechts staat het monitoren van geprognosticeerde parameters, dat evaluatie van de prestatie van het model middels nieuwe waarnemingen moet ondersteunen. Naast onderbouwing door veel data zal ook praktische toetsing (verificatie) aan de ervaring gedurende de laatste jaren de validiteit van het protocol waarborgen.

Mogelijke gevolgen van een falend model zijn heel divers; afhankelijk van de parameter die niet goed is voorspeld kan het resulteren in een hoger dan verwacht risiconiveau, meer dan verwachte schade, een ineffectief versterkingsprogramma of implementatie van een niet doeltreffende andere beheersmaatregel. In voorgaande zijn alleen de 'negatieve' afwijkingen benoemd. Ook afwijkingen ten

² De diagram heeft vele kenmerken van een zogeheten bow-tie, maar is dat niet in een zuivere vorm.

gunste van het risico geven een indicatie dat het model niet functioneert, maar hebben een positiever effect.



Figuur 7 Oorzaak-gevolgdiagram voor het falen van het dreigings- en risicomodel voor geïnduceerde bevingen in Groningen.

10.6 Voorkomen van verkeerde voorspellingen

Om zoveel als mogelijk te voorkomen dat het model de verkeerde voorspellingen oplevert en/of om de effecten hiervan te minimaliseren zijn een aantal barrières ingebouwd. In hoofdzaak betreft dit:

- Monitoren van belangrijke parameters, zoals druk, bodemdaling, aantal aardbevingen en de verspreiding van de aardbevingen.
- Trendanalyses die tot doel hebben verontrustende ontwikkelingen vroegtijdig te identificeren.
- Analyse de ontwikkeling van de parameters om trends vinden voordat een ongewenst niveau wordt overschreden.
- Vergelijken met modelvoorspellingen voor vroege identificatie en eerste tekenen van modelfalen.
- Aanpassingen in het Studie- en Gegevensvergaringsplan (Study and Data Acquisition Plan), door hierin doelgerichte studies om een anomalie te verklaren op te nemen.
- Aanpassen van het dreigings- en risicomodel en het aanpassen van de verdeling van de gasproductie over de verschillende productieclusters.
- Vroegtijdige voorbereiden van beheersmaatregelen met het doel de trend te doorbreken

N.B.: in het Technisch Addendum zal een overzicht van referenties opgenomen worden die samen de laatste inzichten en toestand van de verschillende gegevensvergarings, monitoring en studie inzichten presenteren.

10.7 Kwaliteitsborging halfjaarlijkse rapportages en maatregelen

In het bovenstaande is beschreven hoe de kwaliteit van de basis van het Meet- en Regelprotocol – de wetenschappelijke modellen – wordt geborgd. Daarnaast vindt nog een kwaliteitscontrole plaats op de uitvoering van het Meet- en Regelprotocol, namelijk de rapportages en de genomen maatregelen.

Deze kwaliteitsborging vindt plaats door de externe wetenschappers betrokken bij het Study and Data Acquisition Plan van NAM, die een onafhankelijk oordeel geven over de halfjaarlijkse rapportages, de periodieke rapportages en de maatregelen. Deze controle zal halfjaarlijks worden gedaan.

11 Periodieke rapportages

11.1 Algemeen

NAM rapporteert periodiek aan SodM over de meet- en monitoringsresultaten en een analyse daarvan. De rapportage omvat naast geregistreerde aardbevings- en bodembewegingsdata ook data met betrekking tot productie en productieverdeling als mede de ontwikkeling van reservoirdruk.

De analyse zal de onderstaande thema's omvatten:

- Activity rate
- Aardbevingsdichtheid
- Trends alle signaalparameters
- Drukontwikkeling (dp/dt)
- Schadeontwikkeling
- Toetsing van de gebruikte modellen, inclusief vergelijking tussen gemeten waarden en de modelmatig verwachte waarden
- De ruimtelijke verdeling van de aardbevingen
- Aardbevingsfrequentie, aardbevingsdichtheid en productieveranderingen
- Vergelijking van de gemeten grondbeweging aan de GMPE voor bevingen van $M > 2,0$
- Tijds- en ruimtelijke afhankelijkheid en de productiesnelheidsafhankelijkheid van de Gutenberg-Richter b-waarden (die de verhoudingen kleinere aardbevingen - grotere aardbevingen bepaalt).

Trends en correlaties van de meetgegevens kunnen belangrijke informatie leveren om aanpassingen voor te stellen voor de productieverdeling en/of het versterkingsprogramma met als doel het aardbevingsrisico te minimaliseren.

11.2 Meetresultaten

De meetgegevens gebruikt in de periodieke rapportages zijn publiek beschikbaar. Hieronder wordt een opsomming getoond van de meetgegevens, en de herkomst van de meetgegevens, die onderdeel zijn van de periode rapportage. Het is mogelijk dat wanneer beschikbaar, het rapport meer meetgegevens zal omvatten.

- Seismische activiteit, KNMI seismisch meetnetwerk (www.knmi.nl)
- Aardbevingslocaties, KNMI seismisch meetnetwerk (www.knmi.nl)
- Aardbevingsdichtheidkaart, voor het berekenen van de aardbevingsdichtheid wordt de Quartic Kernel-functie gebruikt zoals beschreven in het document "Density Estimation for Statistics and Data Analysis" door B.W. Silverman.
- Grondbeweging, KNMI seismisch meetnetwerk (www.knmi.nl) voor aardbevingen met een magnitude $M > 2,0$
- Gebouwbeweging, TNO sensornetwerk
- Productiegegevens, www.NAM.nl en www.nlog.nl

- Reservoirdrukken, www.NAM.nl. Reservoirdrukken worden gesimuleerd met het gekalibreerde reservoirsimulatiemodel MoRes
- Schademeldingen, www.CVW.nl
- Graaddagenontwikkeling (rapportage van NAM op basis van artikel 2 Instemmingsbesluit)
- Bodemdaling (rapportage van NAM op basis van artikel 6 Instemmingsbesluit)

11.3 Analyses

Hieronder worden de thema's genoemd die in de rapportage zullen worden verwerkt.

- Toetsing van de gebruikte modellen, inclusief vergelijking tussen gemeten waarden en de modelmatig verwachte waarden
- De ruimtelijke verdeling van de aardbevingen
- Aardbevingsfrequentie, aardbevingsdichtheid en productieveranderingen
- Vergelijking van de gemeten grondbeweging aan de GMPE voor bevingen met een magnitude van $M > 2,0$
- Tijds- en ruimtelijke afhankelijkheid en de productiesnelheidsafhankelijkheid van de Gutenberg-Richter b-waarden
- Statische analyse van de activity rate
- Verwachting van de ontwikkeling van seismische activiteit.

In het Technisch Addendum wordt voor zowel de speciale als de periodieke rapportage een gedetailleerde tabel gegeven met rapportage-elementen.

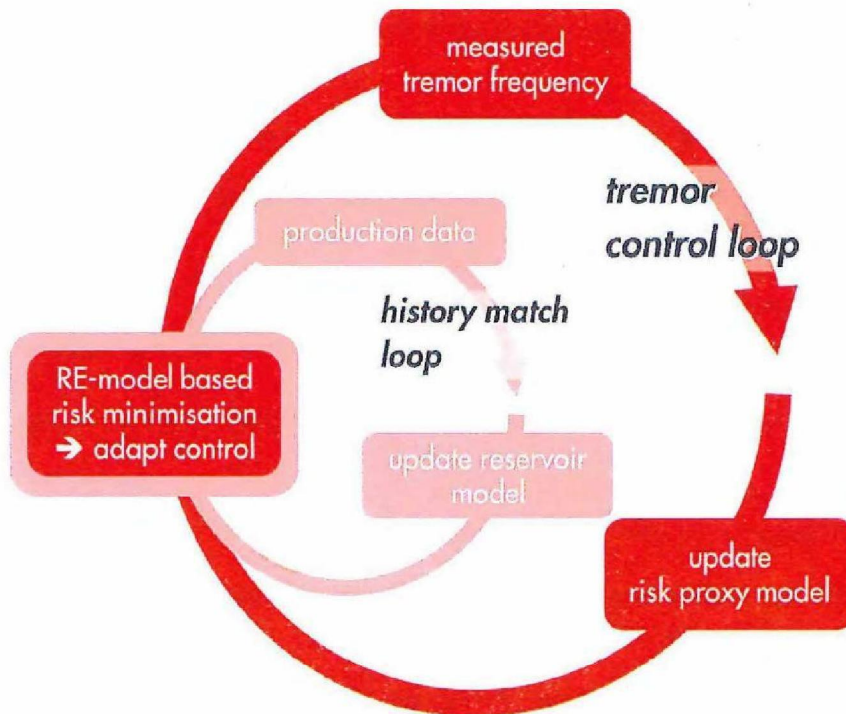
11.4 Optimalisatie van de verdeling van de productie over het veld

Het eerdergenoemde dreigings- en risicomodel wordt ook gebruikt voor de optimalisatie van de verdeling van de gasproductie over de verschillende productieclusters van het Groningen gasproductiesysteem. Dit vereist dat een groot aantal verschillende productiestrategieën moet worden doorgerekend en de effecten ervan moeten worden ingeschat en vergeleken. Gebaseerd op van tevoren vastgestelde criteria zal de optimale productiestrategie worden vastgesteld. Dit optimalisatieproces stelt hoge eisen aan de betrouwbaarheid van de voorspellingen van het dreigings- en risicomodel.

Het gaat hierbij dus om een zeer complexe en intensieve berekeningen die veel computertijd vereisen (figuur 8). Om praktische redenen moet hierbij in verschillende delen van het model gebruik worden gemaakt van vereenvoudigde modelimplementaties en vereenvoudigde modellen. Dit zijn de zogenaamde proxymodellen. De validiteit van deze proxymodellen moet, voor het parameterbereik dat voor de optimalisatie van belang is, worden getest en verzekerd. Daarnaast zal met een aantal testberekeningen door het volledige dreigings- en risicomodel worden gevalideerd dat het berekende en gevonden optimum inderdaad gebaseerd op de criteria een optimum is.

Van groot belang is dat de gevonden theoretische geoptimaliseerde verdeling van de productie uit de verschillende clusters ook in het veld praktisch geïmplementeerd kan worden binnen de gestelde beperkingen aan de productie, zoals eerder beschreven in de sectie "Operationele en Opgelegde Productie Beperkingen". Tegelijkertijd met dit Groningen Meet- en Regelprotocol zal ook een rapport

“Methodology - Optimisation of the Production Distribution over the Groningen field to reduce Seismicity”³ aan SodM worden aangeboden. In dit rapport wordt de methodology voor deze optimalisatie beschreven en de laatste voorgang met het bouwen van de codes om dit te kunnen doen.



Figuur 8 Schematische weergave van de “model based optimization loop”

12 Flexibiliteit van het Meet- en Regelprotocol

Zoals al op een aantal punten in het Meet- en Regelprotocol is aangegeven, is het protocol tot op zekere hoogte flexibel. Dit dynamische karakter is noodzakelijk om steeds in te kunnen spelen op de meest recente inzichten en data uit recente onderzoeken en actualiteiten. Diverse redenen zijn denkbaar om in overleg met SodM te bezien of het Meet- en Regelprotocol moet worden aangepast. Een noodzaak tot aanpassing zou bijvoorbeeld kunnen zijn gelegen in:

- Het bekend worden van de resultaten uit het onderzoek naar de voorspellingen van schade op grond van artikel 7 van het Instemmingsbesluit.
- Wijzigende rolverdeling in het kader van NAM Op Afstand.
- Nieuwe inzichten op het gebied van seismische effecten uit het studieprogramma van de NAM.

³ Dit rapport heet “Methodology - Optimisation of the Production Distribution over the Groningen field to reduce Seismicity” en is beschikbaar op www.NAM.nl/feiten-en-cijfers/onderzoeksrapporten.

- Nieuwe verwachtingen over het seismisch risico, bijvoorbeeld door de voortgang van het project bouwkundig versterken.
- Meer informatie over de gekozen parameters en het effect daarvan op de seismiciteit.
- Nieuwe inzichten in de effecten van Activity Rate, PGA en aardbevingsdichtheid.
- Wijziging van de richtlijn van de Stichting Bouw Research (SBR).

Het resultaat van deze nieuwe inzichten zou bijvoorbeeld kunnen zijn dat een nieuwe parameter wordt toegevoegd of een signaleringswaarde van een parameter wordt aangepast. Ook is het denkbaar dat de te nemen maatregelen worden aangepast, nog aanvullende maatregelen worden ontdekt of dat juist wordt vastgesteld dat voorgestelde maatregelen niet het gewenste effect hebben. Indien het Meet- en Regelprotocol gewijzigd dient te worden, zal op deze wijze de volgende procedure worden gevolgd:

- NAM doet een schriftelijk verzoek aan de Minister van Economische Zaken met daarin de onderbouwing voor de wijziging van het Meet- en Regelprotocol.
- SodM stelt een advies op voor de Minister van Economische Zaken over hoe om te gaan met het verzoek van NAM.
- De Minister van Economische Zaken besluit uiteindelijk of het Meet- en Regelprotocol wordt aangepast en op welke wijze.



Appendix bij het Meet- en Regelprotocol Groningen – Cases

In deze appendix worden twee (deels) fictieve - maar reële - cases beschreven die de werking van het 2017 Meet- en Regelprotocol illustreren. Aan de hand van deze twee voorbeelden worden de redenering, de dilemma's en de uiteindelijke afwegingen besproken die ook een rol zullen spelen bij toekomstige cases.

1 Case 1 – “Anderwereld”

1.1 Beschrijving van het event

Deze (fictieve) case gaat uit van een geleidelijke toename van de aardbevings-dichtheid in het Loppersum gebied. De tabel hieronder geeft de aardbevingsdichtheidsparameters weer zoals berekend. Aardbevingsdichtheid in aantallen/(km²·yr¹). De waargenomen trend in aardbevingsdichtheid vindt plaats binnen een algemene dalende trend van aardbevingen met een magnitude groter dan 1.5.

Tabel 1. Fictieve trend in aardbevingsdichtheid (case 1). In aantallen /(km² jr¹)

augustus	september	Oktober	december	maart	juni
0.14	0.13	0.15	0.18	0.27	0.21

1.2 Beschrijving van het event / classificatie

1.2.1 Oktober situatie (EQ density = 0.15)

Aardbevings-dichtheid wordt gerapporteerd in de maandelijkse interne NAM rapportage (RCT, zie hoofdstuk 9 Meet- en Regelprotocol). De waarde zit nog onder het “waakzaamheids”-niveau (zie hoofdstuk 6 Meet- en Regel protocol), er is bovendien geen nieuw gebied seismisch actief geworden. Er zijn geen andere grenswaarden bereikt (zie tabel 2).

PGA	Activity Rate	Aardbevings -dichtheid	PGV	Damage State
<0.05 g	<15	<0.17	< 5mm/s	No DS1

Tabel 2. Signaalparameters horend bij oktober situatie Anderwereld case.

1.2.2 December situatie (EQ density = 0.18)

De aardbevingsdichtheidswaarde heeft het waakzaamheids-niveau overschreden (zie hoofdstuk 6 van het MRP). Er zijn geen andere grenswaarden bereikt, er zit geen trend in de andere grenswaarden en er is geen nieuw gebied seismisch actief geworden (zie tabel 3).

PGA	Activity Rate	Aardbevings-dichtheid	PGV	Damage State
<0.05 g	<15	0.17	< 5mm/s	No DS1

Tabel 3. Signaalparameters horend bij december situatie Anderwereld case.

1.2.3 Maart situatie (EQ density = 0.27)

De situatie is verergerd en de aardbevingsdichtheid heeft het signaleringsniveau overschreden. Maar er zijn geen andere grenswaarden bereikt, er zit geen trend in de andere grenswaarden en er is geen nieuw gebied seismisch actief geworden (zie tabel 4).

PGA	Activity Rate	Aardbevings-dichtheid	PGV	Damage State
<0.05 g	<15	0.27	< 5mm/s	No DS1

Tabel 4. Signaalparameters horend bij de maart situatie Anderwereld case.

1.2.4 Juni situatie (EQ density = 0.21)

De situatie lijkt te de-escaleren met een aardbevingsdichtheid onder het signalerings-niveau. Ook de andere signaal-parameters blijven laag en zitten onder het waakzaamheids-niveau.

PGA	Activity Rate	Aardbevings-dichtheid	PGV	Damage State
<0.05 g	<15	0.21	< 5mm/s	No DS1

Tabel 5. Signaalparameters horend bij de juni situatie Anderwereld case.

1.3 Acties en maatregelen

1.3.1 Oktober

De aardbevingsdichtheids-waarde en de trend worden in de maandelijkse RCT (hoofdstuk 9 Meet- en Regelprotocol) besproken. Het waakzaamheidsniveau is niet overschreden, er lijkt nog geen sprake van

een bijzondere seismische situatie en er wordt nog geen verdere specifieke actie ondernomen. De standaard maandelijkse interne rapportage wordt gepresenteerd aan het RCT.

Maatregelen	Partijen geïnformeerd
Geen	NAM RCT

Tabel 6. Maatregelen horend bij oktober situatie Anderwereld case.

1.3.2 December

Op grond van het overschrijden van de waakzaamheids-waarde wordt binnen een redelijke termijn een speciaal rapport (zie Technisch Addendum bij MR protocol) opgesteld waarin de seismische situatie geanalyseerd wordt en een set adequate maatregelen uitgekarteerd wordt. De maatregelen die in het rapport beschouwd worden zijn:

- Aanpassing operationele procedures en ramp-up van clusters
- Productie-beperkingen op 1 of meerdere clusters
- Insluiten van 1 of meerdere clusters voor onbepaalde tijd

Daarnaast wordt een speciale statistische studie op basis van de nieuwe data geïnitieerd om verbanden tussen – onder andere - seismiciteit en lokale reservoir druk verandering verder te kwantificeren.

In principe zouden operationele aanpassingen en productie-beperkingen moeten volstaan op het volgende niveau (signalerings-niveau) en deze maatregelen zouden voorbereid moeten worden.

Maar op grond van de situatie rond Loppersum (omliggende clusters produceren al heel beperkt), wordt er besloten door de Voorzitter van het RCT (zie hoofdstuk 9 van het Meet- en Regelprotocol) om voor te bereiden op insluiten van de LOPPZ clusters (Leermens, Overschild, De Pauw, Ten Post en 't Zandt) en wordt in operationeel overleg alvast contact gelegd met GTS, en in commercieel overleg met GasTerra. Want hoewel er slechts een klein volume gereduceerd zal worden door de LOPPZ clusters in te sluiten (1 mrd m³) zorgt insluiting van de 5 clusters voor 25% reductie (namelijk een productie-capaciteit van zo'n 50 mln m³/dag) van de totale productie-capaciteit van het Groningen-veld. GTS geeft aan dat dit een besluit van de Minister zal moeten zijn. NAM geeft een up-to-date weergave van de beschikbare capaciteitsmiddelen en status in het Groningen-systeem aan GTS (inclusief Norg L-Gas ondergrondse opslag).

In dit rapport wordt ook de volgende trade-off besproken: Het volume van 1 mrd m³ zal uit clusters uit het zuid-westen en het oosten van het veld geproduceerd moeten worden als het niet uit LOPPZ gewonnen kan worden (hetgeen een productie-toename ongeveer van 3 mln m³/d verdeeld over zo'n 15 clusters betekent). Dit wordt niet gezien als een substantiele hoeveelheid die veel extra seismiciteit zal veroorzaken (op basis van inzichten uit het "Production-Optimization model". Dit wordt zo met SodM gedeeld en na review geeft SodM aan op voorhand geen bezwaar te zien. Besloten wordt om deze 3 mln m³/d evenredig te verdelen over de overgebleven clusters (exclusief LOPPZ).

De productie-planning wordt door Production-Programming voorbereid als "schaduw-planning" en Onderhoud en Operaties worden geïnstrueerd om preservatie activiteiten te ontplooiën in voorbereiding op stilstand en de procedures aan te passen aan een nieuwe status van deze clusters.

Vanwege de mogelijk hogere vereiste beschikbaarheid van andere delen van het veld wordt (onderhouds)-werk aan clusters opnieuw geprioritiseerd.

Maatregelen	Partijen geïnformeerd
Speciale rapportage	NAM RCT, SodM, GTS

Tabel 7. Maatregelen horend bij de december situatie Anderwereld case.

1.3.3 Maart

In deze maand is het signalerings-niveau overschreden en lijkt de seismiciteit sterk toe te nemen. Hoewel op dit niveau gekozen kan worden om (nog) niet in te grijpen, zou deze trend in seismiciteit een mogelijk hoger niveau van seismiciteit kunnen aankondigen en NAM besluit om voor te stellen de LOPPZ clusters voor onbepaalde tijd volledig in te sluiten. NAM schrijft de Minister en vraagt toestemming om de LOPPZ clusters in te sluiten, in ieder geval tot de seismiciteit gedaald is tot onder het waakzaamheids-niveau.

De Minister concludeert dat de voorgenomen maatregel – in ieder geval de komende winter – verantwoord is en draagt GTS op in haar planning rekening te houden met de capaciteit die mogelijk wegvalt door het (tijdelijk) uit bedrijf nemen van de LOPPZ clusters.

De maatregelen worden in gang gezet, inclusief aanpassing aan het “field-wide distributed control system”, productie-planning (GasTera, GTS) en onderhouds-routines.

Verder worden de “rode maatregelen” (Meet- en Regel protocol) voorbereid, specifiek wordt gekeken naar veld-brede volume maatregelen.

Maatregelen	Partijen geïnformeerd
Insluiten van de LOPPZ clusters	NAM RCT, SodM, GTS, Minister

Tabel 8. Maatregelen horend bij de maart situatie Anderwereld case.

1.3.4 Juni

Hoewel de situatie lijkt te de-escaleren (minder seismiciteit) wordt besloten om de LOPPZ clusters in elk geval de komende winter ingesloten te laten. De statistische studie die in december gestart is wordt bijgewerkt met de statistische data om zo het effect van de ingreep op effectiviteit te onderzoeken.

2 Case 2 – “Heidenschap”

2.1 Beschrijving van het event

Deze fictieve case beschrijft een aardbeving met magnitude 2.8 plaatsvindt op zo'n 7 km van de stad Groningen. Dit is een locatie waarbij relatief weinig aardbevingen voorkomen, het is ook de grootste beving tot nu toe. Geen van de signaal-parameters van het waakzaamheidsniveau wordt overschreden.

PGA	Activity Rate	Aardbevings-dichtheid	PGV	Damage State
<0.05 g	<15	<0.17	< 5mm/s	No DS1

Tabel 9. Signaalparameters horend bij Case 2, Heidenschap.

2.2 Acties en maatregelen

Op grond van het bijzondere karakter van de beving wordt een speciaal rapport gemaakt waarin de seismische situatie genalyseerd wordt en een set adequate maatregelen uitgekarteerd wordt. Er wordt bekeken of deze beving aanleiding geeft tot een bijstelling van het seismisch risico in het gebied. De maatregelen die in het rapport beschouwd worden zijn:

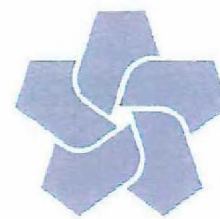
- Additionele gegevens verzameling (geofon plaatsen)
- Productie-beperkingen op 1 of meerdere clusters
- Insluiten van 1 of meerdere clusters voor onbepaalde tijd

Maatregelen	Partijen geïnformeerd
Speciale rapportage Geofon plaatsen in bestaande monitoringsput	NAM RCT, SodM, GTS

Tabel 10. Maatregelen horend bij case 2, de Heidenschap case.







NAM

Technisch Addendum bij het MR Protocol 2017

Mei 2017

Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	5
2	Technische achtergrond: Samenvattingen geomechanisch en statistisch werk	6
2.1	Geomechanische modellen.....	6
2.2	Statistisch werk	8
2.3	Voorspelling grondbeweging	9
3	Onderbouwing signaalparameters	11
3.1	Inleiding.....	11
3.2	Waarden van de signaalparameters op 3 niveaus.....	11
3.2.1	Parameters op het eerste niveau: het waakzaamheidsniveau (groen).....	11
3.2.2	Parameters op het tweede niveau: het signaleringsniveau (oranje).....	13
3.2.3	Parameters op het derde niveau: het interventieniveau (rood)	15
3.3	Onderbouwing van de signaalparameters.....	16
3.3.1	PGA.....	16
3.3.2	Activity rate	18
3.3.3	Aardbevingsdichtheid	19
3.3.4	PGV.....	21
3.3.5	Damage State	22
4	Speciale en periodieke rapportages	24
4.1	Speciale rapportage	24
4.2	Periodieke rapportage	26
5	Operationele en opgelegde productiebeperkingen	27
5.1	Beperkingen aan Productie.....	27
5.2	Productiebeperkingen uit het instemmingsbesluit	27
5.3	Beperkingen van het Groningen Productiesysteem	28
6	Productieoptimalisatie.....	30
7	Kwaliteitsborging	31
8	Verwijzingen naar meer informatie	35
8.1	Rol van het dreigings- en risicomodel voor geïnduceerde bevingen in Groningen.....	35
8.1.1	Opbouw van het Model	35
8.1.2	Gegevensvergaring - specifieke meetcampagnes.....	35

8.1.3	Gegevensvergaring - Monitoring	36
8.1.4	Borgingsprocessen	38
8.1.5	Kwaliteitsbewaking	38
8.1.6	Optimalisatie van de verdeling van de productie	38
	Referenties	39

1 Inleiding

Op 1 mei 2017 heeft de NAM het Meet- en Regelprotocol behorende bij het Winningsplan Groningen Gasveld 2016 ingediend bij Staatstoezicht op de Mijnen (verder: "SodM") Het Meet- en Regelprotocol gaat vergezeld met dit Technisch Addendum waarin technische verdieping en achtergronden zijn gegeven ten behoeve van het Meet- en Regelprotocol. Het Technisch Addendum maakt onderdeel uit van het Meet- en Regelprotocol.

Dit Technisch Addendum geeft een overzicht van de achtergronden bij de bepaling van de signaalparameters en de maatregelen die mogelijk zijn indien er aanwijzingen zijn dat ingegrepen moet worden in het productiesysteem van het Groningenveld. Verder wordt de kwaliteitsborging verder besproken en worden er verwijzingen naar meer informatie gegeven. Dit betreft zowel de achtergronden van de modellen die gebruikt worden en de controles die daar aan zijn gekoppeld, als de afwegingen bij de keuze voor de regelmaatregelen.

In hoofdstuk 2 zal eerst worden ingegaan op de modellen en statistische achtergronden die gebruikt zijn als theoretische basis bij het opstellen van het Meet- en Regelprotocol. Deze achtergronden zijn gebruikt bij het identificeren van categorieën van maatregelen die kunnen worden genomen om de seismiciteit te beïnvloeden (paragraaf 4.4 van het Meet- en Regelprotocol). In hoofdstuk 3 wordt vervolgens ingegaan op de theoretische achtergronden van de parameters die worden gebruikt om de seismiciteit te monitoren (paragraaf 6.3 van het Meet- en Regelprotocol). In hoofdstuk 4 worden de rapportages besproken die NAM oplevert en in hoofdstuk 5 de productiebeperkingen voortvloeiend uit het Instemmingsbesluit en het Groningen productiesysteem. Hoofdstuk 6 spreekt over de productie optimalisatie en hoofdstuk 7 gaat vervolgens in op de kwaliteitsborging. Hoofdstuk 8 tenslotte is het overzicht van de referenties.

2 Technische achtergrond: Samenvattingen geomechanisch en statistisch werk

2.1 Geomechanische modellen

Deze paragraaf bevat een samenvatting van een deel van het recente studiewerk, met name het deel dat de conceptuele basis vormt voor het Meet- en Regelprotocol. Deze modellen zijn gepubliceerd in wetenschappelijke peer-review journals, en representeren de huidige stand van wetenschap. Bij deze samenvatting ligt de nadruk op het vinden – en beargumenteren – van aanknopingspunten voor een Meet- en Regelprotocol. De modellen die genoemd worden in dit hoofdstuk zijn gebruikt bij het identificeren van categorieën van maatregelen die kunnen worden genomen om de seismiciteit te beïnvloeden.

Een volledige beschrijving van de modellen wordt gegeven in de referenties in hoofdstuk 8 van dit Technisch Addendum. De rapporten over de studies die aan de modellen ten grondslag liggen zijn beschikbaar op www.nam.nl. Deze paragraaf duidt zo veel als mogelijk waarom studies soms wel en soms niet direct een basis vormen voor het Meet- en Regelprotocol.

De reden dat ervoor is gekozen om een groot pallet aan theoretische achtergronden te beschouwen als basis van het Meet- en Regelprotocol, is dat NAM probeert de seismiciteit op elke tijd- en ruimteschaal te begrijpen en daarmee uiteindelijk hoopt te kunnen beïnvloeden (binnen de beperkingen die er inherent aanwezig zijn). Ieder model dat genoemd wordt, dekt een ander deel van het spectrum: het ene model kijkt alleen in groot detail naar seismiciteit op een enkele specifieke breuk, een ander model juist globaal naar de seismiciteit over het hele veld. In dit hoofdstuk ervoor gekozen om een opsomming te geven van de verschillende klassen van modellen die gebruikt worden in de Hazard and Risk analyse en voorspelling en daarnaast de modellen voor het onderzoek naar het fysische gedrag van breuken.

Tabel 1 geeft een viertal klassen van modellen, op te delen in drie types, die voorspellingen doen over de event-rate en over welk deel van de opgebouwde stress/strain seismiciteit veroorzaakt.

Het eerste type modellen, Model 1 en Model 2, gebruiken onder andere bodemdalings- en compactiegegevens (en bodemdalings- en compactievoorspellingen) om de seismiciteit te verklaren en te voorspellen. De belangrijkste kracht van vooral Model 2 is de geomechanische basis, de solide statistische analyse en de zorgvuldige kalibratie aan aardbevingsdata. Deze modellen geven een statistisch compleet beeld van toekomstige seismiciteit en de onzekerheden daarin. Vooral dat laatste is ook heel belangrijk voor kwantitatieve dreigings- en risicoanalyse.

Deze modellen geven een goede verklaring voor de waargenomen toename van seismiciteit in het verleden en geven aan dat drukdaling, bodemdaling en seismiciteit belangrijke monitoringsparameters zijn. De belangrijkste voorspelling die deze modellen doen is dat seismiciteit zal toenemen met toenemende gasproductie. De hoeveelheid seismiciteit per tijdseenheid kan worden beïnvloed door productiebeperkende maatregelen, maar de hoeveelheid seismiciteit per eenheid compactie veel minder.

Deze seismologische modellen zijn een onderdeel van de berekeningsketen voor de Hazard and Risk analyses. Zie voor de berekeningsketen Hoofdstuk 8.1, referenties 3 en 4. Voor de seismische modellen wordt verwezen naar hoofdstuk 8.1, referenties 32 en 33.

Model	Method	Strengths	Weaknesses	Forecast characteristic	Protocol consequence
Model 1: Stochastic-mechanical model of seismogenic reservoir strain partitioning	Exponential trend in total seismic moment density relative to reservoir compaction	Probabilistic model based on Kostrov's method for seismic strain and modified to include an empirical exponential trend between the observed geodetic and seismic reservoir strains.	Difficult to achieve robust maximum likelihood estimates due to the complexity of total seismic moment distributions. Spatial bias as the maximum seismicity and maximum compaction centers not co-located. No aftershocks.	Forecasts depend on the production scenario. Limited sensitivity to alternative production scenarios due to large stochastic variability and exponential trend.	Foundation of Probabilistic Seismic Hazard Assessments in WP2013.
Model 2: Stochastic-mechanical model of fault failure cascades within a smoothed-reservoir shear strain field	Poisson Point Process with exponential reservoir shear strain trend and Epidemic Type Aftershock Sequences	Based on the physics of initial failures within a heterogeneous fault network and elastic thin-sheet reservoir deformations. Includes aftershock processes and b-value covariation with reservoir deformation. Out-performs alternative models in prospective tests.	Resolution limited by the small number of observed events. Forecasts the spatially and temporally smoothed probability densities of earthquakes. Unable to predict individual earthquakes on individual faults. Large epistemic uncertainty in the maximum possible earthquake magnitude.	Forecasts depend on the production scenario. Limited sensitivity to alternative production scenarios due to large stochastic variability and exponential trend. Forecast response to Loppersum production constraint consistent with subsequently observed seismicity.	Probabilistic forecasts inform the choice of appropriate event rate thresholds. Foundation of Probabilistic Seismic Hazard and Risks Assessments in WP2016. Informs options for seismic hazard and risk mitigation decisions.
Model 3: Rate and State models with explicit faults	Deterministic geomechanical model using rate and state friction law	Fault based; Works directly with stress-based slip criterion for a single fault; explains moment release rate dependence initial offset	Calibration; relies on largely unknown fault properties (friction coefficients and orientations)	Unable to show a relation between short-term production fluctuations and seismicity	Focus on longer-term trends and measures ?
Model 4: 2D/3D deterministic finite element scenario models	Solves full set of constitutive, kinematic and equilibrium equations;	Identification of fault instabilities; Interaction of instabilities between faults. In theory able to analyse impact production rate on seismic events	Calibration. Difficult to constrain fault-slip properties and initial stress-state. Deterministic only.	Can analyse impact of production rate on re-occurrence of seismic events	Relationship between fault properties and event rate in different parts of the field

Tabel 1 Overzicht van klassen van seismische modellen.

Met het tweede type modellen (Model 3), "rate-and-state friction" modellen, kan in principe het gedrag van een individuele breuk bestudeerd worden. De twee belangrijkste voordelen van dergelijke modellen zijn dat direct gebruik gemaakt wordt van breukgeometrieën en dat het effect van productiesnelheid op stressontwikkeling op de breuk gemodelleerd kan worden. Het belangrijkste nadeel is dat deze modellen erg gevoelig zijn voor de (onbekende) breukeigenschappen en dat daarmee de voorspellende waarde niet voldoende is voor direct gebruik in dit protocol.

Het derde type modellen (model 4), "finite element scenario models", geven een fysisch meer gedetailleerd beeld. Deze modellen zijn in theorie met bijna perfecte statische en dynamische kennis van

alle belangrijke breuken in het veld in staat om de impact van productie op ontwikkelende seismiciteit op een naburige breuk te modelleren. Ook voor deze modellen geldt dat de voorspellende kracht onvoldoende is voor gebruik in het Meet- en Regelprotocol. Het nut van de modellen in deze twee klassen is voornamelijk gelegen in dat ze de mogelijkheid bieden de fysische processen die ten grondslag liggen aan de seismiciteit te onderzoeken.

De belangrijkste nadelen van dit type modellen is het gebrek aan kalibratie (met name de initiële stresscondities op de breuk), de grote berekeningsopgave met lange computertijden die een inschatting van de onzekerheid met een Monte Carlo-procedure uitsluiten en de hoge eisen die gesteld worden aan het model van de breuken en de eigenschappen ervan. Het directe gebruik van deze modellen in dit protocol is beperkt tot specifieke analyses aan breuken (speciale rapportage) en het bekijken of hypo-centra stelselmatig op eenzelfde breuk plotten.

2.2 Statistisch werk

Tabel 2 hieronder geeft een samenvatting van het statistische werk dat gedaan is om de effectiviteit van productie-ingrepen te onderzoeken en relaties te leggen tussen bepaalde (signaal)parameters.

Study	Topic	Method	Strengths	Weaknesses	Main conclusions
1	Activity Rate	Vershill in gemiddelden (Bayes change Point)	Independent test on actual change point	Geen test Poisson validity	"Evidence for changes in 2003 and 2014 event rates ($M > 1.5, 1, 0$)"
2	Correlation production / AR	Cross-correlation (Instantaneous, delay)	Pre-processing	Natural variability not addressed, no statistical test on strength correlation	"Strong evidence for seasonality, correlated with production swing"
3	Activity Rate	Compare observation with modeled outcomes (5 simple models)	Tried a distribution-free approach; simulated natural variability	Answers a different question ?	"Decrease in Loppersum event count"
4	Correlation reservoir pressure / AR	Cross-correlation; pressures and hypocentres to detect trends	Novelty approach; Simulated variability (space and time)	No test on significance; explanation locations with large depletion but no EQ	"Earth-quakes strongly related to pressure fluctuations"
5	Activity Rate	Null-hypotheses based on Poisson model; test difference mean inter-event time	Test on distribution; test on significance; addresses natural variability	Test for difference in means; not for rate change; test may have low power	"Evidence for decrease in Loppersum event count; $M > 1$ "
6	Correlation production / AR	Null hypothese formulering op basis van Poisson model	Addresses natural variability; all assumptions statistically tested	Non-spatial approach	Only some evidence for seasonality $M < 1$ events; also diurnal

Tabel 2 Overzicht van statistische analyses. More background for studies 1-6 can be found in references 1-5.

Studie 1 heeft geprobeerd om aan te tonen dat er in de geschiedenis van de seismiciteit in Groningen er bepaalde momenten zijn aan te wijzen waarop de seismiciteit significant verschilde van een periode ervoor of erna. Volgens deze studie was de hoeveelheid seismiciteit significant verschillend rond 2003 en in 2014. De verandering in 2014 wordt in studie 1 toegeschreven aan de verlaging van productie in 2014. Hoewel er statistisch wat kanttekeningen geplaatst kunnen worden (zie tabel 2) en associatie niet per se correlatie betekent, volgt het huidige Meet- en Regelprotocol studie 1 in de claim dat productie-ingrepen (in ieder geval een tijdelijke) invloed kunnen hebben op seismiciteit en dat daardoor productieverlaging

een valide ingreep is om seismiciteit te beïnvloeden. Dit is in feite ook consistent met de modellen 1 en 2 uit tabel 1.

Studie 2 heeft geprobeerd om een relatie te leggen tussen seizoensfluctuaties en de hoeveelheid seismiciteit. De studie claimt een sterke relatie te zien. In het Meet- en Regelprotocol wordt de lijn gevolgd dat productievariaties zo veel mogelijk vermeden moeten worden, maar de statistische basis en de geomechanische onderbouwing is zwakker dan bij de relatie tussen (totale) veldproductie en seismiciteit.

Studie 3 heeft geprobeerd aan te tonen dat de seismiciteit rond Loppersum significant is afgenomen sinds de Loppersum-ingreep. Het Meet- en Regelprotocol volgt de claim dat seismiciteit rond Loppersum inderdaad is afgenomen (studie 5 maakt een zwakkere, maar analoge claim). De correlatie met de productie-ingreep is niet "bewezen" (zeker niet voor events $M \geq 1,5$) maar wordt wel sterk gesuggereerd.

Studie 4 heeft geprobeerd aan te tonen dat er een sterk verband is tussen drukfluctuaties in het reservoir en seismiciteit. Dit is conceptueel geen grote stap gezien vanuit de geomechanische modellen (tabel 1), hoewel het mogelijk slechts één van de parameters is die seismiciteit beïnvloedt.

Studie 5 heeft ook gezocht naar statistisch sluitend "bewijs" voor een afname in het aantal Loppersum-aardbevingen en vond dat inderdaad voor bevingen met een magnitude groter dan 1,0. Voor een subset, bevingen groter dan 1,5, was dat statistisch minder duidelijk. Voor het Meet- en Regelprotocol betekent dit dat ermee rekening moet worden gehouden dat de Loppersum-ingreep minder effectief was dan gehoopt. Het monitoren van aardbevingsdichtheid in het Loppersum-gebied en aanvullende statistische testen (met meer data) kunnen deze onzekerheid verder verkleinen.

Studie 6 ten slotte heeft gekeken naar de relatie tussen seismiciteit en seizoensproductie. Deze studie zet vraagtekens bij de invloed van seizoensproductie op seismiciteit. Dat sluit ook aan bij geomechanisch werk dat eerder al aangaf dat de seizoensfluctuaties te kleine drukverstoringen teweegbrengen om seismiciteit significant te kunnen beïnvloeden. Voor het protocol betekent dit dat deze claim met enige regelmaat getest zal moeten worden.

Deze zes studies en de in paragraaf 2.2. beschreven modellen geven voldoende aanleiding om aan te kunnen nemen dat het Groningen productiesysteem in zekere mate regelbaar is. Deze set aan studies en modellen vormt dan ook de basis voor het Meet- en Regelprotocol.

2.3 Voorspelling grondbeweging

De laatste belangrijke vraag betreft de hoeveelheid grondbeweging die voorspeld wordt. Tabel 3 geeft een overzicht van de steeds verbeterde modellen die hiervoor ontwikkeld zijn. Belangrijk voor de ontwikkeling van deze modellen zijn:

- Beschikbare hoeveelheid seismische data. Vooral na uitbreiding van het KNMI-netwerk worden de aardbevingen op veel meer plaatsen geregistreerd dan voorheen.
- Grondonderzoek om de lokale grondbeweging beter te kunnen begrijpen en voorspellen. Dit gaat zowel om gedetailleerde kaarten en modellen van de ondiepe ondergrond als metingen van de eigenschappen van de verschillende grondlagen.

- Modelling van de voortplanting van seismische golven van de bron in het diepe reservoir naar het aardoppervlak.

De *ground motion prediction equation* (model voor de grondbeweging als gevolg van een seismische gebeurtenis) is in de afgelopen jaren sterk doorontwikkeld en bevat nu een model voor de reflectie en spreiding van de seismische golven (bijvoorbeeld door de Zechstein-formatie), voor de effecten door de lokale bodemgesteldheid en de afmetingen van de ruptures. Belangrijke voorspelde grootheden zijn de Peak Ground Acceleration (PGA), de duur van de grondbeweging en de Peak Ground Velocity (PGV). PGA en PGV zijn daarom ook een signaalparameter in het Meet- en Regelprotocol. De in tabel 3 genoemde modellen versie V2 en V3 hebben ook gebruik gemaakt van inzichten verkregen door simulatie van seismische golven door de diepe ondergrond.

Model	Method	Strengths	Weaknesses	Protocol consequence
V0	Gebaseerd op lokale observaties voor kleinere bevingen en analogie met tectonische bevingen in zuid-europa.	Practische methode gegeven de korte tijd beschikbaar voor ontwikkeling. PGA en PGV.	Geen model voor de ondiepe en diepe ondergrond van Groningen gebruikt. Erg conservatief.	
V1	Gebaseerd op globale Groningen seismische data (geen model van de ondergrond)	Gedrag van de ondiepe ondergrond is globaal meegenomen (gemiddelde over Groningen).	Geen lokale effecten door ondiepe ondergrond meegenomen. Gedrag ondiepe ondergrond slechts globaal meegenomen.	
V2	Gebaseerd op een model van de diepe ondergrond en de ondiepe ondergrond van Groningen.	"Earthquake engineering best practice" voor PGA en duur van de grondbeweging; lokale grondbeweging, makkelijk statistisch op te nemen in Monte-Carlo, gecalibreerd met de beschikbare data.	Extrapolatie naar grotere magnitudes is aanleiding tot onzekerheden. Method is complex. Afgestemd op risicoberekeningen.	Protocol drempelwaarden moeten rekening houden met lokale bodemgesteldheid
V4 (in prep.)	Gebaseerd op een model van de diepe ondergrond en de ondiepe ondergrond van Groningen.	Dit is een verfijnde versie van V2, maar nu is ook de dimensie van de ruptures meegenomen door simulatie met het programma EXSIM. PGA, duur van de beweging en ook PGV.		Protocol drempelwaarden moeten rekening houden met lokale bodemgesteldheid

Tabel 3 Ontwikkeling van het "Ground Motion Prediction Model" met opeenvolging van steeds verbeterde modellen.

3 Onderbouwing signaalparameters

3.1 Inleiding

In hoofdstuk 6 van het Meet- en Regelprotocol is aangegeven welke parameters onderdeel zijn van dit protocol en waarom. In dat hoofdstuk zijn ook de drie niveaus van het signaleringssysteem beschreven, te weten het waakzaamheidsniveau, het signaleringsniveau en het interventieniveau. In dit hoofdstuk wordt beschreven en beargumenteerd welke grenswaarden voor deze parameters gebruikt worden. Daarbij wordt opgemerkt dat de parameters niet zijn vastgesteld op basis van enkel modelmatige achtergronden. Historische achtergronden hebben hierin ook een belangrijke rol gespeeld.

Uitgangspunt van het Meet- en Regelprotocol is dat geen productiemaatregelen worden genomen op het waakzaamheidsniveau. De reden dat hiervoor wordt gekozen en niet al op een eerder moment ingrepen worden gedaan, is erin gelegen dat NAM het Groningenveld nu opereert onder de voorwaarden die in het Instemmingsbesluit. Daarbij wordt rekening gehouden met alle daarin opgenomen eisen. Die wijze waarop nu geproduceerd wordt is zorgvuldig tot stand gekomen, waarbij nadrukkelijk is gekeken naar de veiligheid en de meest optimale wijze van produceren (onder andere in overleg met Gasunie Transport Services ("GTS")). Daarbij moet worden bedacht dat iedere ingreep een mogelijk effect heeft op een van de in het Instemmingsbesluit gestelde voorwaarden. Het nemen van aanvullende maatregelen is daarnaast geen eenvoudig proces. Over het algemeen dienen operationele voorbereidingen te worden getroffen waarbij de maatregelen (en de kosten daarvan) ook proportioneel moeten zijn ten opzichte van het verwachte effect op en voordeel in seismiciteit. Dat betekent dat in beginsel op het waakzaamheidsniveau geen maatregelen worden genomen maar wel onderzoek zal plaatsvinden naar de optimalisatie van de productie van het Groningenveld. Waarden van de signaalparameters op drie niveaus.

3.2 Waarden van de signaalparameters op 3 niveaus

Elke parameter heeft zijn eigen waarde op de drie verschillende niveaus. In de onderstaande paragrafen wordt kort aangegeven waar de waarden op zijn gebaseerd en waarom dus voor die specifieke waarde op elk niveau is gekozen. In paragraaf 3.2 wordt vervolgens uitgebreider ingegaan op de achtergronden van de afzonderlijke signaalparameters.

3.2.1 Parameters op het eerste niveau: het waakzaamheidsniveau (groen)

De eerste (groene) laag van het systeem is nieuw ten opzichte van eerdere versies van het Meet- en Regelprotocol die NAM heeft voorgesteld. Daarnaast wijkt dit systeem af van het nu geldende alarmeringsprotocol in het Instemmingsbesluit. NAM monitort en analyseert de verschillende parameters. Op dit niveau worden gerichte analyses uitgevoerd om significante trends en/of ontwikkelingen te identificeren en eventuele maatregelen voor te bereiden. De aanleiding voor deze onderzoeken zijn zowel de in hoofdstuk 4 van het Meet- en Regelprotocol beschreven afwijkende ontwikkelingen als de waardes van de signaalparameters op dit niveau. De waardes van de signaalparameters zijn zodanig laag gekozen dat in de toekomst nagenoeg continu in het waakzaamheidsniveau zal worden geopereerd, waardoor deze parameters constant zullen worden gemonitord en onderzocht.

Er wordt geprobeerd op dit niveau een oranje of rood niveau zo veel mogelijk te voorkomen en/of de maatregelen voor te breiden die nodig zijn op het moment dat het escalatiedeel (oranje en rood) van dit model wordt bereikt. In tabel 4 staan de voorgestelde waarden waarbij het waakzaamheidsniveau van kracht wordt en de achtergrond van deze waarden.

- *PGA*: Een PGA-waarde van 0.05g (grootste horizontale component) wordt gehanteerd voor het waakzaamheidsniveau en deze is gerelateerd aan de aardbevingen "Huizinge 2012" en " 't Zandt 2014".
- *Activity Rate*: De activity rate-grenswaarde is gezet op 15 aardbevingen per jaar (voor $M \geq 1,5$). Dit getal is ten eerste gerelateerd aan modellering (aan de onderkant van de onzekerheidsmarge), ten tweede aan het activiteitsniveau in 2015 en 2016. De huidige waarde ligt op 11 (april 2017). Het aanhouden van deze waarde in de toekomst zal waarschijnlijk betekenen dat deze grenswaarde met enige regelmaat overschreden wordt en dus een bijna continu onderzoek naar de ontwikkelingen van deze parameter zal plaatsvinden.
- *Aardbevingsdichtheid*: Een aardbevingsdichtheid van 0,17 aardbevingen/(km² · jaar) ($M \geq 1,0$) wordt voorgesteld. Analyse van dit getal over de historie van het veld laat zien dat deze waarde niet overschreden werd in de periode 2015 - begin 2016. Dit was een periode waarin het veld relatief seismisch rustig was.
- *PGV*: Een PGV-waarde van 5 mm/s wordt gehanteerd voor het signaleringsniveau om schade te monitoren. Deze waarde is gekoppeld aan de SBR-richtlijn¹ voor een kleine kans op DS1 schade.
- *Damage State*: De "damage state"-waarde op dit niveau is enigszins kwalitatief met het label "onverwacht veel DS1-meldingen" en gerelateerd aan artikel 33 van de Mijnbouwwet (zorgplicht) in combinatie met verwachte maatschappelijke onrust. "Onverwacht" zal vooral gebruikt worden in relatie tot eerdere vergelijkbare gebeurtenissen en de voorspellingen binnen de modellen die gehanteerd worden voor schade. De keuze voor meldingen is gedaan omdat de oorzaken van DS1-schade bij inspectie niet altijd vastgesteld kan worden.

¹ SBR staat voor Stichting Bouw Research.

Waarden waakzaamheid-parameters

Parameter	Waarde	Reden	Basis
PGA	0.05g (horizontale component)	Risico ("hazard")	Historisch; gerelateerd aan Huizinge beving
Activity rate (M \geq 1.5)	> 15	Zowel risico als schade	Gerelateerd aan seismisch niveau 2015/2016.
Aardbevings-dichtheid (epi-centrum)	0.17 (M>1)	Concentratie aardbevingen; (herhalings-) schade – indicator escalatie	Historisch; gerelateerd aan Loppersum regio, periode 2012 - 2014
PGV	5 mm/s	Schade-indicator voor niet-structurele schade	SBR DS1
Damage state	Onverwacht veel DS1 schade meldingen	Monitor schade ontwikkeling	Artikel 33, maatschappelijke verwachtingen

Tabel 4 Uitleg van parameters op waakzaamheidsniveau

3.2.2 Parameters op het tweede niveau: het signaleringsniveau (oranje)

De tweede ("oranje") laag van het signaleringssysteem was ook opgenomen in eerdere versies van het Meet- en Regelprotocol maar kende toen minder parameters. Op dit niveau wordt in principe een directe actie geformuleerd, in eerste instantie door het NAM Risk Coordination Team. Dit team geeft binnen 48 uur een korte analyse van de gebeurtenis met een set van bijbehorende maatregelen die binnen een tijdsbestek van enkele weken uitgevoerd kunnen worden. Daarbij wordt in beginsel gebruik gemaakt van de maatregelen die reeds geïdentificeerd zijn op het waakzaamheidsniveau. Een voorgestelde maatregel heeft in de regel een regionaal karakter. In de meeste gevallen wordt deze maatregel genomen na overleg met SodM en GTS, en in sommige gevallen na goedkeuring door de Minister van Economische Zaken.

In tabel 5 staan de voorgestelde waarden waarbij het signaleringsniveau start en de grondslag van deze waarden.

- **PGA:** Een PGA-waarde van 0,08g wordt gehanteerd voor het signaleringsniveau en is gerelateerd aan "Huizinge 2012" en "t Zandt 2014". Een gevoel voor hoe vaak deze waarde getriggerd zal worden kan worden verkregen uit tabel 7, de historische waarden voor de PGA.

- *Activity Rate*: De activity rate-grenswaarde is gezet op 20 aardbevingen per jaar (voor $M \geq 1,5$). Dit getal is gerelateerd aan het activiteitsniveau in 2015 en 2016. Deze waarde werd in de periode 2015/2016 niet overschreden.
- *Aardbevingsdichtheid*: Een aardbevingsdichtheid van 0,25 aardbevingen/($\text{km}^2 \cdot \text{jaar}$) ($M \geq 1,0$) is eerder voorgekomen in het Loppersum-gebied en heeft geresulteerd in (voorstellen tot en daadwerkelijke) productie-ingrepen.
Een equivalente aardbevingsdichtheid van 0,25 aardbevingen/($\text{km}^2 \cdot \text{jaar}$) ($M \geq 1,0$) wordt voorgesteld op basis van historische waarden. Analyse van dit getal over de historie van het veld laat zien dat deze waarde 2 keer overschreden werd tijdens fases waarin het veld relatief seismisch actief was.
- *PGV*: Een PGV-waarde van 50 mm/s wordt gehanteerd voor het signaleringsniveau om schade te monitoren. Deze waarde sluit aan bij modellering van DS2-schade.
- *Damage State*: De "damage state"-waarde op dit niveau is gebaseerd op een vergelijking tussen wat de verwachte schade is en de werkelijke schade. "Onverwacht" zal vooral gebruikt worden in relatie tot eerdere vergelijkbare gebeurtenissen en de voorspellingen binnen de modellen die gehanteerd worden voor schade. De keuze voor meldingen is gedaan omdat de oorzaken van DS1-schade bij inspectie niet altijd vastgesteld kan worden.

Waarden Signaal-parameters

Parameter	Waarde	Reden	Basis
PGA	0.08 g (horizontale component)	Risico ("hazard")	Historisch; gerelateerd aan Huizinge beving
Activity rate ($M \geq 1.5$)	> 20	Zowel risico als schade	Historisch: periode 2012-2014 lange tijd meer dan 20 bevingen; ook gerelateerd aan gecalibreerde modelering
Aardbevingsdichtheid (epi-centrum)	0.25	Concentratie aardbevingen; indicator escalatie	Historisch; gerelateerd aan Loppersum regio, periode 2012-2014
PGV	50 mm/s	Schade-indicator	Op basis van literatuur en voorlopig schade-modelerings-werk (kans van 1% op DS2 schade).
Damage state	DS2 gezien waar DS1 verwacht	Monitor schade ontwikkeling	Schade-modelering en schade-experimenten

Tabel 5 Uitleg van parameters op signaleringsniveau

3.2.3 Parameters op het derde niveau: het interventieniveau (rood)

De derde ("rode") laag van het signaleringssysteem was in eerdere versies van het Meet- en Regelprotocol nog niet opgenomen en is tevens het hoogste niveau van de escalatiestructuur. Dit is het niveau waarbij mogelijk direct een ingreep in het systeem wordt gedaan, indien nodig op veldschaal. Indien wordt gekozen voor een ingreep op veldschaal, zal in veel gevallen goedkeuring van de Minister van Economische Zaken nodig zijn omdat hiervoor mogelijk een wijziging van het Instemmingsbesluit is vereist. Een gebeurtenis op het interventieniveau betekent overigens niet dat automatisch sprake is van een gebeurtenis waarbij de veiligheid in het geding is.

- *PGA*: Een PGA-waarde van 0,10 g wordt gehanteerd voor het interventieniveau en die is in de regel gerelateerd aan een beving met een magnitude 4 of hoger waarbij significante schade of interruptie verwacht wordt.
- *Activity Rate*: De activity rate-grenswaarde is gezet op 25 aardbevingen per jaar (voor $M \geq 1,5$). Dit getal is gerelateerd aan het activiteitsniveau en is de verwachte waarde in de huidige modellering van activity rate (periode 2017-2018). Deze waarde werd sinds de periode 2015/2016 niet overschreden.
- *Aardbevingsdichtheid*: Een aardbevingsdichtheid van 0,40 aardbevingen/(km² jaar) ($M \geq 1,0$) wordt voorgesteld op basis van een historische vergelijking in het Loppersum gebied.
- *PGV*: Een PGV-waarde van 80 mm/s wordt gehanteerd voor het interventieniveau om schade te monitoren. Deze waarde sluit aan bij modellering van DS2-schade en kan mogelijk DS2-schade betekenen aan tientallen huizen.
- *Damage State*: De "damage state"-waarde op dit niveau is gebaseerd op een vergelijking tussen wat de verwachte schade is en de werkelijke schade. "Onverwacht" zal vooral gebruikt worden in relatie tot eerdere vergelijkbare gebeurtenissen en de voorspellingen binnen de modellen die gehanteerd worden voor schade. De keuze voor meldingen is gedaan omdat de oorzaken van DS1 schade bij inspectie niet altijd vastgesteld kan worden.

Waarden Interventie-parameters

Parameter	Waarde	Reden	Basis
PGA	0.10 g (horizontale component)	Risico ("hazard")	> Huizinge
Activity rate (M \geq 1.5)	> 25	Zowel risico als schade	Relatief t.ov. gecalibreerde modelering; 25 is verwachtingswaarde van model voor komende jaren
Aardbevingsdichtheid (epi-centrum)	0.40	Concentratie aardbevingen; indicator escalatie	Historisch; gerelateerd aan Loppersum regio, periode 2014
PGV	80 mm/s	Schade	Onset DS2 schade gebaseerd op modelering en experimenten
Damage state	DS3 terwijl DS2 verwacht	Monitor schade ontwikkeling	Schade-modelering en schade-experimenten

Tabel 6 Uitleg van parameters op interventieniveau

3.3 Onderbouwing van de signaalparameters

3.3.1 PGA

PGA, peak ground acceleration, is een signaalwaarde die gebruikt is in eerdere versies van het Meet- en Regelprotocol. Het was vooral een grootheid waarmee risico en in minder mate schade geadresseerd werd. In het huidige protocol wordt op basis van voortschrijdend inzicht PGV (peak ground velocity) gebruikt als grootheid voor schade. Historische waarden voor de laatste 4 jaar voor de PGA staan in de tabel 7 hieronder:

Datum	PGA (g)	Magnitude	Locatie
11-mrt-2017	0.004	2.1	Zeerijp
11-jan-2016	0.008	2.2	Wirdum
2-sep-2016	0.005	2.1	Schildwolde
25-feb-2016	0.021	2.4	Froombosch
30-okt-2015	0.009	2.3	Meedhuizen
30-sep-2015	0.017	3.1	Hellum
18-aug-2015	0.009	2.0	Kolham
7-jul-2015	0.001	2.1	Zuidwolde
27-mei-2015	0.003	2.0	Uithuizen
24-mrt-2015	0.004	2.3	Appingedam
25-feb-2015	0.011	2.3	Appingedam
6-jan-2015	0.014	2.7	Wirdum
30-dec-2014	0.017	2.8	Scharmer
5-nov-2014	0.082	2.9	Zandeweer
30-sep-2014	0.002	2.8	Garmerwolde
1-sep-2014	0.000	2.6	Froombosch
2-jul-2014	0.000	2.1	Slochteren
18-mrt-2014	0.002	2.1	Rottum
11-mrt-2014	0.000	2.3	Schildwolde
13-feb-2014	0.071	3.0	Het Zandt
26-nov-2013	0.005	2.0	Appingedam
9-nov-2013	0.000	2.4	Wirdum
4-sep-2013	0.025	2.8	Zeerijp

Tabel 7 Overzicht van PGA-waarden voor het Groningen veld. Bron: KNMI.

In het voorgestelde protocol zal worden uitgegaan van de grootste horizontale component in plaats van de minder relevante verticale component: schade aan gebouwen en het risico voor diegenen die in deze gebouwen aanwezig zijn is voornamelijk afhankelijk van de horizontale component van de PGA. Gebouwen worden ontworpen om verticale krachten goed te kunnen weerstaan. De grenswaarden voor PGA in tabellen 4, 5 en 6 hebben dan ook alleen betrekking op de horizontale componenten (radiaal en transversaal) van de PGA.

Hierbij wordt opgemerkt dat het Protocol uitgaat van de gemeten waarden, niet van de afgeleide waarden van het epi-centrum; dit om geen berekening te hoeven afwachten maar meteen uit te kunnen gaan van een door het KNMI gemeten waarde.

De waarde van 0,05 is in het Instemmingsbesluit opgenomen in artikel 5. De reden dat de PGA-waarde zoals genoemd in het Instemmingsbesluit is opgenomen op het "groene" niveau is vanwege de verbeterde meetapparatuur in het veld. Door de uitgebreidere metingen zal deze waarde eerder worden waargenomen dan voorheen, hetgeen rechtvaardigt dat deze waarde nu op het groene niveau is opgenomen in plaats van het oranje niveau.

3.3.2 Activity rate

- De historisch gemeten activity rate ($M \geq 1,5$) staat weergegeven in figuur 1. De voorspelde activity rate staat in figuur 2 weergegeven (op basis van "model 2", tabel 1). In het Meet- en Regelprotocol wordt de waarden 15 gehanteerd als "waakzaamheidswaarde". Dit is een relatief lage waarde en het ligt in de lijn der verwachting dat met name de waakzaamheidswaarde op deze grootheid regelmatig gehaald zal worden (zie figuur 1 en figuur 2) waarmee deze parameter bijna continu zal worden onderzocht. De reden dat de activity rate en de aardbevingsdichtheid op een relatief laag niveau getriggerd kan worden (terwijl dit om relatief hele kleine, onvoelbare, bevingen kan gaan) is dat dit een relatief hoog onverwacht element in zich kan bergen, potentieel escalatie kan aankondigen, en daarom extra waakzaamheid en preventieve maatregelen kan vereisen. En zoals ook besproken in de paragraaf 4.5 van het Meet- en Regelprotocol kan er relatief veel tijd overheen gaan voor een maatregel effectief is.

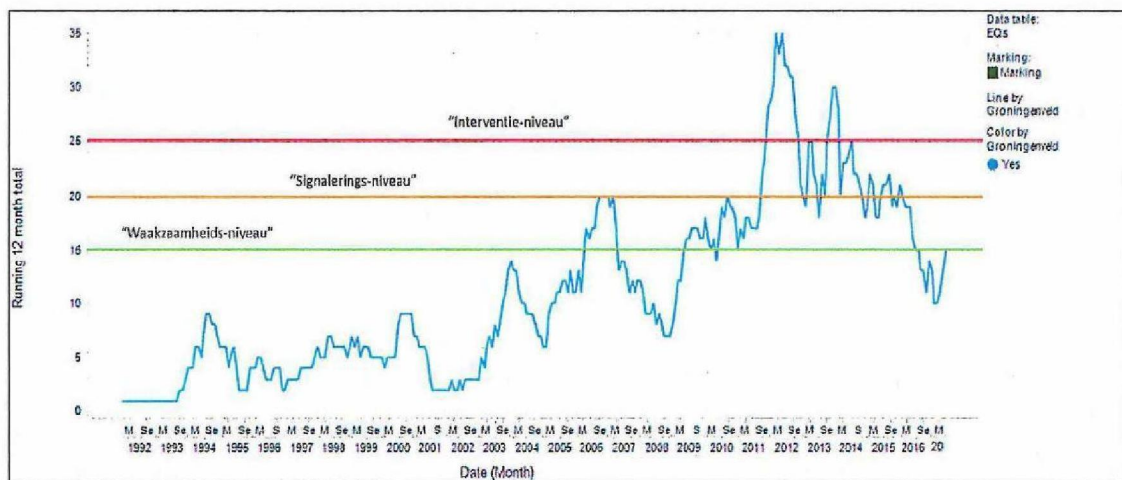
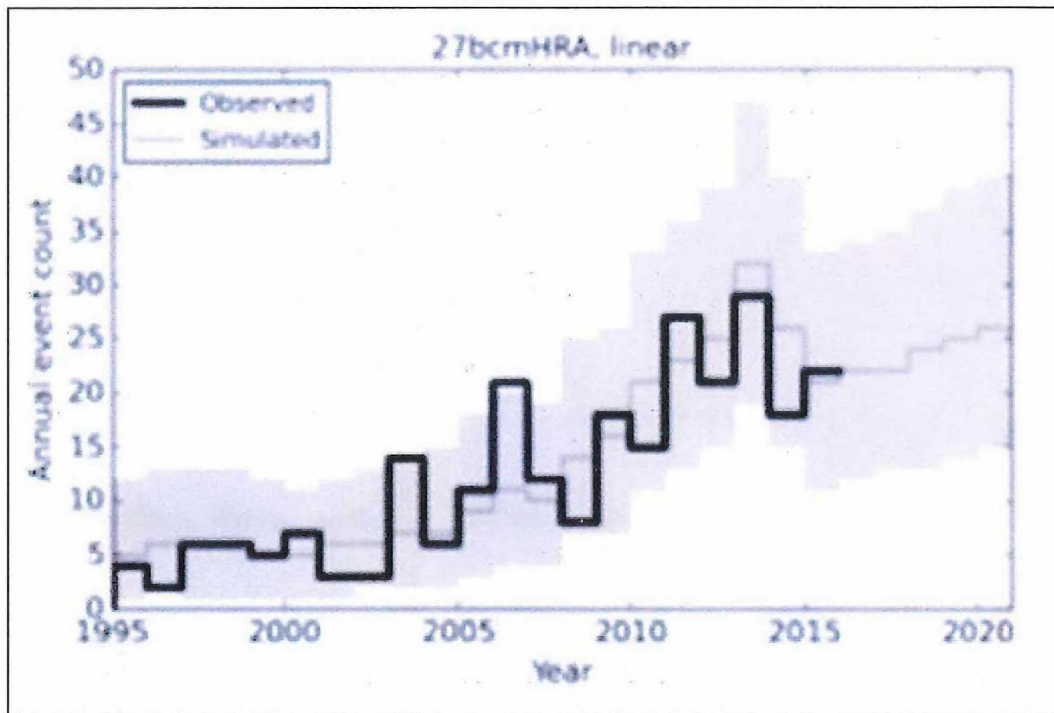


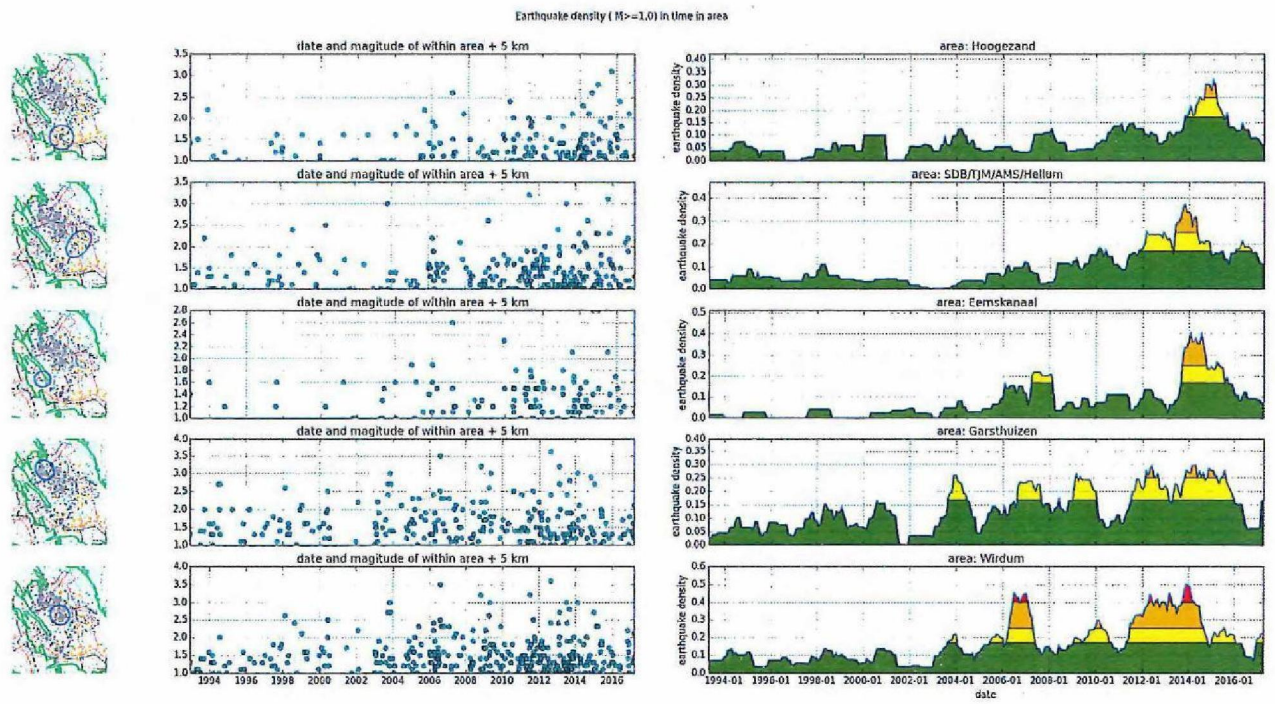
Figure 1. Activity rate over tijd. De blauwe lijn geeft het 12-maands-getal ($M \geq 1,5$) weer ("totaal aantal aardbevingen in een jaar, per maand telkens opgeschoven"). De groene, oranje en rode lijn geven de signaalwaarden weer.



Figuur 2. De activity rate voor aardbevingen in Groningen voor de periode 1995 tot 2020 (zwarte lijn is historisch, grijze lijn is gemodelleerd gemiddelde en grijze band is onzekerheidsband).

3.3.3 Aardbevingsdichtheid

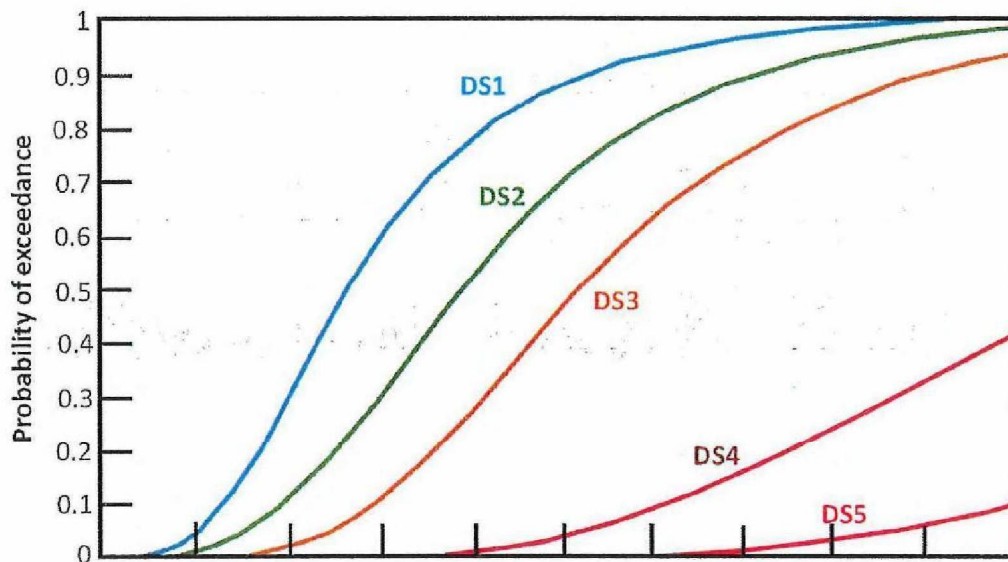
Aardbevingsdichtheid is een parameter die voorkwam in eerdere versies van het Meet- en Regelprotocol. De voorgestelde waarden in het huidige Meet- en Regelprotocol zijn gebaseerd op een historische analyse van $M \geq 1,0$ bevingen (zie figuur 3). Op basis van signaleringswaarde van 0,17 aardbevingen/ $(\text{km}^2 \cdot \text{jaar})$ zou deze waarde gedurende 3 perioden getriggerd zijn in de afgelopen 10 jaar (rond 2007, 2010 en 2013) en recent (Q4, 2016, Q1 2017). De perioden rond 2007, 2010 en 2013 waren perioden van verhoogde seismiteit. De waakzaamheidswaarde (0,17 aardbevingen/ $(\text{km}^2 \cdot \text{jaar})$) zou voor die periode getriggerd zijn en daarmee waarschijnlijk tijd hebben gegeven om een ingreep te doen.



Figuur 3 De historische aardbevingsdichtheid rond een aantal gebieden.

3.3.4 PGV

De onderbouwing voor de grenswaarden van PGV is nog in ontwikkeling en de gekozen grenswaarden zijn gebaseerd op een combinatie van gekalibreerde modellering en waarden gebruikt door de SBR. De voorgestelde waarde voor het waakzaamheidsniveau is gekoppeld aan de SBR-norm voor DS1-schade. Deze grootte wordt ook gebruikt in andere industrieën die trillingen veroorzaken zoals de "Bouw" en het "Spoor". De voorgestelde PGV-waarden voor het signalering- en interventie-niveau zijn gebaseerd op een zogenaamde fragility-curve, een curve die de sterkte van een gebouwtypologie representeert. Voor een typisch Groningse woning zou deze fragility-curve er ongeveer uitzien als in figuur 3. De term "DS" – Damage State – staat uitgelegd in de sectie hieronder. De voorgestelde grenswaarde op het signaleringsniveau is gebaseerd op een DS2 "fragility curve", met een 1% kans. In de tabel 8 hieronder staan een aantal waarden zoals die in de literatuur gebruikt worden. In de tabel 9 daaronder staan de waarden zoals die uit recente schud-tafel experimenten komen voor typisch Groningse huizen. De relatief laag gekozen waarden voor PGV (50 en 80 mm/s; ten opzichte van experiment en literatuurwaarden van ruim boven de 100 mm/s) in het signalerings-systeem komen voort uit het verlangen om zo vroeg in het onderzoek naar schade conservatieve waarden te kiezen (die mogelijk later dan, op basis van voortschrijdend inzicht, naar boven bijgesteld kunnen worden).



Figuur 4 Generiek voorbeeld van een "fragility curve" voor een gebouwen typologie. De horizontale as vertegenwoordigt "Peak Ground Velocity", de verticale as de "kans op overschrijding". De labels DS1, DS2 etc. representeren "damage states" zoals uitgelegd in figuur 4. De groene curve, DS2, is gebruikt in dit protocol.

PGV in mm/s	Hancilar et al. (2012)	Okada & Takai (2000)
DS2 – 1%	350	120
DS2 – 10%	480	260

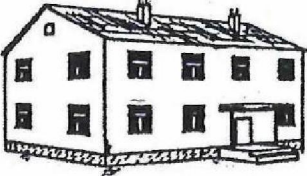

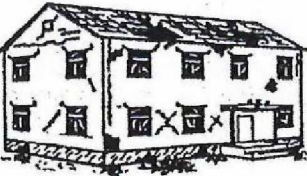


Tabel 8. PGV waarden uit de literatuur die horen bij het ontstaan van eerste beschadigingen aan constructieve delen ("DS2"). Per auteur/publikatie staan er 2 getallen genoemd; Het bovenste getal geeft het getal weer dat hoort bij een overschrijdingskans van 1%, het onderste voor een overschrijdingskans van 10%. Zo claimen Okada & Takai bijvoorbeeld dat bij een PGV 120 mm/s er 1% van de huizen de eerste tekenen van schade aan constructieve delen zullen vertonen.

PGV in mm/s	Rijtjeshuis	Vrijstaand huis
DS1 – haar-scheurtjes	130	175

Tabel 9. PGV waarden uit recente "schud-tafel" experimenten van Groningse huizen. De geciteerde waarden horen bij het ontstaan van eerste beschadigingen aan constructieve delen. Er zijn hier twee huizen weergegeven, een rijtjeshuis en een vrijstaand huis. De geciteerde waarden geven de PGV waarden waarbij de eerste scheurtjes ontstaan (cosmetische schade, "DS1") en dus het voorstadium van DS2.

3.3.5 Damage State

De definitie van damage state is geïllustreerd in figuur 4 hieronder.

Classification of damage to masonry buildings	
	<p>Grade 1: Negligible to slight damage (no structural damage, slight non-structural damage) Hair-line cracks in very few walls. Fall of small pieces of plaster only. Fall of loose stones from upper parts of buildings in very few cases.</p>
	<p>Grade 2: Moderate damage (slight structural damage, moderate non-structural damage) Cracks in many walls. Fall of fairly large pieces of plaster. Partial collapse of chimneys.</p>
	<p>Grade 3: Substantial to heavy damage (moderate structural damage, heavy non-structural damage) Large and extensive cracks in most walls. Roof tiles detach. Chimneys fracture at the roof line; failure of individual non-structural elements (partitions, gable walls).</p>
	<p>Grade 4: Very heavy damage (heavy structural damage, very heavy non-structural damage) Serious failure of walls; partial structural failure of roofs and floors.</p>
	<p>Grade 5: Destruction (very heavy structural damage) Total or near total collapse.</p>

Figuur 5 *Schaal van damage states zoals deze is gepubliceerd in "European Macroseismic Scale 1998, EMS-98" door de European Seismological Commission (G. Grünthal), in 1998.*

4 Speciale en periodieke rapportages

4.1 Speciale rapportage

Speciale rapportages worden uitgevoerd wanneer “waakzaamheidsniveau”-waarden overschreden worden, de gebeurtenissen uit hoofdstuk 4 van het Meet- en Regelprotocol plaatsvinden en soms op verzoek van SodM. Tabel 8 geeft een samenvatting van de typische elementen van een dergelijk rapport. Afhankelijk van welke parameter overschreden is (e.g. PGA, Activity Rate of aardbevings-dichtheid), zal een andere selectie uit deze tabel gemaakt worden. Daarbij moet ook worden bedacht – zoals ook aangegeven in paragraaf 8.4 van het Meet- en Regelprotocol – dat de mate van wetenschappelijke onderbouwing die kan worden gegeven is mede afhankelijk is van de vraag hoe snel het rapport moet worden opgeleverd. NAM zal altijd trachten een goede balans te vinden tussen snelheid en wetenschappelijke onderbouwing, waarbij altijd gekozen kan worden om na een eerste snelle rapportage later nog een tweede, uitgebreidere rapportage op te leveren.

Data-element	Reden van beschouwing
Aardbevingsdichtheid kaart (12 maanden)	Bekijken of er een verschuiving in aardbevingsposities heeft plaatsgevonden, test op overschrijden grenswaarde (0,25 bevingen per km ² /jaar)
Aardbevingsdichtheid-kaart - historie	Testen of er een geheel nieuw gebied seismisch actief is geworden.
Activity rate	Algemeen niveau van seismiciteit; potentiële vroege indicator van verhoogde seismiciteit (inclusief hogere magnitude). Potentiële trigger van veldbrede productie-ingrepen. Context voor de andere parameters.
Hypo-centre locatie	Bepalen of de bevingen geassocieerd zijn met een specifieke breuk of breukintersectie. Dit zou analyse kunnen focuseren en eventuele beheersmaatregelen kunnen suggereren.
Fault offset-kaart	Bepalen of bevingen correleren met bepaalde breuken. Uit geomechanische studies is gebleken dat breuken met een offset van ongeveer de reservoir dikte aanleiding zouden kunnen geven tot hogere seismiciteit.
Recente productie individuele clusters	Ramp-up van cluster zou in theorie een stressverandering teweeg kunnen brengen die op zijn beurt een beving zou kunnen veroorzaken. Hier zijn ook statistische aanwijzingen voor.
Drukkaarten van het gebied geassocieerd met hogere bevings-intensiteit of PGA	De fysica van vloeistofstroming in een poreus medium wordt beschreven door een diffusief proces dat ervoor zorgt dat een piek in productie van een bepaald cluster zich vertaalt in een in de ruimte (en tijd) sterk verspreide drukverstoring; m.a.w. een scherpe stap omhoog in productie van een cluster zorgt al op korte afstand van dat cluster in heel gelijkmatig verdeelde drukverstoring in het reservoir.
Stroomlijnen patroon	Poging om vast te stellen welk cluster de meeste invloed heeft op het drukverloop van een bepaalde locatie.
Reservoir-drukvermindering per tijdseenheid.	Bepalen of de vermindering in de druk in het Loppersum-gebied gevarieerd heeft in de tijd en of dat correleert met de ontwikkelende seismiciteit.
HC-kolom thickness map	Voor een gelijke reservoirdrukdaling is dit het gebied waar je de meeste compactie verwacht en waar je misschien ook meer seismiciteit zou kunnen verwachten; met andere woorden, een gelijke drukdaling heeft in een gebied met een grotere gaskolom waarschijnlijk meer effect op de compactie dan in gebieden met een kleinere kolom.
Dalingsgrafiek	Bekijken of er een anomaal dalingspatroon vastgesteld kan worden in het gebied dat meer bevingen heeft laten zien.

Trends in alle signaalparameters	Oppakken van potentieel verontrustende patronen om eventuele escalatie te voorkomen (e.g. [regionale] Gutenberg-Richter plots)
Drukontwikkeling (dp/dt)	De drukontwikkeling wordt gezien als de drijvende kracht achter ontwikkelende seismiciteit.
Schadeontwikkeling	Schade moet zo veel mogelijk voorkomen worden. Omdat schade modellering en kalibratie nog volop in ontwikkeling zijn, is het belangrijk om te bepalen of de schadeontwikkeling geen ander beeld laat zien dan verwacht.
Review van GMPE	Indien een gemeten PGV sterk afwijkt van de voorspelde waarde zal de ground-motion prediction equation mogelijk aangepast worden.

Tabel 10 *Overzicht van de studie elementen die in een speciale rapportage zullen worden geadresseerd.*

4.2 Periodieke rapportage

Periodieke rapportages zullen halfjaarlijks worden uitgevoerd en bevatten onder andere de volgende elementen:

Rapportage-element	Reden van beschouwing
Activity rate	Algemeen niveau van seismiciteit; potentiële vroege indicator van verhoogde seismiciteit (inclusief hogere magnitude). Potentiële trigger van veldbrede productie-ingrepen.
Aardbevingsdichtheid	Geeft beeld voor eventuele verschuiving of concentratie van seismiciteit. Potentiële trigger voor het veranderen van de productieverhouding tussen de verschillende regio's/clusters.
Trends alle signaalparameters (e.g. Gutenberg-Richter plots)	Oppakken van potentieel verontrustende patronen om eventuele escalatie te voorkomen. Voor het hele veld en voor een aantal deel-regio's.
Drukontwikkeling (dp/dt)	De drukontwikkeling wordt gezien als de drijvende kracht achter ontwikkelende seismiciteit.
Schadeontwikkeling	Schade moet zo veel mogelijk voorkomen worden. Omdat schade modellering en kalibratie nog volop in ontwikkeling zijn, is het belangrijk om te bepalen of de schadeontwikkeling geen ander beeld laat zien dan verwacht.
Gebruikte modellen	Inzichtelijk maken van gebruikte modellen met mogelijkheden en beperkingen die daarbij gelden. Bij de rapportage zal ook een vergelijking worden gemaakt tussen de gemeten waarden en de modelmatig verwachte waarden.
Productieveranderingen	Om eventuele verbanden te kunnen leggen met het verschuiven van aardbevingsdichtheid patronen. Ook relatie met Gutenberg-Richter b-waarden.
PGV	Vergelijking van gemeten grondbeweging met de gebruikte modelering van grondbeweging ("GMPE"). Voor bevingen met een magnitude boven de 2.0.

Tabel 11 Overzicht van de elementen die in een periodieke rapportage zullen worden geadresseerd.

5 Operationele en opgelegde productiebeperkingen

5.1 Beperkingen aan Productie

De ruimtelijk verdeling van de productie van het Groningenveld wordt geoptimaliseerd met het doel om aardbevingen te verminderen (Artikel 3.2 Instemmingsbesluit). Ook kunnen beheersmaatregelen leiden tot een andere verdeling van de productie over de productieclusters of vermindering van de productie uit bepaalde productieclusters.

Bij de afweging over productiebeperkingen moet ook rekening gehouden worden met de mogelijkheid van het Groningen gasbehandelings- en pijpleidingensysteem om deze productie af te leveren aan de verschillende overslagen. Sommige overslagen beleveren een bepaalde markt of ondergrondse gasopslag. In de volgende sectie wordt hier verder op ingegaan.

De optimalisatie van de verdeling van de productie wordt dus gelimiteerd door de productiebeperkingen die met het Instemmingsbesluit zijn opgelegd en als gevolg van fysische beperkingen in het gasproductiesysteem.

5.2 Productiebeperkingen uit het instemmingsbesluit

Het Instemmingsbesluit bevat verschillende voorschriften (artikelen 2, 3 en 4) die invloed hebben op de gasproductie uit het Groningen veld:

- Artikel 2.1 Bepaalt de gasproductie uit het veld op 24 Bcm/gasjaar;
- Artikel 2.2 Extra gasvolume afhankelijk van de graaddagen tot maximaal 6 Bcm/gasjaar;
- Artikel 2.3 Extra gasvolume afhankelijk van optreden van technische problemen (transportbeperkingen, falen van het GTS-systeem of de hi-cal compositie) tot maximaal 1.5 Bcm/gasjaar;
- Artikel 3.1 Regionale productie van het veld binnen regionale maximale niveaus;
- Artikel 3.3 Insluiting voor productie van vijf productieclusters rond Loppersum (wel beschikbaar voor capaciteit);
- Artikel 4.1 Vermindering van seizoens- en maandelijks variaties; vlakke productie over de tijd.

De regionale productieniveaus in artikel 3.1 refereren aan de ruimtelijke verdeling die is opgelegd op 30/1/2015. Deze verdeling is als volgt:

- LOPPZ-clusters²: stand-by productie uitsluitend voor leveringszekerheid (ongeveer 1,6 Bcm/jaar)
- Eemskanaal-cluster: 2,0 Bcm per jaar
- Zuid-West-clusters: 9,9 Bcm per jaar
- Oost-clusters: 24,5 Bcm per jaar

De som van de regionale productieniveaus is groter dan de totale veld productie van 24 Bcm/gasjaar. Dit staat flexibiliteit toe voor de optimalisatie van de productie.

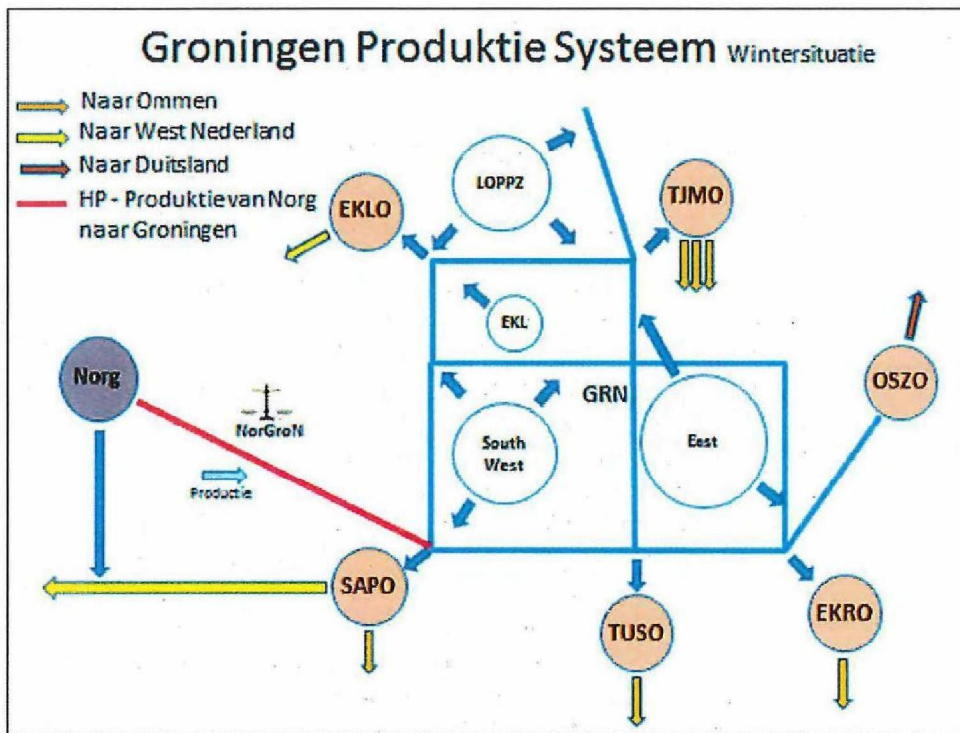
² De LOPPZ-clusters liggen in het seismische meest actieve gebied en zijn de productie clusters Leermens, Overschild, De Paauwen, Ten Post en 't Zandt.

5.3 Beperkingen van het Groningen Productiesysteem

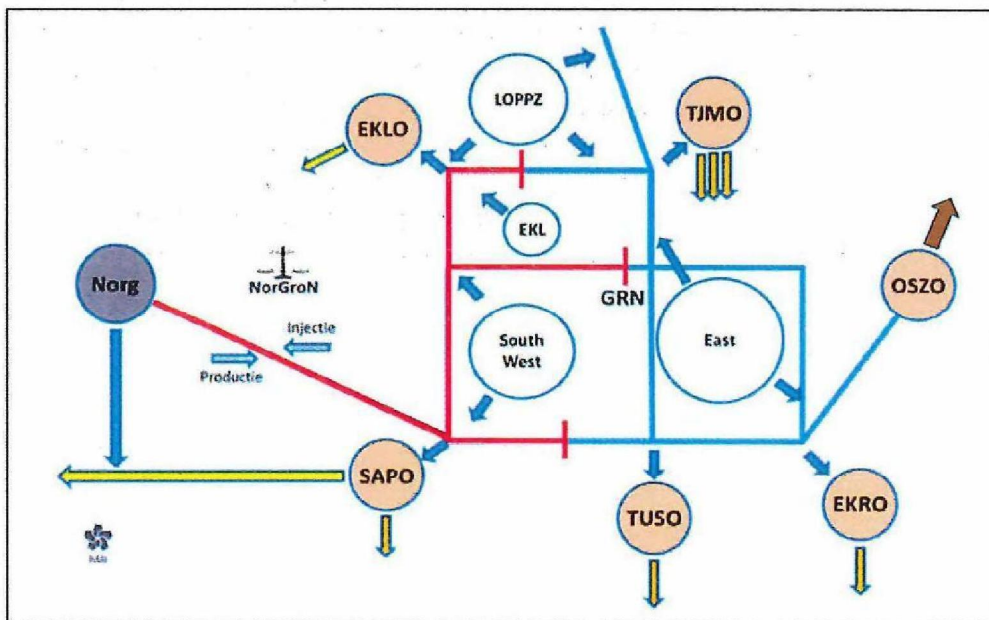
Naast de opgelegde productiebeperkingen zijn er ook fysieke beperkingen van het productiesysteem van het Groningenveld:

- Putten De productiecapaciteit van putten is beperkt en afhankelijk van de lokale reservoir druk,
- Compressoren De capaciteit van compressoren wordt beperkt door het vermogen van de motoren van de compressoren,
- Ring Systeem Het pijpleidingensysteem kan slechts beperkt het geproduceerde gas van de productieclusters herverdelen en afleveren aan de overslagen waar het aan GTS-transportleidingennetwerk wordt geleverd. Met name de Oudestatenzijl Overslag, van waaruit Duitsland wordt beleverd, kan slecht door een beperkt aantal productieclusters gelegen in het zuiden van het veld van gas worden voorzien.
- Beschikbaarheid De gasbehandelingsinstallaties moeten regelmatig uit bedrijf worden genomen voor onderhoud en verplichte veiligheidsinspectie.
- Gas Opslag Afhankelijk van het werkvolume dat aan de ondergrondse gasopslag Norg (Norg UGS) tijdens het winterproductieseizoen wordt onttrokken, moet tijdens de zomer ditzelfde volume worden teruggeïnjecteerd (tot 7 Bcm). Hiervoor moet een hogere druk in het zuidoostelijke deel van het ringpijpleidingensysteem worden gehandhaafd en hogere productie gerealiseerd van de productieclusters in het zuidoostelijke deel van het veld waar de aansluiting van de Norg-Groningenpijpleiding (NorGroN) is gelegen.

Strevend naar vlakke productie van het Groningenveld (zie artikel 4 van het Instemmingsbesluit), wordt de marktvrage verschillend tussen het zomerseizoen en het winterseizoen opgevangen door het inzetten van de Norg UGS. Hierdoor wordt het Groningenveld anders geproduceerd in de zomer dan in de winter. In de zomer wordt gas door de NorGroN-pijpleiding tussen het Groningenveld en de Norg UGS naar de Norg UGS gestuurd om deze weer op te vullen. Vóór het begin van het winterseizoen moet het geproduceerde volume van het voorgaande winterseizoen weer zijn aangevuld. Dit vereist drukscheiding om een hogere druk te handhaven in het zuidelijk pijpleidingensysteem van het veld. Productie uit de clusters in het zuidoostelijk deel (rond de Sappemeer-overslag) van het veld wordt gebruikt om de UGS Norg op te vullen (zie figuur 5). Tijdens de winter, is de bovengenoemde drukscheiding niet nodig (zie figuur 6).



Figuur 6 Het Groningen-productiesysteem zoals ingezet gedurende de het winterseizoen.



Figuur 7 Het Groningen-productiesysteem zoals ingezet gedurende de het zomerseizoen.

6 Productieoptimalisatie

Het eerdergenoemde Hazard and Risk analyse (ook wel dreigings- en risicomodel) wordt ook gebruikt voor de optimalisatie van de verdeling van de gasproductie over de verschillende productieclusters van het Groningen-gasproductiesysteem. Dit vereist dat een groot aantal verschillende productiestrategieën moet worden doorgerekend en de effecten moeten worden ingeschat en vergeleken. Gebaseerd op van tevoren vastgesteld criteria zal dan de optimale productiestrategie worden vastgesteld. Dit optimalisatieproces stelt hoge eisen aan de betrouwbaarheid van de voorspellingen van het dreigings- en risicomodel.

Het gaat hierbij dus om een complexe en intensieve berekeningen die veel computertijd vereisen. Om praktische redenen moet hierbij in verschillende delen van het model gebruik worden gemaakt van vereenvoudigde modelimplementaties en vereenvoudigde modellen. Dit zijn de zogenoemde proxy-modellen.

De validiteit van deze proxy-modellen moet, voor het parameterbereik dat voor de optimalisatie van belang is, worden getest en verzekerd. Daarnaast zal met een aantal testberekeningen door het volledige dreigings- en risicomodel worden gevalideerd dat het berekende en gevonden optimum inderdaad (gebaseerd op de criteria) een optimum is.

Van groot belang is dat de gevonden theoretische geoptimaliseerde verdeling van de productie uit de verschillende clusters ook in het veld praktisch geïmplementeerd kan worden binnen de gestelde beperkingen aan de productie, zoals eerder beschreven in het vorige hoofdstuk.

De oplevering van resultaten en evaluatie van eventuele beheersmaatregelen is gepland voor 1 november 2017 (in lijn met Instemmingsbesluit). Tussentijdse resultaten van deze analyses zullen maandelijks gedeeld worden met SodM.

7 Kwaliteitsborging

Deze sectie beschrijft onafhankelijke borging op verzoek van NAM. Dit is een van de zeven lagen van het borgingsproces (zie hoofdstuk 10 van het Meet- en Regelprotocol). De kwaliteit van het borgingsproces is sterk afhankelijk van de expertise van de academici en wetenschappers die het werk beoordelen. In deze sectie geven we daarom een overzicht van de wetenschappers die het werk, uitgevoerd als deel van het door NAM geleide studieprogramma, hebben beoordeeld en suggesties hebben gedaan voor verdere verbetering. Achtergrond, overzicht van publicaties en de CV's van deze academici en wetenschappers zijn op het internet (www.nam.nl) beschikbaar.

De borgingsteams – de mensen die zich op verzoek van NAM bezighouden met de kwaliteitsborging van het Dreigings- en risicomodel – zijn geïnformeerd over de studies en modellen door middel van uitgebreide technische informatie en speciale workshops. De aanbevelingen van de borgingsteams zijn verwerkt in de technische rapporten in de sectie “verdere aanbevelingen”. Deze rapporten zijn beschikbaar op www.nam.nl.

De borging van de geologische en reservoirmodellen van de diepe ondergrond (met name het gasreservoir) is gedaan door SGS Horizon. Deze heeft een uitgebreid beoordelingsverslag en een beoordelingsbrief geschreven die samen met de documentatie van deze modellen op www.nam.nl te vinden is.

In de tabellen hieronder staan de borgingsteams voor de verschillende onderdelen van het dreiging- en risicomodel genoemd.

Het borgingsteam voor “Ondiep Geologische Model”:

Externe Expert	Afkomstig van	Belangrijkste Gebied	Expertise
Adriaan Janszen	Exxonmobil	Ondiep Geologische Model	
Eric Meijles	University Groningen	Ondiep Geologische Model	
Joep Storms	TU Delft	Ondiep Geologische Model	
Tijn Berends	Student; University Groningen	Site Response en Ondiep Geologische Model	

Tabel 10 Het Borgingsteam voor “Ondiep Geologische Model”.

Het Borgingsteam voor "Ground Motion Prediction":

Externe Expert	Afkomstig van	Belangrijkste Expertise Gebied
Gail Atkinson	Western University, Ontario, Canada	Ground Motion Prediction
Hilmar Bungum	NORSAR, Norway	Ground Motion Prediction en lid van het panel voor de maximum magnitude van aardbevingen
Fabrice Cotton	GFZ Potsdam, Germany	Ground Motion Prediction
John Douglas	University of Strathclyde, UK	Ground Motion Prediction
Jonathan Stewart	UCLA, California, USA	Ground Motion Prediction
Ivan Wong	AECOM, Oakland, USA	Ground Motion Prediction en lid van het panel voor de maximum magnitude van aardbevingen
Bob Youngs	AMEC, Oakland, USA	Ground Motion Prediction en lid van het panel voor de maximum magnitude van aardbevingen

Tabel 11 Het Borgingsteam voor "Ground Motion Prediction". Ivan Wong en Bob Youngs zitten ook in het panel voor maximum magnitude van aardbevingen.

Verschillende experts en academici hebben advies gegeven over het gebruik van "finite fault rupture simulations" in de ontwikkeling van "ground-motion prediction equations". Doel was om aan te sluiten bij de state-of-the-art op dit gebied, dat nog in ontwikkeling is. De experts van wie advies is gevraagd zijn:

Externe Expert	Afkomstig van	Belangrijkste Expertise Gebied
Norm Abrahamson	University of California at Berkeley	Simulaties van breuken voor de California GMPEs
Christine Goulet	Southern California Earthquake Center (SCEC)	Validation en benchmarking van simulatie codes voor bewegingen op breukvlakken.
Luis Angel Dalguer	SwissNuclear	Huidige stand van simulatie van bewegingen op breukvlakken
Bob Youngs	AMEC Foster Wheeler	Simulatie van bewegingen op breukvlakken voor de NGA-East GMPEs

Tabel 12 External experts in workshop over finite fault simulations in de ontwikkeling van GMPE.

Door de mathematische complexiteit zijn de seismologische modellen die het dreigings- en risicomodel ondersteunen kritisch beoordeeld door Prof. Ian Main (of Edinburgh University).

In een formele workshop volgens de richtlijnen voor een SSHAC niveau 3 process, is een panel van experts gevraagd om een inschatting te maken van de verdeling van M_{max} waarden voor het Groningen gebied, gebaseerd op de huidige kennis en onzekerheden.

Dit panel bestond uit:

Externe Expert	Afkomstig van	Rol
Kevin Coppersmith	Geomatrix Consultants Inc.	Voorzitter SHACC-panel
Ivan Wong	AECOM, Oakland, USA	Ground Motion Prediction en lid van het SHACC-panel
Bob Youngs	AMEC, Oakland, USA	Ground Motion Prediction en lid van het SHACC-panel
Jon Ake	US Nuclear Regulatory Commission	Lid van het SHACC-panel
Hilmar Bungun	Norsar Norway	Lid van het SHACC-panel
Torsten Dahm	GFZ Potsdam	Lid van het SHACC-panel
Art McGarr	US Geological Survey	Lid van het SHACC-panel
Ian Main	University Edinburgh	Seismogenic Model/Statistics en lid van het SHACC-panel

Tabel 13 Het panel voor de bepaling van de M_{max} verdeling.

De externe experts die in de workshop presentaties hebben gegeven aan het panel zijn:

Externe Expert	Afkomstig van	Rol
Serge Shapiro	Freie Universiteit Berlin	Onafhankelijk Adviseur
Emily Brodsky	University of California, Santa Cruz	Onafhankelijk Adviseur
Jenny Suckale	Stanford University, Department of Geophysics	Onafhankelijk Adviseur
Gillian Foulger	Durham University, Department of Geophysics	Onafhankelijk Adviseur
Gert Zöller	University of Potsdam Institute of Mathematics and Focus Area for Dynamics of Complex Systems	Onafhankelijk Adviseur

Tabel 14 Experts die presentaties hebben gegeven aan het SSHAC-panel voor M_{max} .

Het borgingsteam voor "Building Fragility" bestaat uit:

Externe Expert	Afkomstig van	Belangrijkste Expertise Gebied
Jack Baker	Stanford University, USA	Fragility Functions en Risicoanalyse
Paolo Franchin	University of Rome "La Sapienza"	Fragility Functions en Risicoanalyse
Michael Griffith	University of Adelaide, Australia	Modelleren en testen van baksteen (Masonry) gebouwen
Curt Haselton	California State University, US	Modelleren van baksteen (Masonry) gebouwen
Jason Ingham	University of Auckland	Seismic Response of baksteen (Masonry) gebouwen
Nico Luco	United States Geological Survey	Risicoanalyse voor Building Fragility
Dimitrios Vamvatsikos	NTUA, Greece	Fragility Functions en risicoanalyse

Tabel 15 Het Borgingsteam voor "Building Fragility".

8 Verwijzingen naar meer informatie

In deze sectie kunt u meest belangrijke verwijzingen naar technische rapporten vinden die de verschillende delen van het Meet- en Regelprotocol verder ondersteunen. Omdat deze lijst met verwijzingen naar rapporten steeds zal worden bijgewerkt, is ervoor gekozen om deze in een Technisch Addendum op te nemen en niet in de tekst van het Meet- en Regelprotocol zelf.

Voor elk onderwerp besproken in de tekst zullen verwijzingen worden gegeven.

8.1 Rol van het dreigings- en risicomodel voor geïnduceerde bevingen in Groningen

8.1.1 Opbouw van het Model

Overzicht van de activiteiten om het dreigings- en risicomodel te bouwen zijn vast gelegd in het "Study and Data Acquisition Plan". Dit document is in verschillende keren geactualiseerd:

1. Study and Data Acquisition Plan Induced Seismicity in Groningen, Nederlandse Aardolie Maatschappij BV, Jan van Elk & Dirk Doornhof, January 2013, submitted in November 2012.
2. Study and Data Acquisition Plan Induced Seismicity in Groningen for the update of the Winningsplan 2016, Nederlandse Aardolie Maatschappij BV, Jan van Elk & Dirk Doornhof, December 2014, submitted in March 2015.
3. Study and Data Acquisition Plan Induced Seismicity in Groningen Update Post-Winningsplan 2016 - Part 1, Nederlandse Aardolie Maatschappij BV (Jan van Elk and Dirk Doornhof, eds.), 1st April 2016.
4. Study and Data Acquisition Plan Induced Seismicity in Groningen Update Post-Winningsplan 2016 - Part 2, Nederlandse Aardolie Maatschappij BV (Jan van Elk and Dirk Doornhof, eds.), 1st April 2016.
5. Study and Data Acquisition Plan Induced Seismicity in Groningen Update Post-Winningsplan 2016 - Progress and Schedule, Nederlandse Aardolie Maatschappij BV (Jan van Elk and Dirk Doornhof, eds.), 1st December 2016.

8.1.2 Gegevensvergaring - specifieke meetcampagnes

Zwaartekrachtmetingen boven het hele veld en omliggende aquifers.

6. Gravity monitoring of the Groningen gas field 2015, Quad Geometrics, Ola Eiken, April, 2016.

Bodemonderzoek om de ondiepe ondergrond en aarde.

7. De ondergrond van Groningen: een Geologische Geschiedenis, Erik Meijles, April 2015.
8. Geological schematisation of the shallow subsurface of Groningen (For site response to earthquakes for the Groningen gas field) – Part I, Deltares, Pauline Kruiver and Ger de Lange.
9. Geological schematisation of the shallow subsurface of Groningen (For site response to earthquakes for the Groningen gas field) – Part II, Deltares, Pauline Kruiver and Ger de Lange.
10. Geological schematisation of the shallow subsurface of Groningen (For site response to earthquakes for the Groningen gas field) – Part III, Deltares, Pauline Kruiver and Ger de Lange.

Geofysische metingen bij de KNMI-stations.

11. Geophysical Measurements of shear wave velocity at KNMI accelerograph stations in the Groningen field area, Deltares, Marco de Kleine, Rik Noorlandt, Ger de Lange, Marios Karaoulis and Pauline Kruiver, July 2016.

Flexibel geofoonnetwerk

12. Presentatie flexibel netwerk geofoons, Jan van Elk, Dirk Doornhof and Xander Campman, March 2017.

8.1.3 Gegevensvergaring - Monitoring

Reservoirdruk

13. Technical Addendum to the Winningsplan Groningen 2013; Subsidence, Induced Earthquakes and Seismic Hazard Analysis in the Groningen Field, Nederlandse Aardolie Maatschappij BV (Jan van Elk and Dirk Doornhof, eds), November 2013.
14. Groningen Field Review 2015 Subsurface Dynamic Modelling Report, Burkitov, Ulan, Van Oeveren, Henk, Valvatne, Per, May 2016.
15. Independent Review of Groningen Subsurface Modelling Update for Winningsplan 2016, SGS Horizon, July 2016.
16. Monitoring Reservoir Pressure in the Groningen gasfield, Leendert Geurtsen and Quint de Zeeuw, April 2017.

Bodemdaling

17. Technical Addendum to the Winningsplan Groningen 2013; Subsidence, Induced Earthquakes and Seismic Hazard Analysis in the Groningen Field, Nederlandse Aardolie Maatschappij BV (Jan van Elk and Dirk Doornhof, eds), November 2013.
18. Regularised direct inversion to compaction in the Groningen reservoir using measurements from optical levelling campaigns, S.M. Bierman, F. Kraaijeveld and S.J. Bourne, March 2015.
19. Technical Addendum to the Winningsplan Groningen 2016 - Production, Subsidence, Induced Earthquakes and Seismic Hazard and Risk Assessment in the Groningen Field, PART II - Subsidence, Nederlandse Aardolie Maatschappij BV (Jan van Elk and Dirk Doornhof, eds), 1st April 2016.
20. Subsidence inversion on Groningen using leveling data only, Nederlandse Aardolie Maatschappij BV (Onno van der Wal, Rob van Eijs), December 2016.

Reservoircompactie

21. In-situ compaction measurements using gamma ray markers, Pepijn Kole, June 2015
22. Regularised direct inversion to compaction in the Groningen reservoir using measurements from optical levelling campaigns, S.M. Bierman, F. Kraaijeveld and S.J. Bourne, March 2015.

Seismiciteit

23. Voortgangsrapportage Diepe Geofoons, Nederlandse Aardolie Maatschappij BV, September 2014.
24. Voortgangsrapportage Diepe Geofoons, Nederlandse Aardolie Maatschappij BV, June 2015.
25. A re-estimate of the earthquake hypo-centre locations in the Groningen Gas Field, Matt Pickering, March 2015.

26. Study and Data Acquisition Plan Induced Seismicity in Groningen Update Post-Winningsplan 2016 - Part 1, Nederlandse Aardolie Maatschappij BV (Jan van Elk and Dirk Doornhof, eds.), 1st April 2016.
27. Study and Data Acquisition Plan Induced Seismicity in Groningen Update Post-Winningsplan 2016 - Progress and Schedule, Nederlandse Aardolie Maatschappij BV (Jan van Elk and Dirk Doornhof, eds.), 1st December 2016.
28. Bierman, S, R. Paleja and M. Jones, Statistical methodology to test for evidence of seasonal variation in rates of earthquakes in the Groningen field, April 2015.
29. Measuring changes in earthquake occurrence rates in Groningen – Update October 2016, Shell Statistics Group, Rakesh Paleja and Stijn Bierman, October 2016.
30. Local and Moment Magnitudes in the Groningen Field, Bernard Dost, Ben Edwards and Julian J Bommer, March 2016.
31. Harkstede 2A microseismic monitoring summary, Nederlandse Aardolie Maatschappij BV, Jelena Tomic, March 2016.

Grondversnelling en snelheid

32. An activity rate model of induced seismicity within the Groningen Field, (Part 1), Stephen Bourne and Steve Oates, February 2015.
33. An activity rate model of induced seismicity within the Groningen Field, (Part 2), Stephen Bourne and Steve Oates, June 2015.
34. Development of Version 1 GMPEs for Response Spectral Accelerations and for Strong-Motion Durations, Julian J Bommer, Peter J Stafford, Benjamin Edwards, Michail Ntinalexis, Bernard Dost and Dirk Kraaijpoel, March 2015.
35. Development of Version 2 GMPEs for Response Spectral Accelerations and Significant Durations for Induced Earthquakes in the Groningen field, Julian Bommer et al., October 2015.

Versnelling en snelheid van het fundament van een gebouw

36. TNO rapport, Monitoring Network Building Vibrations - Analysis Earthquakes in 2014 and 2015, ir. H. Borsje, ir. J.P. Pruiksma and ir. S.A.J. de Richemont TNO 2016 R11323/A, December 2016.

Gebouwenschade

37. Technical Addendum to the Winningsplan Groningen 2016 - Production, Subsidence, Induced Earthquakes and Seismic Hazard and Risk Assessment in the Groningen Field, PART V - Damage and Appendices, Nederlandse Aardolie Maatschappij BV (Jan van Elk and Dirk Doornhof, eds.), 1st April 2016.
38. Methodology prognosis of building damage and study and data acquisition plan for building damage Nederlandse Aardolie Maatschappij BV, Jan van Elk and Jeroen Uilenreef, February 2016.

Sociaal-maatschappelijke effecten

39. Maatschappelijke Effecten Inventarisatie van aardbevingen in Noordoost-Groningen 2016, Tweede Inventarisatie, 2016, Royal Haskoning (Klant: Nederlandse Aardolie Maatschappij BV).

8.1.4 Borgingsprocessen

Het borgingsproces gebruikt voor de studies die hebben bijgedragen aan het dreigings- en risicomodel zoals het is gebruikt voor Winningsplan 2016 staat beschreven in:

40. Study and Data Acquisition Plan Induced Seismicity in Groningen Update Post-Winningsplan 2016 - Part 1, Nederlandse Aardolie Maatschappij BV (Jan van Elk and Dirk Doornhof, eds.), 1st April 2016.

8.1.5 Kwaliteitsbewaking

Een gedetailleerde beschrijving van het kwaliteitsbewakingsprotocol staat, samen met een toepassing op de dreigings- en risicovoorspellingen voor Winningsplan 2016, beschreven in:

41. Summary and discussion of software benchmarking for Groningen PSHRA code, Stephen Bourne and Steve Oates, April 2016.

8.1.6 Optimalisatie van de verdeling van de productie

De studies om de optimalisatie te kunnen uitvoeren en geschikte proxy-modellen te bouwen zijn opgestart in 2015, nadat het dreigings- en risicomodel

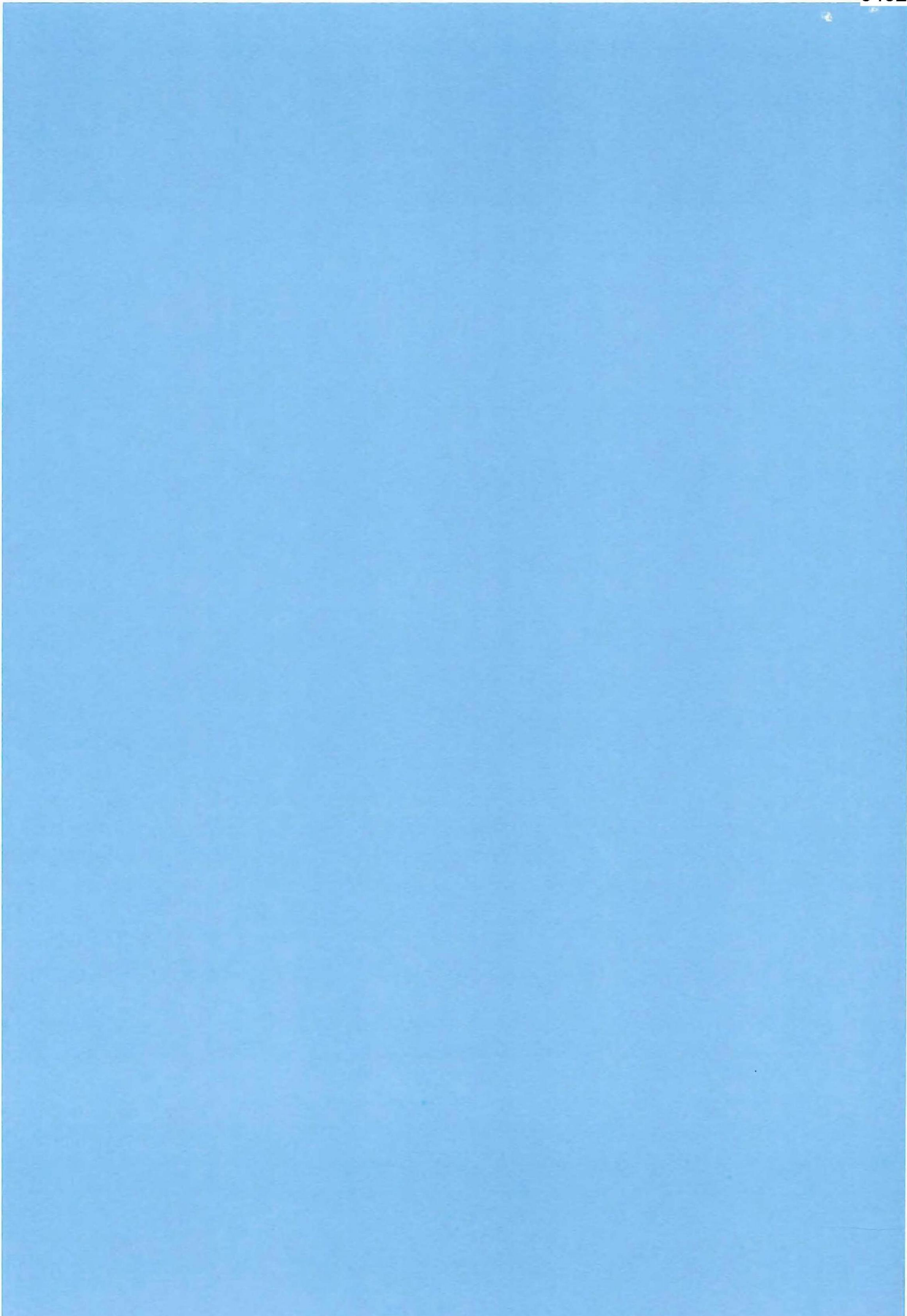
42. Technical Addendum to the Winningsplan Groningen 2016 - Production, Subsidence, Induced Earthquakes and Seismic Hazard and Risk Assessment in the Groningen Field, PART I – Summary and Production, Nederlandse Aardolie Maatschappij BV (Jan van Elk and Dirk Doornhof, eds.), 1st April 2016.
43. Methodology for the Optimisation of the distribution of gas production from the Groningen field with the aim to reduce seismicity, Nederlandse Aardolie Maatschappij BV, Leendert Geurtsen, Per Valvatne and Henk van Oeveren, April 2017.

Referenties

1. Statistics of seismic events at the Groningen field, Bulletin of Earthquake Engineering 14(77), 2016, Manuel Nepveu (TNO), Karin Van Thienen-Visser (TNO), Danijela Sijacic (TNO).
2. Trend changes in ground subsidence in Groningen, update May 2016. Frank Pijpers en D. Jan van der Laan.
3. A phenomenological relationship between reservoir pressure and tremor rates in Groningen, 2016., Frank P. Pijpers, CBS.
4. Statistical methodology to test for evidence of seasonal variation in rates of earthquakes in the Groningen field, Stijn Bierman (Shell), 2015, 2016.
5. Response of induced seismicity to production changes in the Groningen field, 2015, TNO, Karin van Thienen-Visser, Danijela Sijacic, Manuel Nepveu, JanDiederik van Wees, Jenny Hettelaar.
6. An activity rate model of induced seismicity within the Groningen Field (Part 1) Stephen Bourne and Steve Oates, 2015.
7. Impact of various modelling options on the onset of fault slip and the fault slip response using 2-dimensional Finite-Element modelling, 2015, Peter van den Bogert (Shell).
8. Okada, S. and Takai (1999) Classifications of structural types and damage patterns of buildings for earthquake field investigation, Jour. Of Struct. And Constr. Eng. 524, doi: 10.3130/aijs.64.65_5
9. Hancilar et al (2012) Empirical fragility assessment after the January 12, 2010 Haiti Earthquake. Risk Analysis VII: Eight international conference on simulation in risk analysis and hazard mitigation. WitPress ISBN 978-1-84564-620-2. P 353-365

Stibbe

Bijlage 2





NAM Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.

Het Ministerie van Economische Zaken
De Minister, zijne Excellentie de heer H.G.J. Kamp
Bezuidenhoutseweg 73
2594 AC Den Haag

Uw ref.:

Brief ref.: EP201706200031

Datum: 1 juni 2017

Betreft: Groningen Meet- en Regelprotocol

Uwe Excellentie,

Op grond van artikel 5 van van het "Instemmingsbesluit winningsplan Groningenveld" moet de Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. uiterlijk op 1 juni een Meet- en Regelprotocol indienen. Dit Meet- en Regelprotocol dient ten genoegen te zijn van de inspecteur-generaal der mijnen (IGM).

In de afgelopen maanden is, in overleg met SodM intensief en constructief, gewerkt aan een Meet- en Regelprotocol dat niet alleen voldoet aan de eisen van het Instemmingsbesluit, maar dat ook recht doet aan de zorgen die de bewoners van Groningen hebben over de aardbevingen ten gevolge van de gaswinning uit het Groningenveld. Met dit Meet- en Regelprotocol is beoogd inzichtelijk te maken wanneer zal worden overgegaan tot het nemen van maatregelen, welke maatregelen dit zijn, wat de achtergronden zijn van de in het protocol gemaakte afwegingen en maatregelen en welke partijen hierbij zijn betrokken. Daarbij is – conform de verwachtingen die de Onderzoeksraad van de Veiligheid heeft uitgesproken in haar rapport van februari 2015 – ook aandacht besteed aan de onzekerheden die een rol spelen bij de te nemen maatregelen.

Teneinde te komen tot een Meet- en Regelprotocol dat "ten genoegen van de IGM" is, heeft de afgelopen maanden veelvuldig overleg plaatsgevonden tussen NAM en het Staatstoezicht op de Mijnen (SodM). De datum van 1 juni 2017 bleek helaas net niet afdoende tijd te geven voor het laatste, definitieve oordeel van SodM van het Meet- en Regelprotocol. Ik verwijs u hiervoor naar de brief van de IGM over dit onderwerp.

Bijgevoegd treft u aan het Meet- en Regelprotocol zoals dat thans voor ligt ter beoordeling bij SodM.

Schepersmaat 2
9405 TA Assen

Postbus 28000
9400 HH Assen

T +31 (0)592 369111
BTW NL-801315670.B01

Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. is statutair gevestigd te 's-Gravenhage - Handelsregister no. 04008869

www.nam.nl

In de gesprekken met SodM is de mogelijkheid benoemd dat een "Technische Commissie" (TC) wordt ingesteld die belast is met de advisering over de maatregelen zoals die genomen kunnen worden op grond van het Meet- en Regelprotocol. De TC zou naast de technische experts van NAM kunnen bestaan uit vertegenwoordigers van de onafhankelijke instanties TNO, KNMI en SodM. Daarnaast zou Gasunie Transport Services deel uit kunnen maken van de Technische Commissie, in verband met haar rol in het kader van de leveringszekerheid. NAM zou graag van U vernemen of U een rol ziet weggelegd voor een dergelijke commissie, en welke naar Uw oordeel de gewenste samenstelling zou zijn.

Voor nadere vragen of een toelichting ben ik vanzelfsprekend altijd bereikbaar.

Hoogachtend,
Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.

(10)(2e)

Asset Manager Groningen

(10)(2e)

Bijlagen:

- Meet- en Regelprotocol Groningenveld
- Technisch Addendum behorend bij het Meet- en Regelprotocol
- Appendix bij het Meet- en Regelprotocol - Cases
- Appendix bij het Meet- en Regelprotocol - Methodology – Optimisation of the Production Distribution over the Groningen field to reduce Seismicity