



Staatstoezicht op de Mijnen
*Ministerie van Economische Zaken
en Klimaat*

Advies Groningen-gasveld n.a.v. aardbeving Zeerijp van 8 januari 2018

Staatstoezicht op de Mijnen

Samenvatting

Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) geeft met dit document advies aan de Minister van Economische Zaken en Klimaat (minister), mede op basis van de door de Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. (NAM) voorgestelde maatregelen als reactie op de beving bij Zeerijp en de eerder waargenomen ontwikkeling van de seismiciteit in dat gebied. Twee van de maatregelen die worden geadviseerd, moeten naar het oordeel van SodM per direct genomen worden. Voor wat betreft de andere maatregelen wordt geadviseerd deze zo snel mogelijk te nemen, maar zullen naar verwachting een andere belangenafweging van de minister vergen. De twee maatregelen die SodM adviseert per direct te nemen zijn:

1. Sluiten van de Loppersumclusters
2. Beperken van de fluctuaties in de productie uit het Bierum-cluster tot maximaal 20% (met uitzondering van operationele omstandigheden)

Deze maatregelen beogen te voorkomen dat opschalen van de productie uit de Loppersumclusters en het Bierumcluster in het geval van een vorstperiode een sterk verhoogde kans geven op meer en zwaardere bevingen.

Bij de gaswinning uit het Groningen-gasveld, spelen de belangen veiligheid en leveringszekerheid een rol. Daarbij kan de veiligheid in het geding zijn als de levering van gas onvoldoende zeker is gesteld. Het is niet de rol van SodM om over leveringszekerheid te adviseren. GTS adviseert de minister omtrent de mogelijke invloed van productiemaatregelen op de leveringszekerheid. Het is uiteindelijk aan de minister om alle belangen tegen elkaar af te wegen.

Hierna wordt samenvattend en kort ingegaan op de analyse van de beving bij Zeerijp, de normstelling voor de veiligheid, de overwegingen bij dit advies, de conclusies en het SodM advies. Tot slot worden enkele belangrijke observaties bij dit advies genoemd en het toekomstperspectief geschetst.

Onverwacht snelle escalatie en zware bevingen in Loppersumgebied

Op 8 januari 2018 werd in de omgeving van Zeerijp, in het centrum van het gaswinningsgebied, een beving gevoeld. De beving had een sterkte van 3,4 op de schaal van Richter.

De beving is in een groot gebied gevoeld en heeft veel schade aan gebouwen veroorzaakt. Het bijzondere van deze beving was de hevigheid van de grondbewegingen: de hoogst gemeten grondversnelling was beduidend hoger dan die bij de beving in Huizinge in 2012. Door de bewoners in Groningen werd deze beving dan ook als beangstigend ervaren. Als gevolg van de beving werd het maatschappelijk debat over de gaswinning in Groningen geïntensiveerd.

De beving bij Zeerijp was opnieuw een relatief zwaardere aardbeving in het Loppersumgebied. In dit gebied komen veel bevingen voor. Daarbij gaat het ook nog eens om relatief veel van de zwaardere aardbevingen, zoals de aardbeving van Huizinge in 2012. De productiebeperking in dit gebied in 2014 en de daaropvolgende veldbrede productiebeperkingen hebben in eerste instantie een kentering van de steeds stijgende lijn van bevingsactiviteit teweeggebracht. Juist ook het Loppersumgebied heeft als gevolg daarvan een paar relatief rustige jaren gehad. Echter, in november 2016 begon de activiteit in het Loppersumgebied weer te stijgen. De eerder genomen productiemaatregelen hebben dus slechts een tijdelijk effect gehad. Gegeven de weer toenemende seismiciteit in het Loppersumgebied is de recente seismiciteit in het Zeerijpgebied niet onverwacht. Ook is het niet onverwacht dat deze stijgende activiteit heeft geresulteerd in de zware beving bij Zeerijp. Aan de andere kant, is de snelheid van de escalatie van het aantal bevingen lokaal bij Zeerijp wel onverwacht. Dit advies is daarom een direct gevolg van de beving bij Zeerijp en de eerder waargenomen toenemende seismiciteit in dat gebied.

SodM adviseert de minister over veiligheid

De NAM moet bij de gaswinning voldoen aan de norm voor individuele veiligheid, zoals conform het advies van de Commissie Meijdam door de minister is vastgelegd in zijn risicobeleid. Ook moet de NAM zoveel mogelijk schade voorkomen en beperken zoals vervat in de zorgplicht. Hoe de NAM dit moet doen is voor de gaswinning uit het Groningen-gasveld nader uitgewerkt in het risicobeheersysteem zoals opgenomen in het Meet- en regelprotocol (MRP). Het MRP is vereist in het instemmingsbesluit. SodM adviseert de minister over veiligheid mede aan de hand van deze normen.

SodM past veiligheidsnorm toe bij bepalen van veilig winningsniveau

Aardbevingsrisico's zijn niet direct te meten, maar kunnen wel berekend worden. Hier zijn wel bijzonder complexe berekeningsmethoden voor nodig. Deze berekeningen zijn bovendien gebaseerd op onvolledige kennis van de ondergrond en op veel onzekere veronderstellingen. De uitkomsten van de berekeningen zijn daarom ook in grote mate onzeker.

Omdat er geen andere manier beschikbaar is om de persoonlijke veiligheid te bepalen en zodoende te toetsen of aan de veiligheidsnorm wordt voldaan, maakt SodM toch gebruik van de genoemde berekeningsmethodiek. Dit heeft SodM niet eerder gedaan, omdat zij voorheen van mening was dat de onzekerheden te groot waren.

Als gevolg van het hanteren van een onzekerheidsmarge is het, ondanks alle onvolkomenheden, toch mogelijk om met enige zekerheid een uitspraak te doen of bij een bepaald productieniveau aan de veiligheidsnorm wordt voldaan. SodM volgt hiermee de redenering in de recente uitspraak van de Afdeling bestuursrechtspraak van de Raad van State (Raad van State) over de gaswinning in Groningen. De Raad van State stelde dat bij gebrek aan een alternatieve manier om aardbevingsrisico's te berekenen en te toetsen aan de veiligheidsnorm, het beter is om bijvoorbeeld een onzekerheidsmarge te hanteren. SodM vindt deze aanpak passend. Het gaat immers om de veiligheid van de inwoners van de provincie Groningen. De vraag die daarbij opkomt is of SodM wel de juiste onzekerheidsmarge gebruikt. Vanwege de urgentie van haar advies, maakt SodM op dit moment gebruik van de door de NAM gerapporteerde onzekerheidsmarge. Deze marge maakt het mogelijk om vermoedelijk met 90% zekerheid te bepalen of aan de veiligheidsnorm wordt voldaan. SodM wil in een later stadium bezien of niet een andere onzekerheidsmarge gehanteerd moet worden.

SodM adviseert of maatregelen nodig zijn om terug te keren naar code groen

Om te beoordelen of er voldoende gebeurt om schade te voorkomen en te beperken, toetst SodM het handelen van de NAM aan de zorgplicht. Daarbij kijkt SodM of het eerder genoemde MRP goed wordt toegepast. Nu volgens het MRP het interventieniveau (code rood) bereikt is en er verregaande maatregelen noodzakelijk zijn, zal SodM mede op basis van de voorgestelde maatregelen van de NAM, een advies uitbrengen. Het is daarna aan de minister om een nieuwe afweging te maken en vervolgens te bepalen welke maatregelen genomen moeten worden. SodM zal bij haar advisering toetsen aan de zorgplicht door te bezien of er met de door de NAM voorgestelde productiemaatregelen, voldoende perspectief is om weer terug te gaan naar het waakzaamheidsniveau (code groen). Dit niveau kenmerkt zich door een beperkte mate van seismiciteit met een eveneens beperkte kans op schade als gevolg van aardbevingen.

Ook de veiligheidsbeleving onderstreept de noodzaak tot het nemen van maatregelen

SodM is zich er terdege van bewust dat het bijzonder onbevredigend is dat er een grote mate van onzekerheid bestaat omtrent het wel of niet voldoen aan de veiligheidsnorm en de norm om schade

zoveel als mogelijk te voorkomen en beperken. Graag zou zij, onderbouwd door meer wetenschappelijk bewijs, adviezen kunnen geven, die meer zekerheid bieden aan de Groningers en de rest van Nederland. Er zijn echter eerst wetenschappelijke doorbraken nodig voordat het zover is. Dat is ook de reden dat onafhankelijk wetenschappelijk onderzoek is opgezet om bij te dragen aan de verdere kennisontwikkeling. De verwachting is dat het gestaag verbeteren van de kennis in de toekomst kan leiden tot het geven van adviezen die gebaseerd zijn op meer zekere conclusies. Ook kunnen nieuwe aardbevingen weer een ander licht werpen op de vraag welke maatregelen nodig zijn. Dit onderstreept de noodzaak om voldoende grote onzekerheidsmarges te hanteren.

De beving in Zeerijp van 8 januari heeft een flinke impact gehad op Groningen. SodM hoorde de Commissaris van de Koning de beving kenschetsen als een 'flinke klap' voor Groningen. SodM heeft niet alleen oog voor de gevolgen van de gaswinning voor de veiligheidsrisico's en schade aan gebouwen. Ook ziet zij dat de aardbevingen gevoelens van onzekerheid en angst, en waardedaling van gebouwen en gronden veroorzaken. De gevolgen van de gaswinning werken daarmee door in de veiligheidsbeleving en daarmee het welbevinden en ten dele zelfs de gezondheid van mensen. SodM heeft gezien hoe de Raad van State de aard en omvang van deze sociale gevolgen als een zelfstandig zwaarwegend belang meeneemt in haar oordeelsvorming.

In het genoemde MRP wordt, bij het komen tot het advies omtrent de te nemen productiemaatregelen, dan ook terecht de maatschappelijke impact van aardbevingen meegewogen, evenals de mate waarin een aardbeving verontrustend is voor de betrokken burgers. Bij het komen tot haar advies heeft SodM deze twee factoren, te weten de maatschappelijke impact en de mate van verontrustendheid van de beving in Zeerijp, dan ook meegewogen. De maatschappelijke impact is daarbij niet alleen afgemeten aan de relatief grote aantallen schademeldingen die na de 8 januari beving binnen zijn gekomen, ook heeft SodM kennis genomen van onderzoeken (inclusief het op 31 januari 2018 gepubliceerde onderzoek) dat de Rijksuniversiteit Groningen verricht naar onder andere de veiligheidsbeleving van Groningers.

De beide genoemde factoren van het MRP rechtvaardigen opnieuw het hanteren van een voldoende grote onzekerheidsmarge bij het bepalen van welke productiemaatregelen nodig zijn. En net zoals de NAM ook al suggereerde in haar voorstellen, rechtvaardigen beide factoren op zichzelf al een substantiële productiebeperking.

Conclusie

Op basis van haar beoordeling van de uitkomsten van de risicoberekeningen van de NAM concludeert SodM dat er op dit moment in Groningen een redelijke kans is dat de aardbevingsrisico's hoger zijn dan de geldende, tijdelijke veiligheidsnorm. Vanuit het oogpunt van veiligheid, ten gevolge van aardbevingsrisico's is het daarom nodig om maatregelen te nemen.

Nu het interventieniveau (code rood) van het MRP is bereikt en ook de aardbevingsdichtheid zich dicht bij de signaalwaarde voor het interventieniveau (code rood) bevindt is het noodzakelijk om maatregelen te nemen waarmee terug gegaan wordt naar het waakzaamheidsniveau (code groen). Hiermee heeft SodM de verwachting dat het aantal bevingen en de kans op zwaardere bevingen verminderen. Daarmee wordt schade zoveel als redelijkerwijs mogelijk voorkomen en beperkt.

Het huidige niveau van productie is te hoog om naar verwachting te voldoen aan de normen voor veiligheid en het voorkomen en beperken van schade. Hiervoor is een substantiële productiebeperking noodzakelijk.

SodM advies

1. Beperk zo snel mogelijk de totale productie uit het Groningen-gasveld tot maximaal 12 miljard Nm³/jaar.
2. Sluit per direct de clusters Ten Post, Overschild, De Paauwen, 't Zand en Leermens (de 'Loppersumclusters').

3. Beperk per direct de fluctuaties in de productie uit het Bierumcluster tot maximaal 20% (met uitzondering van operationele omstandigheden).
4. Beperk zo snel mogelijk de regionale fluctuaties in de productie van de overige clusters tot het huidige niveau van +/- 50%. De beperking van de fluctuaties van +/- 20% voor de productie uit het gehele Groningenveld kan onder deze voorwaarde worden losgelaten.

Belangrijke observaties bij dit advies

Met redelijke, maar niet volledige zekerheid is 12 miljard Nm³/jaar het veilige productieniveau

De beste inschatting die SodM op dit moment kan maken is dat, de berekende risico's in de periode 2018 tot 2022, bij een productieniveau van 12 miljard Nm³ per jaar, met redelijke zekerheid onder de veiligheidsnorm zullen uitkomen. SodM begrijpt dat dit getal suggereert dat voldoende precies bepaald kan worden bij welke productie aan de veiligheidsnorm wordt voldaan. Dat is echter niet het geval. SodM hanteert dan ook een onzekerheidsmarge om om te gaan met de grote onzekerheden en te komen tot het geadviseerde productieniveau. Deze marge maakt het mogelijk om vermoedelijk met 90% zekerheid te bepalen of aan de veiligheidsnorm wordt voldaan.

SodM verwacht dat productiemaatregelen niet meteen en slechts tijdelijk effect hebben

SodM benadrukt in dit advies dat de effectiviteit van de geadviseerde maatregelen afhankelijk is van de mate en de snelheid waarmee zij worden geïmplementeerd. De door SodM geadviseerde productiebeperking naar 12 miljard Nm³/jaar zal naar verwachting een positief effect hebben op de bevingsactiviteit. Het effect van deze ingreep in het gehele Groningen-gasveld zal echter pas na ongeveer een jaar in het Loppersumgebied zichtbaar worden. Het per direct insluiten van de Loppersumclusters zal meteen voorkomen dat in een vorstperiode deze clusters aangaan en mogelijk aardbevingen veroorzaken. Tegelijkertijd heeft het per direct sluiten van de Loppersumclusters een impact op de totale productie van het Groningen-gasveld van ongeveer 1 miljard Nm³/jaar. SodM verwacht dat dit op korte termijn (3-6 maanden) een positief effect zal hebben op de bevingsactiviteit.

Regionaal zo vlak mogelijk produceren kan de kans op het aantal en op zwaardere bevingen verder verminderen

SodM heeft in voorgaande adviezen steeds benadrukt dat vlak winnen het aantal en de kans op zwaardere bevingen verder zou kunnen verminderen. Uit de analyses van het CBS blijkt echter met name dat de regionale fluctuaties nog steeds een belangrijke bijdrage leveren aan het activeren van bevingen.

SodM is van mening dat zolang de regionale fluctuaties binnen de huidige bandbreedte van +/- 50% blijven, de veldbrede beperking kan worden losgelaten.

Toekomstperspectief

Continue, intensieve monitoring geeft duidelijkheid over het lange termijn perspectief van de gaswinning

Het productieniveau van 12 miljard Nm³/jaar zal zeer waarschijnlijk niet het eindpunt zijn. Als gevolg van de doorgaande drukdaling zal in de toekomst de seismiciteit waarschijnlijk toch weer toenemen en daarmee ook de risico's weer verhogen. SodM verwacht daarom dat de winning uiteindelijk verder afgebouwd zal moeten worden. Hierbij is er een redelijke kans dat alleen met het volledig stoppen van de gaswinning ook op langere termijn wordt voldaan aan de normen voor veiligheid en het voorkomen en beperken van schade. De lange termijn ontwikkeling is echter omgeven door grote onzekerheden. Continue, intensieve monitoring van de seismiciteit middels het MRP zal duidelijkheid kunnen geven over de te nemen maatregelen.

Maatschappelijk effect van gaswinning zal naar verwachting steeds zwaarder gaan wegen

De aanvaardbare grenzen voor veiligheid en schade zijn niet de enige elementen die meegewogen moeten worden. Ook de veiligheidsbeleving en de sociale gevolgen van de aardbevingen moeten meegenomen worden. Naar verwachting zullen deze factoren steeds zwaarder gaan wegen.

1 Introductie

1.1 Zeerijp, 8 januari 2018 15:00 uur

In de tweede week van het nieuwe jaar werd in de omgeving van Zeerijp, in het centrum van het gaswinningsgebied, een beving gevoeld. Een beving met een kracht van 3,4 op de schaal van Richter. De beving is in een groot gebied gevoeld en heeft veel schade aan gebouwen veroorzaakt. Het bijzondere van deze beving was de hevigheid van de groundbewegingen: de grootst gemeten grondversnelling was beduidend groter dan die bij de beving in Huizinge in 2012. Door de bewoners in Groningen werd deze beving dan ook als beangstigend ervaren. Als gevolg van de beving werd het maatschappelijk debat over de gaswinning in Groningen geïntensiveerd.

De beving bij Zeerijp stond niet op zichzelf. Al eerder was er een toename van trillingen in dat gebied waargenomen. Dit advies is daarom een direct gevolg van de beving bij Zeerijp en de eerder waargenomen ontwikkeling van de seismiciteit in dat gebied.

1.2 Welke rol speelt SodM bij de gaswinning in Groningen?

Als toezichthouder is Staatstoezicht op de Mijnen (hierna: SodM) onder andere belast met het houden van toezicht op de naleving van wet- en regelgeving voor de mijnbouw. Daarnaast adviseert SodM de minister van Economische Zaken en Klimaat (hierna: minister) over de vraag of de voorgenomen gaswinning voldoet aan de eisen die de mijnbouwregels daaraan stellen. SodM handelt daarbij vanuit het oogpunt van veiligheid en bescherming voor mens en milieu. De persoonlijke veiligheid van de inwoners van Groningen en het voorkomen en beperken van schade maken daar onderdeel van uit. SodM handelt onafhankelijk ten opzichte van bedrijven, politiek en belangenorganisaties.

Bij de gaswinning uit het Groningen-gasveld speelt het belang van de leveringszekerheid ook een rol. Als de levering van gas onvoldoende zeker is gesteld, kan de veiligheid opnieuw in het geding zijn. Het is echter niet de rol van SodM om over leveringszekerheid te adviseren. Gasunie Transport Services (hierna: GTS) adviseert de minister omtrent de mogelijke invloed van productiemaatregelen op de leveringszekerheid. Het is uiteindelijk aan de minister om alle belangen tegen elkaar af te wegen.

1.3 Op welk juridisch kader baseert SodM dit advies?

1.3.1 Instemmingsbesluit van de minister

Om gas te mogen winnen moet een mijnbouwonderneming allereerst beschikken over een winningsvergunning. De Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. (hierna: NAM) beschikt sinds 1963 over een winningsvergunning voor het Groningen-gasveld. Daarmee heeft de NAM het recht op de winning van gas in Groningen.

Vervolgens moet de houder van een winningsvergunning een winningsplan indienen bij de minister. Het winningsplan beschrijft de manier waarop het gas gewonnen gaat worden, maar ook de hoeveelheid gas die gewonnen zal worden. Die beschrijving van de gaswinning wordt getoetst. Het winningsplan behoeft instemming van de minister (artikel 34 van de Mijnbouwwet). De minister kan ter bescherming van de volgende belangen de instemming weigeren:

- a. indien het in het winningsplan aangeduide gebied door Onze Minister niet geschikt wordt geacht voor de in het winningsplan vermelde activiteit om reden van het belang van de veiligheid voor omwonenden of het voorkomen van schade aan gebouwen of infrastructurele werken of de functionaliteit daarvan,
- b. in het belang van het planmatig gebruik of beheer van delfstoffen, aardwarmte, andere natuurlijke rijkdommen, waaronder grondwater met het oog op de winning van drinkwater, of mogelijkheden tot het opslaan van stoffen,
- c. indien nadelige gevolgen voor het milieu ontstaan, of

d. indien nadelige gevolgen voor de natuur worden veroorzaakt.

Voor de gaswinning in Groningen heeft de minister ingestemd met het door de NAM ingediende winningsplan. De minister heeft daarbij voorwaarden opgenomen waar de NAM zich aan moet houden.

Die instemming van de minister is recent beoordeeld door de Afdeling Bestuursrechtspraak van de Raad van State (hierna: Raad van State). Als gevolg van de uitspraak van de Raad van State van 15 november 2017 moet de minister een nieuw besluit nemen.¹ Tot die tijd blijven de voorwaarden van de instemming van kracht.

1.3.2 Zorgplicht van de NAM (art. 33 Mijnbouwwet)

Het hebben van een winningsvergunning en een instemming van de minister op het winningsplan, geven geen garantie dat daarmee de genoemde belangen afdoende zijn beschermd. Op een mijnbouwonderneming rust daarom een zorgplicht op grond van artikel 33 van de Mijnbouwwet. Kortgezegd volgt uit die bepaling dat de NAM een grote inspanning moet leveren om te voorkomen dat door de gaswinning:

- a. nadelige gevolgen voor mens en milieu worden veroorzaakt,*
- b. schade door bodembeweging wordt veroorzaakt,*
- c. de veiligheid wordt geschaad, of*
- d. het belang van een planmatig beheer van voorkomens van delfstoffen of aardwarmte wordt geschaad.*

De NAM heeft op grond van dit artikel de continue zorg voor het voorkomen van schade en nadelige effecten voor mens en milieu, alsmede voor de veiligheid van personen.

Om de veiligheid van personen te borgen, heeft de minister in zijn brief van 3 november 2015² een norm vastgelegd. De veiligheidsnorm voor de risico's ten gevolge van geïnduceerde aardbevingen is vastgesteld conform het advies van de Commissie Meijdam. De NAM moet dus een grote inspanning leveren om te voorkomen dat de veiligheid voor personen deze veiligheidsnorm overschrijdt.

Voor schade en andere nadelige gevolgen is geen exacte norm bepaald. In het algemeen is de zorgplicht aan de orde indien het effect van de winning in negatieve zin afwijkt van de verwachting, die in het winningsplan is beschreven, zonder dat dit nader is gespecificeerd. In het specifieke geval van Groningen is de invulling van de zorgplicht ten aanzien van schade en veiligheid al vooraf uitgewerkt in het Groningen Meet- en regelprotocol (hierna: MRP). Dit MRP is vereist op grond van artikel 5 van het instemmingsbesluit van 30 september 2016.

1.3.3 Waarom is het Meet- en regelprotocol nodig?

In de periode van 2013 tot nu is zowel door de NAM als door SodM en de door haar ingeschakelde experts veel onderzoek verricht naar de gevolgen van de gaswinning. Duidelijk is dat gaswinning bodemdaling en aardbevingen kan veroorzaken. De Groninger velden zijn echter zeer complex, waardoor nog onduidelijk is op welke manier de effecten kunnen worden beïnvloed.

Vanwege de beperkte voorspelbaarheid worden de effecten nauwlettend gemeten en wordt zo nodig conform het MRP ingegrepen. Het MRP beschrijft op die manier een winningswijze van meten en regelen, met andere woorden een winning 'met de hand aan de kraan'. Het MRP is daardoor een systematiek om de risico's te beheersen. Het doel van het protocol is om schade en veiligheidsrisico's, zo veel als redelijkerwijs mogelijk, te voorkomen en te beperken. Als de NAM het MRP goed toepast, voldoet zij daarmee aan de zorgplicht voor zover het de veiligheid ten gevolge

¹ ABRvS 15 november 2015, ECLI:NL:RVS:2017:3156.

² Kamerstukken II 2015/16, 33529, 205 (Kamerbrief)

van aardbevingsrisico's en het voorkomen en beperken van schade betreft. SodM houdt hier toezicht op.

1.3.4 Hoe werkt het Meet- en regelprotocol?

Het MRP werkt met vastgelegde signaalparameters en verschillende signaalwaarden. De seismische activiteit in de ondergrond wordt continu gemonitord en geanalyseerd aan de hand van drie verschillende escalatieniveaus. In het waakzaamheidsniveau (groen) voert de NAM aanvullende analyses uit om trends of ontwikkelingen te identificeren. De intentie daarbij is om escalatie naar de hogere niveaus zo veel als redelijkerwijs mogelijk te voorkomen. In het signaleringsniveau (oranje) analyseert de NAM de gebeurtenissen om vervolgens binnen een week een voorstel voor maatregelen te doen. In het interventieniveau (rood) moet de NAM binnen 48 uur een analyse maken en maatregelen voorstellen aan SodM. In het interventieniveau (rood) zijn bijna altijd verdergaande maatregelen nodig, waarbij ook aanpassing van het productieniveau uitdrukkelijk tot de mogelijkheden behoort. Naast deze niveaus beschrijft het MRP ook de te volgen procedure en het soort maatregelen dat de NAM moet overwegen om te nemen.

Het MRP is de invulling van de zorgplicht die op de NAM rust op grond van artikel 33 van de Mijnbouwwet. Het is daardoor dus in beginsel aan de NAM om maatregelen te treffen. Echter, op het moment dat buiten de grenzen van het instemmingsbesluit wordt getreden, is het aan de minister om een nieuwe afweging te maken.³ Om aan de zorgplicht ten aanzien van veiligheid ten gevolge van aardbevingsrisico's en schade te voldoen, dient de NAM in dat geval de door de minister goedgekeurde maatregelen uit te voeren.

1.4 Waarom brengt SodM nu dit advies uit?

Op 10 december 2017 werd de signaalwaarde van het signaleringsniveau (oranje) bereikt, het op één na hoogste escalatieniveau. Dat kwam door een beving met een magnitude van 2,1 op de schaal van Richter. Daardoor werd de MRP-signaalwaarde voor de aardbevingsdichtheid overschreden. De aardbevingsdichtheid kan een indicatie geven voor veranderingen in risico, als gevolg van optredende bevingen. Op 22 december 2017 heeft de NAM een speciale rapportage ingediend naar aanleiding van deze overschrijding.

Door de beving op 8 januari 2018 werd vervolgens de MRP-signaalwaarde van een andere parameter overschreden. De parameter grondversnelling (PGA) bereikte het hoogste escalatieniveau van het MRP: het interventieniveau (rood).⁴ Daarna heeft de NAM, conform het MRP binnen twee dagen, op 10 januari 2018, een analyse gemaakt en enkele maatregelen voorgesteld. Op 17 januari 2018 heeft de NAM het voorstel verduidelijkt en aangevuld.

Op grond van het MRP analyseert SodM het voorstel van de NAM en brengt advies uit aan de minister. Met dit advies geeft SodM haar oordeel over de maatregelen, die redelijkerwijs van de NAM gevergd kunnen worden, om te voorkomen dat - als gevolg van de winning - schade door bodembeweging wordt veroorzaakt en/of de veiligheid wordt geschaad. Het is aan de minister om te bepalen welke maatregelen genomen moeten worden, nadat hij in elk geval de belangen van veiligheid en leveringszekerheid heeft afgewogen. Als de NAM de door de minister bepaalde maatregelen ten uitvoer brengt, zijn alle stappen van het MRP uitgevoerd en zal de NAM aan haar zorgplicht ten aanzien van schade en veiligheid hebben voldaan.

³ Als de bescherming van de veiligheid voor omwonenden of het voorkomen van schade aan gebouwen en infrastructurele werken *ernstig* tekort schiet of dreigt te schieten, kan de minister ook ingrijpen op grond van artikel 50 van de Mijnbouwwet.

⁴ Naast de overschrijding van het interventieniveau op de maximale grondversnelling, is ook de aardbevingsdichtheid parameter dicht bij het interventieniveau gekomen (0,38 bevingen/km²/jaar met een grenswaarde van 0,40 bevingen/km²/jaar).

1.5 Hoe is dit advies tot stand gekomen?

SodM baseert elk nieuw advies over de gaswinning in Groningen op de nieuwste wetenschappelijke inzichten en maakt gebruik van de meest recente informatie, die op dat moment beschikbaar is. Ook de continue monitoring van de seismiciteit en de analyse van trends kunnen leiden tot voortschrijdende inzichten. Gevolgen van, en ingrepen in, de gaswinning, worden nauwlettend gemonitord. De uitkomst van die monitoring legt vervolgens weer de basis voor het advies dat SodM geeft.

Voor de totstandkoming van dit advies heeft SodM een beoordeling uitgevoerd op de analyse die de NAM op basis van haar eigen modellen heeft gedaan. Bovendien heeft SodM het voorstel van de NAM met de te nemen maatregelen beoordeeld. Hierbij heeft SodM gebruik gemaakt van de kennis en expertise die SodM zelf in huis heeft. Daarnaast heeft SodM gebruik gemaakt van expertise van TNO-AGE en is het Centraal Bureau voor de Statistiek (hierna: CBS) gevraagd om statistische relaties tussen reservoirdrukken, drukveranderingen en seismiciteit te beoordelen. Ten slotte heeft SodM een internationale expert op het gebied van seismiciteit geraadpleegd.

Het interventieniveau vereist een snelle analyse en dito maatregelen. Dat betekent dat dit advies het resultaat is van een relatief kort proces. SodM adviseert op basis van het beste begrip van de situatie in Groningen op dit moment. Daarbij houdt SodM rekening met onzekerheden, bijvoorbeeld door een onzekerheidsmarge aan te houden bij de beoordeling van de veiligheid. Voortschrijdend inzicht en berekeningen op basis van toekomstige gegevens kunnen leiden tot een betere inschatting van de risico's en de daarin aanwezige onzekerheden. Dit kan in de toekomst leiden tot nadere adviezen.

1.6 Leeswijzer

Het advies van SodM staat in hoofdstuk 6 beschreven. Het is zelfstandig te lezen. De lezer die diepgaander wil begrijpen hoe en waarom de SodM tot dit advies is gekomen, zal ook hoofdstukken 2 t/m 5 willen lezen.

- In hoofdstuk 2 van dit advies legt SodM uit met welke instrumenten beoordeeld kan worden of de NAM aan haar zorgplicht voldoet, voor zover uitgewerkt in het MRP.
- Hoofdstuk 3 bevat een beschrijving van de huidige inzichten in de relatie gaswinning, ondergrondse drukdaling en seismiciteit. In dat hoofdstuk analyseert SodM de situatie in Groningen. Wat is daar precies aan de hand? En welk effect hebben vorige ingrepen in de gasproductie gehad?
- In hoofdstuk 4 komen de rapportages en analyses van de NAM aan bod.
- De maatregelen die nu mogelijk genomen kunnen worden, analyseert en beschrijft SodM in hoofdstuk 5.
- In hoofdstuk 6 beschrijft SodM haar advies. Daarin maakt SodM duidelijk welke afwegingen zijn gemaakt en welke concrete maatregelen zij adviseert.

2 De zorgplicht voor veiligheid en voorkomen en beperken van schade

Op basis van de zorgplicht van artikel 33 van de Mijnbouwwet moet de NAM onder meer een grote inspanning leveren om te voorkomen dat de gaswinning leidt tot nadelige gevolgen voor mens en milieu, schade door bodembeweging of een risico voor de veiligheid. Deze belangen overlappen elkaar gedeeltelijk. Zo speelt bijvoorbeeld ook de veiligheidsbeleving van de inwoners van Groningen een belangrijke rol.

Maar hoe toetst SodM of de NAM aan die zorgplicht voldoet? Om die vraag te beantwoorden gaat SodM ten eerste in op de geldende veiligheidsnorm. Dat is de invulling van de zorgplicht voor de veiligheid voor personen. Het MRP is de nadere invulling van de zorgplicht voor de andere aspecten van veiligheid, zoals de veiligheidsbeleving, maar ook voor de vraag of schade door bodembeweging voldoende wordt voorkomen en beperkt.

De NAM dient ook een grote inspanning te leveren om te voorkomen dat door de gaswinning nadelige gevolgen voor mens en milieu worden veroorzaakt. De inspanning van de NAM dient er daarnaast tevens op gericht te zijn dat het belang van een planmatig beheer van voorkomens van delfstoffen of aardwarmte niet wordt geschaad. Deze twee zorgelementen worden niet in het MRP beschreven en blijven in dit advies buiten beschouwing.

Het MRP beschrijft de inspanning van de NAM wanneer overschrijding van signaalwaardes leiden tot het nemen van maatregelen. In het MRP is aangegeven dat de keuze van maatregelen afhangt van de soort gebeurtenis en de uitvoerbaarheid van de maatregel. Voor de keuze is mede van belang wat de (maatschappelijke) impact van de gebeurtenis is. Dit komt tot uiting in de beschrijving van het signaleringssysteem. Naarmate het niveau hoger wordt, is het in beginsel gerechtvaardigd dat de impact van de maatregel groter is.⁵

De beving van 8 januari bij Zeerijp heeft een significante maatschappelijke impact gehad. In haar brief van 10 januari 2018 heeft de NAM dit geadresseerd door te wijzen op de aantasting van de veiligheidsbeleving. De NAM geeft daarbij aan dat vooral ook de haperende afhandeling van schade bijdraagt aan het gevoel van onveiligheid.

Het is zinvol om daar een nuancering op aan te brengen. Naar het oordeel van SodM is niet alleen de haperende schadeafhandeling, maar vooral ook het ontstaan en het hebben van schade, een belangrijke oorzaak van de aantasting van de veiligheidsbeleving.⁶ Het is daarom van (maatschappelijk) belang dat de te nemen maatregelen het veroorzaken van schade zo veel als mogelijk voorkomen en beperken.

De NAM dient dus schade en veiligheidsrisico's zo veel als redelijkerwijs mogelijk te voorkomen en te beperken, waarbij het belang van het voorkomen van schade zwaarwegend is. Vanwege het effect van schade op de veiligheidsbeleving is het gerechtvaardigd dat de impact van de maatregelen groot is.

2.1 Veiligheidsnorm

In het hiernavolgende deel wordt de veiligheidsnorm kort toegelicht. Bij de beoordeling of aan de veiligheidsnorm is voldaan, weegt SodM niet de veiligheidsrisico's mee die gepaard gaan met de eventuele aantasting van de leveringszekerheid.

⁵ Meet- en regelprotocol 29 mei 2017, pagina 24

⁶ Zie in dat verband ook het rapport 'Ervaren veiligheid, gezondheid en toekomstperspectief 2016-2017' van 31 januari 2018, Rijksuniversiteit Groningen, pagina 112 e.v. en eerdere rapporten in dat onderzoek.

2.1.1 Wat is de norm voor veiligheid als gevolg van aardbevingen?

Nadat in 2013 bleek dat de gaswinning in Groningen wel degelijk gepaard gaat met een veiligheidsrisico ten gevolge van bodembeweging (door de aardbevingen), werd de vraag gesteld bij welk niveau dit veiligheidsrisico nog acceptabel is. In 2015 heeft de Commissie Meijdam op verzoek van de minister geadviseerd over een veiligheidsnorm voor het aardbevingsrisico.

De commissie neemt als uitgangspunt dat het geaccepteerde veiligheidsrisico voor de inwoners van Groningen niet hoger mag zijn dan elders in Nederland. De commissie heeft dit vertaald naar een veiligheidsnorm voor het individueel risico van 10^{-5} per jaar voor nieuwbouw en bestaande bebouwing, met een tijdelijk te hanteren afkeurnorm van 10^{-4} per jaar. De veiligheidsnorm beschrijft de kans dat iemand komt te overlijden als gevolg van het bezwijken van een bouwwerk, of het vallen van objecten van een bouwwerk, als gevolg van de bijzondere belasting door een aardbeving. De norm van 10^{-5} betekent een kans dat iemand komt te overlijden als gevolg van een risico in de periode van een jaar. In dit geval ten gevolge van het bezwijken van (delen van) een gebouw als gevolg van de bijzondere belasting door een aardbeving. De wiskundige notatie van 10^{-5} betekent voor elk individu een jaarlijkse kans op overlijden van 1 op de 100.000 jaar.

Het kabinet heeft met de kamerbrieven van 3 november 2015⁷ en 18 december 2015⁸ de Tweede Kamer geïnformeerd, dat zij dit advies en de daarbij behorende berekeningsmethodiek, op basis van het zogenoemde Objectgebonden Individueel Aardbevingsrisico (hierna: OIA), heeft overgenomen en vastgelegd in haar risicobeleid. Het OIA is het risico dat iemand in een jaar overlijdt door instorting of het vallen van objecten van een bouwwerk, waarin of waarnaast deze persoon aanwezig is. De verblijfstijd wordt hierin meegewogen. Volgens de Raad van State kan met het berekende OIA worden getoetst aan de veiligheidsnorm. Het is deze berekeningsmethodiek, die dan ook in dit rapport wordt gebruikt.

De norm voor de veiligheid, als gevolg van aardbevingen, is daarmee vastgesteld op $OIA < 10^{-5}/\text{jaar}$. De minister heeft echter een overgangperiode vastgesteld van vijf jaar. Voor bestaande bouw geldt daarom gedurende die vijf jaar een norm voor het individueel risico van $10^{-4}/\text{jaar}$.

2.2 Norm voor het voorkomen van schade

Voor de beoordeling van de zorgplicht voor het voorkomen en beperken van schade, kijkt SodM naar het MRP en de daarin beschreven afwegingen. Een concrete norm, met een maximaal te accepteren niveau van schade, is niet voor handen. De wet stelt in artikel 33 van de Mijnbouwwet dat de vergunninghouder de maatregelen moet nemen die redelijkerwijs van hem gevegd kunnen worden. Per situatie moet daarom bekeken worden wat onder die omstandigheden redelijkerwijs verwacht mag worden.

2.3 Werking van het Meet- en regelprotocol

In hoofdstuk 1 heeft SodM de functie van het MRP beschreven. In de volgende paragrafen zet SodM uiteen op welke manier het MRP als leidraad kan dienen voor de beoordeling of de NAM aan haar zorgplicht voldoet. Met het goed toepassen van het MRP worden veiligheidsrisico's en schade zoveel als mogelijk beperkt. De NAM kan op die manier invulling geven aan de op haar rustende zorgplicht. De NAM kijkt wat er gebeurt en regelt daarna de gaswinning op basis van waarnemingen en analyses, oftewel 'met de hand aan de kraan'.

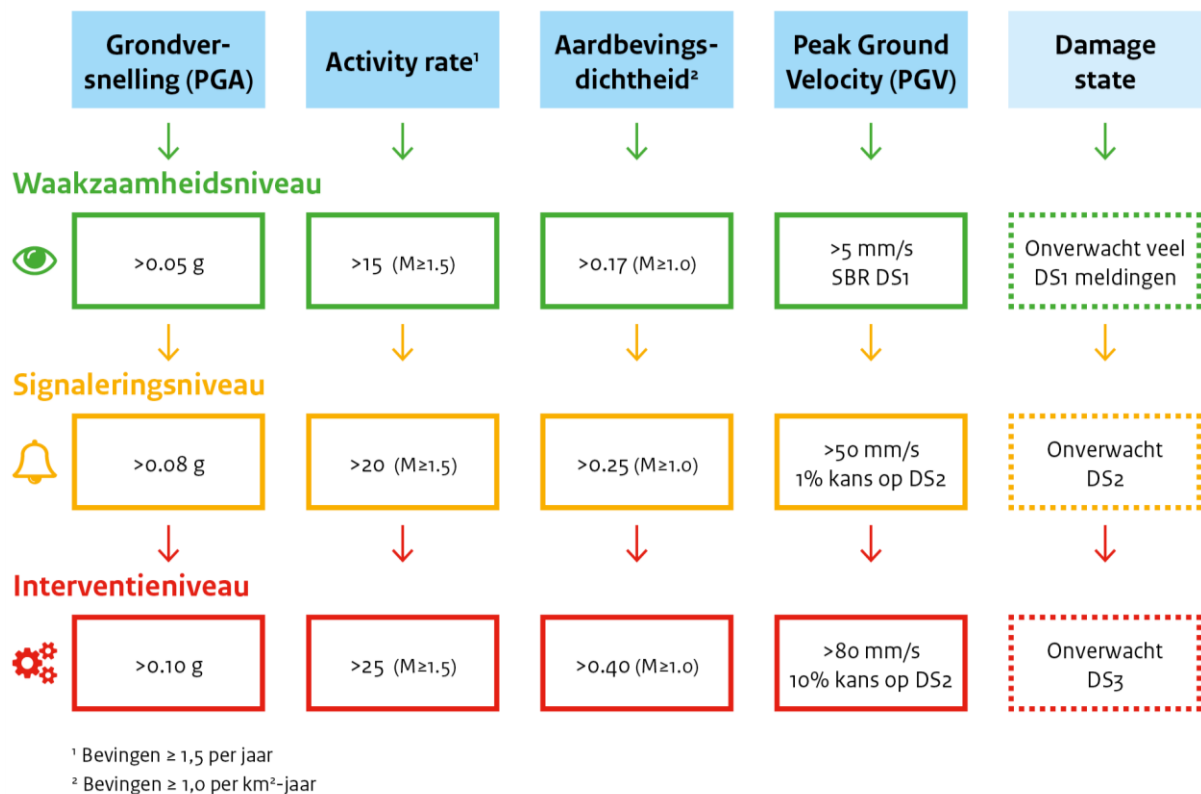
2.3.1 Wat meet het 'Meet- en regelprotocol'?

Het doel van het MRP is dat er op basis van metingen, en analyses van die metingen, ingegrepen kan worden in het productiesysteem van het Groningen-gasveld, zodra de ontwikkelingen (seismiciteit,

⁷ Kamerstukken II 2015/16, 33529, 205 (Kamerbrief).

⁸ Kamerstukken II 2015/16, 33529, 212 (Kamerbrief).

grondversnellingen, etc.) daartoe aanleiding geven. Of daartoe aanleiding is, wordt beoordeeld aan de hand van vijf parameters die op pagina 17 van het MRP als volgt zijn weergegeven (figuur 2-1).



Figuur 2-1: Weergave van de structuur van het signaleringssysteem uit het Meet- en regelprotocol met de bijhorende signaalwaarden.

Twee parameters zijn gebaseerd op de laatst waargenomen beving met een magnitude van groter dan 2,0. Dit zijn de maximale grondversnelling (PGA) en de maximale grondsnelheid (PGV). Deze twee parameters geven inzicht in de ernst van de beving; de mate waarin er schade aan gebouwen kan zijn opgetreden en/of er sprake kan zijn van een acuut onveilige situatie. Daarnaast zijn er twee parameters waarmee een mogelijk escalerende trend in de seismiciteit is waar te nemen. Dit zijn de 'activity rate' (het totaal aantal bevingen in het Groningen-gasveld in de laatste 12 maanden) en de aardbevingsdichtheid (het aantal bevingen per km² in de laatste 12 maanden). Een verhoging van de activiteit in het veld, of een concentratie van bevingen op een bepaalde locatie, verhoogt de kans op een zwaardere beving. Beide parameters zijn daarmee een indicator voor een verhoogd (lokaal) risico. Afhankelijk van deze parameters worden eventueel ingrepen in het productiesysteem van het Groningen-gasveld genomen.

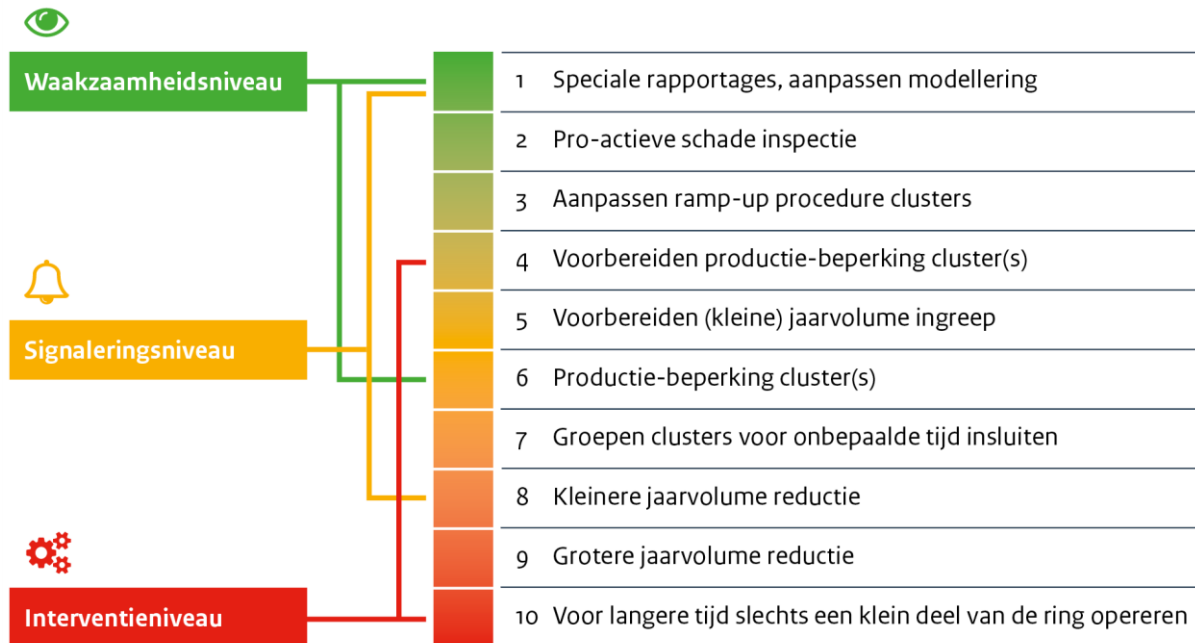
De vijfde parameter is de 'damage state', een indicator of de huizen kwetsbaarder zijn dan wordt verwacht. Aangezien er op dit moment nog geen berekening is gemaakt van de mate van schade die jaarlijks kan optreden, wordt deze parameter op dit moment nog niet meegenomen in de afwegingen.

De keuzes voor de waardes van de signaalparameters worden toegelicht in het technisch addendum bij het MRP.⁹ Overschrijding van de signaalwaarden van iedere afzonderlijke parameter kan ervoor zorgen dat een volgend escalatieniveau bereikt wordt.

⁹ Zie Technisch Addendum bij het MRP, p 11-12.

2.3.2 Wat zijn de verschillende escalatieniveaus?

Het MRP beschrijft een signaleringssysteem met drie escalatieniveaus (figuur 2-1). Elk niveau is gekoppeld aan steeds hogere waarden voor de gehanteerde parameters en geeft daarbij verschillende urgentie en verschillende maatregelen aan. Het uitgangspunt is dat bij een overschrijding van de hoogste twee niveaus, als gevolg van escalerende seismiciteit, de NAM maatregelen neemt of een voorstel doet met als doel om de geëscaleerde seismiciteit weer naar beneden te brengen naar het waakzaamheidsniveau of lager.



Figuur 2-2: Escalatieniveaus uit het Meet- en regelprotocol en bijbehorende maatregelen.

2.3.3. Welke maatregelen moeten worden genomen?

Welke maatregelen op grond van het MRP genomen moeten worden, is – naast de seismische aspecten – afhankelijk van twee factoren: de soort gebeurtenis en de uitvoerbaarheid van de te nemen maatregel.

Bij beoordeling van de soort gebeurtenis waarop gereageerd moet worden, spelen drie elementen een rol. De (maatschappelijke) impact van de seismische gebeurtenis, de vraag hoe verontrustend de seismische gebeurtenis is, en of er sprake is van een onverwacht element.

Bij het voorstellen van maatregelen betreft de NAM tevens de aspecten operationele uitvoerbaarheid, impact op leveringszekerheid (getoetst door GTS), impact op het effect van andere beheersmaatregelen die al eerder genomen zijn, alsmede mogelijke (onbedoelde) negatieve gevolgen. Een overzicht van de maatregelen die bij de verschillende niveaus worden overwogen wordt gegeven in figuur 2-2.

3 Huidige inzichten in de relatie tussen gaswinning, ondergrondse drukdaling en seismiciteit

In dit hoofdstuk presenteren we de ontwikkelingen in de gaswinning, de drukdaling en de seismiciteit. Deze waargenomen ontwikkelingen duiden we op basis van de beste kennis van de ondergrond, die we nu hebben. Het hiermee gecreëerde begrip vormt de basis voor onze aanbevelingen.

SodM vindt het belangrijk om de ontwikkeling van de drukdaling en de seismiciteit nauwkeurig te volgen. Trends en overeenkomsten tussen de productie, de drukdaling en de bevingen geven meer inzicht in de relatie tussen oorzaak en gevolg, alsmede de eventuele mate van regelbaarheid van het systeem.

Om te beginnen wordt in dit hoofdstuk de theoretische relatie tussen productie, drukdaling, snelheid van drukdaling en bevingen uitgelegd (paragraaf 3.1). Vervolgens wordt een kort overzicht gegeven van de eerder genomen beperkingen in de productievolumes uit het Groningen-gasveld, alsmede de trends in de regionale drukdaling en seismiciteit over de afgelopen jaren (paragrafen 3.2 t/m 3.6). In meer detail wordt naar de meer recente ontwikkelingen in de regio Loppersum gekeken. De waarnemingen zullen in het theoretische kader worden geplaatst en er worden conclusies getrokken over de mogelijke regelbaarheid van de seismiciteit bij Zeerijp (paragrafen 3.7 t/m 3.9).

3.1 Wat is in theorie de relatie tussen productie, drukdaling, snelheid van drukdaling en bevingen?

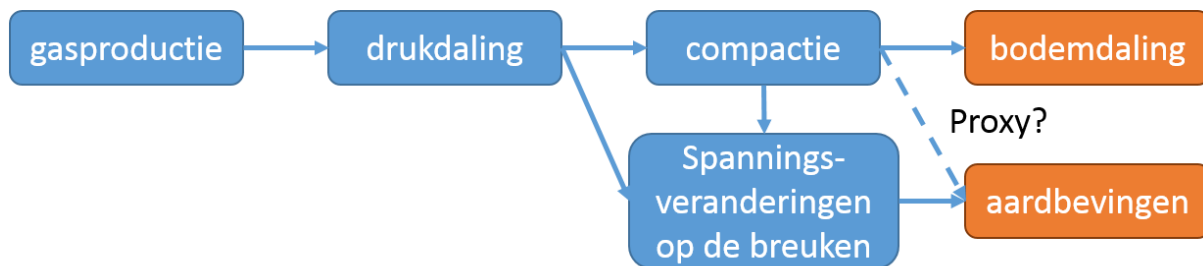
Gaswinning leidt tot daling van de reservoirgasdruk (poriëndruk). Die daling veroorzaakt een verandering van de mechanische spanningen (stress) in de ondergrond. De verandering in mechanische spanningen heeft twee gevolgen (figuur 3-1). Het eerste gevolg is dat de gesteentelaag, waaruit het gas wordt geproduceerd, wordt samengedrukt. Het samendrukken van het gesteente wordt ook wel reservoircompactie genoemd. Aan het aardoppervlak is dit indirect waarneembaar als bodemdaling. Het tweede gevolg is een veranderde spanningstoestand op bestaande breuken in de ondergrond, die kan leiden tot bevingen (lokale, abrupte verschuivingen van gesteente langs bestaande geologische breuken). Een complicerende factor is dat de veranderende poriëndruk in het reservoir op zichzelf ook weer tot een verandering van spanningen leidt, die bijdraagt aan de veranderde spanningstoestand op de breukvlakken. Ten slotte veroorzaken de bevingen zelf ook een verandering van de spanningen op de breuken (zie het tekstvak 'Spanningsveranderingen door bevingen' hiernaast).

Als gevolg van de doorgaande gasdruk daling wordt steeds meer spanning op de breuken opgebouwd. Bij gelijkblijvende snelheid van drukdaling worden steeds meer delen van de breuken kritisch gespannen. Hierdoor kunnen er steeds meer nieuwe bevingen ontstaan, en kan het aantal bevingen per tijdseenheid toenemen.

Spanningsveranderingen door bevingen

Tijdens een beving wordt de spanning op het deel van de breuk dat beweegt ontladen. Door de verplaatsing wordt echter extra spanning opgebouwd op de naastliggende delen van de breuk waar geen verplaatsing optreedt. Als dit deel van de breuk ook (bijna) kritisch gespannen is kan door deze extra spanning dit deel van de breuk mee gaan bewegen waardoor een zwaardere beving ontstaat. Het is ook mogelijk dat dit deel van de breuk niet meteen meebeweegt, maar bijvoorbeeld de volgende dag waardoor een nieuwe beving ontstaat. Dit worden bij grote aardbevingen naschokken genoemd. Indien sprake is van meerdere kleine bevingen wordt van een cluster van bevingen gesproken.

Op het moment dat er sprake is van veranderingen in de snelheid van winning, kunnen ook niet-seismische kruip (een onomkeerbare, a-seismische beweging langs een breuk) en breekgedrag op breuken¹⁰ een belangrijke rol spelen. Bij een versnelling van de drukdaling kunnen hierdoor meer en zwaardere bevingen gaan optreden, terwijl bij een afname van de snelheid van drukdaling er juist minder bevingen kunnen gaan optreden. Een deel van de opgebouwde spanningen kan bij een lagere snelheid van drukdaling langzaam wegvloeien zonder dat er sprake is van bevingen. In welke mate de snelheid van drukdaling invloed heeft, is nog steeds onderwerp van wetenschappelijk onderzoek en is nog niet eenduidig bepaald.



Figuur 3-1: Afhankelijkheden tussen productie, drukdaling, compactie, bodemdaling, spanningen op de breuken en aardbevingen (zie ook bijlage III SodM advies winningsplan Groningen 2016 en SodM advies april 2017).

3.2 Welke regio's kunnen we onderscheiden in het Groningenveld?

Door de jaren heen is vast komen te staan dat de gasvoerende gesteentelagen in het Groningenveld wel volledig met elkaar in verbinding staan, maar niet op hetzelfde moment en op dezelfde manier reageren. Het regionale gedrag van het veld wordt vooral bepaald door de productiehoeveelheden uit de meest nabijgelegen productielocaties, maar kan, bij lage regionale productiehoeveelheden, ook deels worden bepaald door de productie uit verder weg liggende productielocaties.

In de omgeving van Loppersum bevinden zich een vier-tal productielocaties met clusters van productieputten, te weten Ten Post (POS) ten zuidwesten van het gebied, Overschild (OVS) in het zuiden, Leermens (LRM) ten oosten en 't Zand (ZND) meer naar het noordoosten. Iets meer naar het zuidwesten van het gebied, ten zuiden van Ten Post ligt de productielocatie De Paauwen (PAU). Deze productielocaties worden samen ook wel de 'Loppersumclusters' genoemd (oranje locaties in figuur 3-2). Het gebied tussen deze clusters wordt het 'Loppersumgebied' genoemd (blauwe ellips in figuur 3-2).

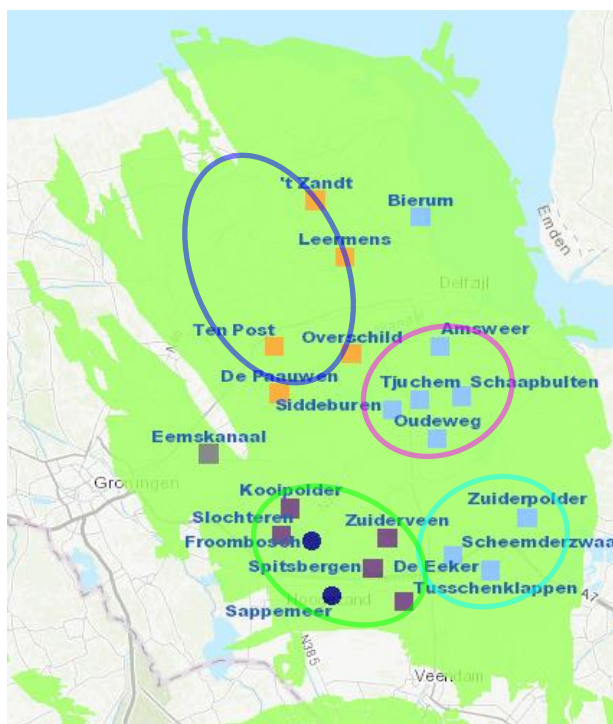
In het noordoosten van het gasveld ligt naast de clusters 't Zand en Leermens ook nog het Bierum (BIR) cluster. Net ten zuidoosten van het Loppersumgebied ligt een groep clusters: Oudeweg, Tjuchem, Siddeburen, Schaapbulten en Amsweer. Deze groep van clusters wordt ook wel aangeduid als de 'Centraal-Oost' clusters (roze ellips in figuur 3-2). De clusters in het zuiden van het veld worden verder onderverdeeld in de 'zuidoostelijke' clusters (lichtblauwe ellips in figuur 3-2) en de 'zuidwestelijke' clusters (groene ellips in figuur 3-2).

In het westen van het gasveld ligt ten slotte nog het Eemskanaal cluster (figuur 3-2). Dit cluster ligt het dichtst bij de stad Groningen. Het cluster ligt in een deel van het veld dat door een grote breuk wordt gescheiden van de rest van het veld. Het gas uit dit cluster bevat ook minder stikstof dan het gas uit de rest van het Groningenveld.

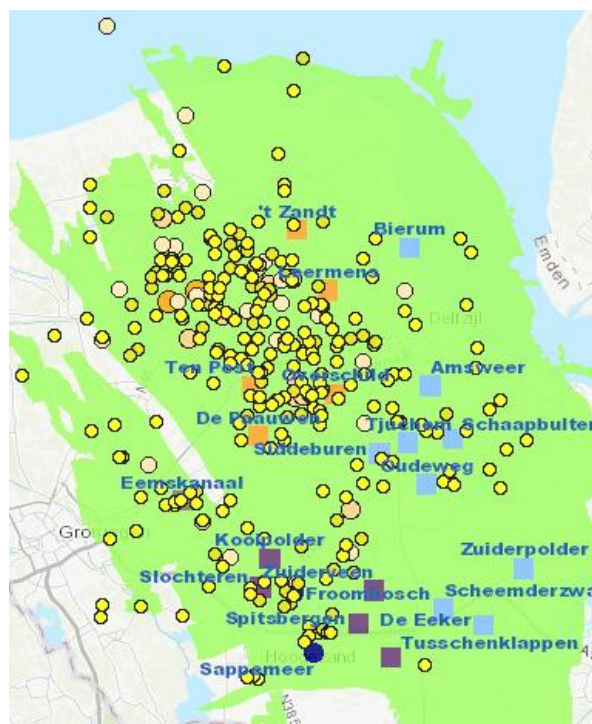
¹⁰ Een breuk is geen vlak oppervlak. (A-seismische) beweging op de breuk kan belemmerd worden door oneffenheden in het oppervlak. De breuk 'breekt' als deze plotseling gaat bewegen, doordat deze losschiet.

Het Loppersumgebied is het seismisch meest actieve gebied binnen het Groningen-gasveld en ook de regio waar de zwaardere bevingen hebben plaatsgevonden (figuur 3-3). De drie sterkste bevingen tot nog toe de Huizinge beving met een sterkte van 3,6, de Westeremden beving met een sterkte van 3,5 en de recente Zeerijp beving met een sterkte van 3,4 vonden in deze regio plaats.

Ook in het zuidwesten van het veld en bij het Eemskanaalcluster worden bevingen waargenomen. Deze hebben tot nog toe een mindere sterkte dan de bevingen in het Loppersumgebied. De sterkste bevingen in deze regio hadden een sterkte van 2,6 op de schaal van Richter.



Figuur 3-2: Overzicht van de productielocaties in het Groningen-gasveld. De blauwe ellips geeft het Loppersumgebied aan. De clusters in de roze ellips zijn de Centraal-Oost clusters, in de lichtblauwe ellips de zuidoostelijke clusters en in de groene ellips de zuidwestelijke clusters.



Figuur 3-3: Ruimtelijke verdeling van alle aardbevingen in het Groningen-gasveld met een sterkte van $M \geq 1,5$.

3.3 Ontwikkeling van de gaswinning

De minister van Economische Zaken heeft vanaf januari 2014 met verschillende besluiten beperkingen opgelegd aan de gaswinning uit het Groningen-gasveld. Deze besluiten zijn onder andere gebaseerd geweest op de adviezen van SodM. De beperkingen in de gaswinning zijn meestal geformuleerd als een maximaal te winnen hoeveelheid aardgas in een kalenderjaar of in een gasjaar (een periode van oktober t/m september). Kort samengevat waren de belangrijkste productiebeperkende maatregelen:

- 17 januari 2014: maximaal 42,5 miljard Nm^3 te winnen in 2014; maximaal 3 miljard Nm^3 te winnen uit de Loppersum clusters in 2014
- december 2014: maximaal 39,4 miljard Nm^3 te winnen in 2015; beperking van 3 miljard Nm^3 voor Loppersum gehandhaafd
- 14 februari 2015: maximaal 16,5 miljard Nm^3 te winnen in de eerste helft van 2015
- 23 juni 2015: maximaal 13,5 miljard Nm^3 te winnen in de tweede helft van 2015; seizoensfluctuaties zoveel mogelijk beperken

- 18 november 2015: maximaal 27 miljard Nm³ te winnen in het gasjaar 2015/2016
- 1 oktober 2016: maximaal 24 miljard Nm³ te winnen in het gasjaar 2016/2017
- juni 2017: maximaal 21,6 miljard Nm³ te winnen in het gasjaar 2017/2018

3.4 Ontwikkeling van de drukkaling in relatie tot de gaswinning

Op basis van de gerealiseerde productie kan met een reservoirmodel de ontwikkeling van de drukken in het veld worden gemodelleerd. Een reservoirmodel is een computermodel van het ondergrondse gasreservoir, waarmee de stroming van het gas wordt gemodelleerd. De in dit hoofdstuk vermelde gasdrukken zijn aangeleverd door de NAM. Ze zijn door de NAM berekend met het NAM Groningen reservoirmodel op basis van de daadwerkelijke productie tot 14 januari 2018. In dit model zitten vele onzekerheden. Op basis van de kalibratie en gevoeligheidsstudies (dit zijn studies waarbij de gevoeligheid voor de uitkomsten voor verschillende parameters wordt bepaald) is gekomen tot een zo goed mogelijk model. Dit model is in dit advies gebruikt. De getallen omtrent de drukkalingen zijn dus onzeker, ofschoon in de tekst hierna daar niet steeds aan wordt gerefereerd.

3.4.1 Hoe heeft de drukkaling in het Loppersumgebied gereageerd op de productiebeperking in de Loppersum-clusters?

Figuur 3-4a laat de voortschrijdende gemiddelde snelheid van drukkaling per twaalf maanden zien over de periode 1-1-1995 tot 1-1-2018 voor het gehele gasveld, alsmede voor enkele regio's. Figuur 3-4b zoomt in op het tijdvak van de laatste jaren, te weten van 1-1-2012 tot 1-1-2018. Duidelijk is te zien dat de gemiddelde snelheid, waarmee de druk in het Loppersumgebied daalt, is gehalveerd na het insluiten van de Loppersumclusters in januari 2014 (zie de donkerblauwe lijn in figuur 3-4b). Ook in de regio tussen de clusters 't Zand (ZND), Leermens (LRM) en Bierum (BIR) (zie de rode lijn in figuur 3-4b) is een duidelijke afname waarneembaar van de snelheid waarmee de druk daalt, na het insluiten van de eerste twee clusters.

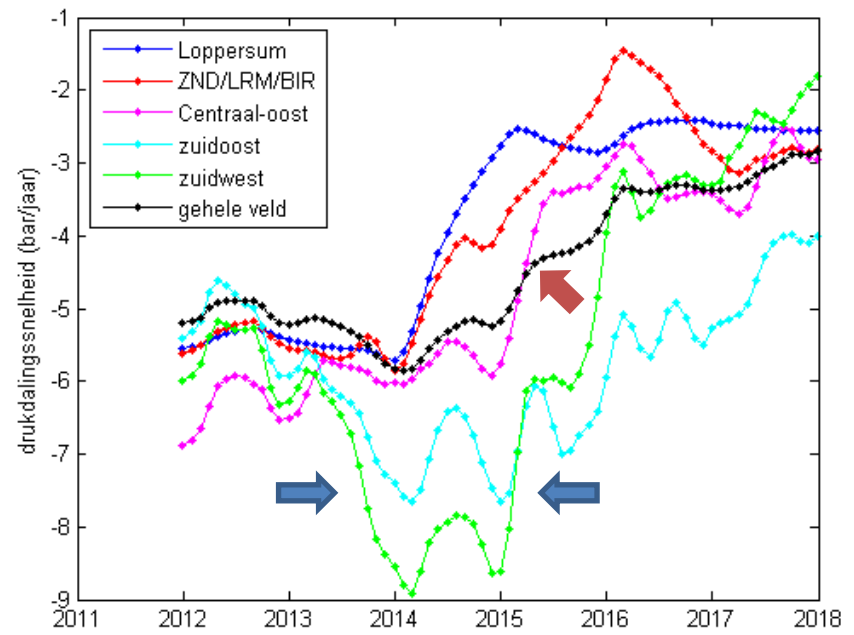
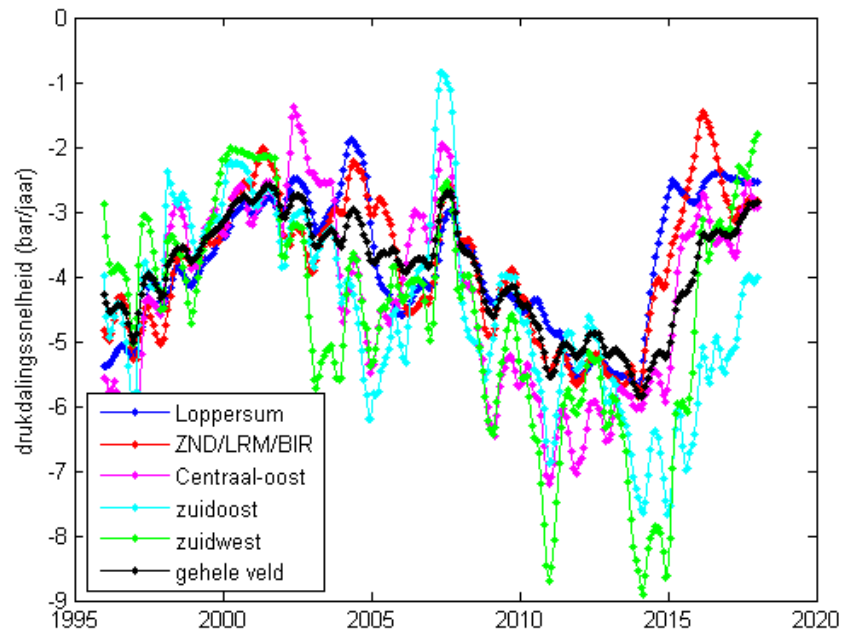
3.4.2 Wat betekent de productiebeperking in het Loppersumgebied voor de rest van het veld?

De verlaging van de productie uit de Loppersumclusters mocht voor een groot deel (7 miljard Nm³/jaar) worden verschoven naar de overige clusters, waardoor de productie uit deze clusters sterk werd verhoogd. In figuur 3-4b (tussen de blauwe pijlen) is te zien dat de verhoogde productie in de zuidelijke delen van het veld (het zuidwesten – groene lijn – en het zuidoosten – lichtblauwe lijn) er in 2014 voor zorgt dat de snelheid, waarmee de druk daalt, veel hoger is dan in 2012. De snelheid waarmee de gemiddelde druk over het hele veld daalt (rode pijl bij zwarte lijn in figuur 3-4b), neemt door de beperkingen op de Loppersumclusters wel in beperkte mate af van 6 bar/jaar (begin 2014) naar 5 tot 4 bar/jaar aan het einde van 2014.

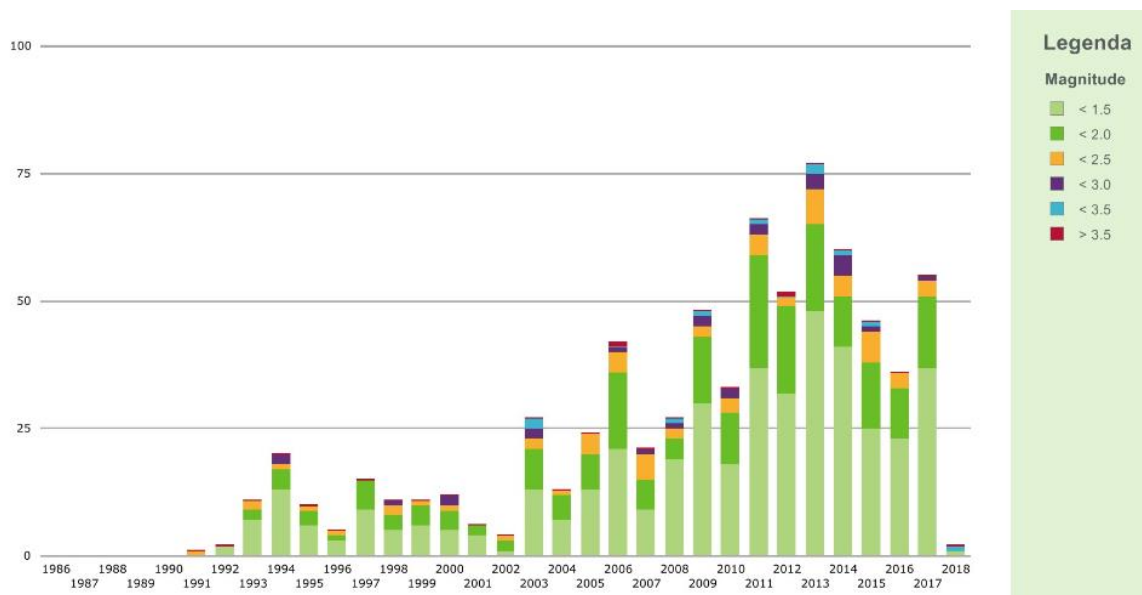
3.4.3 Welk effect hebben de verdere volumebeperkingen in 2015 en 2016 op de drukkaling in het Groningenveld gehad?

In februari 2015 beperkt de minister ook de productie uit de overige clusters door het productievolume uit het veld te verminderen. Het totale volume in het kalenderjaar 2015 werd beperkt tot effectief 30 miljard Nm³/jaar. Voor het gasjaar 2015/2016 werd de productie verder verlaagd naar 27 miljard Nm³/jaar en voor het gasjaar 2016/2017 naar 24 miljard Nm³/jaar.

Met de beperking van het productievolume uit het Groningen-gasveld tot 30 miljard Nm³/jaar en vervolgens tot 27 miljard Nm³/jaar neemt de snelheid, waarmee de druk in het veld daalt, af tot ongeveer 3,5 bar/jaar in 2016. De verdere verlaging van het productievolume tot 24 miljard Nm³/jaar in het gasjaar 2016/2017 zorgt voor een verdere daling van de snelheid met ongeveer 0,5 bar/jaar tot ongeveer 3 bar/jaar. In het Loppersumgebied is de drukkalingssnelheid sinds 2016 gestabiliseerd op iets meer dan 2,5 bar/jaar.



Figuur 3-4a en b: De voortschrijdende gemiddelde snelheid van drukdaling per twaalf maanden voor het gehele Groningen-gasveld (zwarte lijn) en de regio's tussen de clusters 't Zand, Leermens en Bierum (rode lijn), de centraal-oostelijke clusters (roze lijn), de zuidoostelijke clusters (lichtblauwe lijn), en de zuidwestelijke clusters (groene lijn). Voor een nadere beschrijving waar de verschillende clusters zich bevinden en voor een definitie van de gebiedsaanduidingen zie figuur 3-2. Links (3-4a): 1995-2018; Rechts (3-4b): 2012-2018.



Figuur 3-5: Ontwikkeling van het jaarlijks aantal bevingen in het Groningen-gasveld.

Op dit moment is de drukdalingsnelheid in alle regio's, behalve in het zuidoosten van het veld, tussen de 2 en 3 bar/jaar. Hiermee is de huidige gemiddelde drukdalingsnelheid gelijk aan de gemiddelde dalingsnelheid in de eerste jaren van de 21^{ste} eeuw. In het zuidoosten is de drukdalingsnelheid op dit moment ongeveer 4 bar/jaar.

3.5 Reageert de seismiciteit op de ontwikkeling in de drukdaling?

3.5.1 Welke ontwikkeling zien we in het jaarlijks aantal bevingen?

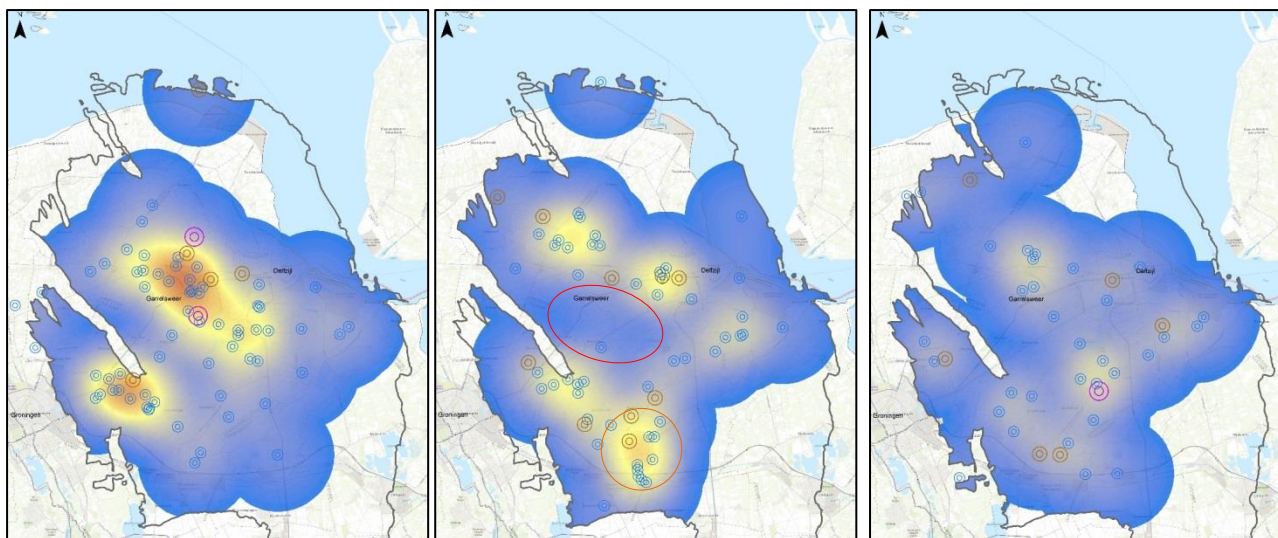
Het aantal bevingen is sinds de piek van 77 bevingen in 2013 met een sterkte van 1,0 of groter waarvan 29 met een sterkte van 1,5 of groter afgenomen tot 36 ($M \geq 1,0$) respectievelijk 13 ($M \geq 1,5$) in 2016 (figuur 3-5). Deze afname lijkt in lijn met de afname in de gaswinning en de waargenomen afname in drukdalingsnelheid. In 2017 is het aantal bevingen echter weer toegenomen naar 55 ($M \geq 1,0$) respectievelijk 18 ($M \geq 1,5$). Deze toename kan niet eenvoudig worden gerelateerd aan de waarnemingen in de gaswinning of de drukdaling.

3.5.2 Hoe ziet de ontwikkeling in de aardbevingsdichtheid eruit?

Figuur 3-6 geeft in een aantal kaarten de ontwikkeling van de aardbevingsdichtheid in het Groningen gasveld (in bevingen/km² per twaalf maanden) weer. In 2013 was er in het Loppersumgebied, en bij de productielocatie Eemskanaal (zie figuur 3-6), sprake van een hoge aardbevingsdichtheid van bijna 0,5 bevingen/km² per twaalf maanden respectievelijk 0,4 bevingen/km² per twaalf maanden. In 2014 is te zien dat de bevingsdichtheid tussen de clusters De Paauwen, Ten post en Overschild sterk afneemt (gebied binnen de rode ellips in figuur 3-6). Ook in de rest van het Loppersumgebied is een afname van de bevingsdichtheid te zien. De afname in de drukdalingsnelheid, zoals weergegeven in paragraaf 3.4, valt dus samen met een verlaging van de bevingsdichtheid.

In het zuidwesten van het veld is in 2014 een toename van de bevingsdichtheid waar te nemen (oranje cirkel in figuur 3-6). Ook is een toename van sterkere bevingen waar te nemen. Deze toename past bij de verhoging van de drukdalingsnelheid als gevolg van de verhoging van de productie in 2014 in deze regio.

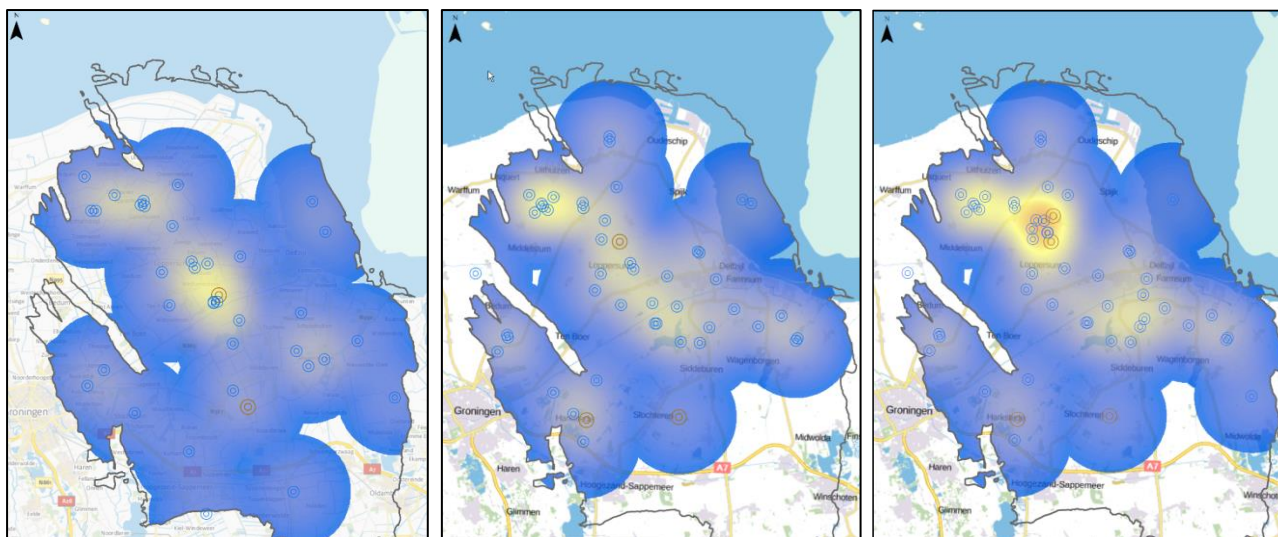
In de jaren na 2014, als de productievolumes in het veld sterk worden beperkt en de drukdalingsnelheid steeds verder afneemt, is eveneens een verlaging van de aardbevingsdichtheid in het hele veld te zien.



maart 2013-maart2014

maart 2014-maart2015

maart2015-maart2016



maart 2016-maart 2017

December 2016-December 2017

4 Januari 2017 – 4 januari 2018

Figuur 3-6: Kaarten waarin de ontwikkeling van de aardbevingsdichtheid(in bevingen/km² per twaalf maanden) wordt weergegeven voor het Groningen-gasveld.



Ten slotte valt op dat de seismische activiteit in 2017 zich verder uitbreidt naar het seismisch gezien redelijk rustige oosten en zuidoosten. De bevingen zijn hier met sterkten onder de $M=2$ nog klein, maar de activiteit neemt de laatste anderhalf jaar toe. SodM zal deze trend nauwkeurig in de gaten houden.

3.6 Wat betekent de ontwikkeling van de bevingen voor de kans op zwaardere bevingen?

De kans op zwaardere bevingen is direct gekoppeld aan de aantallen kleinere bevingen die worden waargenomen. In haar advies van 2013 heeft SodM – gegeven de vastgestelde onzekerheid in de grootste beving die naar verwachting zou kunnen optreden (de zogenaamde M_{max}) – een eerste, nieuwe inschatting gemaakt van zowel de kans op een beving van 3,9 of groter als van een beving van 4,5 of groter, bij een voorspelling van 20 bevingen per jaar in het Groningenveld (derde kolom tabel 3-1). In haar actualisatie van de dreigings- en risicoberekeningen geeft de NAM een overzicht van de kansen op zwaardere bevingen, zoals berekend met het seismologische model (vierde kolom tabel 3-1). De uitkomsten zijn vergelijkbaar met de kansen, zoals deze in 2013 door SodM zijn berekend.

Om inzichtelijk te maken in hoeverre de kans op zwaardere bevingen door de ingrepen is beïnvloed, worden in de tweede kolom de kansen weergegeven, behorende bij het aantal bevingen met een sterkte van minimaal 1,5, zoals waargenomen in 2011 en 2013 (in beide jaren waren dat er 29). De daadwerkelijke kans op een $M \geq 3.6$ beving in 2011 en 2013 was 23%. De bijbehorende, door de NAM voorspelde kans voor 2018 is 16%. Deze voorspelling is op basis van 18 bevingen. Dit laat zien dat de kans op een beving met een sterkte van 3,6 of groter schaft met het aantal bevingen.

Doordat de ingrepen het aantal bevingen heeft verminderd, is de kans op een beving $M \geq 3,6$ met een derde afgenomen ten opzichte van de kans op een beving $M \geq 3,6$ in 2011 en 2013. Ook de voorspelde kans op een beving $M \geq 4,0$ is met een derde afgenomen ten opzichte van de daadwerkelijke kans op een beving $M \geq 4,0$ in 2011 en 2013.

Tabel 3-1: Overzicht van de ontwikkeling van de kans op zwaardere bevingen, gebaseerd op de waargenomen bevingen met een sterkte van 1,5 en groter.

	Daadwerkelijke kans in 2011 en 2013 op basis van de waargenomen 29 bevingen per jaar‡	Voorspelling van SodM gedaan in 2013 op basis van 20 bevingen per jaar‡‡	Voorspelling van de NAM voor 2018 op basis van versie 5 van het seismologisch model en 18 bevingen per jaar*
$M \geq 3,6$	23%		16%
$M \geq 3,9$	13%	7,6%	
$M \geq 4,0$	10%		6,6%
$M \geq 4,5$	3,5%	2%	1,6%

‡ Berekend met de gemiddelde veldbrede b -waarde van 0,97 (Muntendam-Bos et al, 2017).

‡‡ p. 21 Muntendam-Bos & De Waal (2013) - Reassessment of the probability of higher magnitude earthquakes in the Groningen gas field, 16 January 2013.

* p.88, table 5.3 NAM-rapport - Induced Seismicity in Groningen, Assessment of Hazard, Building Damage and Risk, November 2017.

3.7 Hoe kan het dat er weer bevingen in het Loppersumgebied ontstaan?

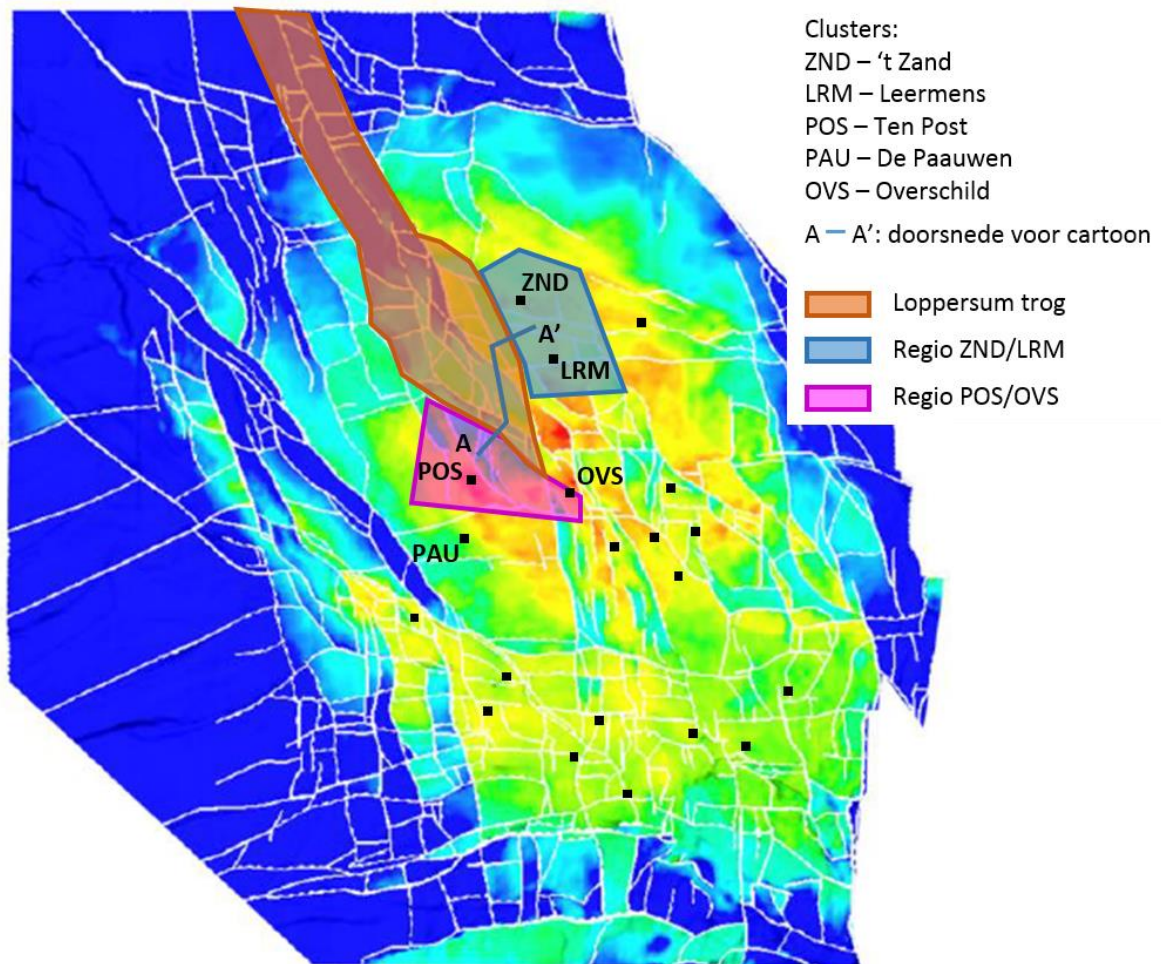
In november 2016 komt er een einde aan de afnemende aardbevingsdichtheid, als er zich in de omgeving van het dorp Wirdum een cluster van bevingen voordoet. De concentratie van bevingen is in eerste instantie niet voldoende om in het signaleringsniveau (oranje) van het MRP terecht te

komen. Echter, op 29 augustus 2017 wordt deze grens met de beving bij Appingedam (sterkte $M=1,8$) alsnog overschreden. In november en december 2017 ontstaat er nog een concentratie van bevingen bij het dorp Zeerijp, waar de Zeerijp beving met een sterkte van 3,4 op 8 januari 2018 onderdeel van uitmaakt (figuur 3-6).

Om te begrijpen waarom er weer bevingen in het Loppersumgebied ontstaan, is het noodzakelijk om eerst goed te kijken naar de geologie in het reservoir bij Loppersum. Daarna kijken we naar de ontwikkelingen in de druk en de seismiciteit, en duiden we deze op basis van de theorie.

3.7.1 Hoe ziet het gebied rond Zeerijp en Wirdum er ondergronds uit?

Het dorpje Zeerijp ligt ten westen van de productielocatie 't Zand en Leermens. Onder het dorp zijn veel breuken aanwezig in het Groningen-gasveld. Het reservoirgesteente ligt hier, tussen de breuken, dieper dan bij de productieclusters. Dit gedeelte van het reservoir wordt ook wel de 'Loppersum-trog' genoemd (oranje contour in figuur 3-7). Het dorp Wirdum ligt ten zuiden van de trog tussen de productieclusters Ten Post (POS) en Overschild (OVS) (roze regio in figuur 3-7).



Figuur 3-7: Overzicht van het ingewikkelde ondergrondse breukensysteem in het Groningen-gasveld. De doorsnede langs de lijn A-A' is schematisch weergegeven in figuur 3-10.

3.7.2 Welke ontwikkelingen in de drukdaling en aardbevingsdichtheid zijn te zien bij Wirdum en Zeerijp?

Omdat het reservoirgesteente in de Loppersum-trog dieper ligt dan bij de productieclusters, is het mogelijk dat de grote randbreuken belemmeringen voor de stroming van gas vormen. Hierdoor kan er een verschil in drukdaling over de breuk ontstaan. Een verschil van drukdaling kan ook tot extra spanningen op de breuk leiden. Het is daarom belangrijk om naar de ontwikkeling van de druk aan beide zijden van de breuken te kijken.

Figuur 3-8 laat de ontwikkeling van de druk bij Wirdum en Zeerijp sinds 2013 zien. De druk in de Loppersum-trog (het oranje gebied in figuur 3-7) is duidelijk hoger dan de druk in beide regio's met de productieclusters. De ingreep in de Loppersumclusters heeft ervoor gezorgd dat de drukdaling rond de productieclusters tijdelijk is onderbroken (blauwe pijl in figuur 3-8). In de Loppersum-trog daalt de druk echter gewoon door. Het drukverschil over de breuk (aangegeven met de zwarte lijn in figuur 3-8) laat zien dat hierdoor het drukverschil over de beide randbreuken is afgenomen (rode pijl in figuur 3-8).

Figuur 3-9 laat zien dat de snelheid, waarmee de druk in de Loppersum-trog sinds de beperking van de productie in de Loppersumclusters daalt, wel is afgenomen. De afname is duidelijk veel minder sterk dan de verandering van de drukdalingsnelheid in de regio's van de ingesloten clusters (het roze en blauwe gebied in figuur 3-7). Bij deze ingesloten clusters is zelfs gedurende een beperkte tijd sprake van een positieve drukdalingsnelheid. Dit betekent dat de gemiddelde druk van deze clusters in de regio's tijdelijk is toegenomen. Gelijktijdig met deze sterke verandering in snelheid, waarmee de druk daalt, is een afname van de aardbevingsdichtheid te zien (blauwe pijlen in figuur 3-9).

In december 2014 en januari 2015 is een sterke versnelling van de drukdalingsnelheid te zien. Dit komt door de tijdelijk hoge productie uit de Loppersumclusters in deze maanden. In de regio Wirdum is in deze periode op 8 januari 2015 een beving met een sterkte van 2,7 opgetreden (rode stippellijn in figuur 3-9). Gelijktijdig is in de regio Zeerijp een verhoging van de aardbevingsdichtheid te zien (rode pijl in figuur 3-9). In beide gebieden neemt daarna de aardbevingsdichtheid verder af, terwijl de snelheid van drukdaling aan beide zijden van de breuk op ongeveer dezelfde snelheid stabiliseert. Dat betekent dat, vanaf dat moment, de druk aan beide kanten van de breuk even snel verder daalt. Opvallend is dat vanaf dat moment de bevingsdichtheid heel gevoelig lijkt voor kleine versnellingen van de drukdaling. Bij sterke toenames in de aardbevingsdichtheid (stippellijnen in figuur 3-9) zijn kleine versnellingen in de drukdaling buiten de Loppersum-trog (de regio's POS/OVS en ZND/LRM) te zien. Omgekeerd betekent dat overigens niet dat bij iedere versnelling in de drukdaling ook een toename is te zien in de aardbevingsdichtheid.

3.7.3 Hoe verklaren we het terugkeren van de aardbevingen bij Wirdum en Zeerijp?

Zoals in paragraaf 3.1 is beschreven is het niet eenvoudig om drukdaling in het reservoirgesteente te vertalen in de precieze spanningen die op een breuk worden opgebouwd. Op hoofdlijnen is het wel mogelijk om het proces, dat zich rond de Loppersum-trog heeft voorgedaan, te duiden. Deze beschrijving is schematisch weergegeven in figuur 3-10.

3.7.3.1 Wat is SodM's begrip van de ontwikkelingen in het Loppersumgebied?

Voor 2014 werd via de Loppersumclusters gas geproduceerd (zie het bovenste deel van figuur 3-10). Hierdoor daalde de druk in de poriën van het gesteente en trok het reservoirgesteente samen. Aan de bovenzijde van het reservoir ontstaan spanningen op de breuk, die naar beneden gericht zijn, terwijl aan de onderzijde naar boven gerichte spanningen ontstaan op de breuk (rode pijlen in de figuren). Daar waar het reservoirgesteente aan beide zijden van de breuk naast elkaar ligt, ontstaan tegengestelde spanningen. Deze spanningen bouwen op totdat de breuk kritisch gespannen is. Bij verdere spanningsopbouw kan een aardbeving ontstaan.

Na de sterke beperking van de productie in 2014 uit de Loppersumclusters, daalde de druk in de regio's rond deze putten niet meer, maar nam zelfs iets toe (zie het middelste deel van figuur 3-10). Hierdoor zet het gesteente weer licht uit en wordt spanning op de breuk ontladen. In de Loppersumtrog daarentegen daalt de druk nog verder door. Het gesteente hier trekt nog steeds (maar langzamer) samen. Hierdoor neemt het drukverschil over de breuk af en wordt de spanning nog wat verder afgebouwd. De breuken worden minder kritisch gespannen en er treden minder bevingen op.

Sinds 2016 neemt de druk in de trog even snel af als de druk rond de clusters. Het drukverschil tussen de trog en de omliggende delen van het veld is gestabiliseerd. Aan alle kanten van de breuken trekt het gesteente weer samen en er wordt weer spanning op de breuken opgebouwd (zie het onderste deel van figuur 3-10). Dit gaat wel langzamer dan voor de ingreep. De breuken komen echter weer steeds meer onder spanning te staan en zo gauw deze weer kritisch gespannen worden, ontstaan er weer bevingen.

3.7.3.2 Hoe kan het dat er zo'n concentratie van bevingen kan optreden?

Zoals in het tekstvak 'Spanningsveranderingen door bevingen' in paragraaf 3.1 is beschreven, zorgt een beving ervoor dat spanning op een stukje van een breuk wordt ontladen. Door de verplaatsing wordt echter extra spanning opgebouwd op de naastliggende delen van de breuk, waar geen verplaatsing optreedt. Aangezien deze breukdelen bijna dezelfde spanningsopbouw hebben gekregen, zullen ook deze (delen van) breuken (bijna) kritisch gespannen zijn. De extra spanning door de eerste beving kan ervoor zorgen dat ook op deze (delen van) breuken verplaatsing gaat optreden in de vorm van een beving. Hierdoor kan een concentratie van bevingen ontstaan en kan ook een zwaardere beving ontstaan.

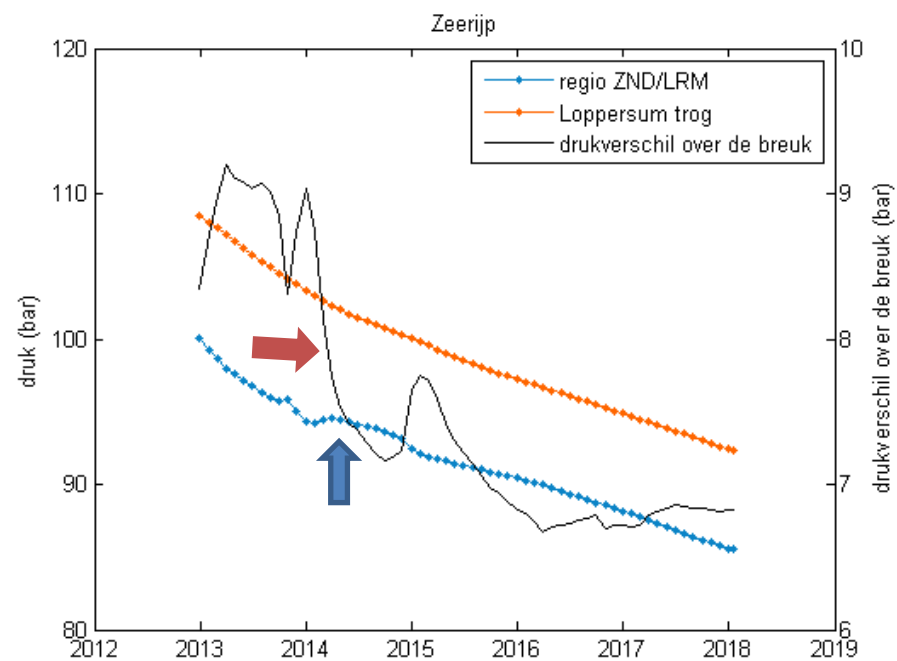
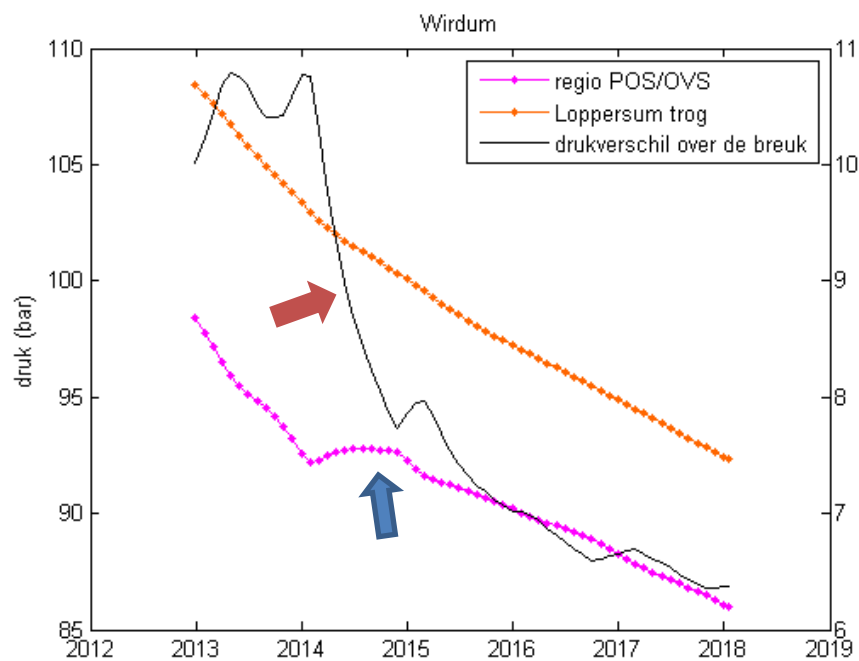
3.7.3.3 Kunnen versnellingen in de drukdaling de kans op het triggeren van bevingen vergroten?

Het CBS heeft in 2016 vastgesteld dat er een statistisch significante versnelling van de drukdaling is waar te nemen voorafgaand aan de bevingen in het Groningen-gasveld. Zij concludeerde dat door een verhoging van de drukdalingsnelheid, bijvoorbeeld door seizoensfluctuaties, er een verhoogde kans ontstond op het triggeren van bevingen op kritisch gespannen breuken. Op verzoek van SodM heeft het CBS gekeken of het verminderen van de veldbrede seizoensfluctuaties deze triggerwerking heeft verminderd (Pijpers, 2016). Uit deze analyse blijkt dat het signaal in karakteristiek wel is veranderd, maar dat er nog steeds een duidelijke versnelling van de drukdaling, voorafgaand aan de bevingen, is waar te nemen. Er zijn nog steeds versnellingen van de drukdaling in het systeem waar te nemen, waardoor de kans op het initiëren van bevingen toeneemt. Het CBS denkt dat dit komt door de regionale en lokale fluctuaties. Ondanks een vermindering van de veldbrede seizoensfluctuaties sinds 2015, komen significante regionale fluctuaties nog steeds voor.

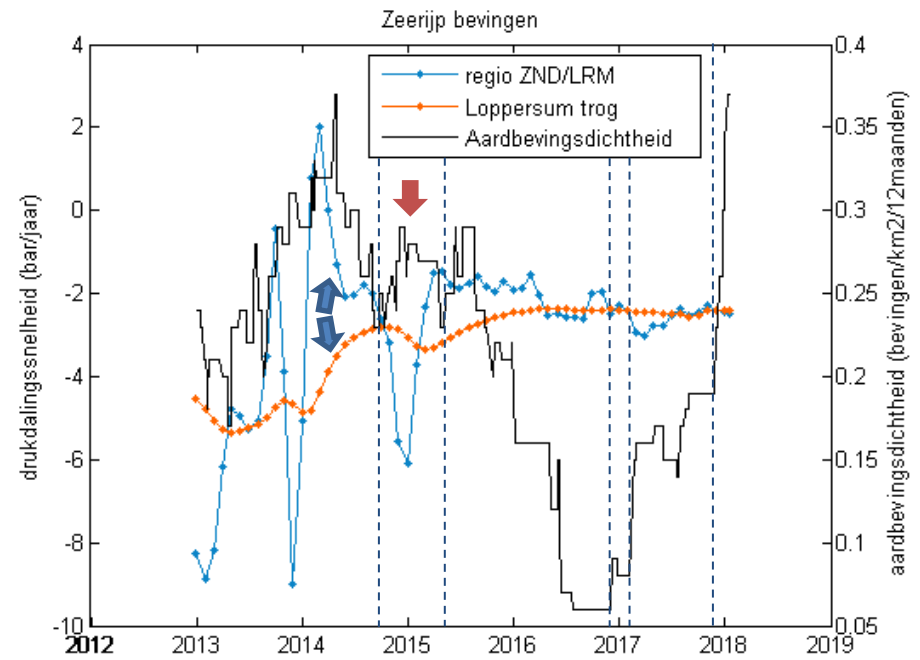
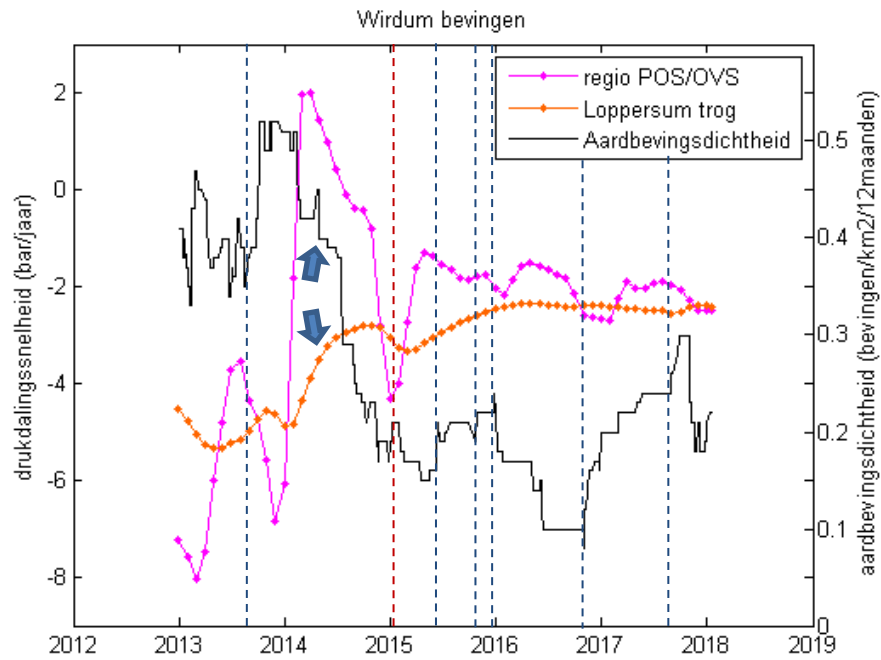
Het betekent overigens niet dat, zonder deze regionale versnellingen, bevingen helemaal niet meer zouden optreden. De versnelling helpt alleen de (bijna) kritisch gespannen breuk over de grens om te gaan bewegen heen.

Bij Wirdum en Zeerijp zijn kleine fluctuaties in de drukdalingsnelheid waar te nemen. Versnellingen lijken soms wel (stippellijnen in figuur 3-9) en soms geen aanleiding te geven tot een verhoging van de bevingsdichtheid. Dit zou afhankelijk kunnen zijn van de mate, waarin de breuken kritisch gespannen zijn. Het is dus mogelijk dat ook de kleine versnellingen bij Wirdum en Zeerijp, als gevolg van de productie uit de Loppersumclusters, de bevingen op de (weer) kritisch gespannen breuken hebben helpen triggeren.

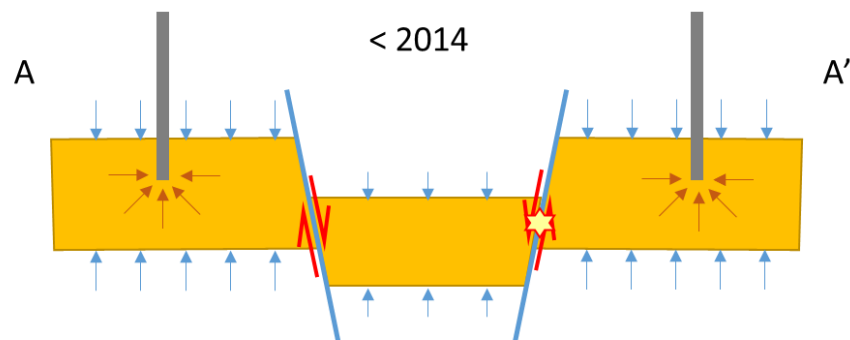
Bij het eventueel opschalen van de productie uit de Loppersumclusters, in het geval van een koude winter, is er dan ook een sterk verhoogde kans op het optreden van meer en mogelijk zwaardere bevingen.



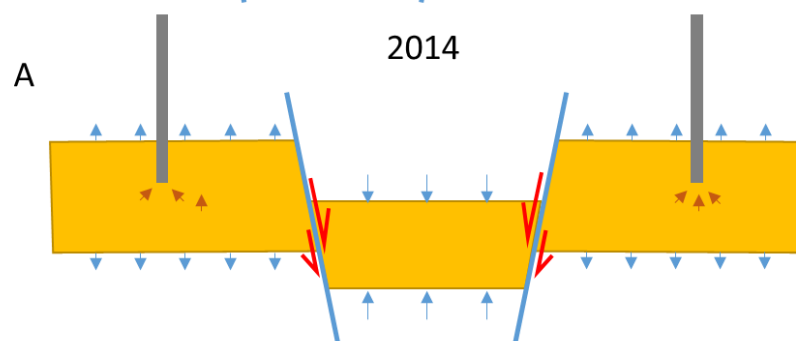
Figuur 3-8: De ontwikkeling van de druk aan weerszijden van de randbreuk en het drukverschil over deze breuk bij de verhoogde aardbevingsdichtheden bij Wirdum (links) en Zeerijp (rechts).



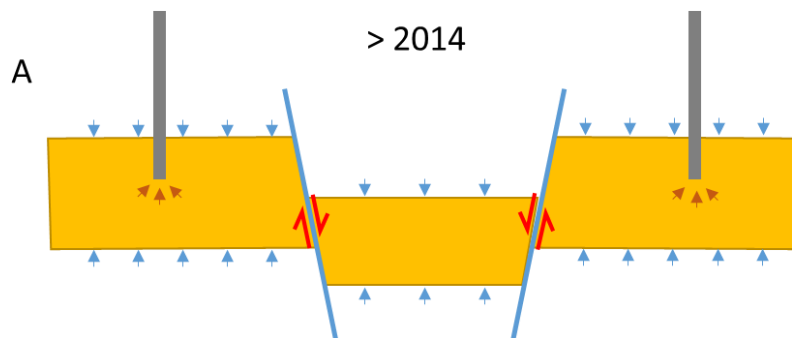
Figuur 3-9: De ontwikkeling van de drukdalingssnelheid aan weerszijden van de randbreuk van het breuksysteem bij Wirdum (links) en Zeerijp (rechts) en de regionale ontwikkeling van de aardbevingsdichtheid.



Gas wordt via de put geproduceerd. Hierdoor daalt de druk in de poriën van het gesteente en trekt het reservoirgesteente samen (blauwe pijlen). Aan de bovenzijde van het reservoir ontstaan spanningen op de breuk, welke naar beneden gericht zijn, terwijl aan de onderzijde naar boven gerichte spanningen ontstaan op de breuk (rode pijlen). Daar waar reservoirgesteente aan beide zijden van de breuk naast elkaar ligt, ontstaan tegengestelde spanningen. Deze spanningen bouwen op totdat de breuk kritisch gespannen is. Bij verdere spanningsopbouw kan een aardbeving ontstaan.



In januari 2014 wordt de winning uit de Loppersumclusters met 80% beperkt. De druk in de regio's rond de putten daalt niet meer, maar neemt iets toe. Hierdoor zet het gesteente weer licht uit en wordt spanning op de breuk ontladen. In de trog daalt de druk nog verder door. Het gesteente hier trekt nog steeds (maar langzamer) samen. Hierdoor neemt het drukverschil over de breuk af en wordt de spanning nog wat verder afgebouwd. De breuken worden minder kritisch gespannen en er treden minder bevingen op.



Sinds 2016 neemt de druk in de trogeven veel af als de druk rond de clusters. Het drukverschil tussen de trog en de omliggende delen van het veld is gestabiliseerd. Aan alle kanten van de breuken trekt het gesteente weer samen en er wordt weer spanning op de breuken opgebouwd. De breuken komen weer steeds meer onder spanning te staan en zo gauw deze weer kritisch gespannen worden ontstaan er weer bevingen.

Figuur 3-10: Schematische weergave van de interactie tussen enerzijds de ontwikkeling van de druk in de Loppersumtrog en de ontwikkeling van de druk rond de Loppersumclusters net buiten de trog, en anderzijds de manier waarop spanning op de breuken wordt opgebouwd, die vrij kan komen in bevingen.

3.8 Waaron dacht SodM in 2016 dat de afname van de seismiciteit in het Loppersumgebied misschien niet slechts tijdelijk was?

In haar advies van december 2015 heeft SodM aangegeven dat de drukdalingssnelheid in het Loppersumgebied waarschijnlijk tot slechts 3-5 jaar (gemeten vanaf januari 2014) beperkt zou blijven. In 2016 constateerde SodM dat de druk in het Loppersumgebied alweer met dezelfde snelheid, als de rest van het veld, aan het dalen was. SodM sprak toen de verwachting uit dat het 'Loppersumeffect' mogelijk niet tijdelijk zou zijn. Er zou immers alweer spanning op de breuken worden opgebouwd, zonder dat er sprake was van het terugkeren van bevingen. SodM had daarbij echter geen rekening gehouden met het extra stabiliserende effect van de vermindering van het drukverschil op de breuken in de Loppersumtrog, als resultaat van zowel het achterlopen van de drukdaling in de trog als van het andere gedrag van de drukdalingssnelheid ten opzichte van de omliggende delen. Hierdoor zijn de breuken rond de trog minder snel kritisch gespannen geraakt dan SodM had verwacht. Dit benadrukt de noodzaak voor het monitoren van de ontwikkelingen middels het MRP, alsmede een gedetailleerde bestudering van het probleem om de processen goed te kunnen begrijpen.

3.9 Is er een maatregel mogelijk die net zo effectief kan zijn als de Loppersumingreep?

Zoals hierboven beschreven heeft de productiebeperking in de Loppersumclusters ervoor gezorgd dat de drukdaling op de randbreuken van het breuksysteem tijdelijk is gestopt. Dit komt doordat de ingeperkte clusters heel dicht bij deze breuken staan. Door het wegvallen van de zuigende werking van de productieclusters kon de druk hier zelfs even stijgen. Dit is een regionaal effect. Daarnaast heeft de doorgaande drukdaling, tussen deze grote randbreuken, er waarschijnlijk voor gezorgd dat het verschil in druk over de breuken is verminderd. Dit heeft een positief effect op de bevingsactiviteit gehad.

Op dit moment is de productie uit de Loppersumclusters zeer beperkt (1 miljard Nm³/jaar). De drukdaling in het gebied wordt nu niet meer zozeer bepaald door de beperkte regionale productie, maar voornamelijk door de productie uit de clusters buiten het Loppersumgebied. De snelheid waarmee de druk daalt, is in overeenstemming met de gemiddelde snelheid, waarmee de druk in het veld daalt. De 'stand-by'-stand zorgt voor beperkte variaties rond deze veldgemiddelde drukdalingssnelheid.

Doordat de producerende clusters (die buiten het Loppersumgebied) op grotere afstand van het Loppersumgebied liggen, kan een vergelijkbaar effect als bij het sluiten van de Loppersumclusters niet meer bereikt worden, ook niet door opnieuw de dichtstbij liggende clusters te sluiten. De enige manier om de drukdaling in het Loppersumgebied opnieuw te stoppen, is het volledig insluiten van alle clusters in het Groningen-gasveld.

4 Beoordeling NAM-rapportages en -analyses

In dit hoofdstuk presenteren we onze beoordeling van de brieven en rapporten die SodM van de NAM heeft ontvangen naar aanleiding van het overschrijden van het interventieniveau (rood) van het MRP. Deze brieven bevatten een analyse van de beving en de impact van de beving, alsmede van de voorgestelde beheersmaatregelen. De rapporten bevatten de technische onderbouwing.

Eerst wordt beschreven welke brieven en rapporten er zijn meegenomen in de analyse. Dan volgt een beschrijving van de door de NAM voorgestelde maatregelen en de onderbouwing van deze maatregelen. Daarna geeft SodM een technische analyse op bovenstaande, gevolgd door een conclusie of en hoe de analyses naar het oordeel van SodM benut kunnen worden om beheersmaatregelen te selecteren.

4.1 Welke brieven zijn er beoordeeld?

Na het overschrijden van het interventieniveau (rood) heeft de NAM twee brieven ingediend bij SodM. Zoals beschreven in het MRP heeft de NAM binnen 48 uur, op 10 januari 2018, een brief 'Evaluatie en aanbevelingen voor beheersmaatregelen: Zeerijp aardbeving' ingediend. Op 17 januari 2018 heeft de NAM nadere beheersmaatregelen uitgewerkt in de brief 'Zeerijp beving: beheersmaatregelen'.

In bovenstaande brieven wordt verwezen naar de volgende, vaak eerder ingediende, rapporten. Deze zullen dan ook waar relevant meegenomen worden in deze beoordeling:

- 'Special Report on the Zeerijp Earthquake – 8th January 2018', ingediend op 22 januari 2018
- 'Special Report on the Loppersum earthquakes – December 2017', ingediend op 22 december 2017
- 'Optimisation of the Production Distribution over the Groningen field to reduce Seismicity', conform artikel 3.2 instemmingsbesluit ingediend op 1 december 2017 (hierna: optimalisatiestudie)
- 'Induced Seismicity in Groningen, Assessment of Hazard, Building Damage and Risk – November 2017', conform artikel 8 instemmingsbesluit ingediend op 1 november 2017 (hierna: HRA-studie)

4.2 Wat staat er in de brief van 10 januari 2018?

Naast een beschrijving van het effect van de beving, qua sterkte en verwachte schade, legt de NAM in deze brief uit wat deze beving betekent in het kader van het MRP.

De NAM onderschrijft de overschrijding van de interventiewaarde voor de maximale grondversnelling door de gemeten grondversnelling van 0,12g. Naast deze overschrijding benoemt de NAM ook dat de signaalparameter voor de aardbevingsdichtheid een stijgende trend laat zien en met 0,38 aardbevingen/km² per twaalf maanden dicht bij de signaalwaarde van het interventieniveau (rood) is gekomen. De combinatie van het overschrijden van het interventieniveau en de stijgende trend van de aardbevingsdichtheid maakt de beving bij Zeerijp volgens de NAM significant.

4.2.1 Welke conclusie trekt de NAM over de beving?

Volgens de analyses van de NAM is geen nieuw gebied seismisch actief geworden. Daarnaast ziet de NAM ook geen andere zorgwekkende ontwikkelingen. Analyses van de Zeerijp beving laten zien dat deze beving mogelijk op dezelfde breuk heeft plaatsgevonden als de beving van 22 december 2017.

Het aantal waargenomen bevingen past binnen de bandbreedte van het verwachte aantal bevingen, maar ligt wel net boven het gemiddeld aantal bevingen voor dit gebied. Ook wordt opgemerkt dat

de recente beving bij Zeerijp binnen de HRA-studie van november 2017 valt, en er daarom geen indicaties zijn dat de beving vanuit wetenschappelijk oogpunt verrassend is.

De NAM ziet wel dat de maatschappelijke impact van de beving hoog is. De beving is over een groot gebied gevoeld en heeft veel schade veroorzaakt aan gebouwen. Zeker in het gebied rond Zeerijp geeft de NAM aan dat de beving als beangstigend is ervaren.

4.2.2 Welke beheersmaatregelen stelt de NAM voor?

In het verlengde van haar conclusies, geeft de NAM aan dat zij vooral maatregelen voorstelt op grond van de veiligheidsbeleving. In de brief stelt de NAM de volgende maatregelen voor:

1. Het insluiten van drie Loppersumclusters: Overschild, De Pauwen en Ten Post
2. Het insluiten van het cluster Eemskanaal
3. Het verlagen van de jaarlijkse productie van het Groningen-gasveld
4. Het insluiten van de overige twee Loppersumclusters: Leermens en 't Zand

De NAM heeft de derde maatregel (het verlagen van de jaarlijkse productie van het Groningen-gasveld) niet geconcretiseerd. Wel geeft zij aan dat een 10% volumereductie van het gehele Groningen-gasveld, naar verwachting een reductie van twee tot drie bevingen met magnitude > 1,5 betekent.

4.2.3 Welke opmerkingen heeft SodM op de analyses van de NAM?

SodM heeft de analyses en voorgestelde maatregelen bestudeerd. Op basis van deze analyse heeft SodM enkele opmerkingen. Bij deze beoordeling moet rekening worden gehouden met het feit dat er relatief weinig tijd beschikbaar was, zowel voor de NAM om de analyses te maken, als voor SodM om deze te beoordelen.

4.2.3.1 Wat vindt SodM van de conclusie van de NAM over de beving?

SodM onderschrijft de conclusies van de NAM dat er geen nieuw gebied seismisch actief is geworden. De huidige beving ligt in de Loppersum-regio, waar historisch gezien de hoogste seismische activiteit is waargenomen.

Het huidige aantal bevingen per 12 maanden ('activity rate') van 19 bevingen per 12 maanden ligt zoals de NAM stelt inderdaad binnen de onzekerheidsbandbreedte van de hoeveelheid voorspelde aardbevingen. Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat deze bandbreedte relatief ruim is (10-31 bevingen per 12 maanden). Een ontwikkeling boven deze bandbreedte zou zeer verontrustend zijn en bovendien betekenen dat het interventieniveau (het rode niveau) voor de parameter 'activity rate' al lang zou zijn bereikt (signaalwaarde is 25 bevingen $M \geq 1,5$ per jaar).

Zoals in hoofdstuk 3 al is beschreven, ligt het in de lijn der verwachting dat bij doorgaande drukdaling in het gehele Groningenveld er aardbevingen zullen blijven voorkomen. Daarmee is de seismiciteit in het Zeerijp-gebied niet onverwacht. Dat een clustering van bevingen leidt tot een zwaardere beving is in lijn met wat wetenschappelijk bekend is. De recente beving met een magnitude 3,4 ligt dus in de lijn van die verwachting en past in het risicomodelleringsraamwerk van de NAM. Volgens dit raamwerk bestaat er een kans van 16% per jaar op een beving groter dan 3,6.

Een uitgebreide analyse van de beving geeft de NAM in de Speciale rapportage van 22 januari 2018. Uit deze rapportage blijkt dat de NAM ook het patroon van de grondversnelling (PGA), de grondsnelheid (PGV) en de magnitude van de beving binnen de verwachtingen vindt vallen en daarom geen onverwachte elementen bevat. SodM kan zich vinden in deze analyse.

De NAM stelt terecht vast dat de signaalparameter voor de aardbevingsdichtheid een stijgende trend laat zien en nu met 0,38 aardbevingen/km² per jaar dicht bij de interventiewaarde is gekomen. Wel vindt de SodM dat de sterke concentratie van de recente bevingen een significante afwijking is van de trend van de afgelopen jaren, en daarmee een onverwacht element.

SodM onderschrijft de conclusie van de NAM dat de maatschappelijke impact van de beving hoog te noemen is.

4.2.3.2 Wat vindt SodM van de onderbouwing met betrekking tot het insluiten van productieclusters?

Drie van de vier voorgestelde maatregelen gaan over het volledig insluiten van productieclusters. SodM plaatst enkele kanttekeningen bij de onderbouwing van deze maatregelen. Het voorgestelde insluiten van de vijf Loppersumclusters (Overschild, De Pauwen, Ten Post, 't Zand en Leermens) en het cluster Eemskanaal is gebaseerd op de optimalisatiestudie van de NAM. In de brief van 10 januari wordt door de NAM geclaimd dat de optimalisatiestudie volledig “ten genoegens” van de Inspecteur Generaal der Mijnen (hierna: IGM) was. Hier is SodM het niet mee eens. SodM heeft in haar brief van 30 november 2017 aan de NAM, gesteld dat alleen de methodiek, die in de studie werd gebruikt, ten genoegens van de IGM was.¹¹

Gezien bovenstaande kanttekeningen vindt SodM de onderbouwing van de prioriteit welke clusters gesloten moeten worden, niet overtuigend. SodM is het weliswaar eens met de NAM om de vijf Loppersumclusters te sluiten, maar ziet naast de door de NAM aangevoerde reden, ook andere redenen om deze maatregel voor de Loppersumclusters door te voeren (zie hoofdstuk 5.3.1). Naar het oordeel van SodM heeft het insluiten van het cluster Eemskanaal niet het beoogde effect (zie hoofdstuk 5.3.3).

4.2.3.3 Wat vindt SodM van de onderbouwing voor de voorgestelde volumemaatregel?

Naast het insluiten van enkele productieclusters stelt de NAM ook een verlaging van de jaarlijkse productie van het Groningen-gasveld voor. Hierbij wordt er geen concreet volume genoemd. Er wordt ook geen voorkeur uitgesproken welke clusters het best beperkt kunnen worden om de productie te verminderen.

De NAM geeft wel een vuistregel hoe een productiebeperking uitwerkt op de seismiciteit. Deze vuistregel wordt onderbouwd in de Speciale rapportage van 22 januari 2018 (paragraaf 5.2.1. en figuur 50).¹²

Het effect van een veldbrede productiereductie is door de NAM berekend met het seismologisch model versie 5. Het gebruikte seismologische model lijkt, in vergelijking met versie 4, een verdeling van de seismiciteit over het veld te modelleren, die beter aansluit op dat wat er daadwerkelijk wordt waargenomen. Echter, het model lijkt nog steeds een te hoog aantal van de bevingen in de Loppersumregio te voorspellen. De beschikbare tijd voor dit advies was echter te kort voor een volledige review van dit nieuwe seismologisch model.

Dat neemt niet weg dat SodM de redenering onderschrijft dat een volumebeperking op het gehele veld noodzakelijk is. In hoofdstuk 6 zal SodM in haar advies aangeven welke volumebeperking in haar visie nodig is. Hierna gaat SodM in op de nadere concretisering, die de NAM op 17 januari 2018 heeft gegeven voor de voorgestelde volumebeperking.

¹¹ “Het wetenschappelijke niveau van de studie is state-of-art. Dit garandeert echter niet de bruikbaarheid van de resultaten. SodM heeft nog géén beoordeling op de toepasbaarheid van de studie gedaan. Een oordeel over een eventuele alternatieve productieverdeling kan nu niet worden gegeven. Een eventuele alternatieve productieverdeling kan niet worden ingevoerd totdat SodM deze beoordeling heeft gemaakt en ik mijn genoegens over deze alternatieve verdeling in een later stadium heb uitgesproken” (brief van SodM aan de NAM d.d. 30 november 2017, kenmerk 17193030).

¹² De Speciale rapportage geeft een betere uitleg en specificereert de range van een halve beving tot één beving ($M \geq 1,5$) per miljard Nm^3 /jaar productie-reductie. Dit is afhankelijk van het jaartal waarin het effect wordt gemeten. Dit is dus een kleiner effect als in de 10 januari 2018 brief wordt genoemd.

4.3 Wat staat er in de brief van 17 januari 2018?

Deze brief van de NAM aan SodM is een reactie op de brief van SodM met het verzoek om de beheersmaatregelen, als genoemd in de 10 januari brief,¹³ verder te concretiseren.

Behalve een interpretatie van de normen, bevat deze brief een belangrijke toevoeging aan de analyse: er wordt een tabel gepresenteerd, waarin productieniveaus worden gerelateerd aan de verwachte aardbevingsdichtheid, het verwachte aantal aardbevingen ('activity rate') en de jaarlijkse kans op een beving $M \geq 3,6$ voor het jaar 2019. De NAM heeft hiermee beoogd de door haar voorgestelde volumemaatregel nader te concretiseren.

4.3.1 Waar baseert de NAM deze tabel op?

Uit de brief van 17 januari 2018 wordt niet duidelijk waar de tabel op is gebaseerd. De Speciale rapportage van 22 januari bevat echter uitleg. Tabel 10 in deze Speciale rapportage is een duplicaat van de tabel uit de brief van 17 januari, maar wel met kleine veranderingen in de getallen (zie tabel 4-1 hieronder).

Tabel 4-1: Verwachte effect van volumereductie op enkele van de MRP-parameters, gebruikmakend van schatting uit modelleringen en statistiek. Bron: NAM, tabel 10, Speciale rapportage d.d. 22 januari 2018.

Groningen Jaarvolume (bln Nm ³)	% volume reduced	Activity Rate (jaar ⁻¹)	Probability Earth- quake $M \geq 3.6$	Earth-quake density (proportional) (km ⁻² jaar ⁻¹)	Earth-quake density (simulated) (km ⁻² jaar ⁻¹)
21.6	0%	18	16%	0.38	0.38
19.4	10%	14	12%	0.28	0.34
17.3	20%	13	11%	0.25	0.31
15.1	30%	11	9%	0.22	0.29
13.0	40%	10	8%	0.20	0.27
10.8	50%	9	7%	0.17	0.25
8.6	60%	8	6%	0.15	0.24
6.5	70%	6	5%	0.12	0.22
4.3	80%	5	4%	0.10	0.20
2.2	90%	4	3%	0.07	0.18
0.0	100%	3	2%	0.05	0.16

4.3.1.1 Aantal bevingen per jaar en kans op beving $\geq 3,6$

Uit het rapport blijkt dat het aantal bevingen per jaar ('activity rate'), en de kans op bevingen met een magnitude $\geq 3,6$, zijn uitgerekend met het seismologisch model versie 5, zoals beschreven in de HRA-studie. De eerste ingreep van 10% in de tabel bevat ook de ingreep van het sluiten van de Loppersumclusters. Dit verklaart de duidelijke non-lineariteit in de resultaten van de eerste regels van de tabel.

4.3.1.2 Aardbevingsdichtheid

Omdat het gebruikte seismologisch model geen aardbevingen met een magnitude lager dan 1,5 kan voorspellen, kan dit model niet worden gebruikt voor de berekening van de aardbevingsdichtheid. Deze is namelijk gebaseerd op aardbevingen met een magnitude $\geq 1,0$. Daarom heeft de NAM een statistische methode gebruikt, die als eerste is geïntroduceerd in de Speciale rapportage van 22 december 2017, en verder is uitgewerkt in de Speciale rapportage van 22 januari 2018. Een gedetailleerde beschrijving van de methode ontbreekt in beide rapportages.

De NAM heeft deze methode gebruikt, omdat zij vindt dat een aanpak, waarbij de aardbevingsdichtheid proportioneel schaal met het aantal bevingen per jaar, niet zou passen bij dat wat historisch is waargenomen. De statistische methode van de NAM beschrijft dat de

¹³ 'Reactie op beheersmaatregelen: Zeerijp aardbeving', 15 januari 2018, kenmerk 18007689.

aardbevingsdichtheid per miljard Nm³/jaar reductie langzamer afneemt dan bij een eenvoudige proportionele benadering. Dit is te zien in de laatste twee kolommen in tabel 4-1. Dit verschil is ook de reden dat de NAM deze statistische methode toepast; het eenvoudigweg toepassen van een proportionele methode overschat de positieve impact op de aardbevingsdichtheid.

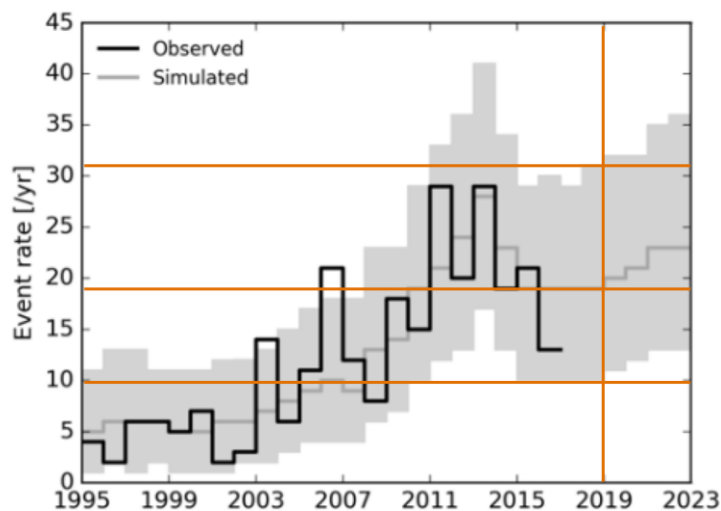
4.3.2 Wat vindt SodM van de analyses?

4.3.2.1 Aantal bevingen per jaar en kans op beving $\geq 3,6$

Het gebruikte seismologische model versie 5 lijkt, in vergelijking met versie 4, een verbeterde verdeling van de seismiciteit over het veld te modelleren. Echter, het model lijkt nog steeds een te hoog aantal van de bevingen in de Loppersumregio te voorspellen. Ook in deze verbeterde modelversie zijn de onzekerheden nog steeds hoog. SodM vindt dat de getallen in de tabel een grotere mate van nauwkeurigheid weergeven, dan met behulp van het seismologisch model mogelijk is. Zoals de NAM in de HRA-studie laat zien, heeft bijvoorbeeld het aantal voorspelde bevingen eind 2018, bij een productie van 24 miljard Nm³/jaar, een verwachtingswaarde van 19 met een maximaal aantal van 31 bevingen en een minimaal aantal van 10 (figuur 4-1). Kortom, de onzekerheid is ook met dit model nog steeds groot.

Bij de eerste stap in tabel 4-1 neemt het aantal bevingen met een magnitude $\geq 1,5$, af van 18 naar 14. Dit is een grote reductie, in vergelijking met alle andere productiereductie-stappen in de tabel. De NAM onderbouwt deze non-lineariteit met het feit dat het sluiten van drie Loppersumclusters en het cluster Eemskanaal ook in deze stap is inbegrepen.¹⁴

SodM stelt het op prijs dat de NAM inzichtelijk heeft gemaakt wat het effect is van productieverlagingen op zowel het voorspelde aantal bevingen (activity-rate) als de kans op zwaardere bevingen. Omdat er echter geen sprake is van een overschrijding van de signaalwaarde voor het aantal bevingen, biedt deze analyse geen houvast om maatregelen te bepalen.



Figuur 4-1: verwachte jaarlijkse hoeveelheid aardbevingen met een magnitude $>1,5$. Bron: figuur 6.4 NAM HRA-studie 2017.

4.3.2.2 Aardbevingsdichtheid

Zoals beschreven, wordt de aardbevingsdichtheid niet uitgerekend met behulp van het seismologisch model, maar wordt er gebruik gemaakt van verschillende modellen. Het seismologisch model lijkt gebruikt te worden om het aantal bevingen met een magnitude van 1,5 en hoger per jaar

¹⁴ Deze stap is trouwens niet zichtbaar in NAMs figuur 50 in de Speciale rapportage van 22 januari 2018, hetgeen het lastig maakt om alle analyses in detail te doorgronden.

te bepalen. Hoe dit zich vertaalt naar het aantal bevingen $M \geq 1,0$ per jaar, is onduidelijk in de tekst, waardoor SodM deze vertaalslag niet kan beoordelen.

4.4 Conclusie

In het algemeen kan SodM de analyses en duiding van de seismische ontwikkeling door de NAM onderschrijven. De analyses, die de NAM heeft gedaan om de beheersmaatregelen voor te stellen, zijn voornamelijk gebaseerd op de door de NAM ontwikkelde modellen, die al eerder door SodM zijn beoordeeld, of de daaruit verder ontwikkelde modellen. Met inachtneming van de al bekende beperkingen en onzekerheden, zijn deze modellen bruikbaar om het jaarlijks aantal bevingen te bepalen en de kans op zwaardere bevingen te berekenen.

Uitsluitend de uitgevoerde analyse om de aardbevingsdichtheid te voorspellen, is compleet nieuw. Op basis van deze nieuwe analyse suggereert de NAM dat een productieniveau van 11 miljard Nm^3/jaar naar verwachting de aardbevingsdichtheid naar het waakzaamheidsniveau (groen) brengt. SodM is er niet van overtuigd dat de resultaten van deze analyse gebruikt kunnen worden om precies vast te stellen, in welke mate een verlaging van het productievolume zal resulteren in een verlaging van de aardbevingsdichtheid. Daarom kan SodM dan ook geen uitspraak doen welke verlaging in productie de aardbevingsdichtheid doet terugkeren naar het waakzaamheidsniveau (groen). SodM heeft wel de verwachting dat een significante productieverlaging ook zal resulteren in een significante verlaging van de aardbevingsdichtheid.

5 Mogelijke maatregelen

In dit hoofdstuk kijkt SodM of er maatregelen noodzakelijk zijn om te voldoen aan de (tijdelijke) veiligheidsnorm. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van de meest recente uitkomsten van de risicoberekeningen van de NAM (in de HRA-studie). In paragraaf 5.1 stelt SodM vast dat, gegeven de onzekerheden, er op dit moment een gereede kans is dat niet wordt voldaan aan de veiligheidsnorm. Om met 90% zekerheid te kunnen stellen dat de risico's onder de norm komen, is een verlaging van de productie naar 12 miljard Nm³/jaar noodzakelijk.

In paragraaf 5.2 concludeert SodM dat er, gegeven de grote onzekerheden, een redelijke kans is dat de aardbevingsdichtheid binnen het waakzaamheidsniveau (groen) zal uitkomen bij een verlaging naar 12 miljard Nm³/jaar. In paragraaf 5.3 geeft SodM een onderbouwing van de nadere invulling van de verlaging naar 12 miljard Nm³/jaar.

5.1 Toetsing aan de veiligheidsnorm

In hoofdstuk 2.1 is ingegaan op de veiligheidsnorm voor de aardbevingsrisico's. Het is, voor het bepalen van de te adviseren maatregelen, noodzakelijk om eerst vast te stellen of er sprake is van risico's, die hoger zijn dan de geldende, tijdelijke veiligheidsnorm van 10⁻⁴/jaar.

In de volgende paragrafen zal SodM ingaan op de wijze, waarop de risico's kunnen worden berekend, en staan we stil bij de kanttekeningen, die daarbij moeten worden geplaatst. Daarna zal, zo goed en kwaad als het kan – en gegeven de grote onzekerheden - de berekende risico's getoetst worden aan de veiligheidsnorm en – indien noodzakelijk – zal bekeken worden welke maatregel noodzakelijk is om aan de veiligheidsnorm te kunnen voldoen.

5.1.1 Hoe kunnen de aardbevingsrisico's worden berekend?

Zoals gezegd gaan we eerst in op de wijze waarop aardbevingsrisico's berekend kunnen worden. Om te toetsen aan de veiligheidsnorm moet het individuele veiligheidsrisico berekend worden. Voor deze berekening maakt de NAM gebruik van een keten van negen complexe modellen (zoals bijvoorbeeld het geologisch model, het seismologisch model en het model voor de kwetsbaarheid van huizen bij verschillende grondtrillingen). Elk van deze modellen kent vele onzekerheden en wordt zo goed mogelijk geijkt aan de beschikbare waarnemingen. Deze onzekerheden worden grotendeels, maar niet allemaal, in de berekeningen meegenomen door Monte Carlo simulaties toe te passen (zie tekstvak). Het model is in staat om per locatie in Groningen het individueel risico te berekenen.

De door de NAM ontwikkelde aanpak is geheel in lijn met de door SodM voorgestane aanpak om te komen tot een inschatting van de veiligheidsrisico's.

Monte Carlo berekeningsmethode

Dit is een methode waarbij de berekeningen meerdere keren worden herhaald. Bij elke berekening worden willekeurig andere waarden voor de onzekere parameters gebruikt. Het resultaat van deze methode is een bandbreedte van mogelijke oplossingen met een kans, die aangeeft hoe waarschijnlijk deze oplossing is. De meest waarschijnlijke waarde wordt vaak de 'verwachtingswaarde' of 'P50' genoemd. In 50% van de berekeningen valt het antwoord hoger uit dan de P50-waarde, en in de andere 50% lager. De waarde, die in 90% van de berekeningen, op of onder de berekende waarde ligt, wordt de 'P90' genoemd. De P90-waarde is geen 'worst-case' waarde. Indien bij de beoordeling wordt uitgegaan van de P90-waarde, is er alsnog een kans van 10% dat de echte waarde boven deze P90-waarde ligt.

SodM is van mening dat de modellen van de NAM over het algemeen van hoogstaand niveau zijn. De modellen maken grotendeels gebruik van, of lopen vooruit op, de beste wetenschappelijke kennis die beschikbaar is.

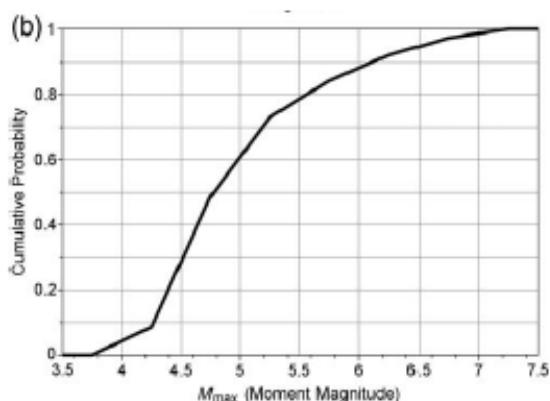
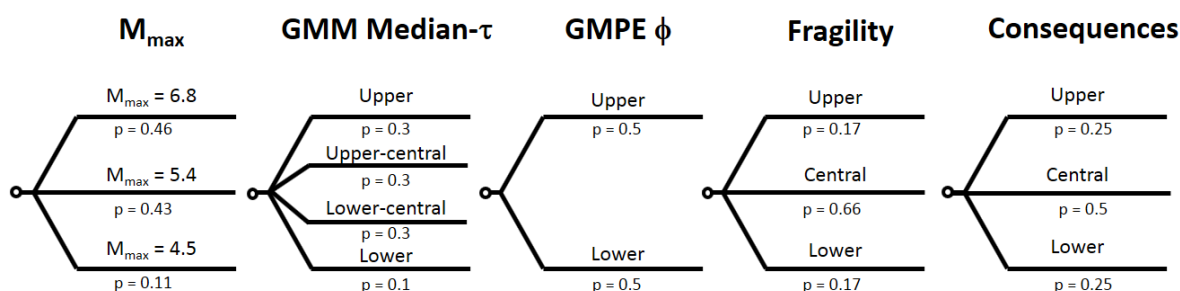
SodM onderschrijft dat de gekozen berekeningsmethode, op basis van een keten van modellen en een Monte Carlo aanpak om de onzekerheden mee te nemen, een goede aanpak is om de aardbevingsrisico's te berekenen.

5.1.2 Is de risicoberekening van de NAM bruikbaar om te toetsen aan de veiligheidsnorm?

Dat de modellen van de NAM van hoog wetenschappelijk niveau zijn, betekent niet automatisch dat deze leiden tot een bruikbare berekening van de risico's. Hiervoor is het van belang dat alle onzekerheden volledig, en op een consistente manier, worden meegenomen. Daarnaast moeten de modellen robuust genoeg zijn. Dit betekent onder andere dat verdere verfijningen, op basis van voortschrijdend inzicht, geen grote effecten meer mogen hebben op de berekende dreigings- en risico-inschatting. In deze paragraaf gaat SodM hier nader op in en zal een aantal kanttekeningen plaatsen bij de uitwerking van de berekeningen door de NAM.

5.1.2.1 Zijn de onzekerheden volledig en op een consistente manier in de risicoberekening meegenomen?

In haar advies over het winningsplan 2016, heeft SodM de uitwerking van de NAM uitgebreid beoordeeld. Mede op basis van de beoordeling van de 'Scientific Advisory Committee' (SAC), externe reviewers en TNO, heeft SodM een aantal redenen geformuleerd, op basis waarvan zij van mening is dat de uitkomsten van de berekening van het veiligheidsrisico moeten worden gerelativeerd (zie hiervoor pagina's 39 en 40 uit het winningsplan advies 2016).



Figuur 5-1:
 Boven: de scenario's die in de risicoberekening worden meegenomen (bron: figuur 9.10 – HRA-studie).
 Linksonder: de verdelingsfunctie voor de maximale magnitude voor Groningen, zoals vastgesteld door een expert panel (bron: figuur 5.29 – HRA-studie).

De belangrijkste kanttekening, die SodM plaatst, is dat de onzekerheden in de verschillende modellen groot zijn en niet volledig en niet consistent worden meegenomen. Van de eerste drie modellen in de keten (het geologische model, het dynamisch model en het compactie model) worden geen onzekerheden meegenomen in de risicoberekening. Daar waar onzekerheden in de

modellen wel worden meegenomen, worden deze, ofwel als bandbreedtes rond een verwachte waarde, ofwel als scenario's, in de berekeningen meegenomen. Echter, door onzekere parameters niet als bandbreedte maar met een beperkt aantal scenario's op te nemen, wordt de onzekerheid van de berekening onderschat en kunnen de uitkomsten wezenlijk verschillen. Deze scenario's worden bepaald op basis van inschattingen door de experts, die de modellen hebben opgezet zonder een duidelijke fysische of modelmatige basis. In figuur 5-1 is te zien hoe de bandbreedte van onzekerheid in de mogelijke maximale magnitude, wordt vervangen door een beperkt aantal scenario's.

Doordat de onzekerheden niet volledig en niet consistent zijn meegenomen in de berekeningen, is het waarschijnlijk dat de verwachtingswaarde niet goed wordt ingeschat en de echte onzekerheidsbandbreedte van de berekende risico's mogelijk nog groter is.

5.1.2.2 Is de berekeningswijze voldoende robuust?

De NAM is continue bezig om de modellen in de berekeningsmethode te verbeteren. De verschillen in uitkomsten tussen verschillende versies van de modellentrein zijn groot. Ook de inschattingen van de onzekerheidsbandbreedte rond de uitkomsten verschillen sterk. Dit betekent dat de modellentrein nog niet voldoende robuust is.

Dit kan het beste worden geïllustreerd met een vergelijking van de uitkomsten van de laatste actualisatie van de berekeningen in november 2017 en de uitkomsten in het winningsplan van 2016.

In november 2017 heeft de NAM een actualisatie van de dreigings- en risicoberekeningen uitgebracht in de HRA-studie. In deze actualisatie worden nieuwe en – ten opzichte van de berekening in het winningsplan 2016 – verder doorontwikkelde modellen gebruikt. De kanttekening, die SodM in 2016 maakte over de grote onzekerheden in de verschillende modellen, blijft echter onverminderd van kracht bij deze actualisatie. Datzelfde geldt voor de eerdere kanttekening van SodM ten aanzien van het niet volledig en niet consistent meenemen van deze onzekerheden.

De uitkomsten van de berekeningen in de actualisatie laten grote verschillen zien met de uitkomsten van de berekeningen voor het winningsplan 2016. In het winningsplan 2016 berekende de NAM dat er, zowel bij een productie van 27 miljard Nm³/jaar als bij een productie van 21 miljard Nm³/jaar, circa 100 gebouwen zijn met een verwachte risico-inschatting boven de 10⁻⁵/jaar. Daarnaast identificeert de NAM in haar winningsplan nog 45 'vallende objecten' met een OIA boven de 10⁻⁵/jaar. Volgens de berekeningen van de NAM in 2016 zouden er dus niet meer dan 145 gebouwen zijn, die boven de veiligheidsnorm uitgaan. In de HRA-studie is de berekening voor 'vallende objecten' in de risicoberekening geïntegreerd. De berekeningen komen in deze studie bij 24 miljard Nm³/jaar uit op circa 3000 gebouwen (figuur 5-2). Dit is meer dan een factor twintig hoger dan de berekeningen in 2016.

Ook de onzekerheidsbandbreedte laat een groot verschil zien tussen de twee berekeningen. Zo komt de P90-inschatting (zie tekstvak 'Monte Carlo berekeningsmethode' in paragraaf 5.1.1) in de nieuwe berekeningen op circa 10.000 gebouwen met een risico-inschatting boven de 10⁻⁵/jaar (zie figuur 5-2), tegen circa 800 gebouwen in het winningsplan 2016.

5.1.2.3 Conclusie

De onzekerheden in de modellen zijn groot en bovendien niet volledig en niet consistent meegenomen in de berekening van de risico's. Hierdoor is het waarschijnlijk dat de verwachtingswaarde niet goed wordt ingeschat en de echte onzekerheidsbandbreedte groter is. Daarnaast zijn de modellen op dit moment (nog) niet robuust genoeg om grote effecten van voortschrijdend inzicht op de berekende risico's te voorkomen. Dit betekent dat toetsing van de berekende risico's aan de norm, op basis van de modellen, niet voldoende betrouwbaar mogelijk is.

De Raad van State heeft in haar uitspraak van 15 november 2017, over het instemmingsbesluit van de minister, aangegeven dat zij er niet van overtuigd is dat de beschikbare risicoberekeningswijze niet gebruikt kan worden. Zij stelt dat er geen andere berekeningswijze beschikbaar is om te toetsen aan de veiligheidsnorm. Juist omdat er geen betere, alternatieve risicoberekeningen beschikbaar zijn, geeft zij aan dat, ook al zijn er veel beperkingen aan de berekeningswijze, deze toch gebruikt kan worden, mits er bijvoorbeeld wordt uitgegaan van marges of een 'worst-case' situatie als uitgangspunt.

SodM kan deze redenering volgen. Bij het formuleren van haar advies zal zij, waar het gaat om de veiligheidsnorm, deze logica dan ook volgen. SodM zal zich baseren op de marges in de uitkomsten van de berekeningen van de NAM. Dit betekent dat zij, zo goed en zo kwaad als dat kan, op basis van deze marges in de berekeningen van de NAM, een inschatting zal maken of aan de veiligheidsnorm wordt voldaan. Ook zal zij, zo nodig, aangeven welke maatregelen mogelijk nodig zijn om met voldoende zekerheid aan de norm te voldoen.

5.1.3 Is er in Groningen sprake van risico's, die hoger zijn dan de veiligheidsnorm?

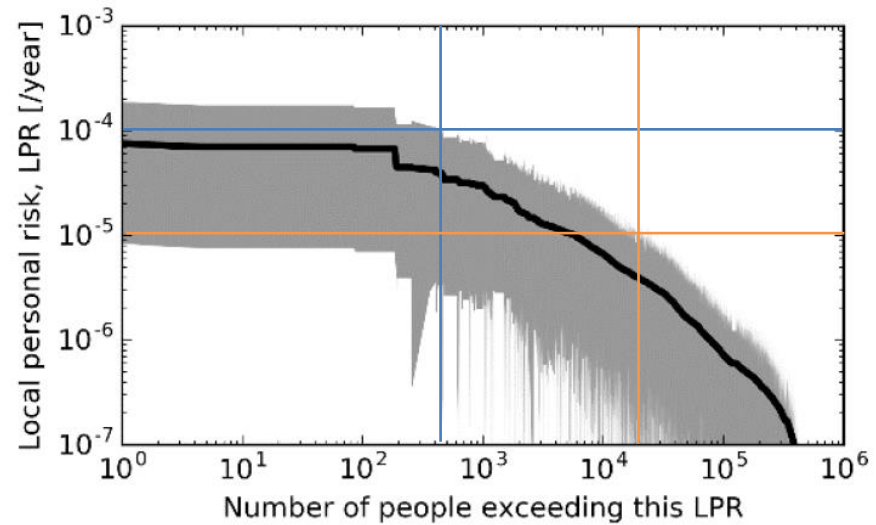
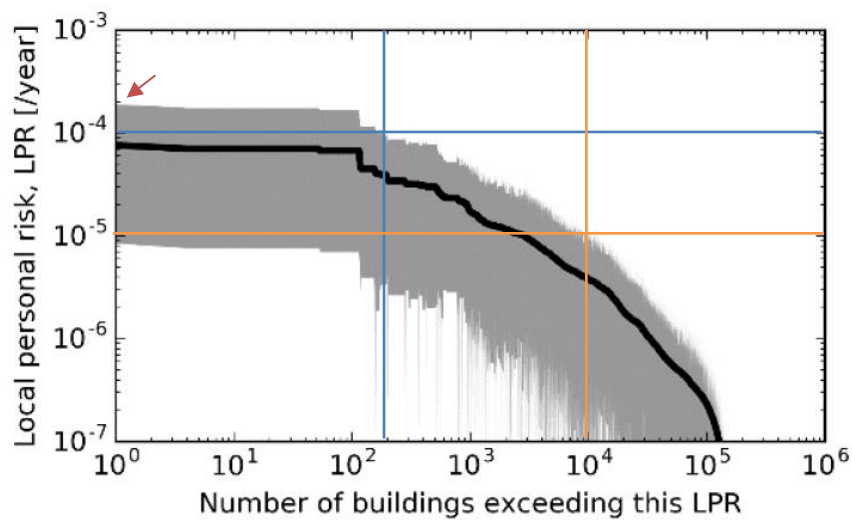
In deze paragraaf zal SodM toetsen of de aardbevingsrisico's in Groningen, met voldoende zekerheid, voldoen aan de veiligheidsnorm. SodM doet dit zo goed en kwaad als dat kan, op basis van de marges in de berekeningen van de NAM. Zoals in paragraaf 5.1.2 is beschreven, worden de onzekerheden in de berekeningen van de NAM (ten dele) meegenomen in de berekeningen van SodM. Dit resulteert in een bandbreedte van mogelijke uitkomsten rond een meest waarschijnlijke uitkomst (zie ook tekstvak 'Monte Carlo berekeningsmethode' in paragraaf 5.1.1). Als bovengrens voor deze bandbreedte rapporteert de NAM de zogenaamde 'P90'-uitkomst. Zoals eerder uitgelegd, betekent deze uitkomst dat de risico's in 90% van de gevallen niet hoger zullen zijn dan de berekende waarde. Omgekeerd is er dan dus nog wel 10% kans dat de risico's wél hoger zijn dan deze waarde. Vanwege de vereiste urgentie gaat SodM in dit advies mee in de door de NAM gekozen marge. SodM wil in een later stadium bezien of niet een ruimere marge gehanteerd moet worden.

In de resultaten van de NAM wordt de P90-berekening weergegeven door de bovenzijde van de grijze bandbreedte in figuur 5-2 (figuur 9.1 uit de HRA-studie¹⁵). Op basis van deze P90-bovengrens concludeert SodM dat er circa 10.000 gebouwen (~20.000 bewoners) zijn, waarvan de OIA's berekend worden op hoger dan 10^{-5} per jaar (oranje lijnen in figuur 5-2). Daarnaast zijn de OIA's voor circa 200 gebouwen (~450-500 bewoners) groter dan 10^{-4} /jaar (de tijdelijke veiligheidsnorm voor de overgangperiode van 5 jaar; blauwe lijnen in figuur 5-2).

De aard van de analyse van de NAM brengt met zich dat we wel een inschatting kunnen maken van hoeveel gebouwen een te hoog risico hebben, maar dat niet precies duidelijk is om welke gebouwen het gaat. Alleen op basis van gerichte inspecties kunnen deze gebouwen worden geïdentificeerd. Als resultaat van de variatie in de ondiepe ondergrond, en het opslingerende effect dat slappe bodem met zich meebrengt, is daarentegen wel bekend dat deze gebouwen zich niet op één specifieke locatie concentreren, maar zich in een groter gebied kunnen bevinden.

SodM benadrukt hierbij nogmaals dat de echte onzekerheidsbandbreedte niet robuust is, en mogelijk groter, als gevolg van het niet volledig en niet consistent meenemen van de onzekerheden in de modellen. De gemaakte inschatting is daarmee vermoedelijk een onderschatting van het aantal gebouwen/personen, waarvan het risico niet aan de norm voldoet.

¹⁵ Let op: de NAM hanteert een andere afkorting voor het OIA dan vastgelegd in het risicobeleid, namelijk Local Personal Risk (LPR). De berekeningswijze is echter wel conform de methodiek vastgelegd in het risicobeleid.



Figuur 5-2: Aantal gebouwen en personen met een risico groter of gelijk aan een risiconiveau. De zwarte lijn geeft de verwachtingswaarde van de berekening, de grijze zone de bandbreedte van mogelijke oplossingen. De bovenzijde van de grijze zone geeft de 'worst case'-berekening weer op basis van de meegenomen onzekerheden. Doordat de onzekerheden niet volledig en niet consistent zijn meegenomen in de berekeningen, is het waarschijnlijk dat de echte onzekerheidsbandbreedte nog groter is. De horizontale blauwe lijn geeft de tijdelijke risiconorm van 10^{-4} /jaar voor de overgangperiode van 5 jaar aan, de horizontale oranje lijn de veiligheidsnorm van 10^{-5} /jaar. De verticale blauwe en oranje lijn geeft het aantal gebouwen (links) en het aantal personen (rechts) aan, waarvoor in de HRA-studie, op basis van de 'worst case', een risico groter dan 10^{-4} /jaar respectievelijk 10^{-5} /jaar berekend wordt.

Bovenstaande analyse laat zien dat er op dit moment in Groningen een gerede kans is dat de aardbevingsrisico's hoger zijn dan de geldende, tijdelijke veiligheidsnorm. SodM onderschrijft dan ook niet de conclusie van de NAM dat er op dit moment geen gebouwen zouden zijn met een risico boven de tijdelijke veiligheidsnorm.

5.1.5 Met welke productiebeperking kan worden voldaan aan de veiligheidsnorm?

In de vorige paragraaf is geconcludeerd dat er een gerede kans is dat er op dit moment in Groningen niet overal aan de tijdelijke veiligheidsnorm wordt voldaan. Om de kans op het niet voldoen aan de veiligheidsnorm te verlagen tot onder de 10%, zijn productiemaatregelen nodig. In deze paragraaf gaan we bepalen welke productiemaatregel daarvoor noodzakelijk is.

Om dit productieniveau te kunnen bepalen, heeft SodM gekeken hoe de berekende inschatting van het hoogste risico afhankelijk is van het gekozen productieniveau. Voor het winningsplan 2016 heeft de NAM de risico's voor drie verschillende winningsniveaus doorgerekend. Deze winningsniveaus en de bijbehorende hoogste risico-inschatting zijn weergegeven in tabel 5-1.

Tabel 5-1: Relatie veranderingen in productieniveau en verandering in het berekende risiconiveau

Productie (miljard Nm ³)	% verlaging productie	Hoogste verwachtingswaarde risico periode 2016-2021*	% verlaging risico
33		~4,8·10 ⁻⁵ /jaar	
27	18%	~3,9·10 ⁻⁵ /jaar	~18%
21	36%	~3,05·10 ⁻⁵ /jaar	~36%

* Afgelezen uit figuur 8.16 Technical Addendum to the Winningsplan 2016 – 1st April 2016

Een vermindering van de productie van 33 miljard Nm³/jaar naar 21 miljard Nm³/jaar (een afname van ~36%) resulteert in een verlaging van het risico met eveneens ~36%. De verlaging van de productie van 33 miljard Nm³/jaar naar 27 miljard Nm³/jaar (een afname van ~18%) geeft ook een afname in het risico met 18%. Dit betekent, dat op basis van tabel 5-1 blijkt dat er een 1-op-1 relatie is tussen een verlaging van het productieniveau en de verandering in het berekende risico. Een halvering van de productie zal bijvoorbeeld resulteren in de halvering van het risico.

Het hoogst berekende 'P90'-risico voor de periode 2016-2022 in de HRA-studie ligt net onder de 2·10⁻⁴/jaar (aangegeven met de rode pijl in figuur 5-2). Om met een zekerheid van 90% aan de veiligheidsnorm te voldoen, zou het productieniveau dusdanig moeten worden gekozen, dat de berekende risico's worden gehalveerd naar onder de 1·10⁻⁴/jaar. Om het risico te halveren hebben we net bepaald dat ook de productie moet worden gehalveerd.

De risicoberekening in de HRA-studie van de NAM is uitgevoerd voor een productieniveau van 24 miljard Nm³/jaar en niet voor het vigerende winningsvolume van 21,6 miljard Nm³/jaar. De conclusie dat het productieniveau moet worden gehalveerd om aan de veiligheidsnorm te voldoen, is gebaseerd op deze berekening (dus bij het volume van 24 miljard Nm³/jaar). Om op basis van deze risicoberekeningen met 90% zekerheid tot 2022 aan de veiligheidsnorm te voldoen, betekent dit dat het productieniveau van 24 miljard Nm³/jaar zou moeten worden gehalveerd tot 12 miljard Nm³/jaar.

5.2 Wat betekent dit nu voor het uitgangspunt van het MRP om terug te gaan naar het waakzaamheidsniveau?

In hoofdstuk 4 is uitgebreid ingegaan op zowel de mogelijke maatregelen van de NAM als op de tabel met het effect van deze mogelijke maatregelen op de aardbevingsdichtheid. Volgens deze tabel verwacht de NAM bij ongeveer 11 miljard Nm³/jaar weer in het waakzaamheidsniveau (groen)

terecht te komen. In hoofdstuk 4 concludeert SodM echter dat de uitgangspunten en uitkomsten van de door de NAM gebruikte methode, om het effect op de aardbevingsdichtheid vast te stellen, niet kunnen worden geverifieerd. Er staat SodM ook geen alternatieve, onafhankelijke methode ter beschikking om dit effect te kunnen bepalen. SodM kan daarom niet met voldoende zekerheid vaststellen in hoeverre een verlaging van het productievolume daadwerkelijk zal resulteren in een zodanige verlaging van de aardbevingsdichtheid, dat wordt teruggekeerd in het waakzaamheidsniveau (groen). Gegeven de grote onzekerheden in alle berekeningen en het feit dat SodM bij het vaststellen van de 12 miljard Nm³/jaar is uitgegaan van 90% zekerheid, is er een redelijke kans dat de verlaging resulteert in een aardbevingsdichtheid binnen het waakzaamheidsniveau (groen).

5.3 Welke mogelijke maatregelen zijn voorstelbaar?

In het verlengde van de voorgestelde maatregelen van de NAM, en het best beschikbare begrip van de relatie tussen gaswinning en seismiciteit, zal SodM de effectiviteit van de volgende maatregelen nader beschouwen:

- Insluiten alle Loppersumclusters
- Beperken fluctuaties van de regio's en van het veld als geheel
- Insluiten van het cluster Eemskanaal
- Een veldbrede productieverlaging, vooral gericht op de clusters oostelijk van Loppersum of gericht op alle resterende clusters in het veld

Deze maatregelen of combinaties ervan kunnen gezamenlijk bijdragen aan de algehele productiereductie tot 12 miljard Nm³/jaar, die benodigd is om naar verwachting aan de veiligheidsnorm te voldoen. Hierna worden deze mogelijke maatregelen één voor één besproken.

5.3.1 Welk effect kunnen we bereiken door de Loppersumclusters helemaal in te sluiten?

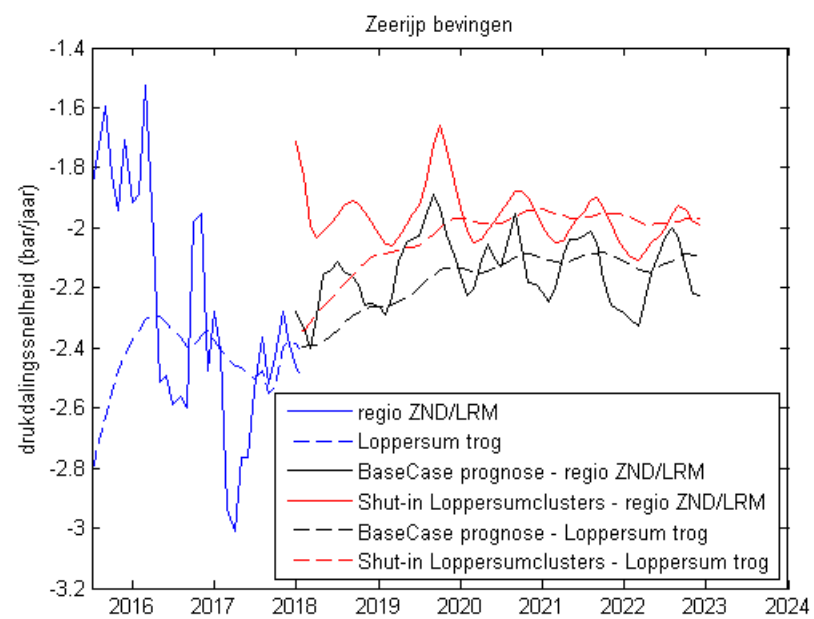
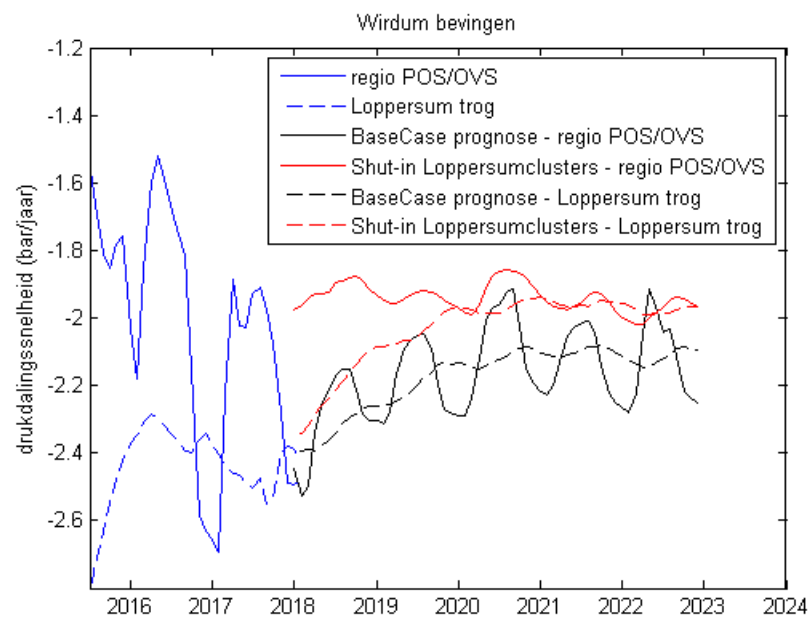
Een van de maatregelen, die de NAM voorstelt om de bevingsactiviteit te beperken, is om de Loppersumclusters helemaal in te sluiten. De rode lijn in figuur 5-3 laat de voorspelde ontwikkeling van de drukdalingssnelheid in de regio Ten Post en Overschild (links) en de regio 't Zand en Leermens (rechts) zien (zie voor de locatie van de regio's figuur 3-7). De onderbroken rode lijn in beide figuren in figuur 5-3 laat de voorspelde ontwikkeling van de drukdalingssnelheid in de Loppersum trog zien (zie voor de locatie van de trog figuur 3-7).

Gedurende 1 à 2 jaar wordt de drukdalingssnelheid rond de Loppersumclusters beperkt, en kan het drukverschil over de breuken dankzij de doorgaande daling in de trog weer verder afnemen.

Het insluiten van de Loppersumclusters heeft hoogstwaarschijnlijk een tijdelijk positief effect op de bevingsactiviteit. Na 1 à 2 jaar is de snelheid van drukdaling in het gehele gebied weer gelijk. Het is waarschijnlijk dat enig reducerend effect op aardbevingen dan is uitgewerkt.

5.3.2 Welk effect kunnen we bereiken met het beperken van de fluctuaties?

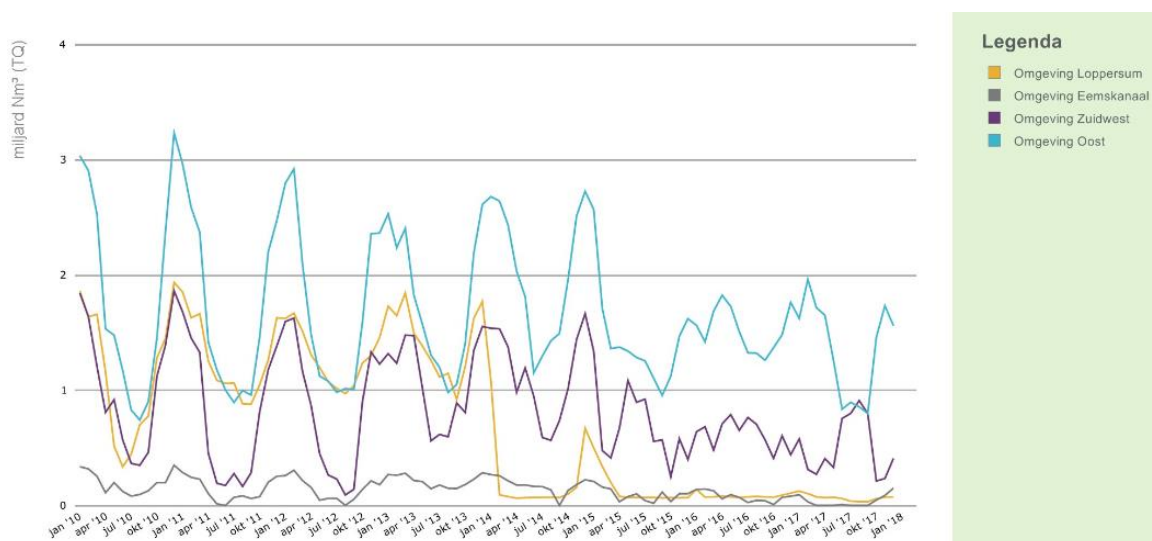
SodM heeft in het verleden sterk de nadruk gelegd op het beperken van de seizoensfluctuaties in het Groningen-gasveld. SodM heeft hierbij benadrukt dat zowel de fluctuaties op veldschaal als de regionale fluctuaties zoveel mogelijk moeten worden beperkt. SodM heeft dit gedaan op basis van de analyse van het CBS, waarbij wordt vastgesteld dat er een statistisch significante versnelling van de drukdaling is waar te nemen, voorafgaand aan de bevingen in het Groningen-gasveld. Het CBS concludeerde dat door een verhoging van de drukdalingssnelheid, bijvoorbeeld door seizoensfluctuaties, er een verhoogde kans ontstond op het triggeren van bevingen op kritisch gespannen breuken.



Figuur 5-3: Prognoses van het effect van het insluiten van de Loppersumclusters op de snelheid, waarmee de druk daalt in de Loppersumtrog, de regio POS/OVS en de regio ZND/LRM.

5.3.2.1 Zijn de seizoensfluctuaties inderdaad beperkt?

In het instemmingsbesluit heeft de minister de fluctuaties op veldschaal beperkt tot +/- 20% ten opzichte van de gemiddelde maandelijkse winning (bij 24 miljard Nm³/jaar is de gemiddelde maandelijkse winning uit het veld 2 miljard Nm³/maand, met een maximum van 2,4 miljard Nm³/maand en een minimum van 1,6 miljard Nm³/maand). In figuur 5-4 is te zien dat de regionale fluctuaties sinds april 2015 weliswaar zijn verminderd, maar dat er regionaal nog steeds fluctuaties van 50-75% ten opzichte van de gemiddelde maandelijkse winning optreden. Door het ene gebied meer en het andere gebied minder te laten produceren, wordt ervoor gezorgd dat aan het instemmingsbesluit voor de veldbrede fluctuaties wordt voldaan.



Figuur 5-4: Maandelijkse productie uit de verschillende groepen van clusters. Een overzicht van de productielocaties en de indeling in de verschillende groepen is te zien in Figuur 3-2.

Op verzoek van SodM heeft het CBS gekeken of het verminderen van de veldbrede seizoensfluctuaties de triggerwerking van de bevingen heeft verminderd (Pijpers, 2018). Uit deze analyse blijkt dat het signaal in karakteristiek wel is veranderd, maar dat er nog steeds een duidelijke versnelling van de drukdaling, voorafgaand aan de bevingen, is waar te nemen. Er zijn nog steeds versnellingen van de drukdaling in het systeem waar te nemen waardoor de kans op het triggeren van bevingen toeneemt. Het CBS denkt dat dit komt door deze regionale en lokale fluctuaties.

5.3.2.2 Moeten de regionale fluctuaties verder worden beperkt?

Op basis van de analyse van het CBS zou het aan te bevelen zijn om ook de regionale fluctuaties zoveel mogelijk te beperken. Operationeel zal dit echter erg moeilijk worden. Er zitten beperkingen in het bovengrondse leidingensysteem, die niet op een afzienbare termijn kunnen worden opgelost. De vraag is dan ook of vastgehouden moet worden aan de veldbrede beperking van de seizoensfluctuaties.

In het door TNO doorgerekende zogenoemde 'business case 2017' productiescenario van de NAM wordt ook de veldbrede seizoensfluctuaties losgelaten. In alle gebieden wordt in de winter meer geproduceerd en in de zomer minder. Dit is terug te zien in de golfbeweging van de zwarte lijnen in figuur 5-3.

Door het insluiten van de Loppersumclusters worden de fluctuaties in de drukdalingssnelheid met name bij de regio Ten Post/Overschild beperkt. Hierdoor wordt de kans op het triggeren van bevingen verminderd. In de regio 't Zand/Leermens worden de fluctuaties in veel mindere mate beperkt door het insluiten van deze twee clusters. De resterende fluctuaties in deze regio worden vooral veroorzaakt door de productie uit het cluster Bierum.

Gegeven het beperkte effect van de doorgerekende seizoensfluctuatie, is SodM van mening dat de veldbrede beperking kan worden losgelaten. Wel acht SodM het verstandig om de huidige regionale fluctuaties van +/- 50% niet verder te vergroten. Vanwege de mogelijke triggerwerking van fluctuaties in de productie uit het cluster Bierum, op de breuken in het Loppersumgebied, acht SodM het verstandig om de fluctuaties in Bierum tot een minimum te beperken (met uitzondering van operationele omstandigheden).

5.3.3 Welk effect kunnen we bereiken door het cluster Eemskanaal helemaal in te sluiten?

De productie uit het cluster Eemskanaal heeft geen effect op de reservoirdruk in het Loppersumgebied. Insluiten van deze productielocatie zal dan ook geen effect hebben op de seismiciteit in dit gebied. Door het insluiten van dit cluster wordt uitsluitend de kans op bevingen in de omgeving van de productielocatie minder. Het seismisch risico in zowel dit gebied als voor de stad Groningen wordt daarentegen met name bepaald door de kans op zwaardere bevingen in het Loppersumgebied. Om deze kans te verlagen helpt een ingreep in de productie van het cluster Eemskanaal niet.

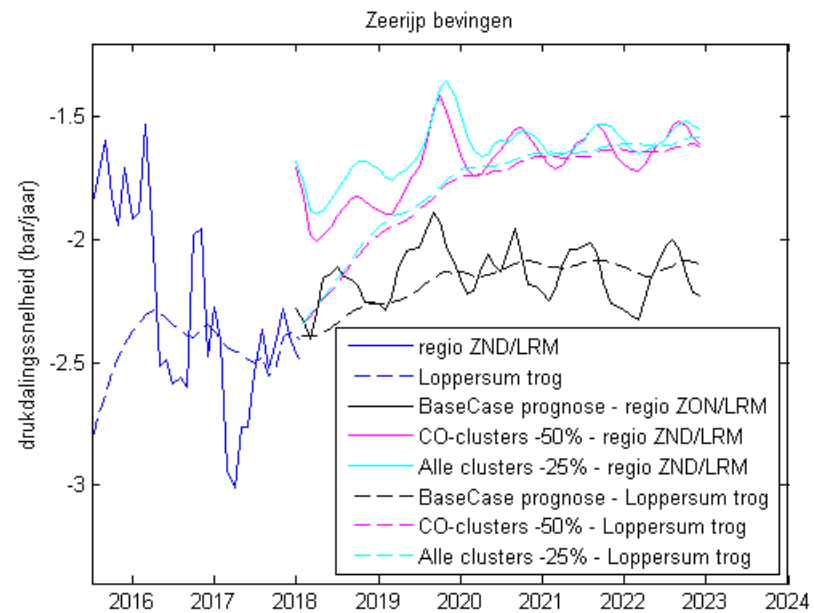
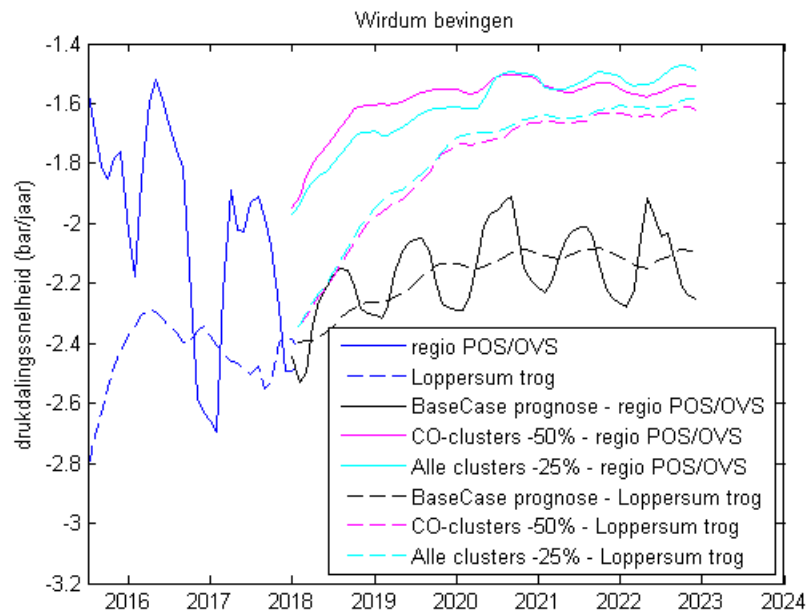
5.3.4 Kan een algemene productieverlaging beter veldbreed of juist gericht bij de clusters nabij Loppersum worden uitgevoerd?

In aanvulling op het insluiten van de Loppersumclusters, is er een extra analyse uitgevoerd met het doel om te bekijken, of met een gerichte maatregel bij de meest nabije clusters, een groter effect kan worden bereikt dan met een evenredig verdeelde volumebeperking (oftewel alle clusters evenveel omlaag in productievolume). Dit effect op de drukdalingssnelheid in het Loppersumgebied is onderzocht bij een volumebeperking van 25%. De volumebeperking van 25% is op twee manieren gerealiseerd; enerzijds door alleen de productie uit de dichtstbijzijnde clusters¹⁶ met 50% te beperken en anderzijds door de productie uit alle clusters met 25% te beperken.

Figuur 5-5 laat zien dat het verschil tussen de twee verdelingen van de volumebeperking over de verschillende clusters op de drukdalingssnelheid rond het Loppersumgebied te verwaarlozen is.

De aanvullende volumebeperking (ongeacht of deze veldbreed of gericht wordt uitgevoerd) zorgt er wel voor dat de drukdalingssnelheid in het Loppersumgebied definitief verder wordt beperkt. Dit zal naar verwachting een aanvullend positief effect op de bevingsactiviteit hebben. Ook duurt het langer voordat de drukdalingssnelheid zich aan beide zijden van de breuk stabiliseert en het positieve effect zijn uitwerking op de bevingsactiviteit weer verliest. Het positieve effect van deze volumebeperkende maatregel zal waarschijnlijk gedurende 2 (voor de regio ZND/LRM) tot 4 jaar (voor de regio POS/OVS) effect hebben.

¹⁶ De centraal-oostelijk gelegen clusters Siddeburen, Tjuchem, Amsweer, Oudeweg en Schaapbulten.



Figuur 5-5: Prognoses op basis van verschillende productiescenario's van de snelheid, waarmee de druk daalt in de Loppersumtrog, de regio POS/OVS en de regio ZND/LRM.

5.4 Conclusies

Om vanuit het oogpunt van individuele veiligheid met gerede kans te kunnen zeggen dat aan de geldende (tijdelijke) veiligheidsnorm van 10^{-4} /jaar wordt voldaan, is het noodzakelijk om de productie te beperken tot 12 miljard Nm^3 /jaar. Daarnaast heeft het versterkingsprogramma tot doel om de huizen in Groningen op korte termijn dusdanig te verstevigen, dat binnen de nu geldende termijn van 5 jaar, alle gebouwen met een risico boven de 10^{-5} /jaar aan deze definitieve norm zullen voldoen.

SodM kan niet vaststellen in welke mate een verlaging van het productievolume zal resulteren in een verlaging van de aardbevingsdichtheid. Daarmee kan SodM ook geen uitspraak doen of met een verlaging naar 12 miljard Nm^3 /jaar de aardbevingsdichtheid ook terugkeert naar het waakzaamheidsniveau (groen). SodM heeft wel de verwachting dat de productieverlaging zal resulteren in een significante verlaging van de aardbevingsdichtheid richting het waakzaamheidsniveau (groen).

Door het insluiten van de Loppersumclusters wordt de drukdalingsnelheid gelijkmatiger, waardoor de kans op het triggeren van bevingen wordt verkleind. Daarnaast geeft het insluiten een tijdelijke, beperkte beperking van de dalingsnelheid. Dit zal een positief effect hebben op de bevingsactiviteit.

Een aanvullende volumebeperking zal een additioneel positief effect hebben op de drukdalingsnelheid en daarmee de bevingsactiviteit. Hoe groter de volumebeperking, des te groter het positieve effect daarvan op de bevingsactiviteit.

Gegeven het beperkte effect van de doorgerekende seizoensfluctuatie op de drukdalingsnelheid, is SodM van mening dat de veldbrede beperking op de seizoensfluctuaties kan worden losgelaten. SodM acht het wel verstandig om de huidige regionale fluctuaties van +/- 50% niet verder te vergroten.

Vanwege de mogelijke triggerwerking van fluctuaties in de productie uit het cluster Bierum, op de breuken in het Loppersumgebied, acht SodM het verstandig om de fluctuaties in Bierum tot een minimum te beperken (met uitzondering van operationele omstandigheden).

6 Advies

In dit hoofdstuk komen de voorgaande delen van dit rapport samen in het advies dat SodM geeft aan de minister van Economische Zaken en Klimaat. Bij de gaswinning uit het Groningenveld, spelen de belangen veiligheid en leveringszekerheid een rol. Daarbij kan de veiligheid in het geding zijn als de levering van gas onvoldoende zeker is gesteld. Het is niet de rol van SodM om over leveringszekerheid te adviseren. GTS adviseert de minister omtrent de mogelijke invloed van productiemaatregelen op de leveringszekerheid. Het is uiteindelijk aan de minister om alle belangen tegen elkaar af te wegen.

Eerst wordt de beving in Zeerijp geduid. Daarna wordt de norm, waaraan SodM toetst (zoals besproken in hoofdstuk 2), kort samengevat. Ook wordt beschreven hoe SodM deze normen toetst. Vervolgens worden de overwegingen van SodM, om te komen tot haar advies, kort toegelicht. Daarna volgt het eigenlijke advies, dat wordt toegelicht op grond van het beste (maar ook beperkte) begrip met betrekking tot hoe de gaswinning doorwerkt op de veiligheid en schade.

6.1 De beving bij Zeerijp

Op 8 januari 2018 werd in de omgeving van Zeerijp, in het centrum van het gaswinningsgebied, een beving gevoeld. De beving had een sterkte van 3,4 op de schaal van Richter. De beving is in een groot gebied gevoeld en heeft veel schade aan gebouwen veroorzaakt. Het bijzondere van deze beving was de hevigheid van de groundbewegingen: de hoogste gemeten grondversnelling was beduidend hoger dan die bij de beving in Huizinge in 2012. Door de bewoners in Groningen werd deze beving dan ook als beangstigend ervaren. Als gevolg van de beving werd het maatschappelijk debat over de gaswinning in Groningen geïntensiveerd.

De beving bij Zeerijp was opnieuw een relatief zwaardere aardbeving in het Loppersumgebied. In dit gebied komen veel bevingen voor. Daarbij gaat het ook nog eens om relatief veel van de zwaardere aardbevingen, zoals de aardbeving van Huizinge in 2012. De productiebeperking in dit gebied in 2014 en de daaropvolgende veldbrede productiebeperkingen hebben in eerste instantie een kentering van de steeds stijgende lijn van bevingsactiviteit teweeggebracht. Juist ook het Loppersumgebied heeft als gevolg daarvan een paar relatief rustige jaren gehad. Echter, in november 2016 begon de activiteit in het Loppersumgebied weer te stijgen. De eerder genomen productiemaatregelen hebben dus slechts een tijdelijk effect gehad. Gegeven de weer toenemende seismiciteit in het Loppersumgebied is de recente seismiciteit in het Zeerijpgebied niet onverwacht. Ook is het niet onverwacht dat deze stijgende activiteit heeft geresulteerd in de zware beving bij Zeerijp. Aan de andere kant, is de snelheid van de escalatie van het aantal bevingen lokaal bij Zeerijp wel onverwacht. Dit advies is daarom een direct gevolg van de beving bij Zeerijp en de eerder waargenomen toenemende seismiciteit in dat gebied.

6.2 Norm voor veiligheid en het voorkomen en beperken van schade

De NAM moet bij de gaswinning voldoen aan de norm voor individuele veiligheid, zoals conform het advies van de Commissie Meijdam door de minister is vastgelegd in zijn risicobeleid. Ook moet de NAM zoveel mogelijk schade voorkomen en beperken zoals vervat in de zorgplicht. Hoe de NAM dit moet doen is voor de gaswinning uit het Groningen-gasveld nader uitgewerkt in het risicobeheersysteem zoals opgenomen in het Meet- en regelprotocol. Het Meet- en regelprotocol is vereist in het instemmingsbesluit. SodM adviseert de minister over veiligheid.

Wijze van toetsing veiligheidsnorm

Aardbevingsrisico's zijn niet direct te meten, maar kunnen wel berekend worden. Hier zijn wel bijzonder complexe berekeningsmethoden voor nodig. Deze berekeningen zijn bovendien gebaseerd op onvolledige kennis van de ondergrond en op veel onzekere veronderstellingen. De uitkomsten van de berekeningen zijn daarom ook in grote mate onzeker.

Omdat er geen andere manier beschikbaar is om de persoonlijke veiligheid te bepalen en zodoende te toetsen of aan de veiligheidsnorm wordt voldaan, maakt SodM toch gebruik van de genoemde berekeningsmethodiek. Dit heeft SodM niet eerder gedaan, omdat zij voorheen van mening was dat de onzekerheden te groot waren. Als gevolg van het hanteren van deze onzekerheidsmarges, is het ondanks alle onvolkomenheden, toch mogelijk om met enige zekerheid een uitspraak te doen of bij een bepaald productieniveau aan de veiligheidsnorm wordt voldaan. SodM volgt hiermee de redenering in de recente uitspraak van de Afdeling bestuursrechtspraak van de Raad van State over de gaswinning in Groningen. De Raad van State stelde dat bij gebrek aan een alternatieve manier om aardbevingsrisico's te berekenen en te toetsen aan de veiligheidsnorm, het beter is om bijvoorbeeld een onzekerheidsmarge te hanteren. SodM vindt deze aanpak passend. Het gaat immers om de veiligheid van de inwoners van de provincie Groningen. De vraag die daarbij opkomt is of SodM wel de juiste onzekerheidsmarge gebruikt. Vanwege de urgentie van haar advies, maakt SodM op dit moment gebruik van de door de NAM gerapporteerde onzekerheidsmarge. Deze marge maakt het mogelijk om vermoedelijk met 90% zekerheid te bepalen of aan de veiligheidsnorm wordt voldaan. SodM wil in een later stadium bezien of niet een andere zekerheidsmarge gehanteerd moet worden.

Wijze van toetsing schade

Om te beoordelen of er voldoende gebeurt om schade te voorkomen en te beperken, toetst SodM het handelen van de NAM aan de zorgplicht. Daarbij kijkt SodM of het eerder genoemde MRP goed wordt toegepast. Nu volgens het MRP het interventieniveau (code rood) bereikt is en er verregaande maatregelen noodzakelijk zijn, zal SodM mede op basis van de voorgestelde maatregelen van de NAM, een advies uitbrengen. Het is daarna aan de minister om een nieuwe afweging te maken en vervolgens te bepalen welke maatregelen genomen moeten worden. SodM zal bij haar advisering toetsen aan de zorgplicht door te bezien of er met de door de NAM voorgestelde productiemaatregelen, voldoende perspectief is om weer terug te gaan naar het waakzaamheidsniveau (code groen). Dit niveau kenmerkt zich door een beperkte mate van seismiciteit met een eveneens beperkte kans op schade als gevolg van aardbevingen.

6.3 Overwegingen

Onzekerheid

SodM is zich er terdege van bewust dat het bijzonder onbevredigend is dat er een grote mate van onzekerheid bestaat omtrent het wel of niet voldoen aan de veiligheidsnorm en de norm om schade zoveel als mogelijk te voorkomen en beperken. Graag zou zij, onderbouwd door meer wetenschappelijk bewijs, adviezen kunnen geven, die meer zekerheid bieden aan de Groningers en de rest van Nederland. Er zijn echter eerst wetenschappelijke doorbraken nodig voordat het zover is. Dat is ook de reden dat onafhankelijk wetenschappelijk onderzoek is opgezet om bij te dragen aan de verdere kennisontwikkeling. De verwachting is dat het gestaag verbeteren van de kennis in de toekomst kan leiden tot het geven van adviezen gebaseerd zijn op meer zekere conclusies. Ook kunnen nieuwe aardbevingen weer een ander licht werpen op de vraag welke maatregelen nodig zijn. Dit onderstreept de noodzaak om voldoende grote onzekerheidsmarges te hanteren.

Veiligheidsbeleving

De beving in Zeerijp van 8 januari heeft een flinke impact gehad op Groningen. SodM hoorde de Commissaris van de Koning de beving kenschetsen als een 'flinke klap' voor Groningen. SodM heeft niet alleen oog voor de gevolgen van de gaswinning voor de veiligheidsrisico's en schade aan gebouwen. Ook ziet zij dat de aardbevingen gevoelens van onzekerheid en angst, en waardedaling van gebouwen en gronden veroorzaken. De gevolgen van de gaswinning werken daarmee door in de veiligheidsbeleving en daarmee het welbevinden en ten dele zelfs de gezondheid van mensen. SodM heeft gezien hoe de Raad van State de aard en omvang van deze sociale gevolgen als een zelfstandig zwaarwegend belang meeneemt in haar oordeelsvorming.

In het genoemde MRP wordt, bij het komen tot het advies omtrent de te nemen productiemaatregelen, dan ook terecht de maatschappelijke impact van aardbevingen meegewogen, evenals de mate waarin een aardbeving verontrustend is voor de betrokken burgers. Bij het komen tot haar advies heeft SodM deze twee factoren, te weten de maatschappelijke impact en de mate van verontrustendheid van de beving in Zeerijp, dan ook meegewogen. De maatschappelijke impact is daarbij niet alleen afgemeten aan de relatief grote aantallen schademeldingen die na de 8 januari beving binnen zijn gekomen, ook heeft SodM kennis genomen van onderzoeken (inclusief het 31 januari 2018 gepubliceerde onderzoek) dat de Rijksuniversiteit Groningen verricht naar onder andere de veiligheidsbeleving van Groningers.

De beide genoemde factoren van het MRP rechtvaardigen opnieuw het hanteren van een voldoende grote onzekerheidsmarge bij het bepalen van welke productiemaatregelen nodig is. En net zoals de NAM ook al suggereerde in haar voorstellen, rechtvaardigen beide factoren op zichzelf al een substantiële productiebeperking.

6.4 Conclusies

Op basis van haar beoordeling van de uitkomsten van de risicoberekeningen van de NAM concludeert SodM dat er op dit moment in Groningen een redelijke kans is dat de aardbevingsrisico's hoger zijn dan de geldende, tijdelijke veiligheidsnorm. Vanuit het oogpunt van veiligheid, ten gevolge van aardbevingsrisico's is het daarom nodig om maatregelen te nemen.

Nu het interventieniveau (code rood) van het MRP is bereikt en ook de aardbevingsdichtheid zich dicht bij de signaalwaarde voor het interventieniveau (code rood) bevindt is het noodzakelijk om maatregelen te nemen waarmee terug wordt geregeld naar het waakzaamheidsniveau (code groen). Hiermee heeft SodM de verwachting dat het aantal bevingen en de kans op zwaardere bevingen weer sterk wordt verminderd. Daarmee wordt schade zoveel als redelijkerwijs mogelijk voorkomen en beperkt.

Het huidige niveau van productie is te hoog om te voldoen aan de normen voor veiligheid en het voorkomen en beperken van schade. Hiervoor is een substantiële productiebeperking noodzakelijk.

6.5 Advies

Alles overwegende komt SodM tot het volgende advies:

1. **Beperk zo snel mogelijk de totale productie uit het Groningen-gasveld tot maximaal 12 miljard Nm³/jaar**

De beste inschatting die SodM op dit moment kan maken is dat, de berekende risico's in de periode 2018 tot 2022, bij een productieniveau van 12 miljard Nm³ per jaar, met redelijke zekerheid onder de veiligheidsnorm zullen uitkomen. SodM begrijpt dat dit getal suggereert dat voldoende precies bepaald kan worden bij welk productieniveau aan de veiligheidsnorm wordt voldaan. Dat is echter niet het geval. SodM hanteert dan ook een onzekerheidsmarge om om te gaan met de grote onzekerheden en te komen tot het geadviseerde productieniveau. Deze marge maakt het mogelijk om vermoedelijk met 90% zekerheid te bepalen of aan de veiligheidsnorm wordt voldaan.

Er is een redelijke kans dat deze verlaging ook zal resulteren in een aardbevingsdichtheid binnen het waakzaamheidsniveau (groen).

Deze volumebeperking zal naar verwachting een positief effect hebben op de drukdalingssnelheid, en in het verlengde daarvan de bevingsactiviteit. Het effect van deze ingreep in het gehele Groningen-gasveld zal echter pas na ongeveer een jaar in het Loppersumgebied zichtbaar worden. De ingreep is bovendien zeer waarschijnlijk tijdelijk, omdat de drukdaling in het veld bij doorgaande productie ook doorgaat. In de tussentijd, voordat het

effect merkbaar wordt, is het mogelijk dat de bevingsdichtheid verder escaleert. Daarmee blijven overschrijdingen van de signaalwaarden van het MRP voorlopig mogelijk.

2. Sluit per direct de clusters Ten Post, Overschild, De Paauwen, 't Zand en Leermens (de 'Loppersumclusters')

De huidige (beperkte) productie uit deze clusters is noodzakelijk om deze clusters in een 'stand-by'-stand te houden voor eventuele calamiteiten of koude perioden. Het Loppersumgebied is echter het gebied met de grootste gevoeligheid voor seismiciteit. De beperkte productie uit de Loppersumclusters veroorzaakt kleine fluctuaties in de snelheid, waarmee de druk in het Loppersumgebied daalt. Dergelijke fluctuaties verhogen de kans op bevingen op de kritisch gespannen breuken in dit gebied. Ook hiervoor is met name het Loppersumgebied gevoelig gebleken. Opschalen van de productie uit de Loppersumclusters, in het geval van een koude winter, zou daarom een sterk verhoogde kans geven op meer en zwaardere bevingen.

SodM adviseert dan ook de Loppersumclusters per direct geheel in te sluiten. Dit zal naar verwachting op korte termijn (3-6 maanden) een positief effect op de bevingsactiviteit hebben. Sluiting van de Loppersumclusters heeft een impact op de totale productie van ongeveer 1 miljard Nm³/jaar, die dus deel uitmaakt van de hiervoor beschreven productiebeperking.

3. Beperk per direct de fluctuaties in de productie uit het cluster Bierum tot maximaal +/-20% (met uitzondering van operationele omstandigheden)

Door het insluiten van de Loppersumclusters worden de fluctuaties in de drukdalingsnelheid met name bij de regio Ten Post/Overschild beperkt. Hierdoor wordt de kans op het induceren van bevingen verminderd. In de regio 't Zand en Leermens worden de fluctuaties in veel mindere mate beperkt door het insluiten van deze twee clusters. De resterende fluctuaties in deze regio worden vooral veroorzaakt door de productie uit het cluster Bierum.

Vanwege de mogelijke activerende werking van fluctuaties in de productie uit het cluster Bierum op de breuken in het Loppersumgebied, acht SodM het verstandig om de fluctuaties in Bierum tot een minimum te beperken (met uitzondering van operationele omstandigheden).

4. Beperk zo snel mogelijk de regionale fluctuaties in de productie van de overige clusters tot het huidige niveau van +/- 50%. De beperking van de fluctuaties van +/- 20% voor de productie uit het gehele Groningenveld kan onder deze voorwaarde worden losgelaten.

SodM heeft in voorgaande adviezen steeds benadrukt dat vlak winnen het aantal en de kans op zwaardere bevingen verder zou kunnen verminderen. Uit de analyses van het CBS blijkt echter dat met name de regionale fluctuaties nog steeds een belangrijke bijdrage leveren aan het activeren van bevingen. Op basis van de analyse van het CBS zou het aan te bevelen zijn om ook deze regionale fluctuaties zoveel mogelijk te beperken. Operationeel zijn er echter beperkingen in het bovengrondse leidingensysteem, die niet op een afzienbare termijn kunnen worden opgelost. De vraag is dan ook of vastgehouden moet worden aan de veldbrede beperking van de seizoensfluctuaties.

In het door TNO doorgerekende 'business case 2017 productiescenario' van de NAM wordt in alle gebieden in de winter meer geproduceerd en in de zomer minder. Deze seizoensfluctuatie heeft een beperkt effect op de drukdaling in het Loppersumgebied. SodM is van mening dat vermits de regionale fluctuaties binnen de huidige bandbreedte van +/- 50% blijven, de veldbrede beperking kan worden losgelaten.

Op basis van de scenario's die SodM heeft laten doorrekenen met het NAM reservoir model voor het Groningen-gasveld, zijn er geen aanwijzingen dat bepaalde clusters extra beperkt zouden moeten worden in productie. Dit geeft GTS en GasTerra de vrijheid om de productie van 12 miljard Nm³/jaar, vanuit het oogpunt van leveringszekerheid, zo optimaal mogelijk over de nog producerende clusters te verdelen.

Sluiting van het cluster Eemskanaal helpt niet om de escalatie in de seismiciteit bij Zeerijp te beïnvloeden. SodM ziet op dit moment dan ook geen noodzaak om over de productie bij het cluster Eemskanaal nader te adviseren.

SodM benadrukt nogmaals dat de effectiviteit van de geadviseerde maatregelen afhankelijk is van de mate en snelheid, waarmee deze worden geïmplementeerd.

6.6 Toekomstperspectief

Het productieniveau van 12 miljard Nm³/jaar zal zeer waarschijnlijk niet het eindpunt zijn. Als gevolg van de doorgaande drukdaling zal de seismiciteit in de toekomst waarschijnlijk toch weer toenemen en daarmee ook de risico's weer verhogen. SodM verwacht daarom dat de winning uiteindelijk verder afgebouwd zal moeten worden. Hierbij is er een redelijke kans dat uitsluitend met het volledig stoppen van de gaswinning ook op langere termijn wordt voldaan aan de normen voor veiligheid en het voorkomen en beperken van schade

De lange termijn ontwikkeling is echter omgeven door grote onzekerheden. Zo is het zelfs mogelijk dat er toch een winningsniveau bereikt wordt, waarmee de seismiciteit binnen de aanvaardbare grenzen van het MRP blijft, en dat dit niveau voor langere termijn kan worden volgehouden. Alleen continue, intensieve monitoring van de seismiciteit middels het MRP zal duidelijkheid kunnen geven over de daadwerkelijke ontwikkeling van de risico's en dus de gaswinning.

De aanvaardbare grenzen voor veiligheid en schade zijn echter niet de enige elementen, die meegewogen moeten worden. Ook de veiligheidsbeleving en de sociale gevolgen van de aardbevingen moeten meegenomen worden. Naar verwachting zullen deze factoren steeds zwaarder gaan wegen.

Referenties

- Adviescommissie 'Omgaan met risico's van geïnduceerde aardbevingen' (Commissie-Meijdam), 2015; Eindadvies Handelingsperspectief voor Groningen.
- T. den Bezemer en J. van Elk, 2017; Special Report on the Loppersum earthquakes – December 2017. NAM rapport.
- T. den Bezemer en J. van Elk, 2018; Special Report on the Zeerijp Earthquake – 8th January 2018. NAM rapport.
- J. van Elk en D. Doornhof, 2017; Induced Seismicity in Groningen, Assessment of Hazard, Building Damage and Risk – November 2017. NAM rapport.
- A.G. Muntendam-Bos and J.A. de Waal, 2013; Reassessment of the probability of higher magnitude earthquakes in the Groningen gas field, 16 January 2013.
- A.G. Muntendam-Bos, J.A. de Waal, J.P.A. Roest, 2017; The effect of imposed production measures on gas extraction induced seismic risk. Netherlands Journal of Geosciences — Geologie en Mijnbouw |96 – 5 | s271–s278.
- NAM, 2017; Optimisation of the Production Distribution over the Groningen field to reduce Seismicity". NAM rapport.
- NAM, 2016; Groningen Meet- en Regelprotocol.
- NAM, 2016; Winningsplan Groningen Gasveld 2016.
- F. Pijpers, 2016; A phenomenological relationship between reservoir pressure and tremor rates in Groningen. Technical report, Statistics Netherlands.
- F. Pijpers, 2018; Improved time resolution relationship between pressure and earthquake rates in Groningen. CBS publicatie Scientific paper 2018|01.
- T. Postmes, K.Stroebe, J.Richardson, B.LeKander en F.Oldersma, 2016; Veiligheidsbeleving, gezondheid en toekomstperspectief van Groningers: Wetenschappelijk rapport 1. Heymans Institute, Universiteit Groningen.
- T. Postmes, K.Stroebe, J.Richardson, B. LeKander, F.Oldersma, J.Broer, F.Greven, 2018; Gevolgen van bodembeweging voor Groningers: Ervaren veiligheid, gezondheid en toekomstperspectief 2016-2017. Gronings perseptief.
- SodM, 2016, Advies Winningsplan Groningen 2016.
- SodM, 2017, Advies Groningen gasveld n.a.v. Rapportage recente aardbevingen Wirdum en Garsthuizen 2016/2017.

Afkortingenlijst

BIR	Bierum cluster
CBS	Centraal Bureau voor de Statistiek
EZK	Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
GTS	Gasunie Transport Services
IGM	Inspecteur-generaal der Mijnen
LPR	Local Personal Risk
LRM	Productielocatie Leermens
MRP	Groningen Meet- en Regelprotocol
NAM	Nederlandse Aardolie Maatschappij
OIA	Objectgebonden Individueel Aardbevingsrisico
OVS	Productielocatie Overschild
PAU	Productielocatie De Paauwen
PGA	Maximale grondversnelling
PGV	Maximale grondsnelheid
POS	Productielocatie Ten Post
SAC	Scientific Advisory Committee
SodM	Staatstoezicht op de Mijnen
TNO	Nederlandse Organisatie voor Toegepast-Natuurwetenschappelijk Onderzoek
ZND	Productielocatie 't Zand

**Voor veiligheid en gezondheid van burgers
en milieu en zorg voor onze natuurlijke
hulpbronnen**

Staatstoezicht op de Mijnen

Henri Faasdreef 312 | Den Haag
Postbus 24037 | 2490 AA Den Haag
T 070 379 84 00
F 070 379 84 55

sodm@minez.nl
www.sodm.nl

1 februari 2018