

Mijnraad

Aan
De minister van Economische Zaken en Klimaat
Postbus 20401
2500 EK Den Haag

Datum	Uw kenmerk	Ons kenmerk	Bijlage(n)
29 juni 2018	18072342	MIJR/18154796	8

Betreft: Mijnraadadvies veiligheidsrisico's en versterkingsopgave Groningen

In de brief van 20 april heeft u het Staatstoezicht op de Mijnen (SodM), het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI), de Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek (TNO) en het Nederlands Normalisatie-instituut (NEN) een aantal vragen gesteld over de veiligheidsrisico's van de gaswinning uit het Groningen-veld en de versterkingsopgave. Ook richtte u een aantal vragen aan een panel van hoogleraren in het onderzoeksveld van risicoanalyse.

U vroeg de Mijnraad toe te zien op de voortgang rond de totstandkoming van de adviezen van deze instellingen. Ook vroeg u om uiterlijk 1 juli 2018 een integrerend advies uit te brengen over de gevolgen van de afbouw van de gaswinning voor de veiligheidsrisico's en de versterkingsoperatie.

Naar aanleiding van een Kamermotie¹ heeft u gevraagd om in het advies specifiek helderheid te geven over batch 1588 en 1581:

"Het gaat daarbij om duidelijkheid in welke mate de versterkingsopgave voor deze batches vanuit het oogpunt van veiligheid nodig is, gegeven de snelle afbouw in gaswinning. Ook verzoek ik u in te gaan op de vraag in welke mate wordt verwacht dat nieuwe (technische) kennis of standaardiseringen zonder veel doorlooptijd alsnog kunnen worden ingezet zodat de veiligheid wordt geborgd, doch onnodige sloop wordt voorkomen."

Bijgaand vindt u het gevraagde advies van de Mijnraad. De adviezen van de vier instituten en van het panel van hoogleraren zijn als bijlagen opgenomen. De termijn voor het opstellen van dit advies en de adviezen van de vier instituten en het panel van hoogleraren was bijzonder kort. Meer detaillering en uitwerking zou bij een langere adviestermijn mogelijk geweest zijn. Het ontwikkelen van de denkrichting bleek mogelijk zonder deze detaillering.

Met dank voor het in ons gestelde vertrouwen,



Prof. dr. J.C. Verdaas
Voorzitter Mijnraad

¹ Tweede Kamer, Vergaderjaar 2017–2018, 33 529 nr 491

Mijnraad

Vooraf

Uiterlijk in 2030 stopt de gaswinning in Groningen. Wat zijn de gevolgen van dit besluit voor het aantal en de sterkte van de aardbevingen? En wat betekent dat voor de veiligheidsrisico's en het aantal te versterken woningen? Daarover vroeg de minister van EZK ons² advies. Ons advies bevat een rationele analyse. Deze feiten plaatsen we in een bredere context. Een context die uniek is en waarbij we niet kunnen teruggrijpen op reeds beproefde aanpakken.

Modellen, een noodzakelijk hulpmiddel

Het antwoord op bovenstaande vragen kan alleen gegeven worden met hulp van modellen. Enkele nuancerende opmerkingen over de rol van modellen zijn op hun plaats. Modellen zijn in de ogen van de Mijnraad een hulpmiddel om de werkelijkheid te benaderen en te begrijpen. Rond 'Groningen' zijn ze echter de afgelopen jaren zelf tot een werkelijkheid geworden. Een werkelijkheid op grond waarvan bepaald wordt wat wel en niet moet gebeuren.

Er is geen alternatief voor het gebruik van modellen. We hebben ook geen reden om te veronderstellen dat er in de modellen tot op heden geen integere keuzes zijn gemaakt. Maar wanneer modellen en de uitkomsten daarvan niet aansluiten op de beleefde werkelijkheid, krijgen mensen het gevoel dat ze ofwel voor de gek gehouden worden, of dat ook de experts er weinig van begrijpen. Het behoeft geen nadere uitleg dat deze interpretatie het vertrouwen en gevoel van veiligheid onder de Groningers niet bevordert.³

Veiligheid boven alles

Gelukkig zijn belanghebbenden en beslissers het ook over een aantal zaken met elkaar eens. Met de komst van de stikstoffabriek kan het niveau van de gaswinning snel naar beneden. In 2030 stoppen we volledig met de gaswinning in Groningen. De veiligheidsrisico's zullen hierdoor afnemen. Waar de veiligheid nu nog in het geding is, moet snel en adequaat gehandeld worden.

Dilemma

De overheid ziet zich geconfronteerd met een bestuurlijk dilemma wat betreft het proces van versterking. Vanuit het oogpunt van behoorlijk bestuur is het belangrijk om de consequenties van het nieuwe beleid zo transparant mogelijk in beeld te brengen en de bewoners te informeren over de (nieuwe) status van hun behuizing.⁴

Er zijn woningen die nu niet langer meer in de gevarenzone vallen, maar die eerder wel die status hebben gekregen. Aan de bewoners zijn toen toezeggingen gedaan. De bewoners en eigenaren van deze huizen die toch veilig blijken, worden al jaren geconfronteerd met de onzekerheid wat er met hun huis zal gaan gebeuren, zonder hierop te kunnen anticiperen. Ze rekenen erop dat eerder gewekte verwachtingen worden ingelost. Sommigen zullen nooit meer afkomen van het gevoel van onveiligheid en daarom toch versterking willen. Eerlijkheid in de behandeling van deze burgers is cruciaal. Het eenzijdig opschorten van gedane toezeggingen of gewekte verwachtingen is dan bezwarend. Maar: het versterken of slopen van deze huizen heeft wel ingrijpende consequenties voor de bewoners. Ook kan het ertoe leiden dat huizen worden versterkt (of onderwerp zijn van sloop en nieuwbouw) tegen de wens van de bewoners in, als voor hen helder is dat het veiligheidsrisico door het besluit van

² Bijlage A1 geeft de samenstelling van de Mijnraad.

³ Een uitgebreidere beschouwing over modellen is opgenomen in bijlage A2.

⁴ Zie voor een beschouwing over behoorlijk bestuur bijlage A3.

Mijnraad

29 maart – op korte termijn – wordt gereduceerd. Bovendien reduceert het versterken van deze woningen de capaciteit om veiligheid te verschaffen aan bewoners van woningen die zich wél in de gevarenzone bevinden. Een uitweg uit dit dilemma is dan om de dialoog aan te gaan met eigenaars en bewoners over de vorm van de versterking of andere aanpassing aan hun huis of de omgeving.

Richtinggevend advies

In alle bescheidenheid, dé oplossing bestaat niet. Al is het maar omdat mensen, ook in de regio, uiteenlopende ideeën hebben over 'de oplossing'. Bovendien is er, zoals altijd, sprake van voortschrijdend inzicht waardoor geponeerde oplossingen achteraf altijd weer (terecht) ter discussie worden gesteld. Gegroeide patronen en beelden doorbreek je niet met een advies. Wel hopen we met dit advies de ontstane knoop enigszins te ontwarren en richting te geven aan alle betrokkenen om te herontdekken waar wel overeenstemming over is, wat er nodig is en wat kan. Passend bij de opgave, passend bij Groningen.

Opbouw van het advies

In hoofdstuk 1 werken we als eerste een aantal uitgangspunten uit. Daarop baseren we drie parallelle trajecten van actie. Hoofdstuk 2 geeft een prioritering in de versterkingsaanpak en legt het verband met de lopende versterkingsaanpak. Achtergrond bij het formuleren van de parallelle trajecten van actie en de prioritering in de versterkingsaanpak waren een analyse van de gebruikte modellenketens en de adviezen van SodM, KNMI, TNO, NEN en het panel van hoogleraren. Die beschrijven we in hoofdstuk 3 en 4. We sluiten af met een slotwoord.

Mijnraad

1. Drie parallelle trajecten van actie

Startpunt is het besluit van minister Wiebes namens het kabinet van 29 maart 2018 de gaswinning in Groningen versneld af te bouwen en te stoppen in 2030. Daarmee honoreert de minister een lang gekoesterde wens van vele Groningers. Dit besluit wordt breed omarmd en heeft ook de waardering van de Mijnraad.

Tegelijkertijd zorgt het besluit ook voor een lastig dilemma als het gaat om de versterkingsopgave: moet de versterkingsopgave op volle kracht en in volle omvang worden doorgezet, afspraak is immers afspraak en liever iets te veel versterken dan geconfronteerd worden met nieuwe onzekerheid en vertragingen. Of moet deze heroverwogen worden, omdat door het hanteren van nieuwe inzichten er wellicht sneller, meer precies en minder ingrijpend meer veiligheid geboden kan worden?

De Mijnraad heeft met dit advies geprobeerd dit lastige dilemma constructief te benaderen. Wat de Mijnraad betreft ligt de uitdaging in een aanpak die recht doet aan alle waarden die onder dit dilemma schuilen. We komen dan uit op drie parallelle trajecten van actie. Daarbij gaat de Mijnraad uit van risico-inschattingen die gebaseerd zijn op de nieuwste inzichten van de diverse adviseurs. De Mijnraad vindt het essentieel dat deze inzichten en resultaten goed en breed gedeeld worden. De nieuwe risico-inschattingen verschillen behoorlijk van de risico-inschattingen die gehanteerd zijn voor het bepalen van de omvang van de versterkingsoperatie tot nu toe.⁵

Zes uitgangspunten

Als basis voor dit advies heeft de Mijnraad zes uitgangspunten geformuleerd. Deze vormen voor ons de leidraad bij het opstellen van het advies en het bieden van een handelingsperspectief bij deze zeer complexe opgave. Dit zijn onze uitgangspunten:

1. Veiligheid eerst. Daarvoor is een specifieke veiligheidsnorm⁶ afgesproken. We adviseren prioriteit te geven aan de huizen die het verst verwijderd zijn van deze veiligheidsnorm en dus het meest onveilig zijn.
2. Snelheid gaat vóór het meekoppelen van woningverbetering als de veiligheid in het geding is.
3. Tijdrovende inspecties worden zo veel mogelijk vermeden; standaardoplossingen per type huizen worden gebruikt waar mogelijk.
4. Gedane toezeggingen en gewekte verwachtingen worden niet eenzijdig ongedaan gemaakt, maar worden in dialoog met bewoners/eigenaars herzien.
5. Ook de komende jaren neemt de kennis van de ondergrond toe en worden de modellen verfijnd. Dan kan voortschrijdend inzicht ertoe leiden dat minder woningen versterkt hoeven te worden. Ook dan geldt het vorige uitgangspunt van het niet eenzijdig ongedaan maken van gewekte verwachtingen.
6. Daar waar veiligheid niet – langer – in het geding is, wordt door de betrokken partners geïnvesteerd in een perspectief, in dialoog met bewoners.

⁵ Zie ook het kader op de volgende pagina.

⁶ De veiligheidsnorm zoals die werd geadviseerd door de Commissie-Meijdam, zie voor de definitie de tweede alinea van hoofdstuk 3.

Mijnraad

Aantallen te versterken gebouwen in de versterkingsaanpak – toen en nu

Tot nu toe

Tot nu toe gingen we ervan uit dat mogelijk ruim 20.000 gebouwen versterkt zouden moeten worden. Dit was gebaseerd op eerdere veronderstellingen over het toekomstige niveau van de gaswinning, de toenmalige kennis op het gebied van de ondergrond en van de aardbevingsbestendigheid van gebouwen. Met deze grote aantallen was de keuze voor een gebiedsgerichte aanpak in batches een logische. Een flink aantal woningen is in het kader van deze aanpak geïnspecteerd en beoordeeld om te zien of versterking noodzakelijk was. Dit versterkingsproces begon met een inspectie van de woning en de boodschap aan een deel van de bewoners: 'Uw woning is mogelijk onveilig, versterkingsmaatregelen zijn nodig'.

Voor een groep voorlopers en voor woningen in de eerste batch (de batch 1467) is de daadwerkelijke versterking grotendeels al in uitvoering.

De woningen in de tweede en derde batch (de batches 1588 en 1581) zijn wel al vrijwel allemaal geïnspecteerd, maar de uitvoering van de versterkingsmaatregelen is nog niet gestart.

Volgens de nieuwe inzichten

Naar de nieuwe inzichten zijn er ca. 1.500 te versterken gebouwen – inclusief gebouwen in de onzekerheidsmarge⁷ zijn dat er zo'n 7.200. Van die 1.500 gebouwen zijn er ca. 1.000 nog geen onderdeel van de batches 1467, 1588 en 1581; bijna 500 zijn wél onderdeel van een batch.

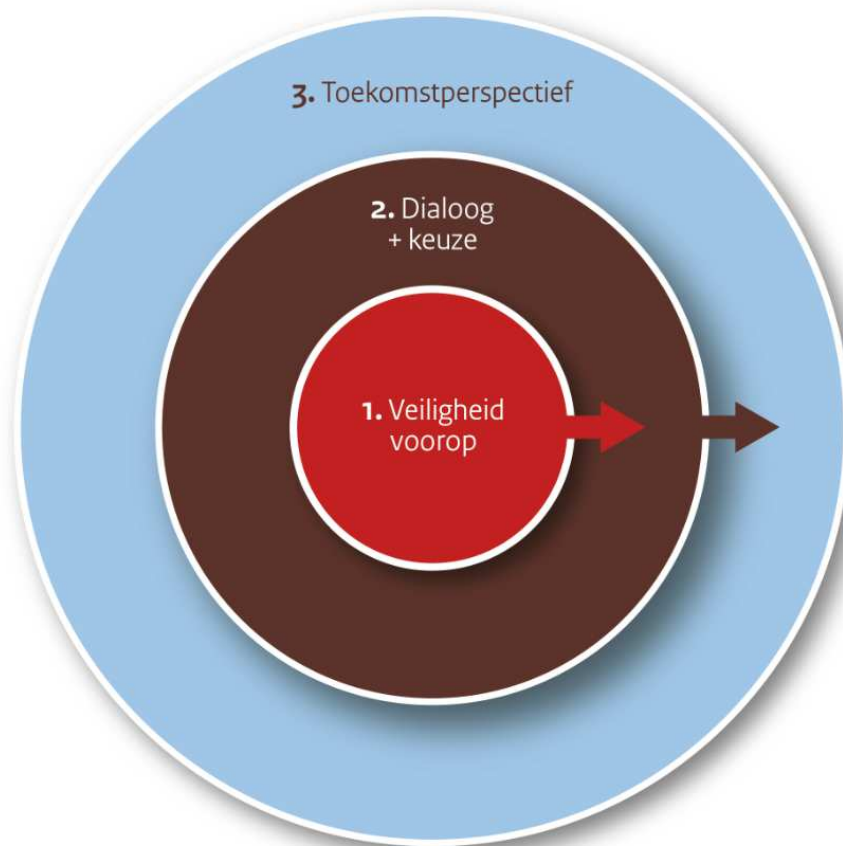
Drie parallelle trajecten van actie

De afgelopen maanden werd het hierboven geschetste dilemma van de versterkingsopgave steeds duidelijker zichtbaar. Wij willen op basis van de zes uitgangspunten een handelingsperspectief bieden. Dit handelingsperspectief is een poging het complexe vraagstuk te ontvlechten. We komen zo tot drie parallelle trajecten die we hieronder toelichten.

Dit handelingsperspectief zal overigens alleen werken als de betrokkenen met elkaar vaststellen waarover ze het wél eens zijn en bereid zijn de verschillende trajecten niet met elkaar te verknopen.

⁷ Zie ook onder het kopje *Toepassing onzekerheidsmarge* in hoofdstuk 4.

Mijnraad



Het eerste traject: Veiligheid voorop

- Een lager niveau van gaswinning vermindert de seismiciteit, de veiligheidsrisico's en ook de versterkingsopgave. Echter: op dit moment zijn er 1.500 gebouwen⁸ waarvoor de veiligheidsnorm niet gehaald wordt.
- Voor deze gebouwen is maar één oplossing denkbaar: ze moeten zo snel mogelijk op het gewenste niveau van veiligheid worden gebracht. Dat wat nodig is voor de veiligheid, moet ook gebeuren. Daarover valt niet te onderhandelen.
- De versterking van deze gebouwen wordt aangepakt op volgorde van afstand tot de veiligheidsnorm, dat wil zeggen dat de meest onveilige woningen als eerste aan de beurt komen.
- Voor deze woningen worden geen tijdrovende inspecties uitgevoerd. De versterkingsmaatregelen worden gebaseerd op de woningtypologie.
- Bij de uitvoering van maatregelen aan woningen wordt zo min mogelijk tijd, energie en geld verspild aan detaildiscussies en –afspraken over de precieze reikwijdte van de maatregel. Uitgangspunt is dat inpassing of afwerking met ruime opvatting onder de versterking valt. Bijvoorbeeld: er wordt niet gediscussieerd of de bewoner het nieuwe behang op een versterkte muur toch zelf moet betalen.

⁸ In de informatie die de Mijraad tot zijn beschikking heeft gekregen, is afwisselend sprake van aantallen woningen, gebouwen, adressen of adviezen. Dat is ook de reden dat aantallen niet altijd op elkaar aansluiten. De Mijraad spreekt in dit advies van woningen, en waar de precisie dit vereist van gebouwen (soms vormen meerdere woningen één gebouw, zoals bij een flatgebouw).

Mijnraad

- Meekoppelkansen als isolatie en verduurzaming kunnen worden benut. Maar alleen als deze niet ten koste gaan van het tempo en dus de snelheid van het bereiken van veiligheid.

Het tweede traject: Dialoog + keuze

- Voor een minderheid van de woningen in de batches⁹ geldt dat zij naar de huidige inzichten niet voldoen aan de veiligheidsnorm. Die woningen zijn onveilig en zijn dus onderdeel van de aanpak in het eerste traject.
- De beschikbare versterkingscapaciteit moet zo veel mogelijk worden gericht op de gebouwen in het eerste traject. Zonder meer doorgaan met de aanpak van alle woningen in de batches zou betekenen dat aandacht en energie gericht worden op woningen die dat op grond van het veiligheidsrisico niet nodig hebben. Dat kan dan ten koste gaan van de veiligheid van gebouwen in het eerste traject. Praktische overwegingen (bijvoorbeeld het in één keer uitvoeren van versterkingen aan een huizenblok in plaats van aan individuele woningen) moeten hier wel in redelijkheid worden meegewogen.
- Een (groot) deel van de woningen in de batches voldoet naar de nieuwe inzichten wél aan de veiligheidsnorm. De Mijnraad vindt dat voor deze woningen – die dus géén onderdeel uitmaken van het eerste traject – geldt dat gedane toezeggingen niet eenzijdig kunnen worden opgezegd.¹⁰ Gewekte verwachtingen kunnen evenmin worden genegeerd. Hier moet een dialoog worden gestart met de bewoners/eigenaren. Het centrale thema is niet langer de veiligheid, maar de vraag of de toegezegde of verwachte maatregelen nog wenselijk zijn, nu blijkt dat dat hun huis wél veilig is. Wellicht geven bewoners/eigenaren in het licht van de nieuwe inzichten de voorkeur aan een andere maatregel, een tijdelijke maatregel of géén maatregel. De bewoner/eigenaar krijgt hier dus de keuze, waarbij indien gewenst ook nog de optie wordt gegeven om een inspectie te laten uitvoeren om te bepalen of het huis inderdaad bouwkundig veilig is. Hier ligt ook een relatie met het derde traject (zie hieronder) waarbij vooral het creëren van een toekomstperspectief centraal staat.
- Met de woningcorporaties wordt ook een dialoog gevoerd over de nieuwe inzichten: daar waar woningen geen veiligheidsrisico meer lopen, wordt gekeken op welke wijze een bestendig toekomstperspectief kan worden geboden. Dat moet samen met de huurders gebeuren. Een meer gebiedsgerichte benadering in de geest van de stadsvernieuwing ligt hier voor de hand. Zie hiervoor ook de toelichting bij traject drie.
- Bij dit alles is het besparen van geld geen doel op zich; het creëren van perspectief en het herstellen van vertrouwen staan centraal.

⁹ Zie voor de aantallen per batch de tabellen 2 en 3 aan het eind van hoofdstuk 2 van dit advies

¹⁰ Zie hiervoor bijlage A2 over behoorlijk bestuur.

Mijnraad

Geen strikt juridische benadering

In een strikt juridische benadering zouden we voor de afwikkeling van batches 1467, 1588 en 1581 moeten ontleden wie precies wat gezegd en geschreven heeft aan de bewoners, in de hele reeks van besluiten van de minister van EZK tot aan individuele brieven en gesprekken. Vervolgens moeten we conclusies trekken over hoe 'hard' de gedane toezeggingen zijn, als inschatting van het oordeel van een rechter hierover. Waarschijnlijk blijkt dan dat de toezeggingen in de eerste batch in juridische zin harder en bindender zijn dan die in de laatste batch.

De Mijnraad volgt deze juridische benadering niet in dit advies. Een dergelijke benadering kost veel tijd, omdat je daarvoor alle individuele dossiers moet bekijken. Maar dat is niet onze belangrijkste afweging. De essentiële vraag is namelijk hoe je als overheid zorgvuldig kunt omgaan met alle belangen bij gewijzigde inzichten. Dan moet de burger niet tegenover een almachtige overheid komen te staan. Willekeur moet voorkomen worden, besluitvorming moet transparant en navolgbaar zijn. Toezeggingen kunnen niet eenzijdig worden opgezegd, gewekte verwachtingen kunnen niet zonder meer worden genegeerd.

Concreet: de huidige situatie vraagt er in de ogen van de Mijnraad om dat de overheid enerzijds de consequenties van het besluit de gaswinning versneld af te bouwen zo goed mogelijk in beeld brengt en de gewijzigde inzichten deelt met de burger. Anderzijds kan zij alleen in dialoog met de bewoner nieuwe conclusies trekken.

Het derde traject: toekomstperspectief bieden aan de regio

Op korte termijn zetten we dus alles in op wat vanuit het oogpunt van veiligheid noodzakelijk (eerste traject) en gewenst is. Daar waar al afspraken zijn gemaakt of verwachtingen zijn gewekt (tweede traject) wordt in dialoog met de bewoners naar een oplossing gezocht. Door over de eerste twee trajecten heldere afspraken te maken en aan de slag te gaan, leggen we een stevige basis. Zo ontstaat ruimte tussen Rijk, regio en bewoners voor het werken aan een toekomstperspectief.

We zien dat mensen in de regio bang zijn dat zij 'vergeten worden', nu er zicht is op het beëindigen van de gaswinning binnen afzienbare tijd. We onderscheiden daarom nog een derde traject: het werken aan een toekomstperspectief. Dit inzicht is ontstaan bij het ontvlechten van de opgave in de trajecten die we hier onderscheiden. Omdat het toekomstperspectief niet de centrale vraag is in de adviesaanvraag, zijn we hier minder precies en formuleren we onze gedachten vooral als overwegingen die we willen meegeven aan alle betrokkenen. Daarnaast laat een dergelijk traject zich ook minder goed preciseren en is het allereerst een opgave van de betrokkenen zelf.

Bundelen van middelen en inzet Rijk, regio corporaties

Voor het creëren van een nieuw perspectief en het 'helen' van de regio geven wij de betrokken partners in overweging de beschikbare middelen en inzet zoveel mogelijk te bundelen. Dan kunnen ze elkaar versterken en ontstaat gedeeld eigenaarschap. Cruciaal daarvoor is een gedeeld perspectief op de regio en de opgaven.

Mandaat en verantwoordelijkheid binnen kaders bij de regio beleggen

Rijksverantwoordelijkheid wil niet zeggen dat het Rijk ook zelf de uitvoering ter hand neemt. Wij geven daarom in overweging gezamenlijk de kaders vast te stellen en de verantwoordelijkheid voor de uitvoering in de regio te beleggen. Ook omdat soms per dorp of buurt maatwerk geboden is en een generieke aanpak daarbij niet dienstbaar

Mijnraad

zal zijn. Zo kan de regio zelf beslissen of en waar bijvoorbeeld een opkoopregeling opportuun is.

Bestuurlijke verantwoordelijkheid verbreden

Het is evident dat de directe effecten van de gaswinning en het matigen daarvan onder de verantwoordelijkheid vallen van het ministerie van EZK. De bredere aanpak in het derde traject gaat over veel meer dan veiligheid alleen. Hier gaat het vooral om het creëren van perspectief en het 'helen' van de regio in eendrachtige samenwerking tussen regionale partners en het Rijk. Wij geven in overweging dit ook zichtbaar te maken door de bestuurlijke verantwoordelijkheid te verbreden en dit derde traject bij voorbeeld het ministerie van BZK onder te brengen.

Iedereen zal moeten bewegen op rol, verantwoordelijkheid en inzet van middelen

Door de opgave te ontvlechten in drie parallelle trajecten ontstaat ruimte om te doen wat noodzakelijk is en iets meer tijd te nemen voor wat wenselijk is. Dat lukt alleen als partijen bereid zijn te bewegen en met elkaar vast te stellen dat de veiligheid en de regio gediend zijn bij het ontvlechten van de opgave. Die beweging raakt zowel aan rollen en verantwoordelijkheden als aan de inzet van beschikbare middelen. Het verleden moet worden losgelaten, hoe lastig dat ook zal zijn voor sommige betrokkenen.

Forfaitaire benadering

De beschikbare middelen zouden forfaitair kunnen worden ingezet. Dat voorkomt dat elke actie afzonderlijk verantwoord moet worden. Dat betekent niet dat er geen verantwoording hoeft te worden afgelegd voor de inzet van de beschikbare middelen. Het betekent wel dat bij het realiseren van de doelen een bepaalde mate van handelingsvrijheid geboden wordt die niet altijd vanzelfsprekend is in het overheidsdomein. Dit vergt ook dat de politiek gaat monitoren op het bereiken van doelen en niet op de precieze bestemming van elke bestede euro.

Sluit casuïstiek vanwege de transactiekosten

Omdat tot voor kort is gewerkt vanuit het perspectief van de aansprakelijkheid, ging veel geld gaan zitten in de zogeheten transactiekosten. Hoezeer te begrijpen vanuit dit perspectief, willen wij ervoor pleiten om – afhankelijk van de situatie – het mogelijk te maken dossiers te sluiten door ruimhartig te handelen. Sommige situaties laten zich nu eenmaal niet eenvoudig in protocollen en aansprakelijkheid vangen. De transactiekosten wegen niet op tegen de gewenste investering.

Mijnraad

2. Ons advies voor een nieuwe versterkingsaanpak

Bij het formuleren van een advies voor een nieuwe versterkingsaanpak hebben we te maken met de lopende versterkingsoperatie, waarin batches zijn gevormd. Daarnaast heeft SodM in zijn advies door een onzekerheidsmarge te hanteren de P90-groep gedefinieerd. We komen dan tot het volgende overzicht.¹¹

		Lopende versterkingsoperatie	
		Gebouw in batch 1467, 1588 of 1581	Gebouw niet in batch
Veiligheidsrisico klein <-----> groot	Verwachtingswaarde risico > 10⁻⁵	483 gebouwen <i>zie hieronder ad 1)</i>	ca. 1.000 gebouwen <i>zie hieronder ad 2)</i>
	Verwachtingswaarde risico < 10⁻⁵; in P90-groep	522 gebouwen <i>zie hieronder ad 3)</i>	5.200 gebouwen <i>zie onder ad 4)</i>
	Verwachtingswaarde risico < 10⁻⁵; niet in P90-groep	2.214 gebouwen <i>zie hieronder ad 3)</i>	<i>zie onder ad 5)</i>

Tabel 1 Overzicht veiligheidsrisico, batches en nieuwe versterkingsaanpak

'Veiligheid voorop' (zie eerste traject in het vorige hoofdstuk) vereist dat versterking *onmiddellijk* in gang gezet wordt voor gebouwen woningen die onveiliger zijn dan de veiligheidsnorm van 10⁻⁵. We adviseren prioriteit te geven aan de gebouwen die volgens de nieuwe inzichten het verst verwijderd zijn van de veiligheidsnorm, dat zijn de gebouwen in de bovenste rij van bovenstaand overzicht.¹²

De Mijnraad vindt dat de versterking van woningen aangepakt moet worden in de onderstaande prioriteitsvolgorde:

Ad 1) Gebouwen in batches 1467, 1588 en 1581 met een veiligheidsrisico > 10⁻⁵

Voor de gebouwen in de batches 1467, 1588 en 1581 die de norm van 10⁻⁵ niet halen (op basis van verwachtingswaarde), moet de versterking zo snel mogelijk worden doorgezet. Over deze woningen is al veel informatie beschikbaar, zodat versterking *snel* kan worden uitgevoerd.¹³

¹¹ Tabel 2 aan het eind van dit hoofdstuk geeft ook aantallen per batch, en het aantal adressen.

¹² Een rangschikking op basis van de verwachtingswaarde is beschikbaar bij de NAM en SodM, maar kan op grond van particuliere gegevensbescherming niet openbaar worden gemaakt. Een rangschikking op grond van de P90-benadering is op het moment niet beschikbaar, maar SodM kan NAM opdragen om die aan te leveren. Het ligt echter in de verwachting dat de hoogst gerangschikte woningen op de 'verwachtingswaardelijst' niet of nauwelijks zullen afwijken van die op de 'P90-lijst'.

¹³ Als er al een versterkingsadvies ligt, zijn de voorgestelde maatregelen gebaseerd op voldoen aan NPR9888:2015, wat te conservatief is. In overleg met de bewoner/eigenaar kan gekeken worden of eenvoudiger versterkingsmaatregelen aan de orde zijn.

Mijnraad

Ad 2) Gebouwen met een veiligheidsrisico > 10⁻⁵, niet in batch 1467, 1588 en 1581

Ook voor gebouwen die tot nu toe geen onderdeel uitmaakten van een batch in de lopende versterkingsaanpak en die de veiligheidsnorm van 10⁻⁵ niet halen, moet het versterkingstraject zo snel mogelijk worden gestart. Om hierin tempo te maken, moet zo veel mogelijk gebruik worden gemaakt van de eerder opgedane kennis over de woningtypes in plaats van het uitvoeren van tijdrovende inspecties.

Ad 3) Gebouwen in batches 1467, 1588 en 1581 met een veiligheidsrisico < 10⁻⁵, maar wel in P90-groep én gebouwen in batches 1467, 1588 en 1581 met een veiligheidsrisico < 10⁻⁵, niet in P90-groep

Voor woningen in de batches 1467, 1588 en 1581, die op basis van verwachtingswaarde wel voldoen aan de veiligheidsnorm van 10⁻⁵, geldt dat overleg met de bewoners/eigenaren moet worden gevoerd.

In deze categorie zijn twee groepen te onderscheiden:

- gebouwen die wél onderdeel zijn van de P90-groep;
- en gebouwen die géén onderdeel zijn van de P90-groep.

Bij het overleg met de bewoners/eigenaren moet daarom de betekenis van de onzekerheidsmarge worden toegelicht. Hierna kan de bewoner zelf kiezen of de versterking van de woning – al dan niet in aangepaste vorm¹⁴ – doorgezet wordt, dan wel achterwege blijft (traject 2). Tevens moet de mogelijkheid worden geboden om via een inspectie en risicoanalyse met behulp van de NPR 9998:2018 vast te stellen of de veiligheidsnorm inderdaad gehaald wordt.

Ad 4) Gebouwen met een veiligheidsrisico < 10⁻⁵, wel in P90-groep, geen onderdeel van de batches 1467, 1588 en 1581

Voor woningen die tot nu toe geen onderdeel uitmaakten van een batch in de lopende versterkingsaanpak, die wel voldoen aan de norm van 10⁻⁵, maar die zich in de P90-groep bevinden, geldt eenzelfde aanpak als onder 3). Dat wil zeggen dat overleg met de bewoners/eigenaren moet worden gevoerd. Daarbij moet de betekenis van de onzekerheidsmarge worden toegelicht. Daarna kan de bewoner zelf kiezen of versterking voor zijn/haar woning in gang gezet wordt, dan wel achterwege blijft.

Ad 5) Overige gebouwen

Andere dan bovengenoemde gebouwen boven het Groningenveld zijn geen doelgroep (meer) voor versterking.

De Mijnraad merkt hierbij op:

- Woningen met structurele aardbevingsschade (scheefstand, grote scheuren) die volgens de prioritering van NAM/SodM wel voldoen aan de veiligheidsnorm, komen in aanmerking voor individuele inspectie. Daarbij moet worden opgemerkt dat in veel gevallen lichte aardbevingsschade (bijvoorbeeld kleine scheuren) geen effect heeft op de veiligheid van de woning voor toekomstige aardbevingen.¹⁵
- Praktische overwegingen (bijvoorbeeld het in één keer uitvoeren van versterkingen aan een huizenblok in plaats van aan individuele woningen) moeten in redelijkheid worden meegewogen bij het prioriteren.
- Aan bewoners/eigenaren van woningen die wel voldoen aan de veiligheidsnorm, maar die deel zijn van de P90-groep zoals geformuleerd door SodM wordt de keus

¹⁴ Als er al een versterkingsadvies ligt, zijn de voorgestelde maatregelen gebaseerd op voldoen aan NPR9888:2015, wat te conservatief is. In overleg met de bewoner/eigenaar kan gekeken worden of eenvoudiger versterkingsmaatregelen aan de orde zijn.

¹⁵ Advies van panel van hoogleraren (bijlage B5), pagina 14.

Mijnraad

gegeven: ofwel versterken, ofwel een andere (tijdelijke) maatregel, of géén versterking (zie hierboven onder 4). Een risico van deze keuzevrijheid is de mogelijkheid van conflicterende keuzes (bijvoorbeeld van burens in een woningblok of flat, of bij conflicterende wensen van verhuurder en woningeigenaar of corporatie.) Een optie is om voor deze situaties een arbitragemogelijkheid te creëren.

- Bij de uitvoering van maatregelen aan woningen wordt zo min mogelijk tijd, energie en geld verspild aan inspecties, detaildiscussies en –afspraken over de precieze reikwijdte van de maatregel. Uitgangspunt is dat inpassing of afwerking met ruime opvatting onder de versterking valt. Bijvoorbeeld: er wordt niet gediscussieerd of de bewoner het nieuwe behang op een versterkte muur toch zelf moet betalen.
- Voor het versnellen van het versterkingsprogramma kan worden overwogen om bij woningen van eenzelfde typologie die bij elkaar in de buurt staan, de versterking in één keer uit te voeren.¹⁶ Ook 'zelfinspectie'¹⁷ door bewoners is mogelijk, aan de hand van een eenvoudige vragenlijst. Zij kunnen veranderingen in de bouwkundige staat (bijvoorbeeld door verbouwingen) eerder op het spoor komen.
- Het valt niet uit te sluiten dat huizen die eerst als onveilig zijn geclassificeerd, nog voordat zij versterkt zijn toch veilig blijken te zijn (door afnemende gasproductie of voortschrijdend technisch inzicht). Dit kan gebeuren door grenzen aan de versterkingscapaciteit (bijvoorbeeld door beperkte beschikbaarheid van aannemers en materieel) en door de benodigde voorbereidingstijd (voor 'engineering'). Ook voor deze categorie adviseert de Mijnraad de dialoog aan te gaan met bewoners om te bezien of de versterking alsnog wordt uitgevoerd of daarvan wordt afgezien.
- Omgekeerd kan het ook voorkomen dat een woning naar verwachting slechts korte tijd (bijvoorbeeld één jaar) niet aan de norm zal voldoen. De Mijnraad adviseert hier een beroep te doen op redelijkheid van alle partijen en te zoeken naar pragmatische oplossingen. Zeker als de periode waarin de woning 'onder de norm' blijft, zo kort is dat versterking niet op tijd kan worden uitgevoerd. Ook hier geldt dat de keuze van de bewoners/eigenaren voor versterking (of niet) leidend moet zijn in de besluitvorming.
- Op basis van het advies van NEN¹⁸ verwacht de Mijnraad dat het niet de moeite waard is tijd en energie te steken in (de ontwikkeling van) tijdelijke versterkingsmaatregelen. Beter is het om woningen niet langer allemaal individueel te inspecteren, maar direct over te gaan tot het implementeren van eenvoudige, niet-ingrijpende, standaard versterkingsmaatregelen, gebaseerd op het type woning. Dit biedt de mogelijkheid om snelheid en volume te realiseren met waarschijnlijk ook lagere kosten.
- Van de woningen die niet aan de veiligheidsnorm voldoen, zou versterken gericht moeten worden op een grote groep die *op korte termijn* en *efficiënt* aangepakt kan worden. Uit het NEN- en TNO-advies blijkt dat dit bijvoorbeeld het URM4L-type kan zijn, een groep woningen van hetzelfde type die in eerdere berekeningen¹⁹ ca. 46% van de versterkingsopgave besloeg. Dit type woning kenmerkt zich door de grote openingen in de gevel op de begane grond. Deze typen zijn ook als zwak naar voren gekomen uit NPR-analyses.

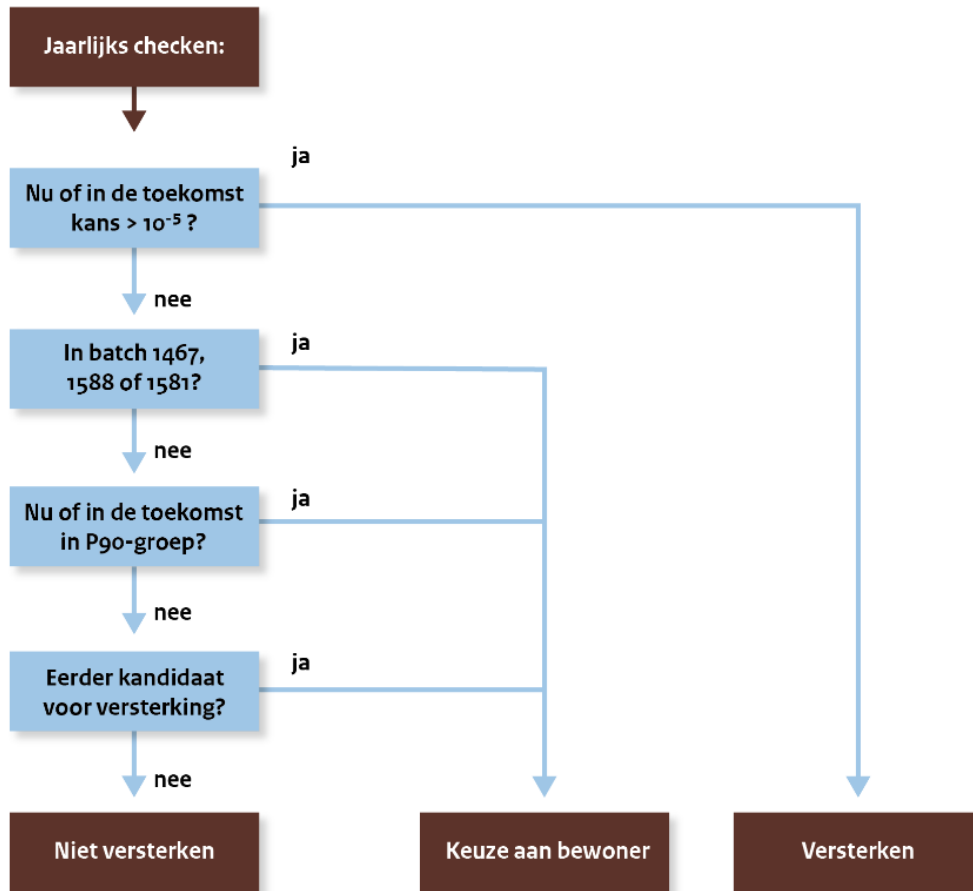
¹⁶ Advies van TNO (bijlage 3, pagina 23.

¹⁷ Advies van panel van hoogleraren (bijlage B5), pagina 11.

¹⁸ Zie bijlage B4.

¹⁹ Zie TNO-advies (bijlage B3), pagina 13.

Mijnraad



Figuur 1: Stroomschema voor versterkingsaanpak op grond van jaarlijkse risicoanalyse

Figuur 1 geeft een stroomschema van de belangrijkste stappen in het versterkingsproces, zoals geadviseerd door de Mijnraad. Zoals hierboven aangegeven, moeten vaak praktische keuzes gemaakt worden in verband met bijvoorbeeld beperkte uitvoeringscapaciteit, kortdurende periodes van verhoogd risico, schaalvoordelen bij gecombineerde versterking, of tegengestelde wensen van bewoners in een gezamenlijk woningblok. De Mijnraad adviseert om hier in eerste instantie met betrokken partijen te zoeken naar een oplossing, eventueel gevolgd door arbitrage in geval van conflict.

Mijnraad

Veiligheid				
	batch	aantal gebouwen		
Veiligheidsnorm 10^{-5} wordt niet gehaald				
verwachtingswaarde risico $> 10^{-5}$, onderdeel van lopende batch	'1467'	335	483	ca. 1.500 (=ca. 1600 adressen)
	'1588'	135		
	'1581'	13		
verwachtingswaarde risico $> 10^{-5}$, geen onderdeel van lopende batch			ca 1.000	
Toepassing onzekerheidsmarge				
verwachtingswaarde risico $< 10^{-5}$, wel in P90-groep onderdeel van lopende batch	'1467'	111	522	ca 5.700 (=ca 7.000 adressen)
	'1588'	250		
	'1581'	161		
verwachtingswaarde risico $< 10^{-5}$, wel in P90-groep, geen onderdeel van lopende batch			ca. 5.200	
Totaal veiligheidsnorm 10^{-5} plus toepassing onzekerheidsmarge				

Afwikkeling van lopende batches				
verwachtingswaarde risico $< 10^{-5}$, niet in P90-groep, maar onderdeel van lopende batch	'1467'	763	2.214	
	'1588'	535		
	'1581'	916		

Tabel 2 Aantallen gebouwen in de verschillende categorieën en batches²⁰

NB De naamgeving van de batches 1467, 1588 en 1581 is afgeleid van het aantal adressen van deze batches. Aardbevingsbestendigheid wordt echter *per gebouw* berekend. In de batches

²⁰ Op basis van cijfers SodM en NAM, 2019, Basispad Kabinet, gemiddeld temperatuurprofiel.

Mijnraad

komen ook flatgebouwen voor, dat wil zeggen meerdere adressen in één gebouw. Het aantal gebouwen in de batches is daarom lager dan het aantal adressen. Bovenstaande tabel noemt het aantal gebouwen, niet het aantal adressen. De aantallen per batch tellen daarom niet op tot 1467, 1588 en 1581, maar tot respectievelijk 1209, 920 en 1090. De batches 1467, 1588 en 1581 bevatten namelijk respectievelijk 1209, 920 en 1090 gebouwen.

Batch	Aantal gebouwen	Waarvan risico $>10^{-5}$	Waarvan risico $<10^{-5}$, maar wel in P90-groep	Waarvan veilig: risico $<10^{-5}$, niet in P90-groep
1467	1.209	335 (28%)	111 (9%)	763 (63%)
1588	920	135 (15%)	250 (27%)	535 (58%)
1581	1.090	13 (1%)	161 (15%)	916 (84%)
Totaal	3.219	483 (15%)	522 (16%)	2.214 (69%)

Tabel 3 De gebouwaantallen in de batches gespecificeerd naar veiligheidsrisico

Mijnraad

3. Modellenketens voor de berekening van het veiligheidsrisico

In hoofdstuk 1 hebben we het proces geschetst dat volgens de Mijnraad nodig is. In hoofdstuk 2 hebben we ons advies voor een versterkingsaanpak gegeven. In twee hoofdstukken leggen we uit waarop we dat baseren. In dit hoofdstuk wordt de onderbouwing van risico-inschattingen in modellenketens verder uitgewerkt. De diverse adviezen analyseren en duiden we in het volgende hoofdstuk.

De Commissie-Meijdam heeft in 2015 geadviseerd over de veiligheidsnorm en het kabinet heeft die overgenomen. Volgens deze norm voor het veiligheidsrisico mag de jaarlijkse kans op overlijden als gevolg van de gaswinning maximaal 1:100.000 (ook aangeduid als 10^5) zijn. Hiermee wordt voor gaswinning hetzelfde risico aangehouden als voor bijvoorbeeld de waterveiligheid (de kans op overlijden door overstromingen).

Om het risico te berekenen zijn als invoer onder andere nodig:

- De hoeveelheid te produceren gas (niet alleen de jaarproductie, maar ook de verdeling over de seizoenen);
- De productiestrategie (op welke locatie worden welke putten op het Groningenveld ingezet voor de productie van hoeveel gas?).

Vervolgens zijn modellen nodig om te berekenen tot welke veranderingen in de ondergrond die gasproductie leidt. Die ondergrondse veranderingen vertalen we dan weer naar de kans op bewegingen van het aardoppervlak (de aardbevingen) op een bepaalde plek: de seismische dreiging (*seismic hazard*).

Deze seismische dreiging moet worden gecombineerd met modellen die weergeven hoe een gebouw reageert op een aardbeving (kwetsbaarheidscurves of *fragility curves*). Ook wordt berekend onder welke omstandigheden dit leidt tot dusdanige gedeeltelijk instorting van het gebouw dat er kans is op overlijden.²¹ Dat is het seismische risico (*seismic risk*).

Voor beantwoording van de vraag of een gebouw moet worden versterkt – en daarmee uiteindelijk hoe groot de totale versterkingsopgave is – moet niet alleen gekeken worden naar het gebouw. Ook de locatie is relevant, omdat de seismische dreiging niet overal hetzelfde is.

Twee modellenketens

Achter elkaar geschakelde modellen, waarbij het ene model gebruik maakt van de resultaten van een ander, noemen we modellenketens. Voor dit advies is van belang dat er op dit moment twee modellenketens zijn:

1. De NAM-modellenketen

NAM heeft in de afgelopen jaren een complete modellenketen gebouwd, dus zowel voor het ondergrondse deel als bovengronds voor de gebouwen.²² Hierin worden zo veel mogelijk alle onzekerheden meegenomen in de berekening van het risico. Dat noemen we een *probabilistische aanpak*. NAM neemt de resultaten van deze modellen op in winningsplannen. De NAM kan alleen gas winnen, als de minister van EZK heeft ingestemd met dit winningsplan. Voor het instemmingsbesluit

²¹ Hierbij wordt ervan uitgegaan dat de *Near Collapse* situatie is bereikt als 10% van het gebouw is ingestort.

²² SodM beschrijft en beoordeelt de NAM-modellenketen in bijlage I van zijn advies (bijlage B1).

Mijnraad

maakt de minister van EZK gebruik van advies van toezichthouder SodM, die de berekeningen van NAM toetst.²³

2. De modellenketen van KNMI-NEN

Op verzoek van de minister van EZK heeft KNMI voor dit advies van de Mijnraad kaarten gemaakt van de seismische dreiging. Die zijn gebaseerd op de resultaten van het ondergrondse model van NAM. Die kaarten geven de maximale grondversnelling, de *peak ground acceleration (PGA)*, aan die per locatie met een bepaalde kans kan optreden. TNO en NEN hebben voor enkele veel voorkomende type woningen doorgerekend wat deze kaart betekent voor het veiligheidsrisico en de versterkingsopgave.²⁴ TNO en NEN maken hierbij gebruik van een vereenvoudigde berekeningsmethode (een zogenaamde *semi-probabilistische aanpak*), de Nederlandse Praktijkrichtlijn (NPR) 9998. De bouwnorm NPR 9998 geeft voorschriften voor de berekening van de aardbevingsbestendigheid van woningen. In hun adviezen hebben TNO en NEN een zo veel mogelijk geactualiseerde versie van deze norm gebruikt, waarbij op een verantwoorde wijze elementen zijn meegenomen uit de nog vast te stellen NPR 9998:2018.²⁵

De NPR 9998-versie die tot nu toe gebruikt is in de versterkingsoperatie, is de eerste versie uit 2015. Deze versie, aangeduid als de NPR 9998:2015, is gebaseerd op de seismische gegevens zoals beschikbaar gesteld door het KNMI in oktober 2015.²⁶ De NPR 9998:2017 is gebaseerd op meer geavanceerde modellen van KNMI en NAM, waarbij per locatie het meest ongunstige resultaat als maatgevend is beschouwd.²⁷ Naast het lagere winningsniveau verklaren bovenstaande twee oorzaken (verbetering van de seismische modellen en verbetering bouwkundig deel NPR 9998) de grote verschillen in de aantallen te versterken woningen in de versterkingsoperatie tot nu toe (op basis van NPR 9998:2015) en de huidige berekeningen van zowel NAM als TNO en NEN.

Voor dit moment zijn er dus twee routes beschikbaar voor de berekening van het risico: de probabilistische NAM-aanpak en de semi-probabilistische NEN-aanpak. De probabilistische NAM-aanpak is een zeer degelijk en wetenschappelijk verantwoorde modellenketen die zowel op onderdelen als integraal getoetst is door onafhankelijke, internationaal gerenommeerde experts.

Het KNMI heeft gedurende de afgelopen jaren een eigen methode gehanteerd voor het produceren van dreigingskaarten (*hazard maps*). Die zijn gebaseerd op KNMI-

²³ SodM schrijft op pagina 15 van zijn advies (bijlage B1): "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. SodM is van mening dat de modellen van de NAM over het algemeen van hoogstaand niveau zijn (de beoordeling van de meest recente modellen is te vinden in bijlage I). De modellen maken grotendeels gebruik van de beste wetenschappelijke kennis die op dit moment beschikbaar is."

²⁴ Zie bijlage B2 tot en met B4.

²⁵ De ontwikkeling van de NPR versie 2018 moet met spoed worden voortgezet. Dit gaat met name om het completeren, valideren en officieel publiceren van Annexes G en H (voor "*in-plane*" en "*out-of plane*" bezwijken); zie advies panel van hoogleraren (bijlage B5), pagina 15.

²⁶ KNMI, *Probabilistic Hazard Analysis for Induced Earthquakes in Groningen*; update 2015, October 2015, Bernard Dost and Jesper Spetzler

²⁷ In bijlage III van zijn advies gaat SodM (bijlage B1) nader in op de verschillen in de risicoberekeningen van de NAM en de NPR-aanpak. Daarbij wordt ook een inschatting gemaakt van de consequenties voor de risicoschattingen. Ook TNO en NEN (bijlage B3 en B4) gaan in hun adviezen in op deze verschillen. Bovendien zitten er verschillen tussen deze analyses.

Mijnraad

metingen van de werkelijk opgetreden seismiciteit, in combinatie met NAM-modellen voor golfvoortplanting en maximale aardbevingssterkte. Een dergelijke 'terugkijkende' methode is echter niet bruikbaar voor het doen van voorspellingen wanneer de productieniveaus drastisch gaan veranderen, zoals het geval is bij het terugschroeven van de gaswinning. Het KNMI heeft daarom nu ervoor gekozen om ook gebruik te maken van het 'vooruitkijkende' seismische model van NAM. Alle drie de onderliggende NAM-modellen zijn geverifieerd in uitvoerige peer-review procedures door externe experts op uitnodiging van zowel NAM, SodM en het ministerie van EZK (via de Scientific Advisory Committee (SAC)).

Voor een consistent gebruik is de NPR (die gebruik maakt van een vereenvoudigde, semi-probabilistische aanpak) idealiter gekalibreerd aan een volledig probabilistische modellenketen. Daarvoor is op dit moment alleen de NAM-modellenketen beschikbaar. Een volledig van de NAM onafhankelijke berekeningsmethode van het risico bestaat dus op het moment niet. TNO werkt op verzoek van EZK aan een volledig onafhankelijke probabilistische modellenketen. Die biedt in de toekomst ook de mogelijkheid om alternatieve modelaannames te testen. De Mijnraad onderstreept het belang hiervan.

Mijnraad

4. Analyse van de adviezen

Resultaten van beide modellenketens

De Mijnraad heeft de resultaten van de NAM-modellenketen vergeleken met de resultaten van KNMI, TNO en NEN.

- De Mijnraad constateert dat de verschillen in de PGA-kaarten van KNMI en NAM zeer beperkt zijn. Dit was ook verwacht, omdat de onafhankelijke KNMI-berekeningen voortbouwen op de ondergrondse gegevens zoals de NAM heeft aangeleverd.
- De Mijnraad constateert ook dat zowel de NAM-berekeningen als die van KNMI, TNO en NEN laten zien dat het aantal onveilige woningen bij het afbouwen van de gasproductie aanzienlijk lager is dan bij doorgaande productie.

Verschillen tussen modellenketens

Er zijn echter ook verschillen in de aannamen tussen NAM enerzijds en TNO, KNMI en NEN anderzijds:

- De afname in de NAM-berekeningen is volledig het gevolg van de afnemende gasproductie.
- De afname in de berekeningen van KNMI, TNO en NEN heeft behalve de afnemende gasproductie nog een oorzaak: het gebruik van een recente (concept-2018) versie van de NPR die veel minder conservatief is dan de 2015 versie waarmee tot nu toe werd gerekend.

Momenteel wordt gewerkt aan completering van de 2018-versie van de NPR en kalibratie aan de meest recente modellenketen van de NAM (de enig beschikbare probabilistische modellenketen op het moment). Daarom is de verwachting dat de resultaten van de NAM en KNMI, TNO en NEN binnenkort dicht bij elkaar zullen liggen.²⁸

Onzekerheden

Alle elementen van een probabilistische modellenketen bevatten onzekerheden. De uitkomst van zo'n modellenketenberekening is daarom een jaarlijkse kans op overlijden door een aardbeving, en geen 'ja of nee'-antwoord. (De technische term voor deze kans is de '*verwachtingswaarde*'). De juiste manier om onzekerheden mee te nemen in zo'n kansberekening is om de best mogelijk schatting te maken van de onderliggende onzekerheden.²⁹ Dat gebeurt op grond van historische waarnemingen, experimenten of kennis van experts. Daarbij is verificatie van de hele modellenketen en van de onderliggende onzekerheidsschattingen door onafhankelijke experts (zogenaamd *peer review*) van groot belang.

Voor de probabilistische modellenketen van de NAM is deze werkwijze inderdaad gevolgd. Een groot aantal externe adviseurs heeft bijgedragen aan de *peer review* procedure, zowel in opdracht van de NAM als op verzoek van SodM. Toch zijn er een aantal elementen in de NAM-modellenketen waarbij men zich kan afvragen of alle onzekerheid in de juiste mate is meegenomen:

- De drie door EZK aangeleverde productieprofielen tussen nu en 2030 (voor warme, gemiddelde en koude winters) zijn niet voorzien van een onzekerheid.³⁰ De gevoeligheid voor het optreden van een koude of warme winter blijkt in de berekeningen substantieel en het optreden van twee of meer koude winters na

²⁸ Zie pagina 15 van het TNO-advies (bijlage 3). Kalibratie van de NPR 9998 moet overigens naar mening van de Mijnraad continu plaatsvinden.

²⁹ Zie pagina 16 van het advies van het panel van hoogleraren (bijlage B5).

³⁰ In de Verwachtingenbrief heeft EZK aan NAM gevraagd deze productieprofielen te gebruiken.

Mijnraad

elkaar (wat ook in het 'koude' profiel niet is voorzien) zal het veiligheidsrisico verhogen.

- Ook de onzekerheid in de geplande afbouw van de gasproductie is niet meegenomen. Een snellere afbouw zal tot een lager risico leiden, maar een tragere afbouw (bijvoorbeeld door technische tegenvallers, contractuele verplichtingen of andere politieke besluitvorming), resulterend in een productiebeëindiging pas na 2030, zal leiden tot een verhoogd risico.³¹
- De geplande stikstofinstallatie vormt een belangrijk element in het verlagen van de productie. De precieze datum waarop de stikstofinstallatie in bedrijf gaat, is echter onzeker en daarmee is ook het moment van impact op het productieprofiel niet zeker. Deze onzekerheid is niet meegenomen in de productieprofielen.
- NAM hanteert een seismisch model dat ook de basis is voor de berekeningen van het KNMI. NAM heeft eerder meerdere seismische modellen onderzocht en een afgewogen (en ook onafhankelijk geverifieerde) keuze gemaakt voor het nu gebruikte model. SodM oordeelt echter dat deze keuze mogelijk leidt tot een onderschatting van het risico.³²

Toepassing onzekerheidsmarge

Een punt van discussie tussen SodM enerzijds en TNO en het panel van hoogleraren anderzijds gaat over de vraag hoe je de versterkingsopgave bepaalt. Kun je daarvoor werken met de verwachtingswaarde van het veiligheidsrisico? Of moet je daar bovenop nog eens een extra onzekerheidsmarge inbouwen? Zowel SodM, TNO als het panel van hoogleraren zijn het erover eens dat in een zuivere probabilistische risicoanalyse geen plaats is voor zo'n onzekerheidstoeslag. Ook de semi-probabilistische aanpak van de NPR is in zijn ontwerp gebaseerd op het gebruik van de verwachtingswaarde. SodM vindt op dit moment het gebruik van een onzekerheidsmarge toch noodzakelijk. Dit omdat in de berekeningen in de NAM-modellenketen een aantal relevante variabelen niet met voldoende onzekerheid zijn meegenomen (zoals hierboven beschreven).^{33 34}

Bijlage A2 gaat in op situaties waarbij een probabilistische analyse (nog) niet volledig betrouwbaar is vanwege een beperkt inzicht in de kansen en de verdeling daarvan. Het is dan verstandig om ter aanvulling gebruik te maken van alternatieve methoden van analyse of aanpassingen te maken in de voorgestelde maatregelen. Dat gebeurt in dit geval door de toepassing van een onzekerheidsmarge en het prioriteren van te versterken woningen (zie hoofdstuk 2). Bovendien is het van belang de analyse regelmatig te herhalen met verbeterde data en methoden.

Toekomst

Het toepassen van rekenresultaten zonder onzekerheidstoeslag is wel de doelstelling om naartoe te werken voor de toekomst. Dat is nodig om zowel de best mogelijke inschatting van het risico te kunnen maken als om te zorgen voor een juiste basis voor het gebruik van de NPR. Die is tenslotte ontwikkeld voor het gebruik van

³¹ De Mijnraad ondersteunt het voorstel van SodM om gezien de noodzaak voor snelle afbouw van de gasvraag/productie GTS een wettelijke taak te geven. Ook de borging van de rol van Gasterra hierbij verdient aandacht.

³² Maar TNO schrijft in zijn advies (Bijlge B3, pagina 9): "TNO heeft op cruciale onderdelen de aannames van het NAM V5 model getoetst en concludeert dat de door NAM gevonden verlaging van seismisch risico door afname van de gasproductie aannemelijk is, en op onderdelen mogelijk conservatief is."

³³ Ook in het "Zeerijpadvis" van februari 2018 heeft SodM deze onzekerheidsmarge gebruikt.

³⁴ Verdere verfijning van de modellen leidt naar verwachting eerder tot minder te versterken objecten.

Mijnraad

verwachtingswaarden.³⁵ De Mijnraad adviseert daarom dat SodM met de NAM overlegt (en NAM zo nodig instrueert) om onzekerheden zodanig mee te nemen in de modellenketen dat het toepassen van een onzekerheidsmarge in *toekomstige* adviezen niet langer noodzakelijk is.³⁶ Met de kennis van nu is de verwachting dat het aantal te versterken objecten dan verder afneemt.

Voor *de korte termijn* vindt de Mijnraad de keuze van SodM om een onzekerheidsmarge te gebruiken echter begrijpelijk. Daarbij moeten we opmerken dat de keuze voor een onzekerheidsmarge subjectief is. SodM gebruikt hiervoor een criterium dat door SodM een 'P90-benadering' wordt genoemd. Die wordt in een bijlage bij het SodM-advies geïnterpreteerd als het gebruik van een veiligheidsnorm van 4×10^{-6} , dat wil zeggen dat de jaarlijkse kans op overlijden 1 op 250.000 is, in plaats van de Meijdam-norm van 10^{-5} (dat wil zeggen kans van 1 op 100.000 per jaar).

Gevolgen voor versterkingsopgave

Uiteraard leidt het gebruik van deze veiligheidsmarge tot hogere aantallen te versterken woningen dan wanneer je alleen werkt met de verwachtingswaarde. Gebouwen die zich in de P90-groep bevinden, halen nu wel de veiligheidsnorm van 10^{-5} . De verwachtingswaarde van het veiligheidsrisico is kleiner dan 10^{-5} . Daarom worden ze nu als veilig aangemerkt. Ze zitten echter zo dicht op de norm dat ze bij herberekening met aangepaste modellen of uitgangspunten mogelijk de veiligheidsnorm niet meer halen.

De Mijnraad adviseert daarom de risicoberekeningen *jaarlijks opnieuw uit te voeren* met als doelstelling alle onzekerheden in de variabelen te verwerken. Daarbij is het belangrijk dat gebruik wordt gemaakt van de meest recente inzichten in zowel de kennis (van de ondergrond en van de sterkte van gebouwen) als in (verwachte) productiegegevens.

Enkele slotopmerkingen

- De voorgestelde afbouw van de gasproductie betekent dat er de komende jaren nog steeds aardbevingen zullen optreden. Ook de kans op zware aardbevingen blijft aanwezig (hoewel kleiner dan bij doorgaande productie).³⁷ Versterking kan het risico tot onder de veiligheidsnorm brengen, maar schade aan gebouwen wordt daarmee niet voorkomen.
- Onderzoek voor beter begrip van ondergrondse en bovengrondse aspecten van geïnduceerde aardbevingen blijft daarom nodig. De ontwikkeling van een volledig onafhankelijke modellenketen (bijvoorbeeld zoals op het moment in ontwikkeling bij TNO) moet met kracht worden voortgezet.
- Het beïnvloeden van seismiciteit in ruimte en tijd door productiebeperking of drukhandhaving blijven potentieel belangrijke aanvullende maatregelen. Daarvoor is verder onderzoek nodig.
- Wij geven in overweging ruimte te creëren om de ervaringen van bewoners met schade of bevingen te delen met professionals die aan de modellen werken. Door dialoog kunnen leef- en systeemwereld wellicht dichter bij elkaar komen.

³⁵ Zie ook pagina 11 van het TNO-advies (bijlage 3).

³⁶ SodM (bijlage B1) schrijft: "Het is voorstelbaar dat op een moment in de toekomst als de kennis en de modellen voldoende robuust zijn het niet meer nodig is een veilige marge te hanteren." (pagina 18).

³⁷ Zie het advies SodM (bijlage B1) op pagina 49.

Mijnraad

Tot slot

SodM, KNMI, TNO, NEN en het panel van hoogleraren TNO, KNMI en NEN hebben onder hoge druk en met ongelooflijke inzet en commitment gewerkt aan de adviezen. Zonder de ongekende inzet van tientallen professionals had de Mijnraad nimmer tot dit integrerende advies kunnen komen. Wij hebben het als verrijkend ervaren, ondanks de hoge tijdsdruk, om in dialoog en met respect voor elkaars onafhankelijkheid, aan dit advies te mogen werken.

‘Vertrouwen komt te voet en gaat te paard’, zo luidt het gezegde. Er is dus nog een lange weg te gaan om het vertrouwen te herstellen. Een advies brengt dat vertrouwen niet terug. Dat noopt ons allen tot bescheidenheid.

Wij hopen dat ons advies een handelingsperspectief biedt dat de beslissers in Den Haag en de regio tot steun is bij de uitvoering van hun uiterst verantwoordelijke taak.

Steeds hebben wij in dit adviestraject de bewoners van Groningen voor ogen gehad.

Mijnraad

Bijlagen

- Bijlage A1: Samenstelling van de Mijnraad
- Bijlage A1: Een beschouwing over behoorlijk bestuur
- Bijlage A2: Een beschouwing over modellen
- Bijlage B1: Advies van SodM
- Bijlage B2: Advies van KNMI
- Bijlage B3: Advies van TNO
- Bijlage B4: Advies van NEN
- Bijlage B5: Advies van het panel van hoogleraren

Mijnraad

Bijlage A1: Samenstelling van de Mijnraad

Voorzitter:

prof. dr. J.C. Verdaas

Leden:

drs. R.J. Atsma (plaatsvervangend voorzitter)

mr. M. Boumans MPM

dr. A.F. Correljé

prof. dr. L. Hancher

prof. M.A. Herber

prof. dr. ir. J.D. Jansen

dr. ir. J. de Jonge

ir. H.C. Klavers

Secretariaat:

Mijnraad

Bijlage A2: Een beschouwing over behoorlijk bestuur

Beslissingen van de overheid over het meer of minder produceren van gas, de vergoeding van geleden schade en het al dan niet versterken van huizen en gebouwen hebben directe consequenties voor inwoners van Groningen. Naast deze materiële consequenties van beslissingen gaat het ook over consequenties voor inwoners door de manier waarop de overheid dergelijke beslissingen neemt, ten uitvoer brengt en met de gevolgen omgaat.

Het is de Mijnraad duidelijk dat, vanuit het perspectief van de burger, de aard van de beslissingen en de manier waarop ze genomen en uitgevoerd worden niet los van elkaar gezien kunnen worden. De optelsom is bepalend voor het vertrouwen dat de inwoners hebben in de overheid. Het vertrouwen van de inwoners wordt niet alleen bepaald door de uitkomsten van besluitvorming maar ook door zijn gevoel of de beslissing eerlijk genomen is. De Nationale Ombudsman (jaarverslag 2011) heeft in het recente verleden nadrukkelijk gewezen op het directe verband tussen een behoorlijke behandeling door de overheid en het vertrouwen in die overheid (p. 7).

De ombudsman maakt onderscheid tussen enerzijds het vertrouwen *op* de overheid als systeem (kan ik rekenen op de overheid?), en anderzijds vertrouwen *in* bepaalde handelingen of prestaties van die overheid (wordt er rekening gehouden met mij?). Deze twee vormen van vertrouwen kunnen elkaar negatief of positief beïnvloeden. Met betrekking tot vertrouwen *op* de overheid is het van belang dat burgers erop kunnen rekenen dat de overheid haar taken vervult zoals zij verwachten. Dat heeft in het geval van Groningen met name te maken met de beslissingen die de overheid neemt over het produceren van gas in relatie tot de aardbevingen, de vergoeding van schade en het versterken van huizen en gebouwen. Vanwege de complexiteit van dit soort beslissingen en de consequenties ervan is voor burgers echter niet direct na te gaan in hoeverre de overheid een rechtvaardig besluit neemt.

Vervolgens wordt het vertrouwen *in* de overheid, ofwel de wijze waarop ze behandeld worden, voor hen een graadmeter voor hun vertrouwen. Hierbij observeert de ombudsman dat vertegenwoordigers van de overheid de neiging hebben om efficiënt en betrouwbaar 'systeemgedrag' te vertonen en te handelen vanuit bureaucratische bevoegdheden, budgetten en procedures. Een uitvoering, die de burger het gevoel geeft behoorlijk behandeld te worden, heeft veelal een lagere prioriteit. De systemen van de overheid worden dan al gauw onbegrijpelijk en ontoegankelijk (p.9).

Dit is ook wat we waarnemen als we terugkijken op de beleidsontwikkelingen rond Groningen en de reacties van de bevolking. De overheid heeft besluiten genomen om minder gas te produceren; zij heeft een aanpak voor schadevergoeding opgezet en een versterkingsoperatie opgetuigd. Echter de onderbouwing van de lagere productie en de vertaling naar risico's en kans op schade is een complex verhaal. Bovendien bleven zich aardbevingen voordoen. Daarmee wordt getwijfeld of de overheid wel goede/rechtvaardige beslissingen neemt. Dit betekende een aantasting van het vertrouwen *op* de overheid. De uitvoering van de schadevergoeding en de versterkingsoperatie leidden tot een aantasting van het vertrouwen *in* de overheid. Burgers voelden zich onbehoorlijk behandeld en miskend.

Het herwinnen van het vertrouwen *op* de overheid als hoeder van de veiligheid in Groningen lijkt mogelijk door het besluit om de productie stapsgewijs te beëindigen en

Mijnraad

woningen die risico lopen te versterken. In zijn uitspraak van 18 november 2016 stelt de Raad van State:

“18.4. Het gaat er naar het oordeel van de Afdeling niet om dat in de besluitvorming geen onzekere risico's mogen worden geaccepteerd. Wel gaat het om de vraag welke consequenties die risico's hebben voor de te maken afweging, één en ander in relatie tot de belangen die voor en tegen gaswinning pleiten. Deze afweging moet door de minister aan zijn besluit ten grondslag worden gelegd, waarna het aan de Afdeling is om aan de hand van de voor alle besluiten geldende eisen van een *zorgvuldige voorbereiding, deugdelijke motivering en evenredige belangenafweging te beoordelen of de minister op juiste wijze de benodigde voorzorg heeft betracht.*”

Het gaat hier om de vraag hoe lusten en lasten van de gasvoorziening en het gasgebruik verdeeld worden over de Nederlandse en de Groningse burgers.

Herstel van vertrouwen in de overheid als uitvoerder van nieuw beleid vereist dat vertegenwoordigers van de overheid, of gemeentelijke overheden, in het vormgeven van de schadevergoeding en versterkingsopgave in staat zijn relaties aan te gaan met burgers. Overleg met de burgers en erkenning van de manier waarop hun preferenties en sociale, culturele, locatie en andere aspecten structureel van invloed kunnen zijn op hun beleving zijn hier een randvoorwaarde voor vertrouwen en betrokkenheid. *'if people define situations as real, they are real in their consequences'* In de opvatting van Brenninkmeijer gaat het om de eerlijkheid waarmee burgers worden behandeld, waarbij gedacht moet worden aan hoor- en wederhoor (*voice*), onpartijdigheid, transparantie en invloed kunnen uitvoeren op het gebeuren (*control*). Ook het principe van *exit* wordt daarbij genoemd; de mogelijkheid om afscheid kunnen nemen van een bepaalde situatie.

Behoorlijk bestuur gaat over inhoud én proces. Wat betreft de inhoud heeft minister Wiebes op 29 maart 2018 besloten de gaswinning in Groningen versneld af te bouwen en te stoppen in 2030, om daarmee het aardbevingsrisico in Groningen te reduceren.

Dit neemt niet weg dat er nog geruime tijd huizen en gebouwen blootstaan aan de kans dat ze ernstig beschadigd raken, waarbij levensbedreigende situaties kunnen optreden. Daartoe wordt een versterkingsprogramma uitgevoerd voor huizen en gebouwen die niet stevig genoeg zijn om de verwachte aardbeving te weerstaan. De identificatie van deze huizen heeft tot nu toe plaatsgevonden op basis van eerdere voorspellingen van aardbevingen, zonder rekening te houden met een versnelde afname van de gasproductie en de daarmee gepaard gaande vermindering van het risico, en met de verbeterde rekenmodellen. De verwachting is dan ook dat het aantal blootgestelde woningen aanzienlijk vermindert bij een versnelde afbouw van de productie.

Dat plaatst de overheid voor een bestuurlijk dilemma wat betreft het proces van versterking. Vanuit het oogpunt van behoorlijk bestuur is het transparant de consequenties van het nieuwe beleid zo goed mogelijk in beeld te brengen en de bewoners te informeren over de (nieuwe) status van hun behuizing. In geval van een onacceptabel risico betekent dat zonder meer dat versterking noodzakelijk blijft om te voldoen aan de wettelijke voorschriften. Dat geldt zowel voor al beoordeelde als voor nog te identificeren woningen. Het principe van *exit* wordt hier vormgegeven in de bestaande uitkoopregeling.

Daarnaast zullen er woningen zijn die nu niet meer in de gevarezone vallen, maar die eerder wel die status hebben gekregen en waar toezeggingen zijn gedaan. Hier

Mijnraad

suggereert de notie van behoorlijk bestuur een benadering die recht doet aan de verwachtingen van de eigenaars/bewoners. Er is geen wettelijke basis meer voor het versterken van deze huizen. Het versterken of slopen van deze huizen zou echter ingrijpende consequenties voor de bewoners hebben. Bovendien reduceert het de capaciteit om veiligheid te verschaffen aan bewoners van woningen die zich wel in de gevarezone bevinden.

Tegelijkertijd worden de bewoners en eigenaars van deze opnieuw veilige huizen al jaren geconfronteerd met de onzekerheid wat er met hun huis zal gaan gebeuren, zonder hierop te kunnen anticiperen of zelfs maar een vermoeden te hebben waar ze aan toe zijn. Dat zijn verloren jaren voor de eigenhuisbezitters, maar ook voor huurders waar de corporaties of private verhuurders al die tijd onderhoud en renovatie bevroren hebben. In zekere zin betreft het een ook aanzienlijk deel van de openbare ruimte in Groningen, want vele gemeenten hebben hun plannen voor opwaardering en modernisering uitgesteld.

Vanuit het perspectief van behoorlijk bestuur staat eerlijkheid in de behandeling van burgers voorop. Het eenzijdig opschorten van gewekte verwachtingen is dan bezwarend. Een uitweg is het aangaan van een dialoog met eigenaars en bewoners over de vorm van de versterking of andere aanpassing aan hun huis of de omgeving, waarbij recht gedaan wordt aan hoor- en wederhoor (*voice*) en waarbij zij een zekere invloed kunnen uitoefenen op de gang van zaken (*control*). Dit beantwoordt ook aan de rechtvaardigheid van de erkenning van een diversiteit aan preferenties en in de mate van risicoacceptatie van bewoners. Een deel van hen zal blij zijn te kunnen blijven wonen zoals ze dat gewend waren. En sommigen zullen nooit meer afkomen van het gevoel van onveiligheid en daarom andere oplossingen prefereren. Een behoorlijk bestuur zal beide perspectieven en alles wat daar tussen zit redelijkerwijs respecteren en de moeite nemen om uit te praten wat wel en niet mogelijk is.

Bijlage A3: Een beschouwing over modellen

Omgang met modellen bij risico en onzekerheid

Beleidsmakers streven naar wetenschappelijk onderbouwde (*evidence of science based*) maatregelen. Als in een situatie eenduidigheid ontbreekt over mogelijke uitkomsten en benodigde maatregelen, doen zij vaak een beroep op risicoanalyse. Op basis van inzichten die dan beschikbaar zijn, schat een onderzoeker de kansen in op mogelijke uitkomsten. Vervolgens trekt hij conclusies over de meest geschikte maatregelen. Het valt echter te betwijfelen of dit de beste aanpak is voor situaties waarin we maar een beperkt inzicht hebben. Dat beperkte inzicht komt dan door ontbrekende informatie of door een gebrek aan consensus over de interactie tussen variabelen. Kortom, er is dan sprake van een veel grotere en fundamenteelere onzekerheid³⁸. Wat betreft de aardbevingen in Groningen zien we een geleidelijke verbetering van de inzichten in de effecten en kansen dat die effecten zich voor doen. Maar er blijft vooralsnog sprake van een zekere mate van onzekerheid.

Onzekerheidsmatrix

Er bestaat een groot verschil tussen een daadwerkelijk risico en onzekerheid. Bij onzekerheid kunnen de mogelijke effecten niet bekend zijn of niet algemeen onderschreven worden. Ook kan de mogelijke kansverdeling van die effecten ter discussie staan. Als je een situatie waarin sprake is van zulke onzekerheden aanpakt met een risico-gebaseerde analyse, kunnen (grote) verrassingen optreden, wat betreft de effecten en hun voorkomen.

De vraag is hoe we om moeten gaan met situaties van gebrekkig inzicht, waarbij risicoanalyse leidt tot gebrekkige beleidsinstrumenten. De onzekerheidsmatrix (zie Figuur 1) laat zien dat voor specifieke situaties een risicoanalyse een geschikte aanpak is. Namelijk wanneer er goed gedefinieerde en begrepen effecten zijn en er een ontwikkeld kwantitatief inzicht is in het voorkomen van die effecten (kwadrant A).

³⁸ Andy Stirling (2010) Keep it complex: *Nature*, Vol. 468, p. 1029-1031; Stirling, Andy & Scoones, Ian. (2009). From Risk Assessment to Knowledge Mapping: Science, Precaution, and Participation in Disease Ecology. *Ecology and Society*. 14. 10.5751/ES-02980-140214.; Ling T: Evaluating complex and unfolding interventions in real time. *Evaluation*. 2012, 18: 79-91.

Mijnraad

		Inzicht in effecten	
		groot	klein
Inzicht in waarschijnlijkheid	groot	A. Risico: Risicoanalyse Monte Carlo-analyse Kosten-batenanalyse	B. Ambigüiteit: Interactief modelleren Focusgroepen What if-analyse Multi-criteria Q-method
	klein	C. Onzekerheid: Scenarioverkenning Gevoeligheidsanalyse Intervalanalyse Beslisbomen	D. Onwetendheid: Horizon scanning Monitoring Adaptatie Flexibiliteit Diversiteit

Figuur 1: Onzekerheidsmatrix

In het geval van ontbrekend inzicht in de effecten worden andere wetenschappelijke methoden gesuggereerd (kwadrant B). Die zijn veelal verkennend van aard of proberen de verscheidenheid van verklaringen en effecten te begrijpen. Ontbreekt kwantitatief inzicht in de waarschijnlijkheid van effecten of in de timing? (kwadrant C) Dan zijn beleidsadviezen gebaat bij scenarioverkenningen en interval- en gevoeligheidsanalyses. Als beide inzichten gebrekkig zijn (kwadrant D), wordt weer een andere aanpak geadviseerd, die met name gericht is op exploratie, observatie en adaptatie.

Over Groningen

Als we naar Groningen kijken, concluderen we dat we inmiddels een redelijk inzicht hebben in de effecten: gaswinning leidt tot compactie van zandsteenlagen, zorgt voor aardbevingen die leiden tot schade aan gebouwen en infrastructuur, uitmondend in verschillende bedreigingen voor de bewoners. Dat ligt alweer genuanceerder als het gaat om specifieke gebieden, gebouwen en burgers. Hier speelt dus nog steeds een aanzienlijke onzekerheid, zowel statistisch als wat betreft de beleving van die burgers.

Maar dan: hebben we ook inzicht in de waarschijnlijkheid van die effecten? Wij concluderen dat er onduidelijkheid is over de kansverdeling van één effect, namelijk de 10^{-5} kans dat iemand overlijdt in of bij zijn woning. Een precieze berekening is gecompliceerd en bevat aannames en modelkeuzes, terwijl de modellenketen nog steeds verder ontwikkeld wordt (zie hoofdstuk 2). Bovendien is het criterium van de 10^{-5} kans op overlijden mogelijk niet het meest relevant vanuit het belevingsperspectief van de bewoners. Die zullen eerder verontrust worden door schade aan hun huis en hun woonomgeving.

Voor de aanpak van het probleem in Groningen wordt voornamelijk gefocust op de risicoanalyse. Uit deze risicoanalyse worden harde conclusies getrokken over de versterkingsopgave per gebouw en per burger. Hoewel de gebruikte risicoanalyse state-of-the-art is en de basis vormt voor ons advies over prioritering van de

Mijnraad

versterkingsoperatie adviseren wij om ook andere methodes voor besluitvorming een rol te geven

Om recht te doen aan onzekerheden en veranderende inzichten adviseert de Mijnraad om de op risico gebaseerde aanpak niet op zichzelf staand te gebruiken als hard selectie criterium. De aangewezen weg lijkt een regelmatige (her)interpretatie van de uitkomsten van de modellen wat betreft de versterkingsopgave. Dit vanuit het perspectief van het zo snel mogelijk reduceren van evidente onveiligheid, de mogelijkheden tot praktische uitvoering van de versterking, en uitgaande van behoorlijk bestuur jegens de inwoners.



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

Gevolgen voor de veiligheidsrisico's en versterkingsopgave

Advies van Staatstoezicht op de Mijnen
naar aanleiding van de afbouw van de
gaswinning in Groningen

Samenvatting

Na de beving bij Zeerijp adviseerde SodM op 1 februari om de gaswinning zo snel als mogelijk naar 12 miljard Nm³ per jaar terug te brengen. SodM nam bij dit advies als uitgangspunt dat de versterking van woningen al gaande was. Samen met het advies van SodM zou deze versterkingsaanpak er voor zorgen dat alle gebouwen in Groningen aan de veiligheidsnorm zouden gaan voldoen.

De minister van EZK heeft dit advies meteen overgenomen en eind maart heeft hij zijn afbouwscenario's gepresenteerd. De minister heeft op dat moment duidelijk gemaakt dat hij de gaswinning in Groningen niet alleen naar 12 miljard Nm³ per jaar wil terug brengen, maar er voor 2030 bovendien geheel mee wil stoppen. Op 29 maart 2018 heeft SodM de minister aangegeven dat zij, waar nodig, de minister zou adviseren in hoeverre de afbouw nog aan snelheid zou kunnen winnen. Ook heeft SodM toen aangekondigd dat zij een advies zou uitbrengen over zowel de gevolgen van dit besluit voor de veiligheid, als over de implicaties, die de afbouw van de gaswinning heeft voor de huidige versterkingsoperatie.

De huidige versterkingsoperatie is gestart vanuit de gedachte dat de veiligheidsrisico's van de doorgaande gaswinning deels beperkt kunnen worden door gebouwen te versterken. Gebouwen worden daarmee veiliger in de zin dat de kans afneemt dat ze (deels) instorten. Gebouwen blijven ondanks de versterking wel gevoelig voor schade. Bij doorgaande winning kunnen voor nog langere tijd aardbevingen, ook zwaardere, voorkomen. De voorgenomen afbouw van de gaswinning heeft deze situatie veranderd. SodM heeft veel vragen gekregen over wat de mensen in Groningen nu mogen verwachten.

Dit rapport beantwoordt dan ook een drietal hoofdvragen: ten eerste 'Gaaf de voorgenomen afbouw van de gaswinning zo snel als mogelijk?', vervolgens 'Wat betekent het stopzetten van de gaswinning voor de veiligheid in Groningen en wat betekent dit voor de versterkingsoperatie?' en tenslotte 'Wat mogen de mensen in Groningen de komende jaren verwachten in termen van veiligheid, schade en aardbevingen?'

SodM beantwoordt deze vragen in dit rapport vanuit haar rol als toezichthouder op de veiligheid. Deze rol brengt met zich mee dat SodM ook toezicht houdt op de versterkingsactiviteiten. Tenslotte dragen deze bij aan het verhogen van de veiligheid voor de inwoners van Groningen. Om deze taak onafhankelijk uit te voeren, adviseert SodM niet hoe de versterking gedaan moet worden. Wel wil SodM met dit advies de minister en de Mijnraad een aantal handreikingen doen, die kunnen helpen bij het vormgeven van een versterkingsoperatie, die sneller tot de gewenste veiligheid kan leiden. Op basis van het advies van SodM en op basis van de adviezen van andere adviseurs, geeft de Mijnraad in haar integrerend advies aan de minister juist wel een antwoord op de vraag: 'Hoe moet de versterkingsoperatie nu aangepakt gaan worden?'

De methodologie die SodM in dit rapport hanteert, is dezelfde als waarop het Zeerijp-advies is gebaseerd. SodM baseert haar analyses op berekeningen van de veiligheidsrisico's. Deze berekeningen worden gedaan aan de hand van de modellentrein van de NAM. Deze is beoordeeld door SodM. De afgelopen jaren zijn er steeds verbeteringsuggesties gedaan, waarvan een belangrijk deel ook al doorgevoerd is. Dat neemt niet weg dat er nog veel onzekerheden zitten in de kennis omtrent de ondergrond en de doorwerking van grondbewegingen op gebouwen. Het gaat hierbij ook om onzekerheden die nog niet in de berekeningen meegenomen (kunnen) worden. Om toch uitspraken te kunnen doen over de vereiste veiligheidsmaatregelen hanteert SodM een veiligheidsmarge. Deze werkwijze wordt ook in andere domeinen gehanteerd, zowel in Nederland als internationaal, bijvoorbeeld bij het realiseren van de waterveiligheid in Nederland, alsmede bij het realiseren van de veiligheid van de olie- en gaswinning in Noorwegen.

Gaat de voorgenomen afbouw van de gaswinning zo snel als mogelijk?

Naar aanleiding van het Zeerijp-advies van SodM zijn de Loppersum clusters gesloten en is de beperking van de veldbrede vlakke productie losgelaten, zodat sneller kan worden afgebouwd. De NAM en GTS zijn gevraagd de regionale fluctuaties van cluster Bierum te beperken tot +/- 20% en van de overige clusters tot +/- 50%. Ook is besloten om de gaswinning uiterlijk per oktober 2022 te reduceren tot minder dan 12 miljard Nm³ per jaar. In 2030 moet de gaswinning zijn teruggebracht naar nul. Ook heeft de minister, ter minimalisering van de gaswinning uit het Groningen-gasveld, het wetsvoorstel (hierna: de spoedwet) ingediend tot wijziging van de Gaswet en de Mijnbouwwet. Daarnaast heeft de minister een fors aantal maatregelen in gang gezet om de productie uit het Groningen-gasveld te minimaliseren. Hiertoe behoort het kabinetsbesluit tot de bouw van een stikstofinstallatie in Zuidbroek.

De verwachting is dat de NAM in het gasjaar 2017-2018 in totaal tussen de 19 en 20 miljard Nm³ zal produceren, dus minder dan de 21,6 miljard Nm³ die aan de NAM is toegestaan voor dit gasjaar.

Beslissingen omtrent de gaswinning uit Groningen zijn complex. Meerdere, vaak ook tegenstrijdige belangen spelen een rol. De spoedwet beschrijft hoe de minister hiermee om wil gaan. Sommige keuzes worden al in het wetsvoorstel voor de spoedwet vastgelegd, bijvoorbeeld dat afnemers in beginsel niet worden afgesloten. Indien belangen worden afgewogen, hecht SodM eraan dat deze afweging op transparante en navolgbare wijze plaatsvindt. SodM heeft voorts geanalyseerd of maatregelen denkbaar zijn om de afbouw te versnellen en komt op grond daarvan tot de volgende adviezen. Ook zal zij in overleg treden met GTS over het kritische factoren in de realisatie van de nieuwe stikstofinstallatie en mogelijkheden en innovaties op het gebied van kwaliteitsconversie.

Advies aan de minister om de gaswinning in Groningen nog sneller te verlagen.

Geef veiligheidsbelang voorrang en maak de belangenafweging inzichtelijk en navolgbaar

SodM vindt het belangrijk dat voor alle betrokkenen inzichtelijk en navolgbaar wordt op welke wijze de minister de verschillende belangen heeft afgewogen. SodM beveelt daarbij aan de veiligheid, zowel die van de gaswinning als die van de leveringszekerheid voorrang te geven boven andere belangen, zoals economische belangen van leveringszekerheid. Ook beveelt SodM aan de veiligheid van de gaswinning en de veiligheid van de leveringszekerheid te definiëren als twee aparte belangen. Door allereerst de afzonderlijke belangen zichtbaar en concreet te beschrijven, kan de minister vervolgens zijn afweging tussen beide belangen beschrijven. Op deze wijze wordt de belangenafweging inzichtelijk en navolgbaar.

Overweeg om op korte termijn fiscale maatregelen te nemen en op termijn een verbod op laagcalorisch gas voor grootverbruikers in te stellen

De afbouw van Groningengas is juist in de komende drie jaar in belangrijke mate afhankelijk van het tempo waarmee grootverbruikers ombouwen en verduurzamen. Daarom adviseert SodM de minister om zo snel mogelijk fiscale maatregelen te nemen en te besluiten om op termijn een verbod op laagcalorisch gas voor grootverbruikers in te stellen.

Scherp de wettelijke taken voor GTS aan met een plicht om de Groninger gasproductie zo snel als mogelijk te doen afbouwen

In het wetsvoorstel voor de Gaswet krijgt GTS de taak toebedeeld om voor de leveringszekerheid alle beschikbare middelen en methoden die deze de vraag naar Groningengas minimaliseren, te betrekken. Ook heeft GTS de wettelijke taak het gasnet te balanceren. In het wetsvoorstel wordt GTS niet verplicht deze taken zo uit te voeren dat de keuzes optimaal bijdragen aan het zo spoedig mogelijk afbouwen van de productie uit het Groningen-gasveld. De wettelijke verplichting zou daarom aangescherpt moeten worden zodat er een verplichting ontstaat de gaswinning zo snel als mogelijk te minimaliseren.

Zorg dat ACM ook toezicht kan houden op de aangescherpte taken van GTS, namelijk de verplichting om zo snel als mogelijk de gaswinning in Groningen te minimaliseren

Wat betekent het stopzetten van de gaswinning voor de veiligheid en de versterkingsoperatie?

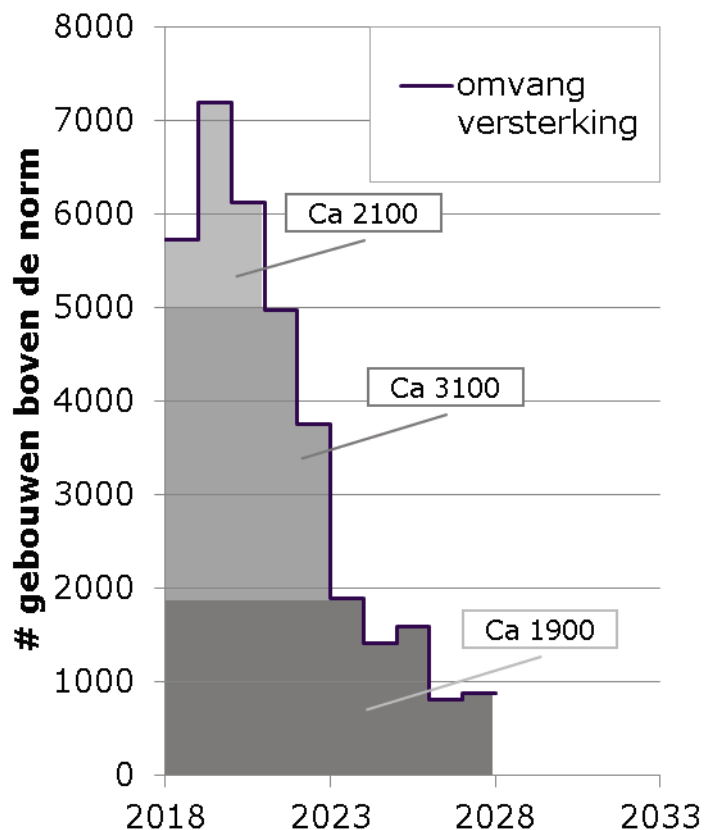
De afbouwscenario's leiden ertoe dat uiteindelijk de veiligheid verbetert. Echter, het komende gasjaar neemt de gaswinning in Groningen slechts in beperkte mate af. Het gevolg is dat het veiligheidsrisico het komend jaar nog in enige mate zal toenemen. Vanaf 2020 nemen de veiligheidsrisico's af. Figuur 7-1 maakt dit zichtbaar. In deze grafiek wordt het aantal gebouwen getoond dat in ieder jaar van de afbouwscenario's in aanmerking zou komen voor de versterkingsoperatie, teneinde met redelijke zekerheid aan de veiligheidsnorm te voldoen.

De minister heeft in december 2015 vastgesteld dat er voor bestaande bouw een overgangsperiode van vijf jaar geldt waarin het risico tussen de 10^{-4} en 10^{-5} per jaar mag zijn. SodM is van oordeel dat de veiligheid onvoldoende is geborgd, als gebouwen langer dan vijf jaar niet voldoen aan de veiligheidsnorm van 10^{-5} per jaar. Dit betekent dat de versterkingsopgave die er nu ligt voor 2021 afgerond moet zijn.

Om met voldoende zekerheid te kunnen garanderen dat in 2021 alle gebouwen aan de veiligheidsnorm voldoen, zullen naar verwachting zo'n 7000 gebouwen in het versterkingsprogramma moeten worden opgenomen.

Om aan de veiligheidsnorm te voldoen is voor zo'n 1900 gebouwen versterking voor een langere periode nodig, ook na het beschikbaar komen van de stikstofinstallatie. Deze gebouwen bevinden zich verspreid over het gehele Groningen-gasveld, doch vooral ten noorden van de lijn Groningen-stad – Delfzijl. Een deel van deze gebouwen ligt buiten de tot nu toe voor de prioritering gehanteerde 0,2g contourlijn.

Voor zo'n 3100 gebouwen is versterking noodzakelijk tot en met 2022. Uitgaande van het beschikbaar komen van de stikstofinstallatie in het gasjaar 2022/2023, zullen deze gebouwen vanaf 2023 sowieso binnen de norm vallen (met of zonder versterking). Tenslotte is er nog een groep van zo'n 2000 gebouwen, waarvoor mogelijke versterking slechts voor korte duur effect heeft op de veiligheid. Ook zonder versterking voldoen deze gebouwen in 2021 reeds aan de veiligheidsnorm.



Figuur 1: Schatting van het aantal gebouwen dat, gegeven het afbouwscenario, de komende jaren in aanmerking komt voor versterking. De grijze arceringen geven het aantal gebouwen aan dat met een veilige marge voor een specifieke periode versterkt zou moeten worden. De aantallen staan ook genoemd in de tekstvakken.

SodM heeft ook gekeken in welke mate er overlap bestaat tussen de zogenaamde '1588' en '1581' batches en de gebouwen, die volgens de laatste risicoberekeningen in het versterkingsprogramma opgenomen moeten worden. De 1588 en 1581 batches zijn de twee groepen van gebouwen, die in de huidige versterkingsoperatie naar verwachting nog versterkt moeten worden. De minister heeft de uitvoering hiervan gepauzeerd. Het blijkt dat de overlap van de 1588 batch met de laatste risicoberekeningen, met zo'n 40% relatief groot is. Dit betekent dat veel van de gebouwen die in deze batch zitten, ook volgens de laatste risicoberekeningen in aanmerking komen voor versterking. Voor de 1581 batch is de overlap kleiner, namelijk zo'n 15%. De overlap kan ook andersom bekeken worden: een kwart van de gebouwen in de meest kwetsbare groep van 1900 gebouwen, die volgens de laatste risicoberekeningen voor versterking in aanmerking komen, maakt onderdeel uit van de huidige versterkingsoperatie.

Advies aan de minister voor de versterking vanuit het oogpunt van veiligheid

Inspecteer en versterk zo snel mogelijk de circa 1900 gebouwen waarvan, gegeven een veilige marge, het risico op langere termijn te hoog is

Deze gebouwen hebben de versterking voor een langere periode nodig om aan de veiligheidsnorm te voldoen. De versterking van deze panden levert de noodzakelijke veiligheidswinst die de afbouw, ook na de ingebruikname van de stikstofinstallatie, niet tijdig kan bieden. Voor deze gebouwen zou het bieden van maatwerk als uitgangspunt gehanteerd kunnen worden bij het vormgeven van de versterkingsoperatie. Indien de doorlooptijd hiervan te lang wordt, zou een meer generieke aanpak overwogen kunnen worden als dit tot een kortere doorlooptijd leidt.

Baseer de prioritering van het versterkingsprogramma op de best mogelijke risicoschatting

Een deel van de gebouwen die in aanmerking komen voor versterking liggen buiten de tot nu toe voor de prioritering gehanteerde 0,2g contourlijn uit de KNMI dreigingskaart van november 2015. Het hanteren van deze contour bij de prioritering zorgt ervoor dat risicovolle gebouwen (te) laat in aanmerking komen voor versterking. SodM adviseert om deze contour los te laten en op basis van de best mogelijke risicoschatting te gaan prioriteren.

Onderzoek de mogelijkheden voor snelle, generieke maatregelen om op zeer korte termijn de veiligheid al te verbeteren

Voor circa 3100 gebouwen geldt dat deze uiterlijk in 2023, na de ingebruikname van de stikstofinstallatie, veilig zullen zijn. Bij een lange doorlooptijd (meer dan 5 jaar) worden deze gebouwen, dankzij de ingebruikname van de stikstofinstallatie, al veilig door de afbouw van de winning en draagt de versterking niet meer bij aan het voldoen aan de veiligheidsnorm. SodM adviseert daarom om passende maatregelen te nemen. Waarschijnlijk is voor deze gebouwen alleen een generieke en daarmee snellere aanpak (dus geen inspecties en engineering per gebouw, maar oplossingen voor types van gebouwen) snel genoeg.

Versterking van 2100 gebouwen die binnen de overgangperiode aan de veiligheidsnorm zullen voldoen is niet nodig

Er zijn circa 2100 gebouwen die slechts tot 2021, zelfs binnen de meest strikte interpretatie van de overgangperiode van vijf jaar, gegeven de veilige marge boven de veiligheidsnorm zitten. Vanwege de afbouw van de gasproductie zijn deze gebouwen ook zonder versterking vanaf 2021 veilig. Tot die tijd wordt voldaan aan de tijdelijke grenswaarde van 10-4 per jaar. Deze gebouwen hoeven vanuit het oogpunt van veiligheid niet versterkt te worden.

Versterk de gebouwen uit de 1588 en 1581 'batches' met een P90-risicoschatting boven de veiligheidsnorm zo snel mogelijk, conform de huidige versterkingsadviezen

De 1588 en 1581 'batches' hebben een overlap met de best mogelijke risicoschattingen. SodM is van mening dat de versterking van de 527 gebouwen in de 'batches', waarvan de P90-risicoschatting

boven de veiligheidsnorm ligt, zo spoedig mogelijk moet worden uitgevoerd, conform de huidige versterkingsadviezen.

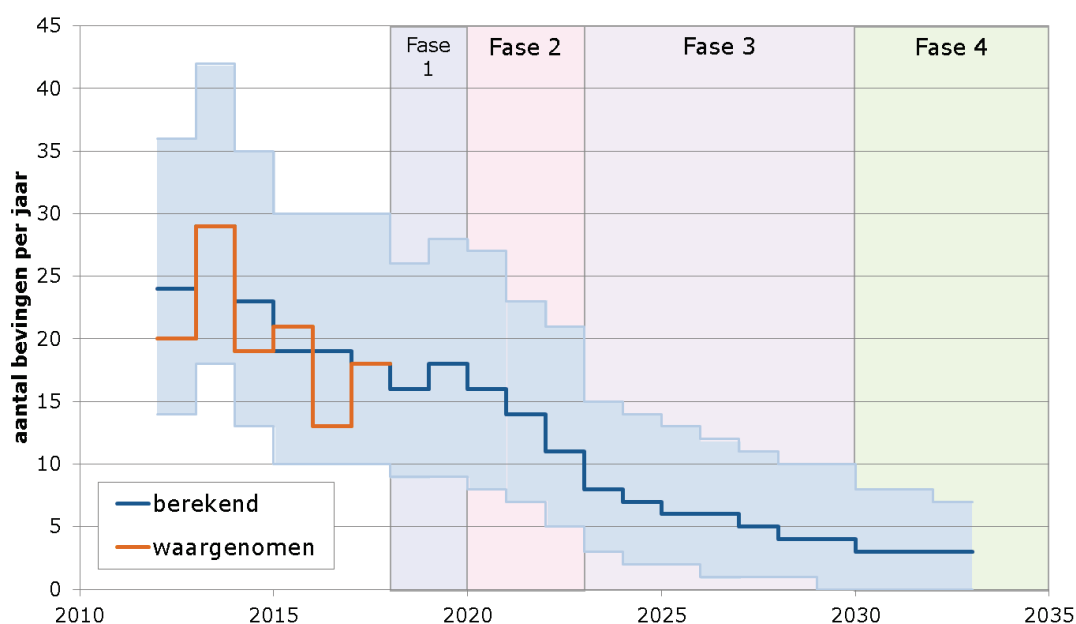
Versterking van de niet risicovolle gebouwen in de 'batches' is vanuit oogpunt van veiligheid niet nodig

Het versterken van de overige, volgens de berekeningen niet risicovolle gebouwen, in de 1588 en 1581 'batches' (samen 1453 gebouwen) is vanuit oogpunt van veiligheid niet noodzakelijk. Het volledig oppakken van de versterking van de 'batches' 1588 en 1581 zal er dus voor zorgen dat er ook gebouwen worden versterkt, waar dat volgens de laatste risicoberekeningen niet nodig is. De minister zal hier een oordeel over moeten geven. SodM adviseert de minister bij zijn overweging en beslissing ook de veiligheidsbeleving mee te wegen.

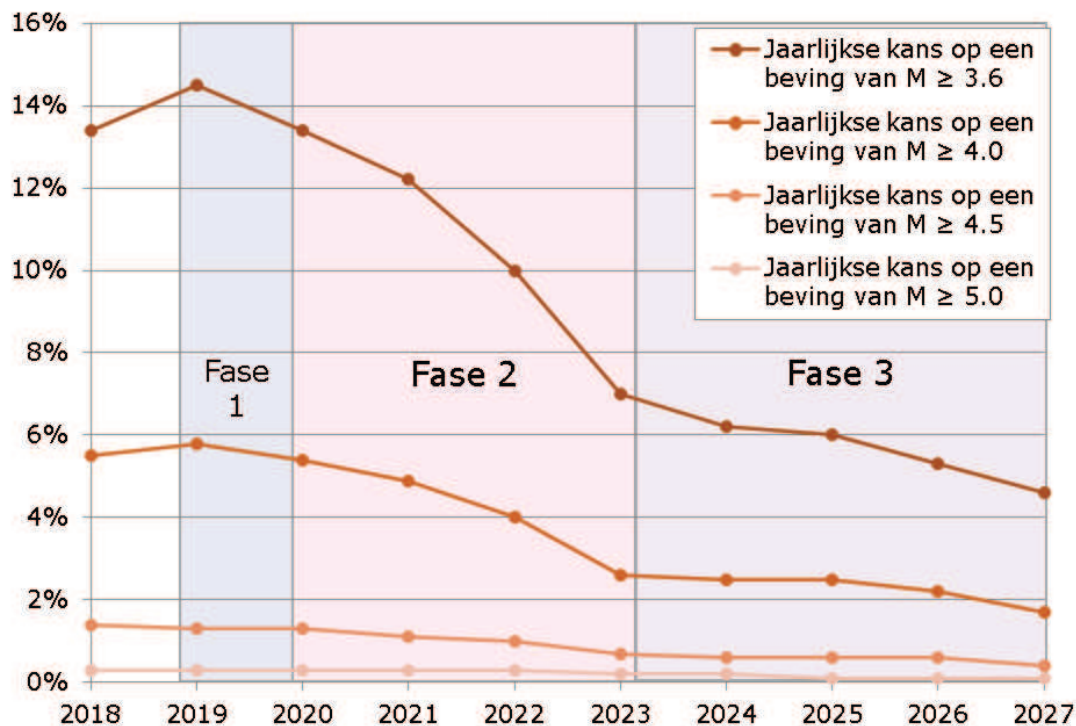
Wat mogen de mensen in Groningen verwachten in termen van veiligheid, schade en aardbevingen de komende jaren?

De afname van de gasproductie zorgt ervoor dat het aantal bevingen de komende 15 jaar naar verwachting sterk zal afnemen. Deze afname verloopt echter in fases en is sterk afhankelijk van de snelheid van het afbouwpad en daarmee bijvoorbeeld van het moment van ingebruikname van de stikstofinstallatie.

Omdat de gasproductie het komende jaar nog niet sterk afneemt, kan niet uitgesloten worden dat het aantal aardbevingen nog iets toeneemt. De jaren erna, tot de ingebruikname van de stikstofinstallatie (fase 2 in Figuur 7-2), mogen de inwoners van Groningen ervan uitgaan dat de situatie gestaag zal verbeteren. Het aantal bevingen en de kans op zwaardere bevingen zal in deze periode geleidelijk afnemen (Figuur 7-3). De onzekerheidsbandbreedte in de modellen is echter groot. Dit betekent dat niet uitgesloten kan worden dat het aantal bevingen en de kans op zwaardere bevingen ook gelijk kan blijven.



Figuur 2: Berekeningen van de ontwikkeling van het jaarlijks aantal bevingen met een sterkte van 1,5 en hoger voor het afbouwscenario van het kabinet. De blauwe band geeft de onzekerheid op het berekende aantal bevingen weer.



Figuur 3: De ontwikkeling van de jaarlijkse kans op zwaardere bevingen voor het afbouwscenario van het kabinet.

Met de bouw en ingebruikname van de stikstofinstallatie zal het aantal bevingen per jaar ook duidelijk afnemen als gevolg van de sterk afnemende productie (fase 3 in Figuur 7-2). Hierdoor zal ook de kans op zwaardere bevingen afnemen (Figuur 7-3). In 2023 is deze kans naar verwachting gehalveerd ten opzichte van de kans op zwaardere bevingen op dit moment. Op het moment dat de productie wordt gestaakt in 2030 zullen er nog tussen de nul en acht bevingen (met een sterkte van 1,5 of hoger) per jaar kunnen optreden. De kans op zwaardere bevingen is dan ongeveer een factor vier lager dan in 2018.

SodM gaat ervan uit dat een gerichte versterkingsoperatie op de meest kwetsbare gebouwen ertoe zal leiden, dat de veiligheidsrisico's van alle inwoners van Groningen, na de ingebruikname van de stikstofinstallatie, dezelfde zijn als voor de overige inwoners van Nederland. Dit betekent dus niet dat er dan geen bevingen meer op zullen treden of dat er geen kans meer is op zwaardere bevingen. De inwoners van Groningen moeten er rekening mee houden dat schade als gevolg van een beving nog lange tijd op kan treden. Ook een zwaardere beving is niet uitgesloten.

Ook na beëindiging van de productie zal de kans op enkele bevingen, waaronder mogelijk zwaardere, nog lang blijven bestaan (fase 4 in Figuur 7-2 en Figuur 7-3). Deze bevingen kunnen gepaard gaan met schade. Op dit moment is niet aan te geven hoe lang de bevingen kunnen blijven doorgaan.

Inhoudsopgave

Samenvatting	2
1 Introductie	11
1.1 Wat gebeurde er na het Zeerijp-advies van SodM?	11
1.2 Waarom brengt SodM dit advies uit?	11
1.3 Hoe is dit advies tot stand gekomen?	12
1.2 Leeswijzer	12
2 Veiligheidsnorm en toetsingsmethode	13
2.1 Wat is de norm voor veiligheid als gevolg van aardbevingen?	14
2.2 Wat is de methodologie om de veiligheidsrisico's te berekenen?	15
2.2.1 Hoe kunnen de aardbevingsrisico's worden berekend?	15
2.2.2 Grote bekende en onbekende onzekerheden	16
2.2.3 Hoe kan bij de advisering met deze onzekerheden worden omgegaan?	17
2.2.4 Hoe verhoudt de berekeningsmethodiek van de NAM zich tot de berekeningsmethodiek van de Nationale Praktijk Richtlijn?	18
3 Wordt met de scenario's uit het kabinetsbesluit de gaswinning 'zo snel als mogelijk' afgebouwd?	20
3.1 Wat is er gebeurd sinds Zeerijp?	20
3.2 Hoe geeft de minister de afbouw vorm?	21
3.2.1 Hoe kan de minister tot een navolgbare belangenafweging komen?	21
3.2.2 Hoe wordt de vraag naar Groningengas verlaagd?	22
3.2.3 Maatregelen ter vergroting van het aanbod van laagcalorisch gas	24
3.2.4 Toezicht op GTS	26
4 Wat betekent het stoppen van de gaswinning voor de veiligheidsrisico's?	28
4.1 Zijn de uitkomsten van de risicoberekeningen consistent met die van het Zeerijp-advies?	28
4.2 Hoe zullen de veiligheidsrisico's zich de komende jaren ontwikkelen?	29
4.2.1 Fase 1: de veiligheidsrisico's nemen het komend jaar nog iets toe	30
4.2.2 Fase 2: van 2020 tot en met 2022 is er een eerste flinke afname van het risico	30
4.2.3 Fase 3: risico's sterk beperkt na ingebruikname van de stikstofinstallatie	31
4.3 De veiligheidssituatie is sterk gevoelig voor een relatief koudere winter en tegenvallende afbouw van de winning	31
4.4 Hoe ontwikkelen de risico's zich ruimtelijk over het Groningen-gasveld?	32
4.5 Conclusies	34
5 Wat betekent de ontwikkeling van de veiligheidsrisico's voor de versterkingsopgave?	35
5.1 Omvang en prioritering van de versterkingsopgave	35
5.2 Wat te doen met de batches van 1588 en 1581?	38
5.3 Kan de veiligheidsbeleving verbeterd worden?	40
6 Wat mogen de Groningers nu verwachten?	41

6.1	2019: komend jaar kunnen er weer meer bevingen optreden	41
6.2	2020-2023: tot de ingebruikname van de stikstofinstallatie zal het aantal bevingen naar verwachting langzaam afnemen.....	41
6.3	2023-2030: na de ingebruikname van de stikstofinstallatie zal het aantal bevingen naar verwachting snel verder afnemen	42
6.4	Na 2030: ook na de beëindiging van de productie uit het Groningen-gasveld kunnen er nog steeds bevingen optreden	42
7	Samenvatting en advies	44
7.1	Gaat de voorgenomen afbouw van de gaswinning zo snel als mogelijk?	45
7.2	Advies aan de minister om de gaswinning in Groningen nog sneller te verlagen.....	45
7.3	Wat betekent het stopzetten van de gaswinning voor de veiligheid en de versterkingsoperatie?	46
7.4	Advies aan de minister voor de versterking vanuit het oogpunt van veiligheid	47
7.5	Wat mogen de mensen in Groningen verwachten in termen van veiligheid, schade en aardbevingen de komende jaren?	48
	Afkortingenlijst.....	50
	Bijlage I: beoordeling actualisatie modellen PHRA.....	51
	Update van het seismologisch model, GMM, gebouwclassificatie, kwetsbaarheidscurves en het gevolgmodel.....	52
	V5 Seismologisch model	52
	V5 Ground Motion Model (GMM)	52
	V5 Classificatie van gebouwen.....	53
	V5 Kwetsbaarheidscurves	53
	V5 gevolgmodel	54
	Conclusie	55
	Bijlage II: keuze van veiligheidsmarge	56
	Analogie van waterveiligheid.....	56
	Normen voor waterveiligheid en het gebruik van een veilige marge	56
	Verschilanalyse tussen gebruik van een P90-marge en de marge zoals gebruikt bij waterveiligheid.....	57
	Voorbeelden van veiligheidsmarges uit andere domeinen	57
	Gaswinning Waddenzee	57
	Aanpak van de Noorse toezichthouder	58
	Milieutoezicht	58
	Bijlage III: Verschillen tussen de risicoberekeningen van de NAM en de NPR-aanpak	59
	Verschillen in uitgangspunten	59
	Hazard	59
	Kwetsbaarheidscurves	60
	Objectgebonden individueel aardbevingsrisico versus gebouwgebonden individueel risico	61
	Classificatie van gebouwen.....	61

Verschillen in berekeningswijze.....	62
Statistische analyse versus gebouw-specifieke analyse	62
Vallende objecten	62
Verschillen in de uitvoering	62
Conservatisme als uitgangspunt	62
Aansprakelijkheid inspecteur.....	63
Sterke afhankelijkheid van het inspectiebureau.....	63
Gebiedsgerichte aanpak voor preventieve versterking van gebouwen	63
Bijlage IV: wat is in theorie de relatie tussen productie, drukdaling, snelheid van drukdaling en bevingen?.....	64
Bijlage V: ontwikkeling van de seismische dreiging.....	67
Toename van de seismische dreiging in 2019	67
Beperkte afname van de dreiging tussen 2020 en 2022	67
Verdere afname dreiging door bouw en ingebruikname stikstofinstallatie.....	68
Bijlage VI: verschil tussen kabinetsbrief en verwachtingenbrief aan de NAM	70
Bijlage VII: vergelijking versterkingsopgave op basis van continue productie en afbouw gaswinning naar nul	71

1 Introductie

1.1 Wat gebeurde er na het Zeerijp-advies van SodM?

Na de aardbeving van 8 januari in de buurt van Zeerijp heeft SodM de minister van Economische Zaken en Klimaat (hierna: de minister) geadviseerd een aantal maatregelen te treffen. De voorgestelde maatregelen in dit zogenaamde Zeerijp-advies zijn:

1. Het zo snel als mogelijk reduceren van de totale gaswinning uit Groningen naar maximaal 12 miljard Nm³ per jaar;
2. Het per direct sluiten van de Loppersum clusters;
3. Het beperken van de fluctuaties in het Bierum cluster;
4. Het beperken van de regionale fluctuaties.

Sodm adviseerde deze maatregelen om ervoor te zorgen dat aan de geldende veiligheidsnorm voldaan zou worden. De minister heeft deze adviezen meteen overgenomen. De minister heeft vervolgens de zogenaamde Loppersum clusters per direct laten sluiten. Daarnaast heeft de minister in een brief aan de Tweede Kamer aangegeven dat hij de Nederlandse Aardolie Maatschappij (hierna: NAM) en Gasunie Transport Services (hierna: GTS) zou verzoeken om zowel de fluctuaties in de productie uit het cluster Bierum als de regionale fluctuaties te beperken. Bovendien kondigde hij aan eind maart met een afbouwplan te komen.

Op 29 maart presenteerde de minister de maatregelen die hij wil nemen om zo snel als mogelijk de gaswinning te beperken tot 12 miljard Nm³, in een brief aan de Tweede Kamer. Uit deze brief blijkt dat hij verwacht dit punt op zijn laatst in oktober 2022 te bereiken. In deze brief kondigde hij aan niet te stoppen bij 12 miljard Nm³, maar de gaswinning helemaal af te bouwen naar nul.

In het Zeerijp-advies heeft SodM berekend bij welke hoeveelheid gewonnen gas naar verwachting aan de geldende veiligheidsnorm voldaan zou worden. Met de afbouw van de winning uit het Groningen-gasveld, die de minister heeft aangekondigd als uitgangspunt, probeert SodM nu op basis van vergelijkbare berekeningen vast te stellen wanneer het veilig wordt in Groningen. Ook kan SodM bepalen hoeveel gebouwen naar verwachting vanuit het oogpunt van veiligheid nog versterkt moeten worden. SodM hanteert hierbij dezelfde methode die zij gebruikt heeft om tot het Zeerijp-advies te komen.

1.2 Waarom brengt SodM dit advies uit?

Welke gevolgen heeft de door de minister aangekondigde afbouw voor de veiligheidsrisico's van de inwoners van Groningen? En wat betekent dit voor het deel van de versterkingsoperatie die nu tijdelijk opgeschort is? Dat zijn de hoofdvragen die voorliggen. Daarnaast ligt ook nog de volgende vraag op tafel: wordt met het voorgestelde afbouwscenario inderdaad 'zo snel als mogelijk' het veilige niveau van 12 miljard Nm³ per jaar bereikt? SodM heeft van gemeentes, provincie en burgers in Groningen veel vragen gekregen, die samengevat kunnen worden in de vraag wat de Groningers de komende jaren nu mogen verwachten in termen van veiligheid, schade en aardbevingen.

Dit advies probeert deze vragen te beantwoorden voor zover deze passen bij de rol van SodM als toezichthouder op de veiligheid. Om deze ambitie te realiseren bevat dit advies drie hoofddelen:

1. Het eerste deel bevat een analyse en antwoord op de vraag of de afbouw inderdaad 'zo snel als mogelijk' naar 12 miljard Nm³ per jaar gaat (hoofdstuk 3).
2. Het tweede deel bevat een analyse en antwoord op de vraag wat de afbouw betekent voor de veiligheidsrisico's van de inwoners van Groningen (hoofdstuk 4). Daarnaast geeft dit deel adviezen waar de versterkingsoperatie aan moet voldoen om de veiligheid zo goed mogelijk te waarborgen (hoofdstuk 5).
3. Het derde deel bevat tenslotte het antwoord op de vraag van zowel de minister als veel mensen in Groningen: 'Wat mogen we de komende jaren op het gebied van de aardbevingen verwachten?' (hoofdstuk 6).

De delen 1 en 2 (opgenomen in de hoofdstukken 3 tot en met 5) leiden tot adviezen aan de minister. Een samenvatting van het rapport en de adviezen is opgenomen in hoofdstuk 7.

Het is niet aan SodM om te adviseren over *hoe* de versterking vorm te geven. SodM is immers toezichthouder op de veiligheid en toezichthouden op activiteiten waarover SodM zelf geadviseerd heeft, doet afbreuk aan de onafhankelijkheid van het toezicht. Wel wil SodM met dit advies de minister en de Mijnraad een aantal punten aanreiken, die kunnen helpen bij het vormgeven van een versterkingsoperatie, die *sneller* tot de gewenste veiligheid kan leiden. Want dat is waar SodM in haar rol als toezichthouder voor staat: er voor zorgen dat de veiligheid in Groningen binnen afzienbare termijn gewaarborgd is. Op basis van het advies van SodM en de adviezen van de andere adviseurs, kan de Mijnraad in het op te stellen integrerend advies aan de minister juist wel een antwoord geven op de vraag: ‘Hoe moet de versterkingsoperatie nu aangepakt gaan worden?’

1.3 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. Zowel de gevolgen van als 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 uitgevoerd. Hierbij heeft SodM gebruik gemaakt van de kennis en expertise, die SodM zelf in huis heeft. Voor de beoordeling van de modellen is ook gebruik gemaakt van externe experts.

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 het vaststellen van de te nemen maatregelen. 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.

1.2 Leeswijzer

SodM realiseert zich dat dit rapport door verschillende doelgroepen gelezen zal worden. Geïnteresseerde burgers adviseert SodM de samenvatting en hoofdstuk 6 te lezen. In dit hoofdstuk wordt zo eenvoudig mogelijk aangegeven wat de gevolgen van het stopzetten van de gaswinning zijn voor de veiligheid, schade en aardbevingen de komende jaren. Zij die bovendien de samenvatting en de adviezen van SodM willen lezen, wordt aangeraden om ook hoofdstuk 7 te lezen.

Het advies is als volgt opgebouwd:

- Hoofdstuk 2 bevat een beschrijving van de veiligheidsnorm en de wijze waarop SodM deze toetst.
- Hoofdstuk 3 bevat een analyse en een antwoord op de vraag of het voorgestelde afbouwscenario de gaswinning inderdaad zo snel als mogelijk terug brengt naar 12 miljard Nm³ per jaar.
- Hoofdstuk 4 beschrijft wat de gevolgen van de afbouw en het stopzetten van de gaswinning zijn voor de veiligheidsrisico's.
- Hoofdstuk 5 beschrijft de implicaties voor de versterkingsoperatie en geeft een aantal adviezen aan de minister en de Mijnraad.
- Hoofdstuk 6 geeft een antwoord op de vraag van zowel de minister als veel mensen in Groningen wat zij nu mogen verwachten nu de gaswinning uiteindelijk naar nul wordt afgebouwd.
- Hoofdstuk 7 geeft een samenvatting en beschrijft de adviezen van SodM aan de minister.

2 Veiligheidsnorm en toetsingsmethode

Bij de advisering van SodM naar aanleiding van de Zeerijp beving was de centrale vraag bij welke productiehoeveelheid er geen gebouwen meer zouden zijn met een risico hoger dan de tijdelijke grenswaarde van 10^{-4} /jaar. Hierbij was het uitgangspunt dat de versterking van woningen gaande was. Als dit advies opgevolgd zou worden, zou dit er samen met de versterkingsaanpak voor zorgen dat alle gebouwen in Groningen aan de veiligheidsnorm zouden gaan voldoen. Voor de beantwoording van deze vraag heeft SodM een veiligheidsmarge aangehouden, zoals later in dit hoofdstuk nog verder wordt toegelicht. Hiermee houdt SodM rekening met de grote onzekerheden, zowel de bekende als de onbekende, die besloten liggen in de berekeningen voor de huidige en toekomstige risico's. De aanpak van SodM zorgt er voor dat er voldoende duidelijkheid aan de Groningers gegeven kan worden, ook voor de langere termijn. Het kabinet heeft het advies van SodM overgenomen.

In haar brief aan de Tweede Kamer van 29 maart 2018¹ geeft het kabinet aan verder te willen gaan dan de door SodM geadviseerde 12 miljard Nm³ per jaar. Het voorgestelde beleid is erop gericht om de gaswinning in 2030 geheel te beëindigen. De oorzaak van de bevingen wordt hiermee weggenomen en als gevolg hiervan zal de veiligheid in Groningen goed geborgd gaan worden. Tegelijkertijd ontstaat de vraag wat dit betekent voor de huidige versterkingsaanpak. Het huidige versterkingsprogramma was er immers op gericht om er bij doorgaande gaswinning voor te zorgen dat alle gebouwen in Groningen veilig zijn en blijven. De vraag is dan ook of het verminderen en uiteindelijk beëindigen van de gaswinning uit Groningen ruimte biedt om de versterkingsaanpak aan te passen, zodat met de versterking sneller tot de gewenste veiligheid kan worden gekomen.

Naar het oordeel van SodM is een versnelling hard nodig. Er zijn tot nu toe zo'n 600 gebouwen versterkt. Alhoewel het tempo omhoog leek te gaan, vergt de huidige aanpak veel tijd, waardoor het risico bestaat dat de uitvoering van het versterkingsprogramma veel langer duurt dan acceptabel is. Inmiddels is het starten met de versterking van de '1588 batch' tijdelijk stil gelegd in afwachting van de verschillende adviezen. Voor zover de berekeningen van de '1581 batch' klaar zijn wordt ook bij deze 'batch' nog gewacht op de verschillende adviezen alvorens verder te gaan. Dit heeft de gemoederen flink doen oplopen.

Het is niet aan SodM om te adviseren over *hoe* de versterking vorm te geven. SodM houdt immers toezicht op de veiligheid en toezichthouden op activiteiten waarover SodM zelf geadviseerd heeft, doet afbreuk aan de onafhankelijkheid van het toezicht. Wel wil SodM met dit advies de minister en de Mijraad een aantal punten aanreiken, die kunnen helpen bij het vormgeven van een versterkingsoperatie, die *sneller* tot de gewenste veiligheid kan leiden. SodM zal daarvoor beoordelen hoeveel gebouwen er gedurende de komende tien jaar niet aan de veiligheidsnorm voldoen. Dit wordt in tijdvakken van steeds een jaar weergegeven. Daarmee wordt duidelijk wanneer alle gebouwen, bij de voorziene daling van de gasproductie, naar verwachting ook zonder versterking aan de norm zullen voldoen. Ook wordt duidelijk hoeveel gebouwen er minimaal versterkt moeten worden en voor welke duur.

Onze aanpak steunt op de veiligheidsnorm, zoals geadviseerd door de commissie Meijdam. Daarnaast maken wij gebruik van de op dit moment best beschikbare methodiek om de veiligheidsrisico's en de onzekerheden daarin te berekenen. In de volgende paragrafen wordt eerst de norm voor veiligheid besproken (paragraaf 2.1), gevolgd door de methodologie om de veiligheidsrisico's te berekenen (paragraaf 2.2). Deze methodologie kent nog zijn beperkingen. Deze zullen in deze paragraaf worden besproken. Ook wordt inzichtelijk gemaakt hoe ondanks deze beperkingen de resultaten uit de methodologie toch gebruikt kunnen worden voor het bepalen van maatregelen. Bij het beschrijven van deze methodologie wordt duidelijk dat deze dezelfde grondslagen kent als bij het beheersen van overstromingsrisico's. Ook wordt beschreven hoe deze

¹ Kamerstuk 2018, 33 529, nr. 430 (Kamerbrief).

methodologie zich verhoudt tot de methodologie, die in de huidige versterkingsaanpak wordt gebruikt.

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

In 2013 bleek dat de gaswinning in Groningen wel degelijk gepaard gaat met een veiligheidsrisico ten gevolge van bodembeweging (door de aardbevingen). Daarom werd toen 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 (IR) van 10^{-5} per jaar voor nieuwbouw en bestaande bebouwing, met een tijdelijk te hanteren grenswaarde van 10^{-4} per jaar. Gebouwen met een risico boven deze grenswaarde dienen met voorrang te worden aangepakt.

De veiligheidsnorm beschrijft de jaarlijkse 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 wiskundige notatie van 10^{-5} betekent voor elk individu een jaarlijkse kans op overlijden van 1 op de 100.000. Deze norm is overigens identiek aan de in 2017 vastgestelde norm voor waterveiligheid² (zie ook bijlage II).

Het kabinet heeft met de kamerbrieven van 3 november 2015³ en 18 december 2015⁴ de Tweede Kamer geïnformeerd, dat zij dit advies heeft overgenomen en vastgelegd in haar risicobeleid.

De norm voor de veiligheid, als gevolg van aardbevingen, is daarmee vastgesteld op $IR < 10^{-5}$ /jaar. De minister heeft in zijn beleid voor bestaande bouw een overgangperiode vastgesteld van vijf jaar. Voor bestaande bouw geldt daarom dat het individueel risico gedurende deze vijf jaar tussen de 10^{-4} en 10^{-5} per jaar mag zijn. In deze periode moeten er wel maatregelen worden genomen zodat na deze vijf jaar het risico zich onder de 10^{-5} /jaar bevindt. Er is ruimte voor interpretatie wanneer de overgangstermijn van vijf jaar in gaat.

Veiligheidsbeleving van de Groningers

Over de veiligheidsbeleving van Groningers vermeldt de maatschappelijke literatuurstudie 'gevolgen Bodembeweging Groningen' het volgende:

"Gevoelens van veiligheid zijn door de aardbevingen ernstig aangetast door de blootstelling aan de aardbevingen (Hoekstra et al., 2016) en de hoeveelheid schade die mensen door de aardbevingen aan hun woning hebben (Postmes & Stroebe (2016) en Postmes et al. (2016). Ook longitudinaal (2009 – 2013) onderzoek van De Kam & Raemaekers (2014) liet zien dat negatieve gevoelens over de tijd toenemen, en dat deze gevoelens in een steeds groter wordend geografisch gebied voorkomen.

De inwoners van Groningen ervaren verscheidene psychosociale gevolgen door de aardbevingen. De belangrijkste hiervan zijn gevoelens van onveiligheid, angst, bezorgdheid en onzekerheid. Veel Groningers ervaren ook gevoelens van machteloosheid en boosheid en hebben geen vertrouwen meer in de toekomst. Ook het woongenot van inwoners in de provincie is verminderd."

Sociaal Planbureau Groningen, 31.05.2018, A.M. van Valkengoed p47-55

² Deltabeslissing Waterveiligheid (2017).

³ Kamerstukken II 2015/16, 33529, 205 (Kamerbrief).

⁴ Kamerstukken II 2015/16, 33529, 212 (Kamerbrief).

Voor schade en andere nadelige gevolgen is geen exacte norm bepaald. In het algemeen is de zorgplicht aan de orde als het effect van de winning in negatieve zin afwijkt van de verwachting, zoals in het winningsplan 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.

In het MRP speelt de veiligheidsbeleving uitdrukkelijk een rol, zowel in de bepaling van het signaleringsniveau als in het afwegingskader voor maatregelen. Dit benadrukt het belang van het MRP als instrument voor tussentijds ingrijpen. De maatregelen die de minister nu en in de toekomst neemt om de gaswinning in Groningen terug te brengen naar nul, zijn voor de fysieke veiligheid van de Groningers, maar ook voor hun veiligheidsbeleving, van groot belang. Recente studies wijzen uit dat de veiligheidsbeleving in Groningen, als gevolg van de aardbevingen en de hieruit voortvloeiende schade, in toenemende mate verslechtert. Ook wijzen deze studies uit dat Groningers in een steeds groter gebied hiermee te maken hebben (zie ook tekstvak 'Veiligheidsbeleving van de Groningers').

In de laatste uitspraak van de Afdeling Bestuursrechtspraak van de Raad van State (hierna: Raad van State) over de gaswinning in Groningen zijn de aard en omvang van deze sociale gevolgen als een zelfstandig zwaarwegend belang meegewogen. Zowel de afbouw (die de oorzaak moet wegnemen), als een schadeherstel en een versnelde versterking (gericht op de nadelige gevolgen) moeten op afzienbare termijn zorgen voor verbetering van de veiligheidsbeleving.

2.2 Wat is de methodologie om de veiligheidsrisico's te berekenen?

In dit deel zal SodM ingaan op de wijze waarop de risico's kunnen worden berekend (paragraaf 2.2.1). Ook wordt stil gestaan bij de kanttekeningen die daarbij moeten worden geplaatst (paragraaf 2.2.2). Deze kanttekeningen beïnvloeden de manier waarop SodM naar de versterkingsopgave kijkt. Vervolgens zal duidelijk worden dat de aanpak van SodM dezelfde grondslagen kent als die bij het beheersen van overstromingsrisico's (paragraaf 2.2.3). Ook wordt beschreven hoe de door ons gebruikte methodologie zich verhoudt tot de methodologie, die in de huidige versterkingsaanpak wordt gebruikt (paragraaf 2.2.4). Deze vergelijking zal later in dit rapport worden gebruikt om de veiligheidsrisico's, zoals we die berekenen, te vergelijken met de huidige inzichten van de Nationaal Coördinator Groningen (hierna: NCG) omtrent de versterkingsopgave.

2.2.1 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 acht complexe modellen (zoals bijvoorbeeld het geologisch model, het seismologisch model en het model voor de kwetsbaarheid van gebouwen bij verschillende grondtrillingen; zie ook bijlage I). Deze trein van modellen is in staat om - weliswaar met onzekerheden - per gebouw in Groningen het 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. SodM is van mening dat de modellen van de NAM over het algemeen van hoogstaand niveau zijn (de beoordeling van de meest recente modellen is te vinden in bijlage I). De modellen maken grotendeels gebruik van de beste wetenschappelijke kennis die op dit moment beschikbaar is.

Elk van deze modellen kent vele onzekerheden en (model)keuzes en wordt zo goed mogelijk geijkt aan de beschikbare waarnemingen. De berekenbare onzekerheden worden grotendeels, maar niet allemaal, in de berekeningen meegenomen door Monte Carlo simulaties toe te passen (zie tekstvak 'Monte Carlo berekingsmethode'). In de volgende paragraaf gaan we hier verder op in.

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 uitkomsten met een kans, die aangeeft hoe waarschijnlijk deze oplossing is. Dit heet een waarschijnlijkheids-verdeling (in het engels een Probability Density Curve). De gemiddelde waarde van deze verdeling wordt vaak de 'verwachtingswaarde' genoemd. Dit is de best mogelijke schatting voor de uitkomst van de berekening.

De waarde, waarbij de uitkomst in 90% van de berekeningen op of onder deze 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.

2.2.2 Grote bekende en onbekende onzekerheden

Een deel van de bekende onzekerheden in de modellen wordt door de experts zo goed mogelijk ingeschat en zonder veiligheidsmarges meegenomen. Op deze wijze wordt het risico zo goed mogelijk berekend. Deze bekende onzekerheden in de modellen zijn groot. De bandbreedte van mogelijke uitkomsten is daardoor ook groot: de P90-uitkomst (90% van de uitkomsten is lager) is een factor 25 groter dan de P10-uitkomst (10% van de uitkomsten is lager).

Om te komen tot een zo goed mogelijke inschatting van de risico's bij het gebruik van een probabilistische aanpak, is het belangrijk dat *alle* onzekerheden met een realistische bandbreedte worden meegenomen. In de huidige modeltrein en bijbehorende berekeningen van de NAM is dit echter niet het geval. Op dit moment worden nog niet alle bekende onzekerheden volledig en consistent meegenomen. Dit beïnvloedt de uitkomst van de risicoberekening.

Ter illustratie: van de eerste drie modellen in de keten (het geologische model, het dynamisch model en het compactie model; zie bijlage I) worden geen onzekerheden meegenomen in de risicoberekening. Er wordt gekozen voor één enkel model met één set parameterwaarden. Bekende, alternatieve modellen worden niet meegenomen, ondanks dat deze bij een vergelijkbare kalibratie aan de waarnemingen een andere voorspelling van de toekomst zouden geven. Voor de onzekere parameters wordt alleen de meest waarschijnlijke, gekalibreerde waarde verder meegenomen, niet de bandbreedte van mogelijke oplossingen.

Ook bij het seismologische model worden bekende, alternatieve seismologische modellen niet meegenomen in de methodologie. Het is echter bekend dat deze modellen een duidelijk andere voorspelling van de toekomst geven dan de door de NAM gebruikte modellen. Dat het meenemen van deze modellen de uitkomsten van de berekeningen voor de seismische activiteit, en uiteindelijk het risico, beïnvloeden is zeker, de mate waarin is echter onbekend.

Ook de wijze waarop de berekeningen worden uitgevoerd, brengt onzekerheden met zich mee. Keuzes omtrent bijvoorbeeld de grootte van gridcellen (waarmee geografische verschillen uiteindelijk bepaald worden), egalisatiefuncties (waarmee puntschattingen tot doorlopende lijnen worden omgevormd, die vervolgens de basis voor de verdere berekeningen vormen) alsmede de wijze van kalibratie van rekenuitkomsten aan de metingen in het Groningen-gasveld (waardoor de rekenuitkomsten significant bijgesteld kunnen worden) hebben een grote invloed op de uitkomsten van de risicoberekeningen. De keuzes in de gebruikte modeltrein zijn niet volledig beschreven. Deze keuzes brengen daarmee onzekerheid met zich mee, die nu niet is te definiëren.

Bovenstaande voorbeelden van onzekerheden zijn dus nog niet meegenomen en berekend. Deze onzekerheden kunnen zowel tot een overschatting als een onderschatting van het berekende veiligheidsrisico leiden. De eerste verkenningen door TNO, bij het nabouwen van de huidige

modellentrein van de NAM, suggereert dat we rekening moeten houden met een onderschatting van het risico.

De NAM is continu bezig om de modellen in de berekeningsmethode te verbeteren: de modellen worden verfijnd, nieuwe inzichten worden verwerkt en nieuwe waarnemingen worden gebruikt om de kalibratie van de modellen te verbeteren. De verschillen in uitkomsten tussen verschillende versies van de modellentrein zijn groot en zeker niet systematisch. Tabel 2-1 illustreert de fluctuerende risicoschattingen, die duidelijk geen relatie hebben met het productieniveau. Ook de inschattingen van de onzekerheidsbandbreedte rond de uitkomsten verschillen (zie Tabel 2-1). Deze sterke, niet systematische fluctuatie in de uitkomsten betekent dat de modellentrein nog niet voldoende robuust is.

Ook naar de toekomst toe zal daardoor rekening moeten worden gehouden met een veranderende, soms lagere, dan weer hogere, risicoschatting ten gevolge van de doorontwikkeling en her-kalibratie van de modellen. Hierdoor ontstaat onzekerheid voor de inwoners van Groningen: voor gebouwen waarvan de risicoschatting rond de norm ligt, kan bij elke volgende actualisatie van de berekeningen de beoordeling veranderen van veilig in onveilig en andersom. Ook is het hiermee lastig om over de tijd consistent beleid vorm te geven en uit te voeren.

Tabel 2-1: Overzicht van de uitkomsten van de Hazard and Risk Assessment (HRA)-berekeningen sinds de eerste kwantitatieve analyse in november 2015.

Rapport	Productieniveau	Verwachtingswaarde $N_{\text{gebouwen}} > 10^{-5}/\text{jaar}$	P90 $N_{\text{gebouwen}} > 10^{-5}/\text{jaar}$
HRA november 2015	21 miljard Nm^3/jaar	~2300	
HRA 'Winningsplan 2016'	27/21 miljard Nm^3/jaar	~100	~800
HRA november 2017	24 miljard Nm^3/jaar	~2800	~10.000

2.2.3 Hoe kan bij de advisering met deze onzekerheden worden omgegaan?

Zoals in hoofdstuk 2.1 beschreven, is voor het risicobeleid voor geïnduceerde bevingen het risicobeleid voor waterveiligheid als uitgangspunt gekozen. Dit houdt in dat het risico van de inwoners van Groningen niet hoger mag zijn dan elders in Nederland). In lijn met dit beleid ligt het voor de hand om bij de toetsing aan de norm voor geïnduceerde aardbevingen, uit te gaan van de verwachtingswaarde (de best mogelijke inschatting) van het risico. Hiermee wordt consistentie in het risicobeleid behouden. SodM toetst de *veiligheidsrisico's* dan ook aan de hand van de *verwachtingswaarde* (de best mogelijke schatting) uit de berekeningen van de NAM.

Het is echter de vraag of de verwachtingswaarde ook het beste uitgangspunt is voor het bepalen van *de te nemen maatregelen* indien niet aan de norm wordt voldaan. Zoals in paragraaf 2.2.2 beschreven, zullen bewoners van gebouwen met een risicoschatting rond de norm, naar de toekomst niet zeker zijn of hun woning al dan niet voldoet aan de norm. Zowel de onzekerheden in de risicoberekeningen, als het aantal niet meegenomen onzekerheden, zijn dermate veel groter dan in andere risicodomeinen, dat bij het bepalen van de vereiste maatregelen het gebruik van de verwachtingswaarde niet goed te rechtvaardigen is. Dit wordt versterkt door de onzekerheid in zowel de haalbaarheid van de afbouwscenario's als de toekomstige ontwikkelingen van de temperatuur. SodM acht het niet goed te verantwoorden, en ook lastig uitvoerbaar, als bij elke (jaarlijkse) actualisatie van de risicoberekening de omvang van de maatregelen bij wordt gesteld. De overheid moet kunnen instaan voor de veiligheid van de Groningers. Zij verdienen duidelijkheid, juist nu zij al langere tijd in onzekerheid hebben verkeerd.

De Raad van State heeft in haar uitspraak van 15 november 2017⁵ aangegeven dat, ook al zijn er veel onzekerheden in de berekeningswijze van het risico, deze gebruikt kan worden, mits er bijvoorbeeld wordt uitgegaan van marges of een 'worst-case' situatie als uitgangspunt. In lijn met deze uitspraak en de aanpak bij waterveiligheid, heeft SodM zich bij het vaststellen van het door haar geadviseerde productieniveau in het advies over de te nemen maatregelen naar aanleiding van de Zeerijp beving, gebaseerd op een veiligheidsmarge ten opzichte van de verwachtingswaarde. In dit advies zal SodM ook bij de bepaling van de gevolgen voor de versterkingsoperatie een veiligheidsmarge hanteren.

De keuze voor de grootte van de veiligheidsmarge is een praktische en bestuurlijke keuze. Juist omdat een deel van de onzekerheden niet wordt meegenomen in de berekeningen, is geen wetenschappelijke grondslag mogelijk voor de keuze van de omvang van de veiligheidsmarge. Vanuit wetenschappelijk oogpunt is de keuze voor een bepaalde veiligheidsmarge arbitrair. Tegelijkertijd maken andere domeinen, zoals de waterveiligheid en het milieutoezicht, bij grote en onbekende onzekerheden gebruik van veilige marges. Ook in het buitenland is dit gebruikelijk. Zo wordt in Noorwegen bij de regulering en het toezicht op de olie- en gassector gewerkt met een veiligheidsmarge indien de onderliggende kennis van de onzekerheden incompleet is. In bijlage II wordt uitgebreider ingegaan op de onderbouwing waarom SodM een marge hanteert.

In het Zeerijp-advies heeft SodM voor de bepaling van de te nemen maatregel de zogenaamde P90 uit de berekeningen van de NAM overgenomen. Zo is SodM op de 12 miljard Nm³ uitgekomen. De P90 is de waarde, waarbij de uitkomst in 90% van de berekeningen op of onder deze waarde ligt; er is een kans van 10% dat de echte waarde boven deze P90-waarde ligt. De afstand in de uitkomsten tussen verwachtingswaarde en de P90 is de marge die SodM heeft gehanteerd. Hiermee heeft SodM zich gebaseerd op de berekende onzekerheid in de uitkomsten van de risicoberekeningen, welke een reflectie is van de huidige stand van de kennis in de modellen.

Om consistentie met het Zeerijp-advies en de afbouwscenario's van de minister te borgen, zal SodM zich voor de marge in de versterkingsmaatregelen ook in dit advies baseren op de P90 uit de berekeningen van de NAM. Op basis van deze marge wordt geborgd dat de geadviseerde maatregelen ook op langere termijn voldoende robuust zullen zijn. In bijlage II wordt ook inzichtelijk gemaakt dat de alternatieve methode, analoog aan de waterveiligheidsaanpak, tot een vergelijkbare versterkingsopgave leidt.

SodM zal verder gaan met het uitvoeren en vormgeven van het onderzoeksprogramma van het Kennisprogramma Effecten Mijnbouw (hierna: KEM) op een dusdanige manier dat meer van de bekende, maar nog niet meegenomen onzekerheden in de toekomst meegenomen kunnen worden. Het is voorstelbaar dat op een moment in de toekomst, als de kennis en de modellen voldoende robuust zijn, het niet meer nodig is om een veilige marge te hanteren.

2.2.4 Hoe verhoudt de berekeningsmethodiek van de NAM zich tot de berekeningsmethodiek van de Nationale Praktijk Richtlijn?

Breed wordt waargenomen dat de NAM en de NCG verschillende inschattingen hanteren van het aantal gebouwen dat niet aan de norm voldoet. De NAM schat dit aantal lager in dan de omvang van de versterkingsopgave, zoals deze door de NCG wordt ingeschat. SodM heeft een inventarisatie gemaakt van de verschillen in uitgangspunten, berekeningswijze en uitvoering, waardoor het mogelijk is om deze grote verschillen te verklaren.

Samengevat zitten de verschillen in twee verschillende categorieën. De eerste categorie betreft de omvang van de seismische dreiging. De huidige versterkingsadviezen van de NCG baseren zich op de NPR2015. De NPR2015 is gebaseerd op de dreigingskaart van het KNMI van november 2015, waarin de seismische activiteit wordt bepaald door 5 jaar *terug* te kijken in de tijd. Dit betekent dat deze

⁵ ECLI:NL:RVS:2017:3156.

berekende seismische activiteit effectief gebaseerd is op een productieniveau van circa 50 miljard Nm³ per jaar. Deze seismische activiteit is dan ook veel hoger dan de seismische activiteit, zoals die door de NAM berekend wordt. Immers, de NAM kijkt met haar berekeningen vooruit, naar de verwachte gasproductie. Nu de gaswinning verder wordt afgebouwd, neemt het verschil in benadering, gebaseerd op terugkijken versus vooruitkijken, verder toe. Het terugkijken levert daarmee uiteindelijk een overschatting op van het aantal gebouwen in Groningen, dat versterkt moet worden.

De tweede categorie van verschillen betreft de benaderingswijze van het inschatten van de kwetsbaarheid van de gebouwen. De NAM maakt een schatting gebaseerd op de beste kennis van de onzekerheden. De NPR-methodiek gaat bij iedere onzekerheid steeds uit van het slechtst mogelijke scenario. Uiteraard leidt deze NPR-aanpak tot een hogere inschatting van het aantal gebouwen dat versterkt moet worden.

De volledige inventarisatie van de verschillen tussen de NAM-methodiek en de NPR-methodiek wordt gegeven in bijlage III. In hoofdstuk 4 van dit rapport worden de inschattingen weergegeven van het aantal te versterken gebouwen. Ook worden deze inschattingen vergeleken met de NCG-inschattingen van de reeds geïnspecteerde gebouwen alsmede met de eerdere berekeningen.

3 Wordt met de scenario's uit het kabinetsbesluit de gaswinning 'zo snel als mogelijk' afgebouwd?

SodM kondigde op 29 maart 2018 aan dat zij de minister zou adviseren vanuit haar rol als toezichthouder op de veiligheid ten aanzien van zijn streven de productie van het Groningen-gasveld zo snel als mogelijk te reduceren. SodM heeft hiertoe openbare informatie benut en gesprekken gevoerd met GTS, Instituut Clingendael, de Autoriteit Consument en Markt (hierna: de ACM) en het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat (hierna: EZK). Met behulp van deze informatie is een aantal van de maatregelen om de afbouw van de productie uit het Groningen-gasveld vorm te geven nader beschouwd. SodM heeft aan de hand van deze informatie een globale analyse gemaakt van de vraag of de afbouw zo snel als mogelijk verloopt.

In dit hoofdstuk kijkt SodM terug op wat is gebeurd sinds Zeerijp (paragraaf 3.1) en gaat in op de mate waarin de voorgenomen aanpak van de minister bijdraagt aan een zo spoedig mogelijke afbouw van de productie uit het Groningen-gasveld. In paragraaf 3.2 beantwoordt SodM de vraag hoe de minister de afbouw vormgeeft. Hierbij wordt ingegaan op specifieke maatregelen om zowel de vraag naar laagcalorisch gas te reduceren als alternatieven voor het Groningen gas beschikbaar maken. Tot slot gaat SodM in op de waarde van aanscherping van de taakomschrijving van GTS en het toezicht hierop.

3.1 Wat is er gebeurd sinds Zeerijp?

In deze paragraaf geeft SodM op hoofdlijnen weer wat er sinds de aardbeving bij Zeerijp gebeurd is om de productie uit het Groningen-gasveld zo snel als mogelijk af te bouwen.

In lijn met het Zeerijp-advies van SodM heeft de minister besloten de Loppersum clusters te sluiten. Ook heeft de minister de NAM laten weten dat de beperking van de veldbrede vlakke productie losgelaten kan worden, opdat sneller kan worden afgebouwd. Daarbij heeft de minister de NAM opgedragen de regionale fluctuaties in de productie van cluster Bierum te beperken tot +/- 20%. Ook heeft de minister de NAM gevraagd om bij de uitwerking van de operationele uitvoering rekening te houden met een beperking van de regionale fluctuaties tot het huidige niveau van +/- 50%.

Daarnaast heeft de minister besloten dat uiterlijk per oktober 2022, maar mogelijk al een paar jaar eerder, de gaswinning daalt tot onder het niveau van 12 miljard Nm³. Afhankelijk van het effect van de maatregelen wordt vanaf oktober 2022 een daling voorzien naar 7,5 miljard Nm³ en mogelijk fors minder. Daarna wordt de gaswinning afgebouwd tot nul in 2030.

Ook heeft de minister het wetsvoorstel ingediend tot wijziging van de Gaswet en de Mijnbouwwet ter minimalisering van de gaswinning uit het Groningenveld (hierna: de spoedwet) en een fors aantal maatregelen in gang gezet om de productie uit het Groningen-gasveld te minimaliseren. GTS krijgt in het wetsvoorstel de taak om bij de raming van de benodigde hoeveelheid gas die nodig is om alle afnemers van laagcalorisch gas te kunnen voldoen, alle beschikbare middelen en methoden die deze hoeveelheid minimaliseren te betrekken (art. 10a, eerste lid, onderdeel q, van de Gaswet). Vooruitlopend op de inwerkingtreding van deze wetswijziging heeft de minister GTS gevraagd nu al te handelen conform het systeem van de nieuwe wet. Het kabinet heeft op 29 maart 2018 aangekondigd dat besloten is tot de bouw van een stikstofinstallatie in Zuidbroek.

GTS heeft de minister geadviseerd welke volumes en capaciteiten benodigd zijn voor de leveringszekerheid. Ook heeft GTS verschillende maatregelen in beeld gebracht om verlaging van productie mogelijk te maken. GTS geeft aan dat zij een groot deel van deze maatregelen al in gang heeft gezet en noemt in dit kader bijvoorbeeld de bouw van een stikstofinstallatie, uitbreiding en optimalisatie van bestaande kwaliteitsconversie en marktombouw van industrie van G-gas naar H-gas. Eind maart 2018 heeft GTS al investeringen voorgesteld, onder meer voor de bouw van een stikstoffabriek in Zuidbroek, en de markt hierover geconsulteerd. Al deze acties en maatregelen heeft GTS genomen ter voorbereiding op zijn aanstaande wettelijke taken, namelijk de raming van

de benodigde hoeveelheid laagcalorisch gas en de benodigde kwaliteitsconversie om de productie uit Groningen te kunnen reduceren.

Ter voorbereiding van het besluit over de productie voor het gasjaar 2018-2019 heeft de minister in de geest van de spoedwet een brief gestuurd aan de NAM met het verzoek een addendum op het winningsplan 2016 in te dienen. De scenario's in deze brief liggen de eerste jaren 0,5 – 1 miljard Nm³ per jaar boven de scenario's van het kabinetsbesluit. SodM gaat er van uit dat de productie zal worden bepaald op het niveau dat in het kabinetsbesluit is aangegeven voor komend gasjaar, te weten 19,4 miljard Nm³. Voor nadere details zie bijlage VI.

De NAM verwacht in het gasjaar 2017-2018 in totaal tussen de 19 en 20 miljard Nm³ te produceren, dus minder dan de 21,6 miljard Nm³ die aan de NAM is toegestaan voor het huidige gasjaar.

3.2 Hoe geeft de minister de afbouw vorm?

Deze paragraaf analyseert op hoofdlijnen de aanpak van de minister om de productie van het Groningen-gasveld zo snel als mogelijk af te bouwen. Allereerst wordt ingegaan op de afweging van belangen die de minister maakt (paragraaf 3.2.1). Vervolgens worden de stappen besproken die de minister kan zetten om de productie van Groningengas mogelijk sneller te verminderen. Dit door ten eerste in te gaan op het verlagen van de vraag naar Groningengas (paragraaf 3.2.2) en ten tweede op het vergroten van het aanbod van alternatieven voor Groningengas (paragraaf 3.2.3). Hierbij wordt kort stilgestaan bij de maatregelen die de minister op 6 juni in zijn brief aan de Kamer noemt⁶. Iedere m³ gas die door deze maatregelen bespaard kan worden, zorgt immers voor minder kans op aardbevingen en daaraan gerelateerde schade. Tenslotte wordt stilgestaan bij een mogelijke aanscherping van de taakomschrijving van GTS en het toezicht hierop (paragraaf 3.2.4).

3.2.1 Hoe kan de minister tot een navolgbare belangenafweging komen?

Beslissingen omtrent de gaswinning uit Groningen zijn complex. Meerdere, vaak ook tegenstrijdige belangen spelen een rol. Sommige keuzes worden al in het wetsvoorstel vastgelegd. Zo wordt de keuze gemaakt dat afnemers in beginsel niet worden afgesloten.

Andere belangen moeten ook door de minister worden afgewogen. De weging van de verschillende belangen bepaalt in grote mate het uiteindelijke tempo van de afbouw. In de spoedwet heeft de minister aangegeven hoe hij deze belangenafweging wil maken. Deze paragraaf gaat eerst in op deze belangenafweging, gevolgd door aanbevelingen van SodM ten aanzien van deze belangenafweging.

In het wetsvoorstel wordt de afweging tussen veiligheid van de gaswinning, veiligheid van de leveringszekerheid en maatschappelijke belangen beschreven. Kort samengevat beschrijft de memorie van toelichting van de spoedwet de belangen als volgt:

1. Veiligheidsbelang. Deze valt uiteen in twee componenten:
 - a. Veiligheid van de gaswinning: gaswinning veroorzaakt bodembeweging (bodemdaling en aardbevingen). Als gevolg van aardbevingen kan schade aan huizen en andere bouwwerken optreden met risico's voor personen en voor de infrastructuur.
 - b. Veiligheid van de leveringszekerheid: in Nederland zijn op dit moment de huishoudens en het merendeel van de bedrijven afhankelijk van Groningengas. Buitenlandse huishoudens en bedrijven zijn deels afhankelijk van Groningengas. Indien tot afschakelen van huishoudens, maar ook instellingen als ziekenhuizen en verpleeghuizen, moet worden overgegaan, betekent dat dat zij zonder verwarming komen te zitten en niet meer kunnen koken. Dat brengt risico's voor de

⁶ Voortgang maatregelen gaswinningsbrief, kenmerk DGETM-EI / 18113164

(volks)gezondheid met zich mee en kan er toe leiden dat gebieden mogelijk onleefbaar worden of dat alternatieve warmtebronnen moeten worden ingezet die andere veiligheidsrisico's met zich meebrengen.

2. Maatschappelijk belang van leveringszekerheid: de economische consequenties voor bedrijven van langdurige afsluiting van gas. Het gaat hierbij om 'ontwrichtende gevolgen voor de maatschappij'. Als veel bedrijven worden stilgelegd heeft dat consequenties voor de goederen en diensten die deze bedrijven leveren. Dit kan er toe leiden dat niet meer in eerste levensbehoeften kan worden voorzien en dat (een deel) van de Nederlandse maatschappij tot stilstand komt.

De minister maakt de integrale afweging van het veiligheidsbelang jaarlijks bij een nieuw te nemen besluit over de gaswinning uit het Groningen-gasveld. De minister geeft aan dat alleen bij uitzonderlijke situaties de afweging van de veiligheidsbelangen tot een lagere winning kan leiden, bijvoorbeeld in het geval een aardbeving leidt tot één of meerdere doden. SodM vindt belangrijk dat het veiligheidsbelang voorrang krijgt bij beslissingen over de productie uit het Groningen-gasveld. Ook is van belang dat voor alle betrokkenen inzichtelijk en navolgbaar wordt op welke wijze de minister de belangenafweging heeft gemaakt.

Advies: Geef veiligheidsbelang voorrang en maak de belangenafweging inzichtelijk en navolgbaar

SodM vindt belangrijk dat voor alle betrokkenen inzichtelijk en navolgbaar wordt op welke wijze de minister de verschillende belangen heeft afgewogen. SodM beveelt daarbij aan de veiligheid, zowel die van de gaswinning als die van de leveringszekerheid voorrang te geven boven andere belangen, zoals economische belangen van leveringszekerheid. Ook beveelt SodM aan de veiligheid van de gaswinning en de veiligheid van de leveringszekerheid te definiëren als twee aparte belangen. Door allereerst de afzonderlijke belangen zichtbaar en concreet te beschrijven, kan de minister vervolgens zijn afweging tussen beide belangen beschrijven. Op deze wijze wordt de belangenafweging inzichtelijk en navolgbaar.

3.2.2 Hoe wordt de vraag naar Groningengas verlaagd?

Deze paragraaf beschrijft de verschillende soorten gas die we in Nederland gebruiken en gaat daarna in op twee belangrijke maatregelen die de minister neemt om de vraag naar laagcalorisch gas te verminderen. Het betreft dan ten eerste de maatregelen ter vermindering van de export van laagcalorisch gas naar Duitsland, België en Frankrijk, en ten tweede de ombouw van grootverbruikers naar een hoogcalorische aansluiting.

Wat voor gas gebruiken we in Nederland, Duitsland, België en Frankrijk?

Het Nederlandse aardgas is aan de hand van de calorische waarde in te delen (zie Tabel 3-1). De calorische waarde is de hoeveelheid energie die uit 1m³ gas kan worden gehaald bij verbranding: één m³ hoogcalorisch gas bevat meer energie dan één m³ laagcalorisch gas. Er zijn dan drie soorten: hoogcalorisch gas (H-gas); en laagcalorisch gas, onder te verdelen in L-gas en G-gas. Het gas dat uit het Groningenveld komt valt in de categorie G-gas. Uit Groningengas kan ook L-gas worden gemaakt dat gebruikt wordt voor de export naar Duitsland, Frankrijk en België. Dit doet men door Groningengas te mengen met H-gas. H-gas heeft de hoogste calorische waarde, G-gas de laagste.

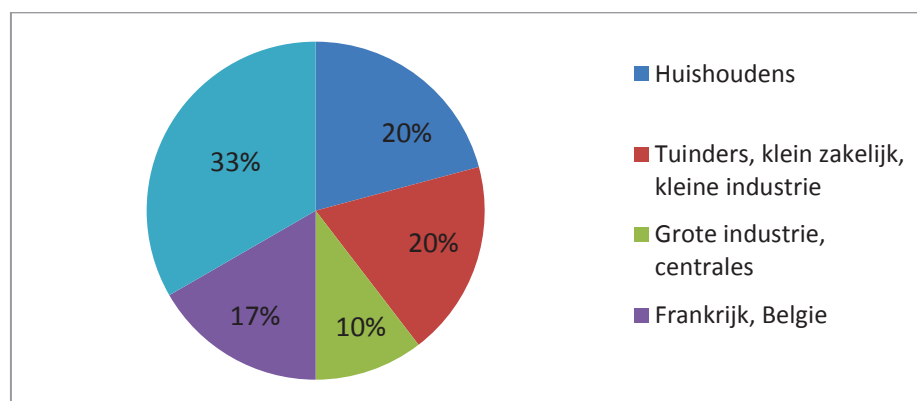
H-gas wordt gebruikt voor zowel binnen- als buitenland; L-gas voor de export naar Duitsland, Frankrijk en België; en G-gas voor binnenlandse afnemers. De verschillende gaskwaliteiten zijn niet onderling uitwisselbaar omdat koolmonoxidevergiftiging en ontploffingsgevaar ontstaan als bijvoorbeeld L-gas branders H-gas gebruiken. Nederlandse huishoudens beschikken doorgaans over branders die G-gas kunnen verbranden.

Tabel 3-1: Soorten gas en gebruikers daarvan.

	Hoogcalorisch	Laagcalorisch	
Soort gas	H-gas	L-gas	G-gas
Gebruikers	Grootverbruikers NL, Export	Export	Huishoudens NL, klein- en grootverbruikers NL

Verminderen van export naar Duitsland, België en Frankrijk levert flinke bijdrage aan reductie vraag naar laagcalorisch gas

Op basis van informatie van EZK is de vraag naar laagcalorisch gas bij benadering uitgesplitst naar verschillende gebruikers. Onderstaande figuur (Figuur 3-1) geeft aan dat de export van laagcalorisch gas naar Duitsland, België en Frankrijk ongeveer vijftig procent uitmaakt van de totale vraag naar laagcalorisch gas. SodM begrijpt derhalve dat de minister sterk inzet op het verminderen van de vraag in Duitsland, België en Frankrijk. De minister heeft aan de Tweede Kamer gerapporteerd dat de vraag in Duitsland versneld wordt afgebouwd en dat ook met Frankrijk en België afspraken zijn gemaakt over het afbouwen van de vraag. Alle landen zijn nu al gestart met het ombouwen van de noodzakelijke infrastructuur. Bovendien is de minister erin geslaagd de afbouw van de vraag uit Duitsland te versnellen, doordat in Keulen een op laagcalorisch gasgestookte energiecentrale eerder is omgebouwd naar een aansluiting op H-gas. SodM heeft geen aanleiding om te denken dat de afbouw van de export van laagcalorisch gas nog meer kan worden versneld.



Figuur 3-1: Uitsplitsing van de vraag naar laagcalorisch gas in 2018, weergegeven in miljard Nm³.

Fiscale maatregelen en aanpassing van de Gaswet kunnen de ombouw van de grootverbruikers versnellen

De minister zet fors in op maatregelen om de vraag van binnenlandse grootverbruikers naar laagcalorisch gas te verminderen. De maatregelen zijn gericht op het ombouwen van de laagcalorische aansluitingen naar hoogcalorische aansluitingen en het verduurzamen van het energieverbruik van deze bedrijven. De ombouw van grootverbruikers naar hoogcalorische aansluitingen brengt operationele uitdagingen met zich mee. Ook geeft GTS aan dat de ombouw van het laagcalorisch gas niet op alle locaties de meest kostenefficiënte maatregel lijkt te zijn. SodM laat deze overwegingen buiten beschouwing en kijkt vanuit haar rol als toezichthouder uitsluitend naar mogelijkheden om de veiligheid in Groningen zo snel als mogelijk te verbeteren. Een hoger tempo van de ombouw draagt in de komende jaren sterk bij aan het bereiken van deze veiligheid. De minister gaf in zijn kamerbrief van 6 juni 2018⁷ aan dat hij de wettelijke en fiscale mogelijkheden verkent om medewerking te stimuleren en het gebruik van laagcalorisch gas te ontmoedigen. SodM geeft de minister daarom vanuit het oogpunt van veiligheid in overweging op korte termijn te besluiten tot dergelijke maatregelen.

⁷ Voortgang maatregelen gaswinningsbrief, kenmerk DGETM-EI / 18113164

Advies: Overweeg om op korte termijn fiscale maatregelen te nemen en op termijn een verbod op laagcalorisch gas voor grootverbruikers in te stellen

De afbouw van Groningengas is juist in de komende drie jaar in belangrijke mate afhankelijk van het tempo waarmee grootverbruikers ombouwen en verduurzamen. Daarom adviseert SodM de minister om zo snel mogelijk fiscale maatregelen te nemen en te besluiten om op termijn een verbod op laagcalorisch gas voor grootverbruikers in te stellen.

3.2.3 Maatregelen ter vergroting van het aanbod van laagcalorisch gas

In deze paragraaf licht SodM kort toe hoe het aanbod van alternatieven voor Groningen gas tot stand komt. De minister kondigde in zijn brief op 6 juni⁸ maatregelen aan die invloed hebben op het beschikbaar maken van alternatieven voor het Groningengas. SodM gaat in op een aantal van deze maatregelen. Tot slot staat SodM stil bij de mogelijke effecten van keuzes die GTS maakt bij de inzet van haar middelen.

Hoe creëer je meer aanbod van alternatieven voor Groningen gas?

Kwaliteitsconversie, het kunstmatig maken van laagcalorisch gas door hoogcalorisch gas te verdunnen met stikstof, is een belangrijke manier om het aanbod van laagcalorisch gas te vergroten. Daarnaast wordt het ook gebruikt om de pieken in de vraag en het aanbod van gas op het gastransportnetwerk op te vangen; het balanceren van het netwerk. Voor deze kwaliteitsconversie beschikt GTS over verschillende middelen en methoden.

De keuzes van GTS over hoe zij haar middelen en methoden inzet bij de uitvoering van haar wettelijke taak om het gastransportnetwerk te balanceren, hebben invloed op de benodigde productie uit het Groningen-gasveld. Het wetsvoorstel regelt dat GTS moet voorzien in kwaliteitsconversie om de productie uit het Groningen-gasveld te reduceren. Bij de uitvoering van de taak om het gastransportnet te balanceren, maakt GTS echter ook keuzes die bepalen hoeveel van deze kwaliteitsconversiecapaciteit beschikbaar zal zijn voor de productie van laagcalorisch gas. De huidige inzichten zijn dat voor GTS 15% van de conversiecapaciteit nodig is om het gastransportnetwerk te balanceren en de kwaliteitsloze gasmarkt in stand te houden.

Versnellen bouw extra stikstofinstallatie

Uit de Kamerbrieven en rapportages van GTS blijkt dat de beschikbaarheid van stikstof en mengfaciliteiten nu een knelpunt zijn om op korte termijn de Groningen gasproductie sterk te verminderen. De minister heeft daarom besloten tot de bouw van de stikstofinstallatie. Deze installatie vergroot het aanbod van stikstof aanzienlijk. De keuze van de locatie bij Zuidbroek voorkomt dat de beschikbaarheid van transportcapaciteit een knelpunt wordt.

Als de stikstofinstallatie sneller operationeel is dan gepland, wordt het eerder veilig in Groningen. Elk jaar dat de installatie eerder wordt opgeleverd scheelt 5 tot 7 miljard Nm³ productie uit het Groningen-gasveld. GTS geeft na onderzoek aan dat voor de bouw van de stikstofinstallatie 4 jaar nodig is. GTS heeft aangegeven dat de doorlooptijd van het project niet bepaald wordt door de tijd die nodig is voor het verkrijgen van de benodigde vergunningen voor dit project. Wel op het kritieke pad liggen het opstellen van de specificaties en het daarna bestellen en leveren van de maatwerkproducten die nodig zijn voor deze fabriek. SodM gaat in de komende periode verder in gesprek met GTS om beter te begrijpen door welke factoren het kritieke pad van de stikstofinstallatie precies bepaald wordt.

Gas uit kleine velden maximaal inzetten ten gunste van de afbouw van de Groningen productie

⁸ Voortgang maatregelen gaswinningsbrief, kenmerk DGETM-EI / 18113164

GTS geeft aan dat in het mengproces van hoogcalorisch gas en bij conversie van hoogcalorisch gas met stikstof gebruikelijk is om hoogcalorisch gas met een zo laag mogelijke Wobbe-waarde waar mogelijk in te zetten ongeacht de bron van het gas. Technische omstandigheden op het gastransportnet spelen hierbij een rol. GTS beoogt door deze werkwijze de ter beschikking staande (beperkte) middelen zo efficiënt mogelijk in te zetten. GTS bevestigt dat het gas uit de kleine velden zo veel als mogelijk ingezet wordt voor het mengproces.

De minister heeft het kleine veldenbeleid herijkt om de Nederlandse winning, waar dat kan, veilig en verantwoord voort te zetten. Voor de productie van laagcalorisch gas uit kleine velden-gas is minder stikstof nodig dan voor de productie van laagcalorisch gas uit geïmporteerd gas. Hierdoor kan met minder stikstof een zelfde hoeveelheid laagcalorisch gas worden gemaakt.

De minister neemt daarom beleidsmaatregelen die het economische perspectief van gaswinning op de Noordzee verbeteren en de maatschappelijke randvoorwaarden voor onshore winning uit de kleine velden verbeteren. SodM oordeelt positief over de aanpak van de minister om de kleine velden op de Noordzee en op land beter te benutten door binnen de bestaande winningsvergunningen de productie maximaal in te zetten om het tempo van de afbouw te versnellen.

Inzet van alle voor GTS beschikbare middelen en methoden om optimaal bij te dragen aan de minimale inzet van het Groningen-gasveld

Zoals eerder beschreven bestaat een relatie tussen de hoeveelheid gas die uit het Groningenveld wordt geproduceerd en de mate waarin de stikstofcapaciteit ingezet wordt voor de productie van laagcalorisch gas. Op dit moment wordt uitgegaan van een capaciteitsinzet van 85%. De verwachting van GTS is dat bij een hogere inzet van de stikstofcapaciteit minder gas uit het Groningen-gasveld geproduceerd hoeft te worden. GTS schat in dat inzet van iedere procent additionele stikstofcapaciteit ongeveer 0,2 miljard Nm³ per jaar besparing oplevert.

GTS heeft aangegeven dat zij in 2018 al ervaring heeft opgedaan met het verhogen van de inzet van de stikstofcapaciteit. Als gevolg van het loslaten van de beperking op de veldbrede fluctuaties van het Groningen-gasveld, hoeven de stikstofinstallaties van GTS minder fluctuaties in de vraag naar Groningengas op te vangen⁹ en kunnen daardoor meer laagcalorisch gas produceren. GTS geeft aan dat in 2017 gemiddeld 76% van de kwaliteitsconversie capaciteit is gebruikt. In de eerste twee kwartalen van 2018 heeft GTS gemiddeld ongeveer 86% van de stikstofcapaciteit gebruikt. Dit draagt nu al bij aan het verlagen van de productie uit het Groningen-gasveld.

Ook geeft GTS aan dat zij onderzoek wil doen naar de mate waarin de inzet van stikstofcapaciteit nog verder verhoogd kan worden. SodM heeft kennis genomen van het rapport 'Onderzoek andere benadering van de gaswinning'¹⁰. SodM leest in dit rapport dat GTS met een inzet van 85% kwaliteitsconversie met zekerheid kan blijven voldoen aan haar wettelijke taak om het gastransportnet in balans te houden. Ook concludeert men in dit rapport dat de kwaliteitsconversiecapaciteit niet volledig ingezet kan worden voor de productie van laagcalorisch gas.

SodM heeft op dit moment nog onvoldoende inzicht in de veronderstellingen die ten grondslag liggen aan de bepaling van het percentage stikstofcapaciteit dat ingezet moet worden voor de productie van laagcalorisch gas. SodM kan daarom op dit moment nog niet de vraag beantwoorden of alle opties overwogen worden om te komen tot de reservering van een kleiner deel van de

⁹ GTS merkt hierbij op dat de nu bestaande beperkingen van de regionale fluctuaties overigens nog wel van invloed zijn op de mate waarin de stikstofcapaciteit ingezet kan worden.

¹⁰ Dit rapport is opgesteld door GTS, ACM, Gastera, NAM en het ministerie van Economische Zaken, gepubliceerd in december 2015

stikstofcapaciteit. SodM zal in gesprek gaan met GTS om deze vraag in de komende periode te beantwoorden.

Innovaties op het gebied van kwaliteitsconversie

Gezien de beperkte beschikbaarheid van stikstof heeft de minister ook gekeken naar de vraag of ook andere gassen zoals waterstof en rookgas kunnen worden bijgemengd om de afbouw van de Groningen gasproductie te versnellen. De minister meldt in de kamerbrief van 6 juni 2018 dat het bijmengen van groene waterstof niet zonder aanvullende maatregelen gebruikt kan worden als vervanger van geconverteerd hoogcalorisch gas uit de stikstofinstallaties vanwege bijvoorbeeld andere verbrandingseigenschappen. Hij concludeert dat dit aanpassing vergt van de regelgeving voor gassamenstelling en gastoestellen en een complete of gedeeltelijke ombouw/vervanging van de laagcalorische gasmarkt. Op dit moment bekijkt de minister of een beperktere toepassing van waterstof (in de vorm van klimaatgas) tot de mogelijkheden behoort.

Het valt SodM op dat de huidige normen voor gaskwaliteit als beperking genoemd worden voor het toepassen van alternatieve gassen. SodM zal als toezichthouder op de gaskwaliteit altijd in de eerste plaats kijken naar de veiligheid van het gas dat getransporteerd wordt door het netwerk en of dit ook veilig verbrand kan worden in gastoestellen. Tegelijkertijd vraagt SodM zich af welke overwegingen hebben geleid tot de terughoudendheid ten opzichte van de toepassing van waterstof.

Onderzoek van Gasterra, Joulz en Stedin¹¹ op het gebied van inzet van waterstof uit 2011 lijkt SodM veelbelovend. In de presentatie van hun bevindingen geven zij aan dat het langdurig bijmengen van waterstof geen aanwijsbare invloed heeft op verschillende leiding materialen en gastoestellen. SodM ziet dan ook toegevoegde waarde in gesprek hierover met GTS.

Voor wat betreft het bijmengen van rookgas is SodM eveneens geïnteresseerd in een nadere toelichting door GTS van de bezwaren die kleven aan de inzet van dit gas. De argumenten die in de brief van 6 juni 2018 zijn genoemd om geen rookgas in te zetten leiden bij SodM tot de vraag hoe aan de genoemde bezwaren met betrekking tot gaskwaliteit en beschikbaarheid eventueel het hoofd kan worden geboden. SodM zal dan ook hierover in gesprek gaan met GTS.

3.2.4 Toezicht op GTS

Belangrijke rol GTS en Gasterra in de afbouw

GTS maakt elk jaar een raming van de benodigde hoeveelheid gas die ten hoogste uit het Groningenveld gewonnen moet worden in het kader van leveringszekerheid. Gasterra, als verkoper van het Groningengas, regelt de inzet van de overslagen¹² en heeft de capaciteit van de gasopslag Norg gecontracteerd. Gasterra beïnvloedt daarmee ook de vraag naar Groningengas. GTS en Gasterra hebben dus invloed op het tempo waarmee de Groningen productie afgebouwd kan worden. GTS is naast een belangrijke adviseur van de minister ook een uitvoerende partij die aanzienlijke invloed heeft op de hoeveelheid gas die uit Groningen geproduceerd moet worden om alle afnemers van gas te voorzien.

SodM vraagt zich af in hoeverre geregeld is dat de GTS zijn wettelijke taken ook daadwerkelijk uit dient te voeren in het licht van het zo snel als mogelijk verminderen van de productie uit het Groningen-gasveld. SodM vindt het wenselijk dat een dergelijke verplichting op GTS rust, zodat zijn

¹¹ Praktijk onderzoek: Bijmengen van waterstof in aardgas verloopt vlekkeloos.
<http://www.Joulz.nl/nl/actueel/108-bijmengen-waterstof-in-aardgas-verloopt-vlekkeloos>.

¹² Een overslag is een locatie waarop het gas uit het Groningenveld ingevoerd wordt op het gastransportnet van GTS. Gasterra geeft aan GTS door op welk moment welke hoeveelheid gas op deze locatie het netwerk zal worden ingevoerd.

keuzes omtrent inzet van middelen en methodes optimaal bij zullen dragen aan het *zo spoedig mogelijk* minimaliseren van de productie uit het Groningen-gasveld.

Advies: Scherp de wettelijke taken voor GTS aan met een plicht om de Groninger gasproductie zo snel als mogelijk te doen afbouwen

In het wetsvoorstel voor de Gaswet krijgt GTS de taak toebedeeld om voor de leveringszekerheid alle beschikbare middelen en methoden die deze de vraag naar Groningengas minimaliseren, te betrekken. Ook heeft GTS de wettelijke taak het gasnet te balanceren. In het wetsvoorstel wordt GTS niet verplicht deze taken zo uit te voeren dat de keuzes optimaal bijdragen aan het zo spoedig mogelijk afbouwen van de productie uit het Groningen-gasveld. De wettelijke verplichting zou daarom aangescherpt moeten worden zodat er een verplichting ontstaat de gaswinning zo snel als mogelijk te minimaliseren.

Toezicht kan een bijdrage leveren om tot het juiste niveau van transparantie en navolgbaarheid te komen hoe GTS de wettelijke verplichting om zo snel als mogelijk de gaswinning te minimaliseren. GTS is daarbij ondermeer verantwoordelijk voor de realisatie van de stikstofinstallatie, voor tijdige realisatie van de hoogcalorische infrastructuur voor grootverbruikers die omschakelen naar hoogcalorisch gas en voor onderzoek naar mogelijkheden extra inzet van conversiecapaciteit. SodM begrijpt van het ministerie van EZK dat met de uitbreiding van de wettelijke taken van GTS, ACM het toezicht zal houden op de complete set aan wettelijke taken. SodM onderstreept het belang hiervan. Het onafhankelijke toezicht van de ACM zal daarmee een belangrijke bijdrage leveren met haar toezicht aan het afbouwen van de gaswinning.

Advies: Zorg dat ACM ook toezicht kan houden op de aangescherpte taken van GTS, namelijk de verplichting om zo snel als mogelijk de gaswinning in Groningen te minimaliseren.

4 Wat betekent het stoppen van de gaswinning voor de veiligheidsrisico's?

Bij de advisering van SodM naar aanleiding van de Zeerijp-beving was de centrale vraag bij welke productiehoeveelheid er geen gebouwen meer zouden zijn met een risico hoger dan 10^{-4} /jaar. Hierbij was het uitgangspunt dat de versterking van woningen gaande was. Deze versterkingsaanpak zou er, samen met het advies van SodM, voor zorgen dat alle gebouwen in Groningen aan de veiligheidsnorm zouden gaan voldoen. Voor de beantwoording van deze centrale vraag hebben we een veiligheidsmarge aangehouden (zoals uitgelegd in hoofdstuk 2). De minister heeft het SodM-advies, om zo snel als mogelijk de productie terug te brengen naar 12 miljard Nm^3 per jaar, overgenomen.

Vervolgens heeft de minister besloten om op termijn helemaal te stoppen met de gaswinning. Hij heeft hiertoe maatregelen aangekondigd, die het huidige productieniveau over een periode van zo'n tien jaar terugbrengen naar nul (de zogenaamde afbouwscenario's).

In dit hoofdstuk wordt geanalyseerd in welke mate en met welk tempo, de veiligheidsrisico's tijdens het afbouwen van de gaswinning de komende jaren zullen afnemen. Hierbij heeft SodM zich gebaseerd op dezelfde methodologie, als bij het Zeerijp-advies. Op basis van die methodologie heeft de NAM berekeningen opgeleverd in aanvulling op het 'Winningsplan Groningen 2016'. De NAM heeft deze aanvulling op verzoek van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat op 15 juni 2018 ingediend (Bijlage VI). SodM heeft daarbovenop nog een aantal aanwijzingen gegeven aangaande de berekeningen. Daarnaast heeft SodM om een aantal additionele resultaten gevraagd. Die heeft SodM eveneens op 15 juni ontvangen.

Zoals in hoofdstuk 2 beschreven, beoordeelt SodM de gevolgen voor de veiligheidsrisico's op basis van de verwachtingswaarde van de risicoberekeningen. Vanwege de grote bekende en onbekende onzekerheden in de berekeningen, de temperatuurontwikkeling de komende jaren, alsmede de haalbaarheid van het afbouwscenario, hanteert SodM voor het bepalen van de te nemen maatregelen een veiligheidsmarge. Zoals toegelicht in hoofdstuk 2, en in lijn met SodM's Zeerijp-advies, is hiervoor de P90-waarde uit de berekeningen gebruikt (Figuur 4-3).

In de volgende paragrafen wordt weergegeven in hoeverre de berekeningen SodM's verwachting uit het Zeerijp-advies bevestigen (paragraaf 4.1). Aansluitend wordt stilgestaan bij hoe de berekende risico's zich de komende jaren gaan ontwikkelen (paragraaf 4.2). Omdat de berekeningen steeds uitgaan van een gemiddeld jaar en de voorgenomen (maar onzekere) afbouw van de gaswinning, heeft SodM het effect bepaald van een koudere winter en/of een tegenvallende afbouw (paragraaf 4.3). De analyses maken ook duidelijk dat de risico's sterk afhankelijk zijn van de geografische locatie. Ook de snelheid waarmee de risico's afnemen, verschilt. Deze observaties worden besproken in paragraaf 4.4.

4.1 Zijn de uitkomsten van de risicoberekeningen consistent met die van het Zeerijp-advies?

Het advies van SodM naar aanleiding van de Zeerijp-beving was om zo snel mogelijk de productie te beperken tot 12 miljard Nm^3 per jaar. In dit advies heeft SodM geanalyseerd dat er bij dit productieniveau geen gebouwen meer zouden zijn met een P90-risicoschatting hoger dan 10^{-4} per jaar. Deze analyse heeft plaatsgevonden op basis van de risicoberekeningen in de november rapportage van de NAM⁸. Om consistentie in de advisering te waarborgen vindt SodM het belangrijk om allereerst vast te stellen of het doel van risicoreductie, met de afbouw van de productie naar 12 miljard Nm^3 per jaar, daadwerkelijk bereikt wordt.

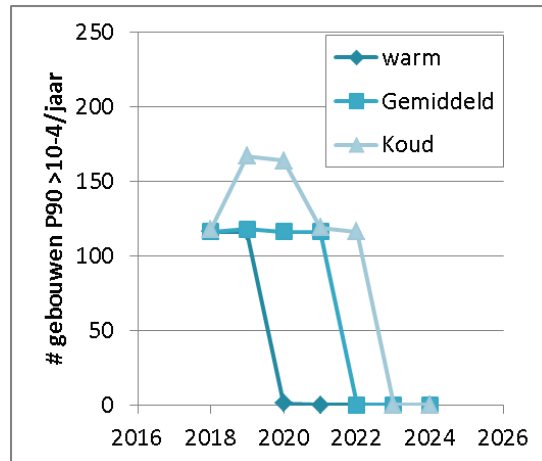
In de eind maart gepresenteerde afbouwscenario's van de minister komt de productie voor een gemiddeld temperatuurprofiel in het gasjaar 2021/2022 uit op ongeveer 12 miljard Nm^3 . Verwacht mag worden dat uit de berekeningen volgt dat er in 2022 geen gebouwen meer zullen zijn met een

risico hoger dan 10^{-4} per jaar. Figuur 4-1 en Tabel 4-1 laten zien dat dit ook daadwerkelijk het geval is. In het scenario van een koud temperatuurprofiel wordt de productie, dankzij de bouw en ingebruikname van de stikstofinstallatie, een jaar later lager dan 12 miljard Nm^3 en zijn er vanaf 2023 geen gebouwen meer met een risico boven de grenswaarde van 10^{-4} per jaar. Bij een opeenvolging van warme winters gedurende de komende jaren, zouden er al in 2021 geen gebouwen meer zijn met een risico boven de grenswaarde.

SodM concludeert dan ook dat de laatste risicoberekeningen consistent zijn met de berekeningen, waarop het Zeerijp-advies is gebaseerd.

Tabel 4-1: Overzicht van de ontwikkeling van het aantal gebouwen (bij de verschillende afbouwscenario's), dat met een veiligheidsmarge (P90-risicoschatting) een risico hoger dan 10^{-4} per jaar heeft.

Temperatuurprofiel			
jaar	Warm	Gemiddeld	Koud
2018	116	116	118
2019	116	118	167
2020	1	116	164
2021	0	116	119
2022	0	0	116
2023	0	0	0
2024	0	0	0



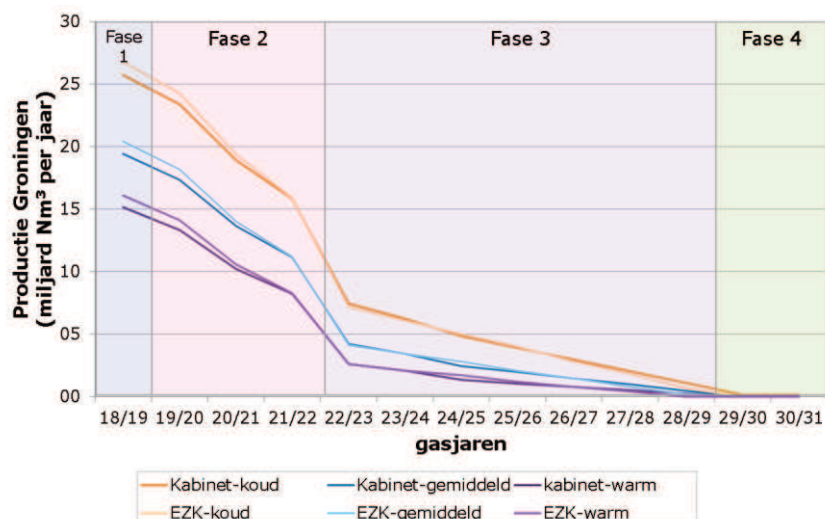
Figuur 4-1: Ontwikkeling van het aantal gebouwen (bij de verschillende afbouwscenario's), dat met een veiligheidsmarge (P90-risicoschatting) een risico hoger dan 10^{-4} per jaar heeft.

4.2 Hoe zullen de veiligheidsrisico's zich de komende jaren ontwikkelen?

In deze paragraaf wordt ingegaan op de wijze waarop de risico's zich de komende jaren zullen ontwikkelen, gegeven het afbouwscenario voor een gemiddeld jaar. De berekeningen zijn gemaakt voor kalenderjaren. Hierdoor wordt rekening gehouden met de vertraging die er in het systeem zit tussen gaswinning, drukdaling op verschillende locaties in het veld én het ontstaan van bevingen.

SodM onderscheidt 4 verschillende fasen (Figuur 4-2): fase 1 – komend jaar, fase 2 – tot de ingebruikname van de nieuwe stikstofinstallatie, fase 3 – na de ingebruikname van de stikstofinstallatie en tot het einde van de productie, en fase 4 – na de beëindiging van de productie. Voor deze laatste fase zijn nog geen berekeningen voor het risico gemaakt. Wel is een voorspelling voor de ontwikkeling van het jaarlijks aantal bevingen doorgerekend. In hoofdstuk 6 zal nader op deze fase worden ingegaan.

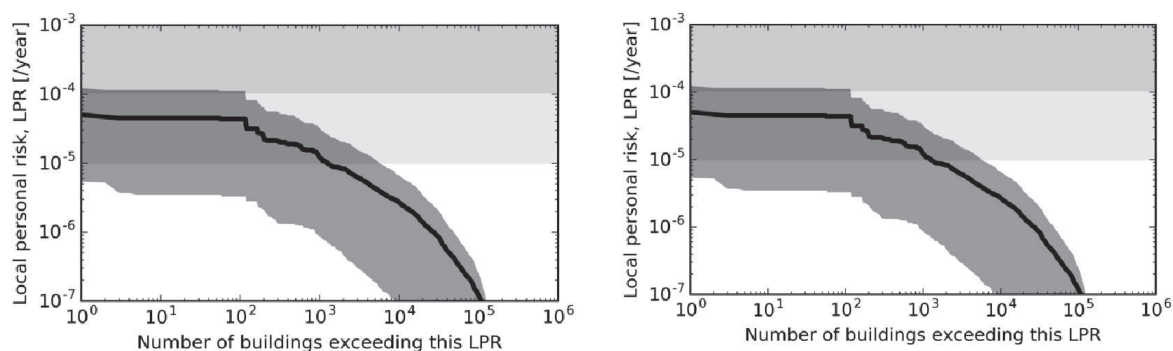
Figuur 4-2: Overzicht van de afbouwscenario's met daarin aangegeven de vier fasen die SodM daarin onderscheidt voor de analyse van de ontwikkeling van de risico's (zie ook Bijlage VI).



4.2.1 Fase 1: de veiligheidsrisico's nemen het komend jaar nog iets toe

Fase één (blauw gearceerd in de figuren) definiëren we als het komende jaar: het kalenderjaar 2019). Deze fase geeft een goed beeld van de veiligheidsrisico's, die de mensen in Groningen op dit moment lopen (Figuur 4-3).

Uit de exacte uitkomsten van de berekeningen (Tabel 4-2) blijkt dat er in 2019 meer gebouwen niet aan de veiligheidsnorm van 10^{-5} per jaar zullen voldoen dan in 2018 het geval is. Verder valt op dat er in beide jaren geen gebouwen zijn waarvan de verwachtingswaarde/ gemiddelde van het risico hoger is dan de grenswaarde van 10^{-4} per jaar. Wel wordt er, zoals in de voorgaande paragraaf reeds beschreven, voor 2019 voor 118 gebouwen een P90-waarde boven de 10^{-4} per jaar berekend.



Figuur 4-3: Grafische weergave van het aantal gebouwen met een risico groter of gelijk aan een gegeven waarde (een cumulatieve distributie) voor 2018 (links) en 2019 (rechts). De verwachtingswaarde voor het risico is in de figuren weergegeven door de dikke zwarte lijn. De donkergrijze band eromheen geeft de onzekerheid hierin weer. De bovengrens van deze donkergrijze band geeft de berekende P90-waarde voor het risico.

Tabel 4-2: Overzicht van het aantal gebouwen met een risicoschatting hoger dan de veiligheidsnorm (10^{-5} per jaar) en de grenswaarde (10^{-4} per jaar) in 2018 en 2019.

Jaar	Gemiddelde > 10^{-5} per jaar	P90 > 10^{-5} per jaar	Gemiddelde > 10^{-4} per jaar	P90 > 10^{-4} per jaar
	[Voor toetsing aan de norm]	[Voor bepalen maatregelen]	[Voor toetsing aan de grenswaarde]	[Voor bepalen acute maatregelen]
2018	1256	5725	0	116
2019	1478	7193	0	118

De stijging van het aantal gebouwen dat niet voldoet aan de veiligheidsnorm wordt verklaard doordat de productie vrijwel gelijk blijft aan de huidige productie, terwijl bij gelijkblijvende productie de seismische activiteit weer licht zal toenemen (zie bijlage IV). Deze kleine toename zorgt ervoor dat een groep gebouwen, die in 2018 nog als veilig gold, door de gelijkblijvende productie en verwachte toenemende seismische activiteit, in 2019 net boven de veiligheidsnorm uitkomt.

4.2.2 Fase 2: van 2020 tot en met 2022 is er een eerste flinke afname van het risico

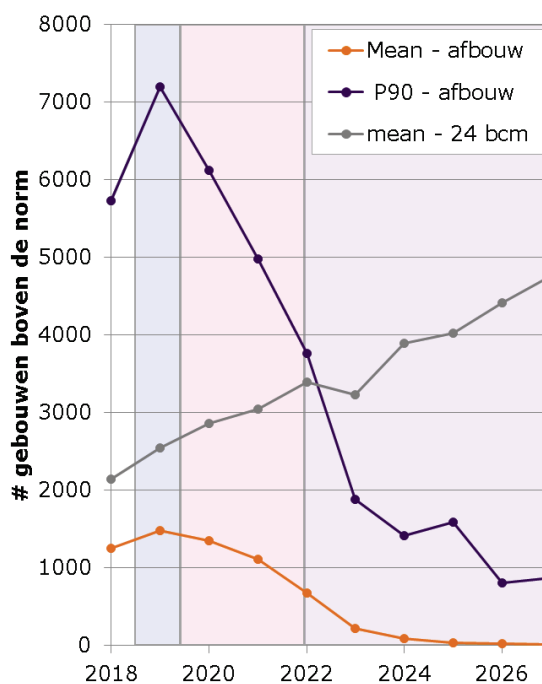
Als tweede fase (roze gearceerd in de figuren) onderscheiden we de periode van 2020 tot en met 2022. Volgens de afbouwscenario's in een gemiddeld jaar neemt de productie uit het Groningengasveld in deze tweede fase af naar ongeveer 12 miljard Nm^3 per jaar, als gevolg van het overschakelen van grootverbruikers en het verminderen van de vraag uit het buitenland.

Figuur 4-4 laat de ontwikkeling zien van het aantal gebouwen, dat in de tijd gezien niet aan de norm voldoet. De uitkomsten staan ook in absolute aantallen samengevat in Tabel 4-3. Aan deze resultaten is te zien dat in fase 2, het aantal gebouwen dat niet aan de norm voldoet, gestaag afneemt. De afbouw is echter niet sterk genoeg om het risico van alle onveilige gebouwen dusdanig ver te verlagen, dat de risico's onder de veiligheidsnorm uitkomen. In 2022 is het aantal onveilige

gebouwen, zowel op basis van de verwachtingswaarde als op basis van de P90-risicoschatting, ongeveer gehalveerd ten opzichte van 2019.

Tabel 4-3: Overzicht van de ontwikkeling van het aantal gebouwen met een risicoschatting hoger dan de norm (10^{-5} per jaar) en de P90-risicoschatting afgezet in de tijd (bij het afbouwscenario van een gemiddelde temperatuurontwikkeling).

Jaar	Gemiddelde $>10^{-5}$ per jaar	P90 $>10^{-5}$ per jaar
2018	1256	5725
2019	1478	7193
2020	1354	6119
2021	1109	4981
2022	678	3760
2023	225	1887
2024	88	1411
2025	40	1587
2026	28	805
2027	15	877



Figuur 4-4: Ontwikkeling van het aantal gebouwen met een risico hoger dan de norm (10^{-5} per jaar) en de P90 risicoschatting afgezet tegen de tijd.

4.2.3 Fase 3: risico's sterk beperkt na ingebruikname van de stikstofinstallatie

Door de bouw en ingebruikname van de stikstofinstallatie neemt de productie uit het Groningen-gasveld sterk verder af. In het gasjaar 2022/2023 wordt er in het afbouwscenario voor een gemiddeld temperatuurprofiel nog maar 4,2 miljard Nm^3 gas uit het Groningen-gasveld geproduceerd. Deze productie wordt in de jaren erna verder afgebouwd totdat de productie in 2029 helemaal wordt beëindigd. De belangrijkste vraag voor deze derde fase (paars gearceerd in de figuren) is of de sterke beperking van de productie ervoor kan zorgen dat er geen onveilige gebouwen meer zijn.

De uitkomsten van de risicoberekeningen in Figuur 4-4 en Tabel 4-3 laten zien dat er ook in 2023, na de ingebruikname van de stikstofinstallatie, nog steeds gebouwen zijn met een risico hoger dan de norm van 10^{-5} per jaar. Dit aantal neemt in de jaren erna wel verder af. Er zijn enkele honderden gebouwen waarvan de verwachtingswaarde voor het risico hoger is dan de norm. Met inachtneming van de P90-waarde en de gehanteerde veiligheidsmarge, zouden een kleine 2000 gebouwen de komende jaren versterkt moeten worden. De risico's voor deze gebouwen zullen namelijk ook op de langere termijn, bij lage gasproductie, niet aan de norm voldoen.

4.3 De veiligheidssituatie is sterk gevoelig voor een relatief koudere winter en tegenvallende afbouw van de winning

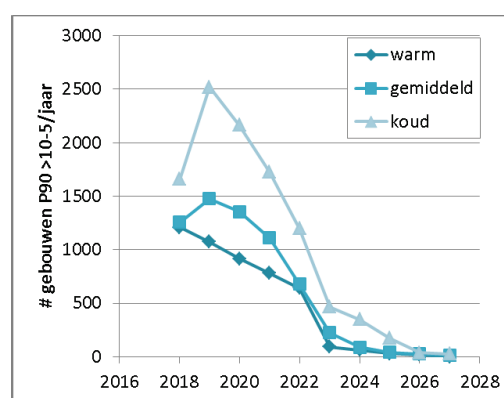
De gepresenteerde resultaten in de voorgaande paragrafen waren gebaseerd op het afbouwscenario voor een gemiddeld temperatuurprofiel. Hoewel de afgelopen jaren over het algemeen een gemiddeld temperatuurverloop hebben gekend, is naar de toekomst toe niet uit te sluiten dat een koude winter optreedt. Daarnaast is niet uit te sluiten dat door omstandigheden de afbouw minder voorspoedig verloopt dan nu ingeschat. Dit heeft gevolgen voor de hoogte van de gasproductie en daarmee ook voor de hoogte van de risico's.

Naast berekeningen voor het gemiddelde scenario heeft de NAM ook berekend hoe de risico's veranderen indien er in een gegeven jaar een koude winter optreedt. De resultaten van deze berekening zijn weergegeven in Tabel 4-4 en Figuur 4-5. In het geval van een koude winter neemt het aantal gebouwen, dat niet aan de norm voldoet, sterk toe. Deze toename wordt verklaard doordat in een gemiddeld jaar een groot aantal gebouwen net onder de veiligheidsnorm zit (zie Figuur 4-6). Ten opzichte van een gemiddelde winter neemt de verwachte seismische activiteit bij een koude winter toe, waardoor de risico's van de gebouwen ook hoger worden ingeschat. De risico's van een substantiële groep gebouwen komen daardoor net boven de norm uit, terwijl deze er bij een gemiddelde winter nog net onder blijven.

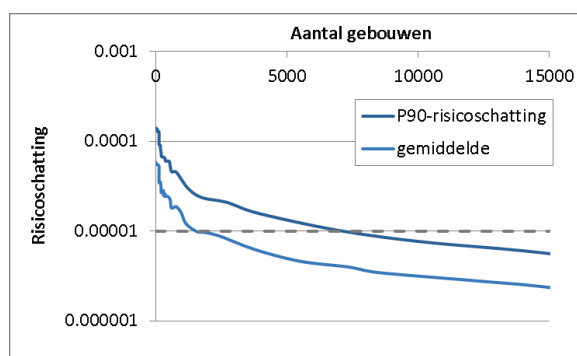
De veiligheidssituatie in Groningen is dus gevoelig voor een toename van de gasproductie ten gevolge van een koude winter. Een hoger dan verwachte productie ontstaat echter ook als het afbouwscenario niet wordt gehaald. Dit onderstreept nogmaals de wenselijkheid voor het gebruiken van een veiligheidsmarge bij het vaststellen van de omvang van het versterkingsprogramma. Zonder een dergelijke marge zouden grote groepen gebouwen het ene (warmere) jaar wel veilig zijn en het volgende (koudere) jaar weer niet en dat voor een periode van verschillende jaren op rij.

Tabel 4-4: Overzicht van de ontwikkeling van het aantal gebouwen bij de verschillende afbouwscenario's (verwachtingswaarde voor het risico hoger dan 10^{-5} per jaar).

Temperatuurprofiel			
Jaar	Warm	Gemiddeld	Koud
2018	1210	1256	1660
2019	1074	1478	2521
2020	916	1354	2164
2021	781	1109	1726
2022	640	678	1197
2023	91	225	466
2024	62	88	349
2025	31	40	172
2026	20	28	38
2027	2	15	27



Figuur 4-5: Ontwikkeling van het aantal gebouwen bij de verschillende afbouwscenario's (verwachtingswaarde voor het risico hoger dan 10^{-5} per jaar).

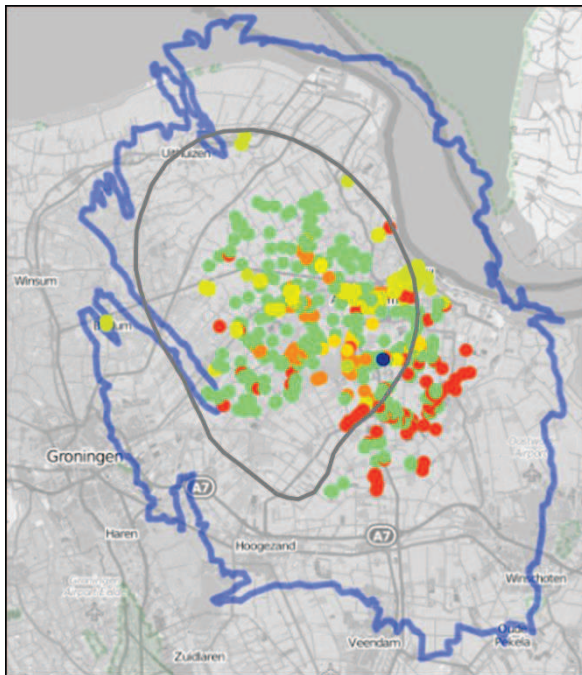


Figuur 4-6: Risicoschatting (verwachtingswaarde / gemiddelde en P90) voor het jaar 2019. Te zien is dat de lijnen vrij vlak lopen rond de norm van 10^{-5} per jaar.

4.4 Hoe ontwikkelen de risico's zich ruimtelijk over het Groningengasveld?

In paragraaf 4.2 is de ontwikkeling beschreven van het aantal gebouwen dat niet voldoet aan de norm. Het is daarnaast ook van belang om te kijken waar deze gebouwen zich ruimtelijk gezien bevinden. In Figuur 4-7 zijn de gebouwen met een verwacht risico boven de veiligheidsnorm in 2019 en 2023 weergegeven.

Verwachtingswaarde/gemiddelde

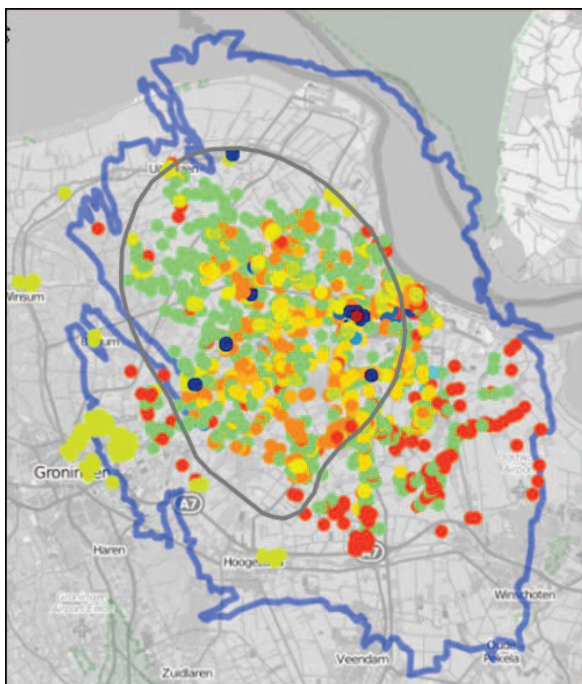


2019

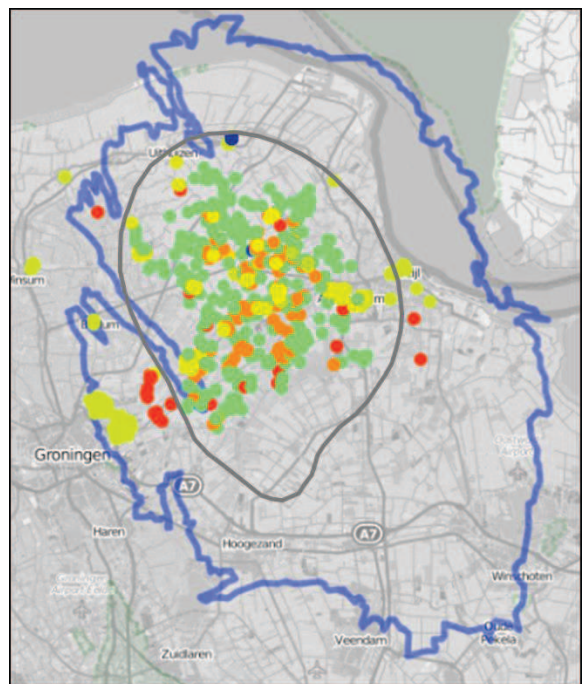


2023

P90-risicoschatting



2019



2023

Figuur 4-7: Ruimtelijke verdeling van de gebouwen waarvan de verwachtingswaarde voor het risico in 2019 (links) en 2023 (rechts) hoger is dan de norm van 10^{-5} per jaar. Boven: Verwachtingswaarde risicoschatting; Onder: P90-risicoschatting (bron: NAM - Seismic Risk Assessment for Production Scenario 'Basispad Kabinet' for the Groningen field; Addendum to: Induced Seismicity in Groningen Assessment of Hazard, Building Damage and Risk (November 2017) ingediend op 15 juni 2018). De kleuren van de punten geven *niet* de daadwerkelijke risicoschatting aan, maar hetzelfde type gebouw. De grijze contour is de 0,2g-contourlijn zoals door de NCG gebruikt voor de prioritering in het meerjarenprogramma.

Wat opvalt in 2019 is dat er geen sprake is van een duidelijke concentratie van de onveilige gebouwen. De gebouwen liggen verspreid over nagenoeg het gehele Groningen-gasveld. Alleen in het uiterste zuiden bevinden zich geen woningen boven de norm. Wat bovendien opvalt is dat een deel van deze gebouwen zich duidelijk buiten het prioriteitsgebied van de NCG bevindt. Dit is het gebied waarbinnen de NCG in stappen de inspecties uitvoert. Dit prioriteitsgebied is gebaseerd op de 0,2g-contourlijn, zoals die door de KNMI is berekend op basis van de gasproductie in het verleden. Beide observaties suggereren dat de prioritering, zoals die nu ten grondslag ligt aan de versterkingsoperatie, verbeterd kan worden.

In 2023 bevinden de onveilige gebouwen zich alleen nog boven het noordelijke gedeelte van het gasveld; ten noorden van de lijn Delfzijl - Groningen-stad. In het zuidelijke deel van het gebied voldoen dan alle gebouwen aan de norm, inclusief de gehanteerde veilige marge. Dit is in lijn met de snellere afname van de dreiging in het zuiden (zie Bijlage V), waardoor het zwaartepunt van de dreiging naar het noorden verschuift. De snellere afname van de dreiging in het zuiden heeft ook tot gevolg dat de risico's daar sneller afnemen met de afbouw van de productie, dan boven het noorden van het gasveld. Het is van belang om hier in de prioritering van de versterkingsopgave rekening mee te houden en deze niet te baseren op de risicoschatting van de individuele gebouwen in 2019. In Hoofdstuk 5 zal SodM adviseren om bij de prioritering van de versterkingsopgave uit te gaan van de hoogste risico's in de toekomst (2027) en op basis van de jaarlijkse risicoschattingen terug te werken in de tijd.

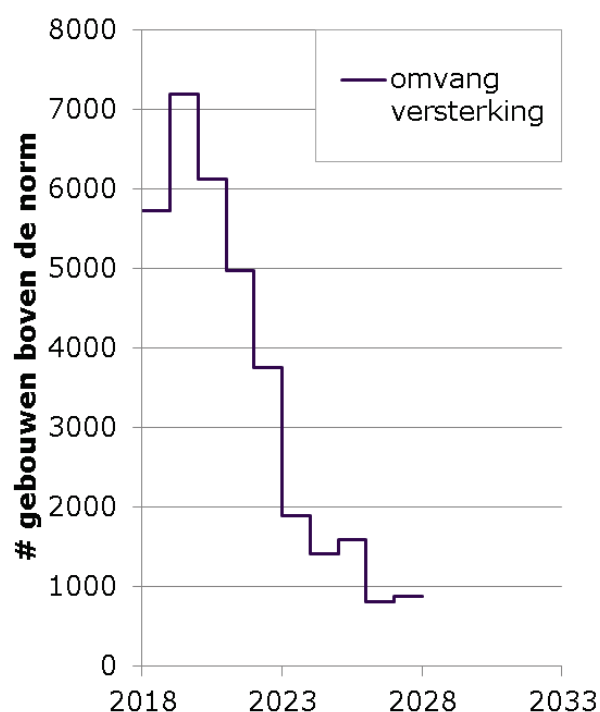
4.5 Conclusies

Het afbouwscenario van de minister zorgt ervoor dat de veiligheidsrisico's in Groningen de komende jaren worden verlaagd. De sterke reductie van de productie uit het Groningen-gasveld heeft een sterk positief effect op de veiligheid van de Groningers. Dit is vooral een gevolg van de bouw en ingebruikname van de stikstofinstallatie, waardoor meer hoogcalorisch gas naar laagcalorisch gas kan worden omgezet. Echter, ook op de langere termijn (na 2023) blijft er sprake van gebouwen, waarvan het risico hoger is dan de norm. Versterking van gebouwen blijft dan ook noodzakelijk. Niet alleen de grote onzekerheden, bekend en onbekend, onderstrepen de wenselijkheid voor het hanteren van een veiligheidsmarge bij het vaststellen van de versterkingsoperatie. Ook de sterke gevoeligheid van de risicoberekeningen voor hogere gasproducties (ten gevolge van een koud jaar en/of het niet halen van de afbouw) vraagt om het hanteren van een veiligheidsmarge. Zonder een dergelijke marge zouden grote groepen gebouwen het ene jaar wel veilig zijn en het volgende jaar weer niet en dat voor een periode van verschillende jaren op rij.

5 Wat betekent de ontwikkeling van de veiligheidsrisico's voor de versterkingsopgave?

De NCG heeft steeds rekening gehouden met zo'n 20.000 gebouwen die in Groningen versterkt zouden moeten worden. Deze inschatting was gebaseerd op een beoordelingssystematiek, uitgaande van het niveau van gaswinning, zoals dat voor 2015 bestond (gemiddeld circa 50 miljard Nm³ per jaar). Uitgaande van een gasproductie van 24 miljard Nm³ per jaar en gebruikmakende van een veilige marge, kon de versterkingsoperatie vervolgens ruw geschat worden op zo'n 10.000 gebouwen, die versterkt moeten worden. Met het besluit van het kabinet om de gaswinning af te bouwen, nemen de risico's verder af. Dit betekent ook dat minder gebouwen versterkt hoeven te worden. De laatste probabilistische berekeningen laten zien dat de omvang van de versterkingsoperatie maximaal zo'n 7000 gebouwen omvat en snel afneemt als de gaswinning daadwerkelijk afgebouwd wordt volgens het voorgestelde scenario (zie Figuur 5-1).

SodM heeft zorgen omtrent de snelheid waarmee het huidige versterkingsprogramma wordt uitgevoerd. Er zijn tot nu toe slechts zo'n 600 gebouwen versterkt. Alhoewel het tempo omhoog leek te gaan, kost de huidige aanpak veel tijd en dreigt het versterkingstraject langer te duren dan acceptabel is. Het kabinet heeft in de Kamerbrieven van 18 december 2015¹³ de Tweede Kamer geïnformeerd, dat voor bestaande bouw de politieke keuze voor een overgangperiode van vijf jaar is gemaakt, waarin het individueel risico tussen de 10⁻⁴ en 10⁻⁵ per jaar mag zijn. In deze periode moeten er wel maatregelen worden genomen, zodat het risico zich na deze vijf jaar onder de 10⁻⁵ per jaar bevindt. Er is onvoldoende duidelijkheid wanneer de overgangperiode van vijf jaar ingaat. SodM gaat in principe uit van de strikte interpretatie wat betekent dat de overgangperiode in december 2020 afloopt. SodM is van oordeel dat zoveel als mogelijk de relevante gebouwen versterkt moeten zijn voordat de overgangperiode van 5 jaar verstreken is. Daar waar dat niet mogelijk is, gegeven de omvang van de opgave, zullen de gebouwen zo snel als mogelijk na het aflopen van de overgangperiode versterkt moeten zijn. Dat kan maatregelen vergen die ongebruikelijk zijn, maar die wel tot snelle verbetering van de veiligheid leiden.



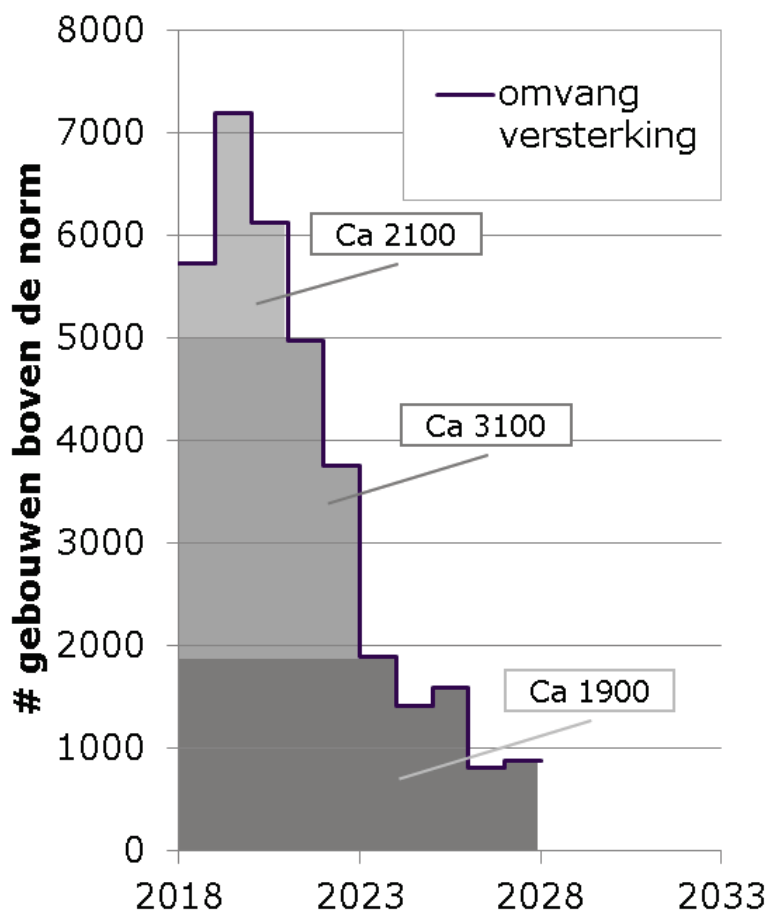
Figuur 5-1: Schatting van het aantal gebouwen dat, gegeven het afbouwscenario, de komende jaren in aanmerking komt voor versterking.

5.1 Omvang en prioritering van de versterkingsopgave

In Figuur 5-1 en Figuur 5-2 wordt de inschatting aangegeven van het aantal gebouwen dat in aanmerking komt voor versterking. Deze inschatting is gebaseerd op de berekeningen zoals die in het vorige hoofdstuk zijn gepresenteerd. De aantallen zijn gebaseerd op de P90-waarde van de risicoberekeningen en bieden daarmee voldoende zekerheid voor de mensen in Groningen en voor het vormgeven van de versterkingsoperatie.

¹³ (Kamerstukken II 2015/16, 33529, 212 [Kamerbrief].)

In totaal zijn er zo'n 7100 gebouwen die in aanmerking komen voor versterking. Om met voldoende zekerheid te kunnen garanderen dat tijdig alle gebouwen aan de veiligheidsnorm voldoen, zullen naar verwachting zo'n 5000 (3100 + 1900) gebouwen in het versterkingsprogramma moeten worden opgenomen (Figuur 5-2). Hieronder wordt op basis van de risicoschatting allereerst nader ingegaan op groep van 1900 gebouwen waarvan het risico op langere termijn hoog blijft. Vervolgens wordt de groep van 3100 gebouwen waarvan het risico door de ingebruikname van de stikstofinstallatie onder de norm komen, besproken en tenslotte de resterende 2100 gebouwen waarvan de risico's door de afbouw reeds in 2021 onder de veiligheidsnorm uitkomen.



Figuur 5-2: : Schatting van het aantal gebouwen dat, gegeven het afbouwscenario, de komende jaren in aanmerking komt voor versterking. De grijze arceringen geven het aantal gebouwen aan dat met een veilige marge voor een specifieke periode versterkt zou moeten worden. De aantallen staan ook genoemd in de tekstvakken.

Een deel van de gebouwen (zo'n 1900) hebben de versterking voor een langere periode nodig om aan de veiligheidsnorm te voldoen. De versterking van deze panden levert de noodzakelijke veiligheidswinst die de afbouw, ook na de ingebruikname van de stikstofinstallatie, niet tijdig kan bieden. SodM adviseert om deze 1900 gebouwen die ook op lange termijn nog risicovol zijn, te inspecteren en waar nodig zoveel mogelijk te versterken voor 2021. Van circa 235 van de 1900 gebouwen is versterking binnen het huidige versterkingsprogramma reeds in uitvoering: deze maken deel uit van de zogenaamde 1467 'batch'. Een overige 298 gebouwen is reeds binnen de 1588 en 1581 'batches' geïnspecteerd.

De termijn waarbinnen de versterking moet worden afgerond is kort, maar SodM acht het van groot belang dat alles op alles wordt gezet om dit te realiseren. De gebouwen waar het niet mogelijk is deze voor deze termijn te versterken, zullen zo snel als mogelijk na 2021 versterkt moeten worden. Voor deze groep van gebouwen waar versterking noodzakelijk is, zou maatwerk als uitgangspunt gehanteerd kunnen worden. Daarbij zouden burgers meer zelfbeschikking kunnen krijgen omtrent

het hoe en wat van de versterking van hun huis. Indien de doorlooptijd hiervan te lang wordt, zou een meer generieke aanpak overwogen kunnen worden als dit tot een kortere doorlooptijd leidt.

Advies: Inspecteer en versterk zo snel mogelijk de circa 1900 gebouwen waarvan, gegeven een veilige marge, het risico op langere termijn te hoog is

Deze gebouwen hebben de versterking voor een langere periode nodig om aan de veiligheidsnorm te voldoen. De versterking van deze panden levert de noodzakelijke veiligheidswinst die de afbouw, ook na de ingebruikname van de stikstofinstallatie, niet tijdig kan bieden. Voor deze gebouwen zou het bieden van maatwerk als uitgangspunt gehanteerd kunnen worden bij het vormgeven van de versterkingsoperatie. Indien de doorlooptijd hiervan te lang wordt, zou een meer generieke aanpak overwogen kunnen worden als dit tot een kortere doorlooptijd leidt.

SodM vindt het verstandig om de versterking, zoveel als mogelijk, te beginnen bij de meest risicovolle gebouwen. Deze gebouwen zullen ondanks de afbouw van de gaswinning het langst onveilig blijven. Anders gezegd: werk de versterking van deze gebouwen af van rechts naar links in Figuur 5-2. Op deze manier wordt begonnen met de gebouwen die het meest onveilig zijn en het langst onveilig zullen blijven. Deze gebouwen bevinden zich verspreid over het gehele Groningen-gasveld, maar vooral ten noorden van de lijn Groningen-stad – Delfzijl.

Een deel van deze gebouwen ligt buiten de tot nu toe voor de prioritering gehanteerde 0,2g contourlijn uit de gehanteerde dreigingskaart van november 2015. Het hanteren van deze contour bij de prioritering zorgt ervoor dat risicovolle gebouwen (te) laat in aanmerking komen voor versterking. SodM adviseert dan ook om deze contour los te laten en op basis van de best mogelijke risicoschatting te gaan prioriteren.

Advies: Baseer de prioritering van het versterkingsprogramma op de best mogelijke risicoschatting

Een deel van de gebouwen die in aanmerking komen voor versterking liggen buiten de tot nu toe voor de prioritering gehanteerde 0,2g contourlijn uit de gehanteerde dreigingskaart van november 2015. Het hanteren van deze contour bij de prioritering zorgt ervoor dat risicovolle gebouwen (te) laat in aanmerking komen voor versterking. SodM adviseert om deze contour los te laten en op basis van de best mogelijke risicoschatting te gaan prioriteren.

Voor het grootste deel van de 5000 gebouwen die niet met voldoende zekerheid in 2021 aan de norm zullen voldoen (zo'n 3100; Figuur 5-2), is versterking slechts noodzakelijk tot en met 2022. Uitgaande van het beschikbaar komen van de stikstofinstallatie, zullen deze gebouwen vanaf 2023 met redelijke zekerheid binnen de norm vallen (met of zonder versterking). Voor deze gebouwen is inspectie en maatwerk waarschijnlijk niet het beste uitgangspunt. Bij een lange doorlooptijd (meer dan 5 jaar) worden deze gebouwen, dankzij de ingebruikname van de stikstofinstallatie, al veilig door de afbouw van de winning en draagt de versterking niet meer bij aan het voldoen aan de veiligheidsnorm.

SodM adviseert daarom om passende maatregelen te nemen. Waarschijnlijk is voor deze gebouwen alleen een generieke en daarmee snellere aanpak (dus geen inspecties en engineering per gebouw, maar oplossingen voor types van gebouwen) snel genoeg.

Advies: Onderzoek de mogelijkheden voor snelle, generieke maatregelen om op zeer korte termijn de veiligheid al te verbeteren

Voor circa 3100 gebouwen geldt dat deze uiterlijk in 2023, na de ingebruikname van de stikstofinstallatie, veilig zullen zijn. Bij een lange doorlooptijd (meer dan 5 jaar) worden deze gebouwen, dankzij de ingebruikname van de stikstofinstallatie, al veilig door de afbouw van de winning en draagt de versterking niet meer bij aan het voldoen aan de veiligheidsnorm. SodM adviseert daarom om passende maatregelen te nemen. Waarschijnlijk is voor deze gebouwen alleen een generieke en daarmee snellere aanpak (dus geen inspecties en engineering per gebouw, maar oplossingen voor types van gebouwen) snel genoeg.

Naast de bovengenoemde 5000 (1900 + 3100) gebouwen zijn er zo'n 2100 gebouwen die slechts tot 2021, zelfs binnen de meest strikte interpretatie van de overgangperiode van vijf jaar, gegeven de veilige marge boven de veiligheidsnorm zitten (Figuur 5-2). Vanwege de afbouw van de gasproductie zijn deze gebouwen ook zonder versterking vanaf 2021 veilig. Tot die tijd wordt voldaan aan de tijdelijke grenswaarde van 10^{-4} per jaar. Deze gebouwen hoeven daarom niet versterkt te worden.

Advies: Versterking van 2100 gebouwen die binnen de overgangperiode aan de veiligheidsnorm zullen voldoen is niet nodig

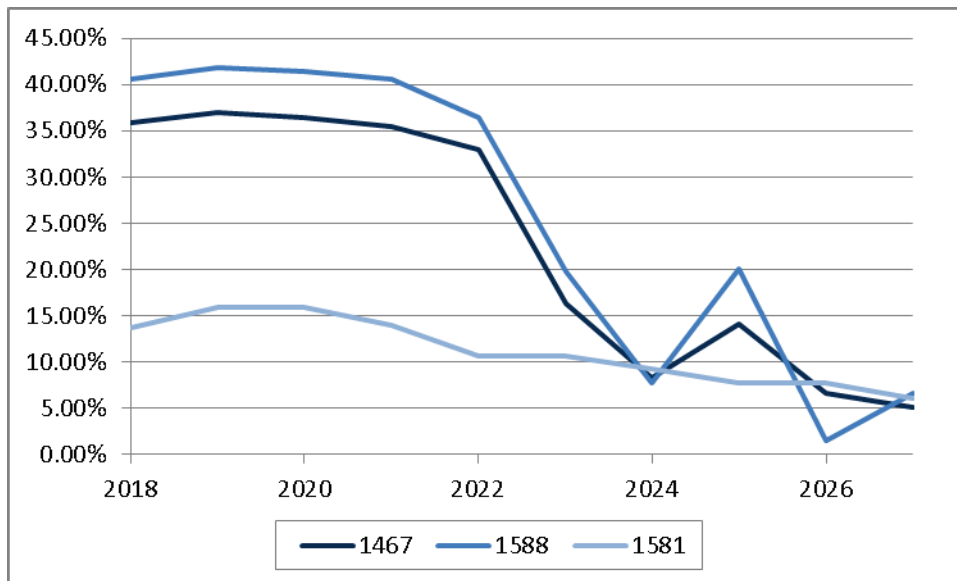
Er zijn circa 2100 gebouwen die slechts tot 2021, zelfs binnen de meest strikte interpretatie van de overgangperiode van vijf jaar, gegeven de veilige marge boven de veiligheidsnorm zitten. Vanwege de afbouw van de gasproductie zijn deze gebouwen ook zonder versterking vanaf 2021 veilig. Tot die tijd wordt voldaan aan de tijdelijke grenswaarde van 10^{-4} per jaar. Deze gebouwen hoeven vanuit het oogpunt van veiligheid niet versterkt te worden.

5.2 Wat te doen met de batches van 1588 en 1581?

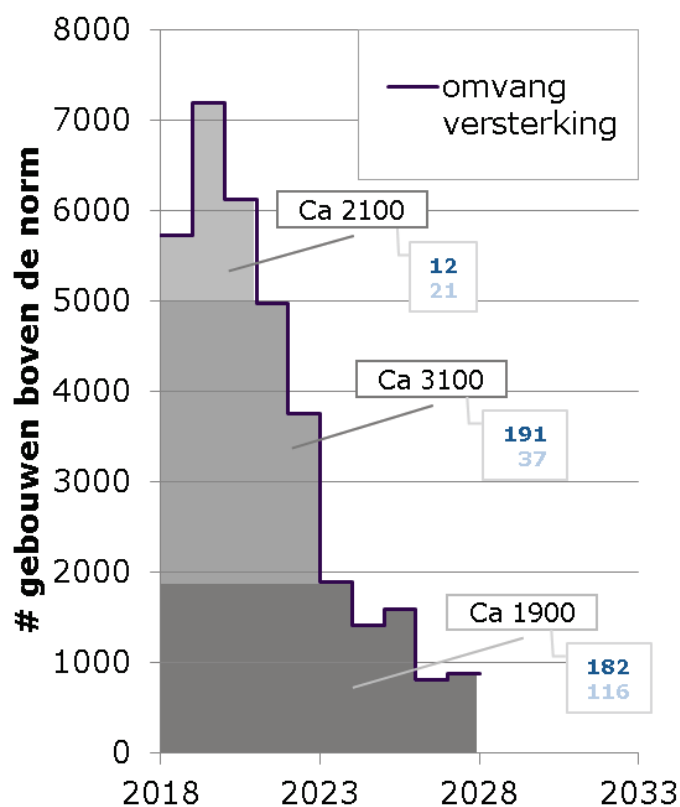
In samenwerking met de NCG heeft SodM in kaart gebracht wat de effectiviteit is van de drie versterkingsgroepen ('batches') uit de gebiedsgerichte aanpak op het verminderen van de risico's, die de Groningers lopen. De drie groepen staan bekend als de '1467' (eerste groep), de '1588' (tweede groep) en de '1581' (derde groep). De genoemde aantallen zien op het aantal adressen in de groepen. Het aantal gebouwen is kleiner (1444, 920 en 1092), omdat zich in meerdere gebouwen in de groepen meerdere adressen bevinden. Denk hierbij aan appartementen in een flatgebouw.

Figuur 5-3 laat voor de periode 2018-2027 het aantal gebouwen in de verschillende groepen zien, die op basis van de nieuwe risicoberekeningen, nog steeds in aanmerking komt voor versterking. Een hoog percentage impliceert dat veel van de gebouwen uit deze groep ook op basis van de laatste risicoberekeningen in aanmerking komen voor versterking.

Voor de korte termijn is de overlap van de eerste twee groepen (namelijk de 1467 en de 1588 batches) met de huidige berekeningen met ruwweg 35-40% relatief groot. De versterking van de 1467 'batch' is momenteel gaande. De daadwerkelijke versterking van de 1588 en 1581 'batches' is nog niet gestart. Een belangrijk deel van de 'batch' 1588 moet vanuit het oogpunt van objectieve veiligheid versterkt worden. Voor de 1581 'batch' ligt dit anders. De overlap met de laatste berekeningen is met zo'n 15% relatief beperkt. In deze batch zitten echter wel 123 gebouwen, die op basis van de risicoberekeningen ook na 2021 nog in aanmerking zouden komen voor versterking. Ongeveer een kwart van de 1900 gebouwen, die volgens de laatste berekeningen op langere termijn (na de ingebruikname van de stikstofinstallatie in 2022) mogelijk risicovol zijn, wordt met de drie 'batches' samen reeds aangepakt (Figuur 5-4).



Figuur 5-3: Weergave van de effectiviteit van de verschillende versterkingsgroepen, die op dit moment in behandeling zijn. De effectiviteit is uitgedrukt als het percentage van de gebouwen per groep, dat op basis van de risicoberekeningen in aanmerking komt voor versterking.



Figuur 5-4: : Schatting van het aantal gebouwen dat, gegeven het afbouwscenario, de komende jaren in aanmerking komt voor versterking. De grijze arceringen geven het aantal gebouwen aan dat met een veilige marge voor een specifieke periode versterkt zou moeten worden. De aantallen staan ook genoemd in de tekstvakken. In de extra boxjes wordt steeds het aantal gebouwen weergegeven, dat overlapt met de 1588 (donkerblauw) en 1581 (lichtblauw) batches.

SodM is van mening dat de versterking van die gebouwen in de 1588 en 1581 'batches', waarvan de P90-riscoschatting boven de veiligheidsnorm ligt, zo spoedig moet worden uitgevoerd conform de huidige versterkingsadviezen. Het gaat hierbij om 385 gebouwen in 'batch' 1588 en 174 gebouwen

in 'batch' 1581. Het doorpakken met de overige gebouwen in de 1588 en 1581 'batches' is voor de veiligheid strikt genomen niet noodzakelijk.

Advies: Versterk de gebouwen uit de 1588 en 1581 'batches' met een P90-risicoschatting boven de veiligheidsnorm zo snel mogelijk, conform de huidige versterkingsadviezen

De 1588 en 1581 'batches' hebben een overlap met de best mogelijke risicoschattingen. SodM is van mening dat de versterking van de 527 gebouwen in de 'batches', waarvan de P90-risicoschatting boven de veiligheidsnorm ligt, zo spoedig mogelijk moet worden uitgevoerd, conform de huidige versterkingsadviezen.

Ofschoon er een overlap bestaat tussen de 'batches' en de laatste berekeningen, zitten er dus ook gebouwen in de 'batches' die volgens de laatste berekening strikt genomen *niet* versterkt hoeven te worden. In 'batch' 1588 gaat dit om 535 gebouwen (in 2019) en in 'batch' 1581 gaat het om 918 gebouwen (in 2020), in totaal betreft dit dus 1489 gebouwen. Het volledig oppakken van de versterking van de 'batches' 1588 en 1581 zou er dus voor zorgen dat er ook gebouwen worden versterkt, waar dat volgens de laatste risicoberekeningen niet nodig is. De minister zal hier een oordeel over moeten geven. SodM adviseert de minister bij zijn overweging en beslissing ook de veiligheidsbeleving mee te wegen.

Advies: Versterking van de niet risicovolle gebouwen in de 'batches' is vanuit oogpunt van veiligheid niet nodig

Het versterken van de overige, volgens de berekeningen niet risicovolle gebouwen, in de 1588 en 1581 'batches' (samen 1453 gebouwen) is vanuit oogpunt van veiligheid niet noodzakelijk. Het volledig oppakken van de versterking van de 'batches' 1588 en 1581 zal er dus voor zorgen dat er ook gebouwen worden versterkt, waar dat volgens de laatste risicoberekeningen niet nodig is. De minister zal hier een oordeel over moeten geven. SodM adviseert de minister bij zijn overweging en beslissing ook de veiligheidsbeleving mee te wegen.

5.3 Kan de veiligheidsbeleving verbeterd worden?

De veiligheidsbeleving is door de aardbeving bij Zeerijp verslechterd. Ook de voortdurende onzekerheid, de sterke afhankelijkheid van een ongrijpbaar versterkingsproces én de ervaringen van de afgelopen paar jaar met de schadecompensatie hebben niet bijgedragen aan een hoger veiligheidsgevoel. Door de betrokkenen keuzemogelijkheden te bieden, krijgen ze zelf enige controle over de versterking. Dit kan een duidelijk positief effect hebben op zowel de veiligheidsbeleving als het vertrouwen. Dit vertrouwen is essentieel om met Groningen goed door de komende jaren heen te kunnen navigeren. Er zullen in Groningen namelijk nog langere tijd aardbevingen voorkomen. Ook kan er schade optreden en er kunnen zich zelfs veiligheidsrisico's voordoen. Immers, het risico vermindert weliswaar, net zoals de kans op aardbevingen, maar dat betekent niet dat aardbevingen (inclusief zwaardere) en schade uitgesloten kunnen worden. Het volgende hoofdstuk probeert een zo goed mogelijk beeld te geven van wat de inwoners van Groningen mogen verwachten de komende jaren.

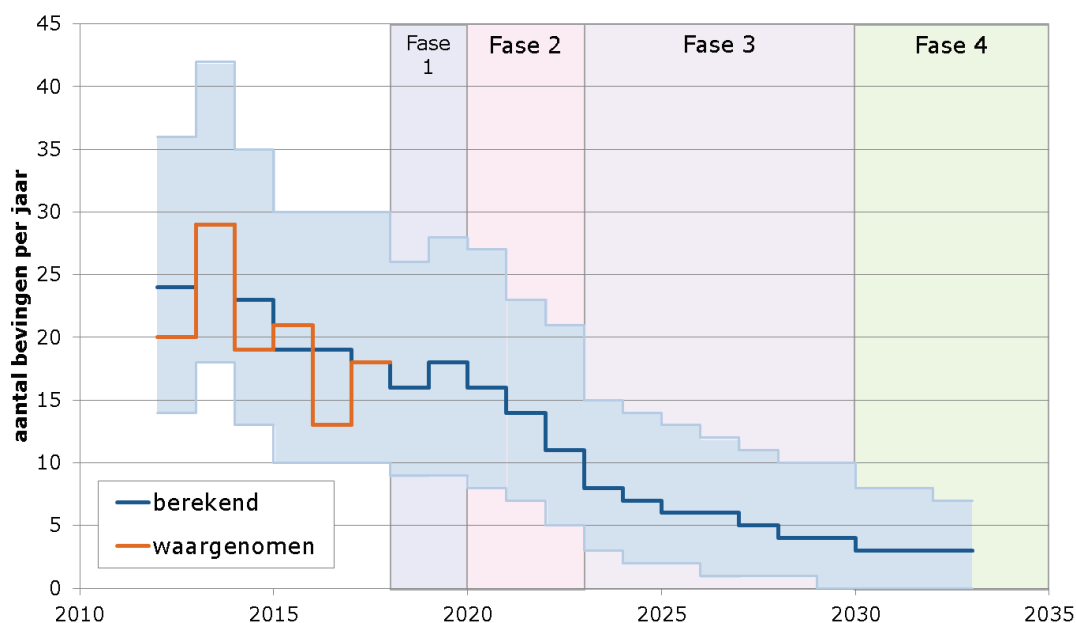
6 Wat mogen de Groningers nu verwachten?

De afname van de gasproductie zorgt ervoor dat het aantal bevingen de komende 15 jaar naar verwachting sterk zal afnemen. Het afbouwscenario van de minister verloopt echter in fases en is sterk afhankelijk van de ingebruikname van de stikstofinstallatie. Hieronder zullen we voor de verschillende fases beschrijven welke ontwikkelingen de Groningers kunnen verwachten in de seismische activiteit.

6.1 2019: komend jaar kunnen er weer meer bevingen optreden

Het komend jaar is de gasproductie vergelijkbaar met de productie dit jaar. Dit betekent dat het aantal bevingen dat kan optreden, zelfs iets meer kan worden (toename in fase 1 in Figuur 6-1). De kans op een zware beving blijft daarmee ook onverminderd bestaan (Figuur 6-2).

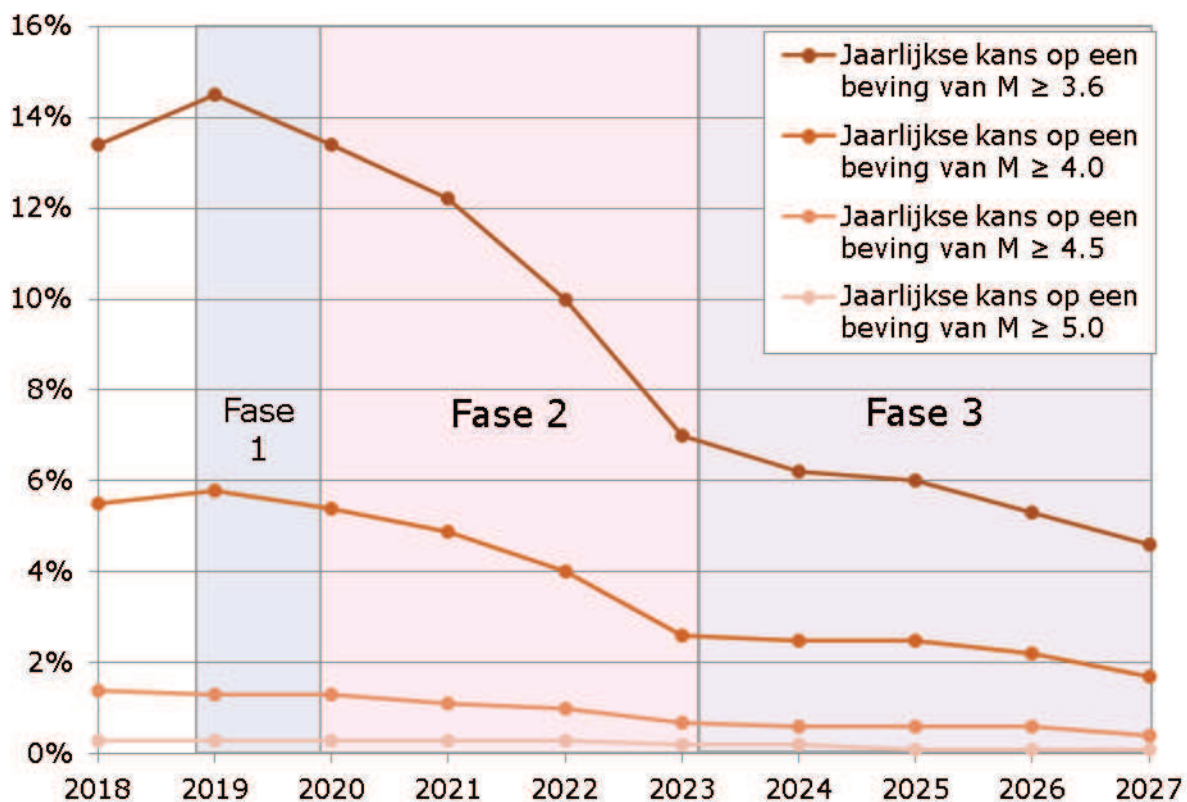
Als komende winter een koude winter wordt, dan zal de situatie verder verslechteren. Het aantal bevingen zal verder toenemen. Een warmere winter zorgt er met een lagere productie voor dat de situatie wat kan verbeteren. De mate waarin er een verbetering of verslechtering zal optreden is sterk afhankelijk van waar er meer of minder wordt geproduceerd. Een hogere productie uit clusters nabij de meest gevoelige breuken in het Loppersumgebied of het zuidwesten van het veld, zal tot een sterkere toename van het aantal bevingen leiden dan een verhoogde productie in het zuidoosten van het gasveld (zie ook bijlage IV).



Figuur 6-1: Berekeningen van de ontwikkeling van het jaarlijks aantal bevingen met een sterkte van 1,5 en hoger voor het afbouwscenario van het kabinet. De blauwe band geeft de onzekerheid op het berekende aantal bevingen weer.

6.2 2020-2023: tot de ingebruikname van de stikstofinstallatie zal het aantal bevingen naar verwachting langzaam afnemen

De jaren erna, tot de ingebruikname van de stikstofinstallatie (fase 2 in Figuur 6-1), kunnen de inwoners van Groningen ervan uitgaan dat de situatie gestaag zal verbeteren. De gasproductie neemt af en daarmee zal ook het aantal bevingen naar verwachting afnemen. De kans op zwaardere bevingen zal daarmee ook afnemen (Figuur 6-2). De onzekerheidsbandbreedte in de modellen is echter groot. Dit betekent dat niet uitgesloten kan worden dat zowel het aantal bevingen als de kans op zwaardere bevingen, ook gelijk kan blijven.



Figuur 6-2: De ontwikkeling van de jaarlijkse kans op zwaardere bevingen voor het afbouwscenario van het kabinet.

6.3 2023-2030: na de ingebruikname van de stikstofinstallatie zal het aantal bevingen naar verwachting snel verder afnemen

Met de bouw en ingebruikname van de stikstofinstallatie zal het aantal bevingen per jaar duidelijk afnemen als gevolg van de sterk afnemende productie (fase 3 in Figuur 6-1). Hierdoor zal ook de kans op zwaardere bevingen afnemen (Figuur 6-2). In 2023 is deze kans naar verwachting gehalveerd ten opzichte van de kans op zwaardere bevingen op dit moment. Op het moment dat de productie in 2030 wordt gestaakt, zullen er nog tussen de nul en acht bevingen (met een sterkte van 1,5 of hoger) per jaar kunnen optreden, met een verwachtingswaarde van drie bevingen per jaar. De kans op zwaardere bevingen is dan ongeveer een factor vier lager dan in 2018.

SodM gaat ervan uit dat een gerichte versterkingsoperatie op de meest kwetsbare gebouwen ertoe zal leiden dat de veiligheidsrisico's van alle inwoners van Groningen, na de ingebruikname van de stikstofinstallatie, dezelfde zijn als voor de overige inwoners van Nederland (10^{-5} per jaar). Dit betekent *niet* dat er dan geen bevingen meer op zullen treden of dat er geen kans meer is op zwaardere bevingen. De inwoners van Groningen moeten er rekening mee houden dat schade als gevolg van een beving nog lange tijd op kan treden. Ook een zwaardere beving is niet uitgesloten.

6.4 Na 2030: ook na de beëindiging van de productie uit het Groningengasveld kunnen er nog steeds bevingen optreden

Ook na beëindiging van de productie zal de kans op enkele bevingen, waaronder mogelijk zwaardere, nog lang blijven bestaan (fase 4 in Figuur 6-1). Deze bevingen kunnen gepaard gaan met schade. De kans zal wel steeds verder afnemen (Figuur 6-2). Op dit moment is niet aan te geven hoe lang de bevingen kunnen blijven doorgaan. De eerste jaren zal in bepaalde delen van het veld nog spanning worden opgebouwd op de breuken (bijlage IV). Pas als de druk in het veld overal weer helemaal gelijk is, zal er nergens meer spanning worden opgebouwd. Deze spanningen en de spanningen die de afgelopen en komende jaren op de breuken zijn opgebouwd, kunnen nog

vrijkomen in de vorm van bevingen. Niet alle spanning zal overigens vrijkomen in de vorm van bevingen. Alleen daar waar de spanningen hoog genoeg zijn, en deze niet via andere mechanismen, zoals niet-seismische beweging op de breuken (er treedt een langzame beweging langs de breuk op zonder dat er sprake is van bevingen) wordt verminderd, kunnen nog bevingen ontstaan. Er zullen na verloop van tijd steeds minder plekken in het veld zijn waar dit nog het geval is.

7 Samenvatting en advies

Na de beving bij Zeerijp adviseerde SodM op 1 februari om de gaswinning zo snel als mogelijk naar 12 miljard Nm³ per jaar terug te brengen. SodM nam bij dit advies als uitgangspunt dat de versterking van woningen al gaande was. Samen met het advies van SodM zou deze versterkingsaanpak er voor zorgen dat alle gebouwen in Groningen aan de veiligheidsnorm zouden gaan voldoen.

De minister van EZK heeft dit advies meteen overgenomen en eind maart heeft hij zijn afbouwscenario's gepresenteerd. De minister heeft op dat moment duidelijk gemaakt dat hij de gaswinning in Groningen niet alleen naar 12 miljard Nm³ per jaar wil terug brengen, maar er voor 2030 bovendien geheel mee wil stoppen. Op 29 maart 2018 heeft SodM de minister aangegeven dat zij, waar nodig, de minister zou adviseren in hoeverre de afbouw nog aan snelheid zou kunnen winnen. Ook heeft SodM toen aangekondigd dat zij een advies zou uitbrengen over zowel de gevolgen van dit besluit voor de veiligheid, als over de implicaties, die de afbouw van de gaswinning heeft voor de huidige versterkingsoperatie.

De huidige versterkingsoperatie is gestart vanuit de gedachte dat de veiligheidsrisico's van de doorgaande gaswinning deels beperkt kunnen worden door gebouwen te versterken. Gebouwen worden daarmee veiliger in de zin dat de kans afneemt dat ze (deels) instorten. Gebouwen blijven ondanks de versterking wel gevoelig voor schade. Bij doorgaande winning kunnen voor nog langere tijd aardbevingen, ook zwaardere, voorkomen. De voorgenomen afbouw van de gaswinning heeft deze situatie veranderd. SodM heeft veel vragen gekregen over wat de mensen in Groningen nu mogen verwachten.

Dit rapport beantwoordt dan ook een drietal hoofdvragen: ten eerste 'Gaaf de voorgenomen afbouw van de gaswinning zo snel als mogelijk?', vervolgens 'Wat betekent het stopzetten van de gaswinning voor de veiligheid in Groningen en wat betekent dit voor de versterkingsoperatie?' en tenslotte 'Wat mogen de mensen in Groningen de komende jaren verwachten in termen van veiligheid, schade en aardbevingen?'

SodM beantwoordt deze vragen in dit rapport vanuit haar rol als toezichthouder op de veiligheid. Deze rol brengt met zich mee dat SodM ook toezicht houdt op de versterkingsactiviteiten. Tenslotte dragen deze bij aan het verhogen van de veiligheid voor de inwoners van Groningen. Om deze taak onafhankelijk uit te voeren, adviseert SodM niet hoe de versterking gedaan moet worden. Wel wil SodM met dit advies de minister en de Mijnraad een aantal handreikingen doen, die kunnen helpen bij het vormgeven van een versterkingsoperatie, die sneller tot de gewenste veiligheid kan leiden. Op basis van het advies van SodM en op basis van de adviezen van andere adviseurs, geeft de Mijnraad in haar integrerend advies aan de minister juist wel een antwoord op de vraag: 'Hoe moet de versterkingsoperatie nu aangepakt gaan worden?'

De methodologie die SodM in dit rapport hanteert, is dezelfde als waarop het Zeerijp-advies is gebaseerd. SodM baseert haar analyses op berekeningen van de veiligheidsrisico's. Deze berekeningen worden gedaan aan de hand van de modellentrein van de NAM. Deze is beoordeeld door SodM. De afgelopen jaren zijn er steeds verbeteringsuggesties gedaan, waarvan een belangrijk deel ook al doorgevoerd is. Dat neemt niet weg dat er nog veel onzekerheden zitten in de kennis omtrent de ondergrond en de doorwerking van grondbewegingen op gebouwen. Het gaat hierbij ook om onzekerheden die nog niet in de berekeningen meegenomen (kunnen) worden. Om toch uitspraken te kunnen doen over de vereiste veiligheidsmaatregelen hanteert SodM een veiligheidsmarge. Deze werkwijze wordt ook in andere domeinen gehanteerd, zowel in Nederland als internationaal, bijvoorbeeld bij het realiseren van de waterveiligheid in Nederland, alsmede bij het realiseren van de veiligheid van de olie- en gaswinning in Noorwegen.

7.1 Gaat de voorgenomen afbouw van de gaswinning zo snel als mogelijk?

Naar aanleiding van het Zeerijp-advies van SodM zijn de Loppersum clusters gesloten en is de beperking van de veldbrede vlakke productie losgelaten, zodat sneller kan worden afgebouwd. De NAM en GTS zijn gevraagd de regionale fluctuaties van cluster Bierum te beperken tot +/- 20% en van de overige clusters tot +/- 50%. Ook is besloten om de gaswinning uiterlijk per oktober 2022 te reduceren tot minder dan 12 miljard Nm³ per jaar. In 2030 moet de gaswinning zijn teruggebracht naar nul. Ook heeft de minister, ter minimalisering van de gaswinning uit het Groningen-gasveld, het wetsvoorstel (hierna: de spoedwet) ingediend tot wijziging van de Gaswet en de Mijnbouwwet. Daarnaast heeft de minister een fors aantal maatregelen in gang gezet om de productie uit het Groningen-gasveld te minimaliseren. Hiertoe behoort het kabinetsbesluit tot de bouw van een stikstofinstallatie in Zuidbroek.

De verwachting is dat de NAM in het gasjaar 2017-2018 in totaal tussen de 19 en 20 miljard Nm³ zal produceren, dus minder dan de 21,6 miljard Nm³ die aan de NAM is toegestaan voor dit gasjaar.

Beslissingen omtrent de gaswinning uit Groningen zijn complex. Meerdere, vaak ook tegenstrijdige belangen spelen een rol. De spoedwet beschrijft hoe de minister hiermee om wil gaan. Sommige keuzes worden al in het wetsvoorstel voor de spoedwet vastgelegd, bijvoorbeeld dat afnemers in beginsel niet worden afgesloten. Indien belangen worden afgewogen, hecht SodM eraan dat deze afweging op transparante en navolgbare wijze plaatsvindt. SodM heeft voorts geanalyseerd of maatregelen denkbaar zijn om de afbouw te versnellen en komt op grond daarvan tot de volgende adviezen. Ook zal zij in overleg treden met GTS over het kritische factoren in de realisatie van de nieuwe stikstofinstallatie en mogelijkheden en innovaties op het gebied van kwaliteitsconversie.

7.2 Advies aan de minister om de gaswinning in Groningen nog sneller te verlagen.

Geef veiligheidsbelang voorrang en maak de belangenafweging inzichtelijk en navolgbaar

SodM vindt het belangrijk dat voor alle betrokkenen inzichtelijk en navolgbaar wordt op welke wijze de minister de verschillende belangen heeft afgewogen. SodM beveelt daarbij aan de veiligheid, zowel die van de gaswinning als die van de leveringszekerheid voorrang te geven boven andere belangen, zoals economische belangen van leveringszekerheid. Ook beveelt SodM aan de veiligheid van de gaswinning en de veiligheid van de leveringszekerheid te definiëren als twee aparte belangen. Door allereerst de afzonderlijke belangen zichtbaar en concreet te beschrijven, kan de minister vervolgens zijn afweging tussen beide belangen beschrijven. Op deze wijze wordt de belangenafweging inzichtelijk en navolgbaar.

Overweeg om op korte termijn fiscale maatregelen te nemen en op termijn een verbod op laagcalorisch gas voor grootverbruikers in te stellen

De afbouw van Groningengas is juist in de komende drie jaar in belangrijke mate afhankelijk van het tempo waarmee grootverbruikers ombouwen en verduurzamen. Daarom adviseert SodM de minister om zo snel mogelijk fiscale maatregelen te nemen en te besluiten om op termijn een verbod op laagcalorisch gas voor grootverbruikers in te stellen.

Scherp de wettelijke taken voor GTS aan met een plicht om de Groninger gasproductie zo snel als mogelijk te doen afbouwen

In het wetsvoorstel voor de Gaswet krijgt GTS de taak toebedeeld om voor de leveringszekerheid alle beschikbare middelen en methoden die deze de vraag naar Groningengas minimaliseren, te betrekken. Ook heeft GTS de wettelijke taak het gasnet te balanceren. In het wetsvoorstel wordt GTS niet verplicht deze taken zo uit te voeren dat de keuzes optimaal bijdragen aan het zo spoedig mogelijk afbouwen van de productie uit het Groningen-gasveld. De wettelijke verplichting zou daarom aangescherpt moeten worden zodat er een verplichting ontstaat de gaswinning zo snel als mogelijk te minimaliseren.

Zorg dat ACM ook toezicht kan houden op de aangescherpte taken van GTS, namelijk de verplichting om zo snel als mogelijk de gaswinning in Groningen te minimaliseren

7.3 Wat betekent het stopzetten van de gaswinning voor de veiligheid en de versterkingsoperatie?

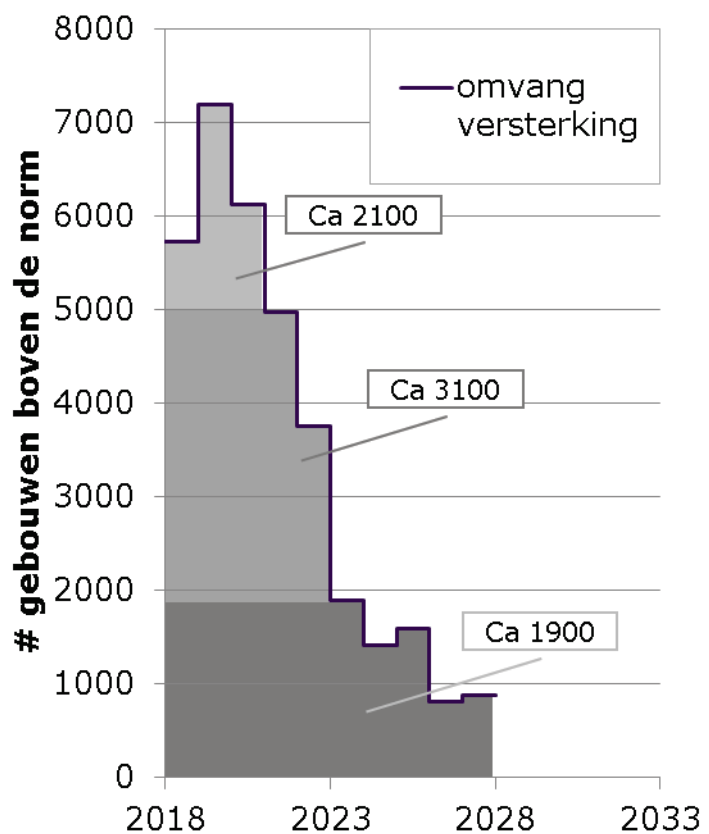
De afbouwscenario's leiden ertoe dat uiteindelijk de veiligheid verbetert. Echter, het komende gasjaar neemt de gaswinning in Groningen slechts in beperkte mate af. Het gevolg is dat het veiligheidsrisico het komend jaar nog in enige mate zal toenemen. Vanaf 2020 nemen de veiligheidsrisico's af. Figuur 7-1 maakt dit zichtbaar. In deze grafiek wordt het aantal gebouwen getoond dat in ieder jaar van de afbouwscenario's in aanmerking zou komen voor de versterkingsoperatie, teneinde met redelijke zekerheid aan de veiligheidsnorm te voldoen.

De minister heeft in december 2015 vastgesteld dat er voor bestaande bouw een overgangsperiode van vijf jaar geldt waarin het risico tussen de 10^{-4} en 10^{-5} per jaar mag zijn. SodM is van oordeel dat de veiligheid onvoldoende is geborgd, als gebouwen langer dan vijf jaar niet voldoen aan de veiligheidsnorm van 10^{-5} per jaar. Dit betekent dat de versterkingsopgave die er nu ligt voor 2021 afgerond moet zijn.

Om met voldoende zekerheid te kunnen garanderen dat in 2021 alle gebouwen aan de veiligheidsnorm voldoen, zullen naar verwachting zo'n 7000 gebouwen in het versterkingsprogramma moeten worden opgenomen.

Om aan de veiligheidsnorm te voldoen is voor zo'n 1900 gebouwen versterking voor een langere periode nodig, ook na het beschikbaar komen van de stikstofinstallatie. Deze gebouwen bevinden zich verspreid over het gehele Groningen-gasveld, doch vooral ten noorden van de lijn Groningen-stad – Delfzijl. Een deel van deze gebouwen ligt buiten de tot nu toe voor de prioritering gehanteerde 0,2g contourlijn.

Voor zo'n 3100 gebouwen is versterking noodzakelijk tot en met 2022. Uitgaande van het beschikbaar komen van de stikstofinstallatie in het gasjaar 2022/2023, zullen deze gebouwen vanaf 2023 sowieso binnen de norm vallen (met of zonder versterking). Tenslotte is er nog een groep van zo'n 2000 gebouwen, waarvoor mogelijke versterking slechts voor korte duur effect heeft op de veiligheid. Ook zonder versterking voldoen deze gebouwen in 2021 reeds aan de veiligheidsnorm.



Figuur 7-1: Schatting van het aantal gebouwen dat, gegeven het afbouwscenario, de komende jaren in aanmerking komt voor versterking. De grijze arceringen geven het aantal gebouwen aan dat met een veilige marge voor een specifieke periode versterkt zou moeten worden. De aantallen staan ook genoemd in de tekstvakken.

SodM heeft ook gekeken in welke mate er overlap bestaat tussen de zogenaamde '1588' en '1581' batches en de gebouwen, die volgens de laatste risicoberekeningen in het versterkingsprogramma opgenomen moeten worden. De 1588 en 1581 batches zijn de twee groepen van gebouwen, die in de huidige versterkingsoperatie naar verwachting nog versterkt moeten worden. De minister heeft de uitvoering hiervan gepauzeerd. Het blijkt dat de overlap van de 1588 batch met de laatste risicoberekeningen, met zo'n 40% relatief groot is. Dit betekent dat veel van de gebouwen die in deze batch zitten, ook volgens de laatste risicoberekeningen in aanmerking komen voor versterking. Voor de 1581 batch is de overlap kleiner, namelijk zo'n 15%. De overlap kan ook andersom bekeken worden: een kwart van de gebouwen in de meest kwetsbare groep van 1900 gebouwen, die volgens de laatste risicoberekeningen voor versterking in aanmerking komen, maakt onderdeel uit van de huidige versterkingsoperatie.

7.4 Advies aan de minister voor de versterking vanuit het oogpunt van veiligheid

Inspecteer en versterk zo snel mogelijk de circa 1900 gebouwen waarvan, gegeven een veilige marge, het risico op langere termijn te hoog is

Deze gebouwen hebben de versterking voor een langere periode nodig om aan de veiligheidsnorm te voldoen. De versterking van deze panden levert de noodzakelijke veiligheidswinst die de afbouw, ook na de ingebruikname van de stikstofinstallatie, niet tijdig kan bieden. Voor deze gebouwen zou het bieden van maatwerk als uitgangspunt gehanteerd kunnen worden bij het vormgeven van de versterkingsoperatie. Indien de doorlooptijd hiervan te lang wordt, zou een meer generieke aanpak overwogen kunnen worden als dit tot een kortere doorlooptijd leidt.

Baseer de prioritering van het versterkingsprogramma op de best mogelijke risicoschatting

Een deel van de gebouwen die in aanmerking komen voor versterking liggen buiten de tot nu toe voor de prioritering gehanteerde 0,2g contourlijn uit de KNMI dreigingskaart van november 2015. Het hanteren van deze contour bij de prioritering zorgt ervoor dat risicovolle gebouwen (te) laat in aanmerking komen voor versterking. SodM adviseert om deze contour los te laten en op basis van de best mogelijke risicoschatting te gaan prioriteren.

Onderzoek de mogelijkheden voor snelle, generieke maatregelen om op zeer korte termijn de veiligheid al te verbeteren

Voor circa 3100 gebouwen geldt dat deze uiterlijk in 2023, na de ingebruikname van de stikstofinstallatie, veilig zullen zijn. Bij een lange doorlooptijd (meer dan 5 jaar) worden deze gebouwen, dankzij de ingebruikname van de stikstofinstallatie, al veilig door de afbouw van de winning en draagt de versterking niet meer bij aan het voldoen aan de veiligheidsnorm. SodM adviseert daarom om passende maatregelen te nemen. Waarschijnlijk is voor deze gebouwen alleen een generieke en daarmee snellere aanpak (dus geen inspecties en engineering per gebouw, maar oplossingen voor types van gebouwen) snel genoeg.

Versterking van 2100 gebouwen die binnen de overgangperiode aan de veiligheidsnorm zullen voldoen is niet nodig

Er zijn circa 2100 gebouwen die slechts tot 2021, zelfs binnen de meest strikte interpretatie van de overgangperiode van vijf jaar, gegeven de veilige marge boven de veiligheidsnorm zitten. Vanwege de afbouw van de gasproductie zijn deze gebouwen ook zonder versterking vanaf 2021 veilig. Tot die tijd wordt voldaan aan de tijdelijke grenswaarde van 10-4 per jaar. Deze gebouwen hoeven vanuit het oogpunt van veiligheid niet versterkt te worden.

Versterk de gebouwen uit de 1588 en 1581 'batches' met een P90-risicoschatting boven de veiligheidsnorm zo snel mogelijk, conform de huidige versterkingsadviezen

De 1588 en 1581 'batches' hebben een overlap met de best mogelijke risicoschattingen. SodM is van mening dat de versterking van de 527 gebouwen in de 'batches', waarvan de P90-risicoschatting

boven de veiligheidsnorm ligt, zo spoedig mogelijk moet worden uitgevoerd, conform de huidige versterkingsadviezen.

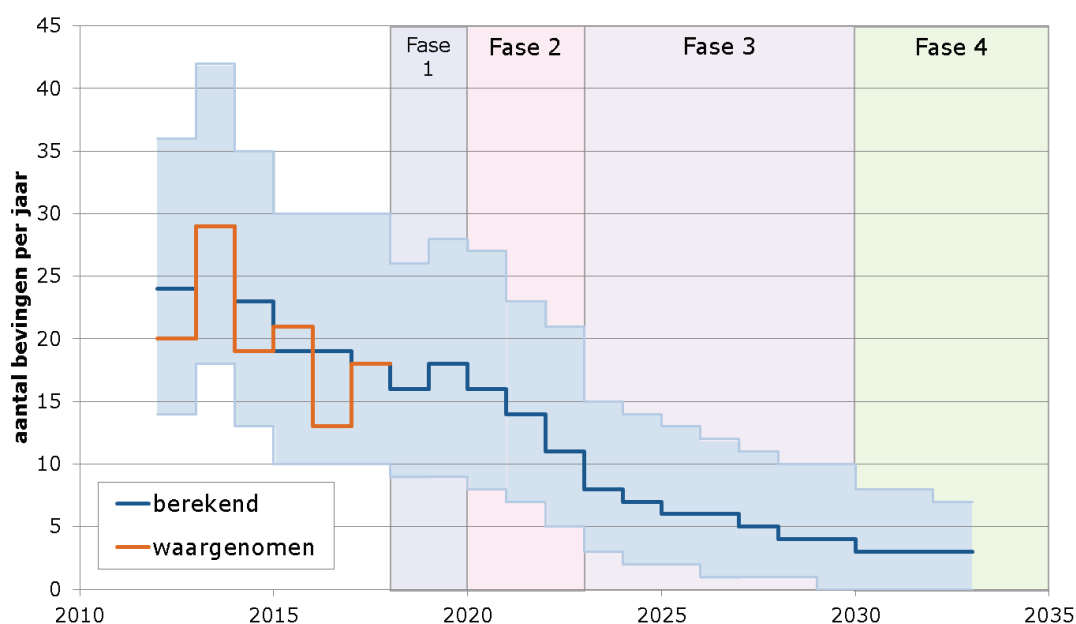
Versterking van de niet risicovolle gebouwen in de 'batches' is vanuit oogpunt van veiligheid niet nodig

Het versterken van de overige, volgens de berekeningen niet risicovolle gebouwen, in de 1588 en 1581 'batches' (samen 1453 gebouwen) is vanuit oogpunt van veiligheid niet noodzakelijk. Het volledig oppakken van de versterking van de 'batches' 1588 en 1581 zal er dus voor zorgen dat er ook gebouwen worden versterkt, waar dat volgens de laatste risicoberekeningen niet nodig is. De minister zal hier een oordeel over moeten geven. SodM adviseert de minister bij zijn overweging en beslissing ook de veiligheidsbeleving mee te wegen.

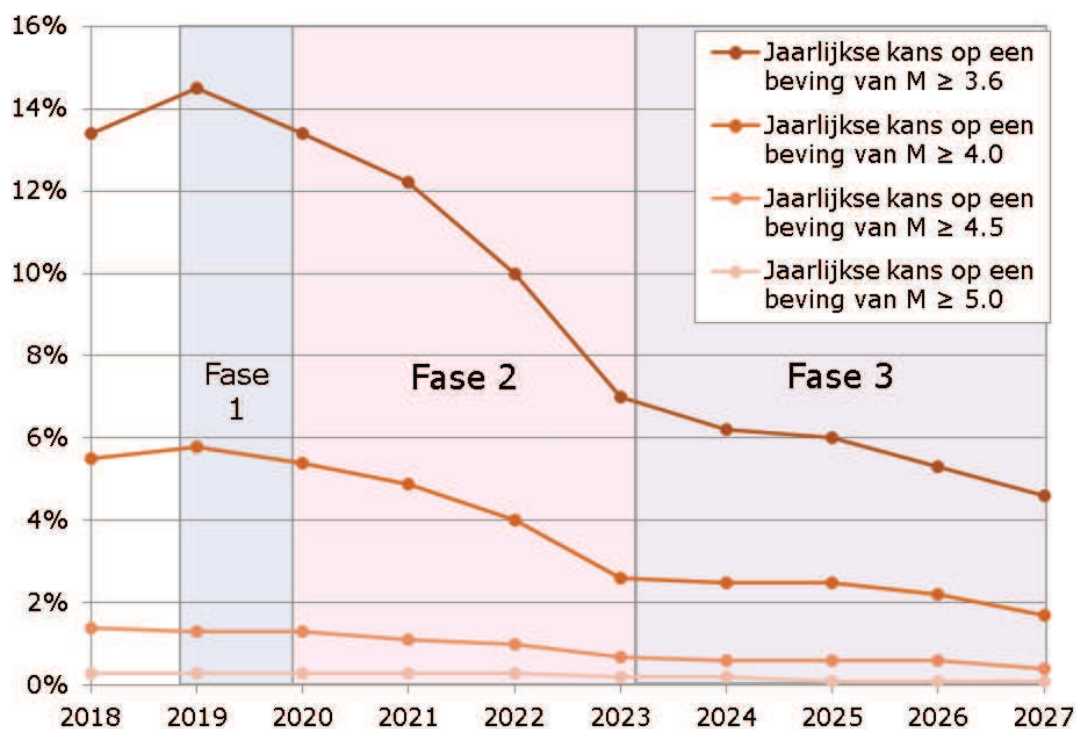
7.5 Wat mogen de mensen in Groningen verwachten in termen van veiligheid, schade en aardbevingen de komende jaren?

De afname van de gasproductie zorgt ervoor dat het aantal bevingen de komende 15 jaar naar verwachting sterk zal afnemen. Deze afname verloopt echter in fases en is sterk afhankelijk van de snelheid van het afbouwpad en daarmee bijvoorbeeld van het moment van ingebruikname van de stikstofinstallatie.

Omdat de gasproductie het komende jaar nog niet sterk afneemt, kan niet uitgesloten worden dat het aantal aardbevingen nog iets toeneemt. De jaren erna, tot de ingebruikname van de stikstofinstallatie (fase 2 in Figuur 7-2), mogen de inwoners van Groningen ervan uitgaan dat de situatie gestaag zal verbeteren. Het aantal bevingen en de kans op zwaardere bevingen zal in deze periode geleidelijk afnemen (Figuur 7-3). De onzekerheidsbandbreedte in de modellen is echter groot. Dit betekent dat niet uitgesloten kan worden dat het aantal bevingen en de kans op zwaardere bevingen ook gelijk kan blijven.



Figuur 7-2: Berekeningen van de ontwikkeling van het jaarlijks aantal bevingen met een sterkte van 1,5 en hoger voor het afbouwscenario van het kabinet. De blauwe band geeft de onzekerheid op het berekende aantal bevingen weer.



Figuur 7-3: De ontwikkeling van de jaarlijkse kans op zwaardere bevingen voor het afbouwscenario van het kabinet.

Met de bouw en ingebruikname van de stikstofinstallatie zal het aantal bevingen per jaar ook duidelijk afnemen als gevolg van de sterk afnemende productie (fase 3 in Figuur 7-2). Hierdoor zal ook de kans op zwaardere bevingen afnemen (Figuur 7-3). In 2023 is deze kans naar verwachting gehalveerd ten opzichte van de kans op zwaardere bevingen op dit moment. Op het moment dat de productie wordt gestaakt in 2030 zullen er nog tussen de nul en acht bevingen (met een sterkte van 1,5 of hoger) per jaar kunnen optreden. De kans op zwaardere bevingen is dan ongeveer een factor vier lager dan in 2018.

SodM gaat ervan uit dat een gerichte versterkingsoperatie op de meest kwetsbare gebouwen ertoe zal leiden, dat de veiligheidsrisico's van alle inwoners van Groningen, na de ingebruikname van de stikstofinstallatie, dezelfde zijn als voor de overige inwoners van Nederland. Dit betekent dus niet dat er dan geen bevingen meer op zullen treden of dat er geen kans meer is op zwaardere bevingen. De inwoners van Groningen moeten er rekening mee houden dat schade als gevolg van een beving nog lange tijd op kan treden. Ook een zwaardere beving is niet uitgesloten.

Ook na beëindiging van de productie zal de kans op enkele bevingen, waaronder mogelijk zwaardere, nog lang blijven bestaan (fase 4 in Figuur 7-2 en Figuur 7-3). Deze bevingen kunnen gepaard gaan met schade. Op dit moment is niet aan te geven hoe lang de bevingen kunnen blijven doorgaan.

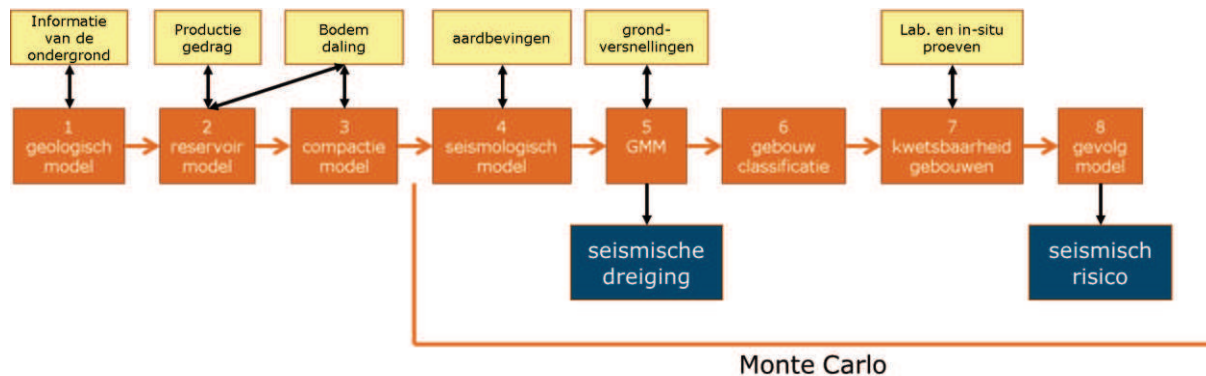
Afkortingenlijst

ACM	Autoriteit Consument en Markt
CS	Collapse State
DS	Damage State
EZK	Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
GMM	Ground Motion Model
GTS	Gasunie Transport Services
HRA	Hazard and Risk Assessment
IGM	Inspecteur-generaal der Mijnen
IR	Individueel risico
KEM	Kennisprogramma Effecten Mijnbouw
KNMI	Koninklijk Meteorologisch Instituut
LIR	Lokaal Individueel Risico
MDOF	Multiple Degree of Freedom
MRP	Groningen Meet- en Regelprotocol
NAM	Nederlandse Aardolie Maatschappij
NCG	Nationaal Coördinator Groningen
NEN	Nederlands Normalisatie Instituut
NPR	Nationale Praktijk Richtlijn
PGA	Maximale grondversnelling
PHRA	Probabilistic Hazard and Risk Analysis
PGV	Maximale grondsnelheid
PSA	Petroleum Safety Authority Norway
SAC	Scientific Advisory Committee
SODF	Single Degree of Freedom
SodM	Staatstoezicht op de Mijnen
SSHAC	Senior Seismic Hazard Analysis Committee
TNO	Nederlandse Organisatie voor Toegepast-Natuurwetenschappelijk Onderzoek

Bijlage I: beoordeling actualisatie modellen PHRA

Voor de risicoberekeningen maakt de NAM gebruik van een sinds 2014 ontwikkelde methodiek voor een probabilistische dreigings- en risicoberekening (PHRA). Deze methodiek bestaat uit een serie van complexe modellen.

Samengevat ziet de keten van modellen (ook wel modeltrein genoemd) er als volgt uit:



Figuur I-1: Trein van modellen waarmee de NAM de risico's kan uitrekenen.

De modeltrein bestaat uit acht geschakelde modellen (Figuur I-1):

- 1) Geologisch model: een statische geologische beschrijving van de ondergrond (structuur, gesteente-eigenschappen, etcetera).
- 2) Dynamisch reservoir model: dit model beschrijft het stromen van het gas door het reservoir.
- 3) Compactiemodel: dit model beschrijft hoe het gesteente samengedrukt wordt onder de veranderende poriëndruk.
- 4) Seismologisch model: dit model berekent het aantal, de zwaarte en de locatie van de aardbevingen.
- 5) GMM: Het 'Ground Motion Model' vertaalt de energie en de verplaatsing tijdens een beving in de beweging aan het aardoppervlak, de zogenaamde grondsnelheid en grondversnelling.

De modellen 1 tot en met 5 geven samen de seismische dreiging weer.

- 6) Classificatie van gebouwen: alle gebouwen boven en nabij het gasveld worden in kaart gebracht en op basis van hun kenmerken onderverdeeld in verschillende bouwtypen. Dit model (ook wel 'exposure model' genoemd) beschrijft de verschillende bouwtypen en de wijze waarop de gebouwen zijn ingedeeld.
- 7) Kwetsbaarheid van de gebouwen: dit model berekent de kwetsbaarheid van de bouwtypen in relatie tot de grondbewegingen. Dit bepaalt hoeveel schade er bij een bepaalde grondbeweging kan optreden en in hoeverre een gebouw kan instorten.
- 8) Gevolgmodel: dit model beschrijft de kans dat een persoon komt te overlijden als een (gedeelte van een) gebouw instort.

De modellen 6 tot en met 8 berekenen uit de seismische dreiging het seismisch risico.

Voor de modellen 1 tot en met 3 wordt er maar één variant berekend op basis van de beste inschatting van de engineers. Het berekenen van de onzekerheidsmarge wordt gedaan met de Monte-Carlo methode over de modellen 4 tot en met 8.

Een relevant verschil tussen de berekeningen uit de 'HRA 2017 studie' en het 'Addendum' is dat in de HRA 2017 studie het gemiddeld risico voor een periode van vijf jaar berekend is.

Update van het seismologisch model, GMM, gebouwclassificatie, kwetsbaarheidscurves en het gevolgmodel

Voor de 'HRA 2017 studie' heeft NAM de modellen 4 tot en met 8 verbeterd naar model versie 5 (v5). In deze bijlage geeft SodM haar beoordeling van deze modelactualisaties. Vanwege de relatief beperktere kennis van SodM op het gebied van bouwtechniek en kwetsbaarheid van gebouwen, heeft SodM in de beoordeling van de modellen 6 tot en met 8 twee externe reviews meegenomen:

- Een op verzoek van de NAM uitgevoerde review door een 'Review Panel', bestaande uit acht internationale experts op het gebied van bouwtechniek en risicoanalyse van gebouwen, die blootstaan aan aardbevingen. Dit expertpanel wordt hierna reviewpanel genoemd.
- Een door SodM geraadpleegde onafhankelijke internationale expert op het gebied van bouwtechniek en risicoanalyse van gebouwen, die blootstaan aan aardbevingen.

V5 Seismologisch model

De NAM heeft voor het seismologisch model een volledig nieuw model ontwikkeld. Het aantal bevingen in het model wordt berekend met enerzijds een combinatie van een stochastisch model dat is gebaseerd op fysische processen en anderzijds een empirisch model voor clustering van bevingen. Voor de sterkte van de bevingen wordt een relatie gebruikt, waarbij de kans op grote bevingen toeneemt als de spanningen op de breuken toenemen. Het model zorgt ervoor dat de waargenomen exponentiële toename van de seismiciteit in het verleden wordt verklaard, doordat initieel kleine delen van de breuken kritisch gespannen en actief waren en werden gevolgd door steeds meer en grotere delen van de breuken. Dit proces gaat door totdat alle breuken kritisch gespannen zijn. Daarna ontstaat een lineaire relatie tussen de spanningsverandering op de breuk en de aantallen bevingen.

Het model is statistisch, vooruitkijkend (prospectief) getoetst tegen de data. Concluderend kan gesteld worden dat de kwaliteit van de beschrijving van de data statistisch significant beter is dan de voorgaande modellen.

Beoordeling SodM:

Het model is een sterke verbetering ten opzichte van de eerder gehanteerde modellen, die puur op waarnemingen waren gebaseerd. Met name de ruimtelijke verdeling van de bevingen komt veel beter overeen met de waargenomen locaties van de bevingen. De totale activiteit wordt door het model wel licht overschat, waardoor ook een hoger dan waargenomen aardbevingsdichtheid ontstaat. Dit betekent dat het model een kleine overschatting geeft.

Een fysische onderbouwing voor het model, dat is gebruikt voor het bepalen van de sterkte van de bevingen, wordt niet gegeven. Dit model is puur op basis van waarnemingen bepaald. Onduidelijk is in hoeverre dit model beïnvloed is door het feit dat de verhouding tussen kleine en grote bevingen ruimtelijk over het veld lijkt te verschillen. De gebieden waar verhoudingsgewijs relatief veel zwaardere bevingen voorkomen, komen overeen met de gebieden met veel kritisch gespannen breuken. SodM vraagt zich dan ook af in hoeverre een verandering van de verhouding met toenemende spanning realistisch is.

V5 Ground Motion Model (GMM)

Ten opzichte van het v4-model van het 'Ground Motion Model' (hierna: GMM) zijn de wijzigingen in het v5-model relatief beperkt. Het model kent met name enkele kleine veranderingen in de snelheden van de ondiepe bodemlagen. Hierdoor is de versterking van de beweging wat minder geworden. Daarnaast is er met de uitbreiding van het meetnetwerk veel meer data beschikbaar gekomen om het model aan te kalibreren. De Slochteren aardbeving van mei 2017 verdubbelde bijvoorbeeld het aantal op dat moment beschikbare datapunten. De variabiliteit tussen verschillende bevingen is hiermee toegenomen.

De grootste wijziging komt door het aanpassen van de relatie tussen twee verschillende magnitudeschalen, de moment magnitude en de lokale magnitude. De in versie 4 doorgevoerde relatie tussen deze twee schalen bleek niet correct en is gecorrigeerd. Hierdoor is de magnitudeafhankelijkheid sterk veranderd.

Beoordeling SodM

Het GMM heeft een vergaande ontwikkeling gekend. Op dit moment is het model in een fase dat nog slechts kleine verfijningen worden doorgevoerd. De impact van deze verfijningen op de uitkomsten is beperkt en valt binnen de onzekerheden. Het model voorspelt de grondbewegingen zo goed mogelijk, ook voor zwaardere bevingen, die nog nooit in Groningen zijn waargenomen. Dit gaat echter gepaard met grote onzekerheden, die waarschijnlijk nooit verkleind gaan worden.

Uit de actualisatie van het model wordt duidelijk dat het model ook nu nog erg gevoelig is voor uitbreiding van het aantal datapunten, waaraan gekalibreerd wordt. De uitbreiding van deze data met de data van de Slochteren beving heeft een significant effect op de berekende relatie.

Ook het effect van nog onvolledige kennis komt duidelijk in deze actualisatie naar voren. De relatie tussen de twee magnitudeschalen gaf een systematische correctie van de magnitude van kleine bevingen van 0,2 magnitudepunt. Het veranderen van deze relatie heeft een significant effect op het model. Gegeven het feit dat de onzekerheden in de magnitudebepaling van dezelfde orde van grootte zijn als deze correctie, en het feit dat deze onzekerheid niet meegenomen wordt in de modeltrein, levert dit een belangrijke bekende onzekerheid op met een impact op de berekeningen.

V5 Classificatie van gebouwen

De gebouwen die in Groningen worden blootgesteld aan trillingen ten gevolge van aardbevingen, worden in de aanpak van de NAM, op basis van constructieve kenmerken, ingedeeld in typologieën. Op basis van constructie, functie en bouwjaar onderscheidt de NAM 54 bouwtypen. Een eerste indeling van de gebouwen is uitgevoerd op basis van verschillende publieke datasets, waaronder het Kadaster. Op basis van inspecties kunnen de kenmerken verder worden vastgesteld en kan de indeling worden verfijnd. Inmiddels zijn 26.000 gebouwen in het seismisch meest actieve gebied (het kerngebied) op de één of andere manier geïnspecteerd (beschouwd van buitenkant, bouwtekening, etcetera) waardoor de kenmerken bekend zijn. Deze gebouwen kunnen uniek worden toegewezen aan één van de 54 verschillende bouwtypen. Buiten het kerngebied is ook een klein aantal gebouwen geïnspecteerd, als onderdeel van deze studie.

De precieze constructieve kenmerken van de meeste gebouwen zijn echter niet in detail bekend, waardoor het moeilijk is om een gebouw toe te wijzen aan een specifieke typologie. Hierdoor worden gebouwen op basis van waarschijnlijkheid toegewezen aan typologieën en wordt over deze typologieën een gewogen gemiddeld risico berekend.

Beoordeling SodM:

Het review panel vindt dat de gebouwen op een gedegen wijze in kaart zijn gebracht en dat de gebouwen op een adequate wijze zijn ingedeeld. De werkwijze is geschikt voor een inschatting van de potentieel kwetsbare gebouwen en het risico in Groningen. De door SodM geraadpleegde expert merkt wel op dat de indeling van gebouwen buiten het kerngebied grote onzekerheid kent, doordat veel van deze gebouwen niet bezocht zijn. De expert reviews benadrukken dat de indeling van bouwtypologieën voor de bouwtypes met hoge risico's verder dient te worden uitgesplitst.

SodM onderschrijft de mening van de reviewers. SodM benadrukt daarbij het nut en de noodzaak van continue actualisatie van de database op basis van de meest recente inspecties en het verwerken van het effect van de versterking.

V5 Kwetsbaarheidscurves

De kwetsbaarheidscurves (fragility curves) beschrijven de kwetsbaarheid van bouwtypen in relatie tot de grondbewegingen. Dit bepaalt hoeveel schade er bij een bepaalde grondbeweging kan

optreden en in hoeverre een gebouw kan instorten. In v5 heeft NAM kwetsbaarheidscurves voor 54 gebouwtypen ontwikkeld.

De NAM heeft de kwetsbaarheid van gebouwen berekend met behulp van een aantal stappen. Deze stappen bestaan onder meer uit het doen van tests op typische materialen, het uitvoeren van tests in bestaande gebouwen, numeriek modelleren en validatie met behulp van triltafel-testen.

De resultaten van deze tests zijn gebruikt om voor 18 gebouwtypen geavanceerde numerieke 3D-modellen te ontwikkelen van zogenaamde index-huizen. Om snellere berekeningen mogelijk te maken, zijn deze multiple degree of freedom (hierna: MDOF) 3D-modellen vertaald naar simpelere modellen met slechts één vrijheidsgraad (hierna: SDOF). Door combinatie van de bovenstaande modellen met andere bronnen was het voor 27 gebouwtypen mogelijk om een kwetsbaarheidscurve te berekenen. Deze curves bevatten schadegradaties (damage states, hierna: DS) van DS2 tot DS4 volgens de Europese Macroseismische Schaal. Daarnaast bevatten de curves meerdere instortgradaties (collapse state, hierna: CS). Deze gradaties variëren van CS1 tot CS3 voor baksteengebouwen (van gedeeltelijk instorten tot volledig instorten) of alleen CS3 (volledige instorting) voor niet-baksteengebouwen. Voor de overige 27 gebouwtypen, waarvan de kwetsbaarheid niet op directe wijze met computermodellen is berekend, kon met een benaderingsmethode toch een kwetsbaarheid worden geschat.

Beoordeling SodM:

Zowel het review panel als de door SodM geraadpleegde internationale expert zijn positief over de gedegen wijze waarop de gebouwkwaliteit is doorgerekend met behulp van laboratoriummetingen en computermodellering, alsmede over de validatie met behulp van de triltafel-testen. Zij bevestigen dat deze methodiek de meest actuele stand van de techniek toepast voor de seismische risico-inschatting.

Uit de analyse en de reviews komen meerdere positieve punten naar voren, zoals:

- In deze studie zijn de curves van het volledig instorten van gebouwen nu wel meegenomen, waarmee een aanbeveling uit het 'Advies winningsplan 2016' is overgenomen.
- De mate waarin de gekozen index-gebouwen representatief zijn. De gebouwtypen die met index-gebouwen worden gerepresenteerd, vertegenwoordigen 75% van het totaal aantal gebouwen in het gebied en 85% van de baksteen gebouwen.

De huidige berekeningsmethode van de kwetsbaarheidscurves is geschikt voor het doel. Wel komen er enkele aandachtspunten naar voren. Enkele van deze aandachtspunten zijn blijven staan uit de '2016 SAC Review'. Andere aandachtspunten zijn nieuw en specifiek voor het nieuw uitgevoerde werk.

Wat blijft staan is de vraag uit eerdere beoordelingen of de variabiliteit binnen een bouwtypologie wel voldoende is meegenomen in de berekeningen. Hierbij denkend aan de staat van onderhoud en bouwkundige veranderingen, zoals de plaatsing van dakkappen. Ook het effect van het wel of niet aanwezig zijn van niet dragende elementen in het gebouw, zoals interne niet dragende muren, is niet meegenomen in de modellen.

De methodiek om tot kwetsbaarheidscurves te komen met behulp van laboratoriumtesten, en index-huizen via MDOF- en SDOF-modellen, is passend voor het probleem. Wel is het onduidelijk wat het effect is van de vereenvoudigingsstappen in deze keten op de onzekerheden in de kwetsbaarheidscurve. Het verdient aanbeveling dit te kwantificeren en mee te nemen in de onzekerheidsberekeningen.

V5 gevolgmodel

Het gevolgmodel (fatality model) beschrijft de kans dat een persoon komt te overlijden als een (gedeelte van een) gebouw instort. In deze berekeningen wordt verondersteld dat het

overlijdensrisico is gerelateerd aan het aantal volledig of gedeeltelijk ingestorte gebouwen, als gevolg van de aardbeving.

Een belangrijke factor in dit model vormt de locatie, waar mensen zich bevinden (in of in de nabijheid van een gebouw). In een gebouw is het overlijdensrisico gebaseerd op de kans dat een bewoner raakt opgesloten als gevolg van instorting, niet in staat is te ontsnappen en vervolgens overlijdt. In de nabijheid van een gebouw wordt het overlijdensrisico berekend als gevolg van vallend puin. Het overlijdensrisico door een omvallende schoorsteen wordt hierbij ook meegenomen.

Om de onzekerheid in het gevolgmodel te vangen, worden drie verschillende puinoppervlak-ratio's toegekend aan elk van de drie instortgradaties (CS1, CS2, CS3). Dit betreffen drie onzekerheidsscenario's als takken van de zogenoemde 'logic tree', gebaseerd op de MDOF-modellen en mede tot stand gekomen met behulp van inschattingen uit internationale studies en van experts.

Beoordeling SodM:

SodM is met het review panel van oordeel dat de aannames in het gevolgmodel, om overlijdenskansen te berekenen, gerechtvaardigd zijn. De reviewers adviseren om de gevoeligheden en onzekerheden in de gevolgmodellen te bestuderen en te kwantificeren. Ook adviseren ze om de kans op overlijden, als gevolg van vallende objecten in het gebouw, mee te nemen in de berekening. SodM onderschrijft deze adviezen.

Conclusie

De modelupdates voor het seismologisch model, de GMM, de classificatie van gebouwen, de kwetsbaarheidscurves en het gevolgmodel zijn waardevolle verdere ontwikkelingen in het berekenen van het seismisch risico. De verandering in tijdspanne die gemodelleerd wordt (van 5 jaar naar 1 jaar) is een goede ontwikkeling, omdat dit het mogelijk maakt om de effecten van de productieafbouw goed inzichtelijk te maken.

Op dit moment worden nog steeds niet alle bekende onzekerheden volledig en consistent meegenomen. Dit beïnvloedt de uitkomst van de risicoberekening. Naast de nog steeds staande commentaren uit vorige adviezen van het Scientific Advisory Committee (hierna: SAC) en SodM, lijkt het logisch om aandacht te besteden aan de onzekerheden in de keuzes omtrent bijvoorbeeld de grootte van de gridcellen (waarmee geografische verschillen uiteindelijk bepaald worden), de egalisatiefuncties (waarmee puntschattingen tot doorlopende lijnen worden omgevormd, die vervolgens de basis voor de verdere berekeningen vormen) en de wijze van kalibratie van rekenuitkomsten aan de metingen in het Groningen-gasveld (waardoor de rekenuitkomsten significant bijgesteld kunnen worden). Deze onzekerheden hebben naar verwachting een grote invloed op de uitkomsten van de risicoberekeningen. Bij de beoordeling van de nieuwe modellen blijkt tevens dat deze modellen interne onzekerheden bevatten, die niet worden meegenomen in de Monte-Carlo. De (implementatie)keuzes in de huidige gebruikte modellentrein zijn niet volledig beschreven. Deze keuzes brengen daarmee onzekerheid met zich mee, die nu niet te berekenen is.

Bijlage II: keuze van veiligheidsmarge

Gegeven de grote bekende en onbekende onzekerheden, hanteert SodM een veilige marge bij het bepalen van te nemen maatregelen. In deze bijlage wordt uitgelegd dat het gebruik van deze marge niet op zichzelf staat, maar ook in andere domeinen wordt gehanteerd. Hierbij wordt allereerst de aanpak bij de waterveiligheid beschreven, waar ook gebruik wordt gemaakt van een veiligheidsmarge. Vervolgens wordt inzichtelijk gemaakt dat de marge, zoals gebruikt bij waterveiligheid, tot vergelijkbare resultaten komt als bij het gebruik van de P90-marge.

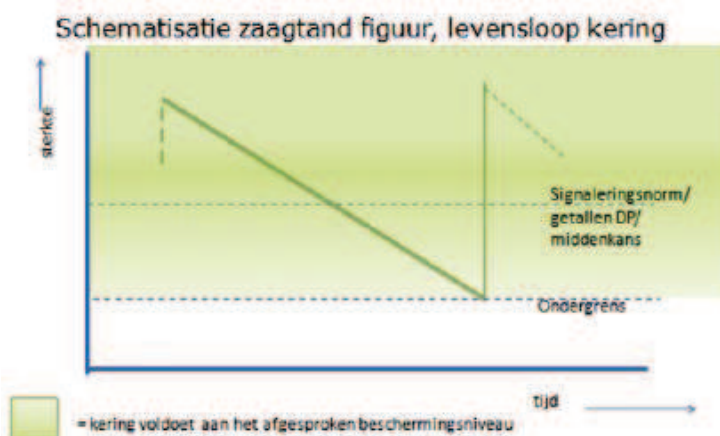
Na het bespreken van de waterveiligheid, passeren in de laatste paragraaf ook nog andere domeinen en voorbeelden de revue, waar gebruik wordt gemaakt van een veilige marge. Het gaat dan om het beheersen van de veiligheidsrisico's bij de gaswinning onder de Waddenzee, het beheersen van de risico's van olie- en gaswinning in Noorwegen en tenslotte om het beheersen van de risico's bij het milieutoezicht.

Analogie van waterveiligheid

Waterveiligheid gaat over het natuurlijke risico, dat een gebied overstroomt waardoor mensen komen te overlijden. Bij overstromingsrisico wordt in plaats van het Plaatsgebonden risico (hierna: PR) gebruik gemaakt van het Lokaal Individueel Risico (hierna: LIR). Dit is het PR gecorrigeerd voor de mogelijkheid van evacuatie. Het risico is de combinatie tussen kansen en gevolgen. De kans dat er een overstroming optreedt, wordt met een probabilistische aanpak bepaald, waarbij alle mogelijke combinaties van maximale belasting en bezwijken van een waterkering worden meegenomen¹⁴. De gevolgen van een overstroming zijn onder andere afhankelijk van de locatie waar de dijk doorbreekt, de grootte en hoogte van het gebied, en de wijze waarop het water het gebied instroomt. Daarnaast kan door tijdige, preventieve evacuatie slachtoffers worden voorkomen. De gevolgen worden dan ook bepaald aan de hand van verschillende scenario's.

Normen voor waterveiligheid en het gebruik van een veilige marge

In 2017 heeft het kabinet nieuwe normen voor de waterveiligheid bepaald^{15, 16}: de zogenaamde ondergrens. Met de nieuwe normen krijgt iedereen die achter dijken of duinen woont een basisbeschermingsniveau van 10-5 per jaar¹⁷. Daarnaast is voor elk dijktraject een signaleringswaarde in de Waterwet vastgelegd. De wet schrijft voor dat dijken met een risicoschatting hoger dan de signaleringswaarde versterkt moeten worden^{11, 12}. Effectief is deze signaleringswaarde voor de meeste dijktrajecten een factor twee tot drie lager dan de norm voor basisveiligheid¹². Bij de verbetering van de waterkeringen wordt daarnaast van een zekere robuustheid uitgegaan en wordt een extra veiligheidsmarge



Figuur II-1 Schematische weergave van de levensloop van een waterkering.

¹⁴ Rijkswaterstaat Projectbureau VNK (2016) Eindrapport: De veiligheid van Nederland in kaart.

¹⁵ Deltabeslissing Waterveiligheid (2017).

¹⁶ Waterwet (<http://wetten.overheid.nl/BWBR0025458/2018-02-17>).

¹⁷ Memorie van Toelichting op de Waterwet (<https://zoek.officielebekendmakingen.nl/kst-34436-3.html>).

meegenomen om ervoor te zorgen dat nieuwe dijkversterkingen in elk geval voldoende veilig zullen zijn⁹. In Figuur II-1 is een en ander schematisch weergegeven¹².

Verschilanalyse tussen gebruik van een P90-marge en de marge zoals gebruikt bij waterveiligheid

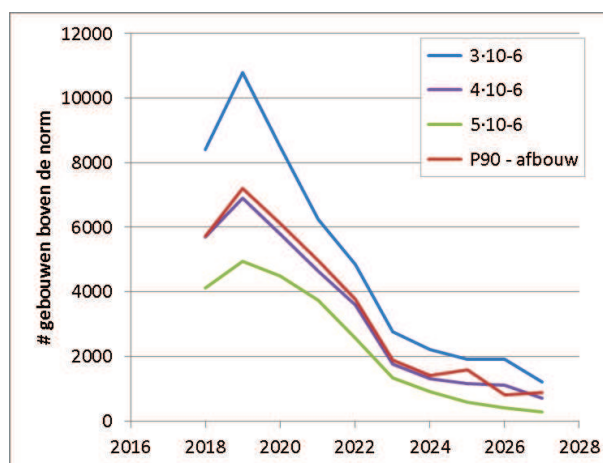
In plaats van de P90 zou ook de methodiek van de waterveiligheid kunnen worden gevolgd voor het bepalen van de veiligheidsmarge. In aanvulling op de norm voor veiligheid, hanteert deze methodiek, zoals hiervoor beschreven, een signaleringswaarde om vast te stellen of waterkeringen versterkt moeten worden. Deze signaleringswaarde ligt een factor twee tot drie lager dan het berekende risico.

In analogie met de waterkeringen zou in Groningen een vergelijkbare signaleringswaarde gehanteerd kunnen worden. Dit betekent dat alle gebouwen met een berekend risico boven een risico van $3 \cdot 10^{-6}$ per jaar, versterkt moeten worden. Figuur II-2 en Tabel II-1 tonen het aantal gebouwen, dat in aanmerking komt voor versterking bij een signaleringswaarde van $3 \cdot 10^{-6}$ per jaar, $4 \cdot 10^{-6}$ per jaar en $5 \cdot 10^{-6}$ per jaar.

Opvallend is dat de aantallen gebouwen voor een signaleringswaarde van $4 \cdot 10^{-6}$ per jaar heel vergelijkbaar zijn met de aantallen voor de P90-risicoschatting. Oftewel, een signaleringswaarde die een factor 2,5 onder de norm ligt, geeft een vergelijkbare omvang van het versterkingsprogramma als de P90-benadering, zowel nu als in de toekomst. Dit betekent dat het voor de omvang van het versterkingsprogramma niet uitmaakt of voor de veiligheidsmarge wordt gekozen voor de P90-aanpak of voor een aanpak analoog aan de waterveiligheid.

Tabel II-1: Overzicht van het aantal gebouwen dat in aanmerking komt voor versterking op basis van enkele signaleringswaarden: $3 \cdot 10^{-6}$ per jaar, $4 \cdot 10^{-6}$ per jaar en $5 \cdot 10^{-6}$ per jaar.

jaar	P90 - afbouw	Signaleringswaarde		
		$3 \cdot 10^{-6}$	$4 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-6}$
2018	5725	8400	5700	4122
2019	7193	10800	6900	4939
2020	6119	8500	5800	4487
2021	4981	6250	4650	3736
2022	3760	4850	3600	2571
2023	1887	2750	1750	1331
2024	1411	2200	1300	894
2025	1587	1900	1150	578
2026	805	1900	1100	401
2027	877	1200	700	271



Figuur II-2: Weergave van het aantal gebouwen dat in aanmerking komt voor versterking op basis van enkele signaleringswaarden: $3 \cdot 10^{-6}$ per jaar, $4 \cdot 10^{-6}$ per jaar en $5 \cdot 10^{-6}$ per jaar.

Voorbeelden van veiligheidsmarges uit andere domeinen

Gaswinning Waddenzee

Bij de gaswinning uit de Waddenzeevelden is de veiligheidsmarge daarentegen ingebouwd in de grenswaarde. Deze marge is conservatiever dan de door SodM in dit advies gekozen

veiligheidsmarge. Bij de gaswinning Waddenzee is voor de grenswaarde, het Meegroeivermogen van het Wad, uitgegaan van de P99-waarde¹⁸ (oftewel slechts 1% kans dat het Meegroeivermogen minder is dan de gehanteerde waarde) uit de probabilistische berekening, waarin alle mogelijke onzekerheden over onder meer zandtoevoer en zandafzet zijn meegenomen. Toetsing dat de bodemdaling in combinatie met de zeespiegelstijging de norm niet (dreigt) te overschrijden, gebeurt vervolgens op basis van de verwachtingswaarde.

Aanpak van de Noorse toezichthouder

Petroleum Safety Authority (hierna: PSA), de Noorse toezichthouder op de olie- en gaswinning heeft over dit onderwerp een aantal publicaties en richtlijnen uitgebracht^{19, 20, 21}. In de basis is de PSA van mening dat het alleen kijken naar de kansen onvoldoende is om vast te stellen of een risico hoog of laag is. Naast de berekende verwachtingswaarde voor het risico moet rekening worden gehouden met de onzekerheden in de berekende risico's, alsmede met de sterkte van de beschikbare kennis. In het geval van grote onzekerheden en onvolledige kennis moet een grote marge in acht genomen worden. In één van hun publicaties²⁰ wordt voorgesteld om een veiligheidsmarge van drie standaarddeviaties (~P99) te gebruiken.

Milieutoezicht

Ook voor milieurisico's wordt gebruik gemaakt van veiligheidsmarges. Bij de beoordeling van het maximaal toelaatbare risico voor toxische stoffen worden veiligheidsfactoren gebruikt, die sterk afhankelijk zijn van de mate waarin er hierover kennis beschikbaar is²². Deze veiligheidsfactoren kunnen oplopen tot drie ordes van grootte (een factor 1000).

¹⁸ Van Thienen et al (2015) Subsidence due to gas production in the Wadden Sea: How to ensure no harm will be done to nature, ARMA 15-098.

¹⁹ PSA. Memo 22 version 2. Enhanced Risk Assessment and Management. December 2015.

²⁰ PSA. Black Swans, An enhanced perspective on understanding, assessing and managing risk. Stavanger, 25 August 2017.

²¹ PSA. Integrated and unified risk management in the petroleum industry. June 2018.

²² R.J. Hansler | R. van Herwijnen | R. Posthumus. Indicatieve milieukwaliteitsnormen voor prioritaire stoffen. RIVM Rapport 601782012/2008, 2004.

Bijlage III: Verschillen tussen de risicoberekeningen van de NAM en de NPR-aanpak

In deze bijlage worden de verschillen in uitgangspunten, berekeningswijze en uitvoering beschreven, waardoor grote verschillen zijn ontstaan tussen de methodiek van de NAM en de NPR-aanpak. Daarbij wordt een inschatting gemaakt van consequenties voor de risicoschattingen. Hierbij is mede gebruik gemaakt van het finale rapport van de 'international review', die in opdracht van het Nederlands Normalisatie Instituut (hierna: NEN) en de NCG op de NPR2015 is uitgevoerd (v1; februari 2017). Tevens is een eerste versie van deze notitie ter consultatie toegestuurd aan de NCG, de NAM en een medewerker van TNO, tevens lid van de NPR-commissie. De reacties uit deze consultaties zijn zoveel mogelijk in deze bijlage verwerkt. Een tweede versie van deze notitie is ter ondersteuning van hun adviezen beschikbaar gesteld aan de Mijraad, NEN, TNO, panel van hoogleraren, en KNMI.

In deze bijlage wordt slechts beperkt ingegaan op de aankomende wijziging van de NPR naar de v2-versie uit 2017. Deze actualisatie kan mogelijk een deel van de verschillen in de toekomst wegnemen, maar wordt op dit moment nog niet/pas net in de praktijk toegepast.

Verschillen in uitgangspunten

Hazard

De NAM berekent de dreiging probabilistisch op basis van een voorspelling van het toekomstige aantal bevingen, locaties en magnitudes. Deze voorspelling is gebaseerd op specifieke toekomstige productiescenario's en versie 5 (status begin 2018) van het seismologische model. Dit betekent dat veranderingen in de productiehoeveelheden in de toekomstige scenario's worden meegenomen. Het model geeft nog wel een overschatting van het aantal bevingen in het Loppersumgebied. Daarnaast worden relaxatieprocessen niet meegenomen. Voor de vertaling naar de beweging van het grondoppervlak (GMM) wordt eveneens versie 5 gebruikt, waarin de opslingereffecten van de lokale ondiepe ondergrond en niet-lineaire grondeffecten zijn meegenomen. De overschatting van het aantal bevingen geeft een (beperkte) overschatting van de hazard (belasting).

De NPR (2015) gaat uit van de V1 hazard inschatting van het KNMI uit oktober 2015, waarbij het aantal bevingen en de locatie van de bevingen gebaseerd zijn op de waargenomen aantallen en locaties in de jaren 2012, 2013 en 2014. De maximale PGA in de dreigingskaart, met een herhaaltijd van 475 jaar voor deze inschatting, is 0,36g (tegen 0,2g nu in V5) en houdt geen dan wel slechts zeer beperkt rekening met de productiebeperkingen. Terugkijkend is van de afname in het Loppersumgebied in 2014 hooguit 3/4 jaar effect meegenomen. In de KNMI-kaart wordt daarbij uitgegaan van de 1e versie van de GMM. Dit was een eerste tussenresultaat om te komen tot een specifieke GMM voor Groningen, waarin de niet-lineaire reactie en in-homogeniteit van de ondiepe ondergrond niet zijn meegenomen. Dit geeft een grote overschatting van de hazard (belasting). In de NPR wordt de in-homogeniteit middels rekenformules gecorrigeerd. De inschattingen van de versterkingsopgave op basis van deze belasting komen overeen met de eerste inschattingen van circa 100.000 gebouwen die niet aan de norm zouden voldoen.

In de internationale review wordt benadrukt dat men te weinig informatie heeft om de achtergrond van de hazard inschatting te beoordelen, met name over de toekomstige ontwikkeling en de fysische achtergrond van de bevingen. Wel concludeert de commissie dat de gevonden grondversnellingen erg hoog zijn vergeleken met de waargenomen waarden, de korte duur van de geïnduceerde bevingen, de beperkingen op de gasproductie en de waargenomen waarden in gebieden met natuurlijke activiteit. Nadruk wordt ook gelegd op de hoge gebruikte waarde voor M_{max} (met name door NAM). Met de bijeenkomst van het Senior Seismic Hazard Analysis Committee (hierna: SSHAC) over de M_{max} is dit probleem reeds door een internationale expert commissie geadresseerd. Dit aspect wordt bovendien meegenomen in de geupdate versies van de NAM en het KNMI.

De NPR2017 (V2) gaat uit van de omhullende (hoogste) waarde van de v4 hazard van het KNMI (KNMI gebruikt daarvoor de bevingen en locaties uit de jaren 2014, 2015 en 2016) en de hazard kaart van de NAM (ook V4).

Deze hazard geeft eveneens een overschatting van de huidige hazard. Hierdoor wordt het toekomstige risico veel hoger ingeschat dan dat het risico werkelijk is, als gevolg van de productiebeperkingen. De NAM/KNMI v4-modellen zijn beter, maar geven in beide gevallen nog steeds een sterke overschatting van de hazard in het Loppersumgebied (waar de meeste inspecties plaatsvinden).

Overigens wordt de invloed van toekomstige veranderingen in de productie in beide KNMI-modellen niet meegenomen: het KNMI kijkt terug en heeft geen voorspellend vermogen bij veranderende productieniveaus. Internationaal zijn experts het erover eens dat op basis van terugkijkende informatie hooguit een voorspelling voor het volgende jaar gemaakt kan worden voor geïnduceerde seismiciteit [zoals in Oklahoma]. NAM's v4-model kijkt slechts 5 jaar vooruit tot 2021, terwijl versterking er juist op gericht zou moeten zijn om ook in de jaren erna, bij escalatie van de seismiciteit, te blijven voldoen.

Kwetsbaarheidscurves

De v5 fragility (kwetsbaarheid)curves van de NAM zijn specifiek ontwikkeld voor Groningen en gekalibreerd aan vele laboratoriumtesten op elementen en aan triltafel-testen van complete Groningse huizen. De curves volgen de meest geavanceerde wijze (middels het modelleren van de gebouwen en hoe en wanneer deze instorten) waarop deze bepaald kunnen worden.

Allereerst zijn met behulp van een serie in-situ tests (in reeds bestaande huizen) en experimenten in laboratoria bij de TU Delft en TU Eindhoven de eigenschappen van verschillende soorten Gronings metselwerk bepaald. Vervolgens zijn volgens oude technieken, en met eigenschappen van het metselwerk die bij een bepaalde tijd en type pand horen, speciale proefstukken nagemaakt, om zo goed mogelijk de Groningse gebouwenvoorraad te representeren.

De proefstukken, zoals verschillende variaties van wanden en gebouwelementen, zijn op de triltafel aan verschillende bewegingsrichtingen blootgesteld, zowel in-het-vlak als uit-het-vlak. De hele gebouwen zijn deels in één richting getest (de zwakste oriëntatie van het gebouw) en deels in twee richtingen (met ook een verticale belasting). Dit alles is gedaan om kalibratie van de geavanceerde numerieke modellen mogelijk te maken. Deze gedetailleerde modellering van echte gebouwen (index buildings), die ten grondslag ligt aan de fragility curves, is gedaan voor alle drie de richtingen, de twee horizontale richtingen en verticaal.

De inputsignalen van de tests zijn zodanig gekozen dat ze zowel historisch wat kleinere, als toekomstige Groningse bevingen zo goed mogelijk representeren. Hierbij is nadrukkelijk rekening gehouden met de specifieke spectra en de verwachte duur van geïnduceerde Groningse bevingen.

Om het effect van veroudering, herhaalde bevingen en al bestaande schade mee te nemen bestaan deze tests overigens uit een serie van bevingen met toenemende intensiteit.

De NPR gaat uit van in de praktijk bepaalde fragility curves. De gegevens hiervoor komen uit het buitenland. Deze curves zijn niet gekalibreerd aan de testen op materiaal van Groningse gebouwen. De methode maakt gebruik van zogenaamde 'elastische response spectra'. De review commissie van de NPR merkt hierover op dat de aannames en relaties voor deze spectra conservatief zijn. Daarnaast kan ervoor gekozen worden om de kwetsbaarheid te modelleren, eveneens met behulp van modellen. De review commissie benadrukt het belang van kalibratie van de materiaaleigenschappen en van vergelijkbare structuren, blootgesteld aan dezelfde wijze van belasting. Op dit moment ontbreekt deze kalibratie van de modellen.

In de uitgangspunten voor deze curves worden conservatieve aannames gemaakt (hanteren van veiligheidsfactoren om onzekerheden in de modellen op te vangen) om er zeker van te zijn dat niet

naar boven hoeft te worden bijgesteld. Hierdoor hebben de curves een overschatting van de kwetsbaarheid en het risico in zich.

Objectgebonden individueel aardbevingsrisico versus gebouwgebonden individueel risico

De NAM gebruikt twee verschillende methoden om het risico te berekenen. Allereerst bepaalt de NAM het risico van de gebouwen, uitgaande van een persoon die overal tegelijkertijd aanwezig is. Dit wordt ook wel aangeduid als het plaatsgebonden risico. Daarnaast volgt de NAM de door de minister van EZK vastgestelde berekeningswijze van de commissie Meijdam, om het aantal personen met een specifiek risico te bepalen. Dit betekent dat zij het objectgebonden individueel aardbevingsrisico berekenen, oftewel de kans dat iemand komt te overlijden ten gevolge van het instorten van een gebouw of een vallend object. Hierbij wordt rekening gehouden met de tijd dat iemand in een gebouw verblijft. Een gebouw mag in beide berekeningen (deels) instorten (partial collapse) en de kans op overlijden van een persoon wordt bepaald door het percentage van het gebouw dat instort en de kans dat iemand in dat deel van het gebouw is.

De NPR volgt de bouwnorm, waarbij het uitgangspunt is dat het gebouw bijna mag instorten (near collapse, conform NEN8700), maar dat mensen het gebouw nog wel moeten kunnen verlaten. De kans op overlijden wordt met name bepaald door vallende objecten (niet structurele elementen zoals schoorstenen, façades, muren, etcetera). Deze wijze van berekenen wordt ook gebruikt bij het rekenen met bijvoorbeeld windbelasting.

Het hanteren van de bouwnorm betekent dat het gebouw bij hetzelfde risico sterker moet zijn (het mag net niet instorten versus het mag gedeeltelijk instorten) dan in de berekeningen van de NAM. De reden hiervan is dat, indien de NPR wordt opgenomen in bouwregelgeving, er slechts kan worden uitgegaan van één wijze van berekenen van de constructieve veiligheid.

De internationale review commissie van de NPR is van mening dat de versterking tot een individueel risico van 10^{-5} /jaar erg ambitieus is in vergelijking met andere landen, vooral omdat het hier gaat om bestaande gebouwen. Deze norm is echter een beleidsmatige, politieke keuze, welke voortvloeit uit het uitgangspunt dat de bewoners in Groningen niet minder veilig mogen zijn dan in de rest van Nederland.

Classificatie van gebouwen

De NAM wijst elk gebouw toe aan een bepaald bouwtype. Bij twijfel worden gebouwen, voorzien van een kans dat het in die categorie thuishoort, aan meerdere bouwtypen toegewezen. De gebouwen toegewezen aan een bouwtypologie hebben vergelijkbare kwetsbaarheidsfuncties. Onderlinge variaties (bijvoorbeeld door uitbouwen en dakkapellen) worden in theorie gevangen in de onzekerheid van deze curves, die in de berekeningen worden meegenomen. Er zijn echter vraagtekens of dit goed gebeurt. Het uitgangspunt daarbij is dat elk gebouw voldoet aan de standaard bouwnorm, en na elke beving meteen weer in zijn oorspronkelijke staat wordt teruggebracht. In praktijk zijn er volgens de NAM waarborgen om deze effecten te mitigeren; het grootste deel van deze gebouwen zou inmiddels via het schadeafhandelingsproces, het 'rode knop'-proces of het programma 'In de stutten' geïdentificeerd en veiliggesteld zijn. Deze aanpak geeft een mogelijke onderschatting van de risico's.

De NPR gaat uit van elk individueel gebouw, waarbij alle specifieke veranderingen worden meegenomen. In de praktijk blijken veel gebouwen niet aan de standaard bouwnorm te voldoen, waardoor ze extra kwetsbaar zijn voor seismische belasting. Dit wordt bijvoorbeeld veroorzaakt door dragende muren die zijn weggehaald zonder goede versteviging, ongefundeerde uitbouwen, slecht onderhoud, en schade op schade door een complexe interactie van bodembewegingen.

Verschillen in berekeningswijze

Statistische analyse versus gebouw-specifieke analyse

De NAM gebruikt een statistische analysemethode waarbij:

- onzekerheden middels Monte Carlo trekkingen uit een verdelingsfunctie, of middels een logic tree aanpak, worden meegenomen in de berekeningen. Het resultaat is een verdelingsfunctie voor de kans op overlijden voor een fictief persoon in elk gebouwtype. Vervolgens kan gesteld worden dat met een waarschijnlijkheid van x% het risico niet groter zal zijn dan y.
- gebouwen aan meerdere gebouwtypen kunnen worden toegewezen, voorzien van een kans dat het gebouw tot die categorie behoort. Het risico wordt dan bepaald door het gewogen gemiddelde over de risico's (bij een gegeven waarschijnlijkheid) van deze gebouwtypen te nemen. Het echte risico kan dan zowel hoger als lager dan dit gemiddelde risico zijn.

De NPR gaat uit van elk individueel gebouw. Via een code kalibratie worden bouwregels opgesteld, die moeten leiden tot het voldoen aan de veiligheidsnorm. Uit de berekeningen volgt alleen een 'ja' of een 'nee'. Om het gebouw te kunnen versterken wordt vervolgens gekeken waardoor het gebouw niet voldoet. Het uiteindelijke risico van het gebouw wordt niet berekend. Op dit moment wordt in de berekeningen uitgegaan van gemiddelde waarden voor de materiaaleigenschappen. Deze gemiddelde waarden zijn afkomstig uit testen voor verschillende materiaaleigenschappen met daarbij een spreidingcoëfficiënt.

De methoden om te bepalen hoe sterk een gebouw is, zijn complex (erg wetenschappelijk en niet voor engineering purposes) en niet gebruiksvriendelijk. De reviewcommissie stelt zelfs dat deze methoden 'onnodig geavanceerd' zijn. Dit kan in de handen van niet-experts leiden tot grote, niet ontdekte fouten. De NPR-commissie geeft aan dat in NPR2017 een nieuwe, meer toegankelijke methode geïntroduceerd zal worden (gebaseerd op 'push-over' analyses) met simpele faalcriteria. De inputgegevens zijn daarbij moeilijk vast te stellen.

De review commissie merkt verder op dat de niet-lineaire modelberekeningen om de grondversnelling voor 'near-collapse' voor een gebouw te bepalen, instabiel worden, waardoor er een grote variabiliteit in analyseresultaten optreedt. Deze variabiliteit werkt door in de onzekerheid, hetgeen weer conservatisme in de hand werkt. De commissie beveelt aan om op dit punt uit te gaan van de sterkte voor 'significant damage' en middels een simpele opschaling ($RNC=1.33RSD$) de sterkte voor 'near-collapse' te bepalen. In de NPR2017 wordt deze methode overgenomen. Het gaat hierbij dus om een balans tussen enerzijds zeer geavanceerd en minder conservatief en anderzijds eenvoudiger en meer conservatief.

Vallende objecten

De NAM heeft het risico van vallende objecten opgenomen in hun HRA. De NAM onderscheidt bij (gedeeltelijke) instorting (DS5) drie verschillende 'collapse states', op basis van het percentage van het gebouw dat is ingestort. Deze 'collapse states' zijn direct gekoppeld aan de kwetsbaarheidscurves, waarin ook de niet-structurele elementen mee gemodelleerd worden. De eerste 'collapse state' is representatief voor de vallende objecten.

De NPR heeft een aparte methodiek om de risico's van vallende objecten te bepalen. Hierbij wordt uitgegaan van generieke kwetsbaarheidscurves voor de verschillende elementen. De internationale review commissie noemt deze methode gecompliceerd, hetgeen conservatisme in de hand werkt. De commissie adviseert daarom om eenvoudigere methoden te gebruiken.

Verschillen in de uitvoering

Conservatisme als uitgangspunt

Om zeker te weten of het gebouw aan de norm voldoet, wordt voor de inputgegevens in de berekeningen in de regel uitgegaan van conservatieve aannamen. Dit leidt tot een onderschatting

van de sterkte van de gebouwen en dus een overschatting van het aantal gebouwen dat versterkt moet worden.

Aansprakelijkheid inspecteur

Inspecteurs zijn verzekerd voor mogelijke aansprakelijkheden voor verkeerde beoordelingen. Om er zeker van te zijn dat gebouwen voldoen aan de norm, eisen de verzekeraars van de inspecteurs dat deze extra conservatieve aannames maken. Hierdoor wordt de sterkte van de gebouwen nog zwakker ingeschat en het risico dus nog verder overschat. Inmiddels is deze aansprakelijkheid overgenomen door de NAM. De mate waarin dit fenomeen nog steeds voorkomt, is onduidelijk.

Sterke afhankelijkheid van het inspectiebureau

Op basis van een in Nederland uitgevoerde quick scan constateert de review commissie dat er grote verschillen zitten tussen de uitkomsten van de verschillende methoden en de criteria, zoals die worden toegepast door verschillende bureaus. Dit is niet een typisch Nederlands probleem, maar komt ook voor in andere landen waar de methoden complex zijn. Dit wordt veroorzaakt door de keuzes die gemaakt moeten worden, subjectieve aannames en de toepassing van expert judgement. De commissie pleit er dan ook voor om simpelere methodieken te gebruiken.

Gebiedsgerichte aanpak voor preventieve versterking van gebouwen

Voor de preventieve versterking van gebouwen heeft de NCG een gebiedsgerichte aanpak voorgesteld, waarbij wordt gestart met het versterken van de woningen, die op basis van de huidige inzichten de grootste risico's lopen. Een gebiedsgerichte aanpak betekent dat bij de versterkingsoperatie niet alleen naar individuele woningen wordt gekeken, maar ook naar de woonomgeving: de straat, de wijk en het dorp. Gemeenten in het gebied zijn vanuit ontgroening en vergrijzing vaak al gezamenlijk bezig met leefbaarheidsplannen en dorps- en wijkvisies. Het ligt in de rede om deze aanpak daarmee in samenhang te bezien. Het kabinet deelt de visie van de NCG om in de aanpak een koppeling te maken tussen schadeherstel en preventieve versterking van gebouwen. Hierbij wordt rekening gehouden met de transitie, die de regio doormaakt als gevolg van bijvoorbeeld krimp. Ook wordt rekening gehouden met nieuwe (inhoudelijke) ontwikkelingen, zoals veranderingen in de zorgsector en het onderwijs. Hierdoor kan het voorkomen dat er toch ingrijpende maatregelen worden getroffen, ondanks het feit dat er niet (of minder zwaar) hoeft te worden versterkt. Een voorbeeld is Opwierde-Zuid. Daar zijn woningen die niet (zwaar) versterkt hoeven te worden, maar waar er waarschijnlijk toch sprake zal zijn van sloop dan wel nieuwbouw, omdat er een gasloze wijk wordt gerealiseerd.

Bijlage IV: wat is in theorie de relatie tussen productie, drukdaling, snelheid van drukdaling en bevingen?

Figuur IV-1 geeft een schematische uitleg over hoe aardbevingen kunnen ontstaan door gaswinning. Gaswinning (1) leidt tot daling van de reservoirgasdruk (poriëndruk, 2). Die daling veroorzaakt een verandering van de mechanische spanningen (stress) in de ondergrond. De verandering in mechanische spanningen heeft twee gevolgen. Het eerste gevolg is dat de gesteentelaag, waaruit het gas wordt geproduceerd, wordt samengedrukt (zie pijltjes in de inzet). 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 (3) op bestaande breuken in de ondergrond, die kan leiden tot bevingen (4) (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. Dit draagt bij aan de veranderde spanningstoestand op de breukvlakken. Tenslotte veroorzaken de bevingen zelf ook een verandering van de spanningen op de breuken (zie het tekstvak 'Spanningsveranderingen door bevingen' hiernaast).

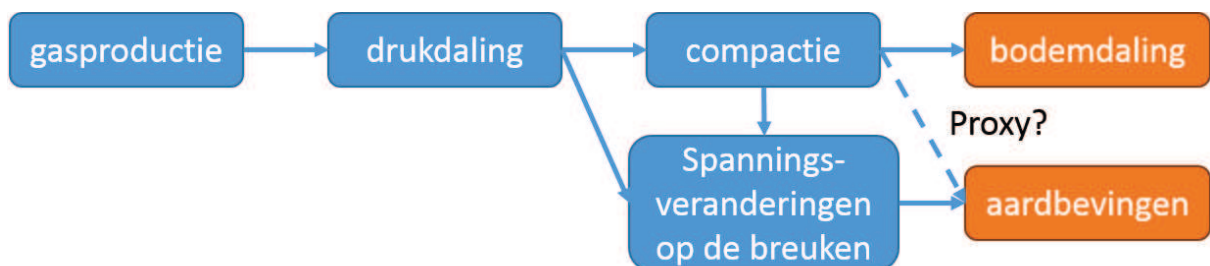
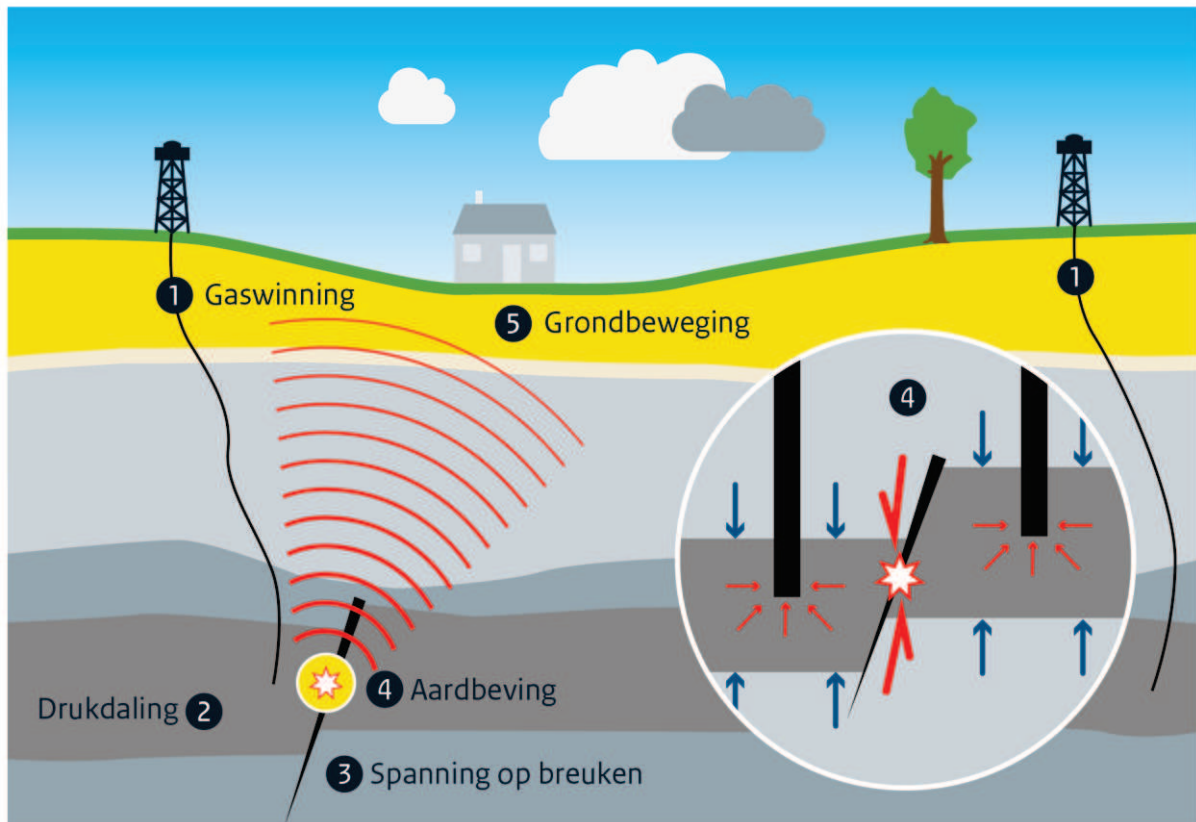
Spanningsveranderingen door bevingen

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 dit deel van de breuk door deze extra spanning 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.

Als gevolg van de doorgaande gasdrukdaling 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.

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 breuken²³ 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 nog niet eenduidig bepaald.

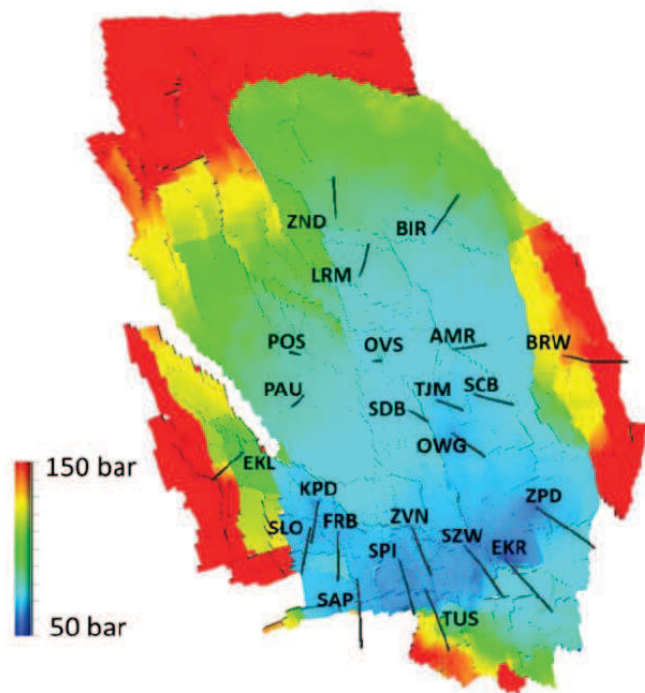
²³ Een breuk is geen vlak oppervlak. (A-seismische) beweging op de breuk kan belemmerd worden door onoffenheden in het oppervlak. De breuk 'breekt' als deze plotseling gaat bewegen, doordat deze losschiet.



Figuur IV-1: schematische uitleg over het ontstaan van aardbevingen door 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. Door de jaren heen is komen vast te staan dat de gasvoerende gesteentelagen in het Groningen-gasveld 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.

Na het stoppen van de productie zal er nog een zogenaamde drukvereffening plaatsvinden in het veld. Omdat er niet overal in het veld gelijkmatig wordt gewonnen, zijn er behoorlijke drukverschillen over het veld. Figuur IV-2 laat de drukverschillen zien, zoals berekend voor 1 januari 2018. Doordat de druk in het zuiden lager is als in het Loppersumgebied, zal er na het stoppen van de productie nog gas van het Loppersumgebied naar het zuiden stromen. Dit heeft tot gevolg dat de druk in het zuiden hoger wordt (stabiliseert de breuken) en de druk in het Loppersumgebied nog lager wordt (maakt de breuken instabieler). De drukvereffening en het effect op het seismologisch model zijn meegenomen in de NAM-modellen.



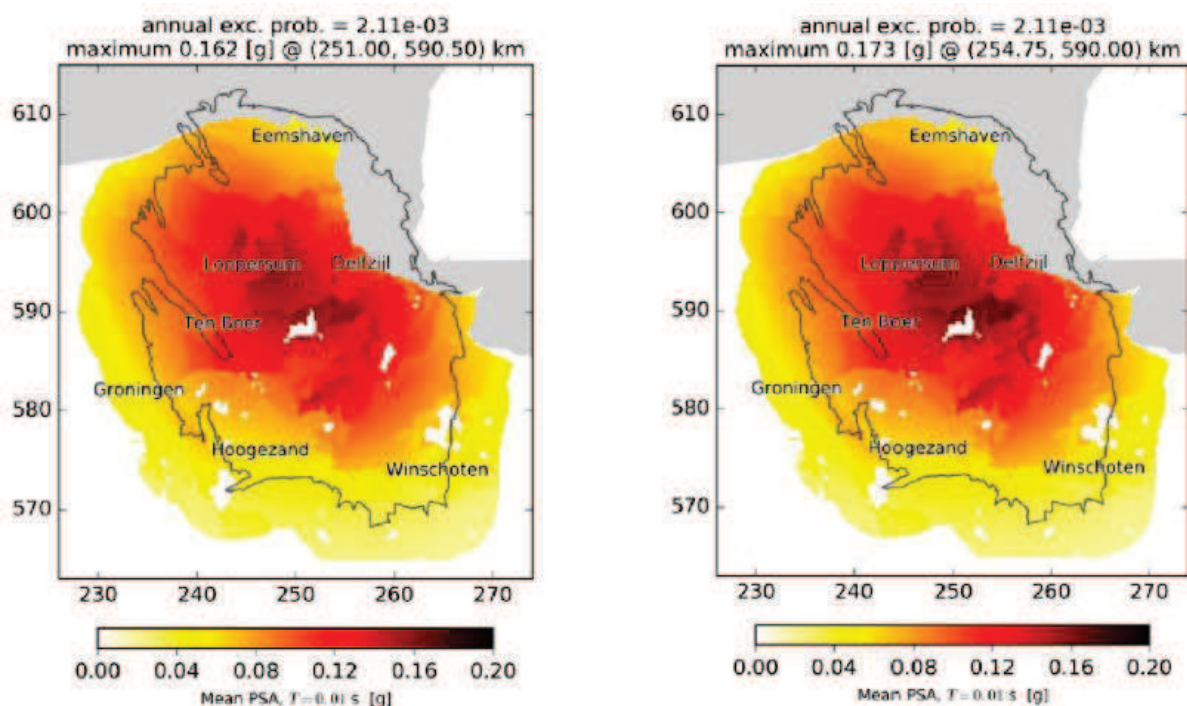
Figuur IV-2: Output reservoirmodel voor de drukken, zoals uitgerekend voor 1 januari 2018 (bron: Addendum Winningsplan NAM).

Bijlage V: ontwikkeling van de seismische dreiging

Naast het seismische risico is de seismische dreiging één van de resultaten van de berekeningen van de NAM. In figuur I-0-1 in bijlage I is te zien dat de seismische dreiging eigenlijk een tussenresultaat in de berekening van het seismische risico is. De seismische dreiging geeft de maximale grondversnelling aan, die eens in de 475 jaar op kan treden (kans van 0,2% in één jaar). In deze bijlage wordt beschreven hoe de seismische dreiging zich, gegeven het afbouwscenario van het kabinet, de komende jaren zal ontwikkelen.

Toename van de seismische dreiging in 2019

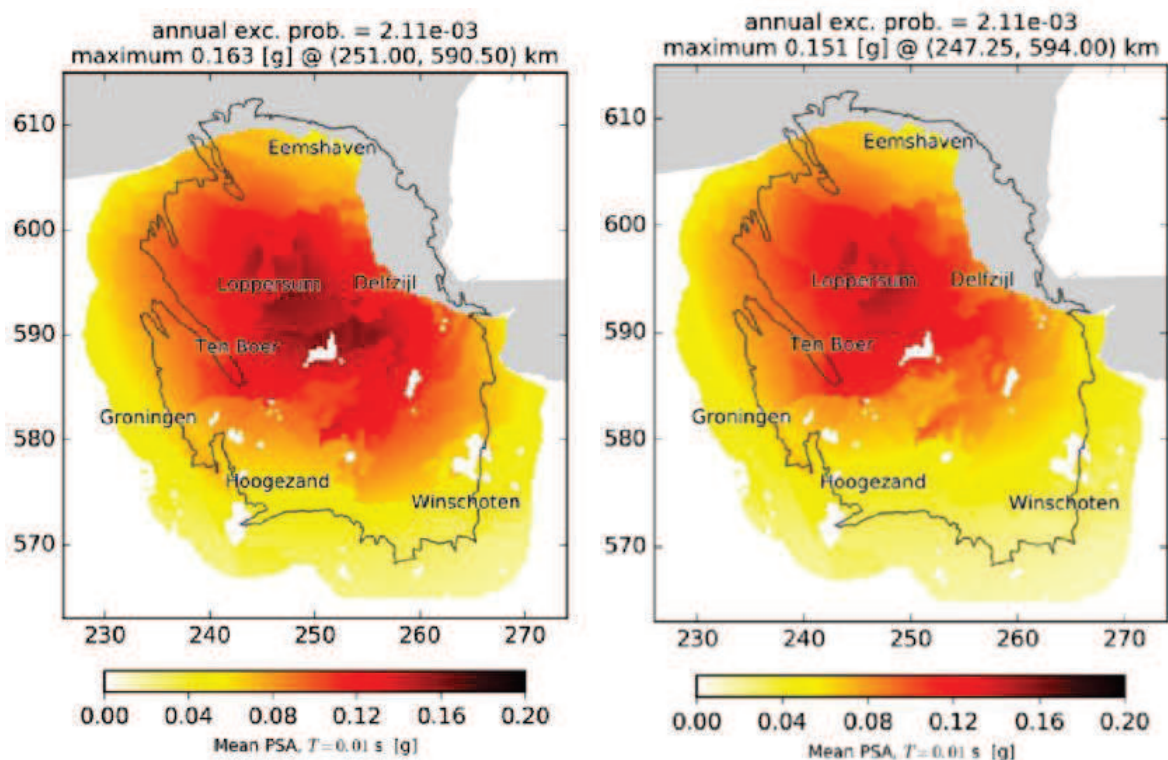
In 2019 zal de seismische dreiging boven het gehele Groningen-gasveld licht toenemen ten opzichte van 2018 (Figuur V-1). De maximale dreiging ligt ten zuiden van Appingedam, ten oosten van het Schildmeer. Dit is in de omgeving van de centraal-oostelijk gelegen clusters Tjuchem, Siddeburen, Amsweer, Schaapbulten en Oudeweg.



Figuur V-1: Berekeningen van de seismische dreiging in 2018 (links) en 2019 (rechts). De seismische dreiging geeft de maximale grondversnelling aan, die eens in de 475 jaar op kan treden (kans van 0,2% in één jaar).

Beperkte afname van de dreiging tussen 2020 en 2022

In 2020 is de seismische dreiging weer vergelijkbaar met 2018. Tussen 2020 en 2022 neemt de dreiging af (Figuur V-2). De afname in het zuiden van het gasveld is sterker dan in het noorden van het gasveld. De hoogste waarde voor de dreiging is in 2022 niet langer ten oosten van het Schildmeer gelegen, maar in de omgeving van Loppersum.

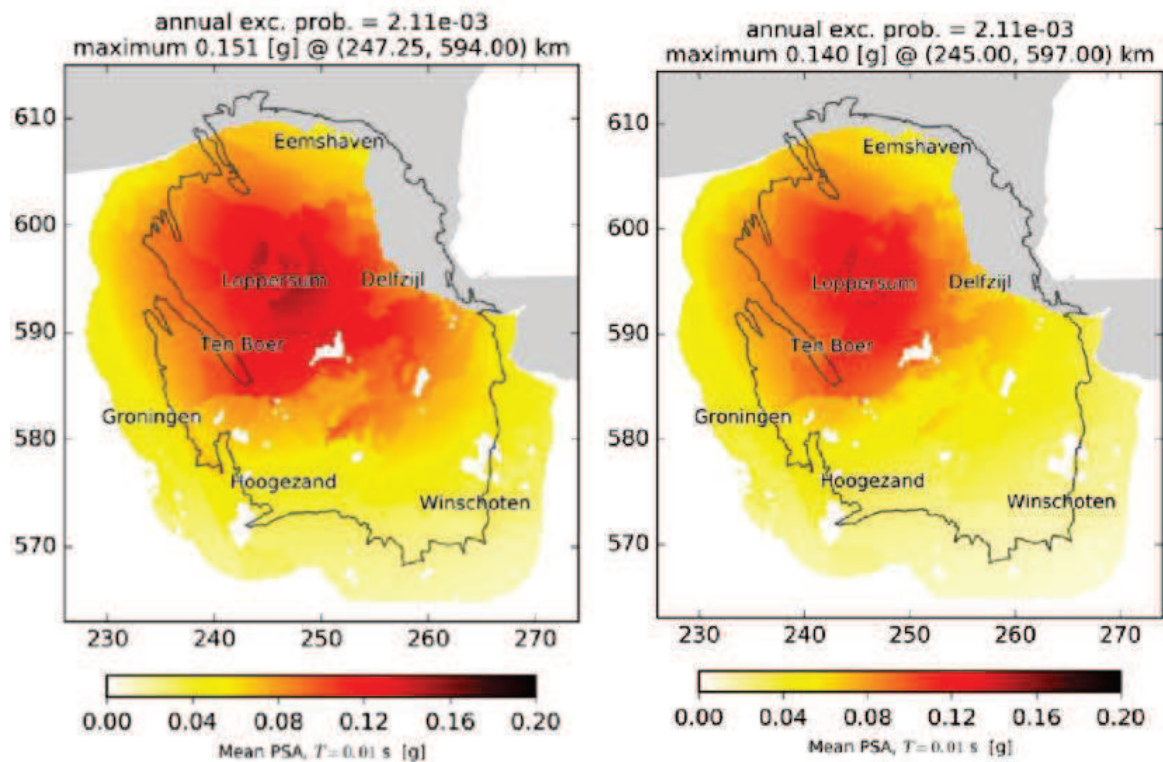


Figuur V-2: Berekeningen van de seismische dreiging in 2020 (links) en 2022 (rechts). De seismische dreiging geeft de maximale grondversnelling aan, die eens in de 475 jaar op kan treden (kans van 0,2% in één jaar).

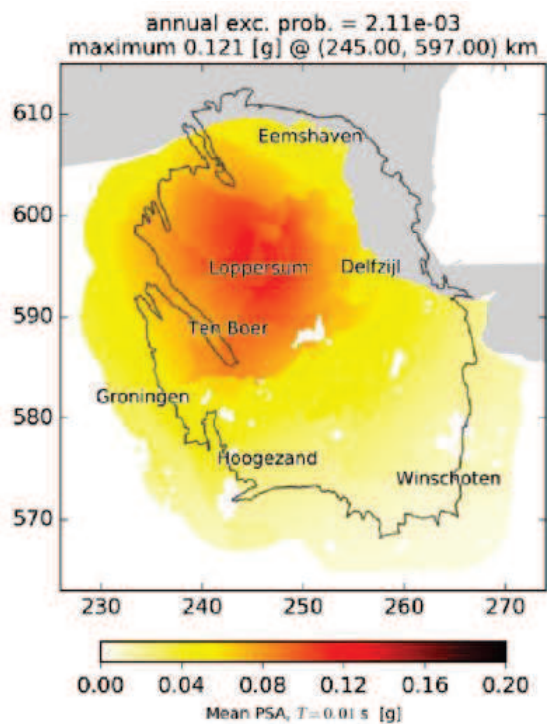
Verdere afname dreiging door bouw en ingebruikname stikstofinstallatie

Door de bouw en ingebruikname van de stikstofinstallatie neemt de dreiging boven het gasveld evenveel af, als in de voorgaande jaren het geval was door de beperking van de productie, als gevolg van het afschalen van grootverbruikers en de verminderde afname door het buitenland (Figuur V-3).

In 2027 is de maximale grondversnelling afgenomen naar 0,12g (Figuur V-4). Het zwaartepunt van de dreiging blijft rond Loppersum liggen. Ten zuiden van de lijn Groningen-stad – Delfzijl is de maximale grondversnelling in 2027 nog maar 0,06g.



Figuur V-3: Berekeningen van de seismische dreiging in 2022 (links) en 2023 (rechts). De seismische dreiging geeft de maximale grondversnelling aan, die eens in de 475 jaar op kan treden (kans van 0,2% in één jaar).

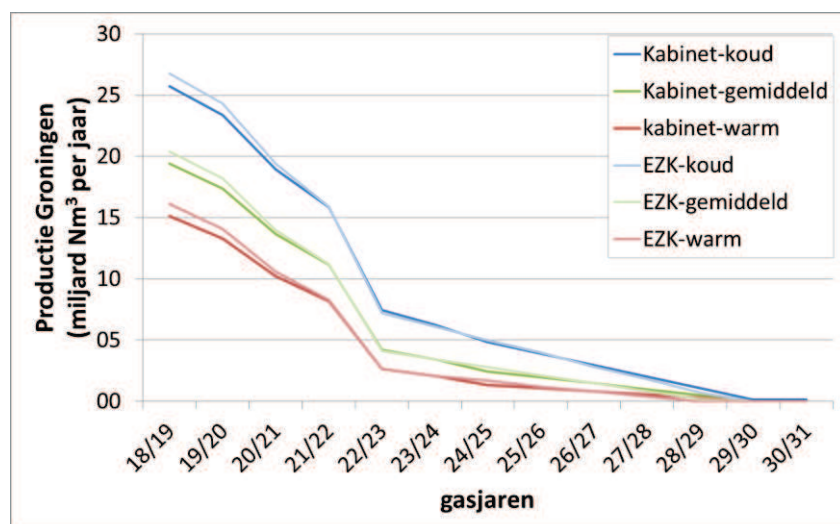


Figuur V-4: Berekeningen van de seismische dreiging in 2027. De seismische dreiging geeft de maximale grondversnelling aan, die eens in de 475 jaar op kan treden (kans van 0,2% in één jaar).

Bijlage VI: verschil tussen kabinetsbrief en verwachtingenbrief aan de NAM

Op verzoek van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) heeft de NAM de ontwikkeling van de veiligheidsrisico's, als gevolg van de afbouwscenario's van het kabinet, voor de inwoners van Groningen berekend. De scenario's waarvoor de NAM haar berekeningen heeft uitgevoerd, zijn door EZK samen met een verwachtingenbrief aan de NAM gestuurd²⁴. Nader onderzoek van deze scenario's heeft uitgewezen dat de door EZK aangeleverde scenario's voor de eerste jaren, niet overeenkomen met de scenario's uit het kabinetsbesluit (Figuur VI-1). De eerste twee gasjaren liggen de scenario's 1 miljard Nm³ boven de scenario's uit het kabinetsbesluit. In het derde gasjaar liggen de scenario's nog 0,5 miljard Nm³ boven de scenario's uit het kabinetsbesluit. Vanaf het gasjaar 2021/2022 zijn de scenario's nagenoeg identiek. Dit betekent dat de veiligheidsrisico's van de scenario's uit het kabinetsbesluit deze eerste jaren waarschijnlijk lager zullen zijn dan uit de berekeningen volgt. Hoeveel lager is echter onbekend.

Daarnaast heeft de NAM op verzoek van EZK niet de veiligheidsrisico's van de drie gegeven scenario's doorgerekend, maar de risico's voor een gemiddeld jaar en voor scenario's waarbij er in de periode 2018-2030 steeds één koud of één warm jaar optreedt. Daarmee wordt wel inzichtelijk gemaakt wat de invloed van één koude of één warme winter is op de veiligheidsrisico's en de versterkingsopgave, maar is niet de volledige bandbreedte in kaart gebracht waartussen het veiligheidsrisico zich zal ontwikkelen.



Figuur VI-1: Afbouwscenario's uit het kabinetsbesluit versus de scenario's zoals aan de NAM gestuurd door het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat.

²⁴ Verwachtingenbrief aanvulling winningsplan Groningenveld 2016, dd. 2 mei 2018, kenmerk: DGETM-EO/18085152.

Bijlage VII: vergelijking versterkingsopgave op basis van continue productie en afbouw gaswinning naar nul

De uitkomsten van de risicoberekeningen voor de afbouwscenario's zijn duidelijk lager dan eerdere inschattingen bij een constante winning van 24 miljard Nm³ per jaar (onderste regel Tabel VII-1) oftewel de berekeningen die de grondslag voor het Zeerijp-advies vormden. Op basis van de eerdere berekeningen uit 2017, die nog uitgingen van een productie van 24 miljard Nm³ per jaar, zouden zo'n 10.000 gebouwen versterkt moeten worden. Deze inschatting is gebaseerd op het hanteren van een veilige marge (de eerder genomen P90-waarde). Dit getal kan ongeveer vergeleken worden met de ruwe inschattingen van de NCG, die rekening hield met het versterken van zo'n 20.000 gebouwen.

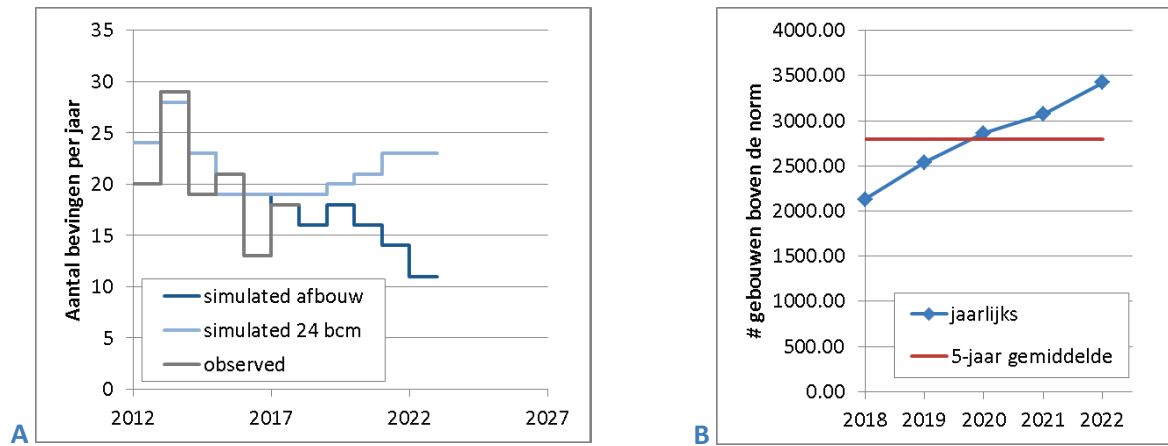
Het grote verschil tussen de inschattingen van de NCG en de inschattingen op basis van de modellentrein van de NAM, kan voor een belangrijk deel verklaard worden doordat de NCG-methodiek uitgaat van een seismische dreiging, die gebaseerd is op de veel hogere gasproductie in het verleden (circa 50 miljard Nm³ per jaar). De berekeningen die leiden tot de inschatting van de 10.000 gebouwen, zijn gebaseerd op de veronderstelling dat de gasproductie op een niveau van 24 miljard Nm³ per jaar ligt en gelijk blijft.

Indien wordt uitgegaan van het afbouwen van de gasproductie volgens het gepresenteerde scenario, dan neemt de omvang van de versterkingsoperatie af: in 2018 moeten dan zo'n 5000 gebouwen versterkt worden en in 2019 zo'n 7000. De afname van 10.000 gebouwen naar 5000 - 7000 gebouwen is een direct gevolg van de afnemende seismische activiteit ten gevolge van de afnemende gasproductie (Figuur VII-1A). De stijging van 2018 naar 2019 wordt veroorzaakt doordat de gasproductie in deze jaren nog maar heel beperkt afneemt. Het is bekend dat bij een ongeveer constante gasproductie de dreiging steeds verder blijft toenemen.

Een relevant verschil tussen de Zeerijp-berekeningen en de huidige berekeningen is ook dat bij de Zeerijp-berekeningen het gemiddeld risico voor een periode van 5 jaar berekend is. De toename van het risico (door toename van de seismische activiteit (Figuur VII-1A) wordt dan met de tijd uitgemiddeld en is niet zichtbaar in de uitkomsten. De huidige berekeningen zijn voor stappen van één jaar gemaakt. Als gevolg hiervan is - uitgaande van gelijkblijvende gasproductie - de stijging van het risico goed zichtbaar (zie Figuur VII-1B voor het berekende risico).

Tabel VII-1: Overzicht van het aantal gebouwen met een risicoschatting hoger dan de veiligheidsnorm (10⁻⁵ per jaar) en de grenswaarde (10⁻⁴ per jaar) in 2018 en 2019.

Jaar	Gemiddelde >10 ⁻⁵ per jaar	P90 >10 ⁻⁵ per jaar	Gemiddelde >10 ⁻⁴ per jaar	P90 >10 ⁻⁴ per jaar
2018	1256	5725	0	116
2019	1478	7193	0	118
2018-2022 HRA nov.	Ca 2800	Ca 10000	0	Ca 200



Figuur VII-1: A) De ontwikkeling van het jaarlijks aantal bevingen met magnitude ≥ 1.5 , zoals dat is berekend voor de constante productie van 24 miljard Nm^3 per jaar en voor het afbouwscenario. B) De jaarlijkse aantallen gebouwen die niet voldoen aan de norm bij een constante productie van 24 miljard Nm^3 per jaar, vergeleken met het in de HRA-studie van november 2017 gemiddelde risico, berekend over een periode van 5 jaar.

Voor de 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

sodm@minez.nl
www.sodm.nl
[@sodmnl](https://twitter.com/sodmnl)

27 juni 2018



Royal Netherlands
Meteorological Institute
Ministry of Infrastructure
and Water Management

> Return address PO Box 201 3730 AE De Bilt

De Mijltraad
Dr. J.C. Verdaas, Voorzitter
P.O. Box 93144
2500 AC 's-Gravenhage

Date : June 19, 2018

Subject: Seismic Hazard Assessment of Production Scenarios in Groningen¹

Dear Mr. Verdaas,

With reference to the letter of Mr. E. Wiebes, Minister Economic Affairs and Climate Policy, dated April 20, 2018 we hereby send you the report "Seismic Hazard Assessment of Production Scenarios in Groningen¹" as requested in his letter.

If you need additional information, please do not hesitate to contact us.

Yours sincerely,

Prof. dr. L.G. Evers
Royal Netherlands Meteorological Institute,
Ministry of Infrastructure and Water Management
Utrechtseweg 297
3731 GA De Bilt

KNMI

Visiting address
Utrechtseweg 297
3731 GA De Bilt
The Netherlands
PO Box 201
3730 AE De Bilt
The Netherlands
T +31 302206911
telefax +31 302210407
www.knmi.nl

Contact

Prof. dr. L.G. Evers

T 06-11604810

E Evers@knmi.nl

Our reference

KNMI-2018/1420

Your reference

18072342

Overheidsidentificatienr:
00000001003214369000

Enclosure(s)

Report

1 "Adviesvragen rond veiligheidsrisico's en versterkingsopgave"



Royal Netherlands
Meteorological Institute
*Ministry of Infrastructure
and Water Management*

Seismic Hazard Assessment of Production Scenarios in Groningen¹

A report prepared for the Ministry of Economical Affairs and Climate Policy

Jesper Spetzler, Bernard Dost and Láslo Evers

Royal Netherlands Meteorological Institute,
Ministry of Infrastructure and Water Management
Utrechtseweg 297
3731 GA De Bilt

June 15, 2018

¹ "Adviesvragen rond veiligheidsrisico's en versterkingsopgave"

Summary

The effects of proposed changes to gas production from the Groningen gas field have been investigated for the period 2018-2027. Three scenarios have been evaluated in terms of expected seismicity and a Probabilistic Seismic Hazard Assessment (PSHA) was carried out. The time interval was subdivided into three periods with comparable seismic activity rates. The first period (2018-2020) shows a spread of seismic activity over the central part and the south-western part of the field. For the two later periods (2020-2023 and 2023-2027) the activity rate drops and mainly the central north part of the field (Loppersum area) shows activity. The b-value, the ratio between large and small magnitude events, remains stable over all time periods. PSHA calculations on a coarse grid and with simplifications to allow for fast calculations, show a decrease of the hazard over time from a maximum Peak Ground Acceleration of 0.16g to 0.12g. The pattern of the hazard map did not change significantly. For all three scenarios and three time periods PSHA results are presented and made available in digital form. Apart from maps of Peak Ground Acceleration, a set of spectra with spectral accelerations are presented at a coarse grid over Groningen for each scenario and time period.

Table of Contents

1. Introduction

2. Ground Motion Model v5

3. Maximum Magnitude Distribution for Groningen

4. Probabilistic Seismic Hazard Analysis Method

5. Production simulations for Average, Cold and Warm Winters

6. Lateral Variations of Seismic Source Models for Production Scenarios

7. Seismic Hazard Predictions for Average, Cold and Warm Winters

8. Conclusions

9. References

Appendix: PGA maps

1. Introduction

The Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI) was asked by the minister of economical affairs and climate policy (EZK) to perform a seismic hazard analysis for three production scenarios for the Groningen gas field (Letter from EZK with reference number 18072342). These production scenarios are chosen to represent the production needed for warm, average and cold winters. Specifically, the questions from the minister are

Verwijderd:

1. What are the expected changes in the geographic spread of seismicity due to a reduction in gas production for the average scenario used by the Cabinet (see Figure 2 from the letter to parliament d.d. March 29, 2018), including the spread between scenario's for warm- (orange line) and cold winters (blue line) in the period of a reduction in gas production¹.
2. How do the changes in seismicity influence the ground movement and the resulting probability of (large) induced earthquakes according to KNMI²

Both questions can be answered by carrying out a Probabilistic Seismic Hazard Analysis (PSHA) for Groningen. The PSHA requires as input an estimate of the activity rate of seismicity and the ratio between large and small magnitude of expected events (b-value). In addition, a Ground Motion Model (GMM) is required and an estimate of the maximum magnitude expected in the region (for Groningen a Mmax distribution is applied).

For the source model (activity rate and b-value), KNMI has used up to now an extrapolation of recent seismicity to the next few years. This method is not capable to calculate the effects of the proposed production changes. The only method available at this moment to calculate the effects of production change on activity rate and b-values is the activity rate model (Bourne & Oates, 2017). This method requires detailed information on production of the field and on subsurface parameters. Information was obtained from NAM, who calculated activity rate and b-values for the scenario's. We will discuss the results of an analysis of this information to answer the first question and how this information was used in the PSHA calculations

1 "Welke verwachtingen heeft het KNMI voor veranderingen in de geografische spreiding van seismiciteit ten gevolge van de afname van de gaswinning, voor het gemiddelde scenario van het basispad zoals gehanteerd door het Kabinet (zie figuur twee uit de kamerbrief van 29 maart 2018), ook rekening houdend met een bandbreedte tussen warme (oranje lijn) , dan wel koude (blauwe lijn) in de periode van afbouw?"

2 "In hoeverre beïnvloeden deze seismische veranderingen volgens het KNMI de bodembeweging, en de hieruit voortvloeiende kans op (zware) geïnduceerde aardbevingen."

The PSHA uses the most recent Ground Motion Model (GMM) for Groningen: GMM v5 (Bommer et al., 2018). This GMM is based on the latest update of the Groningen seismological data base. The output of the seismic hazard method is given as peak spectral accelerations (PSA) values and presented as peak ground acceleration (PGA) maps and spectra with PSA values for the spectra period range from 0.01 s to 5 s for a dense grid of site-specific locations in Groningen. The PGA (= PSA at 0.01 s) maps and spectra for the different production scenarios allows to estimate the consequences about the variability of the seismic hazard level during the reduction of gas extraction from the Groningen field.

In the first part of the report a brief introduction is given to the recent GMM v5 and the most important parameters, such as the maximum magnitude, used in the PSHA method applied by the KNMI. Then the implementation of the production scenarios in the seismic hazard method is explained. The seismic hazard maps and spectra are presented for an average, cold and warm winter scenario. A comparison with hazard results from June 2017 based on the previous GMM v4 is presented, as well as a comparison with hazard results calculated by NAM for the same production scenarios and the GMM v5.

In view of the short time available to carry out these analyses, simplifications had to be made in order to ensure that results can also be used by other parties in a timely fashion. In the following chapters we will discuss these simplifications in detail.

2. Ground Motion Model v5

The structure of the previous GMM v4 and current GMM v5 are identical (Bommer et al., 2017, 2018). Both GMM's are based on a two-layer model of Groningen. The upper layer is defined by the North Sea group and has a thickness of 800 m. The lower layer is defined by the structure between the reservoir (at 3 km) and the bottom of the North Sea group. Figure 1 illustrates the two-layer approach. An induced earthquake is initiated in the gas reservoir and the seismic energy propagates upwards through the deeper subsurface and the near-surface layer with site-specific soil properties where the amplification of the seismic signal takes place. The amplification factor in the two most recent GMM's has a magnitude-distance dependence. This means that not only the magnitude of the induced earthquake affects the amplification factor as it is the case in GMM v2, but the distance between the hypocenter and site is also taken into account. The rupture distance is used for the distance measure in GMM v5. The shortest distance between a hypocenter directly below the site to the surface is 3 km.

Given a magnitude and epicentral distance

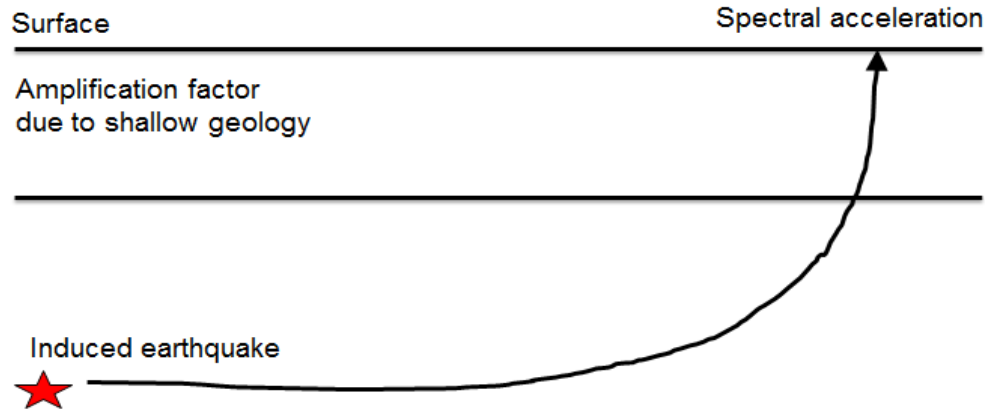


Figure 1: Schematics of the two-layer model used to define the GMM v2 to v5.

GMM v5 is compiled from a larger event data base than before. The KNMI earthquake catalog reports relatively strong induced events. The M3.5 event on August 8, 2006 and the M3.6 event on August 16, 2012 are in the data base. The M3.4 event on January 8, 2018 took place after the GMM had been finalized and is not added to the event data base. Figures 2 shows the contents of the event data base that is used to construct GMM v5 (data with blue triangles are as well in the v3-V4 data base, while data with red circles are only added to the GMM v5 data base).

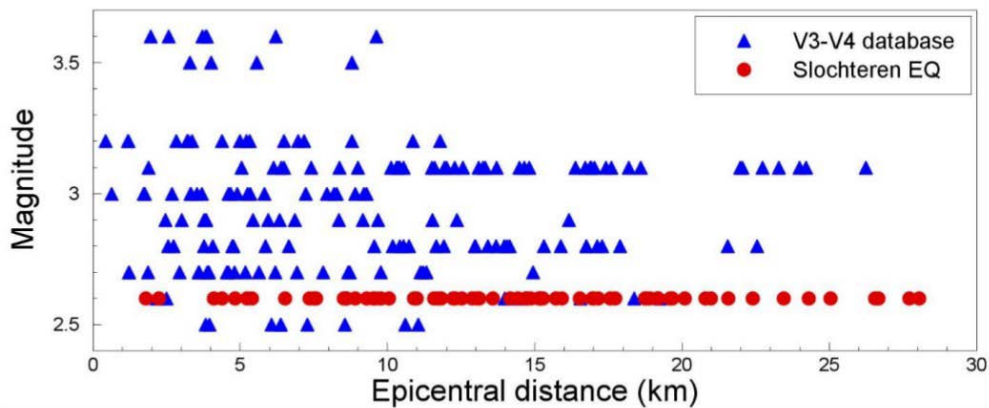


Figure 2: The event data base used in the construction GMM V5. (The GMM v5 report by Bommer et al., 2018).

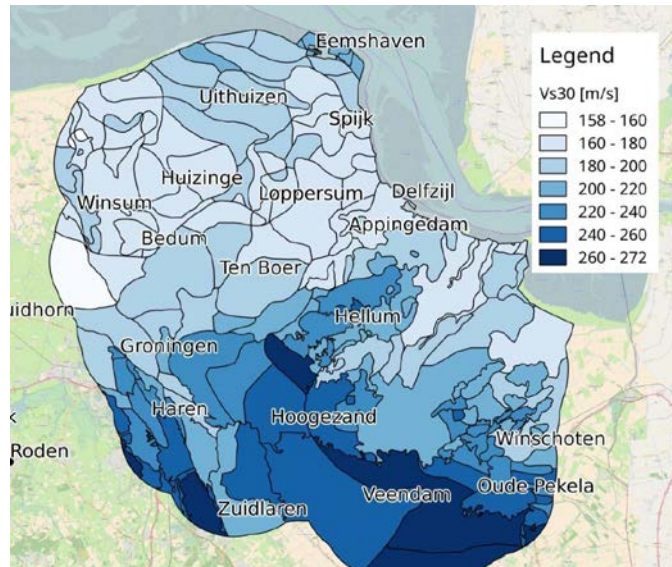


Figure 3: Geological zones and shear wave velocities in the shallow subsurface (Kruiver et al., 2017).

The zonation model for the amplification factor is unchanged from GMM v4 to v5. Kruiver et al., 2017 explains in details how shallow seismic experiments conducted by Deltares, low-passed filtered 3D reflection seismics and an improved time-to-depth model from seismic imaging contributed to the compilation of an integrated shear-wave velocity model for the top column from the reference level to the surface. The number of zones is 160. In general, the largest shear wave velocities are found in the south where near-surface amplification effects are less severe due to the presence of sand in the top layer. In the north, the top soil consists of more unconsolidated clay and peat resulting in a larger amplification effect. The current geological zones for the GMM v4 and v5 is shown in Figure 3, (Kruiver et al., 2017).

3. Maximum Magnitude (Mmax) Distribution for Groningen

An international workgroup of experts met on March 8-10 2016 to discuss the question: what is the best value of Mmax to be used in seismic hazard calculations for Groningen (Report on Mmax Expert Workshop, July 2016). The workshop resulted in a proposed distribution of Mmax, given in table 1. The Mmax distribution is defined in the range from M4 to M7. The average magnitude of the Mmax distribution is $\langle M_{max} \rangle = 5$.

Table 1: Mmax distribution for Groningen (Bommer and van Elk, 2017).

Mmax	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
Weight	0.0863	0.400	0.2438	0.1125	0.0788	0.0525	0.0263

Incorporation of this Mmax distribution requires a separate calculation of the PSHA for each value of Mmax for Groningen. In view of the limited time available for the calculations it was decided to simplify the Mmax distribution. An alternative 3 point distribution was proposed by Stephen Bourne (pers. comm.), who showed that the 3-point Mmax distribution is slightly more conservative in the prediction of spectral acceleration values compared to the original 7 point distribution. The modified Mmax distribution is presented in table 2. The average magnitude of the Mmax distribution is $\langle M_{max} \rangle = 5.1$.

Table 2: Modified Mmax distribution for Groningen (Source: Stephen Bourne).

Mmax	4.5	5.4	6.8
Weight	0.46	0.43	0.11

4. Probabilistic Seismic Hazard Analysis Method

The PSHA is identical to the approach in the KNMI hazard update June 2017 (KNMI report, June 2017), except for the implementation of the latest GMM v5, the use of another source model and a different Mmax distribution. In brief, a more general version of the method by Cornell (1968) was introduced to add the effect of magnitude-distance dependence in the near-surface amplification factor to calculate spectral accelerations in the PGA map and spectra. GMM v5 is like the previous GMM v4 version a two-step approach as introduced in Spetzler and Dost (2016). In general, the two-step method works as follows: First, the hazard probability due to an induced event at reservoir level (on average 3 km) is calculated at the reference level at 800 m depth in the two most recent GMM's. Second, the hazard curve at the surface is obtained by convolving the probability density function of the spectral acceleration at the reference level with the probability density function of the amplification factor. The amplification factor has a magnitude and distance dependence and this is accounted for in a general convolution integral wherein the contribution of the probability distributions of magnitudes, distances, amplification factor and ground motion are summed up (Bob Young, pers. comm.).

The application of the generalized hazard integral is rather computer intensive. To calculate spectra for a large number of sites over the Groningen field, a network distributor system at the KNMI is used to access all computers.

5. Production simulations for Average, Cold and Warm Winters

The proposed scenarios for the reduction of gas production from the Groningen gas field in the coming 10 years is presented in Figure 4. Three scenarios are considered for the case of warm, average and cold winters. Generally, the gas production volume will decline every year. Depending on the winter scenario, the extracted gas volume is lowered to less than 12 billion cubic meters (bcm) in the period 2020 - 2022.

NAM used a statistical method to calculate lateral varying b-values and activity rate densities per year for the production scenarios (Bourne and Oates, 2017). The annual activity rate for $M > 1.5$ for Groningen for the three winter scenarios is shown in Figure 5. An inspection of the figure reveals that for the average and cold winter scenario, the number of events is increasing in the first years. For the remaining years, the activity rate is decreasing. In the prognosis for warm winters, the activity rate is 4 events per year in 2027.

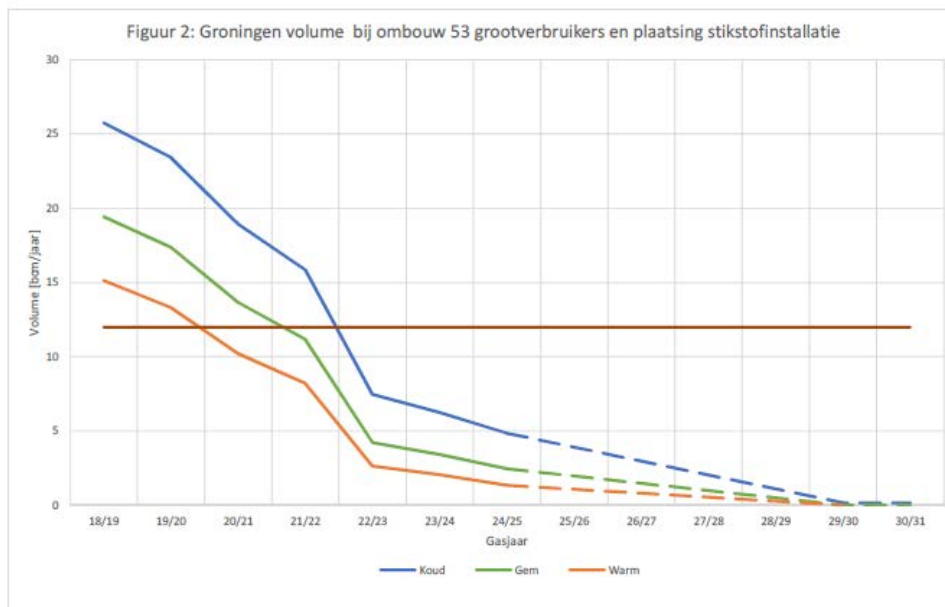


Figure 4: Production scenarios for the next decade for warm, average and cold winters (labels in Dutch). The 12 bcm production limit advised by SodM is shown with the brown horizontal line (Letter from EZK with the reference number 18072342).

In order to limit the time needed for PSHA calculations, a reduction of time intervals was required. Looking at the activity rate forecast for the three winter scenarios, a

division in three time periods with similar characteristics was proposed. These periods are 2018-2020, 2020-2023 and 2023-2027, respectively named **t1**, **t2**, **t3**. Figure 5 shows a specification of the three period ranges. For period **t1**, the activity level is highest. For period **t2** and **t3**, the annual activity rate is constantly decreasing with a change of the slope of the lines in 2023. The change in gradient in 2023 defines the separation between the period range **t2** and **t3**.

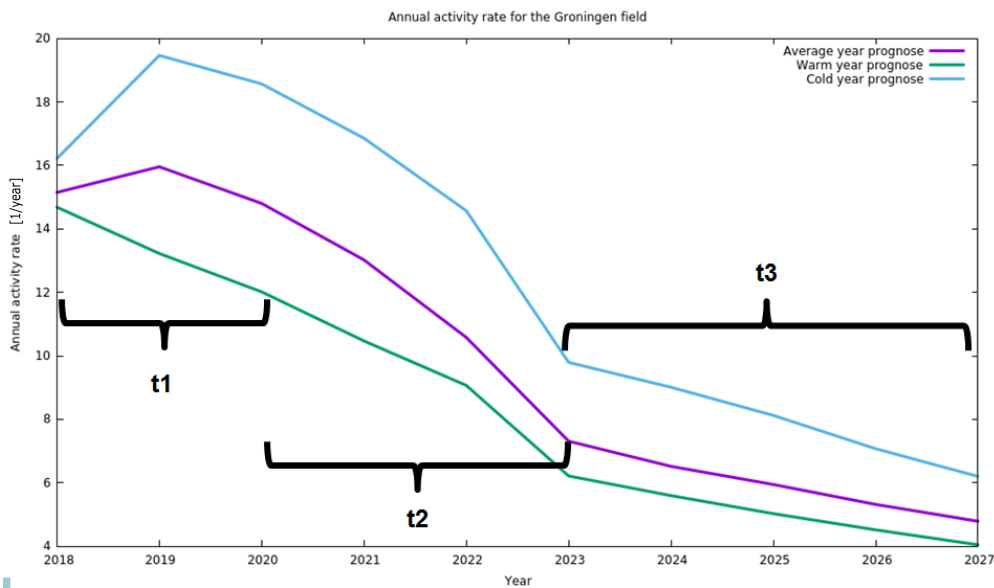


Figure 5: Definition of periods for levels of activity rates between 2018 and 2027. The number of events per year is counted for $M > 1.5$.

6. Lateral Variations of Seismic Source Models for Production Scenarios

The seismic source model was produced by NAM following the method by Bourne and Oates (2017). Grid files with the activity rate per grid cell (i.e., activity rate density) and b-values distributed over Groningen were delivered to the KNMI. The lateral variation of activity rate densities and b-values between 2018 and 2027 were inspected. Figure 6 shows an example of the variation of activity rate densities and b-values in the Groningen field. It was concluded that the b-value distribution is rather stationary between 2018 -2027. The area characterized by relatively low b-values (0.8-0.9) extends from central Groningen towards Appingedam and further in the southward direction. The area with highest activity rate densities is mostly concentrated in the central part of Groningen. There are areas with more moderate activity rate densities to the south-east and to the south. Based on the distributions of b-values and activity rate densities, zones of distinct characteristics of predicted seismic activity were

identified to construct a seismic zonation model for the PSHA calculations. The zonation model consists of five zones with the indexes Z1, Z2, Z3, Z4 and Z5. Zone Z1 is characterized by having low b-values and the highest activity rate densities and will mostly contribute to the seismic hazard. Zone Z2 and Z3 still have low b-values, but the density of events is been reduced leading to a lower contribution to seismic hazard. The remaining two zones Z4 and Z5 have b-values above 1.3 and a low density of activity rates. These two latter zones will contribute very little to the seismic hazard.

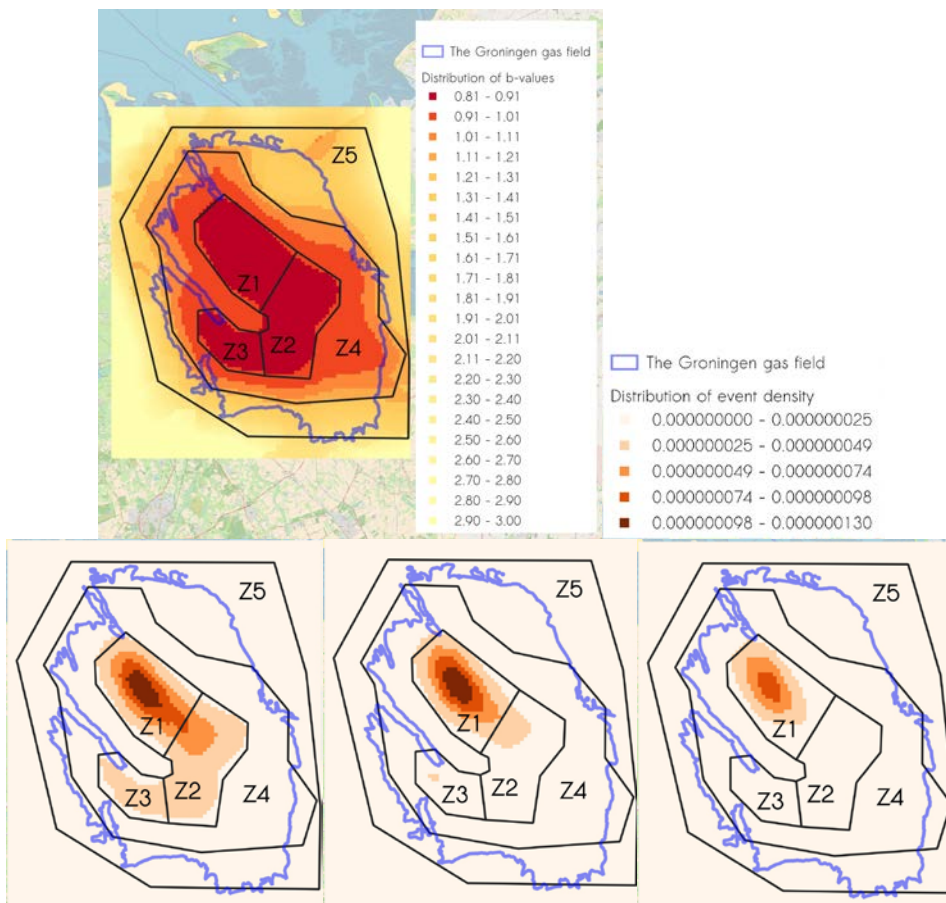


Figure 6: Lateral distribution of b-values for one production scenario (top) and activity rate density for three time periods for the cold winter scenario (lower three panels). The activity rate panels are from left to right: for 2019, 2022 and 2025. The zones in the zonation model are indexed Z1, Z2, Z3, Z4, Z5.

7. Seismic Hazard Assessment for Average, Cold and Warm Winters

The assessment of seismic hazard in Groningen based in the three winter scenarios in the next 10 years is presented in terms of PGA maps and site-specific spectra. With three winter scenarios and three time periods per winter type, we have nine production cases. For each production case, a set of one PGA map and the corresponding spectra is digitally available. Figure 7 shows a plot of the grid with site-specific spectra. There are 1567 locations with spectra on the grid.

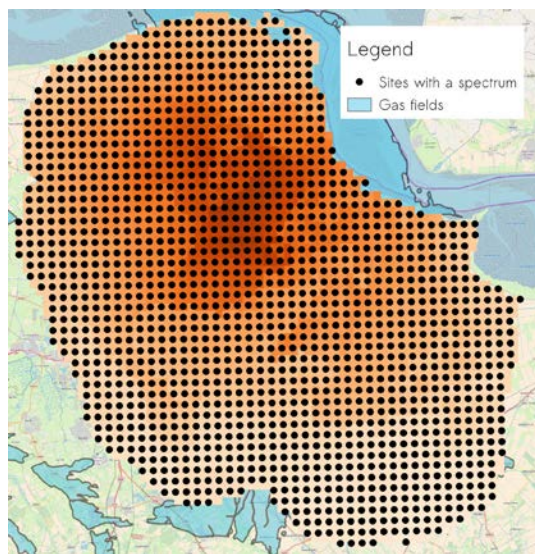


Figure 7: Locations with site-specific spectra for the three winter scenarios.

Evidently, a clear overview of results will be lost by showing all 1567 spectra for nine cases. Instead, we have selected five places in Groningen for which spectra are presented. The considered cities are Loppersum, Delfzijl, Ten Boer, Groningen city and Hoogezand, see Figure 8.

To give an overview of the variation of peak spectral accelerations (PSA) for the average, cold and warm winter scenarios for the following 10 years, we show for each of the locations the predicted hazard values for

- the average winter scenario between 2018-2020
- the cold winter scenario between 2020-2023
- the warm winter scenario between 2023-2027

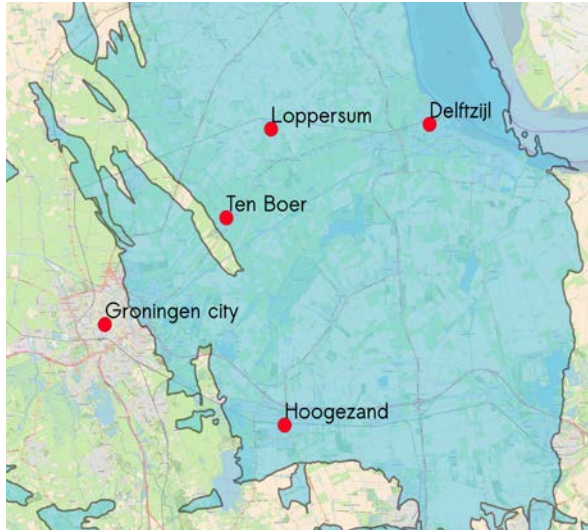


Figure 8: Locations for the illustration of spectra for the three winter scenarios.

These three cases are presented in the next subsections. The structure of plots is the same in the subsections. First the PGA map for the return period 475 y is shown, followed by the spectra for Loppersum, Delfzijl, Ten Boer, Groningen city and Hoogezand. Spectra are generated for the return periods 95 y, 475 y, 975 y and 2475 y which are digitally available, upon request. The KNMI spectra for the return period 475 y and 2475 y are shown with a thick light blue and brown line, respectively. For the latter return period, the site-specific hazard spectrum calculated by the KNMI is compared with the equivalent spectrum computed by NAM using a Monte Carlo method for a 2475 year return period, shown with a thin red line.

The GMM v4 spectra are available on a clickable map on the NEN webpage (<http://seismischekrachten.nen.nl/webtool.php?lang=en>). We have extracted the NEN spectra at the locations in Loppersum, Delfzijl, Ten Boer, Groningen city and Hoogezand for the return period 475 y and 2475 y. The NEN spectra inherent to GMM v4 are compared to the spectra calculated with the GMM v5 for the period 2018-2020 in this report. NEN spectra have mid-thickness purple and green line for the return period 475 y and 2475 y. The appendix contains the PGA maps for all nine production cases.

Seismic Hazard Assessment for the Average Winter Scenario between 2018-2020

The PGA map for the average winter scenario between 2018-2020 is given in Figure 9. Generally, the central area in Groningen is characterized by the highest hazard in the

range of 0.1 to 0.15 g. The max PGA value (the location is indicated with the blue point) is 0.151 g. Seismic hazard decreases in the outer areas of Groningen.

For the time period 2018-2020, the seismic source model provides similar activity rates and b-values to the one used in the KNMI June 2017 hazard update for Groningen (KNMI, June 2017 report). GMM v4 was used to calculate the PGA map and spectra in the 2017 report. The PGA map based on GMM v4 for a similar seismic source model showed a max PGA of 0.22 g. This change is mainly due to reduced uncertainty in the GMM V5 model.

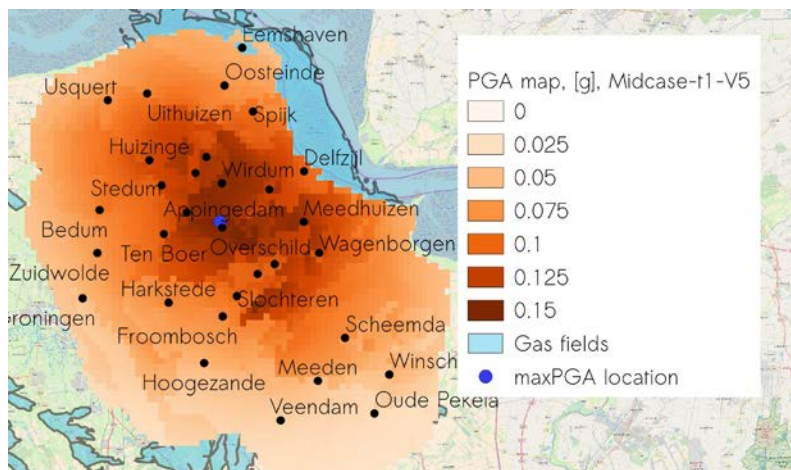


Figure 9: PGA map for average winters between 2018-2020. The return period is 475 y. The max PGA = 0.151 g.

In Figures 10 to 14, a comparison was made between the spectra for GMM V4 (NEN) and the spectra for GMM v5 calculated by the KNMI and NAM at the five cities mentioned above. An inspection of the figures shows that the hazard level of the spectra based on GMM v5 is considerably reduced compared to the NEN spectra obtained with GMM v4. For Loppersum, Ten Boer and Groningen city, the reduction in seismic hazard is almost 50 %, while for Delfzijl the reduction is less and for Hoogezand more. A rule of thumb in hazard analysis is a reduction in uncertainties in the GMM results in a lower hazard, unless the b-value is decreasing at the same time.

Comparison of the spectra for the return period 2475 y calculated by the KNMI and NAM shows a similar pattern for PSA values for all spectra periods between 0.01 s and 5 s. The maximum PSA values are found between 0.3 s to 0.5 s, and decrease rapidly from 0.5 s to 5 s. The seismic source model used by the KNMI is averaged over the specific time period, while NAM applies an annual source model in the hazard analysis.

The KNMI used a classical PSHA integration method and NAM a Monte Carlo method to solve the hazard integral. These different approaches may lead to minor differences in the calculated seismic hazard for the selected cities.

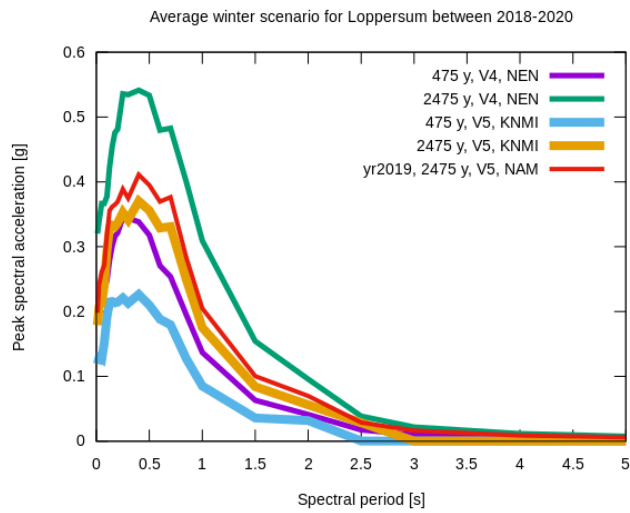


Figure 10: Comparison of spectra at Loppersum for the case of average winters between 2018-2020. The return period is 475 y and 2475 y.

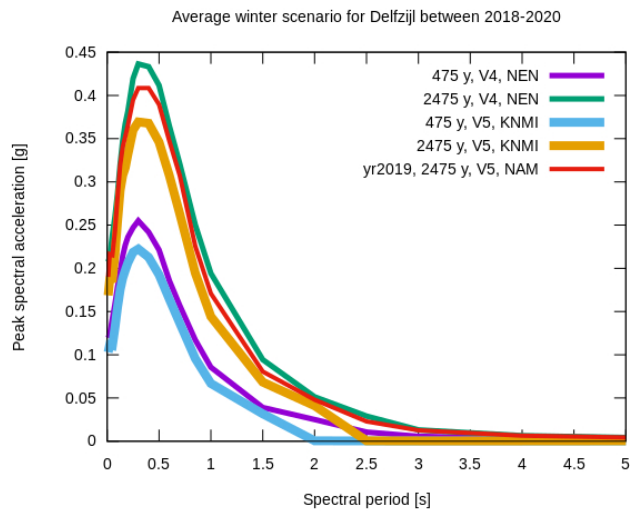


Figure 11: Comparison of spectra at Delfzijl for the case of average winters between 2018-2020. The return period is 475 y and 2475 y.

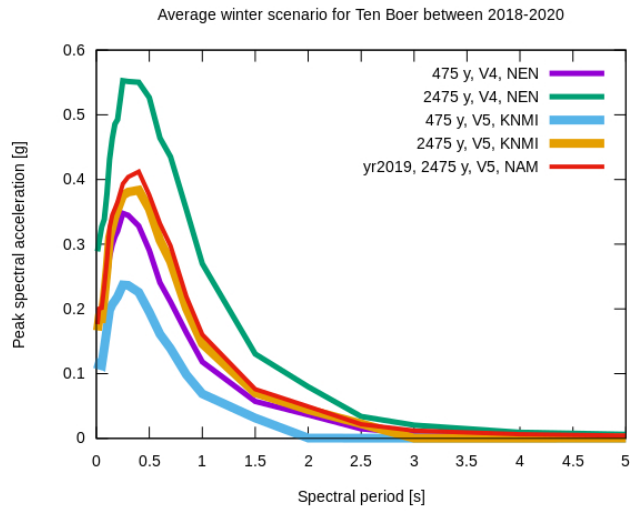


Figure 12: Comparison of spectra at Ten Boer for the case of average winters between 2018-2020. The return period is 475 y and 2475 y.

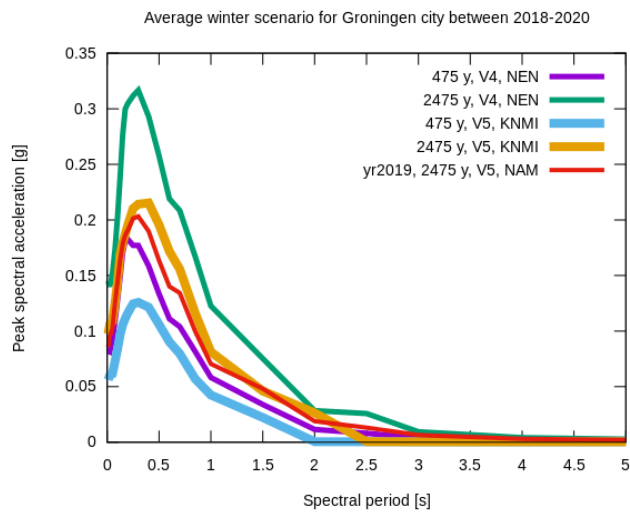


Figure 13: Comparison of spectra at Groningen city for the case of average winters between 2018-2020. The return period is 475 y and 2475 y.

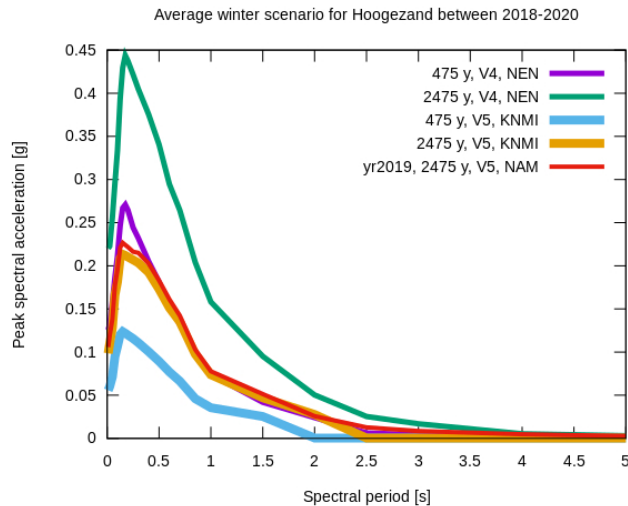


Figure 14: Comparison of spectra at Hoogezand for the case of average winters between 2018-2020. The return period is 475 y and 2475 y.

Seismic Hazard Assessment for the Cold Winter Scenario between 2020-2023

The next case to investigate is the cold winter scenario between 2020-2023. The average total activity rate for this scenario is slightly higher than the previous considered case. See Figure 5 for the development of activity rates between 2018 to 2027. The PGA map is presented in Figure 15. The Loppersum area still has the highest PGA values. The max PGA is 0.156 g and the location is unchanged compared to the PGA map in Figure 9.

The spectra for the cold winter scenario between 2020-2023 are given in Figures 16-20. This time, NEN spectra are no longer part of the plots because the hazard prediction is done for a time 5 years in the future compared to the seismic input for the NEN spectra. A comparison between KNMI and NAM spectra for the return period 2475 y in the five cities is still applicable. The spectra calculated by the KNMI and NAM have again similar characteristics and PSA values. The hazard level for the cold winter scenario between 2020-2023 and for the average winter case between 2018-2020 is more or less the same because the produced volumes of gas lead to similar activity rates and b-values.

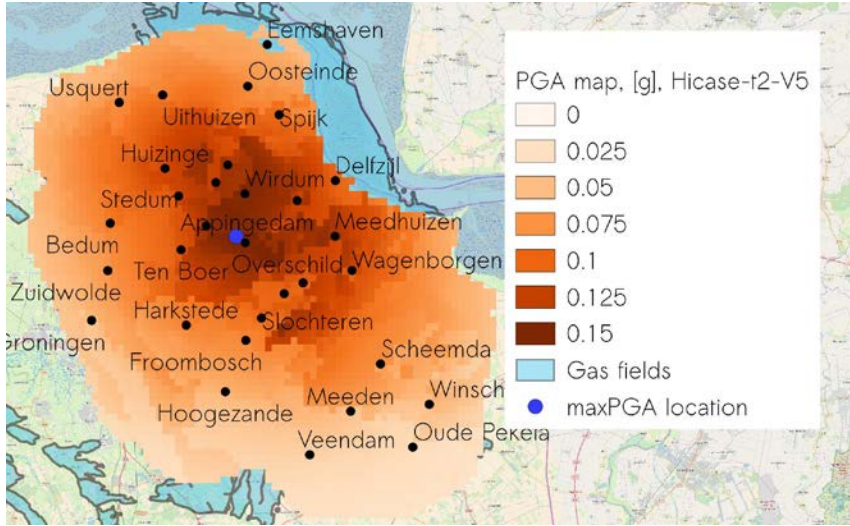


Figure 15: PGA map for cold winters between 2020-2023. The return period is 475 y. The max PGA = 0.156 g.

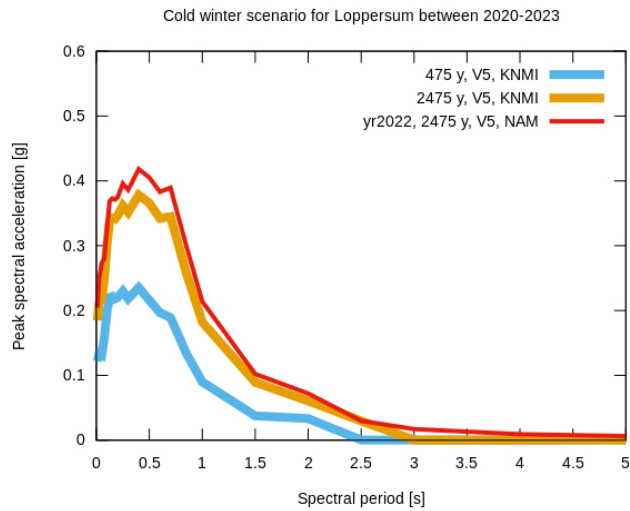


Figure 16: Comparison of spectra at Loppersum for the case of cold winters between 2020-2023. The return period is 475 y and 2475 y.

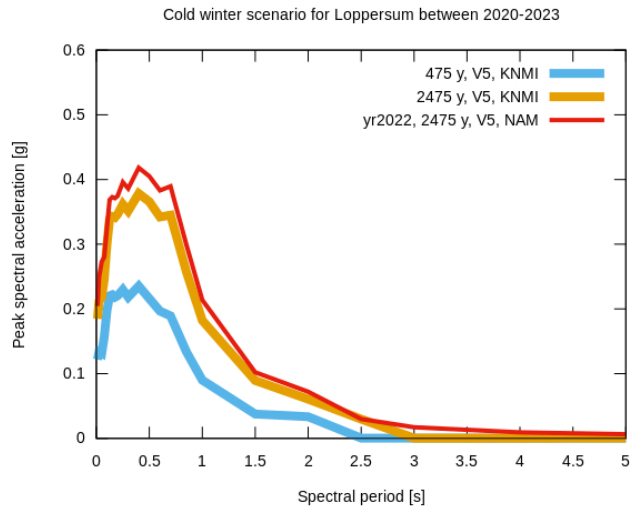


Figure 17: Comparison of spectra at Delfzijl for the case of cold winters between 2020-2023. The return period is 475 y and 2475 y.

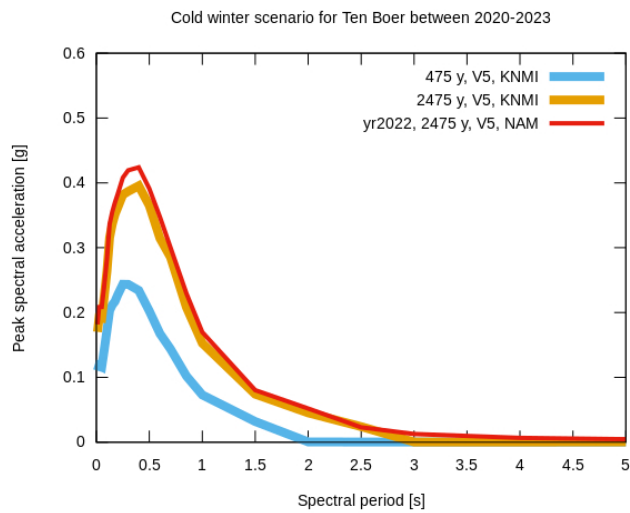


Figure 18: Comparison of spectra at Ten Boer for the case of cold winters between 2020-2023. The return period is 475 y and 2475 y.

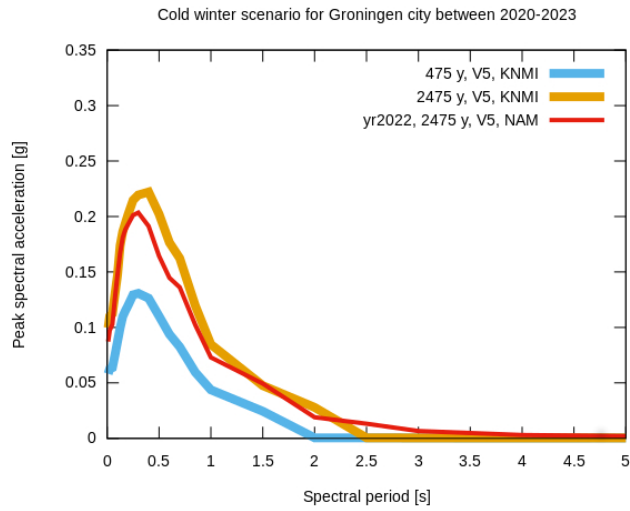


Figure 19: Comparison of spectra at Groningen city for the case of cold winters between 2020-2023. The return period is 475 y and 2475 y.

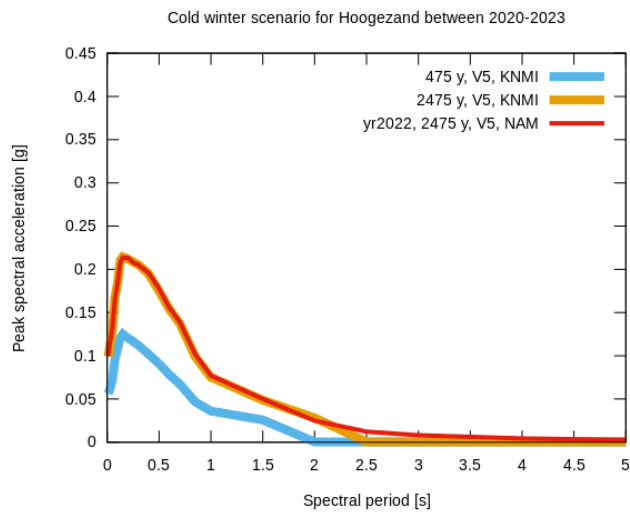


Figure 20: Comparison of spectra at Hoogezaand for the case of cold winters between 2020-2023. The return period is 475 y and 2475 y.

Seismic Hazard Assessment for the Warm Winter Scenario between 2023-2027

The last case to look at is the warm winter scenario between 2023-2027. The average total activity rate for this scenario is about 5 events per year ($M > 1.5$), while in the two previous cases it was in the order of 15 events per year, see Figure 5. The PGA map is presented in Figure 21. The colour scale is like in the two PGA maps in Figure 9 and 15 between 0 g and 0.15 g. The max PGA value is 0.115 g in the PGA map in this subsection due to the reduced number of events per year. The Loppersum area has the highest hazard level, and the max PGA location has moved slightly to the north.

Figures 22-26 present the spectra for the warm winter scenario between 2023-2027. No NEN spectra are added to the graphics. The KNMI and NAM spectra for the return period 2475 y are again quite similar in pattern and PSA values at the five cities. The hazard level in the spectra for the return period 475 and 2475 y is reduced compared to the presented spectra for both the average winter scenario between 2018-2020 and cold winter scenario between 2020-2023.

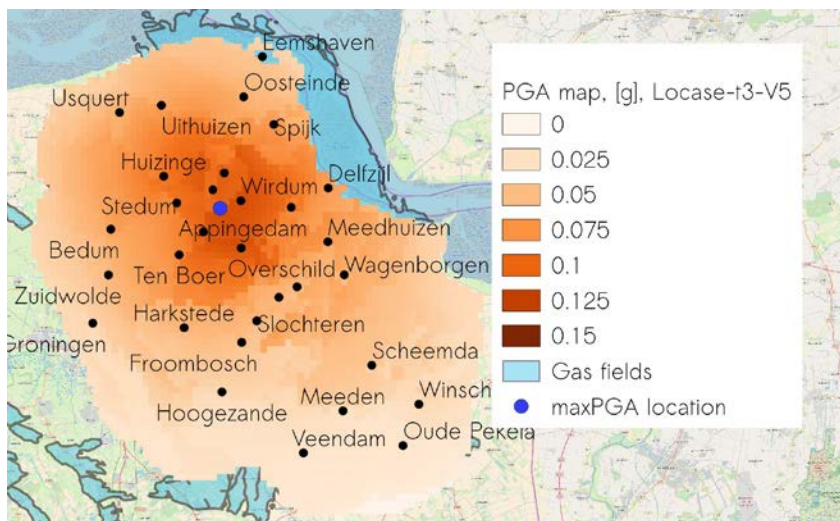


Figure 21: PGA map for warm winters between 2023-2027. The return period is 475 y. The max PGA = 0.115 g.

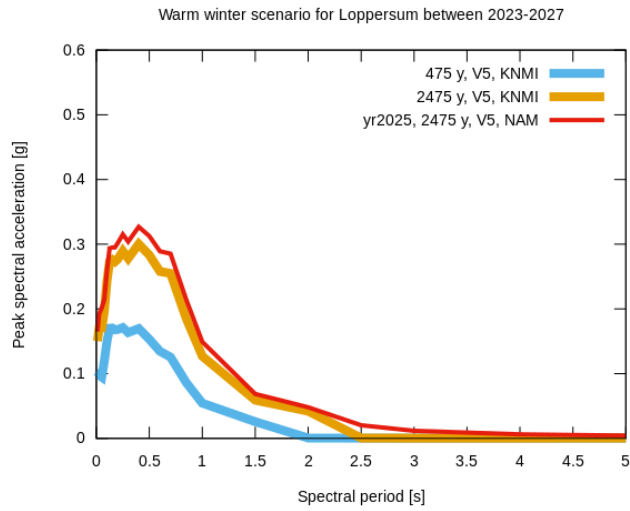


Figure 22: Comparison of spectra at Loppersum for the case of warm winters between 2023-2027. The return period is 475 y and 2475 y.

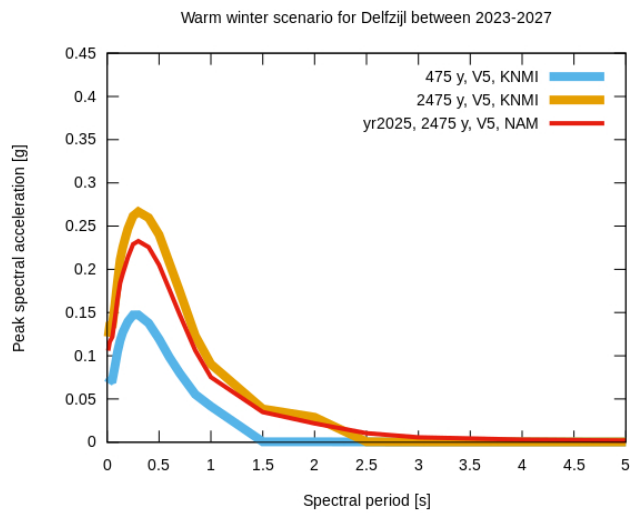


Figure 23: Comparison of spectra at Delfzijl for the case of warm winters between 2023-2027. The return period is 475 y and 2475 y.

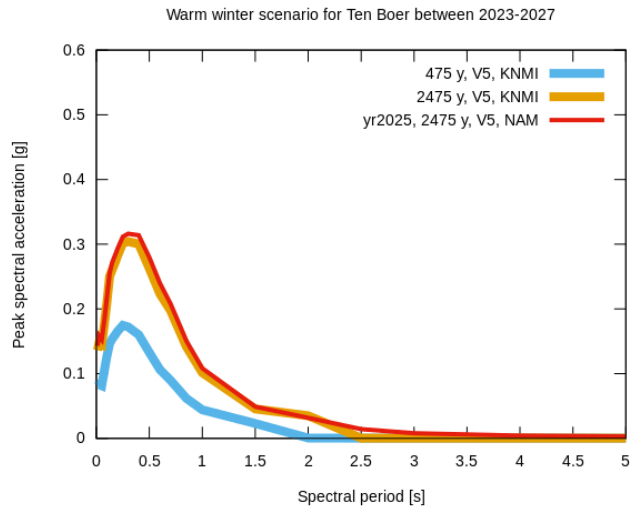


Figure 24: Comparison of spectra at Ten Boer for the case of warm winters between 2023-2027. The return period is 475 y and 2475 y.

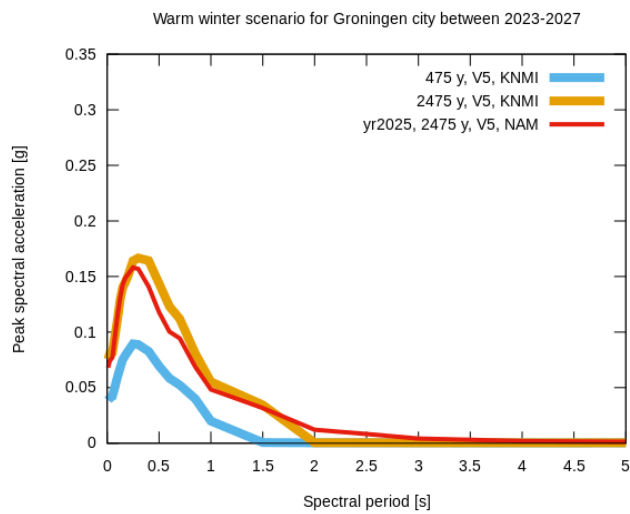


Figure 25: Comparison of spectra at Groningen city for the case of warm winters between 2023-2027. The return period is 475 y and 2475 y.

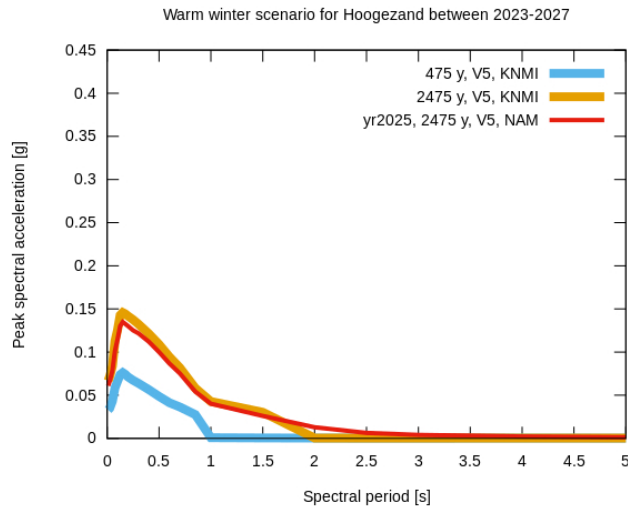


Figure 26: Comparison of spectra at Hoogezand for the case of warm winters between 2023-2027. The return period is 475 y and 2475 y.

8. Conclusions

A seismic hazard assessment for three gas production scenarios for the time period 2018-2027 has been carried out for the Groningen gas field. The production scenarios take into account the variation of warm, average and cold winters where the demand for gas in the Netherlands varies accordingly. Seismic source models were extracted from the production scenarios by NAM and delivered to the KNMI. The source models characterizing the influence of gas extraction from the Groningen gas field on the induced seismicity show lateral and temporal variations. The most active seismic area is in the Loppersum area for all times. However as the extraction of gas is reduced, the expected number of events per year decreases. In between 2018 and 2020, the annual activity rate is around 15 to 18 ($M > 1.5$) for average to cold winters. In the final year of the investigated period, 2027, the annual activity rate is 4 for the warm winter scenario.

The seismic hazard analysis based on the production scenarios generates the typical hazard results such as PGA maps and site-specific spectra with peak spectral accelerations. The most recent GMM v5 is applied in the hazard analysis. The production scenario based PGA maps predicts max PGA values in the order of 0.15-0.16 g in the first years of the produced gas reduction. In the final years of the production plan for the warm winter scenario, the max PGA value is 0.12 g. The PGA

map in the KNMI hazard update on June 2017 for a similar seismic source model predicted a max PGA of 0.22 g.

A similar conclusion is made for the spectra calculated for the production scenarios. A comparison with the NEN spectra as published in July 2017 for Groningen was carried out for the return periods 475 y and 2475 y. The reduction in peak spectral accelerations was generally 50%. At some locations, a smaller reduction was observed, while at other sites in Groningen the hazard level was diminished even more.

The calculated spectra have been compared with the equivalent spectra calculated by NAM for the return period 2475y. For the five cities used for comparison in this report, the KNMI and NAM spectra are very similar. The main difference between the KNMI approach and the NAM method is in the method of calculation, specifically the way the hazard integral is solved. The comparison of KNMI and NAM spectra shows that the respective methods are producing stable results.

Acknowledgements

We are grateful for the support of Olaf Tuinder (KNMI), who made it possible to complete the calculations of spectra for all nine production scenarios on the KNMI network over a short period of time.

9. References

Bommer, J. J., B. Edwards, P. P. Kruiver, A. Rodriguez-Marek, P. J. Stafford, B. Dost, M. Ntinalexis, E. Ruigrok and J. Spetzler (2018). V5 Ground-Motion Model (GMM) for the Groningen Field, re-issue with Assurance Letter, www.namplatform.nl (maart 2018)

Bommer, J. J., P.J. Stafford, B. Edwards, B. Dost, E. van Dedem, A. Rodriguez-Marek, P. Kruiver, J. van Elk, D. Doornhof and M. Ntinalexis (2017a). Framework for a Ground-Motion Model for Induced Seismic Hazard and Risk Analysis in the Groningen Gas Field, The Netherlands, *Earthquake Spectra* **33**: 481-198.

Bommer, J. J., B. Dost, B. Edwards, P. P. Kruiver, P. Meijers, M. Ntinalexis, A. Rodriguez-Marek, E. Ruigrok, J. Spetzler and P. J. Stafford (2017b) V4 Ground-Motion-Model (GMM) for Response Spectral Accelerations, Peak Ground Velocity, and Significant Durations in the Groningen Field. *A report prepared for NAM, version V4, June 2017, 525pp.*

Bourne, S. J., Oates S. J. (2017). Development of statistical geomechanical models for forecasting seismicity induced by gas production from the Groningen field, Netherlands Journal of Geosciences (96): 175-182.

Kruiver, P.P., E. van Dedem, R. Romijn, G.L. de Lange, M. Korff, J. Stafleu, J.L. Gunnink, A. Rodriguez-Marek, J.J. Bommer, J. van Elk, D. Doornhof (2017), An integrated shear-wave velocity model for the Groningen gas field, Bulletin of Earthquake Engineering 15 (9): 3555–3580, doi:10.1007/s10518-017-0105-y

NAM (July 2016). *Report on Mmax Expert Workshop*. Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V., 481 pp.

<http://feitenencijfers.namplatform.nl/download/rapport/cef44262-323a-4a34-afa8-24a5afa521d5?open=true>

Spetzler J. & B. Dost (2017) Probabilistic Seismic Hazard Analysis for Induced Earthquakes in Groningen, Update June 2017, KNMI report.

Appendix: PGA maps

The appendix contains the PGA maps for the return period 475 y for the three scenarios and three time periods, in total nine maps. The max PGA values are indicated with three instead of two decimals in order to better show the variability of the seismic hazard for the different cases.

PGA maps for average winters:

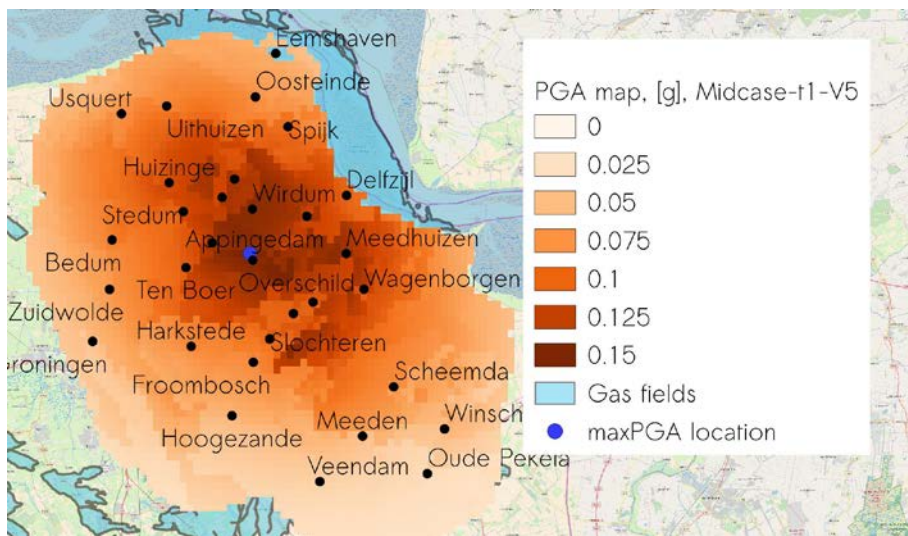


Figure A1: PGA map for average winters between 2018-2020. The max PGA = 0.151 g.

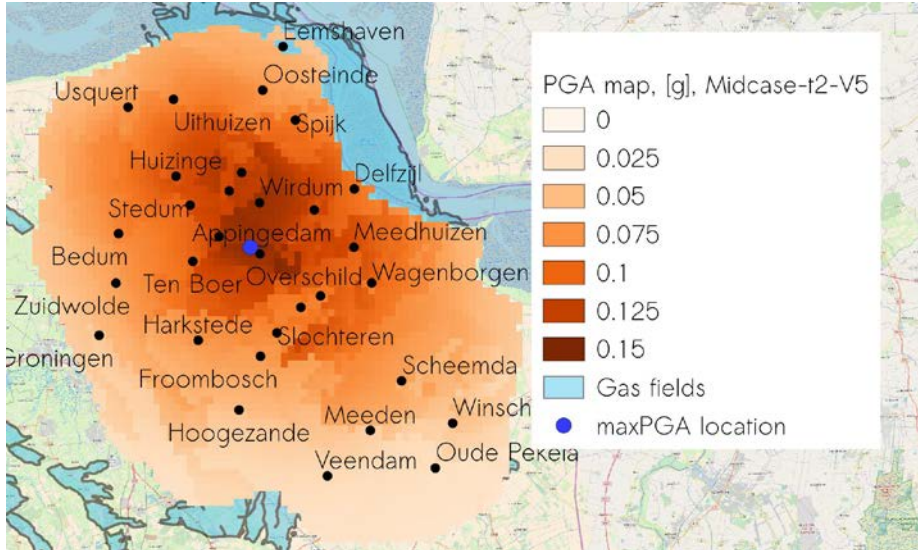


Figure A2: PGA map for average winters between 2020-2023. The max PGA = 0.144 g.

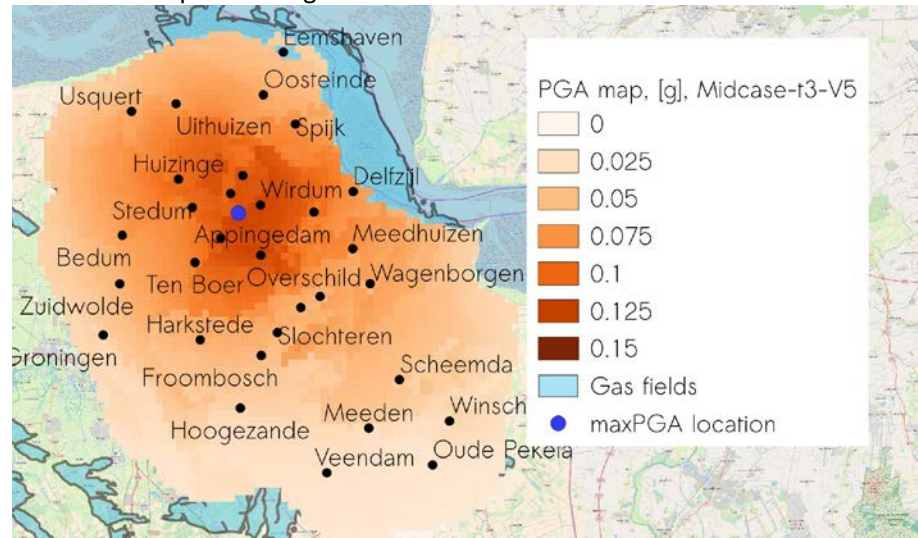


Figure A3: PGA map for average winters between 2023-2027. The max PGA = 0.121 g.

PGA maps for cold winters:

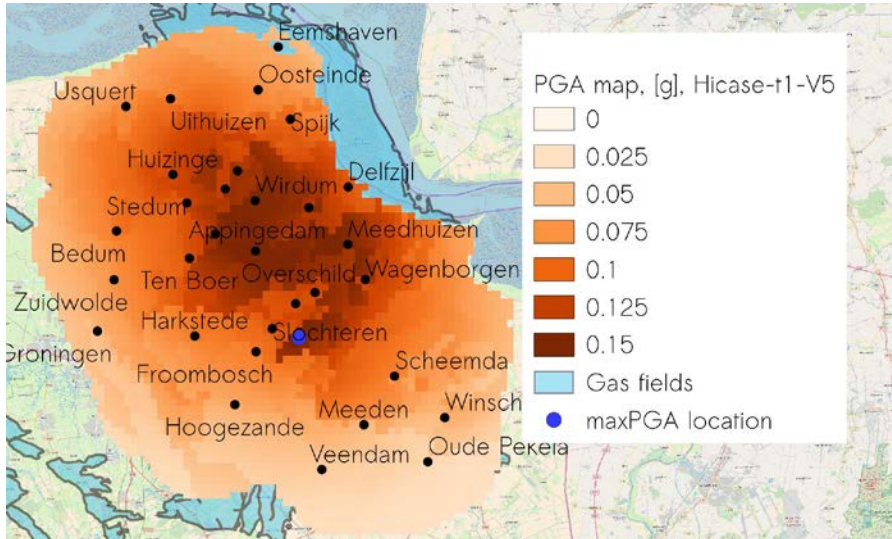


Figure A4: PGA map for cold winters between 2018-2020. The max PGA = 0.165 g.

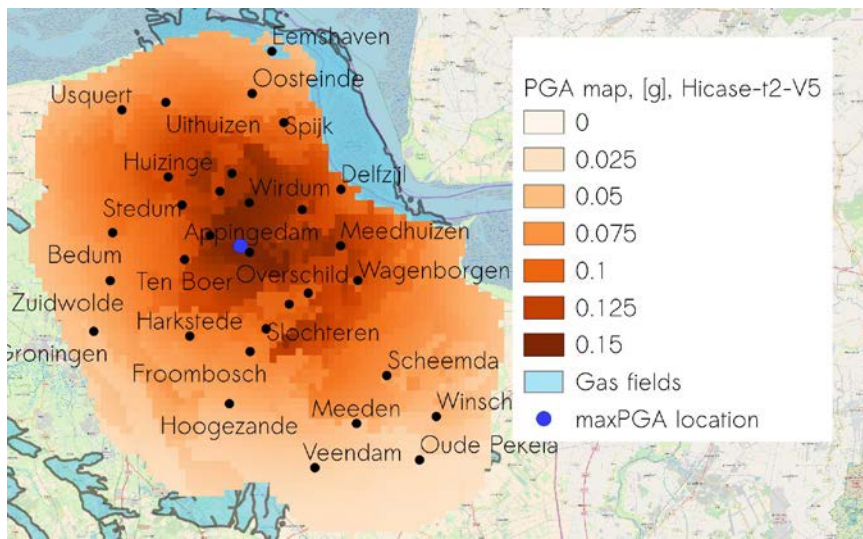


Figure A5: PGA map for cold winters between 2020-2023. The max PGA = 0.156 g.

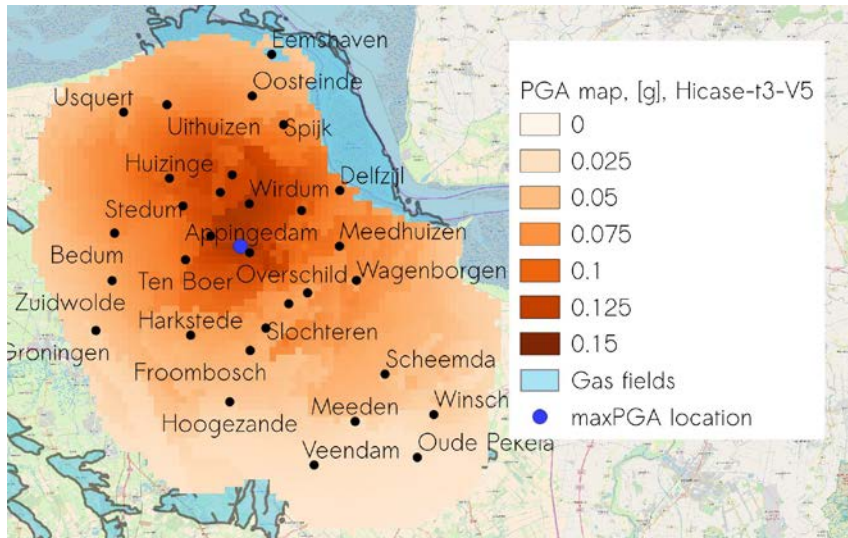


Figure A6: PGA map for cold winters between 2023-2027. The max PGA = 0.135 g.

PGA maps for warm winters:

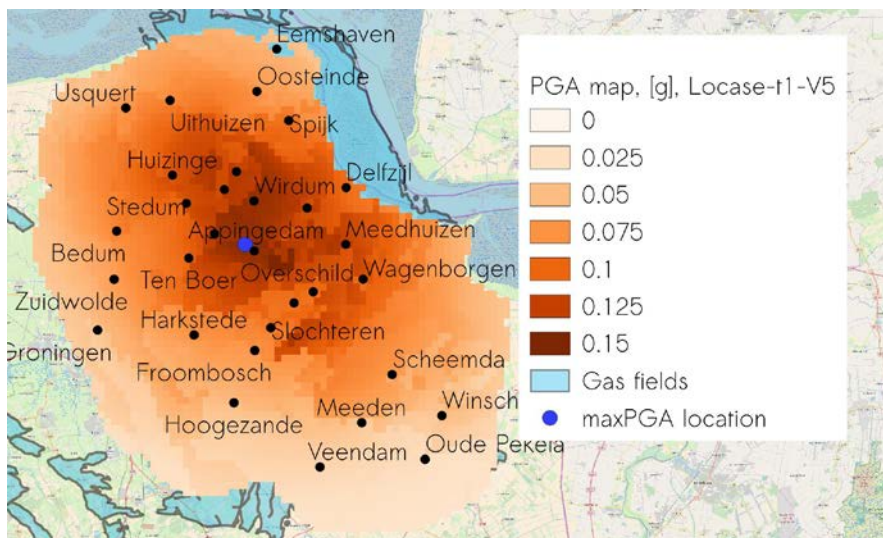


Figure A7: PGA map for warm winters between 2018-2020. The max PGA = 0.146 g.

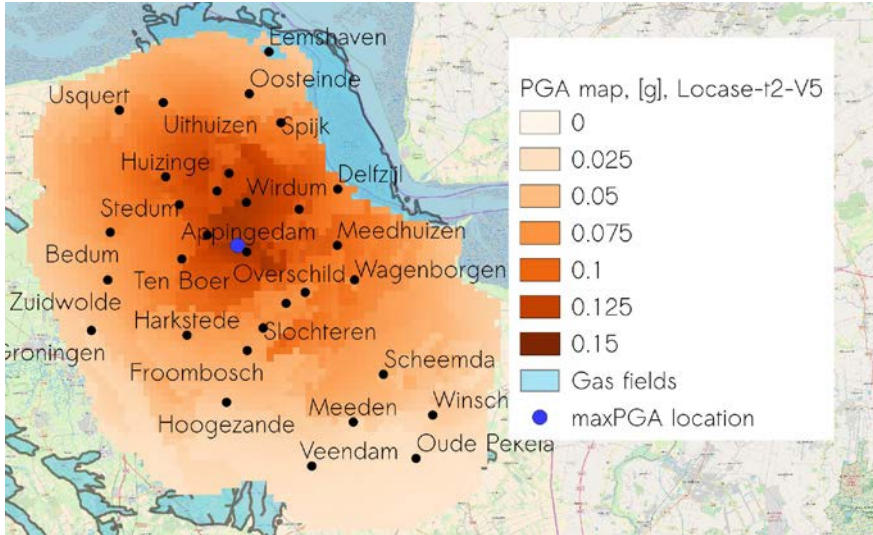


Figure A8: PGA map for warm winters between 2020-2023. The max PGA = 0.136 g.

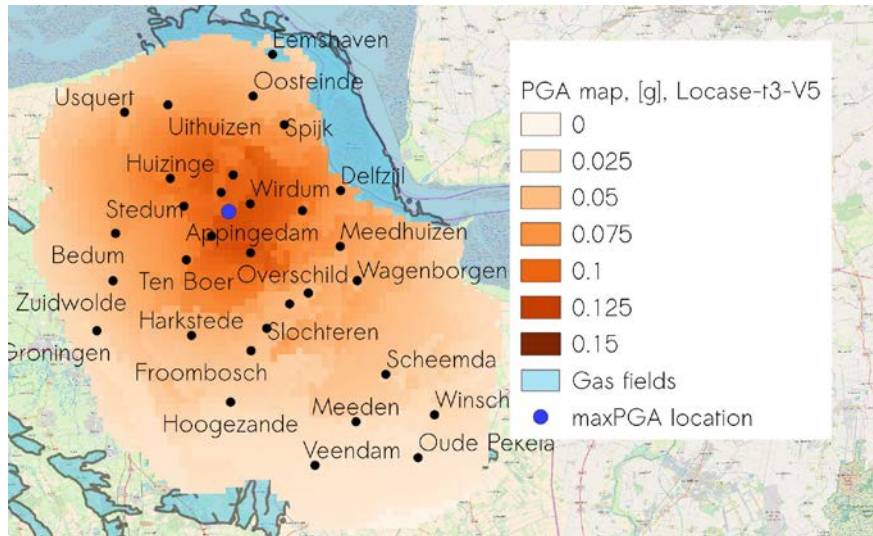


Figure A9: PGA map for warm winters between 2023-2027. The max PGA = 0.115 g.

Retouradres: Postbus 80015, 3508 TA Utrecht

Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
t.a.v. Minister Ir. E.D. Wiebes MBA
Postbus 20401
2500 EK DEN HAAG



Princetonlaan 6
3584 CB Utrecht
Postbus 80015
3508 TA Utrecht

www.tno.nl

T +31 88 866 42 56

Onderwerp

Advies veiligheid bouwwerken bij verlaagd niveau gaswinning

Datum

27 juni 2018

Onze referentie

AGE 18-10.052

E-mail

john.zegwaard@tno.nl

Geachte heer Wiebes,

In de brief van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, d.d. 20-04-2018 en kenmerk 18072342 worden verscheidene adviesvragen gesteld aan o.a. TNO. Naast TNO wordt ook advies gevraagd aan SodM, KNMI, NEN en een panel van hoogleraren. Het geheel wordt uitgevoerd onder auspiciën van de Mijnraad.

TNO(-AGE) wordt gevraagd naar het effect van veranderende seismische dreiging op de omvang van de versterkingsoperatie in aantallen gebouwen als ook de orde grootte van de versterkingsmaatregelen. Beoogd middel hiervoor zijn risicoanalyses, aangevuld met de vraag hoe deze uitkomst zich verhoudt tot de praktijk waarin op basis van de Nederlandse Praktijk Richtlijn (NPR) wordt versterkt. Kernvragen hierbij zijn:

- 1. Wat is het effect van een lagere seismische dreiging op het seismische risico van bouwwerken in het Groningse aardbevingsgebied?*
- 2. Hoe verhoudt de uitkomst van de risicoanalyses zich met de praktijk waarin op basis van de NPR wordt versterkt en hoe kunnen eventuele verschillen worden verklaard vanuit de risicoanalyses (NPR inzichten zijn separaat belegd bij NEN)?*
- 3. Hoe kan, gezien het verwachte uitvoeringstempo van maatregelen, een balans worden gevonden tussen tijdelijke en permanente versterkingsmaatregelen?*

Daarnaast hebben wij op 15 juni 2018 per mail via de voorzitter van de Mijnraad een extra verzoek ontvangen. De vraag is om vóór 1 juli een zo goed mogelijke inschatting te maken van de risico's voor zoveel mogelijk van de 1588 woningen als redelijkerwijs mogelijk is binnen de beschikbare tijd op basis van de meest recente NPR rekenmethodiek. Deze vraag zullen wij beantwoorden als vraag 4.

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

Handelsregisternummer 27376655.

Datum
27 juni 2018

Onze referentie
AGE 18-10.052

Blad
2/1

Noties

Voor de antwoorden op de vragen verwijzen wij naar de bijlage. Voorts brengen wij graag enige noties onder de aandacht:

- TNO acht het waardevol dat verschillende vragen aan een brede groep van instituten wordt voorgelegd en de coördinatie van de antwoorden en uitkomsten is belegd bij de Mijnraad. De procesmatige en interactieve werkwijze aanpak van de Mijnraad geeft ruimte om de problematiek vanuit verschillende perspectieven te beschouwen en indringend te bediscussiëren.
- De tijdshorizon voor het advies is wel zeer krap. TNO is graag bereid om (snel) te adviseren, naar wenst uiteraard ook geen concessies te doen aan de wetenschappelijke kwaliteit van het werk. Daarom kiezen wij ervoor om op dit moment aan te geven wat redelijkerwijs te beantwoorden is. De noodzakelijke nadere verdieping laten we terugkomen in een aantal aanbevelingen.
- Belangrijk knelpunt in relatie tot vergelijkbare uitkomsten is de beschikbaarheid van consistente data; op dit moment wordt met te veel datasets en modellen gewerkt. De veelheid aan data komt de transparantie en vergelijkbaarheid van de uitkomsten niet altijd ten goede. Uiteraard leveren wij een uiterste inspanning om de data en de uitkomsten zoveel mogelijk met de andere instituten af te stemmen.
- TNO beperkt zich tot de beantwoording van technisch/wetenschappelijke vraagstukken; wij hebben geen suggesties of meningen ten aanzien van de politiek bestuurlijke keuzes die voorliggen.

Aanbevelingen

De gaswinning in Groningen zal de komende jaren worden afgebouwd. In dat perspectief stelt TNO voor om een monitoring protocol te ontwikkelen zodat jaarlijks bij de winning het risico gevolgd kan worden (ter ondersteuning van een adaptieve aanpak).

In het verlengde daarvan lijkt het ons raadzaam om een gevalideerd model te ontwerpen o.b.v. V5 opgesteld door een onafhankelijk (consortium van) institu(t)en). Tegelijkertijd dient gewerkt te worden aan alternatieve modellen.

Hoogachtend,



Drs. J.A.J. Zegwaard
Hoofd Adviesgroep Economische Zaken

Datum

27 juni 2018

Onze referentie

AGE 18-10.052

Blad

3/1

Veiligheidsrisico's en versterkingsopgave

Advies van TNO bij een verlaagd niveau van gaswinning in Groningen

Datum
27 juni 2018

Onze referentie
AGE 18-10.052

Blad
4/1

Vraag 1

Wat is het effect van een lagere seismische dreiging op het seismische risico van bouwwerken in het Groningse aardbevingsgebied?

Antwoord:

1. Algemene introductie

Hieronder wordt het antwoord toegelicht en uitgewerkt door in te gaan op de verandering van de seismiciteit na een productie ingreep en het voorspelde gedrag in modellen. Deze toelichting vormt ook de basis voor de beantwoording van de vragen 2 en 3.

In het algemeen leidt een lagere seismische dreiging tot een lager seismisch risico van bouwwerken in het Groningse aardbevingsgebied. De vraag is de mate waarin.

Bij een verandering in de gasproductie zal een verandering in de seismische dreiging plaatsvinden. Dit is eerder voorgekomen door productieverlagingen in het Groningen veld. De mate van verandering van seismische dreiging wordt voorspeld door modellen.

Bepalend element voor sturing van het risico door productie is het seismisch bronmodel en de respons daarvan op productieveranderingen. In de meeste modellen¹ voorspelt het seismisch bronmodel dat het cumulatief aantal bevingen alleen wordt bepaald door de cumulatieve compactie (het 'film rate' effect) en dus niet door het patroon van de gasproductie. Als gevolg daarvan voorspellen die modellen dat de seismiciteit stopt, zodra de compactie van het reservoir stopt (de film staat stil).

2. Perspectief vanuit de data

Respons op productie-reductie in het Loppersum gebied

Op 17 januari 2014 werd de gasproductie van vijf clusters in het Loppersum gebied met 80% gereduceerd. Ook al betreft deze productiereductie slechts 5 clusters en een deel van het Groningen veld, toch heeft deze ingreep een effect gehad in het reservoir op de druk en het optreden van aardbevingen. Dit wordt hieronder uiteengezet.

Drukrespons

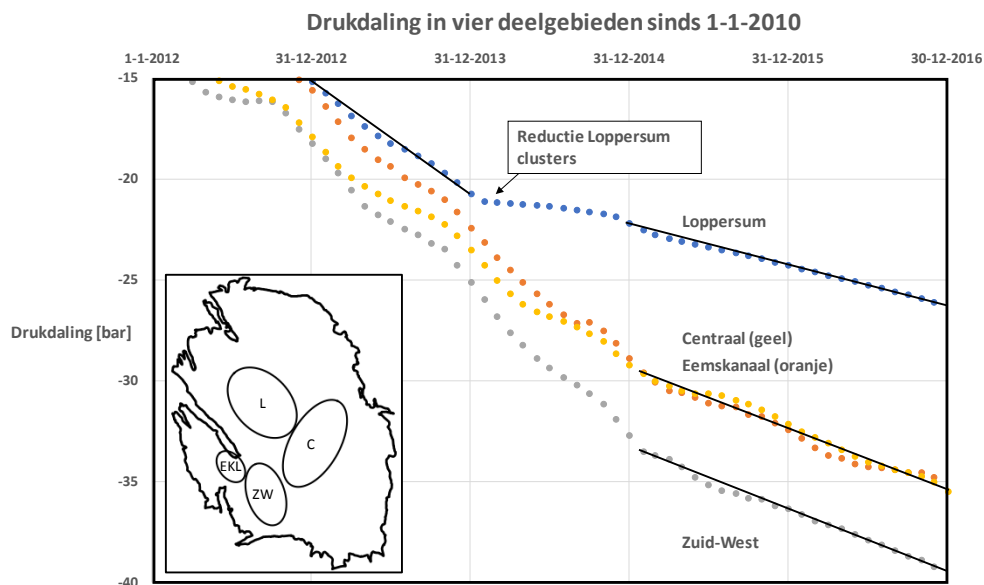
Figuur 1 toont de respons van het tempo van drukdaling op de productie-ingreep in vier deelgebieden van het Groningen veld.

¹ O.a. het model van NAM V5.

Datum
27 juni 2018

Onze referentie
AGE 18-10.052

Blad
5/1



Figuur 1. Drukdaling in 4 deelgebieden van het Groningen veld (Loppersum, Centraal, Eemskanaal, Zuid-West) in de periode 2012 tot eind 2016.

De gemiddelde snelheid van de drukkaling in het Loppersum deel van het gasveld nam af van $\sim 0,45$ bar/maand in 2013 naar $\sim 0,05$ bar/maand in 2014. De productie in de andere delen van het veld werd opgevoerd, met daar een versnelde drukkaling in 2014 als gevolg. In 2015 bereikte de drukkaling in het Loppersum gebied een vrij constante snelheid van $\sim 0,15$ bar/maand, een factor drie langzamer dan vóór 2013. Dit is een direct (en onvermijdelijk) gevolg van de drukconnectiviteit binnen het reservoir tussen het Loppersum gebied en de rest van het veld. Opgemerkt wordt, dat de drukkaling in het Loppersum gebied nooit geheel tot stilstand is gekomen.

Respons seismiciteit

De respons van de seismiciteit op de productie-ingreep in het Loppersum gebied is statistisch onderzocht in Nepveu et al. (2016), Pijpers (2016b) en Shell (2016). Een significante reductie van de seismiciteit na de reductie van de productie werd geobserveerd en statistisch bevestigd. Na een aanvankelijk sterke reductie van het aantal bevingen in de jaren 2014 t/m 2016 begon de seismiciteit weer toe te nemen in 2017/2018. Gezien de doorgaande gasproductie in de rest van het veld en de toename van de snelheid van drukkaling in het Loppersum gebied sinds 2015 werd dit ook verwacht (zie TNO, 2014).

Uit bovenstaande repons van de druk en de seismiciteit op een verlaging van de gasproductie wordt geconcludeerd dat de verwachte respons op een verlaging van de gasproductie een vermindering geeft van het aantal bevingen per jaar. In het geval het gasveld niet volledig wordt gedepleteerd (basispad Kabinet) zal het totaal aantal aardbevingen ook dalen.

Datum
27 juni 2018

Onze referentie
AGE 18-10.052

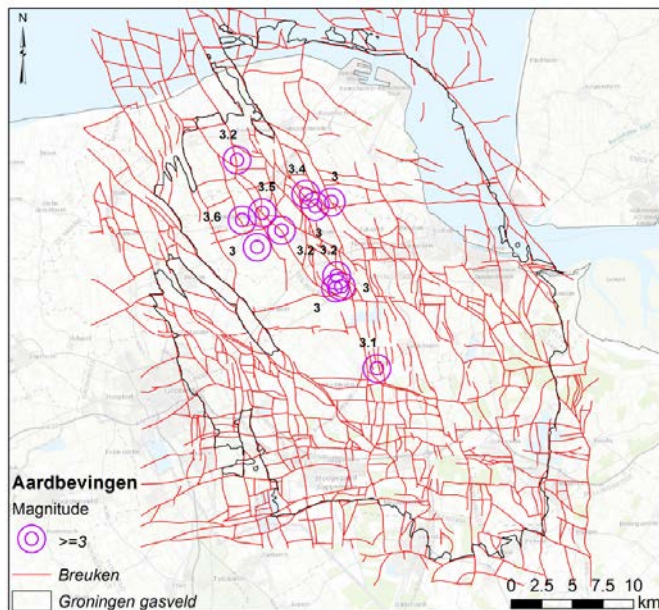
Blad
6/1

Het belang van breuken

Figuur 2 geeft weer, waar tot nu toe de zwaarste bevingen (met magnitude 3,0 of hoger) zijn geregistreerd in het Groningen veld. Zij zijn geconcentreerd in het Loppersum gebied en lijken gerelateerd aan het geologische ‘graben’ breuksysteem, dat het gebied van noord-west naar zuid-oost doorsnijdt.

Breuken spelen een belangrijke rol bij het optreden van aardbevingen (zie ook TNO 2016). Sensoren in het reservoir geven aan dat de bevingen voorkomen op gekarteerde breuken (NAM 2015). Op breuken in het Loppersum gebied blijken meer en zwaardere aardbevingen voor te komen dan elders in het veld. Dit hangt waarschijnlijk samen met de dominante oriëntatie van de breuken in het gebied, hun geometrie en geologische karakteristieken.

Samenvattend: vanuit de observaties kunnen we concluderen dat een verlaging van de gasproductie een vermindering tot gevolg heeft van het aantal aardbevingen per jaar. Aangezien het aantal aardbevingen per jaar de kans op een grotere beving bepaalt, neemt ook de kans op een grotere beving af en daarmee ook de seismische dreiging en het seismische risico.



Figuur 2. Aardbevingen in het Groningen veld met magnitude groter dan 3,0. De zwarte contour geeft de randen van het Groningen veld aan, de rode lijnen geven de breuken weer (top reservoir).

Datum
27 juni 2018

Onze referentie
AGE 18-10.052

Blad
7/1

3. Perspectief vanuit de modellen

Geomechanisch

De door de NAM opgestelde *Seismic Hazard and Risk Assessments*, kortweg SHRA's (NAM 2017, 2018a en 2018b) maken voor de beschrijving van de relatie tussen gasproductie, compactie en seismiciteit gebruik van de methodiek van Bourne & Oates (2017). Volgens deze methodiek wordt de seismiciteit gedreven door compactie van het reservoirgesteente. Bij een lineair compactiemodel (zoals gebruikt in het Winningsplan 2016 en de NAM's SHRA's) is de respons onmiddellijk.

Echter, uit zowel laboratoriumproeven als bodemdalingsstudies blijkt dat de compactie van het reservoir nog enige tijd doorzet na het stopzetten van de drukverandering. Als deze doorgaande compactie wordt gebruikt in de Bourne & Oates methodiek, dan zou dat leiden tot een vertraagde respons van de seismiciteit op een verandering in gasproductie. De respons van de seismiciteit op een verandering in gasproductie hangt in dit model dus sterk af van het gebruikte compactiemodel.

Van Wees et al. (2017a) beschrijft seismiciteit door gaswinning in termen van spanningsverandering. Er wordt daarin geconcludeerd dat doorgaande compactie na een verandering in gasproductie slechts zeer beperkt leidt tot seismiciteit, en afname van het tempo van drukkaling direct doorwerkt in de seismiciteit.

Ook in het model van Dempsey & Suckale (2017) wordt seismiciteit gedreven door spanningsveranderingen, die direct gekoppeld zijn aan veranderingen in de gasdruk. Een verandering in gasproductie heeft ook in dit model een vrijwel onmiddellijk effect op de seismiciteit.

Samenvattend: in de bestaande modellen geeft een reductie in het tempo van compactie, resp. drukkaling een evenredige reductie in het aantal bevingen per tijdseenheid ('film rate'). Aan TNO zijn geen gepubliceerde en aan data van het Groningen veld gecalibreerde modellen bekend, die tot naïj zouden leiden in de respons van de Groningen seismiciteit op compactie resp. drukkaling ter plaatse van breuken.

Reservoir-technisch

Tot aan de ingreep in het Loppersum gebied begin 2014 is het Groningen veld om operationele redenen geproduceerd zodanig dat drukverschillen binnen het veld werden geminimaliseerd. Ten gevolge van de ingreep in Loppersum (17 januari 2014) en andere opgelegde productiebeperkingen zijn drukverschillen ontstaan binnen het gasreservoir. Deze drukverschillen worden in het NAM V5 model meegenomen in de berekening van de compactie en de seismiciteit, en daarmee uiteindelijk ook in de ontwikkeling over tijd van het aantal woningen, dat niet aan de veiligheidsnorm voldoet.

Afhankelijk van de productiestrategie voor de komende jaren zullen er drukverschillen binnen het reservoir blijven bestaan, ook na het volledig insluiten van het Groningen veld. Die drukverschillen zullen zich geleidelijk autonoom

Datum
27 juni 2018

Onze referentie
AGE 18-10.052

Blad
8/1

vereffenen. Bepaalde gedeelten van het veld lopen qua druk achter op de druk in de rest van het veld. Dit geldt met name voor het Loppersum gebied, en daarbinnen het graben systeem. Dit kan betekenen dat er na insluiten van de productie langer aardbevingen voorkomen in het Loppersum gebied dan in de rest van het veld. Deze naijl-effecten zijn in principe meegenomen in de modelberekeningen van de NAM.

Samenvattend: De drukvereffening binnen het reservoir zal ook na het volledig insluiten van de Groningen productie doorgaan. Het effect daarvan op de seismiciteit en het seismisch risico wordt meegenomen in de NAM SHRA systematiek.

4. Onzekerheden en mogelijke bias in het NAM V5 model

Naar het oordeel van TNO zijn de (bekende) onzekerheden correct meegenomen in het NAM V5 model. De bandbreedte rond de event rate is breed, maar representeert in essentie het inherent stochastisch gedrag van de seismiciteit van jaar tot jaar.

De NAM laat in haar SHRA's zien, dat de waargenomen seismiciteit valt binnen de bandbreedte van haar modelvoorspellingen.

De relatie tussen de cumulatieve productie en het cumulatief aantal bevingen heeft een hoge correlatie en ondersteunt in die zin het 'film rate' karakter.

Het sterk niet-lineaire verband tussen seismische dreiging en het aantal huizen dat niet voldoet aan de veiligheidsnorm, is vooral het gevolg van het feit, dat bij kleine veranderingen in de seismische dreiging grote aantallen huizen onder of boven die norm uitkomen.

Voor nu beschouwt TNO de resultaten van het NAM V5 model als een conservatieve schatting:

- het model houdt niet expliciet rekening met relaxatie-processen van de spanningen op de breuken; dit effect zou in een fase van afbouw van de gasproductie meer prominent kunnen blijken dan in de fase van toename van de gasproductie zoals vóór 2013 het geval was en waaraan het NAMV5 model in essentie is gecalibreerd;
- er is geen grens gesteld aan de exponentiële groei van de event rate (en dus het seismisch risico) met toenemende compactie; dit lijkt een fysisch niet houdbare aanname.

Datum
27 juni 2018

Onze referentie
AGE 18-10.052

Blad
9/1

Modelonzekerheid

De vraag is, of alternatieve seismologische bronmodellen zouden kunnen leiden tot fundamenteel andere uitkomsten in de risico-analyse. TNO concludeert, dat 'film rate' type modellen in essentie steeds tot dezelfde prognose voor seismiciteit en dus seismisch risico zullen leiden. Het resultaat hangt hooguit af van de resolutie in ruimte en/of tijd.

Fundamenteel alternatieve seismische bronmodellen – gecalibreerd aan de Groningen data- zullen zich dus anders moeten gedragen dan 'film rate'. Studies daarnaar zijn gaande, maar hebben nog niet tot tastbare en gevalideerde resultaten geleid.

Conclusie

Uit het bovenstaande kan worden geconcludeerd dat een lagere seismische dreiging leidt tot een lager seismisch risico van bouwwerken in het Groningse aardbevingsgebied.

Het V5 model is het enige aan Groningen data gecalibreerde en internationaal gereviewde model, dat de gehele keten van gasproductie tot en met seismisch risico beschrijft. Aan TNO zijn geen gepubliceerde modellen bekend, die tot andere effecten op de seismiciteit zouden leiden ten gevolge van compactie respectievelijk drukdaling ter plaatse van de breuken.

TNO heeft op cruciale onderdelen de aannames van het NAM V5 model getoetst en concludeert dat de door NAM gevonden verlaging van seismisch risico door afname van de gasproductie aannemelijk is, en op onderdelen mogelijk conservatief is..

TNO adviseert hierom, op dit moment, het door het NAM V5 model beschreven verlaging van het seismische risico te accepteren met betrekking tot het aantal huizen/ bouwwerken, dat niet voldoet aan de veiligheidsnorm.

Datum
27 juni 2018

Onze referentie
AGE 18-10.052

Blad
10/1

Vraag 2

Hoe verhoudt de uitkomst van de risicoanalyses zich met de praktijk waarin op basis van de NPR wordt versterkt en hoe kunnen eventuele verschillen worden verklaard vanuit de risicoanalyses (NPR inzichten zijn separaat belegd bij NEN)?

Antwoord:

1. Algemeen

De uitkomst van risicoanalyses en de toepassing van een bouwnorm zoals de NPR 9998 zouden tot nagenoeg dezelfde uitkomsten moeten leiden mits er sprake is van dezelfde veiligheidsnorm, dezelfde seismische belastingen en dezelfde seismische weerstand van diverse bouwwerken.

In een risicoanalyse wordt volledig probabilistisch gewerkt waarin geïntegreerd wordt over de bijdrage van alle parameters en hun verdelingsfuncties aan het individueel aardbevingsrisico; een NPR aanpak laat de constructeur in de praktijk een eenvoudiger berekening uitvoeren met rekenwaarden, de zogenaamde semi-probabilistische berekening. Dit is overeenkomstig de systematiek van (internationale) bouwnormen. In een risico-analyse worden alle parameters en hun verdelingsfuncties door experts vastgesteld; in een NPR aanpak wordt een berekening gevraagd van een constructeur. De berekeningsmethode dient dan qua veiligheidsniveau gekalibreerd te zijn aan een volledig probabilistische analyse. Deze laatste is leidend en superieur in het voorkomen van onnodig stapelen van veiligheden.

2. De veiligheidsnorm

Belangrijk is dat voor beide methoden éénzelfde risicomaat voor de veiligheidsnorm wordt gekozen. Het beleid voor de risico's van geïnduceerde aardbevingen als gevolg van de gaswinning is eind 2015 vastgesteld door het kabinet, met gebruikmaking van advies door de commissie Meijdam.² Het voornaamste element daarin is de veiligheidsnorm voor het omkomen in of nabij een gebouw vanwege een geïnduceerde aardbeving. Een individu mag een individueel risico hebben van maximaal 10^{-5} per jaar. Dit betreft een verwachtingswaarde van het risico. Daarmee sluiten het kabinet en de commissie Meijdam zich aan bij het reeds bestaande minimum niveau voor individuele veiligheid zoals dit in het Bouwbesluit en in NEN 8700 is vastgelegd voor bestaande bouw (TNO, 2011). In eerdere publicaties heeft TNO (Steenbergen en Vrouwenvelder 2014; 2016) dit ook als uitgangspunt genomen voor zowel de risicoanalyses als de NPR bouwnorm en TNO adviseert dit uitgangspunt te blijven vasthouden.

² Brief van de minister van EZ van 3 november 2015 over tweede advies commissie Meijdam (TK 33 529, nr. 205); brief van de minister van EZ van 18 december 2015 over o.m. de gaswinning in Groningen en het eindadvies van de commissie Meijdam (TK 33 529, nr. 212).

Datum
27 juni 2018

Onze referentie
AGE 18-10.052

Blad
11/1

Omdat de risico's in de tijd afnemen ligt het voor de hand de risico's wat in de tijd te middelen. In het Bouwbesluit (en NEN 8700) wordt hiervoor een periode van 15 jaar genomen. In de beantwoording van vraag 3 wordt hier verder op ingegaan. Omdat het risico niet toeneemt in de tijd – sterker nog, het neemt af in de tijd - is ook een signaleringswaarde (strikter dan de normwaarde) zoals in de Waterwet opgenomen niet benodigd.

Het individueel aardbevingsrisico dient te worden berekend door de onzekerheid in alle parameters mee te nemen in de probabilistische berekeningen, die ten grondslag liggen aan het individueel persoonlijk risico. De parameters en hun onzekerheden worden op de best mogelijke wijze (unbiased) vastgesteld. Unbiased betekent zonder op voorhand een over- of onderschatting in te brengen.

De NPR gaat uit van een definitie van rekenwaarden in unbiased verdelingsfuncties van belasting en sterkte. Daarom geldt ook hier dat dit strikt moet zijn toegepast zonder toevoeging van extra onzekerheidsmarges die een systematische fout kunnen introduceren. De NPR zal dus zo veel mogelijk gebruikt moeten worden in combinatie met unbiased belasting- en sterkteparameters en hun onzekerheden.

In de risicoanalyse wordt tot nu toe gewerkt met een indeling van de bouwwerken in typologieën. De spreiding van de gebouweigenschappen binnen een typologie (building-to building variability) wordt dan meegenomen door een extra vergroting van de spreiding. De NPR is in eerste instantie bedoeld voor het doorrekenen op individueel huizeniveau, maar kan ook gebruikt worden op typologieniveau.

Wanneer we niet weten waar het huis zich precies bevindt in de 'building to building variability', dient de verscheidenheid in de sterkte binnen dit type huis meegenomen te worden in het berekenen van de kans. Pas wanneer we meer weten over het huis, dan kunnen we een extra conditionering doen op deze kennis, om zo een betere inschatting van de kans te maken. Als dit 'meer' weten niet of nauwelijks leidt tot een verandering in risico hoeft dit niet verder uitgezocht te worden (ten opzichte van de andere onzekerheden die niet of met zeer veel tijd en kosten nader vast te stellen zijn (b.v. bronmodel, breuken, GMPE)). Ook als dit 'meer' weten gepaard gaat met beschadiging of zeer veel tijd voor de bewoner dient hiervan af gezien te worden. Het gaat erom wat redelijkerwijs en binnen redelijke termijn vast te stellen is.

3. Wijze van bepaling aardbevingsrisico: (zonder) systematische bias

Zoals in het voorgaande is besproken is het belangrijk dat de gebruikte verdelingsfuncties in de NPR zo unbiased mogelijk worden toegepast zonder over- of onderschattingen van de gebruikte parameters. Echter, het blijkt dat in de wijze waarop in de 'praktijk van NPR 2015' het individueel aardbevingsrisico wordt berekend, er in de inschatting van de onderliggende kansberekeningen veiligheidsmarges worden ingevoerd. Hiermee is de 'praktijk van NPR 2015' niet meer unbiased. Dit betekent dat er een zekere overschatting van het risico plaatsvindt.

Datum
27 juni 2018

Onze referentie
AGE 18-10.052

Blad
12/1

De bias aan de belastingkant komt door gebruik van belastingmodellen die – gezien de huidige stand der kennis en het huidige niveau van gaswinning, tot te hoge belastingen leiden. Zo is aan NPR 2015 het KNMI (2015) belastingmodel gekoppeld. Hierin keek het KNMI 5 jaar terug (2010-2015) voor de kalibratie van het seismologisch model. De jaren 2010-2015 waren echter jaren met zeer hoge gasproductie³. Ook maakte KNMI (2015) gebruik van Ground Motion Prediction Equation⁴ versie 1. Dit was de eerste versie van een grondbewegingsmodel voor Groningen wat in 2015 in ontwikkeling was. De ontwikkelaars schrijven hierover⁵:

“.. This is consistent with the objective that has guided the GMM development throughout the evolution from V0 to V4, namely that is preferable to err on the side of conservative estimates until there is a secure basis for providing lower estimates as a result of more refined models or reduced uncertainties.”

Het V5 seismologisch model lijkt ook een bias te bevatten in die zin dat het model in de range aan mogelijke modellen aan de conservatieve kant is gekozen; zie ook de beantwoording van vraag 1.

De bias aan de sterktekant kan bijvoorbeeld komen doordat constructeurs, die met de NPR werken bij het bepalen van de seismische weerstand, veelal conservatieve (veilige) aannames gebruiken voor bijvoorbeeld materiaaleigenschappen of vervormingscapaciteit doordat men behoedzaam omgaan wil gaan met de sterkte van bouwwerken. Daarbij komt nog dat bij het uitkomen van NPR 2015 de uitkomsten van het merendeel van de proeven op metselwerk constructies bij de TU Delft en bij EUCentre in Pavia nog niet beschikbaar waren. De werkwijze conform NPR 2015 geeft daarmee een overschatting van het individueel risico door de aardbevingen in Groningen. Dit omdat er sprake is van bias aan zowel de belasting als de sterktekant.

Voor het verkrijgen van een reëel inzicht in de risico's zal de NPR 9998 moeten worden gekalibreerd aan de laatste inzichten qua seismische belasting en qua seismische weerstand (o.b.v. experimenten). Dit is op dit moment gedeeltelijk gerealiseerd.

Illustratie van het belang van kalibratie

Ter illustratie van het belang van kalibratie van de NPR aan de risicoberekeningen wordt een vergelijking gemaakt tussen het aantal woningen met een individueel risico groter dan de normwaarde conform NAM SHRA, November 2017 en de laatste inzichten met betrekking tot NPR 9998. Dit wordt gedaan aan de hand van

³ 2010=50,86 bcm; 2011=46,79 bcm; 2012=47,78 bcm; 2013=53,87 bcm; 2014 = 42,41 bcm; 2015=28,10 bcm

⁴ Grondbewegingsmodel, dit model geeft de bewegingen aan het maaiveld door een aardbeving weer

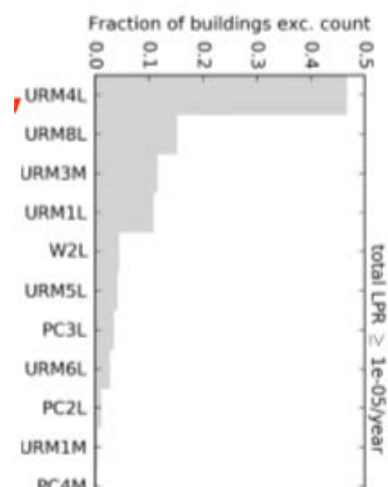
⁵ Namplatform.nl (GMPE V4, 2017, p. 298) in relatie tot een geconstateerde overpredictie (bias).

Datum
27 juni 2018

Onze referentie
AGE 18-10.052

Blad
13/1

één typologie: URM4L. Gebouwtype “URM4L” beslaat op dit moment ca 46% van de woningen met een individueel risico groter dan de normwaarde, conform de NAM SHRA, zie Figuur 1. Het gebouw-type kenmerkt zich door de grote openingen op de begane grond. Bij een afnemende seismische dreiging zal deze typologie overigens een groter deel dan 46% beslaan van het totaal aantal woningen dan niet voldoet aan de veiligheidsnorm. Voor dit voorbeeld wordt aangenomen dat dit huizentype een aanzienlijk deel van de zwakkere Groningse woningen betreft ook bij een verandering in de seismische dreiging.



Figuur 1: Aandeel van elk van de typologieën in de versterkingsopgave conform NAM's SHRA nov 2017. Veruit het grootste deel betreft URM4L.

NPR 9998 bevat ANNEX G waarin beschreven staat hoe een beoordeling van een gebouw uitgevoerd moet worden voor metselwerk bouwwerken o.b.v. een equivalente niet-lineaire statische procedure. Hierin wordt de belasting weergegeven in een Acceleration Displacement Response Spectrum (ADSR) voor een herhalingsstijd van 2475 jaar en wordt de sterkte van de constructie (als één massa-veer systeem geschematiseerd) uitgedrukt in een z.g. capacity curve. Op basis van een vergelijking van rekenwaarden van de kracht en verplaatsing van het gebouw aan de ene kant en de aardbevingen aan de andere kant kan bepaald worden of het gebouw voldoende veilig is.

In deze paragraaf wordt gebruik gemaakt van de aardbevingsbelastingen conform de NEN webtool. Deze gaat uit van een productie van 24 bcm per jaar en GMPE versie V4. NAM's SHRA van November 2017 gaat ook uit van een gasproductie van 24 bcm per jaar. Dit zorgt voor een redelijke vergelijking van de uitkomsten van de twee methoden (NEN webtool en NAM winningsplan) op basis van ongeveer dezelfde aardbevingsbelastingen.

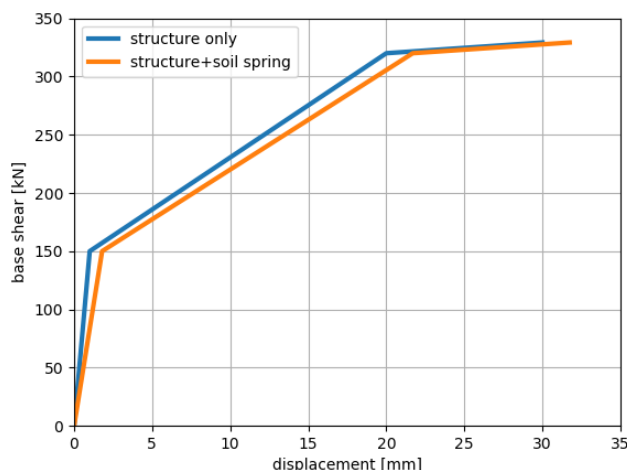
Voor de sterkte, uitgedrukt in een capacity curve, wordt gebruik gemaakt van de curve van Crowley & Pinho, 2017 waarbij de verplaatsingscapaciteit wordt beperkt tot 0.8% drift op effectieve hoogte conform Tabel G2 van NPR 2017 waarbij wordt aangenomen dat de globale drift limiet maatgevend is. Ook zijn de

Datum
27 juni 2018

Onze referentie
AGE 18-10.052

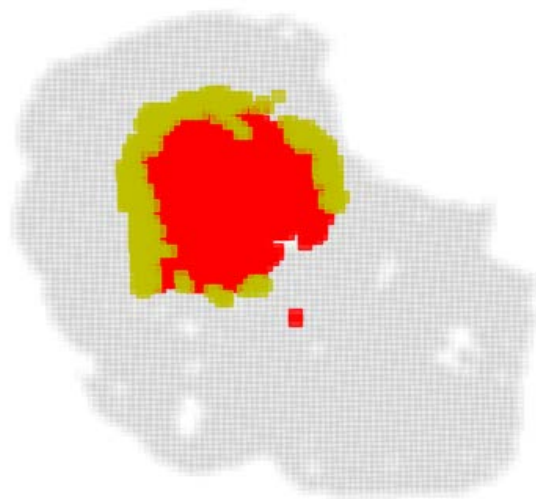
Blad
14/1

effecten meegenomen van de grond-constructie interactie. Dit levert onderstaande capacity curve op.



Figuur 2: Capacity curve voor URM4L (met drift limit conform NPR 2017).

Dit levert uiteindelijk ca 1000 huizen van deze typologie die niet voldoen aan de veiligheidsnorm. Zie Figuur 3 waar de locatie van deze huizen ongeveer is weergegeven.



Figuur 3: Gebied waarin type URM4L niet voldoet op basis van de belastingen uit de NEN webtool (24 bcm) voor 20% demping. De rode gebieden geven aan waar huizen niet voldoen. De gele + rode gebieden geven aan waar huizen voor een gesimplificeerd model niet voldoen.

In rood zijn de cellen waarin de URM4L huizen niet voldoen aan de veiligheidsnorm. In geel cellen waarin de genoemde huizen niet voldoen indien gebruik gemaakt wordt van gesimplificeerde (iets meer conservatieve) modellen. Deze gesimplificeerde modellen gaan uit van een verplaatsingscapaciteit van een bouwwerk versus een verplaatsing uit de aardbevingen. De verplaatsingscapaciteit

Datum

27 juni 2018

Onze referentie

AGE 18-10.052

Blad

15/1

van dit type huis bedraagt ca 30 mm. Er wordt dan in de provincie gekeken waar de door de aardbeving veroorzaakte verplaatsing méér dan 30 mm bedraagt volgens het grondbewegingsmodel. Waar dat het geval is, zal de kans op het instorten van het bouwwerk te groot zijn. Op deze wijze worden ongeveer 1000 woningen van typologie URM4L gevonden die niet voldoen aan de veiligheidsnorm.

Het aantal van ca 1000 huizen uit deze typologie die niet voldoen komt redelijk goed overeen met de NAM SHRA, November 2017: die spreekt namelijk over 2800 woningen met 46% daarvan de URM4L typologie (dus ongeveer 1288 woningen).

Uit dit voorbeeld wordt geconcludeerd dat indien de NPR gekalibreerd wordt aan volledig probabilistische berekeningen, de verschillen in uitkomsten met betrekking tot de aantallen woningen die niet voldoen aan de veiligheidsnorm klein zullen zijn.

4. Effect van de verlaagde gaswinning op het aantal huizen dat niet aan de norm voldoet

Zoals in de beantwoording van vraag 1 gelezen kan worden is de verwachting dat de seismische dreiging omlaag gaat bij het verlagen van de gasproductie van het Groningen gasveld. Voor het bepalen van het effect van een lagere seismische dreiging op het seismische risico van bouwwerken in het Groningse aardbevingsgebied wordt het effect op één typologie bekeken: URM4L: metselwerk rijtjeshuis met veel raamopeningen.

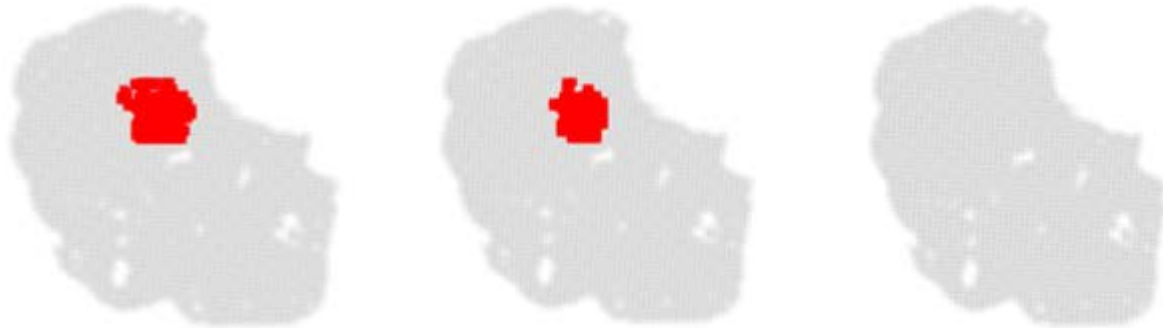
Op verzoek van EZK en de Mijnraad gebruikt TNO daartoe berekeningen van de seismische hazard zoals deze door het KNMI zijn opgeleverd. Het KNMI verwerkt in haar analyses de effecten van de voorgenomen beperking van de gaswinning in de komende jaren.

Het KNMI werkt daarin met:

3 periodes: t1: 2018-2020, t2: 2020-2023, t3: 2023-2027 en
3 cases: hi: koude, lo: warme, mid: gemiddelde winters.

Voor elk van de periodes en de scenario's kan het ADRS spectrum bepaald worden op basis van de resultaten van KNMI. In deze analyse wordt uitgegaan van 30 mm verplaatsingscapaciteit (net als in paragraaf 4). Dit leidt voor de hi-case (koude winters) tot onderstaande gebieden waarin URM4L woningen niet voldoen aan de veiligheidsnorm.

Datum
27 juni 2018



Figuur 4: Cellen waar URM4L niet voldoet in rood voor periode t1 (links), periode t2 (midden), periode t3 (rechts). Aardbevingsbelasting conform KNMI hi-case.

In onderstaande tabel is samengevat wat de resultaten zijn voor de overige scenario's.

Tabel 1: Aantal URM4L huizen dat niet voldoet bij de verschillende scenario's van verlaagde gaswinning. Aardbevingsbelasting conform KNMI.

Gasproductie scenario	Periode	Aantal URM4L voldoet niet (ordegrootte)
hicase	t1	200
hicase	t2	100
hicase	t3	0
locase	t1	0
locase	t2	0
locase	t3	0
midcase	t1	100
midcase	t2	0
midcase	t3	0

Datum
27 juni 2018

Onze referentie
AGE 18-10.052

Blad
17/1

5. Conclusie

Hier kan geconcludeerd worden dat:

- Bij veel koude winters het aantal URM4L woningen dat niet voldoet circa 200 bedraagt in de periode 2018-2020; en daalt naar circa 100 in de periode 2021-2023; naar nul ná 2023.
- Bij veel warme winters voldoen alle URM4L woningen in alle beschouwde perioden.
- Bij gemiddelde winters voldoen circa 100 URM4L woningen niet in de periode 2018-2020. Na 2020 voldoen alle URM4L woningen.

Dit alles op basis van de door het KNMI aangeleverde aardbevingsbelastingen.

Echter, indien gewerkt wordt met een model waarin de breukgeometrie en breukafstanden zo accuraat mogelijk zijn meegenomen (b.v. het NAM v5 model, zie ook de beantwoording van vraag 1) zullen de bovengenoemde aantallen enigszins groter zijn maar nog steeds in de orde van honderden. Zie ook de beantwoording van de vraag 3.

Voor de URM4L woningen, gezien als een van de zwakkere Groningse woningen, neemt het aantal gebouwen dat niet voldoet aan de veiligheidsnorm zeer sterk af over de komende jaren tot nagenoeg nul na 2023 ongeacht de gemiddelde temperatuur van de winters.

Overigens vermeldt NAM⁶ dat bij de nieuwste scenarios, URM4L woningen in nog hogere mate (namelijk ca 80%⁷) verantwoordelijk zijn voor de aantallen woningen die niet voldoen aan de veiligheidsnorm. Dit betekent dat deze huizentypologie grotendeels de mogelijke versterkingsopgave zal bepalen.

TNO adviseert om een dergelijke analyse ook uit te voeren voor andere gebouw typologieën. Voor andere typologieën gebouwen worden vergelijkbare effecten verwacht voor het aantal gebouwen dat versterkt dient te worden bij verlaging van de gasproductie.

⁶ NAM report, Seismic Risk Assessment for production scenario "Basispad Kabinet" for the Groningen field. Addendum to: induced seismicity in Groningen Assessment of Hazard, Building Damage and Risk (November 2017), June 2018

⁷ In 2020: URM4L ~46% van 1354 huizen totaal

In 2022: URM4L ~53% van 678 huizen totaal

In 2024: URM4L ~66% van 88 huizen totaal

In 2026: URM4L ~83% van 28 huizen totaal

Datum
27 juni 2018

Onze referentie
AGE 18-10.052

Blad
18/1

Vraag 3

Hoe kan, gezien het verwachte uitvoeringstempo van maatregelen, een balans worden gevonden tussen tijdelijke en permanente versterkingsmaatregelen?

Antwoord:

1. Inleiding

De schattingen over de aantallen te versterken woningen zijn tot nu toe in de meeste gevallen gebaseerd op NPR 2015. In de tussentijd is in 2017 een groene versie (concept) update geschreven van de NPR die op korte termijn als NPR 2018 zal verschijnen. Dit document zal gebaseerd zijn op de laatste inzichten met betrekking tot de seismische belastingen (die daardoor substantieel lager uitvallen) en bevat ook verdere aanwijzingen voor een scherpere berekening van seismische capaciteit van de gebouwen.

Op dit moment speelt verder het recente besluit om de Groningen gasproductie te verminderen waarmee ook de seismische belasting, beginnend met 2018, in de tijd verder zal afnemen. Door deze afname zullen er minder woningen niet voldoen aan de veiligheidsnorm, zijn de versterkingen vaak minder ingrijpend en ook minder lang noodzakelijk. De beoogde levensduur van een bouwkundige oplossing bij een gegeven belasting heeft slechts een beperkte invloed op de kosten. Wat eventueel voordelen kan bieden is dat bij een kortere periode een esthetisch minder verantwoorde en daardoor goedkopere en snellere oplossing die makkelijker door bewoners geaccepteerd kan worden.

2. Omvang van het aantal huizen dat niet voldoet aan de veiligheidsnorm

Om de balans van tijdelijke en permanente maatregelen zinvol te kunnen overwegen is het doelmatig de omvang van de nu noodzakelijke versterkingsoperatie in het oog te houden. Figuur 1 geeft een schematisch overzicht. De getrokken lijnen geven de aantallen woningen die niet voldoen weer zonder versterking (permanent of tijdelijk), de gestippelde lijnen geven de invloed van versterking (permanent of tijdelijk).

Alle aantallen in Figuur 1 geven alleen de orde van grootte aan en dienen als achtergrond voor de verdere discussie.

Op basis van de NPR 2015 zijn in de loop van de tijd verschillende schattingen gemaakt voor de omvang van het aantal huizen dat niet voldoet aan de veiligheidsnorm. De schattingen liepen onderling uiteen, maar duidelijk was wel dat gedacht moest worden aan een orde van 20.000 woningen die versterkt moesten worden. Versterkingen aan andere typen bouwwerken (scholen, bedrijfsgebouwen, bruggen) zijn hier niet bij inbegrepen.

Als de woningen opnieuw worden beoordeeld met de belastingen en rekenmethoden volgens de, per 1 september aanstaande, in te voeren NPR 2018 is

Datum
27 juni 2018

Onze referentie
AGE 18-10.052

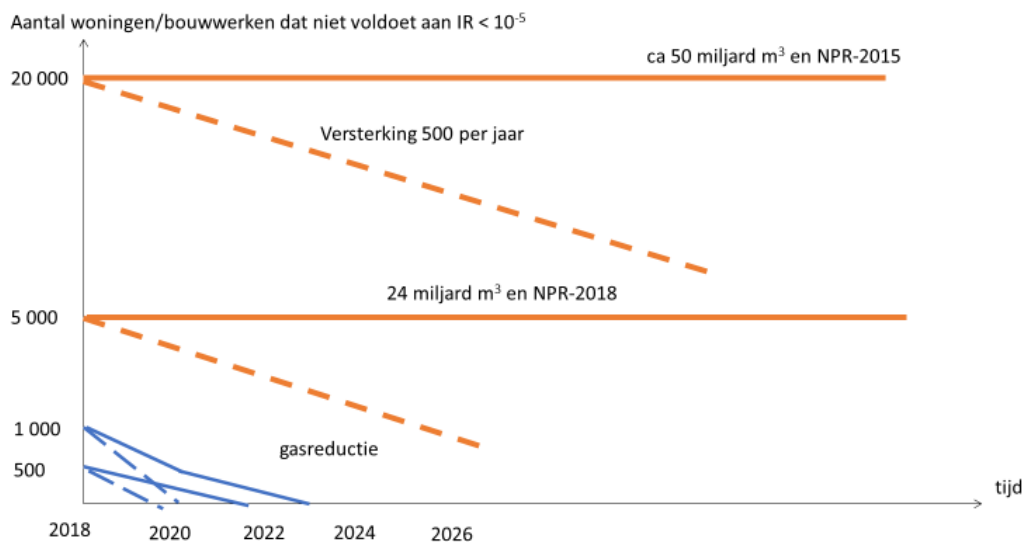
Blad
19/1

de schatting dat dit aantal zakt tot orde 5000 woningen. Dit is gebaseerd op een gasproductie van orde 24 miljard m³ per jaar.

Door de verlaging van de gasproductie zoals op dit moment in het voornemen ligt (zie beantwoording vraag 1) daalt het aantal woningen dat niet voldoet aan de individueel risico norm van 10⁻⁵ direct en ook nog verder als functie van de tijd (zie beantwoording vraag 2). Op basis van het KNMI-scenario (voor koude winters) is berekend dat voor de typologie URM4L in de periode t1 (2018-2020) nog slechts 200 huizen niet voldoen aan de norm. Voor het totaal aantal woningen dat versterkt dient te worden (over de verschillende typologieën) moet dan gedacht worden in de orde van 500 woningen.

Als sommige uitgangspunten iets anders worden gekozen kan echter met vrijwel even veel recht een aantal van 1000 woningen worden gevonden. Er is op dit moment dus nog sprake van een bandbreedte.

Door de afname van de aardbevingsbelasting in de tijd, als gevolg van het afnemen van de gasproductie, zal op den duur, ook zonder enige versterking, een situatie ontstaan waarbij alle gebouwen aan de norm voldoen. Dat geldt uiteraard niet voor alle gebouwen in dezelfde mate maar is afhankelijk van het tekort aan seismisch draagvermogen en dus ook van de locatie. In 2024 zullen er volgens het Basispad van het Kabinet hooguit nog enkele tientallen woningen niet aan de norm voldoen, ook als geen versterking plaatsvindt.



Figuur 1: schematische voorstelling van de aantallen te versterken woningen
 - Getrokken lijnen: schattingen zonder versterking, afhankelijk van productie,
 - Beoordelingsrichtlijn en seismisch belastingmodel
 - Gestippelde lijnen: invloed versterking

Datum
27 juni 2018

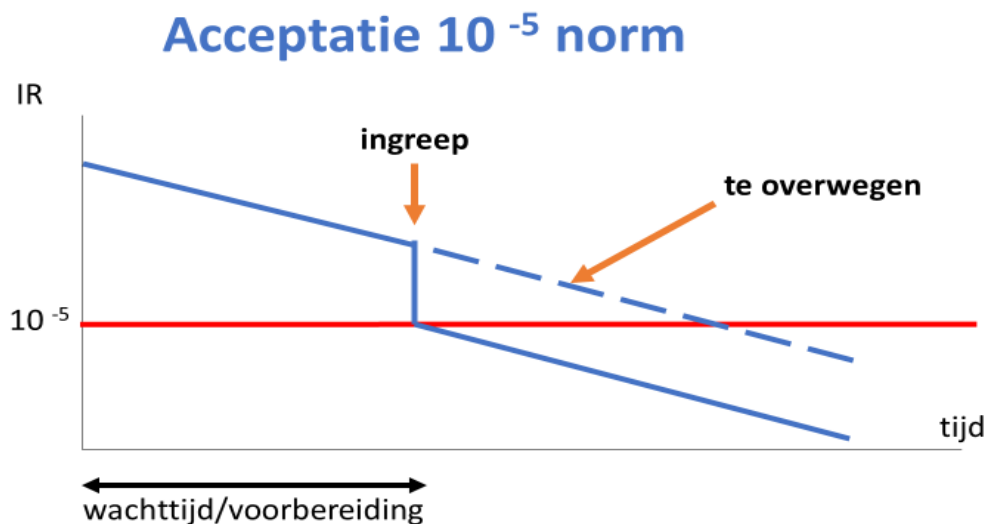
Onze referentie
AGE 18-10.052

Blad
20/1

3. Uitvoering

Voorgaande maakt duidelijk dat de versterkingsoperatie met enige zorgvuldigheid gepland moet worden. Het voorbereiden en uitvoeren van een versterking kost enige tijd en het heeft niet veel zin een versterking voor te bereiden voor een woning die op het tijdstip van oplevering feitelijk geen versterking meer nodig heeft. Het is dus zaak de woningen met de grootste kans op (gedeeltelijk) bezwijken het eerste aan te pakken, maar tevens rekening te houden met de vereiste doorlooptijd. Om zoveel mogelijk woningen in een zo kort mogelijke tijd te kunnen versterken kan het beste worden begonnen met de rijtjeswoningen van het type URM4L. Deze hebben onderling meer overeenkomst dan de vrijstaande woningen en boerderijen. Een enigszins seriematige behandeling is dan mogelijk en levert voordelen op (tijd en geld).

Een strikte toepassing van het IR-criterium (Individueel Risico) houdt in dat dit moet gelden voor elk individueel jaar. Het maakt dan niet uit of een maatregel nodig is voor één jaar of voor 10 jaar. Men kan de vraag stellen of een ingrijpende en dure aanpassing aan een huis die uiteindelijk maar voor één jaar of hooguit een paar jaar nodig is wel verantwoord en gewenst is. Dit speelt vooral als we over enkele jaren het eindpunt van de versterkingsoperatie naderen. Te overwegen valt (zie figuur 2) of een middelingstijd van bijvoorbeeld 3 of 5 jaar kan worden toegepast. Merk op dat dit in feite nu ook al gebeurt (en eigenlijk in sterkere mate) met de toepassing van de gemiddelde KNMI-belasting voor de tijdvakken t1, t2 en t3.



Figuur 2: Te overwegen (niet noodzakelijke) tijdelijke overschrijding van de norm (niet noodzakelijk omdat een bouwkundige ingreep op het aangegeven moment technisch en organisatorisch haalbaar is).

In dit verband is het zinvol erop te wijzen dat in eerder uitgebrachte adviezen De Cie Haenen en Cie Meijdam hebben aangegeven dat het om praktische redenen

Datum
27 juni 2018

Onze referentie
AGE 18-10.052

Blad
21/1

enige tijd kost voor de 10^{-5} voor alle inwoners is bereikt. Dit werd acceptabel geacht zolang met voortvarendheid aan de verbetering van die situatie te werk werd gegaan en deze situatie niet te lang zou duren. Overschrijding van de waarde 10^{-4} / jaar werd wel zeer onwenselijk geacht en zou op zeer korte termijn moeten worden verbeterd. Letterlijk zegt het rapport van de Commissie Meijdam hierover:

“Voor bestaande bouw acht de commissie voor een tijdelijke periode een norm van 10^{-4} aanvaardbaar. “

En:

“De termijn waarbinnen maatregelen worden getroffen om het niveau van individueel risico van 10^{-5} / jaar te bereiken, beschouwt de commissie als onderdeel van de beleidsruimte van de verantwoordelijke overheden en van de ruimte van de Nationaal Coördinator Groningen, waarbij het uitgangspunt moet zijn dat prioriteiten worden gesteld op basis van de veiligheidsrisico's.”

TNO tekent hierbij aan dat discussie over het al dan niet toepassen van een middeling van de veiligheidsnorm op meer beleidsterreinen speelt. De huidige NEN 8700 voor beoordeling van bestaande bouw in Nederland past in wezen ook een middeling toe over een periode van 15 jaar, zolang degradatie geen rol speelt.

Bij dit alles moet worden bedacht dat door het verminderen van de gasproductie niet alleen het aantal woningen met een te lage veiligheid afneemt, maar ook de mate waarin. Zeker in het tweede of derde gasjaar is het veiligheidstekort minder dan bij een niet gereduceerde gasproductie. De maatregelen, ook als men kiest voor een de veiligheidsnorm van 10^{-5} / jaar voor elk individueel jaar, kunnen daarom in veel gevallen minder ingrijpend worden hetgeen ook weer de snelheid van de versterking ten goede komt.

4. Tijdelijke maatregelen

Tijdelijke maatregelen in het Groningse aardbevingsgebied zijn tot nu toe genomen in geval van urgentie, met name als het de schatting van het Individueel Risico hoger uitviel dan 10^{-4} . Een dergelijke mate van onveiligheid werd ook voor een korte periode niet acceptabel geacht (zie Meijdam). De bedoeling was altijd deze tijdelijke maatregel op den duur te vervangen door een permanente. Vaak ging het om beschadigde gebouwen waarbij ook werd getwijfeld aan de mate van veiligheid zonder het voorkomen van aardbevingen.

Door de voorgenomen vermindering van de gaswinning kunnen tijdelijke maatregelen nu ook eventueel anders worden ingezet, namelijk als overbrugging. Na verloop van tijd zullen alle woningen die voldoen aan het Bouwbesluit ook voldoende veiligheid hebben ten aanzien van de mogelijke aardbevingen na de gaswinningsperiode en zijn geen permanente maatregelen überhaupt niet meer nodig. In feite zouden alle maatregelen vanaf nu een tijdelijk karakter kunnen hebben. Tijdelijk wil in dit verband zeggen dat de voorziening na enige tijd niet meer nodig is en wordt verwijderd. De vraag is of en in welke mate dit voordelen biedt.

Datum
27 juni 2018

Onze referentie
AGE 18-10.052

Blad
22/1

Tijdelijke maatregelen kunnen bestaan uit een tijdelijk ander gebruik van het bouwwerk. In veel gevallen zal dat neerkomen op het tijdelijk niet gebruiken voor de functie waarvoor het gebouw bestemd was. Bij opslag kan men zware apparatuur of andere belastingen verwijderen. Woongebouwen kan men tijdelijk niet gebruiken of een andere bestemming geven.

Bij tijdelijke maatregelen in bouwkundige zin moet men vooral denken aan versterkingen die grotendeels zichtbaar aan de buitenzijde van het gebouw worden aangebracht. Dit kunnen bijvoorbeeld zijn:

- Houten of stalen stutten
- Bracings (kruisverbanden)
- Uitwendige frames
- Tyings (rondlopende banden, op de hoekpunten versterkt)
- Voorspanning (symmetrisch per wand of vloer, dus deels binnen)

In Nieuw Zeeland praat men in dit verband wel over "exoskeletons".

Tijdelijke maatregelen van dit type zijn vooral te overwegen bij noodzaak tot een globale bouwkundige versterking als de In Plane capaciteit (IP) te kort schiet. Permanente maatregelen als versterken van wanden en vloeren zijn meestal zeer ingrijpend. Bij met name een korte overbruggingsperiode zouden tijdelijke uitwendige maatregelen een oplossing kunnen bieden, omdat ook de overlast voor de bewoner wordt verminderd.

Versterking van wanden bij het tekort schieten van de capaciteit uit het vlak (OOP, Out of Plane) zijn vaak minder ingrijpend en kunnen niet anders dan binnenshuis worden uitgevoerd. Tijdelijke maatregelen zullen hier niet kostenbesparend zijn en ook niet veel tijdswinst opleveren. Dit heeft ook te maken met de mogelijke seriematige aanpak van deze versterking indien gekozen wordt voor een permanente oplossing. Men kan wel overwegen zodanig te werk te gaan dat het eventuele ruimtebeslag van deze maatregelen na verloop van tijd weer verminderd kan worden. Hier werkt de tijdelijke maatregel dus mogelijk kostenverhogend.

Indien zowel 'in plane' als 'out of plane' versterkingen nodig zijn zal meestal een permante oplossing te prefereren zijn.

Een van de voordelen van de tijdelijke maatregelen voor de IP situatie is de kostenbesparing. Gedacht kan worden aan een factor 2 tot 4. Een ander voordeel is de tijdswinst die geboekt kan worden waardoor de veiligheidsdoelen eerder worden bereikt. Aangetekend moet worden dat een deel van de kostenbesparing en tijdswinst teniet wordt gedaan door de benodigde extra engineering. Zorgvuldigheid is een vereiste omdat verkeerd uitgevoerde "versterkingen" een averechts effect kunnen hebben.

5. Conclusie

De volgende conclusies kunnen worden getrokken:

- Het aantal woningen in Groningen dat niet voldoet aan de veiligheidsnorm is als gevolg van de technisch-wetenschappelijke ontwikkelingen en vermindering van de gasproductie in de afgelopen jaren sterk in omvang afgenomen. Als gevolg van de verdere reductie en stopzetting van de gaswinning komt daar nog een extra afname bovenop.
- Er is daarnaast ook sprake van een beperkte tijd vanaf nu waarin de huizen niet voldoen. Eventueel versterken moet daarom vooral gericht worden op een bij voorkeur grote, en op korte termijn efficiënt aan te pakken groep woningen. Dit zouden bijvoorbeeld de URM4L type woningen in het centrale seismisch actieve gebied kunnen zijn. Indien niet op korte termijn met versterking wordt begonnen is deze eenvoudigweg niet meer nodig.
- Of gekozen wordt voor permante of tijdelijke maatregelen lijkt door de sterk gereduceerde omvang van de gehele operatie vanuit kostenoverwegingen minder belangrijk. De belangrijkste reden om een tijdelijke maatregel te overwegen is de kortere realisatieduur en mogelijk geringere overlast. De voorkeur van de bewoner kan hierbij een rol spelen.
- De periode waarin de Meijdam-norm (ook zonder versterking) nog zal worden overschreden is kort en de mate waarin is relatief (meestal) gering. Hoe hiermee om te gaan, is bij uitstek een politiek-bestuurlijke keuze en geen technische.

Datum
27 juni 2018

Onze referentie
AGE 18-10.052

Blad
23/1

Datum
27 juni 2018

Onze referentie
AGE 18-10.052

Blad
24/1

Vraag 4

De Mijnraad vraagt aan TNO om vóór 1 juli een zo goed mogelijke inschatting te maken van de risico's voor zoveel mogelijk van de 1588 woningen als redelijkerwijs mogelijk is binnen de beschikbare tijd op basis van de meest recente NPR rekenmethodiek.

Antwoord:

1. Algemene introductie

TNO heeft gezien de beperkte tijd voor onderzoek van de batch met 1588 adressen (dit betreft woningen, met soms meerdere woningen per gebouw) 534 rijwoningen onderzocht in Delfzijl, Appingedam en Ten Boer.

Geconcludeerd kan worden dat beoordeling van deze rijwoningen zeer waarschijnlijk er toe zal leiden, dat al deze rijwoningen op dit moment voldoen aan de veiligheidsnorm. Dit gezien de afname in de gasproductie en de daarmee gepaard gaande afname van zowel seismische dreiging als seismisch risico. Vanuit het oogpunt van veiligheid zullen deze rijwoningen geen versterking behoeven. De inschatting van TNO is dat voor de overige adressen uit de 1588 batch er weliswaar woningen zijn die op dit moment niet voldoen aan de veiligheidsnorm, maar dat dit slechts een klein deel betreft.

Hieronder wordt eerst aangegeven uit welke typologieën rijwoningen de 1588 batch bestaat. Vervolgens wordt ingegaan op het huidige niveau van seismische dreiging ter plaatse van deze rijwoningen. Dan wordt aangegeven wat de seismische weerstand van de rijwoningen is. Als laatste wordt een conclusie getrokken over het op dit moment voldoen van de rijwoningen aan de veiligheidsnorm.

2. Beschrijving Batch 1588

De 1588 adressen van deze batch bevinden zich niet direct in het centrumgebied maar verspreid in de randgebieden in de provincie Groningen, met een concentratie in Appingedam en Delfzijl. De woningen uit de 1588 batch zijn onder andere vanwege hun locatie niet zonder meer de woningen met het hoogste risico. In de batch van 1588 adressen bevinden zich verschillende woningtypologieën. De grootste categorie is die van de rijwoningen. In dit advies beschouwt TNO alléén de rijwoningen en wel alleen de rijwoning-typologieën zoals weergegeven in Tabel 1. Dit betreft 534 rijwoningen die gelegen zijn in Delfzijl, Appingedam en Ten Boer. Dit zijn veel voorkomende rijwoningen met twee verdiepingen en een zolder. Met deze keuze wordt het overgrote deel van de rijwoningen in de 1588 batch afgedekt.

Datum
27 juni 2018

Onze referentie
AGE 18-10.052

Blad
25/1

Tabel 1: Beschouwde typologieën rijwoningen

	Typologie	Locatie	aantal
1	DELF_HUIBPL_01	Delfzijl	40
2	MARTINI E45 C Basis Garage plat Garage zadel LLBW	Delfzijl	130
3	MARTINI E45 D Basis Basis + Erker Garage Plat Garage Zadel LLBW	Delfzijl	95
4	MARTINI E50.001	Ten Boer	20
5	MARTINI K	Appingedam	10
6	MARTINI K.E8260	Delfzijl	27
7	MARTINI K66	Appingedam	24
8	MARTINI K66.E8260	Appingedam	188
TOTAAL			534

De 1588 adressen met bijbehorende typologie en locatie zijn door de NCG aangeleverd aan de Mijraad⁸ en via de Mijraad aan TNO op een kaart met 10 cellen van 1 km x 1 km. Deze studie beperkt zich tot de 534 te analyseren woningen in 7 cellen in Delfzijl, Appingedam en Ten Boer.

Per locatie zijn de NCG cellen vergeleken met het NEN-webtool grid om de bijbehorende NEN gridcellen op te sporen die gebruikt zijn in de TNO berekeningen. Dit levert de voor de beoordeling relevante gridcellen, zoals weergegeven in Tabel 2.

3. Beoordelingssystematiek

Conform het verzoek van de Mijraad is de beoordeling uitgevoerd op basis van de laatste inzichten in NPR 2018. Deze NPR bevat een ANNEX G welke beschrijft hoe voor metselwerk bouwwerken een beoordeling uit te voeren op basis van een equivalente niet-lineaire statische procedure. Hierin wordt de belasting weergegeven in een ADRS spectrum (voor een herhalingsstijd van 2575 jaar) en wordt de sterkte van de constructie uitgedrukt in een capaciteitscurve. Op basis van een vergelijking van rekenwaarden van de kracht- en verplaatsingscapaciteit van de gebouwconstructie en de rekenwaarden van de kracht en verplaatsing uit de aardbevingen kan beoordeeld worden, of de constructie voldoende veilig is. Gezien de eigenschappen van de hier onderzochte rijwoningen, kan gesteld worden dat- in een enigszins conservatieve benadering - het gedrag volledig bepaald wordt door de verhouding tussen de rekenwaarde van de

⁸ E-mail juni 2018

verplaatsingscapaciteit en de rekenwaarde van de verplaatsing opgelegd aan de rijwoning door een aardbeving.

4. Seismische belastingen

Voor de 'weer' scenario's 'koude winters', 'gemiddelde winters' en 'warme winters' zijn gasproductie scenario's vastgesteld door EZK en GTS. Deze zijn doorgerekend tot seismische belasting/hazard op maaiveldniveau door zowel NAM als KNMI. Het scenario gemiddelde winters wordt als meest reëel gezien en is in Tabel 2 vergeleken met de scenario's voor een gemiddelde winter conform het NAM model.

Zowel NAM als KNMI hebben hun uitkomsten aan TNO ter beschikking gesteld⁹. Een eerste vergelijking laat zien dat de uitkomsten overeenkomen, alhoewel NAM op iets hogere belastingniveau's uitkomt.

Door TNO is gerekend met 21% demping conform de laatste inzichten in NPR 2018 en het vrije vorm spectrum aangeleverd door KNMI en NAM voor de scenario's koude winters (hi-case), gemiddelde winters (mid-case) en warme winters (lo-case) voor de jaren 2018 t/m 2027 (bij KNMI: perioden t1, t2, t3). In Tabel 2 staan de piekverplaatsingen voor de relevante cellen en 'weer' scenario's voor een herhalingsijd van 2475 jaar.

Voor alle KNMI hazard/ belasting scenario's blijven de verplaatsingen onder de 30 mm voor alle beschouwde cellen. Voor de NAM hazard/ belasting scenario's zijn de waarden iets hoger.

Datum

27 juni 2018

Onze referentie

AGE 18-10.052

Blad

26/1

⁹ KNMI data via e-mail juni 2018, NAM data via de Mijnraad e-mail juni 2018

Datum
27 juni 2018

Onze referentie
AGE 18-10.052

Blad
27/1

Tabel 2: Rekenwaarden maximale verplaatsing (in mm) voor T=2475 jaar bij 21% demping voor de relevante gridcellen.

DLFZ betreft locaties in Delfzijl, APP betreft locaties in Appingedam en TB betreft locaties in Ten Boer.

scenarios	Delfzijl				Appingedam						Ten Boer	
	DLFZ1	DLFZ2	DLFZ3	DLFZ4	APP1	APP2	APP3	APP4	APP5	APP6	TB1	TB2
KNMI t1 hicase	22	21	22	22	26	26	23	23	23	23	23	22
KNMI t2 hicase	21	21	21	21	25	25	22	22	22	22	22	21
KNMI t3 hicase	18	17	17	17	20	20	18	18	18	18	19	18
KNMI t1 locase	20	19	19	19	22	22	20	20	20	20	21	19
KNMI t2 locase	18	18	18	18	20	20	19	19	19	19	19	18
KNMI t3 locase	15	14	14	14	18	18	16	16	16	16	17	16
KNMI t1 midcase	21	20	20	20	24	24	22	22	22	22	22	20
KNMI t2 midcase	19	19	19	19	22	22	20	20	20	20	21	19
KNMI t3 midcase	16	15	16	16	18	18	17	17	17	17	18	17
NAM gemiddelde winter 2018	22	22	22	21	26	26	26	26	25	26	23	23
NAM gemiddelde winter 2019	24	23	24	23	28	29	29	27	27	28	24	24
NAM gemiddelde winter 2020	23	22	23	22	27	28	28	26	26	26	25	24
NAM gemiddelde winter 2021	21	21	21	21	25	25	26	24	24	24	23	23
NAM gemiddelde winter 2022	19	18	18	18	22	22	22	21	21	21	22	22
NAM gemiddelde winter 2023	14	13	13	13	16	16	16	16	15	16	19	19
NAM gemiddelde winter 2024	13	12	12	12	15	15	15	14	14	14	18	18
NAM gemiddelde winter 2025	12	12	12	12	14	14	14	13	13	13	17	17
NAM gemiddelde winter 2026	12	12	12	11	14	14	14	13	12	13	17	16
NAM gemiddelde winter 2027	11	11	11	10	13	13	13	12	12	12	16	16

5. Seismische weerstand

Voor het bepalen van de seismische weerstand zijn capaciteitscurves benodigd volgens de systematiek in Annex G van de NPR. Hiervoor zijn door TNO verschillende bronnen geraadpleegd.

Studio Calvi [rapportage Studio Calvi (2018)] heeft een studie uitgevoerd naar de seismische (verplaatsings)capaciteit van de rijwoningen, waarbij de zwakke richting is geanalyseerd (in-het-vlak). Tabel 3 geeft een overzicht van de berekende verplaatsingscapaciteit.

Datum
27 juni 2018

Onze referentie
AGE 18-10.052

Blad
28/1

Tabel 3: Rekenwaarde verplaatsingscapaciteit verschillende rijwoningen conform [1], met rijwoning typologieën cf. Tabel 1

Rijwoning type	Verplaatsingscapaciteit (mm)
1	45
2	33-37
3	40
4	40
5	33
6	35
7	37
8	35

In [Notities 2015] is door Adviesbureau ir. J.G. Hageman in twee rekenvoorbeelden conform en behorend bij NPR 2015 ook een capaciteitscurve afgeleid voor 2 typen rijwoningen die qua typologie dichtbij de bovenstaande typologieën liggen. De in deze studie gevonden verplaatsingscapaciteit is weergegeven in Tabel 4.

Tabel 4: Rekenwaarde verplaatsingscapaciteit verschillende rijwoningen conform [2] en [3]

Rijwoning type	Verplaatsingscapaciteit (mm)
A	35 a 40
B	ca 33

Op basis van deze resultaten is het redelijk aan te nemen, dat de verplaatsingscapaciteit van de hier beschouwde en veelvoorkomende typen rijwoningen minimaal 30-35 mm bedraagt.

6. Resultaten

Voor de beschouwde locaties is de rekenwaarde van de verplaatsing aan de rijwoningen opgelegd vanuit de aardbevingen kleiner dan de verplaatsingscapaciteit. Dit geldt voor zowel de KNMI als de NAM belastingmodellen en voor zowel de productiecurves voor koude winters als voor gemiddelde en warme winters. Daarmee wordt dus voor het in-het vlak gedrag van de 534 rijwoningen reeds nu (2018) voldaan aan de veiligheidsnorm.

Opgemerkt wordt, dat het al dan niet voldoen van de beschouwde rijwoningen gevoelig is voor kleine variaties in hazard en draagkracht. Dit omdat ze rond de grens van de veiligheidsnorm zitten. Dit betekent echter tevens dat, indien rijwoningen niet voldoen, het draagkrachtttekort gering is en geen zware versterkingsmaatregelen noodzakelijk zijn.

Voor uit-het-vlak gedrag en voor vallende objecten dient voor deze rijwoningen nog een aparte toets uitgevoerd te worden. Deze is nog niet uitgevoerd maar zou binnen enkele maanden gereed kunnen zijn. De verwachting is dat ook de toets van de fundering van deze batch zal leiden tot voldoende veiligheid.

Opgemerkt wordt dat voor bouwwerken die niet in-het-vlak voldoen aan de veiligheidsnorm globale versterkingsmaatregelen noodzakelijk zijn. Bouwwerken die met betrekking tot het uit-het-vlak gedrag of in verband met vallende objecten niet voldoen aan de veiligheidsnorm, kunnen met lokale versterkingsmaatregelen, zonder veel overlast, worden versterkt.

Datum

27 juni 2018

Onze referentie

AGE 18-10.052

Blad

29/1

Datum
27 juni 2018

Onze referentie
AGE 18-10.052

Blad
30/1

Referenties

Bourne, S.J., Oates, S.J., 2017. Extreme threshold failures within a heterogeneous elastic thin-sheet and the spatial-temporal development of induced seismicity within the Groningen gas field, *J. Geophys. Res. Solid Earth.*, doi 10.1002/2017JB014356

Dempsey, D., & Suckale, J. (2017). Physics-based forecasting of induced seismicity at Groningen gas field, the Netherlands. *Geophysical Research Letters*, 44(15), 7773-7782.

EZK 2018 de brief van 29 maart over Gaswinning Groningen met kenmerk DGETM-EI / 18057375)

NAM 2015. M. Pickering, An estimate of the earthquake hypocenter locations in the Groningen gas field, NAM report June 2015.

NAM 2017 Induced Seismicity in Groningen – Assessment of Hazard, Building Damage and Risk (November 2017)

NAM 2018a Seismic Risk Assessment for a selection of Gas Production Scenarios for the Groningen field. Addendum to: NAM 2017 (maart, 2018)

NAM 2018b Seismic Hazard and Risk Assessment in Groningen – Preliminary Results Production Scenario “Basispad Kabinet” (verkregen via de Mijnraad, juni 2018)

Nepveu, M., van Thienen-Visser, K., Sijacic, D., Statistics of seismic events at the Groningen field, *Bulletin of Earthquake engineering* 14 (12): 3343-3362, 2016.

Pijpers, F.P., 2016b. Trend changes in tremor rates in Groningen: update November 2016. Statistics Netherlands (The Hague). Available at www.cbs.nl/-/media/pdf/2016/47/tremors_nov2016.pdf [Google Scholar](#)

Shell 2016. Measuring changes in earthquake occurrence rates in Groningen, update October 2016.

TNO 2011, “Veiligheidsbeoordeling bestaande bouw – Achtergrondrapport bij NEN 8700”, TNO-060-DTM-2011-03086, December 2011.

TNO 2014, Aanbiedingsbrief rapport TNO-2013 R11953, kenmerk AGE 14-10.016.

TNO 2016, Groningen field 2013 to present; Gas production and induced seismicity. TNO 2016 R10425

Datum

27 juni 2018

Onze referentie

AGE 18-10.052

Blad

31/1

van Wees, J. D., Osinga, S., Van Thienen-Visser, K., & Fokker, P. A. (2017a). Reservoir creep and induced seismicity: inferences from geomechanical modeling of gas depletion in the Groningen field. *Geophysical Journal International*, 212(3), 1487-1497.

Steenbergen, R.D.J.M., Vrouwenvelder, A.C.W.M, "Reliability based assessment of buildings under earthquakes due to gas extraction", Heron 2014.

Steenbergen, R.D.J.M., Vrouwenvelder, A.C.W.M., Safety requirements for buildings under induced earthquakes due to gas extraction, Risk, Reliability and Safety: Innovating Theory and Practice - Proceedings of the 26th European Safety and Reliability Conference, ESREL 2016.

Van Wees, J.D., Fokker, P.A., van Thienen-Visser, K., Wassing, B.B.T., Osinga, S., Orlic, B., Ghouri, S.A., Buijze, L., Pluymaekers, M., (2017b) Geomechanical models for induced seismicity in the Netherlands: inferences from simplified analytical, finite element and rupture model approaches. *Netherlands Journal of Geosciences – Geologie en Mijnbouw*, 96-5, s183-s202, 2017

Commissie Haenen

Impact Assessment Nederlandse Praktijk Richtlijn Aardbevingsbestendig bouwen
Stuurgroep NPR . januari 2015

Advies Commissie-Meijdam 'Omgaan met risico's van geïnduceerde
aardbevingen'

Handelingsperspectief voor Groningen

Uitgave Lysias Advies B.V. Soesterweg 310-D E.,Amersfoort, november 2015

NEN 8700:2011 Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand
bouwwerk bij verbouw en afkeuren - Grondslagen
Nederlandse norm, NEN, Delft, 2011

Vrouwenvelder A.C.W.M., N. Scholten, RDJM Steenbergen

Veiligheidseisen bij bestaande bouw - Achtergrond bij

TNO Rapport TNO-034-DTM-2010-01104, Delft, 2010

Rapportage Studio Calvi op basis van memo

"NAM.PO4512967520_30_Memo180627_01_R0_NPR application for IP", 2018

Notitie Adviesbureau ir. J.G. Hageman, Notitie 15-4-2015. NPR 9998-
Rekenvoorbeeld 1 steenconstructies.

Notitie Adviesbureau ir. J.G. Hageman, Notitie 145-4-2015. NPR 9998-
Rekenvoorbeeld 2 steenconstructies.

**Beantwoording vragen ministerie van Economische Zaken en
Klimaat**

**Effect van veranderende seismische dreiging bij toepassing van de
Nederlandse Praktijk Richtlijn (NPR) 9998**

28 juni 2018

NEN

Vlinderweg 6

2623 AX Delft

Postbus 2600 GB Delft

vragenNPR@nen.nl

www.nen.nl/aardbevingen

Disclaimer

Voor de beantwoording van de vragen geldt dat deze beantwoording naar eer en geweten en met de beschikbare middelen en beperkte doorlooptijd heeft plaatsgevonden. Aannames en gemaakte keuzen zijn (in losse achtergronddocumenten en bijlagen) beschreven, de antwoorden op de vragen zijn zo goed mogelijk geduid. Gegeven de korte doorlooptijd zijn de achtergronddocumenten slechts voorzien van een globale collegiale toetsing en kunnen fouten en onvolledigheden niet geheel worden uitgesloten.

Hoewel bij deze beantwoording van vragen de uiterste zorg is nagestreefd, kunnen ook hier fouten en onvolledigheden niet geheel worden uitgesloten. Het Nederlands Normalisatie-instituut en/of haar partners aanvaarden derhalve geen enkele aansprakelijkheid, ook niet voor directe of indirecte schade, ontstaan door of verband houdend met toepassing van door het Nederlands Normalisatie-instituut gegeven antwoorden op deze vragen.

Inhoud

1	Introductie	4
1.1	Algemeen	4
1.2	Toelichting op doel en inhoud van de NPR.....	4
2	Aanpak	5
2.1	Uitgangspunten en doel.....	5
2.2	Organisatie en teamsamenstelling	6
2.3	Operationalisering aanpak.....	6
2.4	Basis van de analyses	6
2.5	Scenario's	7
2.6	Aannames, randvoorwaarden en opmerkingen bij de analyses.....	8
3	Beantwoording van de gestelde vragen	9
3.1	Wat betekent een toekomstig veranderende seismische dreiging voor de uitkomst van berekeningen die met de NPR gemaakt worden (bv. door analyses van versterkingsadviezen)? (vraag 1)	9
3.2	Zijn er grenswaarden aan te geven ten aanzien van de piek -grondversnelling, waaronder voor bepaalde gebouwtypen zeker geen of alleen bepaalde typen versterking meer nodig zijn? (vraag 2).....	11
3.3	Welke impact is te verwachten bij verdere ontwikkeling van de NPR in zijn algemeenheid op de soort versterkingsmaatregelen? (vraag 3).....	12
3.4	Hoe verhoudt de uitkomst van bovenstaande vragen en het gebruik van de NPR zich tot de uitkomsten van de risicoanalyses en hoe kunnen eventuele verschillen worden verklaard vanuit de NPR (risicoanalyse is bij andere partijen belegd)? (Vraag 4)	12
3.5	Welke andere type (tijdelijke) versterkingsmaatregelen zijn mogelijk gegeven de veranderende seismiciteit? (Vraag 5)	13
3.6	Wat betekent een andere orde grootte van versterkingsmaatregelen voor de snelheid van het gehele versterkingsproces? (Vraag 6)	13
3.7	Hoe kan, gezien het verwachte uitvoeringstempo van maatregelen, een balans worden gevonden tussen tijdelijke en permanente versterkingsmaatregelen? (Vraag 7)	14
4	Conclusies	16
5	Bijlagen.....	17
5.1	Nadere toelichting op beantwoording vragen 5 en 7.....	17
5.2	Visualisatie weerstand geanalyseerde woningtypen bij verschillende scenario's	24

1 Introductie

1.1 Algemeen

NEN heeft via de Mijnraad van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) een aantal vragen ontvangen, volgend uit de brief van de minister aan de Tweede Kamer, met kenmerk DGETM-EI / 18057375 - d.d. 29 maart 2018. NEN is gevraagd wat het effect van veranderende seismische dreiging — bij toepassing van de Nederlandse Praktijk Richtlijn (NPR) - betekent voor de uitkomst van berekeningen die met de NPR gemaakt worden, aangevuld met de vraag hoe deze uitkomst zich verhoudt tot de risicoanalyses.

Kernvragen hierbij zijn:

1. Wat betekent een toekomstig veranderende seismische dreiging voor de uitkomst van berekeningen die met de NPR gemaakt worden (bv. door analyses van versterkingsadviezen)?
2. Zijn er grenswaarden aan te geven ten aanzien van de Piek Grondversnelling, waaronder voor bepaalde bouwtypen zeker geen, of alleen nog bepaalde typen, versterking nodig zijn?
3. Welke impact is te verwachten bij verdere ontwikkeling van de NPR in zijn algemeenheid op de soort versterkingsmaatregelen?
4. Hoe verhoudt de uitkomst van bovenstaande vragen en het gebruik van de NPR zich tot de uitkomsten van de risicoanalyses en hoe kunnen eventuele verschillen worden verklaard vanuit de NPR (risicoanalyse is bij andere partijen belegd)?
5. Welke andere typen (tijdelijke) versterkingsmaatregelen zijn mogelijk gegeven de veranderende seismiciteit?
6. Wat betekent een andere orde-grootte van versterkingsmaatregelen voor de snelheid van het gehele versterkingsproces?
7. Hoe kan, gezien het verwachte uitvoeringstempo van maatregelen, een balans worden gevonden tussen tijdelijke en permanente versterkingsmaatregelen?

1.2 Toelichting op doel en inhoud van de NPR

In Noord-Nederland komen aardbevingen voor die ontstaan ten gevolge van het inklinken van de grond op relatief geringe diepte onder het aardoppervlak, met als oorzaak de winning van gas uit het Groninger gasveld. Deze zogenoemde 'geïnduceerde' aardbevingen onderscheiden zich van de in de wereld veel voorkomende en algemeen bekende 'tektonische' aardbevingen, die optreden als gevolg van grondbewegingen in de diepe aardkorst.

De Nederlandse praktijkrichtlijn, NPR 9998 *Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen*, geeft richtlijnen om te beoordelen of:

- a) nieuw te bouwen gebouwen voldoende aardbevingsbestendig zijn,
- b) bestaande gebouwen voldoende aardbevingsbestendig zijn, en
- c) bestaande gebouwen na versterking voldoende aardbevingsbestendig zijn.

Daarbij wordt zowel gekeken naar de instorting van het gehele gebouw als het bezwijken van individuele constructieve elementen, waarbij mede de fundering in beschouwing wordt genomen.

Bij het vaststellen van het niveau van veiligheid is aangesloten bij het niveau dat voor andere belastingen, betrokken op de menselijke veiligheid, in de publiekrechtelijke regelgeving (Woningwet en Besluit Omgevingsrecht) is verankerd.

Oplossingen die voldoen aan NPR 9998 voldoen dus aan de betrouwbaarheidseisen als beschreven in NEN-EN 1990 voor nieuw te bouwen bouwconstructies voor gebouwen en in NEN 8700 voor bestaande en te verbouwen bouwconstructies voor gebouwen, betrokken op het aspect menselijke veiligheid. Ook andere methoden kunnen, mits adequaat gemotiveerd, leiden tot het voldoen aan hetzelfde betrouwbaarheidsniveau (gelijkwaardigheidsprincipe).

NPR 9998 gaat uitsluitend over constructieve veiligheidsaspecten. Scheurvorming (schade) als gevolg van aardbevingsbelastingen kan ondanks gebruikmaking van deze NPR optreden. Scheurvorming kan een rol spelen bij de bepaling van de respons tegen aardbevingsbelastingen.

De NPR geeft verschillende methoden voor de constructieve beoordeling van een gebouw, waarbij de optredende aardbevingsbelastingen worden vergeleken ten opzichte van de sterkte eigenschappen van het te beoordelen gebouw. De NPR geeft parameters die gebruikt kunnen worden voor de bepaling van de optredende aardbevingsbelastingen op een specifieke locatie, zoals die op het moment van publiceren bekend waren. De NPR staat toe uit te gaan van de materiaaleigenschappen zoals die 'in-situ' voorkomen in het te analyseren gebouw. Als deze niet bekend zijn, worden daarvoor te gebruiken waarden gegeven.

2 Aanpak

2.1 Uitgangspunten en doel

Op dit moment wordt voor de uitvoering van de versterkingsoperatie en -inspecties zowel gebruik gemaakt van NPR 9998: 2015 als van NPR 9998:2017. In het najaar van 2018 zal naar alle waarschijnlijkheid NPR 9998:2018 worden gepubliceerd.

De NPR beschrijft methoden om de seismische weerstand van een gebouw te bepalen en deze te vergelijken met de aardbevingsbelastingen. Daarbij geldt dat, rekening houdend met het beoogde veiligheidsniveau de seismische weerstand van een gebouw groter dan of gelijk moet zijn aan de aardbevingsbelastingen om instorten van dat gebouw te voorkomen. In alle gepubliceerde versies van de NPR is gebruikgemaakt van seismische gegevens van dat moment onder de aanname dat de gasproductie in Groningen op dat niveau zou worden gecontinueerd. Afbouw of stopzetten van de gasproductie leidt tot andere aardbevingsbelastingen en daarmee tot een verandering in een deel van de aannames die ten grondslag liggen aan de verschillende versies van de NPR.

Doel van deze studie is het verkrijgen van inzicht in de impact van de nieuwe NPR en de veranderende belasting op de versterkingsopgave. Centraal staat beantwoording van de 7 kernvragen met een goede duiding op basis van de resultaten die volgen uit de hierna beschreven onderdelen.

Uitgangsdokument

NPR 9998:2015 *Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen*, NEN, Delft, 2015

NPR 9998:2017 Ontw. *Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen*, NEN, Delft, 2017

NPR 9998:2018 *Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen*, NEN, Delft, publicatie in voorbereiding

2.2 Organisatie en teamsamenstelling

Het projectmanagement en secretariaatsvoering ligt bij NEN. Het project is als aparte ad-hoc groep georganiseerd, gebruikmakend van kennis en kunde van leden van de Werkgroep Aardbevingen van NEN, die verantwoordelijk is voor de oplevering van de NPR 9998. Het projectteam bestond uit:

- Joost Walraven (TUDelft/WCE)
- Raphaël Steenbergen / Jitse Pruiksmā / Ton Vrouwenvelder / Marcel van Vliet (TNO)
- Rudi Roijakkers (BORG)
- Maurice Hermens (VIIA)
- Martin Damen (RIGO)
- Mark Lurvink / Arnoud Muizer (NEN)

2.3 Operationalisering aanpak

Voor het verkrijgen van inzicht in de impact van de nieuwe NPR en de veranderende belasting op de versterkingsopgave en voor beantwoording van de 7 kernvragen zijn de volgende stappen gezet:

1. Een selectie is gemaakt van verschillende typen huizen die als representatief kunnen worden beschouwd voor een grotere groep. Hierbij is het een voordeel indien deze typen al eerder onderwerp zijn geweest van analyses. Inmiddels zijn de resultaten van 5 typen bekend.
2. Deze typen zijn met Niet-Lineaire Push-Over (NLPO) programma's doorgerekend (bijvoorbeeld Tremuri en Slama).
3. Bij de analyse is gebruik gemaakt van de beschikbare gegevens ten aanzien van de aardbevingsbelastingen. Dit waren:
 - a) De belastingen zoals gegeven in de NPR van 2015;
 - b) De belastingen zoals gegeven in de webtool van de NPR 2017;
 - c) De belastingen voorzien bij gereduceerde gasproductie zoals gegeven door KNMI en beschikbaar gesteld in Juni 2018 in de modellen Mid-t1 – 2018~2020, Mid-t2 – 2020~2023 en Mid-t3 – 2023~2027.

Analyses zijn uitgevoerd op basis van de NPR versies 2015, 2017 en 2018 waarbij voor de laatste enig voorbehoud geldt omdat dit document zich nog in de afrondingsfase bevindt. Door deze wijze van analyseren wordt duidelijk welke invloed de ontwikkeling van de NPR, op grond van vermeerderde kennis, heeft op de versterkingsopgave.

2.4 Basis van de analyses

De berekeningen zijn uitgevoerd op een 7-tal typen. De gegevens van deze objecten zijn door NCG/CVW aangeleverd. Een aantal van de objecten (voornamelijk woningen) zijn getoetst in een gecombineerde Non-Lineair Push Over/Non-Lineair Kinematic Analysis (NLPO / NLKA) berekening. Voor alle berekeningen geldt dat de resultaten zijn afgezet tegen de verschillende aardbevingsbelasting scenario's en zijn uitgezet op de kaart van het aardbevingsgebied van

Groningen. De belangrijkste gegevens van de gebouwen die tot nu toe zijn geanalyseerd zijn weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1 – Beoordeelde objecten

Nr	Type	materiaal	bouwlagen	RHa typologie
I	CC1, rij	Metselwerk, betonnen verdiepingsvloer	2 bouwlagen + kap	URM4L
II	CC1, rij	Metselwerk, betonnen verdiepingsvloer	2 bouwlagen + kap	URM3L
III-A	CC1, twee onder één kap	Metselwerk, betonnen verdiepingsvloer	3 laagse kap tot op 1e verdieping	URM3L
III-B	CC1, twee onder één kap	Metselwerk, betonnen verdiepingsvloer	3 laagse kap tot op 1e verdieping	URM4L
IV	CC1, rij	Metselwerk, houten verdiepingsvloer	2 bouwlagen + kap, bergingen aan voorzijde	URM4L
V	CC1, vrijstaand, 'Boerderette'	Metselwerk, betonnen verdiepingsvloer	3 bouwlagen + hoge kap, torsiegevoelig	URM3L
VI	CC1, vrijstaand, karakteristiek	Metselwerk, houten verdiepingsvloer	1 bouwlaag + kap	URM6L

2.5 Scenario's

De capaciteitscurves (sterkte eigenschappen) zijn voor ieder woningtype in twee richtingen gecorreleerd aan de ADRS plots op alle locaties in het aardbevingsgebied. Dit is gedaan voor een aantal scenario's. Onderstaande tabel toont welke capaciteitscurves met welke responsespectra zijn getoetst.

Tabel 2 – Vergelijking capaciteitscurves en responspectra

Response spectrum	Capaciteitscurve		
	NPR 2015	NPR 2017	"NPR 2018"
2015	In-het-vlak	Uit-het-vlak	
2017		In- en uit-het-vlak	In-het-vlak
Mid-t1 – 2018~2020			In- en uit-het-vlak
Mid-t2 – 2020~2023			In- en uit-het-vlak
Mid-t3 – 2023~2027			In- en uit-het-vlak

OPMERKING In de NPR 2015 was de aardbevingsbelasting gegeven op 30 m diepte, met een herhalingsstijd van 475 jaar, welke met omrekenfactoren, waaronder k_{ag} , omgerekend werd naar de semi-probabilistische rekenwaarde voor de belasting op maaiveldniveau. Effectief resulteerde dit in een aardbevingsbelasting bij een herhalingsstijd van ca. 2475 jaar. In de NPR 2017 wordt direct gewerkt met een belasting op maaiveldniveau, waarbij voor de Near Collapse grenstoestand (relevant voor de menselijke veiligheid) gerekend wordt met een herhalingsstijd van 2475 jaar en een importantie factor

afhankelijk van de gevolgklasse van het gebouw, die met name wordt bepaald door het gebruik en het aantal gebruikers van het (type) gebouw.

2.6 Aannames, randvoorwaarden en opmerkingen bij de analyses

In de analyse zijn, gedurende het proces om tot beantwoording van de gestelde vragen te komen, verschillende aannames ten aanzien van de ontwikkeling van de NPR en de te analyseren objecten en de gehele populatie gemaakt. De belangrijkste uitgangspunten daarbij zijn beschreven.

3 Beantwoording van de gestelde vragen

3.1 Wat betekent een toekomstig veranderende seismische dreiging voor de uitkomst van berekeningen die met de NPR gemaakt worden (bv. door analyses van versterkingsadviezen)? (vraag 1)

Het effect van de veranderende seismische dreiging voor de uitkomst van berekeningen die met de NPR gemaakt worden vind haar oorzaak in twee ontwikkelingen. De eerste ontwikkeling betreft de veranderende seismische dreiging volgend uit nieuwe inzichten (ontwikkelingen Ground Motion Models). De tweede is een gevolg van de reductie van de gaswinning. Daarnaast neemt ook de kennis toe met betrekking tot berekeningsmethoden en sterkte eigenschappen, zoals bijvoorbeeld vastgelegd in de NPR.

Voor het effect van de reductie van de gaswinning wordt voor de beantwoording van deze vraag uitgegaan van de door KNMI op 07-06-2018 gepresenteerde scenario's. In overleg met de Mijnsraad is afgesproken uit te gaan van het scenario met gemiddelde winters. De door KNMI gepresenteerde kaarten beschrijven de piekgrondversnellingen in gridvlakken van ca. 600 bij 600 m, horende bij een herhalingsstijd van 475 jaar. In aanvulling daarop zijn ook de data met de spectrale versnellingen voor herhalingsstijden van 2475 jaar gegeven.

Vergelijking belasting NPR 2017 versus KNMI periode t1 en t3 op basis van de PGA

In periode t1 (periode van 3 jaar met 2019 in het midden) is de maximale piekgrondversnelling (peak ground acceleration, PGA) in het gebied 0,15g. In periode t3 (periode van 5 jaar met 2025 in het midden) is de maximale PGA in het gebied 0,12g. In de NPR 2017 webtool is de maximale PGA in het gebied met een herhalingsstijd van 475 jaar gelijk aan 0,24g.

Ten opzichte van de NPR2017 halveert de belasting dus grofweg in periode t3 (afwijkingen in de verhouding tussen de oude en de nieuwe 2475 jaar belastingen en afwijkingen in de verhouding tussen de oude en nieuwe belasting over het gehele gebied daargelaten). Al in de komende periode t1 is de reductie van de belasting iets meer dan 1/3.

De invloed op de versterkingsopgave is echter groter. Wanneer op de verschillende kaarten de contourlijnen die horen bij een bepaalde piekgrondversnelling worden vergeleken, dan nemen de oppervlaktes van die contourlijnen sterk af. De hoeveelheid te versterken gebouwen zal dus ook afnemen en kan zelfs meer reduceren dan de oppervlaktereductie als dichtbevolkte gebieden buiten de ondergrenzen van de toetsingscriteria vallen. Bovendien zullen de benodigde versterkingen voor de te versterken gebouwen beperkter zijn, omdat de belasting afneemt.

PGA versus spectrale verplaatsing

Voor de uitkomsten van de Niet-Lineaire Push-Over (NLPO) berekeningen is de spectrale verplaatsing echter veel belangrijker. De reductie in de spectrale verplaatsing verschilt significant over het gebied. Als de NPR 2017-webtool en de KNMI t3 waarden vergeleken worden voor de 2475 jaar herhalingsstijd, wordt gesignaleerd dat in Ten Boer de maximale spectrale verplaatsing iets meer dan halveert, terwijl in Delfzijl de reductie 40 % is.

Kijkend naar de contourlijn met maximale spectrale verplaatsing van 30 mm voor KNMI t3 en deze vergelijkend met de contourlijn met een maximale verplaatsing van 60 mm volgens NPR 2017 dan zien we een afwijkend beeld. De reductie van de spectrale verplaatsing over het gebied gezien reduceert significant minder dan wanneer naar de PGA zou worden gekeken.

Het oppervlak van het gebied met een maximale spectrale verplaatsing van bijvoorbeeld 20, 25, 30 of 35 mm wordt (voor t3) meer dan 50 % gereduceerd, en belangrijker nog, de gebieden met veel adressen zoals de stad Groningen, Hoogezand Sappemeer en afhankelijk van de waarde ook Delfzijl en eventueel Appingedam vallen buiten deze contourlijnen.

Afname aantal te versterken gebouwen

De noodzaak tot het uitvoeren van (ingrijpende) versterkingen neemt in de loop van de jaren af. Voor sommige woningtypen zal de dreiging op korte termijn (periode KNMI t1) verdwenen zijn, voor andere typen woningen duurt het iets langer (periode KNMI t3).

De grootste groep gebouwen betreft grondgebonden eengezinswoningen (CC1): rijtjeswoningen, 2-onder-1-kap, vrijstaande woningen. Voor die groep geldt dat in stappen de benodigde versterkingsmaatregelen zich als volgt ontwikkelen:

- In-het-vlak belaste wanden (wanden die als schijf werken bij een aardbevingsbelasting in dezelfde richting als deze wanden): het aantal benodigde versterkingen neemt aanzienlijk af.
- Samenhang en verbindingen: Daar waar onvoldoende samenhang bestaat tussen onderdelen van een gebouw, bijvoorbeeld door onvoldoende koppelingen zal dit naar verwachting ook in 2025 gelden.
- Uit-het-vlak belaste wanden (wanden die in trilling komen door een aardbevingsbelasting loodrecht op hun vlak): Ook rondom 2025 zijn naar verwachting nog voor veel objecten in het kerngebied versterkingen nodig indien NPR bijlage H gehanteerd wordt. Dit kan beperkt worden door het meerzijdig gesteund zijn van deze wanden in parameterstudies mee te nemen en waar nodig verstijvingsribben op naar schatting maximaal 2 tot 4 meter afstand aan te brengen. Lopend onderzoek, wat kan resulteren in een vernieuwing van bijlage H, zal naar verwachting voor veel situaties resulteren in minder conservatieve resultaten. Verwacht wordt dat dit het aantal benodigde versterkingen voor wanden die uit-het-vlak belast worden sterk zal reduceren.
- Verweking/fundering: de verwachting is dat met de nieuwe NPR 2018 en de aardbevingsbelastingen die volgen uit de gereduceerde gaswinning, zoals gegeven in de KNMI modellen t1, t2 en t3 er slechts sporadisch versterking vanwege verweking nodig zal zijn. Opgemerkt wordt dat de exacte NPR berekeningsmethode op dit moment nog wordt afgerond.
- Vallende objecten, 'High Risk Building Elements' HRBE's, ofwel zwakke onderdelen van gebouwen die bij een aardbeving kunnen losraken en naar beneden kunnen vallen, zoals slanke schoorstenen en vrijstaande borstweringen/balkonmuurtjes vooral boven in- en uitgangen (vluchtwegen) en in drukke publiek bezochte gebieden zijn voor een groot deel verwijderd of versterkt binnen een contour met een ontwerpgrondversnelling op basis van de NPR 2017 met bijhorende belastingen van ongeveer $a_{g,d} > 0,20 g$.
Ook niet-dragende binnenwanden en buitenbladen van gevels vallen in de categorie niet-seismische, constructieve elementen. Deze worden vooral uit-het-vlak gezien als zwak, beoordeeld op basis van de huidige NPR. Zie derde aandachtspunt uit deze lijst aangaande uit-het-vlak belaste wanden.

Gevoeligheid voor parameters en impact daarvan op de versterkingsopgave

Op dit moment wordt de laatste hand gelegd aan de nieuwe versie van de NPR (2018). De studies van de laatste weken wijzen erop dat de aantallen te versterken gebouwen op basis van de NPR heel gevoelig zijn voor de exacte invulling van de parameters in de berekeningen.

De reden daarvoor is het feit dat, zeker met de t1, t2 en t3 belastingen, steeds meer woningen in de buurt van het omslagpunt komen waarbij de weerstand groter of gelijk is aan de optredende belastingen.

Andere typen gebouwen dan woningen

In de gevolgklassen CC2 en CC3 bevinden zich veel gebouwen die in constructief opzicht overeenkomen met woningen, maar door hun functie zoals horeca of kantoor, onder gevolgklasse CC2 vallen. Daarnaast is er ook een grote groep afwijkende gebouwen, zoals ziekenhuizen, kantoren, scholen, hotels, etc. waarvan de conclusies kunnen afwijken van die getrokken voor de woningen.

Afnemen van de aardbevingsbelasting in de tijd

Gedurende de komende jaren zal, door het afnemen van het seismische risico de noodzaak tot versterken steeds kleiner worden. Daarbij zullen de versterkingsmaatregelen naar verwachting steeds minder ingrijpend van karakter worden.

Op dit moment is het helaas niet mogelijk gebleken om uitspraken te doen over de verwachting waar woningen die niet voldoen zich op de kaart bevinden. Wel is vastgesteld dat een bundeling van bronmateriaal nodig is om dit alsnog te kunnen doen. NEN kan hier op verzoek een concretiseringsslag in maken, maar heeft dan idealiter wel toegang nodig tot andere bronnen waaronder bijvoorbeeld de GESU-portal van Arup.

De versterkingsadviezen die tot op heden zijn gemaakt gingen er allemaal vanuit dat er een gedegen, zorgvuldige analyse gemaakt moest worden om tot een versterking te komen die ervoor zorgde dat de vereiste veiligheid volledig werd gehaald. Bij een dalende gasproductie daalt ook het risico in de tijd. Ook een versterking die in eerste instantie slechts gedeeltelijk het veiligheidsniveau verhoogt kan effectief zijn. Na verloop van tijd wordt in dat geval zeer waarschijnlijk ook het vereiste veiligheidsniveau gehaald.

Dit betekent dat het type van versterkingen en ook het type van berekeningen aangepast kan worden. Zoals ook uit de beantwoording van vraag 3 en 7 blijkt zien we de veiligheid van de totale voorraad woningen sneller toenemen als we meer generieke versterkingsmaatregelen snel kunnen uitvoeren.

3.2 Zijn er grenswaarden aan te geven ten aanzien van de piek - grondversnelling, waaronder voor bepaalde bouwtypen zeker geen of alleen bepaalde typen versterking meer nodig zijn? (vraag 2)

Het is mogelijk globale grenswaarden ten aanzien van de piekgrondversnelling aan te geven waaronder voor bepaalde bouwtypen zeker geen of alleen bepaalde typen versterkingen nodig zijn (de NPR geeft aan in zowel de 2015 als de 2017 versie dat bij een PGA onder 0,05 g bij een herhalingsperiode van 475 jaar geen beoordeling op constructieve veiligheid nodig is). Hierbij moet wel worden bedacht dat binnen typologieën nog een aanzienlijke variatie in eigenschappen kan optreden vanwege verschillen in ruimtelijke indeling van woningen en de positie van deuren en ramen. Het aangeven van grenzen voor de PGA is daarom enigszins speculatief.

Wel kan worden aangegeven welke categorieën woningen het meest kwetsbaar zijn en daarom bij de versterkingsopgave prioriteit moeten krijgen. Voor een dergelijke categorie kan worden aangegeven welke versterkingsmaatregelen het meest efficiënt zijn in combinatie met

een zo beperkt mogelijke overlast voor de bewoners. De versterkingsopgave moet dan bij voorkeur worden gestart in de gebieden met de hoogste PGA, waarbij gewerkt wordt in de richting van gebieden met een lagere PGA.

Opgemerkt wordt wel dat bij de bepaling van de noodzaak tot versterken het gebruik van grenswaarden aan de piekgrondversnelling niet altijd de beste methode voor het vaststellen van het seismische risico is, aangezien in de waarde van de piekgrondversnelling niet de invloed van het responspectrum verdisconteerd is. Als goede optie kan daarom ook worden uitgegaan van grenswaarden op basis van de spectrale verplaatsing.

Met name voor de meer symmetrische woningen met een regelmatige plattegrond en opbouw zou op basis van typologische kenmerken een grenswaarde voor een veilige maximale spectrale verplaatsing kunnen worden vastgesteld.

Voor de beantwoording van deze vraag kon slechts een beperkt aantal woningtypen in de beschouwing worden meegenomen. Nadere studie dient uitgevoerd te worden om in bredere zin conclusies te kunnen trekken.

3.3 Welke impact is te verwachten bij verdere ontwikkeling van de NPR in zijn algemeenheid op de soort versterkingsmaatregelen? (vraag 3)

Verwacht wordt dat een verdere ontwikkeling van de NPR een positieve invloed zal hebben op het verminderen van conservatisme. Daarmee kan de noodzaak voor het toepassen van bepaalde versterkingsmaatregelen afnemen.

De soort van versterkingsmaatregelen zal veranderen naar meer generieke, minder ingrijpende maatregelen. De meest ingrijpende maatregelen zullen in aantal afnemen.

Zoals in recent uitgevoerde analyses naar voren is gekomen, is de impact van sommige parameters op de constructieve veiligheid groot. Zo is het afschuifdraagvermogen van metselwerkpenanten sterk bepalend voor het al dan niet voldoen aan de benodigde sterkte eigenschappen van de seismische weerstand van de constructie.

Met name met betrekking tot de seismische weerstand van wanden die uit-het-vlak worden belast is nog een ontwikkeling te verwachten. Onder punt 3.1 werd al gewezen op lopende ontwikkelingen die kunnen resulteren in vermindering van conservatisme in bijlage H van de NPR. Daarmee zal het aantal gebouwen met te versterken uit-het-vlak belaste wanden worden gereduceerd.

3.4 Hoe verhoudt de uitkomst van bovenstaande vragen en het gebruik van de NPR zich tot de uitkomsten van de risicoanalyses en hoe kunnen eventuele verschillen worden verklaard vanuit de NPR (risicoanalyse is bij andere partijen belegd)? (Vraag 4)

Deze vraag wordt door TNO beantwoord (zie rapportage zoals door TNO opgestuurd naar de Mijraad voor de beantwoording van Vraag 2 door TNO). In dat document wordt ingegaan op het verschil tussen een volledig probabilistische risicoanalyse en een praktijkbeveling zoals de NPR.

Op dit moment lijken de probabilistische risico analyses veelal gunstiger resultaten te laten zien dan volgt uit de berekeningen van de NPR. Bij een volledig probabilistische risicoanalyse wordt uitgegaan van de best denkbare schattingen van alle grootheden en hun variatie. Een

praktijkaanbeveling, zoals de NPR, moet voor de ingenieurs die deze aanbeveling gebruiken, praktisch toegankelijk en hanteerbaar zijn. De NPR is daarom gebaseerd op een semi-probabilistische aanpak, die gepaard gaat met vereenvoudigingen en wat grotere veiligheidsmarges.

Een ingenieur die in de beroepspraktijk de NPR gebruikt, zal hierbij keuzes moeten maken. Dit betreft keuzes ten aanzien van onzekerheden. Hierbij is het voor hem vaak niet duidelijk welke onzekerheden al impliciet in de norm zijn meegenomen en welke onzekerheden hij zelf in de berekening moet kwantificeren. Daarnaast moeten de gemaakte keuzes naar de gebruiker of eigenaar van het gebouw verantwoord worden. Hierdoor kunnen conservatieve keuzes zich opstapelen, wat kan resulteren in conservatieve uitkomsten in vergelijking met een volledig probabilistische risicobenadering. Daarentegen kan de ingenieur bij toepassing van de NPR een veel nauwkeuriger en zorgvuldiger beeld geven van een gebouw, waarbij rekening kan worden gehouden met de daadwerkelijke situatie ter plaatse. Een voorbeeld hiervan betreft het meenemen van het effect van verbouwingen en andere aanpassingen aan het gebouw. Een volledig probabilistische aanpak kan dit niet.

Bedacht moet worden dat berekeningen met de meest geavanceerde methoden, zoals de Non-Linear Time-History Analysis, ten aanzien van de nauwkeurigheid van de resultaten sterk afhankelijk zijn van de kwaliteit van de invoerwaarden en de mate waarin deze methoden zijn gekalibreerd aan representatieve resultaten van experimenten. Verwacht wordt dat door verdere verbeteringen de rekenregels in de NPR en de resultaten van de meest geavanceerde berekeningen in de toekomst dichter bij elkaar komen te liggen.

Het is wel van groot belang dat de uitkomsten van de NPR in lijn komen met de uitkomsten van de risico analyse om daarmee consistentie in beleid en verwachtingen te krijgen. Wanneer de uitkomsten tussen risico analyse en NPR in de verwachte aantallen te versterken gebouwen significant verschillen kan een 'mismatch' ontstaan tussen praktische zaken zoals de benodigde arbeid, capaciteit en doorlooptijd om tot het gewenste veiligheidsniveau te komen en de beeldvorming daarover bij alle betrokken partijen.

3.5 Welke andere type (tijdelijke) versterkingsmaatregelen zijn mogelijk gegeven de veranderende seismiciteit? (Vraag 5)

Zie beantwoording Vraag 7.

3.6 Wat betekent een andere orde grootte van versterkingsmaatregelen voor de snelheid van het gehele versterkingsproces? (Vraag 6)

Het aantal te versterken objecten neemt met de afnemende aardbevingsbelastingen als gevolg van het reduceren van de gasproductie in de tijd gezien af. Daarmee kan de afweging worden gemaakt of het uitvoeren van bepaalde versterkingsmaatregelen niet door de tijd achterhaald wordt.

De te nemen maatregelen zullen in de tijd gezien met de afnemende seismische dreiging in veel gevallen minder ingrijpend van omvang zijn. Op politiek niveau zal een keuze gemaakt moeten worden hoe de versterkingsoperatie wordt doorgevoerd. Mogelijke scenario's zijn:

- a. het kerngebied prioriteren: van 'binnen' naar 'buiten' werken
- b. risico-georiënteerde aanpak: op typologie prioriteren
- c. snellere aanpak: generiek boven specifiek

Daarnaast zal een keuze gemaakt moeten worden voor welke aardbevingsbelasting versterkt zal moeten worden. Op basis daarvan volgt dan een orde grootte aan versterkingsmaatregelen en een doorlooptijd om dit te kunnen realiseren.

Het aantal en soort te nemen versterkingsmaatregelen zijn niet de enige parameters voor de vaststelling van de snelheid van het versterkingsproces. De tijd en zorgvuldigheid waarmee men tot een afweging van het betreffende risico moet komen worden steeds belangrijker.

Zeker nu het risico in de tijd daalt kunnen andere keuzes ten aanzien van het versterken worden gemaakt, zie daarvoor het antwoord op vraag 1 (zie 3.1 van deze tekst). Wanneer voor elk gebouw specifieke analyses voor de toetsing van de constructieve veiligheid worden uitgevoerd, dan zijn de risico's per woning goed beheersbaar, maar de capaciteit om dit binnen de gegeven tijd tot uitvoering te kunnen brengen kan 'achterlopen' op het dalend seismisch risico en te laat komen om nog efficiënt en effectief te zijn. Een snellere aanpak waarbij gekeken wordt naar minder ingrijpende en generieke maatregelen ligt meer voor de hand. Ook al wordt hiermee niet direct een gehele versterking tot veiligheidsniveau per woning gerealiseerd.

3.7 Hoe kan, gezien het verwachte uitvoeringstempo van maatregelen, een balans worden gevonden tussen tijdelijke en permanente versterkingsmaatregelen? (Vraag 7)

Deze vraag komt overeen met Vraag 3 van TNO. Vragen 5 en 7 zijn door NEN mede op basis van input van TNO beantwoord (zie 5.1 voor de nadere toelichting). In deze paragraaf zijn de belangrijkste conclusies opgenomen.

Of gekozen wordt voor permanente of tijdelijke maatregelen lijkt door de sterk gereduceerde omvang van de gehele operatie vanuit kostenoverwegingen minder belangrijk. De belangrijkste reden om een tijdelijke maatregel te overwegen is de kortere realisatieduur en mogelijk geringere overlast. De voorkeur van de bewoner kan hierbij een rol spelen.

Een vraag is nog of tijdelijk versterken, in plaats van permanent versterken, zinvol is. De optie "tijdelijk" versterken kan worden ingegeven door de behoefte:

- het uiterlijk van de woning niet permanent ingrijpend door een versterkingsmaatregel te verstoren. Als de seismische dreiging voldoende is gereduceerd kan de tijdelijke maatregel ongedaan worden gemaakt.
- de overlast van de versterkingsoperatie voor de bewoners te minimaliseren;
- de kosten te verlagen.

Hierbij moet bedacht worden dat er ook "permanente", minder ingrijpende maatregelen zijn die aan bovenstaande criteria voldoen en die een effectieve werking hebben. Hierbij kan men denken aan:

- het koppelen van spouwbladen door middel van buitenaf aan te brengen renovatie-spouwankers;
- het eventueel vullen van de spouw met een geschikt vulmateriaal (ook in bouwfysisch opzicht);
- het infrezen van wapening in metselwerk wanden en het koppelen van wanden onderling of aan bovengelegen vloeren;
- het vastzetten van niet-constructieve onderdelen van woningen, of
- het versterken van uit-het-vlak belaste wanden door het aanbrengen van ribben op een beperkte afstand van elkaar.

Gezien de afname van het risico ligt een generieke en efficiënte aanpak met minder ingrijpende maatregelen waarmee op korte termijn meer woningen kunnen worden bereikt, meer voor de hand dan “tijdelijke” maatregelen.

Gezien het feit dat steeds meer woningen in de buurt van het acceptabele risico zitten (afhankelijk van de nog definitief vast te stellen laatste parameters in de NPR 2018), kunnen eenvoudig aan te brengen maatregelen zoals hierboven beschreven, mits goed gekozen op basis van de zwaktes van de gebouwen, heel effectief zijn om het risico te verminderen, waardoor deze op termijn op het gewenste veiligheidsniveau komen.

4 Conclusies

De afname van de belasting is aanzienlijk. Veel gebouwen zullen geen versterking meer nodig hebben. Het deel dat bij aardbevingsbelastingen volgens model t3 overblijft zit dicht bij het gewenste veiligheidsniveau.

Kort samengevat is een versterkingsoperatie het meest efficiënt en zinvol als op korte termijn een grote groep risicovolle woningen wordt aangepakt in de gebieden met de zwaarste seismische dreiging en met generieke maatregelen. Echter, hoe langer met de aanpak van dit soort woningen wordt gewacht, hoe minder zinvol deze operatie wordt, omdat de seismische dreiging tijdens de versterkingsperiode afneemt.

Gegeven de afnemende aardbevingsbelastingen kan, in plaats van het uitvoeren van een volledige gebouw specifieke constructieve analyse en versterkingsadvies, overwogen worden om minder ingrijpende maatregelen uit te voeren. Na het aanbrengen hiervan wordt mogelijk voor een specifiek gebouw niet direct voldaan aan het criterium van $IR \leq 10^{-5}$, maar hierdoor kan wel efficiënt voor grotere aantallen gebouwen een goede stap die kant op worden gemaakt en aldus het totale veiligheidsniveau in de regio worden verhoogd. Waar nodig geacht kan alsnog een gebouw specifieke constructieve analyse worden gemaakt.

5 Bijlagen

5.1 Nadere toelichting op beantwoording vragen 5 en 7

INLEIDING

Welke andere type (tijdelijke) versterkingsmaatregelen zijn mogelijk gegeven de veranderende seismiciteit? (Vraag 5)

Hoe kan, gezien het verwachte uitvoeringstempo van maatregelen, een balans worden gevonden tussen tijdelijke en permanente versterkingsmaatregelen? (Vraag 7)

De schattingen over de omvang van het versterkingsprogramma zijn tot nu toe voor een deel gebaseerd op NPR 2015. In de tussentijd is in 2017 een groene versie (concept) update geschreven die op korte termijn als NPR 2018 zal verschijnen. Dit document zal gebaseerd zijn op de laatste inzichten met betrekking tot de aardbevingsbelastingen (die daardoor substantieel lager uitvallen) en bevat ook verdere aanwijzingen voor een scherpere berekening.

Op dit moment speelt verder het besluit de gasproductie te verminderen waarmee ook de aardbevingsbelasting, beginnend met 2018, in de tijd verder zal afnemen. Door deze afname zullen sommige maatregelen lager uitvallen maar ook minder lang noodzakelijk zijn. De beoogde levensduur van een bouwkundige oplossing bij een gegeven belasting heeft echter slechts een beperkte invloed op de kosten. Wat eventueel voordelen kan bieden is dat bij een kortere periode een esthetisch minder verantwoorde en daardoor goedkopere en snellere oplossing gemakkelijker geaccepteerd kan worden.

OMVANG VAN DE VERSTERKINGSOPERATIE

Om de balans van tijdelijke en permanente maatregelen zinvol te kunnen overwegen is het doelmatig de omvang van de huidige versterkingsoperatie in het oog te houden.

Op basis van de NPR 2015 zijn in de loop van de tijd enkele schattingen gemaakt voor de omvang van de benodigde versterkingsoperatie. Als de woningen opnieuw worden beoordeeld met de belastingen en rekenmethoden volgens de per 1 september aanstaande in te voeren NPR 2018 is de schatting dat de omvang van de operatie zal afnemen.

Door de verlaging van de gasproductie zoals op dit moment in het voornemen ligt, daalt het aantal huizen dat niet voldoet aan de individueel risico norm van 10^{-5} al direct en ook nog verder als functie van de tijd.

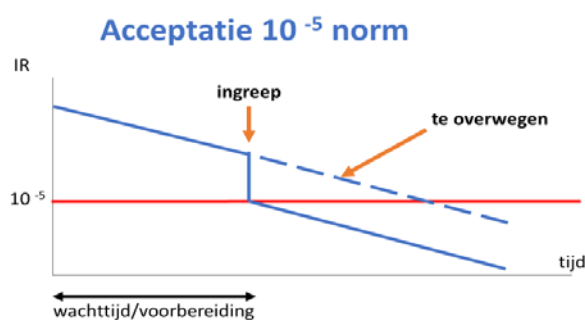
Door de afname van de belasting in de tijd zal op den duur ook zonder enige ingreep een situatie ontstaan waarbij alle gebouwen aan de norm voldoen. Dat geldt uiteraard niet voor alle gebouwen in een zelfde mate maar is afhankelijk van het tekort aan seismisch draagvermogen en dus ook van de locatie.

UITVOERING

Voorgaande maakt duidelijk dat de versterkingsoperatie met enige zorgvuldigheid gepland moet worden. Het voorbereiden en uitvoeren van een versterking kost enige tijd en het heeft niet veel zin een versterking voor te bereiden voor een woning die op het tijdstip van oplevering feitelijk geen versterking meer nodig heeft. Het is dus zaak de woningen met de laagste veiligheid het eerste aan te pakken, maar tevens rekening te houden met de vereiste

doorlooptijd. Om zoveel mogelijk woningen in een zo kort mogelijke tijd te kunnen versterken kan het beste worden begonnen met de rijtjeswoningen van bijvoorbeeld het type URM4L. Deze hebben onderling meer overeenkomst dan de losstaande woningen en boerderijen. Een enigszins seriematige behandeling is dan mogelijk en levert voordelen op.

Een strikte toepassing van het Individueel Risico (IR)-criterium houdt in dat dit moet gelden voor elk individueel jaar. Het maakt dan niet uit of een maatregel nodig is voor één jaar of voor 10 jaar. Men kan zich de vraag stellen of een ingrijpende en dure aanpassing die uiteindelijk maar voor een jaar of hooguit een paar jaar nodig is wel verantwoord is. Dit speelt vooral als we over enkele jaren het eindpunt van de versterkingsoperatie naderen. Te overwegen valt (zie figuur 1) of een middelingstijd van bijvoorbeeld 3 of 5 jaar kan worden toegepast. Merk op dat dit in feite nu ook al gebeurt (en eigenlijk in sterkere mate) met de toepassing van de gemiddelde KNMI-belasting voor de tijdvakken t1, t2 en t3. Ook bij andere toepassingen van een dergelijke norm ziet men dit wel.



Figuur 1: Te overwegen (niet noodzakelijke) tijdelijke overschrijding van de norm.

In dit verband is het zinvol erop te wijzen dat in eerder uitgebrachte adviezen (Cie Haenen, Cie Meijdam) is aangegeven dat het om praktische redenen enige tijd kost voor de 10^{-5} voor alle inwoners is bereikt. Dit werd acceptabel geacht zolang met voortvarendheid aan de verbetering van die situatie zou worden gewerkt en deze situatie niet te lang zou duren; overschrijding van de waarde 10^{-4} werd wel zeer onwenselijk geacht en zou op zeer korte termijn moeten worden verbeterd. Aangenomen wordt dat dat inmiddels is gebeurd.

Bij dit alles moet worden bedacht dat door het verminderen van de gasproductie niet alleen het aantal woningen met een te lage veiligheid afneemt, maar ook de mate waarin. Zeker in het tweede of derde jaar is het veiligheidstekort minder dan bij een niet gereduceerde gasproductie. De maatregelen, ook bij een onverkort handhaven van de veiligheidsnorm, kunnen daarom in veel gevallen minder ingrijpend worden hetgeen ook weer de snelheid ten goede komt.

(TIJDELIJKE) MAATREGELEN

Tijdelijke maatregelen als noodmaatregel, totdat permanente maatregelen zijn genomen

Tijdelijke maatregelen in het Groningse aardbevingsgebied zijn tot nu toe genomen in geval van urgentie, met name als het de al dan niet berekende schatting van het Individueel Risico hoger uitviel dan 10^{-4} . Een dergelijke mate van onveiligheid werd ook voor een korte periode niet acceptabel geacht. De bedoeling was altijd deze tijdelijke maatregel op den duur te vervangen door een permanente. Vaak ging het om beschadigde gebouwen waarbij ook werd getwijfeld aan de mate van veiligheid zonder het bestaan van aardbevingen. De maatregelen

beoogden vaak niet het bereiken van het strenge (uiteindelijke) 10^{-5} criterium, maar eerder van het minimale 10^{-4} criterium.

Tijdelijke maatregelen als overbrugging van een tijdelijke periode van onveiligheid

Door de voorgenomen vermindering van de gaswinning kunnen tijdelijke maatregelen nu ook eventueel anders worden ingezet, namelijk als overbrugging. Na verloop van tijd zullen alle woningen die voldoen aan het Bouwbesluit ook voldoende veiligheid bezitten ten aanzien van de “na-winningsse” aardbevingen en zijn überhaupt geen permanente maatregelen meer nodig. In feite zouden alle maatregelen vanaf nu een tijdelijk karakter kunnen hebben. Tijdelijk wil in dit verband zeggen dat de voorziening na enige tijd niet meer nodig is en wordt verwijderd. De vraag is of en in welke mate dit voordelen biedt.

Redenen voor overwegen tijdelijke maatregelen in plaats van permanente

Indien de seismische dreiging afneemt zoals eerder beschreven, zal het aardbevingsrisico in de loop van de tijd in alle gevallen ook zonder maatregelen (weer) onder het vereiste niveau komen. In die zin is de noodzaak voor de maatregelen in alle gevallen slechts tijdelijk van aard. Het is daarom te overwegen om tijdelijke maatregelen toe te passen in de betekenis dat deze ten opzichte van permanente maatregelen voordelen zouden moeten hebben, te denken aan: eenvoudiger/sneller aan te brengen, minder impact op de bewoners, eenvoudig weer te verwijderen na verdwijnen noodzaak, lagere kosten. Vanuit de praktijk worden er echter weinig mogelijkheden gezien, waarin tijdelijke maatregelen de eerder genoemde voordelen daadwerkelijk invullen.

Tijdelijk ander gebruik

Tijdelijke maatregelen kunnen bestaan uit een tijdelijk ander gebruik van het bouwwerk. In veel gevallen zal dat neerkomen op het tijdelijk niet gebruiken voor de functie waarvoor het gebouw bestemd was. Bij opslag kan men zware apparatuur of andere belastingen verwijderen. Woongebouwen kan men tijdelijk niet gebruiken of een andere bestemming geven.

Tijdelijke bouwkundige maatregelen

Bij tijdelijke maatregelen in bouwkundige zin moet men vooral denken aan versterkingen die grotendeels zichtbaar aan de buitenzijde van het gebouw worden aangebracht. Dit kunnen bijvoorbeeld zijn:

- Houten of stalen stutten
- Bracings (kruisverbanden)
- Uitwendige frames
- Tyings (rondlopende banden, op de hoekpunten versterkt) (geven niet veel verbetering voor de IP-capaciteit)
- Voorspanning (symmetrisch per wand of vloer, dus deels binnen) (het is de vraag of deze maatregel haalbaar is)

In Nieuw Zeeland praat men in dit verband wel over een “exoskeletons”.

Tijdelijke maatregelen van dit type zijn vooral te overwegen bij de noodzaak tot een globale bouwkundige versterking omdat de In Plane capaciteit (IP) te kort schiet. Permanente maatregelen als het versterken van wanden en vloeren zijn meestal zeer ingrijpend. Bij met name een korte overbruggingsperiode zouden tijdelijke uitwendige maatregelen een oplossing kunnen bieden omdat ook de overlast voor de bewoner wordt verminderd. Deze uitwendige oplossingen kunnen slechts voor een beperkt aantal typen gebouwen soelaas bieden. Als de

woning ook aan de binnenzijde maatregelen vergt, dan ligt een integrale (niet tijdelijke) aanpak meer voor de hand.

Een van de voordelen van de tijdelijke maatregelen voor de IP situatie is de kostenbesparing. Gedacht kan worden aan een factor 2 tot 4. Een ander voordeel is de tijdwinst die geboekt kan worden waardoor de veiligheidsdoelen eerder worden bereikt. Aangetekend moet worden dat een deel van de kostenbesparing en tijdwinst te niet wordt gedaan door de benodigde extra engineering. Zorgvuldigheid is een vereiste omdat verkeerd uitgevoerde “versterkingen” een averechts effect kunnen hebben.

Versterking van wanden bij het tekort schieten van de weerstand uit-het-vlak kunnen veelal niet anders dan binnenshuis worden uitgevoerd. Tijdelijke maatregelen zullen hier niet kostenbesparend zijn, maar mogelijk wel tijdwinst opleveren. Dit laatste heeft te maken met de mogelijke seriematige aanpak van deze versterking. Men kan wel overwegen zodanig te werk te gaan dat het eventuele ruimtebeslag van deze maatregelen na verloop van tijd weer verminderd kan worden. Maar dan werkt de tijdelijke maatregel kostenverhogend.

Beperkingen in de mogelijkheden voor tijdelijke maatregelen

Uitwendig aan te brengen maatregelen zoals tyings en exoskeletons hebben bij de aanwezigheid van spouwmuren het nadeel dat de koppeling met de hoofddragconstructie (vloeren en dragende binnenbladen) niet eenvoudig te realiseren is (en deze koppelingen ook lastig te verwijderen zijn). Het realiseren van die koppeling zal in dergelijke gevallen gepaard gaan met het openmaken van de constructie van de buitenzijde.

Uitwendige stutten zoals nu reeds aangebracht zijn, zijn pragmatische oplossingen om urgente risico's weg te nemen. Ze zijn bij vrijstaande woningen weliswaar reeds toegepast, maar indien zij daadwerkelijk het risico naar 10^{-5} terug zouden moeten brengen zullen ze zwaarder uitgevoerd moeten worden en zal een goede grondslag of zelfs een nieuwe fundering noodzakelijk zijn. Voor rijtjeswoningen en méér laagse bouw geldt dat de te stutten massa bovendien nog groter is, waardoor dit nog sterker aan de orde is. Daarnaast zal de bijbehorende engineering complex zijn. Dit geldt ook voor exoskeletons.

Inwendig aanbrengen van tijdelijke maatregelen zoals kruisverbanden en/of stempelingen kunnen de functionaliteit van het gebouw significant verminderen. De esthetische aspecten van uitwendige stutten en exoskeletons behoeven wellicht geen nadere toelichting en vallen ook buiten het directe technisch kader.

Minder ingrijpende maatregelen

Door de verlaging van de seismische dreiging treedt er, binnen de algemene vermindering van de noodzaak voor versterkingen, een verschuiving op van meer ingrijpende maatregelen naar minder ingrijpende maatregelen. De noodzaak voor IP versterkingen (van wanden en vloeren/daken) wordt snel minder. De noodzaak voor verbetering van samenhang zal daar achteraanlopen. Denk daarbij aan goede verbindingen tussen vloeren en wanden, vastzetten van buitenbladen met nieuwe spouwankers, creëren van samenhang door tyings (inwendig dan wel uitwendig) en het beperkt versterken van vloerschijven.

Deze maatregelen brengen in de meeste gevallen veel minder impact met zich mee dan de grootschalige versterkingen van wanden, vloeren en funderingen die we de laatste jaren gezien hebben. Ook zal de snelheid waarmee ze uitgevoerd kunnen worden ruim groter zijn, juist vanwege die veel kleinere impact. Gezien het voorgaande is een aanpak mogelijk om praktische maatregelen toe te passen boven een bepaalde PGA waarde. Dit is zeker van belang voor woningen/gebouwen waar de aanwezige verbindingen/samenhang niet overeenkomen met die uit de laboratoriumproeven en 3D-FEM modellen, zodat de daaruit volgende resultaten aangehouden kunnen worden.

Uit-het-vlak belaste wanden

Voor de uit-het-vlak aardbevingsbestendigheid van wanden geldt, dat vooral de niet-dragende wanden getoetst op basis van de NPR uit 2017 (Bijlage H) aanleiding geven tot versterking: dit betreft een groot deel van de wanden van 100 mm en dikker. Optimalisatie van de methodiek (tweezijdige steun, te weten onder- en bovenzijde) die nu opgenomen is in de NPR, kan weliswaar verbetering brengen, maar dit zal slechts beperkt zijn indien de invloed van zijdelingse steunen (door aansluitende wanden) niet meegenomen wordt. Het verdient aanbeveling om verbeterde richtlijnen op te stellen gebaseerd op gevoeligheidsanalyses / parameterstudies om de invloed van zijdelingse steun op een praktische wijze mee te kunnen nemen. Denk hierbij aan een maximale afstand van de zijdelingse steunen waarbij de wand bij een bepaalde PGA nog voldoet. Er zijn verschillende manieren om deze parameterstudies of modellen op te zetten. Het voordeel van dergelijke praktische richtlijnen is dat bij afwezigheid van deze steunen de versterkingsmaatregel ook beperkt kan blijven tot het toevoegen van een dergelijke steun (denk aan een stalen verstijvingsrib) op de gegeven maximale afstand.

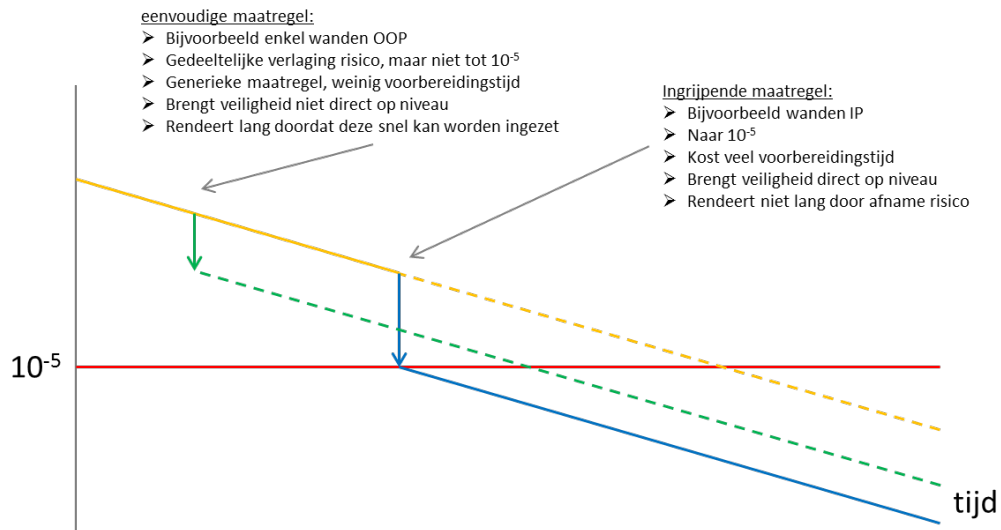
Tijdelijke pragmatische maatregelen met een grotere onzekerheid maar bijbehorende kleinere impact

Er ligt géén groot voordeel in het uitvoeren van tijdelijke maatregelen, als we ervan uitgaan dat deze maatregelen nét zo doeltreffend moeten zijn als definitieve maatregelen. Dat wil zeggen dat ze de woning per direct op een niveau van 10^{-5} moeten brengen. Dit betreft immers vaak al per definitie ingrijpende maatregelen, ongeacht of ze tijdelijk of permanent van aard zijn.

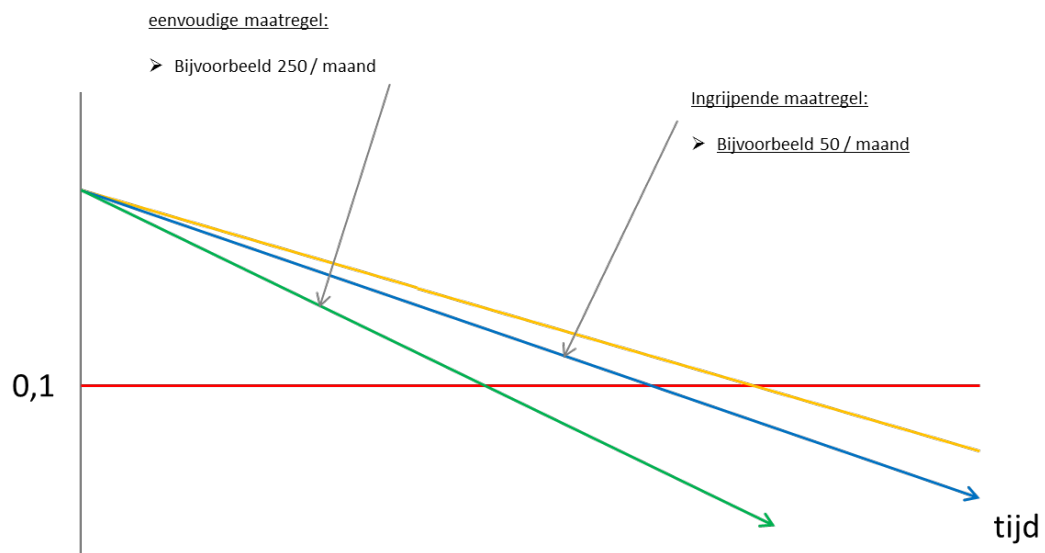
Er is wel een groot voordeel in het uitvoeren van beperkte maatregelen, waarbij we accepteren dat deze maatregelen niet persé als doel hebben het behalen van een 10^{-5} risico. Er zijn beperkte maatregelen die het veiligheidsniveau gedeeltelijk kunnen verbeteren (de tijd doet de rest). Met name de maatregelen die generiek toegepast kunnen worden, zonder per woning beschouwd te hoeven worden, kunnen snel een veiligheidswinst opleveren. De winst zit dan in de grote aantallen. Bijkomend voordeel is dat deze maatregelen sneller kunnen worden ingezet en hierdoor dus ook langer renderen.

Op individueel woningniveau duurt het langer voordat de veiligheid wordt gehaald, maar over de gehele opgave gaat het juist veel sneller omdat je meer woningen kunt aanpakken. Bij iedere aanpak geldt wel dat van binnen naar buiten gewerkt moet worden. Het prioriteren start bij de meest gevoelige woningen, waar een aanpak ook het langst rendeert.

IR / woning



IR / 10.000 woningen



CONCLUSIE

De versterkingsoperatie voor het Groninger gasveld is als gevolg van de technisch-wetenschappelijke ontwikkelingen in de afgelopen jaren sterk in omvang afgenomen. Als gevolg van de reductie en stopzetting van de gaswinning komt daar een verdere afname van de aantallen te versterken woningen bovenop en is er ook sprake van een tijdelijkheid van noodzakelijke versterking en van eventueel onvoldoende veilige situaties. Naast de afname van de aantallen te versterken woningen zal er een verschuiving optreden naar minder ingrijpende versterkingsmaatregelen.

Versterken moet daarom vooral gericht worden op een bij voorkeur grote, efficiënt en op korte termijn aan te pakken groep woningen. Dit zouden bijvoorbeeld de URM4L type woningen in het centrale seismisch actieve gebied kunnen zijn.

Of gekozen wordt voor permanente of tijdelijke maatregelen lijkt door de sterk gereduceerde omvang van de gehele operatie vanuit kostenoverwegingen minder belangrijk. Van meer belang lijken de mogelijke versnelling van de operatie (maar ook dat is nog een vraagteken gezien de benodigde extra voorbereiding) en vooral de mogelijk per saldo kleinere overlast voor de bewoners. Qua terminologie past hier de duiding ingrijpende vs. minder ingrijpende maatregel beter bij.

De tijdelijke maatregel is een optie die altijd moet worden overwogen. De keuze is een kwestie van maatwerk. Bij een lange overbruggingsperiode en een klein prijsverschil kiest men vermoedelijk voor de permanente oplossing en omgekeerd bij een korte periode en een groot prijsverschil uiteraard voor de tijdelijke. De tussenliggende gevallen zijn lastiger vanuit een algemeen gezichtspunt te benaderen.

Gezien de afname van het risico ligt echter een generieke en efficiënte aanpak waarmee op korte termijn meer woningen kunnen worden bereikt, meer voor de hand.

5.2 Visualisatie weerstand geanalyseerde woningtypen bij verschillende scenario's

Om een beeld te krijgen hoe de versterkingsopgave zich zou kunnen ontwikkelen gegeven de verwachte afnemende aardbevingsbelastingen en ontwikkelende NPR is een (beperkte) studie uitgevoerd. Hierbij is de sterkte van enkele gebouwen, uitgaande van verschillende versies van de NPR, door middel van NLPO/NLKA analyses uitgezet tegen de verschillende (afnemende) aardbevingsbelastingen, zoals gegeven in 2.3. Dit is weergegeven op kaarten.

In de kaarten is met een groene kleur aangegeven dat het onderzochte woningtype zou kunnen voldoen wanneer dit type op die betreffende locatie aanwezig zou zijn. Met rood wordt aangegeven dat het onderzochte woningtype mogelijk niet zou kunnen voldoen op die betreffende locatie.

Het is op dit moment niet mogelijk gebleken om deze types te koppelen aan 'echte' woningen. Daarmee is het ook nog niet mogelijk gebleken om uitspraken te doen over de verwachting waar 'echte' woningen die niet voldoen zich op de kaart bevinden. Wel is vastgesteld dat een bundeling van bronmateriaal nodig is om dit alsnog te kunnen doen. NEN kan hier op verzoek een concretiseringslag in maken, maar heeft dan idealiter wel toegang nodig tot andere bronnen waaronder bijvoorbeeld de GESU-portal van Arup.


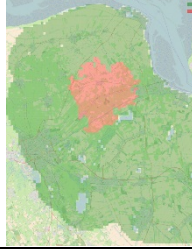
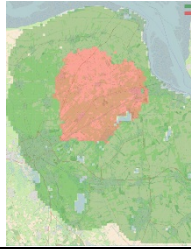
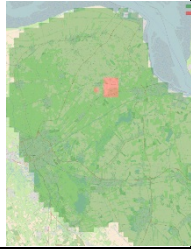
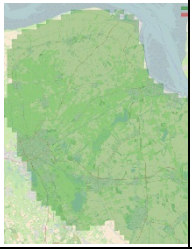
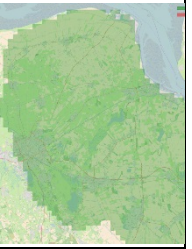
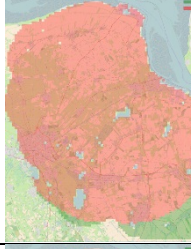
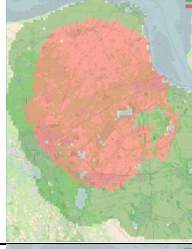
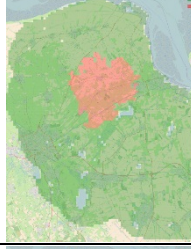

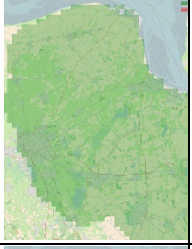
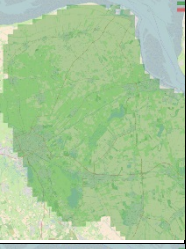
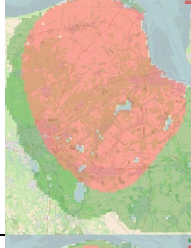
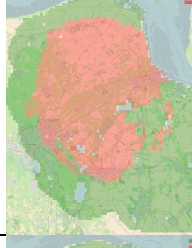
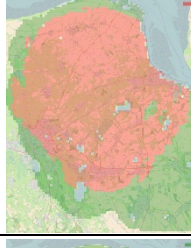
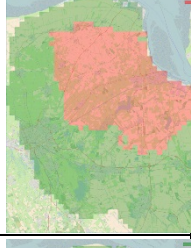
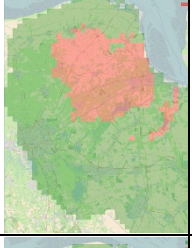
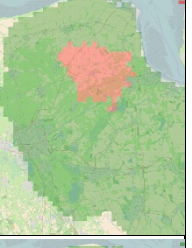
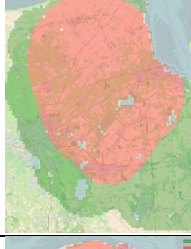
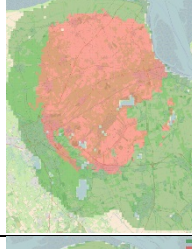
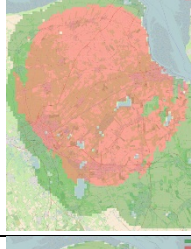
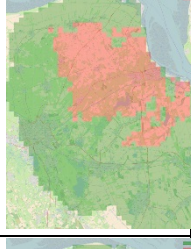
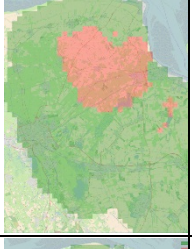
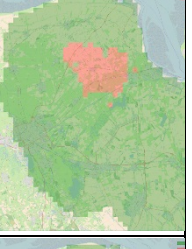
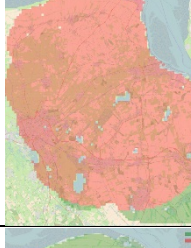


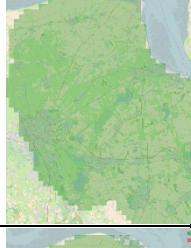

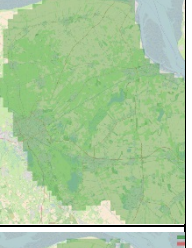

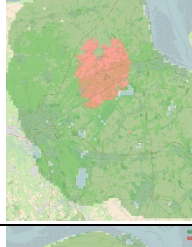
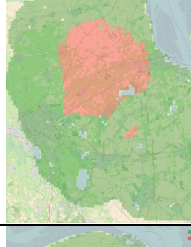
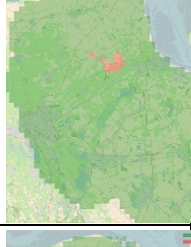
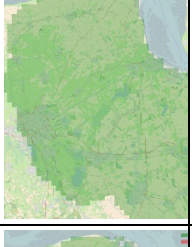
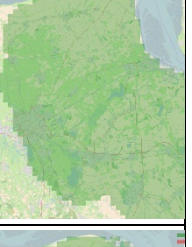
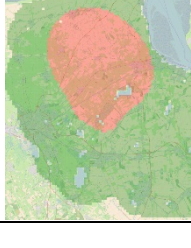


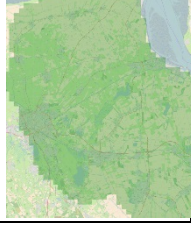
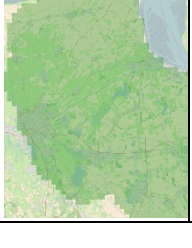
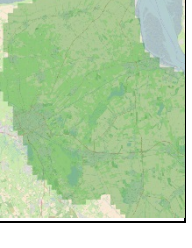
Daarnaast is de NPR 2018 nog niet voltooid. Er zijn nog enkele onderwerpen die op dit moment ter discussie staan. De belangrijkste hiervan (in dit kader) betreffen de capaciteit van gemetselde wanden op 'diagonal tension', de 'capaciteit van wanden uit-het-vlak belast' en de torsiegevoeligheid.

Daarmee bevatten de figuren onzekerheden en worden nader beschouwd om deze onzekerheden te verkleinen. Ze kunnen slechts als een indicatie worden beschouwd van het kleiner wordende gebied waar mogelijk gebouwen staan die (nog) niet voldoen aan de gewenste veiligheidsdoelstellingen.

In tabellen 3 tot en met 5 worden de samenvattingen gegeven van de resultaten. Daarbij zij opgemerkt:

- In tabel 3 staan de resultaten van de wanden in-het-vlak belast, waarbij 'rocking' maatgevend is. Dit is vooralsnog de meest gunstige situatie. Zoals opgemerkt vindt er nog overleg plaats over de capaciteit van wanden op 'diagonal tension'.
- In tabel 4 staan de resultaten van de wanden in-het-vlak belast, waarbij het meest negatieve scenario van 'diagonal tension' wordt gevolgd. Dit heeft met name voor enkele "stijvere woningen" een negatief effect. Het is de verwachting dat het onderzoek naar 'diagonal tension' op korte termijn wordt afgerond. De verschillen tussen de tabellen 3 en 4 geven aan dat de parameter 'diagonal tension' een gevoelige is.
- In tabel 5 staan de resultaten van de wanden uit-het-vlak belast. Dit onderdeel staat nog ter discussie. De huidige inzichten dateren van de NPR uit 2017. Het is de verwachting dat na verder onderzoek de resultaten iets zullen verbeteren ten opzichte van de hier getoonde kaarten. De afronding van de studie naar de wanden uit-het-vlak wordt in het najaar verwacht.
- Er is ook een torsiegevoelig gebouw opgenomen, dit betreft gebouw V. De kaart bij gebouw V geeft een bovengrens van de veiligheid van het betreffende woningtype. Er kan echter met de nu toegepaste 2-D NLPO-berekening onvoldoende rekening worden gehouden met specifieke torsiegevoeligheden. Bij torsiegevoelige gebouwen kan de kaart slechts als een indicatie voor de bovengrens van de weerstand worden gebruikt.

Tabel 3 - wanden in het vlak belast, "rocking" prevaleert

NPR		2015	2017	2018	2018	2018	2018
Hazard		2015	2017	2017	RGS-Mid-t1	RGS-Mid-t2	RGS-Mid-t3
I	Rij, 2 verd. URM4L						
II	Rij, 2 verd. URM3L						
III - A	2/1k, 1 verd. URM3L						
III - B	2/1k, 1 verd. URM4L						
I V	2/1k, 1 verd. URM4L						
V	Vrij, 1 verd. Torsiegevoelig URM3L						
V I	Vrij, 1 verd. houten vloerschijf URM6L						

Tabel 4 - Wanden in het vlak belast, "diagonal tension" prevaleert

NPR		2015	2017	2018	2018	2018	2018
Hazard		2015	2017	2017	RGS-Mid-t1	RGS-Mid-t2	RGS-Mid-t3
I	Rij, 2 verd. URM4L						
II	Rij, 2 verd. URM3L						
III - A	2/1k, 1 verd. URM3L						
III - B	2/1k, 1 verd. URM4L						
I V	2/1k, 1 verd. URM4L						
V	Vrij, 1 verd. Torsiegevoelig URM3L						
V I	Vrij, 1 verd. houten vloerschijf URM6L						

Tabel 5 – Wanden uit het vlak belast

		Ta/T1 using elastic fundamental period of structure				
NPR		2018	2018	2018	2018	2018
Hazard		2015	2017	RGS-Mid-t1	RGS-Mid-t2	RGS-Mid-t3
I	Rij, 2 verd. URM4L					
II	Rij, 2 verd. URM3L					
III-A	2/1k, 1 verd. URM3L					
III-B	2/1k, 1 verd. URM4L					
IV	2/1k, 1 verd. URM4L					
V	Vrij, 1 verd. Torsiegevoelig URM3L					
VI	Vrij, 1 verd. houten vloerschijf URM6L					

(blanco)

Beantwoording motie 491 voorgesteld op 7 juni 2018

Aanvulling op

Effect van veranderende seismische dreiging bij toepassing van de Nederlandse Praktijk Richtlijn (NPR) 9998

28 juni 2018

NEN

Vlinderweg 6

2623 AX Delft

Postbus 2600 GB Delft

vragenNPR@nen.nl

www.nen.nl/aardbevingen

Disclaimer

Voor de beantwoording van de vragen geldt dat deze beantwoording naar eer en geweten en met de beschikbare middelen en beperkte doorlooptijd heeft plaatsgevonden. Aannames en gemaakte keuzen zijn zo goed mogelijk beschreven, de antwoorden op de vragen zijn zo goed mogelijk geduid.

Hoewel bij deze beantwoording van vragen de uiterste zorg is nagestreefd, kunnen fouten en onvolledigheden niet geheel worden uitgesloten. Het Nederlands Normalisatie-instituut en/of haar partners aanvaarden derhalve geen enkele aansprakelijkheid, ook niet voor directe of indirecte schade, ontstaan door of verband houdend met toepassing van door het Nederlands Normalisatie-instituut gegeven antwoorden op deze vragen.

Inhoud

1	Introductie	4
2	Aanpak	4
2.1	Uitgangspunten en doel.....	4
2.2	Organisatie en teamsamenstelling	5
3	Beantwoording van Motie 7 juni 2018	5
4	Conclusies	7

1 Introductie

NEN heeft via de Mijnraad van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) een aantal vragen ontvangen, volgend uit de brief van de minister aan de Tweede Kamer, met kenmerk DGETM-EI / 18057375 - d.d. 29 maart 2018. NEN is gevraagd wat het effect van veranderende seismische dreiging — bij toepassing van de Nederlandse Praktijk Richtlijn (NPR) - betekent voor de uitkomst van berekeningen die met de NPR gemaakt worden, aangevuld met de vraag hoe deze uitkomst zich verhoudt tot de risicoanalyses. De antwoorden hierop kunnen worden gevonden in een separaat document.

In motie 491 van het lid A. Mulder C.S. voorgesteld op 7 juni 2018, werd het volgende gevraagd:

[citaat]

De Kamer,

[...]

verzoekt de regering, de Mijnraad te vragen om in zijn advies specifieke aandacht te besteden aan de betekenis van de bevindingen voor de woningen die reeds zijn geïnspecteerd, maar waarvan de bewoners nog geen versterkingsadvies hebben ontvangen (batches 2 en 3, oftewel de 1.588 en 1.581), duidelijkheid te geven in de eerste week van juli, en op basis van dit advies samen met de bestuurders nog deze zomer met een ruimhartige versterkingsaanpak te komen,

[...]

[einde citaat]

Op het antwoord op deze vraag zal worden ingegaan in hoofdstuk 3.

2 Aanpak

2.1 Uitgangspunten en doel

OPMERKING Onderstaande tekst is ook gegeven in het separate document met de beantwoording van de vragen van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat. Voor de lezer die dit document los leest is dit herhaald om het kader weer te geven.

Op dit moment wordt voor de uitvoering van de versterkingsoperatie en -inspecties zowel gebruik gemaakt van NPR 9998: 2015 als van NPR 9998:2017. In het najaar van 2018 zal naar alle waarschijnlijkheid NPR 9998:2018 worden gepubliceerd.

De NPR beschrijft methoden om de seismische weerstand van een gebouw te bepalen en deze te vergelijken met de aardbevingsbelastingen. Daarbij geldt dat, rekening houdend met het beoogde veiligheidsniveau de seismische weerstand van een gebouw groter of gelijk moet zijn dan de aardbevingsbelastingen om instorten van dat gebouw te voorkomen. In alle gepubliceerde versies van de NPR is gebruikgemaakt van seismische gegevens van dat moment onder de aanname dat de gasproductie in Groningen op dat niveau zou worden gecontinueerd. Afbouw of stopzetten van de gasproductie leidt tot andere seismische belastingen en daarmee tot een verandering in een deel van de aannames die ten grondslag liggen aan de verschillende versies van de NPR.

Doel van deze studie is het verkrijgen van inzicht in de impact van de nieuwe NPR en de veranderende belasting op de versterkingsopgave. Centraal staat beantwoording van de 7 kernvragen met een goede duiding op basis van de resultaten die volgen uit de hierna beschreven onderdelen.

Uitgangsdocumenten

- NPR 9998:2015 *Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen*, NEN, Delft, 2015
- NPR 9998:2017 *Ontw. Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen*, NEN, Delft, 2017
- NPR 9998:2018 *Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen*, NEN, Delft, publicatie in voorbereiding

2.2 Organisatie en teamsamenstelling

Het projectmanagement en secretariaatsvoering ligt bij NEN. Het project is als aparte ad-hoc groep georganiseerd gebruikmakend van kennis en ervaring van leden van de Werkgroep 351 001 01 01 'Aardbevingen' van NEN, die verantwoordelijk is voor de oplevering van NPR 9998. Het projectteam voor de beantwoording van de vraag volgend uit motie 491 van het lid A. Mulder C.S. bestond uit:

- Joost Walraven (TU Delft/WCE)
- Rudi Roijackers (BORG)
- Maurice Hermens (VIIA)
- Martin Damen (RIGO)
- Mark Lurvink / Arnoud Muizer (NEN)

Het antwoord van TNO op deze vraag is opgenomen in de TNO rapportage met de beantwoording van de overige vragen zoals gesteld aan TNO.

3 Beantwoording van Motie 7 juni 2018

OPMERKING Motie Nr. 491 is via de Mijnraad doorgegeven aan NEN. Deze is besproken en op basis van een deskundigen oordeel beantwoord. Om tijd- en capaciteitsredenen zijn geen aanvullende berekeningen gemaakt.

De gebouwen in de 1588 batch bevinden zich in Delfzijl, Appingedam, Ten Boer en Overschild. De piekgrondversnelling (PGA) bij een herhalingstijd van 475 jaar volgens de webtool van NPR 2017 in Delfzijl (527 adressen) is ongeveer 0,12g, in Appingedam (849 adressen) 0,13g, in Ten Boer (123 adressen) 0,17g en in Overschild (85 adressen) 0,22g.

Zoals in hoofdstuk 3 aangegeven is de spectrale verplaatsing voor veel woningtypen een belangrijkere parameter dan de PGA voor de constructieve beoordeling van een gebouw. De maximale spectrale verplaatsing (5 % gedempt) in de vier gebieden uit de 1588 batch, Delfzijl, Appingedam (Opwierde), Ten Boer en Overschild ligt veel dichterbij elkaar, en varieert rondom 35 mm. De 20 % gedempte waarde ligt in de buurt van de capaciteit van veel twee-laagse woningtypen die gevoelig zijn voor de spectrale verplaatsing.

Uitgaande van de halvering van de belasting voor periode t3 is de schatting dat de PGA bij een herhalingstijd van 475 jaar in Delfzijl in de buurt komt van de waarde van 0,05g die in de NPR als ondergrens voor de noodzaak voor het uitvoeren van een seismische analyses gesteld is. Het grootste gedeelte van de adressen in deze batch in Delfzijl en Appingedam betreft meerlaagse bouw (224) en rijwoningen (258), met nog een 45-tal twee-onder-één-kap adressen.

Delfzijl

De kans is reëel dat de rijwoningen en de twee-onder-één-kap typologieën in Delfzijl, rekening houdend met de KNMI t3 en waarschijnlijk ook de t1 belasting, (voor een groot deel) zullen voldoen aan de gestelde veiligheidseis van $IR \leq 10^{-5}$. Voor de meerlaagse bouw is nadere studie nodig om een dergelijke conclusie te kunnen trekken. De in verhouding grotere maximale spectrale verplaatsing is hierbij een belangrijk aandachtspunt.

Appingedam

Het grootste gedeelte (504) van de adressen in Appingedam betreft meerlaagse bouw. In combinatie met de wat hogere PGA en spectrale verplaatsing aldaar, zal nadere studie uit moeten wijzen of en zo ja in welke mate, versterking noodzakelijk is.

Overschild

De adressen in Overschild betreffen grotendeels vrijstaande woningen (82 van de 85 adressen). Deze blijken met de huidige inzichten in de NPR kwetsbaarder te zijn. In combinatie met de hogere belasting (ten opzichte van Appingedam en Delfzijl), is de kans hier groter dat de woningen versterkt zullen moeten worden. Als gevolg van de reductie in de belasting met het verminderen van de gaswinning is hier een reductie in de zwaarte (een verschuiving van ingrijpende naar minder ingrijpende maatregelen) en/of in de hoeveelheid maatregelen te verwachten.

Ten Boer

In Ten Boer betreft het voor het grootste gedeelte van de adressen rijwoningen (121 van de 123). Als gevolg van de reductie in de belasting (halvering PGA en maximale spectrale verplaatsing) is hier een reductie in de zwaarte en/of hoeveelheid van de maatregelen te verwachten. Het is ook mogelijk dat het aantal te versterken adressen hier aanzienlijk kan verminderen, dit is echter afhankelijk van de specifieke typologieën rijwoningen die in Ten Boer aanwezig zijn. Voor een nadere uitspraak over deze vraagstellingen is op dit moment niet voldoende informatie aanwezig.

'Sloop-nieuwbouw'

De keuze om over te gaan tot 'sloop-nieuwbouw' in plaats van versterken is een politieke afweging, die nu gekoppeld is aan de kosten van de eventueel te nemen versterkingsmaatregelen uitgezet tegen de WOZ-waarde van het gebouw. Op dit moment kan uit de verhouding van de WOZ-waarde en de kosten van de eventueel te nemen versterkingsmaatregelen noch uit een analyse op basis van NPR 2017 en de daarbij horende aardbevingsbelastingen volgen dat 'sloop-nieuwbouw' kostenefficiënter is dan versterken. Het ligt in de lijn der verwachting dat de afweging 'sloop-nieuwbouw' minder vaak gemaakt hoeft te worden wanneer gebruik wordt gemaakt van NPR 2017 dan wanneer NPR 2015 wordt gebruikt. Op het moment dat de gasproductie (nagenoeg) gestopt is, zoals gegeven in

belastingmodel t3, zal de keuze voor 'sloop-nieuwbouw' vanuit veiligheidsoogpunt naar verwachting niet meer aan de orde zijn.

Definitief uitsluitel

De ingenieursbureaus die de huidige versterkingsadviezen hebben geschreven zijn waarschijnlijk het snelst in staat om per woning een definitief uitsluitel te geven. Zij kennen de specifieke sterktes en zwaktes van de gebouwen in de batch en ze kunnen, uitgaande van de door hen reeds gemaakte berekeningen, snel tot een aanpassing van hun oordeel komen op basis van de meest recente informatie omtrent de gewijzigde PGA's en spectra.

Samenvatting

Aangezien de maximale spectrale verplaatsingen zoals gegeven in KNMI belastingmodellen t1 en t3 in het gebied van de 1588 batch, dicht in de buurt liggen van de capaciteit van meerdere woningtypen, is op dit moment niet met zekerheid aan te geven of de gebouwen in deze batch wel of niet zullen voldoen aan de gestelde eisen wanneer zij worden getoetst met de NPR 2018 en de verlaagde belastingen.

Voor de adressen in Delfzijl wordt, uitgaande van de KNMI t3 belastingen, de kans groot geacht dat zij voldoen aan het gestelde veiligheidsniveau. Ook voor de andere gebieden wordt dit niet uitgesloten. Nadere studie kan hier antwoord op geven, bijvoorbeeld door de ingenieursbureaus erbij te betrekken die de huidige adviezen voor de woningen gegeven hebben.

OPMERKING Geavanceerdere Non-Linear Time-History (NLTH) methoden kunnen worden gebruikt wanneer een meer nauwkeurige bepaling van de weerstand van een gebouw gewenst is. Het gebruik van een NLTH analyse is echter in veel gevallen een relatief tijdrovend proces.

4 Conclusies

Aanbevolen wordt te bezien of de uitgangspunten zoals de aangehouden belastingen die zijn gebruikt bij batch 1588 overeenkomen met de eisen die daaraan, gegeven de afnemende belastingen, op het moment van gereedkomen van engineering, aanbesteding en uitvoering (versterking) gesteld worden.

(blanco)

Definitief advies panel van hoogleraren over risicobeleid en veiligheidsmaatregelen geïnduceerd aardbevingsrisico.

d.d. 31-7-2018

Managementsamenvatting

Door de minister van EZK is aan een panel van hoogleraren gevraagd om op twee hoofdvragen antwoord te geven:

- Is de berekening van het risico van woningen tot op heden methodologisch correct verricht conform de door de commissie Meijdam beschreven wijze?
- Hoe zou het advies van de commissie Meijdam methodologisch correct kunnen worden vertaald naar de versterkingsopgave in het aardbevingsgebied in Groningen?

Dit definitieve advies volgt op een eerste advies op hoofdlijnen dat gevraagd was als bouwsteen voor het advies van de Mijnraad dat op 29 juni 2018 is verschenen. In vergelijking met dit eerste advies gaat dit definitieve advies meer in detail op enkele verdiepende vragen die aan het panel zijn gesteld en zijn enkele recente risicoberekeningen verwerkt. Ook is een paragraaf over maatschappelijk veiligheidsrisico toegevoegd (par. 2.8). Dit definitieve advies vervangt daarmee het eerste advies op hoofdlijnen.

Onze eerste bevinding is dat tot op heden bewust (door experts) en beleidsmatig (door de NCG) op een conservatieve en daarmee methodologisch incorrecte wijze het individueel risico is berekend waardoor een systematische overschatting van het individueel risico bij de berekeningen is ontstaan en daarmee van de versterkingsopgave.

Voor de huidige beoordeling van individuele woningen is de NPR 9998, versie 2015 (die feitelijk gebaseerd is op de inzichten uit 2014 voor de aardbevingssterkte – modellering en de toenmalige gasproductie – en uit 2015 voor de constructieve sterkte van woningen) gebruikt. Het effect op de inschatting van het aantal woningen dat niet aan de 10^{-5} norm voldoet, bedraagt dan tenminste een factor tien maar mogelijk een aanmerkelijk grotere factor. Bij gebruik in de praktijk van de NPR 9998 door consultants ontstaat uit 'voorzichtigheid' nog een extra conservatisme in de beoordeling. De verwerking van de inzichten die sinds 2015 zijn verkregen in de aardbevingssterkte en in de sterkte van woningen (maar dus nog niet zijn geïmplementeerd) leidt naar onze inschatting tot een realistischere NPR 9998, versie 2018 in de zin dat deze berekening waarschijnlijk niet meer dan één orde grotere systematische overschatting van het aantal woningen dat niet voldoet aan de norm voor het individueel risico oplevert. Toepassing van deze NPR 9998, versie 2018 door 'angstige' consultants draagt nog steeds het risico in zich op een systematische onderschatting van de sterkte van bestaande woningen.

Cruciaal voor de versterkingsopgave is volgens ons het inzicht dat voor bestaande bouw een zinvolle beoordeling van het risico van bouwwerken essentieel slechts op catalogusniveau kan plaatsvinden: individuele inspectie van woningen heeft slechts zin tot op het niveau van enkele hoofdeigenschappen van de woning omdat de onzichtbare onzekerheden in de woning al snel groter worden dan de extra informatie die detailinspectie op woningniveau oplevert. Mutatis mutandis geldt dit ook voor de te nemen versterkingsmaatregelen, ook die kunnen beter generiek op catalogusniveau worden beschreven. Een inspectieprogramma met gebruik van de NPR 9998 voor individuele bestaande woningen raden wij daarmee af.

De bouwstenen voor zo'n catalogusaanpak voor een combinatie van risico-inschatting en versterking zijn al beschikbaar zodat een catalogusaanpak die naar onze inschatting correct is, naar inschatting van de geraadpleegde experts aan het begin van het najaar van dit jaar definitief kan zijn als daar snel opdracht toe gegeven wordt.

Toepassing op heel Groningen levert dan naar alle waarschijnlijkheid orde-grootte honderd woningen op die uitgaande van het huidige risico tegen in-plane falen (bezwijken hoofddraagconstructie) versterkt moeten worden en orde-grootte duizend woningen die tegen out-of-plane falen (lokaal bezwijken van zijdelings belaste metselwerkwallen) versterkt moeten worden. Out-of-plane maatregelen kunnen in het algemeen van buitenaf aangebracht worden en/of met beperkte hinder binnen worden verricht.

Een tweede risicomaat die wordt gehanteerd is het zogenaamde maatschappelijke risico. De berekeningswijze kenmerkte zich tot op heden door hetzelfde conservatisme als voor het individueel risico. Wij adviseren hier om deze risicomaat niet te gebruiken: er zijn principiële methodologische problemen met deze maat die ook op alle andere veiligheidsdomeinen ertoe hebben geleid om een dergelijke groepsrisico-achtige maat niet als basis voor besluitvorming te gebruiken.

Tot slot adviseren wij de minister om bij het bepalen van het individueel risico per jaar, zoals bedoeld door de commissie Meijdam, uit te gaan van de verwachtingswaarde. Dat is de best mogelijke inschatting van dit risico, waarbij zo goed mogelijk rekening wordt gehouden met onzekerheden in onze kennis van relevante parameters. Het is dus af te raden om bovenop deze inschatting nog een arbitraire marge te hanteren (zoals een 'P90'), juist omdat de onzekerheden die er inderdaad zijn al een belangrijke rol spelen in de correcte berekening van het risico.

1. Inleiding

1.1 Aanleiding

Uit de uitspraak van de Raad van State over het vorige instemmingsbesluit (201608211/1/A1) volgt een aantal beleidsvragen.

Een fundamentele eerste vraag gaat over de uiteenlopende interpretaties van de veiligheidsnorm die in de praktijk zijn ontstaan sinds het Kabinet de veiligheidsnorm die geadviseerd is door de commissie Meijdam eind 2015 heeft vastgesteld.

Het beleid voor de risico's van geïnduceerde aardbevingen als gevolg van de gaswinning is eind 2015 vastgesteld door het kabinet, met gebruikmaking van advies door de commissie Meijdam.¹ De voornaamste elementen daarin zijn:

- De veiligheidsnorm voor het omkomen in of nabij een gebouw vanwege een geïnduceerde aardbeving is een individueel risico van 10^{-5} per jaar.
- Gebouwen die een individueel risico opleveren tussen 10^{-4} en 10^{-5} moeten binnen een bestuurlijk te bepalen termijn (bijvoorbeeld vijf jaar) op norm gebracht zijn. Snellere maatregelen zijn nodig als het individueel risico groter is dan 10^{-4} (interventiedrempel).
- Het maatschappelijk risico wordt berekend volgens de voorstellen van de commissie Meijdam.

Een tweede vraag komt voort uit de opvatting van de Raad van State dat het noodzakelijk is dat de minister een inschatting geeft van het risico zowel als gevolg van het toegestane winningsniveau als van het effect van de versterkingsoperatie. Evident zal een dergelijke inschatting ook de effecten van de voorgenomen vermindering van de gaswinning moeten meenemen. De vraag is daarmee hoe risicoberekeningen hiermee om kunnen/moeten gaan.

Aan een 'panel van hoogleraren' bestaande uit prof. dr. Eric Cator (Applied stochastic, Radboud Universiteit Nijmegen), prof. dr. Ira Helsloot (Besturen van veiligheid, Radboud Universiteit Nijmegen) en prof. dr. ir. Jan Rots (Structural mechanics, Technische Universiteit Delft) zijn daarom door de minister de volgende hoofdvragen gesteld:

1. Hoe verhouden de berekeningsmethodieken van de veiligheidsnorm, uitgaande van het advies van de commissie Meijdam, zich tot elkaar?
2. Hoe zou bij het gegeven gaswinningsniveau om moeten worden gegaan met het advies van de commissie Meijdam, en de doorvertaling van de berekeningsmethodieken naar de versterkingsoperatie?

1.2 Fasering van het advies

De vragen aan het panel zijn begin mei 2018 gesteld, met als verzoek een advies op de twee hoofdvragen medio juni 2018 op te leveren aan de Mijnraad als bouwsteen voor het integrerende advies van de Mijnraad aan de minister.

Daarom zijn de vragen aan het panel in twee instanties beantwoord:

¹ Brief van de minister van EZ van 3 november 2015 over tweede advies commissie Meijdam (TK 33 529, nr. 205); brief van de minister van EZ van 18 december 2015 over o.m. de gaswinning in Groningen en het eindadvies van de commissie Meijdam (TK 33 529, nr. 212).

- In eerste instantie via een advies op hoofdlijnen van 27 juni 2018 dat door de Mijnraad als bouwsteen in gebruikt voor haar advies van 29 juni 2018.
- In tweede instantie via het voorliggende definitieve advies. Dit definitieve advies omvat het eerste advies op hoofdlijnen en vervangt dit daarmee. In vergelijking met dit eerste advies gaat dit definitieve advies meer in detail op enkele verdiepende vragen die door Mijnraad en EZK (naar aanleiding van het eerste advies op hoofdlijnen) aan het panel zijn gesteld en zijn enkele recente risicoberekeningen verwerkt. Ook is een paragraaf over maatschappelijk veiligheidsrisico toegevoegd (par. 2.8). Op het niveau van de kernbevindingen wijken eerste en definitief advies niet van elkaar af.

Wij merken op dat we op enkele verdiepende vragen die raken aan, maar net liggen buiten, het domein van de risicoberekening en versterking van woningen geen antwoord hebben kunnen geven op deze korte termijn. Het gaat hier om bijvoorbeeld vragen over de risicoberekening voor infrastructuur en de berekening van de cumulatie van de diverse risico's die geïnduceerde aardbevingen veroorzaken.

1.3 Werkwijze

Om dit advies te kunnen opstellen zijn in een iteratief proces analyses gemaakt van de wijze waarop risicoberekeningen zijn gemaakt en versterkingsmogelijkheden zijn beschreven en zijn op basis daarvan gesprekken gevoerd met een tiental direct betrokken inhoudelijke experts van zowel private partijen als van wetenschappelijke zijde. Wij hebben via de Mijnraad en EZK nadere methodische vragen aan de NAM en de NCG gesteld en daar antwoord op gekregen.

Onze conceptbevindingen hebben we op verschillende momenten 'beproefd' in grotere sessies met deskundigen waar we aanwezig waren, daar hebben we inhoudelijk niets anders dan instemming gekregen.

In eerste instantie tot onze verbazing hecht een meerderheid van de gesprekspartners aan anonimiteit. Deze gesprekspartners vrezen voor negatieve gevolgen voor hun werkzaamheden als zij als bron met naam en toenaam in deze rapportage zouden worden vermeld en wilden daarom alleen spreken onder voorwaarde van anonimiteit. Wij hebben daarom besloten geen respondentenlijst op te nemen in de rapportage.

2. Over de wijze van berekening van het individueel aardbevingsrisico

2.1 Definitie van individueel aardbevingsrisico

De commissie Meijdam heeft in navolging van het risicobeleid op andere domeinen aanbevolen om ook voor het risico op geïnduceerde aardbevingen gebruik te maken van de '10⁻⁵ norm' voor het individueel risico als gevolg van de geïnduceerde aardbevingen.

Een norm heeft pas betekenis als er een berekeningswijze aan is gekoppeld. De commissie Meijdam heeft deze op hoofdlijnen aangegeven middels de definitie van (objectgebonden) individueel aardbevingsrisico.

Definitie van (objectgebonden) individueel aardbevingsrisico volgens commissie Meijdam

De commissie Meijdam heeft de volgende definities van objectgebonden individueel aardbevingsrisico en individueel aardbevingsrisico voorgesteld:

'Het **objectgebonden individueel aardbevingsrisico** (OIA) is het jaarlijkse risico dat iemand, die zich in of rond een bouwwerk bevindt, overlijdt als het gevolg van het bezwijken (van delen) van een bouwwerk, veroorzaakt door een aardgasbeving.

[Hierin] wordt de duur dat iemand gemiddeld in een bouwwerk verblijft, meegewogen en wordt gesommeerd in de tijd over de verschillende bouwwerken. Deze werkwijze is bijvoorbeeld in het externe veiligheidsdomein of bij normen voor overstromingsrisico's zeer gebruikelijk. Ook wordt in deze definitie het risico meegenomen dat iemand in de directe omgeving van een bouwwerk overlijdt door vallende onderdelen van dat bouwwerk.

Met behulp van het OIA is vervolgens het **individueel aardbevingsrisico** op de volgende wijze te berekenen: het individueel aardbevingsrisico is het jaarlijkse risico dat een individu loopt in de verschillende bouwwerken waarin dit individu verblijft of waar dit individu langsluip.^{2 3}

Het individueel aardbevingsrisico is daarmee een mathematisch construct dat een enkel getal toekent aan een combinatie van alle onderliggende fenomenen uit de werkelijkheid die variëren van de verblijfstijd van mensen nabij een object, via de kans op (totaal of partieel) bezwijken van dat object vanwege een aardbeving van een bepaalde sterkte, tot de kans op zo'n aardbeving in het betreffende gebied.

Concreet moet het individueel aardbevingsrisico worden berekend door de samenstelling van al die onderliggende risico's, op de reguliere wijze daarvoor bij kansberekening gebruikelijk, namelijk door integratie van de onderliggende kansberekeningen die op **de best mogelijke wijze** worden 'geschat'. Er is, simpel gezegd, één bekende correcte wiskundige wijze om van het geheel aan onderliggende kansverdelingen tot het individueel aardbevingsrisico te komen. We noemen dit ook wel de convolutie van de onderliggende kansberekeningen. Dit levert de zogenaamde verwachtingswaarde op, iets onnauwkeurig uitgedrukt 'het gewogen gemiddelde van alle mogelijke uitkomsten'.⁴

² Adviescommissie 'Omgaan met risico's van geïnduceerde aardbevingen', *Tweede advies. Omgaan met hazard- en risicoberekeningen in het belang van handelingsperspectief voor Groningen*, 29 oktober 2015, pg. 11

³ De NAM gebruikt in haar analyses het woord Local Personal Risk (LPR) voor het individueel aardbevingsrisico zoals gedefinieerd door de commissie Meijdam. De NAM-berekeningen zijn dus wel cf. de uitgangspunten van de commissie Meijdam maar de afwijkende naamgeving (ook in aanmerking genomen dat een Engelse vertaling nodig is voor Engelstalige artikelen) roept verwarring op. Het lijkt ons wenselijk dat zoveel mogelijk wordt aangesloten door NAM en anderen (zie later in dit rapport) bij de naamgeving en definities van de commissie Meijdam.

⁴ In de modelberekeningen van de NAM wordt de convolutie 'berekend' door een zogenaamde Monte Carlo simulatie, dat wil zeggen dat er miljoenen trekkingen uit de onderliggende kansverdelingen worden gedaan die samen telkens een 'uitkomst' geven van de samengestelde kansverdeling. Die uitkomsten worden dan gemiddeld.

Van theorie naar praktijktoepassing

Een probabilistische aanpak heeft pas betekenis als ze praktisch kan worden uitgevoerd. Toepassing van een probabilistische aanpak is ingewikkeld en vaak veel werk zodat het lastig is direct te gebruiken als er veel objecten zijn waarvan het risico moet worden bepaald. Er zijn in dat geval grofweg twee methoden beschikbaar om de probabilistische aanpak toepasbaar te maken.

De eerste is een volledig probabilistische aanpak per sub-typologie. Alle objecten (woningen bijvoorbeeld) worden ondergebracht in een beperkt aantal (sub)categorieën waarvoor volledige probabilistische berekeningen worden gemaakt met alle best mogelijk geschatte gemiddelden en spreidingen (bijvoorbeeld van verdelingen van belastingen, geometrieën, hoofdtraagconstructie-typen en materiaaleigenschappen van componenten en verbindingen). Een voorbeeld van deze aanpak is de Hazard & Risk Analyse van de NAM.

De tweede mogelijkheid is een vereenvoudiging tot een zogenaamde semi-probabilistische aanpak. In plaats van met een hele kansverdeling wordt dan met een enkele waarde gerekend. De keuze van die waarde is dan natuurlijk essentieel. Dit zijn de rekenregels die het eindproduct van de verschillende NPR's voor bouwen zijn, de bouwcodes. Hierdoor is het mogelijk om per individueel object of categorie een vereenvoudigde berekening met rekenwaarden voor sterkte en belasting uit te voeren. Een voorbeeld is de op NPR-9998 gebaseerde seismische assessment analyse die consultants momenteel uitvoeren voor CVW/NCG aan individuele objecten in Groningen.

2.2 Definitie en effect van conservatisme in risicoberekeningen

We spreken over *conservatieve inschattingen* als in een risicoberekening (probabilistisch of semi-probabilistisch) bewust niet met de best mogelijke inschatting wordt gewerkt maar gebruik wordt gemaakt van inschattingen die zogenaamd 'aan de veilige kant blijven'.⁵

De consequentie van het gebruik van conservatieve inschattingen is dat de uitkomst niet meer correspondeert met het individueel risico en dat het in het algemeen onbekend is hoeveel de uitkomst van de conservatieve berekening afwijkt van het 'echte' individuele risico (zie de bijlage voor een poging tot een simpele uitleg van dit verschijnsel).

Wanneer gewerkt wordt met conservatieve inschattingen is de consequentie dat extra kennis die leidt tot minder conservatisme grote invloed heeft op de uitkomst van de berekeningen. In Groningen is dit de afgelopen jaren stevast gebleken.

2.3 Het effect van conservatisme op de huidige berekening van het individueel aardbevingsrisico in woningen

Het blijkt al bij een eerste beschouwing van de wijze waarop het individueel aardbevingsrisico wordt berekend in de huidige praktijk dat er op veel vlakken conservatieve inschattingen worden gemaakt. We lichten de drie stappen waardoor het risico systematisch wordt overschat toe.

Dit is een correcte wijze van berekening van de verwachtingswaarde. De NAM geeft in grafieken vaak een grijze band aan waarin 95% van alle uitkomsten vallen. De NAM noemt deze grijze band het '95% confidence interval', dat is een niet geheel juiste benaming, maar belangrijker is dat deze bandbreedte geen goede indicatie geeft van de spreiding van de resultaten rondom het gemiddelde. De correcte wiskundige indicator voor de spreiding van de uitkomsten rondom het gemiddelde, en daarmee van de 'zekerheid' die het gemiddelde biedt is de zogenaamde variantie. Die variantie kan ook met de Monte Carlo methode berekend worden en het gebruik hiervan is dus aan te bevelen.

⁵ Vergelijk bijvoorbeeld het Meerjarenplan 2017-2021 van de NCG die benoemt dat de NCG bewust aan 'de voorzichtige kant blijft' op verschillende terreinen: de omvang van het gebied dat geïnspecteerd wordt, de beoordeling van de sterkte van huizen en de 'zwaarte' van de versterkingsmaatregelen (pg 49 e.v.).

De *eerste risico-overschattingstap* ligt aan de belastingskant, bij de zogenaamde hazard, de mogelijke sterkte en frequentie van de geïnduceerde aardbevingen. Voor de berekening van de hazard wordt gebruik gemaakt van een door de NAM ontwikkeld (internationaal gevalideerd) model. Desgevraagd geven de ontwikkelaars aan dat in de eerste versies van dit model conservatieve inschattingen zijn gemaakt wegens een gebrek aan kennis; men wilde geen 'ethisch risico' lopen dat er in de werkelijkheid een hogere hazard zou zijn dan in de berekeningen.

Het gevolg van deze keuze is dat de toenemende kennis (in vaktermen van de ground motion prediction equations) de afgelopen jaren leidde tot een sterk afnemende berekende hazard in het voorspellende model.⁶

De *tweede risico-overschattingstap* ligt aan de weerstandskant, bij de bepaling van de sterkte van en de eventuele versterkingsmaatregelen voor gebouwen. Hier wordt gebruik gemaakt van de NPR 9998, de Nederlandse praktijkrichtlijn voor het ontwerpen en beoordelen van aardbevingsbestendigheid van gebouwen, versie 2015. De NPR-filosofie is op het meest abstracte niveau precies de 'correcte', namelijk dat het risico wordt bepaald door convolutie van de onderliggende kansberekeningen. In de uitwerking tot concrete praktijkvoorschriften neemt de NPR 9998 enerzijds de hazard uit het NAM-model over en anderzijds worden de ingewikkelde berekeningen versimpeld door de *kansverdelingen* van parameters te vervangen door de keuze van *vaste* parameters, de eerder genoemde rekenwaarden in de semi-probabilistische aanpak. De ijking van de praktijkvoorschriften uit de NPR 9998 aan de 10^{-5} norm is dan gebaseerd op een combinatie van return-periode van de belasting, een gekozen fractiel van drift limits (vervormingscapaciteit van componenten) en op het gebruik van *gemiddelde* materiaalparameters. De verleiding is groot voor de opstellers van de NPR om voor de materiaalparameters aan de 'voorzichtige kant' te gaan zitten, dus een sterkte veronderstellen onder het gemiddelde. Een dergelijke bias geeft per saldo een conservatieve afwijking van de 10^{-5} norm.

Het resultaat is dat de NPR 9998, versie 2015 conservatieve (=hoge) seismische belastingen aannam, die, gecombineerd met conservatieve (=lage) inschattingen van de sterkte van huizen per saldo een overschatting van het individueel risico geeft in vergelijking met het gebruik van de NPR 9998, versie 2017. Zoals al gesteld is het niet goed mogelijk het effect van het gebruik van conservatieve aannames op het uiteindelijke individueel risico precies te kwantificeren maar tenminste is duidelijk dat het aantal woningen dat met het gebruik van de NPR 9998, versie 2015 niet aan de norm van 10^{-5} voldoet tenminste een factor 10 maar mogelijk een aanmerkelijk grotere factor scheelt met toepassing van de op de laatste inzichten over de hazard aangepaste NPR 9998, versie 2018.

Onze **eerste conclusie** is daarmee dat de huidige berekeningswijze (NPR 9998, versie 2015) geen goede indicatie van het aantal woningen dat niet voldoet aan de norm voor het individueel aardbevingsrisico geeft maar een structurele overschatting ervan. Het verschil met de uitkomsten van een correcte berekening van het aantal woningen dat niet aan de 10^{-5} norm voldoet, bedraagt tenminste een factor tien maar mogelijk een aanmerkelijk grotere factor.

Voortschrijdend inzicht van NPR 2015 naar NPR 2018

De NPR staat toe gebruik te maken van lineair-statische, lineair-dynamische, niet-lineair statische en niet-lineair dynamische rekenmethoden. De versie van 2015 bevatte nauwelijks richtinggevende informatie betreffende de niet-lineair statische methoden.

⁶ Ook de afnemende gaswinning heeft natuurlijk bijgedragen aan een afname van de berekende (en feitelijke) hazard maar het effect van betere inschattingen (dus minder conservatisme) is groter op de berekeningen dan het effect van de afnemende gaswinning. Een berekening van het precieze verschil tussen beide effecten is nog niet gemaakt maar de feitelijke hazard is met minder dan een factor 2 afgenomen sinds 2012. Zichtbaar is dit in de afname van het aantal bevingen met $M > 1,5$ dat direct correleert met de feitelijke hazard. Mogelijk nog helderder geformuleerd: de afnemende gaswinning heeft het 'echte' risico maximaal gehalveerd maar het 'berekende' risico is met wel mogelijk een factor 100 naar beneden gegaan door het opheffen van conservatisme.

In de periode 2016-2018 is binnen de NPR grote voortgang gemaakt met de ontwikkeling, calibratie en beschrijving van niet-lineair statische methoden. In het bijzonder betreft dit Annex G (Niet-lineaire pushover berekeningen voor in-plane bezwijken) en Annex H (Niet-lineair kinematische analyses voor out-of-plane partieel bezwijken).⁷

Annex G in de NPR 2018 omvat een consistente, uniforme, rekentechnisch efficiënte en effectieve methode, in lijn met internationale benaderingen en met de adviezen van het internationale NPR-review panel. Essentie is dat de capaciteit van het gebouw (kracht-verplaatsingsrelatie) gescheiden wordt van de vraag (spectrum van versnelling- tegen verplaatsing, gevraagd door de beving, op specifieke locatie). Groot voordeel is dat het effect van nieuwe hazard inzichten (bijv. door voortschrijdend inzicht in GMPE's en Mmax verdelingen of door nieuwe gasbesluiten) snel doorgerekend kan worden, gegeven een eenmaal bepaalde capaciteit van het gebouw. Omgekeerd kan voortschrijdend inzicht in de capaciteit van gebouwen snel verwerkt worden, bij een gelijkblijvende hazard. Ander voordeel is dat een heldere Capacity-over-Demand ratio wordt bepaald, die richting geeft of we ver van de eis zitten (bijv. 30%) of dichtbij de eis (bijv. 90%), hetgeen sturend is voor de prioritering van versterkingsmaatregelen.

Zeer recent, in de eerste twee weken van juni 2018, is de calibratie van Annex G aan lab-experimenten bij het EU Centre en de TU Delft, rekeningen houdend met de 10^{-5} norm, voltooid en is overeenstemming bereikt over te hanteren belangrijke parameters als damping en drift limits (vervormingscapaciteit van metselwerk wanden).

Met deze begin-juni versie van NPR 2018 zijn voorlopige analyses gemaakt in combinatie met de nieuwste hazard inzichten, zowel voor bestaande gasdepletie-scenario's als scenario's volgens het basispad van het kabinet. De voorlopige conclusie is dat de omvang van de versterkingsopgave tegen globaal in-plane bezwijken reduceert tot ordegrrootte honderd gebouwen. Dit betreft een forse reductie van de versterkingsopgave ten opzichte van eerdere schattingen. Deze NPR-gebaseerde analyse is nu meer in lijn met de probabilistische H&R-analyse. Daarmee leent ook Annex G zich voor een expert-systeem en een catalogus-achtige aanpak voor typologieën/subcategorieën. Dit kan de engineering van assessments en de design en engineering van versterkingsmaatregelen aanmerkelijk versnellen. NCG verifieert en verkent op dit moment het op annex G gebaseerde GSAT-tool met dit doel.

De omvang van de versterkingsopgave tegen partieel out-of-plane bezwijken is met behulp van de huidige versie van de NPR 9998 nog niet vast te stellen. Er is consensus dat de huidige versie van Annex H in de NPR 9998 te conservatief is (aardbevingsbelasting ongunstig, two-way bending niet meegenomen, vloer-response spectra ongunstig, etc.) om praktisch bruikbaar te zijn: toepassing van de huidige Annex H maakt nog onterecht bijna elke woning onveilig. De huidige versie laat een zeer grote omvang van de opgave zien. Om de NPR 9998 zinvol te kunnen gebruiken moet dus calibratie en aanscherping van annex H plaats te vinden, analoog aan annex G. Opgemerkt dient te worden dat maatregelen tegen out-of-plane bezwijken minder intrusief zijn dan maatregelen tegen in-plane bezwijken. Ze kunnen meestal van buitenaf en/of met beperkte hinder binnen worden verricht. Op grond van het H&R-model van de NAM mag verwacht worden dat het uiteindelijk om ordegrrootte duizend woningen gaat.

Als *derde risico-overschattingstap* geldt dat de huidige praktijk een nog bepalender systematische fout introduceert: de NCG heeft in het Meerjarenplan 2017-2011 beleidsmatig gekozen voor een aanpak waarbij in een groot deel van het aardbevingsgebied elke woning individueel wordt 'geïnspecteerd', dat wil zeggen tot op detailniveau wordt opgenomen en vervolgens individueel wordt doorgerekend en beoordeeld.

Vragen aan NCG over de ratio en het effect van haar beleidsmatige keuze om af te wijken van de gereviewde risicoberekening door de NAM.

⁷ In-plane staat voor het bezwijken van hoofdconstructies. Out-of-plane voor het lokaal bezwijken van loodrecht op hun vlak belaste metselwerk wanden.

Op pagina 49 van het meerjarenplan 2017-2021 schrijft de NCG dat: 'NAM berekent in de Hazard & Risk Analysis het aantal woningen dat niet aan de normen voor pand gebonden individueel risico voldoet. NCG heeft ook hiervoor een gevoeligheidsanalyse gedaan, namelijk met de KNMI-invoer voor aardbevingsgevaar en kwetsbaarheidscurves van TNO (alleen voor grondgebonden woningen), die aan de veilige kant zijn geschat. Op grond van die analyse wordt het gebied en het aantal woningen dat nader onderzoek verdient vooralsnog ruimer gehouden dan door NAM geadviseerd. Ook hier geldt dat aan de veilige kant wordt gebleven.' De NCG heeft dus inspecties gestart/gecontinueerd in een gebied rondom Loppersum die (wegens voorspelbaar conservatisme) hebben geleid tot de ruim 4000 woningen in drie 'batches' die constructief versterkt zouden moeten worden.

Het panel heeft in juni 2018 gevraagd naar de bron(nen) voor deze berekening van de NCG die zo sterk afwijkt van die van de NAM-berekening (ongeveer 100 woningen die constructieve versterking tegen in-plane falen vergen in heel Groningen). Voor de NAM-analyse is wel een verwijzing in het rapport opgenomen, voor die van de NCG-berekening niet. Het panel heeft het onderliggende rapport *Prioritering van inspecties, beoordeling en versterking gebouwen aardbevingsgebied Groningen* van Deltares uit 2017 dat door de NCG als geheim is betiteld⁸ mogen inzien. Het rapport geeft aan dat bewuste conservatieve aannames de reden zijn voor het verschil van zo'n vijfduizend te versterken woningen met de NAM-inschatting. Deze aanpak is daarmee in onze analyse niet correct.

Een andere vraag van het panel aan de NCG is of de NCG een analyse heeft die laat zien of de door de NAM benoemde zwakste woningen nu ook binnen de door de NCG gedefinieerde hoog prioritaire (eerste tot en met derde batch) te inspecteren en te versterken woningen vallen? Het antwoord op deze vraag is dat de NCG dat in juni 2018 nog niet heeft. Uit een rapport dat de NAM op een vraag van het panel heeft opgeleverd blijkt dat minder dan 50% van de zwakste woningen in Groningen in de batches 1-3 zitten.⁹

Een derde vraag aan de NCG betreft het volgende: de NCG stelt dat zij bewust aan 'de voorzichtige kant blijft' op verschillende terreinen: de omvang van het gebied dat geïnspecteerd wordt, de beoordeling van de sterkte van huizen en de 'zwaarte' van de versterkingsmaatregelen. De vraag van het panel is of de NCG zicht heeft op het percentage van het resulterende aantal te versterken woningen dat daardoor vanuit voorzichtigheid wordt versterkt terwijl deze niet of minder versterkt zou moeten worden wanneer met een zo goed mogelijke inschatting (dus zonder conservatisme) zou worden gerekend? Het antwoord op deze vraag is dat de NCG dat in juni 2018 nog niet heeft.

Deze aanpak levert een systematische risico-overschatting op, zo geven de consultants die worden ingezet om de individuele woningen te beoordelen zelf aan. Zij voelen een persoonlijke verantwoordelijkheid en hebben op bedrijfsniveau een financiële aansprakelijkheid waardoor zij altijd kiezen voor een 'zekerder' inschatting.

Als concreet praktijkvoorbeeld: stel van een bepaalde categorie woningen is door onderzoek bekend dat de draagbalken van de verdiepingsvloer gemiddeld 5 centimeter liggen op de draagmuur met een variantie van $\sigma = 2$ centimeter (en zoals gebruikelijk normaal verdeeld zijn). Dit geeft de mogelijkheid een kansverdeling op falen te bepalen en daarmee het (verwachte) risico voor de inwoners. Extra niet-destructieve inspectie van een individuele woning geeft nu geen extra inzicht (want de werkelijke lengte van de draagbalk op de draagmuur is niet zichtbaar zonder te hakken en breken) maar leidt in de praktijk tot inspecteurs die het zekere voor het onzekere nemen en dan maar van bijvoorbeeld een 95%-marge uitgaan en dus van ongeveer $5 - 2 * \sigma = 1$ cm lengte van de draagbalk op de draagmuur. Dit is wetenschappelijk en praktisch een heilloze weg die echter al voor een belangrijk deel het grote aantal woningen verklaart dat nu na inspectie niet aan de veiligheidsnorm lijkt te voldoen en daarom in aanmerking lijkt te komen voor versterking.

⁸ Het panel heeft moeten tekenen voor het niet verspreiden van de inhoud van het rapport. Het rapport gebruikt overigens de eigen begrippen pandgebonden individueel risico en pandgebonden slachtofferrisico want 'tijdens de gesprekken [...] bleek een groot draagvlak voor het gebruik van een additioneel (risico-)criterium' die afwijken van het door de commissie Meijdam voorgestelde risicobegrip dat in alle gangbare berekeningen wordt gebruikt.

⁹ NAM, *Confidential Report Maps of High Risk Buildings*, June 2018.

Onze **tweede conclusie** is daarmee dat de bewust beleidsmatig gekozen aanpak voor een gebiedsgerichte individuele inspectie voorspelbaar heeft geleid tot een incorrecte berekening van het individueel risico van de te inspecteren bestaande woningen die op zijn beurt heeft geleid tot een grote overschatting van het aardbevingsrisico en daarmee weer van de versterkingsopgave.

Het viel ons op dat alle geraadpleegde experts stelden dat zij zich bewust waren van de grote overschatting van het aardbevingsrisico die de berekeningen met de 'achterlopende' NPR opleverden en de toepassing ervan op individuele woningen door gecontracteerde consultants (opname van de woningen en berekening van de sterkte ervan). Allen stelden ook dat zij de NCG hierover geïnformeerd hebben, over zowel het conservatisme aan de kant van het hazard, de sterkte van woningen en de toepassing door consultants als over de beschikbaarheid van nieuwe minder conservatieve inzichten daarin.

2.4 Beoordeling van de meest recente, nog niet geïmplementeerde risicoberekeningen uit 2017 en 2018

Vooruitkijkend geldt dat naar mening van de geraadpleegde experts het meeste conservatisme uit tenminste de hazard-berekeningen is verdwenen (de kennislacunes op dat gebied lijken gering dankzij het intensieve onderzoek van de laatste jaren) zodat de meest recente hazard inschattingen realistisch lijken op enkele punten na. De belangrijkste zijn in onze inschatting:

- De maximaal mogelijke aardbevingssterkte M_{max} is op dit moment ingeschat met een kansverdeling die voor een deel boven een magnitude van 5 op de schaal van Richter uitkomt. Het gaat hier om een inschatting van de kans dat een geïnduceerde aardbeving een tektonische aardbeving 'triggert' in een nog onbekende breuklijn ergens in Nederland, dus zonder aanwijzingen daarvoor in de fysische omstandigheden van de diepe ondergrond (ver) beneden het Groningse gasreservoir. De vraag is daarmee of met tektonische aardbevingen rekening moet worden gehouden in de Groningse berekeningen terwijl dat elders in Nederland niet gebeurt. Wij delen de opvatting van de commissie Meijdam op basis van advies van het KNMI dat slechts met geïnduceerde aardbevingen rekening moet worden gehouden.

Een berekeningstechnisch conservatief effect

Onder tijdsdruk heeft de NAM besloten in haar H&R-berekeningen van november 2017 uit te gaan van een 3-punts verdeling van de M_{max} i.p.v. de 7-punts verdeling die het expertpanel voorstelde. Inmiddels is nagerekend wat het effect van deze keuze is en dat blijkt conservatief te zijn.¹⁰

- Op dit moment wordt ook voor de berekening van de effecten van een getriggerde aardbeving nog uitgegaan van een sterk conservatieve aanname: voor de getriggerde tektonische aardbevingen wordt met dezelfde $gmpe$ gerekend als met geïnduceerde aardbevingen. Tektonische aardbevingen moeten echter plaats vinden op tenminste 10 kilometer diepte en dat is veel dieper dan het reservoirniveau van 3 kilometer diepte waarin het aardgas zich bevindt en de geïnduceerde aardbevingen plaatsvinden. Een dergelijke diepe aardbeving zou aan de oppervlakte dus minder effect moeten hebben dan een aardbeving van gelijke sterkte op het reservoirniveau.¹¹
- Op dit moment wordt verder nog gerekend in de NPR 9998 met het effect van verweking van de bodem als gevolg van aardbevingen. Dit effect is nergens ter wereld aangetroffen voor aardbevingen met een sterkte van minder dan (omgerekend naar aardbevingen in het reservoir in Groningen) $M=5$. De verwachting is dat dit effect dan ook bij nader onderzoek zal verdwijnen.

¹⁰ Zie J. Van Elk et al, *Seismic Risk Assessment for Production Scenario "basispad Kabinet" for the Groningen Field*, juni 2018, p.98.

¹¹ J.J. Bommer et al, *V5 Ground-Motion Model for the Groningen Field*, march 2018.

- De hazard-berekeningen zijn tenslotte gebaseerd op de zogenaamde extreme threshold theory, dat wil zeggen van een exponentiele toename van het aantal breuken dat wordt 'geactiveerd' door toenemende compactie van het aardgasveld. Dit model is conservatief omdat, iets te eenvoudig geformuleerd, op enig moment alle mogelijke breuken simpelweg zijn geactiveerd. Meer precies:

*"This mechanism of extreme threshold failures due to fault strength disorder also means that the fraction of induced strains accommodated by frictional fault slip increases exponentially during the initial phase of fault reactivation. This exponential trend is not sustainable and must eventually roll over to a steady state condition where this strain fraction remains stable at a value less than or equal to unity. The expected number of induced earthquakes must then transition from a transient exponential-like trend to a linear-like trend with increasing strain once the majority of preexisting faults segments are reactivated."*¹²

Voor de sterkteberekeningen in de NPR 9998 geldt dat er nu verschillend validatieonderzoek loopt dat juist de laatste maanden veel conservatisme uit de berekeningsmethodieken heeft gehaald. Blijkens de meest recente inzichten zit er nog vooral betekenisvol conservatisme in de berekening van het risico op out-of-plane bezwijken. Zie het kader vorige onderdeel.

NPR: van convolutie naar praktisch hulpmiddel

De NPR 9998 voert de theoretisch correcte convolutie van de onderliggende kansberekeningen uit op de achtergrond en laat de constructeur in de praktijk een eenvoudiger berekening uitvoeren met rekenwaarden, de zogenaamde semi-probabilistische berekening. Dit is geheel overeenkomstig alle internationale bouwnormen. Men kan de procedure opvatten als een "slim gekozen eenpuntsintegratie". De NPR 9998 gaat uit van een definitie van deze rekenwaarden in unbiased verdelingsfuncties van belasting en sterkte. Daarom geldt ook hier dat dit strikt moet zijn toegepast zonder toevoeging van extra onzekerheidsmarges die een systematische fout introduceren. De NPR 9998 zal dus zo veel mogelijk gebruikt moeten worden in combinatie met unbiased belasting- en sterkteparameters en hun onzekerheden.

Onze **derde conclusie** is daarmee dat de semi-probabilistische risicoberekeningen als die volgens de meest recente inzichten met de NPR 9998, versie 2018 worden uitgevoerd waarschijnlijk eenzelfde orde-grootte aantal te versterken huizen opleveren wegens het risico op constructief falen als de probabilistische risicoberekeningen in het H&R-programma van NAM. Beide geven volgens de meest recente inzichten een goede inschatting van het werkelijk aantal woningen dat niet aan de norm voor het individueel risico voldoet wegens constructief falen, dat wil zeggen dat beide methodes niet meer dan een factor 10 overschatting geven van het werkelijk aantal woningen dat niet aan de norm voor het individueel risico voldoet wegens constructief falen.

Let wel, toepassing van de NPR 9998 is in de praktijk vooral geschikt voor de berekening van het aardbevingsrisico in de ontwerpfasen. Zodra deze wordt toegepast op bestaande bouw zal in de praktijk het verschijnsel ontstaan dat we hiervoor beschreven, namelijk dat consultants die aan individuele objecten rekenen vanuit 'zekerheid' redenerend een systematische overschatting introduceren van het aardbevingsrisico.

NPR: conservatief voor andere objecten dan woningen

De NPR 9998 hanteert een eigen aanscherping van de Meijdam-norm door bouwwerken onder te verdelen in 'consequence classes'. Voor bouwwerken waarbij meer mensen aanwezig kunnen zijn of die van groter maatschappelijk belang worden geacht door de NPR dan woningen, hanteert de NPR 9998 een norm die een factor 10 tot 1000 strenger is dan de 10^{-5} norm voor woningen. Deze aangescherpte berekeningswijze

¹² Bourne, S. J., & Oates, S. J. (2017). Extreme threshold failures within a heterogeneous elastic thin sheet and the spatial-temporal development of induced seismicity within the Groningen gas field. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 122, 10,299–10,320.

stijgt ver uit boven de Meijdam-norm voor het individueel risico. Deze aangescherpte berekeningswijze is een belangrijke reden waarom veel scholen in het aardbevingsgebied als onveilig werden betiteld. Het leidt ook tot zeer zware versterkingseisen aan bijvoorbeeld het gemeentehuis in Loppersum. De NPR noemt als reden een niet nader aangeduid 'maatschappelijk belang', maar neemt daarmee in feite een politiek besluit aangezien het een politieke afweging is of een bepaald gebouw versterkt zou moeten worden tot boven de door het kabinet bepaalde veiligheidsnorm en zo ja, hoeveel.

Onze **eerste aanbeveling** is daarmee om de risicoberekeningen voor het aardbevingsrisico in Groningen methodologisch correct uit te voeren, dat wil zeggen met een beste inschatting van de onderliggende kansverdelingen zonder invoering van conservatisme. Daaronder vallen dus de genoemde punten zoals het in de toekomst slechts werken met geïnduceerde (en dus niet met getriggerde) aardbevingen.¹³ De keuze om bepaalde gebouwen tot (ver) boven de Meijdam-veiligheidsnorm te versterken hoort niet thuis in de bouwnorm NPR, maar zou door de minister expliciet genomen of goedgekeurd moeten worden.

2.5 Wat is de waarde van het krijgen van extra inzicht in de onderliggende kansverdelingen als de sterkte van individuele huizen?

Een punt van aandacht blijft hoeveel energie er gestoken moet worden in het verkrijgen van meer zekerheid over elk van de onderliggende kansverdelingen.

De probabilistische benadering vergt onderzoek om kansverdelingen in kaart te brengen. In essentie zijn de twee belangrijkste parameters de verwachting en de spreiding van de onderliggende kansberekeningen. Een beschouwing van de kansverdeling van een van de factoren, kan leiden tot de conclusie dat nader onderzoek geen significante invloed heeft op de verwachtingswaarde en een beperkte invloed op de spreiding. In dat geval is het niet opportuun is om voor veel geld nader onderzoek te doen naar die kansverdeling omdat dat geen effect heeft op het totale risico.

Om het concreter te maken, het zou kunnen voorkomen dat de modellen voorspellen dat van 5000 huizen in een bepaald gebied, er met grote kans een klein aantal woningen is (bijvoorbeeld minder dan 3) die zo zwak zijn dat de kans op overlijden voor mensen in zo'n huis groter is dan 10^{-5} . Omdat we niet weten welke huizen dat zijn, is het individueel risico voor een willekeurige persoon in elk van die 5000 huizen kleiner dan 10^{-5} . Moet de overheid op dat moment veel geld gaan investeren om uit te zoeken welke paar huizen te zwak zijn (zo die al bestaan)? Dit lijkt ons een politieke vraag waarbij ook bestuurlijke afwegingen over de proportionaliteit bij gemaakt kunnen worden. Zo kan precies dezelfde vraag worden gesteld over screening voor een bepaalde ziekte, ook dan is er een bestuurlijk besluit nodig over de proportionaliteitstoets. In deze laatste situatie wordt er een norm gehanteerd voor de kosten per verwacht gewonnen gezond levensjaar dat een screening (dus extra inzicht in de kansverdeling per individu) moet opleveren.

Er is nog een fundamenteel probleem met het krijgen van extra inzicht in de praktijk: er is een grens aan wat een niet-destructieve inspectie aan extra kennis kan opleveren. Zie hiervoor het praktijkvoorbeeld van de draagbalken in paragraaf 2.3.

Wij denken niet dat het proportioneel is dat de overheid met elke mogelijke conditionering van onzekere factoren rekening moet houden. Daar komt bij dat er na iedere schademelding ter plaatse wordt ingeschat of er een acuut veiligheidsprobleem kan zijn. Om deze reden zijn er sinds 2013 ongeveer 100 woningen of schuren uit voorzorg gestut.

¹³ We merken op dat ook een internationaal panel van deskundigen dit jaar de aanbeveling heeft gedaan om het conservatisme in de berekeningen te verminderen: Jan van Elk & Dirk Doornhof (ed.), Assurance Meeting on Exposure, Fragility and Fatality Models for the Groningen Building Stock, March 2018.

Als er echter op een relatief simpele wijze een poging gedaan kan worden om toch aan meer relevante informatie te komen, dan moet dat ook niet nagelaten worden. In ons voorbeeld met de paar zwakke huizen, zou je bijvoorbeeld de bewoners zelf kunnen laten rapporteren wat zwakheden zijn van hun huis op grond van een checklist op internet, zodat experts vervolgens kunnen beslissen of een nadere inspectie nodig is.

Onze **vierde conclusie** is daarmee dat het methodologisch niet mogelijk en praktisch niet wenselijk is om een individuele diepgaande inspectie van alle bestaande woningen uit te voeren. De onzichtbare onzekerheden worden al snel groter dan wat zichtbaar is. De kosten voor individuele screening zullen ook al snel het proportionele voorbij gaan.

Deze mogelijk theoretisch ogende overweging heeft een directe praktische consequentie. Het is niet nodig en zelfs niet wenselijk om elk huis apart te inspecteren om te bepalen of aan de individuele risico norm voor de bewoners wordt voldaan: het is voldoende om verstandig rekening te houden met het feit dat huizen (ook van hetzelfde type) onderling kunnen verschillen. Natuurlijk is de risicoberekening van woningen wel specifiek in de zin dat rekening gehouden moet worden met de locatie van de woning, die bepaalt immers de belasting waaraan een woning blootstaat.

Uiteraard zou de overheid kunnen besluiten alle huizen te inspecteren, met het doel een betere inschatting van het risico te krijgen voor elk huis. Naar onze mening zou dit alleen moeten gebeuren als dit een efficiëntere manier zou zijn om aan de risiconorm te voldoen. Een voorbeeld: stel we modelleren een bepaald type huis met een brede spreiding voor de sterkte van het huis (dus er is een niet al te kleine kans dat een dergelijk huis zou instorten bij een aardbeving). Hierdoor is de ingeschatte kans, berekend met de volledig probabilistische methode, te groot voor dit type huis in een bepaald gebied. De overheid heeft nu een aantal opties: zij zou alle huizen van dit type kunnen versterken met een of andere gestandaardiseerde versterkingsmethode. Hierdoor zeggen de modellen dat we op een aanvaardbaar risico uitkomen. Een andere optie zou zijn om alle huizen te inspecteren. Door de grote sterkte-verschillen in dit type huis zou er dan een klein percentage huizen gevonden kunnen worden die in slechte staat verkeren. Deze huizen zouden dan versterkt kunnen worden met een maatwerk aanpak, zodat hierna alle huizen weer aan de risiconorm voldoen. Naar onze mening zou het goed zijn als de overheid uitzoekt wat *in verwachting*, gegeven alle modellen, de meest kosteneffectieve manier is om aan de risiconorm te voldoen. Wij zien de risiconorm dus eigenlijk als een randvoorwaarde: de overheid mag zelf bepalen op grond van overwegingen van snelheid, overlast en proportionaliteit/kosten hoe zij aan deze norm gaat voldoen, zolang ze er maar aan voldoet.

Een heel praktisch voordeel van het werken met de catalogusaanpak is dat bijvoorbeeld de door de Mijnsraad aanbevolen snelheid van versterken kan worden behaald omdat de tijdrovende detailinspecties van individuele woningen vervangen worden door een al geautomatiseerde en uitgevoerde inschatting op grond van foto's van buitenaf. Dit levert dan een inzicht op in de paar duizend meest kwetsbare woningen in heel Groningen waar een check op de bouwtekening en/of een heel korte inspectie per huis het uiteindelijke oordeel geeft. Dit proces is al bijna voor geheel Groningen doorlopen door de NAM in het kader van het H&R-analyse, dus veel van de benodigde informatie is al beschikbaar. Voor alle duidelijkheid: de NPR 9998 is hier niet voor gebruikt of noodzakelijk.

Onze **tweede aanbeveling** is daarom om te werken met een zodanig gedetailleerde catalogus van huizen dat elk huis op grond van enkele standaardkenmerken in een bepaalde categorie kan worden ingedeeld en dat voor die categorie door onderzoek/experts een kansverdeling op falen kan worden opgesteld die voldoende betrouwbaar is. Er zijn bouwstenen voor zo'n categorie-indeling beschikbaar, waarbij wij vooral denken aan de GEM-gebaseerde aanpak in de H&R-studie en een indeling in het expertsysteem GSAT.

Een belangrijke vraag is hoe groot de spreiding van het seismisch risico binnen één typologie is. Indien deze spreiding groot is geldt het advies dat op korte termijn nader te inventariseren en tot een

verbeterde typologie-indeling te komen om 'uittmiding' binnen een typologie zoveel mogelijk te beperken. Het advies is daarom om deze spreiding op termijn zo goed mogelijk te kennen.

Tot het moment van beschikbaar komen van deze nadere inzichten moet echter niet gerekend worden met een conservatieve waarde voor de sterkte en moet gerekend worden met de verscheidenheid in de sterkte binnen de typologie. Pas wanneer we meer weten over de nadere subtypologie, bijvoorbeeld door een inspectie of nader rekenen, dan kunnen we deze extra kennis gebruiken om een betere 'beste' inschatting van de kansverdeling van de gehele subtypologie te maken.

2.6 Is er een wetenschappelijke basis om tijdelijk een hoger risico toe te staan?

Ook als alle risicoberekeningen correct zijn uitgevoerd, kan blijken dat er huizen zijn die een groter individueel risico veroorzaken dan 10^{-4} of 10^{-5} . Als dit veel huizen zijn, dan is het praktisch ondoenlijk om deze binnen korte tijd allemaal te verstevigen. Vandaar dat de commissie Meijdam voorstelt om:

- alle woningen met een risico groter dan 10^{-4} onmiddellijk aan te pakken
- gedurende 5 jaar lang een risico van risico groter dan 10^{-5} maar kleiner dan 10^{-4} toe te staan. Binnen deze periode zou de overheid het risico dan moeten verkleinen.

De meest recente berekeningen (die ook door TNO, NEN en SodM worden onderschreven) geven aan dat er geen woningen meer zijn in Groningen waar het individueel risico groter is dan 10^{-4} .¹⁴

Aantal huizen met risico groter dan 10^{-4} (P90)

In de politieke en beleidsmatige discussie is er regelmatig sprake van woningen met een risico groter dan 10^{-4} (P90). In de volgende paragraaf leggen we uit dat het concept 'groter dan 10^{-4} (P90)' een methodologisch incorrect construct is, maar tenminste weten we dat de 103 woningen die in heel Groningen in deze categorie vallen in beeld zijn. Dit zijn de meest kwetsbare woningen in Groningen die i.h.a. al niet aan de reguliere bouwnormen voldoen. Een schrijnend voorbeeld is een rij van woningen (bekend bij de NCG) die net buiten batch 1 ligt: vanwege een bekende constructiefout zijn de huizen provisorisch versterkt tegen windbelasting maar (ook) nog steeds kwetsbaar voor aardbevingen terwijl (ook hier) met een beperkte ingreep de onveiligheid zou kunnen worden opgeheven.¹⁵

De versterkingsopgave draait daarmee om de woningen met een (objectgebonden individueel aardbevings)risico groter dan 10^{-5} maar kleiner dan 10^{-4} . De 5 jaar die daarvoor als versterkingstermijn is geadviseerd door de commissie Meijdam en door het kabinet is overgenomen is in feite een politiek besluit gebaseerd op praktische overwegingen. Het is ook een politiek besluit om vast te stellen vanaf wanneer deze vijf jaar zou moeten ingaan.

De vijf jaar is dus ingesteld om de overheid de noodzakelijke tijd te geven risico's te verkleinen, daarvoor bestaat geen wetenschappelijke basis en kan dus ook geen wetenschappelijk onderbouwd advies door wie dan ook worden gegeven.

Zoals de commissie Meijdam al opmerkte is de 5 jaar een in het bouwbeleid gebruikelijke, maar niet voorgeschreven, methode.

Voor waterveiligheid is bijvoorbeeld in 2015 gesteld door het kabinet dat alle dijken in Nederland in 2050 aan de 10^{-5} norm moeten voldoen. Mede gezien de omvang van de opgave is er dus een politieke keuze voor een periode van 35 jaar om een risico groter dan 10^{-5} te accepteren voor die gebieden daar momenteel niet aan voldoen.

¹⁴ Zie bijvoorbeeld J. Van Elk et al, Seismic Risk Assessment for Production Scenario "basispad Kabinet" for the Groningen Field, juni 2018.

¹⁵ Vanwege privacy-redenen geven we in dit rapport niet het adres van de betreffende woningen.

2.7 Hoe moet de overheid rekening houden met onzekerheid in (de effecten van) toekomstige gaswinning?

Een consequentie van de bovenstaande filosofie is dat altijd uitgegaan wordt van de *huidige* kennis over (dus) het *heden*.

In bijvoorbeeld een jaarlijkse update van de risico-inschatting kan telkens (zonder dat veel extra werk noodzakelijk is) tot een bijstelling van de risico-inschatting en daarmee van de versterkingstaak van de overheid worden gekomen. Dit kan een vergroting of een verkleining van die versterkingsopgave betekenen.

Zo moet in de risico-inschatting nu niet worden vooruitgelopen op een nog onzekere verlaging van het aardbevingsrisico door de voorgenomen verlaging van de aardgaswinning. Met andere woorden, de situatie zou zeer wel kunnen ontstaan dat woningen die nu niet aan de 10^{-5} norm voldoen dat over enkele jaren wel doen omdat de verwachte sterkte van de aardbevingen minder wordt. In de huidige berekeningen van het risico zou deze verwachting geen rol moeten spelen. Wel kan, op logische gronden, als eerste worden ingezet op de meest kwetsbare woningen in het vijfjarenversterkingsplan. Het kan dan na enkele jaren blijken dat de woningen die al het meest in de buurt van de 10^{-5} kwamen geen versterking meer nodig hebben.

Dezelfde redenering moet ook gebruikt worden bij het probleem van de onbekende gaswinning in de toekomst: we schatten in dat de gaswinning zal verminderen, maar als de winters erg koud worden, dan is er meer gas nodig. Moeten we *nu* rekening houden met de onzekerheid in de *toekomstige* gaswinning? Ons advies zou zijn: nee! Het enige waar de overheid zich aan dient te houden is het handhaven van de risiconorm. Dit betekent dat als de minister zich volgend jaar genoodzaakt ziet om meer gas te winnen, dan moeten we opnieuw de risico's berekenen aan de hand van de nieuwe voorspelde gaswinning. Mochten de risico's te hoog uitvallen voor sommige gebouwen, dan moet de overheid ofwel versneld deze huizen versterken, ofwel de gaswinning zodanig omlaag schroeven dat het risico binnen de norm blijft. Dit is dus een optimalisatieprobleem voor de overheid, maar de randvoorwaarde dat de risiconorm gehaald wordt, blijft staan.

Risico's uitmiddelen over de tijd

Wanneer we risico's beschouwen waar mensen aan bloot staan, is het gebruikelijk om dergelijke risico's uit te drukken in een kans op een onwenselijke uitkomst (bijvoorbeeld overlijden) per tijdseenheid (bijvoorbeeld jaar). Dit risico moet dan vaak onder een norm liggen (bijvoorbeeld 10^{-5} overlijdensrisico per jaar als gevolg van een geïnduceerde aardbeving is de Meijdam norm). De keuze voor een tijdseenheid is cruciaal: in veel situaties is het gebruikelijk om voor kortere tijd een hoger risico te accepteren, zolang het gemiddelde risico over de gekozen tijdseenheid maar aan de norm voldoet. Denk hierbij aan een bouwvakker die op een steiger werkt: het risico per minuut voor deze bouwvakker is veel groter dan de toegestane norm per werkdag omgerekend naar die paar minuten klimmen op het moment dat hij/zij de steiger op en af klimt. Echter, aangezien hij/zij dit slechts een korte tijd van de dag doet, is het gemiddelde risico over de hele werkdag genomen acceptabel: de kans dat hij/zij in een werkzaam leven zal overlijden aan een steigerongeluk is klein genoeg. Als hij/zij echter gedurende de werkdag alleen maar de steiger op en af zou moeten lopen, dan zou het de gemiddelde risico te groot worden. We accepteren dus met rede tijdelijke hogere risico's, zolang het gemiddelde risico klein genoeg is.

Hoe zouden we dit moeten toepassen op het aardbevingsrisico in Groningen? Ook hier zijn er duidelijke tijdseffecten. Het is bijvoorbeeld bekend uit historische data dat in de winter meer kleinere aardbevingen zijn dan in de zomer, vermoedelijk door de grotere hoeveelheid gas die in de winter werd omhoog gepompt. Verder hebben we nog het effect van de afbouw van de gaswinning over de komende 10 jaar: dit zou betekenen dat het risico fors afneemt de komende paar jaar. Mogen we nu bij het bepalen van het individuele overlijdensrisico middelen over een aantal jaar, waardoor het risico lager uitvalt en dus meer

huizen zullen voldoen aan de Meijdam norm? Dit is een heikel punt, waar niet direct objectieve duidelijkheid over te geven is. Het zou bijvoorbeeld niet onredelijk of ongebruikelijk zijn om de Meijdam norm, die iets zegt over het risico *per jaar*, te vertalen in een kans dat iemand overlijdt als gevolg van een aardbeving in de komende *10 jaar* omdat de kans per jaar (nog) niet stabiel is. Deze 10-jaar kans zou dan kleiner moeten zijn dan $10 \times 10^{-5} = 10^{-4}$. Een dergelijke inschatting van het risico over de komende 10 jaar heeft 'profijt' van de dalende gaswinning. Dit soort berekeningen worden in de huidige praktijk bijvoorbeeld bij bruggen gedaan, waar de hazard van instorting van de brug wordt gemiddeld over 10 of 15 jaar. Ook hier is een tijdsafhankelijkheid omdat de brug zwakker wordt naarmate deze ouder wordt, en dus loopt het risico op. Het kan dan dus zijn dat aan het eind van die 15 jaar het jaarlijkse risico hoger is dan de norm, maar gemiddeld over de 15 jaar was het lager dan de norm. Een politieke keuze voor zo'n 10 jaar termijn zou daarmee niet onrechtvaardig zijn.

Wij zouden echter willen adviseren om in het geval van het aardbevingsrisico in Groningen niet te middelen over meer dan 1 jaar:

- De middelingsperiode van 1 jaar lijkt ons redelijk omdat we niet per se alleen maar rekening hoeven te houden met de hogere risico in de winter, maar we ons ook moeten realiseren dat het risico lager is in de zomer.
- Echter, bij meerjarenverdiscontering van de verwachte daling van het aardbevingsrisico in de komende jaren spelen verschillende onzekerheden die risicoberekeningen te boven gaan: het hangt ook direct af van het handelen van de overheid. Zal de overheid inderdaad de gaswinning met het beloofde percentage (kunnen) terugbrengen, of dwingt bijvoorbeeld een koude of geopolitieke realiteit haar tot het winnen van meer gas in Groningen? In dat laatste geval zou het dus kunnen voorkomen dat het niet meer mogelijk is voor bepaalde huizen om het gemiddelde risico laag genoeg te krijgen binnen een acceptabele termijn, omdat in het begin een te hoog risico is geaccepteerd in de verwachting dat het risico in de jaren daarna fors zou dalen.

Bij het middelen over 1 jaar is het nog steeds mogelijk om niet alleen het risico te monitoren, maar ook om tijdig passende maatregelen te nemen mocht het risico toch te hoog blijken. Als al eerder opgemerkt, raden wij wel aan dat bij gebrek aan capaciteit voor versterkingswerkzaamheden, de prioritering van de te versterken huizen gebaseerd wordt op het ingeschatte risico. Voor deze inschatting is het misschien wel verstandig om te middelen over meerdere jaren, zeker als we verwachten dat het gebrek aan capaciteit zo lang blijft bestaan.

Dit betekent dus, nogmaals, wel dat er geregeld moet worden gekeken hoe de individuele risico's zich ontwikkelen in de loop van de tijd, en dat er op een realistische manier wordt ingeschat welke verstevigingsoperaties binnen welke termijn kunnen worden uitgevoerd. Een jaarlijkse of desgewenst halfjaarlijkse update van de risicoanalyse is dus belangrijk.

Bij sommige adviesorganen leeft de gedachte dat hier met (al dan niet tijdelijke) extra arbitraire marges moet worden gerekend om te voorkomen dat de risicoberekening de aankomende jaren anders uitpakt 'en om te borgen dat de geadviseerde maatregelen ook op langere termijn voldoende robuust zullen zijn'. Men spreekt dan soms over het hanteren van 'een 90% marge' of een 'P90'.¹⁶ Om verschillende redenen zijn wij hier sterk tegen:

¹⁶ SodM trekt in haar *Advies van Staatstoezicht op de Mijnen naar aanleiding van de afbouw van de gaswinning in Groningen* (juni 2018, pg 56) een parallel met het domein van de waterveiligheid dat de signaleringswaarde zou hanteren als een verkapte vorm van een P90 onzekerheidsmarge. Dit lijkt verkeerd begrepen door SodM: in de Waterwet wordt de signaleringswaarde precies gebruikt zoals het woord suggereert, namelijk als signaal dat overwogen moet worden of nieuwe maatregelen noodzakelijk zijn. De ratio hiervoor is dat het uitgangspunt is dat de waterspiegel zal blijven stijgen en dat nieuwe maatregelen makkelijk een decennium of meer kunnen kosten om te implementeren. Ook verwijst SodM naar haar eigen gebruik van een P99 in het Waddenzee gebied en van haar Noorse collega's op de Noordzee, wij denken hier dezelfde wiskundige incorrectheid te bespeuren als in het Groningenadvies van SodM

- Wij zien de gedachte dat het gebruik van een arbitraire marge bewoners in het gebied zekerheid biedt als een denkfout omdat de berekeningen van de aankomende jaren wanneer je *diezelfde* arbitraire marge weer meeneemt toch ook weer een veranderend risicobeeld zullen opleveren (als het 'werkelijke' risico verandert). Ook voor dit vraagstuk geldt daarmee dat er geen wetenschappelijk onderbouwde keuze valt te maken door welk adviesorgaan dan ook, maar dat dit een essentieel politieke keuze is.
- Bovendien moet praktisch beseft worden dat een aanpassing van de norm of inbouw van een extra marge in de norm een niet triviale nieuwe kalibratie van sterkteberekeningen van woningen naar rekenwaarden voor de belastings- en sterkteparameters vereist, hetgeen naar inschatting van de geraadpleegde experts zeker een half jaar werk betekent.
- Juridisch lijkt ons de introductie van een dergelijke arbitraire tijdelijke veiligheidsmarge ook onwenselijk: de rechtszekerheid van bewoners gaat er niet op vooruit bij toepassing van een wisselende veiligheidsnorm. Er ontstaat dan een glijdende schaal die kan gaan leiden tot een structurele toepassing van het semantische construct $P90\ 10^{-5}$ waar (zie de volgende bullet) geen methodologische onderbouwing voor bestaat.
- Heel specifiek methodologisch, we noemden dat al eerder, heeft de betiteling P90 geen wiskundige betekenis in dit verband: het hanteren van een onzekerheidsmarge in de loop van de berekeningen levert een eindgetal op waarvan de relatie met de (correct berekende) verwachtingswaarde onbekend is. In de bijlage leggen we aan de hand van wat voorbeelden uit dat het een conceptuele vergissing is om het risico dat uit de modellen komt te zien als een verdeling rond het 'echte' risico, met een verwachting en een spreiding. Naast het enigszins filosofische probleem dat het 'echte' risico niet is gedefinieerd, is het alleen mogelijk om een spreiding in onze inschatting te krijgen door te conditioneren op een bepaald deel van onze ontbrekende kennis. Echter, elke keuze tot conditioneren (bijvoorbeeld de kracht van een mogelijke aardbeving of de sterkte van een huis) leidt tot een andere verdeling van het risico (en dus tot een andere waarde van P90). Alleen het methodologisch correct uit-integreren van deze verdelingen levert altijd de oorspronkelijke correcte inschatting op.

Onze **derde aanbeveling** is daarmee om slechts met het correct berekende risico te werken en niet met arbitraire toevoeging van een onzekerheidsmarge.

2.8 Over het maatschappelijk veiligheidsrisico

Het maatschappelijk veiligheidsrisico is een rekenkundig construct dat is voorgesteld door de commissie Meijdam in een poging een bekend probleem met het zogenaamde groepsrisico te adresseren.

De context was als volgt:

- Op verzoek van de minister van EZ heeft de commissie Meijdam in eerste instantie gekeken naar de verschillende risiconormen die op dat moment al gebruikt werden bijvoorbeeld door SodM zoals individueel risico, groepsrisico en 'heat maps'.
- De commissie Meijdam heeft in haar eerste advies geconcludeerd dat slechts voor het gebruik van het (op een correcte wijze berekende en dus anders dan tot op dat moment gedaan) individueel aardbevingsrisico een goede basis was. De commissie Meijdam adviseerde expliciet om niet het groepsrisico te gebruiken wegens dezelfde bekende methodologische redenen die ertoe hebben geleid dat het in ander veiligheidsbeleid geen wettelijke basis heeft.

- Op verzoek van de minister van EZ heeft de commissie Meijdam vervolgens (toch) geprobeerd om samen met o.a. SodM te komen tot een berekenbare definitie van een vorm van groepsrisico: het maatschappelijk veiligheidsrisico.
- Het maatschappelijk veiligheidsrisico kon dan o.a. gebruikt worden voor prioritering van de versterkingsopgave.

In onze analyse heeft het gebruik van het maatschappelijke veiligheidsrisico geen toevoegde waarde. Het maatschappelijk veiligheidsrisico kent volgens de commissie Meijdam twee aspecten: slachtoffers en schade.

Het aspect slachtoffers

Het maatschappelijke veiligheidsrisico is voor het aspect slechtoffers een variant op het groepsrisico zoals dat zijn oorsprong kent in het industrieel veiligheidsbeleid.

De grondslag voor het gebruik van groepsrisico is dat het maatschappelijk minder aanvaardbaar zou zijn dat een groep mensen tegelijkertijd omkomt door een risicobron dan dat mensen één-voor-één omkomen door een risicobron. Dus het is 'erger' dat 10 mensen tegelijkertijd omkomen door een risico dan 10 mensen verspreid over bijvoorbeeld een jaar. Bij de grondslag voor deze aanname kunnen vraagtekens gezet worden: er lijkt vooral sprake van een niet onderbouwde angst dat Nederlanders niet in staat zijn om te begrijpen dat er een verschil is tussen de grotere media-aandacht voor grotere ongevallen en de objectieve omvang van risico's.¹⁷

Methodologisch is een bezwaar bij het gebruik van het groepsrisico bij risico's die op een groter geografisch gebied gelijktijdig optreden (denk aan dijkdoorbraken, stormen of aardbevingen) dat normering van het groepsrisico elke norm op het individueel risico overschaduwet. Om dit te illustreren beschouwen we het voorbeeld van aardbevingen in Groningen:

- Stel de kans op een aardbeving die met 5% kans leidt tot het instorten van een woning in een bepaald gebied met 5000 huizen is 1:2500 per jaar. Deze getallen zijn niet toevallig: dit is de toetsingsnorm voor de NPR 9998: woningen moeten met 95% zekerheid een aardbeving die een kans op voorkomen van een op de 2500 jaar kunnen doorstaan. De kans dat een specifieke persoon dan overlijdt in zo'n instortend huis is gelijk aan 10%. De NPR 9998 stelt dan dat dit correspondeert met een individueel risico van 10^{-5} .¹⁸
- Hiermee komt de bijdrage aan het jaarlijkse individueel risico in dit gebied van aardbevingen van deze sterkte neer op ongeveer $1/2500 \times 5\% \times 10\%$ is ongeveer 10^{-6} dus een factor 10 kleiner dan de norm 10^{-5} .
- Wanneer we nu het groepsrisico bekijken dan valt meteen op dat een grote groep mensen behoorlijk veel gevaar loopt als zo'n aardbeving zich voordoet: als zo'n aardbeving gebeurt, dan lopen volgens de aanname direct 5000 huizen gevaar, waarin volgens de landelijke bezettingsgraad van woningen zo'n 11000 mensen wonen. Elk van die mensen loopt een risico van $5\% \times 10\%$ is 2×10^{-3} , gegeven dat de aardbeving gebeurt. Dit levert een verwacht aantal doden op van 22. Dit houdt in dat de kans op 10 doden of meer in dit gebied in een jaar groter is dan 4×10^{-4} .
- Het groepsrisico lijkt dus veel groter dan het individueel risico maar methodologisch is dit appels en peren vergelijken. Kijk maar naar deze berekening: er wonen 11000 mensen in het gebied,

¹⁷ Zie bijvoorbeeld ministerie van BZK (2015), *Kennisdocument burgers over risico's en incidenten* (onderdeel van de tool box voor proportionele bestuurlijke omgang met risico's en verantwoordelijkheden).

¹⁸ H. Crowley and R. Steenbergen, *Notes on the Return Period to use for Liquefaction Assessment in NPR*, March 2018. Bij de (afwezigheid van een transparante en overtuigende) berekening van de relatie tussen de toetsnorm in de NPR 9998 en de 10^{-5} norm voor individueel risico kunnen vraagtekens gezet worden, maar dat laten we op deze plaats buiten beschouwing.

dus de kans dat een specifieke persoon zich in het groepje van ongeveer 22 slachtoffers bevindt, is ongeveer 2×10^{-3} . Hiermee valt het individueel risico weer onder de norm, dat is immers de kans op zo'n aardbeving maal de kans in de groep van 22 te zitten, is 8×10^{-7} .

Het paradoxale hier is dus dat de kans op een bepaald aantal slachtoffers veel groter lijkt dan de kans dat een specifieke persoon slachtoffer wordt, omdat bij zo'n catastrofale gebeurtenis over een groter gebied een grote groep mensen gevaar loopt. In wat meer technische termen betekent dit dat het overlijden van verschillende mensen in deze situatie sterk afhankelijk is, via de catastrofale gebeurtenis die op zichzelf niet een heel kleine kans heeft. Dit is dan ook precies de reden dat dit groepsrisico in de huidige veiligheidspraktijk niet beschouwd wordt wanneer we het veiligheidsrisico van een dijkdoorbraak beschouwen (kans op optreden in Groningen ongeveer 10^{-3}) of in de context van bouwen voor windbelasting.

We moeten ons ook bedenken dat als we toch het groepsrisico laag willen houden, we in Groningen voor elk huis de kans op instorten bij een aardbeving met een terugkeerperiode van 1/2500 bijzonder sterk moeten verkleinen om het totale aantal slachtoffers klein te houden (in ons voorbeeld zouden we de kans op instorten moeten verkleinen van 5% naar 0,05%). Hoeveel we de kans moeten verkleinen hangt dan opeens ook af van het aantal mensen dat gevaar loopt bij een dergelijke catastrofale gebeurtenis (dit speelt geen rol bij het individuele risico): gebouwen zullen dan in grotere gemeenten meer versterkt moeten worden dan in kleinere gemeenten. Het resultaat is dan natuurlijk dat het feitelijke individuele risico veel kleiner wordt dan de Meijdam norm van 10^{-5} , in het voorbeeld wordt dat dan 10^{-7} .

Het is al met al duidelijk waarom het groepsrisico in ander veiligheidsbeleid een kwijnende status heeft. Slechts voor risico met een vaste geografische puntbron zoals explosies bij een chemisch bedrijf is überhaupt een zinvolle berekening mogelijk maar ook dan is de vraag wat de uitkomst betekent.

De commissie Meijdam heeft een poging gedaan het groepsrisico voor geïnduceerde aardbevingen enigszins onafhankelijk te maken van de gemeentegrootte waarop het werd toegepast door het aftrekken van de verwachtingswaarde van een uniforme 10^{-5} verdeling voor het individueel risico. Dit geeft een betekenisvolle correctie voor kleine groepsgroottes maar nog niet voor grotere groepsgroottes.

Voor aardbevingen geldt daarmee dat gebruik van het maatschappelijk risico als variant op het groepsrisico leidt tot een discrepantie met het huidige veiligheidsbeleid voor storm en overstromingen.

Tenslotte is voor de prioritering van de versterking een veel directer instrument in onze visie bruikbaar (namelijk de beschreven catalogusaanpak) dan het maatschappelijk veiligheidsrisico.

Het aspect schade

In de definitie van maatschappelijk veiligheidsrisico van de commissie Meijdam wordt ook gekeken naar de verwachte schade. Dit zou bruikbaar zijn in een brede kosten-baten afweging van de gaswinning in Groningen. Nu het politieke besluit is genomen om de gaswinning te stoppen is een dergelijke kosten-batenafweging niet meer aan de orde en daarmee heeft deze informatie zijn waarde verloren.

Onze **vierde aanbeveling** is derhalve om te besluiten dat het niet (meer) nodig en zelfs niet (meer) behulpzaam is om maatschappelijk veiligheidsrisico onderdeel te laten zijn van het risicobeleid voor geïnduceerde aardbevingen.

3. Over de wijze van versterken tegen aardbevingen

Wanneer de sterkte van woningen, dat wil zeggen in ons advies van de typologie waartoe zij behoren, bekend is, is de vraag op welke wijze deze woningen versterkt kunnen worden.

Zoals inmiddels duidelijk zal zijn, denken wij dat ook hier een individuele aanpak per woning methodologisch niet te verantwoorden is. Heel praktisch zal een individuele aanpak per woning al snel leiden tot een disproportionele investering in de berekening van de versterkingsmaatregelen per woning en tot een onnodige lange versterkingsperiode van meerdere jaren in plaats van, in onze inschatting, maximaal een jaar met een geschikte catalogusaanpak.

Wij pleiten ook hier voor een definiëring van de versterkingsmaatregelen per cataloguselement. Juist omdat de gevraagde versterkingsmaatregelen blijkens de meest recente inzichten een klein deel van de woningvoorraad aangaan en in het algemeen relatief licht zijn (maatregelen die van buitenaf aangebracht kunnen worden en/of met beperkte hinder binnen in de woning zonder dat de bewoners ervoor hun huis moeten verlaten) kan er proportioneel vaart in de versterking worden gebracht door generieke maatregelen te gebruiken.

Bij het bepalen van het risico van een bepaald type huis, zou het goed zijn om te bepalen of min of meer voor de hand liggende verbouwingen aan een huis van invloed zijn op de sterkte, en zo ja, in welke mate. Ook zou met een beperkte steekproef nagegaan kunnen worden met welke regelmaat belangrijke verzwakkingen van een huis voorkomen (denk aan het doorbreken van een dragende muur tussen de keuken en de woonkamer, bijvoorbeeld).

Heel erg concreet is de voor de hand liggende aanbeveling om op de korte termijn de versterking te richten op de meest kwetsbare woningen, zijnde rijtjeswoningen met een groot openingspercentage in de langshevels, in heel Groningen. Minder dan de helft van die woningen is volgens de studies van de NAM te vinden in de batches 1-3, in de laatste twee batches gaat het zelfs om minder dan 15%.

Wij zouden voorstellen om woningen waar flinke schade is opgetreden bij 'lichte' bevingen met voorrang te behandelen. De kans dat er met deze woningen wat aan de hand is en de kans dat deze woningen eerder dan andere woningen de limit state near collapse bereiken bij een eventuele 'grote' beving is groter dan in woningen zonder grote schade. Dit is een pragmatische manier om te prioriteren, los van rekenexercities en veiligheidsfilosofieën. Let wel, een groot deel van schades in woningen bevindt zich in niet-dragende onderdelen en heeft daarmee geen consequenties voor de near collapse state, maar bij een klein deel zijn bijzondere dingen aan de hand (bijv. ernstige zettingsschade waardoor balken niet meer goed opliggen of de draagconstructie anderszins is aangetast). Uit de schadeafhandeling kan getraceerd worden om welke woningen het gaat.

Pak eerst de in-plane opgave voor de kwetsbaarste rijtjeshuizen aan (ordegrootte honderd). Bijvoorbeeld door betere verbindingen, versterkte wanden of steunberen van buitenaf aan te brengen, indien nodig gecombineerd met doorkoppeling van vloeren (vereist wel binnen de woning weghakken van enkele lagen metselwerk boven de vloer) mochten de vloeren niet doorgaand zijn.

Pak daarna vrijstaande woningen aan (de H&R-analyse en verkennende GSAT-analyses laten zien dat ze aanmerkelijk minder bijdragen aan het veiligheidsrisico dan een hoofdtype rijtjeshuizen).

Pak dan de out-of-plane opgave aan, beginnend in de meest kwetsbare gebieden met de laagste capacity/demand ratio's (de omvang van de opgave is anders dan bij in-plane minder gerelateerd aan het type woning; ruwe inschatting, zoals eerder vermeld, ordegrootte duizend). In eerste instantie met maatregelen van buitenaf, als verbinden buitenblad spouwmuur aan binnenblad met ankers van buitenaf en/of spouwdonuts, verbinden van wanden aan vloeren door vanaf buiten diep te boren waar

mogelijk, vastzetten kopgevels door op zolder te verbinden aan dakconstructie, (niet-dragende) binnenwanden via bijv. hoekstalen tijdelijke verbindingen c.q. gedeeltelijke inklemmingen geven en als dat niet voldoende is, plaats er dan aan beide kanten een gaas/vlies/textiel op.

Het effect van standaard versterkingsmaatregelen op de veiligheid kan worden berekend, waardoor per woningtype een pakket maatregelen kan worden bepaald waarmee zulke woningen minimaal gaan voldoen aan de veiligheidsnorm.

Verbetering van de NPR 9998, tenminste noodzakelijk voor nieuwbouw.

De volgende drie aanbevelingen richten zich op een betere bruikbaarheid van de NPR 9998 tenminste voor het ontwerp van gebouwen.

Zorg dat de juni-versie van Annex G zo spoedig mogelijk van kracht wordt. Maak een noodverordening of tijdelijke short-cut die het reguliere traject naar witte en vervolgens groene versie van de NPR binnen zeg 2 maanden regelt. Consultants zullen in verband met liability de Annex pas gebruiken als een der overheden dat expliciet oplegt, anders wachten ze (begrijpelijk) tot het officiële pad gevolgd is (de reden waarom nu nog met NPR 2015 wordt gewerkt). Deze annex leidt tot transparantie en duidelijkheid voor de in-plane versterkingsopgave.

Zorg dat Annex H zo spoedig mogelijk gecalibreerd en doorontwikkeld wordt. Deze annex is nu te conservatief en geeft geen duidelijkheid aan Groningers over de (omvangrijke doch per huis minder intrusive) versterkingsopgave tegen out-of-plane bezwijken.

Regel dat de NPR "losbladig" wordt, zodat voortschrijdend inzicht aan de belastingskant (het hazard), beslissingen over de gasproductiescenario's en voortschrijdend inzicht aan de weerstandskant van gebouwen sneller meegenomen kunnen worden dan voorheen. Update deze losbladige NPR per half jaar. Zorg daarbij dat er een gremium is dat de betrokken stakeholders verbindt en mandateer haar voor snelle beslissingen.

Wij merken overigens nogmaals op dat de NPR 9998 voor bouwwerken anders dan woningen werkt met consequence classes die leiden tot extra eisen aan die bouwwerken. Daarmee worden middels de NPR eisen gesteld die uitstijgen boven de door het kabinet vastgestelde norm voor het individueel risico.

4. Slotsom en advies

Algemene filosofie

Voor een correcte berekening van het individueel aardbevingsrisico conform het advies van de commissie Meijdam en de gebruikelijke berekeningsmethodes voor risico's in Nederland moet de convolutie-integraal van de onderliggende (onafhankelijke) kansberekeningen worden genomen zonder toevoeging van extra onzekerheidsmarges die een systematische fout introduceren.

En dus met nadruk: onzekerheden moeten altijd naar beste weten door experts worden ingeschat en in de kansverdeling worden verwerkt zonder introductie van ad hoc veiligheidsmarges, want dat maakt de systematiek als geheel onbetrouwbaar.

Individueel risico

De uiteindelijke waarde voor het individueel risico is gezien het voorgaande een verwachtingswaarde.

De huidige wijze van berekening van het individueel risico in en de versterkingsmaatregelen van woningen door de NCG zijn gebaseerd op de NPR 9998, versie 2015, dat wil zeggen de NAM-modellering uit 2014 van de hazard en de inzichten over sterkteberekeningen uit 2015. Volgens ons is die aanpak methodologisch incorrect door de bewuste invoeging van onzekerheidsmarges.

Naar onze inschatting is de resulterende inschatting van het individueel aardbevingsrisico voor woningen tenminste een factor tien maar waarschijnlijk meer dan een factor honderd te groot. Daarmee lijkt ook de huidige NCG inschatting van de versterkingsopgave eenzelfde factor te groot (zowel voor het aantal woningen als voor de wijze van versterking).

Wij stellen concreet voor om te werken met een catalogusaanpak waardoor de noodzaak van een individuele detail-inspectie van woningen vervalt. Basis hiervoor zou de nieuwste versie van het hazardmodel van de NAM, dat is reviewed door internationale experts en gevalideerd door de KNMI, samen met het internationale GEM-model waarin de nieuwste inzichten voor de sterkte van de Groningse huizen zijn verwerkt, te gebruiken om middels een methodologisch volledig correcte aanpak (een volledig probabilistische aanpak) een individuele overlijdensrisicokans per jaar te bepalen.¹⁹ Als deze kans per cataloguselement, waarin dus ook onzekerheden zo goed mogelijk zijn gemodelleerd, kleiner is dan 10^{-5} , dan heeft de overheid voldaan aan haar plicht om bewoners een veilige woonomgeving aan te bieden op een gelijke wijze als in andere veiligheidsdomeinen gebeurt.

Daadkrachtige versterking

Een snelle en proportionele aanpak van de versterking zou kunnen worden bereikt door het instellen van een compacte, daadkrachtige projectgroep van wetenschappers die de volgende stappen doorlopen:

- Vaststellen van opbouw catalogus. Zoals al gesteld is de basis hiervoor al in het H&R-model van de NAM opgenomen dat is gebaseerd op het internationale GEM-model.²⁰
- Het risico per cataloguselement kan dan door de beperkte groep wetenschappers worden doorgerekend, en de versterkingsadviezen per cataloguselement zouden eveneens door dezelfde

¹⁹ Zie voor een diepgaande beschrijving: Groningen Earthquakes Structural Upgrading Data Documentation Exposure Database Version 5, ed. J. van Elk en D. Doornhof, januari 2018.

²⁰ Voor een beschrijving in het Nederlands zie het mede op het verzoek van het panel opgestelde Exposure Database (EDB) voor het gebied van het Groningen veld uit juli 2018 door J. Uilenreef, J. van Elk en A. Mar-Or.

groep experts kunnen worden bepaald. Zo kan bepaald worden welke (combinaties van) maatregelen ertoe leiden dat een woningtype ten minste zal voldoen aan de veiligheidsnorm.

- Daarna kunnen de opdrachten tot versterken worden uitbesteed. Deze zullen in het algemeen beperkt ingrijpend zijn en veelal geen bouwvergunning vereisen.

Voor deze gehele procedure hoeft dus niet eerst bijvoorbeeld een nieuwe NPR worden vastgesteld, hetgeen tot een aanzienlijke versnelling van de versterkingsopgave zou moeten leiden. De eerste twee stappen zouden aan het begin van het najaar 2018 gereed moeten kunnen zijn.

Omgang met onzekerheid over de effecten van de verminderde aardgaswinning

Er is volgens ons geen noodzaak om extra rekening te houden met (toekomstige) onzekerheden in het bepalen van het individueel risico, want het risico kan elk (half) jaar eenvoudig opnieuw worden bepaald, aan de hand van de laatste inzichten en de feitelijke gaswinning. Eventuele extra noodzakelijke versterking zal ook dan in het algemeen beperkt ingrijpend zijn en daarmee snel uit te voeren.

Maatschappelijk risico

Voor het door de commissie Meijdam voorgestelde maatschappelijk veiligheidsrisico zien wij methodologisch en praktisch geen meerwaarde in het veiligheidsbeleid voor de aardgaswinning in Groningen.

Bijlage

Over de berekening van risico's, een poging tot een korte simpele uitleg

De berekening van het individueel aardbevingsrisico voor personen in een bepaald gebied kan slechts uitgevoerd worden door (model)aannames te doen over een groot aantal onbekende factoren die bijdragen tot deze kans. Dit moet in dit geval net als op andere risicoterrainen geaccepteerd worden (sommige dingen weten we nu eenmaal niet precies). We verwachten dat experts de best mogelijke modellen maken die de werkelijkheid beschrijven, en dat diezelfde experts een indicatie kunnen geven in hoeverre de werkelijkheid *kan* afwijken van deze modellen. Deze aanpak wordt bijvoorbeeld regulier gebruikt bij het berekenen van de kans op een overstroming, maar ook op die van tektonische aardbeving van een bepaalde sterkte in een bepaald gebied.

We kunnen zelfs stellen dat het 'echte' individueel aardbevingsrisico in feite niet is gedefinieerd: we modelleren ons gebrek aan kennis door middel van kansverdelingen, waardoor we uiteindelijk op een kans uitkomen. Of iemand daadwerkelijk het komende jaar overlijdt als gevolg van een aardbeving is in grote mate een deterministisch gevolg van de huidige eigenschappen van het relevante fysische systeem, en dus niet de uitkomst van een kansexperiment. Toch is het modelleren van ons gebrek aan kennis door middel van kansmodellen een in veel gebieden van de wetenschap niet alleen een geaccepteerde, maar zelfs uiterst succesvolle methode om toch relevante conclusies te kunnen trekken.

Om aan te geven waar een probleem bij de interpretatie van de onzekerheden kan optreden, bekijken we een voorbeeld. Voor het berekenen van de versnelling van het aardoppervlak bij een aardbeving van een bepaalde sterkte, zouden we de viscositeit van de ondergrond moeten weten (lieft op elke plek). Dit is uiteraard niet precies bekend, maar experts kunnen een educated guess doen: laten we zeggen (precieze getallen zijn hier niet van belang) dat de viscositeit 5 is, plus of min 2. In een probabilistische aanpak zouden we dan zeggen dat de viscositeit een normale verdeling heeft met verwachting 5 en standaarddeviatie 2. De echte viscositeit is natuurlijk simpelweg een (onbekend) getal voor elke plek van de ondergrond. Je zou dus nu kunnen zeggen dat er een onzekerheid is in de gevolgen van de aardbeving, omdat viscositeit 3 een ander antwoord geeft dan viscositeit 7. De eerste neiging zou dan kunnen zijn om aan de veilige kant te gaan zitten. Het gevolg hiervan zou zijn dat de op die manier bepaalde kans een sterk conservatieve bovengrens is, die geen recht doet aan de inschattingen van de experts.

Om het (hopelijk) nog concreter te maken, stel er zijn twee dobbelstenen²¹, een met alleen de oneven uitkomsten 1,3 en 5, en een met de even uitkomsten 2,4 en 6. De twee verschillende dobbelstenen stellen de mogelijke waarden van de viscositeit voor, en hoe dit doorwerkt in de overlevingskans. Een uitkomst van 6 zou overeenkomen met niet overleven. Iemand kiest nu willekeurig tussen de twee dobbelstenen, gooit deze en kijkt naar de uitkomst. Wat is de kans op een 6? Het is duidelijk dat deze kans afhangt van welke dobbelsteen de persoon kiest, maar dat weten we niet; we weten alleen dat hij tussen de twee dobbelstenen kiest. Dit is vergelijkbaar met de onzekerheid over de viscositeit: we kennen deze niet, maar we 'weten' (of modelleren) dat dit een trekking is uit een normale verdeling. Het is duidelijk dat als we middelen over de kans op de ene of de andere dobbelsteen, dan komen we op een kans van 1/6 op een zes. Dit is precies de probabilistische aanpak. De voorzichtige aanpak zou erop neerkomen dat we er voor de zekerheid vanuit gaan dat de even dobbelsteen is gepakt, zodat we uiteindelijk op een kans 1/3 uitkomen. Als we dit gehele experiment vaak herhalen, dan is het duidelijk dat 1/6 de juiste inschatting van de kans is. Eigenlijk is alleen deze laatste opmerking (het herhalen van het experiment) niet van toepassing op de viscositeit, maar we blijven bij de conclusie dat de probabilistische methode de beste aanpak is om de kans te bepalen.

²¹ Geen misverstand: het risico of de aanpak van aardbevingen heeft niets met een gokspel te maken.

Deze overwegingen hebben nog meer gevolgen: stel we berekenen de kans op instorten van een bepaald type huis in een bepaald gebied. We doen dit op de probabilistische methode, en vinden een kans die klein genoeg is om aan de norm te voldoen. We zouden dan kunnen opmerken dat voor een willekeurig aangewezen persoon in dat gebied met een dergelijk huis, zeg mevrouw Pietersen, het niet duidelijk is of zij ook een kans op instorten heeft die klein genoeg is. Immers, misschien is het huis van mevrouw Pietersen verbouwd, of heeft het reeds scheuren, waardoor het makkelijker kan instorten. Ons punt is dat wanneer we dit niet weten, we deze verscheidenheid in de sterkte binnen dit type huis moeten meenemen in het berekenen van de kans, en dat we de kans van mevrouw Pietersen dan toch inschatten op deze kans voor het type huis. Pas wanneer we meer weten over het huis van mevrouw Pietersen, bijvoorbeeld door een inspectie, dan kunnen we een extra conditionering doen op deze kennis, om zo een betere inschatting van de kans te maken. Om terug te grijpen op ons dobbelsteen voorbeeld: stel we kiezen voor elke persoon apart uit de twee dobbelstenen. Zolang we niet weten welke dobbelsteen is gekozen voor mevrouw Pietersen, zouden we haar kans op 1/6 inschatten. Pas wanneer we weten welke dobbelsteen voor haar is gekozen, passen we de kans aan.

Hoe moeten we omgaan met onzekerheden in het bepalen van het risico?

Naar onze mening is de juiste manier van omgaan met onzekerheden om te proberen deze onzekerheden te kwantificeren door middel van een kansverdeling. Een grotere spreiding van deze verdeling komt dan overeen met een grotere onzekerheid over het onderliggende object. Als er dan meerdere onzekere factoren zijn in het berekenen van bijvoorbeeld een overlijdensrisico, dan worden al deze verdelingen op de juiste manier geconvolveerd (of geïntegreerd) om de juiste kans te bepalen. Dit heet ook wel de volledig probabilistische aanpak, en de uitkomst wordt dan de verwachting genoemd van onderliggende verdeling. Deze naamgeving is verwarrend: het is namelijk niet de verwachting van de kans, maar de verwachting van de 0-1 variabele die aangeeft of een bepaald individu overlijdt of niet. De kans zelf heeft in dit model geen verdeling. Toch bestaat de neiging om te zeggen dat kans afhangt van onbekende factoren, en dus dat deze zelf een verdeling heeft. Om dit te illustreren beschouwen we een (hopelijk) verhelderend voorbeeld.

Stel we hebben een aantal normaal verdeelde stochasten Z_1, \dots, Z_n , elk met verwachting $\mu = 0$, en stochast Z_i heeft variantie σ_i^2 . U moet dit zien als de verdelingen behorende bij onbekende factoren zoals bodemeigenschappen, precieze locatie van een aardbeving, eigenschappen van het huis van de individu die we beschouwen, etc. Verder modelleren we de kans op overlijden als de kans op de gebeurtenis dat $Z_1 + Z_2 + \dots + Z_n > 1$. Deze kans kunnen we nu met de probabilistische methode uitrekenen, want $Z_1 + \dots + Z_n$ heeft weer een normale verdeling met verwachting 0 en variantie $\sigma_1^2 + \dots + \sigma_n^2$ (hier gebruiken we de aanname dat alle Z_i 's onafhankelijk zijn; dit zou dus betekenen dat onzekerheden in de ene factor niet de onzekerheden in de andere factor beïnvloeden, hetgeen vaak een redelijke veronderstelling is).

Stel Z_n gaat over de sterkte van het huis. Nu bestaat de neiging om denken dat de sterkte kan variëren, en dus kan ook de kans op overlijden variëren. In dit voorbeeld komt dat op het volgende neer: als we conditioneren op een bepaalde waarde van Z_n , dan hangt de kans af van die waarde, en dus krijgt de kans zelf (door Z_n) een verdeling. Dit is inderdaad een bekend fenomeen in de kansrekening: definieer X als de stochastische variabele die de waarde 1 krijgt als $Z_1 + \dots + Z_n > 1$, en anders krijgt X de waarde 0 (X is dus de indicator-variabele voor het overlijden van het individu). De verwachting van X , $E(X)$, is de gevraagde kans. Als we nu conditioneren op de waarde van Z_n krijgen we $E(X | Z_n)$, en dit is inderdaad weer een stochastische variabele (met een verdeling). Dit is echter niet meer de kans op $X=1$! Om dit verder te illustreren, kunnen we ons realiseren dat we nu hebben geconditioneerd op Z_n , maar er is a priori geen reden om niet op bijvoorbeeld Z_1 of Z_2 te conditioneren, of op alle drie tegelijk. Het punt is dat de verdeling afhangt van de keuze van conditionering. Sterker nog, als we op alle Z_i 's conditioneren, dan krijgen we een kans die of 0 of 1 is. Dit zou neer komen op de situatie dat alle fysisch relevante informatie bekend is, zodat we simpelweg zeker weten of een huis komend jaar instort met overlijden tot gevolg, of niet. Het is dus niet correct

om over een verdeling van de kans te spreken, simpelweg omdat er geen canonieke set variabelen is waarop je zou moeten conditioneren. Let wel, de onzekerheid die wel degelijk bestaat over veel factoren spelen nog steeds een belangrijke rol in het bepalen van het risico, net zoals in ons voorbeeld de verschillende varianties een rol spelen in het eindantwoord: hoe groter deze varianties, hoe dichter het antwoord naar $1/2$ klimt.