

**Risicobeleid seismiciteit overige mijnbouw  
Advies hooglerarenpanel**

*Algemene uitgangspunten voor de omgang met de seismische risico's van  
overige mijnbouw*

## **INHOUDSOPGAVE**

### **MANAGEMENTSAMENVATTING**

1. Inleiding
  2. Preambule
  3. Normeringen veiligheidsrisico en kans op schade
    - 3.1. Normering individueel veiligheidsrisico per jaar op overlijden
    - 3.2. Normering individuele kans op schade per jaar
    - 3.3. Vastleggen acceptabele kans op onterecht geen vergoeding van schade per gebeurtenis
      - 3.3.1. Methode bepaling kans dat een zekere schade door de exploitant is veroorzaakt
      - 3.3.2. Te hanteren grenswaarde voor de kans op schade bij een seismisch event veroorzaakt door de exploitant
      - 3.3.3. Naar een direct bruikbare toepassing in de praktijk
  4. Operationalisatie voor de bepaling van het seismisch dreigingsniveau voor veiligheidsrisico's
  5. Ontwikkelen robuust monitoring programma
-

## MANAGEMENTSAMENVATTING

Samenvattend luidt het advies van het hooglerarenpanel over de normering van veiligheidsrisico's en de kans op schade bij overige mijnbouw als volgt:

- Ten aanzien van een normering voor het individueel veiligheidsrisico per jaar op overlijden adviseert het panel om het uitgangspunt te hanteren dat niemand aan een hoger individueel veiligheidsrisico dan  $10^{-5}$  per jaar wordt blootgesteld. Bij de inschatting van dit individueel veiligheidsrisico adviseert het panel om de verwachtingswaarde van het berekende risico te gebruiken conform het eerdere standpunt van de minister van EZK zoals opgenomen in de Mijnbouwregeling.
- Voor wat betreft een normering voor de individuele kans op schade per jaar adviseert het panel dat schade gegarandeerd vergoed moet worden tot een bepaald maximum per activiteit, bijvoorbeeld door schade te laten verzekeren bij een commerciële verzekeraar, of door een door overheidswege ingesteld schadefonds. Naast een verzekeringsplicht adviseert het panel om ook te eisen dat wordt onderzocht of er omwonenden zijn voor wie het verwachte aantal schades dat zij als gevolg van de activiteit ondervinden, groter is dan eens per 5 jaar. In dat laatste geval adviseert het panel om de exploitant te verplichten met de betreffende omwonenden tot een proactieve schaderegeling te komen, zoals een bijvoorbeeld een winstdelingsregeling.
- Bij de bepaling of een schade vergoed zou moeten worden door de exploitant adviseert het panel een kans te hanteren van maximaal 1% dat de schade onterecht niet uitbetaald wordt. Om dit direct praktisch toepasbaar te maken adviseert het panel een licht uitgebreide versie van de SBR-richtlijn voor schade door trillingen toe te passen in afwachting van een eventuele specifieke richtlijn die gekalibreerd is voor de schade die door overige mijnbouw veroorzaakt wordt. Dit betekent dat bij de bepaling of een schade vergoed zou moeten worden door de exploitant het panel adviseert om voorlopig uit te gaan van de volgende norm: indien in een pand de kans op schade groter is dan 1% bij een trilling veroorzaakt door de exploitant en de schade als recent is beoordeeld, dan dient de exploitant in dat pand geconstateerde schade te vergoeden.
- Voor de bepaling van het seismisch dreigingsniveau adviseert het panel de aanname te gebruiken dat de Gutenberg-Richter relatie ook geldt voor de relatie tussen lichtere bevingen en zwaardere bevingen bij door overige mijnbouw geïnduceerde bevingen.
- Over het inrichten van een monitoringssysteem adviseert het panel dat daarin de volgende belangrijke elementen geregeld zijn: de registratie van tijdstip van optreden, magnitude, locatie en impact van de bevingen als relevante variabelen en ook de meting van bovengrondse akoestische trillingen om misverstanden over de oorzaak van trillingen te voorkomen. Ook wijst het panel op het belang van een goede governancestructuur voor het monitoringssysteem om daarmee ook een antwoord te kunnen bieden aan de maatschappelijke discussie over de betrouwbaarheid van monitoringsgegevens.

## **1. Inleiding**

Het hooglerarenpanel risicobeleid seismiciteit overige mijnbouw is gevraagd om voor ‘overige mijnbouw’ (dat wil zeggen anders dan de aardgaswinning in het Groninger gasveld) een advies te geven aan de minister van EZK over de wettelijke normering van veiligheidsrisico’s en de kans op schade vanwege geïnduceerde seismiciteit.

In dat kader heeft het panel al eerder (namelijk in november 2020<sup>1</sup> en na een korter spoedadvies in mei 2020) geadviseerd over de omgang met het seismische risico van geothermie als specifiek deel van de overige mijnbouwactiviteiten.

Het voorliggende advies van het hooglerarenpanel betreft risicobeleid seismiciteit overige mijnbouw zoals bijvoorbeeld, gaswinning in kleine velden, oliewinning, zoutwinning, opslag van gassen zoals methaan, CO<sub>2</sub> en waterstof. Het advies is gericht op de algemene uitgangspunten voor de beleidsmatige omgang met veiligheidsrisico’s en de kans op schade vanwege door mijnbouw geïnduceerde seismiciteit. Deze uitgangspunten zijn, evident, in overeenstemming met het eerder uitgebrachte advies. Dit advies veralgemeniseert aan de ene kant de advieslijn van het panel voor geothermie en concretiseert aan de andere kant enkele voorgestelde berekeningswijzen.

### *Werkwijze panel*

Het panel heeft ten behoeve van de totstandkoming van dit advies meerdere keren plenair gesproken. Als gevolg van de coronamaatregelen heeft dit grotendeels online plaatsgevonden. Daarnaast is met individuele leden van het panel afstemming geweest voor fine-tuning en scherpstelling op specifieke inhoudelijke onderdelen.

Daarnaast heeft verschillende keren collegiale reflectie met derden plaatsgevonden. Zowel om verduidelijkende vragen van het panel te beantwoorden als ter toetsing op de conceptversie van de adviezen. Reflectie heeft plaatsgevonden met een afvaardiging van het Staatstoezicht op de Mijnen (SodM), TNO-AGE, de Mijnraad en eenmaal met de Technische commissie bodembeweging (Tcbb), de Commissie Mijnbouwschade, het Instituut Mijnbouwschade Groningen en met prof. ir. Ton Vrouwenvelder. Het panel is de genoemde partijen buitengewoon dankbaar voor hun kritische en constructieve reflectie. De voorliggende tekst is evident de verantwoordelijkheid van het panel.

## **2. Preambule**

### *Vertrekpunten voor redeneerwijze*

Het panel observeert dat er een afnemende maatschappelijke tolerantie voor het lopen van veiligheidsrisico’s en op een kans op schade lijkt te zijn. De vraagstelling aan het panel betreft voor een deel ‘overige mijnbouw-activiteiten’ die al sinds decennia worden uitgevoerd. Hiervoor is een technisch raamwerk van concrete maatregelen organisch ontwikkeld, zonder dat er discussie over een wettelijke norm voor veiligheidsrisico en de kans op schade was. Om tot een adequate afweging te komen is een normstelling gewenst.

Het panel onderschrijft dat voor nieuwe activiteiten zorgvuldig gekeken moet worden naar de veiligheidsrisico’s en de kans op schade. In het advies over geothermie heeft het panel dat dan ook gedaan voor deze nieuwe loot aan de overige mijnbouw tak. Het panel hecht eraan om hier drie

---

<sup>1</sup> Waarvan een geredigeerde versie tegelijkertijd met dit advies is verschenen.

vertrekpunten die zij voor haar redeneerwijze heeft gehanteerd nader toe te lichten en duidelijk te maken.

Het *eerste* vertrekpunt voor het panel is dat alle menselijke activiteiten een zeker veiligheidsrisico en een zekere kans op schade met zich meebrengen. Die constatering betekent dat hierover transparant gecommuniceerd moet worden en dat normeringen ook nooit van een nul risico uit kunnen gaan. Het betekent daarom ook direct dat er soms een ongeval of gebeurtenis met schade kan plaatsvinden zonder dat dit het gevolg is van een falen van het beleid, de vergunningverlening en toezicht daarop of op de uitvoering door vergunninghouders.

Daarbij denkt het panel ten *tweede* dat het redelijk is dat het acceptabel schaderisico voor objecten groter is dan het acceptabel veiligheidsrisico (dat wil zeggen de kans op overlijden). De directe betekenis daarvan is dan weer dat het optreden van schade nog niet hoeft te wijzen op een overschrijding van de veiligheidsnormen.

Het *derde* en laatste vertrekpunt is de observatie dat daar waar het gaat om risico's die zijn te omschrijven als 'kleine kans – groot effect', de beschikbare database aan waarnemingen van de werkelijkheid zeer gering zijn. Het uitgangspunt van het Nederlandse veiligheidsbeleid dat veiligheidsrisico's en de kans op schade zoveel mogelijk kwantitatief onderbouwd moeten zijn, deelt het panel geheel. Tegelijkertijd moet gewaakt worden dat daar waar een beperkte database aan waarnemingen beschikbaar is, er met een schijnnaauwkeurigheid gerekend gaat worden dan wel dat er veiligheid op veiligheid wordt gestapeld. Het is een taak voor deskundigen op gebied van probabilistisch rekenen om de onzekerheden transparant te maken, zodat bestuurders, onder onzekerheid, verantwoorde besluiten over de toekomst kunnen nemen.

### **3. Normeringen veiligheidsrisico en kans op schade**

De kernvraag aan het panel betrof het uitbrengen van een advies over de door de overheid te hanteren normering voor veiligheidsrisico's en de kans op schade.

Hierbij wordt het veiligheidsrisico gedefinieerd als het individueel risico op overlijden per jaar (IR). Dit is als zodanig omschreven in o.a. de eerdere adviezen van de commissie Meijdam<sup>2</sup> en het hooglerarenpanel 'normering en berekening van het geïnduceerde aardbevingsrisico in Groningen'<sup>34</sup>.

Voor de kans op schade wordt onderscheid gemaakt tussen twee verschillende typen kans. In de eerste plaats is dat de kans dat een object schade oploopt door een geregistreerde trilling veroorzaakt door overige mijnbouw. In de tweede plaats is dat de kans dat een vastgestelde schade ten onrechte niet wordt vergoed door de (verzekering van de) exploitant.

Voor deze verschillende typen risico en kansen wordt een beleidsmatige omgang voorgesteld die in onderstaande paragrafen worden toegelicht. Merk op dat er een logisch onderling verband tussen veiligheidsrisico en kans op schade bij seismische gebeurtenissen bestaat. Seismische schade (te categoriseren in zogenaamde 'damage-states 1 tot 5', zoals opgenomen in EMS-98 Europese

---

<sup>2</sup> Eindadvies handelingsperspectief voor Groningen. Adviescommissie 'Omgaan met risico's van geïnduceerde aardbevingen' (Commissie-Meijdam), 14 december 2015.

<sup>3</sup> Het gaat hier om een serie van vier adviezen in 2018 en 2019, o.a.:

- *Definitief advies panel van hoogleraren over risicobeleid en veiligheidsmaatregelen geïnduceerd aardbevingsrisico (07/2018)*

- *Advies over de berekening van veiligheidsrisico voor de infrastructuur in Groningen ten gevolge van geïnduceerde aardbevingen (09/2019).*

<sup>4</sup> In de context van geïnduceerde aardbevingen is dit in deze adviezen uitgewerkt als 'lokaal persoonlijk risico' (LPR). In dit advies sluiten we aan bij de gebruikelijke Nederlandse nomenclatuur.

Macroseismische Schaal) kan in oplopende mate leiden tot een kans op instortingsgevaar (te categoriseren naar zogenaamde 'collapse-states 1 tot 3'). Het is evident dat dit veiligheidsrisico toeneemt naarmate de kans op instorten toeneemt.

*In de situatie van gaswinning in Groningen is de hierboven genoemde classificatie van schade naar damage-states gebruikt voor de beoordeling van de ontstane schade aan woningen. Een vraag aan het panel is geweest of deze classificatie ook toepasbaar zou kunnen zijn voor schade als gevolg van overige mijnbouw. De algemene conclusie van het panel is dat deze daarvoor onvoldoende bruikbaar is. De reden hiervoor is dat feitelijk redelijkerwijs (als geologisch risicovolle gebieden gemeden worden) de te verwachten schade als gevolg van overige mijnbouw beneden of in de categorie DS1 zal vallen met uitzonderingen in hogere schadeklassen. Deze schaal is daarmee nog onvoldoende onderscheidend: feitelijk zouden binnen de lichtste schaal van DS1 nog extra onderverdelingen gemaakt moeten worden om werkbaar te kunnen zijn. In de praktijk zal in gebouwen schade door dergelijke lichte aardbevingen die mogelijk veroorzaakt worden door overige mijnbouwactiviteiten moeilijk te onderscheiden zijn van schade door andere oorzaken.<sup>5</sup>*

### 3.1. Normering individueel veiligheidsrisico per jaar op overlijden

Goed openbaar bestuur kenmerkt zich door het verantwoord omgaan met veiligheidsrisico's. Het onderwerp heeft dan ook in verschillende sectoren de aandacht en er zijn daarin verschillende afwegingskaders ontwikkeld. Sinds in 1989 de nota 'Omgaan met risico's'<sup>6</sup> is verschenen, staat in het hele Nederlandse veiligheidsbeleid de normering van de kans op overlijden per jaar centraal, dit wordt het individueel risico genoemd.<sup>7</sup> De nota stelde een norm voor van een overlijdenskans van eens per honderduizend jaar (kortweg, een IR van  $10^{-5}$ ) per risicocompartiment. Hierbij staat 'risicocompartiment' voor een verzameling van vergelijkbare risico's zoals blootstelling aan toxische stoffen of het instorten van bouwwerken door storm. Een risicocompartiment heeft dus mogelijk verschillende risico-componenten (zoals blootstelling aan verschillende soorten toxische stoffen) die tezamen aan de IR  $10^{-5}$  moeten voldoen. De keuze wat een risicocompartiment is, is een politieke, zo heeft de minister van EZK het risico van geïnduceerde aardbevingen (in Groningen) door zijn keuze voor de  $10^{-5}$  risiconorm daarvoor tot één risicocompartiment verklaard. In de jaren sindsdien zijn er meerdere specifieke aanvullingen op die eerste nota verschenen. Zo heeft het Ministerie van Infrastructuur en Milieu in 2014 het kader 'Bewust omgaan met veiligheid'<sup>8</sup> opgesteld, dat een vervolg was op de eerdere visie 'Nuchter omgaan met risico's'.<sup>9</sup>

<sup>5</sup> Zie bijvoorbeeld de onderverdeling en kwantitatieve scalaire maat voor fysieke schade en schade-toename in Korswagen et al. (2019, 2020). Als toelichting: ieder huis heeft 'schade' in de vorm van scheuren door verschillende oorzaken. Oudere huizen met steens-muren hebben vanwege oude funderingen vaak last van zettingsscheuren. Nieuwere huizen op betonnen strokenfunderingen kennen scheuren in kalkzandsteen-binnenwanden vanwege belemmerde krimp. Het kunnen bepalen wat de toename of verergering van deze scheuren is ten gevolge van lichte bevingen speelt een cruciale rol in de schade-diagnostiek bij mijnbouwactiviteit.

<sup>6</sup> Omgaan met risico's, Kamerstukken II 1988/89, 21 137, nr. 5.

<sup>7</sup> Gedurende jaren heeft ook het zogenaamde groepsrisico een rol gespeeld, dat wil zeggen de kans dat een grotere groep mensen tegelijkertijd om het leven komt. Deze vorm risicoberekening vanuit het domein chemische veiligheid waar (zie het advies van het panel van hoogleraren over risicobeleid en veiligheidsmaatregelen geïnduceerd aardbevingsrisico uit 2018) veel methodologische kanttekeningen bij te plaatsen zijn, is grotendeels als normstelling verdwenen in het Nederlandse veiligheidsbeleid. Zo komt het groepsrisico ook niet meer terug voor (chemische) externe veiligheid in de nieuwe Omgevingswet. Dit hooglerarenpanel laat het daarom ook buiten beschouwing.

<sup>8</sup> Bewust Omgaan met Veiligheid: rode draden, Kamerstukken II 2014/15, bijlage bij Kamerstuk 28663, nr. 60

<sup>9</sup> Nuchter omgaan met risico's, RIVM rapport 251701047/2003.

In 2015 heeft het kabinet laatstelijk zijn visie op veiligheidsbeleid geformuleerd in een brief aan de Tweede Kamer.<sup>10</sup> Daarin zijn drie uitgangspunten benoemd voor de bestuurlijke omgang met risico's en verantwoordelijkheden:

- Het is wenselijk om burgers zo direct en transparant mogelijk te betrekken bij de besluitvorming over de omgang met risico's en de reactie op incidenten die hen betreffen;
- Waar mogelijk laat openbaar bestuur de samenleving de ruimte door ook op het veiligheidsaspect burgers en bedrijven minder regels op te leggen. Wie wil en kan, moet de mogelijkheid krijgen zelf over veiligheid te besluiten;
- De overheid beslist op proportionele, goed afgewogen wijze over het omgaan met risico's, ook naar aanleiding van incidenten.

In algemene zin ziet het panel geen reden af te wijken van deze algemene uitgangspunten voor het Nederlandse risicobeleid en adviseert het panel om voor het seismische veiligheidsrisico voor alle vormen van overige mijnbouwactiviteit het volgende uitgangspunt te hanteren:

*Het acceptabele basisniveau voor het individueel risico (IR) is een overlijdenskans van  $10^{-5}$  per jaar. Dit betekent dat voor een persoon die in de invloedsomgeving van de activiteit woont of werkt, de kans dat deze persoon overlijdt als gevolg van de activiteit niet groter mag zijn dan 0,001% per jaar.*

Als antwoord op de vraag of de IR-norm van  $10^{-5}$  ook voor seismische risico's afdoende is, refereert het panel aan de redenering van o.a. de commissie Meijdam:

*De veiligheidsnorm in Groningen moet dezelfde zijn als in de rest van Nederland. Groningers dienen niet aan een hoger of lager risico te worden blootgesteld dan iedere andere inwoner van ons land. Dit betekent bijvoorbeeld dat het risico van instorting van een woning als gevolg van een aardgasbeving zich op hetzelfde niveau dient te bevinden als het risico dat inwoners van ons land lopen ten gevolge van bijvoorbeeld een storm of dijkdoorbraak.*

Daarbij sluit het panel meer specifiek aan bij artikel 2.5 van de Integrale nota van toelichting van het Bouwbesluit 2012 waarin de wetgever aan de kans op bezwijken van een bouwconstructie als gevolg van een geïnduceerd seismisch risico een maximaal toelaatbaar individueel risico verbindt van  $10^{-5}$ .

Het panel ziet hiermee IR  $10^{-5}$  als minimumnorm ook voor seismische risico's veroorzaakt door overige mijnbouw. Daar waar het volgens de ALARP<sup>11</sup> principes mogelijk is, zou het panel streven naar een hoger veiligheidsniveau zoals IR  $10^{-6}$ .

Het advies van het panel is in lijn met de redenering van de commissie Meijdam en het hooglerarenpanel 'normering en berekening risico's geïnduceerde aardbevingen Groningen' die door de minister van EZK is overgenomen.

Het panel *adviseert* daarmee om de seismische risico's van mijnbouw als één risicocompartiment te beschouwen. Dat betekent dat net als voor alle andere verschillende typen risico's in Nederland het IR voor mijnbouw niet cumulatief wordt berekend tezamen met andere risico's: een Nederlander kan blootstaan aan verschillende risico's uit verschillende 'risico-compartimenten' waarvoor de norm voor het totaal van de IR's van elk risico binnen een risicocompartiment  $10^{-5}$  (of kleiner, zie de opmerking hierboven) is.

---

<sup>10</sup> Kamerbrief Tweede Kamer der Staten-Generaal, Bestuurlijk balanceren met risico's en verantwoordelijkheden, 9 november 2015, kenmerk 2015-0000650903.

<sup>11</sup> ALARP: As Low As Reasonably Possible: op basis van een integrale kosten-batenanalyse waarbij de investering voor een gezond gewonnen levensjaar gemaximeerd zijn op de gebruikelijke 40.000-60.000 euro.

Het IR moet dus wel in één keer berekend worden voor alle mijnbouw die een seismisch risico veroorzaakt.

*Op basis van vrijwilligheid bij de risico-ontvangers (en dus in dialoog met de risicoveroorzaker) kan tot acceptatie van een hoger risiconiveau worden besloten.*

In lijn met de uitgangspunten van Rijksbeleid voor bestuurlijke omgang met risico's en verantwoordelijkheden stelt het panel dat afspraken met de omgeving kunnen worden gemaakt voor het lopen van een hoger risico als daar iets tegenover staat. Dergelijke afspraken zijn reeds bekend bij bewoning van de uiterwaarden (overstromingsrisico) en bij windmolens en megastallen (overlast). Tevens wordt hiermee de mogelijkheid gecreëerd voor lokale bestuurlijke afwegingsruimte in lijn met de uitgangspunten van de Omgevingswet en de Nationale Omgevingsvisie.

*Gegeven het basisniveau voor het IR moeten veiligheidsmaatregelen om het risico nog verder te verlagen redelijk zijn, d.w.z. voldoen aan de gebruikelijke normen voor de verhouding tussen gewonnen gezonde levensjaren en veiligheidsinvesteringen.*

Voor het inzichtelijk maken van nieuwe (seismische) risico's is de gebruikelijke statistische aanpak vaak niet mogelijk vanwege de afwezigheid van relevante data en kennis. Alternatieve statistische methodes, inclusief bestuurlijk vast te stellen uitgangspunten daarvoor (zoals het gebruik van de verwachtingswaarde zoals eerder door de minister van EZK voor de gaswinning in Groningen vastgesteld), kunnen hier op termijn mogelijk soelaas bieden maar op de korte termijn is volgens het panel een vereenvoudigde en robuuste beslistmethode nodig. Het panel richt zich in dit advies daarom op een naar haar mening werkbaar advies, zonder dat zij zich daarmee baseert op uitputtende data en kennis. Zie hiervoor hoofdstuk 4.

### **3.2. Normering individuele kans op schade per jaar**

Het panel merkt op dat het Nederlandse beleid, zoals in paragraaf 3.1 besproken, grenzen stelt aan de maximalisering van schade die tot overlijden kan leiden, maar niet op voorhand eisen stelt aan het niet mogen optreden van schade.

Een bekend voorbeeld van de acceptatie van een continue kans op schade is het optreden van microbursts rondom Schiphol veroorzaakt door vliegbewegingen, waardoor het dak van een huis zwaar kan worden beschadigd. Direct nabij Schiphol zijn hier preventieve maatregelen voor getroffen, iets verder van Schiphol af wordt de schade ruimhartig vergoed, waarmee de kans op schade als acceptabel wordt beschouwd.

Het panel leest ook de huidige Mijnbouwwet in die zin: in artikel 35 is een niet-genormeerde inspanningsverplichting opgenomen, namelijk dat het winningsplan de maatregelen *beschrijft* die genomen worden ter voorkoming van schade door bodembeweging.

Het panel *adviseert* om geen vergunning-normering vast te stellen voor de kans dat schade optreedt aan een object. Daarmee sluit zij aan bij de Nederlandse beleidspraktijk.

Bij het optreden van schade is de veroorzaker ervan (net zoals bij elke onrechtmatige daad) verplicht deze te vergoeden. Voorkomen moet dan worden dat de veroorzaker niet in staat is de schade te vergoeden. Om de schadevergoeding zeker te kunnen stellen *adviseert* het panel dat schade gegarandeerd vergoed moet worden tot een door de politiek te bepalen maximum per activiteit.



Dat kan bijvoorbeeld door schade te laten verzekeren bij een commerciële verzekeraar, maar de politiek zou ook tot een schadefonds kunnen besluiten waaruit schade vergoed wordt.<sup>12</sup>

Het panel merkt daarbij op dat bij toename van het mogelijk aantal beschadigde gebouwen ook de potentiële schadelast toe zal nemen op een wijze die maakt dat de zekerheidsstelling lastiger wordt en daarmee de toepassing van een bepaald type overige mijnbouwactiviteit daarmee onaantrekkelijker wordt in een omgeving met meer of oudere bouwwerken.

Het panel onderkent dat er altijd een kans is dat de schade hoger blijkt te zijn dan het vastgestelde maximum gegarandeerde bedrag. Dan is vergoeding niet meer gegarandeerd en is de kans groot is dat de aansprakelijkgestelde partij failliet zal gaan. Deze uitzonderingssituatie wordt door het panel als niet te voorkomen beschouwd en is geaccepteerd in allerlei andere domeinen zoals het vervoer van gevaarlijke stoffen in bulk of de toepassing van kernenergie. Of dan toch tot vergoeding van de schade door de overheid wordt besloten is een politiek besluit dat in die uitzonderingssituatie genomen moet worden.

Hoewel een gegarandeerde schadevergoedingsplicht een effectieve en bewezen methode is, die bijvoorbeeld bij het vervoer van gevaarlijke stoffen al jaren wordt toegepast, kleven er in de context van seismische risico's ook nadelen aan. Zo is het bijvoorbeeld voorstelbaar dat bij een zeer winstgevend of in het kader van het realiseren van (internationale) doelstellingen rondom duurzaamheid zeer wenselijke activiteit, omwonenden met enige regelmaat schade ondervinden, die dan weliswaar met zekerheid vergoed wordt, maar waardoor het woonplezier toch danig onder druk komt te staan.

Het panel *adviseert* daarom om naast een verzekeringsplicht, ook te eisen om te onderzoeken of er omwonenden zijn voor wie het verwachte aantal schades dat zij als gevolg van de activiteit ondervinden, groter is dan eens per 5 jaar. Deze termijn van het optreden van schade van ten hoogste elke 5 jaar wordt door het panel als redelijk en billijk geacht. Indien dit het geval is adviseert het panel om de exploitant te verplichten in overleg met de omwonenden hier een proactieve compensatieregeling voor te treffen, bijvoorbeeld door hen mee te laten delen in de winst van de exploitatie. Opgemerkt wordt dat het aantal schades hier gezien moet worden als onafhankelijk van de omvang van de schade, het betreft hier namelijk een hinder door grote aantallen in de tijd; de vergoeding van de schade wordt in de volgende paragraaf besproken. Het panel adviseert deze regeling op te stellen in overleg met alle betrokken omwonenden tegelijk, bijvoorbeeld waarbij collectieve instemming vereist is als voorwaarde voor vergunningverlening.

Het panel benadrukt dat deze plicht tot proactieve compensatieregeling geen impliciete normering is van de kans op schade per jaar in de zin dat de vergunning geweigerd kan worden als die hogere kans op schade per jaar optreedt. De plicht (en dus reden voor weigering van vergunning als hieraan niet wordt voldaan) betreft een adequate en aantoonbare schadecompensatie.

Ook zal het zo zijn dat als tijdens de looptijd van een activiteit blijkt dat de schatting vooraf onjuist is gebleken, omdat bijvoorbeeld het huis extra fragiel is of meer last van de seismische activiteit heeft, dat ook gedurende de exploitatie tot een compensatieregeling gekomen moet worden indien de nieuwe verwachting van het aantal schades meer is dan eens per 5 jaar.

Merk op dat de gehanteerde grenswaarde voor een verplichte proactieve compensatieregeling te vergelijken is met een jaarlijkse kans op herhaald optreden van schade van 20% ( $2 \cdot 10^{-1}$ ). Daarmee is

---

<sup>12</sup> Met schade die optreedt, doelt het panel op alle schade die ontstaat gedurende de looptijd van de overige mijnbouw en tot een periode erna.

deze kans veel groter is dan de  $10^{-5}$  die voor het overlijdensrisico als norm is voorgesteld. Het panel acht dit als redelijk en daarmee acceptabel: in principe zal het een relatief kleine schade betreffen (het gebruik van de IR  $10^{-5}$  norm garandeert dat er geen zware schade aan woningen kan ontstaan) en deze schade zal ook vergoed worden. Indien het verwachte aantal schades minder is dan eens per 5 jaar dan is de exploitant niet verplicht tot het treffen van een proactieve compensatieregeling maar is nog steeds gehouden aan het vergoeden van de schade. Het panel beoogt hier geenszins mee de impact van schade voor gebouweigenaren te bagatelliseren, echter stelt dat ook van belang is dat economische activiteiten niet onnodig zwaar worden belemmerd door eisen aan het voorkomen van schade die met zekerheid vergoed wordt.

Het panel sluit met deze redenering aan op vergelijkbare ontwikkelingen in de (internationale) praktijk en wijst daarbij naar de plaatsing van windmolens waar omwonenden binnen het invloedsgebied van geluids- of slagschaduw hinder de kans krijgen om deel te nemen aan winstdeling, de regeling rondom megastallen in Noord-Brabant waar de vergunningaanvrager zelf tot overeenstemming met de omwonenden moet komen en de Verenigde Staten waar chemische bedrijven met de omwonenden tot overeenstemming moeten komen.

### **3.3. Vastleggen acceptabele kans op onterecht geen vergoeding van schade per gebeurtenis**

Het advies van het panel is dus om te zorgen dat door overige mijnbouw ontstane schade vrijwel met zekerheid vergoed wordt. Wanneer schade geconstateerd wordt is echter de vraag of deze veroorzaakt wordt door de overige mijnbouwactiviteit en niet door andere schadeveroorzakende mechanismen zoals veroudering, verzakking of trillingen veroorzaakt door andere bronnen. Deze noodzakelijk te maken afweging vergt een eigen normstelling: met welke kans moet een schade veroorzaakt worden door de overige mijnbouwactiviteit om in aanmerking te komen voor vergoeding?

In deze paragraaf gaat het panel in op de volgende drie vragen:

- Wat is de methode om de kans te bepalen dat een geconstateerde schade door de overige mijnbouw activiteit komt?
- Welke kans moet gehanteerd worden als ondergrens voor het vergoeden van schade?
- Hoe kan de methode op korte termijn toepasbaar worden gemaakt?

#### **3.3.1. Methode bepaling kans dat een zekere schade door de exploitant is veroorzaakt**

Het panel stelt dat in het geval van schade drie feiten vastgesteld dienen te worden door om schade toerekenbaar te achten aan seismiciteit:

1. Er seismische activiteit aan de schade vooraf gegaan.
2. De seismische activiteit is met een voldoende grote kans geïnduceerd door de exploitant.
3. De schade is met een voldoende grote kans door die seismiciteit veroorzaakt.

*Het panel merkt op dat er op dit moment geen in de praktijk werkbare richtlijn bestaat die de eenduidigheid in opname en beoordeling van lichte schade garandeert waar het gaat om lichte schade, met name kleine scheurtjes in stucwerk etc., die naar haar aard meervoudige oorzaken kent zoals autonome oorzaken (veroudering, doorgaande zetting, klimaateffecten), normale omgevingsfactoren (verkeer, bouwwerkzaamheden, normaal gebruik) en mogelijk mijnbouw gerelateerde omgevingsfactoren (seismiciteit, bodemdaling). Opname is nu afhankelijk van expertinschatting. Het panel adviseert hoewel dat strikt genomen buiten de adviesvraag aan het panel ligt, om een dergelijke schadeopnamerichtlijn te ontwikkelen. Dit is noodzakelijk om kwesties van maatschappelijke onrust en rechts(on)gelijkheid te adresseren.*

Voor het vaststellen van het *eerste feit* is het van belang dat er in de omgeving van het exploitatiegebied goed wordt gemeten. In dat kader wijst het panel op de voorwaarde van verplichte monitoring voor de ondergrond (zie paragraaf 5 van dit advies). Een adequaat meetnet zorgt ervoor dat de seismische activiteit in de tijd wordt vastgelegd en qua locatie te relateren is aan de exploitatie.

*De tweede kans* is mogelijk moeilijk vast te stellen in gebieden waar ook vanwege andere oorzaken seismiciteit voorkomt. Het panel ziet hiervoor twee mogelijkheden.

- De eerste optie is dat wanneer de locatie van de seismische activiteit dicht genoeg bij het exploitatiegebied ligt, ervan uit wordt gegaan dat deze exploitatie ook de oorzaak is geweest. Met name in gebieden waar voor de start van de exploitatie nauwelijks seismische activiteit werd waargenomen, lijkt dit een redelijk principe.
- Een tweede optie, relevant voor gebieden met natuurlijke seismiciteit, is dat een nul-meting gebruikt wordt om een statistisch model van de frequentie van optreden van seismische activiteiten van een bepaalde grootte te ontwikkelen, bijvoorbeeld met gebruik van een Gutenberg-Richter model. Dit model is dan in staat om de waarschijnlijkheid van optreden van een bepaalde activiteit te bepalen voordat de exploitatie is begonnen. Eenzelfde model kan ook worden ontwikkeld gedurende de exploitatie, zodat ook daarmee de waarschijnlijkheid kan worden bepaald. Met een goede dataset voor monitoring kan bovendien het hypocentrum bepaald worden. In het geval van een activiteit van bepaalde grootte, kan de verhouding tussen deze twee waarschijnlijkheden worden gebruikt om een inschatting te maken van de kans dat deze activiteit inderdaad is veroorzaakt door de exploitatie.

Met betrekking tot *de derde kans* volgt de panel onderstaande redenering. Op het moment dat iemand een schade vaststelt aan bijvoorbeeld de woning, vlak nadat er een (kleine) aardbeving heeft plaatsgevonden die veroorzaakt is door de exploitant, is het natuurlijk van belang om te zien of deze persoon in aanmerking komt voor een schadevergoeding. Dit is het geval als de schade is veroorzaakt door die specifieke beving. In principe zou moeten worden bewezen dat dit inderdaad het geval is, voordat de exploitant aansprakelijk kan worden gesteld. Aangezien dit niet eenvoudig is (en zeker niet met grote zekerheid), en aangezien de exploitant bewust een risico op een aardbeving neemt, vindt het panel het redelijk om de omwonenden te beschermen door middel van een *verlichting* en in zekere zin ook een *omkering* van de bewijslast, en wel op de volgende wijze: een expert (van de verzekeraar) bepaalt wat de kans  $p$  is dat de schade inderdaad is veroorzaakt door de beving. Indien deze kans  $p$  groter is dan 1%, dan wordt de schade vergoed, en indien  $p$  kleiner is dan 1%, dan kan de exploitant niet aansprakelijk worden gesteld. Merk op dat deze keuze betekent dat als de kans dat de trilling de schade heeft veroorzaakt iets groter dan 1% wordt ingeschat, bijvoorbeeld op 5%, dan keert de exploitant uit ondanks het feit dat er 95% kans is dat de trilling de schade niet veroorzaakt heeft. Het panel stelt dat dit ondernemersrisico acceptabel zal zijn in de praktijk omdat er in het algemeen bij schade van enige omvang weinig onzekerheid zal bestaan dat deze verband houdt met de exploitatie. Of omgekeerd, wanneer er 'onterecht' moet worden uitgekeerd zal het gaan om kleine schades als scheurtjes in stucwerk.

Om de kans  $p$  'direct' vast te stellen, merkt het panel op dat dit een *conditionele* kans is: gegeven dat er schade is opgetreden, wat is de kans dat de seismische activiteit deze schade heeft veroorzaakt. Om deze te berekenen moeten alle andere verklarende scenario's voor de vastgestelde schade gewogen worden met hun eigen kans. Met deze eigen kans bedoelen we de kans dat een dergelijke schade bij het betreffende bouwwerk zou optreden gegeven het scenario. Als voorbeeld: neem het scenario van de vastgestelde seismische activiteit door overige mijnbouw. Met behulp van de door middel van het meetnetwerk bepaalde PGV ter plaatse van het bouwwerk kan de kans ingeschat worden dat deze PGV deze schade zou veroorzaken (eventueel met gebruik van fragility curves). Een ander scenario zou kunnen zijn dat een zware vrachtwagen de schade heeft veroorzaakt. Ook hier

kan worden vastgesteld wat de kans is dat de trilling voortkomende uit deze vrachtwagen de schade zou veroorzaken. Hierbij kan de kans dat een zware vrachtwagen recent langsgereden is meegenomen worden. Als we de kans dat de schade *zou optreden* door de seismische activiteit (zoals hierboven beschreven)  $p_1$  noemen (we komen hier nog op terug), en we noemen de kans dat een ander verklarend scenario  $i$  (zoals bijvoorbeeld de vrachtwagen) de schade zou kunnen veroorzaken  $p_i$ , met  $i \geq 2$ , dan geldt dus

$$p = \frac{p_1}{\sum_{i \geq 1} p_i}$$

Merk op dat iedere  $p_i$  een *a priori* kans is: het gaat om de kans dat scenario  $i$  (bijvoorbeeld de beving of de vrachtwagen) een dergelijke schade zou kunnen veroorzaken. Deze kansen hoeven dus ook niet op te tellen tot 1: het kan heel goed zijn dat de beving een kans van 1% heeft om de schade te veroorzaken en de vrachtwagen een kans van 2%, en dat er eigenlijk geen andere verklarende scenario's zijn. Op het moment dat de schade inderdaad optreedt, geldt dan volgens de gegeven formule dat de beving met 1/3 kans de schade heeft veroorzaakt, en de vrachtwagen met 2/3 kans (deze kansen tellen wel op tot 1, want nu weten we dat de schade inderdaad heeft plaatsgevonden!).

*Ter verduidelijking twee voorbeelden van hoe deze methode werkt:*

*Voorbeeld 1:*

*Een omwonende heeft schade en meldt deze na een lichte seismische activiteit. Een expert van de verzekeraar van de exploitant neemt deze schade op. Met een berekening (op basis van de meetgegevens die beschikbaar zijn door de continue monitoring en het type bouwwerk) stelt de expert vast dat de kans  $p_1$  dat de seismische activiteit een dergelijke schade zou veroorzaken bij deze specifieke woning kleiner is dan 0.1 %. Zij stelt ook vast dat de schade veel lijkt op verzakkingsschade en ook schijnbaar niet recent is. Verder is bekend dat veel huizen in de omgeving last van verzakkingsschade hebben. De expert maakt daarom de inschatting dat de kans dat een verzakking een dergelijke schade zou veroorzaken zo'n 50% is. Hiermee komt zij tot de conclusie dat de conditionele kans dat de opgetreden schade inderdaad is veroorzaakt door de seismische activiteit kleiner is dan  $0,001/(0,50+0,001) \leq 0,002=0,2\%$ . Dit ligt onder de grens van 1%, en de verzekeraar keert dus niet uit.*

*Voorbeeld 2:*

*Een nieuwbouwwijk, betrekkelijk ver weg van de seismische activiteit, heeft toch de trilling gevoeld. Van de 1000 woningen in de wijk rapporteren er 5 schade in de vorm van kleine scheuren. De expert van de verzekeraar bezoekt alle 5 de woningen en constateert dat alle zeer recent zijn. Een berekening laat zien dat de kans  $p_1$  dat de gemeten seismische activiteit deze schade zou veroorzaken bij deze relatief nieuwe woningen kleiner wordt ingeschat dan 1 %. Het is echter duidelijk dat de wijk de seismische activiteit heeft gevoeld, en er is eigenlijk geen andere redelijke verklaring waarom deze 5 huizen tegelijkertijd deze schade zouden ondervinden. De expert verklaart daarom dat de conditionele kans dat deze schades inderdaad zijn veroorzaakt door de seismische activiteit dicht zal liggen bij 100% (er is namelijk geen ander plausibel scenario). De verzekeraar van de exploitant zal dus de schade vergoeden zodra is vastgesteld dat de seismische activiteit inderdaad is veroorzaakt door de exploitant.*

Het panel onderkent echter dat het vooralsnog in de praktijk bijna onmogelijk is voor experts om van alle verklarende scenario's voor een schade een adequate kans in te schatten. Deze kans is in principe wel nodig om te concluderen dat de gevraagde conditionele kans groter is dan 1%. Er bestaan ook nog geen algemeen geaccepteerde berekeningswijzen voor deze kansschatting. Het panel *adviseert* daarom om korte termijn een start te maken met het ontwikkelen van deze kennis en berekeningswijzen zodat over een aantal jaar wel gewerkt kan worden met de bovenstaande kans  $p$  om te bepalen of de schade inderdaad is veroorzaakt door de beving.

Het bovenstaande maakt dat het panel totdat een dergelijke algemeen geaccepteerde methode is ontwikkeld, kiest voor een meer pragmatische aanpak voor de bepaling van de aansprakelijkheid voor schade; deze wordt beschreven in de volgende paragraaf.

### **3.3.2. Naar een pragmatische aanpak voor de bepaling van de aansprakelijkheid voor schade door de exploitant**

Het panel kiest ervoor om een redelijke invulling van schade-uitbetaling te krijgen zoals beoogd in paragraaf 3.3.1 namelijk door de aansprakelijkheid voor recente schade te koppelen aan de kans dat een trilling schade veroorzaakt. Opgemerkt wordt dat deze 'kans op schade gegeven een trilling' een andere is dan de 'kans dat een zekere schade door de trilling is veroorzaakt (en niet door iets anders)'.

Het panel adviseert als algemene regel dat de exploitant de schade moet betalen indien:

- a) In een object schade geconstateerd wordt die in de tijd recent volgt op een seismisch event veroorzaakt door de exploitant van de overige mijnbouw.
- b) Voor dat object de kans op schade gegeven de trilling door het seismisch event groter is dan 1%.
- c) De exploitant kan geen andere overtuigende oorzaak voor de schade aantonen.

Met de keuze voor de '1% kans op schade' sluit het panel aan bij de keuzes die gemaakt zijn in de bestaande SBR-richtlijn *Meet- en beoordelingsrichtlijnen voor trillingen, Deel A, Schade aan gebouwen*. Bij de gekozen grenswaarden voor de trillingsniveaus in deze SBR-A hoort namelijk ook een kans op schade van 1%. Wanneer de kans kleiner is dan de grenswaarde, dan vergoedt de exploitant in principe niet. Wanneer de kans groter is dan deze grenswaarde, dan vergoedt (de verzekeraar van) de exploitant. Evident kan die grenswaarde geen 0% zijn want dat zou betekenen dat alle bouwschade die in elk bouwwerk in de loop der jaren onvermijdelijk optreedt vergoed zou moeten worden. Kortom, er moet een bestuurlijke keuze gemaakt worden. Het panel acht het van belang dat omwonenden erop moeten kunnen vertrouwen dat in het uitzonderlijke geval van schade, zij ook met hoge zekerheid vergoed zullen worden. Daarom stelt het panel voor om de grenswaarde voor de kans op schade op 1% te zetten net als het gebruik is bij de aansprakelijkheid voor trillingsschades vanwege andere activiteiten (zie paragraaf 3.3.3.).

De kans op schade gegeven de trilling door het seismisch event is te bepalen door middel van de volgende stappen:

- Gebruik makend van de meetdata en aanvullende modellen kan een kansverdelingsfunctie worden gemaakt van de Peak GroundVelocity (PGV) ter plaatse van het object bij het beschouwde seismische event.
- Fragility modellen kunnen worden opgesteld voor de kans op schade gegeven het type object en de staat ervan.
- Op basis van het bovenstaande kan de kans op schade worden bepaald voor het beschouwde seismische event en het beschouwde object.

Om eenduidig te kunnen vaststellen aan welke mate van beweging het bouwwerk is blootgesteld, zou er idealiter een bewegingssensor aan het bouwwerk zelf aangebracht moeten worden, bijvoorbeeld aan de fundering op een hoekpunt. Echter, opname als eis in de vergunning van een bewegingssensor voor alle bouwwerken zou de complexiteit en omvang van het monitorprogramma aanzienlijk vergroten. Het panel stelt dan ook voor om wel een representatief deel van de gebouwen te monitoren en voorts de onzekerheid in de relatie tussen de gemeten PGV en de gemodelleerde schade per bouwwerk mee te nemen in de beoordeling. In het algemeen geldt evident dat hoe verder weg van het centrum van de seismische gebeurtenis (afgezien van lokale effecten), hoe kleiner de gemeten of berekende PGV en dus hoe kleiner de kans dat de beving schade veroorzaakt.

In de benadering van het panel door gebruik te maken van de kans dat de beving schade veroorzaakt op die locatie en voor het betreffende type bouwwerk is een digitaal ja/nee nodig als antwoord op de tweede vraag uit paragraaf 3.3.1. Het panel stelt voor hier uit te gaan van het feit dat de seismische activiteit veroorzaakt is door de exploitant tenzij deze kan aantonen dat er sprake is van een andere oorzaak (en wederom uiteraard alleen als er überhaupt sprake was van een seismische activiteit, dat wil zeggen het eerste feit positief was vastgesteld).

Het panel merkt op dat bij een kans van 1% op schade door een seismisch event het evident niet zo is dat er ook schade optreedt. Evenmin is gegarandeerd dat er geen schade op zal treden. De kans op schade is echter zeer klein.

*Ter verduidelijking twee voorbeelden van hoe de methode werkt:*

*Voorbeeld 1:*

*Een omwonende heeft schade en meldt deze na een lichte seismische activiteit (stap 1). Een expert neemt deze schade op en constateert dat deze recent is. Met een berekening (op basis van de meetgegevens die beschikbaar zijn door de continue monitoring en het type bouwwerk) wordt de kans bepaald dat de seismische activiteit schade zou veroorzaken bij deze specifieke woning (stap 2). De kans blijkt groter dan de grens van 1% ener is geen reden om de seismische activiteit aan een andere oorzaak toe te wijzen. De verzekeraar keert dus in de regel uit.*

*Voorbeeld 2:*

*Een nieuwbouwwijk, betrekkelijk ver weg van de seismische activiteit, heeft toch de trilling gevoeld. Van de 1000 woningen in de wijk rapporteren er 5 schade in de vorm van kleine scheuren. De expert van de verzekeraar bezoekt alle 5 de woningen en constateert dat alle zeer recent zijn (stap 1). Een berekening laat zien dat de kans dat de gemeten seismische activiteit schade zou veroorzaken bij deze relatief nieuwe woningen kleiner wordt ingeschat dan 1% (stap 2). De verzekeraar hoeft dus in de regel niet te vergoeden.*

Zoals al eerder opgemerkt, geldt dat de keuze van het panel betekent dat als de kans dat de trilling schade veroorzaakt iets groter dan 1% wordt ingeschat, bijvoorbeeld op 5%, dan keert de exploitant uit ondanks het feit dat er 95% kans is dat de trilling geen schade veroorzaakt. Het ondernemingsrisico is daarmee dat iemand schade claimt terwijl die schade niet veroorzaakt is door de door de exploitant geïnduceerde seismische activiteit, maar de berekeningen laten zien dat er toch meer dan 1% kans is dat de schade door de seismische activiteit veroorzaakt zou zijn. In een dergelijk geval moet de ondernemer onterecht betalen. Het panel stelt dat dit ondernemersrisico acceptabel zal zijn in de praktijk omdat er in het algemeen bij schade van enige omvang weinig onzekerheid zal bestaan dat dit verband houdt met de exploitatie. Of omgekeerd, wanneer er 'onterecht' moet worden uitgekeerd zal het gaan om kleine schades als een scheurtje in stucwerk.

Merk ook op dat de voorgestelde aanpak van het panel evident niet betekent dat mensen met schade zich niet tot de rechter kunnen wenden. In de gevallen met een a priori zeer kleine kans dat een seismische activiteit toch schade veroorzaakt buiten de, iets te simpel uitgedrukt, '1%-contour' en dat er (toch) geen andere oorzaak voor aantoonbaar recente schade denkbaar is, zal een rechter dit kunnen zien als een bewijs dat de schade veroorzaakt is door de exploitant. Omwille van de praktische uitvoerbaarheid en ter bescherming van de exploitant tegen strategisch claimgedrag is buiten de '1%-contour' de bewijslast dus omgedraaid.

*Ter verduidelijking komen we terug op voorbeeld 2 in de kaders hierboven:*

*De verzekeraar hoeft in dit geval volgens deze richtlijn dus niet te betalen, ondanks het feit dat er misschien geen andere goede verklaring bestaat voor de 5 zeer lichte schades die tegelijkertijd zijn opgetreden. Mochten de bewoners of aangestelde experts in staat zijn om overtuigend te laten zien*

*dat er geen ander plausibel scenario is dat de schades verklaart, dan heeft een rechter, arbiter, of een geschillencommissie grond om met de claim van de bewoners mee te gaan. Het panel hoopt dat mocht een dergelijk geval in de praktijk voorkomen – dus veel kleine schades aantoonbaar tegelijkertijd na een lichte beving maar buiten de ‘1%-contour’ – dat de (verzekeraar van de) exploitant dan ruimhartig is; het zal tenslotte toch gaan om kleine schades.*

### 3.3.3. Naar een direct bruikbare toepassing in de praktijk

Om de voorgestelde pragmatische aanpak meteen in de praktijk toepasbaar te maken kiest het panel voor een kleine uitbreiding van (de berekeningsmethoden in) de gangbare methodiek voor de toerekenbaarheid van schade van *gemeten* trillingen bij bijvoorbeeld heikwerkzaamheden, de *SBR Trillingsrichtlijn A*.

Deze richtlijn heeft uitgaande van kans op schade van 1% de schadegrens geoperationaliseerd in termen van een grens  $V_r$  aan de te meten trillingssnelheid:

- voor schade door seismische belasting geldt dat deze voor vergoeding in aanmerking komt zodra de PGV (maximale grondsnelheid, Peak GroundVelocity) gemeten op bodemoppervlak danwel niveau van begane grond van een bouwwerk groter is dan een grenswaarde  $V_r$ ;
- omgekeerd, zolang  $V_r$  niet wordt overschreden is het uitgangspunt dat er daardoor geen te vergoeden bouwkundige schade optreedt.

De SBR-richtlijn is daarmee bedoeld om aan te geven wat de scheidslijn is voor de bewijslast: bij snelheden boven de grens moet de mogelijke veroorzaker aantonen dat schade niet het gevolg is van zijn handelen en krijgt de burger de schade in de regel uitbetaald; bij snelheden onder de grens wordt in de regel niet uitbetaald en bij toch uitbetalen moet aangetoond worden dat ondanks het lage niveau de trillingen toch de oorzaak waren van de schade.

De  $V_r$  in de SBR-richtlijn hangt af van de frequentie van de trilling en van het type bouwwerk: modern of monumentaal.

De SBR-richtlijn houdt ook rekening met het verschil in schade dat kan ontstaan wanneer alleen (op een stijve hoek van het bouwwerk) op maaiveld niveau de PGV bekend is waardoor de feitelijke belasting op een hogere verdieping groter kan zijn.

De werkwijze die het panel voorstelt is een beperkte uitbreiding van de SBR-methodiek omdat niet alle bouwwerken waar schade kan optreden voorzien zullen zijn van een versnellingsmeter:

- Op basis van de gemeten versnellingen in het lokale meetnetwerk van versnellingsmeters aan de oppervlak en het meetnetwerk onder de grond wordt de verdeling van de piekgrondsnelheid voor het object met schade bepaald.
- De SBR-richtlijn bevat de kans op schade voor verschillende waarden van de verhouding van de piekgrondsnelheid ten opzichte van de grenswaarde. De gevonden verdeling kan dan dus gebruikt worden om met behulp van een convolutie de kans op schade aan het gebouw uit te rekenen. Als deze kans groter is dan 1%, dan wordt de schade vergoed.

*Merk op dat de onzekerheid in de berekening van de PGV direct invloed heeft op de 1% kans op schade. Als een bouwwerk voorzien is van een versnellingsmeter is kan simpelweg de gemeten waarden worden vergeleken met de  $V_r$  uit de SBR-richtlijn. Als er bijvoorbeeld 50% spreiding is in de verdeling van de PGV's, dient het 80% fractiel van de PGV gebruikt te worden in de vergelijking met de  $V_r$ .*

Het panel *adviseert* dus om deze uitgebreide SBR-richtlijn toe te passen in afwachting van een eventuele specifiekere geoperationaliseerde richtlijn voor de schade veroorzaakt door overige mijnbouw.

Het panel herhaalt dat deze methode een optimale garantie geeft voor omwonenden dat serieuze schade vergoed wordt. Voor lichte schades zoals scheurtjes in stucwerk (aan de onderkant van DS1) zal het de SBR-richtlijn zijn die de bescherming is van (de verzekeraar van) de exploitant tegen strategisch claimedrag van omwonenden.

#### 4. Operationalisatie voor de bepaling van het seismisch dreigingsniveau voor veiligheidsrisico's

Om vast te stellen of het veiligheidsrisico vanwege geïnduceerde seismiciteit beneden de norm van  $10^{-5}$  blijft, is het nodig de seismische dreiging ('hazard') te bepalen. Dit wordt bijvoorbeeld gedaan door de verdeling in ruimte en tijd van Peak Ground Acceleration (PGA) of Peak Ground Velocity (PGV) aan het aardoppervlak te schatten. Hiervoor worden geomechanische modellen van de ondergrond gebruikt in combinatie met de ondergrondse activiteit (gaswinning, zoutwinning etc.) en een catalogus van reeds waargenomen bevingen. Voor dit laatste is een monitoringsprogramma vereist (zie ook paragraaf 5).

Het bekendste voorbeeld van bovengenoemde combinatie is gerelateerd aan het Groninger gasveld. De ondergrondse activiteiten waarvoor dit panel om advies wordt gevraagd zijn divers van aard: geothermie, gaswinning in kleine velden, oliewinning, zoutwinning, opslag van gasen zoals methaan, CO<sub>2</sub> en waterstof. Op al deze activiteiten zijn onderling verschillende geomechanische modellen van toepassing.

Het panel observeert dat voor het inzichtelijk maken van de seismische veiligheidsrisico's van overige mijnbouw in Nederland de gebruikelijke statistische berekening van het lokaal persoonlijk risico (LPR, de voor seismische risico's gebruikelijke term voor het IR) niet mogelijk is vanwege de afwezigheid van relevante data in de vorm van tot op heden waargenomen letsel veroorzakende seismiciteit.

Cruciaal voor elke berekening is daarmee een aanname over de relatie tussen lichtere bevingen en zwaardere bevingen. Merk op dat deze (Gutenberg-Richter) relatie als een vaststaand feit wordt beschouwd voor natuurlijke aardbevingen en voor lichtere bevingen bijvoorbeeld ook in Groningen zichtbaar is.

Het panel *adviseert*, gezien de onzekerheden die nu eenmaal bestaan, dat het wenselijk is om bestuurlijk vast te stellen dat bij berekeningen uitgegaan wordt van deze aanname. Bij berekening van het IR *adviseert* het panel om de verwachtingswaarde van het risico te gebruiken conform het eerdere standpunt van de minister van EZK zoals opgenomen in de Mijnbouwregeling.

In dat kader hecht het panel eraan om enkele voorbeelden te noemen van seismische risicoanalyse (SRA of SHA als afkorting van seismic hazard analysis) methodieken die al tenminste deels conform deze uitgangspunten zijn ontwikkeld of in ontwikkeling zijn:

- Gaswinning in kleine velden: SodM/TNO SRA methodiek<sup>13</sup>
- Aardgas opslag in leeg gasveld: KEM-01 studie<sup>14</sup>
- Zoutwinning: KEM-17 studie<sup>15</sup>, deze bevat geomechanische bouwstenen voor een SRA
- Geothermie: TNO-screeningsmethodiek voor seismiciteitsdreiging geothermie.<sup>16</sup>

---

<sup>13</sup> SodM, Methodiek voor Risico-Analyse omtrent geïnduceerde bevingen door gaswinning (Tijdelijke Leidraad), Februari 2016.

<sup>14</sup> KEM-01, Safe operational bandwidth of gas storage reservoirs, 2018.

<sup>15</sup> KEM-17, Overpressured salt solution mining cavern sand leakage mechanisms, 2019.

<sup>16</sup> TNO, voorstel voor aanpassing van de methodiek voor screening van seismiciteitsdreiging bij geothermie, 2021.



In de opinie van het panel worden deze risicoanalysemethodieken idealiter zo generiek opgeschreven dat exploitanten voor gangbare niet risicovolle situaties geen eigen SRA meer hoeven uit te voeren. Het advies van het panel over geothermie kan bijvoorbeeld worden gelezen als de uitkomst van een generieke SRA die laat zien dat geothermie-exploitanten buiten de Roerdalslenk geen aparte SRA meer hoeven op te stellen.

In sommige situaties, zoals het panel heeft geadviseerd in het eerdere advies over geothermie, kan een andere 'robuuste' beslismethodiek nodig zijn, waarin wordt gerekend met een realistische zwaarst denkbare aardbeving, als daardoor kan worden aangetoond dat niemand naar verwachting aan een hoger LPR dan  $10^{-5}$  wordt blootgesteld.

Die robuustheid van eisen is ook nodig omdat het panel zich op het uitgangspunt stelt dat, net zoals in andere domeinen, zodra de vergunning verleend is, daar niet meer op terug behoort te worden gekomen anders dan in uitzonderlijke omstandigheden. Buiten de gebruikelijke praktijk van een revisievergunning na bijvoorbeeld 10 jaar kunnen in de tussentijd redelijkerwijs geen aanpassingen aan nieuwe inzichten verlangd.

Het panel *adviseert* dat ook voor waterstof- en CO<sub>2</sub>-opslag in lege gasvelden en cavernes SHA-methodieken ontwikkeld worden voordat de activiteit plaats vindt, welke dan ook toegepast kunnen worden bij de verlening van opslagvergunningen.

Het panel *adviseert* daarom om voor nieuwe seismische risico's zoals geothermie waar nog geen inschatting van de kansverdeling van de sterkte van geïnduceerde aardbevingen gemaakt kan worden tenminste de aankomende jaren te werken met een  $M_{\max}$ -aanpak. Ervan uitgaande dat de  $M_{\max}$  berekend kan worden, en het gegeven die  $M_{\max}$  berekende individueel risico valt onder de  $10^{-5}$  per jaar, dan zullen alle in werkelijkheid optredende bevingen (dus per definitie met een lagere magnitude) aan de IR-norm van  $10^{-5}$  per jaar voldoen.

Dit vergt dat snel onderzoek wordt gedaan naar een keuze van een maximale sterkte ( $M_{\max}$ ) van de geïnduceerde beving die een minimale kans van overschrijding heeft voor de verschillende vormen van overige mijnbouw. Voor geothermie buiten de Roerdalslenk heeft het panel in haar geothermie-advies deze inschatting gegeven. Gebruikmakend van deze  $M_{\max}$  kan dan met de verdelingsfunctie van de grondversnelling en de verdelingsfunctie sterkte van woningen op de gebruikelijke wijze het IR worden berekend waarbij dus de eis is dat niemand aan een hoger IR dan  $10^{-5}$  wordt blootgesteld.

In het geval men via een dergelijke benadering met een "fysisch maximum" op erg hoge trillingsintensiteiten uitkomt kan op zoek gegaan worden naar een gemotiveerde vermindering van de belasting middels een Bayesiaanse aanpak. De mate van kennisonzekerheid kan dan met in de literatuur bekende technieken zo objectief mogelijk worden gemaakt door de raadpleging van verschillende en onafhankelijke experts.

## **5. Ontwikkelen robuust monitoring programma voor de ondergrond**

Een essentieel onderdeel voor het betrouwbaar ontwikkelen van methodieken ter operationalisatie is het opbouwen van een catalogus van aardbevingen als functie van ruimte en tijd rond de locatie van de ondergrondse activiteit. Hiertoe is een robuust monitoring programma voor de ondergrond noodzakelijk. In dat kader gaat het panel hierna in op de primaire elementen die zij van belang acht voor een dergelijk programma.

### *Mate van compleetheid*

Monitoring heeft als doel de aardbevingen (en andersoortige trillingen) ten gevolge van een mijnbouwactiviteit te karakteriseren. Met monitoring wordt een zo compleet mogelijke aardbevingsdataset nagestreefd, waarbij over een breed magnitudebereik (van kleine tot grote bevingen) aardbevingen gemeten en gekarakteriseerd worden. Een complete aardbevingsdataset geeft inzicht in de ontwikkeling van de seismiciteit en grootte van mogelijk toekomstige aardbevingen.

### *Variabelen*

Het tijdstip van optreden, magnitude, locatie en impact van de beving zijn de nodige uit de meting af te leiden parameters. De magnitude is een maat voor de sterkte van de aardbeving en wordt met seismometers (of geofoons) bepaald. Deze worden veelal in boorgaten geplaatst om onder lage ruiscondities te kunnen meten. De impact van een aardbeving (de intensiteit) wordt bepaald met versnellingsmeters aan het aardoppervlak. Naast de magnitude en locatie van de aardbeving aan het aardoppervlak (het epicentrum) is de locatie in de ondergrond (het hypocentrum) van belang, i.e. de diepte van de aardbeving. Kennis over de diepte draagt bij aan: (1) het onderscheid tussen natuurlijke en geïnduceerde aardbevingen en (2) het toekennen van een aardbeving aan specifieke breuken in de ondergrond. Een seismisch snelheidsmodel is nodig om de voorplanting van seismische golven door de ondergrond te bepalen om daarmee het epi- en hypocentrum van de aardbeving af te leiden. Daarnaast bepalen: (1) het aantal seismische meetpunten en (2) hun onderlinge afstand het oplossend vermogen van metingen, zoals voor de diepte. Monitoring van deze variabelen moet aanvagen voordat de mijnbouwactiviteiten beginnen. Hiermee kunnen achtergrond seismiciteit en seismische ruis van tevoren in kaart gebracht worden, zodat gebeurtenissen ten gevolge van de mijnbouwactiviteit eenduidig toegekend kunnen worden.

### *Cumulatie van trillingen*

De seismiciteit kan met enkele kleine, niet voelbare, aardbevingen beginnen waarna deze in aantal en sterkte toenemen. Het oplossend vermogen van de metingen is ook hier van belang om in een zo vroeg mogelijk stadium de seismiciteit te signaleren. Naast het meten van trillingen in de ondergrond moeten bovengrondse akoestische trillingen gemeten worden. Bronnen in de vaste aarde (aardbevingen) en bronnen aan het aardoppervlak (industrie, verkeer e.d.) hebben immers soortgelijke gevolgen zoals: schrik bij inwoners, het trillen van ramen en deuren, gedreun en het gevoel dat er een zware vrachtauto door de straat rijdt. Om trillingen eenduidig te identificeren als een aardbeving ten gevolge van een mijnbouwactiviteit zijn gecombineerde seismo-akoestische metingen nodig.

### *Aandacht voor maatschappelijke verantwoording*

Tot slot wil het panel aandacht vragen voor een goede governancestructuur van de monitoring. Het panel stelt dat dit een thema is dat onlosmakelijk is verbonden aan de energietransitie, waarin de klimaatambities voor een groot deel door de overheid worden bepaald. Aandacht voor governance is in dat kader in algemene zin van belang, en rondom het monitoring proces in het bijzonder.

Het panel wijst er in dat kader op dat er in de praktijk veelal maatschappelijke discussie ontstaat over de betrouwbaarheid van monitoringsgegevens, wanneer die alleen door de operator worden verkregen. Het is daarom van belang voor zowel nationale en lokale overheden, bewoners en andere belanghebbenden nabij mijnbouwactiviteiten als voor operators dat de monitoring op onafhankelijke wijze plaatsvindt. De metingen moeten betrouwbaar zijn en de daaruit afgeleide aardbevingskarakteristieken moeten reproduceerbaar en daarmee onbetwistbaar zijn. Verder dient de continuïteit van de monitoring gegarandeerd zijn voor vele tientallen jaren. Deze periode loopt van voor de aanvang van de mijnbouwactiviteit tot minimaal een tiental jaar na afronding van de

mijnbouwactiviteit. Ook gedurende de mijnbouwactiviteit als er bijvoorbeeld van operator gewisseld wordt, moet de monitoring onverwijld doorgaan.

Om de betrouwbaarheid van het programma te garanderen moeten de kwaliteit van de monitoring en de daaruit afgeleide aardbevingskarakteristieken frequent aan een internationaal review proces onderworpen worden. Zo moet ook de dataopslag, beschikbaarheid voor het algemene publiek (van ook de privaat vergaarde data) en governance volgens internationale standaarden geregeld en beoordeeld worden.

Het panel adviseert dat een bij wet onafhankelijke overheidsorganisatie, zoals het KNMI, wordt aangewezen om de monitoring voor de ondergrond te realiseren zodat de besproken betrouwbaarheid, kwaliteit en continuïteit gegarandeerd zijn. Financiering en governance moeten eenduidig gedefinieerd zijn. Het panel stelt voor dat de financiering van de monitoring dan als volgt vormgegeven kan worden: (1) de overheid is verantwoordelijk voor een nationaal basismeetnetwerk om aan de eisen van betrouwbaarheid, kwaliteit en continuïteit te voldoen en (2) de operator financiert een lokale verdichting van het basismeetnetwerk, nabij de mijnbouwactiviteit, om de compleetheid van de aardbevingsdataset te vergroten, waarbij de monitoring zelf weer onafhankelijk belegd is.

**BIJLAGE 1      SAMENSTELLING ADVIESPANEL**

Leden adviespanel:

- Eric Cator, hoogleraar Statistiek aan de Radboud Universiteit
- Láslo Evers, hoogleraar Seismologie en Akoestiek aan de TU Delft / KNMI
- Ira Helsloot (vz), hoogleraar Besturen van veiligheid aan de Radboud Universiteit / Crisislab
- Rien Herber, hoogleraar Geo – Energie aan de Rijksuniversiteit Groningen / lid Mijnraad
- Jan Rots, hoogleraar Constructiemechanica aan de TU Delft
- Raphaël Steenbergen, hoogleraar Structural reliability aan de Universiteit Gent / TNO

Secretaris:

- Karin Broekhuizen, L&B CC