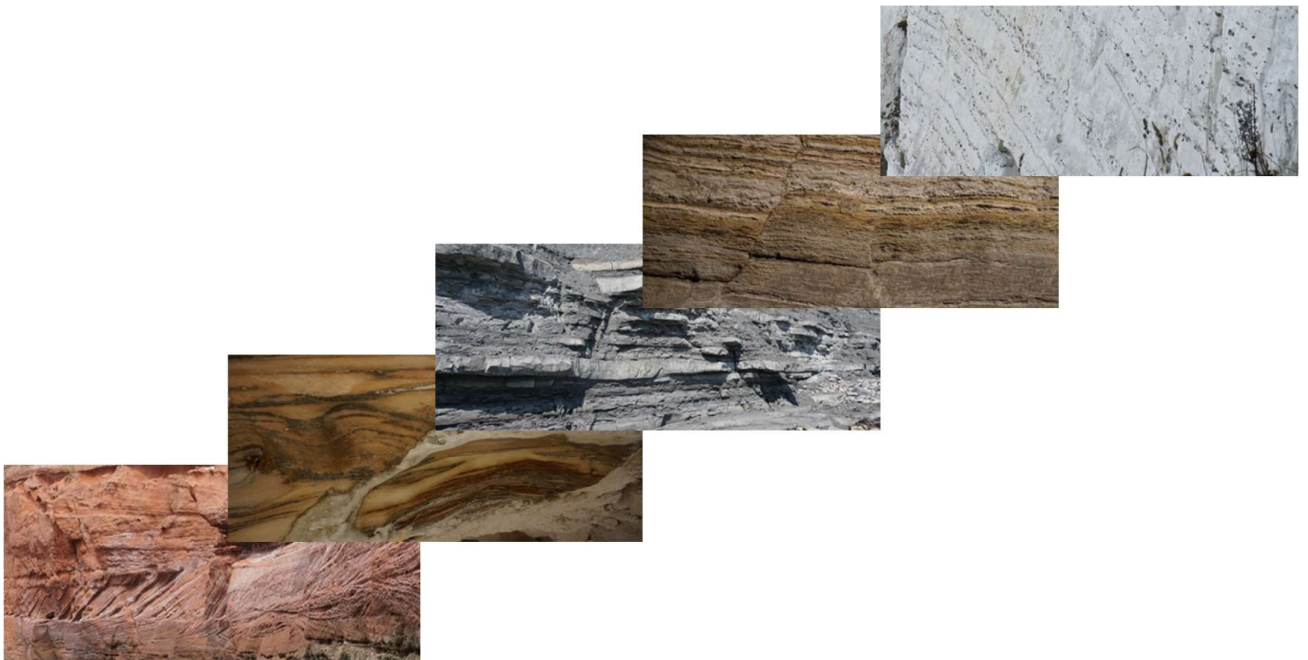


2022 Jaarrapportage Kennisprogramma Effecten Mijnbouw (KEM)

KEM Wetenschappelijk Expert Panel
(KEM-panel)



August 2023

Inhoud

Samenvatting.....	3
Summary.....	4
1. Inleiding	5
2. Strategische ontwikkeling 2017-2022	5
3. KEM-onderzoek: status en resultaten	8
3.1 Seismisch-akoestische risico's	8
3.2 Bodemdalingsrisico's	12
3.3 Lekkagerisico's	14
3.4 Installatie-integriteit risico's	15
4. Kennisborging en -verspreiding	16
4.1 Informatiedeling via kemprogramma.nl.....	16
4.2 Kennisborging in publieke DRA-modellen	16
4.3 Communicatie met de omgeving	17
5. Activiteiten van de KEM-panel en subpanel.....	18
5.1 Activiteiten KEM-panel.....	18
5.2 Activiteiten KEM-subpanel	19
5.2 Aanbesteding en financiën	20
6. KEM evaluatie en follow-up.....	21
6.1 KEM evaluatie AEF	21
6.2 Reflectie op de evaluatie en aanbevelingen.....	21
6.3 KEM toekomst en verbeteracties	21
7. Conclusies, verbeteracties en aanbevelingen	21
7.1 KEM strategie en onderzoek	21
7.2 Kennisborging en -verspreiding.....	22
7.3 KEM-panel en subpanel.....	23
Bijlage A Kamerbrief 2016 over Kennisprogramma Effecten Mijnbouw	24
Bijlage B Terms of Reference KEM scientific expert panel and KEM-subpanel modelontwikkeling	27
Bijlage C Status van KEM onderzoeksvragen eind 2022	31
Bijlage D Lijst van KEM rapporten en publicaties	32
Bijlage E Huidige samenstelling KEM-panel en KEM-subpanel.....	36
Bijlage F Termen, afkortingen en definities	37

Samenvatting

Dit is de 5^e jaarrapportage van het Kennisprogramma Effecten Mijnbouw (KEM). In de rapportage komen de tot en met december 2022 uitgevoerde inhoudelijke activiteiten en resultaten aan de orde. De jaarrapportage is geen financieel jaarverslag. Deze rapportage omvat conform de kamerbrief (Kamerstuk 32849 nr. 80) van de Minister van EZK: (1) voortgang van het inhoudelijke onderzoeksprogramma, (2) kennisborging en -uitwisseling en (3) werk van het KEM wetenschappelijk expert panel (KEM-panel). Tevens komt de in 2022 uitgevoerde KEM evaluatie aan de orde. De jaarrapportage is een rapportage van het KEM-panel en geeft de duiding en conclusies van het KEM-panel weer.

Het KEM-onderzoeksprogramma. Dit verliep ook in 2022 inhoudelijk goed. De kwaliteit van de meeste projecten is naar het oordeel van het KEM-panel goed en de impact is betekenisvol. In 2022 ging, naast lange termijn seismiteit Groningen, de meeste aandacht uit naar effecten van andere mijnbouwactiviteiten, zoals ondergrondse opslag en geothermie, die relevant zijn voor de energietransitie. De prioriteiten aangegeven in het rapport “Naar een (nationale) onderzoekagenda en risico toolbox in Nederland” zijn nog steeds leidend daarbij. De in 2022 of begin 2023 opgeleverde projectresultaten zijn: twee Groningen gasveld studies naar najilingseffecten (KEM-19) en het effect van vloeistofinjectie (KEM-24), een literatuurstudie naar mijnbouw gerelateerde bronnen van infrageluid, alsook de verspreiding en monitoring ervan (KEM-31) en verbeteringen van het publieke seismische dreiging- en risico analysemodel (SDRA) Groningen (KEM-35 en KEM-43) en van de open testomgeving van de SDRA waarmee gevoeligheidsanalyses uitgevoerd kunnen worden (KEM-09).

De projecten over seismiteit risico's bij geothermie nabij breuken (KEM-15), over modellering van meervoudige bodemdaling (KEM-16), over monitormethoden voor grootschalige CO₂ opslag (KEM-27), over waterstofopslag in clusters van zoutcavernes (KEM-28), over kwetsbaarheid infrastructuur bij grotere bevingen (KEM-34), het 3D grondbewegingsmodel voor Groningen (KEM-36) en over de veilige bandbreedte van opslag van andere gassen dan methaan (KEM-39) waar in 2022 aan gewerkt is, worden in 2023 opgeleverd.

Kennisborging en -uitwisseling. De KEM-website publiceert de KEM-onderzoeksvragen, projectresultaten en evaluaties van projectresultaten en -aanbevelingen. De website had in 2022 circa 2450 bezoekers, die meer dan 28.000 pagina's (40% meer dan in 2022) bekeken, voornamelijk de KEM-projectpagina's. Om tegemoet te komen aan de vraag naar beter leesbare technische informatie is er vanaf 2022 voor elk afgerond KEM-project een link naar duidingsinformatie van EZK en SodM en de presentaties van de KEM-DeepNL colloquia toegevoegd. Het KEM-panel adviseerde in 2018 dat de kennisborging het best vormgegeven kan worden door de inzet van publieke instrumenten voor de analyse en weergave van dreigingen en risico's van mijnbouw. De eerste versie van het publieke SDRA model Groningen van TNO is in voorjaar 2021 in gebruik genomen. Daarna is er gewerkt aan verbeteringen en de implementatie van verschillende deelmodellen en verbeterde versies van deze modelketen, waarover het KEM subpanel ook in 2022 aan SodM en EZK adviseerde. Het KEM-panel meent dat de ontwikkeling en gebruik van publieke dreiging- en risicomodellen voor andere mijnbouwactiviteiten en type risico's eenzelfde aanpak verdienen. Communicatie door het KEM verloopt richting de wetenschap goed, met de gezamenlijke KEM-DeepNL colloquia, waarin KEM resultaten en onderzoeksonderwerpen bediscussieerd worden en de participatie van KEM aan de DEEP-NL stakeholder bijeenkomsten. De tweewekelijkse interactie met het beleid en toezicht, c.q. EZK en SodM, is intensief. De communicatie naar overheden en burgers in de regio's was in 2022 beperkt.

KEM-panels. Het KEM-panel kwam in 2022 vier keer bij elkaar. De wetenschappelijke expertrol ten aanzien van de vraagarticulatie, projectbegeleiding, projectevaluatie en duiding van onderzoeken werd in 2022 efficiënt en goed ingevuld. Eind 2022 adviseerde het KEM-subpanel, daartoe opgericht, aan SodM over de door TNO voorgestelde SDRA modelversie voor de operationele strategie van het Groningen gasveld. Het KEM-subpanel adviseerde begin 2023 over de voorgestelde additionele modelontwikkelingen voor de SDRA Groningen. De adviezen worden, tezamen met die van SodM, door EZK gebruikt voor de invulling van de modelontwikkeling van de SDRA binnen het onderzoeksprogramma met TNO.

KEM evaluatie en toekomst. Eind 2022 liep de tweede driejaartermijn van het KEM af. In 2022 heeft een onafhankelijke evaluatie van KEM plaatsgevonden. Hierbij zijn getoetst in hoeverre de beoogde doelstelling en doelen (publieke en onafhankelijke kennisontwikkeling naar mijnbouw effecten en aansluiting bij internationale toponderzoekers op dit gebied) van het KEM behaald zijn. Tevens is geëvalueerd of resultaten van het KEM de professionals bij SodM, EZK, Nederlandse kennisinstellingen en universiteiten bereiken, en hoe deze gewaardeerd en gebruikt worden. Geconcludeerd is dat KEM grotendeels effectief en efficiënt is. Dit heeft er toe geleid dat EZK en SodM eind 2022 besloten hebben tot een continuering van KEM voor de komende vijf jaar (2023-2027). In de evaluatie zijn ook tekortkomingen geïdentificeerd en aanbevelingen geformuleerd. Eind 2022 is hiervoor verbeterplan opgesteld, dat in 2023 in uitvoering wordt genomen.

Summary

This is the 5th annual report of the Mining Impacts Knowledge Program (KEM). The report covers substantive activities and results carried out through December 2022. The annual report is not an annual financial report. In accordance with the EZK Minister's letter (Parliamentary paper 32849 no. 80), this report includes: (1) progress of the substantive research program, (2) knowledge assurance and exchange and (3) work of the KEM scientific expert panel (KEM panel). Also discussed is the KEM evaluation conducted in 2022. The Annual Report is a report of the KEM Panel and provides the KEM Panel's interpretation and conclusions.

The KEM Research Program. This proceeded well in terms of content in 2022. In the opinion of the KEM panel, the quality of most projects is good and the impact is meaningful. In 2022, in addition to long-term seismicity Groningen, most attention was paid to effects of other mining activities, such as underground storage and geothermal energy, which are relevant to the energy transition. The priorities indicated in the report "Towards a (national) research agenda and risk toolbox in the Netherlands" are still leading in this regard.

The project results delivered in 2022 or early 2023 are: two Groningen gas field studies on post-liquefaction effects (KEM-19) and the effect of fluid injection (KEM-24), a literature study on mining-related sources of infrasound, as well as its propagation and monitoring (KEM-31) and improvements to the public seismic threat and risk analysis model (SDRA) Groningen (KEM-35 and KEM-43) and to the open test environment of the SDRA that allows sensitivity analyses to be performed (KEM-09).

The projects on seismicity risks in geothermal energy near fractures (KEM-15), on modeling multiple subsidence (KEM-16), on monitoring methods for large-scale CO₂ storage (KEM-27), on hydrogen storage in clusters of salt caverns (KEM-28), on infrastructure vulnerability in larger quakes (KEM-34), the 3D ground motion model for Groningen (KEM-36) and on the safe bandwidth of storage of gases other than methane (KEM-39) worked on in 2022 will be delivered in 2023.

Knowledge assurance and exchange. The KEM website publishes KEM research questions, project results, and evaluations of project results and recommendations. The website had about 2450 visitors in 2022, who viewed more than 28,000 pages (40% more than in 2021), mainly the KEM project pages. To meet the demand for more readable technical information, a link to interpretation information from EZK and SSM and the presentations of the KEM-DeepNL colloquia was added for each completed KEM project starting in 2022.

The KEM panel advised in 2018 that knowledge assurance can best be shaped through the use of public tools for the analysis and representation of mining threats and risks. The first version of TNO's Groningen public SDRA model was commissioned in spring 2021. Thereafter, improvements and the implementation of different sub-models and improved versions of this model chain were worked on, on which the KEM sub-panel also advised SodM and EZK in 2022. The KEM panel believes that the development and use of public threat and risk models for other mining activities and types of risks deserve the same approach. Communication by the KEM is going well toward science, with the joint KEM-DeepNL colloquia, in which KEM results and research topics are discussed, and KEM's participation in the DEEP-NL stakeholder meetings. Biweekly interaction with policy and supervision, or EZK and SSM, is intensive. Communication to governments and citizens in the regions was limited in 2022.

KEM panels. The KEM panel met four times in 2022. The scientific expert role regarding demand articulation, project guidance, project evaluation and interpretation of studies was efficiently and well fulfilled in 2022. At the end of 2022, the KEM subpanel, established for this purpose, advised SSM on the SDRA model version proposed by TNO for the operational strategy of the Groningen gas field. In early 2023, the KEM subpanel advised on the proposed additional model developments for the Groningen SDRA. The advice, together with that of SSM, will be used by the Ministry of Economic Affairs to flesh out the model development of the SDRA within the research program with TNO.

KEM evaluation and future. At the end of 2022, the second three-year term of the KEM expired. An independent evaluation of KEM took place in 2022. An independent evaluation of the KEM took place in 2022, assessing the extent to which the intended objective and goals (public and independent knowledge development into mining effects and connection to international top researchers in this field) of the KEM have been achieved. It was also evaluated whether results of KEM reach the professionals at SSM, EZK, Dutch knowledge institutes and universities, and how they are valued and used. It was concluded that KEM is largely effective and efficient. As a result, EZK and SSM decided at the end of 2022 to continue KEM for the next five years (2023-2027). The evaluation also identified shortcomings and made recommendations. An improvement plan was drawn up for this at the end of 2022, to be implemented in 2023.

1. Inleiding

Dit is de 5^e jaarrapportage van het Kennisprogramma Effecten Mijnbouw (KEM). In de rapportage komen de tot en met december 2022 uitgevoerde activiteiten en bereikte resultaten aan de orde. De rapportage betreft conform de kamerbrief van de Minister van EZK uit 2016 (zie bijlage A) de ontwikkelingen van:

1. *Onderzoek*. Strategische ontwikkelingen (hoofdstuk 2) en ontwikkeling van onderzoeksvragen en -projecten in het KEM gerubriceerd naar risicotype (hoofdstuk 3);
2. *Kennisborging en -verspreiding*. Versterking platforms voor kennisborging, kennisuitwisseling en agendering van: KEM-website, publieke Seismische Dreiging en Risico Analyse tool (hoofdstuk 4);
3. *Wetenschappelijk expert panel en subpanel*. Voortgang in de toetsing en articulatie van onderzoeksvragen, de controle op kwaliteit en de duiding van de resultaten en publieke dreiging- en risicanalyse (DRA) modelontwikkeling (hoofdstuk 5).

In dit jaarverslag worden ook de resultaten van de in 2022 uitgevoerde KEM evaluatie en de daaruit voortkomende aanbevelingen en verbeteracties gemeld (hoofdstuk 6). Hoofdstuk 7 is gewijd aan de conclusies en aanbevelingen.

2. Strategische ontwikkeling 2017-2022

Eerste periode (2017-2019)

KEM is gestart in 2017 met het opstellen van een strategisch kader, waarin de doelstellingen, het proces van onderzoek en de initiële onderzoekagenda's afkomstig van EZK, SodM, NCG en de brede kennisplatform-ondergrond bijeenkomst in 2017 in Groningen, beschreven worden. Het strategisch kader en de eerste onderzoekagenda 2017-2019 vormde de basis voor de strategische ontwikkeling in de eerste periode (paragraaf 2.1). De prioriteit in 2017, 2018 en 2019 is gelegd op onderzoeksvragen op het gebied van seismische dreiging- en risico's verbonden aan mijnbouwactiviteiten, voornamelijk de gaswinning in Groningen, en op de ontwikkeling van publieke beschikbare dreiging en risico tools om deze risico's onafhankelijk te kunnen kwantificeren. Belangrijk uitgangspunt in het strategisch kader is dat de onderzoeksresultaten van individuele onderzoeksvragen en projecten moeten gaan bijdragen aan het beter omgaan met benoemde mijnbouweffecten of -risico's in verschillende mijnbouwsectoren. Meer specifiek wordt beoogd bij te dragen aan het valideren en verbeteren van publiek beschikbare risico-instrumenten voor het kwantificeren van mijnbouwrisico's en de effecten van eventuele beheerstrategieën, alsook het waar nodig verbeteren van, in de praktijk gehanteerde, werkwijzen en protocollen en zo opgedane kennis te borgen. De urgentie voor onderzoek wordt bepaald door in te schatten in hoeverre het beantwoorden van de kennisvragen bijdraagt aan het reduceren van bestaande onzekerheden in de dreiging en risicokwantificering en een betere risicobeheersing, mede geprioriteerd door de actualiteit. De stand van kennis over de risico's (zie bijvoorbeeld publicaties van SodM over de staat van de mijnbouwsectoren) en de behoefte aan publiek beschikbare risico instrumenten worden daarom in de prioritering meegenomen.

Mijnbouw Activiteiten vs Risicotypen	Seismische risico's	Bodemdaling risico's	Lekkage risico's	Fysieke integriteit installaties risico's	Abandonnering risico's
Olie- en gasproductie	KEM-02, KEM-04, KEM-05, KEM-07, KEM-08, KEM-11, KEM14, KEM-20, KEM-21, KEM-22		KEM-18		KEM-18, KEM-19
Geothermische productie	KEM-06, KEM-12 KEM-15	KEM-16	KEM-06, KEM-18	KEM-06	KEM-06, KEM-18
Opslag en berging	KEM-01, KEM-24		KEM-24		
Zoutcavernes		KEM-17		KEM-13	
Voormalige kolenproductie					
Publiek HRA instrumenten	KEM-03, KEM-09, KEM-10	KEM-16			
Bold: af; Bold Italic: loopt; Normaal zwart: in planning, Normaal grijs; no go		Niet van toepassing	Publieke kennis en tools beschikbaar	Publieke kennis en tools beperkt	Publieke kennis en tools onvoldoende

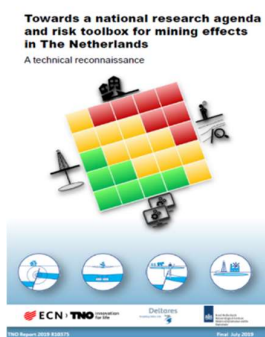
In het dashboardfiguur (links) zijn de 24 onderzoeksvragen (en projecten) aangegeven van de eerste onderzoekagenda, tegen een achtergrond van de mate van beschikbaarheid van publieke kennis en dreiging en risicoanalysetools. Alle onderzoeken uit deze

periode, die door het KEM wetenschappelijk expert panel geaccordeerd zijn, zijn eind 2022 afgerond of in afronding. Twee onderzoeksvragen (KEM-12 en KEM-20) werden als onnodig beoordeeld en 2 onderzoeken (KEM-21 en KEM-22) hebben minder prioriteit.

Dit heeft geleid tot nieuwe resultaten, inzichten op het gebied van korte en langere termijn mijnbouweffecten (voornamelijk gasproductie en gasopslag) en tot het eerste publiek beschikbare publieke instrument voor seismische dreiging en risicoanalyse van het Groningen aardgasveld, ontwikkeld door TNO. De publiek beschikbare kennis in Nederland met betrekking tot dreiging en risico's veroorzaakt door mijnbouwactiviteiten is daardoor aanzienlijk vergroot en versterkt. Belanghebbenden, zoals onder andere het Platform ondergrond in Groningen, en het Technisch Platform Aardbevingen (TPA), maar ook universitaire onderzoekers, waarden de KEM resultaten.

Tweede periode (2020-2022)

Het rapport "Towards a national research agenda and toolbox for mining effects in The Netherlands" (resultaat van het KEM-03a project) en nieuwe onderzoeksvragen aangedragen door EZK, SodM en derden vormen de



voornaamste input voor de tweede onderzoekagenda (2020-2022) in de tweede periode. Ook zijn in 2020 aanvullende onderzoeksvragen door belanghebbenden en regionale overheden aangedragen tijdens de open bijeenkomst van het platform Ondergrond te Groningen najaar 2019 en daarnaast door enkele belangengroepen elders (zoals Stichting Bescherming Historisch Harlingen, SBHH) en vanuit de Technische commissie bodembewegingen, Tcbb. Een deel van de opgeworpen onderzoeksvragen is door KEM opgepakt en een deel is beoordeeld als reeds onderzocht of niet prioritair. Samengevat is er in de tweede periode, 2020-2022, meer aandacht geweest voor zoutwinning, geothermie, opslag van vloeistoffen (H₂, N₂, CO₂, CH₄), lekkage risico's, infrageluid en abandonnering vraagstukken. Tegelijkertijd bleef er aandacht voor de seismische risico's van andere mijnbouwactiviteiten en voor het afronden van de resterende onderzoeksvragen uit de strategische agenda 2017-2019.

In deze strategieperiode werd ook gewerkt aan het verbeteren van publiek beschikbare mijnbouw effecten dreiging en risicoanalyse instrumenten, c.q. de publiek dreiging en risicoanalyse tool (pSDRA) Groningen, een bodemdaling dreigingsanalyse instrumentarium, en aan het delen van resultaten met wetenschappers en publiek in Nederland.

Mijnbouw Activiteiten vs Risicotypen	Seismische risico's	Bodemdaling risico's	Lekkage risico's	Fysieke integriteit installaties risico's	Abandonnering risico's
Olie- en gasproductie	KEM-24b , KEM-32, KEM-34 , KEM-35, KEM-36, KEM-41, KEM-46	KEM-38, KEM-47		KEM-31	KEM-19b , KEM-33
Geothermische productie				KEM-31	
Opslag en berging	KEM-39	KEM-47, KEM-48	KEM-27 , KEM-28	KEM-31, KEM-29, KEM-30	KEM-27 , KEM-28
Zoutcavernes	KEM-40	KEM-25, KEM-26, KEM-44 , KEM-45			
Voormalige kolenproductie					KEM-41, KEM-44
Publiek HRA instrumenten	KEM-32, KEM-35, KEM-43	KEM-16b , KEM-37, KEM-38			
Bold: af; Bold Italic: loopt; Normaal zwart: in planning, Normaal grijs; no go		Niet van toepassing	Publieke kennis en tools beschikbaar	Publieke kennis en tools beperkt	Publieke kennis en tools onvoldoende

Er zijn eind 2022 24 nieuwe onderzoeksvragen geagendeerd (KEM-25 tot en met KEM-48). In de dashboardfiguur hiernaast is te zien op welke onderzoekerterrein, deze onderzoeksvragen en projecten betrekking hebben. Het merendeel betreft lange termijn effecten van gaswinning, opslag en berging en bodemdaling dreiging en

risico's. Er waren relatief weinig vragen die betrekking hebben op geothermie. Enerzijds wordt dit veroorzaakt door het feit dat er veel (praktisch) onderzoek voor geothermie naast het KEM plaatsvindt, zoals het SCAN-programma, het onderzoek om te komen tot een seismische dreiging en risicoanalyse voor geothermie uitgevoerd door TNO en EBN, en in de TNO-AGE werkplannen voor SodM en EZK. Anderzijds zijn er weinig expliciete vragen afkomstig van burgers en lagere overheden geagendeerd, wellicht over de relatieve onbekendheid met de mogelijkheid hiervan binnen het KEM programma en het feit dat er geen bijeenkomst specifiek voor geothermie georganiseerd is. Verder is er relatief weinig onderzoek op het gebied van ondergrondse lekkagedreiging en risico's en vond er een eerste ontwikkeling plaats van dreiging- en risicoanalyse instrumenten op dit gebied.

Strategisch dashboard eind 2022

Het streven van KEM was om eind 2022 te bereiken dat kennis van *seismische en bodemdaling* dreiging en risico in de afgelopen periode sterk verbeterd zou zijn. Daarnaast zou er een goede aansluiting zijn bij de internationale kennis op deze gebieden en zouden onafhankelijke, publieke dreiging en risicoanalyse tools beschikbaar zijn, resp. komen.

Mining activity versus Risk type	Seismic risks	Subsidence risks	Leakage risks	Facility integrity risks	Abandonment risks
Oil and gas production					
Geothermal energy					
Underground storage and disposal					
Salt cavens					
Past coal mining					
Public HRA instrumenten					
Bold: af; Bold Italic: loopt; Normaal zwart: in planning, Normaal grijs; no go	Niet van toepassing	Publieke kennis en tools beschikbaar	Publieke kennis en tools beperkt	Publieke kennis en tools onvoldoende	Publieke kennis en tools onvoldoende

De mate van beschikbaarheid van publieke kennis en dreiging en risicoanalysetools op het gebied van seismiciteit en bodemdaling is eind 2022 flink verbeterd (geïllustreerd door ten opzichte van 2017 veranderde achtergrondkleuren in het dashboardfiguur hiernaast).

De geavanceerde

publieke Seismische Dreiging en Risicoanalyse tool (SDRA) Groningen is intussen publiek beschikbaar gemaakt. De kennis van en publieke instrumenten voor seismische dreiging en risicoanalyse voor andere mijnbouw activiteiten (kleine velden, geothermie of CO₂ opslag) zijn in ontwikkeling buiten KEM maar komen ook publiek beschikbaar. KEM vraagt aandacht om daarvoor wel de 'state of the art' kennis, ontwikkeld voor de Groninger aardbevingen, volop in te zetten, en naast veiligheid ook schade mee te nemen (aangezien deze ook tot sociaal-economische risico's kunnen leiden). Daarnaast bepleit KEM een uniforme aanpak voor de verschillende mijnbouwactiviteiten. De tools ontwikkeld in KEM-16 zijn een goede eerste aanzet voor bodemdaling dreigingsanalyses. Aandacht wordt gevraagd om het kwantificeren van de diverse schaderisico's van alle mijnbouwactiviteiten in een regio – naast veiligheidsrisico's (die in vele gevallen nihil zijn) - met publieke DRA instrumenten mogelijk te maken. Op het gebied van ondergrondse *lekkage* dreiging en risico's analyse instrumenten zijn er de eerste stappen gezet. Een voortzetting van fundamenteel, zoals DeepNL, en toegepast onderzoek, zoals KEM, wordt als noodzakelijk geacht, zeker in het licht van het gebruik van de ondergrond ten behoeve van de energietransitie. Voor mijnbouwrisico's waar kennis, expertise en publieke dreiging en risico-instrumenten state of the art en beschikbaar zijn kan volstaan worden met het verwerken van voortschrijdend inzicht en incrementele verbeteringen.

De ingezette koers van onderzoek door nationale partijen naast of samen met internationaal gerenommeerde onderzoeksgroepen, zoals in KEM of EU projecten plaatsvindt, zal de kennispositie van Nederland op het gebied van operationele en lange termijn effecten mijnbouw voor Nederland onbetwistbaar kunnen maken en bijdragen aan het vertrouwen daarin.

3. KEM-onderzoek: status en resultaten

Het feitelijke onderzoek start met onderzoeksvragen, die door het KEM-panel worden getoetst, soms wetenschappelijk beter gearticuleerd, en voorzien van een aanbeveling van de beste internationale groepen die het werk zouden kunnen uitvoeren. Daarna worden onderzoeksprojecten door EZK en SodM aanbesteed, opgestart en begeleid en door het KEM-panel gevolgd. Uiteindelijk evalueert het KEM-panel de projectresultaten op inhoudelijke kwaliteit en mogelijke impact. De status van alle onderzoeksvragen en -projecten aan het eind van 2022 is te vinden in bijlage C. In paragrafen 3.1-3.4 wordt gerapporteerd over het onderzoek op het gebied van de vier verschillende dreigingen en risico's van mijnbouwactiviteiten: seismiciteit, bodemdaling, lekkage en fysieke integriteitsrisico's. Specifiek onderzoek naar dreigingen na abandonnering – langere termijn effecten - worden in deze paragrafen meegenomen.

3.1 Seismisch-akoestische risico's

Status onderzoeksvragen aangaande seismische risico's

Veel onderzoeksvragen van KEM (KEM-02, KEM-3b, KEM-04, KEM-05a, KEM-05b, KEM-08, KEM-09, KEM-10, KEM-11, KEM-14, KEM-19, KEM-24, KEM-35, KEM-36, KEM-43) gaan over kennis over de seismische dreiging- en risico's verbonden aan gasproductie in Groningen. Ze zijn specifiek gericht op het beantwoorden van onderzoeksvragen over de processen en hun onzekerheden en de wijze van berekenen van de seismische dreiging en risico's in Groningen teneinde de SDRA Groningen modellentrein verder te valideren en te verbeteren.

Daarnaast zijn twee onderzoeksvragen uitgevoerd relevant voor aardbevingsdreiging- en risico's bij kleinere

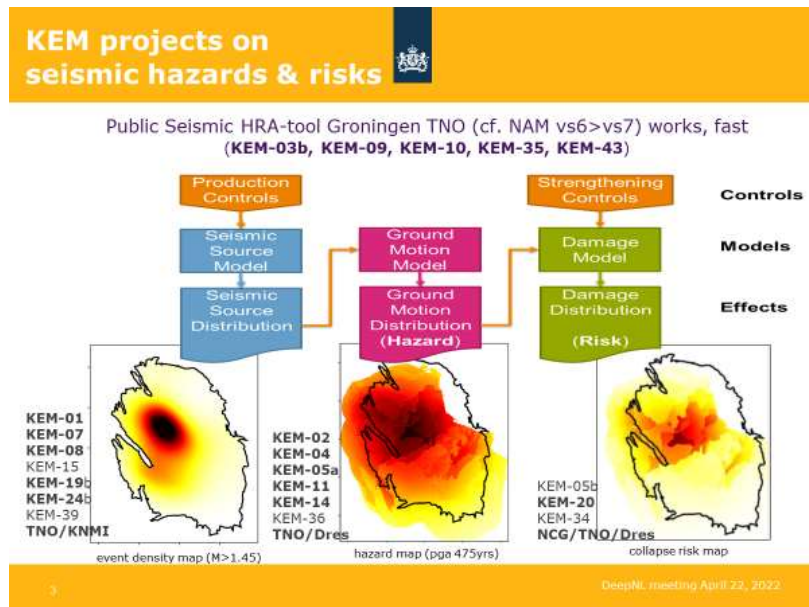
gasvelden (KEM-07, KEM-11) en zijn er twee onderzoeksvragen uitgevoerd over seismische risico's, verbonden aan geothermie (KEM-06, , KEM-15) en drie onderzoeksvragen uitgevoerd gericht op seismische risico's bij gasopslag (KEM-01, KEM-24, KEM-39) en geen voor eventuele seismische risico's verbonden aan zout.

Al deze onderzoekprojecten zijn inmiddels aanbesteed, gestart en (bijna) afgerond (NB KEM-05b is door NCG en TUDelft opgepakt). De resultaten van deze onderzoeksprojecten zijn beschikbaar op de KEM-website. De resultaten van KEM-15, KEM-36 volgen naar verwachting in 2023. Een vijftal

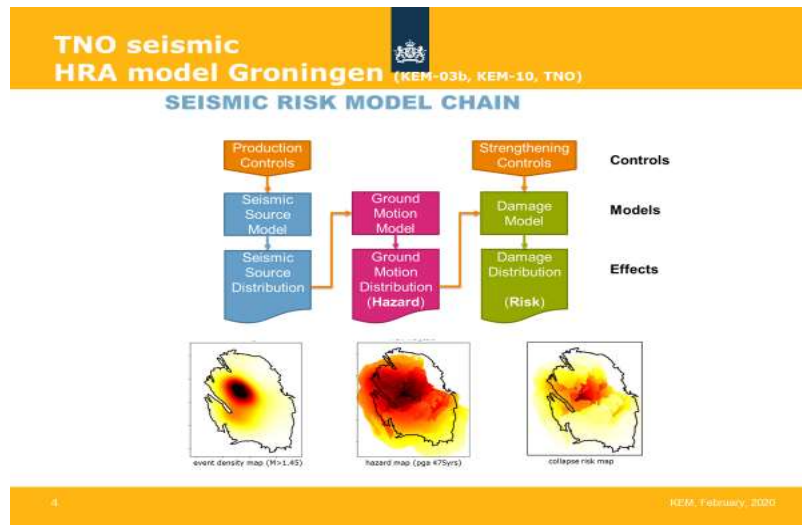
onderzoeksvragen zijn met argumentatie door het KEM-panel afgewezen en doorverwezen, niet behandeling genomen of aangehouden.

Status onderzoeksvragen aangaande de publieke SDRA modellen

Er zijn er een viertal KEM-projecten uitgevoerd voor de opzet van publieke seismische dreiging- en risicoanalyse (SDRA) toolbox voor Groningen (KEM-03b, KEM-10, KEM-35 en KEM-43).



Het KEM-subpanel (zie hoofdstuk 5.3 en bijlage B) adviseert aan EZK over de verdere modelontwikkelingen van het resulterende publieke SDRA-tool voor Groningen bij TNO en aan SodM over het gebruik van een gevalideerde versies door overheid of derden. Het KEM-subpanel heeft afgelopen jaren adviezen over respectievelijk modelversie status en modelontwikkelprogramma afgeleverd. In december 2022 is het advies over de status van de modelversies voor de SDRA 2022 verstrekt aan SodM. Het advies aan EZK over SDRA modelontwikkeling 2023 is begin februari 2023 opgeleverd. De leden van het KEM-subpanel begeleiden vanuit hun expertise ook sommige andere KEM-onderzoeksprojecten (o.a. KEM-09, KEM-36), die sterk gerelateerd zijn aan de publieke SDRA.



Resultaten en impact van onderzoek naar seismische dreiging- en risico's tot en met 2021

Het KEM-panel is van mening dat eind 2022, ten opzichte van 2017, grote stappen zijn gemaakt in de publieke kennisontwikkeling ten aanzien van seismische mijnbouwrisico's. Enkele specifieke uitkomsten en impact van KEM-onderzoek met betrekking tot seismische risico's zijn (**resultaten 2022 in cursief**):

- 2018: Er is een beter inzicht verkregen in de te hanteren minimum en maximum reservoirdrukken en de maximale opslag- en productiesnelheden voor de opslag van gas in voormalige gasvelden. De seismische risico's worden daarmee geminimaliseerd. Deze receptuur is inmiddels verwerkt in praktische richtlijnen (KEM-01).
- 2019: Voor de berekening van seismische risico's in kleine gasvelden is een alternatieve, fysisch-gebaseerde evaluatiemethodiek ontwikkeld en gedemonstreerd. Op basis daarvan is het inzicht ontstaan dat een dichter netwerk van seismologische data en een completere set van reservoirdata nodig zijn voor betrouwbaardere voorspellingen met de huidige of alternatieve methodieken. Dit heeft al effect op de seismologische monitoringseisen bij alle mijnbouwactiviteiten en het basis seismisch meetnetwerk in Nederland (KEM-07).
- 2019-2020: Mede door het gebruik in enkele KEM-onderzoeken is gesignaleerd dat een deel van de (vroegere) grondversnellingsmetingen in Groningen problematisch waren. KEM-11 heeft een impuls gegeven aan de verbetering van de kwaliteit van het seismologische netwerk en de aardbevingencatalogus van Groningen. Het KNMI neemt resultaten mee in het verbeteren van het netwerk en de catalogus (KEM-11).
- 2020: Er zijn suggesties gedaan voor mogelijke verbeteringen in de (seismologische) modellen, die het voorkomen van bevingen voorspellen. Deze zullen in overweging genomen worden voor de verdere ontwikkeling van het Seismologisch bevingsmodel, SSM, in het publieke (TNO) seismische dreiging en risicoanalyse tool (KEM-08).
- 2020: TNO heeft een publiek beschikbare SDRA-tool voor Groningen opgeleverd waarmee de seismische dreiging en risico's voor een gegeven productiescenario honderd tot duizendmaal sneller dan voorheen en onafhankelijk kunnen worden berekend (KEM-03, KEM-10, KEM-35). De TNO SDRA-tool is vergeleken met de uitkomsten van met de vs6 HRA berekeningen van NAM. Bij gelijke aannames en parameters zijn de uitkomsten vrijwel dezelfde. Het TNO SDRA tool is in 2021 door de overheid gebruikt als onderbouwing voor de operationele strategie van het Groningen gasveld voor gasjaar 2021-2022. In het KEM vindt een gevoeligheidsanalyse plaats (KEM-09) waarvan de uitkomst in 2022 is opgeleverd.
- 2020-2021: In twee studies is het cumulatieve effect van meerdere bevingen op het zettingsgedrag van de ondiepe bodem (KEM-05a) en de mogelijkheid tot verweking (KEM-14) van de ondiepe bodem in Groningen onderzocht. De conclusie is dat sommige bodemtypen gevoeliger zijn dan andere, maar dat er voor de gaswinning in Groningen geen extra risico's zijn.
- 2020-2021: Aangetoond is dat de grondversnellingsmetingen in Groningen door lokale variaties in de ondergrond meer worden beïnvloed dan met de huidige modellen kan worden beschreven. Het KEM-02 en KEM-04 onderzoek toont aan dat de ruimtelijke variabiliteit in bodembewegingen ten gevolge van

heterogeniteit in de ondergrond relatief klein (aanwezigheid van Peelogeulen, variaties in de dikte van het Zechstein) of relatief groot (door topografie, de Holocene slappe ondergrondlagen direct onder het oppervlak, door aanwezigheid van zoutkoepels) zijn. Deze verworven inzichten in het effect van zeer lage seismische golfsnelheden in de zeer ondiepe slappe ondergronden en de demping op iets grotere diepte, zijn belangrijk en worden in het volgende grondbewegingsmodel GMM (V7) meegenomen. In dit model worden wederom, met zeer lage seismische golfsnelheden, als aparte objecten meegenomen.

- 2021-2022: De in onderzochte en ontwikkelde verbeteringen in de SDRA versies (KEM-35) betreffen (1) de kalibratie met meer en betere data, (2) seismische bronmodel (o.a. op basis van KEM-08 inzichten), het grondbewegingsmodel (o.a. op KEM-02, KEM-04 inzichten) en consequentiemodel (conform adviezen van het KEM-subpanel). Het ontwikkelde testraamwerk stelt TNO in staat om de alternatieve (sub)modellen en kalibraties te vergelijken voordat deze in een nieuwe versie opgenomen worden. In 2021 zijn vooral seismische bronmodellen getest.
- 2021-2022: In 2022 is een uitgebreide gevoeligheidsanalyse studie afgerond, waarin de meest bepalende parameters en modelaannames in de risicoberekeningen van de SDRA Groningen inzichtelijk zijn gemaakt (KEM-09). Uit de gevoeligheidsanalyse bleek dat de meest gevoelige en bepalende parameters voor het seismische bronmodel de maximale magnitude verdeling (M_{max}) en de relatie tussen het aantal bevingen en de magnitude (Magnitude-frequentie relatie) zijn. Deze zijn met enkele andere parameters in het grondbewegingsmodel en consequentie model het meest bepalend voor de SDRA-uitkomsten en bandbreedtes van de onzekerheden. Voor de gevoeligheidsanalyse is in 2021 een testinfrastructuur ontwikkeld. Deze ontwikkelde testinfrastructuur stelt TNO in staat om alternatieve (sub)modellen en kalibraties te vergelijken en te beoordelen alvorens deze eventueel worden opgenomen in formele versies van het Groningen SDRA modelinstrumentarium. Met deze testbank en mogelijkheden voor gevoeligheidsanalyses ontwikkeld in KEM-09 wordt het SDRA-model Groningen in de toekomst doelgericht verbeterd. In 2022 is deze testinfrastructuur verder verbeterd en zijn er opnieuw gevoeligheidsanalyses uitgevoerd.
- 2020-2022: Het project KEM-19 dat de lange termijn drukvereffening en vloeistofstroming in en rondom het Groningen gasveld onderzoekt is in 2022 afgerond. In dit project werden de lange termijn bodembewegingseffecten (bodemdaling en seismiciteit) na sluiting van het Groningen gasveld nader onderzocht. De resultaten geven meer duidelijkheid over locatie en aard van te verwachten bodembewegingen na het stoppen van de productie in Groningen. Het onderzoek concludeert dat de kans op bodemdaling en seismiciteit rondom het Groningen gasveld licht toenemen maar beperkt zal zijn. Daarnaast zal de bodemdalingssnelheid en seismiciteit boven het Groningen reservoir afnemen. Aanbevolen wordt een vervolgstudie (KEM-19b) in het zuidwesten van het onderzoeksgebied. Daarnaast werden ook vloeistofflekkage of -migratie effecten op de lange termijn beschouwd. De kans op en omvang van gaslekkagerisico's door de gaswinning in Groningen is berekend en wordt klein geacht.
- 2020-2022. Het project KEM-24 dat het effect bestudeert van gasinjectie ter beïnvloeding van de druk in de reservoirs (stoppen of terugdraaien van de drukdaling) en het effect op de seismische risico's daarvan is eind 2022 afgerond. Het project heeft helaas – mede door de gekozen innovatieve modelleringsaanpak - geen eenduidige antwoorden op de onderzoeksvragen opgeleverd. Voorgesteld wordt om een vervolg te geven aan dit project waarbij bestaande en bewezen reservoir modelinstrumenten en de SHRA Groningen tool ingezet worden (KEM-24b).
- Het project KEM-39 om de geomechanische en geochemische factoren die de kans op verschuivingen langs bestaande breuken bepalen tijdens drukopbouw en cycli van ondergronds opslag van CO_2 , H_2 en N_2 opslag is in 2022 gestart en afgerond. Geconcludeerd is dat voor deze gassen dezelfde methode van veilige bandbreedte voor reservoirdrukken gehanteerd kan worden als voor methaan (zie ook resultaten van KEM-01). De studie constateert ook dat kennis in de literatuur over geochemische effecten bij breuken voor N_2 en H_2 nog zeer beperkt is en om meer fundamenteel onderzoek vraagt.
- 2021-2022. TNO heeft op basis van eerder KEM onderzoek (KEM03/10/35) een instrument ontwikkeld waarmee de seismische dreiging en risico's voor een gegeven productiescenario in Groningen snel en onafhankelijk kan worden geanalyseerd. De in 2022 in KEM-43 onderzochte en ontwikkelde verbeteringen betreffen (1) de kalibratie met meer en betere data, (2) alternatieve seismische bronmodel (o.a. op basis van KEM-08 inzichten), het grondbewegingsmodel (o.a. op KEM-02, KEM-04 inzichten) geschikt voor risicoanalyses na het stoppen van de productie (3) GMMV7 grondbewegingsmodel en consequentiemodel (conform adviezen van het KEM-subpanel). De resultaten van ontwikkelingen en berekeningen van het SDRA instrument van TNO zijn bij gelijke aannames en parameters vrijwel identiek aan de uitkomsten berekend van met de HRA V6 of V7 van NAM.

Alle projectresultaten, inclusief de evaluatie door het KEM-panel zijn te vinden op de KEM-website. In 2022 zijn de resultaten van KEM-02, KEM-05a, KEM-11, KEM-14 en KEM-35 gedeeld met rijksoverheden en wetenschappers bij universiteiten en kennisinstellingen, in Nederland in de gezamenlijke KEM-DeepNL colloquia.

Lopend onderzoek naar seismische dreiging- en risico's in 2022

In 2022 liepen diverse grote projecten, die in 2022 bijdragen aan de publieke kennisontwikkeling ten aanzien van seismische mijnbouwrisico's. Daarnaast zijn nieuwe onderzoeksvragen door het KEM-panel gearticuleerd en goedgekeurd en eind 2022 in de opstartfase. Het betreft de volgende projecten:

- 2020-2022: Er loopt sinds 2021 een onderzoek, KEM-15, dat zich richt op een verbeterd begrip van de geomechanische effecten ten gevolge van koud waterinjectie bij geothermische systemen. Er is gekeken naar parameters en combinaties van parameters, zowel geomechanisch als operationeel, die een rol spelen bij mogelijke geïnduceerde seismiciteit. Er is ook specifiek gekeken naar het risico op seismiciteit wanneer breuken binnen de invloedssfeer zitten van het geothermische systeem. Als onderdeel van het project is er een probabilistische seismische dreigingsanalyse ontwikkeld. KEM-15 is ondertussen afgerond. De evaluatie van dit project zal worden afgerond waarna het project door SodM wordt gepubliceerd en tegelijk via de website van het KEM beschikbaar komt.
- 2021-2022: In 2022 is de literatuurstudie naar monitoring methoden van ondergrondse CO₂ opslag offshore (KEM-27) gestart. Veel boorgat en geofysische methoden zijn in diverse CO₂ opslagprojecten wereldwijd gebruikt en gevalideerd. Er wordt een technische review uitgevoerd op de 'best practise' voor monitoring CO₂ injectie en daarnaast worden nieuwe technieken geëvalueerd. De resultaten moeten helpen monitoringsrichtlijnen voor CO₂ opslag in Nederland aan te scherpen.
- 2021-2022: Het onderzoek naar en risico analyse van ondergrondse waterstof (H₂) opslag in conglomeraten van zoutcavernes (KEM-28) is in 2022 gestart. Onderzocht wordt wat de fysische en chemische processen en parameters zijn, die een bepalende rol spelen in de dynamiek van cavernes en tussen cavernes en de bovengrond. De resultaten moeten het beter kwantificeren van eventuele dreiging en risico's voor H₂ opslag in zoutcavernes mogelijk maken.
- 2020-2023: KEM-34, een bijdrage aan een groot EU project, richt zich op het kunnen kwantificeren van de kwetsbaarheid van diverse infrastructuren voor zwaardere aardbevingen (I>V). Tevens richt het project zich op het versnellen van de risicocommunicatie met de nationale of regionale veiligheidsteams. KEM-34 richt zich op de case Groningen, gericht snelle dreigingsinformatie (KNMI) en risico-informatie over dijken, bruggen, sluizen en dergelijke infrastructurele werken.
- 2020-2022: Het project KEM-36 (een vervolg op KEM-04) richt zich op de kwalitatieve en kwantitatieve validatie van GMMV7 van de publieke seismische HRA instrument van TNO door middel van respectievelijk expertstudie en met 3D seismische modelberekeningen.

De onderzoeksvragen van de projecten, die gestart zijn, zijn te vinden op de KEM-website.

Overige onderzoeksvragen, afgewezen of aangehouden

Een aantal van de voor 2022 geïdentificeerde onderzoeksvragen heeft het KEM-panel om verschillende redenen afgewezen, geen prioriteit gekregen of aangehouden, wachtende op definitieve besluitvorming:

- KEM-21 en KEM-22 gericht op het - met behulp van AI- op korte termijn voorspellen van de kans op aardbevingen (sinds 2020). De huidige monitoring en signalering van met behulp van seismische activiteit en dichtheid parameters wordt afdoende geacht.
- KEM-11c en KEM-42 op het gebied van seismologische monitor netwerken gaan niet als KEM project door. De onderzoeksvragen worden opgepakt door het KNMI. Wel wordt het KEM-panel op de hoogte gehouden over de ontwikkelingen.
- Natuurlijke en geïnduceerde seismiciteit zowel offshore in het Q kwadrant als op land in Noord-Holland en Utrecht. Dit zijn regio's waar lichte bevingen zijn geweest en nieuwe mijnbouwactiviteiten verwacht worden. De vraag is of er een natuurlijke component in de geobserveerde bevingen zit (KEM-46).

3.2 Bodemdalingsrisico's

Status onderzoeksvragen bodemdalingsrisico's

In het KEM zitten 8 onderzoeksvragen gerelateerd aan bodemdalingsrisico's. Een aantal onderzoeksvragen gerelateerd aan zoutcavernes (KEM-17, KEM-25, KEM-26). Een onderzoeksvraag gaat over bodemdaling na abandonnering van het Groninger gasveld (KEM-19). Verder is er een onderzoek naar de accumulatie van bodemdaling door een combinatie van verschillende diepe mijnbouw en ondiepe andere oorzaken (KEM-16). Daarnaast komt bodemdaling ook vaak aan de orde in seismische onderzoeken.

KEM-17 is afgerond en de resultaten daarvan zijn beschikbaar. KEM-19 is ook afgerond en resulteerde in inzicht van de nabijde beperkte bodemdaling (rondom het Groninger veld) en bodemstijging (boven het Groninger veld). De eerste twee pilots van KEM-16 rapporteren in 2023. Het besluit om onderzoeksvragen KEM-25 en KEM-26 op te pakken is aangehouden totdat KEM-16, tweede fase, afgerond is. In 2022 zijn er verschillende onderzoeksvragen met betrekking tot bodemdaling in het KEM panel besproken: Lokale bodemdaling gradiënten en bouwschade (drempels (KEM-

44), De invloed van gecontroleerde pekelonstopping ("controlled brine bleed-off") op de stabiliteit van cavernes en caveerne-clusters (KEM-45), 3D modelleren van bodemdaling van meerdere mijnbouwactiviteiten en heterogene geologische ondergrond en validatie 1D/2D bodemdaling instrumenten (KEM-47) en het – mede op verzoek van bewoners – onderzoeken van cumulatieve effecten van meervoudige mijnbouwactiviteiten (gaswinning en -opslag) en meervoudige risico's (seismisch, bodemdaling, lekkage) in het gebied rondom de gasopslag Grijpskerk (KEM-48). Een deel zal in 2023 tot KEM projecten leiden.

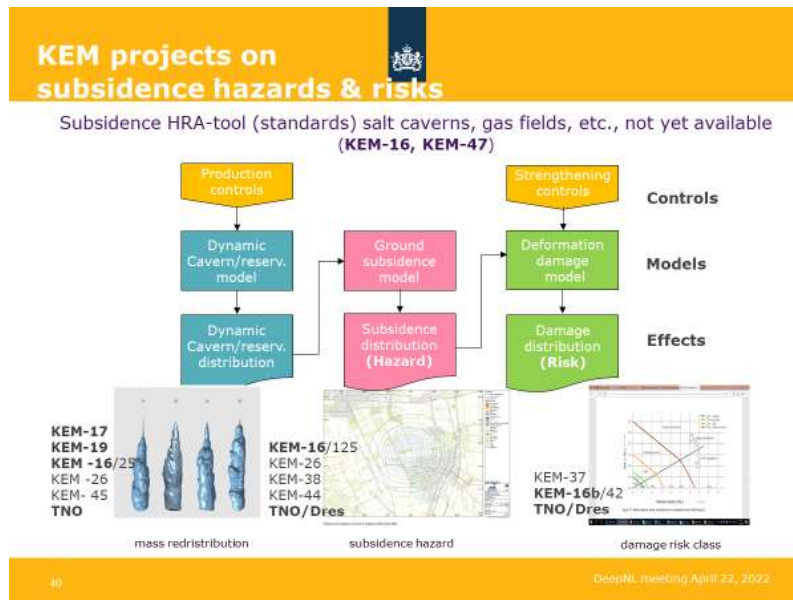
Status onderzoeksvragen aangaande publieke bodemdaling risicomodellen

Er is een onderzoeksvraag, waarin de evaluatie en opzet van de publieke dreiging en risicoanalyse tool voor bodemdaling een onderdeel is (KEM-16). Tezamen met belanghebbenden is vorm gegeven aan drie deelprojecten voor KEM-16 waar een cumulatie is van bodemdaling door verschillende mijnbouwactiviteiten, een combinatie van diepe en ondiepe oorzaken en een combinatie van bodemdaling met schade aan gebouwen. Bij deze deelprojecten worden publieke bodemdaling dreiging analyse instrumenten ingezet en opgeleverd. KEM-16 heeft hierbij de eerste publieke tools gepubliceerd, geschikt voor het bepaling van meervoudige bodemdaling (TNO2022_R11962 report).

Resultaten en impact onderzoek bodemdaling dreiging en -risico's tot en met 2021

Ten opzichte van 2017 is het KEM-panel van mening dat eind 2022 verdere stappen zijn gemaakt in de kennisontwikkeling ten aanzien van de bodemdalingsrisico's door mijnbouw. Het betreft (**resultaten 2022 in cursief**):

- 2019: Het inzicht is ontstaan dat beter moet worden nagedacht over de beste methode om - met name meer dan 1000 meter diepe - zoutcavernes na afloop van de winningsperiode achter te kunnen laten, zonder toekomstige bodemdaling- of lekkagerisico's. Hiermee kunnen randvoorwaarden voor nieuwe gasopslagen in zoutcavernes en de wijze van abandonnering van bestaande zoutcavernes worden aangepast teneinde bodemdaling en -lekkagerisico's te beheersen (KEM-17).



- *2020-2022: Het project KEM-19 dat de lange termijn drukvereffening en vloeistofstroming in en rondom het Groningen gasveld onderzoekt is in 2022 afgerond. In dit project werden de lange termijn bodembewegingseffecten (bodemdaling en seismiciteit) na sluiting van het Groningen gasveld nader onderzocht. Daarnaast werden ook vloeistoflekkage of -migratie effecten op de lange termijn beschouwd. De resultaten geven meer duidelijkheid over locatie en aard van te verwachten bodembewegingen na het stoppen van de productie in Groningen. Het onderzoek concludeert dat de kans op bodemdaling en seismiciteit rondom het Groningen gasveld licht toeneemt maar beperkt zal zijn. Daarnaast zal de bodemdalingssnelheid en seismiciteit boven het Groningen reservoir afnemen. De kans op en omvang van gaslekkagerisico's door de gaswinning in Groningen is berekend en wordt klein geacht.*

De projectresultaten, inclusief de evaluatie door het KEM-panel zijn te vinden op de KEM-website. In 2022 zijn de resultaten van KEM-19 gedeeld met rijksoverheden en de wetenschap, universiteiten, kennisinstellingen, in Nederland in de gezamenlijke KEM-DeepNL colloquia.

Lopend onderzoek naar bodemdaling dreiging- en risico's tot en met 2021

In 2022 liepen enkele grote projecten, die in 2023 bijdragen aan de publieke kennisontwikkeling ten aanzien van bodemdaling risico's. Daarnaast zijn nieuwe onderzoeksvragen door het KEM-panel gearticuleerd en goedgekeurd en eind 2022 in de opstartfase. Het betreft de volgende projecten:

- 2021-2022: Het KEM-16 project richt zich op de ontwikkeling en integratie van publieke bodemdaling dreiging en risicoanalyse tools (KEM-16). Eén deelproject betreft de bodemdaling kwantificering van een combinatie van ondiepe oorzaken en diepe oorzaken, een tweede deelproject betreft de bodemdaling voor een gebied met meerdere diepere oorzaken (meerdere gaswinningen). Het project is grotendeels afgerond en resulteert in 'best practices' en robuuste bodemdaling DRA tools voor meervoudige diepe en ondiepe bodemdaling. Het derde deelproject dat zich op de relatie van bodemdaling met de gebouwen aan het oppervlak richt, is vertraagd en zal in 2023 worden gespecificeerd (KEM-16b).
- 2021-2022: Er is een onderzoeksvraag goedgekeurd naar lokale bodemdaling gradiënten en bouwschade (drempels). Dit project zou in 2022 aanvangen (KEM-44) maar is met argumentatie van SodM niet geprioriteerd.
- 2022. De invloed van gecontroleerde pekelontsnapping ("controlled brine bleed-off") op de stabiliteit van cavernes en caverne-clusters (KEM-45).
- 2022. Het 3D modelleren van bodemdaling met heterogene geologische ondergrond en de vergelijking met bestaande 1D/2D bodemdalingsinstrumenten om te bepalen bij welke heterogeniteit de bestaande modellering niet voldoet (KEM-47).
- 2022. Het – mede op verzoek van bewoners – onderzoeken van cumulatieve effecten van meervoudige mijnbouwactiviteiten (gaswinning en -opslag) en meervoudige risico's (seismisch, bodemdaling, lekkage) in het gebied rondom de gasopslag Grijpskerk (KEM-48).

De onderzoeksvragen van de projecten, die gestart zijn, zijn te vinden op de KEM-website.

Overige onderzoeksvragen

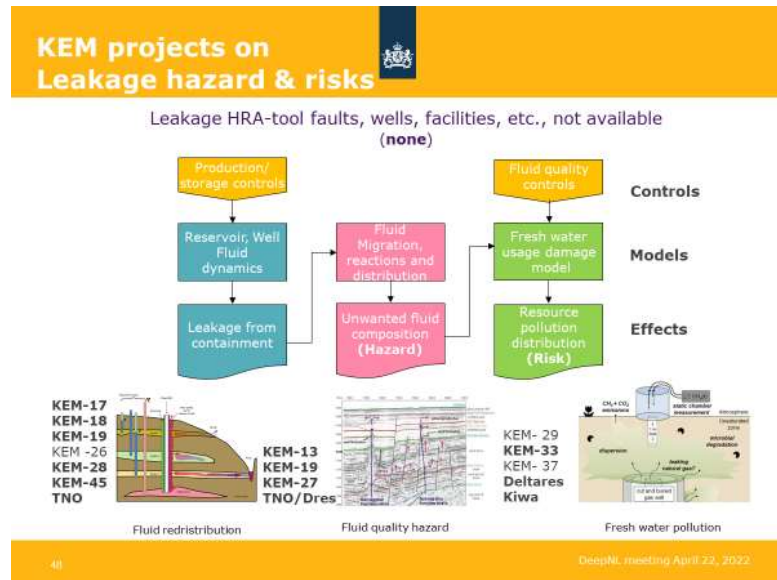
Een aantal van de voor 2022 geïdentificeerde onderzoeksvragen heeft het KEM-panel om verschillende redenen afgewezen, geen prioriteit gekregen of aangehouden, wachtende op definitieve besluitvorming:

- 2020: De KEM-25 onderzoeksvraag is afgewezen aangezien deze na KEM-16 geen verder onderzoek behoeft en de KEM-26 onderzoeksvraag is aangehouden. Deze betreft de interferentie van meervoudig activiteiten op de bodemdaling en het modelleren van het proces van zinkgaten. Mogelijk worden deze later opgepakt, nadat het lopende project KEM-16 is afgerond.
- De door Tcbb eerder aangebrachte aangehouden onderzoeksvragen met betrekking tot bodemdaling (o.a. *bodemdaling schade*, impact van (cyclische) zettingen op bodemdaling (KEM-37) worden – met medeneming van de resultaten van KEM-16 en andere bodemdaling projecten en na coördinatie met IMG/CM - opnieuw bekeken, wat betreft de onderzoeksvraag en financiering.

3.3 Lekkagerisico's

Status onderzoeksvragen aangaande lekkagerisico's

In het KEM zitten 5 onderzoeksvragen gerelateerd aan lekkagerisico's rondom putten (gas, geothermie en ondergrondse opslag van gas en kooldioxide in gasvelden en aquifers en waterstof in zoutcavernes: KEM-17, KEM-18, KEM-19, KEM-27 en KEM-28. KEM-17, KEM-18 en KEM-19 zijn afgerond en de resultaten daarvan zijn beschikbaar. Er zijn in 2022 nieuwe onderzoeksvragen geformuleerd en projecten gestart met betrekking tot lekkage van zoutcavernes (KEM-45), het monitoren van ondergronds opgeslagen kooldioxide offshore (KEM-27) en het opslaan van waterstof in conglomeraten van zoutcavernes (KEM-28). De laatste twee projecten (KEM-27 en KEM-28) zullen rapporteren in 2023. KEM-45 is in 2022 door KEM panel goed bevonden, maar nog niet tot uitvoering gekomen.



Status onderzoeksvragen aangaande lekkage risicotools

Er is nog geen onderzoeksvraag gepland voor een publieke risico-toolbox voor lekkages. Project KEM-18 heeft wel relevante kennis daarvoor opgeleverd. In KEM-19 is een modelleer workflow beschikbaar gekomen voor het afschatten van de risico's op lekkages door putten van gasvelden.

Resultaten en impact onderzoek lekkagedreiging en -risico's

Ten opzichte van 2017 is het KEM-panel van mening dat eind 2022 nu de eerste stappen zijn gemaakt in de kennisontwikkeling ten aanzien van de 'lekkagerisico's door mijnbouw. Enkele specifieke uitkomsten en impact van KEM-onderzoeken op dit gebied zijn (resultaten 2021 in cursief):

- 2019: Het inzicht is ontstaan dat veel beter moet worden nagedacht over de beste methode om - met name meer dan 1000 meter diepe - zoutcavernes na afloop van de winningsperiode achter te kunnen laten, zonder toekomstige bodemdaling- of lekkagerisico's. Hiermee kunnen naast randvoorwaarden voor gasopslagen in zoutcavernes en de wijze van abandonnering van zoutcavernes worden aangepast teneinde bodemdaling en -lekkagerisico's te beheersen (KEM-17).
- 2020-2021: Het onderzoek naar lange termijn lekkage risico's langs boorgaten en putten, die geabandonneerd zijn (KEM-18) is in 2021 afgerond. In deze gedegen studie zijn op basis van wereldwijde ervaringen en inzichten de belangrijkste risicofactoren voor lekkage door en langs de afsluitende cementpluggen geïdentificeerd. Hiermee kan een kwalitatieve risicoscan en monitoring van alle verlaten putten in Nederland vormgegeven worden en het beheer daarvan in relatie tot toekomstig gebruik van de ondergrond verbeterd.
- 2021-2022: *Onderzoek naar het effect de mogelijke lange termijn horizontale (in gas en watervoerende formaties) en verticale migratie (langs putten) van vloeistoffen na abandonnering van gasvelden is gestart. De resultaten geven aan dat communicatie tussen de gasvelden langzaam is en verticale lekkage beperkt is (KEM-19).*
- 2021-2022: *Er is een literatuurstudie gaande naar monitoring methoden van ondergrondse CO₂ opslag offshore (KEM-27). Veel boorgat en geofysische methoden zijn in diverse CO₂ opslagprojecten wereldwijd gebruikt en gevalideerd. Er wordt een technische review uitgevoerd op de 'best practices' voor het monitoren van CO₂ injectie en daarnaast worden nieuwe technieken geëvalueerd. De resultaten moeten helpen monitoringsrichtlijnen voor CO₂ opslag in Nederland aan te scherpen*

- 2021-2022: Er in 2022 een onderzoek gestart naar en risico analyse van ondergrondse waterstof (H_2) opslag in conglomeraten van zoutcavernes (KEM-28). Wat zijn de fysische en chemische processen en parameters, die een bepalende rol spelen in de dynamiek van cavernes en tussen cavernes en de bovengrond? De resultaten moeten het beter kwantificeren van eventuele dreiging en risico's voor H_2 opslag in zoutcavernes mogelijk maken.

De projectresultaten, inclusief de evaluatie door het KEM-panel zijn te vinden op de KEM-website. In 2022 zijn de resultaten van KEM-19 gedeeld met de rijksoverheden en universitaire wereld in Nederland in de gezamenlijke KEM-DeepNL colloquia.

Lopend onderzoek naar lekkage dreiging- en risico's tot en met 2022

In 2022 liepen enkele grote projecten, die in 2023 bijdragen aan de publieke kennisontwikkeling ten aanzien van lekkage risico's. Daarnaast zijn nieuwe onderzoeksvragen door het KEM-panel gearticuleerd, goedgekeurd en eind 2022 klaar om op te starten. Het betreft het volgende project:

- 2021-2022: De invloed van gecontroleerde pekelontsnapping ("controlled brine bleed-off") op de stabiliteit van cavernes en caverne-clusters (KEM-45).

De onderzoeksvragen van de projecten, die gestart zijn, zijn te vinden op de KEM-website.

3.4 Installatie-integriteit risico's

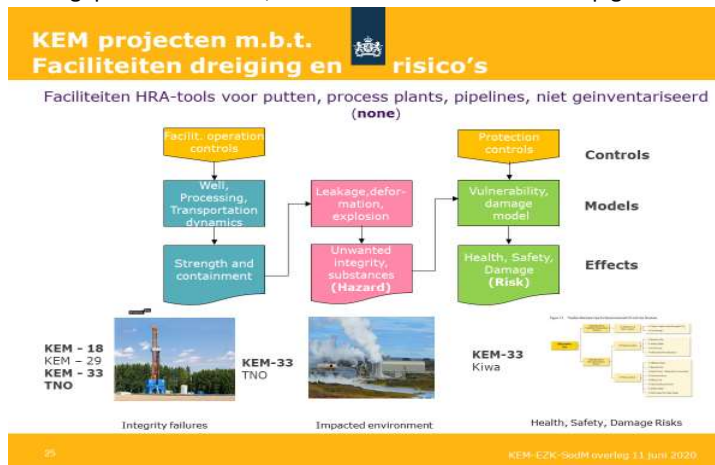
Status onderzoeksvragen aangaande faciliteiten risico's

De hoeveelheid onderzoeksvragen op het gebied van integriteitsrisico's van faciliteiten (met mogelijk gevaar, hinder en milieuschade tot gevolg) is tot nu toe beperkt gebleven overeenkomstig de KEM-focus tot nu toe (zie §2 en de figuur op de volgende bladzijde).

Resultaten van onderzoek

Enkele specifieke uitkomsten en impact van KEM-onderzoeken op dit gebied zijn (**resultaten 2022 in cursief**):

- 2017: Het onderzoek naar het risico's van het boren door zout-stringers is afgerond en heeft geleid tot de aanbevelingen voor aanpassingen in de toegepaste methodiek, o.a. via de noodzaak van daarop gericht 3D seismisch vooronderzoek (KEM-13).
- 2019: Het onderzoek naar Brent platform ontmanteling is in 2029 uitgevoerd en gerapporteerd (KEM-33). Het advies heeft mede het standpunt van Nederland ten opzichte van deze kwestie bepaald.
- 2020-2021: Het onderzoek naar de afdichtende werking van cement bij boorgaten en putten, met name op de lange termijn (KEM-18) is in 2021 afgerond. In deze gedegen studie zijn op basis van wereldwijde ervaringen en inzichten de belangrijkste risicofactoren voor lekkage door en langs de afsluitende cementpluggen geïdentificeerd. Met deze kennis kunnen de kwalitatieve risicoanalyses, de monitoring en het beheer van verlaten putten in Nederland verbeterd worden.
- 2020-2021: Het onderzoek naar infrageluid, afkomstig van de ondergrond en mijnbouwactiviteiten (KEM-31) heeft voor het eerst de infrageluid bronnen van mijnbouwactiviteiten, verspreidingsvormen en hinderlijke effecten systematisch op een rij gezet. Duidelijk is dat infrageluid voorkomt, diverse oorzaken kan hebben en dat die vanwege een gebrek aan monitoring niet altijd te traceren zijn. SodM beraadt zich op een vervolg.



Er lopen op dit moment geen onderzoeksvragen, noch onderzoeken op dit aandachtsgebied. De onderzoeksvraag met betrekking tot transport van waterstof door bestaande gaspijpleidingen (KEM-29) is in 2021 besproken en is op verzoek van SodM geen prioriteit gekregen.

4. Kennisborging en -verspreiding

In de kamerbrief 2016 (zie annex 1) is aan KEM en het KEM-panel opgedragen dat de agendering van kennisvragen en de in KEM-onderzoeken ontwikkelde kennis op het gebied van mijnbouwisico's geborgd en gedeeld moeten worden via kennisuitwisselingsplatforms. Ook in 2022 is daar op drie fronten aan gewerkt:

1. Informatiedeling via kemprogramma.nl, de KEM-website
2. Kennisborging in publieke DRA-modellen, zoals SDRA Groningen.
3. Communicatie met de omgeving ten aanzien van verschillende mijnbouwisico's;

4.1 Informatiedeling via kemprogramma.nl

Het Kennisprogramma Effecten Mijnbouw startte in 2017. Oktober 2018 is de Engelstalige versie van de KEM-website online gekomen. In januari 2019 volgde de Nederlandse versie. Op de website zijn allereerst de algemene informatie over het KEM (de opdracht, het strategische kader en kennisagenda's, de werkwijze van het wetenschappelijk expert panel) en de actuele status van onderzoeksvragen en onderzoeken te vinden (inclusief evaluaties van het KEM-panel en link naar reacties van EZK en SodM). Daarnaast worden de KEM-jaarverslagen gepubliceerd en is er de mogelijkheid om feedback te geven op het KEM.

Het meest bezochte deel van de website is de informatie over in behandeling genomen individuele onderzoeksprojecten (vraag, beschrijving, resultaten, impact, etc.). De evaluatie, die na afsluiting van de KEM-onderzoeken door het wetenschappelijk expert panel gemaakt wordt, maakt onderdeel uit van de informatie. In 2022 zijn er resultaten van 6 lopende projecten bijgeplaatst en de eindrapportages en evaluaties van een drietal projectresultaten en -evaluaties toegevoegd. Daarnaast zijn er 4 nieuwe goedgekeurde onderzoeksvragen bijgeplaatst.

De ervaringen vanaf afgelopen jaren laten zien dat de website intussen goed gevonden wordt. De website had in 2021 circa 2450 bezoekers, die meer dan 28.000 pagina's (40% meer dan in 2022) bekeken, voornamelijk de pagina's van de verschillende onderzoeken. De vindbaarheid zou nog steeds verbeterd kunnen worden door meer links vanuit andere websites. Sinds 2021 is de website iets publieksvriendelijker vormgegeven, maar nog niet op het gewenste niveau van gebruikersvriendelijkheid.

4.2 Kennisborging in publieke DRA-modellen

Het KEM-panel startte in 2017 met het scherper inkaderen, prioriteren en focussen van KEM en sturing op de ontwikkeling en het verbeteren in het onafhankelijke, publiek beschikbare mijnbouw risico instrumentarium, te beginnen met de seismiciteit Groningen. Het voorstel voor het opzetten van publieke mijnbouw risicotoolboxen en de bijdrage daaraan vanuit het KEM is door EZK en SodM omarmd. Er is vanaf 2018 een proces gestart om het publieke seismisch risico instrumentarium voor Groningen door TNO te helpen laten ontwikkelen via het KEM. In 2020 is de eerste versie het publieke Seismische Dreiging en Risico Analyse instrument (publieke SDRA) door TNO gerealiseerd en vergeleken met NAM HRA vs5 en beschikbaar gekomen voor gebruik vanaf 2021. Deze versie is per 2021 in gebruik genomen. Er is een KEM-subpanel, gelieerd aan het KEM wetenschappelijk expert panel, opgericht om technisch-inhoudelijk te adviseren over de verdere ontwikkelingen van dit instrument (zie paragraaf bijlagen B en D). In 2022 zijn door TNO in aanvulling op de NAM V6 en V7 modellen diverse verbeterde of alternatieve functionaliteiten toegevoegd aan de publieke SDRA. Het KEM-subpanel heeft in 2022 inhoudelijke adviezen verstrekt over de door TNO voorgestelde SDRA Groningen modelversies 2022 en 2023 en het ontwikkelplan van (onderdelen van) het de publiek SDRA Groningen voor 2023.

In 2021 is door TNO een eerste opzet van het door KEM-subpanel geadviseerde test en gevoeligheidsanalyse raamwerk gerealiseerd (onder andere in het KEM-09 project). Dit test raamwerk is in 2022 afgerond. Met het test raamwerk kan op transparante wijze inzicht verkregen worden in de uitkomsten, verschillen en onzekerheden van verschillende (onderdelen van) seismische dreigings- en risicomodellen. Dit is intussen de basis voor het evalueren van de kwaliteit van modules en versies van de door TNO ontwikkelde publieke SDRA en maakt het testen van alternatieve modellen en modules eenvoudig mogelijk.

Er wordt door het KEM-panel verwacht dat door het beschikbaar stellen van publieke, onafhankelijke risico-instrumenten kennis het beste geborgd en toepasbaar wordt. Zo kan het vertrouwen groeien in de met deze tools geanalyseerde en onderbouwde keuzes van de overheid inzake het Groningen dossier en op termijn alle dossiers op het gebied van effecten mijnbouw.

Deze aanpak verdient het ook ingezet te worden voor seismiciteit van andere mijnbouwactiviteiten en ander risicotypen, zoals bodemdaling en ondergrondse lekkages.

4.3 Communicatie met de omgeving

De communicatie met de omgeving vindt in 3 gremia plaats; de wetenschappelijke wereld, de professionals bij publieke instellingen zoals EZK, SodM, NCG en instituten als TNO, Deltares en KNMI en het overheden en burgers in de regio's.

Er is via de secretaris van het KEM-panel en via deelname in elkaars bijeenkomsten intensief contact geweest met andere mijnbouw-gerelateerde onderzoeksprogramma's in Nederland, te weten:

- Wetenschappelijk onderzoeksprogramma DeepNL, waarmee in colloquia KEM-onderzoek gedeeld en besproken wordt en vice-versa;
- Er worden sinds 2021 naar aanleiding van KEM onderzoekresultaten gezamenlijk met het NWO-programma DeepNL colloquia georganiseerd met als doel resultaten van (inter-)nationale KEM-onderzoek en onderzoekers met Nederlandse DeepNL-onderzoekers te delen en te bespreken. De projecten KEM-01, KEM-02, KEM-04, KEM-05, KEM-09, KEM-10, KEM-11, KEM-14, KEM-17, KEM-19, KEM-35 en KEM-43 zijn tot en met 2022 in de colloquia al aan de orde geweest. Deze presentaties zijn aan de projectinformatie op de KEM-website toegevoegd en zijn daarmee voor het geïnteresseerde publiek beschikbaar gemaakt.
- Er wordt bijgedragen aan wetenschappelijk symposia en publicaties (KNGMG, NAC). Intussen is de lijst met publicaties vanuit de KEM-onderzoeken aan het groeien (zie bijlage D);
- Door de uitvoering van verschillende KEM-onderzoeken door internationaal gerenommeerde groepen komen ook Nederlandse onderzoekers en beleidsmakers in contact met dit netwerk. Voorbeelden zijn: KNMI werkt samen met Norsar en GfZ, Fugro werkt samen met Italiaanse universiteiten, Deltares en KNMI zijn aangesloten aan het EU Turnkey netwerk, etc.

Daarnaast is er ook in 2022 professioneel contact met de belangrijkste instellingen op het gebied van effecten mijnbouw:

- Publiek toolbox team bij TNO en zusterinstituten, die de kennis uit de KEM-onderzoeken consolideren in risico-tools; met TNO zijn in het kader van de publieke SDRA extra contacten geweest;
- Initiatieven in het kader van topsector innovatieprogramma's, zoals het Geo-energie programma en Geothermie platform en EBN;
- Andere beleidsmedewerkers en onderzoeken bij EZK, SodM en NCG, die niet via KEM lopen hebben presentaties verzorgd in het overleg van het KEM-panel.

Contact met de regio's, c.q. de regionale overheden en burgers is beperkt.

- Er is via de secretaris van het KEM-panel vanwege corona overwegend e-mail contact geweest met mijnbouwisico platforms, zoals: (1) Belanghebbende partijen m.b.t. seismische risico's Groningen en NCG; (2) kennisplatformen Bouwen en versterken en Leefbaar en Kansrijk Groningen; (3) Tcbb en TPA; (4) belanghebbenden bodemdaling, c.q. Harlingen bodemdaling; (5) belanghebbenden geothermie via het Platform Geothermie (via EBN/EZK) en (6) belanghebbenden kolenmijnbouw via het loket n-ijlingseffecten mijnbouw Limburg (via SodM). Deze contacten zijn ad hoc en niet regulier. Deze contacten hebben ook in 2022 in een aantal gevallen geleid tot het delen van nieuwe kennisvragen en bestaande kennis. Voor veel vragen die gesteld worden was geen aanvullend onderzoek nodig om deze te kunnen beantwoorden. In die gevallen is doorverwezen naar instanties die de beantwoording op zich nemen.
- De secretaris van het KEM-panel heeft samen met de Rijksuniversiteit Groningen voor NCG diverse introductie presentaties en workshops verzorgd over seismiciteit en bodemdaling voor NCG-medewerkers, medewerkers van de veiligheidsregio Groningen en medewerkers van de gemeente Het Hoogeland betrokken in de versterkingsopgave.

- EZK en SodM zijn voor het KEM-panel de belangrijkste schakel met regionale overheden. Vragen uit de regio komen via hen tot het KEM panel. Intussen zijn er ook KEM vragen die samen met regio's worden opgezet, zoals KEM-48.

5. Activiteiten van de KEM-panel en subpanel

KEM onderzoek wordt begeleid door het KEM wetenschappelijk panel (KEM-panel). Het KEM-subpanel begeleid en adviseert over de ontwikkeling van de publiek seismische dreiging en risicoanalyse model van Groningen van TNO. In dit hoofdstuk worden de activiteiten van de beide panels toegelicht.

5.1 Activiteiten KEM-panel

Het onafhankelijke KEM wetenschappelijk expert panel (KEM-panel) is verantwoordelijk voor de borging van de wetenschappelijke kwaliteit en de onafhankelijkheid van KEM. Het panel beoordeelt de onderzoeksvragen; adviseert over de articulatie daarvan; beveelt partijen aan die geschikt zijn om de onderzoeken uit te voeren en evalueert de wetenschappelijke kwaliteit en de duiding van de onderzoeksresultaten. Het KEM-panel was sinds begin 2019 compleet, naar de inzichten bij aanvang in 2017. In 2021 is het panellid Prof. Margot Gerritsen van de universiteit te Berkeley, USA, vervangen door Prof. Inga Berre van de universiteit van Bergen in Noorwegen. In bijlage D zijn alle leden van het KEM-panel te vinden. Het KEM-panel heeft overwogen qua expertise uit te breiden, maar vooralsnog gezien het beperkt aantal vragen op andere gebieden (constructies, externe veiligheid) en de mogelijkheid om ad hoc experts in te schakelen is daar niet voor gekozen. Tot nu toe is er geen permanente behoefte gebleken aan een tweede grotere ring van domeinexperts buiten het KEM- panel.

Na de tweedaagse kick-off bijeenkomst in mei 2017 heeft het KEM-panel elk jaar twee fysieke (behalve in 2020 i.v.m. Covid19) en twee conference call bijeenkomsten gehad. De secretaris van het KEM-panel bereidt in overleg met de coördinatoren van EZK, SodM en NCG (tot medio 2021) de bijeenkomsten voor, alsook de tussentijdse onderlinge emailcontacten. Er zijn tweewekelijkse overleggen met deze coördinatoren. Het KEM-panel werkt meestal efficiënt en goed en panelleden zijn bereidwillig buiten de vergaderingen om (vraagarticulatie-, projectevaluatie-) acties uit te voeren.

Planning behandeling onderzoeksvragen en -projecten

Elke onderzoeksvraag is door het expertpanel beoordeeld en waar nodig aangescherpt.

Van de 24 onderzoeksvragen in de eerste vier tranches van de eerste strategieperiode 2017-2019, zijn er 21 zeer relevant voor onderzoek geacht, waarvan 4 gericht op toolontwikkeling en intussen (bijna) afgerond. Drie vragen zijn om diverse redenen niet doorgezet.

Tranche	Status	Nummers
1 (2017)	De 9 onderzoeksvorstellen in de 1 ^e Tranche zijn tussen oktober 2017 en januari 2018 geheel afgehandeld door het KEM-panel. Allen betreffen seismische risico's. Ze zijn door het panel besproken en beoordeeld en waar nodig in communicatie over en weer met de indieners aangepast en bijgesteld. Ook heeft het panel geadviseerd door welke partijen de voorgestelde onderzoeken het beste kunnen worden uitgevoerd. Deze onderzoeksvragen zijn nu allemaal uitgevoerd. Alleen KEM-vraag 5a en 5b waren na een jaar nog niet in aanbesteding.	KEM-01 t/m KEM-07
2 (2017)	Een tweede tranche van 6 onderzoeksvorstellen is tussen november 2017 en maart 2018 afgehandeld door het KEM wetenschappelijk expert panel en betreffen seismische risico's. Vijf van de zes onderzoeksvragen zijn na 1 jaar afgerond, in uitvoering of in aanbesteding. KEM-11 is tweemaal verlengd (KEM-11b, KEM-11c).	KEM-08 t/m KEM-12
3 (2018)	Een derde tranche van 8 onderzoeksvorstellen is behandeld tussen januari en juli 2018 door het wetenschappelijk expert panel en is eind juni 2018 op 1 na afgehandeld door het panel. Alle projecten zijn afgerond of worden afgerond in 2022.	KEM-13 t/m KEM 20
4 (2018)	Eén onderzoeksvraag (KEM-23) is met argumenten afgewezen door het KEM-panel. De overige 3 vragen in deze vierde tranche zijn tussen maart en juli 2018 als relevant beoordeeld. Twee onderzoeken (KEM-21 en KEM-22) hebben geen prioriteit gekregen.	KEM-21 t/m/KEM 24

NB. Soms vallen onder 1 KEM projectnummer een aantal projecten, Bijv. KEM-03a, KEM03b en KEM-03c (zie Bijlage C).

De tweede strategieperiode (2020-2022) is in 2019 gestart. Van de 24 onderzoeksvragen in de vijfde tot en met tiende tranche, zijn er intussen 10 zeer relevant geacht en opgestart, waarvan 2 toolbox-ontwikkelingen. Elf

onderzoekvragen vergen nadere discussie bij het KEM-panel, EZK en SodM. Drie vragen zijn om diverse redenen niet doorgezet.

Tranches	Status	Nummers
5 (2019)	Vragen met betrekking tot bodembewegingen en zout (KEM-25, KEM-26). Beiden zijn aangehouden tot na afronding van KEM-16.	KEM-25 t/m KEM-26
6 (2019)	Eerste vragen m.b.t. energietransitie. Het betreft vragen met betrekking tot waterstof en CO ₂ opslag (KEM-27-29), infrageluid (KEM-31), abandonnering faciliteiten (KEM-33) en seismische risico-alert voor infrastructuur (KEM-34). KEM-32 wacht op afronding van KEM-11. De andere zijn afgerond of lopen nog.	KEM-27 t/m KEM-34
7 (2019)	KEM-35 het ontwikkelen van het seismische DRA-tool Groningen vs 6 is afgerond. KEM-36 wacht op de laatste activiteiten rondom het GMM V7 in 2022.	KEM-35 t/m KEM-36
8 (2020)	Een aantal nieuwe vragen opgehaald in de Groningen platform ondergrond bijeenkomst in 2019 en ingebracht door Tcbb. Deze betreffen deel extra vragen met betrekking tot bodemdaling (KEM-37, KEM-38 en KEM-40) en gasopslag (KEM-39, vervolg KEM-01) en het FCM model in de pSDRA (KEM-41). Een vraag met betrekking tot lokale bodemdaling effecten KEM-42) o.a. bij voormalige kolenwinning of cavernes. De meeste van deze onderzoeksvragen waren in 2021 in behandeling .	KEM-37 t/m KEM-42
9 (2020)	KEM-43 gericht op het verbeteren van het pSDRA tool, KEM-44 gericht op lokale bodemdaling gradiënten en KEM-45 op drukbeheersing in cavernes door pekkel te onttrekken. Deze projecten zijn in 2021 nog niet goedgekeurd en gestart.	KEM-43 t/m KEM-45
10 (2021)	Nieuwe vragen betreffende offshore seismiteit (KEM-46), 3D bodemdalingberekeningen (KEM-47 en cumulatieve effecten in het Lauwerszee gebied.	KEM-46 t/m KEM-48
11 (2022)	Externe vragen over InSAR voor bodemdaling (KEM-49), zoutwinning Frisia (KEM-50), de review van de Trillingstool Groningen (KEM-51)	RQ-49 t/m RQ-51

In 2022 zijn er 5 project afgerond (KEM-09, KEM-19, KEM-24, KEM-39, KEM-43). Er liepen nog 6 projecten door uit voorgaande jaren (KEM-15, KEM-16, KEM-27, KEM-28, KEM-34, KEM-36) en er zijn 3 projecten goedgekeurd en/of gestart in 2022 (KEM-45, KEM-47, KEM-48,) waarvan de laatste vier nog in de aanbestedingsfase zitten.

5.2 Activiteiten KEM-subpanel

Vanaf 2020 is het KEM-panel aangevuld met het subpanel voor modelontwikkeling van de publieke seismische dreiging- en risicoanalyse (SDRA) tool voor Groningen van TNO (zie ook bijlagen B voor de Terms of Reference en bijlage F voor de samenstelling). In het KEM-subpanel zitten wetenschappelijke experts op het gebied van tools voor seismische dreiging en risico's. Het KEM-subpanel brengt via het KEM-panel haar advies uit aan het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat en het Staatstoezicht op de Mijnen.

Concreet adviseert het KEM-subpanel inhoudelijk inzake de functionele ontwikkeling van het publieke seismische Dreiging en Risico Analyse modellen en instrument van TNO en het verantwoord gebruik van nieuwe functionaliteit te gebruiken versies van het publieke seismische Dreiging en Risico Analyse tool van TNO.

Concreet betekent dit in elk jaar advies op twee door TNO op te leveren plandocumenten:

- Het TNO SDRA Statusrapport met daarin een voorstel voor de te gebruiken officiële publieke SDRA modelversie voor evalueren van het plan van het aankomende gasjaar of eventueel alternatieve scenario's.
- Het TNO SDRA Ontwikkelplan, waarin te ontwikkelen en valideren nieuwe functionaliteit wordt voorgesteld, die mogelijk kan worden opgenomen in een officiële versie van de publieke SDRA.

Het KEM-subpanel heeft voor haar adviezen een aantal criteria gedefinieerd waarop de voorgenomen voorstellen op inhoud en bruikbaarheid beoordeeld worden. Het betreft onder andere de volgende criteria: reproduceerbaarheid resultaten, testbaarheid en robuustheid van de code, kwantificering onzekerheden in uitkomsten, transparantie van het model en de testresultaten en openheid van de code.

Met deze criteria wordt jaarlijks op basis van aangeleverde voorstellen van TNO beoordeeld of voorgestelde (functionaliteit van) modelversies rijp voor gebruik zijn en wordt ingeschat wanneer voorgestelde nieuw ontwikkelde functionaliteit in een officiële versie gebruikt kan worden.

Planning SDRA advisering activiteiten

Het KEM-subpanel startte in klein verband (2 leden) eind 2020 met het eerste advies. Vanaf februari 2021 startte het complete KEM-subpanel met haar werkzaamheden. Het KEM-subpanel vergadert circa 2-3 keer om tot elk gevraagd advies te komen.

Twee adviezen zijn uitgebracht voor het gasjaar 2021, respectievelijk november 2020 (TNO Status en modelversie rapport 2021) en mei 2021 (TNO modelontwikkelingen rapport 2021).

In december 2021 is het advies op het TNO Status en modelversie rapport 2022 opgeleverd. Het advies op het door TNO voorgestelde ontwikkelplan 2022 is – mede op verzoek van SodM - uitgesteld. Wel zijn enkele voorgestelde activiteiten met betrekking tot afronding overdracht NAM en functionaliteit nodig voor modelleren van na-ijl effecten, die het KEM-subpanel adviseerden met betrekking tot modelontwikkeling in 2021, in gang gezet. Een advies is uitgebracht aan SodM voor het gasjaar 2023, respectievelijk december 2022 (TNO Status en modelversie rapport 2021) en een advies (TNO modelontwikkelingen rapport 2021) aan EZK is gepland voor februari 2023. Hieronder de lijst van adviezen tot dusver:

Planjaar	Adviesvraag, advies en impact	Status
2021	Statusrapport pSDRA modelversie 2021. Twee leden van het KEM-subpanel adviseerden positief over de SDRA versie voor 2021.	Gestart: Oktober 2020 Opgeleverd: November 2020
2021	TNO pSDRA ontwikkelplan 2021. In een viertal vergaderingen is het KEM-subpanel tot een advies gekomen. Een deel van de geprioriteerde ontwikkelactiviteiten zijn in het plan voor TNO opgenomen. Een deel van de ontwikkeling niet.	Gestart: Februari 2021 Opgeleverd: Mei 2021
2022	Statusrapport pSDRA modelversie 2022. In een viertal vergaderingen is het KEM-subpanel tot een advies gekomen. Een deel van de door TNO voorgestelde functionaliteit is door het KEM-subpanel goed geacht een ander deel behoefde meer validatie. EZK heeft besloten – mede op advies van SodM - geen nieuwe functionaliteit te willen gebruiken in de modelversies voor de pSDRA 2022.	Gestart: Oktober 2021 Opgeleverd: December 2021
2022	TNO pSDRA ontwikkelplan 2022. Dit traject is na een eerste start in januari uitgesteld. Er zijn desondanks wel ontwikkelingen bij TNO gestart op basis van een opdracht van EZK.	Gestart: Januari 2021 Op te leveren: 2022 (niet)
2023	Statusrapport pSDRA modelversie 2023. Het KEM-subpanel adviseerden positief over de SDRA versie voor 2021 aan SodM, met enkele aanbevelingen..	December 2022

De documenten van TNO, KEM-subpanel adviezen, SodM advies en opdrachten EZK zijn gepubliceerd op: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/publicaties/2022/06/17/modelversies-publieke-sdra-groningen>
In de bijlages zijn de KEM-subpanel adviezen te vinden en hoe deze gebruikt zijn in de keuze voor modelversies om winningsplannen na te rekenen en nieuwe ontwikkelingen bij TNO in gang te zetten.

5.2 Aanbesteding en financiën

De uitvraag van de onderzoeken is belegd bij de Bureau Inkoop IUC van EZK (incl. vragen vanuit SodM en NCG). Op 24 juli 2017 heeft overleg plaatsgevonden met de afdeling inkoop van EZK en met haar inhoudelijk adviseur (bijzonder hoogleraar aanbestedingsrecht). Op basis van het advies van laatstgenoemde is duidelijk geworden dat de aanbesteding van KEM-onderzoek niet onder Europese aanbestedingsregels valt zolang het om wetenschappelijk onderzoek gaat. Wel gelden een aantal andere voorwaarden waar in de aanbesteding rekening mee gehouden moet worden.

De meest onderzoeken (ca.20) zijn, tot en met eind 2022, meestal internationaal, in de markt gezet via Bureau Inkoop. Een deel (ca. 5) zijn opgenomen in de werkprogramma's van TNO, KNMI en Deltares. Daarnaast waren er ca. 6 SDRA-ontwikkelprojecten bij TNO De ervaringen zijn tot nu toe positief.

De onderzoekskosten van de KEM-onderzoeken bedragen tot nu toe maximaal 4 miljoen euro per jaar verdeeld over EZK en SodM (inclusief de ontwikkelkosten van de publieke SDRA tool voor Groningen). Het is voor het KEM-panel niet goed mogelijk de financiële overzichten te geven aangezien de financiële controle geen onderdeel is van de Terms of Reference (die verantwoordelijkheid ligt bij EZK en SodM).

Duidelijk is dat de financiële bestedingen voor projecten in 2022 bij SodM, wegens capaciteitsprioritering, flink achterbleven bij die van EZK. In 2022 zijn er bij SodM geen projecten gestart en zijn een aantal onderzoeksvragen ingetrokken. EZK kampt met interne budgetlimieten, die de voortgang van KEM matigen.

Voor volgende jaren wordt een vergelijkbare inspanning als in 2021 en daarvoor voorzien.

6. KEM evaluatie en follow-up

6.1 KEM evaluatie AEF

In 2022 heeft een onafhankelijke evaluatie van KEM plaatsgevonden. Ten eerste werd getoetst in hoeverre de beoogde doelstelling en doelen (publieke en onafhankelijke kennisontwikkeling naar mijnbouw effecten en aansluiting bij internationale toponderzoekers op dit gebied) van het Kennisprogramma Effecten Mijnbouw behaald zijn. Ten tweede is getoetst of resultaten de professionals bij SodM, EZK, Nederlandse kennisinstellingen en universiteiten bereiken, en hoe deze gewaardeerd en gebruikt worden. De overkoepelende vraag is in hoeverre KEM heeft kunnen bijdragen aan het vertrouwen van het publiek in de beheersing van mijnbouwrisico's in Nederland. Tenslotte is geëvalueerd hoe de huidige opzet en organisatie gewerkt heeft en in hoeverre er nog verbeteringen mogelijk en wenselijk zijn.

Geconcludeerd is dat KEM grotendeels effectief en efficiënt is. Professionele belanghebbenden die geconsulteerd zijn gaven aan de projectresultaten hen goed bereiken, deze positief waarderen en er impact is. Burgers die ook geconsulteerd zijn herkenden dit in mindere mate.

In de evaluatie zijn ook tekortkomingen geïdentificeerd en aanbevelingen gedaan. Dit betreffen:

- Aanscherping van de missie. Hier is gevolg aan gegeven in kamerbrief van december 2022 (kamerstuk 32849, nr. 213). In deze kamerbrief zijn de doelen geherformuleerd: (1) onafhankelijk toegepast onderzoek uitvoeren om inzicht te vergroten in de mogelijke effecten en onzekerheden van mijnbouwactiviteiten, (2) Kennis samenbrengen in methoden en gereedschappen om effecten te kwantificeren, die gebruikt kunnen worden voor beleid en toezicht in de energietransitie en (3) bijdragen aan kennis van en vertrouwen in mijnbouwactiviteiten door communicatie naar experts en andere stakeholders (o.a. inwoners) over KEM-projecten.
- Betere referentie documenten voor strategie en uitvoering en aanstellingsbeleid panels.
- Transparanter proces van vraagidentificatie, -articulatie en besluitvorming daarover.
- Betere communicatie over KEM en KEM projectresultaten naar professionals en publiek.
- Onderzoek hoe KEM aangevuld kan worden met onderzoek naar niet fysieke, maatschappelijke effecten.

Eind 2022 is hiervoor een plan opgesteld, dat in 2023 in uitvoering wordt genomen.

6.2 Reflectie op de evaluatie en aanbevelingen

De resultaten van de evaluatie zijn met EZK-SodM en KEM voorzitter in december 2022 besproken. Het KEM panel, EZK en SodM zijn tevreden met de evaluatie en kunnen zich vinden in de aanbevelingen. Dit heeft er toe geleid dat EZK met instemming van SodM eind 2022 besloten heeft tot een continuering van KEM met tenminste 5 jaar (2023-2027). Zie Kamerbrief (Kamerstuk 32849, nr. 213).

6.3 KEM toekomst en verbeteracties

Er is ondertussen een concept KEM strategie 2023-2027, waarin de eerste drie geïdentificeerde tekortkomingen geadresseerd zijn. Dit document vormt nu de leidraad voor KEM in 2023-2027.

Er resteren nog acties betreffende verbetering in de communicatie in den brede, hoe niet fysieke, maatschappelijke effecten opgepakt kunnen worden binnen of naast KEM en het bijdragen aan een landelijke strategie. Op deze terreinen zal in 2023 de eerste stappen worden gezet.

7. Conclusies, verbeteracties en aanbevelingen

7.1 KEM strategie en onderzoek

KEM loopt inhoudelijk goed. De kwaliteit van de meerderheid van de projecten is naar het oordeel van het KEM-panel uitstekend en de impact betekenisvol. Er is vanaf 2020 een verschuiving van onderzoek naar seismiciteit Groningen naar andere effecten van mijnbouw gerelateerd aan de energietransitie, conform de prioriteiten

gesteld in het rapport “Naar een (nationale) onderzoekagenda en risico toolbox in Nederland” (TNO_R10375). KEM is nu 5,5 jaar actief en de tweede periode liep eind 2022 af.

KEM is in 2022 op verzoek van alle belanghebbenden (EZK, SodM en KEM panel) door een onafhankelijk bureau (AEF) geëvalueerd. De conclusie is dat KEM grotendeels effectief en efficiënt is. Dit heeft er mede toe geleid dat KEM met bijbehorend budget voor een nieuwe periode van vijf jaar, 2023-2027, is goedgekeurd, resp. voorzien. In de evaluatie zijn ook tekortkomingen geïdentificeerd en aanbevelingen gedaan. Eind 2022 zijn hiervoor acties afgesproken, die in 2023 in uitvoering worden genomen.

Aandachtspunten strategisch:

- Acties naar aanleiding van de KEM evaluatie zijn afgesproken en dienen in 2023 grotendeels uitgevoerd te zijn. De bijgestelde strategie en modus operandi document is inmiddels beschikbaar. Hierin is ook het vraagidentificatie en besluitvormingsproces verhelderd. Aandachtspunt daarvan zijn:
 - o de scope en het aanstellingsbeleid van de KEM panels (wisseling en check op expertise) en het onderzoek naar de noodzaak tot de instelling van een socio-economische onderzoekpanel
 - o een besluit over de beoogde doelgroep van de KEM website.
- De beide KEM panels zijn van mening dat een uniforme aanpak in de kwantificeren van mijnbouweffecten noodzakelijk is. Een lange termijn visie gewenst op de noodzaak voor DRA-instrumenten voor andere mijnbouwactiviteiten of risico's en de rol van de overheid. Essentieel zijn dat niet alleen naar hazard, maar ook de impact/risico's mee gekwantificeerd worden (ook al zijn ze soms klein). Verder wordt een probabilistische aanpak van belang geacht om onzekerheden mee te kunnen nemen. Als laatste bepleiten de KEM panels de ontwikkeling en acceptatie van publieke en onafhankelijk verifieerbare hazard en risico instrumenten. Coördinatie en harmonisatie verdienen meer aandacht, gezien de verschillende los van elkaar staande ontwikkelingen (SRA geothermie, CO2 opslag, kleine gasvelden).
- Het KEM wetenschappelijk expert panel heeft in 2022 samen met het wetenschappelijke onderzoeksprogramma naar seismiciteit Groningen van NWO (DeepNL) in een breed gedragen briefnotitie gepleit voor een nationale, gecoördineerde onderzoeksstrategie, voor lange termijn (na 2022) onafhankelijk wetenschappelijk (NWO) en toegepast onderzoek (KEM en GTI's) en de ontwikkeling van publieke DRA-instrumenten, ten behoeve van het verantwoord gebruik van de Nederlandse ondergrond, zoals vereist geacht wordt voor de energietransitie. KEM is ondertussen verheugd dat de PEGA en de kabinetsreactie en EZK reactie een dergelijk strategie ondersteunen.

Aandachtspunten operationeel:

- Het budget voor het KEM-onderzoek was in 2022 globaal gelijk aan de voorgaande jaren, en zal in 2023 op dit niveau nodig blijven. Er was in 2022 wel een duidelijk verschil tussen het aantal projecten en bestedingen bij EZK en SodM: de meeste projecten liepen via het budget van EZK. Wegens capaciteitsproblemen of andere prioriteitstellingen bij SodM zijn diverse onderzoeken traag afgerond en nieuwe onderzoeksvragen niet (via KEM) uitgewerkt en aanbesteed. Het KEM-panel heeft zorgen over de voortgang van en de aandacht voor KEM-onderzoek bij SodM.
- Een operationeel aspect dat aandacht blijft vragen is de doorlooptijd. Die doorlooptijd is nu voor de vraagarticulatie 3-6 maanden (met uitzonderingen van 1 jaar of meer), de aanbesteding duurt 3-6 maanden en de evaluatie en publicatie van resultaten achteraf duren ook 3-6 maanden. De capaciteit bij vooral SodM en in minder mate EZK voor de vraagarticulatie en projectbegeleiding lijkt krap. De doorlooptijd van projecten zelf verloopt meestal volgens planning. Soms duurt de evaluatie vanuit KEM te lang. Daar is bijgekomen dat de periode van duiding door SodM soms meer dan 6 maanden bedraagt. Dit betekent dat de antwoorden op de meeste onderzoeksvragen soms een jaar later publiek beschikbaar zijn dan wellicht mogelijk is.

7.2 Kennisborging en -verspreiding

Voor het delen van de opzet, de resultaten en de evaluaties van KEM-onderzoeken is de KEM-website, kemprogramma.nl opgezet sinds oktober 2018. Dit functioneert goed. Vooral de onderzoekinformatie en de jaarrapportages weet men steeds meer te vinden. De website had in 2022 circa 2450 bezoekers, die meer dan 28.000 pagina's (40% meer dan in 2022) bekeken, voornamelijk de KEM-projectpagina's. Er is voor gekozen om de duiding van onderzoeksresultaten voor beleid en toezicht geen onderdeel uit te laten maken van de KEM-website. Er worden alleen links gemaakt naar met duiding informatie op de SodM website of uitleg op verzoek van EZK op nlog.nl.

Het KEM stimuleert de ontwikkeling van publieke mijnbouw effecten toolboxes voor mijnbouw risico instrumenten, specifiek de publieke SDRA Groningen. In 2020 is het gelukt om de ontwikkeling van de eerste versie van het publieke seismische dreiging en risico analyse instrument van TNO af te ronden en over te gaan naar een meer gecontroleerde beheersituatie, waarbij het KEM-subpanel inhoudelijke adviezen verstrekt. De beslissing om versies te bevriezen voor gebruik in de praktijk ligt bij het ministerie van EZK, waarbij naast inhoudelijke ook andere argumenten tellen. De invulling van andere publieke dreiging en risico analyse tools staat nog ter discussie. Heldere visie en kaders daarvoor kunnen door de EZK, SodM met lagere overheden nog verder doorontwikkeld worden.

De verbinding met de wetenschappelijke onderzoeksprogramma's van NWO, c.q. DeepNL, verliep in 2022 goed. Dit geldt ook voor contacten met de professionals bij EZK, SodM en belangrijkste kennisinstellingen TNO, KNMI, Deltares en onderzoeksgroepen betrokken in KEM projecten. Communicatie met regionale overheden en burgers bleef ook in 2022 beperkt.

Aandachtspunten zijn:

- De vindbaarheid van de kemprogramma.nl website is in 2021 verder verbeterd. Er is daarnaast ook een grotere behoefte naar meer gebruikersvriendelijke technische informatie. KEM verwijst daar op dit moment voor naar sites van EZK, SodM en TNO. Een grondige update van de website, die meer gelinkt is aan de risico's dan aan de projectvoortgang, kan overwogen worden, maar wacht op meer duidelijk over het samen communiceren in het verlengde van het PEGA aanbeveling 9 en kabinetsreactie maatregel 49.
- Wat betreft de borging in publieke dreiging en risico instrument Groningen zijn er nog enkele aandachtspunten te weten: helderheid over de criteria voor vaststelling van modelversies en keuzes in modelontwikkelingen voor de publieke SDRA tool van TNO, de onafhankelijkheid van de doorontwikkeling en kwaliteitsborging van de SDRA (nu lijkt de relatie of afstemming met NAM modelontwikkelingen nog leidend).
- Het intensiveren van contacten tussen professionals. Allereerst de banden met NCG opnieuw aanhalen en samenwerken met onderzoekspartijen en partners die deelnemen aan de opzetten van een nationale strategie, kabinetsreactie maatregel 49.
- Het intensiveren en persoonlijker communiceren met belanghebbenden in verschillende regionale overheden van mijnbouwregio's en met verschillende belangenplatforms over de resultaten van KEM-onderzoek en het ophalen van eventuele nieuwe onderzoeksvragen is in 2022 beperkt gebleven. Primair ligt deze taak bij EZK of SodM. Meer duidelijkheid over de (beperkte) rol van het KEM-panel is gewenst.

7.3 KEM-panel en subpanel

Het KEM wetenschappelijke expert panel kwam in 2022 twee maal digitaal bij elkaar en tweemaal fysiek; de wetenschappelijke expertrol in de vraagarticulatie (vijf onderzoeksvragen), projectbegeleiding (zes projecten), projectevaluatie (zes eindrapportages) en duiding werkte in 2022 efficiënt en goed.

Vanaf eind 2020 speelt het KEM-subpanel een rol in de begeleiding van de modelontwikkeling van het publieke SDRA bij TNO. Er zijn intussen 5 adviezen door het KEM-subpanel uitgebracht.

Aandachtspunten voor de KEM panels zijn:

- Het KEM-panel realiseert zich dat het beperkte expertise heeft op het gebied van faciliteiten/infrastructuur (externe veiligheid, milieurisico's). Het KEM-panel heeft overwogen om aan te bevelen om hierop uit te breiden, maar heeft vooralsnog niet hiervoor gekozen, gezien het beperkt aantal vragen op deze gebieden vooral omdat NCG veel onderzoek op dit terrein begeleidt en er een mogelijkheid is om ad hoc experts in te huren.
- Het KEM-panel realiseert zich dat het beperkte expertise heeft op het gebied van sociaaleconomische wetenschappen (risicobeleving) heeft. Het KEM-panel heeft overwogen zich met deze expertises uit te breiden, maar is van mening dat het KEM hiermee te breed wordt en dat een tweede vergelijkbaar, maar gelieerd panel met sociaaleconomische wetenschappers de juiste oplossing is.
- De planning van de advieswerkzaamheden van het KEM-subpanel met betrekking tot SDRA modelontwikkelingen 2022 is anders verlopen dan voorzien. Een heldere jaarplanning en eventueel samenvoegen van de twee jaarlijkse adviesaanvragen kan een verbetering zijn.

Bijlage A Kamerbrief 2016 over Kennisprogramma Effecten Mijnbouw

Ministerie van Economische Zaken

> Retouradres Postbus 20401 2500 EK Den Haag

De Voorzitter van de Tweede Kamer
der Staten-Generaal
Binnenhof 4
2513 AA DEN HAAG

Datum 24 juni 2016
Betreft Kennisprogramma effecten mijnbouw

Geachte Voorzitter,

In het rapport 'Aardbevingsrisico's in Groningen' concludeerde de Onderzoeksraad voor Veiligheid (OVV) dat de kennisontwikkeling omtrent de risico's van gaswinning tekort is geschoten. De OVV stelde dat er meer behoefte is aan inzicht in de risico's en de onzekerheden rond gaswinning. Daarnaast heeft de OVV aanbevolen om het onderzoek onafhankelijk uit te laten voeren en meer aandacht te geven aan multidisciplinaire regie en integratie van kennis. De OVV constateerde dat dit in brede zin geldt en dus ook voor andere vormen van mijnbouw. Het kabinet heeft naar aanleiding hiervan aangegeven een voorstel te ontwikkelen voor de wijze waarop de kennisontwikkeling rond de mogelijke risico's van het gebruik van de ondergrond beter vormgegeven kan worden. Met deze brief informeer ik uw Kamer op welke wijze ik van plan ben hieraan invulling te geven.

Kennisprogramma effecten mijnbouw

Ter uitwerking van bovenstaand punt uit de kabinetsreactie op het OVV-rapport werk ik aan het inrichten van een kennisprogramma dat specifiek gericht is op het vergroten van de kennis over en het begrip van de effecten van mijnbouwactiviteiten. De doelen van dit kennisprogramma effecten mijnbouw zijn:

- Versnelling inhoudelijke voortgang van de kennisontwikkeling met betrekking tot de mogelijke effecten van mijnbouw;
- Intensivering van (multidisciplinaire) samenwerking tussen kennisinstellingen;
- Ontwikkeling van onafhankelijke, toegankelijke en gezaghebbende kennis.

Op basis van deze uitgangspunten is voor het kennisprogramma effecten mijnbouw een aantal samenhangende elementen gedefinieerd:

1. Het feitelijke onderzoeksprogramma effecten mijnbouw;
2. Een platform voor kennisuitwisseling effecten mijnbouw;
3. Een wetenschappelijke adviescommissie kennisontwikkeling effecten mijnbouw.

**Directoraat-generaal
Energie, Telecom &
Mededinging**
Directie Energie en Omgeving
Bezoekadres
Bezuidenhoutseweg 73
2594 AC Den Haag
Postadres
Postbus 20401
2500 EK Den Haag
Factuuradres
Postbus 16180
2500 BD Den Haag
Overheidsidentificatienr
00000001003214369000
T 070 379 8911 (algemeen)
www.rijksoverheid.nl/ez

Ons kenmerk
DGEM-EO / 16093912

Hieronder licht ik deze elementen toe.

1. Onderzoeksprogramma effecten mijnbouw 2017

Samen met Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) heb ik een concept onderzoeksprogramma opgezet dat gericht is op de effecten en risico's van mijnbouw in Nederland. Hierbij heb ik zo goed mogelijk de zorgen en vragen meegenomen die naar aanleiding van diverse mijnbouwactiviteiten aan mij zijn voorgelegd. Een belangrijk onderdeel van het kennisprogramma zal zijn het realiseren van de mogelijkheid om de onderzoeken die door NAM worden uitgevoerd in het kader van gaswinning Groningen over de gehele breedte onafhankelijk te kunnen toetsen. Zowel bij het ontwikkelen van het concept onderzoeksprogramma als voor het vaststellen van het definitieve programma vindt afstemming plaats met de Nationaal Coördinator Groningen (NCG) om te bewerkstelligen dat ook vragen over de effecten van mijnbouwactiviteiten van de kant van NCG onderdeel uitmaken van het programma.

2. Platform voor kennisuitwisseling

Ik hecht er belang aan dat het onderzoek aansluit bij de vragen die leven in de samenleving. Ik ga dit onder andere faciliteren door een platform voor kennisuitwisseling in te richten. Dit platform zal zorg dragen voor periodieke (wetenschappelijke) bijeenkomsten waarin de resultaten van recent onderzoek met de wetenschap en met regionale stakeholders worden gedeeld. Anderzijds moet dit platform ook ruimte gaan bieden voor het maatschappelijk debat over zowel de vraagstelling als de uitkomsten. Verder zal er een interactief digitaal platform gecreëerd worden waarop vraag en resultaat bij elkaar komen.

3. Wetenschappelijke adviescommissie kennisontwikkeling effecten mijnbouw

Ik acht het van belang dat bij de beschreven kennisontwikkeling zowel de wetenschappelijke kwaliteit alsook de onafhankelijkheid van de onderzoeken goed geborgd zijn. Om te bewerkstelligen dat het onderzoeksprogramma daadwerkelijk bijdraagt aan kennisontwikkeling zal ik een wetenschappelijk gezaghebbende en onafhankelijke commissie van deskundigen aanstellen. Naast kwaliteitsbewaking is dit ook nodig om het draagvlak voor het programma en de resultaten van de onderzoeken te vergroten en om te zorgen voor een versnelling van de kennisontwikkeling op het gebied van effecten mijnbouw.

Van de wetenschappelijke adviescommissie verwacht ik dat zij (1) advies uitbrengt over de concept onderzoeksvragen met als doel de wetenschappelijke articulatie van de kennisvragen te verbeteren; (2) aangeeft welke wetenschappelijke disciplines nodig zijn in het onderzoek en daarbij bij voorkeur een voorstel doet over de instituten en/of universiteiten (nationaal en internationaal) die bij het onderzoek betrokken zouden moeten worden; en (3) jaarlijks rapporteert over de voortgang van de kennisontwikkeling, de onafhankelijkheid van het onderzoek en de meerwaarde daarvan voor kennis met betrekking tot mogelijke effecten van mijnbouw. De wetenschappelijke adviescommissie heeft daarmee een cruciale rol in de ontwikkeling van het kennisprogramma effecten mijnbouw.

Op het ogenblik ben ik zowel nationaal en internationaal aan het inventariseren welke onafhankelijke wetenschappers beschikbaar zijn voor deelname aan de wetenschappelijke adviescommissie. Omdat het van groot belang is ook aansluiting te houden bij andere nationale onderzoeksprogrammering, hecht ik eraan dat de verbinding met NWO ook verankerd wordt in de commissie.

De criteria waaraan de leden moeten voldoen zijn:

- Gezaghebbend in de (internationale) wetenschappelijke wereld;
- Internationaal netwerk;
- Onafhankelijke positie ten opzichte van de industrie;
- Goed ingevoerd in de effecten van de mijnbouw;
- Actueel beeld van de kennisbehoefte van de overheid;
- Bereid en in staat de overheid op maat te adviseren.

De wetenschappelijke commissie zal ondersteund worden door een wetenschappelijk secretaris. De organisatie en logistiek rondom de feitelijke uitvoering van de projecten binnen de randvoorwaarden als gesteld door de wetenschappelijke commissie zal belegd worden bij TNO-AGE.

Naast de wetenschappelijke adviescommissie zal ik en ook SodM, waar nodig en indien gewenst, binnen de eigen verantwoordelijkheid gebruik blijven maken van nationale en internationale deskundigen.

Planning

Ik streef ernaar om de adviescommissie in het vierde kwartaal van 2016 te installeren. Daarmee zal ook het onderzoeksprogramma effecten mijnbouw in het vierde kwartaal van 2016 formeel kunnen starten.

(w.g.)

H.G.J. Kamp
Minister van Economische Zaken

Bijlage B Terms of Reference KEM scientific expert panel and KEM-subpanel modelontwikkeling

Terms of Reference

International Expert Panel on Mining Effects

MEA, October 2020

Objective and scope

The International Expert Panel on Mining Effects advises the Directorate Energy and Environment of the Dutch Ministry of Economic Zaken en Klimaat (MEZK), the Regulator for natural resources extraction Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) and the Groningen crisis organisation Nationaal Coördinator Groningen (NCG) on the development and implementation of research projects related to the use and associated risks of Natural Resources extraction.

The role of the panel is to ensure that specifications of research requests coming from MEZK, SodM, NCG and other public bodies meet criteria of relevance and completeness in the context of issues they are supposed to address and to advise on which parties are best qualified to carry out the proposed research.

Specific tasks include:

- Assess and advice on the scientific description of the proposed research questions
- Indicate which scientific disciplines should be involved in the individual research projects
- Give advice on which national and international institutes and/or universities could best be involved in the research projects
- Assess progress and impartialness of knowledge development and its fitness to address questions concerning mining effects and associated risks.
- Identify and report knowledge gaps, e.g. important research request not raised by MEA, SodM or NCG
- Report any suggestions how KEM can help in improving management of Mining Risks
- Scientific sounding board on Mining risk assessment protocols (for SodM) and publicly available Mining risk quantification instruments (for TNO c.s.)

The Expert Panel was installed by the Minister of Economic Affairs in Q2 2017.

Context and mission

In their report on induced seismicity risks in Groningen (2015) the Netherlands Safety Investigation Council (OVV) ascertained shortcomings in the knowledge development concerning the risks of natural gas production. Specific recommendations were:

- Improve the insights in the risks and associated uncertainties
- Conduct the research independent from the mining industry
- Stimulate multidisciplinary research projects and put more effort in integrating research results of the various scientific disciplines.

The OVV stated that these recommendations should also apply to mining activities other than natural gas production.

Knowledge program on the effects of Mining

To meet these recommendations the Dutch Government decided to initiate a knowledge development program specifically aimed at mining activities and associated risks. The goals of this program (Kennisprogramma Effecten Mijnbouw, KEM) are to:

- Accelerate and intensify research concerning mining effects and associated risks
- Enhance the multidisciplinary collaboration between research centres and universities

- Develop independently authoritative knowledge which can be verified

Elements of KEM are:

- The actual research framework and program (the research projects)
- A knowledge exchange platform to both initiate and stimulate scientific debate within the scientific community and to consolidate and exchange scientific results with society
- A scientific panel on mining effects, as described in this document, that ensures quality, relevance, completeness, fitness and independence of the conducted research.

Composition

The panel consists of a chairperson and 4-6 members, appointed for periods of three years. The panel and its members will have an outstanding scientific reputation, function independently and will also be perceived as such; they will have no relationship with the mining industry in general and are not involved in research commissioned by the Dutch oil and gas industry in particular. The individual members act without a mandate or instruction from their organisations. They are selected on the basis of their expertise and scientific reputation.

The main areas of expertise to be covered by the panel are:

- Induced seismicity
- Subsidence and uplift
- Containment and confinement
- Long term effects of mining activities
- Technical aspects (pipelines, construction aspects)

The panel may be assisted by sub-panels or guest experts in case additional expertise is required.

Reporting line

The panel reports to the Directorate Energy and Environment of the Ministry of Economic Affairs; the Dutch Regulator for Natural Resources Staatstoezicht op de Mijnen (SodM); and the Nationaal Coördinator Groningen (NCG).

At least once a year, the panel chair will inform the Minister of Economic Affairs about the State of The Programme.

Working method

The panel will have four formal meeting moments in any given year. The panel is expected to meet physically twice a year in The Netherlands. Due to the current situation (Covid-19) this requirement cannot be met. Instead of the in-person meetings, online meetings (spread over two days) are arranged. The two other meetings and any ad hoc meetings are expected to be conducted by video / teleconferencing apart from usual email correspondence. The panel is supported by a secretariat. The members receive a remuneration and compensation for travel time and expenses.

Confidentiality and communication

The members of the panel can communicate about the jointly approved status of the KEM research framework and program. The KEM-panel will not disclose any information on ongoing research requests and projects. The outcome of the research projects will only be communicated by panel members after informing the Ministry of Economic Affairs. The outcome of all projects will become publicly available through the KEM-website.

KEM-subpanel on model development

From 2021 onwards the yearly probabilistic seismic hazard and risk analysis for gas production of the Groningen gas field, previously performed by the operator of the Groningen gas field (NAM), will be performed by TNO using the model chain which TNO has developed under the umbrella of the KEM program.

Additionally, the Study and Data acquisition plan of NAM finishes in 2021, meaning that NAM will cease to develop new model versions to be used in the yearly probabilistic seismic hazard and risk analysis from 2021.

Recognizing that:

1. seismicity in Groningen is decreasing but still occurring,
2. gas production will only cease from 2022, barring limited gas production for security of supply,
3. the strengthening program will continue,
4. Damages may still occur due to ongoing earthquakes,

EZK recognised a need to further develop the models for the yearly analysis as well as a need for a decision on model versions to be used in the yearly risk analysis. For this reason, a KEM-subpanel is formed to:

1. advise on model development for the models included in the model chain developed by TNO (called public SDRA Groningen).
2. give input to the advise of SodM on the versions of the models to be used in the yearly public seismic hazard and risk analysis.

Reporting line

The KEM-subpanel gives advice on the further SDRA model development, yearly in November. The advice is presented to the KEM-panel who will send the advice, with an accompanying letter to the Directorate Energy and Environment of the Ministry of Economic Affairs.

Additionally the KEM-subpanel gives input to the Dutch Regulator for Natural Resources, Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) for their yearly advice on the model versions to be used in the yearly public seismic hazard and risk analysis.

Working method

The KEM-subpanel will have two formal meeting moments in any given year on the SDRA model development. Additionally, online meetings will be arranged as needed to advise on model development. The subpanel reports once a year to the full KEM-panel in the meeting in November. The subpanel is supported by a secretariat (the same as the KEM-panel). The members receive a remuneration and compensation for travel time and expenses.

Specific tasks

Specific tasks of the KEM sub-panel include:

- Review of studies with a view on further model development:
 - KEM studies (ongoing)
 - DEEP-NL studies (first results expected in 2021)
 - SDAP studies (NAM research program, ends in 2020, perhaps some limited activity in 2021)
 - Scientific publications in peer reviewed journals
- Advice on proposed SDRA model train development in November of each year. In the advice, the KEM-subpanel:
 - will review the annual public SHRA model train roadmap development reports of TNO, specifically focusing on their scientific quality
 - can propose new research questions and activities on SDRA model train development within the KEM program;
 - can propose new implementations of SDRA model train components into the SDRA model train framework, typically carried out by TNO.
- Every six months a meeting on SDRA model train development, to inform the KEM-subpanel on model development. Participant will be the KEM-subpanel, TNO, SodM and EZK as well as other parties which have recently finished research on parts of the models included in the SDRA model train.
 - Beginning of October
 - Start of advice on the further SDRA model train development,
 - TNO will present their public SHRA model train development and implementation plan,
 - other presentations on model development (if applicable)
 - April
 - TNO will present work program current calendar year
 - discussion on model development and planning
 - other presentations on model development (if applicable)
- Two extra online meetings for the advice on model roadmap development in autumn of each year.
- input to SodM for the model versions to be implemented for the public SHRA for the next calendar year;

- Submit request for review of (parts of) new models to other experts with complementary expertise

Composition

The KEM-subpanel on public SDRA Groningen model development consists of 4-6 members, appointed for a period of three years. The members will have an outstanding scientific reputation, function independently and will also be perceived as such. The individual members act without a mandate or instruction from their organisations. They are selected based on their expertise and scientific reputation. Two KEM- panel members will also be member of the KEM SDRA subpanel.

The main areas of expertise to be jointly covered by the KEM-subpanel are:

- Geological/reservoir model
- Seismological model
- Ground motion model
- Fragility and consequence model
- Probabilistic hazard and risk methodology

The subpanel may be assisted by guest experts in case additional expertise is required. The necessary funds will be arranged by MEZK.

Confidentiality and communication

The members of the subpanel can communicate with the KEM-panel, the Directorate Energy and Environment of the Ministry of Economic Affairs and to the Dutch Regulator for Natural Resources, Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) about the SDHR model development.

The KEM-subpanel and its members will not disclose any information from ongoing research and projects and or their concept advice to other parties than mentioned above. The advice will only be communicated by the KEM-panel to other parties after the decision of the Ministry of Economic Affairs on SDRA model development. The advice will become publicly available on the KEM-website.

Bijlage C Status van KEM onderzoeksvragen eind 2022

In de onderstaande tabel is de status van alle onderzoeksvragen en projecten eind 2022 weergegeven. De periode van vraagstelling tot en met einde project is aangegeven. De in vetgedrukte KEM projecten waren in 2022 actief.

In 2022 zijn er 5 project afgerond (KEM-09, KEM-19, KEM-24, KEM-39, KEM-43). Er liepen nog 6 projecten door uit voorgaande jaren (KEM-15, KEM-16, KEM-27, KEM-28, KEM-34, KEM-36, rood vetgedrukt) en zijn er 6 projecten goedgekeurd en/of gestart in 2022 (KEM-45, KEM-47, KEM-48, KEM-19b, KEM-24b, rood).

T	KEM nr	Bron	korte beschrijving	Periode	Status	
1	KEM-01	SodM	Veilige injectiedruk en -snelheid gasopslagen	2017-18	Klaar	
	KEM-02	NGC/EZK	Invloed inhomogene ondiepe ondergrond 'site response'	2018-20	Klaar	
	KEM-03a	KEM/SodM	Inventarisatie publieke HRA-Toolbox en onderzoeksvragen	2018-19	Klaar	
	KEM-03b	EZK/KEM	Nabouw NAM vs2 in publieke Groningen modeltrein	2018-19	Klaar	
	KEM-03c	EZK/SodM	NJG publicatie onderzoek seismiciteit Groningen	2018	klaar	
	KEM-04	NGC/EZK	3D golfvoortplantingseffecten op seismische signatuur	2018-20	klaar	
	KEM-05a	NGC/EZK	Effect herhaalde aardbevingen op bodemzettingen	2020-21	klaar	
	KEM-05b	NGC/EZK	Effect herhaalde aardbevingen op gebouwen	2021	klaar, niet KEM (NGC)	
KEM-06	SodM	Risicoanalyse UDG/EGS (geothermie)	2018-20	klaar		
KEM-07	SodM	Geïnduceerde seismiciteit kleine gasvelden	2018-19	klaar		
2	KEM-08	SodM/KEM	Volgende generatie aardbeving modellen	2019-20	klaar	
	KEM-09	NGC/EZK	Review voortplanting onzekerheden in risico modeltrein	2021-22	klaar	
	KEM-10	EZK/KEM	Ontwikkeling publieke seismische HRA-modeltrein, vs5	2019-20	klaar	
	KEM-11a	SodM	Review catalogus aardbevingen Nederland	2018-19	klaar	
	KEM-11b	SodM	Seismologische data kwaliteit	2019-20	klaar	
	KEM-11c	SodM/KEM	Upgrade seismische catalogus aardbevingen Nederland	2021	klaar, niet KEM (KNMI)	
	KEM-12	SodM	Advies uitbesteding review Warmtestad QRA	2018	no go (extra risico's)	
	KEM-13	SodM	Risico doorboren van Carbonaat stringers in zout	2018-19	klaar	
3	KEM-14	NGC/EZK	Risico verweking door geïnduceerde bevingen	2020-21	klaar	
	KEM-15	SodM/EXT	Seismische risico waterinjectie geothermie	2020-21	90% gereed	
	KEM-16a	EZK/KEM	HRA-Modeltrein bodemdaling	2020-21	90% gereed	
	KEM-17	SodM/NGC	Stabiliteit zoutcavernes	2018-19	klaar	
	KEM-18	SodM/EXT	Risico's geothermische boringen, well integriteit	2020-21	klaar	
	KEM-19	NGC/EZK	Risico's lekkages en bodembewegingen na gaswinning	2020-22	klaar	
	KEM-20	NGC/SodM	Afstemming impact modellen in risicobeoordelingen	2019	No go (geen onderz.)	
	4	KEM-21	KEM/SodM	Seismiciteit & schade waarschuwing systemen	2021	in planning
		KEM-22	EXT/SodM	Data gedreven modellen voor seismiciteit in ruimte, tijd	2021	in planning
		KEM-23	EXT/SodM	Risicoreductie seismiciteit d.m.v. opwekken van breuken	2019	no go (extra risico's)
KEM-24		EXT/EZK	Risicoreductie seismiciteit d.m.v. 'fluid' injectie	2020-22	klaar	
5	KEM-25	EXT/SodM	Bepaling bodemdaling cumulatieve mijnbouwactiviteiten	2019	no go (geen onderz.)	
	KEM-26	EXT/SodM	Zinkgatontwikkeling, kwantificering dreiging en risico's	2021	in planning	
6	KEM-27	EZK	Monitoringseisen voor offshore CO₂ opslag in gasvelden en aquifers	2021	25% gereed	
	KEM-28	EZK	Risico analyse van waterstof opslag in conglomeraten van zoutcavernes	2021	25% gereed	
	KEM-29	SodM	Evaluatie extra risico's bij transport H ₂ of CO ₂ in bestaande gastransportnetwerken	2021	in planning	
	KEM-30	SodM	Classificatie veiligheidscultuur, effect op mijnbouwrisico's	2019	no go (geen expertise)	
	KEM-31	SodM	Infrageluid opwekking, dreiging en (gezondheid)risico's	2020-22	klaar	
	KEM-32	NGC/EZK	Optimalisatie strategie monitoren grondtrillingen	2021	no go (KNMI)	
	KEM-33	SodM	Review Brent ontmantelingsplan en 'second opinions'	2019	klaar	
	KEM-34	EXT/EZK	Informatievoorziening infrastructuur bij aardbevingen	2020-22	90% gereed	
7	KEM-35	EZK/KEM	Ontwikkeling SDRA-tool Groningen TNO, vs6	2020-2021	klaar	
	KEM-36	NGC/EZK	KEM-04 update voor versie 7 SDRA tool Groningen	2022	10% gereed	
8	KEM-37	EXT/EZK	Bodemdeling impact modellen in DRA-tool en data	2021	in planning	
	KEM-38	EXT/SodM	Optimalisatie strategie monitoren bodemdaling/stijging	2021	in planning	
	KEM-39	EXT/EZK	Breukgedrag bij drukken in CO ₂ , H ₂ , N ₂ opslag (zie KEM-01)	2021-22	klaar	
	KEM-40	EXT/SodM	Mechanische verweking tgv cyclische belasting opslag	2021	in planning	
	KEM-41	EXT/EZK	Model/data afstemming DRA tool en NPR (cf. KEM-20)	2021	in planning	
9	KEM-42	EZK/TCbb	Bodemdeling risico's voormalige kolenwinning Limburg	2021	in planning	
	KEM-43	EZK	Ontwikkeling PSHRA vs7	2021-22	klaar	
	KEM-44	SodM	Lokale bodemdaling, de potentie voor schade	2022	no go, geannuleerd	
	KEM-45	SodM	Risico van 'salt-bleed off' zoutcavernes	2022	naar aanbesteding	
10	KEM-46	SodM	Seismicity of offshore Q Quadrants offshore, H-Holland and Utrecht	2022	in planning	
	KEM-47	EXT/EZK	Impact van heterogeniteiten op bodemdaling boven producerende gasvelden	2022	naar aanbesteding	
	KEM-48	EXT/EZK	Cumulatieve mijnbouweffecten, generiek en in de regio Grijpskerk	2022	naar aanbesteding	
	KEM-19b	NGC/EZK	Zuidwest aquifer depletie en seismiciteit, KEM-19 vervolgstudie	2022	naar aanbesteding	
	KEM-24b	EXT/EZK	Risicoreductie seismiciteit d.m.v. 'fluid' injectie, vervolgstudie	2022	naar aanbesteding	
11	KEM-49	EXT/EZK	Subsidence in the area Twente measured by satellites (InSAR) and coupling with salt caverns	2023	in planning	
	KEM-50	EXT/SodM	Salt creep vragen Harlingen	2023	in planning	
	KEM-51	EXT/EZK	Quality assurance of Groningen seismic vibration tool	2023	in planning	

Bijlage D Lijst van KEM rapporten en publicaties

KEM rapporten

Hieronder volgt de lijst van tot en met 2022 verschenen rapporten en publicaties van alle gestarte en goedgekeurde KEM-projecten. De KEM projecten in rood waren actief in 2022. Daarvan hadden de projecten in **bold** nog geen definitieve rapportages eind 2022. Via de blauwe links zijn rapporten van projecten snel te vinden.

Webpage	Risk	Mining	Year	Authors	Title	Report	Consortium
KEM-01	Seismic (SSM)	Gas storage	2018	Ferronato, M., Franceschini, A., Isotton, G., Janna, C., Teatini, P., Tosatto, O., Zoccarato, C.	Safe operational reservoir pressure bandwidth for underground gas storage (3 reports)	Link to final report	University of Padua
KEM-02	Seismic GMM)	Gas production	2020	Besseling, F, Bougioukos, A., Greef de J., Pruiksmas, J., Tsouvalas, A.	Evaluation, validation and improvement of the site amplification component of the Groningen HRA model	Link to summary report	Witteveen & Bos, TNO, TUDelft
KEM-03a	All	All	2019	Dost, B., Gessel, van, S., Hoogendoorn, B., Huijgen, M., Marsman, M., Pluymaeker, M., Thienen-Visser, K.,	Towards a national research and HRA toolbox for mining effects in The Netherlands: a technical reconnaissance	Link to final report	TNO, Deltares, KNMI
KEM-04	Seismic GMM)	Gas production	2020	Ameri, G., Dijkstra, O., Mazzieri, I., Ozcebe, A.G., Paolucci, P., Piunno, G., Smerzini, C, Vanini, M.	Data driven study on seismic 3D structural features of Groningen ground motions	Link to final report	Fugro, Politecnica Milano, Seister, Hanzehogeschool, GR8-Geo, CM-consult
KEM-05a	Seismic GMM)	Gas production	2021	Meijers, P., Korff, M. et al	Cumulative effect of repetitive earthquakes on soil settlement	Link to final report	Deltares
KEM-05b	Seismic GMM)	Gas production	2021	Not KEM	Cumulative effect of repetitive earthquakes on buildings	Link to final report	TUD
KEM-06	All	Geothermal	2020	A'Campo, Y.W.L., Baisch, S., Besselink, F., Boter, E.L., Laenen, B. Slob, S.	Risk assessment for UDG and EGS and an inventory of preventive and mitigation measures	Link to main report	Witteveen & Bos, Q-Con, VITO
KEM-07	Seismic GMM)	Gas production	2018	Baisch, S., Voros, R.	Geomechanical study - Small gas fields in The Netherlands	Link to final report	Q-Con
KEM-08	Seismic GMM)	Gas production	2020	Dahm, T., Hainzl, Kühn, S., D., Oye, V., Richter, G., Vera Rodriguez, I.	Review, alternatives and future seismogenic source models for HRA model Groningen (3 reports)	Link to last report	GfZ Potsdam, Norsar
KEM-09	Seismic (All)	Gas production	2021	Pluymaekers et al.	Sensitivity analysis public seismic hazard and risk model train Groningen	Link to final report	TNO
KEM-10	Seismic (All)	Gas production	2018	Breunese, J., Kraaijpoel, D., Osinga, S.et al	Public Seismic Hazard and Risk Assessment model train Groningen, vs5 (3 reports)	Link to final report	TNO
KEM-11	Seismic (GMM)	Gas production	2019	Goertz-Allmann,B., Kühn,D., Langet,N., Lindholm, C., Meslem, A., Oye, V.	Review of the KNMI induced earthquake catalogue from the Groningen gas field (2 reports)	Link to final report	Norsar
KEM-11b	Seismic (GMM)	Gas production	2020	Christensen, J.M., Dando, B.D.E., Dichiarante, A.M., Ghione, F., Kühn, D., Langet, N., Oye, V.	Review of the KNMI induced earthquake catalogue from the Groningen gas field, continued phase 2A	Link to final report	Norsar (KNMI)
KEM-11c	Seismic (GMM)	Gas production	2021	Kühn, D., Oye, V. et al.	Review of the KNMI induced earthquake catalogue from the Groningen gas field, continued phase 2B		Norsar (KNMI)
KEM-13	Leakage (LSM)	Facility	2017	Heege ter, J., Zijp, M., Huijgen, M., Bouroulec, R., Wilpshaar, M.	Drilling in carbonate stringers occurring in salt formations	Link to final presentation	TNO

KEM-14	Seismic (GMM)	Gas production	2021	P. Meijers, P., Korff, M. et al	Liquefaction (settlement, damage) risk quantification risk module	Link to final report	Deltares
KEM-15	Seismic (SSM)	Geothermal	2021	Dijkstra, O. et al.	Optimal thermal production regime for prevention of the generation of seismicity during water injection given faults and production		Fugro, GfZ Potsdam
KEM-16	Subsidence (All)	Gas production	2021	Pluymaekers et al	Subsidence risks due to gas/oil production (new subsidence model train), phase 1		TNO, Deltares
KEM-16b	Subsidence (All)	Gas production	2021	Pluymaekers et al.	Subsidence risks due to gas/oil production (new subsidence model train), phase 2		TNO, Deltares
KEM-17	Leakage (LSM)	Salt mining	2019	Baumann, T., Brouard, J., Kaus, B., Schmatz, J.J., Klaver, Popov, A., Urai, J.L.	Over-pressured salt solution mining caverns and possible leakage mechanisms: review and modelling on pore, cavern and salt dome scales (5 reports)	Link to final report	Microstructures and Pores GmbH, Brouard Consulting, Smart tectonics
KEM-18	Leakage (LSM)	Gas production	2021	van Oort, E.	What are the long-term sealing risks associated with (geothermal) wells and what are the typical loss of containment risks	Link to final report	EVO
KEM-19	Leakage (LSM)	Gas production	2021	Bottero, S. et al.	Post reservoir abandonment long term fluid migration hydromechanical risks and monitoring strategy	Link to final report	TNO. Deltares
KEM-19b	Leakage (LSM)	Gas production	2021	Bottero, S. et al.	Post reservoir abandonment long term fluid migration hydromechanical risks and monitoring strategy, extended		TNO. Deltares
KEM-20	Seismic (FCL)	Gas production	2018	No project	Why and how are risk assessment Groningen model for buildings different from assessment using building norms (NPR)	KEM comments	None
KEM-24	Seismic (SSM)	Gas storage	2021	Dijkstra, O. et al.	Seismic risk reduction by fluid injection and pressure maintenance	Link to final report	Fugro et al.
KEM-24b	Seismic (SSM)	Gas storage	2021	Dijkstra, O. et al.	Seismic risk reduction by fluid injection and pressure maintenance, extended		TNO
KEM-27	Leakage	CO2 storage	2022	Raddatz Bob, A., Strijbos, F. et al	Monitoring requirements for CO2 storage sites on the Dutch continental shelf		DNV et al
KEM-28	Leakage	Hydrogen storage	2022	Klaver, J., Brouard et al	Risk assessment of hydrogen storage in a conglomerate of salt caverns in The Netherlands		Brouard, MAP, Pondera, Smart Tectonics, Geo-structures cons.
KEM-31	Sound	Gas	2021	Evers, L. et al	Infrasound generation and observation	Link to final report	KNMI, RIVM
KEM-33	Leakage (LSM)	Facility	2019	As van, D., Eftekari, A.A., Feilberg, K., Nick, H.M.	Review, evaluation of Brent spar decommissioning plan and second opinions	Link to final report	DTU et al
KEM-34	Seismic (FCL)	Gas production	2021	Martinelli, M. et al	Enhancing information flow on impacted infrastructure after seismic events	Link to EU reports	Deltares et al
KEM-35	Seismic (All)	Gas production	2020	Breunese, J., Kraaijpoel, D., Osinga, S. et al	Public Seismic Hazard and Risk Assessment model train Groningen, vs6	Link to final report	TNO
KEM-36	Seismic	Gas production	2022	Pauluci, P, Ameri, G., Dijkstra, O. et al	3D modelling the Groningen seismic wave field conform GMMv7, follow up of KEM-04		Fugro, Politecnica Milano, Seister,
KEM-39	Seismic	Gas storage	2022	Ferronato, M., Franceschini, A., Isotton, G., Janna, C., Teatini, P., Tosatto, O., Zoccarato, C.	Geomechanical/chemical factor determining fault criticality during pressure (non)cycling of underground CO ₂ , H ₂ , N ₂ storage	Link to final report	University of Padua

KEM-43	Seismic	Gas production	2022	Puymaekers et al	Development and validation of new submodels in the seismic HRA model Groningen	TNO
---------------	---------	----------------	------	------------------	--	-----

Wetenschappelijke publicaties uit (zwart) en in het verlengde van KEM projecten (grijs)

Algemeen (met KEM als sponsor)

Netherlands Journal of Geosciences, Special issue (2018) *Induced Seismicity in the Groningen Gas Field, the Netherlands*, Volume 96 - Special Issue 5 - December 2017. DOI: [10.1017/njg.2017.39](https://doi.org/10.1017/njg.2017.39)

KEM-01

Teatini, P., Ferronato, M., Franceschini, A., Frigo, M. and Janna, C., Zoccarato, C., Isotton, G. (2019) *Gas storage in compartmentalized reservoirs: a numerical investigation on possible "unexpected" fault activation*, - 53rd US Rock Mechanics/Geomechanics Symposium. Paper Number: [ARMA-2019-1991](https://doi.org/10.1017/njg.2019.1991)

Teatini, Pietro & Zoccarato, Claudia & Ferronato, Massimiliano & Franceschini, Andrea & Frigo, Matteo & Janna, C. & Isotton, Giovanni. (2020) *About geomechanical safety for UGS activities in faulted reservoirs*. Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences. DOI: [10.5194/piahs-382-539-2020](https://doi.org/10.5194/piahs-382-539-2020)

KEM-02/KEM-05

van Ginkel, J. (2022). *Seismic site response in the Netherlands: impact of the shallow subsurface composition on earthquake ground motion amplification*. University of Groningen. DOI: [10.33612/diss.211424759](https://doi.org/10.33612/diss.211424759)

KEM-03a

TNO-Deltares-KNMI (2019), *Towards a National Research Agenda and Risk Toolbox for Mining Effects in The Netherlands*, TNO-report TNO_R10375

KEM-04

Paolucci, R, Mazzieri, I, Piunno, G, Smerzini, C, Vanini, M, Özcebe, A. *Earthquake ground motion modeling of induced seismicity in the Groningen gas field*. *Earthquake Engineering Structural Dynamics*. 2021; 50: 135– 154. DOI: [10.1002/eqe.3367](https://doi.org/10.1002/eqe.3367)

Ameri, G., Martin, C, Oth, A. *Ground-Motion Attenuation, Stress Drop, and Directivity of Induced Events in the Groningen Gas Field by Spectral Inversion of Borehole Records*, July 2020, *Bulletin of Seismological Society of America* 110(5). DOI: [10.1785/0120200149](https://doi.org/10.1785/0120200149)

KEM-06

Buijze L, van Bijsterveldt L, Cremer H, Paap B, Veldkamp H, Wassing BBT, van Wees J-D, van Yperen GCN, ter Heege JH, and Jaarsma B. (2019) *Review of induced seismicity in geothermal systems worldwide and implications for geothermal systems in the Netherlands*. Netherlands Journal of Geosciences, Volume 98. DOI: [10.1017/njg.2020.9](https://doi.org/10.1017/njg.2020.9)

KEM-07

K. van Thienen-Visser, J.A. Roholl, B.M.M. van Kempen, A.G. Muntendam-Bos (2018) *Categorizing seismic risk for the onshore gas fields in the Netherlands*, *Engineering Geology*, Volume 237, Pages 198-207. DOI: [10.1016/j.enggeo.2018.06.011](https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2018.06.011)

Muntendam-Bos, A., Hoedeman, G., Polychronopoulou, K., Weemstra, C., Van der Zee, W., Bakker, R., Roest, H. (2021) *An overview of induced seismicity in The Netherlands*. Netherlands Journal of Geoscience. DOI: [10.1017/njg.2021.14](https://doi.org/10.1017/njg.2021.14)

KEM-08

Kühn D, Hainzl S, Dahm T, Richter G, and Vera Rodriguez I. (2020) *A review of source models to further the understanding of the seismicity of the Groningen field*. Netherlands Journal of Geosciences, Volume 101.

KEM-09

TNO (2022), KEM-09: *Cumulative propagation effect of Groningen risk model component uncertainties on hazard and risk predictions*. TNO2021 R12442.

KEM-03/KEM-10

TNO (2020) *Probabilistic Seismic Hazard and Risk Analysis, TNO Model Chain Groningen* TNO: [TNO2020_R11052](https://doi.org/10.1017/njg.2020.11052)

TNO (2020) *IT-platform for the TNO Groningen Model Chain PSHRA calculations* TNO: [TNO2020_R10474](https://doi.org/10.1017/njg.2020.10474)

TNO (2020) *Final report Status of the TNO Model Chain Groningen per October 1, 2020 and recommendations for the public Seismic Hazard and Risk Analysis 2021* TNO: [TNO2020_R11464](https://doi.org/10.1017/njg.2020.11464)

TNO (2021) *Proposed research activities for model development in the public SHRA Groningen* TNO: [TNO2021_R10153](https://doi.org/10.1017/njg.2021.10153)

TNO (2021) *Status of the TNO Model Chain Groningen per October 1, 2021 and recommendations for the public Seismic Hazard and Risk Analysis 2022* TNO: [TNO2022_R11742](https://doi.org/10.1017/njg.2022.11742)

TNO (2021) *Cumulative propagation effect of Groningen risk model component uncertainties on hazard and risk predictions* TNO: TNO2021_RR12442

KEM-11

Kühn, D., Heimann, S., Isken, M. P., Ruigrok, E., Dostal, J. (2020): *Moment tensor inversion testing report on hydrocarbon-induced seismicity in the Groningen gas field, the Netherlands*, GfZ report. DOI: [10.5880/GfZ.2.1.2020.003](https://doi.org/10.5880/GfZ.2.1.2020.003)

Gabriele Ameri, Christophe Martin, Adrien Oth (2020) *Ground-Motion Attenuation, Stress Drop, and Directivity of Induced Events in the Groningen Gas Field by Spectral Inversion of Borehole Records*. *Bulletin of the Seismological Society of America*. DOI: [10.1785/0120200149](https://doi.org/10.1785/0120200149)

KEM-14

Korff, M., Meijers, P., Wiersma, A., Kloosterman, F. (2019) *Mapping liquefaction based on CPT data for induced seismicity in Groningen, Earthquake Geotechnical Engineering for Protection and Development of Environment and Constructions*, CRC Press, Pages 8. ISBN: [9780429031274](https://doi.org/9780429031274)

KEM-15

Cacace, M., Hofmann, H. Shapiro, S.A. (2021) *Projecting seismicity induced by complex alterations of underground stresses with applications to geothermal systems*, *Sci Rep* 11, 23560, DOI: [10.1038/s41598-021-02857-0](https://doi.org/10.1038/s41598-021-02857-0)

Mathur, B., Hofmann, H., Cacace, M., Hutka, G., Zang, A. (2022) *Thermo-hydro-mechanical simulation of cooling-induced fault reactivation in Dutch geothermal reservoirs* ([in preparation](#))

Gergő Andra, Hutká, Máuro Cacace, Hannes Höfmánn^{1,2}, Arno Zang (2022) *Seismicity catalogues from Coulomb failure stress models related to cold water-injection in geothermal wells in the Netherlands* ([in preparation](#))

Gergő András Hutka, Mauro Cacace, Hannes Hofmann, Arno Zang, Lei Wang, Yinlin Ji (2022) *Numerical investigation of the effect of fluid pressurization rate on laboratory-scale injection-induced fault slip* ([in preparation](#))

KEM-16

TNO (2022) *The PySub Subsidence Model Framework: Technical Reference*, TNO: TNO2022_R11962

KEM-17

Baumann, T., Kaus, B., Popov, A., and Urai, J. (2020) *The 3D stress state within typical salt structures*, EGU General Assembly 2020, Online, EGU2020-15513. DOI: [10.2516/ogst/2020068](https://doi.org/10.2516/ogst/2020068)

Bérest, P., Brouard, B., Karimi-Jafari, M., & Réveillère, A. (2020). *Maximum admissible pressure in salt caverns used for brine production and hydrocarbon storage*. *Oil & Gas Science and Technology—Revue d'IFP Energies nouvelles*, 75, 76. HAL Id: [hal-02981415](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02981415)

KEM-19

Moghadam A., Peters E., Nelskamp S. (submitted 2022) *Gas leakage from abandoned wells: A case study for the Groningen field in the Netherlands*. *International Journal of Greenhouse Gas Control* 126 (2023) 103906.

KEM-34 (2 out of many)

Mario Martinelli, Cihan Cengiz, Antonis Mavritsakis, Mandy Korf (2022) *Seismic fragility functions for embankments on liquefiable soils affected by induced seismicity* ([in preparation](#))

E Ruigrok, A Rodriguez-Marek, B Edwards, P. Kruiver, B Dost, J Bommer (2022) *Derivation of a near-surface damping model for the Groningen gas field* *Geophysical Journal International*, Volume 230, Issue 2, August 2022, Pages 776–795, DOI: [10.1093/gji/ggac069](https://doi.org/10.1093/gji/ggac069)

KEM-35

TNO (2022) *Status of the TNO Model Chain Groningen per October 1, 2022 and recommendations for the public Seismic Hazard and Risk Analysis* TNO: TNO2022_R11961

Kraaijpoel D, Martins JE, Osinga S, Vogelaar B, and Breunese (2022) *J. Statistical analysis of static and dynamic predictors for seismic b-value variations in the Groningen gas field*. *Netherlands Journal of Geosciences*, Volume 101, e18. <https://doi.org/10.1017/njg.2022.15>

Bijlage E Huidige samenstelling KEM-panel en KEM-subpanel

KEM expertpanel

Voorzitter

Prof. Frank Baaijens <https://www.tue.nl/en/research/researchers/frank-baaijens/> Voorzitter KEM. Rector Magnificus Eindhoven.

Leden

Prof. Iunio Iervolino <http://wpage.unina.it/iuniervo/> Hoogleraar Napels, Stanford en Colombia. Expert op het gebied van schade en risico's door aardbevingen

Prof. Stefan Wiemer <http://www.seismo.ethz.ch/en/about-us/all-employees/stefan-wiemer/> Hoofd Zwitserse Seismologische Dienst, hoogleraar ETH. Expert geïnduceerde seismiteit

Prof. Robert Zimmerman <https://www.imperial.ac.uk/people/r.w.zimmerman> Hoogleraar gesteentemechanica Imperial College London. Editor in Chief International Journal of Rock Mechanics en auteur handboek Fundamentals of Rock Mechanics.

Prof. Majid Hassanizadeh <http://www.geo.uu.nl/hydrogeology/majid/cvmajid.html> / Hoogleraar Universiteit Utrecht. Expert in vloeistofstroming in poreuze media.

Prof. Inga Berre <https://www.uib.no/en/persons/Inga.Berre> Hoogleraar University of Bergen. Expert in het Modelleren van gekoppelde processen in de ondergrond.

Secretaris

Ipo Ritsema <https://www.linkedin.com/in/ipo-ritsema-4502481a/>

KEM coördinator EZK

Karin van Thienen-Visser <https://www.linkedin.com/in/karin-van-thienen-visser-52624b17/>

KEM coördinator SodM

Barend van Engelenburg <https://nl.linkedin.com/in/barend-van-engelenburg-89b1658>

Contact NCG

Herman van Os <https://www.linkedin.com/in/vanosherman/?originalSubdomain=nl> (in 2021 beëindigd)

KEM-subpanel

Prof. Stefan Wiemer <http://www.seismo.ethz.ch/en/about-us/all-employees/stefan-wiemer/> Hoofd Zwitserse Seismologische Dienst, hoogleraar ETH. Expert geïnduceerde seismiteit

Prof. Iunio Iervolino <http://wpage.unina.it/iuniervo/> Hoogleraar Napels, Stanford en Colombia. Expert op het gebied van schade en risico's door aardbevingen

Prof. Fabrice Cotton <https://www.gfz-potsdam.de/staff/fabrice-cotton/> Hoogleraar in Seismologie < Geoscience group at Potsdam University, Topic Director Geo-Hazards at GfZ

Prof. Femke Vossepoel <https://www.tudelft.nl/citg/over-faculteit/afdelingen/geoscience-engineering/sections/reservoir-engineering/staff/academic-staff/dr-ir-fc-femke-vossepoel/> Associate Professor in Geophysical data assimilation at Delft University

Prof. Pierre-Yves Bard <https://www.linkedin.com/in/pierre-yves-bard-b8847717/?originalSubdomain=fr> Professor Seismic risks at Grenoble University, Researcher at ISTere/IFFSTAR, Grenoble

Secretaris

Ipo Ritsema <https://www.linkedin.com/in/ipo-ritsema-4502481a/>

Bijlage F Termen, afkortingen en definities

Bodembewegingen	Hieronder vallen seismische grondbewegingen of trillingen en langzame bodemdaling of -stijging onder.
Bodemdaling	Bodemdaling is de zakking van het aardoppervlak. Hiervoor kunnen diverse oorzaken zijn. Het proces verloopt langzaam en onderscheid zich daardoor bodemtrillingen.
Dashboard	Eenvoudige presentatie van strategische doelstellingen. In dit kader het kennis niveau en beschikbaarheid van publieke tools voor dreiging en risico analyse van mijn effecten
DeepNL	NWO wetenschappelijk onderzoeksprogramma naar het gedrag van de diepe ondergrond, onder invloed van de activiteiten die de mens
EZK	Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
Geïnduceerde aardbeving	Een aardbeving veroorzaakt door menselijke activiteit zoals het produceren van gas uit de diepere ondergrond
FCM	Fragility and Consequence Model, waarmee - gegeven berekende grondbewegingen (PGA, PGV) - de veiligheidsrisico's worden berekend op basis van de kwetsbaarheid van gebouwen. Op dit moment is versie 7 in gebruik.
GMM	Ground Motion Model, model waarmee de (kansen op) grondbewegingen worden berekend die kunnen optreden tijdens 48 een aardbeving van een gegeven magnitude die op een gegeven locatie optreedt. Het Groningen GMM is in verschillende stappen ontwikkeld. Het eerste eenvoudige model GMM-versie 0 (V0) werd begin 2013 gemaakt voor het 2013 Winningsplan. In de jaren daarna is het model stapsgewijs steeds geavanceerder geworden. Het huidige model heeft versienummer 6. NAM werkt momenteel aan de ontwikkeling van versie 7
HRA model	Computermodel waarmee de seismische dreiging en het seismisch risico in Groningen worden berekend
IMG	Instituut Mijnbouwschade Groningen
KEM	Kennisprogramma Effecten Mijnbouw, onderzoeksprogramma voor ontwikkeling van een onafhankelijke kennispositie dat op advies van de Onderzoeksraad voor Veiligheid (OVV) in opdracht van de Minister van EZK wordt uitgevoerd. Doel is het inzicht in mogelijke dreigingen en risico's van mijnbouwactiviteiten in Nederland te vergroten
KEM-panel	Panel van onafhankelijke wetenschappelijke deskundigen dat toeziet op de kwaliteit, relevantie, volledigheid, geschiktheid en onafhankelijkheid van het KEM
KEM-subpanel	KEM-subpanel dreiging en risicoanalyse modelontwikkelingen, gericht op de (via het KEM expert panel) advisering over ontwikkeling van het publieke SDRA
KNGMG	Koninklijk Nederlandse Geologisch en Mijnbouwkundig Genootschap
KNMI	Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut
NAC	Nederlands Aardwetenschappelijk Congres
NAM	Nederlandse Aardolie Maatschappij
NCR	Nationaal coördinator Groningen
NiB	Nationale informatievoorziening Bodemdaling
NPR	Nationale Praktijk Richtlijn. Een rekenkundige beoordeling volgens de NPR geeft aan of een gebouw sterk genoeg is om de belasting van een aardbeving te kunnen weerstaan. De NPR biedt opdrachtgevers,

	constructeurs en aannemers een (technisch) houvast bij nieuwbouw en bij het preventief versterken van bestaande gebouwen
	PEGA
PEGA	Parlementaire Enquête Groninger Aardgaswinning
PGA	Peak Ground Acceleration: de hoogste grondversnelling die optreedt op een bepaalde locatie tijdens een aardbeving
PGV	Peak Ground Velocity: de hoogste snelheid waarmee de grond beweegt op een bepaalde locatie
Seismische grondbewegingen	De trilling van de grond ten gevolge van een aardbeving
Seismische grondsnelheid	De snelheid waarmee de grond trilt ten gevolge van een aardbeving
Seismische grondversnelling	De verandering van de snelheid waarmee de grond trilt ten gevolge van een aardbeving
Shake maps	Kaarten met de contouren van de opgetreden maximale grondversnelling (de PGA), maximale grondsnelheid of maximale pseudo spectrale versnelling (PSA) voor een gegeven aardbeving
SodM	Staatstoezicht op de Mijnen (toezichthouder op o.a. de olie en gaswinning in Nederland)
SDRA	Seismische dreiging en risicoanalyse
SHRA	Seismic Hazard and Risk Analysis
State-of-the-art	Hoogste niveau van ontwikkeling naar de huidige stand van zaken
Tcbb	Technische commissie bodembewegingen
TCMG	Tijdelijke Commissie Mijnbouwschade (per 1 juli 2020 opgegaan in het Instituut Mijnbouwschade Groningen)
TNO	Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek
Validatieonderzoek	Het controleren van een waarde of een methode om aan te tonen dat een apparaat, systeem of instrument met een grote mate van zekerheid in staat is bedoelde resultaten op te leveren