

SEISMISCH RISICO BEHEERSPLAN

Aardwarmte Polanen

Documentnaam	Seismisch Risico Beheersplan – Aardwarmte Polanen
Auteur(s)	████████████████████
Controle	██████████
Versie	v_1.0
Datum	13-5-2022
Status	Compleet

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
2	Achtergrond	3
2.1	Historische seismiciteit	3
2.2	Mijnbouwactiviteit in de omgeving	3
3	Seismisch monitoring	3
3.1	Netwerk KNMI	3
3.2	Monitoring	4
4	SHA Level 2 Polanen	4
5	Schade en relatie met magnitude	5
6	Seismisch Response Protocol	6
6.1	Seismisch Risico Coördinatie	6
6.2	Gebiedsbepaling	7
6.3	Verkeerslichtsysteem (VLS)	7
6.4	Communicatie protocol	9
7	Bijlagen	11
7.1	SHA level 2 (Panterra, 2021)	11
7.2	Tektonische- en geïnduceerde bevingen KNMI	11

1 Inleiding

Aardwarmte Polanen (hierna POL) is van plan een geothermische doublet te ontwikkelen in Monster. Bij dit project zal warmte worden geproduceerd uit aardlagen van de Schieland Groep. Als onderdeel van het pre-drill winningsplan is een seismisch hazard analyse (SHA) volgens een Quick-Scan methode uitgevoerd. De uitkomst valt op het grensvlak van laag en medium seismisch potentieel. Als gevolg van deze uitkomst is er een locatie specifieke seismische dreigingsanalyse (SHA Level 2) uitgevoerd. Dit document beschrijft summier de resultaten van de studie en maatregelen om het seismisch risico te mitigeren.

Er vinden momenteel veel ontwikkelingen plaats met betrekking tot het beleid rondom seismisch risico. Als dit tot andere inzichten leidt zal POL mogelijk een update indienen van dit beheersplan.

2 Achtergrond

2.1 Historische seismiciteit

Het overzicht van de tektonische- en geïnduceerde bevingen die door het KNMI zijn geregistreerd is opgenomen in bijlage 7.2. Zoals te zien is in dit overzicht is er nog nooit een beving geregistreerd in de buurt van de projectlocatie.

TNO AGE heeft in 2020 onderzoek gedaan naar de risico's van eventuele seismiciteit van geothermie¹. In deze studie is gekeken naar internationale analogen voor de Nederlandse situatie en wordt geconcludeerd dat er bij projecten met matrix gedomineerde stroming zoals het project Polanen, tot op heden geen seismiciteit ($M > 2,0$) is waargenomen. Ook bij Nederlandse in productie zijnde systemen met matrix gedomineerde stroming zijn tot op heden geen bevingen ($M > 1,5$) gepubliceerd.

2.2 Mijnbouwactiviteit in de omgeving

Binnen het bereik van de beoogde winningsvergunning van Polanen bevinden zich twee gasvelden, Monster en de Lier welke produceren uit zandsteenlagen in het Trias en de Rijnland Groep. Geen van de velden produceert uit het doelreservoir van Polanen.

Er wordt geen interferentie verwacht tussen deze velden en de geplande putten. De gasvelden vallen binnen een Seismisch Risico Categorie 2, voor deze categorie geldt dat er additionele monitoring wordt toegepast. De monitoring van deze velden geschiedt via het netwerk van KNMI.

Het Seismisch Risico Beheersplan voor deze velden is te vinden op de website van NAM², bij een beving van $M > 3$ is er verhoogde kans op schade en zal NAM stoppen met productie van het veld.

3 Seismisch monitoring

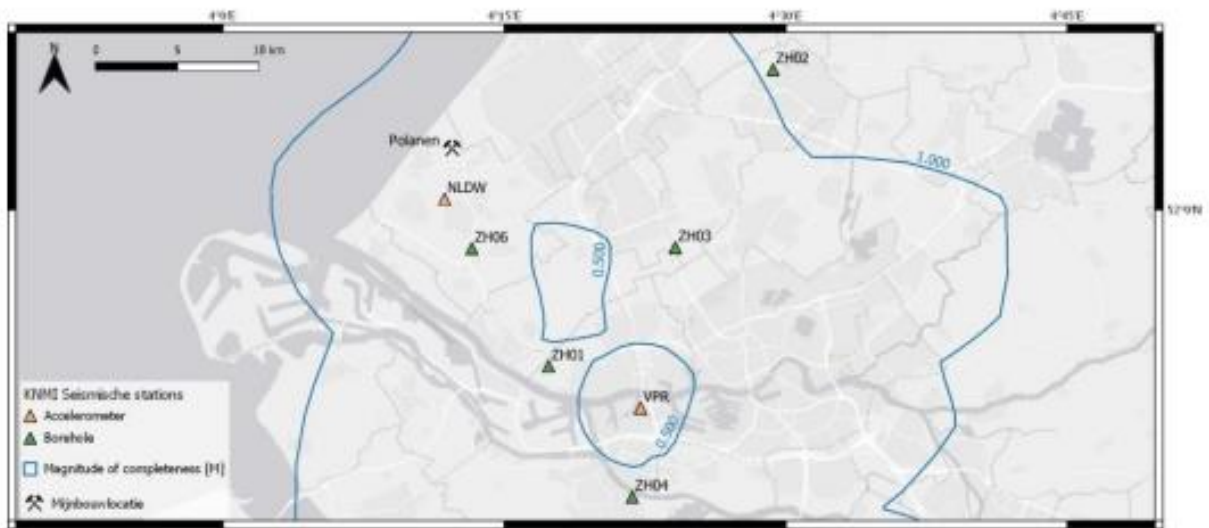
3.1 Netwerk KNMI

Het seismisch meetnetwerk van het KNMI³ in en nabij Westland bestaat momenteel uit vijf boorgatstations en twee versnellingsmeters aan het oppervlak (Figuur 1). Hiermee ligt de magnitude of completeness voor de mijnbouwlocatie Polanen tussen $M_{0,5-1,0}$.

¹ TNO (2020), Risico's van eventuele seismiciteit bij geothermie, AGE 20-10.036

² www.nam.nl

³ <https://www.knmi.nl/nederland-nu/seismologie/stations>



Figuur 1 Mijnbouwlocatie, de huidige distributie van KNMI seismisch meetstations, en de magnitude of completeness nabij Westland

3.2 Monitoring

Om een beeld te krijgen van de situatie voor de start van boren en exploitatie wordt voor het project “Polanen” sinds mei 2021 de seismische activiteit die is gemeten bij de regionale meetstations verwerkt. Hierbij gaat het met name om de data van de oppervlaktemeters en de diepste boorgatsensoren (-200 m diepte). Per meetsensor wordt de gemeten seismische activiteit voor de drie channels (meetrichting) geanalyseerd. Deze data worden vervolgens vergeleken door de tijd voor trendanalyse en naast de putactiviteitsdata gelegd voor potentiële correlatie. Daarnaast worden network coincidence triggers (waarbij op een kort interval, bij verschillende meetstations hoge waarden gemeten worden) gekarakteriseerd, en geëvalueerd of deze eventueel gerelateerd zijn aan activiteit nabij de mijnbouwlocatie.

De bevindingen worden maandelijks gesommeerd in het Veegeo Seismisch Monitoring Dashboard. Deze gaat gepaard met een toelichting waar de data en analyses in detail gerapporteerd en gedocumenteerd worden.

4 SHA Level 2 Polanen

Het project Polanen gaat uit van exploitatie uit de Delft Zandsteen.

De studie zoals uitgevoerd door PanTerra voor het bepalen van de breukstabiliteit gebruikt twee geomechanische modellen; een analytisch 2D-model om de slipneiging (SCU) langs een breukvlak te berekenen, en een Stochastisch model (1D) gebaseerd op het Mohr-Coulombcriterium voor het berekenen van breukstabiliteit op het meest kritisch-gespannen punt op het breukvlak dat volgt uit de SCU. Samenvattend laat de model simulaties zien dat de breuken grenzend aan het beoogde doublet onder de opgelegde temperatuurveranderingen na een periode van 30 jaar in 8-10% van de simulaties neiging hebben te gaan bewegen. Na 10 jaar is dit slechts 0,3-1%.

Omdat niet kan worden uitgesloten dat nabijgelegen breukvlakken door afkoeling kritisch gespannen kunnen raken wordt er een verkeerslichtsysteem opgesteld dat wordt beschreven in de volgende paragraaf.

Opmerkingen op basis van de uitgevoerde studie:

- De Shear Capacity Utilization (SCU) is een model om de slipneiging langs een breukvlak te berekenen; het geeft een indicatie van de neiging van een breuk om te gaan bewegen onder de opgelegde temperatuurveranderingen. De slipneiging is geen directe indicatie van seismiciteit. Dit is

onderzocht in KEM-07⁴, waar geen duidelijke correlatie is gevonden tussen overschrijding van een SCU van 1 en daadwerkelijk bevende (gas)velden.

- Omdat er geen meetbare bevingen hebben plaatsgevonden die gekoppeld kunnen worden aan geothermie systemen met matrix permeabiliteit in Nederland of vergelijkbare geologische settings met matrix permeabiliteit in het buitenland is het SCU model vooralsnog niet gekalibreerd.
- De velden Monster (productie sinds 01-12-1990) en de Lier (productie sinds 01-01-1957) produceren uit omliggende reservoirs. Als gevolg van de drukdaling door productie in een olie- of gasveld treden in het reservoirgesteente spanningsveranderingen op. Spanningsverandering op een ondergrondse breuk kunnen leiden tot geïnduceerde bewegingen van het gesteente langs deze breuk. Aangezien er al meer dan 30 jaar productie uit deze velden plaatsvindt is het aannemelijk dat er al beïnvloeding van de natuurlijke stress heeft plaatsgevonden. De SHA houdt geen rekening met eventuele spanningsveranderingen in relatie tot de omliggende velden.

5 Schade en relatie met magnitude

TNO (2020)¹ beschrijft in haar rapport ook de relatie tussen seismiteit en schade. De vorm en mate van schade kan worden ingedeeld volgens de EMS-98 Europese Macroseismische Schaal. Deze schaal geldt alleen voor gebouwschade: voor schade aan bijvoorbeeld industrie is een dergelijke schaal nog niet beschikbaar. Op basis van deze schaal kunnen vijf categorieën (Damage States) worden onderscheiden:

- DS1: verwaarloosbare tot kleine schade (I-VI)
- DS2: beperkte, herstelbare schade (VI)
- DS3: substantiële tot zware schade (VII)
- DS4: zeer zware schade (VII-VIII)
- DS5: verwoesting (VIII-XII)

PGV [cm/s]	0.01-0.02	0.03-0.09	0.07-23	0.2-0.6	0.5-1.6	1.3-4.4	3.5-11.6	9-31	25-82	66-219	176-584	> 412
PGA [cm/s ²]	0.2-1.2	0.6-3.0	1.5-7.3	4-18	9-43	21-105	51-258	126-630	310-1540	750-3540	1830-9170	> 4470
EMS Intensity	I not felt	II scarcely felt	III weakly felt	IV largely observed	V strongly felt, hair cracks	VI slight damages	VII dama- ging	VIII heavy damages	IX destruc- tive	X very destruc- tive	XI devas- tating	XII complete devas- tating
Depth [km]												
D [cm]	0.2 - 0.6	0.6 - 1.9	1.9 - 5.9	5.9 - 18.6	18.6 - 59	59 - 184	184 - 583	> 583				
L [km]	0.01 - 0.04	0.04 - 0.16	0.16 - 0.64	0.64 - 2.6	2.6 - 10	10 - 40	40 - 160	> 160				
Energy	1	× 32	× 1000	× 32,000	× 1,000,000	× 32,000,000	× 1,000,000,000	× 32,000,000,000				

Figuur 2 Relatie tussen breuklengte L, verplaatsing D, magnitude en diepte van bevingen en de macro-seismische intensiteit conform EMS-98, met bijbehorende bandbreedtes van Peak Ground Acceleration (PGA) en Peak Ground Velocity (PGV). Geselecteerde bevingen bij EGS operaties (groene sterren) en natuurlijke bevingen (rode sterren) zijn weergegeven op hun diepte (bron: Zang, 2014). De relatie tussen magnitude en intensiteit is representatief voor gebieden met EGS systemen. De magnitudes van bevingen in het Groningen veld worden over het algemeen gekenmerkt door een hogere intensiteit dan de relatie in deze tabel, vanwege afwijkende lokale condities (b.v. door relatief grote kwetsbaarheid van huizen).

De nadelige effecten van eventuele aardbevingen bij geothermie verschillen qua aard niet van andere geïnduceerde bevingen, zoals bijvoorbeeld ten gevolge van gaswinning. Relatief kleine bevingen, tot ongeveer M=2,5, leiden volgens de EMS98 schaal niet tot nadelige effecten in termen van materiële schade en tot M=3,5 zijn de nadelige effecten beperkt tot eenvoudig herstelbare schade (meestal DS1,

⁴ Baisch, R. & Baisch, S. (2018). *Geomechanical Study – Small Gas Fields in the Netherlands*. Q-con prepared for SodM.

beperkt DS2).

De kans op het optreden van seismiteit met $M > 3,5$ is zeer gering voor de reservoirs met matrix gedomineerde stroming zonder kritisch voorgespannen breuken. Dit wordt ondersteund door de beschikbare kennis met betrekking tot de mechanismen die leiden tot spanningsveranderingen op breuken en de afwezigheid van waargenomen bevingen bij vergelijkbare projecten¹.

Uit onderzoek naar bevingen als gevolg van hydraulisch stimuleren voor schaliegas⁵ en Enhanced Geothermal System (EGS) in Basel⁶ kan worden afgeleid dat er voor dit soort operaties een “trailing effect” bestaat. Dit houdt in dat er na de initiële beving nog een serie aan bevingen kan volgen. De magnitude van deze bevingen verschilt. In Basel was de sterkste beving M0,8 hoger dan de initiële beving. Het “trailing effect” van bevingen als gevolg van hydraulisch stimuleren bij schaliegas was lager dan M1,0 in 60% van de gevallen, in 23% van de gevallen M1,0-2,0 en in 11% van de gevallen groter dan M2,0. Hierbij moet voorop gesteld worden dat deze systemen geen goede analoog zijn voor een geothermische systeem met matrix permeabiliteit, en dat er geen gebruik gemaakt zal worden van hydraulische stimulatie in Polanen. De mogelijkheid van een “trailing effect” kan op dit moment echter niet uitgesloten worden. Aangezien er überhaupt nog geen bevingen als gevolg van geothermie exploitatie in geothermie systemen met matrix permeabiliteit is waargenomen en er dus ook geen data is om dit “trailing effect” beter te kwantificeren wordt er voor dit Seismisch Risico Beheersplan een “trailing effect” van maximaal M1,0 aangenomen.

POL stopt met productie als er een beving met magnitude van 2,0 of groter plaatsvindt in de directe omgeving van het project en als deze redelijkerwijs gekoppeld kan worden aan het geologisch model. Als er met een “trailing effect” van M1,0 rekening wordt gehouden zullen deze bevingen een M3,0 niet overschrijden en zal er volgens de EMS-98 richtlijn geen materiele schade plaatsvinden. Deze waarde sluit enigszins aan bij het beleid voor de omliggende velden Monster en De Lier die worden ingesloten bij M3,0.

6 Seismisch Response Protocol

Uit de SHA Level 2 is gebleken dat kritisch gespannen breuken als gevolg van afkoeling niet uitgesloten kunnen worden. Ondanks de kleine kans moet een beving die kan leiden tot schade nadrukkelijk vermeden worden. Dit Seismisch Risico Beheersplan beschrijft welke maatregelen genomen worden om de mogelijke consequenties van de winning van geothermie zo veel mogelijk te beperken. Dit kunnen maatregelen zijn waardoor bodembeweging voorkomen of beperkt kan worden, of maatregelen waarmee negatieve gevolgen voorkomen, beperkt of verzacht worden.

In dit plan wordt vastgelegd wat er met seismische gegevens wordt gedaan en welke situaties aanleiding geven tot het nemen van een mitigerende actie. In dit beheersplan is gekozen voor de aanpak met het zogenaamde verkeerslichtsysteem (VLS), waarbij per kleur wordt beschreven wat de mogelijke acties zijn en hoe er intern en extern wordt gecommuniceerd.

In overleg met SodM worden eventueel maatregelen op productie genomen om de kans op nieuwe bevingen te beperken.

6.1 Seismisch Risico Coördinatie

Integraal onderdeel van de exploitatiefase van POL is het VG zorgsysteem. In het VG zorgsysteem voor de exploitatiefase is een Crisis Communication Plan (CCP) gedefinieerd. Hierin is het Crisis Team (CT) beschreven. In het kader van seismisch risico heeft POL tevens een Seismisch Risico Coördinatie Team (SRCT) benoemd. De leden vormen het eerste contactpunt voor alles wat te maken heeft met seismiteit. Bij seismische activiteit volgt het SRBT het escalatieproces zoals beschreven in het seismisch risicobeheerssysteem in het onderstaande verkeerslichtsysteem (Tabel 1).

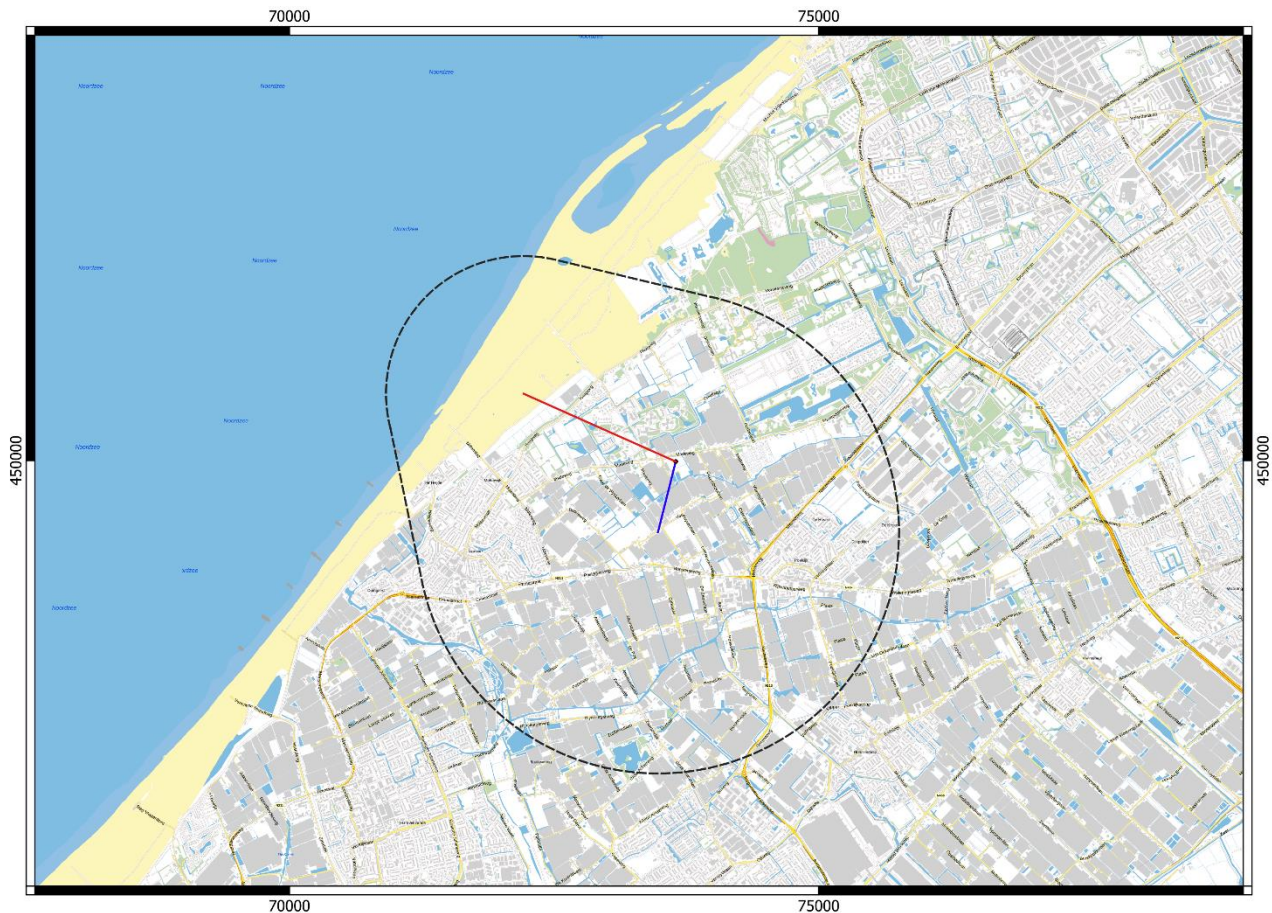
⁵ Verdon, J.P. and Bommer, J.J. (2021). *Green, yellow, red, or out of the blue? An assessment of Traffic Light Schemes to mitigate the impact of hydraulic fracturing-induced seismicity.* *J Seismol* (2021) 25:301–326.

⁶ S. Baisch, P. Carstens, R. Vörös, K. Wittmann (2021). *(When) do earthquakes respect traffic lights?* QCon. 82nd EAGE Annual Conference & Exhibition.

6.2 Gebiedsbepaling

Als er door KNMI een beving wordt gepubliceerd binnen het gebied zoals aangegeven in Figuur 3 treedt het VLS in werking. Het bereik van dit gebied is gebaseerd op onderstaande elementen:

- Area of Influence (AOL), dit is een combinatie van:
 - Cirkel met een straal van 300m rondom de productieput op reservoirniveau
 - Cirkel met een straal van $0,7 \times$ afstand tussen de twee putten op reservoirniveau
- Resolutie van het KNMI netwerk in Zuid-Holland:
 - Rondom de AOL een buffer van 1km^7



Figuur 3 Beoogde putten van het project Polanen, als er een beving wordt gerapporteerd binnen het zwart gestippelde gebied treedt het verkeerslicht systeem in werking.

6.3 Verkeerslichtsysteem (VLS)

Om materiële schade als gevolg van het optreden van seismiteit te voorkomen moet het tempo van de aardwarmtewinning mogelijk worden aangepast of zelfs worden gestopt als bepaalde grenswaarden worden overschreden. Hiervoor is allereerst een continue monitoring voor seismische activiteit nodig, deze wordt geleverd door het KNMI. Naast de monitoring zelf is vervolgens van belang dat geregistreeerde seismische activiteit in het gebied aan Polanen wordt gerapporteerd, dit wordt gedaan met het Veegeo Dashbord. Indien er een beving wordt gerapporteerd zal deze vergeleken worden met het geologisch model, de locatie van putten en breuken.

⁷ Pers. Comm. Elmer Ruigrok (18 februari 2022) "Een grove schatting is dat de locatie-onzekerheid beter is dan een kilometer in het deel van Zuid Holland dat omsloten wordt door het huidige (sub)netwerk."

Indien er een beving wordt geregistreerd met een magnitude groter dan 2,0 zal de productie worden stopgezet. Een beving van M2,0 kan mogelijk gevoeld worden maar het is niet aannemelijk dat dit schade aan gebouwen zal veroorzaken.

Hierbij dient te worden benadrukt dat er in de buurt van de Polanen meerdere aardwarmtewinningen actief zijn in de diepe ondergrond als ook producerende koolwaterstof-voorkomens. Het vaststellen van een causaal verband tussen een geregistreerde aardbeving en exact welke winning dit heeft veroorzaakt is daarmee gecompliceerd en mogelijk niet onomstotelijk vast te stellen.

Tabel 1 Risicobeheerssysteem: communicatie- en actieplan bij een waargenomen beving

Magnitude	Escalatie	Interne communicatie	Acties	Externe communicatie
0,5 < M < 1,0 <i>Doorgaan</i>	Normaal werkgebied <i>Kans dat er vragen komen</i>	Indien er een beving wordt gemeten komt SRCT op de eerste werkdag nadat de aardbeving is gepubliceerd bijeen.	Indien er een beving wordt gemeten vergelijkt SRCT de plaats van de aardbeving met het geologische model, de locatie van putten en breuken.	- POL informeert B&W van gemeente Westland. - POL belt met SodM.
1,0 < M < 2,0 <i>Evaluëren</i>	Seismische activiteit <i>Kans dat er vragen komen en dat de beving gevoeld is</i>	SRCT komt binnen 48 uur of op de eerste werkdag nadat de aardbeving is geregistreerd bijeen.	- SRCT vergelijkt de plaats van de aardbeving met het geologische model, de locatie van putten en breuken. - Herziening van aannames in het geologisch- en geomechanisch model en SHA. - POL overlegt met toezichthouder (SodM).	- POL belt met SodM. - POL informeert B&W van gemeente Westland.
M ≥ 2,0 <i>Stop</i>	Seismische activiteit <i>Kans dat de beving gevoeld is, kans op schade</i>	Het CT en SRCT komen direct gezamenlijk bijeen.	- POL stopt productie. - SRCT vergelijkt de plaats van de aardbeving met het geologische model, de locatie van putten en breuken. - Herziening van aannames in het geologisch- en geomechanisch model en SHA. - POL zal productie pas hervatten na overleg met de toezichthouder (SodM) en communicatie met de omgeving. - POL creëert capaciteit om meldingen van schade goed te behandelen.	- POL belt met SodM. - POL belt B&W van de gemeente Westland om afspraken te maken over schadeafhandeling en externe communicatie. - CT belt de veiligheidsregio Haaglanden voor afstemming crisis management.

Een herhaling van kleinere bevingen kan zorgen voor een escalatie in het risicobeheerssysteem, deze escalatie is weergegeven in onderstaande tabel 2.

Tabel 2 Escalatie bij meer dan een enkele beving

Magnitude	Aantal bevingen in één jaar			
		1 beving	2 bevingen	3 bevingen en meer
	$0,5 < M < 1,0$			
	$1,0 < M < 2,0$			
	$M \geq 2,0$			

6.4 Communicatie protocol

POL heeft een communicatie protocol vastgesteld dat is verbonden aan het VLS zoals hierboven aangegeven. In geval er een status rood ontstaat is het communicatie protocol als volgt:

- **Binnen 12 uur na melding van een aardbeving:**
 - o POL SRCT wordt door KNMI geïnformeerd en het SRCT informeert direct het CT;
 - o POL belt met SodM;
 - o Contact met NAM en de omliggende aardwarmtewinningen (Trias Westland, Geothermie de Lier, Geopower Oudcamp, Green Well Westland, Nature's Heat en Aardwarmte Vogelaer) wordt gelegd;
 - o POL belt het college van B&W van de gemeente Westland om afspraken te maken over schadeafhandeling en externe communicatie;
 - o CT belt de veiligheidsregio Haaglanden voor afstemming crisis management;
 - o POL publiceert de aardbeving op haar website;
 - o De aardbeving wordt gecommuniceerd naar de omwonenden van de aardwarmtewinning via email en/of whatsapp;
 - o POL informeert de aandeelhouders.
- **Binnen 48 uur na melding van een aardbeving:**
 - o POL CT stelt een nader communicatieplan op en stelt nadere acties vast in overeenstemming met het CCP, in samenspraak met het SRCT en het bevoegd gezag.
- **Verdere acties die na 48 uur plaatsvinden:**
 - o POL start met onderzoek van eventuele schadeclaims via aan te stellen onafhankelijke schade experts.
 - o Op de website zal informatie worden geplaatst omtrent het verwijzen naar mogelijkheden om een schadeclaim in te dienen als POL wordt verbonden aan de opgetreden aardbeving.
 - o De aardbeving wordt nader toegelicht aan de omwonenden van de aardwarmtewinning via een inloopsessie.

De contactlijst voor de opvolging van een aardbeving is hieronder aangegeven en is toegevoegd aan het Polanen CCP. De lijst geeft aan wie contact heeft met welke personen en organisaties.

Organisatie	Persoon	Telefoonnummer	Verantwoordelijk
College B&W			
Gemeente Westland			
SodM			
NAM			
Geothermie de Lier			
Geopower Oudcamp			
Green Well Westland			
Nature's Heat			
Aardwarmte Vogeleer			
Stakeholders POL:			
Cooperation POL			
HVC groep			
Capturam			
Omwonenden			

Contact informatie van de verantwoordelijke Polanen stafleden:

7 Bijlagen

7.1 SHA level 2 (Panterra, 2022)

7.2 Tektonische- en geïnduceerde bevingen KNMI

