



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

Technisch Rapport

Analyse onderbouwing CLG

Aardwarmtewinning en Seismiciteit

Analyse technische onderbouwing CLG

Inhoudsopgave

Inleiding	1
Werkwijze SodM.....	2
Analyse CLG	2
Onderbouwing van CLG.....	3
Wat vindt SodM van de Analyse?	3
Mening externe technisch expert	6
Conclusie over bevingen	6
Wat stelt CLG als beheersmaatregelen voor?	6
Wat vind SodM van die beheersmaatregelen.....	7
Oordeel SodM	7
Referenties	7
Bijlagen	9

Inleiding

Californië Lipzig Gielen Geothermie BV (hierna: CLG) is een operator die aardwarmte levert aan een aantal tuinbouwbedrijven binnen tuinbouwgebied Californië, gemeente Horst aan de Maas in het noorden van Limburg. De warmte wordt gewonnen met behulp van een doublet, bestaande uit twee putten, CAL-GT-04 (productie) en CAL-GT-05 (injectie). Dit doublet produceert op diepte uit watervoerende grotten en breuken in kalksteen (Zeeland en Bosscheveld formaties) alsmede uit zandsteen (Condroz formatie).

Het doublet van CLG bevindt zich binnen een straal van ca. 1,5 km van een ander doublet, dat van Californië Wijnen Geothermie BV (hierna: CWG). Van dit doublet raakte de oorspronkelijke injector-put (CAL-GT-02) verstopt waarna er besloten werd een 3e put (CAL-GT-03), die oorspronkelijk bedoeld was als 2e productieput, tijdelijk in te zetten als nieuwe injector-put. Echter waar CAL-GT-02 gepositioneerd van de breuk af, bevindt het producerende deel van het doublet (nu CAL-GT-03) dicht bij de Tegelen-breukzone. Vanwege de risico's met het opereren nabij een actief breuksysteem werd er een seismisch monitoringssysteem geïnstalleerd in combinatie met een stoplichtsysteem, waarbij productie verminderd of gestopt kon worden om de seismische risico's te beheersen. In mei 2018 liep de tijdelijke vergunning af en sindsdien is het CWG doublet niet meer in gebruik.

Op 25 augustus 2018 vond er een aardbeving plaats die, conform eerdere afspraken, op 27 augustus (next business day) gemeld wordt bij SodM. Op 28 augustus 2018 werd het CLG doublet van ingesloten, en de oorzaak van de eerdere beving onderzocht. Op 3 september vonden er enkele bevingen plaats waarvan één met magnitude 1,7. Op 4 september 2018 werd besloten dat het CLG doublet niet opnieuw kan opstarten voordat er een definitief Seismische Risico Analyse (SRA) gedaan is, en de bijbehorende risicobeheersmaatregelen door SodM goedgekeurd zijn. Hier dient ook duidelijk gemaakt te worden hoe het CLG doublet in de toekomst veilig kan opereren. In de periode

daaropvolgend vinden er diverse gesprekken plaats tussen SodM en CLG. Hierin laat SodM nadrukkelijk weten dat het niet haar taak is als toezichthouder om het onderzoek te vormen. SodM vraagt herhaaldelijk om een compleet onderzoek met een overkoepelend document van CLG waarin duidelijk de oorzaak van bovenstaande bevingen staan beschreven, en een SRA inclusief risicobeheersmaatregelen. Dit document moet voldoende houvast gebieden om te kunnen beslissen of het CLG doublet weer kan opereren.

CLG heeft hiervoor onderzoek laten doen door een consultant (Q-con) naar de oorzaak van de aardbevingen. Tevens is de seismische risico analyse geïmplementeerd. Hierbij heeft CLG een overkoepelende notitie opgesteld. Op 12 april 2019 is deze documentatie bij SodM aangeboden, waarna SodM met haar beoordeling is begonnen. Een precieze tijdslijn is gegeven in de bijlage.

Werkwijze SodM

Om te bepalen of het CLG doublet (nb.: CAL-GT-04 en CAL-GT-05) in de toekomst opnieuw in werking kan stellen heeft SodM aan CLG gevraagd aan te tonen dat dit geen oncontroleerbare gevaren met zich mee brengt, bijvoorbeeld een schadeopwekkende aardbeving.

Op basis van deze documenten heeft SodM gecontroleerd wat de bevindingen van CLG zijn, en hoe deze onderbouwd worden door de rapporten van Q-Con. Vervolgens werden de bevindingen puntsgewijs geanalyseerd op technische inhoud door SodM. Daarnaast heeft SodM ten behoeve van objectiviteit een onafhankelijke internationaal gerenommeerde technisch expert gevraagd om de onderbouwing van de aangeleverde stukken te duiden. Deze zijn gebaseerd op de (Engelstalige) documenten van Q-con, en per brief gecommuniceerd op 5 juni 2019.

Om te beoordelen of heropstarten mogelijk is kijkt SodM niet alleen naar wat waarschijnlijk de oorzaak was van bevingen in het verleden, maar ook naar mogelijke andere oorzaken die kunnen leiden naar toekomstige bevingen. Bij deze beoordeling wordt niet alleen gekeken naar de technische kwaliteit, maar ook naar de kwaliteit (en kwantiteit) van de data omdat met een slecht gedefinieerde data het niet mogelijk is om met zekerheid een systeem te doorgronden. Een standaard uit de olie en gas industrie: ISO 17776 Annex A, is een voorbeeld van dit afwegingskader.

Hieronder beschrijven we eerst welke analyses CLG heeft uitgevoerd om de opgetreden bevingen te duiden, en welke conclusie ze daaruit heeft getrokken. Daarna wordt beschreven hoe SodM deze conclusies beoordeelt. Vervolgens worden de voorgestelde risicobeheersmaatregelen beschreven en beoordeelt.

Analyse CLG

- 1) CLG schrijft dat niet uitgesloten kan worden dat geothermische activiteiten tot aardbevingen hebben geleid. Gezien de diepte van de aardbevingen schrijft CLG dat de aardbevingen ook een natuurlijke (tektonische) oorsprong kunnen hebben.
- 2) Als de bevingen inderdaad door geothermische activiteiten veroorzaakt zijn, dan is dit toe te schrijven aan afkoelingseffecten door injectie bij het CWG doublet (CAL-GT-03). Verder staat vervolgens geschreven dat tijdens *productie* de vloeistofdruk in de breuk afneemt, en dat nadat de productie gereduceerd wordt of stopt de thermische effecten intussen geleid hebben tot een hyperkritische situatie, die zich op zal vertalen tot een seismisch event.
- 3) CLG geeft aan dat het CLG anders gesitueerd is t.o.v. het CWG doublet: de injector van CLG (CAL-GT-05) bevindt zich breuk afwaarts. Dit leidt niet tot noemenswaardige spanningen in/op de breuk door afkoelingseffecten. Er wordt gesteld dat veranderingen in vloeistofdruk

niet hoger zullen zijn dan in voorgaande situaties, en dat volgens het Kaiser-effect er geen nieuwe seismiteit zou moeten optreden.

Onderbouwing van CLG

- 1) In de rapporten van Q-con worden de seismische events gerelateerd aan de winning van aardwarmte uit de breukzone door het CWG-doublet. Dit vooral vanwege de timing van het stoppen (of verlagen) van productie in relatie met de timing van de events. Qua spatiele verdeling zitten de locaties van de aardbevingen dieper dan waar het CWG-doublet naar verwachting de vloeistofdruk voldoende kan beïnvloeden om aardbevingen te veroorzaken. Q-con stelt het gebruikte snelheidsmodel voor de diepte-lokalisatie van de bevingen ter discussie, en stelt dat het waarschijnlijk is dat de daadwerkelijke bevingsdiepten binnen 2,5-3,0 km vallen. Ten slotte kan een “natuurlijke” oorzaak (tektonisch) niet uitgesloten worden, maar wordt dit zeer onwaarschijnlijk geacht gezien de lengte van de breuk in kaartanozicht (i.e., 10 km) en de afstand van de aardbevingslocaties t.o.v. de injectieput van het CWG doublet (CAL-GT-03) (Duiding-rapport, appendix C-1).
- 2) Beide rapporten van Q-con schrijven de aardbevingen toe aan afkoelingseffecten. Op basis van modelberekeningen en observaties worden andere effecten (mechanismen) uitgesloten. De injectiedruk-log van injectieput CAL-GT-03 laat zien dat de druk (aan het aardoppervlak / wellhead) niet hoger dan 15 bar geweest is (figuur 14 in SHA rapport). De spanningsveranderingen die dit teweeg brengt in het reservoir en/of nabij de breuk komen niet aan bod in de rapporten. Verder staat in het Duiding-rapport (appendix C2) te lezen dat als de aardbevingen veroorzaakt werden door verhoogde vloeistofdruk op de breuk de hevigheid van de seismiteit verwacht is hoger te worden met de tijd tijdens injectie. De gemeten seismiteit laat een ander patroon zien, wat het argument vormt om het mechanisme van verhoogde vloeistofdruk uit te sluiten van de mogelijkheden. Ook depletie effecten worden uitgesloten (op basis van zeer geringe vloeistofdrukveranderingen, zie Duiding-rapport, appendix C3).
- 3) Dit wordt onderbouwd door computer simulaties van het reservoir, aangeleverd in de rapporten van Q-Con. Hiervoor worden parameters gebruikt van die aangeleverd zijn door een externe partij (VITO, zie hoofdstuk 7 en appendix B van het SHA rapport). Q-Con schrijft dat er onzekerheid in de modellen zit doordat de geologische structuur complexer is dan in de modellen.

Wat vindt SodM van de Analyse?

Voordat er op drie voornaamste punten ingegaan wordt, is het noodzakelijk om te onderstrepen dat er relatief weinig feiten en informatie (i.e., data) beschikbaar zijn om analyses op te baseren. De beschikbare data bestaat uit:

- Twee seismische profielen (2D, zie nlog.nl: L2CAL2009A) waarvan de profielen op enige afstand van de boortrajecten lopen, en de boortrajecten het profiel niet doorkruisen
- Geologische structurele informatie uit de boringen (boorgat data) van de CWQ en CLG doubletten.
- Vloeistofdruk op het aardoppervlak (Well Head Pressure), debieten en watertemperatuur van de putten tijdens operatie

- Resultaten van het micro-seismisch netwerk, geïnstalleerd op het aardoppervlak (geen seismometer in een boorgat op diepte om de onzekerheid m.b.t. tot diepte van bevingen beter te kunnen verminderen)

Uit deze gegevens is een 3D geologisch en reservoir model gebouwd door VITO. Om dit model te kunnen construeren is de geologische structuur geïnterpreteerd. Naar mate men verder weg is van beschikbare informatie (2D seismiek, boringen etc.) neemt de onzekerheid van de structuur verder toe. Zo kan er bijvoorbeeld een breuk dicht in de buurt van het CLG doublet lopen die niet nadrukkelijk in de 2D seismische lijnen op een kilometer afstand te zien was. Het feit dat er relatief weinig informatie beschikbaar is, is van belang bij het beoordelen of de besproken scenario's van veilige aardwarmte-winning plausibel zijn. Daarnaast kunnen er ook alternatieve scenario's zijn die tot aardbevingen leiden, bijvoorbeeld als er wel een belangrijke kritische breuk aanwezig is. Overigens is het belangrijk te vermelden dat Q-Con haar analyses gebaseerd heeft op een verdere versimpeling van de reservoir modellen van VITO. Dit is gedaan ten behoeve van de snelheid waarmee numerieke modellen kunnen doorrekenen, maar gaat ten koste van de nauwkeurigheid.

- 1) Op basis van de aangeleverde data en onzekerheden is SodM het er mee eens dat, in de strikte zin, niet met zekerheid vast staat wat de oorsprong van de bevingen zijn geweest. Echter, de rapporten van Q-Con stellen dat op basis van de correlatie in zowel tijdstip als de locatie van de bevingen het als zeer onwaarschijnlijk is dat de bevingen een natuurlijke (tektonische) oorzaak hebben. Hiermee wordt geïmpliceerd dat de bevingen zeer waarschijnlijk geïnduceerd zijn door de geothermische activiteiten in het gebied, ook zonder argumenten over mechanismen mee te nemen. De rapporten laten zien dat de aardbevingen in de tijd te correleren zijn aan significante verminderingen van injectiedebieten bij CAL-GT-03 zijn geweest.
Echter komen enkele aardbevingen voor (waaronder het $M_L = 1,7$ event) nadat het CWG doublet al enkele maanden stil lag, en CLG enkele dagen. De productieput van CLG (CAL-GT-04) is gepositioneerd in dezelfde breukzone als de injectieput van CWG (CAL-GT-03). Tijdens gelijktijdige operatie van zowel CLG als CWG is gebleken dat er hydraulische connectie tussen de twee doubletten bestaat, waarbij drukveranderingen bij CLG de druk bij CWG beïnvloedt. Het scenario dat een nieuwe aardbeving nabij de CWG-injectieput op gang gebracht (triggered) kan worden door verdere activiteit in de nabijheid, elders in de breukzone is niet voldoende ontkracht.
- 2) Het mechanisme wat door CLG het meest waarschijnlijk geacht wordt als oorzaak is het afkoelingseffect. Door afkoeling vermindert de spanning in het gesteente, wat ervoor zorgt dat spanning die de twee kanten van de breuk op elkaar geperst houdt (de normaalspanning) minder wordt, en daarmee wordt de breuk instabieler. CLG schrijft dat dit effect voornamelijk een rol speelt wanneer de productie verminderd of stopt. Tijdens productie is er een verlaagde vloeistofdruk ten opzichte van het natuurlijke niveau waardoor de breuk stabiel wordt (d.m.v. een hogere normaalspanning). Deze twee effecten kunnen bij elkaar opgeteld leiden tot een stabiele breuk als het effect van afkoeling is minder groot dan het effect van vloeistof druk verlaging. Maar als de productie stopt, loopt de vloeistofdruk op natuurlijke wijze terug naar de oorspronkelijke waarde terwijl het afkoelingseffect er nog is. Het gesteente kan wel weer warm worden door warmtegeleiding uit omringend gesteente, maar dit proces duurt tientallen jaren. Figuur 15 uit het SHA rapport laat zien dat de productietemperatuur in het tijdsbestek van ca. vier jaar met meer dan 5 °C gedaald is. Wellicht is dit voldoende om breukbeweging te veroorzaken met bovenstaand mechanisme bij de productieput.

Echter, bij de injectieput vindt tijdens injectie het tegenovergestelde plaats: hogere vloeistofdruk leidt tot lagere normaalspanning, en draagt naast het afkoelingseffect verder bij aan een instabiele breuk. SodM onderschrijft dat de instabiliteit voornamelijk bij de injectieput van CWG zit, mede omdat de locatie van de seismische events dicht in de buurt zit met het uiteinde van de put CAL-GT-03. In diepte clusteren de aardbevingen zich rond 6 km diepte, zo'n 3,5 km lager dan het uiteinde van de injectieput. Dit zou erop wijzen dat er nog een mechanisme is waardoor de bevingen dieper plaatsvinden dan de diepte waar de instabiliteit d.m.v. afkoelingseffecten zich bevindt. Dit kan een hydraulische connectie zijn in de vorm van een goed waterdoorlatend breukvlak. Een numeriek model wordt gebruikt om dit te ontcrachten, maar dit model is onvoldoende onderbouwd. Bovendien wordt er een gemiddeld debiet gebruikt, terwijl veranderingen in debiet juist leiden tot veranderingen in druk, die door kunnen werken naar diepere gedeelten van het breukvlak. De aannames achter het model zijn onvoldoende onderbouwd en de conclusies die op dit model berusten zijn daarom onzeker.

Verder stellen de auteurs de diepte van de aardbevingen zelf ook ter discussie. Het zou kunnen dat de bevingen dicht bij het aardoppervlak hebben plaatsgevonden. Er wordt niet in voldoende detail ingegaan waarom de aardbevingen qua diepte onjuist gelokaliseerd zijn, en de bevindingen blijven daardoor speculatief.

- 3) De onderbouwing van het numerieke model is summier. Zo is bijvoorbeeld de breukzone gemodelleerd als een zone van 200 m dikte met een relatief hoge permeabiliteit. Deze versimpeling kan toereikend zijn, maar hier worden geen argumenten voor aangeleverd. De afkoelingseffecten op nabij gelegen breuken is gemodelleerd als een effect in de orde van minder dan 0,2 bar (coulomb stress change). Dit hangt sterk af van hoe de thermische veranderingen in het reservoir gemodelleerd zijn. Als er puur warmtegeleiding als warmteproces actief is zal het enige tijd duren voordat de breuk afgekoeld is. Maar als er advectie kan plaatsvinden (i.e., het koufront zich sneller verspreid doordat het als het ware met het water meebeweegt) zal het afkoelingseffect op veel kortere tijdschaal plaatsvinden. Dit brengt de vraag naar boven hoe de twee putten (CAL-GT-04 en CAL-GT-05) met elkaar verbonden zijn, en daarmee indirect wat de hydraulische connectie is van CAL-GT-05 met de Tegelen breuk. Als het koufront snel bij de breuk is, dan zullen er afkoelingseffecten zijn die de breuk instabiel maken.

Het Kaiser-effect wordt in de geomechanica vaak aangehaald om te stellen dat als vloeistofdruk niet boven een eerder gebruikt niveau komt, er geen seismiteit zal optreden. Zonder op de gedetailleerde wetenschappelijke onderbouwing in te gaan moet hierbij worden aangetekend dat er geen externe factoren de fysieke staat van het materiaal, zoals temperatuur en omgevingsdruk, in de tussentijd mogen veranderen. Het Kaiser effect is hier niet van toepassing om de volgende redenen: 1) door injectie kan de temperatuur veranderen, waardoor de spanningstoestand in het gesteente veranderd. 2) Het effect is alleen van toepassing materiaal wat eerder onder spanning heeft gestaan. Er kunnen tijdens injectie andere gedeelten van de breuk actief worden, waar geen eerdere vervorming (verschuiving op de breuk) heeft plaatsgevonden. 3) Door de schuifbeweging die op het breukvlak heeft plaatsgevonden tijdens de seismische events is het gesteente aan weerszijde van de breuk niet meer op dezelfde locatie. Dit leidt zeer waarschijnlijk op een veranderde spanningssituatie op lokaal niveau, door een soort her-organisatie van gedeelten van de breuk die onder spanning staan. Zelfs als dit effect gering is (als de breuk een bijna perfect recht vlak is), kan niet worden aangenomen dat er geen breukbeweging zal optreden bij als de injectiedruk lager is dan voorheen. De fysieke staat van de breuk, in dit geval de interne geometrie, is immers gewijzigd

De aanname dat vanwege het Kaiser-effect de productie bij CLG geen seismiciteit zal veroorzaken is daarom ongegrond.

Mening externe technisch expert

In grote lijnen is de technisch expert het eens met de mening van SodM: er is onvoldoende data gepresenteerd in de documenten om met zekerheid te kunnen zeggen wat de aard van de aardbevingen is, en of CLG veilig kan opereren. In de brief wordt verder in gegaan op wat voor een extra metingen zouden kunnen worden gebruikt ten behoeve van een betere interpretatie. Met betrekking tot de oorzaak van de bevingen acht de technisch expert de bevindingen van Q-Con als plausibel. Maar er wordt nadrukkelijk gewezen op dat er andere mechanismen die naar de mening van de technisch expert onvoldoende aandacht krijgen, dan wel niet genoemd worden. Dit is mede door het gebrek aan andere data (bijvoorbeeld interferentie testen tussen de doubletten).

Met betrekking tot de update van de SRA schrijft de expert dat de update kort is, en voornamelijk op een kwalitatieve manier, maar bovenal incompleet. De expert wijst op een aantal beheersmaatregelen die weinig tot geen aandacht krijgen in de stukken. Ook hier wordt gewezen op het gebrek aan data en kennis van de (lokale) ondergrond, wat ervoor zorgt dat sterke uitspaken over seismiciteit in het gebied voorbarig zijn.

Conclusie over bevingen

Door de relatief hoge onzekerheid over dit gebied valt er niet met zekerheid te zeggen wat de uiteindelijke oorzaak van de bevingen zijn geweest. Het is een samenspel van natuurlijke effecten en menselijk handelen. De bevingen bevinden zich zeer waarschijnlijk qua locatie op de Tegelen breukzone. Deze zone is van zichzelf zeer waarschijnlijk dicht bij / nabij kritisch instabiel door natuurlijke effecten (tektonisch) en kan bij geringe verstoring door (bijvoorbeeld geothermische activiteiten) al leiden tot een instabiele breuk. Voor de eerste set bevingen (1-7) acht SodM het aannemelijk dat deze door de activiteiten bij CWG veroorzaakt kunnen zijn, en gaat hierin mee met de onderbouwing van CLG. De activiteiten bij het CWG doublet kunnen hebben geleid tot verdere breukinstabiliteit. Op basis van de rapporten en de onafhankelijke technische expert is SodM van mening het niet aannemelijk gemaakt is dat verdere activiteiten bij CLG geen invloed hebben gehad op de bevingen 8-17. De verklaring dat de activiteiten bij CWG hebben geleid tot een instabiele situatie, die getriggerd kan worden door verdere activiteit elders in de breukzone is mogelijk, maar kan met de aanwezige data niet hard worden gemaakt.

Wat stelt CLG als beheersmaatregelen voor?

Als beheersmaatregel wordt een stoplichtsysteem (traffic light system, TLS) met nieuwe grenzen voorgesteld. Samenvattend: bij een gemeten maximale grondbewegingssnelheid (peak ground velocity, PGV) van minder dan 0,1 mm/s blijft het doublet normaal opereren (geen actie); bij een PGV tussen 0,1 en 0,3 wordt de oorzaak onderzocht en SodM ingelicht; bij een PGV van 0,3 of meer worden de operatie compleet stilgelegd. Deze getallen komen overeen met de waarden voor het TLS systeem van CWG.

Dit TLS wordt onderbouwd volgens een aanbeveling n.a.v. seismische risico analyse voor aardwarmte systemen (Baisch et al., 2016, Kennisagenda) wordt PGV aangehaald als de belangrijkste grootte waarop gelet wordt m.b.t. het risico. Er wordt gerefereerd naar de richtlijn voor schade aan gebouwen (SBR 2010). Mensen kunnen naar verwachting aardbevingen merken als de PGV boven de 0,3-0,5 mm/s ligt. Om deze reden wordt de grenswaarde bij een PGV van 0,3 mm/s gesteld.

Wat vindt SodM van die beheersmaatregelen

Het TLS wat voorgesteld is past bij een normale situatie waarbij de aardbevingen veroorzaakt worden door injectie. In zo'n situatie kan er de injectiesnelheid direct verminderd of zelfs gestopt worden, waardoor de instabiele situatie verholpen kan worden. Echter, CLG claimt dat het meest waarschijnlijke mechanisme niet injectie gerelateerd is, maar toe te schrijven is aan productie vermindering i.c.m. afkoelingseffecten (zoals beschreven bij pt. 2). Uitgaande van dit mechanisme zijn de acties die voorgesteld zijn in het TLS geen passende beheersmaatregelen: het verminderen of stoppen van productie leidt immers tot (méér) seismiciteit, hetgeen juist voorkomen zou moeten worden.

De aardbeving met M_L 1,7, met een daarbij geassocieerde PGV van 1,1 mm/s vond plaats nadat productie zowel bij CLG als CWG stil lag. De PGV-waarde ligt ver boven dat van het rode niveau van het TLS, waarbij het oranje niveau overgeslagen werd en er niet tijdig ingegrepen kon worden. Maar dit was überhaupt geen optie omdat de operatie al stil lag. De ervaring van dit systeem stelt ter discussie of de TLS überhaupt geschikt is voor deze situatie, en dus of de seismiciteit daadwerkelijk beheersbaar is. Dit wordt aangesterkt door de mening van de externe technisch expert die aan aantal aanvullende maatregelen aankaart.

Oordeel SodM

Als SodM mee gaat met de argumentatie dat de bevingen veroorzaakt zijn door het stoppen van productie is het TLS systeem niet passend. Daarnaast is onvoldoende aangetoond wat de hydraulische connecties zijn tussen de beide doubletten en zijn er grote onzekerheden wat betreft de onderliggende geologische structuur. Het scenario dat activiteiten bij CLG kunnen leiden tot het op gang brengen van een oncontroleerbare seismiciteit is niet ontkracht.

Als er sprake is van een hoge mate van onzekerheid moet SodM in haar oordeel enige mate van conservatisme meenemen. Voor CLG betekend dat het advies dat er niet opgestart kan worden zonder dat met redelijkheid kan aangenomen dat er geen oncontroleerbare seismiciteit plaatsvindt. Dat is met de huidige studies niet aangetoond. Gezien de onzekerheid kan ook niet worden uitgesloten dat veilig opereren niet mogelijk is. SodM is daarom van mening dat het CLG doublet potentieel wel verder zou kunnen maar dat daarvoor meer grondig professioneel onderzoek voor nodig is. Hierbij zou gedacht kunnen worden aan 3D seismische technieken om de ondergrondse structuur beter in kaart te brengen, interferentietesten om de connecties tussen de putten aan te tonen, en andere technieken die de onzekerheden rondom het ondergrondse systeem verminderen.

Referenties

Baisch, S., Koch, C., Stang, H., Pittens, B., Drijver, B., & Buik, N., 2016, "Defining the Framework for Seismic Hazard Assessment in Geothermal Projects V0.1 - Technical Report", Prepared for: KennisAgenda Aardwarmte (Dutch Geothermal Research Agenda), sponsored by the Ministry of Economic Affairs, LTO Glaskracht Nederland and the program "Kas als Energiebron". Online beschikbaar via: <https://geothermie.nl/index.php/nl/downloads1/technische-rapporten/139-framework-voor-seismiciteit-analyse-bij-geothermieprojecten>, laatst geopend op 19/06/2019.

Baisch, S., & Vörös, R., 2019, "Earthquakes Near the Californie Geothermal Site: August 2015 – November 2", version 190207, Archive No. CLGG005.

Baisch, S., & Vörös, R., 2019, "Seismic Hazard Assessment for the CLG-Geothermal System – Study Update March 2019", version 190322, Archive No. CLG006

Burghout, L., Vorage, R., & Broothaers, M., 2019, “Koepelnotitie Aardwarmtewinning en Seismiciteit - Californie Lipzig Gielen Geothermie BV - Tuinbouwgebied Californie - Horst aan de Maas”, datum: 12/04/2019.

Bijlagen

Bijlage A: ISO17776 Annex A

Risk Related Decision Making Framework				
Decision Context	Factor	A	B	C
	Type of Activity	Nothing new or unusual Represents normal business Well-understood activity Good practice well-defined	New to the organisation or geographical area Infrequent or non-standard activity Good practice not well defined or met by more than one option	New and unproven invention, design, development or application Prototype or first use No established good practice for whole activity
	Risk and Uncertainty	Risks are well understood Uncertainty is minimal	Risks amenable to assessment using well-established data and methods Some uncertainty	Significant uncertainty in risk Data or assessment methodologies unproven No consensus amongst subject matter experts
	Stakeholder Influence	No conflict with company values No partner interest No significant media interest	No conflict with company values Some partner interest Some persons may object May attract local media attention	Potential conflict with company values Significant partner interest Pressure groups likely to object Likelihood of adverse attention from national or international media
Assessment Technique	Good Practice			
	Engineering Risk Assessment			
	Precautionary Approach			

Bijlage B: Brief aan W. van der Zee (hoofd ondergrond) van Dr. G. Siddiqi, Swiss Federal Office of Energy m.b.t. externe beoordeling

**Dit rapport is
opgesteld door:**

Staatstoezicht op de Mijnen

Bezoekadres:

Henri Faasdreef 312,
2492 JP 's-Gravenhage

Postadres:

Postbus 24037,
2490 AA 's-Gravenhage

T: +31 (0)70 379 8400

www.sodm.nl

info@sodm.nl