



Staatstoezicht op de Mijnen
Ministerie van Economische Zaken
en Klimaat

> Retouradres Postbus 24037 2490 AA Den Haag

De minister van Economische Zaken en Klimaat
Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
Directie Warmte en Ondergrond
t.a.v. [REDACTED]

Per e-mail: [REDACTED]@minezk.nl, [REDACTED]@minezk.nl,
[REDACTED]@minezk.nl

Datum 7 januari 2021
Betreft Advies winningsplan aardwarmte Leeuwarden (GCL)

Excellentie,

U heeft Staatstoezicht op de Mijnen (hierna: SodM) op 16 september 2020 om advies gevraagd betreffende instemming met het winningsplan Leeuwarden. Het plan is ingediend door Geocombinatie Leeuwarden B.V. (hierna: GCL). Op 13 november en 18 december 2020 heeft GCL aanvullingen toegestuurd. SodM heeft het winningsplan beoordeeld op veiligheid (bodemtrilling, bodemdaling) en de nadelige gevolgen voor milieu (putintegriteit, reservoirintegriteit en mijnbouwhulpstoffen).

De conclusies van SodM zijn als volgt:

GCL heeft de risico's op bodembeweging door aardwarmtewinning goed ingeschat. SodM adviseert wel om GCL een seismiciteit respons protocol op te laten stellen. Verder is het essentieel dat GCL een degelijk Well Integrity Management System (WIMS) implementeert, dat aan de ISO 16530-1 norm voldoet.

SodM concludeert dat de reservoirintegriteit voldoende wordt geborgd, mits een minimale injectietemperatuur, maximale injectiedruk en maximaal debiet vastgelegd worden in het instemmingsbesluit op het winningsplan en er data wordt vergaard.

GCL heeft verder de voor het winningsplan relevante nadelige gevolgen voor het milieu goed beschreven, deze zijn beperkt.

In dit advies leest u een omschrijving van het adviesverzoek aan SodM, een toelichting op het advies en de conclusie en aanbevelingen.

Staatstoezicht op de Mijnen

Bezoekadres

Henri Faasdreef 312
2492 JP Den Haag

Postadres

Postbus 24037
2490 AA Den Haag

T 070 379 8400 (algemeen)
F 070 379 8455 (algemeen)

info@sodm.nl
www.sodm.nl

Behandeld door

[REDACTED]

T [REDACTED]

Ons kenmerk

ADV-6630 / 20237521

Uw kenmerk

IV-2371

Bijlage(n)

1

Adviesvraag aan SodM

Om aardwarmte te kunnen winnen uit een watervoerende gesteentelaag moet een onderneming een ingestemd winningsplan hebben. Om goed geïnformeerd te kunnen instemmen met een winningsplan vraagt de minister advies aan een aantal adviseurs, waaronder SodM. SodM toetst het winningsplan op de volgende onderdelen:

1. Veiligheid van omwonenden, schade aan gebouwen of infrastructurele werken als gevolg van bodembeweging:
 - a. Bodemtrilling: controle op SRA berekeningen en indien vereist beoordeling inschatting effecten en beheersmaatregelen
 - b. Bodemdaling/stijging: controle bodemdaling/stijging prognoses en indien vereist beoordeling inschatting effecten en beheersmaatregelen.
2. Nadelige gevolgen voor het milieu:
 - a. Putintegriteit
 - b. Reservoirintegriteit
 - c. Gebruik van hulpstoffen

Dit advies is op basis van de aangeleverde documenten. SodM onderbouwt haar advies met behulp van het advies van TNO-AGE (AGE 20-10.089) waarin de berekeningen en prognoses geverifieerd zijn.

Toelichting op advies

Beschrijving van het veld en de winning

Dit winningsplan beschrijft de geplande aardwarmte winning bij Leeuwarden. Het winningsplan valt onder het Tijdelijk Beleidskader¹ en zal daarom maximaal 2 jaar (met mogelijkheid tot 1 jaar verlenging) geldig zijn. Om de winning daarna voort te zetten kan er een vervolgv vergunning worden aangevraagd.

Het geplande doublet zal aardwarmte winnen uit de Slochteren Formatie. Deze Formatie ligt op zo'n 2500 m diepte onder Leeuwarden. Er wordt verwacht dat de formatie een dikte heeft van 125 m en water geproduceerd zal worden met een temperatuur tussen 90 °C en 99 °C. Het warme formatiewater zal onttrokken en geïnjecteerd worden met een debiet van maximaal 300 m³/uur.

Naast het primaire doel van aardwarmte winning wordt er verwacht dat er ook een hoeveelheid gas gewonnen zal worden. Bij het oppompen van het formatiewater komen opgeloste koolwaterstoffen vrij, waardoor er waarschijnlijk 0,2 tot 1,0 Nm³ gas vrijkomt met elke m³ opgepompt water. Dit vrijgekomen gas (de zogeheten bijvangst) zal verwerkt worden om extra warmte op te wekken en/of elektriciteit te produceren.

¹ Tijdelijk beleidskader op

https://www.nlog.nl/sites/default/files/2020-02/191114_tijdelijk_beleidskader_geothermie_gelakt.pdf

1. Veiligheid van omwonenden, schade aan gebouwen of infrastructurele werken als gevolg van bodembeweging

Bij het beoordelen van de veiligheid van omwonenden en schade als gevolg van bodembeweging wordt er gekeken naar de kansen op en de eventuele gevolgen van bodemtrilling en bodemdaling/bodemstijging.

a) Bodemtrilling: controle op SRA berekeningen en indien vereist beoordeling inschatting effecten en beheersmaatregelen

Om het risico op schade en de consequenties voor de veiligheid als gevolg van aardbevingen door aardwarmtewinning te onderzoeken heeft GCL een seismische risico analyse (SRA) uitgevoerd. Dit is gedaan conform de leidraad "Defining the framework for seismic hazard assessment in geothermal projects" (2016, IF Technology B.V. en Q-Con GmbH). Uit deze analyse volgt een score voor het project, wat een maat is voor de potentie van geïnduceerde seismiciteit.

Het resultaat van de door GCL uitgevoerde Quick Scan geeft aan dat de gecombineerde score van de risicofactoren 30 uit 90 is en daarmee in de categorie "laag potentieel" valt. Dit komt overeen met score 0,33 in de leidraad. GCL concludeert dat het risico op bodemtrillingen laag is en monitoring via het KNMI netwerk daarom voldoende zal zijn.

TNO-AGE heeft de analyse en de inputparameters geanalyseerd en gecontroleerd. TNO-AGE is het eens met de risicoanalyse van GCL en komt ook uit op een genormaliseerde score van 0,33 (30 uit 90).

SodM heeft eveneens de scoretabel ingevuld en komt ook op een score van 0,33 (30 uit 90) uit. SodM kan zich daarom vinden in de beoordeling van GCL en vindt het aannemelijk dat het risico op bevingen en aanverwante schade beperkt is. Monitoring van seismische activiteit via het reguliere monitoringsnetwerk van het KNMI is hierbij voldoende. SodM vindt het wel noodzakelijk dat GCL aantoont dat er drukcommunicatie is tussen de productie- en injectieput middels een interferentie test. Bovendien acht SodM het nodig dat GCL een seismiciteit respons protocol opstelt. Met het seismiciteit respons protocol moet de operator laten zien dat hij op de juiste manier zal handelen wanneer er seismiciteit gemeten wordt, zodat de omgeving adequaat geïnformeerd kan worden mocht er zich toch een beving voordoen.

SodM concludeert dat GCL het seismisch risico goed heeft ingeschat. Het Leeuwarden project valt in de seismisch risico categorie laag. SodM adviseert om een interferentietest te laten uitvoeren om de communicatie tussen de putten aan te tonen en om een seismiciteit respons protocol op te laten stellen door de operator, zodat de omgeving adequaat geïnformeerd kan worden mocht er zich toch een beving voordoen. Beide documenten dienen goedgekeurd te worden door de Inspecteur-generaal der Mijnen.

b) Bodemdaling/stijging: controle op bodemdaling/stijging prognoses en indien vereist beoordeling inschatting effecten en beheersmaatregelen

Bij het winnen van warmte uit een geothermisch systeem wordt er water uit een aquifer opgepompt en na afkoeling teruggepompt in de oorspronkelijke aquifer. Er is dus geen sprake van netto onttrekkingen zoals bij delfstofwinning. Het injecteren van afgekoeld water kan echter wel leiden tot krimp met mogelijk een kleine hoeveelheid bodemdaling als gevolg. Ook kan er bodemdaling of bodemstijging ontstaan als er onvoldoende drukcommunicatie tussen de putten is.

GCL heeft voor het Leeuwarden geothermie project een DoubletCalc 2D berekening gemaakt om de bodemdaling te bepalen. Deze bedraagt maximaal een paar millimeter. Deze daling is kleiner dan de meetnauwkeurigheid.

TNO-AGE heeft voor het Leeuwarden project de bodemdaling als gevolg van aardwarmte winning nagerekend. Ook TNO-AGE concludeert op basis van haar berekeningen dat de maximale bodemdaling naar verwachting enkele millimeters zal zijn.

SodM sluit zich aan bij de berekeningen en vindt het aannemelijk dat de bodemdaling als gevolg van aardwarmte winning zeer beperkt en niet meetbaar is.

Op basis van deze evaluatie vindt SodM het aannemelijk dat de totale bodemdaling als gevolg van de aardwarmte winning zoals beschreven niet of nauwelijks meetbaar is. SodM ziet daarom geen aanleiding voorwaarden te adviseren.

2. Nadelige gevolgen voor het milieu

Bij het beoordelen van nadelige gevolgen voor het milieu wordt er gekeken naar de put- en reservoirintegriteit en het gebruik van hulpstoffen. Advisering over andere nadelige gevolgen voor het milieu vindt plaats bij andere vergunningen dan dit winningsplan zoals de omgevingsvergunning.

a) Putintegriteit

GCL heeft de plicht om schade en nadelige gevolgen voor het milieu te voorkomen. Daartoe is onder meer een deugdelijke inrichting en afwerking van de put vereist. Dit wordt aangetoond met de aanwezigheid en implementatie van een degelijk Well Integrity Management System (WIMS). In dit WIMS wordt beschreven hoe de putintegriteit bewaakt wordt en wat het plan van aanpak is als problemen worden geconstateerd. Gebreken aan de put moeten worden gemeld aan SodM. SodM ziet toe op het gebruik van het WIMS en controleert deze steekproefsgewijs.

Toetsing aanwezigheid kwetsbare gebieden

De mijnbouwlocatie bevindt zich niet in of nabij een kwetsbaar natuur- of drinkwatergebied. Het geohydrologisch pakket reikt tot ca 480m, waarin de zoetwatervoerende lagen op minder dan 50 m diepte liggen. Deze worden

beschermd door een conductor, de 18 5/8" verbuizing tot ca 1085m en een kunststof binnenbuis met monitorbare tussenruimte (zie hieronder).

Toetsing putconfiguratie

De putten voor het doublet Leeuwarden moeten nog worden geboord. GCL heeft aangegeven om voor de putten een glasvezel-epoxy (Glassfiber Reinforced Epoxy, verder GRE) mantel in de opvoerbuis en corrosie bestendig materiaal (corrosion resistant alloy, verder CRA) over de reservoir sectie te gebruiken ter voorkoming van corrosie. In het putontwerp is er voor gezorgd dat er een monitorbare ruimte (annulus) aanwezig is.

GCL voldoet met dit ontwerp aan de eisen voor een duurzaam en veiliger putontwerp dat SodM beschreven heeft in het toezichtsignaal² in afwachting van een industriestandaard. SodM zal het definitieve ontwerp toetsen bij de beoordeling van het werkprogramma voor de boringen.

Beheersing putintegriteit

GCL heeft een eerste aanzet voor een WIMS als bijlage bij het winningsplan meegestuurd. SodM adviseert u om bij een eventuele instemming op te nemen dat de integriteit van de putten wordt bewaakt door een degelijk WIMS volgens ISO 16530-1. GCL dient een adequaat WIMS geïmplementeerd te hebben voor aanvang van de boorwerkzaamheden. In dit systeem worden ten minste de volgende aspecten opgenomen:

- Inspectie en analyse van de buiswanddikte met een onderbouwing van de geplande inspectiefrequentie
- Coupon monitoring
- Toetsing waterkwaliteit:
Analyse van regelmatige waterkwaliteitsmetingen voor het monitoren van de putintegriteit, bv.:
 - ionen en zoutgehaltes,
 - pH,
 - ijzergehalte,
 - zandproductie,
 - elektrisch potentiaal,
 - temperatuur en systeemdruk
- Reactieplan

Monitoringsvoorwaarden en rapportage

Om de putintegriteit en de waterkwaliteit te kunnen monitoren verwacht SodM van GCL dat zij de uitkomsten van de bovengenoemde aspecten verwerkt in de jaarlijkse rapportage aan SodM. Deze jaarrapportage bevat in ieder geval de volgende onderdelen:

- overzicht van reparatie en onderhoudswerkzaamheden;
- afwijkingen in injectiedrukken;
- de injectiviteitsindex over de tijd;
- afwijkingen in de annulaire drukken;

² <https://www.sodm.nl/documenten/brieven/2020/06/16/toezichtsignaal-integriteit-geothermieputten>

- mechanische problemen;
- eventuele incidenten of lekkages in het injectiesysteem;
- de laatst gemeten minimale wanddikte (percentage) en de diepte;
- tijdstip van de meting;
- afgeleide corrosie/erosiesnelheid in percentage wanddikte per jaar;
- verwacht moment van volledige penetratie, verwacht moment dat niet voldaan wordt aan de prestatienormen;
- geplande maatregelen om volledige penetratie te voorkomen.

Dit overzicht wordt binnen drie maanden na afloop van elk kalenderjaar ingediend bij de Inspecteur-generaal der Mijnen.

SodM adviseert bij een eventueel instemmingsbesluit een voorwaarde op te nemen, waarmee GCL ervoor dient te zorgen dat er bij het winnen schade wordt voorkomen door een deugdelijke inrichting en afwerking van de put. Dit wordt beschreven in een WIMS dat voldoet aan de ISO 16530-1 norm en de bovengenoemde aspecten bevat.

Tevens adviseert SodM dat GCL een jaarlijkse rapportage doet over de put integriteit aan de hand van de hierboven genoemde onderwerpen. Deze rapportage wordt binnen drie maanden na afloop van elk kalenderjaar ingediend bij de Inspecteur-generaal der Mijnen.

b) Reservoirintegriteit

Bij het beoordelen van reservoirintegriteit wordt er onder andere gekeken naar de maximale injectiedruk die veilig kan worden toegepast. Tevens wordt de injectietemperatuur getoetst. Door verhoogde poriedruk en/of afkoeling kan er een spanningstoestand ontstaan waardoor er scheuren in het intacte gesteente kunnen vormen en eventueel krimpscheuren kunnen ontstaan. Als er breuken in de nabijheid van het aardwarmte systeem zijn kan de breuk instabiel raken zodra het koud-water temperatuurfront de breuk bereikt heeft, of de poriedruk hoger wordt. De druk en temperatuur moeten binnen een veilige marge blijven zodat de integriteit van de afsluitende laag gewaarborgd blijft en de bestaande breuken stabiel blijven.

SodM is van mening dat vanuit het oogpunt van veiligheid het behoud van integriteit van de afsluitende laag belangrijk is. Samengevat kan gesteld worden dat de gevolgen van het scheuren van de afsluitende laag met grote onzekerheden omgeven worden, het proces moeilijk te controleren is als het plaats zou vinden, en dat de gevolgen onomkeerbaar zijn waardoor extra voorzichtigheid geboden is. Het bestaande wettelijk kader onderschrijft dit ook. SodM beoordeelt daarom dat scheurgroei in de afsluitende lagen, zoals in dit winningsplan het Ten Boer laagpakket, niet toegestaan kan worden.

Er is een aanvulling aangeleverd om de gewenste maximale injectiedrukken in combinatie met minimale temperatuur te onderbouwen. Omdat de afsluitende laag het Ten Boer laagpakket is, zal de gradiënt toegepast kunnen worden die geldt voor deze Formatie. GCL vermeldt hiervoor een gradiënt van maximaal 0,155 bar/m. Deze gradiënt is door GCL onderbouwd op basis van extrapolatie uit

omliggende putten, waardoor dit onzeker is. Daarom adviseert SodM om bij een eventuele instemming een voorwaarde op te nemen zodat GCL relevante data vergaart (waaronder in ieder geval de minimale horizontale spanning (Sh_{min})), zodat locatie specifiek kan worden aangetoond dat de integriteit van de afsluitende Ten Boer laag behouden blijft. Dit dient in een rapport ten genoegen van de Inspecteur-Generaal der Mijnen te worden ingediend.

Aangezien er nog niet geboord is, zijn een aantal parameters nog niet aangetoond en kan de maximale injectiedruk nog niet precies vastgesteld worden. Voor de bepaling gaat SodM op dit moment uit van de ingeschatte waarde die voor de DoubletCalc berekeningen is gebruikt voor de diepte van de top reservoir bij de injector: 2592 m en een gradiënt van 0,155 bar/m zoals hierboven is beschreven. GCL heeft de berekeningsmethodiek toegestuurd om de maximale injectiedruk te bepalen inclusief een debietsafhankelijke weerstand. SodM kan zich hierin vinden. De maximale injectiedruk zoals gemeten aan het aardoppervlak (Tubing Head Pressure, THP) komt dan, met gebruik van bovenstaande parameters, neer op 108 bar bij een debiet van 200 m³/uur, een THP van 112 bij een debiet van 250 m³/uur en een THP van 117 bij een debiet van 300 m³/uur, zie ook de tabel in de bijlage. SodM adviseert om deze waarden op te nemen in het instemmingsbesluit. De berekeningen zijn gedaan met een afkoeling van het formatiewater van 40 °C. Tevens beschrijft GCL een maximaal debiet van 300 m³/uur. Ik adviseer om een maximale afkoeling van 40 °C en een maximaal debiet van 300 m³/uur op te nemen bij een eventuele instemming.

Indien wordt geconstateerd dat de situatie van de ondergrond afwijkt van de aanvraag voor het winningsplan betreffende de nog te boren putten, dient dit zo spoedig mogelijk te worden gemeld bij SodM. Mogelijk zal het winningsplan geactualiseerd dienen te worden door deze afwijkende situatie.

Op basis van deze informatie adviseert SodM om de maximale injectiedruk (THP) debietsafhankelijk op te nemen volgens de tabel in de bijlage, waarbij het te injecteren water maximaal 40 °C kouder is dan de initiële reservoir temperatuur en het debiet niet hoger mag zijn dan 300 m³/uur.

SodM adviseert om een voorwaarde op te nemen bij een eventuele instemming dat GCL relevante data moet vergaren (waaronder in ieder geval de minimale horizontale spanning (Sh_{min})), zodat locatie specifiek kan worden aangetoond dat de integriteit van de afsluitende Ten Boer laag behouden blijft. Dit dient in een rapport ten genoegen van de Inspecteur-Generaal der Mijnen te worden ingediend.

Indien wordt geconstateerd dat de situatie van de ondergrond afwijkt van de aanvraag voor het winningsplan betreffende de nog te boren putten, dient dit zo spoedig mogelijk te worden gemeld bij SodM en moet hier mogelijk gepaste actie op worden genomen.

c) Gebruik van hulpstoffen

Een gedegen putontwerp kan ervoor zorgen dat hulpstoffen niet of nauwelijks nodig zijn. GCL is niet van plan corrosie remmers te gebruiken vanwege de GRE binnenbuis in combinatie met corrosie bestendige verbuizing op reservoir niveau. Ze houden echter wel de mogelijkheid open om maximaal 0,05 l/m³ scale inhibitor te injecteren, mocht dit nodig zijn.

Bij het gebruik van hulpstoffen treden additionele risico's op, zoals H₂S vorming in het reservoir, en schade aan het milieu als er een lekkage optreedt. Ook het transport en opslag van deze stoffen leveren additionele risico's op. Daarom dient het gebruik van hulpstoffen zo veel als mogelijk beperkt te worden. Deze middelen moeten voldoen aan alle vigerende stoffenregelgeving zoals REACH en biocidenregelgeving. Verder is het verboden andere dan de met het eigen geothermisch doublet geproduceerde vloeistofstromen de bodem in te brengen.

Op basis van deze beoordeling vindt SodM het aannemelijk dat het risico op nadelige gevolgen voor het milieu beperkt is en ziet daarom geen aanleiding om aanvullende voorwaarden op dit punt te adviseren.

Conclusie en aanbevelingen

SodM heeft dit winningsplan beoordeeld op de veiligheid van omwonenden en schade aan gebouwen of infrastructurele werken als gevolg van bodembeweging (bodentrilling en bodemdaling/stijging). Ook heeft SodM de nadelige gevolgen voor het milieu beoordeeld: putintegriteit, reservoirintegriteit en gebruik van hulpstoffen.

GCL heeft de risico's op bodembeweging door aardwarmtewinning goed ingeschat. SodM adviseert wel om GCL een seismiciteit respons protocol op te laten stellen en aan te laten tonen dat er drukcommunicatie is. Verder is het essentieel dat GCL een degelijk Well Integrity Management System (WIMS) implementeert, dat aan de ISO 16530-1 norm voldoet.

SodM concludeert dat de reservoirintegriteit voldoende wordt geborgd, mits een minimale injectietemperatuur, maximale injectiedruk en maximaal debiet vastgelegd worden in het instemmingsbesluit op het winningsplan en er data wordt vergaard.

GCL heeft verder de voor het winningsplan relevante nadelige gevolgen voor het milieu goed beschreven, deze zijn beperkt.

Ik adviseer om de volgende voorwaarden bij een eventuele instemming op te nemen in het instemmingsbesluit:

1. GCL dient aan te tonen met een rapport dat er drukcommunicatie is tussen de productie- en injectieput middels een interferentietest. Dit rapport dient

goedgekeurd te zijn door de Inspecteur-generaal der Mijnen uiterlijk 3 maanden na het beëindigen van de boringen.

2. GCL dient een seismiciteit respons protocol op te zetten. Dit protocol dient binnen 6 maanden na instemming op het winningsplan goedgekeurd te zijn door de Inspecteur-generaal der Mijnen.
3. GCL dient een adequaat Well Integrity Management System (WIMS) volgens de ISO norm 16530-1 geïmplementeerd te hebben voor aanvang van de boorwerkzaamheden. GCL dient een jaarlijkse rapportage in over de put integriteit aan de hand van de in dit advies genoemde onderwerpen. Deze rapportage wordt binnen drie maanden na afloop van elk kalenderjaar ingediend bij de Inspecteur-generaal der Mijnen.
4. Het te injecteren water zal maximaal 40 °C kouder zijn dan de initiële reservoir temperatuur.
5. De toe te passen injectiedruk zoals gemeten aan het aardoppervlak (THP) is debietsafhankelijk en is maximaal zoals weergegeven in de tabel in de bijlage.
6. Het debiet zal maximaal 300 m³/uur zijn.
7. GCL dient relevante data te vergaren (waaronder in ieder geval de minimale horizontale spanning (Shmin)) zodat locatie specifiek kan worden aangetoond dat de integriteit van de afsluitende Ten Boer laag behouden blijft. Dit dient in een rapport ten genoegen van de Inspecteur-generaal der Mijnen te worden ingediend en uiterlijk 3 maanden na het beëindigen van de boringen te zijn goedgekeurd.
8. Indien wordt geconstateerd dat de situatie van de ondergrond afwijkt van de aanvraag voor het winningsplan betreffende de nog te boren putten, dient dit zo spoedig mogelijk te worden gemeld bij SodM.

Ik ga ervan uit dat uw adviesvraag hiermee is beantwoord. Vanzelfsprekend ben ik bereid dit advies nader toe te lichten.

Hoogachtend,



Inspecteur-generaal der Mijnen

Bijlage 1 – Maximale injectiedruk

De maximale injectiedruk zoals gemeten aan het aardoppervlak (Tubing Head Pressure, THP) is afhankelijk van het debiet wegens een debietsafhankelijke weerstand. De maximale injectiedrukken per debiet zijn weergegeven in de tabel.

Debiet [m ³ /uur]	Maximale druk, THP [bar]
200	108
250	112
300	117