

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]  
Postbus 20401  
2500 EK DEN HAAG  
per e-mail: [REDACTED]@minezk.nl, [REDACTED]@minezk.nl;  
[REDACTED]@minezk.nl

**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]

Datum 15 mei 2020  
Betreft Herzien advies Winningsplan Luttelgeest I (Hoogweg Aardwarmte B.V.)

**Ons kenmerk**

20145152 / ADV-348

**Uw kenmerk**

Uw e-mail d.d. 08-08-2019

**Bijlage(n)**

-

Excellentie,

U heeft Staatstoezicht op de Mijnen (hierna: SodM) op 8 augustus 2019 om advies gevraagd betreffende instemming met het winningsplan Luttelgeest (Hoogweg). Op 3 september 2019 ontving SodM hierop aanvullende documenten van u. Op 16 oktober 2019 ontving SodM nogmaals aanvullende documenten, dit keer van de uitvoerder zelf. Het plan is ingediend door Hoogweg Aardwarmte B.V. (hierna: Hoogweg).

Dit advies is een herzien advies en vervangt het advies van 28 april 2020 (Ons kenmerk 19201258 / ADV-348). Het advies is gebaseerd op het winningsplan, aanvullingen daarop, en ten slotte op het advies van TNO-AGE). SodM heeft het winningsplan beoordeeld op veiligheid (bodemtrilling, bodemdaling) en de nadelige gevolgen voor milieu (putintegriteit, reservoir integriteit en hulpstoffen).

SodM is van mening dat Hoogweg het risico op seismiciteit met behulp van de kwalitatieve inventarisatie te laag inschat, en in de categorie midden zou moeten vallen. Conform de leidraad adviseert SodM om een locatie specifieke gevarenanalyse (SHA) uit te laten voeren. De verwachte gevolgen voor de veiligheid van omwonenden, schade aan gebouwen of infrastructurele werken als gevolg van bodemdaling zijn beperkt.

Het is essentieel dat Hoogweg een degelijk Well Integrity Management System (WIMS) geïmplementeerd heeft, dat aan de ISO 16530-1 norm voldoet en daarbij de putintegriteit nauwlettend in de gaten houdt. SodM adviseert om op dit punt een voorwaarde in een eventueel instemmingsbesluit op te nemen.

Met betrekking tot de maximale injectiedruk concludeert SodM dat de reservoirintegriteit voldoende kan worden geborgd, maar dat de huidige onderbouwning van Hoogweg hiervoor niet voldoende is. SodM adviseert nadere onderbouwning op te vragen en voor de tussentijdse situatie een minimale injectietemperatuur en maximale injectiedruk als functie van debiet en temperatuur als voorschrift op te nemen in een eventueel instemmingsbesluit op het winningsplan. Uitgangspunt van de voorgestelde limieten en de nadere onderbouwning is dat de reservoirintegriteit, met name van de afsluitende laag, geborgd blijft.

Hoogweg gebruikt mijnbouwhulpstoffen in de vorm van corrosieremmer (corrosion inhibitor). SodM is op dit punt van mening dat het risico op nadelige gevolgen voor het milieu als gevolg van het gebruik hiervan beperkt is.

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

## **Adviesvraag aan SodM**

Om aardwarmte te kunnen winnen uit een watervoerende gesteentelaag, moet een onderneming een goedgekeurd 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 door u aangeleverde winningsplan en de bijbehorende bijlagen en aanvullingen (voor een overzicht zie bijlage 1). SodM onderbouwt haar advies met behulp van het advies van TNO-AGE (kenmerk AGE-20-10.015) waarin de berekeningen en prognoses geverifieerd zijn.

## **Toelichting op advies**

### **Beschrijving van het veld en de winning**

Het winningsplan betreft aardwarmte winning in de buurt van Luttelgeest, gemeente Noordoostpolder, Provincie Flevoland. De aardwarmte wordt gewonnen op een diepte van zo'n 1900 m door middel van een triplet, bestaande uit één producerende put (LTG-GT-01) en twee injector-putten: LTG-GT-02; en LTG-GT-03. Het formatiewater heeft een temperatuur van ongeveer 77 °C en bevindt zich in de Slochteren formatie binnen de Upper Rotliegend groep. Het water wordt teruggebracht hetzelfde reservoir bij een temperatuur van 15-38 °C naar gelang het seizoen.

Het winningsplan beschrijft een beoogde duur van de winning voor 35 jaar. In het document worden plannen beschreven om in de nabije toekomst extra putten aanleggen. Dit advies richt zich alléén op het triplet bestaande uit bovengenoemde putten.

## 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

Om de kans op aardbevingen en het risico op eventuele schade als gevolg van aardwarmtewinning te onderzoeken heeft Hoogweg een seismische risico analyse (SRA) laten uitvoeren door IF Technology. 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). Met behulp van de daaruit volgende kwalitatieve scoringstabel komt Hoogweg op een score van 0,22 (20/90) uit, waarmee het in de categorie "laag potentieel" terecht komt.

TNO-AGE heeft volgens dezelfde leidraad de scoringstabel ingevuld op basis van zowel het winningsplan alsmede eigen gegevens. Hieruit volgt een score van 0,41 (37/90), waarmee Hoogweg in de categorie: "midden potentieel" uitkomt. SodM is het grotendeels met Hoogweg eens met de invulling van de scoringstabel. Echter, bij de categorieën "Orientation of faults in current stress field" (breukoriëntatie in het spanningsveld), "injection pressure" (injectiedruk) en "circulation rate" (debiet) zijn er aandachtspunten.

Met betrekking tot breukoriëntatie in het spanningsveld: de hoek tussen de strekking van de breuken en de richting van de maximale spanning in het horizontale vlak is kleiner dan 25°. Als de strekking van de breuken parallel is aan de maximale spanning in het horizontale vlak, is deze haaks op de minimale spanning in hetzelfde vlak. Deze situatie is optimaal voor breukbeweging. In deze categorie wordt ook op kwalitatieve wijze rekening gehouden met de kans op breukbeweging door te kijken naar het spanningsveld en de (verwachte) fysieke eigenschappen van de breuk. Door de relatief kleine hoek scoort SodM Hoogweg 10 punten in deze categorie. Hoewel Hoogweg in eerdere communicatie met SodM heeft laten zien dat de kans op breukbeweging klein is (doordat de breuken op voldoende afstand van de injector put zijn), zijn afkoelingseffecten niet meegenomen. Mogelijk kan, op het moment dat het koufront in de ondergrond ter hoogte van de breuk op 100 tot 500 m afstand van de injectieput aankomt, invloed hebben op de breukstabiliteit, met als mogelijk gevolg seismiciteit. In sectie 2.b wordt verder toegelicht wat hier de gevolgen van afkoeling zijn.

Omdat er sprake is van een triplet is het te injecteren volume verdeeld over twee putten, en daarom schrijft Hoogweg dat als beide putten operationeel zijn het debiet *per put* lager zal zijn. Echter, de parameter "circulation rate" is gerelateerd aan het totale volume van geïnjecteerd water, en daarmee indirect de grootte van het reservoirgedeelte waar omgevingsparameters veranderen (in dit geval druk en/of temperatuur). Het effect van meerdere injectieputten leidt tot lagere injectiedruk per put, en wordt in de scoringstabel ondervangen onder de categorie injectiedruk. SodM is van mening dat Hoogweg in de categorie "circulation rate" (debiet) hoger hoort te scoren, er van uitgaande dat Hoogweg tot de eerder gestelde limiet voor debiet gaat. In de WABO vergunning is een maximaal debiet van 475 m<sup>3</sup>/uur vergund (DGKE-WO / 19046207) wat boven de grens van 360 m<sup>3</sup>/uur ligt. Om deze redenen scoort SodM Hoogweg 10 punten in deze categorie. Met betrekking tot de categorie injectiedruk: Hoogweg scoort hier in de categorie 1-4 MPa. Dit getal beschrijft het drukverschil tussen de put en de initiële

reservoirdruk op reservoir niveau. Via de WABO vergunning is in november 2018 er met SodM overeen gekomen dat de injectiedruk aan het aardoppervlak (Tubing Head Pressure of THP) gecorrigeerd kan worden voor dynamisch drukverlies in de put (brief SodM, kenmerk: 18256365, in navolging van de omgevingsvergunning DGETM-EO / 18176531). Dit effect is afhankelijk van het debiet. De compensatie voor dynamisch drukverlies is beschreven in de notitie van IF Technology [5], die is aangeboden als bijlage aan het tweede addendum van het winningsplan [4]. Uit dit document blijkt dat het maximale drukverschil op reservoirniveau 50 bar (5 MPa) bedraagt (zie verder bijlage 1). Om deze reden dient Hoogweg daarom in deze categorie hoger te scoren, en scoort SodM Hoogweg op 7 punten SodM acht dat Hoogweg de overige categorieën adequaat ingeschat heeft. Daarmee komt Hoogweg volgens SodM op een totaal score op 0,38 (34/90). SodM heeft op punten een andere inschatting dan TNO-AGE, echter komt in beide gevallen Hoogweg uit de categorie "midden potentieel" op seismiciteit. De leidraad schrijft in dit geval voor een locatie-specifieke seismiciteit gevarenanalyse (seismic hazard analysis, SHA) uit te voeren.

Aanvullend hieraan is er nog een reden om het gevaar van seismiciteit als gevolg van de aardwarmte winning op deze locatie te onderzoeken. Uit het winningsplan komt naar voren dat er een breuk op 100 tot 500 m afstand van de injectieput ter hoogte van het reservoir zit. Hiermee is de kans reëel dat het koufront over enige tijd bij die breuk zal aankomen, een precies moment is niet aan te duiden omdat dit afhankelijk is aan de injectiehistorie: het geïnjecteerde volume afgekoeld water, de injectietemperatuur en het debiet. Temperatuurverlaging heeft een verlagend effect op de spanning in de ondergrond en kan daarmee ook de spanningstoestand ter hoogte van de breuk dusdanig veranderen dat de breuk instabiel wordt. Dit hoeft in strikte zin niet te leiden tot seismiciteit, echter adviseert SodM om het effect aan bod te laten komen in de locatie-specifieke SHA. In de huidige leidraad wordt geen rekening gehouden met temperatuureffecten. Aangezien het thermische front naar waarschijnlijkheid pas over enige tijd bij de breuk zal arriveren is er geen imminent risico. Daarmee is er tijd om een SHA uit te laten voeren zoals ook volgt uit de SRA leidraad bij uitkomst in de categorie medium potentieel. Mocht uit deze locatie-specifieke analyse blijken dat er een kans op een beving die schade veroorzaakt dient de SHA aangevuld te worden met mitigerende maatregelen, bijvoorbeeld een lokaal seismiciteit meetnetwerk en bijbehorend stoplichtsysteem (traffic light system, TLS). Afhankelijk van de locatie-specifieke gevarenanalyse (SHA) dienen de bovengrondse effecten ook te worden beschreven in de daarop volgende risicoanalyse. SodM adviseert om de SHA binnen een redelijke termijn van 6 maanden aan te laten aanleveren en ten behoeve van de kwaliteit goed te laten keuren door de Inspecteur-generaal der Mijnen.

In het geval dat er in het gebied seismiciteit optreedt (wat mogelijkwijs aan het geothermiedoublet gerelateerd kan worden), dient de omgeving adequaat geïnformeerd te worden over de mogelijke rol van het geothermie systeem. SodM adviseert daarom bij het instemmingsbesluit als voorwaarde een seismiciteit respons protocol op te laten stellen door de uitvoerder. Dit advies staat los van de uitkomsten van de SHA. Het KNMI heeft op deze locatie een minimale detectielimiet van 1,5 op de schaal van Richter en zal bevingen boven deze magnitude in het gebied kunnen detecteren en boven de 2,0 ook lokaliseren.

*Het risico op bodemtrilling valt in de categorie: medium potentieel. SodM adviseert om deze reden een locatie-specifieke SHA uit te voeren. Hierin dienen afkoelingseffecten nadrukkelijk aan bod komen en eventuele mitigerende maatregelen beschreven en geïmplementeerd worden. Ten behoeve van de kwaliteit adviseert SodM de SHA goed te laten keuren door de Inspecteur-generaal der Mijnen in een termijn van 6 maanden na het instemmingsbesluit. Los van de resultaten van de locatie specifieke SHA adviseert SodM tevens om Hoogweg een seismiciteit respons protocol op te laten stellen zodat de omgeving adequaat geïnformeerd kan worden bij een mogelijke beving.*

#### **b. Bodemdaling/stijging: controle bodemdaling/stijging prognoses en indien nodig 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 zorgt voor krimp met mogelijk bodemdaling tot gevolg. Tevens kan er bodemdaling/stijging ontstaan als er geen drukcommunicatie tussen de putten is.

Hoogweg heeft middels de interferentietesten (in de bijlage van het winningsplan) laten zien dat er voldoende communicatie is tussen de drie putten. Daarmee is het duidelijk dat er sprake is van een gesloten systeem, waarbij het formatiewater waar warmte uit onttrokken is in dezelfde formatie geïnjecteerd wordt, en er geen netto volumeverandering is. Bodemdaling kan ook optreden als gevolg van drukveranderingen en thermisch effecten in het reservoir. Berekeningen m.b.v. DoubletCalc (beschikbaar via [nlog.nl](http://nlog.nl)) laten zien dat de bodemdaling minder dan 10 mm is, na een gemodelleerde levensduur van 35 jaar. Deze effecten zijn dusdanig klein dat er geen verdere actie vereist is.

TNO-AGE heeft op basis van haar eigen data de bodemdaling gecontroleerd en concludeert een maximale bodemdaling van 8 mm bij het einde van de winningsvergunning termijn. Hoogweg lijkt daarmee iets conservatiever uit te komen, maar beide inschattingen laten een bodemdaling zien van een orde van grootte die nauwelijks meetbaar is. SodM adviseert daarom geen verdere maatregelen.

*SodM is van mening dat Hoogweg heeft de bodemdaling/stijging adequaat ingeschat. Omdat de verwachte bodemdaling minder dan 10 mm zal blijven zijn er geen verdere maatregelen vereist.*

## **2. Nadelige gevolgen voor milieu**

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

## a. Putintegriteit

Hoogweg heeft volgens Artikel 33 van de Mijnbouwwet de zorgplicht om nadelige gevolgen voor mens en milieu te voorkomen. Een goede borging van de integriteit van putten behoort ook tot invulling van deze zorgplicht. Onderdeel van de borging van de putintegriteit is de aanwezigheid en implementatie van een degelijk Well Integrity Management System (WIMS). In dit WIMS wordt beschreven hoe de integriteit bewaakt wordt en wat het plan van aanpak is als problemen worden geconstateerd. De integriteit van de bovengrondse installatie wordt gewaarborgd door een Asset Integrity Management Plan (AIMP). Gebreken aan de put of de installatie moeten worden gemeld aan SodM. SodM ziet toe op het gebruik van het WIMS en het AIMP en controleert deze steekproefsgewijs. Het WIMS en AIMP vormen indirect onderdelen van het Veiligheids- en Gezondheidszorgsysteem van Hoogweg. Een Veiligheids- en Gezondheidszorgsysteem is een wettelijke verplichting<sup>[1]</sup> en omvat het beleid, planning, implementatie en uitvoering, controle en directiebeoordelingen (van de uitvoering) van de werkzaamheden aan en rond het geothermiesysteem, voor alle fases van het project.

De mijnbouwlocatie van Hoogweg bevindt zich niet in een kwetsbaar natuur- of drinkwatergebied. De geothermieputten doorboren geen drinkwater aquifers binnen een grondwaterbeschermingszone, waterwingebied of strategische reserve. Het dichtstbijzijnde Natura 2000 gebied (de Weerribben) ligt ca. 5 km van de oppervlakte locatie van de putten.

Een triplet van het aardwarmte systeem is reeds aangelegd in 2018. In de periode na het boren van de putten, zijn er nieuwe inzichten ontstaan over een degelijk putontwerp. De putten zijn niet geboord volgens deze laatste inzichten. De aanwezigheid van een adequaat WIMS is daarom essentieel om de veiligheid van het milieu en de omgeving te borgen, zodat lekkages naar de omgeving zo veel als mogelijk worden voorkomen. SodM adviseert de minister om maatregelen als voorwaarde op te nemen in het instemmingsbesluit. Wanneer er onverhoopt toch een integriteitsissue is, kan dit tijdig worden ontdekt en kan er worden ingegrepen.

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. In dit systeem worden ten minste de volgende additionele maatregelen opgenomen:

- inspectie van de buiswanddikte voor alle putten
- coupon monitoring
- toetsing waterkwaliteit:
  - analyse watermonsters op samenstelling;
  - pH;
  - het ijzergehalte in het productiewater;
- reactieplan.

De frequentie van wanddiktemetingen dient afgestemd te worden op de bevindingen bij de metingen samen met corrosiebevindingen van de andere putten. Uit ervaring met de geothermie putten in Nederland is duidelijk dat corrosie in de productieput over het algemeen sneller verloopt dan in de injectieputten. Ook is duidelijk dat de gangbare frequentie van eens per vijf jaar niet voldoende is. Het advies is voor de productieput de frequentie op jaarlijks te

---

[1] artikel 2.42e van het Arbeidsomstandighedenbesluit

stellen en voor de injectieputten eens per drie jaar, totdat uit het verloop van de metingen de frequentie bijgesteld kan worden.

Ik herhaal ter ondersteuning van de monitoring van de putintegriteit en met betrekking tot de couponmonitoring en de waterkwaliteit de verplichtingen uit de omgevingsvergunning met kenmerk omgevingsvergunning DGETM-EO / 18176531. De meet- en registratieverplichtingen betreffende de couponmonitoring en de waterkwaliteit dient jaarlijks geëvalueerd te worden en in een overzicht (jaarrapportage) samengevat. De jaarrapportage bevat tevens een opsomming van de niet routine activiteiten in dat jaar in het kader van de injectie; in deze opsomming komt in ieder geval een overzicht voor van:

- overzicht reparatie en onderhoudswerkzaamheden;
- afwijkingen in de injectiedruk;
- afwijkingen in de annulaire druk;
- mechanische problemen;
- eventuele incidenten of lekkages in het injectiesysteem.

Complementair aan de bovenstaande onderwerpen van de vereiste jaarrapportage verwacht SodM van de uitvoerder dat zij de uitkomsten van de uitgevoerde maatregelen volgend uit het putintegriteit zorgsysteem (WIMS) verwerkt in de jaarlijkse rapportage aan SodM. Met betrekking tot de corrosie-monitoring van de verbuizingen betreft dit onder andere:

- de laatst gemeten minimale wanddikte (percentage) en de diepte;
- tijdstip van de meting;
- afgeleide corrosiesnelheid in percentage wanddikte per jaar;
- verwacht moment van volledige penetratie;
- 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 Hoogweg ervoor dient te zorgen dat er gewonnen wordt met een gedegen WIMS dat voldoet aan de ISO 16530-1 norm. Tevens adviseert SodM om de jaarreportage (volgend uit de omgevingsvergunning) aan te vullen met eventuele genomen maatregelen volgend uit het WIMS.*

## **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 afkoeling kan er een spanningstoestand (met andere woorden, een combinatie van verticale en horizontale spanning) ontstaan waardoor er scheuren in het intacte gesteente kunnen vormen en eventueel krimpscheuren kunnen ontstaan. Als er een breuk zich in de nabijheid van het aardwarmte systeem bevindt kan deze instabiel raken zodra het koud-water front de breuk bereikt heeft. De afname in spanning schaalte lineair met de temperatuurafname: een groter verschil (lagere injectietemperatuur t.o.v. de initiële reservoir temperatuur) leidt tot grotere spanningsafname. Hoogweg schrijft in de winter met 15 °C te injecteren, wat een maximaal temperatuurverschil van 62 °C met de initiële temperatuur is.

De effecten van druk en temperatuur moeten binnen een veilige marge blijven zodat de integriteit van het reservoir en de stabiliteit van bestaande breuken gewaarborgd blijft. Het injectieprotocol (SodM-TNO, 23 november 2013) is als conservatieve leidraad toepasbaar tot een temperatuurverschil van maximaal 40 °C. Voor een groter temperatuurverschil is het protocol niet toereikend is een correctie nodig. Als alternatief kan een meer geavanceerde rekenmethode gebruikt worden waarin rekening wordt gehouden met de locatie specifieke situatie, bijvoorbeeld een 3D reservoirmodel. Omdat deze effecten van druk en temperatuur naast reservoirintegriteit ook een rol spelen bij breukstabiliteit (bodemtrilling), adviseert SodM om in de SHA zowel reservoirintegriteit als de kans op seismiciteit aan bod te laten komen, zoals eerder in deze brief geadviseerd is.

Hoogweg heeft de maximale injectiedruk onderbouwd in een bijlage van het winningsplan [6, 7]. TNO-AGE heeft de onderbouwing meegenomen in haar advies en constateert een aantal onvolkomenheden. Bovendien acht TNO-AGE de onderbouwing onvoldoende om af te wijken van het injectieprotocol, en adviseert een maximale injectiedruk conform het protocol te behouden. TNO-AGE adviseert een nadere onderbouwing voor maximale injectiedruk aan te laten leveren. SodM kan zich grotendeels in de bevindingen van TNO-AGE vinden. Het injectieprotocol kan gebruikt worden mits er voor een afkoeling van meer dan 40 °C gecorrigeerd wordt. SodM is tevens van mening dat de onderbouwing van Hoogweg een stap in de goede richting is, en onderschrijft om een nadere onderbouwing te laten aanleveren. Ten behoeve van de kwaliteit adviseert SodM de onderbouwing te laten goedkeuren door de Inspecteur-generaal der Mijnen. Totdat deze nadere onderbouwing goedgekeurd is adviseert SodM om de injectiedruk te limiteren als functie van het debiet en temperatuur via de tabel in bijlage 2 van dit advies. Hierbij is rekening gehouden met een het dynamisch drukverlies effect wat eerder vergund is. Qua temperatuur wordt het injectieprotocol gehanteerd, tot aan een temperatuurverschil van groter dan 40 °C. Bij grotere temperatuurverschillen wordt een vermindering van 1 bar per graad extra afkoeling gehanteerd. Een nadere onderbouwing van het afkoelingseffect is opgenomen in bijlage 3.

*Op basis van deze informatie adviseert SodM dat Hoogweg een verbeterde onderbouwing levert van de maximale injectiedruk, waarin het effect van afkoeling op de spanningstoestand in het reservoir is meegenomen (thermo-elastisch effect). Het uitgangspunt is dat geen scheurvorming in de afsluitende laag zal optreden alsmede dat er geen schade veroorzakende seismiciteit optreedt door breukbeweging, of dat deze gemitigeerd kan worden.*

*Vanwege overlappende onderdelen in deze studie adviseert SodM om de onderbouwing als onderdeel van een aanvullende SHA uit te laten voeren, en deze binnen een termijn van 6 maanden na instemming op het winningsplan te laten goedkeuren door de Inspecteur-generaal der Mijnen. Rekening houdend met de beoordelingstijd dient Hoogweg de documenten redelijkerwijs ruim voor de periode van 6 maanden in te dienen. Voor de tussentijdse periode adviseert SodM om de maximale injectiedruk te limiteren volgens de tabel in bijlage 2 van dit advies, waarbij de injectietemperatuur niet lager is dan 15 °C.*



### c. Gebruik van hulpstoffen

Daar waar materialen zijn toegepast die kunnen corroderen in contact met de geproduceerde of geïnjecteerde vloeistoffen is het mogelijk een corrosieremmer 'corrosion inhibitor' toe te passen. Voor bestaande putten is dit vaak de enige methode om de integriteit van de put te kunnen borgen.

Bij het gebruik van anti-corrosie middelen treden additionele risico's op, zoals H<sub>2</sub>S vorming in het reservoir, en schade aan het milieu als er een lekkage optreedt. Ook het transport en opslag van deze stoffen levert additionele risico's op. Het is daarom raadzaam om het gebruik van anti-corrosie middelen zo veel als mogelijk te beperken. Bovendien dienen deze middelen te voldoen aan alle vigerende stoffenregelgeving zoals REACH en biociden-regelgeving.

Hoogweg schrijft in haar winningsplan ongeveer 10 ml aan corrosion inhibitor vloeistof toe te voegen per kubieke meter geproduceerd water (0,01 l/m<sup>3</sup>). Deze concentratie blijft naar verwachting in de bovengrondse installatie gelijk, en zal dan ook in de injector-putten gelijk blijven. De concentratie zal dus niet halveren tot de 0,005 l/m<sup>3</sup> die in het winningsplan vermeld staat voor de injectieputten.

*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.*

### Overige bevindingen

Naast het primaire doel van aardwarmte winning, wordt er ook een hoeveelheid gas gewonnen. Bij het oppompen van het formatiewater komen opgeloste koolwaterstoffen vrij, waardoor er ongeveer 0,4 nm<sup>3</sup> gas vrijkomt met elke m<sup>3</sup> opgepompt water. Dit vrijgekomen gas wordt op de locatie verstoekt in een gasketel

### Conclusie

SodM en TNO-AGE concluderen beide dat Hoogweg conform de SRA leidraad in de categorie "medium potentieel" uitkomt. Conform de leidraad dient Hoogweg een SHA uit te voeren. SodM concludeert tevens dat spanningsafname als gevolg van een temperatuurdaling in het reservoir tot instabiele breuken kan leiden, en adviseert daarom het effect in de SHA aan bod te laten komen. Hoogweg heeft de bodemdaling adequaat ingeschat, de verwachte bodemdaling bedraagt niet meer dan 10 mm. SodM adviseert daarom geen aanvullende voorwaarden op dit punt. SodM constateert dat de putten niet naar de laatste inzichten van putontwerp gerealiseerd zijn. Om de veiligheid te borgen adviseert SodM dat Hoogweg een Well Integrity Management System volgens de ISO norm 16530-1 heeft voor de putten in het winningsplan. Om het risico op lekkage te minimaliseren adviseert SodM om de putten jaarlijks te inspecteren op wanddikteafname. Deze frequentie kan omlaag als de mitigerende maatregelen effectief blijken te zijn. Met betrekking tot de reservoir integriteit adviseert SodM u om nadere onderbouwing aan te laten leveren, waarin Hoogweg aantoont dat de limieten voor injectiedruk, debiet en temperatuur veilig en verantwoord zijn. Voor de tussentijdse situatie adviseert SodM u een maximale injectiedruk die afhankelijk is van debiet en injectietemperatuur op te nemen als voorschrift in het

instemmingsbesluit. Hierbij is er een minimale injectietemperatuur van 15 °C. De maximale injectiedruk, zoals gemeten bij de installatie aan het aardoppervlak (THP) is weergegeven in de tabel in bijlage 2.

SodM acht het gebruik van mijnbouw hulpstoffen doelmatig, de nadelige gevolgen voor het milieu zijn beperkt.

*Met betrekking tot het risico op bodembeweging (en indirect reservoirintegriteit) adviseer ik u om:*

1. Hoogweg een locatie-specifieke SHA uit te laten voeren, zoals omschreven in de leidraad "Defining the framework for seismic hazard assessment in geothermal projects" (2016, IF Technology B.V. en Q-Con GmbH). In de SHA dient onderzoek naar afkoelingseffecten op langere termijn een onderdeel zijn. Deze evaluatie met de bijbehorende mitigerende maatregelen dient binnen 6 maanden na instemming op het winningsplan goedgekeurd te zijn door de Inspecteur-generaal der Mijnen.
2. Hoogweg 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.

*Met betrekking tot putintegriteit adviseer ik:*

3. Hoogweg dient tijdens de winning een adequaat Well Integrity Management System (WIMS) volgens de ISO norm 16530-1 geïmplementeerd te hebben voor de putten in het winningsplan. Tevens adviseert SodM om de jaarreportage (volgend uit de omgevingsvergunning) aan te vullen met eventuele genomen maatregelen volgend uit het WIMS.

*Met betrekking tot de reservoirintegriteit adviseer ik:*

4. De uitvoerder dient nader aan te tonen dat de integriteit van het reservoir geborgd is onder operationele parameters zoals maximale injectiedruk en minimale temperatuur. Dit gaat met name op voor de afsluitende laag en breuken binnen de invloedssfeer van de aardwarmte winning. Deze evaluatie met de bijbehorende mitigerende maatregelen dient binnen 6 maanden na instemming op het winningsplan goedgekeurd te zijn door de Inspecteur-generaal der Mijnen. Rekening houdend met de beoordelingstijd dient Hoogweg de documenten redelijkerwijs ruim voor de periode van 6 maanden in te dienen. Voor de tussentijdse periode adviseert SodM onderstaande voorwaarden (5 en 6).
5. Een limiterende bepaling op te nemen waarin de herinjectie temperatuur wordt vastgesteld op minimaal 15 °C.
6. De injectiedruk zoals gemeten aan het aardoppervlak (Tubing Head Pressure, THP) per put dient tijdelijk gelimiteerd te zijn in navolging van de tabel in bijlage 2.

SodM gaat ervan uit dat uw adviesvraag hiermee is beantwoord. Vanzelfsprekend is SodM bereid dit advies nader toe te lichten.

Hoogachtend,



Inspecteur-generaal der Mijnen

## Bijlage 1 - Documentatielijst

- [1] Winningsplan Aardwarmte, Hoogweg, d.d. April 2019
- [2] Hoogweg update seismiciteit quickscan - Potentie veroorzaken geïnduceerde seismiciteit, IF Technology B.V., d.d. 19 Juli 2018, ref.: 66238/NB
- [3] Addendum Winningsplan Aardwarmte, Hoogweg, d.d. mei 2019
- [4] Addendum Winningsplan Aardwarmte, Hoogweg, d.d. september 2019
- [5] Hoogweg injectiedruk en geïnduceerde seismiciteit, IF Technology B.V., d.d. 19 oktober 2018, ref.: 20181019/66238/NB
- [6] Aanvaardbare Injectiedrukken Hoogweg bij verschillende Temperaturen, IF Technology B.V., d.d. 25 februari 2019, ref.: 20190225/66238/NB
- [7] Geupdate notitie incl opmerkingen SodM mei 2019, IF Technology B.V., d.d. 14 oktober 2019, ref.: 20191014/66238/NB

## Bijlage 2 - Maximale injectiedruk

Maximale injectiedruk (Tubing Head Pressure - THP, gemeten in bar) als functie van debiet (kubieke meter per uur, m<sup>3</sup>/u) en injectietemperatuur (graden Celcius, °C). Het dynamisch drukverlies effect is in overeenkomst met via de WABO vergunning overeengekomen is (brief van SodM 14 november 2018, kenmerk 18256365). In deze specifieke brief is de extra afkoeling nog niet aan bod gekomen.

Injectie Temp. [°C]	Debiet [m <sup>3</sup> /u]	0	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350
	Max. THP [bar]	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m
77	100	50,5	50,8	51,1	51,5	51,9	52,4	53,0	53,6	54,3	55,0	55,6	55,6
67	125	50,5	50,8	51,1	51,5	51,9	52,4	53,0	53,6	54,3	55,0	55,6	55,6
57	150	50,5	50,8	51,1	51,5	51,9	52,4	53,0	53,6	54,3	55,0	55,6	55,6
47	175	50,5	50,8	51,1	51,5	51,9	52,4	53,0	53,6	54,3	55,0	55,6	55,6
38	200	50,5	50,8	51,1	51,5	51,9	52,4	53,0	53,6	54,3	55,0	55,6	55,6
37	225	50,5	50,8	51,1	51,5	51,9	52,4	53,0	53,6	54,3	55,0	55,6	55,6
36	250	50,5	50,8	51,1	51,5	51,9	52,4	53,0	53,6	54,3	55,0	55,6	55,6
35	275	50,5	50,8	51,1	51,5	51,9	52,4	53,0	53,6	54,3	55,0	55,6	55,6
34	300	49,5	49,8	50,1	50,5	50,9	51,4	52,0	52,6	53,3	54,0	54,6	54,6
33	325	48,5	48,8	49,1	49,5	49,9	50,4	51,0	51,6	52,3	53,0	53,6	53,6
32	350	47,5	47,8	48,1	48,5	48,9	49,4	50,0	50,6	51,3	52,0	52,6	52,6
31		46,5	46,8	47,1	47,5	47,9	48,4	49,0	49,6	50,3	51,0	51,6	51,6
30		45,5	45,8	46,1	46,5	46,9	47,4	48,0	48,6	49,3	50,0	50,6	50,6
29		44,5	44,8	45,1	45,5	45,9	46,4	47,0	47,6	48,3	49,0	49,6	49,6
28		43,5	43,8	44,1	44,5	44,9	45,4	46,0	46,6	47,3	48,0	48,6	48,6
27		42,5	42,8	43,1	43,5	43,9	44,4	45,0	45,6	46,3	47,0	47,6	47,6
26		41,5	41,8	42,1	42,5	42,9	43,4	44,0	44,6	45,3	46,0	46,6	46,6
25		40,5	40,8	41,1	41,5	41,9	42,4	43,0	43,6	44,3	45,0	45,6	45,6
24		39,5	39,8	40,1	40,5	40,9	41,4	42,0	42,6	43,3	44,0	44,6	44,6
23		38,5	38,8	39,1	39,5	39,9	40,4	41,0	41,6	42,3	43,0	43,6	43,6
22		37,5	37,8	38,1	38,5	38,9	39,4	40,0	40,6	41,3	42,0	42,6	42,6
21		36,5	36,8	37,1	37,5	37,9	38,4	39,0	39,6	40,3	41,0	41,6	41,6
20		35,5	35,8	36,1	36,5	36,9	37,4	38,0	38,6	39,3	40,0	40,6	40,6
19		34,5	34,8	35,1	35,5	35,9	36,4	37,0	37,6	38,3	39,0	39,6	39,6
18		33,5	33,8	34,1	34,5	34,9	35,4	36,0	36,6	37,3	38,0	38,6	38,6
17		32,5	32,8	33,1	33,5	33,9	34,4	35,0	35,6	36,3	37,0	37,6	37,6
16		31,5	31,8	32,1	32,5	32,9	33,4	34,0	34,6	35,3	36,0	36,6	36,6
15		30,5	30,8	31,1	31,5	31,9	32,4	33,0	33,6	34,3	35,0	35,6	35,6

## Bijlage 3 - Technische onderbouwing afkoelingseffect

Uitgaande van het maximale temperatuurverschil ( $\Delta T = 62 \text{ }^\circ\text{C}$ , wintersituatie) en gemiddelde parameters voor zandsteen kan er een spanningsvermindering optreden ter grote van enkele tientallen bar. Het verschil kan worden uitgerekend met:

$$\Delta\sigma_T = E \cdot \alpha \cdot \Delta T / (1 - \nu).$$

(1)

Hierin zijn de parameters:  $\Delta\sigma_T$  de verandering van de spanning (op hoofdassen), in Pa;  $E$  de Young's modulus in Pa;  $\alpha$  de thermische vervorming coëfficiënt, in  $\text{K}^{-1}$ ;  $\Delta T$  het temperatuurverschil tussen de initiële reservoirtemperatuur en de injectietemperatuur, in K of  $^\circ\text{C}$ ; en  $\nu$  de Poisson's ratio.

Ter illustratie volgt hier een berekening op basis van de parameters uit de bijlage van het winningsplan (Young's Modulus,  $E = 10.6 \text{ GPa}$ ; Poisson's ratio  $\nu = 0,29$ ; thermische expansie coëfficiënt,  $\alpha = 1 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ ). Bij een temperatuurverschil van  $\Delta T = 62 \text{ K}$  neemt de reservoirspanning met 92,6 bar af in alle richtingen.

Dit komt neer op een spanningsafname van 1,49 bar per graad afkoeling (met:

$$\Delta\sigma_T/\Delta T = E \cdot \alpha / (1 - \nu)$$

(2)

en  $\Delta\sigma_T/\Delta T$  in [ $\text{bar}/^\circ\text{C}$ ]). Dit is meer dan de 1 bar/graad correctie op het injectieprotocol die in de tabel in bijlage 2 verrekend is. Dit is naar verwachting voldoende om reden dat in de conservatieve spanningsgradiënt al een temperatureffect verwerkt is (i.e., tot een  $\Delta T = 40 \text{ }^\circ\text{C}$ ).