



Staatstoezicht op de Mijnen
Ministerie van Economische Zaken
en Klimaat

> Retouradres Postbus 24037 2490 AA Den Haag

De staatssecretaris van Economische Zaken en Klimaat
Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
Directie Transitie Diepe Ondergrond
t.a.v. [redacted]

Per e-mail: [redacted]@minezk.nl; [redacted]@minezk.nl;
[redacted]@minezk.nl; [redacted]@minezk.nl

Datum 21 maart 2023
Betreft Advies SodM tijdelijk winningsplan Delft I

Geachte [redacted],

U heeft Staatstoezicht op de Mijnen (hierna: SodM) op 8 september 2022 om advies gevraagd betreffende instemming met het tijdelijke winningsplan Delft I. Het plan is ingediend door GeoThermie Delft B.V. (hierna: de uitvoerder). Om aardwarmte te kunnen winnen uit een watervoerende laag moet een onderneming een ingestemd winningsplan hebben. Om goed geïnformeerd te kunnen instemmen met een winningsplan wordt advies gevraagd aan een aantal adviseurs, waaronder SodM.

In dit advies leest u eerst de adviesvraag aan SodM, dan een samenvatting van het advies, vervolgens het advies en de onderbouwing, en tot slot de conclusies en aanbevelingen.

Adviesvraag aan SodM

Op uw verzoek toetst SodM het tijdelijke 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;
 - c) Aanvullend aan uw adviesvragen stel ik een voorwaarde met betrekking tot het gebalanceerd systeem.
2. Nadelige gevolgen voor het milieu:
 - a) Putintegriteit;
 - b) Reservoirintegriteit;
 - c) Gebruik van hulpstoffen.

Advies SodM

SodM is van mening dat u kunt instemmen met het voorgelegde winningsplan, indien u daaraan wel voorwaarden verbindt. SodM is van mening dat de kans op seismiciteit niet verwaarloosbaar klein is, en dat daarom gepaste beheersmaatregelen zijn vereist. SodM adviseert een aangepast TLS als voorwaarde op te nemen in het instemmingsbesluit. De bodemdaling als gevolg

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

22573682

Uw kenmerk

IV-15317

Bijlage(n)

van de aardwarmtewinning in Delft I zal naar verwachting beperkt zijn. Wel adviseert SodM een voorwaarde op te nemen dat er een interferentietest gedaan moet worden en dat de uitvoerder aantoont dat het systeem gebalanceerd is en blijft. Daarnaast moet de putintegriteit geborgd worden middels een degelijk WIMS en een jaarlijkse rapportage, ook hiervoor adviseert SodM een aantal voorwaardes op te nemen. SodM stelt voor dat de uitvoerder een nulmeting doet van het aanwezige bodemgas. Verder concludeert SodM dat de reservoirintegriteit voldoende geborgd kan worden, mits er limieten in druk, temperatuur en debiet worden vastgelegd als voorwaarden in het instemmingsbesluit. Ten slotte is SodM van mening dat er een voorwaarde nodig is wat betreft eventuele toevoegingen en hulpstoffen in de vloeistofstroom.

Ik licht dit hieronder toe.

Toelichting

Dit advies is opgesteld op basis van het ingediende winningsplan "220908 Verzoek tot instemming WP Delft I, versie: Winningsplan GTD220908KHu final" (d.d. 8 september 2022) met daarbij behorende appendices en bijlagen. Op 8 november 2022 en 8 februari 2023 zijn er aanvullingen binnengekomen, welke meegenomen zijn in de beoordeling. Daarnaast onderbouwt SodM haar advies met behulp van adviezen van TNO-AGE (AGE 22-10.074 en AGE 22-10.105) waarin de berekeningen en prognoses van de uitvoerder geverifieerd zijn.

Beschrijving van het reservoir en de winning

Dit winningsplan beschrijft de geplande aardwarmtewinning in Delft. Het winningsplan valt onder het Tijdelijk Beleidskader en zal daarom maximaal 2 jaar (met mogelijkheid tot 1 jaar verlenging) geldig zijn. De warmte zal worden gebruikt voor verwarming van gebouwen. Tevens dient het project als onderzoek ter verbetering van geothermieprojecten. Het project zal bestaan uit 1 doublet met de productieput DEL-GT-01 en de injectieput DEL-GT-02. De boring van de putten zal naar verwachting in 2023 plaatsvinden.

De uitvoerder is voornemens aardwarmte te winnen uit de Delft Zandsteen Member, onderdeel van de Schieland Groep, Nieuwerkerk Formatie. De top van de Delft Zandsteen ligt naar schatting op ongeveer 2162 m diepte in de productieput en op ongeveer 1957 m in de injectieput. De laag heeft in het winningsgebied een dikte van ongeveer 123 m en bevat formatiewater met een verwachte temperatuur van ongeveer 80 °C.

Naast aardwarmtewinning wordt er ook een hoeveelheid aardgas gewonnen dat van nature opgelost zit in het formatiewater. Bij het oppompen van het formatiewater komen opgeloste koolwaterstoffen vrij, waardoor er ongeveer 1 Nm³ gas vrijkomt met elke m³ opgepompt water. Dit mee geproduceerde gas (de zogeheten bijvangst) wordt gevoed in het bestaande Stedin aardgasnet en bij storing zal het tijdelijk afgefakkeld worden.

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 de kans op aardbevingen, het risico op schade en de consequenties voor de veiligheid als gevolg van aardwarmtewinning te onderzoeken heeft de uitvoerder een seismische risico analyse (SRA) uitgevoerd/uit laten voeren. Dit is gedaan conform de leidraad "Defining the framework for seismic hazard assessment in geothermal projects" (2016, Q-Con GmbH en IF Technology B.V.). Uit het eerste deel van deze analyse (level 1, Quick Scan) volgt een score voor het project, welke een maat is voor de potentie van geïnduceerde seismiciteit.

Quick Scan

De uitvoerder concludeert op basis van de Quick Scan dat de gecombineerde score van de risicofactoren 27 uit 90 is. Dit komt overeen met een genormaliseerde score van 0,3. Met deze score valt het project volgens de uitvoerder in de lage categorie voor seismische dreiging ($\text{score} \leq 0,33$).

TNO-AGE heeft de analyse en de inputparameters geanalyseerd en gecontroleerd. TNO-AGE komt uit op een hogere score van 31 uit 90 (genormaliseerde score van 0,34). Dit komt doordat TNO-AGE de categorie "injectiedruk" een hogere score geeft. Met de score van TNO-AGE valt het project in de middelste categorie voor seismische dreiging.

SodM heeft de SRA gecontroleerd en sluit zich aan bij de beoordeling van TNO-AGE dat het risico op bodemtrilling in de middelste categorie voor seismische dreiging valt. Omdat "drukcommunicatie tussen productie- en injectieput" nog niet aangetoond is, komt SodM voor deze categorie tot een hogere score dan TNO en concludeert SodM dat de genormaliseerde score 0,38 is. Indien een project in de middelste categorie van seismiciteit valt dient de uitvoerder, conform de leidraad, een locatie-specifieke seismische dreigingsanalyse (Seismic Hazard Analysis, verder SHA) uit te voeren. Ondanks dat de uitvoerder zelf tot een Quick Scan score "laag" kwam, heeft zij op verzoek van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat toch een SHA uit laten voeren. Deze wordt in de volgende paragraaf beoordeeld.

Locatie-specifieke dreigingsanalyse (SHA)

In de uitgevoerde SHA is bepaald of er ondergrondse spanningscondities kunnen ontstaan waarbij reactivering van breuken zou kunnen optreden in de omgeving van een injectieput. De studie concludeert dat de kans op breukreactivering na 3 jaar productie laag is. Ook na 35 jaar productie is de kans op breukreactivering laag. De uitvoerder heeft ook een maximaal mogelijke magnitude van seismiciteit berekend, de kans waarop zeer klein is, en komt daarbij tot een $M_{\max}$ van 2,5 na 3 jaar en 3,1 na 35 jaar.

TNO-AGE heeft een eigen SHA evaluatie uitgevoerd en acht de SHA analyse afdoende om het project gedurende de tijdelijke winningsplanfase doorgang te

laten vinden. TNO-AGE kan zich vinden in de conclusies van de uitvoerder omtrent de kansen op het optreden van geïnduceerde aardbevingen alsmede de inschatting van de magnitude hiervan, alhoewel de berekende maximale magnitude na 3 jaar productie hoger is dan de uitvoerder, namelijk $M_{\max} = 2,8$. Dit verschil ontstaat doordat TNO-AGE rekent met de maximaal voorspelde laagdikte en daardoor met een groter afgekoeld breukvlak rekent. Na 35 jaar productie komt TNO ook op een $M_{\max}$ van 3,1. TNO-AGE adviseert om als voorwaarde op te nemen dat de SHA op basis van de geacquireerde gegevens en ervaringen wordt geactualiseerd op het moment van een aanvraag van een vervolgvergunning.

SodM vindt - op basis van de analyses van zowel de uitvoerder als TNO-AGE - de hoofdconclusie aannemelijk dat er op de langere termijn een kans op breukreactivering als gevolg van de aardwarmtewinning is. Echter, kan SodM de tussenconclusies van de SHA, die de hoofdconclusie zouden moeten onderbouwen, niet beoordelen. De reden hiervoor is dat de in de studie gemaakte aannames, parameterkeuzes en onzekerheden niet voldoende onderbouwd zijn. De belangrijkste kritiekpunten zijn opgenomen in Bijlage 1.

Omdat het tijdelijk winningsplan slechts geldig is voor 2 jaar, met een maximale verlenging van 1 jaar, en veel van de aannames geverifieerd en onzekerheden verkleind kunnen worden met gegevens verkregen uit de boringen, acht SodM het voldoende dat verbeteringen in de SHA meegenomen worden in de aanvraag voor de vervolgvergunning. In de verbeterde en geactualiseerde SHA studie dient gebruik te worden gemaakt van de dan geldende technische standaard. Ook de resultaten verkregen uit de boringen en de eerste fase van winning moeten worden meegenomen en er dient rekening gehouden te zijn met de in Bijlage 1 genoemde kritiekpunten. Hierbij merkt SodM op dat de beoordeling van de vervolgvergunning op dit punt kan betekenen dat een veilige voortzetting van de winning beperkt of niet mogelijk is.

Omdat niet met enige mate van zekerheid te zeggen is of het risico voor de duur van het tijdelijke winningsplan verwaarloosbaar is, is SodM van mening dat de monitoring en beheersing van mogelijk optredende seismiteit (i.e. het seismisch risico beheersplan, verder: SRB) moet zijn ingesteld op een reëel risico. SodM adviseert om een SRB voor een reëel risico te hanteren, op basis van de SRB-richtlijn (2022) van SodM¹. In de volgende paragraaf zal ik het aangeleverde SRB toetsen.

Seismische risico beheersing

Elke uitvoerder dient een seismisch risico beheersplan (SRB) te hanteren, waarin beschreven staat hoe eventuele seismiteit gemonitord wordt en welke acties volgen bij het optreden ervan. SodM adviseert hiertoe een voorwaarde op te nemen.

Monitoring

¹ <https://www.sodm.nl/sectoren/geothermie/documenten/richtlijnen/2022/07/25/seismisch-risico-beheersplan-richtlijn-voor-geothermie>

De uitvoerder geeft in het winningsplan aan dat er seismische monitoring plaatsvindt via het reguliere monitoringsnetwerk van het KNMI. Dit netwerk heeft in de omgeving van Delft I een lokalisatiegrens (ook wel magnitude of completeness, MoC, genoemd) die ligt tussen $0,5 < MoC \leq 1,0$. Dit betekent dat bevingen van deze MoC en hoger op de schaal van Richter gelokaliseerd kunnen worden. Echter, er is een lokaal seismisch monitoringsnetwerk aangelegd voor Delft I, welke bestaat uit 4 additionele boorgat stations. Daarmee komt de lokalisatiegrens lager te liggen. SodM adviseert dat de data van deze metingen gedeeld wordt met het KNMI en dat na berekening van de nieuwe lokalisatiegrens een nieuw TLS opgesteld en voorgelegd wordt. Totdat deze metingen gedeeld worden met het KNMI adviseert SodM dat deze maandelijks gerapporteerd worden aan SodM.

Voor een geothermieproject waarbij het risico op seismiciteit reëel is, acht SodM het noodzakelijk dat een lokalisatiegrens van magnitude $M=0,5$ wordt behaald¹. Daarmee is er voldoende ruimte om eventuele trends in magnitude of frequentie van aardbevingen waar te nemen. Wanneer de lokalisatiegrens van $M=0,5$ niet behaald wordt dienen er strengere eisen aan de maatregelen voor beheersing van eventuele seismiciteit te worden gesteld. De uitvoerder heeft vooralsnog niet aangetoond dat de lokalisatiegrens van $M=0,5$ gehaald wordt voor Delft I.

Het is verder onduidelijk welk gebied als "invloedsgebied" wordt beschouwd, i.e. waar ligt de grens waarbinnen eventuele seismiciteit wordt geacht mogelijk door de aardwarmtewinning veroorzaakt te zijn? Niet alleen dient de uitvoerder automatisch een melding te krijgen bij een event binnen de grenzen van het gebied waarvoor de winningsvergunning geldt, maar ook binnen een rand van 500 m rondom het gebied waarvoor de winningsvergunning geldt. Hiermee is de onzekerheid in plaatsbepaling van een beving meegenomen. SodM adviseert dit op te laten nemen in het SRB.

Traffic Light System (TLS)

In het SRB geeft de uitvoerder een stoplichtsysteem (TLS) dat beschrijft bij welke magnitude er welke acties volgen. In Tabel 1 en 2 zijn de TLS en bijbehorende voortvloeiende acties opgesomd. Het voorgestelde TLS en bijbehorende maatregelen dat de uitvoerder voorstelt, voldoen niet aan de richtlijnen van SodM.

TLS	Actie
$0,5 < M \leq 1,5$	Geen
$1,5 < M \leq 2,0$	Her-evaluatie en aanpassen systeem, pas terug naar oude situatie in overleg met SodM
$M > 2,0$	Stop, her-evaluatie, pas door in overleg met SodM

Tabel 1: TLS zoals voorgesteld door de uitvoerder.

Aantal bevingen in één jaar			
	1 beving	2 bevingen	3 bevingen of meer
$0,5 < M \leq 1,5$			
$1,5 < M \leq 2,0$			

$M \geq 2,0$			
--------------	--	--	--

Tabel 2: Escalatie bij meer dan 1 beving per jaar, zoals voorgesteld door de uitvoerder.

SodM vindt de seismische risico beheersing onvoldoende. Onderstaande Tabellen 3 en 4 geven weer wat SodM minimaal vereist voor een TLS, bij een niet-verwaarloosbaar risico op seismiciteit en een MoC tussen 0,5 en 1,0 en wat dit specifiek voor het project van Delft I betekent. Afhankelijk van de snelheid van de groundbeweging (peak ground velocity, PGV) kan er schade optreden. SodM hanteert de Stichting Bouwresearch richtlijn. In deze richtlijn is er 1% kans op schade bij een PGV lager dan 3 mm/s. De relatie van Bommer et al. (2021)² is representatief voor Nederland om PGV waarden om te rekenen naar een magnitude bij een bepaalde diepte. In het geval van Delft I dus bij dieptes van ongeveer 2000 m, is de waarde waarbij een grondversnelling van 3 mm/s voorkomt ($M_{PGV=3 \text{ mm/s}}$) ongeveer 2,0.

Bij niveau groen is geen actie vereist. Bij oranje moeten een her-evaluatie van de risico-beoordeling en aanpassingen aan het systeem plaatsvinden (bijv. verlaging van debiet en druk en verhoging van de injectietemperatuur). Men kan pas na akkoord van SodM weer terug naar de oude situatie. Bij niveau rood wordt het systeem stilgelegd, vindt een her-evaluatie van de risico-beoordeling plaats en kan de winning pas weer opgestart worden als aangetoond is dat dit veilig kan en SodM hier akkoord op heeft gegeven. In het geval van meerdere bevingen per jaar kunnen de kleurcodes verschuiven, zie Tabel 4. SodM adviseert bij een eventueel instemmingsbesluit een voorwaarde op te nemen dat een TLS wordt geïmplementeerd zoals weergegeven in Tabellen 3 en 4.

TLS $0,5 < MoC < 1,0$	TLS Delft I	Actie
$M \leq 1,0$	$M \leq 1,0$	Geen
$1,0 < M < M_{PGV=3 \text{ mm/s}}$	$1,0 < M < 2,0$	Her-evaluatie en aanpassen systeem, pas terug naar oude situatie bij akkoord SodM
$M \geq M_{PGV=3 \text{ mm/s}}$	$M \geq 2,0$	Stop, her-evaluatie, pas door bij akkoord SodM

Tabel 2: TLS volgens de richtlijn van SodM.

Aantal bevingen in één jaar			
	1 beving	2 bevingen	3 bevingen of meer
$M \leq 1,0$			
$1,0 < M < 2,0$			
$M \geq 2,0$			

Tabel 3: Escalatie bij meer dan 1 beving per jaar, volgens de richtlijn van SodM.

² Julian J Bommer, Peter J Stafford & Michail Ntinalexis (2021). Empirical Equations for the Prediction of Peak Ground Velocity due to Induced Earthquakes in the Groningen Gas Field. nam.nl

Communicatie

De bedoeling van het SRB is dat er snel en adequaat gehandeld kan worden in het geval van een beving. Alle informatie dient compleet, overzichtelijk en in één oogopslag begrijpelijk te zijn. Ook dient direct duidelijk te zijn wie en op welke manier geïnformeerd moet worden. Contactgegevens moeten specifiek maar ook algemeen zijn (dus wanneer mogelijk geen nummers van personen, maar bijvoorbeeld een calamiteitennummer). Daarnaast dient duidelijk in het SRB beschreven te worden binnen welke termijn SodM (en andere partijen) geïnformeerd worden.

De afspraken rondom de communicatie zijn in het SRB van de uitvoerder voldoende uitgewerkt volgens de richtlijn van SodM. Wel dient het responsprotocol aangepast te worden naar aanleiding van de in de vorige paragraaf geadviseerde TLS.

SodM concludeert dat het project in de seismisch risico categorie "midden" valt en dat de locatie-specifieke SHA laat zien dat de kans op seismiciteit niet verwaarloosbaar is. Daarom adviseert SodM om de volgende voorwaarden op te nemen in het besluit:

De uitvoerder hanteert ten alle tijden een adequaat SRB, met daarin:

- *Een aangepast TLS volgens Tabellen 3 en 4.*
- *Verbeteringen van het SRB zodat deze aangepaste TLS wordt opgenomen in het SRB.*

Verder adviseert SodM dat de metingen van de additionele boorgat stations gedeeld worden met het KNMI en dat zolang deze nog niet gedeeld worden met het KNMI, de metingen maandelijks aan SodM gerapporteerd worden.

Daarnaast dient bij de aanvraag van de vervolgvergunning een herziene versie van de SHA ingediend te worden, volgens de op dat moment geldende technische standaard en met tijdens de boring/winning vergaarde data. Vanzelfsprekend dient het SRB, indien nodig, op de laatste resultaten van de SHA afgestemd te zijn.

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

Bij het winnen van aardwarmte uit een geothermisch systeem wordt er water uit een watervoerende laag opgepompt en na afkoeling teruggepompt in de oorspronkelijke watervoerende laag. Er is dus in principe geen sprake van (grote) netto onttrekkingen zoals bij delfstofwinning. Wel kan het injecteren van afgekoeld water lokaal voor krimp zorgen met mogelijk bodemdaling tot gevolg. Ook kan er bodemdaling of bodemstijging ontstaan als er onvoldoende drukcommunicatie tussen de putten is.

De uitvoerder stelt, gebaseerd op omliggende geothermie doubletten, dat het aannemelijk is dat er drukcommunicatie tussen de putten zal zijn. Daarnaast zullen de geproduceerde en geïnjecteerde volumes even groot zijn. Om die

redenen wordt er nauwelijks bodemdaling of bodemstijging als gevolg van aardwarmte winning verwacht boven het winningsgebied. De uitvoerder heeft de verwachte bodemdaling als gevolg van aardwarmtewinning bepaald middels DoubletCalc 2D. Deze bedraagt maximaal 4 mm na 35 jaar productie voor enkel het Delft Doublet. Wanneer twee omliggende doubletten in de berekening worden meegenomen, komt de daling uit op maximaal 7 mm na 35 jaar.

TNO-AGE heeft de bodemdaling als gevolg van aardwarmte winning voor het winningsgebied nagerekend. Op basis van deze berekeningen komt TNO-AGE tot een vergelijkbare bodemdaling.

SodM sluit zich aan bij de berekeningen van TNO-AGE en vindt het aannemelijk dat de bodemdaling als gevolg van aardwarmte winning zeer beperkt en zelfs niet of nauwelijks meetbaar is. De verwachte bodemdaling als gevolg van aardwarmtewinning heeft naar verwachting geen invloed op de dichtstbijzijnde natuur- en beschermingsgebieden, aangezien die niet binnen de invloedssfeer van het te realiseren doublet liggen.

SodM concludeert dat de totale bodemdaling in het winningsgebied van Delft I als gevolg van de aardwarmtewinning naar verwachting beperkt zal zijn.

c) Gebalanceerd systeem

Het is van belang dat een aardwarmte systeem gebalanceerd is en blijft. Er dient balans te zijn tussen de productie- en injectieput om nadelige effecten te voorkomen.

De in paragraaf 1a en 1b getrokken conclusies zijn alleen geldig onder de voorwaarde dat het geothermie systeem gebalanceerd is en blijft. SodM vindt het daarom noodzakelijk dat de uitvoerder middels een interferentie test aantoont dat er drukcommunicatie is tussen de productie- en injectieput. SodM adviseert om dit als voorwaarde op te nemen in het instemmingsbesluit.

SodM adviseert om een voorwaarde op te nemen dat de uitvoerder een interferentietest uitvoert en aantoont dat het systeem gebalanceerd is en blijft.

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. Beoordeling van andere nadelige gevolgen voor het milieu vindt plaats bij andere vergunningen dan dit winningsplan, zoals de omgevingsvergunning.

a) Putintegriteit

De uitvoerder 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. Hiertoe is door brancheorganisatie Geothermie Nederland een industrie standaard duurzaam putontwerp gepubliceerd³. Daarnaast dient de

³ https://geothermie.nl/downloads/Industriestandaard_Duurzaam_Putontwerp_GNL.pdf

integriteit van de put te worden geborgd met de aanwezigheid en implementatie van een degelijk put integriteit management systeem (Well Integrity Management System: WIMS). In dit WIMS wordt beschreven hoe de putintegriteit bewaakt wordt en wat het plan van aanpak is als er problemen worden geconstateerd. Gebreken aan de put moeten direct worden gemeld aan SodM. SodM ziet toe op het gebruik van het WIMS en controleert deze steekproefsgewijs.

Toetsing putconfiguratie

De putten voor het project Delft I moeten nog geboord worden, dit zal naar verwachting in 2023 gebeuren. In het winningsplan is een visualisatie van de putten gegeven. De uitvoerder beschrijft dat de putten volgens de industriestandaard ontworpen zullen worden. Daarnaast worden de putten uitgerust met een dubbele verbuizing en monitorbare annulus ter hoogte van de ondiepe watervoerende lagen, ten behoeve van bescherming van het grondwater.

SodM verwacht met het huidige putontwerp dat op grotere diepte dan waar de dubbele verbuizing is, mogelijk problemen zullen gaan optreden met betrekking tot de putintegriteit. De dubbele verbuizing zal niet tot op reservoirdiepte aanwezig zijn. Het diepere deel van de put zal uit een enkele gecementeerde met 13% chroom verbuizing bestaan. Dit is weliswaar corrosiebestendig materiaal, maar dit kan nog steeds versneld corroderen, in het bijzonder in de productieput. SodM acht het daarom noodzakelijk dat wanddikte metingen worden uitgevoerd, uiterlijk 3 jaar na in gebruik name van de productieput en uiterlijk 5 jaar na in gebruik name van de injectieput. Daarmee dient de afname snelheid van de maximale wanddikte bepaald te worden en het putintegriteitszorgsysteem dient daarop aangepast te worden met betrekking tot vervolgmetingen dan wel reparaties.

Voor de injectieput wil de uitvoerder een fiber optic kabel installeren, die ingecementeerd wordt aan de buitenkant van de 9 5/8" liner. Dit cementeren van een kabel kan gevolgen hebben voor de afsluitende werking van het cement. De uitvoerder dient aan te tonen dat de afsluitende werking van het cement niet aangetast wordt door deze kabel. Verder merkt SodM op dat volgens artikel 8.5.2.7 van de Mijnbouwregeling (hierna: Mbr) de kabel bij het uiteindelijke abandonneren van de put, verwijderd zal moeten worden.

SodM adviseert ook dat voor het boren gasmetingen worden gedaan in de bodem alsmede in het Pleistocene zand in een zogeheten nulmeting. Dit om vast te stellen of er methaan aanwezig is en als dat zo is, wat de herkomst van dit methaan is. Hiermee zou in de toekomst de herkomst van gemeten gas aangetoond kunnen worden, d.w.z. gas vrijgekomen tijdens de boring versus van nature aanwezig gas.

Met betrekking tot het horizontaal plaatsen van het spuitkruis, welke het mogelijk maakt dat de uitvoerder de Electrical Submersible Pump (ESP) vervangt zonder het spuitkruis te verwijderen, verwijst SodM naar artikel 8.3.4.1 van de Mbr, welke stelt dat bij het verwijderen en het terugplaatsen van het spuitkruis een spuitend producerende put tenminste drievoudig beveiligd is tegen uitstroming en zijn niet-spuitende, producerende putten tenminste tweevoudig beveiligd.

Alhoewel de uitvoerder middels het horizontaal plaatsen van het spuitkruis deze niet hoeft te verwijderen bij vervanging van de ESP, moet er wel voor gezorgd worden dat de put onder alle omstandigheden onder controle kan worden gebracht en gehouden (artikel 68 van het mijnbouwbesluit). Dit betekent dat het benodigd aantal barrières in acht wordt gehouden.

Beheersing putintegriteit

De uitvoerder beschrijft in het winningsplan dat er een WIMS aanwezig is voor de putten in het project. SodM adviseert om bij een eventuele instemming als voorwaarde op te nemen dat de integriteit van de putten wordt bewaakt door een degelijk WIMS volgens de geldende technische standaard, daarbij dient de uitvoerder de risico's van de levenscyclus van het gebruik van een gecementeerde met 13% chroom verbuizing te evalueren en te documenteren, en te onderbouwen op welke wijze de integriteit daarvan gemonitord zal worden met de randvoorwaarden zoals hierboven omschreven. In dit systeem worden ten minste de volgende maatregelen en beschrijvingen opgenomen:

- Inspectie en analyse van de buiswanddikte met een onderbouwing van de geplande inspectiefrequentie, in acht nemende de eisen zoals hierboven beschreven;
- Analyse van regelmatige waterkwaliteitsmetingen voor het monitoren van de putintegriteit, waaronder:
 - ionen en zoutgehaltes;
 - pH;
 - ijzergehalte;
 - zandproductie;
 - elektrisch potentiaal;
 - temperatuur en systeemdruk;
- Prestatienormen voor minimaal toegestane wanddiktes en voor maximale penetratie als gevolg van lokale corrosie;
- Reactieplan met corrigerende maatregelen ter voorkoming en herstel in het geval van gefaalde putintegriteit.

Monitoringsvoorwaarden en rapportage

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

- overzicht van reparatie en onderhoudswerkzaamheden;
- afwijkingen in injectiedruk, temperatuur en debiet;
- de injectiviteitsindex over de tijd;
- afwijkingen in de annulaire druk;
- 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 dient via de jaarlijkse rapportage binnen drie maanden na afloop van elk kalenderjaar ingediend te worden bij de Inspecteur-generaal der Mijnen.

Toetsing aanwezigheid kwetsbare gebieden

In het vergunningsgebied bevinden zich geen kwetsbare natuur- of drinkwatergebieden. De geplande geothermieputten doorboren geen drinkwater houdende lagen binnen een grondwaterbeschermingszone, waterwingebied, of strategische reserve. Het grondwater in dit gebied is brak en daardoor niet geschikt voor drinkwaterwinning. Het dichtstbijzijnde Natura 2000 gebied 'Solleveld & Kapittelduinen' met aansluitend 'Westduinpark & Wapendal' bevindt zich op ongeveer 11,5 km afstand van de mijnbouwlocatie. Ook ligt op ongeveer 11 km van de projectlocatie het waterwin- en waterbeschermingsgebied 'Den Haag-Katwijk'.

Tijdens de realisatie en exploitatie van de aardwarmte-installatie zal de uitvoerder ervoor moeten zorgen dat er geen nadelige effecten zijn voor natuur en milieu. SodM zal hier op toezien.

SodM adviseert bij een eventueel instemmingsbesluit voorwaarden op te nemen waarmee de uitvoerder ervoor dient te zorgen dat er bij het winnen schade wordt voorkomen door middel van een deugdelijke inrichting en afwerking van de put volgens de industriestandaard. De integriteit van de put wordt bewaakt door middel van een WIMS dat voldoet aan de geldende technische standaard en dat de bovengenoemde aspecten bevat.

Tevens adviseert SodM dat de uitvoerder in een jaarlijkse rapportage verslag doet over de put integriteit aan de hand van de hierboven genoemde onderwerpen.

b) Reservoirintegriteit

Bij het beoordelen van reservoirintegriteit wordt er gekeken naar onder andere de maximale injectiedruk die veilig kan worden toegepast. Tevens wordt de injectietemperatuur getoetst. Door verhoogde poriëndruk en/of afkoeling kan er een spanningstoestand ontstaan waardoor er scheuren in het intacte gesteente kunnen vormen en eventueel krimscheuren 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 poriëndruk 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 scheurgroei in de afsluitende lagen niet toegestaan kan worden (zie toezichtsignaal aan het ministerie van Economische Zaken en Klimaat, 26 november 2020, kenmerk 20230994⁴). Samengevat kan gesteld worden dat de gevolgen van het scheuren

⁴ Zie toezichtsignaal integriteit afsluitende laag:
<https://www.sodm.nl/documenten/brieven/2021/01/19/toezichtsignaal-integriteit-afsluitende-laag-geothermie>

van de afsluitende laag onzeker zijn, het proces moeilijk te controleren is als het plaats zou vinden, en de gevolgen onomkeerbaar zijn waardoor extra voorzichtigheid geboden is. Het bestaande wettelijk kader onderschrijft dit ook. Indien een uitvoerder de maximale injectiedruk beperkt volgens het protocol injectiedrukken (zie Bijlage 1 uit het toezichtsignaal) is de verwachting dat de reservoir integriteit geborgd blijft. Indien een uitvoerder hogere drukken wenst dient hiertoe een degelijke onderbouwing aangeleverd te worden, rekening houdende met de aandachtspunten zoals beschreven in Bijlage 2 van het toezichtsignaal.

De uitvoerder vermeldt dat het debiet maximaal 360 m³/uur zal zijn en dat het injectiewater een temperatuur van minimaal 20 °C zal hebben. Dit geeft een maximaal temperatuurverschil van 52 °C bij een initiële reservoir temperatuur van 72 °C. De uitvoerder vraagt een maximale injectiedruk van 54,8 bar aan (tubing head pressure, THP), en corrigeert deze waarde voor het debietsafhankelijke dynamische drukverlies. Hierbij wordt de druk voor een debietsinterval gecorrigeerd met het dynamische drukverlies berekend voor het hoogste debiet in dat interval. Aangezien het dynamische drukverlies een toename met debiet laat zien, geeft dit een te grote correctie voor het laagste debiet in een interval. Een conservatievere benadering is correctie van de druk in een debietsinterval met het dynamische drukverlies berekend voor het laagste debiet in dat interval. De bijbehorende waarden zijn geven in Tabel 5.

	Debiet [m ³ /uur]				
	0-200	200-250	250-300	300-350	350-400
Dynamisch drukverlies [bar]	0	2,2	3,4	4,8	6,5
THPmax [bar]	54,8	57,0	58,2	59,6	61,3

Tabel 4: Dynamische drukverlies bij verschillende debiet bereiken, zoals voorgesteld door SodM.

De uitvoerder houdt rekening met de richtlijn die van toepassing is bij een groter temperatuurverschil dan de 40 °C waarbij het protocol nog toegepast kan worden, namelijk een correctie van 1 bar per graad extra graad afkoeling. Maar omdat op dit moment de temperatuur van het formatiewater op reservoirniveau onzeker is, stelt SodM dat de uitvoerder een debiet- en temperatuurafhankelijke injectiedruk tabel opstelt volgens het protocol op het moment dat de reservoirtemperatuur bepaald is en deze afwijkt van de bovengenoemde waarde van 72 °C.

TNO-AGE stelt dat de maximale THP van 51,2 bar zoals aangevraagd voor het maximale debiet van 360 m³/uur en de minimale injectietemperatuur van 20 °C resulteert in een maximale verschildruk op reservoirniveau van 55 bar.

SodM adviseert net als TNO een debiet van maximaal 360 m³/uur, een minimale injectietemperatuur van 20 °C en hanteert een conservatievere benadering van het dynamisch drukverlies in relatie tot het debietsinterval om op een maximale THP van 49,3 bar te komen.

SodM adviseert om een minimale injectietemperatuur van 20 °C, een debiet van maximaal 360 m³/uur en een THP van maximaal 49,3 bar op te nemen in een eventueel instemmingsbesluit. Verder dient er rekening gehouden te worden met een dynamisch drukverlies zoals aangegeven in Tabel 5 en 1 bar correctie per graad afkoeling meer dan 40 °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 corrosie remmer (corrosion inhibitor) toe te passen. Om afzetting van zouten aan de binnenbuis tegen te gaan kunnen aanslagremmers (scaling inhibitors) toegepast worden. Tot slot kan het noodzakelijk zijn om biociden toe te passen tegen hechting van micro-organismen. Een gedegen putontwerp kan ervoor zorgen dat hulpstoffen niet nodig zijn.

De uitvoerder is niet van plan hulpstoffen te gebruiken, vanwege het toepassen van een 13% chroom verbuizing tegen corrosie en het gebruik van het niet corrosieve GRE (Glassfiber Reinforced Epoxy). Hulpstoffen tegen hechting van micro-organismen (biociden), dan wel aanslag, worden vooralsnog niet noodzakelijk geacht, wel worden doseerpunten meegenomen t.b.v. een eventuele toekomstige doseerinstallatie. SodM adviseert om het gebruik van hulpstoffen bij dit project uit te sluiten door hier een voorwaarde voor op te nemen.

SodM adviseert om een voorwaarde op te nemen bij een eventuele instemming dat toevoegingen aan de vloeistofstroom niet toegestaan zijn.

Conclusie en aanbevelingen

SodM heeft dit winningsplan beoordeeld op de veiligheid van omwonenden en schade aan gebouwen of infrastructurele werken als gevolg van bodembeweging (bodemtrilling en bodemdaling/stijging). Ook heeft SodM de nadelige gevolgen voor het milieu beoordeeld: putintegriteit, reservoirintegriteit en gebruik van hulpstoffen. SodM adviseert om de volgende voorwaarden in een eventueel instemmingsbesluit op te nemen:

1. Het debiet is maximaal 360 m³/uur.
2. De injectietemperatuur is minimaal 20 °C.
3. De toe te passen injectiedruk, zoals gemeten aan het aardoppervlak (THP), is maximaal 49,3 bar bij een injectietemperatuur van 20 °C. Verder dient er rekening gehouden te worden met een dynamisch drukverlies zoals aangegeven in onderstaande tabel en 1 bar correctie per graad afkoeling meer dan 40 °C.

	Debiet [m ³ /uur]				
	0-200	200-250	250-300	300-350	350-400
Dynamisch drukverlies [bar]	0	2,2	3,4	4,8	6,5

THPmax [bar]	54,8	57,0	58,2	59,6	61,3
--------------	------	------	------	------	------

4. De uitvoerder hanteert ten alle tijden een adequaat SRB volgens de richtlijn van SodM, met daarin:
- Een TLS volgens de onderstaande tabellen;
 - Verbeteringen van het SRB zodat deze aan de richtlijn van SodM voldoet.

TLS $0,5 < MoC < 1,0$	TLS Delft I	Actie
$M \leq 1,0$	$M \leq 1,0$	Geen
$1,0 < M < M_{PGV=3 \text{ mm/s}}$	$1,0 < M < 2,0$	Her-evaluatie en aanpassen systeem, pas terug naar oude situatie bij akkoord SodM
$M \geq M_{PGV=3 \text{ mm/s}}$	$M \geq 2,0$	Stop, her-evaluatie, pas door bij akkoord SodM

Aantal bevingen in één jaar			
	1 beving	2 bevingen	3 bevingen of meer
$M \leq 1,0$			
$1,0 < M < 2,0$			
$M \geq 2,0$			

5. De uitvoerder deelt de metingen van de additionele boorgat stations met het KNMI en rapporteert deze, zo lang als deze nog niet gedeeld worden met het KNMI, maandelijks aan Staatstoezicht op de Mijnen.
6. De uitvoerder voert een interferentietest uit en toont aan dat het systeem gebalanceerd is en blijft tijdens de winning.
7. De uitvoerder dient een adequaat Well Integrity Management System (WIMS) volgens de geldende technische standaard geïmplementeerd te hebben voor de putten in het winningsplan. In dit systeem worden ten minste de volgende additionele maatregelen en beschrijvingen opgenomen:
- Inspectie en analyse van de buiswanddikte met een onderbouwing van de geplande inspectiefrequentie;
 - Analyse van regelmatige waterkwaliteitsmetingen voor het monitoren van de putintegriteit, bv.:
 - ionen en zoutgehaltes;
 - pH;
 - ijzergehalte;
 - zandproductie;
 - elektrisch potentiaal;
 - temperatuur en systeemdruk.

- Prestatienormen voor minimaal toegestane wanddiktes en voor maximale penetratie als gevolg van lokale corrosie;
 - Reactieplan met corrigerende maatregelen ter voorkoming van en in geval van gefaalde putintegriteit
8. De uitvoerder dient een jaarlijkse rapportage in over de putintegriteit met daarin ten minste de volgende onderdelen:
- overzicht van reparatie en onderhoudswerkzaamheden;
 - afwijkingen in injectiedruk;
 - de injectiviteitsindex over de tijd;
 - afwijkingen in de annulaire druk;
 - 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.
9. Toevoeging aan de vloeistofstroom zijn niet toegestaan.
10. 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 Staatstoezicht op de Mijnen.

Ten slotte adviseert SodM voor het toezicht op de naleving van de voorschriften dat afschriften volgend uit bovenstaande voorschriften worden toegezonden aan de Inspecteur-generaal der Mijnen. SodM stelt daarvoor de volgende voorwaarden voor:

11. De volgende stukken worden aan de Inspecteur-generaal der Mijnen via info@sodm.nl voorgelegd:
- Uiterlijk 6 maanden na de datum van het definitieve instemmingsbesluit: een afschrift van het gestelde in voorschrift 7;
 - Uiterlijk 3 maanden na afloop van elk kalenderjaar: het rapport met daarin de informatie zoals bedoeld in voorschrift 8;

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

Met vriendelijke groet,

De Inspecteur-generaal der Mijnen,
namens deze:



directeur Bestuurszaken en Vergunningen

Bijlage 1: Verbeterpunten voor de SHA

De locatie-specifieke seismische dreigingsanalyse (SHA) voor Delft I kan door onvoldoende onderbouwing van aannames, parameterkeuzes en onzekerheden niet beoordeeld worden. SodM ziet graag verbetering op de volgende punten bij aanlevering van een dreigingsanalyse bij de vervolvergunning:

- Uit de SHA is niet duidelijk op basis van welke gegevens de **breukenkaarten** gemaakt zijn, op welke manier de afstand tussen breuk en injector bepaald is, en wat de onzekerheden van deze beide interpretaties zijn. Voor wat betreft de breukenkaarten geldt dat o.a. voor de onzekerheden omtrent de kwaliteit van de gebruikte seismiek. De verklaring voor de grote verschillen tussen de inschatting van de afstand tussen breuk en injector van de uitvoerder (400 m) enerzijds en van TNO (100 m) anderzijds, is daarmee nog niet in kaart gebracht.
- De **aannames** die gemaakt worden in de deterministische analyse worden onvoldoende beargumenteerd. SodM kan niet nagaan of deze aannames gegrond zijn. Een voorbeeld hiervan is de aanname dat de breuken niet-afsluitend zijn. Als gevolg van de onvolledige onderbouwing daarvoor, wordt ook de interpretatie van het **temperatuurverloop bij de breuk** onvoldoende beargumenteerd. Wat is de kans dat de breuk afsluitend is en er stroming langs de breuk optreedt en wat is het effect daarvan op de afkoeling van het gesteente en de breuk, en wat heeft dat voor effect op de resultaten?
- SodM oordeelt dat de resultaten van de analyse sterk afhankelijk zijn van de **ingevoerde parameters**, die binnen een vooraf gedefinieerde bandbreedte gevarieerd worden. Op enkele punten is dit parameter-bereik niet goed gekozen, of ontbreekt de onderbouwing ervoor.
 - o Voor de **minimale horizontale spanningsgradiënt** (Shmin) wordt een inschatting gedaan op basis van trendlijnen die bepaald zijn op basis van verschillende datasets van "leak-off" drukken en integriteitstesten. Op basis van de twee uitersten in steilheid van de mogelijke trendlijnen, wordt gekozen voor een bandbreedte tussen de 0,125 en 0,189 bar/m. Echter, als er gekeken wordt naar de trend van de meetpunten op de diepte van het reservoir (top op 1957 mTVD) dan lijkt het beter om de bandbreedte voor de spanningsgradiënt te verschuiven zodat de onzekerheden op de diepte van het reservoir meegenomen kunnen worden. De steilere trendlijn op de diepte van het reservoir t.o.v. de trendlijn op grotere dieptes (die leidend is voor de ingeschatte trendlijn) duidt op een lagere waarde voor de minimale horizontale spanningsgradiënt, wat vervolgens een lagere spanningsratio tot gevolg heeft. Daarmee wordt de stabiliteit van de ondergrond minder dan in dit rapport wordt aangenomen. De onzekerheid van deze parameter is daarom waarschijnlijk groter dan waarmee rekening is gehouden in de studie. Deze onzekerheid kan beperkt worden wanneer de Shmin gemeten wordt tijdens/na de boringen. SodM raadt aan om een LOT op de boorlocatie uit te voeren, zodat er een locatie-specifieke waarde, met een daarop aangepaste onzekerheidsbandbreedte, in de vervolgstudie gebruikt kan worden.
 - o In de benadering is gekozen om **cohesie** toe te passen met een driehoeksverdeling tussen 0 en 30 bar. De keuze voor een

driehoeksverdeling is niet goed, aangezien daardoor de mogelijkheid van geen cohesie, wat een realistisch scenario is dat zeker meegenomen moet worden, niet wordt meegenomen in de modelleringen. In de Mohr-Coulomb figuren worden daardoor '*failure envelopes*' (de scheidslijn tussen een stabiele spanningstoestand onder de lijn en een mogelijk instabiele toestand boven de lijn) getekend waarbij in elk van de gevallen uitgegaan wordt van cohesie. Daarmee heeft deze cohesie-parameter een relatief grote invloed op de berekeningen. SodM vindt dat de onzekerheid in de cohesie daarom niet goed meegenomen is in de analyse en er in de SHA onvoldoende argumenten zijn beschreven om er vanuit te gaan dat de breuken inderdaad cohesie hebben. De kans op activatie van breukbewegingen wordt volgens SodM onderschat.

- Het is onduidelijk binnen welke bandbreedtes de parameters in de **onzekerheidsanalyse en M_w berekening**, bijvoorbeeld de *stress drop* $\Delta\sigma$, gevarieerd worden. De analyses zijn daardoor niet navolgbaar en de resultaten zijn niet te reproduceren. Daarnaast zijn de verschuivingen in de Mohr-Coulomb cirkels en *failure envelopes* in figuur 5-3 niet helder beschreven waardoor de principes waarop de berekeningen gebaseerd zijn ook niet te verifiëren zijn.
- De conclusies gaan in op de maximale magnitude die na 3 jaar, afhankelijk van de afstand tot de breuk, varieert tussen M_w 2.3 en M_w 2.5, en na 25 jaar afstandsonafhankelijk geschat wordt op M_w 3.1. Echter, er wordt **geen inschatting gemaakt van de kans op beven**, waardoor het onduidelijk blijft of, en hoe vaak, zulke aardbevingen verwacht kunnen worden.

Wegens bovenstaande onduidelijkheden en onzekerheden kan niet met enige mate van zekerheid vastgesteld worden dat de studie voldoende conservatief is en er niet een nog hogere kans op breukreactivering zou kunnen bestaan. Daarom biedt het huidige advies van SodM ook geen garanties voor toekomstige adviezen op basis van een herziene studie.