



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

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

Datum 20 juni 2023
Betreft Advies SodM tijdelijk winningsplan aardwarmte Monster

Geachte heer/mevrouw,

U heeft Staatstoezicht op de Mijnen (hierna: SodM) op 9 juni 2022 om advies gevraagd betreffende instemming met het tijdelijke winningsplan Monster. Het plan is ingediend door HVC Aardwarmte Polanen 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 (schadeveroorzakende) seismiciteit niet verwaarloosbaar klein is, en dat daarom gepaste beheersmaatregelen zijn vereist. SodM adviseert een voorwaarde op te nemen voor de monitoring en beheersing van eventuele seismiciteit.

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-7022 / 26458437

Uw kenmerk

IV-29283

Bijlage(n)

2

De bodemdaling als gevolg van de aardwarmtewinning in Monster 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 voorwaarde op te nemen. 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 winningsplan "Polanen – Pre-drill Winningsplan V2.0 19-5-2022" (documentnaam: 220519_HVC_Pre-drill Winningsplan Polanen_v2.1.pdf) met daarbij behorende appendices. De laatste versie van dit document is op 16 september 2022 ontvangen door SodM, samen met een aantal herziene/aanvullende bijlagen. Daarnaast heeft SodM op 28 september 2022 een reactie ontvangen op eerder gestelde vragen. SodM onderbouwt haar advies met behulp van het advies van TNO-AGE (AGE 22-10-103) waarin de berekeningen en prognoses van de uitvoerder geverifieerd zijn.

Beschrijving van het reservoir en de winning

Dit winningsplan beschrijft de geplande aardwarmte winning bij Monster, gemeente Westland, Zuid-Holland. 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 de glastuinbouw, bestaande woonwijken en nieuwbouwprojecten. Daarnaast zal het geothermieproject uiteindelijk worden aangesloten op het Warmtesysteem Westland. Het project zal bestaan uit een doublet met de productieput MON-GT-01 en de injectieput MON-GT-02. Het boren van de putten is begin 2023 gestart.

De uitvoerder is voornemens aardwarmte te winnen uit de Delft Zandsteen Member, onderdeel van de Schieland Groep, Formatie van Nieuwerkerk. De Delft Zandsteen ligt naar schatting op ongeveer 2300 m diepte. De laag heeft in het winningsgebied een dikte van ongeveer 40 m en bevat formatiewater met een verwachte temperatuur van 86 °C.

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 afgevangen en nuttig gebruikt in een warmtekrachtkoppeling.

1. Veiligheid van omwonenden, schade aan gebouwen of infrastructuur 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. 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 bijgeleverde Quick Scan (april 2020) geeft aan dat de gecombineerde score van de risicofactoren 27 uit 90 is. Dit komt overeen met een genormaliseerde score van 0,30. Echter, concludeert de uitvoerder dat het resultaat van de Quick Scan laat zien dat het project op de grens tussen risicocategorie "laag" en "midden" uitkomt (score 0,33). Daarom heeft de uitvoerder een locatie-specifieke seismische dreigingsanalyse (SHA) uit laten voeren. Deze wordt later in deze paragraaf beoordeeld.

TNO-AGE heeft de analyse en de inputparameters geanalyseerd en gecontroleerd. TNO-AGE komt uit op een hogere score van 33 uit 90 (genormaliseerde score van 0,37). Dit komt doordat TNO-AGE de categorieën "drukcommunicatie tussen de productie- en injectieput" en "breukoriëntatie in huidig spanningsveld" een hogere score, en de categorie "afstand tot breuken" een lagere 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. Indien een project in de middelste categorie van seismiciteit valt dient de uitvoerder een locatie-specifieke seismische dreigingsanalyse (SHA) conform de leidraad uit te voeren. Bij het winningsplan is een dergelijke studie aangeleverd, die in de volgende paragraaf beoordeeld wordt.

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 de injectieput. De studie concludeert dat de kans op breukreactivering tot 15 jaar productie laag is en daarna langzaam stijgt. Na 30 jaar productie zou de kans op reactivering nog steeds vrij laag zijn, maar kan het niet uitgesloten worden.

TNO-AGE heeft een eigen SHA evaluatie uitgevoerd en concludeert dat het nagenoeg kan worden uitgesloten dat er binnen 2 jaar (i.e. de pre-drill vergunningsduur) condities ontstaan waarbij breukreactivering zou kunnen optreden. Echter, na 30 jaar productie laten meerdere modellen van TNO-AGE het ontstaan van mogelijke condities voor breukreactivering zien. Dit resultaat komt niet geheel overeen met dat van de vergunninghouder. TNO-AGE geeft ter overweging mee om een put/interferentietest uit te voeren voor meer duidelijkheid over communicatie over de putten en doorlaatbaarheid van breuken. Daarnaast raadt zij aan om lokale seismische monitoring te installeren.

SodM vindt - op basis van de analyses van zowel de uitvoerder als TNO-AGE - de hoofdconclusie aannemelijk dat er (in ieder geval 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 vervolvergunning. 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 vervolvergunning op dit punt kan betekenen dat een veilige voortzetting van de winning beperkt of niet mogelijk is.

Vanwege het niet kunnen beoordelen van de SHA is SodM van mening dat de monitoring en beheersing van mogelijke seismiteit (het seismisch risico beheersplan, verder: SRB) moet zijn ingesteld op een niet-verwaarloosbare kans op schade. SodM adviseert om, op basis van de actuele SRB-richtlijn van SodM¹, een SRB voor situatie 2 (vanwege categorie midden) te hanteren. In de volgende paragraaf wordt het aangeleverde SRB getoetst.

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. Een SRB moet voldoen aan de volgens de op dat moment geldende richtlijn of standaard. SodM adviseert hiertoe een voorwaarde op te nemen. De geldende richtlijn is op dit moment de SRB-richtlijn van SodM. Deze richtlijn geeft de inhoud die SodM minimaal verwacht van het SRB. Het SRB voor Monster is te vinden in "Appendix 5 - Seismisch Risico Beheersplan Polanen" die als bijlage is meegestuurd met een eerdere versie van het winningsplan.

Monitoring

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 Monster een lokalisatiegrens (ook wel magnitude of completeness, MoC, genoemd) die ligt tussen 0,5 en 1,0. Dit betekent dat bevingen van deze MoC en hoger op de schaal van Richter gelokaliseerd kunnen worden.

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

Voor een geothermieproject waarbij het risico op seismiciteit niet verwaarloosbaar is, acht SodM het noodzakelijk dat een lokalisatiegrens van $M=0,5$ 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, zoals bij Monster het geval is, dienen er strengere maatregelen voor beheersing van eventuele seismiciteit te worden genomen en zal het systeem sneller in niveau rood belanden. Omdat de lagere lokalisatiegrens niet op korte termijn gerealiseerd kan worden, gaat SodM er in dit advies vanuit dat strengere maatregelen voor beheersing van eventuele seismiciteit moeten worden genomen. Deze maatregelen kunnen eventueel worden herzien bij het beoordelen van de vervolgvergunning, indien kan worden aangetoond dat de lokalisatiegrens verlaagd is, bijvoorbeeld door het installeren van aanvullende seismometers. Het TLS voor de specifieke situatie van Monster wordt verder behandeld in de paragraaf over het traffic light system (TLS).

De gebiedsbepaling (figuur 3 uit het SRB) is gedaan op basis van het beïnvloedingsgebied en de geschatte onzekerheid van het KNMI netwerk. Dit komt niet helemaal overeen met de richtlijn van SodM, maar SodM is van mening dat het voorgestelde gebied acceptabel is, aangezien het gebied rondom de injectieput – waar het risico op seismiciteit het grootst is – groter is dan de richtlijn voorschrijft.

Traffic Light System (TLS)

In het SRB geeft de uitvoerder een stoplichtsysteem (TLS) dat beschrijft bij welke magnitude er welke acties volgen. Kort samengevat beschrijft het TLS dat bevingen van magnitude 1,0 of lager in niveau groen vallen, bevingen met een magnitude tussen 1,0 en 2,0 in niveau geel en bevingen met magnitude van 2,0 of hoger vallen in niveau rood. Niveau geel vraagt om een her-evaluatie van de risicoanalyse en bij niveau rood wordt daar bovenop de productie stil gelegd. Het aantal bevingen per jaar is ook meegenomen (zie Tabel 2 uit het SRB van de uitvoerder).

Het voorgestelde TLS en bijbehorende maatregelen, voldoen in grote lijnen aan de richtlijnen die SodM stelt aan een geothermie project met een niet-verwaarloosbaar seismisch risico waarbij gemonitord kan worden met een lokalisatiegrens tussen 0,5 en 1,0. SodM is daarom van mening dat kan worden ingestemd met het door de uitvoerder voorgestelde TLS, mits een aantal aanpassingen in de acties en escalatietabel worden doorgevoerd. Samengevat dient op dit moment een TLS geïmplementeerd te worden zoals weergegeven in Tabellen 1 en 2.

TLS	Actie
$M \leq 1.0$	Geen
$1.0 < M < 2.0$	Her-evaluatie en aanpassen systeem
$M \geq 2.0$	Stop, her-evaluatie, pas door bij akkoord SodM

Tabel 1: TLS vereisten, geadviseerd door SodM ter vervanging van het voorstel van de uitvoerder.

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 2: Escalatie bij meer dan 1 beving per jaar, geadviseerd door SodM ter vervanging van het voorstel van de uitvoerder.

Bij niveau groen is geen actie vereist. Bij oranje moeten een her-evaluatie van de risicobeoordeling en aanpassingen aan het systeem plaatsvinden (bijv. verlaging van debiet en druk en verhoging van de injectietemperatuur). Bij niveau rood wordt het systeem stil gelegd, vindt een her-evaluatie van de risicobeoordeling plaats en kan de winning pas weer opgestart worden als aangetoond is dat dit veilig kan en SodM hier akkoord op heeft gegeven. Daarnaast dient er in het middelste niveau bij twee in plaats van drie bevingen al geëscaleerd te worden naar niveau rood.

De invulling van het TLS is afhankelijk van de lokalisatiegrens (MoC). Door wijzigingen in het KNMI netwerk of nieuwe inzichten in de verwerking van de gegevens, kan de MoC op een locatie met de tijd veranderen. De uitvoerder dient ten alle tijden zijn TLS actueel te houden in lijn met eventuele veranderingen in de MoC. Om die reden adviseert SodM om dit, zónder het hierboven beschreven specifieke TLS, vast te leggen in het instemmingsbesluit.

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 calamiteitsnummer). Daarnaast dient duidelijk in het SRB beschreven te worden binnen welke termijn SodM (en andere partijen) geïnformeerd worden.

Wat betreft de communicatie in het SRB van de uitvoerder, zijn sommige punten niet goed beschreven of niet volgens de richtlijn van SodM. SodM adviseert een voorwaarde op te nemen dat het SRB op het gebied van communicatie wordt verbeterd volgens de eerder genoemde richtlijn die teruggevonden kan worden op de website van SodM.

Deze verbeteringen dienen ook te worden meegenomen in de aanvraag voor de vervolgvergunning, waarbij de dan geldende technische standaard dient te worden gebruikt.

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

De uitvoerder hanteert ten alle tijden een adequaat SRB, volgens de geldende richtlijn of standaard. Dit vergt een aantal aanpassingen en verbeteringen zoals hierboven beschreven.

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 gebaseerd op tijdens de boring/winning vergaarde data.

Vanzelfsprekend dient het SRB, indien nodig, op de laatste resultaten van de SHA en de op dat moment geldende standaard/richtlijn 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.

Zowel de uitvoerder als TNO-AGE concluderen op basis van hun modellen dat de verwachte bodemdaling over de gehele duur van het project slechts enkele millimeters, en dus verwaarloosbaar klein is. SodM sluit zich hierbij aan 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.

SodM concludeert dat de totale bodemdaling in het winningsgebied van Monster 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, maar ook tussen de aardlagen waar de productie en injectie plaatsvindt.

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 gepubliceerd². Daarnaast dient de 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

Op het moment van schrijven is het boren van de putten gaande. In het winningsplan is een visualisatie van de putten gegeven. De uitvoerder beschrijft dat de putten worden uitgerust met een dubbele verbuizing tot een bepaalde diepte, zodat ondiepe waterhoudende lagen beschermd zijn. De binnenbuis wordt vanaf het oppervlak tot reservoir diepte afgewerkt met corrosiebestendig (Glassfiber Reinforced Epoxy, GRE) materiaal. Daarnaast is er, tot de diepte van de dubbele verbuizing, een monitorbare annulus aanwezig. De dimensionering van de putten in relatie tot de benodigde maximum drempelinstellingen voor de debieten is zodanig dat op basis van de stroomsnelheden geen erosie kan worden verwacht.

SodM verwacht dat, met het huidige putontwerp op grotere diepte dan de dubbele verbuizing, problemen zullen gaan optreden met betrekking tot (het monitoren van) de putintegriteit. De dubbele verbuizing zal niet tot op reservoirdiepte aanwezig zijn. Het diepere deel van de put zal uit een enkele gecementeerde met glasvezel beklede stalen verbuizing bestaan. Glasvezel is weliswaar corrosiebestendig materiaal, maar de buis kan – als er onverhoopt toch schade optreedt – niet vervangen worden.

² https://geothermie.nl/downloads/Industriestandaard_Duurzaam_Putontwerp_GNL.pdf

De integriteit van het gecementeerde deel kan tijdens de levensduur van de put niet door middel van annulus monitoring gecontroleerd worden. Het winningsplan geeft niet aan wat de risico's zijn van het gebruik van een gecementeerde verbuizing met betrekking tot putintegriteit, noch op welke specifieke wijze dit tijdens het gebruik gemonitord wordt, en welke maatregelen genomen kunnen worden in geval van gefaalde putintegriteit. Het incident in Emlichheim in Duitsland waarbij ca 200.000 m³ afvalwater in de bodem is geïnjecteerd, is een voorbeeld van een milieurisico van het gebruik van beklede verbuizingen in combinatie met het ontbreken van doelmatige monitoring.

Recent zijn bij meerdere Nederlandse geothermieprojecten problemen opgetreden met dit putontwerp: de praktijk toont aan dat de GRE beschadigd wordt door boorgatactiviteiten (zoals het schoonspoelen van de put met een boorpijp of coiled tubing, metingen uitvoeren met behulp van wireline-kabels, etc.) en beschadigd kan worden door ongecontroleerde druk afnames. Ook dat bij vervanging van kapotte delen – doordat daarvoor gesneden moet worden - mogelijk nog meer schade aan de putten veroorzaakt wordt. Beschadigingen aan de GRE mantel kunnen leiden tot versnelde corrosie van het blootgestelde staal.

De uitvoerder voldoet met het voorgestelde putontwerp aan de eisen van de industrie standaard duurzaam putontwerp, maar de risico's van het ontwerp met een gecementeerde met GRE beklede verbuizing tijdens de levenscyclus van de put zijn onvoldoende beschreven. De uitvoerder dient een degelijke risico evaluatie uit te voeren, om adequate mitigerende maatregelen vast te stellen voor een putontwerp met een gecementeerde GRE beklede verbuizing. Ook dient de uitvoerder te onderbouwen op welke wijze de integriteit van de put gemonitord zal worden. Dit dient gedocumenteerd te worden in het putintegriteit zorgsysteem (WIMS).

Beheersing putintegriteit

De uitvoerder beschrijft in het winningsplan dat er een WIMS aanwezig is voor de putten in het project. De uitvoerder dient een adequaat WIMS geïmplementeerd te hebben voor aanvang van de boorwerkzaamheden. 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 het gebruik van een gecementeerde met GRE beklede verbuizing tijdens de levenscyclus te evalueren en te documenteren, en te onderbouwen op welke wijze de integriteit daarvan gemonitord zal worden.

Daarnaast worden in het WIMS ten minste de volgende 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, 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 bevindt zich een deel van het Natura 2000 gebied "Solleveld & Kapittelduinen". Een deel hiervan is tevens een waterwingebied. De volgens het winningsplan beoogde projectlocatie ligt op ongeveer 1 km van deze kwetsbare gebieden verwijderd. Het diepste deel van de productieput lijkt onder het Natura2000 gebied uit te komen.

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 een voorwaarde 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. Hierbij zijn de risico's van het gebruik van een gecementeerde met GRE beklede verbuizing een belangrijk onderdeel voor het WIMS voor het project Monster.

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. De druk en temperatuur moeten binnen een veilige marge blijven zodat de integriteit van de afsluitende laag gewaarborgd blijft.

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 Klimaat³). Samengevat kan gesteld worden dat de gevolgen van het scheuren 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 reservoirintegriteit geborgd blijft. TNO-AGE heeft berekend dat volgens het protocol de injectie verschildruk op reservoirniveau niet hoger dan 76 bar mag zijn bij een uitkoeling van maximaal 40 °C. Voor iedere graad extra uitkoeling wordt deze waarde verlaagd met 1 bar. Indien een uitvoerder hogere drukken wenst dient hiertoe een degelijke onderbouwing aangeleverd te worden.

De uitvoerder vermeldt dat het debiet maximaal 420 m³/uur zal zijn en dat het injectiewater een temperatuur van minimaal 35 °C zal hebben. Dit geeft een maximaal temperatuurverschil van 51 °C bij een initiële reservoir temperatuur van 86 °C. De uitvoerder vraagt een maximale injectiedruk aan het maaiveld (Tubing Head Pressure, THP) van 92,3 bar⁴ aan, wat correspondeert met een maximale injectieverschildruk op reservoirdiepte van 94,2 bar. De aangevraagde druk is dus hoger dan de druk die het protocol injectiedrukken voorschrijft.

³ Zie toezichtsignaal integriteit afsluitende laag:
<https://www.sodm.nl/documenten/brieven/2021/01/19/toezichtsignaal-integriteit-afsluitende-laag-geothermie>

⁴ TNO geeft aan zelf op een THP van 93,8 bar uit te komen voor de vermelde maximale injectieverschildruk op reservoirdiepte.

Om de aangevraagde injectiedruk te onderbouwen en te onderzoeken of de integriteit van de afsluitende laag geborgd blijft, heeft de uitvoerder bij het winningsplan een onderbouwing (fracture containment study, Appendix 3 van het winningsplan) ingediend.

In de fracture containment study is voor verschillende scenario's onderzocht of en hoe veel scheurvorming op kan treden in de afsluitende laag. In de studie wordt er van uitgegaan dat de hoofd-afsluitende laag de 71 m dikke Rodenrijs is. Echter wordt de onderkant van deze laag gezien als niet volledig afsluitend en behandeld als een "waste zone". De conclusie van de studie is dat in een aantal gevallen scheurvorming plaats kan vinden, maar dat deze gelimiteerd blijft tot de waste zone. In één scenario vindt aanzienlijke scheurvorming, ook boven de waste zone, plaats, maar dit scenario wordt als onaannemelijk beschouwd.

TNO-AGE concludeert op basis van een eigen analytisch model dat de benodigde druk lager is dan de uitvoerder heeft aangevraagd. Voor de gemiddelde operationele instellingen is de benodigde druk volgens TNO-AGE zelfs lager dan de protocoldruk. Daarnaast is TNO-AGE van mening dat de geomechanische parameters die in de ingediende fracture containment study gebruikt zijn de geologie niet voldoende reflecteren. TNO-AGE adviseert daarom de druk te beperken volgens het protocol injectiedrukken.

SodM is van mening dat de fracture containment study plausibele scenario's laat zien. Echter kan SodM de conclusie dat de integriteit van de afsluitende laag geborgd is niet beoordelen. De reden hiervoor is dat de in de studie gemaakte aannames, parameterkeuzes en onzekerheden niet voldoende zijn onderbouwd. Dit wordt bevestigd in het advies van TNO-AGE. Daardoor is het niet mogelijk om met enige mate van zekerheid vast te stellen of de beschreven scenario's de juiste zijn om te bepalen of de injectie veilig kan plaatsvinden. De belangrijkste verbeterpunten voor de studie zijn opgenomen in Bijlage 2.

Bovenal zijn de uitkomsten van de uitvoerder, dat scheurvorming in de afsluitende lagen mogelijk plaats zal vinden, voor SodM niet acceptabel gelet op het bovengenoemde algemene standpunt van SodM. SodM vindt vanuit het oogpunt van de veiligheid de gegeven onderbouwing niet toereikend en adviseert daarom om de voorgestelde winning op basis van de geleverde informatie niet toe te staan. SodM adviseert om in plaats daarvan de injectiedruk te beperken op basis van het protocol injectiedrukken. Op basis van dit protocol is het maximaal toelaatbare injectiedrukverschil op top reservoirniveau, bij maximale uitkoeling, 65 bar. SodM adviseert om deze druk over te nemen in het instemmingsbesluit. Daarbij mag de injectietemperatuur niet lager dan 35 °C zijn en is het maximale debiet 420 m³/uur. Indien de injectietemperatuur hoger dan 35 °C zal zijn kan voor iedere graad minder uitkoeling 1 bar bij de druk opgeteld worden.

Indien de verschildruk op injectieniveau niet zal of kan worden gemeten, en slechts indirecte metingen van de injectiedruk op maaiveld niveau (tubing head pressure, THP) worden gedaan, moet het maximale vergunde drukverschil op reservoirniveau worden omgerekend naar maximale THP met een rekentool, om te controleren of de maximale druk niet overschreden wordt.

TNO heeft in opdracht van SodM een conversietool ontwikkeld, welke recent is gepubliceerd⁵. De uitvoerder dient, middels deze tool, in ieder geval in de jaarlijkse rapportage⁶ aan te tonen dat de toegepaste drukken onder het maximale injectiedruk verschil op top reservoirniveau blijven.

SodM adviseert om de injectieverschildruk op top reservoirniveau te limiteren op maximaal 65 bar bij een injectietemperatuur van 35 °C. Voor iedere graad minder uitkoeling kan 1 bar per graad bij de druk opgeteld worden. Daarnaast adviseert SodM het maximale debiet te limiteren op 420 m³/uur.

De uitvoerder dient aan te kunnen tonen dat de verschildruk op top reservoirniveau niet overschreden wordt door middel van de "Conversietool voor injectiedrukken in geothermieputten". In ieder geval in de jaarlijkse rapportage dient de uitvoerder deze onderbouwing te overleggen.

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.

Omdat de putten corrosiebestendig zijn ontworpen wordt geen corrosie inhibitor ingebracht. Op dit moment heeft de uitvoerder nog niet besloten of scale inhibitor of biocide geïnjecteerd zal worden. Indien dit gebeurt, dan zal dit zijn in de productieput of net na de ontgasser met een maximum volume van 0,05 l/m³ scale inhibitor en een maximum volume van 13 m³/jaar biocide.

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 aanvullende risico's op. Daarom dient het gebruik van hulpstoffen zo veel als mogelijk beperkt te worden. De toegepaste middelen moeten voldoen aan alle vigerende stoffenregelgeving zoals REACH en biocidenregelgeving. Ook mogen er geen andere dan de met het eigen geothermisch systeem geproduceerde vloeistofstromen in de ondergrond gebracht worden. Ik adviseer om hierover een voorwaarde op te nemen bij een eventueel instemmingsbesluit.

SodM adviseert om een voorwaarde op te nemen bij een eventuele instemming dat de toevoeging van hulpstoffen zoveel mogelijk beperkt dient te worden en dat andere toevoegingen aan de vloeistofstroom niet toegestaan zijn.

⁵ <https://www.sodm.nl/documenten/richtlijnen/2023/05/17/conversietool-voor-injectiedruk-in-geothermieputten>

⁶ De jaarlijkse rapportage dient elk jaar binnen 3 maanden na start van het kalenderjaar te worden ingediend ten genoegen van de Inspecteur-generaal der Mijnen

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. SodM adviseert om de volgende voorwaarden in een eventueel instemmingsbesluit op te nemen:

1. Het debiet is maximaal 420 m³/uur.
2. De injectietemperatuur is minimaal 35 °C.
3. De injectieverschilddruk op top reservoirniveau is maximaal 65 bar bij een injectietemperatuur van 35 °C. Voor iedere graad minder uitkoeling kan 1 bar per graad bij de druk opgeteld worden. De uitvoerder dient aan te kunnen tonen dat de verschilddruk op top reservoirniveau niet overschreden wordt door middel van de "Conversietool voor injectiedrukken in geothermieputten"⁷. In ieder geval in de jaarlijkse rapportage dient de uitvoerder deze onderbouwing te overleggen.
4. De uitvoerder hanteert ten alle tijden een adequaat SRB volgens de op dat moment geldende richtlijn of standaard.
5. De uitvoerder voert een interferentietest uit.
6. De uitvoerder dient een adequaat Well Integrity Management System (WIMS) volgens de geldende technische standaard geïmplementeerd te hebben voor de putten in het winningsplan. Daarbij zijn de risico's van het gebruik van een gecementeerde met GRE beklede verbuizing een belangrijk onderdeel. In het WIMS worden verder 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;

⁷ <https://www.sodm.nl/documenten/richtlijnen/2023/05/17/conversietool-voor-injectiedruk-in-geothermieputten>

- Reactieplan met corrigerende maatregelen ter voorkoming van en in geval van gefaalde putintegriteit
7. 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.
8. De toevoeging van hulpstoffen wordt zo veel mogelijk beperkt, en andere toevoegingen aan de vloeistofstroom zijn niet toegestaan.
9. 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.

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:

10. 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 6;
 - Uiterlijk 3 maanden na afloop van elk kalenderjaar: het rapport met daarin de informatie zoals bedoeld in voorschriften 3 en 7;

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:



senior adviseur afdeling Vergunningen

Bijlage 1: Verbeterpunten voor de SHA

De locatie-specifieke seismische dreigingsanalyse (SHA) voor Monster 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 vervolgvergunning:

- Onzekerheden als gevolg van de **gebruikte seismiek** zijn onvoldoende meegenomen. Niet alleen is onbekend wat de kwaliteit van de seismiek is, ook is de interpretatie van breuken in figuren 4-3 en 4-4 uit de SHA niet eenduidig.
- De **aannames** die gemaakt worden – bijvoorbeeld dat alle breuken niet-afsluitend zijn - worden onvoldoende beargumenteerd. SodM kan niet nagaan of deze aannames gegrond zijn.
- Als gevolg van de onvolledige onderbouwing van de aanname dat de breuken niet-afsluitend zijn, 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?
- 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** (Sh_{min}) wordt een inschatting gedaan op basis van trendlijnen die bepaald zijn op basis van verschillende datasets van "leak-off" drukken en integriteitstesten. Echter zijn op de diepte van het reservoir de trendlijnen niet representatief. Op reservoirdiepte zou een steilere trendlijn passender zijn. Dit 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. Daar komt bij dat de waarde voor Sh_{min} deels gebaseerd is op Formation Integrity Tests (FIT) van nabij gelegen putten. Echter, kan de Sh_{min} pas goed bepaald worden als een Leak-Off Test (LOT) gedaan is. Daarom is de onzekerheid van deze parameter hoogst waarschijnlijk groter dan waarmee rekening is gehouden in de studie. Deze onzekerheid kan beperkt worden wanneer de Sh_{min} gemeten wordt tijdens/na de boringen. SodM raadt aan om een LOT in de betreffende reservoirs uit te voeren, zodat er een locatie specifieke en minder onzekere waarde 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 is mee genomen 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.

- Uit de aangeleverde gegevens valt niet op te maken hoe de **verschuivingen van de Mohr cirkels** bepaald zijn. Daarmee is de analyse in de basis niet verifieerbaar. Echter, ervan uitgaande dat de breuken zich in de afgekoelde zone bevinden, geldt de formule uit Buijze et al. (2019) waarin wordt gesteld dat:

$$\Delta\sigma_h = \Delta\sigma_v = \Delta\sigma_T = \frac{2E}{3(1-\nu)} * \lambda \Delta T$$

waar $\Delta\sigma_h$ en $\Delta\sigma_v$ de veranderingen in de kleinste horizontale en de verticale normaalspanning zijn en $\Delta\sigma_T$ de verandering in de thermo-elastische spanning is. De waarden voor de Poisson ratio (ν) en de lineaire thermale expansie coëfficiënt (λ) worden in het rapport niet toegelicht maar kunnen geschat worden op respectievelijk $\sim 0,18$ en $1 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. De Youngs modulus op $E = 12 \text{ GPa} = 1,2 \cdot 10^5 \text{ bar}$. De stressverschillen die hieruit berekend kunnen worden gelden voor zowel de horizontale als de verticale normaalspanning, en leiden dus tot een totale verschuiving van de Mohrcirkel, naar links. Uit de SHA valt niet op te maken waarom gekozen is om de verticale spanning vast te zetten en niet de gehele cirkel te verschuiven.

- Er is **onvoldoende uitleg** hoe figuren zoals 5-3 gelezen moeten worden. Met name de groene, blauwe en rode stippen (SCU in relatie tot P10/90-waarde) zijn moeilijk te interpreteren. Een uitgebreidere uitleg van de methode en interpretatie van deze figuren is wenselijk.
- **De conclusies** die aan het probabilistische onderdeel van de SHA analyse worden verbonden duiden op een 'lage' kans op breukreactivering. Wegens bovenstaande onduidelijkheden en onzekerheden kan niet met enige mate van zekerheid vastgesteld worden dat 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.

Bijlage 2: Verbeterpunten voor de onderbouwing van de injectiedruk

De fracture containment study voor Monster kan door onvoldoende onderbouwing van aannames, parameterkeuzes en onzekerheden niet beoordeeld worden. SodM ziet graag verbetering op de volgende punten bij aanlevering van een onderbouwing bij de vervolvergunning:

- De gekozen waarden voor met name de Young's Modulus en Poisson's Ratio zijn onvoldoende onderbouwd en hebben daarom een grote onzekerheid. Het is in een dergelijk geval van belang om de sensitiviteit van de parameters te onderzoeken, dit is in de gegeven studie niet gedaan.
- De gebruikte puttesten geven een onzekere inschatting van de minimale spanningsgradiënt (Sh_{min}). De sensitiviteitsanalyse die hiervoor is gedaan (scenario 3 en 4) laten zien dat deze parameter een groot effect heeft. Het is daarom van belang dat later in het project voor deze parameter een locatie-specifieke waarde gemeten wordt (zie ook bijlage 1).

Mede door bovenstaande punten zijn er nog veel onduidelijkheden over de ondergrond: welke laag/lagen fungeren echt als afsluitend? Hoewel Panterra en TNO-AGE vinden dat de Rodenrijs als afsluitend kan worden gezien, vindt SodM dat onvoldoende onderbouwd/onderzocht. De afsluitende laag bevat zowel klei- als zandlagen, waardoor de mate van afsluiting moeilijk te bepalen is. Mocht er als gevolg van scheurvorming leak-off naar andere lagen plaatsvinden, dan zou er een ongebalanceerd systeem kunnen ontstaan. De mogelijke nadelige gevolgen hiervan zijn niet beschreven.