Docnr5

Intern gebruik

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. 5.1.2.e

Per e-mail:
5.1.2.e @minezk.nl; 5.1.2.e @minezk.nl;
5.1.2.e @minez.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
5.1.2.e

T 5.1.2.e
5.1.2.e @sodm.nl

Ons kenmerk
22425299

Uw kenmerk
Uw e-mail dd 25 juli 2022

Kopie aan
DIV

Bijlage(n)

minute

Datum 18 november 2022
Betreft Advies rekentool en norm n.a.v. toezichtsignaal

Parafenroute

Paraaf	Medeparaaf	Medeparaaf

Zaaknummer in HAVIK

Verzendwijze: Elektronisch

Intern gebruik

Datum verzending

Datum afdoen

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. 5.1.2.e

Per e-mail:
5.1.2.e @minezk.nl; 5.1.2.e @minezk.nl;
5.1.2.e @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
5.1.2.e

T 5.1.2.e

Ons kenmerk
22425299

Uw kenmerk
Uw e-mail dd 25 juli 2022

Bijlage(n)
-

Datum 18 november 2022
Betreft Advies rekentool en norm n.a.v. toezichtsignaal

Geachte 5.1.2.e

U heeft Staatstoezicht op de Mijnen (hierna: SodM) op 25 juli 2022 om advies gevraagd betreffende de voorgestelde norm en nieuw ontwikkelde rekentool om te kunnen bepalen of voorgenomen injectieplannen bij aardwarmtewinning veilig en verantwoord uitgevoerd kunnen worden met betrekking tot de integriteit van de afsluitende lagen en het reservoir.

De rekentool volgt uit een verzoek van u aan TNO om een methodiek te ontwikkelen om invulling te geven aan het toezichtsignaal "Integriteit afsluitende laag geothermie"[1] dat SodM op 26 november 2020 aan het ministerie van Economische Zaken en Klimaat heeft verstuurd. SodM is erkentelijk voor uw inspanningen om de zorg geuit in het toezichtsignaal aan te pakken.

Het werk van TNO bestaat uit de Seal and Reservoir Integrity through Mechanical Analysis (hierna: SRIMA) tool, een handleiding en een technische achtergrond. Daarnaast heeft u advies bij Fenix Consulting Delft (hierna: Fenix) ingewonnen omtrent geschikte normering van de integriteit van de afsluitende lagen. De voorgestelde norm is door Fenix opgenomen in een rapport "Onderzoek Normering Reservoir Integriteit Aardwarmte". Verder heeft u op advies van SodM een externe review laten uitvoeren op de SRIMA rekentool.

U verzoekt SodM om te beoordelen of de uitwerking in de vorm van de SRIMA tool en de bijbehorende documentatie inderdaad voldoende invulling geeft aan het toezichtsignaal.

In dit advies leest u eerst de kern van ons toezichtsignaal, daarna een samenvatting van het gevraagde advies en vervolgens de onderbouwing van ons advies met, tot slot, onze conclusies en aanbevelingen.

Kern toezichtsignaal

In het toezichtsignaal geeft SodM aan dat er onduidelijkheid is in de aardwarmtewinning sector wat de norm is voor de integriteit van reservoirs en afsluitende lagen en dat zij deze onduidelijkheid ongewenst vindt. Tevens deelt SodM haar huidige beoordelingscriterium en eigen uitgangspunten. SodM vindt

[1] https://www.sodm.nl/documenten/brieven/2021/01/19/toezichtsignaal-integriteit-afsluitende-laag-geothermie.

vanuit het oogpunt van veiligheid het behoud van integriteit van de afsluitende laag belangrijk. 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. Uitgangspunt van SodM bij advisering is daarom dat scheurvorming in de afsluitende lagen vermeden moet worden.

Advies

SodM heeft beoordeeld of de SRIMA rekentool en norm voldoende invulling geven aan het toezichtsignaal "Integriteit afsluitende laag geothermie". Geconcludeerd moet worden dat dat niet het geval is.

Conform het toezichtsignaal, is SodM van mening dat een norm gehanteerd dient te worden waarmee scheurvorming in de afsluitende lagen vermeden wordt en dat deze norm in de Mijnbouwregeling opgenomen wordt. De SRIMA tool kan alleen gebruikt worden om een eerste indicatie te krijgen of scheurvorming in de afsluitende lagen waarschijnlijk is bij de gekozen operationele parameters. Als uit deze indicatie blijkt dat scheurvorming mogelijk is, dan adviseert SodM om de uitvoerder een aanvullende analyse te laten doen die aantoont dat scheurvorming in de afsluitende laag toch onwaarschijnlijk is en/of dat - door aanpassing van de plannen van de uitvoerder - scheurvorming vermeden wordt. Verder adviseert SodM verbeteringen van de tool en van de communicatie van de beperkingen van de tool.

Dit wordt hieronder toegelicht.

Toelichting

Voor het advies zijn de volgende toegestuurde documenten bestudeerd:

- SRIMA rekentool[2]
- SRIMA handleiding[3]
- Onderzoek Normering Reservoir Integriteit Aardwarmte[4]
- Technical Review of "SRIMA" [5]

Om de adviesvraag te kunnen beantwoorden heeft SodM de ontvangen documenten beoordeeld op de volgende punten:

1. De bruikbaarheid en beperkingen van de SRIMA rekentool,
2. De norm voor scheurvorming in de afsluitende laag,
3. Het gebruik van de norm in de rekentool.

Daarnaast heeft SodM gedetailleerde opmerkingen over de betreffende documenten verzameld, die op verzoek beschikbaar kunnen worden gemaakt.

---

[2] SRIMA_v10_concept_beta.xlsm, TNO – Seal and Reservoir Integrity Mechanical Analysis, version 1.0.
[3] Maaijwee, C.N.P.J., Fokker, P.A., Mijnlieff, H.F., de Vries, C.M., 22 June 2022. TNO rapport SRIMA Manual.
[4] Fenix Consulting Delft, April 2022. Onderzoek Normering Reservoir Integriteit Aardwarmte.
[5] Anonymous Peer Review Document, 29 April 2021. Technical Review of "SRIMA".

1. De bruikbaarheid en beperkingen van de SRIMA rekentool

De SRIMA rekentool maakt gebruik van een semi-analytische methode om de spanningsveranderingen in een aardwarmte reservoir en de boven- en onderliggende afsluitende lagen ten gevolge van temperatuur- en drukveranderingen te berekenen. De uitkomst van de rekentool kan in twee delen worden opgesplitst. Het eerste deel laat zien of gekozen operationele parameters mogelijk leiden tot rekscheuren in de boven- en onderliggende afsluitende laag van een aardwarmte reservoir. Het tweede deel bestaat uit de berekening van de scheurdimensies in de afsluitende laag. Beide uitkomsten worden hieronder beoordeeld in verschillende paragrafen, gevolgd door een opmerking over de context en een samenvatting.

Indicatie of scheurvorming kan optreden

De tool is in principe geschikt om een eerste indicatie te geven of scheurvorming in de afsluitende lagen waarschijnlijk is en SodM staat achter het gebruik van de tool voor dit begrensde doeleinde. Echter, hiervoor zijn wel verbeteringen van de tool nodig. De tool beschouwt een systeem dat zeer versimpeld is ten opzichte van de werkelijkheid en bevat vele aannames. Zodoende heeft de tool een beperkte toepasbaarheid en SodM is van mening dat dit veel duidelijker naar voren zou moeten komen in de tool en de handleiding van de tool. Zonder deze verduidelijking bestaat het gevaar dat de tool gebruikt zal worden buiten het toepassingsgebied en dat gebruikers van de tool een ongeoorloofd gevoel van veiligheid aan een gunstige uitkomst van SRIMA ontlenen.

Zelfs bij gebruik voor het bovengenoemde begrensde doeleinde zijn er beperkingen in de tool. Een belangrijke beperking is dat de integriteit van de afsluitende lagen slechts op de locatie van de put wordt bepaald. Laterale en verticale variabiliteit van gesteentelagen worden niet meegenomen in de tool. Dit maakt de tool minder betrouwbaar in gebieden waar breuken of andere laterale/verticale verschillen aanwezig zijn in het reservoir. Een tweede beperking van de tool is dat spanningsverstoringen bij de put zelf niet meegenomen worden, terwijl het punt van evaluatie voor de tool de putlocatie is. Dit is verwarrend en behoeft nadere uitleg, inclusief de mogelijke effecten hiervan op de voorspellingen. Een derde beperking is dat de tool alleen relevant is voor gebieden waar rek- en schuifspanningen dominant zijn. De tool is niet geschikt voor gebieden met voornamelijk compressieve spanningen. Dit is omdat de tool de vorming van rekscheuren analyseert, die zich niet vormen in gebieden met compressieve spanningen. Dit is overigens voor toepassing bij Nederlandse aardwarmte projecten een acceptabele beperking van de tool aangezien compressieve spanningstoestanden niet geobserveerd zijn en niet waarschijnlijk zijn voor de Nederlandse ondergrond.

Bovengenoemde beperkingen zijn slechts drie voorbeelden van een groot aantal aannames in de tool. Het is onvermijdelijk dat een tool de realiteit versimpelt door middel van aannames en dit is niet perse een probleem. Echter, zoals ook aangegeven door de reviewers, is op dit moment voor de gebruiker van de tool niet duidelijk wat deze versimpelingen betekenen voor de resultaten van het

model. De aannames en consequenties daarvan moeten dus beter gecommuniceerd worden naar de gebruiker.

Daarnaast is SodM van mening dat verbeteringen van de tool nodig zijn, ook bij gebruik voor het bovengenoemde begrensde doeleinde van een eerste indicatie voor mogelijke scheurvorming. Er wordt bijvoorbeeld een enkele set met default invoer waardes (zonder bronvermelding) gebruikt voor de geologische en geomechanische eigenschappen van het reservoir. Momenteel mist er een duidelijke aanwijzing voor de gebruiker om de default waardes zoveel als mogelijk door waardes te vervangen die het reservoir en de afsluitende lagen het beste karakteriseren. Verder is het in de tool niet mogelijk om verschillende geomechanische invoer parameters voor de afsluitende lagen boven en onder het reservoir te gebruiken. Het is echter niet realistisch dat alle afsluitende lagen geomechanisch hetzelfde zijn, zoals ook opgemerkt is door de reviewers. Daarnaast zijn er niet voor alle invoer parameters beperkingen in de tool, wat invoer mogelijk maakt die fysisch niet realistisch is. Ten slotte moet de handleiding op veel punten verbeterd worden, inclusief consistent gebruik van symbolen en terminologie, toevoeging van referenties en verduidelijking van beschrijvingen en figuren. De vele commentaren van de reviewers op deze punten zijn niet adequaat meegenomen in de huidige versie van de handleiding.

Berekening van scheurdimensies
Naast een indicatie of scheurgroei in de afsluitende lagen waarschijnlijk is, geeft de SRIMA tool de verwachte hoogte van de gevormde scheuren in de afsluitende lagen. SodM is van mening dat de tool niet geschikt is voor het bepalen van de scheurdimensies. De documentatie bevat inconsistente informatie over de methode waarmee de maximum scheurhoogte wordt bepaald. Er lijkt gebruik te worden gemaakt van een druk-balans criterium. De gangbare methode voor het berekenen van scheurdimensies is echter via numerieke methodes in een scheur simulator, die extra effecten meeneemt, zoals de spannings- en temperatuursveranderingen rondom scheuren. In de handleiding van SRIMA worden de uitkomsten van SRIMA vergeleken met de uitkomsten van een numerieke methode. De spanningsprofielen in Figuur 8 en 9 van Appendix 1 van de SRIMA handleiding laten grote verschillen zien tussen beide uitkomsten, van soms wel 100%. Deze vergelijking wordt niet meegenomen in de onzekerheidsanalyse (Monte Carlo analyse) van de SRIMA tool; deze beschouwt alleen de variatie in de uitkomsten van SRIMA voor een opgegeven bandbreedte in de invoerparameters. Bovendien is zelfs een numeriek model nooit een perfecte afspiegeling van de werkelijkheid. Dit alles betekent dat de onzekerheid in de scheurdimensies berekend met SRIMA, vele malen groter is dan de onzekerheidsanalyse van de tool suggereert.

Het Onderzoek Normering Reservoir Integriteit Aardwarmte onderstreept de onzekerheid in de scheurdimensies berekend met de SRIMA tool. Eén van de hoofdconclusies in dit rapport is namelijk dat scheurindringing in de afsluitende laag zoals berekend met de SRIMA tool betrouwbaar is voor gevallen waarin er weinig indringing is, maar dat scheurgroei onderschat wordt als er mogelijk sterke hoogtegroei van de scheur optreedt in de afsluitende laag. Dit volgt uit een vergelijking van de SRIMA resultaten met de resultaten van een scheursimulatie

waarin Darcy stroming, warmte diffusie en advectie meegenomen worden (zie Figuur 38 in het rapport).

Breukreactivatie en de vorming van schuifbreuken in SHRA
Ten slotte benadrukt SodM de opmerking van de reviewers dat de vorming van rekscheuren slechts één van de componenten is die nodig zijn voor een complete analyse van reservoirintegriteit. Volledige analyse omvat ook breukreactivatie en de vorming van schuifbreuken, welke in sommige gebieden mogelijk een groter risico voor de integriteit van de afsluitende lagen oplevert. SodM accepteert dat deze uitgebreide analyse buiten de scope van de ontwikkelde tool valt. Echter, deze beperking van de analyse zou veel duidelijker naar de gebruiker van de tool gecommuniceerd moeten worden. Daarnaast adviseert SodM om deze componenten op te nemen in de leidraad voor de Seismische Hazard en Risico Analyse (SHRA) voor aardwarmteprojecten die op dit moment in ontwikkeling is in uw opdracht.

Samenvatting
Samengevat stelt SodM dat de tool slechts geschikt is voor het begrensde doeleinde van het verkrijgen van een eerste indicatie of scheurvorming in de afsluitende lagen waarschijnlijk is. Zelfs dan zijn er de nodige verbeterpunten. De berekening van scheurdimensies met de tool bevat een scala aan onzekerheden, groter dan weergegeven in de onzekerheidsanalyse van de tool. De tool is volgens SodM daarom nadrukkelijk niet geschikt voor deze berekeningen.

2. De norm voor scheurvorming in de afsluitende laag

Het Onderzoek Normering Reservoir Integriteit Aardwarmte stelt dat de minimale dikte van de afsluitende laag meer dan 30 m moet zijn en dat een scheur niet meer dan 50% de afsluitende laag in mag groeien om de integriteit van de afsluitende laag bij aardwarmtewinning te borgen. SodM kan deze norm niet onderschrijven vanwege het gebrek aan onderbouwing hiervan.

De minimale dikte van 30 m volgt uit een studie, uitgevoerd door Bruno *et al.* (2014)[6], van de integriteit van de afsluitende laag bij gasopslagen en Carbon Capture and Storage (CCS) projecten. Echter, Bruno *et al.* (2014) geven geen onderbouwing voor dit getal. Daarnaast is de mate waarin gasopslagen en CCS complexen vergelijkbaar zijn met aardwarmte systemen onduidelijk, vanwege verschillen in bijvoorbeeld de vloeistofstroom, de mate van afkoeling en de reservoirdrukken. De beperkte mate van vergelijkbaarheid wordt zelfs in het Onderzoek Normering Reservoir Integriteit Aardwarmte genoemd.

Het maximum van 50% scheurpenetratie is gebaseerd op de aanname dat de sterkte van een afsluitende laag met een opschuivende breuk (compressieve spanning) intact blijft zolang de scheur minder dan 50% door de afsluitende laag gaat. Het rapport bevat geen onderbouwing van deze aanname. Daarnaast is de

[6] Bruno, M.,S., K. Lao, J. Diessl, B. Childers, J. Xiang, N. White, E. van der Veer, 2014. Development of improved caprock integrity analysis and risk assessment techniques, GHGT-12, Energy Procedia 63, 4708 – 4744, doi: 10.1016/j.egypro.2014.11.503.

relevantie van deze aanname voor de SRIMA rekentool onduidelijk omdat SRIMA alleen scheurvorming onder rekspanning beschouwt.

Beide componenten van de norm missen dus enige onderbouwing. Daarnaast staat SodM in het algemeen niet achter een norm waarin scheurvorming wordt toegestaan. Uitgangspunt in het eerder genoemde toezichtsignaal is dat scheurvorming in de afsluitende lagen vermeden moet worden. Doordat onderbouwing van een norm anders dan degene die SodM prefereert niet gegeven is, en de risico's geuit in het toezichtsignaal niet geadresseerd worden, blijft SodM bij dit standpunt. SodM adviseert om een norm te hanteren dat scheurvorming in de afsluitende lagen vermeden wordt en deze op te nemen in de Mijnbouwregeling.

3. Het gebruik van de norm in de rekentool

Eén van de voornaamste uitkomsten van de SRIMA rekentool is of de dikte van de intacte afsluitende lagen boven en onder het reservoir minstens 30 m is en minstens 50% van de totale dikte, in overeenstemming met de norm voorgesteld in het normering onderzoeksrapport. Zoals eerder beschreven, staat SodM niet achter het gebruik van SRIMA om scheurdimensies – en dus de dikte van de intacte laag – te berekenen, noch achter de norm.

De SRIMA tool hanteert het 90ste percentiel (P90 waarde) van de resultaten van de onzekerheidsanalyse om te bepalen of mogelijke scheurvorming in de afsluitende lagen de norm overschrijdt of niet. Dit betekent dat de uitkomsten van de SRIMA analyse in 10% van de gevallen de norm wél zullen overschrijden. Gegeven de onbetrouwbaarheid in de uitkomst van de tool en de waardes gehanteerd in de norm, vindt SodM dit een veel te groot percentage.

Uitgangspunt voor SodM is dat scheurvorming in de afsluitende lagen vermeden moet worden. Wanneer dit uitgangspunt als norm gesteld wordt, is een kleine kans op afwijken hiervan minder onacceptabel. Voorwaarde hiervoor is dat de uitvoerder goed onderbouwt dat tijdig ingegrepen kan worden wanneer er signalen zijn dat er scheurvorming plaatsvindt. Tijdig betekent voordat onomkeerbare effecten plaats hebben gevonden. Numerieke modellen en monitoring kunnen hier mogelijk bij helpen.

SodM is van mening dat de SRIMA tool niet geschikt is om scheurdimensies te bereken. Na het doorvoeren van een aantal verbeterpunten, is de tool wel geschikt om een eerste indicatie te krijgen of de gekozen operationele parameters scheurvorming in de afsluitende lagen waarschijnlijk maken. SodM adviseert dan ook om de tool alleen voor dit doeleinde te gebruiken. Als de uitkomst van SRIMA mogelijke scheurvorming aangeeft, adviseert SodM om de uitvoerder een aanvullende analyse te laten doen die aantoont dat scheurvorming in de afsluitende laag toch onwaarschijnlijk is en/of dat aanpassingen scheurvorming

vermijden. Gegronde aannames en onzekerheden moeten duidelijk en voldoende meegenomen zijn in een dergelijke analyse.

Conclusie en aanbevelingen

SodM heeft beoordeeld of de SRIMA rekentool en norm voldoende invulling geven aan het toezichtsignaal "Integriteit afsluitende laag geothermie". Geconcludeerd moet worden dat dat niet het geval is.

Conform het toezichtsignaal, is SodM van mening dat een norm gehanteerd dient te worden waarmee scheurvorming in de afsluitende lagen vermeden wordt en dat deze norm in de Mijnbouwregeling opgenomen wordt. De tool kan met een aantal verbeteringen alleen gebruikt worden om een eerste indicatie te krijgen of scheurvorming in de afsluitende lagen waarschijnlijk is bij de gekozen operationele parameters. Als uit deze indicatie blijkt dat scheurvorming mogelijk is, dan adviseert SodM om de uitvoerder een aanvullende analyse te laten doen die aantoont dat scheurvorming in de afsluitende laag toch onwaarschijnlijk is en/of dat - door aanpassing van de plannen van de uitvoerder - scheurvorming vermeden wordt.

SodM adviseert verder om de volgende aanbevelingen mee te nemen:

1. Verbetering van de communicatie van de beperkingen van SRIMA en een duidelijke waarschuwing met de situaties waarin SRIMA niet toepasbaar is.
2. Opname van een duidelijke aanwijzing voor de gebruiker om default invoerwaardes zoveel als mogelijk door waardes te vervangen die de betreffende formaties het beste karakteriseren. Waar mogelijk zouden beperkingen op de invoer van de cellen in het Excel bestand overwogen moeten worden om fysisch onrealistische invoer te voorkomen.
3. Opname van de mogelijkheid om geomechanische invoer parameters voor de afsluitende lagen boven en onder het reservoir verschillend te laten zijn.
4. Verbetering van de handleiding zoals aangegeven door de reviewers, inclusief consistent gebruik van symbolen en terminologie, toevoeging van referenties en verduidelijking van beschrijvingen en figuren. Gedetailleerde opmerkingen van SodM op deze punten kunnen op verzoek beschikbaar worden gemaakt.
5. Verbeterde communicatie richting de gebruiker dat de tool geen breuk reactivatie en vorming van schuifbreuken beschouwt en dat dit wel nodig is voor een volledige risico analyse.
6. Opname van breuk reactivatie en de vorming van schuifbreuken in de leidraad voor Seismische Hazard en Risico Analyse (SHRA).

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,

T.F. Kockelkoren, MBA