

Energy & Materials Transition
Princetonlaan 6
3584 CB Utrecht
+31 88 866 42 56

www.tno.nl
Mijnbouwvergunningen@tno.nl

Postbus 80015, 3508 TA Utrecht

Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
Directie Transitie Diepe Ondergrond
T.a.v. [REDACTED]
Postbus 20401
2500 EK DEN HAAG

Datum
20 april 2026
Onze referentie
AGE 26-10.023
Uw referentie
IV-90297
Projectnummer
060.67396/01.03.06

Onderwerp Advies aangaande aanvraag startvergunning Ede I

Bijlage 1

Geachte [REDACTED]

Hierbij stuur ik u ons advies over de aanvraag van een startvergunning aardwarmte genaamd Ede I. Deze aanvraag is op 18 maart 2025 ingediend door Gaia Energy B.V. en MPD Groene Energie (hierna aanvrager).

Inhoud van de aanvraag

Aanvrager is momenteel vergunninghouder van de vergunning Toewijzing Zoekgebied Ede en is voornemens om een geothermisch systeem te ontwikkelen bestaande uit één doublet. Aanvrager vraagt daarvoor een startvergunning aardwarmte aan voor een periode van 2 jaar. De gewonnen warmte zal worden geleverd aan de bebouwde omgeving.

Adviesverzoek

Het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) heeft TNO-AGE op 26 mei 2025¹ gevraagd om advies uit te brengen over:

1. De geologische onderbouwing van de aanvraag;
2. De overlap en mogelijke interferentie met de opsporing, winning en opslag van aardwarmte en delfstoffen in het aangevraagde gebied met het oog op planmatig beheer;
3. De overlap van het aangevraagde gebied met beschermde gebieden, waaronder waterwingebieden, grondwaterbeschermingszones, boringvrije zones, gebieden die formeel zijn aangewezen als Aanvullende Strategische Drinkwatervoorraad en Natura2000-gebieden;
4. Of de in de aanvraag beschreven operationele instellingen tijdens de winningsfase realistisch zijn met het oog op planmatig beheer;

¹ Uw e-mail met onderwerp: IV-90297 - Adviesverzoek TNO-AGE - aanvraag startvergunning Ede I

5. De grootte van het aangevraagde gebied in relatie tot de verwachte winning van aardwarmte en de verwachte afzet van aardwarmte;
6. De mate van scheurvorming in de afsluitende laag en de wijze waarop de integriteit van de afsluitende laag geborgd is en gemonitord wordt;
7. De verwachte gevolgen van de voorspelde bodembeweging door de voorgenomen aardwarmtewinning, alsmede de daarmee verband houdende activiteiten, in termen van schade;
8. De in de aanvraag beschreven mate van bodembeweging en eventuele cumulatie daarvan en maatregelen die zijn genomen om de bodembeweging te monitoren en te beperken.

De vereisten en weigeringsgronden verwoord in de mijnbouwwet (art. 24n t/m 24ad) en het onderliggende mijnbouwbesluit (art. 29p en 29q) en mijnbouwregeling (art. 1.3b.1 en 1.3b.2) zijn leidend bij de evaluatie van de aanvraag.

Advies in het kort

Op basis van de beoordeelde onderwerpen geeft TNO-AGE een positief advies over de aanvraag voor de startvergunning aardwarmte Ede I. Wel adviseert TNO-AGE om in het besluit enkele voorwaarden op te nemen indien de vergunning wordt verleend.

Beschrijving van de aanvraag

In dit hoofdstuk wordt de inhoud van de aanvraag beknopt beschreven.

Compleetheid van de aanvraag

Aanvrager heeft in mei en in juli revisies van de aanvraag ingediend. TNO baseert haar advies op de actualisatie van juli [1]. Ter ondersteuning van de aanvraag heeft de aanvrager een aantal bijlages bijgevoegd. De bijlages die relevant zijn voor de beoordeling van de vergunning door TNO-AGE zijn:

- Bijlage 4: SDE++ Geologisch onderzoek Ede [2];
- Bijlage 4b: SDE++ Geologisch onderzoek Ede – locatie Meanderdijk [3];
- Bijlage 4c: Memo bij aanvraag Startvergunning Ede- Update seismische interpretatie en TZ conversie [4];
- Bijlage 5: SDRA Ede [5];
- Bijlage 6: Seismisch Risico Beheersplan [6];
- Bijlage 10a – 10c: Geplande putpaden.

Naar aanleiding van vragen van TNO-AGE heeft de aanvrager aanvullende informatie aangeleverd:

- Cap rock integriteit analyse voor startvergunningaanvraag Ede I [7];
- Aanvulling t.b.v. SV Aanvraag Ede I - Seismische cross sectie langs producer en injector [8];
- 2D seismische lijn S1R1 (geschoten door aanvrager zelf).

TNO-AGE heeft de aangeleverde documenten op volledigheid gecontroleerd en de daarin opgenomen informatie als voldoende compleet bevonden.

Aangevraagd gebied

De aanvrager is voornemens een geothermisch systeem te realiseren in het aangevraagde gebied. Dit systeem zal bestaan uit productieput EDE-GT-01 en injectieput EDE-GT-02-S1. Voorafgaand aan het boren van deze putten wordt eerst een verticale exploratieput (EDE-GT-02) uitgevoerd. Op basis van de resultaten van deze exploratieboring zal besloten worden of de productie- en injectieput daadwerkelijk worden gerealiseerd.

Het gebied van de aangevraagde startvergunning Ede I overlapt deels met de Toewijzing Zoekgebied Ede, die ook is vergund aan aanvrager. Het overige deel van het aangevraagde ligt in open gebied, dat conform art. 24p, lid 1 van de Mijnbouwwet wordt aangevraagd. Het aangevraagde gebied lijkt qua oppervlakte te overlappen met de Toewijzing Zoekgebied Renkum. Deze vergunning heeft echter als bovengrens de basis van de Boven-Carboon Groep (gelijk aan de basis van de Limburg Groep). Daardoor is er in verticale zin geen overlap tussen het aangevraagde gebied en de Toewijzing Zoekgebied Renkum.

De aanvrager was van plan om eind 2025 te beginnen met het boren van de putten, waarna in 2027 de geothermische winning zou starten. Op het moment van schrijven is het boorproces echter nog niet gestart. Het geothermische systeem zal worden aangesloten op het warmtenet Ede, waarmee stedelijk gebied van warmte wordt voorzien.

Tabel 1 Coördinaten van het aangevraagde gebied Ede I. Coördinaten zijn vermeld volgens het stelsel van de Rijksdriehoeksmeting (RD).

Punt	X	Y
1	172131,0	449330,7
2	173920,4	447889,7
3	173920,4	444938,8
4	173188,2	444422,3
5	170700,0	445346,9
6	170700,0	448597,3

Op basis van deze grensbeschrijving is de totale oppervlakte 12,65 km².

Dieptebereik

Het geplande geothermische systeem is gericht op de watervoerende zandsteenlagen van de Formatie van Slochteren. De bovengrens van de aangevraagde vergunning is 500 meter onder het maaiveld. De ondergrens is de basis van de Limburg Groep.

Aanvrager

De startvergunning is aangevraagd door Gaia Energy B.V. en MPD Groene Energie (hierna: aanvrager). Gaia Energy B.V. zal fungeren als uitvoerder in dit project. Gaia is vergunninghouder van diverse geothermische vergunningen in Nederland en is eigenaar van Aardyn B.V. Aardyn is (mede)vergunninghouder en uitvoerder van de geothermische projecten Oostvoorne, Den Haag, Vierpolders en Delft.

Omschrijving van het systeem en doel van de warmtelevering

Het geothermische systeem zal bestaan uit één doublet bestaande uit productieput EDE-GT-01 en injectieput EDE-GT-02-S1. Beide putten zullen sub-horizontaal in het reservoir worden geboord, waarbij de putten over een lengte van ruim 500 meter in verbinding zullen staan met het reservoir. De gewonnen warmte zal gebruikt worden voor verwarming van gebouwde omgeving via het warmtenet Ede. Dit warmtenet wordt tot op heden gevoed door biogrondstoffen. Het beoogde geothermische systeem zal deze warmtestroom deels vervangen.

Evaluatie van de aanvraag

In dit hoofdstuk wordt de evaluatie van de aanvraag beschreven en worden de adviesvragen beantwoord. Adviesvragen 2, 3 en 4 worden gezamenlijk behandeld in de paragraaf 'Planmatig beheer van de ondergrond'. Adviesvraag 7 is opgesplitst in twee paragrafen: één over bodemdaling en één over de seismische dreiging- en risicoanalyse. Per adviesvraag wordt eerst de analyse van de aanvrager beschreven, gevolgd door de evaluatie door TNO-AGE.

Geologische onderbouwing van de aanvraag

Beschrijving geologisch onderzoek van de aanvrager

De aanvrager heeft uitgebreid geologisch onderzoek uitgevoerd naar de ondergrond van het geplande geothermische systeem [2, 3, 4]. Mede op basis van 2D seismische SCAN lijnen zijn de beoogde putlocaties gepland. In 2025 heeft aanvrager additionele seismische data vergaard in het gebied. Van de 6 geschoten 2D lijnen is maar 1 lijn verwerkt in de vergunningsaanvraag. Gelijktijdig met het opstellen van de vergunningsaanvraag is put EDE-01 door Energie Beheer Nederland geboord in het kader van de SCAN-boorcampagne. Volgens de aanvrager zal deze put veel informatie opleveren over de geologie van het projectgebied.

Bevindingen TNO-AGE

TNO-AGE acht de geologische onderbouwing van voldoende kwaliteit voor het aanvragen van een startvergunning aardwarmte. De aangeleverde rapportages [2, 3, 4] tonen aan dat de aanvrager goed inzicht heeft in de uitdagingen met betrekking tot de diepe ondergrond. De seismische interpretatie van het reservoir, boven- en onderliggende afsluitende lagen en breuken is op adequate wijze uitgevoerd.

Op basis van de beschikbare seismische data, waaronder de door aanvrager geschoten 2D seismische lijn S1R1, ziet TNO-AGE indicaties voor een breuk of breukzone tussen de beoogde productie- en injectieput. Indien aanwezig, betreft dit naar verwachting een breuk met een klein verticaal verzet van maximaal ca. 40 meter.

Een deel van de boorresultaten van EDE-01 is inmiddels openbaar beschikbaar. TNO-AGE heeft deze resultaten betrokken in de evaluatie. Uit de resultaten blijkt o.a. dat de reservoirkwaliteit – met name de permeabiliteit – mogelijk aanzienlijk beter is dan voorheen door zowel de aanvrager als TNO-AGE werd aangenomen.

Planmatig beheer van de ondergrond

De overlap en mogelijke interferentie met de opsporing, winning en opslag van aardwarmte en delfstoffen in het aangevraagde gebied

Analyse aanvrager

In de aanvraag wordt beschreven dat het geplande geothermisch systeem op ruime afstand ligt van bestaande geothermische systemen. Interferentie wordt daarom niet verwacht. Verder zijn er geen andere mijnbouwactiviteiten in de nabijheid van het geplande systeem.

Bevindingen TNO-AGE

TNO-AGE ziet, net als de aanvrager, geen kans op interferentie met de opsporing, winning en/of opslag van aardwarmte of delfstoffen in het aangevraagde gebied. Het aangevraagde gebied ligt boven de Toewijzing Zoekgebied Renkum, waar mogelijk een UDG project zal worden gerealiseerd. Toekomstige interferentie wordt niet verwacht.

Overlap van het aangevraagde gebied met beschermde gebieden

Analyse aanvrager

Volgens de aanvrager overlapt het aangevraagde gebied niet met waterwingebieden, grondwaterbeschermingszones, boringvrije zones, formeel aangewezen Aanvullende Strategische Drinkwatervoorraden en Natura2000-gebieden.

Bevindingen TNO-AGE

TNO-AGE onderschrijft de analyse van de aanvrager. Wel merkt TNO-AGE op dat het aangevraagde gebied deels overlapt met een intrekgebied behorend tot het waterwingebied Edese Bos. Daarnaast liggen de dichtstbijzijnde Natura2000 gebieden (de Veluwe en Binnenveld) op minder dan 1 km afstand.

Operationele instellingen tijdens de winningsfase

Analyse aanvrager

De vergunninghouder verwacht het reservoir op een diepte van ca. 1600 meter aan te treffen, waardoor het te produceren water een verwachte temperatuur heeft van 69 °C. Het geproduceerde water wordt uitgeoeld tot een temperatuur van gemiddeld (en minimaal) 30 °C en vervolgens terug in hetzelfde reservoir geïnjecteerd. De stroming van warm water naar de productieput en injectie van afgekoeld water vindt plaats door de poreuze gesteentematrix van dit reservoir. Gemiddeld wil de vergunninghouder een debiet van 211 m³/uur toepassen en maximaal een debiet van 231 m³/uur.

De injectiedruk die nodig is om het gewenste debiet te injecteren is sterk afhankelijk van de permeabiliteit van het reservoir. Aanvrager verwacht dat een injectieverschildruk van 47 bar op top-reservoirdiepte nodig is om het maximale debiet te behalen. Dit is tevens de aangevraagde maximale injectieverschildruk en correspondeert met een poriëndrukgradiënt van 0,135 bar/m.

Tabel 2 Geprognostiseerde productiekarakteristieken van het beoogde geothermische systeem.

PRODUCTIEKARAKTERISTIEKEN

Gemiddelde productietemperatuur	69 °C
Gemiddelde injectietemperatuur	30 °C
Minimale injectietemperatuur	30 °C
Jaargemiddeld debiet	211 m ³ /uur
Maximaal debiet	231 m ³ /uur
Maximale injectieverschilddruk op top-reservoirdiepte	47 bar

Bevindingen TNO-AGE

TNO-AGE heeft de maximale en gemiddelde operationele instellingen uit de prognose van de vergunninghouder doorgerekend met ROSIM [9]. De modelresultaten tonen aan dat, o.b.v. de aangeleverde productieprognose, binnen 2 jaar geen grensoverschrijding of doorbraak van kouder water wordt verwacht.

Daarnaast blijkt uit de modelberekeningen dat, zowel bij gemiddelde als maximale operationele instellingen, de benodigde injectieverschilddruk lager is dan de door de vergunninghouder opgegeven verwachte en maximale injectieverschilddruk. Dit komt doordat TNO-AGE o.b.v. boorgegevens van put EDE-01 verwacht dat de reservoirpermeabiliteit hoger is dan door de aanvrager is aangenomen. Hierdoor kan het geprognostiseerde maximale debiet naar verwachting binnen de aangevraagde injectiedrukruimte worden gerealiseerd.

Aangezien zowel de diepte als de druk in het doelreservoir onzeker zijn, adviseert TNO-AGE om een maximale poriëndrukgradiënt van 0,135 bar/m te hanteren. Bij de door aanvrager verwachte reservoirdiepte en -druk correspondeert dit met de aangevraagde maximale injectieverschilddruk van 47 bar op top-reservoirdiepte.

Omvang van het aangevraagde gebied in relatie tot verwachte winning en verwachte afzet van aardwarmte

Analyse aanvrager

Verwachte winning van aardwarmte

De aanvrager verwacht jaarlijks 0,28 PJ aan warmte te kunnen produceren. Het verwachte bronvermogen van het beoogde systeem is 9,6 MW. Op basis van de productieprognoses zal in de eerste twee jaar – de periode van de startvergunning – een volume van ca. 3,7 miljoen m³ water worden geproduceerd.

Verwachte afzet van aardwarmte

De gewonnen warmte zal worden geleverd aan Warmtebedrijf Ede, dat via het warmtenet Ede warmte levert aan 20.000 woningequivalenten. Dit warmtenet wordt tot op heden gevoed met warmte uit biogrondstoffen. Warmtebedrijf Ede wil nieuwe duurzame warmtebronnen toevoegen aan de warmtemix en het aandeel van biogrondstoffen minimaliseren. Naast aardwarmte zullen restwarmte en mogelijk aquathermie en datathermie aan de warmtemix worden toegevoegd. Aanvrager heeft een intentieverklaring met Warmtebedrijf Ede ondertekend voor een minimale afname van 70.473 MWh (0,25 PJ) per jaar.

Bevindingen TNO-AGE

TNO-AGE acht het aannemelijk dat aanvrager een geothermisch vermogen van 9,6 MW kan realiseren. Hiermee is de minimale afname van 70.473 MWh per jaar haalbaar. Op basis van de gegevens uit de recent geboorde SCAN-put EDE-01 is de reservoirkwaliteit waarschijnlijk beter dan door aanvrager verwacht, waardoor mogelijk meer vermogen kan worden gerealiseerd, afhankelijk van de toegepaste injectiedruk.

Uit de aanvraag blijkt dat de warmtevraag van Warmtebedrijf Ede voldoende ruimte biedt om eventuele additionele warmte af te nemen. De beschreven warmteafzet sluit daarmee goed aan bij de verwachte aardwarmtewinning. Op basis hiervan concludeert TNO-AGE dat de oppervlakte van het aangevraagde gebied passend is.

Wel merkt TNO-AGE op dat in de aanvraag geen warmteleveringsovereenkomsten zijn opgenomen, terwijl deze wél zijn vereist voor een aanvraag startvergunning.

TNO-AGE acht het aangevraagde verticale bereik van de vergunning groter dan noodzakelijk en adviseert deze te verkleinen door de volgende begrenzings op te nemen in het besluit:

- › Bovengrens: basis Rijnland Groep (i.p.v. 500 m onder maaiveld);
- › Ondergrens: basis Limburg Groep (conform aanvraag)

Integriteit van de afsluitende lagen

Analyse aanvrager

Het door de aanvrager beoogde reservoir voor aardwarmtewinning betreft de Formatie van Slochteren. De aanvrager definieert de bovenliggende Zechstein Groep en de daarboven gelegen Hoofd Kleisteen Formatie als het bovenliggende afsluitende pakket. De Zechstein Groep bestaat uit een opeenvolging van klei-, carbonaat- en anhydrietlagen. De Hoofdkleisteen Formatie bestaat uit kleisteen. Het bovenliggende afsluitende pakket heeft een dikte van meer dan 200 meter. Het onderliggende afsluitende pakket wordt gevormd door de Limburg Groep, die voornamelijk bestaat uit kleistenen, zandstenen en siltstenen.

Conform de Mijnbouwwet dient de integriteit van de afsluitende lagen boven en onder een reservoir gewaarborgd te blijven. In het kader van de (nieuwe) Mijnbouwwet is de TAS-procedure (Tensile Failure Assessment of the Seal) geïmplementeerd [10]. Aanvrager heeft deze procedure uitgevoerd. Uit de screening volgt dat het project voldoet aan de gestelde norm [11] en dat de integriteit van het afsluitende pakket behouden blijft bij de aangevraagde maximale injectiedruk en mate van uitkoeling.

Bevindingen TNO-AGE

TNO-AGE kan zich vinden in de door aanvrager gedefinieerde afsluitende lagen. Wel merkt TNO-AGE op dat de carbonaatlagen in de Zechstein waarschijnlijk zeer permeabel zijn.

TNO-AGE heeft het project geëvalueerd met de TAS-procedure. Hieruit volgt dat aan drie van de vier screeningscriteria wordt voldaan, namelijk:

- het permeabiliteitssysteem,
- de stijfheid van de afsluitende laag,
- de aangevraagde injectiedruk en -temperatuur.

Het vierde criterium, te weten de connectiviteit tussen de geplande putten, is echter onzeker. De aanvrager gaat ervan uit dat er connectiviteit zal zijn. TNO-AGE kan dit niet met zekerheid bevestigen.

Op basis van de door aanvrager geschoten seismische lijn S1R1 is er mogelijk een breuk of breukzone aanwezig bij de injectieput. Indien deze breuk aanwezig is, kan deze mogelijk slecht doorlatend zijn of – in een onwaarschijnlijk scenario – niet doorlatend. Er is bovendien onvoldoende data beschikbaar om de oriëntatie en lengte van de eventuele breuk te bepalen. De mate waarin deze eventuele breuk de hydraulische connectiviteit tussen de putten beïnvloedt, is daarom onzeker.

Gezien het beperkte verzet van maximaal ca. 40 meter acht TNO-AGE het echter waarschijnlijk dat er voldoende connectiviteit zal zijn tussen de geplande putten.

Hydraulische connectiviteit is essentieel voor een succesvol project, omdat geïnjecteerd water door het reservoir heen naar de productieput moet kunnen stromen. Bij het ontbreken van connectiviteit ontstaat overdruk in het breukblok waarin de injectieput staat en onderdruk in het breukblok van de productieput. Dit zou leiden tot sterke verslechtering van zowel de productiviteit als de injectiviteit van de putten, waardoor het project in de praktijk niet uitvoerbaar zou zijn.

In de screening van de TAS-procedure gaat TNO-AGE daarom uit van het scenario waarin er wél connectiviteit aanwezig is. Onder deze aanname voldoet het project aan de gestelde norm [11].

Gezien de onzekerheden omtrent de connectiviteit acht TNO-AGE het van belang dat na het boren van de twee putten een interferentietest wordt uitgevoerd om de mate van connectiviteit tussen de putten vast te stellen. TNO-AGE adviseert EZK om het uitvoeren van een interferentietest op te nemen als voorwaarde in het besluit indien de vergunning wordt verleend.

Berekening van de verwachte mate van bodemdaling

Analyse aanvrager

Aanvrager heeft de verwachte bodemdaling voor het geplande systeem berekend met DoubletCalc2D. Hieruit volgt dat de totale bodemdaling na 30 jaar ca. 0,4 centimeter bedraagt in het midden van de 'bodemdalingskom'. Dit is volgens aanvrager aanzienlijk minder dan de huidige bodemdaling als gevolg van ondiepe processen, zoals inklinking.

Bevindingen TNO-AGE

TNO-AGE heeft, op basis van een ondergrondmodel en uitgaande van het jaargemiddelde debiet en de gemiddelde injectietemperatuur, de bodemdaling berekend met ROSIM [9]. De resultaten komen overeen met die van de aanvrager:

- na 2 jaar productie is de modelmatig berekende bodemdaling minder dan 0,1 centimeter;
- na 30 jaar productie bedraagt de modelmatige bodemdaling in het midden van de bodemdalingskom ca. 0,3 centimeter.

In de omgeving van het geplande systeem is er geen sprake van overlap met bodemdaling veroorzaakt door andere mijnbouwactiviteiten. Zowel de door de aanvrager als door TNO-AGE gemodelleerde bodemdaling door aardwarmtewinning is lager dan de mate van bodemdaling die momenteel op de

locatie wordt gemeten [12]. De huidige bodemdaling wordt veroorzaakt door een combinatie van ondiepe fenomenen, zoals veenoxidatie en inklinking van klei.

Binnen de invloedssfeer en bodemdalingskom van het geplande doublet zijn geen Natura2000-gebieden, grondwaterbeschermingsgebieden of waterwingebieden geïdentificeerd door TNO-AGE.

De modelmatig berekende bodemdaling door aardwarmtewinning is dermate klein dat schade aan gebouwen en infrastructurele werken onwaarschijnlijk wordt geacht. TNO-AGE ziet daarom geen reden om aanvullende maatregelen te adviseren.

Seismische dreiging en risico

Analyse aanvrager

Voor de beoordeling van het risico van bodemtrillingen ten gevolge van de winning van aardwarmte heeft de aanvrager de SDRA-geothermie [13] toegepast. De aanvrager heeft eerst een Seismische Dreiging Screening (SDS) uitgevoerd. Hieruit volgt dat een Standaard uitgebreide SDRA vereist is, vanwege de aanwezigheid van breuken binnen de "Geothermal Area of Influence" (GT-Aol).

Volgens de aanvrager is er (beperkte) overlap van het GT-Aol met de noordoostelijke extensie van de "Larger Roer Valley Graben Area" (LRVGA). De aanvrager stelt dat er geen aanwijzingen zijn voor recente seismiteit in het gebied. De aanvrager merkt daarnaast op dat de noordoostelijke extensie van de LRVGA polygoon vermoedelijk gebaseerd is op een verkeerd gelokaliseerde historische beving uit 1342, die volgens de aardbevingencatalogus in de Bilt zou hebben plaatsgevonden.

Aanvrager heeft de Standaard uitgebreide SDRA uitgevoerd en een SRIMA model opgesteld voor een breuk die ruwweg noord-zuid loopt, ca. 175 m ten westen van de injectieput. Op basis van dit model concludeert aanvrager dat er een acceptabele seismische dreiging en risico is voor het beoogde systeem. Aanvrager heeft vervolgens bepaald wat de mate van schade is die zou kunnen ontstaan bij de berekende "*largest credible earthquake*". Na 30 jaar injectie is de kans op gebouwschade en het corresponderende potentiële schadebedrag volgens aanvrager nihil.

Bevindingen TNO-AGE

TNO-AGE heeft de aanvraag beoordeeld aan de hand van de SDRA-geothermie [13] en onderschrijft de conclusie dat er breuken aanwezig zijn binnen de GT-Aol. Ook is TNO-AGE het eens met de aanvrager dat er geen indicaties zijn voor recente seismiteit in de omgeving van het geplande doublet. De noordoostelijke extensie van de LRVGA lijkt inderdaad gebaseerd te zijn op een foutief gelokaliseerde beving uit 1342, en zal daarom worden aangepast. Deze toekomstige LRVGA-polygoon overlapt niet met de GT-Aol. TNO-AGE concludeert dat een Standaard uitgebreide SDRA moet worden uitgevoerd.

Volgens TNO-AGE is de locatie en oriëntatie van breuken in dit gebied onzeker, voornamelijk vanwege de beperkte kwaliteit en kwantiteit van de beschikbare seismische data. Dit geldt met name ter plaatse van de sub-horizontale secties van de geplande putten, die grotendeels buiten de bestaande seismische dekking vallen. Alleen de door aanvrager geschoten seismische lijn S1R1 geeft inzicht over mogelijke breuken ter plaatse van de sub-horizontale putsecties. Op deze lijn zijn seismische verstoringen zichtbaar ter plaatse van de injectieput en lijkt de dip van de reservoirlagen te veranderen. Deze observaties kunnen een indicatie zijn voor een breuk ter plaatse van de injectieput. Indien aanwezig, heeft deze

breuk een relatief klein verzet van maximaal 40 m. Omdat slechts één 2D-doorsnede beschikbaar is, blijft de breukoriëntatie onzeker.

Conform de SDRA-methodiek [13] gaat TNO-AGE daarom uit van een breukscenario, waarbij een breuk aanwezig is:

- ter plaatse van de injectieput;
- met een inclinatie van 60°;
- en een strekking parallel aan de maximale horizontale stress richting.

Daarnaast heeft TNO-AGE scenario's doorgerekend waarbij een breuk langs het beoogde horizontale injectieputsegment loopt. Beide scenario's zijn zeer conservatief.

TNO-AGE heeft de SRIMA berekeningen van aanvrager geanalyseerd en aanvullende SRIMA berekeningen uitgevoerd op basis van het hierboven beschreven conservatieve breukscenario. TNO-AGE kan zich overwegend vinden in de door aanvrager gebruikte geomechanische parameters, maar plaatst kanttekeningen bij de door aanvrager aangenomen minimale horizontale spanning in het reservoir, die is afgeleid uit metingen in kleistenen. In zandsteen is de minimale horizontale spanning doorgaans aanzienlijk lager. TNO-AGE hanteert daarom een lagere waarde dan aanvrager.

Uit alle SRIMA-scenario's van TNO-AGE volgt dat het beoogde systeem binnen de duur van de startvergunning een acceptabele seismische dreiging en risico kent. Hiermee voldoet het project aan de in de Mijnbouwregeling opgenomen veiligheidsnorm: een maximaal individueel aardbevingsrisico van 1 op 100.000 per jaar dat een individu mag lopen in of nabij de verschillende bouwwerken waar dat individu verblijft.

TNO-AGE heeft de potentiële mate van schade berekend behorend bij de *"largest credible earthquake"*. Door de grote onzekerheden in breukgeometrie en geomechanische parameters zijn meerdere scenario's doorgerekend. Uit de verschillende scenario's blijkt dat het optreden van de *"largest credible earthquake"* tijdens de duur van de startvergunning schade zou kunnen veroorzaken. Het potentiële schadebedrag dat hiermee gepaard gaat varieert tussen de 0 tot 10 miljoen euro. Aanvrager geeft aan een bedrijfsaansprakelijkheidsverzekering af te zullen sluiten met een dekking van 10 miljoen euro per jaar. Deze dekking is voldoende om eventuele schade te kunnen vergoeden, in het uiterst onwaarschijnlijke geval dat een schadeveroorzakende beving optreedt.

TNO-AGE benadrukt dat veel van de belangrijke parameters en aannames erg onzeker zijn, waaronder:

- de geomechanische eigenschappen van het reservoir;
- de locatie en oriëntatie van de breuk.

Voor een eventuele toekomstige aanvraag vervolvergunning adviseert TNO-AGE de aanvrager om deze onzekerheden zoveel mogelijk te reduceren. Mogelijk dat analyses van putdata van EDE-01 meer inzicht kunnen geven in de geomechanische eigenschappen van het beoogde reservoir. Ook raadt TNO-AGE aanvrager aan om in de geplande putten zoveel mogelijk data te vergaren die de onzekerheid van de seismische dreiging en risico kunnen verkleinen. Hierbij kan gedacht worden aan putttesten t.b.v. breuklokalisatie en het verkrijgen van shear sonic data t.b.v. geomechanische parameters.

Cumulatief effect

TNO-AGE concludeert dat er binnen de aangevraagde vergunningstermijn geen sprake zal zijn van cumulatieve effecten ten aanzien van seismiteit.

Seismische monitoring en maatregelen

Analyse aanvrager

De aanvrager heeft een Seismisch Risico Beheersplan uitgewerkt met een *Traffic Light System* (TLS) en seismisch responsprotocol [6]. De aanvrager stelt voor om te monitoren via het KNMI-netwerk, dat ter plaatse een magnitude van compleetheid (MoC) van ca. 1,9 heeft. Dit betekent dat aardbevingen vanaf magnitude 1,9 kunnen worden waargenomen. Aanvrager geeft aan dat KNMI bezig is met uitbreiding van het meetnet en ambieert om in 2028 een MoC van <1,5 te realiseren. Indien de MoC bij start van productie nog te hoog is, dan zal de aanvrager aanvullende maatregelen nemen om de MoC te verlagen.

Bevindingen TNO-AGE

Aanvrager heeft in het TLS diverse schalen gedefinieerd o.b.v. PGV-drempelwaarden en per schaal aangegeven welke acties zullen worden ondernomen indien bevingen worden geregistreerd. De meest lichte schaal waarbij actie vereist is betreft de categorie 'Niet voelbaar', met een PGV van 0,3 – 1 mm/s (ongeveer overeenkomend met magnitudes kleiner dan 1,5²). De huidige MoC, evenals een eventuele toekomstige MoC na uitbreiding, zal waarschijnlijk niet voldoende laag zijn om bevingen uit deze categorie betrouwbaar vast te leggen. Op basis van de SDRA-resultaten en de TLS beoordeelt TNO-AGE dat de huidige MoC te hoog is en raadt aan deze te verlagen naar 1,0, wat overeenkomt met de ondergrens van de categorie 'Niet voelbaar' van de ingediende TLS. Hierdoor kunnen ook niet-voelbare bevingen worden gedetecteerd. Daarnaast adviseert TNO-AGE om voorafgaande aan de start van productie een nulmeting uit te voeren waardoor eventuele (achtergrond)trillingen die niet gerelateerd zijn aan geothermie in kaart worden gebracht.

² Aanvrager geeft geen ondergrens van de magnitude. Op basis van een PGV van 0,3 mm/s zal deze in de orde van 0,8 – 1,0 zijn.

Conclusies en adviezen

Op basis van de beoordeelde onderwerpen geeft TNO-AGE een positief advies aangaande de aanvraag startvergunning voor aardwarmte Ede I. Hieronder volgen de belangrijkste conclusies die hieraan ten grondslag liggen, alsmede een advies om enkele voorwaarden op te nemen indien de vergunning verleend wordt.

Geologische onderbouwing van de aanvraag

- TNO-AGE acht de geologische onderbouwing van de aanvraag van voldoende kwaliteit voor het aanvragen van een startvergunning aardwarmte. De aangeleverde rapportages tonen aan dat de aanvrager goed inzicht heeft in de uitdagingen met betrekking tot de diepe ondergrond.

Planmatig beheer van de ondergrond

- Interferentie tussen het geplande systeem en andere mijnbouwactiviteiten wordt niet verwacht.
- Het aangevraagde gebied overlapt niet met beschermde gebieden.
- Grensoverschrijding en/of doorbraak van de afgekoelde zone wordt niet verwacht binnen de 2-jarige duur van een startvergunning.
- Het geprognoseerde maximale debiet kan naar verwachting binnen de aangevraagde injectiedrukruimte worden gerealiseerd.

Omvang van het aangevraagde gebied

- TNO-AGE acht de oppervlakte van het aangevraagde gebied passend bij de voorgestelde activiteiten.
- Op basis van de plannen van de aanvrager adviseert TNO-AGE om de vergunning, ten opzichte van de aanvraag, te beperken in diepte. Voor de startvergunning Ede I adviseert TNO-AGE het volgende dieptebereik:
 - Bovengrens: Basis Rijnland Groep;
 - Ondergrens: Basis Limburg Groep.

Integriteit van de afsluitende lagen

- De norm voor integriteit van de afsluitende lagen [8] wordt niet overschreden bij de aangevraagde operationele condities. Wel is er mogelijk een breuk aanwezig tussen de twee geplande putten waardoor er verminderde of, in een onwaarschijnlijk scenario, geen hydraulische connectiviteit kan zijn tussen de twee putten. TNO-AGE adviseert daarom dat, indien een vergunning wordt verleend, de volgende voorwaarde wordt opgenomen:
 - Aanvrager dient een interferentietest uit te voeren tussen de twee putten om daarmee hydraulische connectiviteit aan te tonen. De testresultaten dienen te worden voorgelegd aan EZK.
- Vanwege de grote diepte-onzekerheid adviseert TNO-AGE om, indien een vergunning wordt verleend, geen maximale injectieverschildruk, maar een maximale poriëndrukgradiënt als restrictie op te nemen. De door TNO-AGE berekende poriëndrukgradiënt komt, op de door de aanvrager aangenomen reservoirdiepte, overeen met de aangevraagde maximale injectieverschildruk. Bij deze poriëndrukgradiënt voldoet de integriteit van het afsluitende pakket aan de gestelde norm [8].

TNO-AGE adviseert EZK de volgende operationele restricties op te nemen voor de startvergunning Ede I, indien deze wordt verleend:

- Minimale injectietemperatuur: 30 °C (conform aanvraag), en;
- Maximaal debiet: 231 m³/uur (conform aanvraag), en;
- Maximale poriëndrukgradiënt van 0,135 bar/m.

Risico van eventuele bodembeweging

- De modelmatig berekende bodemdaling door aardwarmtewinning is zeer gering: minder dan 0,1 centimeter na 2 jaar. Schade aan gebouwen en infrastructurele werken wordt onwaarschijnlijk geacht. TNO-AGE ziet daarom geen reden om aanvullende maatregelen te adviseren.
- TNO-AGE concludeert, net zoals aanvrager, dat het geplande geothermische systeem een acceptabele seismische dreiging en risico heeft gedurende de looptijd van de startvergunning. Het project voldoet daarmee aan de gestelde veiligheidsnorm.
- In tegenstelling tot de aanvrager concludeert TNO-AGE echter dat er wel schade kan ontstaan in het – zeer onwaarschijnlijke – geval dat de “*largest credible earthquake*” optreedt. TNO-AGE hanteert hierbij een conservatieve breuklocatie en aangepaste geomechanische parameters. Omdat er veel onzekerheden zijn heeft TNO-AGE diverse scenario's doorgerekend. De resulterende potentiële schadebedragen liggen tussen 0 en 10 miljoen euro.
- TNO-AGE vindt de huidige MoC te hoog en adviseert deze te verlagen naar 1,0 zodat ook niet-voelbare bevingen worden geregistreerd. Daarnaast raadt TNO-AGE aan om vóór productie een nulmeting van de seismiciteit uit te voeren.

Met vriendelijke groet,

ValidSigned by
on 2026-04-20

Afdelingshoofd TNO-AGE

Bijlage

Bijlage A: Ligging van het aangevraagde gebied

15

Referenties

- [1] Gaia Energy B.V. en MPD Groene Energie, „Aanvraag startvergunning aardwarmte Ede I,” v1.2, revisie juli (niet aangegeven op document), 18 maart 2025.
- [2] Tullip Energy Exploration & Development B.V., SDE++ geologisch onderzoek Ede, november 2021.
- [3] Tullip Energy Exploration & Development B.V., „SDE++ Geologisch onderzoek Ede – locatie Meanderdijk – Addendum lijn 44-45,” januari 2023.
- [4] Gaia Energy B.V., „Memo bij aanvraag Startvergunning Ede, Update seismische interpretatie en TZ conversie,” 14 januari 2025.
- [5] GAIA Energy, „SDRA Ede,” uitgave nr. 1, januari 2025.
- [6] GAIA Energy, „Seismisch Risicobeheersplan Aardwarmte Ede,” revisie 01, 7 maart 2025.
- [7] GAIA Energy, „Cap rock integriteit analyse voor startvergunningaanvraag Ede I,” uitgave nr. 1, 12 juni 2025.
- [8] GAIA Energy, „Aanvulling t.b.v. SV Aanvraag Ede I - Seismische cross sectie langs producer en injector,” 23 september 2025.
- [9] TNO, „ROSIM v1.2.0,” <https://www.nlog.nl/tools>, 2025.
- [10] TNO-AGE, „Evaluatiemethodiek voor geothermie projecten, Bepaling integriteit afdichtende gesteentepakketten voor geothermieprojecten in Nederland,” kenmerk TNO 2023 R11773, https://www.nlog.nl/sites/default/files/2023-09/tno_2023_r11773_bepaling_integriteit_afdichtende_gesteentepakketten_voor_geothermieprojecten_in_nederland.pdf, 2023.
- [11] Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, „Publicatie normstelling voor seal integriteit bij geothermie,” kenmerk PDGGO, https://www.nlog.nl/sites/default/files/2023-09/20230915_publicatie_normstelling_voor_reservoir_integriteit_bij_geothermie_gelakt.pdf, 2023.
- [12] SkyGeo, „Bodemdalingskaart,” [Online]. Available: <https://bodemdalingkaart.portal.skygeo.com/portal/bodemdalingkaart/u2/viewers/basic/>.
- [13] TNO-AGE & EBN, „Seismische Dreigings- en Risicoanalyse voor aardwarmteprojecten in Nederland,” https://www.nlog.nl/sites/default/files/2023-11/20230922_hoofdrapport_sdra_aardwarmteprojecten_-_shra_for_geothermal_projects.pdf, 2023.

Bijlage A

Ligging van het aangevraagde gebied

