

Retouradres: Postbus 80015, 3508 TA Utrecht

Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
Warmte en Ondergrond
t.a.v. [REDACTED]
Postbus 20401
2500 EK DEN HAAG



Onderwerp
Advies instemming winningsplan geothermie Naaldwijk I

Geachte [REDACTED],

Het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (hierna: EZK) heeft TNO-AGE op 13 mei 2019 om advies gevraagd over het winningsplan geothermie Naaldwijk I. Het adviesverzoek is op dezelfde datum tot nader order opgeschort. Het winningsplan geothermie Naaldwijk I is op 11 april 2019 ingediend door Trias Westland B.V. (hierna: Trias Westland) en op 2 mei 2019 aangevuld. Op 1 april 2020 is het winningsplan geothermie Naaldwijk I geactualiseerd door Trias Westland. TNO-AGE heeft op 3 juni 2020 bericht van EZK gekregen om het adviesverzoek over geothermie Naaldwijk I te hervatten. De vereisten en weigeringsgronden verwoord in de mijnbouwwet (art. 34 t/m 36) zijn leidend bij de evaluatie van de aanvraag.

Adviesverzoek

Het ministerie van Economische Zaken en Klimaat heeft TNO-AGE gevraagd om advies uit te brengen op het ingediende winningsplan Naaldwijk I op de volgende onderwerpen:

- a) Planmatig gebruik en beheer van de ondergrond:
 - Wijze van winning, operationeel ontwerp en productiestrategie van het aardwarmtesysteem;
 - Drukbeïnvloeding en ondergrondse interferentie met aanpalende winningsactiviteiten;
 - Duur en hoeveelheden van de winning;
 - Bijvangst van delfstoffen.
- b) Veiligheid van omwonenden, schade aan gebouwen of infrastructurele werken als gevolg van bodembeweging:
 - Bodemtrillingen;
 - Bodemdaling/stijging prognoses;

Compleetheid winningsplan

De vergunninghouder heeft ter ondersteuning van het winningsplan geothermie Naaldwijk I [1] verschillende documenten aangeleverd, namelijk een geologisch rapport "Geological report TW OK II" [2], een Seismic Hazard Assessment (SHA)

Princetonlaan 6
3584 CB Utrecht
Postbus 80015
3508 TA Utrecht

www.tno.nl

T +31 88 866 42 56

Datum
29 juli 2020

Onze referentie
AGE 20-10.072

Contactpersoon
[REDACTED]

E-mail
[REDACTED]@tno.nl

Projectnummer
060.43342/01.06.03

Bijlage(n)
5

Op opdrachten aan TNO zijn de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, zoals gedeponeerd bij de Griffie van de Rechtbank Den Haag en de Kamer van Koophandel Den Haag van toepassing. Deze algemene voorwaarden kunt u tevens vinden op www.tno.nl. Op verzoek zenden wij u deze toe.

Handelsregisternummer 27376655.

Datum

29 juli 2020

Onze referentie

AGE 20-10.072

Blad

2/22

voor Naaldwijk Geothermie [3] uitgevoerd door Qcon GmbH. (hierna: Qcon) en productieprognoses in Excel voor zowel het geothermisch systeem Naaldwijk I als het geplande geothermisch systeem Naaldwijk II [4]. TNO-AGE heeft de aangeleverde documenten op compleetheid gecontroleerd.

TNO-AGE heeft voor de evaluatie van de het “pre-drill” winningsplan en winningsvergunning van Naaldwijk II Geothermie op 23 maart 2020 extra toelichting gekregen [5] van de vergunninghouder. Een deel van deze toelichting heeft ook invloed op het winningsplan van geothermie Naaldwijk I.

Op 15 april 2020 heeft TNO-AGE de vergunninghouder gevraagd om een nadere toelichting te sturen betreffende de doorlatendheid van de omliggende breuken in het gebied Naaldwijk I & II. Op 24 april 2020 heeft de vergunninghouder extra toelichting [6] hierop gegeven.

Beschrijving winning

In het gebied dat is gedefinieerd als de winningsvergunning voor aardwarmte Naaldwijk (ca. 4,85 km² ligt het doublet Naaldwijk I Geothermie (hierna: NLW1), bestaande uit een injectieput NLW-GT-01 en een productieput NLW-GT-02. Het systeem is sinds juli 2019 operationeel en is gericht op de watervoerende lagen van de Delft Zandsteen en Alblasterdam Laagpakketten, die zich bevinden op een diepte van ca. 2300 m. De temperatuur van het productiewater is ongeveer 86 °C en van het injectiewater ongeveer 35 °C. De stroming van warm water naar de productieput en injectie van afgekoeld water vindt plaats door en in de poreuze gesteentematrix van deze laagpakketten.

De winningsvergunning Naaldwijk is bij beschikking, met kenmerk DGKE-WO/19310584, op 19 december 2019 verleend aan Trias Westland. Op 9 januari 2020 is een rectificatie gepubliceerd met betrekking tot het besluit winningsvergunning aardwarmte Naaldwijk, met kenmerk DGKE-WO/20001797. De winningsvergunning Naaldwijk verloopt op 30 januari 2050. Daarmee is de totale duur van de vergunde warmteproductie ruim 30 jaar.

De gewonnen warmte wordt gebruikt door glastuinbouwbedrijven. Uit analyse van de Mijnwettelijk aangeleverde productiedata aan TNO-AGE blijkt dat het systeem tot op heden een gemiddeld debiet van respectievelijk 307 m³/uur heeft gerealiseerd. Vanaf december-2019 t/m april-2020 schommelt het maanddebiet rond de 348 m³/uur. De totale energieopbrengst sinds de start van productie is voor het systeem ca. 0,35 PJ. In [1] verwacht vergunninghouder jaarlijks 0,506 PJ aan energie te produceren met een debiet van 430 m³/uur gedurende 7012 uur per jaar. Dit komt neer op een gemiddeld flat-rate debiet van 344 m³/uur en een jaarlijkse water productie van 3,02 miljoen m³.

Vergunninghouder geeft aan dat de winningsinstallatie, Naaldwijk I Geothermie, in de nabije toekomst uitgebreid wordt met twee extra putten [5] van Naaldwijk II Geothermie (hierna: NLW2), namelijk een productieput NLW-GT-03 en een injectieput NLW-GT-04. Het systeem Naaldwijk Geothermie I zal met deze uitbreiding een geothermisch kwartet vormen. Reservoir stimulatie en extra afkoeling van het water zijn op korte termijn niet voorzien.

Datum
29 juli 2020

Onze referentie
AGE 20-10.072

Blad
3/22

Beantwoording adviesvragen

Planmatig gebruik van de ondergrond

TNO-AGE acht de winning van aardwarmte bij Naaldwijk I, zoals voorgesteld in het winningsplan, in overeenstemming met de principes van planmatig gebruik van de ondergrond in de genoemde geologische setting.

De modelresultaten tonen aan dat na 30 jaar productie met het geprognoseerde debiet er op 30 januari 2050 (einde termijn huidig winningsvergunning) geen overschrijding is van de maximale injectiedruk op reservoirdiepte volgens het SodM protocol [7].

In het winningsplan [1] en de productieprognoses [4] verwacht vergunninghouder ca. 1,1 m³ opgelost gas per m³ water te produceren. Deze verhouding komt overeen met wat soortgelijke geothermische installaties in de ruime omgeving produceren. Uit de aangeleverde productiecijfers van Naaldwijk Geothermie I blijkt een gas-water-ratio van 0,96 Nm³/m³. Vergunninghouder geeft aan dat het mee geproduceerde gas na behandeling nuttig aangewend wordt in de stookinstallatie. Daarnaast verwacht vergunninghouder naast gas ook olie als bijvangst te produceren. De verwachte hoeveelheid mee te produceren olie wordt door de vergunninghouder niet consistent aangeleverd in [1] en [4] waardoor het voor TNO-AGE niet duidelijk is welke hoeveelheid verwacht wordt. In [4] is de verwachte hoeveelheid olie vele malen hoger dan in [1]. Echter, vergunninghouder rapporteert in de maandelijkse productiecijfers geen olie als bijvangst. Dit is in tegenspraak met wat de vergunninghouder rapporteert in het winningsplan. Vooralsnog gaat TNO-AGE er van uit, op basis van de wettelijk aangeleverde productie gegevens, dat er geen bijvangst aan olie is en dat als er sporen van olie in het productie water zitten die of mee terug worden geïnjecteerd danwel in de filters achterblijft.

In de ruime omgeving van het doublet, Naaldwijk Geothermie I, liggen meerdere operationele geothermische installaties (Bijlage 4). Vergunninghouder meldt op basis van een interferentietest [8] tussen NLW-GT-01 en NLW-GT-02-S1 dat er geen communicatie met nabijgelegen geothermieputten is geregistreerd en dat de breuk ten noorden van het beoogde systeem niet doorlatend is. In de door vergunninghouder aangeleverde SHA studie [3] uitgevoerd door Qcon wordt aangenomen dat de breuken dezelfde permeabiliteit hebben als het reservoir (pagina 53 van [3]). Dit is een inconsistentie tussen de aannames van Trias Westland en Qcon.

Op basis van de tot nu toe bekende gegevens en uitgevoerde interpretaties kan TNO-AGE niet eenduidig bepalen of de noordelijke breuk hydrodynamisch open of gesloten is. Daarnaast staat in de NLW-GT-01 puttest evaluatie van PanTerra [9] dat de breuken die herkend zijn in deze puttest niet noodzakelijk volledig afsluitend hoeven te zijn. TNO-AGE heeft daarom in DoubletCalc2D meerder scenario's opgesteld waarin de breuken open staan of gesloten zijn. Desalniettemin wordt in beide breukscenario's geen interferentie met de aanpalende geothermie systemen verwacht.

Datum
29 juli 2020

Onze referentie
AGE 20-10.072

Blad
4/22

Er wordt wel interferentie verwacht met het te realiseren doublet Naaldwijk II Geothermie. Echter, dit doublet wordt gekoppeld aan Naaldwijk I Geothermie, waardoor een geothermisch kwartet ontstaat. Hierbij ontstaan optimalisatie mogelijkheden in de benutting van de diepe ondergrond. TNO-AGE heeft de beoogde realisatie van Naaldwijk II Geothermie in aparte scenario's gesimuleerd.

De modelresultaten geven aan, op basis van het gerealiseerde doublet (alleen Naaldwijk I Geothermie) met bijbehorende productieprognoses, dat de koudwaterbel volledig binnen de winningsvergunning voor aardwarmte Naaldwijk ligt. Er is weinig verschil in uitkomst tussen de scenario's waarin de breuken open of gesloten zijn.

Op basis van de historische productiecijfers en productieprognose van de vergunninghouder wordt er tot einde winningsvergunning (31 januari 2050) een volume van 91,8 miljoen m³ aan water geproduceerd door het doublet Naaldwijk I.

Bodemdaling

TNO-AGE ziet geen geotechnische belemmeringen betreffende de berekening van de verwachte bodemdaling.

Vergunninghouder presenteert in Figuur 31 [1] de maximale bodemdaling ten gevolge van de winning van aardwarmte. Hieruit blijkt dat na 30 jaar winning een maximale bodemdaling van ca. 2,8 mm wordt verwacht. TNO-AGE berekent modelmatig een bodemdaling van ca. 4 mm ten gevolge van de winning van aardwarmte door Naaldwijk Geothermie I na 30 jaar winning. De vergunninghouder heeft een lagere bodemdaling berekend, waarschijnlijk omdat men in de modelberekeningen in [1] nog rekent met verouderde productieprognoses.

In het geval de realisatie van de extra putten (Naaldwijk II) meegenomen wordt in de simulatie is de maximale bodemdaling na 30 jaar winning ca. 5,5 mm.

Bodemtrilling

TNO-AGE komt uit op een gemiddelde seismische dreiging voor Naaldwijk I. Dit is een hogere categorie dan wat de vergunninghouder heeft bepaald.

De genormaliseerde seismisch potentieel score van TNO-AGE (0,41) wijkt af van de uitkomst van de vergunninghouder (0,33). Dit komt omdat TNO-AGE een afwijkende score geeft aan de volgende categorieën: "injectiedruk op reservoirdiepte" (7 i.p.v. 3) en "debiet" (10 i.p.v. 7). De vergunninghouder heeft met het oog op de toekomstige uitbreiding van de geothermische installatie een evaluatie van de locatie specifieke seismische dreiging uitgevoerd (level 2 SHA) [3]. Uit de door vergunninghouder uitgevoerde SHA volgt dat de kans op bodemtrillingen als gevolg van de aardwarmtewinning laag is. Desondanks adviseert TNO-AGE monitoring en mitigerende maatregelen die in lijn zijn met wat wordt voorgesteld in de level 2 locatie specifieke SHA [3].

Datum
29 juli 2020

Onze referentie
AGE 20-10.072

Blad
5/22

Aanvullende adviezen

- TNO-AGE adviseert dat vergunninghouder, na realisatie van de putten NLW-GT-03 en NLW-GT-04, er zorg voor draagt dat er wordt onderzocht of er drukcommunicatie is met de omliggende geothermiesystemen ten noorden van de noordelijke breuk. Dit kan bijvoorbeeld door middel van een interferentietest of pulse-test¹ met de omliggende geothermiesystemen. Daarnaast kan met de resultaten mogelijk een uitspraak gedaan worden over de doorlatendheid van de noordelijke breuk.
- Daarnaast adviseert TNO-AGE een intensieve monitoring van de druk in zowel de injectie- als productieput. Dit geeft meer houvast om de connectiviteit en de evolutie van het ondergrondse drukveld te begrijpen in relatie tot debieten, skins en injectie- productiedruk.
- Gezien het feit dat de productie van geothermische energie al gestart is bij Naaldwijk Geothermie, is het niet meer mogelijk om een 'baseline' te meten om zo de bestaande ruis ('ambient noise level') en eventuele natuurlijke seismische achtergrond te bepalen. Indien deze mogelijkheid zich alsnog voordoet, adviseert TNO-AGE om alsnog een 'baseline' te meten.
- Vergunninghouder geeft aan dat Naaldwijk I Geothermie en Naaldwijk II Geothermie samengevoegd worden tot één geothermisch systeem. In dat geval dienen beide doubletten in één winningsplan te worden beschreven. TNO-AGE adviseert dat de vergunninghouder, na realisatie van de putten van Naaldwijk II Geothermie, een actualisatie/herziening van het winningsplan Naaldwijk Geothermie indient waarin het nieuwe doublet Naaldwijk II Geothermie is opgenomen.
- Gezien de hoge mate van uitkoeling, adviseert TNO-AGE EZK om de vergunninghouder te verzoeken een nadere onderbouwing van de maximale injectiedruk aan te leveren. In deze onderbouwing zal vergunninghouder moeten aantonen dat er geen scheuren in de afsluitende laag zullen ontstaan, dan wel schadeveroorzakende seismiciteit zal optreden, of dat deze risico's voldoende gemitigeerd kunnen worden.

Ik verwacht u hiermee van dienst te zijn geweest.

Met vriendelijke groet,



Hoofd Adviesgroep Economische Zaken en Klimaat

¹ DESTRESS – Pulse testing: <http://www.destress-h2020.eu/en/Best-Practices/pulse-testing/>

Bijlage 1: Geotechnische evaluatie winningsplan geothermie Naaldwijk I

Bijlage 2: Resultaten DoubletCalc modelberekeningen

Bijlage 3: SHRA evaluatie resultaten

Bijlage 4: Overzicht van omliggende geothermische productiesystemen

Bijlage 5: Erratalijst

Datum

29 juli 2020

Onze referentie

AGE 20-10.072

Blad

6/22

Datum
29 juli 2020

Onze referentie
AGE 20-10.072

Blad
7/22

Bijlage 1: Geotechnische evaluatie winningsplan geothermie Naaldwijk I

Ter ondersteuning van het door het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) te nemen instemmingsbesluit betreffende het winningsplan voor het geothermiesysteem Naaldwijk I, heeft TNO-AGE een geotechnische evaluatie uitgevoerd van het aangeleverde winningsplan [1]. In deze bijlage worden de resultaten en bevindingen van de door TNO-AGE uitgevoerde evaluatie samengevat.

DoubletCalc modellering

TNO-AGE heeft het systeem Naaldwijk Geothermie gemodelleerd in DoubletCalc1D (hierna: DC1D) en DoubletCalc2D (hierna: DC2D). Daarbij is in DC1D eerst de gerealiseerde historische productie gemodelleerd en gesimuleerd. Daarna is zowel de gerealiseerde historische productie als geprognoseerde productie, zoals aangegeven in het winningsplan, gemodelleerd in DC2D.

Vergunninghouder geeft aan dat het doublet Naaldwijk Geothermie I uitgebreid zal worden met een extra injectie- en productieput. TNO-AGE heeft op 7 mei 2020 (kenmerk: AGE 20-10.042) advies gegeven over de tijdelijke winningsvergunning Naaldwijk II, die hoort bij de uitbreiding.

Op basis van de op dit moment beschikbare gegevens niet volledig uit te sluiten of de noordelijke breuk (gedeeltelijk) open is. Daarom zijn in DC2D verschillende scenario's ontwikkeld. De scenario's verschillen onderling van elkaar op basis van doorlatendheid van de breuken en wel of geen ontwikkeling van Naaldwijk II Geothermie. De scenario's kunnen als volgt omschreven worden:

1. Breuken hydrodynamisch afgesloten en alleen Naaldwijk I in productie;
2. Breuken hydrodynamisch afgesloten en zowel Naaldwijk I als Naaldwijk II in productie;
3. Breuken niet hydrodynamisch afgesloten en alleen Naaldwijk I in productie;
4. Breuken niet hydrodynamisch afgesloten en zowel Naaldwijk I als Naaldwijk II in productie.

Aangenomen wordt dat de productie van Naaldwijk II Geothermie start in januari 2021 [4]. In het scenario waarin zowel Naaldwijk Geothermie als Naaldwijk II Geothermie produceren, wordt aangenomen dat de tijdelijke winningsvergunning voor aardwarmte Naaldwijk II (zoals door TNO-AGE geadviseerd in: AGE 20-10.042) samengevoegd wordt met de winningsvergunning voor Geothermie Naaldwijk. Dit omdat Naaldwijk Geothermie en Naaldwijk II Geothermie een geothermisch kwartet zullen vormen. De omtrek van beide vergunningen samen worden gebruikt om te bepalen wanneer er 1°C afkoeling is op de vergunningsgrens.

De resultaten van de modellering worden samengevat in de onderstaande tabel. Uit de modellering blijkt dat er weinig verschil is tussen de scenario's waarin de breuken hydrodynamisch open of gesloten zijn. Daarom presenteert TNO-AGE de resultaten

Datum
29 juli 2020

van de scenario's waarin de breuken hydrodynamisch open staan tussen haakjes. De temperatuurkaarten die het resultaat zijn van de DoubletCalc2D (hierna: DC2D) modelleringen worden gegeven in Bijlage 2.

Onze referentie
AGE 20-10.072

Blad
8/22

Tabel 1: Overzicht van de modelresultaten van de verschillende DC2D scenario's. De getallen tussen haakjes zijn de resultaten van de scenario's waarin de breuken hydrodynamisch open staan.

	DC2D scenario 1 & (3) Alleen Naaldwijk I	DC2D scenario 2 & (4) Naaldwijk I & II
Totaal volume water tot einde productieperiode	91,8 miljoen m ³	153,0 miljoen m ³
Duur tot 1°C afkoeling op vergunningsgrens	>40 jaar *1 (39 jaar)	Na 11 jaar *2 & 3 (10 jaar*2 & 3)
Afkoeling op randbreuken na 30 jaar productie*4	Geen afkoeling (2°C afkoeling op N. breuk)	Geen afkoeling door NLW1 & 2. (Geen afkoeling door NLW1 & 18°C bij zuidelijke breuk door NLW2)
Afkoeling op kleinere breuk nabij NLW-GT-01 na 30 jaar	20°C (34°C)	9°C (26°C)
Max. drukverandering op vergunningsgrens na 30 jaar productie	3,0 bar (1,5 bar) - Injectiekant -3,3 bar (-2 bar) - Productiekant	2,0 bar (~1 bar) - Injectiekant -4.1 bar (-2,5 bar) - Productiekant
Drukverandering op randbreuken na 30 jaar productie	3,7 bar (1 bar) – Injectiekant -3,8 bar (-1,7 bar) - productiekant	2,4 bar (0,75 bar) - Injectiekant -5,3 bar (-2,3 bar) - Productiekant
Drukverandering op kleinere breuk nabij NLW-GT-01 na 30 jaar	3,3 bar (2,0 bar)	2,3 bar (1,6 bar)
Maximale bodemdaling*5	4,1 mm (4,1 mm)	5,7 mm (5,5 mm)
Maximale injectiedruk op reservoirdiepte (bereikt na 30 jaar productie)	NLW1: 39,1 bar (38,1 bar)*6	NLW1: 37,5 bar (37,4 bar)*6
Max. injectiedruk op reservoirdiepte NLW 1 volgens SodM protocol [8] (geen uitkomst van DC2D)	76 bar	76 bar

- *1** Dit is eerder dan wat TNO-AGE geadviseerd heeft voor de winningsvergunning Naaldwijk. Het verschil wordt veroorzaakt doordat de vergunninghouder een ander debiet opgaf in de aanvraag van de winningsvergunning.
- *2** Grensoverschrijding van de tijdelijke winningsvergunning Naaldwijk II door de injectieput van Naaldwijk II Geothermie (NLW-GT-04). De koudwaterbel van het doublet Naaldwijk Geothermie (NLW-GT-01 en GT-02) blijft binnen de vergunningsgrenzen. Grensoverschrijding vindt plaats met de opsporingsvergunning voor aardwarmte Westland-Zuidwest. Vergunninghouder geeft aan hiervan op de hoogte te zijn en schrijft in gesprek te zijn met de omliggende vergunninghouders.
- *3** Indien de winningsvergunning Naaldwijk en de tijdelijke winningsvergunning Naaldwijk II niet samengevoegd worden vindt er al na 3-4 jaar

Datum

29 juli 2020

Onze referentie

AGE 20-10.072

Blad

9/22

grensoverschrijding plaats door het doublet Naaldwijk II Geothermie (zie ons pre-drill winningsplan advies over Naaldwijk II Geothermie: AGE 20-10.045).

- *4 Breuken kunnen (deels) minder stabiel worden als gevolg van spanningsafname door afkoeling. Het is aan te raden dat de vergunninghouder het effect van temperatuur op de lokale breuken nader laat onderzoeken.
- *5 Het dichtstbijzijnde Natura2000 gebied ligt op meer dan ~4 km afstand en zijn de Solleveld en Kapittelduinen. De bodemdaling in dit gebied ten gevolge van de winning van aardwarmte is nagenoeg nihil.
- *6 Maximale injectiedruk op reservoirdiepte bepaald op basis van een flat-rate debiet van 344 m³/uur per jaar (8760 uur). Indien de maximum debiet van 430 m³/uur bij 7012 uur is de maximale injectiedruk op reservoirdiepte ~42 bar.

Interferentie

- In de ruime omgeving van het doublet Naaldwijk I Geothermie liggen verschillende olie- & gasvelden. Echter, geen van deze velden produceren uit het doelreservoir van Naaldwijk I Geothermie en zijn bovendien niet in druk communicatie met de Naaldwijk aquifer.
- In de nabije omgeving van Naaldwijk I Geothermie zijn twee andere geothermie projecten gerealiseerd: De Lier Geothermie en Honselersdijk Geothermie (zie Bijlage 4). Deze projecten produceren uit hetzelfde reservoir als Naaldwijk I, maar liggen in een ander breukblok gescheiden door een breuk (de noordelijke randbreuk).
- Vergunninghouder geeft aan dat tijdens de interferentietest tussen NLW-GT-01 en NLW-GT-02-S1 geen communicatie is waargenomen met andere geothermieputten. TNO-AGE heeft de resultaten van deze interferentietest nagekeken en kan op basis van de aangeleverde resultaten niet concluderen of de scheidende breuken hydrodynamisch open of gesloten zijn.
- Ondergrondse interferentie wordt wel verwacht tussen het doublet Naaldwijk I en het beoogde doublet Naaldwijk II. De vergunninghouder geeft echter aan beide doubletten samen te voegen tot één systeem. Dit systeem zal dan bestaan uit twee productieputten en twee injectieputten, een geothermisch kwartet.

Seismisch Risico en Hazard Analyse (SHRA) quickscan

- De vergunninghouder heeft een SHRA Quickscan evaluatie uitgevoerd voor Naaldwijk I (paragraaf 5.5.1 van [1]) en komt op een genormaliseerde seismisch potentieel score van 0,33 en daarmee dus een laag potentieel voor het induceren van seismiciteit. Echter, in paragraaf 4.4 van [1] meldt de vergunninghouder dat het resultaat van de Quickscan een gemiddeld potentieel scoort voor het induceren van seismiciteit.
- TNO-AGE heeft ook de Quickscan tabel [11] & [12] ingevuld en komt op een genormaliseerde seismisch potentieel score van 0,41. Het resultaat van TNO-AGE wijkt af van de uitkomst van de vergunninghouder (0,33) doordat TNO-AGE een afwijkende score geeft aan de volgende categorieën:
 - “injectiedruk op reservoirdiepte (7 i.p.v. 3);
 - “debiet” (10 i.p.v. 7).

Datum

29 juli 2020

Onze referentie

AGE 20-10.072

Blad

10/22

- Vergunninghouder heeft op basis het resultaat van de SHRA Quickscan in paragraaf 4.4 van [1] een locatie specifieke SHA (SHA level 2) uit laten voeren door Qcon [3].

Level 2 locatie specifieke Seismisch Risico en Hazard Analyse (SHRA)

Voor de level 2 locatie specifieke SHA heeft de vergunninghouder [3] voor vier scenario's een deterministische analyse uitgevoerd van opgelegde spanningsveranderingen in de ondergrond en seismiciteit als gevolg van geothermische productie. Hierbij zijn meerdere methodes gebruikt, o.a.: Numerieke modellen voor druk, analytische berekeningen om het effect van poriëndruk op breukstabiliteit te bepalen, semi-analytische berekeningen om het effect van afkoeling op de breuken te bepalen en analytische berekening voor aardbevingsmagnitudes.

TNO-AGE acht het in het kader van deze audit voldoende om voorgaande SHA kwalitatief te evalueren. TNO-AGE heeft hierbij de nadruk gelegd op de gevolgen van injectie op het ondergrondse spanningsveld tijdens de periode van 30 jaar geothermische productie. Op basis van de productieprognoses van de vergunninghouder heeft TNO-AGE voor verschillende scenario's DC2D berekeningen uitgevoerd en vervolgens 3D-Mohrdiagrammen opgesteld om de orde grootte van spanningsveranderingen op verschillende breuken te bepalen.

De scenario's die TNO-AGE opgesteld heeft kunnen als volgt omschreven worden:

1. Grootste druk- en temperatuurverandering op basis van DC2D resultaten bij de noordelijke randbreuk (grootste breuk nabij het aardwarmtesysteem);
2. Grootste druk- en temperatuurverandering op basis van DC2D resultaten bij de door vergunninghouder geïnterpreteerde kleine breuk nabij de injectieput (breuk 2b in figuur 11 van [1]);
3. Grootste druk- en temperatuurverandering op basis van DC2D resultaten bij een hypothetische breuk direct bij de injectieput.

De meeste invoerparameters hebben een significante onzekerheid in de waarde-inschatting. Om het effect van deze onzekerheid op het spanningsveld bij de breuken in beeld te brengen, is een Monte Carlo analyse uitgevoerd. De spreiding die is aangenomen per parameter representeert de variatie die TNO-AGE waarschijnlijk acht. De parameters die een variatie hebben toegekend gekregen zijn o.a.: permeabiliteit, temperatuur, spanningsgradiënten, de oriëntatie van het spanningsveld en breuken, de belangrijkste geomechanische constanten en de bruto dikte van het reservoir.

De bevindingen kunnen als volgt worden samengevat:

- De aanvullende modelleringsmethode van de vergunninghouder is door TNO-AGE kwalitatief geëvalueerd. TNO-AGE beschouwt dit als een waardevolle en goede aanvulling op de eerste orde analyseresultaten.
- De vergunninghouder concludeert op basis van de uitgevoerde level 2 locatie specifieke SHA [3] dat door de voorgenomen productieduur en het voorgenomen productievolume seismiciteit niet wordt verwacht. Vergunninghouder geeft aan dat in deze conclusie geen rekening

gehouden is met de eventuele invloed van omliggende geothermiesystemen.

- TNO-AGE acht het aannemelijk dat de spanningsveranderingen op de breukvlakken de kritische grens niet zullen overschrijden. Hierbij moet benadrukt worden dat een groot aantal van de benodigde parameters op dit moment nog erg onzeker zijn. TNO-AGE ziet daarom een meerwaarde in stochastische modellen waarbij deze onzekerheden worden meegenomen.
- Uit de analyse van TNO-AGE van de breukstabiliteit blijkt dat scenario's 1 en 2 onder het 'Mohr-Coulomb' criterium blijven. Alleen in scenario 3 overschrijdt de Mohrcirkel het 'Mohr-Coulomb Failure' criterium (Figuur 7 in bijlage 3). Dit scenario betreft een hypothetische breuk direct bij de injectieput NLW-GT-01. Deze breuk is niet waargenomen in de seismiek, maar de aanwezigheid van een sub-seismische breuk is nooit uit te sluiten.

Indien een breuk aanwezig is, is het aannemelijk dat de oriëntatie van deze breuk vergelijkbaar is met andere geobserveerde breuken in de regio en dus niet de meest ongunstigste helling en oriëntatie heeft ten opzichte van het tektonisch spanningsveld. In dat geval, is de spanningsverandering zodanig dat deze het criterium niet overschrijdt. De resultaten van de Monte Carlo simulatie laten daarentegen wel zien dat voor verschillende parametercombinaties en breukoriëntaties, een deel van de resultaten het 'Mohr-Coulomb' criterium overschrijden (Figuur 7 in bijlage 3). Voor dit ongunstige scenario waarbij de breuk kritisch gespannen raakt, onder de opgelegde operationele condities, kan TNO-AGE seismiciteit niet uitsluiten.

- Vergunninghouder beargumenteert overtuigend dat in dit ongunstige scenario, voelbare seismiciteit al in een vroeg stadium van de productie had moeten plaatsvinden omdat de gemodelleerde spanningsveranderingen dan het grootst zijn.
- Tot op heden is er geen voelbare seismiciteit waargenomen in de nabijheid van Naaldwijk Geothermie. Door de huidige detectielimiet van het KNMI-netwerk ($> M1,5$) valt echter niet uit te sluiten dat niet-voelbare bevingen hebben plaatsgevonden.
- Op basis van de SHA van de vergunninghouder en eigen evaluatie acht TNO-AGE het voor de overige scenario's onwaarschijnlijk dat de ondergrondse spanningen de kritische niveaus voor breukbewegingen zullen bereiken als wordt voldaan aan het voorgenomen productieplan. Zelfs wanneer gedurende het gehele jaar de productie met maximaal 430 m³/uur zou worden aangehouden verwacht TNO-AGE geen kritische spanningen bij de aanliggende gekarteerde breuken of in het reservoir dat direct tegen de putten ligt.
- Verder zou in het geval dat een beving optreedt, tijdige mitigerende maatregelen getroffen kunnen worden om schade en nieuwe bevingen te voorkomen. Hiertoe heeft de vergunninghouder een plan voor seismische monitoring en mitigerende maatregelen (op basis van een Traffic Light System, TLS) opgesteld. TNO-AGE adviseert daarom monitoring en

Datum
29 juli 2020

Onze referentie
AGE 20-10.072

Blad
12/22

mitigerende maatregelen die in lijn zijn met wat wordt voorgesteld in de level 2 locatie specifieke SHA [3].

- Gezien het feit dat de productie van geothermische energie al gestart is bij Naaldwijk Geothermie, is het niet meer mogelijk om een 'baseline' te meten om zo de bestaande ruis ('ambient noise level') en eventuele natuurlijke seismische achtergrond te bepalen. Indien deze mogelijkheid zich alsnog voordoet, adviseert TNO-AGE om alsnog een 'baseline' te meten.
- Daarnaast adviseert TNO-AGE een intensieve monitoring van de druk in zowel de injectie- als productieput. Dit geeft meer houvast om de connectiviteit en de evolutie van het ondergrondse drukveld te begrijpen in relatie tot debieten, skins en injectie- productiedruk. TNO-AGE adviseert in dit kader dan ook om zo spoedig mogelijk de druksensor onder de ESP pomp van de productieput te vervangen, aangezien deze defect is.

Tabel 2: Resultaat Quicksan scoretabel voor het Naaldwijk I doublet.

Score	Connectie met basement	Drukcommunicatie tussen productie- en injectieput	Injectiedruk [MPa]	Debiet [m ³ /uur]	Afstand tot natuurlijke aardbevingen [km]	Afstand tot geïnduceerde aardbevingen [km]	Afstand tot breuken [km]	Breukoriëntatie in huidig spanningsveld	Netto geïnjecteerd Volume [1000 m ³]		
10	Yes	No	>7	>360	<1	<1	<0,1	Favourable	>20		
7	Possible	Unlikely	4-7	180-360	1-5	1-5	0,1-0,5	Shearing possible	5-20		
3	Unlikely	Likely	1-4	50-180	5-10	5-10	0,5-1,5	Shearing unlikely	0,1-5		
0	No	Yes	<1	<50	>10	>10	>1,5	Locked	<0,1		
										Totaal	Genormaliseerde score
Vergunninghouder	0	0	3	7	0	0	10	10	0	30	0,33
TNO-AGE	0	0	7	10	0	0	10	10	0	37	0,41

Datum

29 juli 2020

Onze referentie

AGE 20-10.072

Blad

13/22

Referenties

- [1] Trias Westland B.V., 31 maart 2020 (versie 2.0). Winningsplan TWL-01 NLW-GT-01/02.
- [2] PanTerra Geoconsultants B.V., maart 2018. Geological report TW OK II (G1363b).
- [3] Q-Con GmbH., 2 september 2019 (versie 190902). Seismic Hazard Assessment for the Geothermal Project Trias Westland at Naaldwijk, The Netherlands.
- [4] Trias Westland B.V., 11 maart 2020. Prognose winning – Winningsplan Trias Westland.
- [5] Trias Westland B.V., 23 maart 2020. Antwoorden op TNO-AGE bevindingen Pre-drill winningsplan NLW-2.docx.
- [6] Trias Westland B.V., 24 april 2020. 200424 Aanvulling verzoek tot instemming WP Naaldwijk I (ONGELAKT).pdf
- [7] SodM, 2013. Protocol bepaling maximale injectiedrukken bij aardwarmtewinning, Versie 2.
- [8] PanTerra Geoconsultants B.V., juni 2018. Interference in NLW-GT-01 of Test NLW-GT-02 (Report G1340_5).
- [9] PanTerra Geoconsultants B.V., 09 maart 2018. Analysis of Well Test NLW-GT-01 (Report G1340_3).
- [10] TNO-AGE, 7 mei 2020. Geotechnische evaluatie aanvraag tijdelijke winningsvergunning aardwarmte Naaldwijk II – AGE 20-10.042.
- [11] Qcon GmbH & IF Technology B.V., 5 oktober 2016. Defining the Framework for seismic Hazard Assessment in Geothermal Projects V0.1.
- [12] DAGO, 2018. "SHRA Richtlijn richtinggevende suggesties".

Datum

29 juli 2020

Onze referentie

AGE 20-10.072

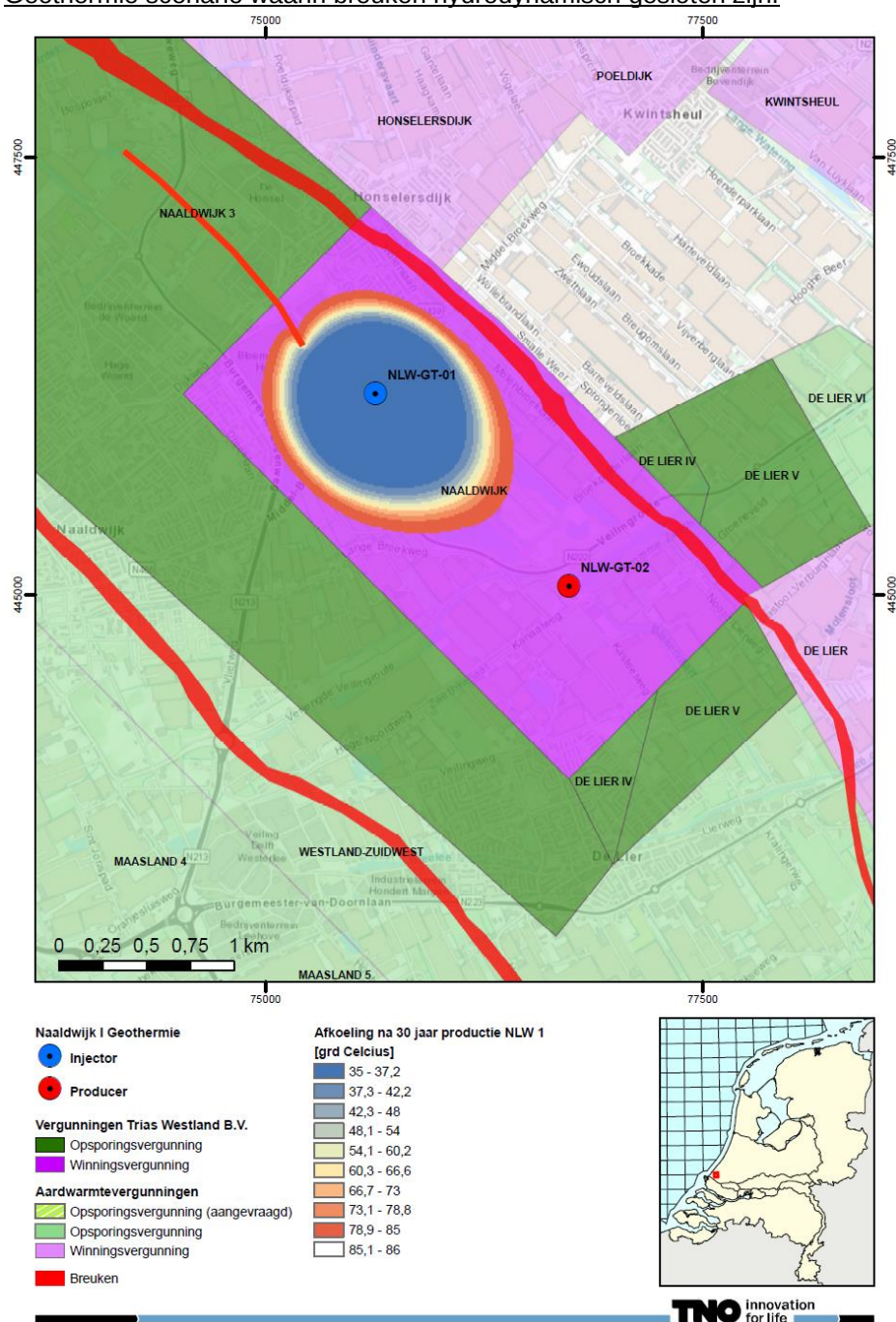
Blad

14/22

Bijlage 2: Resultaten DoubletCalc modelberekeningen

In deze bijlage worden de resultaten van de modelberekeningen door TNO-AGE in DoubletCalc2D gepresenteerd.

Scenario 1: Afkoeling 30 jaar na start productie en injectie van Naaldwijk I Geothermie scenario waarin breuken hydrodynamisch gesloten zijn.



Figuur 1: DoubletCalc2D uitvoer van het TNO-AGE scenario voor Naaldwijk I Geothermie waarin de breuken hydrodynamisch gesloten zijn. De kaart toont de temperatuursverandering in de ondergrond na 30 jaar productie.

Datum

29 juli 2020

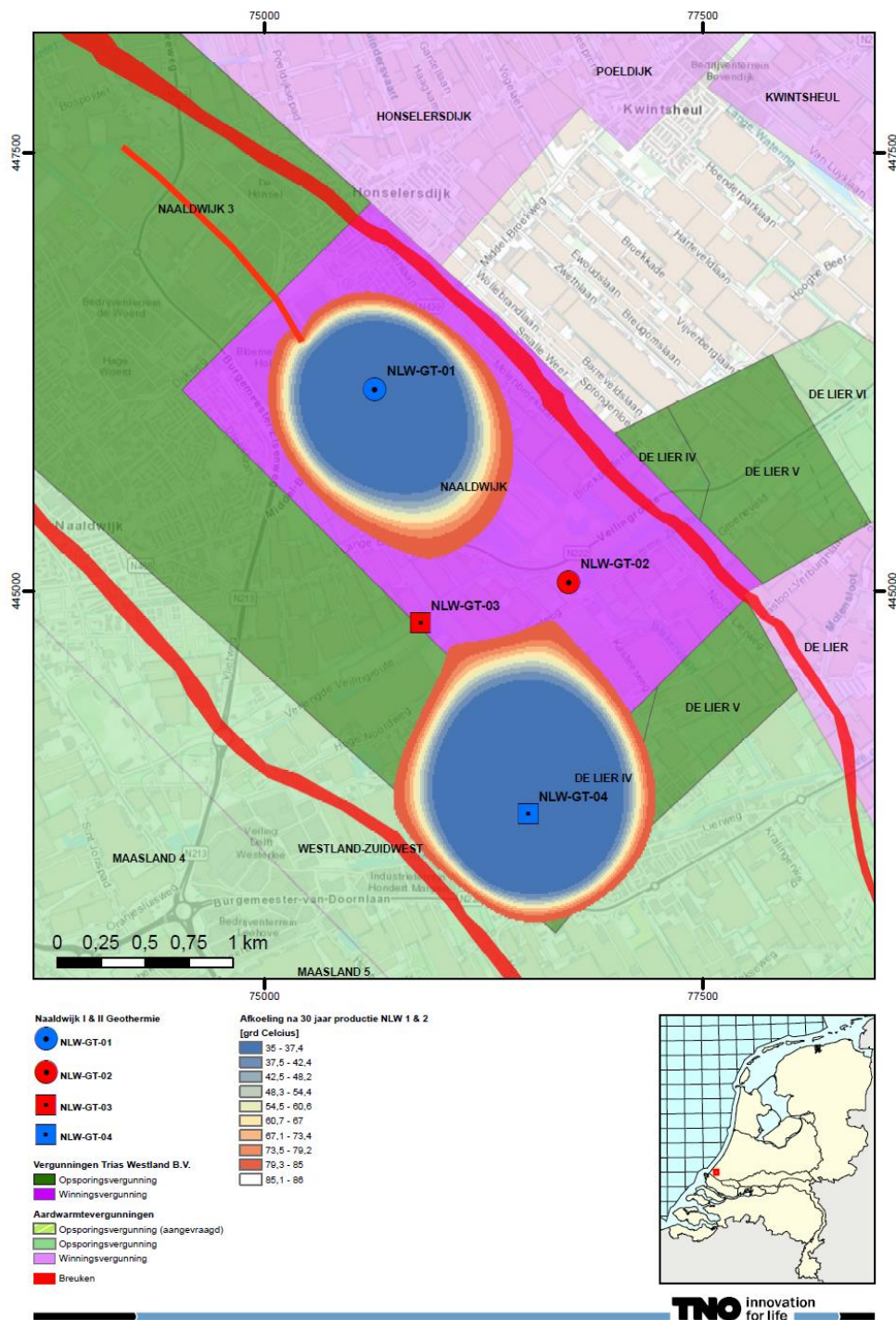
Onze referentie

AGE 20-10.072

Blad

15/22

Scenario 2: Afkoeling 30 jaar na start productie en injectie van Naaldwijk I en II Geothermie scenario waarin breuken hydrodynamisch gesloten zijn.



Figuur 2: DoubletCalc2D uitvoer van het TNO-AGE scenario voor Naaldwijk I Geothermie en Naaldwijk II Geothermie waarin de breuken hydrodynamisch gesloten zijn. De kaart toont de temperatuursverandering in de ondergrond na 30 jaar productie.

Datum

29 juli 2020

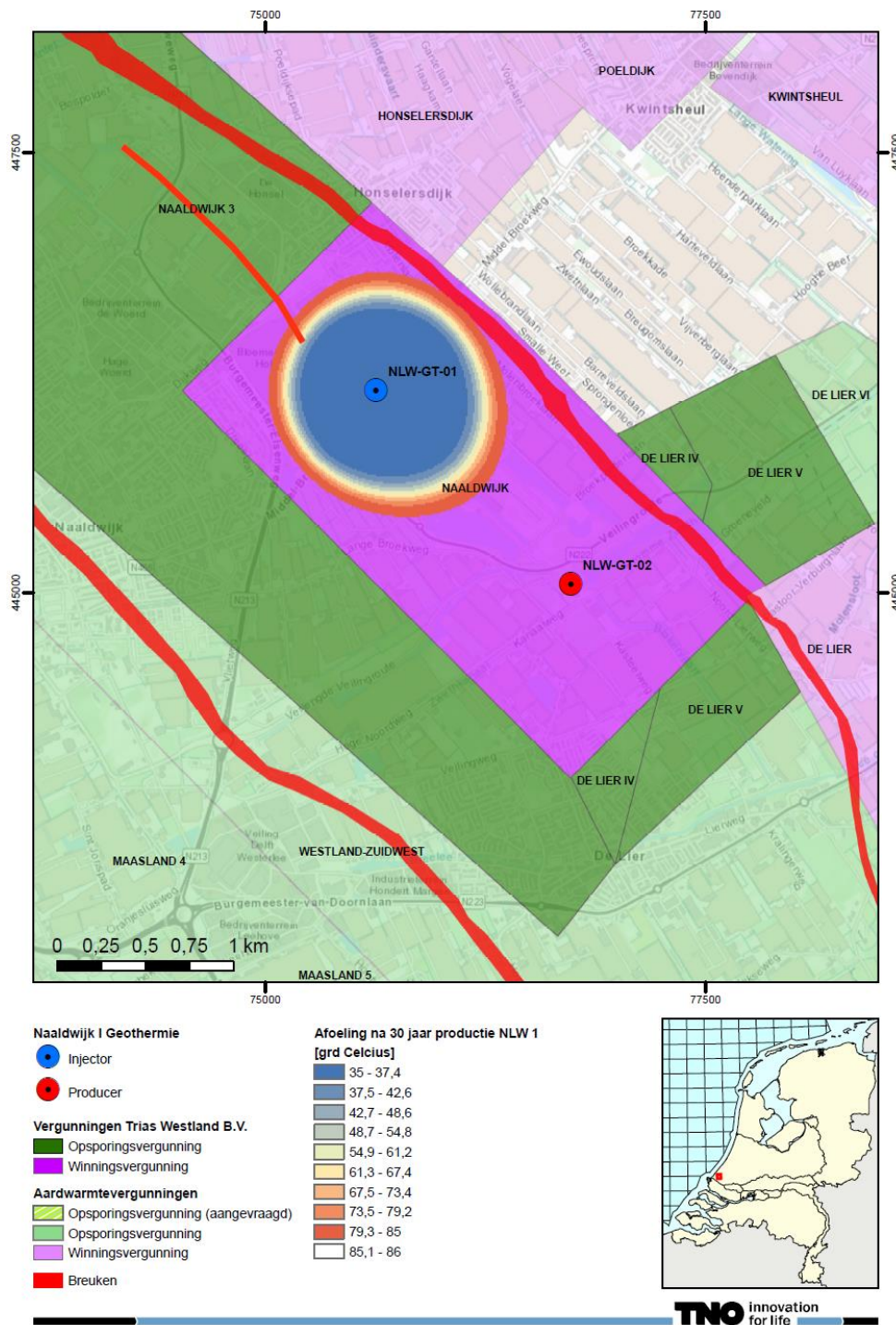
Onze referentie

AGE 20-10.072

Blad

16/22

Scenario 3: Afkoeling 30 jaar na start productie en injectie van Naaldwijk I
Geothermie scenario waarin breuken hydrodynamisch open zijn.



Figuur 3: DoubletCalc2D uitvoer van het TNO-AGE scenario voor Naaldwijk I Geothermie waarin de breuken hydrodynamisch open staan. De kaart toont de temperatuursverandering in de ondergrond na 30 jaar productie.

Datum

29 juli 2020

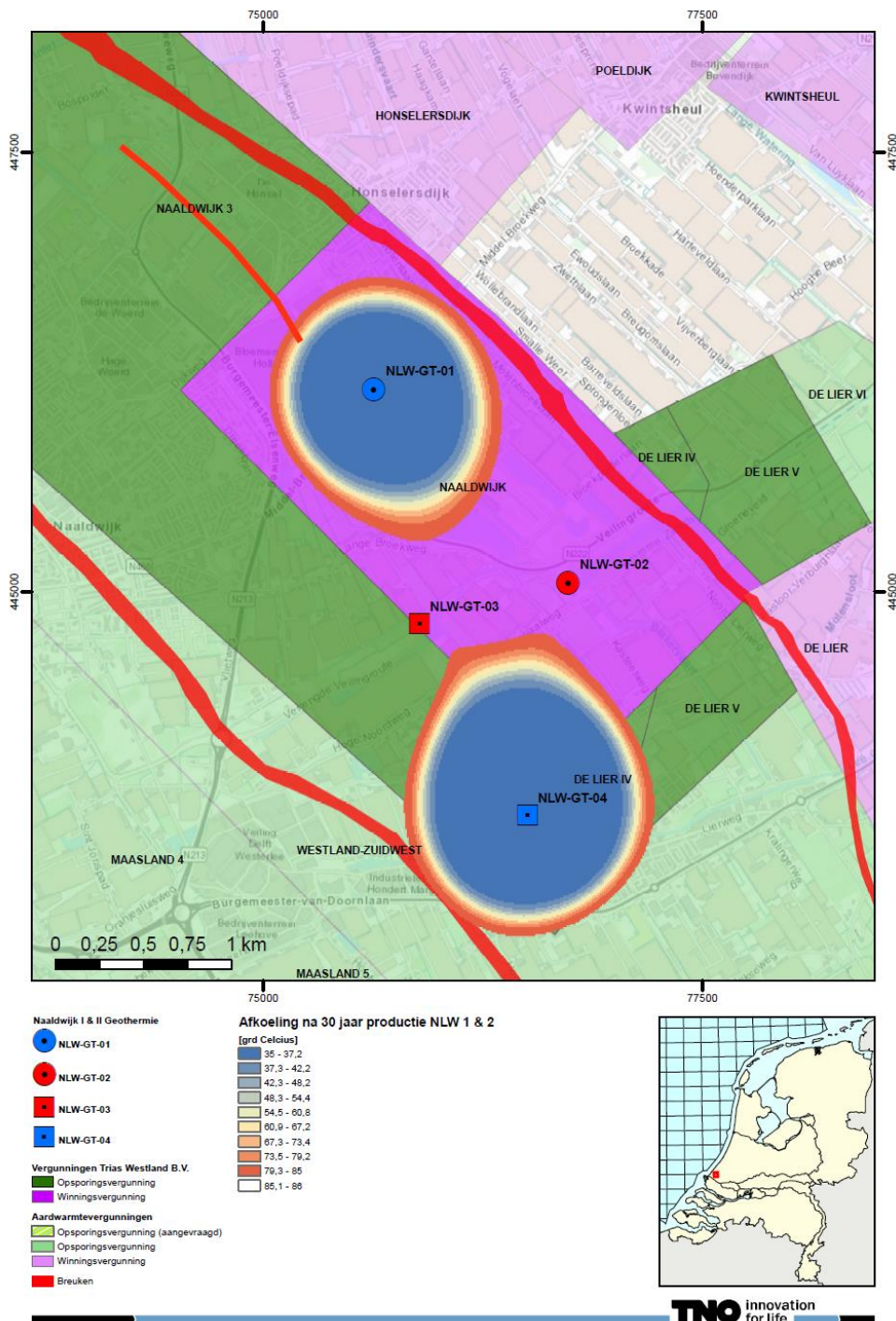
Onze referentie

AGE 20-10.072

Blad

17/22

Scenario 4: Afkoeling 30 jaar na start productie en injectie van Naaldwijk I en II
Geothermie scenario waarin breuken hydrodynamisch open zijn.



Figuur 4: DoubletCalc2D uitvoer van het TNO-AGE scenario voor Naaldwijk I Geothermie en Naaldwijk II Geothermie waarin de breuken hydrodynamisch open staan. De kaart toont de temperatuursverandering in de ondergrond na 30 jaar productie.

Datum

29 juli 2020

Onze referentie

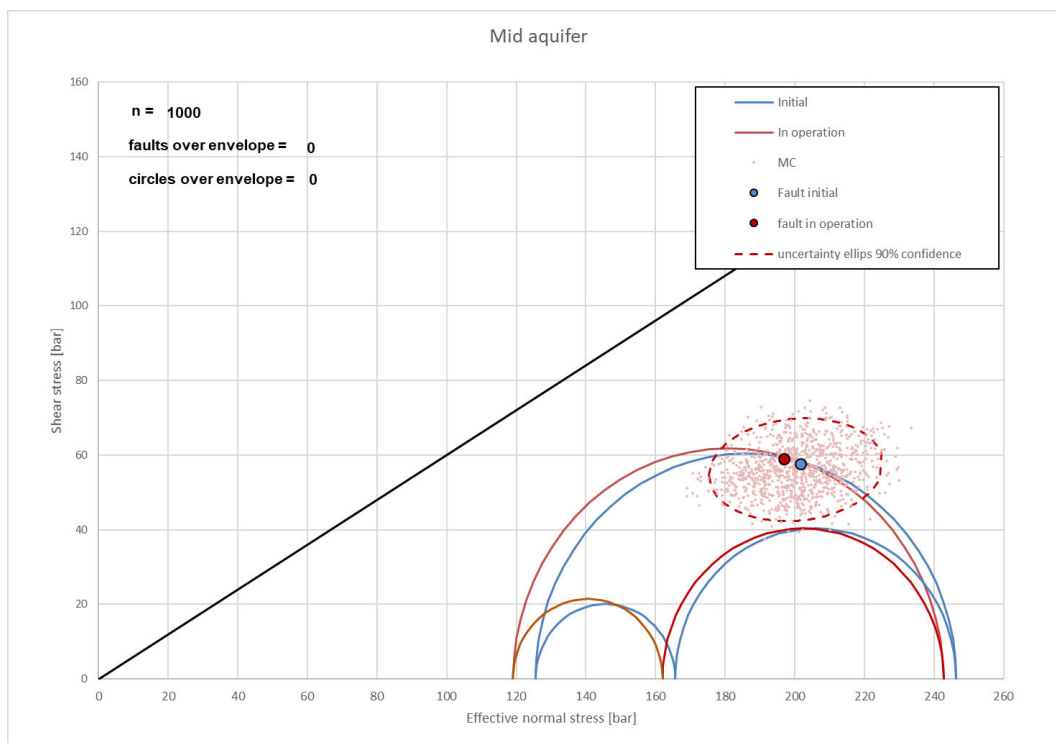
AGE 20-10.072

Blad

18/22

Bijlage 3: SHRA evaluatie resultaten

3D Mohr Diagrammen voor de verschillende scenario's zoals beschreven in Bijlage 1.



Figuur 5: 3D Mohr diagram met Monte-Carlo simulatie voor de maximale afkoeling en grootste drukverschil op de noordelijke randbreuk als gevolg van water injectie door NLW-GT-01s (scenario 1 zoals beschreven SHA analyse in Bijlage 1). De blauwe Mohr cirkels geven de initiële situatie vóór productie weer. De rode Mohr cirkels geven de situatie weer na 30 jaar productie. Het drukverschil bij de noordelijke breuk is in dit geval 3,6 bar en de afkoeling is 2°C. Zolang de cirkels het Mohr-Coulombcriterium (zwarte lijn) niet overschrijden, is de kritische staat niet bereikt. In dit geval liggen de Mohr cirkels ver van de lijn en is de situatie dus niet kritisch.

Datum

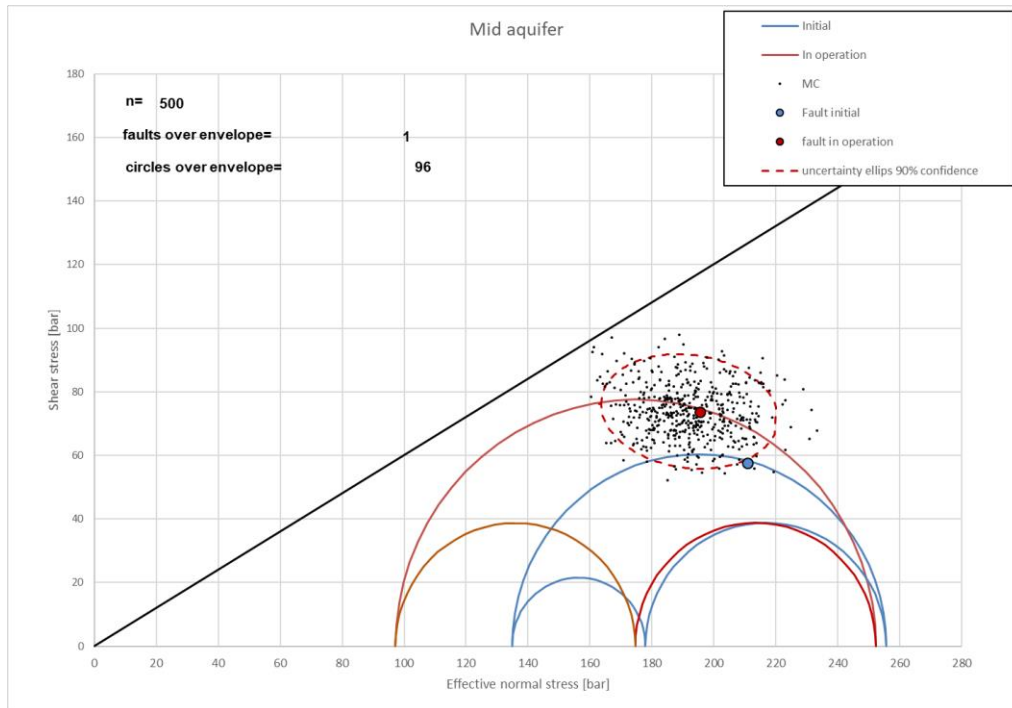
29 juli 2020

Onze referentie

AGE 20-10.072

Blad

19/22

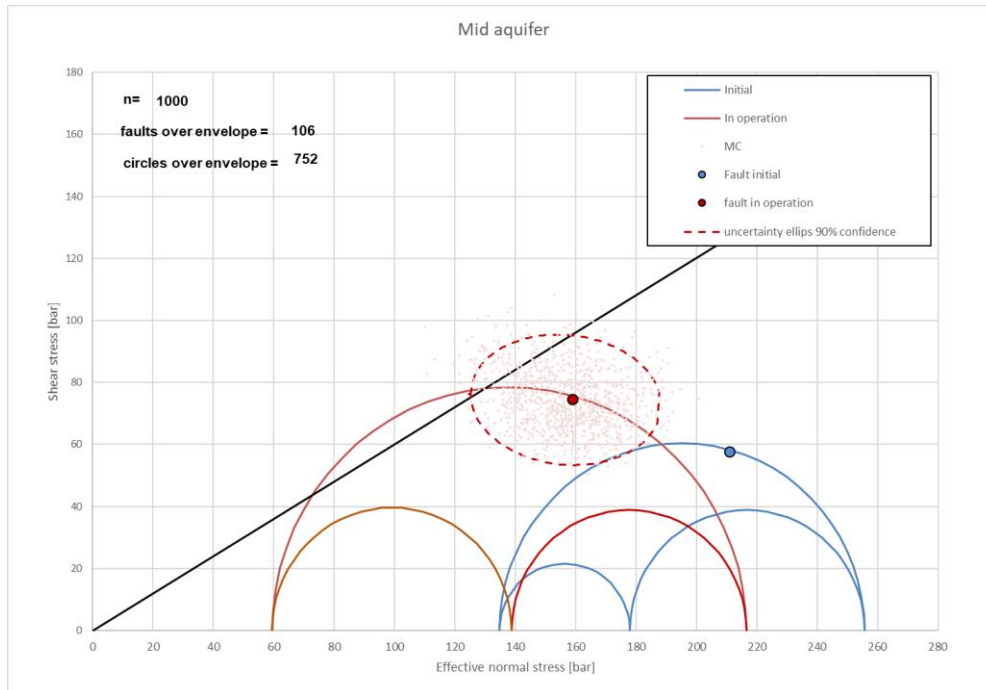


Figuur 6: 3D Mohr diagram met Monte-Carlo simulatie van de breuk oriëntatie voor de maximale afkoeling en grootste drukverschil op de kleinere breuk ten noordwesten van de injector NLW-GT-01, zoals geïnterpreteerd door PanTerra in figuur 11 van [1]. Dit is Scenario 2 zoals beschreven in de SHA analyse in Bijlage 1. De blauwe Mohr cirkels geven de initiële situatie vóór productie weer. De rode Mohr cirkels geven de situatie weer na 30 jaar productie. Het drukverschil bij de injectieput is in dit geval 3,3 bar en 50,1°C afkoeling op de breuk. Zolang de cirkels het Mohr-Coulombcriterium (zwarte lijn) niet overschrijden, is de kritische staat niet bereikt. In dit geval liggen de Mohr cirkels onder de lijn en is de situatie dus niet kritisch.

Datum
29 juli 2020

Onze referentie
AGE 20-10.072

Blad
20/22



Figuur 7: 3D Mohr diagram met Monte-Carlo simulatie van de breuk oriëntatie voor de maximale afkoeling en grootste drukverschil op een hypothetische breuk direct bij de injector NLW-GT-01. Dit is scenario 3 zoals beschreven in de SHA analyse in Bijlage 1. De blauwe Mohr cirkels geven de initiële situatie vóór productie weer. De rode Mohr cirkels geven de situatie weer na 30 jaar productie. Het drukverschil bij de injectieput is in dit geval 39,13 bar en 51°C afkoeling op de breuk. De rode cirkel overschrijdt, tijdens productie, het Mohr-Coulomb criterium en bereikt dus een kritische staat. Echter de aangenomen oriëntatie van de hypothetische breuk is zodanig dat er geen slip plaatsvindt. De resultaten van de Monte Carlo simulatie laten daarentegen wel zien dat voor verschillende parametercombinaties en breukoriëntaties, een deel van de resultaten het 'Mohr-Coulomb' criterium overschrijden (Figuur 7 in bijlage 3). Voor dit ongunstige scenario met een kritisch-ge-spannen en seismogene breuk nabij de injector, kan TNO-AGE seismiciteit niet uitsluiten.

Bijlage 4: Overzicht van omliggende geothermische productiesystemen

Datum

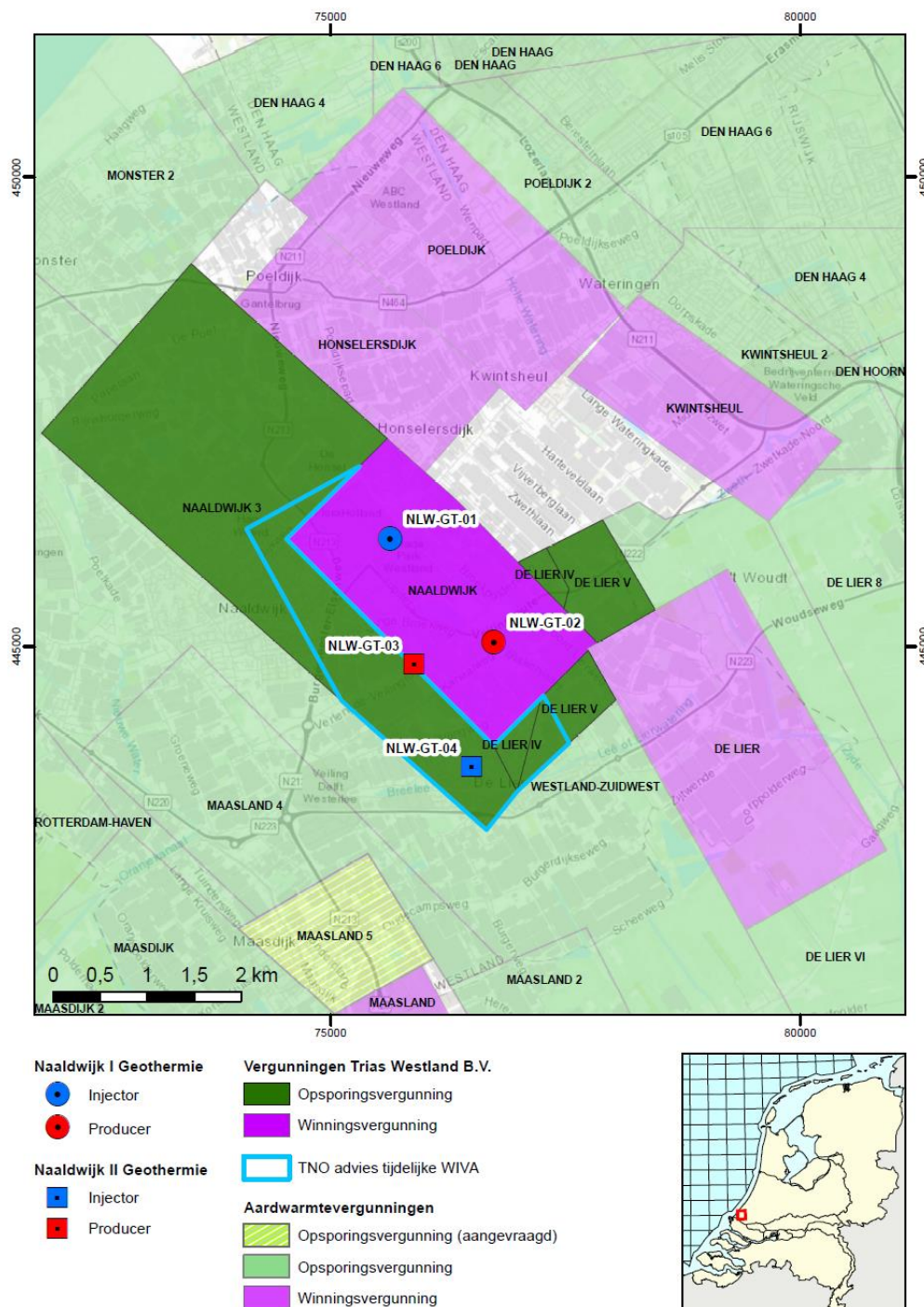
29 juli 2020

Onze referentie

AGE 20-10.072

Blad

21/22



Datum

29 juli 2020

Onze referentie

AGE 20-10.072

Blad

22/22

Bijlage 5: Erratalijst

- In de op 11 maart 2020 aangeleverde productieprognose [4] wordt de te produceren hoeveelheid energie onjuist berekend door de vergunninghouder. De jaarlijkse hoeveelheid te produceren energie die daarin wordt gegeven is ca. 140.517 GJ. Dit komt niet overeen met een systeemvermogen van 20 MW en een aantal vollasturen van 7012 uur. Als de berekening goed wordt uitgevoerd is de jaarlijks te produceren hoeveelheid energie ca. 505.862 GJ, en dus ~0,506 PJ. De productieprognoses staan wel correct in het winningsplan [1].
- De vergunninghouder verwacht bijvangst van olie tijdens de productie van warm water. De verwachte hoeveelheid olie wordt echter niet consistent gerapporteerd door de aanvrager in [1] en in [4]. De verwachte hoeveelheid te produceren olie per jaar is in [4] veel hoger dan in [1].
- De vergunninghouder vermeldt in paragraaf 3.2 van [1] dat de winningstermijn van NLW1 32 jaar is, terwijl de duur van de winningsvergunning 30 jaar is. Vergunninghouder zal voor de extra 2 jaar winning bij NLW1 een verlenging van de winningsvergunning moeten aanvragen.
- Vergunninghouder voert een SHA Quickscan uit in [1]. Het resultaat is een genormaliseerde score van 0,33 en dit betekent een laag potentieel voor het induceren van seismiteit. Echter, in paragraaf 4.4 van [1] stelt vergunninghouder dat het resultaat van de SHA Quickscan duidt op een gemiddeld potentieel voor het induceren van seismiteit.