

Winningsplan

Aardwarmte Vierpolders



Indiener: GeoMEC-4P Realisatie & Exploitatie B.V. (vergunninghouder)
Hydreco GeoMEC B.V. (vergunninghouder en operator)

Winningsvergunning: Winningsvergunning: aardwarmte Vierpolders
Kenmerk: DGETM-EO / 17086146
Datum: 20 juni 2017

Conform: Mijnbouwwet artikel 34 juncto Mijnbouwwet artikel 39

Ingediend op: 4 april 2019,

Versie: Winningsplan aardwarmte Vierpolders, 190404KHu-v8

Samenvatting

Wat is aardwarmte

Diep in de bodem is warm water aanwezig dat is opgeslagen in (poreuze) zand- en gesteentelagen. Hoe dieper in de aarde, hoe warmer het wordt. Met iedere kilometer diepte stijgt de temperatuur met ongeveer 30°C. Op twee tot drie kilometer diepte zit dus water van wel 60 tot 90 °C. De energie die in dit warme water zit wordt aardwarmte of geothermie genoemd. Het water kan worden opgepompt en de warmte is te gebruiken voor bijvoorbeeld het verwarmen van woningen, gebouwen, industrie of kassen in de glastuinbouw.

Kijk voor meer informatie op:

- www.hoewerktaardwamte.nl
- www.geothermie.nl

Omschrijving locatie en formatie

Binnen het mijnbouwwerk wordt warm water opgepompt vanuit de diepe ondergrond via de zogenaamde productieput. Door middel van een ontgassingsinstallatie wordt het in het water opgeloste gas afgescheiden en het warm water wordt vervolgens gefilterd. Het water wordt vervolgens naar de warmtewisselaars geleid waar de warmte wordt overgedragen aan een secundair warmtenet waarmee deze warmte wordt verdeeld over de glastuinbouwbedrijven. Het afgescheiden gas wordt gedroogd en vervolgens geleid door een wkk installatie en/of verstookt in de te plaatsen ketel. In geval van storingen, onderhoud of calamiteiten kan het gas afgefakkeld worden via de aanwezige fakkel. Het afgekoelde water wordt vervolgens middels injectiepompen weer in de ondergrond gebracht via de tweede put op de locatie, de zogenaamde injectieput.

De twee putten zijn gelegen in zogenaamde putkelders op het terrein en de systeeminstallaties en pompen zijn grotendeels geplaatst in het aanwezige gebouw. De mijnbouwlocatie is in zijn geheel omgeven door een 2 meter hoog hekwerk voorzien van een toegangspoort.

Het aquifer bevindt zich in Trias zandsteen dat ter plaatse een dikte heeft van circa 200 meter, in deze zandsteen formatie die het warme water van circa 83 gr Celsius in haar poriën bevat zijn de twee putten geboord. De waterproductie en waterinjectie vinden plaats op circa 2200 meter beneden maaiveld. Per dag wordt binnen een bandbreedte van 150 m³/uur tot 350 m³/uur water geproduceerd met daarbij een bijvangst aan aardgas van circa 1 m³ aardgas per geproduceerde m³ water.

Risico's voor omgeving & milieu

Risicoanalyse naar de seismische risico's van aardwarmte Vierpolders toont aan dat het risico op bodemtrillingen laag is. In het kader van het milieutechnisch veilig produceren van aardwarmte worden de putten uitgebreid gemonitord. Er zijn twee typen monitoring in plaats: continue monitoring en periodieke monitoring.

Integriteit van het systeem is hiermee gewaarborgd en vervuiling van bodem en grondwater wordt hiermee voorkomen.

Formulier aanvraag instemming winningsplan EZK

Algemene gegevens	
Naam aanvrager (= uitvoerder)	Hydreco GeoMEC BV
Contactpersoon	[redacted], omgevingsmanager
Postadres	Minervum 7181 4817 ZN Breda
Telefoonnummer	[redacted]
E-mail	[redacted]@hydreco.nl
Soort plan	<i>Nieuwe aanvraag, bestaande winning</i>
Soort (delf)stof	Aardwarmte
Locatie	Territoir
Relevante bepalingen voor de beoordeling van uw aanvraag uit Mijnbouwwet en –regelgeving: - Artikelen 35 Mijnbouwwet	

Om op efficiënte wijze aan deze eis te voldoen en mogelijke vertraging in het autorisatieproces te voorkomen, wordt geadviseerd om het document te sturen:

1. naar het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, Directie Energiemarkt, Postbus 20401, 2500 EK DEN HAAG

en
2. de digitale versie naar [redacted]@minez.nl

Inhoud

Samenvatting.....	2
Formulier aanvraag instemming winningsplan EZK	3
1 Inleiding	6
1.1 Wettelijk kader	6
1.2 Verantwoorde winning, veilig voor mens en milieu.....	7
1.3 Publiekscommunicatie.....	8
2 Locatie en beschrijving van het Geothermisch systeem	9
2.1 Locatie van het geothermisch systeem	9
2.2 Beschrijving van geothermisch systeem	10
2.2.1 Beschrijving van de putten	12
2.2.2 Put integriteit.....	15
2.2.3 Nog geplande boringen/putten.....	16
3 Beschrijving van de geothermische bron (geothermal source)	17
3.1 Aquifer karakteristiek	17
3.2 Formatiewater karakteristiek (per formatie)	21
4 Wijze van winning.....	23
4.1 Beschrijving winning.....	23
4.1.1 Status productie	23
4.1.2 Operationele begrenzingen.....	23
4.2 Duur van winning.....	26
5 Natuur.....	27
5.1 Algemeen.....	27
5.2 Natuur Netwerk Nederland (NNN-gebied).....	27
5.3 Natura 2000 gebied	27
6 Bodembeweging.....	29
6.1 Geologische karakteristiek ligging putten	29
6.2 Inventarisatie mate van bodemdaling of bodemstijging.....	31
6.3 Inventarisatie van gevaar op bodemtrillingen	31
6.3.1 Seismische risico analyse (SRA)	31
7 Monitoringstrategie.....	37
7.1 Put monitoring.....	37
7.1.1 Continue monitoring	37
7.1.2 Periodiek monitoring.....	37
7.2 Omgevingsmonitoring	38
8 Verklarende woordenlijst	40
9 Referenties	40
10 Bijlagen	40
11 Appendix.....	41
11.1 Kosten.....	41
11.2 DoubletCalc2D input parameters.....	42
11.3 Memo injectiedruk verhoging	44

Figurenlijst

Figuur 1: Locatie geothermisch systeem	9
Figuur 2: Winningsvergunning areaal	10
Figuur 3: Afbeelding naar de mijnbouwlocatie vanaf de Moersaatsenweg	11
Figuur 4: Schematische weergave van de mijnbouwinstallaties	11
Figuur 5: Put diagram BRI-GT-01-P	13
Figuur 6: Put diagram BRI-GT-02-I	14
Figuur 7: Put barriere elementen	16
Figuur 8: Diepte kaart van de top Trias.....	17
Figuur 9: Correlatie-diagram de ruime aquifer sectie (aquifers en aquitards) van de putten in het geothermisch systeem.	18
Figuur 10: Temperatuurkaart	20
Figuur 11: Brijn eigenschappen productiewater (BRI-GT-01, Panterra PVT analyse 1/9/2015).....	21
Figuur 12: Druk distributie na 35 jaar	24
Figuur 13: Temperatuur verdeling na 35 jaar	24
Figuur 14: Productieprognose gedurende looptijd van het project. Productieprofiel PJ versus jaar.....	26
Figuur 15: Bovenaanzicht van de mijnbouwlocatie	27
Figuur 16: Dichtbijgelegen Nature 2000 gebied	28
Figuur 17: Top reservoir kaart met alle op de seismische data geïnventariseerde breuken.....	29
Figuur 18: Seismische sectie door de geothermisch systeem putten parallel aan de belangrijke breuktrends. De seismische markers zijn gelabeld als volgt: Geel = Base Tertiary, Groen = Base Chalk, Wit = Posidonia Shale, Roze = Top Triassic, Licht groen = top Lower Detfurth Sandstone, Rood = Base Permian.....	30
Figuur 19: Seismische sectie door de geothermisch systeem put(ten) loodrecht op de belangrijke breuktrends. De seismische markers zijn gelabeld als volgt: Geel = Base Tertiary, Groen = Base Chalk, Roze = Top Triassic, Licht groen = top Lower Detfurth Sandstone, Rood = Base Permian	30
Figuur 20: Bodemdaling na 35 jaar	31
Figuur 21: Stap 1 van de Decision Tree voor het acteren bij seismiciteit risico's bij Aardwarmte Projecten.....	32
Figuur 22: Verbinding met kristallijne basis.....	33
Figuur 23: Geïnduceerde en tektonische aardbevingen in Nederland	35
Figuur 24: Quick scan seismiciteit – Aardwarmte Vierpolders	36
Figuur 25: Detectie drempel van geïnstalleerde seismometers (Bernard Dost, 2012).....	39

Tabellenlijst

Tabel 1: Locatie van het geothermische systeem	9
Tabel 2: Algemene put informatie	12
Tabel 3: Verbuizingsschema BRI-GT-01-P	12
Tabel 4: Verbuizingsschema BRI-GT-02-I	12
Tabel 5: Algemene put informatie	19
Tabel 6: Algemene aquifer karakteristieken	19
Tabel 7: Watersamenstelling productiewater BRI-GT-01	21
Tabel 8: Gas samenstelling bijvangstgas BRI-GT-01.....	22
Tabel 9: Prognose toekomstige productie	25
Tabel 10: Karakteristieken geothermisch systeem performance onder beoogde standaard operationele condities	25

1 Inleiding

Diep in de bodem is warm water aanwezig dat is opgeslagen in (poreuze) zand- en gesteentelagen. Hoe dieper in de aarde, hoe warmer het wordt. Met iedere kilometer diepte stijgt de temperatuur met ongeveer 30°C. Op twee tot drie kilometer diepte zit dus water van wel 60 tot 90 °C. De energie die in dit warme water zit wordt aardwarmte of geothermie genoemd. Het water kan worden opgepompt en de warmte is te gebruiken voor bijvoorbeeld het verwarmen van woningen, gebouwen, industrie of kassen in de glastuinbouw.

In Vierpolders bij Brielle is een diep geothermie project gerealiseerd onder opsporingsvergunningen Brielle 2 en Vierpolders. De Trias zandstenen in dit glastuinbouwgebied is geschikt gebleken voor de toepassing van diepe aardwarmte. De bron levert aan een collectief van negen tuinbouwlocaties. Hydreco GeoMEC BV heeft de rol van operator, technisch project management en beheerder en is daarmee verantwoordelijk voor de veilige en gezonde uitvoering van de werkzaamheden op locatie. Opdrachtgever en aandeelhouder van het project is Aardwarmte Vierpolders Holding BV, een vennootschap van een collectief van tuinbouwbedrijven in Vierpolders en omgeving.

Dit winningsplan wordt opgesteld in het kader van de Mijnbouwwet en beschrijft hoe de winning van aardwarmte in Vierpolders plaats vindt, wat de mogelijke effecten voor de omgeving en het milieu zijn en hoe deze beheerst worden. Het gaat hierbij in dit winningsplan om de ondergrondse effecten. Ondergronds bevindt zich de daadwerkelijke winning en de putten die het water naar boven halen en injecteren.

Effecten voor de omgeving die veroorzaakt worden door bovengrondse activiteiten, zijn geregeld in de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo) via de zogenaamde Wabo omgevingsvergunning en worden hier verder niet behandeld.

Naast de instemming met het winningsplan, dient een operator dus een geldende omgevingsvergunning te bezitten en heeft hij een geïmplementeerd veiligheids- en gezondheidszorgsysteem. Dit drieluik van documenten beschrijft gezamenlijk borging van veiligheid, gezondheid, milieuverantwoorde winning en effecten op de omgeving.

1.1 Wettelijk kader

Het winningsplan is gedefinieerd in artikel 33, 34, 35, 39 en 41 van de Mijnbouwwet. Nadere invulling van deze artikelen worden gegeven in de artikelen 30 en 53 van het Mijnbouwbesluit.

Conform deze wetten en regels moet er een onderbouwd en goed gedocumenteerd plan overlegd worden waarin inzichtelijke gemaakt wordt hoe de productie ter hand genomen wordt.

In zijn beleidsbrief gedateerd 8 februari 2018 geeft de minister van Economische Zaken en Klimaat onderstaande zaken aan:

- De Mijnbouwwet is gericht op de opsporing en winning van delfstoffen, aardwarmte en de opslag van stoffen in de bodem. De vergunningenstructuur die de huidige Mijnbouwwet voor de winning van aardwarmte voorschrijft, is identiek aan die voor de winning van delfstoffen.
- De ervaring opgedaan met de eerste geothermieprojecten leert dat de huidige reguleringsystematiek onvoldoende aansluit bij de specifieke kenmerken van geothermie
- Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) adviseert een procedurele aanpassing in de wetgeving waarbij er één instemmingsbesluit is voor alle belangrijke fases van een geothermieproject. Voor de opsporing en winning van delfstoffen en aardwarmte hebben ondernemers op grond van de huidige Mijnbouwwet een opsporingsvergunning, een winningsvergunning én een goedgekeurd winningsplan nodig. De bijbehorende

termijnen, met name die tussen de winningsvergunning en een goedkeuring winningsplan, zijn gebaseerd op de praktijk van olie- en gaswinning. Bij geothermieprojecten wordt na een korte testperiode meteen aardwarmte gewonnen. Dit heeft technische en financiële redenen: een stilstaande geothermieput kan verstopt raken en zonder productie krijgt de ondernemer geen inkomsten, maar heeft hij wel kosten.

SodM adviseert daarom om de wetgeving, met name de vergunningverleningssystematiek, aan te passen zodat deze aansluit bij de ontwikkeling van een geothermieproject.

Aansluitend op de genoemde beleidsbrief volgt de opzet van dit rapport niet één op één de wettelijk te rapporteren punten maar heeft als uitgangspunt een operationele insteek. Dit komt er op neer dat als eerste een beschrijving van de watervoerende laag met bijbehorende parameters wordt gegeven. Vervolgens een gedetailleerde beschrijving van de winningsinstallatie aan de warme kant van de warmtewisselaar. In vervolg hierop wordt een hoofdstuk gewijd aan de operationele condities en het resulterende warmteproductieprofiel. Als laatste is er een hoofdstuk gewijd aan de eventuele consequenties van winning in termen van bodembewegingen: bodemdaling en bodemtrilling.

Dit winningsplandocument is de basis voor vervolg rapportages onder artikel 113 van de Mijnbouwwet waarin operators verplicht worden tot een jaarlijkse rapportage van de staat van winning en eventuele (significante) wijzigingen in het winningsplan.

Er dient per aardwarmte winningsinstallatie één winningsplan aangeleverd te worden. De voorlopige definitie van een aardwarmte winningsinstallatie is: het geheel aan geologische en technische componenten, tezamen met de besturings- en monitoringscomponenten, waardoor het warme productiewater en vervolgens het koude injectiewater stroomt waarbij het geheel als een gesloten systeem acteert, teneinde energie/warmte uit deze waterstroom te extraheren.

Het winnen van aardwarmte geschiedt ex artikel 34, eerste lid, van de Mijnbouwwet overeenkomstig een winningsplan, dat bij het Ministerie van Economische Zaken wordt ingediend.

De vergunninghouder wordt verplicht een winningsplan op te stellen. In dat plan zal hij moeten aangeven op welke wijze en in welk tempo hij de aardwarmte wil winnen. Dit winningsplan is van belang om te kunnen bezien of de hoeveelheid te winnen aardwarmte, de wijze en het tempo van winning in lijn zijn met een juist planmatig beheer. Tevens kan het plan worden bezien in het licht van een zorgvuldige winning met het oog op het voorkomen van bodemdaling / bodemstijging en bodemtrillingen (seismiciteit).

In dit plan wordt onder meer aangegeven welke de voorgenomen jaarlijkse winning is gedurende de looptijd van het plan. Als een voorgesteld winningsplan de instemming van de Minister van Economische Zaken heeft gekregen, zal de winning overeenkomstig het plan plaats moeten vinden.

Als bodemdaling, -stijging of bodemtrillingen (seismiciteit) te verwachten is, zal het winningsplan een beschrijving moeten bevatten van de nadelige gevolgen en van de (voorgenomen) maatregelen om deze nadelige gevolgen op te vangen. Bij de beoordeling van het plan door de Minister van Economische Zaken en Klimaat zal, naast een beoordeling in het kader van het planmatig beheer, ook beoordeeld worden of het winningstempo en de winningswijze met het oog op de veiligheid en het milieu acceptabel zijn en of de voorgestelde maatregelen voldoende waarborgen inhouden om de nadelige gevolgen van die winning op te vangen.

1.2 Verantwoorde winning, veilig voor mens en milieu

Met winning wordt hier het gehele aardwarmtesysteem bedoeld, dat minimaal bestaat uit één productieput en één injectieput.

Randvoorwaarden voor verantwoorde winning in Vierpolders zijn:

- Aardwarmte moet zo duurzaam mogelijk benut worden. Dus alleen gebruiken wanneer er een warmtevraag is.
- De winning van aardwarmte moet voor een lange termijn milieuvriendelijk, maatschappelijk acceptabel en veilig zijn.
- Productie van delfstoffen en productie/injectie van formatiewater ten behoeve van aardwarmtewinning dienen zo efficiënt en effectief mogelijk op elkaar te worden afgestemd.
- Schade door bodembeweging (daling, stijging, seismiciteit) wordt zo veel als mogelijk voorkomen. Dit impliceert o.a.:
 - o Productie en injectie put moeten qua waterstroom met elkaar in verbinding staan. Derhalve moet de injectie van water plaatsvinden in dezelfde formatie(s). Hierdoor kan het water stromen van injectie naar productieput en wordt er netto geen drukverschil in de ondergrond opgebouwd. Daarnaast worden producer en injector niet gescheiden door een afsluitend breuksysteem.
 - o De maximale injectiedruk wordt gelimiteerd.

1.3 Publiekscommunicatie

Nieuwe winningsplannen liggen (als onderdeel van de procedure ter goedkeuring) ter inzage voor het publiek. Er is vanuit omgevingsmanagement contact met de omgeving van de Vierpolders locatie.

Zie ook de website www.aardwarmtevierpolders.nl.

2 Locatie en beschrijving van het Geothermisch systeem

2.1 Locatie van het geothermisch systeem

De locatie aardwarmte Vierpolders is gelegen in de provincie Zuid-Holland, gemeente Brielle (Vierpolders) aan de Moersaatsenweg tegenover adres Moersaatsenweg nr. 4 zoals aangegeven op onderstaande tekening figuur 1 en kenmerkend samengevat in onderstaande tabel 1.

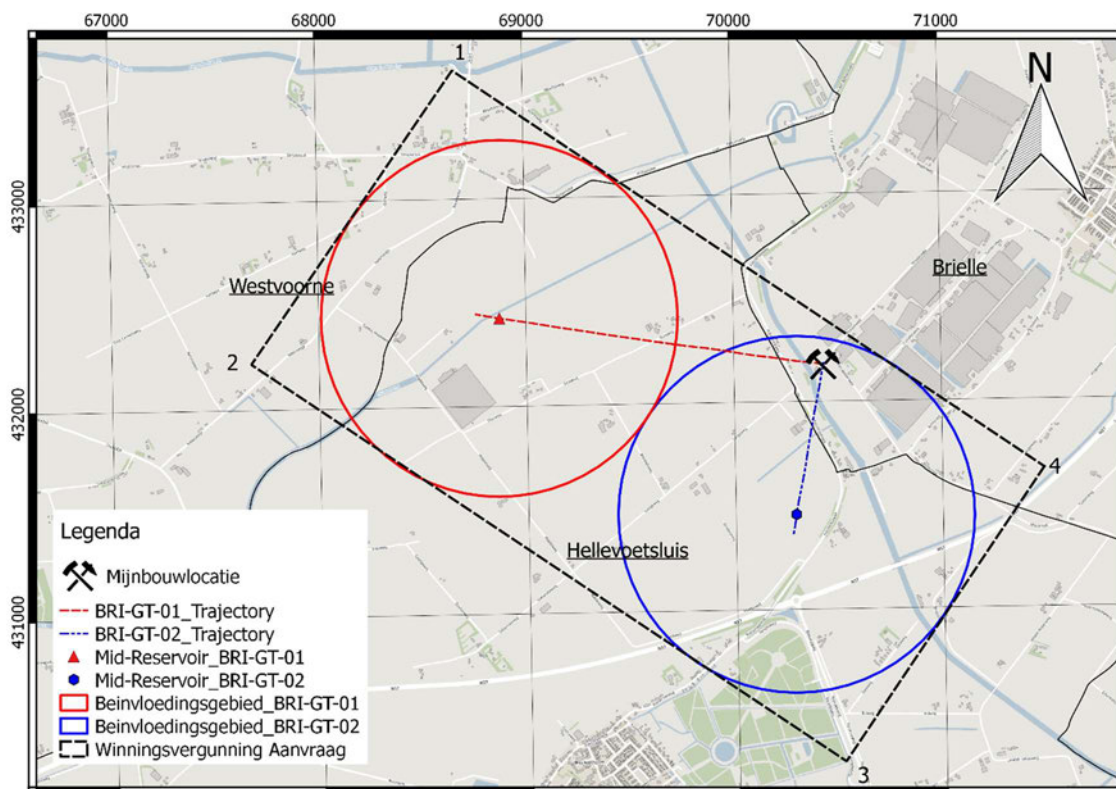
In Figuur 2 onderstaand is aangegeven hoe de aardwarmte locatie Vierpolders is gelegen binnen de begrenzing van het gebied van de winningsvergunning.



Figuur 1: Locatie geothermisch systeem

Naam	Aardwarmte Vierpolders		
Coördinaten Mijnbouwlocatie	<u>Punt</u>	<u>X</u>	<u>Y</u>
	A	70431	4310188
Adres Mijnbouwlocatie	Moersaatsenweg tegenover nr. 4 3237 LK, Vierpolders		
Coördinaten Winningsvergunning	<u>Punt</u>	<u>X</u>	<u>Y</u>
	1	68671,97	433589,65
	2	67729,43	432193,83
	3	70521,07	430308,75
	4	71463,61	431704,57
In de gemeenten:	Brielle, Hellevoetsluis en Westvoorne		
Start Winningsvergunning	20 juni 2017		
Eind Winningsvergunning	19 juni 2052		
Winningsvergunning	DGETM-EO / 17086146		

Tabel 1: Locatie van het geothermische systeem



Figuur 2: Winningsvergunning areaal

2.2 Beschrijving van geothermisch systeem

Binnen het mijnbouwwerk wordt warm water opgepompt vanuit de diepe ondergrond via de zogenaamde productieput. Door middel van een ontgassingsinstallatie wordt het in het water opgeloste gas afgescheiden en het warm water wordt vervolgens gefilterd. Het water wordt vervolgens naar de warmtewisselaars geleid waar de warmte wordt overgedragen aan een secundair warmtenet waarmee deze warmte wordt verdeeld over de glastuinbouwbedrijven. Het afgescheiden gas wordt gedroogd en vervolgens geleid door een wkk installatie en/of verstookt in de te plaatsen ketel. In geval van storingen, onderhoud of calamiteiten kan het gas afgefakkeld worden via de aanwezige fakkels. Het afgekoelde water wordt vervolgens middels injectiepompen weer in de ondergrond gebracht via de tweede put op de locatie, de zogenaamde injectieput.

De twee putten zijn gelegen in zogenaamde putkelders op het terrein en de systeeminstallaties en pompen zijn grotendeels geplaatst in het aanwezige gebouw. De mijnbouwlocatie is in zijn geheel omgeven door een 2 meter hoog hekwerk voorzien van een toegangspoort.

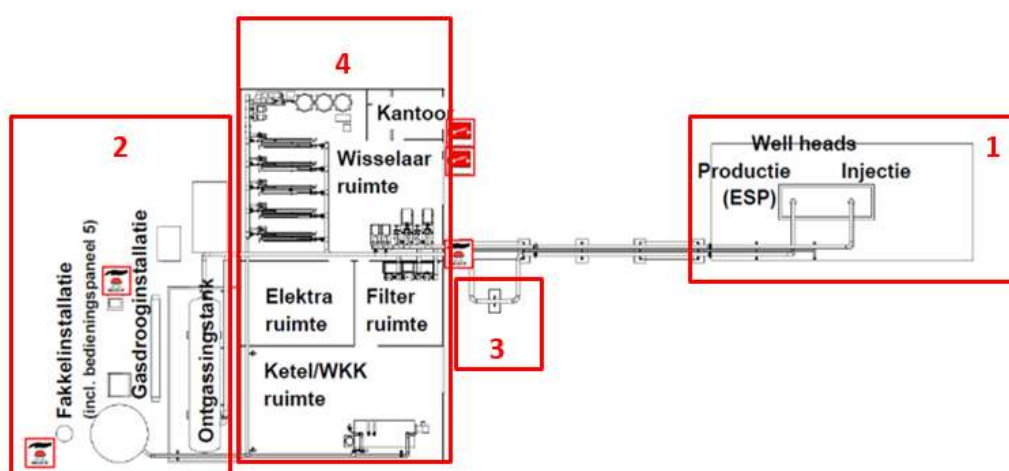
Een zeer uitgebreid netwerk van sensoren monitoren het systeem real time. Indien bepaalde grenswaarden bereikt worden kan het systeem automatisch wijzigingen doorvoeren of de plant uitschakelen.

Vanuit corrosie en scaling management wordt continu de pH en de conductiviteit gemeten op de bovengrondse installaties. Periodiek worden er gas en water samples genomen. De Productie Ingenieur kan vanaf externe locatie meekijken in het data en besturingssysteem van de installaties. Dit gebeurt op basis van onverwachte events en standaard periodiek.



Figuur 3: Afbeelding naar de mijnbouwlocatie vanaf de Moersaatsenweg

Figuur 4 illustreert de installaties op de mijnbouwlocatie. Rondom de 'well heads' van de putten is een ruimte opengelaten voor eventuele 'work-over' operaties. De well heads (1), het ontgassingssysteem (2) en de doseerinstallaties van inhibitors en CO₂ (3) zijn buiten gesitueerd. De warmtewisselaars, ketel, wkk, elektra ruimte en filterruimte evenals een klein kantoor bevinden zich in het gebouw (4).



Figuur 4: Schematische weergave van de mijnbouwinstallaties

2.2.1 Beschrijving van de putten

Op de inrichting bevinden zich twee putten de productieput genaamd BRI-GT-01 en de injectieput genaamd BRI-GT-02. De put ligging, lengte diameter en verbuizing staan weergegeven in Tabel 2, Tabel 3, Tabel 4, Figuur 5 en Figuur 6.

Putnaam	BRI-GT-01-P	BRI-GT-02-I
Type put	Productie	Injectie
Spuddatum	4-7-2015	18-8-2015
Completiëdatum	18-8-2015	23-9-2015
X (RD) oppervlaktelocatie	70428	70431
Y (RD) oppervlaktelocatie	432179	432182
X (RD) einddiepte	68760	70274
Y (RD) einddiepte	432445	431358
Einddiepte (m AH)	3094	2567
Eind diepte (mTVD)	2377	2209

Tabel 2: Algemene put informatie

Element naam	Top (MD)	Base (MD)	Top (TVD)	Base (TVD)	OD (")	ID (")	Staalsoort	Type koppelingen
Conductor	0	219	0	219	24.00	23.00		Welded
Production tubing	0	600	0	600	8.625	7.921	L80 32ppf	
Casing 1	0	1353	0	1229	13.375	12.415	L80 68ppf	VAMTOP
Liner 1	1245	2772	1154	2165	9.625	8.681	L80 47ppf	Polseal
Liner 2	2680	3064	2105	2357	6.625	5.921	L80 24 ppf	VAGT
Screen / Productie-interval	2736	3050	2142	2348	7.00	5.921	L80 base pipe	VAGT

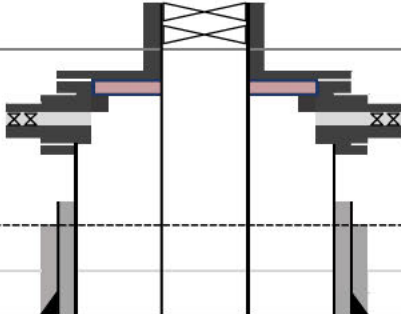
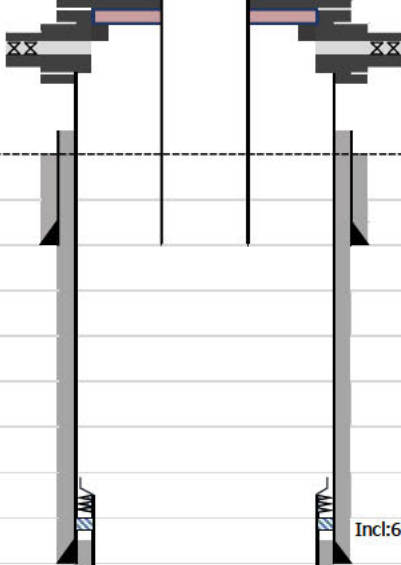
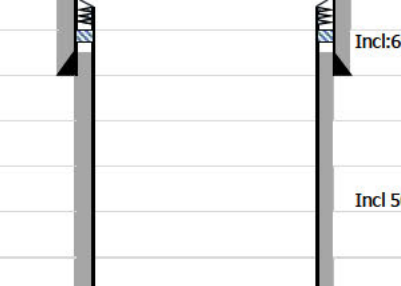
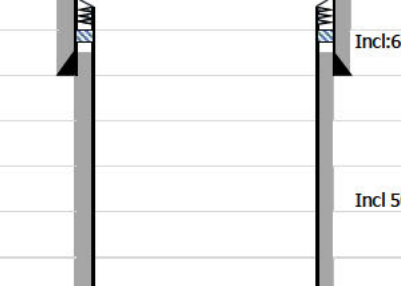
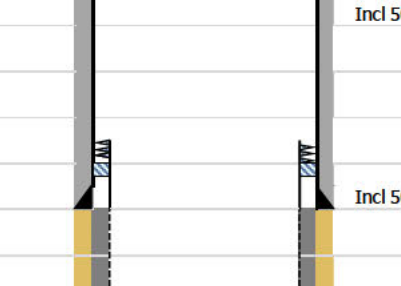
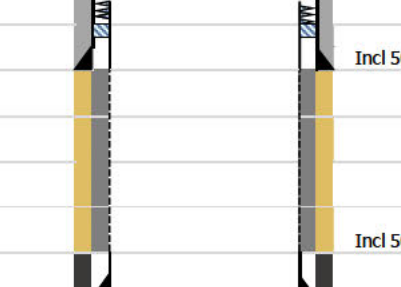
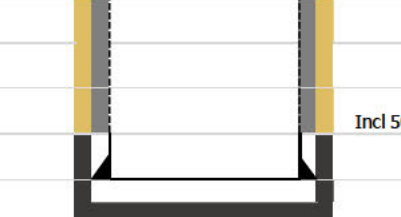
Tabel 3: Verbuizingsschema BRI-GT-01-P

Element naam	Top (MD)	Base (MD)	Top (TVD)	Base (TVD)	OD (")	ID (")	Staalsoort	Type koppelingen
Conductor	0	224	0	224	24	23		Welded
Injection tubing 1	0	22.9	0	22.9	8.625	7.921	L80 32ppf	
Injection tubing 2	22.9	134	22.9	134	9.625	8.681	L80 47ppf	
Casing 1	0	1241	0	1241	13.375	12.415	L80 68 ppf	VAMTOP
Liner 1	1118	2282	1118	2030	9.625	8.681	L80 47 ppf	Polseal
Liner 2	2224	2573.5	1193	2216	6.625	5.921	L80 24 ppf	VAGT
Screen / Productie-interval	2283	2560	2031	2207	7	5.921	L80 basepipe	VAGT

Tabel 4: Verbuizingsschema BRI-GT-02-I

Well Code	BRI-GT-01-P	Revision Date:	2018-09-02			
Well Schematic	Depth		Items	OD	ID	Drift
	mAHGL	m TVGL		In	In	In
DHT = 83°C	7	7	Rotary table (RT) WELLHEAD Robke 5k psi 2x 7-1/16+ -5000PSI Gate Valves Ground Level			
	0	0	Rotating Flange + Tubing hanger + Penetrator 2 x 2x 2-1/16" - 5000PSI Gate Valve Slip on Wellhead Bottom Cellar			
	70	70	Static Fluid Level			
	219	219	24"Welded Conductor	24	23	
	607	610	8 5/8" 32ppf L80 Tubing	8.625	7.921	7.796
	613		Pup joint 8-5/8"Techniseal box to 7"API 8RD LTC	12.2		
			20WNE1600 pump (Nickel Al. Bronze)	9		
			2 x Seal HSB3X UT/LT	6.75		
			HMI Tandem motor	7.25		
	636		Pressure temp sensor			
	637	639	Geofluid suspension tool	11.81		
	640	640	Inhibitor line (surface)	3/8	0.24	
	641	641	KOP			
	1245	1154	13-3/8"x9-5/8" Liner Hanger. Slips + Packer (TOL)			
	1165	1165	End of Build to ~46°			
	1353	1229	Surface Casing: 13-3/8" 68ppf L80 VAMTOP	13.375	12.415	12.259
		1252	TOC			
	2691		Inhibitor line (Trifold Encapsulated)	1.25	0.24	
	2695		Diffusor			
	2675	2102	PBR			
	2680	2108	9-5/8"x 6-5/8" Liner Hanger (TOL)			
	2736	2142	Top 7" WWS 250µm	7		
	2772	2165	Intermediate Liner: 9-5/8" 447ppf L80 Polseal	9.625	8.681	8.525
3050	2348	Bottom 7"WWS	7			
3064	2357	Production liner: 6-5/8" 24ppf L80 VAGT	6 5/8	5.921	5.796	
3094	2377	TD				

Figuur 5: Put diagram BRI-GT-01-P

Well Code	BRI-GT-02-I	Revision Date:	2016-08-10			
Well Schematic	Depth		Items	OD	ID	Drift
	mAHGL	m TVGL		In	In	In
	7	7	Rotary tabel (RT) WELLHEAD Robke 5k psi			
	0	0	2x 7-1/16 5000PSI Gate Valves Ground Level			
			Rotating Flange + Tubing hanger 2 x 2x 2-1/16" 5000PSI Gate Valve Slip on Wellhead TOC Bottom Cellar			
	70	70	Static Fluid Level			
	16	16	8 5/8" 32ppf L80 Tubing	8.625	7.921	7.796
	127	127	9 5/8" 47ppf L80 Tubing	9.625	8.681	8.525
	217	217	24"Welded Conductor	24	23	
						
						
	1111	1111	Top PBR 13-3/8"x9-5/8" Liner Hanger. Slips + Packer (TOL)			
	Incl:6°		Kick-off Point			
	1136	1136	Surface Casing: 13-3/8" 68ppf L80 VAMTOP	13.375	12.415	12.259
	1234	1234	TOC			
						
	Incl 50°	1774	End of Build to ~50°			
						
	2217	1986	9-5/8"x 6-5/8" Liner Hanger (TOL)			
	Incl 50°		Intermediate Liner: 9-5/8" 447ppf L80 Polseal	9.625	8.681	8.525
	2275	2023	Top 7" WWS 250µm	7		
						
	Incl 50°	2553	Bottom 7"WWS	7		
						
	2567	2209	Production liner: 6-5/8" 24ppf L80 VAGT	6 5/8	5.921	5.796
	2567	2209	TD			

2.2.2 Put integriteit

De basis van het putintegriteit programma wordt gevormd door de ISO TS 16530 standaard. Het doel van dit programma is het definiëren en toepassen van technische, operationele, en organisatorisch oplossingen om het risico van een ongecontroleerd verlies van formatie-vloeistoffen gedurende de gehele levenscyclus (vanaf de boring, naar productie, tot en met de abandonnering) te verminderen.

Het putintegriteit programma is een geïntegreerd systeem met de volgende elementen:

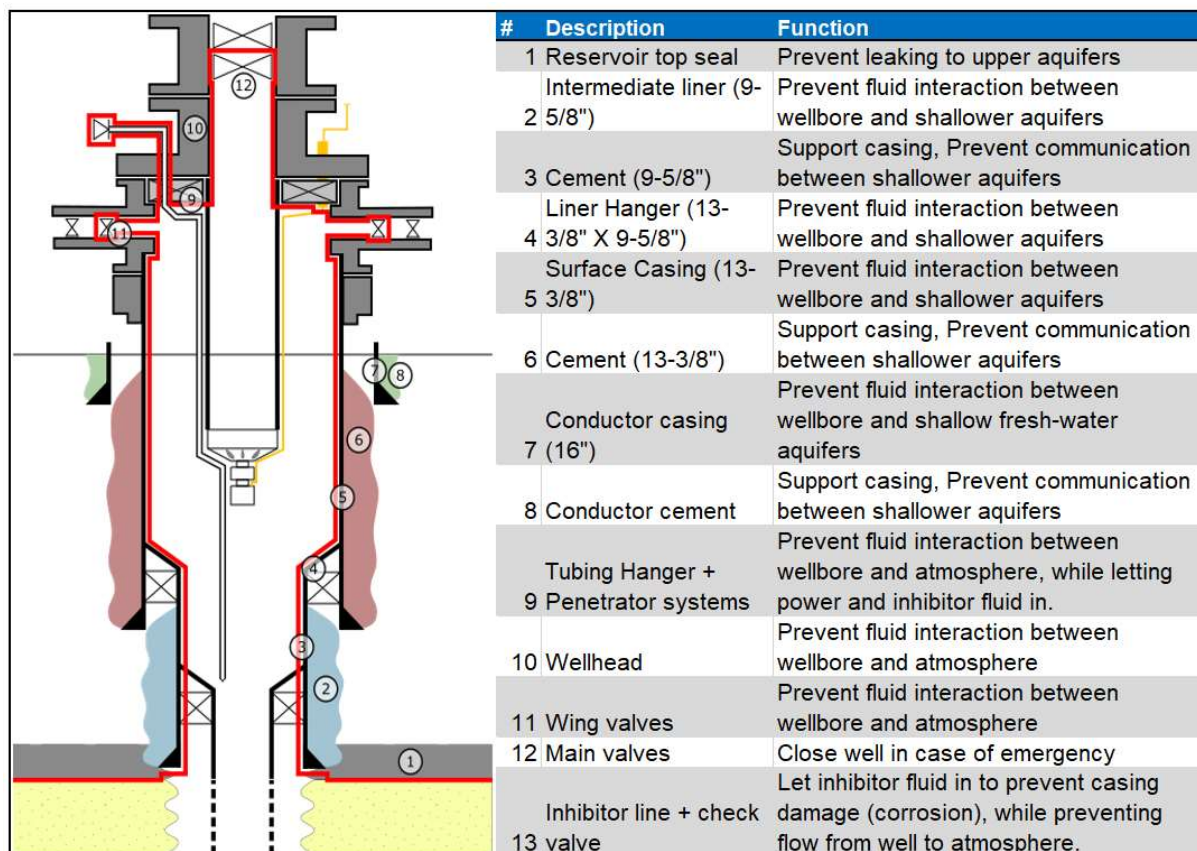
1. Definitie verantwoordelijkheden
2. Analyse risico's en definitie bijbehorende mitigaties
3. Beschrijving put-specificaties
4. Beschrijving put-barrières
5. Beschrijving put-standaarden en -limieten
6. Omschrijving monitoring-, onderhouds- en druk-managementprogramma

Een procedure voor veranderingsmanagement is ook onderdeel van het integrale putintegriteit programma. De naleving van het putintegriteit programma kan gemeten en geanalyseerd worden met behulp van audits en kritieke prestatie indicatoren.

De grootste risico's en de bijbehorende mitigaties met betrekking tot de putintegriteit zijn:

- Corrosie van verbuizing
Mitigatie: De corrosie van verbuizing wordt vertraagd door chemisch inhibitie welke zo diep mogelijk in de put wordt geïnjecteerd. Daarnaast wordt de corrosie snelheid elk kwartaal middels coupons gemonitord. Corrosie in de put wordt elke 2-5 jaar gemeten middels "wireline logging" (zie hoofdstuk 7).
- Mechanische erosie van verbuizing
Mitigatie: Houdt stroomsnelheid in de put onder de 6m/s, om erosie tot een minimum te beperken. Daarnaast wordt tijdens het monitoren van de put extra aandacht besteed aan "erosiegevoelige" plekken (zie hoofdstuk 7).
- Vervuiling van watervoerende lagen
Mitigatie: Er is een verbuizing geplaatst om, enerzijds de put en bovenliggende aquifers, en anderzijds de verschillende aquifers onderling te isoleren. Zo wordt verontreiniging van individuele aquifers voorkomen. Daarnaast wordt de meest kritische (zoetwater voerende) laag middels peilbuizen gemonitord op verontreiniging (zie hoofdstuk 7).

Figuur 7 laat een overzicht zien van de put-barrières voor BRI-GT-01-I, inclusief de functies van deze barrières.



Figuur 7: Put barrière elementen

Op basis van de risicoanalyse en de put-barrières, -standaarden, -limieten is een onderhouds- en monitorings-programma opgesteld om de risico's te mitigeren en de barrières te borgen. Hoofdstuk 7 beschrijft de monitoringsstrategie voor de putten.

2.2.3 Nog geplande boringen/putten

Op de korte tot middelkorte termijn (0-3 jaar) zijn geen nieuwe boringen gepland.

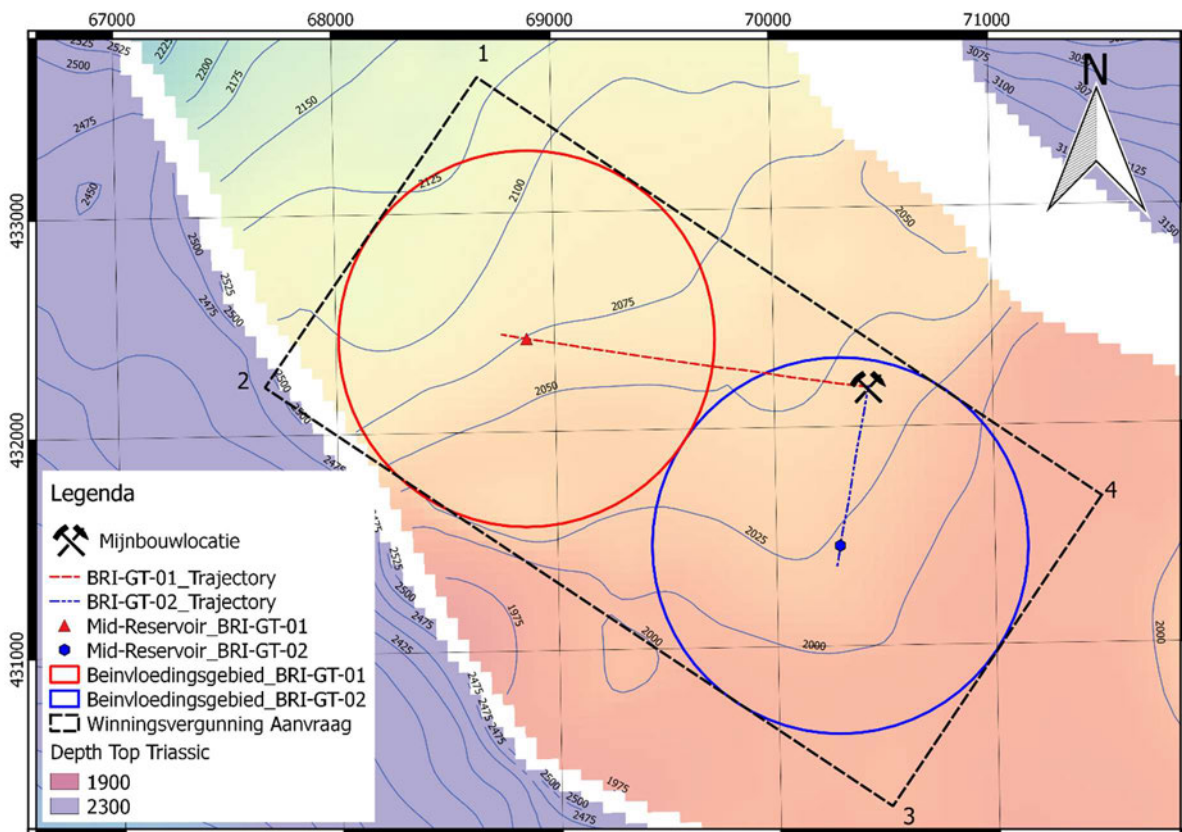
3 Beschrijving van de geothermische bron (geothermal source)

3.1 Aquifer karakteristiek

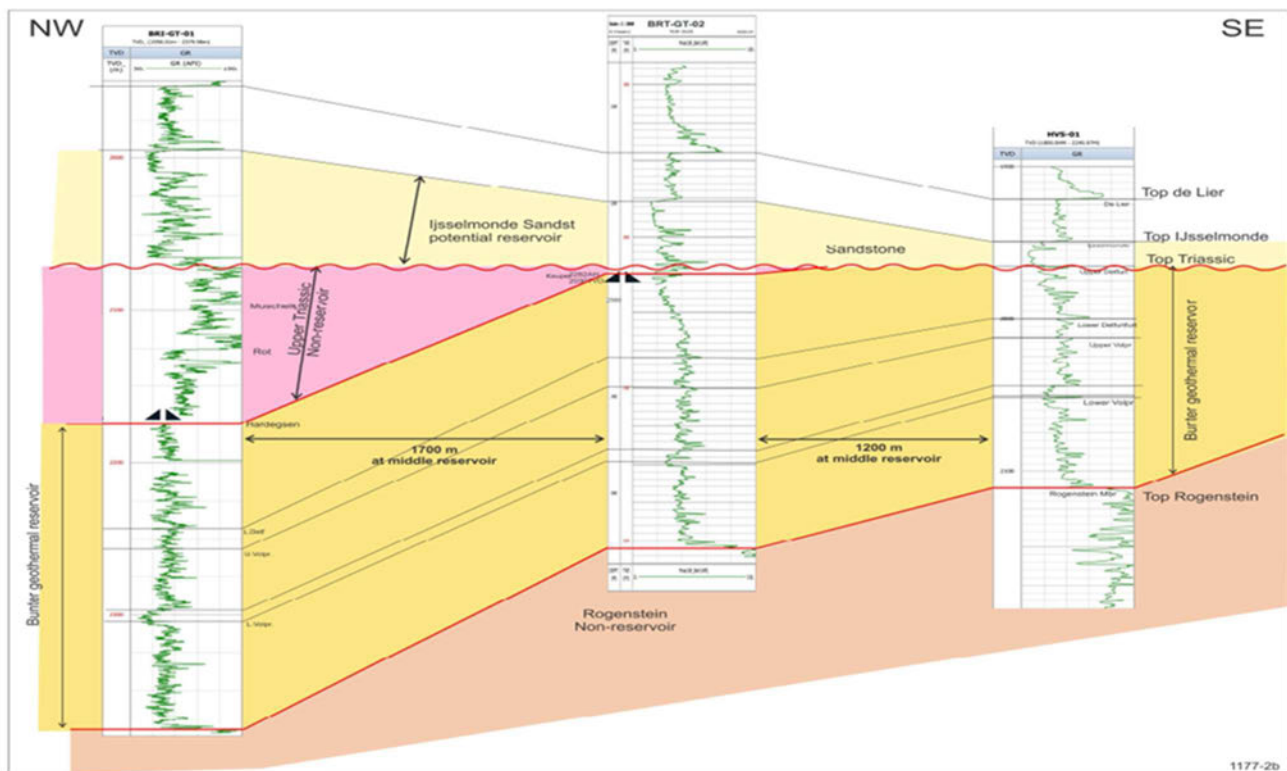
Het aquifer bevindt zich in Trias zandsteen (verzamelnaam Bunter sectie) dat ter plaatse een dikte heeft van circa 200 meter, in deze zandsteen formatie die het warme water van circa 83 gr Celsius in haar poriën bevat zijn de twee putten geboord. De waterproductie en waterinjectie vinden plaats op circa 2200 meter beneden maaiveld. Per dag wordt binnen een bandbreedte van 150 m³/uur tot 350 m³/uur water geproduceerd met daarbij een bijvangst aan aardgas van circa 1 m³ aardgas per geproduceerde m³ water.

Het aquifer is gelegen in een breukblok dat begrensd wordt door breuken aan de ZW en NO kant. Het blok dipt grofweg naar het NW. Richting het ZO bevindt zich een hoekdiscordantie waardoor de Trias laag verdwijnt. Bovenkant en onderkant van het reservoir zijn respectievelijk aangetroffen op 2165 en 2348 m TVDGL in BRI-GT-01-P en op 2024 en 2200 m TVDGL in BRI-GT-02-I.

Zie Figuur 8, deze diepte kaart is gemaakt op basis van seismische data analyse en komt daarom niet helemaal overeen met de later beschikbaar gekomen exacte boordata. De boordata is leidend. Figuur 8 geeft een goed overzicht van de geometrie van het reservoir. Figuur 9 geeft een beeld van de boringen in het reservoir.



Figuur 8: Diepte kaart van de top Trias



Figuur 9: Correlatie-diagram de ruime aquifer sectie (aquifers en aquitards) van de putten in het geothermisch systeem.

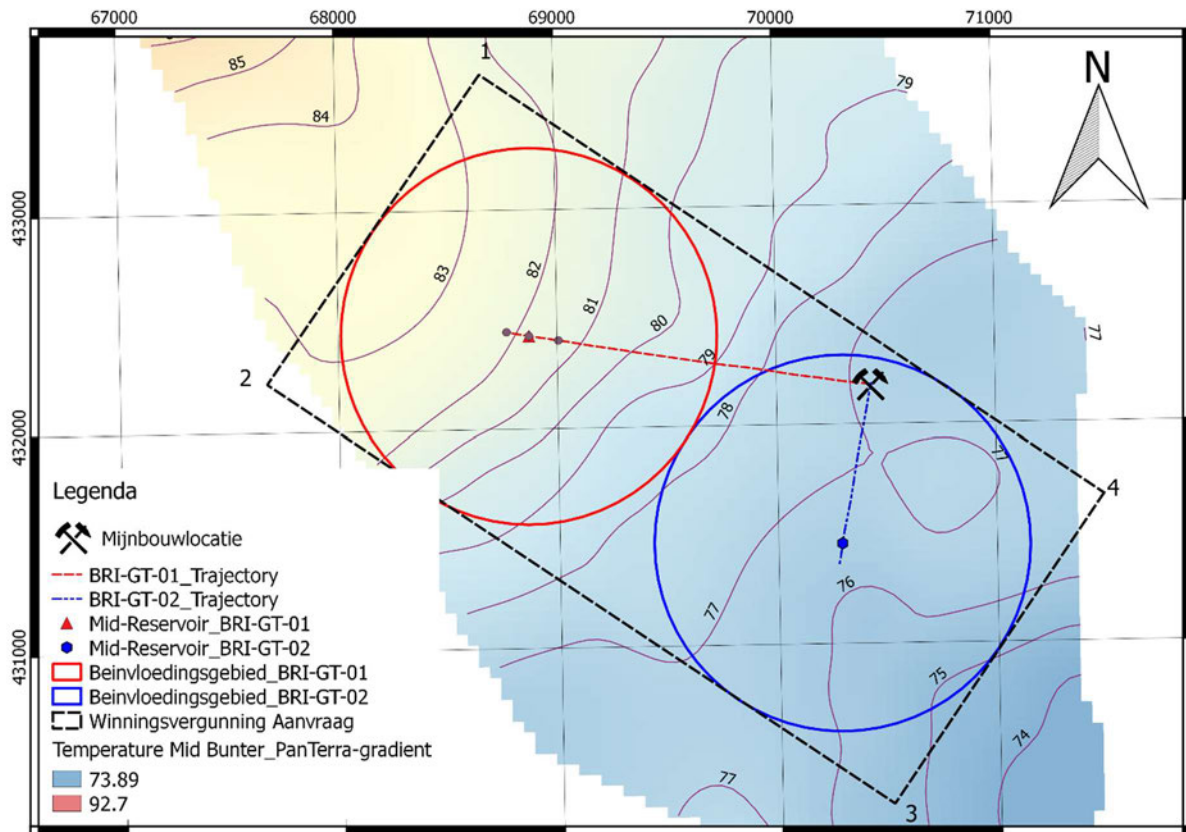
In onderstaande tabellen 5 en 6 zijn de kenmerken van de aquifer weergegeven.

Parameter	BRI-GT-01-P	BRI-GT-02-I
Aquifer stratigrafie	Main Buntsandstein (RBM)	Main Buntsandstein (RBM)
Diepte top aquifer (m TVDGL)	2165	2024
Diepte basis aquifer (m TVDGL)	2348	2200
Bruto Dikte (m)	204	176
Netto-Bruto (%)	90	90
Porositeit (%)	18	18
Permeabiliteitsdikte (Dm) uit puttest	22	27.7
Permeabiliteit (mD) uit puttest	120	170
Skin welltest (-)	2.8	-0.4
Temperatuur mid-reservoir (°C)	83	80
Druk top aquifer (bar)	229	214

Tabel 5: Algemene put informatie

Parameter	Laag	Midden	Hoog
Diepte top aquifer (m tvBRT)	1950	2100	2200
Diepte Mid aquifer (m tvBRT)	2025	2195	2315
Diepte basis aquifer (m tvBRT)	1800	2290	2400
Bruto Dikte (m)	150	190	230
Netto-Bruto (%)	0.8	0.9	1
Porositeit (%)	0.16	0.18	0.20
Permeabiliteitsdikte (Dm) uit puttest	20	25	28
Permeabiliteit (mD) uit puttest	110	145	170
Geothermisch gradiënt (°C/m)	0.0314	0.0323	0.0332
Gemiddelde oppervlakte temp. (°C)	10	11	12

Tabel 6: Algemene aquifer karakteristieken



Figuur 10: Temperatuurkaart

3.2 Formatiewater karakteristiek (per formatie)

Onderstaand wordt een beschrijving gegeven van de formatiewater samenstelling zoals deze samenstelling op basis van watermonsters is bepaald tijdens de fase van de puttesten. Tevens is de samenstelling van het bijvangst gas beschreven.

Sample no.	Type	pH @ 25°C of flashed water	Density (g/cm ³) of flashed water @ 15°C	GWR (ncm ³ /cm ³) of live water	Bubble Point Pressure (bar) & 83°C
Sample 1	Bottomhole	6.01	1.087	1.0677	700
Sample 2	Bottomhole	6.05	1.082	1.0821	705
Sample 1	Surface Water	6.34	1.087	n/a	n/a

Figuur 11: Brijn eigenschappen productiewater (BRI-GT-01, Panterra PVT analyse 1/9/2015).

Cations - Metals	Test Method	Filtered	Total
Aluminum (Al)	AMW0013	<0.5 mg/L	<0.5 mg/L
Antimony (Sb)	AMW0013	<0.5 mg/L	<0.5 mg/L
Barium (Ba)	AMW0013	4.0 mg/L	4.1 mg/L
Boron (B)	AMW0013	26 mg/L	26 mg/L
Cadmium (Cd)	AMW0013	<0.1 mg/L	<0.1 mg/L
Calcium (Ca)	AMW0013	5700 mg/L	5900 mg/L
Calcium (CaCO ₃)	AMW0013	14000 mg/L	15000 mg/L
Chromium (Cr)	AMW0013	<0.1 mg/L	<0.1 mg/L
Copper (Cu)	AMW0013	<0.1 mg/L	<0.1 mg/L
Iron (Fe)	AMW0013	4.9 mg/L	17 mg/L
Lead (Pb)	AMW0013	<0.1 mg/L	<0.1 mg/L
Lithium (Li)	AMW0013	<1 mg/L	<1 mg/L
Magnesium (Mg)	AMW0013	800 mg/L	830 mg/L
Magnesium (CaCO ₃)	AMW0013	3300 mg/L	3400 mg/L
Manganese (Mn)	AMW0013	1.1 mg/L	1.1 mg/L
Molybdenum (Mo)	AMW0013	<1 mg/L	<1 mg/L
Nickel (Ni)	AMW0013	<0.1 mg/L	<0.1 mg/L
Potassium (K)	AMW0013	770 mg/L	770 mg/L
Silicon (Si)	AMW0013	11 mg/L	12 mg/L
Silica (SiO ₂)	AMW0013	23 mg/L	27 mg/L
Sodium (Na)	AMW0013	37000 mg/L	37000 mg/L
Sodium (CaCO ₃)	AMW0013	80000 mg/L	80000 mg/L
Strontium (Sr)	AMW0013	390 mg/L	400 mg/L
Vanadium (V)	AMW0013	1.2 mg/L	1.2 mg/L
Zinc (Zn)	AMW0013	<0.2 mg/L	<0.2 mg/L
Arsenic (As)	NEN-ISO 17294-2		6.3 µg/L
Mercury (Hg)	NEN-EN 1483		<0.02 µg/L

Tabel 7: Watersamenstelling productiewater BRI-GT-01

Put-GT-1
Put-GT-2
(%)
(%)

Component		Mole%	Weight%
H ₂	Hydrogen	0.000	0.000
H ₂ S	Hydrogen Sulphide	0.000	0.000
CO ₂	Carbon Dioxide	3.213	7.779
N ₂	Nitrogen	4.268	6.576
C1	Methane	89.682	79.144
C2	Ethane	1.787	2.956
C3	Propane	0.400	0.970
C4	i-Butane	0.074	0.238
C4	n-Butane	0.211	0.676
C5	i-Pentane	0.076	0.301
C5	n-Pentane	0.112	0.443
C6	Hexanes	0.098	0.453
	MC Pentane	0.006	0.028
	Benzene	0.007	0.030
	Cyclohexane	0.005	0.022
C7	Heptanes	0.025	0.130
	MC Hexane	0.004	0.021
	Toluene	0.000	0.002
C8	Octanes	0.011	0.065
	E-Benzene	0.000	0.001
	M/P Xylene	0.001	0.005
	O-Xylene	0.000	0.000
C9	Nonanes	0.003	0.020
	1,2,4 TMB	0.000	0.003
C10	Decanes	0.004	0.029
C11+	Undecanes +	0.013	0.109
	Total	100.000	100.000

Component		Mole%	Weight%
H ₂	Hydrogen	0.000	0.000
H ₂ S	Hydrogen Sulphide	0.000	0.000
CO ₂	Carbon Dioxide	3.412	8.381
N ₂	Nitrogen	4.322	6.758
C1	Methane	90.538	81.076
C2	Ethane	1.298	2.179
C3	Propane	0.155	0.382
C4	i-Butane	0.028	0.092
C4	n-Butane	0.056	0.183
C5	i-Pentane	0.024	0.096
C5	n-Pentane	0.041	0.164
C6	Hexanes	0.053	0.248
	MC Pentane	0.004	0.019
	Benzene	0.010	0.045
	Cyclohexane	0.004	0.017
C7	Heptanes	0.019	0.102
	MC Hexane	0.004	0.024
	Toluene	0.003	0.016
C8	Octanes	0.007	0.039
	E-Benzene	0.000	0.001
	M/P Xylene	0.000	0.002
	O-Xylene	0.000	0.001
C9	Nonanes	0.001	0.008
	1,2,4 TMB	0.000	0.003
C10	Decanes	0.003	0.024
C11+	Undecanes +	0.017	0.141
	Total	100.000	100.000

Tabel 8: Gas samenstelling bijvangstgas BRI-GT-01.

4 Wijze van winning

4.1 Beschrijving winning

De warmte wordt primair gewonnen uit geproduceerd formatiewater. Het systeem produceert en injecteert in de Trias zandstenen op een diepte van ongeveer 2200 meter met water van ongeveer 83 graden. Het water wordt in de productieput omhoog gepompt middels een ESP. Vervolgens wordt het water ontgast in de ontgassingsinstallatie en ontdaan van fines in de filters. Dan wordt de warmte afgegeven door middel van warmtewisselaars aan het secundaire warmtenet. Het afgekoelde water wordt na een 2^e filterstraat met een zware pomp teruggepompt in de formatie.

Het opgewarmde water aan de secundaire zijde van de bronwarmtewisselaars wordt doormiddel van een transportnet en transportpompen bij de afnemers gebracht. Bij de afnemers wordt doormiddel van warmtewisselaars de warmte over gebracht op het verwarmingswater van de bestaande verwarmingsinstallatie.

4.1.1 Status productie

Productie van Aardwarmte is aangevangen per januari 2016. De hoeveelheid water, gas en bijbehorende energie productie is terug te vinden in Tabel 10.

In 2017/2018 zijn er enkele productie onderbrekingen geweest welke te wijden zijn aan storingen aan de bovengrondse besturingsinstallatie en een grootonderhoud stop aan de inrichting in 2018. Bijkomend was de maximale productie gelimiteerd door een beperkte injectiedruk van de CO₂-injectie installatie (29 januari 2018 opgelost) en gelimiteerd door het bereiken van het maximaal toegestane geluidsniveau (Wabo). De prognose voor 2019 is een totaal geproduceerde hoeveelheid energie van 0.362 PJ/jaar.

4.1.2 Operationele begrenzings

De maximale vergunde injectiedruk is momenteel 66 bar bij een daaraan gekoppeld maximaal debiet van 360 m³ per uur, berekend middels het injectiedruk protocol (Protocol bepaling maximale injectiedrukken bij aardwarmtewinning – versie 2,) en daarbij rekening houdende met de optredende wrijvingsweerstand tijdens de injectie langs de verbuizingen in het injectiesysteem.

In het kader van de Wabo is er door SodM (Staatstoezicht op de Mijnen) bij Besluit met kenmerk 19074744 INS-261 en gedateerd 2 april 2019 als onderstaand bepaald. De berekeningen hiervan zijn terug te vinden in Appendix 11.3.

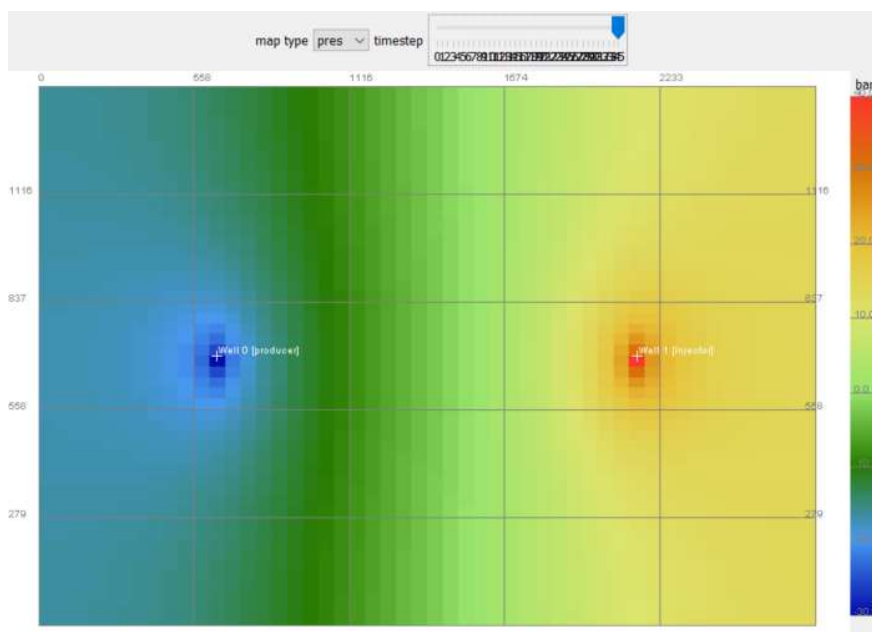
Debiet (m ³ /h)	150	180	210	240	270	300	330	360
THP _{max} (barg)	60	61	61	62	63	64	65	66

Vóór het nemen van bovenstaand genoemd besluit gold de in kader Wabo in brief SodM met kenmerk 16005846, gedateerd 14 januari 2016, vastgestelde THP_{max} 59 barg.

De productiezijde is op dit moment niet begrenst. De pomp heeft een hoge capaciteit en er lijkt geen sprake te zijn van reservoir erosie en/of well integriteitsissues met de gehaalde debieten.

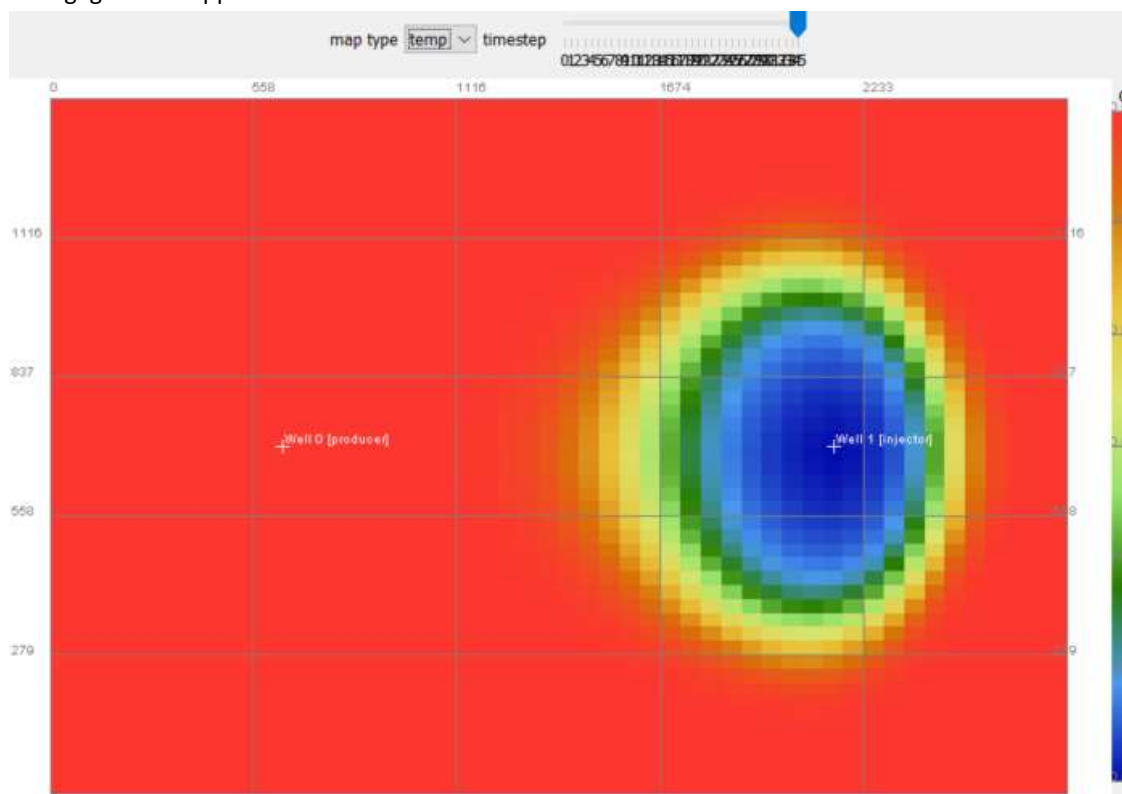
Maximale toegelaten tubing head pressure op basis van Leak-off test (Wordt als representatief gezien voor de minimale sterkte van de bovenliggende afsluitende laag).

In onderstaande Figuur 12 is de druk verandering in het gebied van de winningsvergunning weergegeven na 35 jaar productie op het moment dat het systeem in bedrijf is. De drukval tussen de putten is nodig om het water van de productieput naar de injectieput te laten stromen. Op het moment dat de pompen uitgaan, zal deze druk weer herstellen rond het nulpunt. Het weergegeven gebied is op schaal met de winningsvergunning. De input parameters voor dit model worden weergegeven in Appendix 11.2.



Figuur 12: Druk distributie na 35 jaar

Figuur 13 toont de afkoeling in het diepe reservoir na 35 jaar. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de afkoeling lokaal is en niet voorbij de contouren van het winningsvergunning gebied reikt. De input parameters voor dit model worden weergegeven in Appendix 11.2.



Figuur 13: Temperatuur verdeling na 35 jaar

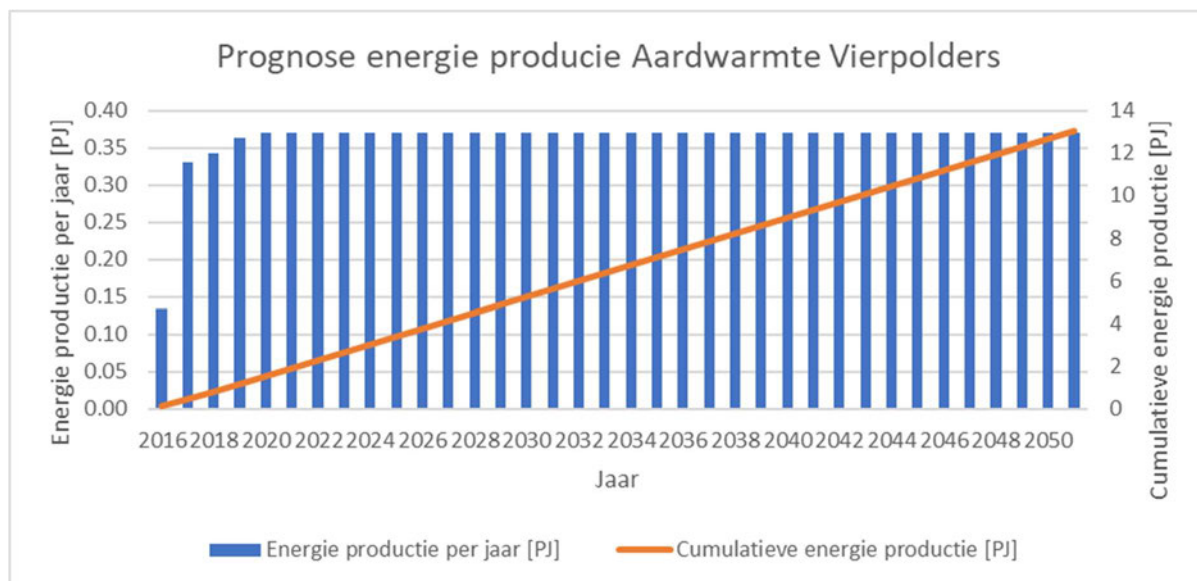
Put	Prognose waarde
Debiet geproduceerd water (m ³ /h) (inclusief onzekerheid marge)	150-350
Gemiddelde temperatuur van het productiewater, gewogen per volume, gemeten voor de warmtewisselaar (°C)	83
Gemiddelde druk direct onder de pomp in productieput (bar)	34
Laagste druk direct onder de pomp in productieput (bar).	21
Maximale drukverlaging in het reservoir (drawdown) (bar)	50
Druk aan de putmond van de productieput (bar)	3.5
Verhouding hoeveelheid olie uit productieput indien onttrokken uit de aquifer (Sm ³ /m ³)	0
Verhouding hoeveelheid gas uit productieput indien onttrokken uit de aquifer (Nm ³ / m ³)	0.95
Verhouding hoeveelheid condensaat uit productieput indien onttrokken uit de aquifer (cm ³ /m ³)	50
Hoeveelheid en type in de productieput ingebrachte mijnbouwhulpstoffen (ml/m ³)	Corrosie inhibitor 10 mL/m ³
Debiet geïnjecteerd water (m ³ /h) (inclusief onzekerheid marge)	150-350
Gemiddelde temperatuur van het injectiewater, gewogen per volume, gemeten tussen warmtewisselaar en de putmond (°C)	25-35
Gemiddelde druk aan de injectieputkant van de injectiepomp (bar)	38
Maximale druk van aan de injectieputkant van de injectiepomp (bar)	59
Maximale injectiedruk (bar)	66 bar bij 360 m ³ /h
Prognose aantal vollasturen per jaar (d)	7885
Prognose onttrokken warmte per jaar (GJ)	365000
Prognose hoeveelheid benodigde elektrische energie (GJ)	23808
Geïnstalleerd vermogen installatie (MW _{th})	17

Tabel 9

p: Prognose toekomstige productie

Jaar vanaf status datum	Prod. temp. (°C)	Hoeveelheid water (mln m ³)	Energie (GJ)	Inhibitor (ppm)	Gas (mln. m ³)	Olie (m ³)	Aantal vollast uren (hrs)	Energie-consumptie (GJ)
2016	83	0.4	133336	10	0.38	0.0	3485	5121
2017	83	1.6	329760	10	1.52	0.0	7413	14313
2018	83	1.7	341623	10	1.62	0.0	7683	19723
2019	83	1.8	362249	10	1.71	0.0	8561	23808
2020	83	2.0	370000	10	1.9	0.0	7885	23808
2025	83	2.0	370000	10	1.9	0.0	7885	23808
2030	83	2.0	370000	10	1.9	0.0	7885	23808
2035	83	2.0	370000	10	1.9	0.0	7885	23808
2040	83	2.0	370000	10	1.9	0.0	7885	23808
2045	83	2.0	370000	10	1.9	0.0	7885	23808
2050	83	2.0	370000	10	1.9	0.0	7885	23808
2051	83	2.0	370000	10	1.9	0.0	7885	23808

Tabel 10: Karakteristieken geothermisch systeem performance onder beoogde standaard operationele condities



Figuur 14: Productieprognose gedurende looptijd van het project. Productieprofiel PJ versus jaar.

4.2 Duur van winning

Duur van de winning zal 35 jaar bedragen. Indien doorbraak van koud water niet wordt waargenomen binnen 35 jaar zal een aanvraag worden gedaan tot verlenging van de winning.

5 Natuur

5.1 Algemeen

De projectlocatie Vierpolders heeft een oppervlakte van circa 4000 m² en ligt aan de rand van een glastuinbouwgebied grenzende aan akkers en weilanden. Ten zuidwesten van de projectlocatie ligt de watergang Strijpsche Wetering evenwijdig aan de Rijksstraatweg. Dit is een brede watergang met rietoevers aan de noordzijde wordt het projectgebied begrensd door een smalle watergang van minder dan een meter breed.



Figuur 15: Bovenaanzicht van de mijnbouwlocatie

5.2 Natuur Netwerk Nederland (NNN-gebied)

De zuidwestelijk van de projectlocatie gelegen Strijpsche Wetering maakt deel uit van het NatuurNetwerk Nederland. Zoals uit bovenstaande luchtfoto van de locatie blijkt grenst de locatie direct aan dit NNN-gebied. In dit NNN-gebied zelf vinden echter geen activiteiten plaats in het kader van voorliggend winningsplan.

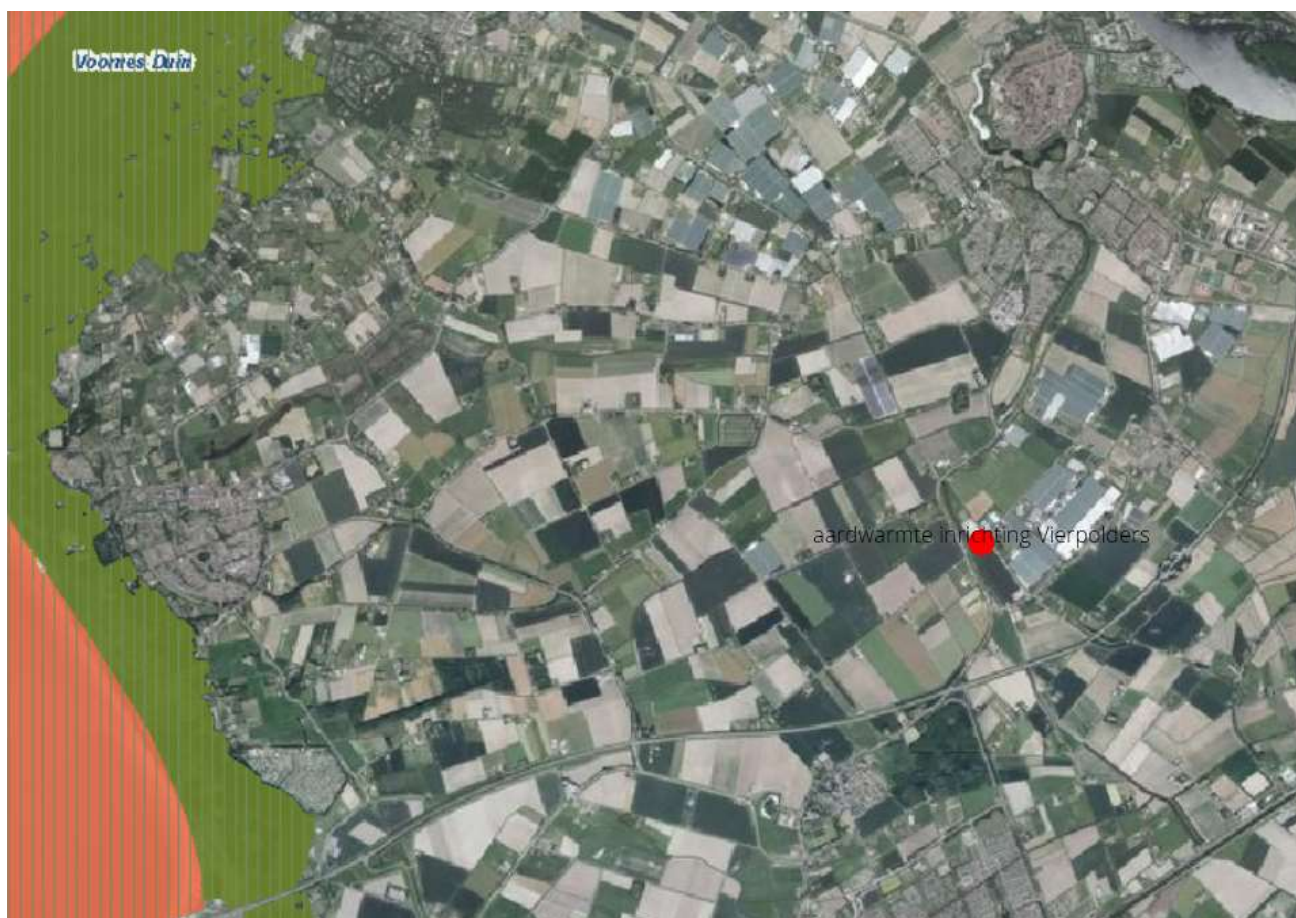
Tijdens de Wabo vergunningprocedure voor de oprichting van de aardwarmte inrichting is gesteld dat het project geen effect op de ecologische oeverinrichting van de watergang heeft mits 15 – 20 meter afstand tot de watergang wordt aangehouden. Het project is als zodanig uitgevoerd.

Ten gevolge van de winning wordt geen bodembeweging verwacht (zie hoofdstuk 6) en zijn ten gevolge van de winning geen nadelige effecten op de Strijpsche Wetering te verwachten.

5.3 Natura 2000 gebied

In de directe omgeving van de aardwarmte inrichting zijn geen Natura 2000 gebieden gelegen. Het meest dichtbij gelegen Natura 2000 gebied is het Voornes Duin dat op een afstand van 5,6 km van de project locatie is gelegen. Tijdens de Wabo vergunningprocedure voor de oprichting en in werking hebben van de aardwarmte inrichting is gesteld dat het project geen effect heeft op dit meest nabijgelegen Natura 2000 gebied.

Gezien de afstand van 5,6 km tot de projectlocatie en het feit dat zoals beschreven in hoofdstuk 6 geen bodembeweging wordt voorzien ten gevolge van de aardwarmte winning zijn tevens geen negatieve effecten op de instandhoudingsdoelstellingen voorzien ten gevolge van de aspecten behandeld in voorliggend winningsplan.



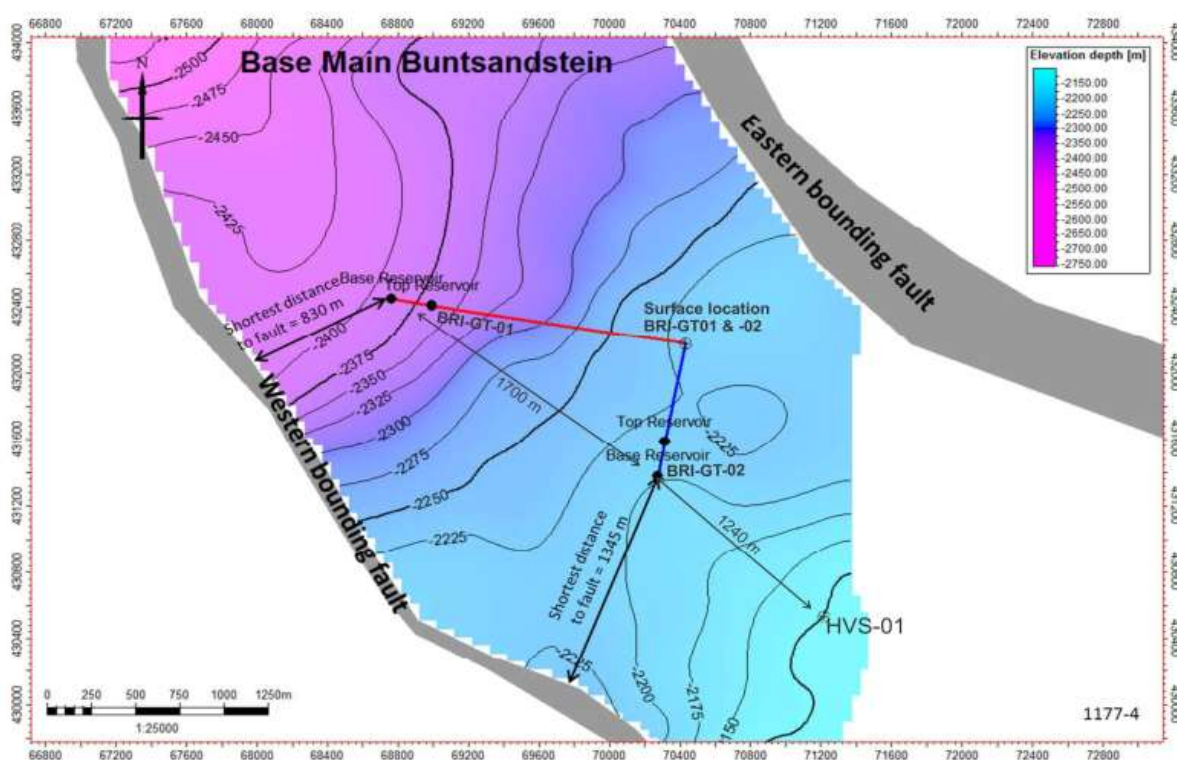
Figuur 16: Dichtbijgelegen Nature 2000 gebied

6 Bodembeweging

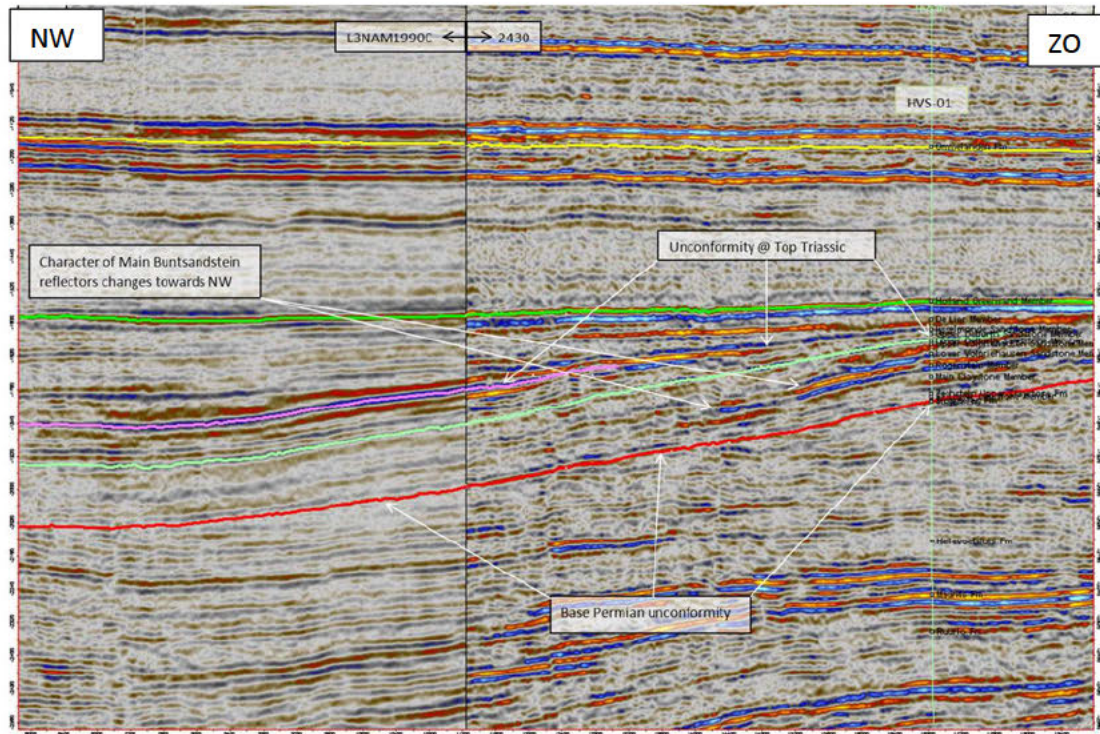
In dit hoofdstuk worden eventuele gevolgen van de winning in termen van bodemdaling en bodemtrillingen inzichtelijk gemaakt.

6.1 Geologische karakteristiek ligging putten

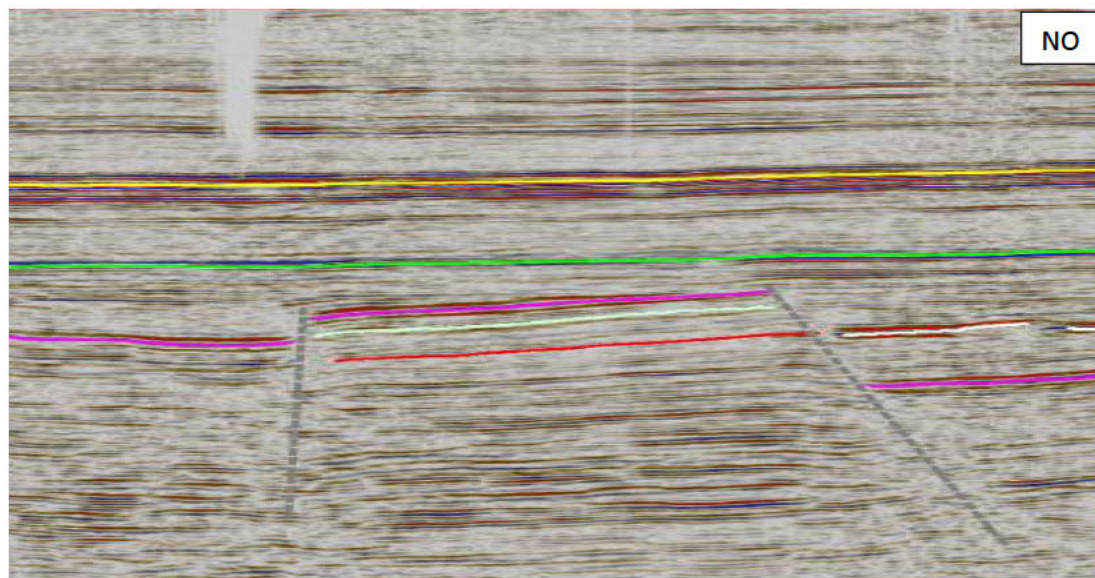
Middels onderstaande Figuur 17 t/m Figuur 19 wordt de geologisch karakteristieke ligging van de putten duidelijk gemaakt.



Figuur 17: Top reservoir kaart met alle op de seismische data geïnventariseerde breuken



Figuur 18: Seismische sectie door de geothermisch systeem putten parallel aan de belangrijke breuktrends. De seismische markers zijn gelabeld als volgt: Geel = Base Tertiary, Groen = Base Chalk, Wit = Posidonia Shale, Roze = Top Triassic, Licht groen = top Lower Detfurth Sandstone, Rood = Base Permian

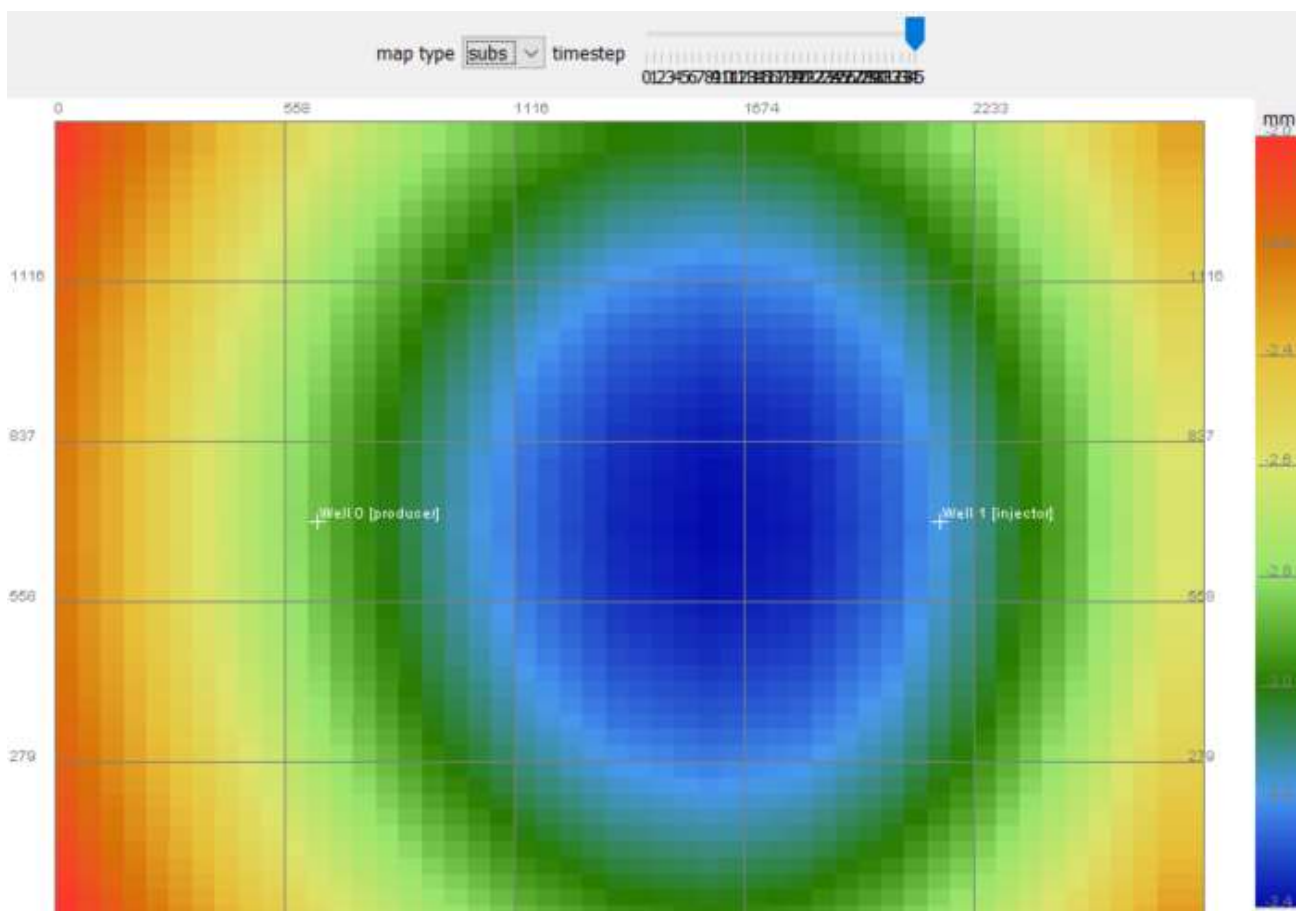


Figuur 19: Seismische sectie door de geothermisch systeem put(ten) loodrecht op de belangrijke breuktrends. De seismische markers zijn gelabeld als volgt: Geel = Base Tertiary, Groen = Base Chalk, Roze = Top Triassic, Licht groen = top Lower Detfurth Sandstone, Rood = Base Permian

6.2 Inventarisatie mate van bodemdaling of bodemstijging

Middels een interferentietest is aangetoond dat er drukcommunicatie is tussen de injectieput en de productieput (Report number: Panterra G1177, BRI-GT-01 – BRI-GT-02 Interference Analysis, November 2015).

Op basis van DoubletCalc 2D is er een inschatting gemaakt wat de verwachte bodemdaling is als gevolg van 35 jaar winning. In figuur 20 is te zien dat de maximale verwachte bodemdaling 3.4mm bedraagt. De input parameters voor dit model worden weergegeven in Appendix 11.2.



Figuur 20: Bodemdaling na 35 jaar

6.3 Inventarisatie van gevaar op bodemtrillingen

Het geothermie systeem is gebaseerd op een productie en injectie debiet waardoor de reservoir druk constant blijft. Lokaal is er rond de productieput een drukverlaging en rond de injectieput een drukverhoging. Daarnaast kan door afkoeling mogelijk spanning ontstaan. Het West Nederlands Bekken staat echter bekend om haar stabiele tektonische setting. Op de KNMI website staan nagenoeg geen (geïnduceerde) activiteit, zie Figuur 23, en dit wordt bevestigd in de paper *Pre-Neogene controls on present-day fault activity in the West Netherlands Basin and Roer Valley Rift System* (Worum et al, 2005).

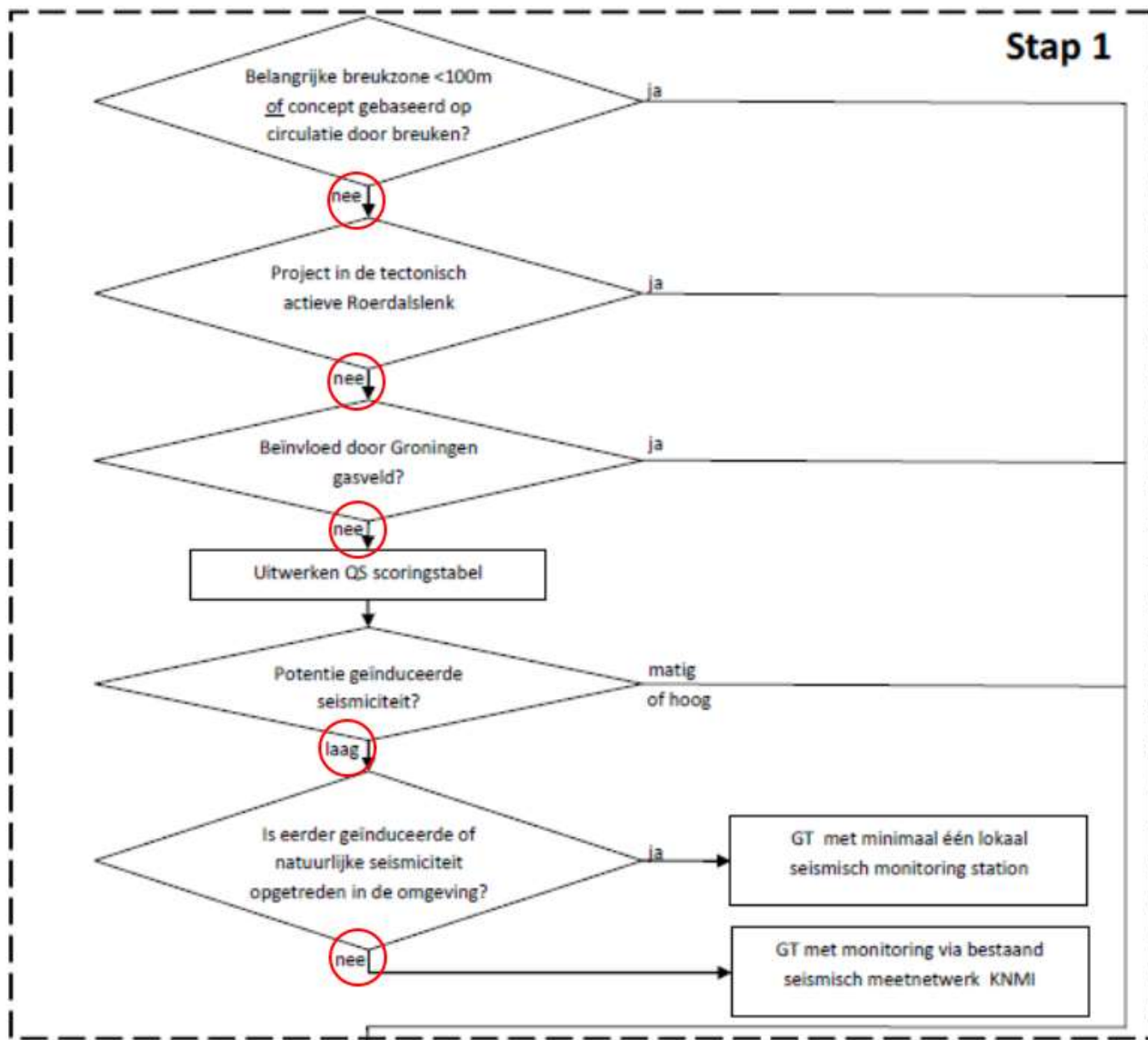
6.3.1 Seismische risico analyse (SRA)

Voor het bepalen van seismisch risico dient als basis het door Q-con GmbH en IF Technology B.V. opgestelde document genaamd "Voorstel voor een seismische gevaren- en risicoanalyse voor geothermische projecten in Nederland", gedateerd 6/10/2016.

De richtlijnen zoals aanbevolen in dit document ten aanzien van een gevaren- en risicoanalyse op geïnduceerde seismiciteit ten gevolge van geothermie worden gedragen door het bevoegd gezag, het ministerie van EZK.

Voor aardwarmte Vierpolders is de in dit document beschreven stappenmethode doorlopen.

Uit stap 1 volgt dat Aardwarmte Vierpolders met haar huidige putten geen aanvullende risico-mitigerende maatregelen hoeft te nemen. De decision-tree voor stap 1 is weergegeven in Figuur 21, waarmee verdere stappen worden uitgesloten.



Figuur 21: Stap 1 van de Decision Tree voor het acteren bij seismiteit risico's bij Aardwarmte Projecten

Onderdeel van de bovenstaande decision tree is het uitwerken van de zogenaamde "QS scoringstabel" zoals deze tabel is opgenomen in het eerder genoemde document "Voorstel voor een seismische gevaren- en risicoanalyse voor geothermische projecten in Nederland", gedateerd 6 /10/2016.

Deze QS scoringstabel is onderstaand weergegeven in Figuur 24.

Bij het invullen van het scoringsschema voor de Quick Scan waren twee van de te kiezen parameters enigszins twijfelachtig. Hiervoor is de meest conservatieve waarde genomen en daarmee blijft de uitslag voldoende vertrouwen bieden voor de gekozen strategie waarbij de aardwarmtewinning Vierpolders kan plaatsvinden met monitoring via het bestaand seismisch meetnetwerk van het KNMI. De score van totaal 23 in onderstaande tabel ligt ruim onder de grens van 30, waarmee de voorlaatste stap in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** 24 de uitkomst 'laag' heeft, ook heeft er niet eerder geïnduceerde of natuurlijke seismiteit opgetreden. Aansluiting bij het bestaand meetnet werk van KNMI is daarmee gerechtvaardigd.

Onderstaand volgt per onderdeel van de QS scoringstabel een verantwoording van de gekozen waarde.

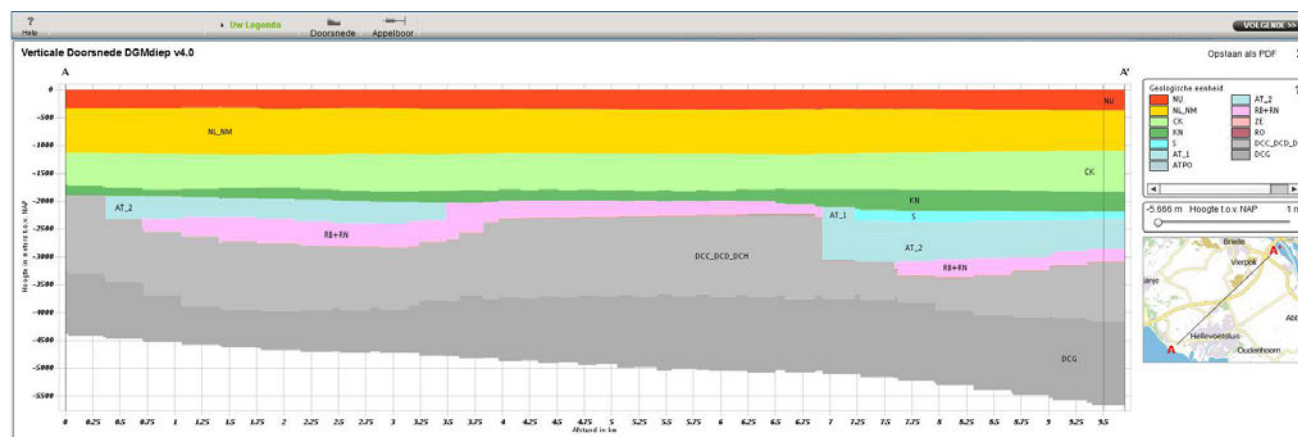
Verbinding met kristallijne basis

De kristallijne basis is zeer hard gesteente en ligt in Nederland op dieptes lager dan de reguliere geothermie projecten. Waterinjectie in kristallijn gesteente kan aanleiding zijn tot geïnduceerde seismiteit.

De aardwarmtewinning vindt plaats uit de Trias zandsteen (roze laag in onderstaande doorsnede), daaronder bevindt zich de Limburg groep uit het Carboon (licht en donker grijze lagen). Hieronder (niet meer aangegeven in de figuur) liggen de Carboon kalken. De top van de Carboon kalken is de diepst gekarteerde laag in Nederland en bevindt zich ter plaatse van Vierpolders op ongeveer 5km diepte. Hieronder kunnen nog oudere lagen (Devoon, Siluur, etc.) voorkomen alvorens zich de daadwerkelijke kristallijne basis aandient.. In de meest conservatieve aanname kan de top van de Carboon kalken beschouwd worden als kristallijne basis; de afstand tussen het reservoir en de top van de Carboon kalken zou daarmee al bijna 3 kilometer zijn, maar is hoogstwaarschijnlijk meer door de dikte van de Carboon kalken en de additionele Devoon en Siluur lagen die met deze aanname buiten beschouwing gelaten zijn. De aardwarmte injectie- /productie-put liggen op significante afstanden van de breuken die mogelijk een verbinding met een kristallijne basis zouden kunnen vormen (zie volgende paragraaf).

Op basis van deze observaties kan concluderend gesteld worden dat een verbinding tussen aardwarmte injectie-/productieput en kristallijne basis extreem onwaarschijnlijk is.

Dit rechtvaardigt de score 0 in figuur 24.



Figuur 22: Verbinding met kristallijne basis

Afstand (km) tot bestaande breuken

In paragraaf 5.1 Figuur 17 is aangegeven hoe groot de afstand is van de injectieput en productieput tot de vanuit seismisch onderzoek bepaalde breuken. De afstand van productie put BR-GT-01 tot de dichtbijgelegen breuk bedraagt 830 meter en de afstand tot injectie put BRI-GT-02 bedraagt 1145 meter. Dit rechtvaardigt de score 3 in figuur 24.

Oriëntatie van de breuk in heersende stressveld

De oriëntatie van de breuk(en) in het stressveld geeft een eerste indicatie van mogelijke instabiliteit van de breuk. Een instabiele breuk (kritisch gestresst) is gevoeliger voor stressveranderingen en zal daardoor eerder bezwijken en seismiteit veroorzaken. De breuken in de Vierpolders regio zijn relatief oud en lopen maar door tot in de Jura.

De gemiddelde oriëntatie van de breuken in de regio is 330° (N-30°-NW) en de maximale horizontale stress in de regio is 310° (N-50°-NW) (<http://www.world-stress-map.org/>). Als er louter naar deze oriëntaties gekeken zou worden dan zou de maximale horizontale stress een negatief effect op de breuken kunnen veroorzaken. Echter, uit onderzoek blijkt dat

de kans op breuk-reactivatie in de regio (het West Nederlands Bekken) zeer onwaarschijnlijk is (http://www.agentschapnl.nl/sites/default/files/sn_bijlagen/bep/70-Opslagprojecten/ROAD-project/Fase1/2_MER/MER-deelrapport-opslag-incl-bijlagen-1-353744.pdf). Hiermee is de kans van seismiteit in het WNB zeer klein. Seismiteit is tot op heden ook niet waargenomen in het WNB (gebruik makende van het KNMI netwerk), zelfs gedurende/na jaren van olie/gas/aardwarmte productie.

Dit rechtvaardigt de score 3 in figuur 24.

Netto geïnjecteerd volume (x 1.000 m³)

Als een geothermiesysteem (in een bepaalde periode) meer water injecteert dan onttrekt, dan is de toename van de drukken in de omgeving van het geothermie systeem groter dan bij een injectie die in balans is met de onttrekking. Uit de praktijk is bekend dat zowel het aantal als ook de sterkte van geïnduceerde bevingen toeneemt bij een toename van het netto geïnjecteerde volume.

Bij Vierpolders is sprake van een gesloten massabalans, dit betekent dat het onttrokken water volledig wordt geïnjecteerd waarbij de beperkte hoeveelheid onttrokken bijvangst aan aardgas wordt gecompenseerd door gelijkwaardige beperkte injectie van CO₂ in het retourwater van de injectieput.

Bovenstaand rechtvaardigt de score 0 in Figuur 24.

Drukcommunicatie tussen de putten

De drukveranderingen in de omgeving van het geothermie systeem zijn een optelsom van de drukverhogingen als gevolg van de injectie en de drukverlagingen als gevolg van de onttrekking. Als er drukcommunicatie is dan treedt er een uitdempende werking op van deze effecten. Het streven bij ontwerp en uitvoering is om voor goede drukcommunicatie te zorgen.

Bij Vierpolders is sprake van drukcommunicatie zoals benoemd in voorgaande paragraaf 5.2 waarin wordt verwezen naar de referentietest.

De score 0 in Figuur 24 is hiermee gerechtvaardigd.

Injectiedruk (bar)

Bij een toename van de injectiedruk, treden grotere drukveranderingen op en groeit ook het gebied waarbinnen bepaalde drukveranderingen optreden. De maximale injectiedruk is door het Staatstoezicht op de Mijnen voor Vierpolders vastgesteld op 66 bar. De berekening hiertoe wordt weergegeven in Appendix 11.3.

De score 7 in Figuur 24 is hiermee gerechtvaardigd.

Systeemdebiet (m³/uur)

Het systeemdebiet bepaalt de hoeveelheid water die in een bepaalde tijdsperiode wordt onttrokken en geïnfiltreerd. Het systeemdebiet is direct van invloed op de drukveranderingen en heeft daarom op het eerste gezicht weinig meerwaarde ten opzichte van de injectiedruk. Als er echter (onbedoeld) geen drukcommunicatie tussen de putten is, dan is het systeemdebiet een maat voor de groei van het netto geïnjecteerd volume in het reservoirblok van de injectieput. Door het systeemdebiet op te nemen in de Quick Scan, wordt dus geanticipeerd op de mogelijkheid van onverwacht slechte drukcommunicatie tussen injectieput en productieput. Het systeemdebiet van Vierpolders ligt in de range van 150 m³/uur tot 350 m³/uur en dit rechtvaardigt de score 7/10 in figuur 24..

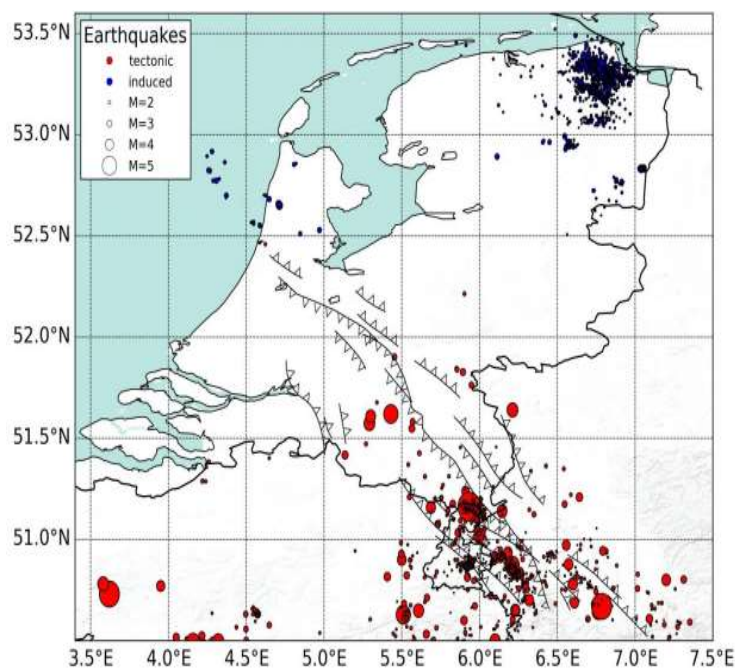
Score 10 is aangehouden omdat de bovengrens de 360 m³/ uur benaderd.

Afstand (km) tot natuurlijke aardbevingen

Het voorkomen van natuurlijke aardbevingen geeft aan dat sprake is van seismisch actieve breuken. Als dicht bij het geothermiesysteem natuurlijke aardbevingen zijn opgetreden, dan kan een relatief kleine beïnvloeding al seismische activiteit veroorzaken en is dus sprake van een verhoogde potentie.

De dichtstbijzijnde natuurlijke aardbeving m.b.t. Vierpolders bevindt zich ten zuiden van Eindhoven en noordelijk van Weert.

De score 0 in Figuur 24 is hiermee gerechtvaardigd.



Figuur 23: Geïnduceerde en tektonische aardbevingen in Nederland

Afstand (km) tot geïnduceerde seismiciteit

Evenals bij natuurlijke aardbevingen, blijkt uit het vóórkomen van geïnduceerde seismiciteit dat sprake is van actieve (gereactiveerde) breuken. Als op korte afstand geïnduceerde seismiciteit is opgetreden is daarom sprake van een verhoogde potentie.

De dichtstbijzijnde geïnduceerde aardbeving m.b.t. Vierpolders bevindt zich bij Alkmaar zie Figuur 23.

De score 0 in Figuur 24 is hiermee gerechtvaardigd.

score	verbinding met kristallijnen basis	afstand [km] tot bestaande breuken	oriëntatie van de breuk in heersende stressveld	netto geïnjecteerd volume [x1.000 m³]	drukcommunicatie tussen de putten	injectiedruk [bar]	systeemdebiet [m³/uur]	afstand [km] tot natuurlijke aardbevingen	afstand [km] tot geïnduceerde seismiciteit	
10	ja	< 0,1	gunstig (voor bezwijken)	> 20	nee	> 70	>360	< 1	< 1	
7	mogelijk	0,1-0,5	bezwijken mogelijk	5-20	niet waarschijnlijk	40-70	80-360	1-5	1-5	
3	niet waarschijnlijk	0,5-1,5	bezwijken niet waarschijnlijk	0,1-5	waarschijnlijk	10-40	50-180	5-10	5-10	
0	nee	> 1,5	bezwijken vrijwel onmogelijk	< 0,1	Ja	< 10	<50	> 10	> 10	
	0	3	3/0	0	0	7	10/7	0	0	SOM: 23 <30

Figuur 24: Quick scan seismiciteit – Aardwarmte Vierpolders

7 Monitoringstrategie

7.1 Put monitoring

In het kader van het veilig produceren van aardwarmte wordt de put uitgebreid gemonitord. Er zijn twee typen monitoring in plaats: continue en periodieke monitoring

7.1.1 Continue monitoring

7.1.1.1 Productiviteit/injectiviteit monitoring

Dit zijn bijvoorbeeld de druk, debiet en temperatuur van zowel de injectie als de productieput. Indien afwijkend gedrag van de put wordt waargenomen zal aan de hand van Hydreco GeoMEC protocol worden vastgesteld wat de risico's en corresponderende mitigerende maatregelen zijn. Om een voorbeeld te geven. Indien vastgesteld wordt dat de productiviteit plotseling afneemt geeft het protocol aan dat het risico bestaat dat er een lek is ontstaan in de casing. De mitigerende maatregel is dat er gecheckt wordt of er een afname is in formatie debiet en temperatuur. Zo ja is er zeer waarschijnlijk een lek in de casing en zal er gehandeld moeten worden. Indien de temperatuur constant is gebleven zal de toename door een ander fenomeen komen.

7.1.1.2 Corrosie monitoring

Geochemische waarden zoals de zuurtegraad, temperatuur en geleidbaarheid worden continue gemeten. Op basis van deze metingen wordt een inschatting gemaakt wat de corrosiesnelheid is. Deze metingen worden geïjkt met periodieke corrosiesnelheidsbepalingen (zie corrosie en water analyse). Indien verhoogde waarden worden gemeten zal naargelang de situatie gehandeld worden. In ieder geval zal de dosering van de hulpstoffen (corrosie inhibitor) worden gecontroleerd en eventueel bijgesteld.

7.1.2 Periodiek monitoring

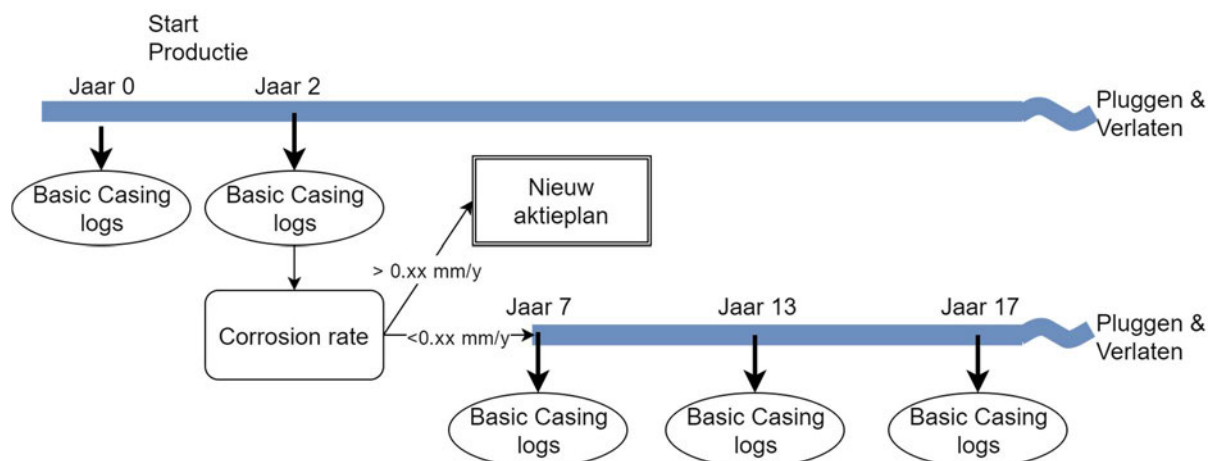
7.1.2.1 Casing dikte

Er is op basis van de gewenste levensduur doublet en de minimale casing dikte een maximale corrosie-rate bepaald. Deze is leidend voor besluitvorming omtrent casing corrosie. De corrosie-rate zal bepaald worden door de casing logs tijdens realisatie en na 2 jaar exploitatie te vergelijken. Indien de corrosion rate kleiner is dan de vooraf bepaalde waarde zullen er geen extra maatregelen genomen worden. De casing wordt daarna minstens elke 5 jaar gelogd. Mocht de corrosion rate hoger zijn zal een nieuw actieplan moeten worden opgesteld. Casing dikte wordt bepaald met een casing log. De casing log zal verlies van casing integriteit aan het licht brengen. Dit kunnen lokale gaten zijn zoals bijvoorbeeld in de hoog turbulente omgeving vlakbij de ESP inlaat. Dit kan ook regionaal zijn wanneer over een grote afstand binnen de casing de dikte minder is dan de vooraf gestelde waarde.

Een lijst van plekken waar hoge turbulentie wordt verwacht:

- Rondom ESP inlaat/ uitlaat
- X-overs
- Liner hanger
- Spuitkruis

Indien de putintegriteit in het geding is zullen maatregelen genomen worden om dit te repareren.



Figuur 22: Casing logs tijdens de levensduur van het doublet

7.1.2.2 Smitkruis

Het smitkruis wordt driemaal per week visueel gecontroleerd op lekkages. Indien er lekkages zijn wordt dit direct gemeld en vervolgens worden passende mitigerende maatregelen genomen. Daarnaast wordt het smitkruis door een gecertificeerde partij gekeurd en bij herinstallatie onderworpen aan een druktest.

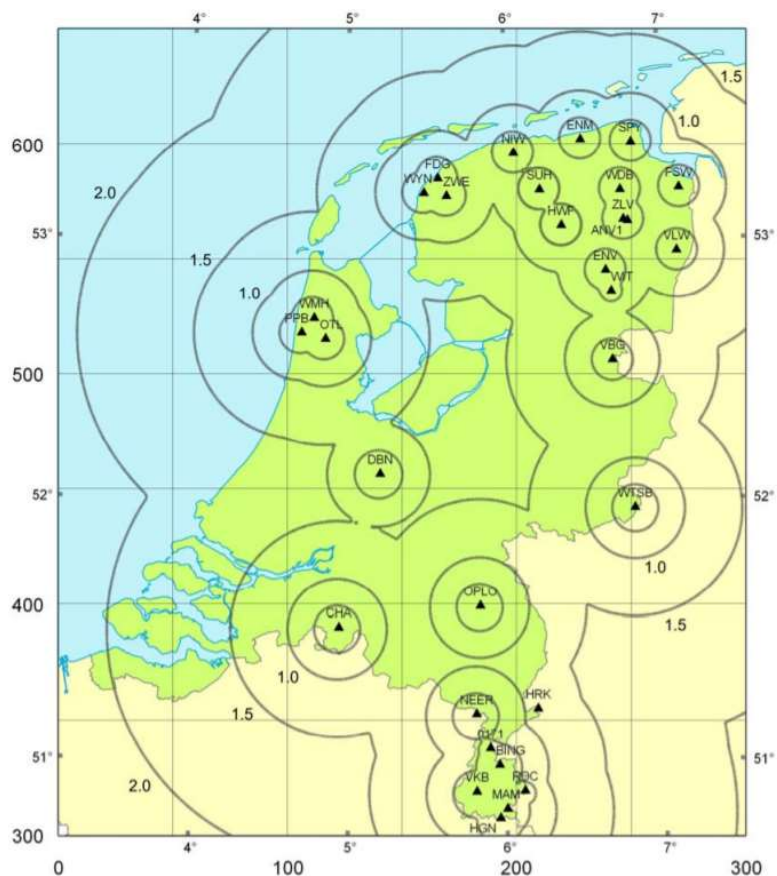
7.1.2.3 Corrosie en wateranalyse

Elk kwartaal wordt middels een coupon bepaald wat de verwachte corrosie downhole is. Daarnaast wordt ook een watermonster genomen waar een volle analyse van kationen en anionen wordt gedaan. Er worden standaard twee analyses uitgevoerd op de resultaten van de wateranalyse. Ten eerste wordt gekeken of concentratie opgelost ijzer niet toeneemt. Dit kan een indicatie zijn voor verhoogde corrosie. Ten tweede wordt gecontroleerd of de concentraties schadelijke stoffen binnen de wettelijk norm vallen.

7.2 Omgevingsmonitoring

De omgeving buiten de putten wordt ook gemonitord:

- Jaarlijkse grondwaterkwaliteit monitoring met behulp van vier permanente peilbuizen in de omgeving van het geothermische doublet.
- Seismische metingen met behulp van het KNMI netwerk **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** 25. Het dichtstbijzijnde station op 5 km afstand van Vierpolders. Het seismische monitoringsnetwerk wordt binnenkort uitgebreid in de provincie Zuid-Holland.
- Incidentele geluidsmetingen voor de directe omgeving.
- Additionele incidentele monitoring voor groot onderhoud aan de putten.



Figuur 25: Detectie drempel van geïnstalleerde seismometers (Bernard Dost, 2012)

8 Verklarende woordenlijst

- | | |
|-------------------------|--|
| • Abandonnering | verwijderen inrichting na afloop winningsperiode |
| • Aquifer | watervoerende lag waaruit de Aardwarmte wordt gewonnen |
| • BRI-GT-01-P | putnaam Brielle –Geothermie- put nummer 01, productie |
| • BRI-GT-02 -I | putnaam Brielle –Geothermie- put nummer 02, injectie |
| • Casing | mantelbuis geplaatst in boorgat |
| • Conductiviteit | eigenschap om elektrische stroom te geleiden |
| • ESP | Electrical submersible pumps (elektrische dompelpomp) |
| • m tvBRT | meter Below Rotery Tabel (afstand in meters onder boorvloer) |
| • PJ energie | Petajoule energie |
| • Scaling | Afzetting op de binnenwand van verbuizingen |
| • THP | Top Hole Pressure |
| • Wkk installatie (WKK) | opwekking elektriciteit door middel van warmte-krachtkoppeling |

9 Referenties

- International Organization for Standardization. (2017). *ISO 16530-1:2017*.
- Panterra Geoconsultants. (2015). *BRI-GT-01 -- BRI-GT-02 Interference Analysis*.
- Panterra Geoconsultants. (2015). *PVT Water analysis Report Well BRI-GT-01*.
- Q-Con, IF Technology. (2016). *Defining the Framework for Seismic Hazard Assessment in Geothermal Projects V0.1 - Technical Report*.
- SodM, TNO-AGE. (2013). *Protocol bepaling maximale injectiedrukken bij aardwarmtewinning, – versie 2*.
- TNO-AGE. (2014). *Bepaling begrenzingen winningsvergunning aardwarmte*.
- Well Engineering Partners. (2015). *End of Well Report BRI-GT-01*.
- Well Engineering Partners. (2015). *End of Well Report BRI-GT-02*.
- KNMI. (2012). *Monitoring induced seismicity in the North of the Netherlands: status report 2010*

10 Bijlagen

“Voorstel voor een seismische gevaren- en risicoanalyse voor geothermische projecten in Nederland”, Q-con GmbH en IF Technology B.V., gedateerd 6 /10/2016.

11 Appendix

11.1 Kosten

Actie		Kosten raming (EUR)
Reguliere jaarlijkse operationele kosten	Installaties	
	Opex overige	
Periodieke jaarlijkse kosten		
Jaarlijks totaal		
Verwachte abandonneringskosten		
PUT-GT-1		
PUT-GT-2		
Gebouwen en terrein		
Abandonment totaal		

11.2 DoubletCalc2D input parameters

REGION OF INTEREST				
xmin	0.0	m	nx	50.0
xmax	2791.64	m	ny	50.0
ymin	0.0	m		
ymax	1395.82	m		
grid geometry	none	use grid	view	

AQUIFER PROPERTIES					
initial temperature	83.0	C	none	use grid	view
aquifer depth	2171.0	m	none	use grid	view
(cell) thickness	204.0	m	none	use grid	view
porosity	0.18	-	none	use grid	view
net to gross	0.9	-	none	use grid	view
actnum	1.0	-	none	use grid	view
permeability in xdir	120.0	mDarcy	none	use grid	view
permeability in ydir	120.0	mDarcy	none	use grid	view
water salinity	120000.0	ppm	none	use grid	view

CALCULATION SETTINGS	
time end production	35.0 yrs
time end analysis	35.0 yrs
output interval	1.0 yrs
output/calculation interval after production	250.0 yrs

ADVANCED AQUIFER PROPERTIES

storage capacity	1.0E-9	m ³ Pa ⁻¹
water conductivity	0.6	W K ⁻¹ m ⁻¹
temperature dependent viscosity	yes	
viscosity	0.001	Pa s
temperature dependent density	yes	

ADVANCED ROCK PROPERTIES

rock conductivity	4.0	W K ⁻¹ m ⁻¹
heat capacity	1000.0	J kg ⁻¹ K ⁻¹
rock density	2700.0	kg m ⁻³
Young's modulus	9.0E9	Pa
Poisson's ratio	0.35	-
compaction coefficient	1.0E-5	bar ⁻¹
thermal compaction coefficient	2.0E-5	C ⁻¹

OUTPUT SETTINGS

output fileformat	SURFER
output VTK (ParaView) fileformat	no
write debug output grids	no

CALCULATION SETTINGS

cooling 3D	yes
calculate subsidence	no
no flow boundary	yes

add well

name	Well 0	Well 1	
x	638.82	2152.82	m
y	697.91	697.91	m
well diameter	6.625	6.625	inch
well skin	2.8	-0.4	-
well excess pressure	30.0	30.0	bar
well (inj) temperature	0.0	32.0	C
well flow rate	-300.0	300.0	m ³ /h
pressure constraint	no		

11.3 Memo injectiedruk verhoging



Staatstoezicht op de Mijnen
Inspecteur-generaal der Mijnen
De heer T.F. Kockelkoren
Postbus 24037
2490 AA Den Haag

Betreft: Verzoek verhoging maximale injectiedruk	Project: Mijnbouwlocatie Vierpolders	Ons kenmerk: 20181220KH01
Behandeld door: K. Huijsmans	Datum: 20 december 2018	Uw kenmerk: 16005846

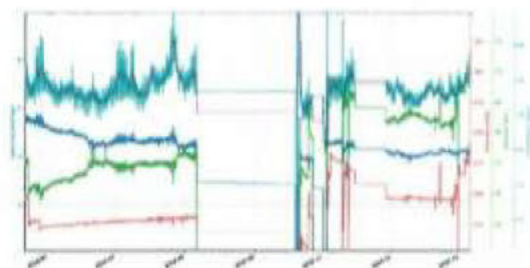
Geachte heer Kockelkoren,

In onze brief gedateerd 13 januari 2016 gaven wij u de maximale injectiedruk van 59 bar THP aan voor Aardwarmte Vierpolders. In uw brief gedateerd 14 januari 2016 stemde u in met deze maximale injectiedruk, verwijzend naar voorschrift I. III.3. vigerende omgevingsvergunning met kenmerk DGETM-EM/13035715. Beide brieven zijn bij deze brief ingesloten. (bijlage 1 en 2)

Middels deze brief verzoeken wij om uw instemming om de maximale THP injectiedruk van BRI-GT-02 te verhogen rekening houdende met optredende dynamische drukverliezen in de put.

Achtergrond:

Tijdens de afgelopen maanden is er een verslechterde injectiviteit waargenomen in de injectieput BRI-GT-02. In de onderstaande grafiek is te zien dat de injectiviteit (donkerblauwe lijn) daalt. Om toch nog voldoende energie te kunnen leveren wordt het injectiedebiet (rode lijn) verhoogd, wat als gevolg heeft dat de injectiedrukken toenemen (groene lijn).



Figuur 1 Verloop injectiviteit en injectiedruk BRI-GT-02

Ten gevolge van deze situatie wordt de productiviteit van het aardwarmte-doubling belemmerd door de maximale tubing head pressure, die berekend is aan de hand van het injectiedruk protocol van de SodM en vastgesteld op 59 bar.

Verzoek:

Door de verhoogde injectiedrukken in put BRI-GT-02 wordt de economisch rendabele inzet van het aardwarmte-doubling belemmerd door de huidige maximaal toelaatbare tubing head pressure.

In de berekening die ten grondslag ligt aan de bepaling van de maximale tubing head pressure zijn dynamische drukverliezen niet meegenomen.

Geomec-4P realisatie en exploitatie b.v. verzoekt u hierbij in te stemmen met een verhoging van de maximale tubing head pressure (THP) zoals onderstaand aangegeven tot een maximale druk van 65,7 barg (THP).

In onderstaand maximale injectiedrukken (THP) overzicht is zowel met de statische als de dynamische drukverliezen rekening gehouden.

Debiet (m ³ /h)	150	180	210	240	270	300	330	360
THP _{max} (bar)	60.2	60.7	61.3	62.0	62.8	63.7	64.6	65.7

Onderbouwing:

Methode berekening maximale tubing head pressure

De huidige maximale druk is bepaald middels het injectiedruk protocol van SodM.

Hier is de tubing head pressure bepaald aan de hand van de maximaal toegestane bottom hole pressure en de hydrostatische gradient. In de berekening waaraan ons voorliggend instemmingsverzoek ten grondslag ligt zijn tevens de frictieverliezen meegenomen in de bepaling van de tubing head pressure.

Voorbeeld, bij een injectiedebiet van 300 m³/u is zijn de frictieverliezen 4.7 bar. De maximale tubing head pressure voor dit debiet is dan: 59 bar + 4.7 bar = 63.7 bar.

Berekening dynamische drukval:

Bij het berekenen van de dynamische drukverliezen is gebruik gemaakt van de Darcy-Weisbach vergelijking.

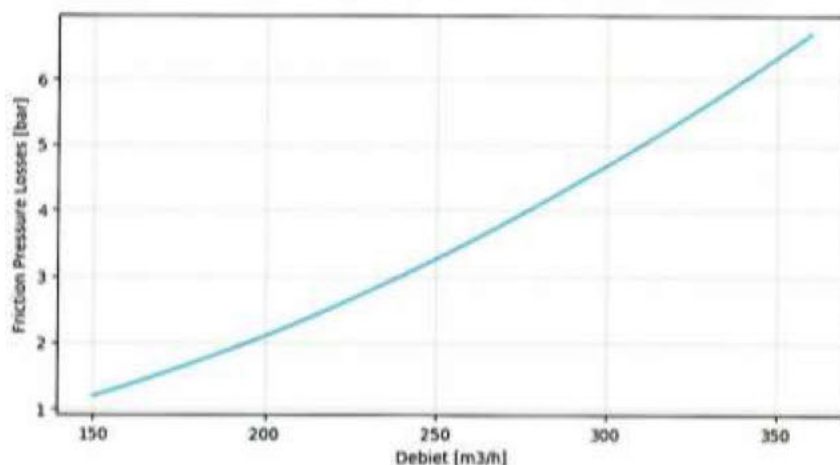
Hierin is de frictiefactor gebruikt die berekend is aan de hand van de Colebrook-White vergelijking.

De dynamische drukverliezen zijn berekend aan de hand van de parameters in onderstaande tabel en aan de hand van de Well Schematics (Bijlage 3)

	Parameter	Waarde	Beschrijving
Vloeistofeigenschappen	Zoutgehalte	130 g/L	Nalco wateranalyse
	Injectietemperatuur	30 C°	Injectietemperatuur Vierpolders
	Dichtheid	1.08 kg/ltr	PVT BRI-GT-01
	Viscositeit	0.00107 Pa.s	Berekend uit zoutgehalte en temperatuur
Puteigenschappen	Absolute ruwheid	0.3 mm	Best fit op basis van ervaring

De dynamische drukverliezen volgens uit de berekeningen zijn onderstaand weergegeven.

Drukverliezen BRI-GT-02



Maximale waarden cap rock, schoen en casing:

Omdat alleen de dynamische drukverliezen zijn opgeteld bij de oorspronkelijke maximale tubing head pressure, zal de verhoging van de maximale tubing head pressure geen gevolgen hebben voor de integriteit van de cap rock. Er wordt voldaan aan de maximale waarde van 1.35 bar/10 m als maximale druk bij top-reservoir zoals deze is vastgelegd in het protocol voor maximale injectiedrukken.

De casing van BRI-GT-02 is succesvol getest tot minimaal 75 bar.

De FIT van de schoen gaf een waarde van 1.41 bar/10 m, dit ligt boven de gebruikte gradient van 1.35bar/10m.

Conclusie:

De maximale THP kan veilig verhoogd worden tot de druk van maximaal 65,7 barg zoals bovenstaand beschreven zonder dat dit een verhoogd risico oplevert voor de cap rock, de casing of de schoen.

Met vriendelijke groet,



Namens Geomec-4P realisatie en exploitatie b.v.

Omgevingsmanager Hydreco GeoMEC B.V.

Bijlagen:

1. Instemmingsverzoek Hydreco GeoMEC B.V. maximale THP 59 bar
2. Vaststellingsbesluit SodM maximale injectiedruk THP 59 barg
3. Well schematics BRI-GT-02

Appendix I: Aanvraag Maximale injectiedruk



Staatstoezicht op de Mijnen
T.a.v.
Postbus 24037
2490 JP Den Haag

Hydreco GeoMEC B.V.
Postbus 3238
4800 DE Breda

T (076) 572 77 30
F (076) 572 77 77
E info@hydreco.nl
I www.hydreco.nl

KvK 52172872
Rekening 151925394
BTW NL820253947B01

Datum
13 januari 2018

Ons kenmerk

Betreft
Injectiedruk

Behandeld door

Doorkiesnummer

Locatie
Aardwarme Verpoorders

Geachte

Bij het Aardwarme Verpoorders project gaan we uit van een maximale injectiedruk van 58 bar. Deze druk is als volgt berekend:

Diepte top reservoir/casing shoe	2030 m TVD	Shoe SRB-GT-02
Maximum gradient:	0,135 bar/m	Protocol TNO
Dichtheid brei (@T=15 deg):	1,08 kg/L	PVT SRB-GT-01
Gradient brei (=dichtheid.gravitate)	0,1058 bar/m	
Maximum injectiedruk TMP_{max} (2030*(0,135-0,1058))	58 bar	

Indien we een hogere druk zouden willen toepassen zullen we hiervoor aan u toestemming vragen.

Hoogachtend,

Hydreco GeoMEC B.V.

Directeur

Appendix II



Staatstoezicht op de Mijnen
Ministerie van Economische Zaken

Postbus 24037, 2400 AA Den Haag

Hydreco GeoMEC B.V.
T.a.v. [redacted]
Postbus 3238
4800 DE BREDA

Staatstoezicht op de Mijnen

Bezoekadres
Houten Poortreef 211
2452 JP Den Haag

Postadres
Postbus 24037
2400 AA Den Haag
T: 070 379 8400 (algemeen)
I: 070 379 8454 (algemeen)
sodm@rsm.nl
www.sdm.nl

Behandeld door

[redacted]

Ons kenmerk
15521945

Uw kenmerk

Bijlagen:

Datum: 14 januari 2016
Betreft: Vaststellen maximale injectiedruk injectieput BR1-G1-02

Geschiede

In uw mailbericht met bijbehorende brief van 13 januari 2016 heeft u mij de door u berekende maximale injectiedruk en de gebruikte berekeningsmethode voor injectieput BR1-G1-02 toegezonden. Dit heeft u gedaan in het kader van voorschrift 1.3.11.3 van de vigerende omgevingsvergunning met kenmerk DOETM-EM/13035725 d.d.: 06-04-2013 voor het oprichten en inwerking hebben van een inrichting voor aardwarmtewinning.

Ik heb geconstateerd dat de geleverde onderbouwing, zoals opgenomen in uw brief van 13 januari 2016, is opgesteld conform het door SodM opgestelde protocol "bepaling maximale injectiedrukken bij aardwarmtewinning versie 2". Dit betekent dat het injecteren van behandeld formatiewater in BR1-G1-02 (top reservoir 2030 meter TVD) op een veilige en doelmatige wijze kan plaatsvinden.

Ik ben hierbij, op basis van de geleverde onderbouwing, akkoord met het toepassen van een maximale injectiedruk van de pomp (THP) van **59 barg**.

Met vriendelijke Groet,

[redacted] MSA
Inspecteur-generaal der Mijnen

Appendix III: Well schematics BRI-GT-02

BRI-GT-02_actual

BRI-GT-02 Geothermal injector	Wellhead and Xmas tree	Depth	Depth	Hole ID	Pipe OD	Collar	Pipe ID	Pipe ID
		m tvd	m sh	in drift	in	in (nom)	in	in (drift)
depts from RT (6.93 m above GL)								
8 5/8" 32ppf L80, injection tubing		22,9	22,9		8,625	9,625	7,921	7,796
9 5/8" 47ppf L80, injection tubing		134	134		9,625	10,650	8,681	8,525
24" welded conductor		224	224		24,000	welded	23,000	
Liner hanger 13 3/8" x 6 5/8" (TOL)		1118	1118	top PBR				
13 3/8" 68 ppf L80 VAMTOP		1143	1143	Kick Off Point (KOP)				
		1241	1241	17,5	13,375	14,175	12,415	12,259
		1710	1781	End of Build to 50° (EOB)				
Liner hanger 9 5/8" x 6 5/8" (TOL)		1993	2224					
9 5/8" 47 ppf L80 liner Polseal		2030	2282	12 1/4	9,625	10,650	8,681	8,525
Top reservoir		2031	2283	Top Screens				
		2207	2580	Bottom Screens				
6 5/8" WWS liner 24 ppf L80 VAGT		2216	2573,5	8 1/2	7,000	7,360	5,921	5,796
TD		2216	2574	8 1/2	TD			

Figuur 3 Well Schematics BRI-GT-02 met in het geel de waardes die gebruikt zijn voor de berekening van de dynamische drukverliezen