

Retouradres: Postbus 80015, 3508 TA Utrecht

Agentschap NL
T.a.v. Paul Ramsak
Postbus 17
6130 AA SITTARDPrincetonlaan 6
3584 CB Utrecht
Postbus 80015
3508 TA Utrecht

www.tno.nl

T +31 88 866 42 56
F +31 88 866 44 75
infodesk@tno.nl**Datum**

27 september 2013

Onze referentie

AGE 13-10.022

Contactpersoon

Drs. J.G. Veldkamp

E-mail

hans.veldkamp@tno.nl

Doorkiesnummer

+31 88 866 48 66

Projectnummer

60.01464/01.04

Bijlage(n)

1

Onderwerp

advies aanvraag Garantierегeling AARD03001 CLG Californië

Geachte heer Ramsak,

Naar aanleiding van uw verzoek tot het uitbrengen van advies (uw brief van 10 april 2013 met kenmerk STD0904AARD03001) heeft TNO de aanvraag CLG Geothermie voor deelname aan de Garantierегeling Aardwarmte beoordeeld.

TNO geeft op basis van het uitgevoerde geologisch onderzoek een positief advies met betrekking tot het project 'CLG Geothermie' van Californië Lipzig Gielen Geothermie B.V. met projectnummer AARD03001.

Het geologisch onderzoek voldoet aan de minimale kwaliteitseisen. De aanvrager stelt dat het P90 geothermisch vermogen 7.9 MW is bij een pompdruk van 50 bar. De berekening van TNO leidt tot een lager P90 geothermisch vermogen van 7.1 MW (zie tabel 1).

Tabel 1 Aangevraagd vermogen

	Aanvraag*	Audit TNO†
Verwachte vermogen:	7.9 MW	7.1 MW
Kans op realisatie:	90 %	90%

Bij de bepaling van het verwacht vermogen en de kans op realisatie is TNO uitgegaan van de volgende niet-geologische parameters:

	Aanvraag*	Audit TNO†
Injectietemperatuur:	35 °C	35 °C
Pompdruk:	50 bar	50 bar

* Overige geologische en niet-geologische parameters zijn zoals door de aanvrager opgegeven bij de aanvraag

† Overige geologische en niet-geologische parameters conform TNO-analyse (zie bijlage 1)

Op opdrachten aan TNO zijn de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, zoals gedeponereerd 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.

TNO is van mening dat het project geaccepteerd kan worden voor de Garantieroging Aardwarmte voor een vermogen van 7.1 MW.

Met vriendelijke groeten,



Dr. I.C. Kroon
Hoofd Adviesgroep EZ

Bijlage 1 Toelichting op het advies

Datum
27 september 2013

Onze referentie
AGE 13-10.022

Blad
2/15

Datum
27 september 2013

Onze referentie
AGE 13-10.022

Blad
3/15

Bijlage 1 Toelichting op het advies

In deze toelichting wordt per geologische parameter besproken of en waarom er verschil van inzicht bestaat tussen de inschatting van de aanvrager en die van TNO. Tabel 2 geeft een overzicht van de parameters.

Parameter	Aanvrager			TNO		
	Laag	Verwacht	Hoog	Laag	Verwacht	Hoog
Permeabiliteit (mD)	260	500	6100	130	500	6100
Netto-bruto verhouding (%)	0.053	0.055	0.059	0.98	0.99	1.00
Bruto dikte (m)	850	900	950	45	50	56
Aquifer top bij producer (mTVD)	1525			2305		
Aquifer top bij injector (mTVD)	1406			Zie aanvrager		
Saliniteit (ppm)	40,000	78,000	100,000	Zie aanvrager		
K_v - k_h ratio (-)	1			Zie aanvrager		
Oppervlaktetemperatuur (°C)	10			Zie aanvrager		
Geothermische gradiënt (°C/m)	0.0332*			Zie aanvrager		
Temperatuur bij producer (°C)	81			-		
Skin (-)	0			Zie aanvrager		

Tabel 2 overzicht geologische parameters aanvrager en TNO

TNO-AGE is van mening dat het onderbouwende geologische rapport, in combinatie met de beide sets antwoorden op de vragen van TNO, de essentiële parameters rapporteert en behandelt. De onderbouwing is echter weinig diepgravend en onvolledig. Er wordt veel verwezen naar de putten CAL-GT-1 en CAL-GT-2. De put CAL-GT-3 wordt niet meegenomen in de beschouwing terwijl die ook relevant is. De data en evaluatieresultaten van deze putten worden maar mondjesmaat gepresenteerd. Derhalve is de onderbouwing van de aquifer-karakteristieken met beschikbare lokale data sub-optimaal en niet goed te auditeren.

Permeabiliteit:

De spreiding in permeabiliteit is door de aanvrager gesteld op 260-500-6100 mD. De permeabiliteit is bepaald met behulp van de puttesten van CAL-GT-1 en CAL-GT-2. Uit de puttesten is een transmissiviteit (kH) berekend. Deze transmissiviteit is vervolgens omgerekend naar permeabiliteit uitgaande van een dikte van 50 meter. Dit resulteert voor CAL-GT-1 in 6102 mD ($kH \approx 305 Dm$) en voor CAL-GT-2 in 258 mD ($kH \approx 13 Dm$, oorspronkelijke aanvraag). De waarde voor CAL-GT-2 is in VITO (12 september 2013) bijgesteld naar 396 mD maar in het DoubletCalc scenario wordt 260 gebruikt (258 afgerond?).

Datum
27 september 2013

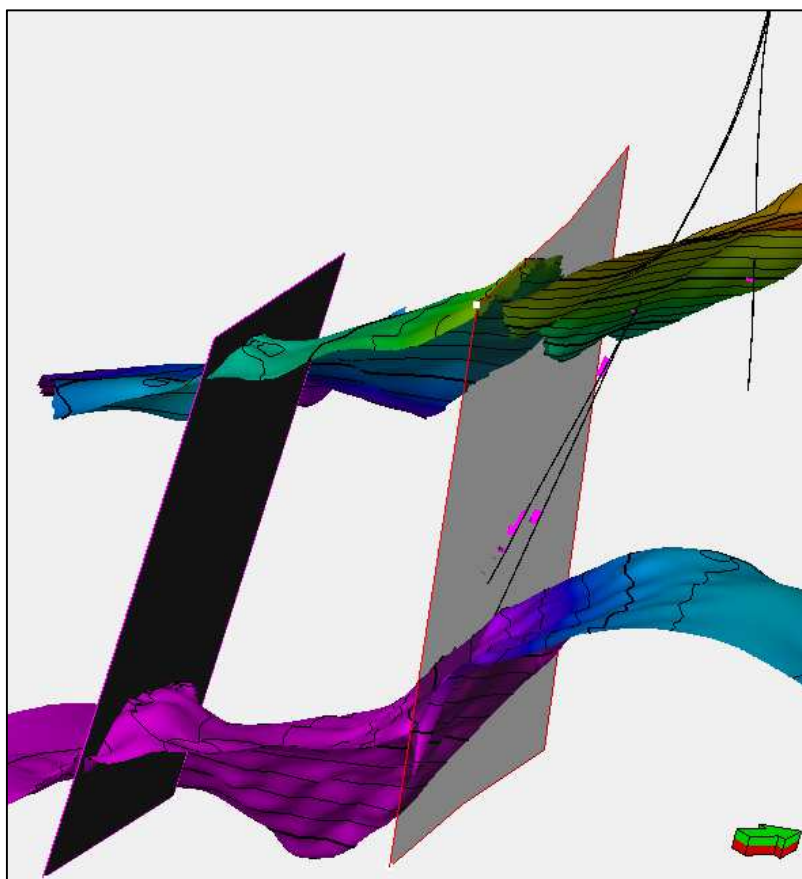
Onze referentie
AGE 13-10.022

Blad
4/15

Het is belangrijk op te merken dat permeabiliteit in dit gebied mogelijk aan drie fenomenen te relateren is: de Tegelen breukzone, karst en barsten / breukjes. Om een inschatting te kunnen maken van de te verwachten permeabiliteit in het te boren doublet wordt hieronder een beschrijving gegeven van de permeabiliteit in de drie boringen van het Californië triplet. Verder kan de temperatuur van het geproduceerde water een aanwijzing zijn voor de diepte van de productieve zone.

Permeabiliteit in CAL-GT-1 en -3 in de Tegelen breukzone

De aanvrager stelt dat de permeabiliteit in de productieputten CAL-GT-1 en -3 te relateren aan de aanwezigheid van de Tegelen breukzone. Figuur 1 ondersteunt deze visie. Hier is te zien dat de beide diepste 'loss zones' in beide putten in en nabij de doorsnijding met de breukzone liggen. Loss zones zijn zones waar de permeabiliteit hoog is; boorspoeling met een hoog soortelijk gewicht verdwijnt hierin (zie ook figuur 2 uit VITO, 12 september 2013). De hoge permeabiliteitswaarde uit de puttest van CAL-GT-1 is, hoogst waarschijnlijk direct gerelateerd aan deze loss/breukzone.



Figuur 1 De drie boringen van het Californië triplet (v.l.n.r. 3, 1 en 2) met daarin aangegeven de loss zones (in paars). Die komen overeen met de Tegelen breuk (grijs vlak) en de discordantie aan de top van de Kolenkalk. De beide vlakken zijn boven- en onderkant van de Kolenkalk.

Datum
27 september 2013

Onze referentie
AGE 13-10.022

Blad
5/15

Permeabiliteit in CAL-GT-1, -2 en -3 t.g.v. karst en/of barsten en breukjes

De litholog- en calipergegevens geven aan dat in alle drie de putten zones met spoelingsverliezen en/of vergroot boorgat voorkomen in de top van de Dinantian kalksteen (in CAL-GT-1 op enige diepte onder de discordantie). Deze verschijnselen zijn indicatief voor permeabele zones. Voor de boring CAL-GT-2, die de Tegelen breukzone niet doorsnijdt, is dit waarschijnlijk de enige permeabele zone. Het is op basis van de ter beschikking staande informatie niet duidelijk of deze permeabiliteit het gevolg is van karst en/of barsten (*joints* of *diaklazen*) en breukjes (*fractures*). Omdat deze zones in alle drie de boringen net onder de top van de Dinantien kalksteen voorkomen, is de meest waarschijnlijke conclusie dat dit karst fenomenen zijn.

Aanwijzingen voor barsten en breukjes

In CAL-GT-1 is een FMI (Formation Micro Imager) log opgenomen van de bovenliggende gesteenten, van Namuur ouderdom tot de top van de karst (dus ook over een deel van de Dinantien kalksteen). Dit type log is te interpreteren als een foto van de boorgatwand. De FMI onderscheidt (voor elektrische stroom) conductieve en niet-conductieve lagen. Gelaagdheid en breukjes zijn op deze log goed zichtbaar. Conductieve lagen en breukjes kunnen worden geïnterpreteerd als watervoerend. Analyse van deze log geeft duidelijke indicaties voor het voorkomen van zeer veel kleine barsten en breukjes met een oriëntatie parallel aan de Tegelen breukzone. Deze komen vooral voor in de laag-conductieve lagen. Waarschijnlijk zijn dit de relatief klei-arme kalklagen. De hoogte ervan is beperkt tot enkele centimeters tot decimeters. Ze worden begrensd door de niet-conductieve lagen. Dit zijn waarschijnlijk kleirijke kalklagen. Het is op basis van de informatie in de FMI niet duidelijk of de conductieve lagen ook een bijdrage leveren aan de waterproductie. De oriëntatie van het lokale stressveld is zodanig dat de barsten en breukjes waarschijnlijk open staan (conform de Tegelen breukzone), maar hoe permeabel ze zijn hangt af van de breedte van de opening en van de opvulling.

Temperatuur van het geproduceerde water

In CAL-GT-1 is de temperatuur van het geproduceerde water gemeten. Dit is 80°C aan de putmond (en waarschijnlijk ongeveer een graad warmer op de plek waar het water in de put stroomt). Dit is in overeenstemming met de hypothese van productie uit de Tegelen breukzone op 2115 mTVD bij een gradiënt van 0.0332°C/m en een oppervlaktetemperatuur van 10°C ($10 + 2115 \times 0.0332 = 80.2$). Indien dit juist is kan geconcludeerd worden dat dit betekent dat in CAL-GT-1 de bijdrage aan de productie van barsten en breuken te verwaarlozen is. Als ondiepere delen van het reservoir ook significant bij zouden dragen aan de productie, was de gemiddelde watertemperatuur namelijk lager geweest. Echter, als zowel het interval boven als onder de Tegelen breuk bijdragen kan de gemiddelde temperatuur ook op 80° uitkomen. Temperatuurmetingen uit de put CAL-GT-3 zouden hier wellicht meer inzicht in kunnen geven maar deze zijn niet voorhanden.

Conclusie m.b.t. de relevantie van de permeabiliteiten van het CAL-GT triplet

Beide doorboorde zones van de Tegelen breukzone zijn permeabel. TNO gaat er vooralsnog vanuit dat het merendeel van het geproduceerde water uit de Tege-

Datum

27 september 2013

Onze referentie

AGE 13-10.022

Blad

6/15

lenbreukzone komt en dat ondiepere lagen niet of nauwelijks bijdragen aan het debiet. Ten overvloede, de karst zones in de putten CAL-GT-1 en 3 zitten achter de casing en dragen niet bij aan het productiedebiet.

In alle drie de boringen is de top van de kalksteen permeabel. TNO concludeert dat deze permeabiliteit hoofdzakelijk te relateren is aan gekarstificeerde zones. De barsten en breukjes zijn op zichzelf waarschijnlijk in beperkte mate permeabel, maar kunnen in combinatie met een karstzone wel bijdragen aan permeabiliteit.

TNO is van mening dat een boring op geringe afstand van het triplet zeer waarschijnlijk permeabele zones zal aantreffen in zowel de Tegelen breukzone als aan de top van de kalksteen, hoewel de kans dat een boring geen of een slechtere karstzone zal aantreffen niet uit te sluiten is.

Keuze voor het invullen van de permeabiliteitswaarden

Bij een groot verschil in permeabiliteit op de lokaties van de injectie- en productieputten is de lage permeabiliteit leidend voor de bepaling van de hoogte van het geothermisch vermogen. Immers, als de permeabiliteit bij de productieput groot is, en dus een groot debiet gehaald wordt, maar bij de injectieput klein, kan het geproduceerde water niet zo makkelijk geïnjecteerd worden (tenzij onder zeer grote druk). Dit betekent dat de lage waarde van de permeabiliteit die in DoubletCalc ingevuld moet worden een lage schatting van de permeabiliteit voor kalksteengebied buiten de directe invloedssfeer van de Tegelenbreuk moet zijn.

In CAL-GT-2 is een permeabiliteit gemeten van ongeveer 260 mD in een zone waar losses werden gerapporteerd van 8 m³/hr. In CAL-GT-3 waren de losses in dezelfde zone 4 m³/hr. Dit suggereert dat de permeabiliteit in deze zone in CAL-GT-3 kleiner is dan die in CAL-GT-2. Bij benadering zou gesteld kunnen worden dat de permeabiliteit van de loss zone in CAL-GT-3 half zo groot is als die in CAL-GT-2, dus 130 mD. Van CAL-GT-1 zijn geen getallen bekend van de grootte van de losses; enkel de kwalitatieve term 'total losses' wordt gebruikt.

Voor de hoge waarde kan het testresultaat 6100 mD van CAL-GT-1 genomen worden die representatief is voor de Tegelenbreukpermeabiliteit.

TNO kan zich verenigen met de door de aanvrager gegeven 500 mD als verwachtingswaarde voor de permeabiliteit. De aanvrager geeft toe dat deze waarde enigszins arbitrair is omdat maar twee datapunten (260 en 6100) beschikbaar zijn. TNO beaamt dit.

Bruto dikte:

De spreiding van de bruto dikte is door aanvrager gesteld op 850-900-950 meter. In de rapportage stelt aanvrager dat de top en basis van de kolenkalk formatie zijn aangeboord in de put CAL-GT-1. De boring CAL-GT-2 heeft de formatie niet geheel doorboord. Er wordt gesteld dat de dikte in de orde van 900 meter ligt.

TNO is van mening dat het productieve interval van de producer zeer waarschijnlijk beperkt zal zijn tot de Tegelen breukzone, en dat de rest van de Kolenkalk weinig zal bijdragen (zie analyse van de barsten en breukjes onder paragraaf 'Permeabiliteit'). TNO heeft daarom een bruto = netto dikte van 50 meter aange-

Datum

27 september 2013

Onze referentie

AGE 13-10.022

Blad

7/15

nomen. Dit komt overeen met de netto dikte die aanvrager postuleert (VITO 12 september 2013 p11/28). Ook is dit ongeveer de dikte van de loss zones in CAL-GT-1 en CAL-GT-2 (zie VITO 12 september 2013, p8/28, figuur 2).

Netto-bruto verhouding:

De spreiding van de netto-bruto is door de aanvrager gesteld op 0.053-0.055-0.059. Deze waarden zijn gekozen om, bij de gegeven bruto dikte, uit te komen op een netto dikte van 50 meter. Deze waarde is gebaseerd op waarnemingen in de putten in de kolenkalk in België (p25) zoals ook gebruikt in de aanvraag Garantiefonds voor de putten CAL-GT-1 & 2. Er is geen evaluatie van de netto dikte uitgevoerd in CAL-GT-1 of CAL-GT-2. Er wordt in de aanvraag gesteld dat *'In de putten CAL-GT-01 en CAL-GT-02 zijn er meerdere zones waar tijdens het boren spoelingsverliezen zijn vastgesteld. Er zijn dus meerdere productieve zones, maar telkens beperkt in dikte. Voor de omrekening van transmissiviteit naar permeabiliteit is ook hier rekening gehouden met een gemiddelde dikte van het productieve interval van 50 meter. De netto/bruto verhouding is hierop voorzien'*. Opvallend is dat de aanvrager niet dieper in gaat op de diktes van de loss zones zoals geobserveerd in de Tegelen breukzone in CAL-GT-1 en CAL-GT-3, aangezien dit de vermoedelijk productieve zones zijn.

Gegeven de hierboven aangenomen waarde voor de bruto dikte van 50 meter (zie ook paragraaf bruto dikte), is dientengevolge de netto-brutoverhouding 1.

Aquifer top bij producer / injector:

De top aquifer kaart is gebaseerd op twee seismische lijnen en de top aquifer waarden in de putten CAL-GT-1 en -2. De geplande injectieput ligt circa drie kilometer van de dichtstbijzijnde seismische lijn af, de productieput slechts 500 meter.

TNO is van mening dat de onzekerheid in de diepteligging van de top van de aquifer en de waarschijnlijk productieve breukzone groot is vanwege de beperkte hoeveelheid gegevens. TNO heeft geen reden om af te wijken van de inschatting van de aanvrager, maar stelt wel de diepte van de top van de aquifer bij de producer op de door de aanvrager opgegeven diepte van de breukzone van 2305 mTVD (VITO 12 september 2013).

Saliniteit:

De aanvrager geeft een verwachtingswaarde van de saliniteit in ppm van 78,000. Deze concentratie lijkt de TDS waarde van 78101 mg/l te zijn uit de Water/Gas analysis van CAL-GT-1. De lage waarde van 40,000 is gemeten in CAL-GT-2.

Datum
27 september 2013

Onze referentie
AGE 13-10.022

Blad
8/15

Henderson		Brine Salinity Calculations									
Use this Spreadsheet to process laboratory water analysis data to obtain NaCl equivalent salinity. The algorithms to calculate the ion conversion factors (CF in the table) are based on Schlumberger Chart Gen-8. Laboratory data in mg/L are converted to ppm using: ppm = mg/L / brine SG Salinity in meq/L is calculated using: meq/L = mg/L * Valence / Ion molecular weight											
Well Name: CAL-GT-1		Sample Depth:									
Sample Number: 11/0405		Formation:									
Remarks: TDS according to analysis = 78101 mg/l											
Measured Resistivity		ohmm at:		°C							
Measured Conductivity:		mmhos at:		°C							
Specific Gravity:	1.054	g/cc at:	20.0	°C							
					Press Here To Process Data						
Chemical Composition:											
	Legend										
	Cells for user input										
	Calculated results										
Cations	mg/L	meq/L	ppm	CF	NaCl ppm	Anions	mg/L	meq/L	ppm	CF	NaCl ppm
Na	23800	1035.2	22581	1.00	22581	Cl	48000	1353.9	45541	1.00	45541
K	1600	40.9	1518	0.94	1432	HCO3	360	5.9	342	0.36	122
Ca	3580	178.7	3397	0.90	3040	CO3	10	0.3	9	0.86	8
Mg	533	43.9	506	1.71	863	SO4	15	0.3	14	0.79	11
Fe	29	1.0	28	1.00	28	NO3					
Sr	153	3.7	155	1.00	155	OH					
Ba	7	0.1	6	1.00	6	Br					
Mn						NH4					
I											
Li											
Cation meq:		1303.5	Total Cations:		28104	Anion meq:		1360.5	Total Anions:		45682
NaCl Equivalent:		73786	ppm								
Ion Balance:		-2.1%	← For modern laboratory analyses expect this to be less than about 5%								
Rw at 25°C (77°F):		0.093	ohmm (Interpolated using Schlumberger chart Gen-9)								
Brine Density:		1.083	g/cc at 25 °C (Mavko Sec 6.15)								

Figuur 2 Bepaling van de saliniteit van het formatiewater aangetroffen in CAL-GT-01.

TNO vermoed dat verzuimd is de waarde in mg/l om te zetten naar ppm. De analyse van TNO komt uit op 74,000 ppm (zie Figuur 2), wat niet veel verschilt met de inschatting van de aanvrager. TNO kan het eens zijn met de lage- en middenwaarde van de saliniteit van de aanvrager. De hoge waarde is eveneens acceptabel.

k_h - k_v ratio:

De aanvrager hanteert de default waarde van 1. TNO-AGE heeft geen alternatieve waarde voor de k_h/k_v voor een gekarstificeerde en verbreukte aquifer.

Oppervlaktetemperatuur en geothermische gradiënt:

De aanvrager gebruikte 10 °C als oppervlaktetemperatuur en een geothermische gradiënt van 0.0332 °C /m. Daarnaast wordt gesteld dat de temperatuur van het geproduceerde water 81 °C zal zijn. Dit laatste resulteert in een gradiënt van 0.0347 indien het referentiepunt het midden van de aquifer wordt genomen.

In de rapportage op pagina 27 wordt de opgevoerde geothermische gradiënt adequaat onderbouwd. Vervolgens wordt gesteld dat de put CAL-GT-1 water van circa 80 °C produceert. Zonder verdere analyse wordt gesteld dat 81 °C de temperatuur van de aquifer is op de projectlocatie.

Uit de vaste invoer van de productietemperatuur van het water valt te concluderen dat de aanvrager van mening is te weten wat het productieve interval is met betrekking tot dieptebereik, debiet en temperatuur. Behalve het aanhalen van het voorbeeld van CAL-GT-1 is er geen argumentatie opgevoerd voor de vaste aquifer

Datum

27 september 2013

Onze referentie

AGE 13-10.022

Blad

9/15

temperatuur. Uit de verwijzing naar CAL-GT-1 en het één op één overnemen van de temperatuur van het productiewater zou afgeleid kunnen worden dat aanvrager aanneemt dat het netto reservoir op de projectlocatie hetzelfde dieptebereik heeft als CAL-GT-1. Dit is opmerkelijk omdat de diepte van de top van de aquifer circa 70 meter verschilt tussen beide locaties. In het addendum gaat aanvrager iets dieper op de temperatuur problematiek in en blijft bij haar standpunt dat een vaste temperatuurwaarde adequaat is.

TNO-AGE is van mening dat er voldoende redenen zijn om aan te nemen dat het productieve deel van het reservoir beperkt is tot de doorsnijding met de breuk. In combinatie met de kennis van de temperatuur van het geproduceerde water in CAL-GT-1, die in overeenstemming is met de regionale geothermische gradiënt, en de onzekerheid over de diepteligging van de breukzone in de te boren productieboring, is TNO van mening dat het beter is om te rekenen met een geothermische gradiënt van 0.0332 °C/m en een oppervlaktetemperatuur van 10 °C dan met een vaste temperatuur.

Skin:

TNO acht een skin van 0, zoals gebruikt in het realisatiescenario van de aanvrager, aannemelijk.

Putconfiguratie:

De aanvrager gaat uit van een slotted liner van 8.5" over de laatste 1590 mAH. De breukzone bevindt zich volgens de verwachting in dit interval.

TNO verwacht dat niet de hele kolenkalk zone maar alleen de breukzone als open hole of met een slotted liner gecombineerd zal worden, en dat het reservoir voorbij de breuk niet aan de productie zal bijdragen. Het is daarom realistischer om een tubing segment tot 2305 mTVD te definiëren (ID 7" cf. VITO 12 september 2013 figuur 7), en vervolgens in de breukzone een deel met 'outer diameter producer' van 8.5" (bit size) van 50 meter.

Om dezelfde redenen heeft TNO in het DC scenario het laatste segment van de injector aangepast.

Pompdruk:

De opgegeven pompdruk is 50 bar.

Vermogen:

Onderstaande figuren tonen de DoubletCalc in- en uitvoer van de aanvrager en TNO.

Datum
27 september 2013

Onze referentie
AGE 13-10.022

Blad
10/15

Aquifereigenschap	Minimum	Mediaan	Maximum	Eenheid
Permeabiliteit	260	500	6100	mD
Netto/bruto verhouding	0,053	0,055	0,059	/
Bruto dikte van de aquifer	850	900	950	m
Diepte top aquifer (injectieput)	1265	1406	1547	m
Diepte top aquifer (productieput)	1373	1525	1678	m
Saliniteit	40.000	78.000	100.000	ppm

Tabel 9: Geologische parameters zonder spreiding.

Aquifereigenschap	Waarde	Eenheid
k_v/k_h ratio van de aquifer	1	/
Gemiddelde oppervlaktetemperatuur	10	°C
Geothermische gradiënt	0,0332	°C/m
Temperatuur in aquifer	81	°C

Tabel 10: Niet-geologische parameters: pomp- en doubletspecificatie.

Doublet- en pompspecificatie	Waarde	Eenheid
Injectietemperatuur	35	°C
Afstand tussen putten op aquiferniveau	1200	m
Pomp efficiëntie	75	%
Afhangdiepte pomp in productieput	500	m
Opgelegd drukverschil in pomp	50	bar

Tabel 11: Niet-geologische parameters: putspecificatie.

segment length (m)

Producer					Injector				
outer diameter producer (inch)					outer diameter injector (inch)				
<input type="text" value="8.5"/>					<input type="text" value="8.5"/>				
skin producer (-)					skin injector (-)				
<input type="text" value="0"/>					<input type="text" value="0"/>				
penetration angle producer (deg)					penetration angle injector (deg)				
<input type="text" value="37.5"/>					<input type="text" value="27"/>				
skin due to penetration angle p (-)					skin due to penetration angle i (-)				
<input type="text" value="-0.53"/>					<input type="text" value="-0.09"/>				
Segment	tubing segment sections p (m AH)	tubing segment depth p (m TVD)	tubing inner diameter p (inch)	tubing roughness p (milli-inch)	Segment	tubing segment sections i (m AH)	tubing segment depth i (m TVD)	tubing inner diameter i (inch)	tubing roughness i (milli-inch)
1	500	500	7	7.8	1	750	744	12.413	7.8
2	750	744	12.413	7.8	2	1630	1406	8.835	7.8
3	1720	1525	8.835	7.8	3	2760	2205	8.5	7.8
4	3310	2860	8.5	7.8	4				
5					5				
6					6				
7					7				
8					8				

Figuur 3 DoubletCalc invoer aanvrager (overgenomen uit VITO, 12 september 2013, p18/28)

Datum
27 september 2013

Onze referentie
AGE 13-10.022

Blad
11/15

Doublet Calculator 1.4

number of simulation runs (-) 10000 Calculate! Open Scenario Save Scenario Exit Program

file: L:\Users\molenjvd\Home\Desktop\DoubletCalc14\laard_3001_tno.xml

Geotechnical input

A) Aquifer properties

Property	min	median	max	Property	value
aquifer permeability (mD)	130	500	6100	aquifer kh/kv ratio (-)	1
aquifer net to gross (-)	0.98	0.99	1	surface temperature (°C)	10.0
aquifer gross thickness (m)	45	50	56	geothermal gradient (°C/m)	0.0332
aquifer top at producer (m TVD)	2075.0	2305	2536.0	[mid aquifer temperature producer (°C)]	0.0
aquifer top at injector (m TVD)	1265.0	1406	1547.0	[aquifer pressure at producer (bar)]	0.0
aquifer water salinity (ppm)	40000	78000	100000	[aquifer pressure at injector (bar)]	0.0

B) Doublet and pump properties

Property	value
exit temperature heat exchanger (°C)	35
distance wells at aquifer level (m)	1820
pump system efficiency (-)	0.75
production pump depth (m)	500
pump pressure difference (bar)	50

C) Well properties

segment length (m) 25

Producer					Injector				
outer diameter producer (inch)	8.5				outer diameter injector (inch)	8.5			
skin producer (-)	0				skin injector (-)	0			
penetration angle producer (deg)	37.5				penetration angle injector (deg)	27			
skin due to penetration angle p (-)	-0.34				skin due to penetration angle i (-)	-0.06			
Segment	tubing segment sections p (m AH)	tubing segment depth p (m TVD)	tubing inner diameter p (inch)	tubing roughness p (milli-inch)	Segment	tubing segment sections i (m AH)	tubing segment depth i (m TVD)	tubing inner diameter i (inch)	tubing roughness i (milli-inch)
1	500	500	7	7.8	1	750	744	12.413	7.8
2	750	744	12.413	7.8	2	1630	1406	8.835	7.8
3	1720	1525	8.835	7.8	3				
4	2700	2305	8.5	7.8	4				
5					5				
6					6				
7					7				

Figuur 4 DoubletCalc invoer TNO

Datum
27 september 2013

Onze referentie
AGE 13-10.022

Blad
12/15

Property	min	median	max
aquifer permeability (mD)	260.0	500.0	6100.0
aquifer net to gross (-)	0.05	0.05	0.05
aquifer gross thickness (m)	850.0	900.0	950.0
aquifer top at producer (m TVD)	1373.0	1525.0	1678.0
aquifer top at injector (m TVD)	1265.0	1406.0	1547.0
aquifer water salinity (ppm)	40000.0	78000.0	100000.0

Monte Carlo cases (stochastic inputs)	P90	P50	P10
aquifer kH net (Dm)	18.23	25.93	177.75
mass flow (kg/s)	46.71	62.44	145.32
pump volume flow (m³/h)	163.5	219.9	509.4
required pump power (kW)	302.8	407.2	943.3
geothermal power (MW)	7.88	11.25	25.47
COP (kW/kW)	25.0	26.7	26.4

Property	value
number of simulation runs (-)	1000.0
aquifer kh/v ratio (-)	1.0
surface temperature (°C)	10.0
geothermal gradient (°C/m)	0.0359
mid aquifer temperature producer (°C)	81.0
[aquifer pressure at producer (bar)]	0.0
[aquifer pressure at injector (bar)]	0.0
exit temperature heat exchanger (°C)	35.0
distance wells at aquifer level (m)	1200.0
pump system efficiency (-)	0.75
production pump depth (m)	500.0
pump pressure difference (bar)	50.0
outer diameter producer (inch)	8.5
skin producer (-)	0.0
skin due to penetration angle p (-)	-0.53
tubing segment sections p (m AH)	500.0,750.0,1720.0,3310.0
tubing segment depth p (m TVD)	500.0,744.0,1525.0,2860.0
tubing inner diameter p (inch)	7.0,12.41,8.83,8.5
tubing roughness p (milli-inch)	7.8,7.8,7.8,7.8
outer diameter injector (inch)	8.5
skin injector (-)	0.0
skin due to penetration angle i (-)	-0.09
tubing segment sections i (m AH)	750.0,1630.0,2760.0
tubing segment depth i (m TVD)	744.0,1406.0,2205.0
tubing inner diameter i (inch)	12.41,8.83,8.5
tubing roughness i (milli-inch)	7.8,7.8,7.8

base case (median value inputs)	value
aquifer kH net (Dm)	24.75
mass flow (kg/s)	59.81
pump volume flow (m³/h)	209.0
required pump power (kW)	387.0
geothermal power (MW)	10.29
COP (kW/kW)	20.0

Aquifer Pressure at producer (bar)	292.02
Aquifer Pressure at injector (bar)	223.84
Pressure difference at producer (bar)	19.43
Pressure difference at injector (bar)	30.11
Aquifer temperature at producer (°C) *	81.0
Temperature at heat exchanger (°C)	79.88

* @ mid aquifer depth

Figuur 5 DoubletCalc result table aanvrager

Datum
27 september 2013

Onze referentie
AGE 13-10.022

Blad
13/15

Doublet Calculator 1.4 Result Table

probabilistic plots fingerprinting export base case details

file: L:\Users\molenjvd\Home\Desktop\DoubletCalc14\laard_3001_tno.xml

Geotechnics (Input)

Property	min	median	max
aquifer permeability (mD)	130.0	500.0	6100.0
aquifer net to gross (-)	0.98	0.99	1.0
aquifer gross thickness (m)	45.0	50.0	56.0
aquifer top at producer (m TVD)	2075.0	2305.0	2536.0
aquifer top at injector (m TVD)	1265.0	1406.0	1547.0
aquifer water salinity (ppm)	40000.0	78000.0	100000.0

Property	value
number of simulation runs (-)	10000.0
aquifer kh/kv ratio (-)	1.0
surface temperature (°C)	10.0
geothermal gradient (°C/m)	0.0332
[mid aquifer temperature producer (°C)]	0.0
[aquifer pressure at producer (bar)]	0.0
[aquifer pressure at injector (bar)]	0.0
exit temperature heat exchanger (°C)	35.0
distance wells at aquifer level (m)	1820.0
pump system efficiency (-)	0.75
production pump depth (m)	500.0
pump pressure difference (bar)	50.0
outer diameter producer (inch)	8.5
skin producer (-)	0.0
skin due to penetration angle p (-)	-0.34
tubing segment sections p (m AH)	500.0,750.0,1720.0,2700.0
tubing segment depth p (m TVD)	500.0,744.0,1525.0,2305.0
tubing inner diameter p (inch)	7.0,12.41,8.83,8.5
tubing roughness p (milli-inch)	7.8,7.8,7.8,7.8
outer diameter injector (inch)	8.5
skin injector (-)	0.0
skin due to penetration angle i (-)	-0.06
tubing segment sections i (m AH)	750.0,1630.0
tubing segment depth i (m TVD)	744.0,1406.0

Geotechnics (Output)

Monte Carlo cases (stochastic inputs)	P90	P50	P10
aquifer kH net (Dm)	14.6	26.06	178.74
mass flow (kg/s)	37.62	63.37	163.48
pump volume flow (m³/h)	132.0	223.5	575.1
required pump power (kW)	244.4	413.9	1064.9
geothermal power (MW)	7.1	12.79	32.49
COP (kW/kW)	27.6	30.0	32.5

base case (median value inputs)	value
aquifer kH net (Dm)	24.75
mass flow (kg/s)	59.85
pump volume flow (m³/h)	209.8
required pump power (kW)	388.4
geothermal power (MW)	11.6
COP (kW/kW)	29.9

Aquifer Pressure at producer (bar)	231.31
Aquifer Pressure at Injector (bar)	140.63
Pressure difference at producer (bar)	16.35
Pressure difference at Injector (bar)	32.13
Aquifer temperature at producer (°C) *	87.36
Temperature at heat exchanger (°C)	85.5

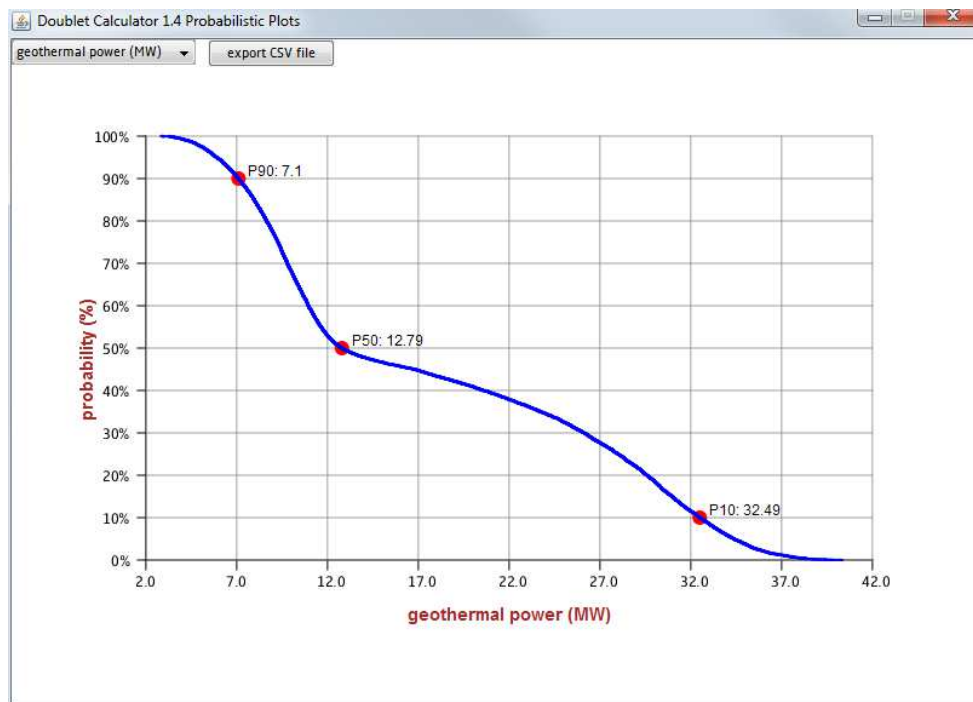
* @ mid aquifer depth

Figuur 6 DoubletCalc result table TNO

Datum
27 september 2013

Onze referentie
AGE 13-10.022

Blad
14/15



Figuur 7 Overschrijdingsgrafiek van het verwachte vermogen (TNO)

Opmerking m.b.t. beïnvloedingsgebied:

Uit Figuur 4 van de aanvraag blijkt dat de ondergrondse locatie van de injectieput in de vergunning Californië 1 ligt. De eerste lijns-aanname van de grootte van het beïnvloedingsgebied van een doublet wordt ingeschat conform de 'Franse methode' (zie Rapportage ruimtelijke ordening geothermie (F3). TNO-Report: TNO-034-UT-2009-01286, <http://www.nlog.nl/nl/geothermalEnergy/geothermalEnergy.html>) geeft aan dat het grootste deel van het beïnvloedingsgebied van het doublet in de vergunning Californië 1 (Tuinbouwbedrijf Wijnen B.V.) ligt en een kleiner deel in de vergunning Californië 2 (Grondexploitatie maatschappij Californië B.V.).

Opmerking m.b.t. de bruto / netto dikte:

Het DoubletCalc scenario van de aanvrager gaat uit van een netto reservoirdikte van 50 meter. Dit is het totaal van alle productieve zones in de totale bruto dikte van ongeveer 900 meter waarbij het klaarblijkelijk onzeker is waar het productieve interval zich bevindt. Ook de putconfiguratie van de aanvrager is hierop gebaseerd. Om in aanmerking te komen voor de Garantierегeling is de aanvrager verplicht de gehele Kolenkalk te doorboren.

Referenties

Californië Lipzig Gielen Geothermie B.V. (22 mei 2013 d.d. 27 juni 2013). Beantwoording vragen Agentschap.

VITO (maart 2013). Het geothermieproject Nieuw Erf / Californië (Horst a/d Maas, Nederland) Geologische rapportage voor de SDE en SEI Garantierегeling.

VITO (september 2012). Execution and interpretation of the Pump Tests on Geothermal Well CAL-GT-01 (S02). Report for the SEI Application.

VITO (12 september 2013). Aanvullende toelichtingen voor de SEI aanvraag AARD03001 CLG BV. 28p

Datum

27 september 2013

Onze referentie

AGE 13-10.022

Blad

15/15