

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**

3 juli 2013

Onze referentie

AGE 13-10.023

Contactpersoon

Drs. J.G. Veldkamp

E-mail

hans.veldkamp@tno.nl

Doorkiesnummer

+31 88 866 48 66

Projectnummer

60.01464/01.04

Uw referentie

STD0904AARD03002

Bijlage(n)

1

Onderwerp

advies aanvraag Garantierегeling AARD03002 Geothermie De Lier

Geachte heer Ramsak,

Naar aanleiding van uw verzoek tot het uitbrengen van advies (uw brief van 11 april 2013 met kenmerk STD0904AARD03002) heeft TNO de aanvraag Geothermie De Lier voor deelname aan de Garantierегeling Aardwarmte beoordeeld.

TNO geeft op basis van het uitgevoerde geologisch onderzoek een positief advies met betrekking tot het project Geothermie De Lier van Geothermie De Lier B.V. met projectnummer AARD03002.

Het geologisch onderzoek voldoet aan de kwaliteitseisen. De aanvrager stelt dat het P90 geothermisch vermogen 13.7 MW is bij een pompdruk van 50 bar. De berekening van TNO leidt tot een P90 geothermisch vermogen van 11.8 MW (zie tabel 1).

Tabel 1 Aangevraagd vermogen

	Aanvraag*	Audit TNO†
Verwachte vermogen:	13.7 MW	11.8 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 gedeponeerd bij de Griffie van de Rechtbank Den Haag en de Kamer van Koophandel Den Haag van toepassing. Deze algemene voorwaarden kunt u tevens vinden op www.tno.nl.
Op verzoek zenden wij u deze toe.

Handelsregisternummer 27376655.

TNO is van mening dat het project geaccepteerd kan worden voor de Garantieroging Aardwarmte voor een vermogen van 11.8 MW.

Met vriendelijke groeten,



Drs. S.F. van Gessel
Waarnemend Hoofd Adviesgroep EZ

Bijlage 1 Toelichting op het advies

Datum

3 juli 2013

Onze referentie

AGE 13-10.023

Blad

2/16

Datum
3 juli 2013

Onze referentie
AGE 13-10.023

Blad
3/16

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)	250	700	1200	330	500	1200
Netto-bruto verhouding (%)	0.70	0.78	0.80	Zie aanvrager		
Bruto dikte (m)	55	95	140	Zie aanvrager		
Aquifer top bij producer (mTVD)	2336			Zie aanvrager		
Aquifer top bij injector (mTVD)	2317			Zie aanvrager		
Saliniteit (ppm)	108000	120000	132000	102000	113000	125000
K_h - k_v ratio (-)	1			5		
Oppervlaktetemperatuur (°C)	10			Zie aanvrager		
Geothermische gradiënt (°C/m)	0.033			0.032		
Skin (-)	0			Zie aanvrager		

Tabel 2 overzicht geologische parameters aanvrager en TNO

Permeabiliteit:

In het rapport *'Well proposals De Lier'* (G865) opgesteld door PanTerra Geoconsultants B.V. en in 2011 ingediend voor AARD01003 is de verwachte permeabiliteit van de Delft Sandstone Member berekend op basis van een drietal boringen. Voor deze drie boringen zijn door middel van petrofysische analyse zowel porositeits- als permeabiliteitslogs berekend. De permeabiliteitslogs zijn berekend met behulp van de porositeit-permeabiliteitsrelatie (op basis van kernplugmetingen) van de Delft Sandstone Member en de Alblasterdam Member, uit het *'Geologisch onderzoek: Aardwarmte in het Westland'* (G790) van PanTerra. De resulterende gemiddelde reservoirpermeabiliteit van deze drie putten is 250 mD. Deze waarde is voor de huidige aanvraag AARD03002 als lage schatting van de permeabiliteit gebruikt.

Het voor AARD01003 aangevraagde vermogen was berekend op basis van de verwachte productie uit drie verschillende eenheden (Berkel, Rijswijk en Delft Sandstone Members). In de hernieuwde aanvraag van Agro AdviesBuro is op basis van de resultaten van de Honselersdijk boringen besloten een nieuw scenario toe te passen, waarbij de productie enkel uit de Delft Sandstone Member komt.

In januari 2013 heeft PanTerra een update uitgevoerd op basis van de resultaten van het recent geboorde doublet in de Honselersdijk-concessie (HON-GT-01(S1) en HON-GT-02). Dit is verwerkt in het rapport *'Addendum to Well proposal De*

Datum
3 juli 2013

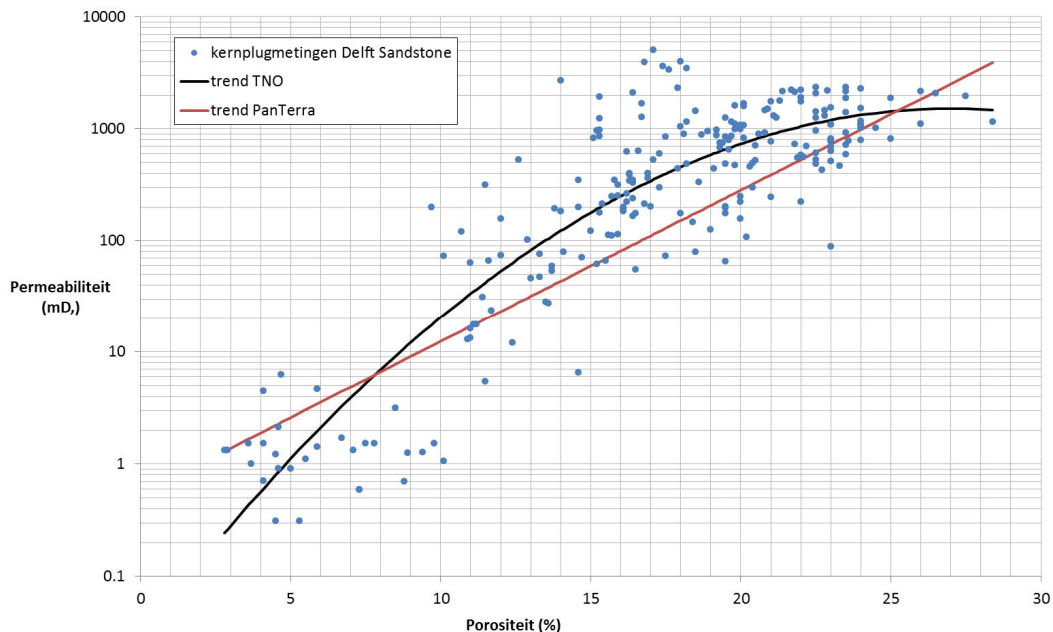
Onze referentie
AGE 13-10.023

Blad
4/16

Lier' (G1015). Op pagina 8 van dit rapport stelt PanTerra de beschikking te hebben over een welltest-evaluatie van de put HON-GT-02, uitgevoerd door Dhr. P. Lingen, een associate van PanTerra. Uit deze evaluatie wordt geconcludeerd dat de aangeboorde Delft Sandstone Member in de put HON-GT-02 een gemiddelde reservoirpermeabiliteit heeft van 1190 mD. Deze waarde, afgerond naar 1200 mD, is gebruikt als hoge schatting van de permeabiliteit.

Voor de verwachte permeabiliteit heeft PanTerra een waarde van 700 mD bepaald. PanTerra vermeldt niet hoe deze waarde tot stand is gekomen. TNO vermoedt dat hiervoor het gemiddelde van de twee uiterste waarden (250 en 1200 mD) naar beneden is afgerond.

De minimale waarde van 250 mD is bepaald met behulp van een porositeit-permeabiliteitstrend die is geconstrueerd op basis van kernplugmetingen van de Delft Sandstone en Alblasserdam Members (rapport G790). De metingen waar deze trend uit is bepaald zijn echter voor het grootste deel afkomstig van samples van de Alblasserdam Member en is daarom niet geheel representatief voor de Delft Sandstone Member. Om die reden heeft TNO alle beschikbare kernplug data van de Delft Sandstone verzameld en hier zelf een relatie uit bepaald. Hieruit volgt dat een gemiddelde kernplugporositeit van 17% overeen komt met een permeabiliteit van 330 mD. Deze waarde is door TNO bepaald voor de put HON-GT-01 en wordt representatieve minimumwaarde beschouwd voor de concessie De Lier.



Figuur 1 TNO porositeit-permeabiliteitsplot van de Delft Sandstone member op basis van kernplugmetingen. De trendlijn van Panterra is gebaseerd op een andere dataset dan de blauwe punten. Het grootste verschil tussen de inschattingen van TNO en PanTerra is ongeveer bij 17% porositeit.

TNO heeft het rapport van Dhr. Lingen geanalyseerd en de welltest data nogmaals geëvalueerd. Daaruit is geconcludeerd dat de gemiddelde permeabiliteit

Datum

3 juli 2013

Onze referentie

AGE 13-10.023

Blad

5/16

van 1190 mD een reële waarde is, en representatief voor het reservoir op deze locatie. Deze waarde wijkt af van de veel lagere permeabiliteiten die tot nu toe bekend waren uit kernplugdata en petrofysische analyses. Dit geeft aan dat de variatie van de permeabiliteit in de Delft Sandstone Member groot kan zijn. TNO heeft twee hypothesen onderzocht waarmee deze opmerkelijk hoge permeabiliteit mogelijk verklaard kan worden:

1. De a priori aanwezigheid, of vorming tijdens of na het boorproces, van openstaande breukjes/fractures. Deze zouden kunnen bijdragen aan een hogere (secondaire) permeabiliteit van het reservoir. Ze zouden ook een mogelijke verklaring kunnen zijn voor de toenemende productiviteit met de tijd. Het is echter niet mogelijk om te bepalen of deze hypothese geldig is omdat niet bekend is of deze breukjes/fractures open of gesloten zijn. De aanwezigheid van een grote breuk veroorzaakt vaak een zwakkere zone en kan lokaal een zeer hoge permeabiliteit veroorzaken. De aanwezigheid van een dergelijke breuk ter plaatse van de boring HON-GT-02 kan op basis van analyse van beschikbare gegevens uitgesloten worden omdat er geen aanwijzingen voor gevonden zijn: er waren geen mud losses tijdens het boren, in de logs is geen bewijs gevonden en ook op de seismiek is geen significante breuk te zien.
2. De mogelijkheid dat hoog permeabele gedeelten van boorkernen in referentieputten onderbemonsterd zijn. Gesteente met een hoge porositeit en permeabiliteit is vaak erg fragiel en ongeconsolideerd waardoor het niet mogelijk is kernplugjes te boren uit deze gedeelten. Hierdoor bestaat de dataset van kernplugmetingen onbedoeld uit een niet-representatieve selectie waarbij de hoogste metingen ontbreken. De resulterende geobserveerde porositeit-permeabiliteitstrend zal hierdoor lager zijn dan hij in werkelijkheid is. Doordat permeabiliteitslogs uit petrofysische analyses worden gemaakt met behulp van porositeit-permeabiliteitsrelaties van kernplugmetingen zou een onderbemonstering van hoog permeabele gesteenten een verklaring kunnen zijn voor het verschil in de gemiddelde permeabiliteit van petrofysische analyses en de significant hogere permeabiliteit uit de welltest.

TNO heeft geen bewijs om één van de laatste twee hypothesen aan te wijzen als verklaring voor de opmerkelijk hoge permeabiliteit van de Delft Sandstone Member in HON-GT-02. TNO concludeert dat de hoge permeabiliteitswaarde uit de welltest mogelijk inderdaad primaire permeabiliteit van de Delft Sandstone betreft, en dat deze zich aan de hoge kant van de permeabiliteitsverdeling van de Delft Sandstone bevindt.

TNO gaat akkoord met de maximale waarde van 1200 mD omdat geconcludeerd is dat deze, hoewel erg hoog, van een valide interpretatie afkomstig is en dus als maximale waarde kan worden beschouwd.

TNO is het oneens met de bepaling van de verwachte permeabiliteit door middeling van de lage en hoge waarde. TNO heeft daarom 14 boringen in het Westland petrofysisch geanalyseerd en van elke boring de gemiddelde permeabiliteit van de Delft Sandstone bepaald. Door vervolgens het gemiddelde van de permeabiliteiten van deze 14 boringen te bepalen kan een goede inschatting worden gemaakt van

Datum

3 juli 2013

Onze referentie

AGE 13-10.023

Blad

6/16

de verwachte variatie in permeabiliteit van de Delft Sandstone Member in dit gebied. De gemiddelde permeabiliteit in deze 14 boringen is 500 mD. TNO heeft daarom deze waarde gebruikt voor de te verwachten permeabiliteit.

Netto-bruto verhouding:

In de hernieuwde aanvraag wordt een verwachte Netto-Bruto verhouding van 0.78 gebruikt, met een hoge en lage waarde van respectievelijk 0.70 en 0.80. Deze waarden zijn bepaald op basis van de resultaten van de boringen HON-GT-01(S1) en HON-GT-02.

TNO heeft een eigen petrofysische analyse uitgevoerd voor de put HON-GT-01 en daaruit komt een Netto-Bruto van ongeveer 0.77. Uitgaande van deze waarde gaat TNO akkoord met de gebruikte minimale waarde van 0.70.

Bruto dikte:

Ook de bruto dikte is in de hernieuwde aanvraag aangepast aan de resultaten van de twee geboorde Honselersdijk-putten. HON-GT-01-S1 heeft een bruto dikte van 55, en HON-GT-02 van 137 meter. Deze zijn gebruikt als de minimale en maximale verwachte bruto dikte. Panterra benadrukt dat het grote verschil in dikte tussen de Honselersdijk-putten op een relatief korte afstand (1500 meter) de onzekerheid vergroot, zie rapport G865.

TNO vindt het grote verschil in bruto dikte opmerkelijk, vooral door de geringe laterale afstand tussen beide putten. Een hypothese voor dit verschil was de mogelijke aanwezigheid van een breuk in de Delft Sandstone in HON-GT-02. Een opschuivingsbreuk zou voor een verdubbeling van (de dikte van) het zandsteenpakket kunnen zorgen en daarmee het verschil verklaren. Verder zou een breuk, doordat het vaak een zwakke zone is, ook de hoge permeabiliteit, resulterend uit de welltest, kunnen verklaren. TNO heeft de beschikbare informatie geanalyseerd en is tot de conclusie gekomen dat de aanwezigheid van een breuk niet bewezen kan worden. Deze conclusie is gebaseerd op de volgende twee argumenten:

1. Er zijn geen aanwijzingen voor een breuk: er waren geen mud losses tijdens het boren, in de logs is geen bewijs gevonden en ook op de seismiek is geen significante breuk te zien.
2. De breuken in de omgeving die wel op de seismiek te zien zijn, vertonen slechts een klein verzet en betreffen bovendien veelal afschuivingen.

TNO vermoedt daarom dat het dikteverschil niet aan een breuk te wijden is, maar dat dit verklaard zou kunnen worden met een depositioneel model waarin HON-GT-02 waarschijnlijk een (hoofd-) channel heeft aangeboord en HON-GT-01 in een sub-channel of aan de rand van een channel is geplaatst.

TNO gaat akkoord met deze veronderstelde bruto diktes. Dit wordt ingegeven door de korte afstand (circa 5 km.) tussen de Honselersdijk putten en de geplande putlocaties van de De Lier concessie. Bovendien ligt het geplande doublet van De Lier, net zoals het doublet van Honselersdijk, in een slenk waardoor een relatief dik zandsteen pakket verwacht mag worden voor de Delft Sandstone Member.

Datum

3 juli 2013

Onze referentie

AGE 13-10.023

Blad

7/16

Verder is ook in de put HAG-01 en het doublet HAG-GT in Den Haag de Delft Sandstone Member met een bruto dikte van ± 100 m aangetroffen.

Aquifer top bij producer / injector:

De top van de aquifer ter plaatse van de producer en injector, zoals bepaald door PanTerra, zijn te verwachten op respectievelijk 2336 m. en 2317 m. diepte. Deze dieptes zijn bepaald aan de hand van een dieptekaart van de K35 discordantie, welke te vinden is in het 'Geologisch onderzoek: Aardwarmte in het Westland (G790) van PanTerra.

De verwachte dieptes van de top van het reservoir van de LIR-GT-01 en LIR-GT-02 putten tonen een goede overeenkomst met die van de Delft Sandstone Member in de twee Honselersdijk-putten. Beide doubletten liggen in hetzelfde breukblok. Daarom is het volgens TNO juist om voor de putten van Geothermie De Lier ongeveer vergelijkbare dieptes te verwachten.

Saliniteit:

De aanvrager gebruikt de testresultaten van het geteste formatiewater afkomstig uit de putten HON-GT-01 en HON-GT-02 en stelt dat de saliniteit gemiddeld 120000 ppm bedraagt.

TNO heeft de testresultaten uit de rapporten 'Geochemical investigations of water and solid samples at Honselersdijk GT 1 during the hydraulic test on 07-08 March 2012' en 'Geochemical investigations of water and solid samples at Honselersdijk GT 2 during the hydraulic test on 02 May 2012' geëvalueerd en vastgesteld dat de saliniteit in de putten HON-GT-01 (Figuur 2) en HON-GT-02 (Figuur 3) respectievelijk ongeveer 112,000 ppm en 116,000 ppm bedraagt. Tevens heeft TNO vastgesteld dat het formatiewater in het nabij gelegen geothermische doublet van Den Haag (HAG-GT-01 (Figuur 4)) ongeveer 111,000 ppm bedraagt. Deze drie waarden leveren een gemiddelde saliniteit van ongeveer 113,000 ppm op (waarbij P90 = 102.000 ppm).

Datum
3 juli 2013

Onze referentie
AGE 13-10.023

Blad
8/16

Well Name: HON-GT-01		Sample Depth:													
Sample Number:		Formation: Delft Sst													
Remarks:															
Measured Resistivity		ohmm at:	°C												
Measured Conductivity:	166.5	mmhos at:	25 °C												
Specific Gravity:	1.091	g/cc at:	20.0 °C												
Press Here To Process Data															
Legend															
Cells for user input															
Calculated results															
Chemical Composition:															
Cations	mg/L	meq/L	ppm	CF	NaCl_ppm	Anions	mg/L	meq/L	ppm	CF	NaCl_ppm				
Na	38800	1687.7	35564	1.00	35564	Cl	75710	2135.5	69395	1.00	69395				
K	458	11.7	420	0.96	402	HCO3	151	2.5	138	0.36	50				
Ca	6190	308.9	5674	0.82	4676	CO3									
Mg	983	80.9	901	1.62	1462	SO4	200	4.2	183	0.75	137				
Fe	72	2.6	66	1.00	66	NO3	1	0.0	0	0.55	0				
Sr	373	8.5	342	1.00	342	OH									
Ba	8	0.1	8	1.00	8	Br	194	2.4	178	0.44	78				
Mn	2	0.1	2	1.00	2	NH4	77	4.3	70	1.90	134				
I	1	0.0	1	0.26	0										
Li	5	0.8	5	2.50	12										
Cation meq:		2101.3		Total Cations:		42533		Anion meq:		2148.8		Total Anions:		69794	
NaCl Equivalent:		112328		ppm											
Ion Balance:		-1.1%		←		For modern laboratory analyses expect this to be less than about 5%									
Rw at 25°C (77°F):		0.064		ohmm		(Interpolated using Schlumberger chart Gen-9)									
Brine Density:		1.133		g/cc at 25 °C		(Mavko Sec 6.15)									

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

Well Name: HON-GT-02		Sample Depth:													
Sample Number:		Formation: Delft Sst													
Remarks:															
Measured Resistivity		ohmm at:	°C												
Measured Conductivity:	147.7	mmhos at:	25 °C												
Specific Gravity:	1.093	g/cc at:	20.0 °C												
Press Here To Process Data															
Legend															
Cells for user input															
Calculated results															
Chemical Composition:															
Cations	mg/L	meq/L	ppm	CF	NaCl_ppm	Anions	mg/L	meq/L	ppm	CF	NaCl_ppm				
Na	40000	1739.9	36597	1.00	36597	Cl	78020	2200.7	71382	1.00	71382				
K	421	10.8	385	0.96	368	HCO3	166	2.7	152	0.36	55				
Ca	7080	353.3	6478	0.82	5295	CO3									
Mg	894	73.6	818	1.64	1338	SO4	189	3.9	173	0.75	130				
Fe	81	2.9	74	1.00	74	NO3	0	0.0	0	0.55	0				
Sr	399	9.1	365	1.00	365	OH									
Ba	9	0.1	8	1.00	8	Br	201	2.5	184	0.44	81				
Mn	2	0.1	1	1.00	1	NH4	62	3.4	57	1.90	108				
I	1	0.1	1	0.26	2										
Li	6	0.8	5	2.50	13										
Cation meq:		2190.7		Total Cations:		44061		Anion meq:		2213.3		Total Anions:		71755	
NaCl Equivalent:		115816		ppm											
Ion Balance:		-0.5%		←		For modern laboratory analyses expect this to be less than about 5%									
Rw at 25°C (77°F):		0.062		ohmm		(Interpolated using Schlumberger chart Gen-9)									
Brine Density:		1.137		g/cc at 25 °C		(Mavko Sec 6.15)									

Figuur 3 Bepaling van de saliniteit van het formatiewater aangetroffen in HON-GT-02.

Datum
3 juli 2013

Onze referentie
AGE 13-10.023

Blad
9/16

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:	HAG-GT-01	Sample Depth:									
Sample Number:		Formation:									
Remarks:											
Measured Resistivity:		ohmm at:		°C	Press Here To Process Data						
Measured Conductivity:		mmhos at:		°C							
Specific Gravity:	1.09	g/cc at:	19.7	°C							
Chemical Composition:											
Cations	mg/L	meq/L	ppm	CF	NaCl ppm	Anions	mg/L	meq/L	ppm	CF	NaCl ppm
Na	34000	1478.9	31193	1.00	31193	Cl	81000	2284.7	74312	1.00	74312
K	970	24.8	890	0.96	854	HCO3	170	2.8	156	0.36	56
Ca	3900	194.6	3578	0.88	3148	CO3					
Mg	1000	82.3	917	1.62	1486	SO4	95	2.0	87	0.78	68
Fe	33	1.2	30	1.00	30	NO3	1	0.0	1	0.55	1
Sr	250	5.7	229	1.00	229	OH					
Ba	7	0.1	7	1.00	7	Br					
Mn	2	0.1	2	1.00	2	NH4	55	3.0	50	1.90	96
I											
Li											
Cation meq:	1787.8	Total Cations:	36949	Anion meq:	2292.5	Total Anions:	74532				
NaCl Equivalent:	111481	ppm									
Ion Balance:	-12.4%	←	For modern laboratory analyses expect this to be less than about 5% (Interpolated using Schlumberger chart Gen-9)								
Rw at 25°C (77°F):	0.065	ohmm									
Brine Density:	1.132	g/cc at 25 °C (Mavko Sec 6.15)									

Figuur 4 Bepaling van de saliniteit van het formatiewater aangetroffen in HAG-GT-01.

k_h - k_v ratio:

In het realisatiescenario van de aanvrager wordt een k_h/k_v ratio gegeven van 1. Dit is een waarde die in principe voor zeer schoon zand geldt. TNO is van mening dat deze waarde nochtans acceptabel zou zijn indien het geothermische doublet uit verticale putten zou bestaan (bij een verticale put zou min of meer alleen horizontale flow optreden en is de waarde van de anisotropie niet relevant). De gepresenteerde putten van de aanvrager komen echter onder een hoek van 40° het aquifer binnen. Hierdoor wordt de mate van verticale flow ook groter ten opzichte van de horizontale flow. Indien het aquifer geheel homogeen is, dan zou de k_h/k_v ratio 1 zijn. Uit de logdata van HON-GT-01(-ST1) en -02 blijkt dat een aantal minder permeabele shale-intervallen in de Delft Sandstone Member aanwezig is. Panterra vermeldt dit ook in het rapport 'An update of geothermal well proposals for the Maasdijk and Honselersdijk-2 concessions, March 2013, G1015': "Delft Sandstone: fluvial sandstone with minor clay intervals".

TNO heeft op basis van een permeabiliteits-log van HON-GT-01 een k_h/k_v ratio van ongeveer 5 berekend. TNO acht daarom de aanname van een k_h/k_v ratio van 1 onjuist.

Oppervlaktetemperatuur en geothermische gradiënt:

In het Geologisch onderzoek (Bijlage D), opgesteld door Agro Adviesburo, wordt een geothermische gradiënt van 0.033 °C/m gebruikt op basis van de update van PanTerra 'Addendum to Well proposal De Lier (G865), January 2013, G1015'.

Datum

3 juli 2013

Onze referentie

AGE 13-10.023

Blad

10/16

Deze update is opgesteld naar aanleiding van de resultaten van de recent geboorde geothermie putten HON-GT-01(-S1) en HON-GT-02.

PanTerra stelt op pagina 8 dat zij geen toegang hadden tot de petrofysische evaluatie van de HON-GT-01 en -02 putten. Daarom is een quick look evaluatie uitgevoerd door PanTerra, waarbij de geothermische gradiënt is bijgesteld van de eerdere 0.031 °C/m naar 0.033 °C/m. Op het moment van schrijven heeft TNO nog geen beschikking over deze quick look van PanTerra.

PanTerra vermeldt op pagina 8 dat zij beschikken over de welltest evaluatie van de put HON-GT-02, uitgevoerd door Dhr. Schmid. Hierin wordt ook een geothermische gradiënt berekend van 0.033 °C/m. Deze gradiënt is berekend door de maximale temperatuur van 96 °C aan de basis van de Pijnacker Member te delen door de 'along hole' gemeten diepte van 2900 mMD. TNO vermoedt dat deze gradiënt over is genomen door PanTerra.

Deze berekening is onjuist omdat dient te worden uitgegaan van de werkelijke verticale diepte in plaats van de gemeten diepte langs het boorgat. In dit geval is de corresponderende diepte 2566m TVD. Ook moet er een correctie toegepast worden i.v.m. de temperatuur aan het aardoppervlak. In Nederland is dit gemiddeld 10 °C.

Met een gecorrigeerde waarde van de temperatuur (86 °C) en de verticale diepte 2566 m wordt een geothermische gradiënt berekend van 0.032 °C/m.

Skin:

De aanvrager gebruikt in het realisatiescenario een skin van 0, hetgeen juist is.

Tubing roughness:

Het rapport G1015 'Addendum to Well proposal De Lier (G865)' van PanTerra geeft een tubing roughness van 1.8 milli-inch, en onderbouwt dit met een referentie op www.pumpfundamentals.com. Deze waarde is karakteristiek voor een 'carbon steel or wrought iron pipe' en 'stainless steel pipe'. Deze waarde bevindt zich in de mogelijke range van waarden van 'steel pipe, drawn, new' zoals vermeld op www.engineering-page.com (0.79 – 3.94 milli-inch) en 'steel pipe, welded, new' (1.97 – 3.94). TNO acht deze informatie juist en gaat akkoord met de waarde van deze parameter.

Putarchitectuur:

De diepte-intervallen zoals ze gegeven zijn in het DoubletCalc scenario in het Geologisch Onderzoek (Bijlage D) van Agro AdviesBuro komen niet overeen met de putarchitectuur zoals die gegeven is in hetzelfde rapport. Bovendien kloppen de TVD dieptes niet met de gegeven MD dieptes.

TNO neemt aan dat het gegeven schema van de putarchitectuur, zoals gegeven in paragraaf 8.3 van het Geologisch onderzoek van Agro AdviesBuro, correct is en dat het DoubletCalc scenario aangepast moet worden. Dit is dan ook verwerkt in het door TNO gegenereerde DoubletCalc scenario.

Datum
3 juli 2013

Onze referentie
AGE 13-10.023

Blad
11/16

De foutief ingevulde putarchitectuur van de aanvrager heeft wel als gevolg dat het geothermisch vermogen te laag wordt ingeschat. Met een correcte putarchitectuur en de parameters van de aanvrager wordt een geothermisch vermogen berekend van 14.4 MW in plaats van 13.7 MW.

Vermogen:

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

Doublet Calculator 1.4

number of simulation runs (-) 1000 Calculate! Open Scenario Save Scenario Exit Program

file: ... _2013\F3-Garantieregeling\AARD03002 Geothermie De Lien\DoubletCalc_scenarios\original.xml

Geotechnical input

A) Aquifer properties

Property	min	median	max	Property	value
aquifer permeability (mD)	250	700	1200	aquifer kh/kv ratio (-)	1
aquifer net to gross (-)	.7	.78	.8	surface temperature (°C)	10.0
aquifer gross thickness (m)	55	95	140	geothermal gradient (°C/m)	0.033
aquifer top at producer (m TVD)	2102.0	2336	2570.0	[mid aquifer temperature producer (°C)]	0.0
aquifer top at injector (m TVD)	2085.0	2317	2549.0	[aquifer pressure at producer (bar)]	0.0
aquifer water salinity (ppm)	108000	120000	132000	[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)	1500
pump system efficiency (-)	.61
production pump depth (m)	500
pump pressure difference (bar)	50

C) Well properties

segment length (m) 50

Producer					Injector				
outer diameter producer (inch)					outer diameter injector (inch)				
8.5					8.5				
skin producer (-)					skin injector (-)				
0					0				
penetration angle producer (deg)					penetration angle injector (deg)				
40					40				
skin due to penetration angle p (-)					skin due to penetration angle i (-)				
-0.52					-0.52				
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	8.5	1.8	1	150	150	8.5	1.8
2	1000	1000	12.25	1.8	2	1000	1000	12.25	1.8
3	2600	2100	8.5	1.8	3	2550	2050	8.5	1.8
4	2900	2336	6.12	1.8	4	2900	2317	6.12	1.8
5					5				
6					6				
7					7				
8					8				

[] optional

Figuur 5 DoubletCalc invoer aanvrager.

Datum
3 juli 2013

Onze referentie
AGE 13-10.023

Blad
12/16

Doublet Calculator 1.4

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

file: ... 013V3-garantierегelinglaard03002 de lier 1-3-4 geothermie de lier04_dc\laard03002_tno.xml

Geotechnical input

A) Aquifer properties

Property	min	median	max	Property	value
aquifer permeability (mD)	330	500	1200	aquifer kh/kv ratio (-)	5
aquifer net to gross (-)	.7	.78	.8	surface temperature (°C)	10.0
aquifer gross thickness (m)	55	95	140	geothermal gradient (°C/m)	0.032
aquifer top at producer (m TVD)	2102.0	2336	2570.0	[mid aquifer temperature producer (°C)]	0.0
aquifer top at injector (m TVD)	2085.0	2317	2549.0	[aquifer pressure at producer (bar)]	0.0
aquifer water salinity (ppm)	102000	113000	125000	[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)	1500
pump system efficiency (-)	.61
production pump depth (m)	500
pump pressure difference (bar)	50

C) Well properties

segment length (m) 50

Producer					Injector				
outer diameter producer (inch)	8.5				outer diameter injector (inch)	8.5			
skin producer (-)	0				skin injector (-)	0			
penetration angle producer (deg)	40				penetration angle injector (deg)	40			
skin due to penetration angle p (-)	-0.24				skin due to penetration angle i (-)	-0.24			
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	8.5	1.8	1	1013	1013	12.25	1.8
2	1013	1013	12.25	1.8	2	2542	2267	8.5	1.8
3	2567	2286	8.5	1.8	3	2592	2317	5.625	1.8
4	2617	2336	5.625	1.8	4				
5					5				
6					6				
7					7				
8					8				

[] optional

Figuur 6 DoubletCalc invoer TNO.

Datum
3 juli 2013

Onze referentie
AGE 13-10.023

Blad
13/16

Doublet Calculator 1.4 Result Table

probabilistic plots fingerprinting export base case details

file: ... personeel\data\aanvraag sei\002506-sei-harting-2013\002506-harting holland-sei-2013.xml

Geotechnics (Input)

Property	min	median	max
aquifer permeability (mD)	250.0	700.0	1200.0
aquifer net to gross (-)	0.7	0.78	0.8
aquifer gross thickness (m)	55.0	95.0	140.0
aquifer top at producer (m TVD)	2102.0	2336.0	2570.0
aquifer top at injector (m TVD)	2085.0	2317.0	2549.0
aquifer water salinity (ppm)	108000.0	120000.0	132000.0

Geotechnics (Output)

Monte Carlo cases (stochastic inputs)	P90	P50	P10
aquifer kH net (Dm)	30.67	50.21	75.17
mass flow (kg/s)	72.41	98.17	118.11
pump volume flow (m ³ /h)	247.0	333.9	402.7
required pump power (kW)	562.5	760.2	916.9
geothermal power (MW)	13.69	18.75	23.44
COP (kW/kW)	22.8	24.7	26.6

Property	value
number of simulation runs (-)	1000.0
aquifer kh/kv ratio (-)	1.0
surface temperature (°C)	10.0
geothermal gradient (°C/m)	0.033
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)	1500.0
pump system efficiency (-)	0.61
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 (-)	-0.52
tubing segment sections p (m AH)	500.0,1000.0,2600.0,2900.0
tubing segment depth p (m TVD)	500.0,1000.0,2100.0,2336.0
tubing inner diameter p (inch)	8.5,12.25,8.5,6.12
tubing roughness p (milli-inch)	1.8,1.8,1.8,1.8
outer diameter injector (inch)	8.5
skin injector (-)	0.0
skin due to penetration angle i (-)	-0.52
tubing segment sections i (m AH)	150.0,1000.0,2550.0,2900.0
tubing segment depth i (m TVD)	150.0,1000.0,2050.0,2317.0
tubing inner diameter i (inch)	8.5,12.25,8.5,6.12
tubing roughness i (milli-inch)	1.8,1.8,1.8,1.8

base case (median value inputs)	value
aquifer kH net (Dm)	51.87
mass flow (kg/s)	99.63
pump volume flow (m ³ /h)	339.5
required pump power (kW)	773.0
geothermal power (MW)	19.12
COP (kW/kW)	24.7

Aquifer Pressure at producer (bar)	237.8
Aquifer Pressure at Injector (bar)	235.82
Pressure difference at producer (bar)	13.21
Pressure difference at Injector (bar)	24.77
Aquifer temperature at producer (°C) *	88.66
Temperature at heat exchanger (°C)	67.38

* @ mid aquifer depth

Figuur 7 DoubletCalc resultaten aanvrager.

Datum
3 juli 2013

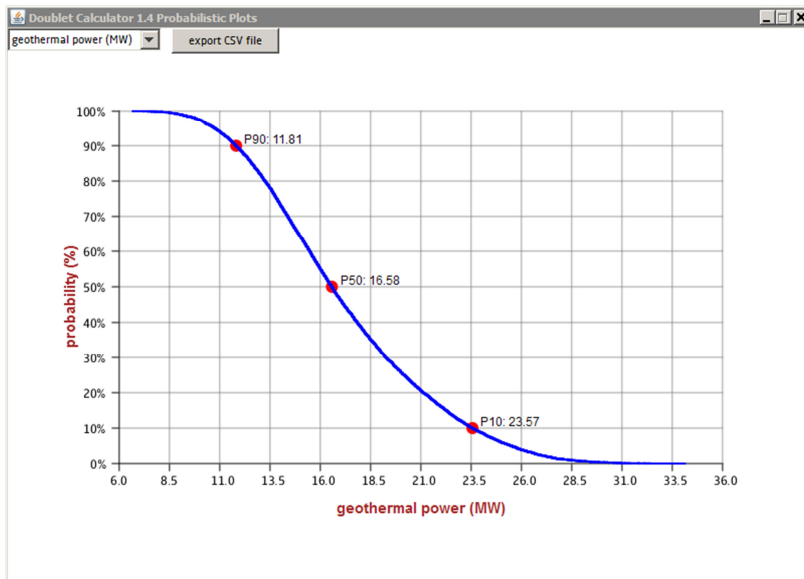
Onze referentie
AGE 13-10.023

Blad
14/16

Geotechnics (Input)				Geotechnics (Output)			
Property	min	median	max	Monte Carlo cases (stochastic inputs)	P90	P50	P10
aquifer permeability (mD)	330.0	500.0	1200.0	aquifer kH net (Dm)	26.59	39.14	67.31
aquifer net to gross (-)	0.7	0.78	0.8	mass flow (kg/s)	66.05	89.52	125.71
aquifer gross thickness (m)	55.0	95.0	140.0	pump volume flow (m³/h)	225.8	306.0	430.4
aquifer top at producer (m TVD)	2102.0	2336.0	2570.0	required pump power (kW)	514.1	696.7	980.0
aquifer top at injector (m TVD)	2085.0	2317.0	2549.0	geothermal power (MW)	11.81	16.58	23.57
aquifer water salinity (ppm)	102000.0	113000.0	125000.0	COP (kW/kW)	21.8	23.7	25.6

Property	value	base case (median value inputs)	value
number of simulation runs (-)	10000.0	aquifer kH net (Dm)	37.05
aquifer kh/kv ratio (-)	5.0	mass flow (kg/s)	85.99
surface temperature (°C)	10.0	pump volume flow (m³/h)	294.1
geothermal gradient (°C/m)	0.032	required pump power (kW)	669.5
[mid aquifer temperature producer (°C)]	0.0	geothermal power (MW)	15.85
[aquifer pressure at producer (bar)]	0.0	COP (kW/kW)	23.7
[aquifer pressure at injector (bar)]	0.0		
exit temperature heat exchanger (°C)	35.0	Aquifer Pressure at producer (bar)	237.46
distance wells at aquifer level (m)	1500.0	Aquifer Pressure at injector (bar)	235.57
pump system efficiency (-)	0.81	Pressure difference at producer (bar)	16.71
production pump depth (m)	500.0	Pressure difference at injector (bar)	30.6
pump pressure difference (bar)	50.0	Aquifer temperature at producer (°C) *	86.27
outer diameter producer (inch)	8.5	Temperature at heat exchanger (°C)	84.94
skin producer (-)	0.0		
skin due to penetration angle p (-)	-0.24		
tubing segment sections p (m AH)	500.0,1013.0,2567.0,2617.0		
tubing segment depth p (m TVD)	500.0,1013.0,2286.0,2336.0		
tubing inner diameter p (inch)	8.5,12.25,8.5,5.63		
tubing roughness p (milli-inch)	1.8,1.8,1.8,1.8		
outer diameter injector (inch)	8.5		
skin injector (-)	0.0		
skin due to penetration angle i (-)	-0.24		
tubing segment sections i (m AH)	1013.0,2542.0,2592.0		
tubing segment depth i (m TVD)	1013.0,2267.0,2317.0		
tubing inner diameter i (inch)	12.25,8.5,5.63		
tubing roughness i (milli-inch)	1.8,1.8,1.8		

Figuur 8 DoubletCalc resultaten TNO.



Figuur 9 Overschrijdingsgrafiek van het verwachte vermogen van TNO.

Datum

3 juli 2013

Onze referentie

AGE 13-10.023

Blad

15/16

Conclusie:

TNO acht het onwaarschijnlijk dat het geplande doublet De Lier het door de aanvrager beoogde P90 indicatief geothermisch vermogen kan halen. Het P90 geothermisch vermogen op basis van de door TNO voorgestelde parameters is 11.8 MW.

De belangrijkste reden is dat de aangevraagde gemiddelde permeabiliteit van de aquifer (700 mD) naar mening van TNO wordt overschat. De aanvrager heeft deze waarde waarschijnlijk verkregen uit het rekenkundig gemiddelde van de minimale en maximale permeabiliteit (250 en 1200 mD). TNO is van mening dat deze methode onnauwkeurig is en heeft zelf een gemiddelde bepaald door 14 putten in het Westland petrofysisch te analyseren. Uit deze analyse komt een gemiddelde permeabiliteit van 500 mD. De verlaging van de gemiddelde permeabiliteit heeft effect op het uiteindelijke P90 geothermisch vermogen. Dit komt hierdoor lager uit dan in het scenario van de aanvrager.

Indien de aanvrager het beoogde vermogen wil bereiken, moet de pompdruk verhoogd worden tot ongeveer 59 bar (zie Figuur 10). Dit genereert echter een overdruk bij de injector van ongeveer 15%. TNO acht het waarschijnlijk dat de aanvrager het beoogde P90 indicatief geothermisch vermogen kan produceren indien deze verhoogde pompdruk toegepast kan worden.

TNO is van mening dat de aanvrager de putarchitectuur onjuist heeft ingevoerd. Met de door TNO ingevoerde correcte putarchitectuur was het P90 vermogen in het scenario van de aanvrager uitgekomen op 14.4 MW. In het TNO-scenario is dit vermogen haalbaar met een pompdruk van 63 bar.

Datum
3 juli 2013

Onze referentie
AGE 13-10.023

Blad
16/16

Doublet Calculator 1.4 Result Table							
probabilistic plots		fingerprinting		export base case details			
file: ... ng\AARD03002 De Lier 1-3-4 Geothermie De Lier\04_DC\AARD03002_TNO_DC_verhoogdepompdruk.xml							
Geotechnics (Input)				Geotechnics (Output)			
Property	min	median	max	Monte Carlo cases (stochastic inputs)	P90	P50	P10
aquifer permeability (mD)	330.0	500.0	1200.0	aquifer kH net (Dm)	26.65	39.11	67.17
aquifer net to gross (-)	0.7	0.78	0.8	mass flow (kg/s)	75.87	102.12	140.78
aquifer gross thickness (m)	55.0	95.0	140.0	pump volume flow (m³/h)	259.1	349.2	481.3
aquifer top at producer (m TVD)	2102.0	2336.0	2570.0	required pump power (kW)	696.3	938.1	1293.1
aquifer top at injector (m TVD)	2085.0	2317.0	2549.0	geothermal power (MW)	13.66	18.98	26.5
aquifer water salinity (ppm)	102000.0	113000.0	125000.0	COP (kW/kW)	18.5	20.1	21.7
Property	value			base case (median value inputs)	value		
number of simulation runs (-)	10000.0			aquifer kH net (Dm)	37.05		
aquifer kh/kv ratio (-)	5.0			mass flow (kg/s)	98.01		
surface temperature (°C)	10.0			pump volume flow (m³/h)	335.2		
geothermal gradient (°C/m)	0.032			required pump power (kW)	900.5		
[mid aquifer temperature producer (°C)]	0.0			geothermal power (MW)	18.12		
[aquifer pressure at producer (bar)]	0.0			COP (kW/kW)	20.1		
[aquifer pressure at injector (bar)]	0.0			Aquifer Pressure at producer (bar)	237.46		
exit temperature heat exchanger (°C)	35.0			Aquifer Pressure at Injector (bar)	235.57		
distance wells at aquifer level (m)	1500.0			Pressure difference at producer (bar)	19.04		
pump system efficiency (-)	0.61			Pressure difference at Injector (bar)	34.9		
production pump depth (m)	500.0			Aquifer temperature at producer (°C) *	86.27		
pump pressure difference (bar)	59.0			Temperature at heat exchanger (°C)	85.1		
outer diameter producer (inch)	8.5			* @ mid aquifer depth			
skin producer (-)	0.0						
skin due to penetration angle p (-)	-0.24						
tubing segment sections p (m AH)	500.0,1013.0,2567.0,2617.0						
tubing segment depth p (m TVD)	500.0,1013.0,2286.0,2336.0						
tubing inner diameter p (inch)	8.5,12.25,8.5,5.63						
tubing roughness p (milli-inch)	1.8,1.8,1.8,1.8						
outer diameter injector (inch)	8.5						
skin injector (-)	0.0						
skin due to penetration angle i (-)	-0.24						
tubing segment sections i (m AH)	1013.0,2542.0,2592.0						
tubing segment depth i (m TVD)	1013.0,2267.0,2317.0						
tubing inner diameter i (inch)	12.25,8.5,5.63						
tubing roughness i (milli-inch)	1.8,1.8,1.8						

Figuur 10 DoubletCalc resultaten TNO met verhoogde pompdruk.