

EINDRAPPORTAGE

Verstoppingen in geothermische productieputten

Ministerie van EZ - Stichting Programmafonds
Glastuinbouw

18 november 2015



1 Algemene projectgegevens

- 16 oktober 2015
- Verstoppingen in geothermische productieputten, de oorzaken, oplossingsrichtingen en manieren om dit te voorkomen.
- Het projectnummer van het Stichting Programmafonds Glastuinbouw: E15014
- Aanvangsdatum project: maart 2015
- Looptijd project: 8 maanden

2 Gegevens uitvoerende organisatie

- Naam Green-Well-Westland B.V.
- Bezoekadres Ockenburglaan 25
- Contactpersoon T.M.A.J. Zwinkels
- Contactgegevens 06-20002049, info@green-well-westland.nl

3 Leeswijzer

Het onderzoek is in vier fases uitgevoerd, conform het projectvoorstel. De hoofdstukken 5 tot en met 8 bevatten een beschrijving van de (mede) voor het onderzoek verrichte activiteiten en de resultaten. Hoofdstuk 4 geeft een samenvatting.

In hoofdstuk 11 is een lijst opgenomen van de bijlages waarop dit rapport gebaseerd is.

4 Samenvatting

4.1 Websamenvatting

De productiebron van het geothermiedoublet van Green Well Westland (GWW) heeft eind 2014 een blokkade ondervonden. Half 2015 is deze blokkade teniet gedaan door het boren van een side-track langs het geblokkeerde gedeelte. Deze oplossing is vooraf als meest kansrijk beoordeeld. Door middel van een vis-actie (fishing) is eerst getracht de onderste sectie (inclusief blokkade) naar boven te halen om de oorzaak onomstotelijk vast te kunnen stellen. Deze actie is helaas mislukt, zodat de keuze voor een side-track de meest logische was.

De oorzaak van de blokkade is op basis van diverse bewijsmaterialen met grote waarschijnlijkheid vastgesteld op indringing van kleideeltjes ter hoogte van de casingsectie met de kleinste diameter (de onderste sectie). Dit tengevolge van schade aan een of meerdere koppelingen tussen de casingpijpen. Deze kleideeltjes hebben zich opgehoopt ter hoogte van de overgang naar een grotere diameter pijp (afname stroomsnelheid) en zijn uiteindelijk als grote stukken teruggevallen in de onderste sectie.

Ter voorkoming van toekomstige blokkades bij bestaande en nieuwe putten wordt geadviseerd om de inhoud van de vloeistof te monitoren om erosie, corrosie en eventuele toename van vaste delen tijdig te kunnen vaststellen. Bij nieuwe putten dienen flush-koppelingen te worden toegepast met gladdere binnenzijde om de kans op erosie te minimaliseren.

Daarnaast verdient het aanbeveling om een stroomsnelheid aan te houden welke aansluit bij het ontwerp van het doublet. Hierbij kan het vervolg onderzoek TC Forensic Engineering, uitgevoerd door TNO, als hulpmiddel dienen.

4.2 Samenvatting

In de praktijk blijkt dat goed functionerende geothermiedoubletten na enige tijd geconfronteerd kunnen worden met een productiestop als gevolg van ondergrondse oorzaken. Het is vaak technisch complex om de exacte oorzaak van een productiestop te bepalen. Toch is dit uiteraard van groot belang omdat deze kennis nuttig is bij het putontwerp van nieuwe geothermieputten en bij de bedrijfsvoering en verdere optimalisatie van nieuwe en bestaande doubletten.

Daarnaast is het van groot belang dat wordt onderzocht wat een kansrijk plan van aanpak is om de productie van reeds geblokkeerde putten te herstellen. Ook in de toekomst, ondanks voortschrijdend inzicht, kunnen zich immers dergelijke stops voordoen.

Naar verwachting zal uit deskresearch niet met 100% zekerheid de oorzaak volgen. De oorzaak is dan te vinden door een vorm van 'educated trial and error', hypothesen die op de put in een 'slimme volgorde' getoetst zullen worden. Hiervoor is een (generiek) plan van aanpak vereist, dat in de praktijk bij GWW is uitgevoerd/getest. Dit is het uitgangspunt geweest van het onderzoek dat heeft plaatsgevonden in de eerste helft van 2015 naar de verstopping van de geothermische productiebron van Green Well Westland. Vanaf de zomer van 2014 zijn afnemende drukken (toenemende draw-down) waargenomen die uiteindelijk eind 2014 hebben geresulteerd in een productiestop.

Het onderzoek is onderverdeeld in een studiefase, een second opinion op de studiefase, het opstellen van een gedegen plan van aanpak voor de herstelwerkzaamheden en het daadwerkelijk uitvoeren van deze werkzaamheden.

In de studiefase is een aantal mogelijke oorzaken benoemd die mogelijk hebben geleid tot het verstopt raken van de bron.

5 Beschrijving Studiefase

De belangrijkste stappen waren het beschrijven van het proces en gebeurtenissen voorafgaand aan de start van het onderzoek, vaststellen van de mogelijk oorzaken, het op basis van beschikbare bewijsmaterialen uitsluiten van mogelijk oorzaken en uiteindelijk het bepalen van het meest optimale plan van aanpak voor de herstelwerkzaamheden.

Voor de start van het onderzoek:

Winter 2013, gedraaid met debiet tot 180 m³/h. (6 m/s in de 4,5 inch reservoir sectie).

Zomer 2014 lager debiet vanwege verminderde warmtevraag. (tot het minimum van 90 m³ per uur)

Na de zomer waarneming van een afnemende intake druk.

Vaker wisselen van filterzakken noodzakelijk vanaf de zomer 2014.

Afnemen van de maximaal haalbare debiet vanaf najaar 2014.

Complete productiestop november 2014.

Wireline operaties uitgevoerd (onsuccesvol) om de oorzaak vast te stellen begin 2015.

Coiled tubing operatie uitgevoerd (onsuccesvol) december 2014 ten einde de blokkade te doorbreken

Bij de operaties van 2014 (wire line) is materiaal van de blokkade naar boven gehaald. Aan de hand van analyses van de samenstelling van dit kleimateriaal is de indringingshoogte bepaald op 2471-2500 mA. Dit is gedaan door de analyses te vergelijken met gegevens van de VDB-04 bron. Voor een toelichting zie appendix 1.2.

Inventarisatie mogelijk oorzaken blokkade

1. schade aan de screens
2. schade aan de liner hanger
3. seismische activiteit
4. verschuiving van een breuk
5. schade aan koppelingen van de casings door hoge stromingssnelheden (vortices)
6. losgedraaide koppelingen door toepassen opofferingsmudmotor

Onderzoek hypothesen oorzaken

1/2 Schade aan screens of liner hanger (*onwaarschijnlijk*)

De bepaalde indringingshoogte van de kleideeltjes impliceren dat de schade zich niet ter hoogte van de screens of liner hanger bevindt.

3/4 Schade aan de put door het verschuiven van een geologische breuk of seismische activiteit (*onwaarschijnlijk*).

Er is geen seismische activiteit waargenomen in het gebied en de boring ligt niet in de nabijheid van een breuk. Er zijn verder ook geen aanwijzingen dat van 1 van beide sprake zou zijn. Zie ook appendix 1.2.

5 Schade aan de koppelingen van de blindpipes van de screen sectie (*waarschijnlijk*)

Gedurende de productiefase van de bron zijn stroomsnelheden bereikt tot 6 m/s . De wijze waarop de gebruikte BTC koppelingen worden gebruikt in combinatie met de casingpijpen resulteert in het midden van de koppelingen in een vergroting van de doorstroomdiameter. Hierin ontstaan wervelingen die een extra eroderende werking hebben. Als er meer solids in de vloeistof voorkomen wordt dit proces bovendien versneld totdat uiteindelijk gaten ontstaan in de BTC koppelingen en materiaal van buiten de put kan intreden.

Hetzelfde fenomeen aan een BTC koppeling is bij Green Well Westland bovendien eerder waargenomen in de productietubing van de ESP, waar in 2013 eveneens erosieslijtage is waargenomen op het midden van de BTC koppelingen. In de ESP tubing is het erosie risico aan de koppelingen succesvol uitgesloten door de BTC koppelingen in te wisselen voor nieuwe flush koppelingen. Zie ook appendix 1,3.



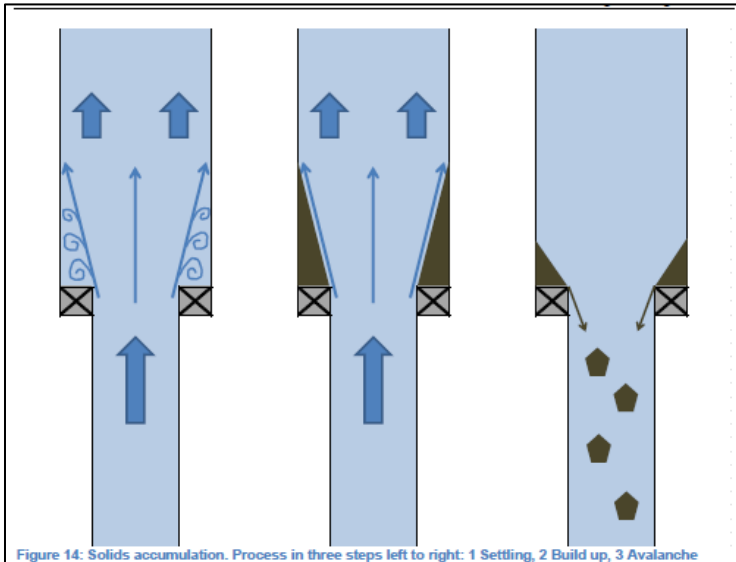
Figuur schade BTC koppeling, zie erosie bij overgang schroefdraad/verbuizing.

6 Het losdraaien van de koppelingen door het draaimoment van de opgeofferde mudmotor bij de oorspronkelijke boring. (*zeer onwaarschijnlijk*)

De koppelingen komen los bij een moment van circa 6,1 kNm. De mudmotor die destijds gebruikt is levert maximaal 3,1 kNm en heeft tijdens bedrijf (geregistreerde waarden) de 1,0 kNm niet overschreden.

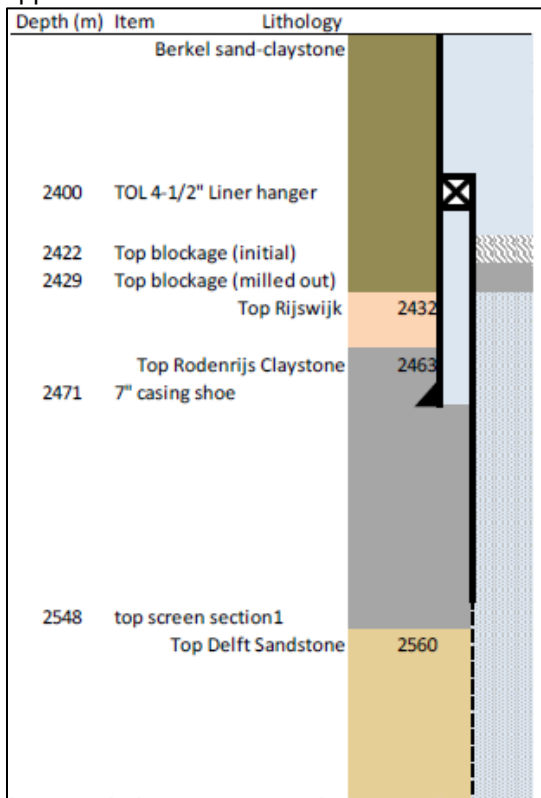
Ontstaan van de verstopping:

De meest waarschijnlijke eerste stap in het ontstaan van de verstopping is schade aan de koppelingen. De hierdoor intredende kleideeltjes kunnen uiteindelijk leiden tot het ontstaan van een verstopping. Hieronder is visueel verduidelijkt hoe dit proces zich over een langere periode heeft voltrokken.



Figuur; visuele weergave van het ontstaan van een verstopping.

Ter plaatse van de overgang van een kleine naar een grotere diameter ontstaan op de rand gebieden met heel lage stroomsnelheden waar zwevende kleideeltjes de gelegenheid krijgen om te bezinken. De kleilaag zal blijven aangroeien tot het moment dat grote stukken afbreken en naar beneden vallen alwaar een blokkade wordt gevormd. Een afname in flow kan dit teweeg hebben gebracht. Zie appendix 1.3.



Figuur: schematische weergave van de verstopping (in werkelijkheid is de put gedeveerd).

Oplossing en alternatieven:

Op basis van de studies die zijn verricht, is het naar boven halen van de oude, onderste sectie en het daarna plaatsen van een nieuwe sectie de meest voor de hand liggende optie. Mocht het naar boven halen falen, ligt het boren van een side track voor de hand.

Als alternatief heeft er door Panterra een onderzoek plaatsgevonden naar de mogelijkheden voor productie uit andere (ondiepere) formaties dan de Delft of Alblasserdam. De onderzochte formaties waren de Rijswijk en de Berkel. Afgezien van de technische uitdagingen blijkt het vermogen dat vanuit deze formaties gewonnen zou kunnen worden (P10) te variëren tussen 1,8 MW (Berkel) en 4 MW (Rijswijk). Voor wat betreft de Rijswijk dient daarbij aangetekend te worden dat vanwege de beperkte dikte van de laag door relatief kleine "fouten" in deze formatie het winbare vermogen drastisch kan dalen.

Op basis van deze resultaten zijn deze alternatieven losgelaten.

Conclusies:

De belangrijkste conclusie is dat schade aan de koppelingen de meest voor de hand liggende initiële oorzaak is van de blokkade. Op basis van de beschikbare gegevens is het boren van een side-track als optimale oplossing gekozen. Bij het plaatsen van de nieuwe sectie met de nieuwe screens (exact ter hoogte van het Delft-zandsteen reservoir) is gebruik gemaakt van flush-koppelingen met een gladde binnenzijde.

De detailrapportages die horen bij deze studiefase zijn opgenomen in appendix 1.1 t/m 1.3.

6 Second opinion

WellWorks is gevraagd een second opinion te geven op de rapportages WEP (appendices 1.3 en 2.2) uit de studiefase. Het gaat om de rapportages over de oorzaak van de verstopping en het "detailed design" voor de side track boring.

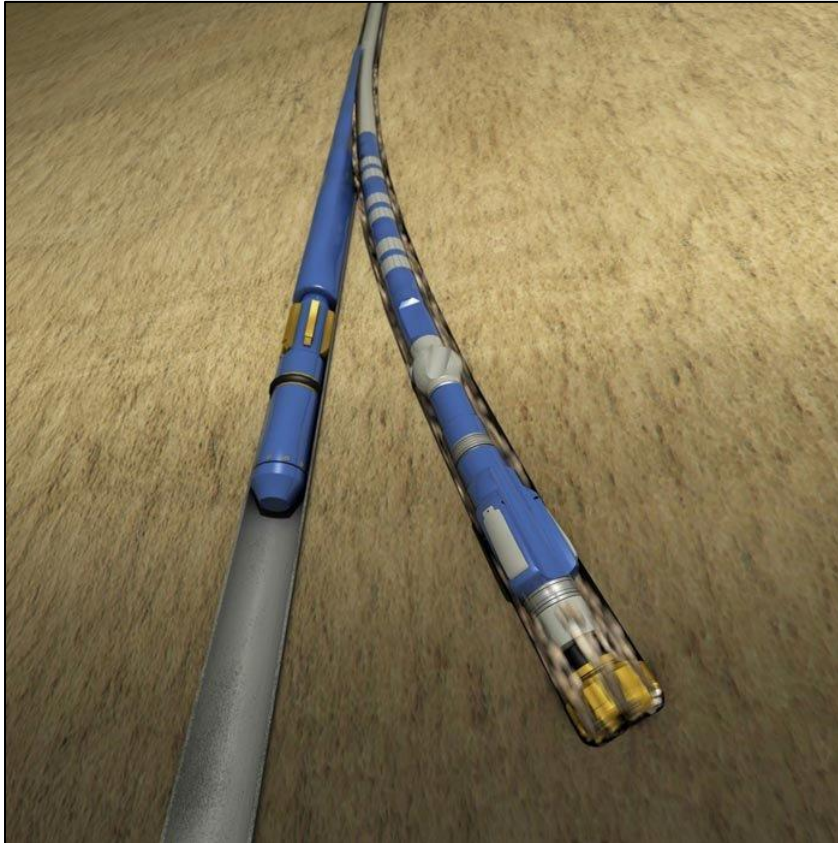
- Schade mogelijk ondieper dan aangegeven in het rapport van WEP. Klei kan zijn getransporteerd langs de buitenzijde van de casing en hoger zijn ingetreden.
- Ter overweging: aanbrengen van isolatie aan de buitenzijde van de casings(annulair). Dit alleen in geval van een laag faalrisico bij het aanbrengen ervan.
- De aangegeven 10 meter dikte van de blokkade is onvoldoende onderbouwd en dus slechts een grove inschatting.
- Houdt bij het ontwerp optioneel rekening met mogelijke toekomstige putstimulatie.
- Aandachtspunt is het inbrengpunt van de screens. De top zat 12 meter boven de bovenkant van het Delft reservoir. Kans op klei-intrede door de screens.
- Alle data is beschikbaar voor het doen van vervolgonderzoek naar corrosie. Dit kan antwoord geven op de vraag of alternatieve materialen bekeken moeten worden.
- Een aandachtspunt is dat er vele soorten screens verkrijgbaar zijn waarbij per specifieke situatie een meest optimaal compromis kan worden gevonden tussen maximaal filteren en minimaal hinderen van de flow.

Verder worden de hypothesen en conclusies uit de rapportages van WEP onderschreven en daarbij benadrukt dat het trachten bovengronds te halen van de geblokkeerde sectie zeker de moeite waard is.

Daarnaast hebben Green Well Westland en AAB in het proces meegekeken vanuit hun expertise in geothermieprojecten. Hierbij is uiteindelijk tot een plan van aanpak gekomen voor het uitvoeren van de herstelwerkzaamheden waarin alle partijen zich konden vinden.

7 Completering en uitvoering

- Fishing operation uitvoeren teneinde de onderste sectie naar boven te halen inclusief blokkade.
- Deze bleek niet succesvol => scenario side track werd gekozen.
- Sealen van de oude boring.
- Opening boren in de zijwand van de casing vlak boven de 7" shoe.
- Plaatsen van de whipstock.



Figuur; geplaatste whipstock en start side-track

- Side track boren ten westen van de bestaande boring in Delftzandsteen reservoir, startend op een zo laag mogelijk punt.
- De screens en blindpipes zijn in het reservoir geplaatst. de diameters hiervan zijn vergroot van 4,5 naar 5 inch.
- Uitvoeren van druktesten tot een druk van 50 bar om de "well-integrity" vast te stellen.
- Wanddiktemetingen uitvoeren van productietubing inclusief visuele controle van de eerder vervangen koppelingen.



Figuur; work-over-rig voor het boren van de side track.

Appendix 2.2 geeft het ontwerp van de geplande side track. Appendix 3.1 geeft een gedetailleerd werkprogramma van de uitvoeringsfase, appendix 3.3 een dag tot dag overzicht van de uiteindelijke werkzaamheden.

8 Evaluatie

Na de rig-up is een fishing operatie uitgevoerd om de onderste sectie inclusief de blokkade naar de oppervlakte te brengen. Helaas is deze, na gedegen onderzoek, zonder direct aanwijsbare reden, niet succesvol gebleken. Hierdoor is er geen onomstotelijk bewijs van de oorzaak van de verstopping geleverd. Het is en blijft hierdoor zeer aannemelijk dat schade aan de BTC koppelingen in de screensectie de oorzaak is van de verstopping.

Na voltooiing van de, zonder incidenten verlopen, boring van de side track, is de geothermische productie inmiddels hervat, op basis van het vervolg onderzoek TC Forensic Engineering zal een maximaal debiet worden vastgesteld. In afwachting hiervan heeft Greenwell ervoor gekozen maximaal 170 m³/h te produceren.

De filters in de filterinstallatie gaan aanmerkelijk langer mee dan in de oorspronkelijke situatie. De oorzaak hiervan is nog niet met zekerheid vastgesteld en is onderwerp voor vervolgonderzoek.

Periodiek wordt het water bemonsterd, de analyses van chemische samenstelling en solids worden met elkaar vergeleken en bij afwijkingen zullen experts ingeschakeld worden om de oorzaken te achterhalen. Aan de hand daarvan kan eventueel ingegrepen worden om het proces te verbeteren.

9 Conclusies en aanbevelingen

Conclusies:

De BTC koppelingen zijn niet glad van binnen en zijn hoogstwaarschijnlijk de oorzaak van het falen van de koppelingen. Doordat er aan de binnenwand van de put bij de BTC koppeling een oneffenheid aanwezig is, zullen daar wervelingen in de waterstroom ontstaan, die in combinatie met solids uit de formatie, erosie kunnen veroorzaken.

Aanbevelingen:

Bestaande doubletten

Het uitvoeren van corrosieonderzoek, op laboratorium schaal, door middel van bypass-rack.

Monitoring van water en filterresidu op solids en chemische samenstelling (erosie- en corrosie-indicatoren). Bij het waarnemen van verandering in meetwaarden, onderzoek uitvoeren naar de oorzaak hiervan.

Per doublet een debiet met een verantwoorde maximum flowrate vaststellen en aanhouden op basis van het vervolgonderzoek TC Forensic Engineering (TNO).

Elke keer als de mogelijkheid zich voor doet zullen de wanddiktes van de productietubing gemeten worden en worden vergeleken met de 0-metingen. Bij significante afwijkingen zal onderzoek naar de oorzaken volgen.

Nieuwe doubletten

Bij het ontwerp van een doublet dient een voldoende grote diameter gekozen te worden voor de screensectie, zodat de maximale stroomsnelheid ruim gekozen is en het risico op erosie geminimaliseerd wordt.

Bij het ontwerp van een doublet adviseren wij Flush koppelingen, met een gladde binnenzijde, toe te passen.

Onderzoek:

In samenwerking met TNO is er een onderzoek, TC Forensic Engineering, gestart. Informatie uit deze eindrapportage wordt daarin meegenomen. Tevens vind er bij diverse operators erosie en corrosie onderzoek plaats met behulp van een bypass-rack in de geothermie installatie. Beide onderzoeken moeten resulteren in nieuwe preventieve informatie en aanbevelingen.

10 Kennisoverdracht

Kennisoverdracht vindt plaats middels de schriftelijke rapportage, opname op de diverse websites en kennisuitwisseling (www.dago.nu, www.kasalsenergiebron.nl en www.geothermie.nl) zoals in DAGO-verband en is in hoofdzaak bedoeld voor en gericht op huidige en toekomstige operators van geothermieprojecten en alle partijen die bij de totstandkoming daarvan betrokken zijn.

Door de conclusies uit dit onderzoek mee te nemen in praktijkdocumenten van DAGO, de "Industriestandaard" en "Recommended Practices Geothermie" kunnen toekomstige projecten herhaling van de bij GWW opgetreden situatie voorkomen en kunnen bestaande projecten in de exploitatie rekening houden met de gevonden risicofactoren. Tevens komt de informatie van de herstelwerkzaamheden beschikbaar in de bijgevoegde appendices.

11 Bijlagen

appx 1.1 BerkelSS option Panterra
appx 1.2 Notitie HON-GT-01ST1 kleimonster final
appx 1.3 Report oorzaak HON-GT-01-S1 v1.4
appx 2.1 second opinion HON-GT-01-S1 v01 rev01
appx 2.2 HON-GT-01-S2_detailed design v1.4
appx 2.3 GWW_HON-GT-01-S2_Survey report
appx 3.1 GW-WP-20150423 work over
appx 3.2 GW-HSE-20150423 work over
appx 3.3 GWW_HON-GT-01-S2_Daily Reports
appx 3.4 GWW_HON-GT-01-S2_Daily mud reports
appx 3.5 MH-verslag-wanddiktemetingen-aanvulling-150323
appx 3.6 Unit height references_20150611
appx 3.7 GWW_HON-GT-01-S2_5 inch liner hanger
appx 4.1 GWW_HON-GT-01-S2_EOWR_v1.0
appx 4.2 009600-150723-KR-geluid-boring-C1
appx 4.4_HON-GT-01-S2 Gamma log
appx 4.5 GWW_HON-GT-01-S2_BHA sheets
appx 4.6 GWW_HON-GT-01-S2_5in liner tally
appx 4.7 GWW_HON-GT-01-S2_Drilling parameters
appx 5.1 20150709 evaluatie WEP
appx 5.2 WFT - FRE 15-063 - WEP Fishing Whipstock - Spear LIH
appx 5.3 20150722 Well integrity GWW - HON-GT-01S2