

Winningsplan

Haagse Aardwarmte Leyweg



Indiener: Haagse Aardwarmte Leyweg B.V.
Hydreco Geomec B.V. (mede vergunninghouder en operator)

Winningsvergunning: Winningsvergunning: Aardwarmte Den Haag
Kenmerk: 190815 KHu-final
Datum: ingediend en ontvankelijk 5 september 2019

Conform: Mijnbouwwet artikel 34 juncto Mijnbouwwet artikel 39

Ingediend op: 29-01-2020

Versie: Winningsplan Haagse Aardwarmte Leyweg, 29-01-2020

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.hoewerktaardwarmte.nl
- www.geothermie.nl

Omschrijving locatie en formatie

De inrichting van Haagse Aardwarmte Leyweg B.V. (verder te noemen HAL) aan de Zuidwoldestraat nummer 1k betreft een warmtecentrale ten behoeve van een Lage Temperatuur stadsverwarmingsnet in Den Haag Zuid-West.

De warmtecentrale HAL, momenteel gevoed vanuit het hoge temperatuur warmtenet van de warmtekrachtcentrale Den Haag, pompt water door het lage temperatuur warmtenet van de wijk waar de warmte wordt gebruikt door woningen en bedrijven. Het retourwater wordt met pompen weer op druk gebracht en middels de toepassing van warmtewisselaars weer opgewarmd met water uit het hoge temperatuur warmtenet.

Binnen de inrichting is een hulpketel op aardgas (nominaal thermisch vermogen 25 MWth) aanwezig om bij zeer koude weeromstandigheden of bij uitval van het hoge temperatuur warmtenet de warmtevraag te kunnen voorzien. HAL is voornemens om een koppeling tot stand te brengen tussen de bovenstaand beschreven fysiek bestaande warmtecentrale en de twee reeds in 2010 geboorde geothermieputten. Daarmee wordt de bestaande warmtecentrale uitgebreid met een aardwarmtecentrale en kan het lage temperatuur stadsverwarmingsnet van Den Haag Zuid-West deels op een duurzame wijze van warmte worden voorzien door toepassing van aardwarmte.

Binnen het mijnbouwwerk wordt warm water opgepompt vanuit de diepe ondergrond via de zogenaamde productieput van zo'n 2 km onder het aardoppervlak. De warmte van het formatiewater wordt door middel van een warmtewisselaar afgegeven aan het lage temperatuur stadsverwarmingsnet. Een gedeelte van de warmte van het formatiewater wordt omgezet in elektrische energie waarmee een deel van de installaties binnen de inrichting van elektriciteit kunnen worden voorzien. Na het onttrekken van de warmte wordt het formatiewater weer geïnjecteerd in de bodem via de zogenaamde injectieput, ook op circa 2 km en in dezelfde bodemlaag.

In het formatiewater dat wordt onttrokken is formatiegas aanwezig dat met een ontgassingsinstallatie van het formatiewater wordt gescheiden. Dit gas wordt gedroogd/gekoeld en getransporteerd naar een ketelinstallatie waarbij de warmte die hiermee wordt opgewekt wordt toegepast voor het opwarmen van het hoge temperatuur warmtenet.

De twee putten zijn gelegen in zogenaamde putkelders op het terrein van de inrichting en de systeeminstallaties zijn geplaatst in en nabij het aanwezige gebouw, het zogenaamde Ketelhuis. De injectiepompen zijn geplaatst nabij de putkelders.

Het aquifer bevindt zich in Delft zandsteen dat ter plaatse een dikte heeft van circa 70 meter, in deze zandsteen formatie die het warme water van circa 79°C in haar poriën bevat zijn de twee putten geboord. De waterproductie en waterinjectie vinden plaats op circa 2.000 meter beneden maaiveld. Per dag wordt binnen een bandbreedte van 70 m³/uur tot 165 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 HAL 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.

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] @hydrecoGeomec.nl
Soort plan	<i>Nieuwe aanvraag winningsplan</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:

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

en
- de digitale versie naar [REDACTED] [@minez.nl](mailto:[REDACTED]@minez.nl)



Inhoud

Samenvatting.....	2
1 Inleiding	9
1.1 Wettelijk kader	9
1.2 Verantwoorde winning, veilig voor mens en milieu.....	11
1.3 Publiekscommunicatie.....	11
2 Locatie en beschrijving van het beoogde geothermisch systeem.....	11
2.1 Beschrijving van geothermisch systeem	14
2.2 Beschrijving van de putten	15
3 Ondergrond	21
3.1 Algemene beschrijving ondergrond	21
3.2 Resultaten reservoir karakterisatie	24
4 Beoogde wijze van winning	27
4.1 Putintegriteit	27
4.2 Continue monitoring	27
4.2.1 Productiviteit/injectiviteit monitoring.....	27
4.2.2 Corrosie monitoring.....	27
4.3 Periodiek monitoring.....	27
4.3.1 Casing dikte.....	27
4.3.2 Sputkruis	28
4.3.3 Corrosie en wateranalyse	28
4.3.4 Omgevingsmonitoring	28
4.4 Beoogde installatie	32
4.5 Systeemconfiguratie	35
4.6 Reservoir integriteit.....	35
4.7 Beoogde operationele instellingen	37
5 Prognose winning	40
6 Interferentie met ander gebruik (diepe) ondergrond	43
7 Natuur en milieu.....	46
7.1 Bodemdaling of -stijging.....	46
7.1 Beschermde gebieden	49
7.2 Grondwater	50
8 Bodemtrilling	51
8.1 Seismische risico analyse (SRA)	51
8.1.1 Mohr cirkel analyse	54
8.1.2 Finite element model	55



8.1.3	Probabilistische analyse	55
8.1.4	Conclusies SHA.....	55
8.2	Monitoring.....	57
8.2.1	Parameters die gemeten worden.....	57
8.2.2	Distributie van gegevens	57
8.2.3	Verwerking van gegevens.....	57
8.2.4	Rapportage	57
8.2.5	Beheersacties.....	57
8.2.6	Korte beschrijving van de technische installatie	59
9	Voorziene kosten van winning	61
10	Referenties/Bijlagen	63
11	Appendix A Geologisch vooronderzoek	64
12	Appendix B Samenvatting Resultaten putttesten Q1 2018	65
12.1	HAG-GT-01.....	65
12.2	HAG-GT-02.....	65
12.3	Interferentie HAG-GT-01 – HAG-GT-02	66

Figurenlijst

Figuur 1: Locatie Zuidwoldestraat 1k	12
Figuur 2: Detail Zuidwoldestraat “ketelhuis” en puttenterrein.	12
Figuur 3: Afbeelding naar de mijnbouwlocatie vanuit de lucht vanaf de Zuidwoldestraat, met aan de rechterkant de Leyweg	13
Figuur 4: Locatie van geothermisch project. Blauw = gemeentegrenzen, paars = winningsvergunning-contour, zwarte driehoek = de oppervlakte locatie, rode punt = locatie van producer HAG-GT-01-P op reservoirniveau, blauwe punt = locatie van injector HAG-GT-02-I op reservoirniveau.	13
Figuur 5: Schematisch overzicht geothermische inrichting.....	15
Figuur 6: Put diagram HAG-GT-01-P.....	17
Figuur 7: Put diagram HAG-GT-02-I.....	18
Figuur 8: Puttraject HAG-GT-01.....	19
Figuur 9: Puttraject HAG-GT-02.....	20
Figuur 10: Schematische doorsnede van de stratigrafie in het geothermische project gebied. De target is aangegeven met de roze pijl.	21
Figuur 11: Lithostratigrafie HAG-GT-01-P (links) en HAG-GT-02-I (rechts)	22
Figuur 12: Diepte kaart van de basis Delft zandsteen, met de twee putten (HAG-GT-01-P (rood) en HAG-GT-02-I (blauw)) en de contour van de winningsvergunning in paars. De omliggende HAG-01, MNT-01 en LOD-01 putten zijn ook aangegeven. De detailkaart TVD(m) is gebaseerd op de 2019 interpretatie (zie rapport 190101_SeismicInterpretation_HAL_Panterra). De achtergrondkaart is gebaseerd op het TNO model (DGMdiep_v4.0).	23
Figuur 13: Seismische doorsnede door HAG-GT-01 en HAG-GT-02 puttrajecten (zie rapport 190101_SeismicInterpretation_HAL_Panterra)	24
Figuur 14: Put barrière elementen inclusief beschrijving, functie, failure mode, effect, en consequentie.....	31
Figuur 15: Schematisch overzicht geothermische inrichting.....	33
Figuur 16: Processchema van de geothermische installatie	34
Figuur 17: Geomech.xls tool van TNO-AGE, ingevuld voor het geothermische HAL project, gebruik makend van de DoubletCalc parameters zoals beschreven in hoofdstuk 5. Voor een Geomechanische detailstudie zie paragraaf 8.1	36
Figuur 18: Operationele parameters als functie van debiet.	37
Figuur 19: ESP pomp druk ($P_{out}-P_{in}$) HAG-GT-01-P	38
Figuur 20: Injectie druk HAG-GT-02-I	38
Figuur 21: Input DoubletCalc1D HAL winningsplan.....	40
Figuur 22: Input en output DoubletCalc1D HAL winningsplan.....	41
Figuur 23: Verwachte productie van het doublet	42
Figuur 24: Prognose cumulatieve energie (GJ).....	42
Figuur 25: Ligging geothermisch HAL project ten opzichte van olie en gas velden.	43
Figuur 26: Ligging geothermisch HAL project ten opzichte van andere geothermische opsporingsvergunningen (groen) en geothermische winningsvergunningen (paars).	44
Figuur 27: Druk distributie na 35 jaar. Hoge druk (rood) rondom HAG-GT-02-I en lage druk (blauw) rondom HAG-GT-01-P.	44
Figuur 28: Temperatuur verdeling na 35 jaar. Lage temperatuur (blauw) rondom HAG-GT-02-I	45
Figuur 29: Inputparameters voor Figuur 27 en Figuur 28.	46



Figuur 30: Bodemdaling na 35 jaar. Maximale bodemdaling na 35 jaar is 1.7mm (blauw).....	47
Figuur 31: Bodemdaling in het gebied van het HAL geothermische project. Bron:www.bodemdaling.nl	48
Figuur 32: Kaart van NatuurNetwerk Nederland. HAL projectlocatie is aangegeven met winningsvergunning-contour in paars.....	49
Figuur 33: Kaart van drinkwaterwinningslocaties, grondwaterlichamen en milieubeschermingsgebieden voor grondwater. HAL projectlocatie is aangegeven met winningsvergunning-contour in paars.	50
Figuur 34: Geologische setting van HAL. Deze dient als input voor de SHA.	51
Figuur 35: Boven: SHA Quick-Scan voor het HAL doublet. De scores voor HAL zijn in rood weergegeven. Onderaan: resultaat van de SHA QS scoring tabel (Qcon/IF methode, voor details zie 190101_SHA QuickScan_Panterra). HAL heeft een score van 26, die past bij een laag seismischeits-potentiaal; pas bij een score van 30 geldt een medium seismischeits-potentiaal.....	52
Figuur 36: Level 1 SHA beslisboom voor HAL (Qcon/IF methode, zie 190101_SHA QuickScan_Panterra)	53
Figuur 37: Mohr-Cirkel analyse voor HAL (zie 190110_SHA_Level2_Panterra) voor het worst-case (winter) productie scenario en conservatieve reservoir parameters. Breuksituatie in HAL is stabielere dan een situatie waar breuken parallel liggen aan de maximale horizontale stress (σ_2). De productie zal de situatie niet in een kritische staat brengen. Dit geldt voor elke breuk oriëntatie of dip. De gekarteerde breuken (F1, F2) zijn nog minder geneigd te slippen dan de Mohr-Cirkel aangeeft.	54
Figuur 38: Probabilistische Mohr-cirkel analyse (zie 190110_SHA_Level2_Panterra).....	56
Figuur 39: Resultaat van de Finite Element modellering voor het worst-case (winter) scenario na 30 jaar (165m ³ /h en uitkoeling tot 45C) (zie 190110_SHA_Level2_Panterra)	56
Figuur 40: Seismische monitoring evaluatieplan. Binnen 6 regio's (paarse cirkels) worden er ruismetingen gedaan op meerdere locaties (vierkanten). Op basis van deze ruismetingen worden de 3 tot 5 beste locaties geselecteerd voor de seismische monitoring van het HAL geothermische project.....	60
Figuur 41: Overzicht van de locatie drempel voor de situatie zonder (links) en met (rechts) het nieuwe KNMI netwerk voor Zuid-Holland.....	60

Tabellenlijst

Tabel 1: Gegevens van de locatie van geothermische inrichting	14
Tabel 2: Algemene putinformatie	16
Tabel 3: Verbuizingsschema HAG-GT-01-P	16
Tabel 4: Verbuizingsschema HAG-GT-02-I	16
Tabel 5: Gemiddelde aquifer parameters	25
Tabel 6: Water samenstelling	25
Tabel 7: Gascompositie uit de put HAG-GT-01 (<i>Atmospheric Flash</i>)	26
Tabel 8: Overzicht gepland gebruik chemicaliën	39
Tabel 9: Samenvatting van de operationele parameters van het geothermische systeem	39
Tabel 10: “Verkeerslicht” veiligheid management systeem. Exacte magnitude drempelwaarden nader te bepalen na installatie van het lokale seismische monitoring netwerk in Den Haag	59
Tabel 11: Specificatie seismische monitoring station	59
Tabel 12: jaarlijkse kosten van de winning	61
Tabel 13: Financieel overzicht HAL project	62

1 Inleiding

Den Haag is de eerste Nederlandse gemeente die initiatief heeft genomen om een woonwijk te verwarmen met aardwarmte. Den Haag begon in 2008 samen met drie woningbouwcorporaties en twee energiemaatschappijen aan het project dat moest bijdragen aan de ambitie om in 2040 een volledig CO₂-neutrale gemeente te zijn. In Den Haag-Zuidwest was gepland om vierduizend woningen plus een aantal bedrijven door aardwarmte van groene energie te voorzien. In 2010 zijn de aardwarmte putten geboord op de locatie aan de Leyweg in den Haag. Echter, door de economische crisis werden er veel minder nieuwe woningen verkocht en bleven de gebouwde woningen veelal leeg staan. Daarmee bleef te weinig afzetmogelijkheid over om het project rendabel te maken.

Per 25 maart 2016 is Haagse Aardwarmte Leyweg B.V. (HAL) eigenaar van de assets van de aardwarmte installatie aan de Leyweg in Den Haag. HAL heeft 3 aandeelhouders, te weten Hydreco Geomec BV (HG), Perpetuum Energy Partners BV (PEP) en EnergieFonds Den Haag (ED). Hydreco Geomec is operator (Vergunningsuitvoerder in het kader van de Mijnbouwwet) en heeft de operationele leiding van alle werkzaamheden op de locatie. Hydreco Geomec is verantwoordelijk voor o.a. het verkrijgen en naleven van alle noodzakelijke vergunningen om de aardwarmte installatie op te richten en in werking te hebben, de uitvoering van de werkzaamheden op de locatie zelf, alle veiligheidsaspecten van deze werkzaamheden, de communicatie over deze werkzaamheden met en naar de omgeving.

Het is de intentie dat HAL middels de aardwarmte installatie warm water van 79°C gaat winnen en levert via warmtewisselaars de warmte uit aan Eneco. Vervolgens wordt het afgekoelde water weer geïnjecteerd in de bodemlaag op circa 2000 meter diepte waaruit het water afkomstig was. Eneco levert aansluitend aan de inwoners van Den Haag zuidwest via de stadsverwarmingsleidingen de duurzaam gewonnen warmte. Zo wordt in eerste instantie aan 700 woningen warmte geleverd, vanaf 2020 volgen nog eens 600 woningen. Er is ruimte om aan minstens 2.000 extra woningen warmte te leveren.

Dit winningsplan wordt opgesteld in het kader van de Mijnbouwwet en beschrijft hoe de winning van aardwarmte in Den Haag 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 reguleringssystematiek 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 vergunningverleningssysteem, aan te passen zodat deze aansluit bij de ontwikkeling van een geothermieproject.
- In de brief 14 november 2019 geeft het Ministerie van EZK aan dat er een tijdelijk beleidskader voor geothermie geldt totdat de gewijzigde Mijnbouwwet, die ziet op het opsporen en winnen van aardwarmte, van kracht wordt. De gewijzigde mijnbouwwet, meer afgestemd op geothermie, wordt verwacht van kracht te zijn per begin 2021.

Dit winningsplandocument is opgesteld in lijn met het format zoals gesteld in dit tijdelijk beleidskader.

Het winningsplan 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 (geothermisch systeem) 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 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

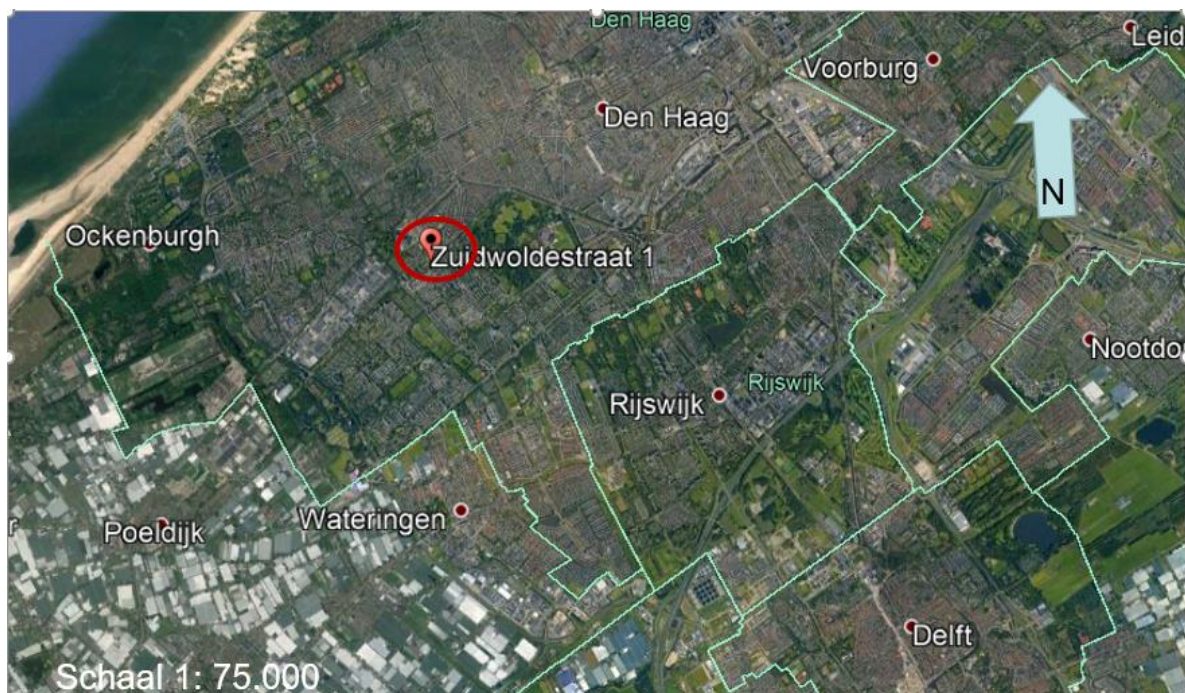
Nieuwe winningsplannen liggen (als onderdeel van de procedure ter goedkeuring) ter inzage voor het publiek. Er is vanuit omgevingsmanagement contact met de omgeving van de locatie. Met enige regelmaat worden informatiebijeenkomsten georganiseerd bij Stichting Wijkberaad Leyenburg (WBL), de bewonersorganisatie voor de wijk Leyenburg in Den Haag.

Zie ook de website van HAL www.haagseardwarmte.nl

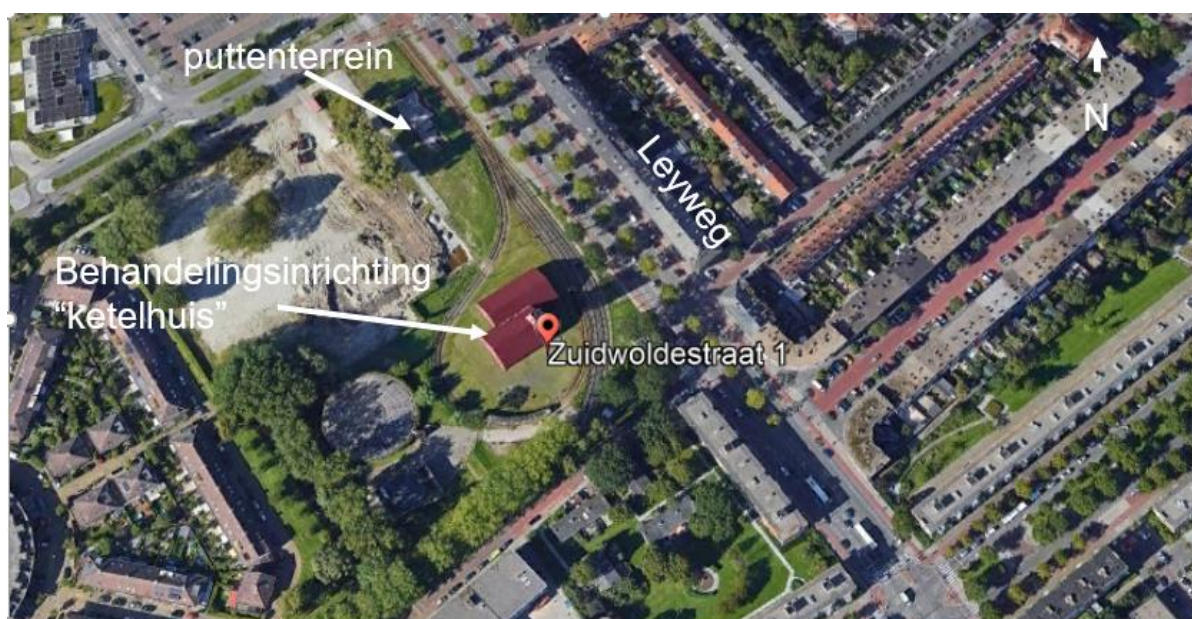
2 Locatie en beschrijving van het beoogde geothermisch systeem

De locatie van de inrichting is gelegen in de provincie Zuid-Holland te Den Haag aan de Zuidwoldestraat nummer 1K, zoals aangegeven op onderstaande

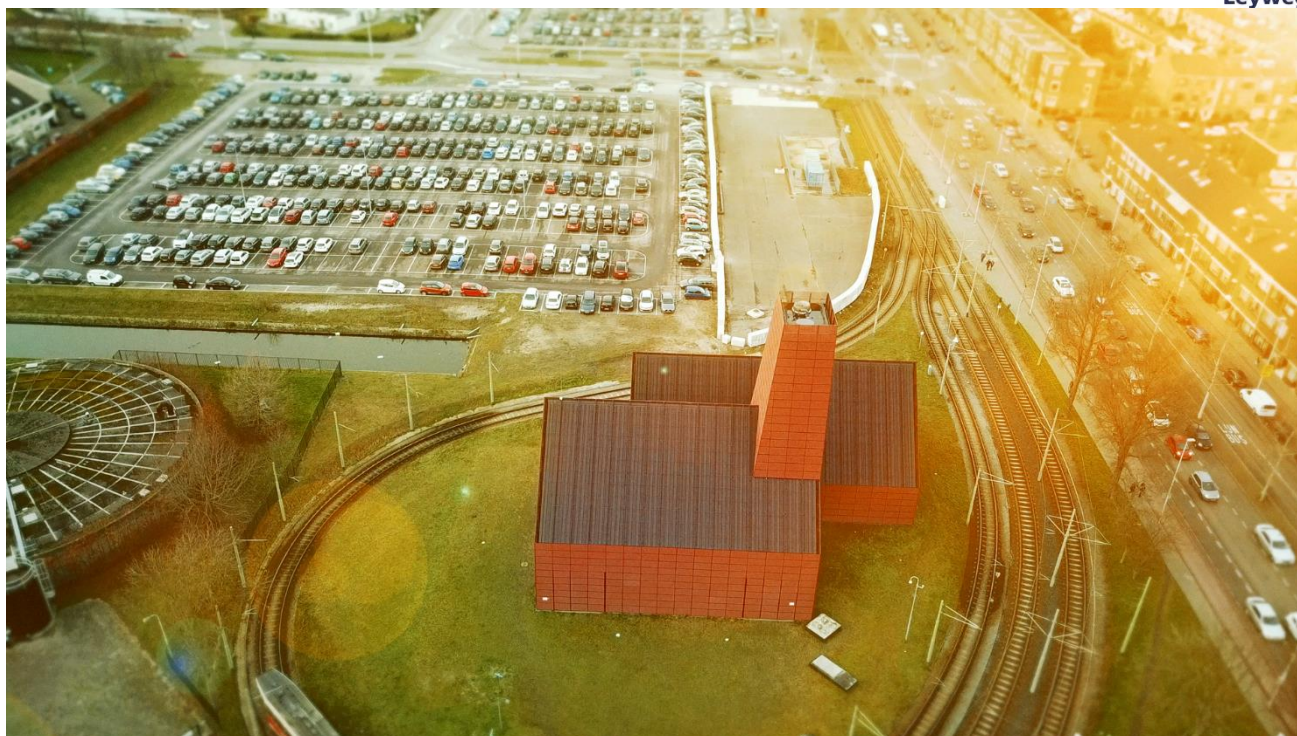
Figuur 1, Figuur 2, Figuur 3 en Figuur 4 en kenmerkend samengevat in onderstaande Tabel 1. Puttenterrein en behandelingsinrichting zijn verbonden door de ondergronds aangelegde leidingen waardoor het formatiewater transport plaatsvindt.



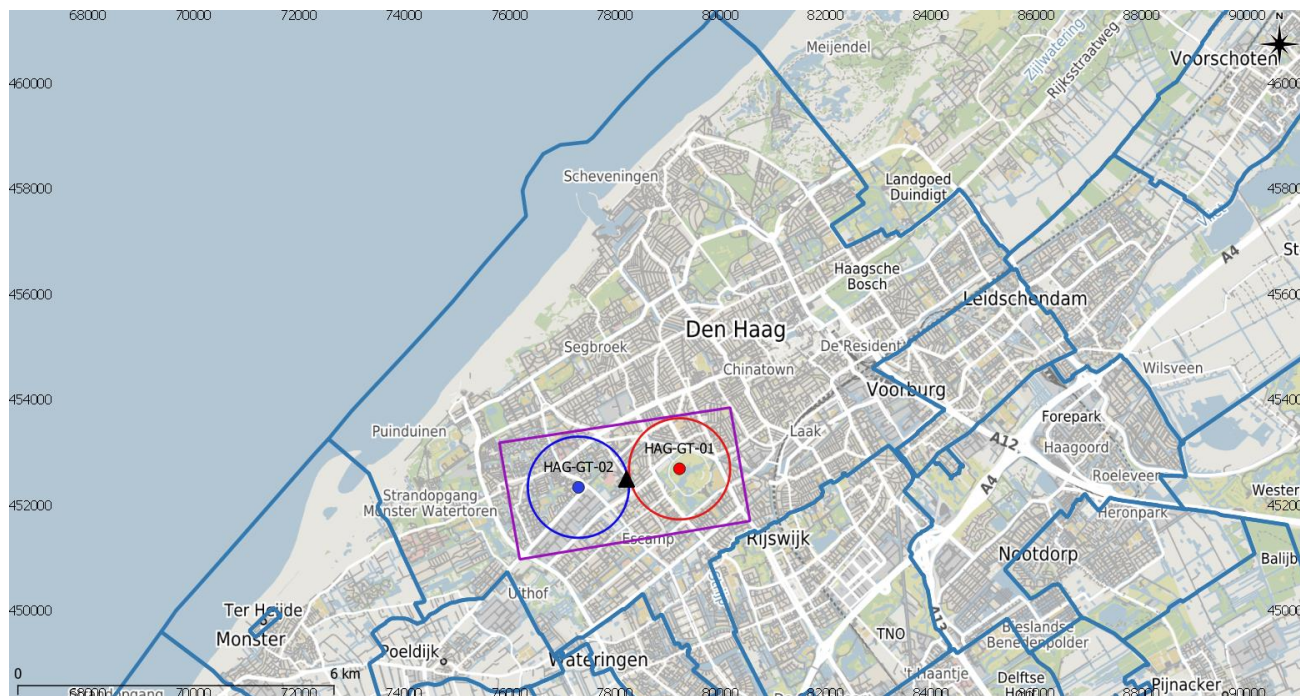
Figuur 1: Locatie Zuidwoldestraat 1k



Figuur 2: Detail Zuidwoldestraat "ketelhuis" en puttenterrein.



Figuur 3: Afbeelding naar de mijnbouwlocatie vanuit de lucht vanaf de Zuidwoldestraat, met aan de rechterkant de Leyweg



Figuur 4: Locatie van geothermisch project. Blauw = gemeentegrenzen, paars = winningsvergunning-contour, zwarte driehoek = de oppervlakte locatie, rode punt = locatie van producer HAG-GT-01-P op reservoirniveau, blauwe punt = locatie van injector HAG-GT-02-I op reservoirniveau.

Tabel 1: Gegevens van de locatie van geothermische inrichting

Naam	Haagse Aardwarmte Leyweg		
Coördinaten Mijnbouwlocatie	<u>Punt</u>	<u>X</u>	<u>Y</u>
	A	78210	452500
Adres Mijnbouwlocatie	Zuidwoldestraat nummer 1k, Den Haag		
Coördinaten Winningsvergunning	<u>Punt</u>	<u>X</u>	<u>Y</u>
	1	75.792,001	453.175,639
	2	80.178,306	453.854,711
	3	80.562,293	451.699,399
	4	76.175,988	450.961,278
In de gemeenten:	Den Haag		
Start Winningsvergunning	Onbekend (input na verlening winningsvergunning bekend)		
Eind Winningsvergunning	Onbekend (input na verlening winningsvergunning bekend)		
Winningsvergunning	Nog niet verleend		

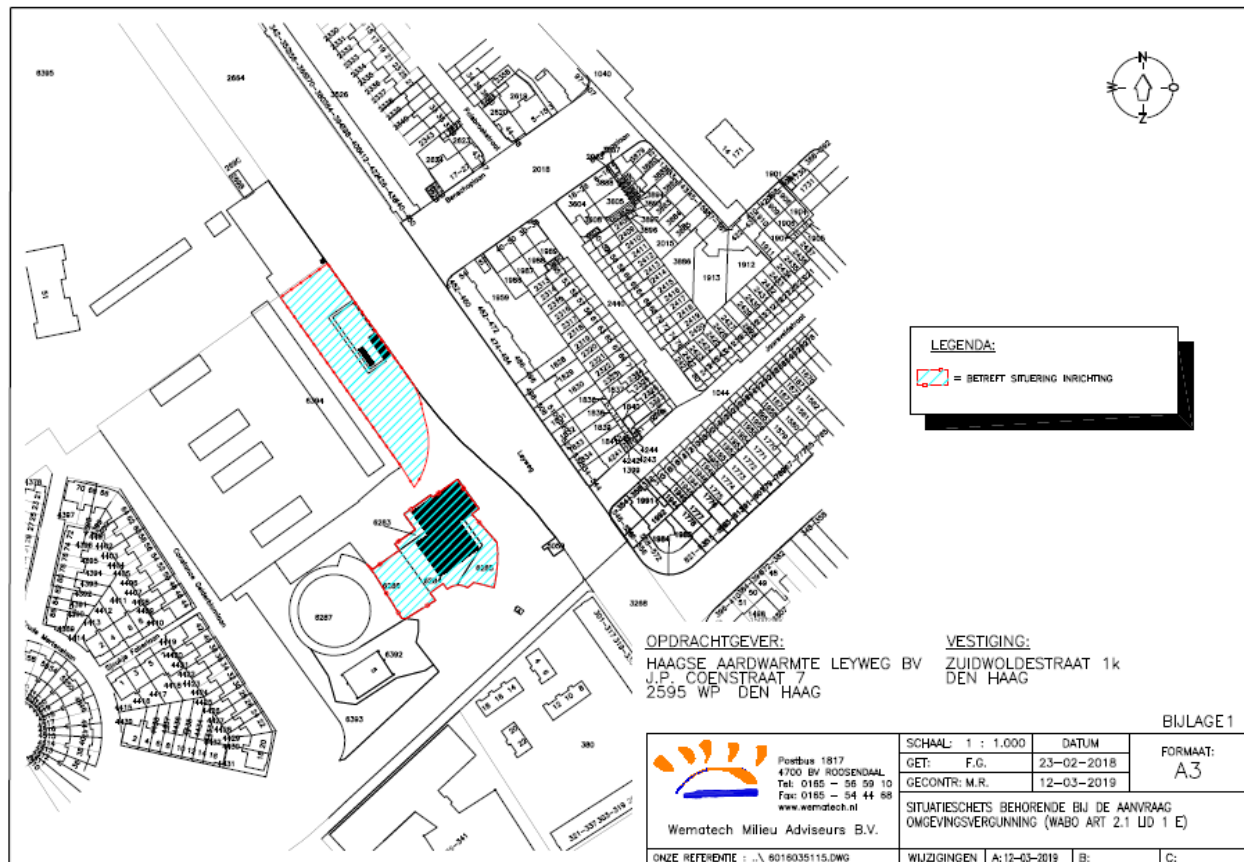
2.1 Beschrijving van geothermisch systeem

De warmte wordt primair gewonnen uit geproduceerd formatiewater. De productieput (HAG-GT-01-P) van het systeem produceert uit de Delft zandstenen op een diepte van ongeveer 2192 meter met water van ongeveer 80 graden en de injectieput (HAG-GT-01-I) injecteert in dezelfde Delft zandstenen op een diepte van ongeveer 1776 meter. De putten liggen op top reservoirniveau ~2050m uit elkaar en op basis reservoirniveau ~2020m. Het water wordt in de productieput omhoog gepompt middels een ESP. Vervolgens wordt het water ontgast in de ontgassings-installatie en ontdaan van *fines* in de filters. In geval van storingen, onderhoud of calamiteiten kan het gas afgefakkeld worden via de aanwezige fakkels.

Daarna wordt het warme zoute water (primaire circuit) door de bronwarmtewisselaars gestuurd waar het thermische energie overdraagt aan het zoete warmtedistributiesysteem van Eneco (secundaire circuit). Het afgekoelde water wordt opnieuw gefilterd en met behulp van injectiepompen weer naar de diepe ondergrond teruggevoerd.

De twee putten zijn gelegen in zogenaamde putkelders op het terrein en de systeeminstallaties en pompen zijn grotendeels geplaatst in het aanwezige gebouw (Figuur 5). 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 5: Schematisch overzicht geothermische inrichting

2.2 Beschrijving van de putten

Op de inrichting bevinden zich twee putten; de productieput genaamd HAL-GT-01-P en de injectieput genaamd HAL-GT-02-I. De put ligging, lengte diameter en verbuizing staan weergegeven in Tabel 2, Tabel 3, Tabel 4, Figuur 6, Figuur 7, Figuur 8, Figuur 9.

Tabel 2: Algemene putinformatie

Putnaam	HAG-GT-01-P	HAG-GT-02-I
Type put	Water productie well	Water injectie well
Spuddatum	16-05-2010	29-09-2010
Completiedatum	23-09-2010	04-11-2010
X (RD) oppervlaktelocatie	78210.955	78215.39
Y (RD) oppervlaktelocatie	452500.55	452494.28
X (RD) einddiepte	79337.835	77165.58
Y (RD) einddiepte	452712.77	452325.24
Einddiepte (m AH NAP)	2694	2322
Eind diepte (mTVD NAP)	2298	1884

Tabel 3: Verbuizingsschema HAG-GT-01-P

Element naam	Top (MD)	Base (MD)	Top (TVD)	Base (TVD)	OD (")	ID (")	Staalsoort	Type koppelingen
Conductor	0	252	0	252	13.375		K55	
Production tubing	0	600	0	600	7.000	6.366	K55	VAGT
Casing 1	0	1238	0	1090	10.750	9.950	P110	VAMTOP
Casing 2	1110	2458	1088	2130	7.000	7.681	K55	VAGT
Casing 3	2673	2285	2422	2105	4.500	3.920	L80	
Screen / Productie-interval	2538	2663	2193	2280	5.000			

Tabel 4: Verbuizingsschema HAG-GT-02-I

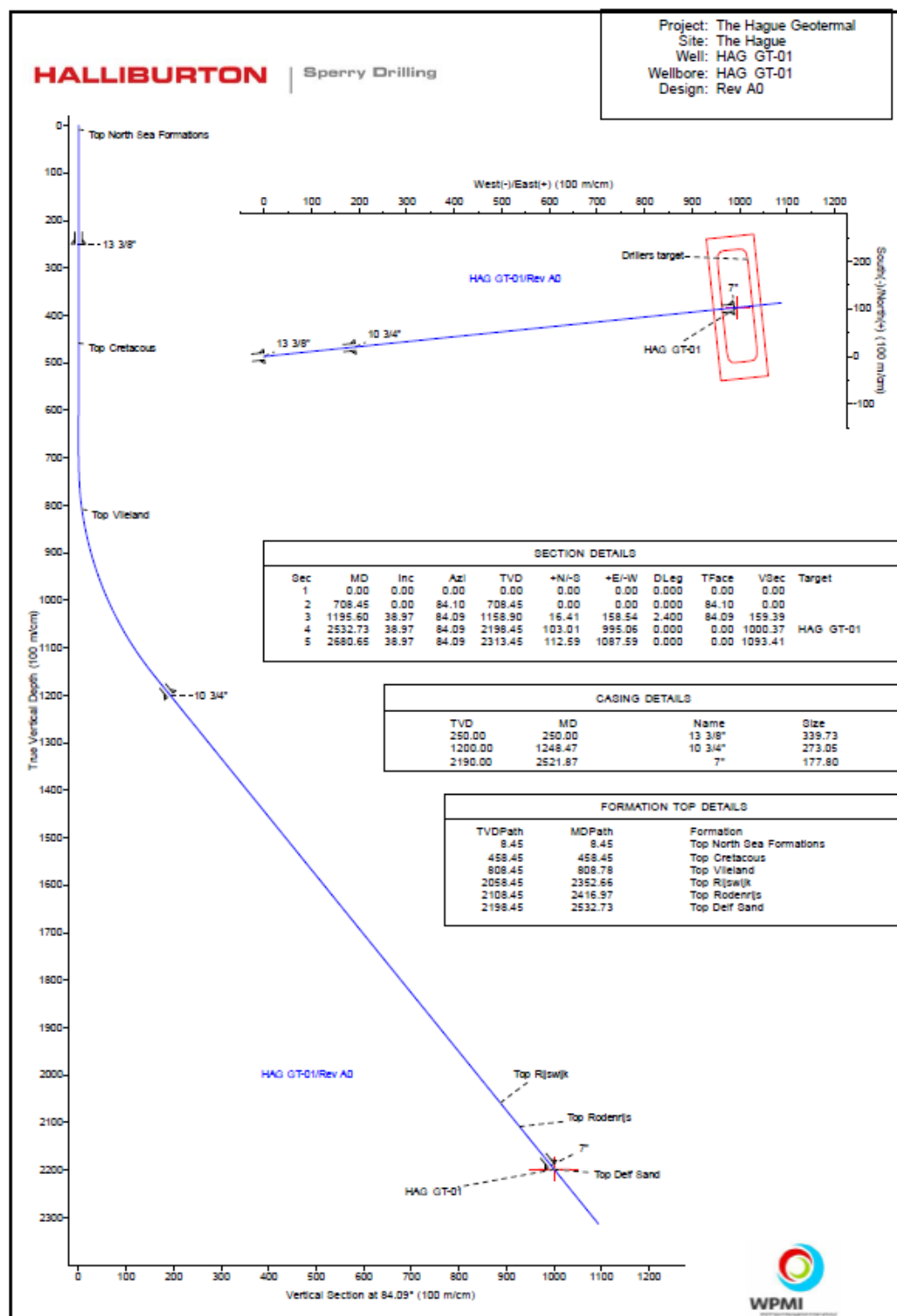
Element naam	Top (MD)	Base (MD)	Top (TVD)	Base (TVD)	OD (")	ID (")	Staalsoort	Type koppelingen
Conductor	0	250	0	250	13.375		K55	
Injection tubing 1	0	10	0	10	7.000	6.366	K55	VAGT
Casing 1	0	1188	0	1130	10.750	9.950	P110	VAMTOP
Casing 2	1086	2152	1055	1772	7.000	6.366	K55	VAGT
Casing 3	2107	2315.8	1743	1881	4.500	3.920	L80	
Screen / Productie-interval	2156.34	2315.8	1778	1881	5.000			



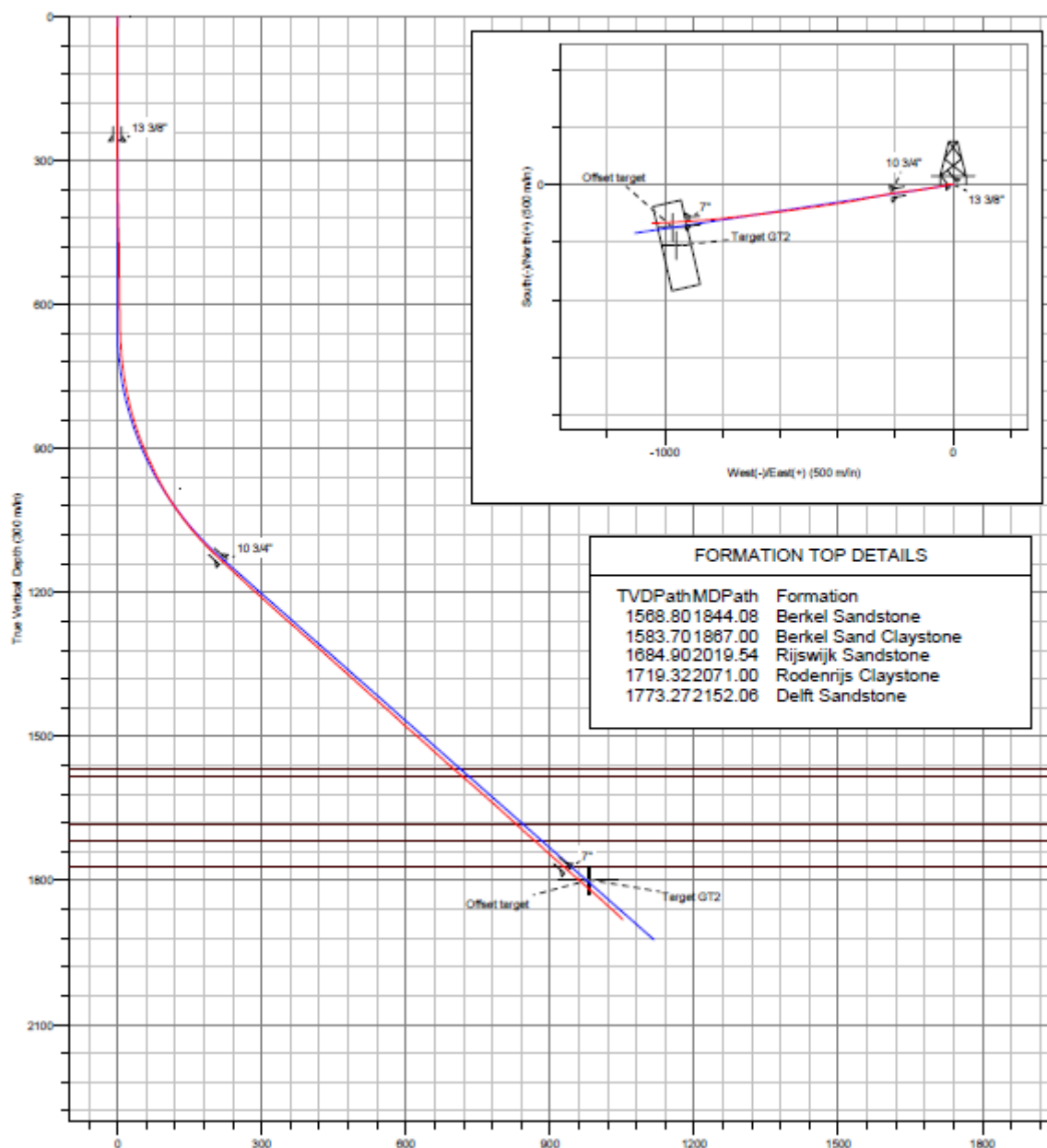
HAG GT-02

Item Description	HAG-GT-02	Depth	Depth	Hole ID	Pipe OD	Collar	Pipe ID	Pipe ID
		m tvd	m ah	in	in	in	in	in Drift
* Depth reference: meters below tie down bolts 7 1/16" 3K gate valve + blind flange 2x 7 1/16" 3K gate valves 2x 4 1/16" 3K gate valves		13 5/8" 3K slip on Cameron wellhead Hanger thread: 7" LTC box - box !!! BPV thread was machined off!! MIN ID hanger = 6,377"						
7" 23# K55 VAGT		~10	~10	n/a	7.000	7.681	6.366	6.241
13 3/8" K55 conductor		250	250		13.375			
	TOC							
	TOC							
	Bad cement	500	500					
	TOC 2		810					
Top liner		1055	1086					
10 3/4 45.5# P110 VAMTOP		1130	1188	14.000	10.750	11.400	9.950	9.794
	TOC		1185					
Top liner		1743	2107					
7" 23# K55 VAGT		1772	2152	8.5	7.000	7.681	6.366	6.241
4.5 13.5# L80 blanks					4.500		3.920	3.795
Swellable packer								
Port collar		1776	2155.34		4.500			
Top screens		1778	2156.34					
Screens 5" on 4.5" 13.5# L80 base pipe								
Bottom screens		1873	2304.34		5.000			
4.5 13.5# L80 blank		1881	2315.8		4.500		3.920	3.795
Shoe		1883	2316.34					

Figuur 7: Put diagram HAG-GT-02-I



Figuur 8: Puttraject HAG-GT-01



Figuur 9: Puttraject HAG-GT-02



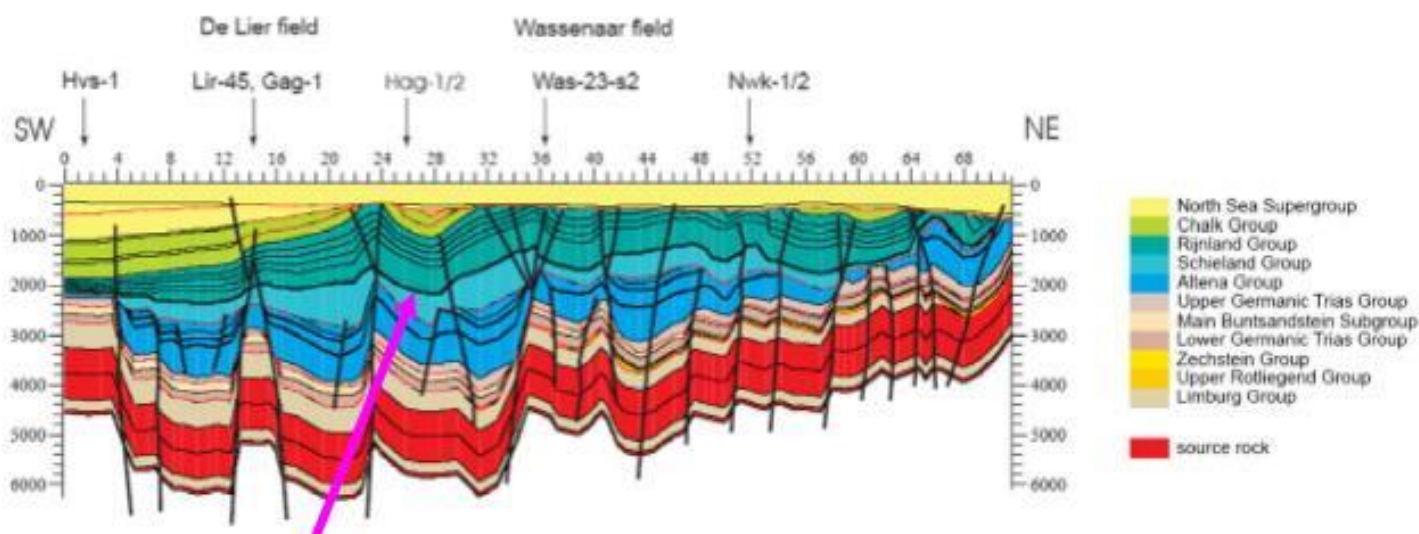
3 Ondergrond

HAL is een aardwarmteproject met een historie. In Appendix A wordt een overzicht gegeven van de ondergrondstudies die zijn uitgevoerd in de loop van het project. De HAG-GT-01 en HAG-GT-02 putten zijn geboord in 2010. De informatie hieruit is meegenomen in het geologische rapport van de 2016 SDE aanvraag en dit rapport vormt de basis voor de huidige kennis (zie rapport *160318 SDE_GeologischeBijlage_IF*). Daarna zijn in Q1 2018 de putten schoongemaakt en getest: op basis hiervan zijn er nieuwe inzichten verkregen over de reservoir eigenschappen (zie rapporten *180412_WellTest_Analysis_HAG-GT-01*, *180315_WellTest_Analysis_HAG-GT-02*, *180514_Interferencetest_Analysis_HAG-GT-01_HAG-GT-02*). Daarnaast is er in 2019 een nieuwe seismische interpretatie uitgevoerd (zie rapport *190101_SeismicInterpretation_HAL_Panterra*).

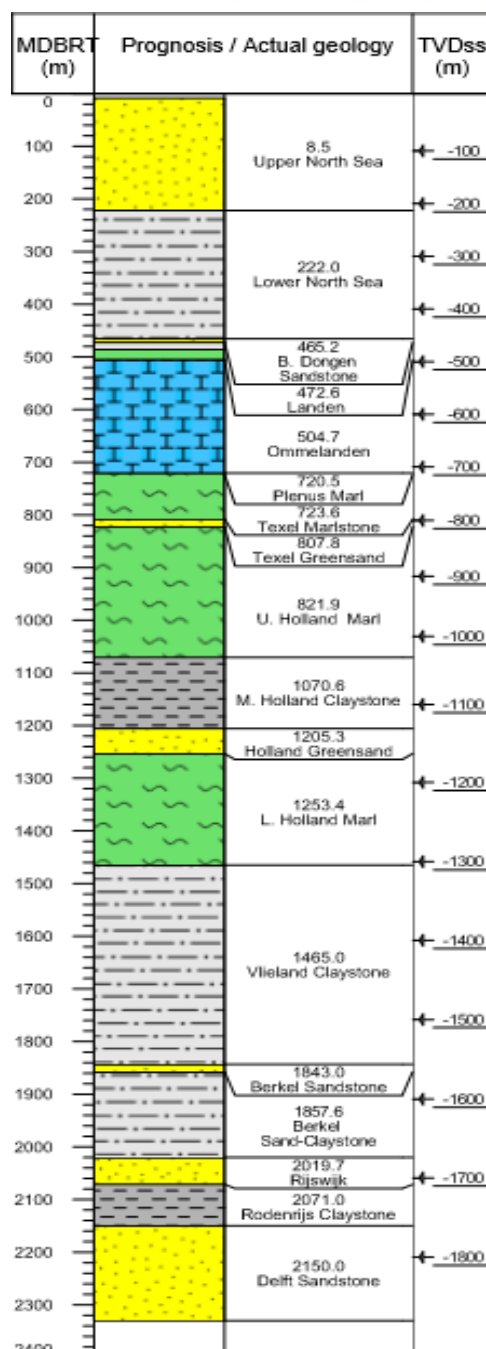
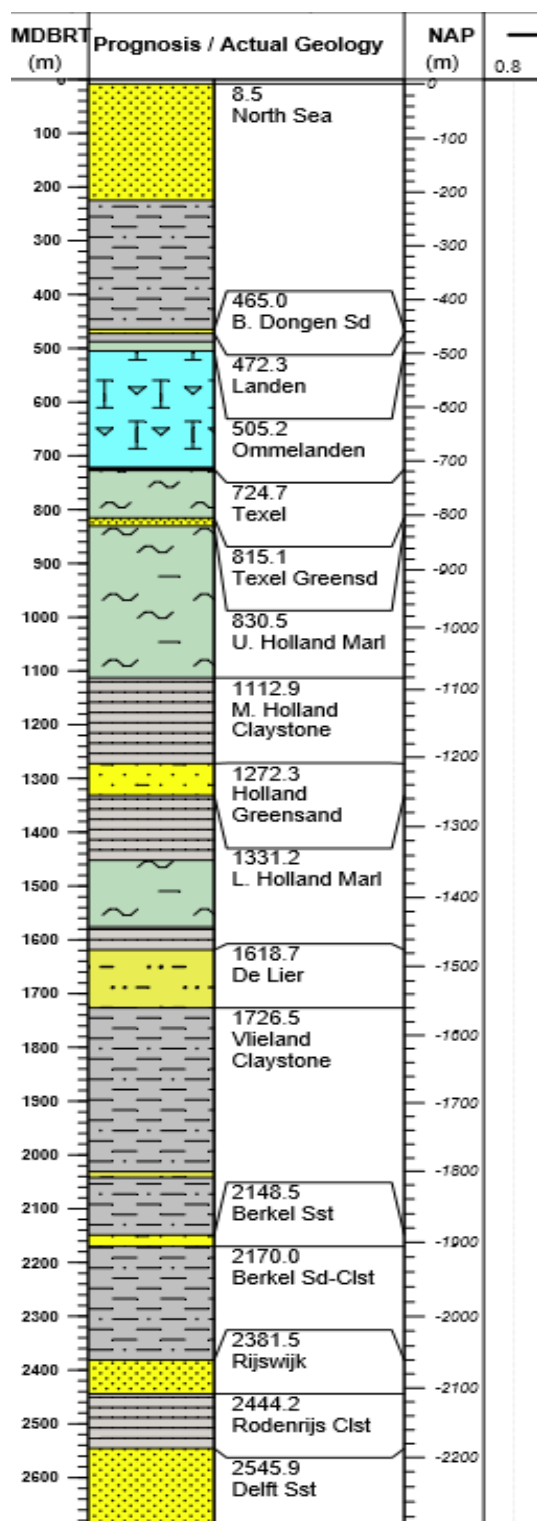
3.1 Algemene beschrijving ondergrond

De HAG-GT-01-P en HAG-GT-02-I putten zijn geboord in de Schieland groep in de Delftzandsteen. Voor detail over de ondergrond zie het 2016 SDE rapport. Een schematische doorsnede van de lokale geologie staat in Figuur 10. De stratigrafie van de putten wordt gegeven in Figuur 11, gebaseerd op de End-Of-Well rapporten uit 2010. Figuur 12 geeft een goed overzicht van de geometrie van het reservoir. Figuur 13 geeft een beeld van de boringen in het reservoir.

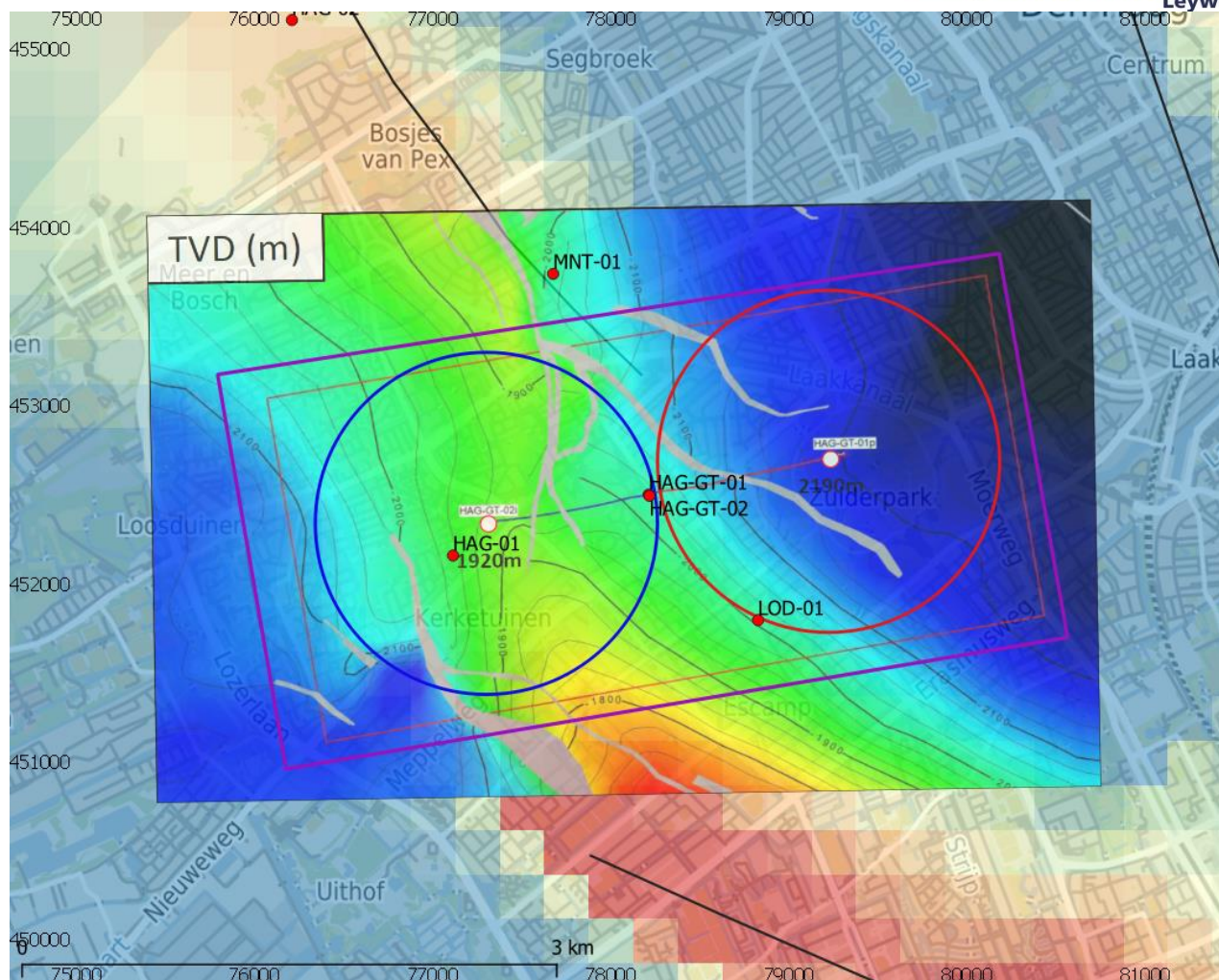
De Delft zandsteen heeft een goede reservoir kwaliteit. Het reservoir bestaat uit lagen van fluviatiele zandstenen uit het late Jura tijdperk en heeft lagen van 5-15m dikke zandstenen, met daartussen soms kleilagen met een dikte van enkele meters.



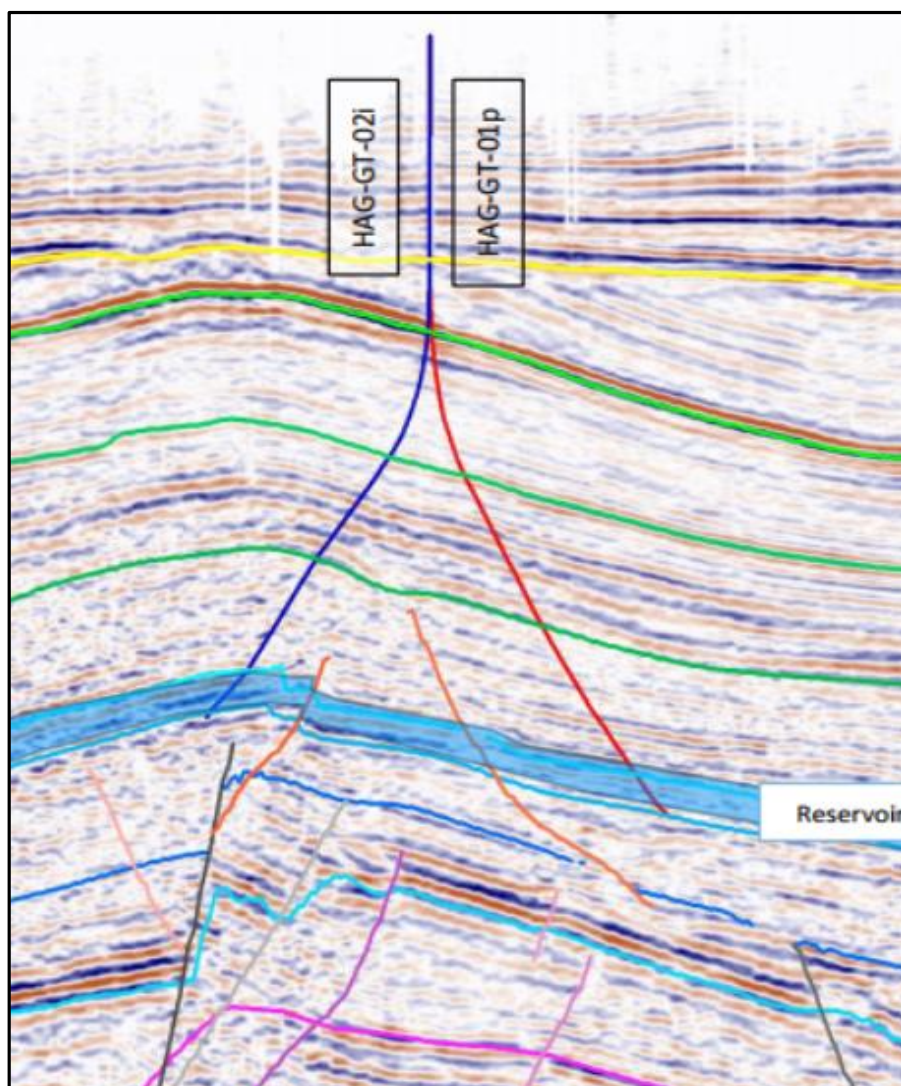
Figuur 10: Schematische doorsnede van de stratigrafie in het geothermische project gebied. De target is aangegeven met de roze pijl.



Figuur 11: Lithostratigrafie HAG-GT-01-P (links) en HAG-GT-02-I (rechts)



Figuur 12: Diepte kaart van de basis Delft zandsteen, met de twee putten (HAG-GT-01-P (rood) en HAG-GT-02-I (blauw)) en de contour van de winningsvergunning in paars. De omliggende HAG-01, MNT-01 en LOD-01 putten zijn ook aangegeven. De detail kaart TVD(m) is gebaseerd op de 2019 interpretatie (zie rapport 190101_SeismicInterpretation_HAL_Panterra). De achtergrondkaart is gebaseerd op het TNO model (DGMdiep_v4.0).



Figuur 13: Seismische doorsnede door HAG-GT-01 en HAG-GT-02 puttrajecten (zie rapport 190101_SeismicInterpretation_HAL_Panterra)

3.2 Resultaten reservoir karakterisatie

De informatie, zoals beschreven in het geologisch rapport van de 2016 SDE aanvraag, vormt de basis van de kennis van de ondergrond. Maar uit de nieuwe informatie uit de putmetingen, die in Q1 2018 zijn uitgevoerd, kunnen een aantal belangrijke conclusies getrokken worden:

- Na de clean-out in Q1 2018 is er op basis van puttesten een goede Delft zandsteen permeabiliteit gemeten:
 - HAG-GT-01: 2330mD permeabiliteit, 62.5m net reservoir dikte.
 - HAG-GT-02: 1400mD permeabiliteit, 96m net reservoir dikte.
- De interferentietest (Q1 2018) toont aan:
 - Goede connectiviteit tussen HAG-GT-01 en HAG-GT-02 is.
 - Dat er mogelijk heterogeniteit van het reservoir en extra stromingsweerstand is (mogelijk veroorzaakt door tussenliggende breuken, zie paragraaf 4.6)
 - Communicatie tussen putten is goed genoeg voor water circulatie met een effectieve permeabiliteit van 280mD, Geschatte *channel width* is meer dan 3 km. Geschatte *connected area* is groter dan 38.5 km²

In onderstaande Tabel 5 zijn de kenmerken van de aquifer weergegeven.

Tabel 5: Gemiddelde aquifer parameters

Parameter	HAG-GT-01-P	HAG-GT-02-I
Aquifer stratigrafie	Delft zandsteen (SLDND)	Delft zandsteen (SLDND)
Diepte top aquifer (m TVDGL)	2192	1776
Diepte basis aquifer (m TVDGL)	2290	1888
Bruto Dikte (m)	98	112
Netto-Bruto (%)	64	86
Gemiddelde permeabiliteit (mD) uit puttest	2300	1460
Saliniteit (ppm)	120000	120000
Geothermische gradiënt	10C + 0.033C/m	10C + 0.033C/m

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. De watersamenstelling is weergegeven in Tabel 6. De pH ligt op 7.8 en de conductiviteit is 160000 $\mu\text{S/cm}$.

Tabel 6: Water samenstelling

Metaal	Concentratie ($\mu\text{g/l}$)
Aluminium	12
Cadmium	1.9
Lead	59
Nickel	440
Sodium	43000000
Strontium	290000
Barium	8700
Calcium	6300000
Iron	120000
Lithium	450
Magnesium	860000
Potassium	280000
Zinc	470
Mercury	96

De hoeveelheid gas die vrijkomt bij de winning van warmte is ongeveer $1 \text{ Nm}^3/\text{m}^3$. Het gas bestaat uit 79.2 %w CH_4 , 2.9% C_2H_4 , 5.5 %w hogere koolwaterstoffen en 5.4%w CO_2 en 7.0 % N_2 . Het *bubble point* ligt bij 60.95 bar. Het gas wordt bij normaal bedrijf ontgast op 8 tot 10 bar. Het gas wordt benut via een gasbrander. Tabel 7 laat de gassamenstelling zien op atmosferische druk.



Tabel 7: Gascompositie uit de put HAG-GT-01 (*Atmospheric Flash*)

Component		Mole%	Weight%
H ₂	Hydrogen	0.000	0.000
H ₂ S	Hydrogen Sulphide	0.000	0.000
CO ₂	Carbon Dioxide	2.263	5.463
N ₂	Nitrogen	4.569	7.023
C1	Methane	89.923	79.154
C2	Ethane	1.768	2.917
C3	Propane	0.502	1.214
C4	i-Butane	0.138	0.439
C4	n-Butane	0.279	0.891
C5	i-Pentane	0.144	0.572
C5	n-Pentane	0.137	0.544
C6	Hexanes	0.069	0.316
	MC Pentane	0.005	0.023
	Benzene	0.006	0.025
	Cyclohexane	0.000	0.001
C7	Heptanes	0.028	0.148
	MC Hexane	0.001	0.005
	Toluene	0.001	0.003
C8	Octanes	0.022	0.132
	E-Benzene	0.000	0.002
	M/P Xylene	0.001	0.006
	O-Xylene	0.001	0.006
C9	Nonanes	0.011	0.071
	1,2,4 TMB	0.001	0.010
C10	Decanes	0.020	0.147
C11+	Undecanes +	0.110	0.889
	Total	100.000	100.000

Calculated Gas Properties	
Gas Density (kg m ⁻³ @ 15°C)	0.808
Gas Mole Weight (g mol ⁻¹)	18.226
Real Relative (to air) Density of Gas	0.625
Mole weight of Heptanes Plus (g mol ⁻¹)	128.772
Density of Heptanes plus (g cm ⁻³ at 60°F)	0.777
Mole Weight of Undecanes plus (g mol ⁻¹)	147.000
Density of Undecanes plus (g cm ⁻³ at 60°F)	0.789
Calorific Value (MJ m ⁻³)	38.904

Air Content: 6.53%

Gas Water Ratio – 0.821 sm³/m³

4 Beoogde wijze van winning

4.1 Putintegriteit

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

4.2 Continue monitoring

4.2.1 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.

4.2.2 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 geïkt 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.

4.3 Periodiek monitoring

4.3.1 Casing dikte

Er is op basis van de gewenste levensduur doublet en de minimale *casing* dikte een maximale *corrosion-rate* bepaald. Deze is leidend voor besluitvorming omtrent *casing* corrosie. De *corrosion-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.

4.3.2 Spuitkruis

Het spuitkruis 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 spuitkruis door een gecertificeerde partij gekeurd en bij herinstallatie onderworpen aan een druktest.

4.3.3 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.

4.3.4 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.
- Additionele incidentele monitoring voor groot onderhoud aan de putten.

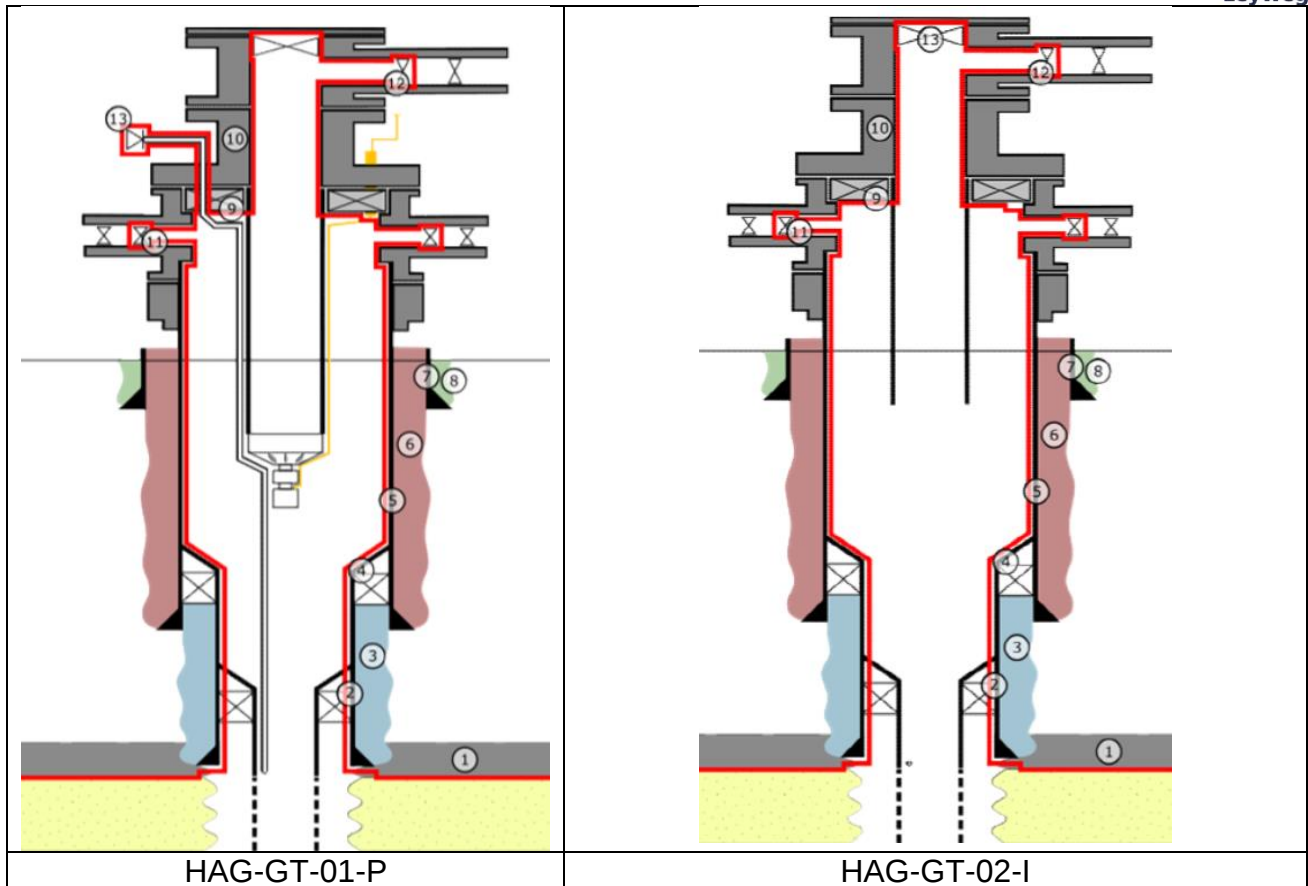
Barrières HAG-GT-01-P



#	Description	Functie	Failure modes	Effect	Consequenties
1	Reservoir top seal	Prevent leaking to upper aquifers	Te hoge injectedrukken	Verlies reservoir top seal integriteit	Lekkage formatiewater Seismiciteit
2	Intermediate liner (9-5/8")	Prevent fluid interaction between wellbore and shallower aquifers	Casing corrosie Lekkende casing koppelingen Te hoge injectedrukken	Verlies casing integriteit Lekkage formatiewater naar ondergrond/ grondwater	-Verontreiniging ondergrond -Verontreiniging grondwater
3	Cement (9-5/8")	Support casing. Prevent communication between shallower aquifers	Slechte cementering van de casing	Lekkage formatiewater naar hogere lagen (via buitenkant casing)	-Verontreiniging ondergrond -Verontreiniging grondwater
4	Liner Hanger (13-3/8" X 9-5/8")	Prevent fluid interaction between wellbore and shallower aquifers	Loss of seal van liner-hanger packer	Lekkage formatiewater naar hogere lagen (via buitenkant casing)	-Herstelkosten casing -Verontreiniging ondergrond -Verontreiniging grondwater
5	Surface Casing (13-3/8")	Prevent fluid interaction between wellbore and shallower aquifers	Casing corrosie Lekkende casing koppelingen Te hoge injectedrukken	Verlies casing integriteit Lekkage formatiewater naar ondergrond/ grondwater	-Verontreiniging ondergrond -Verontreiniging grondwater
6	Cement (13-3/8")	Support casing. Prevent communication between shallower aquifers	Slechte cementering van de casing	Lekkage formatiewater naar hogere lagen (via buitenkant casing)	-Verontreiniging ondergrond -Verontreiniging grondwater
7	Conductor casing (16")	Prevent fluid interaction between wellbore and shallow fresh-water aquifers	Casing corrosie Lekkende casing koppelingen	Verlies casing integriteit Lekkage formatiewater naar ondergrond/ grondwater	-Verontreiniging ondergrond -Verontreiniging grondwater
8	Conductor cement	Support casing. Prevent communication between shallower aquifers	Slechte cementering van de casing	Lekkage formatiewater naar hogere lagen (via buitenkant casing)	-Verontreiniging ondergrond -Verontreiniging grondwater
9	Tubing Hanger + Penetrator systems	Prevent fluid interaction between wellbore and atmosphere, while letting power and inhibitor fluid in.	Slechte drukseal van hanger/ stijgtag	Lekkage formatiewater	-Verontreiniging ondergrond -Verontreiniging grondwater
10	Wellhead	Prevent fluid interaction between wellbore and atmosphere	Suboptimaal design/functioneren well head / X-tree	Lekkage barriers: hoofdafsluiters, afdichtingen op casing, afdichting prod tubing	-Lekkage formatiewater -Lekkage gas (Explosiegevaar -Verontreiniging ondergrond -Verontreiniging grondwater
11	Wing valves	Prevent fluid interaction between wellbore and atmosphere	Suboptimaal design/functioneren well head / X-tree	Lekkage barriers: hoofdafsluiters, afdichtingen op casing, afdichting prod tubing	-Lekkage formatiewater -Lekkage gas -Verontreiniging ondergrond -Verontreiniging grondwater
12	Main valves	Close well in case of emergency	Suboptimaal design/functioneren well head / X-tree	Lekkage barriers: hoofdafsluiters, afdichtingen op casing, afdichting prod tubing	-Lekkage formatiewater -Lekkage gas -Verontreiniging ondergrond -Verontreiniging grondwater

Barrières HAG-GT-02-I

Figuur 14 laat een overzicht zien van de put-barrières voor HAL-GT-01-P en HAL-GT-01-I, inclusief de functies van deze barrières. 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.





#	Description	Funcie	Failure modes	Effect	Consequente
1	Reservoir top seal	Prevent leaking to upper aquifers	Van toepassing op injector		
2	Intermediate liner (7")	Prevent fluid interaction between wellbore and shallower aquifers	Casing corrosie Lekkende casing koppelingen Te hoge injectiedrukken Beschadiging door temperatuurschommelingen	Verlies casing integrity Lekkage formatiewater naar ondergrond/ grondwater	-Verontreiniging ondergrond -Verontreiniging grondwater
3	Cement (7")	Support casing, Prevent communication between shallower aquifers	Slechte cementering van de casing	Lekkage formatiewater naar hogere lagen (via buitenkant casing)	-Verontreiniging ondergrond -Verontreiniging grondwater
4	Liner Hanger (10-3/4 x 7")	Prevent fluid interaction between wellbore and shallower aquifers	Loss of seal van liner-hanger packer	Lekkage formatiewater naar hogere lagen (via buitenkant casing)	-Herstellkosten casing -Verontreiniging ondergrond -Verontreiniging grondwater
5	Surface Casing (10-3/4")	Prevent fluid interaction between wellbore and shallower aquifers	Casing corrosie Lekkende casing koppelingen Te hoge injectiedrukken Beschadiging door temperatuurschommelingen	Verlies casing integrity Lekkage formatiewater naar ondergrond/ grondwater	-Verontreiniging ondergrond -Verontreiniging grondwater
6	Cement (10-3/4")	Support casing, Prevent communication between shallower aquifers	Slechte cementering van de casing	Lekkage formatiewater naar hogere lagen (via buitenkant casing)	-Verontreiniging ondergrond -Verontreiniging grondwater
7	Conductor casing (13-3/8")	Prevent fluid interaction between wellbore and shallow fresh-water aquifers	Casing corrosie Lekkende casing koppelingen	Verlies casing integrity Lekkage formatiewater naar ondergrond/ grondwater	-Verontreiniging ondergrond -Verontreiniging grondwater
8	Conductor cement	Support casing, Prevent communication between shallower aquifers	Slechte cementering van de casing	Lekkage formatiewater naar hogere lagen (via buitenkant casing)	-Verontreiniging ondergrond -Verontreiniging grondwater
9	Tubing Hanger + Penetrator systems	Prevent fluid interaction between wellbore and atmosphere, while letting power and inhibitor fluid in.	Slechte drukseal van hanger/ slijtage	Lekkage formatiewater	-Verontreiniging ondergrond -Verontreiniging grondwater
10	Wellhead	Prevent fluid interaction between wellbore and atmosphere	Suboptimaal design/functioneren well head / X-tree	Lekkage barriers: hoofdafsluiters, afdichtingen op casing, afdichting prod tubing Lekkage gas uit annulus	-Lekkage formatiewater -Lekkage gas (Explosiegevaar) -Verontreiniging ondergrond -Verontreiniging grondwater
11	Wing valves	Prevent fluid interaction between wellbore and atmosphere	Suboptimaal design/functioneren well head / X-tree	Lekkage barriers: hoofdafsluiters, afdichtingen op casing, afdichting prod tubing	-Lekkage formatiewater -Lekkage gas -Verontreiniging ondergrond -Verontreiniging grondwater
12	Main valves	Close well in case of emergency	Suboptimaal design/functioneren well head / X-tree	Lekkage barriers: hoofdafsluiters, afdichtingen op casing, afdichting prod tubing	-Lekkage formatiewater -Lekkage gas -Verontreiniging ondergrond -Verontreiniging grondwater
13	Swab Valve	Prevent fluid interaction between wellbore and atmosphere	Suboptimaal design/functioneren well head / X-tree	Lekkage barriers: hoofdafsluiters, afdichtingen op casing, afdichting prod tubing	-Lekkage formatiewater -Lekkage gas -Verontreiniging ondergrond -Verontreiniging grondwater
14	Inhibitor line + check valve	Let inhibitor fluid in to prevent casing damage (corrosion), while preventing flow from well to atmosphere.	Falen van check-valve Slijtage/corrosie inhibitor lijn Breek van inhibitor lijn	Lekkage inhibitor Lekken gas en vloeistof vanuit de put naar oppervlakte Versnelde corrosie door verkeerde dosering	-Verontreiniging ondergrond -Verontreiniging grondwater

Barrières HAG-GT-01-P



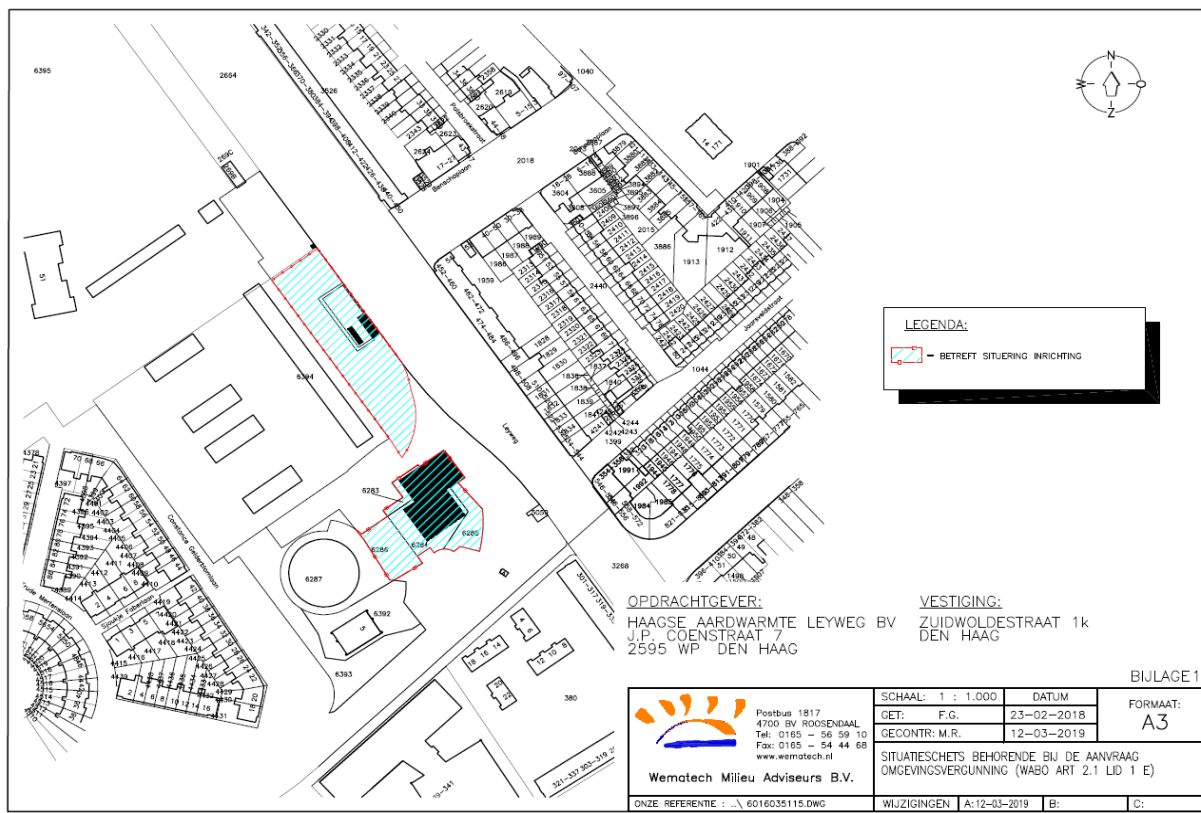
#	Description	Functie	Failure modes	Effect	Consequenties
1	Reservoir top seal	Prevent leaking to upper aquifers	Te hoge injectedrukken	Verlies reservoir top seal integriteit	Lekkage formatiewater Seismiciteit
2	Intermediate liner (9-5/8")	Prevent fluid interaction between wellbore and shallower aquifers	Casing corrosie Lekkende casing koppelingen Te hoge injectedrukken	Verlies casing integriteit Lekkage formatiewater naar ondergrond/ grondwater	-Verontreiniging ondergrond -Verontreiniging grondwater
3	Cement (9-5/8")	Support casing. Prevent communication between shallower aquifers	Slechte cementering van de casing	Lekkage formatiewater naar hogere lagen (via buitenkant casing)	-Verontreiniging ondergrond -Verontreiniging grondwater
4	Liner Hanger (13-3/8" X 9-5/8")	Prevent fluid interaction between wellbore and shallower aquifers	Loss of seal van liner-hanger packer	Lekkage formatiewater naar hogere lagen (via buitenkant casing)	-Herstelkosten casing -Verontreiniging ondergrond -Verontreiniging grondwater
5	Surface Casing (13-3/8")	Prevent fluid interaction between wellbore and shallower aquifers	Casing corrosie Lekkende casing koppelingen Te hoge injectedrukken	Verlies casing integriteit Lekkage formatiewater naar ondergrond/ grondwater	-Verontreiniging ondergrond -Verontreiniging grondwater
6	Cement (13-3/8")	Support casing. Prevent communication between shallower aquifers	Slechte cementering van de casing	Lekkage formatiewater naar hogere lagen (via buitenkant casing)	-Verontreiniging ondergrond -Verontreiniging grondwater
7	Conductor casing (16")	Prevent fluid interaction between wellbore and shallow fresh-water aquifers	Casing corrosie Lekkende casing koppelingen	Verlies casing integriteit Lekkage formatiewater naar ondergrond/ grondwater	-Verontreiniging ondergrond -Verontreiniging grondwater
8	Conductor cement	Support casing. Prevent communication between shallower aquifers	Slechte cementering van de casing	Lekkage formatiewater naar hogere lagen (via buitenkant casing)	-Verontreiniging ondergrond -Verontreiniging grondwater
9	Tubing Hanger + Penetrator systems	Prevent fluid interaction between wellbore and atmosphere, while letting power and inhibitor fluid in.	Slechte drukseal van hanger/ stijgpijp	Lekkage formatiewater	-Verontreiniging ondergrond -Verontreiniging grondwater
10	Wellhead	Prevent fluid interaction between wellbore and atmosphere	Suboptimaal design/functioneren well head / X-tree	Lekkage barriers: hoofdafsluiters, afdichtingen op casing, afdichting prod tubing	-Lekkage formatiewater -Lekkage gas (Explosiegevaar) -Verontreiniging ondergrond -Verontreiniging grondwater
11	Wing valves	Prevent fluid interaction between wellbore and atmosphere	Suboptimaal design/functioneren well head / X-tree	Lekkage barriers: hoofdafsluiters, afdichtingen op casing, afdichting prod tubing	-Lekkage formatiewater -Lekkage gas -Verontreiniging ondergrond -Verontreiniging grondwater
12	Main valves	Close well in case of emergency	Suboptimaal design/functioneren well head / X-tree	Lekkage barriers: hoofdafsluiters, afdichtingen op casing, afdichting prod tubing	-Lekkage formatiewater -Lekkage gas -Verontreiniging ondergrond -Verontreiniging grondwater

Barrières HAG-GT-02-I

Figuur 14: Put barrière elementen inclusief beschrijving, functie, failure mode, effect, en consequentie.

4.4 Beoogde installatie

De mijnbouwlocatie is gerealiseerd aan het adres Zuidwoldestraat nummer 1k te Den Haag. De inrichting bestaat uit de puttenlocatie en zuidoostelijk daarvan gelegen het zogenaamde ketelhuis waarin de installaties zijn opgenomen om de uitwisseling van de warmte naar het stadsverwarmingsnet mogelijk te maken. Puttenlocatie en ketelhuis zijn met elkaar verbonden middels de productieleidingen van puttenlocatie naar ketelhuis en injectieleidingen van ketelhuis retour naar puttenlocatie. Figuur 15 illustreert de locaties waar putten en ketelhuis zijn gelokaliseerd.

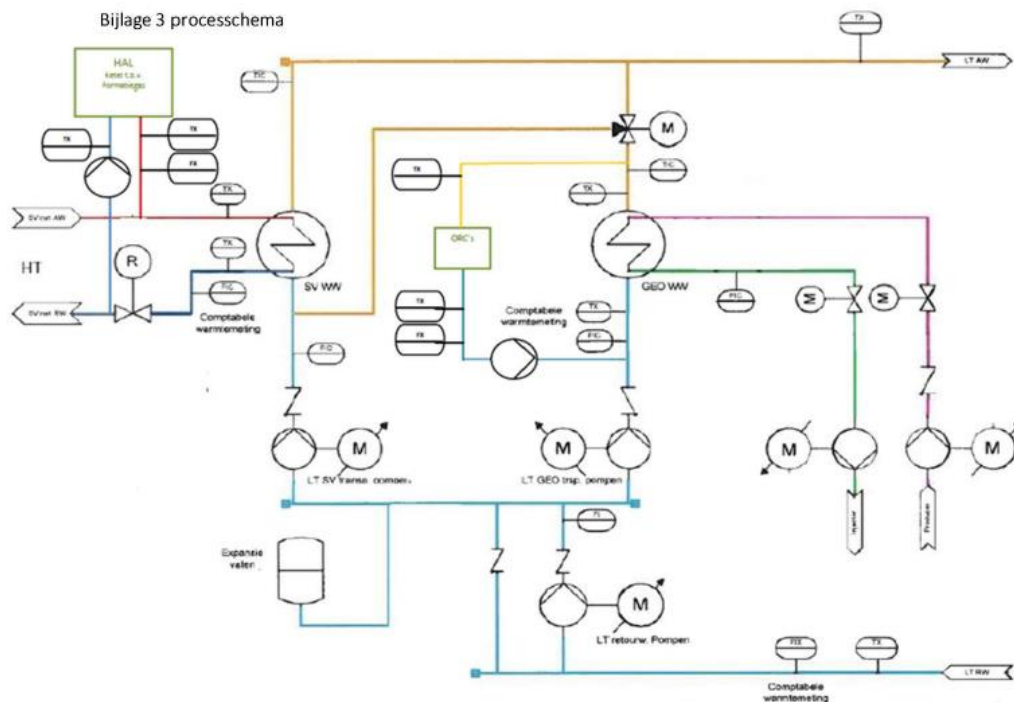


Figuur 15: Schematisch overzicht geothermische inrichting

Thans wordt de warmtecentrale in het ketelhuis aangestuurd via het hoge temperatuur warmtenet van de warmtekrachtcentrale Den Haag en pompt het water in het warmtenet van de wijk waar de warmte wordt gebruikt door woningen en bedrijven. Het retourwater wordt met pompen weer op druk gebracht en middels de toepassing van warmtewisselaars weer opgewarmd met water uit het centrale warmtenet. Binnen de inrichting is een hulpketel (nominaal thermisch vermogen 25 MWth) aanwezig om, bij uitval van de warmte aanvoer uit de WKC, in deze warmtevraag te blijven voorzien.

HAL is nu voornemens om een koppeling tot stand te brengen tussen de fysiek bestaande warmtecentrale en de fysiek bestaande productieput en injectieput (formatiewater onttrekking-/injectie installatie). Daarmee wordt de bestaande warmtecentrale uitgebreid met een aardwarmtecentrale. Daarmee kan het stadsverwarmingsnet van Den Haag Zuid-West op een duurzame wijze van warmte worden voorzien door toepassing van aardwarmte.

Middels het bestaande formatiewateronttrekkingspunt wordt formatiewater opgepompt van zo'n 2 km onder het aardoppervlak. De warmte van het formatiewater wordt door middel van een warmtewisselaar afgegeven aan het stadsverwarmingsnet. Na het onttrekken van de warmte wordt het formatiewater weer geïnjecteerd in de bodem. Een deel van de warmte van het formatiewater wordt omgezet in elektrische energie waarmee installaties binnen de inrichting van elektriciteit worden voorzien. In het formatiewater dat wordt onttrokken is formatiegas aanwezig dat met een ontgassingsinstallatie van het formatiewater wordt gescheiden. Dit gas wordt gedroogd/gekoeld en getransporteerd naar een ketelinstallatie waarbij de warmte die hiermee wordt opgewekt eveneens wordt toegepast voor het opwarmen van het warmtenet.



Huidig bedrijf (Zonder aardwarmte):

LT AW levert warmte ($>70^{\circ}\text{C}$) aan afnemers. Op LT RW komt afgekoeld water retour. Dit water wordt opgewarmd door de "SV WW" om vervolgens weer vanuit LT AW naar afnemers te gaan.

Toekomstig bedrijf (alleen aardwarmte):

LT AW levert warmte ($>70^{\circ}\text{C}$) aan afnemers. Op LT RW komt afgekoeld water retour. Dit water wordt opgewarmd door de "GEO WW" om vervolgens weer vanuit LT AW naar afnemers te gaan.

- Indien aanvoer te laag ($<70^{\circ}\text{C}$):

Driewegklep boven "GEO WW" loopt open richting "SV WW" om het aanvoerwater met HT warmte als nog boven 70°C te brengen en vanuit LT AW aan de afnemers te leveren.

- Indien warmtevraag $<$ bronvermogen:

Resterende warmte wordt boven de "GEO WW" naar de ORC's geleid om elektriciteit te produceren uit warmte.

Legenda

- levering warmte aan afnemers
- afgekoeld water van afnemers
- warm formatiewater
- afgekoeld formatiewater
- warmtewisselaar

Figuur 16: Processchema van de geothermische installatie

4.5 Systeemconfiguratie

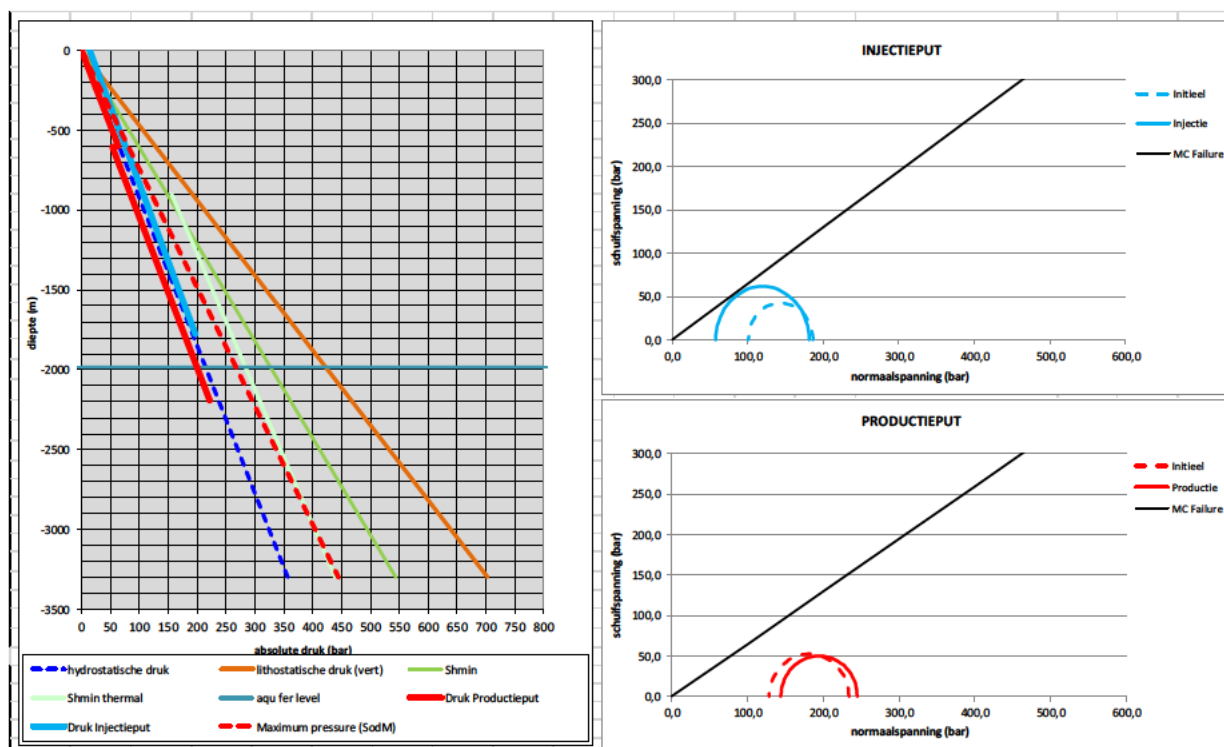
Een beschrijving van de putten is te vinden in paragraaf 2.2. De afstand tussen de HAG-GT-01-P en HAG-GT-02-I putten is 2050m op top reservoir niveau en 2200m op de basis van het reservoir. Een seismische doorsnede door de putten is gepresenteerd in Figuur 13. De skin van de putten is gemeten tijdens de putttesten in Q1 2018. De skin van de producer HAG-GT-01-P komt uit op 20 en de skin van de HAG-GT-02-I op 0.8.

4.6 Reservoir integriteit

De putten van het HAL project produceren/injecteren uit/in de Delft zandsteen. Boven deze zandsteen zit een afsluiten kleilaag in de vorm van de Rodenrijs kleisteen. De permeabiliteit van de Delft zandsteen is hoog, waardoor het formatiewater met een relatief lage injectiedruk kan worden terug geïnjecteerd. In Figuur 17 laat de Geomech.xls tool van TNO-AGE, ingevuld voor het geothermische HAL project, gebruik makend van de DoubletCalc parameters zoals beschreven in hoofdstuk 5. Dit is een eerste *quickscan*; paragraaf 8.1 presenteert een nauwkeurigere Geomechanische modellering en analyse. Zowel de *quickscan* van Geomech.xls tool, als de uitgebreide analyse laten zien dat de kans op *fracking* en op breukactivatie nihil is.



Invoer parameters	waarde	Default	eenheid
Diepte top aquifer in productieput	-2192	x	m
Diepte top aquifer in injectieput	-1776	x	m
Gemiddelde diepte top aquifer	-1984	x	m
Diepte pomp	-600	-500	m
Aquiferdruk Productieput	233	x	bar
Aquiferdruk Injectieput	192	x	bar
Bottom hole pressure Productieput	222	x	bar
Bottom hole pressure Injectieput	197	x	bar
Drukverschil over put-aquifer interface in productieput	11	x	bar
Drukverschil over put-aquifer interface in injectieput	5	x	bar
hydrostatische gradient in injectieput	0,103	0,106	bar/m
lithostatische gradient	0,213	0,225	bar/m
minimale horizontale spanningsgradient (bar/m)	0,165	0,16	bar/m
Injectietemperatuur	45	x	°C
Aquifer temperatuur @ productieput	80	x	°C
Aquifer temperatuur @ injectieput	73	x	°C
Delta temperatuur @ injectieput	28	x	°C
Temperatuurgradient	0,0330	0,032	°C/m
Gemiddelde oppervlaktetemperatuur	10	10	°C
Youngs modulus	10000	10000	Mpa
Poisson's ratio	0,30	0,25	frac
Arching coefficient	0,4	0,4	
Biot coefficient	0,75	0,75	
Linear thermal expansion coefficient (°C-1)	1,00E-05	1,00E-05	°C ⁻¹
Cohesie	0	0	bar
Hoek van inwendige wrijving	33	33	°
Invloed thermische stress	Ja		
Uitvoer			
Tubing Head Pressure toegestaan volgens SodM protocol	57	JA	
Maximale verschildruk injectieput top reservoir	48	JA	
Fracking		NEE	
Kans op breukreactivatie		NEE	



Figuur 17: Geomech.xls tool van TNO-AGE, ingevuld voor het geothermische HAL project, gebruik makend van de DoubletCalc parameters zoals beschreven in hoofdstuk 5. Voor een Geomechanische detailstudie zie paragraaf 8.1.

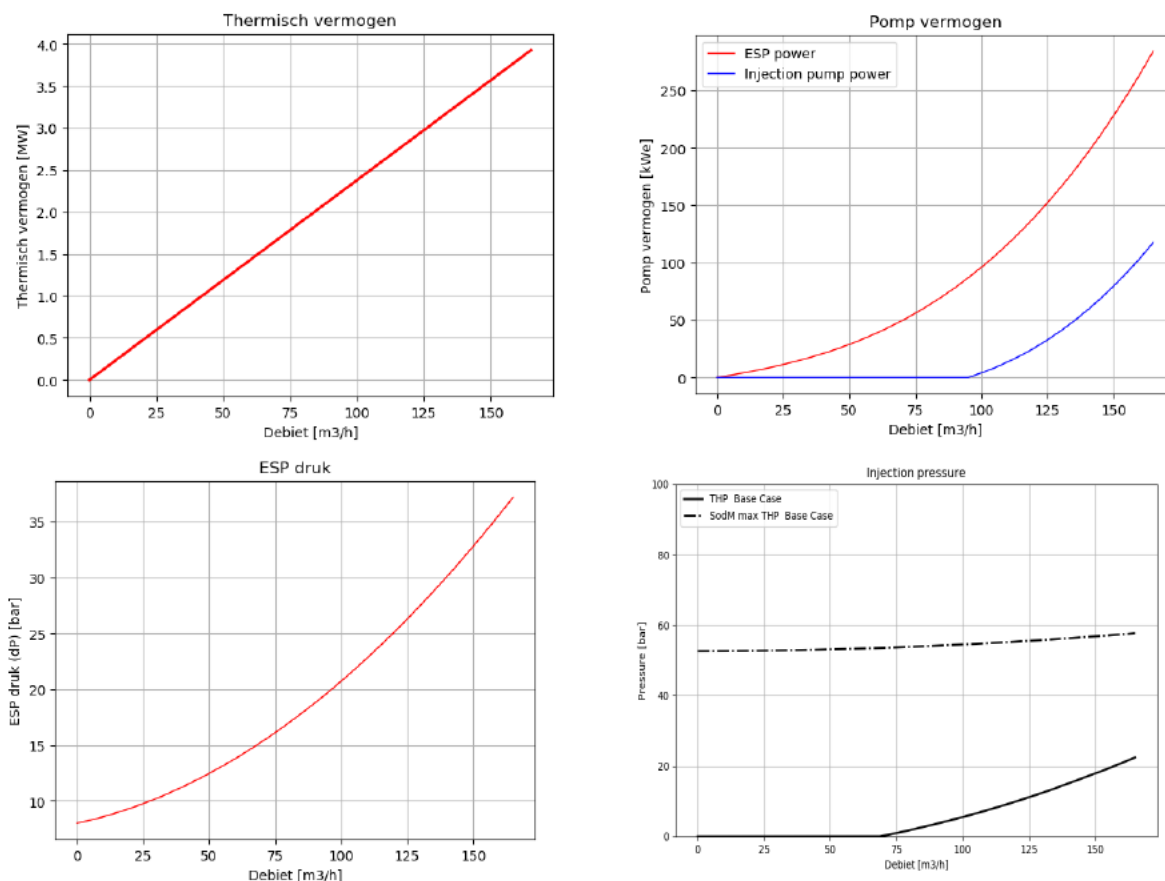
4.7 Beoogde operationele instellingen

Voor het geothermische systeem is de geologie niet meer de beperkende factor maar de diameters van de putten (165 m³/h) en de warmtelevering. Voor de zomer, winter, voor-/najaar zijn verschillende warmtelevering-scenario's gedefinieerd:

Scenario	Debiet m ³ /h	Retourtemperatuur (C)
Zomer	70	63
Voor-/Najaar	116	57
Winter	165	45

De debieten van alle scenario's liggen ruim onder het geschatte P90 debiet van de SDE-aanvraag (224 m³/h). Hiermee is de haalbaarheid van deze scenario's zeer waarschijnlijk.

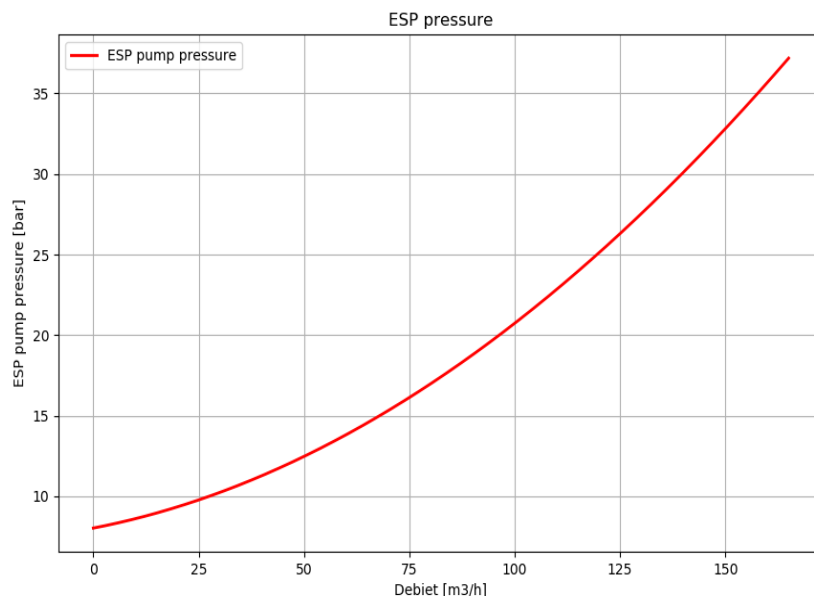
In de onderstaande grafieken (Figuur 18) worden de verschillende operationele parameters weergegeven als functie van debiet.



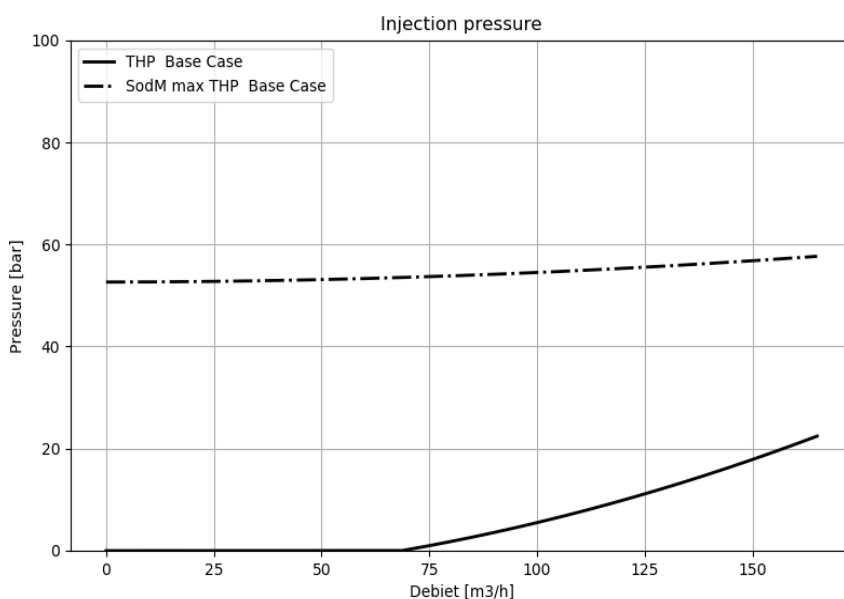
Figuur 18: Operationele parameters als functie van debiet.



Figuur 19 en Figuur 20 laten de verwachte systeemdrukken op basis van de geologie van de testresultaten, het putontwerp en de skin zien. Figuur 19 laat de druk zien die de ESP naar verwachting zal leveren bij bepaalde debieten. In Figuur 20 wordt de injectiedruk weergegeven bij bepaalde debieten. Daarnaast is ook de maximale Tubing Head Pressure weergegeven. Deze maximale THP is vastgesteld volgens het SodM protocol, waarin is vastgesteld dat de maximale Bottom Hole Pressure niet meer dan 0.135 bar per meter diepte mag bedragen. Bij de conversie van BHP naar THP is met zowel statische als dynamische drukverliezen rekening gehouden. De verwachte THP zal ruim onder de maximale THP blijven.



Figuur 19: ESP pomp druk ($P_{out}-P_{in}$) HAG-GT-01-P



Figuur 20: Injectie druk HAG-GT-02-I



Er worden naar verwachting 3 chemicaliën toegevoegd zoals is omschreven in Tabel 8 en onderstaande uitleg.

Tabel 8: Overzicht gepland gebruik chemicaliën

Naam	Dosering [ppm]	Duur dosering [hr]	Frequentie	m3/yr [m3]
Corrosion Inhibitor	10	-	Continue	22
Biocide	100	24	Elke maand	5
Scaling Inhibitor	15	-	Continue ¹	22

Corrosie inhibitor

- Doel: Het voorkomen van schade aan de putintegriteit en verstoppingen door corrosie producten.
- Waar: De vloeistof wordt via de inhibitor string ingebracht in de productieput op 2663 m AH.

Scaling Inhibitor

- Doel: Het voorkomen van ijzer en carbonaat precipitatie. Ook remt het sulfide *scaling*. Calcium Carbonaat *scaling* risico's beginnen bij het *bubble point* onder de ESP.
- Waar: Voor de ontgasser
- *Scaling* inhibitie zal alleen plaatsvinden wanneer dit nodig wordt geacht na de opstart.

Biocide

- Doel: Het stoppen van bacteriegroei in de injector om injectiviteit te behouden.
- Waar: Voor de ontgasser of *dowhole* door de inhibitor lijn.

In het formatiewater dat wordt onttrokken is formatiegas aanwezig (zie paragraaf 3.2) dat met een ontgassingsinstallatie van het formatiewater wordt gescheiden. Dit gas wordt gedroogd/gekoeld en getransporteerd naar een ketelinstallatie waarbij de warmte die hiermee wordt geleverd aan het Hoge temperatuur net. In geval van calamiteiten is er een (nood) fakkels geïnstalleerd.

In Tabel 9 staat een samenvatting van de operationele parameters van het geothermische systeem.

Tabel 9: Samenvatting van de operationele parameters van het geothermische systeem.

Aanvang winningsvergunning	(nog niet verleend)
Tijdvak (jaar)	35
Het verwachte debiet (m3/h)	Gelimiteerd door putdiameter: 165 (max) Zomer-voor/najaar-winter (BuCa): 70 – 116 – 165
De productie-temperatuur (°C)	P90-P50-P10: 76 – 80 – 83
De injectie-temperatuur (°C)	Zomer-voor/najaar-winter: 63 – 57 – 45
ESP druk (bar)	@ 70-116-165 m3/h: 5 – 8 – 11
Injectiedruk (bar)	57.7 (max. SodM protocol) @ 70-116-165 m3/h: 3 – 4 – 6
Verwacht Electraverbruik ESP+injectiepomp (kWe)	@ 70-116-165 m3/h: 35 – 106 – 262
Aantal draaiuren per jaar	op basis van BuCa: 8000
Het aantal vollasturen	op basis van BuCa: 2382 → 6421
Het vermogen @45°C retourtemperatuur	@ 70-116-165 m3/h: 2.5 – 4.0 – 5.7 MW
Verwachte warmtewinning	20.000 → 71.195 GJ/jaar
Bijvangst GWR	1.0 Nm3/m3

¹ Doseer mogelijkheid meegenomen in aanbouw. Echter daadwerkelijk doseren van inhibitor zal niet gebeuren totdat er duidelijk aanwijzingen voor *scaling* zijn.

5 Prognose winning

Het beoogde geothermische vermogen is berekend met DoubletCalc1D v1.4.3. De beperkende productiefactor is de warmtevraag en de diameter van de putten: 165 m³/h. In deze berekening zijn de volgende aannames gedaan:

- Gebruik laagste permeabiliteit (1.4D, HAG-GT-02-I)
- Winterscenario met 45C injectietemperatuur en 165m³/h debiet
- Gemiddelde N/G, dikte van de 2 putten

Figuur 21 laat de input voor DoubletCalc1D zien. Figuur 22 laat de resulterende output van DoubletCalc1D zien. Daarnaast is er ook een DoubletCalc2D berekening gedaan op basis van dezelfde aannames (Figuur 27 en Figuur 28), waaruit blijkt dat er met deze operationele settings na 35 jaar nog geen doorbraak van het koudefront wordt verwacht). De verwachte productie van het doublet en de prognose van de cumulatieve energie over de komende 15 jaar wordt gepresenteerd in Figuur 23 en Figuur 24.

file: ... geomec dropbox\4. subsurface studies\03a.hal\10.vermogens berekening\hal_winningsplan.xml

Geotechnical input

A) Aquifer properties

Property	min	median	max	Property	value
aquifer permeability (mD)	500	1400	2300	aquifer kh/kv ratio (-)	20
aquifer net to gross (-)	0.64	0.75	0.86	surface temperature (°C)	10.0
aquifer gross thickness (m)	98	105	112	geothermal gradient (°C/m)	0.033
aquifer top at producer (m TVD)	1973.0	2192	2411.0	[mid aquifer temperature producer (°C)]	80
aquifer top at injector (m TVD)	1598.0	1776	1954.0	[initial aquifer pressure at producer (bar)]	0.0
aquifer water salinity (ppm)	100000	120000	140000	[initial aquifer pressure at injector (bar)]	0.0

B) Doublet and pump properties

Property	value
exit temperature heat exchanger (°C)	45
distance wells at aquifer level (m)	2050
pump system efficiency (-)	0.6
production pump depth (m)	600
pump pressure difference (bar)	35

C) Well properties

calculation length subdivision (m)

Producer

outer diameter producer (inch)	6
skin producer (-)	20
penetration angle producer (deg)	0
skin due to penetration angle p (-)	0.0

Segment	pipe segment sections p (m AH)	pipe segment depth p (m TVD)	pipe inner diameter p (inch)	pipe roughness p (milli-inch)
1	600	600	6.366	1.8
2	1110	1078	9.95	1.8
3	2422	2095	6.36	1.8
4	2673	2285	3.92	1.8
5				
6				
7				
8				

Injector

outer diameter injector (inch)	6
skin injector (-)	.8
penetration angle injector (deg)	0
skin due to penetration angle i (-)	0.0

Segment	pipe segment sections i (m AH)	pipe segment depth i (m TVD)	pipe inner diameter i (inch)	pipe roughness i (milli-inch)
1	150	150	6.366	1.8
2	1096	1063	9.95	1.8
3	2117	1750	6.36	1.8
4	2314	1887	3.92	1.8
5				
6				
7				
8				

Figuur 21: Input DoubletCalc1D HAL winningsplan



file: ... geomec dropbox\4. subsurface studies\03a.hal\10.vermogens berekening\hal_winningsplan.xml

Geotechnics (Input)

Property	min	median	max
aquifer permeability (mD)	500.0	1400.0	2300.0
aquifer net to gross (-)	0.64	0.75	0.86
aquifer gross thickness (m)	98.0	105.0	112.0
aquifer top at producer (m TVD)	1973.0	2192.0	2411.0
aquifer top at injector (m TVD)	1598.0	1776.0	1954.0
aquifer water salinity (ppm)	100000.0	120000.0	140000.0

Property	value
number of simulation runs (-)	1000.0
aquifer kh/kv ratio (-)	20.0
surface temperature (°C)	10.0
geothermal gradient (°C/m)	0.0312
[mid aquifer temperature producer (°C)]	80.0
inital aquifer pressure at producer (bar)]	0.0
[initial aquifer pressure at injector (bar)]	0.0
exit temperature heat exchanger (°C)	45.0
distance wells at aquifer level (m)	2050.0
pump system efficiency (-)	0.6
production pump depth (m)	600.0
pump pressure difference (bar)	35.0
outer diameter producer (inch)	6.0
skin producer (-)	20.0
skin due to penetration angle p (-)	0.0
pipe segment sections p (m AH)	600.0,1110.0,2422.0,2673.0
pipe segment depth p (m TVD)	600.0,1078.0,2095.0,2285.0
pipe inner diameter p (inch)	6.37,9.95,6.36,3.92
pipe roughness p (milli-inch)	1.8,1.8,1.8,1.8
outer diameter injector (inch)	6.0
skin injector (-)	0.8
skin due to penetration angle i (-)	0.0
pipe segment sections i (m AH)	150.0,1096.0,2117.0,2314.0
pipe segment depth i (m TVD)	150.0,1063.0,1750.0,1887.0
pipe inner diameter i (inch)	6.37,9.95,6.36,3.92
pipe roughness i (milli-inch)	1.8,1.8,1.8,1.8

Geotechnics (Output)

Monte Carlo cases (stochastic inputs)	P90	P50	P10
aquifer kH net (Dm)	69.89	109.56	149.31
mass flow (kg/s)	40.88	47.55	51.45
pump volume flow (m³/h)	138.5	161.0	174.5
required pump power (kW)	224.4	261.0	282.8
geothermal power (MW)	4.69	5.68	6.59
COP (kW/kW)	19.6	21.9	24.3

aquifer pressure at producer (bar)	219.93	233.31	246.84
aquifer pressure at injector (bar)	181.69	191.91	202.27
pressure difference at producer (bar)	8.7	11.02	14.51
pressure difference at injector (bar)	4.78	6.01	8.01
aquifer temperature at producer * (°C)	76.24	80.0	83.77
temperature at heat exchanger (°C)	74.41	77.95	81.51

base case (median value inputs)	value
aquifer kH net (Dm)	110.25
mass flow (kg/s)	47.73
pump volume flow (m³/h)	161.8
required pump power (kW)	262.2
geothermal power (MW)	5.76
COP (kW/kW)	22.0

aquifer pressure at producer (bar)	233.35
aquifer pressure at injector (bar)	191.87
pressure difference at producer (bar)	10.92
pressure difference at injector (bar)	5.98
aquifer temperature at producer * (°C)	80.0
temperature at heat exchanger (°C)	77.99
pressure at heat exchanger (bar)	6.82

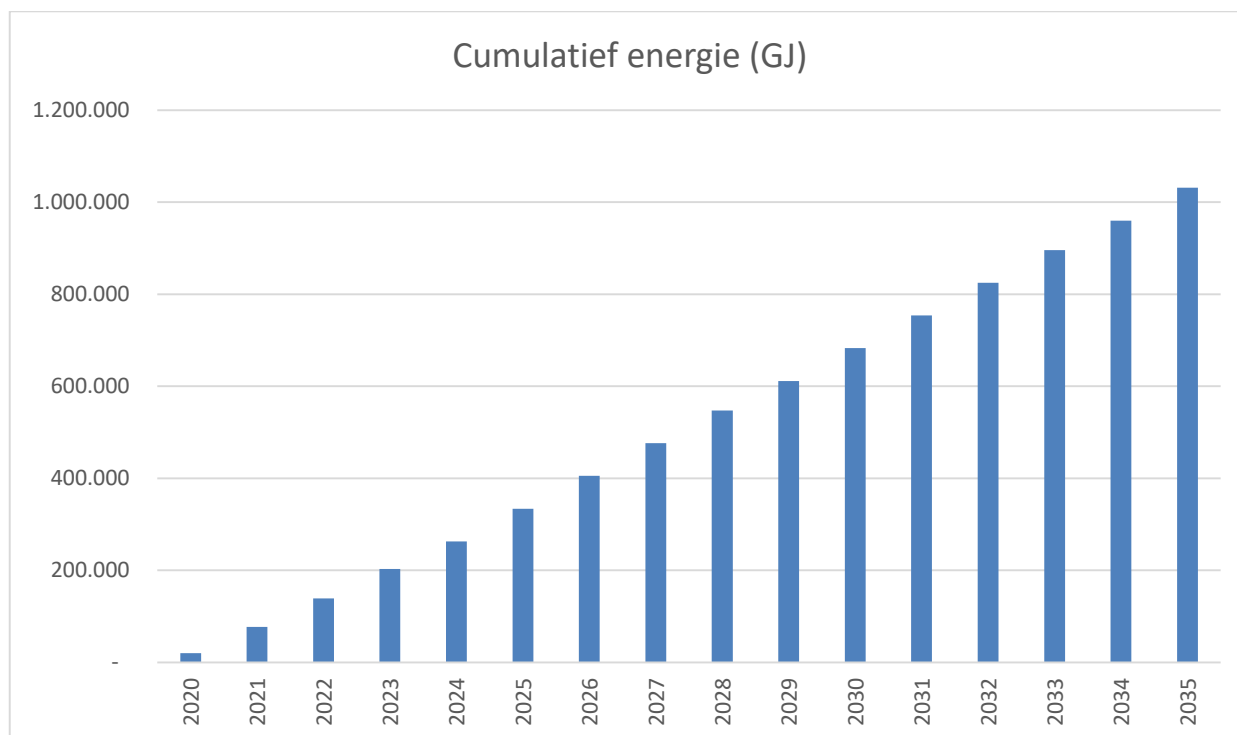
* @ mid aquifer depth

Figuur 22: Input en output DoubletCalc1D HAL winningsplan

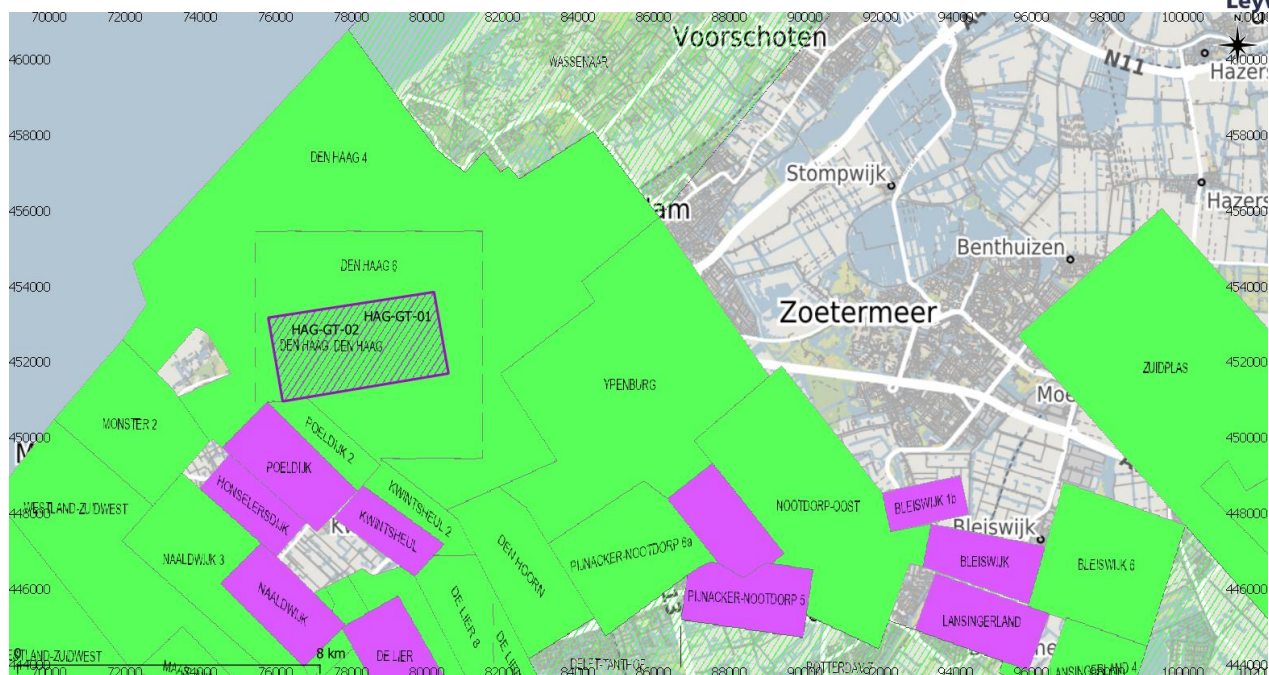


Jaar vanaf status datum	Prod. temp. (°C)	Hoeveelheid water (m ³ / jaar)	Energie geleverd (GJ / jaar)	Hoeveelheid formatiegas (nm ³ / jaar)	Aantal vollast uren (hrs)	Energie-consumptie (MWh / jaar)	Cumulatief energie (GJ/jaar)
2020	77	393.000	20.001	393.000	2.382	515	20.001
2021	77	919.044	56.861	919.044	5.570	1.204	76.862
2022	77	918.951	61.876	918.951	5.569	1.204	138.738
2023	77	918.951	63.856	918.951	5.569	1.204	202.594
2024	77	988.455	60.169	988.455	5.991	1.295	262.763
2025	77	1.059.414	71.195	1.059.414	6.421	1.388	333.958
2026	77	1.059.414	71.195	1.059.414	6.421	1.388	405.153
2027	77	1.059.414	71.195	1.059.414	6.421	1.388	476.349
2028	77	1.059.414	71.195	1.059.414	6.421	1.388	547.544
2029	77	1.059.414	63.903	1.059.414	6.421	1.388	611.447
2030	77	1.059.414	71.195	1.059.414	6.421	1.388	682.643
2031	77	1.059.414	71.195	1.059.414	6.421	1.388	753.838
2032	78	1.059.414	71.195	1.059.414	6.421	1.388	825.034
2033	79	1.059.414	71.195	1.059.414	6.421	1.388	896.229
2034	80	1.059.414	63.903	1.059.414	6.421	1.388	960.132
2035	81	1.059.414	71.195	1.059.414	6.421	1.388	1.031.328

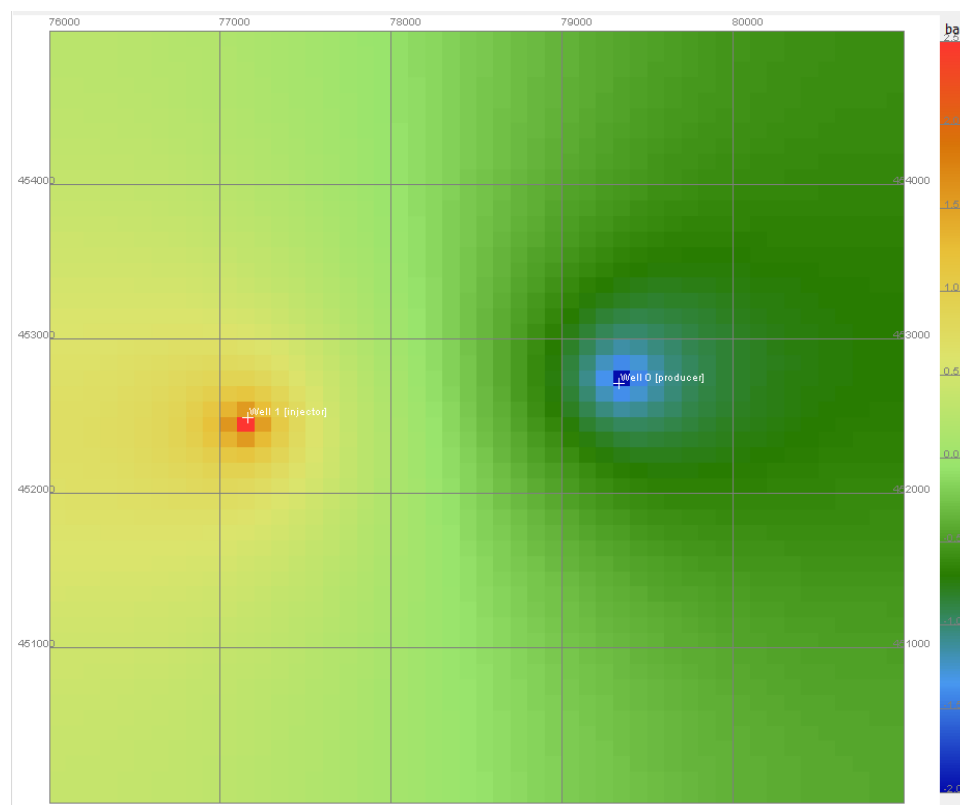
Figuur 23: Verwachte productie van het doublet



Figuur 24: Prognose cumulatieve energie (GJ)



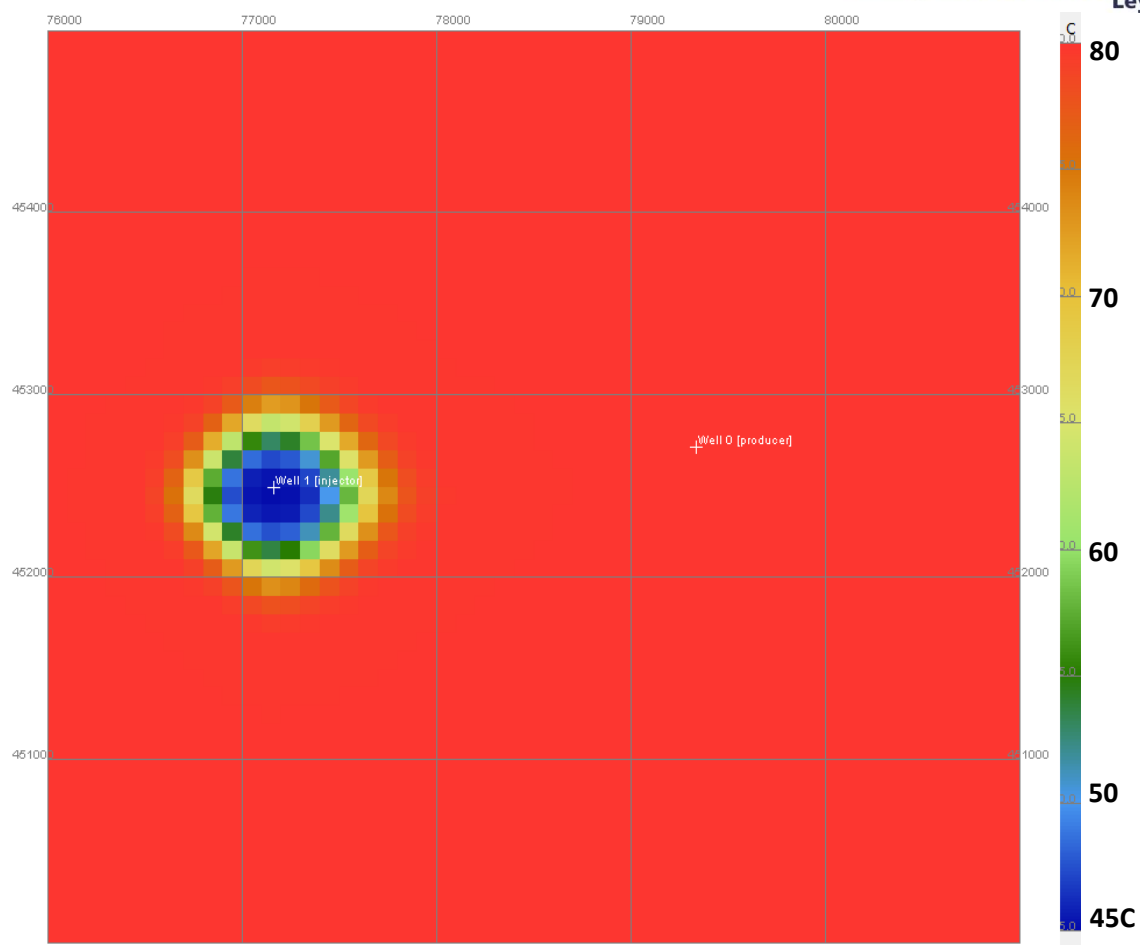
Figuur 26: Ligging geothermisch HAL project ten opzichte van andere geothermische opsporingsvergunningen (groen) en geothermische winningsvergunningen (paars).



Figuur 27: Druk distributie na 35 jaar. Hoge druk (rood) rondom HAG-GT-02-I en lage druk (blauw) rondom HAG-GT-01-P.



HaagseAardwarmte
Leyweg



Figuur 28: Temperatuur verdeling na 35 jaar. Lage temperatuur (blauw) rondom HAG-GT-02-I



REGION OF INTEREST			
xmin	76000.0 m	nx	50.0
xmax	81000.0 m	ny	50.0
ymin	450000.0 m		
ymax	455000.0 m		
grid geometry	none use grid view		
AQUIFER PROPERTIES			
initial temperature	80.0 C	none use grid view	
aquifer depth	2000.0 m	none use grid view	
(cell) thickness	105.0 m	none use grid view	
porosity	0.18 -	none use grid view	
net to gross	0.75 -	none use grid view	
actnum	1.0 -	none use grid view	
permeability in xdir	1400.0 mDarcy	none use grid view	
permeability in ydir	1400.0 mDarcy	none use grid view	
water salinity	120000.0 ppm		
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		

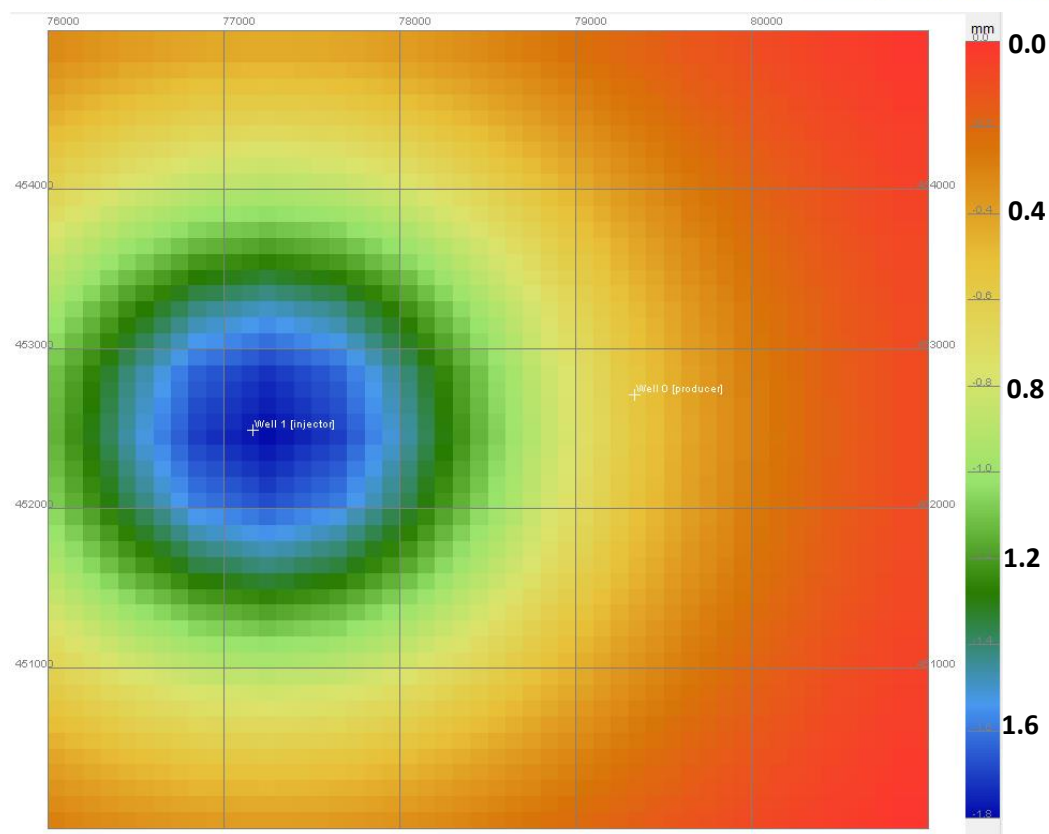
	Well 0		Well 1		
name					add well
x	79337.0	77165.0	m		
y	452712.0	452494.0	m		
well diameter	6.0	6.0	inch		
well skin	20.0	0.8	-		
well excess pressure	30.0	-30.0	bar		
well (inj) temperature	-1.0	45.0	C		
well flow rate	-165.0	165.0	m3/h		
pressure constraint	no v				

Figuur 29: Inputparameters voor Figuur 27 en Figuur 28.

7 Natuur en milieu

7.1 Bodemdaling of -stijging

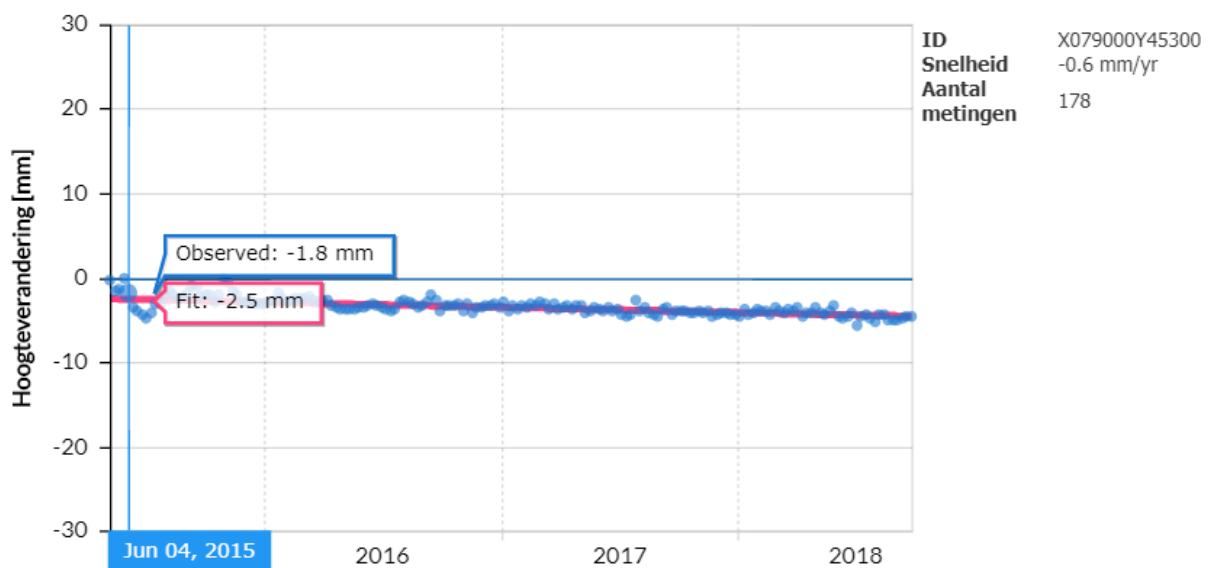
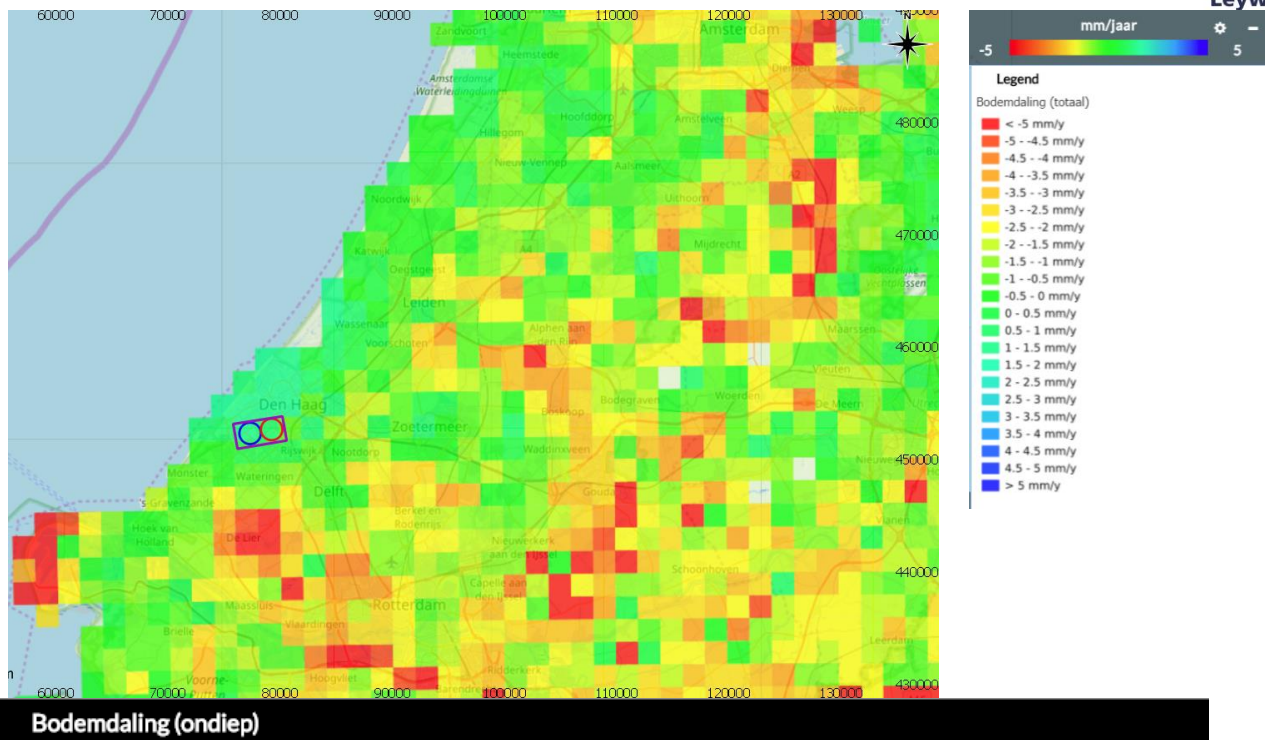
Een indicatie van de bodemdaling ten gevolge van de winning van aardwarmte in het HAL project is berekend met DoubletCalc2D. hiervoor zijn dezelfde operationele settings gebruikt als in hoofdstuk 5. Het resultaat na 35 jaar is weergegeven in Figuur 30. Hieruit is af te leiden dat de bodemdaling zeer klein is (lokaal en maximaal 1.7 mm na 35 jaar). Deze bodemdaling is relatief klein als het vergeleken wordt met de bodemdaling die er van nature reeds plaatsvindt in het gebied (Figuur 31). Die daling is gesteld op 0.6 mm per jaar, hetgeen neerkomt op 21 mm na 35 jaar. De bodemdaling wordt constant gemeten met behulp van InSAR en zal indien nodig geanalyseerd worden voor het geothermische project.



Figuur 30: Bodemdaling na 35 jaar. Maximale bodemdaling na 35 jaar is 1.7mm (blauw).



HaagseAardwarmte
Leyweg



Figuur 31: Bodemdaling in het gebied van het HAL geothermische project. Bron:www.bodemdaling.nl

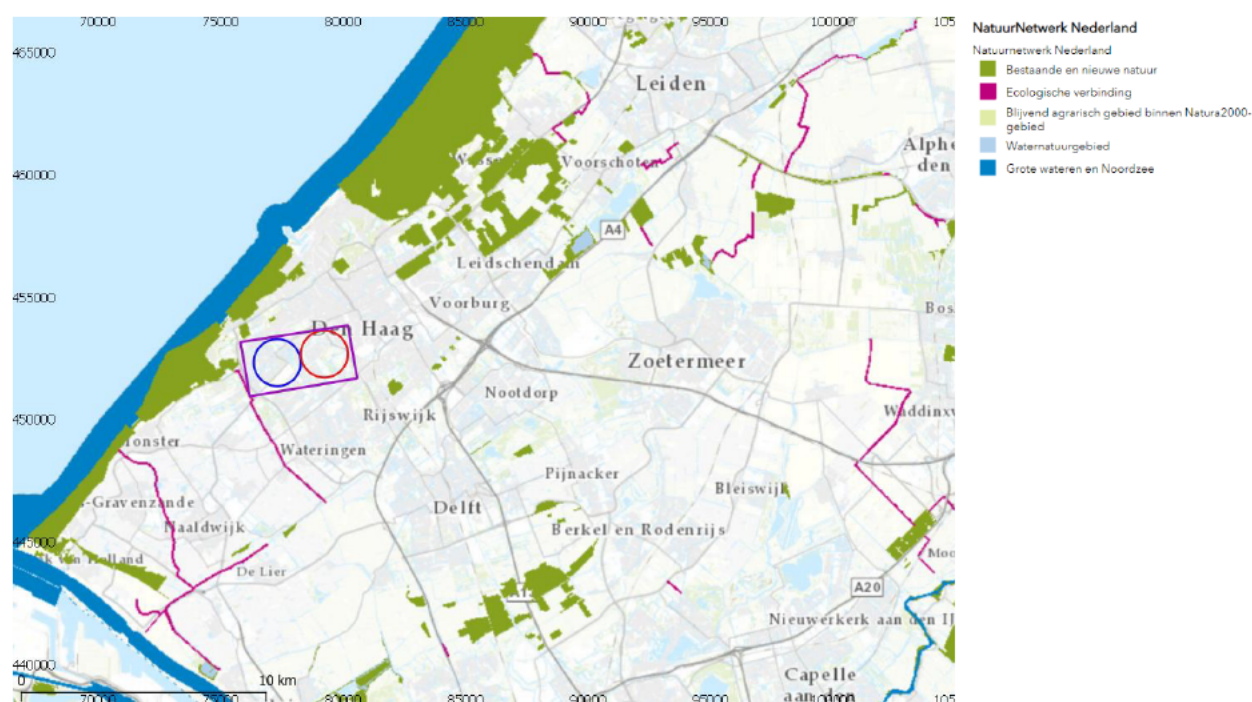


7.1 Beschermde gebieden

De inrichting HAL is niet gelegen in een Natura 2000 gebied en /of Natuur Netwerk Nederland gebied (NNN- gebied). In de omgeving van HAL zijn de onderstaande Natura 2000 gebieden gelegen (Figuur 32):

- Westduinpark & Wapendal op 2 km afstand gelegen.
- Solleveld & Kapittelduinen op 3 km afstand gelegen.
- Meijndel & Berkheide op 7 km afstand gelegen.

Gezien de afstand van deze gebieden tot de projectlocatie en het feit dat zoals beschreven zeer gering meetbare bodembeweging wordt voorzien ten gevolge van de aardwarmte winning worden ten aanzien van de winning van aardwarmte geen negatieve effecten op de instandhoudingsdoelstellingen van deze gebieden voorzien.



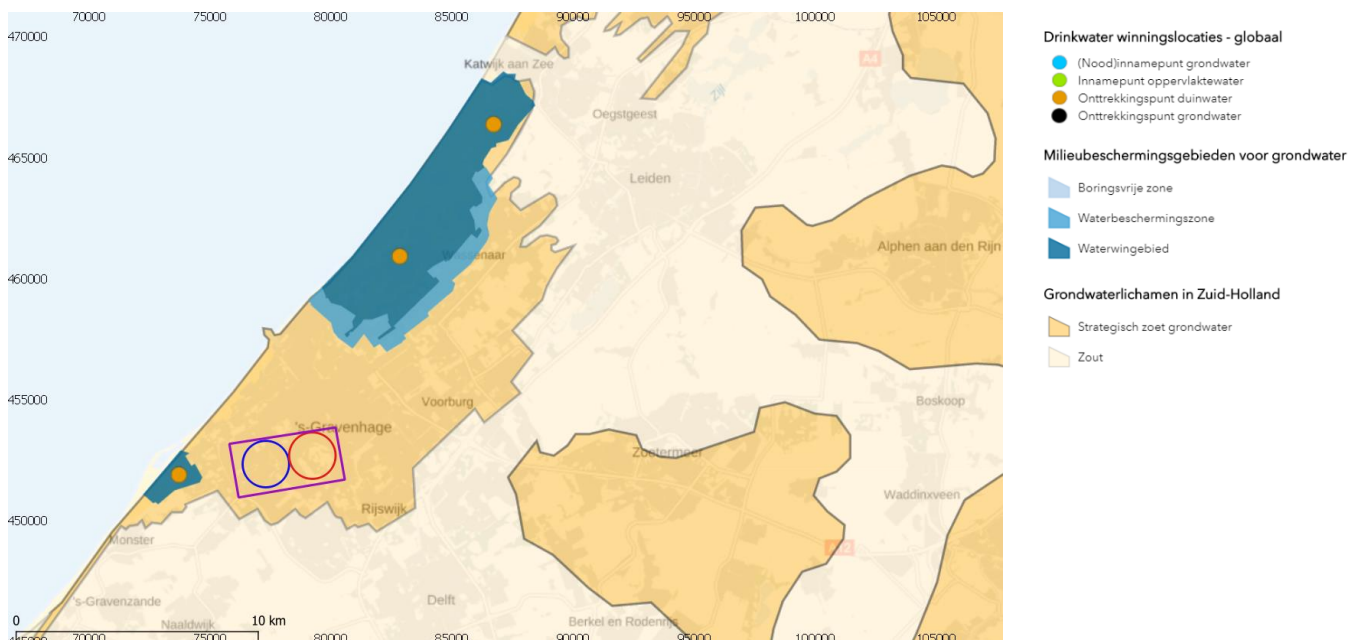
Figuur 32: Kaart van NatuurNetwerk Nederland. HAL projectlocatie is aangegeven met winningsvergunning-contour in paars.

7.2 Grondwater

Figuur 33 laat de waterwingebieden, grondwaterbeschermingsgebieden, boringsvrije zone, en het strategisch grondwater in de regio van het geothermische HAL project zien.

Waterwinning vindt plaats in de bovenste lagen van de Boven-Noordzee formatie, boven de grens waar het zoete grondwater overgaat tot zoutwater. Deze grens ligt meestal op ongeveer 20 tot 150 m diepte. Zoutwater is aanwezig in de ondergrond tot aan de basis van een sedimentair bassin (>5km in Nederland), en vaak ook verder. Het dichtstbijzijnde waterwingebied Monster is op 4 km afstand gelegen van de projectlocatie, gezien deze afstand worden geen negatieve effecten voorzien t.a.v. drinkwatervoorziening.

Het gebied van de projectlocatie is zoals bijna het gehele grondgebied van gemeente Den Haag aangemerkt als zijnde strategisch zoet grondwater gebied. Gezien de diepte waarop de aardwarmtewinning gaat plaatsvinden en gezien de diepteligging van zoet/zoetwatergrens wordt geen negatief effect op de kwaliteit van het strategisch zoet grondwater verwacht. Zoals beschreven wordt de putintegriteit middels verschillende controle mechanismen beheerst.



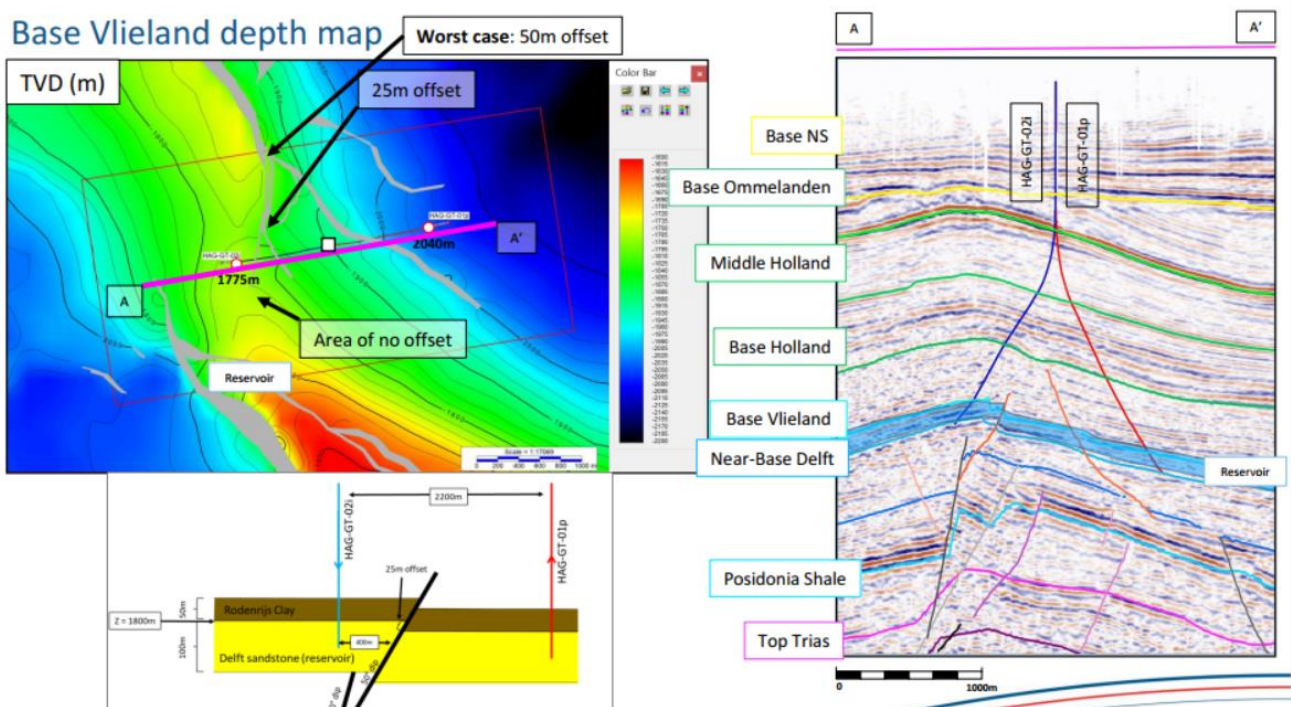
Figuur 33: Kaart van drinkwaterwinningslocaties, grondwaterlichamen en milieubeschermingsgebieden voor grondwater. HAL projectlocatie is aangegeven met winningsvergunning-contour in paars.

8 Bodemtrilling

8.1 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.

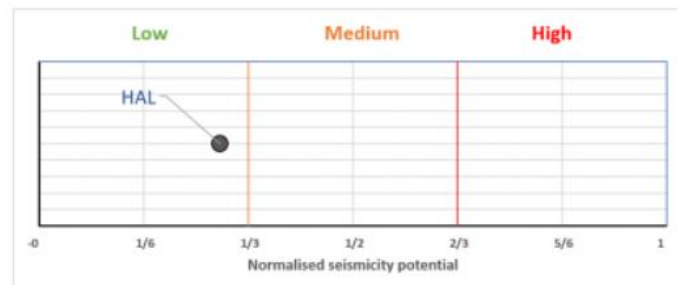
Voor Haagse Aardwarmte Leyweg is de in dit document beschreven stappenmethode doorlopen. Voor een uitvoerige toelichting en uitwerking per score item zie rapport *190101_SHA QuickScan_Panterra*. Uit de Level 1 SHA Quick-Scan volgt dat voor Haagse Aardwarmte Leyweg het potentieel op seismiciteit laag is (Figuur 35). Echter, de *decision-tree* voor stap 1 (die is weergegeven in Figuur 36) laat zien dat in verband met verwachte circulatie door breuken een Level 2 SHA uitgevoerd moet worden (Figuur 34). De volledige Level 2 SHA is te vinden in het rapport *190110_SHA_Level2_Panterra*.



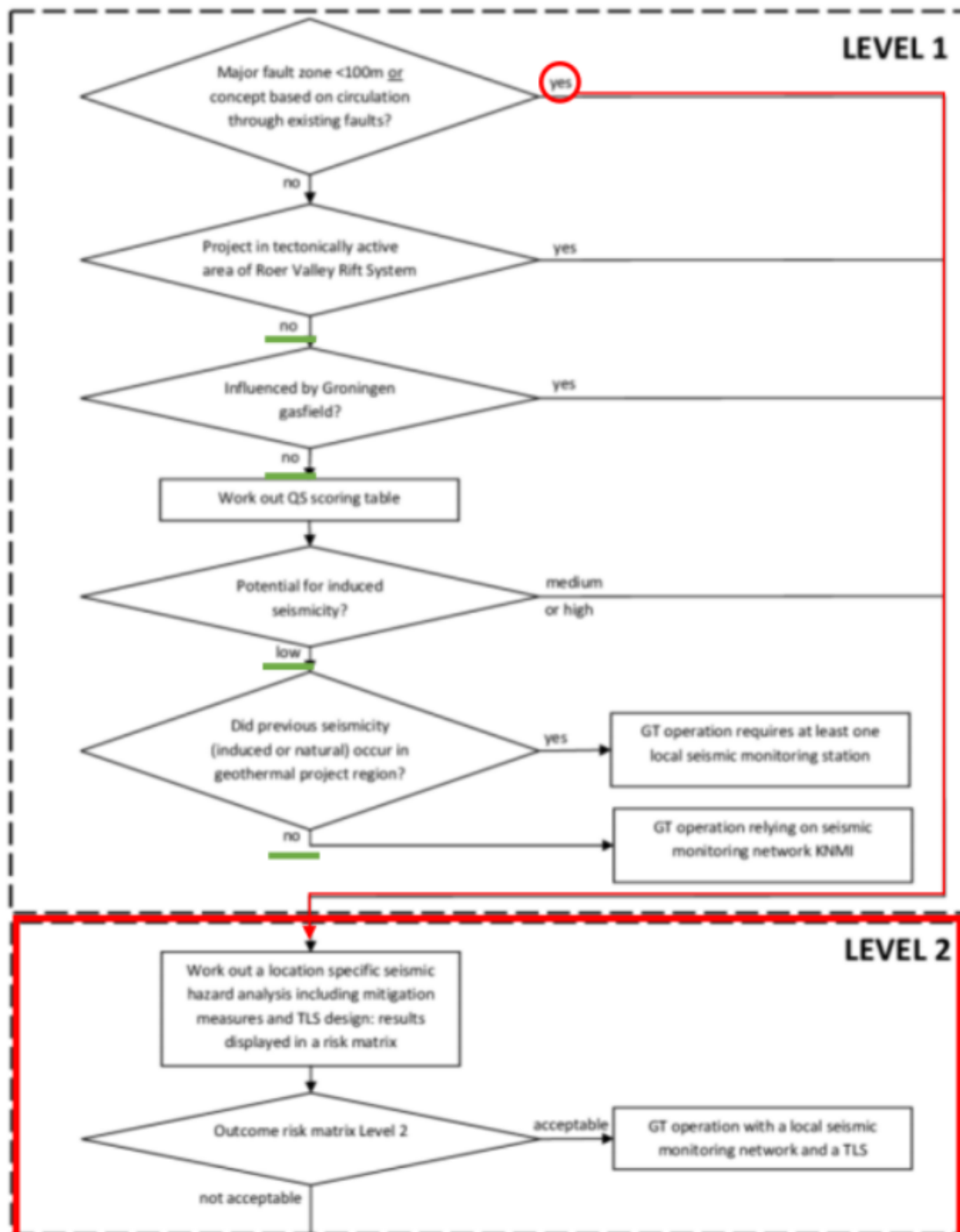
Figuur 34: Geologische setting van HAL. Deze dient als input voor de SHA.



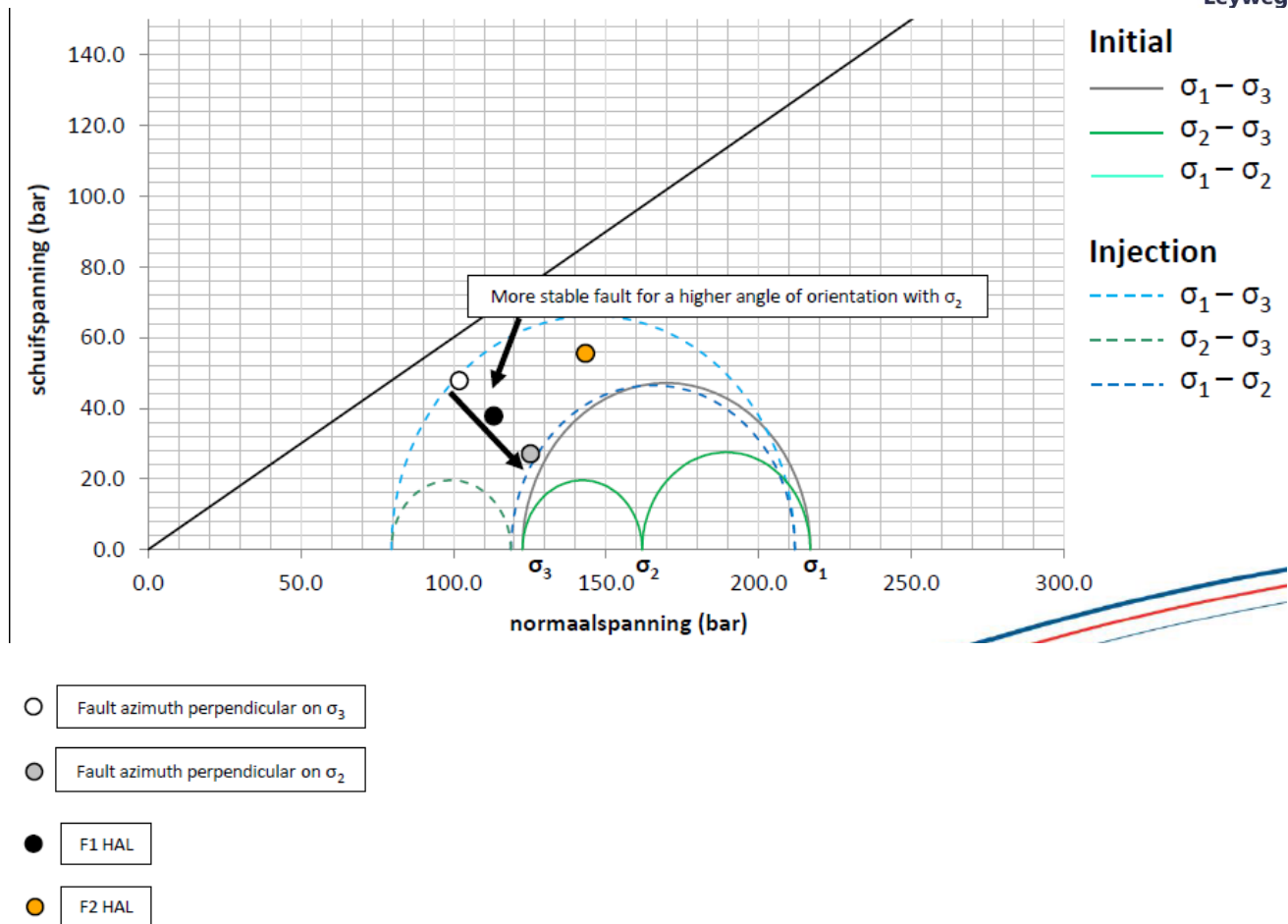
Score	Basement connected	Inter-well pressure communication	Re-injection pressure [MPa]	Flow rate [m ³ /h]	Epicentral distance to natural earth quakes [km]	Epicentral distance to induced seismicity [km]	Distance to fault [km]	Orientation of fault in current stress field	Net injected volume [1000 m ³]
10	Yes	No	>7	>360	<1	<1	<0.1	Favourable	>20
7	Possible	Unlikely	4-7	180-360	1-5	1-5	0.1-0.5	Shearing possible	5-20
3	Unlikely	Likely	1-4	50-180	5-10	5-10	0.5-1.5	Shearing unlikely	0.1-5
0	No	Yes	<1	<50	>10	>10	>1.5	locked	<0.1



Figuur 35: Boven: SHA Quick-Scan voor het HAL doublet. De scores voor HAL zijn in rood weergegeven. Onderaan: resultaat van de SHA QS scoring tabel (Qcon/IF methode, voor details zie 190101_SHA QuickScan_Panterra). HAL heeft een score van 26, die past bij een laag seismociteits-potentiaal; pas bij een score van 30 geldt een medium seismociteits-potentiaal.



Figuur 36: Level 1 SHA beslisboom voor HAL (Qcon/IF methode, zie 190101_SHA QuickScan_Panterra)



Figuur 37: Mohr-Cirkel analyse voor HAL (zie 190110_SHA_Level2_Panterra) voor het worst-case (winter) productie scenario en conservatieve reservoir parameters. Breuksituatie in HAL is stabiel dan een situatie waar breuken parallel liggen aan de maximale horizontale stress (σ_2). De productie zal de situatie niet in een kritische staat brengen. Dit geldt voor elke breuk oriëntatie of dip. De gekarteerde breuken (F1, F2) zijn nog minder geneigd te slippen dan de Mohr-Cirkel aangeeft.

De Level 2 SHA is uitvoerig uitgevoerd met het gebruik van verschillende methoden:

8.1.1 Mohr cirkel analyse

Een Mohr-cirkel analyse laat zien dat de situatie met de breuken in HAL stabiel is, zelfs voor een worst case scenario met maximale productie (Figuur 37).

De Mohr Coulomb analyse laat echter maar een punt in de ondergrond zien en neemt de volgende effecten niet mee:

- Geometrie
- Lokale stress concentratie
- *Stress arching*

8.1.2 Finite element model

Om bovenstaande effecten mee te nemen is er ook een 2D *Finite Element* model gebouwd (volledig gekoppeld, *fluid flow* en thermische convectie/diffusie met stress berekeningen en failure en slip berekeningen) om de Geomechanische gedrag rondom het doublet gedurende de hele levensduur van het geothermische project te evalueren. Ook het resultaat van deze *Finite Element* methode laat zien dat de ondergrond stabiel is en dat er niet verwacht wordt dat er slip gaat voorkomen langs breuken (Figuur 39). Er zijn vijf verschillende *Finite Element* modellen gebouwd en geanalyseerd. Hieruit zijn de volgende conclusies getrokken:

- Hypothetisch depletie model
 - Zelfs in het hypothetische geval van depletie (door bijvoorbeeld gas onttrekking, hetgeen in HAL niet aan de orde is), zijn de breuken in HAL nog ver van het niveau van bezwijken ($SCU_{max}=0.60$)
- Business Case Scenario
 - Normale geothermische operaties hebben amper effect op de stabiliteit van de breuken ($SCU_{max}=0.61$)
- Maximale Business Case Scenario
 - Maximaal mogelijke injectie in HAL heeft nog steeds een klein effect op de stabiliteit van de breuken ($SCU_{max}=0.71$)
- Ondoorlaatbare breuk scenario
 - In het geval van een compleet ondoorlaatbare breuk (hetgeen resulteert in een groter temperatuur contrast over de breuk) is het niet verwacht dat de breuk instabiel wordt ($SCU_{max}=0.71$)
- High-skin scenario
 - Een hoge skin in de injectieput zal resulteren in een toename van de druk en een afname van de horizontale stress rond de put, maar zal geen invloed hebben op de breuken.

8.1.3 Probabilistische analyse

Het doel van deze methode is om het effect van een mogelijke range van input parameters te analyseren in een Monte Carlo simulatie. Voor de productie parameters is het worst-case (winter) scenario genomen, verder is er gekeken naar de meest conservatieve Mohr cirkel, met de meest kritische dip van de breuken en zonder cohesie in de breuken. Het resultaat voor deze worst-case Monte-Carlo simulatie is dat minder dan 1% boven de Mohr Coulomb failure lijn ligt (Figuur 38). Als een scenario uit de <0.1% populatie uitgewerkt wordt, dan blijkt dat dit op een onrealistische parameter-set gebaseerd is, dat de eerste failure voor dit extreme scenario pas na 20 jaar zal optreden, en dat de geschatte magnitude die daarbij zou horen $M_m=1.0$ is.

8.1.4 Conclusies SHA

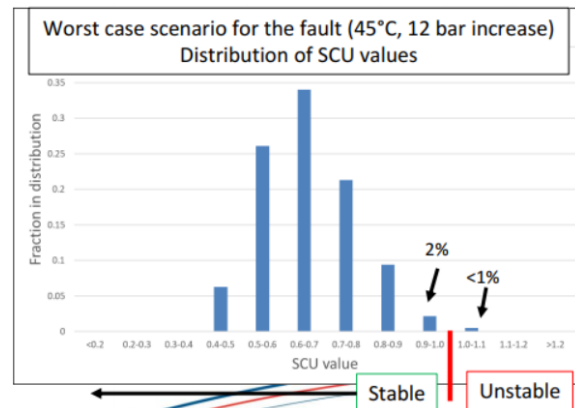
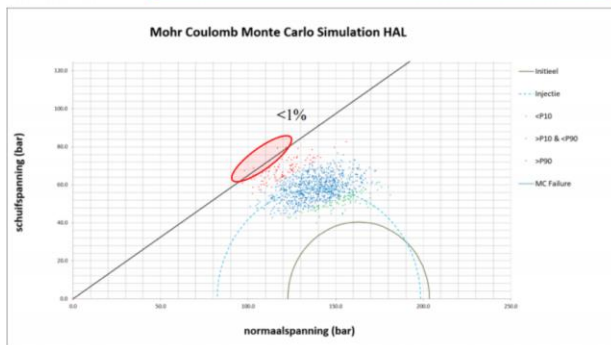
De conclusies van deze Level 2 SHA zijn als volgt:

- De Mohr-Coulomb analyse laat zien dat geothermische productie/injectie de situatie in de ondergrond niet in een kritische staat zal brengen, zelfs niet voor de worst-case breuk en productie parameters en conservatieve reservoir parameters.
- Het gekalibreerde *Finite Element* model laat zien dat voor meerder scenario's met worst-case breuk en conservatieve reservoir parameters, de kritische failure nog lang niet bereikt wordt.
- Ook onder het hypothetische geval dat er depletie plaatsvindt (zoals in Groningen) dan blijven de breuken in het HAL reservoir stabiel.
- Er is een zeer kleine kans dat een niet gekarteerde breuk (onder worst-case breuk en productie parameters) een kritische staat bereikt.

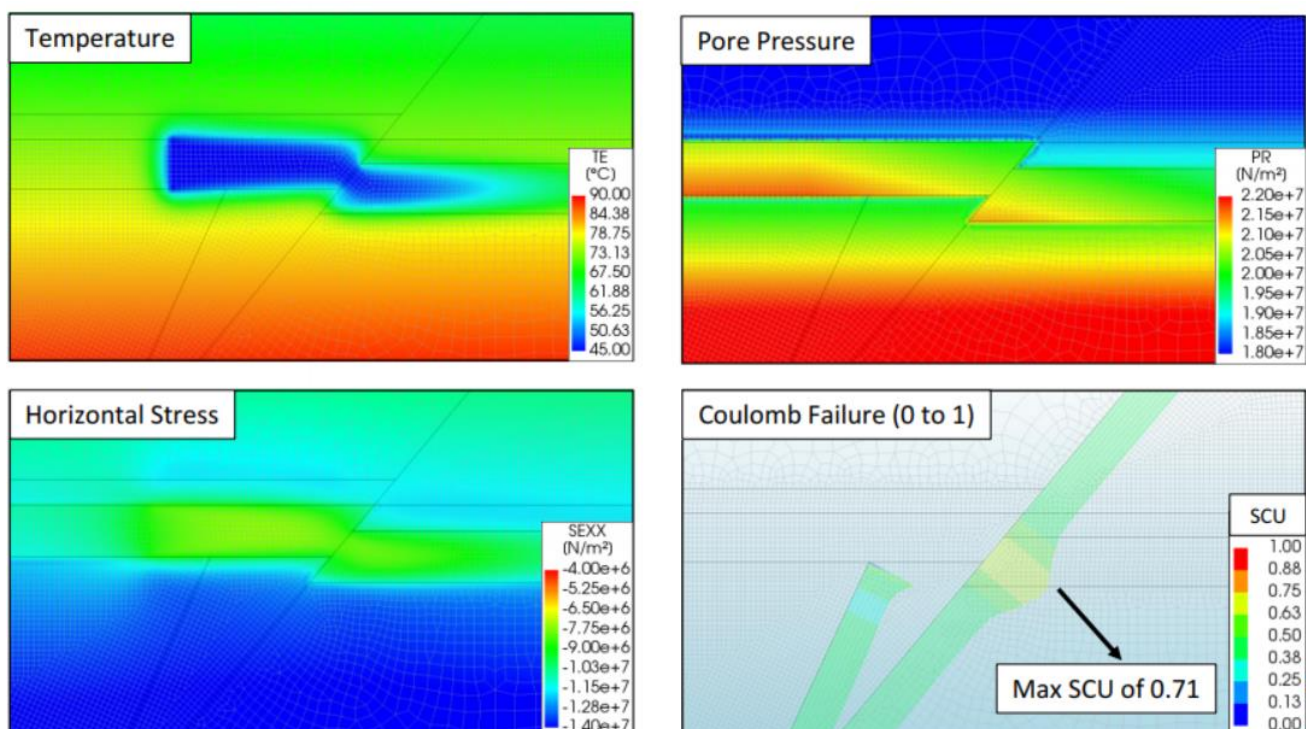


- Als een extreem onwaarschijnlijk scenario wordt uitgewerkt om te kijken wat er nodig is om een breuk te laten slippen, dan blijkt daar uit dat er na 30 jaar een beving met een MW van 1.6 zou kunnen ontstaan. Echter, dit is zeer onwaarschijnlijk (<0.1% kans) en kan gemitigeerd worden door een afname van druk of een toename van de injectietemperatuur.

Production parameters: worst case (winter)
Fault parameters: worst case
Reservoir parameters: variable



Figuur 38: Probabilistische Mohr-cirkel analyse
(zie 190110_SHA_Level2_Panterra)



Figuur 39: Resultaat van de *Finite Element* modellering voor het worst-case (winter) scenario na 30 jaar (165m³/h en uitkoeling tot 45°C) (zie 190110_SHA_Level2_Panterra)

8.2 Monitoring

In de vorige paragraaf is aangegeven dat de kans op geïnduceerde seismiciteit door breukreactivatie laag is. Voor het HAL project zal er echter toch monitoring van de seismiciteit plaatsvinden. Het doel van deze seismische monitoring is tweeledig:

1. Naar verwachting het aantoonbaar maken dat er geen meetbare/voelbare seismiciteit plaatsvindt.
2. Mocht er toch seismiciteit plaatsvinden: Het beperken van de frequentie en magnitude van geïnduceerde trillingen en het voorkomen van sterkere geïnduceerde bevingen.

In het monitoringsplan, dat in deze paragraaf beschreven wordt, wordt vastgelegd welke parameters in het HAL project gemeten worden, wat er met de gegevens gedaan wordt, welke situaties aanleiding geven tot het nemen van een mitigerende actie en welke actie ondernomen zal worden. Gekozen is voor de aanpak met de zogenaamde “verkeerslicht” methode.

8.2.1 Parameters die gemeten worden

De volgende parameters zullen meegenomen worden bij de analyse van bodembewegingen van het reservoir:

1. Frequentie, magnitude en locatie van seismische activiteit. Hiertoe wordt:
 - Seismische activiteit gemeten met een set van drie tot vijf oppervlakte geofoon-stations geplaatst op funderingen van gebouwen in een straal van 3km rondom het HAL project.
 - Seismische activiteit gemeten met het bestaande seismische meetnetwerk van het KNMI.
2. Debiet en temperatuur van waterproductie van de HAG-GT-01-P put
3. Debiet en temperatuur van waterinjectie van de HAG-GT-02-I put
4. De gasdruk en temperatuur per put aan de putmond.

8.2.2 Distributie van gegevens

- De seismische meetgegevens worden rechtstreeks met een breedband internetverbinding naar de seismische monitoring contractor ([Seismik](#)) verzonden, alwaar de meetgegevens worden verzameld, opgeslagen en verwerkt.
- De productie/injectie metingen worden doorlopend opgeslagen en zijn continu beschikbaar voor de HydrecoGeomec technici op kantoor.

8.2.3 Verwerking van gegevens

- Eventuele seismische activiteit zal door de seismische monitoring contractor geregistreerd en gelokaliseerd worden.
- De resultaten van de registratie van de seismische activiteit en voorlopige analyse hiervan zijn binnen twee werkdagen beschikbaar.
- De geïnterpreteerde seismische gegevens (seismische monitoring contractor) worden door HydrecoGeomec gecorreleerd met o.a. de druk, temperatuur en debiet metingen.

8.2.4 Rapportage

- De seismische monitoring contractor levert wekelijks de geïnterpreteerde seismische gegevens aan HydrecoGeomec.
- HydrecoGeomec levert jaarlijkse rapportages aan SodM, waarin de gegevens van de gemeten parameters geïntegreerd zijn.

8.2.5 Beheersacties

Hieronder worden de verschillende niveaus in het verkeerslicht veiligheid-managementsysteem en de bijbehorende beheersacties toegelicht. In Tabel 10 is dit schematisch weergegeven.

Groen (normaal werkgebied)

- De seismische monitoring contractor en HydrecoGeomec evalueren de seismische gegevens structureel.
- Ontwikkelingen in het patroon van seismische waarnemingen, zoals het ontstaan van een afwijkende trend van frequentie en magnitude van bevingen, kunnen aanleiding zijn voor aanpassingen in het injectie/productie patroon in de meest ruime interpretatie, met als doel deze ontwikkelingen te beheersen.
- Het magnitude niveau $M=1,5$ (nader te bepalen na installatie van het lokale seismische netwerk in Den Haag) wordt gezien als de bovengrens van het seismisch domein en als bovengrens van niveau 'groen'. Deze magnitude ligt onder het "voelbare" niveau en kan net door het lokale seismische netwerk in Den Haag geregistreerd worden (nader te bepalen na installatie van het lokale seismische netwerk in Den Haag).
- Als er bevingen optreden met een magnitude groter dan 1,5 (nader te bepalen na installatie van het lokale seismische netwerk in Den Haag), dan treedt niveau 'geel' in werking.
- Als het patroon van de seismische waarnemingen (magnitude, frequentie en locatie) daartoe aanleiding geeft, dan wordt er door HydrecoGeomec en de seismische monitoring contractor bepaald of niveau 'geel' in werking moet treden.

Geel (verhoogde seismische activiteit, geen schade)

- Bij bevingen met een magnitude groter dan 1,5 (nader te bepalen na installatie van het lokale seismische netwerk in Den Haag) of als het patroon van de seismische waarnemingen (magnitude, frequentie en locatie) daartoe aanleiding geeft, geldt niveau 'geel'. Op dat moment worden de volgende acties genomen:
 - HydrecoGeomec maakt onmiddellijk melding aan SodM van seismische activiteit zodra die een magnitude 1,5 of hoger bereikt (nader te bepalen na installatie van het lokale seismische netwerk in Den Haag).
 - HydrecoGeomec en de seismische monitoring contractor zullen adviseren over de te nemen maatregelen

Oranje (sterk verhoogde seismische activiteit, lichte schade)

- Bij het optreden van aardbevingen boven de $M=2,5$ (nader te bepalen na installatie van het lokale seismische netwerk in Den Haag) of als het patroon van de seismische waarnemingen (magnitude, frequentie en locatie) daartoe aanleiding geeft, treedt niveau 'oranje' in werking. Op dat moment worden de volgende acties genomen:
 - HydrecoGeomec en de seismische monitoring contractor komen met grootst mogelijke spoed (binnen 24 uur) bij elkaar om aanbevelingen te formuleren.
 - HydrecoGeomec treft voorbereiding om het injectie/productiepatroon aan te passen of te stoppen.
 - HydrecoGeomec verzorgt de communicatie naar de betrokken stakeholders waaronder de betrokken gemeenten en omwonenden. Daarbij kondigt HydrecoGeomec aan hoe eventuele schade kan worden gemeld.

Rood (heftige seismische activiteit, verhoogde schade)

- Bij het optreden van aardbevingen boven de $M=3,5$ (nader te bepalen na installatie van het lokale seismische netwerk in Den Haag) of als het patroon van de seismische waarnemingen (magnitude, frequentie en locatie) daartoe aanleiding geeft, treedt niveau 'rood' in werking. Op dat moment worden de volgende acties genomen:
 - De injectie/productie wordt tot nader order gestopt.
 - HydrecoGeomec verzorgt de communicatie naar de betrokken stakeholders waaronder de betrokken gemeenten en omwonenden. Daarbij kondigt HydrecoGeomec aan hoe eventuele schade kan worden gemeld.
 - In overleg met HydrecoGeomec en de seismische monitoring contractor zal een herbeoordeling gemaakt worden van het seismisch risico in het licht van de uitgevoerde studies en de monitoring-resultaten.



Tabel 10: "Verkeerslicht" veiligheid management systeem. Exacte magnitude drempelwaarden nader te bepalen na installatie van het lokale seismische monitoring netwerk in Den Haag.

Normaal werkgebied	Verhoogde seismische activiteit, geen schade	Sterk verhoogde seismische activiteit, lichte schade	Heftige seismische activiteit, verhoogde schade
Seismische bevingen worden gemeten, maar kunnen niet worden gevoeld. Dit is de normale werksituatie, geen speciale actie is vereist. Als het patroon van de seismische waarnemingen daartoe aanleiding geeft, dan kunnen HydrecoGeomec samen met de seismische monitoring contractor adviseren om niveau "geel" in werking te laten treden.	Boven magnitude 1.5 kunnen bevingen mogelijk gevoeld worden. HydrecoGeomec maakt onmiddellijk melding aan SodM. HydrecoGeomec samen met de seismische monitoring contractor en zal adviseren over de te nemen maatregelen.	Vanaf magnitude 2.5 is zeer lichte tot lichte schade mogelijk aan gevoelige gebouwen. HydrecoGeomec maakt onmiddellijk melding aan SodM. HydrecoGeomec en de seismische monitoring contractor komen met de grootst mogelijke spoed bijeen om aanbevelingen te formuleren. HydrecoGeomec treft voorbereidingen om het injectie/productie patroon aan te passen of te stoppen. HydrecoGeomec verzorgt communicatie naar stakeholders, waaronder betrokken gemeenten en omwonenden.	Vanaf magnitude 3.5 is het schadegebied meer uitgebreid, lichte structurele schade is mogelijk. HydrecoGeomec maakt onmiddellijk melding aan SodM. Injectie of productie werkzaamheden worden tot nader order stil gelegd. HydrecoGeomec verzorgt communicatie naar stakeholders, waaronder betrokken gemeenten en omwonenden. In overleg met HydrecoGeomec en de seismische monitorings contractor zal er een herbeoordeling gemaakt worden van het seismisch risico in het licht van de uitgevoerde studies en de monitoringsresultaten.

8.2.6 Korte beschrijving van de technische installatie

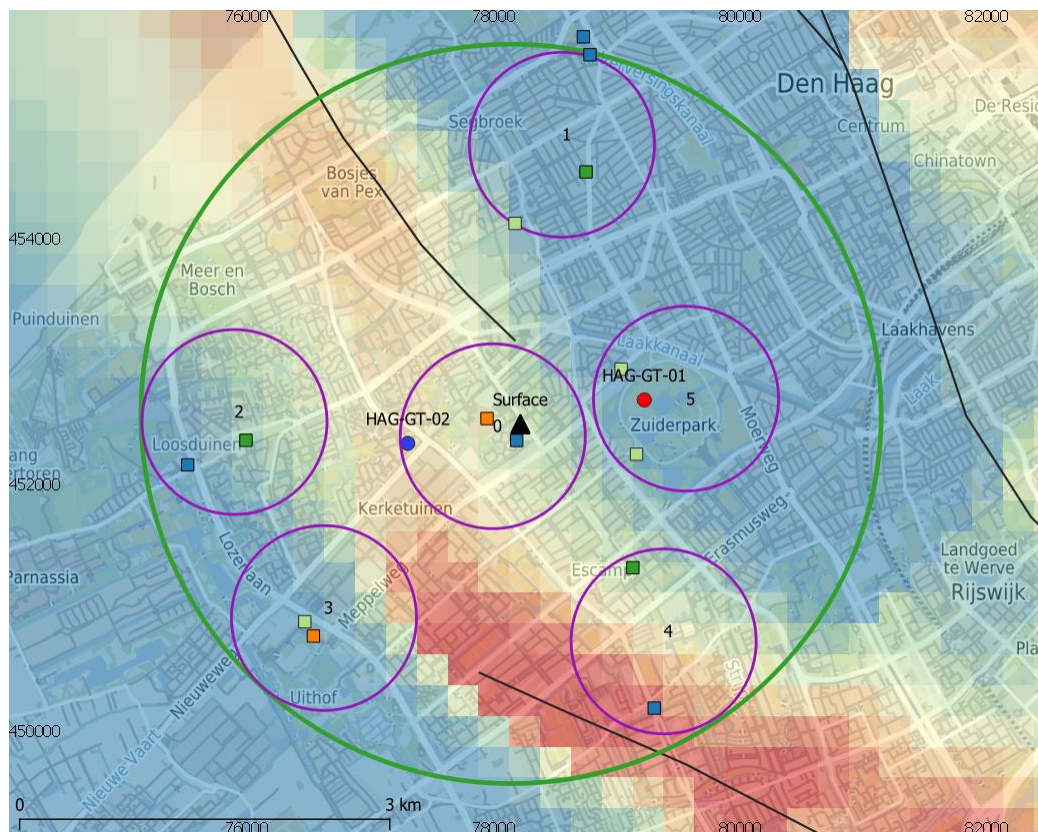
Het ontwerp en de realisatie van het lokale seismische monitoring netwerk in Den Haag bestaat uit verschillende stappen:

1. Initiële modellering van de monitoring configuratie en de minimaal detecteerbare magnitude (zie rapport 191108_HALModellingMonitoring_Seismik)
2. Inventarisatie van potentiële seismische station locaties (Figuur 40, uitgevoerd 12-2020)
3. Ruismetingen op de potentiële seismische station locaties (uitgevoerd in 01- 2020)
4. Selectie van de 3 tot 5 beste seismische station locaties op basis van ruismetingen en modellering (02-2020)
5. Modellering van de monitoring configuratie en de minimaal detecteerbare magnitude (03-2020)
6. Installatie van de seismische stations; voor specificaties zie Tabel 11 (verwacht 04-2020)
7. Start seismische monitoring ten minste 3 maanden voor de in gebruik name van het HAL geothermische doublet voor nulmetingen (verwacht 06-2020)
8. Continueer seismische monitoring gedurende de productie van het HAL geothermische doublet (verwacht 08-2020)

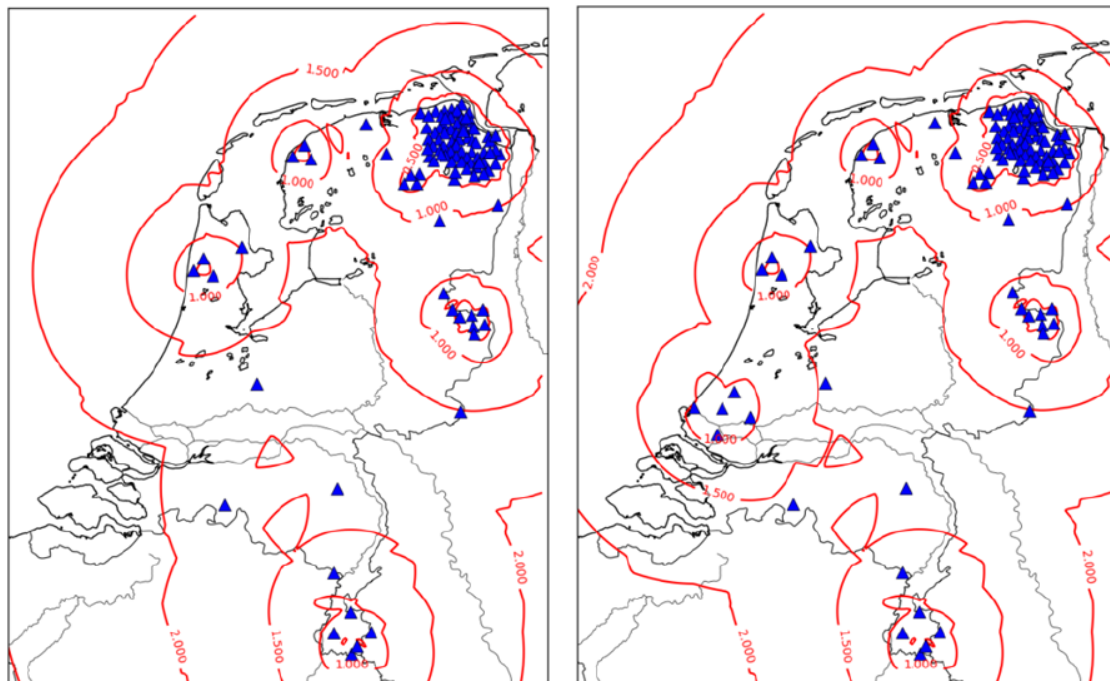
Het lokale seismische monitoring netwerk in Den Haag zal uit 3-5 seismische stations bestaan. Naast de data van dit lokale netwerk zal er ook gekeken worden naar de data van het KNMI netwerk. Het KNMI is voornemens het aantal seismische stations in Zuid-Holland uit te breiden met 5 stations (Figuur 41). Op dit moment (d.d. 01-2020) is er reeds 1 van deze stations geïnstalleerd (ZH01 in Vlaardingen).

Tabel 11: Specificatie seismische monitoring station

Surface monitoring set specification
GS-ONE 4.5Hz 2450 ohm geophones installed orthogonally in a surface GS-3C tri-axial land case with 3m cable terminated with Reftek ending
Wrangler, Broadband Seismik Recorder, 32-Bit A/D, 3 Channel
Wrangler Accessories kit, includes GPS, GPS cable, DC power cable, Ethernet cable, 16GB USB stick



Figuur 40: Seismische monitoring evaluatieplan. Binnen 6 regio's (paarse cirkels) worden er ruismetingen gedaan op meerdere locaties (vierkanten). Op basis van deze ruismetingen worden de 3 tot 5 beste locaties geselecteerd voor de seismische monitoring van het HAL geothermische project.



Figuur 41: Overzicht van de locatie drempel voor de situatie zonder (links) en met (rechts) het nieuwe KNMI netwerk voor Zuid-Holland.

9 Voorziene kosten van winning

De vergunninghouder wordt gevraagd om een opgave van de jaarlijkse kosten van de winning, onderverdeeld in kosten voor investeringen, onderhoud, bedrijfsvoering, en de kosten van het verlaten en verwijderen van mijnbouwwerken.

In de winningsvergunning aanvraag HAL is onderstaande meerjarenbegroting ingesloten. De tabel is onderstaand herhaald en de conclusies vanaf het jaar 2021 zijn vervolgens voor dat jaar verwoord in onderstaande tabel. De conclusies voor de opeenvolgende jaren kunnen herleid worden uit de onderstaande meerjarenbegroting.

Tabel 12: jaarlijkse kosten van de winning

Kosten van de winning	Jaarlijkse kosten
Investeringskosten	150.000,=
Onderhoud	275.000,=
Bedrijfsvoering	152.000,=
Abandonment reservering	94.000,=



Tabel 13: Financieel overzicht HAL project

Output Haags Aardwarmteproject Leyweg

x € 1.000

Verlies & Winst Rekening

Inkomsten uit verkoop warmte aan Eneco (variabel take-or-pay)
Inkomsten uit verkoop warmte aan Eneco (variabel boven take-or-pay)
Inkomsten uit verkoop warmte aan Eneco (vast)
SDE subsidie op warmte geleverd aan Eneco - SDE geothermie > 500m
Extra SDE subsidie op warmte geleverd aan Eneco - SDE ORC vlg beschikking
SDE subsidie op elektra geleverd door ORC's
Geleverde overige warmte
Opbrengsten uit elektra verkoop
Vrijval Schikkingsbijdrage Woningcooperaties
Vrijval abandonneringsvoorziening

Totaal opbrengsten

Kostprijs elektra voor pompen (ESP & Distributie)
Kosten voor onderhoud bron
Kosten voor onderhoud ketel
Kosten voor onderhoud ORC
Dotatie abandonneringsvoorziening
Abandonneringskosten
Opstartkosten (niet geactiveerde investeringen - zie tab investment prog bron)
Admin, (juridisch) advies, accountancy e.d.
Directie

Totaal Operationele Kosten

EBITDA (bedrijfsresultaat voor afschrijvingen en amortisatie)

Reguliere afschrijving

EBIT (bedrijfsresultaat)

Rente inkomsten kasgeld
Rente op Vreemd Vermogen
Rente op Achtergestelde aandeelhouderslening HydrecoGeomex
Rente op Schikkingsbijdrage Woning Cooperaties
Rente op Mezz I
Rente op aandeelhouderslening
Bouwrente over bouwperiode

EBT (winst voor belasting)

Belasting (zie ook compensabel verlies overzicht)

Netto Winst

Output Haags Aardwarmteproject Leyweg

x € 1.000

Verlies & Winst Rekening

Inkomsten uit verkoop warmte aan Eneco (variabel take-or-pay)
Inkomsten uit verkoop warmte aan Eneco (variabel boven take-or-pay)
Inkomsten uit verkoop warmte aan Eneco (vast)
SDE subsidie op warmte geleverd aan Eneco - SDE geothermie > 500m
Extra SDE subsidie op warmte geleverd aan Eneco - SDE ORC vlg beschikking
SDE subsidie op elektra geleverd door ORC's
Geleverde overige warmte
Opbrengsten uit elektra verkoop
Vrijval Schikkingsbijdrage Woningcooperaties
Vrijval abandonneringsvoorziening

Totaal opbrengsten

Kostprijs elektra voor pompen (ESP & Distributie)
Kosten voor onderhoud bron
Kosten voor onderhoud ketel
Kosten voor onderhoud ORC
Dotatie abandonneringsvoorziening
Abandonneringskosten
Opstartkosten (niet geactiveerde investeringen - zie tab investment prog bron)
Admin, (juridisch) advies, accountancy e.d.
Directie

Totaal Operationele Kosten

EBITDA (bedrijfsresultaat voor afschrijvingen en amortisatie)

Reguliere afschrijving

EBIT (bedrijfsresultaat)

Rente inkomsten kasgeld
Rente op Vreemd Vermogen
Rente op Achtergestelde aandeelhouderslening HydrecoGeomex
Rente op Schikkingsbijdrage Woning Cooperaties
Rente op Mezz I
Rente op aandeelhouderslening
Bouwrente over bouwperiode

EBT (winst voor belasting)

Belasting (zie ook compensabel verlies overzicht)

Netto Winst

2017 2018 2019 2020 2021 2022 2023 2024 2025 2026

0 0 0 144 199 252 266 279 294 308
120 89 59 62 66 69 72
202 204 206 208 210 212 214
492 555 589 609 502 648 671
541 614 655 681 565 733 763
2 1 1 1 1 1 1
72 85 90 96 102 104 110
0 0 0 0 0 0 0
305 75 75 75 75 75 75
0 0 0 0 0 0 0

305 0 0 1.649 1.822 1.927 1.999 1.800 2.135 2.213

0 0 0 (37) (44) (47) (50) (53) (55) (58)
0 0 0 (410) (418) (427) (435) (444) (453) (462)
0 0 0 (6) (7) (7) (7) (8) (8) (9)
0 0 0 0 0 (10) (10) (10) (10)
0 0 0 (94) (94) (94) (94) (94) (94) (94)
0 0 0 0 0 0 0 0 0
(1) (15) (133) 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 (53) (54) (55) (56) (57) (59) (60)
0 0 0 (53) (54) (55) (56) (57) (59) (60)

(1) (15) (133) (653) (671) (685) (709) (724) (736) (751)

304 (15) (133) 996 1.151 1.242 1.290 1.076 1.398 1.462

0 0 0 (613) (613) (613) (613) (613) (625) (625)

304 (15) (133) 383 538 629 677 463 773 836

0 0 0 1 2 3 5 6 4 5
0 0 0 (252) (239) (225) (211) (195) (179) (163)
0 0 0 (53) (49) (45) (41) (38) (34) (30)
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 (200) 0 0 0 0 0 0 0

304 (15) (133) 79 253 363 430 236 564 648

0 0 0 0 0 (26) (108) (59) (141) (162)

304 (15) (133) 79 253 337 323 177 423 486

2027 2028 2029 2030 2031 2032 2033 2034 2035

311 314 317 320 323 327 330 333 336
73 74 74 75 76 77 78 78 79
217 219 221 223 225 228 230 232 235
665 660 523 648 642 636 630 499 618
761 760 606 756 755 753 751 599 748
1 1 1 1 1 1 1 1 1
112 114 117 119 121 124 126 129 131
0 0 0 0 0 0 0 0 0
75 75 75 75 75 75 75 75 0
0 0 0 0 0 0 0 0 1.500

2.214 2.215 1.933 2.218 2.219 2.220 2.221 1.946 3.647

(59) (60) (61) (63) (64) (65) (66) (68) (69)
(471) (480) (490) (500) (510) (520) (530) (541) (552)
(9) (9) (9) (9) (9) (10) (10) (10) (10)
(10) (10) (10) (10) (10) (10) (10) (10) (10)
(94) (94) (94) (94) (94) (94) (94) (94) (94)
0 0 0 0 0 0 0 0 (1.500)
0 0 0 0 0 0 0 0 0
(61) (62) (63) (65) (66) (67) (69) (70) (71)
(61) (62) (63) (65) (66) (67) (69) (70) (71)

(764) (778) (791) (805) (819) (833) (848) (863) (2.378)

1.450 1.438 1.142 1.413 1.400 1.386 1.373 1.083 1.270

(625) (625) (625) (639) (639) (639) (639) (639) 0

825 813 517 774 761 748 734 444 1.270

6 7 8 6 7 8 10 11 14
(145) (127) (108) (89) (68) (46) (24) 0 0
(26) (23) (19) (15) (11) (8) (4) 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0

659 670 398 676 689 702 716 455 1.284

(165) (167) (99) (169) (172) (176) (179) (114) (321)

494 502 298 507 517 527 537 341 963

10 Referenties/Bijlagen

- 160318 SDE_GeologischeBijlage_IF
- 180315_WellTest_Analysis_HAG-GT-02
- 180412_WellTest_Analysis_HAG-GT-01
- 180514_Interferencetest_Analysis_HAG-GT-01_HAG-GT-02
- 190101_SeismicInterpretation_HAL_Panterra
- 190101_SHA QuickScan_Panterra
- 190110_SHA_Level2_Panterra
- 191108_HALModellingMonitoring_Seismik

11 Appendix A Geologisch vooronderzoek

HAL is een aardwarmteproject met een historie. Hieronder volgt een overzicht van de ondergrondstudies die zijn uitgevoerd in de loop van tijd:

- **Pre-drill**

- Geologische en petrofysische studies voorafgaand aan het boren zijn in 2007 en 2008 uitgevoerd door TNO, Geofizyka Krakow, dGB, GeoWulf Laboratories en IF Technology. In deze studies zijn de volgende werkzaamheden uitgevoerd:
 - Bepaling geologische setting
 - Seismische reprocessing 3D
 - Seismische interpretatie (horizonten en breuken)
 - Seismische attribuutanalyse en inversie (voor breukdetectie en reservoir characterisation)
 - Puttencorrelatie
 - Lithologische studie
 - Dikte inschatting
 - Berekening N/G, porositeit, permeabiliteit en transmissiviteit
 - Temperatuur model
 - Planning boortrajecten en putpositionering
 - Inschatting risico aantreffen koolwaterstoffen
 - Vermogensberekeningen
- De Universiteit van Aachen heeft een gedetailleerd numeriek model gemaakt rond het Den Haag doublet teneinde temperatuurvariatie rondom het doublet te bestuderen in een stromingsmodel.

- **Drilling**

- Tijdens het boren zijn de geologische bevindingen gerapporteerd door Petrolog-Wellsite Geological Services-Geodata.

- **Post-drill**

- Tussen 2010 en 2016 zijn evaluaties uitgevoerd van verschillende puttesten door IF Technology, TNO en Wouter Botermans.
- In 2016 is een vrij uitgebreid rapport geschreven door IF technology ten behoeve van een SDE+ aanvraag.
- In 2018 heeft TNO een studie uitgevoerd ter voorbereiding van een geplande stimulatie operatie voor HAL in de context van het HiPe (High Performance Geothermal Well) project, waarbinnen focus werd gelegd op stimulatie door radial jet drilling.
- Putopschoningsoperaties door Hydreco GeomecC in 2018 en interpretatie van de puttesten na clean-out (Appendix B)
- Herinterpretatie van de seismiek (Panterra, 2019)
- Seismische Risico Analyse Quick Scan (Panterra, 2019)



12 Appendix B Samenvatting Resultaten puttesten Q1 2018

12.1 HAG-GT-01

Well HAG-GT-01 was production tested from 18 to 20/03/2018 by a multi-rate test, followed by a shut-in period of 12 hours. The production rates, generated by nitrogen injection in a coiled tubing, varied between 15 and 130 m³/hr. Cumulative water produced was about 1870 m³. During the production of the spent acid of run 1 on 15 and 16 march, 206 m³ was produced.

Following are the main conclusions:

- The data quality of the build-up was good and made it possible to derive clear conclusions.
- Average reservoir permeability is about 2300 mD assuming that the whole net sand of 62.5 m contributes to flow.
- Static reservoir pressure at 2150 m tvdTDB is 218.5 bara.
- Reservoir temperature is about 80 °C.
- Transient flow capacity (PI) after 113 hours flow is 21 m³/hr/bar.
- A flow barrier at about 1400 m is possible.
- Skin is high at 20, caused by the limited open interval of only 36 % of the total k*h.
- It is likely that the lower part of the well is blocked. A rough inflow model shows a match when the part below 2244mTVDBRT does not contribute to flow.
- The shut-off layers are still in vertical communication (Spherical flow) at a vertical permeability of 12 mD.
- Wellbore storage coefficient is low at 0.16 b/psi, reducing a further factor 2.5 due to the compression of the nitrogen in the top of the well.
- Wellbore effects disturb part of the build-up but do not hinder the detailed analysis.

12.2 HAG-GT-02

Well HAG-GT-02 was production tested from 22 to 24/02/2018 by a multi-rate test, followed by a shut-in period of 12 hours. The production rates, generated by Nitrogen injection in a coiled tubing, varied between 19 and 106 m³/hr. Cumulative water produced was about 1680 m³.

Following are the main conclusions:

- The data quality of the test was high and made it possible to derive clear conclusions.
- Average reservoir permeability is about 1400 mD assuming that the whole net sand of 96 m contributes to flow.
- A flow barrier at 770 m was required for an optimum model match.
- Static reservoir pressure at 1782m tvdTDB is 180.5 bara
- Reservoir temperature is about 73 °C.
- Transient flow capacity (PI) after 54 hours flow is 34.4 m³/hr/bar.
- Skin varies from 7.15 at 105.9 m³/hr to 1.62 at 19.8 m³/hr. This indicates a damage skin of only 0.6, with most flow resistance caused by friction in the liner and screens.

12.3 Interferentie HAG-GT-01 – HAG-GT-02

- An interference test between the wells HAG-GT-02 and HAG-GT-01 was successfully carried out.
- The results of the test show a clear reaction in GT-01 on the production of GT-02, proving communication between both wells.
- The inhomogeneity of the reservoir plus an extra flow resistance between both wells (partial fault?) prevented a model-match quality as usually obtained in simpler reservoirs.
- In spite of this partial fault, the communication between both wells is certainly good enough for water circulation with an effective average permeability of 280 mD.
- Several faults visible in the seismic data between HAG-GT-01 and 02 and the results from this test suggest that they influence the fluid flow between HAG-GT-01 and HAG-GT-02.
- Estimated channel width is over 3 km.
- The exact size of the connected area could not be established but is larger than 38.5 km².