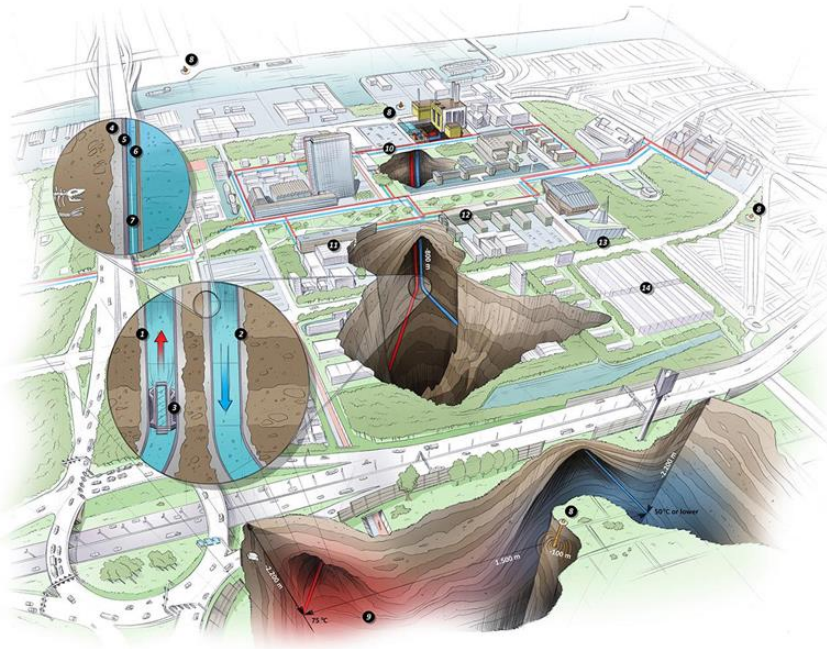


Aanvraag Winningsvergunning

Geothermie Delft



Indiener: GeoThermie Delft B.V. (KvK nummer 81146116)

Uitvoerder Mijnbouwwet: Aardyn B.V.

Opsporingsvergunning: Naam: Pijnacker-Nootdorp 6b
Kenmerk: ETM-EM/13116664
DGKE-WO/V-26187
Datum: 25 augustus 2015
22 juni 2022

Conform: Mijnbouwwet artikel 6.1 onderdeel d)

Ingediend op: 08 september 2022

Versie: Winningsvergunningaanvraag GTD220908KHu final

Inhoud

1.	Inleiding	3
2.	Administratieve gegevens	4
3.	Managementsamenvatting	4
4.	Winningsvergunning.....	5
4.1.	Gebied Winningsvergunning	5
4.2.	Geologie	8
4.3.	Mijnbouwlocatie en putten.....	9
4.3.1.	Mijnbouwlocatie.....	9
4.3.2.	Beschrijving van de putten	11
4.4.	Geplande warmteproductie	16
4.5.	Organisatie en referenties.....	17
4.6.	VG-systeem	18
5.	Wijze van winning	20
5.1.	Water samenstelling	20
5.2.	Gasproductie en gebruik	21
5.3.	Systeemdrukken	22
5.4.	Geochemische controle.....	23
5.5.	Monitoring.....	23
5.6.	Bodembeweging.....	25
6.	Financieel.....	29
6.1.	Meerjarenbegroting	29
6.2.	Financiële gegevens	30
6.3.	Reserveringskosten abandonment en onvoorziene uitgaven.....	31
7.	Referenties	32
8.	Bijlagen	32
	Maximale injectiedruk volgens SodM protocol (SodM, 2013)	33
	Dynamische drukval	33
	Maximale dynamische THP	34
	Maximale dynamische THP inclusief temperatuureffect-correctie (SodM 2020)	35

1. Inleiding

De Nederlandse overheid heeft als doelstelling het gebruik van fossiele brandstoffen te minimaliseren. Dit vraagt om grote aanpassingen in de energiesector en bij de consument. Op dit moment kan de energiemarkt niet voldoen aan de wens om vanuit duurzame bronnen voldoende energie te leveren. Een van de oplossingen is het ontwikkelen en gebruik van geothermische energie, een constante stroom van duurzame warmte uit de diepe ondergrond.

Het onderhavige geothermische project kan in significante mate bijdragen aan de milieudoelstellingen van de Technische Universiteit Delft (TUD), maar ook aan de doelstelling van de gemeente Delft om ook de wijken Voorhof en Buitenhof te voorzien van duurzame energie. Door het project op de campus van TU Delft te plaatsen en te koppelen aan een groot onderzoeksprogramma, bouwt GeoThermie Delft B.V. (verder GTD) daarnaast een unieke showcase, waarmee onderzoek naar het veilig en verantwoord opschalen van geothermie als schone energiebron centraal staat. Om de positie van de faculteit CiTG, afdeling Geosciences, van de Technische Universiteit Delft te versterken op het gebied van wetenschappelijk onderzoek en onderwijs, alsmede de ambitie om een duurzame en energie neutrale campus te realiseren, wordt al sinds 2007 gewerkt aan de ontwikkeling van een aardwarmtebron op de campus van de TUD.

Geothermie Delft B.V. (GTD) heeft vier aandeelhouders; Aardyn BV, EBN Aardwarmte BV, TUD Services BV en Shell Geothermal BV. De Staatssecretaris van Economische Zaken en Klimaat heeft op 22 juni 2022 ingestemd met de overdracht van de opsporingsvergunning aardwarmte Pijnacker-Nootdorp 6b van Aardyn B.V. naar Geothermie Delft B.V., de daadwerkelijke overdracht heeft plaatsgevonden op 17 augustus 2022.

Aardyn is door de houder van de opsporingsvergunning GTD aangewezen als operator (vergunningsuitvoerder in het kader van de Mijnbouwwet) en heeft de operationele leiding van alle werkzaamheden op de locatie. Aardyn 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.

Zoals gesteld wordt deze winningsvergunning aangevraagd door GTD BV waarvan Aardyn een van de aandeelhouders zal zijn, ook in de winningsvergunning zal Aardyn de vergunningsuitvoerder zijn in het kader van de Mijnbouwwet.

Op nog geen 10 km van het Geothermie Delft project heeft Aardyn reeds een geothermieproject gerealiseerd in dezelfde aardlaag. Dit project, Haagse Aardwarmte Leyweg (HAL) is recentelijk operationeel geworden.

Het is de intentie dat GTD middels de aardwarmte installatie een warm water hoeveelheid van maximaal 360 m³/h met een temperatuur van circa 80°C gaat winnen. Via warmtewisselaars wordt de warmte als basislast contractueel uitgeleverd aan warmteleverancier EQUANS, die op haar beurt de warmte middels een warmtepomp in temperatuur verhoogd om vervolgens in te voeden op het bestaande warmtenet op de TUD campus en het nieuw aan te leggen Open Warmtenet Delft (OWD). Vervolgens wordt het afgekoelde water met temperatuur van minimaal 20°C weer geïnjecteerd in de bodemlaag op circa 2050 meter diepte waaruit het water afkomstig was.

2. Administratieve gegevens

Naam operator	Aardyn B.V.
KvK	20147062
Naam eigenaar project	GeoThermie Delft B.V.
KvK	81146116
Doelstelling aanvragers	Aardwarmte winning en wetenschappelijk onderzoek

GTD heeft een dubbele doelstelling:

1. het realiseren en exploiteren van een aardwarmteproject in Delft middels het winnen en leveren van warmte aan de nieuw te bouwen warmtepomp-centrale van EQUANS. Indirect wordt hier warmte geleverd aan de TU-Delft en enkele nabij gelegen woonwijken.
2. het faciliteren van wetenschappelijk onderzoek door TU-Delft aan de aardwarmtebron waarmee een significante bijdrage geleverd kan gaan worden aan verdere opschaling van deze duurzame warmte technologie.

3. Managementsamenvatting

De TU Delft (TUD) werkt sinds 2007 aan de ontwikkeling van een aardwarmtebron op de campus van de TUD. Middels een samenwerking van 4 aandeelhouders, te weten EBN Aardwarmte BV, Aardyn BV, TUD Services BV en Shell Geothermal BV is Geothermie Delft BV (GTD) opgericht. Aardyn was houder van de opsporingsvergunning aardwarmte 'Pijnacker-Nootdorp 6b' deze is inmiddels overgedragen aan Geothermie Delft B.V

GTD bereidt een geothermieproject voor waarbij het doel is om onderzoek te doen naar geothermie en de toepassing ervan én warmte uit de aarde te benutten voor de verwarming van gebouwen. Het beheren, exploiteren en verwerven van duurzame energie gaat daarbij samen met het tegelijkertijd uitvoeren van een wetenschappelijk programma als integraal onderdeel van het project. De bron wordt gerealiseerd aan de Rotterdamseweg in Delft, naast de warmtekrachtcentrale, tegenover de Nieuwe haven.

De verrichte geologische studies tonen aan dat de Delft Zandsteen goede potentie biedt voor de toepassing van geothermie. Dit is reeds aangetoond in nabijgelegen gerealiseerde geothermieprojecten (Duijvestijn, Ammerlaan en Haagse Aardwarmte Leyweg).

Intentie is om in januari 2023 te starten met de aanleg van de productie- en injectieput. Aansluitend zullen de productiefaciliteiten worden gebouwd en is de doelstelling om in kwartaal 1 van 2024 te starten met de operationele fase van het project.

4. Winningsvergunning

4.1. Gebied Winningsvergunning

Voor het bepalen van de begrenzing van de winningsvergunning voor aardwarmte zijn o.a. de volgende uitgangspunten van belang (Brief ref. AGE 14-10.050):

1. Het te vergunnen gebied voor de winning van aardwarmte moet in zijn geheel binnen het bestaande opsporingsvergunningsgebied liggen.
2. Gedurende de looptijd van de winningsvergunning mag de (berekende) temperatuurdaling op de grens van het vergunde gebied maximaal 1°C zijn, om te vermijden dat gevolgen van productie van aardwarmte buiten de winningsvergunning plaatsvinden.
3. De voorkeur wordt gegeven aan een vergunning-polygoon die ruimer is opgezet dan minimaal noodzakelijk.

In de praktijk wordt hiervoor vaak de “Franse methode” gebruikt, welke het beïnvloedingsgebied van een doublet definieert door een rechthoek die twee cirkels omvat. Het middelpunt van de cirkels zijn de productie- en injectieput locaties in het (verticale) midden van het aquifer. De Franse cirkels voor Geothermie Delft zijn weergegeven in Figuur 4.1.

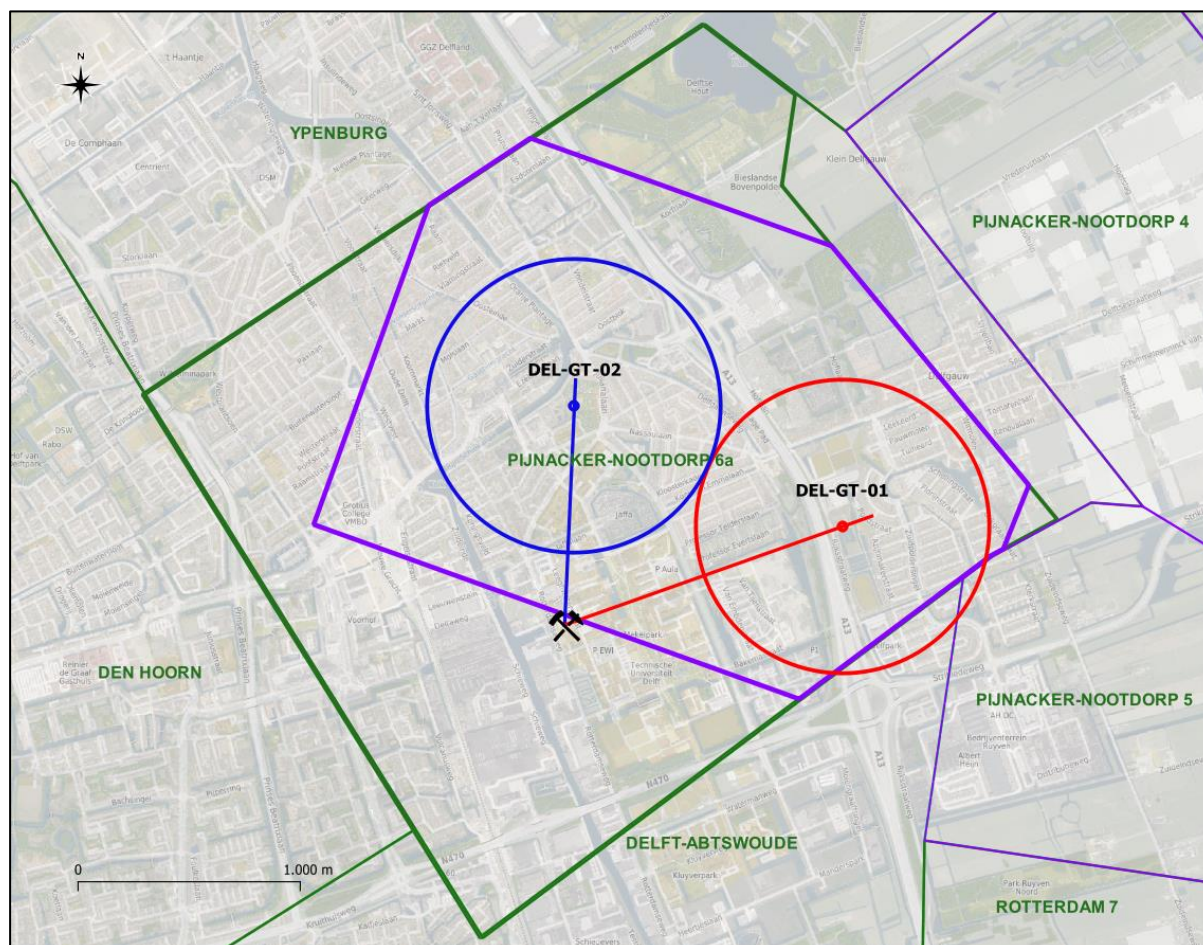
Voor Geothermie Delft is een dynamische modellering uitgevoerd. Uit deze simulatie blijkt dat de temperatuurbeïnvloeding rondom de injector groter is dan een op basis van de Franse methode te bepalen radius (zie Figuur 4.2). Dit heeft te maken met de lokale geologie. Het reservoir is naar verwachting dunner bij de injectieput dan bij de productieput waardoor het koude water verder uitspreid. Om deze reden is de aangevraagde winningsvergunning (paars in Figuur 4.1 en Figuur 4.2) ruimer dan de Franse cirkels. Hiermee wordt aan de hierboven genoemde punten 1, 2 en 3 voldaan.

Opgemerkt wordt dat de Franse cirkel van de productieput DEL-GT-01 deels buiten de grens van de huidige opsporingsvergunning ‘*Pijnacker Noordorp 6b*’ en de hierbij aangevraagde winningsvergunning begrenzing komt. Figuur 4.1 laat zien dat de cirkel deels met de winningsvergunning ‘*Pijnacker-Nootdorp 5*’ en deels met de opsporingsvergunning ‘*Delft Abtswoude*’ overlapt. Zoals te zien is in Figuur 4.2 is er geen temperatuurbeïnvloeding in de aangrenzende vergunningsgebieden. Daarbij wordt opgemerkt dat met betrekking tot de opsporingsvergunning Delft-Abtswoude, verleend tot juni 2025, de houder van deze opsporingsvergunning Aardyn is, een van de aandeelhouders in GTD.

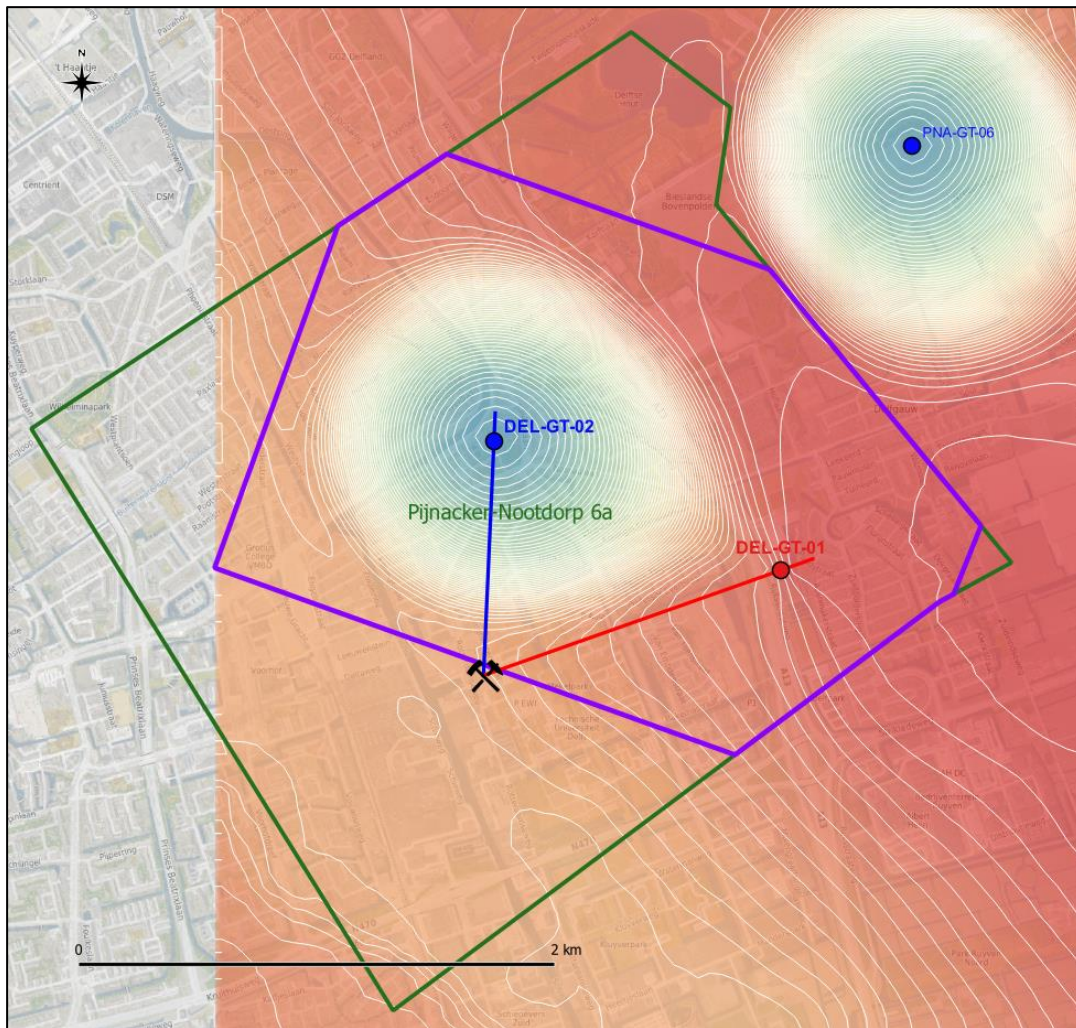
De omlijning van de aangevraagde winningsvergunning is weergegeven in Figuur 4.1. In Tabel 4-1 zijn de coördinaten van de polygoon weergegeven. Het totale oppervlakte is 5.02 km².

Tabel 4-1 Coördinaten van de aangevraagde winningsvergunning. De coördinaten zijn in het Rijksdriehoekstelsel.

Punt	X	Z
1	86301	447868
2	87189	446792
3	87074	446505
4	87014	446472
5	86155	445830
6	83970	446615
7	84488	448051
8	84945	448353



Figuur 4.1 Omlijning van aangevraagde winningsvergunning voor Geothermie Delft in paars. Voor DEL-GT-01 en -02 zijn de puttrajecten, Franse cirkels en het middelpunt van het reservoir weergegeven in respectievelijk rood en blauw. Opsporingsvergunningen in groen. De omlijning is ruimer genomen dan de Franse cirkels omdat de 2D modellering aantoont dat de temperatuur na 35 jaar een ruimere beïnvloeding heeft dan de Franse cirkel van de injector. Dit is te zien aan de contouren in Figuur 4.2.

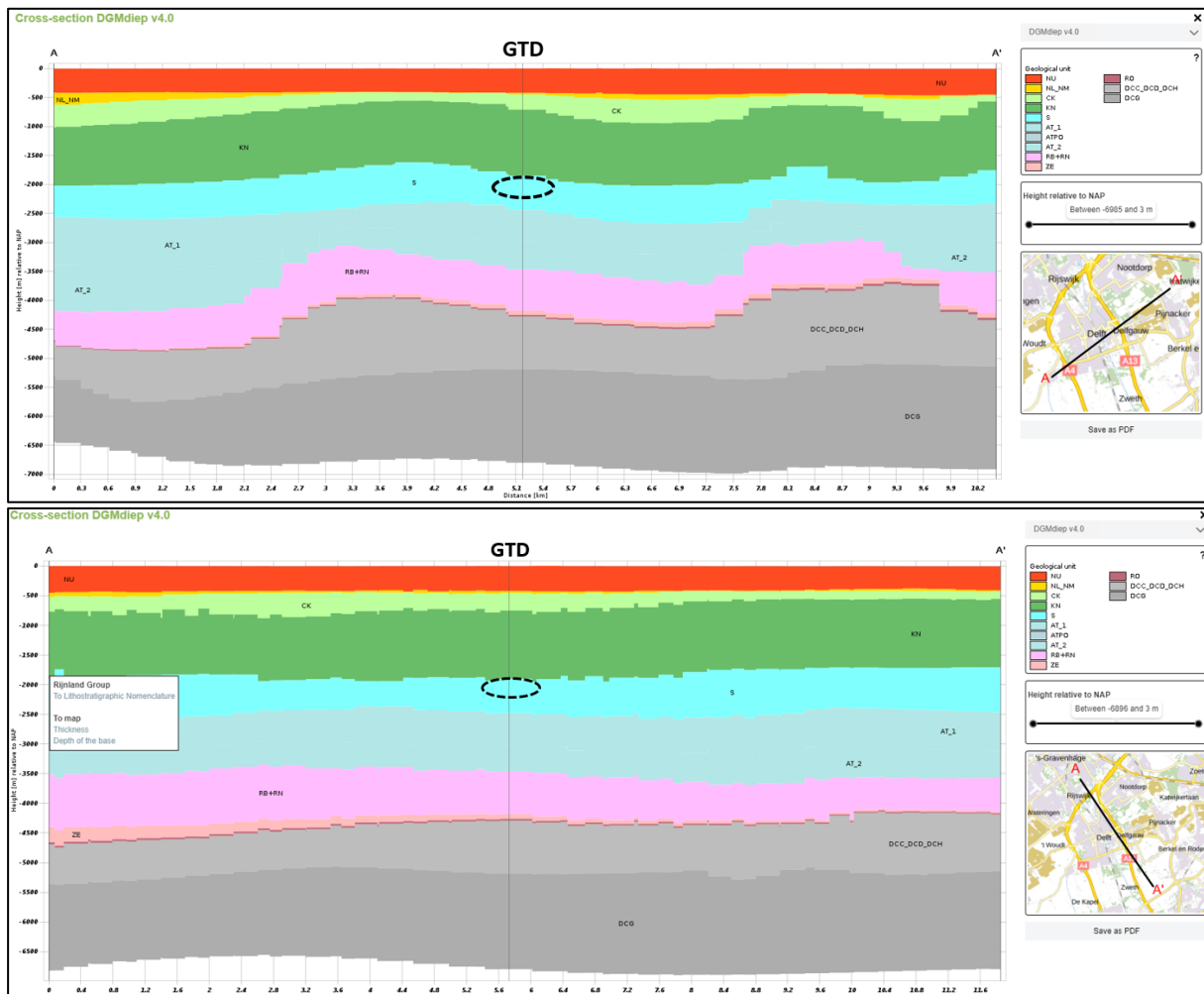


Figuur 4.2 De gemodelleerde temperatuurcontouren na 35 jaar productie van het DEL-GT-01&02 doublet (contourinterval = 1°C).

4.2. Geologie

Voor het Geothermie Delft project zijn seismische interpretatie, geologische, en petrofysische studies uitgevoerd. Deze staan beschreven in het SDE++2020 document (zie bijlage). Voor de kennis van de ondergrond in Delft wordt veel gebruik gemaakt van de naburige Pijnacker geothermie putten (m.n. PNA-GT-01 t/m -06). Een beknopte samenvatting is als volgt:

- De geologische target is de Delft Zandsteen die bij Geothermie Delft in een slenk (Vrijenban syncline) ligt tussen NW-ZO georiënteerde breuken
- Hoofd target is de Delft Zandsteen Member
- De verwachte reservoir permeabiliteit is 600mD
- De verwachte saliniteit is 130.000ppm
- De verwachte netto/bruto verhouding is 72%
- Voor de producer DEL-GT-01 wordt de top van de Delft Zandsteen verwacht op 2162mTVD en de basis op 2297mTVD. De verwachte bruto stratigrafische dikte (TST) is hier ongeveer 120m.
- Voor de injector DEL-GT-02 wordt de top van Delft Zandsteen verwacht op 1957mTVD en de basis op 2050mTVD. De verwachte bruto stratigrafische dikte (TST) is hier ongeveer 85m.



Figuur 4.3 Schematische geologisch doorsneden rond Delft gebaseerd op DGM-Diep V4.0 (TNO). De gestippelde ovaal geeft grofweg de locatie aan waar Geothermie Delft zal exploiteren.

Formaties	DEL-GT-01		DEL-GT-02	
	m MD	m TVD	m MD	m TVD
Basis Tertiair	405	405	405	405
Basis Chalk	505	505	505	505
Top Mid Holland Kleisteen	757	755	741	740
Top Holland Groenzand	872	865	849	845
Top Rijswijk Kleisteen	2375	1970	2100	1957
Top Delft Zandsteen	2645	2162	2292	1957
Basis Delft Zandsteen	2835	2297	2416	2050
Basis Alblasterdam	n/a	2875	n/a	2650

Figuur 4.4 Verwachte dieptes van belangrijke lithostratigrafische lagen.

4.3. Mijnbouwlocatie en putten

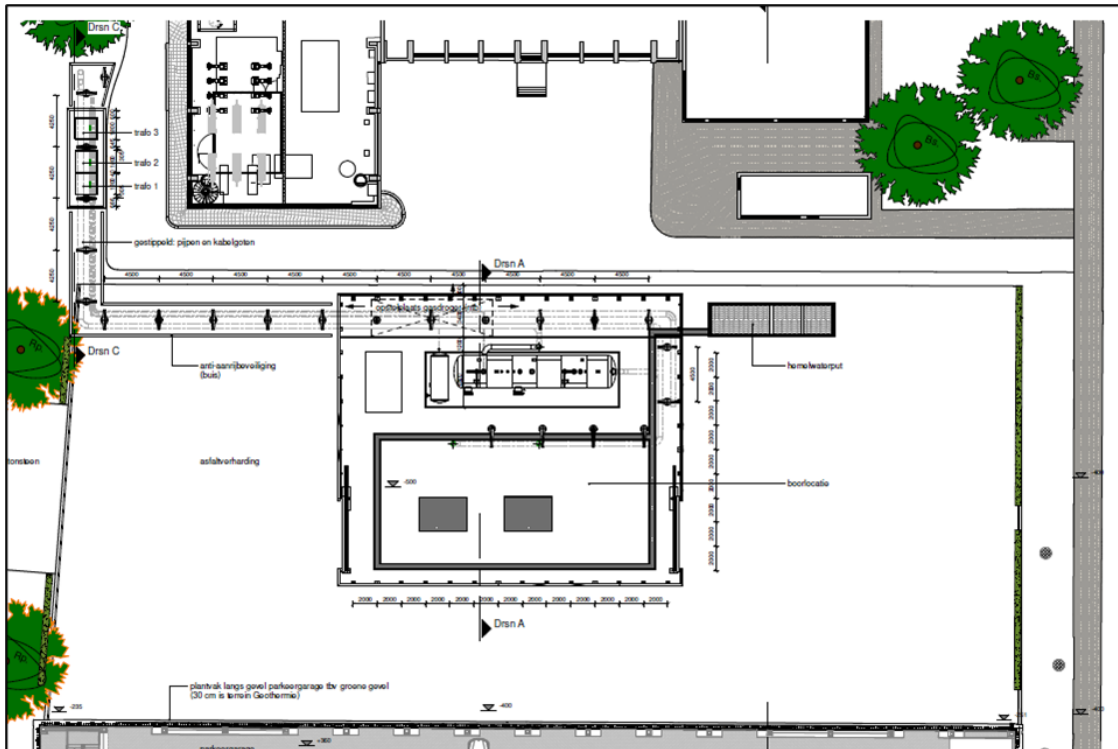
4.3.1. Mijnbouwlocatie

De mijnbouwlocatie wordt gerealiseerd aan het adres Leeghwaterstraat 39 te Delft. De inrichting bestaat uit de puttenlocatie met binnen het hekwerk een gas/waterscheider en een gasbehandelingsunit. Binnen het bestaande WKC gebouw (Warmtekrachtcentrale) worden pompen en warmtewisselaars geïnstalleerd, alsmede de controlekamer en andere technische ruimtes.

Figuur 4.5 illustreert de ligging en begrenzing van het plangebied en Figuur 4.6 de ontwerp tekening plangebied met in het middelpunt de putkelders.



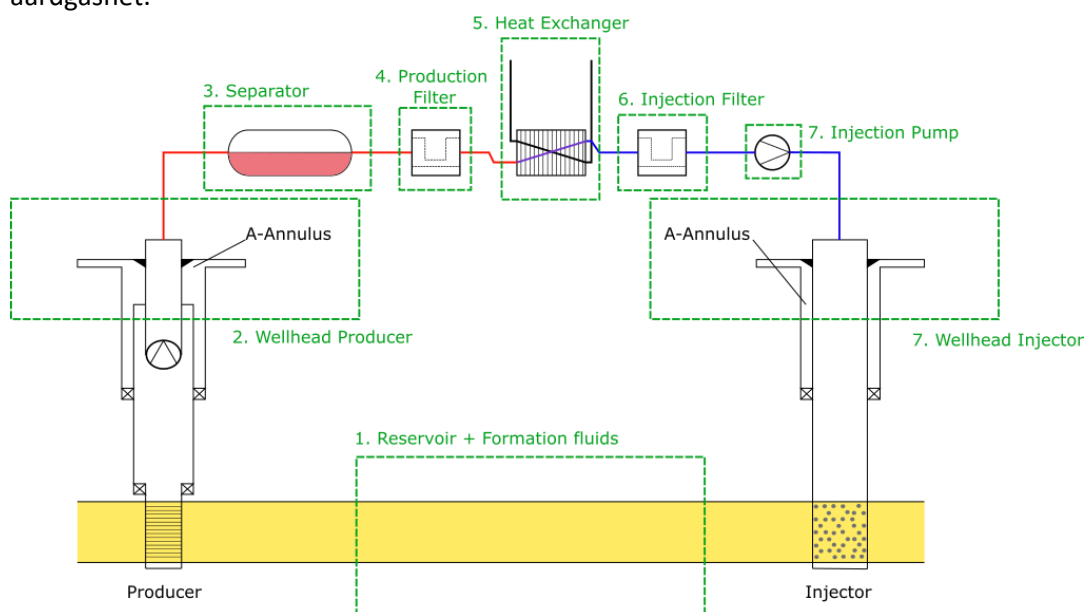
Figuur 4.5 Ligging en begrenzing van het plangebied. Ten westen (links op de kaart) van het plangebied loopt de Rotterdamseweg en ten oosten loopt de Leeghwaterstraat.



Figuur 4.6 Tekening plangebied met putkelders en deel warmtekrachtcentrale TU-Delft met geothermie installaties.

Binnen het mijnbouwwerk wordt warm water opgepompt vanuit de diepe ondergrond (productieput DEL-GT-01) en vervolgens ontgast en gefilterd. Het water wordt naar de bronwarmtewisselaars geleid, waar de warmte wordt overgedragen aan een secundair warmtenet en via een niet tot de inrichting behorende warmtepompcentrale getransporteerd naar diverse afnemers. Het afgekoelde bronwater wordt middels injectiepompen weer in de ondergrond gebracht (injectieput DEL-GT-02).

In het opgepompte formatiewater bevindt zich formatiegas, dat wordt afgescheiden in de gaswaterscheider. Het formatiegas wordt middels een gasopwerkingsinstallatie op de juiste conditie gebracht en gevoed in het bestaande, geen onderdeel van de inrichting uitmakende, Stedin aardgasnet.



Figuur 4.7 Indicatief processchema.

4.3.2. Beschrijving van de putten

Voor het geothermie doublet Delft zijn twee putten gepland, namelijk de productie put genaamd DEL-GT-01 en de injectie put genaamd DEL-GT-02. Informatie m.b.t. ligging van de putten staat in Tabel 4-2. In Tabel 4-3 en Tabel 4-4 staat informatie over de puttrajecten en de verbuizing. Figuur 4.8 en Figuur 4.9 tonen de put diagrammen, Figuur 4.10 en Figuur 4.11 de puttrajecten.

Tabel 4-2 Coördinaten en algemene putinformatie.

Putnaam	Delft-GT-01	Delft-GT-02
Type put	Water productieput	Water injectieput
Acroniem	DEL-GT-01	DEL-GT-02
Deviatie	J-vormig	J-vormig
Coördinaten oppervlaktelocatie (RD)	X: 85106 Y: 446165 Z: 2 m NAP	X: 85099 Y: 446162 Z: 2 m NAP
Coördinaten doorprikpunt top Delft (RD)	X: 86288 Y: 446584 Z: -2162 m NAP	X: 85145 Y: 447107 Z: -1957 m NAP
Totale diepte ¹	2371m TVD / 2940m AHD X: 86482 Y: 446652	2135m TVD / 2530 m AHD X: 85149 Y: 447265

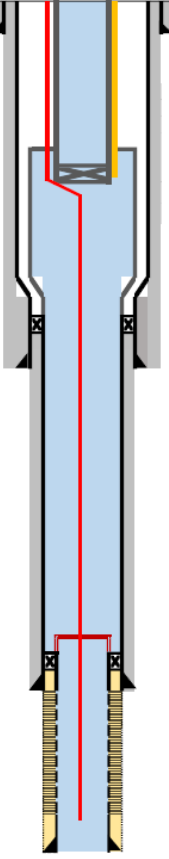
Tabel 4-3 Put traject en verbuizingsschema DEL-GT-01.

	Diepte (m MD)	Diepte (m TVD)	Inclinatie (°)	DLS (°/30m)	Azimut (°)
Conductor	60	60	0	0	0
KOP	580	600	0	2.1	70.5
16" x 13-3/8" Casing shoe	830	825	17.7	2.1	70.5
End of built	1220	1154	45.0	0	70.5
9-5/8" Liner shoe	2650	2165	45.0	0	70.5
Top Delft Sandstone	2645	2162	45.0	0	70.5
7" WWS Liner shoe	2835	2297	45.0	0	70.5
Well TD	2940	2370	45.0	0	70.5

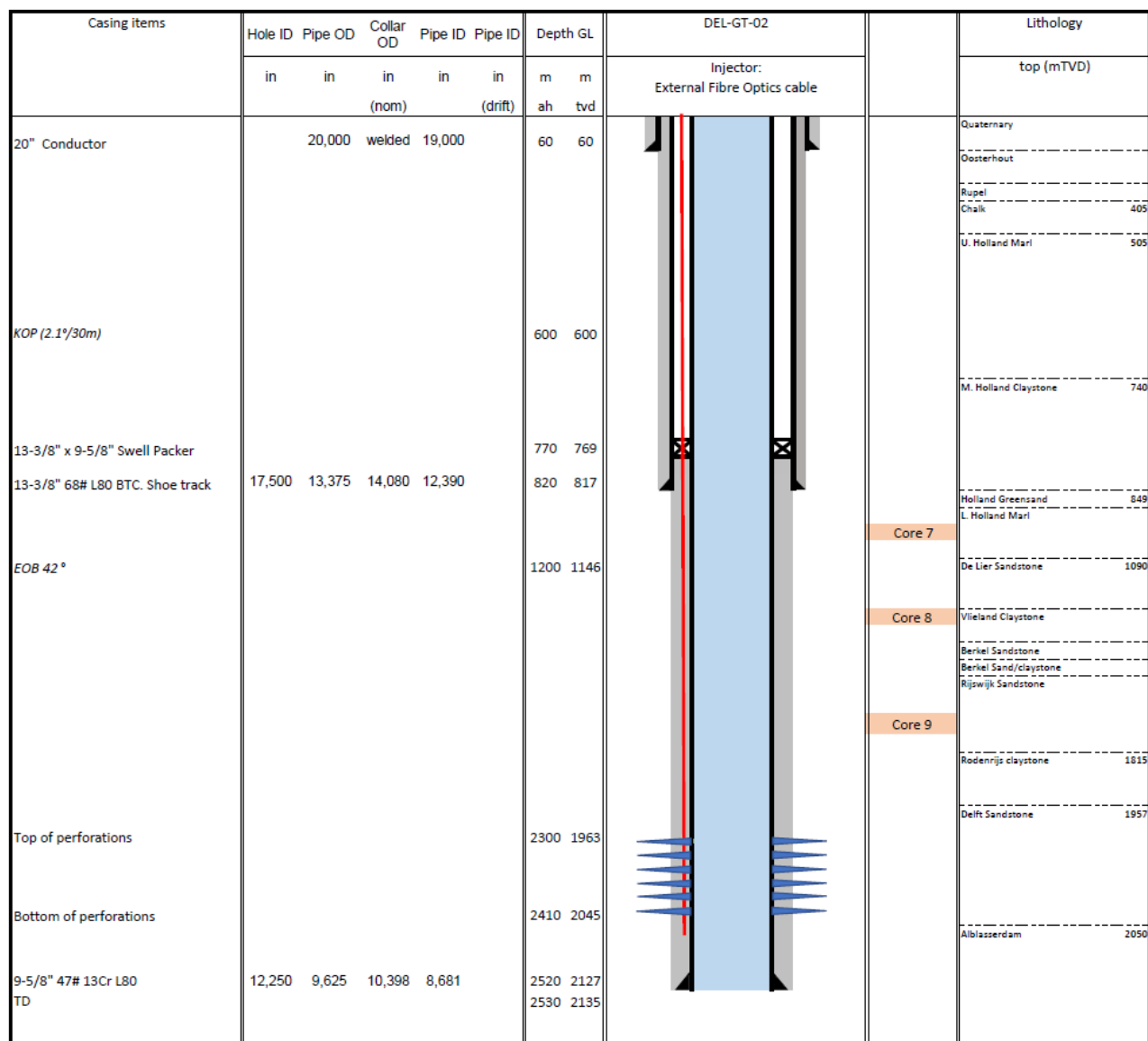
Tabel 4-4 Put traject en verbuizingsschema DEL-GT-02.

	Depth (m MD)	Depth (m TVD)	Inclinatie (°)	DLS (°/30m)	Azimut (°)
Conductor	60	60	0	0	0
KOP	600	600	0	2.1	2.6
13-3/8" Casing shoe	820	817	15.4	2.1	2.6
End of built	1200	1146	42.0	0	2.6
Top Delft Sandstone	2292	1957	42.0	0	2.6
9-5/8" Casing shoe	2520	2127	42.0	0	2.6
Well TD	2530	2135	42.0	0	2.6

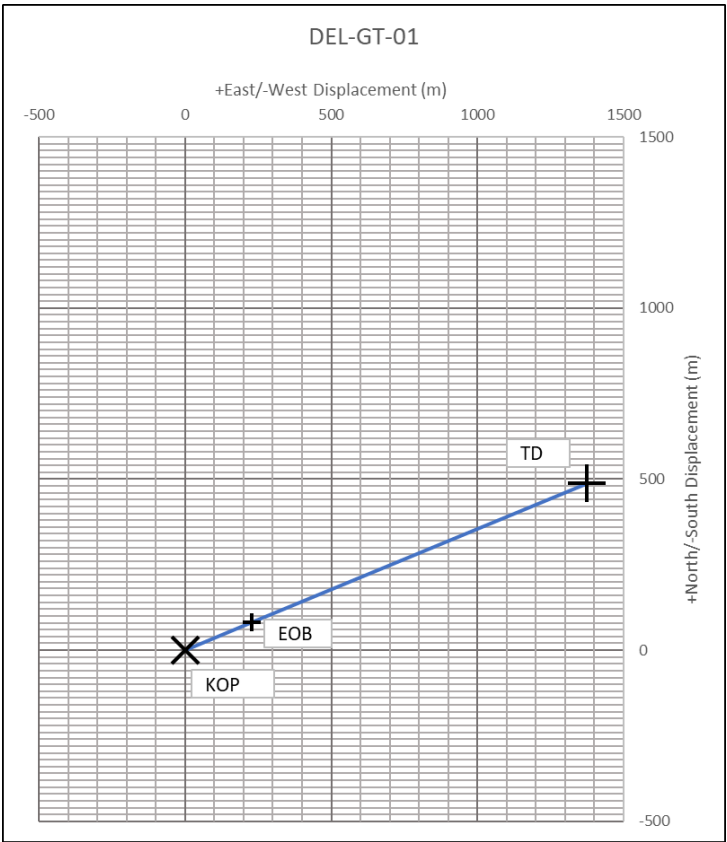
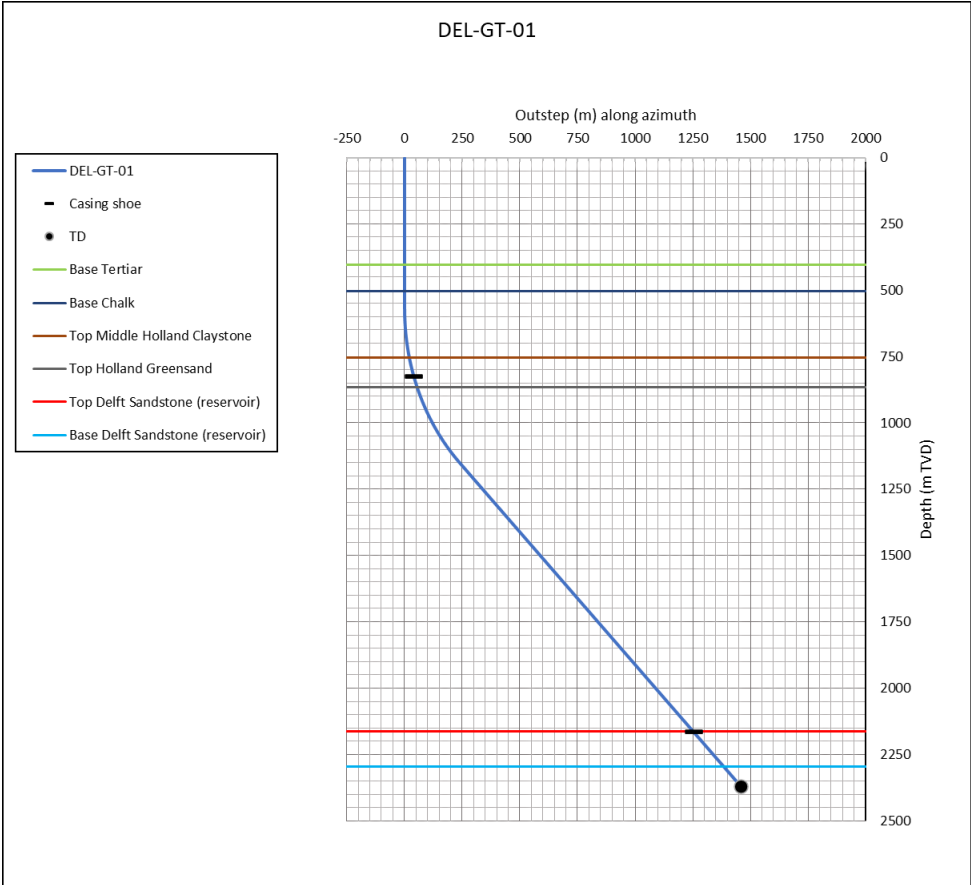
¹ Totale diepte is gebaseerd op een reservoir dikte van 135m TVT voor DEL-GT-01 en 93m TVT voor DEL-GT-02.

Casing Items	Hole ID	Pipe OD	Collar OD	Pipe ID	Pipe ID	Depth GL		DEL-GT-01	Depth GL		Pipe OD	Collar OD	Pipe ID	Pipe ID	ESP / Shroud / Fibre Optics	Planned Coring interval mAHD / mTVD	Lithology top (mTVD)
	in	in	in	in	in	m	m		m	m	in	in	in	in			
			(nom)		(drift)	ah	tvd	Producer: Internal Fiber Optics cable	ah	tvd							
22" Conductor		22,000	welded		21,000	60	60										Quaternary
																	Oosterhout
																	Rupel
																	Chalk 405
																	U. Holland Mari 505
KOP (2.1*/30m)						580	580		580	580	9,625	10,398	8,681		9-5/8" 47# L80 13Cr Premium 9-5/8" x 13-3/8" Shroud ESP FO cable suspension X/O		
									600	600							
16" 84# L80 Premium, Surface casing	20,000	16,000	17,000	15,010					750	749	13,375	14,080	12,390		13-3/8" 68# L80 13Cr Premium		M. Holland Claystone 755
16" x 13-3/8" X/O															13-3/8" x 9-5/8" X/O		
9-5/8" PBR						800	797		790	787	9,625	10,398	8,681		9-5/8" Seal Stem		
13-3/8" x 9-5/8" Liner Hanzer																	
13-3/8" 68# L80 premium, Shoe track	20,000	13,375	14,080	12,390		830	825										Holland Greensand 872
																	De Lier Sandstone 1120
EOB 45°						1220	1154										Beriel Sandstone
																	Beriel Sand/claystone
																	Rijswijk Sandstone
																	Rodenrijs claystone 1970
9-5/8" x 7" Screen Hanzer						2600	2130								FO cable centralizer	2620 / 2144	
9-5/8" 47# 13Cr L80 Liner	12,250	9,625	10,398	8,681		2650	2165								FO DPS gauges over reservoir section		Delft Sandstone 2162
Top 7" WWS with 6-5/8" 22Cr/316 basepipe						2650	2165		2650	2165						Total of 6 cores	
Bottom 7" WWS with 6-5/8" 22Cr/316 basepipe	8,500	7,000		5,921		2835	2297		2870	2321					FO Cable bullnose	2920 / 2356	Alblasdendam 2297
TD						2940	2370										

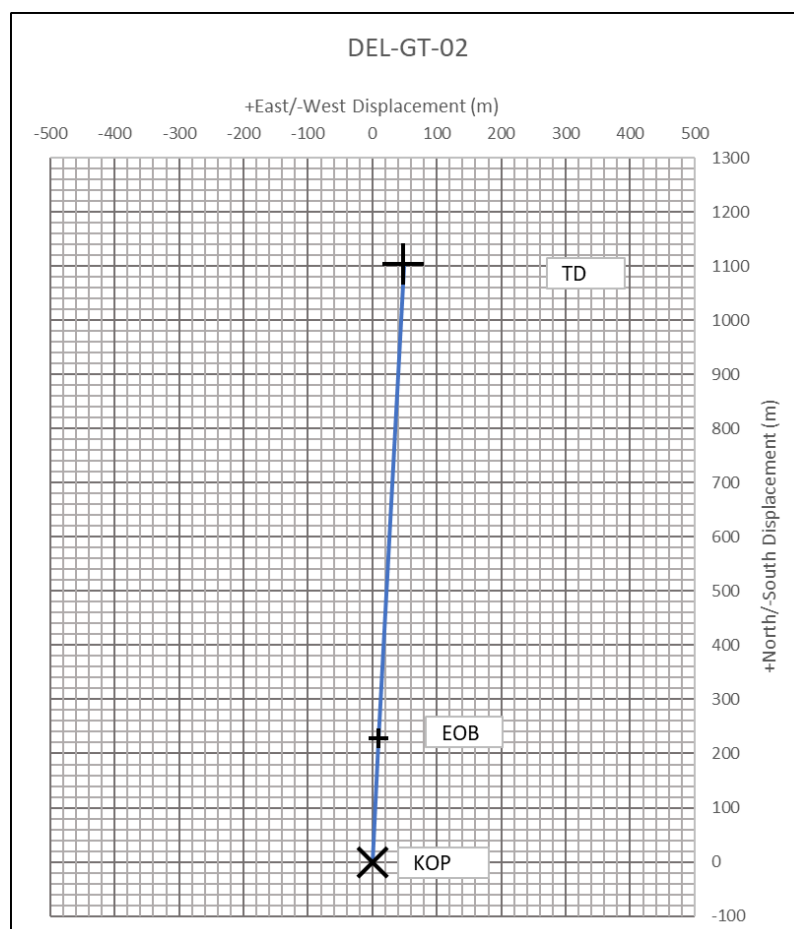
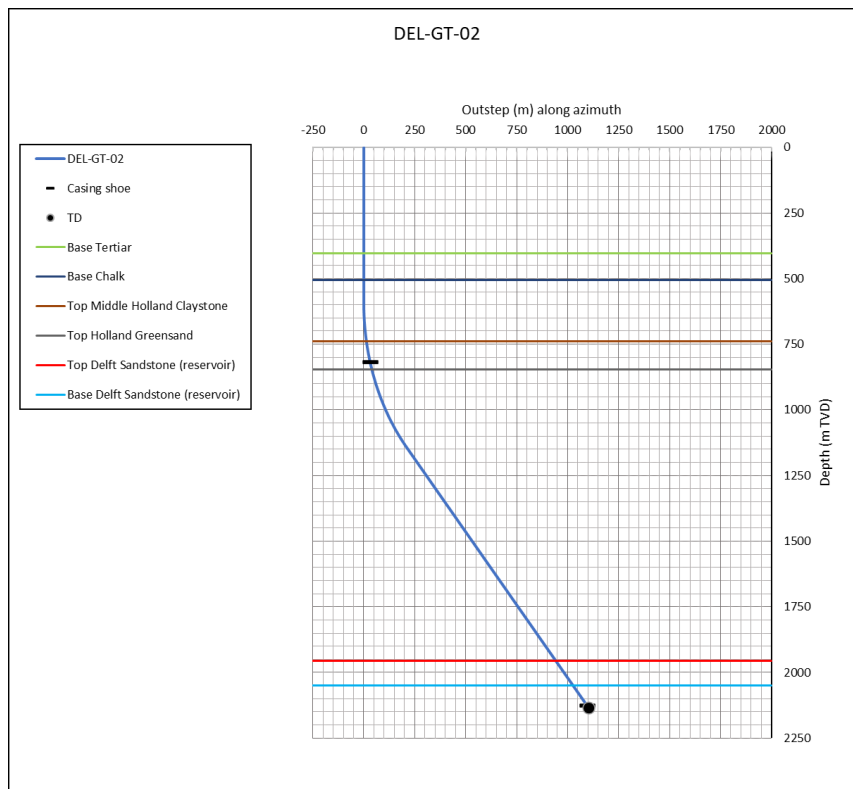
Figuur 4.8 Put diagram producer DEL-GT-01.



Figuur 4.9 Put diagram injector DEL-GT-02



Figuur 4.10 Puttraject DEL-GT-01.



Figuur 4.11 Puttraject DEL-GT-02.

4.4. Geplande warmteproductie

De warmtevraag vanuit de warmtepompcentrale zal variëren, afhankelijk van dagdeel en/of seizoen. In Tabel 4-5 staat een samenvatting van de prognose van de verwachtte productie parameters van het geothermische systeem. Let wel: dit zijn niet de maximale waarden(!); voor de duidelijkheid wordt de begrenzing van de productie parameters gegeven in Tabel 4-6.

Tabel 4-5 Prognose van verwachtte productie parameters geplande aardwarmtewinning. Nader te bepalen na boren en testen putten.

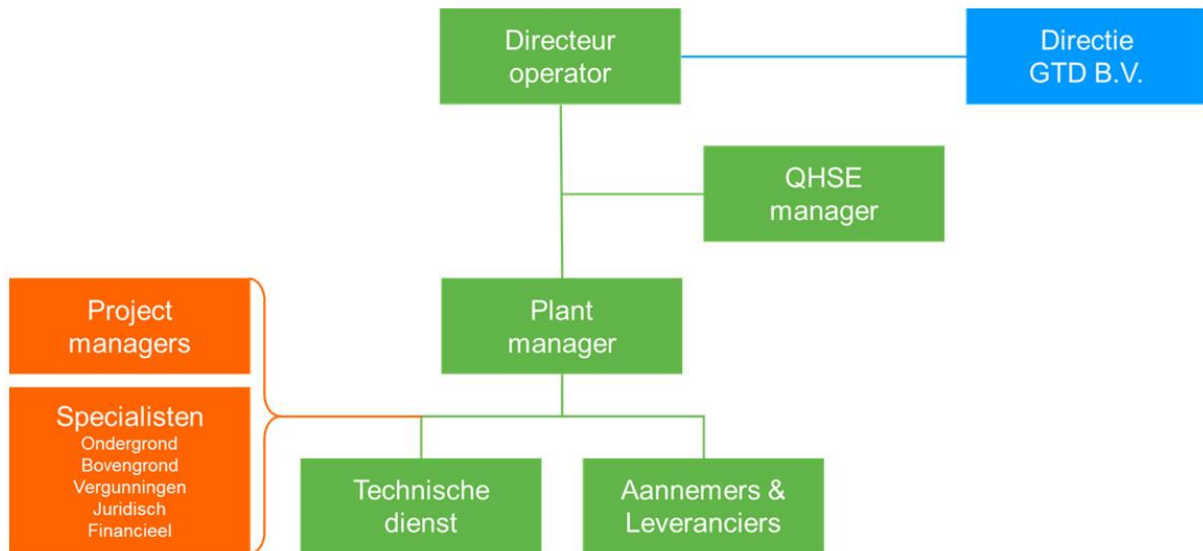
Geothermisch systeem		Eenheid	Prognose waarde <i>NTB na boren en testen putten!</i>
Aanvang winningsvergunning		Datum	- nog niet verleend-
Verwachte levensduur		Jaar	35
Het verwachtte debiet		m ³ /h	300 (P90 scenario) 360 (P50 scenario) 450 (maximaal haalbaar put debiet) Maximaal: 360 m ³ /h (Hetzelfde voor producer en injector)
Producer	Gemiddelde productie-temperatuur	°C	79
	Gemiddelde druk direct onder ESP @360 m ³ /h	bar	38 <i>Afhankelijk van o.a. skin, frictieverlies, etc;</i>
	Laagste druk direct onder ESP @360m ³ /h	bar	35 <i>Afhankelijk van o.a. skin, frictieverlies, etc;</i>
	Operationele productiedrukverschil op reservoir niveau @360m ³ /h	bar	15
	Gas/Water ratio	Nm ³ /m ³	1.0
	Ingebrachte inhibitor	l/m ³	- nog niet bepaald; enkel indien nodig -
Injector	Injectie-temperatuur	°C	Minimaal: 20
	Druk aan injectieputkant van de injectiepomp @360m ³ /h	bar	29 <i>Afhankelijk van o.a. skin, frictieverlies, etc;</i> <i>Top Hole Pressure (THP)</i>
	Operationele injectiedrukverschil op reservoir niveau @360m ³ /h	bar	32 <i>(verschil Near Wellbore Reservoir Pressure & Reservoir Pressure)</i>
	Ingebrachte inhibitor	l/m ³	- nog niet bepaald; enkel indien nodig -
Verwacht Electraverbruik ESP + injectiepomp		kW	768
Aantal draaiuren per jaar		Uur	8256
Aantal vollasturen		uur	7695
Geïnstalleerd vermogen installatie		MW _{th}	23
Verwachte warmtewinning		TJ/jaar	633

Tabel 4-6: Begrenzing productie parameters (maximaal / minimaal) voor de geplande aardwarmtewinning. Nader te bepalen na boren en testen putten.

Begrenzing	Eenheid	Waarde
Maximale injectiedruk THP	bar	Zie Tabel 5-1
Minimale retour temperatuur	°C	20
Maximaal debiet gehanteerd voor SHA	m ³ /h	360

4.5. Organisatie en referenties

De organisatie bestaat uit een team waarin Aardyn als operator de leiding geeft aan de operaties in afstemming met de voorzitter van de aandeelhouders. De QHSE-manager rapporteert direct aan de directeur Operator. De Plant Manager is verantwoordelijk voor alle activiteiten op locatie en stuurt in afstemming met de energiemanager de Technische Dienst en aannemers aan. In geval van grotere putwerkzaamheden of specialistische vraagstukken worden project managers en/of specialisten ingeschakeld via de Directeur Operator of Plant manager. Deze organisatiestructuur tijdens de operationele fase is weergegeven in Figuur 4.12.



Figuur 4.12 Organisatiestructuur.

Aardyn (www.aardyn.nl), opgericht in 2013, houdt zich bezig met het ontwerpen, realiseren, exploiteren, aan- en verkopen, en onderhouden van geothermische gerelateerde duurzame energiesystemen waarmee warmteproductie kan geschieden voor industrie, stadsverwarming en/of glastuinbouw.

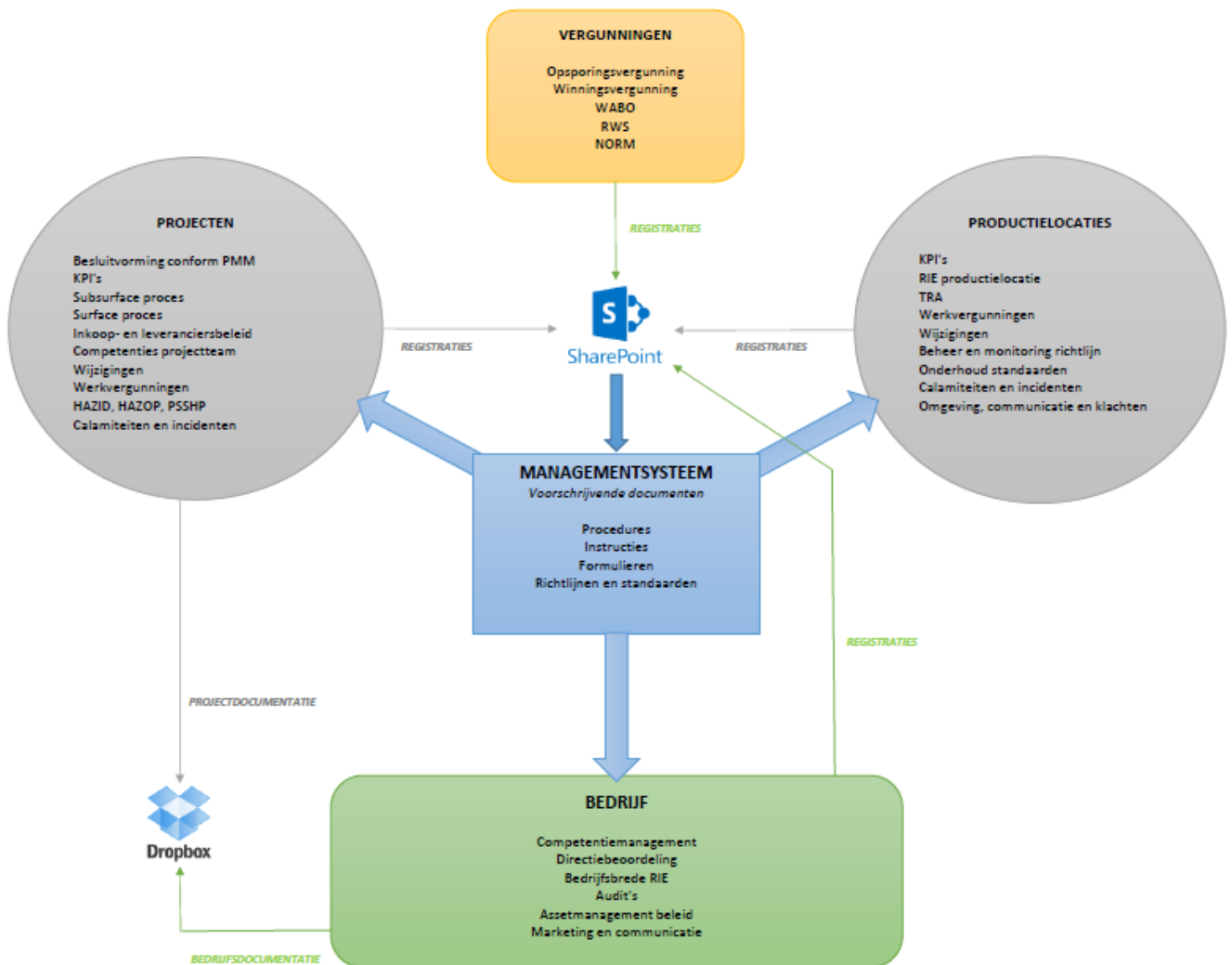
Aardyn is projectmanager en mijnbouwkundig operator van verschillende projecten, zoals Aardwarmte Vierpolders dat in 2015 is gerealiseerd en Haagse Aardwarmte Leyweg dat in 2021 is opgestart. Aardyn zal voor de komende jaren het beheer en onderhoud van deze projecten verzorgen.

Aardyn heeft een deskundig team (ca 30. fte) waardoor de belangrijkste onderdelen van een geothermie project in eigen beheer kunnen worden uitgevoerd. Als operator neemt Aardyn actief deel aan Geothermie Nederland.

4.6. VG-systeem

Aardyn heeft een V&G management systeem waar alle geothermie activiteiten van Aardyn onder vallen. Alle relevante management, operationele en support processen voor Aardyn zijn vormgegeven en beschreven.

In onderstaand schema zijn deze processen weergegeven.



Figuur 4.13 Processen managementsysteem Aardyn.

De voornaamste doelstellingen van het managementsysteem van Aardyn zijn:
Het bevorderen van eenduidigheid in werken binnen de organisatie en daarbij inzicht verschaffen in de bedrijfsprocessen;

- Vastleggen van de kaders en minimale eisen waaraan door de organisatie invulling wordt gegeven;
- Realiseren van het continue verbeteren van de organisatie en de te leveren producten en diensten aan onze klanten;

Vastleggen en borgen van het aanwezig zijnde vakmanschap;

- Verschaffen van een hulpmiddel bij het opleiden van (nieuwe) medewerkers;
- Het op een structurele wijze plannen, uitvoeren, controleren en op basis hiervan bijstellen van de ondernemingsdoelstellingen;
- Het kenbaar maken van het functioneren van Aardyn, zowel intern aan de medewerkers als aan belanghebbenden / geïnteresseerden (stakeholders) buiten de organisatie;
- Verificatie van het voldoen aan de eisen op het gebied van QHSE (Kwaliteit, gezondheid, milieu en veiligheid).

Het managementsysteem is opgezet aan de hand van de volgende internationaal erkende normen:

- ISO 9001 : Kwaliteit Management Systeem
- ISO 14001 : Milieu Management Systeem
- OHSAS 18001 : Arbo Management Systeem
- PAS55 : Asset Management Systeem

Het Aardyn Managementsysteem is van toepassing op alle activiteiten van Aardyn waarbij Aardyn als operator fungeert en wordt in principe opgelegd aan de projectentiteiten van Aardyn waarbij Aardyn als operator fungeert. Als basis van het management systeem van Aardyn zijn doelstellingen geformuleerd en in een ondertekende beleidsverklaring vastgesteld. Alle processen van Aardyn zijn in kaart gebracht en er is een risicoanalyse toegepast op alle processen. Vervolgens zijn er richtlijnen, procedures, werkinstructies, formulieren en registraties opgesteld om te borgen dat er gewerkt wordt conform de plan-do-check-act cyclus.

Voor de Geothermie Delft installatie in Delft wordt een VG document Ontwerp, Opstarten en Gebruik opgesteld (ARBO wet gerelateerd). Daarnaast zijn de volgende specifieke procedures en werkinstructies van toepassing. Deze zijn op locatie aanwezig.

- Procedure inwerken nieuwe medewerkers
- Werkvergunningen procedure en formulier
- TRA procedure en formulier
- Veiligstelprocedure
- Werkinstructie LSA meten en bijbehorend formulier
- Werkinstructie / checklijst filters wisselen
- Wijzigingen procedure en formulier
- Bedrijfsnoodplan

5. Wijze van winning

De warmte wordt primair gewonnen uit geproduceerd formatiewater. Het systeem produceert water van ongeveer 80°C uit de Delft Zandsteen op een diepte van ongeveer 2162 meter en injecteert in de Delft Zandsteen op een diepte van ongeveer 1957 meter (gegeven dieptes zijn top reservoir diepte). Het water wordt in de productieput omhoog gepompt middels een ESP. Vervolgens wordt het water ontgast in de ontgassingsinstallatie en ontdaan van fines in de filters.

Het water wordt naar de bronwarmtewisselaars geleid, waar de warmte wordt overgedragen aan een secundair warmtenet en via een niet tot de inrichting behorende warmtepompcentrale getransporteerd naar diverse afnemers. Het afgekoelde bronwater wordt middels injectiepompen weer in de ondergrond gebracht. In het opgepompte formatiewater bevindt zich formatiegas, dat wordt afgescheiden in de gas-waterscheider. Het formatiegas wordt middels een gasopwerkingsinstallatie op de juiste conditie gebracht en gevoed in het bestaande, geen onderdeel van de inrichting uitmakende, Stedin aardgasnet.

De wijze van winning staat uitvoerig beschreven in het document “Procesbeschrijving Productielocatie aardwarmteproject GeoThermie Delft GTD, gedateerd 21 oktober 2021, als bijlage 2 ingesloten.

5.1. Water samenstelling

De verwachte watersamenstelling is gebaseerd op metingen uit de putten PNA-GT-05 en PNA-GT-06 van het nabijgelegen Aardwarmte doublet van Ammerlaan², zie Figuur 5.1.

Density @ 20°C, kg/l (ASTM D 4052)	1.0880	Mineral Oil (NEN-EN-ISO 9377-2)	
Ionchromatographic analysis (SGS SPI 164)		-Total C10-C40, µg/l	120
- Chloride as Cl ⁻ , mg/L	78000	pH (ASTM E 70)	7.01
- Nitrate as NO ₃ ⁻ , mg/L	13		
- Sulphate as SO ₄ ²⁻ , mg/kg	130		
Total Suspended Solids (>5µm), mg/kg (NEN 872)	288		
Total Dissolved Solids, mg/kg (NEN EN 15216)	159300		
Metals (NEN6961/NEN 6966/C1)		Bicarbonate as HCO ₃ , mg/L (WAC/III/A/006)	40
- Aluminium, µg/l	<100	Carbonate as CO ₃ , mg/L (WAC/III/A/006)	<2.5
- Barium, µg/l	8500	PAH, µg/L (SGS 12-01)	
- Cadmium, µg/l	<1	- Naphthalene, µg/l	13
- Calcium, µg/l	5400000	- Phenanthrene, µg/l	0.6
- Chrome, µg/l	9.7	- Anthracene, µg/l	0.035
- Iron, µg/l	38000	- Fluoranthene, µg/l	0.018
- Lead, µg/l	110	- Benz[a]anthracene, µg/l	<0.010
- Magnesium, µg/l	840000	- Chrysene, µg/l	<0.010
- Manganese, µg/l	1700	- Benzo[k]fluoranthene, µg/l	<0.010
- Nickel, µg/l	38	- Benzo[a]pyrene, µg/l	<0.010
- Potassium, µg/l	240000	- Benzo[ghi]perylene, µg/l	<0.010
- Silicium, µg/l	14000	- Indeno[1,2,3-cd]pyrene, µg/l	<0.010
- Sodium, µg/l	41000000		
- Strontium, µg/l	330		
- Zinc, µg/l	1200		
Mercury, µg/l (ISO 12846)	<0.10		

Figuur 5.1 Water analyse van injectiewater uit het Ammerlaan PNA-GT-05/06 aardwarmte doublet (dd. 25-03-2020).

² Instemming Ammerlaan The Green innovator 22-10-2021

De verwachte hoeveelheid gas die vrijkomt bij de winning van warmte is ongeveer 1 Nm³/m³. Figuur 5.2 laat de verwachte gassamenstelling zien op atmosferische druk, welke is gebaseerd op metingen op monsters uit het PNA-GT-05 &-06 doublet.

Figuur 5.2 Verwachtte gassamenstelling gebaseerd op PNA-GT-05/06 aardwarmte doublet (dd. 25-03-2020).

5.3. Systeemdrukken

In het winningsplan wordt een methodiek gepresenteerd waarin de mitigaties voor integriteitsverlies van de afsluitende laag en seismiciteit, de bijbehorende drempelwaardes en de te monitoren parameters worden opgesteld. Deze methodiek zal worden toegepast nadat de putten zijn geboord en getest. Tot die tijd zal gebruik worden gemaakt van het SodM protocol. Deze is nader toegelicht in *Appendix A: Maximale injectiedruk* en leidt tot de voorlopige maximale THP zoals gepresenteerd in Tabel 5-1.

Tabel 5-1: *Maximale injectiedruk (THP) inclusief frictieverliezen en injectietemperatuurcorrectie (SodM, 2020)*

Maximale THP SodM protocol (SodM, 2013)					
THPmax [bar]	54,8				
Debietsafhankelijk frictieverlies					
	Debiet [m3/h]				
	0-200	200-250	250-300	300-350	350-400
Frictie verlies [bar]	2,2	3,4	4,8	6,5	8,4
Maximale debietsafhankelijke temperatuur-afhankelijke injectiedruk (THP) (SodM, 2020)					
Gebaseerd op reservoirtemperatuur bij injector van 72°C					
THPmax [bar]	Debiet [m3/h]				
Minimale injectie temperatuur (°C)	0-200	200-250	250-300	300-350	350-400
32	57,0	58,2	59,6	61,3	63,2
31	56,0	57,2	58,6	60,3	62,2
30	55,0	56,2	57,6	59,3	61,2
29	54,0	55,2	56,6	58,3	60,2
28	53,0	54,2	55,6	57,3	59,2
27	52,0	53,2	54,6	56,3	58,2
26	51,0	52,2	53,6	55,3	57,2
25	50,0	51,2	52,6	54,3	56,2
24	49,0	50,2	51,6	53,3	55,2
23	48,0	49,2	50,6	52,3	54,2
22	47,0	48,2	49,6	51,3	53,2
21	46,0	47,2	48,6	50,3	52,2
20	45,0	46,2	47,6	49,3	51,2

5.4. Geochemische controle

Het systeem zal worden ontworpen om eventueel na retro fitting een chemical injection lijn in te bouwen in de producer of om voor de injectie pomp chemicaliën te injecteren. Hierna kan, indien gewenst geochemische bescherming toegepast worden met behulp van de volgende chemicaliën:

Biocide

Functie: Het stoppen van bacteriegroei in de injector om injectiviteit te behouden.

Locatie toediening: Voor de ontgasser of downhole d.m.v. een chemical injection lijn.

Scaling Inhibitor

Functie: Het voorkomen van ijzer en carbonaat precipitatie en het remmen van sulphide scaling. Calcium Carbonaat scaling risico's beginnen bij het bubble point onder de ESP. Scaling inhibitie zal alleen plaatsvinden wanneer dit nodig wordt geacht na de opstart.

Locatie toediening: Voor de ontgasser.

Corrosie inhibitor

Functie: Het voorkomen van het aantasten van de putintegriteit en verstopping door corrosie producten.

Locatie toediening: Downhole d.m.v. een chemical injection lijn

De putten zijn ontworpen met een hogere legering staal, namelijk 13% chroom ter voorkoming van corrosie. Daarbij zal de integriteit van de putten gemonitord worden om eventuele anomalieën vroegtijdig te identificeren. Geochemische waardes zoals de zuurtegraad, temperatuur en geleidbaarheid zullen continue gemeten worden, om de putintegriteit en een verslechtering van de casing, als gevolg van erosie of corrosie, in de gaten te houden. Hiermee wordt er van uitgegaan dat er geen corrosie inhibitor hoeft worden toegevoegd ter bescherming tegen corrosie. Indien het toch blijkt dat er corrosie optreedt, kan er besloten worden om een inhibitor lijn te installeren om corrosie inhibitor downhole te injecteren.

5.5. Monitoring

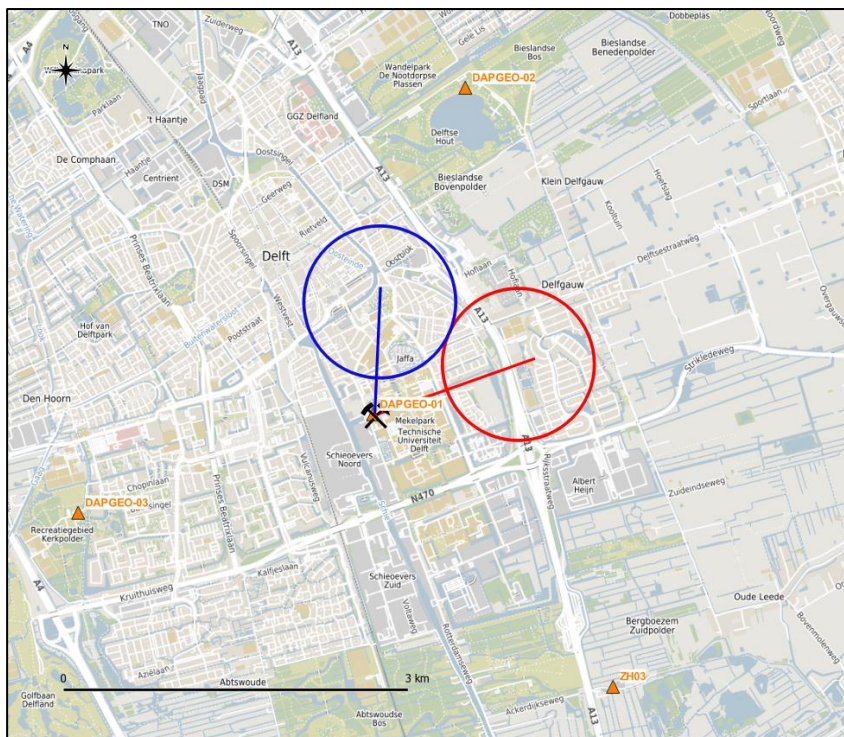
Tijdens de productie fase zullen verschillende parameters gemonitord worden om de integriteit van de putten en het systeem te waarborgen. Hierbij kan onderscheid worden gemaakt tussen twee typen monitoring, namelijk continue en periodieke monitoring. De continue monitoring wordt gedaan aan de hand van een uitgebreid netwerk van sensoren die het systeem real-time monitoren. Indien bepaalde grenswaarden bereikt worden kan het systeem automatisch wijzigingen doorvoeren of de plant uitschakelen. Vanuit corrosie en scaling management wordt continu de pH, temperatuur en de conductiviteit gemeten op de bovengrondse installaties. De periodieke monitoring bestaat onder andere uit het inspecteren van het spuitkruis, het uitvoeren van wanddikte metingen en water sample en corrosie coupon analyses.

Daarnaast wordt de omgeving buiten de putten ook gemonitord:

- Seismische metingen met behulp van het KNMI netwerk (Figuur 5.3).
- Seismische metingen met behulp van een lokaal seismisch monitoringsnetwerk (Figuur 5-4)
- Incidentele geluidsmetingen voor de directe omgeving bij putwerkzaamheden onderhavig aan het Besluit algemene regels milieu mijnbouw (Barmm).
- Additionele incidentele monitoring voor groot onderhoud aan de putten.



Figuur 5.3 Overzicht van seismometers van het KNMI. Het netwerk bestaat uit geophones in de boorgaten (tot 300m diepte), versnellingsmeters en 'broadband' seismometers (Bron: <https://www.knmi.nl/nederland-nu/seismologie/stations>). Geothermie Delft aangeduid met blauwe cirkel.



Figuur 5-4: Lokaal seismisch monitoring netwerk voor het GTD doublet, bestaande uit 4 stations (oranje driehoeken): DAPGEO-01/02/03 en ZH03.

5.6. Bodembeweging

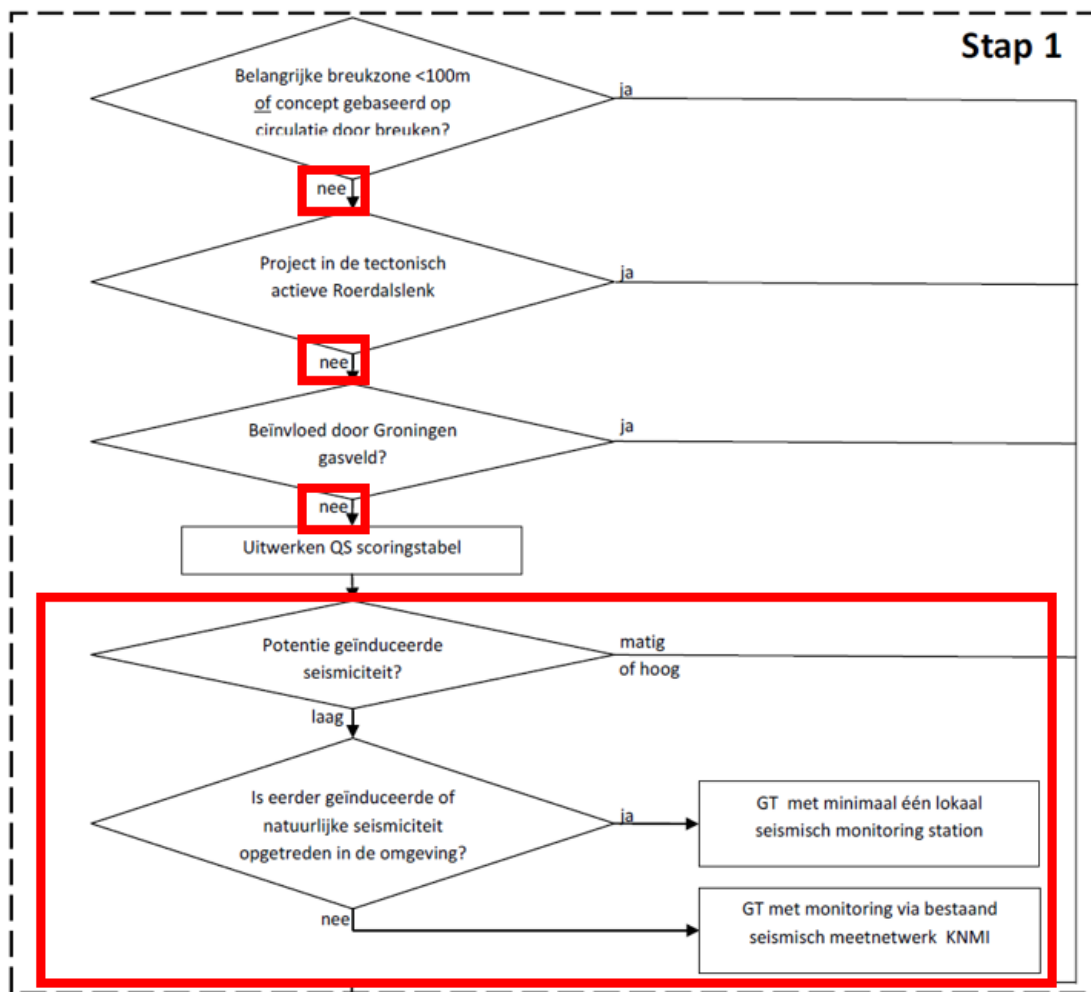
Het geothermie systeem is gebaseerd op een productie en injectie debiet waardoor de reservoir druk constant blijft. Lokaal is er rond de productieput een drukverlaging en rond de injectieput een drukverhoging. Daarnaast kan door afkoeling mogelijk spanning ontstaan.

De drukverhoging rond de injectieput is bepaald aan de hand van het injectieprotocol (*Protocol bepaling maximale injectiedrukken bij aardwarmtewinning – versie 2, TNO-AGE en SodM, 23/11/2013*) en de dynamische drukverliezen. De maximale injectiedruk is afhankelijk van het debiet.

Het West Nederlands Bekken staat bekend om haar stabiele tektonische setting. Op de KNMI website staan nagenoeg geen (geïnduceerde) activiteit en dit wordt bevestigd in de papers *Pre-Neogene controls on present-day fault activity in the West Netherlands Basin and Roer Valley Rift System (Worum et al, 2005)* en *Review of induced seismicity in geothermal systems worldwide and implications for geothermal systems in the Netherlands. Netherlands Journal of Geosciences, 98, E13. (Buijze et al, 2019)*.

Aanvullend is gekeken naar de regionale seismiciteit op basis van het rapport: *Defining the Framework for Seismic Hazard Assessment in Geothermal Projects V0.1 (Qcon en IF Technology, 5/10/2016)*. In dit document staat een stappenplan met levels beschreven waarin de risico's voor bodembeweging en bijbehorende bij aardwarmte kunnen worden gecontroleerd.

Onderdeel van Stap 1 (Figuur 5.5) is een QuickScan die is weergegeven in Figuur 5.6. De uitkomst van deze pre-drill SHA QuickScan is een score van 27/90 en die ligt onder de grens van 1/3. Hiermee is de dreiging van geïnduceerde seismiciteit “laag”. Stap 2 en Stap 3 zijn derhalve nog niet geïmplementeerd. Zodra tijdens de boorfase additionele informatie is vergaard over de lokale geologische situatie kan verdere dynamische en mechanische modellering uitgevoerd worden. Daarna kan bepaald worden in hoeverre de SRA verder uitgewerkt dient te worden.



Figuur 5.5 Stap 1 van de beslisboom voor Seismisch Risico in Geothermische Projecten (Baisch et al, 2016)

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

Figuur 5.6 : Quickscan scoringsschema uitgewerkt voor Geothermie Delft (naar Baisch et al, 2016). De uitkomst van de SHA QuickScan is een score van 27/90 en die ligt onder de grens van 1/3. Hiermee is de dreiging van geïnduceerde seismiciteit laag.

In deze paragraaf wordt de input voor de QuickScan op beknopte wijze onderbouwd. Voor een uitgebreide beschrijving wordt verwezen naar het Winningsplan.

- **Verbinding met kristallijnen basis → SCORE: 0**

Er is geen verbinding met kristallijnen basement. Het basement wordt meer dan 7 km diep verwacht. Dit is 5 km dieper dan het doel-aquifer voor Geothermie Delft

- **Afstand tot bestaande breuken → SCORE: 7**

Breuk 1: Randbreuk tussen target syncline en Rijswijk Hoog: grote breuk, over lange afstand te vervolgen, op plaatsen een groot verzet (NB verzet nabij gepland doublet is gering). Top Delft doorprikpunt tot deze randbreuk:

- DEL-GT-01: ± 1.225 m
- DEL-GT-02: ± 730 m

Breuk 2: Secundaire breuk ten noorden van de geplande injector: kleine breuk, over beperkte afstand te vervolgen, zeer gering verzet. Dit verzet is vele malen kleiner dan de dikte van het reservoir, waardoor er reservoir-reservoir juxtapositie te verwachten mag zijn. Top Delft doorprikpunt tot deze secundaire breuk:

- DEL-GT-01: ± 680 m
- DEL-GT-02: ± 375 m

De afstand tot deze breuken is, als gevolg van de diprichting van de breuken en de azimuth van de geplande putten, op Basis Delft niveau groter dan bovenstaande afstanden.

- **Oriëntatie van de breuk in heersende stressveld → SCORE: 10**

De oriëntatie van de breuken is gunstig voor bezwijken maar er bevinden zich geen actieve breuken in de buurt van de projectlocatie. Het West Nederlands Bekken toont geen geomorfe indicaties voor breuk activiteit. De uniforme Neogene-Quartaire bodemdaling gaat niet gepaard met breukvorming. Het West Nederlands Bekken is seismisch inactief. Dit wordt bevestigd door het feit dat ondanks een decennialange geschiedenis van olie- en gaswinning er geen geïnduceerde seismiciteit gemeten is. Toch wordt, puur op basis van de oriëntatie van de breuk in het heersende stressveld, in de QuickScan een **SCORE: 10** toegepast, passend bij de gradatie *‘gunstig voor bezwijken’*.

- **Netto geïnjecteerd volume → SCORE: 0**

Het volledige geproduceerde watervolume wordt ook weer geïnjecteerd.

- **Drukcommunicatie tussen de putten → SCORE: 0**

Productie en injectie vinden beiden plaats uit en in de Delft Zandsteen. Op de 3D seismiek zijn er geen breuken geïnterpreteerd tussen de producer en de injector en wordt er drukcommunicatie verwacht tussen de twee putten. Puttesten zullen uiteindelijk deze drukcommunicatie moeten bevestigen. Het geothermisch doublet kan/zal alleen opereren als er drukcommunicatie tussen de productieput en injectieput bestaat.

- **Injectiedruk → SCORE: 3**

Het drukverschil op aquifer niveau tussen de put en het aquifer is berekend op ongeveer 32 bar voor een debiet van $360 \text{ m}^3/\text{h}$.

- **Systeemdebiet → SCORE: 7**

Het P50 systeemdebiet voor Geothermie Delft is 360 m³/h; dit debiet wordt haalbaar geacht met relatief lage verwachte drukverschillen. Puttesten zullen uiteindelijk deze injectiedruk op reservoirniveau moeten bevestigen.

- **Afstand tot natuurlijke aardbevingen → SCORE: 0**
Er zijn in Zuid-Holland geen natuurlijke bevingen gerapporteerd.
- **Afstand tot geïnduceerde aardbevingen → SCORE: 0**
Er zijn in Zuid-Holland geen geïnduceerde bevingen gerapporteerd.

6. Financieel

6.1. Meerjarenbegroting

Meerjarenbegroting GTD																			
Meerjarenbegroting GTD	<2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	
CAPEX																			
DEVEX ten tijde van FID	€ 2.500.000	€ 500.000																	
Aanleg locatie		€ 3.000.000																	
Boringen	€ 600.000	€ 12.900.000	€ 1.500.000																
Productie installaties			€ 9.200.000																
OPEX																			
Garantie en onderhoud				€ 360.000	€ 367.200	€ 374.544	€ 382.035	€ 389.676	€ 997.469	€ 417.418	€ 425.767	€ 434.282	€ 442.968	€ 1.051.827	€ 472.864	€ 482.321	€ 491.967	€ 501.807	
Netbeheer				€ 20.000	€ 20.400	€ 20.808	€ 21.224	€ 21.649	€ 22.082	€ 22.523	€ 22.974	€ 23.433	€ 23.902	€ 24.380	€ 24.867	€ 25.365	€ 25.872	€ 26.390	
Personeelskosten en administratiekosten			€ 50.000	€ 240.000	€ 244.800	€ 249.696	€ 254.690	€ 259.784	€ 264.979	€ 270.279	€ 275.685	€ 281.198	€ 286.822	€ 292.559	€ 298.410	€ 304.378	€ 310.466	€ 316.675	
Administratiekosten			€ 25.000	€ 25.000	€ 25.500	€ 26.010	€ 26.530	€ 27.061	€ 27.602	€ 28.154	€ 28.717	€ 29.291	€ 29.877	€ 30.475	€ 31.084	€ 31.706	€ 32.340	€ 32.987	
Kosten elektriciteitsverbruik van de productieinstallatie				€ 545.288	€ 556.194	€ 567.318	€ 578.664	€ 590.237	€ 602.042	€ 614.083	€ 626.365	€ 638.892	€ 651.670	€ 664.703	€ 677.997	€ 691.557	€ 705.388	€ 719.496	
Opstalvergoeding			€ 10.000	€ 30.000	€ 30.600	€ 31.212	€ 31.836	€ 32.473	€ 33.122	€ 33.785	€ 34.461	€ 35.150	€ 35.853	€ 36.570	€ 37.301	€ 38.047	€ 38.808	€ 39.584	
Monitoringssysteem/telefoon			€ 25.000	€ 25.000	€ 25.500	€ 26.010	€ 26.530	€ 27.061	€ 27.602	€ 28.154	€ 28.717	€ 29.291	€ 29.877	€ 30.475	€ 31.084	€ 31.706	€ 32.340	€ 32.987	
Onroerende zaakbelasting				€ 25.000	€ 25.500	€ 26.010	€ 26.530	€ 27.061	€ 27.602	€ 28.154	€ 28.717	€ 29.291	€ 29.877	€ 30.475	€ 31.084	€ 31.706	€ 32.340	€ 32.987	
Verzekeringen			€ 60.000	€ 60.000	€ 61.200	€ 62.424	€ 63.672	€ 64.946	€ 66.245	€ 67.570	€ 68.921	€ 70.300	€ 71.706	€ 73.140	€ 74.602	€ 76.095	€ 77.616	€ 79.169	
Reservedelen			€ 75.000	€ 75.000	€ 76.500	€ 78.030	€ 79.591	€ 81.182	€ 82.806	€ 84.462	€ 86.151	€ 87.874	€ 89.632	€ 91.425	€ 93.253	€ 95.118	€ 97.020	€ 98.961	
Afvoerkosten (voor bijvoorbeeld afval)				€ 25.000	€ 25.500	€ 26.010	€ 26.530	€ 27.061	€ 27.602	€ 28.154	€ 28.717	€ 29.291	€ 29.877	€ 30.475	€ 31.084	€ 31.706	€ 32.340	€ 32.987	
Onvoorzien			€ 50.000	€ 100.000	€ 102.000	€ 104.040	€ 106.121	€ 108.243	€ 110.408	€ 112.616	€ 114.869	€ 117.166	€ 119.509	€ 121.899	€ 124.337	€ 126.824	€ 129.361	€ 131.948	
Overige kosten			€ 50.000	€ 150.000	€ 153.000	€ 156.060	€ 159.182	€ 162.364	€ 165.612	€ 168.924	€ 172.302	€ 175.748	€ 179.264	€ 182.850	€ 186.506	€ 190.236	€ 194.040	€ 197.922	
Totaal	€ 3.100.000	€ 16.400.000	€ 11.045.000	€ 1.680.288	€ 1.713.894	€ 1.748.172	€ 1.783.135	€ 1.818.798	€ 2.455.173	€ 1.904.276	€ 1.942.363	€ 1.981.207	€ 2.020.834	€ 2.661.253	€ 2.114.473	€ 2.156.765	€ 2.199.898	€ 2.243.900	

6.2. Financiële gegevens

Het project Geothermie Delft zal middels non-recourse projectfinanciering realiseren en exploiteren. De projectpartners zullen voor dit project bancaire financiering ter hoogte van 70% van het benodigde vermogen (DEVEX en CAPEX) aantrekken. De financiering van de overige 30%, risicodragend vermogen zal worden voldaan middels een Bijdrage aansluit Kosten (BAK) 5,8% te betalen door de TU-Delft aan GTD en eigen vermogen (agiotstorting) 24,2% door partners aan de hand van aandeelhoudersbelangen in GTD.

GeoThermie Delft B.V. (GTD BV)

Nummer waaronder de aanvrager in het handelsregister is ingeschreven KvK-nummer 81146116.

Korte omschrijving van de doelstelling:

Het realiseren en exploiteren van een aardwarmteproject in Delft middels het winnen en leveren van warmte en de formatiegas bijvangst aan de nieuw te bouwen warmtepomp-centrale van EQUANS, indirect wordt hier warmte geleverd aan de TU-Delft en enkele nabij gelegen woonwijken.

Het faciliteren van wetenschappelijk onderzoek door TU-Delft aan de aardwarmtebron waarmee een significante bijdrage geleverd kan gaan worden aan verdere opschaling van deze duurzame warmte technologie.

Oprichtingsakte zie bijlage 3.

Deelnemers in de bovenstaand genoemde rechtspersoon zijn:

Aandeelhouder	Aandelen	Percentage geplaatst aandelenkapitaal
EBN Aardwarmte BV	400	40%
Aardyn BV	351	35.1%
TUD Services BV	99	9.9%
Shell Geothermal BV	150	15%
Totaal	1.000	100%

EBN Aardwarmte B.V. 40%

Een besloten vennootschap met beperkte aansprakelijkheid, statutair gevestigd te Utrecht, kantoorhoudende te Daalsesingel 1, 3511 SV Utrecht, ingeschreven in het Handelsregister onder nummer 74656619.

Korte omschrijving van de doelstelling:

EBN streeft met deelname in aardwarmteontwikkelingen door middel van de play-based portfolio benadering een versnelling na van de veilige en verantwoorde opschaling van aardwarmte in Nederland.

Geen bijzonder zeggenschap in GTD BV, meerderheden geregeld in de aandeelhoudersovereenkomst.

Aardyn B.V. 35.1 %

Een besloten vennootschap met beperkte aansprakelijkheid, statutair gevestigd te Dordrecht, kantoorhoudende te Laan van Barcelona 800, 3317 DD, Dordrecht, ingeschreven in het Handelsregister onder nummer 52172872.

Korte omschrijving van de doelstelling:

Het ontwikkelen, realiseren, exploiteren, aan- en verkopen, beheren en onderhouden van aardwarmte systemen ten einde op milieuvriendelijke wijze warmte en andere energievormen te voorzien aan tuinders, industrieën en stadsverwarmingsnetten in de Benelux. Aardyn leent werknemers uit voor bovengenoemde projecten/diensten.

Geen bijzonder zeggenschap in GTD BV, meerderheden geregeld in de aandeelhoudersovereenkomst.

TU Delft Services B.V. 9,9%

Een besloten vennootschap met beperkte aansprakelijkheid, statutair gevestigd te Delft, kantoorhoudende te Van der Burghweg 1, 2628 CS Delft, ingeschreven in het Handelsregister onder nummer 27237153.

Korte omschrijving van de doelstelling:

TU Delft Services is onderdeel van de Technische Universiteit Delft. Op het terrein van de Technische Universiteit Delft is een aardwarmtereservoir aanwezig. De Technische Universiteit Delft wenst wetenschappelijk onderzoek te verrichten aan dit aardwarmtereservoir alsmede dit aardwarmtereservoir te benutten voor het opwekken van duurzame energie.

Geen bijzonder zeggenschap in GTD BV, meerderheden geregeld in de aandeelhoudersovereenkomst.

Shell Geothermal B.V. 15%

Een besloten vennootschap met beperkte aansprakelijkheid, statutair gevestigd te 's-Gravenhage, kantoorhoudende te Carel van Bylandtlaan 30, 2596 HR 's-Gravenhage, ingeschreven in het Handelsregister onder nummer 55853803.

Korte omschrijving van de doelstelling:

Shell Geothermal is actief op het gebied van het ontwikkelen van aardwarmteprojecten in Nederland.

Geen bijzonder zeggenschap in GTD BV, meerderheden geregeld in de aandeelhoudersovereenkomst.

6.3. Reserveringskosten abandonment en onvoorziene uitgaven

In de totale capex is € 2,9 miljoen euro opgenomen voor onvoorzien. Resterend geld na realisatiefase uit deze post wordt opgenomen als reservering in het project. Daarnaast wordt ook een reserve account gevuld in de loopt van de tijd ter dekking van een eventuele abandonnering.

In de businesscase is een reservering van 1.500.000 euro opgenomen voor abandonnering in het laatste jaar van exploitatie, zijnde 2053.

7. Referenties

Baisch et al, 2016. *Defining the Framework for Seismic Hazard Assessment in Geothermal Projects V0.1 (Qcon en IF Technology)*.

TNO-AGE, 2014. Brief: Bepaling begrenzing winningsvergunning aardwarmte, ref. AGE 14-10.050.

8. Bijlagen

Bijlage 1: SDE++2020 document en het ondergrond evaluatie document

Bijlage 2: Procesbeschrijving Productielocatie aardwarmteproject

Bijlage 3: Oprichtingsakte GeoThermie Delft B.V.

Appendix A: Maximale injectiedruk

Voor de berekening van de Maximale injectiedruk wordt voorlopig (pre-drill en pre-evaluatie) het SodM protocol gebruikt. Omdat er door het pompen van de injectievloeistof door de verbuizing dynamische drukverliezen optreden en hier geen rekening mee wordt gehouden in het SodM protocol, worden deze dynamische drukverliezen na de berekening volgens SodM protocol ook meegenomen in de bepaling van de uiteindelijke maximale injectiedruk.

De maximale Tubing Head Pressure van injectieput DEL-GT-02-I is berekend aan de hand van de statische en dynamische drukval en de maximaal toegestane Bottom Hole Pressure. De maximale injectiedruk wordt eerst bepaald volgens het SodM protocol, waarin de maximale Tubing Head Pressure wordt berekend aan de hand van enkel de statische drukval en de maximaal toegestane Bottom Hole Pressure. Vervolgens worden ook de dynamische drukverliezen berekend, waarmee de uiteindelijke maximale Tubing Head Pressure is bepaald. De maximale injectiedruk wordt berekend op basis van de parameters in Tabel 8-1.

Tabel 8-1: Parameters voor berekening maximale injectiedruk

	Parameter	Waarde
Vloeistofeigenschappen	Zoutgehalte	130.000 ppm
	Injectietemperatuur	20 °C
	Dichtheid	1094 kg/ m ³
	Viscositeit	1,270 mPa/s
Puteigenschappen	Absolute ruwheid casing	0,07 mm

Maximale injectiedruk volgens SodM protocol (SodM, 2013)

De maximale injectiedruk volgens SodM protocol (2013) is als volgt berekend:

$$\text{THPmax [bar]} = \text{Depth top reservoir} \times (0.135 - [\text{gradient injection water}])$$

$$\text{Depth top reservoir (TVD)} = 1957\text{m}$$

$$\text{Gradient injection water} = 1.094 \times 0.0981 = 0.107 \text{ bar/m}$$

$$\text{THPmax [bar]} = 1957 \times (0.135 - [0.107]) = 54.8 \text{ bar}$$

Dit is de statische maximale THP.

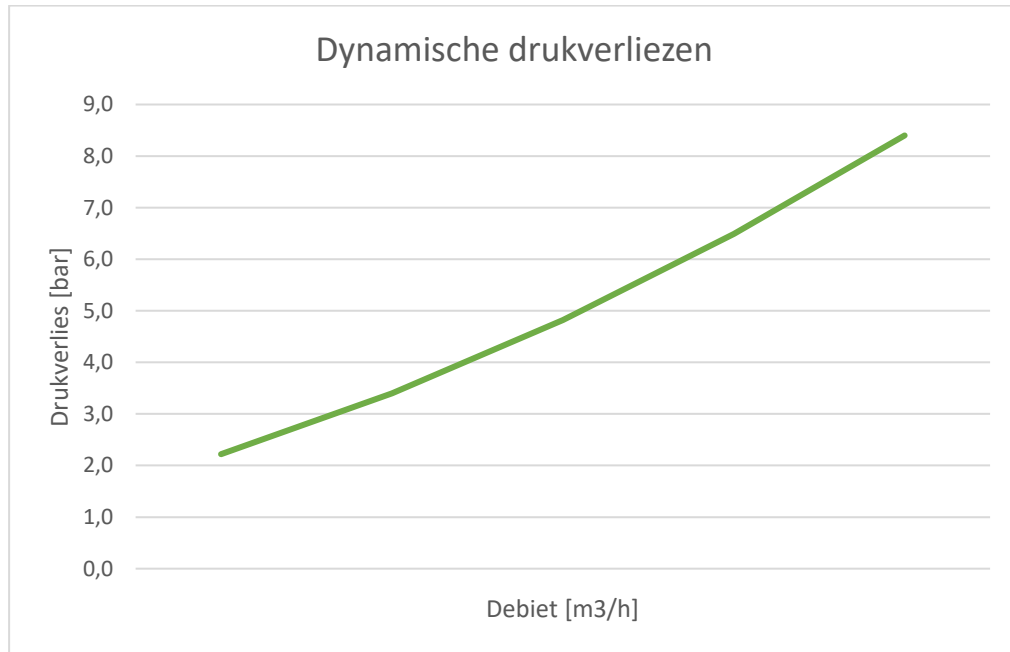
Dynamische drukval

In het SodM protocol wordt rekening gehouden met statische drukverliezen aan de hand van de hydrostatische gradiënt, maar wordt geen rekening gehouden met de dynamische drukverliezen.

De dynamische drukverliezen zijn berekend aan de hand van de Darcy-Weisbach vergelijking. De frictiefactor die in deze vergelijking gebruikt wordt is berekend aan de hand van de Colebrook-White vergelijking. De uitkomst van de frictieberekening is te zien in Figuur 8-1. Bij de berekening zijn de parameters in Tabel 8-1 en de Well schematics in Figuur 4.9 gebruikt.

Slecht kwantificeerbare onderdelen zijn niet meegenomen. De berekende dynamische drukverliezen zijn daarom naar alle waarschijnlijkheid een onderschatting van de werkelijkheid. Niet opgenomen putonderdelen zijn onder andere:

- Flowline tussen drukmeter wellhead (incl. bochtstukken)
- Wellhead (inclusief vernauwingen)
- Liner hangers (extra drukverlies door verandering van diameter)
- Packer profiel (extra drukverlies door verandering van diameter)
- Perforaties (extra drukverlies door oneffenheden van naar binnen staande bramen)



Figuur 8-1: Dynamisch drukverliezen

Maximale dynamische THP

Wanneer de dynamische drukverliezen worden meegenomen in de berekening van de maximale Tubing Head Pressure, kunnen deze worden opgeteld bij de maximaal toegestane Tubing Head Pressure bepaald volgens SodM protocol. Bijvoorbeeld: Bij het maximale debiet van 360 m³/h, is de maximale tubing head pressure 54.8 + 8.4 = 63.2 bar. De variabele maximale Tubing Head Pressure uitgaande van het standaard protocol en berekende frictie is weergegeven in Tabel 8-2.

Tabel 8-2: Injectiedruk protocol SodM (2013) inclusief frictieverliezen.

Maximale THP SodM protocol (2013)					
Statische THPmax [bar]	54,8				
Debietsafhankelijk frictieverlies					
	Debiet [m3/h]				
	0-200	200-250	250-300	300-350	350-400
Frictie verlies [bar]	2,2	3,4	4,8	6,5	8,4
Dynamische THPmax [bar]	57,0	58,2	59,6	61,3	63,2

Maximale dynamische THP inclusief temperatuureffect-correctie (SodM 2020)

In een Toezichtsignaal Integriteit van het geothermisch reservoir en de afsluitende lagen (SodM 2020) geeft SodM aan dat er naast het conservatieve injectiedrukprotocol van SodM uit 2013 ook een additionele correctie toegepast zou moeten worden indien er meer dan 40°C uitkoeling plaats zal vinden. De rekenmethode staat in Figuur 8-2. Als deze rekenmethode toegepast wordt op de dynamische maximale THP in Tabel 8-2, dan resulteert dat in de maximale debietsafhankelijke en injectietemperatuurafhankelijke THPs in Tabel 8-3.

Tabel 8-3 is de tabel die er voor de boring aangehouden zal worden voor het DEL-GT-01/02 doublet. Na de boring zal er op basis van de resultaten een geomechanische studie uitgevoerd worden om de maximale THP nader te bepalen.

De maximale injectiedruk, de maximale Tubing Head Pressure (THP) op de injectieput is:	
$THP_{max} = TVD * (0,135 - dP) - \text{temperatuureffect [bar]}$	
Waarbij:	
TVD	Verticale diepte van de injectieput, gemeten vanaf het maaiveld tot de top van het reservoir (gemeten in meters, TVD)
dP	Hydrostatische druk gradiënt van het lokale injectiewater als functie van het zoutgehalte (gemeten in bar/m)
0,135 bar/m	Deze constante waarde is gebaseerd op een conservatieve waarde voor de kleinste horizontale gesteentespanning.
Temperatuureffect	Indien de uitkoeling groter is dan 40 graden Celsius geldt voor elke graad extra uitkoeling, één bar temperatuureffect. Is de uitkoeling minder dan 40 graden Celsius dan vervalt deze term. = (dT – 40), waarbij dT de mate van uitkoeling is in graden Celsius.

Figuur 8-2: Rekenmethode uit Toezichtsignaal Integriteit van het geothermisch reservoir en de afsluitende lagen, SodM 2020.

Tabel 8-3: Injectiedruk (THP) inclusief frictieverliezen en injectietemperatuurcorrectie (SodM, 2020).

Maximale THP SodM protocol (SodM, 2013)					
THPmax [bar]	54,8				
Debietsafhankelijk frictieverlies					
	Debiet [m3/h]				
	0-200	200-250	250-300	300-350	350-400
Frictie verlies [bar]	2,2	3,4	4,8	6,5	8,4
Maximale debietsafhankelijke temperatuur-afhankelijke injectiedruk (THP) (SodM, 2020)					
Gebaseerd op reservoirtemperatuur bij injector van 72°C					
THPmax [bar]	Debiet [m3/h]				
Minimale injectie temperatuur (°C)	0-200	200-250	250-300	300-350	350-400
32	57,0	58,2	59,6	61,3	63,2
31	56,0	57,2	58,6	60,3	62,2
30	55,0	56,2	57,6	59,3	61,2
29	54,0	55,2	56,6	58,3	60,2
28	53,0	54,2	55,6	57,3	59,2
27	52,0	53,2	54,6	56,3	58,2
26	51,0	52,2	53,6	55,3	57,2
25	50,0	51,2	52,6	54,3	56,2
24	49,0	50,2	51,6	53,3	55,2
23	48,0	49,2	50,6	52,3	54,2
22	47,0	48,2	49,6	51,3	53,2
21	46,0	47,2	48,6	50,3	52,2
20	45,0	46,2	47,6	49,3	51,2