

# Winningsplan

---

## Aardwarmte-Oostvoorne



Indiener: Duurzaam Voorne Holding B.V..  
Hydreco Geomec B.V. (mede vergunninghouder en operator)

Aanvraag conform: Naam: Winningsvergunning Aardwarmte Voorne  
Kenmerk: 171219 -final  
Datum: ingediend en ontvankelijk 17 december 2019

Conform: Mijnbouwwet artikel 34 juncto Mijnbouwwet artikel 39

Voorliggend winningsplan  
ingediend op: 21 juli 2020

Versie: 1

## Samenvatting

### Wat is aardwarmte

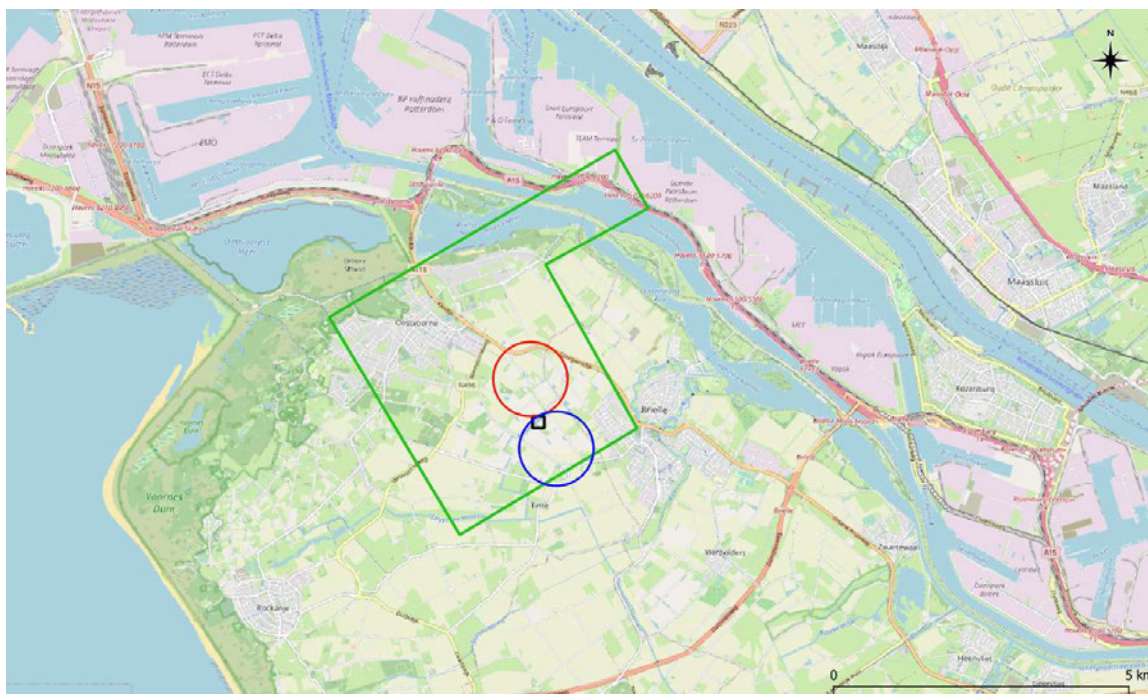
Diep in de bodem is warm water aanwezig dat is opgeslagen in (poreuze) zand- en gesteentelagen. Hoe dieper in de aarde, hoe warmer het wordt. Met iedere kilometer diepte stijgt de temperatuur met ongeveer 30°C. Op twee tot drie kilometer diepte zit dus water van wel 60 tot 90 °C. De energie die in dit 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.hoewerkaardwamte.nl](http://www.hoewerkaardwamte.nl)
- [www.geothermie.nl](http://www.geothermie.nl)

### Omschrijving locatie en formatie

Duurzaam Voorne Holding B.V. realiseert het aardwarmteproject “Duurzaam Voorne” aan de Konneweg 4b te Tinte in de gemeente Westvoorne, liggend in de provincie Zuid-Holland. De ligging van de locatie is aangegeven in Figuur 1 en Figuur 2. De oppervlakte winningslocatie is aangegeven met zwart vierkant, groene rand is grens gebied aangevraagde winningsvergunning, rode cirkel is invloedgebied winningsput en blauwe cirkel is invloedgebied injectieput.



Figuur 1: Locatie Tinte-Oostvoorne



Figuur 2: Locatie Tinte-Oostvoorne

De locatiekeuze voor het project is bepaald vanuit de geologische mogelijkheden van de ondergrond, de zogenaamde Trias zandsteen waaruit voldoende warm water geproduceerd kan worden, in combinatie met de warmtevraag vanuit het direct daarboven gelegen glastuinbouw-intensiveringsgebied Tinte.

De ligging van een beperkt deel van het invloedgebied van de injectieput (blauwe cirkel) is gelegen buiten het aangevraagde begrensde gebied van de winningsvergunningaanvraag en vormt een overlap met de Brielle 2 en Vierpolders opsporingsvergunninghouders. Er zijn private afspraken gemaakt met de Brielle2/Vierpolders opsporingsvergunninghouders en dit is schriftelijk vastgelegd. Dit is ter voldoening aan en in lijn met artikel 42 lid 2 van de Mijnbouwwet geschied<sup>1</sup>.

De locatie is bestemd voor het winnen van aardwarmte, deze warmte wordt onttrokken aan het formatiewater dat uit de diepe ondergrond afkomstig is. In het formatiewater dat wordt onttrokken is formatiegas aanwezig dat met een ontgassingsinstallatie van het formatiewater wordt gescheiden. Het warme formatiewater wordt verpompt vanaf de productieput naar de ontgassingsinstallatie waar het gas wordt gescheiden van het formatiewater, het water stroomt vervolgens door de leidingen naar de warmtewisselaars waar de warmte wordt overgedragen aan een warmtenet. De gewonnen warmte wordt verdeeld over diverse glastuinbouwbedrijven en mogelijk toekomstig ook aan woningen in verstedelijkt gebied. Het afgekoelde water wordt via de injectieput weer in dezelfde laag in de ondergrond gebracht waar het water van afkomstig

<sup>1</sup> Overeenkomst GeoMEC-4P Realisatie & Exploitatie B.V. met Duurzaam Voorne Holding B.V., afstand van gedeelte opsporingsvergunninggebied door Vierpolders, beschikbaar op aanvraag voor EZK

was. Het afgescheiden gas wordt gedroogd/gekoeld en getransporteerd naar een ketelinstallatie waar het gas wordt verbrand waarbij de warmte die hiermee wordt geleverd aan het warmtenet wordt toegevoegd. In geval van storingen, onderhoud of calamiteiten kan het gas afgefakkeld worden via de aanwezige grondfakkel op de inrichting.

Het aquifer bevindt zich in Hoofd Bontzandsteen dat ter plaatse een dikte heeft van netto circa 166 meter, in deze zandsteen formatie die het warme water van circa 89°C in haar poriën bevat zijn de twee putten geboord. De waterproductie en waterinjectie vinden plaats op circa 2.200 meter beneden maaiveld. Per dag wordt binnen een bandbreedte van 250 m³/uur tot 300 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 in Oostvoorne 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

|                                                                                                                             |                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| <b>Algemene gegevens</b>                                                                                                    |                                |
| Naam aanvrager (= uitvoerder)                                                                                               | Hydreco Geomec BV              |
| Contactpersoon                                                                                                              | [REDACTED], omgevingsmanager   |
| Postadres                                                                                                                   | Minervum 7181<br>4817 ZN Breda |
| Telefoonnummer                                                                                                              | [REDACTED]                     |
| E-mail                                                                                                                      | [REDACTED]@hydrecogeomec.nl    |
| <b>Soort plan</b>                                                                                                           | Nieuwe aanvraag winningsplan   |
| <b>Soort (delf)stof</b>                                                                                                     | Aardwarmte                     |
| <b>Locatie</b>                                                                                                              | Territoir                      |
| Relevante bepalingen voor de beoordeling van uw aanvraag uit Mijnbouwwet en –regelgeving:<br><br>- 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 [mijnbouwaanvragen@minez.nl](mailto:mijnbouwaanvragen@minez.nl)

## Inhoud

|                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| Samenvatting.....                                                   | 2  |
| 1 Inleiding .....                                                   | 10 |
| 1.1 Wettelijk kader .....                                           | 11 |
| 1.2 Verantwoorde winning, veilig voor mens en milieu.....           | 12 |
| 1.3 Publiekscommunicatie.....                                       | 13 |
| 2 Locatie en beschrijving van het beoogde geothermisch systeem..... | 14 |
| 2.1 Beschrijving van geothermisch systeem .....                     | 16 |
| 2.2 Beschrijving van de putten .....                                | 17 |
| 3 Ondergrond .....                                                  | 22 |
| 3.1 Algemene beschrijving ondergrond .....                          | 22 |
| 3.2 Resultaten reservoir karakterisatie .....                       | 28 |
| 4 Beoogde wijze van winning .....                                   | 31 |
| 4.1 Putintegriteit .....                                            | 31 |
| 4.2 Continue monitoring .....                                       | 31 |
| 4.2.1 Productiviteit/injectiviteit monitoring.....                  | 31 |
| 4.2.2 Putintegriteit monitoring.....                                | 31 |
| 4.3 Periodiek monitoring.....                                       | 32 |
| 4.3.1 Casing dikte.....                                             | 32 |
| 4.3.2 Spuitkruis .....                                              | 32 |
| 4.3.3 Corrosie en wateranalyse .....                                | 32 |
| 4.3.4 Proces monitoring .....                                       | 32 |
| 4.3.5 Omgevingsmonitoring .....                                     | 32 |
| 4.4 Beoogde installatie .....                                       | 39 |
| 4.5 Systeemconfiguratie .....                                       | 42 |
| 4.6 Reservoir integriteit .....                                     | 42 |
| 4.7 Beoogde operationele instellingen .....                         | 44 |
| 5 Prognose winning .....                                            | 48 |
| 6 Interferentie met ander gebruik (diepe) ondergrond .....          | 53 |
| 7 Natuur en milieu.....                                             | 59 |
| 7.1 Bodemdaling of -stijging.....                                   | 59 |
| 7.1 Beschermde gebieden .....                                       | 61 |
| 7.2 Grondwater (Anita).....                                         | 61 |
| 8 Bodemtrilling: Seismische risico analyse (SRA) .....              | 63 |
| 8.1 Verbinding met kristallijnen basis .....                        | 65 |
| 8.2 Afstand (km) tot bestaande breuken .....                        | 66 |

|     |                                                      |    |
|-----|------------------------------------------------------|----|
| 8.3 | Oriëntatie van de breuk in heersende stressveld..... | 67 |
| 8.4 | Netto geïnjecteerd volume (x 1.000 m3) .....         | 67 |
| 8.5 | Drukcommunicatie tussen de putten .....              | 67 |
| 8.6 | Injectiedruk (bar) .....                             | 67 |
| 8.7 | Systeemdebiet (m3/uur) .....                         | 67 |
| 8.8 | Afstand (km) tot natuurlijke aardbevingen .....      | 68 |
| 8.9 | Afstand (km) tot geïnduceerde seismiciteit .....     | 68 |
| 9   | Voorziene kosten van winning .....                   | 69 |
| 10  | Referenties/Bijlagen .....                           | 72 |

## Figurenlijst

|                                                                                                                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figuur 1: Locatie Tinte-Oostvoorne.....                                                                                                                                                                                        | 2  |
| Figuur 2: Locatie Tinte-Oostvoorne.....                                                                                                                                                                                        | 3  |
| Figuur 3: Afbeelding mijnbouwlocatie vanuit de lucht (noordwesten).....                                                                                                                                                        | 14 |
| Figuur 4: Locatie van geothermisch project. ....                                                                                                                                                                               | 15 |
| Figuur 5: Tekening plangebied met in middelpunt de putkelders en rechts het ketelhuis .....                                                                                                                                    | 16 |
| Figuur 6: Put diagram TNT-GT-01-P.....                                                                                                                                                                                         | 18 |
| Figuur 7: Put diagram TNT-GT-02-I.....                                                                                                                                                                                         | 19 |
| Figuur 8: Puttraject TNT-GT-01.....                                                                                                                                                                                            | 20 |
| Figuur 9: Puttraject TNT-GT-02.....                                                                                                                                                                                            | 21 |
| Figuur 10: Schematische geologische doorsnede rond Tinte gebaseerd op DGM-Diep2014 (TNO). ....                                                                                                                                 | 23 |
| Figuur 11: Seismische dwarsdoorsneden parallel aan (A-A') en loodrecht op (B-B') het breukblok waarin het Tinte doublet is geboord. ....                                                                                       | 24 |
| Figuur 12: Stratigrafisch overzicht met GR van TNT-GT-01-P en TNT-GT-02-I. ....                                                                                                                                                | 25 |
| Figuur 13: Diepte kaart van de top van de Hardegse Formatie (boven) en Dikte kaart van de Hoofd Bontzandsteen Subgroep (onder) in het aangeboorde breukblok Breuken op basis reservoir niveau zijn donkerrood gestippeld. .... | 26 |
| Figuur 14: Seismische doorsnede langs de TNT-GT-01 en TNT-GT-02 puttrajecten. ....                                                                                                                                             | 27 |
| Figuur 15: Seismic stations currently installed in the province of South-Holland (dd 07-2020). Green triangles: ZH01, ZH03, ZH06 wellbore stations (network to be expanded to 10 borehole stations).....                       | 33 |
| Figuur 16: Overzicht van de put-barrières voor TNT-GT-01-P en TNT-GT-01-I. Barrière elementen (nummers) staan omschreven in Figuur 17. ....                                                                                    | 36 |
| Figuur 17: Put barrière elementen inclusief beschrijving, functie, failure mode, effect, en consequentie.....                                                                                                                  | 38 |
| Figuur 18: tekening plangebied met in middelpunt de putkelders en rechts het ketelhuis .....                                                                                                                                   | 39 |
| Figuur 19: Indicatief processchema.....                                                                                                                                                                                        | 40 |
| Figuur 20: Geomech.xls tool van TNO, ingevuld voor het geothermische Tinte project, gebruik makend van de DoubletCalc parameters zoals beschreven in hoofdstuk 5. ....                                                         | 44 |
| Figuur 21: Operationele parameters als functie van debiet. ....                                                                                                                                                                | 45 |
| Figuur 22: ESP pomp druk ( $P_{out}-P_{in}$ ) TNT-GT-01-P.....                                                                                                                                                                 | 46 |
| Figuur 23: Injectie druk TNT-GT-02. OBV permeabiliteit, dikte en skin factor zoals gemeten bij de circulatietest. Skin kan veranderen gedurende exploitatie. Bovenstaande plaatje is een hoogst onzekere voorspelling. ....    | 46 |
| Figuur 24: Input DoubletCalc1D Tinte winningsplan.....                                                                                                                                                                         | 49 |
| Figuur 25: Input en output DoubletCalc1D Tinte winningsplan .....                                                                                                                                                              | 50 |
| Figuur 26: DoubletCalc output voor verschillende pompdrukverschillen, gebaseerd op DoubletCalc parameters uit Figuur 25. ....                                                                                                  | 51 |
| Figuur 27: Prognose cumulatieve energie (GJ).....                                                                                                                                                                              | 52 |
| Figuur 28: Ligging geothermisch Tinte project ten opzichte van olie en gas velden en koolwaterstofvergunningen. ....                                                                                                           | 53 |
| Figuur 29: Ligging geothermisch Tinte project ten opzichte van andere geothermische opsporingsvergunningen (groen) en geothermische winningsvergunningen (paars). ....                                                         | 55 |
| Figuur 30: Druk distributie na 35 jaar. Hoge druk (rood) rondom TNT-GT-02-I en lage druk (blauw) rondom TNT-GT-01-P. ....                                                                                                      | 56 |

|                                                                                                                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figuur 31: Temperatuur verdeling na 35 jaar. Lage temperatuur (blauw) rondom TNT-GT-02-I. Kleurenschaal: Blauw: 30C→Rood: 90C. ....                                                                 | 57 |
| Figuur 32: Temperatuur verdeling na 35 jaar. Lage temperatuur (blauw) rondom TNT-GT-02-I. Kleurenschaal: Blauw: 30C→Rood: 90C. Oostvoorne opsporing/winningsvergunningsgrens in groen.....          | 58 |
| Figuur 33: Inputparameters voor Figuur 30 en Figuur 31. ....                                                                                                                                        | 58 |
| Figuur 34: Bodemdaling na 35 jaar. Maximale bodemdaling na 35 jaar is 3.5mm (blauw).....                                                                                                            | 59 |
| Figuur 35: Bodemdaling in het gebied van het Tinte geothermische project. Bron: <a href="http://www.bodemdalingskaart.nl">www.bodemdalingskaart.nl</a> .....                                        | 60 |
| Figuur 36: Kaart van NatuurNetwerk Nederland. Tinte projectlocatie is aangegeven met winningsvergunning-contour in paars.....                                                                       | 61 |
| Figuur 37: Kaart van drinkwaterwinningslocaties, grondwaterlichamen en milieubeschermingsgebieden voor grondwater. Tinte projectlocatie is aangegeven met winningsvergunning-contour in paars. .... | 62 |
| Figuur 38: Stap 1 van de beslisboom voor Seismisch Risico in Geothermische Projecten (QCon/IF).....                                                                                                 | 64 |
| Figuur 39: QuickScan Seismisch Risico (QCon/IF). Score 20/90: Seismisch Risico = Laag .....                                                                                                         | 65 |
| Figuur 40: links: geologische doorsnede. Rechts: Schematic depth map in kilometres of the top of the pre-Silesian (Geluk et al, 2007) .....                                                         | 66 |
| Figuur 41: Afstand putten tot breuken >800m .....                                                                                                                                                   | 66 |
| Figuur 42: Kaart met alle seismiciteit in Nederland en omgeving van 1900-2014. Geïnduceerde seismiciteit is aangegeven in groen en geel. Natuurlijke seismiciteit is aangegeven in rood. ....       | 68 |

## Tabellenlijst

|                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 1: Gegevens van de locatie van geothermische inrichting .....                     | 15 |
| Tabel 2: Algemene putinformatie .....                                                   | 17 |
| Tabel 3: Verbuizingsschema TNT-GT-01.....                                               | 17 |
| Tabel 4: Verbuizingsschema TNT-GT-02.....                                               | 17 |
| Tabel 5: Gemiddelde aquifer parameters .....                                            | 28 |
| Tabel 6: Water samenstelling .....                                                      | 29 |
| Tabel 7: Gassamenstelling TNT-GT-01P.....                                               | 30 |
| Tabel 8: warmteleveringsscenario's.....                                                 | 44 |
| Tabel 9: Samenvatting van de operationele parameters van het geothermische systeem..... | 47 |
| Tabel 10: Verwachte productie van het Tinte doublet. ....                               | 52 |
| Tabel 11: afname geothermisch warmtebrondebiet .....                                    | 70 |
| Tabel 12: Financieel overzicht Tinte project.....                                       | 71 |

## 1 Inleiding

Hydreco GeoMEC heeft aan de Konneweg 4b te Tinte twee diepboringen uitgevoerd voor een aardwarmteproject. Uit de eerste geboorde put (TNT-GT-01) zal aardwarmte gewonnen worden en de tweede geboorde put (TNT-GT-02) zal gebruikt worden om het afgekoelde water weer in de ondergrond te brengen.

De locatie is bestemd voor het winnen van aardwarmte uit water uit de diepe ondergrond. Het warme water stroomt vanaf de productieput naar de ontgassingsinstallatie en de warmte wordt vervolgens overgedragen door een warmtewisselaar aan een warmtenet. De gewonnen warmte wordt verdeeld over diverse glastuinbouwbedrijven en mogelijk toekomstig ook aan woningen in het verstedelijkt gebied op het eiland Voorne Putten. Het afgekoelde water wordt via de injectieput weer in de ondergrond gebracht. Het gas uit de ontgassingsinstallatie wordt gedroogd en vervolgens verstoekt in een te plaatsen ketel. In geval van storingen, onderhoud of calamiteiten kan het gas afgefakkeld worden via de aanwezige fakkel.

Hydreco Geomec is operator (Vergunninguitvoerder 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.

Dit winningsplan wordt opgesteld in het kader van de Mijnbouwwet en beschrijft hoe de winning van aardwarmte in Tinte plaats vindt, wat de mogelijke ondergrondse effecten voor de omgeving en het milieu zijn en hoe deze beheerst worden. Het gaat hierbij in dit winningsplan dus om de ondergrondse effecten. Met de ondergrondse effecten wordt bedoeld de mogelijke ondergrondse effecten in bodem ten gevolge van de productie en injectie van het formatiewater en de mogelijke ondergrondse effecten die te maken hebben met de integriteit van de productieput die het water naar boven haalt en de integriteit van de injectieput die het water weer injecteert in de bodemlaag waaruit dit water afkomstig was.

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 dit voorliggende winningsplan, dient een operator dus tevens vergunningen (omgevingsvergunning en watervergunning) conform de Wabo te bezitten en heeft hij daarnaast een geïmplementeerd veiligheids- en gezondheidssystem voorhanden.

Dit drieluik van documenten zijnde:

- Voorliggend winningsplan
- Wabo vergunningen
- Veiligheids- en gezondheidssystem voorhanden

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 reguleringsystematiek 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 vergunningverleningssystematiek, 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 medio 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.:
  1. 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.
  2. 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. Daarnaast is er intensief contact met gemeente Westvoorne in verband met een mogelijk toekomstig stedelijke warmtenet, conform de door gemeenten opgestelde "Routekaart duurzaam Voorne-Putten 2040".

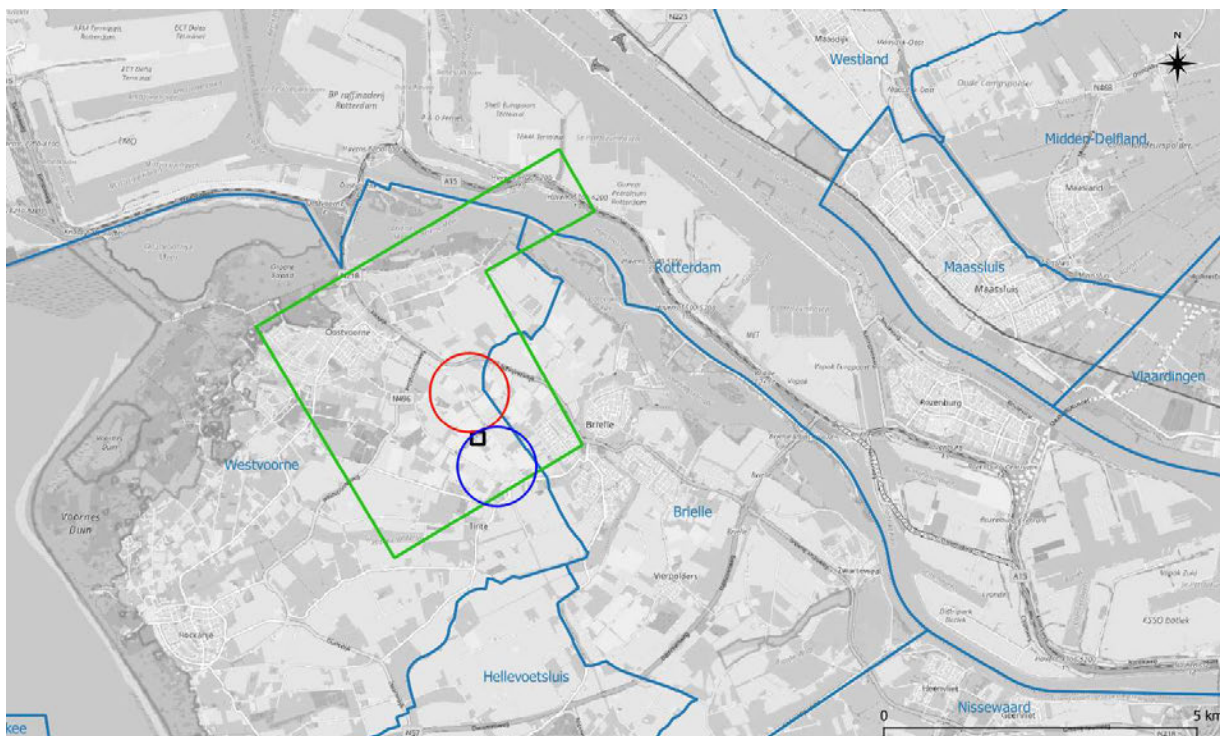
Zie ook de project website van Voorne [www.duurzaam-voorne.nl](http://www.duurzaam-voorne.nl)

## 2 Locatie en beschrijving van het beoogde geothermisch systeem

Het plangebied is gelegen in de bestuurlijke gemeente Westvoorne, provincie Zuid-Holland, op het perceel kadastraal bekend gemeente Westvoorne sectie C nummers 667, 668 en 670. De locatie bevindt zich op korte afstand van enkele glastuinbouwbedrijven. De dichtstbijzijnde woonbebouwing bevindt zich op een afstand van circa 200 m van de grens van het werkterrein. De locatie is bereikbaar via de Konneweg te Tinte en is ontsloten door middel van een inrit en toegangsweg (zie Figuur 3, Figuur 4). De gegevens van de locatie van geothermische inrichting zijn weergegeven in Tabel 1.



Figuur 3: Afbeelding mijnbouwlocatie vanuit de lucht (noordwesten)



Figuur 4: Locatie van geothermisch project.

Blauw = gemeentegrenzen, zwarte vierkant = de oppervlakte locatie, rode cirkel = invloedcirkel van producer TNT-GT-01-P op reservoirniveau, blauwe cirkel = locatie van injector TNT-GT-02-I op reservoirniveau.

Tabel 1: Gegevens van de locatie van geothermische inrichting

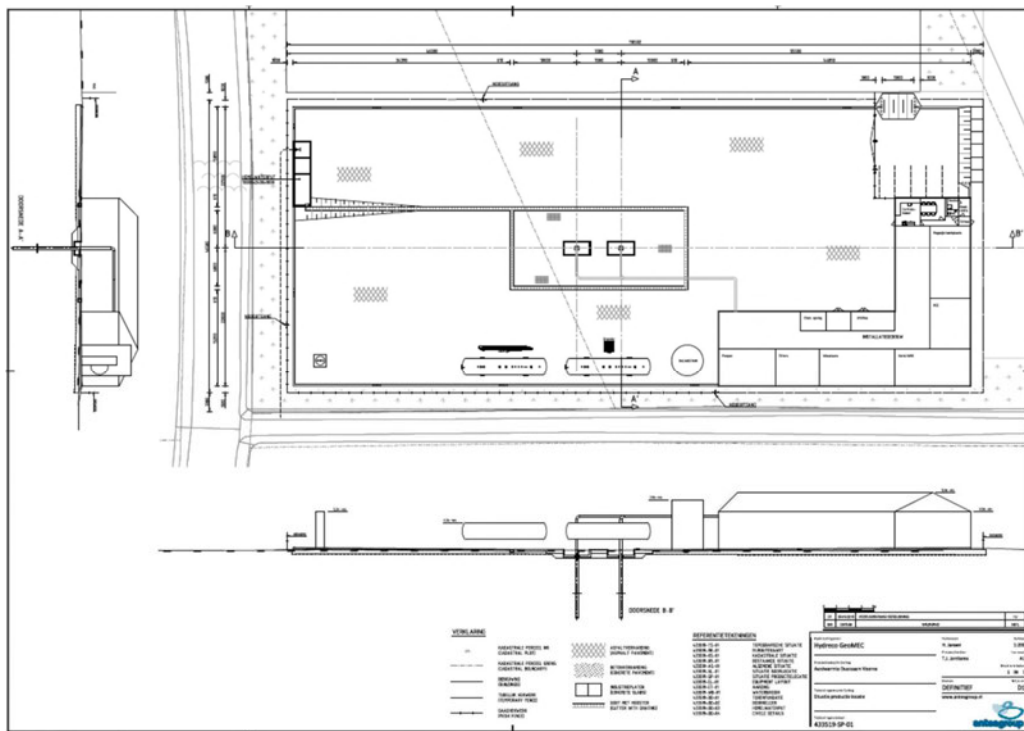
|                                                           |                                                         |           |            |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------|------------|
| <b>Naam</b>                                               | Duurzaam Voorne                                         |           |            |
| <b>Coördinaten Mijnbouwlocatie</b>                        | <u>Punt</u>                                             | <u>X</u>  | <u>Y</u>   |
|                                                           | A                                                       | 68783     | 435272     |
| <b>Adres Mijnbouwlocatie</b>                              | Konneweg 4B Tinte                                       |           |            |
| <b>Coördinaten in procedure zijnde Winningsvergunning</b> | <u>Punt</u>                                             | <u>X</u>  | <u>Y</u>   |
|                                                           | 1                                                       | 67437.904 | 433382.517 |
|                                                           | 2                                                       | 65225.000 | 437065.000 |
|                                                           | 3                                                       | 70070.000 | 439898.000 |
|                                                           | 4                                                       | 70633.000 | 438911.000 |
|                                                           | 5                                                       | 68892.000 | 437956.000 |
|                                                           | 6                                                       | 70441.449 | 435183.580 |
| <b>In de gemeenten:</b>                                   | Westvoorne, Brielle, Rotterdam                          |           |            |
| <b>Start Winningsvergunning</b>                           | Onbekend (input na verlening winningsvergunning bekend) |           |            |
| <b>Eind Winningsvergunning</b>                            | Onbekend (input na verlening winningsvergunning bekend) |           |            |
| <b>Winningsvergunning</b>                                 | Nog niet verleend                                       |           |            |

## 2.1 Beschrijving van geothermisch systeem

De warmte wordt primair gewonnen uit geproduceerd formatiewater. Het systeem produceert in de Trias zandstenen op een diepte van ongeveer 2302 meter met water van ongeveer 89 graden en injecteert in de Trias zandstenen op een diepte van ongeveer 2217 meter. 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.

Dan wordt de warmte afgegeven door middel van warmtewisselaars aan het secundaire warmtenet. Het afgekoelde water wordt na een 2e filterstraat met een zware pomp teruggepompt in de formatie. Het opgewarmde water aan de secundaire zijde van de bronwarmtewisselaars wordt door middel van een transportnet en transportpompen bij de afnemers gebracht. Bij de afnemers wordt door middel van warmtewisselaars de warmte overgebracht op het verwarmingswater van de bestaande verwarmingsinstallatie.

Voor procesbeschrijving zie paragraaf 4.4.



Figuur 5: Tekening plangebied met in middelpunt de putkelders en rechts het ketelhuis

## 2.2 Beschrijving van de putten

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

Tabel 2: Algemene putinformatie

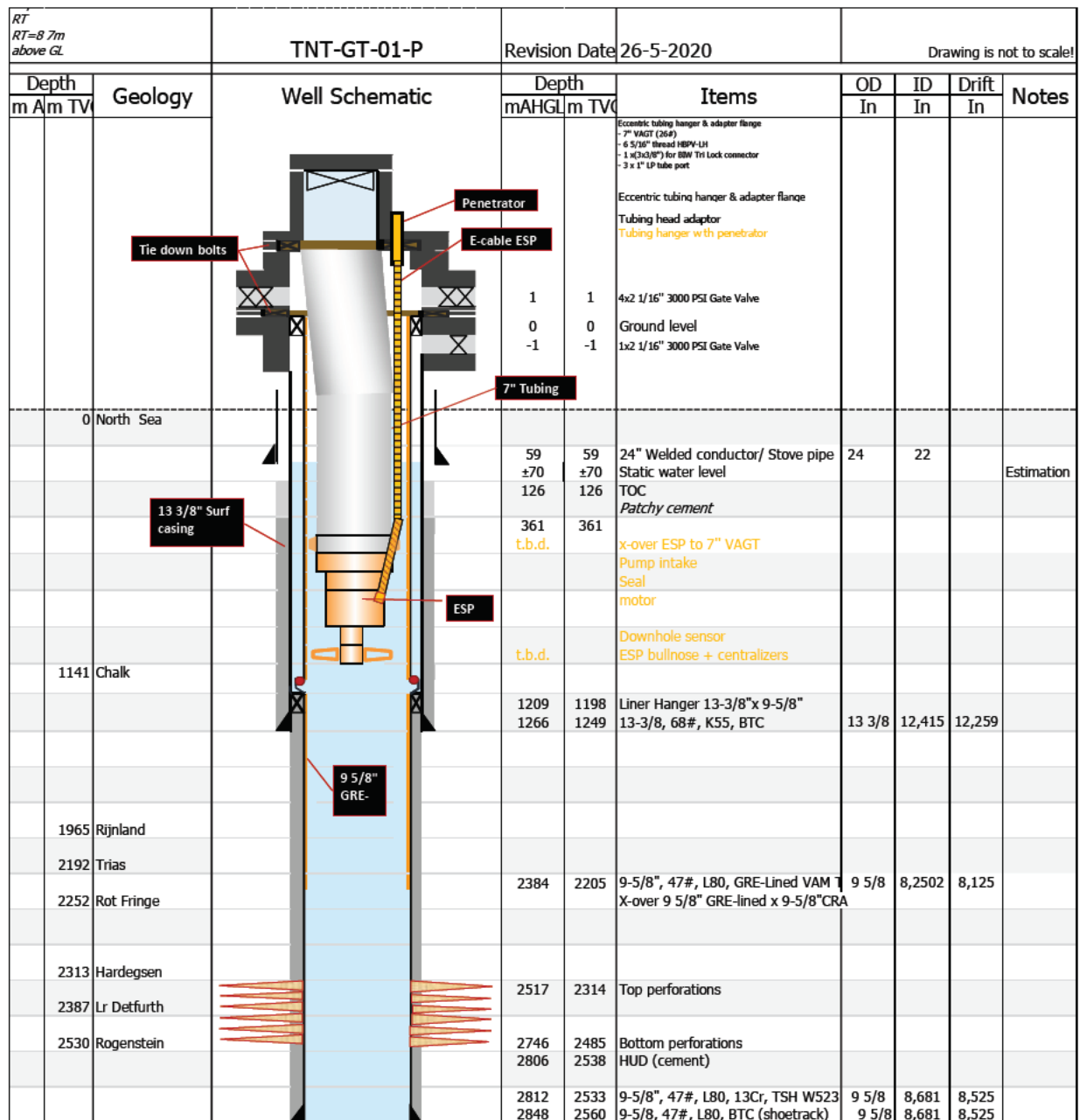
| Putnaam                   | TNT-GT-01          | TNT-GT-02          |
|---------------------------|--------------------|--------------------|
| Type put                  | Water productieput | Water injectie put |
| Spuddatum                 | 11-03-2020         | 21-04-2020         |
| Compleetiedatum           | 20-04-2020         | 15-05-2020         |
| X (RD) oppervlaktelocatie | 68783              | 68787              |
| Y (RD) oppervlaktelocatie | 435272             | 435266             |
| X (RD) einddiepte         | 68595              | 69200              |
| Y (RD) einddiepte         | 436238             | 434623             |
| Einddiepte (m AH)         | 2863               | 2707               |
| Eind diepte (mTVD)        | 2573               | 2490               |

Tabel 3: Verbuizingsschema TNT-GT-01

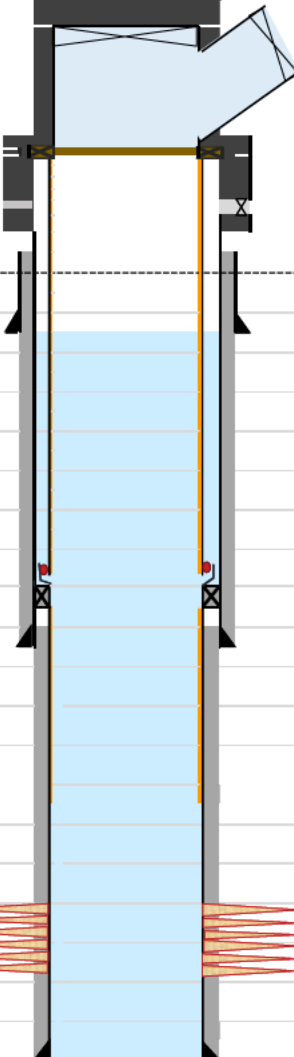
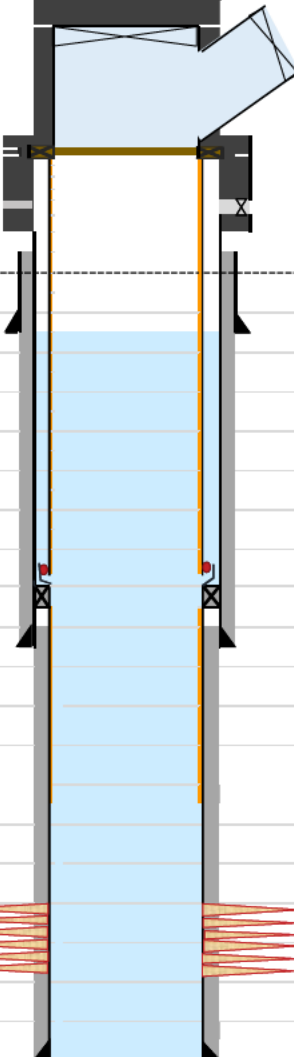
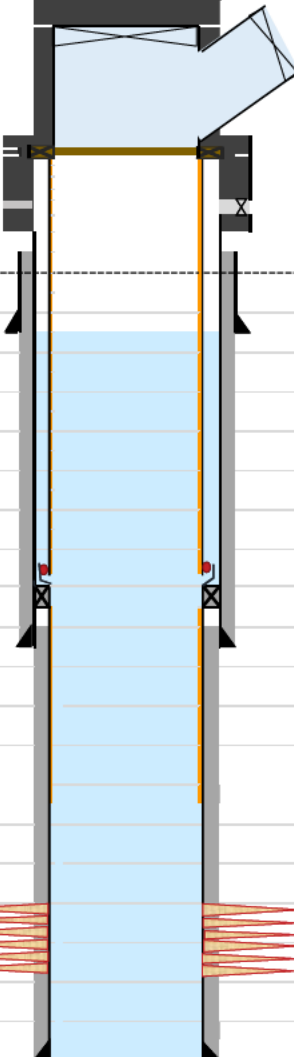
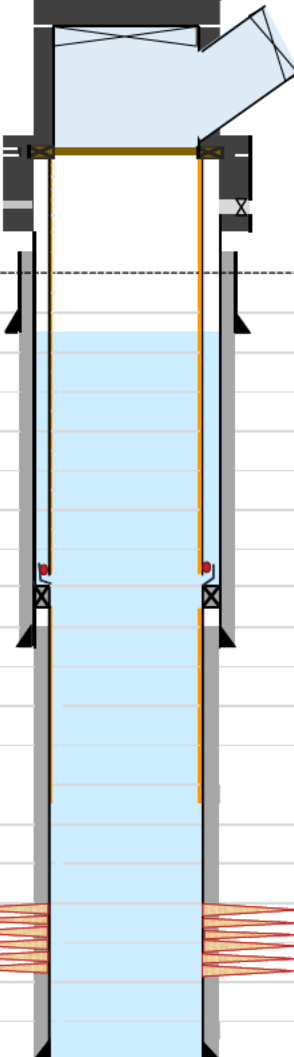
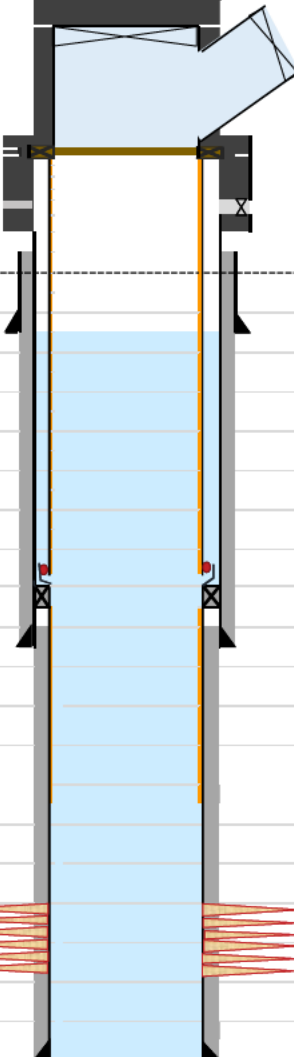
| Element naam                        | Top (MD) | Base (MD) | Top (TVD) | Base (TVD) | OD (") | ID (") | Gewicht  | Staalsoort    | Type koppelingen |
|-------------------------------------|----------|-----------|-----------|------------|--------|--------|----------|---------------|------------------|
| Conductor                           | 0        | 68        | 0         | 68         | 24     | 22     | 244"WT   | S355          | Welded           |
| Productie tubing                    | 0        | 846       | 0         | 846        | 7.000  | 6.276  | 26 ppf   | L80           | VAGT             |
| 13 3/8 Casing                       | 0        | 1275      | 0         | 1258       | 13.375 | 12.415 | 68 ppf   | K55           | BTC              |
| 9 5/8" mixed string liner           | 1218     | 2393      | 1207      | 2214       | 9.625  | 8.250  | 51.9 ppf | L80 GRE Lined | VAMTOP           |
|                                     | 2393     | 2821      | 2214      | 2542       | 9.625  | 8.681  | 47 ppf   | 13 Cr L80     | TSH W523         |
|                                     | 2821     | 2857      | 2542      | 2569       | 9.625  | 8.681  | 47 ppf   | L80           | BTC              |
| Optioneel Screen productie interval | 2510     | 2960      | 2267      | 2585       | 7.000  | 6.625  |          | L80, CRA      |                  |

Tabel 4: Verbuizingsschema TNT-GT-02

| Element naam              | Top (MD)   | Base (MD) | Top (TVD) | Base (TVD) | OD (") | ID (") | Gewicht  | Staalsoort    | Type koppelingen                  |
|---------------------------|------------|-----------|-----------|------------|--------|--------|----------|---------------|-----------------------------------|
| Conductor                 | 0          | 68        | 0         | 68         | 24     | 22     | 244"WT   | S355          | Welded                            |
| 13 3/8 Casing             | 0          | 1309      | 0         | 1258       | 13.375 | 12.415 | 68 ppf   | K55           | BTC (with torque rings installed) |
| 9 5/8" mixed string liner | 1071 (TOL) | 2323      | 1072      | 2221       | 9.625  | 8.250  | 51.9 ppf | L80 GRE Lined | VAMTOP                            |
|                           | 2323       | 2682      | 2221      | 2473       | 9.625  | 8.681  | 47 ppf   | 13 Cr L80     | TSH W523                          |
|                           | 2682       | 2707      | 2473      | 2490       | 9.625  | 8.681  | 47 ppf   | L80           | BTC                               |



Figuur 6: Put diagram TNT-GT-01-P

| RT<br>RT=8.7m<br>above GL |                  | TNT-GT-02-I                                                                        |        | Revision Date: 26-5-2020 |                                                                           | Drawing is not to scale |        |        |            |
|---------------------------|------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------|--------|------------|
| Depth                     | Geology          | Well Schematic                                                                     | Depth  |                          | Items                                                                     | OD                      | ID     | Drift  | Notes      |
| m                         | Alt TVL          |                                                                                    | mAHGL  | m TVL                    |                                                                           | In                      | In     | In     |            |
|                           |                  |  | 1,2    | 1,2                      |                                                                           |                         |        |        |            |
|                           |                  |                                                                                    | 1.53   | 1.53                     |                                                                           |                         |        |        |            |
|                           |                  |                                                                                    | U      | U                        |                                                                           |                         |        |        |            |
|                           |                  |                                                                                    | -1     | -1                       |                                                                           |                         |        |        |            |
|                           |                  |                                                                                    |        |                          |                                                                           |                         |        |        |            |
|                           | 0 North Sea      |  | 59 ±70 | 59 ±70                   | 24" Welded conductor/ Stove pipe<br>Static water level                    | 24                      | 22     | >16    | Estimation |
|                           | 364 Mid NS       |                                                                                    | 126    | 126                      | TOC<br>Patchy cement                                                      |                         |        |        |            |
|                           | 496 Low NS       |                                                                                    | 361    | 361                      |                                                                           |                         |        |        |            |
|                           |                  |                                                                                    |        |                          |                                                                           |                         |        |        |            |
|                           |                  |                                                                                    |        |                          |                                                                           |                         |        |        |            |
|                           | 1140 Chalk       |  | 1063   | 1062                     | Liner Hanger 13-3/8"x 9-5/8"                                              |                         |        |        |            |
|                           |                  |                                                                                    | 1091   | 1089                     | Theoretical TOC                                                           |                         |        |        |            |
|                           |                  |                                                                                    | 1300   | 1289                     | 13-3/8", 68#, K55, BTC (w/ TQ ring)                                       | 13 3/8                  | 12,415 | 12,259 |            |
|                           |                  |                                                                                    |        |                          |                                                                           |                         |        |        |            |
|                           |                  |                                                                                    |        |                          |                                                                           |                         |        |        |            |
|                           | 1923 Rijnland    |  |        |                          |                                                                           |                         |        |        |            |
|                           | 2156 Trias       |                                                                                    |        |                          |                                                                           |                         |        |        |            |
|                           | 2199 Rot Fringe  |                                                                                    | 2314   | 2212                     | 9-5/8", 47#, L80, GRE-Lined VAM TOP<br>X-over 9 5/8" GRE-lined x 9-5/8"CR | 9 5/8                   | 8,2502 | 8,125  |            |
|                           |                  |                                                                                    |        |                          |                                                                           |                         |        |        |            |
|                           |                  |                                                                                    |        |                          |                                                                           |                         |        |        |            |
|                           | 2239 Hardeggen   |  | 2352   | 2240                     |                                                                           |                         |        |        |            |
|                           | 2304 Lr Detfurth |                                                                                    |        |                          |                                                                           |                         |        |        |            |
|                           | 2428 Rogenstein  |                                                                                    | 2573   | 2394                     |                                                                           |                         |        |        |            |
|                           |                  |                                                                                    | 2673   | 2464                     | 9-5/8", 47#, L80, 13Cr, TSH W523<br>HUD (landing collar)                  | 9 5/8                   | 8,681  | 8,525  |            |
|                           |                  |                                                                                    | 2698   | 2481                     | 9-5/8 47# L80 BTC (shoetrack)                                             | 9 5/8                   | 8 681  | 8 525  |            |

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

|                                         |                                                                      |                                         |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Primary Objectives                      | Röt Fringe, Hardeggen, Detfurth and Volpriehausen (Trias Sandstones) |                                         |
| Primary Objective Depth (Top Hardeggen) | 2518 m MD                                                            | 2321.5 m TVD                            |
| Total Depth                             | 2857 m MD                                                            | 2579 m TVD                              |
| Elevation                               | RT – GL                                                              | 8.6 m                                   |
|                                         | GL – NAP                                                             | -0.3 m (NAP is 0.3m below ground level) |
|                                         | NAP – RT                                                             | 8.3 m                                   |

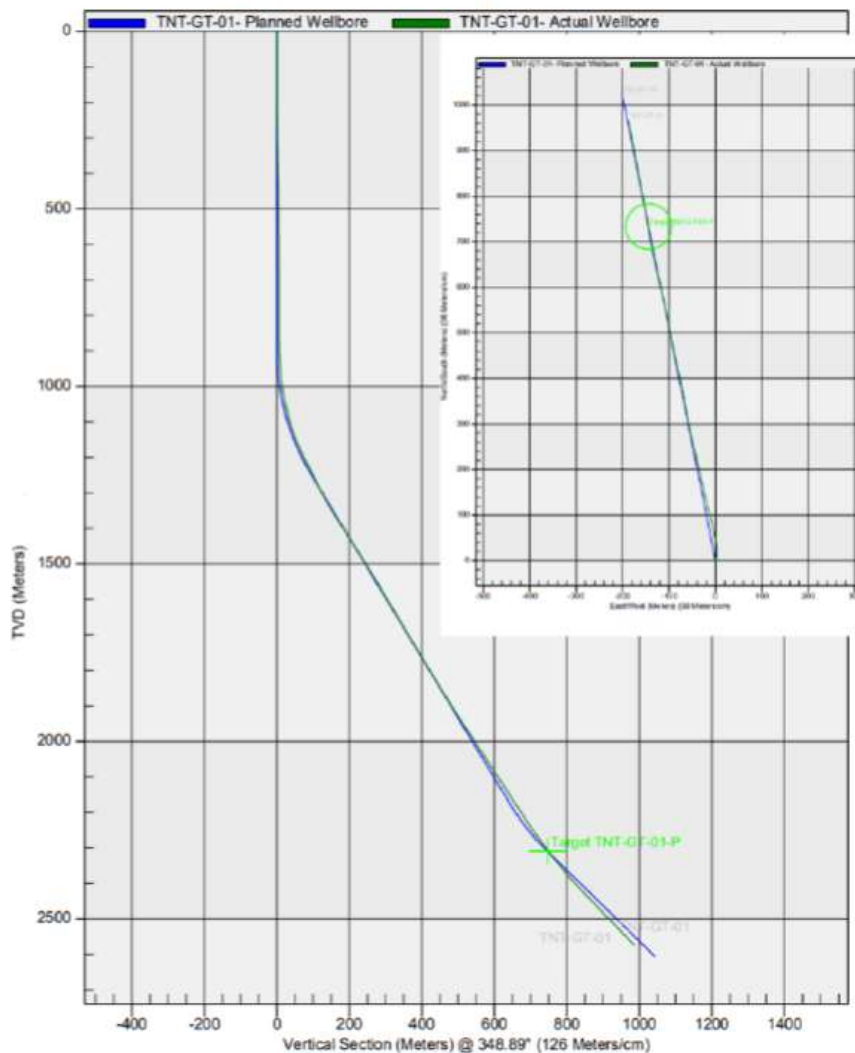
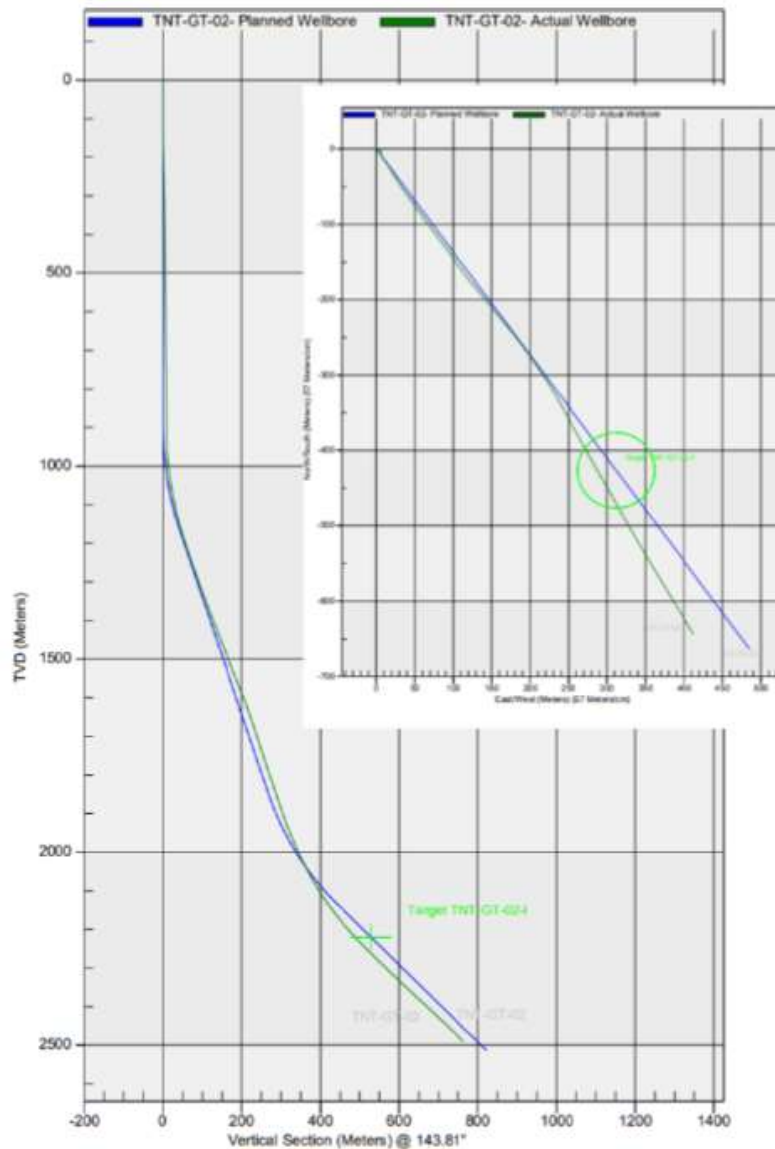


Figure 1. Vertical section and plan view

Figuur 8: Puttraject TNT-GT-01

|                                |                                                          |                                        |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| <b>Primary Objective</b>       | Hardegsen, Detfurth and Volpriehausen (Trias Sandstones) |                                        |
| <b>Primary Objective Depth</b> | 2358m MDRT                                               | 2247.5m TVDRT                          |
| <b>Total Depth</b>             | 2707m MDRT                                               | 2490m TVDRT                            |
| <b>Elevation</b>               | RT – GL                                                  | 8.6m                                   |
|                                | GL – NAP                                                 | -0.3m (NAP is 0.3m below ground level) |
|                                | NAP – RT                                                 | 8.3m                                   |



Figuur 9: Puttraject TNT-GT-02

### 3 Ondergrond

Als voorbereiding op de realisatie van het geothermische doublet in Tinte is in 2015 een uitgebreide geologische studie uitgevoerd. Deze studie lag ten grondslag aan de SDE+ subsidieaanvraag voor dit project. In 2018 is de studie bijgewerkt met de meest recente inzichten over eigenschappen van de ondergrond in het gebied. Dit zijn leringen en informatie uit het nabijgelegen Aardwarmte Vierpolders doublet (in bedrijf sinds 2016), nieuwe interpretatie van de seismische dataset in 2018 en nieuwe inzichten in het putontwerp (2018). Het doublet is geboord en getest tussen begin maart en eind juni 2020.

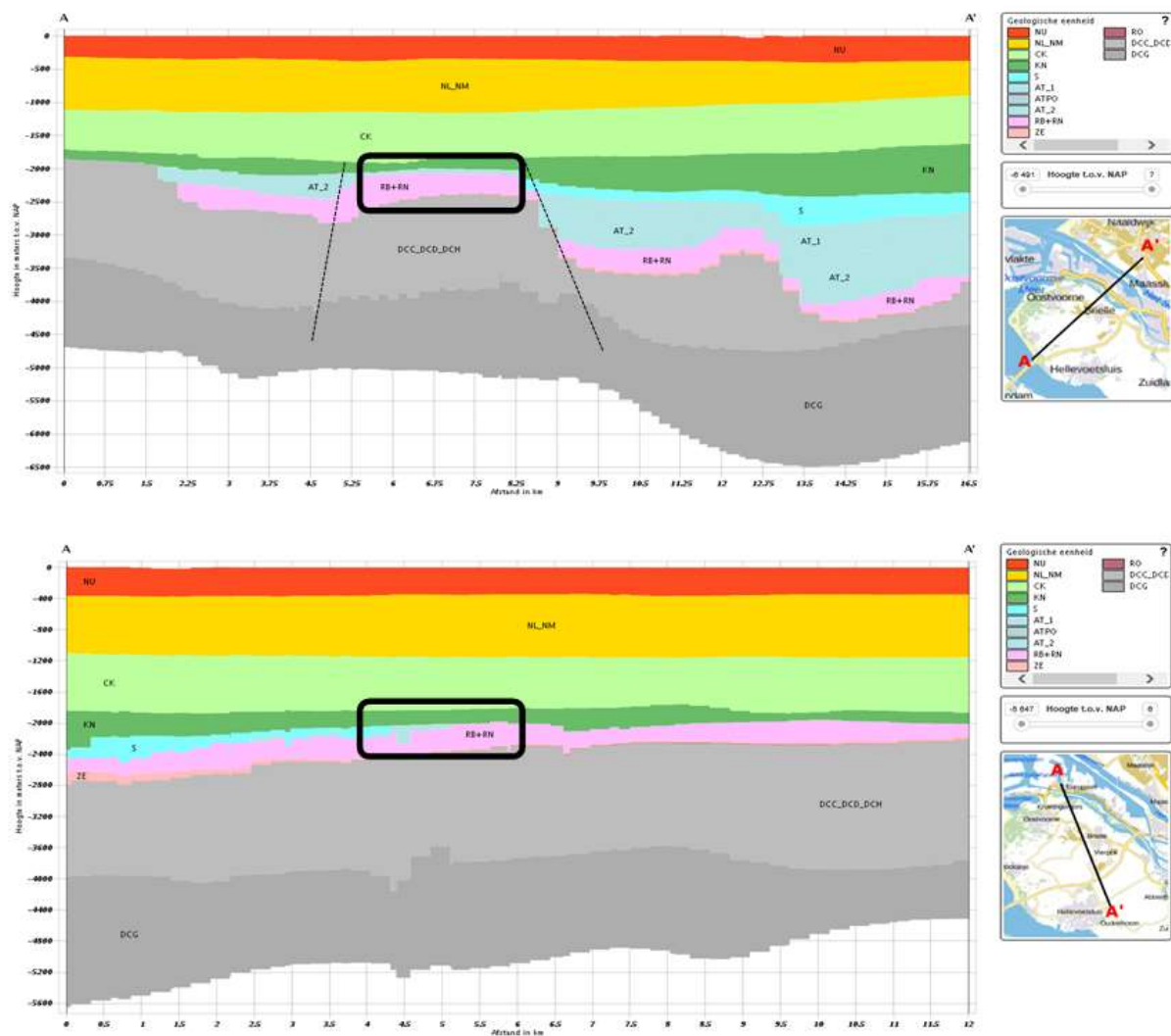
#### 3.1 Algemene beschrijving ondergrond

De TNT-GT-01-P en TNT-GT-02-I putten zijn geboord naar de Hardegse, Detfurth en Volpriehausen Formaties van de Hoofd Bontzandsteen Subgroep. Deze afzettingen zijn van Trias ouderdom. Voor detail over de ondergrond wordt verwezen naar het SDE2015 document en het ondergrond evaluatie document (zie bijlage). Een schematische doorsnede van de lokale geologie staat in Figuur 10.

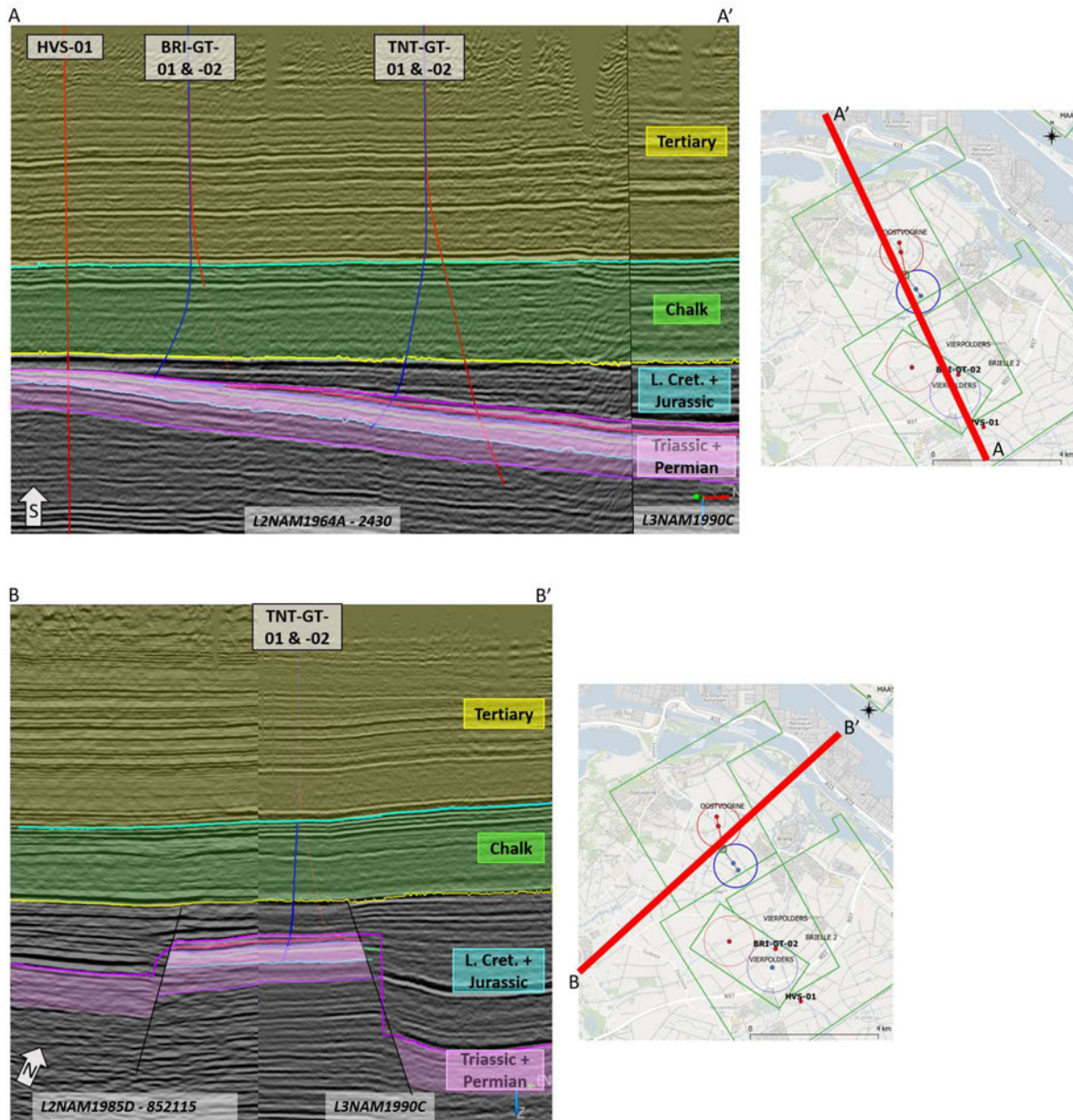
Seismische doorsneden met seismische interpretatie van het breukblok waarin het doublet is gesitueerd staan in Figuur 11. De stratigrafie van de putten zoals aangetroffen tijdens het boren wordt gegeven in Figuur 12.

Een gedetailleerde litholog is beschikbaar in de *end of well* rapportage van beide putten (zie bijlage). In Figuur 13 staat een top dieptekaart en een diktekaart van het reservoir met bijbehorende breuken. Figuur 14 geeft een beeld van de boringen in het reservoir in de vorm van een seismische sectie precies parallel aan de boringen TNT-GT-01 en TNT-GT-02.

De Hoofd Bontzandsteen heeft in dit gebied een goede reservoir kwaliteit. Zowel de Hardegse als de Detfurth en de Volpriehausen Formaties zijn zandig ontwikkeld. Het kleigehalte is laag in het gehele interval. Er komen geen kleilagen voor die het reservoir in verschillende zones verdelen. De dikte is constant en de porositeit goed. Het reservoir bestaat hoofdzakelijk uit fluviatiele en deels eolische afzettingen. Variatie in kwaliteit in het reservoir hangt samen met cementatiegraad.

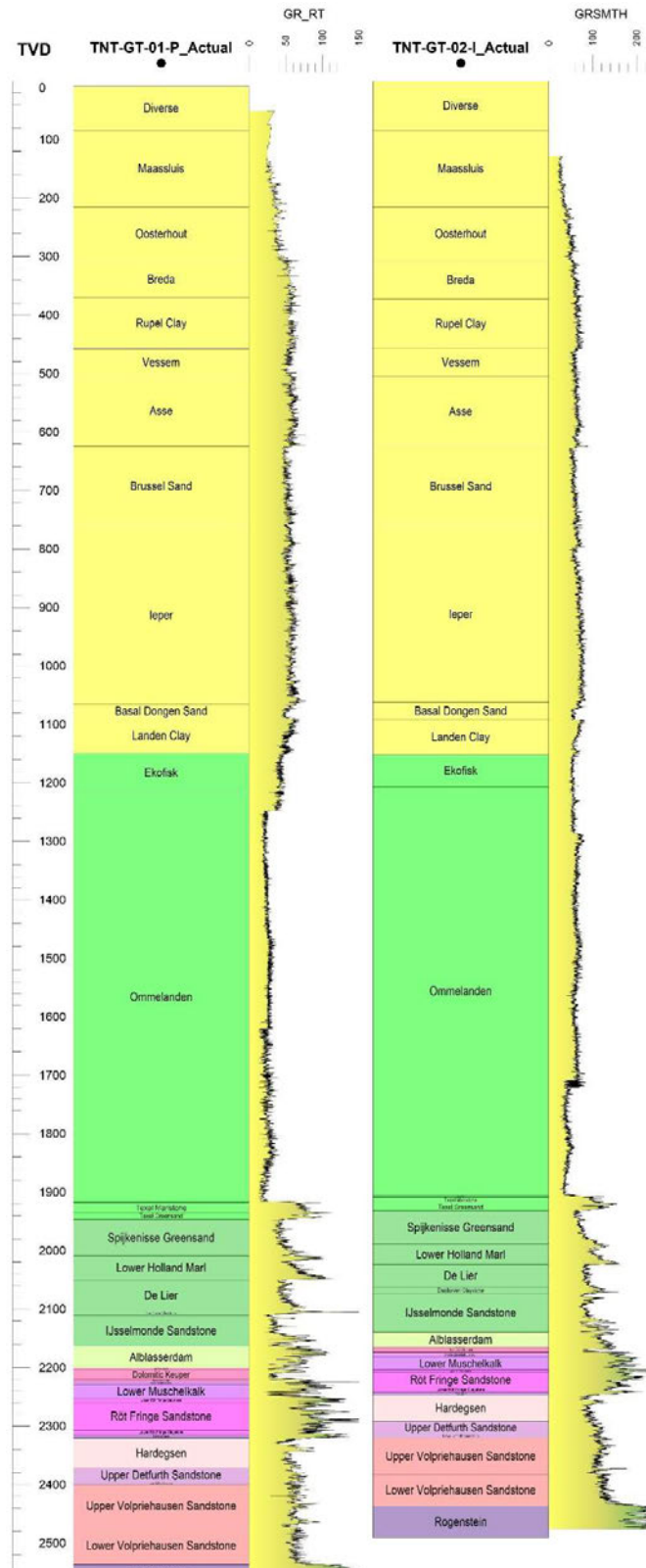


Figuur 10: Schematische geologische doorsnede rond Tinte gebaseerd op DGM-Diep2014 (TNO).

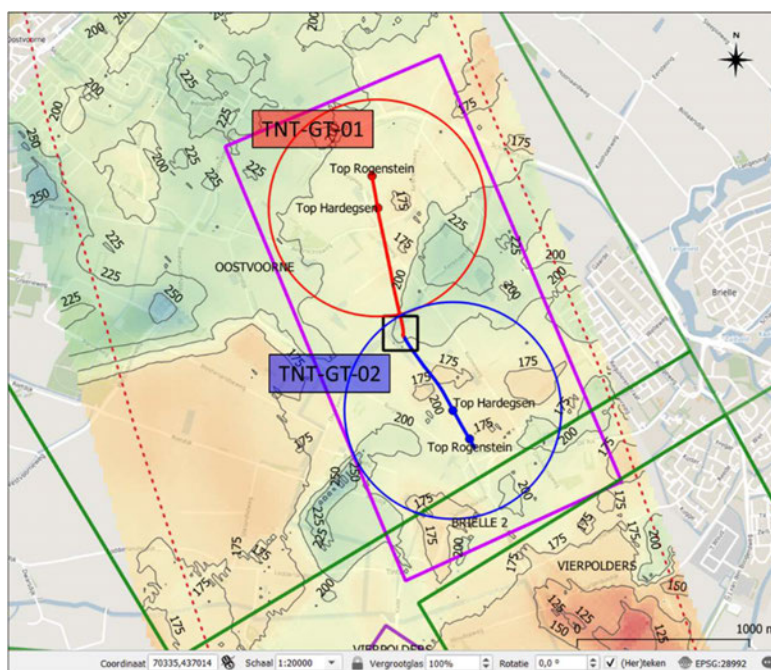
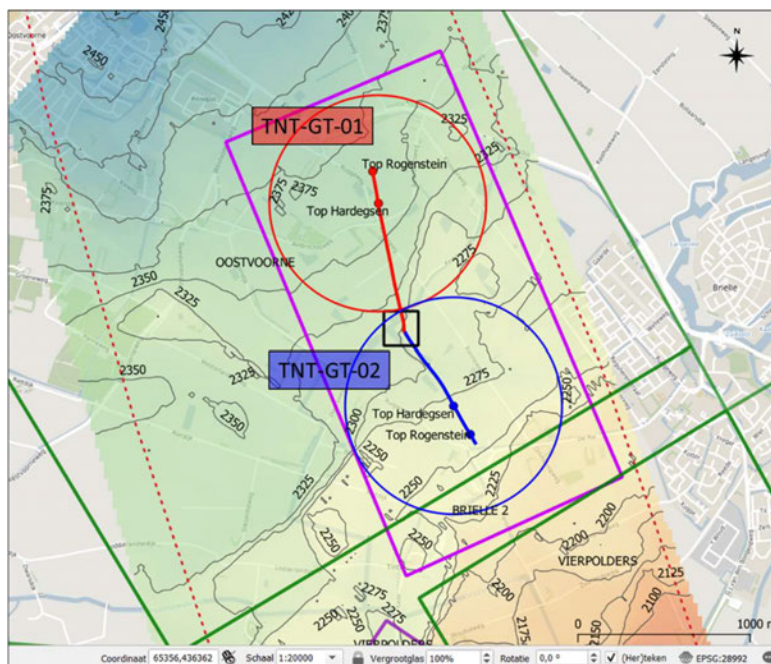


Figuur 11: Seismische dwarsdoorsneden parallel aan (A-A') en loodrecht op (B-B') het breukblok waarin het Tinte doublet is geboord.

Beide weergaven zijn een combinatie van een 2D seismische lijn en een verlenging daarvan in het 3Dseismische volume. De lichtroze gekleurde laag binnen het Trias duidt de Hoofd Bontzandsteen aan. NB: 1) De verticale as is in tijd, 2) De A-A' doorsnede loopt niet precies parallel aan de boortrajecten van de geboorde putten. De weergave van de putten op deze lijn is een projectie. Dat laatste geldt ook voor de B-B' doorsnede. De weergave van de puttrajecten ten opzichte van de geologische eenheden is om die reden niet exact, 3) Beide figuren zijn een screenshot uit een 3D viewer.



Figuur 12: Stratigrafisch overzicht met GR van TNT-GT-01-P en TNT-GT-02-I.

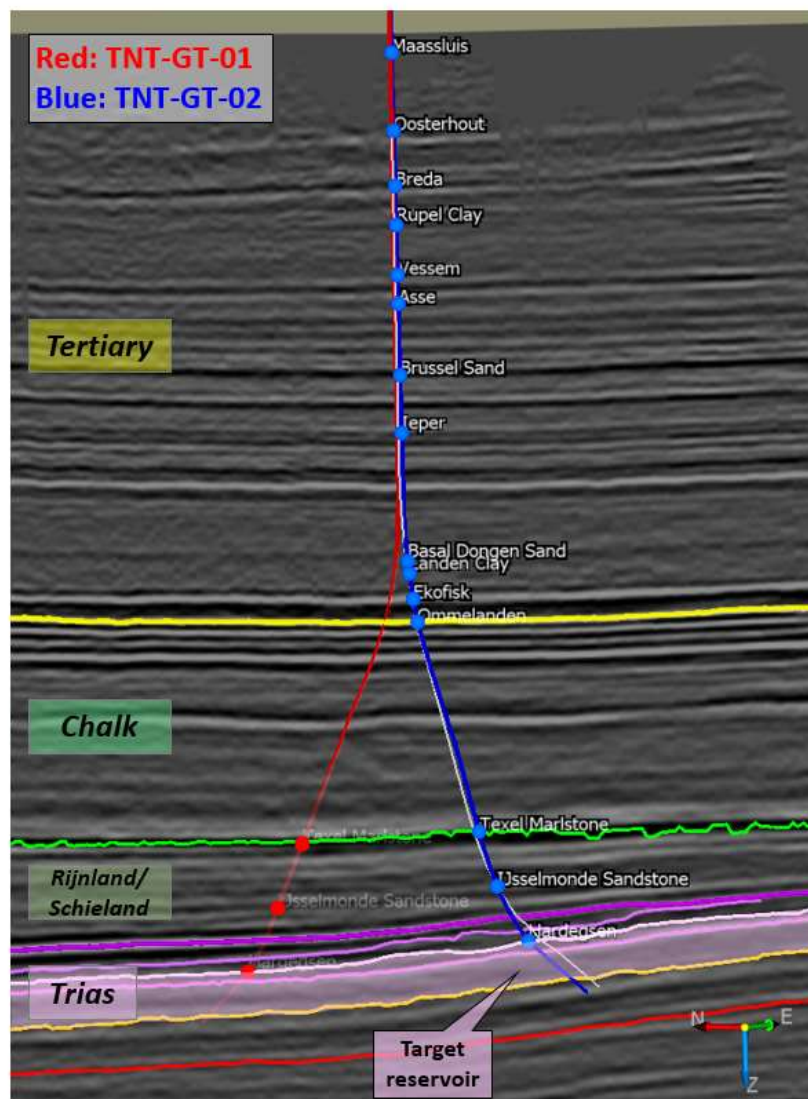


Figuur 13: Diepte kaart van de top van de Hardegse Formatie (boven) en Dikte kaart van de Hoofd Bontzandsteen Subgroep (onder) in het aangeboorde breukblok Breukelen op basis reservoir niveau zijn donkerrood gestippeld.

Het geboorde traject van de productieput TNT-GT-01 is weergegeven in rood en van de injectieput TNT-GT-02 in blauw. Aardwarmte opsporingsvergunningen staan omlijnd in groen. Contouren beïnvloedingsgebied van het doublet in paars. De diepte interpretatie is gebaseerd op de 2018 seismische interpretatie. Deze kaart is nog niet aangepast voor de werkelijk geboorde dieptes. Beide putten troffen de top van het reservoir ondieper aan dan op basis van deze kaart verwacht; TNT-GT-01 50.5m ondieper, TNT-GT-02 28m ondieper.

De dikte is berekend op basis van de diepte interpretatie uit 2018. Deze moet nog aangepast worden voor werkelijke dikte. TNT-GT-01 toont een dikte aan van 202m, TNT-GT-02 een dikte van 205m.

## Tinte-GT doublet Seismic section



Note: 3D image – not to scale. Vertical axis = TWT

Figuur 14: Seismische doorsnede langs de TNT-GT-01 en TNT-GT-02 puttrajecten.

### 3.2 Resultaten reservoir karakterisatie

De putten TNT-GT-01 en TNT-GT-02 zijn getest. Op basis van de resultaten van deze testen kunnen een aantal belangrijke conclusies getrokken worden:

- De productietest van TNT-GT-01P toont aan:
  - TNT-GT-01P 345mD, 166m net reservoir dikte
- De interferentietest toont aan:
  - Goede connectiviteit tussen TNT-GT-01 en TNT-GT-02 is
  - Een gemiddelde permeabiliteit van 274mD
- De circulatietest toont aan:
  - TNT-GT-01P 365mD, 166m net reservoir dikte
  - TNT-GT-02I 211mD, 166m net reservoir dikte
  - Goede connectiviteit tussen TNT-GT-01 en TNT-GT-02
  - Een beter reservoir rondom TNT-GT-01 dan rondom TNT-GT-02

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

Tabel 5: Gemiddelde aquifer parameters

| Parameter                                  | TNT-GT-01-P         | TNT-GT-02-I         |
|--------------------------------------------|---------------------|---------------------|
| Aquifer stratigrafie                       | Hoofd Bontzandsteen | Hoofd Bontzandsteen |
| Diepte top aquifer (m TVD)                 | 2321.5              | 2245                |
| Diepte basis aquifer (m TVD)               | 2537.5              | 2436.6              |
| Bruto Dikte (m TVD)                        | 216                 | 192                 |
| Bruto Dikte (TST m)                        | 202                 | 202                 |
| Netto-Bruto (%)                            | 82                  | 82                  |
| Gemiddelde permeabiliteit (mD) uit puttest | 345                 | 211                 |
| Saliniteit (ppm)                           | 130000              | 130000              |
| Geothermische gradiënt                     | 10C + 0.033C/m      | 10C + 0.033C/m      |

In Tabel 6 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.

Tabel 6: Water samenstelling

| ANALYTICAL REPORT SR-6005490.02.A01 correctie                     |                                                                                                                     | P.1/3 |
|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| grade                                                             | PROCESWATER                                                                                                         |       |
| sample 001                                                        | Sample received from client<br>Sample packed in plastic, quantity approx. 1 L<br>Sample marked as Voorne 20-04-2020 |       |
| date received                                                     | 21.04.2020                                                                                                          |       |
| Density at 20°C, g/cm <sup>3</sup><br>(ASTM D 4052)               | 1.0686                                                                                                              |       |
| pH at 20°C<br>(ASTM E 70)                                         | 6.63                                                                                                                |       |
| <u>Ionchromatographic analysis</u><br>(SGS SPI 164)               |                                                                                                                     |       |
| - Chloride as Cl <sup>-</sup> , mg/l                              | 78400                                                                                                               |       |
| - Nitrate as NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , mg/kg                 | <10                                                                                                                 |       |
| - Sulphate as SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , mg/kg               | 330                                                                                                                 |       |
| <u>Ionchromatographic analysis Organic Acids</u><br>(SGS SPI 164) |                                                                                                                     |       |
| - Formic acid, mg/L                                               | 120                                                                                                                 |       |
| - Acetic Acid, mg/kg                                              | <10                                                                                                                 |       |
| - Propionic Acid, mg/kg                                           | <10                                                                                                                 |       |
| - n-Butyric Acid, mg/kg                                           | <10                                                                                                                 |       |
| Total Suspended Solids (>5um), mg/kg<br>(NEN 672)                 | 51                                                                                                                  |       |
| Total Dissolved Solids, mg/kg<br>(NEN EN 15216)                   | 152200                                                                                                              |       |
| <u>Volatile components</u><br>(SIKB3001 / AS-3130)                |                                                                                                                     |       |
| - Benzene, µg/l                                                   | 100                                                                                                                 |       |
| - Ethylbenzene, µg/l                                              | 3.6                                                                                                                 |       |
| - Toluene, µg/l                                                   | 20                                                                                                                  |       |
| - m,p Xylene, µg/l                                                | 10                                                                                                                  |       |
| - o-Xylene, µg/l                                                  | 9.2                                                                                                                 |       |
| - sum of BTEX, µg/l                                               | 143                                                                                                                 |       |
| - Volatile Organohalogen compounds as Cl, µg/l                    | <0.5                                                                                                                |       |
| <u>Minerals Oil</u><br>(NEN-EN-ISO 9377-2)                        |                                                                                                                     |       |
| - Fraction C10-C12, µg/l                                          | 250                                                                                                                 |       |
| - Fraction C12-C22, µg/l                                          | 7700                                                                                                                |       |
| - Fraction C22-C30, µg/l                                          | 340                                                                                                                 |       |
| - Fraction C30-C40, µg/l                                          | 38                                                                                                                  |       |
| - Total C10-C40, µg/l                                             | 8300                                                                                                                |       |
| <u>Metals</u><br>(NEN6961/NEN 6966/C1)                            |                                                                                                                     |       |
| - Aluminium, µg/l                                                 | 610                                                                                                                 |       |
| - Barium, µg/l                                                    | 4500                                                                                                                |       |
| - Borium, µg/l                                                    | 35000                                                                                                               |       |
| - Cadmium, µg/l                                                   | 9.4                                                                                                                 |       |
| - Calcium, µg/l                                                   | 5900000                                                                                                             |       |
| - Chrome, µg/l                                                    | 7                                                                                                                   |       |
| - Copper, µg/l                                                    | 410                                                                                                                 |       |
| - Iron, µg/l                                                      | 19000                                                                                                               |       |
| - Lead, µg/l                                                      | 79                                                                                                                  |       |
| - Magnesium, µg/l                                                 | 790000                                                                                                              |       |
| - Manganese, µg/l                                                 | 1100                                                                                                                |       |
| - Nickel, µg/l                                                    | 93                                                                                                                  |       |
| - Potassium, µg/l                                                 | 690000                                                                                                              |       |
| - Silicon, µg/l                                                   | 17000                                                                                                               |       |
| - Sodium, µg/l                                                    | 43000000                                                                                                            |       |
| - Strontium, µg/l                                                 | 350000                                                                                                              |       |
| - Zinc, µg/l                                                      | 62                                                                                                                  |       |
| Mercury, µg/L<br>(ISO 12846)                                      | <0.10                                                                                                               |       |
| Bicarbonate as HCO <sub>3</sub> , mg/L<br>(WAC/III/A/006)         | 160                                                                                                                 |       |
| Carbonate as CO <sub>3</sub> , mg/L<br>(WAC/III/A/006)            | <2.5                                                                                                                |       |
| <u>Alkalinity</u><br>(WAC/III/A/006)                              |                                                                                                                     |       |
| Alkalinity pH4.5, mmol/l                                          | 2.7                                                                                                                 |       |
| Alkalinity pH8.3, mmol/l                                          | <0.050                                                                                                              |       |
| PAH, µg/L<br>(SGS 12-01)                                          | <16                                                                                                                 |       |
| - Naphthalene, µg/l                                               | 15                                                                                                                  |       |

Tabel 7: Gassamenstelling TNT-GT-01P

## Aardgas analyse

| Sample Information                        |                 |                         |                |
|-------------------------------------------|-----------------|-------------------------|----------------|
| Origin gas-sample                         | Duurzaam Voorne | Prod./tested informatie | SGS NL TST 004 |
| Date analysis                             | 21/04/2020      | Prod. speed (m3/d)      |                |
| Date/time sampling                        | 20/04/2020      | Bombe/cylinder nr.      |                |
| Sampling point                            | Tinte           | Bookingcode             |                |
| Date of Arrival sample                    | 20/04/2020      | Name requester          | Ayla Reerink   |
| Interval (m)                              |                 | Division                |                |
| Temp. samplingpoint (°C)                  |                 | Date                    |                |
| Pressure at samplingpoint (Bar)           | 10              | Report nr.              | 6005490-3      |
| Pressure sample before analysis (bar)     | 10              | Fiscalpoint code        | Tinte          |
| CGR samplingpoint m/10*6(n)m <sup>3</sup> | -               |                         |                |

| Component          | Mol%     | U(abs)95% | Weight%  |
|--------------------|----------|-----------|----------|
| Methane            | 91.9143  | 0.1676    | 84.2240  |
| Ethane             | 2.0068   | 0.0530    | 3.4453   |
| Propane            | 0.3632   | 0.0332    | 0.9144   |
| i-Butane           | 0.0274   | 0.0081    | 0.0908   |
| n-Butane           | 0.0561   | 0.0028    | 0.1860   |
| neo-Pentane        | 0.0007   | 0.0001    | 0.0027   |
| i-Pentane          | 0.0092   | 0.0005    | 0.0381   |
| n-Pentane          | 0.0074   | 0.0004    | 0.0306   |
| Cyclopentane       | 0.0027   | 0.0001    | 0.0107   |
| i-Hexane           | 0.0019   | 0.0001    | 0.0149   |
| n-Hexane           | 0.0024   | 0.0002    | 0.0062   |
| Methylcyclopentane | 0.0023   | 0.0001    | 0.0112   |
| Benzene            | 0.0135   | 0.0007    | 0.0602   |
| Cyclohexane        | 0.0029   | 0.0001    | 0.0139   |
| i-Heptanes         | 0.0013   | 0.0001    | 0.0073   |
| n-Heptane          | 0.0005   | 0.0000    | 0.0029   |
| Methylcyclohexane  | 0.0024   | 0.0001    | 0.0133   |
| Toluene            | 0.0048   | 0.0002    | 0.0254   |
| i-Octane           | 0.0006   | 0.0000    | 0.0039   |
| n-Octane           | 0.0004   | 0.0001    | 0.0025   |
| Ethylbenzene       | 0.0006   | 0.0000    | 0.0039   |
| Xylene             | 0.0017   | 0.0001    | 0.0101   |
| Nonanes            | 0.0000   | 0.0000    | 0.0000   |
| Decanes            | 0.0001   | 0.0000    | 0.0010   |
| Undecanes          | 0.0001   | 0.0000    | 0.0007   |
| Dodecanes          | 0.0000   | 0.0000    | 0.0000   |
| Tridecanes         | 0.0000   | 0.0000    | 0.0000   |
| Tetradecanes       | 0.0000   | 0.0000    | 0.0000   |
| Pentadecanes       | 0.0000   | 0.0000    | 0.0000   |
| Hexadecanes        | 0.0000   | 0.0000    | 0.0000   |
| Heptadecanes       | 0.0000   | 0.0000    | 0.0000   |
| Octadecanes        | 0.0000   | 0.0000    | 0.0000   |
| Helium             | 0.0777   | 0.0043    | 0.0177   |
| Hydrogen           | 0.0475   | 0.0005    | 0.0055   |
| Oxygen             | 0.0000   | 0.0000    | 0.0000   |
| Nitrogen           | 3.1111   | 0.1220    | 4.9760   |
| Carbon dioxide     | 2.3403   | 0.0900    | 5.8806   |
| Hydrogen Sulphide  | 0.0001   | 0.0000    | 0.0000   |
| total              | 100.0000 | 0.2347    | 100.0000 |

| Heating values at 298.15 K<br>Real Gas, 273.15 K, 101.325kPa   |         |         |           |
|----------------------------------------------------------------|---------|---------|-----------|
| Calculated properties according to<br>ISO6976-95 (molar basis) |         |         | U (rel %) |
| Molmass                                                        | kg/kmol | 17.515  | 0.065     |
| Density                                                        | kg/m3   | 0.7834  | 0.0650    |
| Relative Density                                               | '-/-    | 0.6059  | 0.0651    |
| GHV sup                                                        | kJ/kmol | 862.944 | 0.065     |
| GHV sup                                                        | MJ/kg   | 49.270  | 0.065     |
| GHV sup                                                        | MJ/m3   | 38.599  | 0.064     |
| Compressibility                                                | '-/-    | 0.997   | 0.000     |
| Wobbe-sup                                                      | MJ/m3   | 49.586  | 0.072     |
| O2 (mol%) found in sample ?                                    | No      |         |           |
| O2 < 0,1 %mol                                                  | Yes     |         |           |
| H2S On Site (ppm)                                              | 0.1     |         |           |
| H2S GC (%mol)                                                  | No      |         |           |
| GHV sup kJ/kmol < 0,15 rel                                     | Yes     |         |           |
| SUM C8-C12 <10% Tot. mol%                                      | Yes     |         |           |
| Raw gas composition 99-101%                                    | Yes     |         |           |

## Remarks

De hoeveelheid gas die vrijkomt bij de winning van warmte is ongeveer 1 Nm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>. Het gas bestaat uit 84 %w CH<sub>4</sub>, 3.4% C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, 5.8%w CO<sub>2</sub> en 5.0 % N<sub>2</sub>. 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 6 bar druk.

## 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 Putintegriteit monitoring

De putten zijn uitgerust met GRE lined casings en tie-backs, 13 Chrome casings op reservoir niveau en een gecoate ESP tubing ter voorkoming van corrosie van de materialen in de putten. Daarbij zal de integriteit van de putten gemonitord worden om deze te bewaken. Geochemische waarden zoals de zuurtegraad, temperatuur en geleidbaarheid worden continue gemeten. Daarnaast worden de filters gewogen en de filterstandtijden gemonitord om de geproduceerde vaste deeltjes te kunnen monitoren en eventueel te analyseren. Tot ~1200mTVD zijn de putten uitgerust met een dubbele verbuizing; in de tussenruimte (annulus) die hierdoor ontstaat zal permanente drukmonitoring plaatsvinden om de putintegriteit continue te kunnen bewaken.

### **4.3 Periodiek monitoring**

#### **4.3.1 Casing dikte**

De casing dikte zal gemeten worden met behulp van de casing logs direct na de realisatie en na 2-3 jaar exploitatie. Indien de casing dikte niet (meer dan een vooraf gestelde waarde) afgenomen is en de GRE lining niet beschadigd is zullen er geen extra maatregelen genomen worden. Afhankelijk van de metingen zal er een nieuw casing logging frequentie bepaald worden. Mocht de casing dikte meer afgenomen zijn dan de vooraf gestelde waarde of de GRE lining beschadigd zijn, dan wordt er een nieuw actieplan opgesteld. 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 een watermonster genomen waar een volledige 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 opgeloste/vaste deeltjes niet toeneemt. Dit kan een indicatie zijn voor verhoogde corrosie/erosie. Ten tweede wordt gecontroleerd of de concentraties schadelijke stoffen binnen de wettelijk norm vallen.

#### **4.3.4 Proces monitoring**

Een zeer uitgebreid netwerk van sensoren monitoren het systeem real time. Deze staan uitgebreid beschreven in de P&ID. Indien bepaalde grenswaarden bereikt worden kan het systeem automatisch wijzigingen doorvoeren of de plant uitschakelen.

Vanuit scaling management wordt continu de pH en de conductiviteit gemeten op de bovengrondse installaties. Periodiek worden er gas en water samples genomen. De Production Engineer kan vanaf externe locatie meekijken in het data en besturingssysteem van de installaties. Dit gebeurt op basis van onverwachte events en standaard periodiek.

#### **4.3.5 Omgevingsmonitoring**

De omgeving buiten de putten wordt ook gemonitord:

- Jaarlijkse grondwaterkwaliteit monitoring met behulp van permanente peilbuizen in de omgeving van het geothermische doublet.
- Additionele incidentele monitoring voor groot onderhoud aan de putten.
- Seismische metingen met behulp van het KNMI-netwerk (Figuur 15). Het dichtstbijzijnde station op ca. 15km afstand in Vlaardingen. Het KNMI-netwerk seismische monitoring wordt binnenkort verder uitgebreid in de provincie Zuid-Holland.



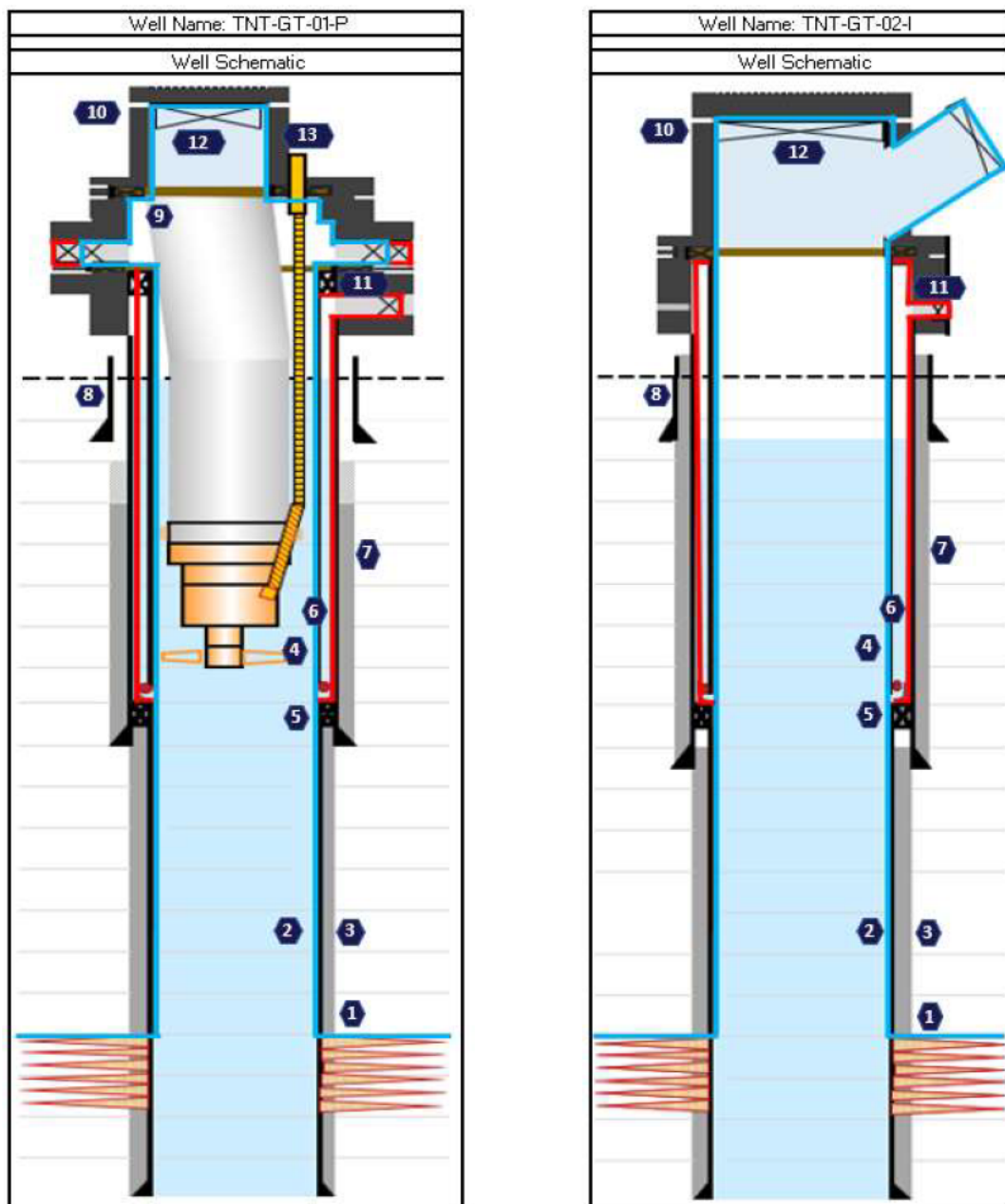
Figuur 15: Seismic stations currently installed in the province of South-Holland (dd 07-2020). Green triangles: ZH01, ZH03, ZH06 wellbore stations (network to be expanded to 10 borehole stations)

Figuur 16 en

| # | Barriere element type           | Functie                                                                               | Performance standard                                                        | Faal karakteristieken                                                                                                   | Effect                                                                             | Consequentie                                                                        |
|---|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Reservoir top seal              | Weerhoudt lekkage naar hoger gelegen sedimenten                                       |                                                                             | Van toepassing op injector                                                                                              |                                                                                    |                                                                                     |
| 2 | Liner (9-5/8")                  | Weerhoudt vloeistof interactie tussen het boorgat en lager gelegen aquifers           | Corrosierate <0.1mm/year<br>Logging                                         | Casing corrosie<br>Lekkende casing koppelingen<br>Te hoge injectiedrukken<br>Beschadiging door temperatuurschommelingen | Verlies casing integrity<br>Lekkage formatiewater naar ondergrond/<br>grondwater   | •Verontreiniging ondergrond<br>•Verontreiniging grondwater                          |
| 3 | Cement (9-5/8")                 | Ondersteunt casing en weerhoudt communicatie tussen lager gelegen aquifers            | Voldoende bonding<br>Monitoren: CBL log                                     | Slechte cementering van de casing                                                                                       | Lekkage formatiewater naar hogere lagen (via buitenkant casing)                    | •Verontreiniging ondergrond<br>•Verontreiniging grondwater                          |
| 4 | GRE-lined tubing (10-3/4")      | Bescherming surface casing tegen corrosie                                             | Geen druk communicatie tussen A en B annulus, continuous annulus monitoring | Lekkende casing koppelingen<br>Te hoge injectiedrukken<br>Beschadiging door temperatuurschommelingen                    | Verlies casing integriteit<br>Lekkage formatiewater naar ondergrond/<br>grondwater | • Geen dubbele barriere aanwezig                                                    |
| 5 | Liner Hanger (13-3/8" x 9-5/8") | Weerhoudt vloeistof interactie tussen het boorgat en lager gelegen aquifers           | Pressure test = 100 bar                                                     | Loss of seal van liner-hanger packer                                                                                    | Lekkage formatiewater naar hogere lagen (via buitenkant casing)                    | •Herstelkosten casing<br>•Verontreiniging ondergrond<br>•Verontreiniging grondwater |
| 6 | Surface Casing (13-3/8")        | Weerhoudt vloeistof interactie tussen het boorgat en lager gelegen aquifers           | Corrosierate <0.1mm/year<br><br>Logging                                     | Casing corrosie<br>Lekkende casing koppelingen<br>Te hoge injectiedrukken<br>Beschadiging door temperatuurschommelingen | Verlies casing integrity<br>Lekkage formatiewater naar ondergrond/<br>grondwater   | •Verontreiniging ondergrondgrondwater                                               |
| 7 | Cement (13-3/8")                | Ondersteunt casing en weerhoudt communicatie tussen lager gelegen aquifers            | Voldoende bonding<br>Monitoren: CBL log                                     | Slechte cementering van de casing                                                                                       | Lekkage formatiewater naar hogere lagen (via buitenkant casing)                    | •Verontreiniging ondergrond<br>•Verontreiniging grondwater                          |
| 8 | Conductor casing (24")          | Weerhoudt vloeistof interactie tussen het boorgat en laag gelegen zoet water aquifers | Corrosierate <0.1mm/year<br><br>Logging                                     | casing corrosie<br>Lekkende casing koppeling                                                                            | Verlies casing integrity<br>Lekkage formatiewater naar ondergrond/<br>grondwater   | •Verontreiniging ondergrond<br>•Verontreiniging grondwater                          |

|    |                                    |                                                                                                                          |                                                                                                                                                      |                                                                                       |                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                           |
|----|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9  | Tubing Hanger + penetrator systems | Weerhoudt vloeistof interactie tussen het boorgat en de lucht, terwijl het wel stroom en inhibitor vloeistof binnen laat | Pressure test = 100 bar                                                                                                                              | Slechte drukseal van hanger/ slijtage                                                 | Lekkage formatiewater                                                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Verontreiniging ondergrond</li> <li>•Verontreiniging grondwater</li> </ul>                                                                        |
| 10 | Wellhead                           | Prevent fluid interaction between wellbore and atmosphere                                                                | Pressure test = 100 bar                                                                                                                              | Suboptimaal design/functioneren well head / X-tree                                    | Lekkage barriers: hoofdafsluiters, afdichtingen op casing, afdichting prod tubing                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Lekkage formatiewater</li> <li>•Lekkage gas (Explosiegevaar)</li> <li>•Verontreiniging ondergrond</li> <li>•Verontreiniging grondwater</li> </ul> |
| 11 | Wing valves                        | Prevent fluid interaction between wellbore and atmosphere                                                                | no leaks<br><br>Pressure test = 100 bar<br><br>no leaks<br><br>Max leak rate:<br>Gas - 0.43 Sm <sup>3</sup> /min; Liquid - 400 Scm <sup>3</sup> /min | Suboptimaal design/functioneren well head / X-tree                                    | Lekkage barriers: hoofdafsluiters, afdichtingen op casing, afdichting prod tubing                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Lekkage formatiewater</li> <li>•Lekkage gas</li> <li>•Verontreiniging ondergrond</li> <li>•Verontreiniging grondwater</li> </ul>                  |
| 12 | Main valves                        | Close well in case of emergency                                                                                          | Kleppen alleen testen bij stilstand plant wegens bescherming seals en ophoping van vuil, zout en corrosie in cavity ruimte                           | Suboptimaal design/functioneren well head / X-tree                                    | Lekkage barriers: hoofdafsluiters, afdichtingen op casing, afdichting prod tubing                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Lekkage formatiewater</li> <li>•Lekkage gas</li> <li>•Verontreiniging ondergrond</li> <li>•Verontreiniging grondwater</li> </ul>                  |
| 13 | Inhibitor line + check valve       | Let inhibitor fluid in to prevent casing damage (corrosion), while preventing flow from well to atmosphere.              | Pressure test = 100 bar                                                                                                                              | Falen van check-valve<br>Slijtage/corrosie inhibitor lijn<br>Breek van inhibitor lijn | Lekkage inhibitor<br>Lekken gas en vloeistof vanuit de put naar oppervlakte<br>Versnelde corrosie door verkeerde dosering | verontreiniging ondergrond/grondwater                                                                                                                                                     |

Figuur 17 laten een overzicht zien van de put-barrières voor TNT-GT-01-P en TNT-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.



Figuur 16: Overzicht van de put-barrières voor TNT-GT-01-P en TNT-GT-01-I. Barrière elementen (nummers) staan omschreven in Figuur 17.

| # | Barrière element type | Functie                      | Performance standard | Faal karakteristieken      | Effect | Consequentie |
|---|-----------------------|------------------------------|----------------------|----------------------------|--------|--------------|
| 1 | Reservoir top seal    | Weerhoudt lekkage naar hoger |                      | Van toepassing op injector |        |              |

|   |                                             | gelegen<br>sedimenten                                                                                                                      |                                                                                              |                                                                                                                               |                                                                                       |                                                                                     |
|---|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 2 | Liner<br>(9-5/8")                           | Weerhoudt<br>vloeistof interactie<br>tussen het boorgat<br>en lager gelegen<br>aquifers                                                    | Corrosierate<br><0.1mm/year<br>Logging                                                       | Casing corrosie<br>Lekkende casing<br>koppelingen<br>Te hoge injectiedrukken<br>Beschadiging door<br>temperatuurschommelingen | Verlies casing integrity<br>Lekkage formatiewater<br>naar ondergrond/<br>grondwater   | •Verontreiniging ondergrond<br>•Verontreiniging grondwater                          |
| 3 | Cement<br>(9-5/8")                          | Ondersteunt<br>casing en<br>weerhoudt<br>communicatie<br>tussen lager<br>gelegen aquifers                                                  | Voldoende<br>bonding<br>Monitoren: CBL<br>log                                                | Slechte cementering van de<br>casing                                                                                          | Lekkage formatiewater<br>naar hogere lagen (via<br>buitenkant casing)                 | •Verontreiniging ondergrond<br>•Verontreiniging grondwater                          |
| 4 | GRE-lined<br>tubing<br>(10-3/4")            | Bescherming<br>surface casing<br>tegen corrosie                                                                                            | Geen druk<br>communicatie<br>tussen A en B<br>annulus,<br>continuus<br>annulus<br>monitoring | Lekkende casing<br>koppelingen<br>Te hoge injectiedrukken<br>Beschadiging door<br>temperatuurschommelingen                    | Verlies casing integriteit<br>Lekkage formatiewater<br>naar ondergrond/<br>grondwater | • Geen dubbele barriere<br>aanwezig                                                 |
| 5 | Liner<br>Hanger<br>(13-3/8" x<br>9-5/8")    | Weerhoudt<br>vloeistof interactie<br>tussen het boorgat<br>en lager gelegen<br>aquifers                                                    | Pressure test =<br>100 bar                                                                   | Loss of seal van liner-hanger<br>packer                                                                                       | Lekkage formatiewater<br>naar hogere lagen (via<br>buitenkant casing)                 | •Herstelkosten casing<br>•Verontreiniging ondergrond<br>•Verontreiniging grondwater |
| 6 | Surface<br>Casing<br>(13-3/8")              | Weerhoudt<br>vloeistof interactie<br>tussen het boorgat<br>en lager gelegen<br>aquifers                                                    | Corrosierate<br><0.1mm/year<br><br>Logging                                                   | Casing corrosie<br>Lekkende casing<br>koppelingen<br>Te hoge injectiedrukken<br>Beschadiging door<br>temperatuurschommelingen | Verlies casing integrity<br>Lekkage formatiewater<br>naar ondergrond/<br>grondwater   | •Verontreiniging<br>ondergrondgrondwater                                            |
| 7 | Cement<br>(13-3/8")                         | Ondersteunt<br>casing en<br>weerhoudt<br>communicatie<br>tussen lager<br>gelegen aquifers                                                  | Voldoende<br>bonding<br>Monitoren: CBL<br>log                                                | Slechte cementering van de<br>casing                                                                                          | Lekkage formatiewater<br>naar hogere lagen (via<br>buitenkant casing)                 | •Verontreiniging ondergrond<br>•Verontreiniging grondwater                          |
| 8 | Conductor<br>casing<br>(24")                | Weerhoudt<br>vloeistof interactie<br>tussen het boorgat<br>en laag gelegen<br>zoet water<br>aquifers                                       | Corrosierate<br><0.1mm/year<br><br>Logging                                                   | casing corrosie<br>Lekkende casing koppeling                                                                                  | Verlies casing integrity<br>Lekkage formatiewater<br>naar ondergrond/<br>grondwater   | •Verontreiniging ondergrond<br>•Verontreiniging grondwater                          |
| 9 | Tubing<br>Hanger +<br>penetrator<br>systems | Weerhoudt<br>vloeistof interactie<br>tussen het boorgat<br>en de lucht, terwijl<br>het wel stroom en<br>inhibitor vloeistof<br>binnen laat | Pressure test =<br>100 bar                                                                   | Slechte drukseal van<br>hanger/ slijtage                                                                                      | Lekkage formatiewater                                                                 | •Verontreiniging ondergrond<br>•Verontreiniging grondwater                          |

|    |                              |                                                                                                             |                                                                                                                                                      |                                                                                       |                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                           |
|----|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10 | Wellhead                     | Prevent fluid interaction between wellbore and atmosphere                                                   | Pressure test = 100 bar                                                                                                                              | Suboptimaal design/functioneren well head / X-tree                                    | Lekkage barriers: hoofdafsluiters, afdichtingen op casing, afdichting prod tubing                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Lekkage formatiewater</li> <li>•Lekkage gas (Explosiegevaar)</li> <li>•Verontreiniging ondergrond</li> <li>•Verontreiniging grondwater</li> </ul> |
| 11 | Wing valves                  | Prevent fluid interaction between wellbore and atmosphere                                                   | no leaks<br><br>Pressure test = 100 bar<br><br>no leaks<br><br>Max leak rate:<br>Gas - 0.43 Sm <sup>3</sup> /min; Liquid - 400 Scm <sup>3</sup> /min | Suboptimaal design/functioneren well head / X-tree                                    | Lekkage barriers: hoofdafsluiters, afdichtingen op casing, afdichting prod tubing                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Lekkage formatiewater</li> <li>•Lekkage gas</li> <li>•Verontreiniging ondergrond</li> <li>•Verontreiniging grondwater</li> </ul>                  |
| 12 | Main valves                  | Close well in case of emergency                                                                             | Kleppen alleen testen bij stilstand plant wegens bescherming seals en ophoping van vuil, zout en corrosie in cavity ruimte                           | Suboptimaal design/functioneren well head / X-tree                                    | Lekkage barriers: hoofdafsluiters, afdichtingen op casing, afdichting prod tubing                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Lekkage formatiewater</li> <li>•Lekkage gas</li> <li>•Verontreiniging ondergrond</li> <li>•Verontreiniging grondwater</li> </ul>                  |
| 13 | Inhibitor line + check valve | Let inhibitor fluid in to prevent casing damage (corrosion), while preventing flow from well to atmosphere. | Pressure test = 100 bar                                                                                                                              | Falen van check-valve<br>Slijtage/corrosie inhibitor lijn<br>Breek van inhibitor lijn | Lekkage inhibitor<br>Lekken gas en vloeistof vanuit de put naar oppervlakte<br>Versnelde corrosie door verkeerde dosering | verontreiniging ondergrond/grondwater                                                                                                                                                     |

Figuur 17: Put barrière elementen inclusief beschrijving, functie, failure mode, effect, en consequentie.

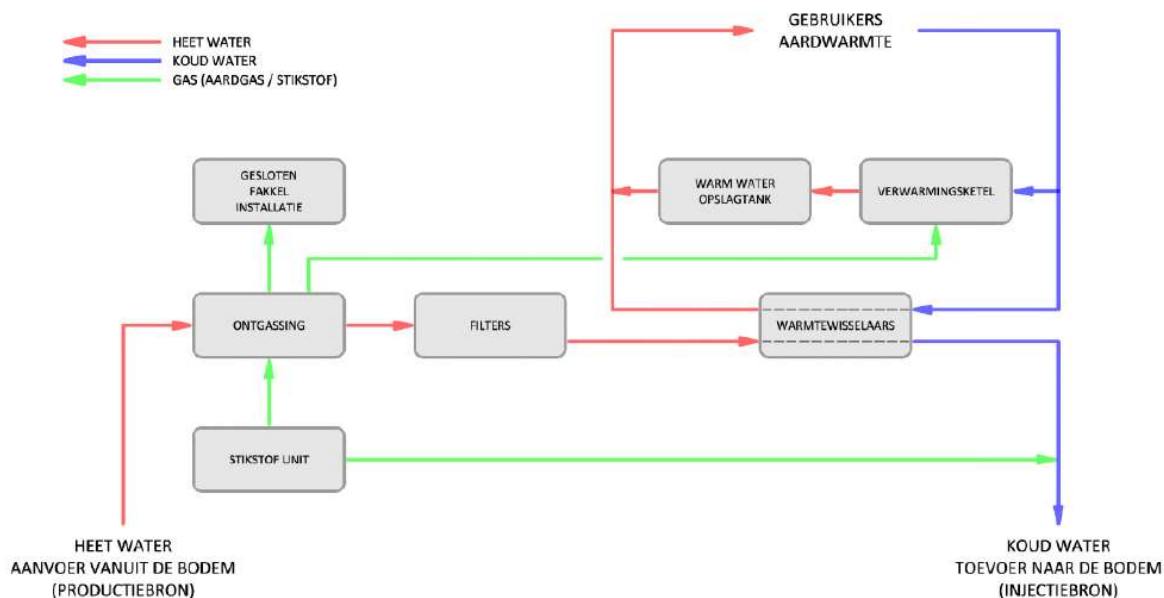
Binnen het mijnbouwwerk wordt warm water opgepompt vanuit de diepe ondergrond (productieput) en vervolgens ontgast en gefilterd. Het water wordt naar de warmtewisselaars geleid waar de warmte wordt overgedragen aan een secundair warmtenet waarmee deze warmte wordt verdeeld over de glastuinbouwbedrijven (afnemers).

The image displays architectural drawings for the HydroGenic building. At the top is a site plan showing the building's footprint, parking areas, and surrounding context. Below the site plan is a cross-section labeled 'CROSS-SECTION B-B' showing the building's profile and internal structure. At the bottom is a technical specification table.

**Technical Specification Table:**

| GENERAL INFORMATION |                     | SPECIFICATIONS |                     |
|---------------------|---------------------|----------------|---------------------|
| NO.                 | DESCRIPTION         | NO.            | DESCRIPTION         |
| 1                   | HYDROGENIC BUILDING | 1              | HYDROGENIC BUILDING |
| 2                   | HYDROGENIC BUILDING | 2              | HYDROGENIC BUILDING |
| 3                   | HYDROGENIC BUILDING | 3              | HYDROGENIC BUILDING |
| 4                   | HYDROGENIC BUILDING | 4              | HYDROGENIC BUILDING |
| 5                   | HYDROGENIC BUILDING | 5              | HYDROGENIC BUILDING |
| 6                   | HYDROGENIC BUILDING | 6              | HYDROGENIC BUILDING |
| 7                   | HYDROGENIC BUILDING | 7              | HYDROGENIC BUILDING |
| 8                   | HYDROGENIC BUILDING | 8              | HYDROGENIC BUILDING |
| 9                   | HYDROGENIC BUILDING | 9              | HYDROGENIC BUILDING |
| 10                  | HYDROGENIC BUILDING | 10             | HYDROGENIC BUILDING |
| 11                  | HYDROGENIC BUILDING | 11             | HYDROGENIC BUILDING |
| 12                  | HYDROGENIC BUILDING | 12             | HYDROGENIC BUILDING |
| 13                  | HYDROGENIC BUILDING | 13             | HYDROGENIC BUILDING |
| 14                  | HYDROGENIC BUILDING | 14             | HYDROGENIC BUILDING |
| 15                  | HYDROGENIC BUILDING | 15             | HYDROGENIC BUILDING |
| 16                  | HYDROGENIC BUILDING | 16             | HYDROGENIC BUILDING |
| 17                  | HYDROGENIC BUILDING | 17             | HYDROGENIC BUILDING |
| 18                  | HYDROGENIC BUILDING | 18             | HYDROGENIC BUILDING |
| 19                  | HYDROGENIC BUILDING | 19             | HYDROGENIC BUILDING |
| 20                  | HYDROGENIC BUILDING | 20             | HYDROGENIC BUILDING |
| 21                  | HYDROGENIC BUILDING | 21             | HYDROGENIC BUILDING |
| 22                  | HYDROGENIC BUILDING | 22             | HYDROGENIC BUILDING |
| 23                  | HYDROGENIC BUILDING | 23             | HYDROGENIC BUILDING |
| 24                  | HYDROGENIC BUILDING | 24             | HYDROGENIC BUILDING |
| 25                  | HYDROGENIC BUILDING | 25             | HYDROGENIC BUILDING |
| 26                  | HYDROGENIC BUILDING | 26             | HYDROGENIC BUILDING |
| 27                  | HYDROGENIC BUILDING | 27             | HYDROGENIC BUILDING |
| 28                  | HYDROGENIC BUILDING | 28             | HYDROGENIC BUILDING |
| 29                  | HYDROGENIC BUILDING | 29             | HYDROGENIC BUILDING |
| 30                  | HYDROGENIC BUILDING | 30             | HYDROGENIC BUILDING |
| 31                  | HYDROGENIC BUILDING | 31             | HYDROGENIC BUILDING |
| 32                  | HYDROGENIC BUILDING | 32             | HYDROGENIC BUILDING |
| 33                  | HYDROGENIC BUILDING | 33             | HYDROGENIC BUILDING |
| 34                  | HYDROGENIC BUILDING | 34             | HYDROGENIC BUILDING |
| 35                  | HYDROGENIC BUILDING | 35             | HYDROGENIC BUILDING |
| 36                  | HYDROGENIC BUILDING | 36             | HYDROGENIC BUILDING |
| 37                  | HYDROGENIC BUILDING | 37             | HYDROGENIC BUILDING |
| 38                  | HYDROGENIC BUILDING | 38             | HYDROGENIC BUILDING |
| 39                  | HYDROGENIC BUILDING | 39             | HYDROGENIC BUILDING |
| 40                  | HYDROGENIC BUILDING | 40             | HYDROGENIC BUILDING |
| 41                  | HYDROGENIC BUILDING | 41             | HYDROGENIC BUILDING |
| 42                  | HYDROGENIC BUILDING | 42             | HYDROGENIC BUILDING |
| 43                  | HYDROGENIC BUILDING | 43             | HYDROGENIC BUILDING |
| 44                  | HYDROGENIC BUILDING | 44             | HYDROGENIC BUILDING |
| 45                  | HYDROGENIC BUILDING | 45             | HYDROGENIC BUILDING |
| 46                  | HYDROGENIC BUILDING | 46             | HYDROGENIC BUILDING |
| 47                  | HYDROGENIC BUILDING | 47             | HYDROGENIC BUILDING |
| 48                  | HYDROGENIC BUILDING | 48             | HYDROGENIC BUILDING |
| 49                  | HYDROGENIC BUILDING | 49             | HYDROGENIC BUILDING |
| 50                  | HYDROGENIC BUILDING | 50             | HYDROGENIC BUILDING |
| 51                  | HYDROGENIC BUILDING | 51             | HYDROGENIC BUILDING |
| 52                  | HYDROGENIC BUILDING | 52             | HYDROGENIC BUILDING |
| 53                  | HYDROGENIC BUILDING | 53             | HYDROGENIC BUILDING |
| 54                  | HYDROGENIC BUILDING | 54             | HYDROGENIC BUILDING |
| 55                  | HYDROGENIC BUILDING | 55             | HYDROGENIC BUILDING |
| 56                  | HYDROGENIC BUILDING | 56             | HYDROGENIC BUILDING |
| 57                  | HYDROGENIC BUILDING | 57             | HYDROGENIC BUILDING |
| 58                  | HYDROGENIC BUILDING | 58             | HYDROGENIC BUILDING |
| 59                  | HYDROGENIC BUILDING | 59             | HYDROGENIC BUILDING |
| 60                  | HYDROGENIC BUILDING | 60             | HYDROGENIC BUILDING |
| 61                  | HYDROGENIC BUILDING | 61             | HYDROGENIC BUILDING |
| 62                  | HYDROGENIC BUILDING | 62             | HYDROGENIC BUILDING |
| 63                  | HYDROGENIC BUILDING | 63             | HYDROGENIC BUILDING |
| 64                  | HYDROGENIC BUILDING | 64             | HYDROGENIC BUILDING |
| 65                  | HYDROGENIC BUILDING | 65             | HYDROGENIC BUILDING |
| 66                  | HYDROGENIC BUILDING | 66             | HYDROGENIC BUILDING |
| 67                  | HYDROGENIC BUILDING | 67             | HYDROGENIC BUILDING |
| 68                  | HYDROGENIC BUILDING | 68             | HYDROGENIC BUILDING |
| 69                  | HYDROGENIC BUILDING | 69             | HYDROGENIC BUILDING |
| 70                  | HYDROGENIC BUILDING | 70             | HYDROGENIC BUILDING |
| 71                  | HYDROGENIC BUILDING | 71             | HYDROGENIC BUILDING |
| 72                  | HYDROGENIC BUILDING | 72             | HYDROGENIC BUILDING |
| 73                  | HYDROGENIC BUILDING | 73             | HYDROGENIC BUILDING |
| 74                  | HYDROGENIC BUILDING | 74             | HYDROGENIC BUILDING |
| 75                  | HYDROGENIC BUILDING | 75             | HYDROGENIC BUILDING |
| 76                  | HYDROGENIC BUILDING | 76             | HYDROGENIC BUILDING |
| 77                  | HYDROGENIC BUILDING | 77             | HYDROGENIC BUILDING |
| 78                  | HYDROGENIC BUILDING | 78             | HYDROGENIC BUILDING |
| 79                  | HYDROGENIC BUILDING | 79             | HYDROGENIC BUILDING |
| 80                  | HYDROGENIC BUILDING | 80             | HYDROGENIC BUILDING |

Pagina  
39 van 72



Figuur 19: Indicatief processchema

### Electrical Submersible Pump (ESP)

De aardwarmtebron wordt voorzien van een bronpomp voor het oppompen van het warme water, een zogenoemde ESP, die op een diepte ergens tussen 400-900 m in de productieput zal worden afgehangen. De afhangdiepte van de ESP-pomp is afhankelijk van de productiviteit van de put. De ESP wordt op een vast toerental gezet, afhankelijk van warmtevraag van de afnemers, door middel van een frequentieregelaar die in het pomphuis wordt geplaatst.

### Ontgassing

Nadat het bronwater is opgepompt door de ESP komt het in de gas-waterscheider. Deze scheidt het bronwater van het gas. Tevens worden eventuele olieresten afgevangen in een apart gedeelte van deze tank.

### Warmwater opslagtank

De warmwater opslagtank wordt geplaatst tussen het verdeelstuk en de transportpompen aan de secundaire (zoete) zijde. Deze doet dienst om het aanbod van de warmte te matchen met de gevraagde warmte door de afnemers om zodoende de aardwarmte op een constante en veilige manier te winnen.

### Stikstof unit

Om de casing in de boorputten te beschermen tegen corrosie, wordt er een overdruk gecreëerd van stikstof. Zuurstof wordt dan in de casing vermeden en daardoor corrosie beperkt. Daarnaast wordt de stikstofinstallatie gebruikt voor de expansievoorziening van het secundaire leidingsysteem en wordt de stikstof aangesloten op de filterinstallaties. Hiermee kan het water worden verdrongen bij onderhoud aan de filters. De stikstof komt van een stikstofgenerator, welke in het pomphuis zal worden geplaatst.

### Filterinstallaties

De filterinstallaties zorgen ervoor dat de warmtewisselaars, boosterpompen, injectiepompen en de injectiebron zo schoon mogelijk blijven. Een te hoog drukverschil duidt op vervuiling van de filters. Voor een juiste werking van het systeem dienen de filters in dat geval vervangen te worden.

### Aardwarmte-warmtewisselaars

Er is gekozen voor de uitvoering in platenwarmtewisselaars. De warmtewisselaars aan de bronzijde dienen uitgevoerd te worden met titanium platen. Buiten het gebruikelijk benodigde onderhoud wordt hiermee gestreefd naar een verwachte levensduur van de warmtewisselaars van circa 30 jaar.

### Boosterpompen

De boosterpompen worden geplaatst tussen de balanstank en de filterinstallatie vóór de warmtewisselaars en hebben als doel om de druk in het systeem te verhogen van ca. 4 naar 8 bar. Deze druk is nodig voor het overbruggen van de weerstand in het leidingsysteem, filterinstallaties, warmtewisselaars en zorgt voor de benodigde voordruk voor de broninjectiepompen.

### Injectiepompen

De injectiepompen worden na de warmtewisselaars in het systeem geplaatst en verhogen de druk naar de druk die nodig is voor het injecteren van het 'koude' bronwater in de injectieput.

### Elektriciteitsvoorziening

De voorziening van de elektriciteit voor de bronpomp (ESP) en de pompen t.b.v. distributie van warmte wordt gedaan vanuit het pomphuis. Het pomphuis zelf wordt gevoed met laagspanning uit een transformatorstation nabij het pomphuis.

### Transportpompen

Bij elke bronwarmtewisselaar wordt een eigen pomp geplaatst. De transportpompen zorgen per stuk voor een optimaal debiet en rendement over de wisselaars. Voor het transport van het water over het warmtedistributienetwerk worden twee transportpompen toegepast.

### Hulp- en grondstoffen

Bij het proces van geothermie worden zogenaamde mijnbouwhulpstoffen gebruikt.

Mijnbouwhulpstoffen worden gebruikt voor uiteenlopende doelen:

- om corrosie van metalen te voorkomen (corrosieremmers);
- om afzetting van metaalzouten (o.a. ijzeroxide) te voorkomen (anti-scaling).
- om bacteriën (vooral H<sub>2</sub>S producerende) te doden (biociden);

Het te winnen formatiewater (bronwater) is van nature zout en kan aanleiding tot corrosie geven, daarom dienen de leidingen en vaten van het "zoute circuit" daartegen beschermd te worden. Hulpstoffen (corrosieremmers) worden daarom gebruikt om corrosie te minimaliseren. Bij dit project is gekozen om gebruik te maken van een GRE liner (composiet, Glassfiber Reinforced Epoxy) aan de binnenkant van de stalen leidingen. Dit GRE is non corrosief en zal dus voorkomen dat de stalen behuizing erachter aangetast wordt waardoor additionele hulpstoffen (corrosieremmers) ter bescherming van de stalen leidingen niet nodig zijn. In principe behoeven voor dit project aldus geen corrosieremmers te worden toegepast mitsdien de GRE-lining niet beschadigd.

Indien er afzetting van metaalzouten (o.a. ijzeroxide) binnen stalen leidingen en vaten plaatsvindt, dit wordt "scaling" genoemd zal er een scaling inhibitor noodzakelijk zijn.

Tot slot bestaat de mogelijkheid dat micro organismen (bacteriën) zich hechten aan de waterinnamefilters van de productieput en de overige filtersystemen aan de zoutwaterzijde van de inrichting. Dit kan aanleiding geven tot vermindering in productiviteit van formatiewater en H<sub>2</sub>S productie, het toepassen van biociden kan daartoe noodzakelijk zijn.

#### Gescheiden hemelwater opvangsysteem

De locatie is voorzien van een gescheiden hemelwater opvangsysteem. Hiermee wordt voorkomen dat bij eventuele lekkage in het puttenterrein dit water op het oppervlaktewater terecht kan komen. Het schone hemelwater dat op de rest van de locatie (asfaltverharding en dak installatiegebouw) valt, kan rechtstreeks worden geloosd op het oppervlaktewater.

Het water afkomstig vanuit de pompruimte wordt op de riolering geloosd. Afgezien van het toilet- en douchewater worden alle waterstromen die op het riool worden geloosd eerst door een olie/vetafscheider met slibafvangbak gestuurd.

Op de locatie is een buffervoorziening aanwezig, waarin bij een capaciteitstekort op het riool het water ter plaatse kan worden opgeslagen tot het moment dat weer voldoende capaciteit beschikbaar is. Dit proces kan worden aangestuurd via een telemetrie-systeem.

Als grondstof van het proces dient het opgepompte warme water. Het hoofdproduct is de warmte uit dit water.

#### 4.5 Systeemconfiguratie

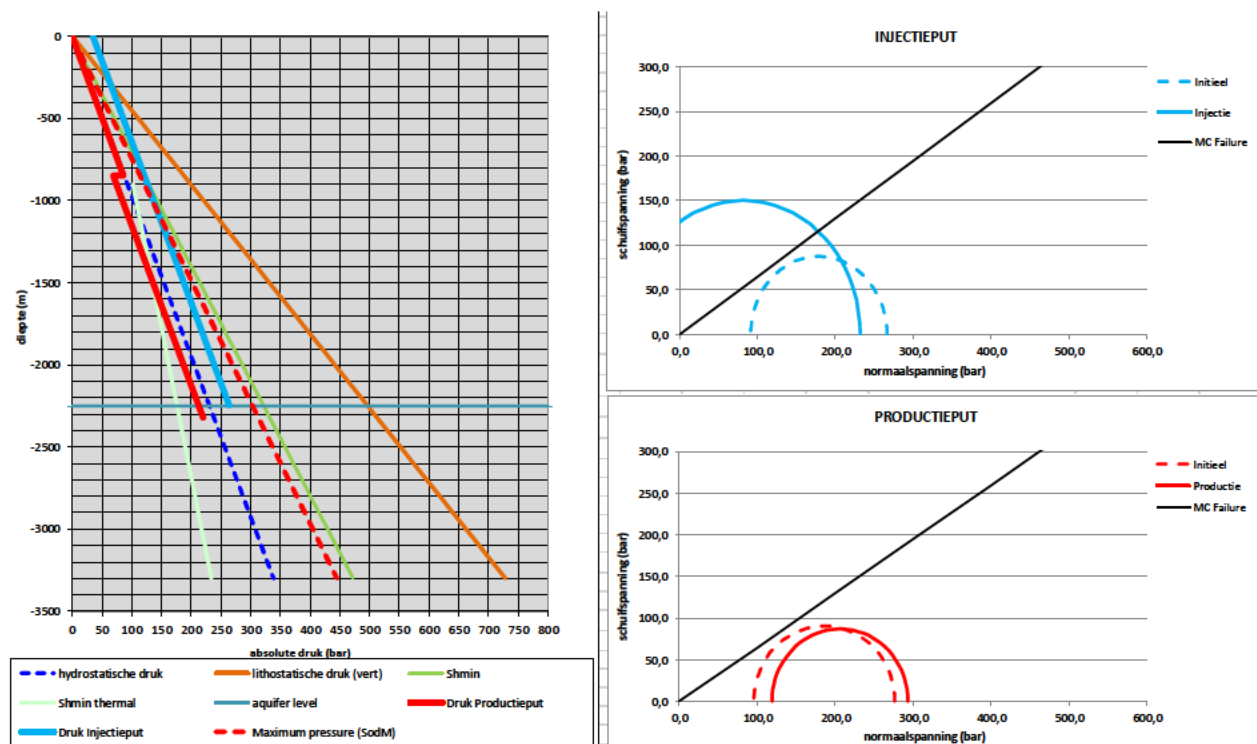
Een beschrijving van de putten is te vinden in paragraaf 2.2. De afstand tussen de TNT-GT-01-P en TNT-GT-02-I putten is 1285m op top reservoir niveau en 1655m op de basis van het reservoir. Een seismische doorsnede door de putten is gepresenteerd in Figuur 11.

#### 4.6 Reservoir integriteit

De putten van het Tinte project produceren/injecteren uit/in de Hoofd Bontzandsteen. Boven deze zandsteen bevinden zich afsluitende kleilagen in het Top Trias. De permeabiliteit van de Hoofd Bontzandsteen is hoog, waardoor het formatiewater met een relatief lage injectiedruk kan worden terug geïnjecteerd. Figuur 20 laat de Geomech.xls tool van TNO zien, ingevuld voor het geothermische Tinte project, gebruik makend van de DoubletCalc parameters zoals beschreven in hoofdstuk 5.

De regelgeving rondom de vereiste maximale injectiedruk kan nageleefd worden door het monitoren van de wellhead druk, inclusief shut-ins. Met behulp van drukvalgegevens kan de echte reservoir druk in de buurt van de put bepaald worden, door de drukval a.g.v. frictie in de completion en de sand-face te scheiden. Door het monitoren van injectiviteit en veranderingen in frictie is het haalbaar om de effecten van potentiële plugging en thermische krimp te onderscheiden. Een veilig *operating window* wordt ingesteld op de parameters van injectiedruk bij het reservoir, injectiviteit en de toestand van de thermische krimp.

| Invoer parameters                                       | waarde        | Default          | eenheid          |
|---------------------------------------------------------|---------------|------------------|------------------|
| Diepte top aquifer in productieput                      | -2322         | x                | m                |
| Diepte top aquifer in injectieput                       | -2245         | x                | m                |
| Gemiddelde diepte top aquifer                           | -2250         | x                | m                |
| Diepte pomp                                             | -847          | -500             | m                |
| Aquiferdruk Productieput                                | 237           | x                | bar              |
| Aquiferdruk Injectieput                                 | 230           | x                | bar              |
| Bottom hole pressure Productieput                       | 220           | x                | bar              |
| Bottom hole pressure Injectieput                        | 264           | x                | bar              |
| Drukverschil over put-aquifer interface in productieput | 17            | x                | bar              |
| Drukverschil over put-aquifer interface in injectieput  | 34            | x                | bar              |
| hydrostatische gradient in injectieput                  | 0,102         | 0,106            | bar/m            |
| lithostatische gradient                                 | 0,221         | 0,225            | bar/m            |
| minimale horizontale spanningsgradient (bar/m)          | 0,143         | 0,16             | bar/m            |
| Injectietemperatuur                                     | 30            | x                | °C               |
| Aquifer temperatuur @ productieput                      | 85            | x                | °C               |
| Aquifer temperatuur @ injectieput                       | 82            | x                | °C               |
| Delta temperatuur @ injectieput                         | 52            | x                | °C               |
| Temperatuurgradient                                     | 0,033         | 0,032            | °C/m             |
| Gemiddelde oppervlaktetemperatuur                       | 10            | 10               | °C               |
| Youngs modulus                                          | 19000         | 10000            | Mpa              |
| Poisson's ratio                                         | 0,29          | 0,25             | frac             |
| Arching coefficient                                     | 0,4           | 0,4              |                  |
| Biot coefficient                                        | 0,7           | 0,75             |                  |
| Linear thermal expansion coefficient ( °C-1)            | 1,00E-05      | 1,00E-05         | °C <sup>-1</sup> |
| Cohesie                                                 | 0             | 0                | bar              |
| Hoek van inwendige wrijving                             | 33            | 33               | °                |
| Invloed thermische stress                               | Ja            |                  |                  |
|                                                         |               |                  |                  |
| <b>Uitvoer</b>                                          | <b>Waarde</b> | <b>Validatie</b> |                  |
| Tubing Head Pressure toegestaan volgens SodM protocol   | 74            | JA               | 35               |
| Maximale verschillendruk injectieput top reservoir      | 73            | JA               | 34               |
| Fracking                                                |               | NEE              |                  |
| Kans op breukreactivatie                                |               | JA               |                  |



Figuur 20: Geomech.xls tool van TNO, ingevuld voor het geothermische Tinte project, gebruik makend van de DoubletCalc parameters zoals beschreven in hoofdstuk 5.

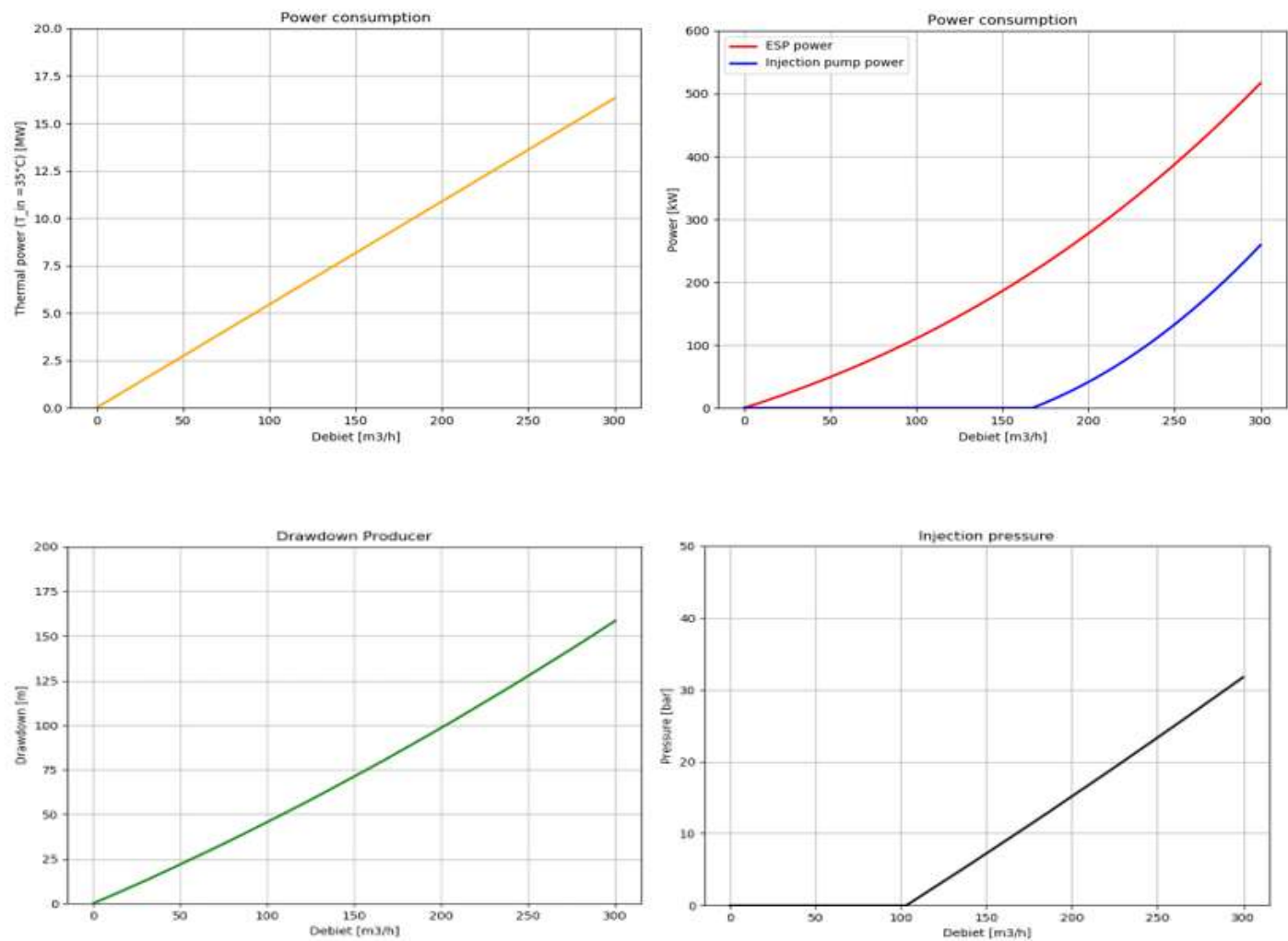
#### 4.7 Beoogde operationele instellingen

Voor het geothermische systeem is de geologie niet de beperkende factor maar de diameters van de putten (300 m<sup>3</sup>/h) en de vraag naar warmteafname. Voor de zomer, winter, voor-/najaar zijn verschillende warmtelevering-scenario's gedefinieerd, afhankelijk van de warmtevraag, waarbij de maximale productie is gelimiteerd tot 300 m<sup>3</sup>/h voor theoretisch het gehele jaar (Tabel 8).

Tabel 8: warmteleveringsscenario's

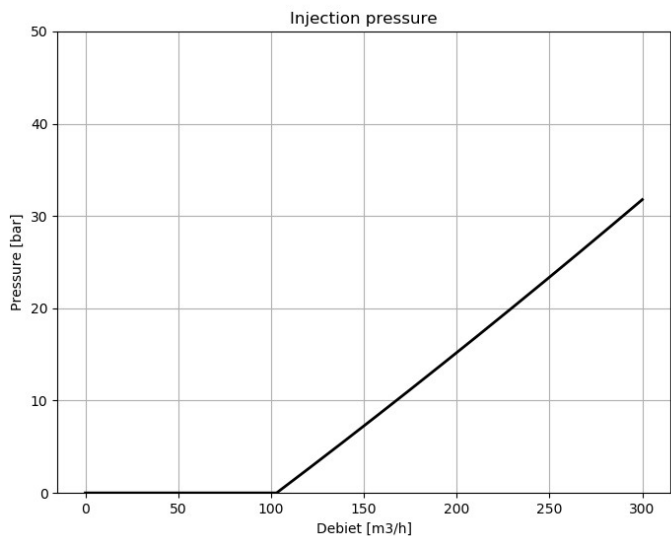
| Scenario     | Debiet m3/h | Retourtemperatuur (C) |
|--------------|-------------|-----------------------|
| Zomer        | 250         | 30                    |
| Voor-/Najaar | 275         | 30                    |
| Winter       | 300         | 30                    |

In de onderstaande grafieken (Figuur 21) worden de verschillende operationele parameters weergegeven als functie van debiet.

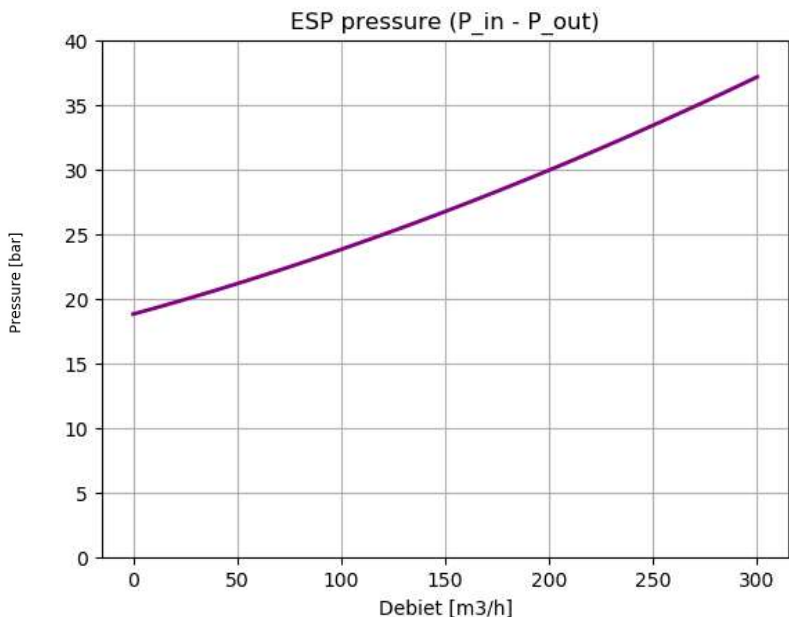


Figuur 21: Operationele parameters als functie van debiet.

**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** Figuur 22 en Figuur 23 laten de verwachte systeemdrukken op basis van de geologie van de testresultaten, het putontwerp en de skin zien. Figuur 22: ESP pomp druk (P<sub>out</sub>-P<sub>in</sub>) TNT-GT-01-P  
Figuur 22 laat de druk zien die de ESP naar verwachting zal leveren bij bepaalde debieten. In Figuur 23 wordt de injectiedruk weergegeven bij bepaalde debieten.



Figuur 22: ESP pomp druk (P<sub>out</sub>-P<sub>in</sub>) TNT-GT-01-P



Figuur 23: Injectie druk TNT-GT-02. OBV permeabiliteit, dikte en skin factor zoals gemeten bij de circulatietest. Skin kan veranderen gedurende exploitatie. Bovenstaande plaatje is een hoogst onzekere voorspelling.

De putten TNT-GT-01/02 zijn uitgerust met GRE lined casings en tie-backs, 13 Chrome casings op reservoir niveau en een gecoate ESP tubing met als doel om corrosie van de putten te voorkomen. Ook zijn de putten goed schoongemaakt alvorens productie-/injectie-testen uit te voeren. Het streven is dan ook om in deze putten geen (corrosie/scaling) inhibitors of biociden te gebruiken zoals dat is toegelicht in paragraaf 4.4..

In het formatiewater dat wordt onttrokken is formatiegas aanwezig (Tabel 6: Water samenstelling) 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 wordt toegevoegd aan de warmte op het warmtenet. 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.

|                                                        |                                                                                                         |
|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Aanvang winningsvergunning</b>                      | (nog niet verleend)                                                                                     |
| <b>Tijdvak (jaar)</b>                                  | <b>35</b>                                                                                               |
| <b>Het verwachte debiet (m3/h)</b>                     | Gelimiteerd door putdiameter: 300 m3/h (max)<br>Zomer-voor/najaar-winter (BuCa): <b>250 – 275 – 300</b> |
| <b>De productie-temperatuur (°C)</b>                   | <b>85</b>                                                                                               |
| <b>De injectie-temperatuur (°C)</b>                    | <b>30</b>                                                                                               |
| <b>ESP druk (bar)</b>                                  | @ 250-275-300 m3/h: <b>34 – 35 – 36.5</b>                                                               |
| <b>Injectiedruk (bar)</b>                              | Max. according to injection pressure protocol<br>@ 250-275-300 m3/h: <b>18 – 31 – 34</b>                |
| <b>Verwacht Electraverbruik ESP+injectiepomp (kWe)</b> | @ 250-275-300 m3/h: <b>519 – 647 – 799</b>                                                              |
| <b>Aantal draaiuren per jaar</b>                       | Op basis van BuCa: <b>8424</b>                                                                          |
| <b>Het aantal vollasturen</b>                          | Op basis van BuCa: <b>7937</b>                                                                          |
| <b>Het vermogen @30°C retourtemperatuur</b>            | @ 250-275-300 m3/h: <b>15.6 - 17.2 - 18.9 MW</b>                                                        |
| <b>Verwachte warmtewinning</b>                         | <b>108.000 → 548.000 GJ/jaar</b>                                                                        |
| <b>Bijvangst GWR</b>                                   | <b>1.0 Nm3/m3</b>                                                                                       |

## 5 Prognose winning

Het beoogde geothermische vermogen is berekend met DoubletCalc1D v1.4.3. De beperkende productiefactor is de diameter van de putten: 300 m<sup>3</sup>/h. In de vermogensberekening zijn de volgende aannames gedaan:

- Gebruik permeabiliteit uit circulatietest (274mD)
- Winterscenario met 300m<sup>3</sup>/h debiet
- 30C injectietemperatuur
- Gemiddelde N/G (82%) en reservoir dikte van de 2 putten (202mTST)

Figuur 24 laat de input voor DoubletCalc1D zien. Figuur 25 en Figuur 26 laat de resulterende output van DoubletCalc1D zien. Daarnaast is er ook een DoubletCalc2D berekening gedaan op basis van dezelfde aannames (Figuur 30 en

Figuur 31), 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 Tabel 10 en Figuur 27.

file: ... \4. subsurface studies\02.voorne\10.vermogens berekening\200518\_voorne\_winningsplan\_fp.xml

## Geotechnical input

### A) Aquifer properties

| Property                        | min    | median | max    |
|---------------------------------|--------|--------|--------|
| aquifer permeability (mD)       | 211    | 274    | 345    |
| aquifer net to gross (-)        | 0.81   | 0.82   | 0.83   |
| aquifer gross thickness (m)     | 201    | 202    | 203    |
| aquifer top at producer (m TVD) | 2089.0 | 2321.5 | 2554.0 |
| aquifer top at injector (m TVD) | 2021.0 | 2245   | 2470.0 |
| aquifer water salinity (ppm)    | 120000 | 130000 | 140000 |

| Property                                       | value |
|------------------------------------------------|-------|
| aquifer kh/kv ratio (-)                        | 5.0   |
| surface temperature (°C)                       | 10    |
| geothermal gradient (°C/m)                     | 0.033 |
| [ mid aquifer temperature producer (°C) ]      | 0     |
| [ initial aquifer pressure at producer (bar) ] | 0     |
| [ initial aquifer pressure at injector (bar) ] | 0     |

### B) Doublet and pump properties

| Property                             | value |
|--------------------------------------|-------|
| exit temperature heat exchanger (°C) | 30    |
| distance wells at aquifer level (m)  | 1285  |
| pump system efficiency (-)           | 0.6   |
| production pump depth (m)            | 847   |
| pump pressure difference (bar)       | 57.5  |

### C) Well properties

calculation length subdivision (m)

| Producer                            |                                |                              |                              |                               |
|-------------------------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| outer diameter producer (inch)      | 9.625                          |                              |                              |                               |
| skin producer (-)                   | 2                              |                              |                              |                               |
| penetration angle producer (deg)    | 42                             |                              |                              |                               |
| skin due to penetration angle p (-) | -0.33                          |                              |                              |                               |
| Segment                             | pipe segment sections p (m AH) | pipe segment depth p (m TVD) | pipe inner diameter p (inch) | pipe roughness p (milli-inch) |
| 1                                   | 847                            | 847                          | 6.276                        | 0.2                           |
| 2                                   | 1218                           | 1207                         | 9.35                         | 1.5                           |
| 3                                   | 2526                           | 2323                         | 8.250                        | 1.5                           |
| 4                                   |                                |                              |                              |                               |
| 5                                   |                                |                              |                              |                               |
| 6                                   |                                |                              |                              |                               |
| 7                                   |                                |                              |                              |                               |
| 8                                   |                                |                              |                              |                               |

| Injector                            |                                |                              |                              |                               |
|-------------------------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| outer diameter injector (inch)      | 9.625                          |                              |                              |                               |
| skin injector (-)                   | 2.4                            |                              |                              |                               |
| penetration angle injector (deg)    | 45                             |                              |                              |                               |
| skin due to penetration angle i (-) | -0.46                          |                              |                              |                               |
| Segment                             | pipe segment sections i (m AH) | pipe segment depth i (m TVD) | pipe inner diameter i (inch) | pipe roughness i (milli-inch) |
| 1                                   | 1072                           | 1071                         | 9.35                         | 1.5                           |
| 2                                   | 2350                           | 2248                         | 8.250                        | 1.5                           |
| 3                                   |                                |                              |                              |                               |
| 4                                   |                                |                              |                              |                               |
| 5                                   |                                |                              |                              |                               |
| 6                                   |                                |                              |                              |                               |
| 7                                   |                                |                              |                              |                               |
| 8                                   |                                |                              |                              |                               |

[ ] optional

Figuur 24: Input DoubletCalc1D Tinte winningsplan

file: ... \4. subsurface studies\02.voorne\10.vermogens berekening\200518\_voorne\_winningsplan\_fp.xml

## Geotechnics (Input)

| Property                        | min      | median   | max      |
|---------------------------------|----------|----------|----------|
| aquifer permeability (mD)       | 211.0    | 274.0    | 345.0    |
| aquifer net to gross (-)        | 0.81     | 0.82     | 0.83     |
| aquifer gross thickness (m)     | 201.0    | 202.0    | 203.0    |
| aquifer top at producer (m TVD) | 2089.0   | 2322.0   | 2554.0   |
| aquifer top at injector (m TVD) | 2021.0   | 2245.0   | 2470.0   |
| aquifer water salinity (ppm)    | 120000.0 | 130000.0 | 140000.0 |

| Property                                       | value               |
|------------------------------------------------|---------------------|
| number of simulation runs (-)                  | 1000.0              |
| aquifer kh/kv ratio (-)                        | 5.0                 |
| surface temperature (°C)                       | 10.0                |
| geothermal gradient (°C/m)                     | 0.033               |
| [ mid aquifer temperature producer (°C) ]      | 0.0                 |
| initial aquifer pressure at producer (bar) ]   | 0.0                 |
| [ initial aquifer pressure at injector (bar) ] | 0.0                 |
| exit temperature heat exchanger (°C)           | 30.0                |
| distance wells at aquifer level (m)            | 1285.0              |
| pump system efficiency (-)                     | 0.6                 |
| production pump depth (m)                      | 847.0               |
| pump pressure difference (bar)                 | 57.5                |
| outer diameter producer (inch)                 | 9.63                |
| skin producer (-)                              | 2.0                 |
| skin due to penetration angle p (-)            | -0.33               |
| pipe segment sections p (m AH)                 | 847.0,1218.0,2526.0 |
| pipe segment depth p (m TVD)                   | 847.0,1207.0,2323.0 |
| pipe inner diameter p (inch)                   | 6.28,9.35,8.25      |
| pipe roughness p (milli-inch)                  | 0.2,1.5,1.5         |
| outer diameter injector (inch)                 | 9.63                |
| skin injector (-)                              | 2.4                 |
| skin due to penetration angle i (-)            | -0.46               |
| pipe segment sections i (m AH)                 | 1072.0,2350.0       |
| pipe segment depth i (m TVD)                   | 1071.0,2248.0       |
| pipe inner diameter i (inch)                   | 9.35,8.25           |
| pipe roughness i (milli-inch)                  | 1.5,1.5             |

## Geotechnics (Output)

| Monte Carlo cases (stochastic inputs) | P90   | P50   | P10   |
|---------------------------------------|-------|-------|-------|
| aquifer kH net (Dm)                   | 39.71 | 45.37 | 51.95 |
| mass flow (kg/s)                      | 80.73 | 88.89 | 96.51 |
| pump volume flow (m³/h)               | 273.1 | 300.9 | 326.7 |
| required pump power (kW)              | 726.9 | 801.0 | 869.7 |
| geothermal power (MW)                 | 16.59 | 18.87 | 21.16 |
| COP (kW/kW)                           | 22.0  | 23.6  | 25.2  |

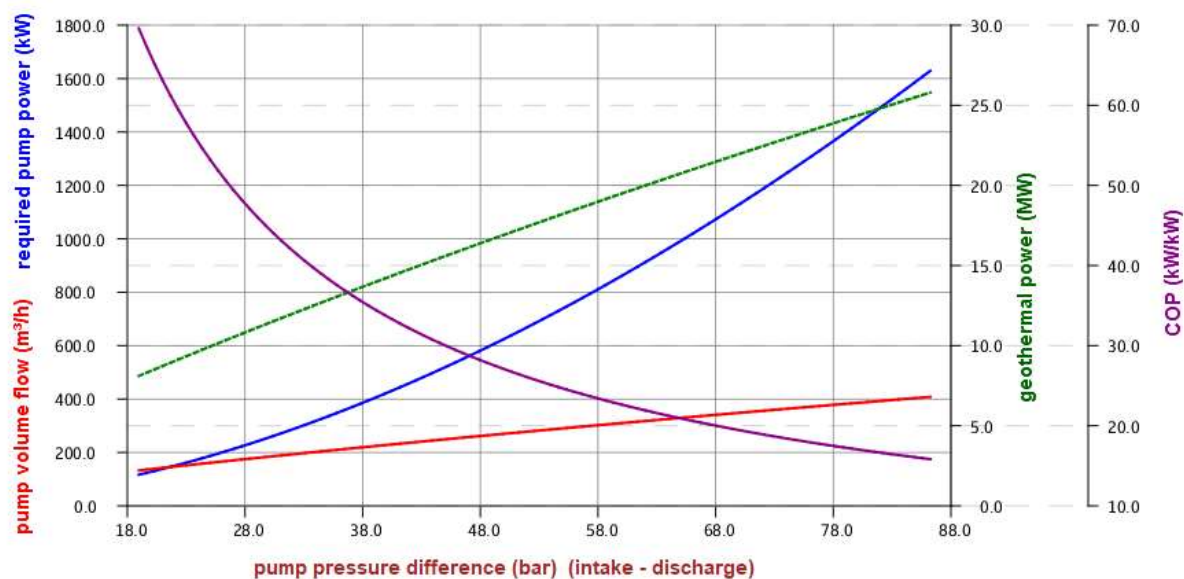
|                                        |        |        |        |
|----------------------------------------|--------|--------|--------|
| aquifer pressure at producer (bar)     | 223.5  | 237.4  | 251.9  |
| aquifer pressure at injector (bar)     | 216.47 | 229.59 | 242.61 |
| pressure difference at producer (bar)  | 15.76  | 16.54  | 17.34  |
| pressure difference at injector (bar)  | 32.54  | 34.17  | 35.89  |
| aquifer temperature at producer * (°C) | 85.73  | 89.95  | 94.19  |
| temperature at heat exchanger (°C)     | 84.53  | 88.62  | 92.75  |

| base case (median value inputs) | value |
|---------------------------------|-------|
| aquifer kH net (Dm)             | 45.39 |
| mass flow (kg/s)                | 88.7  |
| pump volume flow (m³/h)         | 300.0 |
| required pump power (kW)        | 798.7 |
| geothermal power (MW)           | 18.86 |
| COP (kW/kW)                     | 23.6  |

|                                        |        |
|----------------------------------------|--------|
| aquifer pressure at producer (bar)     | 237.39 |
| aquifer pressure at injector (bar)     | 229.53 |
| pressure difference at producer (bar)  | 16.56  |
| pressure difference at injector (bar)  | 34.21  |
| aquifer temperature at producer * (°C) | 89.94  |
| temperature at heat exchanger (°C)     | 88.64  |
| pressure at heat exchanger (bar)       | 26.61  |

\* @ mid aquifer depth

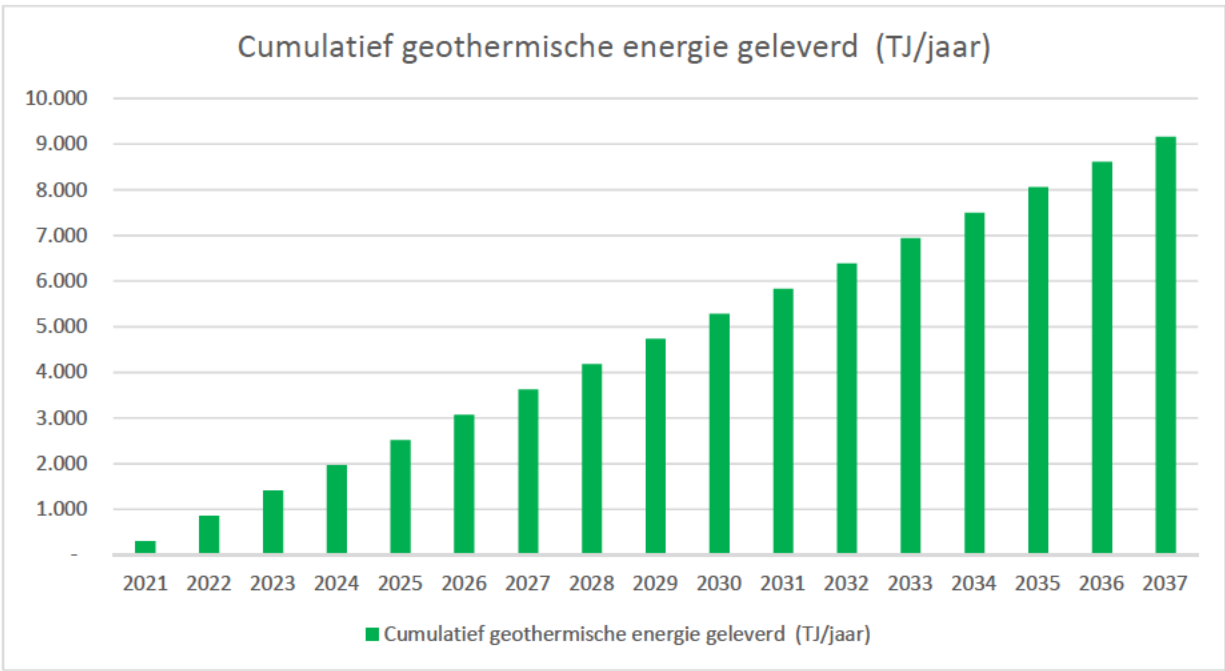
Figuur 25: Input en output DoubletCalc1D Tinte winningsplan



Figuur 26: DoubletCalc output voor verschillende pompdrukverschillen, gebaseerd op DoubletCalc parameters uit Figuur 25.

Tabel 10: Verwachte productie van het Tinte doublet.

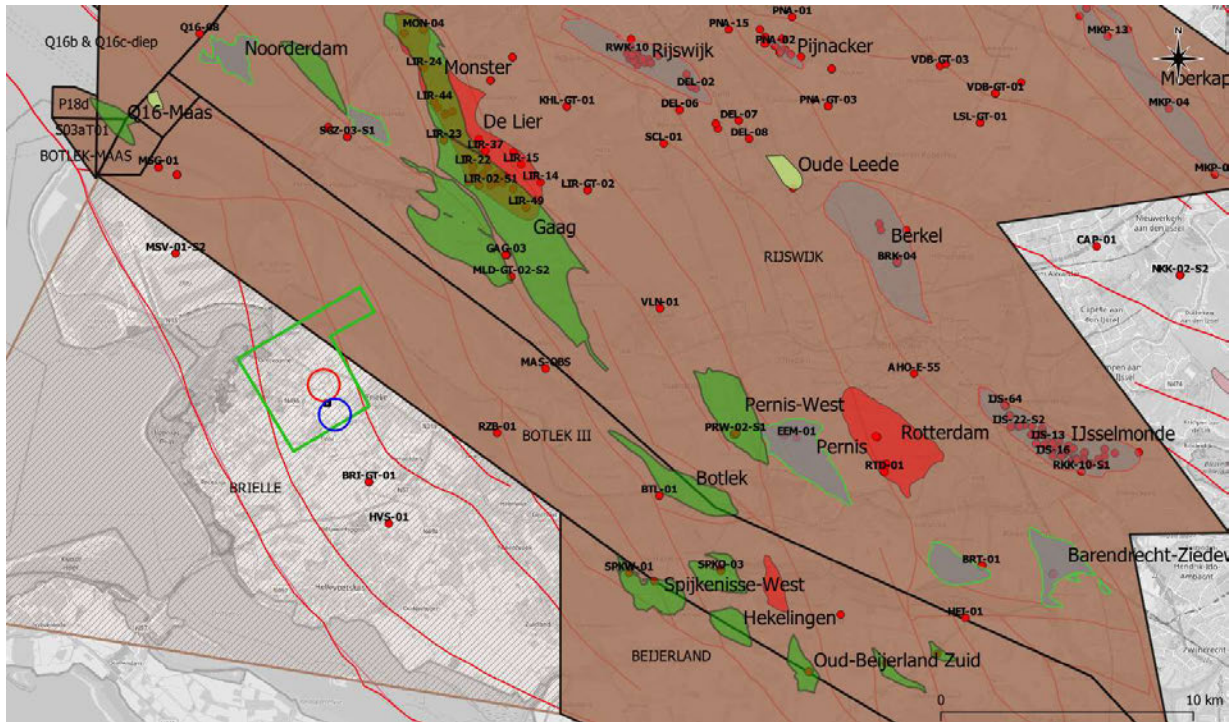
| Jaar | Productie<br>temperatuur<br>(°C) | Hoeveelheid<br>formatiewater<br>gewonnen (x<br>1.000 m3/uur) | Geothermische<br>energie<br>geleverd (TJ) | Hoeveelheid<br>productiegas<br>(x1.000 nm3 /<br>jaar) | Aantal<br>vollasturen<br>(uur) | Elektra<br>verbruik per<br>jaar (MWh /<br>jaar) | Cumulatief<br>geothermische<br>energie<br>geleverd (TJ /<br>jaar) |
|------|----------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| 2021 | 85                               | 1.279                                                        | 299                                       | 1.279                                                 | 4.264                          | 3.165                                           | 299                                                               |
| 2022 | 85                               | 2.370                                                        | 554                                       | 2.370                                                 | 7.900                          | 5.256                                           | 853                                                               |
| 2023 | 85                               | 2.370                                                        | 554                                       | 2.370                                                 | 7.900                          | 5.864                                           | 1.407                                                             |
| 2024 | 85                               | 2.370                                                        | 554                                       | 2.370                                                 | 7.900                          | 5.864                                           | 1.961                                                             |
| 2025 | 85                               | 2.370                                                        | 554                                       | 2.370                                                 | 7.900                          | 5.864                                           | 2.515                                                             |
| 2026 | 85                               | 2.370                                                        | 554                                       | 2.370                                                 | 7.900                          | 5.864                                           | 3.069                                                             |
| 2027 | 85                               | 2.370                                                        | 554                                       | 2.370                                                 | 7.900                          | 5.864                                           | 3.623                                                             |
| 2028 | 85                               | 2.370                                                        | 554                                       | 2.370                                                 | 7.900                          | 5.864                                           | 4.177                                                             |
| 2029 | 85                               | 2.370                                                        | 554                                       | 2.370                                                 | 7.900                          | 5.864                                           | 4.731                                                             |
| 2030 | 85                               | 2.370                                                        | 554                                       | 2.370                                                 | 7.900                          | 5.864                                           | 5.285                                                             |
| 2031 | 85                               | 2.370                                                        | 554                                       | 2.370                                                 | 7.900                          | 5.864                                           | 5.839                                                             |
| 2032 | 85                               | 2.370                                                        | 554                                       | 2.370                                                 | 7.900                          | 5.864                                           | 6.394                                                             |
| 2033 | 85                               | 2.370                                                        | 554                                       | 2.370                                                 | 7.900                          | 5.864                                           | 6.948                                                             |
| 2034 | 85                               | 2.370                                                        | 554                                       | 2.370                                                 | 7.900                          | 5.864                                           | 7.502                                                             |
| 2035 | 85                               | 2.370                                                        | 554                                       | 2.370                                                 | 7.900                          | 5.864                                           | 8.056                                                             |
| 2036 | 85                               | 2.370                                                        | 554                                       | 2.370                                                 | 7.900                          | 5.864                                           | 8.610                                                             |
| 2037 | 85                               | 2.370                                                        | 554                                       | 2.370                                                 | 7.900                          | 5.864                                           | 9.164                                                             |



Figuur 27: Prognose cumulatieve energie (GJ)

## 6 Interferentie met ander gebruik (diepe) ondergrond

De putten van het Tinte project (TNT-GT-01/02) liggen binnen de koolwaterstof-exploratievergunnings-aanvraag van Oranje-Nassau Energie (ONE). Er liggen geen olie- en gasvelden binnen de Oostvoorne opsporings-/winningsvergunning. Het meest dichtbijgelegen gas veld is het Gaag veld. Deze produceert wel uit de Hoofd Bontzandsteen van het Trias, maar ligt in een dieper gelegen geologisch blok op meer dan 8 km afstand (Figuur 28). Tijdens de TNT-GT-01/02 boringen zijn er geen olie-/gasvoorkomens aangeboord. Wel is er gas in oplossing in het productiewater (zie Tabel 6).



Figuur 28: Ligging geothermisch Tinte project ten opzichte van olie en gas velden en koolwaterstofvergunningen.

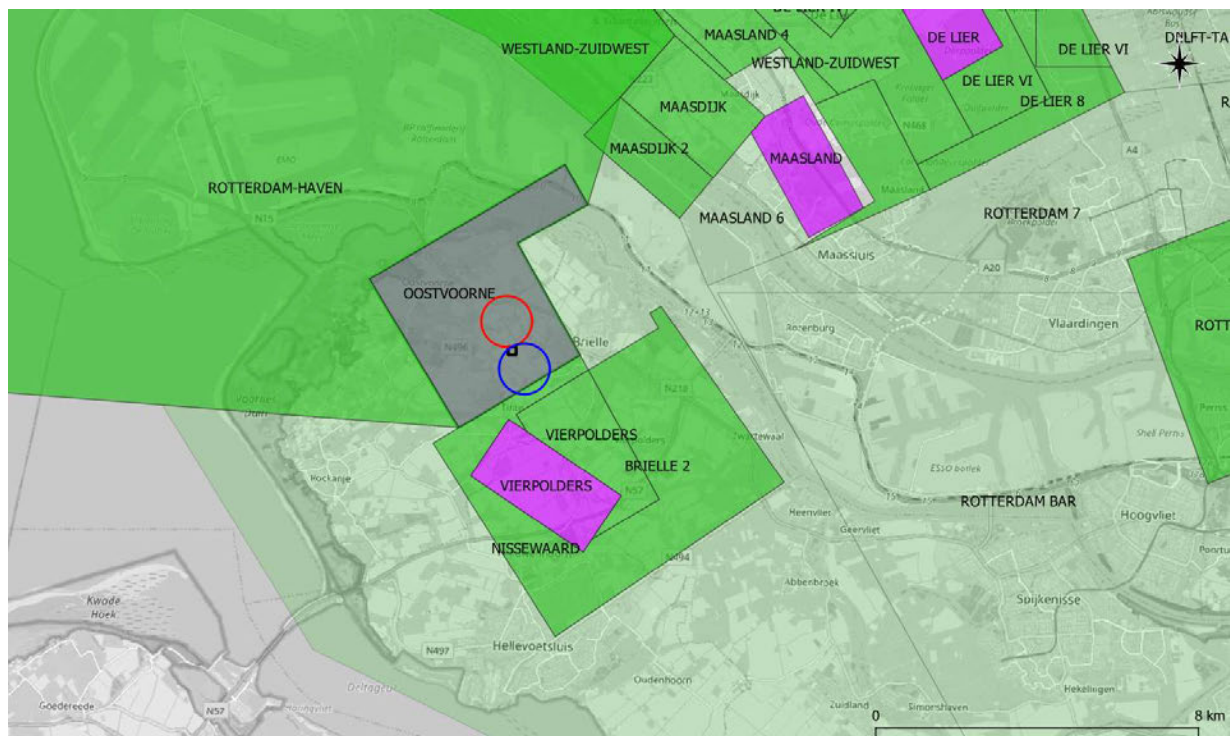
De Oostvoorne opsporing/winningsvergunning waarbinnen het Tinte project gelegen is, wordt omsloten door de opsporingsvergunningen van Vierpolders, Brielle2, Rotterdam-Haven en de opsporingsvergunningsaanvraag van Nissewaard (Figuur 29). Er vindt afstemming plaats met de houders van de eerste twee opsporingsvergunningen, zodat er gekeken kan worden naar een *play-based* ontwikkeling van het gebied.

Figuur 30 en

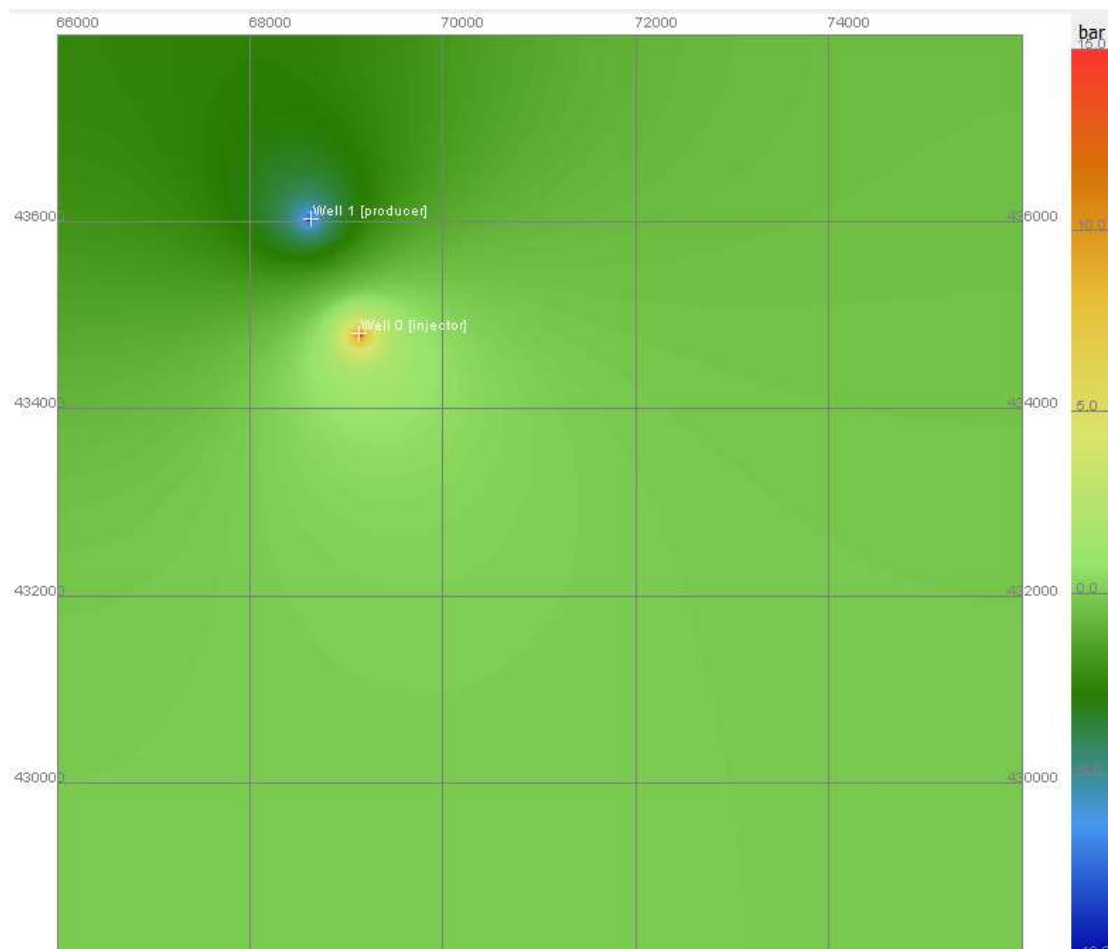
Figuur 31 laten de druk en temperatuur-distributie in het reservoir na 35 jaar zien en is berekend bij vollast operationele instelling (300m<sup>3</sup>/hr, 8760hr/jaar, 30C injectietemperatuur) .

Figuur 31 en Figuur 32 tonen de afkoeling in het reservoir na 35 jaar. (De input parameters voor dit model worden weergegeven in Figuur 33). Uit deze modellering kan geconcludeerd worden dat de afkoeling lokaal

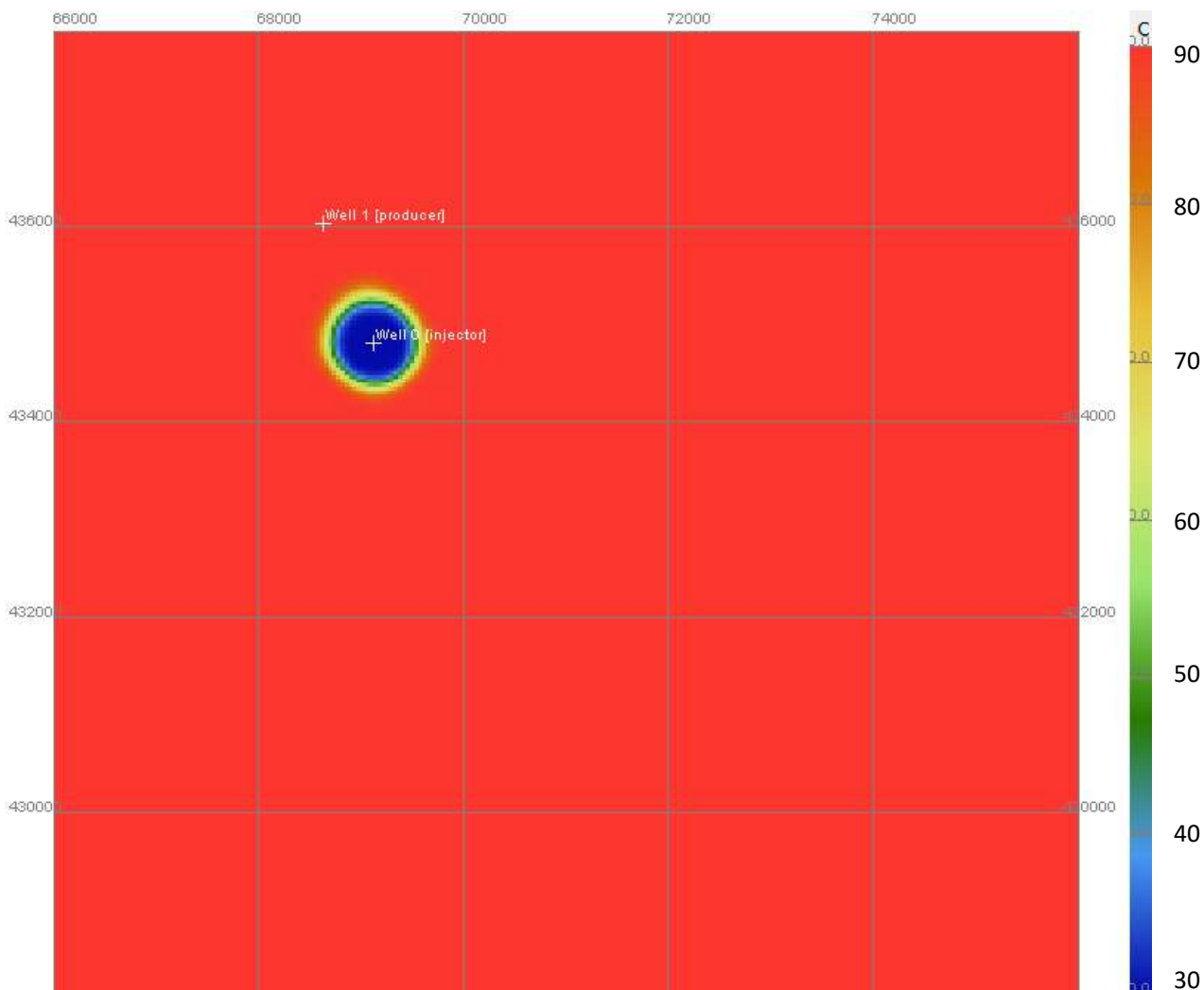
is. Na 35 jaar heeft de afkoeling de contour van het winningsvergunning gebied bereikt; zoals aangegeven is hierover goedkeuring verkregen van de Brielle2/Vierpolders opsporingsvergunning/aandeelhouders.



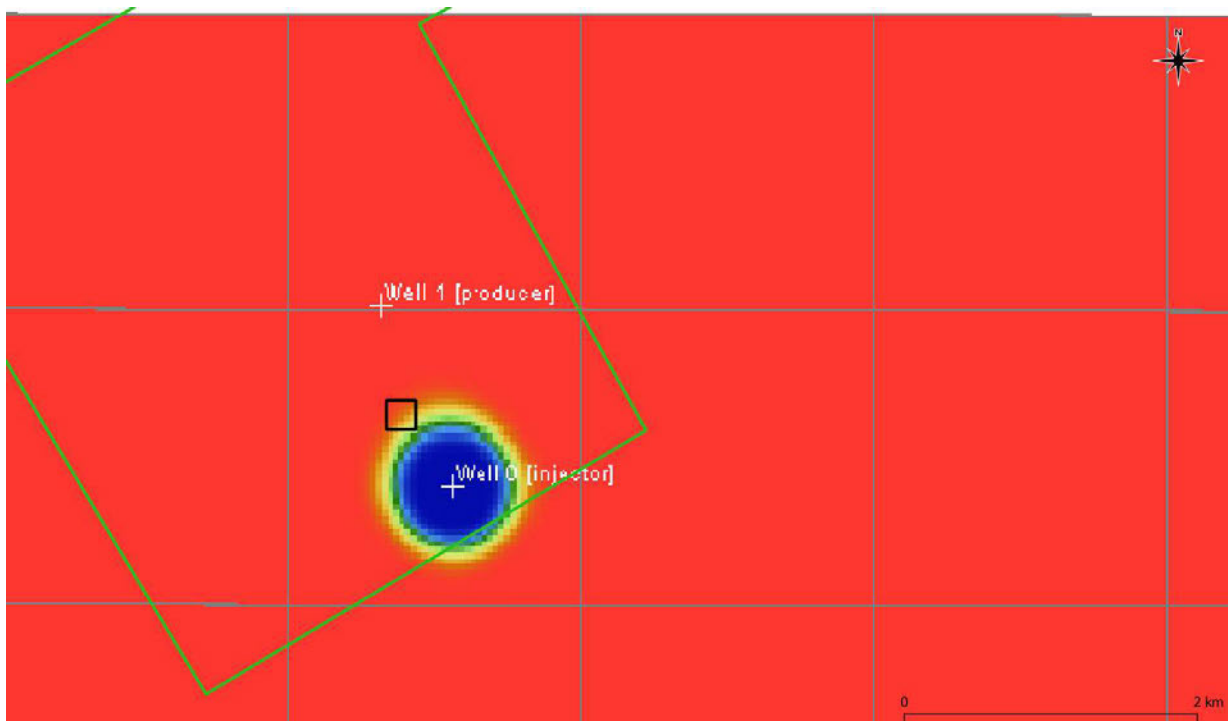
Figuur 29: Ligging geothermisch Tinte project ten opzichte van andere geothermische opsporingsvergunningen (groen) en geothermische winningsvergunningen (paars).



Figuur 30: Druk distributie na 35 jaar. Hoge druk (rood) rondom TNT-GT-02-I en lage druk (blauw) rondom TNT-GT-01-P.



Figuur 31: Temperatuur verdeling na 35 jaar. Lage temperatuur (blauw) rondom TNT-GT-02-I. Kleurenschaal: Blauw: 30C→Rood: 90C.



Figuur 32: Temperatuur verdeling na 35 jaar. Lage temperatuur (blauw) rondom TNT-GT-02-I. Kleurenschaal: Blauw: 30C→Rood: 90C. Oostvoorne opsporing/winningsvergunningsgrens in groen.

| REGION OF INTEREST                           |              |          |               |
|----------------------------------------------|--------------|----------|---------------|
| xmin                                         | 66000.0 m    | nx       | 250.0 -       |
| xmax                                         | 76000.0 m    | ny       | 250.0 -       |
| ymin                                         | 428000.0 m   |          |               |
| ymax                                         | 438000.0 m   |          |               |
| grid geometry                                | none         | use grid | view          |
| AQUIFER PROPERTIES                           |              |          |               |
| initial temperature                          | 85.4 C       | none     | use grid view |
| aquifer depth                                | 2283.0 m     | none     | use grid view |
| (cell) thickness                             | 202.0 m      | none     | use grid view |
| porosity                                     | 0.142 -      | none     | use grid view |
| net to gross                                 | 0.82 -       | none     | use grid view |
| actnum                                       | 1.0 -        | none     | use grid view |
| permeability in xdir                         | 274.0 mDarcy | none     | use grid view |
| permeability in ydir                         | 274.0 mDarcy | none     | use grid view |
| water salinity                               | 130000.0 ppm |          |               |
| CALCULATION SETTINGS                         |              |          |               |
| time end production                          | 70.0 yrs     |          |               |
| time end analysis                            | 70.0 yrs     |          |               |
| output interval                              | 2.0 yrs      |          |               |
| output/calculation interval after production | 10.0 yrs     |          |               |

|                        | Well 0   | Well 1      |
|------------------------|----------|-------------|
| name                   |          |             |
| x                      | 69129.0  | 68634.0 m   |
| y                      | 434799.0 | 436024.0 m  |
| well diameter          | 12.25    | 12.25 inch  |
| well skin              | -0.33    | -0.46 -     |
| well excess pressure   | 30.0     | -30.0 bar   |
| well (inj) temperature | 30.0     | -1.0 C      |
| well flow rate         | 300.0    | -300.0 m3/h |
| pressure constraint    | no       |             |

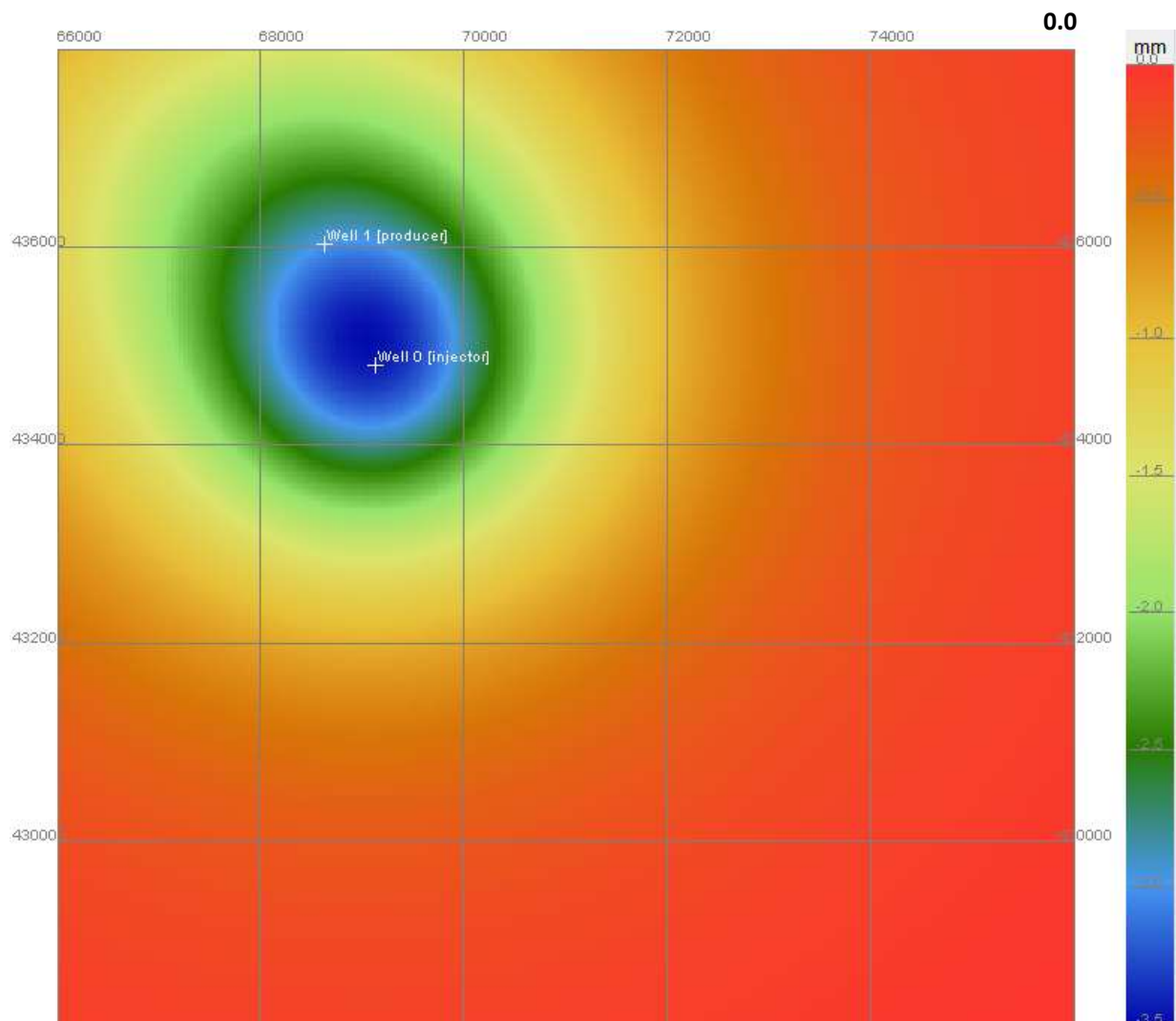
Figuur 33: Inputparameters voor Figuur 30 en

Figuur 31.

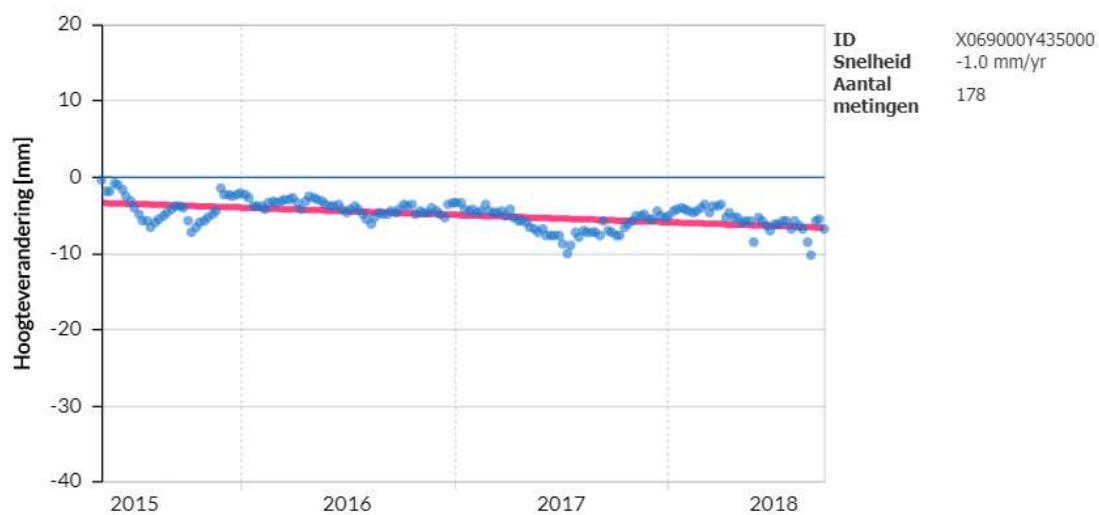
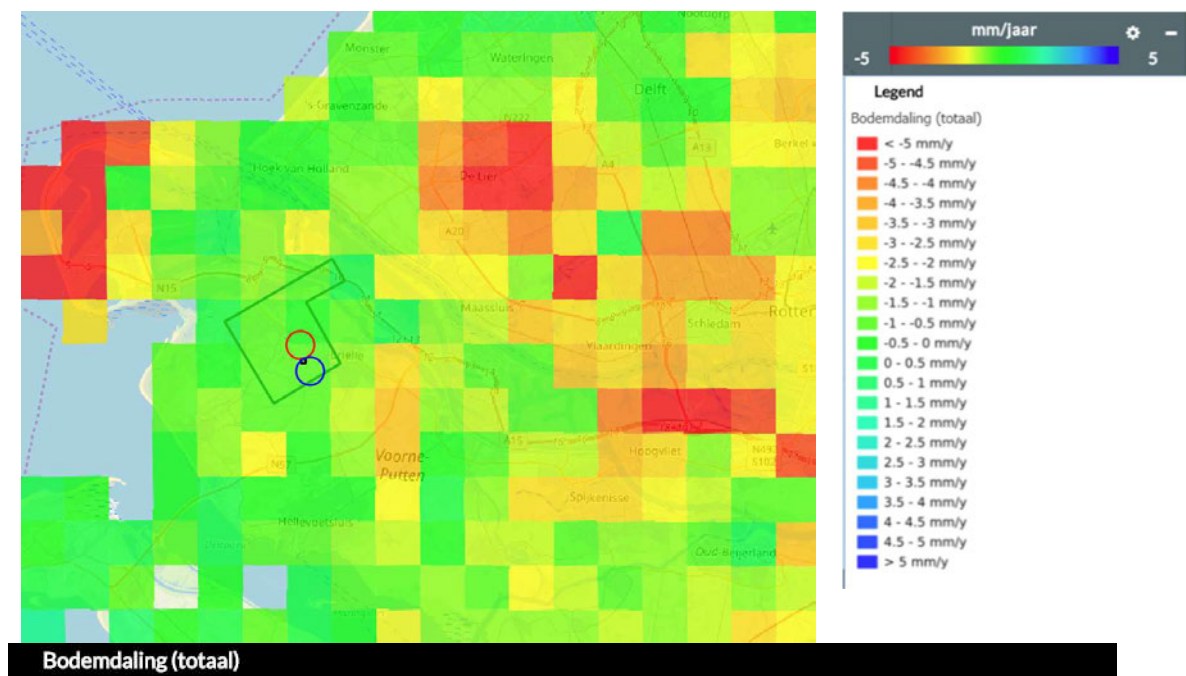
## 7 Natuur en milieu

### 7.1 Bodemdaling of -stijging

Een indicatie van de bodemdaling ten gevolge van de winning van aardwarmte in het Tinte project is berekend met DoubletCalc2D. hiervoor zijn de volgende operationele settings gebruikt; debiet = 300m<sup>3</sup>/h, uitkoeling tot 30C, maximale 8760 vollasturen/jaar. Het resultaat na 35 jaar is weergegeven in Figuur 34. Hieruit is af te leiden dat de bodemdaling zeer klein is (lokaal en maximaal 3.5 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 35). Die daling is gesteld op 1 mm per jaar, hetgeen neerkomt op 35 mm na 35 jaar. De bodemdaling wordt constant gemeten met behulp van InSAR en zal indien nodig geanalyseerd worden voor het geothermische project.



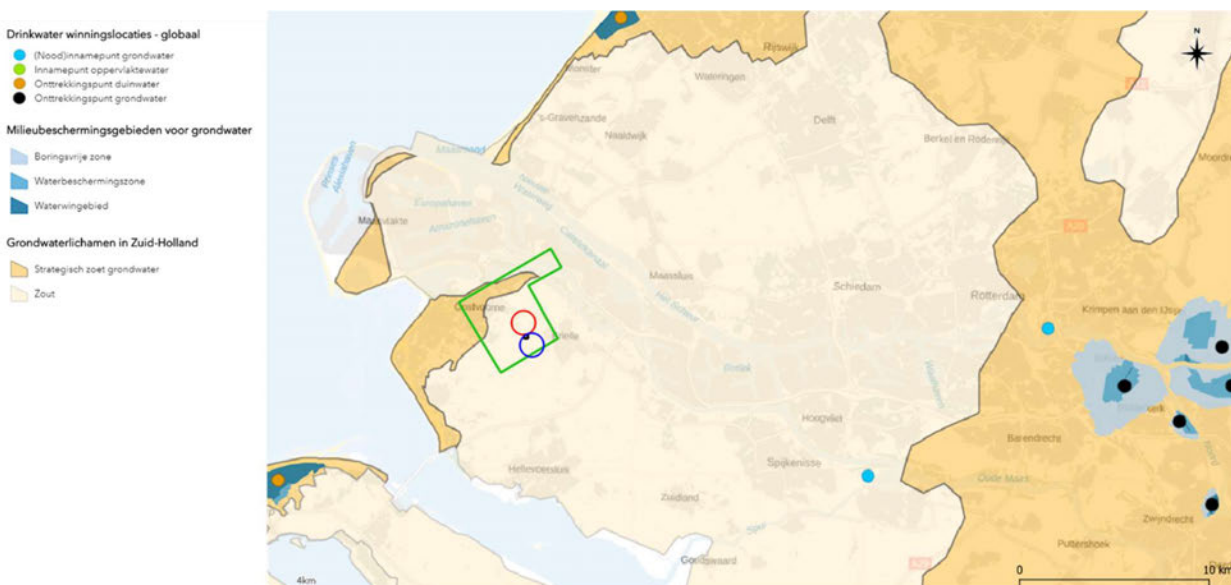
Figuur 34: Bodemdaling na 35 jaar. Maximale bodemdaling na 35 jaar is 3.5mm (blauw).



Figuur 35: Bodemdaling in het gebied van het Tinte geothermische project. Bron: [www.bodemdalingskaart.nl](http://www.bodemdalingskaart.nl)



Het gebied van de projectlocatie is zoals een groot deel van het grondgebied van gemeente Westvoorne aangemerkt als zijnde zout (brak) grondwater gebied. Gezien de diepte waarop de aardwarmtewinning gaat plaatsvinden en gezien de diepteligging van zout (brak) grondwater wordt geen negatief effect op de kwaliteit van het strategisch zoet grondwater verwacht. Zoals beschreven wordt de putintegriteit middels verschillende controle mechanismen beheerst waarbij als basis geldt dat geen verontreiniging ten gevolge van de aardwarmtewinning mag plaatsvinden met alle willekeurige watervoerende pakketten of deze nu zoet, brak of zout van aard zijn.



Figuur 37: Kaart van drinkwaterwinningslocaties, grondwaterlichamen en milieubeschermingsgebieden voor grondwater. Tinte projectlocatie is aangegeven met winningsvergunning-contour in groen.

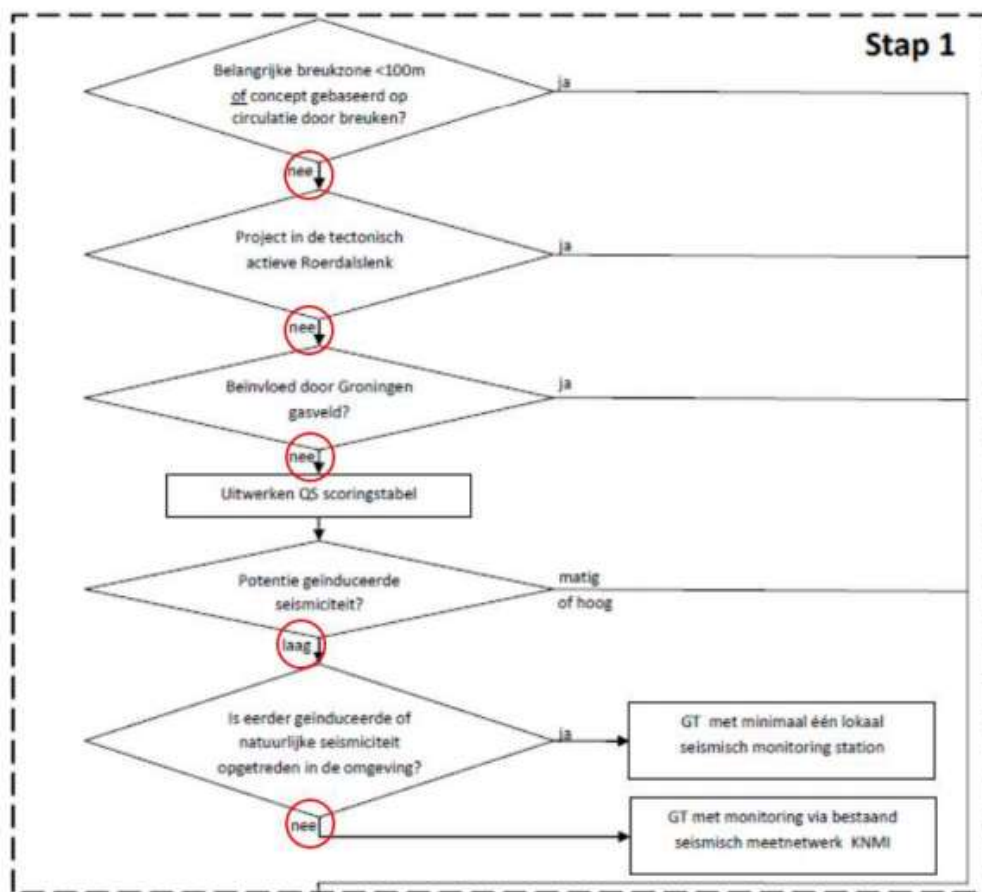
## 8 Bodemtrilling: Seismische risico analyse (SRA)

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.

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 38) is een QuickScan die is weergegeven in Figuur 39. De uitkomst hiervan is een score van 0.20 en die ligt onder de grens van 0.30. Hiermee is de potentie van geïnduceerde seismiciteit laag en kan het bestaande KNMI netwerk gebruikt worden voor seismische monitoring (Figuur 15).



Figuur 38: Stap 1 van de beslisboom voor Seismisch Risico in Geothermische Projecten (QCon/IF)

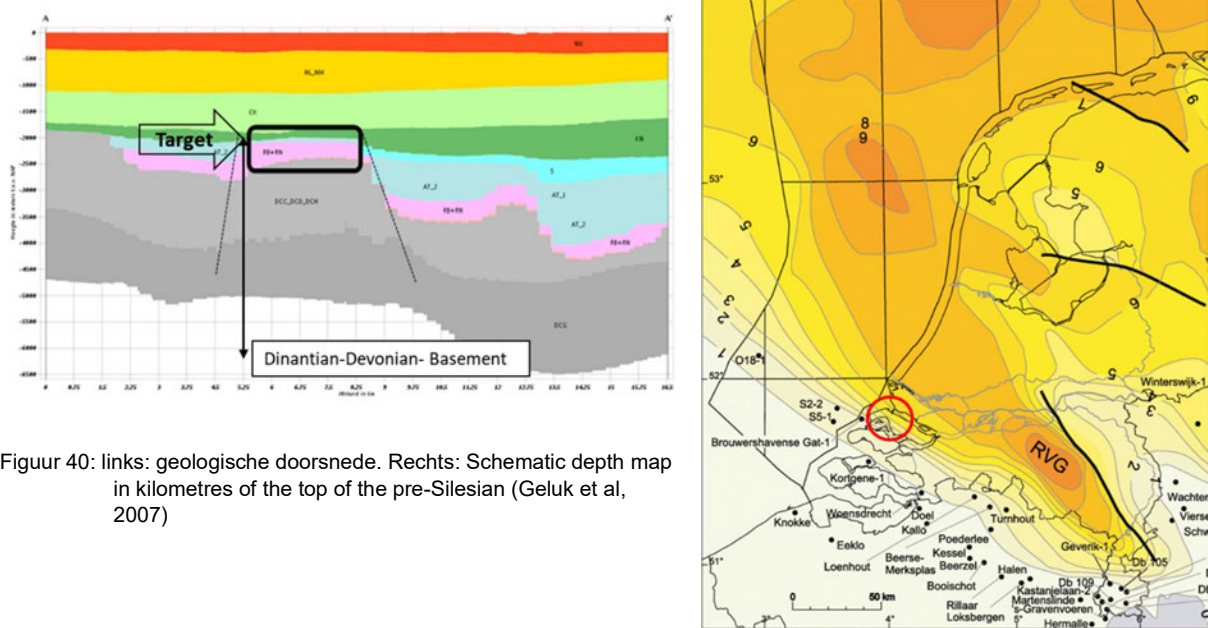
| score | verbinding met kristallijnen basis | afstand [km] tot bestaande breuken | oriëntatie van de breuk in heersende stressveld | netto geïnjecteerd volume [x1.000 m <sup>3</sup> ] | drukcommunicatie tussen de putten | injectiedruk [bar] | systeemdebiet [m <sup>3</sup> /uur] | afstand [km] tot natuurlijke 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 39: QuickScan Seismisch Risico (QCon/IF). Score 20/90: Seismisch Risico = Laag

In deze paragraaf wordt de input voor de QuickScan verder onderbouwd.

### 8.1 Verbinding met kristallijnen basis

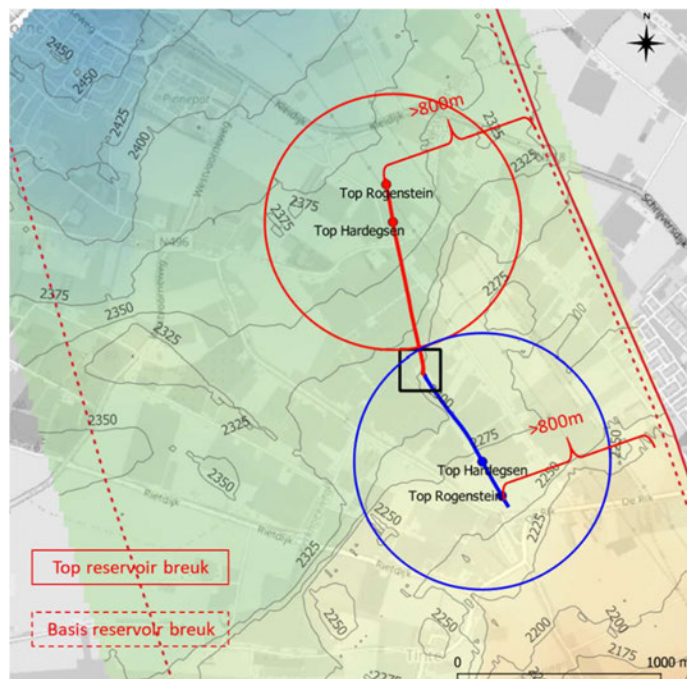
De kristallijnen basis is zeer hard gesteente en ligt in Nederland op dieptes lager dan de reguliere geothermie projecten. Waterinjectie in kristallijn gesteente kan aanleiding zijn tot geïnduceerde seismiciteit. De aardwarmtewinning vindt plaats uit de Trias zandsteen (roze laag in Figuur 40), daaronder bevindt zich de Limburg groep uit het Carboon (licht en donker grijze lagen in Figuur 40) Hieronder (niet meer aangegeven in de figuur) liggen de Carboon kalken. De top van de Carboon kalken is de diepst gekarteerde laag in Nederland en bevindt zich ter plaatse van Tinte op ongeveer 5km diepte. Hieronder kunnen nog oudere lagen (Devoon, Siluur, etc.) voorkomen alvorens zich de daadwerkelijke kristallijne basis aandient. In de meest conservatieve aanname kan de top van de Carboon kalken beschouwd wordt als kristallijnen basis; de afstand tussen het reservoir en de top van de Carboon kalken zou daarmee al bijna 3 kilometer zijn, maar is hoogstwaarschijnlijk meer door de dikte van de Carboon kalken en de additionele Devoon en Siluur lagen die met deze aanname buiten beschouwing gelaten zijn. De aardwarmte injectie- /productieput liggen op significante afstanden van de breuken die mogelijk een verbinding met een kristallijnen basis zouden kunnen vormen (zie volgende paragraaf). Op basis van deze observaties kan concluderend gesteld worden dat een verbinding tussen aardwarmte injectie- /productieput en kristallijnen basis extreem onwaarschijnlijk is. Dit rechtvaardigt de score 0 in Figuur 39.



Figuur 40: links: geologische doorsnede. Rechts: Schematic depth map in kilometres of the top of the pre-Silesian (Geluk et al, 2007)

## 8.2 Afstand (km) tot bestaande breuken

De afstand tussen de putten en de meest dichtbij gelegen breuk is meer dan 800m (Figuur 41); Dit rechtvaardigt de score 3 in Figuur 39.



Figuur 41: Afstand putten tot breuken >800m

### 8.3 Oriëntatie van de breuk in heersende stressveld

De oriëntatie van de breuk(en) in het stressveld geeft een eerste indicatie van mogelijke instabiliteit van de breuk. Een instabiele breuk (kritisch gestrest) is gevoeliger voor stressveranderingen en zal daardoor eerder bezwijken en seismiteit veroorzaken. De breuken in de Oostvoorne regio zijn relatief oud en lopen maar door tot in de Jura. De gemiddelde oriëntatie van de breuken in de regio is 330° (N-30°-NW) en de maximale horizontale stress in de regio is 310° (N-50°-NW) (<http://www.world-stress-map.org/>). Als er louter naar deze oriëntaties gekeken zou worden dan zou de maximale horizontale stress een negatief effect op de breuken kunnen veroorzaken. Echter, uit onderzoek blijkt dat de kans op breuk-reactivatie in de regio (het West Nederlands Bekken) zeer onwaarschijnlijk is:

([http://www.agentschapnl.nl/sites/default/files/sn\\_bijlagen/bep/70-Opslagprojecten/ROADproject/Fase1/2\\_MER/MER-deelrapport-opslag-incl-bijlagen-1-353744.pdf](http://www.agentschapnl.nl/sites/default/files/sn_bijlagen/bep/70-Opslagprojecten/ROADproject/Fase1/2_MER/MER-deelrapport-opslag-incl-bijlagen-1-353744.pdf) ).

Hiermee is de kans van seismiteit in het WNB zeer klein. Seismiteit is tot op heden ook niet waargenomen in het WNB (gebruik makende van het KNMI netwerk), zelfs gedurende/na jaren van olie/gas/aardwarmte productie. Echter, letterlijk genomen is de oriëntatie van de breuken wel gunstig voor bezwijken, daarom wordt hier toch een conservatieve score van 7 in de QuickScan gebruikt (Figuur 39).

### 8.4 Netto geïnjecteerd volume (x 1.000 m3)

Als een geothermiesysteem (in een bepaalde periode) meer water injecteert dan onttrekt, dan is de toename van de drukken in de omgeving van het geothermie systeem groter dan bij een injectie die in balans is met de onttrekking. Uit de praktijk is bekend dat zowel het aantal als ook de sterkte van geïnduceerde bevingen toeneemt bij een toename van het netto geïnjecteerde volume. Bij Tinte is sprake van een gesloten massabalans. Bovenstaand rechtvaardigt de score 0 in Figuur 39.

### 8.5 Drukcommunicatie tussen de putten

De drukveranderingen in de omgeving van het geothermie systeem zijn een optelsom van de drukverhogingen als gevolg van de injectie en de drukverlagingen als gevolg van de onttrekking. Als er drukcommunicatie is dan treedt er een dempende werking op van deze effecten. In Tinte is er bij ontwerp naar gestreefd om voor goede drukcommunicatie te zorgen. De interferentietest heeft aangetoond dat er zich geen barrières tussen de producer en de injector bevinden. De score 0 in Figuur 39 is hiermee gerechtvaardigd.

### 8.6 Injectiedruk (bar)

Bij een toename van de injectiedruk treden grotere drukveranderingen op en groeit ook het gebied waarbinnen bepaalde drukveranderingen optreden. De verwachte injectiedruk op reservoirniveau is 34 bar, bij een maximaal debiet van 300m3/h, een uitkoeling tot 30C en maximale vollasturen per jaar (8760 hr). De score 3 in Figuur 39 is hiermee gerechtvaardigd.

### 8.7 Systeemdebiet (m3/uur)

Het systeemdebiet bepaalt de hoeveelheid water die in een bepaalde tijdsperiode wordt onttrokken en geïnfilteerd. Het systeemdebiet is direct van invloed op de drukveranderingen en heeft daarom op het eerste gezicht weinig meerwaarde ten opzichte van de injectiedruk. Als er echter (onbedoeld) geen drukcommunicatie tussen de putten is, dan is het systeemdebiet een maat voor de groei van het netto geïnjecteerd volume in het reservoirblok van de injectieput. Door het systeemdebiet op te nemen in de Quick Scan, wordt dus geanticipeerd op de mogelijkheid van onverwacht slechte drukcommunicatie tussen

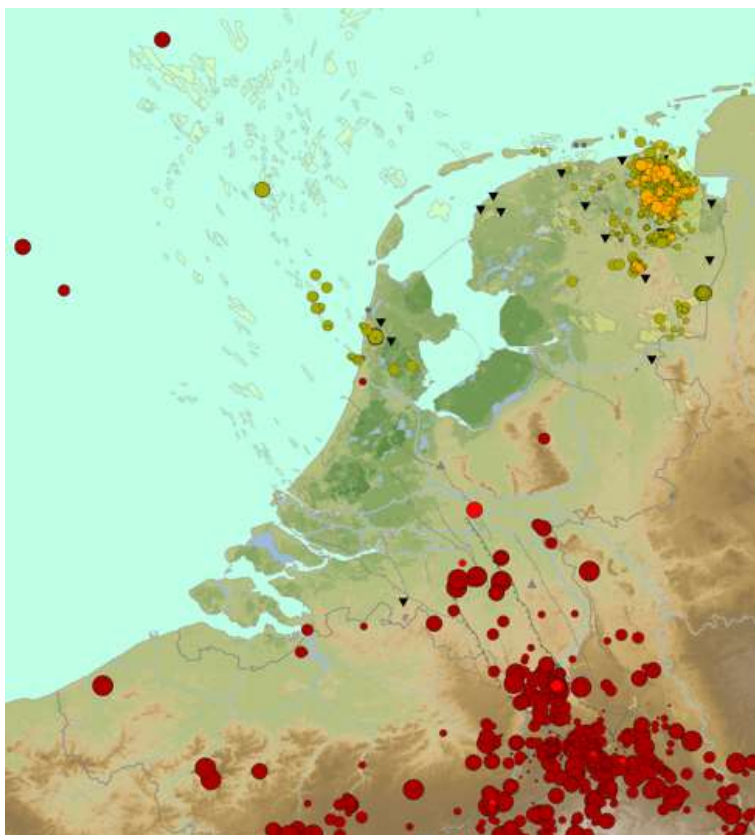
injectieput en productieput. Het systeemdebiet van Tinte ligt in de range van 250 m<sup>3</sup>/uur tot 300 m<sup>3</sup>/uur en dit rechtvaardigt de score 7 in Figuur 39.

### 8.8 Afstand (km) tot natuurlijke aardbevingen

Het voorkomen van natuurlijke aardbevingen geeft aan dat sprake is van seismisch actieve breuken. Als dicht bij het geothermiesysteem natuurlijke aardbevingen zijn opgetreden, dan kan een relatief kleine beïnvloeding al seismische activiteit veroorzaken en is dus sprake van een verhoogde potentie. De dichtstbijzijnde natuurlijke aardbeving bevindt zich meer dan 10km van Tinte (Figuur 42). De score 0 in Figuur 39 is hiermee gerechtvaardigd.

### 8.9 Afstand (km) tot geïnduceerde seismiciteit

Evenals bij natuurlijke aardbevingen, blijkt uit het vóórkomen van geïnduceerde seismiciteit dat sprake is van actieve (gereactiveerde) breuken. Als op korte afstand geïnduceerde seismiciteit is opgetreden is daarom sprake van een verhoogde potentie. De dichtstbijzijnde geïnduceerde aardbeving m.b.t. Tinte bevindt zich bij Alkmaar (Figuur 42). De score 0 in Figuur 39 is hiermee gerechtvaardigd.



Figuur 42: Kaart met alle seismiciteit in Nederland en omgeving van 1900-2014. Geïnduceerde seismiciteit is aangegeven in groen en geel. Natuurlijke seismiciteit is aangegeven in rood.

## 9 Voorziene kosten van winning

De vergunninghouder wordt gevraagd om een opgave van de jaarlijkse kosten van de winning. In

Tabel 12 is een meerjarenbegroting gepresenteerd die aansluit op de verwachte afname van het geothermisch warmtebrondebiet zoals weergegeven in Tabel 11 en de verwachte productie zoals weergegeven in Tabel 10.

Tabel 11: afname geothermisch warmtebrondebiet

| <b>Totale afname<br/>geothermische<br/>warmte -<br/>brondebiet</b> | <b>2021</b>  | <b>2022</b> | <b>2023 en verder</b> |
|--------------------------------------------------------------------|--------------|-------------|-----------------------|
| <b>januari</b>                                                     | 0,0 m3/uur   | 300 m3/uur  | 300 m3/uur            |
| <b>februari</b>                                                    | 0,0 m3/uur   | 300 m3/uur  | 300 m3/uur            |
| <b>maart</b>                                                       | 0,0 m3/uur   | 300 m3/uur  | 300 m3/uur            |
| <b>april</b>                                                       | 0,0 m3/uur   | 275 m3/uur  | 275 m3/uur            |
| <b>mei</b>                                                         | 0,0 m3/uur   | 275 m3/uur  | 275 m3/uur            |
| <b>juni</b>                                                        | 194,2 m3/uur | 250 m3/uur  | 250 m3/uur            |
| <b>juli</b>                                                        | 125,0 m3/uur | 125 m3/uur  | 125 m3/uur            |
| <b>augustus</b>                                                    | 250,0 m3/uur | 250 m3/uur  | 250 m3/uur            |
| <b>september</b>                                                   | 275,0 m3/uur | 275 m3/uur  | 275 m3/uur            |
| <b>oktober</b>                                                     | 300,0 m3/uur | 300 m3/uur  | 300 m3/uur            |
| <b>november</b>                                                    | 300,0 m3/uur | 300 m3/uur  | 300 m3/uur            |
| <b>december</b>                                                    | 300,0 m3/uur | 300 m3/uur  | 300 m3/uur            |

Tabel 12: Financieel overzicht Tinte project

|                                                                                         | x € 1.000 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Verlies & Winst Rekening                                                                |           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Inkomsten uit verkoop warmte aan tuinders                                               |           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Inkomsten uit ontvangen boetes onder TOP                                                |           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| SDE Subsidie                                                                            |           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Totaal opbrengsten                                                                      |           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Kostprijs elektra voor pompen (ESP & Distributie)                                       |           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Kosten voor onderhoud bron                                                              |           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Kosten voor onderhoud ketel                                                             |           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Kosten voor 'verbruiksmiddelen' (chemicaliën / water etc.)                              |           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Abbandonnering (dotatie voorziening)                                                    |           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Niet geactiveerde kosten tijdens realisatie (zoals directievoering)                     |           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Admin, directievoering etc                                                              |           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Totaal Operationele Kosten                                                              |           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| EBITDA (bedrijfsresultaat voor afschrijvingen en amortisatie)                           |           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Reguliere afschrijving                                                                  |           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Vrijval uit egaliseringsreserve (investeringssubsidie) (alleen bij activering subsidie) |           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| EBIT (bedrijfsresultaat)                                                                |           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Rente inkomsten kasgeld                                                                 |           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Rente inkomsten FVA                                                                     |           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Rente op Senior financier                                                               |           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Rente op Senior financier lening 2                                                      |           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Rente op Achtergestelde lening Meewind                                                  |           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Rente op Niet in gebruik                                                                |           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Rente op Niet in gebruik                                                                |           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Rente op Achtergestelde aansluitlening                                                  |           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Bouwrente Senior financier lening 2                                                     |           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Bouwrente Senior financier                                                              |           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Bouwrente op Achtergestelde lening Meewind                                              |           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Bouwrente op Achtergestelde aansluitlening                                              |           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Bouwrente op BTW-faciliteit                                                             |           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| EBT (winst voor belasting)                                                              |           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Belasting (zie ook compensabel verlies overzicht)                                       |           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Netto Winst                                                                             |           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

## 10 Referenties/Bijlagen

- End of Well Report TNT-GT-01-P, Well Engineering Partners, 29 June 2020
- End of Well Report TNT-GT-02-I, Well Engineering Partners, 29 June 2020
- SRA presentative QuickScan, Seismische Risico Analyse, Tinte/Oostvoorne, 14-07-2020
- Geologische bijlage, HydrecoGeomec, Ondergrond Evaluatie Aardwarmte Voorne, Input voor de haalbaarheidsfase 2018