

POLANEN

Pre-drill Winningsplan

Documentnaam	Polanen – Pre-drill Winningsplan
Door	██
Controle	██████████
Versie	V2.0
Datum	19-5-2022
Status	Final



Inhoud

1	Inleiding	5
1.1	Verantwoorde winning – veilig voor mens en milieu	5
1.1.1	Veiligheidsbeheersing en milieuzorg	5
1.1.2	Veiligheid- en Gezondheidsdocument	5
1.1.3	Risicomanagement	6
1.1.4	Noodplan	7
1.1.5	Integriteit van de putten (WIMS)	7
1.1.6	Integriteit van de bovengrondse installatie	7
2	Locatie en beschrijving van het beoogde geothermisch systeem	8
2.1	Wettelijk kader	9
3	Ondergrond	10
3.1	Algemene beschrijving ondergrond	10
3.2	Resultaten reservoir karakterisatie	11
4	Beoogde wijze van winning	12
4.1	Beoogde putconstructie	12
4.1.1	Productieput MON-GT-01	13
4.1.2	Injectieput MON-GT-02	15
4.2	Putintegriteitsmonitoring	16
4.3	Beoogde installatie	17
4.3.1	Werking van de mijnbouwinstallatie	18
4.3.2	Metingen bovengrondse installatie	19
4.4	Beoogde systeemconfiguratie	20
4.5	Reservoir integriteit	22
4.5.1	Risico 1: Verlies integriteit van afsluitende lagen	23
4.5.2	Risico 2: Bodemtrillingen	25
4.5.3	Operationele begrenzings	25
4.6	Beoogde operationele instellingen	26
5	Prognose winning	27
6	Interferentie met ander gebruik (diepe) ondergrond	29
6.1	Olie en gas	29

6.2	Geothermie	29
7	Natuur en milieu	33
7.1	Bodemdaling of –stijging	33
7.2	Beschermde gebieden	34
7.3	Grondwater	35
8	Bodemtrilling	37
8.1.1	Monitoring seismiciteit	38
9	Voorziene kosten van winning	38
10	Appendices	40
10.1	Geologisch rapport Polanen (oktober 2018)	40
10.2	Update seismische interpretatie	40
10.3	Fracture Containment Polanen (Panterra, 2022)	40
10.4	Seismic Hazard Analysis Polanen (Panterra, 2022)	40
10.5	Doublet Calc 2D: input parameters	41
10.6	THP Berekening	43

1 Inleiding

Al enige tijd onderzoekt warmtecoöperatie Polanen de mogelijkheid tot het realiseren van een warmteproject in Monster, gemeente Westland, Zuid-Holland. De voornaamste warmteafnemers zijn de glastuinbouw, bestaande woonwijken en nieuwbouwprojecten. Daarnaast zal het geothermieproject uiteindelijk worden aangesloten op het Warmtesysteem Westland. De glastuinbouw is een belangrijke economische kracht in de omgeving. Vanwege toenemende politieke en maatschappelijke druk met betrekking tot het gebruik van fossiele energiebronnen, zijn zowel de glastuinbouw als de gebouwde omgeving gebaat bij een stabiele en toekomstbestendige energievoorziening. Met de inzet van aardwarmte wordt bijgedragen aan de verduurzaming van beide sectoren en wordt invulling gegeven aan de ambitie van de gemeente Westland om bij te dragen aan een duurzame samenleving.

Momenteel worden de voorbereidingen HVC Aardwarmte Polanen B.V. ontwikkelt het project. HVC Aardwarmte Polanen B.V. is voor 100% dochter van N.V. HVC (HVC). N.V. HVC zal de kennis en kunde te beschikking stellen aan HVC Aardwarmte Polanen B.V. middels een Dienstverlening Overeenkomst (DV).

1.1 Verantwoorde winning – veilig voor mens en milieu

1.1.1 Veiligheidsbeheersing en milieuzorg

Het topdocument van het managementsysteem van HVC is de basis voor een verantwoorde winning (veilig voor mens en milieu). Dit document geeft inzicht in de missie, visie en strategie van HVC naar concrete doelen en acties voor het realiseren en exploiteren van geothermieactiviteiten. Het topdocument dient als vertrekpunt voor de toegepaste beheersinstrumenten op het gebied van kwaliteit, veiligheid en milieu.

HVC is een zelfstandige entiteit en stelt eigen doelstellingen op. Voor het opstellen van het topdocument en de diverse onderdelen van het managementsysteem is gebruik gemaakt van de bestaande systemen van Westland Infra die gecertificeerd zijn voor ISO 9001, ISO 14001, ISO 55001 en VCA**. Westland Infra is de regionaal netbeheerder in het afnemersgebied en onderdeel van N.V. Juva, moederbedrijf van Capturam, aandeelhouder in Energie Transitie Partners (ETP), de partij die de eerste fase van de ontwikkeling van het Polanen project heeft behartigd.

Het doel van het managementsysteem is:

- Zekerheid op naleving bedrijfsbeleid en wetgeving;
- Beschrijving van taken en verantwoordelijkheden binnen de organisatie;
- Uitvoering van operaties op tijds- en kosten efficiënte wijze;
- Beheersing van VGM-risico's;
- Implementatie van een proces van continue verbetering.

Ten behoeve van het succesvol uitvoeren van de geothermieactiviteiten door HVC zijn er bij aanvang kritische prestatie indicatoren (KPI's) vastgesteld voor veiligheid & gezondheid, milieu, kwaliteit, omgeving, vergunningen, financieel, energieproductie, deelnemerstevredenheid. De KPI's zijn ondergebracht in het managementsysteem en zijn daar onderdeel van de procedures onder prestatiemeting. Beoordeling en waar gewenst aanpassing vindt plaats via de jaarlijkse directiebeoordeling.

De veiligheid en gezondheid van de medewerkers en de omgeving staan voorop bij HVC. Daarnaast is het beleid erop gericht om verstoringen van het milieu zoveel als mogelijk te voorkomen. Risico's met betrekking tot de veiligheid en/of milieu dienen in kaart te zijn gebracht en tot een ALARP niveau te worden beheerst. Met een transparant systeem van veiligheidsbeheersing en milieuzorg kan aan de stakeholders worden aangetoond dat HVC in control is.

1.1.2 Veiligheid- en Gezondheidsdocument

Stakeholders die belang hebben bij een goedwerkend systeem voor veiligheidsbeheersing en milieuzorg zijn omwonenden en de toezichthoudende/vergunningverlenende partij. Daarom zal voor iedere (deel)fase van

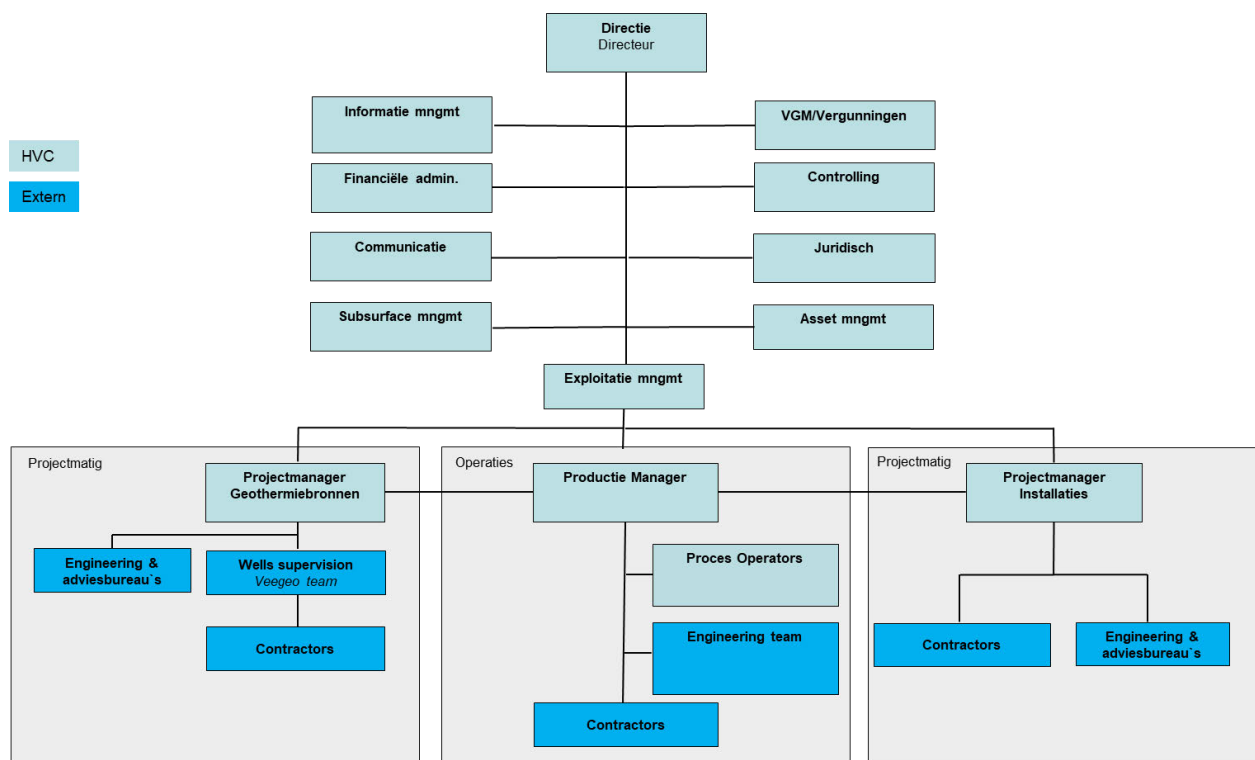
de geothermie een VG document worden opgesteld conform artikel 2.42f van het Arbeidsomstandighedenbesluit.

In deze documenten zal beschreven zijn:

- De opbouw van de organisatie, wie de werkgevers zijn en hoe er wordt samengewerkt;
- De geïdentificeerde risico's, de evaluatie en de beheersing hiervan;
- De taken, bevoegdheden en verantwoordelijkheden;
- Hoe de coördinatie en communicatie plaatsvindt;
- Beschrijving van de calamiteiten en hoe die worden beheerst in het noodplan.

Het VG document gedetailleerd ontwerp, opstarten en gebruik wordt voor de opstart van de winning ingediend bij Staatstoezicht op de Mijnen. De risico's die aanwezig zijn op de aardwarmte installatie van HVC en de bijbehorende risico's waaraan personeel en bezoekers als gevolg daarvan kunnen worden blootgesteld, zijn zorgvuldig door het management van HVC in overweging genomen. Deze overwegingen worden weerspiegeld in het VG document.

De organisatiestructuur voor de exploitatiefase is zoals in onderstaand organisatieschema aangegeven. In het VG document zal dit nader zijn ingevuld.



1.1.3 Risicomanagement

HVC heeft een systematiek voor risicomanagement dat tot doel heeft om risico's met betrekking tot veiligheid, milieu, kosten en prestaties tot een acceptabel niveau terug te dringen. De geïdentificeerde risico's worden opgenomen in een risicoregister en van een gewicht/waarde (weging) voorzien. De kans dat een risico optreedt en de impact, bepalen de prioriteit en de te nemen beheersmaatregelen. Per risico wordt een risico-eigenaar toegewezen die verantwoordelijk is voor het identificeren en bijhouden van risico's en het nemen van maatregelen. Daarnaast is er een risicomanager toegewezen die het geheel van het risicomanagement bewaakt. Risico's worden ingedeeld volgens de RISMAN indeling.

De behandeling van de geconstateerde en geregistreerde risico's vindt plaats tijdens periodieke overleggen. De status van deze risico's wordt gerapporteerd en toprisico's qua effect worden besproken in deze periodieke overleggen. Hierin worden de beslissingen genomen over de status van de risico's op dat

moment en wordt een standpunt ingenomen over de weging. De acties die voortvloeien uit de beslissingen worden, nadat ze zijn uitgevoerd en het resultaat van het restrisico bekend is, teruggekoppeld in de overleggen.

1.1.4 Noodplan

In overeenstemming met Nederlandse arbeidswetgeving, voorschriften en vereisten uit het Mijnbouwbesluit, ontwikkelt HVC een Noodplan om de leden van het Crisis Team de informatie te geven die nodig is om te reageren op incidenten op een veilige, snelle, effectieve en efficiënte manier.

Voor de toepassing van dit plan worden incidenten gedefinieerd als gebeurtenissen die plaatsvinden op een mijnbouwlocatie (hier Polanen) en die onaanvaardbare effecten hebben op mensen, het milieu of eigendommen en die noodmaatregelen vereisen.

Mogelijke noodsituaties zijn afgeleid van de risicobeoordeling in de vorm van scenario's met grote gevaren. Afgezien van de grote gevaren, zijn sommige scenario's gebaseerd op andere noodsituaties, b.v. ziekte of letsel en acties van kwaadwillige intentie.

De volgende scenario's zijn van toepassing op de aardwarmte installatie Polanen:

- Brand met eventuele ontruiming (inclusief brandbare wolk en gasexplosie) in de warmtecentrale;
- Grote lekkage van geothermiewater;
- Incident met persoonlijk letsel;
- Onbeheerst vrijkomen gas uit putten.

1.1.5 Integriteit van de putten (WIMS)

Het put integriteit beleid beschrijft de verplichting om gezondheid, veiligheid, milieu en reputatie te beschermen. Het "Well Integrity Management System" (WIMS) is het systeem dat borgt dat de integriteit van de put wordt gehandhaafd gedurende de gehele levenscyclus van de geothermische putten door de toepassing van technische, operationele en organisatorische processen.

De primaire barrière bestaat uit:

- Putmond en putafsluiters
- Casings en liners;
- Cement achter de casings en liners.

De fabricage certificaten van deze onderdelen zijn aanwezig en de geplaatste onderdelen zijn na installatie hydrostatisch getest. De casings en/of liners zijn na installatie gemeten voor wanddikte (nulmeting) en er is een cement bond log uitgevoerd.

Ter bescherming van de primaire casings en/of liners die in contact komen met het formatiewater zullen de putten aan de binnenzijde voorzien worden van Glass Reinforced Epoxy (GRE). Dit materiaal zorgt ervoor dat het corrosieve water niet in contact komt met het staal van de casing. Bij definitieve afwerking van de put in het kader van dubbelwandig putontwerp, wordt de casing met binnenliner van GRE die in contact staat met formatiewater aangebracht vanaf het reservoir helemaal terug tot aan de oppervlakte. Ter hoogte van de schoen van de geplaatste surface casing wordt met behulp van swell packers een afsluitende seal gecreëerd waardoor tussen de surface casing en de casing met GRE binnenliner een afgesloten ruimte ontstaat (de zogenaamde B-annulus), die door middel van het aanbrengen van een kleine overdruk, continue gemonitored wordt met bijbehorende veiligheidsprotocollen.

1.1.6 Integriteit van de bovengrondse installatie

Het maintenance managementproces is zo ingericht dat de integriteit van de bovengrondse installatie met hoge betrouwbaarheid kan worden gegarandeerd. De bouw van de bovengrondse installatie wordt beoordeeld door een certificerende instantie en er zal een conformiteitsverklaring worden afgegeven.

De doelstellingen zijn:

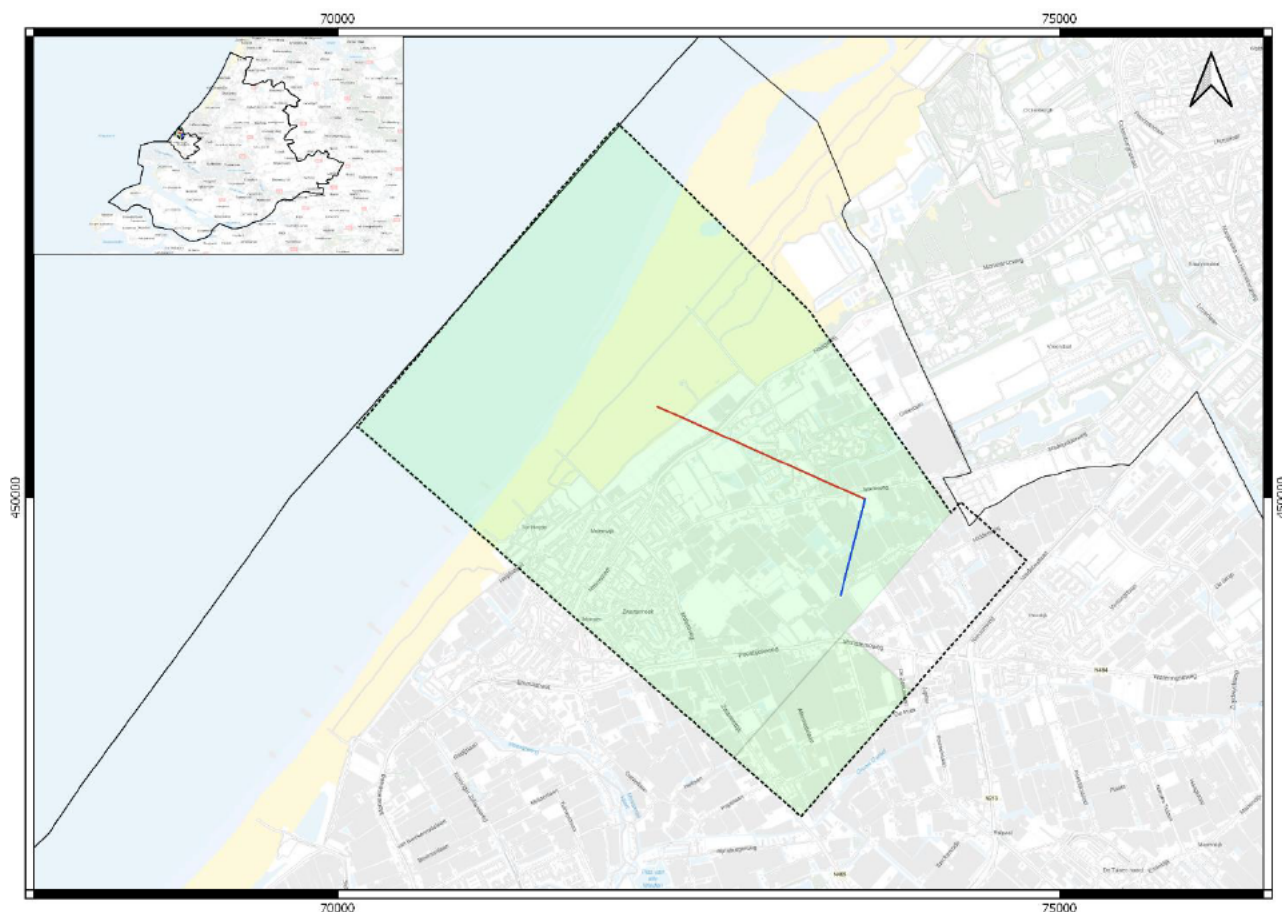
- het bereiken van een ongeval vrije werkplek;
- het elimineren van morsen en milieu-incidenten.
- Identifieren en mitigeren van belangrijke milieurisico's;
- het leveren van een hoge betrouwbaarheid waardoor productieverlies wordt verminderd en de levering van energie wordt gemaximeerd.

2 Locatie en beschrijving van het beoogde geothermisch systeem

De putten MON-GT-01 en MON-GT-02 vormen samen het doublet POL-01. HVC is voornemens eind 2022 boringen te verrichten ten behoeve van het winnen van aardwarmte vanaf de locatie aan de Madeweg 43A te Monster (kadastraal bekend als gemeente Monster, sectie I, perceelnummers 1640 en 3055).

De locatie van het geothermisch systeem is in Figuur 1 weergegeven. Hierin is het bereik van de provincie Zuid Holland aangegeven (zie inzet), de gemeente Westland (zwarte kaderlijnen) en de opsporingsvergunningen (groene vlakken) die betrekking hebben op POL-01 (Tabel 1), de begrenzing van de aangevraagde winningsvergunning is aangegeven met een zwarte stippellijn.

Een deel van de vergunning "Naaldwijk 3" zal worden overgedragen aan het project Polanen.



Figuur 1 Locatie van het geothermisch systeem

Tabel 1 Relevante vergunningen

Vergunning	Vergunninghouder	Oppervlakte (km ²)	Status	In werking
Monster 2	Energie Transitiepartners B.V.	9,1	Onherroepelijk	26-10-2018
Naaldwijk 3	Trias Westland B.V.	6,7	Verlengd	15-04-2016

2.1 Wettelijk kader

Het winnen van delfstoffen en aardwarmte vanuit een voorkomen geschiedt ex artikel 34, eerste lid, van de Mijnbouwwet overeenkomstig een winningsplan, dat bij het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat wordt ingediend. Daarbij hoort de volgende omschrijving:

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 efficiënt planmatig beheer. Tevens kan het plan worden bezien in het licht van een zorgvuldige winning met het oog op bodembewegingseffecten: bodemdaling en bodemtrilling.

De minister van EZK kan zijn instemming met het opgestelde winningsplan slechts geheel of gedeeltelijk weigeren (art 36 Mbw):

- a) indien het in het winningsplan aangeduide gebied door Onze Minister niet geschikt wordt geacht voor de in het winningsplan vermelde activiteit om reden van het belang van de veiligheid voor omwonenden of het voorkomen van schade aan gebouwen of infrastructurele werken of de functionaliteit daarvan,
- b) in het belang van het planmatig gebruik of beheer van delfstoffen, aardwarmte, andere natuurlijke rijkdommen, waaronder grondwater met het oog op de winning van drinkwater, of mogelijkheden tot het opslaan van stoffen,
- c) indien nadelige gevolgen voor het milieu ontstaan, of
- d) indien nadelige gevolgen voor de natuur worden veroorzaakt.

In het winningsplan wordt onder meer aangegeven welke de voorgenomen jaarlijkse winning is gedurende de looptijd van het plan (art 35 Mbw). Als een voorgesteld winningsplan de instemming van de Minister van Economische Zaken en Klimaat heeft gekregen, zal de winning overeenkomstig het plan plaats moeten vinden. Het Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) houdt hier toezicht op.

Als bodembeweging (bodemdaling of bodemtrillingen) te verwachten is zal het winningsplan een beschrijving moeten bevatten van eventuele nadelige gevolgen voor natuur en milieu en veiligheid van omwonenden en de (voorgenomen) maatregelen om deze 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.

Het winningsplan betreft enkel die elementen die onder de Mijnbouwwet vallen en die te maken hebben met de ondergrondse winning en de gevolgen van het winnen van aardwarmte, zoals beschreven in Mbw art 35. Het bovengrondse systeem valt onder het vergunning regime van de WABO.

Op de voorbereiding van dit instemmingsbesluit is de uniforme openbare voorbereidingsprocedure van toepassing. Dat betekent onder andere dat een ieder zienswijzen naar voren kan brengen op het ontwerpbesluit van de minister. Op het definitieve besluit van de Minister is beroep mogelijk door belanghebbenden bij de afdeling bestuursrechtspraak van de Raad van State.

Bovenstaand wettelijk kader wordt voor het winnen van aardwarmte gewijzigd om daarmee beter aan te sluiten bij de specifieke kenmerken van het winnen van aardwarmte ten opzichte van het winnen van delfstoffen. De wijziging van de Mijnbouwwetgeving is in voorbereiding en zal op z'n vroegst van kracht worden per 1 januari 2023. Om het in te dienen winningsplan voor projecten vooruitlopend op de nieuwe wetgeving zoveel als mogelijk hierbij reeds te laten aansluiten, is een tijdelijk beleidskader vastgesteld door het Ministerie van EZK en aan HVC kenbaar gemaakt in november 2019 (ref: brief Ministerie EZK dd 14 november 2019 kenmerk DGKE/19265357).

Op hoofdlijnen houdt het tijdelijk beleidskader tav het in te dienen winningsplan in dat gelijktijdig met de aanvraag van een (tijdelijke) winningsvergunning ook een aanvraag voor een (tijdelijk) winningsplan wordt opgesteld. Dit vindt plaats voordat het betreffende doublet wordt gerealiseerd, zogenaamd 'pre-drill'. Dit

winningsplan heeft derhalve de prefix 'pre-drill' om aan te duiden dat het hier gaat om een tijdelijk winningsplan waar voor een periode van 2 jaar mee zal worden ingestemd (eventueel te verlengen met één jaar indien nodig). Na instemming door de minister van EZK met dit pre-drill winningsplan kan de winning van aardwarmte worden opgestart zodat de productie kan worden geoptimaliseerd en aanvullende gegevens kunnen worden verzameld ten behoeve van het aanvragen van een vervolvergunning voor langdurige winning. Het huidige wettelijk kader zoals hierboven beschreven blijft van toepassing op het pre-drill winningsplan met de volgende aanpassingen:

- In samenwerking met TNO-AGE is een aangepast format gespecificeerd voor opstellen van het pre-drill winningsplan, met name wat betreft de rapportagevereisten voor de geologische onderbouwing. Omdat nog niet is geboord kan worden uitgegaan van de specificaties die zijn gebruikt voor de aanvraag Garantieregeling-Aardwarmte en SDE+.
- Wat betreft het tijdstip van indienen wordt gevraagd dit te doen tegelijkertijd met het indienen van de aanvraag voor de Wabo-vergunning (oprichten en inwerking hebben van een installatie), of als deze reeds is ingediend 30 weken voorafgaand aan de boring.

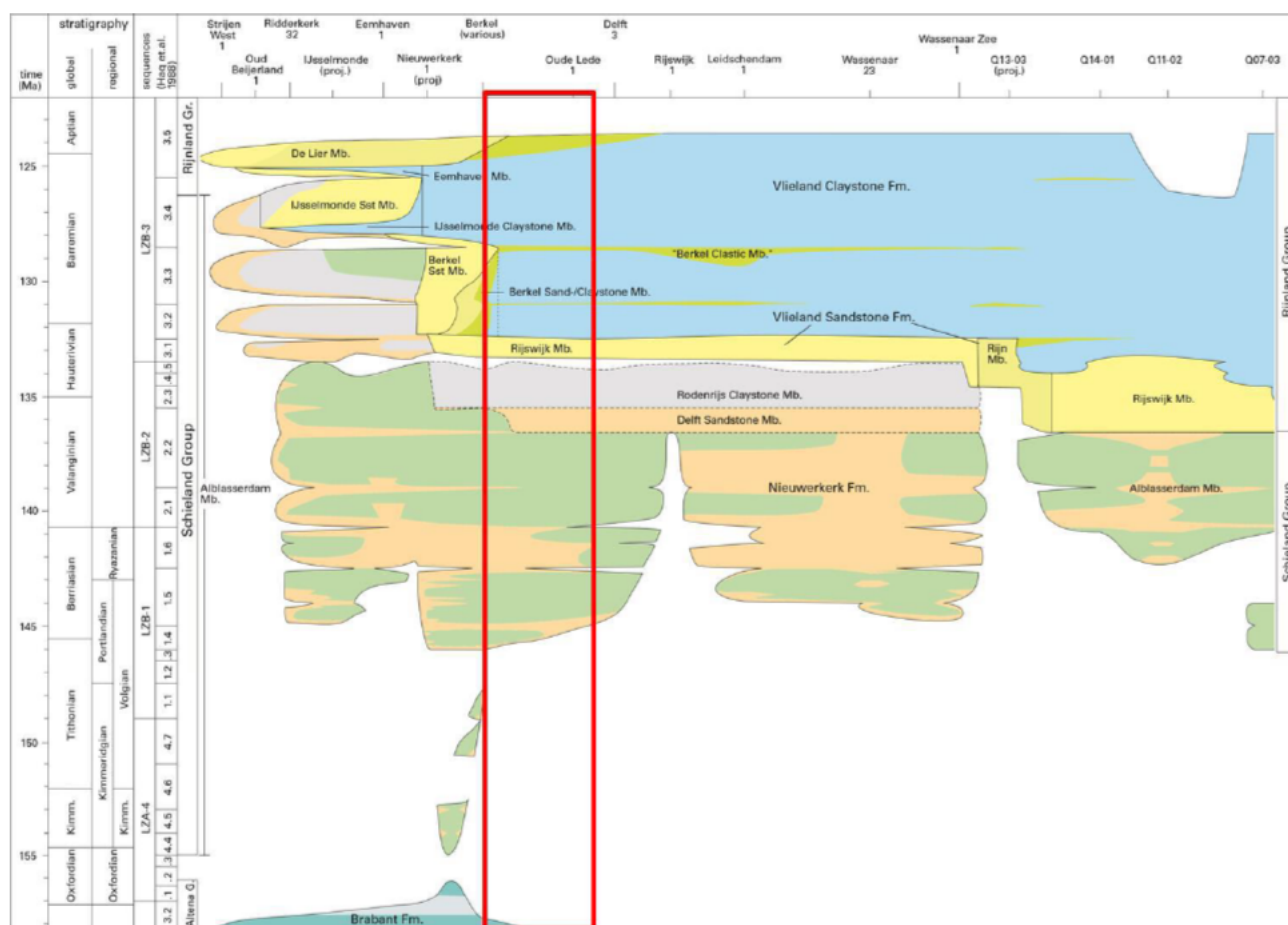
3 Ondergrond

Het beoogde reservoir van het geplande doublet is de Delft Zandsteen Member. In 2018 is een Groot Geologisch Onderzoek (GGO) uitgevoerd, "Geological Report Polanen", PanTerra 2018 (10.1). Het rapport omvat o.a. een gedetailleerde beschrijving van de geologie, de resultaten van seismische interpretatie van het gebied en een uiteenzetting van de verwachte reservoir eigenschappen. In 2020 is een nieuwe seismische interpretatie uitgevoerd van een seismische reprocessing (10.2). Diepte en geometrie van het reservoir zijn gebaseerd op deze herinterpretatie en de te verwachten reservoir- en watereigenschappen op de GGO (m.u.v. dikte). Hieronder volgt een beknopte samenvatting van de geologie. De verwachte reservoir eigenschappen zijn gebaseerd op het geologisch rapport, TNO heeft geen suggesties gedaan voor aanpassingen ten tijde van de goedkeuring van de SDE+.

3.1 Algemene beschrijving ondergrond

De doellocatie bevindt zich in het West Netherlands Basin. Dit bekken bevat een opeenvolging van sedimenten die sinds het Jura zijn afgezet op een basis van oudere formaties zoals het Trias en Rotliegend. Het Boven Jura en Onder Krijt wordt gekenmerkt door de continentaal afgezette sedimenten van de Nieuwerkerk Formatie. Deze formatie bevat het beoogde reservoir, de Delft Zandsteen Member. Figuur 2 geeft de stratigrafie weer op de projectlocatie.

Het Delft Zandsteen Member heeft over het algemeen goede reservoir eigenschappen en wordt gekenmerkt als een opeenstapeling van fluviatiele sedimenten, met name zanden, die dicht bij de kust werden afgezet. De zanden zijn fijn- tot grofkorrelig, de grove lagen zijn soms grindhoudend en tussen de zandlagen kunnen kleiën voorkomen. De dikte van het pakket kan sterk variëren, en is gerelateerd aan breukbeweging gedurende afzetting.



Figuur 2 Stratigrafie uit het Laet Jura – Vroeg Krijt op de projectlocatie

3.2 Resultaten reservoir karakterisatie

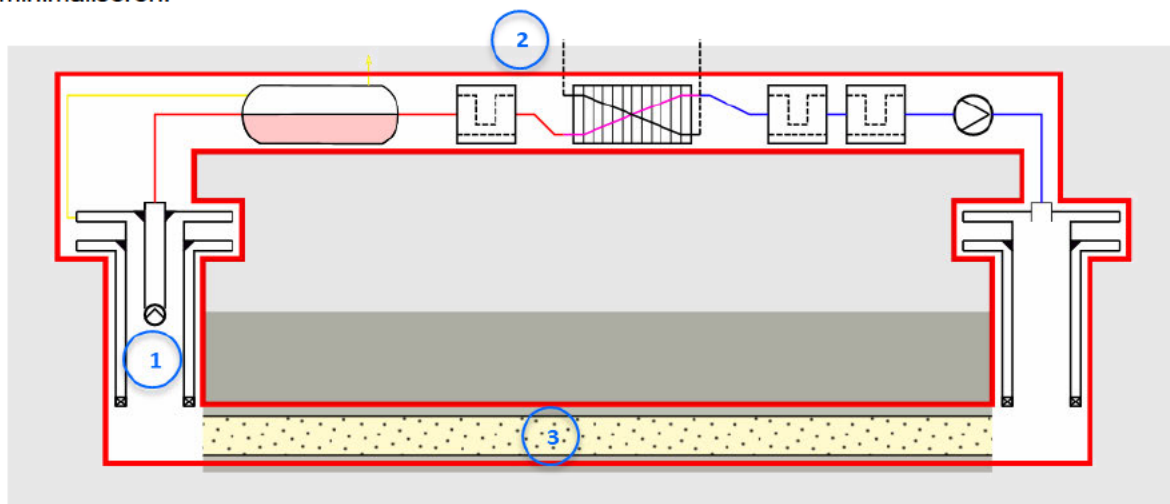
De verwachte reservoir eigenschappen staan in Tabel 2 en volgen uit de geologische studie (10.1). De nieuwe puttrajecten en downhole locaties resulteren niet in andere reservoir eigenschappen.

Aquifer	Lage waarde	Midden waarde	Hoge waarde
Diepte top reservoir (m TVD)	-10% (2085)	2317	+10% (2549)
Diepte basis reservoir (m TVD)	-10% (2048)	2276	+10% (2504)
Bruto dikte (m)	30	47	65
Netto / bruto (%)	90	93	98
Gemiddelde porositeit (%)		17	
Gemiddelde permeabiliteit (mD)	330	550	1000
Saliniteit (ppm)	120,000	140,000	160,000
K_h/K_v	n.v.t	3,8	n.v.t
Geothermische gradiënt (C/km)	n.v.t	32,5	n.v.t

Tabel 2: Verwachte gemiddelde aquifer parameters

4 Beoogde wijze van winning

De winning van warmte zal gebeuren door het circuleren van de natuurlijk aanwezige reservoir vloeistof. Dit gebeurt in een systeem met daarin zowel menselijke als natuurlijke componenten. HVC streeft naar een gegarandeerd gesloten (closed-loop) systeem, om zo risico's zoals milieuverontreiniging en bodembeweging te minimaliseren.



Figuur 3 Schematische weergave elementen van het primaire geothermie systeem. Daarin vormen 1. de put, 2. de bovengrondse installatie en 3. het reservoir de subonderdelen.

Het primaire zoute systeem is opgedeeld in drie sub-componenten met elk hun eigen specifieke vakgebied. Het betreft hier de putten, het bovengrondse systeem en het reservoir (Figuur 3). Elk systeem bevat kritische componenten die zorgen dat de formatievloeistof niet kan uittreden. Om de integriteit van alle componenten veilig te stellen wordt allereerst gezorgd dat deze juist worden ontworpen en gebouwd. Vervolgens wordt het systeem tijdens de productiefase bemeten en wordt er onderhoud gepleegd. Elk sub-systeem heeft hier een eigen integriteitsbeheersplan voor.

#	Sub-systeem	Beheerssysteem	Belangrijke onderwerpen	Voorbeeld van veiligheidsstudies
1	Putten	Well integrity management system (WIMS)	– Casing corrosie – Wellhead onderhoud – Annulus monitoring	– HAZID – RIE well integrity – DWOP – Rig safety case
2	Installaties	Facility asset management system (FAMS)	– Gepland onderhoud – Inspecties	– HAZID – HAZOP – ATEX studie
3	Reservoir	Reservoir integrity management system (RIMS)	– Integriteit afsluitende lagen (boven/onder) – Reservoir monitoring – Seismisch risico – Seismisch respons plan	– Onderzoek integriteit afsluitende laag – Seismische risico analyse

In dit hoofdstuk wordt per subsysteem de beoogde opstelling en de daarbij behorende beheersmaatregelen voor tijdens de exploitatie besproken.

4.1 Beoogde putconstructie

Bij het putontwerp voor de Monster geothermie putten zijn de eerste gegevens en ervaringen van het Trias Westland project gebruikt als input voor het optimaliseren van het putontwerp op de vereiste putintegriteit. De basis is de keuze voor het winnen van aardwarmte zonder gebruik te maken van het injecteren van

corrosiëremmende middelen, waardoor alle gebruikte materialen voor de constructie van de putten daar waar deze in contact komen met het corrosieve formatiewater voldoende corrosiebestendig zijn voor langdurig gebruik.

De aan te leggen putten worden geboord binnen een conductor die zorgt voor een strikte scheiding tussen de ondiepe watervoerende pakketten en het boorproces voor de diepboringen met de daarbij te gebruiken hulpstoffen zoals boorvloeistoffen etc. De conductors worden geplaatst door middel van de zuigboormethode tot een diepte van ~140 meter NAP. De diepte van ~140 meter is gebaseerd op de opbouw van de ondiepe grondlagen en de daarin aanwezige waterlagen.

Als de conductor op diepte is gebracht wordt deze aan de buitenzijde over de gehele lengte tot aan de oppervlakte gecementeerd en sluit daarmee de bovenliggende waterlagen af. Vervolgens wordt de volgende verbuizing (de eerste verbuizing van de diepboring, de zogenaamde surface casing), welke geplaatst wordt in de kalk formatie op ~ 1075 meter, tevens aan de buitenzijde over de gehele lengte tot aan de oppervlakte gecementeerd. Daarna wordt de put naar de einddiepte geboord van ~ 2.400 meter. Vanaf de einddiepte wordt de put voorzien van een verbuizing die geheel tot aan de oppervlakte wordt aangebracht. Ter hoogte van de formatie wordt deze uitgevoerd met Cr13 staal en vanaf de top van de formatie tot aan de oppervlakte met L80 staal voorzien van een gecementeerde GRE binnenliner. Hiermee is de volledige verbuizing die in aanraking komt met het formatiewater voorzien van corrosiebestendig materiaal. Ter hoogte van de schoen van de surface casing wordt met behulp van swell packers een afsluitende seal gecreëerd waardoor tussen de surface casing en de casing met GRE binnenliner een afgesloten ruimte ontstaat die door middel van het aanbrengen van een kleine overdruk, continue gemonitord wordt met bijbehorende veiligheidsprotocollen. Onder de swell packers wordt verbuizing aan de buitenzijde tot aan de swell packers volledig gecementeerd waarmee de gehele putconstructie aan de buitenzijde van een cementlaag is voorzien die voorkomt dat er interferentie kan plaatsvinden tussen de stoffen die zich in de verschillende aardlagen bevinden. De kwaliteit van de cementlaag aan de buitenzijde van deze verbuizing alsmede de nulmeting van de wanddikte van deze verbuizing worden met behulp logging tools vastgesteld. Op de wanddikte van de verbuizing wordt een periodieke controlemeting toegepast tijdens de exploitatiefase. De status van de putten wat betreft operationele parameters, integriteit en risicobeheersing door middel van monitoring is vastgelegd in het Well Integrity Management Systeem zoals onder paragraaf 4.2 aangegeven.

De onderstaande figuren geven een beeld van het putontwerp. Op het moment van schrijven is de detailengineering nog niet uitgevoerd en zullen er mogelijk nog (kleine) wijzigingen doorgevoerd kunnen worden.

4.1.1 Productieput MON-GT-01

De onderstaande tabellen en figuren geven het voorgenomen schema van verbuizing, de gecementeerde intervallen en de schematische putconfiguratie van MON-GT-01 weer.

Tabel 3 Voorgenomen verbuizingsschema MON-GT-01

Element naam	Top (MD)	Base (MD)	Top (TVD)	Base (TVD)	OD (")	ID (")	Roughness (mm)	Weight (ppf#)	Staal-soort	Type koppeling
24" Conductor	0	145	0	145	24	23		0.5" WT	S355	Welded
16" Surface casing	0	1146	0	1145	16	14,868		94.5	L80	DinoVAM
13-3/8" GRE-Lined casing	0	1000	0	1000	13,375		0.04	68	L80	VAMTOP
9-5/8" GRE lined Casing	1000	3030	1000	2303	9,625	8,25	0.04	47	L80	VAMTOP

9 5/8 13% Cr Casing across formation	3030	3240	2310	2414	9,625	8,681	0.05	47	L80 13%Cr	VAMTOP
Perforations	2317	3055	2359	3137						

Tabel 4 Voorgenomen gecementeerde intervallen MON-GT-01

Item	TOC (m MD)	Lead Slurry Volume (m³)	Lead Slurry Weight (sg)	Tail Slurry Volume (m³)	Tail Slurry Weight (sg)	Type
20" Conductor	0	20	1,57			Class G
16" Casing	0	75	1,60	10	1.9	Class G
9 5/8 GRE lined Casing + 13% Cr Casing	1000	55	1,35	10	1,88	Lead: Lightweight. Tail: HMR+

Nr.	Item Description	MON-GT-01 Production well	Depth	Depth	Hole ID	Pipe OD	Collar OD	Pipe ID	Pipe ID	Geology		
			m tvd	m ah	in	in	in (nom)	in	in (drift)	m tvd	m ah	
1	24" 0,5" WT Conductor		145	145	-	24.000	welded	23.000	23.000	0	0	North Sea Group
4	ESP on 8 5/8" 36# L8013Cr VAMTOP		950	950	-	8.625	9.266	7.825	7.700	648	648	
3d	Kick-off Point (BUR: 2.4"/30m) 13 3/8" 68# L80 VAMTOP GRE-lined (78.7#) X-over to 9 5/8" Swell packer		1000	1000		13.375	14.175	11.750	11.625			KN (Holland)
2	16" 94.5# L80 casing DinoVAM		1145	1146	20.00 section TD	16.000	16.993	14.868	14.679	1086	1086	
	End of build at 58,4° inclination		1638	1760						1701	1880	KN (Nederland)
3c	9 5/8" 47# L80 VAMTOP - GRE-lined (51.9#)		2303	3030	12.250	9.625	10.396	8.250	8.125	2286	2997	
3b	9 5/8" 47# L80 13%Cr VAMTOP		2401	3216	12.250	9.625	10.396	8.681	8.525	Top Delft 2317	3055	
3a	9 5/8" 47# L80 VAMTOP (2 jnt shoetrack)		2414	3240	12.250	9.625	10.396	8.681	8.525	Base Delft 2359	3137	
					TD					Alblasserdam		
*Not in scale												

*Not in scale

Figuur 4 Voorgenomen schematische put configuratie

4.1.2 Injectieput MON-GT-02

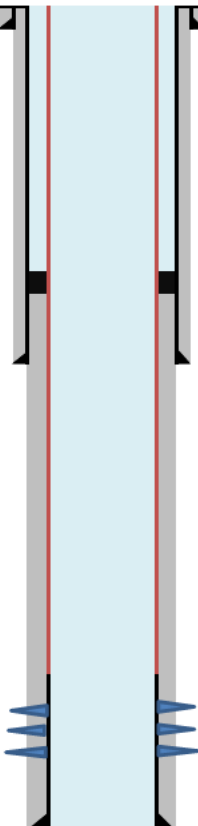
De onderstaande tabellen en figuren geven het voorgenomen schema van verbuizing, de gecementeerde intervallen en de schematische putconfiguratie van MON-GT-02 weer.

Tabel 5 Voorgenomen verbuizingsschema MON-GT-02

Element naam	Top (MD)	Base (MD)	Top (TVD)	Base (TVD)	OD (")	ID (")	Roughness (mm)	Weight (ppf #)	Staalsoort	Type koppelingen
24" Conductor	0	145	0	145	24	23		0,5"WT	S355	Welded
13-3/8 Surface casing	0	1200	0	1166	13-5/8	12,375		68	L80	VAMTOP
9-5/8 GRE lined Casing	0	2386	0	2270	9-5/8	8,25	0,04	47	L80	VAMTOP
9-5/8 13%Cr Casing across formation	2386	2545	2270	2420	9-5/8	8,681	0,05	47	L80 13%Cr	VAMTOP
Perforations	2392	2450	2276	2331	-	-	-	-	-	-

Tabel 6 Voorgenomen gecementeerde intervallen MON-GT-02

Item	TOC (m MD)	Lead Slurry Volume (m³)	Lead Slurry Weight (sg)	Tail Slurry Volume (m³)	Tail Slurry Weight (sg)	Type
20" Conductor	0	16	1,57	-	-	Class G
13 3/8" Casing	0	5	1,6	45	1,9	Class G
9 5/8" GRE lined Liner + 13% Cr Casing	850	65	1,35	10	1,88	Lead, Lightweight. Tail, HMR+

Nr.	Item Description	MON-GT-02 Injection well	Depth	Depth	Hole ID	Pipe OD	Collar OD	Pipe ID	Pipe ID	Geology		
			m tvd	m ah	in	in	in (nom)	in	in (drift)	m tvd	m ah	
1	24" 0,5" WT Conductor		145	145	-	24.000	welded	23.000	23.000	0	0	North Sea Group
	Kick-off Point (BUR: 2.1"/30m)		500	500								
	End of build at 21.3° inclination		797	804						649	650	Chalk Group
	Swell packer											
2	13 3/8" 68# L80 VAMTOP Casing		1166	1200	16.00	13.375	14.175	12.415	12.259	1102	1131	KN (Holland)
					section TD							
										1714	1788	KN (Viteland)
3c	9 5/8" 47# L80 VAMTOP - GRE-lined (51.9#)		2252	2366	12.250	9.625	10.396	8.250	8.125	2234	2346	Schield Group
										Top Delft	2391	
									Base Delft	2450		
									2331	2450		
3b	9 5/8" 47# L80 13%Cr VAMTOP	2392	2516	12.250	9.625	10.396	8.681	8.525			Alblasserdam	
3a	9 5/8" 47# L80 VAMTOP (2 jnt shoetrack)	2415	2540	12.250	9.625	10.396	8.681	8.525				
				TD								
*Not in scale												

*Not in scale

Figuur 5 Voorgenomen schematische put configuratie

De perforaties in de injectieput zullen afhangen van de aangetroffen reservoirbouw- en eigenschappen. Om de integriteit van de afsluitende laag te kunnen waarborgen zullen de perforaties 2m onder de top van de formatie worden geplaatst.

4.2 Putintegriteitsmonitoring

HVC hanteert een Well Integrity Management System (WIMS), opgesteld aan de hand van ISO 16530. Hierbij wordt de nadruk gelegd op de volgende elementen die onder de opsomming nader worden beschreven:

- Risk assessment
- Well operating limits
- Corrosion and erosion mechanisms
- Corrosion monitoring
- Annulus pressure management
- Risk assessment of well failure and its management

De gevaren voor de putintegriteit gedurende de levenscyclus van de put worden in de risk assessment geïdentificeerd en de risico's die hieraan verbonden zijn in kaart gebracht. Het risico wordt bepaald door de waarschijnlijkheid van het optreden van een gebeurtenis en de gevolgen indien de gebeurtenis zich voordoet. Hiervoor zijn acceptatieniveaus bepaald voor waarschijnlijkheid en consequenties. De gevaren, risico's en bijbehorende acceptatieniveaus zijn verwerkt in een RAM (Risk Assessment Matrix) die is opgenomen in het Well Integrity Management System (WIMS). Daarnaast bevat het WIMS ook een Risico Register waar de volgende elementen in zijn verwerkt: risico, oorzaak, consequentie, bestaande safe-

guards, inschatting risico voor mitigatie, mitigatie maatregelen en controle mechanisme, inschatting risico na mitigatie.

Well operating limits worden opgesteld om ervoor te zorgen dat de put binnen zijn ontwerp limieten en prestatienorm opereert om de integriteit van de put gedurende de gehele levenscyclus te behouden. Drempelinstellingen worden vastgesteld op basis van de actuele putstatus en de production engineering controleert of deze limieten gerespecteerd worden. Om het operationele team hierin te ondersteunen en de veiligheid te borgen, zijn de desbetreffende onderdelen en meters in het besturingssysteem voorzien van (voor)alarmen. Deze gaan af indien de gemeten waarde de drempelinstelling nadert. Minimum en maximum drempelinstellingen zijn in het WIMS vastgesteld voor temperatuur, druk, ESP frequentie, debieten van formatiewater en gas, zuurgraad (pH), reservoirdruk, annulaire drukken en instelling van de PSV's.

Zoals reeds beschreven wordt de gehele verbuizing van de put die in contact komt met het te produceren en injecteren formatiewater aan de binnenzijde voorzien van corrosiebestendig Glassfiber Reinforced Epoxy (GRE), als permanente bescherming tegen corrosie van de stalen verbuizing. Daar waar nog contact met staal aanwezig is, zoals het onderste deel van de verbuizing in de zandsteenformatie waar de winning uit plaatsvindt, wordt een corrosiebestendige staalsoort toegepast. Daarmee wordt bewerkstelligd dat geen gebruik hoeft te worden gemaakt van permanente injectie van corrosieremmende middelen. De dimensionering van de putten in relatie tot de benodigde maximum drempelinstellingen voor de debieten is zodanig dat op basis van de stroomsnelheden geen erosie kan worden verwacht.

Wanddikteverlies door corrosie en/of er erosie wordt op basis van bovenstaande op nul geschat. Voordat de putten in gebruik worden genomen wordt als nulmeting een wanddiktemeting gedaan. Dit is de startreferentie voor toekomstige periodieke controles.

In het kader van dubbelwandig putontwerp is, zoals beschreven in paragraaf 4.1 een afgesloten annulaire ruimte aanwezig (B-annulus) tussen de surface casing en de daarbinnen geplaatste verbuizing naar de formatie. Deze B-annulus speelt een belangrijke rol in het monitoringsproces voor afwijkingen. De B-annulus is voorzien van digitale drukmeting waarmee de drukken continue online worden gemeten zodat afwijkingen in een vroeg stadium naar voren komen (ook onderdeel van wekelijkse data analyse in verband met trending).

In het WIMS is een 'Put Barrière tab' opgenomen waarin de volgende elementen zijn opgenomen:

- de type barrières
- barrière functie
- barrière faal karakteristiek
- effect van het falen van de barrière
- consequentie van het falen van de barrière

Daarnaast is er ook een 'Integriteitsregister tab' waarin de barrières worden beschreven op basis van functie, faalmodus, effect, consequentie, methode van monitoring, standaard of performance en monitoringsinterval. Hiermee vindt proactieve monitoring en management van de putintegriteit plaats.

4.3 Beoogde installatie

De warmte wordt primair gewonnen uit geproduceerd formatiewater. Het systeem zal gaan produceren en injecteren in de Delft zandsteen op een diepte van ongeveer 2300 meter. Hierbij is de temperatuur van het geproduceerde water ongeveer ~85 °C en wordt dit na afkoeling met ~35°C geïnjecteerd. Er wordt voor de installatie voor winning per doublet uitgegaan een maximaal debiet van 420 m3/hr, dit is ook ongeveer het maximum van de put- en pomp configuratie. Het gemiddelde debiet ligt door de grote variatie in zomer en winter vraag van de afnemers lager; rond de 310 m3/hr.

Het water in de productieput wordt omhoog gepompt middels een ESP. Vervolgens wordt het water ontgast in de ontgassingsinstallatie en ontdaan van vaste deeltjes in de filters. Na deze stap wordt de warmte afgegeven aan het secundaire warmtenet door middel van warmtewisselaars. Het afgekoelde water wordt na een 2^e filterstraat middels een injectiepomp en injectieput teruggepompt in de formatie. Het opgewarmde

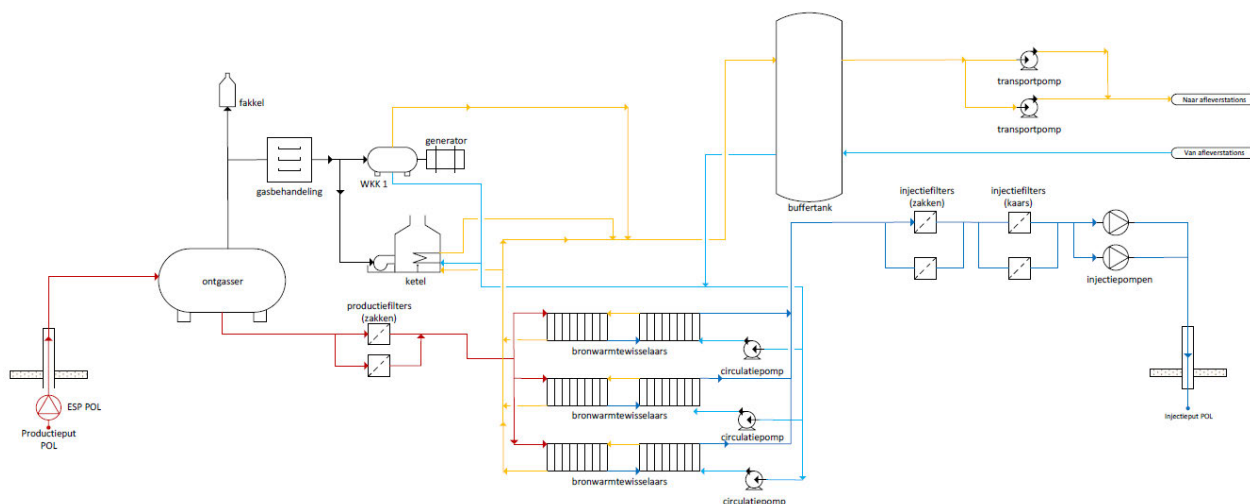
water aan de secundaire zijde van de bronwarmtewisselaars wordt door middel van een warmtenet bij de afnemers gebracht.

In het productiewater komt opgelost gas vrij door drukafname. Dit gas wordt afgevangen in de gasscheider. Vanaf de gasscheider wordt het gas naar het gasdroog- en koelsysteem geleid om vervolgens gebruikt te worden in een WKK die wordt gebruikt om de eigen benodigde elektriciteit op te wekken. Er is een ketel aanwezig als back-up functie voor de WKK. Als finale back-up voor het verbranden van het vrijkomende gas is er een gesloten fakkelinstallatie aangesloten.

4.3.1 Werking van de mijnbouwinstallatie

De mijnbouwinstallatie is ontworpen om warmte te onttrekken uit bronwater (formatiewater uit de Delft Member). De warmte wordt overgedragen aan een secundair warmtedistributienetwerk waarmee de warmte bij de verbruikers wordt gebracht. Het afgekoelde retourwater uit het distributienetwerk wordt in de mijnbouwinstallatie wederom opgewarmd aan het warme bronwater. Het aldus afgekoelde bronwater wordt in de diepe ondergrond teruggebracht. De installatie is ontworpen voor bronwater met een maximale temperatuur van 100 °C en een ontwerpdruk productie & injectieleidingen 16 bar en 100 bar respectievelijk. De retourtemperatuur zal ongeveer 35 °C bedragen.

Figuur 6 geeft een schematische weergave van de installatie weer.



Figuur 6 Schematische weergave van de mijnbouwinstallatie

Het bronwater wordt met behulp van een bronpomp (ESP) opgepompt en in een ontgasser ontdaan van uittredend opgelost aardgas. Per m³ bronwater wordt een productie van ~1 Nm³ gas verwacht. In een filter wordt het bronwater ontdaan van meegesleurde vaste bestanddelen. Vervolgens wordt met meerdere parallel geplaatste warmtewisselaars de warmte overgedragen aan het secundaire distributienetwerk. Het afgekoelde bronwater (met daarin uitgekristalliseerd zout) wordt gefilterd door in serie geplaatste filters - een type zakken filter en daarna een type kaarsfilter – en door injectiepompen in druk verhoogd en opnieuw in de oorspronkelijke formatie in de diepe ondergrond gebracht.

Het aan het bronwater opgewarmde water in het warmtedistributienetwerk wordt in druk verhoogd met transportpompen om vervolgens via een wijd vertakt distributienetwerk naar de gebruikers gebracht te worden. Daar wordt de warmte onttrokken via warmteoverdrachtinstallaties en het koude retourwater wordt teruggevoerd naar de mijnbouwinstallatie. In de mijnbouwinstallatie wordt het water via distributiepompen over de warmtewisselaars verdeeld om wederom in temperatuur verhoogd te worden.

Het geproduceerde gas wat wordt afgescheiden van het bronwater in de ontgasser wordt na conditionering grotendeels in elektriciteit omgezet door een warmtekrachtkoppeling (WKK) installatie. De elektriciteit wordt voornamelijk ter plaatse gebruikt voor de energievoorziening van met name de ESP's en de injectiepompen.

Eventuele surplus elektriciteit wordt aan het openbare net geleverd. Het bijproduct van de WKK, restwarmte, wordt toegevoegd aan het warmtedistributienetwerk en als extra vermogen voor warmtelevering ingezet. Indien onverhoopt de WKK uitvalt, bestaat er een ketel als eerste back-up en een gesloten fakkelinstallatie als tweede back-up. De gesloten fakkelinstallatie is daarmee louter een back-up installatie en zal normaliter niet in bedrijf zijn.

De lay-out en foto van de mijnbouwlocatie zijn weergegeven in Figuur 7.

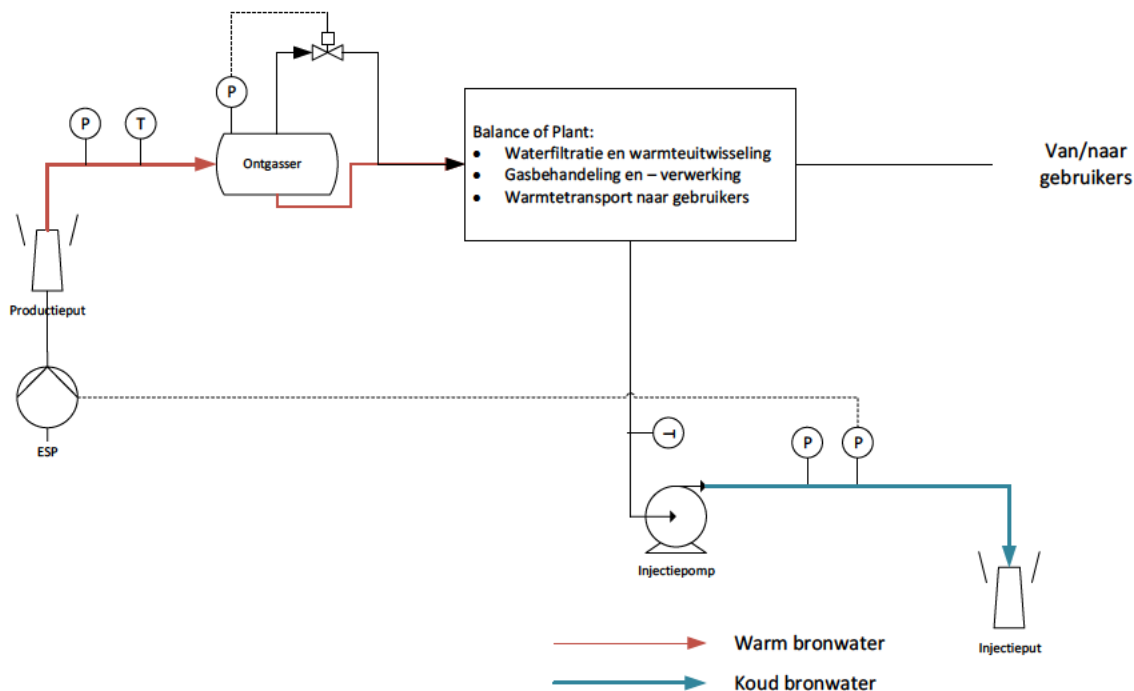


Figuur 7 Lay-out en foto van de mijnbouwlocatie

4.3.2 Metingen bovengrondse installatie

Op diverse punten in de bovengrondse installatie worden de temperaturen en drukken van het geproduceerde bronwater gemeten, zie Figuur 8. De meeste meetpunten zijn ter verificatie dat het proces goed verloopt, maar enkele meetpunten worden specifiek gebruikt voor de sturing van het proces. Het gaat

daarbij om de volgende meetpunten:



Figuur 8 Schematische weergave van meetpunten

De druk en temperatuur van het geproduceerde bronwater wordt gemeten voor de ontgasser (de instrumenten aangegeven met P voor drukmetingen en T voor temperatuurmeting). De bedrijfsdruk van de ontgasser, welke belangrijk is voor de instelling van het CO₂ evenwicht tussen het bronwater en het vrijgekomen gas, wordt door een drukmeting op de ontgasser (wederom aangegeven met het symbool P) ingesteld. Dit instrument controleert de gas reduceerklep waarmee de bedrijfsdruk wordt gehandhaafd. Na verwerking en warmteoverdracht van het bronwater wordt dit water door de injectiepomp op druk gebracht. De temperatuur van het afgekoelde bronwater wordt vóór de injectiepomp gemeten. De druk van het injectiewater wordt na de pomp gemeten. Bij een oplopende injectiedruk – gemeten met een separate drukmeting - wordt de ESP teruggeregeld. Maximaal kan de injectiepomp ~70 bar leveren tegen een gesloten uitlaat. Op de drukmeting na de injectiepompen zijn in het besturingssysteem alarmeringen ingesteld die er voor zorgen dat de maximale toelaatbare putmondruk op de injectieput niet wordt overschreden.

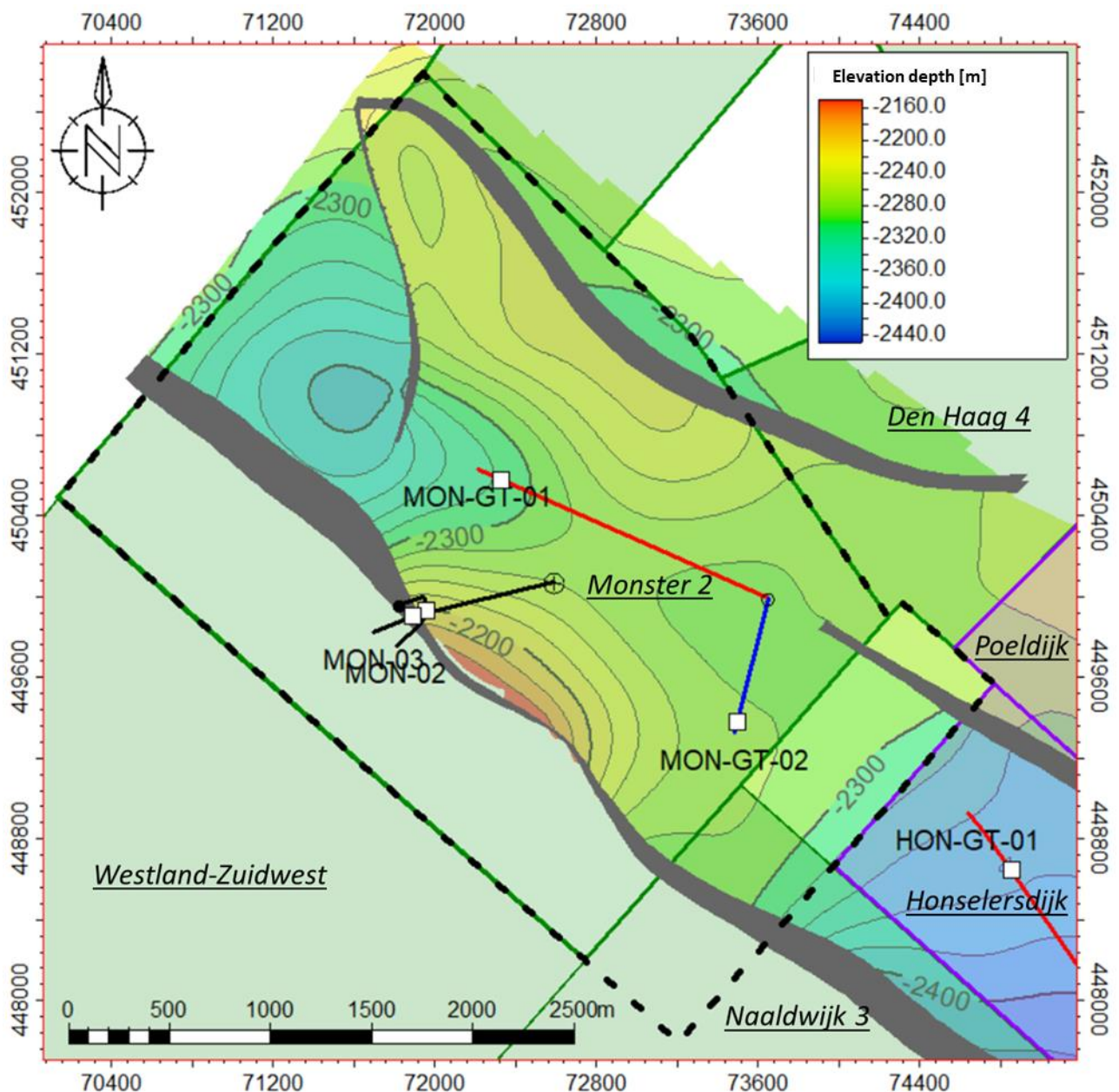
4.4 Beoogde systeemconfiguratie

De geplande putten staan afgebeeld in Figuur 9 en Figuur 10. De putten bevinden zich in hetzelfde breukblok, parallel aan de dominante breukrichting. De afstand tussen de putten is circa 1700m op mid-reservoir niveau. De penetratiehoek van MON-GT-01 in het reservoir is circa 53°, voor MON-GT-02 circa 21°. Relevante coördinaten en dieptes staan in Tabel 7.

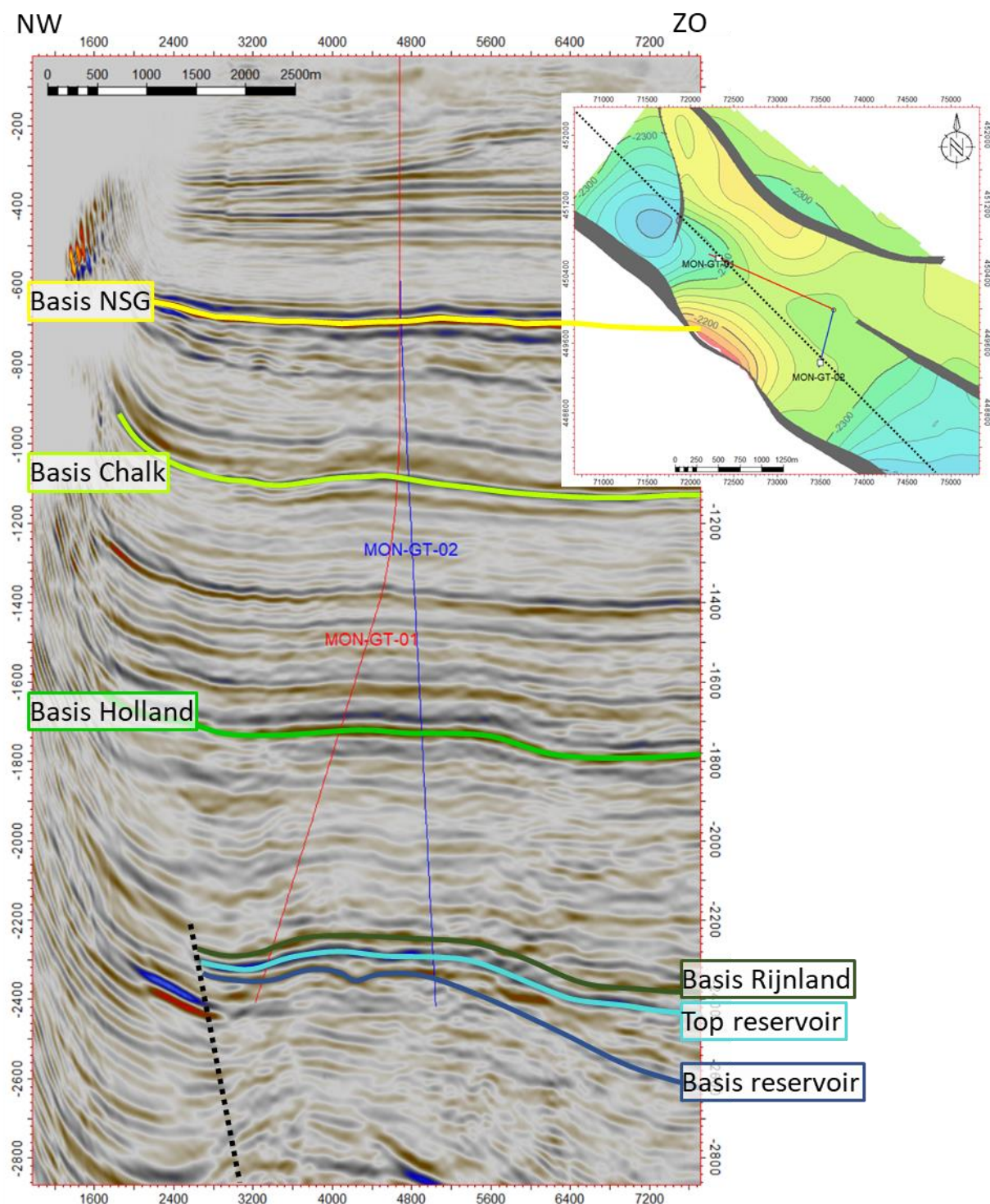
Tabel 7: Beoogde coördinaten putten.

putnaam	MON-GT-01	MON-GT-02
Type put	Productie	Injectie
X (RD) oppervlaktelocatie	73650	73650
Y (RD) oppervlaktelocatie	449990	449990
X (RD) top doorprikpunt aquifer	72327	73496

Y (RD) top doorprikpunt aquifer	450579	449377
X (RD) einddiepte	72213	73482
Y (RD) einddiepte	450630	449323
Einddiepte (m AH)	3153	2546
Einddiepte (mTVD)	2410	2420



Figuur 9 Top aquiferkaart met doorprikpunten (witte vierkanten), geplande en bestaande putten en begrenzing van de bestaande opsporingsvergunningen in groen en winningsvergunningen in paars. Breuken op reservoirt niveau zijn aangegeven met grijs. De beoogde pre-drill winningsvergunning is aangegeven met de zwarte stippellijn.



Figuur 10 Seismische sectie parallel aan het beoogde doublet.

4.5 Reservoir integriteit

Het uitgangspunt met betrekking tot reservoir integriteit is dat het circuleren van water door het beoogde reservoir geen nadelige invloed mag hebben op mens en milieu. Om dit te borgen zal gebruikt worden gemaakt van een reservoir integriteit managementsysteem. Hierin worden de gevaren geïdentificeerd, beoordeeld en vervolgens wordt zeker gesteld dat de voorkomende maatregelen zijn geborgd tijdens de constructie-, exploitatie- en opruimfase van het project.

De twee belangrijkste onderwerpen in het reservoir managementsysteem zijn:

Risico 1: Verlies integriteit van afsluitende lagen

Risico 2: Geïnduceerde seismiciteit.

Bovenstaande onderwerpen worden in onderstaande sub paragrafen behandeld, waarbij de volgende sub-onderwerpen worden aangehaald.

1. Beschrijving risico
2. Evaluatie van risico
3. Beschrijving mitigerende maatregelen en monitoring

4.5.1 Risico 1: Verlies integriteit van afsluitende lagen

Beschrijving risico

Aantasting van de afsluitende laag kan mogelijk gevolg hebben dat er lekkage van formatiewater naar een andere formatie plaatsvindt, en dat er op termijn lekkage kan plaatsvinden naar het grondwater. Dit risico moet worden vermeden en de ondergrondse injectiedruk en temperatuur moeten worden afgestemd op de sterkte van de afsluitende laag.

Evaluatie van risico

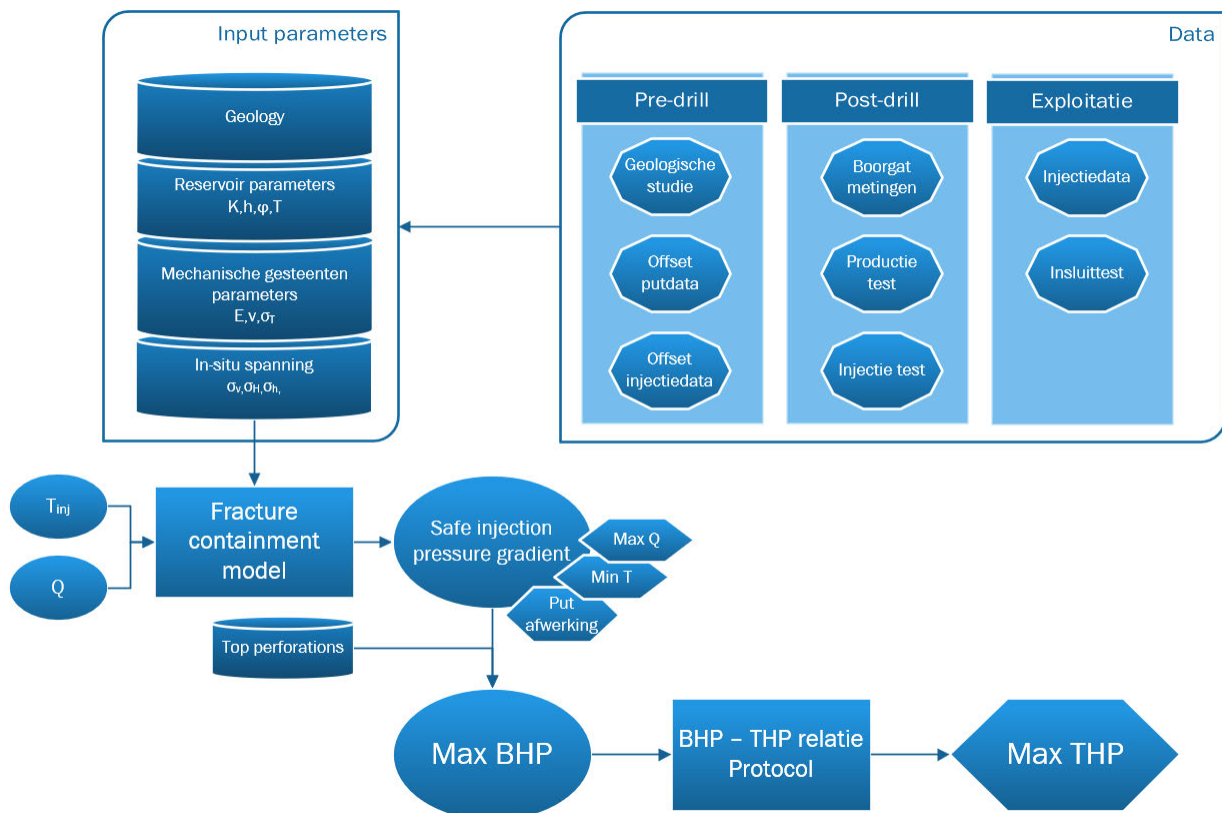
Circulatie van water vindt plaats in de zanden van de Delft Zandsteen, die aan de top worden begrensd door de Rodenrijs Claystone en aan de basis door de Altena Groep. Er zijn twee mogelijke mechanismes waardoor formatievloeistof weg kan lekken uit de beoogde reservoirs door injectie van afgekoeld water onder hoge druk; verlies van de integriteit van de afsluitende laag als gevolg van scheurvorming of het weglekken via een breuk

1. Scheurvorming

De operator verwacht dat tijdens de levensduur van het project injectie onder scheurcondities in het reservoir zal gaan plaatsvinden. De vorming hiervan wordt veroorzaakt door de thermische krimp van in combinatie met de druk die uitgeoefend wordt om het water in het gesteente te persen. Vooral de laatste zal bij injectie onder matrix condities altijd oplopen door de cumulatieve ophoping van deeltjes die ondanks het zeer zorgvuldig filteren, aanwezig zijn in het injectiewater.

Het uitgangspunt is dat verlies van integriteit van de afsluitende lagen volledig uitgesloten moet zijn en de kans op scheurgroei in de 'waste zone' moet worden geminimaliseerd. Om vast te stellen onder welke omstandigheden dit kan worden gegarandeerd wordt gebruik gemaakt van een modelgebaseerde werkwijze.

In de pre-drill fase wordt een model opgezet die rekening houdt met de beschikbare regionale kennis over de ondergrond. Met dit model wordt onderzocht wat de veilige injectiedruk gradiënt is onder de voorgenomen operationele parameters (debiet en injectietemperatuur). Zodra de topperforatiediepte bekend is, kan met de maximale injectiedruk gradiënt de maximale veilige putbodemdruk berekend worden. De maximale veilige putmondruk wordt vervolgens afgeleid gebruik makende van berekeningen zoals beschreven in de procedures van de operator. Het model en de bijbehorende maximale drukken worden na de welltest en 2 jaar na start exploitatie herzien en zo nodig bijgesteld. Veranderingen in begrenzingen zullen tijdig worden gedeeld met bevoegd gezag.



Als onderdeel van dit pre-drill winningsplan is op basis van de beschikbare data door Panterra een studie gedaan naar de veilige parameters waaronder geïnjecteerd kan worden (appendix 10.3). Uit dit onderzoek blijkt dat de afsluitende laag slechts zeer beperkt wordt afgekoeld en is de verwachting dat de in-situ spanning in deze laag nauwelijks zal afnemen ten opzichte van de aanwezige 0,158 bar/m en dat daardoor scheurvorming in deze laag niet zal optreden zolang de injectiedruk lager blijft dan 0,158 bar/m. De maximale veilige injectiedruk gradiënt is 0,158 bar/m met een minimale injectietemperatuur van 35°C en een maximaal debiet van 420 m³/hr als geldigheidsgrens. Doordat in de pre-drill fase nog geen putspecifieke data beschikbaar is met de bijbehorende onzekerheden tot gevolg wordt een veiligheidsfactor van 1,1 toegepast. Daarom wordt in deze fase van het project 0,143 bar/m als veilige injectiedruk gradiënt aangehouden. Deze waarde is ook terug te vinden in sectie 4.5.3 - Operationele begrenzingsen.

Als de putten geboord zijn en er meer locatie specifieke data beschikbaar is zal opnieuw een analyse worden gemaakt van de veilige parameters waaronder geïnjecteerd kan worden.

2. Weglekken via een breuk

Water kan eventueel weglekken via een lekpad als gevolg van niet-afsluitende breuken. In het geval van het Polanen project zijn er een aantal breuken waarneembaar op de seismiek binnen de concessie. Op basis van gegevens in de West-Nederland bekken wordt verwacht dat deze breuken niet of deels doorlatend zijn. Injectieputten zijn gepland midden in het horstblok met een afstand tot breuken variërend van 625-725m. Doordat druk logaritmisches afneemt als functie van afstand van de put is verandering van de hydraulische aard van de breuk door druk en temperatuur invloed niet aannemelijk.

Ad: Scheurvorming in waste zone

De Rodenrijs formatie bevat zones met een hoog percentage klei, de zogenaamde "waste zones". Deze zones worden niet geperforeerd en staan daarom niet in direct contact met het boorgat. In het geval van scheurvorming kunnen deze zones alsnog hydraulisch worden verbonden met het boorgat. Dit kan in het uiterste geval tot drukverhoging in geïsoleerde (dunne) zandlagen in de waste zone. Dit zou kunnen leiden

tot extra krachten op natuurlijke breuken in het reservoir. Dit risico is apart onderzocht als onderdeel van de seismische hazard analyse (appendix 10.4). Conclusie is dat voor dit project het risico laag is.

Mitigerende maatregelen

Om het risico op integriteitsbreuk te minimaliseren worden gepaste mitigerende maatregelen genomen. Een overzicht hiervan is hieronder aangegeven per fase in het project.

Pre-drill mitigaties	Post-drill mitigaties
1. Uitvoeren van studie voor integriteit van afsluitende laag 2. Keuze voor perforatie ontwerp zodat zeker gesteld wordt dat er niet direct in/onder de seal wordt geïnjecteerd 3. Perforaties worden niet direct onder seal gezet, 2m TVD onder top Delft 4. Uitvoeren van open-hole logs om lokale kennis van gesteente te creëren.	1. Update reservoir integriteit model en vaststellen maximum putmondruk 2. Injectietest per put om juiste parameters van het gesteente vast te stellen 3. Vaststellen nul situatie fall-off test om betrouwbaarheid van toekomstige testen te stimuleren 4. Opstellen verkeerslicht systeem (VLS) specifiek voor veilige injectie.
Monitoring primair (Continue)	Monitoring secundair (Indien nodig volgens VLS)
1. Putmondruk 2. Debiet 3. Daggemiddelde injectietemperatuur 4. Injectiviteit trend (hall plot)	1. Grootte van de scheur d.m.v. fall-off test 2. Diepte-Temperatuur log (opwarming log)

4.5.2 Risico 2: Bodemtrillingen

De kans op bodemtrillingen en mitigerende maatregelen worden in meer detail behandeld in sectie 8.

Beschrijving risico's

Spanningsveranderingen in de ondergrond als gevolg van afkoeling en druk kunnen ervoor zorgen dat kritisch gespannen breuken gaan bewegen; dit kan bodemtrillingen veroorzaken wat schade aan gebouwen als gevolg kan hebben. Ondanks de kleine kans moet een beving die kan leiden tot schade nadrukkelijk vermeden worden.

Evaluatie van risico's

Als onderdeel van de evaluatie van de risico's is er een locatie specifieke seismische dreigingsanalyse (SHA Level 2) uitgevoerd.

Beschrijving mitigerende maatregelen en monitoring

Om het risico op integriteitsbreuk te minimaliseren worden gepaste mitigerende maatregelen genomen. Een overzicht hiervan is hieronder aangegeven per fase in het project. Tevens vindt er zowel voorafgaand aan de start van het project als tijdens exploitatie monitoring van seismiciteit plaats.

Pre-drill mitigaties	Post-drill mitigaties
1. Uitvoeren studie seismische dreigingsanalyse 2. Putplaatsing in relatie tot breuken	1. Interferentie test 2. Herziening geologisch & geomechanisch model op basis van post-drill resultaten

4.5.3 Operationele begrenzingen

Operationele begrenzing die volgen uit vastgestelde risico mitigaties.

Put	Operationele begrenzing	Waarde	Dimensie
Algemeen	Max injectiedruk gradient (putbodem)	0.143	bar/m

Max injectiedruk verbuizing: Base Case	Max injectiedruk verbuizing: Base Case	206	bar
	Min injectietemperatuur	35	°C
	Max debiet	420	m3/hr
MON-GT-02	Max injectiedruk (putbodern)	325.5	bar
Max injectiedruk: Fall-back	Max injectiedruk (putmond)	92.3	bar

4.6 Beoogde operationele instellingen

De beoogde operationele instellingen zijn een verwachting gaat op basis van momenteel beschikbare (pre-drill) data. Onderstaande data zijn **geen operationele begrenzingsen**. De begrenzingsen zijn bepaald in paragraaf 4.5.3.

Geothermisch systeem	Prognose waarde
Debiet geproduceerd water (m ³ /h), zowel max als gemiddeld	Gemiddeld: 310 – Max: 420
Volume gewogen gemiddelde temperatuur van het productiewater (°C)	86
Gemiddelde druk direct onder de pomp in productieput (bar)	37
Laagste druk direct onder de pomp in productieput (bar).	15
Druk aan de putmond van de productieput (bar)	10
Olie / water ratio indien onttrokken uit het reservoir (Sm ³ /m ³)	0
Gas / water ratio indien onttrokken uit het reservoir (Nm ³ /m ³)	1
Condensaat / water ratio indien onttrokken uit het reservoir (Sm ³ /m ³)	0
Hoeveelheid ingebrachte inhibitor in de productieput (l/m ³)	0 ^{*1}
Debiet geïnjecteerd water (m ³ /h)), zowel max als gemiddeld	Gemiddeld: 310 – Max: 420
Volume gewogen gemiddelde temperatuur van het injectiewater, gemeten tussen warmtewisselaar en de injectieputmond (°C)	35
Gemiddelde druk aan de injectieputkant van de injectiepomp (bar)	54
Gemiddelde operationele injectiedruk op reservoir niveau (bar)	292
Maximale druk van aan de injectieputkant van de injectiepomp (bar)	92.3
Maximale operationele injectiedruk op reservoir niveau (bar)	325.5
Hoeveelheid ingebrachte inhibitor in de injectieput (l/m ³)	0 ^{*1}
Aantal vollasturen per jaar (d)	8250
Geïnstalleerd vermogen installatie (MW _{th})	16,6
Hoeveelheid benodigde elektrische energie (kWh/yr)	14 000 000
Verwachte levensduur (aantal jaren)	30

Tabel 10: Productie parameters

*1 Omdat de putten corrosiebestendig zijn ontworpen wordt geen corrosie inhibitor ingebracht. Op dit moment is nog niet besloten of scale inhibitor of biocide geïnjecteerd zal worden. Indien dit gebeurt, dan zal

dit zijn in de productieput of net na de ontgasser met een maximum volume van 0,05 l/m³ scale inhibitor en een max van 13m³/jr biocide.

5 Prognose winning

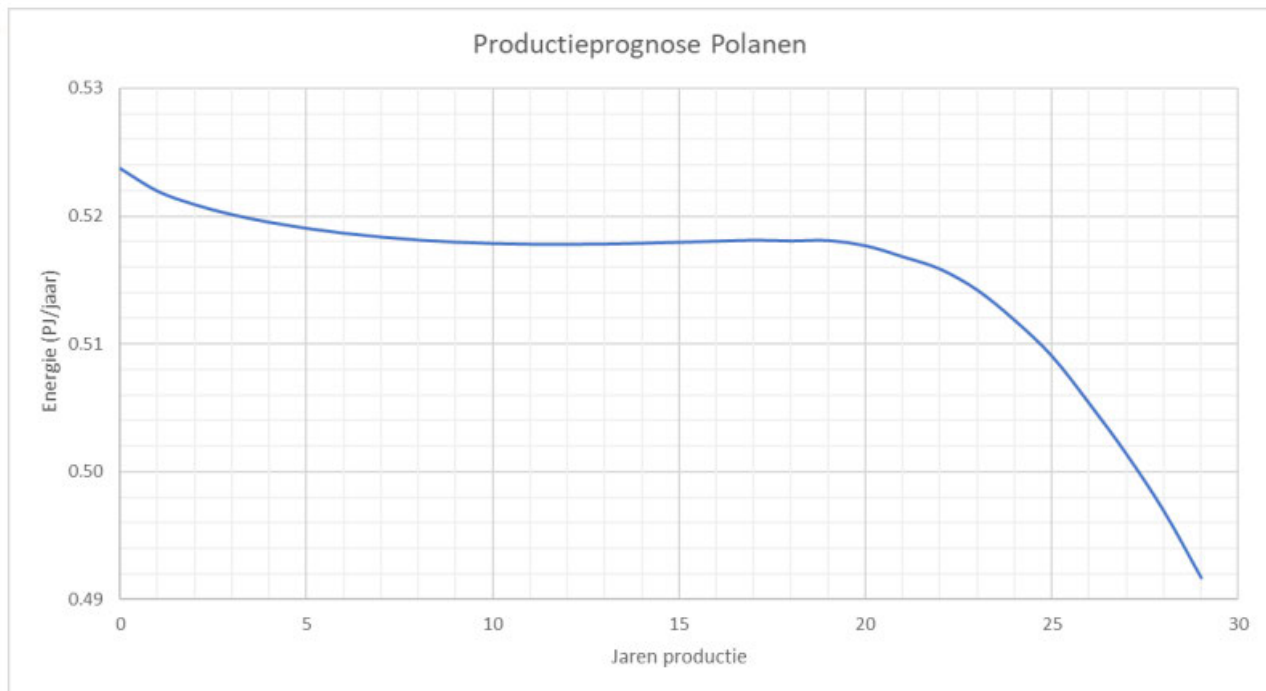
Het vermogen van het doublet volgt uit de geologische parameters, operationele instellingen en putconfiguratie. Het beoogde debiet is 310 m³/uur op vollast (320 m³/uur gedurende 8250 vollasturen). Hieruit volgt een vermogen van circa 16,6 MW (Figuur 11). Naar verwachting zal jaarlijks ruim 0,4 PJ energie worden geproduceerd (Figuur 12 en Tabel 8).

Doublet Calculator 1.4.3 Result Table

file: ... oject Polanen - General\4. EXP\Geology\DoubletCalc\polanen wipla_largediam_xml_22mwp50.xml

Geotechnics (Input)				Geotechnics (Output)			
Property	min	median	max	Monte Carlo cases (stochastic inputs)	P90	P50	P10
aquifer permeability (mD)	330.0	550.0	1000.0	aquifer kH net (Dm)	17.52	24.61	35.82
aquifer net to gross (-)	0.9	0.93	0.98	mass flow (kg/s)	70.68	92.93	120.66
aquifer gross thickness (m)	30.0	47.0	65.0	pump volume flow (m ³ /h)	236.8	311.8	405.0
aquifer top at producer (m TVD)	2085.0	2317.0	2549.0	required pump power (kW)	817.5	1076.5	1398.3
aquifer top at injector (m TVD)	2048.0	2276.0	2504.0	geothermal power (MW)	12.3	16.53	21.81
aquifer water salinity (ppm)	120000.0	140000.0	160000.0	COP (kW/kW)	14.2	15.4	16.6
Property	value			aquifer pressure at producer (bar)	223.66	237.81	252.22
number of simulation runs (-)	1000.0			aquifer pressure at injector (bar)	204.32	233.69	237.83
aquifer kh/kv ratio (-)	4.0			pressure difference at producer (bar)	23.14	26.08	28.04
surface temperature (°C)	10.0			pressure difference at injector (bar)	47.29	53.14	56.86
geothermal gradient (°C/m)	0.0325			aquifer temperature at producer * (°C)	81.86	86.07	90.24
mid aquifer temperature producer (°C)	0.0			temperature at heat exchanger (°C)	80.73	84.66	88.58
initial aquifer pressure at producer (bar)	0.0			base case (median value inputs)	value		
initial aquifer pressure at injector (bar)	0.0			aquifer kH net (Dm)	24.04		
exit temperature heat exchanger (°C)	35.0			mass flow (kg/s)	91.51		
distance wells at aquifer level (m)	1708.0			pump volume flow (m ³ /h)	306.7		
pump system efficiency (-)	0.7			required pump power (kW)	1059.0		
production pump depth (m)	800.0			geothermal power (MW)	16.31		
pump pressure difference (bar)	87.0			COP (kW/kW)	15.4		
outer diameter producer (inch)	9.63			aquifer pressure at producer (bar)	237.68		
skin producer (-)	0.0			aquifer pressure at injector (bar)	233.35		
skin due to penetration angle p (-)	-0.86			pressure difference at producer (bar)	26.26		
pipe segment sections p (mAH)	800.0, 1000.0, 2980.0, 2997.0			pressure difference at injector (bar)	53.45		
pipe segment depth p (m TVD)	800.0, 1000.0, 2302.0, 2317.0			aquifer temperature at producer * (°C)	86.07		
pipe inner diameter p (inch)	7.82, 11.75, 8.25, 8.68			temperature at heat exchanger (°C)	84.72		
pipe roughness p (milli-inch)	2.0, 2.0, 2.0, 2.0			pressure at heat exchanger (bar)	46.86		
outer diameter injector (inch)	9.63			* @ mid aquifer depth			
skin injector (-)	0.0						
skin due to penetration angle i (-)	-0.01						
pipe segment sections i (mAH)	2296.0, 2392.0						
pipe segment depth i (m TVD)	2240.0, 2276.0						

Figuur 11 Uitvoerscherm DoubletCalc1.4.3.



Figuur 12 Productieprognose van het doublet in GJ/jaar.

Tabel 8: Langjarige productieprognose onder standaard operationele condities.

Jaar vanaf start datum	Prod. temp. (°C)	Hoeveelheid water (mln m3)	Energie (PJ)	Inhibitor (m3)	Gas (mln Nm3)	Olie (m3)	Aantal vollast uren (u)	Energie-consumptie (GWh)
1	84,8	2,7	0,524	-	2,7	0	8760	9,3
2	84,7	2,7	0,522	-	2,7	0	8760	9,3
3	84,6	2,7	0,521	-	2,7	0	8760	9,3
4	84,5	2,7	0,52	-	2,7	0	8760	9,3
5	84,5	2,7	0,52	-	2,7	0	8760	9,3
6	84,4	2,7	0,519	-	2,7	0	8760	9,3
7	84,4	2,7	0,519	-	2,7	0	8760	9,3
8	84,4	2,7	0,518	-	2,7	0	8760	9,3
9	84,3	2,7	0,518	-	2,7	0	8760	9,3
10	84,3	2,7	0,518	-	2,7	0	8760	9,3
11	84,3	2,7	0,518	-	2,7	0	8760	9,3
12	84,3	2,7	0,518	-	2,7	0	8760	9,3
13	84,3	2,7	0,518	-	2,7	0	8760	9,3
14	84,3	2,7	0,518	-	2,7	0	8760	9,3
15	84,3	2,7	0,518	-	2,7	0	8760	9,3
16	84,3	2,7	0,518	-	2,7	0	8760	9,3
17	84,3	2,7	0,518	-	2,7	0	8760	9,3
18	84,3	2,7	0,518	-	2,7	0	8760	9,3
19	84,3	2,7	0,518	-	2,7	0	8760	9,3
20	84,3	2,7	0,518	-	2,7	0	8760	9,3

21	84,3	2,7	0,518	-	2,7	0	8760	9,3
22	84,2	2,7	0,517	-	2,7	0	8760	9,3
23	84,1	2,7	0,516	-	2,7	0	8760	9,3
24	84	2,7	0,514	-	2,7	0	8760	9,3
25	83,7	2,7	0,512	-	2,7	0	8760	9,3
26	83,4	2,7	0,509	-	2,7	0	8760	9,3
27	83,1	2,7	0,505	-	2,7	0	8760	9,3
28	82,7	2,7	0,501	-	2,7	0	8760	9,3
29	82,3	2,7	0,497	-	2,7	0	8760	9,3
30	81,8	2,7	0,492	-	2,7	0	8760	9,3

6 Interferentie met ander gebruik (diepe) ondergrond

6.1 Olie en gas

Er bevinden zich geen (verlaten) olie- of gasvelden in het breukblok waarin de putten geboord zullen worden. Dichtstbijzijnde velden zijn de Monster en De Lier olie en gasvelden, welke produceren uit zandsteenlagen in het Trias en de Rijnland Groep. Geen van de velden produceert uit het doelreservoir van Polanen.

Ten noorden van MON-GT-01 is op survey L3NAM1990C een anomalie zichtbaar ter plaatse van de Delft Zandsteen Member (zie ook het geologische rapport, Appendix 10.1). Deze anomalie valt deels samen met een closure en volgt ruwweg de 2235 m TVDSS contour van de top reservoir dieptekaart. De anomalie kan een indicatie zijn voor de aanwezigheid van gas. Er is een tweede anomalie zichtbaar ter plaatse van MON-GT-01. Hier is geen closure aanwezig en updip put MON-02 is waterhoudend. Het is zeer onwaarschijnlijk dat deze anomalie wordt veroorzaakt door gas. Op de seismische reprocessing R-2629 (zie Appendix 10.2) is de zuidelijke anomalie niet zichtbaar. De noordelijke anomalie is wel aanwezig, grofweg op dezelfde positie als op de time cube.

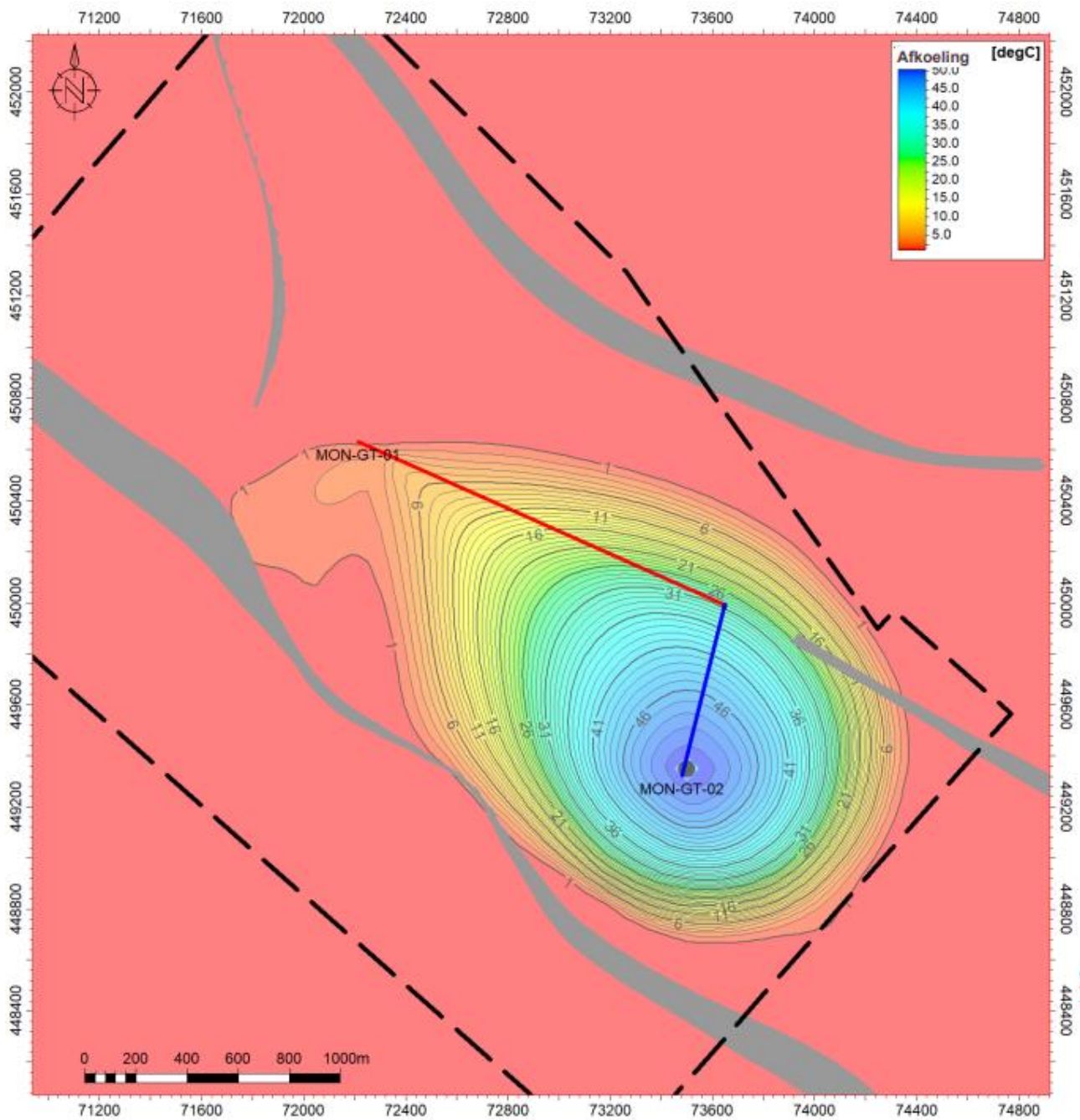
Gezien de horizontale en verticale afstand tussen MON-GT-01 en de noordelijke anomalie wordt geen interferentie verwacht tussen de mogelijke gasophoping en de geplande putten.

6.2 Geothermie

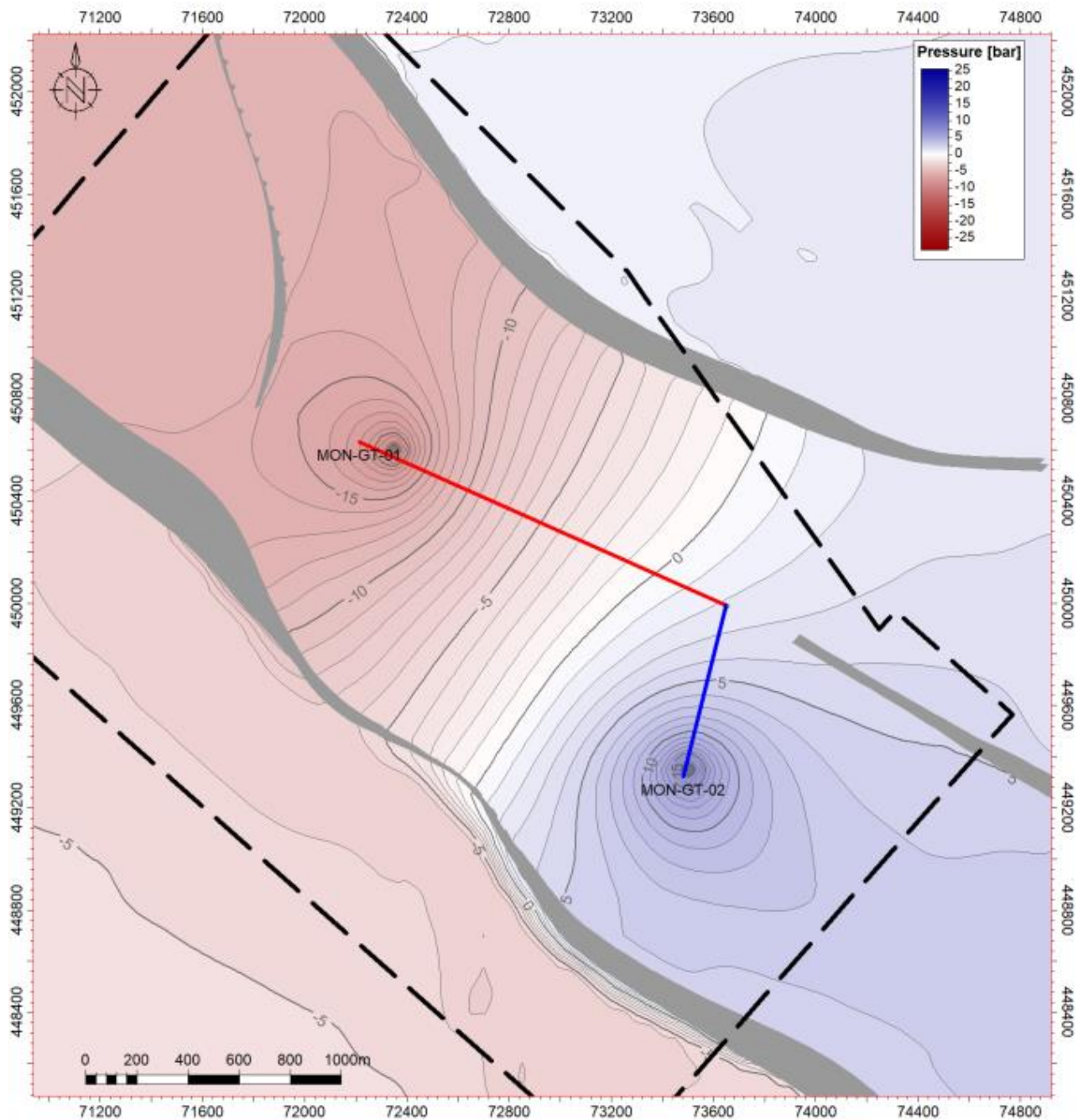
Met behulp van DoubletCalc2D (TNO) is de temperatuur- en drukdistributie in het reservoir gemodelleerd gedurende de beoogde winningsperiode. Figuur 13 laat de gemodelleerde reservoirtemperatuur aan het eind van de winning zien. De afkoelingsellips bevindt zich in de opsporingsvergunningen Monster 2 (Energie Transitie Partners B.V.), Naaldwijk 3 (Trias Westland B.V.) en open gebied tussen de exploratievergunning Monster 2 en winningsvergunning Honselersdijk. Het geplande doublet vormt een schaakbord configuratie met Honselersdijk; productie en injectie zal naar verwachting dan ook een positief effect hebben op productiviteit in Honselersdijk.

De beoogde begrenzing van de pre-drill winningsvergunning van Polanen is weergegeven in Figuur 9. De vergunning omvat de volledige opsporingsvergunning Monster 2, het open gebied tussen Monster 2 en Honselersdijk en een deel van de Naaldwijk 3 licentie. De operator van Naaldwijk 3, Trias Westland B.V. heeft toestemming gegeven voor de overdracht. De voorgestelde begrenzing van de pre-drill winningsvergunning omvat de volledige verwachte afkoelingspluim van MON-GT-02, en geeft voldoende ruimte voor eventuele aanpassingen aan de locatie van de downhole targets. De coördinaten van de beoogde vergunning staan in Tabel 1

De drukdistributie in het reservoir na 30 jaar productie is weergegeven in Figuur 14.



Figuur 13 Kaart van het verwachte temperatuurverschil in het reservoir aan het einde van de winningsperiode. Breuken op reservoirniveau zijn aangegeven met grijs. De beoogde pre-drill winningsvergunning is aangegeven met de zwarte stippellijn.



Figuur 14 Kaart van het verwachte drukverschil in het reservoir aan het einde van de winningsperiode. Breuken op reservoirniveau zijn aangegeven met grijs. De beoogde pre-drill winningsvergunning is aangegeven met de zwarte stippellijn.

Tabel 9: Coördinaten beoogde pre-drill winningsvergunning.

X	Y
71942.0	452590.0
71551.0	452147.0
70131.0	450486.0
70143.5	450485.6
72743.0	448200.0
73208.0	447793.0
73975.0	448664.3
73975.0	448664.3
74769.0	449565.8
74312.0	449970.0
74247.1	449896.9
73260.0	451300.0

7 Natuur en milieu

7.1 Bodemdaling of –stijging

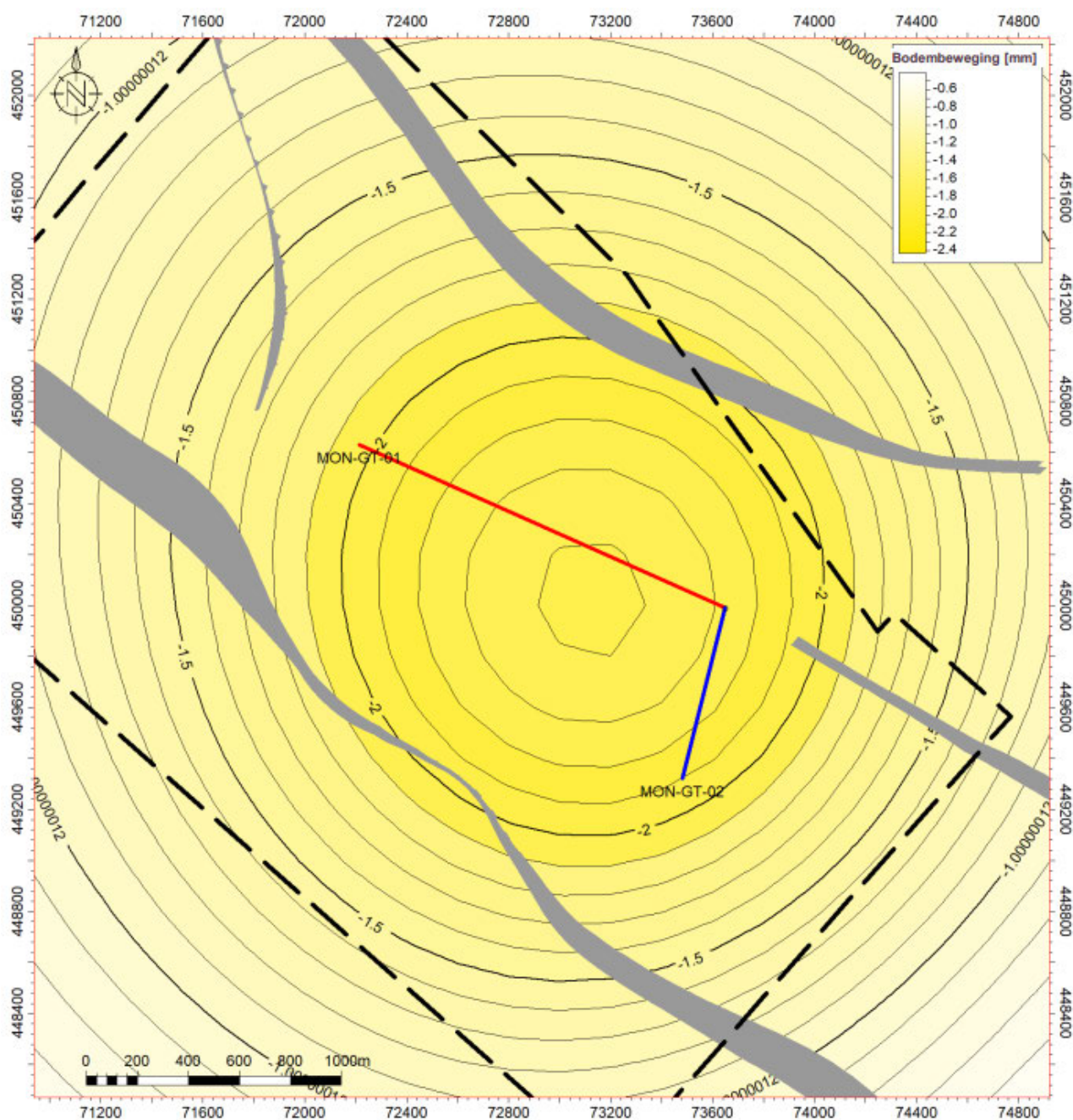
Bij de aardwarmtewinning in Polanen wordt warm water inclusief opgelost gas uit het reservoir onttrokken en afgekoeld water weer in dezelfde bodemlaag teruggebracht. Op deze manier vindt er geen netto onttrekking plaats waardoor de druk in het reservoir ook niet significant zal afnemen. Wel zal er rondom de productie- en injectieput respectievelijk een plaatselijke drukdaling en drukopbouw kunnen plaatsvinden.

In 2015¹ heeft TNO een artikel gepubliceerd waarin potentieel mogelijke bodemdaling door aardwarmtewinning is geëvalueerd. Uit de analyse blijkt dat het grootst mogelijke aandeel van bodembeweging kan worden veroorzaakt door afkoeling van het reservoir. De absolute waarde van de verwachte bodemdaling is zeer gering en wordt ingeschat op maximaal 2-3 mm na een periode van 30 jaar winning. Op basis van het DoubletCalc2D model van de projectlocatie is de bodemdaling ten gevolge van de winning van geothermie enkele millimeters (Figuur 15).

In het gebied is ook sprake van een natuurlijke bodemdaling. De Klimaateffectatlas geeft een inschatting van de bodemdaling tussen 2016-2050. In de omgeving van Naaldwijk wordt deze natuurlijke bodemdaling momenteel ingeschat op 3-10 cm, maar zeer plaatselijk zijn er uitschieters naar maximaal 60 cm (<http://www.klimaateffectatlas.nl/nl/>).

Een bodemdaling/stijging als gevolg van deze aardwarmtewinning in dit gebied is daarmee niet of nauwelijks meetbaar aan het maaiveld en is dermate gering dat het niet zou kunnen resulteren in schade aan gebouwen en infrastructuur, noch nadelige gevolgen voor natuur en milieu zou kunnen veroorzaken.

¹ Fokker et al. (2015). *Surface Movement Induced by a Geothermal Well Doublet*. Proceedings, World Geothermal Congress 2015 Melbourne, Australia, 19-25 April 2015



Figuur 15 Indicatie bodemdaling (mm) ten gevolge van 30 jaar winning. Breuken op reservoirt niveau zijn aangegeven met grijs. De beoogde pre-drill winningsvergunning is aangegeven met de zwarte stippellijn.

7.2 Beschermde gebieden

De projectlocatie (rode cirkel) valt niet samen met het Natuurnetwerk Nederland (voorheen de ecologische hoofdstructuur). Het (ten noordwesten op ca. 1,2 km) dichtst bijgelegen Natura 2000 gebied betreft de 'Solleveld & Kapittelduinen'. Dit is tevens een milieubeschermingsgebied voor grondwater. Tussentijdens is er sprake van glastuinbouw, woningen en infrastructuur.

Figuur 16 geeft een overzicht van een variatie aan kwetsbare gebieden in de buurt van de projectlocatie.



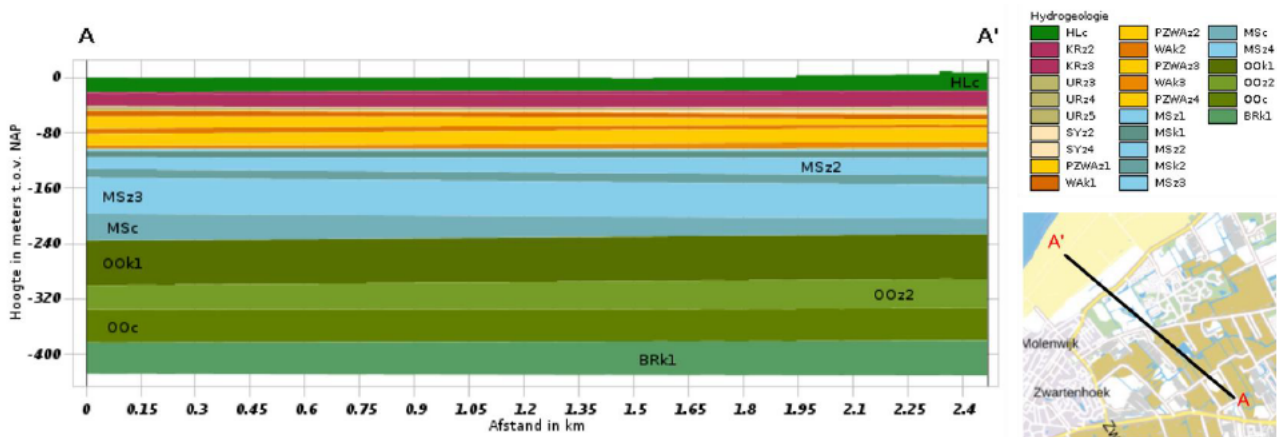
Figuur 16 Beschermde gebieden in de omgeving van het project

7.3 Grondwater

Voor de M.e.r. aanmeldnotitie is een milieukundig bodemonderzoek uitgevoerd. Het maaiveld in dit deel van de polder ligt circa ter hoogte van het NAP. Hierin wordt de dikte en de deklaag als volgt beschreven. Het duinpakket heeft een dikte van circa 10 meter en bestaat uit slibhoudende fijne tot matige grove zanden. De slecht doorlatende deklaag heeft een dikte van circa 10 meter en bestaat uit kleiige sedimenten.

Op een diepte van ~20 tot ~40 meter bevindt zich de zoetwater voerende Kreftenheye formatie. Daaronder bevinden zich de aaneensluitende watervoerende zones in respectievelijk de formaties van Urk en Stamproy tot ~ 50 meter. Van ~ 50 tot ~ 95 meter is er een afwisseling van de zandige Peize & Waalre formatie en de kleiige Waarle formatie. Daaronder bevindt zich de Maasluis formatie die doorloopt tot ongeveer 240 meter met een afwisseling van zandige en kleiige eenheden en is in die zone sealing. In deze formatie, die bestaat uit zand- en kleilagen, wordt de conductor geplaatst.

Ter illustratie is een doorsnede van het hydrogeologische model REGIS II weergegeven, de hydrogeologische pakketten tot een diepte van 400 m zijn weergegeven in Tabel 10.



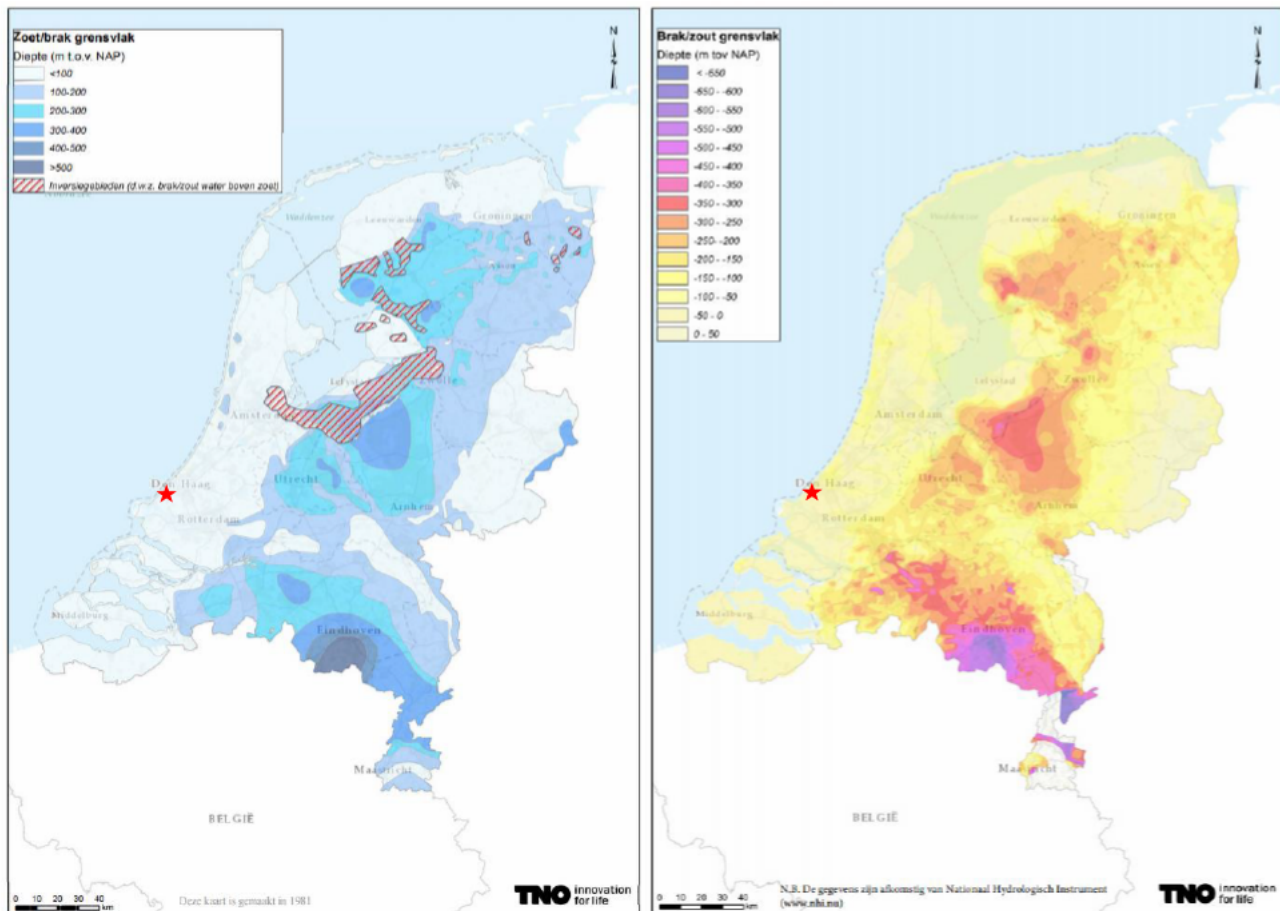
Figuur 17 Doorsnede uit BRO REGIS II v2.2 op de projectlocatie

Tabel 10 Beschrijving van geohydrologische pakketten tot een diepte van 200m

Afkorting	Beschrijving
HLc	Holocene afzettingen, complexe eenheid
KRz2	Formatie van Kreftenheye, tweede zandige eenheid
KRz3	Formatie van Kreftenheye, derde zandige eenheid
URz3	Formatie van Urk, derde zandige eenheid
URz4	Formatie van Urk, vierde zandige eenheid
URz5	Formatie van Urk, vijfde zandige eenheid
SYz2	Formatie van Stramproy, tweede zandige eenheid
SYz4	Formatie van Stramproy, vierde zandige eenheid
PZWAz1	Formatie van Peize & Waalre, eerste zandige eenheid
Wak1	Formatie van Waalre, eerste kleiige eenheid
PZWAz2	Formatie van Peize & Waalre, tweede zandige eenheid
Wak2	Formatie van Waalre, tweede kleiige eenheid
PZWAz3	Formatie van Peize & Waalre, derde zandige eenheid
Wak3	Formatie van Waalre, derde kleiige eenheid
PZWAz4	Formatie van Peize & Waalre, vierde zandige eenheid
MSz1	Formatie van Maassluis, eerste zandige eenheid
MSK1	Formatie van Maassluis, eerste kleiige eenheid
MSz2	Formatie van Maassluis, tweede zandige eenheid
MSK2	Formatie van Maassluis, tweede kleiige eenheid
MSz3	Formatie van Maassluis, derde zandige eenheid
MSc	Formatie van Maassluis, complexe eenheid
MSz4	Formatie van Maassluis, vierde zandige eenheid
OOK1	Formatie van Oosterhout, eerste kleiige eenheid
OOz2	Formatie van Oosterhout, tweede zandige eenheid
OOc	Formatie van Oosterhout, complexe eenheid
BRK1	Formatie van Breda, eerste kleiige eenheid

Figuur 18 laat de zoet-brak en brak-zout kaarten zien zoals geïnterpreteerd door de Geologische Dienst Nederland, die de databestanden beheert en interpreteert over het voorkomen en de dynamiek van het zoete grondwatersysteem. Op de project locatie ligt het zoet-brak grensvlak op een diepte van minder dan 100 m en het brak-zout grensvlak op een diepte van minder dan 50 meter. De conductors geplaatst tot een

diepte van 140m. Dit zijn geboorde conductors die gecementeerd worden, deze cement bond buiten de conductor voorkomt interferentie tussen deze lagen.



Figuur 18 Zoet/brak grensvlak (links) en brak/zout grensvlak (rechts), de projectlocatie is weergegeven met een rode ster.

8 Bodemtrilling

Bodemtrillingen ontstaan in de ondergrond als gevolg van een plotselinge beweging in de aardkorst waarbij veel energie vrijkomt. Deze energie plant zich in een golfbeweging voort. De meeste bodemtrillingen vinden natuurlijk plaats in gebieden waar aardplaten aan elkaar grenzen of waar extensie van de aardkorst plaats vindt. Geïnduceerde trillingen vinden plaats door menselijk toedoen en kunnen optreden bij winning van delfstoffen. Geïnduceerde seismiteit wordt veroorzaakt door een verandering in de lokale stress (druk) situatie. Deze stresssituatie wordt beïnvloed door poro-elastische en thermo-elastische effecten.

Voor Polanen is een Level-1 (Quick-Scan of QS) Seismic Hazard Analysis (SHA) uitgevoerd waarin de risico's op seismiteit bij geothermische exploratie worden omschreven en gekwantificeerd. De uitkomst van deze studie laat zien dat het seismisch risico op de grens van "laag" en "medium" wordt ingeschat. Als gevolg is een Level 2 Seismic Hazard Analyse uitgevoerd (Bijlage 10.4).

Het project Polanen gaat uit van exploitatie uit de Delft Zandsteen. De studie zoals uitgevoerd door PanTerra voor het bepalen van de breukstabiliteit gebruikt twee geomechanische modellen; een analytisch 2D-model om de slipneiging (SCU) langs een breukvlak te berekenen, en een Stochastisch model (1D) gebaseerd op het Mohr-Coulombcriterium voor het berekenen van breukstabiliteit op meest kritisch-gespannen punt op het breukvlak dat volgt uit de SCU. De SCU is een model om te slipneiging langs een breukvlak te berekenen;

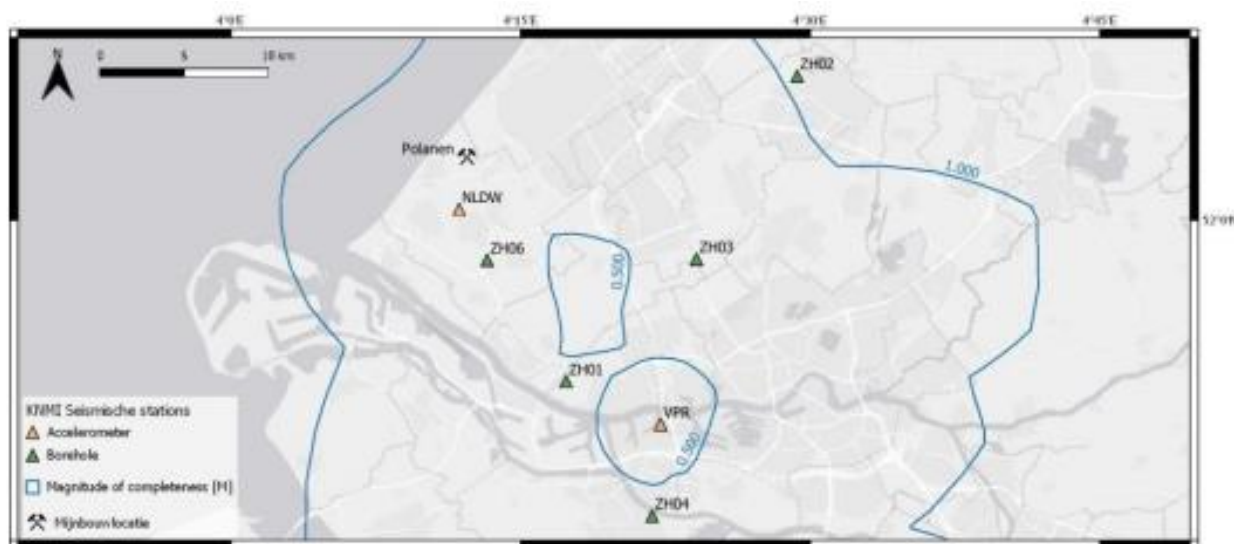
het geeft een indicatie van de neiging van een breuk om te gaan bewegen onder de opgelegde temperatuurveranderingen. De slipneiging is geen directe indicatie van seismiteit.

Samenvattend laten de model simulaties zien dat de breuken grenzend aan het doublet onder de opgelegde temperatuurveranderingen na een periode van 30 jaar in 8-10% van de simulaties een SCU groter dan 1 laten zien en neiging hebben te gaan bewegen. Aangezien slipneiging niet direct te vertalen is naar seismiteit geeft dit geen percentage van seismisch risico weer.

Omdat niet kan worden uitgesloten dat nabijgelegen breukvlakken door afkoeling kritisch gespannen kunnen raken is er een verkeerslicht systeem (VLS) opgesteld dat als appendix wordt toegevoegd.

8.1.1 Monitoring seismiteit

Het seismisch meetnetwerk van het KNMI² in en nabij Westland bestaat momenteel uit vijf boorgatstations en twee versnellingsmeters aan het oppervlak (Figuur 19). Hiermee ligt de magnitude of completeness voor de mijnbouwlocatie Maasdijk tussen $M_{0,5}-1,0$.



Figuur 19 Mijnbouwlocatie, de huidige distributie van KNMI seismisch meetstations, en de magnitude of completeness nabij Westland

Om een beeld te krijgen van de situatie voor de start van boren en exploitatie wordt voor het project “Polanen” sinds mei 2021 de seismische activiteit die is gemeten bij de regionale meetstations verwerkt. Hierbij gaat het met name om de data van de oppervlaktemeters en de diepste boorgatsensoren (-200 m diepte). Per meetsensor wordt de gemeten seismische activiteit voor de drie channels (meetrichting) geanalyseerd. Als het project operationeel is zal deze data worden ook bekeken worden door de tijd voor trendanalyse en naast de putactiviteitsdata gelegd voor potentiële correlatie. Daarnaast worden network coincidence triggers (waarbij op een kort interval, bij verschillende meetstations hoge waarden gemeten worden) gekarakteriseerd, en geëvalueerd of deze eventueel gerelateerd zijn aan activiteit nabij de mijnbouwlocatie.

De bevindingen worden maandelijks gesommeerd in het Seismisch Monitoring Dashboard. Deze gaat gepaard met een toelichting waar de data en analyses in detail gerapporteerd en gedocumenteerd worden.

9 Voorziene kosten van winning

De voorziene kosten en opbrengsten van winning zijn weergegeven in onderstaande tabel.

² <https://www.knmi.nl/nederland-nu/seismologie/stations>

Jaar	Investering	Opbrengsten	Kosten
-	(38.155.284)		
1	-	5.395.000	3.627.822
2	(40.000)	5.395.000	3.627.822
3	-	5.395.000	3.627.822
4	(90.000)	5.395.000	3.627.822
5	(834.500)	5.395.000	3.627.822
6	(40.000)	5.395.000	3.627.822
7	-	5.395.000	3.627.822
8	(90.000)	5.395.000	3.627.822
9	-	5.395.000	3.627.822
10	(919.500)	5.395.000	3.627.822
11	-	5.395.000	3.627.822
12	(90.000)	5.395.000	3.627.822
13	-	5.395.000	3.627.822
14	(40.000)	5.395.000	3.627.822
15	-	5.395.000	3.627.822
16	-	1.300.000	905.811
17	(40.000)	1.300.000	905.811
18	-	1.300.000	905.811
19	(90.000)	1.300.000	905.811
20	(834.500)	1.300.000	905.811
21	(40.000)	1.300.000	905.811
22	-	1.300.000	905.811
23	(90.000)	1.300.000	905.811
24	-	1.300.000	905.811
25	(919.500)	1.300.000	905.811
26	-	1.300.000	905.811
27	(90.000)	1.300.000	905.811
28	-	1.300.000	905.811
29	(40.000)	1.300.000	905.811
30	-	1.300.000	905.811

10 Appendices

- 10.1 Geologisch rapport Polanen (oktober 2018)**
- 10.2 Update seismische interpretatie**
- 10.3 Fracture Containment Polanen (Panterra, 2022)**
- 10.4 Seismic Hazard Analysis Polanen (Panterra, 2022)**

10.5 Doublet Calc 2D: input parameters

REGION OF INTEREST				
xmin	69475.0	m	dx	100.0
xmax	75025.0	m	dy	100.0
ymin	447975.03125	m		
ymax	450075.03125	m		
grid geometry	G1421_depth_top_reservoir	use values	view	

AQUIFER PROPERTIES					
initial temperature	85.0	C	G1421_temperature_reservoir	use value	view
aquifer depth	1500.0	m	G1421_depth_top_reservoir	use value	view
(cell) thickness	100.0	m	Net_thickness_model_NG93	use value	view
porosity	0.17	-	poros	use grid	view
net to gross	1.0	-	poros	use grid	view
actium	1.0	-	poros	use grid	view
permeability in xdir	200.0	mDarcy	G1421_Perm_faults impermeable2	use value	view
permeability in ydir	200.0	mDarcy	G1421_Perm_faults impermeable2	use value	view
water salinity	140000.0	ppm			

CALCULATION SETTINGS		
time end production	50.0	yr
time end analysis	50.0	yr
output interval	1.0	yr
output/calculation interval after production	250.0	yr

ADVANCED AQUIFER PROPERTIES		
storage capacity	1.0E-9	m3 Pa-1
water conductivity	0.6	W K-1 m-1
temperature dependent viscosity	yes	
viscosity	0.001	Pa s
temperature dependent density	yes	

ADVANCED ROCK PROPERTIES		
rock conductivity	2.0	W K-1 m-1
heat capacity	1000.0	J kg-1 K-1
rock density	2400.0	kg m-3
Young's modulus	9.0E9	Pa
Poisson's ratio	0.35	-
compaction coefficient	1.0E-5	bar-1
thermal compaction coefficient	2.0E-5	C-1

OUTPUT SETTINGS		
output fileformat	ZYCOR	
output VTK (ParaView) fileformat	no	
write debug output grids	no	

CALCULATION SETTINGS		
cooling 3D	yes	
calculate subsidence	yes	
no flow boundary	yes	

	Well 0	Well 1	
name			
x	72330.0	73490.0	m
y	450578.0	449355.0	m
well diameter	8.5	8.5	inch
well skin	-0.85	-0.01	-
well excess pressure	30.0	-30.0	bar
well (inj) temperature	-1.0	35.0	C
well flow rate	-310.0	310.0	m3/h
pressure constraint	no		

NE fault open

10.6 THP Berekening

Om putbodemdruk (BHP) te vertalen naar putmondndruk maakt HVC gebruik van THP-BHP bepaling zoals vastgelegd in een eigen procedure. De procedure maakt gebruik van industriestandaard methodes en kan op verzoek gedeeld worden.

In deze bijlage wordt de input en output gedeeld specifiek voor het Maasdijk project.

Input

	Parameter	Waarde	Beschrijving
Vloeistofeigenschappen	Zoutgehalte	140 g/L	Verwachte equivalent zoutgehalte MON putten
	Injectietemperatuur	35 C°	Verwachte injectietemperatuur MSD putten
	Dichtheid	1.094 kg/ltr	Berekend uit zoutgehalte en temperatuur (Batzle & Wang, 1992).
	Viscositeit	0.973 mPa.s	Berekend uit zoutgehalte en temperatuur (Batzle & Wang, 1992).
Puteigenschappen	Absolute ruwheid 13Cr casing	0.05 mm	Gemeten waarden absolute ruwheid van 13 CR pijp. (Farshad & Rieke, 2006)
	Absolute ruwheid GRE	0.04 mm	Gegeven door(Farshad & Rieke, 2006)

T

Output MON-GT-02

Q [m3/hr]	ΔP_{fric} [bar]	ΔP_{stat} [bar]	$\Delta P_{\text{BHP-THP}}$ [bar]
0	0.0	244.3	244.3
50	0.2	244.3	244.1
100	0.7	244.3	243.5
150	1.6	244.3	242.7
200	2.7	244.3	241.6
250	4.1	244.3	240.2
300	5.8	244.3	238.5
325	6.8	244.3	237.5
400	10.1	244.3	234.2
420	11.1	244.3	233.2