

Rijswijk Centre for Sustainable Geo-energy

Effectenstudie voor het experimentele open bodemenergiesysteem (HTO)





Datum 8 april 2021
Referentie 70270/RDx/20210408
Betreft Effectenstudie RCSG Rijswijk
Behandeld door
Gecontroleerd door
Versienummer Definitief

VERGUNNINGAANVRAGER

TNO
Kessler Park 1
2288 GS Rijswijk
Contactpersoon:

Programmamanager RCSG

@tno.nl

ADVISEUR BODEMENERGIE

IF Technology bv

Postbus 605
6800 AP Arnhem
T
E @iftechnology.nl

Dit document is uitsluitend opgesteld als onderbouwing voor de aanvraag van de vergunning in het kader van de Waterwet. Dit document is geen ontwerpdokument voor het open bodemenergiesysteem als benoemd in BRL 11000 protocol 11001.

Samenvatting

Inleiding

Het Rijswijk Centre for Sustainable Geo-energy is gevestigd aan het Kessler Park 1 in Rijswijk. Het voornemen bestaat om een experimenteel open bodemenergiesysteem te realiseren waar verschillende onderzoeksactiviteiten kunnen worden uitgevoerd. Tijdens de proeven wordt ook warmte op hogere temperatuur (tot 85 °C) opgeslagen dan op dit moment voor open bodemenergiesystemen gangbaar is (25 °C). Vanwege de hoge opslagtemperatuur wordt naar dit project verwezen als een experimenteel Hoge Temperatuur Opslag (HTO) systeem. Het systeem heeft als doel om nader inzicht te geven in bestaande onderzoeksvragen omtrent deze techniek, door het uitvoeren van verschillende onderzoeken en experimenten de komende 20 jaar. De effecten die optreden tijdens de onderzoeksactiviteiten, en de verwachte invloed daarvan op de omgeving zijn in dit rapport beschreven.

Bodemenergie

De twee bronnen van het open bodemenergiesysteem zijn beoogd in het 3^e watervoerende pakket in het traject van 180 - 220 m-mv. Het systeem onttrekt en infiltreert maximaal 400.000 m³/jaar met een maximaal debiet van 200 m³/uur.

Energiebesparing en emissiereductie

Het systeem wordt gerealiseerd als onderdeel van een onderzoeksproject. De warmte die wordt opgeslagen, wordt gedeeltelijk weer teruggewonnen, maar de teruggewonnen warmte wordt niet functioneel afgezet. Daarom is van energiebesparing en emissiereductie geen sprake. Op basis van de definitie van de SPF volgens de BUM BE (deel 1) is de verwachte SPF dan ook 0. Vanwege de onderzoeksfunctie van het beoogde experimentele HTO-systeem, en vanwege het feit dat er geen warmte functioneel wordt afgezet door dit systeem, wordt aan de vergunningverlener gevraagd akkoord te gaan met het ontbreken van een SPF-verklaring en af te zien van het in de vergunning opnemen van SPF-voorschriften.

Hydrologische effecten

Tijdens de proeven zal hoofdzakelijk met een debiet tot 90 m³/uur worden gepompt. Het berekende hydrologische invloedsgebied reikt dan tot maximaal 625 m van de bronnen. De maximale grondwaterstandverandering bedraagt < 0,01 m. De maximale stijghoogteverandering in het opslagpakket bedraagt 12,99 m. Daarnaast kunnen capaciteitstesten worden uitgevoerd op een debiet van maximaal 200 m³/uur gedurende een periode van maximaal 4 dagen. Tijdens deze kortdurende testen reikt het invloedsgebied tot maximaal 1.075 m van de bronnen. De maximale grondwaterstandverandering in die situatie is < 0,01 m. De maximale stijghoogteverandering in het opslagpakket bedraagt 28,87 m tijdens deze testen. Negatieve hydrologische invloed op andere grondwatergebruikers en overige belanghebbenden is niet aan de orde.

Hydrothermische effecten

Beïnvloeding van de grondwatertemperatuur kan na 20 jaar energieopslag optreden tot maximaal 220 m van de bronnen. De veroorzaakte temperatuurveranderingen hebben geen nadelige gevolgen voor andere grondwatergebruikers en overige belanghebbenden.

Grondmechanische effecten

Voor de situatie waarin kortstondig met een debiet van 200 m³/uur gepompt wordt, is de berekende maximale eindzetting 31 mm (zie hoofdstuk 3.5) en de daarmee gepaard gaande verschilzetting is circa 1 m per 470 m. Deze mate van zetting en het bijbehorende verhang is echter een overschatting van de zetting die werkelijk aan maaiveld verwacht mag worden. Dat komt omdat er in werkelijkheid demping van de zetting zal optreden, waardoor de zetting aan maaiveld aanzienlijk kleiner zal zijn dan de hierboven berekende eindzetting, hooguit enkele millimeters. Bovendien wordt het hoge debiet van 200 m³/uur slechts gedurende een korte tijd toegepast, waardoor de eindzettingsberekening (uitgaande van een oneindig lang continu debiet van 200 m³/uur) een overschatting is van de werkelijk optredende zetting. Op basis van de Nederlandse Norm voor Geotechniek ontwerp (NEN-EN 1997-1+C1+A1, Eurocode 7), de berekende (worst-case) eindzetting, en de processen die ervoor zullen zorgen dat de werkelijke zetting beperkter zal zijn dan de eindzettingsberekening aangeeft, wordt geen schade aan gebouwen, funderingen, waterkeringen, wegen en constructies verwacht.

Bij het nabijgelegen spoor is het berekende zettingsverhang maximaal 1 m per 70.000 m. Daarmee wordt het door Prorail gehanteerde maximale zettingsverhang (van 1 m per 1.000 m) niet overschreden, en wordt geen schade aan het spoor verwacht.

Effecten op de grondwaterkwaliteit

Het zoet-/brakgrensvlak en het brak-/zoutgrensvlak worden niet negatief beïnvloed zodat geen sprake is van verzilting van het grondwater. Een verandering van de temperatuur van het grondwater kan het chemisch evenwicht van reacties veranderen. Onderzoek naar HTO van het afgelopen decennium laat zien dat verhoging van concentraties van bepaalde chemische parameters verwacht mag worden (zoals DOC, Arseen, Silicium), terwijl voor andere elementen een afname van de concentratie mag worden verwacht (zoals Nikkel, Cobalt). Specifiek voor hoge temperatuuropslag is de neerslag van carbonaten. Om de calciëet in oplossing te houden wordt beoogd om zuur (in de vorm van CO₂ danwel HCl) aan het te infiltreren water toe te voegen. Door toevoeging van zuur wordt de pH van het grondwater verlaagd, waardoor verstopping van de bronnen door kalkneerslag (gedeeltelijk) verhinderd wordt. Uit onderzoek blijkt dat bij lage temperaturen (<35 °C) geen significant effect op de microbiologische activiteit en groei in zijn geheel verwacht mag worden. Bij te hoge temperaturen (>70-80 °C) zal er waarschijnlijk ook geen groei en toename in activiteit plaatsvinden, en sterft de microbiologische populatie juist af. In het tussenliggende temperatuurinterval is de groei theoretisch het grootst, maar in de praktijk vaak beperkt doordat er niet voldoende eenvoudig afbreekbaar organisch materiaal (de energiebron voor micro-organismen) aanwezig is. De precieze verschuiving is sterk locatie-afhankelijk en laat zich daardoor moeilijk op voorhand voorstellen.

Na verlening van de vergunning Waterwet zal de vergunninghouder een monitoringsplan opstellen dat moet worden goedgekeurd door het bevoegd gezag vóór ingebruikname van het systeem. In het monitoringsplan is de meetopstelling en een meetprogramma opgenomen voor de monitoring van onder andere de temperatuur en de samenstelling van het grondwater nabij de warmteopslag.

INHOUDSOPGAVE

| | |
|--|-----------|
| 1 Inleiding | 6 |
| 1.1 Rijswijk Centre for Sustainable Geo-energy (RCSG) | 6 |
| 2 Systeembeschrijving | 8 |
| 2.1 Uitgangspunten | 8 |
| 2.2 Opzet open bodemenergiesysteem | 10 |
| 2.3 Seasonal performance factor, energiebesparing en emissiereductie | 12 |
| 3 Geohydrologie en effectberekeningen | 13 |
| 3.1 Bodemopbouw | 13 |
| 3.2 Geohydrologische kenmerken | 15 |
| 3.3 Hydrologische effecten | 16 |
| 3.4 Grondmechanische effecten | 20 |
| 3.5 Hydrothermische effecten | 21 |
| 4 Invloed op de omgeving | 24 |
| 4.1 Grondwaterkwaliteit | 24 |
| 4.2 Verzilting | 26 |
| 4.3 Verontreinigingen | 26 |
| 4.4 Grondwatergebruikers | 26 |
| 4.5 Gesloten bodemenergiesystemen | 30 |
| 4.6 Bodemenergieplan | 30 |
| 4.7 Grondwaterbescherming | 30 |
| 4.8 Bebouwing en infrastructuur | 31 |
| 4.9 Natuur en openbaar groen | 32 |
| 4.10 Cultuurhistorie, archeologische en aardkundige waarden | 32 |

Figuren en Bijlagen

| |
|--|
| 2.1 Principeschema van het open bodemenergiesysteem |
| 2.2 Overzichtskaart met bronlocaties |
| 3.1 Berekende stijghoogteveranderingen in watervoerend pakket 3 (175 - 180 m-mv), bij 90 m ³ /uur |
| 3.2 Berekende stijghoogteveranderingen in watervoerend pakket 3 (185 - 200 m-mv), bij 90 m ³ /uur |
| 3.3 Berekende stijghoogteveranderingen in watervoerend pakket 3 (200 - 210 m-mv), bij 90 m ³ /uur |
| 3.4 Berekende stijghoogteveranderingen in watervoerend pakket 3 (212 - 235 m-mv), bij 90 m ³ /uur |
| 3.5 Berekende stijghoogteveranderingen in watervoerend pakket 3 (165 - 170 m-mv), bij 200m ³ /uur |
| 3.6 Berekende stijghoogteveranderingen in watervoerend pakket 3 (175 - 180 m-mv), bij 200m ³ /uur |
| 3.7 Berekende stijghoogteveranderingen in watervoerend pakket 3 (185 - 200 m-mv), bij 200m ³ /uur |
| 3.8 Berekende stijghoogteveranderingen in watervoerend pakket 3 (200 - 210 m-mv), bij 200m ³ /uur |
| 3.9 Berekende stijghoogteveranderingen in watervoerend pakket 3 (212 - 235 m-mv), bij 200m ³ /uur |
| 3.10 Berekende temperaturen in het opslagpakket na 20 jaar warmteopslag |
| 3.11 Berekende temperaturen in de zandlaag boven het opslagpakket (175 - 180m-mv), na 20 jaar |
| 3.12 Dwarsdoorsnede met de berekende bodemtemperaturen na 20 jaar energieopslag |
| Bijlage 1 Notitie met uitgangspunten voor de aanvraag vergunning Waterwet |
| Bijlage 2 Boorbeschrijving van Boring B30G4529, gelegen naast de warme bron |
| Bijlage 3 Boorbeschrijving van Boring B30G0935, gelegen circa 250 m ten NW van de warme bron |
| Bijlage 4 Berekening van de eindzetting bij een debiet van 90 m ³ /uur (warmteopslagcyclus) |
| Bijlage 5 Berekening van de eindzetting bij een debiet van 200 m ³ /uur (capaciteitstesten) |

1 Inleiding

1.1 RIJSWIJK CENTRE FOR SUSTAINABLE GEO-ENERGY (RCSG)

Aan het Kessler Park 1 is het Rijswijk Centre for Sustainable Geo-energy (RCSG) gevestigd, een onderzoekslocatie van TNO. Het RCSG is een innovatiecentrum voor energie en duurzaamheid. Het bevat een uniek fieldlab waar onderzoek uitgevoerd kan worden naar duurzame geo-energietechnieken, zoals Hoge Temperatuur Opslag.

Hoge Temperatuur Opslag (HTO) wordt gezien als een techniek die een belangrijke rol kan vervullen in de verduurzaming van de warmtevoorziening. Bij toepassing van warmteopslag worden warmte-overschotten, die tijdens de zomerperiode beschikbaar zijn uit duurzame warmtebronnen zoals geothermie, zonthermie en restwarmte, opgeslagen in de ondergrond. Tijdens het winterseizoen wordt de opgeslagen warmte teruggewonnen en ingezet voor verwarming. Door warmteopslag neemt de functionele afzet van duurzame warmtebronnen op jaarbasis dus toe, waardoor het gebruik van fossiele warmtebronnen afneemt. Grootschalige warmteopslag kan daardoor een belangrijke rol spelen in de verduurzaming van de warmtevoorziening in Nederland. Door het opslaan van warmte op hogere temperatuur kan er per kubieke meter grondwater een aanzienlijk grotere hoeveelheid thermische energie worden opgeslagen (en teruggewonnen) vergeleken met opslag op een lagere temperatuur (zoals bij WKO-systemen het geval is).

Omdat er nog maar weinig HTO-systemen in Nederland gerealiseerd zijn, bestaan er een aantal onderzoeksvragen met betrekking tot de toepassing van HTO, voornamelijk op het gebied van de puttechniek en de effecten van warmteopslag op de ondergrond. TNO wil deze onderzoeksvragen adresseren, door een experimentele HTO te realiseren waar verschillende onderzoeksactiviteiten kunnen worden uitgevoerd in de praktijk. Het RCSG biedt momenteel al ruimte aan booronderzoek ten behoeve van de ontwikkeling van duurzame energietechnieken, binnen het GENOVATIVE project. Door deze boring ontstaat de gelegenheid om juist hier de experimentele HTO te realiseren: het boorgat dat ontstaat bij booronderzoek GENOVATIVE wordt afgewerkt als warme bron van de HTO. Daarnaast wordt nog een 'lauwe' HTO bron gerealiseerd. Het realiseren en bedrijven van de experimentele HTO wordt gezien als een onderzoeksproject dat bijdraagt aan de ontwikkeling van Hoge Temperatuur Opslag en diens rol in de warmtetransitie.

Een HTO-systeem wordt uitgevoerd als een open bodemenergiesysteem in de vorm van een dublet: er wordt warmte en/of koude verpompt tussen de warme en koude bron. Het onttrekken en infiltreren van grondwater ten behoeve van een open bodemenergiesysteem is in het kader van de Waterwet vergunningplichtig. De provincie Zuid-Holland is bevoegd gezag. De aanvraag dient voorzien te zijn van een effectenstudie: een studie naar de effecten van het bodemenergiesysteem en de invloed hiervan op de omgeving. Deze studie dient te voldoen aan de eisen die zijn opgenomen in de BRL SIKB 11000, protocol 11001 (versie 2.0) Ontwerp, realisatie en beheer van het ondergrondse deel van installaties voor bodemenergie (hoofdstuk 4.6).

De provincie Zuid-Holland heeft op 23 maart 2021 besloten om de experimentele HTO bij RCSG als 'pilot-project' aan te merken (zie [besluitenlijst 23 maart](#)). Daarmee wordt aan Omgevingsdienst Haaglanden (als vergunningverlener van de vergunning Waterwet) de mogelijkheid geboden een vergunning voor dit systeem voor te bereiden en volgens procedures aan GS voor te leggen ter besluitvorming.

Tijdens de warmtetransitie mag een toename in het aantal HTO-systemen in Nederland worden verwacht in de komende jaren. Vanwege het belang van doorlopend onderzoek naar deze techniek, mede ook tijdens de operationele fase van toekomstige systemen in Zuid-Holland en daarbuiten, is het wenselijk dat er bij RCSG de komende jaren verschillende onderzoeken mogelijk blijven. Daarom wordt de vergunning Waterwet aangevraagd met een looptijd van 20 jaar vanaf het moment van vergunningverlening. Het boren van de eerste bron van het experimentele systeem staat voor 2021 op de planning.

In de toekomst wordt een monitoringsplan opgesteld waarin in groter detail de monitoringsactiviteiten worden beschreven die enerzijds invulling geven aan het onderzoek en anderzijds de effecten op de omgeving bijhouden. De toekomstig vergunninghouder voorziet de volgende zaken met betrekking tot het monitoringsplan:

- Het monitoringsplan wordt opgesteld vóór ingebruikname van de HTO, en zal ook vóór ingebruikname van de experimentele HTO aan bevoegd gezag worden voorgelegd ter goedkeuring.
- De vergunninghouder TNO is een kennisinstituut dat actief bijdraagt aan lopende nationale en internationale onderzoeksprojecten naar HTO. Zodoende zal TNO hoofdbetrokkene zijn bij het opstellen van het monitoringsplan, eventueel met ondersteuning vanuit andere kennis- of overheidspartijen wanneer dat nodig blijkt.
- Onderwerpen die minimaal onderdeel zullen zijn van dit plan, zijn:
 - De onderzoeksvragen die spelen op het gebied van HTO, en die bij RCSG kunnen worden gaan onderzocht;
 - De meetopstelling die gerealiseerd wordt (bron-/peilbuisconstructies, overige apparatuur);
 - Hoe de meetopstelling bijdraagt aan het beantwoorden van de onderzoeksvragen;
 - De monitoringsactiviteiten die zullen plaatsvinden vóór het uitvoeren van de testen, waarmee een referentiesituatie wordt vastgelegd.
 - De monitoringsactiviteiten die zullen plaatsvinden tijdens het uitvoeren van de verschillende testen. Op dit moment wordt gedacht aan o.a. monitoring van stijghoogtes, grondwatersamenstelling (chemisch/microbiologisch), temperatuur en registraties van verpompte debieten en onttrekkings-/infiltratietemperaturen. De precieze meetactiviteiten worden nader uitgewerkt in het monitoringsplan.

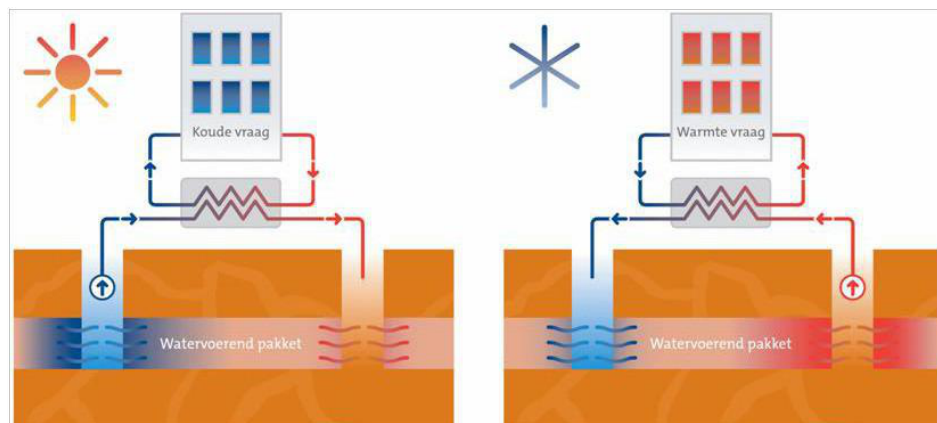
De voorziene experimenten leiden niet tot grotere effecten op de omgeving dan in deze effectenstudie is opgenomen.

De voorliggende effectenstudie geeft een overzicht van de effecten van het open bodemenergiesysteem op de bodem, het grondwater en de omgeving, opdat daarmee de afweging voor het verlenen van de vergunning Waterwet kan worden gemaakt.

2 Systeembeschrijving

2.1 UITGANGSPUNTEN

Naast het RCSG-gebouw staat een boorplatform boven een 387 m diepe put, die volledig is gecementeerd. Dankzij deze put bestaat er een scherp beeld van de bodemopbouw op deze locatie. Naast deze bestaande put is er een conductor aanwezig van 36 m diep, die verder kan worden uitgeboord. TNO is voornemens om deze conductor te gebruiken voor het boren van een nieuwe put binnen het onderzoeksproject GENOVATIVE, om ervaring op te doen met verschillende boortech- niken en het plaatsen van monitoringsapparatuur. Na het uitvoeren van deze activiteiten wordt de put afgewerkt als de warme put van de experimentele HTO. Op enige afstand van deze put wordt de koude put van de experimentele HTO (de zogenaamde ‘hulpput’) geboord. Daarmee ontstaat een grondwatersysteem bestaande uit één koude en één warme bron waar grondwater aan kan worden onttrokken en in geïnfiltrerd (een doubletsysteem, zie Figuur 2.1). Met dit systeem kun- nen de beoogde experimenten worden uitgevoerd.



Figuur 2.1 | Principeschema open bodemenergie. Het experimentele systeem bij RCSG is niet aangesloten op de verwarming- of koelingsinstallatie van een gebouw, omdat het een systeem betreft waarin onderzoek wordt gedaan naar de effecten van warmteopslag op de ondergrond. De bovengrondse installatie zal dus niet ontworpen zijn voor levering van warmte en/of koude, en wijkt daarmee af van deze schematisatie.

De grondwaterzijdige uitgangspunten voor de vergunningaanvraag zijn opgenomen in Tabel 2.1.

Tabel 2.1 | Uitgangspunten open bodemenergiesysteem t.b.v. de vergunningaanvraag Waterwet

| parameter | eenheid | winter ^a | zomer ^a |
|---|-----------------------------|----------------------|--------------------|
| maximaal te verpompen waterhoeveelheid ^b | [m ³ /seizoen] | 200.000 | 200.000 |
| gemiddeld te verpompen waterhoeveelheid ^b | [m ³ /seizoen] | 87.500 | 87.500 |
| maximaal debiet ^c | [m ³ /uur] | 90 / 200 | 90 / 200 |
| maximale hoeveelheid ontwikkelwater ^d | [m ³] | | 15.000 |
| maximale spuihoeveelheid ^d | [m ³ /jaar] | | 1.500 |
| gemiddelde infiltratietemperatuur | [°C] | 30 - 70 ^e | 75 |
| minimale/maximale infiltratietemperatuur | [°C] | 5 | 85 |
| gemiddeld verplaatste energiehoeveelheid ^e | [MWh _t /seizoen] | 635 | 6.350 |

^a Onder de kolom 'winter'/'zomer' zijn de uitgangspunten opgenomen voor de situatie waarin grondwater van de warme/koude naar de koude/warme put wordt gepompt. De timing van de experimenten zijn echter niet seizoensgebonden. Voorbeeld: in principe kan tijdens de winter een experiment uitgevoerd worden waarbij warmte in het experimentele systeem wordt geladen (pompen van koude naar warme bron).

^b Deze waarden zijn gebaseerd op de beoogde experimenten. Zie bijlage 1 voor toelichting.

^c Tijdens de meeste proeven wordt een maximaal debiet van 90 m³/uur gehanteerd. Echter, er worden ook korte capaciteitsproeven voorzien op een hoog debiet van maximaal 200 m³/uur, met een maximale duur van 4 dagen, om de NVOE-ontwerpnormen te onderzoeken. Voor beide debieten zijn de hydrologische en geomechanische effecten berekend.

^d Zie toelichting in onderstaande tekst

^e De gemiddelde infiltratietemperaturen zijn indicatief en mede afhankelijk van de experimenten die gedurende een bepaald jaar worden uitgevoerd. De infiltratietemperatuur bij de 'koude' bron naar verwachting in het aangegeven bereik liggen, maar is afhankelijk van de onttrekkingstemperatuur bij de warme bron en de mate van terugkoeling van het teruggewonnen warme water. De gemiddelde hoeveelheid opgeslagen warmte (6.350 MWh) is gebaseerd op de gemiddelde verplaatste waterhoeveelheid en de gemiddelde infiltratietemperatuur. Als uitgangspunt is genomen dat 10% van de opgeslagen warmte wordt teruggewonnen (635 MWh). De HTO betreft een experimenteel systeem en daardoor heeft het niet de hoofdfunctie om zoveel mogelijk opgeslagen warmte ook weer terug te winnen voor functionele warmtelevering. Om in de Waterwet ruimte te bieden aan verschillende soorten proeven, wordt er een relatief laag terugwinrendement van 10% als uitgangspunt genomen. Daarmee wordt dus een relatief groot warmteoverschot in de ondergrond aangevraagd.

Ontwikkelen bronnen

Nadat een bron geboord is, het filter en de peilbuizen zijn ingebouwd en het boorgat is aangevuld, wordt de bron ontwikkeld. Doel van het ontwikkelen is het schoonmaken van de bron. Hierbij wordt de verstopping op de boorgatwand, die bij het boren is ontstaan, zo goed mogelijk verwijderd door het schoonpompen van de bron.

Tijdens dit proces wordt grondwater (ontwikkelwater) onttrokken en geloosd. Het grondwater wordt onttrokken met een maximaal debiet van 100 tot 130% van het ontwerpdebiet, in dit geval 200 tot 260 m³/uur/bron. Tijdens het ontwikkelen wordt het toegepaste debiet stapsgewijs opgevoerd. Het maximale debiet wordt slechts gedurende korte tijd (maximaal 15 minuten) gepompt tijdens de laatste fase van het ontwikkelen. Per bron wordt in totaal maximaal 7.500 m³ grondwater onttrokken in een periode van ongeveer twee weken. Voor het ontwikkelen van de twee beoogde bronnen wordt in totaal maximaal 15.000 m³ grondwater onttrokken en geloosd. De bronnen worden één voor één ontwikkeld waardoor het grondwater gefaseerd wordt onttrokken.

Op dit moment bestaat nog geen uitsluitsel over de meest geschikte wijze voor het afvoeren van het ontwikkelwater. Het betreffende bevoegd gezag wordt zo vroeg mogelijk betrokken voor overleg over de mogelijkheden voor het lozen van het ontwikkelwater. Op basis van dat overleg kan een lozingsoptie worden gekozen, waarvoor vervolgens een vergunning kan worden aangevraagd. Er

wordt opgemerkt dat het retourneren van het ontwikkelwater in de bodem onwenselijk is voor dit experimentele systeem, omdat dat de toekomstige metingen aan grondwaterkwaliteit kan beïnvloeden.

Spuien en/of spoelen van de bronnen

Spuien

Voor het onderhoud van de bronnen wordt de mogelijkheid aangevraagd om deze een aantal keer per jaar te spuien. Bij deze actie wordt uit de bronnen enige tijd grondwater onttrokken met het maximale debiet. Per jaar wordt niet meer dan 1.500 m³ grondwater gespuid. Dat betekent dat er per jaar maximaal netto 1.500 m³ grondwater wordt onttrokken uit de bronnen. Op dit moment is nog niet bekend hoe het spuiwater geloosd zal worden. Het betreffende bevoegd gezag wordt zo vroeg mogelijk betrokken voor overleg over de mogelijkheden voor het lozen van het spuiwater. Op basis van dat overleg kan een lozingsoptie worden gekozen, waarvoor vervolgens een vergunning kan worden aangevraagd.

Spoelen

Voor het onderhoud kan er ook voor worden gekozen om de bronnen een aantal keer per jaar te spoelen. Echter, brononderhoud middels spoelen is onwenselijk in het kader van de onderzoeken die worden uitgevoerd, omdat het retourneren van (spoe)lwater van invloed kan zijn op de grondwatersamenstelling, waardoor metingen kunnen worden beïnvloed. Voor het spoelen moet in de technische ruimte een onderhoudsfilter worden voorzien. Bij een onderhoudsfilter wordt het vuil afgevangen met een zogenaamd kaarsenfilter met zeer kleine poriën. Het grondwater wordt uit de bronfilters opgepompt en wordt via het onderhoudsfilter in de bypass van het leidingcircuit in een andere bron geïnjecteerd. In totaal wordt op deze wijze maximaal 1.500 m³ per jaar onttrokken en geïnfilterd. Er komt hierbij geen grondwater vrij dat geloosd moet worden.

Omdat op dit moment niet bekend is welke onderhoudsmethode zal worden toegepast (spuien of spoelen), wordt in de vergunning Waterwet de ruimte aangevraagd om de bronnen zowel te kunnen spuien als te kunnen spoelen.

2.2 OPZET OPEN BODEMENERGIESYSTEEM

Het grondwatersysteem bestaat uit één doublet. De locaties van de bronnen zijn weergegeven in Figuur 2.2 en Tabel 2.2. In Tabel 2.2 is ook de opzet van het bronsysteem beschreven.

Tabel 2.2 | Opzet bronsysteem

| parameter | eenheid | waarde |
|---|---------|--|
| filterdiepte | [m-mv] | 180 - 220 (3 ^e watervoerende pakket) |
| lengte per bronfilter | [m] | ca. 15 |
| afstand tussen koude en warme bron (+/- 15 m) | [m] | 65 |
| RD coördinaten warme bron | [m] | X = 82.267 Y = 450.303 |
| RD coördinaten koude bron | [m] | X = 82.327 Y = 450.327 |

De locatie van de warme bron ligt vast, omdat deze zal worden gerealiseerd in een bestaande conductor waarvan de indicatieve coördinaten in Tabel 2.2 zijn opgenomen. De beoogde afstand tot de

koude bron is 50 - 80 m. Daarmee staan de bronnen ver genoeg van elkaar om aanzienlijke mate van interferentie te voorkomen, maar dichtbij genoeg om de invloeden op de omgeving relatief klein te houden. In deze effectenstudie is het uitgangspunt dat de koude bron op 65 m van de warme bron wordt geplaatst. Om wel aan de beoogde bronafstand van 50 - 80 m te kunnen voldoen, wordt voor de vergunning Waterwet aangevraagd om maximaal 15 m van de koude bronlocatie te mogen afwijken ($65 \pm 15 \text{ m} = 50 - 80 \text{ m}$). Daarom wordt voor de vergunning Waterwet de mogelijkheid aangevraagd om de bronnen te plaatsen op maximaal 15 m afstand van de locaties uit Tabel 2.2.

Zoals in hoofdstuk 3 en 4 aan de orde zal komen, worden er geen negatieve thermische invloeden op omliggende systemen verwacht. Hydrologische effecten zijn in beperkte mate aanwezig, maar leiden niet tot nadelige beïnvloeding van omgevingsbelangen. Wanneer de koude bron 15 meter verder van de warme bron wordt geplaatst dan nu in de berekeningen is aangenomen, zullen ook de berekende invloedsgebieden circa 15 m verder reiken dan nu in de effectenstudie is gerapporteerd. Uitgaande van de berekende thermische en hydrologische effecten uit hoofdstuk 3 en 4, die gebaseerd zijn op worst-case uitgangspunten, mag redelijkerwijs worden verwacht dat er in de praktijk geen negatieve beïnvloeding van omgevingsbelangen zal optreden wanneer de koude bron op maximaal 15 m van de aangegeven locatie wordt geplaatst.

De koude bron wordt bovendien op hetzelfde perceel geplaatst (perceelcode Rijswijk G 3385) waardoor ook bovengrondse aspecten geen belemmering vormen voor de aangevraagde bronlocaties.

Het grondwatercircuit wordt luchtdicht en onder een overdruk ten opzichte van de atmosfeer gehouden, zodat geen lucht in het grondwatercircuit kan toetreden.



Figuur 2.2 | Overzichtskaart met bronlocaties van de experimentele HTO bij RCSG, en enkele andere aanwezige grondwatergebruikers.

2.3 SEASONAL PERFORMANCE FACTOR, ENERGIEBESPARING EN EMISSIEREDUCTIE

Het systeem betreft een onderzoeksproject, en wordt ook alleen voor onderzoeksdoelen gerealiseerd. De warmte die wordt opgeslagen, wordt gedeeltelijk weer teruggewonnen, maar de teruggewonnen warmte wordt niet functioneel afgezet. Wanneer er een SPF-waarde berekend zou worden conform de definitie die in de BUM is opgenomen, komt de SPF-waarde op 0,0 uit.

Vanwege het onderzoeks karakter van het project, en vanwege het feit dat er geen warmte functioneel zal worden afgezet, is de SPF-waarde volgens de aanvrager niet van toepassing op dit open bodemenergiesysteem. Daarom wordt aan het bevoegd gezag voor de vergunning Waterwet gevraagd akkoord te gaan met het ontbreken van een SPF-verklaring en af te zien van het in de vergunning opnemen van SPF-voorschriften.

3 Geohydrologie en effectberekeningen

3.1 BODEMOPBOUW

De bodemopbouw in de directe omgeving van de locatie is beschreven op basis van de volgende gegevens:

- Grondwaterkaart van Nederland
- Regionaal Geohydrologisch Informatie Systeem (REGIS)
- Boorbeschrijvingen uit het archief van TNO Bouw en Ondergrond via DINOLoket:
 - Boring B30G4529 (einddiepte 387 m-mv), gelegen naast de warme bron, zie bijlage 2.
 - Boring B30G0935 (einddiepte 431 m-mv), circa 230 m ten noordwesten van warme bron, zie bijlage 3.
- Boorbeschrijvingen van de bronnen van het bodemenergiesysteem van Da Vinci.
- Boorbeschrijvingen van de bronnen van het bodemenergiesysteem van de R.K. Technische Hogeschool.

Op basis van deze gegevens is de bodemopbouw geschematiseerd (Tabel 3.1).

Op circa 180 tot 185 m-mv bevindt zich een continue kleilaag die in bestaande boringen is aangetoond. Tevens wordt op circa 210 - 212 m-mv een lokale scheidende kleilaag verwacht. Voor de experimentele HTO zal in het zand tussen die kleilagen filter worden gesteld, tussen circa 185 en 210 m-mv. Dit dieptebereik maakt deel uit van het derde watervoerende pakket. Het dieptebereik waarvoor vergunning wordt aangevraagd (zie Tabel 2.2) is in zeer beperkte mate wat ruimer gekozen (namelijk 180 - 220 m-mv) om rekening te houden met eventuele afwijkingen in de aangetroffen bodemopbouw ter plaatse van de koude bron.

Tabel 3.1 | Gehanteerde bodemopbouw.

| diepte | lithologie | geohydrologische benaming | doorlaatvermogen of weerstand ^b |
|------------------------|--|--|--|
| [m-mv] ^a | | | [m ² /d] of [d] |
| 0 - 15 | puin, matig fijn zand en klei | deklaag | 750 d |
| 15 - 40 | matig grof tot uiterst grof zand | 1 ^e watervoerende pakket | 750 m ² /d |
| 40 - 60 | stevige klei (5m) en leem (15 m) | 1 ^e scheidende laag | 1.975 d |
| 60 - 110 | zeer fijn tot matig grof zand, met lokaal klei/leemlaagjes: enkele dunne kleilaagjes rond 80 en 86 m-mv klei, leem en fijn zand tussen 93 - 101 m-mv | 2 ^e watervoerende pakket | 600 m ² /d |
| 110 - 115 | klei (3m) en leem (2m) | 2 ^e scheidende laag | 430 d |
| 115 - 155 | matig fijn tot matig grof zand met schelpenresten | 3 ^e watervoerende pakket | 400 m ² /d |
| 155 - 165 | leem, sterk zandig | lokale scheidende laag binnen 3 ^e watervoerende pakket | 650 d |
| 165 - 180 | zeer grof tot uiterst grof zand met schelpenresten. lokale kleilaagjes tussen 170 - 175 m-mv | 3 ^e watervoerende pakket | 200 m ² /d, 250 d |
| 180 - 185 ^c | stevige klei, leem, matig siltig zand met schelpenresten | regionaal scheidende laag binnen 3 ^e watervoerend pakket | 500 d |
| 185 - 210 ^d | matig fijn tot matig grof zand met schelpenresten, enkele kleilagen | 3 ^e watervoerende pakket | 200 m ² /d |
| 210 - 212 ^e | klei, siltig | regionaal scheidende laag | 200 d |
| 212 - 235 | matig fijn tot matig grof zand met schelpenresten, afnemende korrelgrootte met diepte | 3 ^e watervoerende pakket | 230 m ² /d |
| > 235 | klei, leem en fijn zand met glauconiet ^f | hydrologische basis | ∞ |

^a maaiveldhoogte: circa +0,35 m t.o.v. NAP

^b doorlaatvermogen: bepaald op basis van beschikbare informatie zoals pomp- en putproeven en korrelgroottes. Gemiddelde weerstand: 100 d/m voor klei, 200 m/d voor stevige klei, 65 d/m voor leem.

^c bij de boringen B30G4529, B30G0935 en bij alle boringen van de OBES van Da Vinci wordt klei aangetroffen tussen 177 - 185 m-mv. Dit toont aan dat de scheidende laag aan de bovenkant van het beoogde opslagpakket doorlopend is in de regio. De aanwezigheid van deze laag komt ook duidelijk naar voren uit de Gamma-Ray (GR) analyse bij B30G0935, waar een scherp signaal wordt gevonden tussen 180 - 185 m-mv, veroorzaakt door de aanwezige klei.

^d beoogd opslagpakket. Nabijgelegen diepe boring (B30G4529) vermeldt korrelgroottes (M63) tussen 200 en 250 µm.

^e deze kleilaag wordt in de boorbeschrijvingen van TNO teruggevonden (B30G4529, B30G0935) en is ook zichtbaar in de vier boorbeschrijvingen van het European Patent Office op circa 900 meter ten noordoosten van de projectlocatie. Daarom mag verwacht worden dat ook deze kleilaag regionaal aanwezig is.

^f vanaf 235 m-mv wordt de formatie van Oosterhout verwacht.

3.2 GEOHYDROLOGISCHE KENMERKEN

De laagste, gemiddelde en hoogste grondwaterstand en de stijghoogte in de watervoerende pakketten zijn weergegeven in Tabel 3.2.

Tabel 3.2 | Grondwaterstand en stijghoogte [m-mv]

| | bron | laagste | gemiddelde | hoogste |
|-------------------------------------|--------------------|---------|------------|---------|
| grondwaterstand | peilbuis B30G4713 | 2,0 | 1,8 | 1,6 |
| 1 ^e watervoerende pakket | REGIS ^a | 5,5 | 5,0 | 4,5 |
| 2 ^e watervoerende pakket | REGIS ^a | 4,5 | 4,0 | 3,5 |
| 3 ^e watervoerende pakket | REGIS ^a | 3,6 | 3,1 | 2,6 |

^a Zie onderstaande tekst voor toelichting.

Een aantal kilometer ten zuiden van de projectlocatie bevindt zich een grote grondwateronttrekking bij DSM (Delft). De stijghoogtes die in peilbuizen nabij RCSG worden gevonden, kunnen sterk van elkaar verschillen, vanwege hun verschillende afstanden en richtingen ten opzichte van de onttrekking in Delft. Het isohypsepatroon in REGIS geeft het regionale stijghoogtepatroon weer op basis van verschillende informatiebronnen, en geeft zodoende een realistisch beeld van het stijghoogtepatroon in de omgeving. Derhalve wordt REGIS gebruikt om de stijghoogte bij RCSG (in watervoerende pakketten 1 en 2) af te leiden. Ook de stijghoogte in watervoerend pakket 3 is van REGIS afgeleid, vanwege de beperkte hoeveelheid informatie in dit diepere watervoerende pakket. De weergegeven gemiddelde stijghoogte in watervoerend pakket 1, 2 en 3 (m-mv) is gebaseerd op REGIS, en voor de hoogste/laagste waarde is uitgegaan van een maximale variatie van 0,5 m ten opzichte van het gemiddelde. De gemeten stijghoogte in een peilbuis is mede afhankelijk van de dichtheid van het grondwater, en daarmee van het zoutgehalte, dat toeneemt met de diepte.

Het is bekend dat de grondwateronttrekking bij DSM Gist momenteel afgebouwd wordt. Dat betekent dat de stijghoogten in de verschillende pakketten in de omgeving gaan stijgen. Daarmee treedt er ook enige verandering op in horizontale en verticale grondwaterstroming nabij de onttrekking van DSM. Uit een studie die is uitgevoerd voor het energieopslagsysteem voor de Technische Hogeschool blijkt dat een eventuele stopzetting van de onttrekking bij DSM geen gevolgen heeft voor het technisch functioneren van energieopslagsystemen in het eerste watervoerende pakket. Het dieper gelegen 3^e watervoerende pakket ondervindt naar verwachting minder beïnvloeding van de onttrekking bij DSM. Daarom wordt bij de experimentele HTO bij RCSG (met bronfilters in het 3^e watervoerende pakket) ook geen significante beïnvloeding van de prestatie verwacht door de stopzetting van de onttrekking bij DSM.

De lokale en regionale geohydrologische kenmerken zijn opgenomen in Tabel 3.3.

Tabel 3.3 | Lokale en regionale geohydrologische kenmerken

| parameter | eenheid | |
|--|----------|-------------|
| grondwaterstroming 1 ^e watervoerende pakket (snelheid) ^a | [m/jaar] | 30 - 60 |
| grondwaterstroming 1 ^e watervoerende pakket (richting) ^a | [-] | ZZO |
| grondwaterstroming opslagpakket (snelheid) ^a | [m/jaar] | < 10 |
| grondwaterstroming opslagpakket (richting) ^a | [-] | ZO |
| verticale stroming (deklaag) ^b | [mm/d] | 12,2 (neer) |
| verticale stroming (1 ^e scheidende laag) ^b | [mm/d] | 1,4 (op) |
| grondwatertemperatuur (opslagpakket) ^c | [°C] | 13,5 |
| zoet-/brakgrensvlak (chloride 150 mg/l) ^d | [m-mv] | 15 |
| brak-/zoutgrensvlak (chloride 1.000 mg/l) ^d | [m-mv] | 35 |

^a bron: gebaseerd op het isohypsenpatroon uit REGIS. Vermoedelijk zal deze mate van grondwaterstroming afnemen door het afbouwen van de onttrekking bij DSM Gist in Delft.

^b op basis van de weerstand van de deklaag/1^e scheidende laag uit Tabel 3.1 en de gemiddelde stijghoogtes in Tabel 3.2.

^c bron: Database bodemtemperatuurprofielmetingen TNO en IF Technology

^d bronnen: Grondwaterkaart van Nederland, DINOLOket, interne grondwaterkwaliteitsdatabase TNO, boorgatmetingen bij B30G0935, grondwateranalyses bij R.K. Hogeschool.

3.3 HYDROLOGISCHE EFFECTEN

Om de hydrologische effecten van het bodemenergiesysteem te berekenen, is gebruik gemaakt van het hydrologische softwarepakket MLU voor Windows (Multi Layer Unsteady state). Meer informatie over MLU is te vinden op www.microfem.com.

De bodemopbouw in het model is gebaseerd op de geohydrologische schematisatie in tabel 3.1. De scheidende laag op 235 m-mv heeft een zo hoge weerstand dat deze wordt beschouwd als hydrologische basis. Door de interactie met diepere watervoerende pakketten buiten beschouwing te laten, zijn de berekende stijghoogteveranderingen in geringe mate een overschatting van de werkelijk optredende stijghoogteveranderingen. Uitgangspunt is dat de bodemopbouw geldt voor het totale gemodelleerde gebied. De diepe boringen die nabij RCSG zijn uitgevoerd (B30G4529, B30G0935, alle boringen van bodemenergiesystemen van Da Vinci) onderbouwen dat de kleilaag op 180 - 185 m-mv goed afsluitend en regionaal aanwezig is. Dit is van belang, omdat deze laag een bepalende factor is voor de hydrologische als thermische effecten van de experimentele HTO. In Tabel 3.4 is de modelopbouw weergegeven.

Tabel 3.4 | Modelopbouw voor MLU.

| diepte [m-mv] | toelichting | doorlaatvermogen [m ² /d] | weerstand [d] |
|------------------|--|---|-------------------|
| 1,8 ^a | gesloten bovenrand | - | ∞ |
| 1,8 - 3 | fictief freatisch watervoerend pakket | 12 ^b | - |
| 3 - 15 | deklaag | - | 750 |
| 15 - 40 | 1 ^e watervoerende pakket | 750 | - |
| 40 - 60 | 1 ^e scheidende laag | - | 1.975 |
| 60 - 93 | 2 ^e watervoerende pakket | 465 | - |
| 93 - 101 | lokale scheidende laag | - | 520 |
| 101 - 110 | 2 ^e watervoerende pakket | 135 | - |
| 110 - 115 | 2 ^e scheidende laag | - | 430 |
| 115 - 155 | 3 ^e watervoerende pakket | 400 | - |
| 155 - 165 | lokale scheidende laag binnen 3 ^e watervoerende pakket | - | 650 |
| 165 - 170 | 3 ^e watervoerende pakket | 100 | - |
| 170 - 175 | lokale scheidende laag binnen 3 ^e watervoerende pakket | - | 250 |
| 175 - 180 | 3 ^e watervoerende pakket | 100 | - |
| 180 - 185 | lokaal scheidende laag binnen 3 ^e watervoerend pakket | - | 500 |
| 185 - 200 | 3 ^e watervoerende pakket (filter) | 120 | - |
| 200 | fictieve scheidende laag | - | 1,25 ^c |
| 200 - 210 | 3 ^e watervoerende pakket | 80 | - |
| 210 - 212 | lokale scheidende laag | - | 200 |
| 212 - 235 | 3 ^e watervoerende pakket | 230 | - |
| > 235 | hydrologische basis | - | ∞ |

^a de gemiddelde grondwaterstand bedraagt circa 1,8 m-mv (zie Tabel 3.2).

^b aan de bovenkant van de deklaag is een fictief freatisch watervoerend pakket toegevoegd, om de invloed van het systeem op de grondwaterstand te kunnen berekenen. Daarvoor is het doorlaatvermogen van het zand in de deklaag ingeschat.

^c verdiscontering van de weerstand in het opslagpakket (worst case). Voor de weerstand is uitgegaan van de weerstand als gevolg van de gelaagdheid van het pakket (anisotropie). De weerstand is berekend met de formule: $\frac{1}{2} \times$ dikte laag onder het filtertraject / verticale doorlatendheid. Verticale doorlatendheid = horizontale doorlatendheid / 2 (anisotropiefactor van 2 aangenomen).

Oppervlaktewater

In de omgeving van de locatie is oppervlaktewater aanwezig. In het grondwatermodel is een gesloten bovenrand gedefinieerd. Dit is een worstcase benadering.

Schematisatie in tijd

In de notitie 'Uitgangspunten voor Experimentele HTO bij het RCSG Rijswijk' in bijlage 1 is een aantal voorziene experimenten beschreven. De uitgangspunten voor de vergunning Waterwet zijn gebaseerd op deze experimenten. Om de worst-case stijghoogte- en grondwaterstandveranderingen te berekenen is de berekening als volgt uitgevoerd:

- 1 Er wordt eerst een warmteopslagcyclus nagebootst (zie de notitie in bijlage 1, sectie 4.1). Daarbij wordt de maximaal vergunde waterhoeveelheid per seizoen (200.000 m³) met een debiet van 90 m³/uur verplaatst (ondanks dat het gemiddelde debiet naar verwachting slechts 50 m³/uur zal zijn). Dit komt neer op 2222 vollasturen, oftewel 93 dagen continu pompen met 90 m³/uur, bij een natuurlijke grondwatertemperatuur.
- 2 Direct daarna worden extreme capaciteitstesten uitgevoerd (zie sectie 4.2 van de notitie). Om worst-case stijghoogteveranderingen teweeg te brengen, worden alle vier de capaciteitstesten (van 24 uur per test) direct achter elkaar uitgevoerd op het maximale debiet van 200 m³/uur.

Er wordt dus eerst 93 dagen lang gepompt met een debiet van 90 m³/uur, gevolgd door een periode van 4 dagen waarin gepompt wordt met een debiet van 200 m³/uur. Aangezien in de praktijk niet verwacht wordt dat deze proeven direct achter elkaar worden uitgevoerd, zijn de berekende grondwaterstandveranderingen en stijghoogteveranderingen in watervoerende pakketten 1, 2 en 3 een overschatting van de werkelijke optredende effecten.

Hydrologische effecten

In de berekende maximale hydrologische effecten is een onderscheid gemaakt tussen stap 1: het nabootsen van een warmteopslagcyclus en stap 2: extreme capaciteitstesten.

1. Het nabootsen van een warmteopslagcyclus.

Ten eerste wordt een warmteopslagcyclus nagebootst waarbij de maximaal vergunde waterhoeveelheid gedurende 93 dagen verpompt wordt. Dit komt overeen met een continu debiet van 90 m³/uur.

In Tabel 3.5 zijn de berekende maximale hydrologische effecten voor deze situatie weergegeven, per modellaag in MLU.

Tabel 3.5 | Maximale grondwaterstand- en stijghoogteveranderingen, bij een debiet van 90 m³/uur. Op basis van de verwachte bodemopbouw kunnen er twee zandige eenheden worden onderscheiden in het 2^e watervoerende pakket, en zes verschillende zandige eenheden in watervoerend pakket 3.

| watervoerende laag | diepte [m-mv] | maximale verhoging/verlaging in zomer- en wintersituatie [m] |
|--|---------------|--|
| freatisch | 1,8 - 3 | < 0,01 |
| 1 ^e watervoerende pakket | 15 - 40 | < 0,01 |
| 2 ^e watervoerende pakket | 60 - 93 | < 0,01 |
| 2 ^e watervoerende pakket | 101 - 110 | < 0,01 |
| 3 ^e watervoerende pakket | 115 - 155 | < 0,01 |
| 3 ^e watervoerende pakket | 165 - 170 | < 0,05 |
| 3 ^e watervoerende pakket | 175 - 180 | 0,09 |
| 3 ^e watervoerende pakket (filter) | 185 - 200 | 12,99 |
| 3 ^e watervoerende pakket | 200 - 210 | 12,99 |
| 3 ^e watervoerende pakket | 212 - 235 | 0,07 |

De berekende maximale verandering van de grondwaterstand en de stijghoogte in het eerste en tweede watervoerende pakket is kleiner dan 0,05 m. Derhalve zijn deze veranderingen niet in figuren weergegeven. In Figuur 3.1, 3.2, 3.3 en 3.4 zijn de berekende hydrologische effecten (bij 90 m³/uur) gepresenteerd die van toepassing zijn op de verschillende zandlagen van het 3^e watervoerende pakket op een diepte van respectievelijk 175-180, 185-200, 200-210 en 212-235 m-mv.

Het hydrologische invloedsgebied is het gebied waarbinnen het effect van het bodemenergiesysteem op de stijghoogte groter dan 0,05 m is. De berekende grootte van de invloedsgebieden in de verschillende zandige eenheden zijn in Tabel 3.6 vermeld.

Tabel 3.6 | Grootte invloedsgebieden per bodemlaag in MLU [m], bij een debiet van 90 m³/uur.

| watervoerende laag | diepte | zomer- en wintersituatie |
|--|-----------|--------------------------|
| freatisch | 1,8 - 3 | - |
| 1 ^e watervoerende pakket | 15 - 40 | - |
| 2 ^e watervoerende pakket | 60 - 93 | - |
| 2 ^e watervoerende pakket | 101 - 110 | - |
| 3 ^e watervoerende pakket | 115 - 155 | - |
| 3 ^e watervoerende pakket | 165 - 170 | - |
| 3 ^e watervoerende pakket | 175 - 180 | 415 |
| 3 ^e watervoerende pakket (filter) | 185 - 200 | 625 |
| 3 ^e watervoerende pakket | 200 - 210 | 625 |
| 3 ^e watervoerende pakket | 212 - 235 | 615 |

2. Het uitvoeren van extreme capaciteitstesten

Direct nadat de warmteopslagcyclus nagebootst is worden er enkele extreme capaciteitstesten uitgevoerd. Het worst-case uitgangspunt is dat deze testen allemaal direct achter elkaar worden uitgevoerd, wat neerkomt op een periode van 4 dagen waarin continu 200 m³/uur wordt verpompt. Hierdoor treden er gedurende korte tijd (4 dagen) grote stijghoogteveranderingen op.

In Tabel 3.7 zijn de berekende maximale hydrologische effecten weergegeven die optreden ten tijden van deze capaciteitstesten, per modellaag in MLU.

Tabel 3.7 | Maximale grondwaterstand- en stijghoogteveranderingen, bij een debiet van 200 m³/uur. Op basis van de verwachte bodemopbouw kunnen er twee zandige eenheden worden onderscheiden in het 2^e watervoerende pakket, en zes verschillende zandige eenheden in watervoerend pakket 3.

| watervoerende laag | diepte [m-mv] | maximale verhoging/verlaging in zomer- en wintersituatie [m] |
|--|---------------|--|
| freatisch | 1,8 - 3 | < 0,01 |
| 1 ^e watervoerende pakket | 15 - 40 | < 0,01 |
| 2 ^e watervoerende pakket | 60 - 93 | < 0,01 |
| 2 ^e watervoerende pakket | 101 - 110 | < 0,01 |
| 3 ^e watervoerende pakket | 115 - 155 | < 0,05 |
| 3 ^e watervoerende pakket | 165 - 170 | 0,08 |
| 3 ^e watervoerende pakket | 175 - 180 | 0,20 |
| 3 ^e watervoerende pakket (filter) | 185 - 200 | 28,87 |
| 3 ^e watervoerende pakket | 200 - 210 | 28,87 |
| 3 ^e watervoerende pakket | 212 - 235 | 0,27 |

De berekende maximale verandering van de grondwaterstand en de stijghoogte in het eerste en tweede watervoerende pakket is kleiner dan 0,05 m. Derhalve zijn deze veranderingen niet in figuur weergegeven. In Figuur 3.5, 3.6, 3.7, 3.8 en 3.9 zijn de berekende hydrologische effecten in het 3^e watervoerende pakket gepresenteerd (bij 200 m³/uur), in de verschillende zandlagen in het

3^e watervoerende pakket op een diepte van respectievelijk 165-170, 175-180, 185-200, 200-210 en 212-235 m-mv.

Het hydrologische invloedsgebied is het gebied waarbinnen het effect van het bodemenergiesysteem op de stijghoogte groter dan 0,05 m is. De berekende grootte van de invloedsgebieden in de verschillende zandige eenheden zijn in Tabel 3.8 vermeld.

Tabel 3.8 | Grootte invloedsgebieden per bodemlaag in MLU, bij een debiet van 200 m³/uur [m]

| watervoerende laag | diepte | zomer- en wintersituatie |
|--|-----------|--------------------------|
| freatisch | 1,8 - 3 | - |
| 1 ^e watervoerende pakket | 15 - 40 | - |
| 2 ^e watervoerende pakket | 60 - 93 | - |
| 2 ^e watervoerende pakket | 101 - 110 | - |
| 3 ^e watervoerende pakket | 115 - 155 | - |
| 3 ^e watervoerende pakket | 165 - 170 | 705 |
| 3 ^e watervoerende pakket | 175 - 180 | 865 |
| 3 ^e watervoerende pakket (filter) | 185 - 200 | 1.050 |
| 3 ^e watervoerende pakket | 200 - 210 | 1.050 |
| 3 ^e watervoerende pakket | 212 - 235 | 1.075 |

Invloed op verticale stroming

De verticale grondwaterstroming door de deklaag en de scheidende lagen ten gevolge van het bodemenergiesysteem is in Tabel 3.9 weergegeven. De verandering in de stijghoogtegradiënt over de scheidende lagen (deklaag, 1^e scheidende laag) is dusdanig beperkt (<0,05 m) dat er ook geen significante extra verticale stroming ten gevolge van de experimentele HTO wordt verwacht. Dit geldt voor zowel de situatie waarin met 90 m³/uur als waarin met 200 m³/uur wordt gepompt.

Tabel 3.9 | Verticale stroming

| | eenheid | natuurlijk | extra stroming door bodemenergie |
|--------------------------------|-------------|------------------|----------------------------------|
| deklaag | [m/seizoen] | 12,2 mm/d (neer) | - |
| 1 ^e scheidende laag | [m/seizoen] | 1,4 mm/d (op) | - |

De grootte van de invloed op de verticale stroming is beide seizoenen gelijk, alleen de richting is tegengesteld. De netto invloed is op jaarbasis nul.

3.4 GRONDMECHANISCHE EFFECTEN

De stijghoogteveranderingen als gevolg van het bodemenergiesysteem kunnen zetting veroorzaken. In welke mate deze zettingen daadwerkelijk optreden, hangt af van de zettingsgevoeligheid van de aanwezige bodemlagen en van de grootte van de stijghoogteveranderingen. Daarnaast zijn de eerder opgetreden bodembelastingen van belang. Deze zogenaamde voorbelastingen kunnen hebben plaatsgevonden bij extreem lage stijghoogten in droge jaren of door eerdere (tijdelijke) onttrekkingen.

De potentiële zetting is berekend met de formule van Koppejan. Hiervoor is de bodem geschematiseerd conform de opbouw in tabel 3.4. De zettingconstanten zijn ontleend aan NEN-blad 6740 - bladzijde 20.

Voor de situatie waarin $90 \text{ m}^3/\text{uur}$ wordt verpompt (warmteopslagcyclus), is een maximale eindzetting van 14 mm berekend (zie bijlage 4). Het berekende maximale zettingsverhang bedraagt in de directe nabijheid van de bronnen (binnen 10 m rondom de bronnen) maximaal 1 m per 1.000 m. Aan de rand van het berekende hydrologische invloedsgebied is de berekende eindzetting nihil.

Voor de situatie waarin kortstondig met een debiet van $200 \text{ m}^3/\text{uur}$ gepompt wordt, is de berekende maximale eindzetting 31 mm (zie bijlage 5) en de daarmee gepaard gaande maximale verschilzetting (binnen 10 m rondom de bronnen) is circa 1 m per 470 m. Deze mate van zetting en het bijbehorende verhang is echter een overschatting van de zetting die werkelijk aan maaiveld verwacht mag worden. Dat komt omdat er in werkelijkheid demping van de zetting zal optreden, waardoor de zetting aan maaiveld aanzienlijk kleiner zal zijn dan de hierboven berekende eindzetting, hooguit enkele millimeters. Bovendien wordt het hoge debiet van $200 \text{ m}^3/\text{uur}$ slechts gedurende een korte tijd toegepast, waardoor de eindzettingsberekening (uitgaande van een oneindig lang continu debiet van $200 \text{ m}^3/\text{uur}$) een overschatting is van de werkelijk optredende zetting. Aan de rand van het berekende hydrologische invloedsgebied is de berekende eindzetting nihil.

Op circa 180 m ten zuidwesten van het bodemenergiesysteem bevindt zich een spoorlijn. Voor de situatie waarin met $200 \text{ m}^3/\text{uur}$ wordt gepompt, bedraagt de berekende maximale eindzetting ter hoogte van het spoor circa 2 mm. Het berekende maximale zettingsverhang langs het spoor bedraagt maximaal 1 m per 70.000 m.

3.5 HYDROTHERMISCHE EFFECTEN

De berekeningen van de thermische effecten van het bodemenergiesysteem zijn uitgevoerd met het programma HstWin-3D. Met het programma HstWin-3D worden warmte- en stoftransport berekend in een verzadigd driedimensionaal grondwatersysteem.

De randvoorwaarden in het HstWin-3D-model zijn gebaseerd op de geohydrologische beschrijving in paragraaf 3.1. HstWin-3D simuleert de grondwaterstroming en het warmtetransport in meerdere lagen. In Tabel 3.10 zijn de belangrijkste geohydrologische en geothermische invoerparameters opgenomen die bij de berekeningen zijn gebruikt. De warmtegeleidingscoëfficiënten zijn ontleend aan de VDI 4640, Blatt 1/part 1. De warmtecapaciteit is bepaald met de methode van de Vries (1963), waarbij een porositeit van 35% is aangehouden.

Tabel 3.10 | Modelopbouw HST3D

| diepte | hydrologische beschrijving | horizontale doorlatendheid | verticale anisotropie | warmtegeleiding-coëfficiënt | volumetrische warmtecapaciteit ^a |
|------------------------|-------------------------------------|----------------------------|-----------------------|-----------------------------|---|
| [m-mv] | | [m/d] | [-] | [W/(mK)] | [MJ/(m ³ K)] |
| 0 - 15 | deklaag | 0,01 | 4 | 2 | 2,8 |
| 15 - 40 | 1 ^e watervoerende pakket | 30 | 4 | 2,4 | 2,8 |
| 40 - 60 | 1 ^e scheidende laag | 0,01 | 10 | 1,8 | 2,8 |
| 60 - 110 | 2 ^e watervoerende pakket | 12 | 4 | 2,2 | 2,8 |
| 110 - 115 | 2 ^e scheidende laag | 0,01 | 10 | 1,8 | 2,8 |
| 115 - 155 | 3 ^e watervoerende pakket | 10 | 4 | 2,4 | 2,8 |
| 155 - 165 | lokale scheidende laag | 0,01 | 10 | 1,8 | 2,8 |
| 165 - 170 | 3 ^e watervoerende pakket | 20 | 4 | 2,4 | 2,8 |
| 170 - 175 | lokale scheidende laag | 0,01 | 10 | 1,8 | 2,8 |
| 175 - 180 | 3 ^e watervoerende pakket | 20 | 4 | 2,4 | 2,8 |
| 180 - 185 | lokale scheidende laag | 0,01 | 10 | 1,8 | 2,8 |
| | 3 ^e WVP (opslagpakket) | | | | 2,8 |
| 185 - 210 ^b | bronfilter van 185-200 m-mv | 8 | 4 | 2,4 | |
| 210 - 212 | lokale scheidende laag | 0,01 | 10 | 1,8 | 2,8 |
| 212 - 235 | 3 ^e watervoerende pakket | 10 | 4 | 2,4 | 2,8 |
| 235 - 300 | hydrologische basis | 0,01 | 10 | 1,8 | 2,8 |

^a uitgaande van een porositeit van 35% en een volumetrische warmtecapaciteit van 4,2 en 2,0 MJ/(m³ K) voor respectievelijk de water- en de sedimentfractie (De Vries, 1963 en Hillel, 1982¹).

^b voor de thermische simulaties is alleen bronfilter geplaatst tussen 185 - 200 m-mv. Dit is een worst-case uitgangspunt.

In Tabel 3.11 is het onttrekking-/infiltratiepatroon weergegeven. Daarbij is uitgegaan van de maximale waterhoeveelheid tijdens het laden van warmte, met de maximale laadtemperatuur. De combinatie van de gekozen hoeveelheid onttrokken water en de gekozen infiltratietemperatuur tijdens het ontladen van de warmte resulteren in een hoeveelheid onttrokken energie die aansluit bij het aangevraagde warmteoverschot. Met deze uitgangspunten wordt in sterke mate een worst-case situatie berekend voor wat betreft thermische effecten op de omgeving.

Tabel 3.11 | Onttrekking-/infiltratiepatroon

| seizoen | bedrijfstoestand | onttrekken uit | infiltreren in | waterhoeveelheid | infiltratietemperatuur |
|---------|------------------|----------------|----------------|---------------------------|------------------------|
| | | | | [m ³ /seizoen] | [°C] |
| zomer | warmteopslag | K | W | 200.000 | 85 |
| winter | warmtelevering | W | K | 40.000 ^a | 45 ^a |

^a Tijdens de periode waarin warmte uit het systeem onttrokken wordt (tijdens warmtelevering) is in de HstWin-3D simulatie de hoeveelheid onttrokken grondwater verlaagd, en de infiltratietemperatuur bij de koude bron verhoogd, teneinde een beperkte hoeveelheid warmte uit de bodem te halen. Met deze uitgangspunten wordt circa 10 - 15% van de opgeslagen warmte teruggewonnen, wat nagenoeg overeenkomt met de uitgangspunten (zie Tabel 2.1). Zodoende sluiten de thermische effecten die berekend zijn met HST3D aan bij het aangevraagde warmteoverschot in de ondergrond.

Het hydrothermische invloedsgebied is het gebied waarbinnen de temperatuur 0,5°C afwijkt van de natuurlijke grondwatertemperatuur ter hoogte van de gemodelleerde bronfilters (13,5°C).

¹ Hillel, D. (1982). *Introduction to Soil Physics*. Amherst, Massachusetts, U.S.A.: Academic Press.

De berekende thermische effecten in het opslagpakket na 20 jaar energieopslag zijn weergegeven in Figuur 3.10 (eind zomer en eind winter). Het hydrothermische invloedsgebied van het bodemenergiesysteem reikt na 20 jaar tot maximaal 220 m van de bronnen.

Het opslagpakket is de zandlaag waarin de bronfilters van de experimentele HTO geplaatst zijn. In deze zandlaag zijn geen andere grondwatergebruikers aanwezig (en daarom ook niet in figuur 3.10 weergegeven). In de zandlaag erboven (ondieper dan 180 m-mv) zijn de bronfilters aanwezig van de WKO van Da Vinci, op circa 200 m afstand van de warme bron van RCSG. Daarom zijn de berekende thermische effecten in die zandlaag (175-180 m-mv) weergegeven in figuur 3.11, na 20 jaar energieopslag. De invloed van het experimentele HTO-systeem op omliggende systemen is in hoofdstuk 4 uitgewerkt en toegelicht.

In figuur 3.12 is een dwarsdoorsnede opgenomen van de ondergrond, met daarin het hydrothermische invloedsgebied na 20 jaar energieopslag (zie figuur 3.10 voor de snijlijn). Figuur 3.12 laat zien dat de grootste temperatuurveranderingen optreden in het opslagpakket, tussen de warme en de koude bron in. De koude bron heeft een aantrekkende werking op het warme water dat in de warme bron wordt geïnfiltreerd. Daardoor zijn de temperaturen het hoogst tussen de bronnen in, en is het thermische invloedsgebied relatief beperkt, gegeven het aanzienlijke warmteoverschot in de ondergrond en de hoge infiltratietemperatuur bij de warme bron. In ondiepere lagen is het thermische invloedsgebied kleiner dan in het opslagpakket. Dit komt doordat afsluitende kleilagen de stroming van warm water naar ondiepere lagen voorkomen, waardoor hoofdzakelijk het langzamere proces van warmtegeleiding voor de opwarming van ondiepere lagen zorgt. In het tweede watervoerende pakket is na 20 jaar energieopslag een zeer beperkte temperatuuroename zichtbaar, in de regio tussen de warme en de koude bron, maar uitgaande van dit (worst-case) scenario blijft de temperatuur in het tweede watervoerende pakket na 20 jaar vooralsnog beneden de 15 °C.

4 Invloed op de omgeving

4.1 GRONDWATERKWALITEIT

Invloed van menging

Bij menging van grondwater met een verschillende samenstelling wordt de grondwaterkwaliteit beïnvloed. Een belangrijke conclusie van MMB en het onderzoek door VU/KWR is dat menging bij lage temperatuursystemen het meest bepalende proces is voor de grondwaterkwaliteit. De temperatureffecten zijn bij temperaturen onder de 25 °C ondergeschikt en worden pas bij hogere temperaturen belangrijker.

Menging heeft alleen effect op de grondwaterkwaliteit als de samenstelling van het gemengde water verschilt. Hierbij kan worden gedacht aan verschillen in zoutgehalte, hardheid en de redoxtoestand van het grondwater. De invloed van menging treedt alleen op in het gebied waar het mengwater zich bevindt: direct rond de bronnen en stroomafwaarts daarvan.

Het grondwater dat bij dit beoogde project gemengd wordt, is naar verwachting kalkverzadigd en gereduceerd (ijzerhoudend, zuurstof- en nitraatloos). Het grondwater dat uit het opslagpakket wordt onttrokken, wordt in hetzelfde pakket weer opgeslagen. Door aanwezigheid van scheidende lagen aan de boven- en onderkant van het opslagpakket wordt de menging met dieper/ondieper gelegen grondwater beperkt.

Invloed van de temperatuur

Het afgelopen decennium zijn er verschillende laboratorium- en praktijkonderzoeken uitgevoerd om de effecten van een verhoogde temperatuur op de grondwaterkwaliteit scherper in beeld te krijgen^{2,3,4}. Recentelijk (januari 2021) is binnen het WINDOW project een overzicht opgesteld van deze effecten. Hieronder zijn enkele effecten van temperatuurtoename op de ondergrond kort beschreven. Voor een uitgebreidere toelichting, zie het WINDOW-rapport in de voetnoot⁵.

Opwarming van de ondergrond kan leiden tot een verschuiving van de chemische evenwichten in het grondwater en het bodemmateriaal. De mate waarin de opwarming leidt tot verandering van de grondwaterkwaliteit hangt sterk af van de mate van opwarming, en van de natuurlijke samenstelling van de bodem en het grondwater.

Verschiedende onderzoeken hebben aangetoond dat effecten van opwarming tot een temperatuur van 25 °C zeer beperkt zijn. Bij opwarming boven de 25 °C komen arseen en opgelost organisch materiaal (Dissolved Organic Carbon, DOC) naar voren als parameters waarvan de concentratie kan toenemen, mits deze stoffen zich van nature in het grondwater of het bodemmateriaal bevinden. Daarbij is met name arseen een parameter die een rol speelt in de bepaling van grondwaterkwaliteit, omdat aan deze waarde een grenswaarde is gesteld in het Drinkwaterbesluit. Pas bij

² Meer met Bodemenergie, 2012. [Rapport 3-4 Effecten op de ondergrond.](#)

³ KWR, 2019. [Prestaties en effecten van ondergrondse warmteopslag: een verkenning voor het P2X-project.](#)

⁴ Bonte, 2013. [Impacts of shallow geothermal energy on groundwater quality.](#)

⁵ WINDOW fase 1, 2020. [Rapport C3 - Effecten van hoge temperatuur warmteopslag op grondwaterkwaliteit.](#)

opwarming tot 60 °C of hoger vinden er meer aanzienlijke veranderingen in de grondwatersamenstelling plaats. Chemische elementen zoals Si, Ca, Na, K kunnen toenemen door oplossing van silicaten, terwijl voor elementen als Ni en Co verlagingen van de concentraties zijn waargenomen bij toenemende temperatuur. De effecten van temperatuur op de microchemie lijken voor een belangrijk deel reversibel te zijn. Uit onderzoek blijkt dat bij lage temperaturen (<35 °C) geen significant effect op de microbiologische activiteit en groei in zijn geheel verwacht mag worden. Bij te hoge temperaturen (>70-80 °C) zal er waarschijnlijk ook geen groei en toename in activiteit plaatsvinden, en sterft de microbiologische populatie juist af. In het tussenliggende temperatuurinterval is de groei theoretisch het grootst, maar in de praktijk vaak beperkt doordat er niet voldoende eenvoudig afbreekbaar organisch materiaal (de energiebron voor micro-organismen) aanwezig is. De precieze verschuiving is sterk locatie specifiek en laat zich daardoor moeilijk op voorhand voorspellen. Wat betreft de reversibiliteit van het effect op de microbiologie, komt uit referentie 2 (Meer met Bodemenergie, 2012) een HTO-casus naar voren waarbij de aantallen en functies van de microben 8 jaar na stopzetting van de HTO niet significant meer afwijken van de referentie, wat wijst op het herstel van het ondergrondse systeem.

Uit de onderzoeken komt ook naar voren dat toename van microbiologische activiteit met name impact kunnen hebben op de technische prestatie van het systeem. De impact van microbiologie op de grondwaterkwaliteit is beperkt, omdat de nadelige ondergrondse omstandigheden (zout, gereduceerd, nutriëntenarm en zuurstofloos grondwater) de groei van pathogene microben sterk beperken. In de praktijk is dan ook geen groei van pathogenen gevonden. Groei van microben door temperatuurverandering kan ook positieve uitwerking hebben, omdat de activiteit van microben die verontreinigen afbreken kan toenemen met toenemende temperatuur.

Het advies is om relevante meetparameters (chemisch, microbiologisch) en de locatie en frequentie waarmee gemeten moet worden, in een monitoringsplan nader af te stemmen, dat vervolgens uitgevoerd kan worden bij het RCSG.

Carbonaatneerslag

Het risico op neerslag van calciumcarbonaat (ook wel 'kalkneerslag' genoemd) is afhankelijk van de kalkverzadigingsgraad van het oorspronkelijke grondwater, de mate waarin de temperatuur wordt verhoogd en de aanwezigheid en concentraties van stoffen die de neerslagreacties vertragen. Ook de zuurgraad (pH) van het grondwater is van belang.

Zowel uit onderzoek als uit de praktijk blijkt dat bij toepassing van warmteopslag tot 45 °C geen noemenswaardige kalkneerslag optreedt. Bij hogere temperaturen dient wel rekening te worden gehouden met kalkneerslag.

Om de calciet in oplossing te houden kan een zuur aan het te infiltreren water worden toegevoegd, zoals waterstofchloride (HCl) of koolstofdioxide (CO₂). CO₂-dosering is een beproefde methode die onder andere is toegepast in Duitsland. In eerdere projecten op hoge temperatuur is ook de werking van toevoeging van HCl aangetoond. Doel van de zuurdosering is het voorkomen van kalkneerslag. Voor het opwarmen van het water wordt een afgemeten hoeveelheid zuur gedoseerd, waardoor de kalkverzadigingsgraad na opwarming gelijk is aan de kalkverzadigingsgraad voor opwarming. Als dit water weer wordt onttrokken ten behoeve van de volgende cyclus van de warmteopslag, is daardoor wederom zuurdosering nodig. Langzaam maar zeker zal de pH van het grondwater hierdoor dalen.

De pH van het water dat wordt onttrokken aan de “koude” bron stabiliseert snel. De pH-daling is beperkt (circa 0,5 op basis van berekeningen bij het HTO project GEOMEC en veldmetingen bij het HTO project Zwammerdam). Bij toevoeging van HCl aan het te retourneren water wordt op lange termijn een netto hoeveelheid chloride-ionen (Cl^-) aan het grondwater van het opslagpakket toegevoegd. Omdat het grondwater op de opslagdiepte reeds erg zout is, en omdat er nabij RCSG geen gebruikers zijn van grondwater van dezelfde diepte, leidt dit naar verwachting niet tot negatieve beïnvloeding van andere grondwaterbelangen.

Voor de experimentele HTO in RCSG wordt de mogelijkheid aangevraagd om zuurdosering toe te passen met zowel HCl als CO_2 . De wijze van zuurdosering en de doseringsmethodiek is afhankelijk van de grondwatersamenstelling op RCSG. Daarom wordt voorgesteld om de exacte dosering (en de wijze van dosering) af te stemmen in een nader op te stellen (monitorings)plan, na realisatie van de bronnen en na uitvoering van de referentiebemonstering van het grondwater in het beoogde opslagpakket. Door het toepassen van deze waterbehandelingstechnieken bij RCSG biedt deze pilot de mogelijkheid om onderzoek uit te voeren naar de werking van elk van deze methodieken.

4.2 VERZILTING

Gezien de weerstand en de afstand tussen de bronfilters en het zoet-/brak- en het brak-/zout-grensvlak worden deze niet beïnvloed door het bodemenergiesysteem.

4.3 VERONTREINIGINGEN

Van de Omgevingsdienst Haaglanden is op 17 augustus 2020 een overzicht ontvangen van de bodem- en grondwaterverontreinigingen in de onmiddellijke omgeving van de locatie.

In 2008 is er een nulsituatie bodemrapport uitgevoerd ter plekke van de projectlocatie. In dit rapport zijn verhoogde concentraties van zware metalen aangetroffen in de ondiepe bovengrond. De verontreinigingen zijn niet dieper doorgedrongen dan 5 m-mv en bevinden zich daardoor in de deklaag.

Invloed bodemenergie

Gezien de zeer geringe effecten op de stijghoogte in het ondiepe watervoerende pakket en de deklaag wordt geen van de genoemde verontreinigingen aangetrokken of verplaatst.

Op basis van bovenstaande wordt geconcludeerd dat de verontreinigingen in de omgeving van de locatie niet noemenswaardig worden verplaatst als gevolg van de toepassing van bodemenergie.

Ten behoeve van het boren van de bronnen dient de booraannemer zich te houden aan de BRL-SIKB-2101, Mechanisch boren. Hierin is opgenomen hoe de aannemer dient om te gaan met eventuele verontreinigingen om verspreiding van deze verontreinigingen tijdens het boren te voorkomen.

4.4 GRONDWATERGEBRUIKERS

Van de Omgevingsdienst Haaglanden is op 8 april 2021 een overzicht ontvangen van de aanwezige Open en Gesloten bodemenergiesystemen nabij de projectlocaties. Op dezelfde datum is van Hoogheemraadschap Delfland een overzicht ontvangen waaruit de permanente grondwateronttrekkingen zijn afgeleid. Op basis van de verkregen informatie zijn in Tabel 4.1 de grondwatergebruikers

binnen en in de directe omgeving van het hydrologische invloedsgebied van het bodemenergiesysteem weergegeven.

Tabel 4.1 | Grondwatergebruikers binnen het hydrologisch invloedsgebied

| bedrijfsnaam | afstand en richting t.o.v. project | watervoerend pakket | maximaal debiet | waterhoeveelheid |
|--|------------------------------------|--|-----------------------|------------------------|
| | [m] | | [m ³ /uur] | [m ³ /jaar] |
| Da Vinci (2 doubletten) | 200 m, W en NW | 2 en 3 (gecombineerd) Maximaal gerealiseerde bronfilterdiepte: 180 m-mv | 120 | 580.000 |
| European Patent Office (2 doubletten) | 800 m, NO | 2 en 3 (gecombineerd) Maximale gerealiseerde bronfilterdiepte: 205 m-mv | 200 | 1.240.000 |
| Churchill Tower (2 doubletten) | 900 m, W | 2 en 3 (gecombineerd) Vergund dieptetraject bronfilters: 60 - 240 m-mv | 140 | 390.000 |
| Sporthal Rijswijk (monobron) | 1.000 m, NO | 3 Vergund dieptetraject bronfilters: 120 - 285 m-mv | 40 | 180.000 |
| Rijswijks Lyceum (2 doubletten) | 1.200 m, NW | 2 en 3 (gecombineerd) Vergund dieptetraject bronfilters: 55 - 230 m-mv | 40 | 151.000 |

Hydrologische invloed bodemenergie

Binnen het maximaal berekende hydrologische invloedsgebied van het beoogde bodemenergiesysteem bevinden zich de bodemenergiesysteem van Da Vinci, European Patent Office en Churchill Tower. De berekende maximale stijghoogteverandering ter plaatse van de (onderkant van de) bronfilters van Da Vinci bedraagt 0,17 m, uitgaande van een debiet van 200 m³/uur bij RCSG. De berekende maximale stijghoogteverandering ter plaatse van de (onderkant van de) bronfilters van European Patent Office bedraagt dan 0,08 m. Bij de Churchilltowers is de berekende maximale stijghoogteverandering bij de bronfilters maximaal 0,06 m. Dit is dermate gering dat dit in de praktijk geen effect heeft op de bedrijfsvoering en het rendement van het bodemenergiesysteem van Da Vinci, European Patent Office en/of de Churchill Tower, vanwege het feit dat deze stijghoogteveranderingen slechts gedurende een zeer korte tijd optreden, namelijk tijdens de capaciteitsproeven op hoog debiet (4 dagen pompen op 200 m³/uur). De rest van het jaar wordt met een lager debiet van maximaal 90 m³/uur gepompt (tijdens de simulatie van een warmteopslagcyclus), waardoor de gemiddelde hydrologische effecten beduidend lager zijn. Voor Da Vinci en European Patent Office geldt bovendien dat de stijghoogteveranderingen alleen bij het onderste deel van de bronfilters optreden. Op basis van de worst-case berekeningen is er van negatieve hydrologische beïnvloeding op andere grondwatergebruikers redelijkerwijs dan ook geen sprake.

Thermische invloed bodemenergie

Het berekende thermische invloedsgebied van RCSG in het opslagpakket (185 - 210 m-mv) is weergegeven in figuur 3.10. Er zijn geen andere grondwatergebruikers aanwezig ter diepte van het opslagpakket, binnen het thermische invloedsgebied.

Het berekende thermische invloedsgebied van RCSG in de zandlaag direct boven het opslagpakket, op een diepte van 175 - 180 m-mv, is weergegeven in figuur 3.11. Daaruit blijkt dat de bronnen van Da Vinci direct naast het thermische invloedsgebied van RCSG liggen.

De thermische invloed van de HTO van RCSG op de bronnen van Da Vinci is bepaald door de resultaten van twee HST3D scenario's te vergelijken:

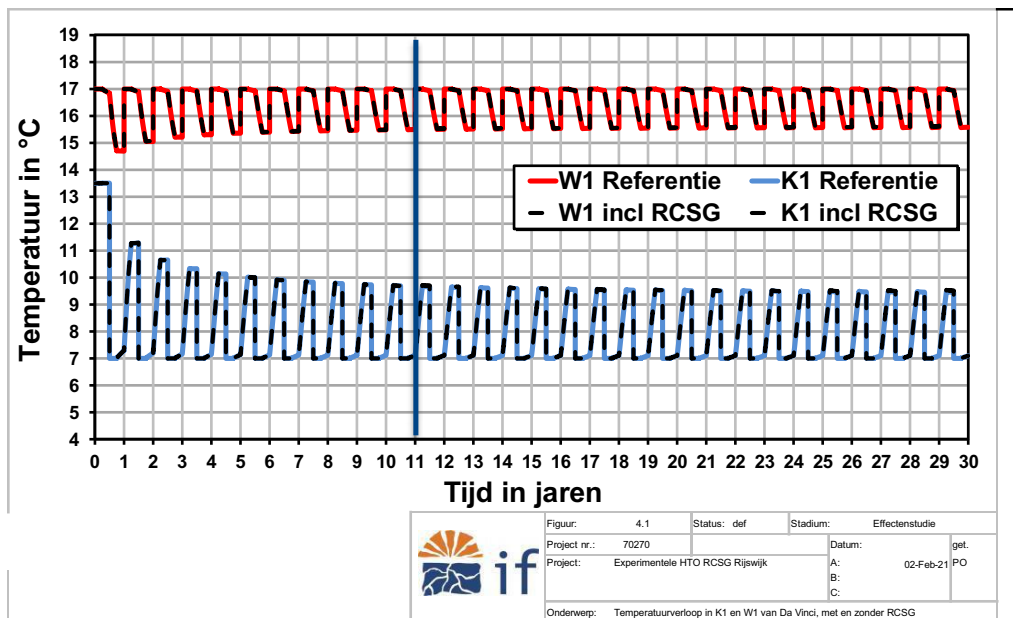
1. onttrekkingstemperaturen van de bestaande systemen, zonder HTO van RCSG
2. onttrekkingstemperaturen van de bestaande systemen, met de HTO van RCSG

Bij bovenstaande twee situaties is voor het systeem van Da Vinci uitgegaan van de gemiddeld te verplaatsen waterhoeveelheid en voor het systeem van RCSG uitgegaan van de maximaal te verplaatsen waterhoeveelheid (in combinatie met een zeer laag terugwinrendement van circa 10%).

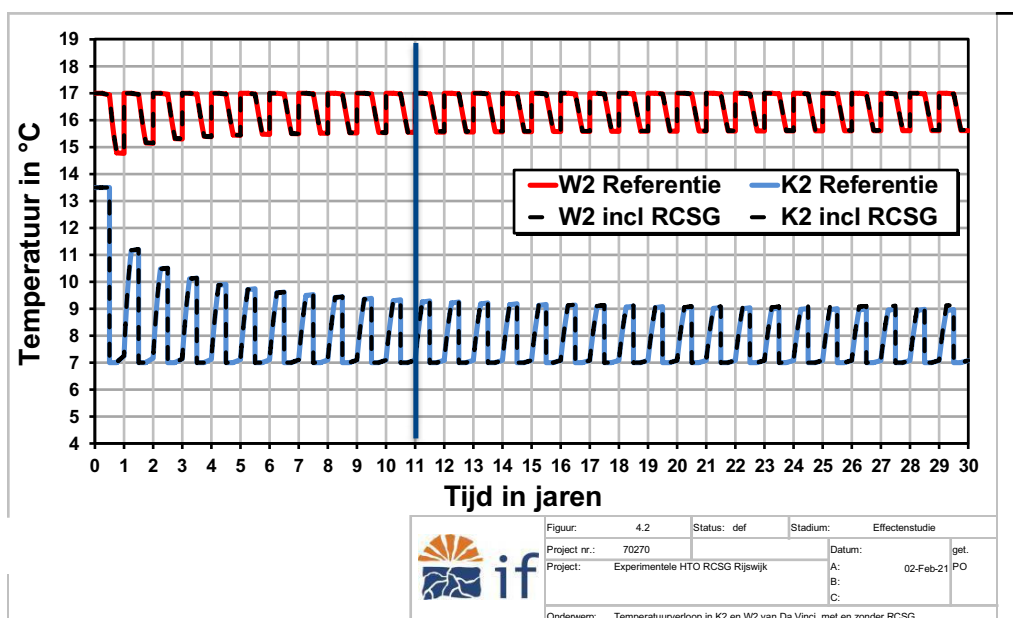
Een eventuele thermische beïnvloeding van de nieuwe bodemenergiesystemen van RCSG op de bestaande systemen van Da Vinci zal merkbaar zijn aan het temperatuurverloop van het onttrokken water uit de bestaande bronnen.

In Figuur 4.1 en Figuur 4.2 is het temperatuurverloop van respectievelijk brondoublet 1 (K1 & W1) en brondoublet 2 (K2 & W2) van Da Vinci weergegeven voor een situatie mét ('incl RCSG') en zonder ('Referentie') de bronnen van RCSG. De bronnen van Da Vinci zijn in werking sinds 2010 (jaar 0), en de bronnen van RCSG zijn op zijn vroegst in werking vanaf 2021 (jaar 11, zie verticale blauwe lijn).

In de figuren wordt in de eerste 20 jaar geen beïnvloeding van RCSG op de onttrekkingstemperaturen van Da Vinci waargenomen. De berekening laat daarmee zien dat het experimentele HTO-systeem van RCSG geen significant negatief effect heeft op het functioneren van omliggende bodemenergiesystemen.



Figuur 4.1 | Temperatuurverloop van brondoublet 1 (K1 en W1) van Da Vinci, voor een situatie zonder RCSG (blauw/rood) en mét RCSG (zwarte streepjes). Voor het scenario waarin de bronnen van RCSG zijn meegenomen, start het RCSG-systeem in jaar 11 met warmteopslag.



Figuur 4.2 | Temperatuurverloop van brondoublet 2 (K2 en W2) van Da Vinci, voor een situatie zonder RCSG (blauw/rood) en mét RCSG (zwarte streepjes). Voor het scenario waarin de bronnen van RCSG zijn meegenomen, start het RCSG-systeem in jaar 11 met warmteopslag.

De overige in Tabel 4.1 genoemde bodemenergiesystemen (European Patent Office, Churchill Tower, etc.) liggen ver buiten het thermische invloedsgebied van de experimentele HTO van RCSG. Derhalve worden deze niet thermisch beïnvloed door het systeem van RCSG.

Geconcludeerd wordt dat de experimentele HTO van RCSG geen significante thermische invloed heeft op de overige bodemenergiesystemen in de omgeving of andersom.

4.5 GESLOTEN BODEMENERGIESYSTEMEN

Bij ODH is een overzicht opgevraagd van gesloten bodemenergiesystemen binnen 1.500 m van het beoogde bodemenergiesysteem. Het enige nabijgelegen gesloten bodemenergiesysteem aan de Verrijn Stuartlaan (zie Figuur 2.2) heeft een einddiepte van 95 m-mv. Op deze locatie en diepte worden geen hydrologische en hydrothermische invloed van de RCSG verwacht. Daarmee vindt geen negatieve beïnvloeding plaats van RCSG op bestaande gesloten bodemenergiesystemen.

Conform de beslisbomen uit bijlage 4 van de BUM BE deel 1 is negatieve beïnvloeding van een gesloten bodemenergiesysteem mogelijk wanneer deze binnen het thermische invloedsgebied van een open bodemenergiesysteem ligt. Binnen het berekende thermische invloedsgebied (zie paragraaf 3.4) bevinden zich geen gesloten bodemenergiesystemen. Van negatieve beïnvloeding van gesloten bodemenergiesystemen is daarom geen sprake.

4.6 BODEMENERGIEPLAN

De beoogde bronnen van de beoogde ontwikkeling liggen in de Plaspoelpolder. IF Technology heeft in 2010 een 'Masterplan Energieopslag Plaspoelpolder' opgesteld voor de gemeente Rijswijk. Echter, in het bestemmingsplan van de Plaspoelpolder is het Masterplan niet concreet opgenomen. Ook zijn er geen concrete (ordenings)regels opgenomen in het bestemmingsplan. Op dit moment onderzoekt de gemeente Rijswijk intern of dit Masterplan ook daadwerkelijk is vastgelegd voor het gebied.

Het Masterplan bevat ordeningsregels voor de locaties van warme en koude bronnen in de Plaspoelpolder. Op basis van de kaart in het Masterplan met zoekgebieden voor koude/warme bronnen liggen beide bronnen van de experimentele HTO in de 'warme' strook. Op basis hiervan lijkt het niet bezwaarlijk om HTO op de beoogde locatie toe te passen. Het maximale debiet voor de HTO (200 m³/uur) ligt wel boven het maximale debiet per doublet dat in de ordeningsregels is opgenomen (100 m³/uur), maar omdat deze debieten slechts gedurende een zeer korte periode (4 dagen) worden toegepast voor onderzoeksdoeleinden, lijkt dit niet bezwaarlijk. Tenslotte liggen de bronfilters van de HTO in het diepe, minder doorlatende gedeelte van het 3^e watervoerende pakket. Toekomstige WKO-systemen zullen vermoedelijk ondieper geplaatst worden, zoals ook bij de bestaande systemen het geval is. Op basis van het bovenstaande valt het niet binnen de verwachting dat het experimentele HTO-systeem van RCSG eventuele toekomstige bodemenergiesystemen in de Plaspoelpolder in de weg zit.

4.7 GRONDWATERBESCHERMING

De locatie is niet gelegen in een waterwingebied, grondwaterbeschermingsgebied of boringsvrije zone, of in een milieubeschermingsgebied voor grondwater.

4.8 BEBOUWING EN INFRASTRUCTUUR

Grondwaterstandveranderingen treden niet op. Van grondwateroverlast en langdurige grondwaterstandverlaging en kans op paalrot is dan ook geen sprake. De optredende stijghoogteveranderingen kunnen van invloed zijn op bestaande bebouwing en infrastructuur via zettingen.

Zettingen

In de Nederlandse Norm voor Geotechniek ontwerp (NEN-EN 1997-1+C1+A1, Eurocode 7) zijn normen opgenomen om een ongewenst verlies aan bruikbaarheid, schade of hoge onderhoudskosten aan infrastructuur en constructies te voorkomen.

Volgens deze NEN-norm kan verlies van bruikbaarheid optreden wanneer de zetting groter is dan 50 mm en het zettingsverhang (rotatie) groter is dan 1:500. Bij de aanwezigheid van ondiepe zettingsgevoelige bodemlagen, zoals een deklaag, kunnen verschillen in de samenstelling van de betreffende laag aanleiding geven tot verschilzettingen aan maaiveld. Wanneer de veroorzaakte zetting in de deklaag groter is dan 15 mm, kunnen effecten van betekenis optreden (Krachtwerktuigen en IF Technology, 1992).

ProRail hanteert een maximaal zettingsverhang van 1 m per 1.000 m (6 mm per spoorstaaf van 6 m).

Invloed bodemenergie

Voor de situatie waarin met een debiet van 90 m³/uur gepompt wordt, is de berekende maximale eindzetting van 14 mm (zie hoofdstuk 3.5) en de daarmee gepaard gaande verschilzetting is 1 m per 1.000 m. Dit veroorzaakt geen schade aan gebouwen, funderingen, wegen of constructies.

Voor de situatie waarin kortstondig met een debiet van 200 m³/uur gepompt wordt, is de berekende maximale eindzetting 31 mm (zie hoofdstuk 3.5) en de daarmee gepaard gaande verschilzetting is circa 1 m per 470 m. Deze mate van zetting en het bijbehorende verhang is echter een overschatting van de zetting die werkelijk aan maaiveld verwacht mag worden. Dat komt omdat er in werkelijkheid demping van de zetting zal optreden, waardoor de zetting aan maaiveld aanzienlijk kleiner zal zijn dan de hierboven berekende eindzetting, hooguit enkele millimeters. Bovendien wordt het hoge debiet van 200 m³/uur slechts gedurende een korte tijd toegepast, waardoor de eindzettingberekening (uitgaande van een oneindig lang continu debiet van 200 m³/uur) een overschatting is van de werkelijk optredende zetting.

Op basis van de hierboven genoemde NEN-norm, de berekende (worst-case) eindzetting, en de processen die ervoor zullen zorgen dat de werkelijke zetting beperkter zal zijn dan de eindzettingberekening aangeeft, wordt geen schade aan gebouwen, funderingen, wegen of constructies verwacht.

Op circa 180 m ten zuidwesten van het bodemenergiesysteem bevindt zich een spoorlijn. Voor de situatie waarin met 200 m³/uur wordt gepompt, bedraagt de berekende maximale eindzetting ter hoogte van het spoor circa 2 mm. Het berekende maximale zettingsverhang bedraagt maximaal 1 m per 70.000 m. Daarmee wordt het door ProRail gehanteerde maximale zettingsverhang (van 1 m per 1.000 m) niet overschreden, en wordt geen schade aan het spoor verwacht.

4.9 NATUUR EN OPENBAAR GROEN

De invloed op de grondwaterstand (hoofdstuk 3.3) is zo gering ($< 0,01$ m) dat het bodemenergiesysteem geen invloed heeft op natuurwaarden (zoals Vogel- en Habitatrichtlijngebieden, Natuurbeschermingswetgebieden, Natuurnetwerk Nederland of ecologische beschermingszones) en openbaar groen.

Begraafplaatsen

De projectlocatie is niet gelegen nabij een begraafplaats. De invloed van het beoogde bodemenergiesysteem op de grondwaterstand is zo gering ($< 0,01$ m) dat er geen sprake is van mogelijke nadelige effecten ter plaatse van begraafplaatsen.

Verdrogingsgevoelige gebieden/natuurwaarden

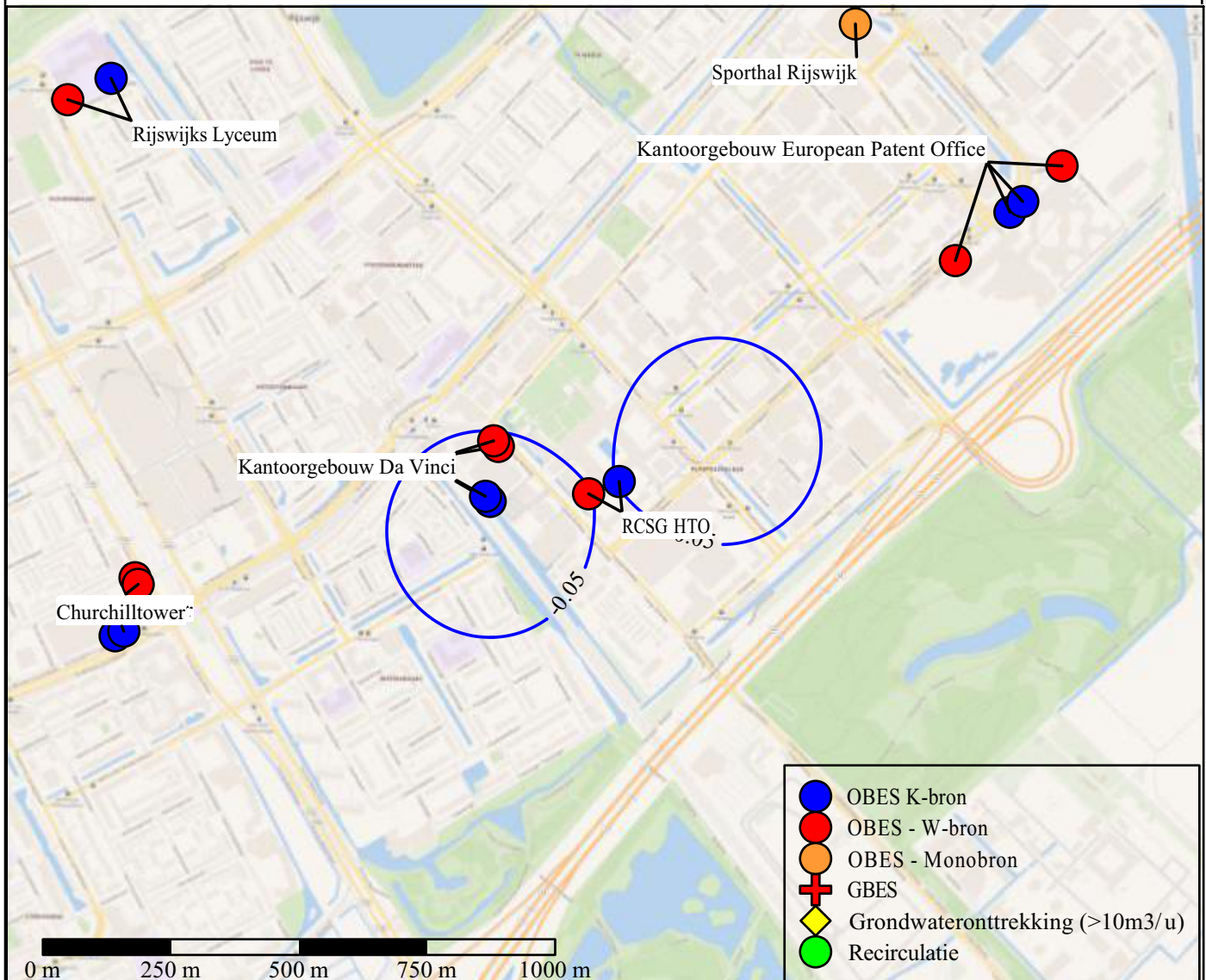
De invloed op de grondwaterstand (hoofdstuk 3.3) is zo gering ($< 0,01$ m) dat het bodemenergiesysteem geen invloed heeft op eventueel aanwezige verdrogingsgevoelige natuur.

4.10 CULTUURHISTORIE, ARCHEOLOGISCHE EN AARDKUNDIGE WAARDEN

De invloed op de grondwaterstand (hoofdstuk 3.3) is zo gering ($< 0,01$ m) dat het bodemenergiesysteem geen invloed heeft op eventueel aanwezige cultuurhistorie en archeologische waarden. Het bodemenergiesysteem ligt niet in een aardkundig waardevol gebied.

Figuren

Berekende maximale stijghoogteverandering
in de zandlaag op een diepte van: 175 - 180 m-mv
(bij een debiet van 90 m³/uur)



Project: Experimentele HTO RCSG Rijswijk

Datum: A: 08-04-2021
B:

Onderwerp: Berekende maximale stijghoogteverandering [m]
in het 3^e watervoerene pakket (175 - 180 m-mv)

Figuur: 3.1

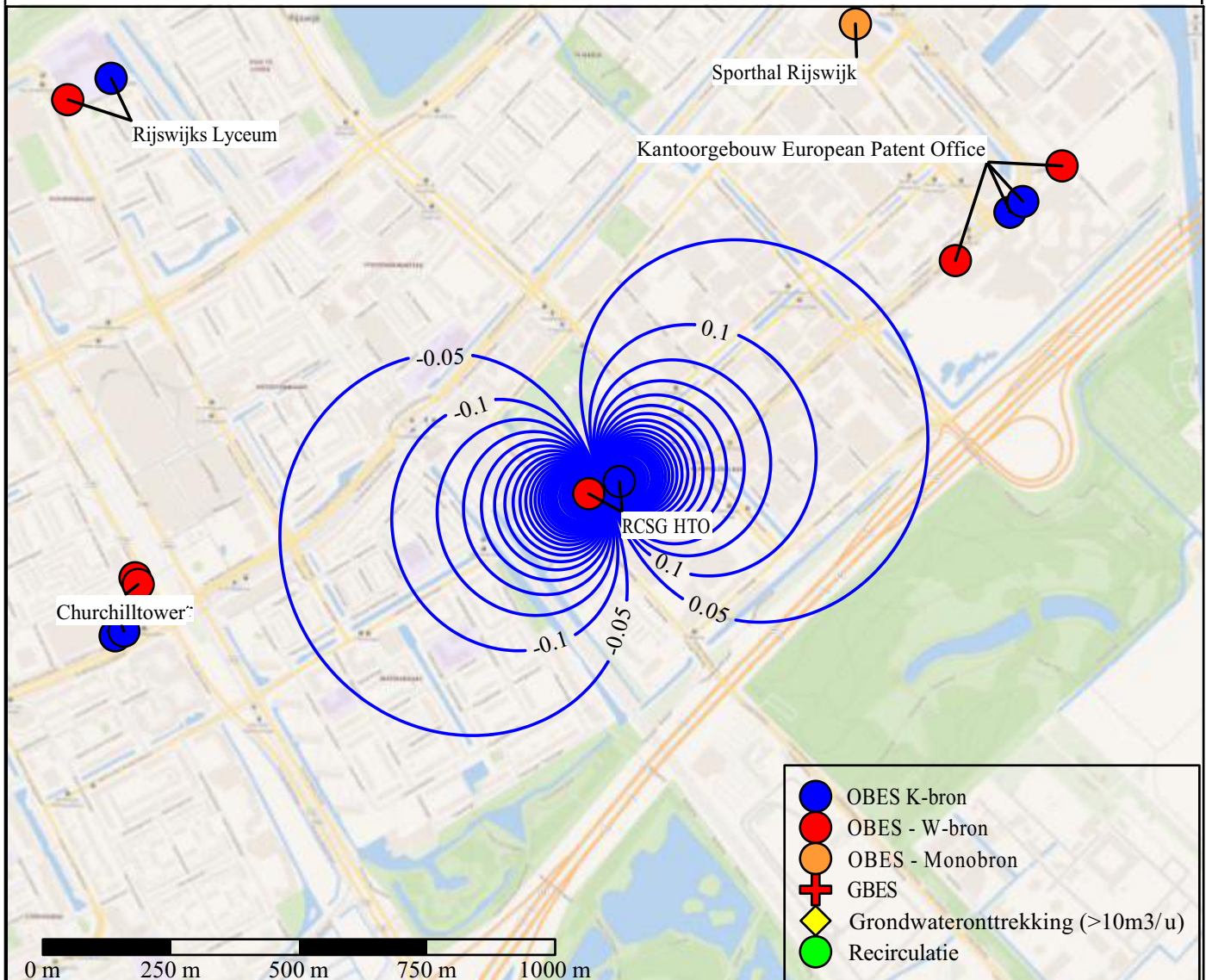
Stadium: effectenstudie

Referentie: 70270/RDx Getek.: PO

Form.: A4



Berekende maximale stijghoogteverandering
in de zandlaag op een diepte van: 185 - 200 m-mv
(bij een debiet van 90 m³/uur)



Project: Experimentele HTO RCSG Rijswijk

Datum: A: 08-04-2021
B:

Onderwerp: Berekende maximale stijghoogteverandering [m]
in het 3^e watervoerene pakket (185 - 200 m-mv)

Figuur: 3.2

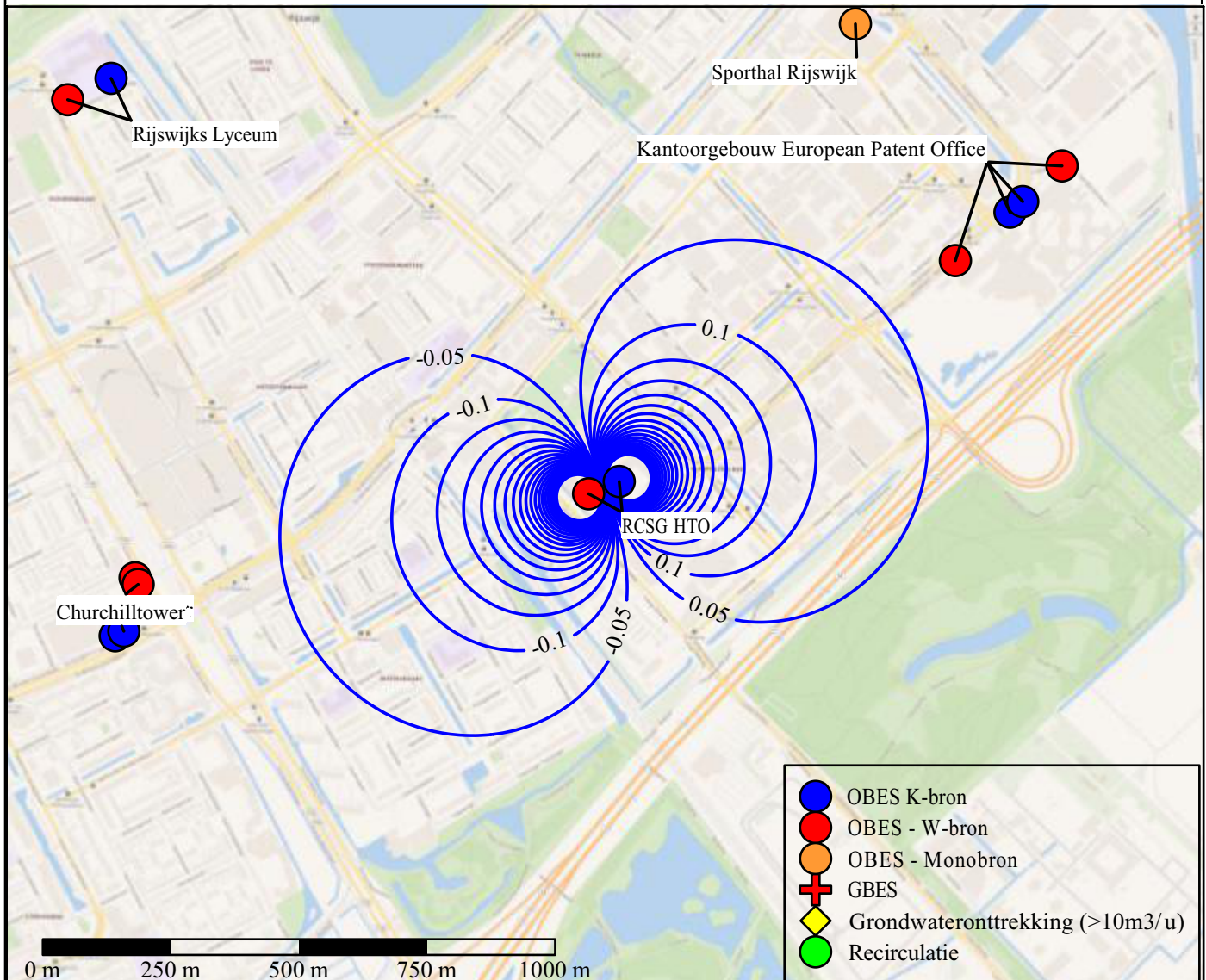
Stadium: effectenstudie

Referentie: 70270/RDx Getek.: PO

Form.: A4



Berekende maximale stijghoogteverandering
in de zandlaag op een diepte van: 200 - 210 m-mv
(bij een debiet van 90 m³/uur)



Project: Experimentele HTO RCSG Rijswijk

Datum: A: 08-04-2021
B:

Onderwerp: Berekende maximale stijghoogteverandering [m]
in het 3^e watervoerene pakket (200 - 210 m-mv)

Figuur: 3.3

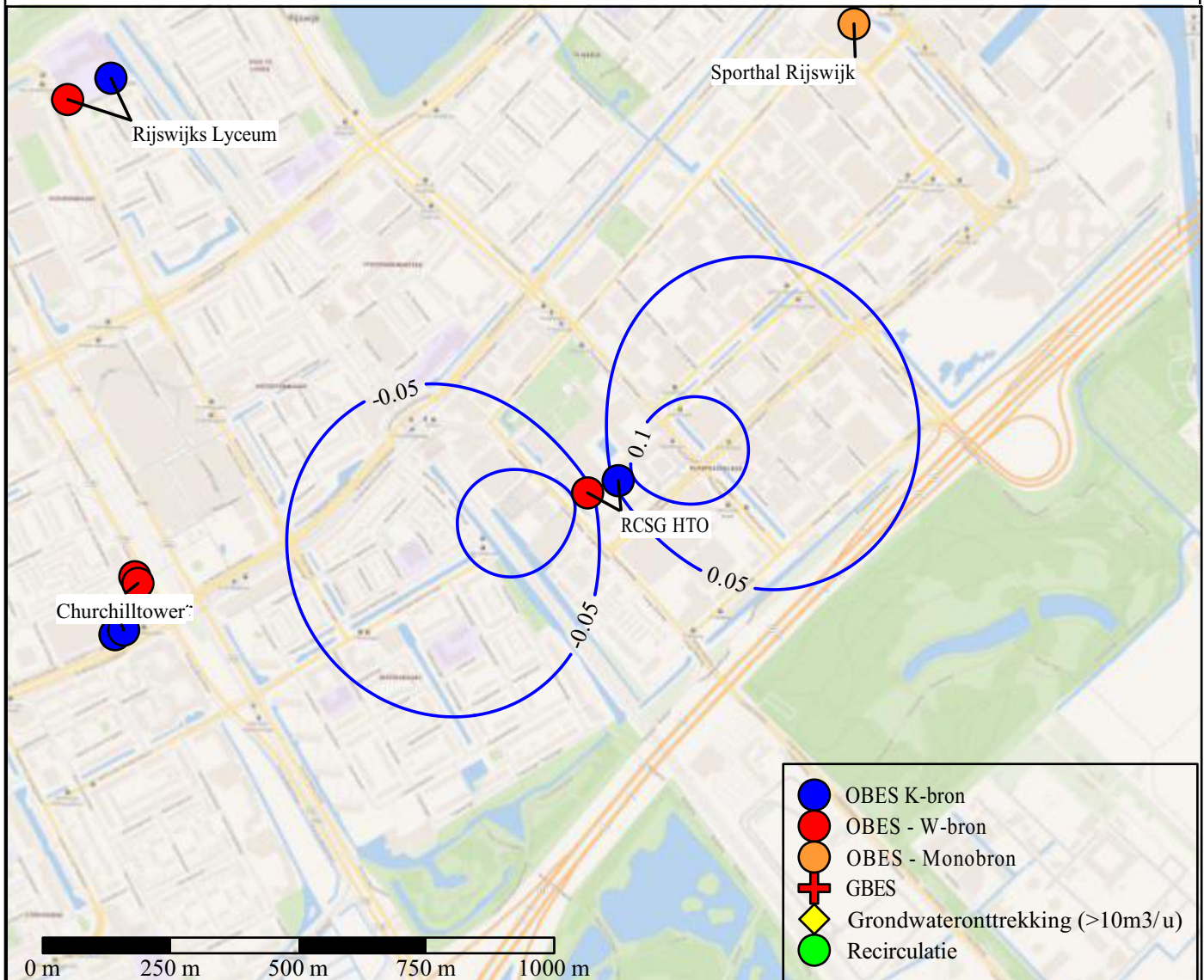
Stadium: effectenstudie

Referentie: 70270/RDx Getek.: PO

Form.: A4



Berekende maximale stijghoogteverandering
in de zandlaag op een diepte van: 212 - 235 m-mv
(bij een debiet van 90 m³/uur)



Project: Experimentele HTO RCGS Rijswijk

Datum: A: 08-04-2021
B:

Onderwerp: Berekende maximale stijghoogteverandering [m]
in het 3^e watervoerene pakket (212 - 235 m-mv)

Figuur: 3.4

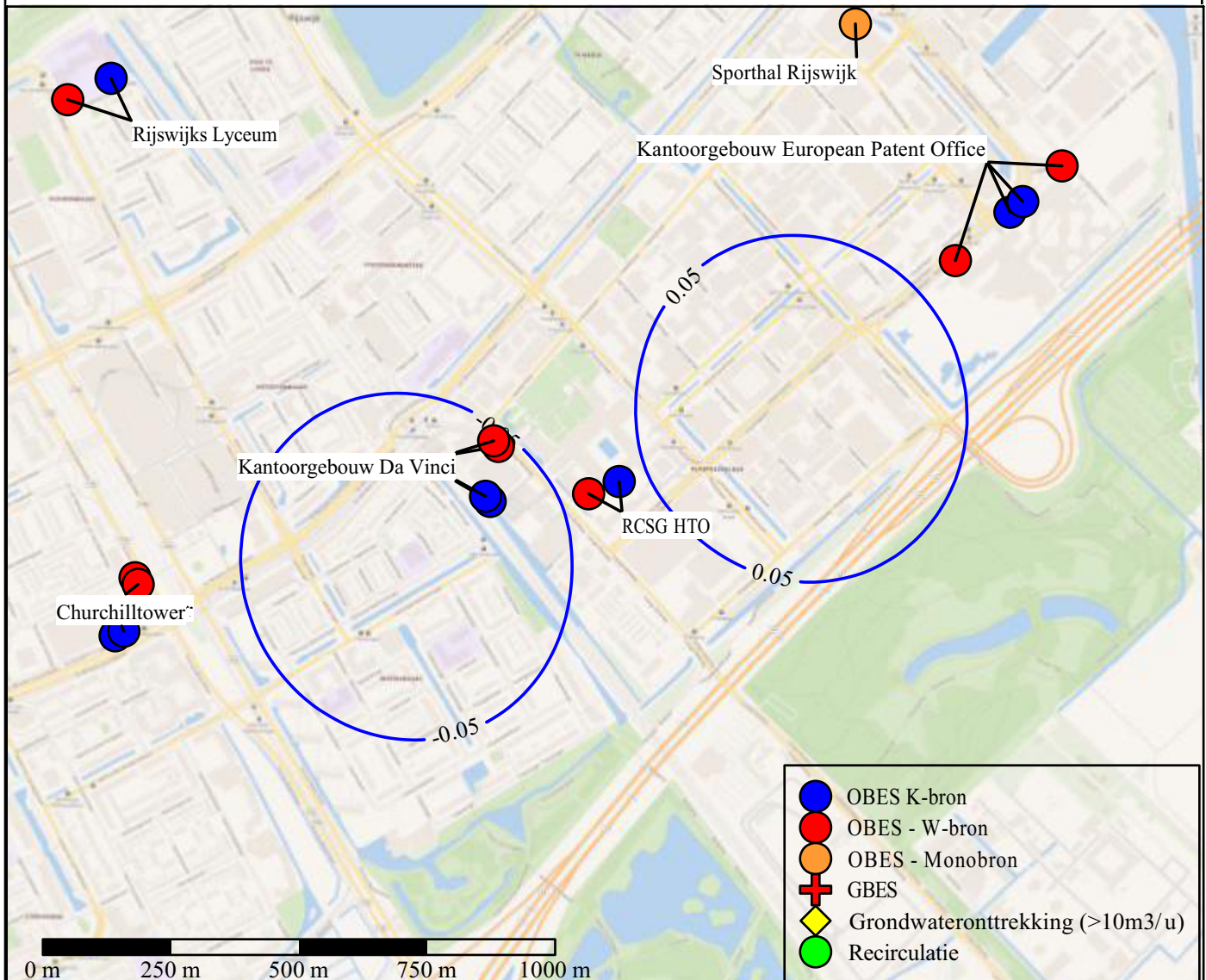
Stadium: effectenstudie

Referentie: 70270/RDx Getek.: PO

Form.: A4



Berekende maximale stijghoogteverandering
in de zandlaag op een diepte van: 165 - 170 m-mv
(bij een debiet van 200 m³/uur)



Project: Experimentele HTO RCSG Rijswijk

Datum: A: 08-04-2021
B:

Onderwerp: Berekende maximale stijghoogteverandering [m]
in het 3^e watervoerene pakket (165 - 170 m-mv)

Figuur: 3.5

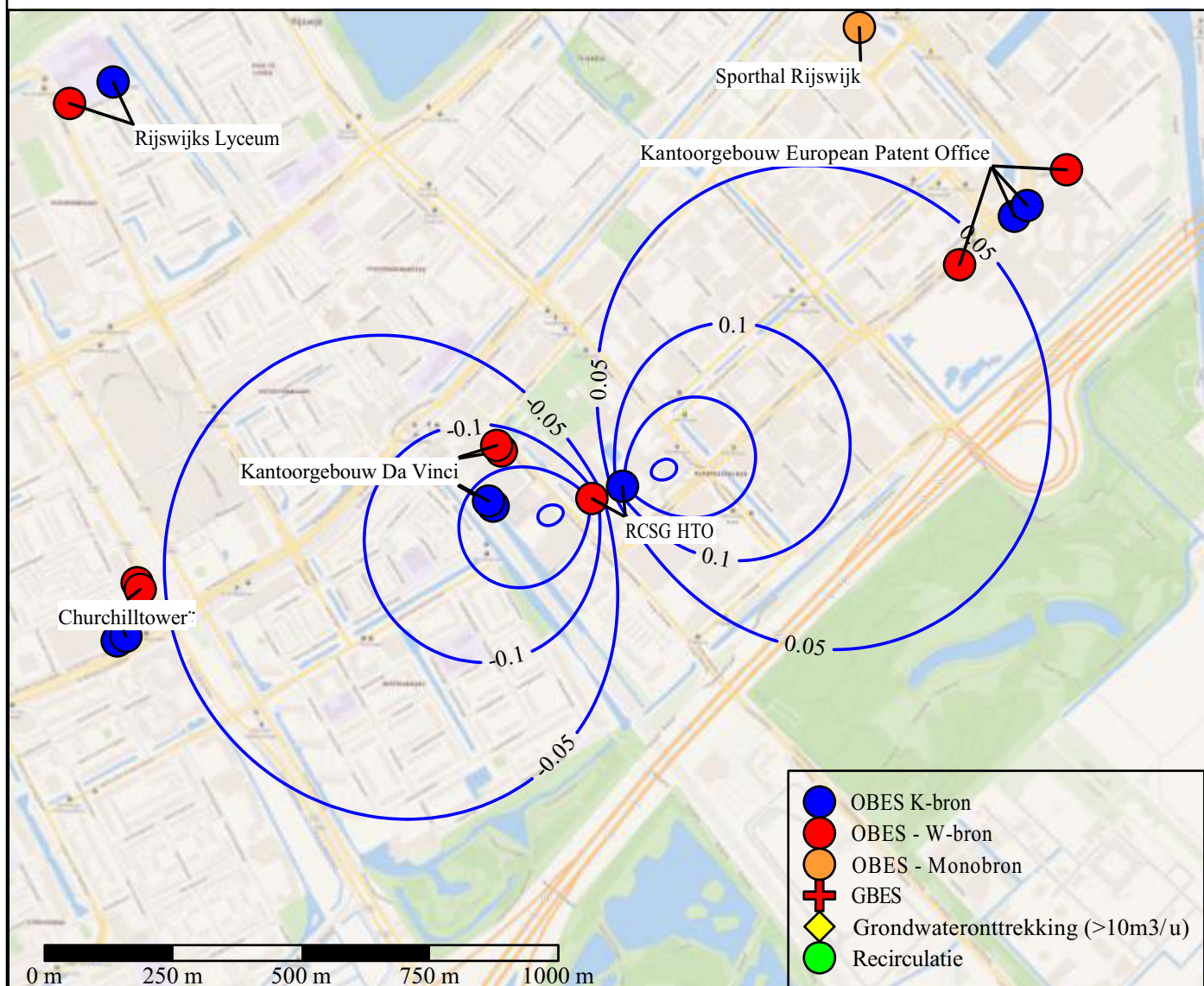
Stadium: effectenstudie

Referentie: 70270/RDx Getek.: PO

Form.: A4



Berekende maximale stijghoogteverandering
in de zandlaag op een diepte van: 175 - 180 m-mv
(bij een debiet van 200 m³/uur)



Project: Experimentele HTO RCSG Rijswijk

Datum: A: 08-04-2021
B:

Onderwerp: Berekende maximale stijghoogteverandering [m]
in het 3^e watervoerene pakket (175 - 180 m-mv)

Figuur: 3.6

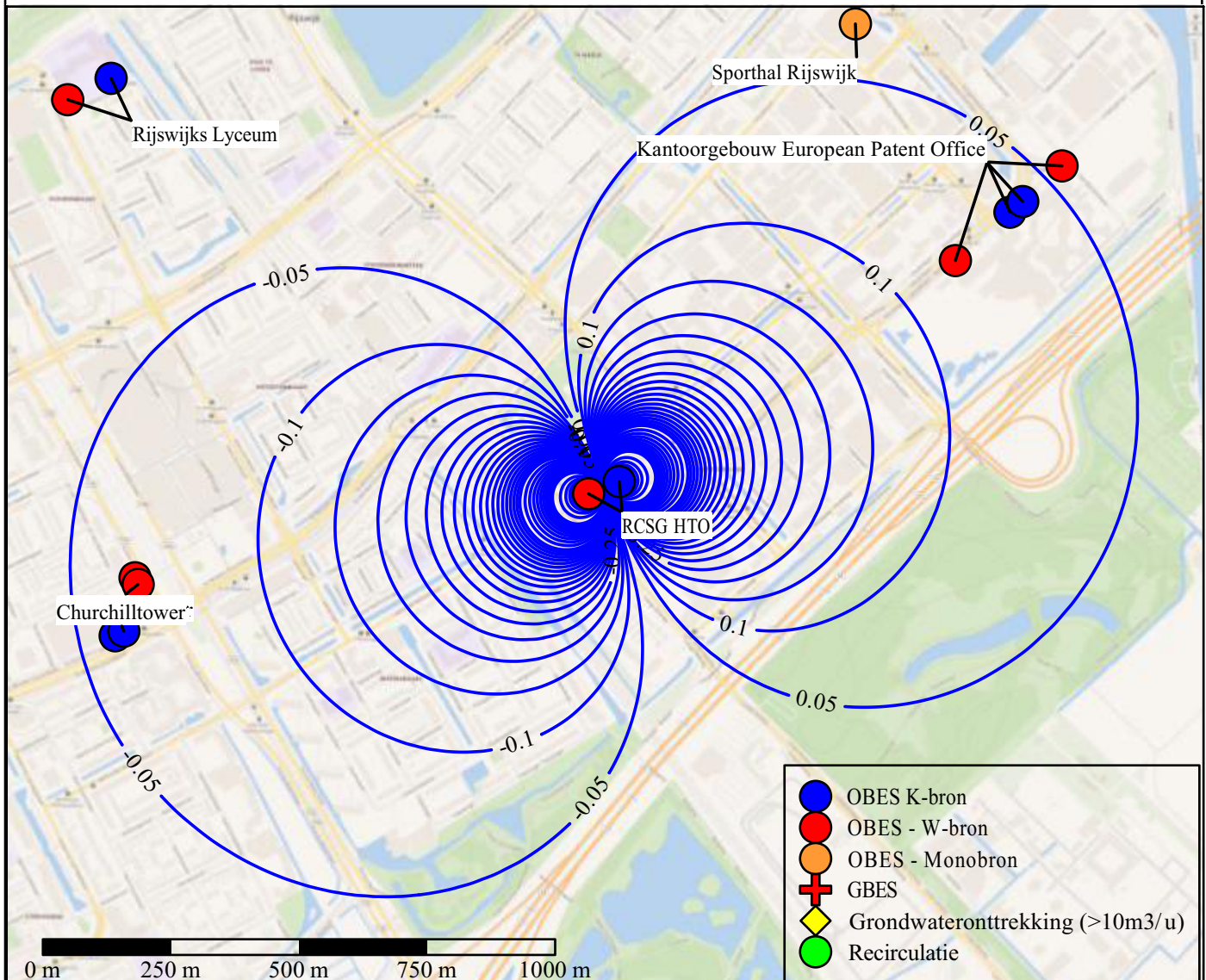
Stadium: effectenstudie

Referentie: 70270/RDx Getek.: PO

Form.: A4



Berekende maximale stijghoogteverandering
in de zandlaag op een diepte van: 185 - 200 m-mv
(bij een debiet van 200 m³/uur)



Project: Experimentele HTO RCSG Rijswijk

Datum: A: 08-04-2021
B:

Onderwerp: Berekende maximale stijghoogteverandering [m]
in het 3^e watervoerene pakket (185 - 200 m-mv)

Figuur: 3.7

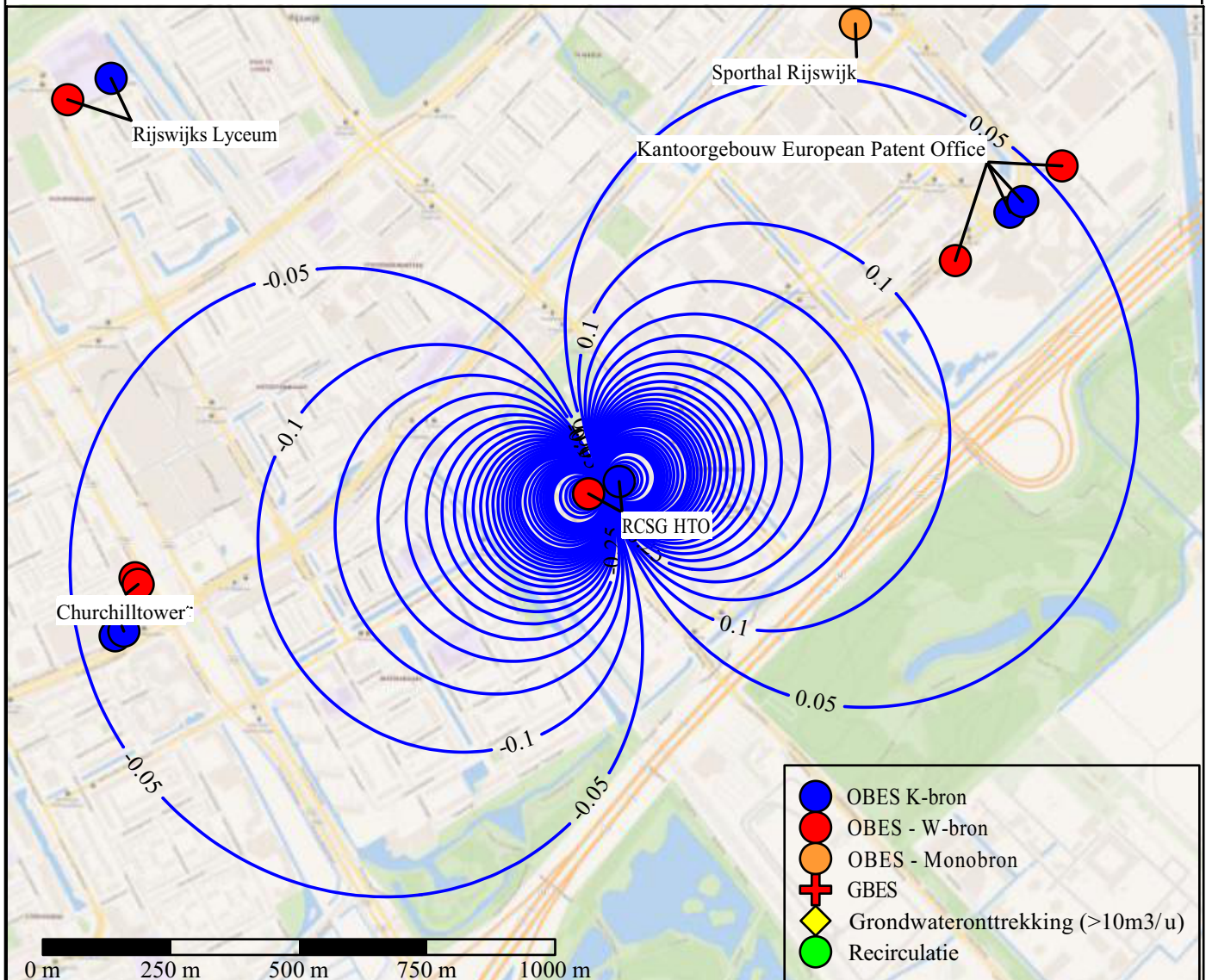
Stadium: effectenstudie

Referentie: 70270/RDx Getek.: PO

Form.: A4



Berekende maximale stijghoogteverandering
in de zandlaag op een diepte van: 200 - 210 m-mv
(bij een debiet van 200 m³/uur)



Project: Experimentele HTO RCSG Rijswijk

Datum: A: 08-04-2021
B:

Onderwerp: Berekende maximale stijghoogteverandering [m]
in het 3^e watervoerene pakket (200 - 210 m-mv)

Figuur: 3.8

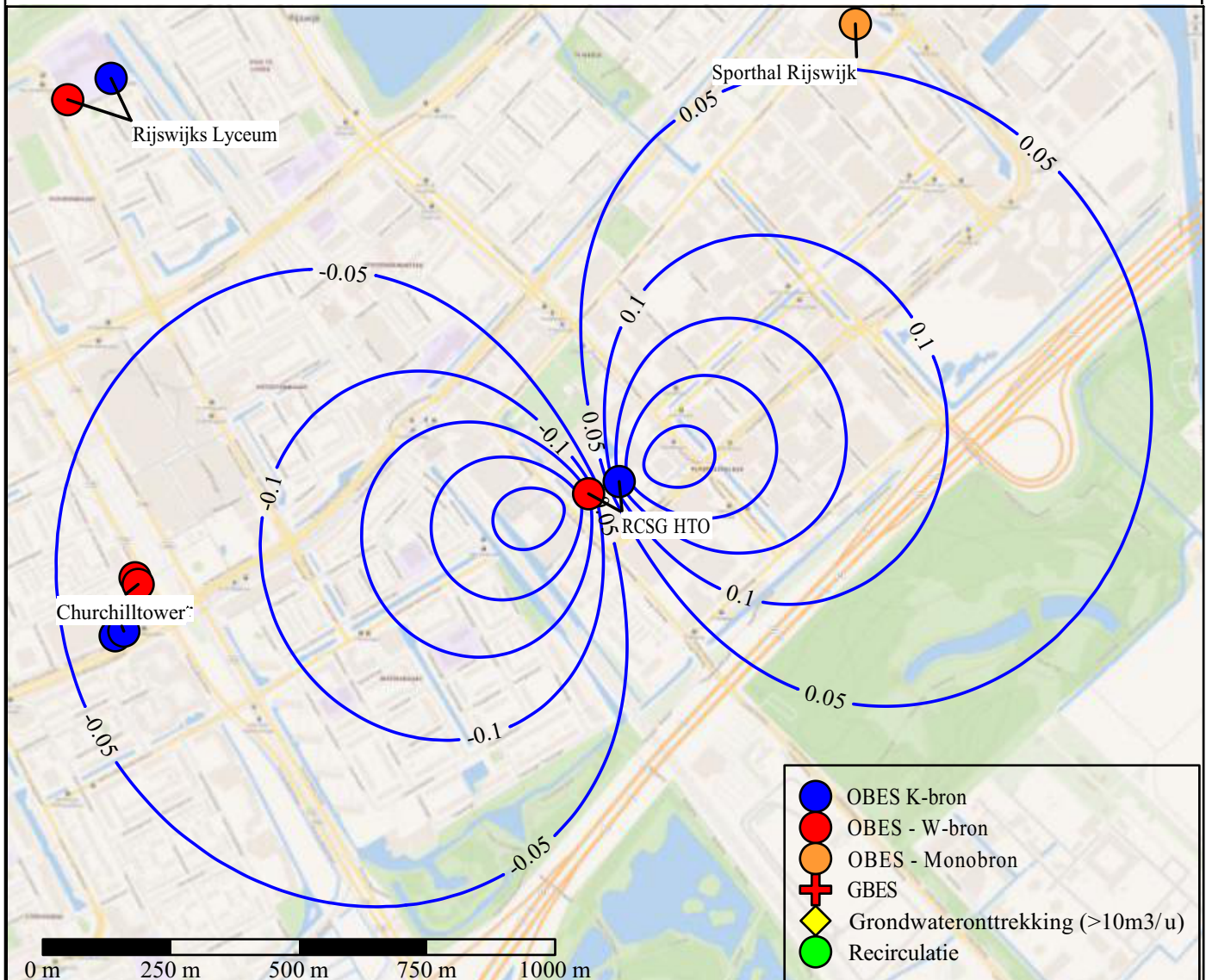
Stadium: effectenstudie

Referentie: 70270/RDx Getek.: PO

Form.: A4



Berekende maximale stijghoogteverandering
in de zandlaag op een diepte van: 212 - 235 m-mv
(bij een debiet van 200 m³/uur)



Project: Experimentele HTO RCSG Rijswijk

Datum: A: 08-04-2021
B:

Onderwerp: Berekende maximale stijghoogteverandering [m]
in het 3^e watervoerene pakket (212 - 235 m-mv)

Figuur: 3.9

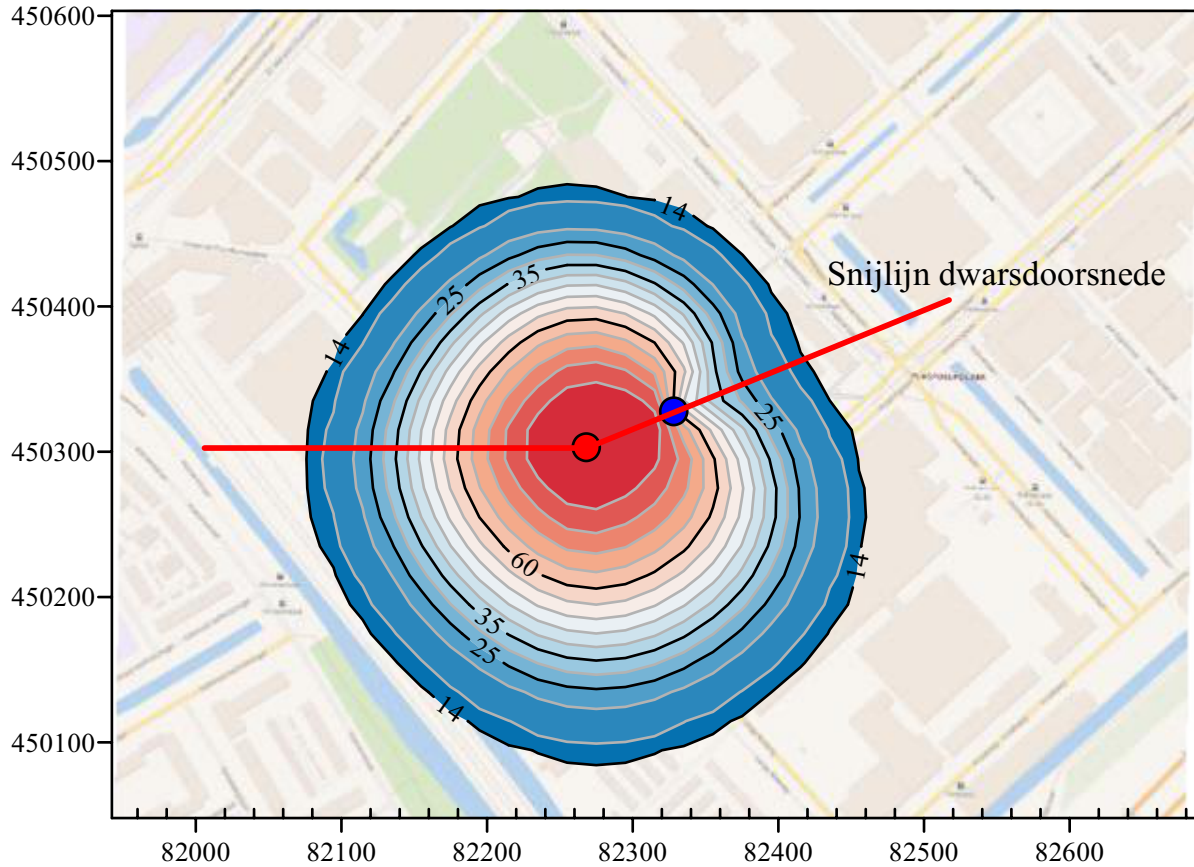
Stadium: effectenstudie

Referentie: 70270/RDx Getek.: PO

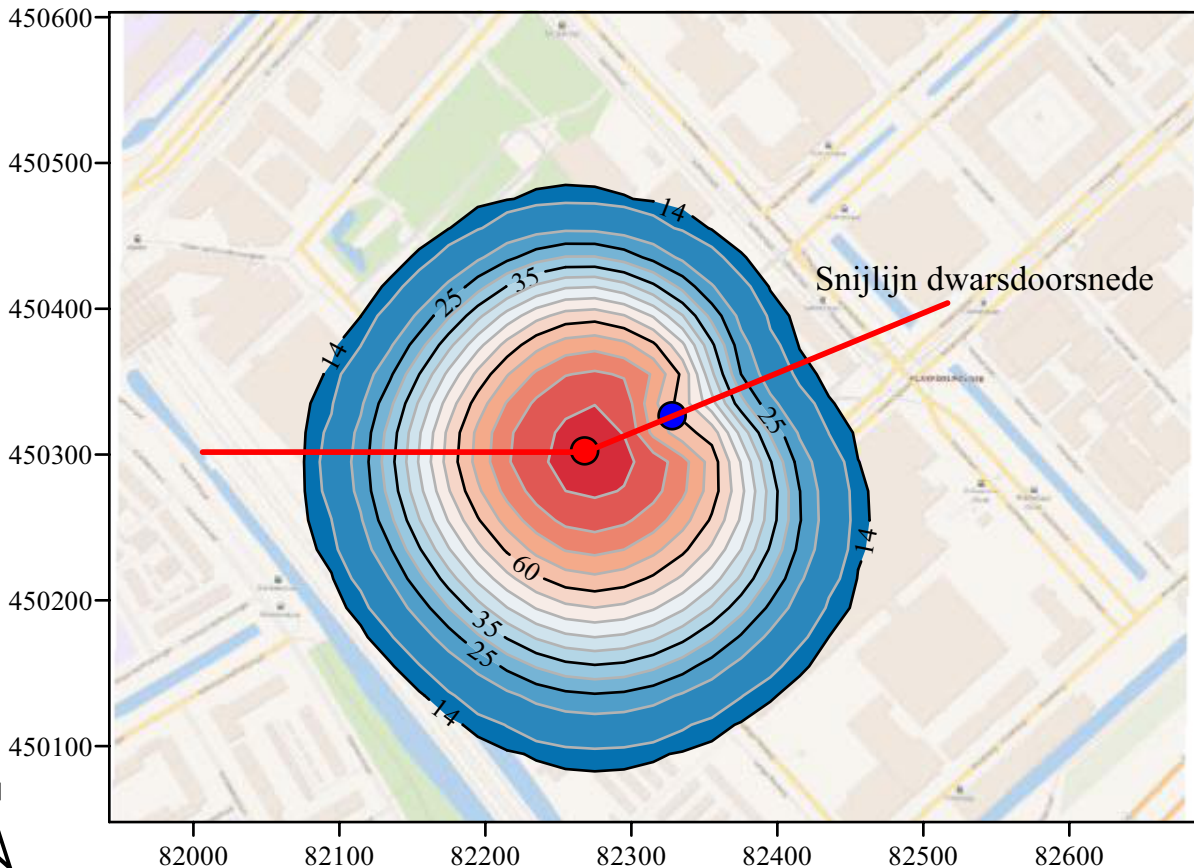
Form.: A4



situatie einde zomer



situatie einde winter



- Warme bron
- Koude bron
- ◆ Gesloten bodemenergiesysteem
- ◆ Grondwateronttrekking

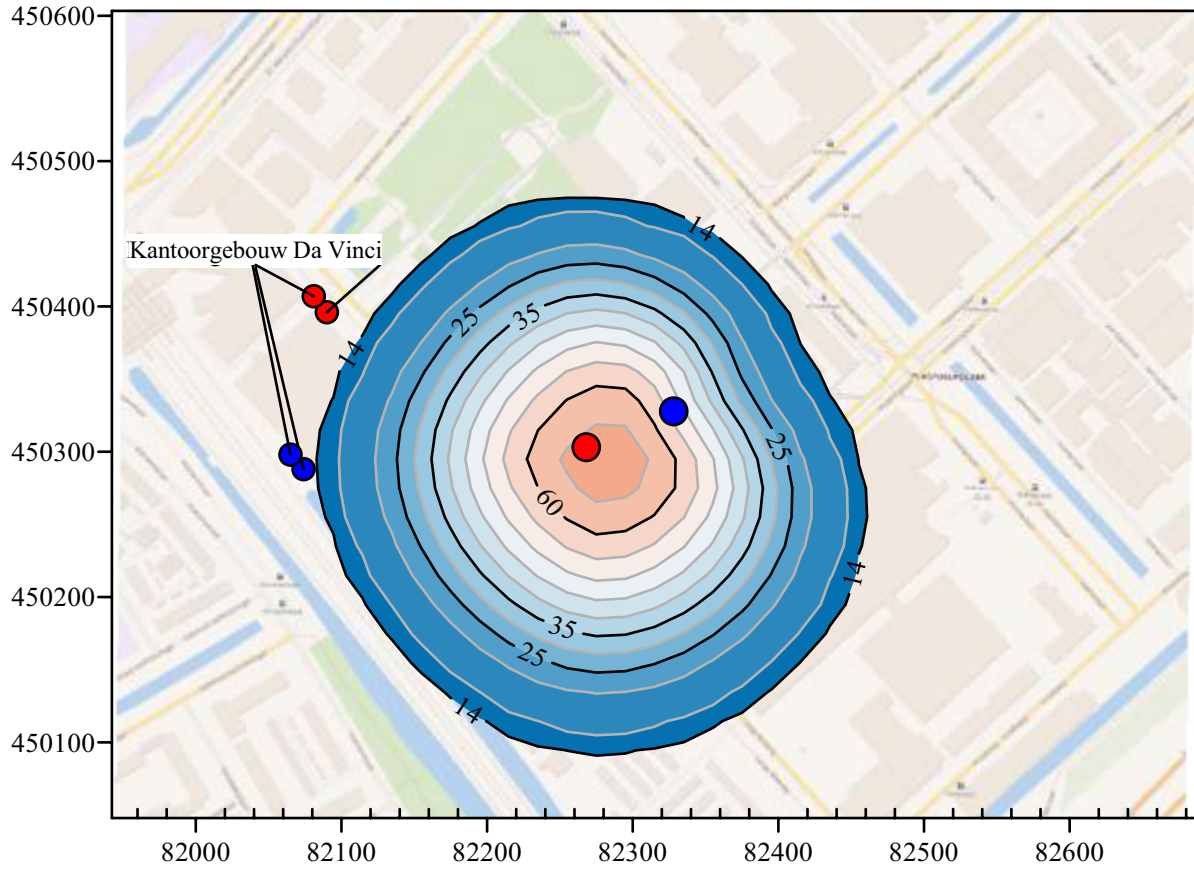
Project: Experimentele HTO RCSG Rijswijk Datum: A: 28-01-2021
B:

Onderwerp: Berekende temperaturen in het opslagpakket na 20 jaar energieopslag [°C]

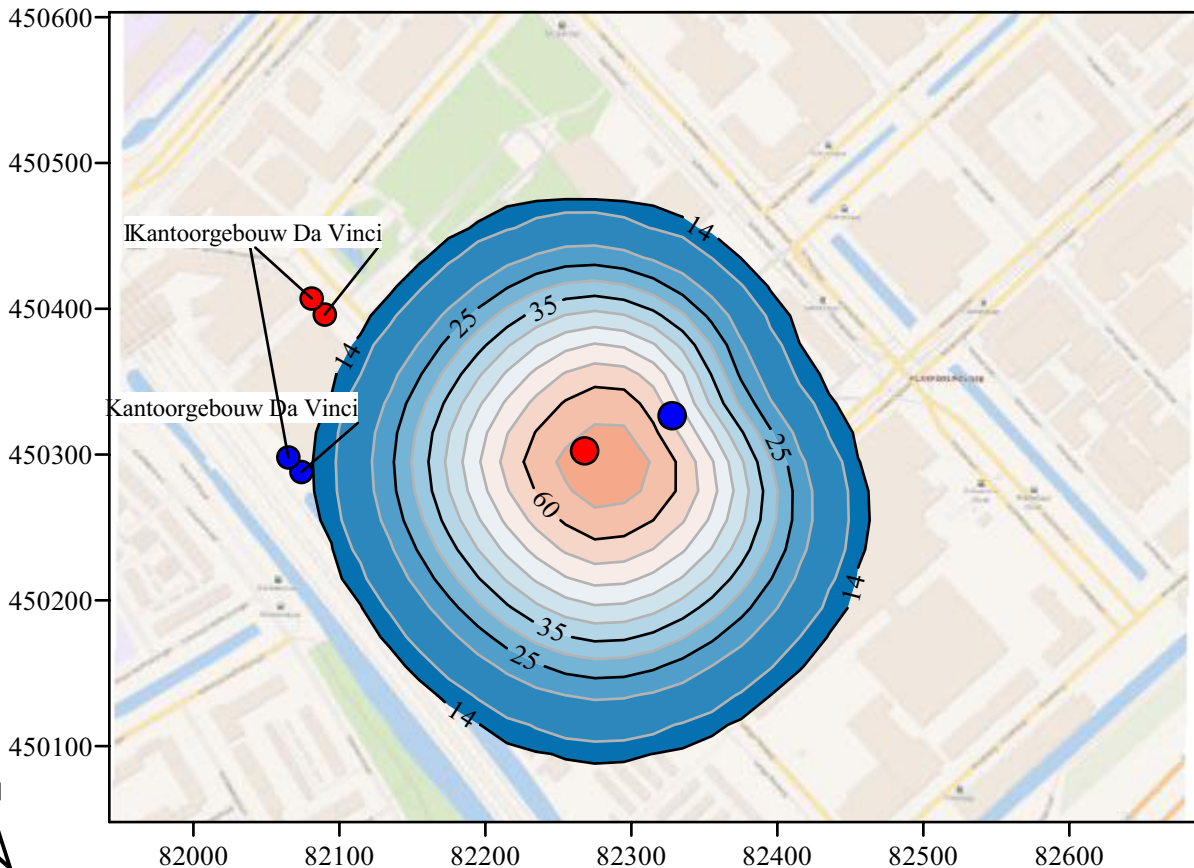
Figuur: 3.10 Stadium: effectenstudie
Referentie: 70270/RDx Getek.: PO Form.: A4



situatie einde zomer



situatie einde winter



- Warme bron
- Koude bron
- ◆ Gesloten bodemenergiesysteem
- ◆ Grondwateronttrekking

Project: Experimentele HTO RCSG Rijswijk Datum: A: 28-01-2021
B:

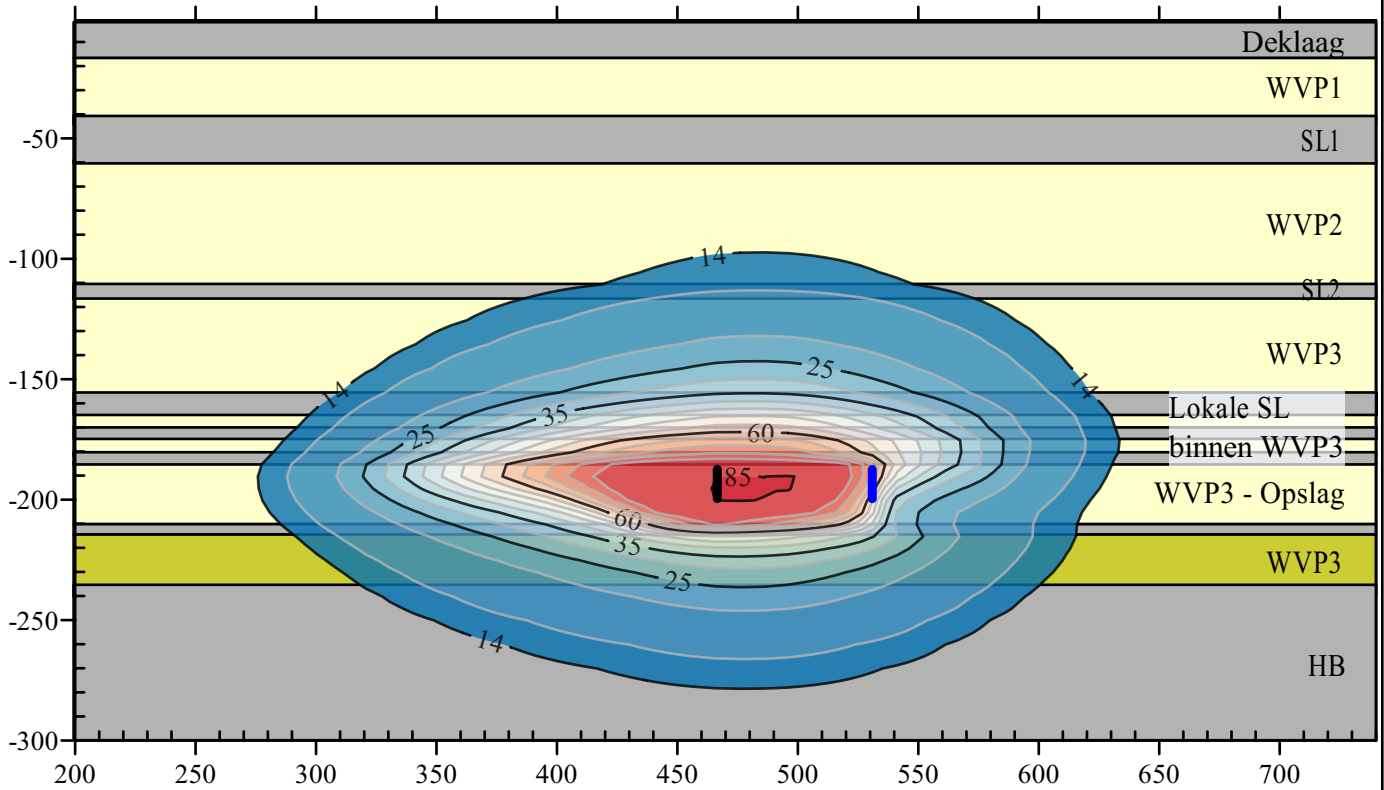
Onderwerp: Berekende temperaturen in de zandlaag (175 - 180 m-mv) boven het opslagpakket na 20 jaar energieopslag [°C]

Figuur: 3.11 Stadium: effectenstudie
Referentie: 70270/RDx Getek.: PO Form.: A4



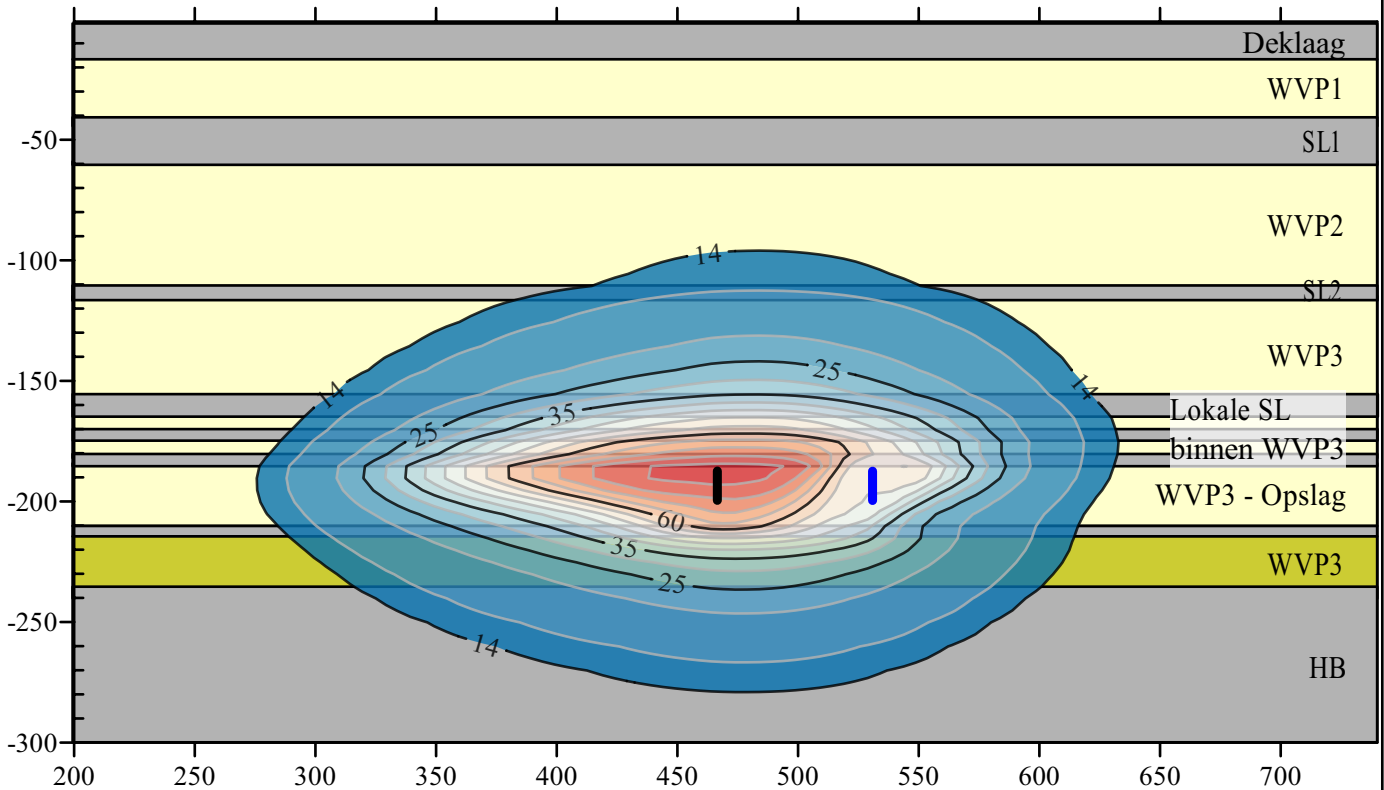
Temperatuurverdeling na 20 jaar (einde zomer)

W - O



Temperatuurverdeling na 20 jaar (einde winter)

W - O



Project: Experimentele OBES RCSG Rijswijk

Datum: A: 28-01-2021
B:

Onderwerp: Dwarsdoorsnede langs de bronnen met de berekende bodemtemperaturen na 20 jaar energieopslag [°C]

Figuur: 3.12

Stadium: effectenstudie

Referentie: 70270/RDx Getek.: PO

Form.: A4



Bijlage 1

NOTITIE MET UITGANGSPUNTEN VOOR DE AANVRAAG VERGUNNING WATERWET

Datum 7 april 2021
Referentie 70270/RDx/20210407
Betreft Experimentele HTO RCSG Rijswijk
Auteur P. Oerlemans
Gecontroleerd door

Uitgangspunten voor Experimentele HTO bij het RCSG Rijswijk

1 INLEIDING

Op een gedeelte van het terrein van 'At the Park' in Rijswijk (het voormalige Kessler Park) is het Rijswijk Centre for Sustainable Geo-energy (RCSG) gevestigd, een locatie van TNO. Het RCSG is een innovatiecentrum voor energie en duurzaamheid. Naast het gebouw staat een boorplatform boven een 400m diepe put, die volledig is gecementeerd en wordt gebruikt voor allerlei experimenten met betrekking tot puttechnologie en de ondergrond. Naast deze bestaande put zijn er nog twee putten (conductors) van 36 m diep, die verder kunnen worden uitgeboord. TNO is voornemens om een van deze conductors te gebruiken voor het boren van een nieuwe put (tot circa 480 meter diep) binnen het project GENOVATIVE, om ervaring op te doen met verschillende boortechnieken en de aanleg van monitoringsapparatuur.

Hierna wordt de gedeveierde boring geabandonneerd en wordt de put afgewerkt als een verticale put tot een diepte van circa 200 m-mv, die zal dienen als één van de twee putten van de experimentele HTO bij het RCSG. Ten behoeve van de experimentele HTO (doublet) wordt op enige afstand een tweede put gerealiseerd (de 'hulpput').

In een eerder stadium is met TNO, Omgevingsdienst Haaglanden (ODH), Hoogheemraadschap Delfland, Huisman, EBN en IF Technology gesproken over de opzet van de Experimentele HTO. Het systeem is in juridische zin een experimenteel Open Bodemenergiesysteem (Experimentele OBES) dat wordt gerealiseerd in het kader van een onderzoeksproject. Het betreft een doubletsysteem waarvoor een vergunning Waterwet nodig is. De Omgevingsdienst Haaglanden is namens de provincie Zuid-Holland gemandateerd om de vergunning Waterwet te verlenen. TNO heeft IF Technology betrokken bij het project, onder andere voor het regelen van de vergunningaanvraag.

Een eerste belangrijke stap voordat het vergunningstraject kan worden opgestart, is het bepalen van de uitgangspunten van het systeem. Deze zijn van groot belang omdat op basis hiervan het Geohydrologisch Vooronderzoek (GeoVO) en de vergunningaanvraag worden opgesteld. In deze notitie zijn de belangrijke uitgangspunten opgenomen, en is er tevens een voorstel gedaan voor de aan te houden waarde, op basis van de experimenten die met de HTO zullen worden uitgevoerd (zoals beschreven in het 'Concept Werkprogramma' van TNO, d.d. 29-5-2020).

2 VOORZIENE EXPERIMENTEN BIJ DE EXPERIMENTELE HTO

Er worden drie categorieën van tests voorzien met de experimentele HTO:

- 1 Experimenten gericht op het testen van put-apparatuur. Omdat hierbij geen grondwater wordt onttrokken of geïnfilteerd middels de put, zijn deze experimenten niet relevant voor de uitgangspunten voor de vergunning Waterwet.

- 2 Experimenten gericht op (de combinatie van) reservoir- en vloeistofgedrag. Omdat het hiervoor nodig is om water in de bodem te brengen (op een bepaalde temperatuur) en weer te onttrekken, worden hier uitgangspunten voor de vergunning Waterwet voor bepaald.
- 3 Experimenten gericht op putinterventies en -aanpassingen. Hieronder valt ook het testen van methodieken voor het verlaten van een put. In de vergunning Waterwet worden normaliter een aantal eisen gesteld m.b.t. de beëindiging van de onttrekking en de afsluiting van de put.

3 UITGANGSPUNTEN VOOR DE EXPERIMENTEN VAN CATEGORIE 2

Om een vergunningaanvraag in het kader van de Waterwet te kunnen uitvoeren zijn een aantal uitgangspunten nodig, zoals de gemiddelde/maximaal te verpompen hoeveelheden grondwater per jaar, het maximale debiet en maximale infiltratietemperaturen. Met name voor categorie 2 van de hierboven genoemde experimenten zijn uitgangspunten voor de vergunning Waterwet van de Experimentele OBES nodig. De voorgestelde uitgangspunten voor de vergunningaanvraag zijn in onderstaande tabel weergegeven.

Tabel 1 | *Uitgangspunten open bodemenergiesysteem t.b.v. de vergunningaanvraag Waterwet*

| parameter | eenheid | uitgangspunt |
|--|------------------------|---|
| maximaal te verpompen waterhoeveelheid ^a | [m ³ /jaar] | |
| * Warmteopslagcyclus (zie 4.1) | | 300.000 |
| * Pomptesten (zie 4.2) | | 40.000 |
| * Test warmtewisselaar in put (zie 4.3) | | 10.000 |
| * Tracer-test (zie 4.4) | | 50.000 |
| Totaal | | 400.000 |
| gemiddeld te verpompen waterhoeveelheid ^{a,b} | [m ³ /jaar] | |
| * 1 warmteopslagcyclus (zie 4.1) | | 150.000 |
| * Pomptesten (zie 4.2) | | 20.000 |
| * 1 test warmtewisselaar in put (zie 4.3) | | 5.000 |
| * 1 tracer-test (zie 4.4) | | 0, vindt plaats binnen warmteopslagcyclus (4.1) |
| Totaal | | 175.000 |
| maximaal debiet ^c | [m ³ /uur] | 200 |
| maximale hoeveelheid ontwikkelwater | [m ³] | circa 15.000 |
| maximale spuihoeveelheid | [m ³ /jaar] | circa 1.500 |
| minimale infiltratietemperatuur | [°C] | 5 |
| maximale infiltratietemperatuur ^d | [°C] | 85 |
| gemiddelde infiltratietemperatuur | [°C] | n.t.b. |
| gemiddeld verplaatste energiehoeveelheid | [MWh/seizoen] | n.t.b. voor winter- en zomerperiode |

^a zie vervolg voor toelichting.

^b uitgaande van één gemiddelde 'warmteopslagcyclus' (à 150.000 m³/jaar) waarin een tracer-test kan worden toegepast, en enkele aanvullende proeven per jaar waarbij ook met een hoger debiet zal worden gepompt dan de NVOE-normen voorschrijven. Voor een aanvraag vergunning Waterwet voor 'reguliere' OBES (< 25°C) bij de provincie Zuid-Holland dienen de effecten op basis van gemiddelde (en dus niet de maximale) waterverplaatsing inzichtelijk te worden gemaakt in de effectenstudie. Voor de vergunningaanvraag bij RCSG kan ook worden uitgegaan van worst-case uitgangspunten, door niet de gemiddelde, maar de maximaal te verplaatsen waterhoeveelheden aan te houden bij de thermische berekeningen.

^c op basis van de onttrekkingsnorm is een maximaal debiet van 90 m³/uur mogelijk bij de warme bron (uitgaande van een minimale onttrekkingstemperatuur van 45 °C). Echter, in de vergunning Waterwet wordt een ruimere waarde (200 m³/uur) aangevraagd, zodat er ruimte bestaat om voor onderzoeksdoelinden kortstondig hogere debieten toe te passen dan de bestaande normen voorschrijven (zie ook sectie 4.2).

^d zoals besproken zal de temperatuur in de put lager dan 85 °C moeten blijven, vanwege gebruikte materialen en meetapparatuur in de put.

Warmteoverschot in de ondergrond

Voor de vergunning Waterwet is het van belang om het warmteoverschot in de ondergrond te specificeren. Dit is afhankelijk van de verhouding tussen de geïnfiltreerde en de teruggewonnen warmte uit het systeem. In het Geohydrologisch Vooronderzoek (GeoVo) wordt een set indicatieve modelberekeningen uitgevoerd om te kijken welke orde grootte warmteoverschot in de ondergrond verwacht mag worden. Het advies is om enige marge te rekenen op het verwachte overschot, omdat de vergunning Waterwet naar verwachting zal eisen dat het aangevraagde warmteoverschot (berekend over 5 jaar) niet mag worden overschreden. In de effectenstudie dient te worden opgenomen welk warmteoverschot er wordt aangevraagd.

Aan de bodem toegevoegde stoffen

Wanneer er stoffen aan het grondwater worden toegevoegd, zoals CO₂ en/of waterstofchloride (HCl) voor tegengaan van kalkneerslag, of een tracer voor de tracer-tests, zal in nader overleg met het bevoegd gezag moeten worden afgestemd op welke manier dit in de vergunning wordt opgenomen.

Bovenstaande uitgangspunten voor het Experimentele OBES zijn bepaald op basis van de verwachte proeven, die in hoofdstuk 4 nader zijn beschreven.

4 VOORZIENE EXPERIMENTEN

Op dit moment worden een aantal experimenten voorzien door TNO. Een korte beschrijving van die experimenten is hieronder weergegeven, inclusief de waterhoeveelheden/debietten/temperaturen die daarvoor nodig zijn. Door de benodigde uitgangspunten van de verschillende beoogde experimenten bij elkaar op te tellen, ontstaat de totale set met uitgangspunten die voor de aanvraag vergunning Waterwet kan worden gehanteerd.

NB: onderstaande beschrijvingen bevatten geen detailuitwerking van de beoogde proeven, en dienen alleen om de benodigde uitgangspunten voor de Waterwet te definiëren. Een meer nauwkeurige uitwerking van de verschillende experimenten zal worden opgenomen in een gedetailleerder monitoringsplan, dat vóór ingebruikname van de experimentele HTO zal worden opgesteld.

4.1 Nabootsen van warmteopslagcyclus

Er wordt warm water (maximaal 85 °C) geïnfiltreerd in de put, dat pas na een nader te bepalen verblijftijd in de ondergrond weer wordt geproduceerd. Hiermee wordt een cyclus warmteopslag nagebootst. De temperaturen en grondwaterkwaliteit kunnen gemonitord worden, om zo te onderzoeken welke chemische (en microbiologische) processen er plaatsvinden, en in welke mate. Eventueel kunnen stoffen worden toegevoegd om te kijken op welke wijze de effecten kunnen worden gemitigeerd, maar dit dient met het bevoegd gezag te worden besproken. De relevante uitgangspunten voor de vergunning Waterwet voor deze proef zijn in onderstaande tabel weergegeven.

| Parameter | Eenheid | Uitgangspunt | Toelichting |
|---|-------------------|--------------|---|
| Frequentie (per jaar) | - | 2 | Vermoedelijk zijn 1 á 2 van deze tests per jaar mogelijk |
| Gemiddeld debiet | m ³ /h | 50 | Mogelijk varieert het debiet gedurende de cyclus. |
| Infiltratietemperatuur | °C | Max 85 °C | Om de effecten van hoge temperatuur warmteopslag te kunnen onderzoeken, moet een maximale infiltratietemperatuur in de aanvraag vergunning Waterwet worden gehanteerd. |
| Maximale verplaatste waterhoeveelheid, per 'warmteopslagcyclus'-proef | m ³ | 150.000 | Uitgangspunt per 'opslagcyclus': Laadperiode: 1500 vollasturen, 50 m ³ /h = 75.000 m ³ Ontlaadperiode: 1500 vollasturen, 50 m ³ /h = 75.000 m ³ |
| Maximale totale verplaatste waterhoeveelheid, per jaar | m ³ | 300.000 | Op basis van 2 proeven per jaar |
| Gemiddelde totale verplaatste waterhoeveelheid, per jaar | m ³ | 150.000 | Op basis van 1 proef per jaar |

Eventueel kan bovenstaande twee proeven worden gecombineerd tot één grote proef, waar dan maximaal 150.000 m³ grondwater geïnfiltreerd kan worden voor het laden van warmte, en nog eens maximaal 150.000 m³ voor het (gedeeltelijk) terugwinnen van de warmte.

4.2 Onttrekkings- en infiltratietesten t.b.v. bepalen geohydrologische eigenschappen

Er zullen verschillende testen worden uitgevoerd met verschillende debieten, om de geohydrologische eigenschappen van het pakket te bepalen (doorlatendheid, mate van skin). Doorlooptijd is dagen tot weken. Mogelijk vindt achteraf spoeling plaats om het geleverde zand uit het systeem te verwijderen.

De doorlatendheid (m/d) van het opslagpakket is temperatuurafhankelijk. Daarom kan het interessant zijn om doorlatendheden te meten bij verschillende onttrekkings- en infiltratietemperaturen.

De verwachte uitgangspunten voor deze proef zijn in onderstaande tabel weergegeven.

| Parameter | Eenheid | Aangehouden waarde | Toelichting |
|--|-------------------|--------------------|--|
| Frequentie (per jaar) | - | 4 | Mogelijk op regelmatige basis testen, om verstopping van boorgatwand te kunnen testen |
| Maximaal debiet | m ³ /h | 200 | Voorlopige inzet voor het maximale debiet; zie 4.2.1 voor alternatieve optie. |
| Infiltratietemperatuur | °C | Max 85 °C | Dit biedt de mogelijkheid om de putcapaciteit te testen op verschillende temperaturen. Dit is relevant omdat de doorlatendheid (m/d) afhankelijk is van de grondwatertemperatuur. |
| Maximaal verplaatst watervolume, per jaar | m ³ | 40.000 | Maximaal 24 uur pompen op maximaal debiet. Langere testen zijn gewenst voor onderzoeken van temperatuurafhankelijkheid van de resultaten. Per put maximaal 24 uur lang onttrekken op 200 m ³ /uur. Testen op dit hoge debiet van 200 m ³ /uur wordt maximaal 4 dagen per jaar uitgevoerd. |
| Gemiddeld verplaatst watervolume, per jaar | m ³ | 20.000 | Er zullen jaren zijn met meer en jaren met minder pomptesten. Naar verwachting wordt tijdens deze testen gemiddeld circa de helft van de maximale waterhoeveelheid verplaatst. |

4.2.1 Aanvullende testen

Op dit moment worden open bodemenergiesystemen (OBES) in Nederland ontworpen op basis van de NVOE-normen voor infiltratie, onttrekking en opbarsting van de bodem. De onttrekkingsnorm is ingesteld om zandproductie bij een put te voorkomen, en stelt dat de snelheid van onttrokken water op de boorgatwand niet meer mag zijn dan tweemaal de doorlatendheid (m/d) van het zandpakket waar het filter in geplaatst is. Echter, in de praktijk wordt zandproductie bij OBES nauwelijks ondervonden, wat aangeeft dat de normen aan de strikte kant zijn. Bij een recent geïnstalleerde HTO (bij ECW in Middenmeer, diepte van 360 m-mv) is deze norm met een factor 3,8 overschreden, waarbij vooralsnog geen sprake was van aanzienlijke zandproductie. Mogelijk kan dit aspect nader onderzocht worden bij het RCSG door hogere debieten toe te passen dan de normen voorschrijven. Het bevoegd gezag heeft aangegeven dat het maximale debiet dat bij RCSG mag worden toegepast, niet hoger mag liggen dan het debiet dat in de vergunning is opgenomen. Daarom wordt voor de vergunningaanvraag een maximaal debiet van 200 m³/uur gehanteerd. Dit is circa 2 keer zo hoog als de onttrekkingsnorm bij een temperatuur van 45 °C, en 5 keer zo hoog als de onttrekkingsnorm bij de natuurlijke temperatuur van het grondwater (circa 12 °C). Wanneer TNO deze testen op hoog debiet wil kunnen uitvoeren, dienen de technische eigenschappen van de put hier wel toereikend voor te zijn.

4.3 Testen warmtewisselaar onderin put

Een relatief nieuw onderzoeksgebied is het testen van warmtewisseling in de put zelf, waarbij de warmtewisselaars onderin de put hangen. Dit concept kan worden getest door water in de put zelf te circuleren, waarbij de interactie met formatiewater beperkt is, of door water te produceren waarbij warmte/koude wordt uitgewisseld bij de warmtewisselaars. Naar verwachting duurt de test relatief kort (uren tot dagen), waardoor ook een kleine verplaatste waterhoeveelheid nodig is. De verwachte uitgangspunten voor deze proef zijn in onderstaande tabel weergegeven.

| Parameter | Eenheid | Aangehouden waarde | Toelichting |
|-----------------------------------|-------------------|--------------------|---|
| Frequentie (per jaar) | - | 2 | Vermoedelijk zijn 1 á 2 van deze tests per jaar voldoende om de apparatuur te testen |
| Maximale infiltratietemperatuur | °C | 85 | De onttrekkingstemperatuur bij de warme bron is lager dan de infiltratietemperatuur. |
| Maximaal debiet | m ³ /h | 50 | Vermoedelijk wordt met beperkt debiet gepompt |
| Verplaatst watervolume, per proef | m ³ | 5.000 | 100 uur pompen op 50 m ³ /h biedt naar verwachting voldoende tijd om warmtewisselaar te testen |
| Verplaatst watervolume, per jaar | m ³ | 10.000 | Op basis van een frequentie van 2. |

4.4 Tracer-tests

Bij een tracer test wordt er een zeer geringe hoeveelheid van een onschadelijke stof aan het water toegevoegd dat wordt geïnjecteerd. Voorwaarde is dat deze stof analytisch te meten en onderscheiden is. Na een zekere verblijftijd wordt een vergelijkbare hoeveelheid geproduceerd als dat er is geïnjecteerd. Dit geproduceerde water wordt geanalyseerd om de concentratie van de tracer te bepalen. Dit geeft een indicatie van stroming van het water in het reservoir. Het toedienen van een tracer (bodenvreemde stof) dient met het bevoegd gezag besproken te worden.

Er kan bekeken worden in hoeverre deze tracer-test met andere proeven (bijvoorbeeld 'nabootsen van warmteopslagcyclus, zie 4.1) gecombineerd kan worden. Omdat de mogelijkheid daarvan nog niet duidelijk is, wordt voor het bepalen van de uitgangspunten rekening gehouden met een onafhankelijke proef.

De verwachte uitgangspunten voor deze proef zijn in onderstaande tabel weergegeven.

| Parameter | Eenheid | Aangehouden waarde | Toelichting |
|----------------------------------|-------------------|--------------------|--|
| Frequentie (per jaar) | - | 1 | Er wordt per jaar maximaal één tracer-test voorzien. Wel blijft er daarnaast de mogelijkheid bestaan om extra tracer-tests binnen de waterverplaatsing van een 'warmteopslagcyclus' (zie 4.1) uit te voeren. |
| Maximaal debiet | m ³ /h | 50 | Vermoedelijk wordt met beperkt debiet gepompt |
| Infiltratietemperatuur | °C | Max 85 °C | Vermoedelijk laag, wanneer warm water wordt geproduceerd dat langs warmtewisselaar zal gaan |
| Verplaatst watervolume, per jaar | m ³ | 50.000 | Laadperiode: 500 uur pompen met 50 m ³ /h = 25.000 m ³ Ontlaadperiode: 500 uur pompen met 50 m ³ /h = 25.000 m ³ Deze test kan eventueel binnen de warmteopslagcyclus (4.1) uitgevoerd worden. |
| Tracer | mg/l | n.t.b. | Nader bepalen welke tracer wordt toegepast en in welke hoeveelheid. |

5 AANVULLENDE PROEVEN

Op dit moment lopen er (inter)nationale onderzoeksprojecten naar de toepassing van Hoge Temperatuur Opslag. Op basis van de inzichten die daaruit voortvloeien kan het in de toekomst interessant worden om ook andere proeven uit te voeren dan in dit document zijn opgenomen. Het bevoegd gezag (Provincie Zuid-Holland en Omgevingsdienst Haaglanden) heeft aangegeven dat verschillende proeven kunnen worden uitgevoerd mits ze binnen de vergunde kaders blijven. Daarom hebben zij het advies gegeven om de uitgangspunten voor de vergunning Waterwet ruim te kiezen. De uitgangspunten in dit document bieden naar verwachting voldoende ruimte om de beoogde en eventuele aanvullende proeven uit te kunnen voeren, en daarom worden deze uitgangspunten als richtlijn gebruikt voor de aanvraag vergunning Waterwet.

Ook is met het bevoegd gezag besproken om vóór ingebruikname van het systeem een monitoringsplan op te stellen, waarin de experimenten nader worden beschreven. Ook dit zal in de aanvraag vergunning Waterwet moeten worden genoemd.

Bijlage 2

BOORBESCHRIJVING VAN BORING B30G4529, GELEGEN DIRECT NAAST DE WARME BRON

-

Boorstaat

-

| | | | |
|-----------------------------|-----------------|-----------------------------|--|
| NITG-Boornummer | B30G4529 | Coördinatenstelsel | Rijksdriehoeksmeting |
| X-coördinaat | 82150 | Bepaling lokatie | GPS (Global Positioning System) |
| Y-coördinaat | 450480 | Beschrijvingsmethode | Standaard Boor Beschrijvingsmethode, versie 5.3 |
| Maatveld (m tov NAP) | 0.35 | Vertrouwelijkheid | Openbaar |
| Datum boring | 01-01-2008 | Werknummer | test well 2 |
| Plaatsnaam | Rijswijk | | |
| Provincie | Zuid-Holland | | |
| Kaartblad | 30G | | |
| Soort boring | | | |
| Einddiepte (m) | 387.00 | | |
| Uitvoerder | Shell | | |
| Boormethode | Luchtliftboring | | |
| Opmerkingen | | | |

Lithologie

| | |
|--------------------------------|------------------------|
| Beschrijver lagen | Mensink, H. |
| Organisatie beschrijver | TNO-Bouw en Ondergrond |
| Nat/droog | Nat sediment |

Stratigrafie 2003

| | |
|---------------------------------|--------------|
| Beschrijver stratigrafie | Schokker, J. |
| Organisatie beschrijver | TNO |
| Datum stratigrafie | 02-07-2008 |
| Versie stratigrafie | 1 |

Laagbeschrijving

| Boven | Onder | Grondsoort | Omschrijving | M63 | LU | SI | ZA | GR | OR | CA |
|-------|-------|--------------|--|-----|----|----|----|----|----|----|
| 0.00 | 24.00 | geen monster | | | | | | | | |
| 24.00 | 25.00 | zand | zwak siltig, zwak grindig, matig humeus, licht-bruin-grijs, 10YR6/2, Zand: uiterst grof, zeer grote spreiding, matig afgerond, spoor bont materiaal, Grind: uiterst veel matig grof grind, spoor witte kwarts, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpgruis, weinig kleibrokjes | 420 | 0 | 1 | 99 | 1 | 3 | 3 |
| 25.00 | 26.00 | geen monster | | | | | | | | |
| 26.00 | 27.00 | zand | zwak siltig, zwak grindig, zwak humeus, bruin-grijs, 10YR6/2, Zand: matig grof, weinig bont materiaal, Grind: uiterst veel matig grof grind, spoor lydië, spoor witte kwarts, spoor zandsteen, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpresten, spoor glimmer | 210 | 0 | 1 | 99 | 1 | 1 | 3 |
| 27.00 | 30.00 | zand | zwak siltig, zwak humeus, bruin-grijs, 10YR6/2, Zand: matig grof, weinig bont materiaal, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpgruis, spoor glimmer | 210 | 0 | 1 | 99 | 0 | 1 | 3 |
| 30.00 | 31.00 | zand | zwak siltig, zwak humeus, bruin-grijs, 10YR6/2, Zand: matig grof, weinig bont materiaal, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpgruis, spoor glimmer, spoor kleibrokjes | 210 | 0 | 1 | 99 | 0 | 1 | 3 |
| 31.00 | 33.00 | zand | zwak siltig, zwak humeus, bruin-grijs, 10YR6/2, Zand: matig grof, weinig bont materiaal, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpgruis, spoor glimmer | 210 | 0 | 1 | 99 | 0 | 1 | 3 |
| 33.00 | 34.00 | zand | zwak siltig, zwak humeus, bruin-grijs, 10YR6/2, Zand: matig grof, weinig bont materiaal, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpgruis, spoor schelpresten, spoor glimmer, weinig detritus | 210 | 0 | 1 | 99 | 0 | 1 | 3 |
| 34.00 | 35.00 | zand | zwak siltig, zwak humeus, bruin-grijs, 10YR6/2, Zand: zeer grof, weinig bont materiaal, Organisch materiaal: spoor hout, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpgruis, weinig schelpresten, spoor Cerastoderma sp., spoor glimmer, weinig detritus, spoor veenbrokjes | 400 | 0 | 1 | 99 | 0 | 1 | 3 |
| 35.00 | 36.00 | zand | zwak siltig, zwak humeus, bruin-grijs, 10YR6/2, Zand: zeer grof, weinig bont materiaal, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpgruis, spoor glimmer, spoor detritus | 300 | 0 | 1 | 99 | 0 | 1 | 3 |
| 36.00 | 40.00 | zand | zwak siltig, zwak grindig, zwak humeus, grijs, 10YR7/2, Zand: zeer grof, spoor bont materiaal, spoor roze korrels, Grind: weinig heldere kwarts, spoor kwartsiet, spoor zandsteen, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpgruis, spoor glimmer, spoor detritus | 410 | 0 | 1 | 99 | 1 | 1 | 3 |
| 40.00 | 41.00 | klei | uiterst siltig, zwak grindig, zwak humeus, licht-olijf-grijs, 5Y6/2, Grind: spoor witte kwarts, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpresten | 22 | 53 | 25 | | 1 | 3 | 3 |
| 41.00 | 42.00 | klei | matig siltig, matig humeus, donker-olijf-grijs, 5Y3/2, stevig, weinig insluitsels leem, Opm.: insluitingen leem 100% silt | 40 | 60 | 0 | | 0 | 5 | 1 |
| 42.00 | 43.00 | klei | matig siltig, zwak humeus, olijf-grijs, 5Y5/2, stevig, weinig insluitsels leem, Opm.: insluitingen leem 100% silt | 40 | 60 | 0 | | 0 | 2 | 1 |
| 43.00 | 44.00 | leem | zwak zandig, zwak humeus, licht-olijf-grijs, 5Y6/3, stevig, spoor glimmer, spoor ijzerconcreties | 10 | 85 | 5 | | 0 | 1 | 2 |
| 44.00 | 45.00 | klei | sterk siltig, matig humeus, donker-olijf-grijs, 5Y3/2, stevig, spoor ijzerconcreties, weinig insluitsels leem, Opm.: insluitingen leem 100% silt | 35 | 65 | 0 | | 0 | 5 | 3 |

| Boven | Onder | Grondsoort | Omschrijving | M63 | LU | SI | ZA | GR | OR | CA |
|--------|--------|--------------|--|-----|----|----|----|----|----|----|
| 45.00 | 46.00 | klei | matig siltig, sterk humeus, zwart, 5Y2.5/1, stevig, zeer veel leemlenzen, Opm.: warverachtig, leemlenzen 100% silt | 38 | 62 | 0 | 0 | 0 | 14 | 1 |
| 46.00 | 48.00 | leem | zwak zandig, zwak humeus, licht-olijf, 5Y6/3, spoor glimmer | 5 | 85 | 10 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| 48.00 | 49.00 | geen monster | | | | | | | | |
| 49.00 | 51.00 | leem | zwak zandig, zwak humeus, licht-olijf, 5Y6/3, spoor glimmer, spoor ijzerconcreties | 5 | 85 | 10 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| 51.00 | 52.00 | leem | zwak zandig, sterk humeus, bruin-grijs, 2.5Y5/2, spoor glimmer, spoor veenbrokjes | 5 | 85 | 10 | 0 | 0 | 12 | 2 |
| 52.00 | 53.00 | leem | zwak zandig, zwak humeus, licht-olijf-grijs, 5Y6/2, spoor glimmer, spoor ijzerconcreties | 10 | 85 | 5 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 53.00 | 56.00 | leem | zwak zandig, zwak humeus, licht-grijs, 5Y7/2, spoor glimmer, spoor ijzerconcreties | 10 | 85 | 5 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 56.00 | 58.00 | leem | sterk zandig, zwak humeus, licht-grijs, 5Y7/2, stevig, spoor glimmer, weinig ijzerconcreties | 10 | 70 | 20 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 58.00 | 59.00 | leem | sterk zandig, zwak humeus, licht-grijs, 5Y7/2, stevig, spoor glimmer, weinig ijzerconcreties | 10 | 70 | 20 | 0 | 0 | 1 | 3 |
| 59.00 | 60.00 | zand | zwak siltig, zwak humeus, licht-bruin-grijs, 2.5Y6/2, Zand: matig fijn, matig grote spreiding, hoekig, weinig bont materiaal, weinig glimmer, spoor leembrokjes | 200 | 0 | 3 | 97 | 0 | 2 | 3 |
| 60.00 | 61.00 | geen monster | | | | | | | | |
| 61.00 | 64.00 | zand | zwak siltig, zwak humeus, licht-bruin-grijs, 2.5Y6/2, Zand: matig fijn, matig grote spreiding, hoekig, weinig bont materiaal, weinig glimmer, spoor kleibrokjes, Opm.: basis brokje verkitting met schelpresten en ijzerconcreties | 200 | 0 | 3 | 97 | 0 | 2 | 3 |
| 64.00 | 65.00 | zand | zwak siltig, zwak humeus, licht-bruin-grijs, 2.5Y6/2, Zand: matig fijn, matig grote spreiding, hoekig, weinig bont materiaal, weinig glimmer | 160 | 0 | 3 | 97 | 0 | 2 | 3 |
| 65.00 | 66.00 | zand | zwak siltig, zwak humeus, licht-bruin-grijs, 2.5Y6/2, Zand: matig grof, matig grote spreiding, hoekig, weinig bont materiaal, weinig glimmer | 270 | 0 | 3 | 97 | 0 | 2 | 3 |
| 66.00 | 69.00 | zand | zwak siltig, matig humeus, licht-olijf, 2.5Y6/3, Zand: zeer fijn, weinig bont materiaal, weinig glimmer, spoor ijzeroxide | 120 | 0 | 2 | 98 | 0 | 5 | 3 |
| 69.00 | 72.00 | zand | zwak siltig, matig humeus, licht-olijf, 2.5Y6/3, Zand: matig grof, weinig bont materiaal, weinig glimmer, spoor glauconiet, spoor ijzeroxide, spoor detritus | 210 | 0 | 2 | 98 | 0 | 5 | 3 |
| 72.00 | 73.00 | zand | zwak siltig, zwak humeus, geel-bruin, 2.5Y6/3, Zand: zeer grof, matig afgerond, geen bont materiaal, spoor glimmer, spoor detritus | 320 | 0 | 1 | 99 | 0 | 1 | 3 |
| 73.00 | 76.00 | zand | zwak siltig, zwak humeus, geel-bruin, 2.5Y6/3, Zand: zeer grof, matig afgerond, geen bont materiaal, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpresten, spoor glimmer, spoor detritus | 320 | 0 | 1 | 99 | 0 | 1 | 3 |
| 76.00 | 79.00 | zand | zwak siltig, zwak humeus, licht-bruin-grijs, 2.5Y6/2, Zand: matig fijn, zeer grote spreiding, hoekig, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpgruis, veel glimmer, spoor leembrokjes, weinig detritus | 160 | 0 | 5 | 95 | 0 | 2 | 3 |
| 79.00 | 81.00 | klei | matig siltig, zwak humeus, grijs, GLEY1.6/N, matig slap, spoor ijzeroxide | 36 | 64 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 |
| 81.00 | 86.00 | zand | zwak siltig, zwak humeus, licht-olijf, 2.5Y7/3, Zand: matig fijn, hoekig, spoor bont materiaal, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpgruis, spoor glimmer, spoor glauconiet, spoor ijzeroxide, spoor kleibrokjes | 160 | 0 | 3 | 97 | 0 | 1 | 3 |
| 86.00 | 87.00 | klei | sterk siltig, zwak humeus, grijs, GLEY1.6/N, matig slap, spoor ijzeroxide, Opm.: plaatselijk humeus | 34 | 66 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 |
| 87.00 | 89.00 | zand | zwak siltig, zwak humeus, licht-geel-bruin, 2.5Y6/3, Zand: zeer grof, matig grote spreiding, matig afgerond, geen bont materiaal, spoor glimmer, spoor glauconiet, spoor kleibrokjes | 320 | 0 | 1 | 99 | 0 | 1 | 3 |
| 89.00 | 90.00 | zand | zwak siltig, matig humeus, licht-geel-bruin, 2.5Y6/3, Zand: zeer grof, matig grote spreiding, matig afgerond, geen bont materiaal, Organisch materiaal: spoor hout, spoor glimmer, spoor glauconiet, weinig ijzeroxide, spoor kleibrokjes | 320 | 0 | 1 | 99 | 0 | 3 | 3 |
| 90.00 | 93.00 | zand | zwak siltig, zwak humeus, licht-geel-bruin, 2.5Y6/3, Zand: zeer grof, matig grote spreiding, matig afgerond, geen bont materiaal, spoor glimmer, spoor glauconiet | 320 | 0 | 1 | 99 | 0 | 1 | 3 |
| 93.00 | 94.00 | klei | sterk siltig, zwak humeus, donker-olijf-grijs, 5Y3/2, Organisch materiaal: spoor plantenresten, matig slap, veel glimmer, spoor ijzeroxide, spoor insluitsels zand | 30 | 68 | 2 | 0 | 0 | 2 | 3 |
| 94.00 | 95.00 | zand | zwak siltig, zwak humeus, licht-grijs, 2.5Y7/2, Zand: zeer fijn, matig grote spreiding, matig afgerond, spoor bont materiaal, weinig glimmer, spoor glauconiet, spoor kleibrokjes, Opm.: spoor foraminiferen | 140 | 0 | 2 | 98 | 0 | 1 | 3 |
| 95.00 | 98.00 | leem | sterk zandig, zwak humeus, groen-grijs, GLEY1.5/5GY, matig stevig, weinig ijzeroxide | 7 | 78 | 15 | 0 | 0 | 1 | 3 |
| 98.00 | 100.00 | zand | zwak siltig, zwak humeus, licht-grijs, 5Y6/2, Zand: matig fijn, hoekig, geen bont materiaal, weinig glimmer, spoor leembrokjes | 170 | 0 | 5 | 95 | 0 | 2 | 3 |
| 100.00 | 101.00 | leem | zwak zandig, matig humeus, olijf-grijs, 2.5Y5/2, matig stevig, spoor glimmer | 8 | 92 | 0 | 0 | 0 | 5 | 3 |
| 101.00 | 102.00 | zand | zwak siltig, zwak grindig, matig humeus, licht-geel-bruin, 2.5Y6/3, Zand: matig grof, matig afgerond, geen bont materiaal, Grind: spoor fijn grind, spoor witte kwarts, Schelpen: spoor schelpen, veel schelpresten, spoor Cerastoderma sp., spoor kleibrokjes | 220 | 0 | 5 | 95 | 1 | 5 | 3 |

| Boven | Onder | Grondsoort | Omschrijving | M63 | LU | SI | ZA | GR | OR | CA |
|--------|--------|------------|--|-----|----|----|----|----|----|----|
| 102.00 | 103.00 | zand | zwak siltig, zwak grindig, matig humeus, licht-geel-bruin, 2.5Y6/3, Zand: matig grof, matig afgerond, geen bont materiaal, Grind: veel fijn grind, veel matig grof grind, weinig heldere kwarts, spoor kwartsiet, weinig witte kwarts, Schelpen: spoor schelpen, veel schelpresten, spoor Cerastoderma sp., spoor kleibrokjes | 220 | 0 | 5 | 95 | 2 | 5 | 3 |
| 103.00 | 105.00 | zand | zwak siltig, zwak humeus, licht-geel-bruin, 2.5Y6/3, Zand: matig fijn, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpgruis | 170 | 0 | 10 | 90 | 0 | 1 | 3 |
| 105.00 | 106.00 | zand | zwak siltig, matig humeus, olijf-bruin, 2.5Y4/3, Zand: zeer grof, matig afgerond, geen bont materiaal, veel kleibrokjes, Opm.: mogelijk plaatselijk klei | 350 | 0 | 1 | 99 | 0 | 8 | 3 |
| 106.00 | 107.00 | zand | zwak siltig, matig humeus, olijf-bruin, 2.5Y4/3, Zand: zeer grof, matig afgerond, geen bont materiaal, Organisch materiaal: spoor hout, weinig kleibrokjes, spoor veenbrokjes | 350 | 0 | 1 | 99 | 0 | 8 | 3 |
| 107.00 | 111.00 | zand | zwak siltig, matig humeus, licht-geel-bruin, 2.5Y6/3, Zand: uiterst grof, matig afgerond, geen bont materiaal, Organisch materiaal: spoor hout, spoor kleibrokjes | 420 | 0 | 1 | 99 | 0 | 8 | 3 |
| 111.00 | 113.00 | leem | sterk zandig, matig humeus, olijf-bruin, 2.5Y4/3, spoor glimmer | 3 | 82 | 15 | | 0 | 3 | 3 |
| 113.00 | 116.00 | klei | uiterst siltig, zwak humeus, olijf-bruin, 2.5Y4/3, spoor glimmer, spoor leemlagen | 25 | 70 | 5 | | 0 | 3 | 3 |
| 116.00 | 118.00 | schelpen | zwak grindig, matig humeus, licht-geel-bruin, 2.5Y6/4, Grind: spoor matig grof grind, spoor witte kwarts, Schelpen: Sch.perc.: 40, weinig matig verweerd, veel schelpresten, spoor Arctica islandica, spoor Cerastoderma sp., spoor Nucula sp., spoor Scrobicularia plana, spoor Spisula sp., weinig ijzeroxide, spoor zee-egelfragmenten, Opm.: spoor Ringiula-Ovata | 0 | 15 | 44 | | 1 | 5 | 3 |
| 118.00 | 119.00 | zand | zwak siltig, zwak humeus, licht-geel-bruin, 2.5Y6/3, Zand: matig grof, matig afgerond, geen bont materiaal, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpresten, spoor kleibrokjes | 210 | 0 | 2 | 98 | 0 | 2 | 3 |
| 119.00 | 124.00 | zand | zwak siltig, zwak grindig, licht-olijf-grijs, 5Y6/2, Zand: matig fijn, matig afgerond, geen bont materiaal, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpgruis, spoor glimmer, spoor glauconiet, spoor kleibrokjes, Opm.: spoor foraminiferen | 180 | 0 | 5 | 95 | 0 | 0 | 3 |
| 124.00 | 125.00 | zand | zwak siltig, zwak grindig, licht-olijf-grijs, 5Y6/2, Zand: matig fijn, matig afgerond, geen bont materiaal, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpgruis, spoor glimmer, spoor glauconiet, weinig ijzeroxide, veel kleibrokjes, Opm.: spoor foraminiferen | 180 | 0 | 5 | 95 | 0 | 0 | 3 |
| 125.00 | 131.00 | zand | zwak siltig, zwak grindig, licht-olijf-grijs, 5Y6/2, Zand: matig grof, matig afgerond, geen bont materiaal, spoor roze korrels, spoor glimmer, spoor glauconiet, spoor zee-egelstekels | 210 | 0 | 5 | 95 | 0 | 0 | 3 |
| 131.00 | 132.00 | zand | zwak siltig, zwak grindig, licht-olijf-grijs, 5Y6/2, Zand: matig fijn, matig afgerond, geen bont materiaal, spoor roze korrels, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpgruis, spoor glimmer, spoor glauconiet, spoor zee-egelstekels, Opm.: spoor foraminiferen | 160 | 0 | 5 | 95 | 0 | 0 | 3 |
| 132.00 | 133.00 | zand | zwak siltig, zwak grindig, licht-geel-bruin, 2.5Y6/3, Zand: matig grof, matig afgerond, geen bont materiaal, spoor roze korrels, Schelpen: Sch.perc.: 2, spoor schelpen, veel schelpgruis, veel schelpresten, spoor Astartidae, spoor Cerastoderma sp., spoor glimmer, spoor glauconiet, spoor ijzeroxide, weinig kleibrokjes, spoor Ostracoda, spoor zee-egelstekels, Opm.: spoor foraminiferen | 230 | 0 | 5 | 95 | 0 | 0 | 3 |
| 133.00 | 136.00 | zand | zwak siltig, zwak grindig, licht-geel-bruin, 2.5Y6/3, Zand: matig grof, matig afgerond, geen bont materiaal, spoor roze korrels, Schelpen: spoor schelpen, veel schelpgruis, weinig schelpresten, spoor glimmer, spoor glauconiet, spoor kleibrokjes | 230 | 0 | 5 | 95 | 0 | 0 | 3 |
| 136.00 | 137.00 | zand | zwak siltig, zwak grindig, licht-geel-bruin, 2.5Y6/3, Zand: matig grof, matig afgerond, geen bont materiaal, spoor roze korrels, Schelpen: Sch.perc.: 2, spoor schelpen, veel schelpgruis, veel schelpresten, spoor Astartidae, spoor Cerastoderma sp., spoor glimmer, spoor glauconiet | 230 | 0 | 5 | 95 | 0 | 0 | 3 |
| 137.00 | 138.00 | schelpen | matig humeus, licht-geel-bruin, 2.5Y6/4, Organisch materiaal: spoor hout, Schelpen: Sch.perc.: 30, weinig matig verweerd, veel schelpresten, spoor Arctica islandica, spoor Cerastoderma sp., spoor Nucula sp., spoor Scrobicularia plana, spoor Spisula sp., weinig ijzeroxide, spoor zee-egelfragmenten, Opm.: spoor Ringiula-Ovata | 0 | 5 | 65 | | 0 | 5 | 3 |
| 138.00 | 139.00 | zand | zwak siltig, zwak grindig, licht-geel-bruin, 2.5Y6/3, Zand: matig grof, matig afgerond, geen bont materiaal, spoor roze korrels, Schelpen: spoor schelpen, veel schelpgruis, spoor schelpresten, spoor glimmer, spoor glauconiet, spoor blauwe klastische bijmengingen | 230 | 0 | 5 | 95 | 0 | 0 | 3 |
| 139.00 | 141.00 | schelpen | zwak grindig, matig humeus, licht-geel-bruin, 2.5Y6/4, Grind: spoor matig grof grind, spoor witte kwarts, Schelpen: Sch.perc.: 40, weinig matig verweerd, veel schelpresten, spoor Arctica islandica, spoor Cerastoderma sp., spoor Nucula sp., spoor Scrobicularia plana, spoor Spisula sp., weinig ijzeroxide, spoor kleibrokjes, spoor zee-egelfragmenten, Opm.: spoor Ringiula-Ovata | 0 | 15 | 44 | | 1 | 5 | 3 |
| 141.00 | 142.00 | zand | zwak siltig, zwak grindig, licht-geel-bruin, 2.5Y6/3, Zand: matig grof, matig afgerond, geen bont materiaal, spoor roze korrels, Schelpen: Sch.perc.: 5, spoor schelpen, veel schelpgruis, veel schelpresten, spoor glimmer, spoor glauconiet, veel blauwe klastische bijmengingen, Opm.: mogelijk klei met zandlaagjes | 230 | 0 | 5 | 95 | 0 | 0 | 3 |
| 142.00 | 145.00 | zand | zwak siltig, licht-olijf-grijs, 5Y6/2, Zand: matig grof, matig afgerond, geen bont materiaal, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpresten, weinig glimmer, spoor zee-egelstekels, spoor detritus, Opm.: spoor foraminiferen | 250 | 0 | 2 | 98 | 0 | 0 | 3 |

| Boven | Onder | Grondsoort | Omschrijving | M63 | LU | SI | ZA | GR | OR | CA |
|--------|--------|--------------|---|-----|----|----|----|----|----|----|
| 145.00 | 151.00 | zand | zwak siltig, licht-olijf-grijs, 5Y6/2, Zand: matig fijn, matig afgerond, geen bont materiaal, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpresten, weinig glimmer, spoor glauconiet, spoor zee-egelstekels, spoor detritus, Opm.: spoor foraminiferen | 150 | 0 | 2 | 98 | 0 | 0 | 3 |
| 151.00 | 152.00 | zand | matig siltig, licht-geel-bruin, 2.5Y6/4, Zand: zeer fijn, matig afgerond, geen bont materiaal, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpresten, weinig glimmer, spoor glauconiet, veel ijzeroxide, veel kleibrokjes, spoor detritus, Opm.: spoor foraminiferen | 130 | 0 | 15 | 85 | 0 | 0 | 3 |
| 152.00 | 154.00 | zand | zwak siltig, licht-olijf-grijs, 5Y6/2, Zand: matig fijn, matig afgerond, geen bont materiaal, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpresten, weinig glimmer, spoor glauconiet, spoor zee-egelstekels, spoor detritus | 170 | 0 | 2 | 98 | 0 | 0 | 3 |
| 154.00 | 155.00 | zand | zwak siltig, licht-olijf-grijs, 5Y6/2, Zand: matig fijn, matig afgerond, geen bont materiaal, Schelpen: Sch.perc.: 15, spoor schelpen, veel schelpresten, weinig glimmer, spoor glauconiet, spoor zee-egelstekels | 150 | 0 | 2 | 98 | 0 | 0 | 3 |
| 155.00 | 156.00 | zand | zwak siltig, licht-olijf-grijs, 5Y6/2, Zand: matig fijn, matig afgerond, geen bont materiaal, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpresten, weinig glimmer, spoor glauconiet | 150 | 0 | 2 | 98 | 0 | 0 | 3 |
| 156.00 | 161.00 | leem | sterk zandig, licht-olijf-grijs, 5Y6/2, Zand: matig fijn, matig afgerond, geen bont materiaal, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpresten, weinig glimmer, spoor glauconiet | 150 | 3 | 60 | 37 | 0 | 0 | 3 |
| 161.00 | 165.00 | leem | sterk zandig, licht-olijf, 2.5Y6/3, Zand: matig fijn, matig afgerond, geen bont materiaal, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpresten, weinig glimmer, spoor glauconiet, weinig ijzeroxide, Opm.: basis strek zandig tot zand | 150 | 3 | 60 | 37 | 0 | 0 | 3 |
| 165.00 | 171.00 | zand | zwak siltig, zwak grindig, licht-geel-bruin, 2.5Y7/3, Zand: zeer grof, zeer grote spreiding, matig afgerond, spoor bont materiaal, Grind: spoor witte kwarts, Schelpen: Sch.perc.: 5, spoor schelpen, spoor Cerastoderma sp., spoor Nucula sp. | 350 | 0 | 1 | 99 | 1 | 0 | 3 |
| 171.00 | 172.00 | klei | matig siltig, licht-groen-grijs, GLEY1.7/10G, weinig zwarte vlekken, slap | | 38 | 62 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 172.00 | 173.00 | zand | zwak siltig, licht-geel-bruin, 2.5Y7/3, Zand: zeer grof, zeer grote spreiding, matig afgerond, spoor bont materiaal, Schelpen: Sch.perc.: 1, spoor schelpen, veel kleibrokjes | 350 | 0 | 1 | 99 | 0 | 0 | 3 |
| 173.00 | 175.00 | klei | matig siltig, licht-groen-grijs, GLEY1.7/10G, weinig zwarte vlekken, slap, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpresten, weinig ijzeroxide | | 38 | 62 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 175.00 | 176.00 | zand | zwak siltig, licht-geel-bruin, 2.5Y6/3, Zand: zeer grof, zeer grote spreiding, spoor bont materiaal, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpresten, spoor kleibrokjes | 400 | 0 | 2 | 98 | 0 | 0 | 3 |
| 176.00 | 177.00 | zand | zwak siltig, licht-geel-bruin, 2.5Y6/3, Zand: zeer grof, zeer grote spreiding, spoor bont materiaal, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpresten, spoor ijzeroxide, veel kleibrokjes | 400 | 0 | 2 | 98 | 0 | 0 | 3 |
| 177.00 | 179.00 | zand | zwak siltig, licht-geel-bruin, 2.5Y6/3, Zand: zeer grof, zeer grote spreiding, spoor bont materiaal, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpresten, weinig ijzeroxide, spoor kleibrokjes | 400 | 0 | 2 | 98 | 0 | 0 | 3 |
| 179.00 | 181.00 | zand | zwak siltig, licht-geel-bruin, 10YR7/3, Zand: uiterst grof, zeer grote spreiding, spoor bont materiaal, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpresten, spoor glauconiet, spoor kleibrokjes | 420 | 0 | 2 | 98 | 0 | 0 | 3 |
| 181.00 | 182.00 | leem | zwak zandig, matig humeus, licht-geel, 2.5Y7/3, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpresten, weinig ijzeroxide, Opm.: mogelijk met zandlaagjes? | | 10 | 80 | 10 | 0 | 3 | 3 |
| 182.00 | 183.00 | schelpen | matig humeus, licht-geel-bruin, 2.5Y6/4, Organisch materiaal: spoor hout, Schelpen: Sch.perc.: 60, weinig matig verweerd, veel schelpresten, spoor Arctica islandica, spoor Nucula sp., spoor Scrobicularia plana, spoor Turritella sp., weinig ijzeroxide, veel kleibrokjes | | 0 | 5 | 35 | 0 | 5 | 3 |
| 183.00 | 184.00 | geen monster | | | | | | | | |
| 184.00 | 185.00 | schelpen | zwak grindig, matig humeus, licht-geel-bruin, 2.5Y6/4, Organisch materiaal: spoor hout, Schelpen: Sch.perc.: 89, weinig matig verweerd, veel schelpresten, spoor Arctica islandica, spoor Cerastoderma sp., spoor Macoma sp., spoor Mya sp., spoor Mytilus edulis, spoor Nucula sp., spoor Pectinidae (geribd), spoor Scrobicularia plana, spoor Spisula sp., spoor Turritella sp., weinig ijzeroxide, spoor zee-egelfragmenten, Opm.: spoor Natica | | 0 | 5 | 5 | 1 | 5 | 3 |
| 185.00 | 186.00 | klei | matig siltig, matig humeus, donker-bruin, 10YR3/3, stevig, spoor ijzeroxide, veel leemlenzen | | 45 | 55 | 0 | 0 | 10 | 3 |
| 186.00 | 189.00 | zand | zwak siltig, zwak humeus, licht-grijs, 2.5Y7/2, Zand: matig grof, geen bont materiaal, Schelpen: Sch.perc.: 5, spoor schelpen, weinig hele schelpen, spoor schelpgruis, spoor schelpresten, weinig Arctica islandica, weinig Spisula sp. | 250 | 0 | 3 | 97 | 0 | 1 | 3 |
| 189.00 | 192.00 | zand | zwak siltig, zwak humeus, licht-grijs, 2.5Y7/2, Zand: matig grof, geen bont materiaal, Schelpen: Sch.perc.: 25, spoor schelpen, weinig hele schelpen, spoor schelpgruis, spoor schelpresten, weinig Arctica islandica, weinig Spisula sp. | 250 | 0 | 3 | 97 | 0 | 1 | 3 |
| 192.00 | 194.00 | zand | zwak siltig, zwak humeus, licht-grijs, 2.5Y7/2, Zand: matig grof, geen bont materiaal, Schelpen: Sch.perc.: 1, spoor schelpen, weinig hele schelpen, spoor schelpgruis, spoor schelpresten, weinig Arctica islandica, weinig Spisula sp. | 250 | 0 | 3 | 97 | 0 | 1 | 3 |
| 194.00 | 200.00 | zand | zwak siltig, zwak humeus, licht-grijs, 2.5Y7/2, Zand: matig fijn, geen bont materiaal, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpgruis, spoor glimmer, weinig glauconiet | 200 | 0 | 3 | 97 | 0 | 1 | 3 |

| Boven | Onder | Grondsoort | Omschrijving | M63 | LU | SI | ZA | GR | OR | CA |
|--------|--------|------------|---|-----|----|----|----|----|----|----|
| 200.00 | 201.00 | schelpen | sterk zandig, zwak humeus, licht-grijs, 2.5Y7/2, Zand: matig fijn, geen bont materiaal, Schelpen: Sch.perc.: 75, uiterst veel <i>Arctica islandica</i> , spoor glimmer, weinig glauconiet | 200 | 0 | 3 | 22 | 0 | 1 | 3 |
| 201.00 | 203.00 | zand | zwak siltig, zwak humeus, licht-grijs, 2.5Y7/2, Zand: matig fijn, geen bont materiaal, Schelpen: Sch.perc.: 2, spoor schelpen, spoor schelpgruis, spoor <i>Arctica islandica</i> , spoor <i>Mya</i> sp., spoor glimmer, weinig glauconiet | 200 | 0 | 3 | 97 | 0 | 1 | 3 |
| 203.00 | 205.00 | zand | zwak siltig, zwak humeus, licht-grijs, 2.5Y7/2, Zand: matig fijn, geen bont materiaal, Schelpen: Sch.perc.: 2, veel schelpen, spoor schelpgruis, veel schelpresten, weinig <i>Arctica islandica</i> , spoor <i>Mya</i> sp., spoor glimmer, weinig glauconiet, spoor kleibrokjes | 200 | 0 | 3 | 97 | 0 | 1 | 3 |
| 205.00 | 210.00 | zand | zwak siltig, zwak humeus, licht-grijs, 2.5Y7/2, Zand: matig fijn, geen bont materiaal, Schelpen: Sch.perc.: 1, spoor schelpen, spoor schelpgruis, spoor schelpresten, spoor glimmer, weinig glauconiet, spoor kleibrokjes | 200 | 0 | 3 | 97 | 0 | 1 | 3 |
| 210.00 | 211.00 | klei | uiterst siltig, matig humeus, licht-bruin-grijs, 10YR5/3, matig stevig | | 25 | 65 | 10 | 0 | 5 | 3 |
| 211.00 | 212.00 | schelpen | sterk zandig, zwak humeus, licht-grijs, 2.5Y7/2, Zand: matig fijn, geen bont materiaal, Schelpen: Sch.perc.: 50, uiterst veel <i>Arctica islandica</i> , spoor glimmer, weinig glauconiet, spoor kleibrokjes | 200 | 0 | 3 | 47 | 0 | 1 | 3 |
| 212.00 | 213.00 | zand | zwak siltig, licht-bruin-grijs, 2.5Y6/2, Zand: matig grof, matig afgerond, geen bont materiaal, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpresten, weinig glauconiet | 210 | 0 | 1 | 99 | 0 | 0 | 3 |
| 213.00 | 214.00 | schelpen | sterk zandig, zwak humeus, licht-grijs, 2.5Y7/2, Zand: matig fijn, geen bont materiaal, Schelpen: Sch.perc.: 85, veel <i>Arctica islandica</i> , weinig <i>Carbonicula</i> , spoor <i>Hinia</i> sp., weinig <i>Pectinidae</i> (geribd), spoor <i>Turritella</i> sp., spoor glimmer, weinig glauconiet | 200 | 0 | 3 | 12 | 0 | 1 | 3 |
| 214.00 | 228.00 | zand | zwak siltig, zwak grindig, licht-grijs, 2.5Y7/2, Zand: matig grof, matig afgerond, spoor bont materiaal, Schelpen: Sch.perc.: 2, spoor schelpen, veel schelpresten, weinig glauconiet | 210 | 0 | 1 | 99 | 0 | 0 | 3 |
| 228.00 | 233.00 | zand | zwak siltig, licht-grijs, 2.5Y7/2, Zand: matig fijn, matig afgerond, geen bont materiaal, Schelpen: Sch.perc.: 1, spoor schelpen, veel schelpresten, spoor glimmer, weinig glauconiet | 150 | 0 | 3 | 97 | 0 | 0 | 3 |
| 233.00 | 234.00 | zand | zwak siltig, licht-grijs, 2.5Y7/2, Zand: matig fijn, matig afgerond, geen bont materiaal, Schelpen: Sch.perc.: 1, spoor schelpen, veel schelpresten, spoor glimmer, weinig glauconiet, veel kleibrokjes | 150 | 0 | 3 | 97 | 0 | 0 | 3 |
| 234.00 | 235.00 | zand | zwak siltig, licht-grijs, 2.5Y7/2, Zand: matig fijn, matig afgerond, geen bont materiaal, Schelpen: Sch.perc.: 1, spoor schelpen, veel schelpresten, spoor glimmer, weinig glauconiet, weinig zandverkitting, veel kleibrokjes, Opm.: verkittingen met glauconiet en schelpafdruk | 150 | 0 | 3 | 97 | 0 | 0 | 3 |
| 235.00 | 240.00 | leem | sterk zandig, matig humeus, groen-grijs, GLEY1.5/10Y, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpresten, spoor glimmer, spoor zandverkitting, Opm.: mogelijk enkele zandlaagjes | 10 | 65 | 25 | | 0 | 3 | 3 |
| 240.00 | 242.00 | klei | uiterst siltig, zwak humeus, groen-grijs, GLEY1.6/10Y, matig stevig | 20 | 55 | 25 | | 0 | 1 | 3 |
| 242.00 | 245.00 | leem | sterk zandig, zwak humeus, groen-grijs, GLEY1.6/5GY, matig slap | 15 | 60 | 25 | | 0 | 1 | 3 |
| 245.00 | 246.00 | zand | zwak siltig, zwak humeus, olijf-grijs, 5Y5/2, Zand: zeer fijn, matig afgerond, geen bont materiaal, spoor glimmer, spoor glauconiet, veel kleibrokjes, Opm.: spoor Foraminiferen | 130 | 1 | 4 | 95 | 0 | 2 | 3 |
| 246.00 | 249.00 | klei | sterk siltig, zwak humeus, donker-grijs, GLEY1.5/N, veel zwarte vlekken, matig stevig, weinig glimmer | 30 | 70 | 0 | | 0 | 3 | 3 |
| 249.00 | 250.00 | klei | matig siltig, zwak humeus, grijs, GLEY1.5N, weinig zwarte vlekken, matig stevig, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpgruis | 36 | 62 | 2 | | 0 | 2 | 3 |
| 250.00 | 256.00 | klei | uiterst siltig, zwak humeus, grijs, GLEY1.5N, weinig zwarte vlekken, matig stevig, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpgruis, Opm.: plaatselijk minder zandig | 20 | 55 | 25 | | 0 | 2 | 3 |
| 256.00 | 264.00 | klei | uiterst siltig, zwak humeus, donker-bruin-grijs, 10YR4/2, matig stevig, spoor glimmer, weinig ijzeroxide, Opm.: voor verkleuring mk=GLEY1.5/10Y | 25 | 70 | 5 | | 0 | 3 | 3 |
| 264.00 | 269.00 | klei | sterk siltig, zwak humeus, donker-bruin-grijs, 10YR4/2, matig stevig, spoor glimmer, weinig ijzeroxide, Opm.: voor verkleuring mk=GLEY1.5/10Y | 35 | 62 | 3 | | 0 | 3 | 3 |
| 269.00 | 270.00 | klei | sterk siltig, zwak humeus, donker-bruin-grijs, 10YR4/2, matig stevig, spoor glimmer, weinig ijzeroxide, weinig zandlagen, Opm.: voor verkleuring mk=GLEY1.5/10Y | 35 | 62 | 3 | | 0 | 3 | 3 |
| | | | Sublaag: met weinig zandlagen, zeer dun, bruin, 10YR5/3, Zand: zeer fijn, matig afgerond, geen bont materiaal, weinig glauconiet, Opm.: ook veel hoekig materiaal | 120 | 0 | 3 | 97 | | | 3 |
| 270.00 | 274.00 | klei | sterk siltig, zwak humeus, donker-bruin-grijs, 10YR4/2, matig stevig, spoor glimmer, weinig ijzeroxide, Opm.: voor verkleuring mk=GLEY1.5/10Y | 35 | 62 | 3 | | 0 | 3 | 3 |
| 274.00 | 275.00 | klei | matig siltig, zwak humeus, donker-bruin-grijs, 10YR4/2, matig stevig, spoor glimmer, weinig ijzeroxide, Opm.: voor verkleuring mk=GLEY1.5/10Y | 40 | 60 | 0 | | 0 | 3 | 3 |
| 275.00 | 279.00 | klei | sterk siltig, zwak humeus, donker-bruin-grijs, 10YR4/2, matig stevig, spoor glimmer, weinig ijzeroxide, Opm.: voor verkleuring mk=GLEY1.5/10Y | 35 | 62 | 3 | | 0 | 3 | 3 |
| 279.00 | 282.00 | klei | matig siltig, zwak humeus, donker-bruin-grijs, 10YR4/2, matig stevig, spoor glimmer, weinig ijzeroxide, Opm.: voor verkleuring mk=GLEY1.5/10Y | 40 | 60 | 0 | | 0 | 3 | 3 |

| Boven | Onder | Grondsoort | Omschrijving | M63 | LU | SI | ZA | GR | OR | CA |
|--------|--------|--------------|---|-----|----|----|----|----|----|----|
| 282.00 | 283.00 | klei | matig siltig, zwak humeus, donker-bruin-grijs, 10YR4/2, matig stevig, spoor glimmer, weinig ijzeroxide, weinig zandlagen, Opm.: voor verkleuring mk=GLEY1.5/10Y | 40 | 60 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 |
| | | | Sublaag: met weinig zandlagen, zeer dun, zwak siltig, Zand: zeer fijn, matig kleine spreiding, matig afgerond, geen bont materiaal, spoor glimmer, weinig glauconiet, Opm.: weinig Foraminiferen | 130 | 0 | 5 | 95 | 0 | | 3 |
| 283.00 | 288.00 | klei | sterk siltig, zwak humeus, donker-bruin-grijs, 10YR4/2, matig stevig, spoor glimmer, weinig ijzeroxide, Opm.: voor verkleuring mk=GLEY1.5/10Y | 35 | 62 | 3 | 0 | 0 | 3 | 3 |
| 288.00 | 290.00 | klei | matig siltig, zwak humeus, donker-bruin-grijs, 10YR4/2, matig stevig, spoor glimmer, weinig ijzeroxide, Opm.: voor verkleuring mk=GLEY1.5/10Y | 40 | 60 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 |
| 290.00 | 294.00 | klei | sterk siltig, zwak humeus, donker-bruin-grijs, 10YR4/2, matig stevig, spoor glimmer, weinig ijzeroxide, Opm.: voor verkleuring mk=GLEY1.5/10Y | 35 | 62 | 3 | 0 | 0 | 3 | 3 |
| 294.00 | 299.00 | klei | matig siltig, zwak humeus, donker-bruin-grijs, 10YR4/2, matig stevig, spoor glimmer, weinig ijzeroxide, Opm.: voor verkleuring mk=GLEY1.5/10Y | 40 | 60 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 |
| 299.00 | 301.00 | klei | sterk siltig, zwak humeus, donker-bruin-grijs, 10YR4/2, matig stevig, spoor glimmer, weinig ijzeroxide, weinig zandlenzen, weinig zandlagen, Opm.: voor verkleuring mk=GLEY1.5/10Y | 35 | 62 | 3 | 0 | 0 | 3 | 3 |
| 301.00 | 305.00 | klei | matig siltig, zwak humeus, donker-bruin-grijs, 10YR4/2, matig stevig, spoor glimmer, weinig ijzeroxide, Opm.: voor verkleuring mk=GLEY1.5/10Y | 40 | 60 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 |
| 305.00 | 306.00 | klei | sterk siltig, zwak humeus, donker-bruin-grijs, 10YR4/2, matig stevig, spoor glimmer, weinig ijzeroxide, Opm.: voor verkleuring mk=GLEY1.5/10Y | 30 | 65 | 5 | 0 | 0 | 3 | 3 |
| 306.00 | 310.00 | klei | matig siltig, zwak humeus, donker-bruin-grijs, 10YR4/2, matig stevig, spoor glimmer, weinig ijzeroxide, Opm.: voor verkleuring mk=GLEY1.5/10Y | 40 | 60 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 |
| 310.00 | 313.00 | klei | sterk siltig, zwak humeus, donker-bruin-grijs, 10YR4/2, matig slap, spoor glimmer, weinig ijzeroxide, Opm.: voor verkleuring mk=GLEY1.5/10Y | 30 | 65 | 5 | 0 | 0 | 3 | 3 |
| 313.00 | 329.00 | geen monster | | | | | | | | |
| 329.00 | 333.00 | klei | sterk siltig, matig humeus, olijf-bruin, 2.5Y4/3, stevig, weinig glimmer, spoor ijzeroxide | 33 | 67 | 0 | 0 | 0 | 4 | 3 |
| 333.00 | 336.00 | klei | uiterst siltig, zwak humeus, grijs, GLEY1.5/N, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpresten, spoor glimmer | 25 | 50 | 25 | 0 | 0 | 1 | 3 |
| 336.00 | 339.00 | zand | zwak siltig, licht-olijf-grijs, 5Y6/2, Zand: zeer fijn, geen bont materiaal, weinig glimmer, weinig glauconiet, spoor zee-egelstekels, Opm.: weinig Foraminiferen | 140 | 0 | 5 | 95 | 0 | 0 | 3 |
| 339.00 | 341.00 | zand | matig siltig, licht-olijf-grijs, 5Y6/2, Zand: zeer fijn, geen bont materiaal, weinig glimmer, weinig glauconiet, spoor zee-egelstekels, Opm.: weinig Foraminiferen | 105 | 0 | 15 | 85 | 0 | 0 | 3 |
| 341.00 | 348.00 | zand | uiterst siltig, zwak humeus, licht-olijf-grijs, 5Y6/2, Zand: uiterst fijn, geen bont materiaal, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpgruis, veel glimmer, spoor glauconiet, Opm.: weinig Foraminiferen | 100 | 5 | 35 | 60 | 0 | 1 | 3 |
| 348.00 | 356.00 | klei | uiterst siltig, zwak humeus, donker-grijs, GLEY1.4/N, slap, spoor glimmer | 20 | 60 | 20 | 0 | 0 | 1 | 3 |
| 356.00 | 365.00 | leem | sterk zandig, zwak humeus, donker-grijs, GLEY1.4.N, matig slap, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpgruis, weinig glimmer | 10 | 65 | 25 | 0 | 0 | 2 | 3 |
| 365.00 | 367.00 | klei | uiterst siltig, zwak humeus, donker-grijs, GLEY1.4/N, veel glimmer | 25 | 60 | 15 | 0 | 0 | 2 | 3 |
| 367.00 | 372.00 | klei | sterk siltig, zwak humeus, donker-grijs, GLEY1.4/N, matig stevig, veel glimmer | 33 | 67 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 |
| 372.00 | 382.00 | klei | sterk siltig, zwak humeus, olijf-bruin, 2.5Y4/3, stevig, weinig glimmer, spoor ijzeroxide, Opm.: plaatselijk zwak zandig | 33 | 67 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 |
| 382.00 | 387.00 | klei | matig siltig, matig humeus, olijf-bruin, 2.5Y4/3, stevig, weinig glimmer, spoor ijzeroxide, weinig leemlenzen | 38 | 62 | 0 | 0 | 0 | 4 | 3 |

Stratigrafie 2003

| Boven | Onder | S | AS | LF | ST | Omschrijving |
|--------|--------|----|----|----|----|--|
| 0.00 | 24.00 | XX | | | | nader in te delen eenheid |
| 24.00 | 36.00 | KR | | | | Formatie van Kreftenheye |
| 36.00 | 40.00 | UR | KR | | | Formatie van Urk of Formatie van Kreftenheye |
| 40.00 | 111.00 | WA | | | | Formatie van Waalre |
| 111.00 | 235.00 | MS | | | | Formatie van Maassluis |
| 235.00 | 387.00 | OO | | | | Formatie van Oosterhout |

Bijlage 3

BOORBESCHRIJVING VAN BORING B30G0935, GELEGEN CIRCA 250 M TEN NW VAN DE WARME
BRON

-

Boorstaat

-

| | | | |
|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|--|
| NITG-Boornummer | B30G0935 | Coördinatenstelsel | Rijksdriehoeksmeting |
| X-coördinaat | 82150 | Bepaling lokatie | |
| Y-coördinaat | 450480 | Beschrijvingsmethode | Standaard Boor Beschrijvingsmethode, versie 5.1 |
| Maatveld (m tov NAP) | 0.00 | Vertrouwelijkheid | Vertrouwelijk |
| Datum boring | 22-09-2000 | Gehelm tot | 10-10-2005 |
| Plaatsnaam | Rijswijk | Werknummer | 30GR0935 |
| Provincie | Zuid-Holland | | |
| Kaartblad | 30G | | |
| Soort boring | Matig diepe boring derden | | |
| Einddiepte (m) | 431.00 | | |
| Uitvoerder | Haitjema, H. | | |
| Boormethode | Zuigboring Luchtliftboring | | |

Opmerkingen**Lithologie**

| | |
|--------------------------------|-----------------------|
| Beschrijver lagen | Wilde,W.de |
| Organisatie beschrijver | NITG-TNO |
| Nat/droog | Nat en droog sediment |

Stratigrafie 2003

| | |
|---------------------------------|------------------------------------|
| Beschrijver stratigrafie | Busschers, F.S. / Gessel, S.F. van |
| Organisatie beschrijver | TNO-NITG |
| Datum stratigrafie | 16-02-2005 |
| Versie stratigrafie | 2 |

Laagbeschrijving

| Boven | Onder | Grondsoort | Omschrijving | M63 | LU | SI | ZA | GR | OR | CA |
|-------|-------|--------------|---|-----|----|----|----|----|----|----|
| 0.00 | 5.00 | geen monster | | | | | | | | |
| 5.00 | 7.00 | zand | zwak siltig, licht-bruin, Zand: matig fijn, Schelpen: weinig schelpen, weinig schelpresten, weinig Cerastoderma sp., spoor Macoma sp., spoor Spisula sp. | 200 | 0 | 4 | 96 | 0 | 0 | 3 |
| 7.00 | 8.00 | zand | zwak siltig, zwak grindig, licht-bruin, Zand: matig fijn, Grind: spoor fijn grind, spoor kwartsiet, Schelpen: weinig schelpen, weinig schelpresten, weinig Cerastoderma sp., weinig Macoma sp., spoor Ostrea edulis, spoor Ijzeroxide | 200 | 0 | 4 | 96 | 1 | 0 | 3 |
| 8.00 | 10.00 | zand | zwak siltig, zwak grindig, grijs-bruin, Zand: matig fijn, Grind: weinig fijn grind, zeer veel matig grof grind, veel kwartsiet, weinig witte kwarts, Schelpen: veel schelpen, weinig schelpresten, weinig Cerastoderma sp., weinig Macoma sp., spoor Mytilus edulis, weinig kleibrokjes | 190 | 0 | 6 | 94 | 4 | 0 | 3 |
| 10.00 | 12.00 | zand | zwak siltig, grijs, Zand: matig fijn, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpresten, spoor Cerastoderma sp., spoor glimmer | 170 | 0 | 6 | 94 | 0 | 0 | 3 |
| 12.00 | 13.00 | zand | zwak siltig, grijs, Zand: matig fijn, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpfragmenten, weinig glimmer | 170 | 0 | 6 | 94 | 0 | 0 | 3 |
| 13.00 | 15.50 | klei | Sublaag: met weinig kleilagen, met wisselende laagdikten, matig siltig, grijs matig siltig, zwak zandig, donker-grijs, weinig glimmer Sublaag: met weinig zandlagen, dun | 36 | | | | | | 3 |
| 15.50 | 16.00 | veen | mineraalarm, zwart, Organisch materiaal: sterk amorf | | 0 | 4 | 0 | 0 | 96 | 1 |
| 16.00 | 17.00 | klei | matig siltig, donker-bruin-grijs, Organisch materiaal: weinig hout, weinig veenbrokjes | 36 | 64 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 17.00 | 18.00 | zand | zwak siltig, donker-grijs, Zand: matig fijn, Organisch materiaal: spoor houtresten | 170 | 0 | 6 | 94 | 0 | 0 | 3 |
| 18.00 | 24.00 | zand | zwak siltig, grijs, Zand: matig fijn, spoor glimmer | 200 | 0 | 3 | 97 | 0 | 0 | 3 |
| 24.00 | 28.00 | zand | zwak siltig, grijs, Zand: matig fijn, Organisch materiaal: spoor verspoelde plantenresten, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpfragmenten | 200 | 0 | 2 | 98 | 0 | 0 | 3 |
| 28.00 | 34.00 | zand | zwak siltig, zwak grindig, grijs, Zand: matig grof, Grind: uiterst veel fijn grind, spoor witte kwarts, Schelpen: spoor schelpen, weinig schelpresten, spoor Cerastoderma sp., spoor Scrobicularia plana, weinig glimmer | 240 | 0 | 2 | 98 | 2 | 0 | 3 |
| 34.00 | 35.00 | zand | zwak siltig, zwak grindig, grijs, Zand: matig grof, Grind: veel fijn grind, weinig matig grof grind, weinig kwartsiet, weinig witte kwarts, spoor zandsteen, Schelpen: spoor schelpen, weinig schelpresten, spoor Cerastoderma sp., spoor Scrobicularia plana | 260 | 0 | 2 | 98 | 2 | 0 | 3 |
| 35.00 | 38.00 | zand | zwak siltig, matig grindig, licht-grijs, Zand: zeer grof, Grind: veel fijn grind, weinig matig grof grind, veel kwartsiet, spoor vuursteen, weinig witte kwarts, spoor zandsteen, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpresten | 380 | 0 | 2 | 98 | 11 | 0 | 3 |
| 38.00 | 42.00 | zand | zwak siltig, licht-grijs, Zand: matig grof | 230 | 0 | 2 | 98 | 0 | 0 | 3 |
| 42.00 | 43.00 | klei | matig siltig, zwak humeus, donker-grijs | 40 | 60 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1 |

| Boven | Onder | Grondsoort | Omschrijving | M63 | LU | SI | ZA | GR | OR | CA |
|--------|--------|------------|---|-----|----|----|----|----|----|----|
| 43.00 | 46.00 | klei | matig siltig, groen-grijs, stevig | 42 | 58 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 46.00 | 47.00 | klei | matig siltig, matig humeus, bruin, weinig veenbrokjes | 40 | 60 | 0 | 0 | 0 | 8 | 1 |
| 47.00 | 48.00 | klei | sterk siltig, zwak zandig, groen-grijs | 26 | 70 | 4 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 48.00 | 52.00 | klei | matig siltig, groen-grijs, stevig | 40 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 52.00 | 56.00 | klei | matig siltig, zwak zandig, groen-grijs, spoor ijzeroxide | 36 | 62 | 2 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 56.00 | 58.00 | klei | sterk siltig, matig zandig, groen-grijs, spoor ijzeroxide | 22 | 70 | 8 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 58.00 | 61.00 | zand | zwak siltig, grijs, Zand: matig fijn, spoor glimmer, spoor kleibrokjes | 170 | 0 | 5 | 95 | 0 | 0 | 3 |
| 61.00 | 63.00 | klei | sterk siltig, groen-grijs, spoor ijzeroxide | 26 | 74 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| | | | Sublaag: met weinig kleilagen, dun | | | | | | | |
| 63.00 | 66.00 | zand | zwak siltig, grijs, Zand: matig fijn, weinig zwarte korrels, weinig glimmer, spoor kleibrokjes | 180 | 0 | 6 | 94 | 0 | 0 | 3 |
| 66.00 | 71.00 | zand | zwak siltig, grijs, Zand: matig fijn, weinig glimmer, weinig kleistenen, weinig fijne detritus | 180 | 0 | 6 | 94 | 0 | 0 | 3 |
| 71.00 | 72.00 | klei | uiterst siltig, grijs, weinig fijne detritus | 24 | 68 | 8 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| | | | Sublaag: met weinig zandlagen, dun | | | | | | | |
| 72.00 | 74.00 | zand | zwak siltig, grijs, Zand: zeer fijn, weinig glimmer, weinig kleistenen, spoor fijne detritus | 140 | 0 | 8 | 92 | 0 | 0 | 3 |
| 74.00 | 79.00 | zand | zwak siltig, grijs, Zand: zeer fijn, weinig glimmer, weinig fijne detritus | 140 | 0 | 10 | 90 | 0 | 0 | 3 |
| 79.00 | 80.00 | klei | matig siltig, grijs, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpfragmenten, spoor veenbrokjes | 36 | 64 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 80.00 | 85.00 | klei | matig siltig, grijs, spoor ijzeroxide, spoor veenbrokjes | 36 | 64 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 85.00 | 86.00 | zand | zwak siltig, grijs, Zand: zeer fijn, weinig glimmer, spoor kleibrokjes | 130 | 0 | 5 | 95 | 0 | 0 | 3 |
| 86.00 | 87.00 | klei | matig siltig, grijs, spoor glimmer, spoor kleiyzerstenen | 38 | 58 | 4 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 87.00 | 91.00 | zand | zwak siltig, grijs, Zand: zeer fijn, Organisch materiaal: spoor houtresten, weinig kleibrokjes, veel fijne detritus | 130 | 0 | 10 | 90 | 0 | 0 | 3 |
| 91.00 | 98.00 | zand | zwak siltig, grijs, Zand: zeer fijn, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpfragmenten, spoor kleistenen, weinig kleibrokjes, weinig fijne detritus | 140 | 0 | 8 | 92 | 0 | 0 | 3 |
| 98.00 | 103.00 | klei | sterk siltig, sterk zandig, grijs, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpfragmenten | 26 | 63 | 11 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 103.00 | 107.00 | klei | matig siltig, zwak zandig, grijs, spoor glimmer, weinig ijzeroxide, Opm.: een klein botje | 36 | 58 | 6 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 107.00 | 111.00 | zand | zwak siltig, grijs, Zand: matig fijn, spoor glimmer, weinig kleibrokjes, spoor fijne detritus | 180 | 0 | 4 | 96 | 0 | 0 | 3 |
| 111.00 | 115.00 | klei | matig siltig, bruin-grijs, slap, Schelpen: weinig schelpen, weinig schelpresten, weinig Corbula gibba | 36 | 64 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 115.00 | 126.00 | zand | zwak siltig, groen-grijs, Zand: zeer fijn, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpresten, spoor glimmer, spoor fijne detritus | 140 | 0 | 6 | 94 | 0 | 0 | 3 |
| 126.00 | 128.00 | zand | zwak siltig, groen-grijs, Zand: zeer fijn, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpfragmenten, spoor glimmer, veel kleistenen | 120 | 0 | 10 | 90 | 0 | 0 | 3 |
| 128.00 | 130.00 | zand | kleilig, zwak siltig, groen-grijs, Zand: zeer fijn, Schelpen: spoor schelpen, weinig schelpresten, spoor glimmer | 120 | 6 | 10 | 84 | 0 | 0 | 3 |
| 130.00 | 131.00 | zand | zwak siltig, grijs, Zand: matig fijn, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpresten, weinig glimmer | 160 | 0 | 8 | 92 | 0 | 0 | 3 |
| 131.00 | 133.00 | klei | sterk siltig, matig zandig, zwak grindig, grijs, Grind: uiterst veel fijn grind, spoor kwartsiet, spoor witte kwarts, Schelpen: spoor schelpen, weinig schelpresten, weinig Arctica islandica, spoor Ensis sp., spoor glimmer | 26 | 66 | 8 | 2 | 0 | 0 | 3 |
| 133.00 | 136.00 | zand | zwak siltig, groen-grijs, Zand: matig fijn, Schelpen: spoor schelpen, weinig schelpresten, spoor Arctica islandica, spoor Ensis sp., spoor glimmer, spoor kleibrokjes | 180 | 0 | 8 | 92 | 0 | 0 | 3 |
| 136.00 | 137.00 | zand | zwak siltig, zwak grindig, grijs, Zand: matig fijn, Grind: uiterst veel fijn grind, spoor kwartsiet, spoor witte kwarts, Schelpen: veel schelpen, veel schelpresten, uiterst veel Arctica islandica, weinig Ensis sp., spoor Spisula sp. | 180 | 0 | 4 | 96 | 1 | 0 | 3 |
| 137.00 | 140.00 | klei | matig siltig, grijs, stevig, Schelpen: spoor schelpen, weinig schelpresten, spoor Arctica islandica | 36 | 64 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 140.00 | 142.00 | klei | sterk siltig, grijs, weinig glimmer | 30 | 70 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| | | | Sublaag: met weinig zandlagen, dun | | | | | | | |
| 142.00 | 153.00 | zand | zwak siltig, groen-grijs, Zand: zeer fijn, weinig glimmer, spoor fijne detritus | 120 | 0 | 2 | 98 | 0 | 0 | 3 |
| 153.00 | 154.00 | zand | zwak siltig, matig grindig, groen-grijs, Zand: zeer fijn, Grind: spoor fijn grind, zeer veel matig grof grind, weinig kwartsiet, veel witte kwarts, Schelpen: veel schelpen, veel schelpresten, uiterst veel Arctica islandica, veel kleistenen, weinig kleibrokjes | 130 | 0 | 6 | 94 | 6 | 0 | 3 |
| 154.00 | 157.00 | zand | zwak siltig, grijs, Zand: zeer fijn, spoor glimmer, spoor kleistenen | 130 | 0 | 6 | 94 | 0 | 0 | 3 |
| 157.00 | 163.00 | zand | zwak siltig, grijs, Zand: zeer fijn, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpresten, spoor glimmer | 130 | 0 | 6 | 94 | 0 | 0 | 3 |
| | | | Sublaag: met spoor kleilagen, met wisselende laagdikten | | | | | | | |

| Boven | Onder | Grondsoort | Omschrijving | M63 | LU | SI | ZA | GR | OR | CA |
|--------|--------|------------|---|-----|----|----|----|----|----|----|
| 163.00 | 167.00 | zand | zwak siltig, licht-grijs-bruin, Zand: matig fijn, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpresten, spoor kleistenen | 200 | 0 | 4 | 96 | 0 | 0 | 3 |
| 167.00 | 168.00 | klei | sterk siltig, zwak grindig, grijs, Grind: zeer veel fijn grind, spoor matig grof grind, spoor witte kwarts, Schelpen: spoor schelpen, weinig schelpresten | 28 | 72 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 |
| 168.00 | 169.00 | zand | zwak siltig, licht-bruin-grijs, Zand: matig grof, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpresten, spoor kleibrokjes | 220 | 0 | 4 | 96 | 0 | 0 | 3 |
| 169.00 | 175.00 | zand | zwak siltig, grijs, Zand: matig fijn, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpresten, spoor kleibrokjes | 190 | 0 | 5 | 95 | 0 | 0 | 3 |
| 175.00 | 181.00 | zand | zwak siltig, zwak grindig, grijs, Zand: matig grof, Grind: uiterst veel fijn grind, spoor witte kwarts, Schelpen: spoor schelpen, weinig schelpresten, weinig kleiysterstenen, weinig kleibrokjes | 225 | 0 | 8 | 92 | 1 | 0 | 3 |
| 181.00 | 184.00 | klei | matig siltig, zwak humeus, grijs-bruin, slap, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpresten | 36 | 64 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 |
| 184.00 | 185.00 | zand | zwak siltig, donker-grijs, Zand: matig fijn, Schelpen: veel schelpen, veel schelpresten, uiterst veel <i>Arctica islandica</i> , Opm.: ook <i>Natica-catena</i> | 160 | 0 | 4 | 96 | 0 | 0 | 3 |
| 185.00 | 199.00 | zand | zwak siltig, donker-grijs, Zand: matig fijn, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpresten, spoor glimmer | 160 | 0 | 4 | 96 | 0 | 0 | 3 |
| 199.00 | 203.00 | zand | zwak siltig, grijs, Zand: matig fijn, Schelpen: veel schelpen, veel schelpresten, uiterst veel <i>Arctica islandica</i> , spoor glimmer | 160 | 0 | 3 | 97 | 0 | 0 | 3 |
| 203.00 | 206.00 | zand | zwak siltig, grijs, Zand: matig fijn, Schelpen: spoor schelpen, weinig schelpresten, spoor glimmer | 170 | 0 | 3 | 97 | 0 | 0 | 3 |
| 206.00 | 209.00 | zand | zwak siltig, grijs, Zand: matig fijn, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpresten, spoor glimmer | 170 | 0 | 3 | 97 | 0 | 0 | 3 |
| 209.00 | 210.00 | klei | sterk siltig, zwak zandig, donker-bruin | 28 | 66 | 6 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 210.00 | 211.00 | klei | sterk siltig, zwak zandig, donker-bruin, Schelpen: weinig schelpen, weinig schelpresten, weinig <i>Arctica islandica</i> , veel <i>Spisula</i> sp. | 28 | 66 | 6 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 211.00 | 215.00 | schelpen | zwak siltig, sterk zandig, bruin-grijs, Schelpen: uiterst veel <i>Arctica islandica</i> , uiterst veel <i>Spisula</i> sp., weinig kleibrokjes, Opm.: kleibrokjes zitten aan de basis | 0 | 3 | 97 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 215.00 | 216.00 | zand | kleilig, grijs, Zand: matig fijn, Schelpen: Sch.perc.: 29, veel schelpen, veel schelpresten, uiterst veel <i>Arctica islandica</i> , weinig <i>Spisula</i> sp. | 180 | 10 | 4 | 86 | 0 | 0 | 3 |
| 216.00 | 218.00 | zand | kleilig, sterk siltig, grijs, Zand: matig fijn, Schelpen: weinig schelpen, weinig schelpresten, uiterst veel <i>Arctica islandica</i> , spoor <i>Spisula</i> sp., weinig kleibrokjes | 180 | 10 | 10 | 80 | 0 | 0 | 3 |
| 218.00 | 221.00 | zand | zwak siltig, grijs, Zand: zeer fijn, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpresten, weinig glimmer | 140 | 0 | 4 | 96 | 0 | 0 | 3 |
| 221.00 | 222.00 | zand | zwak siltig, grijs, Zand: zeer fijn, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpfragmenten, spoor glimmer, veel kleibrokjes | 140 | 0 | 4 | 96 | 0 | 0 | 3 |
| 222.00 | 226.00 | zand | zwak siltig, grijs, Zand: zeer fijn, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpfragmenten, spoor glimmer | 140 | 0 | 4 | 96 | 0 | 0 | 3 |
| 226.00 | 227.00 | zand | zwak siltig, grijs, Zand: zeer fijn, Schelpen: spoor schelpen, spoor schelpfragmenten, spoor glimmer, veel kleibrokjes | 140 | 0 | 4 | 96 | 0 | 0 | 3 |
| 227.00 | 238.00 | zand | zwak siltig, grijs, Zand: zeer fijn, spoor glimmer | 140 | 0 | 8 | 92 | 0 | 0 | 3 |
| 238.00 | 240.00 | zand | zwak siltig, grijs, Zand: zeer fijn, weinig glimmer, veel kleistenen | 140 | 0 | 8 | 92 | 0 | 0 | 3 |
| 240.00 | 247.00 | klei | matig siltig, zwak zandig, donker-grijs | 36 | 60 | 4 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 247.00 | 320.00 | klei | matig siltig, zwak humeus, bruin-grijs | 40 | 60 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 |
| 320.00 | 331.00 | klei | matig siltig, grijs | 40 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 331.00 | 333.00 | klei | matig siltig, bruin-grijs, zeer slap | 36 | 64 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 333.00 | 337.00 | klei | matig siltig, grijs, zeer slap | 36 | 64 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 337.00 | 344.00 | zand | zwak siltig, grijs, Zand: zeer fijn, weinig glimmer, weinig kleibrokjes | 130 | 0 | 2 | 98 | 0 | 0 | 3 |
| 344.00 | 347.00 | klei | matig siltig, grijs, zeer slap | 36 | 60 | 4 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 347.00 | 359.00 | klei | matig siltig, grijs | 36 | 64 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 359.00 | 367.00 | klei | matig siltig, zwak zandig, donker-grijs, weinig kleiysterstenen | 36 | 60 | 4 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 367.00 | 385.00 | klei | matig siltig, zwak zandig, zwak humeus, bruin-grijs, spoor ijzeroxide | 40 | 58 | 2 | 0 | 0 | 2 | 3 |
| 385.00 | 394.00 | klei | matig siltig, donker-grijs | 40 | 58 | 2 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 394.00 | 398.00 | klei | matig siltig, donker-grijs, veel veenbrokjes, Opm.: klei met veen vermengd | 40 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 398.00 | 403.00 | klei | matig siltig, matig humeus, donker-grijs, Organisch materiaal: weinig verspoelde plantenresten | 40 | 60 | 0 | 0 | 0 | 6 | 1 |
| 403.00 | 407.00 | klei | matig siltig, groen-grijs, stevig | 42 | 58 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 407.00 | 410.00 | klei | matig siltig, zwak zandig, matig humeus, grijs-bruin, Organisch materiaal: weinig verspoelde plantenresten, veel veenbrokjes | 36 | 60 | 4 | 0 | 0 | 8 | 1 |
| 410.00 | 413.00 | klei | matig siltig, licht-grijs, stevig, spoor ijzeroxide | 40 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 413.00 | 415.00 | klei | matig siltig, bruin, stevig | 42 | 58 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 415.00 | 417.00 | klei | matig siltig, sterk humeus, bruin, weinig veenbrokjes | 42 | 58 | 0 | 0 | 0 | 12 | 2 |
| 417.00 | 422.00 | klei | matig siltig, licht-grijs, stevig | 46 | 54 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |

| Boven | Onder | Grondsoort | Omschrijving | M63 | LU | SI | ZA | GR | OR | CA |
|--------|--------|------------|--|-----|----|----|----|----|----|----|
| 422.00 | 424.00 | klei | matig siltig, matig humeus, bruin, veel veenbrokjes | 42 | 58 | 0 | 0 | 0 | 6 | 3 |
| 424.00 | 431.00 | klei | matig siltig, donker-grijs, spoor ijzeroxide | 44 | 56 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| | | | Sublaag: met veel kleilagen, met wisselende laagdikten, matig humeus, donker-grijs, Opm.: 2 cm dikke stevige humeuze kleilaagjes | | | | | | | |

Stratigrafie 2003

| Boven | Onder | S | AS | LF | ST | Omschrijving |
|--------|--------|------|----|----|----|--|
| 0.00 | 5.00 | NA | | | | Formatie van Naaldwijk |
| 5.00 | 13.00 | NAZA | | | | Formatie van Naaldwijk, Laagpakket van Zandvoort |
| 13.00 | 15.50 | EC | | | | Formatie van Echteld |
| 15.50 | 16.00 | NIBA | | | | Formatie van Nieuwkoop, Basisveen Laag |
| 16.00 | 17.00 | KRWY | | | | Formatie van Kreftenheye, Laag van Wijchen |
| 17.00 | 38.00 | KROC | | | | Formatie van Kreftenheye, Laagpakket van Ockenburg |
| 38.00 | 42.00 | UR | | | | Formatie van Urk |
| 42.00 | 47.00 | SY | | | | Formatie van Stramproy |
| 47.00 | 111.00 | WA | | | | Formatie van Waalre |
| 111.00 | 240.00 | MS | | | | Formatie van Maassluis |
| 240.00 | 394.00 | OO | | | | Formatie van Oosterhout |
| 394.00 | 410.00 | BR | | | | Formatie van Breda |
| 410.00 | 431.00 | RUBO | | | | Formatie van Rupel, Laagpakket van Boom |

Bijlage 4

BEREKENING VAN DE EINDZETTING BIJ 90 M³/UUR

Zettingsberekening

Versie 29 september 2004

Berekening van eindzetting volgens de methode van Koppejan (combinatie van Terzaghi en Keveling Buisman)



Projectnaam: RCSG Rijswijk
 Projectnummer: 70270
 Datum berekening: 22-maart-2021
 Boring: nvt
 Rapport: Effectenstudie
 Specialist: PO
 Opmerking(en):

Gebruikte formule van Terzaghi:

$$z = \frac{D}{C} \ln \frac{\sigma_k + \Delta\sigma_k}{\sigma_k}$$

GLG: 1.8 m-mv

| Materiaal | [m-mv] diepte | [m] Dikte | ΔH | C_p | C_s | Conein | [kg/m ³] ρ | [N/m ²] σ_k | [N/m ²] $\Delta\sigma_k$ | [mm] Z |
|---------------|------------------|--------------|------------|-------|----------|-----------|--------------------------------|-----------------------------------|---|-----------|
| | 1.8 | | | | | | | | | |
| Onverz. zone | | 1.2 | | - | - | - | 1700 | - | | 0 |
| | 3 | | | | | | | | | |
| Klei | | 12 | | 20 | 240 | 15 | 1900 | 61214 | 0 | 0 |
| | 15 | | | | | | | | | |
| Zand | | 25 | 0 | 600 | 1.00E+99 | 600 | 2100 | 249076 | 0 | 0 |
| | 40 | | | | | | | | | |
| Klei | | 20 | | 30 | 400 | 23.076923 | 1900 | 472253 | 0 | 0 |
| | 60 | | | | | | | | | |
| Zand | | 33 | 0 | 600 | 1.00E+99 | 600 | 2100 | 738595 | 0 | 0 |
| | 93 | | | | | | | | | |
| Klei, leem | | 8 | | 45 | 1300 | 39.527027 | 1900 | 951962 | 5 | 0 |
| | 101 | | | | | | | | | |
| Zand | | 9 | 0.001 | 450 | 1.00E+99 | 450 | 2100 | 1035838 | 10 | 0 |
| | 110 | | | | | | | | | |
| Klei, leem | | 5 | | 45 | 1300 | 39.527027 | 1900 | 1106470 | 10 | 0 |
| | 115 | | | | | | | | | |
| Zand | | 40 | 0.001 | 600 | 1.00E+99 | 600 | 2100 | 1344362 | 10 | 0 |
| | 155 | | | | | | | | | |
| Leem | | 10 | | 45 | 1300 | 39.527027 | 1900 | 1604327 | 54 | 0 |
| | 165 | | | | | | | | | |
| Zand | | 5 | 0.01 | 600 | 1.00E+99 | 600 | 2100 | 1675450 | 98 | 0 |
| | 170 | | | | | | | | | |
| Klei | | 5 | | 10 | 110 | 7.3333333 | 1900 | 1724500 | 348 | 0 |
| | 175 | | | | | | | | | |
| Zand | | 5 | 0.061 | 600 | 1.00E+99 | 600 | 2100 | 1773550 | 598 | 0 |
| | 180 | | | | | | | | | |
| Klei | | 5 | | 30 | 400 | 23.076923 | 1900 | 1822600 | 64015 | 7 |
| | 185 | | | | | | | | | |
| Zand (opslag) | | 15 | 12.99 | 600 | 1.00E+99 | 600 | 2100 | 1925605 | 127432 | 2 |
| | 200 | | | | | | | | | |
| Zand (opslag) | | 10 | 12.99 | 600 | 1.00E+99 | 600 | 2100 | 2060492 | 127432 | 1 |
| | 210 | | | | | | | | | |
| Klei | | 2 | | 20 | 240 | 15 | 1900 | 2123276 | 64045 | 4 |
| | 212 | | | | | | | | | |
| Zand | | 23 | 0.067 | 600 | 1.00E+99 | 600 | 2100 | 2256202 | 657 | 0 |
| | 235 | | | | | | | | | |

Verklaring van de parameters:

| symbolen | verklaring | eenheid |
|------------------|--------------------------------------|----------------------|
| D | = Dikte | [m] |
| ΔH | = Stijghoogteverandering | [m] |
| C_p | = Primaire zettingsconstante | [-] |
| C_s | = Seculaire zettingsconstante | [-] |
| Conein | = Totale zettingsconstante | [-] |
| ρ | = Bulkdichtheid | [kg/m ³] |
| σ_k | = Korrelspanning | [N/m ²] |
| $\Delta\sigma_k$ | = Verandering korrelspanning | [N/m ²] |
| Z | = Zetting | [mm] |
| GLG | = Gemiddelde laagste grondwaterstand | [m-mv] |

Totale zetting [mm]

14

Bijlage 5

BEREKENING VAN DE EINDZETTING BIJ 200 M³/UUR

Zettingsberekening

Versie 29 september 2004

Berekening van eindzetting volgens de methode van Koppejan (combinatie van Terzaghi en Keveling Buisman)



Projectnaam: RCSG Rijswijk
 Projectnummer: 70270
 Datum berekening: 22-Mar-21
 Boring: nvt
 Rapport: Effectenstudie
 Specialist: PO
 Opmerking(en):

Gebruikte formule van Terzaghi:

$$z = \frac{D}{C} \ln \frac{\sigma_k + \Delta\sigma_k}{\sigma_k}$$

GLG: 1.8 m-mv

| Materiaal | [m-mv] diepte | [m] Dikte | ΔH | C_p | C_s | Conein | [kg/m ³] ρ | [N/m ²] σ_k | [N/m ²] $\Delta\sigma_k$ | [mm] Z |
|---------------|------------------|--------------|------------|-------|----------|-----------|--------------------------------|-----------------------------------|---|-----------|
| | 1.8 | | | | | | | | | |
| Onverz. zone | | 1.2 | 0 | - | - | - | 1700 | - | | 0 |
| | 3 | | | | | | | | | |
| Klei | | 12 | | 20 | 240 | 15 | 1900 | 61214 | 0 | 0 |
| | 15 | | | | | | | | | |
| Zand | | 25 | 0 | 600 | 1.00E+99 | 600 | 2100 | 249076 | 0 | 0 |
| | 40 | | | | | | | | | |
| Klei | | 20 | | 30 | 400 | 23.076923 | 1900 | 472253 | 0 | 0 |
| | 60 | | | | | | | | | |
| Zand | | 33 | 0 | 600 | 1.00E+99 | 600 | 2100 | 738595 | 0 | 0 |
| | 93 | | | | | | | | | |
| Klei, leem | | 8 | | 45 | 1300 | 39.527027 | 1900 | 951962 | 5 | 0 |
| | 101 | | | | | | | | | |
| Zand | | 9 | 0.001 | 450 | 1.00E+99 | 450 | 2100 | 1035838 | 10 | 0 |
| | 110 | | | | | | | | | |
| Klei, leem | | 5 | | 45 | 1300 | 39.527027 | 1900 | 1106470 | 10 | 0 |
| | 115 | | | | | | | | | |
| Zand | | 40 | 0.001 | 600 | 1.00E+99 | 600 | 2100 | 1344362 | 10 | 0 |
| | 155 | | | | | | | | | |
| Leem | | 10 | | 45 | 1300 | 39.527027 | 1900 | 1604327 | 93 | 0 |
| | 165 | | | | | | | | | |
| Zand | | 5 | 0.018 | 600 | 1.00E+99 | 600 | 2100 | 1675450 | 177 | 0 |
| | 170 | | | | | | | | | |
| Klei | | 5 | | 10 | 110 | 7.3333333 | 1900 | 1724500 | 750 | 0 |
| | 175 | | | | | | | | | |
| Zand | | 5 | 0.135 | 600 | 1.00E+99 | 600 | 2100 | 1773550 | 1324 | 0 |
| | 180 | | | | | | | | | |
| Klei | | 5 | | 30 | 400 | 23.076923 | 1900 | 1822600 | 142270 | 16 |
| | 185 | | | | | | | | | |
| Zand (opslag) | | 15 | 28.87 | 600 | 1.00E+99 | 600 | 2100 | 1925605 | 283215 | 3 |
| | 200 | | | | | | | | | |
| Zand (opslag) | | 10 | 28.87 | 600 | 1.00E+99 | 600 | 2100 | 2060492 | 283215 | 2 |
| | 210 | | | | | | | | | |
| Klei | | 2 | | 20 | 240 | 15 | 1900 | 2123276 | 142343 | 9 |
| | 212 | | | | | | | | | |
| Zand | | 23 | 0.15 | 600 | 1.00E+99 | 600 | 2100 | 2256202 | 1472 | 0 |
| | 235 | | | | | | | | | |

Verklaring van de parameters:

| symbolen | verklaring | eenheid |
|------------------|--------------------------------------|----------------------|
| D | = Dikte | [m] |
| ΔH | = Stijghoogteverandering | [m] |
| C_p | = Primaire zettingsconstante | [-] |
| C_s | = Seculaire zettingsconstante | [-] |
| Conein | = Totale zettingsconstante | [-] |
| ρ | = Bulkdichtheid | [kg/m ³] |
| σ_k | = Korrelspanning | [N/m ²] |
| $\Delta\sigma_k$ | = Verandering korrelspanning | [N/m ²] |
| Z | = Zetting | [mm] |
| GLG | = Gemiddelde laagste grondwaterstand | [m-mv] |

Totale zetting [mm]

31

IF Technology **Creating energy**



Velperweg 37
6824 BE Arnhem
Postbus 605
6800 AP Arnhem

T 026 35 35 555
E info@iftechnology.nl
I www.iftechnology.nl

NL60 RABO 0383 9420 47
KvK Arnhem 09065422
BTW nr. NL801045599B01

IF Technology **Creating energy**