

**Aanvraag Instemming
Winningsplan Aardwarmte**

Zevenbergen II

Versie 1.2

7 april 2020

Inhoudsopgave

<i>Formulier aanvraag instemming winningsplan</i>	3
Dit document en relatie met Mijnbouwwet (Mw), -besluit (Mb) en -reglement (Mr)	4
1 Inleiding	5
1.1 Achtergrond	5
1.2 De aanvraag	5
2 Het geothermische systeem	8
2.1 Locatie	8
2.2 Beschrijving van de mijnbouwinstallatie	8
2.3 Naburige putten en Seismische gegevens	10
2.4 Beschrijving van het geothermisch doublet	12
2.5 Aquifer karakteristiek	17
2.6 Formatiewater karakteristiek.....	19
2.7 Reservoir modellering	21
3 Wijze van winning	23
3.1 Beschrijving van de winning	23
3.2 Duur van de winning	25
3.3 Toekomstige ontwikkeling.....	25
3.4 Interferentie.....	26
3.5 Meerjarenplan beheer en kosten	26
4 Bodembeweging	27
4.1 Bodemdaling	27
4.2 Inventarisatie van gevaar op bodemtrillingen – Quick Scan	27
4.3 Nadelige gevolgen	28
5 Referenties	29

Bijlagen:

- 1 Aangevraagd gebied
- 2 Meerjarenplan beheer en kosten

Formulier aanvraag instemming winningsplan

ex artikel 34 lid 1 Mijnbouwwet (Mw) juncto art kel 24 M jnbouwbesluit (Mb)

Elektronisch in te dienen bij:

Ministerie van Economische Zaken

Directie Energie & Omgeving

<u>Artikel</u>	<u>Onderwerp</u>	<u>Beschrijving</u>
Mw 34 lid 1	Verzoek om instemming voor een wijziging / actualisatie van het winningsplan Zevenbergen II	☐ een winningsplan voor voorkomens in het continentaal plat vanaf de 12 zeemijlszone ☒ een winningsplan voor voorkomens in Nederlands territorium tot 12 zeemijl uit de kust
	Algemene gegevens	
	<i>Naam indiener</i>	- Geobrothers B.V. - Visser & Smit Hanab bv
	<i>Adres</i>	Rietgorsweg 6 3356 LJ Papendrecht
	<i>Contactpersoon</i>	
	<i>E-mail</i>	info@geobrothers.nl
Mw 34 lid 2	Indiener	☒ is houder van de vergunning ☐ is uitvoerder cf artikel 22 Mw De indieners zijn houder van de Opsporingsvergunning Zevenbergen II. De aanvraag Winningsvergunning loopt nog.
	Winningsvergunningsgebied(en) Ligging Gemeente en Provincie	☒ winningsvergunning Zevenbergen II Gelegen in de gemeentes Moerdijk en Etten Leur in de provincie Noord Brabant.
Mw 34 lid 1 Mb 24 lid 1a	Voorkomen Aardwarmte	Zevenbergen II
Mb 24 lid 1a	Soort delfstof die wordt gewonnen	Aardwarmte
Mr 1.2.1 lid 3	Bestaande of nieuwe winning	☐ winningsplan voor reeds bestaande winning (inclusief voorziene uitbreiding) ☒ winningsplan voor nieuwe winning
Mw 34 lid 7	Coördinatie vergunningen	☒ ja: te weten met: ☐ Omgevingsvergunning ☐ Watervergunning ☐ Mijnbouwmilieuvergunning ☒ Anders, namelijk: Winningsvergunning ☐ nee

Dit document en relatie met Mijnbouwwet (Mw), -besluit (Mb) en -reglement (Mr)

	Bedrijfs en productiegegevens	Sectie
Mw 35 lid 1	Beknpte beschrijving van het winningsplan	1.1, 1.2
Mw 35 lid 1c Mb 24 lid 1c,d	Beknpte beschrijving van wijze van winning door middel van (een) mijnbouwwerk(en)	2.2
Mb 24 lid 1a	Geologische beschrijving van voorkomen(s)	2.5
Mb 24 lid 1a Mb 24 lid 1b	Geologische doorsnede van voorkomen(s)	2.4
Mw 35 lid 1a Mb 24 lid 1d,e	Overzicht ligging voorkomens, putten	2.1, Bijlage 1
Mb 24 lid 1d,e,g	Situering mijnbouwwerken situatietekening /eventueel foto	2.2
Mb 24 lid 1e,f	Overzicht boringen in voorkomen(s)	2.4
Mb 24 lid 1g	Schematische voorstelling putverbuizing(en)	2.4
Mb 24 lid 1h	Plaats en wijze waarop warm water in verbuizing treden	2.4
Mb 24 lid 2	Productieontwikkeling strategie	3.1
Mb 24 lid 2	Productie filosofie	3.1, 3.3
Mb 24 lid 2	Reservoir management	3.1, 3.3
Mw 35 lid 1a,d Mb 24 lid 1a	Omvang winning (hoeveelheden per voorkomen/per jaar)	3.1
Mw 35 lid 1b	Duur van de winning (per voorkomen)	3.2
Mb 24 lid 1i	Stoffen die jaarlijks worden mee geproduceerd	3.1
Mb 24 lid 1j	Jaarlijks eigengebruik bij winning	NVT
Mb 24 lid 1j	Jaarlijks bij winning afgeblazen/afgefakkelde koolwaterstoffen	NVT
Mb 24 lid 1k	Jaarlijks bij winning in de ondergrond terug te brengen delfstoffen en andere stoffen	3.1
Mw 36 lid 1 sub b	Planmatig gebruik of beheer van delfstoffen, aardwarmte, andere natuurlijke rijkdommen, waaronder grondwater met het oog op de winning van drinkwater, of mogelijkheden tot het opslaan van stoffen	3.4
	Gegevens inzake bodemdaling als gevolg van de winning	Sectie
Mw 35 lid 1f	Aard van de bodemdaling ten gevolge van de winning alsmede de daarmee verband houdende activiteiten	4.1
Mb 24 lid 1m Mb 24 lid 1n Mb 24 lid 1o	Gekalibreerde bodemdaling en bodemdalingprognoses (uiteindelijk verwachte mate van bodemdaling)	4.1
Mb 24 lid 1q	Omvang en aard van de schade	4.3
Mb 24 lid 1r	Maatregelen om bodemdaling te voorkomen / te beperken	4.3
Mb 24 lid 1s Mw 35 lid 1f	Maatregelen die gevolgen van schade door bodemdaling beperken of voorkomen	4.3
	Gegevens inzake bodemtrilling als gevolg van de winning	Sectie
Mw 35 lid 1f	Aard van de bodemtrilling ten gevolge van de winning alsmede de daarmee verband houdende activiteiten	4.2
Mb 24 lid 1p	Risicoanalyse bodemtrilling	4.2
Mb 24 lid 1q	Omvang en aard van de schade	4.3
Mb 24 lid 1r	Maatregelen om bodemtrillingen te voorkomen / te beperken	NVT
Mb 24 lid 1s Mw 35 lid 1f	Maatregelen die gevolgen van schade door bodemtrillingen beperken of voorkomen	NVT
	Overige veiligheidsaspecten	Sectie
Mw 35 lid 1g	De risico's voor omwonenden, gebouwen of infrastructurele werken of de functionaliteit daarvan met een risicobeoordeling, voor zover het winnen van delfstoffen niet geschiedt in het continentaal plat	

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Geobrothers B.V. en Visser & Smit Hanab B.V. (V&SH) zijn de houders van de Opsporingsvergunning voor Aardwarmte genaamd Zevenbergen II (ref.1). Overeenkomstig het werkprogramma behorend bij de Opsporingsvergunning zijn twee putten geboord, een productieput en een injectieput. Metingen en testen in deze putten hebben aangetoond dat deze technisch en economisch geschikt zijn voor de winning van aardwarmte binnen het gebied van de Opsporingsvergunning Zevenbergen II. Daarom hebben de houders van de Opsporingsvergunning een aanvraag ingediend voor een Winningsvergunning voor aardwarmte in een gebied overeenkomstig de Opsporingsvergunning Zevenbergen II. Parallel aan de aanvraag winningsvergunning wordt deze Aanvraag Instemming Winningsplan ingediend. Het gaat hier om een nieuw Winningsplan, voor een gebied waarvoor nog niet eerder een Winningsplan Aardwarmte is goedgekeurd.

Hieronder volgt een overzicht van de versies en actualisaties en aanvullingen van de gerelateerde Aanvraag Winningsvergunning en deze Aanvraag Instemming Winningsplan.

Datum	Versie	Soort document	Opmerking
18-09-2017	1.0	Aanvraag Winningsvergunning	
11-10-2017	1.0	Aanvraag Winningsvergunning	Inclusief wijzigingen
12-06-2018		Aanvullingen	Gegevens van de geboorde putten en geologie.
18-02-2019	2.0	Aanvraag Winningsvergunning	Inclusief actualisatie, eerdere wijzigingen en rapportage van puttesten.
18-02-2019	1.0	Aanvraag Instemming Winningsplan Aardwarmte	Eerste versie als bijlage 5 van Aanvraag instemming Winningsvergunning.
09-04-2019	1.1	Aanvraag Instemming Winningsplan Aardwarmte	Aanpassingen in secties 2.5, 3.1, 4.1 en 4.3. Deze aanvraag wordt los van de Aanvraag Winningsvergunning in procedure gebracht.
17-12-2019		Verlenen winningsvergunning aardwarmte Zevenbergen	Het gebied waarvoor de winningsvergunning is verleend is iets smaller dan het aangevraagde gebied dat één op één overeen kwam met het gebied van de Opsporingsvergunning Zevenbergen II.
07-04-2020	1.2	Aanvraag Instemming Winningsplan Aardwarmte	Dit document. Aanpassingen in secties 1.1, 1.2, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7, 3.1, 3.2, 3.3 en 4.1 en bijlage 1. In deze versie is de prognose van het debiet in lijn gebracht met de resultaten van het Langdurig Testen in Q1 2020. De coördinaten van het gebied zijn in lijn gebracht met het Besluit over de Winningsvergunning.

1.2 De aanvraag

Geobrothers en V&SH vragen hierbij instemming met het Winningsplan voor de winning van aardwarmte voor een tijdsduur van 33 jaar in een deel van het gebied van de Winningsvergunning Zevenbergen II. Dit gebied ligt deels in de gemeente Moerdijk en deels in de gemeente Etten-Leur in de provincie Noord Brabant.

Het gebied is een rechthoek van 1159 m bij 3000 m en wordt omsloten door vier punten en de rechte lijnen daartussen:

Punt	RD-coördinaten	
	X	Y
1	100968,657	406366,015
2	101917,693	407030,533
3	103638,423	404573,083
4	102689,389	403908,556
Oppervlakte van het gebied 3,48 km ²		

Hiervan is in bijlage 1 is een overzichtskaart opgenomen.

De verticale put ZVB-GT-01 (ref.2) heeft aangetoond dat binnen het gebied van de opsporingsvergunning Zevenbergen II de dikte, reservoir-kwaliteit en temperatuur van een deel van de Brussels Sand Member (NLFFS) voldoende zijn voor de winning van aardwarmte. De Brussels Sand Member wordt aan de bovenzijde begrensd door de Asse Member (NLFFB) die grotendeels bestaat uit klei (ref.3).

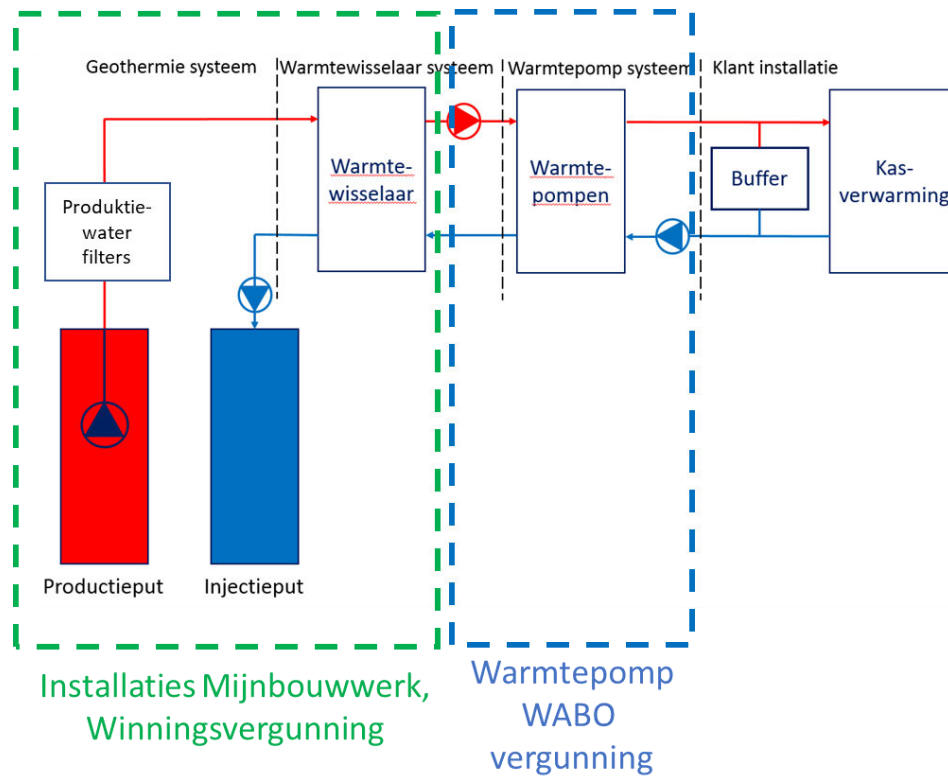
Er is een geothermisch doublet geboord bestaande uit productieput ZVB-GT-01-S02 (ref.4) en een injectieput ZVB-GT-02-S01 (ref.6). Beide putten doorsnijden nagenoeg horizontaal de goede zanden in de Brussels Sand Member (ref.5 en ref.7).

De grootte en vorm van het gebied van de Opsporingsvergunning Zevenbergen II is bepaald aan de hand van de verwachte uitbreiding van het thermische beïnvloedingsgebied. Deze verwachte uitbreiding is berekend met het computerprogramma HSTWin-3D gedurende de ontwerpfase van dit project (ref.8). De dikte en reservoir kwaliteit van de aangeboorde zanden komen grotendeels overeen met de aannames gebruikt in de ontwerpfase. Het gebied waarvoor de Winningsvergunning is verleend is iets smaller dan het gebied van de Opsporingsvergunning Zevenbergen II (zie sectie 2.7). De thermische invloeden vallen binnen het gebied voor de duur van de winning.

De totale installatie die is gebouwd voor dit aardwarmteproject bestaat uit de productieput, de injectieput, de opvoerpomp in de productieput, de waterinjectie pomp, de warmtewisselaar en drie warmtepompen die het lage temperatuur thermische vermogen kunnen opwaarderen naar een hogere temperatuur geothermisch vermogen.

Als deel van de mijnbouwinstallatie worden beschouwd de productieput, de injectieput, de opvoerpomp in de productieput (ESP), de waterinjectie pomp, de warmtewisselaar en de energietoevoer en procesbesturing voor deze installatie.

De warmtepomp wordt niet beschouwd als deel van de mijnbouwinstallatie. Operatie van de warmtepomp door V&SH is vergund middels de WABO vergunning van 12 december 2018. Dit is schematisch weergegeven in het onderstaande diagram.



2 Het geothermische systeem

2.1 Locatie

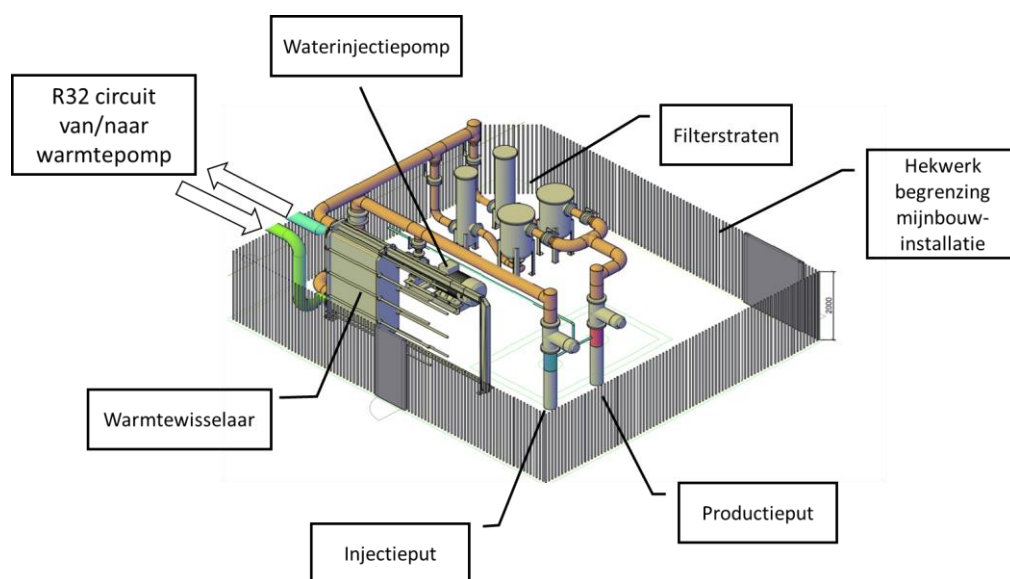
De putten en bovengrondse mijnbouwinstallatie bevinden zich tussen tuinbouwkassen van de firma Greenbrothers, Hazeldonkse Zandweg 97A, 4762 PA Zevenbergen. Een kaart van het gebied waarvoor de instemming van het winningsplan wordt aangevraagd met een indicatie van de positie van de putten en bovengrondse mijnbouwinstallatie is weergegeven in bijlage 1.

2.2 Beschrijving van de mijnbouwinstallatie

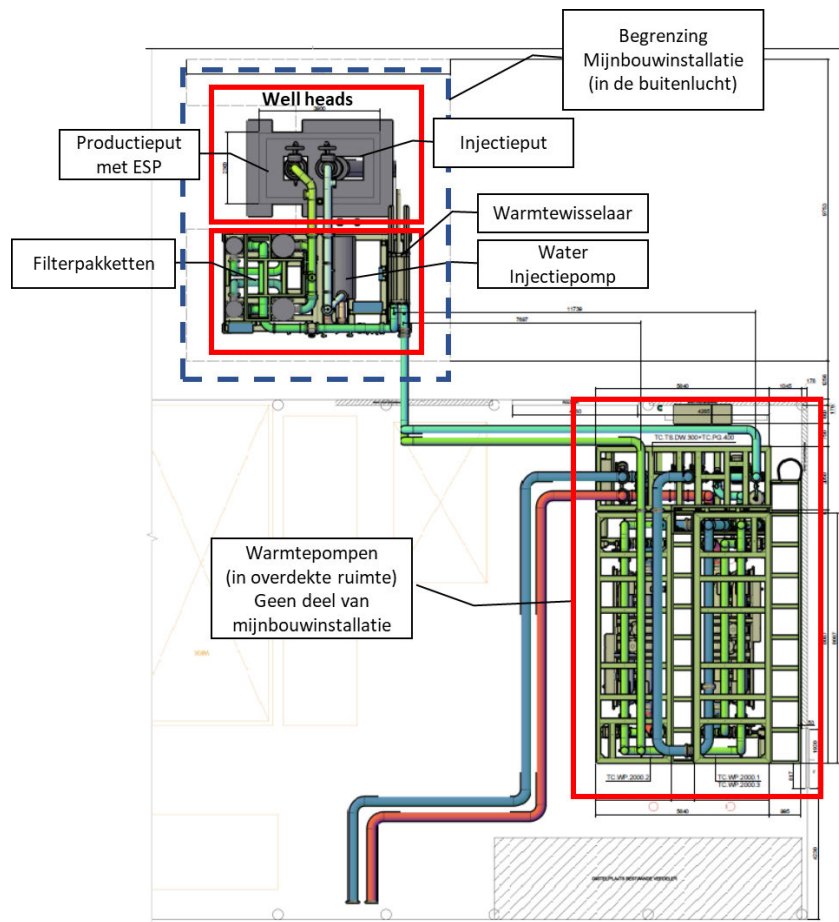
De mijnbouwinstallatie bestaat uit:

- Productieput met elektrische productiepomp (ESP) – ZVB-GT-01 ST2
- Injectieput – ZVB-GT-02 ST1
- Filterpakket met twee filterstraten
- Warmtewisselaar
- Waterinjectiepomp

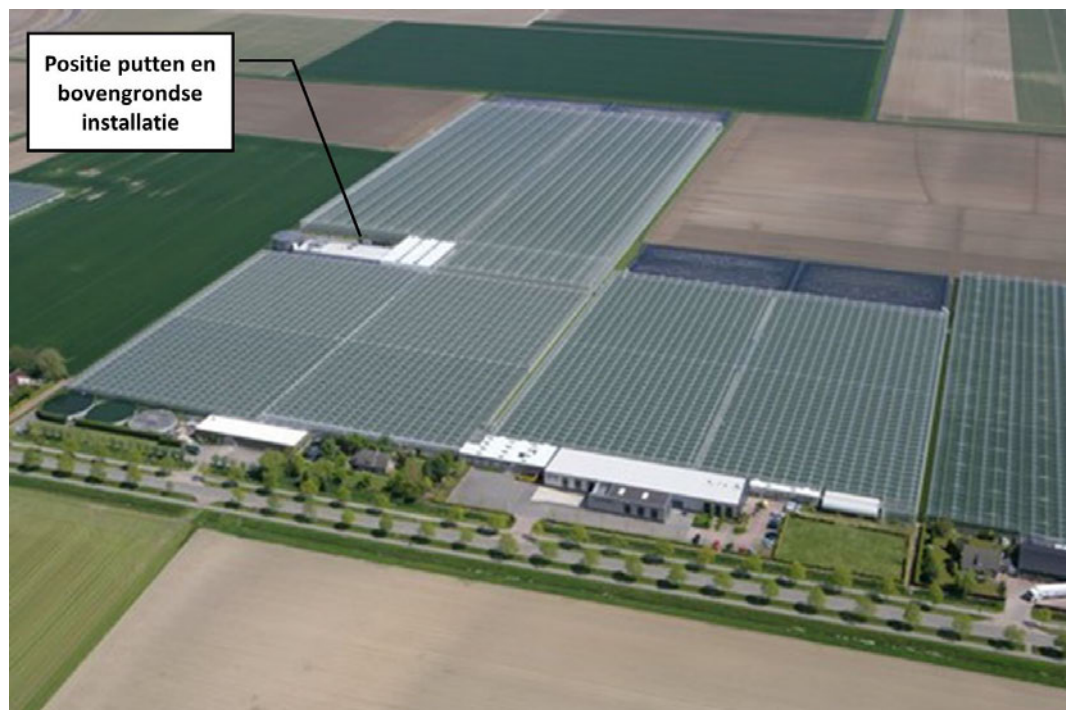
De productieput produceert warm water met behulp van een ondergrondse Electrical Submersible Pump (ESP). Bovengronds staan twee filterstraten opgesteld. Het geproduceerde warme water wordt door één van de filterstraten geleid. Er kan van filterstraat worden gewisseld wanneer de filters gewisseld moeten worden. Na de filters gaat het warme water een warmtewisselaar in. Daar wordt het geproduceerde water afgekoeld in de warmtewisselaar. Het medium in de warmtewisselaar waar het geproduceerde water warmte aan afgeeft is difluormethaan (R-32) dat in een gesloten circuit naar de warmtepompen stroomt. De warmtepompen zijn geen deel van de mijnbouwinstallatie. Het afgekoelde productiewater gaat na de warmtewisselaar naar de waterinjectiepomp die het afgekoelde water in de waterinjectieput pompt. De druk in het bovengrondse deel van het productiewater circuit wordt boven 4 bar(a) gehouden. Op die manier wordt zeker gesteld dat de geringe hoeveelheid gas dat is opgelost in het productiewater in oplossing blijft. Hieronder is een 3D impressie van de bovengrondse mijnbouwinstallatie gegeven.



De onderstaande figuur toont de installatie in bovenaanzicht en de positie van de mijnbouwinstallatie ten opzichte van de warmtepompen.



De putten en bovengrondse mijnbouwinstallatie bevinden zich tussen tuinbouwkassen van de firma Greenbrothers, Hazeldonkse Zandweg 97A, 4762 PA Zevenbergen. Zie onderstaande foto's.



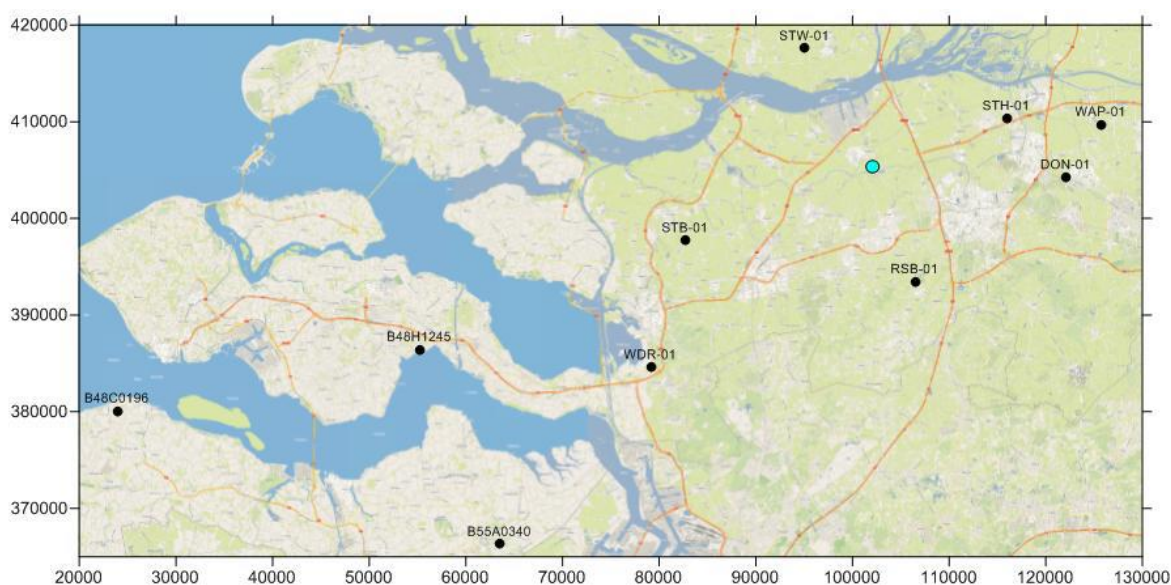


2.3 Naburige putten en Seismische gegevens

Het geothermisch doublet in Zevenbergen II produceert warm uit de goede zanden in de Brussels Sand Member (NLFFS) en injecteert het afgekoelde water in dezelfde formatie (ref.5 en ref.7).

Voor de karakterisering van dit zand is gebruik gemaakt van seismische gegevens en bestaande putten die zijn geboord in de omgeving van Zevenbergen. Uitgegevens van deze putten kunnen diepte, dikte en reservoir eigenschappen worden afgeleid. De onderstaande tabel en kaart geven een overzicht van deze putten en welke informatie ervan is gebruikt.

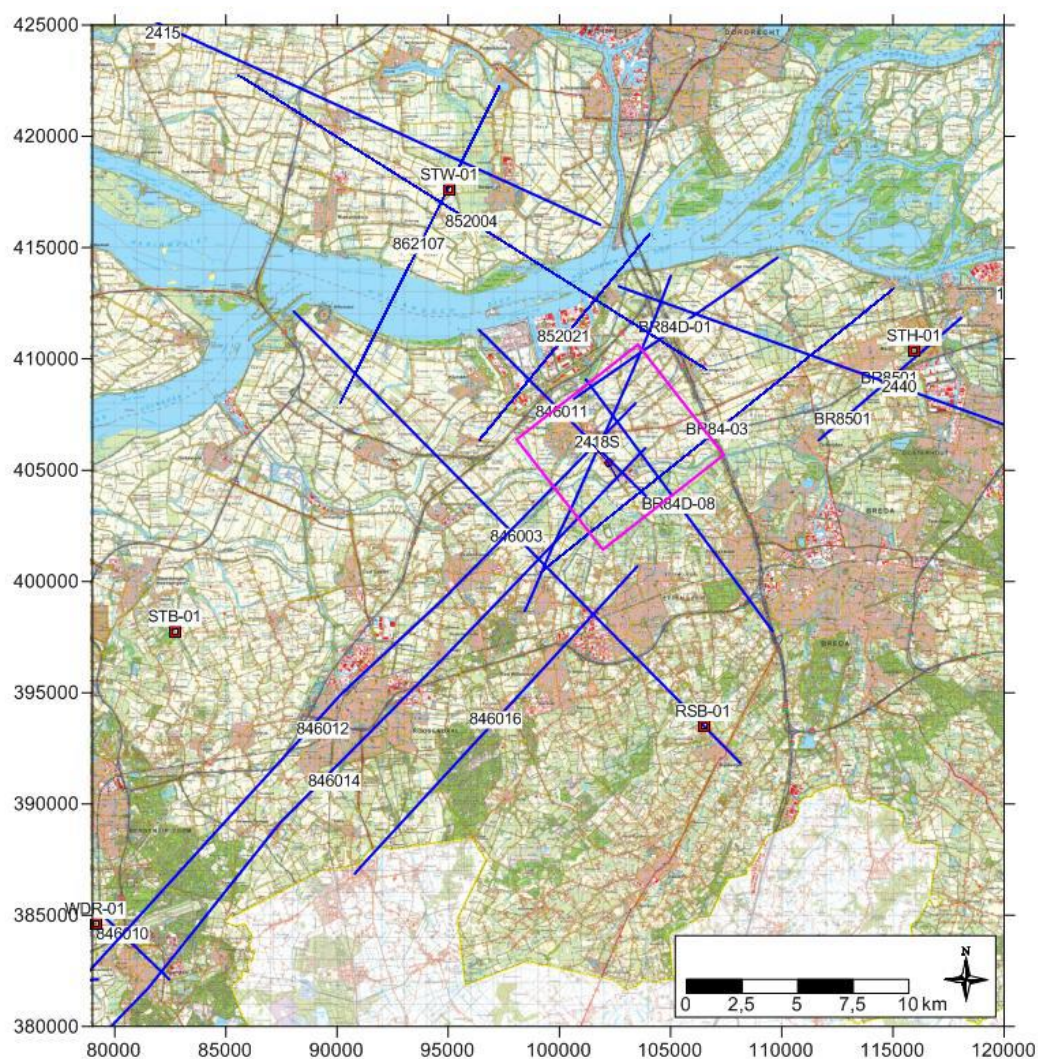
Put	Spud datum	Petrofysische data	Seismische interpretatie	Velocity model	Dikte kaart
B55A0340	1995	X			
B48H1245	2006	X			
DON-01	1958	X			
STB-01	1949	X			X
RSB-01	1969		X	X	X
STW-01	1987	X	X	X	X
WDR-01	1912			X	X
STH-01	1986	X		X	X
WAP-01	1958	X			



Verder is er gebruik gemaakt van de CMR data (permeabiliteits-log) van put KKP-GT-01 geboord in 2011 in de buurt van Kampen.

In het gebied Zevenbergen II zijn alleen 2D seismische gegevens beschikbaar. De seismische lijnen die gebruikt zijn worden weergegeven in onderstaande tabel en kaart.

Jaar	Survey	Bron	Lijn	Vertical shift (- = upward) [ms]
1964	L2NAM1964A	NAM	2415	-30
1964	L2NAM1964A	NAM	2418S	13
1984	L2PET1984B(-1)	TNO-NLOG	BR84-01(10000)	0
1984	L2PET1984B(-1)	TNO-NLOG	BR84-03(10001)	11
1984	L2PET1984B(-1)	TNO-NLOG	BR84-08(10004)	10
1984	L2NAM1984B	NAM	846003	0
1984	L2NAM1984B	NAM	846011	-5
1984	L2NAM1984B	NAM	846012	3
1984	L2NAM1984B	NAM	846014	3
1984	L2NAM1984B	NAM	846016	3
1985	L2NAM1985C	NAM	852004	-8
1985	L2NAM1985C	NAM	852021	-8
1986	L2NAM1986A	NAM	862107	0
1964	L2NAM1964A	NAM	2440	-15
1985	L2PET1985A	TNO-NLOG	85-01	-



Meer detail is beschikbaar in ref.8.

2.4 Beschrijving van het geothermisch doublet

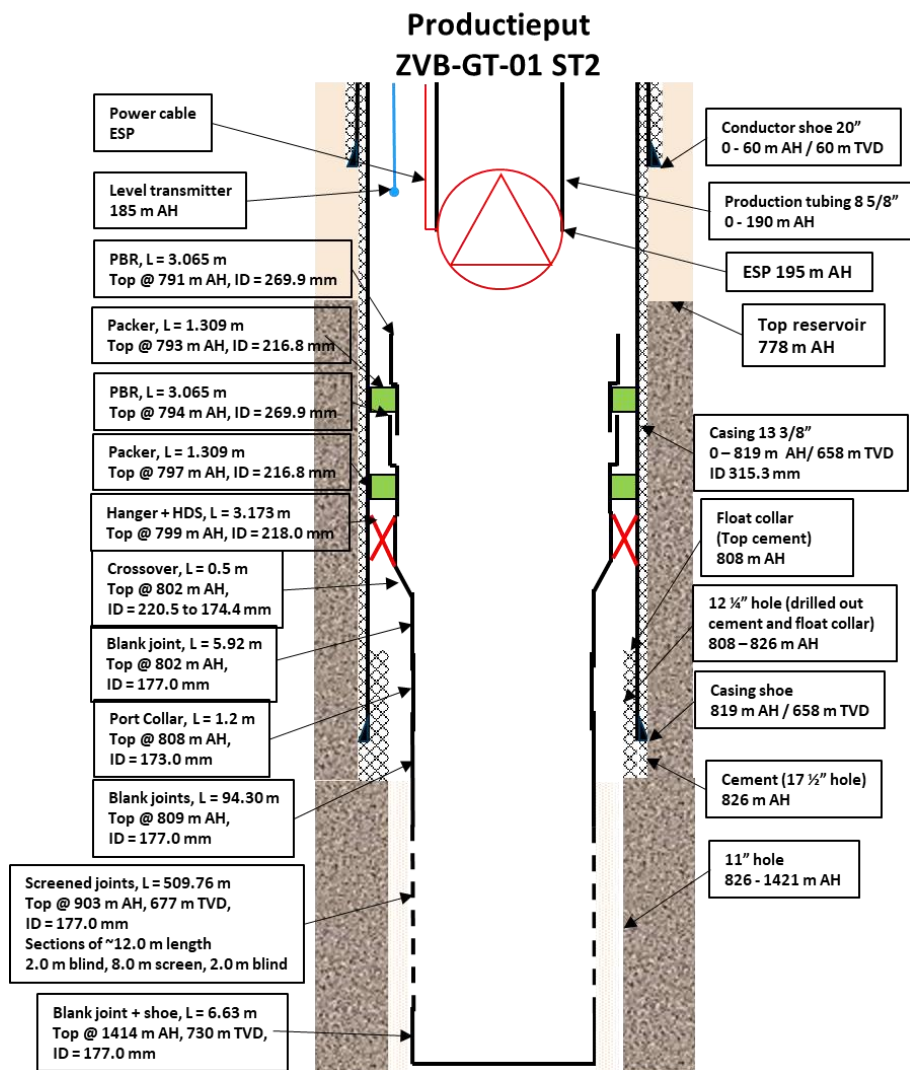
Voor winning van aardwarmte in Zevenbergen II wordt gebruik gemaakt van twee putten: de productieput ZVB-GT-01 ST2 en de injectie put ZVB-GT-02 ST1. Beide putten hebben een circa 500 meter lange nagenoeg horizontale sectie in de Brussels Sand Member (NLFFS). De top-hole van de productieput is verticaal. De top-hole van de injectie-put is met een inclinatie van 22,5° geboord. Op deze wijze wordt de horizontale afstand tussen de hiel van de productieput en de hiel van de injectieput zo groot mogelijk gemaakt, ondanks de geringe diepte. Details van deze putten staan in de End of Well Reports (ref.4, ref.6). De onderstaande tabel geeft een overzicht van de belangrijkste putgegevens.

Putnaam	ZVB-GT-01 ST2	ZVB-GT-02 ST1
Type put	Productie	Injectie
Spuddatum	03-10-2017	12-12-2017
Compleetie datum	17-01-2018	07-02-2018
X (RD) oppervlaktelocatie	102250,95	102251,36
Y (RD) oppervlaktelocatie	405432,72	405432,20
X (RD) einddiepte	101788,23	102985,04
Y (RD) einddiepte	406256,57	404531,10
Einddiepte (m AH)*	1421,00	1530,00
Einddiepte (m TVD)*	730,01	710,85

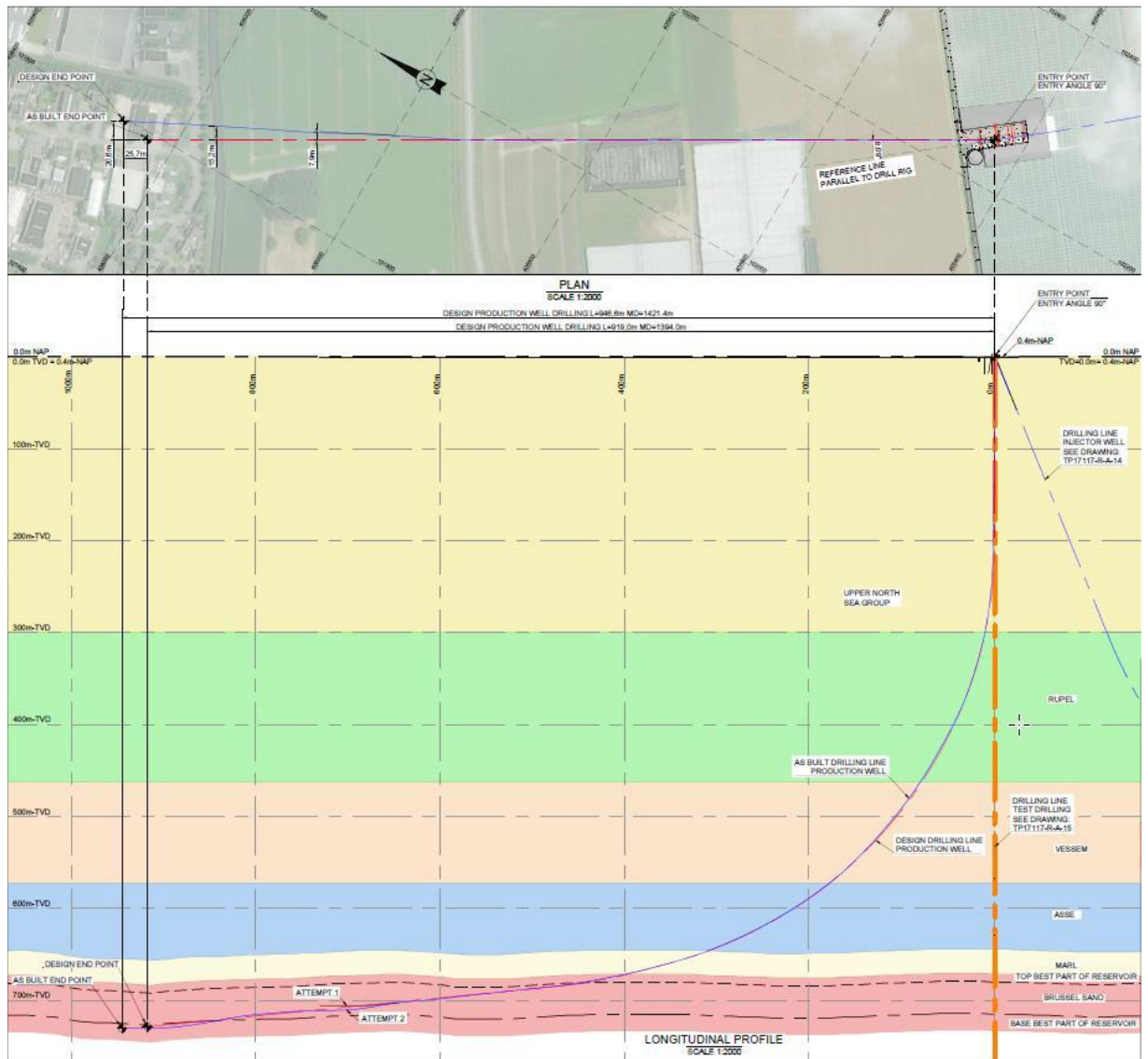
* TVD en MD referentie GL @ -0,40 m NAP

De verbuizingsschema's en schematische puttekeningen zijn hieronder weergegeven. De puttekeningen zijn niet op schaal.

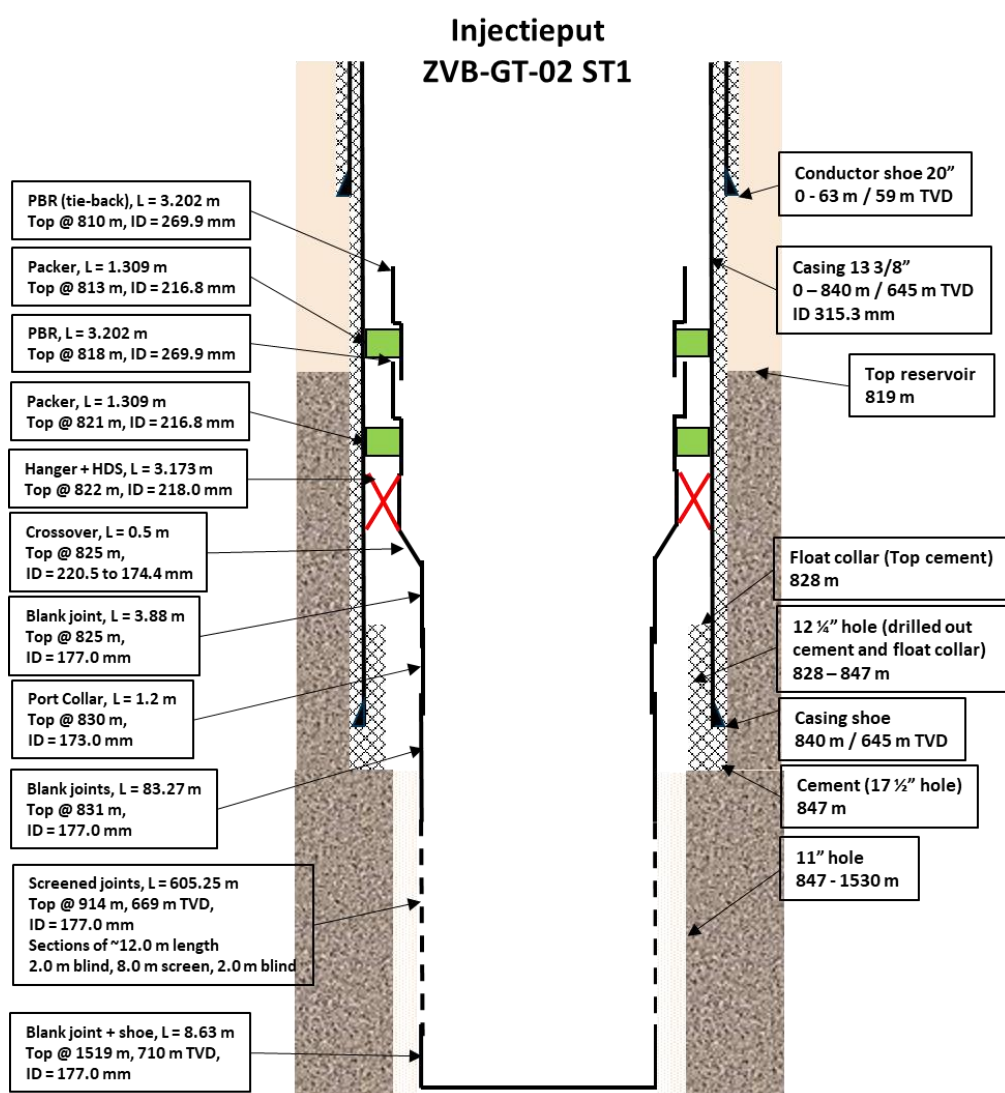
Verbuizingsschema productieput ZVB-GT-01 ST2								
Element naam	Top (MD)	Base (MD)	Top (TVD)	Base (TVD)	OD (")	Wt (lbs/ft)	Staal soort	Type Koppeling
Conductor	2	67	2	67	20	78	S235	Welded
Production casing	0	819	0	658	13 3/8	68	L80	BTC
Production Tubing	0	190	0	180	8 5/8	36	K55	BTC
Top Liner	791	905	650	678	7 5/8	26,4	L80	BTC
Screens	905	1413	678	730	7 5/8	26,4	L80	BTC
Blind Pipe	1413	1420	730	730	7 5/8	26,4	L80	BTC



De onderstaande figuur geeft een dwarsdoorsnede door de productieput en een projectie ervan op de oppervlakte.



Verbuizingsschema productieput ZVB-GT-02 ST1								
Element naam	Top (MD)	Base (MD)	Top (TVD)	Base (TVD)	OD (")	Wt (lbs/ft)	Staal soort	Type Koppeling
Conductor	2	63	2	59	20	78	S235	Welded
Production casing	0	1528	0	710	13 3/8	68	L80	BTC
Top Liner	810	914	635	669	7 5/8	26,4	L80	BTC
Screens	914	1528	669	711	7 5/8	26,4	L80	BTC
Blind Pipe	1528	1530	711	711	7 5/8	26,4	L80	BTC

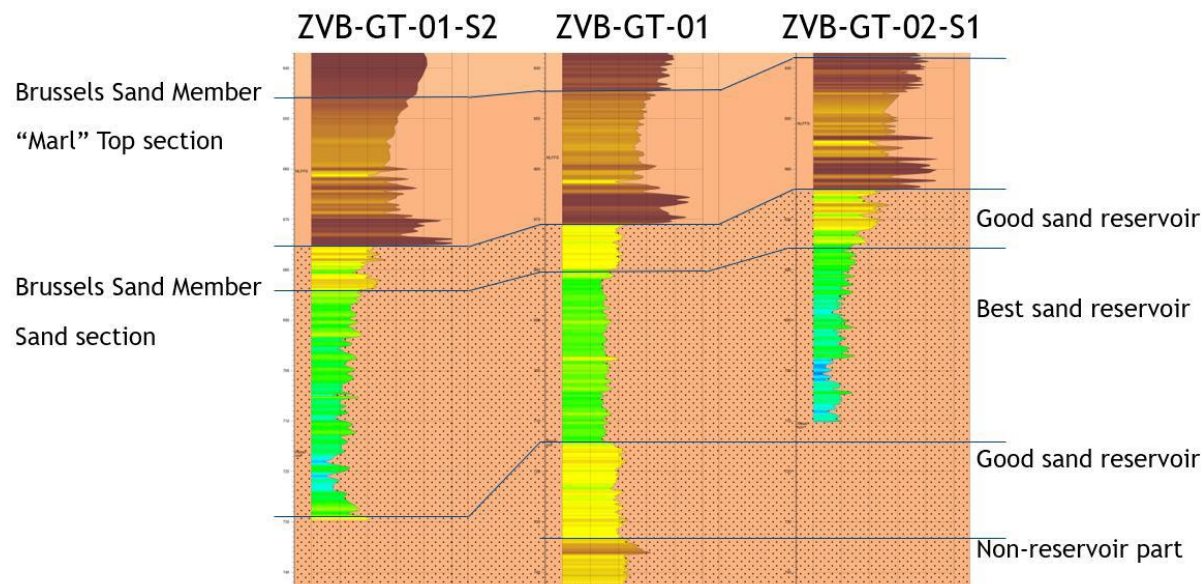


De onderstaande figuur geeft een dwarsdoorsnede door de injectieput en een projectie ervan op de oppervlakte.

2.5 Aquifer karakteristiek

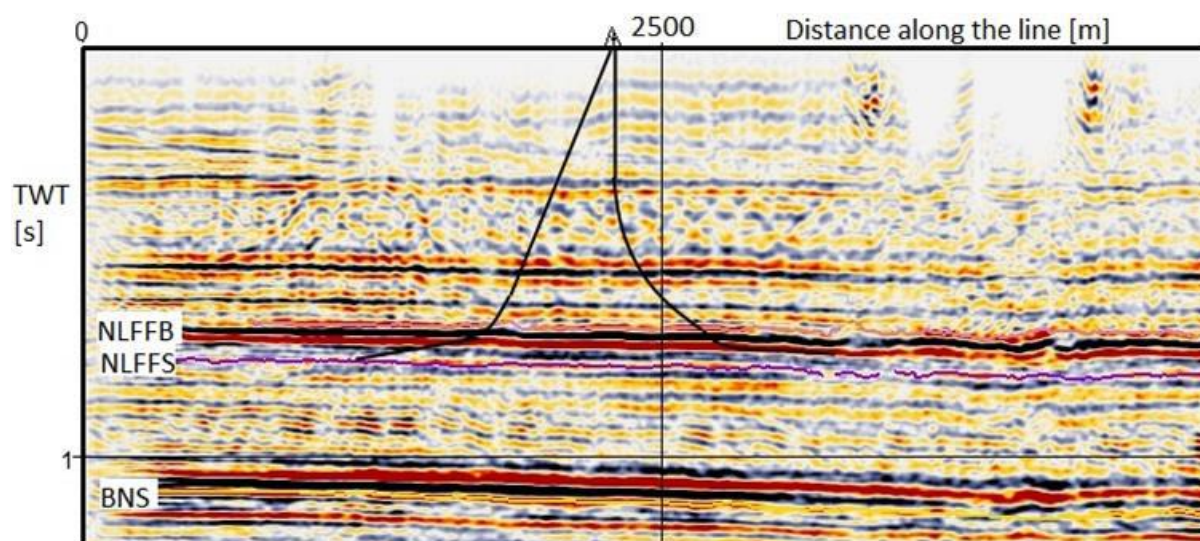
De Brussels Sandstone Member (NLFFS) bestaat uit een mergelige sectie ("Marl section") en een zandige sectie ("Sand section"). De Zevenbergen putten zijn gecompleteerd op de zandige sectie. In deze sectie hebben de beste zanden een klei content van 9% en de goede zanden 17-20%. De porositeit van de zanden ligt in de range 34%-36% (gecorrigeerd voor klei). De netto reservoir dikte is 58 meter. Dit is in lijn met de verwachte dikte vóór het boren van de putten.

De onderstaande figuur geeft een correlatiediagram van de twee putten in het geothermisch doublet (ZVB-GT-01 ST2 en ZVB-GT-02 ST1) en de pilot put (ZVB-GT-01).

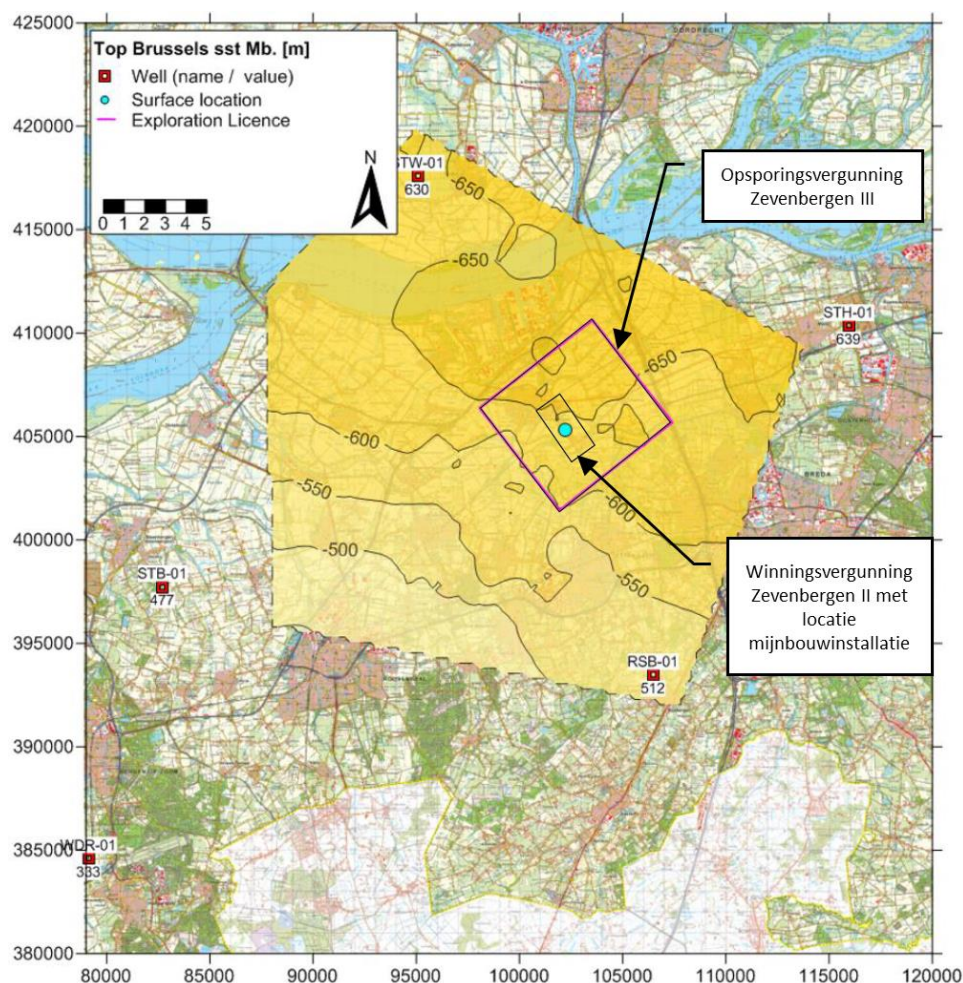


Op basis van de geofysische gegevens en de resultaten van de geboorde putten konden geen breuken worden geïdentificeerd. Tijdens langdurig testen van de putten in het eerste kwartaal van 2020 is vast komen te staan dat er directe communicatie is tussen de producer en de injector in de ondergrond.

De onderstaande figuur geeft een projectie van de twee putten in het doublet tegen een achtergrond van een 2D seismische lijn (846011) die vrijwel door deze twee putten loopt.



De onderstaande kaart geeft de top van de Brussels Sandstone Member weer en de rechthoek van het gebied waarvoor de winningsvergunning wordt aangevraagd. Deze dieptekaart is gemaakt vóór het boren van de putten. De putten troffen de formatie aan volgens prognose.



De petrofysische boorgatmetingen in put ZVB-GT-01 (GR, Neutron, Density, Resistivity) laten een zand sectie zien die kan worden onderverdeeld op basis van reservoir kwaliteit. De onderstaande tabel geeft een overzicht van de petrofysische evaluatie.

Brussels Sand Member subdivision	Interval [mMD]	Gross thickness [m]	Net thickness [m]	N/G	Φ_{av}	S_w	$\Phi_{av} \cdot h$	Remarks
Upper good sand section	671.3 - 680	8.7	7.9		0.336	0.984	2.65	Deterministic model; $\Phi \geq 0.06$
Best Sand section	680 - 715	35.0	34.9		0.364	0.996	12.70	Deterministic model; $\Phi \geq 0.06$
Lower good Sand section	715 - 731	16.0	14.7		0.338	0.999	4.98	Deterministic model; $\Phi \geq 0.06$

In de bovenste en onderste goede zand secties is de Netto-Bruto verhouding rond 90%. In de beste zand sectie is dat vrijwel 100%.

Put testen om de reservoir kwaliteit en skin vast te stellen (FBU testen) zijn uitgevoerd in zowel de productieput als de injectieput. Deze testen zijn op verschillende momenten gedaan en tussen de testen door zijn er sand clean outs gedaan. Analyse van de test resultaten geven vrij consistent een horizontale permeabiliteit van rond 750 mD en een verticale permeabiliteit van 25 mD (bijlage 2 en 3). De initiële PI is 22 m³/uur/bar. In beide putten is er geen skin. De onderstaande tabel geeft een korte samenvatting van de resultaten van de put test analyse.

	ZVB-GT-01 ST2	ZVB-GT-02 ST1	
Skin	≈ 0	≈ 0	-
Horizontale Permeabiliteit	720	778	mD
Verticale Permeabiliteit	25	25	mD
Near Well Boundary	geen	500	m
Productiviteits Index (PI)	22	22	m³/uur/bar
Gestabiliseerde water temp.	30,0	29,4	°C

De interpretatie van de aanwezigheid van een no-flow boundary op enige afstand van de injectieput kan ook worden veroorzaakt door laterale variabiliteit van de reservoir eigenschappen en is niet per se indicatief voor een laterale begrenzing van de aquifer. De gemeten reservoir druk is 70 bar op 700 m TVD, zoals verwacht. De gemeten temperaturen zijn consistent met een gradiënt van 3,1 °C/100m.

Tijdens het langdurig testen van de putten is gebleken dat de productiviteitsindex van de productieput en de injectiviteitsindex van de injectieput bij langdurige productie afnemen. De productiviteitsindex is afgenomen tot 10,5 m³/uur/bar en de injectiviteitsindex is afgenomen tot 12,5 m³/uur/bar.

2.6 Formatiewater karakteristiek

In maart 2018 en februari 2020 zijn er monsters genomen van het water geproduceerd door productieput ZVB-GT-01. Er zijn monsters genomen onder stock-tank condities en monsters onder een druk die hoger is dan de ontgassings-druk van het formatiewater. De resultaten van deze analyse van de diverse monsters staan beschreven in ref.10 en ref.11. De onderstaande tabellen geven een overzicht van de eigenschappen en compositie van het geproduceerde water. Hierbij zijn de waarden vermeld voor de meest recent genomen watermonsters.

Parameter	Productieput ZVB-GT01 ST2
Resistivity @ 25° (Ωm)	0,164
Density (g/l)	1,0252
Bubble Point druk @ 30° (barg)	1,34
GWR (m³/m³)	0,07
OWR (m³/m³)	0

Table 7 - Water Compositional Analysis Results

Analysis	Unit	Result
Metalen		
Cadmium (Cd)	µg/L	<1.0
Chroom (Cr)	µg/L	5.5
Koper (Cu)	µg/L	<10
Kwik (Hg)	µg/L	0.10
Lood (Pb)	µg/L	<10
Zink (Zn)	µg/L	<20
Vluchtige aromatische koolwaterstoffen		
Benzeen	µg/L	<0.20
Tolueen	µg/L	0.50
Ethylbenzeen	µg/L	<0.20
o-Xyleen	µg/L	<0.10
m,p-Xyleen	µg/L	<0.20
Vluchtige organische chloorkoolwaterstoffen		
Dichloormethaan	µg/L	<0.20
Trichloormethaan	µg/L	<0.20
Tetrachloormethaan	µg/L	<0.10
Trichlooretheen	µg/L	<0.20
Tetrachlooretheen	µg/L	<0.10
1,1-Dichloorethaan	µg/L	<0.20
1,2-Dichloorethaan	µg/L	<0.20
1,1,1-Trichloorethaan	µg/L	<0.10
1,1,2-Trichloorethaan	µg/L	<0.10
cis 1,2-Dichlooretheen	µg/L	<0.10
trans 1,2-Dichlooretheen	µg/L	<0.10
Minerale olie		
Minerale olie C10-C12	µg/L	<25
Minerale olie C30-C40	µg/L	40
Minerale olie (GC) totaal	µg/L	200
Fysisch-chemische analyses		
pH	-	6.9
Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen, PAK		
Naftaleen	µg/L	<0.10
Fenanthreen	µg/L	<0.030
Fluorantheen	µg/L	<0.010
Benzo(a)anthraceen	µg/L	<0.010
Chryseen	µg/L	<0.010
Benzo(b)fluorantheen	µg/L	<0.010
Benzo(k)fluorantheen	µg/L	<0.010
Benzo(a)pyreen	µg/L	<0.010
Benzo(ghi)peryleen	µg/L	<0.010
Indeno(123-cd)pyreen	µg/L	<0.010
Acenaftyleen	µg/L	<0.010
Acenafteen	µg/L	<0.010
Fluoreen	µg/L	<0.010
Antraceen	µg/L	<0.010
Pyreen	µg/L	<0.010
Dibenzo(a,h)antraceen	µg/L	<0.010
Overig onderzoek		

Density	kg/l	1.03
Droogrest	mg/l	42000
Temperatuur EC meting	°C	17.9
Aluminium	µg/l	<100
Barium	µg/l	310
Bicarbonaat	mg/l	200
Calcium	µg/l	840000
Carbonaat	mg/l	<2.5
Chloride same as Cl	mg/l	24000
Ec at 25°C after automatic temperature correction	µS/cm	59000
Hardness	mg CaCO3/L	4486
Iron	µg/l	11000
Potassium	µg/l	170000
Lithium	µg/l	2700
Magnesium	µg/l	580000
Manganese	µg/l	66
Temperatuur pH-meting	°C	19.5
Fraction C-12 - C-22	µg/l	<25
Fraction C-22 - C-30	µg/l	130
Sodium	µg/l	13000000
Nickel	µg/l	<10
Onopgeloste bestanddelen	mg/l	11
PAH's up to 16	µg/l	<0.27
Strontium	µg/l	94000
Sulphate same as SO4	mg/l	300
Hydroxyl gehalte	mg/l	<0.85
Alkaliteit tot pH4.5	mmol/l	3.3
Alkaliteit tot pH8.3	mmol/l	<0.050

De tabellen hieronder geven de analyse van het gas dat uit het onder druk genomen monster is vrijgekomen.

Table 3 - Composition of Gas from Sample no. 1 - Corrected for Air Content

Component	Mole%	Weight%
H ₂	0.000	0.000
H ₂ S	0.000	0.000
CO ₂	32.344	24.229
N ₂	28.419	13.551
C1	3.095	0.845
C2	0.686	0.351
C3	0.441	0.331
C4	0.348	0.344
C4	2.101	2.079
C5	1.896	2.328
C5	3.995	4.906
C6	10.155	14.519
	0.786	1.126
	0.141	0.188
	0.372	0.532
C7	2.073	3.388
	0.281	0.470
	0.224	0.351
C8	0.664	1.209
	0.008	0.015
	0.025	0.046
	0.006	0.011
C9	0.505	1.041
	0.121	0.276
C10	2.003	4.569
C11+	9.311	23.296
Total	100.000	100.000

Calculated Gas Properties	
Gas Density (kg m ⁻³ @ 0°C)	2.036
Gas Mole Weight (g mol ⁻¹)	58.751
Real Relative (to air) Density of Gas @ 0°C	1.575
Mole weight of Heptanes Plus (g mol ⁻¹)	129.863
Density of Heptanes plus (g cm ⁻³ at 15°C)	0.778
Mole Weight of Undecanes plus (g mol ⁻¹)	147.000
Density of Undecanes plus (g cm ⁻³ at 15°C)	0.789
Gross Calorific Value (MJ m ⁻³) @ Combustion Temp of 25°C (superior) and @ metered temperature of 0°C	51.344

Air content 83.9%

2.7 Reservoir modellering

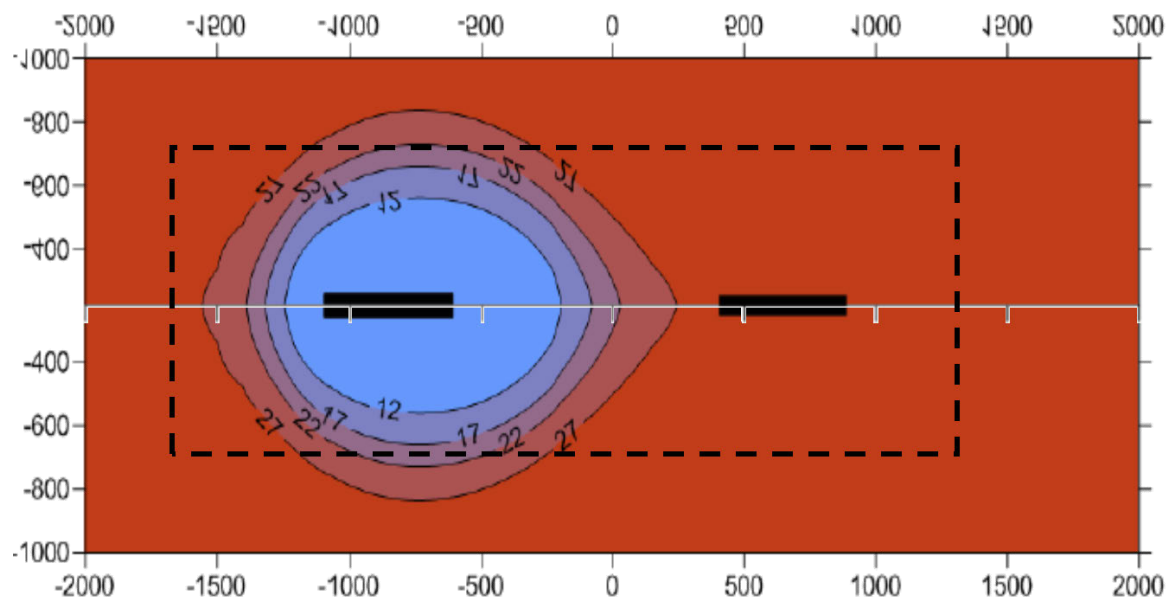
Een thermische reservoir simulatie is uitgevoerd met het programma HSTWin-3D met het doel uitbreiding van de thermische beïnvloeding aan het einde van de winning te berekenen en om te checken dat er geen thermische kortsluiting ontstaat tussen de injectieput en de productieput voor de tijd van de winning. De onderstaande tabel geeft de in het model gebruikte reservoir parameters.

Parameter	Waarde	Eenheid
Bruto dikte	60	m
Permeabiliteit	1080	mD
Porositeit	0.30	-
Afstand tussen de putten	1000	m
Horizontale lengte	500	m
Volumetrische warmtecapaciteit Cap/Reservoir/Base	1,8 / 2,5 / 1,8	MJ/m ³ K
Warmte geleiding Cap/Reservoir/Base	2,5 / 2,5 / 2,5	W/mK

De simulatie is gedaan met de volgende aannames: warmwaterproductie 375 m³/uur, 6000 vollast-uren per jaar, 30 jaar productie. Om rekentijd te besparen is een symmetrie-element gebruikt voor de simulatie. In de onderstaande figuur is dit symmetrie-element gespiegeld om een indruk te krijgen van de thermische beïnvloeding in relatie tot het gebied van de winningsvergunning. De aangegeven contouren zijn temperatuur contouren in °C na 30 jaar productie. Het gebied waarvoor de winningsvergunning wordt aangevraagd is 1400 m bij 3000 m. In onderstaande figuur is dit gebied schematisch met een stippellijn aangegeven. De simulatie laat zien dat onder de aannames van een hoog debiet (375 m³/uur) en hoge vollast (6000 vollast-uren per jaar) de thermische beïnvloeding na 30 jaar niet significant buiten de begrenzing van het gebied van de winningsvergunning-gebied vallen. In de praktijk is de horizontale permeabiliteit van het reservoir lager (750 mD i.p.v. 1080 mD) en is de verticale permeabiliteit slechts 25 mD, waardoor het maximale debiet ook veel lager is. Tijdens het langdurig testen in het eerste kwartaal van 2020 is vastgesteld dat het maximale debiet 160 m³/uur is. Met dit debiet kan het systeem voor langere tijd continu draaien.

De resultaten van de simulatie worden gedomineerd door de aanname van de totale hoeveel opgepompt en geïnjecteerd water. Onder de aannames van de simulatie is dit volume 69 mln m³. Voor de

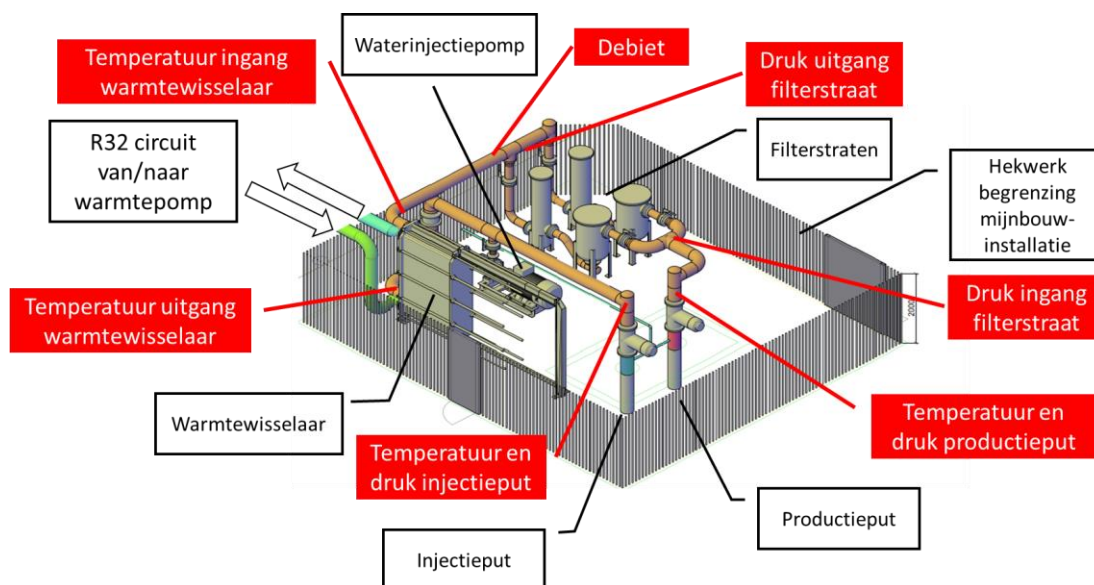
in dit Winningsplan gebruikte debieten en vollasturen is dit volume 32 mln m³. Daardoor zal de temperatuurbeïnvloeding zich in de praktijk minder uitbreiden dan in de simulatie. Wanneer er concrete plannen bestaan om ook in het aangrenzende opsporingsgebied aardwarmte doubletten te gaan boren kan het zinvol zijn om de thermische reservoir simulatie te herhalen met actuele debieten, druk en temperatuur gegevens.



3 Wijze van winning

3.1 Beschrijving van de winning

De winning van aardwarmte uit Zevenbergen is begonnen bij de start van het Langdurig Testen in januari 2020. Dit is de datum die wordt gebruikt in de prognose van de energieproductie. De aardwarmte wordt gewonnen door met een ESP in put ZVB-GT-01 ST2 formatiewater op te pompen uit de Brussels Sandstone Member. Het geproduceerde warme water wordt bovengronds door een filterstraat geleid en vervolgens door een warmtewisselaar. De vanuit de warmtewisselaar wordt warmte afgevoerd naar warmtepompen die geen deel uitmaken van de mijnbouwinstallatie. Het afgekoelde formatiewater wordt na de warmtewisselaar door een waterinjectiepomp geleid en vervolgens geïnjecteerd in de injectieput ZVB-GT-02 ST1. De druk in de bovengrondse installatie wordt boven de ontgassingsdruk van het formatiewater gehouden ($> 1,4$ barg, ref.11). Hierdoor breekt er geen gas uit in de bovengrondse installatie maar blijft het gas in oplossing en wordt weer met het afgekoelde formatiewater via de injectieput in de Brussels Sandstone Member gepompt. Zowel de productieput als de injectieput doorsnijden nagenoeg horizontaal de goede zanden in de Brussels Sandstone Member over een lengte van circa 500 meter. In beide putten zijn over de reservoir sectie sand exclusion screens (filters) geplaatst om productie van zand zoveel mogelijk te voorkomen. De mijnbouw installatie en de positie van de meetsondes zijn schematisch weergegeven in de onderstaande tekening. Voor de gedetailleerde posities wordt verwezen naar de as-built technische tekeningen.



De schoen van de 13 3/8" casing in de injectieput is geplaatst in het reservoir van waaruit de aardwarmtewinning zal plaatsvinden (de Brussels Sand Member). Om te voorkomen dat de formatie rondom de schoen en de bovenliggende afsluitende kleisteen breken tijdens injectie moet de THP van de injectieput worden begrensd.

Voor het bepalen van de maximale injectiedruk is gekeken naar de sterkte van het gesteente, de sterkte van de 13 3/8" casing en de sterkte van de bovengrondse installatie. Voor het bepalen van de sterkte van het gesteente zijn verschillende methoden gebruikt en met elkaar vergeleken. Er is geconcludeerd dat de veilige maximale injectiedruk 17 bar is op basis van in de olie- en gasindustrie gangbare rekenmethoden. Er is een injectie-protocol opgesteld met daarin de in maximale injectiedruk en de gegevens die regelmatig moeten worden geregistreerd om veranderingen in het injectiegedrag te kunnen vaststellen. Als blijkt dat de sterkte van het gesteente is overschat zal de maximale druk direct worden gereduceerd.

De nominale sterkte van de 13 3/8" casing is 346 bar, echter de druktest van de casing is uitgevoerd bij 20 bar. De maximaal toegestane druk in de bovengrondse installatie is 20 bar. De maximale druk die de injectiepomp kan leveren is eveneens 20 bar. De drukken in het systeem worden door de procesbesturing beperkt tot beneden deze waarde.

Een samenvatting van de operationele begrenzings is weergegeven in de onderstaande tabel.

Operationele begrenzing	Waarde	Dimensie
Max debiet WABO	285	m³/uur
Max injectiedruk	17	bar (g)
Minimale injectietemperatuur	8	°C
Max injectiedruk o.b.v. verbuizingssterkte	20	bar (THP)
Minimale druk bovengronds systeem	3	bar(g)
Maximale druk bovengronds systeem	20	bar(g)

De onderstaande tabel geeft een overzicht van de beoogde operationele parameters van de putten. Hierbij moet worden opgemerkt dat de temperatuur van het injectiewater kan variëren afhankelijk van het debiet, de warmtevraag en de inzet van warmtepompen in de bovengrondse installatie van de afnemer van de warmte.

	Prognose waarde
Productieput ZVB-GT-01 ST2	
Debiet geproduceerd water	160 m³/uur
Gemiddelde temperatuur van het productiewater gemeten vóór de warmtewisselaar	31°C
Gemiddelde druk onder de ESP pomp	3 bar(g)
Laagste druk onder de ESP pomp (bar)	3 bar(g)
Druk aan de putmond van de productieput	3 bar(g)
Hoeveelheid olie onttrokken uit de aquifer	0 Sm³/m³
Hoeveelheid gas onttrokken uit de aquifer	0 Nm³/m³
Hoeveelheid condensaat onttrokken uit de aquifer	0 Sm³/m³)
Hoeveelheid in de productieput ingebrachte inhibitor	0 l/m³
Injectieput ZVB-GT-02 ST1	
Debiet geïnjecteerd water	160 m³/uur
Gemiddelde temperatuur van het injectiewater gemeten tussen de warmtewisselaar en de putmond	10°C
Gemiddelde druk aan de injectieputkant van de injectiepomp (bar)	15 bar(g)
Gemiddelde operationele injectiedruk op reservoir niveau (bar)	80 bar(g)
Hoeveelheid in de injectieput ingebrachte inhibitor (l/m³)	0 l/m³
Aantal vollasturen per jaar (uren)	6000 uur
Prognose onttrokken warmte per jaar (PJ)	0,0815
Beide putten samen	
Hoeveelheid benodigde elektrische energie (MWh)	1280
Geïnstalleerd vermogen installatie (MW thermisch)	3,8

Hieronder een tabel met een overzicht van de geothermische systeem performance onder beoogde operationele condities.

Jaar vanaf start datum	Productie temperatuur (°C)	Hoeveelheid water (mln m³)	Energie (PJ)	Inhibitor (m³)	Aantal vollast-uren (hrs)	Energie consumptie (MWh)
1	31	0,96	0,0815	0	6000	1280
2	31	0,96	0,0815	0	6000	1280
3	31	0,96	0,0815	0	6000	1280
4	31	0,96	0,0815	0	6000	1280
5	31	0,96	0,0815	0	6000	1280
6	31	0,96	0,0815	0	6000	1280
7	31	0,96	0,0815	0	6000	1280
8	31	0,96	0,0815	0	6000	1280
9	31	0,96	0,0815	0	6000	1280
10	31	0,96	0,0815	0	6000	1280
11	31	0,96	0,0815	0	6000	1280
12	31	0,96	0,0815	0	6000	1280
13	31	0,96	0,0815	0	6000	1280
14	31	0,96	0,0815	0	6000	1280
15	31	0,96	0,0815	0	6000	1280
16	31	0,96	0,0815	0	6000	1280
17	31	0,96	0,0815	0	6000	1280
18	31	0,96	0,0815	0	6000	1280
19	31	0,96	0,0815	0	6000	1280
20	31	0,96	0,0815	0	6000	1280
21	31	0,96	0,0815	0	6000	1280
22	31	0,96	0,0815	0	6000	1280
23	31	0,96	0,0815	0	6000	1280
24	31	0,96	0,0815	0	6000	1280
25	31	0,96	0,0815	0	6000	1280
26	31	0,96	0,0815	0	6000	1280
27	31	0,96	0,0815	0	6000	1280
28	31	0,96	0,0815	0	6000	1280
29	31	0,96	0,0815	0	6000	1280
30	31	0,96	0,0815	0	6000	1280
31	31	0,96	0,0815	0	6000	1280
32	31	0,96	0,0815	0	6000	1280
33	31	0,96	0,0815	0	6000	1280

3.2 Duur van de winning

De duur van de winning is van vele factoren afhankelijk: juridische, economische, installatie-technische, en geotechnische. Het is nu voorzien dat de duur van de winning 33 jaar zal zijn vanaf januari 2020.

3.3 Toekomstige ontwikkeling

Op het moment van indienen van deze Aanvraag Winningsvergunning is de bovengrondse installatie gebouwd op basis van een debiet van 285 m³/uur. Tijdens het Langdurig Testen van de installatie is gebleken dat het maximaal haalbare debiet 160 m³/uur is. Het zou kunnen dat op termijn het debiet verhoogd wordt door verder schoonmaken van het reservoir of door het dieper plaatsen van de bronpomp (ESP) in de productieput. In dat geval zal dit Winningsplan moeten worden aangepast. Er is niet voorzien dat er extra putten worden toegevoegd. Ook zijn er geen plannen voor het hydraulisch stimuleren van de putten. Indien hiertoe aanleiding bestaat kan het zijn dat de putten in de toekomst een zuurbehandeling ondergaan.

3.4 Interferentie

Op het moment van indienen van deze Aanvraag Winningsvergunning zijn er geen aanpalende mijnbouwactiviteiten. Rondom het gebied Zevenbergen II ligt het gebied Zevenbergen III waarvoor een Opsporingsvergunning is verstrekt aan V&SH. Als er plannen zijn om in dit gebied ook productie van aardwarmte te beginnen zullen de toekomstige houders van de Winningsvergunning Zevenbergen II in overleg treden met de houder van de opsporingsvergunning Zevenbergen III.

3.5 Meerjarenplan beheer en kosten

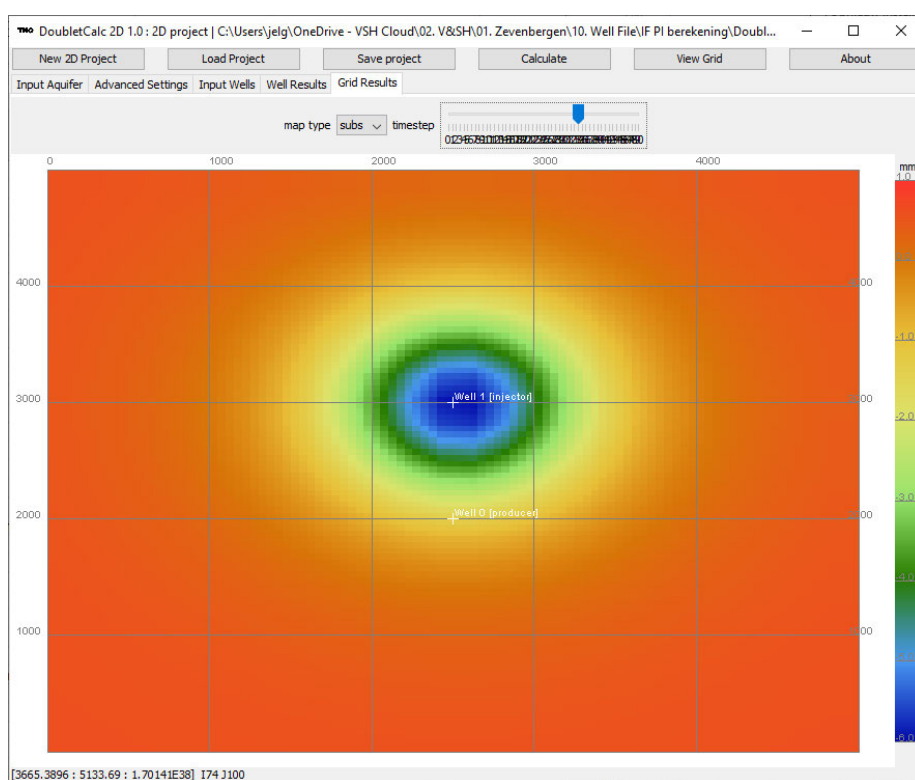
Zie bijlage 2.

4 Bodembeweging

4.1 Bodemdaling

Significante bodemdaling wordt niet verwacht omdat er netto geen water of gas wordt onttrokken aan de Brussels Sandstone Member. Er is geen ontgassing van het water in de bovengrondse installatie. De druk in de installatie zal boven de *bubble point pressure* van het formatiewater worden gehouden. Er zal alleen een kleine reductie van de temperatuur in een deel van het reservoir plaatsvinden waardoor een geringe hoeveelheid krimp ontstaat.

Een simulatie met *DoubletCalc 2D* laat zien dat de verwachte bodemdaling na 33 jaar minder is dan 7 mm (zie onderstaande figuur). Hierbij is de invloed van de temperatuurdaling en de daarmee gepaard gaande krimp van het reservoir sterker dan de invloed van de drukgradiënten in het reservoir ten gevolge van injectie en productie.



4.2 Inventarisatie van gevaar op bodemtrillingen – Quick Scan

In mei 2017 is er een Quick Scan inventarisatie gedaan van het gevaar van bodemtrillingen. Dit is gedocumenteerd in ref.9. De gebruikte Quick Scan methode is ontwikkeld specifiek voor de Kennis-agenda Aardwarmte. In deze methode wordt systematisch gekeken naar negen mogelijke situaties die het risico van bodemtrillingen kunnen verhogen, waaronder de nabijheid van breuken in de formatie en de afstand tot gebieden waar tektonische en geïnduceerde bodemtrillingen voorkomen.

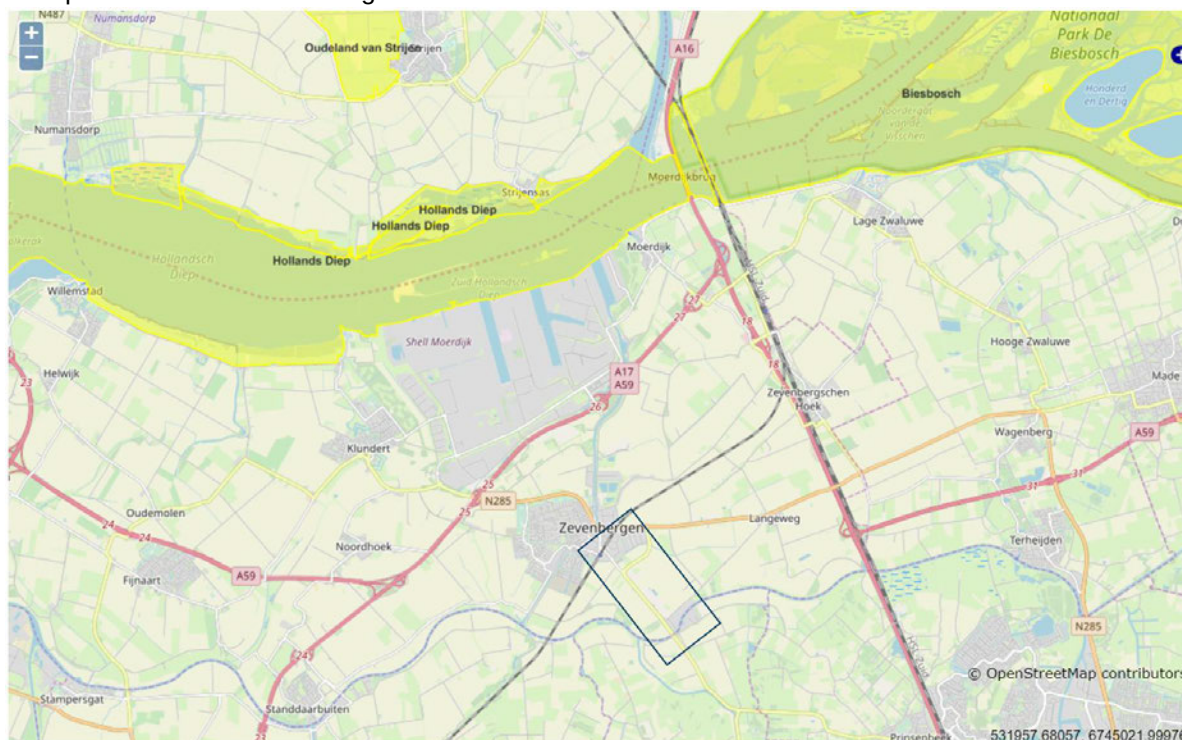
Op basis van de Quick Scan wordt geconcludeerd dat de kans op geïnduceerde bodemtrillingen als gevolg van het aardwarmteproject Zevenbergen laag is. Het Brussels Sand Member, de daarboven gelegen Asse Claystone en de daaronder gelegen Ieper Claystone zijn zwakke formaties (grotendeels ongeconsolideerd of slechts zwak geconsolideerd). Daardoor kan geen elastische spanning worden opgebouwd die kan leiden tot een plotselinge ontlading met bodemtrilling tot gevolg.

4.3 Nadelige gevolgen

De kans op geïnduceerde bodemtrillingen wordt laag geacht. Ook de zal er naar verwachting geen significante bodemdaling optreden als gevolg van de aardwarmtewinning. Er zijn daarom geen speciale maatregelen voorzien om schade door bodemtrillingen en bodemdaling te voorkomen.

Het meest nabijgelegen Natura 2000 en Wetlands gebied is het "Hollands Diep" op 6 km afstand. Verder bevindt zich op 7 km afstand het Nationale park, Wetlands en Natura 2000 gebied de "Biesbosch". Flora en fauna in deze gebieden worden niet beïnvloed door geringe bodembeweging nabij de winningslocatie Zevenbergen mocht deze zich voordoen.

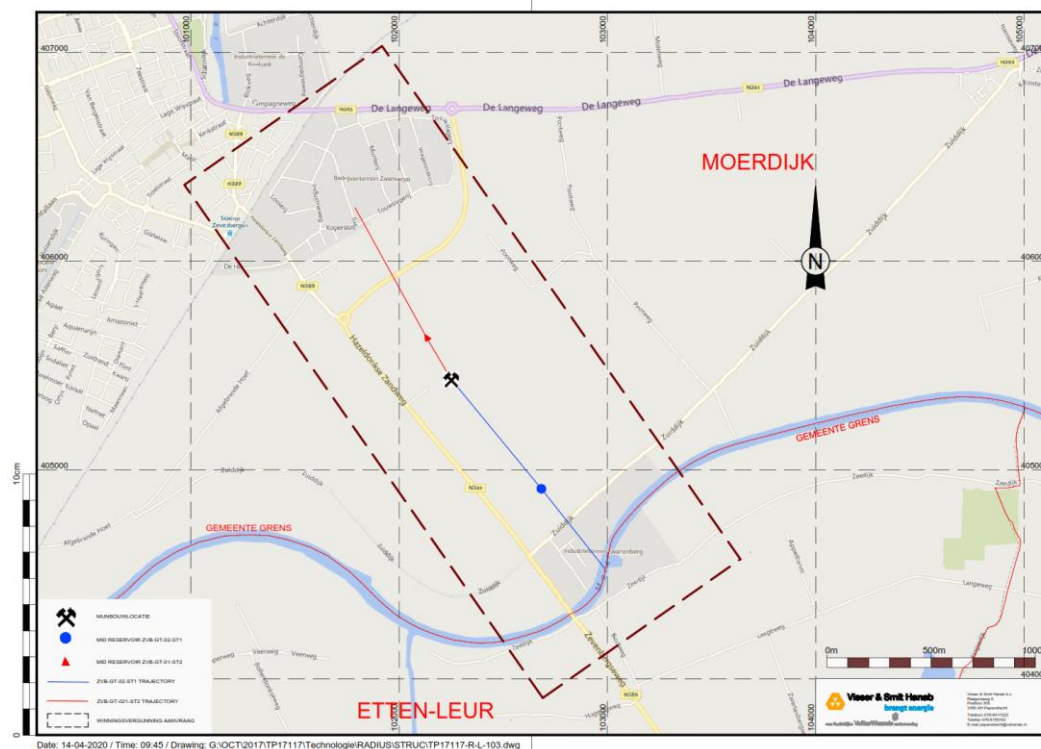
De onderstaande kaart geeft een overzicht van de positie van het gebied van de Winningsvergunning ten opzichte van Natura 2000 gebieden.



5 Referenties

1. Opsporingsvergunning Zevenbergen
2. EOWR ZVB-GT-01
3. Geology report ZVB-GT-01
4. EOWR ZVB-GT-01-S1-S2
5. Geology report ZVB-GT-01-S1-S2
6. EOWR ZVB-GT-02-S1
7. Geology Report ZVB-GT-02-S1
8. Geothermal Project Zevenbergen SDE application (Geology Report), M. Van Dijk et al., IF Technology BV, 4-12-2015
9. Quick Scan Induced Seismic Potential, Geothermal Project Zevenbergen, 22-05-2017
10. Analysis Report Zevenbergen, 11-5-2018, Lucian Pirlea, Panterra
11. Analysis Report Well LTA-Zevenbergen, 6-3-2020, Project 2000051, Panterra

Bijlage 1 – Gebied Aanvraag Instemming Winningsplan Zevenbergen II



Geobrothers en V&SH vragen instemming voor het winningsplan aardwarmte in het gebied van de winningsvergunning Zevenbergen II. Dit gebied ligt deels in de gemeente Moerdijk en deels in de gemeente Etten-Leur in de provincie Noord Brabant.

Het gebied is een rechthoek van 1159 m bij 3000 m en wordt omsloten door vier punten en de rechte lijnen daartussen:

Punt	RD-coördinaten	
	X	Y
1	100968,657	406366,015
2	101917,693	407030,533
3	103638,423	404573,083
4	102689,389	403908,556
Oppervlakte van het gebied 3,48 km ²		

Bijlage 2 - Meerjarenplan beheer en kosten

De onderstaande tabel geeft een overzicht van jaarlijkse kosten en reserveringen.

Beschrijving	Tijdstip en kosten	Jaarlijks	Reservering of Kosten
Caliper survey injectieput en uren independent well examiner			Reservering in de eerste 5 jaar ieder jaar
Caliper survey productieput			Reservering in de eerste 5 jaar ieder jaar. Alleen blijven reserveren voor deze activiteit indien daartoe aanleiding is
Vervangen ESP na 80.000 tot 100.000 draaiuren.			Reservering ieder jaar
Groot onderhoud boven-grondse installatie inclusief warmtewisselaar.			Reservering ieder jaar
Jaarlijkse kosten onderhoud voor normale slijtage onderdelen (filters etc.)			Kosten ieder jaar
Jaarlijkse kosten voor bedrijfsvoering – personeel			Kosten ieder jaar
Jaarlijkse kosten voor bedrijfsvoering – elektriciteit			Kosten ieder jaar
Kosten van het verlaten van het mijnbouwwerk			Reservering ieder jaar