

Provinciehuis Utrecht

Effectenstudie open bodemenergiesysteem



Datum 20 december 2022
Referentie 71105/RoS/20221020
Betreft Effectenstudie open bodemenergiesysteem Provinciehuis Utrecht
Behandeld door S. van der Wilk
Gecontroleerd door F. van Kasteel
Versienummer Definitief

VERGUNNINGAANVRAGER

Provincie Utrecht
Arhimedeslaan 6
Postbus 80300
info@provincie-utrecht.nl

ADVISEUR BODEMENERGIE

IF Technology bv
S. van der Wilk
Postbus 605
6800 AP Arnhem
s.vanderwilk@iftechnology.nl

Dit document is uitsluitend opgesteld als onderbouwing voor de aanvraag van de vergunning in het kader van de Waterwet en maakt onderdeel uit van de BRL SIKB 11000, scope 1a. Dit document is nadrukkelijk geen ontwerpdokument voor het open bodemenergiesysteem in relatie tot detailengineering conform BRL SIKB 11000, scope 2a.

Samenvatting

Inleiding

Het voornemen bestaat om gebruik te maken van een open bodemenergiesysteem voor de duurzame koeling en verwarming van het Provinciehuis Utrecht aan de Archimedeslaan 6 te Utrecht.

Bodemenergie

De twee bronnen van het open bodemenergiesysteem zijn beoogd in het eerste watervoerend pakket in het traject van 25 - 55 m-mv. Het systeem onttrekt en infiltreert maximaal 650.000 m³/jaar met een maximaal debiet van 130 m³/uur.

Energiebesparing en emissiereductie

Door het toepassen van een open bodemenergiesysteem kan jaarlijks circa 6.456 GJ (57 %) aan primaire energie worden bespaard. Deze energiebesparing leidt tot een jaarlijkse emissiereductie van 295 ton CO₂ en 432 kg NO_x. De SPF van het open bodemenergiesysteem bedraagt 4,4.

Hydrologische effecten

Het berekende hydrologische invloedsgebied reikt tot maximaal 710 m van de bronnen. De maximale grondwaterstand- en stijghoogteverandering bedraagt 0,06 m en 2,88 m. 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 210 m van de bronnen. De veroorzaakte temperatuurveranderingen hebben geen nadelige gevolgen voor andere grondwatergebruikers en overige belanghebbenden.

Grondmechanische effecten

De berekende eindzetting bedraagt 7 mm. Deze geringe zetting en het daarmee gepaard gaande zettingsverhang (1 m per 4.250 m) veroorzaken geen schade aan gebouwen, funderingen, de nabijgelegen spoorbaan, waterkering of wegen.

Effecten op de grondwaterkwaliteit

Het zoet-/brakgrensvlak en het brak-/zoutgrensvlak worden niet beïnvloed zodat geen sprake is van verzilting van het grondwater. Bij dit project vinden geen significante effecten plaats op de chemische en microbiologische samenstelling van het grondwater. De verontreinigingssituatie in de omgeving van de projectlocatie wordt niet negatief beïnvloed.

INHOUDSOPGAVE

1 Inleiding	5
2 Systeembeschrijving	6
2.1 Uitgangspunten	6
2.2 Opzet open bodemenergiesysteem	7
2.3 Seasonal performance factor, energiebesparing en emissiereductie	8
3 Geohydrologie en effectberekeningen	9
3.1 Bodemopbouw	9
3.2 Geohydrologische kenmerken	9
3.3 Hydrologische effecten	10
3.4 Hydrothermische effecten	11
3.5 Grondmechanische effecten	12
4 Invloed op de omgeving	14
4.1 Grondwaterkwaliteit	14
4.2 Verzilting	14
4.3 Verontreinigingen	14
4.4 Grondwatergebruikers	15
4.5 Gesloten bodemenergiesystemen	16
4.6 Grondwaterbescherming	16
4.7 Bebouwing en infrastructuur	17
4.8 Natuur	17
4.9 Cultuurhistorie en archeologische waarden	18

Figuren

2.1 Principeschema van het open bodemenergiesysteem
2.2 Overzichtskaart met bronlocaties
3.1 Berekende grondwaterstandveranderingen
3.2 Berekende stijghoogteveranderingen in het opslagpakket
3.3 Berekende temperaturen in het opslagpakket
4.1 Berekende cumulatieve stijghoogteveranderingen in het opslagpakket
4.2 Berekende cumulatieve temperaturen in het opslagpakket
4.3 Berekende gemiddelde onttrekkingstemperatuur ASR
4.4 Berekende cumulatieve grondwaterstandveranderingen

Bijlagen

1	Berekening van de eindzetting
---	-------------------------------

1 Inleiding

Het voornemen bestaat om gebruik te maken van een open bodemenergiesysteem voor de duurzame klimatisering van het Provinciehuis Utrecht. Het provinciehuis is gelegen aan de Archimede-slaan 6 te Utrecht.

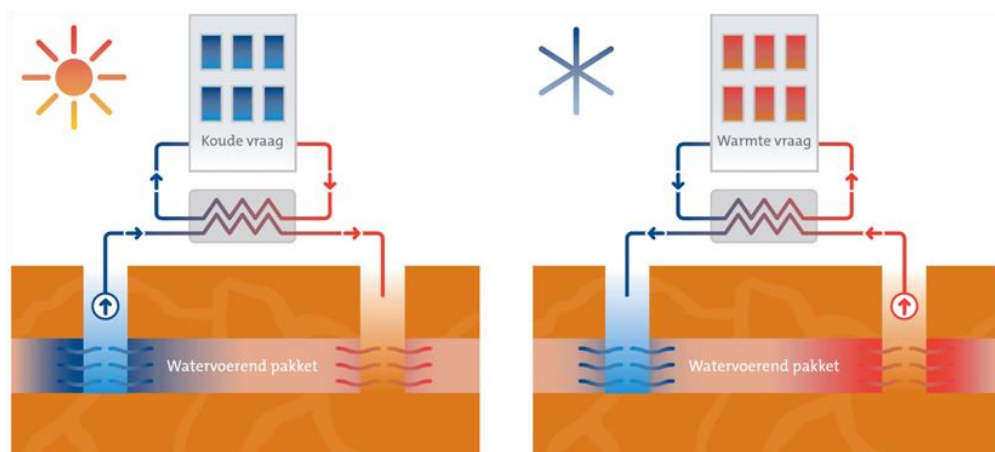
Het onttrekken en infiltreren van grondwater ten behoeve van het open bodemenergiesysteem is in het kader van de Waterwet vergunningplichtig. De provincie is bevoegd gezag. De aanvraag dient voorzien te zijn van een studie naar de effecten van het open bodemenergiesysteem en de invloed hiervan op de omgeving. Deze studie dient te voldoen aan de eisen die zijn opgenomen in het SIKB BRL protocol 11001 (versie 3.0) Ontwerp, realisatie, beheer en onderhoud ondergronds deel van bodemenergiesystemen.

De voorliggende effectenstudie geeft een overzicht van de effecten van het open bodemenergiesysteem op de bodem, het grondwater en de omgeving.

2 Systeembeschrijving

2.1 UITGANGSPUNTEN

Om lange termijn energieopslag in de bodem mogelijk te maken, wordt een grondwatersysteem aangelegd. Het grondwatersysteem bestaat uit twee koude en twee warme bronnen (twee doubletten) waarmee grondwater aan de bodem kan worden onttrokken en geïnfiltrerd (zie Figuur 2.1).



Figuur 2.1 | Principeschema van het open bodemenergiesysteem

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	zomer
maximaal te verpompen waterhoeveelheid ^a	[m ³ /seizoen]	325.000	325.000
gemiddeld te verpompen waterhoeveelheid	[m ³ /seizoen]	260.000	260.000
maximaal debiet	[m ³ /uur]	130	130
maximale hoeveelheid ontwikkelwater ^b	[m ³]		10.400
maximale spuihoeveelheid ^b	[m ³ /jaar]		1.040
gemiddelde infiltratietemperatuur	[°C]	7	15
minimale/maximale infiltratietemperatuur	[°C]	5	25
gemiddeld verplaatste energiehoeveelheid	[MWh _t /seizoen]	1.510	1.510

^a Tijdens opstartjaar of extreme seizoenen

^b Zie toelichting in onderstaande tekst

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 (ontwikkewater) onttrokken en geloosd. Het grondwater wordt onttrokken met een maximaal debiet van 100 tot 130% van het ontwerpdebiet, in dit geval 65 tot 85 m³/uur/bron. Met dit maximale debiet wordt slechts gedurende korte tijd (maximaal 15 minuten) gepompt tijdens de laatste fase van het ontwikkelen. Per bron wordt totaal maximaal 2.600 m³ grondwater onttrokken in een periode van ongeveer twee weken. Voor het ontwikkelen van de vier beoogde bronnen/bronfilters wordt in totaal maximaal 10.400 m³ grondwater onttrokken en geloosd. De bronnen worden één voor één ontwikkeld waardoor het grondwater gefaseerd wordt onttrokken en geloosd.

Het grondwater in het eerste watervoerende pakket betreft zoet grondwater, dit wordt geloosd op het gemeentelijk riool of op het oppervlaktewater. Toestemming voor lozing op het riool of oppervlaktewater wordt in een later stadium van het project aangevraagd bij de gemeente of het waterschap.

Spuihoeveelheid

In verband met preventief onderhoud van de bronnen worden deze een aantal keer per jaar gespuid. Bij deze actie wordt uit de bronnen enige tijd grondwater onttrokken met het maximale debiet. Per jaar wordt niet meer dan 1.040 m³ grondwater gespuid. Op dit moment is nog niet bekend of de technische ruimte van een onderhoudsfilter voorzien wordt en het spuiwater in de bodem geretourneerd wordt of dat het spuiwater geloosd zal worden. Indien gekozen wordt om het spuiwater te lozen zal de lozingsroute in een later stadium van het project aangevraagd bij de gemeente of het waterschap.

2.2

OPZET OPEN BODEMENERGIESYSTEEM

Het grondwatersysteem bestaat uit twee doubletten. De locaties van de bronnen is weergegeven in Figuur 2.2. In Tabel 2.2 is de opzet van het bronsysteem beschreven. Met het bepalen van de bronlocaties is zoveel mogelijk ruimte gehouden tussen het naastgelegen systeem van ASR zodat deze zo min mogelijk beïnvloed wordt.

Tabel 2.2 | Opzet bronsysteem

parameter	eenheid	waarde
filterdiepte	[m-mv]	25 - 55 (1 ^e watervoerende pakket)
minimale lengte per bronfilter	[m]	12
afstand tussen koude en warme bron	[m]	195
afstand tussen bronnen binnen cluster	[m]	20
RD coördinaten warme bron 1	[m]	X = 138.912 / Y = 456.212
RD coördinaten warme bron 2	[m]	X = 138.932 / Y = 456.206
RD coördinaten koude bron 1	[m]	X = 138.848 / Y = 456.418
RD coördinaten koude bron 2	[m]	X = 138.840 / Y = 456.395

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

2.3 SEASONAL PERFORMANCE FACTOR, ENERGIEBESPARING EN EMISSIEREDUCTIE

Seasonal Performance Factor

Het energierendement van het open bodemenergiesysteem wordt uitgedrukt als de Seasonal Performance Factor (SPF). Deze Seasonal Performance Factor is gedefinieerd als de totaal door het open bodemenergiesysteem geleverde hoeveelheden aan warmte en koude per jaar in MWh, gedeeld door het jaarlijks elektraverbruik van het open bodemenergiesysteem in MWh_e (Waterregeling art. 6.29 lid 2). Tot het open bodemenergiesysteem behoren de bronpompen van de ondergrondse installatie, de warmtepompen, de regeneratievoorziening en de hulpenergie.

De SPF van het open bodemenergiesysteem behorende bij deze vergunningaanvraag bedraagt 4,4.

Energiebesparing en emissiereductie

Voor het bepalen van de jaarlijkse primaire energiebesparing en de jaarlijkse emissiereductie is de warmte- en koudelevering met het open bodemenergiesysteem (inclusief warmtepompen, regeneratievoorziening en hulpenergie) vergeleken met een referentie-installatie bestaande uit gasgestookte ketels voor verwarming en elektrisch aangedreven koelmachines voor koeling.

Vanaf 1 januari 2021 geldt dat alle nieuwbouw moet voldoen aan de eisen voor Bijna Energie Neutrale Gebouwen (BENG). Bij het berekenen van de jaarlijkse primaire energiebesparing en emissiereductie is dan ook gebruik gemaakt van de hierbij behorende kentallen uit de NTA8800.

De berekende besparing in het primair energiegebruik behorende bij deze vergunningaanvraag bedraagt 6.456 GJ per jaar en komt neer op een energiebesparing van 57%. Deze energiebesparing resulteert in een jaarlijkse emissiereductie van 295 ton (48%) koolstofdioxide (CO₂) en 432 kg (75%) stikstofoxiden (NO_x).

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;
- Boorbeschrijving van de bronnen van het open bodemenergiesysteem van ASR en Rijnsweerd.

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

Tabel 3.1 | Gehanteerde bodemopbouw

diepte [m-mv] ^a	lithologie	geohydrologische benaming	doorlaatvermogen of weerstand ^b [m ² /d] of [d]
0 - 3	klei en matig grof zand met leembrokjes	deklaag	20 m ² /d, 100 d
3 - 20	zeer grof zand met plaatselijk kleibrokjes	1 ^e watervoerend pakket	945 m ² /d
24 - 25	klei	lokale scheidende laag	100 d
25 - 55	zeer grof zand met plaatselijk kleibrokjes	1 ^e watervoerend pakket	1.240 m ² /d
55 - 70	klei, leem en zand	1 ^e scheidende laag	895 d

^a maaiveldhoogte: circa 2,0 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 en 65 d/m voor leem.

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 NAP]

	bron	laagste	gemiddelde	hoogste
grondwaterstand *	peil oppervlaktewater	0,6	0,7	0,8
1 ^e watervoerende pakket	peilbuis B31H0577	0,4	0,6	0,8

* de diepte van de grondwaterstand kan beïnvloed worden door de maaiveldhoogte en maatregelen aan maaiveld (zoals ophogen terrein en wijze van afwatering). Hierdoor kan de grondwaterstand anders zijn dan op basis van historische gegevens bepaald.

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

Tabel 3.3 | Lokale en regionale geohydrologische kenmerken

parameter	eenheid	
grondwaterstroming opslagpakket (snelheid) ^a	[m/jaar]	10
grondwaterstroming opslagpakket (richting) ^a	[-]	noordwestelijk
grondwatertemperatuur (opslagpakket) ^b	[°C]	10,5
zoet-/brakgrensvlak (chloride 150 mg/l) ^c	[m-mv]	220
brak-/zoutgrensvlak (chloride 1.000 mg/l) ^c	[m-mv]	>220

^a bron: gebaseerd op het isohypsenpatroon uit REGIS

^b bron: Database bodemtemperatuurprofielmetingen TNO en IF Technology

^c bron: Grondwaterkaart van Nederland

3.3 HYDROLOGISCHE EFFECTEN

Om de hydrologische effecten van het open 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 1^e scheidende laag heeft een zo hoge weerstand dat deze wordt beschouwd als hydrologische basis. Door de interactie met het tweede watervoerend pakket 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. In Tabel 3.4 is de modelopbouw weergegeven.

Tabel 3.4 | Modelopbouw

diepte	toelichting	doorlaatvermogen	weerstand
[m-mv]		[m ² /d]	[d]
1,3 ^a	drainageweerstand	-	500
1,3 - 2	fictief freatisch watervoerend pakket	20 ^b	-
2 - 3	deklaag	-	100
3 - 24	1 ^e watervoerende pakket	945	-
24 - 25	lokaal scheidende laag	-	100
25 - 26	1 ^e watervoerende pakket	40	-
26	fictieve scheidende laag	-	0,05 ^c
26 - 38	1 ^e watervoerende pakket (filter)	480	-
38	fictieve scheidende laag	-	0,9 ^c
38 - 55	1 ^e watervoerende pakket	720	-
55	hydrologische basis	-	∞

^a de gemiddelde grondwaterstand bedraagt circa 1,3 m-mv (zie Tabel 3.2)

^b geschat doorlaatvermogen van de deklaag

^c De weerstand is berekend met de formule: $\frac{1}{2} \times \text{dikte laag boven dan wel onder het filtertraject} / \text{verticale doorlatendheid}$.
Verticale doorlatendheid = horizontale doorlatendheid / 4 (anisotropiefactor van 4 aangenomen).

Oppervlaktewater

Op en in de omgeving van de projectlocatie zijn sloten en enkele parkvijvers aanwezig. Door de aanwezigheid van het oppervlaktewater in de directe omgeving van de bronnen is sprake van een interactie tussen het oppervlaktewater en het freatische grondwater. Deze interactie zorgt ervoor dat een hoge grondwaterstand kan draineren richting het oppervlaktewater en dat een lage

grondwaterstand aangevuld kan worden door het oppervlaktewater. De verbinding tussen het oppervlaktewater en het freatische grondwater is niet open maar wordt vertraagd door de weerstand van de onderzijde en de oevers van het oppervlaktewater. Deze weerstand, en dus de vertraging van de verbinding tussen het oppervlaktewater en het freatische grondwater, kan uitgedrukt worden in een drainageweerstand. De grootte van een drainageweerstand komt grofweg overeen met de horizontale afstand tussen de drainerende oppervlaktewateren (De lange, 1997). De afstand tussen de verschillende oppervlaktewateren rondom Provinciehuis Utrecht is circa 300. In het model is een drainageweerstand van 500 dagen opgenomen waardoor sprake is van een worst case berekening. In het model betekent dit dat het eerste watervoerende pakket aangevuld kan worden vanuit het oppervlaktewater, waarbij de weerstand van een waterdruppel in het oppervlaktewater en het eerste watervoerende pakket 500 dagen betreft. Deze weerstand komt overeen met een kleilaag van 5 meter.

Schematisatie in tijd

Om de stijghoogte- en grondwaterstandveranderingen te berekenen is een berekening uitgevoerd waarbij het systeem gedurende een seizoen op maximaal debiet ($130 \text{ m}^3/\text{uur}$) draait. Aangezien het open bodemenergiesysteem in de praktijk slechts gedurende een zekere periode op maximaal debiet draait, zijn de berekende grondwaterstandveranderingen een overschatting van de werkelijke optredende effecten.

Hydrologische effecten

In Tabel 3.5 zijn de berekende maximale hydrologische effecten weergegeven.

Tabel 3.5 | Maximale grondwaterstand- en stijghoogteveranderingen

watervoerende laag	eenheid	zomer- en wintersituatie
freatisch	[m]	0,06
1 ^e watervoerende pakket	[m]	2,88

In de Figuren 3.1 en 3.2 zijn respectievelijk de berekende grondwaterstandveranderingen en de stijghoogteveranderingen in het 1^e watervoerende pakket (opslagpakket) weergegeven.

Het hydrologische invloedsgebied is het gebied waarbinnen het effect van het open bodemenergiesysteem op de stijghoogte groter dan 0,05 m is. De berekende maximale afstanden tussen de bronnen en de rand van het hydrologische invloedsgebied zijn in Tabel 3.6 vermeld.

Tabel 3.6 | Grootte invloedsgebieden

watervoerende laag	eenheid	zomer- en wintersituatie
freatisch	[m]	360
1 ^e watervoerende pakket	[m]	710

3.4 HYDROTHERMISCHE EFFECTEN

De berekeningen van de thermische effecten van het open 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 3.7 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.

Omdat in de boorbeschrijvingen van ASR op diverse dieptes een enkele kleilaag aangetroffen wordt, is de kans groot dat de bronfilters van het Provinciehuis Utrecht tussen twee (dunne) kleilaagen gerealiseerd worden. Wanneer dit het geval is, verspreidt het water en de opgeslagen warmte en koude zich meer in horizontale zin en bereikt in dat geval sneller omliggende bronnen. Om de hydrothermische effecten worst case te berekenen is een lokaal scheidende laag direct onder het filtertraject gemodelleerd.

Tabel 3.7 | Modelopbouw HstWin-3D

diepte	hydrologische beschrijving	horizontale doorlatendheid	verticale anisotropie	warmtegeleiding-coëfficiënt	volumetrische warmtecapaciteit
[m-mv]		[m/d]	[-]	[W/(mK)]	[MJ/(m³K)]
3 - 24	1 ^e watervoerend pakket	45	4	2,4	2,8
24 - 25	lokaal scheidende laag	0,1	10	1,7	2,8
25 - 37	1 ^e watervoerend pakket	40	4	2,4	2,8
37 - 38	lokaal scheidende laag	0,1	10	1,7	2,8
38 - 55	1 ^e watervoerende pakket	40	4	2,4	2,8

In Tabel 3.8 is het onttrekking-/infiltratiepatroon weergegeven.

Tabel 3.8 | Onttrekking-/infiltratiepatroon

seizoen	bedrijfstoestand	onttrekken uit	infiltreren in	waterhoeveelheid	infiltratietemperatuur
				[m³/seizoen]	[°C]
winter	warmtelevering	W	K	260.000	7
zomer	koudelevering	K	W	260.000	15

De berekende thermische effecten na 20 jaar energieopslag zijn weergegeven in Figuur 3.2a (zomer) en 3.2b (winter). Het hydrothermische invloedsgebied is het gebied waarbinnen de temperatuur 0,5°C afwijkt van de natuurlijke grondwatertemperatuur ter hoogte van de gemodelleerde bronfilters (10,5°C). Het hydrothermische invloedsgebied van het open bodemenergiesysteem reikt na 20 jaar tot maximaal 210 m van de bronnen.

3.5 GRONDMECHANISCHE EFFECTEN

De stijghoogteveranderingen als gevolg van het open 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 3.7. De zettingconstanten zijn ontleend aan NEN-blad 6740 - bladzijde 20. Via deze methode is een maximale eindzetting van 7 mm berekend (zie bijlage 1).

Het berekende maximale zettingsverhang bedraagt in de directe nabijheid van de bronnen (binnen 10 m rondom de bronnen) maximaal 1 m per 4.250 m. Aan de rand van het berekende hydrologische invloedsgebied bedraagt de berekende eindzetting 1 mm.

In werkelijkheid draait het systeem niet continu op maximaal debiet, waardoor de berekende hydrologische effecten een overschatting zijn. De berekende eindzetting is daarom ook een overschatting van de werkelijk optredende zetting.

4 Invloed op de omgeving

4.1 GRONDWATERKWALITEIT

Invloed van de temperatuur

Een verandering van de temperatuur van het grondwater kan de reactiesnelheid en daarmee het chemisch evenwicht van reacties veranderen. In het kader van het onderzoek Meer met Bodem-energie (zie Soilpedia.nl) naar warmteopslag in de bodem is veel onderzoek gedaan naar het gedrag van water en sediment bij verwarming. Uit deze onderzoeken is gebleken dat de invloed van de temperatuurverandering die optreedt bij bodemenergie (in het algemeen minder dan 10 °C) op de watersamenstelling vaak verwaarloosbaar klein is.

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 temperatuureffecten 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 volledig kalkverzadigd en gereduceerd (ijzerhoudend, zuurstof- en nitraatloos). Nadelige effecten zijn dan ook niet te verwachten.

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 open bodemenergiesysteem.

4.3 VERONTREINIGINGEN

Rondom het open bodemenergiesysteem van Rijnsweerd is een grondwaterverontreiniging aanwezig. Het betreft een verontreiniging met minerale olie op het terrein van Rijnsweerd aan de Boylelaan. De verplaatsing van de verontreiniging als gevolg van het open bodemenergiesysteem van Rijnsweerd is berekend op maximaal 3 m per seizoen. Door het omwisselen van de pomprichting per seizoen is de jaarlijkse verplaatsing nihil.

Door het inpassen van het open bodemenergiesysteem van Provinciehuis Utrecht vindt er een verandering in de hydrologische effecten plaats. Zoals berekend in Paragraaf 4.4 en Paragraaf 4.8 vindt er een uitdemping van hydrologische effecten plaats in de cumulatieve situatie. Dit komt doordat de bronnen van Provinciehuis Utrecht kruislings gepositioneerd zijn ten opzichte van de bestaande systemen. Doordat de hydrologische effecten kleiner worden, zal de bestaande invloed

op de verontreiniging afnemen. Hierdoor kan gesteld worden dat de verontreinigingssituatie niet negatief beïnvloed wordt.

4.4 GRONDWATERGEBRUIKERS

Van de Regionale Uitvoeringsdienst Utrecht (RUD) is een overzicht ontvangen van grondwatergebruikers. Op basis van dit overzicht zijn de grondwatergebruikers binnen en in de directe omgeving van het hydrologische invloedsgebied van het open bodemenergiesysteem geïnventariseerd. Tabel 4.1 geeft een overzicht van de grondwateronttrekkingen en bodemenergiesystemen. Alle open bodemenergiesystemen zijn in het eerste watervoerend pakket gerealiseerd.

Tabel 4.1 | Open bodemenergiesystemen in het hydrologisch invloedsgebied

bedrijfsnaam	afstand en richting t.o.v. project	maximaal debiet	waterhoeveelheid
	[m]	[m ³ /uur]	[m ³ /jaar]
ASR (6 doubletten)	150 ten oosten	250	1.230.000
PYTH Toren (1 doublet)	200 ten westen	60	110.000
Rijnsweerd (2 doubletten)	500 ten zuidwesten	180	601.500

Hydrologische invloed bodemenergie

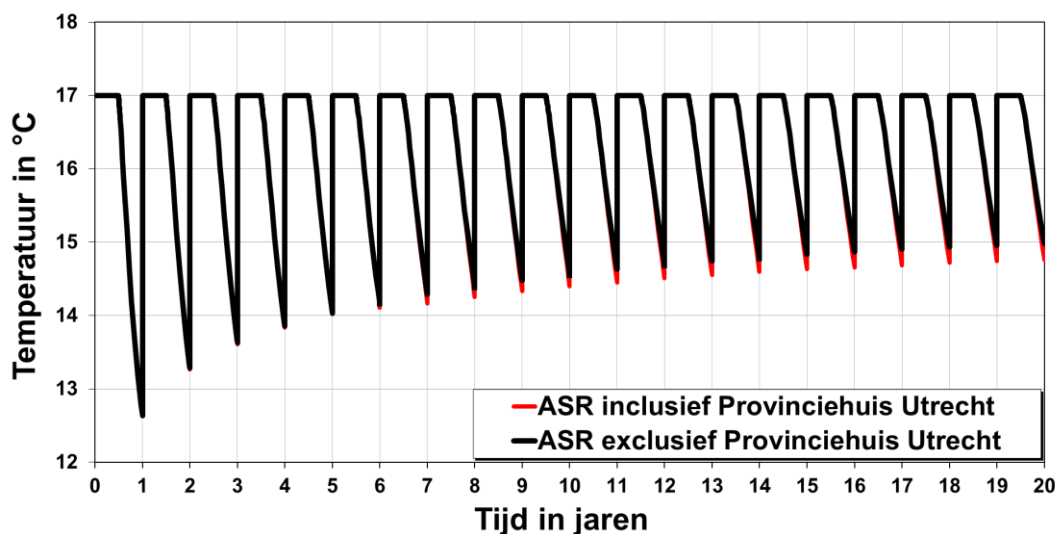
Binnen het berekende hydrologische invloedsgebied van het beoogde bodemenergiesysteem bevinden zich de open bodemenergiesystemen zoals genoemd in Tabel 4.1. De berekende maximale stijghoogteverandering ter plaatse van de bronfilters van ASR bedraagt 0,16 m. De maximale stijghoogteverandering ter plaatse van de bronfilters van PYTH Toren en Rijnsweerd bedraagt respectievelijk 0,11 en 0,05 m. Deze maximale invloed op de stijghoogteverandering ter plaatse van de bronfilters van omliggende open bodemenergiesystemen is dermate gering dat dit in de praktijk geen effect heeft op de bedrijfsvoering en het rendement van deze open bodemenergiesysteem.

Omdat wel een cumulatie van hydrologische effecten plaatsvindt is een cumulatieve hydrologische berekening uitgevoerd met de open bodemenergiesystemen uit Tabel 4.1 en het beoogde open bodemenergiesysteem van Provinciehuis Utrecht. De cumulatieve berekening is weergegeven in Figuur 4.1 waarin een onderscheid is gemaakt tussen een berekening zonder en een berekening met het beoogde open bodemenergiesysteem van Provinciehuis Utrecht. In Figuur 4.1 is te zien dat de cumulatieve hydrologische effecten kleiner zijn met de berekening waarin het open bodemenergiesysteem van het Provinciehuis Utrecht actief is. Dit is het geval omdat de bronnen kruislings gepositioneerd zijn ten opzichte van de aanwezige open bodemenergiesystemen.

Thermische invloed bodemenergie

Nabij het berekende thermische invloedsgebied van het open bodemenergiesysteem van Provinciehuis Utrecht is het open bodemenergiesysteem van ASR en PYTH Toren aanwezig. Vanwege de nabijheid van deze open bodemenergiesystemen is een cumulatieve thermische berekening uitgevoerd waarin alle systemen actief zijn. De bestaande systemen van ASR en PYTH Toren zijn in de berekening 5 jaar eerder gestart dan het beoogde open bodemenergiesysteem van Provinciehuis Utrecht. Vanwege de afstand is het open bodemenergiesysteem van Rijnsweerd niet meegenomen. In Figuur 4.2 zijn de berekende cumulatieve temperaturen in het opslagpakket weergegeven. Te zien is dat de opgeslagen warmte van het Provinciehuis Utrecht aansluit op de opgeslagen warmte van PYTH Toren. De opgeslagen koude van het Provinciehuis Utrecht duwt de opgeslagen warmte van ASR aan het eind van de winter weg. Om de invloed van het Provinciehuis Utrecht op de

warmtelevering van ASR te minimaliseren zijn de koude bronlocaties zo ver mogelijk aan de westkant van het perceel geplaatst. In verband met de aanwezige bomen kunnen de bronnen niet verder naar het westen geplaatst worden. Om de invloed van het Provinciehuis Utrecht op de warmtelevering van ASR te bepalen is de gemiddelde onttrekkingstemperatuur van de zes bronnen met én zonder Provinciehuis Utrecht weergegeven in Figuur 4.3.



Figuur 4.3 | Gemiddelde onttrekkingstemperatuur in warme bronnen ASR in- en exclusief open bodemenergiesysteem Provinciehuis Utrecht

In het temperatuurverloop van de warme bronnen van ASR is te zien dat de onttrekkingstemperatuur als gevolg van het open bodemenergiesysteem van Provinciehuis Utrecht aan het eind van het seizoen verder afneemt. Nadat het Provinciehuis Utrecht voor 15 jaar actief is, is deze afname aan het eind van het seizoen 0,2 °C. Gemiddeld over het seizoen komt dat neer op een afname van de gemiddelde onttrekkingstemperatuur van 0,1 °C. Dit is dermate gering dat dit geen effect heeft op de bedrijfsvoering van het open bodemenergiesysteem van ASR.

4.5 GESLOTEN BODEMENERGIESYSTEMEN

Bij de gemeente Utrecht is een overzicht opgevraagd van gesloten bodemenergiesystemen binnen 500 m van het beoogde bodemenergiesysteem.

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 GRONDWATERBESCHERMING

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

4.7 BEBOUWING EN INFRASTRUCTUUR

De berekende grondwaterstandveranderingen zijn gering (0,06 m). Van grondwateroverlast en langdurige grondwaterstandverlaging 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).

Invloed bodemenergie

De berekende maximale eindzetting van 7 mm (zie paragraaf 3.5) en de daarmee gepaard gaande verschilzetting van 1 m per 4.250 m veroorzaakt geen schade aan gebouwen, funderingen, spoor, wegen of constructies.

4.8 NATUUR

Nabij het Provinciehuis Utrecht ligt het natuurpark Bloeyendaal. In de bestaande situatie (zie stippe lijn figuur 4.1) is te zien dat sprake is van een cumulatie van effecten van de warme bronnen van ASR, PYTH en Rijnsweerd. Dit resulteert in een grondwaterstandverhoging in de zomer ter hoogte van natuurpark Bloeyendaal van maximaal 0,17 m. Door de koude bronnen van Provinciehuis Utrecht aan de noordzijde te positioneren neemt deze grondwaterstandverhoging in de zomer af naar maximaal 0,12 m. In de winterperiode geldt dezelfde situatie, maar omgekeerd. In de bestaande situatie is sprake van een maximale grondwaterstandverlaging in de winter van 0,17 m. Met de huidige bronconfiguratie van Provinciehuis Utrecht neemt de grondwaterstandverlaging in de winter af naar maximaal 0,12 m. In Figuur 4.4 zijn de hydrologische effecten in het freatische pakket weergegeven ex- en inclusief het Provinciehuis Utrecht. Te zien is dat de hydrologische effecten tot circa 300 meter minder ver reiken en kleiner zijn. Bij een omgekeerde bronconfiguratie waarbij de warme bronnen van Provinciehuis Utrecht aan de noordzijde gepositioneerd zijn, zal sprake zijn van een grotere cumulatie van effecten in zowel het eerste watervoerende pakket als het freatische pakket. Het gevolg hiervan is dat omliggende belangen zoals verontreinigingen, overige open bodemenergiesystemen als ook natuur in grotere mate beïnvloed worden. Omdat bij de huidige bronconfiguratie alsnog sprake is van een grondwaterstandverhoging in de zomer ter plekke van natuurpark Bloeyendaal én de effecten minder ver reiken, achten wij de huidige bronconfiguratie het minst belastend voor de omgeving.

Daarnaast is het van belang om aan te geven dat het oppervlaktewater in het natuurpark Bloeyendaal een dempend effect heeft op een eventuele invloed van open bodemenergiesystemen op de grondwaterstand. Door de aanwezigheid van het oppervlaktewater wordt een hogere grondwaterstand afgevangen en een lagere grondwaterstand aangevuld. Het oppervlaktewater is in de

hydrologische berekening slechts in zeer beperkte mate meegenomen. De verwachting is daarom dat de werkelijke effecten kleiner zijn dan berekend.

4.9 CULTUURHISTORIE EN ARCHEOLOGISCHE WAARDEN

De invloed op de grondwaterstand (paragraaf 3.3) is zo gering (0,06 m) dat het open bodemenergiesysteem geen invloed heeft op eventueel aanwezige cultuurhistorie en archeologische waarden. Het open bodemenergiesysteem ligt niet in een aardkundig waardevol gebied.

Figuren



Project: Bodemenergie Provinciehuis Utrecht

Datum: A: 27-9-2022
B:

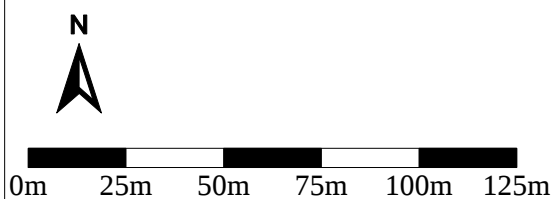
Onderwerp: Overzichtskaart met bronlocaties

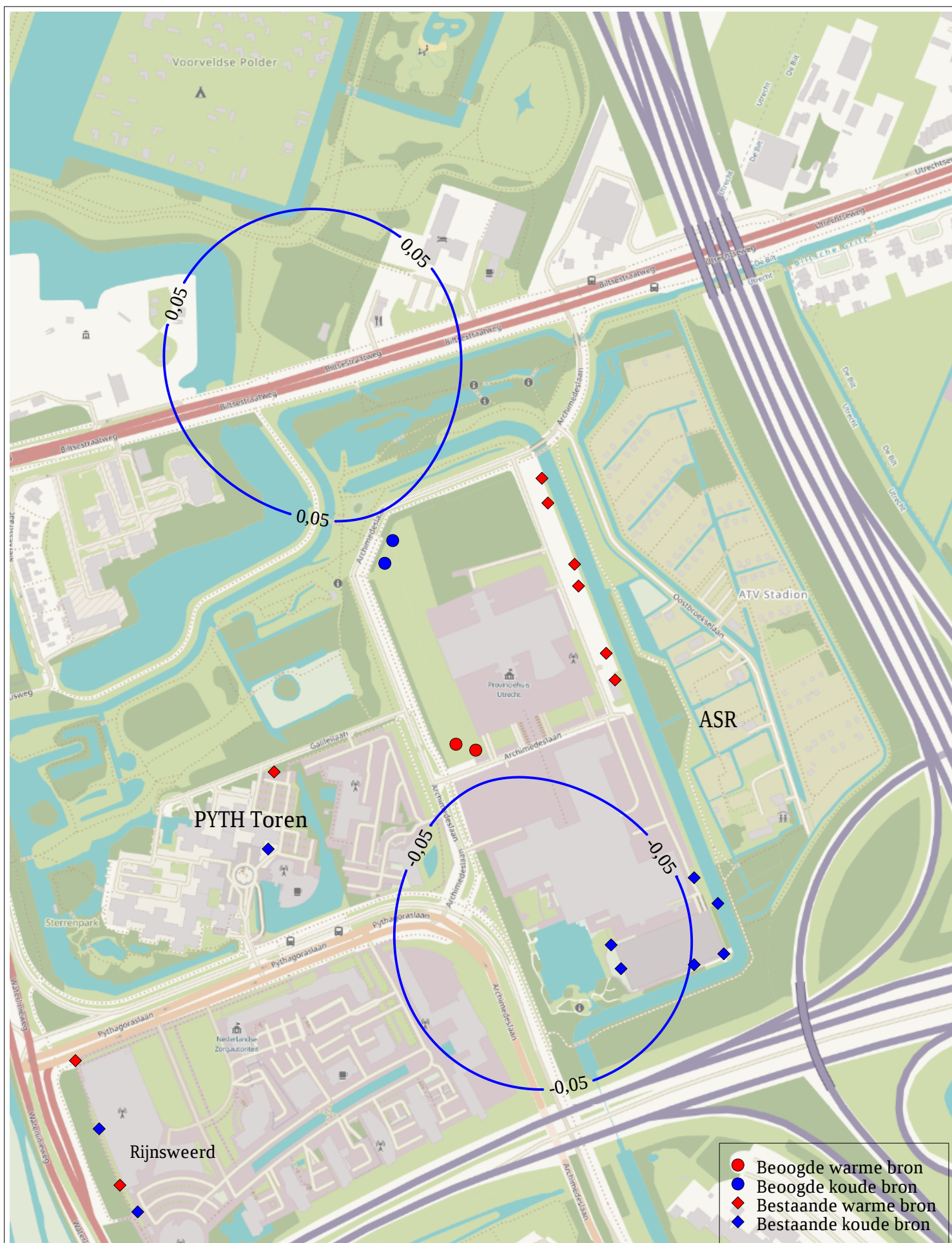
Figuur: 2.2

Stadium: effectenstudie

Referentie: 71105/RoS Getek.: SW

Form.: A4





Project: Bodemenergie Provinciehuis Utrecht

Datum: A: 27-9-2022
B:

Onderwerp: Berekende maximale
grondwaterstandverandering [m]

Figuur: 3.1

Stadium: effectenstudie

Referentie: 71105/RoS

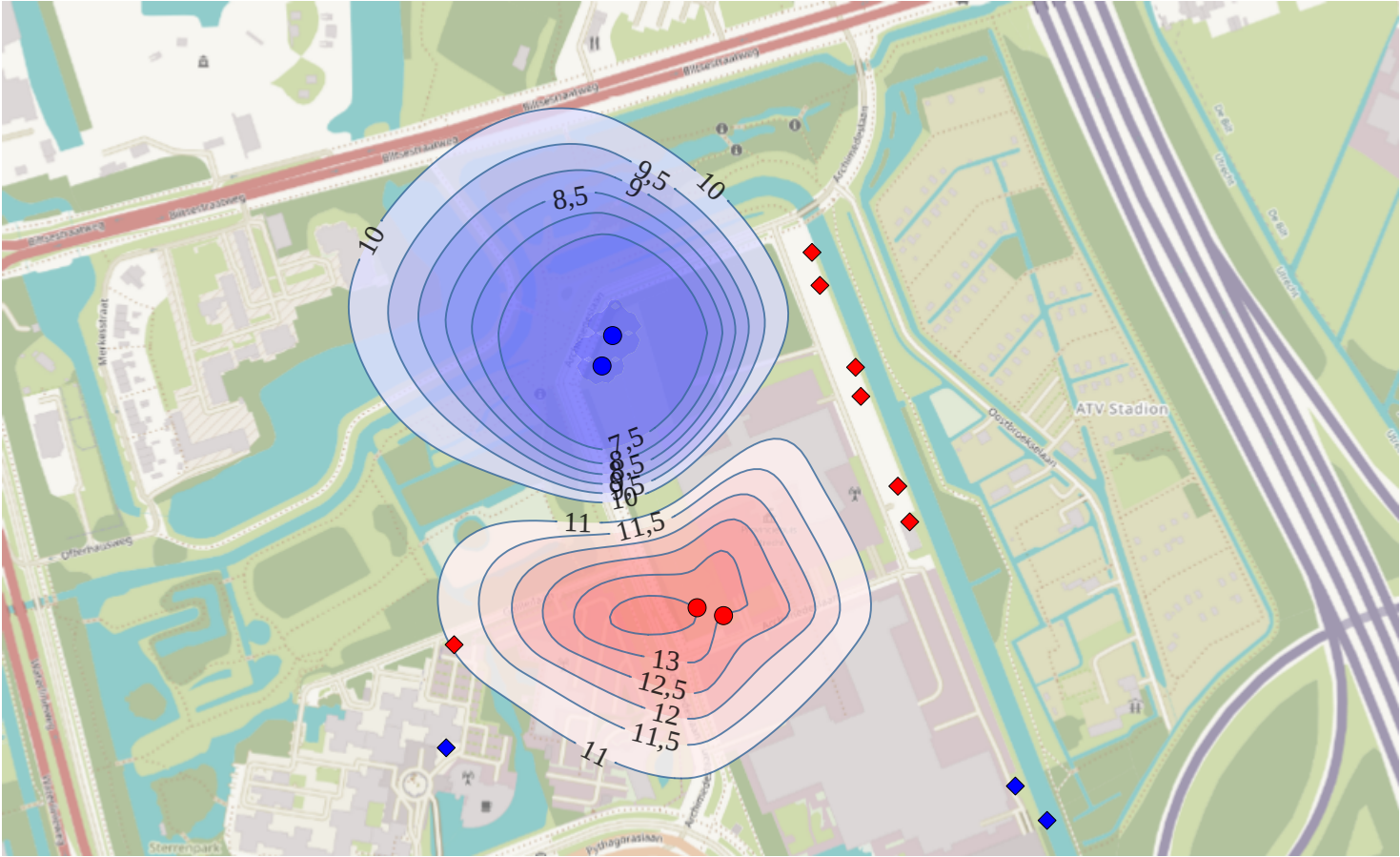
Getek.: SW

Form.: A4

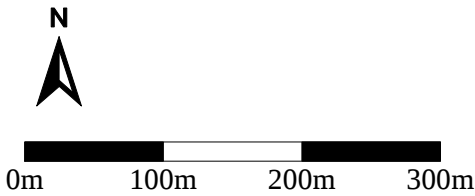
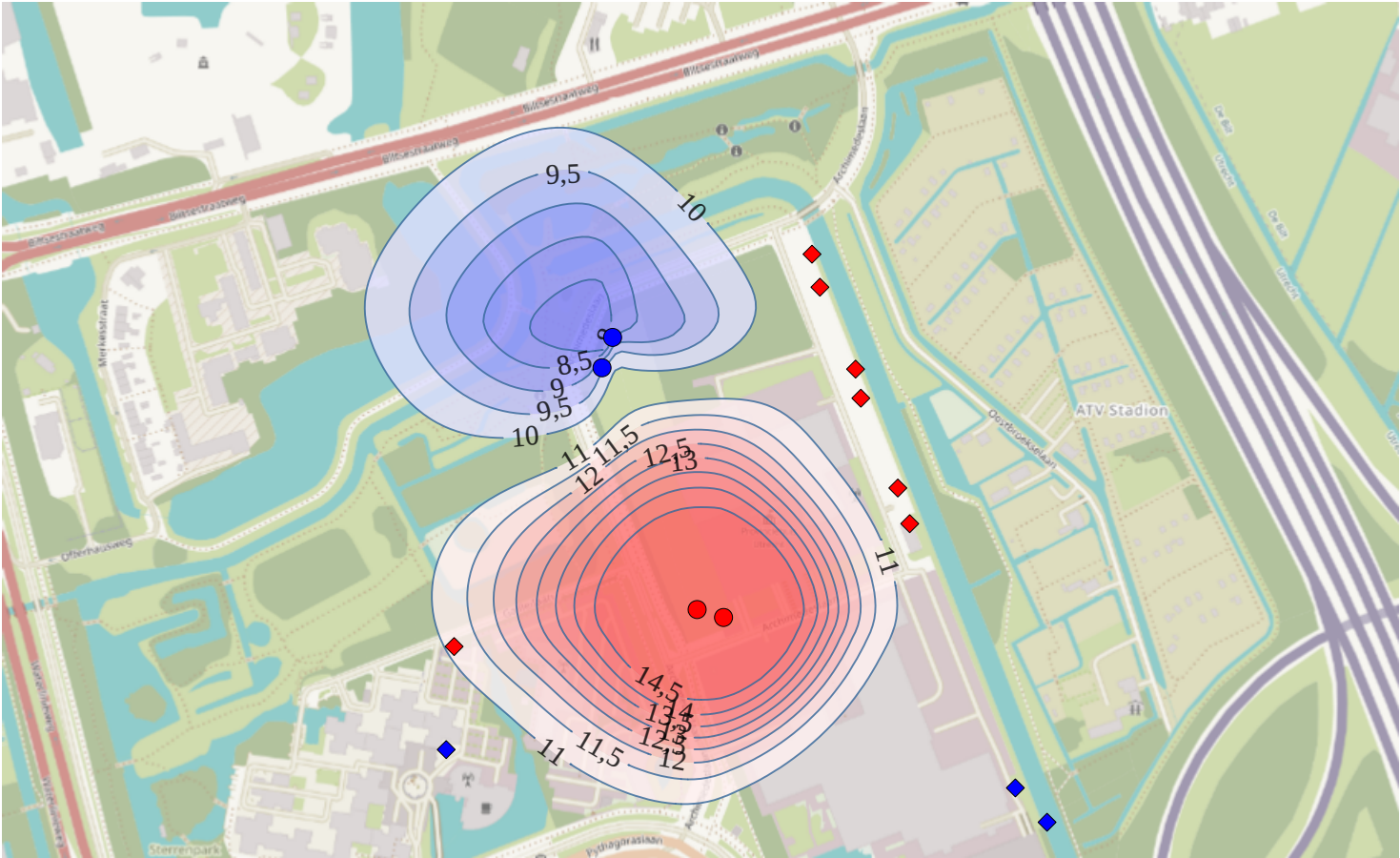
0m 100m 200m 300m

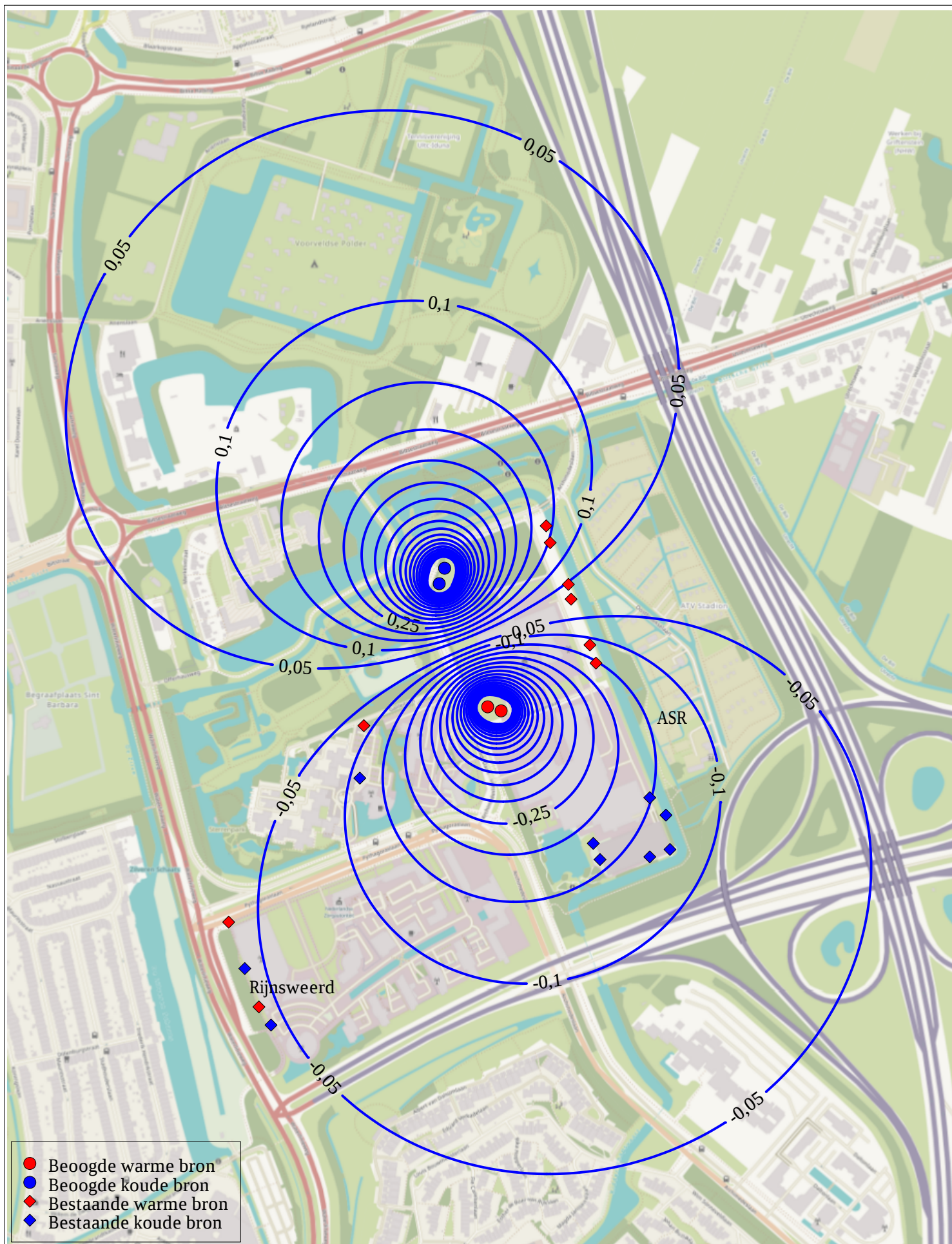


situatie einde winter

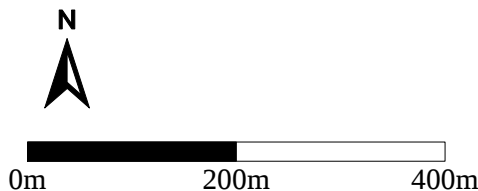


situatie einde zomer





- Beoogde warme bron
- Beoogde koude bron
- ◆ Bestaande warme bron
- ◆ Bestaande koude bron



Project: Bodemenergie Provinciehuis Utrecht

Datum: A: 27-9-2022
B:

Onderwerp: Berekenende maximale stijghoogteverandering in het eerste watervoerende pakket [m]

Figuur: 3.2

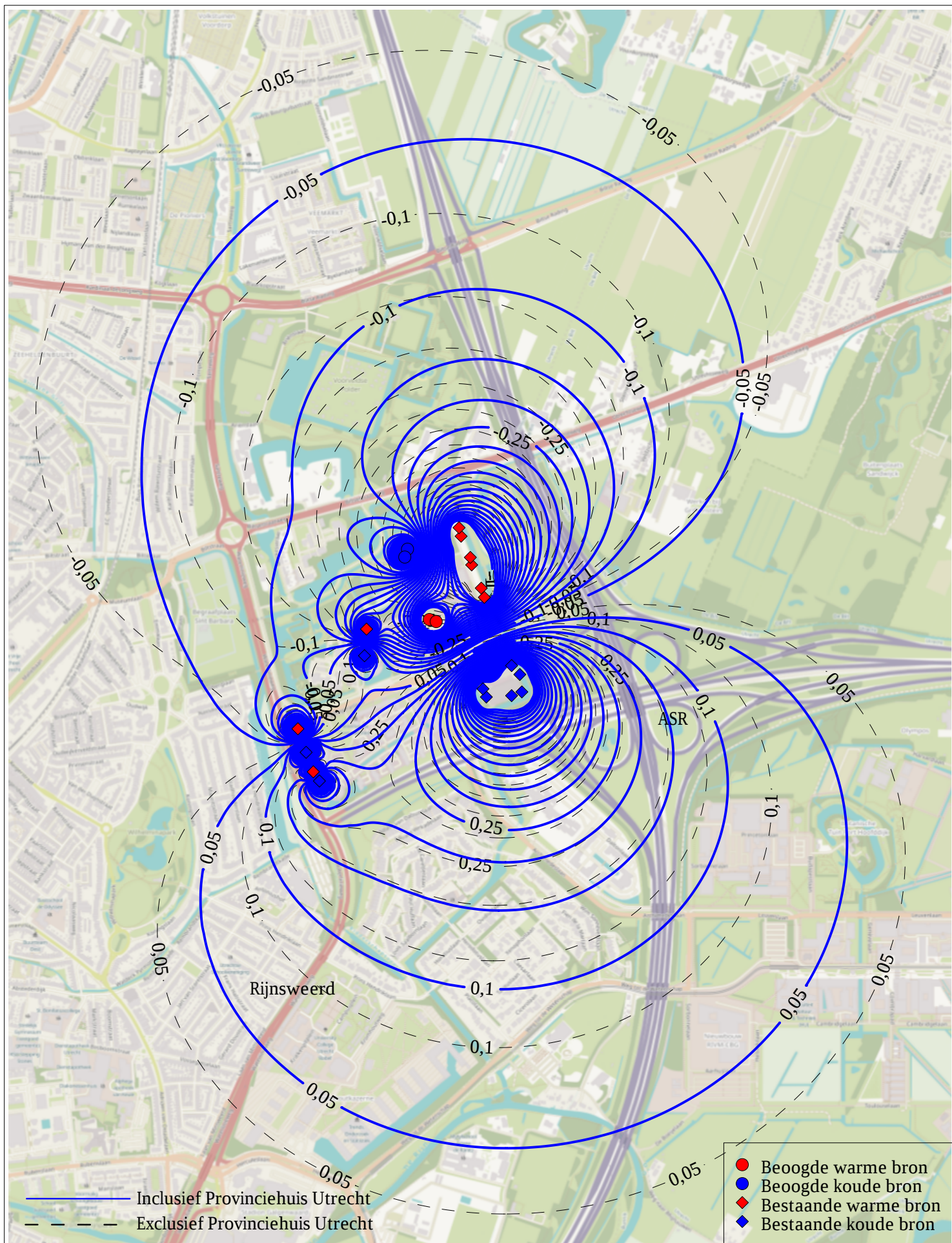
Stadium: effectenstudie

Referentie: 71105/RoS

Getek.: SW

Form.: A4





Project: Bodemenergie Provinciehuis Utrecht

Datum: A: 28-9-2022
 B:

Onderwerp: Berekenende maximale cumulatieve stijghoogteverandering in het eerste watervoerende pakket [m]

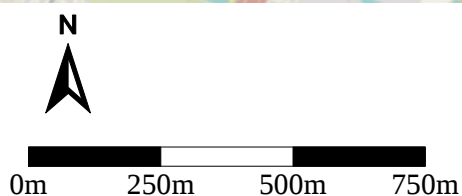
Figuur: 4.1

Stadium: effectenstudie

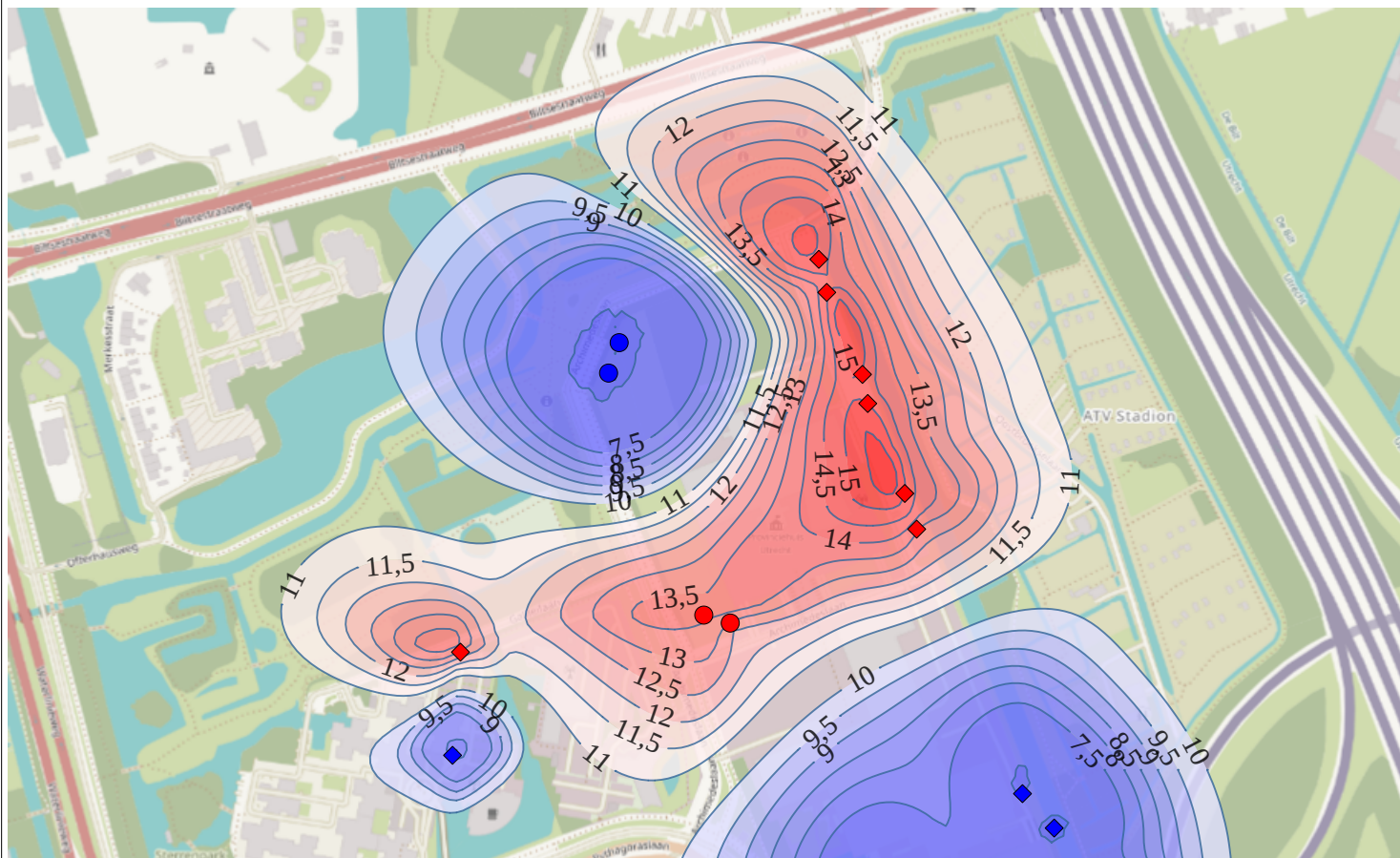
Referentie: 71105/RoS

Getek.: SW

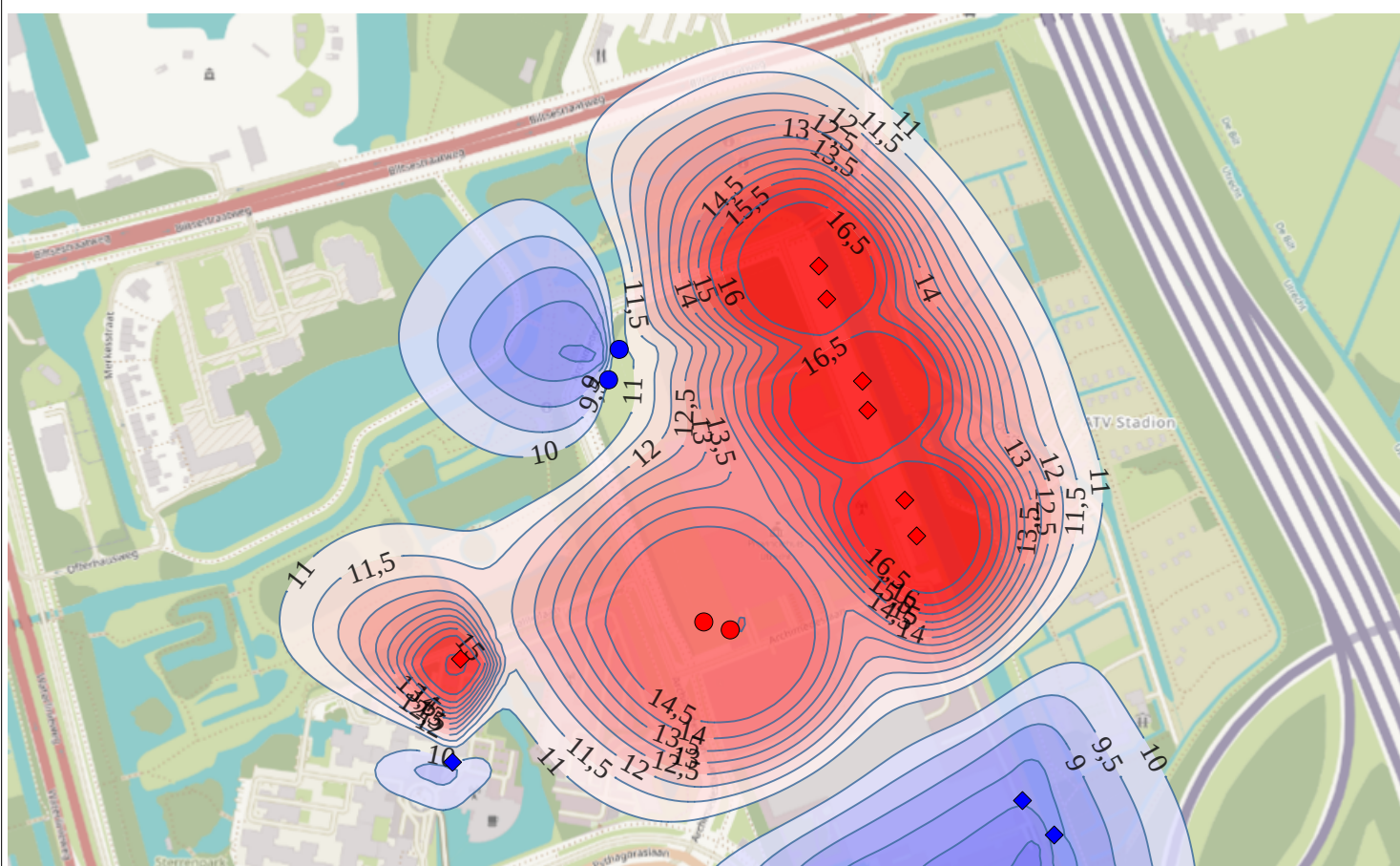
Form.: A4



situatie einde winter



situatie einde zomer



0m 100m 200m 300m

Project: Bodemenergie Provinciehuis Utrecht

Datum: A: 28-9-2022
B:

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

Figuur: 4.2

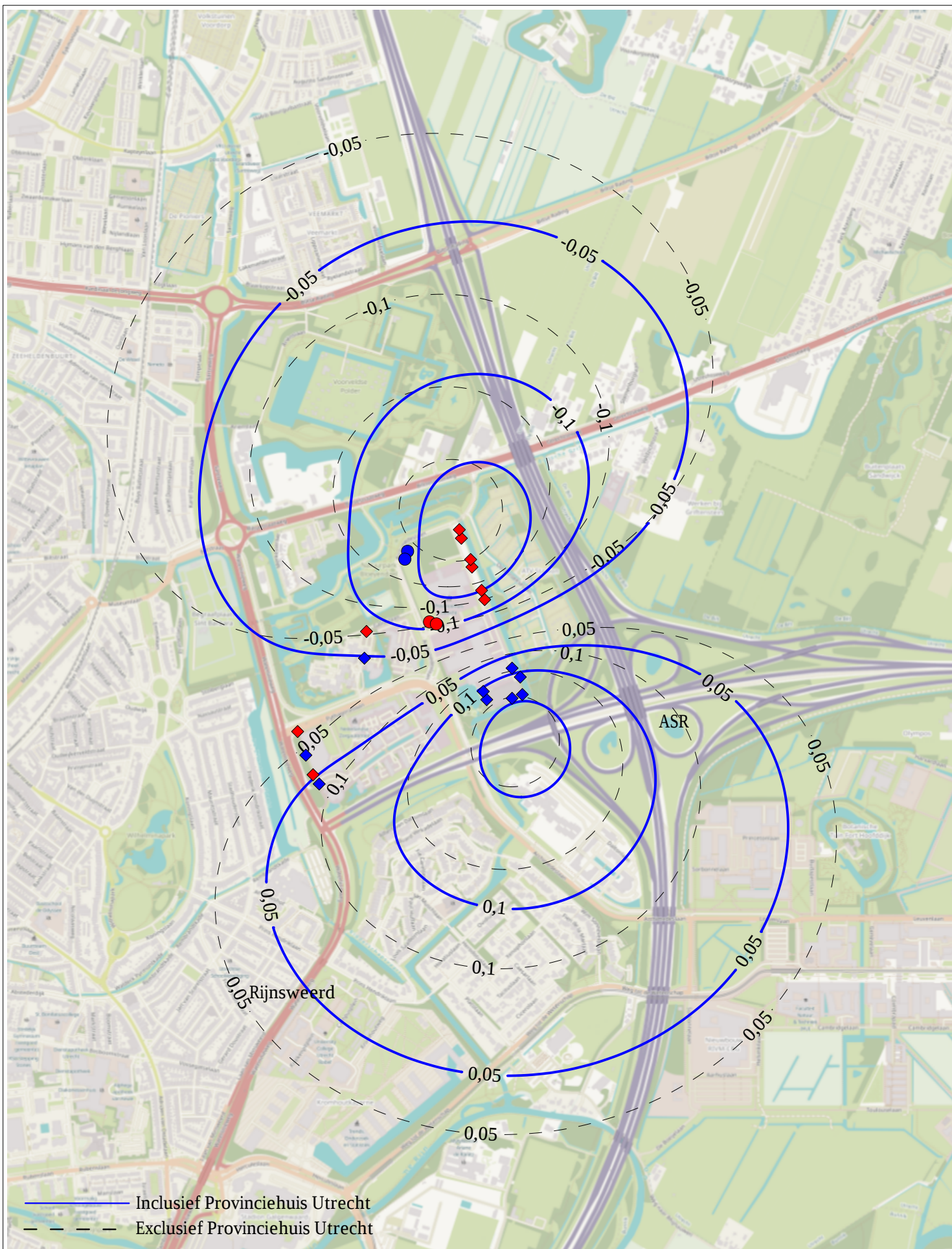
Stadium: effectenstudie

Referentie: 71105/RoS

Getek.: SW

Form.: A4





Project: Bodemenergie Provinciehuis Utrecht

Datum: A: 28-9-2022
 B:

Onderwerp: Berekende maximale cumulatieve
 grondwaterstandverandering [m]

Figuur: 4.4

Stadium: effectenstudie

Referentie: 71105/RoS

Getek.: SW

Form.: A4



0m 250m 500m 750m

Bijlage 1

BEREKENING VAN DE EINDZETTING

Zettingsberekening			Versie 29 september 20
Berekening van eindzetting volgens de methode van Koppejan (combinatie van Terzaghi en Keverling Buisman)			
	Projectnaam:	Provinciehuis Utrecht	
	Projectnummer:	71105	
	Datum berekening:	20-12-2022	
	Boring:	...	
	Rapport:	Effectenstudie	
	Specialist:	SW	
	Opmerking(en):	...	

Gebruikte formule van Terzaghi:

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

GLG: 1,4 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
	0									
Onverz.zone		1,4	0,04	-	-	-	1800	-		0
	1,4									
Zand		0,6	0,04	200	1,00E+99	200	2000	27664,2	392,4	0
	2									
Klei		1		15	320	12,632	1700	34040,7	490,5	1
	3									
Zand		21	0,06	600	1,00E+99	600	2000	140479,2	588,6	0
	24									
Klei		1		25	320	19,048	1900	247898,7	10595	2
	25									
Zand		1	2,1	1000	1,00E+99	1000	2100	257708,7	20601	0
	26									
Zand		12	2,88	1000	1,00E+99	1000	2100	327850,2	28253	1
	38									
Klei		1		25	320	19,048	1900	397010,7	18345	2
	39									
Zand		16	0,86	1000	1,00E+99	1000	2100	487753,2	8436,6	0
	55									

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] 7

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**