

Effectenstudie WKO De Woonmensen te Apeldoorn

3 december 2014

Effectenstudie WKO De Woonmensen te Apeldoorn

Verantwoording

Titel	Effectenstudie WKO De Woonmensen te Apeldoorn
Opdrachtgever	De Woonmensen
Projectleider	Michiel de Koning
Auteur(s)	Rob Ligtenberg en Erik Donkers (BRL 12000 gecertificeerd)
Projectnummer	1213933
Aantal pagina's	24 (exclusief bijlagen)
Datum	3 december 2014
Handtekening	Ontbreekt in verband met digitale verwerking. Dit rapport is aantoonbaar vrijgegeven.

Colofon

Tauw bv
BU Water
Handelskade 37
Postbus 133
7400 AC Deventer
Telefoon +31 57 06 99 91 1
Fax +31 57 06 99 66 6

Dit document is eigendom van de opdrachtgever en mag door hem worden gebruikt voor het doel waarvoor het is vervaardigd met inachtneming van de rechten die voortvloeien uit de wetgeving op het gebied van het intellectuele eigendom. De auteursrechten van dit document blijven berusten bij Tauw. Kwaliteit en verbetering van product en proces hebben bij Tauw hoge prioriteit. Tauw hanteert daartoe een managementsysteem dat is gecertificeerd dan wel geaccrediteerd volgens:

- NEN-EN-ISO 9001

Inhoud

Verantwoording en colofon	5
1 Inleiding.....	9
2 Geohydrologische situatie	10
2.1 Bodemopbouw	10
2.2 Grondwatersituatie	11
3 Systeembeschrijving	14
3.1 Terugblik afgelopen 5 jaar	14
3.2 Energievraag en ontwerptemperaturen	14
3.3 Maximaal toelaatbare grondwaterstandstijging	15
3.4 Spuien	15
3.5 Snelheid op de boorgatwand.....	15
3.6 Filterlengte.....	16
4 Modelberekening en hydrologische effecten	17
4.1 Verandering grondwaterstand/stijghoogte.....	17
4.2 Modelschematisatie.....	17
4.3 Thermische effecten	19
5 Omgevingseffecten	21
5.1 Beïnvloeding verontreinigingen	21
5.2 Beïnvloeding grondwateronttrekkingen	21
5.3 Effecten op natuur/landbouw.....	22
5.4 Beïnvloeding archeologisch waardevolle elementen	22
5.5 Verzilting.....	23
5.6 Grondmechanische effecten (zetting)	23
Bijlage(n)	
1 Boorprofiel en aanvulstaat monobron	
2 Peilbuizen en boringen	
3 Conversie parameters voor berekening MT3D	
4 Hydrologische en hydrothermische effecten (zomer/winter)	
5 Kadastrale kaart	

- 6 Capaciteitsmeting filters
- 7 Zettingsberekening

1 Inleiding

Aan de Deventerstraat in Apeldoorn bevindt zich het pand van zorginstelling De Woonmensen (figuur 1.1). Sinds 2009 is hier een warmte/koudeopslag systeem actief, een systeem dat de verwarming en koeling van het gebouw verzorgt. Vanwege het lage onttrekkings- en infiltratiedebiet van maximaal 10 m³/uur kon bij de aanleg van het systeem worden volstaan met een melding bij het bevoegd gezag, de provincie Gelderland. Omwille van nieuwe regelgeving is dit systeem vergunningsplichtig. Ten behoeve van de vergunningsaanvraag moet een effectenstudie worden uitgevoerd. Deze rapportage is opgebouwd uit een inventarisatie van de geohydrologische situatie (bodempopbouw en grondwaterstanden), de energievraag, de modelberekening en een beschouwing van de effecten.



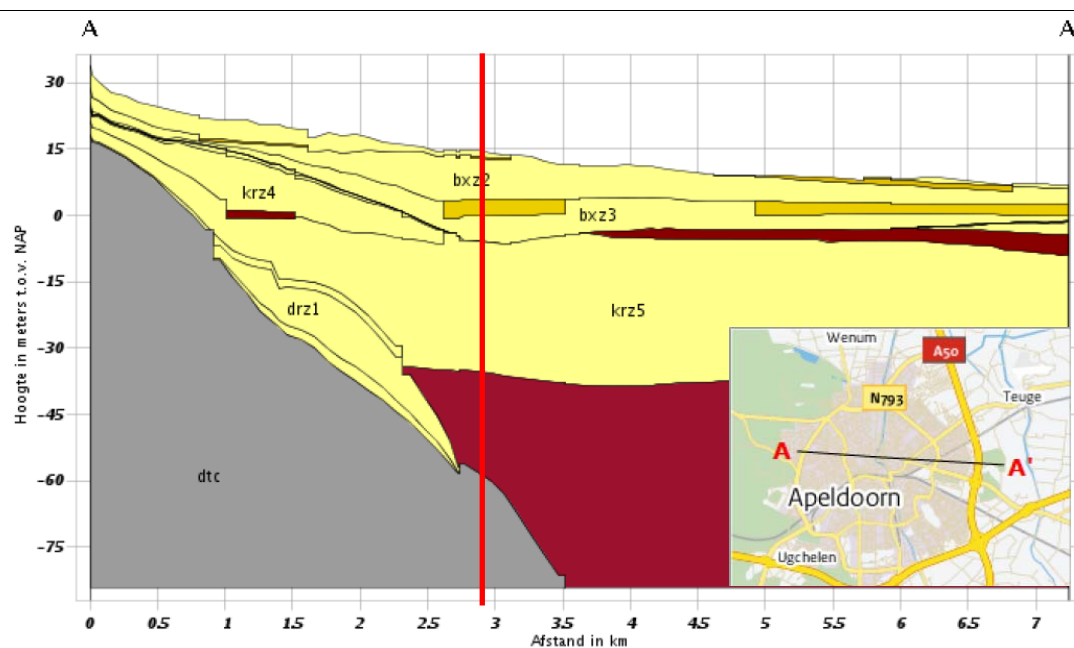
Figuur 1.1 Locatie monobron WKO-systeem De Woonmensen

2 Geohydrologische situatie

In dit hoofdstuk is de regionale en lokale geohydrologische situatie gerapporteerd. Deze gegevens vormen samen met de technische installatiegegevens de uitgangspunten voor de berekeningen ten behoeve van de effectenstudie.

2.1 Bodemopbouw

De fysieke ondergrond is de basis voor het functioneren van een WKO-systeem. Het monobron-recirculatiesysteem van De Woonmensen bestaat uit één boorgat met filters op verschillende dieptes. In bijlage 1 is het boorprofiel en aanvulschema van deze monobron opgenomen. Het maaiveldniveau bedraagt circa +14,5 m NAP. Het infiltratiefilter bevindt zich op een diepte van 29,4 tot 34,2 m -mv (-14,9 tot -19,7 m NAP) in de grofzandige formatie van Kreftenheye. Het onttrekkingsfilter bevindt zich op een diepte van 44,3 tot 49,1 m -mv (-29,8 tot -34,6 m NAP).



Figuur 2.1 Regionale bodemopbouw REGIS dwarsprofiel t.o.v. locatie De Woonmensen (rode lijn)

Uit het Regionaal Geohydrologisch Informatiesysteem (REGIS, TNO) volgt dat diepe boringen in de omgeving een vergelijkbaar beeld laten zien als het boorprofiel van de monobron. Op verschillende dieptes bevinden zich lokaal dunne leem- en kleilagen. In figuur 2.1 is het geologisch dwarsprofiel voor de locatie in Apeldoorn weergegeven.

Tussen het ondiepe en diepe filter bevindt zich een dunne kleilaag van enkele meters dik. Deze kleilaag is niet in figuur 2.1 weergegeven, omdat het vermoedelijk een kleilens betreft van beperkte omvang. Beide filters bevinden zich in het tweede watervoerend pakket, maar worden onderling gescheiden door een dunne kleilaag van beperkte omvang. Uit gegevens uit het TNO Dinoloket is niet te achterhalen welke omvang deze kleilaag heeft.

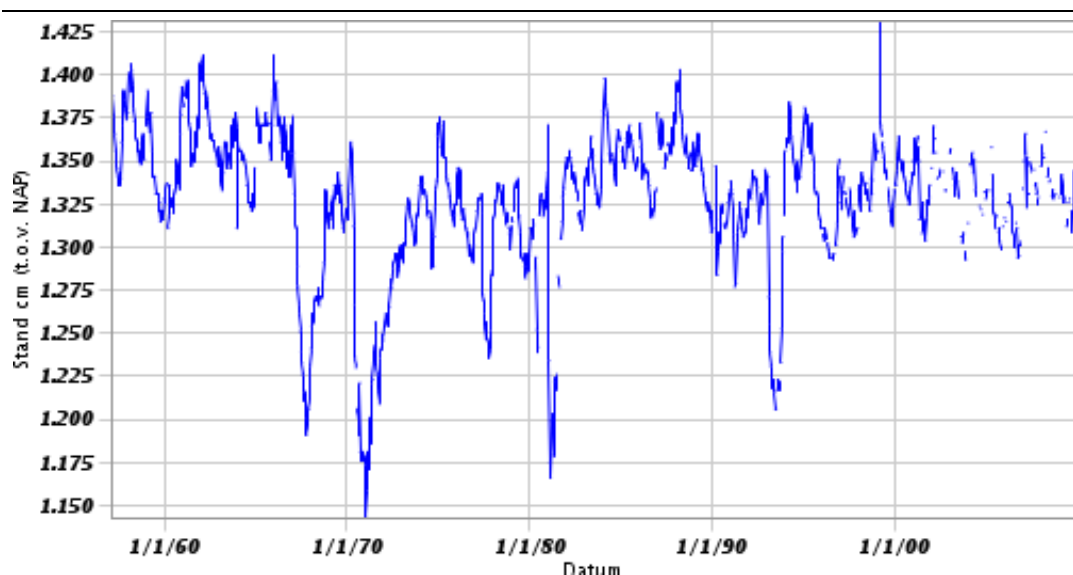
Op een diepte van circa 53 m -mv bevindt zich een harde scheidende laag. Dit is naar verwachting de ruim 20 meter dikke kleilaag van de formatie Kreftenheye-Twello. In de modelberekening is dit als hydrologische basis aangenomen. Het derde watervoerend pakket begint op een diepte van circa -120 m NAP. Op basis van de regionale en lokale gegevens is in tabel 2.1 de bodemopbouw schematisch weergegeven.

Tabel 2.1 Schematische bodemopbouw

Diepte (m -mv)	Samenstelling	Formatie	Geohydrologische eenheid	Doorlaatvermogen (kD) / weestand (c)
0 - 11	Fijn tot grof zand	Boxtel	Watervoerend pakket 1	290 m ² /d
11 - 15	Klei	Boxtel	Slecht doorlatende laag	220 d
15 - 40	Matig grof zand	Kreftenheye	Watervoerend pakket 2	650 m ² /d
40 - 43	Klei	Kreftenheye	Slecht doorlatende laag	25 d
43 - 53	Matig grof zand	Kreftenheye	Watervoerend pakket 2	260 m ² /d
53 - 73	Harde klei	Kreftenheye-Twello	Hydrologische basis	40.000 d

2.2 Grondwatersituatie

In de omgeving van de betreffende locatie zijn de grondwaterstanden uit het DINOLoket van TNO opgevraagd en geïnventariseerd. In figuur 2.2 is het verloop van de grondwaterstand weergegeven van een peilbuis (B33B0040) op een afstand van circa 400 meter ten zuidwesten van de planlocatie. In bijlage 2 zijn de locaties van diverse peilbuizen en de gemiddelde grondwaterstanden weergegeven. Het isohypsenpatroon van deze grondwaterstanden komt overeen met de historische isohypsen uit de Grondwaterkaart van Nederland (figuur 2.3).



Figuur 2.2 Peilbuis B33B0040 (filter van +6,2 tot -23,9 m NAP)

De natuurlijke temperatuur van het grondwater is geschat op circa 11,5 °C. Bij TNO zijn geen metingen van de temperatuur van het grondwater op de beoogde diepten beschikbaar. De stromingsrichting van het freatisch grondwater is hoofdzakelijk noordoostelijk gericht. Dit wordt grotendeels veroorzaakt door de stroming vanaf de Veluwe richting de IJssel.

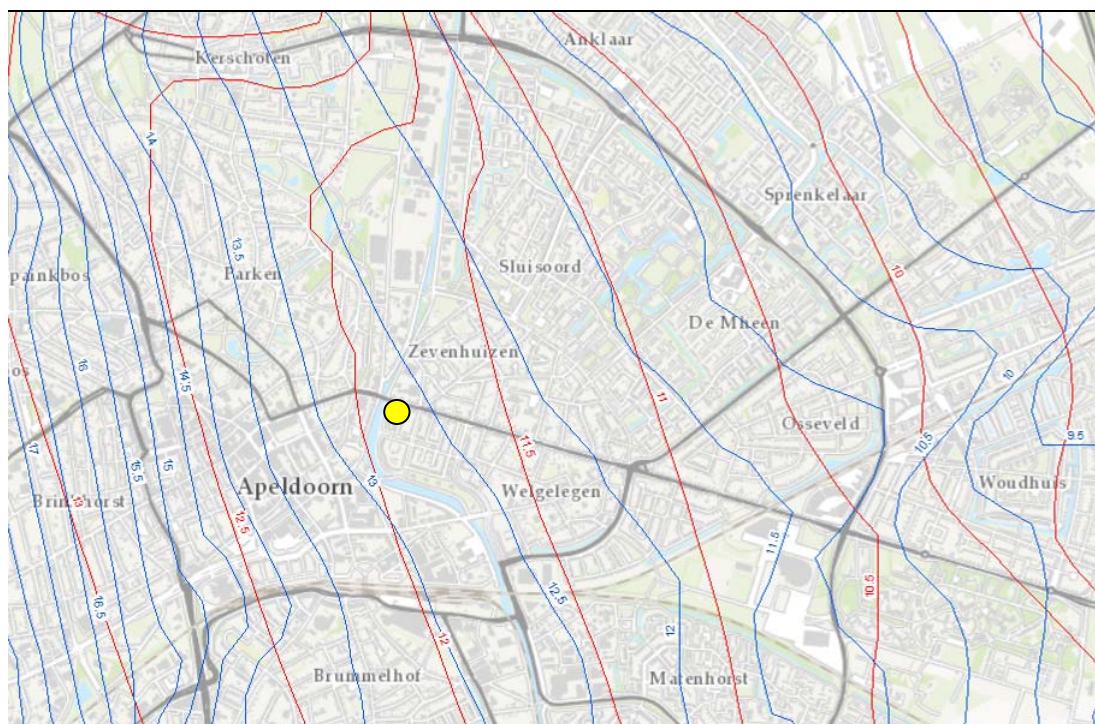
De horizontale stroomsnelheid in het tweede watervoerend pakket volgt uit de Wet van Darcy:

$$v = \frac{k * i}{n} * 365$$

Waarbij

- v = stroomsnelheid [m/jaar]
- k = doorlaatfactor [m/dag]
- i = stijghoogteverhang [m/m]
- n = porositeit [-]

Het verhang van de grondwaterstand is bepaald op circa 1:1.000. Bij een porositeit van 0,30 en een gemiddelde k-waarde van 30 m/dag (kD-waarde van 1200 m²/dag, dikte van 40 m) bedraagt de grondwaterstroming circa 37 meter per jaar in het watervoerend pakket.



Figuur 2.3 Isohypsen van watervoerend pakket 2 (blauwe lijnen) en locatie De Woonmensen (gele stip)

3 Systeembeschrijving

3.1 Terugblik afgelopen 5 jaar

Met behulp van gemonitorde gegevens is gekeken naar het functioneren van de installatie gedurende de afgelopen vijf jaar. Het waterbezwaar van het monobron-recirculatiesysteem varieerde in de winterperiode tussen 12.000 en 52.000 m³. De delta T in de winter bedroeg gemiddeld circa 1,5 °C. In de zomerperiode was de koudevraag gedurende de afgelopen vijf jaar constanter met een waterbezwaar tussen 20.000 en 32.000 m³. In de zomer is de delta T hoger met circa 4,2 °C. Uit de gegevens volgt dat er momenteel een warmteoverschot in de bodem aanwezig is, omdat de koudevraag in de afgelopen jaren hoger lag dan de warmtevraag.

3.2 Energievraag en ontwerptemperaturen

Ten behoeve van de nieuwe vergunningsaanvraag is het WKO-systeem nog eens onder de loep genomen en besloten om het verder te optimaliseren. Zo worden de warmte- en koudevraag beter op elkaar afgestemd, waardoor het systeem in zijn geheel meer in balans komt.

Tabel 3.1 Uitgangspunten energiebalans WKO-bron

Winterperiode – warmtevraag	
Gemiddeld piekvermogen	52 kW _{th}
Gemiddelde energievraag warmte	104 MWh _{th} /jr (374 GJ)
Draaiuren (equivalent vollast)	2.300 uur/jr
Gemiddelde temperatuur aanvoer	11,5 °C
Gemiddelde temperatuur retour	8,5 °C
Gemiddelde delta temperatuur	3 K
Maximaal grondwaterdebiet (max. pompcapaciteit)	13 m ³ /uur
Totaal waterbezwaar	29.900 m ³ /seizoen
Zomerperiode – koudevraag	
Gemiddeld piekvermogen	105 kW _{th}
Gemiddelde energievraag koude	95 MWh _{th} /jr (342 GJ)
Draaiuren (equivalent vollast)	2.100 uur/jr
Gemiddelde temperatuur aanvoer	11,5 °C
Gemiddelde temperatuur retour	14,5 °C
Gemiddelde delta temperatuur	3 K
Maximaal grondwaterdebiet (max. pompcapaciteit)	13 m ³ /uur
Totaal waterbezwaar	27.300 m ³ /seizoen

De installateur heeft een energievraag opgegeven van gemiddeld 104 MWh in de winter en gemiddeld 95 MWh in de zomer. Dit betekent een opbouw van een klein koudeoverschot in de ondergrond. Het geïnstalleerde vermogen bedraagt 's winters circa 52 kW en 's zomers circa 105 kW. Het waterbezwaar is bepaald op maximaal 30.000 m³/jaar. Rekening houdend met een klimatologisch extreem jaar wordt voor de vergunningsaanvraag een toeslag van 20 % gehanteerd. Dit levert een afgerond waterbezwaar op van 70.000 m³/jaar. De maximale pompcapaciteit bedraagt 13 m³/uur, al zal het systeem in de praktijk functioneren op een debiet van maximaal 10 m³/uur. In de effectberekeningen is rekening gehouden met de maximale pompcapaciteit. De ontwerputgangspunten voor het systeem zijn in tabel 3.1 weergegeven.

3.3 Maximaal toelaatbare grondwaterstandstijging

Op basis van bodemsplijting mag de grondwaterstandstijging in de bron maximaal 0,2 maal de filterdiepte (29,4 m) bedragen. Dit resulteert in $0,2 \times 29,4 = 5,9$ m voor de ondiepe bron. Veiligheidshalve wordt geadviseerd daarvan de helft te nemen, te weten 2,95 m.

3.4 Spuien

In verband met preventief onderhoud van de bronnen worden deze doorgespoeld. Bij deze actie wordt uit de betreffende bron enige tijd grondwater onttrokken met het maximale debiet (13,0 m³/uur). De hoeveelheid spuiwater die hierbij vrijkomt, bedraagt circa 0,5 % van de jaarlijks onttrokken hoeveelheid; dit komt neer op circa 180 m³ spuiwater. Het onttrokken grondwater wordt op de riolering geloosd.

3.5 Snelheid op de boorgatwand

De maximaal toelaatbare snelheid op de boorgatwand wordt onder andere bepaald door het maximale debiet, de doorlatendheid van de bodem, de verstoppingpotentie van het grondwater en de dikte van het pakket waarin de thermische energie wordt opgeslagen. Voor de ontwerpsnelheid op de boorgatwand (infiltratiebron) geldt de volgende norm (bron: NVOE, 2006):

$$v_{ontw} = 1000 \left(\frac{k}{150} \right)^{0.6} \sqrt{\frac{v_v}{2MFI_{mea} u_{eq}}}$$

Waarbij v_{ont} = ontwerpsnelheid op boorgatwand [m/uur]

k = doorlatendheid van het watervoerend pakket [m/dag]

v_v = specifieke verstoppingssnelheid [m/jaar]

MFI_{mea} = Membraan Filter Index [s/l²]

u_{eq} = aantal equivalente vollasturen [uur/jaar]

Uitgaande van een k -waarde van circa 30 m/dag, een specifieke verstoppingssnelheid van 0,1 m/jaar, een MFI van 2 s/l² en het aantal equivalente vollasturen van (2.300 + 2.100) 4.400, bedraagt de ontwerpsnelheid 0,9 m/uur.

Voor een onttrekkingsbron is de volgende norm vastgesteld (bron: NVOE, 2006):

$$v_b = \frac{k}{12}$$

Waarbij v_b = ontwerpsnelheid op de boorgatwand [m/uur]
 k = gemiddelde doorlatendheid [m/dag]

Hieruit volgt een maximale ontwerpsnelheid voor de onttrekkingsbron van 2,5 m/uur.

3.6 Filterlengte

Er is één bronput gerealiseerd met twee filters boven elkaar. Elk filter heeft een lengte van 4,8 meter. De maatgevende ontwerpsnelheid is afhankelijk van de diameter van de bron en de filterlengte. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de volgende uitdrukking:

$$v = \frac{Q}{2\pi rH}$$

Waarbij v = snelheid op de boorgatwand [m/uur]
 Q = debiet [m³/uur]
 r = straal boorgatwand [m]
 H = filterlengte [m]

De straal van de boorgatwand is onbekend. Met een filterlengte van 4,8 m, een debiet van maximaal 13 m³/uur en een maatgevende snelheid op de boorgatwand van 0,9 m/uur geeft dit een minimale straal van de boorgatwand van 0,45 meter. Naar verwachting is de straal van de boorgatwand in de praktijk kleiner. Dit betekent een snelheid op de boorgatwand die de norm overschrijdt. Dit kan nadelige gevolgen hebben op het functioneren van de bronnen. Omdat het merendeel van de tijd niet op volle capaciteit wordt gepompt, zal de snelheid in de praktijk lager uitvallen, waarmee problemen worden voorkomen.

4 Modelberekening en hydrologische effecten

4.1 Verandering grondwaterstand/stijghoogte

Ten behoeve van het bepalen van de hydrologische effecten dient de verandering van de grondwaterstand/stijghoogte en grondwaterstroming als gevolg van de voorgenomen infiltratie en onttrekking te worden berekend. Deze berekeningen zijn uitgevoerd met de programma's MLU en Modflow. Modflow is een 3D eindige differentie grondwatermodel dat de grondwater- en transportvergelijkingen benadert met numerieke rekenmethoden. MLU is gebruikt om op analytische wijze de verlagingen van de grondwaterstand en stijghoogte te berekenen.

4.2 Modelschematisatie

In tabel 4.1 is de modelschematisatie weergegeven op basis van de geohydrologische gegevens (REGIS en boorprofiel). De schematisering is aangepast aan de capaciteitsproeven (bijlage 6) welke zijn uitgevoerd. De doorlatendheden en verticale weerstanden komen daarmee zo goed mogelijk overeen met de werkelijke situatie. Er is aan de onderzijde geen extra modellaag opgenomen, omdat het onderliggende kleipakket als hydrologische basis wordt gezien. Voor het topsysteem is uitgegaan van een drainageweerstand van 500 dagen.

Tabel 4.1 Schematische opbouw van het model

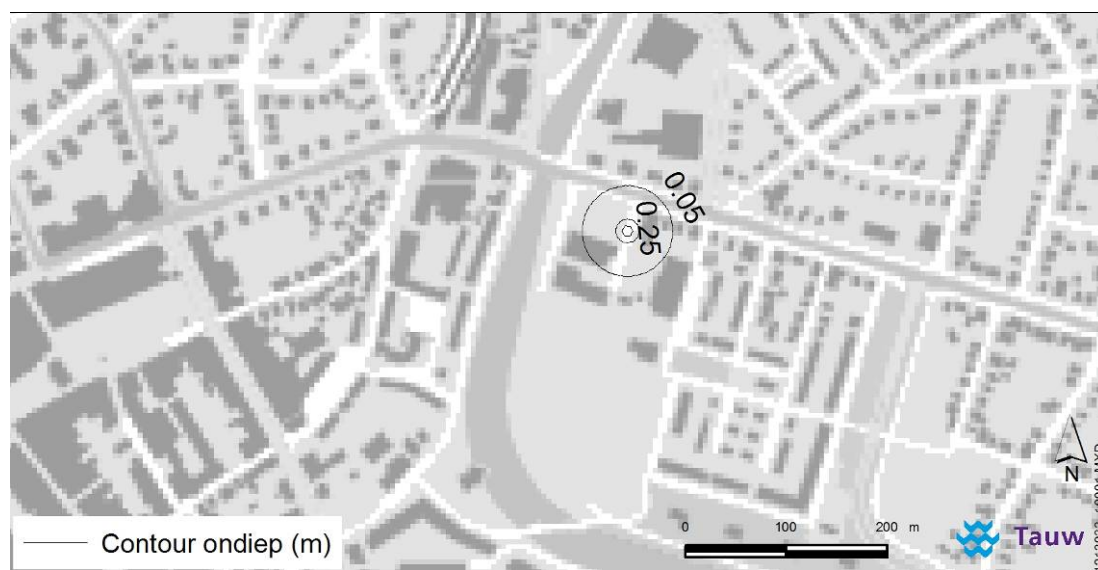
Modellaag	Pakket	Dikte (m)	Doorlaatvermogen kD [m^2/d]	Weerstand c [d]
2	Watervoerend pakket 1	11,0	290	
3	Slecht doorlatende laag	4,0		220
4	Watervoerend pakket 2	8,0	210	1
6	Watervoerend pakket 2	12,0	310	1
8	Watervoerend pakket 2 (filter)	5,0	130	
9	Slecht doorlatende laag	3,0		25
10	Watervoerend pakket 2	2,5	65	1
12	Watervoerend pakket 2 (filter)	5,0	130	1
14	Watervoerend pakket 2	2,5	65	

* Dit betreffen fictieve lagen om de verticale weerstand te simuleren

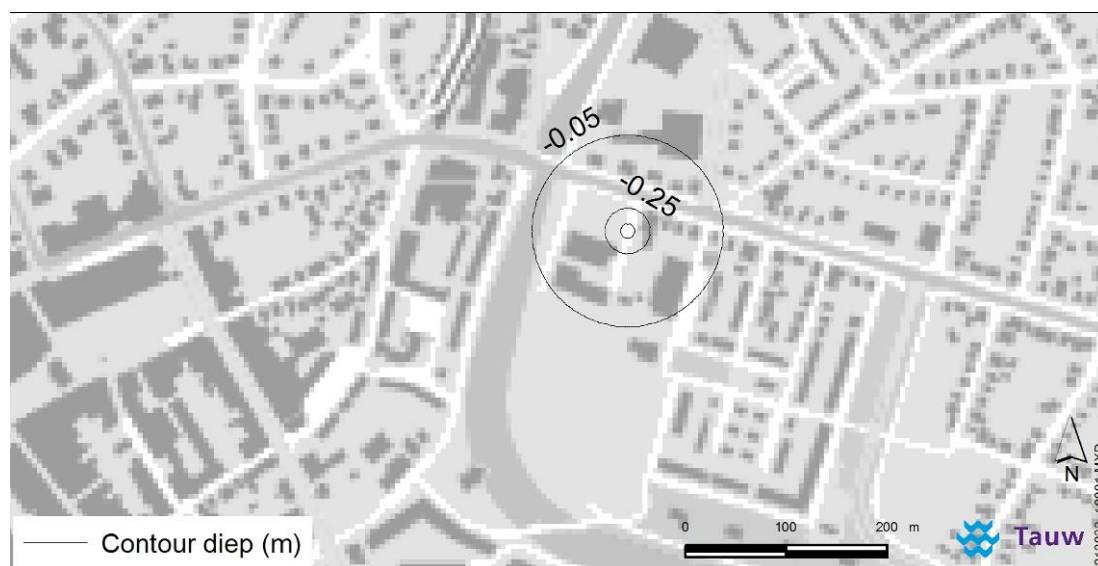
Met behulp van MLU zijn de stijghoogteveranderingen berekend bij een vollastdebiet van $315 \text{ m}^3/\text{dag}$. In het ondiepe filter bedraagt de stijghoogteverhoging circa 1,8 m. In het diepe filter bedraagt de stijghoogteverlaging circa 1,9 m. In beide situaties is dit ruim minder dan de in paragraaf 3.3 gestelde eis van 2,95 m.

De 0,05 m-contour van de invloedsgebieden bedraagt circa 50 m (ondiep filter) en circa 100 m (diep filter) rondom de bron. In de figuren 4.1 en 4.2 is dit grafisch weergegeven.

Er wordt geen verandering van de freatische grondwaterstand berekend als gevolg van de verticale weerstand tussen het eerste en het tweede watervoerend pakket. Er wordt gepompt in het 2^e watervoerend pakket.



Figuur 4.1 Hydrologische effecten ondiep (infiltratie)



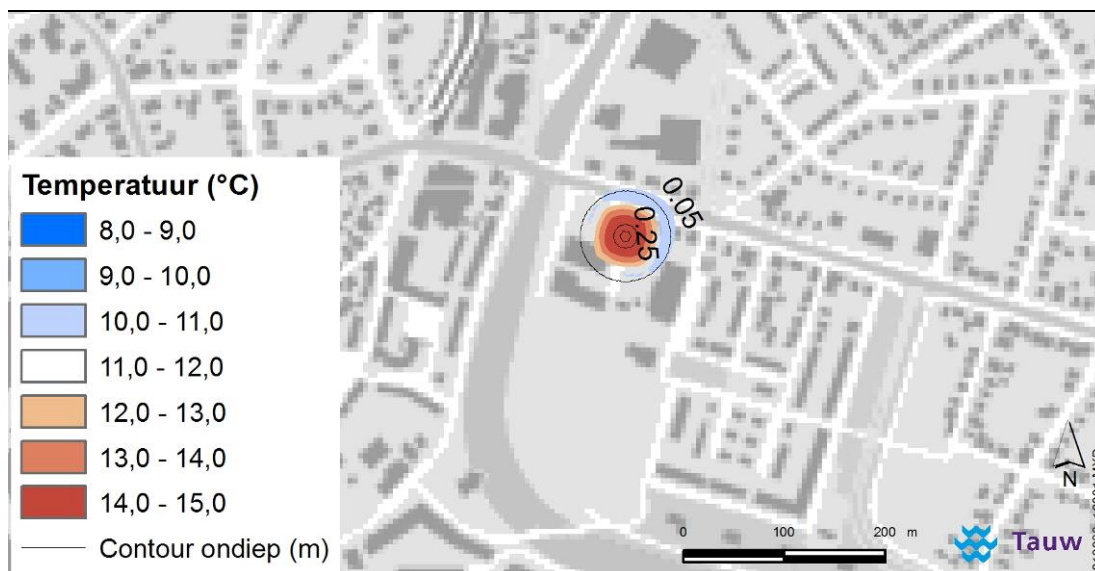
Figuur 4.2 Hydrologische effecten diep (onttrekken)

4.3 Thermische effecten

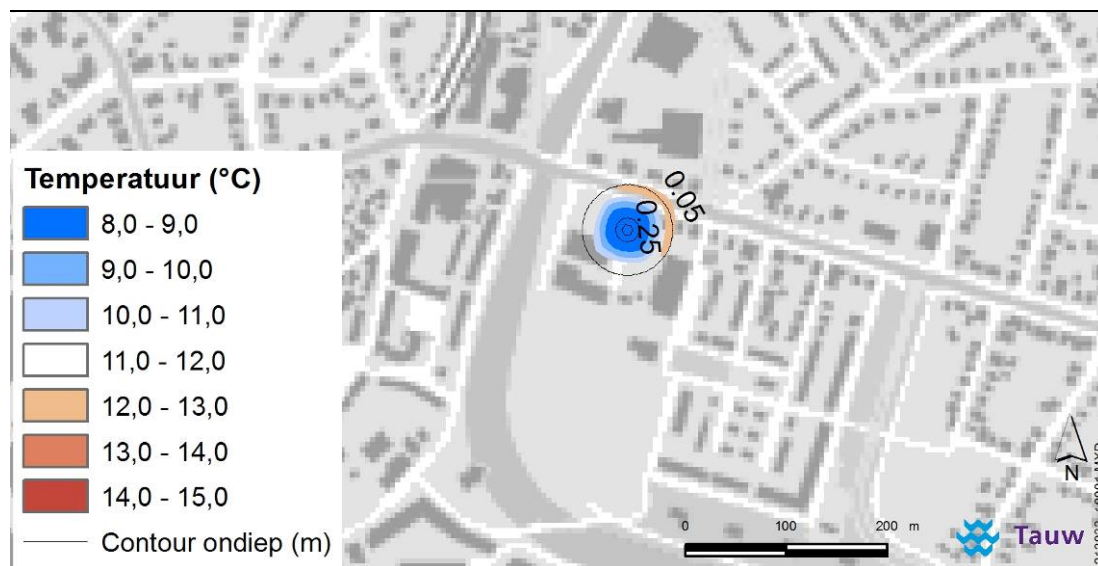
De thermische berekeningen zijn uitgevoerd met het programma Modflow en de module MT3D. Deze module berekent massatransport in grondwater. In bijlage 3 is aangegeven hoe diverse energetische parameters worden omgerekend om MT3D geschikt te laten zijn voor temperatuur berekeningen. Voor het berekenen van de thermische effecten zijn constante debieten en infiltratietemperaturen gehanteerd. Het betreft een bestaand systeem en daarom zijn ook de effecten van de afgelopen vijf jaar gemodelleerd en doorgerekend. Hiervoor zijn de beschikbare monitoringsgegevens gebruikt, waarmee de delta T's en vollasturen zijn berekend.

Voor het berekenen van de effecten voor de komende 20 jaar is gebruik gemaakt van de gegevens uit tabel 3.1. De infiltratietemperatuur bedraagt 's winters gemiddeld 8,5 °C en 's zomers gemiddeld 14,5 °C. Om het benodigde piekvermogen te kunnen leveren bij een piekdebiet van maximaal 315 m³/dag is kortdurend een delta T nodig die groter is dan 3 K. Omdat de energievraag in de winter groter is dan in de zomer, zal in de winterperiode meer water worden rondgepompt. Hierdoor ontstaat een gering koudeoverschot in de ondergrond.

De berekende temperatuurveranderingen van het grondwater in het watervoerend pakket zijn weergegeven in de figuren 4.3 (zomer) en 4.4 (winter) en in bijlage 4. Dit betreft de situatie na 25 jaar (afgelopen vijf jaar plus de komende 20 jaar).



Figuur 4.3 Thermische effecten (zomer; na 5 + 20 jaar)



Figuur 4.4 Thermische effecten (winter; na 5 + 20 jaar)

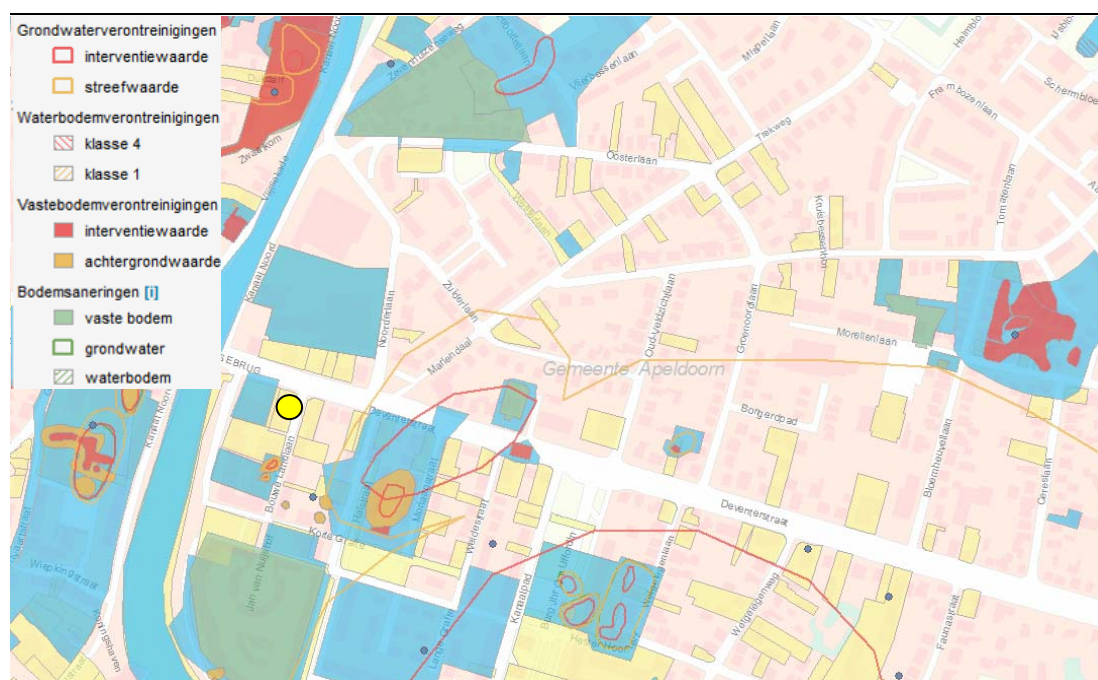
In de afgelopen vijf jaar (2009-2014) is er een warmteoverschot in de ondergrond gebracht, waardoor een kleine warme pluim is ontstaan. Als gevolg van de gewijzigde warmtevraag wordt het huidige warmteoverschot in de komende jaren langzaam omgezet in een koudeoverschot. Hierdoor verdwijnt de warme pluim al na enkele jaren. Door het wisselend inbrengen van koud en warm water worden de effecten opgeheven en ontstaat er als resultante geen pluim. De thermische reikwijdte (0,5 K-contour) bedraagt maximaal circa 55 meter.

5 Omgevingseffecten

In de volgende paragrafen zijn verschillende omgevingsaspecten beoordeeld of en in hoeverre deze door het WKO-systeem worden beïnvloedt. Zo nodig zijn maatregelen noodzakelijk om de effecten te beperken.

5.1 Beïnvloeding verontreinigingen

In de kaarten van de provincie Gelderland is een inventarisatie uitgevoerd naar de mogelijk verontreiniginglocaties in de buurt van De Woonmensen. In het invloedsgebied komen diverse locaties naar voren (figuur 5.1), maar deze zijn voor zover bekend allemaal al gesaneerd. Het WKO-systeem heeft dan ook geen invloed op bodem- of grondwaterverontreinigingen.



Figuur 5.1 Locaties bodem- en grondwaterverontreinigingen (bron: *Atlas provincie Gelderland*)

5.2 Beïnvloeding grondwateronttrekkingen

In de nabije omgeving zijn volgens de beschikbare gegevens van de provincie geen grondwateronttrekkingen aanwezig. Dit aspect is verder dan ook niet relevant voor wat betreft de effecten van de WKO.

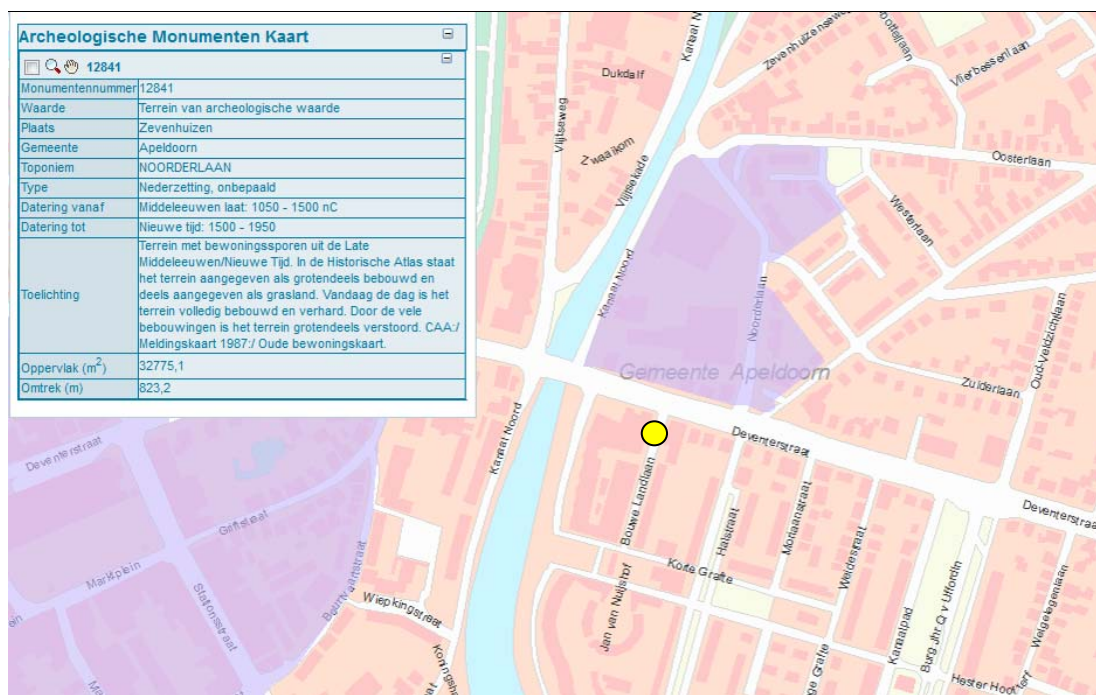
5.3 Effecten op natuur/landbouw

In de omgeving van de bron zijn geen als zodanig aangemerkte natuur- of landbouwpercelen aanwezig. Dit aspect is dan ook niet relevant voor wat betreft de effecten van de WKO.

5.4 Beïnvloeding archeologisch waardevolle elementen

Om te bepalen of er in de omgeving van de planlocatie archeologisch waardevolle elementen aanwezig zijn, is gebruik gemaakt van de Archeologische Monumentenkaart (AMK) van de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed (RCE).

In de omgeving van de planlocatie bevindt zich een terrein van archeologische waarde. Het betreft hier een terrein met bewoningssporen uit de Late Middeleeuwen (monumentnummer 12841; zie figuur 5.2).



Figuur 5.2 Archeologisch waardevolle elementen

Dit terrein van archeologische waarde zal geen invloed ondervinden van het WKO-systeem. De verandering van de freatische grondwaterstand ter plaatse is minder dan 0,05 m en derhalve treedt geen schade op.

5.5 Verzilting

Op basis van de grondwaterkaart van Nederland wordt verwacht dat het zoet-zout grensvlak zich op een diepte van minimaal 150 m -mv bevindt. Het grensvlak zit daarmee ruim beneden de scheidende laag tussen het 2^e en 3^e WVP. Door de aanwezigheid van de dikke scheidende laag is beïnvloeding van het zoet-zout grensvlak niet aan de orde.

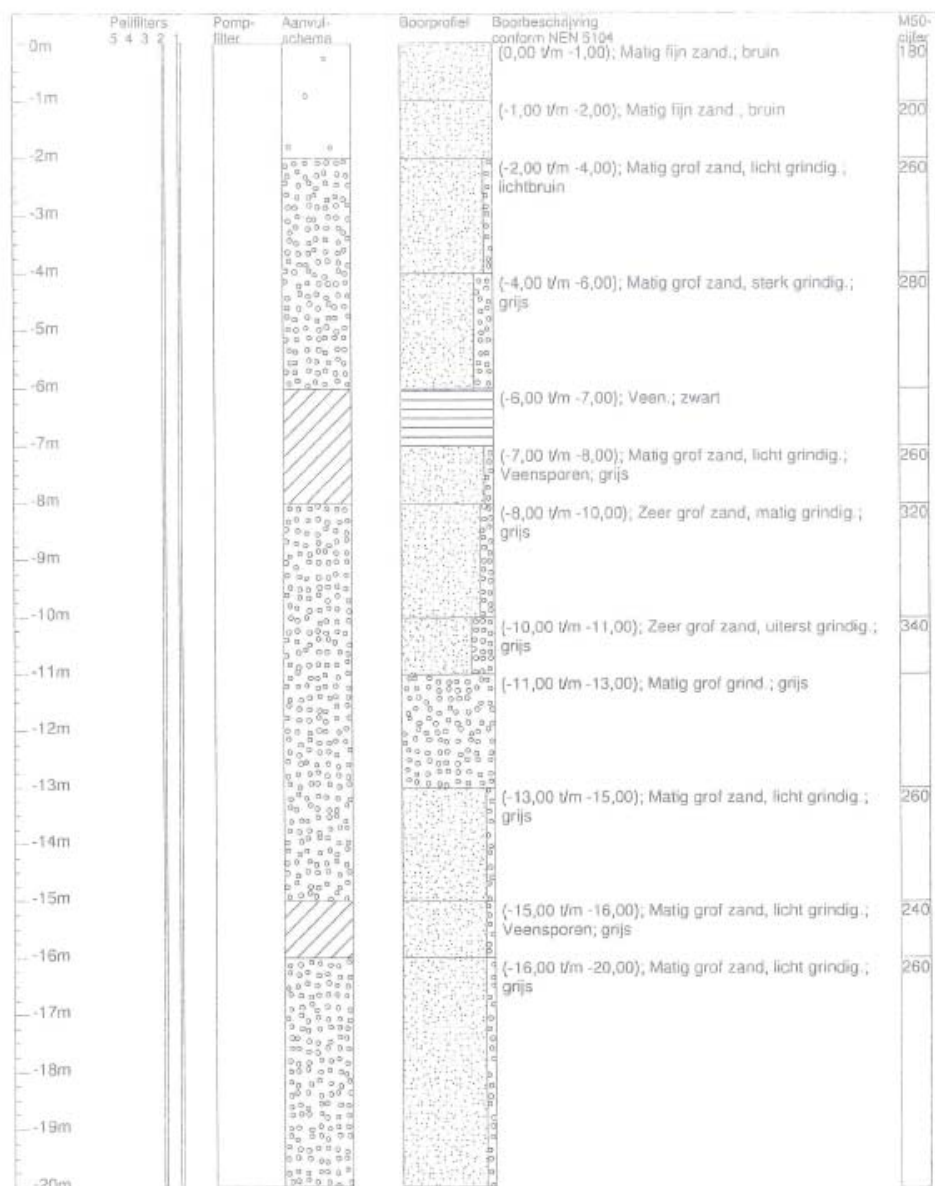
5.6 Grondmechanische effecten (zetting)

Als gevolg van veranderingen in de stijghoogten in het watervoerend pakket kunnen grondmechanische effecten optreden. In bijlage 7 is een zettingsberekening opgenomen (gebaseerd op Terzaghi). Uitgegaan is van permanente grondwaterstandsverlaging in de warme bron van maximaal 1,9 m. Hierbij is een zetting berekend van maximaal 17 mm. Op enige afstand van de bron (10 m) is nog een maximale zetting berekend van 3 mm. Opgemerkt wordt dat de berekende zettingen een worstcase berekening is. Derhalve wordt geen schade aan omliggende bebouwing en infrastructuur verwacht.

Bijlage

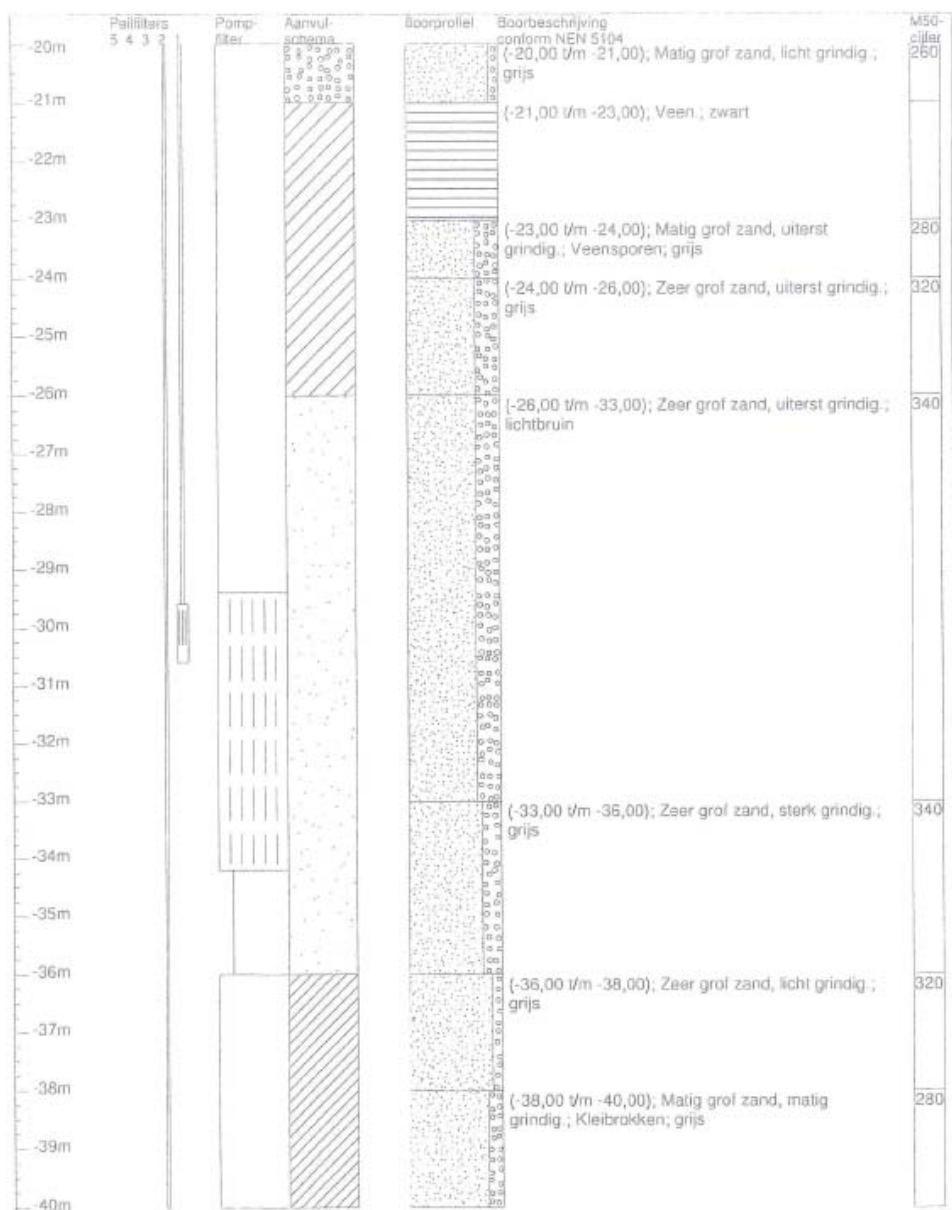
1

Boorprofiel en aanvulstaat monobron



Verticale as vertegenwoordigt de hoogte in meters t.o.v. maaiveld

Project/Plaats	Woonwensen Apeldoorn	Datum	14-12-2006	Ons kenmerk	84628
Opdrachtgever	Geocoörd. Rozenstraat 11 Baak	X-coördinaat	194.850.000 m	Uw kenmerk	847
Boormethode	Rotary luchtblf	Y-coördinaat	469.973.000 m	Boornummer	
Boormaster	G. v.d. Weijer	KM			
Dura Vermeer Ondergrondse Infra, Postbus 847 5700 AV Helmond					GM10 D

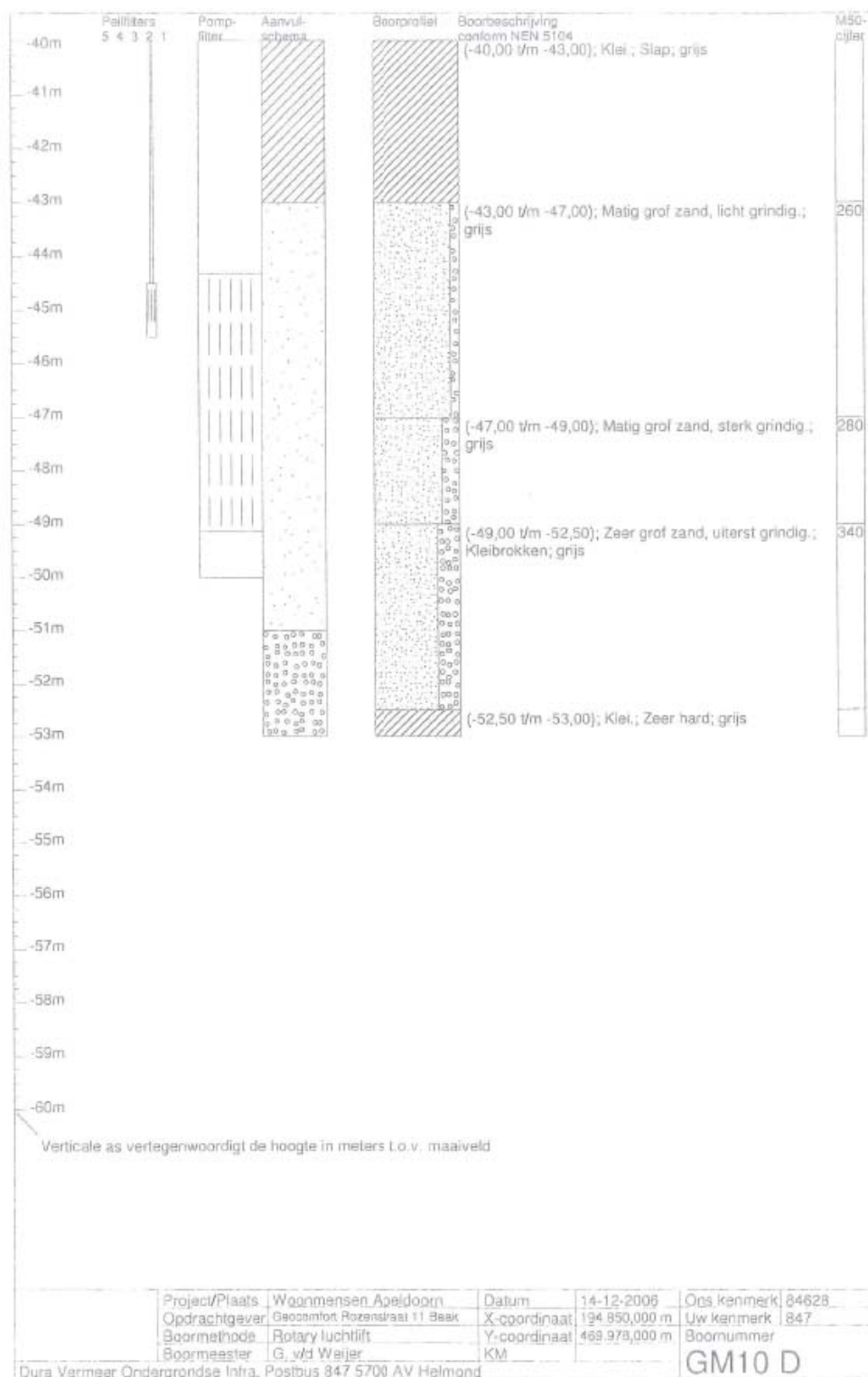


Verticale as vertegenwoordigt de hoogte in meters t.o.v. maaiveld

Project/Plaats	Woonmensen Apeldoorn	Datum	14-12-2006	Ons kenmerk	84628
Opdrachtgever	Gescomfort Rozenstraat 11 Baak	X-coördinaat	194.850,000 m	Uw kenmerk	847
Boormethode	Rotary luchtlift	Y-coördinaat	469.978,000 m	Boornummer	
Boormeester	G. v/d Weijer	KM			

Dura Vermeer Ondergrondse Infra, Postbus 847 5700 AV Halmond

GM10 D



Bijlage

2

Peilbuizen en boringen



Bijlage

3

Conversie parameters voor berekening MT3D

Conversie van parameters om MOC3D en MT3D thermisch te laten rekenen

Parameters:		Symbol	Tijdseenheid secondes	
porositeit	0,35 -	n	In te vullen in MOC3D	
dichtheid water	998 kg/m ³	ρ	Rf	2,1
dichtheid zand	2500 kg/m ³		Dm	1,2E-06
dichtheid poreus medium	1625 kg/m ³			
			In te vullen in MT3D	
warmtegeleiding water	0,6 W/(m K)	λ	RHOB	1
warmtegeleiding zand	2,4 W/(m K)		Kd	0,39
warmtegeleiding poreus medium	1,8 W/(m K)		DMCcoeff	1,2E-06
soortelijke warmte water	4182 J/(kg K)	c	Tijdseenheid dagen	
soortelijke warmte zand	1000 J/(kg K)		In te vullen in MOC3D	
soortelijke warmte poreus medium	2114 J/(kg K)		Rf	2,1
			Dm	1,4E-11
warmtecapaciteit water	4,2E+06 J/(m ³ K)	ρc		
warmtecapaciteit zand	2,5E+06 J/(m ³ K)		In te vullen in MT3D	
warmtecapaciteit poreus medium	3,1E+06 J/(m ³ K)		RHOB	1
			Kd	0,39
			DMCcoeff	1,4E-11

Conversie stoftransport naar warmtetransport

$$\begin{array}{l}
 C \qquad T \\
 R_f \qquad 1 + \frac{(1-n)\rho_s c_s}{n\rho_f c_f} \\
 D_m \qquad \frac{n\lambda_f + (1-n)\lambda_s}{n\rho_f c_f}
 \end{array}$$

C is concentratie

T is temperatuur

Rf is retardatiefactor

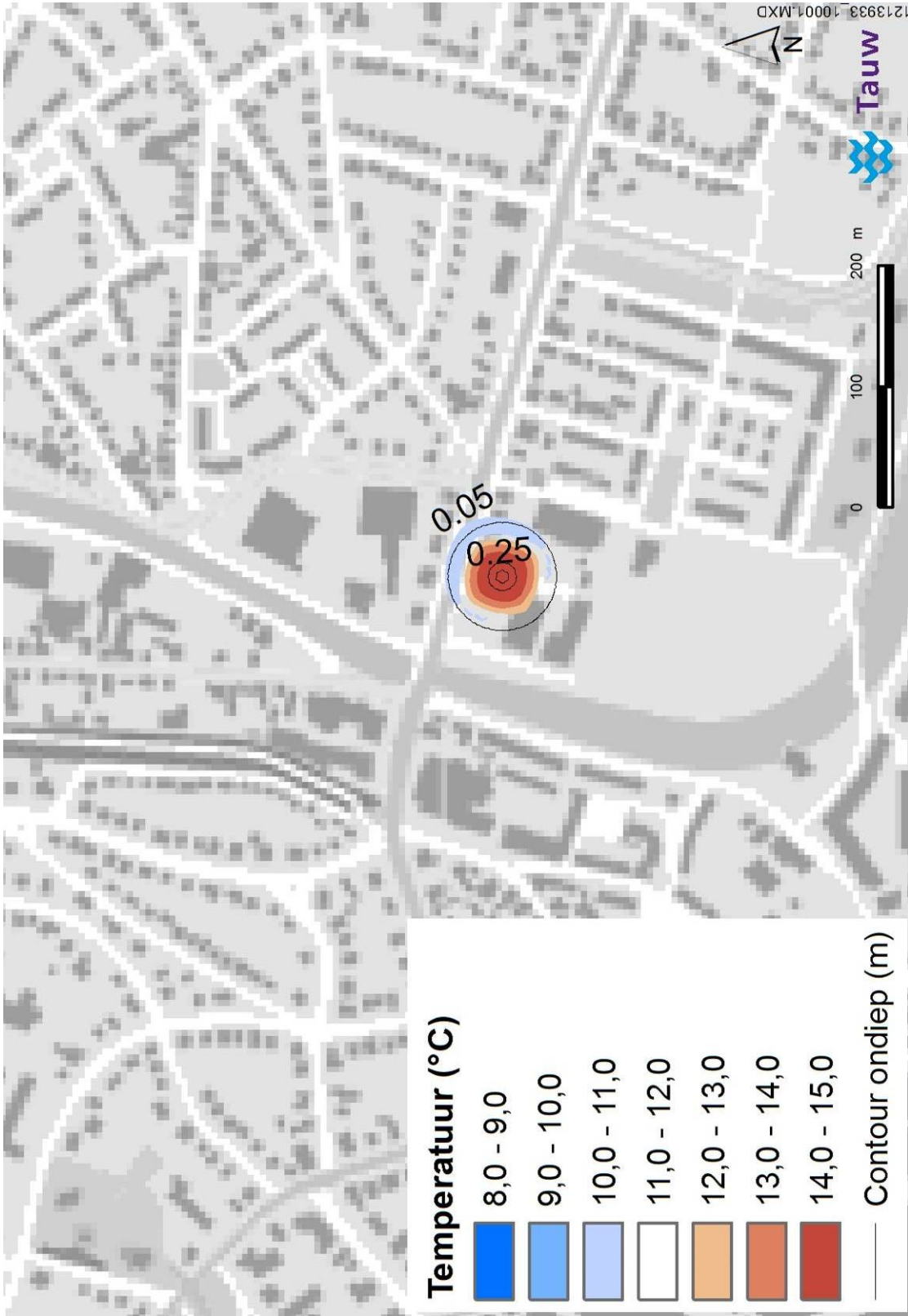
Dm is moleculaire diffusie

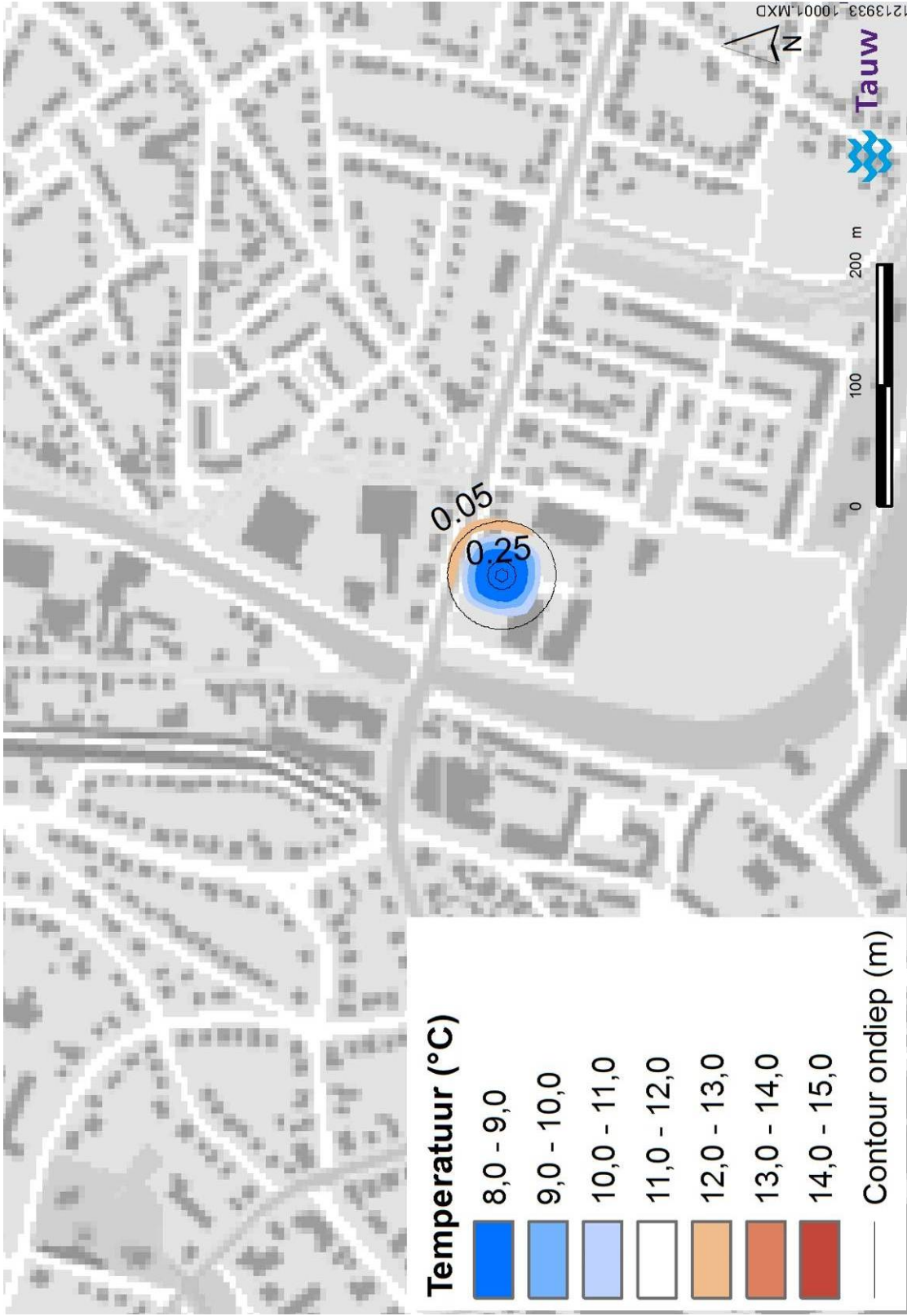
Subscript f is fluid, s is solid

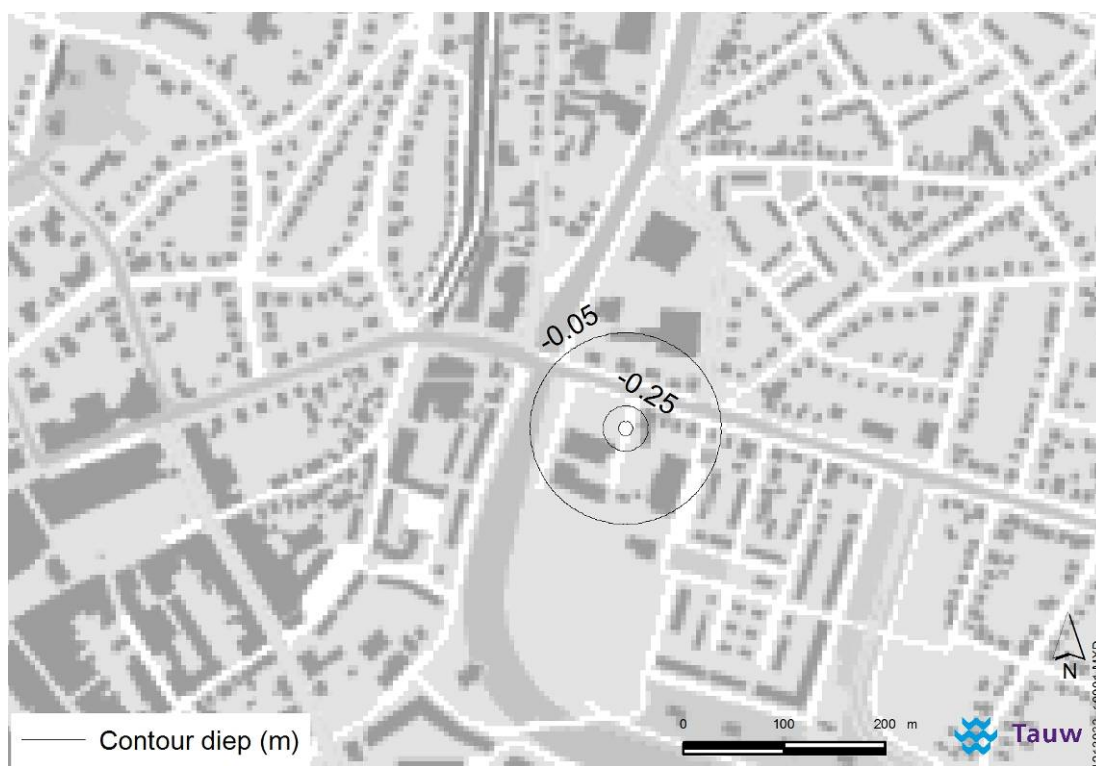
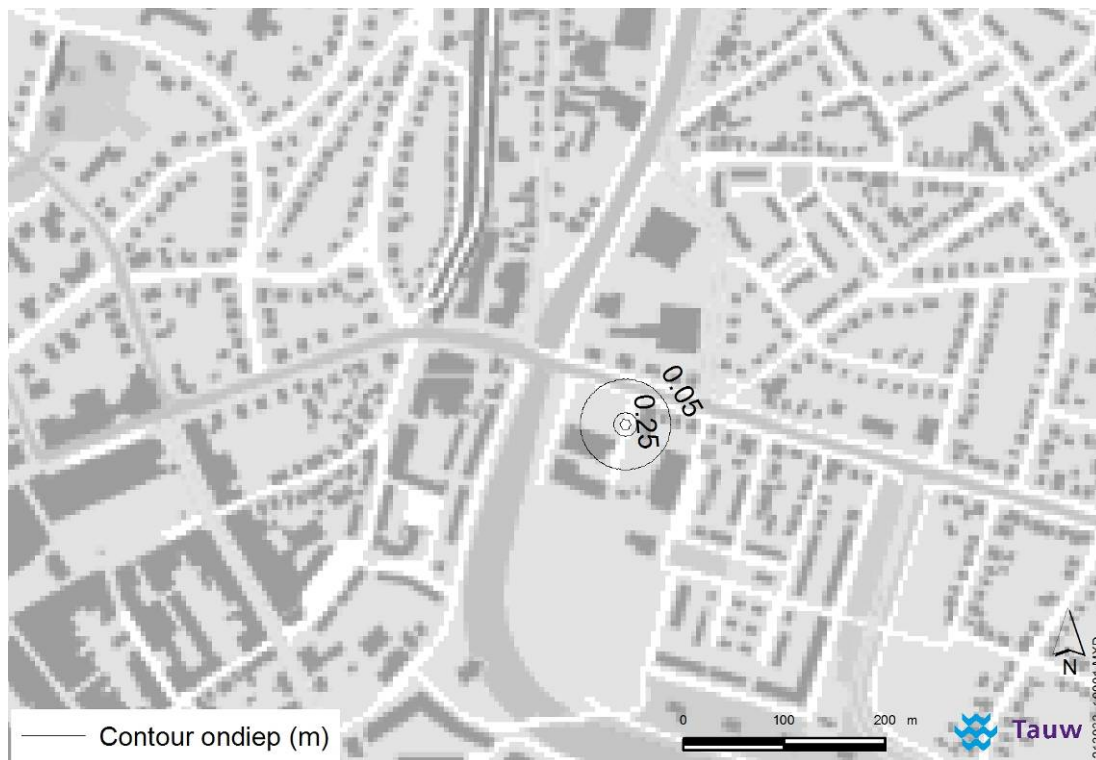
Bijlage

4

Hydrologische en hydrothermische effecten (zomer/winter)





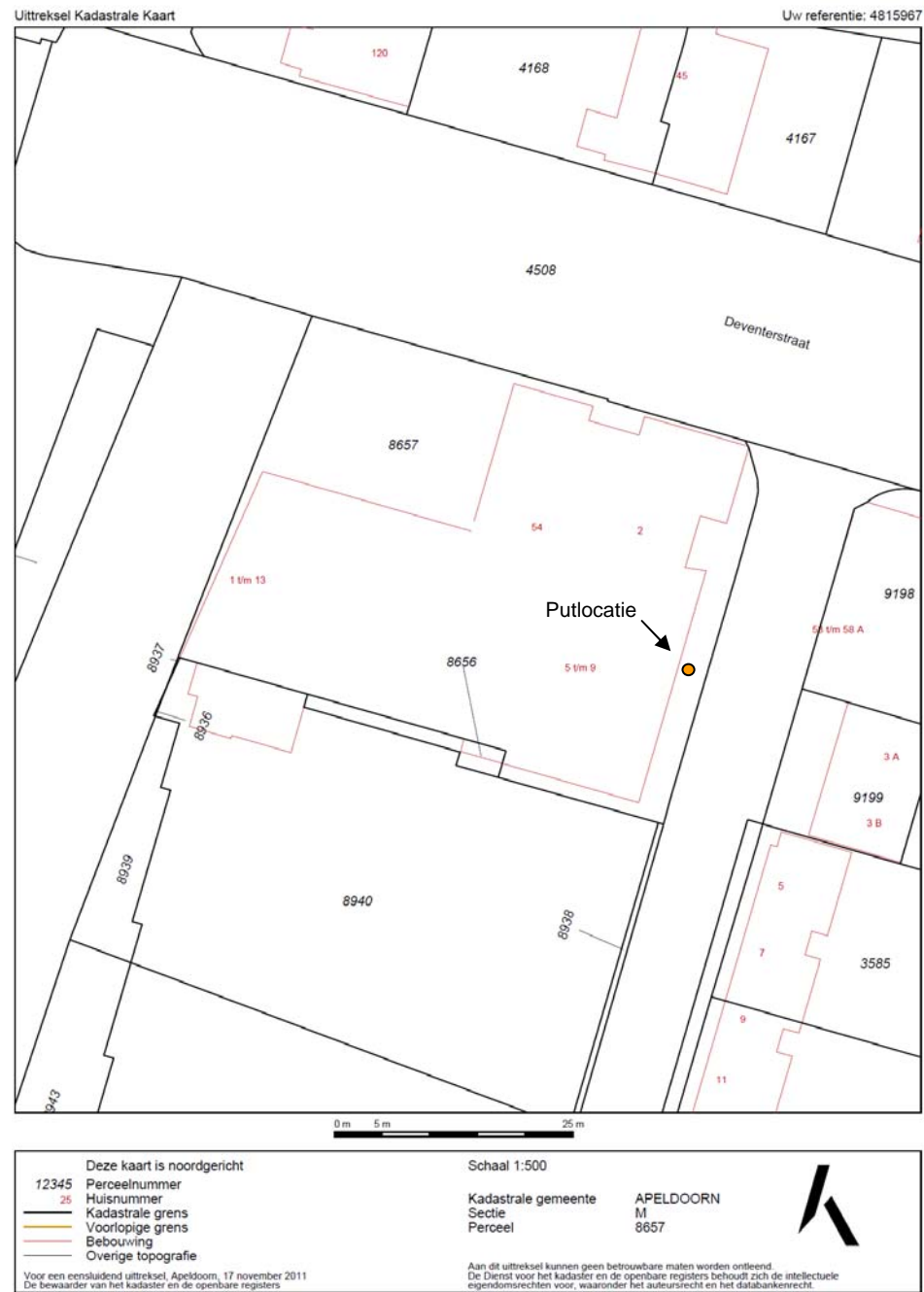


Bijlage

5

Kadastrale kaart

De put staat op de volgende coördinaten 194920, 469950 in kadastraal perceel met sectie 8657, nummer 2. Zie ook de kadastrale kaart.

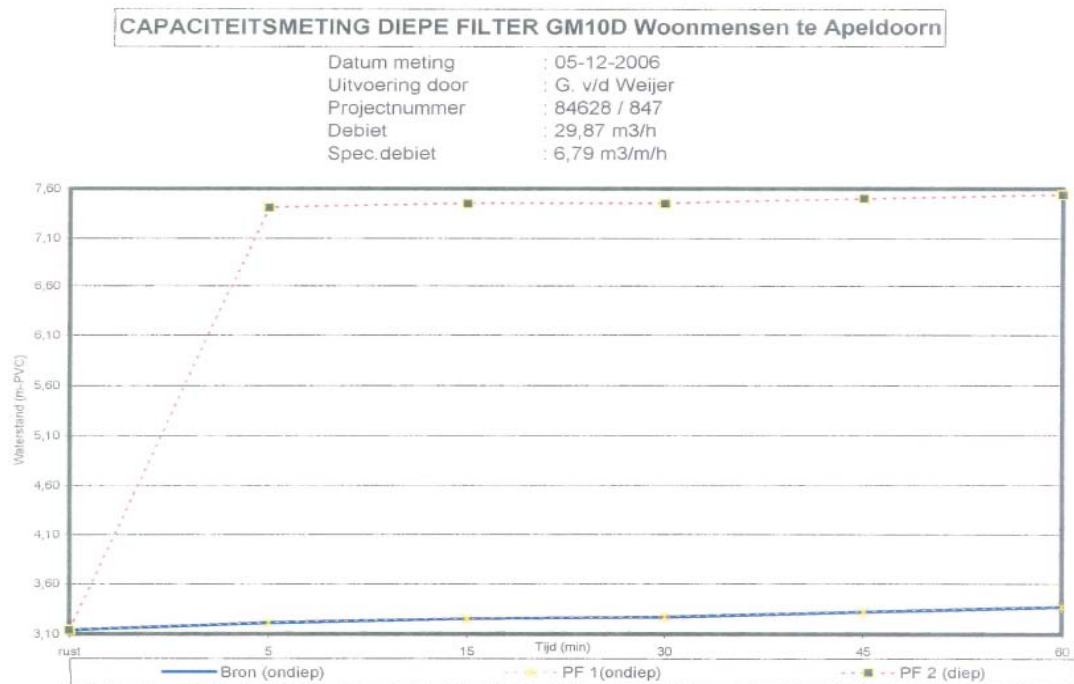
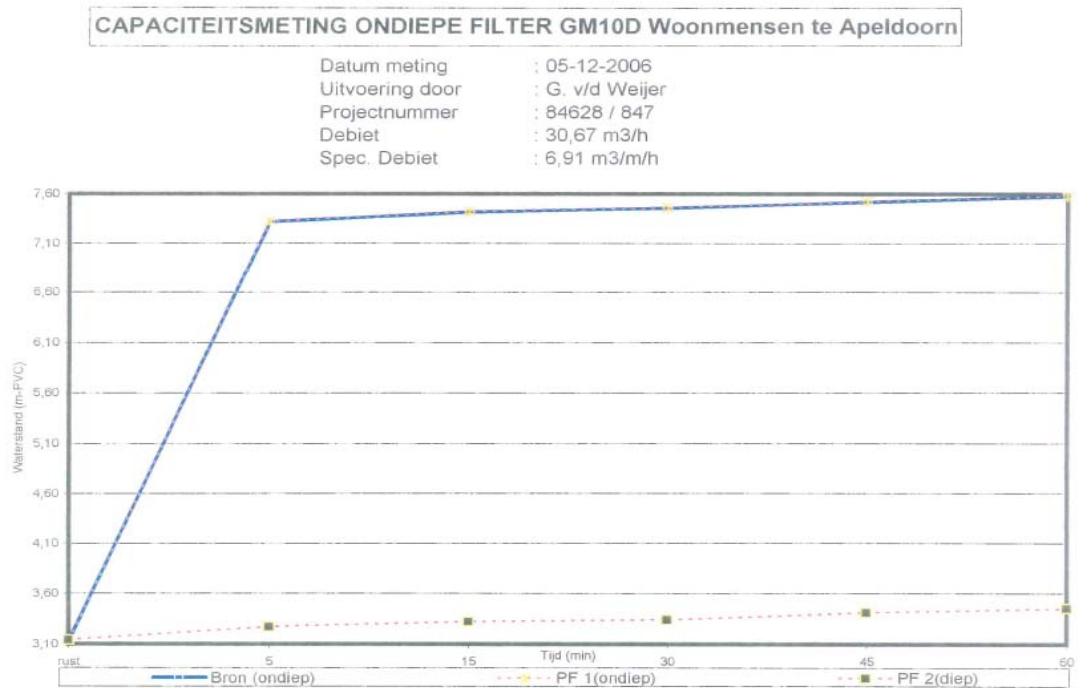


Bijlage

6

Capaciteitsmeting filters

De maximale pompcapaciteit op de locatie bedraagt voor beide filters (ondiep en diep) circa 7,0 m³ per uur per afgepompte meter. De grafieken tonen de resultaten van de capaciteitsmeting uit december 2006.



Bijlage

7

Zettingsberekening

Zettingsberekening WKO De Woonmensen Apeldoorn

oorspronkelijke grondwaterstand (m -mv): 1.00
 grondwaterstand na verlaging (m -mv): 1.00
 bovenbelasting (kN/m2): 0.00
 bemalingsduur (dagen): 365.00

Tabel 1 Bodemschematisatie

Laagnr.	van	tot	Soort	Volumegewicht		C	Cv
	m -mv	m -mv		droog (kN/m3)	nat (kN/m3)	-	m2/s
1	0.00	11.00	W	17.00	19.00	250.	0.000
2	11.00	15.00	S	16.00	18.00	30.	0.1000E-05
3	15.00	40.00	W	17.00	19.00	400.	0.000
4	40.00	43.00	S	16.00	18.00	30.	0.1000E-05
5	43.00	53.00	W	17.00	19.00	400.	0.000

W = watervoerend pakket S = scheidende laag

Tabel 2 Spanningen in bodemprofiel (kN/m2)

m -mv	Korrelspanning		Waterspanning		Grondspanning	
	oud	nieuw	oud	nieuw	oud	nieuw
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	17.00	17.00	0.00	0.00	17.00	17.00
1.00	17.00	17.00	0.00	0.00	17.00	17.00
11.00	107.00	107.00	100.00	100.00	207.00	207.00
15.00	139.00	158.00	140.00	121.00	279.00	279.00
40.00	364.00	383.00	390.00	371.00	754.00	754.00
43.00	388.00	388.00	420.00	420.00	808.00	808.00
53.00	478.00	478.00	520.00	520.00	998.00	998.00

Tabel 3 Eindzettingen per sublaag

laag	van (m -mv)	tot (m-mv)	soort	eindzetting (m)
1	0.00	1.00	W	0.0000
2	1.00	1.00	W	0.0000
3	1.00	11.00	W	0.0000
4	11.00	15.00	S	0.0095
5	15.00	40.00	W	0.0046
6	40.00	43.00	S	0.0025
7	43.00	53.00	W	0.0000

Tabel 4 Maaiveldzettingen

van	tot	afstroming	T99	eindzetting	Consolidatie	zetting
m -mv	m -mv		d	m	%	m
0.00	11.00		0.	0.0000	0.	0.0000
11.00	15.00	eenzijdig	370.	0.0095	99.	0.0094
15.00	40.00		0.	0.0046	0.	0.0046
40.00	43.00	eenzijdig	208.	0.0025	99.	0.0025
43.00	53.00		0.	0.0000	0.	0.0000
De maaiveldzetting na			365. dagen bedraagt:			0.0165

T99 = hydrodynamische periode (dagen)