



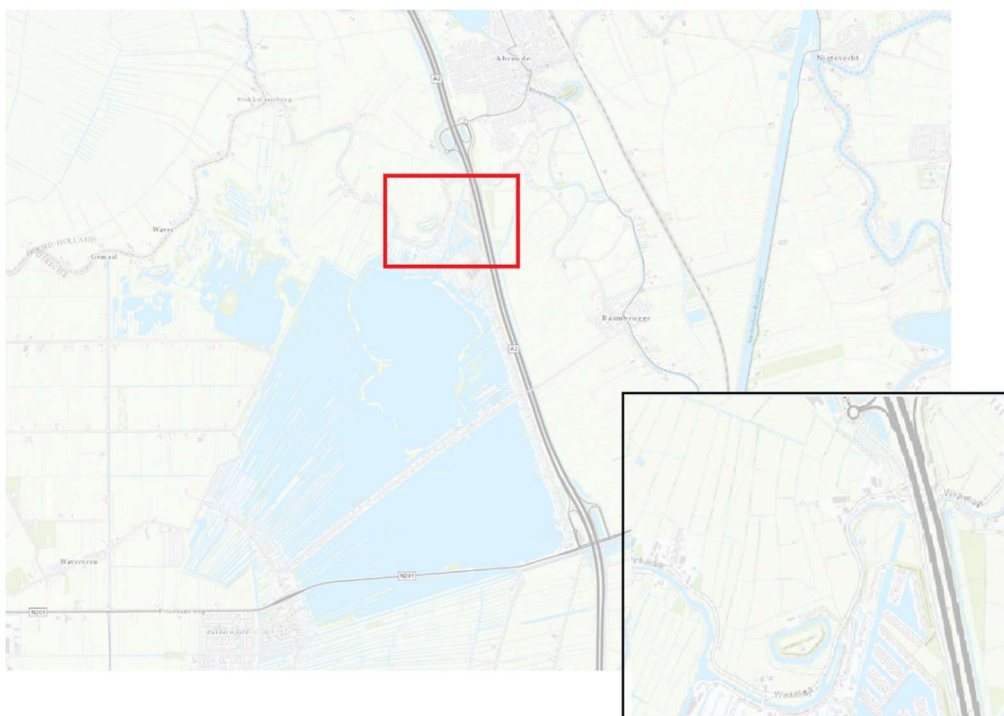
Datum
18 december 2019

Projectnummer
01.2180-001

Buitenborgh Abcoude (vervangen WRK II)

Bemalingsberekening en bemalingsadvies

H. Kuiphof



Colofon

Opdrachtgever	
Sector	Drinkwater en afvalwater
Afdeling	Leidingwerken
Projectleiding	M. Roggeveen
Projectnummer	01.2180-001

Opdrachtnemer	
Sector	Techniek, Onderzoek en Projecten
Afdeling	Onderzoek en Advies
Projectleiding	J.J.E. Flink
Projectnummer	01.2180-001

Rapport	
Rapportage	H. Kuiphof
Versie	01
Rapportnummer	19.042684
Trefwoorden	Grondwater, Hydrologie, Transportleidingen

Inhoud

1	Inleiding	5
2	Conclusies en aanbevelingen	6
2.1	Conclusies	6
2.2	Aanbevelingen	6
3	Achtergrondgegevens	7
4	Schematisering en modellering	8
4.1	Schematisering ondergrond	8
4.2	Modelopzet	10
5	Modelresultaten	10
5.1	Debiet	10
5.2	Verlagingscontouren	11
5.3	Beschrijving effecten en risico's	11

Bijlagen

1	Situatietekening en ligging boringen en peilbuizen
2	Bodemopbouw
3	Grondwaterstanden
4	Verlagingscontouren
5	Retourbemaling

1 Inleiding

De afdeling Leidingwerken van Waternet start in 2020 met de vervanging van de segmenten 14 (oost) en 22, 49 en 51 (west) van de WRK II leiding ter hoogte van de wijk Buitenborgh bij Abcoude. De segmenten hebben een diameter van 1200 mm. Voor de vervanging worden drie ontgravingen gerealiseerd; twee kleinere ontgravingen voor de segmenten 14 en 22 en een grotere ontgraving voor de segmenten 49 en 51. Alle ontgravingen worden gelijktijdig gerealiseerd. Voor de werkzaamheden in de kleinere ontgravingen (segmenten 14 en 22) is een doorlooptijd van 4 weken (28 dagen) gepland, voor de grotere ontgraving (segmenten 49 en 51) een doorlooptijd van 10 weken (70 dagen). De projectlocatie is weergegeven op de situatietekening in bijlage 1. Voor alle ontgravingen wordt sleufbemaling met sleufbekisting toegepast, met uitzondering van de zuidwestzijde van de ontgraving bij de segmenten 49 en 51; Hiervoor wordt gebruik gemaakt van een reeds aanwezige damwand.

Doel

Om de plannen te kunnen realiseren is het volgende nodig:

- een bemalingsberekening met bijbehorend bemalingsadvies
- een beschrijving van de effecten van de bemaling op het omliggende gebied

Aanpak

De afdeling Onderzoek & Advies (O&A) van de sector Techniek, Onderzoek en Projecten (TOP) heeft opdracht gekregen de bemalingsberekening en het bijbehorende bemalingsadvies te maken.

De conclusies van de bemalingsberekening en de aanbevelingen zijn te vinden in hoofdstuk 2. In hoofdstuk 3 worden de uitgangspunten van de modellering gedetailleerd beschreven. De resultaten van de modelberekeningen zijn te vinden in hoofdstuk 4, evenals een beschrijving van de effecten van de bemaling op het omliggende gebied.

Referenties

- 1) WRK II - Buitenborgh Advies verticaal evenwicht, kenmerk 19.042684, dd 18 november 2019
- 2) Geoweb Waternet: [http:// maps.waternet.local/startscherm/](http://maps.waternet.local/startscherm/)
- 3) DINO-loket: <https://www.dinoloket.nl/>

2 Conclusies en aanbevelingen

2.1 Conclusies

- Voor de te realiseren ontgravingen is spanningsbemaling nodig. Hierbij is voor alle ontgravingen uitgegaan van een spanningsbemaling in de formatie van Bostel (de bovenste 4.23 meter van het eerste watervoerend pakket).
- Het totale debiet van de bemaling van maximaal 70 dagen bedraagt 66.000 m³. Dit volume is nagenoeg volledig afkomstig uit de spanningsbemaling. Als de grondwaterstand bij aanvang van de bemaling lager is dan aangenomen of als de bodemlaag waarin wordt gegraven minder zandig is dan aangenomen, zal het debiet lager zijn.
- De 0.05 en 0.1 meter verlagingcontouren van de grondwaterstand bij de diepere westelijke ontgraving lopen deels binnen de buitenbeschermingszone van de (secundaire) kering van de Winkel. De verlaging in de kernzone is minder dan 0.05 meter.
- Tussen de 20 en 30 meter van de ontgravingen bevindt zich bebouwing. Dit betreft recreatiewoningen van recreatiepark Buitenborgh. Het bouwjaar ligt tussen 1999 en 2002, de grondwaterstandsverlagingen liggen tussen de 0.2 en 0.25 meter.
- De bemaling zelf heeft naar verwachting geen negatieve effecten op de belangen van derden. Negatieve effecten als gevolg van maaiveldafval worden niet verwacht omdat de meeste zetting al tijdens de aanleg van de WRK II zal hebben plaatsgevonden en zich geen kwetsbare objecten in de directe omgeving bevinden. De dichtstbijzijnde bebouwing komt uit de periode 1999-2002 en is naar verwachting niet op houten palen gefundeerd.

2.2 Aanbevelingen

- Geadviseerd wordt om voor de oostelijke spanningsbemaling bij segmenten 14 en 22 geen retourbemaling toe te passen omdat het hier om beperkte volumes gaat en zeer complex is deze in directe omgeving van de ontgravingen te retourneren.
- Geadviseerd wordt om voor de westelijke spanningsbemaling bij segmenten 49 en 51 retourbemaling toe te passen. Voorgesteld wordt, omdat het door de aanwezigheid van oppervlaktewater, bebouwing en de secundaire kering van de Winkel lastig is retourbemaling te realiseren, om 50% van het onttrokken volume (400 m³/d) te retourneren in het bovenste deel van de formatie van Kreftenheye (zie tabel 2 en bijlage 1 voor de bodemopbouw).
- Geadviseerd wordt peilbuizen te plaatsen om de bemaling zelf te monitoren.
- Geadviseerd wordt peilbuizen te plaatsen bij de dichtstbijzijnde bebouwing om de verlaging van de grondwaterstand te monitoren. Geadviseerd wordt om hier een signaalwaarde van NAP -2.15 (oppervlaktewaterpeil) te hanteren.
- Daarnaast wordt geadviseerd peilbuizen bij de buitenbeschermingszone van de kering van de Winkel te plaatsen om de verlaging van de grondwaterstand te monitoren. Voorgesteld wordt om hiervoor eveneens een signaalwaarde van NAP -2.15 meter (oppervlaktewaterpeil) te hanteren.

3 Achtergrondgegevens

Tabel 1 toont de gebruikte achtergrondgegevens. De grondwaterstanden en stijghoogten zijn allen afkomstig uit het uitgevoerde bodemonderzoek (ref. 1). Een overzicht van alle metingen is opgenomen in bijlage 3. Op DINO-loket zijn geen gegevens in de directe omgeving bekend over stijghoogten. Gegevens over grondwaterstanden in de nabijheid van de projectlocatie zijn afkomstig uit de jaren '70 en '80. De destijds hoogst gemeten grondwaterstanden zijn lager dan aangetroffen in het recent uitgevoerde bodemonderzoek, en zijn daarom niet gebruikt in de berekening.

Tabel 1: Gebruikte achtergrondgegevens

Eigenschappen	Uitgangspunten
Omtrek totale werkzaamheden	Segment 14 en 22: ontgraving van 8.0 x 2.0 x 2,7 (lengte, breedte, diepte in m) Segment 49 en 51: ontgraving van 20 x 2.5 x 3,5 (lengte, breedte, diepte in m)
Bemalingsmethode	Sleufbemaling met sleufbekisting, zuidzijde ontgraving segment 49 en 51 damwand en spanningsbemaling in het 1 ^e watervoerend pakket
Bemalingsduur totaal	Segment 14 en 22 vier weken (28 dagen) Segment 49 en 51 tien weken (70 dagen) Voor alle ontgravingen gelijktijdige geplande start in week 10 van 2020
Maaiveldhoogte	circa NAP -2.0 meter
Maximale diepte bouwsleuf	Segmenten 14 en 22: NAP -4.7 meter Segmenten 49 en 51: NAP -5.5 meter
Verlaging grondwaterstand	Segmenten 14 en 22: tot max NAP -5,0 meter (0,3 meter onder sleufbodem) Segmenten 49 en 51: tot max NAP -5.8 meter (0,3 meter onder sleufbodem)
Verlaging stijghoogte 1^e wvp	Segmenten 14 en 22: tot max NAP -3.7 meter Segmenten 49 en 51: tot max NAP -5.3 meter
Berekeningen	Stationair
Peil oppervlaktewateren en polders	Polderpeilen: - Eilinzon: NAP -2,4 meter (zomerpeil) - Polder Baambrugge Westzijds: NAP -2.75 meter (zomerpeil) - Polder Baambrugge Oostzijds: NAP -2.8 meter (zomerpeil) - Polder Waardassacker en Holendrecht: NAP -2.8 meter (zomerpeil) - Noordpolder Botshol: NAP -2.65 meter (zomerpeil) Oppervlaktewaterpeilen: - Vinkeveens plassen (Groot Wilnis Vinkeveen): NAP -2.15 meter - Winkel (Boezempeil Amsterdam): NAP -0.4 meter
Grondwaterstand	Segment 14 en 22: NAP -2.01 meter (hoogst gemeten stand) Segment 49 en 51: NAP -2.06 meter (hoogst gemeten stand)
Stijghoogte 1^e watervoerend pakket	Segment 14 en 22: NAP -2.56 meter (hoogst gemeten stand) Segment 49 en 51: NAP -2.72 meter (hoogst gemeten stand)
Bodemopbouw	zie bijlage 2

De in bijlage 3 is ligging van geplaatste boringen en peilbuizen weergegeven. In bijlagen 4 en 5 zijn de boorprofielen en verzamelde grondwaterstanden opgenomen.

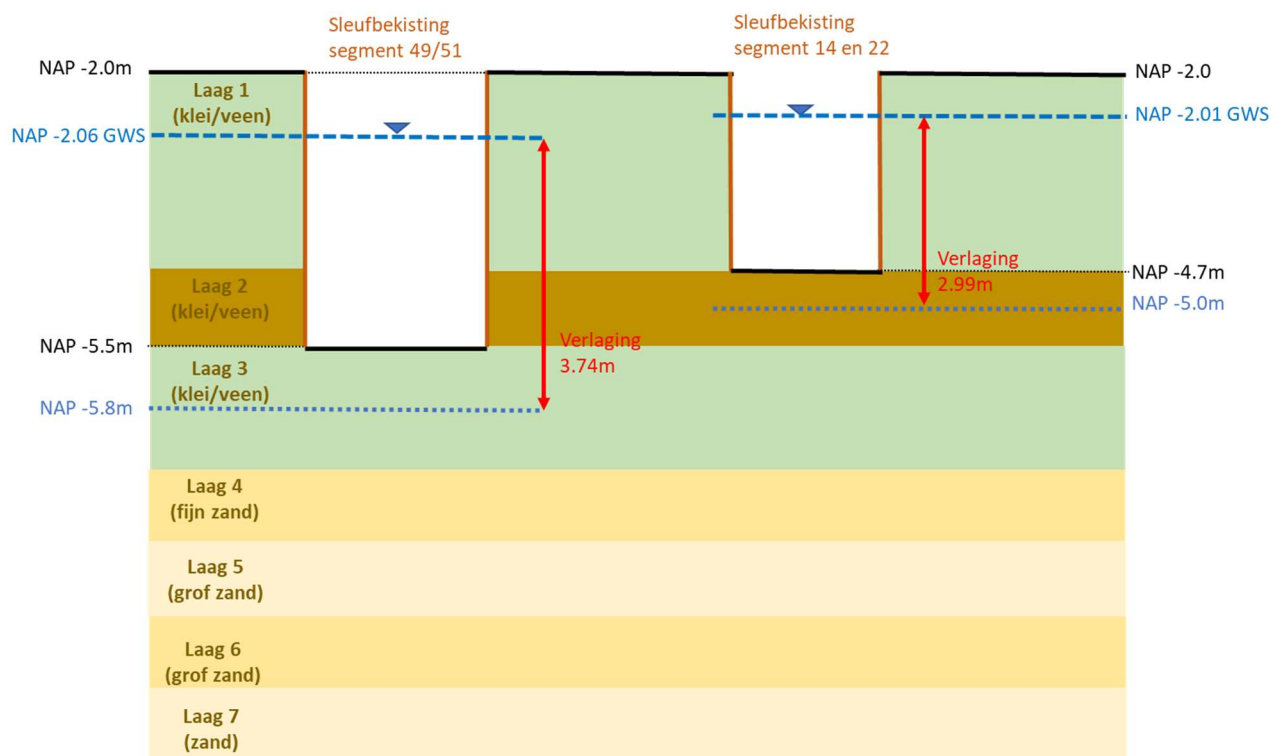
4 Schematisering en modellering

4.1 Schematisering ondergrond

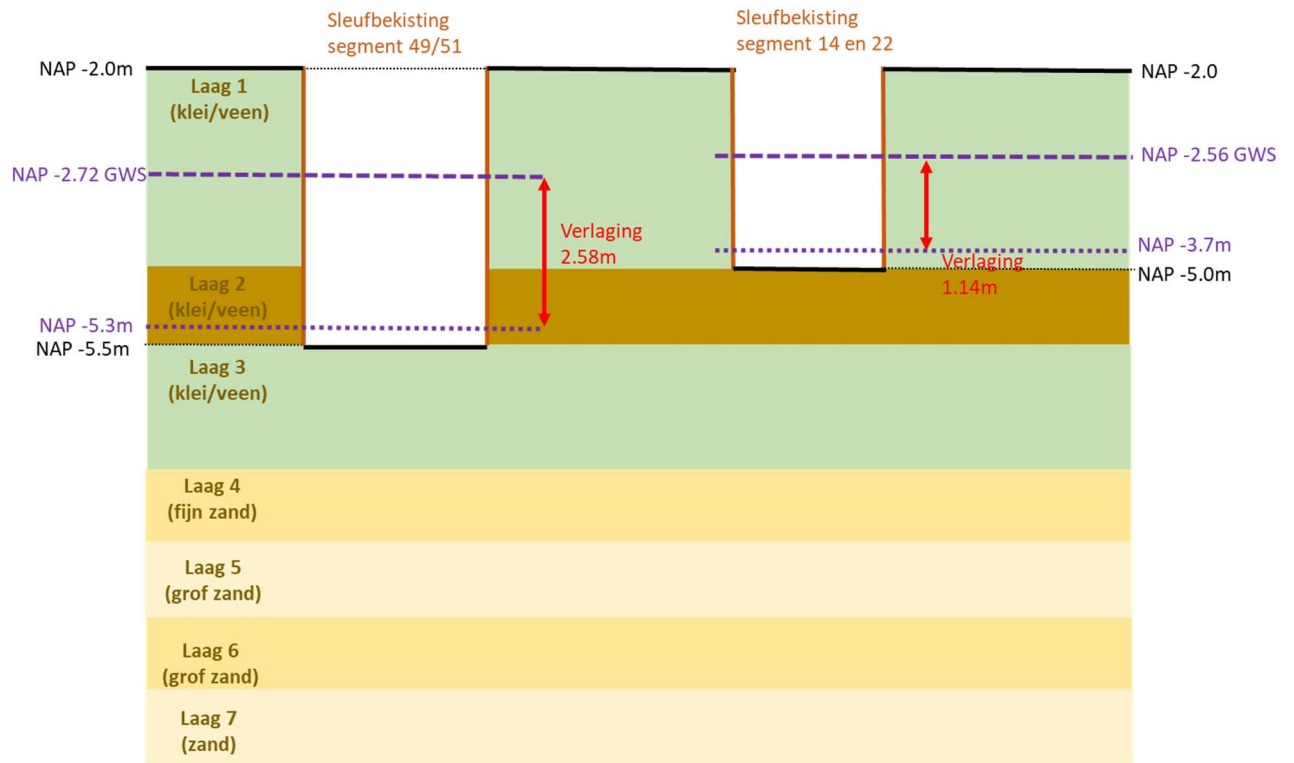
Voor de schematisering van de ondergrond is uit de beschikbare gegevens over de bodemopbouw (zie bijlage 2) het meest doorlatende (zandige) profiel gekozen. Voor de Holocene deklaag is geen gedetailleerd onderscheid in afzonderlijke klei- en veenlagen gemaakt. Voor de grondwaterstand en stijghoogte zijn de hoogst gemeten waarden als uitgangspunt genomen (zie tabel 1). De berekeningen representeren daarmee naar verwachting de minst gunstige situatie uitgaand van de beschikbare gegevens.

Figuur 2a en 2b tonen schematische dwarsdoorsneden voor het freatisch pakket en het eerste watervoerend pakket, met de geplande ingreep. Tabel 2 bevat de geohydrologische schematisering en gebruikte parameters. Hierin worden ook de lagen in onderstaande figuren toegelicht.

Figuur 2a: Schematische dwarsdoorsnede freatisch pakket met ingreep



Figuur 2b: Schematische dwarsdoorsnede 1^e watervoerend pakket met ingreep



Tabel 2: Geohydrologische schematisering parameters

Modellaag	Bovenkant (m +NAP)	Onderkant (m +NAP)	Dikte (m)	Lithologie	Formatie	Kh (m/d)	c (d)
1	-2.0	-4.99	3.0	Klei/veen	Holoceen	0.1	
2	-		0.1	Klei/veen	Holoceen		300
	-5.0	-5.8	0.79			0.1	
3			0.1	Klei/veen	Holoceen		80
	-5.8	-8.77	2.96			0.1	
4			0.1	Eolisch fijn tot matig fijn zand	Boxtel		300
	-8.77	-13.0	4.22			3	
5			0.1	Fluviatiel zand	Kreftenheye		3000
	-13.0	-18.0	4.99			40	3
6			0.1	Fluviatiel zand	Kreftenheye		3
	-18.0	-29.	10.99			40	
7			0.5	Fluviatiel zand	Urk, Sterksel, Peize, Waalre		0.5
	-29.0	-165.0	125.5			30	

De modelparameters zijn geschat op basis van het uitgevoerde bodemonderzoek en niet gekalibreerd. Het Holocene pakket is opgedeeld in drie modellen in verband met het modelleren van de verschillende dieptes van de sleuven (zie ook figuur 2a en 2b). De formatie van Kreftenheye is opgedeeld in twee modellen voor het modelleren van de retourbemaling.

4.2 Modelopzet

Voor de modellering zijn de onderstaande uitgangspunten gehanteerd (tabel 3).

Tabel 3: Uitgangspunten modelberekening

Eigenschappen	Uitgangspunten
Modelinstrumentarium	MicroFEM 4.10.74
Modelgrootte	800 m x 500 m
Randvoorwaarden	Grondwateraanvulling uit neerslag: 1 mm/d Vaste grondwaterstanden freatisch: Vinkeveense plassen, Winkel, Vaste stijghoogte 1 ^e watervoerend pakket: noordoostrand model NAP -3.25 meter Storativity: 0,15 freatisch, 0,05 overig. Spanningsbemaling segment 49 en 51 in Bortel Spanningsbemaling segment 14 en 22 in Bortel Retourbemaling in bovenste deel Kreftenheye

Voor de grondwaterstand in de Holocene deklaag en stijghoogte in het eerste watervoerend pakket is gebruik gemaakt van gegevens uit het uitgevoerde bodemonderzoek (ref. 1).

Voor alle ontgravingen is uitgegaan van een spanningsbemaling in alleen de formatie van Bortel. Op basis van de modelberekening is het pakket hier dik genoeg (4.23 meter) om de gewenste verlagingen (1.14 meter voor de ondiepe ontgravingen bij segmenten 14 en 22, 2.58 meter voor de diepere ontgraving bij segmenten 49 en 51) te realiseren. De retourbemaling is gemodelleerd in het bovenste deel van de formatie van Kreftenheye (modellaag 5).

5 Modelresultaten

5.1 Debiet

In onderstaande tabel zijn de vereiste verlagingen opgenomen.

Tabel 4: Overzicht van gewenste verlagingen

Deellocatie	Verlaging freatisch	Verlaging 1e wvp*
Segment 14	2.99	1.14
Segment 22	2.99	1.14
Segment 49 en 51	3.74	2.58

**watervoerend pakket*

De volgende tabel geeft aan met welke debieten de gewenste verlaging in de modelberekening is gerealiseerd.

Tabel 5: Overzicht van debieten

Deellocatie en bemalingsperiode	Debiet freatisch (m3/d)	Debiet 1e wvp (m3/d)	Totaal freatisch	Totaal 1 ^e wvp
Segment 14 (28 dagen)	3.3	160	92.4	4480
Segment 22 (28 dagen)	3.3	160	92.4	4480
Segment 49 en 51 (70 dagen)	6.3	800	441	56000
Subtotaal			625.8	64960

Totaal debiet (afgerond): 66000 m3

Op basis van het berekende debiet is een vergunning nodig omdat het debiet groter is dan 15.000 m3 per maand. Daarnaast is retourbemaling binnen een straal van 500 meter vereist, zolang dit doelmatig is en geen andere negatieve effecten heeft.

Uit de eerste doorrekening blijkt dat voor de onttrokken volumes een vergunning moet worden aangevraagd en waarbij retourbemaling moet worden toegepast, als dit doelmatig is en geen negatieve effecten heeft.

In de directe omgeving van de ontgravingen zijn weinig mogelijkheden om retourbemaling toe te passen door:

- aanwezigheid van de secundaire kering van de Winkel
- aanwezigheid van veel oppervlaktewater
- aanwezigheid van bebouwing

In de definitieve doorrekening is daarom de retourbemaling meegenomen met de volgende uitgangspunten:

- Retourbemaling wordt alleen toegepast voor de diepe, westelijke, ontgraving.
- Ca 50% van het volume (400 m3/d) wordt geretourneerd
- Dit volume wordt geretourneerd aan de noordzijde van de ontgraving, op terrein van de VvE Buitenborgh (zie bijlage 5)

5.2 Verlagingen

De verlagingen van zowel de grondwaterstand (modellaag 1) als de stijghoogte in de formatie van Boxtel (modellaag 4) en het bovenste deel van de formatie van Kreftenheye (modellaag 5) zijn weergegeven in bijlage 4.

De grondwaterstandsverlaging van 0.05 meter heeft in het freatisch pakket een reikwijdte van maximaal 130 meter afstand rond de ontgravingen. De verlagingcontouren van 0.05 en 0.1 meter liggen in de buitenbeschermingszone van de (secundaire) kering van de Winkel.

De reikwijdte van de stijghoogteverlaging van 0.05 meter in de formatie van Boxtel is ca 150 meter, evenals in het bovenste deel van de formatie van Kreftenheye.

5.3 Beschrijving effecten en risico's

Bebouwing

Binnen het invloedgebied van de sleufbemaling bevindt zich bebouwing (ref.3) uit de periode 1999-2002. Verwacht wordt dat deze bebouwing niet voorzien is van houten palen. De dichtstbijzijnde bebouwing bevindt zich bij de ondiepe ontgravingen (segment 14 en 22) op ca 30 meter. De grondwaterstandsverlaging bij de woningen is maximaal 0.25 meter. Bij de diepere ontgraving (segmenten 49 en 51) is de afstand

tot de dichtstbijzijnde bebouwing circa 20 meter. De grondwaterstandsverlaging bij deze woningen is maximaal 0.2 meter.

Verdroging, natuurwaarden en groenvoorziening

Polder Waardassacker en Holendrecht, ten oosten van de Winkel, is aangemerkt als weidevogelgebied. In dit gebied worden geen significante effecten verwacht omdat het buiten de 0.05 meter verlagingcontour van de grondwaterstand ligt.

Upconing van brak en/of zout grondwater

Het zoet-brak grensvlak bevindt zich op ongeveer NAP -100 meter (TNO, 1981). Omdat de onttrekking zich beperkt tot maximaal 70 dagen en de hydrologische situatie zich hierna weer herstelt, wordt geen extra upconing van brak en/of zout grondwater verwacht.

Archeologie

In het beïnvloedingsgebied van de onttrekking bevinden zich geen archeologische vondsten (<https://wkotool.nl/>).

Onttrekkingen en WKO-installaties

In het beïnvloedingsgebied van de onttrekking bevinden zich voor zover bekend geen onttrekkingen of WKO-installaties (navraag afdeling Vergunningen).

Maaiveldaling/zetting

De meeste zetting op de projectlocatie zal naar verwachting opgetreden zijn bij het aanleggen van de WRK II-leiding. Voor zover sprake kan zijn van maaiveldaling door zetting zal de bemaling in dit project zal daarom naar verwachting geen significant effect optreden. Er bevindt zich bebouwing op 20 tot 30 meter van de ontgravingen. Omdat deze uit de periode 1999-2002 stamt is deze naar verwachting niet op houten palen gefundeerd.

Waterkeringen

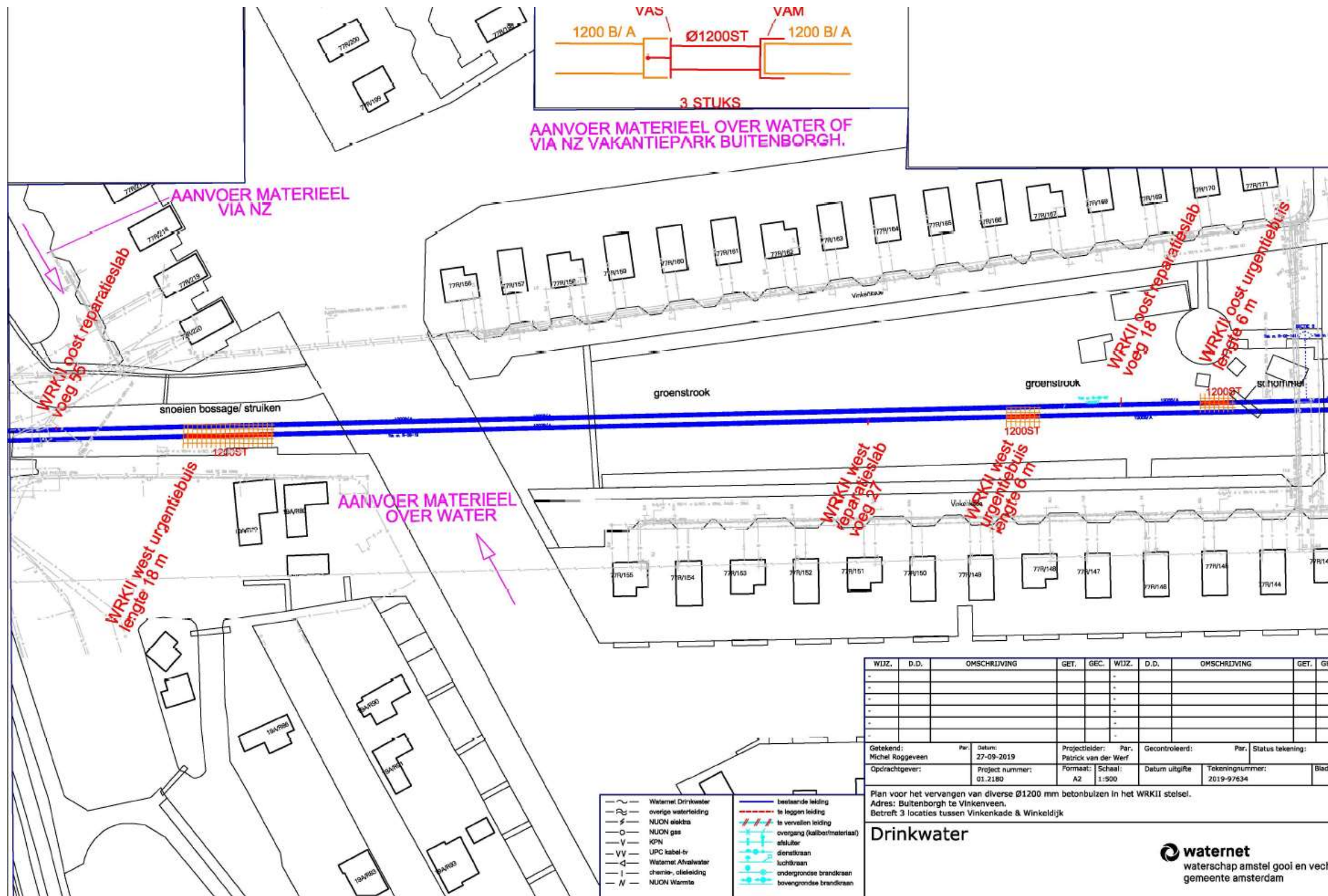
In het invloedgebied in het Holocene pakket bevinden zich twee waterkeringen:

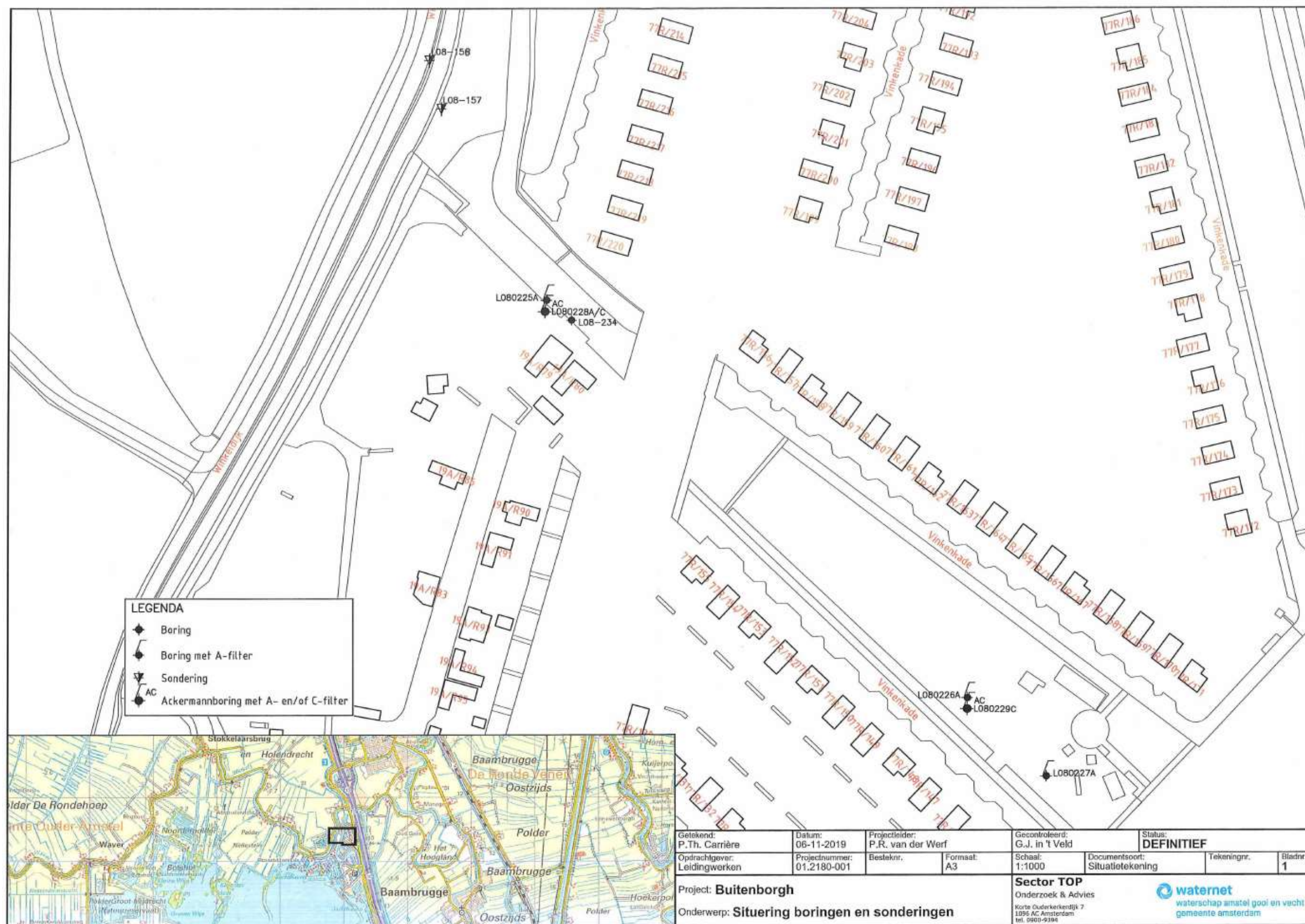
- Een secundaire kering; de Winkeldijk.
- Een 'overige' kering; de Vinkekade

De verlagingcontouren in het freatisch pakket van 0.05 en 0.1 meter liggen in de buitenbeschermingszone van de (secundaire) kering van de Winkel. De kernzone van de kering ligt buiten de 0.05 meter verlagingcontour.

De 0.2 meter verlagingcontour raakt de Vinkekade. Voor deze kade zijn geen beschermings- of kernzone gedefinieerd.

Bijlage 1: Situatietekening en ligging boringen en peilbuizen





Bijlage 2: Bodemopbouw

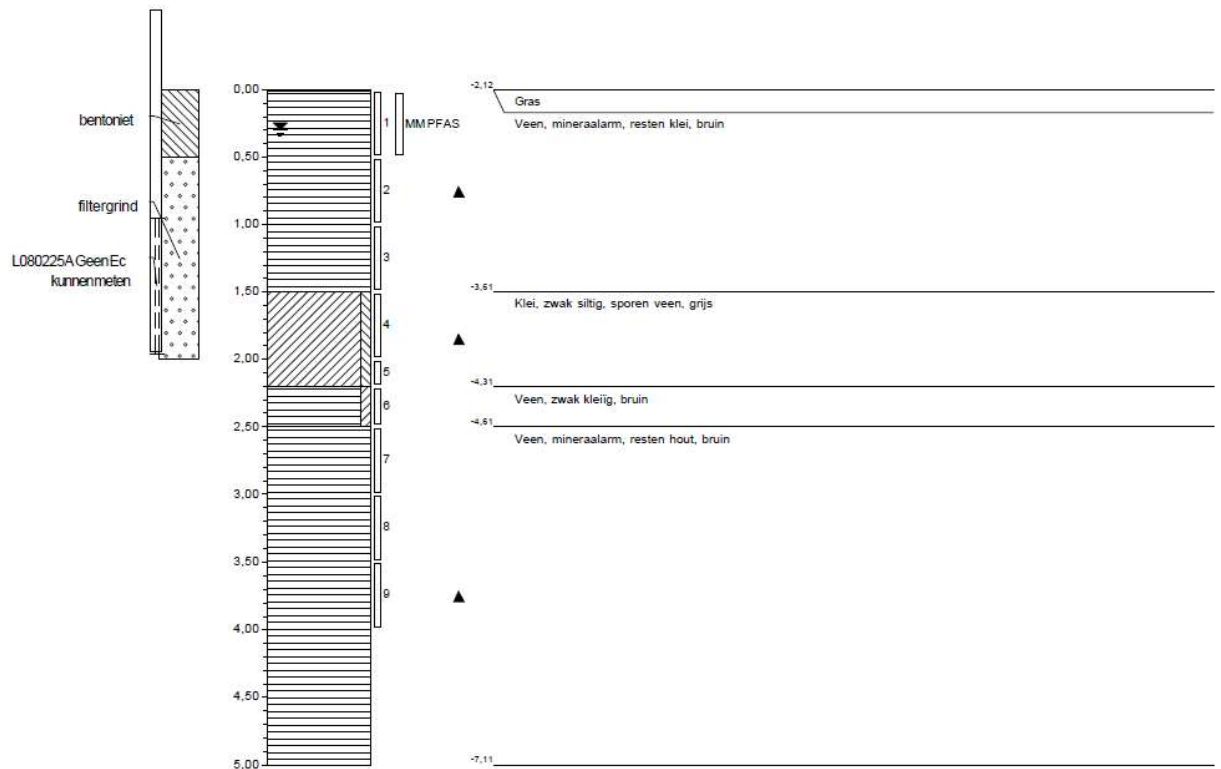
Boorbeschrijvingen van het uitgevoerde bodemonderzoek

L08-225

Type boring: Handboring
Datum uitvoering: 30-10-2019

X-coördinaat: 125932,42
Y-coördinaat: 474436,63

Maaiveld (m t.o.v. N.A.P.): -2,106
Referentievlak: N.A.P.

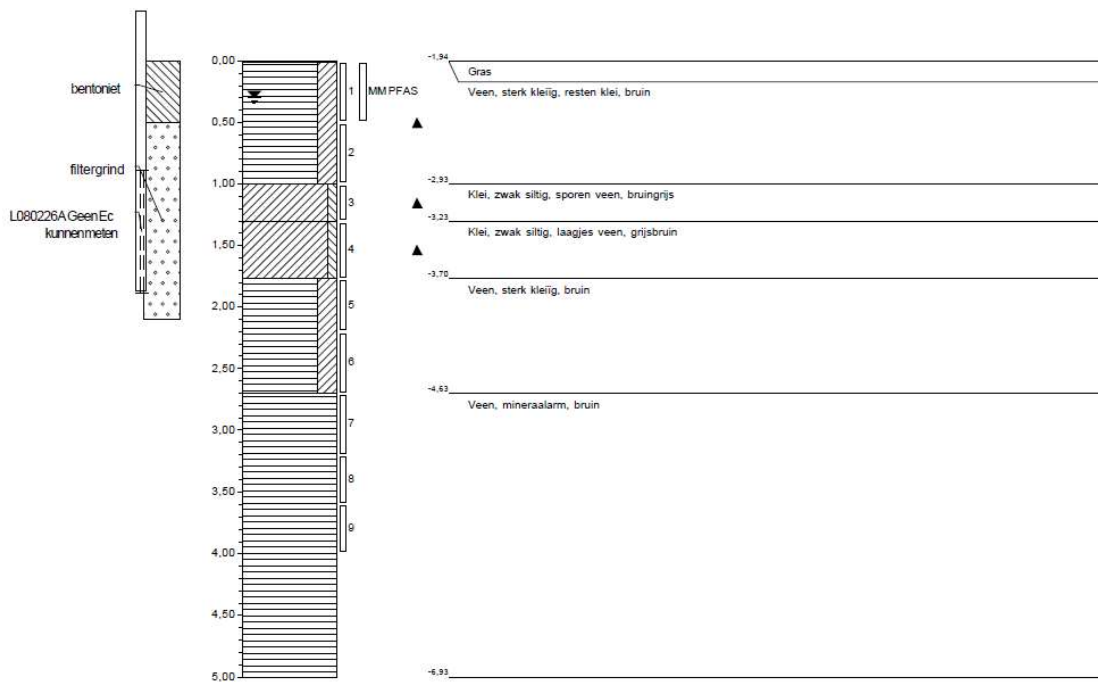


L08-226

Type boring: Handboring
Datum uitvoering: 28-10-2019

X-coördinaat: 126064,88
Y-coördinaat: 474312,12

Maaiveld (m t.o.v. N.A.P.): -1,929
Referentievlak: N.A.P.

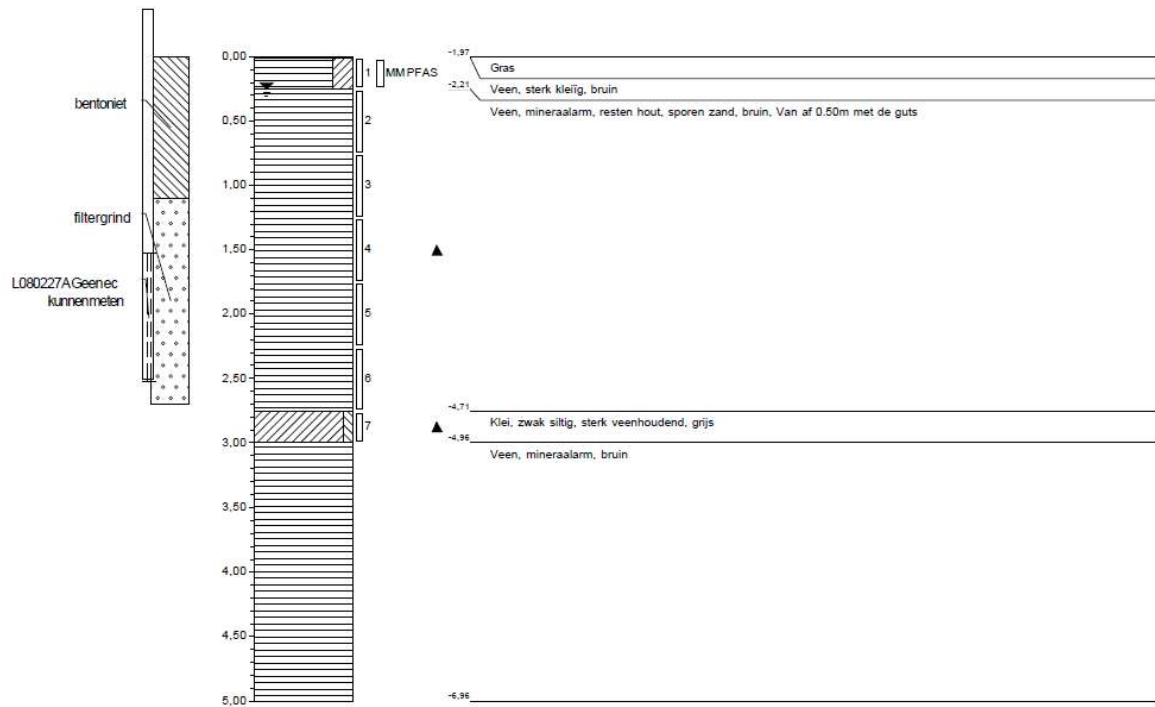


L08-227

Type boring: Handboring
Datum uitvoering: 28-10-2019

X-coördinaat: 126089,76
Y-coördinaat: 474287,63

Maaiveld (m t.o.v. N.A.P.): -1,962
Referentievlak: N.A.P.

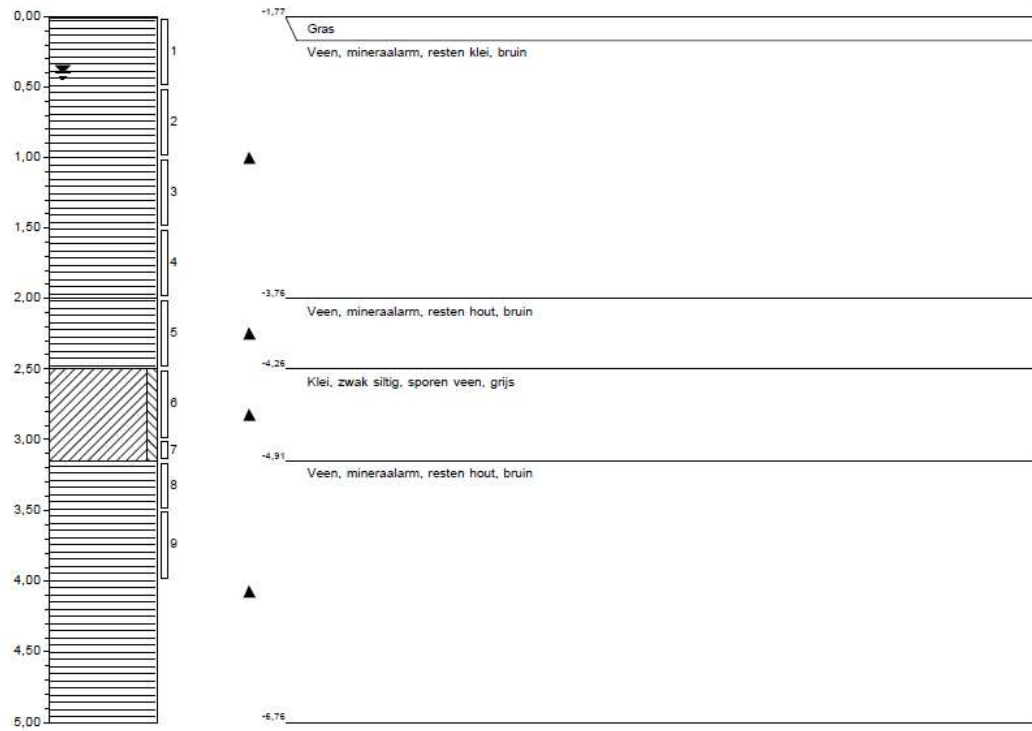


L08-234

Type boring: Handboring
Datum uitvoering: 30-10-2019

X-coördinaat: 125940,24
Y-coördinaat: 474430,42

Maaiveld (m t.o.v. N.A.P.): -1,764
Referentievlak: N.A.P.

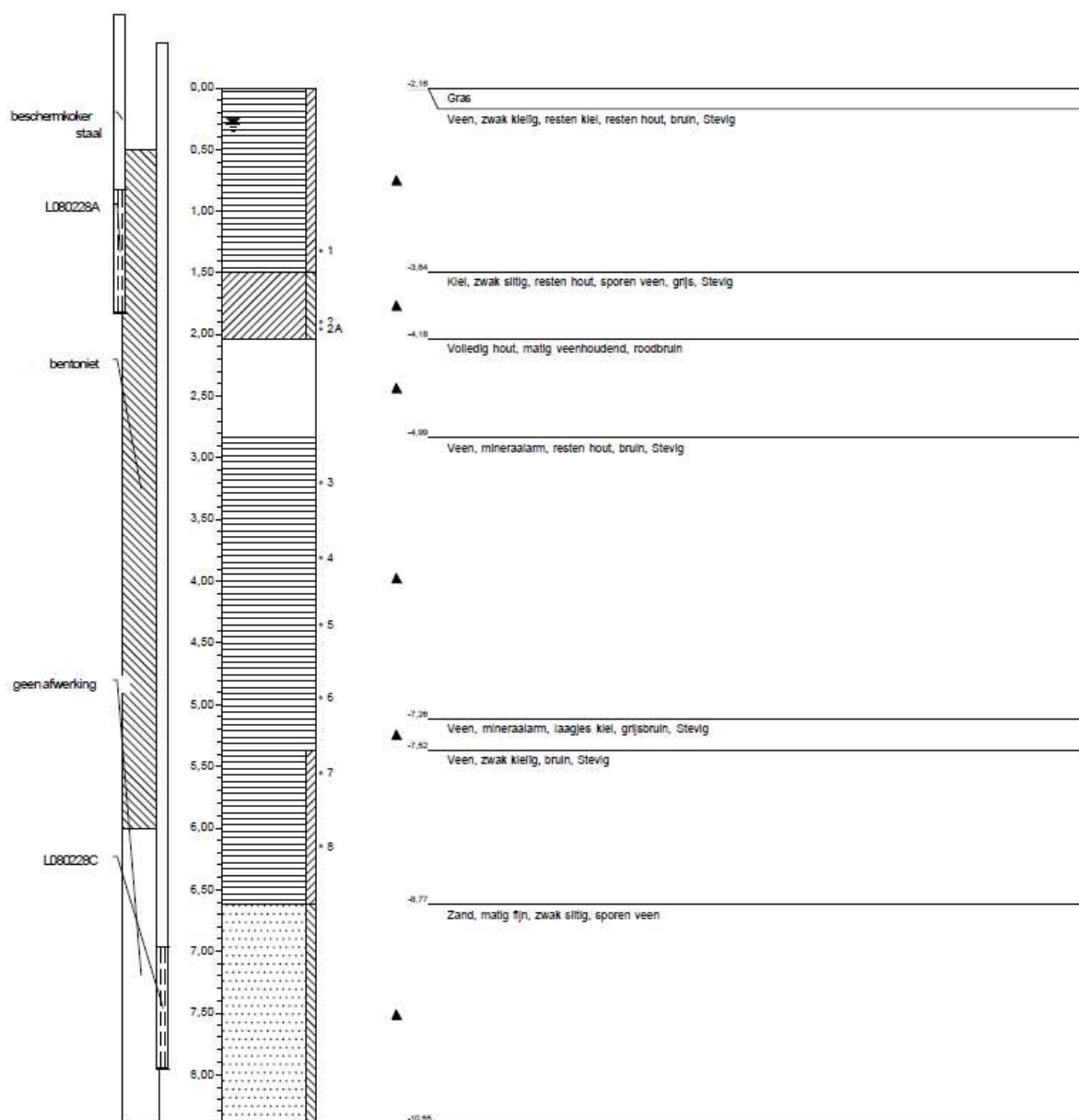


L08-228

Type boring: Ackermannboring
Datum uitvoering: 29-10-2019

X-coördinaat: 125931,97
Y-coördinaat: 474433,06

Maaiveld (m t.o.v. N.A.P.): -2,152
Referentievlak: N.A.P.

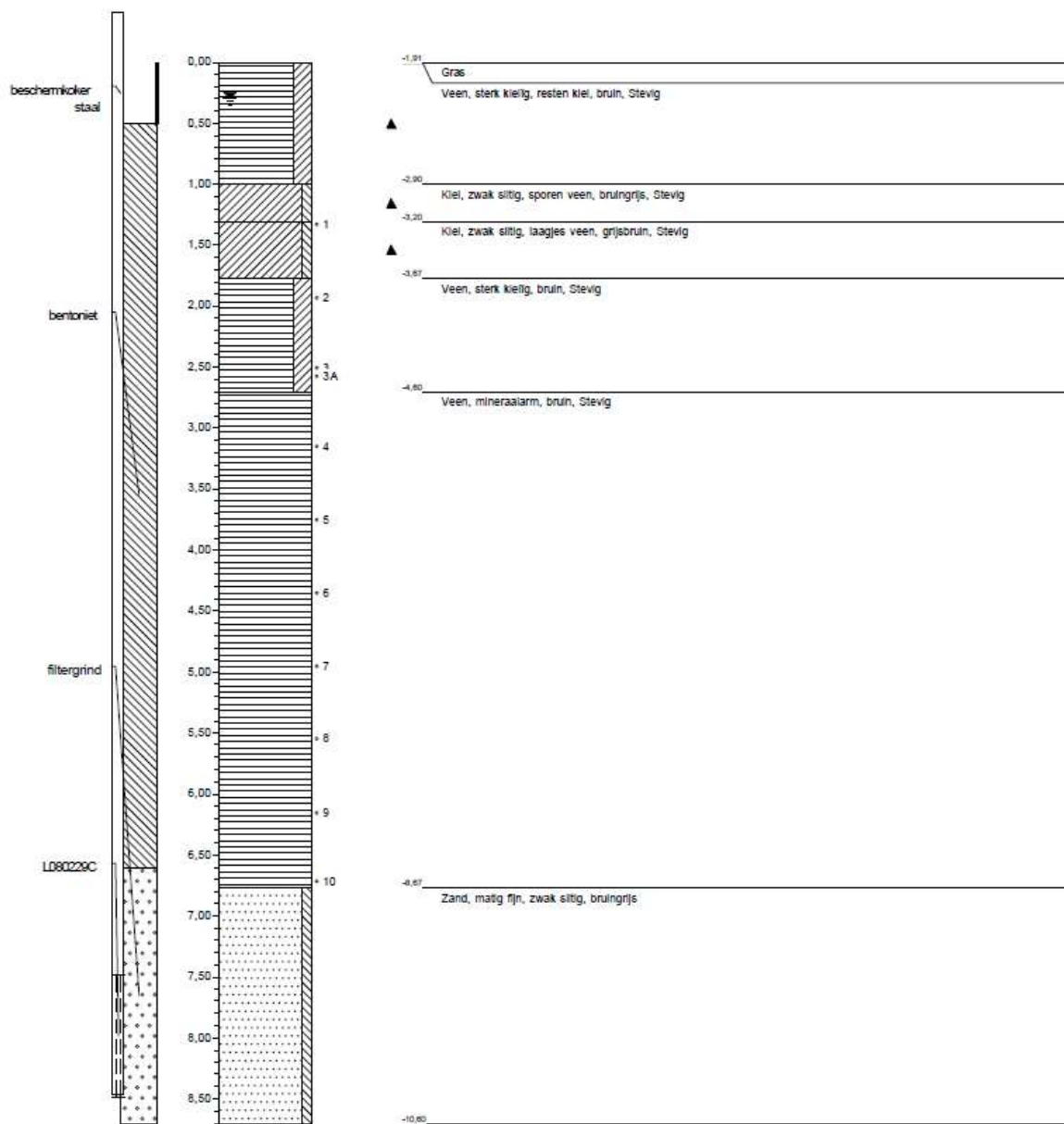


L08-229

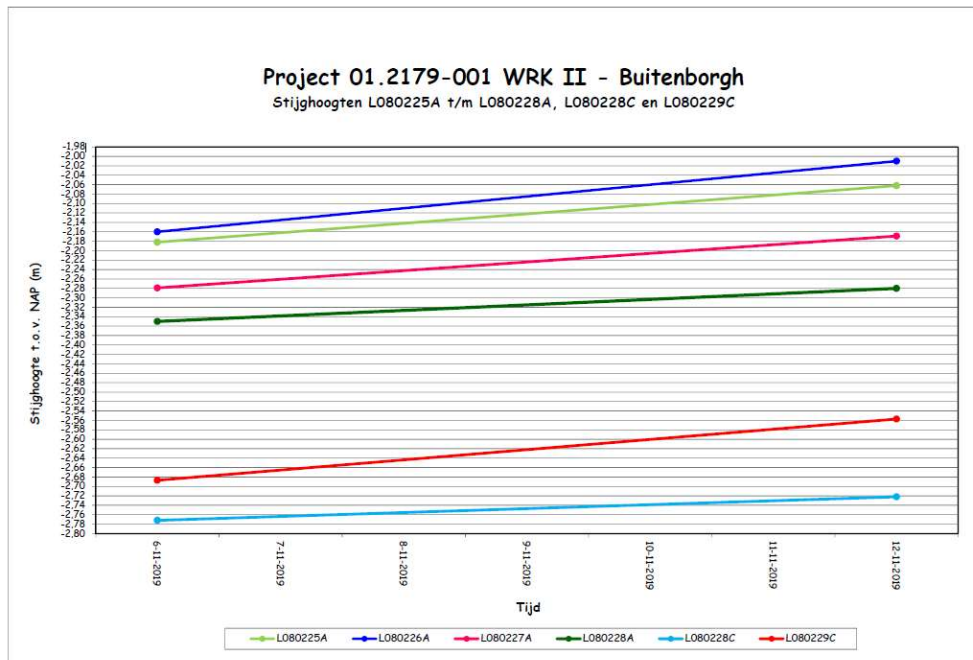
Type boring: Ackermannboring
Datum uitvoering: 28-10-2019

X-coördinaat: 126064,81
Y-coördinaat: 474308,70

Maaiveld (m t.o.v. N.A.P.): -1,902
Referentievlak: N.A.P.



Bijlage 3: Grondwaterstanden



Stijghoogten spanningswater en freatisch grondwater

Tabel 1 Invoer

Filter Invoer	X	Y	Filterniveau t.o.v. BOPB [m-m]	Hoogte mv. t.o.v. NAP [m]	Hoogte BKB t.o.v. NAP [m]	Meting t.o.v. BKB [m]	Meting t.o.v. BKB [m]
						06-11-2019	12-11-2019
L080225A	125932,436	474436,635	1,55 - 2,55	-2,106	-1,512	0,67	0,55
L080226A	126064,876	474312,124	1,30 - 2,30	-1,929	-1,520	0,64	0,49
L080227A	126089,758	474287,626	1,89 - 2,89	-1,962	-1,599	0,68	0,57
L080228A	125931,658	474432,748	1,42 - 2,42	-2,152	-1,560	0,79	0,72
L080228C	125931,968	474433,061	7,32 - 8,32	-2,152	-1,792	0,98	0,93
L080229C	126064,809	474308,700	7,89 - 8,89	-1,902	-1,497	1,19	1,06

Tabel 2 Stijghoogten t.o.v. NAP							
Filter	X	Y		Hoogte mv. t.o.v. NAP [m]	Hoogte BKB t.o.v. NAP [m]	Stijghoogte t.o.v. NAP [m]	Stijghoogte t.o.v. NAP [m]
						06-11-2019	12-11-2019
L080225A	125932,436	474436,635	15,65 - 16,65	-2,106	-1,512	-2,18	-2,06
L080226A	126064,876	474312,124	4,08 - 5,08	-1,929	-1,520	-2,16	-2,01
L080227A	126089,758	474287,626	4,07 - 5,07	-1,962	-1,599	-2,28	-2,17
L080228A	125931,658	474432,748	3,79 - 4,79	-2,152	-1,560	-2,35	-2,28
L080228C	125931,968	474433,061	15,13 - 16,13	-2,152	-1,792	-2,77	-2,72
L080229C	126064,809	474308,700	26,22 - 27,22	-1,902	-1,497	-2,69	-2,56

BKB = Bovenkant peilbuis

- ingevoerde waarden
 - berekende waarden

Bijlage 4: Verlagsingscontouren

Grondwaterstandverlagings in het freatisch pakket (modellaag 1):

Zwart = 5-cm contour

Rood = 10-cm contour

Oranje = 20-cm intervallen vanaf (buitenste) 20-cm contour

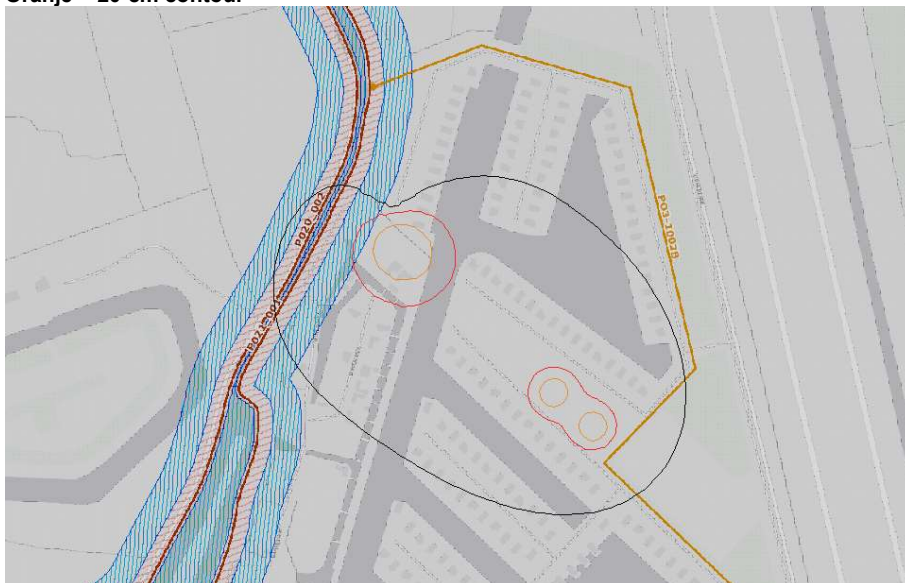


Grondwaterstandsverlaging in het 1^e watervoerend pakket (formatie van Boxtel, modellaag 4) :

Zwart = 5-cm contour

Rood = 10-cm contour

Oranje = 20-cm contour

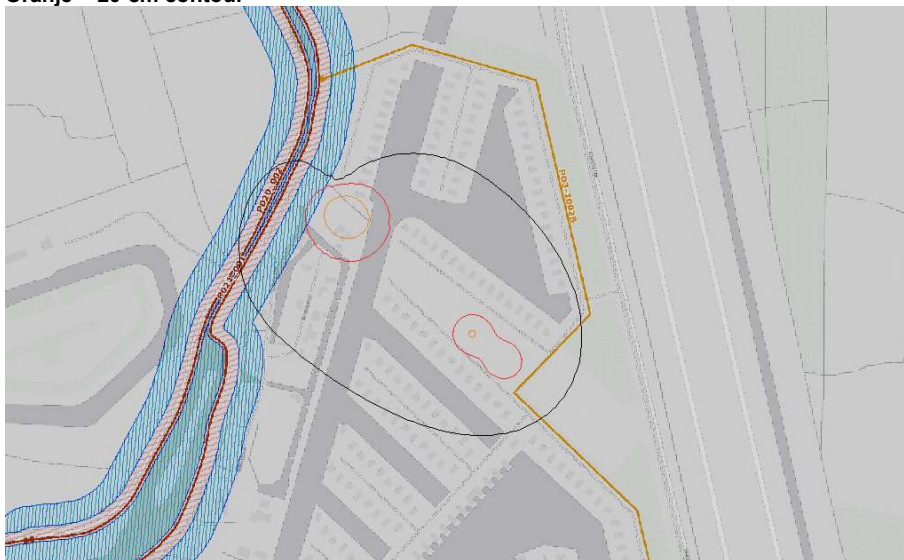


Grondwaterstandsverlaging in het 1^e watervoerend pakket (formatie van Bortel, modellaag 4) :

Zwart = 5-cm contour

Rood = 10-cm contour

Oranje = 20-cm contour



Bijlage 5: Retourbemaling

Locatie retourbemalingsputten, zoals deze in de modellering gebruikt zijn.

