



Concept

# Herstel WRKII leiding Oukoop

Bemalingsadvies

Jacqueline Flink

**Datum**

16 december 2019

**Ons kenmerk**

XXXXXXXXXX

**Versie**

1

**Projectnummer**

01.2010-001



## Inhoud

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>Inleiding</b>                             | <b>7</b>  |
| <b>2</b> | <b>Achtergrondgegevens</b>                   | <b>8</b>  |
| 2.1      | Ontgraving en bemaling                       | 8         |
| 2.2      | Bodemopbouw                                  | 8         |
| 2.3      | Hydrologie                                   | 9         |
| <b>3</b> | <b>Berekeningen</b>                          | <b>12</b> |
| 3.1      | Berekeningswijze                             | 12        |
| 3.2      | Geohydrologische schematisatie               | 12        |
| 3.3      | Bemalingsdebieten                            | 12        |
| 3.4      | Toetsing vergunning                          | 14        |
| 3.5      | Veranderingen grondwaterstand en stijghoogte | 14        |
| <b>4</b> | <b>Effecten op de omgeving</b>               | <b>16</b> |
| <b>5</b> | <b>Conclusies en aanbevelingen</b>           | <b>18</b> |
| 5.1      | Conclusies                                   | 18        |
| 5.2      | Aanbevelingen                                | 18        |

## Bijlagen

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| Bijlage 1 | Locatie te vervangen buizen WRK II leiding                          | 20 |
| Bijlage 2 | Boorbeschrijvingen  | 21 |
| Bijlage 3 | Grondwatermodellering   | 22 |
| Bijlage 4 | Berekende veranderingen in grondwaterstand en stijghoogte           | 23 |
| Bijlage 5 | Berekende grondwaterstandverlagingen ter plaatse van de waterkering | 26 |



## Colofon

---

|                      |                          |
|----------------------|--------------------------|
| <b>Opdrachtgever</b> |                          |
| Sector               | Drinkwater en afvalwater |
| Afdeling             | Leidingwerken            |
| Projectleiding       | R. van der Ham           |
| Projectnummer        | 01.2010-001              |

---

|                      |                                  |
|----------------------|----------------------------------|
| <b>Opdrachtnemer</b> |                                  |
| Sector               | Techniek, Onderzoek en Projecten |
| Afdeling             | Onderzoek en Advies              |
| Projectleiding       | J.J.E. Flink                     |
| Projectnummer        | 01.2010-001                      |

---

|                |                             |
|----------------|-----------------------------|
| <b>Rapport</b> |                             |
| Rapportage     | J. Flink                    |
| Versie         | 01                          |
| Rapportnummer  | XX.XXXXXX                   |
| Trefwoorden    | Grondwater, Hydrologie, WRK |

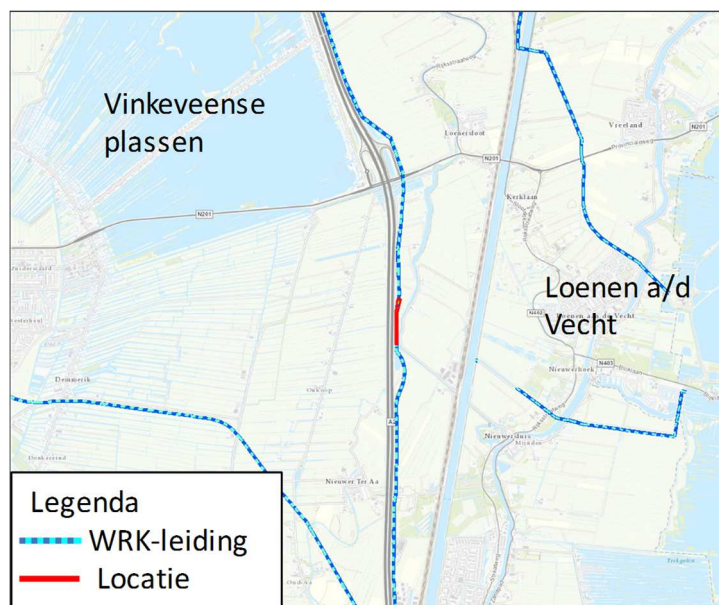
---



# 1 Inleiding

De afdeling Leidingwerken van Waternet is in 2019 gestart met de reparatie van circa 200 betonnen buizen van de WRK II-leiding (bestaande uit twee parallelle buizen). Van het tracédeel tussen de Angstel en de rijksweg A2, ten noorden van de Oukoper Molen, worden in 2020 vijftien buizen vervangen. De locatie van de werkzaamheden is weergegeven in Figuur 1-1. Het betreft de buizen 8, 9, 35 en 11 in de Oostleiding en de buizen 29, 65 t/m 73 en 8 in de Westleiding. Nadere details over de locatie van de verschillende buizen is terug te vinden op de overzichtstekening 2019-97362 in Bijlage 1

Figuur 1-1 Ligging locatie werkzaamheden



## Doel

De afdeling Leidingwerken van Waternet heeft de afdeling Onderzoek en Advies (Waternet) gevraagd een bemalingsadvies op te stellen ten behoeve van een vergunningaanvraag Waterwet.

## Referenties

1. Waternet; WRKII – Oukoop; advies verticaal evenwicht; kenmerk 19.045998; 3 dec 2019
2. Waternet; Keermuur Oukoop, beoordeling stabiliteit bij ontgraving WRK II; kenmerk 20.000110; 31 dec. 2019
3. Waternet; briefrapport grondwateronderzoek Oukoop; kenmerk 20.000096; 3 jan 2020

## Aanpak

In hoofdstuk 2 staan de achtergrondgegevens zoals dimensionering van de ontgraving, planning, bodemopbouw en geohydrologie. In hoofdstuk 3 wordt de berekening van het benodigde bemalingsdebiet uitgewerkt en in H4 wordt ingegaan op de effecten van de bemaling. Hoofdstuk 5 bevat de conclusies en aanbevelingen.

## 2 Achtergrondgegevens

### 2.1 Ontgraving en bemaling

In Tabel 2-1 zijn de gegevens van de ontgraving en bemaling opgenomen. Er worden in totaal 15 WRK buizen vervangen, verdeeld over 6 locaties. De buizen zijn 6 m lang. Voor vervanging van één buis is een bemaling van 3 weken nodig. Worden twee buizen op dezelfde locatie vervangen, dan duurt de bemaling 2 dagen langer. De ontgraving vindt plaats tussen stalen platen die tot aan de bodem van de sleuf reiken. Hierdoor zal de zijwaartse toestroming van grondwater gering zijn. Er komt wel water van onderaf en via de kopse kant van de sleuf. Voor alle zes locaties is een spanningsbemaling nodig (ref. 1).

Eerst worden de buizen in de Oostleiding vervangen. Dit duurt in totaal 6 weken (week 10 t/m 15 2020). Het vervangen van de verschillende buizen gebeurt gedeeltelijk tegelijkertijd. Voor de berekening is uitgegaan van de volgorde zoals is aangegeven in Tabel 2-1. De uiteindelijke volgorde is aan de aannemer. Hetzelfde geldt voor de buizen in de Westleiding. In totaal duren de werkzaamheden aan de Westleiding 10 weken. Er wordt 9 weken bemalen. Een deel van het opgepompte water uit het diepe watervoerende pakket wordt geretourneerd.

Tabel 2-1 Gegevens ontgraving en bemaling

|                                      | Buisnummers<br>Oostleiding |              |              | Buisnummers<br>Westleiding |                   |              |
|--------------------------------------|----------------------------|--------------|--------------|----------------------------|-------------------|--------------|
|                                      | 8 en 9                     | 35           | 11           | 29                         | 65-73             | 8            |
| Maaiveld (m+NAP; AHN3)               | -1.23                      | -1.74        | -1.66        | -1.62                      | -1.60             | -1.83        |
| Lengte ontgraving (m)                | 14                         | 8            | 8            | 8                          | 56                | 8            |
| Breedte ontgraving (m)               | 2                          | 2            | 2            | 2                          | 2                 | 2            |
| Diepte ontgraving (m+NAP)            | -4.2                       | -4.7         | -4.55        | -4.4                       | -4.4              | -4.55        |
| Grondwaterstand verlagen tot (m+NAP) | -4.5                       | -5           | -4.85        | -4.7                       | -4.7              | -4.85        |
| Grondwaterstandverlaging (m)*        | 2.9                        | 3.3          | 2.6          | 3.4                        | 2.8               | 2.8          |
| Stijghoogte verlagen tot (m+NAP)     | -2.73                      | -3.83        | -3.38        | -3.15                      | -3.30             | -2.73        |
| Stijghoogteverlaging (m) **          | 0.86                       | 1.96         | 1.45         | 1.28                       | 1.37              | 1.51         |
| Duur bemaling (dagen)                | 23                         | 21           | 21           | 21                         | 56                | 21           |
| Bemalen in 2020, week                | 10,11,12,<br>13            | 10,11,<br>12 | 13,14,<br>15 | 20,21,<br>22               | 17 t/m<br>24 à 25 | 17,18,1<br>9 |

\* Uitgaande van de maatgevende gemeten grondwaterstand (zie paragraaf 2.3)

\*\* Uitgaande van de maatgevende gemeten stijghoogte (zie ref. 1 en paragraaf 2.3)

### 2.2 Bodemopbouw

In Tabel 2-2 is de lokale bodemopbouw opgenomen. Deze is afgeleid uit boringen (ref. 1) en gegevens van DINO-loket. Over het algemeen bestaan de bovenste 4 tot 6 meter uit klei en veen. In Bijlage 2 zijn de boorbeschrijvingen en de locatie van de boringen terug te vinden.



Tabel 2-2 Lokale bodemopbouw

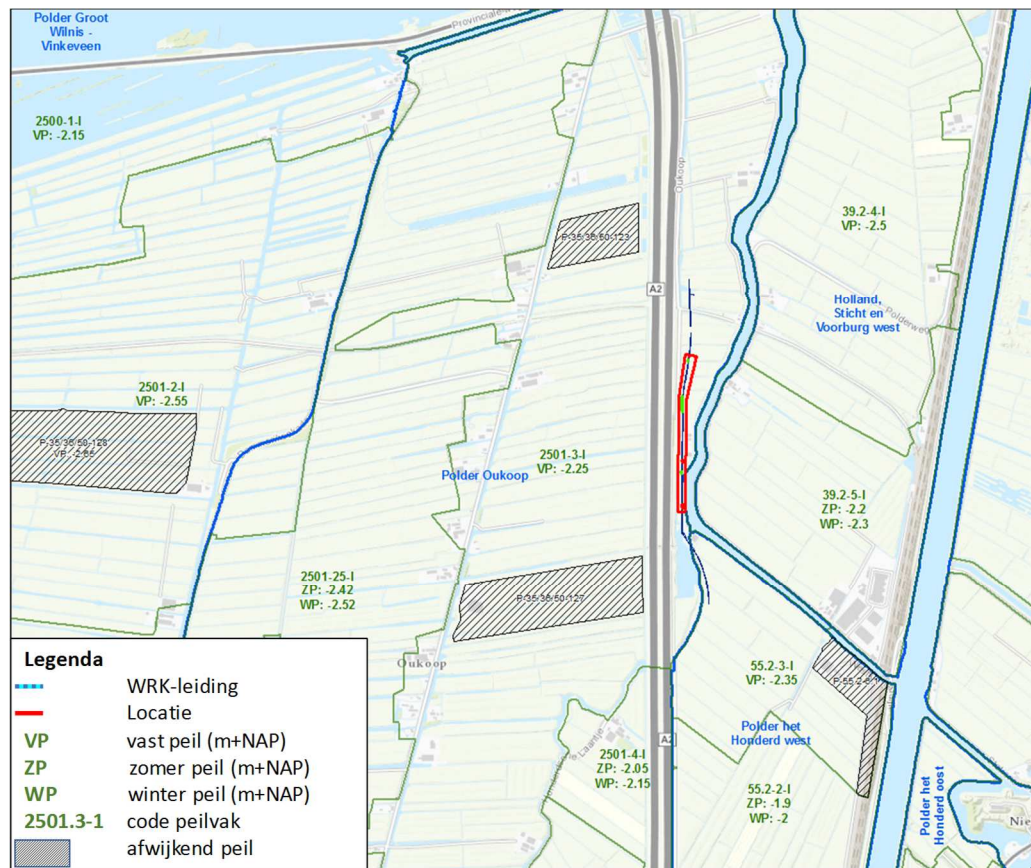
| Van<br>(m+NAP)  | Tot<br>(m+NAP) | Bodemmateriaal   | Geologie                                 | Bron               |
|---|----------------|--|--|--------------------|
| -1,33 à -1,99<br>tracé WRK<br><br>+0,45 à +0,33<br>dijk Angstel | -3,59 à -5,74  | Een afwisseling van lagen met verschillende diktes en op verschillende niveaus bestaande uit:<br>- zand, matig fijn, zwak siltig, met humus en brokken<br>veen (alleen in de toplaag ter plaatse van boring O08-4)<br>- klei, zwak siltig, lokaal sterk venig, met één of meer van de volgende bestanddelen: veenlaagjes, veenbrokken, veenresten, veensporen, houtresten, zandsporen (alleen in de toplaag ter plaatse van boring O08-4), weinig puin (alleen ter plaatse van boring O08-6)<br>- veen, mineraalarm tot sterk kleilig, met plaatselijk één of meer van de volgende bestanddelen: kleibrokken, kleiresten, houtresten | Holocene deklaag                         | Ref. 1             |
| -3,59 à -5,74<br>tracé WRK<br><br>-5,04 à -5,74<br>dijk Angstel | -7,46 à -7,75  | veen, mineraalarm tot zwak kleilig, met houtresten   | Holocene deklaag                         | Ref. 1             |
| -7,46 à -7,75   | ca. -9.0       | zand, (matig) fijn, zwak siltig, met in de bovenste meter veensporen (pleistoceen)   | Formatie van Bortel                      | Ref. 1, Geotop 3.1 |
| ca. -9.0  | ca -12         | zand, matig fijn tot matig grof  | Formatie van Bortel, Kreftenheye         | Geotop 3.1         |
| ca -12  | ca -40         | zand, matig grof tot grof  | Formaties van Kreftenheye, Urk, Sterksel | Geotop 3.1         |
| ca -40  | ca. -42        | klei   | Formatie van Waalre                      | REGIS 2.2          |
| ca. -42   | ca.-155        | (grof) zand, matig grof tot grof   | Formatie van Peize Waalre, Maassluis     | REGIS 2.2          |
| <.-155  |                | klei   | Formatie van Maassluis                   | REGIS 2.2          |

## 2.3 Hydrologie

### Oppervlaktewater peilen

In Figuur 2-1 zijn de polderpeilen in de omgeving van de locatie weergegeven. Over het algemeen ligt het polderpeil tussen NAP-2 en NAP-2.5m. Naast de locatie loopt de rivier de Angstel met een gemiddeld peil van NAP-0.4m (boezem).

Figuur 2-1 Polderpeilen



### Grondwaterstanden en stijghoogtes

In november 2019 zijn enkele boringen gezet en peilbuizen geplaatst naast de WRK II leiding. De gemeten grondwaterstanden en stijghoogtes staan in Tabel 2-3. De locatie van de peilbuizen is terug te vinden in Bijlage 2

Tabel 2-3 Gemeten grondwaterstanden en stijghoogtes tpv de locatie

| Peilbuis | X        | Y        | Filterstelling (m-mv) | maaienveld (m+NAP) | Bovenkant buis (m+NAP) | Grondwaterstand/stijghoogte (m+NAP) d.d. 29-11-2019 |
|----------|----------|----------|-----------------------|--------------------|------------------------|---|
| O080001A | 127698,2 | 469205,6 | 2-3                   | -1,86              | -1,469                 | -2,03   |
| O080004A | 127691,7 | 469058,1 | 2-3                   | -1,742             | -1,364                 | -1,92   |
| O080009A | 127692,7 | 468719,7 | 1,9-2,9               | -1,491             | -1,049                 | -1,62   |
| O080011A | 127700,5 | 468865,9 | 2,4-3,4               | 0,331              | 0,720                  | -1,02   |
| O080010C | 127689,4 | 469142,4 | 7,3-8,3               | -1,552             | -1,052                 | -1,93   |
| O080012C | 127701,7 | 468764,4 | 8,7-9,7               | 0,452              | 0,928                  | -1,87   |

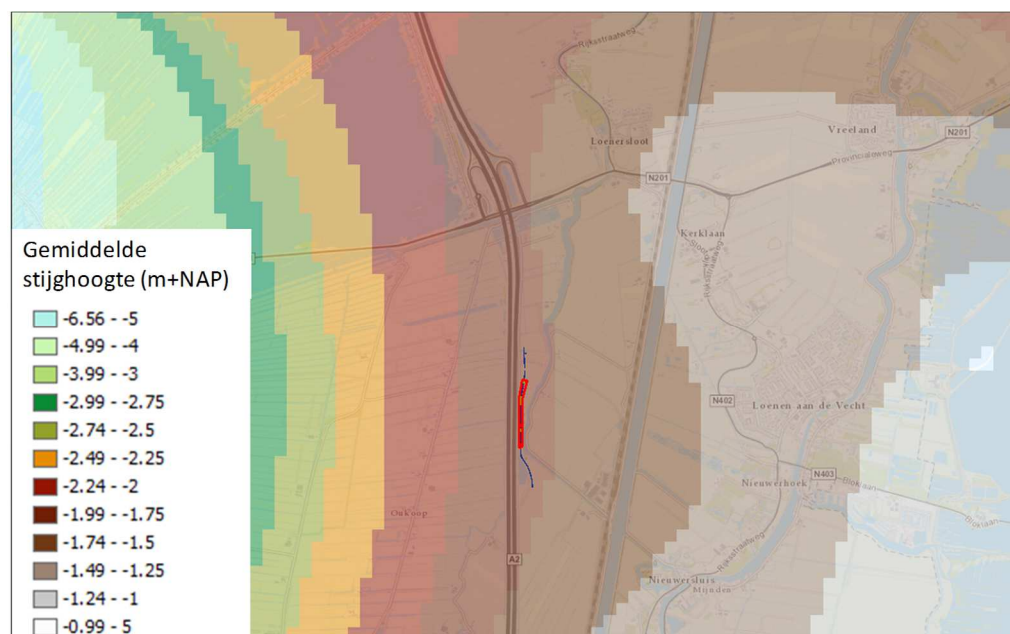
Deze metingen worden als representatief voor een natte periode beschouwd. Voor berekening van de debieten en effecten is een grondwatermodel gemaakt dat de gemeten grondwaterstanden en stijghoogtes op de locatie redelijk tot goed simuleert (zie Bijlage 3). Op basis van het model en de metingen is voor elke te vervangen WRK-buis een maatgevende (hoge) grondwaterstand en stijghoogte vastgesteld (zie Tabel 2-4).

In Figuur 2-2. is een isohypsenkaart voor de gemiddelde stijghoogte (op basis van metingen van TNO DINO-loket) opgenomen. Het diepe grondwater stroomt van oost naar west, richting de laag gelegen polder Groot Mijndrecht. Ter plaatse van de ontgravingen is in en nabij de watergangen sprake van kwel, tussen de watergangen in van een infiltratiesituatie.

Tabel 2-4 Maatgevende (hoge) grondwaterstand en stijghoogte ter plaatse van de bemalingen

| WRK-buizen | Maatgevende grondwaterstand (m+NAP) | Maatgevende stijghoogte (m+NAP) |
|------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| 8-9        | -1.62                               | -1.87                           |
| 35         | -1.69                               | -1.87                           |
| 11         | -2.25                               | -1.93                           |
| 29         | -1.28                               | -1.87                           |
| 65-73      | -1.87                               | -1.93                           |
| 8          | -2.03                               | -1.87                           |

Figuur 2-2 Isohypsenkaart eerste watervoerend pakket (rood is locatie)



## 3 Berekeningen

### 3.1 Berekeningswijze

Voor berekening van de bemalingsdebieten en de effecten hiervan op de omgeving is gebruik gemaakt van een numeriek grondwatermodel (Mfem). Het model is globaal gekalibreerd. Er is alleen stationair gerekend. Dit representeert een "worst case" situatie wat betreft grondwaterstand- en stijghoogteverlagingen. In de beginfase van de bemaling kan het debiet iets hoger zijn dan het stationaire debiet. Dit is op het totaal verwaarloosbaar. In Bijlage 3 staat informatie over de modellering.

### 3.2 Geohydrologische schematisatie

Voor de modellering is gebruik gemaakt van onderstaande geohydrologische schematisatie. De lokale bodemopbouw (zie paragraaf 2.2) wordt verondersteld in het gehele modelgebied gelijk te zijn. In werkelijkheid zal de bodemopbouw variëren in het modelgebied.

Tabel 3-1 Geohydrologische schematisatie

| Modellaag * | Diepte van | Diepte tot | $k_{hor}$ (m/d) | c (d) | samenstelling                  | opmerking   |
|-------------|------------|------------|-----------------|-------|--------------------------------|---|
| wvl 1       | mv         | -8         | 0.09            |       | klei, veen                     |   |
| sdl 1       |            | nvt        |                 | 600   |                                | modellering weerstand wvl1  |
| wvl 2       | -8         | -9         | 3               |       | fijn zand                      |   |
| sdl 2       |            | nvt        |                 | 1     |                                | modellering weerstand wvl2  |
| wvl 3       | -9         | -12        | 10              |       | matig fijn tot matig grof zand |   |
| sdl 3       |            | nvt        |                 | 0.5   |                                | modellering weerstand wvl3  |
| wvl 4       | -12        | -22        | 30              |       | grof zand                      | Opdeling zandpakket om onvolkomen infiltratieputten te modelleren |
| sdl 4       |            | nvt        |                 | 0.5   |                                |   |
| wvl 5       | -22        | -50        | 30              |       | grof zand                      |   |
| sdl 5       | -50        | -52        |                 | 500   | klei                           |   |
| wvl 6       | -52        | -155       | 50              |       | grof zand                      |   |
| sdl 6       |            |            |                 |       |                                | Geohydrologische basis  |

\* wvl = watervoerende laag in het model  
sdl = slecht doorlatende laag in het model

De sleuven worden aan beide zijden voorzien van stalen platen of damwanden die weinig grondwater zullen doorlaten. Gerekend is met een weerstand van 100 dagen.

### 3.3 Bemalingsdebieten

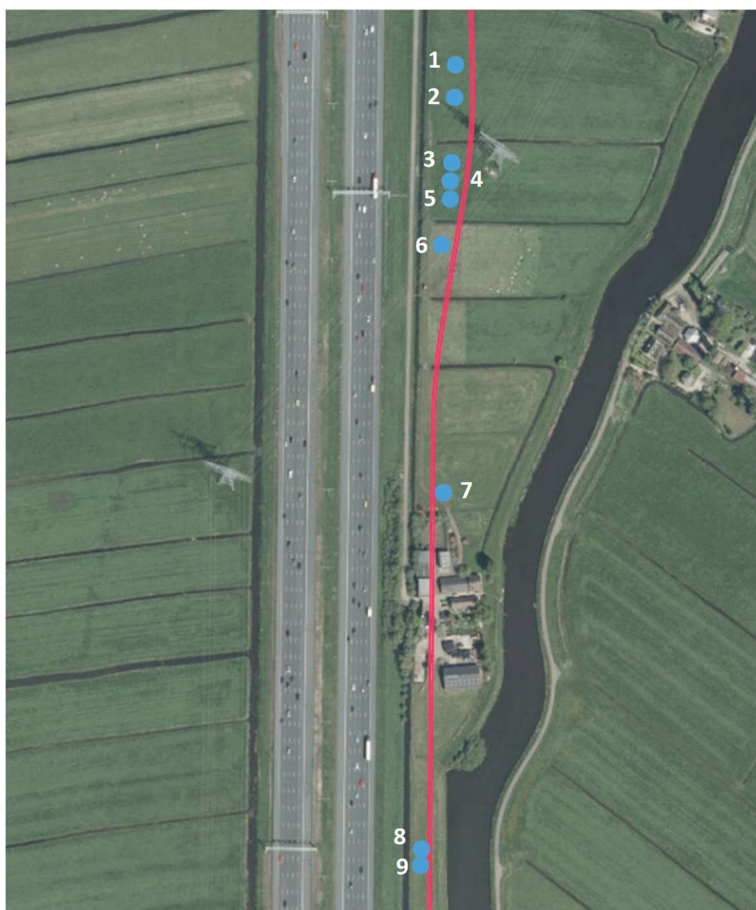
De aannemer kan zelf de bemaling inrichten met dien verstande dat de periodes van buiten werking stelling van de WRK-leidingen vast staat. Bij de berekening is aangenomen dat wel twee locaties tegelijk bemalen worden maar niet drie.

In Tabel 3-2 staan de berekende debieten. Het freatische debiet is erg klein omdat voornamelijk in klei en veen wordt gegraven. Aangenomen is dat de bronnen voor de spanningsbemaling op een diepte van ca. NAP-8 tot NAP-12m komen te staan. Geschat wordt dat uit zo'n put ca. 100 m<sup>3</sup>/d kan worden onttrokken. Als de putten dieper komen te staan zal het debiet toenemen omdat het zand daar grover is.

Omdat meer dan 15000 m<sup>3</sup>/maand wordt onttrokken, moet ook geretourneerd worden. Er is gerekend met ongeveer 53% retourneren. De rest van het water wordt geloosd op oppervlaktewater. De concentratie Fe in zowel ondiep als diep grondwater is dermate hoog (ref. 3) dat ijzerneerslag wordt verwacht. Het water dient vóór lozing ontijzerd te worden. De concentratie onopgeloste bestanddelen in het freatische grondwater dient gereduceerd te worden door middel van een zandvang. Het hoge ijzergehalte is ook een aandachtspunt bij de retournering van het diepe grondwater.

Vanwege opbartsgevaar in de watergangen kan niet maximaal worden geretourneerd. De filterdiepte van de retourputten is ongeveer NAP-12m tot NAP-22m. Er is uitgegaan van 9 retourbronnen met een capaciteit van ca. 120 m<sup>3</sup>/dag die echter niet allen tegelijk in werking zijn. De retourbronnen staan op particulier terrein, zo dicht mogelijk langs een (tractor)pad nabij de WRK leiding (waarvoor een zakelijk recht geldt) maar wel op enige afstand van oppervlaktewater. De locatie van de retourputten is weergegeven in Figuur 3-1.

Figuur 3-1 Locatie retourbronnen (rood=WRK leiding, blauw=retourbron)



In totaal wordt (afgerond) circa 123000 m3 water onttrokken en 65800 m3 geretourneerd (zie Tabel 3-2).

Tabel 3-2 Berekende debieten

| Omschrijving                 | WRK buizen Oostleiding |          |      | WRK buizen Westleiding |            |       |
|------------------------------|------------------------|----------|------|------------------------|------------|-------|
|                              | 8-9 / 35               | 8-9 / 11 | 11   | 65-73 / 8              | 65-73 / 29 | 65-73 |
| Aantal dagen bemalen         | 21                     | 2        | 19   | 21                     | 21         | 21    |
| Freatisch debiet (m3/d)      | 4                      | 3.5      | 1.5  | 11                     | 12         | 8     |
| Freatisch debiet (m3/u)      | 0.17                   | 0.15     | 0.06 | 0.45                   | 0.5        | 0.33  |
| Freatisch debiet (m3 totaal) | 84                     | 7        | 28.5 | 231                    | 252        | 168   |
|                              |                        |          |      |                        |            |       |
| Debiet 1° wvp (m3/d)         | 880                    | 740      | 420  | 1610                   | 1590       | 1290  |
| Debiet 1° wvp (m3/u)         | 36.7                   | 30.8     | 17.5 | 67.1                   | 66.3       | 53.8  |
| Debiet 1° wvp (m3 totaal)    | 18480                  | 1480     | 7980 | 33810                  | 33390      | 27090 |
| Retour (m3/d)                | 360                    | 360      | 240  | 840                    | 840        | 840   |
| Retour (m3/u)                | 15                     | 15       | 10   | 35                     | 35         | 35    |
| Retour (m3 totaal)           | 7560                   | 720      | 4560 | 17640                  | 17640      | 17640 |
| Aantal retourputten          | 3                      | 3        | 2    | 7                      | 7          | 7     |
|                              |                        |          |      |                        |            |       |
| Totaal debiet freatisch (m3) | 770                    |          |      |                        |            |       |
| Totaal debiet 1° wvp (m3)    | 122030                 |          |      |                        |            |       |
| Totaal geretourneerd (m3)    | 65760                  |          |      |                        |            |       |
| Retourpercentage             | 53 %                   |          |      |                        |            |       |

### 3.4 Toetsing vergunning

Volgens artikel 2.37 van het "AGV Keurbesluit Vrijstellingen en nadere regels" is geen Watervergunning voor een bronbemaling nodig als het debiet minder bedraagt dan 15.000 m3 per maand en 50 m3 per uur en de onttrekking niet langer duurt dan 6 maanden en tevens wordt voldaan aan de voorschriften in het derde lid en in artikel 2.40 en de bepalingen van artikel 4.18 van de Keur. Dit is echter niet van toepassing als grondwater wordt onttrokken in de kernzone en beschermingszone van waterkerende dijklichamen en waterkerende constructies, voor zover de hoeveelheid te onttrekken grondwater meer bedraagt dan 3 m3 per uur en/of de onttrekking langer duurt dan 1 maand per jaar.

Er wordt grondwater onttrokken in de beschermingszone van een waterkering en er wordt meer dan 15000 m3 per maand onttrokken. De bemaling is vergunningplichtig. Tevens dient het opgepompte grondwater binnen een straal van 500m in hetzelfde pakket geretourneerd te worden.

### 3.5 Veranderingen grondwaterstand en stijghoogte

In Bijlage 4 zijn de berekende grondwaterstand- en stijghoogteveranderingen weergegeven. De grondwaterstandverlaging wordt niet alleen bepaald door de freatische bemaling (die gering is), maar ook door de bemaling in het eerste watervoerend pakket. Dit is bijvoorbeeld goed te zien bij de bemaling van buizen 65-73. De 0.05 m verlagingscontour ligt buiten de naast de ontgraving gelegen watergangen (wat niet logisch is bij alleen een ondiepe bemaling).

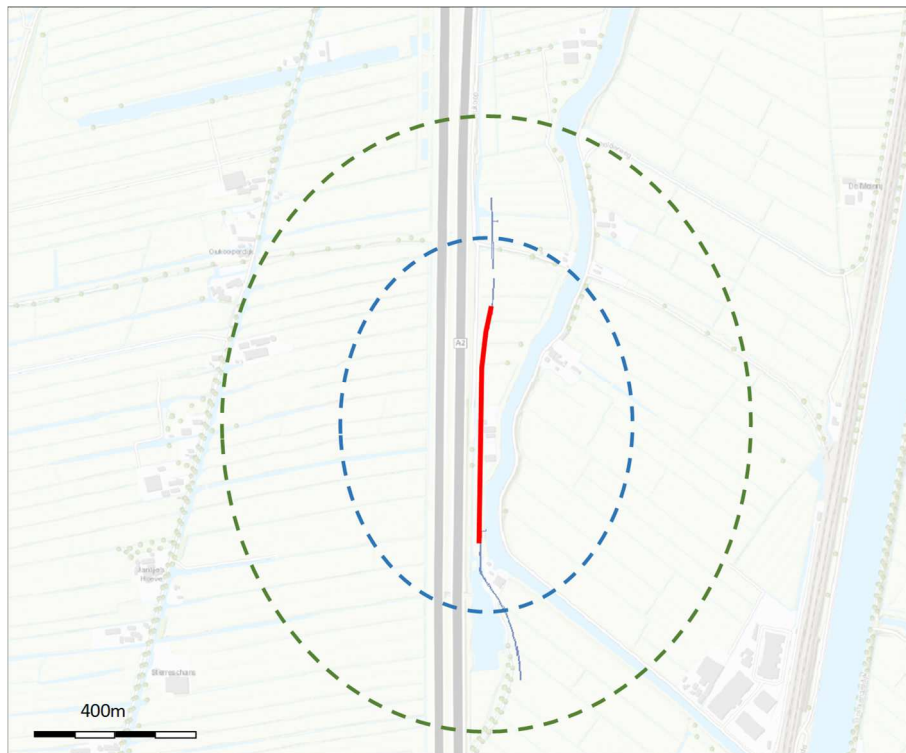
De grondwaterstand wordt > 0.05m verlaagd over een lengte van ca. 700 m tussen de Angstel en de teensloot van de A2. Het totale invloedsgebied van de



spanningsbemalingen (zie Figuur 3-2) bedraagt ca. 1500 m (noord-zuid) bij 1250 m (oost-west).

Ter plaatse van de infiltratiebronnen gaat de stijghoogte onder de Holocene deklaag over het algemeen minder dan 3 cm omhoog op één locatie na. Bij de bemaling van alleen buizen 65-73 is aangenomen dat 840 m<sup>3</sup>/d wordt geretourneerd in retourbronnen 1 t/m 7. Ter hoogte van bronnen 1 en 2 kan de stijghoogte theoretisch 14 cm omhoog gaan.

Figuur 3-2 Over zicht totale invloedsgebied van de spanningsbemalingen (blauw=0.10 m verlaging, groen =0.05 m verlaging)



## 4 Effecten op de omgeving

### 4.1 Belangen van derden

De bemaling mag geen negatieve effecten op belangen van derden hebben.

Binnen het invloedsgebied van de bemaling zijn *niet* aanwezig:

- archeologische waarden (bron: <https://www.cultureelerfgoed.nl/>)
- habitatrichtlijngebied, vogelrichtlijngebied of natura 2000 gebied (bron: Waternet GEoweb)
- grondwaterbeschermingszone (bron: [www.nationaalgeoregister.nl](http://www.nationaalgeoregister.nl))
- andere onttrekkingen.

Negatieve effecten die kunnen optreden zijn:

- *Grondwaterstandverlaging die invloed heeft op landbouwproductie.*  
De locatie ligt in een gebied met weilanden. De werkzaamheden starten in de winter en eindigen medio juni. De grondwaterstand zal het sterkst dalen naast de ontgravingen waardoor het gras mogelijk verdroogt. Voor een strook rond de WRK leiding is een zakelijk recht overeenkomst met de eigenaar gesloten.
- *Maaiveldverlaging op particulier terrein.*  
Theoretisch kan maaiveldverlaging optreden, met name vlak bij de ontgravingen. Echter eventuele zetting is al opgetreden bij aanleg van de huidige WRK leiding.
- *Schade aan bebouwing.*  
Het is niet bekend welk type fundering de bebouwing naast de WRK II-leiding heeft. Gedurende 9 weken is de grondwaterstandverlaging ter plaatse van de bebouwing ca. 10-20 cm. Gedurende een additionele 3 weken is de verlaging maximaal 40 cm. Eventuele (verschil)zettingen zijn al opgetreden bij de aanleg van de WRK leiding. Indien een houten fundering aanwezig is, kan deze mogelijk gedurende drie weken (als de grondwaterstandverlaging 0.4m is) gedeeltelijk droog komen te staan. Een verlaging van 10-20 cm heeft waarschijnlijk weinig invloed op de fundering: de werkzaamheden vinden immers niet in het droge seizoen plaats. Er worden al maatregelen genomen om de grondwaterstandverlaging te minimaliseren zoals werken binnen stalen wanden en retournering in het eerste watervoerend pakket. Retournering in de klei en veen ondergrond is niet mogelijk.
- *Schade aan waterkeringen.*  
Er wordt deels in de beschermingszone van de waterkering langs de Angstel gegraven. Daar waar de WRK-leiding langs de kernzone loopt, is een keerwand in de waterkering aanwezig. De ontgraving heeft geen negatief effect op de keerwand (zie ref. 2). Bijna langs het gehele te vervangen tracé van de WRK is sprake van grondwaterstandverlaging in de beschermingszone dan wel kernzone van de waterkering (Bijlage 5). Hierdoor zijn theoretisch zettingen mogelijk ter plaatse van de waterkering. Het betreft hier echter geen belang van derden, want de waterkering is van Waternet zelf.
- *Opbarsten van de waterbodem bij retourbronnen.*  
De retourbronnen liggen dicht bij de watergang langs de A2. De waterbodem ligt op ongeveer NAP- 2.85 m (bron: AGV legger, code watergang langs A2 = 2501\_4238). Theoretisch bestaat er een gering risico dat de waterbodem al opbarst in de huidige situatie. De retourputten mogen



daarom niet naast een watergang staan en er dient uitgebreid te worden gemonitord. De retourbronnen 8 en 9 staan eigenlijk te dicht bij oppervlaktewater. Hier is echter geen stijghoogteverhoging berekend.

- *Optrekken van het zoet/zout grensvlak.*

Het brak-zout grensvlak ligt op circa. NAP-100m (bron: <https://www.grondwatertools.nl/zoet-en-zout-grondwater>), het zoet-brak-grensvlak wat ondieper. De maximale stijghoogteverlaging in het eerste watervoerend pakket op ca. NAP- 20m is ca. 0.5 m gedurende 9 weken. Dit treedt op bij werkzaamheden aan de buizen 65-73. Vervangen van de andere buizen veroorzaakt een geringere verlaging die ook per locatie minder lang duurt. Het effect op het zoet-zout- en brak-zout-grensvlak is nihil. Eventuele verplaatsing zal zich herstellen na afloop van de werkzaamheden.

## 4.2 Monitoring

Volgt nog....

## 5 Conclusies en aanbevelingen

### 5.1 Conclusies

In de periode week 10 t/m week 25 2020 worden op zes plaatsen buizen van de WRKII leiding vervangen. Er liggen twee WRK leidingen naast elkaar, beiden op particulier terrein. Eerst gaat de Oostleiding uit bedrijf en worden buizen 8-9, 35 en 11 vervangen. Daarna worden de buizen uit de Westleiding vervangen te weten 29, 65-73 en 8. Er wordt binnen stalen wanden ontgraven. Op alle locaties is een spanningsbemaling nodig. Het totale tracé waar aan gewerkt wordt is ca. 550m lang.

Het berekende totale freatische debiet bedraagt ca. 770 m<sup>3</sup>. Omdat voornamelijk in veen en klei wordt gegraven is het freatische debiet gering.

De totale hoeveelheid te onttrekken spanningswater is ca. 122230 m<sup>3</sup>. Er is rekening gehouden met retournering van 53% van dit water. De rest wordt geloosd op oppervlaktewater. Zowel het ondiepe als diepe grondwater is ijzerrijk en dient ontijzerd te worden vóór lozing. Voor het freatische grondwater is tevens een zandvang nodig om het gehalte onopgeloste bestanddelen te reduceren. Het hoge ijzergehalte is ook een aandachtspunt bij de retournering van het bemalingswater in het eerste watervoerend pakket.

De grondwaterstandverlaging kan leiden tot zetting van de ondergrond. De meeste zetting zal echter al zijn opgetreden bij de aanleg van de huidige WRK-leiding. Eventuele schade door de ontgraving is geregeld per zakelijk recht.

Binnen het invloedsgebied van de bemaling bevinden zich enkele gebouwen. Het funderingstype van de bebouwing is niet bekend. De maximale berekende grondwaterstandverlaging is 0.4 m (gedurende 3 weken). Eventuele zetting is in het verleden al opgetreden bij aanleg van de WRK leiding. Indien houten palen aanwezig zijn, kunnen deze mogelijk ca. drie weken deels droog vallen. Er wordt al binnen stalen wanden gewerkt om de grondwatereffecten zo gering mogelijk te houden. Retournering in de klei en veen bodem is niet mogelijk.

Twee locaties liggen vlak naast de kernzone van de waterkering van de rivier de Angstel. Hier is een keermuur aanwezig. De stabiliteit van de keermuur wordt niet negatief beïnvloed. Over een groot deel van het tracé is sprake van grondwaterstandverlaging in de beschermingszone en kernzone van de waterkering. Hierdoor kunnen zettingen optreden. Het betreft hier echter niet het belang van derden: de waterkering is aan asset van Waternet.

In de huidige situatie bestaat een geringe kans dat de waterbodem opbarst. De retournering mag derhalve niet leiden tot een verhoging van de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket boven de natuurlijk hoogste waarde.

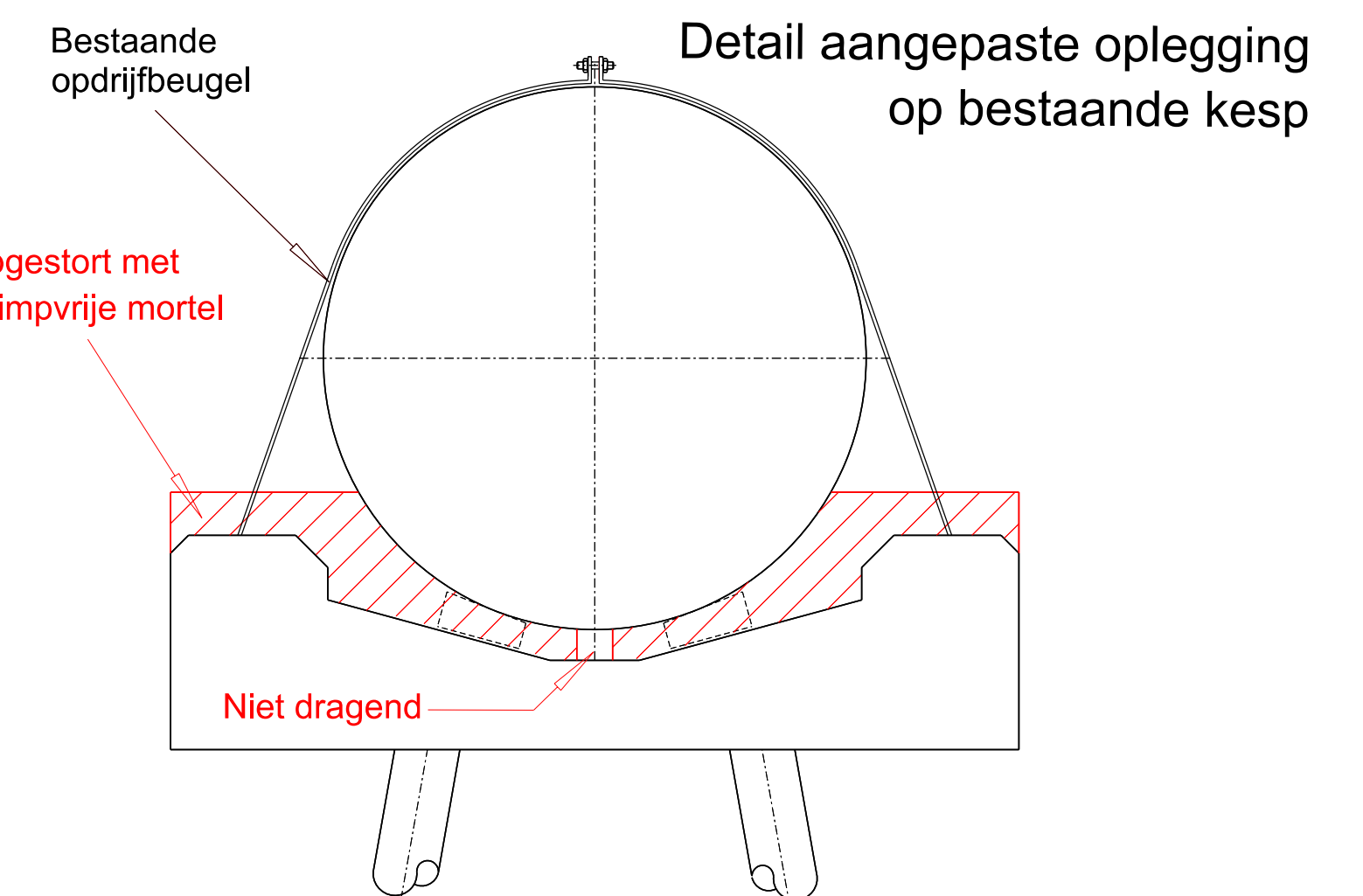
### 5.2 Aanbevelingen

- Er is kans op opbarsten van de waterbodem. Aanbevolen wordt de retourputten op minimaal 20 m van een watergang te plaatsen en zowel bij de retourbronnen als de watergangen de stijghoogte te monitoren. Omdat geen GHG bekend is, dient de in november gemeten stijghoogte (zie Tabel 2-3) als actiewaarde aangehouden te worden. De monitoringpeilbuizen in

het eerste watervoerend pakket dienen met telemetrie met alarmering te worden uitgerust.

- Om het risico op opbarsten verder te reduceren wordt aanbevolen twee dagen na de start van de bemaling pas te starten met retourneren. De stijghoogte is dan al verlaagd.
- De aannemer is in principe vrij de volgorde van de bemalingen te bepalen met dien verstande dat de buizen in de Oostleiding in weken 10 t/m 15 en de buizen in de Westleiding in de weken 16 t/m 25 vervangen dienen te worden. Aanbevolen wordt maximaal twee locaties tegelijkertijd te bemalen en niet drie om de effecten te minimaliseren.

## Bijlage 1 Locatie te vervangen buizen WRK II leiding



The diagram shows a horizontal assembly of four segments labeled a, b, c, and d. Segment 'a' is a rectangular block on the left. Segment 'b' is a long cylindrical tube in the middle, indicated by a break symbol (two parallel diagonal lines). Segment 'c' is a rectangular block on the right. Segment 'd' is a vertical rod passing through the center of segment 'b'. The entire assembly is supported by a blue frame on the left and right. Red lines outline the segments, and a dashed blue line runs horizontally through the center.

| Leiding     | Buis-<br>nr(s).  | Afstand (m)            | vanuit ♡<br>mangat |
|-------------|------------------|------------------------|--------------------|
| <b>oost</b> | <b>08 en 09</b>  | <b>36,90 - 48,90</b>   | <b>106</b>         |
| <b>oost</b> | <b>35</b>        | <b>198,90 - 204,90</b> | <b>106</b>         |
| <b>oost</b> | <b>11</b>        | <b>54,90 - 60,90</b>   | <b>108</b>         |
| <b>west</b> | <b>29</b>        | <b>159,60 - 165,70</b> | <b>105</b>         |
| <b>west</b> | <b>65 t/m 73</b> | <b>377,60 - 432,00</b> | <b>105</b>         |
| <b>west</b> | <b>08</b>        | <b>36,90 - 44,90</b>   | <b>107</b>         |

Let op: de meting van hart mangat naar zijkant mangat wordt op de meetlijsten aangeduid als "buis1".  
De op het mangat aangesloten eerste buis krijgt hierdoor het nummer 2.

|                    |      |                 |            |                |         |                          |                 |                  |      |
|--------------------|------|-----------------|------------|----------------|---------|--------------------------|-----------------|------------------|------|
| WIJZ.              | D.D. | OMSCHRIJVING    | GET.       | GEC.           | WIJZ.   | D.D.                     | OMSCHRIJVING    | GET.             | GEC. |
| -                  |      |                 |            |                | -       |                          |                 |                  |      |
| -                  |      |                 |            |                | -       |                          |                 |                  |      |
| -                  |      |                 |            |                | -       |                          |                 |                  |      |
| -                  |      |                 |            |                | -       |                          |                 |                  |      |
| -                  |      |                 |            |                | -       |                          |                 |                  |      |
| -                  |      |                 |            |                | -       |                          |                 |                  |      |
| Getekend:          |      | Par.            | Datum:     | Projectleider: | Par.    | Gecontroleerd:           | Par.            | Status tekening: |      |
| Ham, Ron van       |      |                 | 2019-08-14 |                |         | Operationeel Assetbeheer |                 |                  |      |
| Opdrachtgever:     |      | Project nummer: |            | Formaat:       | Schaal: | Datum uitgifte           | Tekeningnummer: | Bladnr           |      |
| Gemeente Amsterdam |      |                 |            | A1             | 1:1500  |                          | 2019-97362      |                  |      |

Vervanging draadbreekbuizen WRK II Oukoop

Drinkwater

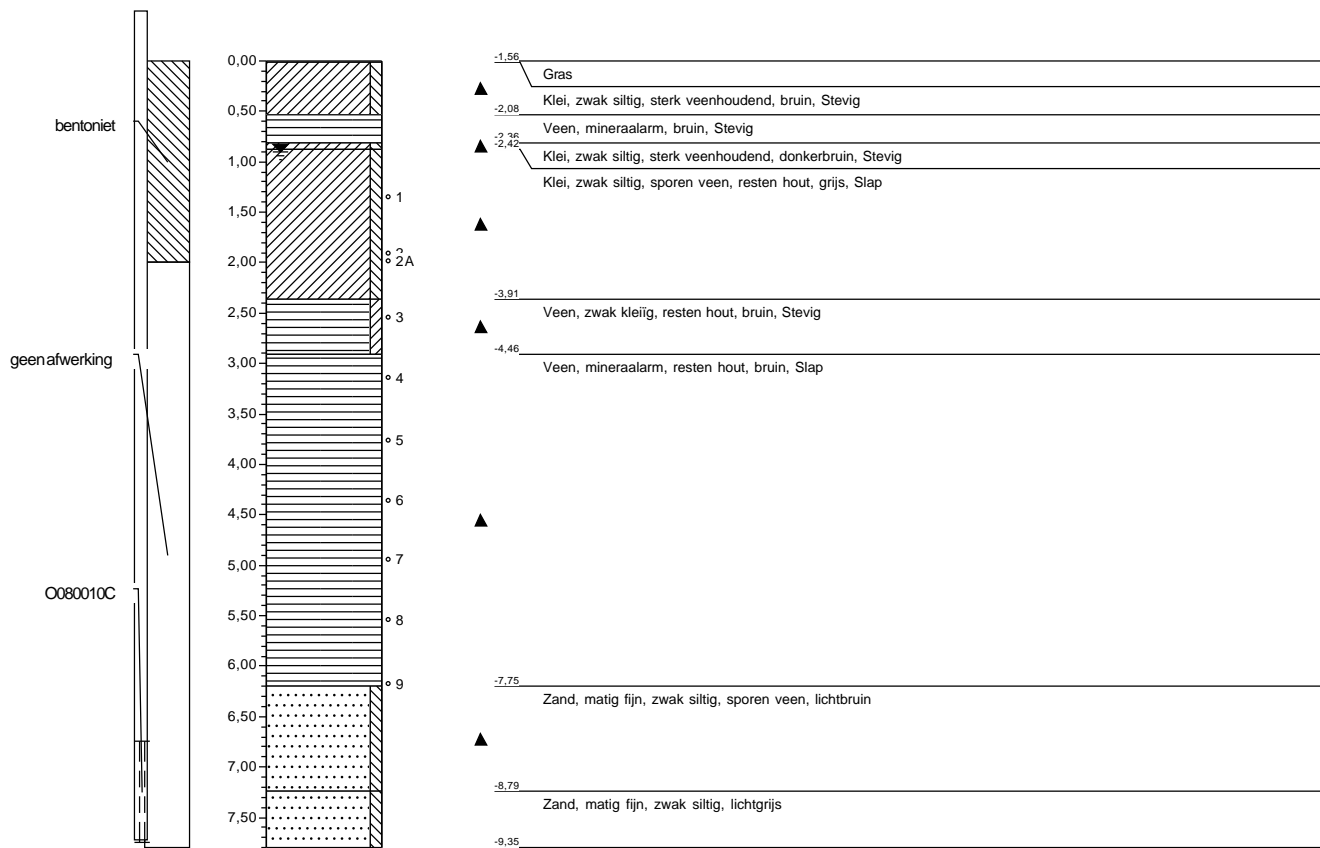
## Bijlage 2 Boorbeschrijvingen

# O08-10

Type boring: Ackermannboring  
Datum uitvoering: 20-11-2019

X-coördinaat: 127689,40  
Y-coördinaat: 469142,38

Maaiveld (m t.o.v. N.A.P.): -1,552  
Referentievlak: N.A.P.

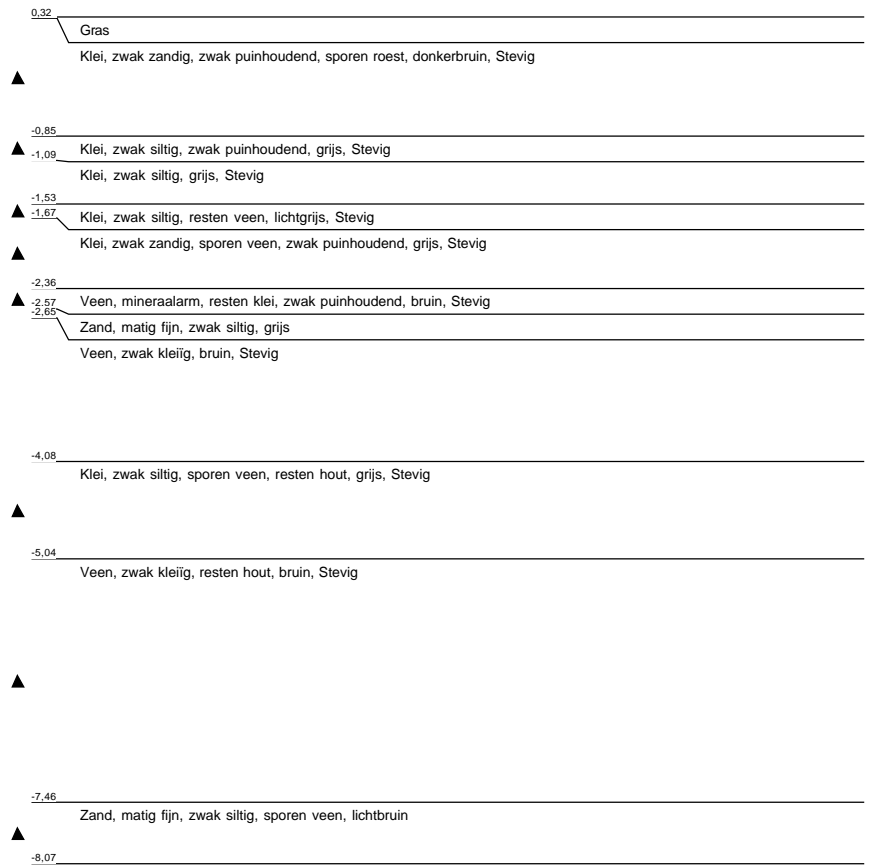
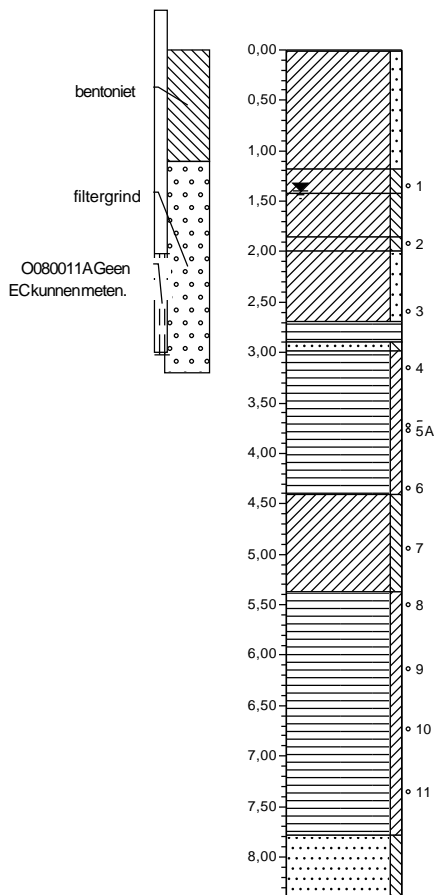


# O08-11

Type boring: Ackermannboring  
Datum uitvoering: 18-11-2019

X-coördinaat: 127700,53  
Y-coördinaat: 468865,88

Maaiveld (m t.o.v. N.A.P.): 0,331  
Referentievlak: N.A.P.



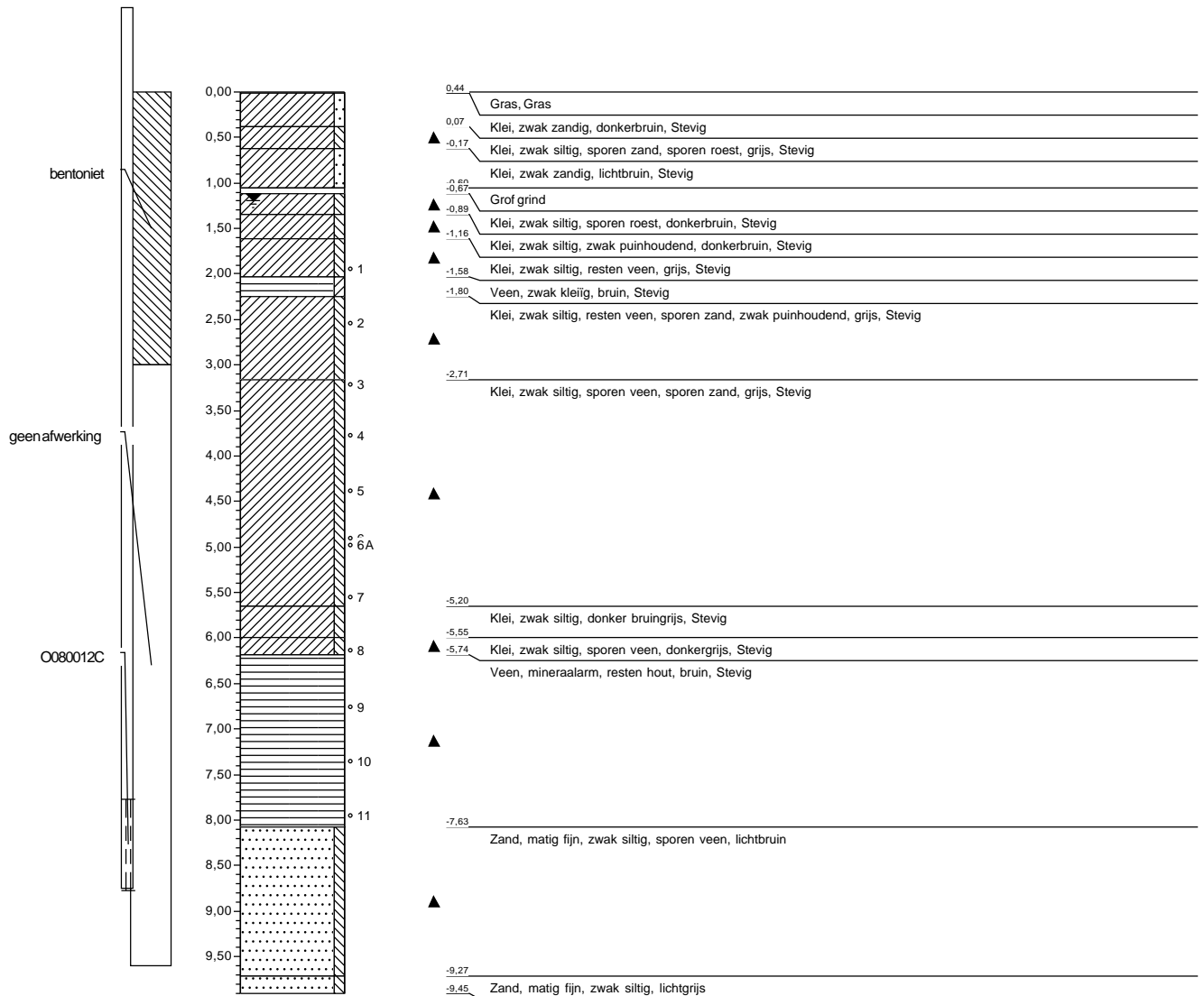


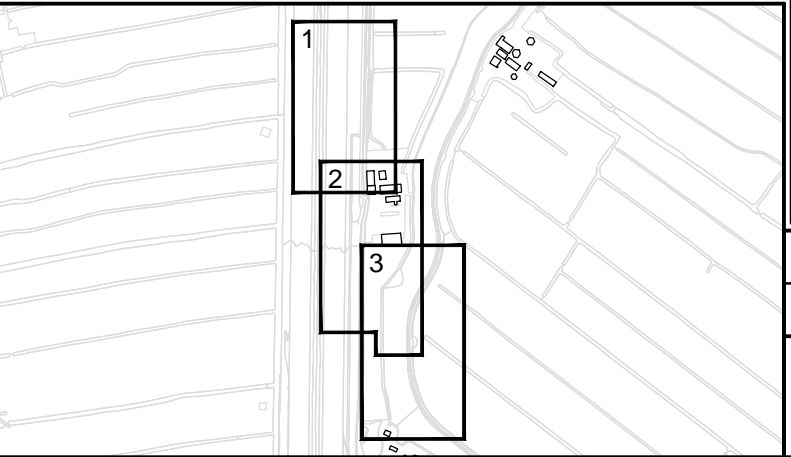
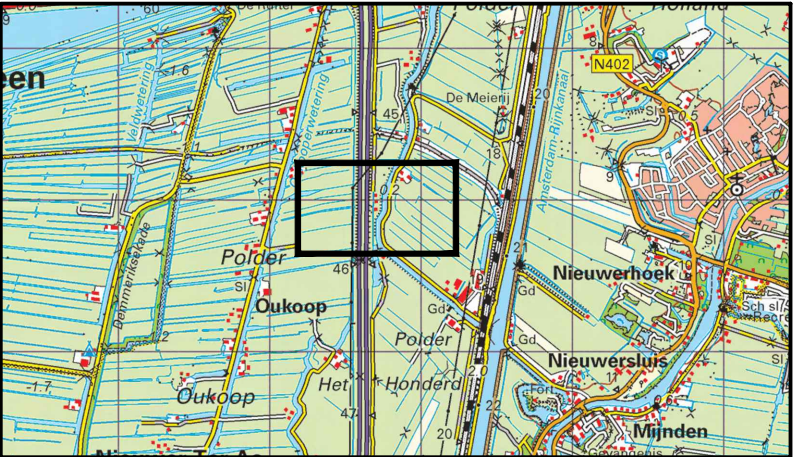
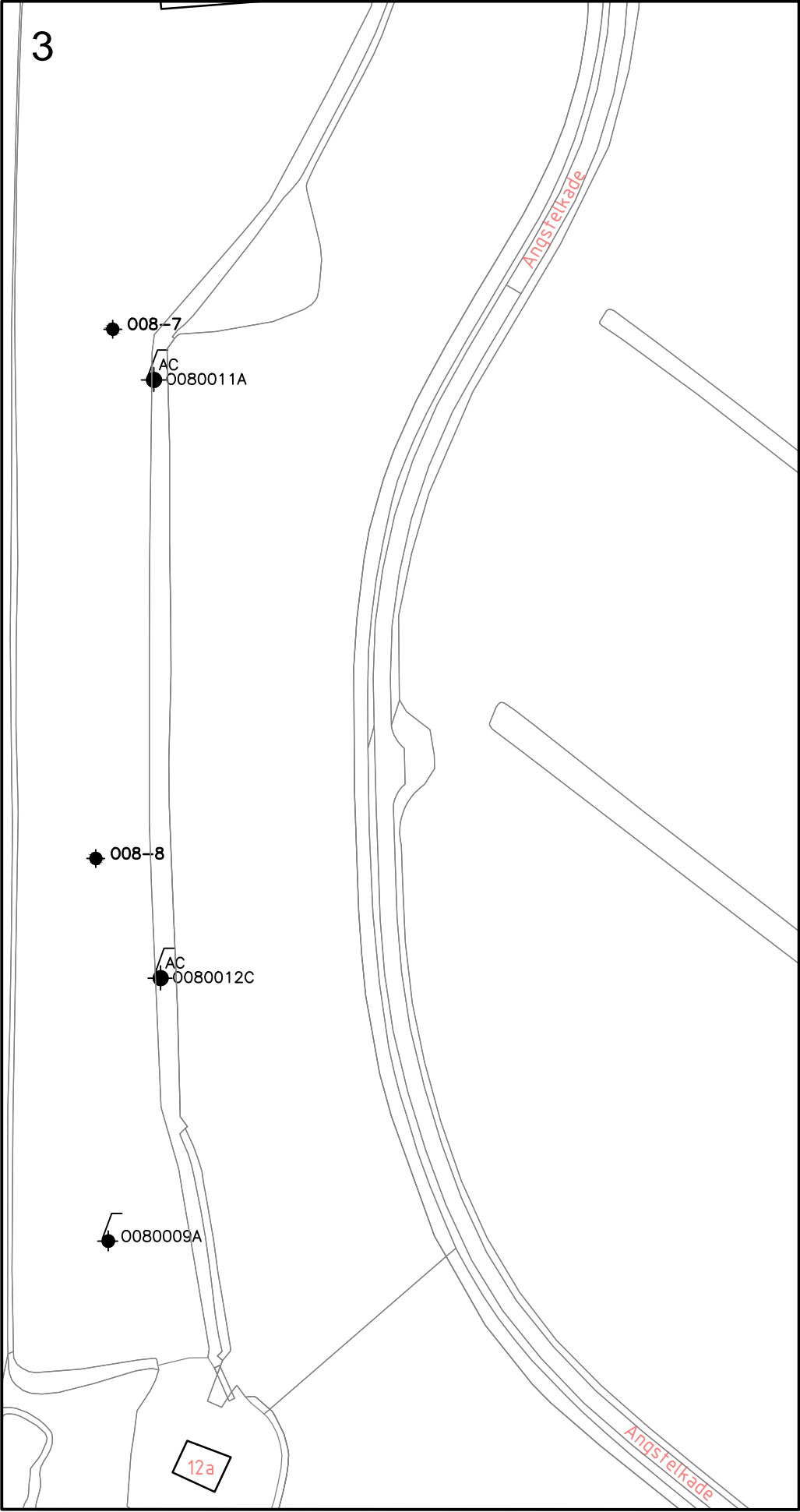
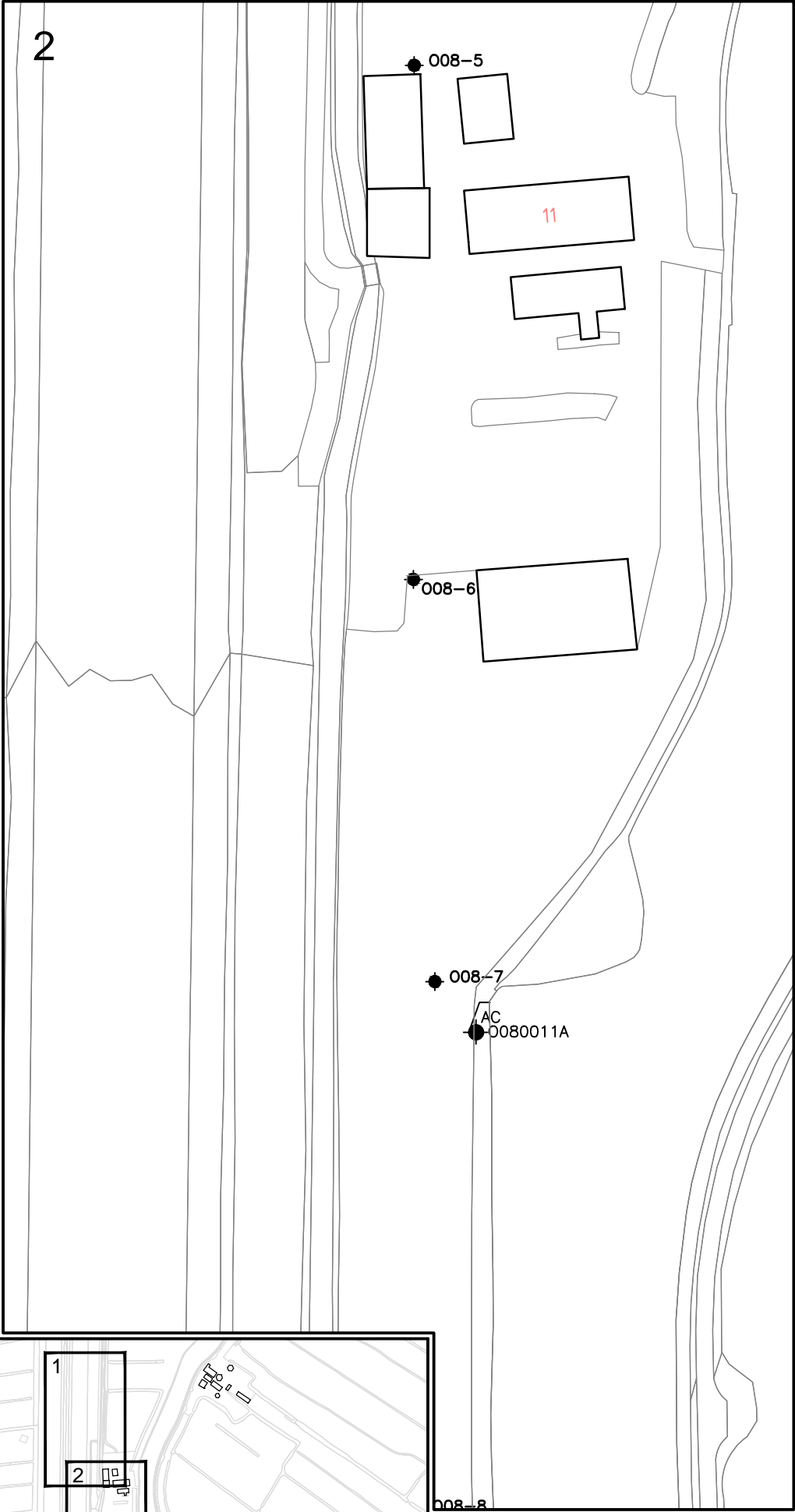
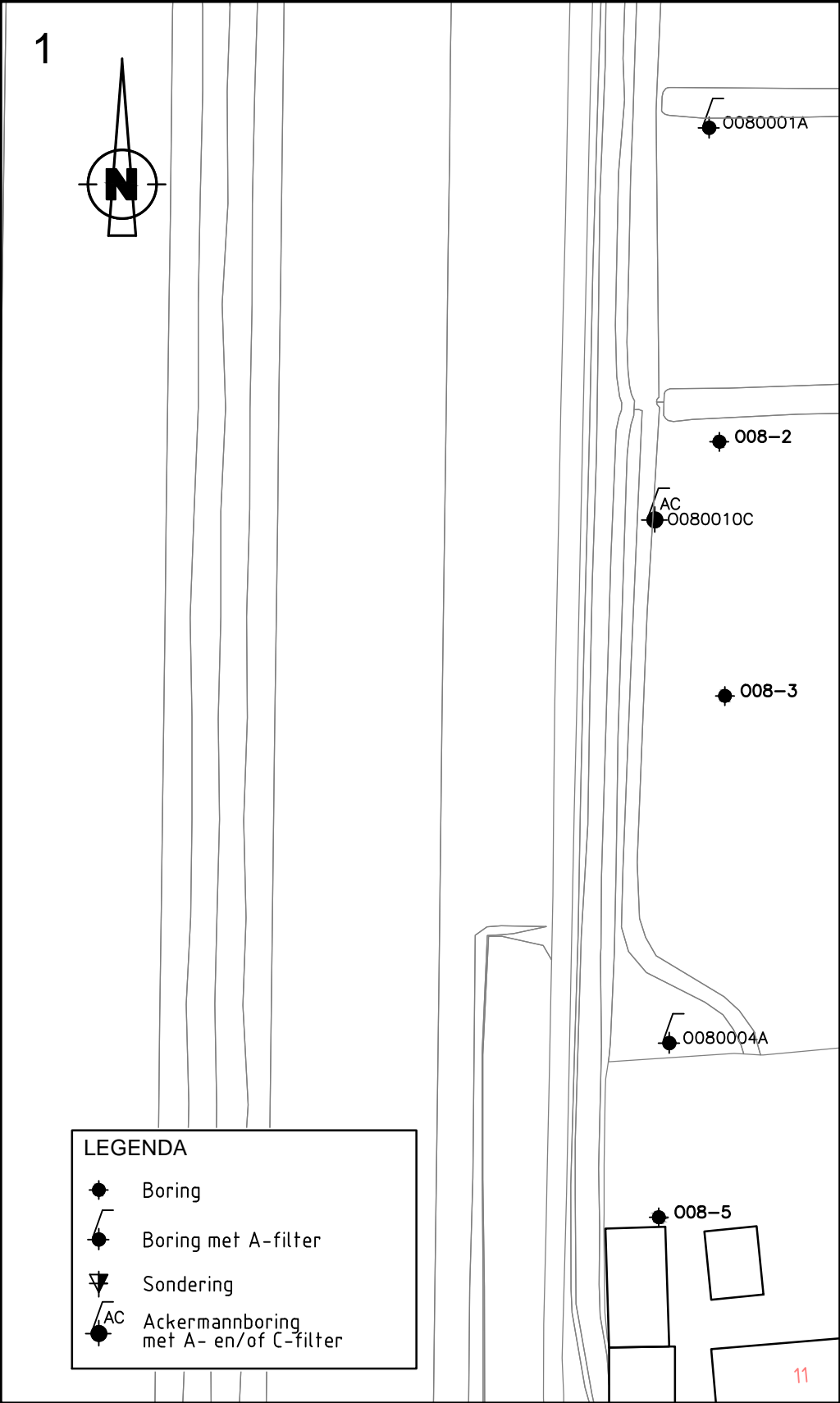
# O08-12


Type boring: Ackermannboring  
Datum uitvoering: 19-11-2019

X-coördinaat: 127701,66  
Y-coördinaat: 468764,35

Maaiveld (m t.o.v. N.A.P.): 0,452  
Referentievlak: N.A.P.





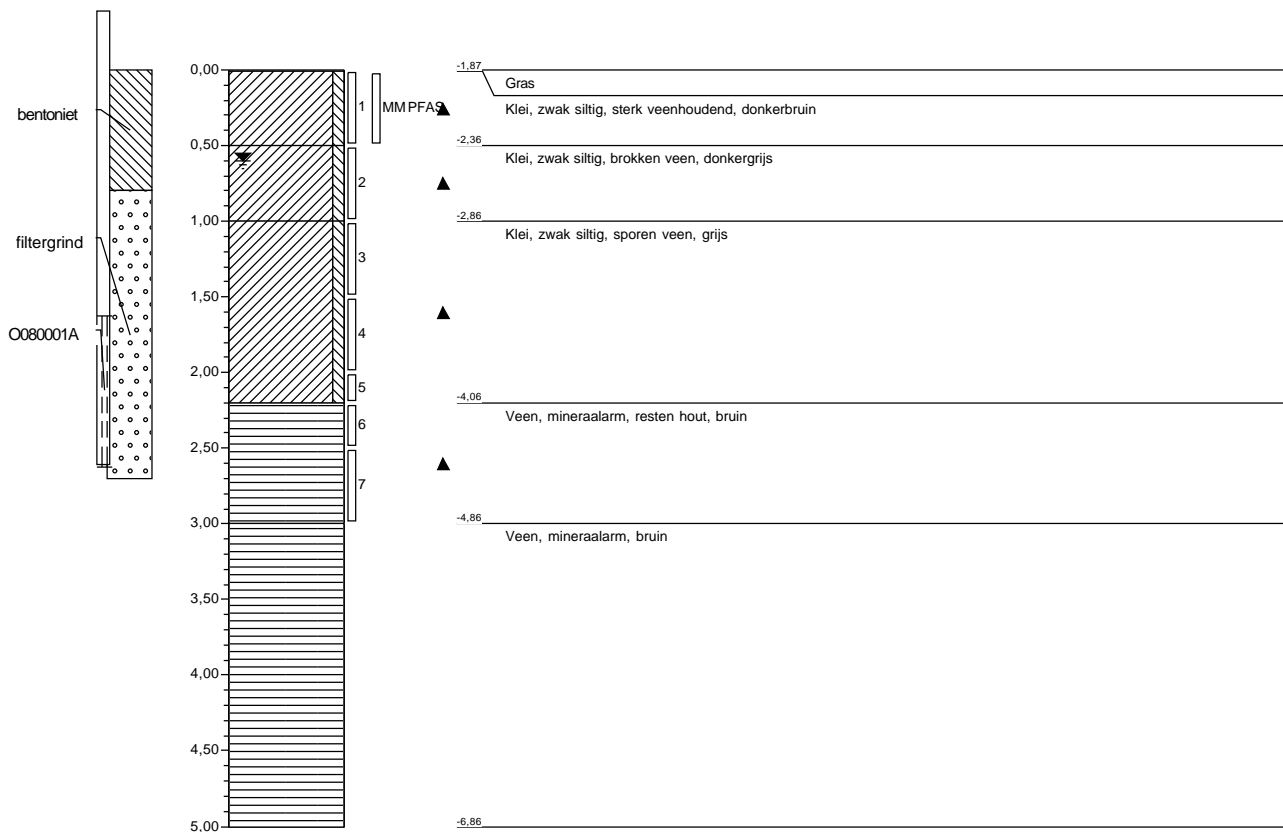
|   |                               |                                     |                |   |                                    |                              |                     |
|---|-------------------------------|-------------------------------------|----------------|---|------------------------------------|------------------------------|---------------------|
| Getekend:<br>P.Th. Carrière                         | Datum:<br>29-11-2019          | Projectleider:<br>P.R. van der Werf |                | Gecontroleerd:<br>G.J. in 't Veld   |                                    | Status:<br><b>DEFINITIEF</b> |                     |
| Opdrachtgever:<br>Leidingwerken                     | Projectnummer:<br>01.2010-001 | Besteknr.                           | Formaat:<br>A3 | Schaal:<br>1:1000   | Documentsoort:<br>Situatietekening | Tekeningnr.                  | Bladnr.<br><b>1</b> |
| Project: <b>WRK II Oukoop</b>                       |                               |                                     |                | <div><b>Sector TOP</b></div> <div>Onderzoek &amp; Advies</div> <div><b>waternet</b><br/>waterschap amstel gooi en vecht<br/>gemeente amsterdam</div> |                                    |                              |                     |
| Onderwerp: <b>Situering boringen en sonderingen</b> |                               |                                     |                |   |                                    |                              |                     |
|   |                               |                                     |                | Korte Ouderkerkdijk 7<br>1096 AC Amsterdam<br>tel. 0900-9394  |                                    |                              |                     |

# O08-1

Type boring: Handboring  
Datum uitvoering: 22-11-2019

X-coördinaat: 127698,16  
Y-coördinaat: 469205,58

Maaiveld (m t.o.v. N.A.P.): -1,857  
Referentievlak: N.A.P.

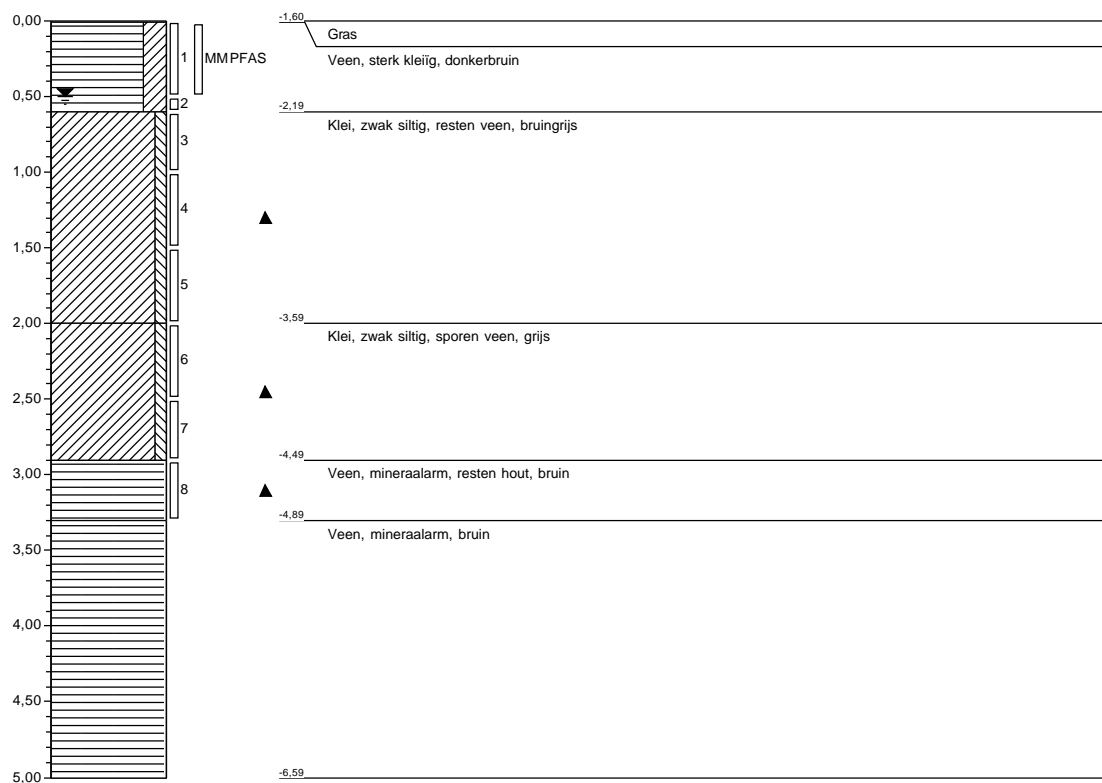


# O08-2

Type boring: Handboring  
Datum uitvoering: 21-11-2019

X-coördinaat: 127699,79  
Y-coördinaat: 469154,99

Maaiveld (m t.o.v. N.A.P.): -1,594  
Referentievlak: N.A.P.

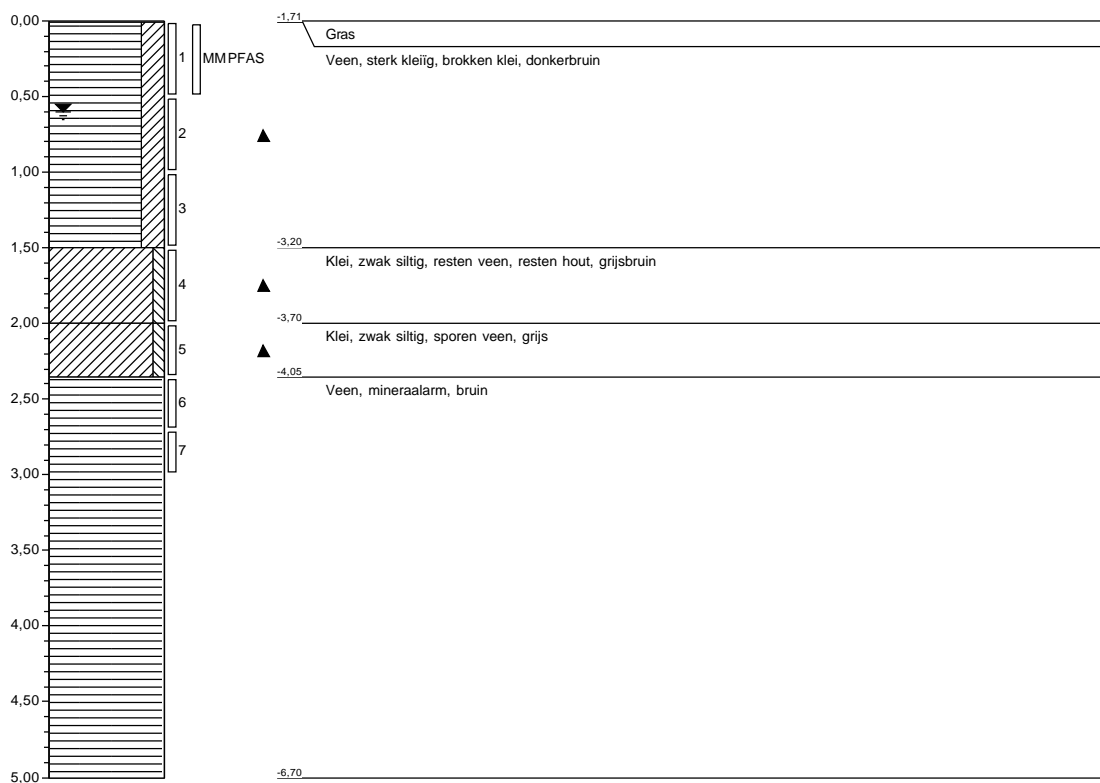


# O08-3

Type boring: Handboring  
Datum uitvoering: 21-11-2019

X-coördinaat: 127700,71  
Y-coördinaat: 469114,02

Maaiveld (m t.o.v. N.A.P.): -1,699  
Referentievlak: N.A.P.

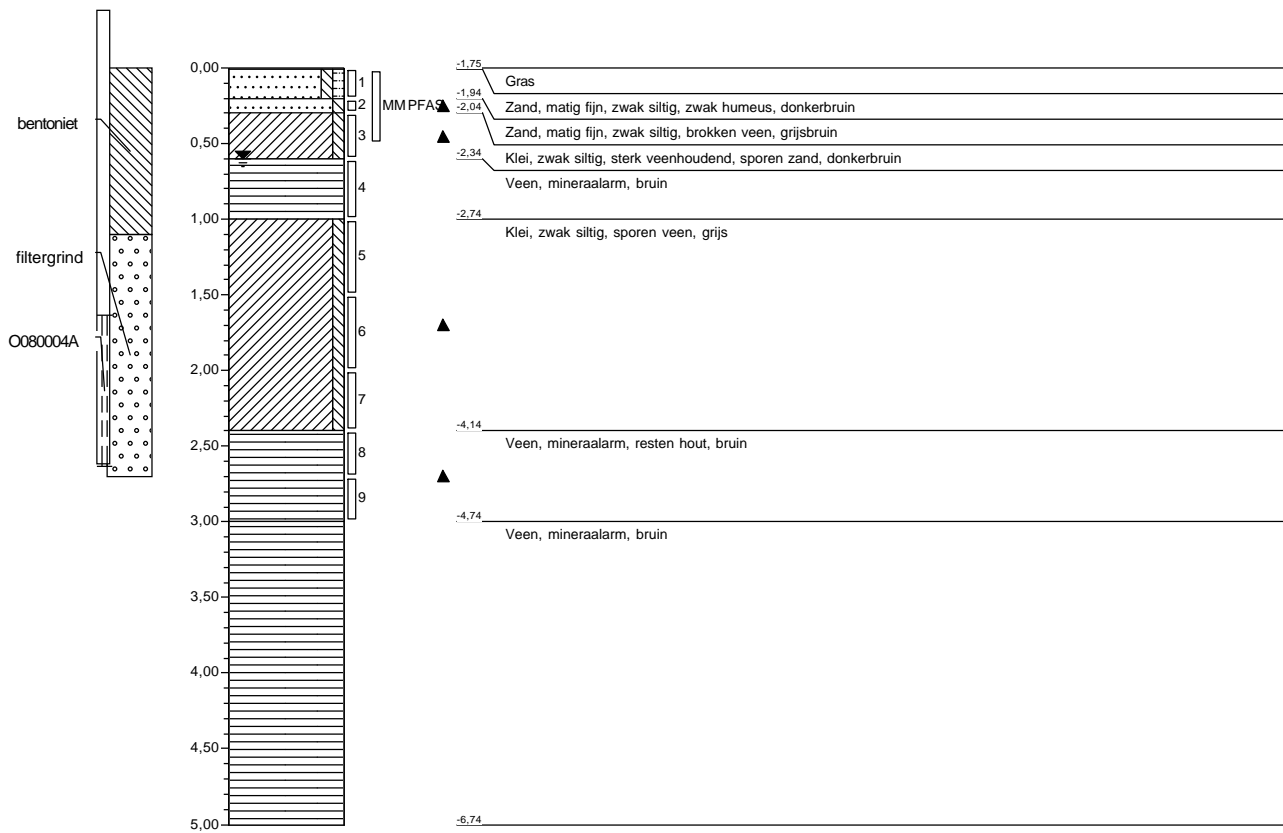


# O08-4

Type boring: Handboring  
Datum uitvoering: 22-11-2019

X-coördinaat: 127691,73  
Y-coördinaat: 469058,06

Maaiveld (m t.o.v. N.A.P.): -1,742  
Referentievlak: N.A.P.

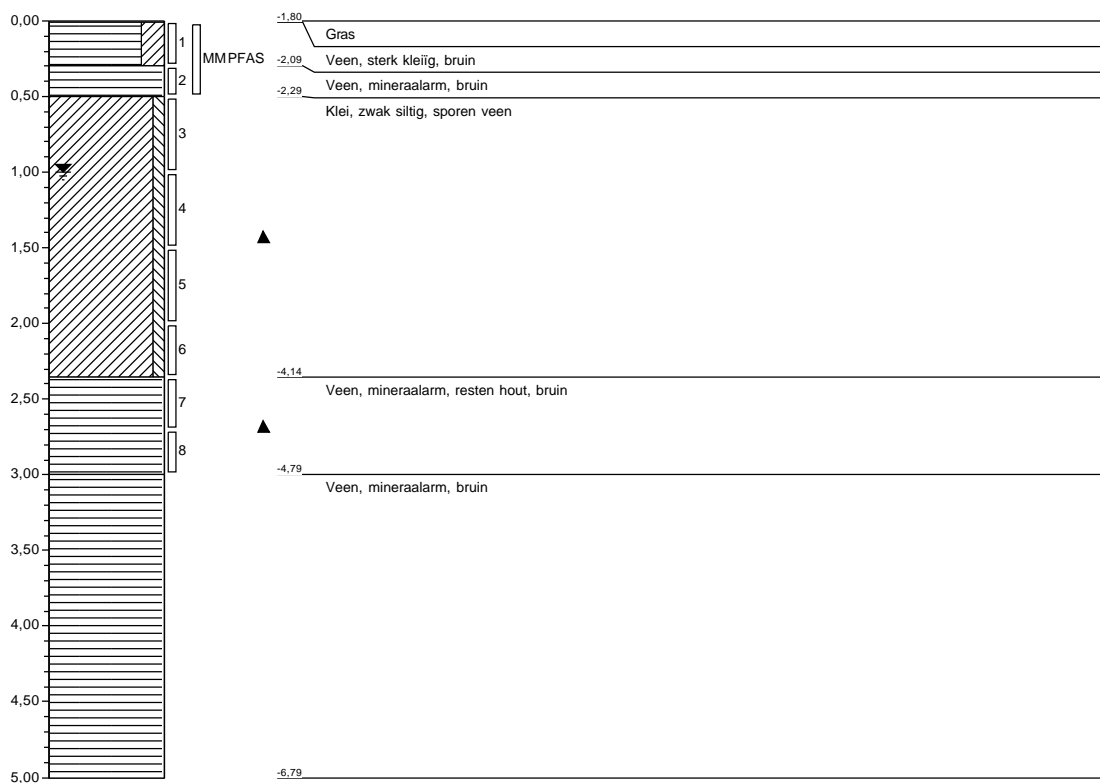


# O08-5

Type boring: Handboring  
Datum uitvoering: 21-11-2019

X-coördinaat: 127690,05  
Y-coördinaat: 469029,98

Maaiveld (m t.o.v. N.A.P.): -1,789  
Referentievlak: N.A.P.

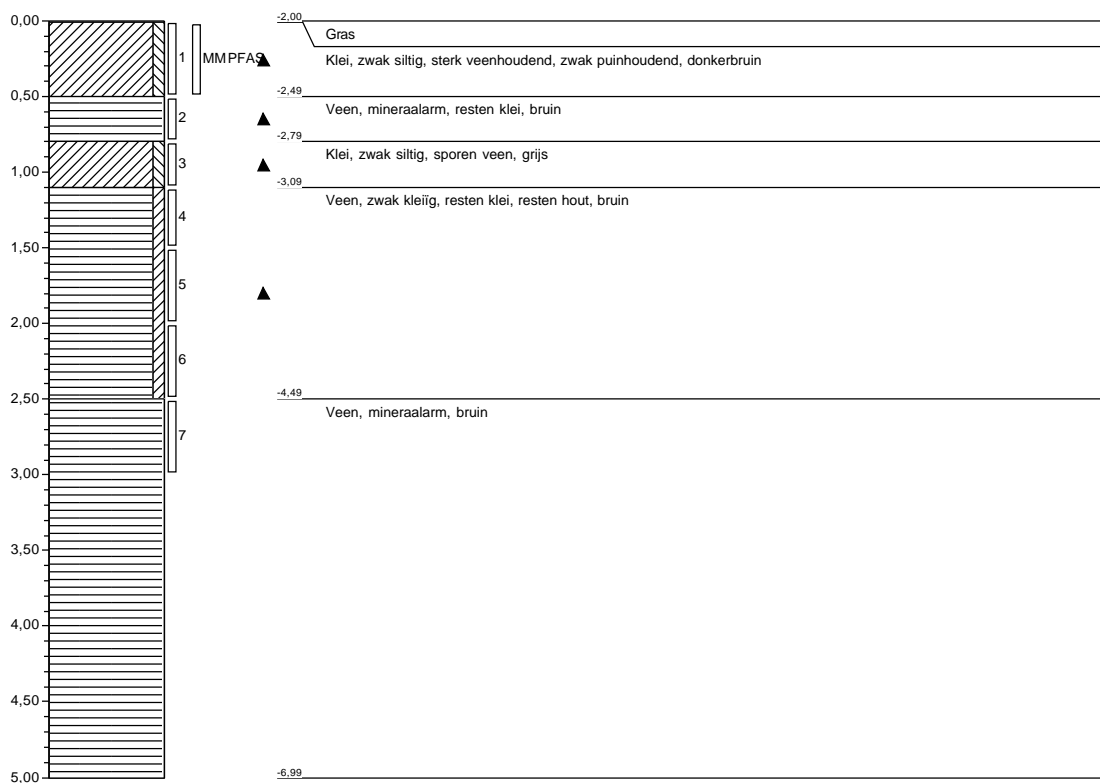


# O08-6

Type boring: Handboring  
Datum uitvoering: 18-11-2019

X-coördinaat: 127689,90  
Y-coördinaat: 468942,75

Maaiveld (m t.o.v. N.A.P.): -1,986  
Referentievlak: N.A.P.



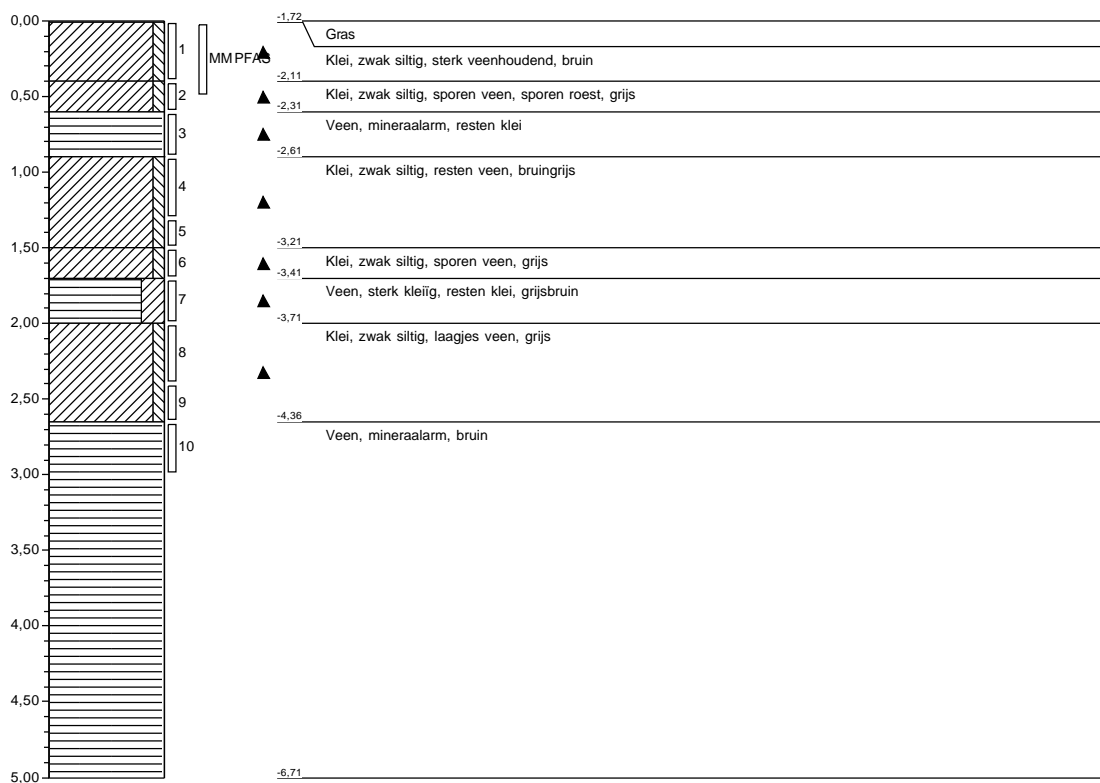


# O08-7

Type boring: Handboring  
Datum uitvoering: 14-11-2019

X-coördinaat: 127693,54  
Y-coördinaat: 468874,50

Maaiveld (m t.o.v. N.A.P.): -1,706  
Referentievlak: N.A.P.

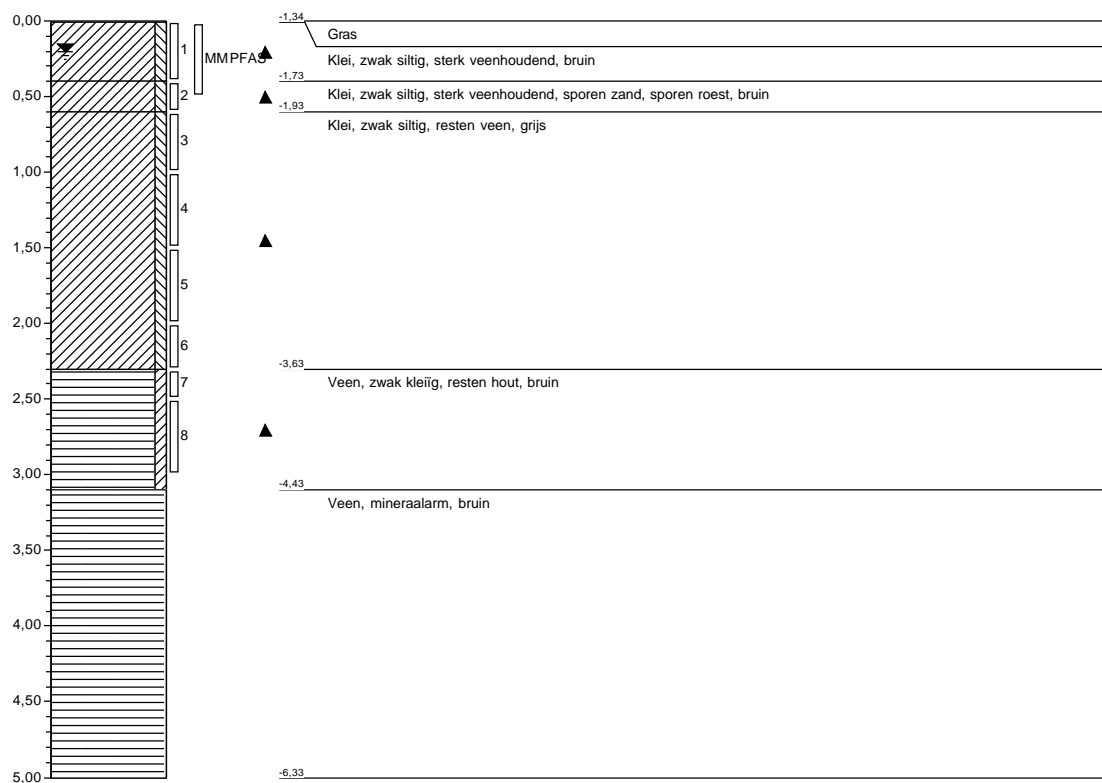


# O08-8

Type boring: Handboring  
Datum uitvoering: 14-11-2019

X-coördinaat: 127690,65  
Y-coördinaat: 468784,67

Maaiveld (m t.o.v. N.A.P.): -1,331  
Referentievlak: N.A.P.

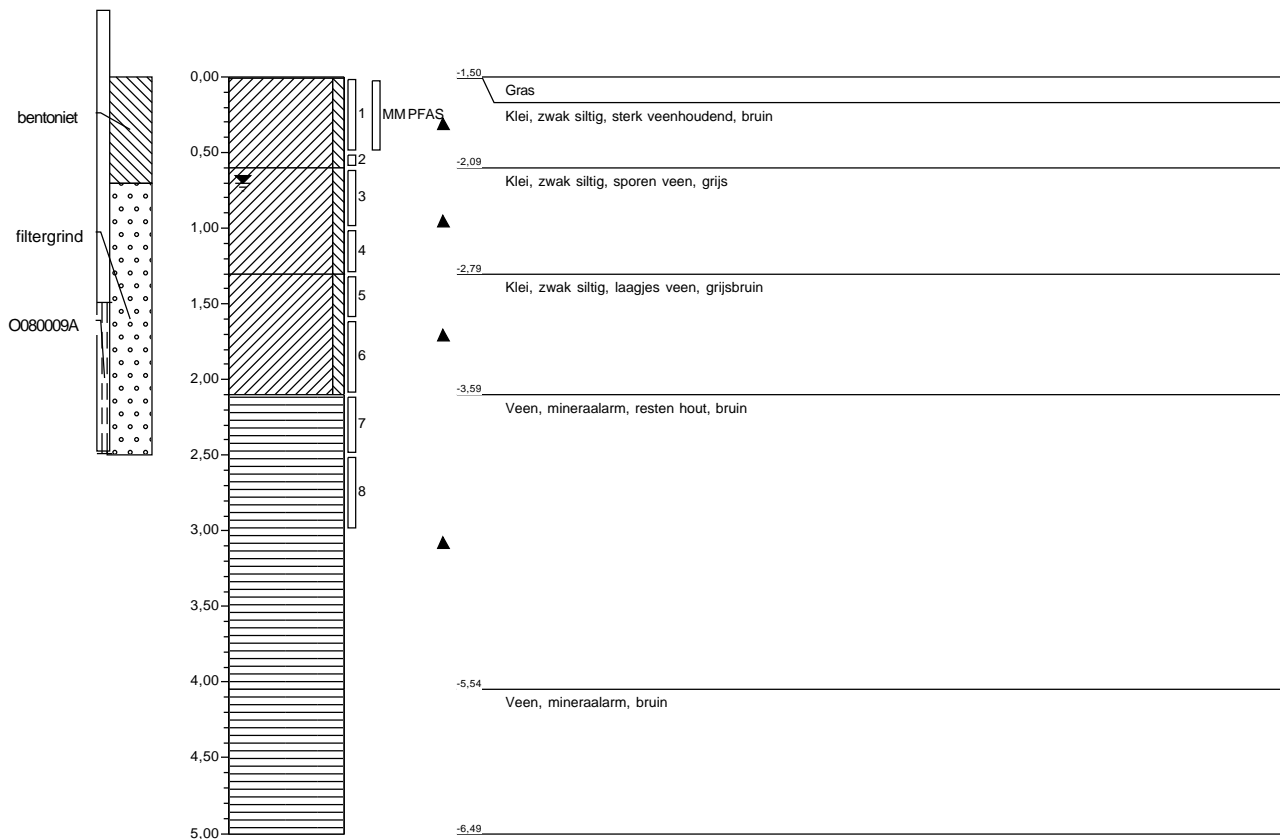


# O08-9

Type boring: Handboring  
Datum uitvoering: 14-11-2019

X-coördinaat: 127692,75  
Y-coördinaat: 468719,73

Maaiveld (m t.o.v. N.A.P.): -1,491  
Referentievlak: N.A.P.

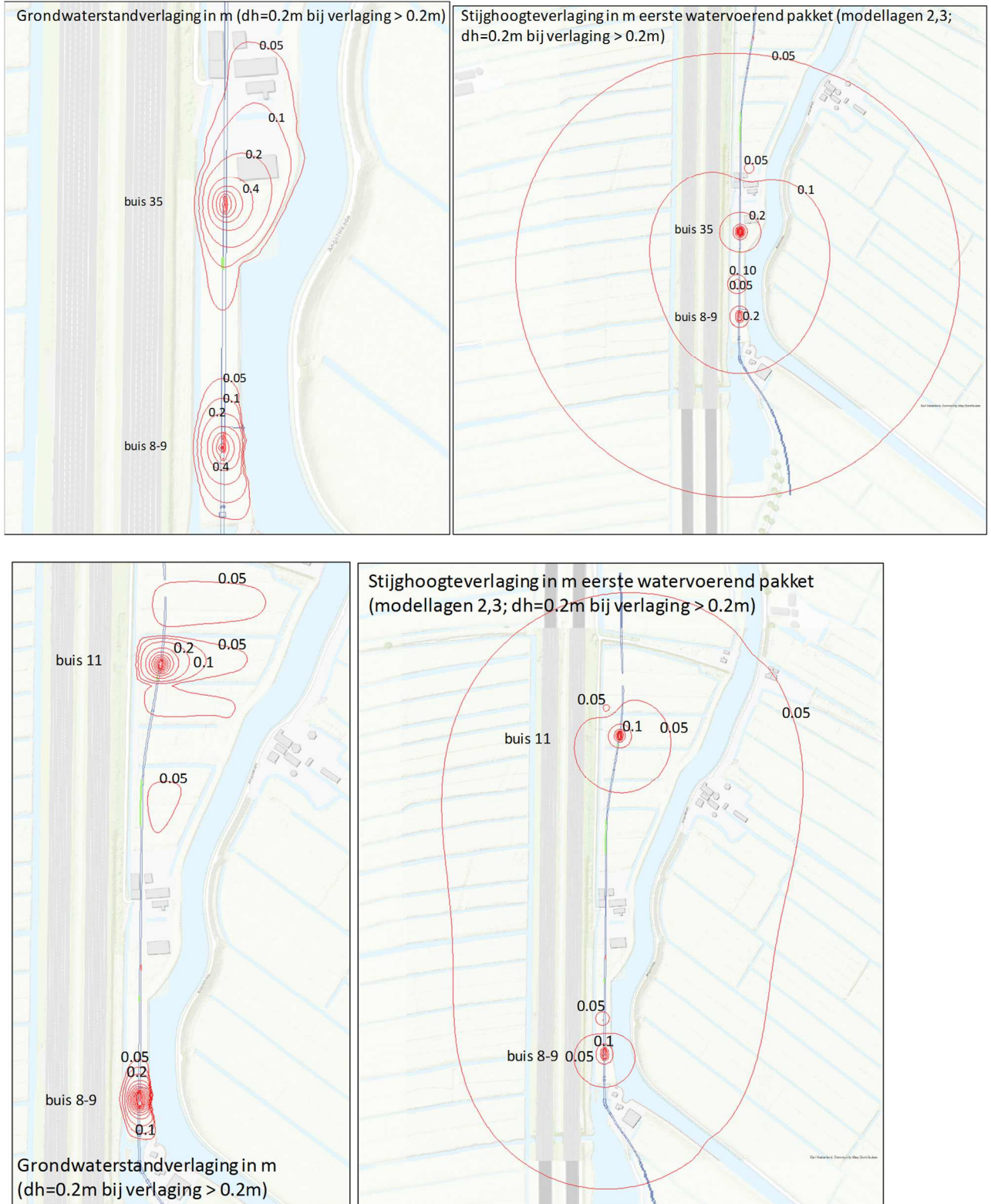


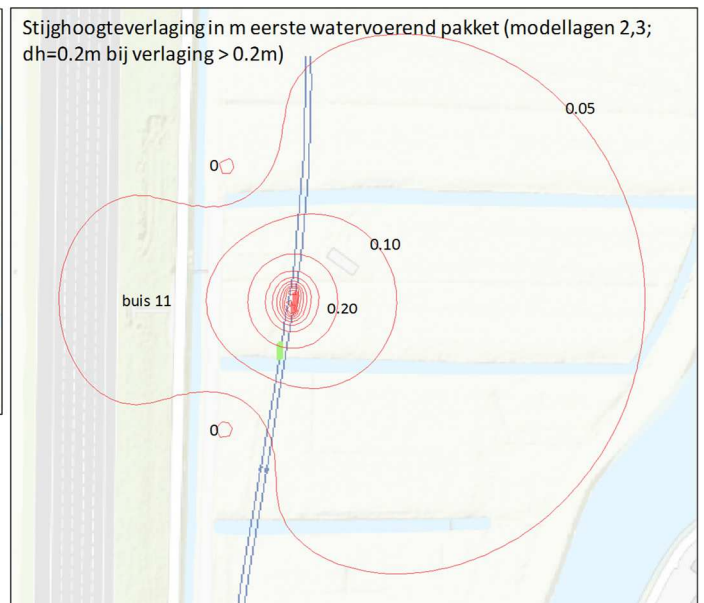
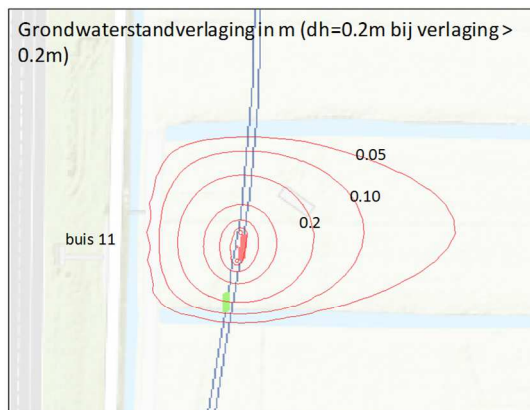
### Bijlage 3 Grondwatermodellering

.. volgt nog...

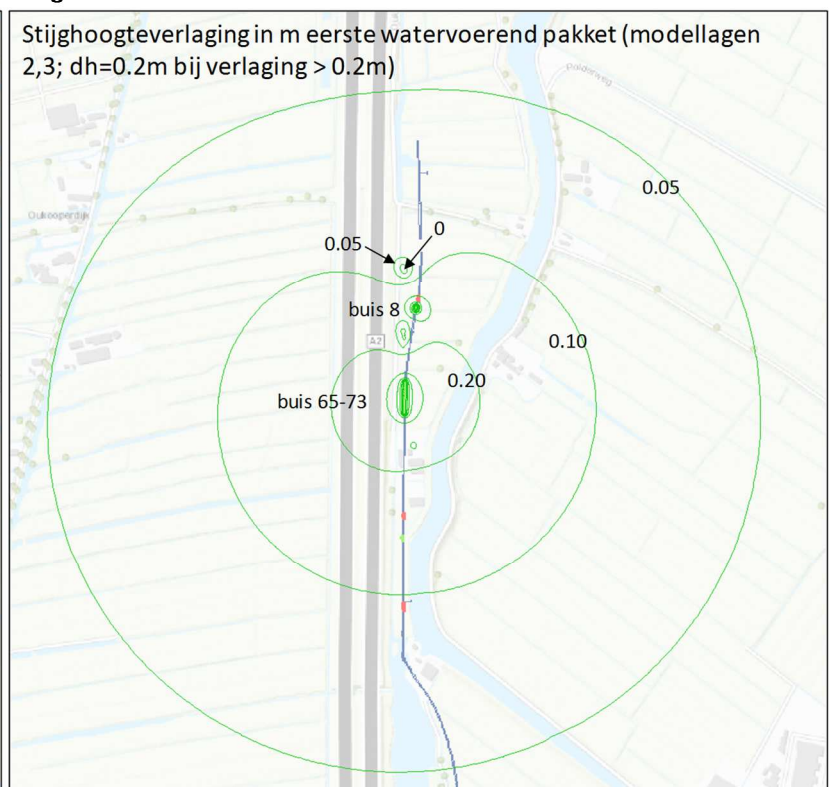
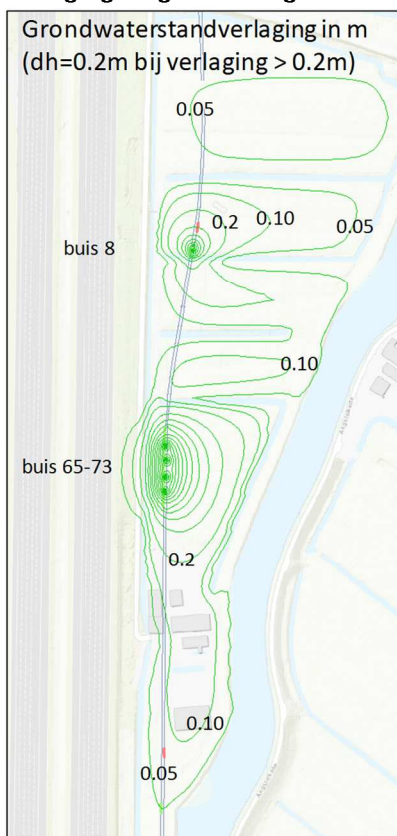
## Bijlage 4 Berekende veranderingen in grondwaterstand en stijghoogte

### Verlagingen tgv bemalingen Oostleiding

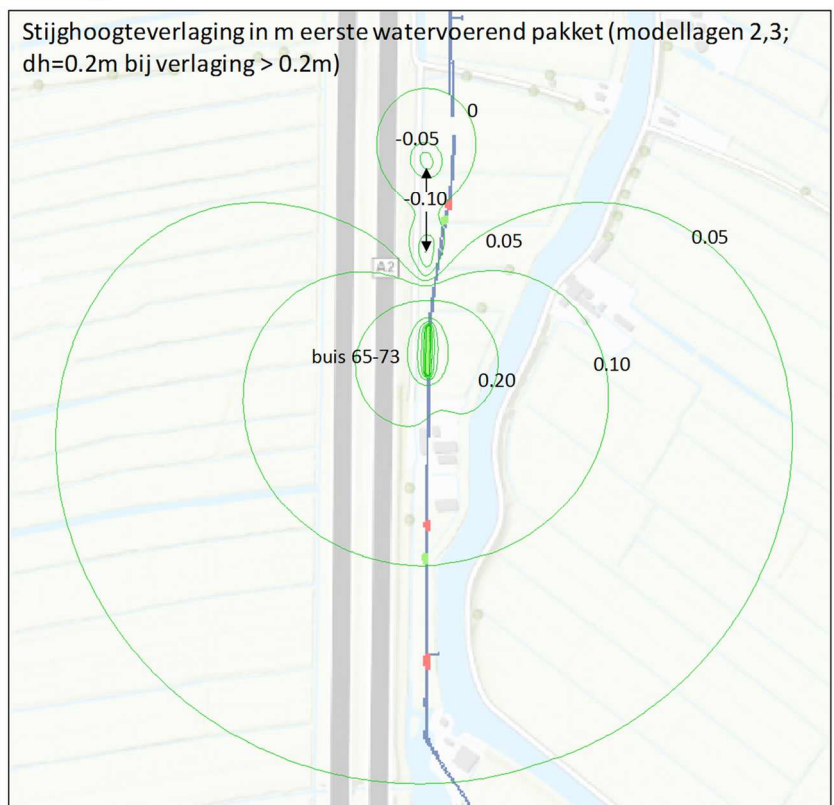
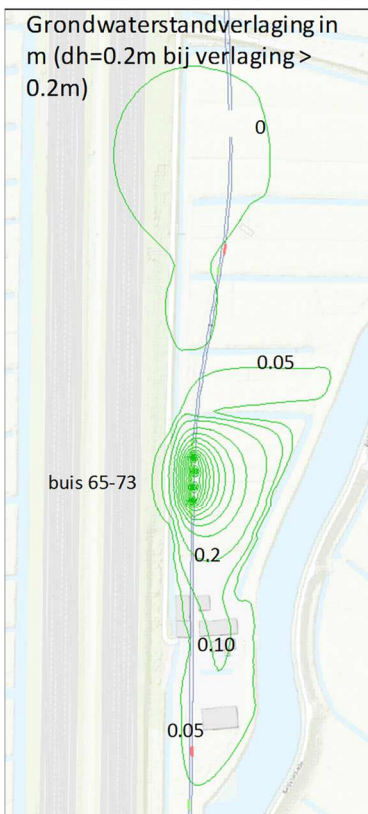
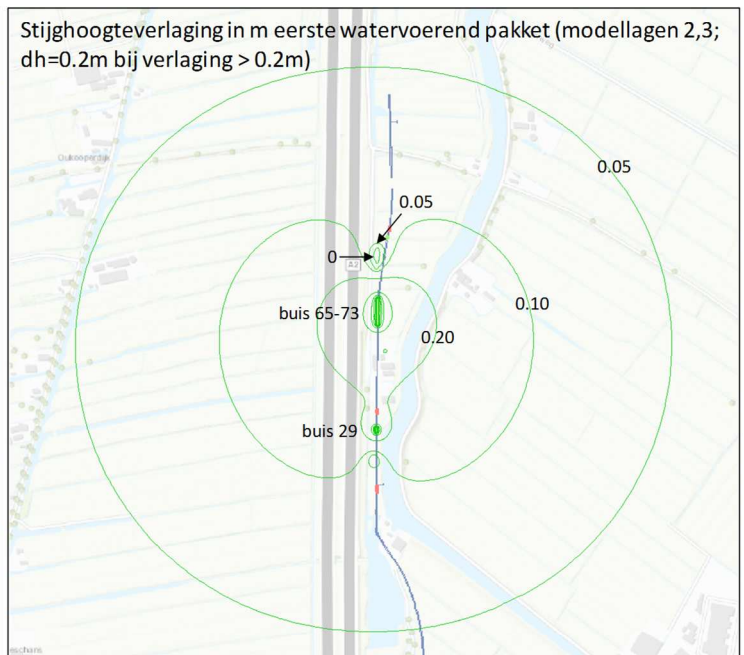
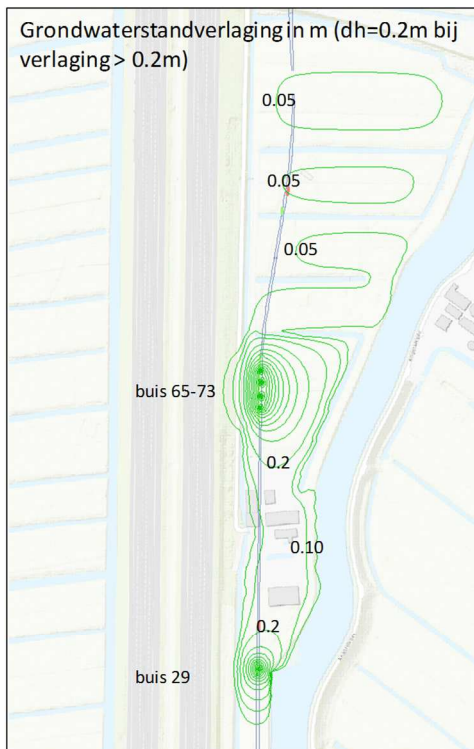




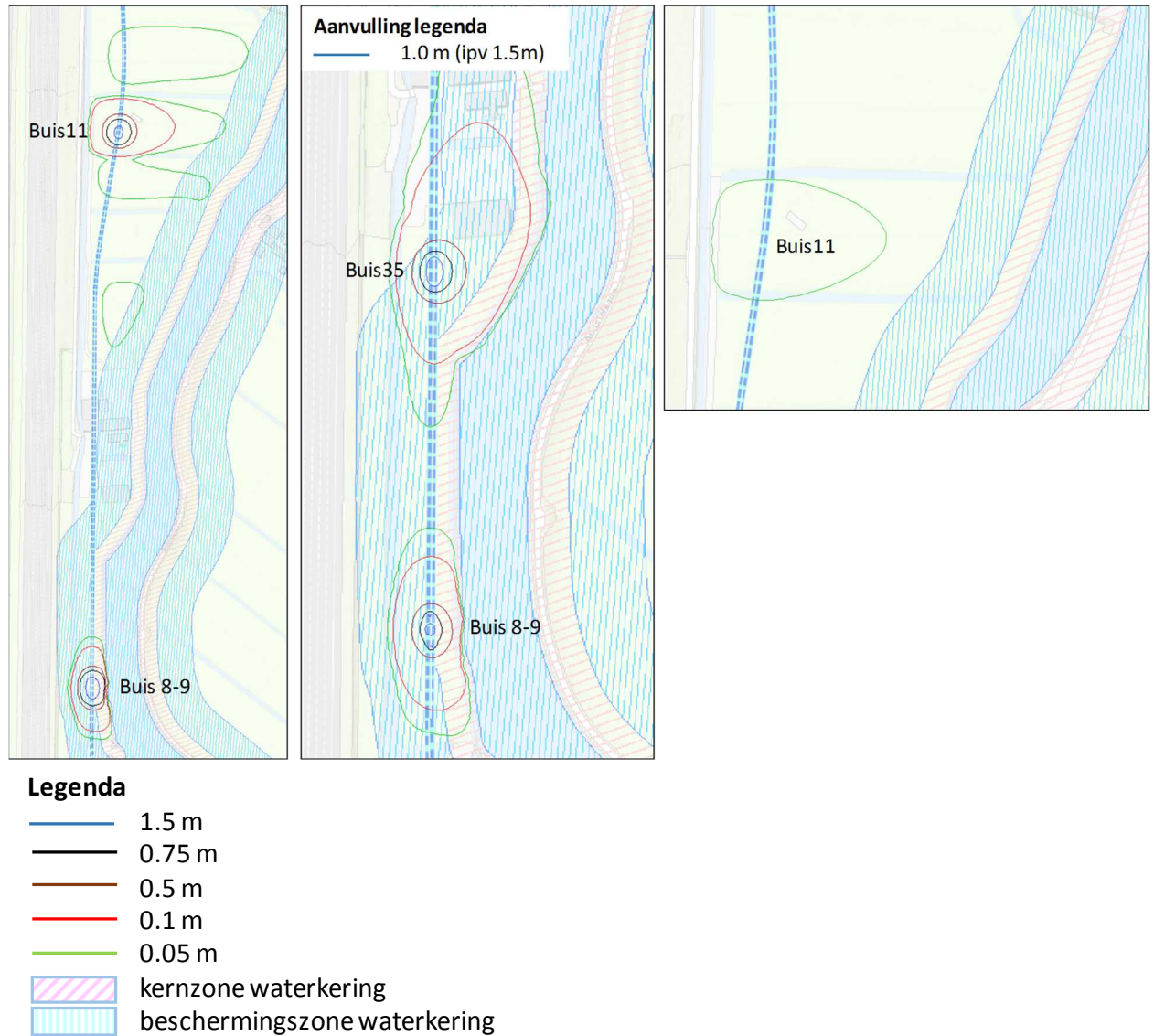
#### Verlagingen tgv bemalingen Westleiding







**Verlaging tgv bemalingen Oostleiding**





## Verlaging tgv bemalingen Westleiding



### Legenda

|  |                              |
|--|------------------------------|
|  | 1.5 m                        |
|  | 0.75 m                       |
|  | 0.5 m                        |
|  | 0.1 m                        |
|  | 0.05 m                       |
|  | kernzone waterkering         |
|  | beschermingszone waterkering |