



Herstel WRKII leiding Oukoop

Bemalingsadvies

Jacqueline Flink

Datum
10 februari 2020

Ons kenmerk
20.004172

Versie
3

Projectnummer
01.2010-001

Inhoud

1	Inleiding	7
2	Achtergrondgegevens	8
2.1	Ontgraving en bemaling	8
2.2	Bodemopbouw	8
2.3	Hydrologie	9
3	Berekeningen	12
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
4	Effecten op de omgeving	16
4.1	Belangen van derden	16
4.2	Monitoring	18
5	Conclusies en aanbevelingen	22
5.1	Conclusies	22
5.2	Aanbevelingen	22

Bijlagen

Bijlage 1	Locatie te vervangen buizen WRK II leiding	24
Bijlage 2	Boorbeschrijvingen	25
Bijlage 3	Grondwatermodellering	26
Bijlage 4	Berekende veranderingen in grondwaterstand en stijghoogte	28
Bijlage 5	Berekende grondwaterstandverlagingen ter plaatse van de waterkering	31

Colofon

Opdrachtgever	
Sector	Drinkwater en afvalwater
Afdeling	Leidingwerken
Projectleiding	R. van der Ham
Projectnummer	01.2010-001

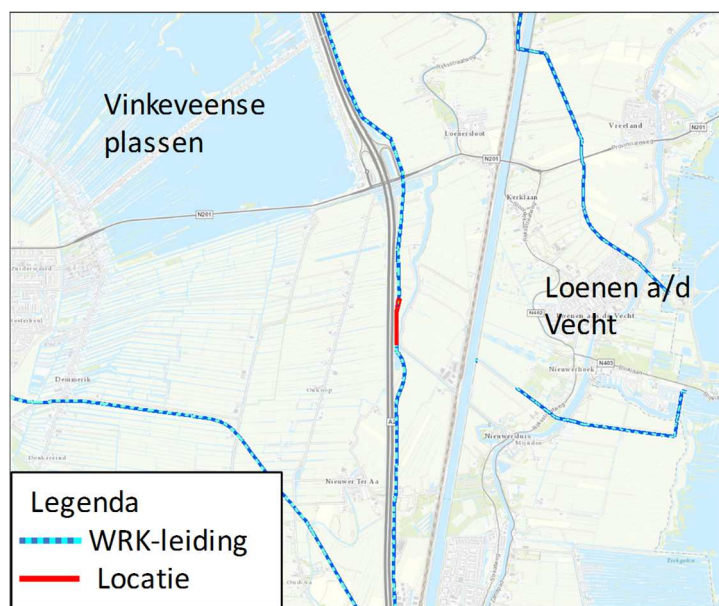
Opdrachtnemer	
Sector	Techniek, Onderzoek en Projecten
Afdeling	Onderzoek en Advies
Projectleiding	J.J.E. Flink
Projectnummer	01.2010-001

Rapport	
Rapportage	J. Flink
Versie	01
Rapportnummer	20.004172
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
4. Waternet; Watergebiedsplan Groot Wilnis-Vinkeveen e.o.; kenmerk 18.040964/BBV18.0412; 21 november 2018

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 Oostleiding			Buisnummers 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, 13	10,11, 12	13,14, 15	20,21, 22	17 t/m 24 à 25	17,18,1 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 meters uit klei en veen. In Bijlage 2 zijn de boorbeschrijvingen en de locatie van de boringen terug te vinden.

Tabel 2-2 Lokale bodemopbouw

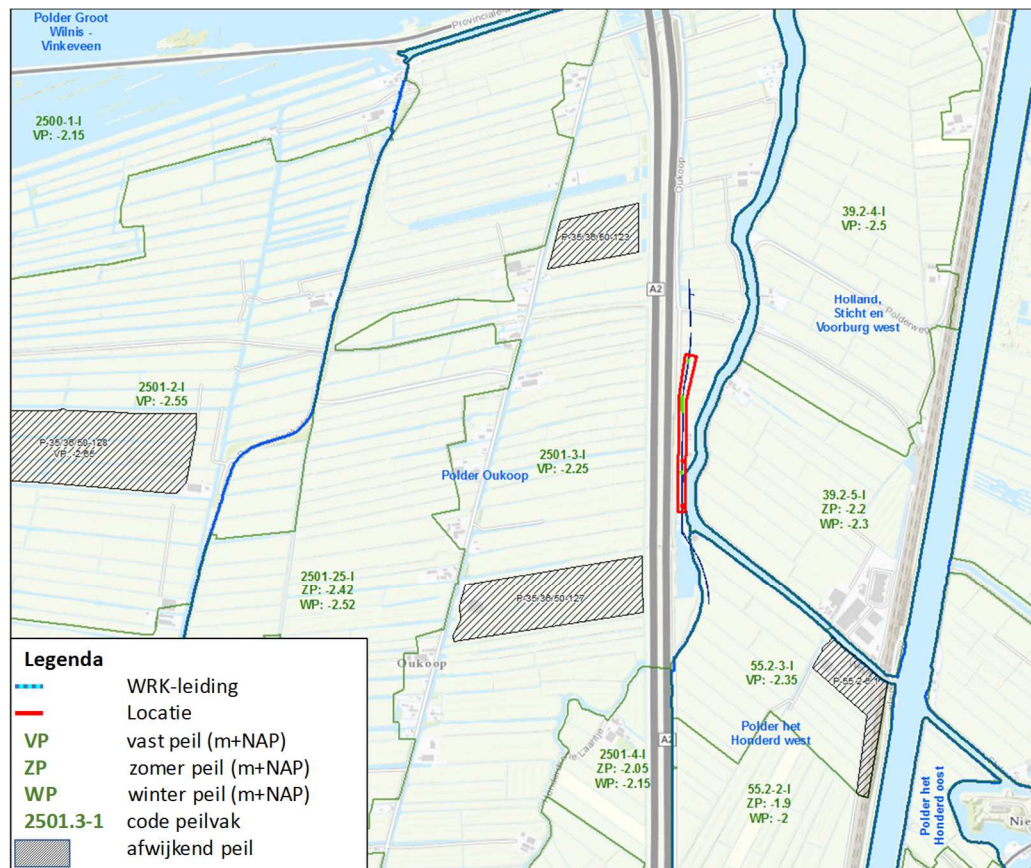
Van (m+NAP)	Tot (m+NAP)	Bodemmateriaal	Geologie	Bron
-1,33 à -1,99 tracé WRK +0,45 à +0,33 dijk Angstel	-3,59 à -5,74	Een afwisseling van lagen met verschillende diktes en op verschillende niveaus bestaande uit: - zand, matig fijn, zwak siltig, met humus en brokken veen (alleen in de toplaag ter plaatse van boring O08-4) - 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) - 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 tracé WRK -5,04 à -5,74 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

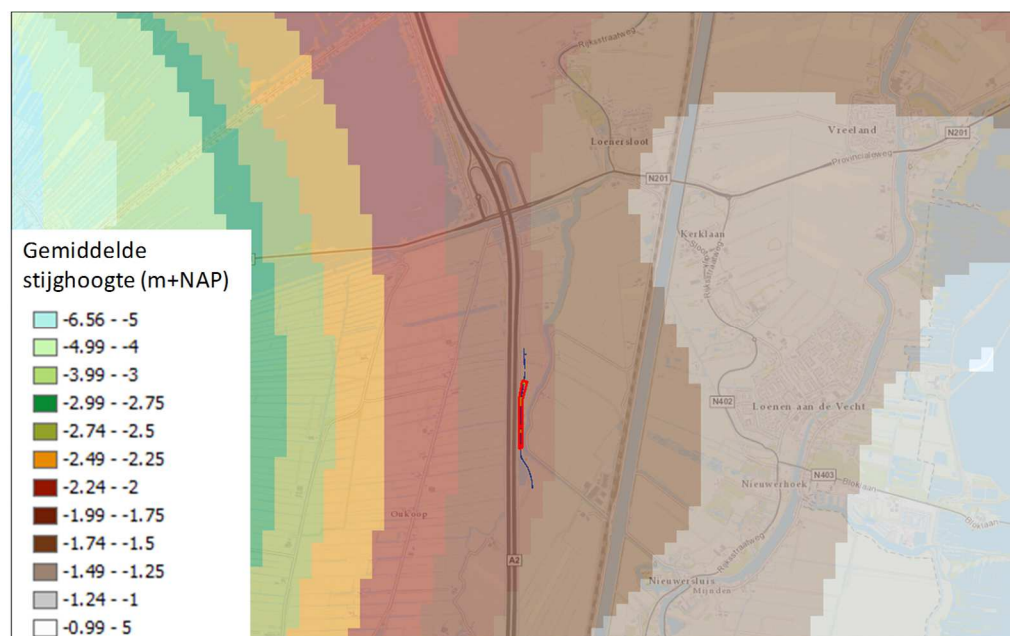
Deze metingen worden als representatief voor een natte periode beschouwd. Voor berekening van de debieten en effecten is een grondwatermodel gemaakt dat de gemeten grondwaterstanden en stijghoogtes (natte periode) op de locatie redelijk tot goed simuleert (zie Bijlage 3). Op basis van het model en de 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. Nabij en in 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	-1.82	-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

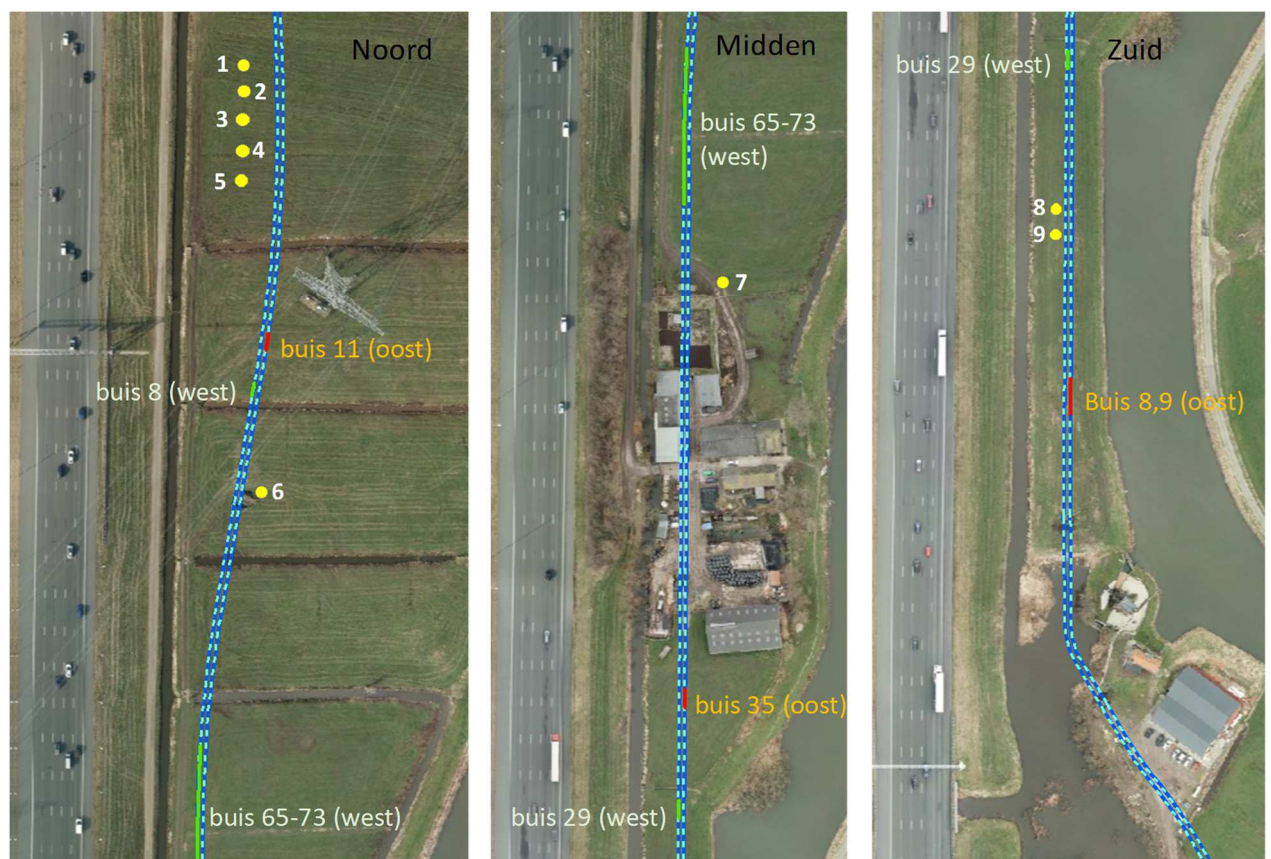
De aannemer kan zelf de bemaling inrichten met dien verstande dat de periodes van buiten werking stelling van de WRK-leidingen vast staan. Bij de berekening is aangenomen dat wel twee locaties tegelijk bemalen worden maar niet drie.

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 m³/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 m³/maand wordt onttrokken, moet ook geretourneerd worden. Er is gerekend met ongeveer 50% 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 opbarstgevaar in de watergangen kan niet maximaal worden geretourneerd. De filterdiepte van de retourputten is ongeveer NAP-12m tot NAP-22m in het grove pakket onder de Boxtel formatie). Er is uitgegaan van 9 retourbronnen met een capaciteit van ca. 120 m³/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 (blauw=WRK leiding, geel=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
Nr retourput	7,8,9	5,8,9	5,6 of 4,5	1 t/m 7	1 t/m 7	1 t/m 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.

Echter indien meer dan 3 m3 per uur wordt onttrokken in de kernzone en beschermingszone van waterkerende dijklichamen en waterkerende constructies en/of de onttrekking langer duurt dan 1 maand per jaar, dient een vergunning te worden aangevraagd.

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

3.5 Veranderingen grondwaterstand en stijghoogte

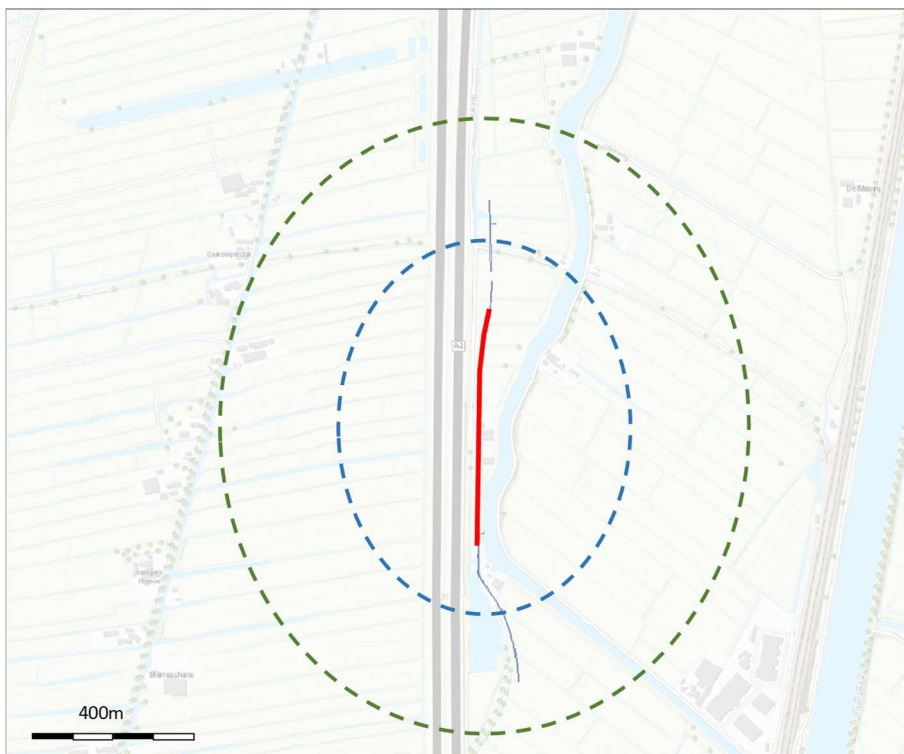
In Bijlage 4 zijn de berekende grondwaterstand- en stijghoogteveranderingen weergegeven. De grondwaterstandverlaging wordt niet alleen bepaald door de freatische bemaling (die gering is), maar ook door de bemaling in het eerste watervoerend pakket. Dit is bijvoorbeeld goed te zien bij de bemaling van buizen 65-73. De 0.05 m verlagingscontour strekt zich uit tot voorbij de watergangen (wat niet logisch is bij alleen een ondiep 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 m³/d wordt geretourneerd in retourbronnen 1 t/m 7. Ter hoogte van bronnen 1 en 2 kan de stijghoogte theoretisch 14 cm omhoog gaan. Metingen tijdens de retournering zullen uitwijzen of retournering hier naar beneden moet worden bijgesteld.

Figuur 3-2 Overzicht 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)
- 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.

In 2018 is in het kader van het opstellen van een Watergebiedsplan (ref. 4) de GLG en GHG berekend. De GLG is in dit gebied ca. 0.8 tot 1 m onder maaiveld. Op basis van de grondwaterstandmetingen in november is de GHG op 0.15 m onder maaiveld geschat. De huidige opbrengstreductie (ten opzichte van een ideale situatie) is ongeveer 17% (bron <http://help200x.alterra.nl/> bodemklasse pVb, weideveengrond op bosveen). Het gebied is veel gevoeliger voor vernatting dan verdroging. Zodra de grondwaterstand lager komt dan 0.9 m-mv (GLG) kan droogteschade ontstaan. Het grondwatermodel simuleert redelijk een natte situatie: de gemodelleerde grondwaterstand is ongeveer gelijk aan die van november 2019 (zie bijlage 3). In de gebieden waar de grondwaterstand 0.75m of meer daalt, kan droogteschade ontstaan.

- *Maaiveldddaling op particulier terrein.*
Theoretisch kan maaiveldddaling optreden, met name vlak bij de ontgravingen. In *Tabel 4-1* staan voor een aantal kwetsbare objecten de maximale grondwaterstand- en stijghoogteverlaging weergegeven en de bijbehorende berekende maximale zetting.

Als “worst case” is aangehouden dat de berekende grondwaterstand- en stijghoogteverlagingen 100 aaneengesloten dagen duren. Naast iedere sleuf zijn zettingen berekend variërend van 0.02 m tot 0.17 m. Ter plaatse van het talud van de A2 en de hoogspanningsmast worden geen zettingen berekend.

Tabel 4-1 Berekende grondwaterstand- en stijghoogteverlagingen en bijbehorende zettingen ter plaatse van diverse zettingsgevoelige objecten.

Omschrijving	Buisnummers Oostleiding			Buisnummers Westleiding		
	8 en 9	35	11	29	65-73	8
<i>Max verlaging grondwaterstand</i>						
Stap 1						
Duur verlaging (dagen)	21	21	21	21	56	21
Naast sleuf	0.95 m	1.1 m	1.8m	1.72 m	2.15 m	1.25 m
Waterkering beschermingszone	0.95 m	1.1 m	0.06	1.72 m	0.65 m	0.1 m
Waterkering kernzone	0.95 m	0.3 m	nvt	1.72 m	0.12 m	0.08 m
Talud A2	nvt	nvt	nvt	nvt	0.17 m	nvt
Hoogspanningsmast	nvt	nvt	0.29 m	nvt	0.05 m	0.14 m
Bebouwing	nvt	0.4 m	nvt	nvt	0.15 m	nvt
Stap 2						
Duur verlaging	2					
Naast sleuf	2.15 m					
Waterkering beschermingszone	2.15 m					
Waterkering kernzone	2.15 m					
Talud A2	nvt					
Hoogspanningsmast	nvt					
Bebouwing	nvt					
<i>Max verlaging stijghoogte</i>						
Duur verlaging (dagen)	21	21	21	21	56	21
Naast sleuf	0.85 m	1.85 m	1.4 m	1.23 m	1.4 m	1.45 m
Waterkering beschermingszone	0.85 m	1.85 m	0.11 m	1.23 m	0.45 m	0.2 m
Waterkering kernzone	0.85 m	0.28 m	0.05 m	1.23 m	0.3 m	0.17 m
Talud A2	nvt	nvt	0.13 m	0.25 m	0.50 m	0.15 m
Hoogspanningsmast	nvt	nvt	0.17 m	nvt	0.1 m	0.15 m
Bebouwing	0.07 m	0.3 m	nvt	0.25 m	0.2 m	nvt
<i>Maximale zetting (m)</i>						
Naast sleuf	0.16	0.08	0.06	0.13	0.17	0.03
Waterkering beschermingszone	0.16	0.08	0.00	0.13	0.00	0.00
Waterkering kernzone	0.16	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00
Talud A2	nvt	nvt	0.00	0.00	0.00	0.00
Hoogspanningsmast	nvt	nvt	0.00	0.00	0.00	0.00
Bebouwing	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Een deel van de 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 (Oukoop 11) heeft. Het oudste deel was al aanwezig toen de WRKII leiding werd aangelegd (ca. 60 jaar geleden) en dateert volgens <http://code.waag.org/buildings/#52.2053.4.9855.15> uit 1905. De kans bestaat dat het oude huis een houten fundering heeft. De schuren zijn waarschijnlijk van (veel) recentere datum en eerder op staal gefundeerd dan op hout. Gedurende 9 weken is de grondwaterstandverlaging ter plaatse van de bebouwing waaronder het woonhuis ca. 10-20 cm. Dit heeft waarschijnlijk weinig invloed op de houten fundering: de werkzaamheden vinden immers niet in het droge seizoen plaats. Gedurende een additionele 3 weken is de verlaging maximaal 40 cm ter plaatse van de meest zuidelijke schuur. De maximale zetting bedraagt dan 0.01m. 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 (zie Bijlage 5). Ter plaatse van de kernzone en beschermingszone van de waterkering kunnen zettingen van 0.08 m tot 0.16 m optreden (buizen 8-9, 35 en 29). Buizen 8-9 en 29 liggen naast de kernzone van de waterkering.
- *Opbarsten van de waterbodem bij retourbronnen.*
De retourbronnen staan in de buurt van de watergang langs de A2. De waterbodem van de watergang 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 dichtbij 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

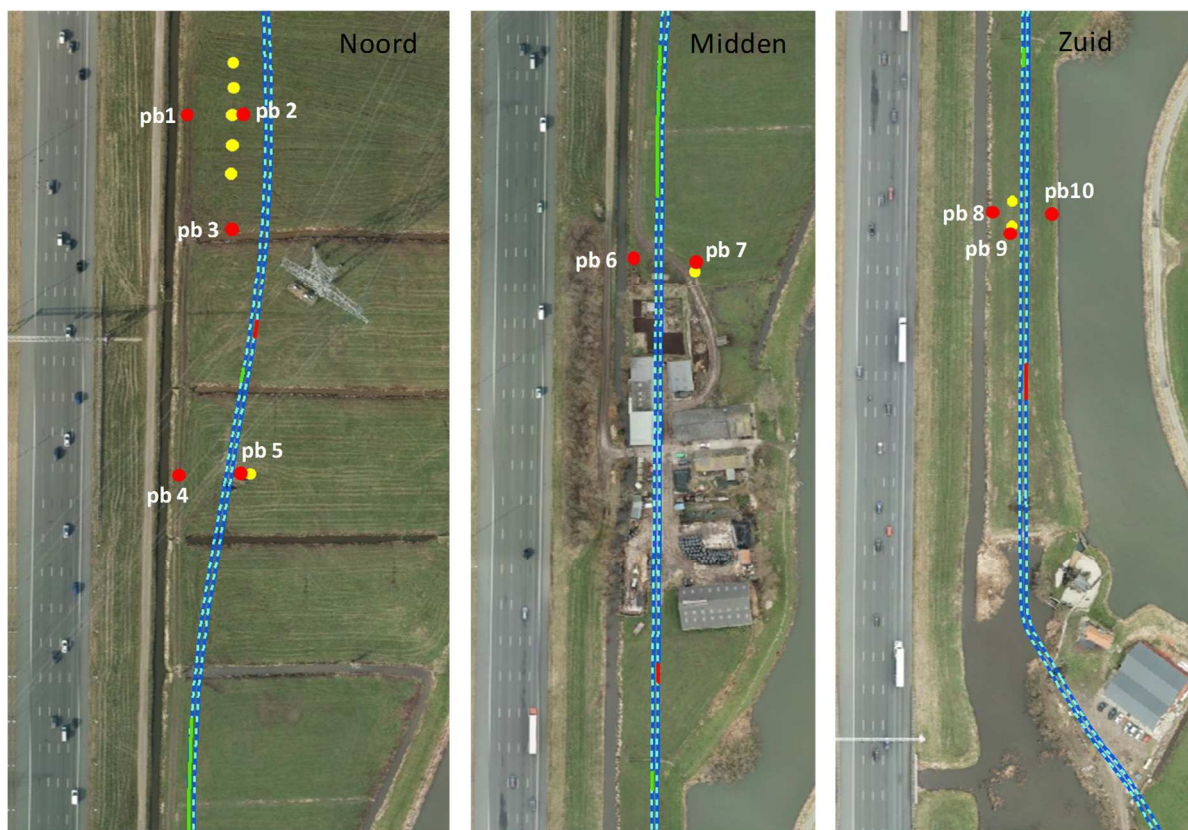
Zowel grondwaterstanden, stijghoogtes als mogelijke zettingen dienen te worden gemonitord.

Stijghoogte eerste watervoerend pakket

De monitoring van de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket is gericht op voorkomen van opbarsten van de (water)bodem nabij de retourbronnen en de watergangen (zie Figuur 4-1). De filters staan in de zandlaag onder het veen/klei pakket, ongeveer op mv-6.5 tot 7.5 m.

- Minimaal 1 week van tevoren dient de grondwatermonitoring te starten met een nulopname.
- Alle peilbuizen dienen van loggers te worden voorzien die 1 maal per uur een waterstand meten.
- De peilbuizen dienen allen uitgerust te worden met telemetrie en alarmering. Zodra de stijghoogte gelijk is aan de GHG moet het retourdebiet **meteen** worden teruggeschoefd. Er zijn echter onvoldoende metingen om de GHG vast te stellen. Als GHG wordt de hoogste gemeten stijghoogte in november 2019 (NAP-1.87m) gehanteerd of de hoogst gemeten stijghoogte tijdens de nulmeting.

Figuur 4-1 Locatie monitoringpeilbuizen eerste watervoerend pakket



Grondwaterstand

Nabij de bebouwing dient de grondwaterstand in het freatisch pakket te worden gemeten (zie Figuur 4-2).

- Minimaal 1 week van tevoren dient de grondwatermonitoring te starten met een nulopname.
- Alle peilbuizen dienen van loggers te worden voorzien die 1 maal per uur een waterstand meten.
- Er is geen actiewaarde voor de grondwaterstand.

Om het juiste debiet te kunnen afstellen zal naast elke sleuf de grondwaterstand en de stijghoogte worden gemeten.

Maaiveldddaling

De maaiveldddaling dient te worden gemonitord nabij de waterkering, de sleuven en de bebouwing (zie Figuur 4-3).

- Voor aanvang van de werkzaamheden dient een nulmeting te worden verricht ter plaatse van mm1 t/m mm5 en naast alle sleuven.
- Tijdens en na de werkzaamheden is het meetregime als volgt:
 - mm1 tijdens werkzaamheden aan buizen 65-73 één maal per 2 weken en na afloop werkzaamheden
 - mm2, mm3 tijdens werkzaamheden aan buis 35 één maal per 2 weken en na afloop werkzaamheden
 - mm4 tijdens werkzaamheden aan buis 29 één maal per 2 weken en na afloop werkzaamheden

- mm5 tijdens werkzaamheden aan buizen8-9 één maal per 2 weken en na afloop werkzaamheden.
- Na afloop van de werkzaamheden dient de maaiveldhoogte naast de sleuven te worden bepaald.
- Met de eigenaar van de grond dient overeen gekomen te worden in hoeverre het maaiveld na afloop in de oorspronkelijke staat terug gebracht moet worden.
- Er dient overlegd te worden met de beheerder van de waterkering in hoeverre de kernzone van de waterkering weer op de oorspronkelijke hoogte teruggebracht moet worden

Figuur 4-2 Locatie monitoringpeilbuizen freatisch pakket bij bebouwing (Oukoop 11)



Figuur 4-3 Locatie meetpunten zetting maaiveld (exclusief meetpunten naast sleuven)



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 m³. Omdat voornamelijk in veen en klei wordt gegraven is het freatische debiet gering.

De totale hoeveelheid te onttrekken spanningswater is ca. 122230 m³. Er is rekening gehouden met retournering van ca. 50% 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, met name naast de sleuven en ter plaatse van waterkering (maximaal 0,16 m) en in mindere mate bij de bebouwing. Een deel van de zetting zal echter al zijn opgetreden bij de aanleg van de huidige WRK-leiding.

Binnen het invloedsgebied van de bemaling bevinden zich enkele gebouwen (adres; Oukoop 11). Het funderingstype van de bebouwing is niet bekend. Het is goed mogelijk dat de oudste bebouwing een houten fundering heeft en de schuren op staal staan. Over het algemeen is de grondwaterstandverlaging 10-20 cm. Eventuele droogval van houten funderingen is niet waarschijnlijk omdat niet in de zomer wordt gewerkt. De maximale berekende grondwaterstandverlaging is 0.4 m (gedurende 3 weken) ter plaatse van de meest zuidelijke schuur. Hier zijn verschilzettingen mogelijk. Er wordt 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.

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. Als bij de nulmeting een hogere stijghoogte wordt gemeten kan die worden gehanteerd als

actiewaarde. Als de stijghoogte de actiewaarde bereikt dient de retournering **onmiddellijk** te worden verminderd. 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.
- Er dient met de eigenaar van het perceel waar gegraven wordt en de beheerder van de waterkering afgesproken te worden in hoeverre het maaiveld hersteld dient te worden indien zettingen zijn opgetreden.

Bijlage 1 Locatie te vervangen buizen WRK II leiding

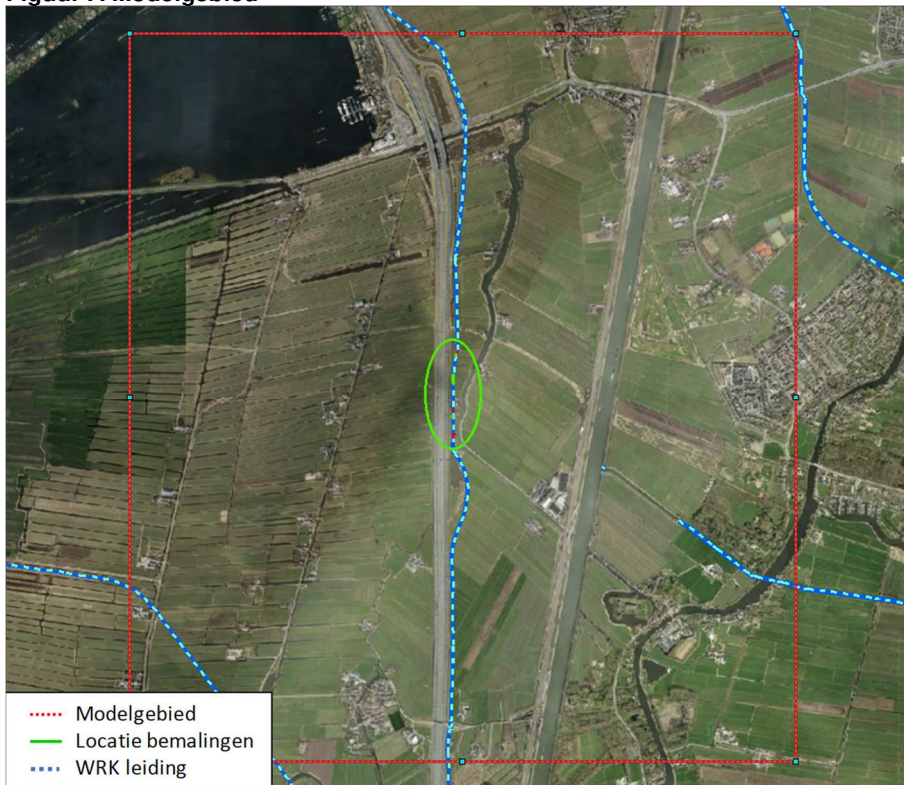
Bijlage 2 Boorbeschrijvingen

Bijlage 3 Grondwatermodellering

Modelgebied

De berekeningen zijn gemaakt met behulp van het software pakket MicroFEM (eindige elementen methode). Het modelgebied is 4200x4600 km groot (zie figuur A). Op de modelrand is de knooppuntafstand 100m en ter plaatse van de ontgravingen 1 tot 2m. De modelgrenzen dienen zodanig verwijderd te zijn van de ingreep dat de grondwaterstand of stijghoogte op de modelgrens niet beïnvloed wordt door de bemaling.

Figuur A Modelgebied



Randvoorwaarden

- De grondwateraanvulling uit neerslag bedraagt overal 350 mm/jaar.
- De Geuzensloot, Angstel, het ARK en de Vecht zijn separaat gemodelleerd als “rivers” met een vast peil van NAP-0.4 m (boezemwater). De drainageweerstand van al deze watergangen is 20 dagen op het ARK na (10 dagen). De infiltratieweerstand is een factor drie hoger.
- De watergangen nabij de ontgravingen zijn eveneens als “rivers” gemodelleerd met een drainageweerstand van 20 dagen, een infiltratieweerstand van 60 dagen en een vast peil van NAP-2.25 m.
- De Vinkeveense plassen zijn gemodelleerd met een vaste grondwaterstand van NAP-2.15m (watervoerende laag 1).
- Voor de rest van het gebied zijn vaste peilen voor de verschillende vakken gehanteerd met een drainageweerstand die varieert van 60 tot 200 dagen.
- De stijghoogte in watervoerende laag 2 en 3 langs de west- en oostrand van het model rand is fixed (NAP-2.7m respectievelijk NAP-1.4m).

- De verschillende bodemlagen worden verondersteld homogeen, isotroop en overal even dik te zijn in het modelgebied. In werkelijkheid is dat niet zo. Bijvoorbeeld: ten oosten van het ARK en ten noordoosten van Ter Aar is meer klei aanwezig in de Holocene deklaag, het basisveen is lokaal wel aanwezig (ontbreekt op de locatie) en de Waalreklei (slecht doorlatende laag 5) ontbreekt in het noordwest- en zuidwesthoek en de westrand van het modelgebied. Dit heeft geen invloed op het berekeningsresultaat.
- Er is een volgorde aangenomen waarin de verschillende buizen worden vervangen. Dit kan afwijken van de uiteindelijke uitvoering.

De geohydrologische parameters zijn geschat dan wel afgeleid uit TNO gegevens. Er is globaal gekalibreerd met name op de weerstand van de Holocene deklaag en in mindere mate op de kD van het veenpakket (watervoerende laag 1 in het model) ter plaatse van de ontgravingen.

Map showing the calculated (Berekende) and measured (Gemeten) water level rise (stijghoogte) in the Nieuw- en Oudegraven area. The map displays a grid of calculated values and overlaid contour lines for measured values.

Legend:

- Berekende stijghoogte (Calculated water level rise):** Represented by a color-coded grid.
- Gemeten stijghoogte (gemiddeld) (Measured water level rise (average)):** Represented by blue contour lines.

Color-coded ranges for Berekende stijghoogte:

- 3.99 - -3
- 2.99 - -2.75
- 2.74 - -2.5
- 2.49 - -2.25
- 2.24 - -2
- 1.99 - -1.75
- 1.74 - -1.5
- 1.49 - -1.25
- 1.24 - -1

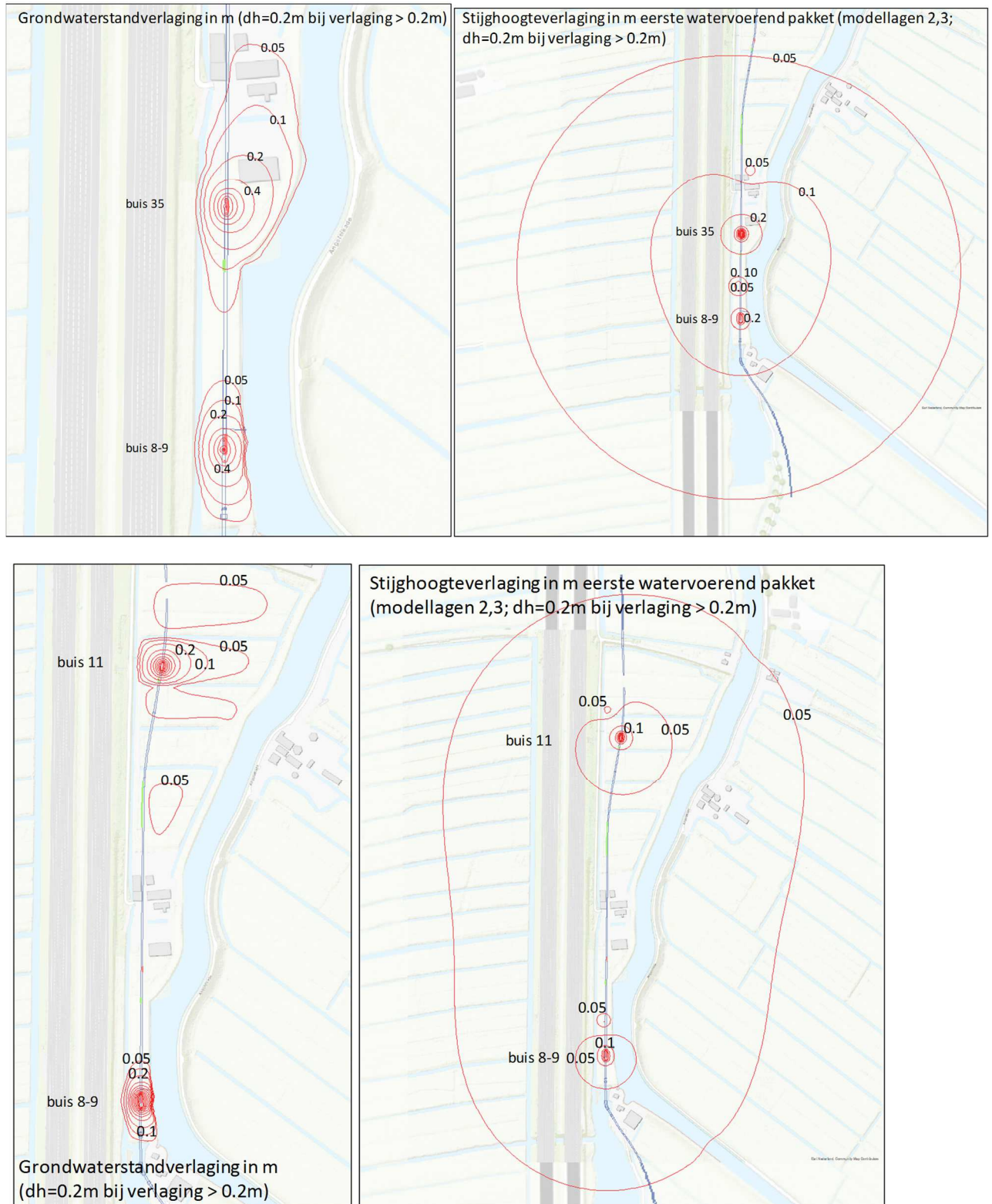
Measured water level rise (average) contour lines (Gemeten stijghoogte (gemiddeld)):

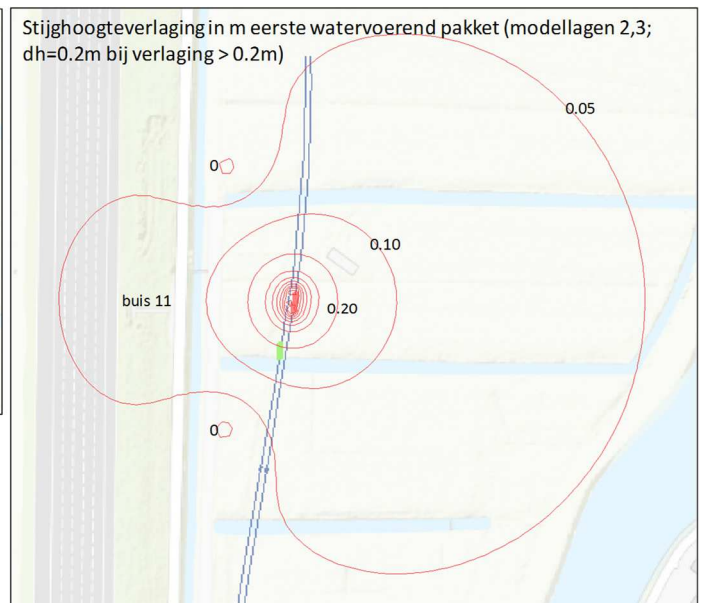
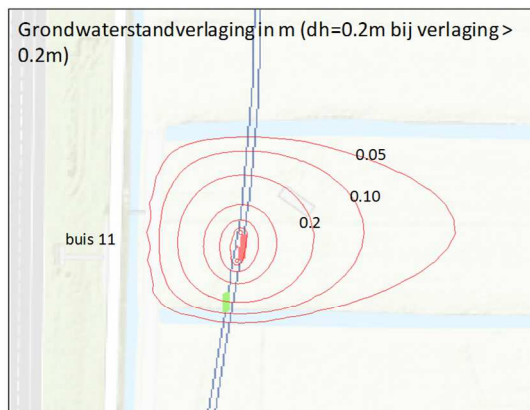
- 1.50
- 1.75
- 2.00
- 2.25
- 2.50

Peilbuis	Berekende grondwaterstand/ stijghoogte (m+NAP)	Gemeten grondwaterstand/ stijghoogte (m+NAP) d.d. 29-11-2019
O080001A	-2.06	-2.03
O080004A	-1.81	-1.92
O080009A	-1.50	-1.62
O080011A	-0.97	-1.02
O080010C	-1.87	-1.93
O080012C	-1.84	-1.87

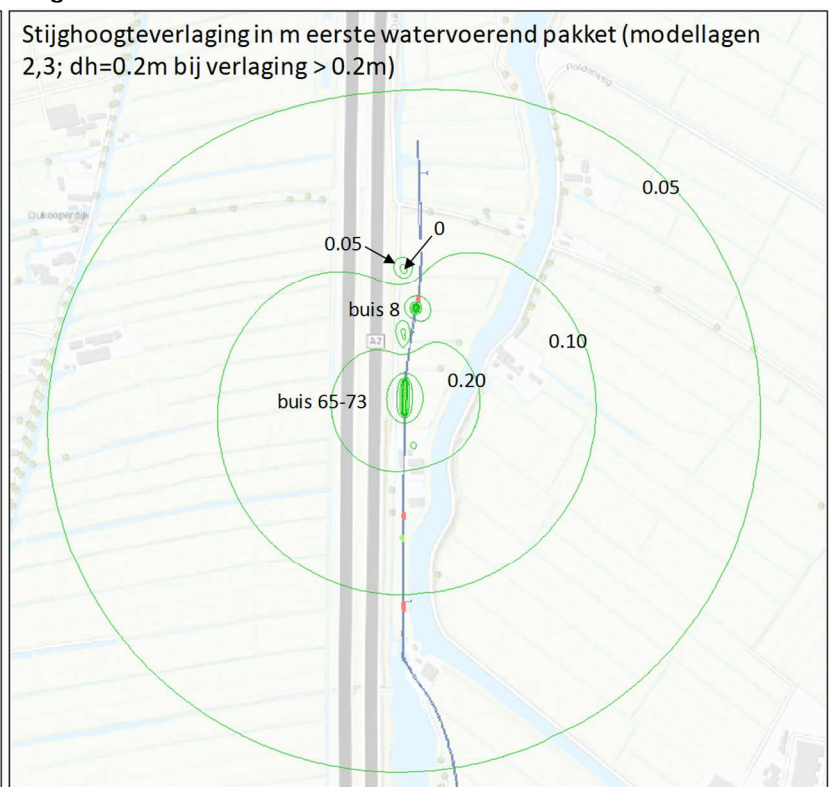
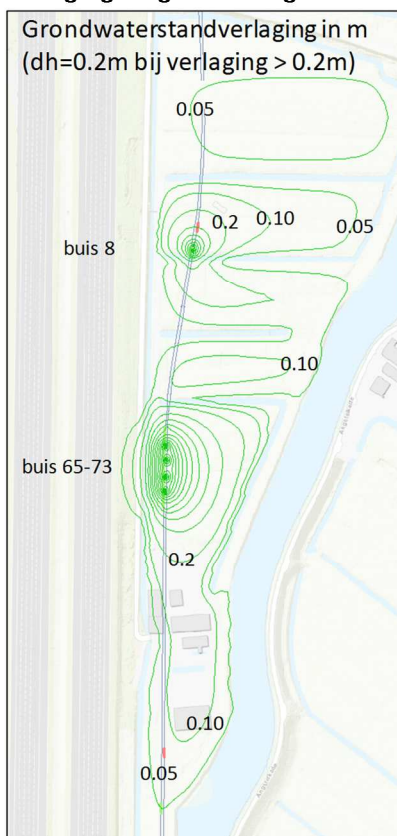
Bijlage 4 Berekende veranderingen in grondwaterstand en stijghoogte

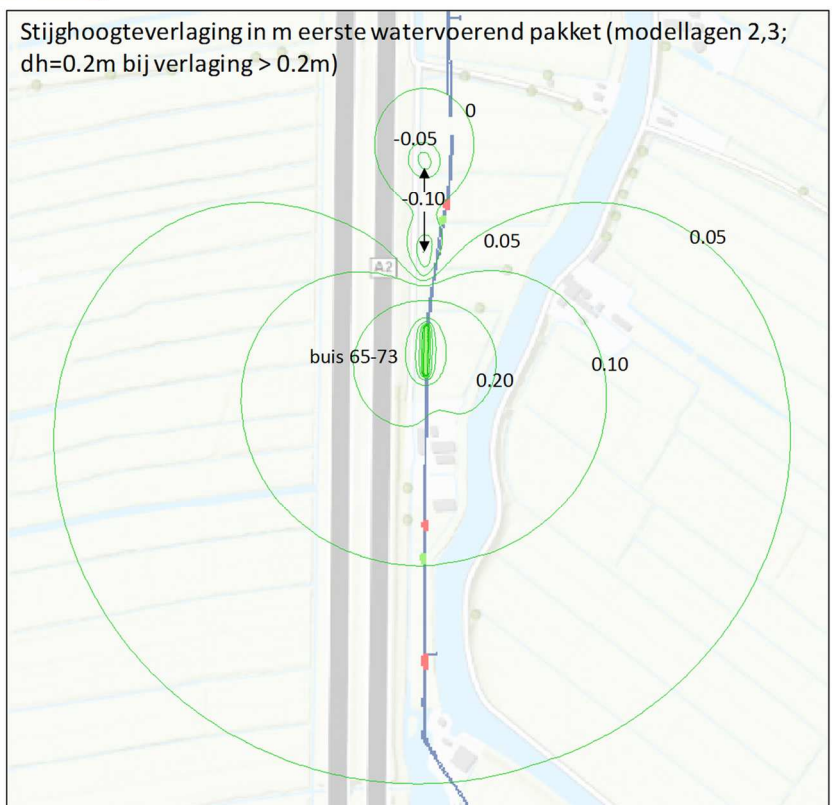
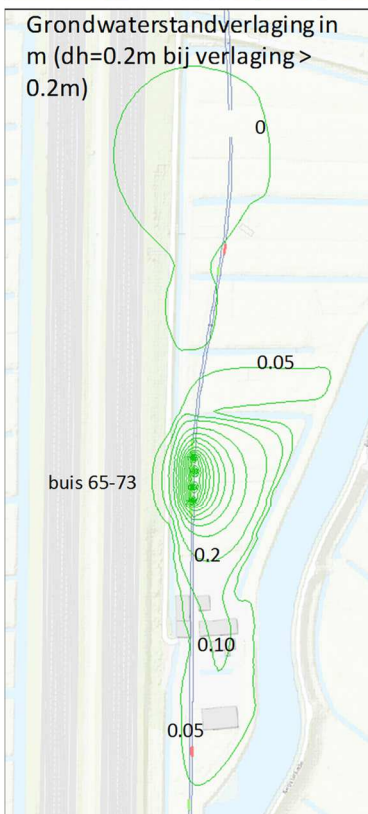
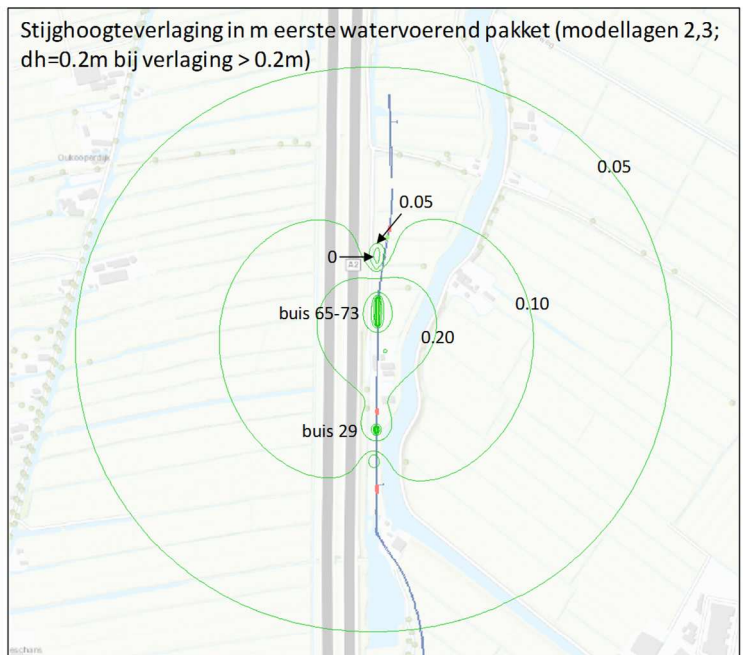
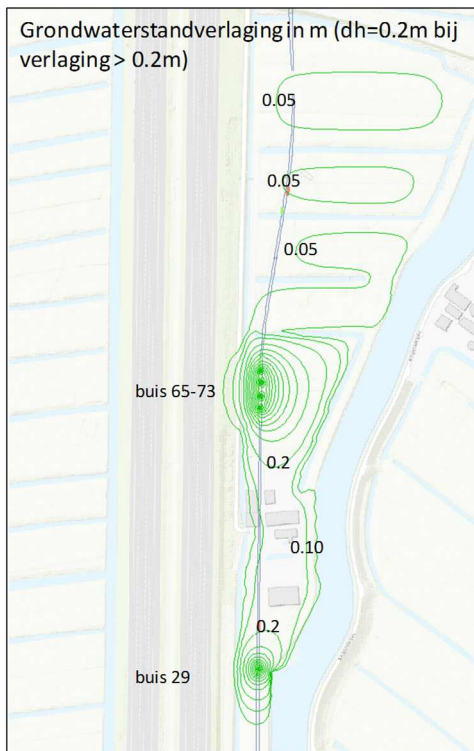
Verlagingen tgv bemalingen Oostleiding



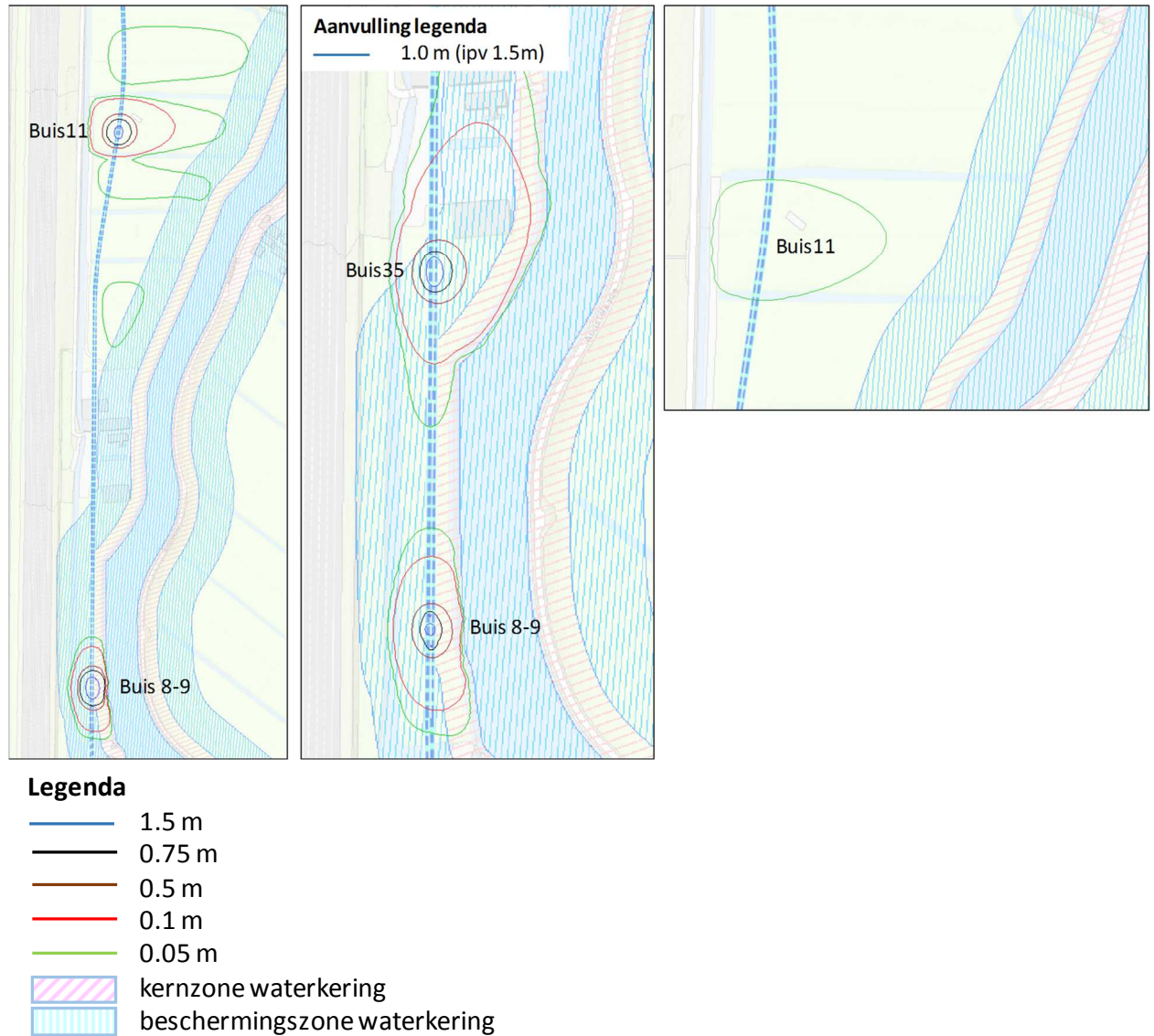


Verlagingen tgv bemalingen Westleiding





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