

RAPPORT

**Geohydrologisch onderzoek  
Bosscherwaarden**

Klant: Bosscherwaarden B.V.

Referentie:WAT9S0250R001F01

Versie: 01/Finale versie

Datum: 5 maart 2018

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35  
3818 EX AMERSFOORT  
Netherlands  
Water

Trade register number: 56515154

+31 88 348 20 00 **T**  
+31 33 463 36 52 **F**  
info@rhdhv.com **E**  
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Geohydrologisch onderzoek Bosscherwaarden

Ondertitel:  
Referentie: WAT9S0250R001F01  
Versie: 01/Finale versie  
Datum: 5 maart 2018  
Projectnaam: Bosscherwaarden  
Projectnummer: 9S0250  
Auteur(s): Co Laan, Tom van Steijn

---

Gecontroleerd door: Rob Speets

---

Datum/Initialen: 5 maart 2018 

---

Goedgekeurd door: George Peters

---

Datum/Initialen: 5 maart 2018 

---

Classificatie

Projectgerelateerd



## Disclaimer

No part of these specifications/printed matter may be reproduced and/or published by print, photocopy, microfilm or by any other means, without the prior written permission of HaskoningDHV Nederland B.V.; nor may they be used, without such permission, for any purposes other than that for which they were produced. HaskoningDHV Nederland B.V. accepts no responsibility or liability for these specifications/printed matter to any party other than the persons by whom it was commissioned and as concluded under that Appointment. The integrated QHSE management system of HaskoningDHV Nederland B.V. has been certified in accordance with ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 and OHSAS 18001:2007.

## Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>1</b>
1.1	Referenties	2
<b>2</b>	<b>Regionale effecten zandwinning en baggerspeciedepot</b>	<b>3</b>
2.1	Modelschematisatie	3
2.2	Berekeningen	5
2.3	Resultaten	5
2.4	Afgeleide effecten omgeving tijdens situatie zandwinning	11
2.5	Conclusies	20
<b>3</b>	<b>Stroombaanberekeningen baggerspeciedepot</b>	<b>30</b>
3.1	Resultaten stroombaanberekeningen	30
<b>4</b>	<b>Effecten hoogwatergolf in de eindsituatie</b>	<b>32</b>
4.1	Toelichting en uitgangspunten	32
4.2	Resultaten	35
<b>5</b>	<b>Mitigerende maatregelen fruitteeltboomgaarden</b>	<b>45</b>
5.1	Inleiding	45
5.2	Toelichting ingreep en effecten op hoofdlijnen	45
5.3	Bodemopbouw + grond- en oppervlaktewater	48
5.4	Berekeningen drainagemaatregelen	54

## Bijlagen

**Aanvullende numerieke berekeningsresultaten**

**GxG's huidige situatie en situatie na verhoging**

**Resultaten monitoring**

## 1 Inleiding

Het project “*Zandwinning, Specieberging en Natuurontwikkeling Bosscherwaarden*” is een initiatief van De Bosscherwaarden BV. Het project heeft een drietal doelen: 1) een bijdrage aan de winning van metsel- en betonzand, 2) de berging van grond en baggerspecie en 3) de realisatie van toegankelijke en aantrekkelijke riviernatuur in de uiterwaarden. De ligging is weergegeven in Figuur 1-1.



Figuur 1-1 Overzicht situatie Bosscherwaarden (rode lijn = projectgebied)

In dit rapport wordt behandeld:

Hoofdstuk 2: Toelichting modelberekening en regionale effecten

Hoofdstuk 3: Stroombaanberekeningen speciedepot

Hoofdstuk 4: Berekening effecten van hoogwatergolf in de eindsituatie

Hoofdstuk 5: Mitigerende maatregelen fruitteeltboomgaarden

## 1.1 Referenties

In Tabel 1-1 staan de voor dit rapport gebruikte referenties weergegeven.

Tabel 1-1 Referenties

Ref.	Document (D) / Tekening (T) / Grondonderzoek (G) / Website [W] / Model [M] / Overleg [O]	Bedrijf	Nr.	Versie	Datum
[1]	D Onderzoek naar invloed van zandwinning in de Bosscherwaarden.	WL Delft Hydraulics	werkdokument	n.v.t.	april 2006
[2]	W <a href="http://maps.bodemdata.nl/bodemdata.nl/index.jsp">http://maps.bodemdata.nl/bodemdata.nl/index.jsp</a>	Alterra	n.v.t.	n.v.t.	28 september 2016
[3]	W <a href="http://help200x.alterra.nl/">http://help200x.alterra.nl/</a>	Alterra	n.v.t.	n.v.t.	28 september 2016
[4]	W <a href="http://maps.google.com">maps.google.com</a>	google	n.v.t.	n.v.t.	30 juli 2015
[5]	D Monitoringsrapportage Bosscherwaarden volgnummer 2	Arcadis	078216495:0.6 - Concept	n.v.t.	16 januari 2015
[6]	D Verslag uitzetten meetpunten Bosscherwaarden	Arcadis	077262171:0.2	n.v.t.	21 augustus 2013
[7]	W <a href="http://www.dinoloket.nl">www.dinoloket.nl</a>	TNO	n.v.t.	n.v.t.	15 juli 2015
[8]	M <a href="http://www.triwaco.com">www.triwaco.com</a>	Royal HaskoningDHV	n.v.t.	n.v.t.	2015
[9]	O Mondelinge mededeling Fruitconsult	Fruitconsult	n.v.t.	n.v.t.	2015
[10]	D/ W " <a href="http://deltaproof.stowa.nl/pdf/Regelbare_drainage?rld=1">http://deltaproof.stowa.nl/pdf/Regelbare_drainage?rld=1</a> "	Stowa	n.v.t.	n.v.t.	28 januari 2016
[11]	D "grondwaterregime op basis van karteerbare kenmerken"	Stowa	Stowa 2010 – 41 ISBN 978.90.5773.501.1	final	2010

## 2 Regionale effecten zandwinning en baggerspeciedepot

### 2.1 Modelschematisatie

Als basis voor het gebruikte grondwatermodel (programma Triwaco) zijn het Utrecht Oost model en het VPC2 model gebruikt. Hieraan is een aantal wijzigingen (detailleringen) aangebracht:

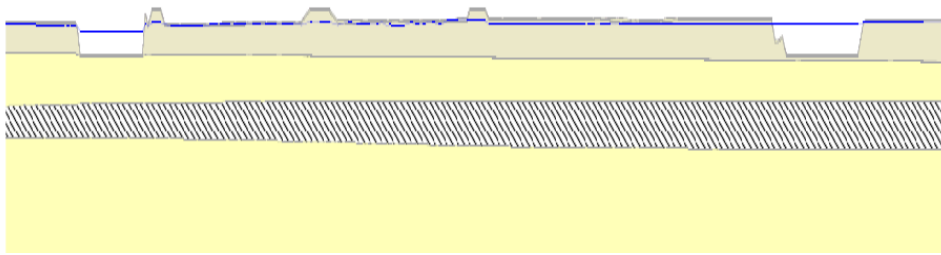
- een extra watervoerende en waterscheidende laag is toegevoegd aan het model om de geometrie van de ontgraving en het depot beter te kunnen modelleren
  - in de omgeving van de Bosscherwaarden is, naast de hoofdwaterlopen, een aantal extra waterlopen aan het model toegevoegd
  - drainage ter plekke van boomgaarden en fruitteeltgebieden (geverifieerd tijdens veldbezoek)
  - voor de verschillende varianten: hoog- en laagwaterpeil op de rivier de Lek
- ....

Na beperkte ijking op de bodemweerstand van de Lek en het Amsterdam-Rijn kanaal zijn deze

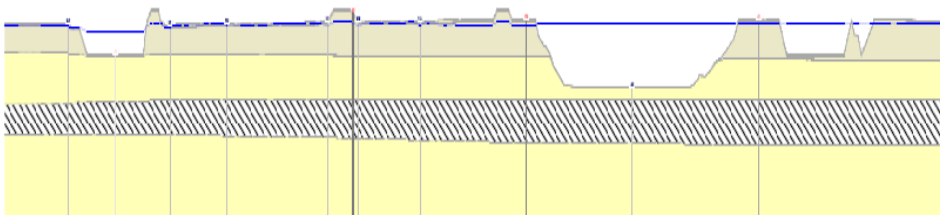
als volgt aangepast:

- bodemweerstand Amsterdam Rijn kanaal aangepast (verlaagd);
- bodemweerstand Lek aangepast (verhoogd);

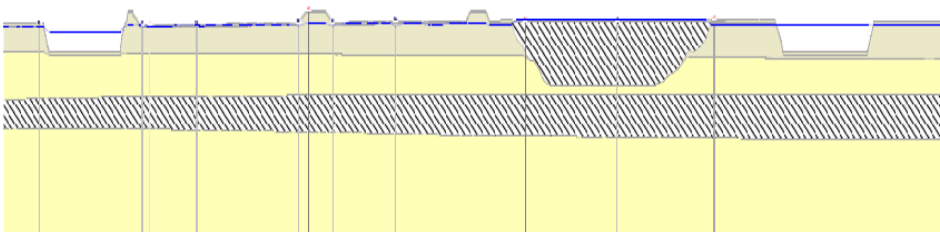
Figuur 2-1 t/m Figuur 2-4 tonen een drietal doorsneden voor de verschillende varianten. In Figuur 2-4 is een vereenvoudigde schematisatie van de bodem in het model weergegeven. Hierin is de ondergrond verdeeld in 3 aquifers, 2 scheidende lagen en de ondoorlatende basis. In het model is de bovenste aquifer nog verdeeld in twee deelaquifers, die gescheiden zijn door een dummy scheidende laag (1 dag weerstand), in feite vormen deze deelaquifers ter plekke van de Bosscherwaarden 1 aquifer. Verder is nog een extra aquifer toegevoegd aan het model om de geometrie van de berging met voldoende nauwkeurigheid te kunnen schematiseren. Deze laag is alleen bij de Bosscherwaarden en de directe omgeving een fysieke laag, in het overige modelgebied is het een dummylaag.



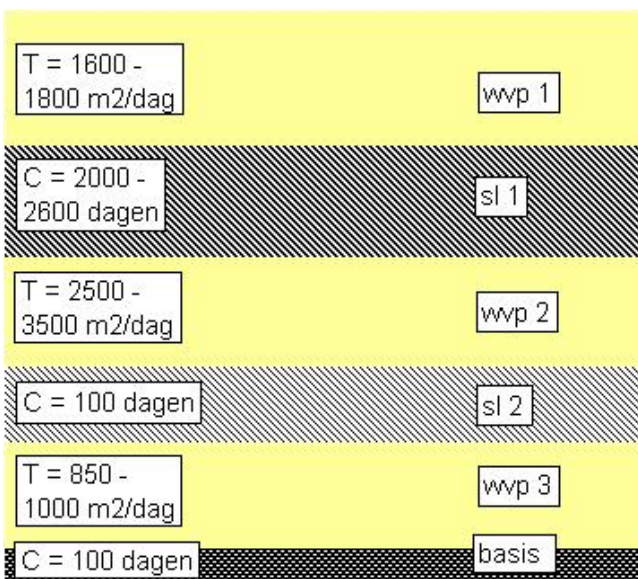
Figuur 2-1 Dwarsdoorsnede huidige situatie (met maaiveld, bovenste watervoerend pakket, 1<sup>o</sup> scheidende laag en tweede watervoerend pakket).



Figuur 2-2 Dwarsdoorsnede variant zandwinning (met doorsnede zandwinning).



Figuur 2-3 Dwarsdoorsnede variant specieberging (met doorsnede specieberging).



Figuur 2-4 Vereenvoudigde modelschematisatie in het grondwatermodel.

## 2.2 Berekeningen

Met het opgezette grondwatermodel zijn de volgende drie varianten doorgerekend:

- Huidige situatie
- Zandwinning
- Grond- en specieberging/eindsituatie

Voor elk van deze drie varianten zijn de volgende scenario's doorgerekend:

- Stationaire hoogwatersituatie, het rivierpeil behorende bij een overschrijdingskans van 1:1250 (Maatgevende hoogwaterstand (MHW) van NAP + 8,45m).
- Stationaire laagwatersituatie, overgenomen uit WL Delft Hydraulics (apr. 2006 [1]). In deze situatie is sprake van een rivierstand van NAP + 1,2 m. Deze situatie is zeer extreem en kan optreden gedurende een periode van maximaal 1 á 2 maanden) in een zeer extreem droog jaar wanneer de afvoer op de rivier zeer laag is.
- Gemiddeld rivierpeil van NAP +3,38 m, dit niveau is op de volgende wijze berekend: de gemiddelde afvoer bij Lobith bedraagt 2.200 m<sup>3</sup> per seconde. De gemiddelde rivierstand bij deze afvoer is onbekend, maar bij de afvoeren van 2.000 m<sup>3</sup> per seconde en 2.500 m<sup>3</sup> per seconde zijn de gemiddelde rivierstanden bepaald op respectievelijk NAP + 3,28 m en NAP + 3,54 m (metingen). Interpolatie tussen deze punten resulteert in een gemiddeld rivierpeil van NAP + 3,38 m.

## 2.3 Resultaten

Figuur 2-8 t/m Figuur 2-14 tonen de verschillen in grondwaterstanden voor de variant zandwinning ten opzichte van de huidige situatie voor elk van de drie scenario's stationair hoog- en stationair laag water en gemiddeld rivierpeil. Figuur 2-15 en Figuur 2-16 tonen de verschillen in grondwaterstanden voor de variant grond- en specieberging ten opzichte van de huidige situatie voor de scenario's stationair hoog water en gemiddeld rivierpeil. Figuur 2-17 t/m Figuur 2-19 tonen voor een drietal berekeningen de verschillen in stijghoogte in het 1<sup>e</sup> regionale watervoerende pakket.

### Effecten op grondwaterstand Ontgroning en zandwinning

Bij de zandwinning wordt de deklaag in een deel van de uiterwaarden afgegraven met als resultaat een lagere deklaagweerstand. Hierdoor zal de waterdruk het 1<sup>e</sup> regionale watervoerende pakket sterker worden beïnvloed vanuit het freatische watervoerende pakket. Veranderingen in de grondwaterstand (oppervlaktewaterpeil bij de zandwinning) werken dan dus ook meer door op de stijghoogte in het regionale pakket (Figuur 2-17). Hieronder wordt ingegaan op de effecten specifiek per scenario. Opgemerkt wordt nog dat indien de zandwinning slechts een tijdelijke fase is, de berekende effecten naar verwachting kleiner zullen zijn omdat in een tijdelijke situatie geen sprake is van een stationaire situatie.



#### *Gemiddeld rivierpeil rond NAP +3,38m*

De berekeningen laten zien dat bij het gemiddelde rivierpeil van rond NAP +3,38m de invloed op de grondwaterstand rondom de Bosscherwaarden significant is. Omdat de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket in de huidige situatie lager is dan het gemiddelde rivierpeil treedt een tamelijk forse infiltratie (voeding) op vanuit de zandwinputten tijdens de zandwinning (zandwinputten hebben het rivierpeil). Deze voeding vertaalt zich in een verhoging van de stijghoogte. Als gevolg van de verhoogde stijghoogte verandert de verticale stroming door de deklaag; de kwel neemt in enige mate toe en de infiltratie neemt in enige mate af. Resultante hiervan is dat ook de freatische grondwaterstanden toenemen.

Bij de Lekdijk neemt de freatische grondwaterstand met maximaal 0,85 m toe (deze situatie is niet maatgevend voor de stabiliteit, het betreft immers niet de hoogste of de laagste grondwaterstand). In het gebied direct achter de Lekdijk neemt de freatische grondwaterstand toe met maximaal 0,65 m. In het stedelijk gebied (Wijk bij Duurstede) is de verandering berekend op maximaal circa 0,15 à 0,2 m. In het overige gebied ten noorden van de Lekdijk is de maximale verandering circa 0,25 m. In het gebied ten zuiden van de Lek zijn veranderingen van de freatische grondwaterstand berekend tot maximaal 0,4 m.

In het 1<sup>e</sup> regionale watervoerende pakket zijn de verhogingen van de stijghoogte in dezelfde orde grootte als de veranderingen van de freatische grondwaterstand (zie Figuur 2-17 voor de veranderingen van de stijghoogte).

De berekende veranderingen van de grondwaterstand zijn significant gelet op het landgebruik en de huidige ontwateringsdiepte. De berekende veranderingen zijn worst-case, omdat gerekend is met beide zandwinputten tegelijk geheel ontgraven. In de praktijk zullen beide putten echter niet tegelijk worden ontgraven en bovendien niet geheel in één keer, gedurende de ontgraving zal ook grond en specie worden gestort.

In een gevoeligheidsanalyse is hier nader aandacht aan besteed (zie achterin deze paragraaf).

#### *Stationaire laagwatersituatie met een rivierpeil rond NAP +1,2m*

Bij stationair laagwater (rivierpeil van NAP +1,2m) daalt de freatische grondwaterstand dicht in de omgeving van de zandwinning met enkele dm. De reden voor de verlaging is dat de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket hoger is dan het peil op de zandwinputten (zandwinputten hebben het rivierpeil). Daardoor hebben de zandwinputten bij een laagwatersituatie dus een drainerende werking op de omgeving. Als gevolg hiervan daalt de stijghoogte en via interactie door de deklaag daalt ook de freatische grondwaterstand. In de werkelijkheid zal deze situatie niet zo sterk optreden als berekend is, omdat er gerekend is met een stationaire laagwatersituatie met een

rivierpeil van rond NAP +1,2 m, terwijl een dergelijke laagwatersituatie weinig voorkomt en hooguit een korte periode aanhoudt (tot 1 à 2 maanden).

#### *Stationaire hoogwatersituatie met een rivierpeil rond NAP +8,45 m*

Bij stationair hoogwater (rivierpeil van NAP +8,45 m) neemt de grondwaterstand toe op enkele hooggelegen delen (dijk en weg). Bij de overige delen komt de grondwaterstand boven maaiveld uit (zowel in de huidige situatie, als met de zandwinning) en wordt dan afgevoerd. De verhoging van de grondwaterstand is te verklaren door extra infiltratie (voeding) naar het eerste watervoerende pakket vanuit de zandwinputten ten opzichte van de huidige situatie zonder putten. De extra voeding resulteert in een toename van de stijghoogte (Figuur 2-18), die op zijn beurt weer een verhoging van de freatische grondwaterstand veroorzaakt.

In het 1<sup>e</sup> regionale watervoerende pakket neemt de stijghoogte ter plekke van de westelijke winput toe met maximaal 1,2 m. Onder de dijk is de verandering in het 1<sup>e</sup> regionale watervoerende pakket maximaal 0,7 m. De verandering in het freatische pakket ter plaatse van de dijk is naar verwachting enkele dm kleiner.

NB. Dat er voor de freatische grondwaterstand alleen een zichtbaar effect is op de hogere delen (dijken) komt omdat het grondwater in allebei de varianten huidige situatie en zandwinning bij het scenario stationair hoogwater wordt afgevangen door een fijn drainagestelsel of aan het maaiveld komt waar het ook in het model wordt afgevangen. Net als de berekende situatie bij een stationaire laagwatersituatie zal ook deze situatie in de werkelijkheid niet optreden, omdat er gerekend is met een stationaire hoogwatersituatie met een rivierpeil van rond NAP +8,45 m, terwijl een dergelijke hoogwatersituatie weinig voorkomt en hooguit een korte periode aanhoudt (tot maximaal enkele weken).

#### **Effecten op grondwaterstand Speciebergings**

Voor alle berekeningen met de speciebergings geldt het volgende: doordat het speciemateriaal een lage doorlatendheid heeft, treedt een opbolling op van de grondwaterstand ter plekke van de speciebergings (tenzij afwatering plaatsvindt aan de bovenkant van het depot). De hogere waterdruk die gepaard gaat met deze opbolling straalt echter niet uit naar de omgeving vanwege weer de lage doorlatendheid van de specie. De depots hebben een barrièrewerking op de grondwaterstroming in het eerste watervoerende pakket. Benedenstrooms treden daardoor verlagingen op van de stijghoogte in het 1<sup>e</sup> regionale watervoerende pakket en bovenstrooms verhogingen (Figuur 2-19).

#### *Gemiddeld rivierpeil rond NAP +3,38m*

Volgens de berekeningen neemt bij een gemiddeld rivierpeil van rond NAP +3,38m de freatische grondwaterstand binnendijks af met maximaal 0,3m. Dit is te verklaren door

de afname van de waterdruk in het 1<sup>e</sup> regionale watervoerende pakket, die zich vertaalt in een lagere stijghoogte in het 1<sup>e</sup> regionale watervoerende pakket. Deze lagere stijghoogte straalt uit naar het freatische pakket waardoor lokaal een verlaging van de (freatische) grondwaterstand optreedt. Ter hoogte van het stedelijk gebied van Wijk bij Duurstede zijn geen effecten berekend. Ook aan de overzijde van de Lek zijn geen effecten berekend.

In het 1<sup>e</sup> regionale watervoerende pakket neemt de stijghoogte ter plekke van de westelijke winput af met maximaal 0,3m. Onder de dijk neemt de stijghoogte af met maximaal 0,3m.

#### *Stationaire laagwatersituatie met een rivierpeil rond NAP +1,2m*

Bij stationair laagwater (rivierpeil van NAP +1,2m) zijn de berekende verlagingen van de freatische grondwaterstand in het binnendijkse gebied kleiner dan in de gemiddelde situatie (niet gegeven in een figuur).

#### *Stationaire hoogwatersituatie met een rivierpeil rond NAP +8,45m*

Bij stationair hoogwater (rivierpeil van NAP +8,45m) neemt de grondwaterstand af op hoger gelegen delen vanwege dezelfde reden als bij het scenario met een gemiddeld rivierpeil: de waterdruk in het regionale pakket neemt af ten opzichte van de waterdruk zonder depot (wanneer bij beide varianten het scenario stationair hoogwater wordt doorgerekend).

### **Effecten kwel/wegzijing**

#### *Effecten zandwinning op kwel/wegzijing in binnendijks HDSR gebied tussen Lek en Amsterdam Rijnkanaal*

Als gevolg van de zandwinning vindt extra voeding plaats naar het eerste watervoerende pakket; dit veroorzaakt een verhoging van de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket. Hierdoor neemt de wegzijing af en de kwel toe. De berekende gemiddelde wegzijing in het gebied direct achter de Lekdijk slaat om in een (geringe) netto kwelsituatie) van 0,1 à 0,15 mm/dag. In Tabel 2-1 is de berekende gemiddelde kwel / wegzijing in het gebied direct achter de Lekdijk weergegeven.

In de stationaire hoogwatersituatie treedt kwel op in het gebied direct achter de Lekdijk, dat iets zal toenemen door de toename van de waterdruk in het 1<sup>e</sup> watervoerende pakket (circa 10%).

In een stationaire laagwatersituatie is de verandering in kwel en wegzijing verwaarloosbaar.

*Effecten specieberging op kwel/wegzijing in binnendijs HDSR gebied tussen Lek en Amsterdam Rijnkanaal*

Als gevolg van de barrièrewerking van de depots daalt de stijghoogte stroomafwaarts van de depots (richting het Amsterdam Rijn kanaal). Hierdoor neemt de wegzijing in het gebied stroomafwaarts van de depots toe en de kwel af.

In de situatie met een gemiddeld rivierpeil en bij een stationair laagwaterpeil treedt wegzijing op vanuit het gebied direct achter de Lekdijk, door de afname van de waterdruk in het 1<sup>e</sup> regionale watervoerende pakket neemt deze wegzijing iets toe (Tabel 2-1). In de stationaire hoogwatersituatie treedt kwel op in het gebied direct achter de Lekdijk, dat iets zal afnemen door de afname van de waterdruk in het 1<sup>e</sup> watervoerende pakket.

In een stationaire laagwatersituatie is de verandering in kwel en wegzijing verwaarloosbaar.

In de eindsituatie neemt de totale afvoer via het watersysteem iets af.

Tabel 2-1 Kwel en wegzijgingsfluxen gemiddeld voor het gebied direct achter de Lekdijk.

Berekening	Totaal volume			Gemiddelde intensiteit	Kwel / wegzijing
	gemiddelde grondwater-aanvulling*	kwel / wegzijing	afvoer		
	[m3/dag]	[m3/dag]	[m3/dag]	[mm/dag]	[-]
Huidige situatie, gemiddeld rivierpeil	985	899	86	0.57	wegzijing
Zandwinning, gemiddeld rivierpeil	985	545	440	0.35	wegzijing
Speciedepot, gemiddeld rivierpeil	985	990	-4	0.63	wegzijing
Huidige situatie, stationair laagwater	985	1.468	-482	0.94	wegzijing
Zandwinning, stationair laagwater	985	1.471	-485	0.94	wegzijing
Speciedepot, stationair laagwater	985	1.494	-509	0.96	wegzijing
Huidige situatie, stationair hoogwater	985	-2.415	3.400	-1.54	kwel
Zandwinning, stationair hoogwater	985	-2.666	3.652	-1.70	kwel
Speciedepot, stationair hoogwater	985	-2.134	3.119	-1.36	kwel

Opmerkingen:

\* = Grondwateraanvulling is het verschil tussen neerslag en verdamping

*Wijk bij Duurstede (5 cm invloedsgebied 1<sup>e</sup> watervoerende pakket bij gemiddeld rivierpeil)*

In Tabel 2-2 staat de berekende kwel / wegzijing in m<sup>3</sup>/s/dag en mm/dag voor Wijk bij Duurstede (5cm invloedsgebied 1<sup>e</sup> watervoerende pakket – gemiddeld rivierpeil). Bij een gemiddeld rivierpeil en een laag rivierpeil verandert de berekende wegzijing nauwelijks. Bij een hoog rivierpeil neemt de kwel iets toe met een zandwinning (ontgraving) en iets af met een speciedepot. De veranderingen in absolute zin zijn klein en praktisch verwaarloosbaar.

In de eindsituatie neemt de totale afvoer via het watersysteem iets af.

Tabel 2-2 Kwel en wegzijgingsfluxen gemiddeld voor Wijk bij Duurstede.

Berekening	Totaal volume			Gemiddelde intensiteit	Kwel / wegzijging
	gemiddelde grondwateraanvulling*	kwel / wegzijging	afvoer		
	[m3/dag]	[m3/dag]	[m3/dag]	[mm/dag]	[-]
Huidige situatie, gemiddeld rivierpeil	736	1.198	-462	0.56	wegzijging
Zandwinning, gemiddeld rivierpeil	736	1.100	-364	0.52	wegzijging
Speciedepot, gemiddeld rivierpeil	736	1.117	-381	0.52	wegzijging
Huidige situatie, stationair laagwater	736	1.746	-1.010	0.82	wegzijging
Zandwinning, stationair laagwater	736	1.776	-1.040	0.83	wegzijging
Speciedepot, stationair laagwater	736	1.750	-1.014	0.82	wegzijging
Huidige situatie, stationair hoogwater	736	-2.289	3.025	-1.07	kwel
Zandwinning, stationair hoogwater	736	-2.428	3.164	-1.14	kwel
Speciedepot, stationair hoogwater	736	-2.081	2.817	-0.98	kwel

Opmerkingen:

\* = Grondwateraanvulling is het verschil tussen neerslag en verdamping

*Invloedsgebied Rivierenland (5 cm invloedsgebied 1<sup>e</sup> watervoerende pakket bij gemiddeld rivierpeil)*

In Tabel 2-3 staat de berekende kwel / wegzijging in m<sup>3</sup>/s/dag en mm/dag voor Rivierenland (5cm invloedsgebied 1<sup>e</sup> watervoerende pakket – gemiddeld rivierpeil). De berekende kwel en wegzijging veranderen nauwelijks. De veranderingen in absolute zin zijn klein en praktisch verwaarloosbaar.

In de eindsituatie neemt de totale afvoer via het watersysteem iets af.

Tabel 2-3 Kwel en wegzijgingsfluxen gemiddeld voor gebied Rivierenland (5cm invloedsgebied Pleistoceen bij een gemiddeld rivierpeil).

Berekening	Totaal volume			Gemiddelde intensiteit	Kwel / wegzijging
	gemiddelde grondwateraanvulling*	kwel / wegzijging	afvoer		
	[m3/dag]	[m3/dag]	[m3/dag]	[mm/dag]	[-]
Huidige situatie, gemiddeld rivierpeil	5.979	770	5.210	0.11	wegzijging
Zandwinning, gemiddeld rivierpeil	5.979	61	5.918	0.01	wegzijging
Speciedepot, gemiddeld rivierpeil	5.979	847	5.133	0.12	wegzijging
Huidige situatie, stationair laagwater	5.979	3.908	2.072	0.56	wegzijging
Zandwinning, stationair laagwater	5.979	3.977	2.003	0.57	wegzijging
Speciedepot, stationair laagwater	5.979	3.902	2.077	0.56	wegzijging
Huidige situatie, stationair hoogwater	5.979	-17.222	23.201	-2.45	kwel
Zandwinning, stationair hoogwater	5.979	-17.923	23.902	-2.55	kwel
Speciedepot, stationair hoogwater	5.979	-16.716	22.695	-2.38	kwel

Opmerkingen:

\* = Grondwateraanvulling is het verschil tussen neerslag en verdamping

### Gevoeligheidsanalyse

Uit een gevoeligheidsanalyse met een variatie in de tijd (eerst de westelijke put ontgraven en vullen, dan de oostelijke put) blijkt dat de effecten iets kleiner worden en beperkt blijven tot een kleiner gebied (zie Figuur 2-20, Figuur 2-21, Figuur 2-24 en Figuur 2-25). Uit een tweede gevoeligheidsanalyse met een hogere weerstand op de bodem van de putten (10 dagen in plaats van 3 dagen) blijkt dat de effecten nog wat kleiner worden (Figuur 2-22, Figuur 2-23, Figuur 2-26 en Figuur 2-27). De maximaal optredende grondwaterstandveranderingen worden beperkt tot maximaal 0,5 m.

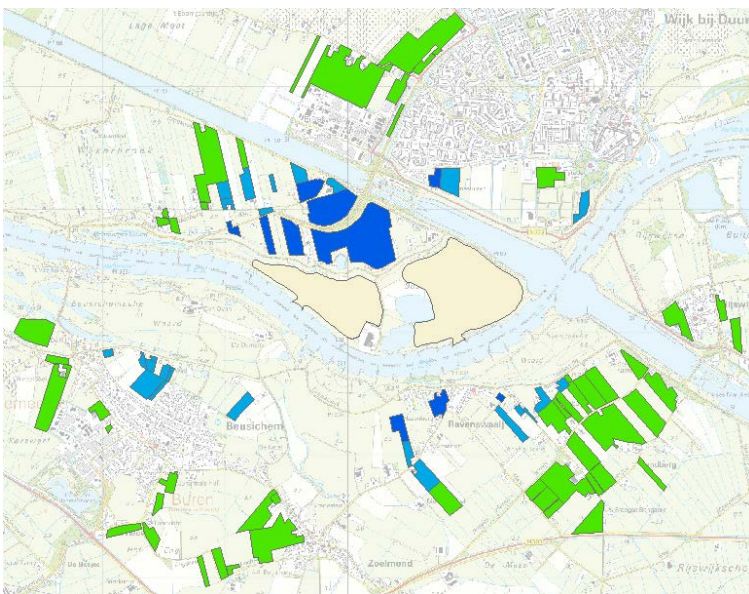
Indien in de praktijk de putten deels ontgraven worden en tegelijk alweer gevuld worden met specie kunnen de effecten naar verwachting verder worden beperkt.

## 2.4 Afgeleide effecten omgeving tijdens situatie zandwinning

### Afgeleide effecten fruitteelt

Tijdens de ontgravingsfase is sprake van verhoging van de grondwaterstand. Boomgaarden / fruitteeltgebieden kunnen gevoelig zijn voor verhogingen van de grondwaterstand. In Figuur 2-5 is de ligging van fruitteeltgebieden in de omgeving van de Bosscherwaarden aangegeven. Een deel van deze locaties ligt binnen het hydrologische invloedsgebied van de ontgraving.

Voor de boomgaarden met verhogingen van de grondwaterstand zijn mitigerende maatregelen uitgewerkt in hoofdstuk 5. De voorgestelde mitigerende maatregel bestaat uit een fijn netwerk van nieuw aan te leggen drainage. Tussen elke bomenrij is drainage beoogd. Dat houdt in dat om de 3 à 4 m drainage komt te liggen.



Figuur 2-5 Ligging fruitteeltgebieden en freatische beïnvloeding.

Opmerkingen:

- Ligging ontgraving Bosscherwaarden niet conform actueel ontwerp
- Ligging fruitteelt indicatief (waarschijnlijk is een aantal percelen onterecht aangeduid als zijnde fruitteelt en mogelijk ontbreekt een aantal bestaande fruitteeltgebieden ten onrechte)
- Fruitteelt boomgaarden zijn met gekleurde vlakken weergegeven. Overig landgebruik bestaat uit hoofdzakelijk weiland en stedelijk gebied. Deze zijn eenvoudig te herkennen in de figuur.
- Ter plaatse van de fruitteeltgebieden is in het model bestaande drainage als uitgangspunt gehanteerd



= Boomgaard (&lt; 5 cm verhoging)



= &gt; 10 cm verhoging freatische grondwaterstand

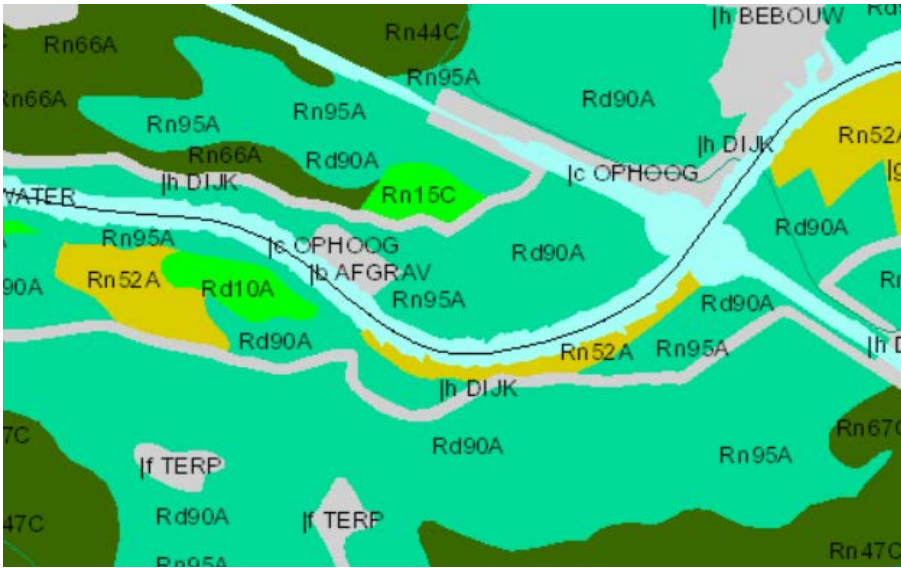


= 5 à 10 cm verhoging freatische grondwaterstand

**Afgeleide effecten weiland**

Binnen het invloedsgebied liggen de meeste percelen weiland binnen de 0,1 m en 0,05 m verhogingscontour. Een klein aantal percelen ligt binnen een tijdelijke contour van 0,2 m verhoging. Bij de landbouwpercelen is de gemiddelde (berekende) grondwaterstand in de categorie 0,3 m tot 1,0 m – mv. Binnen het grootste deel van de percelen met weiland is de GHG ordegrootte 0,3 m – mv en de GLG beneden 1 m – mv. Ten opzichte van deze GHG is een verhoging van de grondwaterstand merkbaar. De percelen zullen in natte perioden minder goed betreedbaar zijn. Ten opzichte van de GLG is de verhoging naar verwachting nauwelijks merkbaar.

Voor verschillende bodemtypen uit de digitale bodemkaart 1:50.000 [2] (Rn95A, Rn66A, Rd90A, Rn15C, Rn52A en Rd10A) is een ordegrootte van het schadepercentage bepaald. In Figuur 2-6 staat een uitsnede uit de digitale bodemkaart. Hiertoe is gebruik gemaakt van een landbouwschadetool (help200x [3]). Bij deze bodemtypes neemt de natschade toe en blijft veelal de droogteschade gelijk. De toename van het totale schadepercentage komt neer op 3 – 5%. Uitgangspunten zijn een toename van de GHG van 0,3 naar 0,2 m – mv en een toename van de GLG van 1,2 naar 1,1 m – mv.



Figuur 2-6 Bodemtypes bodemkaart 1:50.000 [2]

### Afgeleide effecten bebouwd gebied

Tijdens de ontgravingsfase is sprake van een tijdelijke verhoging van de grondwaterstand. Binnen het hydrologische invloedsgebied van de ontgraving bevindt zich bebouwd gebied. Bebouwd gebied kan gevoelig zijn voor verhogingen van de freatische grondwaterstand. In Figuur 2-7 staat de maaiveldhoogte. In Figuur 2-8 staat de huidige gemiddelde grondwaterstand ten opzichte van maaiveld weergegeven (in Figuur 2-9 is een uitsnede van het fruitteeltgebied noordelijk van de Bosscherwaarden weergegeven). In Figuur 2-10 staat de gemiddelde grondwaterstand ten opzichte van maaiveld in de situatie tijdens ontgraving (in Figuur 2-11 is een uitsnede van het fruitteeltgebied noordelijk van de Bosscherwaarden weergegeven).

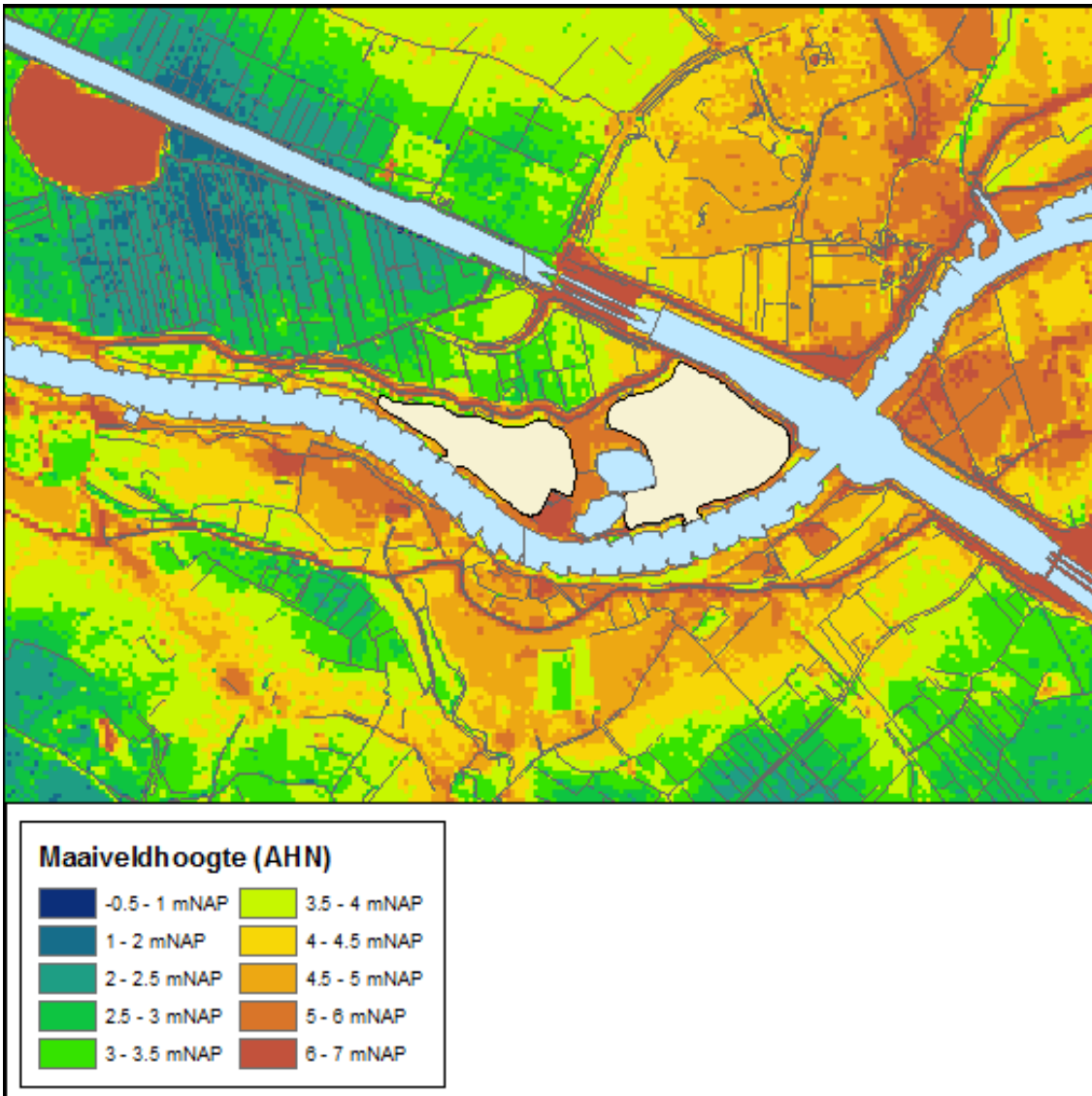
De volgende verhogingen zijn berekend:

- in Wijk bij Duurstede tot maximaal circa 0,1 à 0,2 m (*stedelijk gebied*);
- direct ten noordwesten van de Bosscherwaarden tot maximaal 0,5 à 0,8 m (*bebouwingslint*);
- ten zuiden van de Lek:
  - in de uiterwaarden maximaal 0,2 à 0,5 m (*solitaire bebouwing*);
  - in Ravenswaaij maximaal 0,1 à 0,2 m;
  - in Beusichem maximaal 0,05 à 0,1 m.

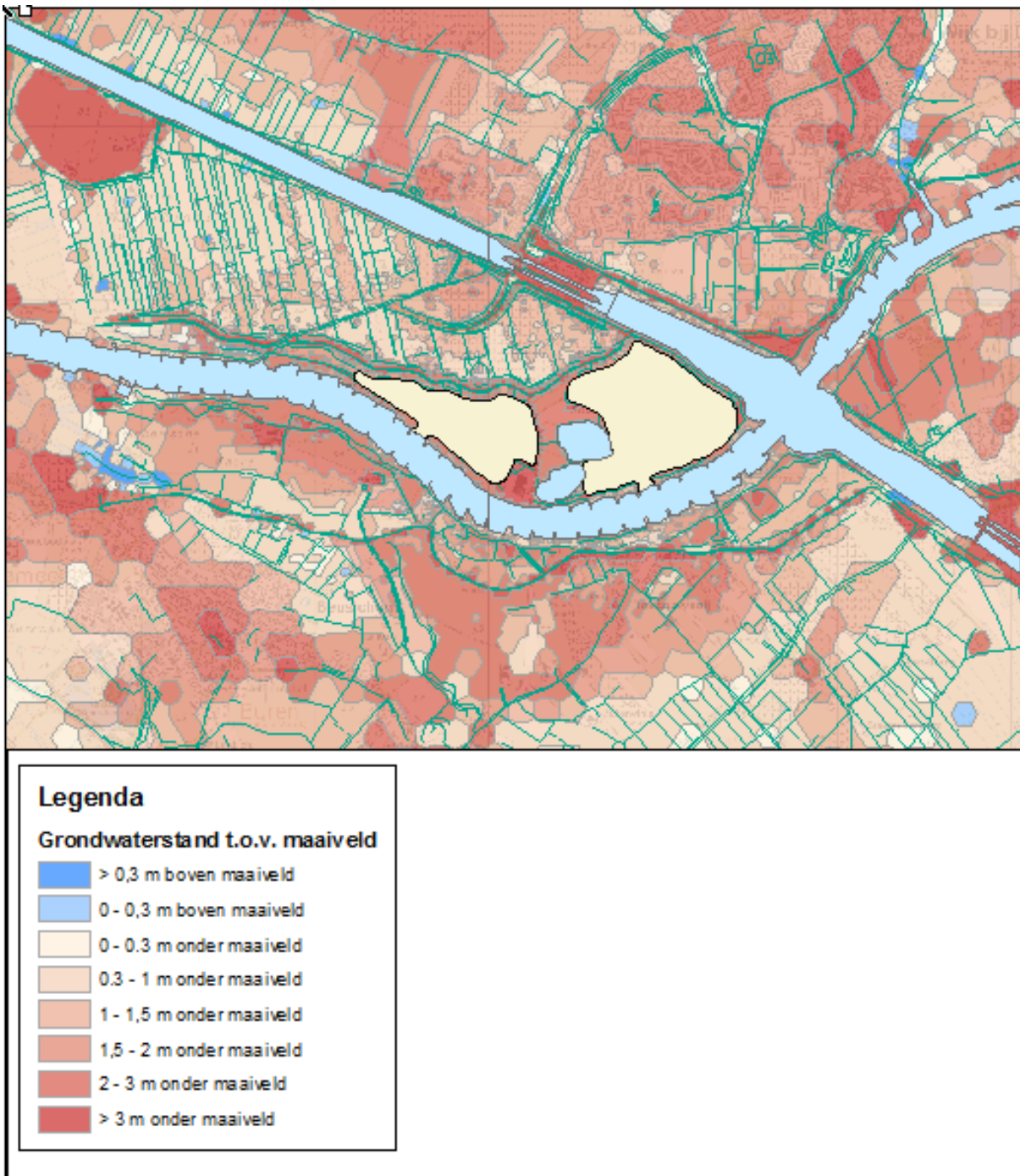
De grondwaterstand in het beïnvloede gebied in Wijk bij Duurstede bevindt zich voor het grootste deel op meer dan 1,5 meter beneden maaiveld. Voor een klein deel geldt een grondwaterstand tussen 1 en 1,5 meter beneden maaiveld. In een klein gebied direct ten oosten van het Amsterdam-Rijnkanaal is in de huidige situatie sprake van hoge grondwaterstanden met water in de kruipruimte. Voor de situatie in Ravenswaaij en Beusichem geldt dat er sprake is van grondwaterstanden die 1 tot 2 meter onder maaiveld liggen.



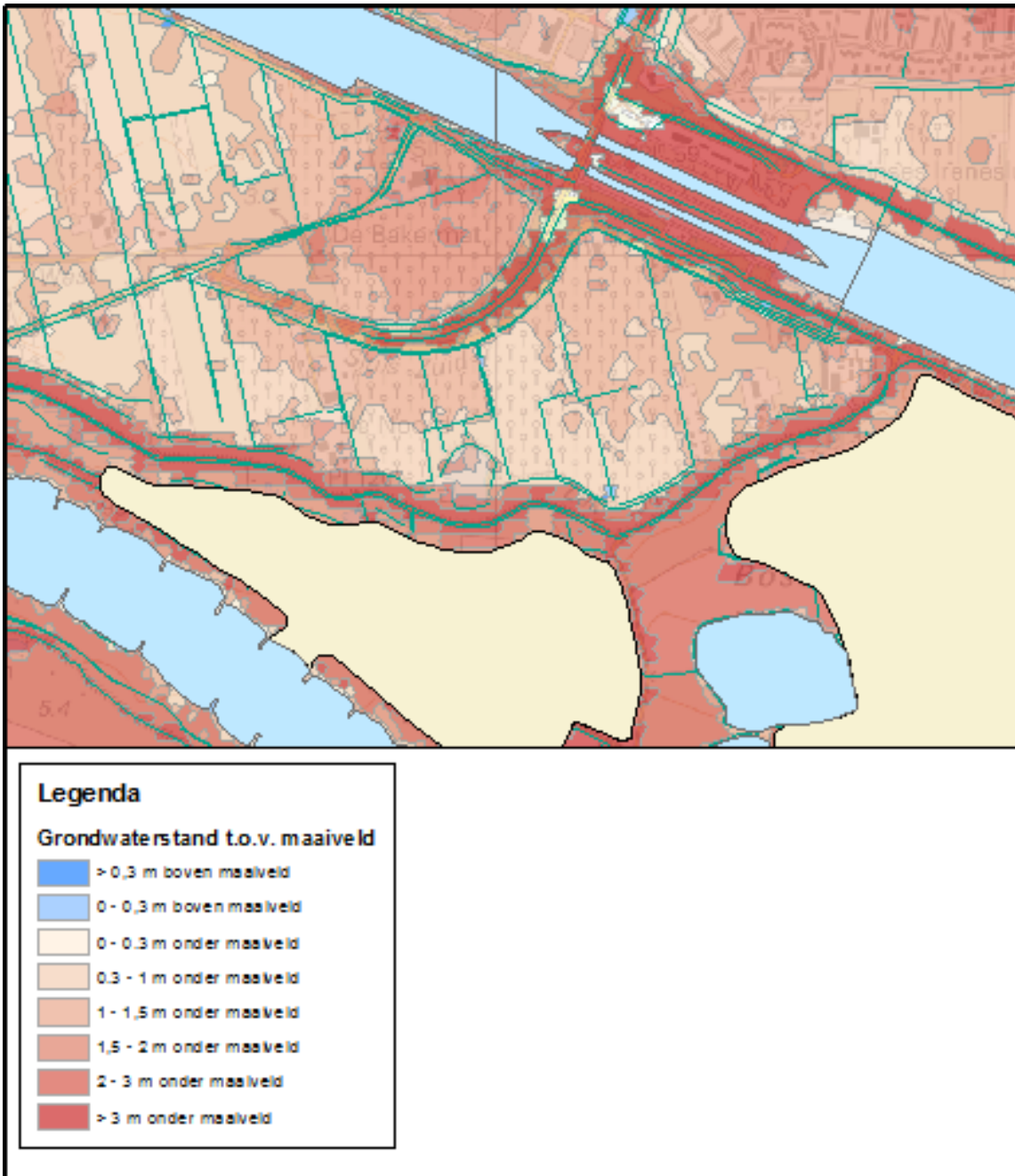
Op basis van de berekeningen wordt geconcludeerd dat de relatieve geringe tijdelijke verhogingen in Wijk bij Duurstede, Ravenswaaij en Beusichem voor bebouwing zonder kelders naar verwachting geen nadelige gevolgen zullen hebben vanwege de relatief diepe grondwaterstanden aldaar. De grondwaterstand bevindt zich ruim beneden de kruipruimten. Voor onderkelderde woningen kan tijdelijk mogelijk enig effect optreden afhankelijk van de diepte en constructieve eigenschappen (waterdichtheid) van de kelders. Voor de woningen direct ten noorden van de Bosscherwaarden treden tijdelijk relatief grote grondwaterstandverhogingen op. Om dit tegen te gaan wordt voor de bebouwing in dit gebied de voor de fruitteelt voorgestelde mitigerende maatregel, namelijk een meer intensieve drainage, voorgesteld. Voor het kleine gebied direct ten oosten van het Amsterdam-Rijnkanaal met hoge grondwaterstanden vindt momenteel (2016) onderzoek plaats naar oorzaken en mogelijke maatregelen voor de grondwateroverlast aldaar. De benodigde (aanvullende) maatregelen in dit gebied voor de tijdelijke verhoging van de grondwaterstand tijdens de zandwinning zullen naar verwachting goed kunnen worden gecombineerd met de autonoom te nemen maatregelen.



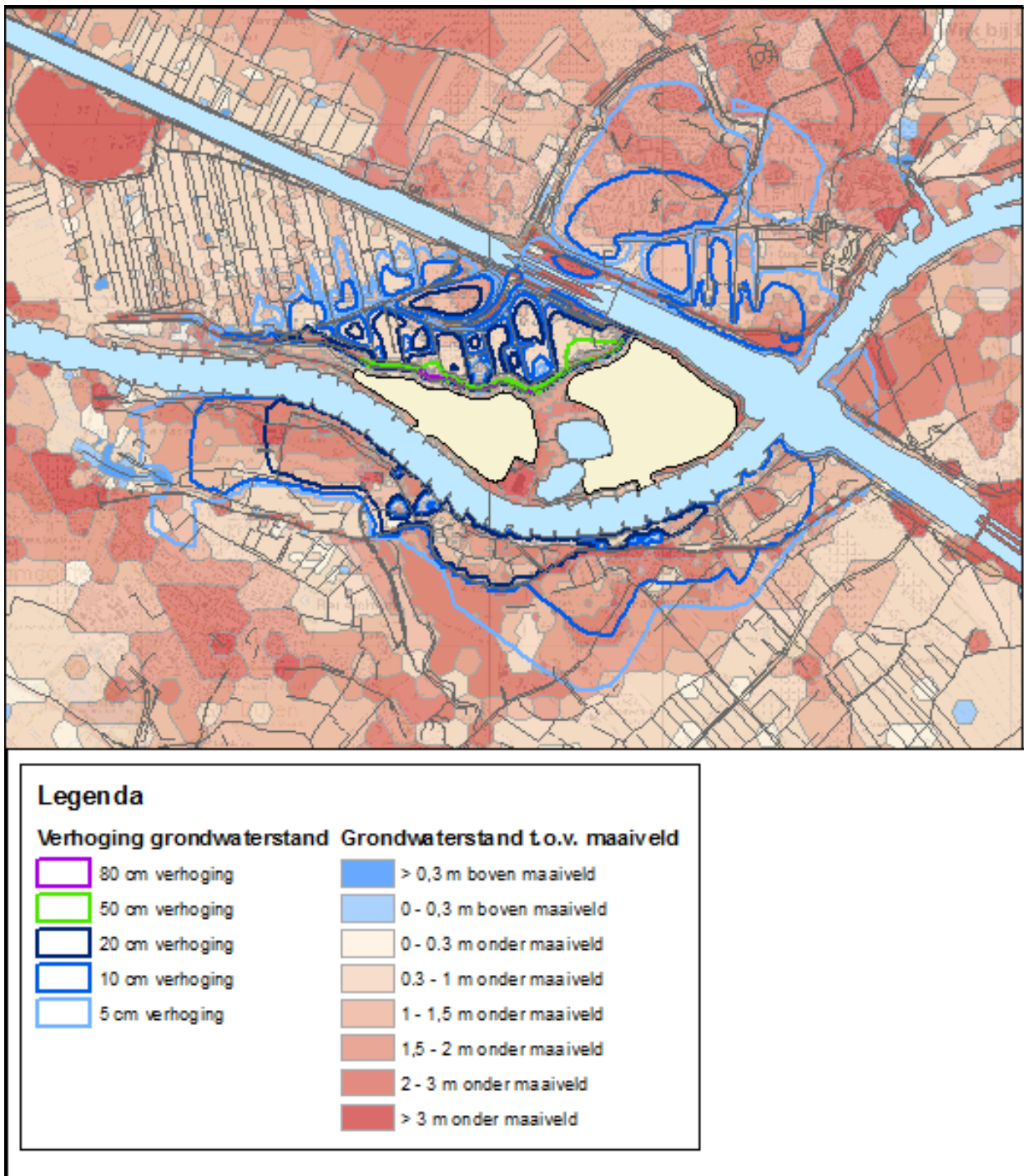
Figuur 2-7 Maaiveldhoogte [m+NAP]



*Figuur 2-8 Huidige situatie: grondwaterstand beneden maaiveld [m]*



*Figuur 2-9 Huidige situatie: grondwaterstand beneden maaiveld – uitsnede fruitteeltgebied*

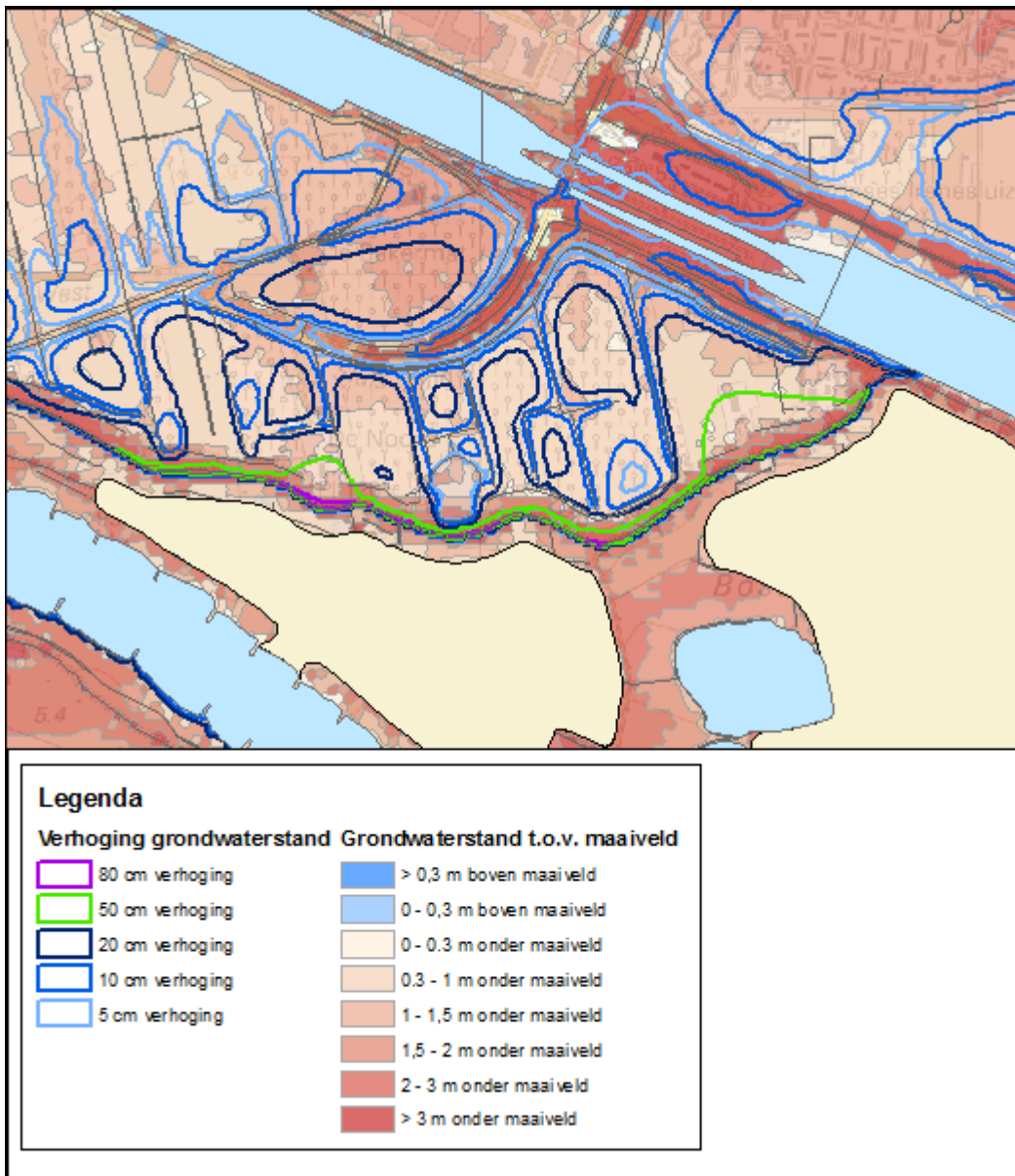


*Figuur 2-10 Situatie zandwinning: grondwaterstand beneden maaiveld + verhogingen van de grondwaterstand*

**Opmerkingen:**

In de figuur staan:

- zowel de berekende verhogingen van de freatische grondwaterstand (in de situatie met zandwinning)
  - als wel de berekende freatische grondwaterstand in meters onder maaiveld (in de situatie met zandwinning)
- Met de combinatie is inzichtelijk hoe diep de verhoogde grondwaterstanden onder maaiveld liggen



Figuur 2-11 Situatie zandwinning: grondwaterstand beneden maaiveld + verhogingen van de grondwaterstand – uitsnede fruitteeltgebied.

Opmerkingen:

In de figuur staan:

- zowel de berekende verhogingen van de freatische grondwaterstand (in de situatie met zandwinning)
  - als wel de berekende freatische grondwaterstand in meters onder maaiveld (in de situatie met zandwinning)
- Met de combinatie is inzichtelijk hoe diep de verhoogde grondwaterstanden onder maaiveld liggen

## 2.5 Conclusies

Op basis van de berekeningen wordt geconcludeerd dat voor wat betreft de geohydrologische effecten de grootste effecten optreden bij de variant zandwinning. Ten opzichte van de huidige situatie bedraagt de maximale verhoging in het binnendijkse gebied ongeveer 0,65 m. In het stedelijk gebied (Wijk bij Duurstede) is de verandering van de freatische grondwaterstand maximaal circa 0,15 à 0,2 m. In het geval van stationair hoogwater zijn de verschillen ten opzichte van de huidige situatie beduidend kleiner (~zowel in de huidige situatie als in de situatie met zandwinning komt de grondwaterstand dan in grote delen van de omgeving aan maaiveld, en het overtollige grondwater wordt daar afgevoerd). De hier berekende verhogingen zijn worst case omdat er gerekend is met een situatie waarin beide zandwinputten tegelijkertijd geheel zijn ontgraven. In de praktijk zullen beide putten niet tegelijk worden ontgraven. Bovendien zullen de putten tijdens de ontgraving al gedeeltelijk met specie worden opgevuld. Hierdoor worden de grondwaterstandveranderingen beperkt tot maximaal 0,5 m en wordt het beïnvloede gebied ook kleiner.

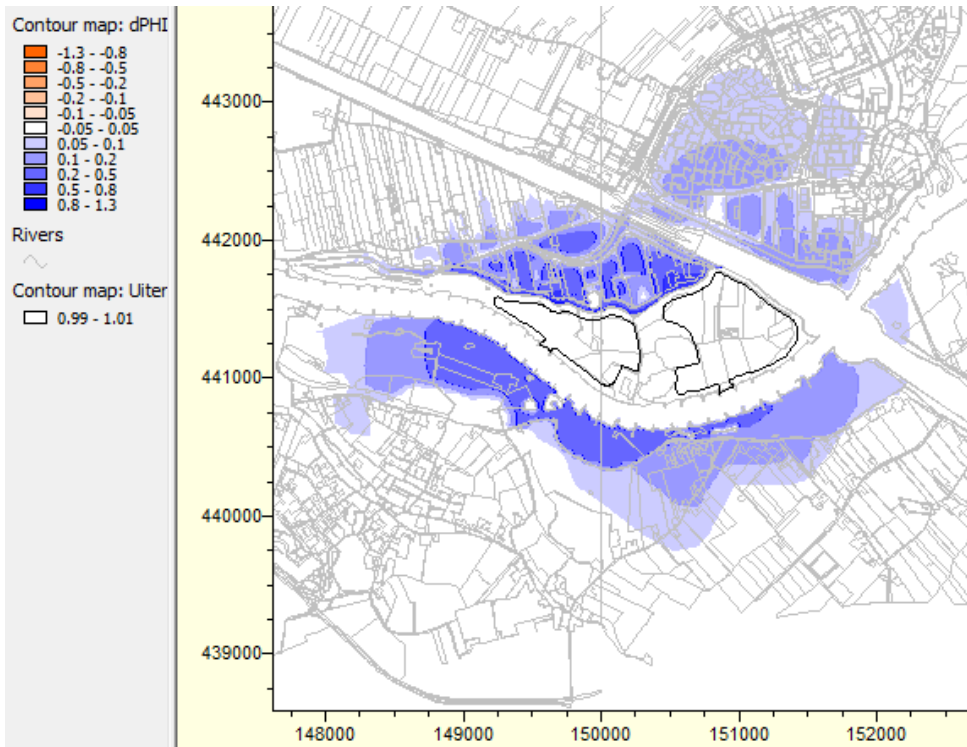
In het 1<sup>e</sup> regionale watervoerende pakket neemt de stijghoogte bij de variant zandwinning en het scenario hoogwater ter plekke van de dijken met maximaal 0,7 m toe ten opzichte van de berekening stationair hoogwater in de huidige situatie. De verandering in het freatische pakket is naar verwachting enkele decimeters kleiner.

Bij de variant speciedepot zijn de berekende effecten een stuk kleiner dan bij de variant zandwinning, bovendien worden in deze situatie verlagingen berekend in plaats van verhogingen.

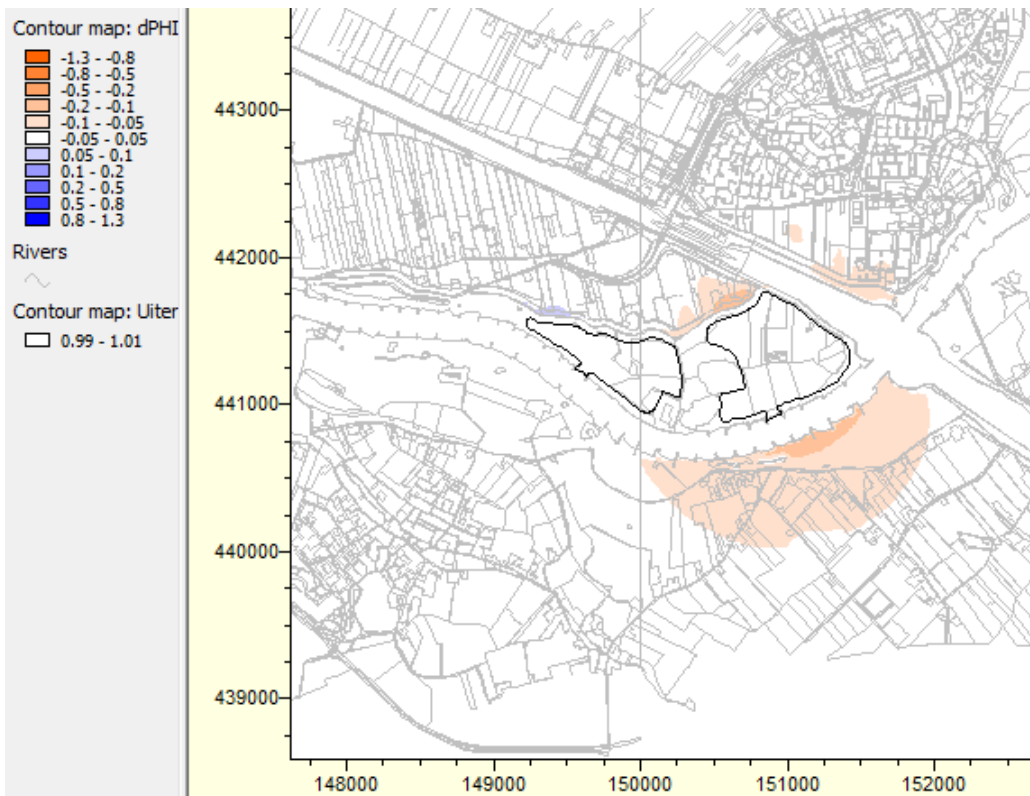
Bij de variant zandwinning verandert een situatie met infiltratie in het gebied direct achter de Lekdijk in een situatie met geringe kwel (bij gemiddeld rivierpeil).

NB De doorgerekende situaties stationair hoog en stationair laagwater zijn beide extreme situaties (worst-case) en zullen in de praktijk niet voorkomen. In werkelijkheid zullen deze situaties gedurende een beperkte tijd optreden. De bij deze situatie berekende stationaire toestand zal hierdoor naar verwachting in werkelijkheid niet worden bereikt.

Verder kan op basis van de berekeningen worden geconcludeerd dat bij een speciedepot de contouren van de stroombanen ingesnoerd worden ten opzichte van de huidige situatie.

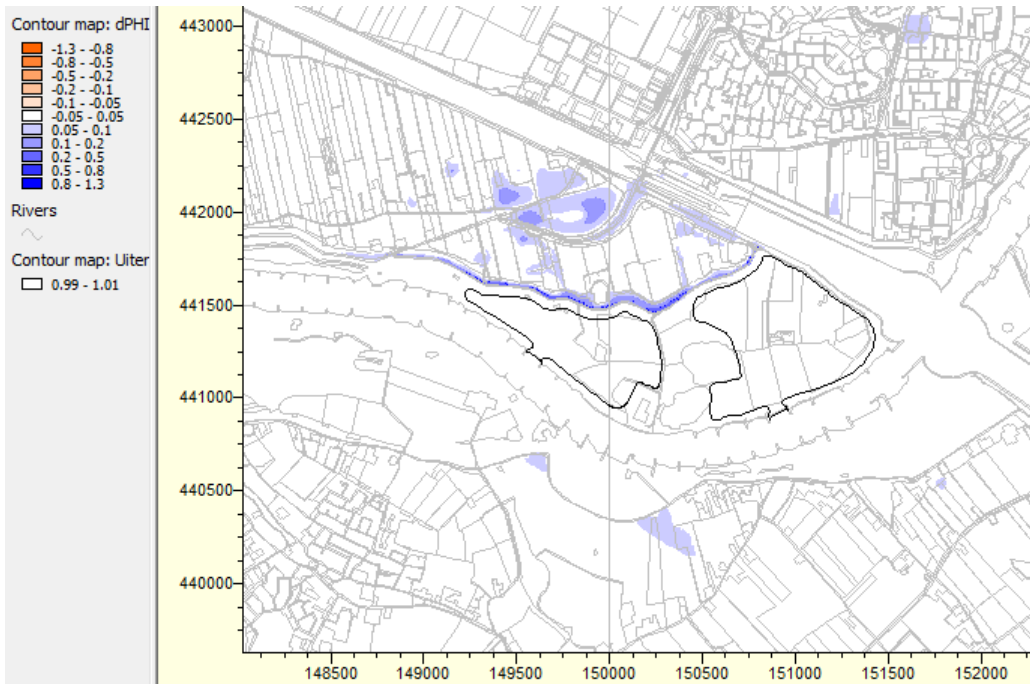


Figuur 2-12 Verschil grondwaterstand variant zandwinning met rivierpeil rond NAP +3,38m (oranje verlaging van de grondwaterstand in (m)).

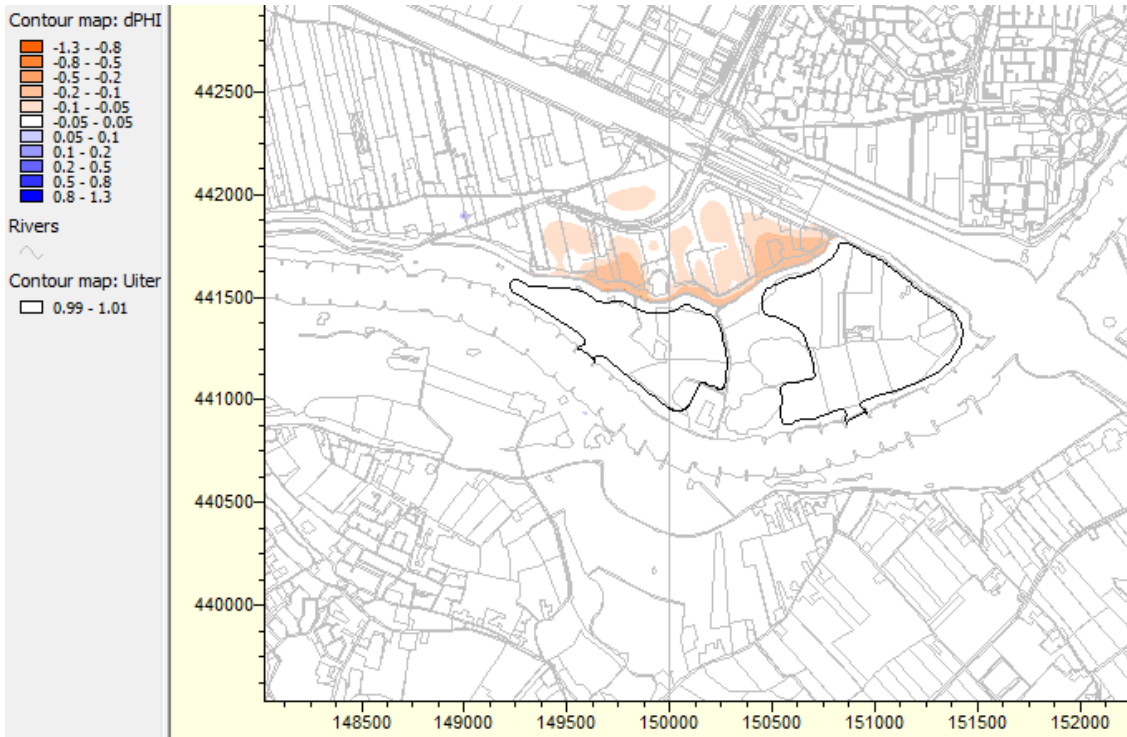


Figuur 2-13 Verschil grondwaterstand variant zandwinning met rivierpeil rond NAP +1,2m (oranje verlaging van de grondwaterstand in (m)).

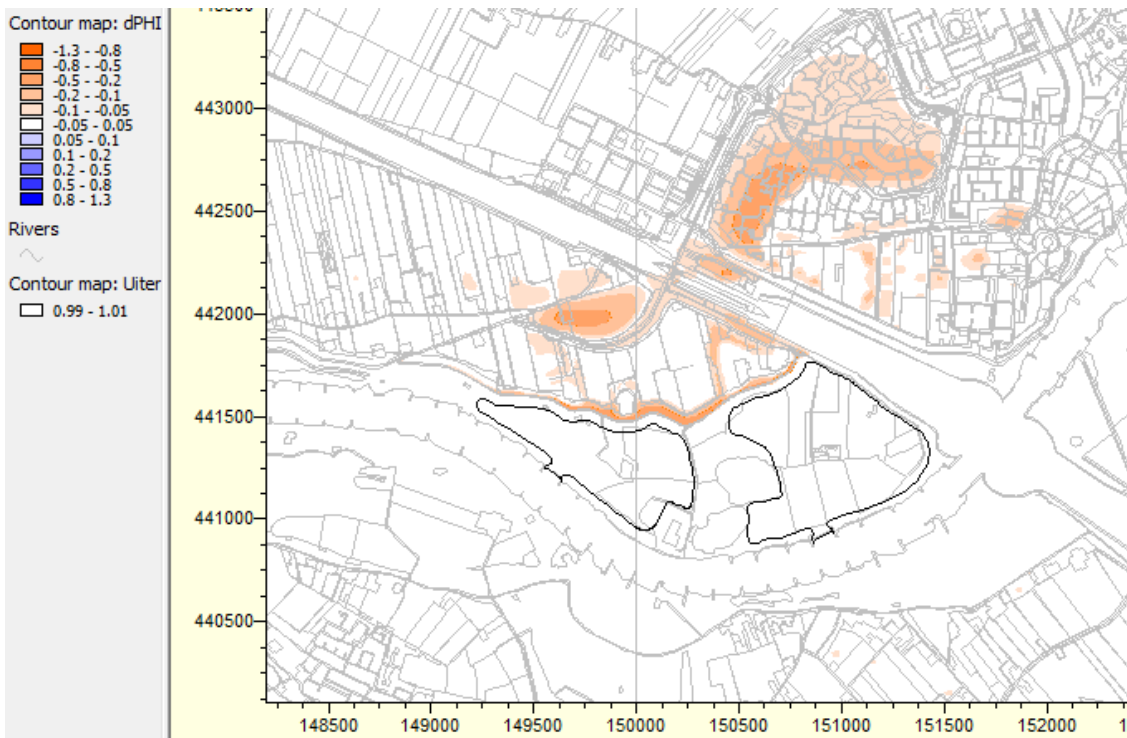




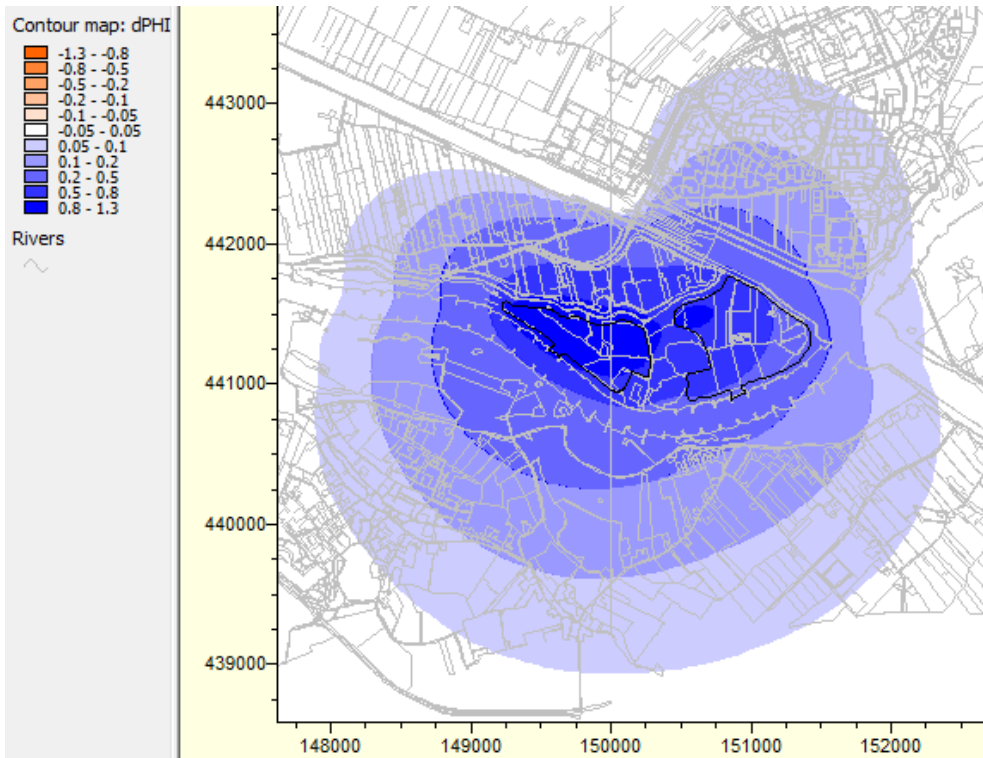
Figuur 2-14 Verschil grondwaterstand variant zandwinning met rivierpeil rond NAP +8,45m (blauw verhoging van de grondwaterstand (m)).



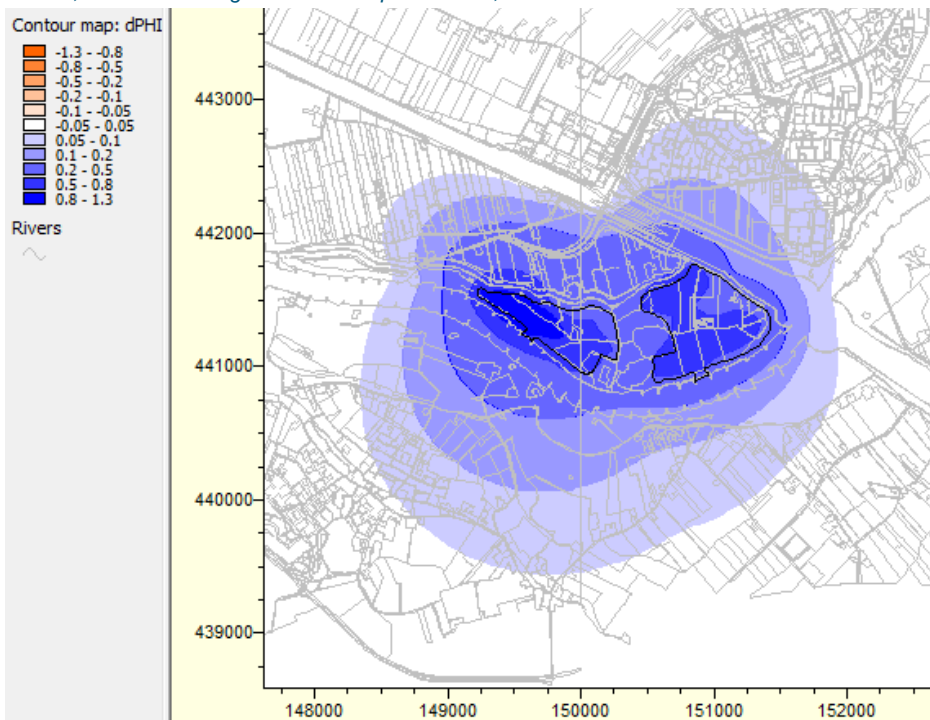
Figuur 2-15 Verschil grondwaterstand variant speciedepot met rivierpeil rond NAP +3,38m (oranje verlaging van de grondwaterstand (m)).



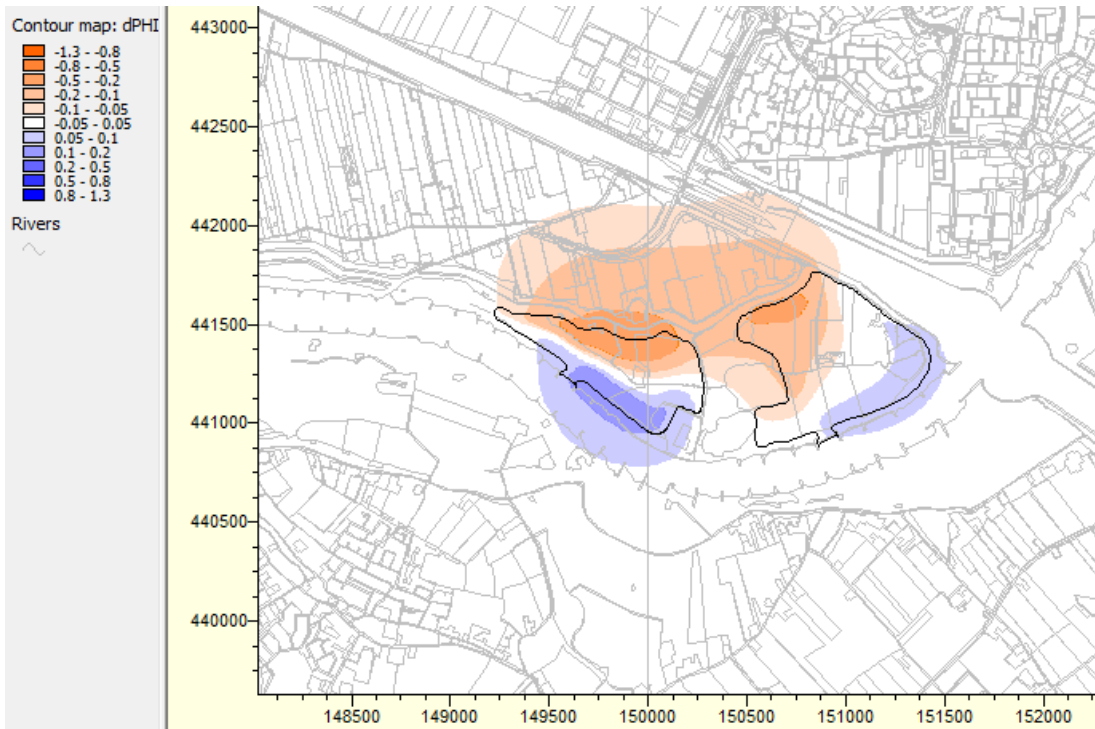
Figuur 2-16 Verschil grondwaterstand variant speciedepot met rivierpeil rond NAP +8,45m (oranje verlaging van de grondwaterstand (m)).



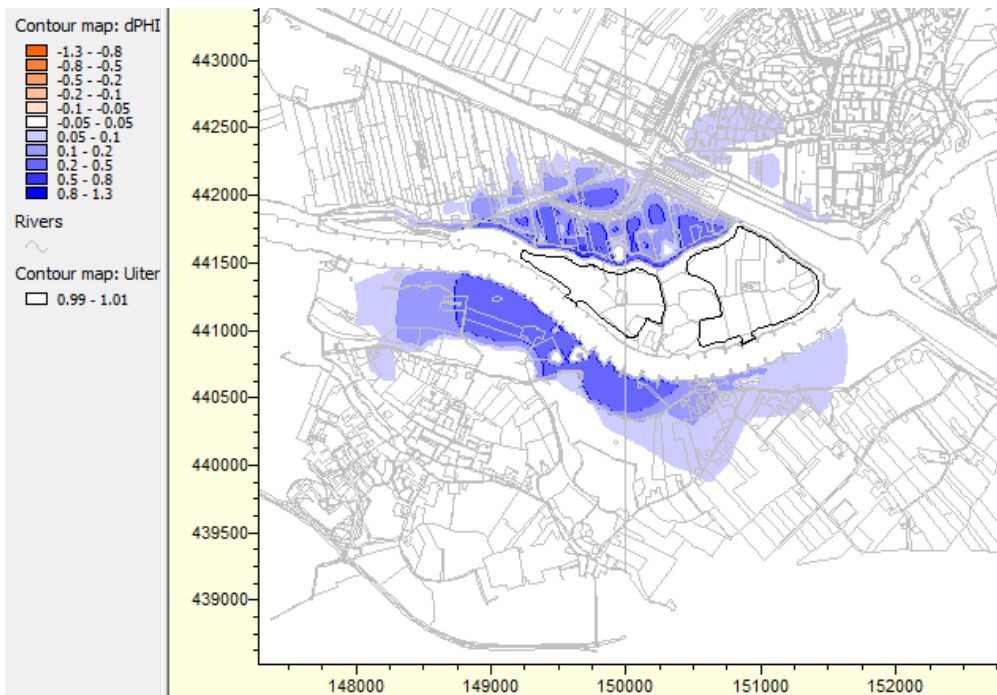
Figuur 2-17 Verschil in stijghoogte 1<sup>o</sup> regionale watervoerende pakket, voor de variant zandwinning ten opzichte van de huidige situatie, beide scenario gemiddeld rivierpeil NAP +3,38m.



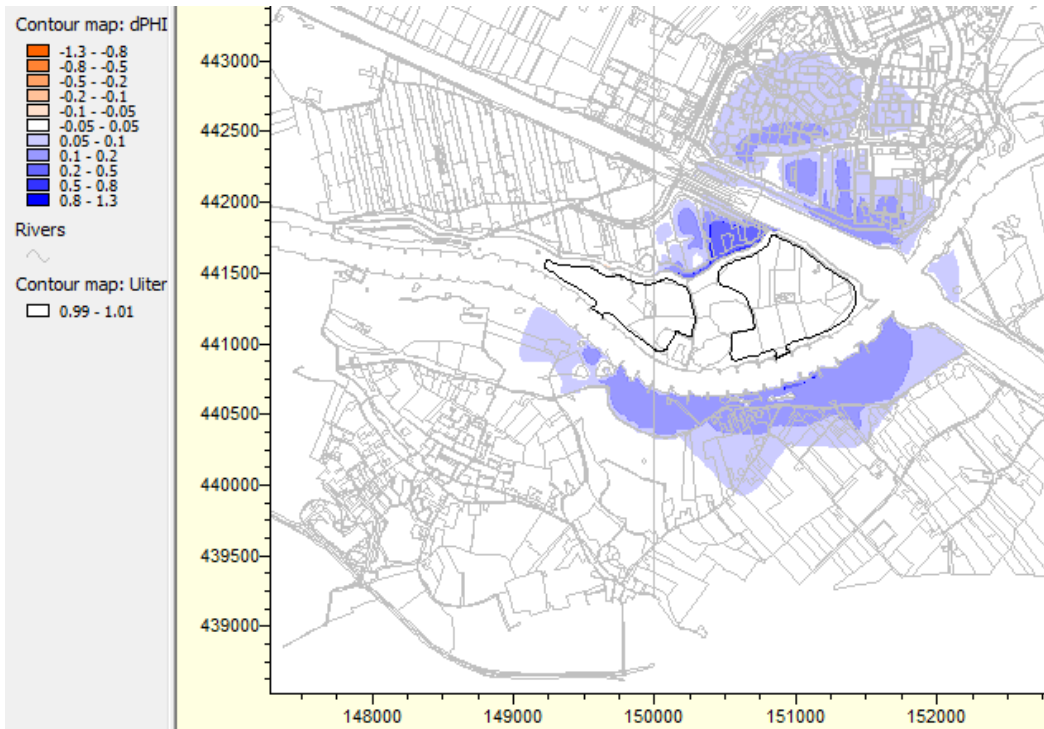
Figuur 2-18 Verschil in stijghoogte 1<sup>o</sup> regionale watervoerende pakket, voor de variant zandwinning ten opzichte van de huidige situatie, beide scenario stationair hoogwater.



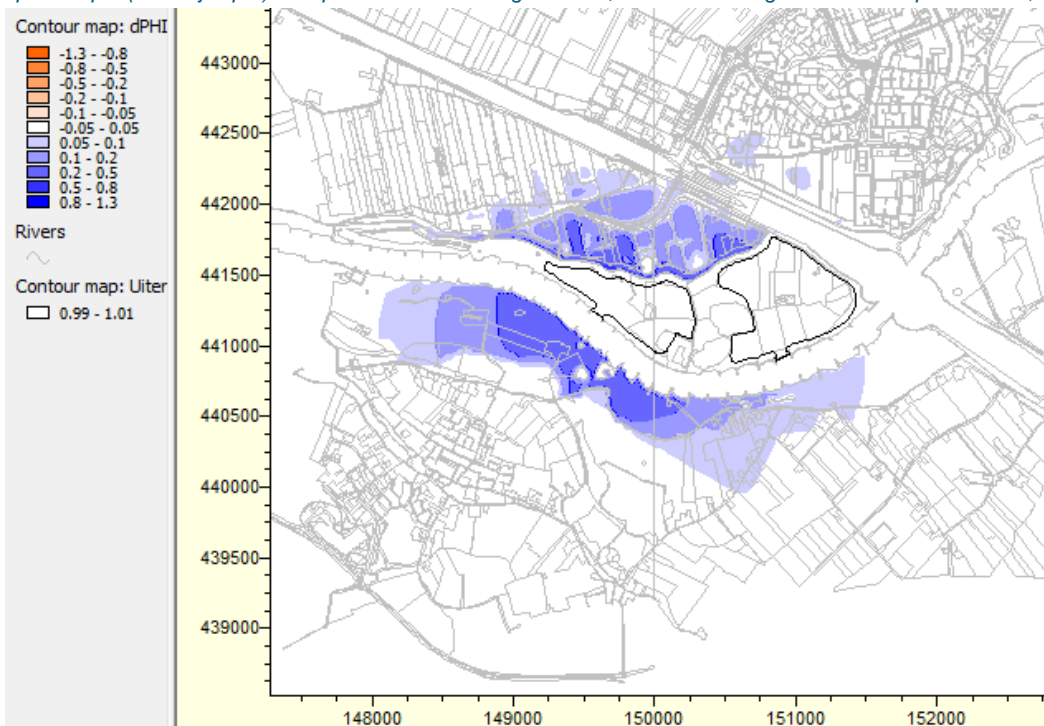
Figuur 2-19 Verschil in stijghoogte 1<sup>e</sup> regionale watervoerende pakket, voor de variant specieberging ten opzichte van de huidige situatie, beide scenario gemiddeld rivierpeil NAP +3,38m.



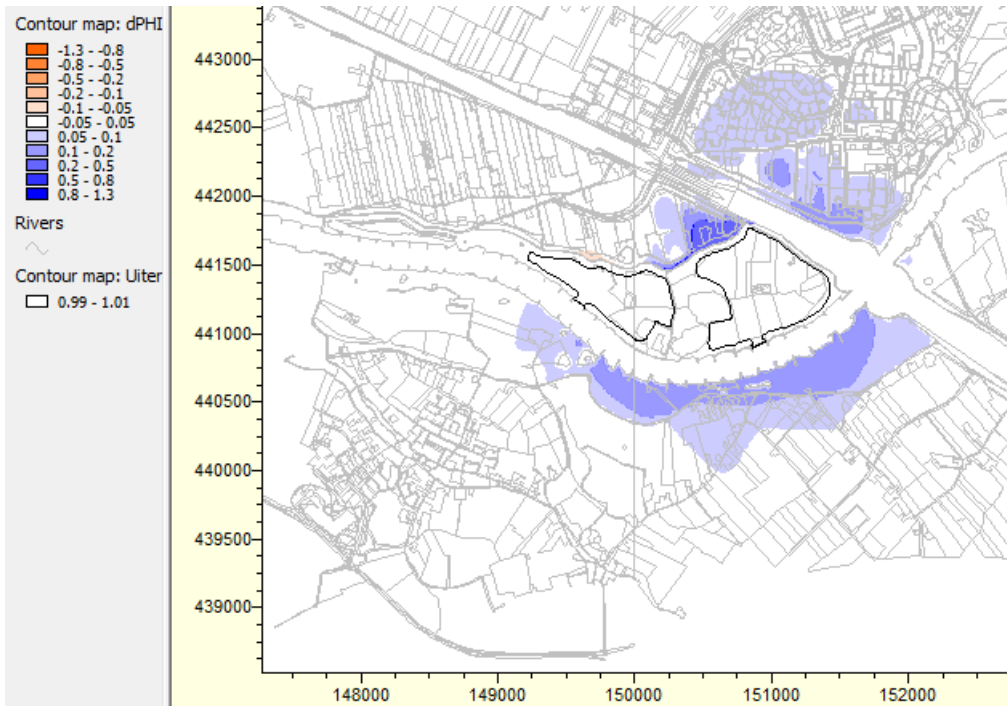
Figuur 2-20 Gevoeligheidsanalyse. Verschil in grondwaterstand, voor de variant zandwinning (alleen westelijke put) ten opzichte van de huidige situatie, beide scenario gemiddeld rivierpeil NAP +3,38m.



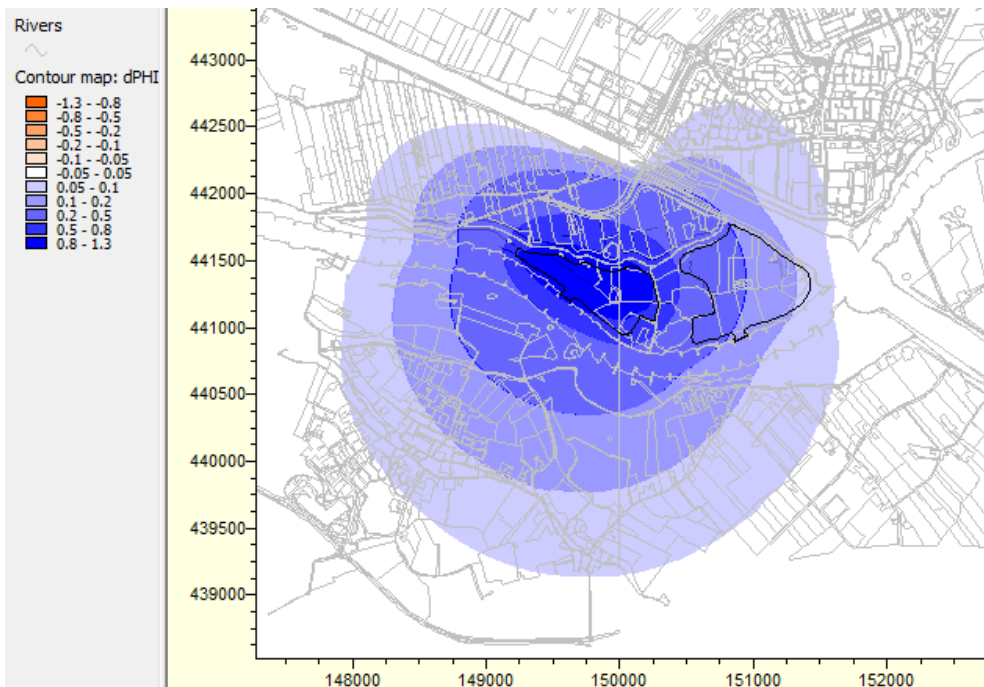
Figuur 2-21 Gevoeligheidsanalyse. Verschil in grondwaterstand, voor de variant zandwinning (alleen oostelijke put) en tegelijkertijd speciedepot (westelijke put) ten opzichte van de huidige situatie, beide scenario gemiddeld rivierpeil NAP +3,38m.



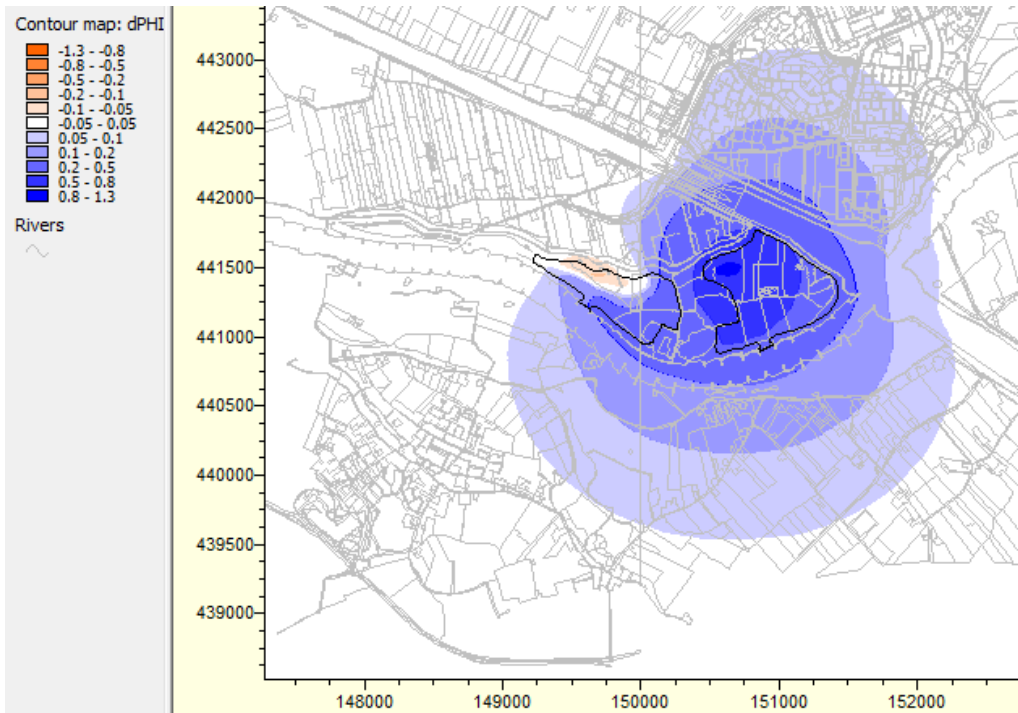
Figuur 2-22 Gevoeligheidsanalyse. Verschil in grondwaterstand, voor de variant zandwinning (alleen westelijke put met 10 dagen bodemweerstand) ten opzichte van de huidige situatie, beide scenario gemiddeld rivierpeil NAP +3,38m.



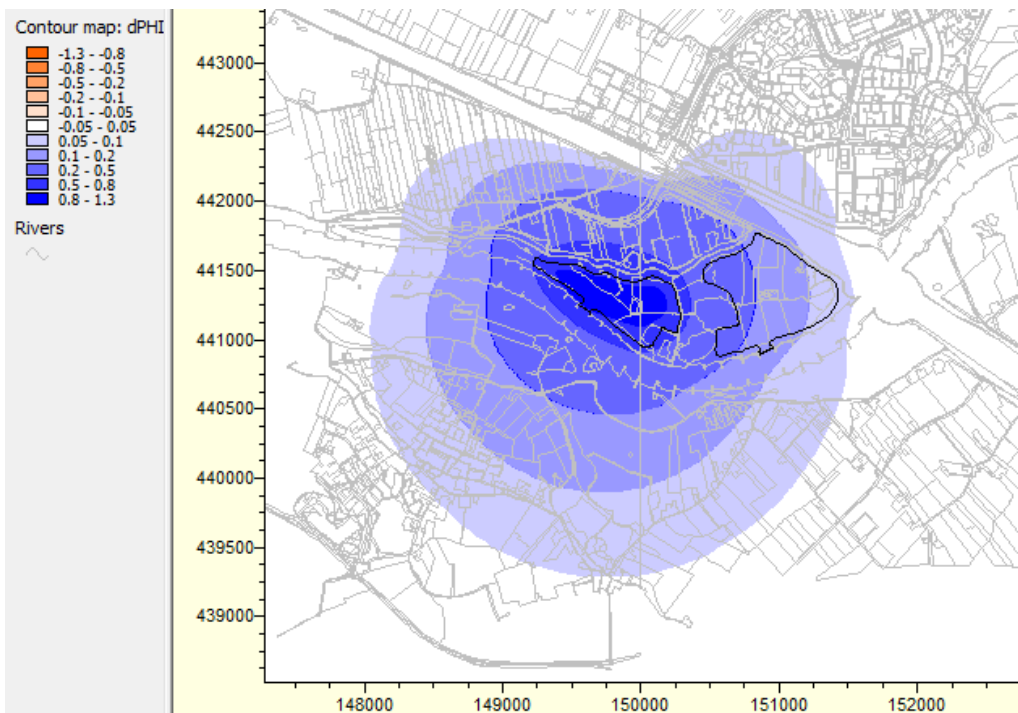
Figuur 2-23 Gevoeligheidsanalyse. Verschil in grondwaterstand, voor de variant zandwinning (alleen oostelijke put met 10 dagen bodemweerstand) en tegelijkertijd speciedepot (westelijke put) ten opzichte van de huidige situatie, beide scenario gemiddeld rivierpeil NAP +3,38m.



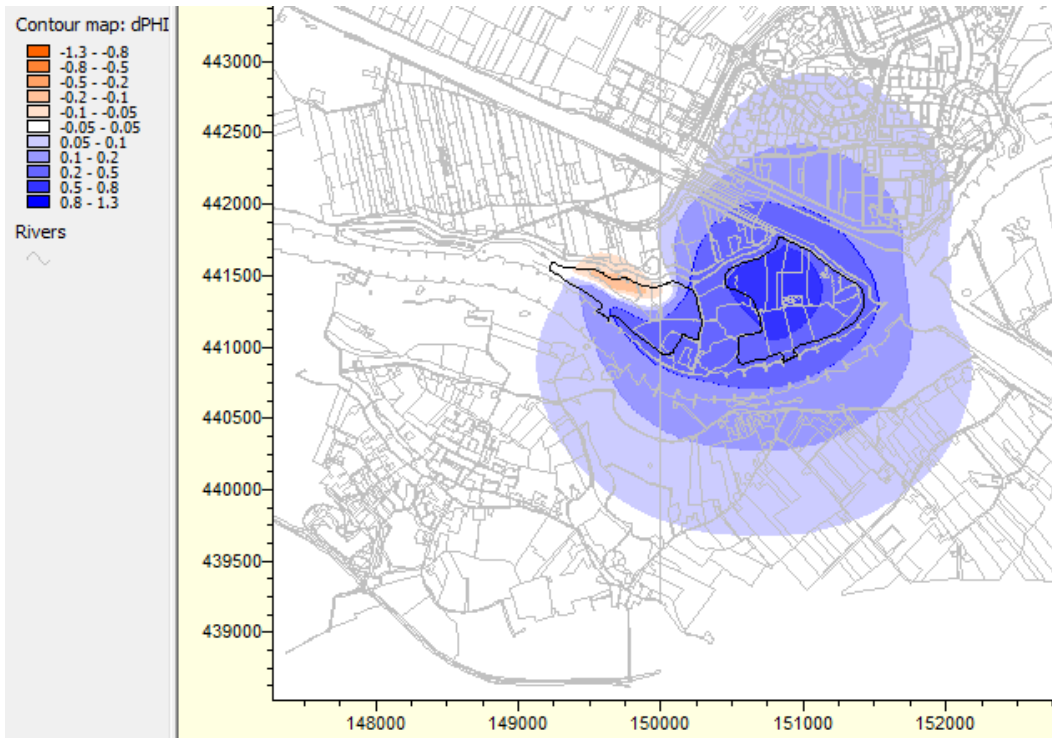
Figuur 2-24 Gevoeligheidsanalyse. Verschil in stijghoogte 1e regionale watervoerende pakket, voor de variant zandwinning (alleen westelijke put) ten opzichte van de huidige situatie, beide scenario gemiddeld rivierpeil NAP +3,38m.



Figuur 2-25 Gevoeligheidsanalyse. Verschil in stijghoogte 1e regionale watervoerende pakket, voor de variant zandwinning (alleen oostelijke put) en tegelijkertijd speciedepot (westelijke put) ten opzichte van de huidige situatie, beide scenario gemiddeld rivierpeil NAP +3,38m.



Figuur 2-26 Gevoeligheidsanalyse. Verschil in stijghoogte 1e regionale watervoerende pakket, voor de variant zandwinning (alleen westelijke put met 10 dagen bodemweerstand) ten opzichte van de huidige situatie, beide scenario gemiddeld rivierpeil NAP +3,38m.



Figuur 2-27 Gevoeligheidsanalyse. Verschil in stijghoogte 1e regionale watervoerende pakket, voor de variant zandwinning (alleen oostelijke put met 10 dagen bodemweerstand) en tegelijkertijd speciedepot (westelijke put) ten opzichte van de huidige situatie, beide scenario gemiddeld rivierpeil NAP +3,38m.

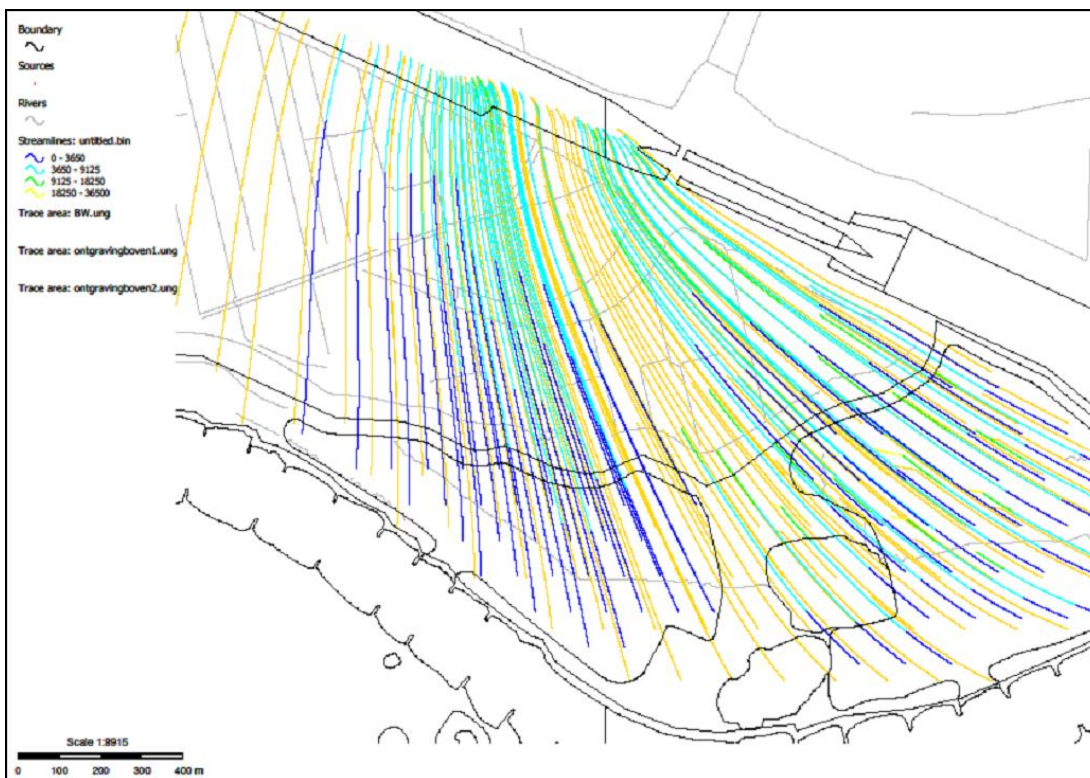


### 3 Stroombaanberekeningen baggerspeciedepot

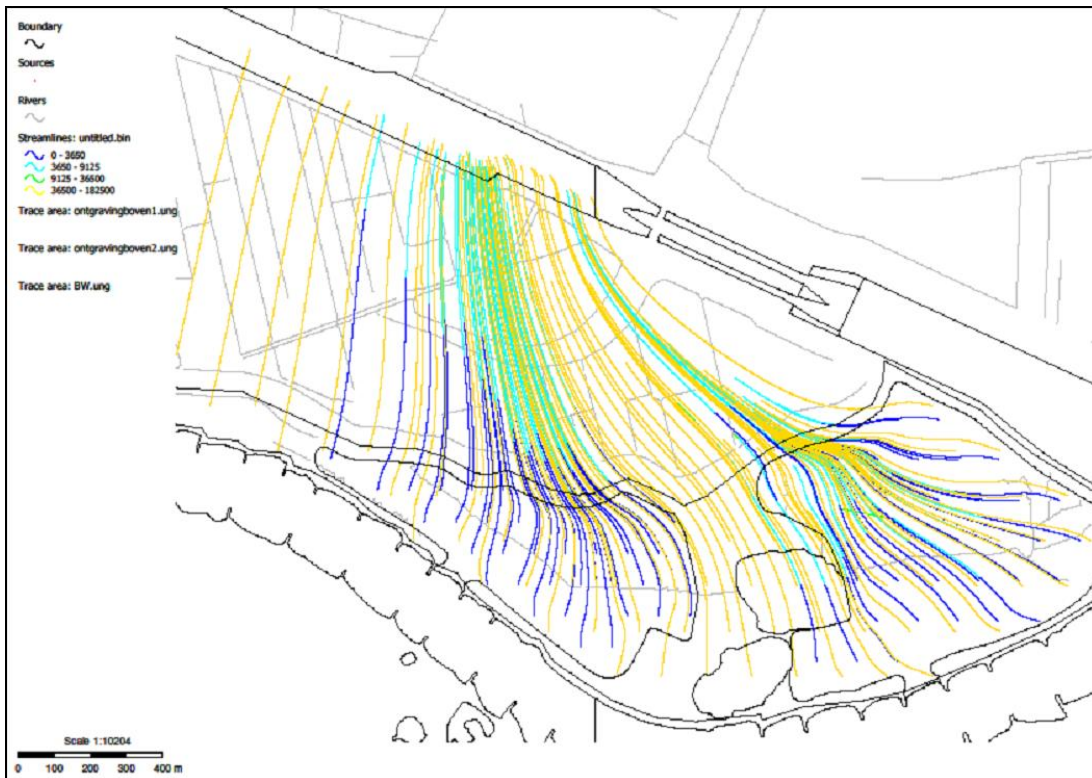
#### 3.1 Resultaten stroombaanberekeningen

In Figuur 3-1 en Figuur 3-2 staan stroombaanberekeningen (10.000 jaar doorgerekend) voor varianten huidige situatie en speciebergiging bij een gemiddeld rivierpeil van rond NAP +3,38m. De stroombanen zijn bij de variant huidige situatie gestart vanaf ongeveer 1 à 2 m onder de bovenkant van het eerste watervoerende pakket. Bij de variant speciebergiging zijn de stroombanen op 95% vanaf de bodem van de derde modelaquifer gestart (het onderste deel van het eerste watervoerende pakket onder de deklaag), dit komt neer op vlak onder het depot (met een minimale afstand van 0,3m). De oranje stroombanensets zijn gestart vanuit de uiterwaarden, de gekleurde sets vanuit het depot dan wel de locatie van het depot. Eventuele verspreiding van stoffen vanuit de uiterwaarden is nu te vergelijken met verspreiding vanuit het depot. Opvallend is dat veel stroombanen het Amsterdam-Rijnkanaal bereiken (enkele stroombanen zijn afgekapt tijdens de berekening, maar ook deze bereiken het Amsterdam-Rijnkanaal); door het lage waterpeil trekt het kanaal veel water aan.

In het geval van een speciedepot nemen de stroombaancontouren vanuit het depot af ten opzichte van de huidige situatie. Ten noorden van de depots buigen de stroombanen af door extra infiltratie vanuit de Lek naar het Amsterdam-Rijnkanaal nabij de sluis.



Figuur 3-1 Stroombaanberekening huidige situatie (oranje vanuit uiterwaarden, gekleurd vanuit locatie depot met reistijd in dagen).



Figuur 3-2 Stroombanenberekening speciedepot (oranje vanuit uiterwaarden, gekleurd vanuit depot met reistijd in dagen).

## 4 Effecten hoogwatergolf in de eindsituatie

### 4.1 Toelichting en uitgangspunten

In de huidige situatie is sprake van een zomerkade in de Bosscherwaarden. Dat betekent dat het gebied pas zal inunderen als de waterstand in de rivier de kruin van de zomerkade bereikt. In de eindsituatie als de Bosscherwaarden is ingericht als natuurgebied is de functie van de zomerkade opgeheven en zal het gebied eerder inunderen. Hierdoor kan er in de eindsituatie al eerder sprake zijn van effecten op het grondwater in de omgeving. In dit hoofdstuk wordt dit mogelijk effect nader in beeld gebracht.

#### Algemeen: wat gebeurt er tijdens een tijdelijke hoogwatergolf

Vanuit de Nederrijn – Lek infiltreert er water naar het 1<sup>e</sup> watervoerende pakket. Bij hoogwater op de Nederrijn – Lek infiltreert er extra water. Deze extra infiltratie zorgt voor een tijdelijke verhoging van de stijghoogte in het 1<sup>e</sup> watervoerende pakket. Deze verhoging werkt ook door in het 1<sup>e</sup> watervoerende pakket onder de uiterwaarden en het binnendijkse gebied. De verhogingen van de stijghoogte veroorzaken een toename van de kwel. De toename in kwel veroorzaakt vervolgens een toename van de freatische grondwaterstand.

#### Hoogwatergolf tot zomerkadepeil huidige en eindsituatie

In de huidige situatie blijven de uiterwaarden droog wanneer het rivierpeil tijdens een hoogwatergolf tot zomerkadepeil staat. In de eindsituatie (met depot) is er een open verbinding tussen de uiterwaarden en de rivier. De uiterwaarden staan dan onder water met een hoogwatergolf. Tijdens een hoogwatergolf (tot huidig zomerkadepeil) vindt:

- in de huidige situatie dus alleen extra infiltratie plaats vanuit de rivier;
- in de nieuwe situatie (met depot) vindt zowel infiltratie plaats vanuit de rivier als vanuit de uiterwaarden.

Vanwege de toename in infiltrerend oppervlak kan de totale infiltratie toenemen. Als gevolg van extra infiltratie kunnen binnendijkse effecten toenemen. In dit hoofdstuk zijn de binnendijkse effecten berekend voor twee situaties:

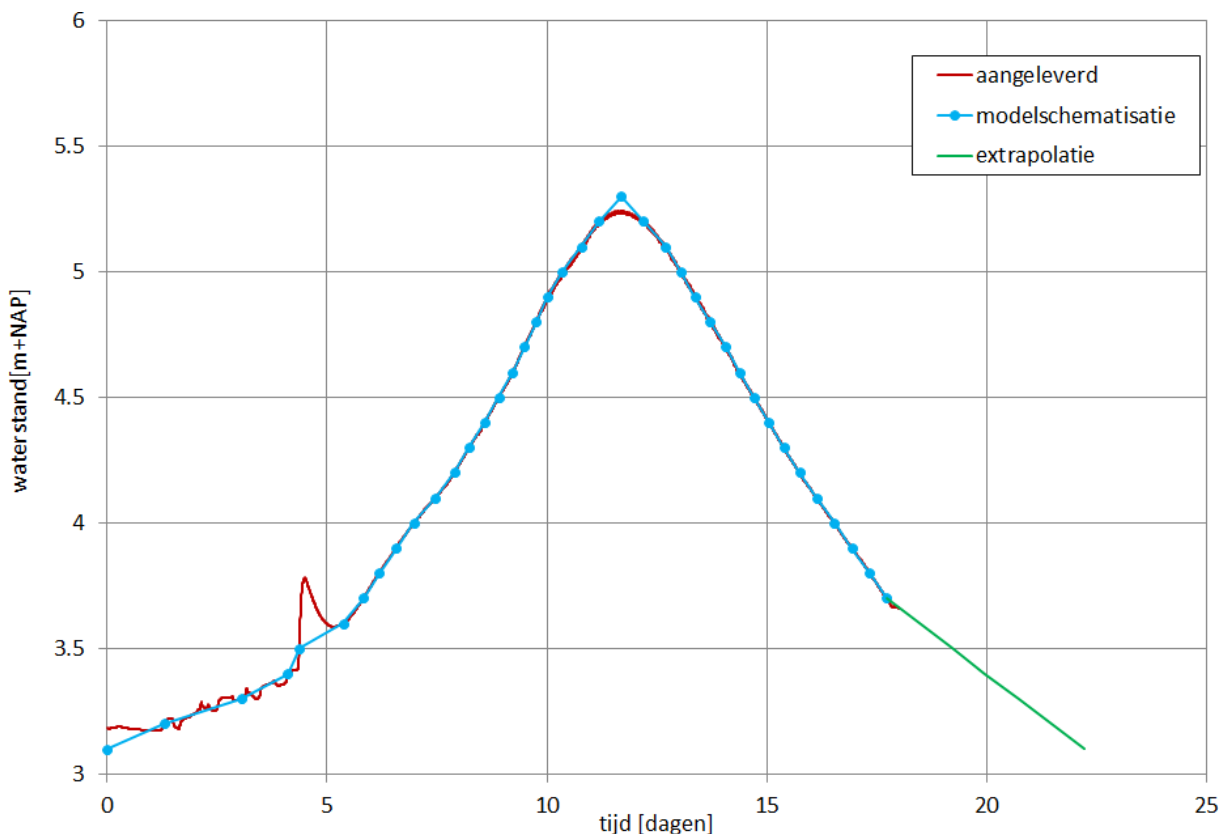
1. een Hoogwatergolf (tot zomerkadepeil) berekening voor de huidige situatie;
2. een Hoogwatergolf (tot zomerkadepeil) berekening voor de toekomstige situatie.

In hoofdstuk 2 is het effect van een stationaire maatgevende hoogwatersituatie omschreven (maximaal waterpeil op de rivier). Omdat een hoogwatersituatie maximaal enkele weken duurt zijn de stationaire effecten “worst case”: hoger dan de maximaal te verwachten grondwaterstanden. Om een beter beeld te krijgen van de effecten van hoogwater is in dit hoofdstuk gerekend met een niet-stationaire hoogwatergolf (het hoogwater is als ‘langskomende’ golf gemodelleerd).

Hiervoor is gebruik gemaakt van een hoogwatergolf berekend met behulp van een hydraulisch riviermodel (SIMONA). De hoogwatergolf verloopt van NAP + 3,1 m tot NAP + 5,25 m (huidig zomerkadepeil).

Voor de Bosscherwaarden is het berekende waterstandsverloop bij rivierkm 929 (kruising Lek met Amsterdam – Rijnkanaal) geselecteerd. De hoogwatergolf is als volgt geschematiseerd:

- De golf is gediscretiseerd in stapjes van 0,1 m waterstandsverandering. Deze waterstandsveranderingen corresponderen met ongelijke tijdstappen. Zie Figuur 4-1. Het maximum van de discretisatie is iets hoger dan de aangeleverde golf (circa 0,05 m).
- De staart van de golf is aangevuld met een lineaire extrapolatie zo dat de eindwaterstand gelijk is aan de beginwaterstand.
- De resulterende tijdreeks van de hoogwatergolf is in het grondwatermodel ingevoerd als vlakdekkend peil. De rekentijden van het model zijn gelijk gekozen met de tijdstappen van de gediscretiseerde hoogwatergolf. Hieraan is toegevoegd een stationaire opstartperiode van 1 maand en een uitlooperperiode van 1 maand.



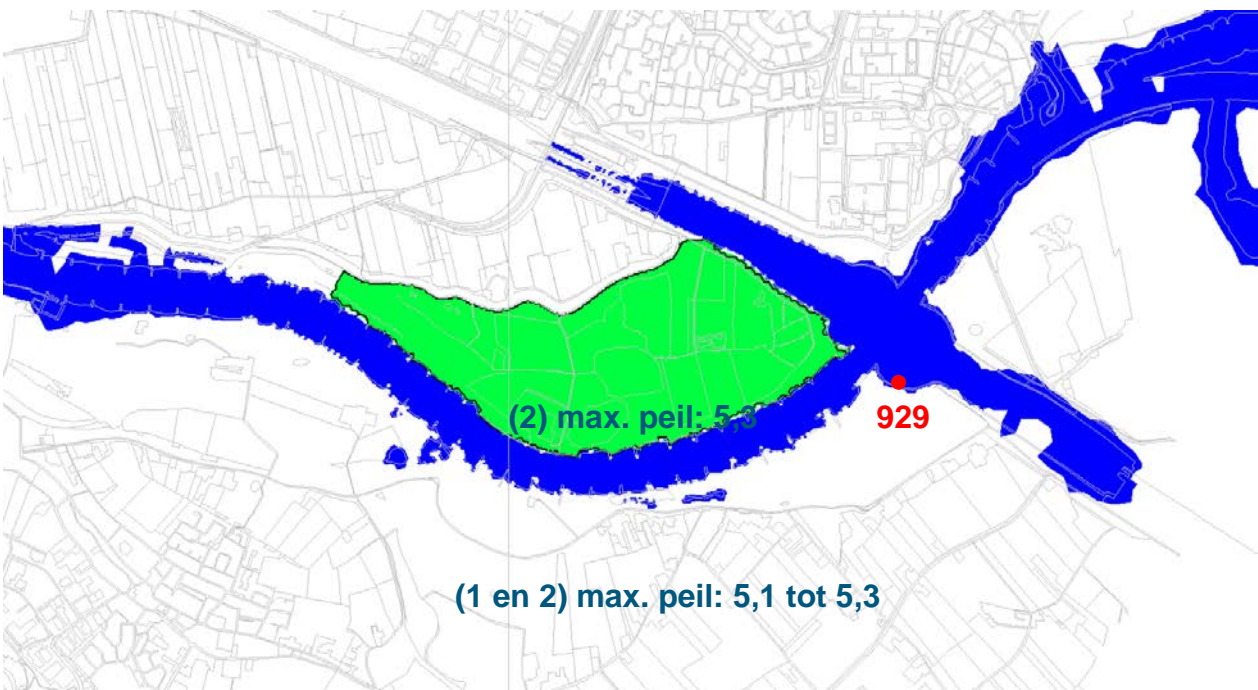
Figuur 4-1 Schematisatie hoogwatergolf op de Nederrijn – Lek [m+NAP]

Aan de waterpeilen volgens de hoogwatergolf is een verhang toegekend in stroomafwaartse richting van de rivier. Het verhang bedraagt circa 3,5 cm per km.

Er zijn 2 tijdsafhankelijke berekeningen gedaan:

1. Huidige situatie. De hoogwatergolf treedt op in de Nederrijn – Lek en het Amsterdam – Rijnkanaal tot Prinses Irenesluizen. De doorgerekende hoogwatergolf zorgt in de huidige situatie niet voor inundatie binnen het gebied van de zomerkade in de Bosscherwaarden.
2. Inrichting van de Bosscherwaarden volgens de eindsituatie. In deze variant is de zomerkade verlaagd en treedt er in de uiterwaard inundatie op. Het peil in de uiterwaard is gelijk aan het rivierpeil bij rivierkm 929. In de uiterwaard is er geen verhang toegekend aan het peil.

Zie Figuur 4-2 voor de ruimtelijke verdeling van de maximale hoogwaterpeilen in berekening 1 en 2.



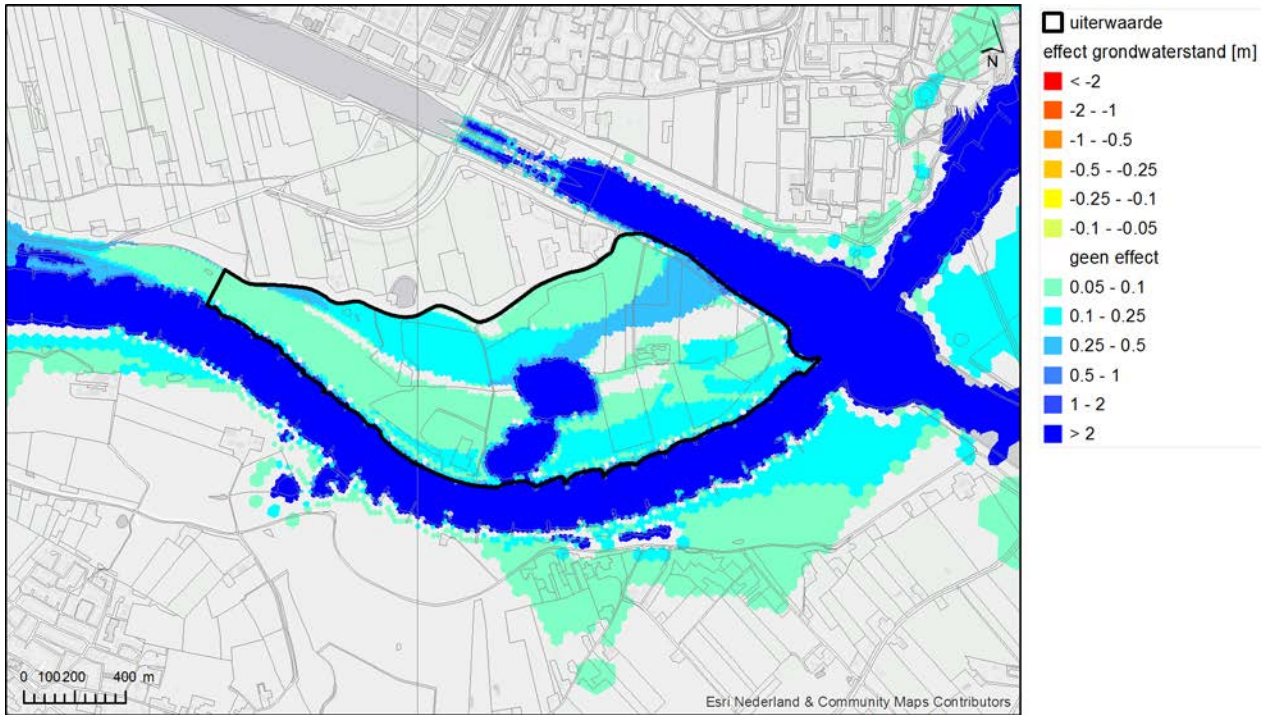
Figuur 4-2 maximale hoogwaterpeilen in de rivier (blauw) en de uiterwaard (groen) in berekening 1 en 2 (rode stip = rivierkm 929)

## 4.2 Resultaten

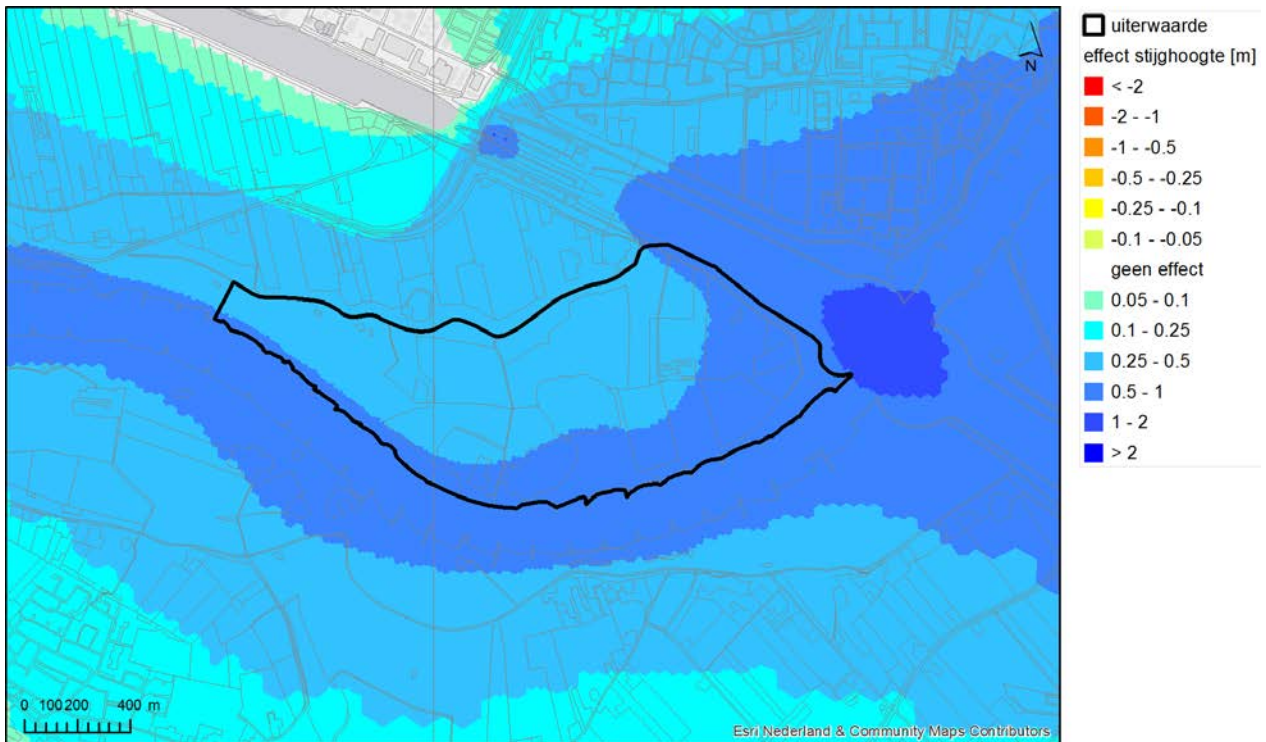
In figuur 4-3 staat het effect van de hoogwatergolf op de freatische grondwaterstand in de huidige situatie. In figuur 4-4 staat het effect van de hoogwatergolf op de stijghoogte in het 1<sup>e</sup> watervoerende pakket in de huidige situatie.

In figuur 4-5 staat het effect van de hoogwatergolf op de freatische grondwaterstand in de eindsituatie. In figuur 4-6 staat het effect van de hoogwatergolf op de in het 1<sup>e</sup> watervoerende pakket in de eindsituatie.

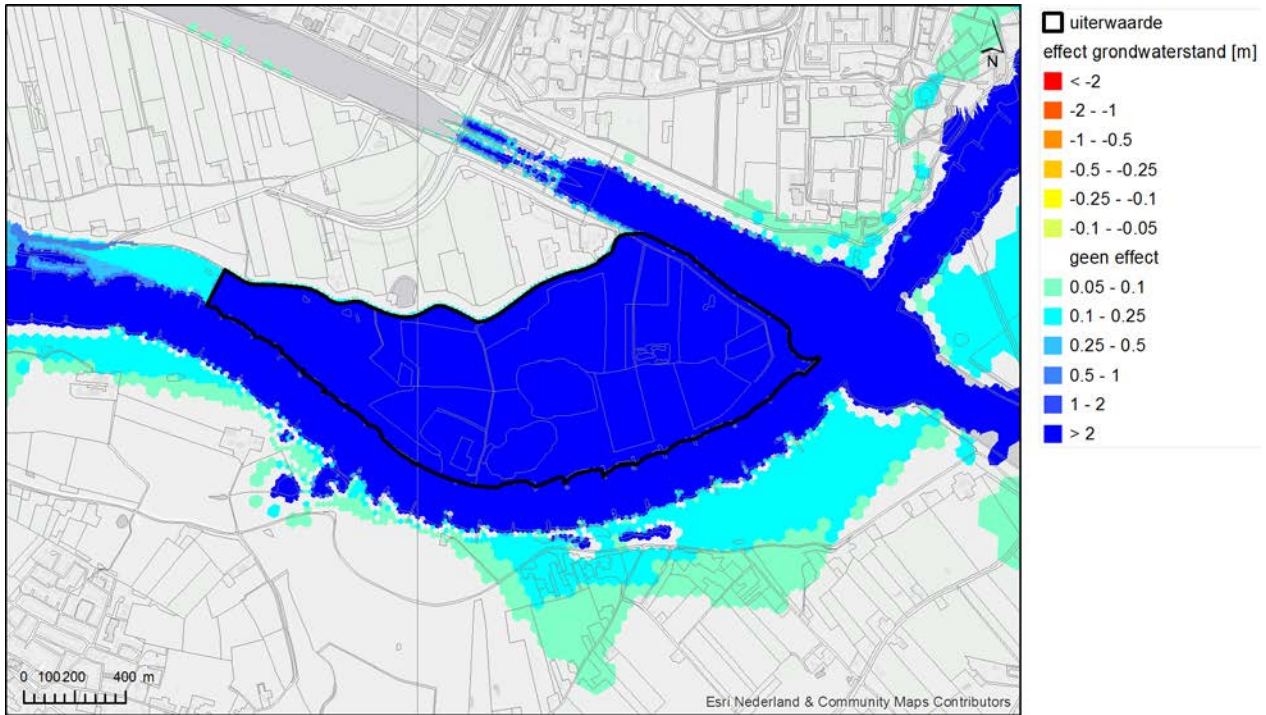
Uit vergelijking van de figuren blijkt dat er een toename is in effect in het 1<sup>e</sup> watervoerende pakket. Dit effect werkt echter niet door in de freatische grondwaterstand. Het tijdelijke karakter van de hoogwatergolf in combinatie met de deklaag zorgt ervoor dat er in de relatief korte periode van de hoogwatergolf geen freatische effecten optreden. Dit is nader toegelicht met behulp van tijd-stijghoogtelijnen in figuren 4-8 t/m 4-11 (locatieoverzicht van de tijd-stijghoogtelijnen in figuur 4-7). Uit de figuren blijkt dat het berekende verloop in de grondwaterstand slechts enkele cm's bedraagt. In figuur 4-12 wordt voor 3 binnendijkse locatie het verloop van de freatische grondwaterstand in de huidige en de toekomstige situatie vergeleken. Uit figuur 4-8 t/m figuur 4-12 blijkt dat de effecten op de freatische grondwaterstand ordegrrootte enkele cm bedragen. Dit is verwaarloosbaar.



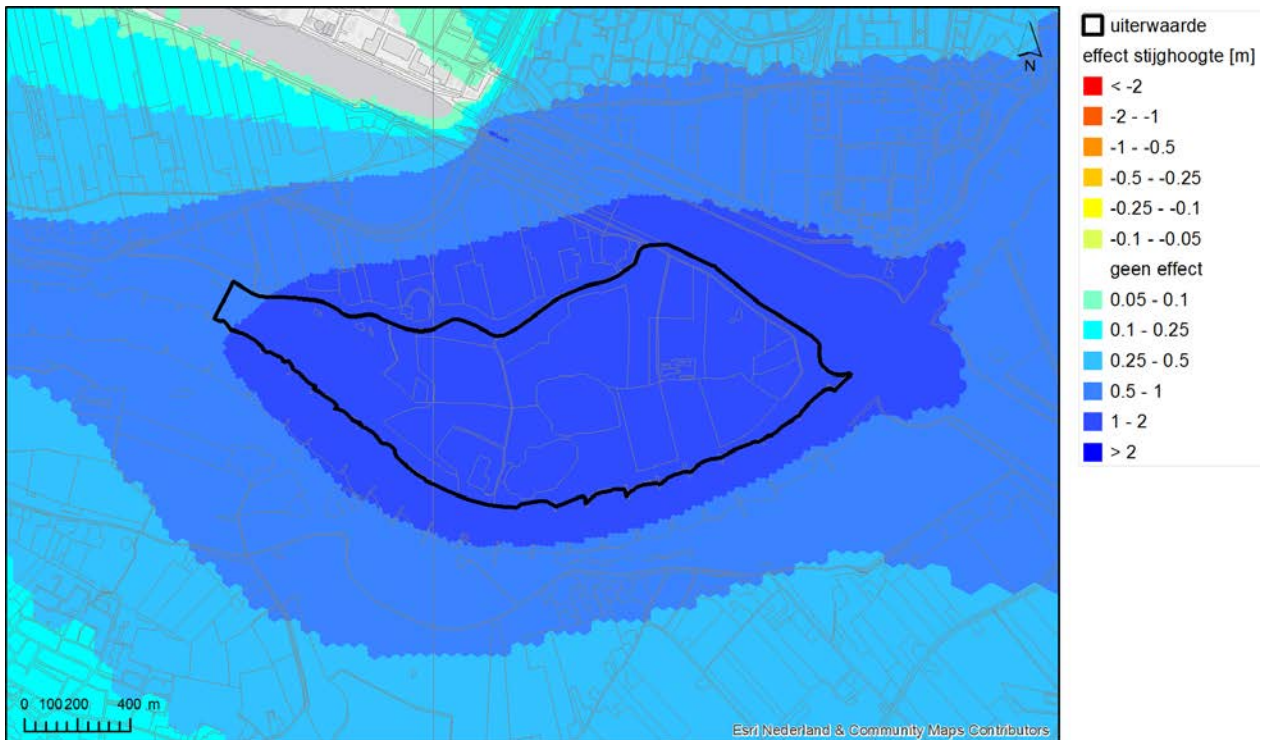
Figuur 4-3 Huidige situatie: effect hoogwatergolf op de grondwaterstand



Figuur 4-4 Huidige situatie: effect hoogwatergolf op de stijghoogte

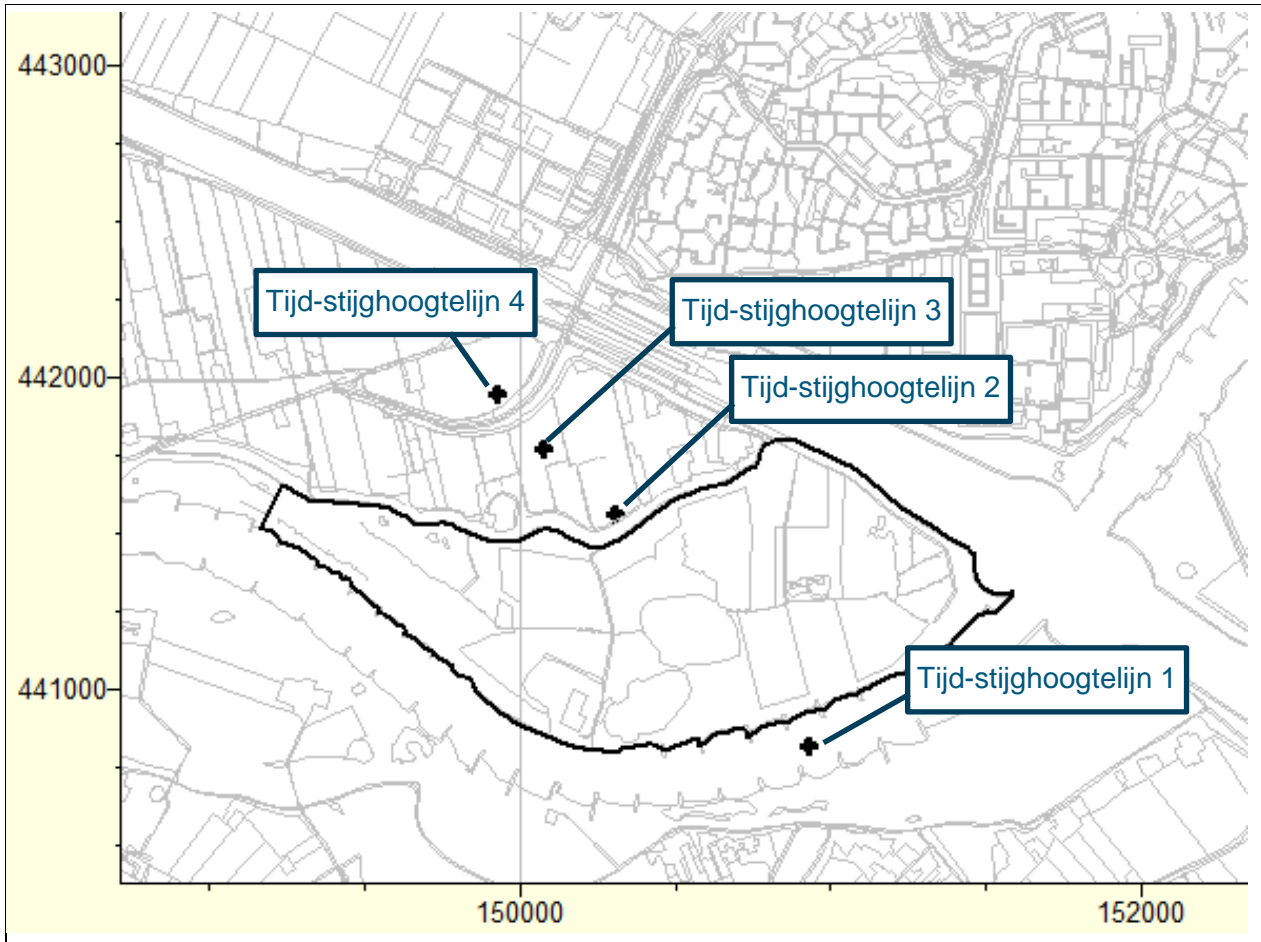


Figuur 4-5 Eindsituatie: effect hoogwatergolf op de grondwaterstand



Figuur 4-6 Eindsituatie: effect hoogwatergolf op de stijghoogte



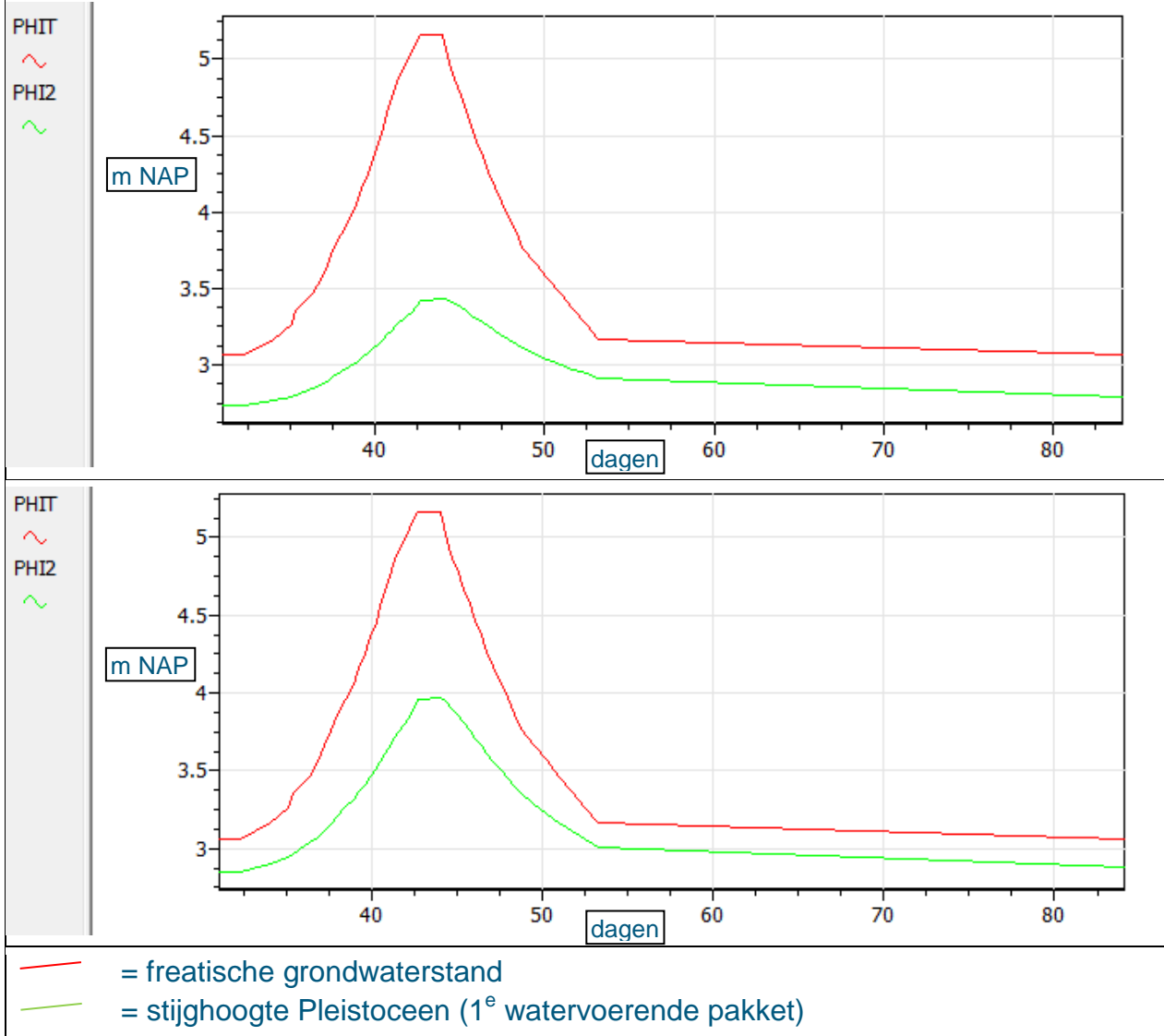


Figuur 4-7 Locatie tijd-stijghoogtelijnen (figuur 4-8 t/m 4-12)

**Locatie 1 (LEK).**

**Figuur boven: huidige situatie**

**Figuur onder: toekomstige situatie**



Figuur 4-8 Tijd-stijghoogtelijnen locatie - Lek

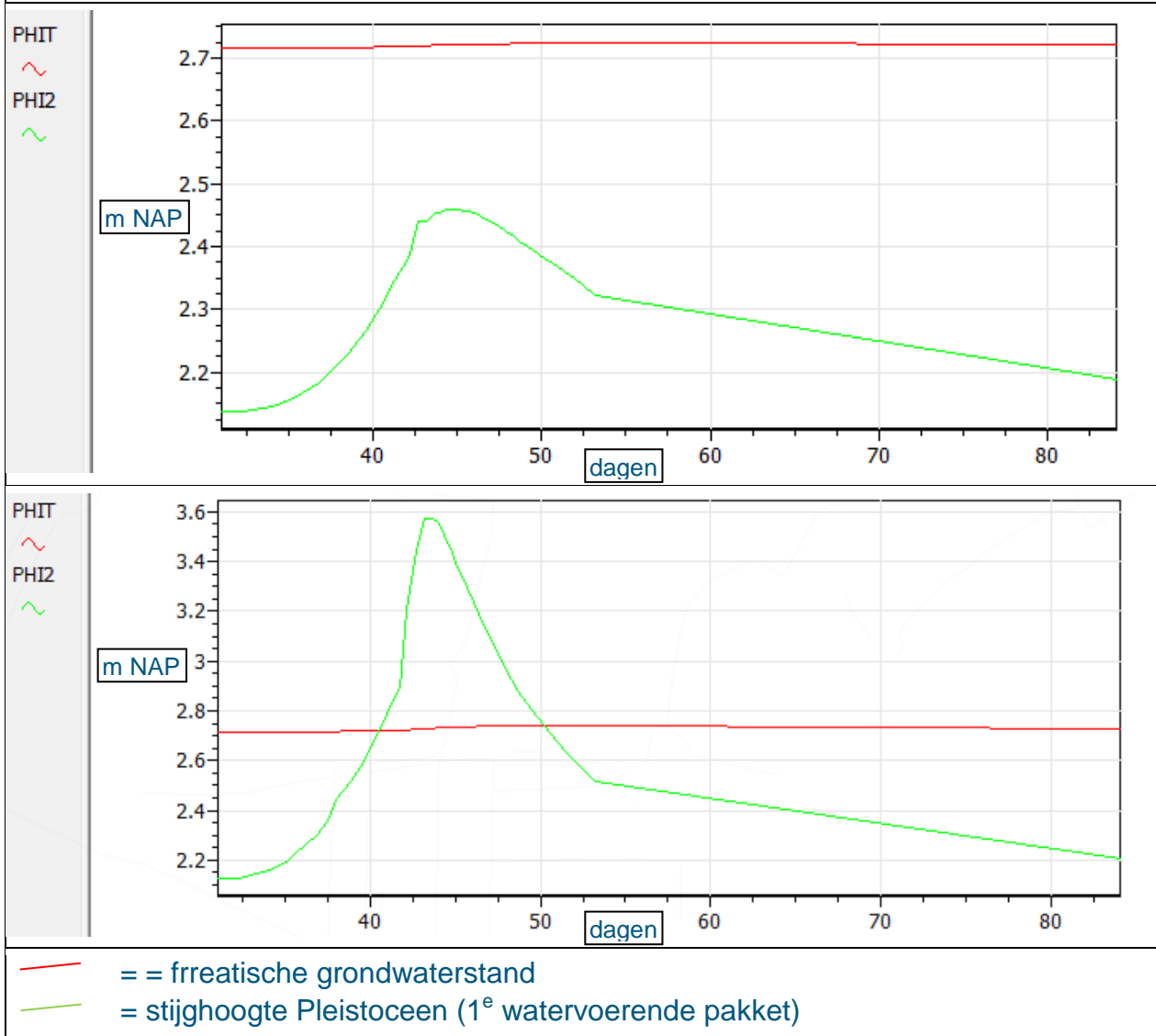
**Locatie 2 (binnendijks, naast winterdijk).**

**Figuur boven: huidige situatie**

**Figuur onder: toekomstige situatie**

*Rode lijn is freatische grondwaterstand*

*Groene lijn is stijghoogte 1<sup>e</sup> watervoerend pakket*



Figuur 4-9 Tijd-stijghoogtelijnen locatie – binnendijks naast dijk

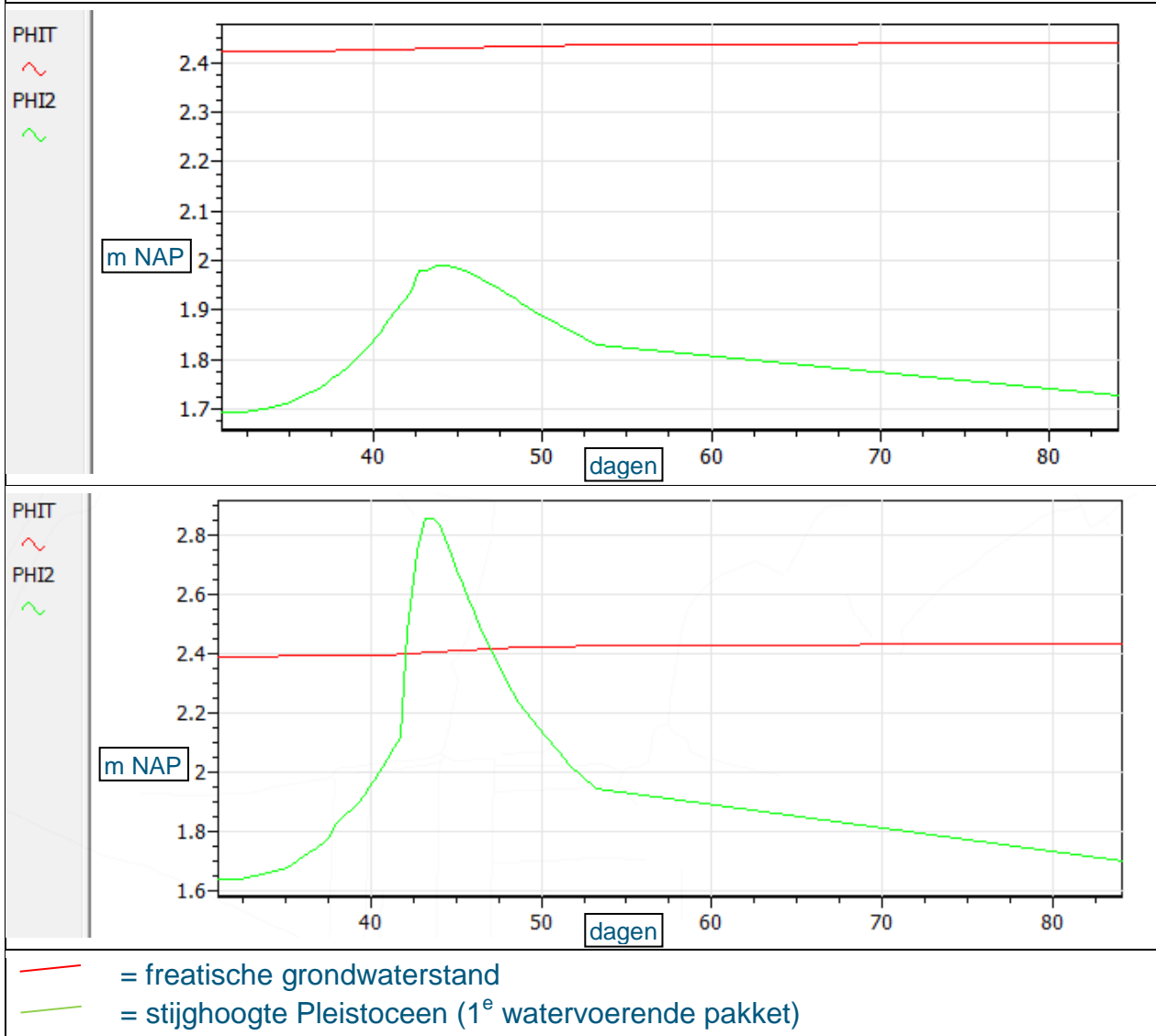
**Locatie 3 (binnendijks, midden fruitteelt).**

**Figuur boven: huidige situatie**

**Figuur onder: toekomstige situatie**

*Rode lijn is freatische grondwaterstand*

*Groene lijn is stijghoogte 1<sup>e</sup> watervoerend pakket*



Figuur 4-10 Tijd-stijghoogtelijnen locatie – binnendijks midden fruitteelt

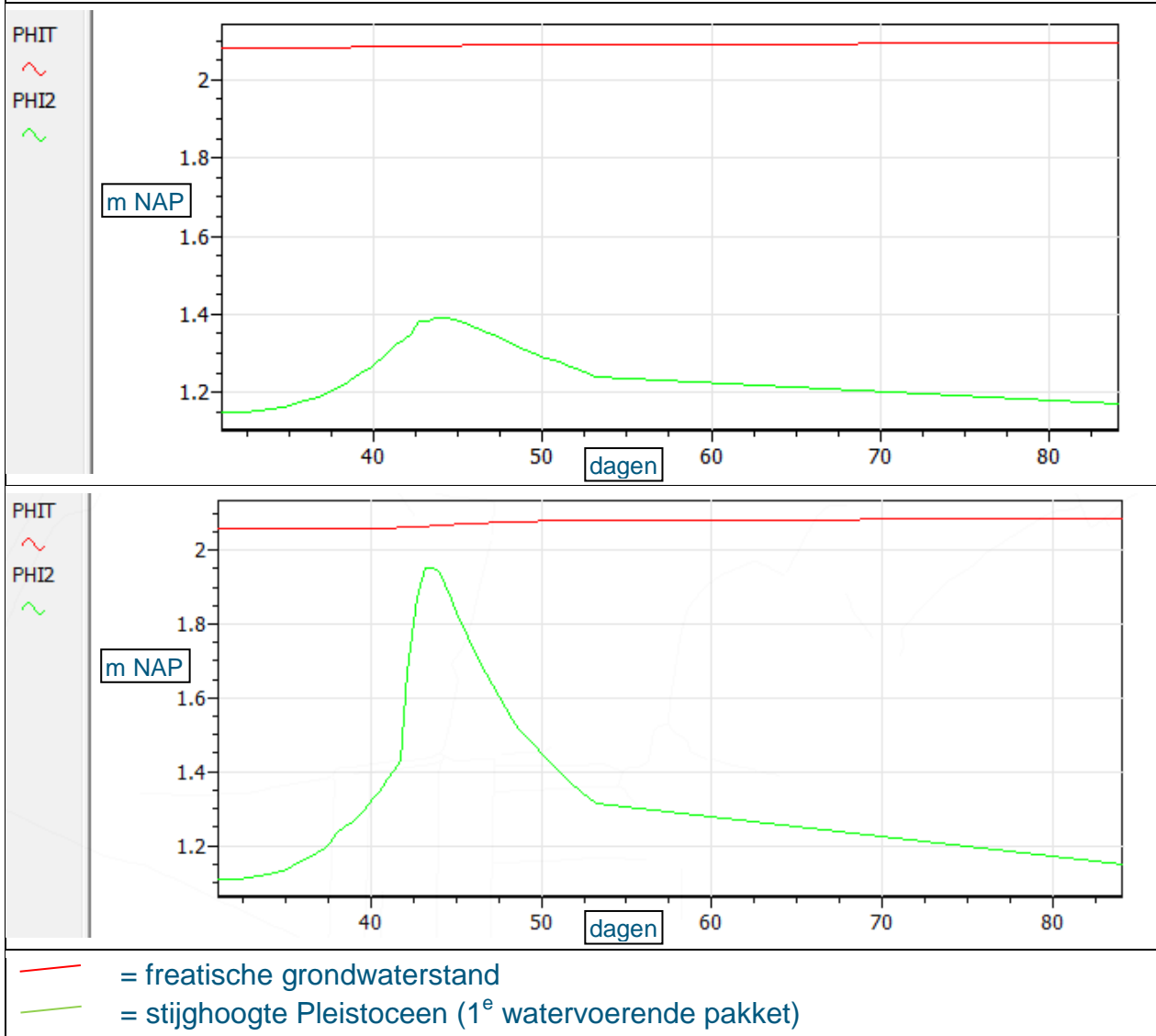
**Locatie 4 (binnendijks, voorbij wegcunet).**

**Figuur boven: huidige situatie**

**Figuur onder: toekomstige situatie**

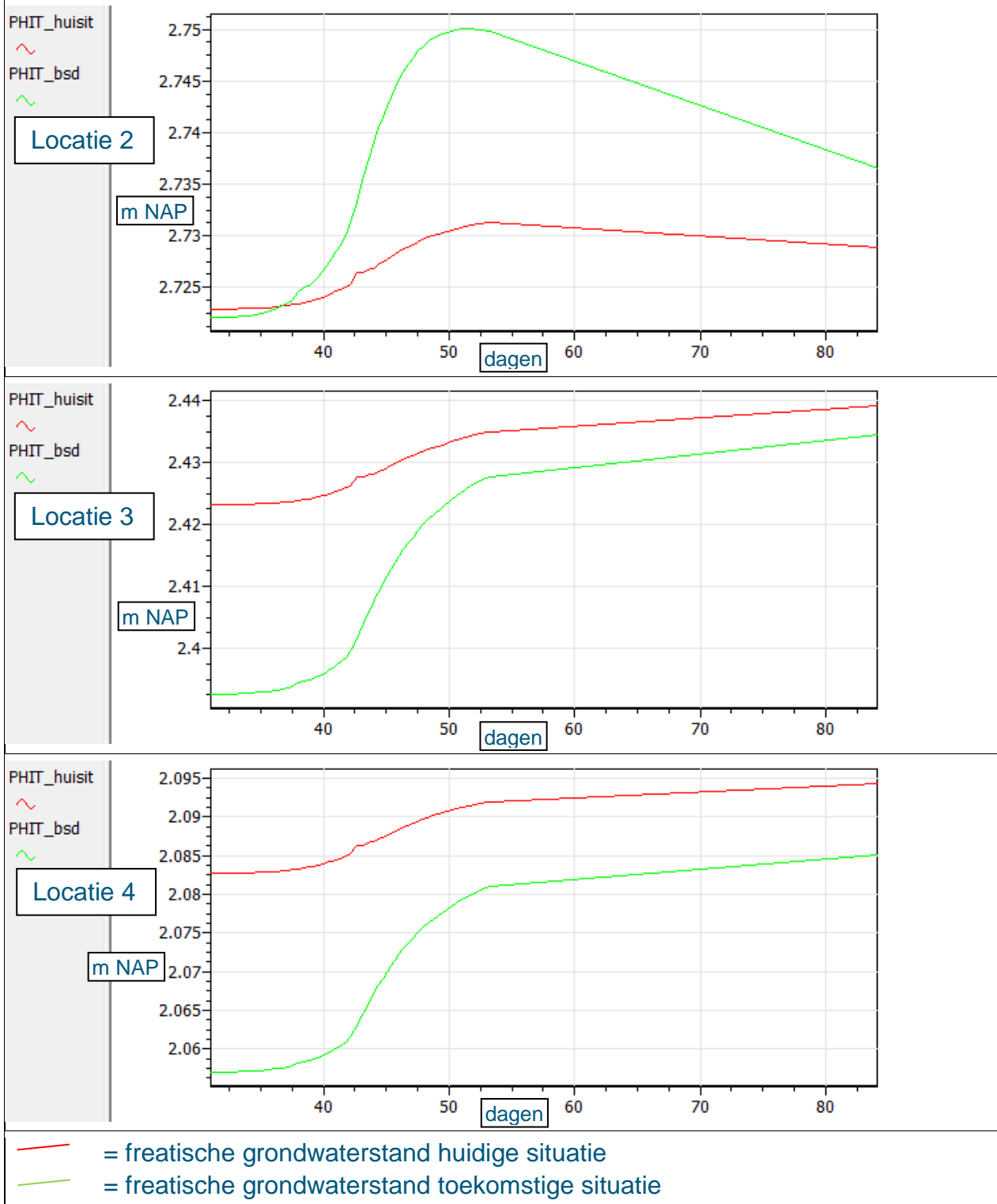
*Rode lijn is freatische grondwaterstand*

*Groene lijn is stijghoogte 1<sup>e</sup> watervoerend pakket*



Figuur 4-11 Tijd-stijghoogtelijnen locatie – binnendijks voorbij wegcunet

**Vergelijking verloop freatische grondwaterstand huidige en toekomstige situatie: locatie 2, 3, 4 (allen binnendijks, ligging in figuur 4.7).**



Figuur 4-12 Tijd-stijghoogtelijnen locatie – binnendijks voorbij wegcunet



## 5 Mitigerende maatregelen fruitteeltboomgaarden

### 5.1 Inleiding

Gedurende de zandwinning (periode van 2 tot 4 jaar) worden in de omgeving tijdelijk verhoogde grondwaterstanden en verhoogde kwel verwacht (hoofdstuk 2). Percelen met fruitteelt zijn gevoelig voor deze verhogingen. Om grondwateroverlast te voorkomen ter plaatse van percelen met fruitteelt zijn mogelijk mitigerende maatregelen nodig. In deze notitie wordt onderzocht of actief (grondwater)peilbeheer een geschikte maatregel kan zijn. Nieuwe drainagemiddelen en sturing in oppervlaktewaterpeil worden beschouwd als maatregelen.

### 5.2 Toelichting ingreep en effecten op hoofdlijnen

#### *Situering*

In Figuur 5-1 zijn weergegeven:

- de ligging van “*Zandwinning, Specieberging en Natuurontwikkeling Bosscherwaarden*”;
- fruitteeltboomgaarden (incl. geschatte onderlinge afstand boomrijen).

In de omgeving van het project liggen diverse fruitteeltboomgaarden. Deze fruitteeltboomgaarden kunnen kwetsbaar zijn voor verhogingen van de freatische grondwaterstand. Bij de meeste boomgaarden is de onderlinge afstand tussen boomrijen 3 à 3,5 m (h.o.h.).





#### *Geohydrologische effecten*

Gedurende de periode met zandwinning is sprake van een toename van infiltrerend water vanuit de Lek. Deze toename veroorzaakt binnendijks de volgende effecten:

- verhogingen van de stijghoogte in het 1<sup>e</sup> watervoerende pakket;
- verhogingen van de freatische grondwaterstand;
- toename van de kwel.

Deze genoemde effecten zijn zowel van toepassing op gemiddelde situaties als op hoogwatergolven.

Na de stort van de baggerspecie neemt de infiltratie van water vanuit de Lek af en heeft het baggerspeciedepot naar verwachting juist een (beperkt) verlagend effect op de binnendijkse:

- freatische grondwaterstand;
- stijghoogte in het 1<sup>e</sup> watervoerende pakket;
- kwel.

#### *Afgeleide effecten fruitteelt*

Mogelijk zijn de fruitteeltboomgaarden zeer gevoelig voor:

- structurele verhogingen van de freatische grondwaterstand;
- tijdelijke verhogingen tijdens het groeiseizoen.

Dan zullen de verhogingen van de freatische grondwaterstand tijdens de zandwinning nadelig effect (kunnen) hebben op de fruitteeltboomgaarden.

### 5.3 Bodemopbouw + grond- en oppervlaktewater

#### *Bodemopbouw*

De bodemopbouw is hieronder overgenomen uit de monitoringsrapportage voor de Bosscherwaarden [5]. Binnen het verwachte invloedsgebied binnendijs:

- varieert de maaiveldhoogte van circa NAP +3 tot NAP +4 m.
- De holocene deklaag varieert voornamelijk tussen een dikte van 3 m en 9 m. Deze laag komt voor tot op een diepte van maximaal NAP -5 m.
- De deklaag is opgebouwd uit afzettingen van de formaties van Echteld en Nieuwkoop. Afwisselend worden komklei, veen en zandige geulafzettingen aangetroffen.
- De bovenste helft van het 1e watervoerende pakket bestaat uit zeer grof zand behorende tot de Formatie van Kreftenheye en komt voor tot op een diepte van circa NAP -20 m.
- De onderste helft van het 1e watervoerende pakket bestaat uit matig fijn tot matig grof zand behorende tot de Formatie van Sterksel.
- De eerste scheidende laag wordt in het plangebied gevormd door een kleipakket van de Formatie van Peize-Waalre op een diepte van NAP -35 tot -50 m.

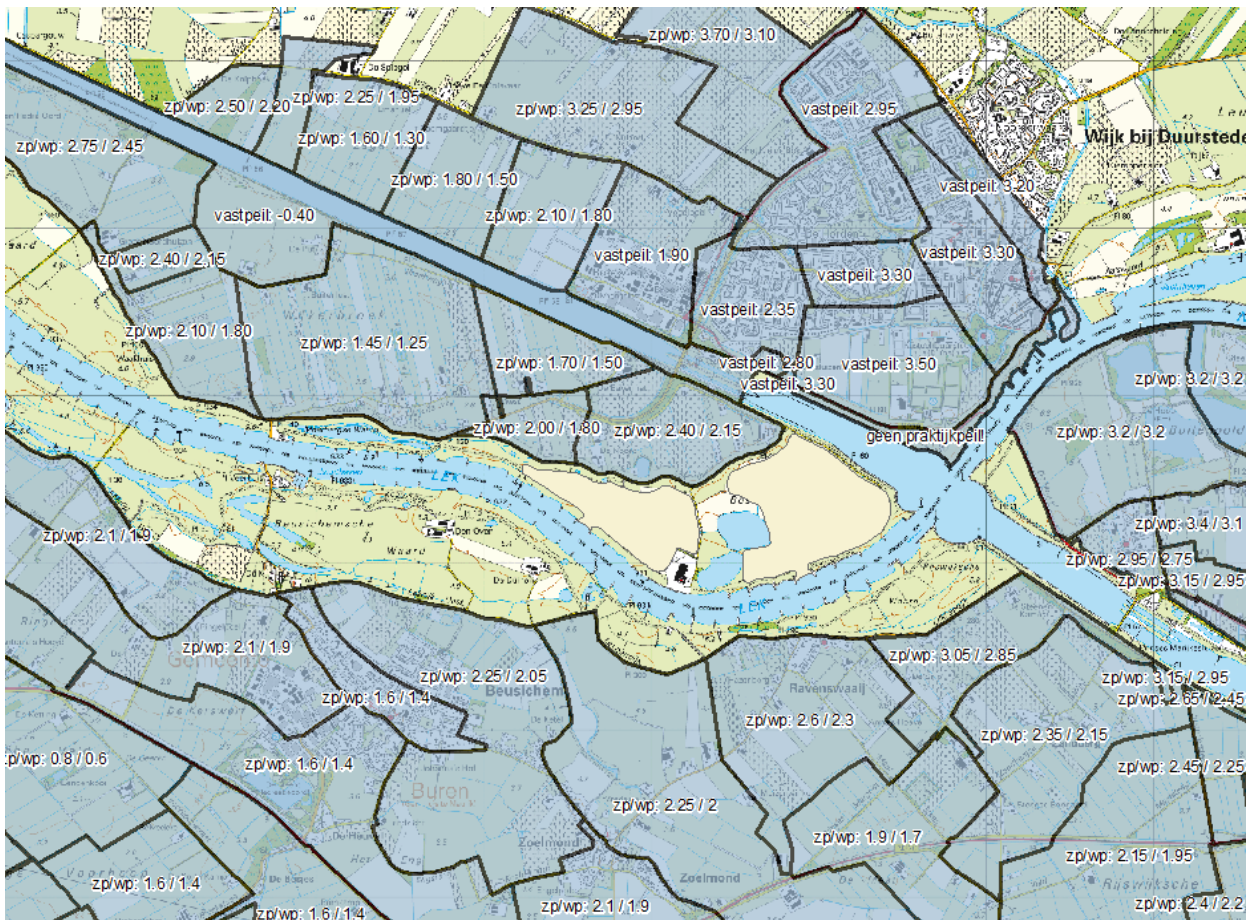
In boringen (lokaal en omgeving) wordt hoofdzakelijk klei aangetroffen in de bovenste meters vanaf maaiveld [7]. Bij één boring ten zuiden van de Lek bestaat het gehele boorprofiel uit zand (4,3 m diep).

#### *Regionaal watersysteem*

Kenmerken van het regionale watersysteem:

- waterpeil Lek:
  - gemiddeld peil: ca. NAP + 3,38 m;
  - hoogwater peil: ca. NAP + 8,45 m;
  - laagwater peil: ca. NAP + 1,2 m;
- waterpeil Amsterdam-Rijn kanaal: ca. NAP -0,4 m;
- oppervlaktewaterpeilen (gebaseerd op data uit 2006 of eerder):
  - staan in Figuur 5-2;
  - bij de meeste peilvakken is het zomerpeil 0,2 à 0,3 m hoger dan het winterpeil;
  - de oostelijk gelegen peilvakken hebben een hoger peil dan de westelijk gelegen peilvakken;
  - de uiterwaarden (buitendijkse gebieden) zijn over het algemeen vrij afwaterend (althans geen actief peilbeheer vanuit het waterschap);
- drainage: veel fruitteeltboomgaarden zijn gedraineerd. Drainage ligt boven het oppervlaktewaterpeil;
- freatische grondwaterstand:
  - varieert van plek tot plek.

- hangt sterk samen met verschillende aspecten. Met name: neerslag/verdamping, drainage, oppervlaktewaterpeil, kwel, maaiveldhoogte, landgebruik;
- in het algemeen ligt de gemiddelde freatische grondwaterstand hoger dan het oppervlaktewaterpeil;
- stijghoogte 1<sup>e</sup> watervoerende pakket:
  - is het hoogst onder de Lek;
  - daalt vanonder de Lek richting het omliggende gebied;
  - daalt regionaal van oost naar west (stromingsrichting van de Lek).
- Grondwaterstroming:
  - in het 1<sup>e</sup> watervoerende pakket is de grondwaterstroming in de gemiddelde situatie vanaf de Lek naar het gebied ten noorden van de Lek en het Amsterdam-Rijnkanaal gericht.
  - in de deklaag is de stroming voornamelijk opwaarts gericht (kwel). In de omgeving van het Amsterdam-Rijnkanaal is de grondwaterstroming juist neerwaarts gericht (wegzijging en afstroming richting het Amsterdam-Rijnkanaal).



Figuur 5-2 Overzicht oppervlaktewaterpeilen omgeving Bosscherwaarden

#### Opmerkingen:

- zp = zomerpeil (= waterpeil in de zomer, van 1 april t/m 30 september)
- wp = winterpeil (= waterpeil in de winter, van 1 oktober t/m 31 maart)
- vastpeil = jaarrond vast peil
  - peilen in m NAP
  - oppervlaktewaterpeilen kaarten zijn kaarten uit 2006 (of ouder). Huidige peilen kunnen daarom afwijken.

#### Lokaal watersysteem

Kenmerken van het lokale watersysteem ter plaatse van de fruitteeltboomgaarden:

- afwatering van het gebied verloopt via sloten;
- afwatering percelen verloopt via drainage;
- kwel vanuit het Pleistoceen (= 1<sup>e</sup> watervoerende pakket) / infiltratie naar het Pleistoceen:
  - o ter plaatse van de percelen tussen de Bosscherwaarden en het Amsterdam-Rijnkanaal wordt een infiltratiesituatie bij gemiddeld peil verwacht.
  - o ter plaatse van overige percelen wordt een kwelsituatie verwacht in de gemiddelde situatie.

#### Monitoring

Uit de monitoringsrapportage [5]:

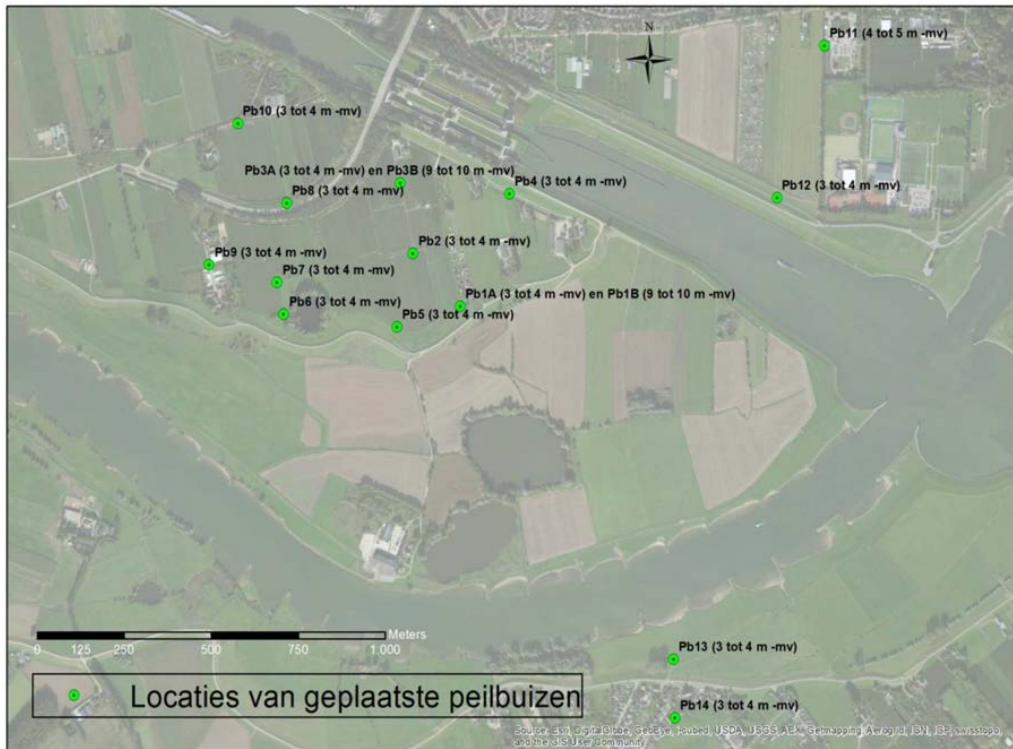
*“Sinds de zomer van 2013 vindt monitoring plaats van grondwaterstanden. Het meetnet heeft tot doel:*

- *het vastleggen van de grondwaterstanden in het meetgebied voorafgaand aan het uitvoeren van activiteiten;*
- *het monitoren van wijzigingen in de grondwaterhuishouding in het meetgebied, wanneer de activiteiten worden uitgevoerd.”*

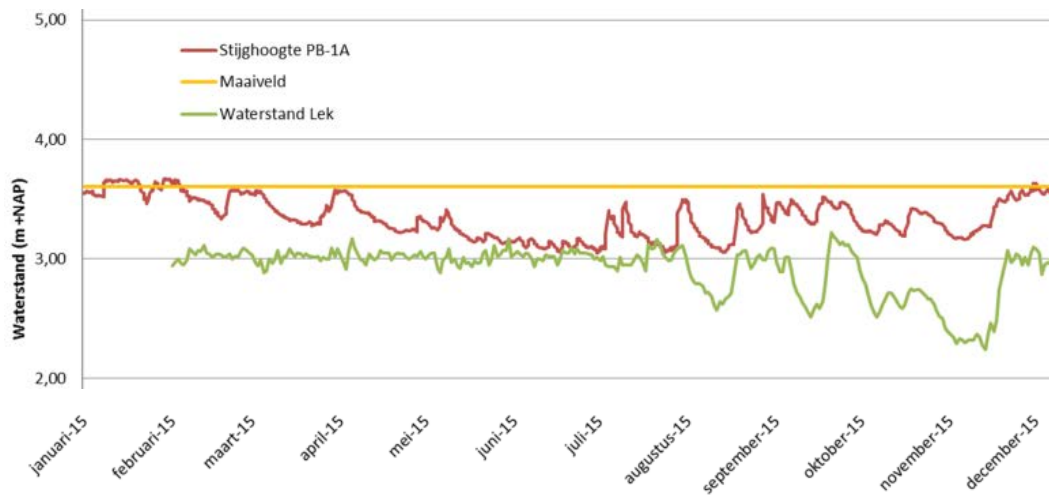
In Figuur 5-3 is de ligging van de peilbuizen weergegeven. Peilbuizen 1 t/m 9 liggen in of naast het fruitteeltgebied direct ten noorden van de Bosscherwaarden. Peilbuizen 10 t/m 14 liggen op grotere afstand van de Bosscherwaarden.

De resultaten van de monitoring t/m 2015 zijn bijgevoegd in bijlage 3. Hieruit blijkt dat ter plaatse van een aantal peilbuizen (1A, 2, 3A en 5) met enige regelmaat een grondwaterstand wordt gemeten tot aan maaiveld. Dit geeft aan dat in de huidige situatie binnen delen van het fruitteeltgebied een grondwaterstand tot aan maaiveld voor kan komen. Uit GxG's (Stowa [11], opvolger van de bodemkaart) op basis van karteerbare kenmerken blijkt een wat lagere grondwaterstand. In bijlage 2 staan figuren met deze GxG's.

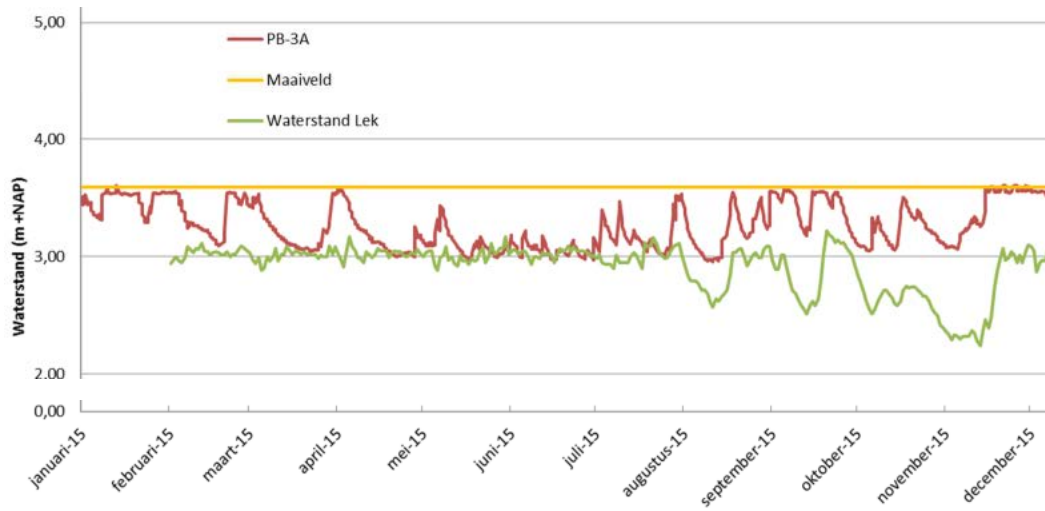
In Figuur 5-4 t/m Figuur 5-8 staat ter illustratie een aantal meetreeksen uit de monitoringsrapportage. In 1A en 3A stijgt de grondwaterstand een aantal maal tot aan maaiveld. In peilbuis 6, 7 en 9 blijft de grondwaterstand onder maaiveld.



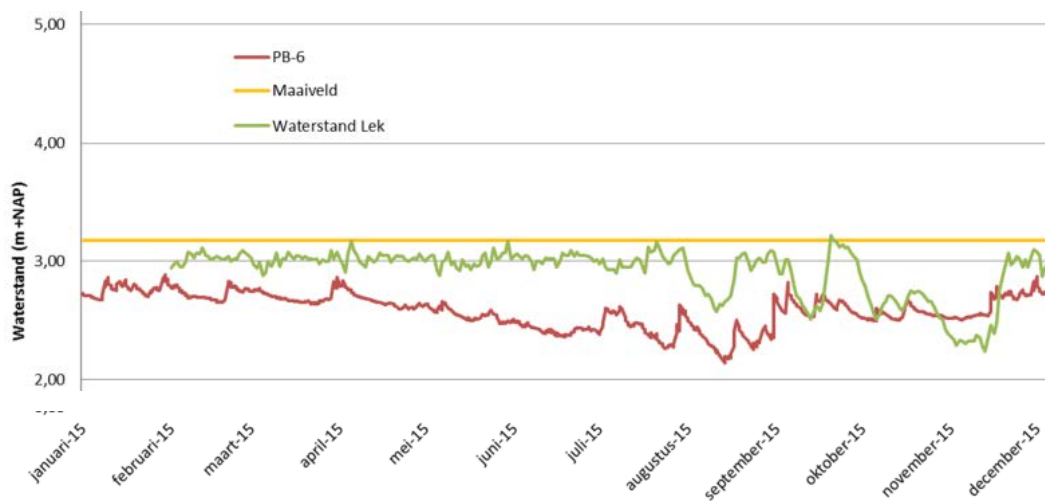
Figuur 5-3 Locaties peilbuizen monitoringnetwerk Boscherwaarden [5]



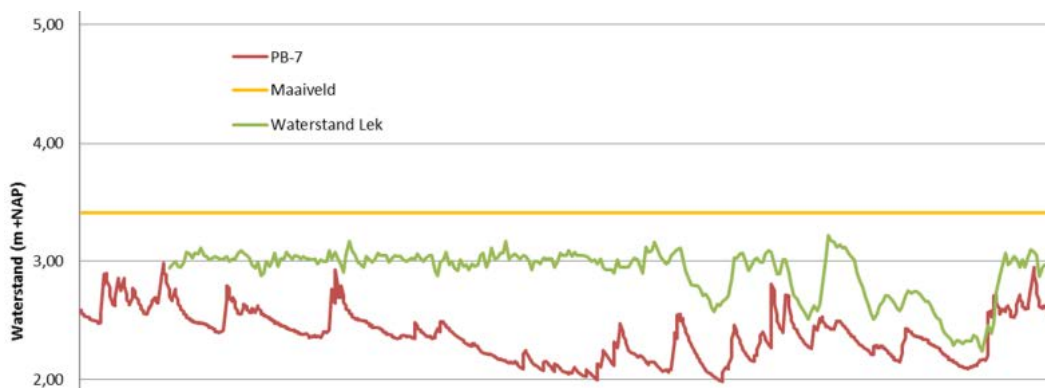
Figuur 5-4 Meetreeks peilbuis PB-1A



Figuur 5-5 Meetreeks peilbuis PB-3A

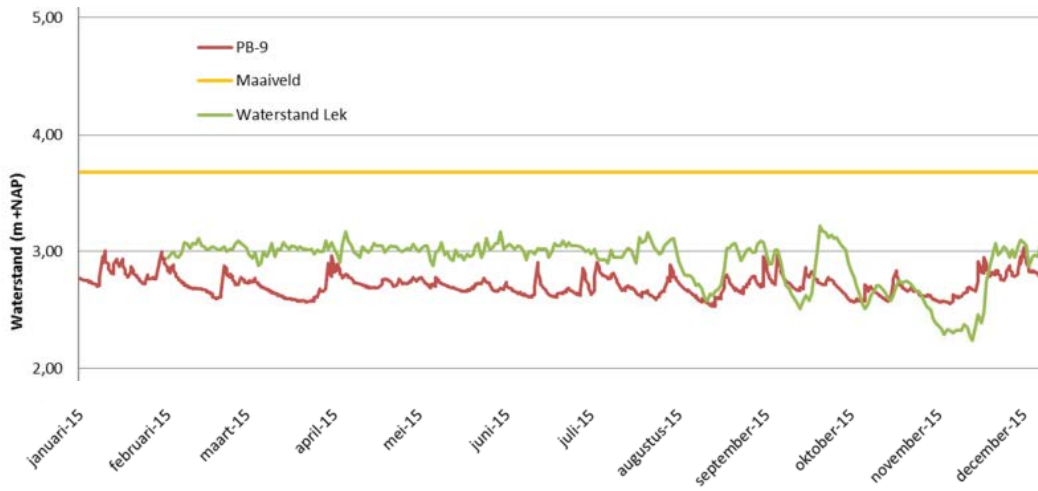


Figuur 5-6 Meetreeks peilbuis PB-6



januari-15   februari-15   maart-15   april-15   mei-15   juni-15   juli-15   augustus-15   september-15   oktober-15   november-15   december-15

Figuur 5-7 Meetreeks peilbuis PB-7



Figuur 5-8 Meetreeks peilbuis PB-9



## 5.4 Berekeningen drainagemaatregelen

### *Algemene toelichting*

Drainage is een mogelijke maatregel om stijging van grondwaterstanden te voorkomen en/of te beperken. In dit hoofdstuk zijn verkennende berekeningen uitgevoerd om de effectiviteit van drainage te bepalen.

Voor de berekeningen is een numeriek grondwatermodel opgesteld in Triwaco – flairs [8]. De berekeningen zijn getoetst met een analytische formule (drainageformule van Ernst).

### *Uitgangspunten*

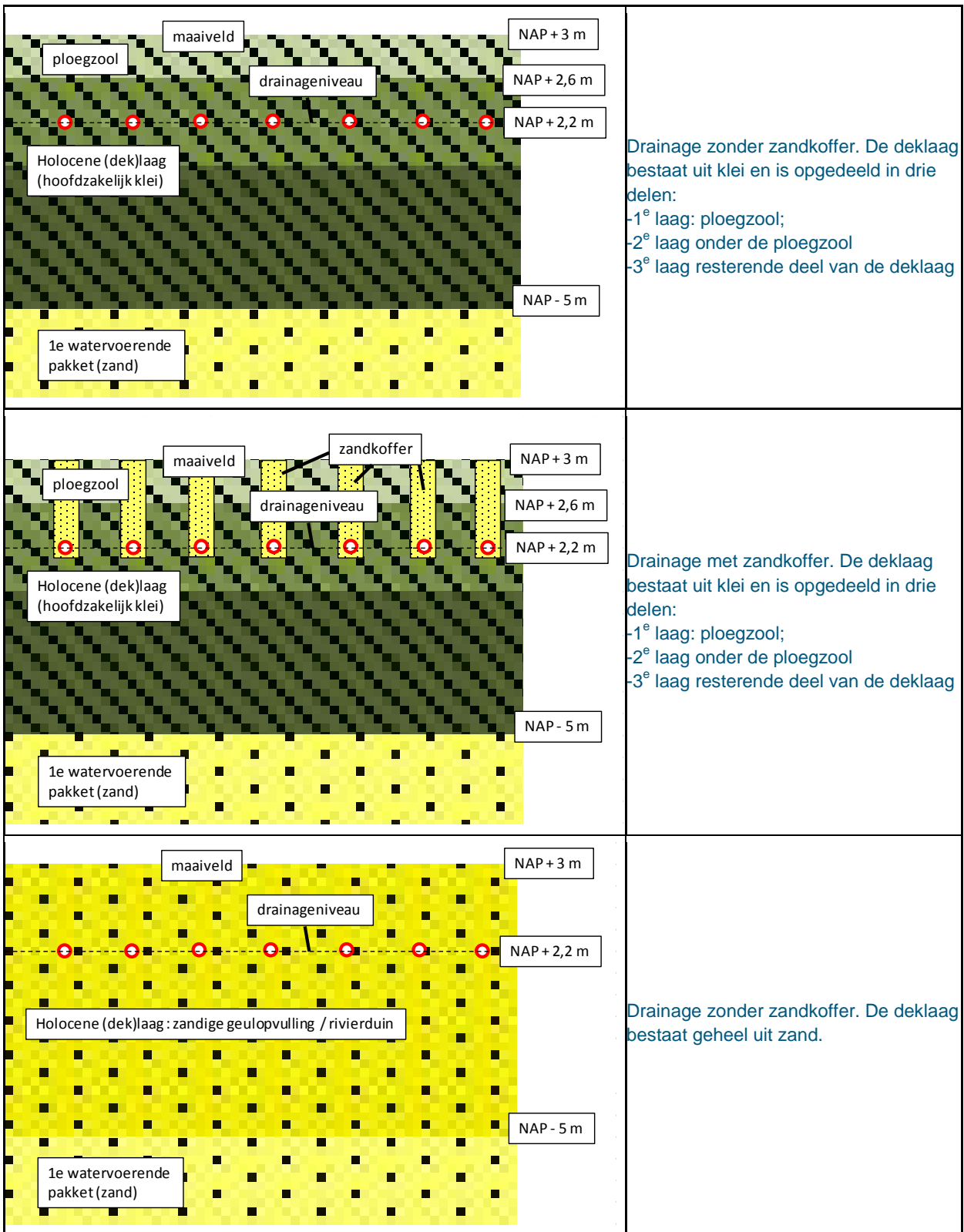
In Tabel 5-1 staan de bij de berekeningen gehanteerde uitgangspunten. In Figuur 5-9 staan gehanteerde bodemschematisaties. Er zijn verschillende varianten doorgerekend qua bodemschematisatie (zie Tabel 5-2).

Tabel 5-1 Gehanteerde uitgangspunten modelberekeningen

Aspect	Eenheid	waarde
drainageniveau	[m NAP]	+ 2,2
maaiveldhoogte	[m NAP]	+ 3,0
ploegzool	[m NAP]	+ 2,6
onderkant deklaag	[m NAP]	- 5,0 m
Samenstelling deklaag	[ - ]	klei
drainageafstand	[m]	3,0
Grondwateraanvulling gemiddeld	[mm/dag]	0,75
Stijghoogte 1° watervoerende pakket	[m NAP]	2,7

### Opmerkingen:

- Drainageniveau = Met drainageniveau wordt bedoeld het niveau waarop wordt gedraineerd. Om een drainageniveau van NAP + 2,2 m te kunnen realiseren is, in de zomer, een verlaging van het zomerpeil nodig.
- Ploegzool = een ploegzool is de diepte tot waar geploegd wordt. Deze is geschat op 0,4 m beneden maaiveld (mondelinge mededeling Fruitconsult [9]). Bij een maaiveld van NAP + 3,0 m ligt de ploegzool dus op NAP + 2,6 m.
- drainageafstand = Onderlinge afstand tussen twee drainagebuizen (h.o.h.). Deze afstand komt overeen met de h.o.h. afstand tussen rijen fruitbomen. De drainage zal alleen geplaatst kunnen worden tussen de boomrijen. De kleinste drainageafstand ligt daardoor vast op 3 m, tenzij gewerkt wordt met meerdere strengen tussen boomrijen.
- grondwateraanvulling = Neerslagoverschot dat infiltreert en ten goede komt aan het ondiepe freatische grondwater. Neerslagoverschot is netto verschil tussen neerslag en verdamping.
- = maaiveldhoogte varieert uiteraard in de praktijk.



Figuur 5-9 Bodemschematisaties drainageberekeningen

Tabel 5-2 Varianten bodemschematisatie – doorlatendheid en dieptes per laag

Aspect	Parameter	Eenheid	Schematisatie 1 (deklaag – klei)	Schematisatie 2 (deklaag – klei)	Schematisatie 3 (zandige geulopvulling / rivierduin)
maaiveld	hoogte	[m NAP]	3,0		
ploegzool	doorlatendheid	[m / dag]	0,1		15'
	diepte (tot)	[m NAP]	2,6		
2 <sup>e</sup> laag (zie figuur 4-1)	doorlatendheid	[m / dag]	0,02	0,03	15'
	diepte (tot)	[m NAP]	1,6	2,1	1,6'
3 <sup>e</sup> laag (zie figuur 4-1)	doorlatendheid	[m / dag]	0,002	0,004	15'
	diepte (tot)	[m NAP]	-5		
1 <sup>e</sup> watervoerende pakket	doorlatendheid	[m / dag]	50		
zandkoffer**	doorlatendheid	[m / dag]	1		nvt
	diepte	[m NAP]	2,0		nvt

#### Opmerkingen:

doorlatendheid = doorlatendheid is in het model van toepassing op zowel  $k_h$  als  $k_v$ ;  $k_h$  is de horizontale doorlatendheid,  $k_v$  = de verticale doorlatendheid.

\* = Feitelijk geen onderscheid gemaakt in deellagen bij de variant zandige geulopvulling / rivierduin

\*\* = Bij de schematisaties met een kleiige deklaag zijn telkens twee varianten doorgerekend: een met zandkoffer en een zonder zandkoffer.

#### Berekeningsresultaten

In Figuur 5-10 staan de berekeningsresultaten voor een gemiddelde grondwateraanvulling (0,75 mm/dag). De opbolling tussen de drainagebuizen is berekend op circa 0,2 à 0,25 m (opbolling t.o.v. de drainagehoogte van NAP + 2,2 m). Indien in een kleiige deklaag zandkoffers worden toegepast is de opbolling circa 0,1 à 0,15 m.

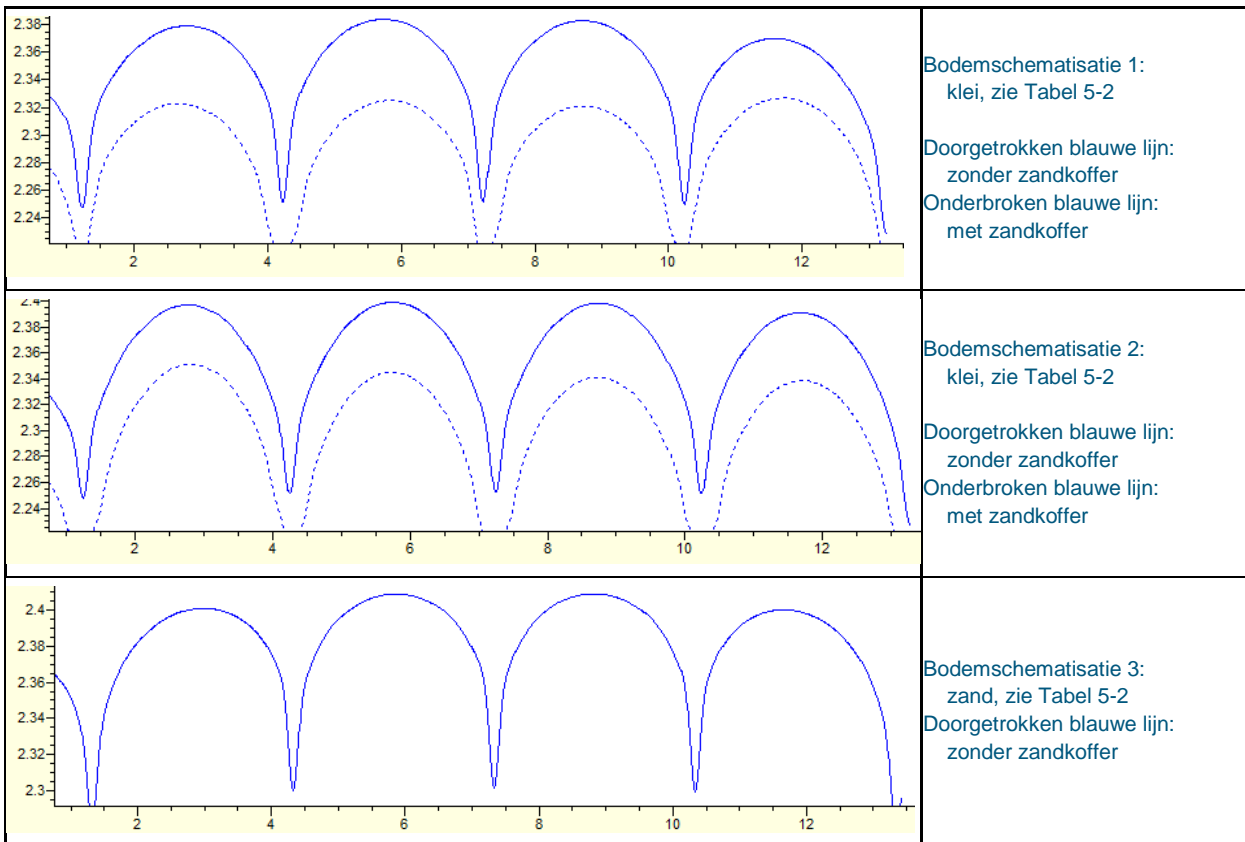
In bijlage 1 staan berekeningsresultaten voor een gemiddeld hoge grondwateraanvulling representatief voor een gemiddelde winterperiode (2,25 mm/dag).

In Tabel 5-3 staan de berekeningsresultaten samengevat.

Tabel 5-3 Samenvatting berekeningsresultaten

variant		Opbolling	
bodemschematisatie	zandkoffer	gemiddelde grondwateraanvulling (0,75 mm/dag)	gemiddeld hoge grondwateraanvulling (2,25 mm/dag)
1	zonder zandkoffer	0,2	0,4
	met zandkoffer	0,1 à 0,15	0,25
2	zonder zandkoffer	0,2	0,4
	met zandkoffer	0,1 à 0,15	0,3
3	zonder zandkoffer	0,2 à 0,25	0,25





Figuur 5-10 Numerieke drainageberekeningen: berekende grondwaterstand (opbolling tussen drains) bij een gemiddelde grondwateraanvulling (0,75 mm/dag)

**Opmerkingen:**

- x-as = Langs de x-as is de horizontale afstand weergegeven in [m]. Op elke 3 m ligt een drain.
- y-as = Langs de y-as is de hoogte in [m NAP] weergegeven.

**Beschouwing rekenresultaten**

In een gemiddelde situatie qua neerslag blijft de opbolling van de grondwaterstand naar verwachting beperkt tot maximaal enkele dm's indien drainagemiddelen worden geplaatst op:

- een h.o.h. afstand van 3 m;
- diepte van NAP + 2,2 m (om te voorkomen dat de drainagebuizen onder water liggen moet het zomerpeil dan worden verlaagd tot beneden NAP +2,2 m).

In het groeiseizoen is de gemiddelde grondwateraanvulling vermoedelijk geringer dan 0,75 mm/dag waardoor de opbolling t.o.v. de drainagediepte kleiner wordt. Ook gedurende periodes met een gemiddeld hoge grondwateraanvulling blijft de opbolling beperkt.

**Beschouwing kweltoename**

In het grondwatermodel (Hoofdstuk 2) is gerekend met een deklaagweerstand van 1.400 dagen in het gebied direct ten noordwesten van de Bosscherwaarden.

De kweltoename als gevolg van de verhoogde stijghoogtes is in absolute zin relatief klein. Ter illustratie:

- bij een deklaagweerstand van 1.500 dagen en een stijghoogteverandering van enkele dm (bijv. 0,3 m) is de verandering in kwel 0,2 mm/dag;
- deze verandering is:
  - klein ten opzichte van de gemiddelde grondwateraanvulling (circa 0,75 mm/dag)
  - zeer klein t.o.v. een gemiddelde grondwateraanvulling in natte periodes (> 2 mm/dag).

Mogelijk volstaat het huidige drainagesysteem bij de meeste fruitboomgaarden in de praktijk al om de veranderingen in kwel op te vangen. Of het huidige drainagesysteem volstaat is echter niet bekend. Vermoedelijk zullen de boomgaarden zich hebben ingesteld op het huidige systeem (drainage, kwel, neerslag etc.). Daarom kan er vermoedelijk niet vanuit worden gegaan dat het huidige drainagesysteem volstaat om de verwachte veranderingen in kwel op te vangen.

Met een drainagesysteem h.o.h. 3 m tussen de bomenrijen is de opbolling goed reguleerbaar en kunnen de verhogingen van de freatisch grondwaterstand beperkt blijven. Hiermee kunnen mogelijke negatieve effecten voor de opbrengst van de fruitteeltgebieden in de omgeving van de zandwinning naar verwachting goed worden gemitigeerd.

Geadviseerd wordt om het functioneren van een nieuw drainagesysteem in de praktijk te toetsen. Onderdelen van de praktijkproef zijn dan:

- de aanleg van een nieuw drainagesysteem;
- intensieve monitoring van de grondwaterstand, waterafvoer en boomgaard.

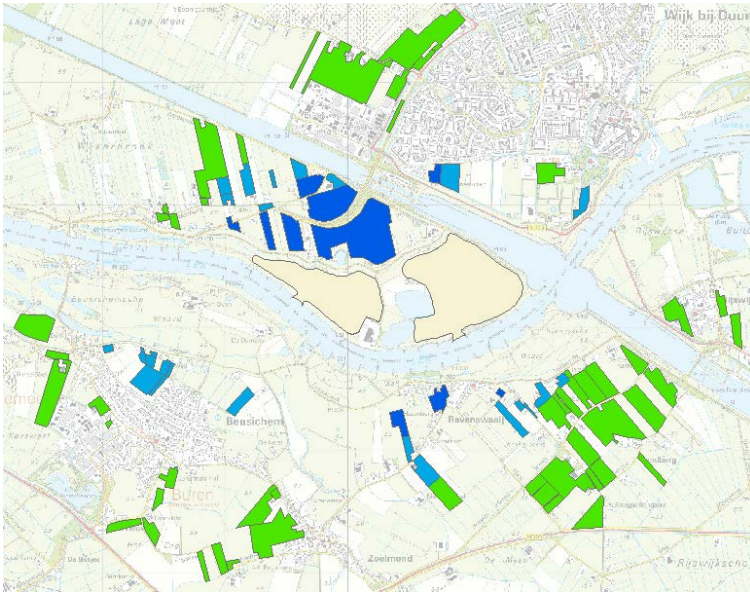
Met de praktijkproef + monitoring kan het functioneren van een nieuw drainagesysteem in de praktijk inzichtelijk worden gemaakt.

#### **Kanttekening dikte deklaag**

In veel boringen uit Dinoloket (en lokaal veldwerk) komt de deklaag voor tot circa NAP – 3 m. De maaiveldhoogte ligt op circa NAP + 3 m. De dikte van de deklaag is daarmee ongeveer 6 m. In een klein deel van de boringen is de deklaag dunner en ligt de onderzijde van de deklaag hoger. Ter plaatse van deze delen met een dunnere deklaag zal de kweltoename als gevolg van de ontgraving groter zijn. Afhankelijk van de effectiviteit van de drainage is op die locaties mogelijk intensievere drainage nodig. Een grove schatting is dat het daarbij gaat om circa 10 à 20 % van het totaaloppervlak.

In Figuur 5-11 is een overzicht opgenomen van de beïnvloede fruitteeltgebieden binnen het hydrologisch invloedsgebied in het freatische vlak als gevolg van de ontgraving.





Figuur 5-11 Ligging fruitteelt boomgaarden en tijdelijke beïnvloeding tijdens de fase van de ontgraving

Opmerkingen:

- Ligging ontgraving Bosscherwaarden niet conform actueel ontwerp (worst case)
- Fruitteelt boomgaarden zijn met gekleurde vlakken weergegeven. Overig landgebruik bestaat uit hoofdzakelijk weiland en stedelijk gebied. Deze zijn eenvoudig te herkennen in de figuur.



= Boomgaard (< 5 cm verhoging)



= > 10 cm verhoging in freatisch vlak



= gemiddeld 5 à 10 cm verhoging in freatisch vlak

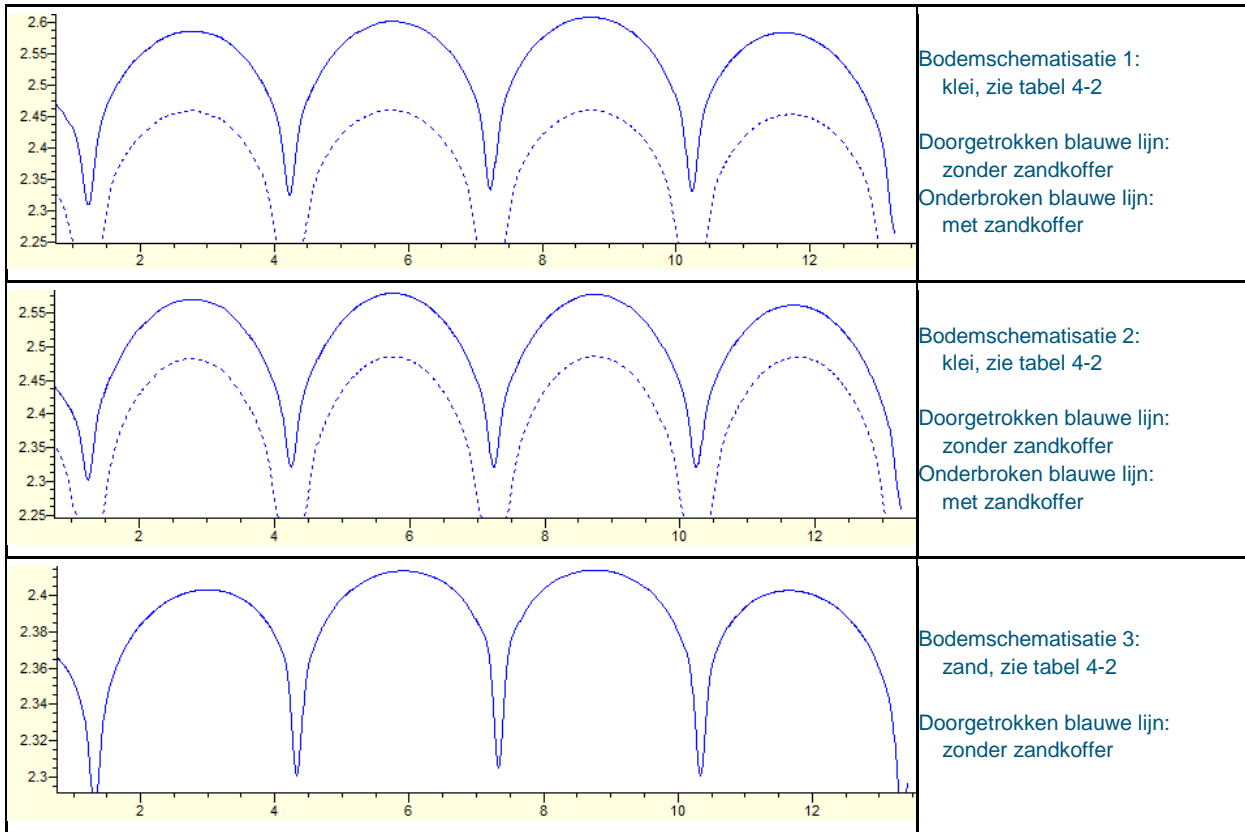




## **Appendix 1**

### **Aanvullende numerieke berekeningsresultaten**

In figuur 1 staan de berekeningsresultaten voor een gemiddelde hoge grondwateraanvulling (2,25 mm/dag). De opbolling is berekend op circa 0,35 à 0,4 m (opbolling t.o.v. de drainagehoogte van NAP + 2,2 m). Indien in een kleiige deklaag zandkoffers worden toegepast is de opbolling circa 0,25 à 0,3 m.



**Figuur 1** Numerieke drainageberekeningen: berekende grondwaterstand (opbolling tussen drains) bij een gemiddeld hoge grondwateraanvulling (2,25 mm/dag)

Opmerkingen:

- x-as = Langs de x-as is de horizontale afstand weergegeven in [m]. Op elke 3 m ligt een drain.
- y-as = Langs de y-as is de hoogte in [m NAP] weergegeven.



## Appendix 2

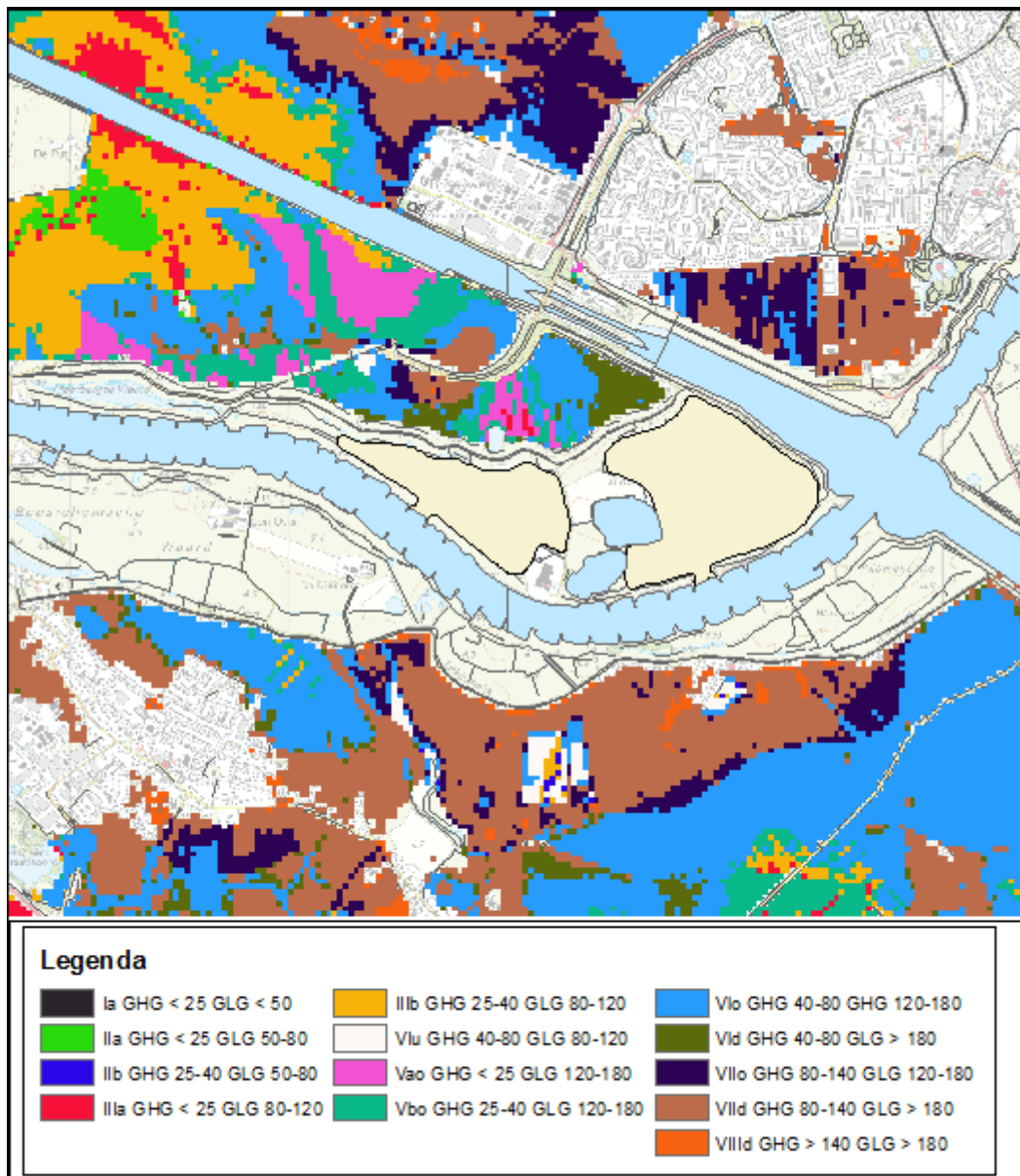
### GxG's huidige situatie en situatie na verhoging

In figuur 1 staan de grondwatertrappen in de huidige situatie weergegeven [11].

In figuur 2 staat de GHG in de huidige situatie en situatie na verhoging weergegeven [11].

In figuur 3 staat de GVG in de huidige situatie en situatie na verhoging weergegeven [11].

In figuur 4 staat de GLG in de huidige situatie en situatie na verhoging weergegeven [11].



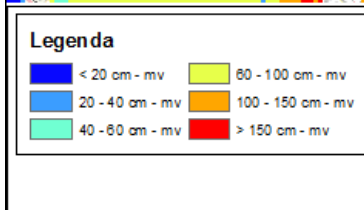
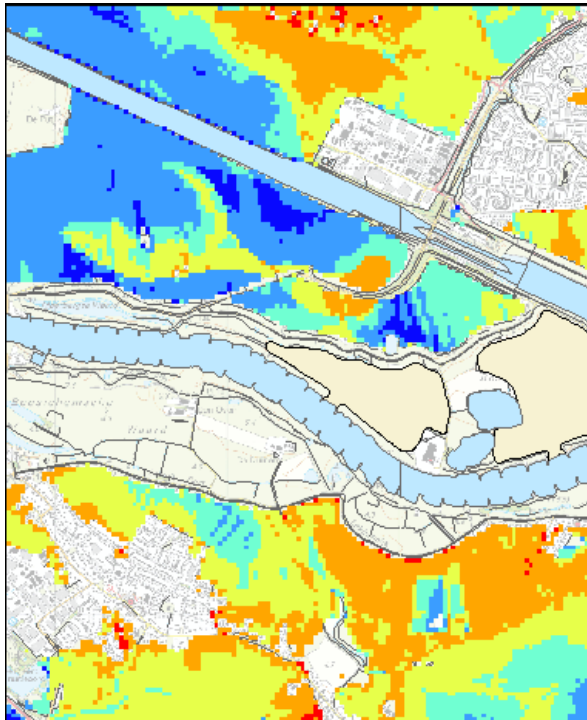
Figuur 1 Grondwatertrappen huidige situatie [11]

Opmerkingen:

GHG = Gemiddelde hoogste grondwaterstand

GLG = Gemiddelde laagste grondwaterstand

- De GHG en GLG zijn in de legenda beide weergegeven in cm beneden maaiveld
- Grondwatertrappen zijn niet bekend ter plaatse van de uiterwaarden en stedelijk gebied

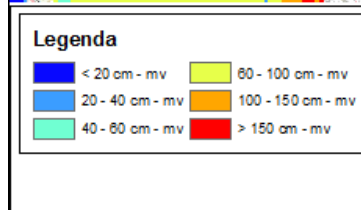
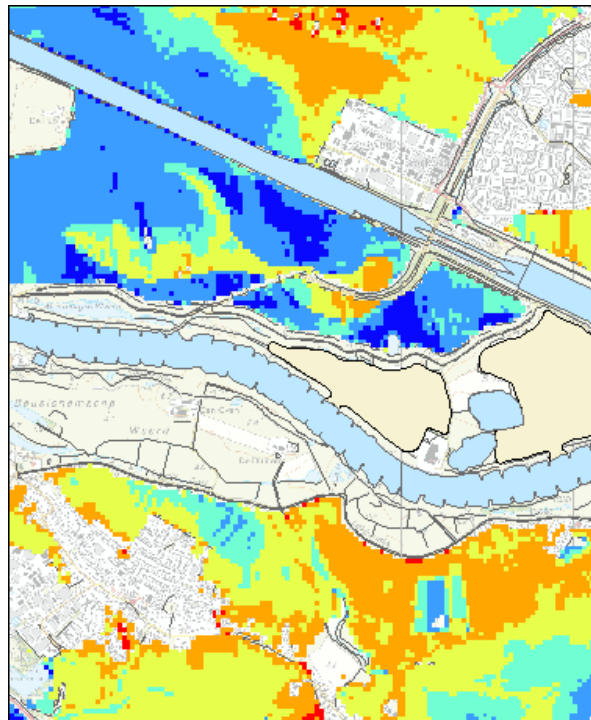


GHG huidige situatie

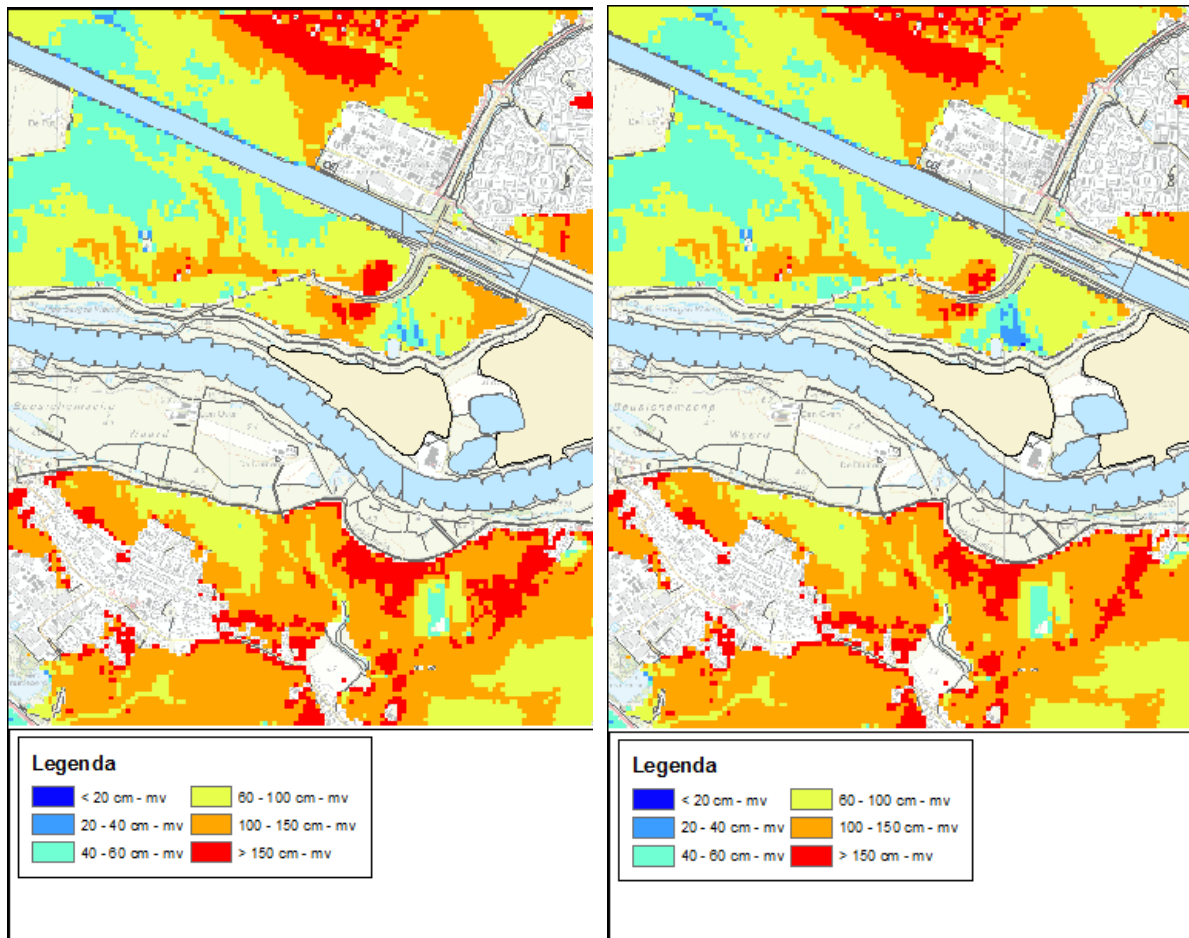
**Figuur 2 GHG huidige situatie [11]**

Opmerkingen:

GHG = Gemiddelde hoogste grondwaterstand



GHG na verhoging grondwaterstand



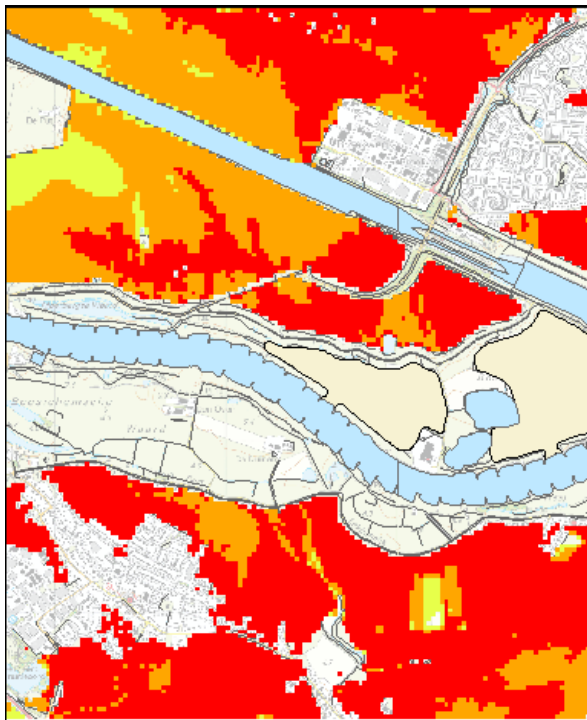
GVG huidige situatie

GVG na verhoging grondwaterstand

**Figuur 3 GVG huidige situatie [11]**

Opmerkingen:

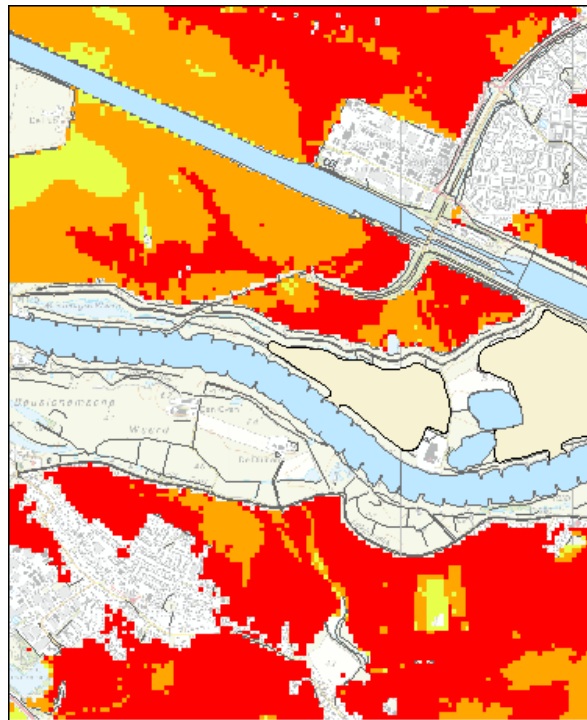
GVG = Gemiddelde voorjaars grondwaterstand (rond 1 april)



**Legenda**

< 20 cm - mv	60 - 100 cm - mv
20 - 40 cm - mv	100 - 150 cm - mv
40 - 60 cm - mv	> 150 cm - mv

GLG huidige situatie



**Legenda**

< 20 cm - mv	60 - 100 cm - mv
20 - 40 cm - mv	100 - 150 cm - mv
40 - 60 cm - mv	> 150 cm - mv

GLG na verhoging grondwaterstand

**Figuur 4 GLG huidige situatie [11]**

Opmerkingen:

GLG = Gemiddelde laagste grondwaterstand



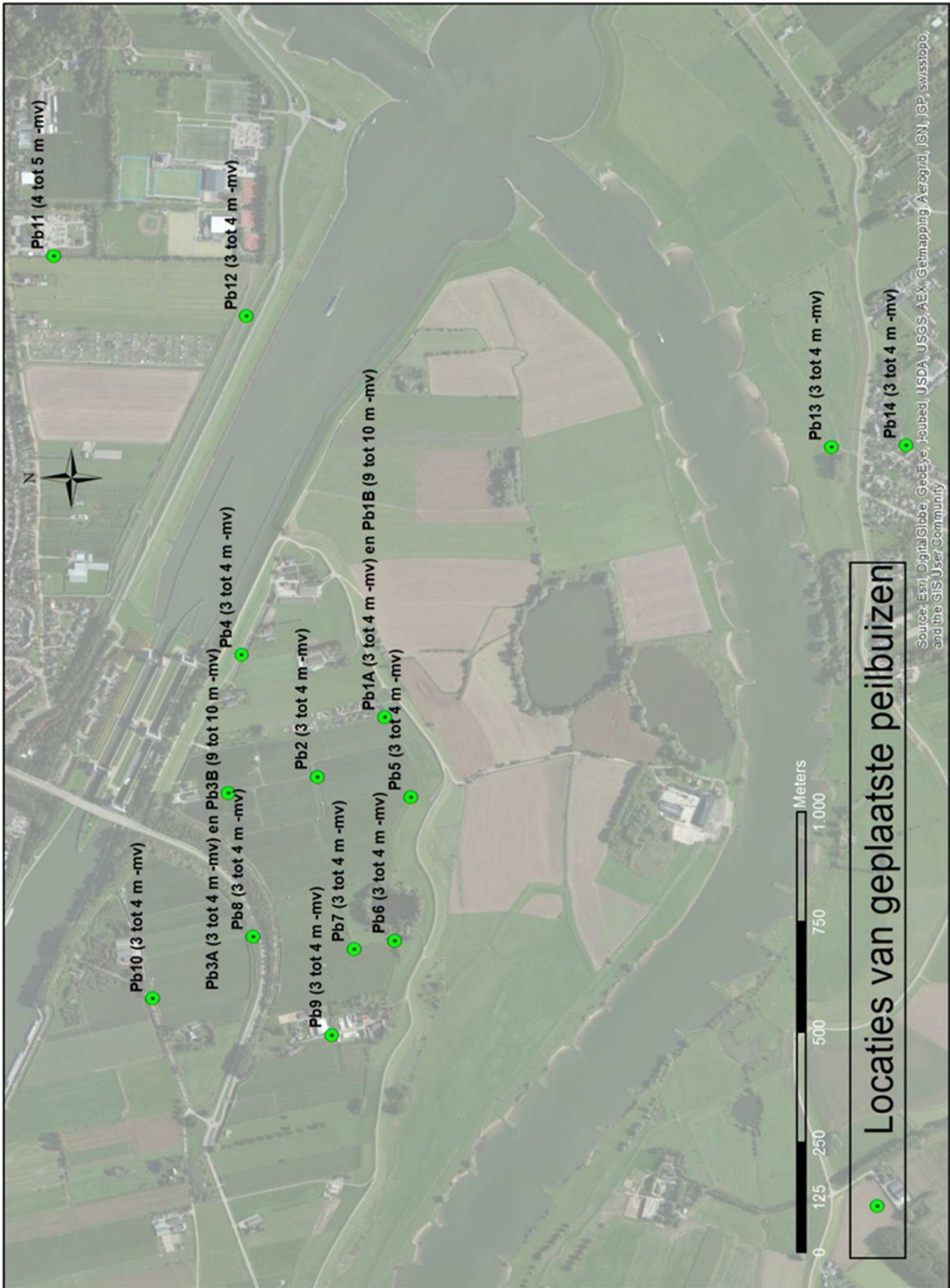


## **Appendix 3**

### **Resultaten monitoring**

In deze bijlage zijn de monitoringsresultaten toegevoegd [5]:

- Van peilbuis 11 en 12 ontbreken de meetresultaten van het laatste half jaar in de grafieken (laatste half jaar van 2015).
- Peilbuis 2 is nu op een lage locatie gelegen waar regenwater naartoe stroomt. Daarom wordt deze peilbuis een aantal meter verplaatst naar een hoger gelegen locatie.



Pb11 (4 tot 5 m -mv)

Pb12 (3 tot 4 m -mv)

Pb13 (3 tot 4 m -mv)

Pb14 (3 tot 4 m -mv)



Pb4 (3 tot 4 m -mv)

Pb3A (3 tot 4 m -mv) en Pb3B (9 tot 10 m -mv)

Pb2 (3 tot 4 m -mv)

Pb1A (3 tot 4 m -mv) en Pb1B (9 tot 10 m -mv)

Pb10 (3 tot 4 m -mv)

Pb8 (3 tot 4 m -mv)

Pb9 (3 tot 4 m -mv)

Pb7 (3 tot 4 m -mv)

Pb5 (3 tot 4 m -mv)

Pb6 (3 tot 4 m -mv)



● Locaties van geplaatste peilbuizen

Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Jeppia, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, IGP, swisstopo, and the GIS User Community

