


## Geohydrologisch modelonderzoek herinrichting Eisenhowerplas





## Geohydrologisch modelonderzoek herinrichting Eisenhowerplas

referentie	projectcode	status
AH621-17/14-011.503	AH621-17	definitief
projectleider	projectdirecteur	datum
mw. ing. M.J. Meijer-Gort	ir. H.J.M.A. Mols	6 juni 2014

autorisatie	naam	paraaf
goedgekeurd	mw. ing. M.J. Meijer-Gort	



<b>INHOUDSOPGAVE</b>	<b>blz.</b>
<b>1. INLEIDING</b>	<b>1</b>
1.1. Achtergrond	1
1.2. Doelstelling	1
1.3. Leeswijzer	1
<b>2. SYSTEEMBESCHRIJVING</b>	<b>3</b>
2.1. Locatie en ontwikkeling	3
2.2. Maaiveldhoogte	3
2.3. Bodemopbouw en geohydrologie	4
2.4. Waterbodem plas	5
2.5. Peilen en watersysteem	6
2.6. Grondwaterstand en stijghoogte	7
2.7. Kwel en wegzijging	9
2.8. Grondwatergebruikers	12
<b>3. BEOOGDE ONTWIKKELING</b>	<b>15</b>
3.1. Schematisch ontwerp	15
3.2. Hydrologisch ontwerp	16
<b>4. TOETSING BEOORDELINGSNIVEAU 3</b>	<b>19</b>
4.1. Inleiding	19
4.2. Analyse	19
4.3. Toetsing	20
4.3.1. Stroombaanberekening	20
4.3.2. Verdunning	20
4.3.3. Conclusie	22
<b>5. CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN</b>	<b>25</b>
5.1. Doel onderzoek	25
5.2. Conclusie	25
5.3. Aanbevelingen	26
<b>6. REFERENTIES</b>	<b>27</b>
laatste bladzijde	<b>28</b>
<b>BIJLAGEN</b>	<b>aantal blz.</b>
I Grondwatermodel	12



## **1. INLEIDING**

### **1.1. Achtergrond**

De gemeente Overbetuwe heeft een herinrichtingsplan opgesteld om de Eisenhowerplas te Elst te verondiepen. Bij het verondiepen wordt grond en baggerspecie gebruikt. Om de grond en baggerspecie veilig te kunnen toepassen dient te worden aangetoond dat er geen negatieve effecten optreden op de grondwaterkwaliteit conform de Handreiking geohydrologische beoordeling bij herinrichting van diepe plassen (Deltares, 2011).

De provincie Gelderland en het waterschap Rivierenland (Waterschap Rivierenland 2013) hebben aangegeven dat er voor de verondieping van de Eisenhowerplas aangetoond moet worden dat er wordt voldaan aan een verdunningsfactor van 100 conform Deltares (2011). Bij deze verdunningsfactor is de doorstroming door de vulling van de plas verwaarloosbaar klein door de combinatie van een lage doorlatendheid van de putvulling en/of een verwaarloosbaar potentiaalverschil.

### **1.2. Doelstelling**

Het doel van de werkzaamheden is het uitvoeren van een geohydrologische beoordeling op niveau 3 conform de Handreiking geohydrologische beoordeling bij herinrichting van diepe plassen. Middels deze beoordeling wordt getoetst of de opvulling van de Eisenhowerplas voldoet aan de verdunningsfactor. Onderdeel daarvan is een gevoeligheidsanalyse.

Beoordelingsniveau 3 schrijft voor dat de geohydroloog gebruik kan maken van een eenvoudig model (dat aan basisvoorwaarden voldoet) om aan te tonen dat aan één van de basis criteria wordt voldaan. Deze basiscriteria kunnen worden samengevat tot:

1. de doorstroming van de vulling is verwaarloosbaar door de (combinatie van) lage doorlatendheid en/of verwaarloosbaar potentiaalverschil;
2. het potentieel beïnvloed grondwater blijft nabij de bron (vulling).

Wanneer aan één van bovenstaande criteria wordt voldaan, is de locatie als geschikt aan te wijzen.

### **1.3. Leeswijzer**

Het huidige geohydrologische systeem is beschreven in hoofdstuk 2, daarbij is gebruik gemaakt van de eerdere beoordeling (Witteveen+Bos 2013). Hoofdstuk 3 beschrijft de beoogde ontwikkeling. De toetsing aan de basiscriteria is in hoofdstuk 4 opgenomen. Hoofdstuk 5 bevat de conclusie en aanbevelingen.

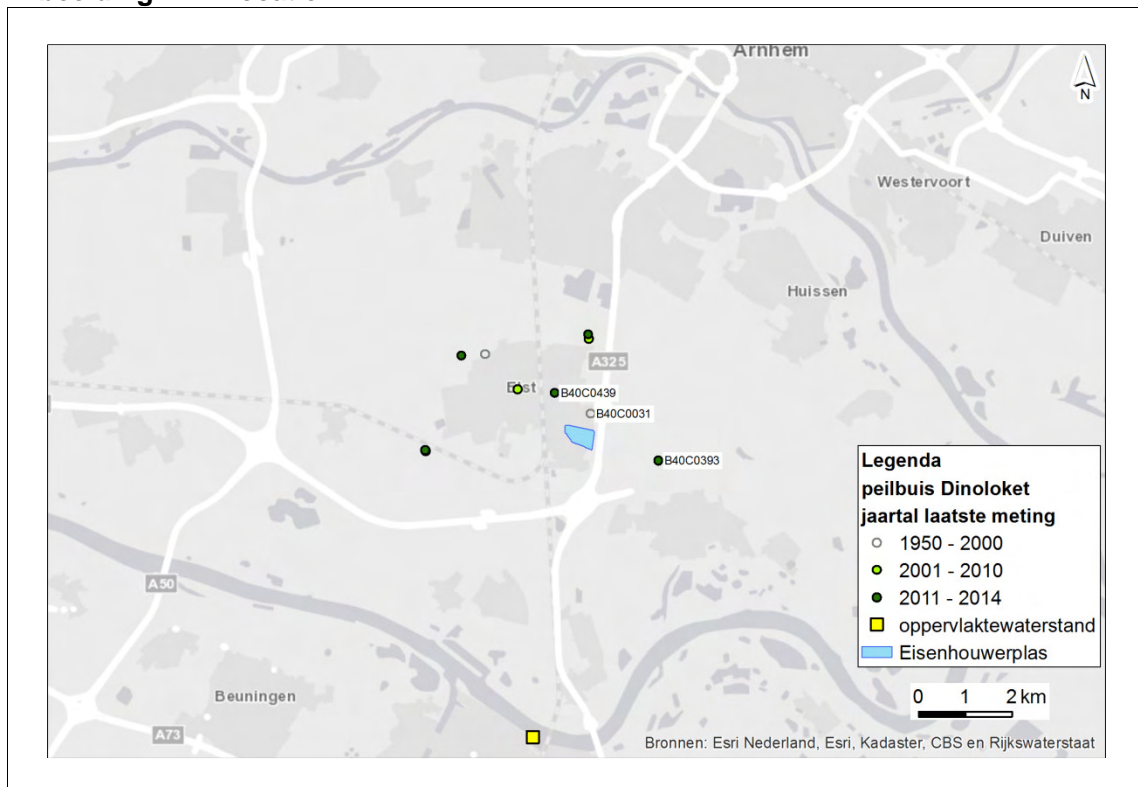


## 2. SYSTEEMBESCHRIJVING

### 2.1. Locatie en ontwikkeling

De Eisenhowerplas (Aamse plas) is ontstaan door zandwinning in het verleden. De plas ligt in Elst, gemeente Overbetuwe en provincie Gelderland. De plas ligt op het industrieterrein van Elst en is gesitueerd ten zuidoosten van de woonkern Elst en te midden van bedrijventerrein de Aam, tussen de spoorlijn Arnhem - Nijmegen en de A325 en wordt vanaf de A325 ontsloten door de Nieuwe Aamsestraat en Industrierweg Oost. De plas is kadastraal vastgelegd onder gemeente Elst, sectie N, nummer: 113, 486 en 1216. In afbeelding 2.1 is de ligging weergegeven. De afmetingen van de plas zijn circa 600 x 400 m<sup>2</sup>.

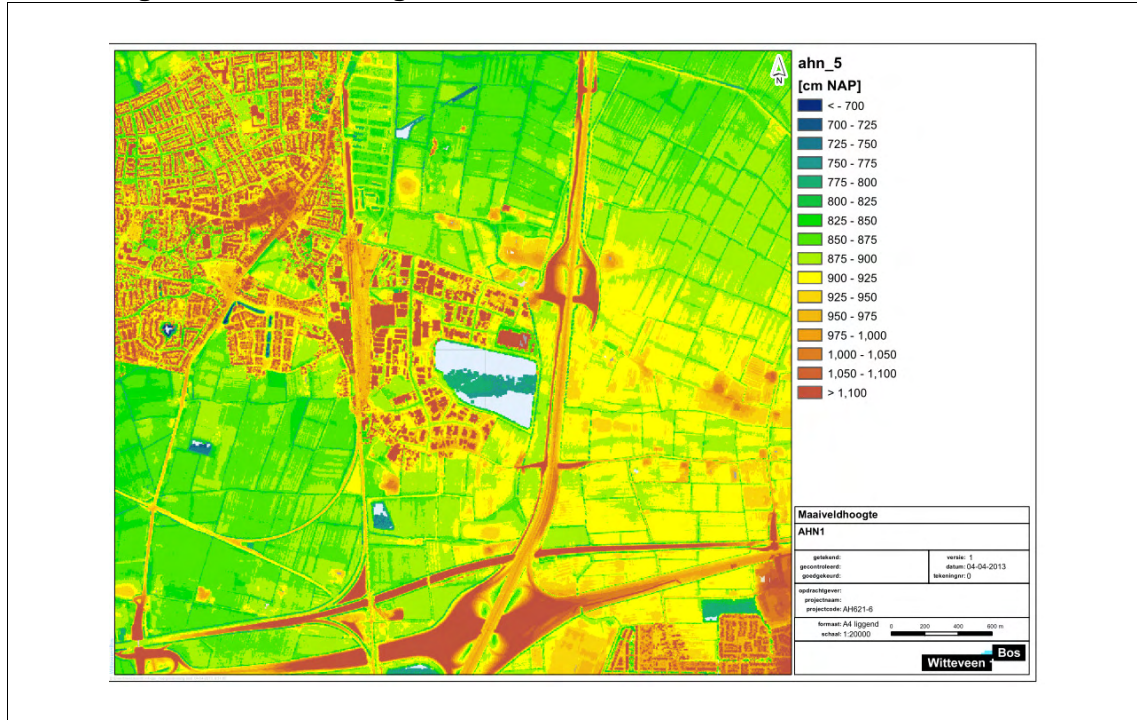
**Afbeelding 2.1. Locatie**



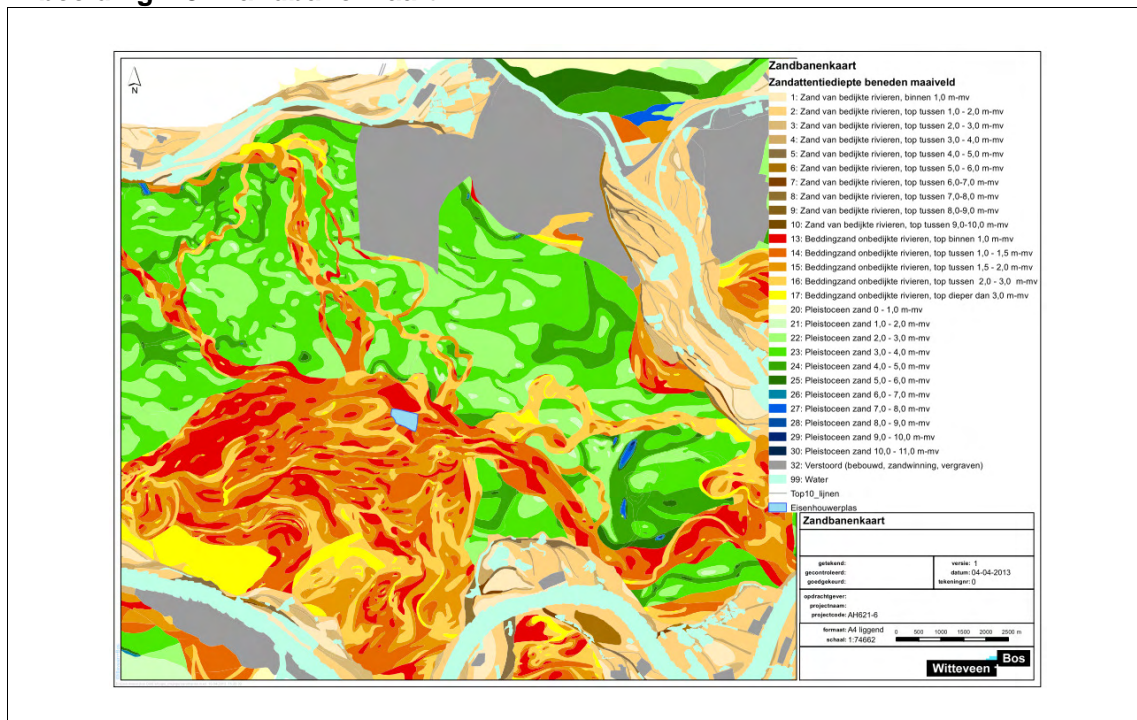
### 2.2. Maaiveldhoogte

In afbeelding 2.2 is de maaiveldhoogte in de omgeving van de Eisenhowerplas opgenomen. Het maaiveld rondom de plas ligt vrijwel overal op NAP + 8,9 tot 9,3 m. Op regionale schaal loopt het maaiveld in westelijke richting af. Het noordelijke Lingedal en het zuidelijke gebied langs de Betuweroute en snelweg ligt circa 1,0 m lager. Elst en omgeving liggen op een zandbaan (afbeelding 2.3), dit is een voormalige stroomrug van de rivier.

**Afbeelding 2.2. Maaveldhoogte**



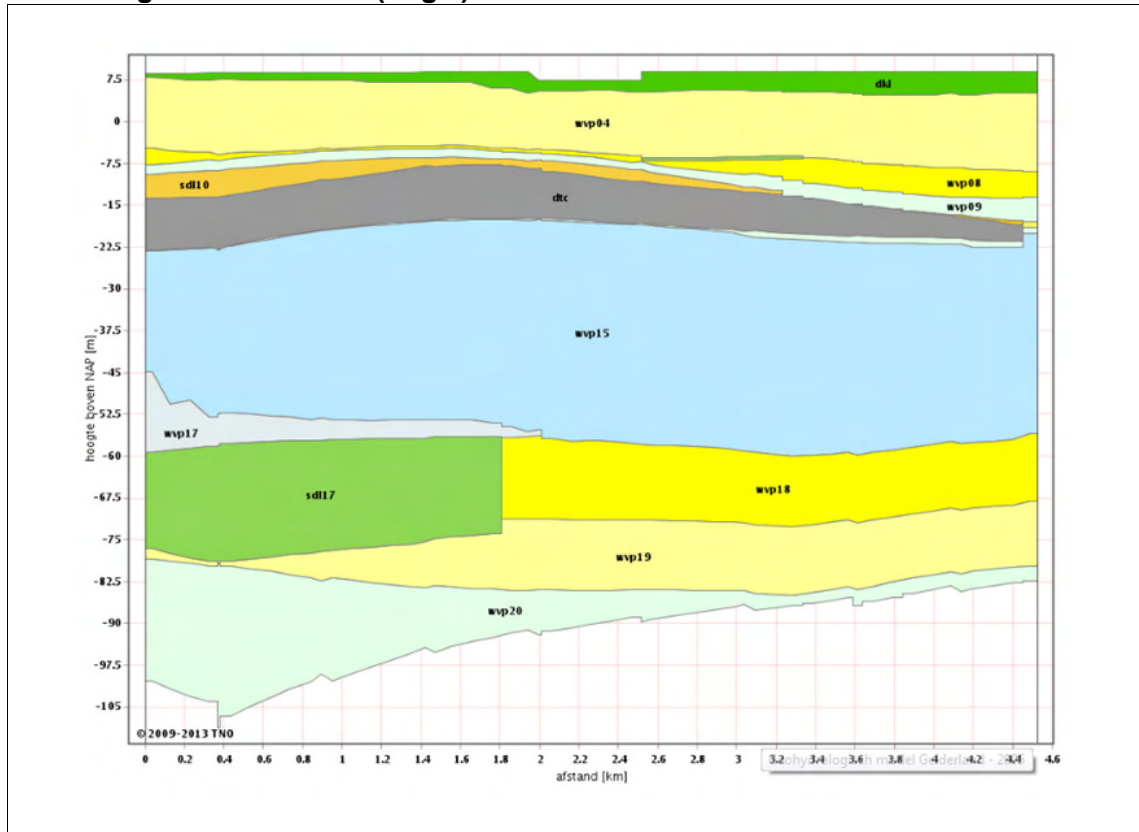
**Afbeelding 2.3. Zandbanenkaart**



### 2.3. Bodemopbouw en geohydrologie

De bodemopbouw in het rivierengebied is met name bepaald door afzettingen uit de rivieren. Hierdoor is een afwisseling van watervoerende pakketten en slecht doorlatende kleilagen aanwezig. In afbeelding 2.4 is een doorsnede weergegeven van de bodemopbouw uit Regis.

**Abbeelding 2.4. Doorsnede (Regis)**



In tabel 2.1 is een schematische bodemopbouw weergegeven. De deklaag bestaat aan de bovenzijde uit een circa 1 m dikke kleilaag, daaronder komt een watervoerende zandlaag voor van matig tot zeer grof zand (lokaal grindig). Vanaf een diepte van circa NAP -10 tot -15 m worden in alle boringen slecht doorlatende klei- en leemlagen aangetroffen. De dikte van deze lagen varieert. Daaronder ligt het 2<sup>e</sup> watervoerende pakket. De onderzijde wordt als geohydrologische basis beschouwd in deze studie. In de tabel zijn de doorlatendheden aangegeven van de watervoerende lagen. Deze zijn gebaseerd op Regis en op het regionale grondwatermodel MORIA.

**Tabel 2.1 Schematische bodemopbouw**

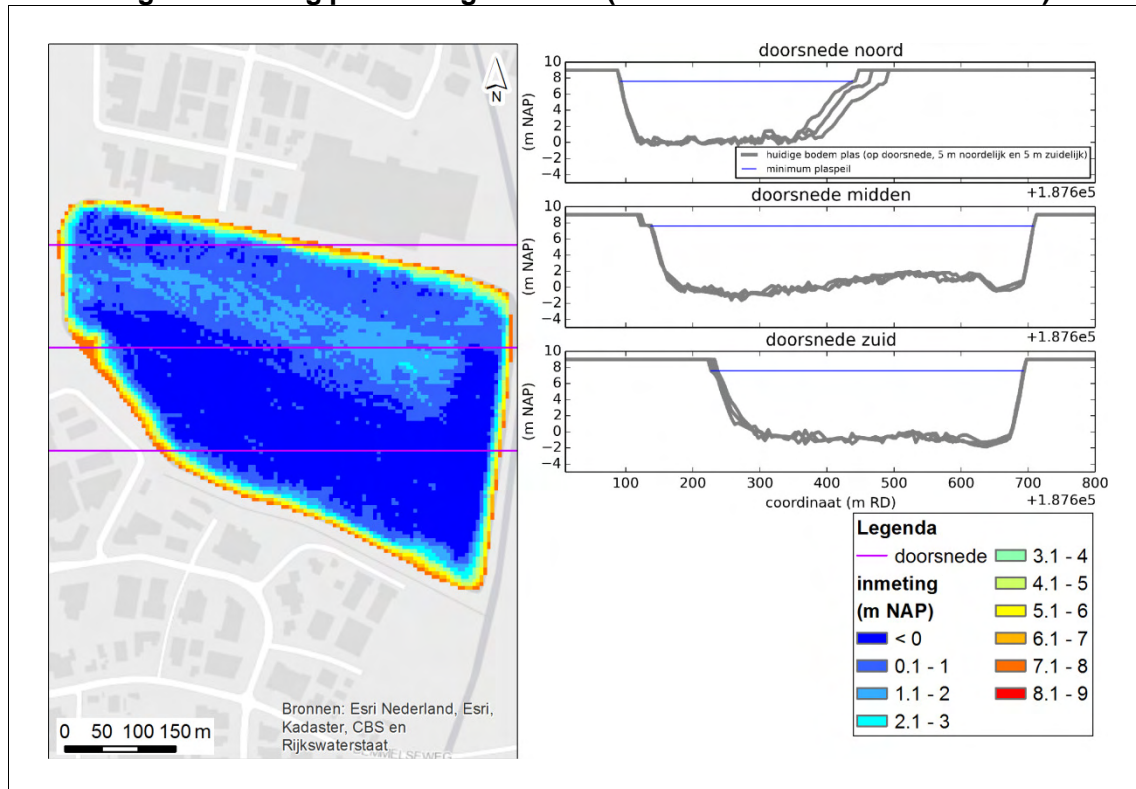
van (m NAP)	tot (m NAP)	geohydrologie	lithologie	formatie	globale parameter
+ 9	circa + 8	deklaag	toplaag van ca. 1 m klei	Kreftenheye	c = 150 d
+ 8	circa - 10	watervoerend pakket 1	matig fijn tot zeer grof zand (soms grindig), lokaal kleilagen	Kreftenheye	k = 30 - 50 m/d
circa - 10 tot - 15	circa - 20 tot - 25	slecht doorlatende laag	klei en leem	Kreftenheye	c = 1000 d
circa - 20 tot - 25	circa - 60	watervoerende pakket 2	matig fijn tot grof zand	Peize-Waalre	k = 20 - 30 m/d

## 2.4. Waterbodem plas

Abbeelding 2.5 geeft een overzicht van de inmeting (Siegiers 2011) via een bovenaanzicht en 3 doorsneden. De huidige waterbodem in de plas ligt voor een groot deel rond NAP 0 m.

Plaatselijk daalt de waterbodem tot maximaal NAP - 2,07 m. De diepte van de plas varieert hiermee tussen de 8 en 10 m.

**Abbeelding 2.5. Imeting plas huidige situatie (bovenaanzicht en 3 doorsneden)**



In 2011 is een verkennend waterbodemonderzoek in de Eisenhowerplas uitgevoerd (Land, 2011). De waterbodem bestaat uit een zwak tot matig kleihoudende sli blaag, variërend in dikte van circa 10 tot 50 cm. Hieronder bevindt zich de vaste waterbodem, bestaande uit matig tot zeer grof zand, waarin plaatselijk grind is aangetroffen. De plas bevindt zich grotendeels in de 1<sup>e</sup> watervoerende zandlaag.

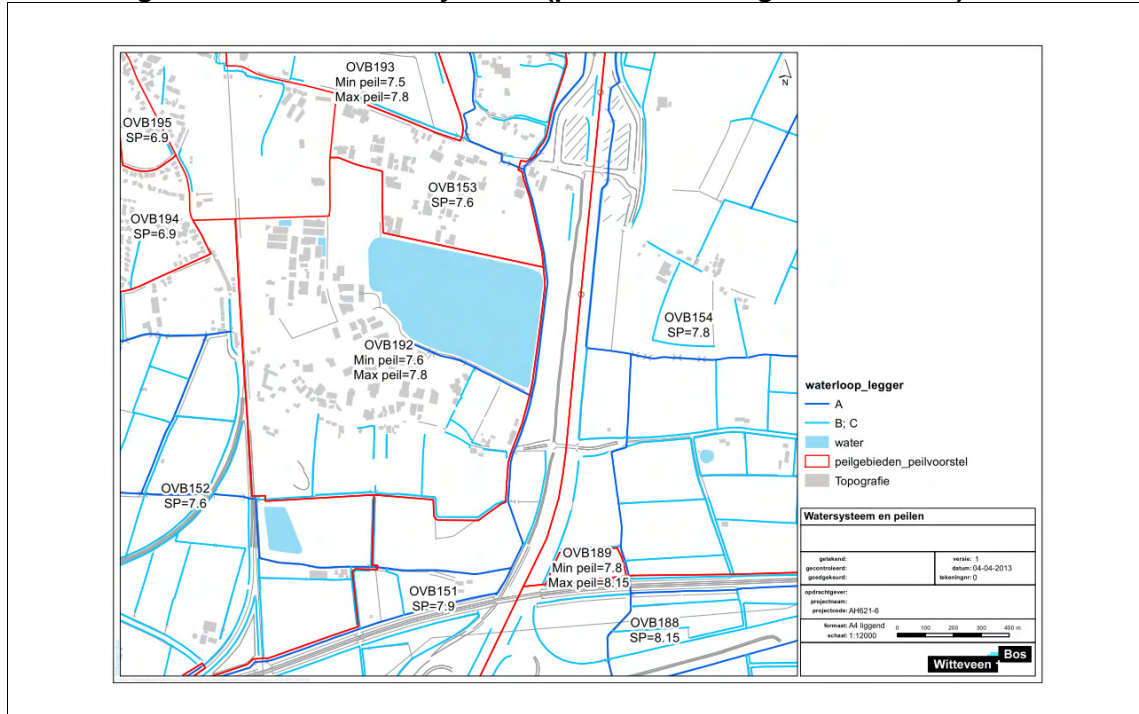
## 2.5. Peilen en watersysteem

In het streefpeilbesluit uit 2002 lag de Eisenhowerplas geïsoleerd in een apart peilgebied. Dit is gewijzigd in het peilbesluit Over-Betuwe (vastgesteld 2012). Abbeelding 2.6 geeft een overzicht van het watersysteem en de peilen zoals opgenomen in dat nieuwste peilbesluit. De Eisenhowerplas (Aamse plas) ligt in een nieuw peilgebied met flexibel peilbeheer ten behoeve van de aanliggende woonwijk Westeraam. Het minimum peil bedraagt NAP + 7,6 m en het maximum peil NAP + 7,8 m. Dit betekent dat het peil fluctueert tussen deze waarden, waarbij het overwegend in de winter wat hoger zal zijn (neerslag) en in de zomer wat zal uitzakken (verdamping). De verwachting van het waterschap is dat in extreem droge situaties het minimum plaspeil niet kan worden gehandhaafd, omdat hiervoor in de extreme situatie onvoldoende water kan worden aangevoerd en de grote rivieren een drainerende werking hebben.

Metingen van het plaspeil zijn niet beschikbaar. De enige beschikbaar peilmaat is opgenomen in Tauw (2011a), namelijk een 'vrij vast peil' van NAP + 7,95 m.

Aan de zuidzijde van de Eisenhowerplas bevindt zich ook een A-watergang, deze is verbonden met de plas en kent hetzelfde peil. In het peilgebied OVB192 zijn verder weinig watergangen gelegen. Aan de oostzijde van de Eisenhowerplas bevindt zich een A-watergang. Het streefpeil in deze watergang ligt op NAP + 7,9 m (peilgebied OVB151).

**Afbeelding 2.6. Peilen en watersysteem (peilbesluit vastgesteld in 2012)**



## 2.6. Grondwaterstand en stijghoogte

### Metingen

In afbeelding 2.1 zijn de peilbuizen uit het Dinoloket (TNO 2014) nabij de Eisenhowerplas opgenomen:

- de meest nabije peilbuis is B40C0031, deze bevindt zich circa 600 m ten noorden van de plas. Het filter van deze peilbuis staat in het 1<sup>e</sup> watervoerend pakket. De waarnemingen zijn tot het jaar 2000 uitgevoerd;
- peilbuis B40C0439 is tot en met 2013 bemeten, de buis ligt circa 800 m ten noorden. De bovenste filters staan in het 1<sup>e</sup> watervoerend pakket. Het onderste filter staat onder de leemlagen in het 2<sup>e</sup> watervoerende pakket;
- circa 1.400 m ten oosten staat peilbuis B40C0393. Deze heeft zes filters, waarvan de diepste op NAP - 170 m staat.

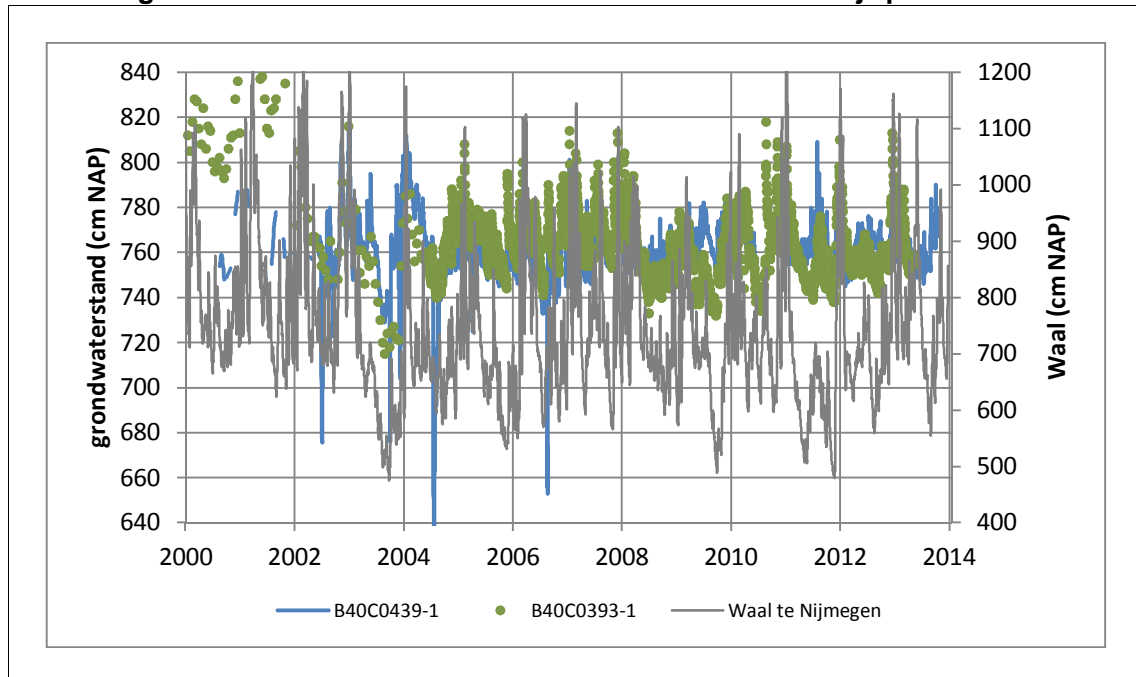
In tabel 2.2 zijn de kenmerken van de twee meest nabije peilbuizen opgenomen.

**Tabel 2.2. Kenmerken peilbuizen 1990 - laatste waarneming**

	filterstelling	minimum (m NAP)	gemiddelde (m NAP)	maximum (m NAP)	aantal waarnemingen (-)	laatste waarnemingsjaar
B40C0031-1	WVP1	6,85	7,69	7,95	42	2000
B40C0439-1	WVP1	6,13	7,60	8,18	4.087	2013
B40C0439-2	WVP1	6,58	7,59	8,30	3.792	2013
B40C0439-3	WVP3	6,85	7,48	8,12	3.933	2013

De stijghoogte in de watervoerende lagen fluctueert naar gelang de rivierstanden van de Rijn en de Waal. Afbeelding 2.7 laat dit zien aan de hand van de bovenste filters van twee peilbuizen en dagelijkse gemiddelde waterstand in de Waal (Waterbase 2014). De grafiek laat zien dat de lage Waal-stand in 2003 doorwerkt in de grondwaterstand rondom de plas.

**Afbeelding 2.7. Grondwaterstand in bovenste filters meest nabije peilbuizen en Waal**



De gemiddelde stijghoogte in het 1<sup>e</sup> WVP bedraagt ca. NAP + 7,6 tot + 7,7 m. In de peilbuis B40C0439 treedt onder gemiddelde omstandigheden infiltratie op vanuit het 1<sup>e</sup> WVP naar het 2<sup>e</sup> WVP. Tijdens hoogwater kan een kwelsituatie ontstaan onder invloed van de grote rivieren en de aanwezige zandbanen.

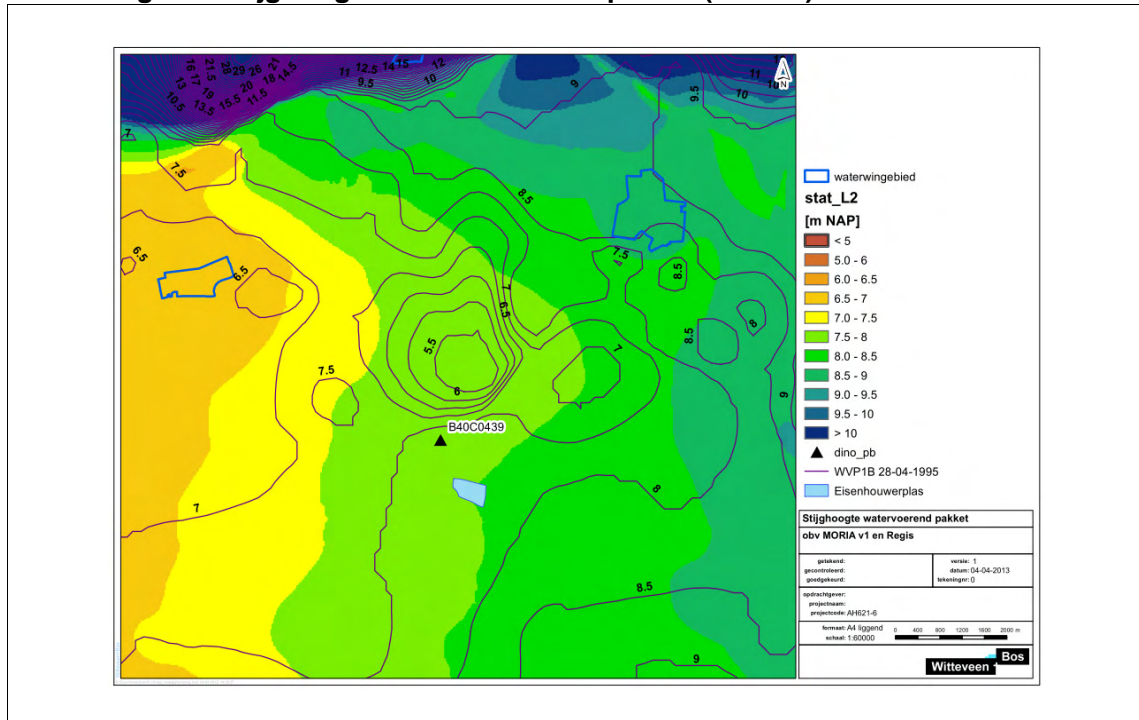
### Vlakdekkende stijghoogte

In afbeelding 2.8 is de gemiddelde vlakdekkende stijghoogte in het eerste watervoerende pakket weergegeven. Hiervoor is zijn de stationaire modelresultaten van het regionale grondwatermodel MORIA gebruikt. Tevens zijn de isohypsen uit het DINOloket toegevoegd aan de afbeelding.

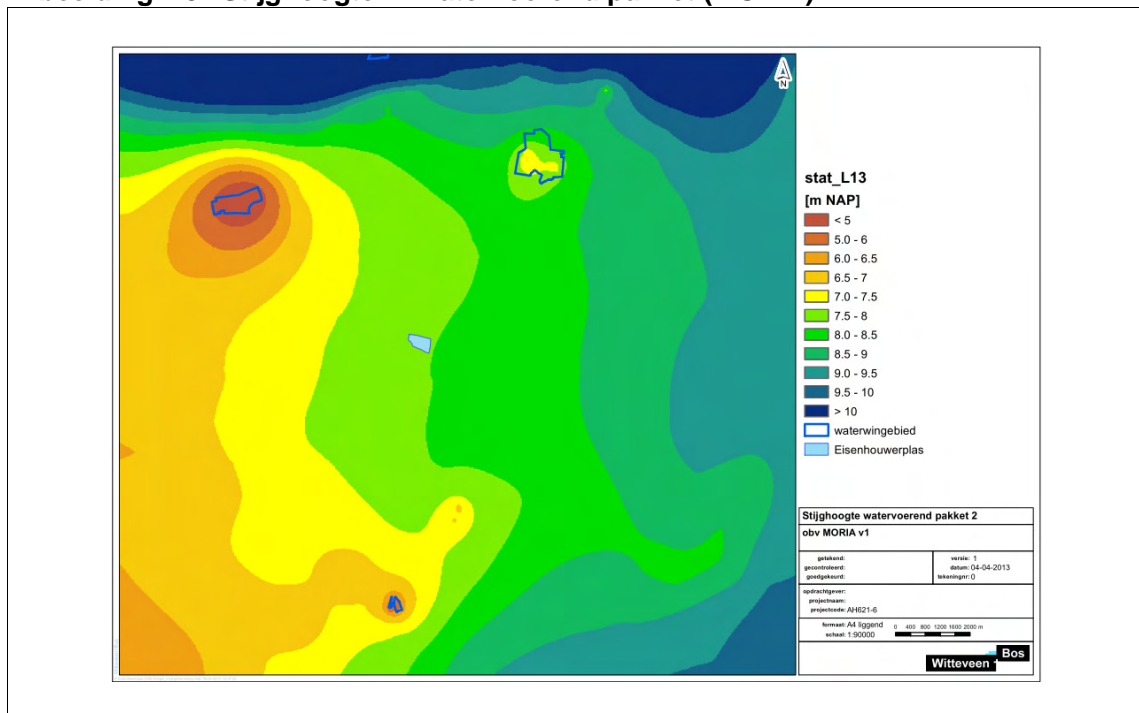
De regionale stroming in het watervoerend pakket is westelijk gericht. De isohypsen uit het DINOloket laten een opvallende lage meting zien ten noorden van de Eisenhowerplas. Dit komt niet overeen met het beeld in MORIA. Mogelijk betreft dit een oude grondwateronttrekking die tijdens het vervaardigen van de isohypsen in 1995 aanwezig was (inmiddels opgeheven). De afstand tussen de isohypsen (0,5 m) bij de plas bedraagt in beide schematisaties circa 2 km (gradiënt is 0,5/2000).

In het stijghoogte patroon in het 2<sup>e</sup> watervoerend pakket zijn twee drinkwaterwinningen duidelijk terug te zien (afbeelding 2.9). Dit is winning Park Immerloo (circa 3 Mm<sup>3</sup>/jaar) en Fikkersdries (circa 14 Mm<sup>3</sup>/j). De filters van de putten bevinden zich in het 2<sup>e</sup> watervoerend pakket.

**Afbeelding 2.8. Stijghoogte 1<sup>e</sup> watervoerend pakket (MORIA)**



**Afbeelding 2.9. Stijghoogte 2<sup>e</sup> watervoerend pakket (MORIA)**



## 2.7. Kwel en wegzijging

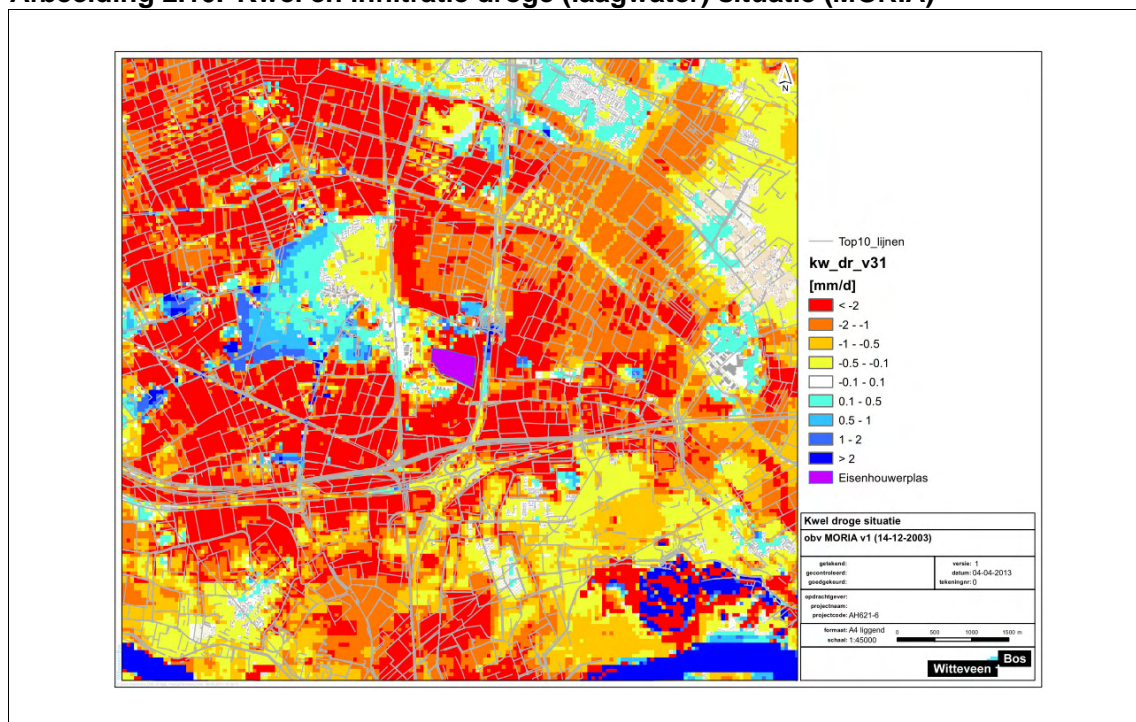
De vlakdekkende infiltratie- en kwelsituatie is opgenomen in afbeelding 2.10 voor een laagwatersituatie in de rivieren (14 december 2003) en in afbeelding 2.11 voor een periode met hoogwater (1 januari 2003). Uit de afbeeldingen blijkt dat de kwel en infiltratie situatie afhankelijk is van de rivierwaterstand. Bij een hoge rivierwaterstand is er sprake van kwel,

bij een lage rivierwaterstand is er sprake van infiltratie. Er zijn geen permanente stabiele kwelzones in de omgeving van de Eisenhowerplas.

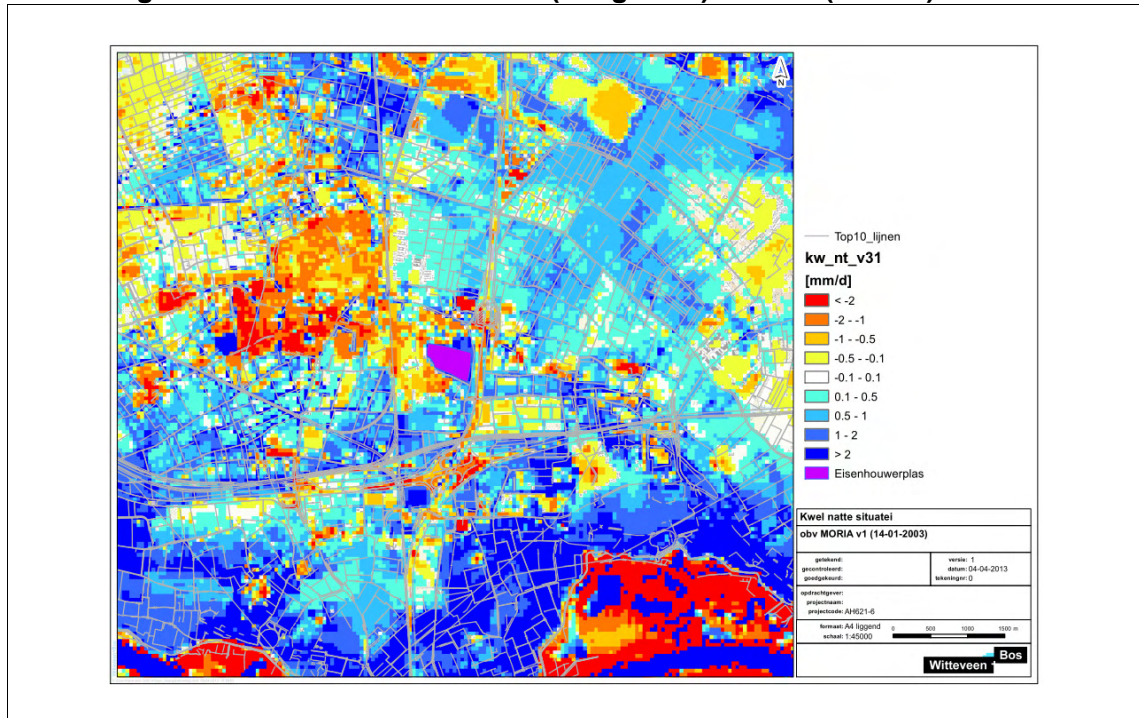
De infiltratie- of kwelsituatie vanuit de Eisenhowerplas is afhankelijk van het peil in de plas en de stijghoogte van het watervoerend pakket. Voor de stijghoogte van het watervoerend pakket wordt uitgegaan van de waarnemingen in B40C0031 (meest nabije peilbuis).

In de plas wordt in principe een minimum/maximum peil gehandhaafd van NAP + 7,6 m en + 7,8 m. De verwachting van het waterschap is dat in extreem droge situaties het minimum plaspeil niet kan worden gehandhaafd, omdat hiervoor in de extreme situatie onvoldoende water kan worden aangevoerd en de grote rivieren een drainerende werking hebben. De peilen liggen rond de waarde van de gemiddelde stijghoogte in het 1<sup>e</sup> WVP. In een gemiddelde situatie zal het potentiaalverschil over de plasbodem klein zijn. Uit metingen van de grondwaterstanden in het 1<sup>e</sup> WVP blijkt dat de grondwaterstand sterk reageert op de rivierwaterstand. Naar gelang de stand van de rivieren kan er kwel (hoge rivierwaterstand) of wegzijging (lage rivierwaterstand) optreden vanuit de plas. Dit is in afbeelding 2.12 schematisch weergegeven.

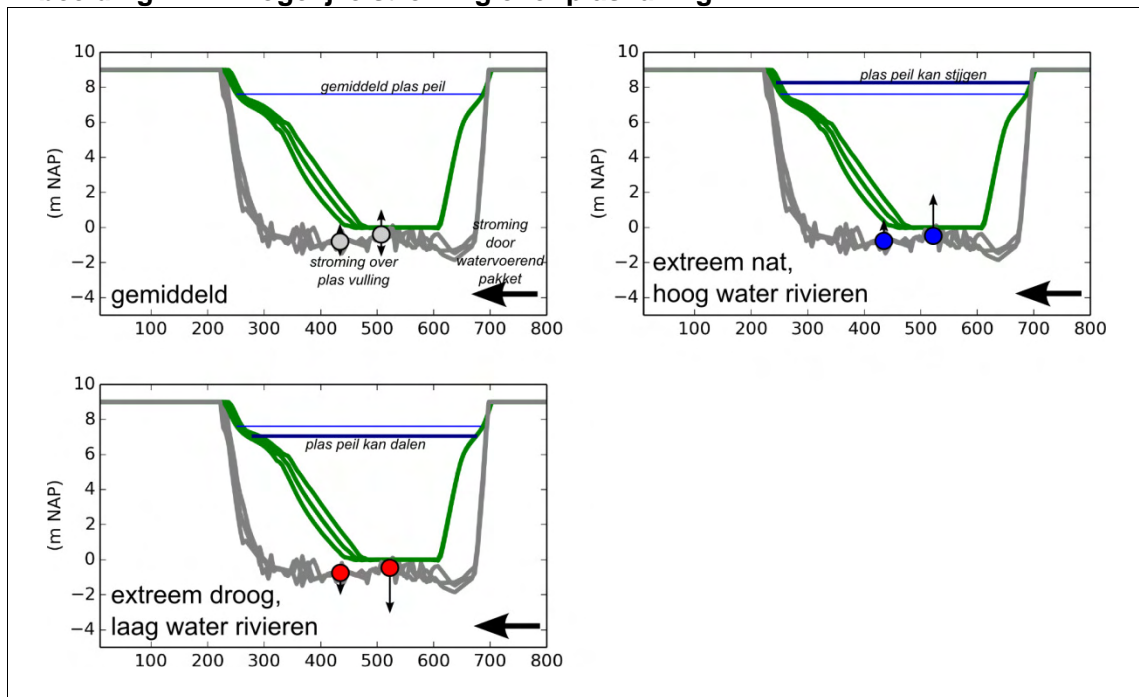
**Afbeelding 2.10. Kwel en infiltratie droge (laagwater) situatie (MORIA)**



**Afbeelding 2.11. Kwel en infiltratie natte (hoogwater) situatie (MORIA)**



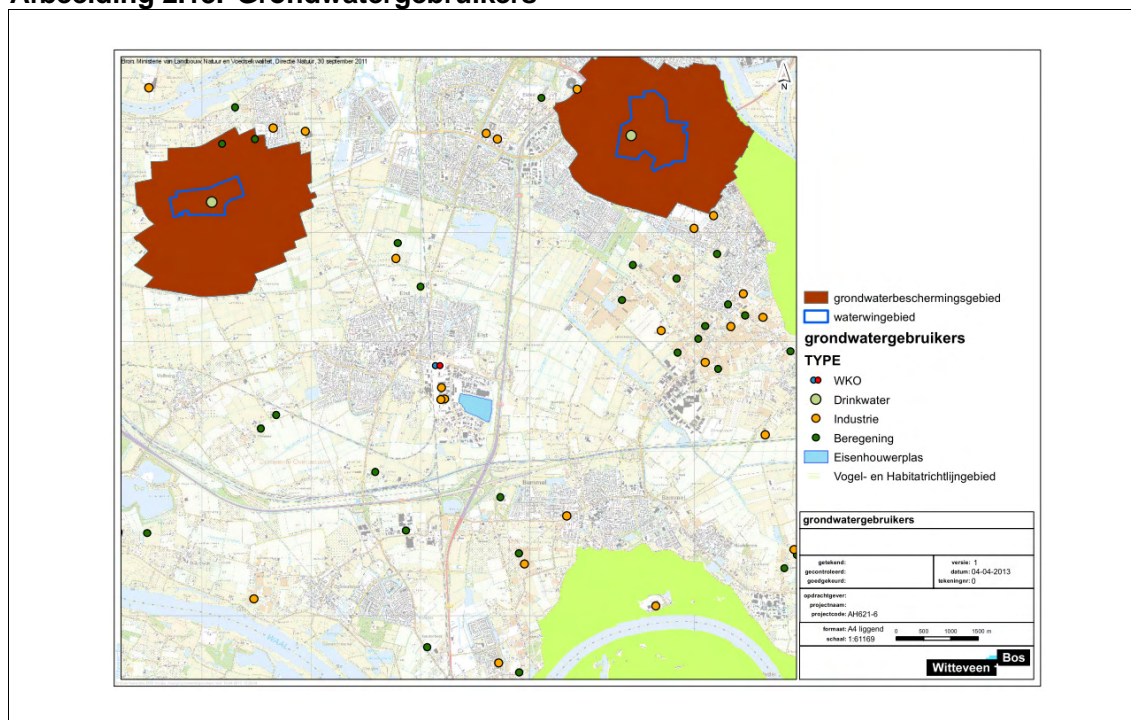
**Afbeelding 2.12. Mogelijke stroming over plasvulling**



## 2.8. Grondwatergebruikers

De grondwatergebruikers in de omgeving van de plas zijn opgevraagd bij het bevoegd gezag (provincie Gelderland en het waterschap Rivierenland). In afbeelding 2.13 zijn deze op kaart weergegeven. Bronbemalingen zijn niet beschouwd, omdat deze tijdelijk van karakter zijn en slechts het verlagen van de grondwaterstand tot doel hebben.

Afbeelding 2.13. Grondwatergebruikers



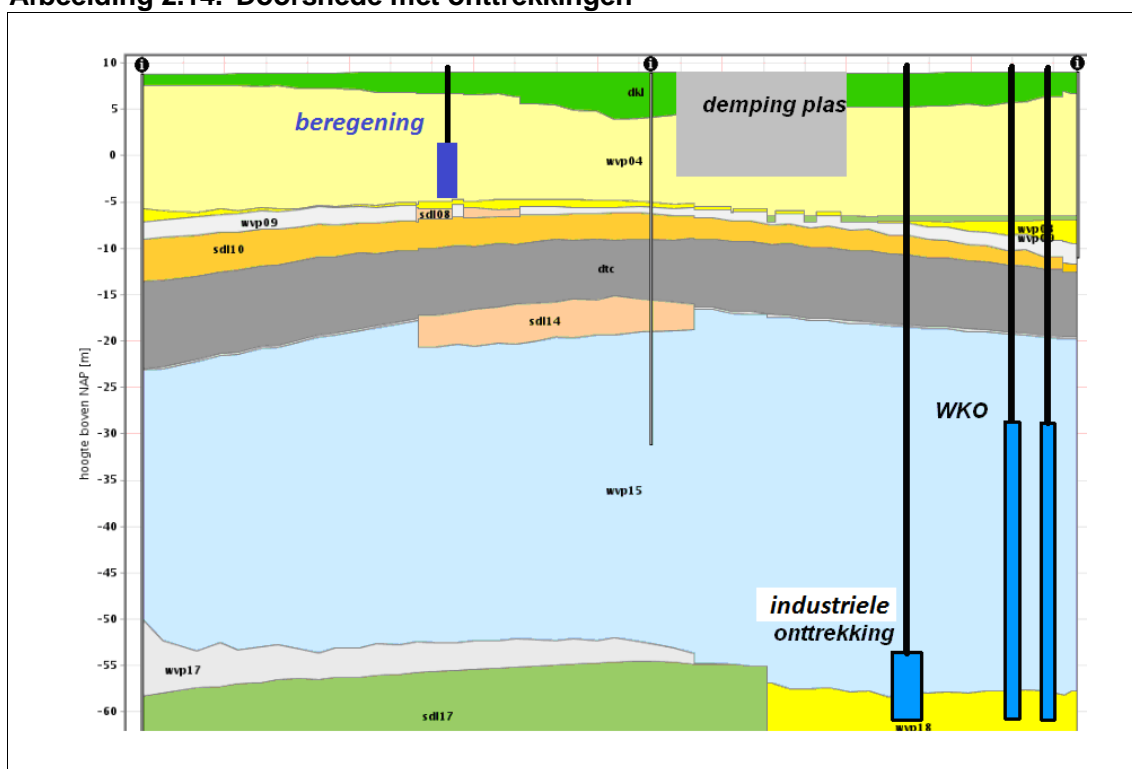
Op 5 km van de plas liggen twee drinkwaterwinningen, winning Fickersdries (west) en winning Park Immerloo (oost). De filters van de grondwateronttrekking bevinden zich in het 2<sup>e</sup> watervoerend pakket (NAP - 35 tot - 65 m). De doorsnede in afbeelding 2.14 laat zien dat er een slecht doorlatende laag aanwezig is tussen de beoogde ingreep en de huidige grondwatergebruikers.

Daarnaast liggen er in de directe omgeving van de Eisenhowerplas 1 actieve industriële grondwateronttrekking, 1 warmtekoude opslag en diverse beregeningen. In tabel 2.3 zijn de kenmerken van de actieve en afgesloten grondwatergebruikers opgenomen. De actieve grondwatergebruikers gebruiken het 2<sup>e</sup> watervoerend pakket (industrie en warmtekoude opslag), de onttrekking van beregeningsputten vindt plaats vanuit het 1<sup>e</sup> watervoerende pakket. Afbeelding 2.14 geeft dit in een doorsnede weer. De minimale afstand tot actieve onttrekkingen in het 1<sup>e</sup> watervoerende pakket is 1.400 m, onttrekkingen in het 2<sup>e</sup> watervoerende pakket vinden op minimaal 350 m afstand plaats.

**Tabel 2.3. Kenmerken grondwatergebruikers**

eigenaar	gebruik	filter (m - mv)	pakket	pompcapaciteit (m <sup>3</sup> /u)	gemiddeld onttrokken 2005-2009 (m <sup>3</sup> )	status (afstand)
Kloosterboer	100 % koelwater	55-60	2 <sup>e</sup> watervoerend pakket	45	291.602	actief (350 m)
gemeente	WKO	30-65	2 <sup>e</sup> watervoerend pakket	60	105.000	actief (650 m)
diverse	beregening	niet gespecificeerd	freatisch/1 <sup>e</sup> zandlaag	onbekend	onbekend	actief (>1400 m)
Luxan	80 % koelwater, 20 % overig	niet gespecificeerd	onbekend	30	7784	afgesloten <sup>1</sup>
Luxan	sanering	1-4	freatisch	28	145.886	afgesloten <sup>1</sup>

**Afbeelding 2.14. Doorsnede met onttrekkingen**



<sup>1</sup> De bedrijfsactiviteiten en sanering van Luxan zijn in 2011 afgesloten (Taww, 2011b)



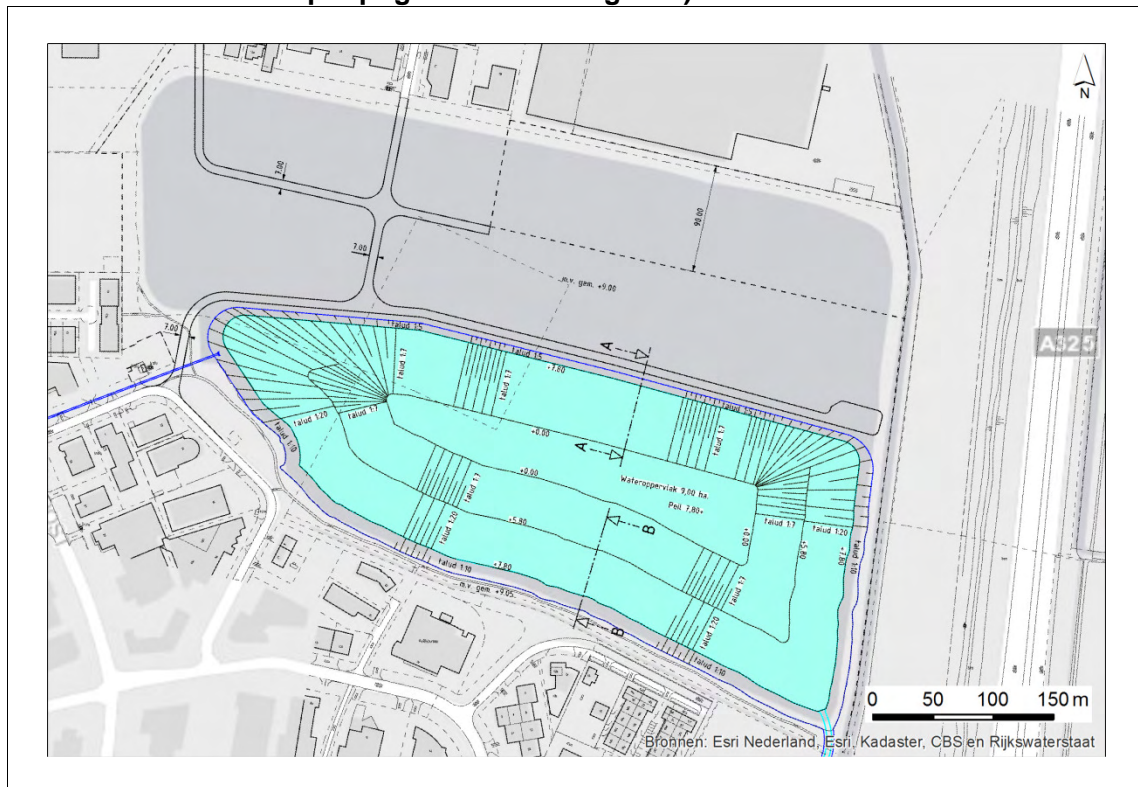
### 3. BEOOGDE ONTWIKKELING

#### 3.1. Schematisch ontwerp

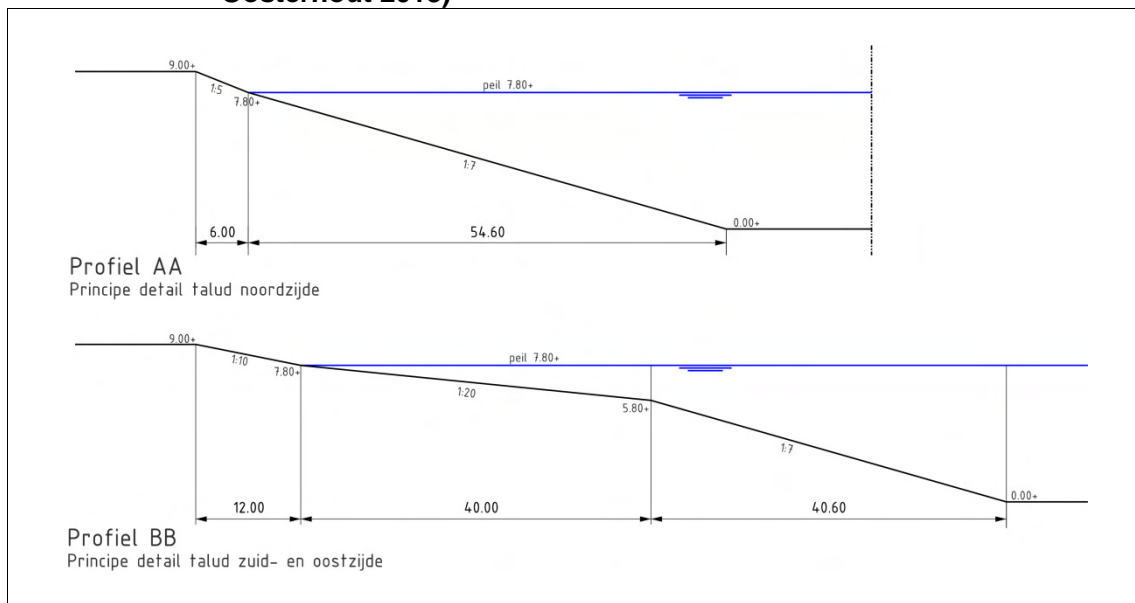
Afbeelding 3.1 geeft een bovenaanzicht weer van de opvulling van de plas (gemeente Oosterhout 2013). Het noordelijk deel van de huidige plas wordt volledig opgevuld (donkergrijze vulling in afbeelding 3.1). In afbeelding 3.2 zijn de principe doorsneden opgenomen, namelijk:

- langs de noordzijde (doorsnede AA') loopt een talud van 1:5 tot aan de maximale waterlijn (NAP + 7,8 m), vervolgens is een talud van 1:7 aanwezig tot het bodemniveau van NAP 0,0 m;
- de zuid- en oostzijde van plas hebben een flauwer talud, namelijk 1:10 tot aan de waterlijn, daarna 1:20 tot NAP + 5,8 m en vervolgens met 1:7 naar NAP 0,0 m;
- de westelijke zijde van de plas heeft een opvulling die varieert tussen bovenstaande doorsneden.

**Afbeelding 3.1. Ontwerp toekomstige situatie (bovenaanzicht, Gemeente Oosterhout, 2013 op topografische ondergrond)**



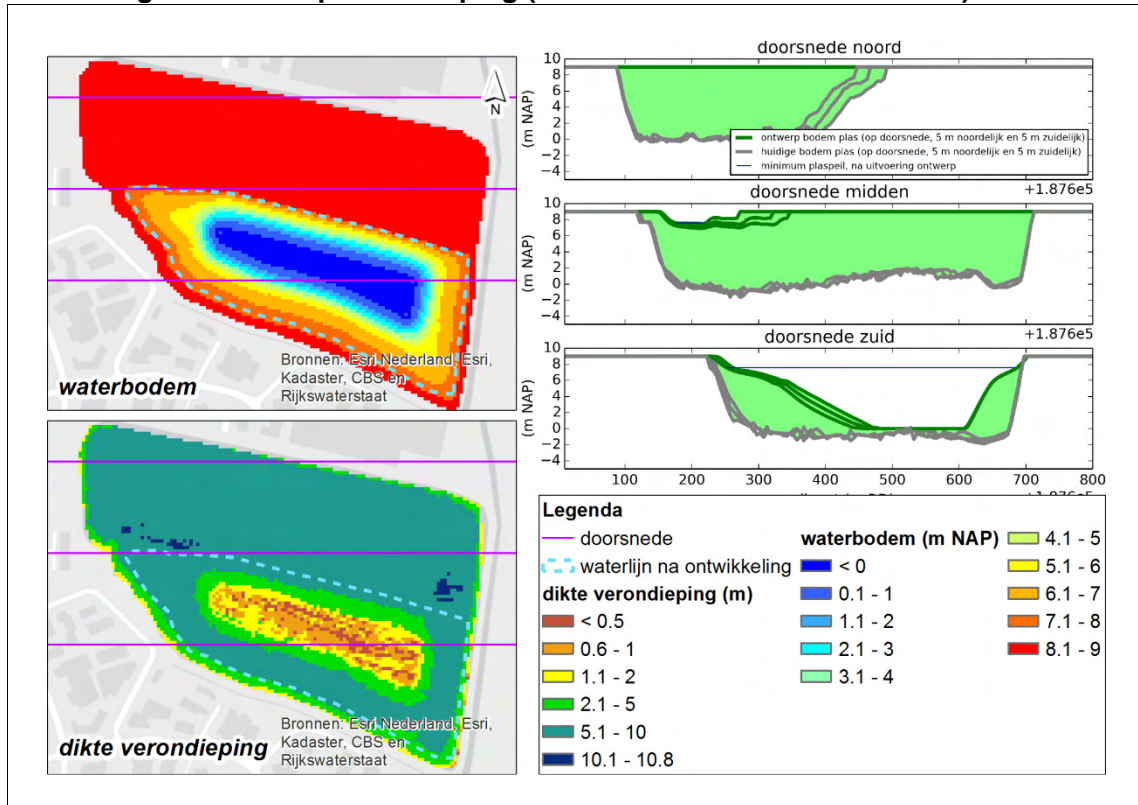
**Afbeelding 3.2. Ontwerp toekomstige situatie (doorsneden AA' en BB', gemeente Oosterhout 2013)**



### 3.2. Hydrologisch ontwerp

In afbeelding 3.3 is de ligging van de waterbodem in bovenaanzicht weergegeven in drie doorsneden samen met de huidige waterbodem en de vlakdekkende dikte van de verondieping. Hierin is zichtbaar dat de dikte van de verondieping veelal tussen de 1 en 10 m ligt. Op het diepste punt van de plas is de dikte van de verondieping minder, plaatselijk wordt geen materiaal aangebracht. Echter, op deze plaatsen zal zich een slib laag ontwikkelen. Hierdoor is op de diepste plekken slechts enige weerstand tussen de plas en het watervoerende pakket aanwezig.

**Afbeelding 3.3. Ontwerp verondieping (bovenaanzicht en 3 doorsneden)**



De verondieping wordt uitgevoerd met een mix van grond en baggerspecie. De grond en baggerspecie die wordt toegepast is een slecht doorlatend materiaal dat een kleinere doorlaatbaarheid heeft dan het materiaal in het 1<sup>e</sup> watervoerend pakket. De doorlatendheid wordt afgeschat op basis van literatuur, omdat nog geen specifieke gegevens bekend zijn over het toe te passen materiaal. Gekozen is voor een doorlatendheid van 0,1 m/d. Deltares (2011) omschrijft dit als fijn zand in fijn slib (>30 %).

Naar verwachting heeft het toegepaste materiaal een lagere doorlatendheid. De berekening is daarom worst-case. De doorlatendheid van het in de toekomst toegepaste materiaal moet aantoonbaar kleiner of gelijk zijn aan gebruikte doorlatendheid in dit rapport.



## **4. TOETSING BEOORDELINGSNIVEAU 3**

### **4.1. Inleiding**

Beoordelingsniveau 3 schrijft voor dat de geohydroloog gebruik kan maken van een eenvoudig model (dat aan basisvoorwaarden voldoet) om aan te tonen dat aan één van de basis criteria wordt voldaan. Deze basiscriteria kunnen worden samengevat tot:

- de doorstroming van de vulling is verwaarloosbaar door de (combinatie van) lage doorlatendheid en/of verwaarloosbaar potentiaalverschil;
- het potentieel beïnvloed grondwater blijft nabij de bron (vulling).

Wanneer aan één van bovenstaande criteria wordt voldaan, dan is de locatie als geschikt aan te wijzen.

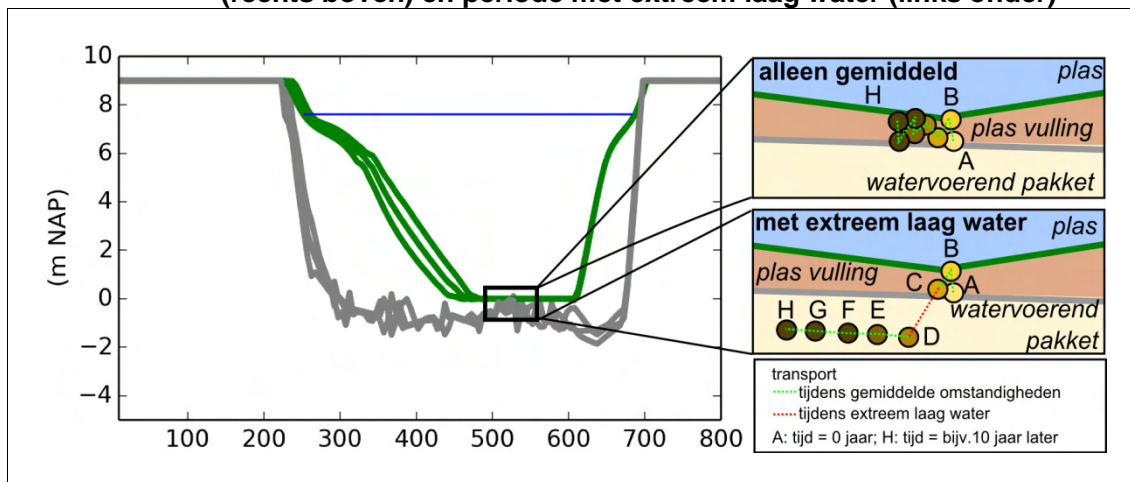
### **4.2. Analyse**

In deze paragraaf is de geohydrologische situatie na verondieping beschouwd. Vervolgens is geanalyseerd welke situatie met het grondwatermodel moet worden berekend.

Afbeelding 4.1 geeft de mogelijke stroming over de plasvulling weer gedurende de verschillende hydrologische condities. Het cumulatieve effect van deze verschillende condities bepaalt hoe eventuele verontreiniging in de plasvulling zich verplaatst. Het transport is afhankelijk van het klimaat en de waterstand in de rivieren, de concentratie kan wijzigen door geochemische processen. Een mogelijke verplaatsing (zonder afbraak) is in afbeelding 4.1 in een principe doorsnede weergegeven, namelijk:

- de figuur rechtsboven geeft een periode met gemiddelde omstandigheden weer, de verontreiniging verplaatst zich licht binnen de opvulling;
- de figuur linksonder geeft eenzelfde periode weer, maar nu treedt een extreem laagwater situatie op:
  - punt A, start punt van deeltje;
  - punt B en C, deeltje verplaatst zich binnen de plasvulling onder invloed van een afwisseling van lichte kwel en infiltratie gedurende gemiddelde omstandigheden. Dit kan een periode van meerdere jaren zijn;
  - punt D, tijdens een extreem droge situatie (laagwater) infiltreert het deeltje vanuit de plasvulling naar de bodem;
  - punt E tot en met H, het deeltje wordt door de grondwaterstroming verplaatst in het watervoerende pakket.

**Afbeelding 4.1. Principe doorsnede verplaatsing onder gemiddelde omstandigheden (rechts boven) en periode met extreem laag water (links onder)**



Bovenstaande analyse laat zien dat een extreem droge situatie (laagwater) de maximale infiltratie uit de plas geeft. Een gemiddelde situatie bepaalt de infiltratie en het transport in de bodem gedurende het merendeel van het jaar.

Vanwege de maatgevende infiltratie (toetsingscriterium 1) naar de ondergrond wordt de situatie beschouwd met een grondwatermodel dat een extreem droge situatie beschrijft. De opzet van het grondwatermodel is in bijlage I besproken. Het transport in de ondergrond (toetsingscriterium) tijdens een extreem laagwater situatie kan vervolgens met hetzelfde grondwatermodel worden berekend, vervolgens kan een inschatting worden gemaakt van het transport tijdens een gemiddelde situatie.

### 4.3. Toetsing

De toetsing is uitgevoerd aan de hand van stroombaanberekeningen en de verdunning.

#### 4.3.1. Stroombaanberekening

De stroombaanberekeningen inclusief gevoeligheidsanalyses zijn opgenomen in bijlage I. Uit een analyse van deze resultaten wordt geconcludeerd dat vanuit de plas in ieder geval infiltratie kan optreden tijdens extreme laagwatersituaties. In gemiddelde en hoogwater situatie zal de infiltratie afnemen en omslaan in kwel. Het geïnfilterde water wordt in het watervoerende pakket in met name westelijke richting meegevoerd.

#### 4.3.2. Verdunning

De verdunning is berekend door de maximale infiltratie vanuit de plas te berekenen (tijdens extreem laagwater), en vervolgens 10 jaar lang<sup>1</sup> het transport te berekenen. Daarbij is het stationaire model voor extreem laagwater gebruikt, dit bevat de volgende uitgangspunten:

- in de berekening is rekening gehouden met dispersie en advectie, maar geen retardatie. Hierdoor is een worst-casesituatie berekend voor de verspreiding van mogelijke verontreinigingen;

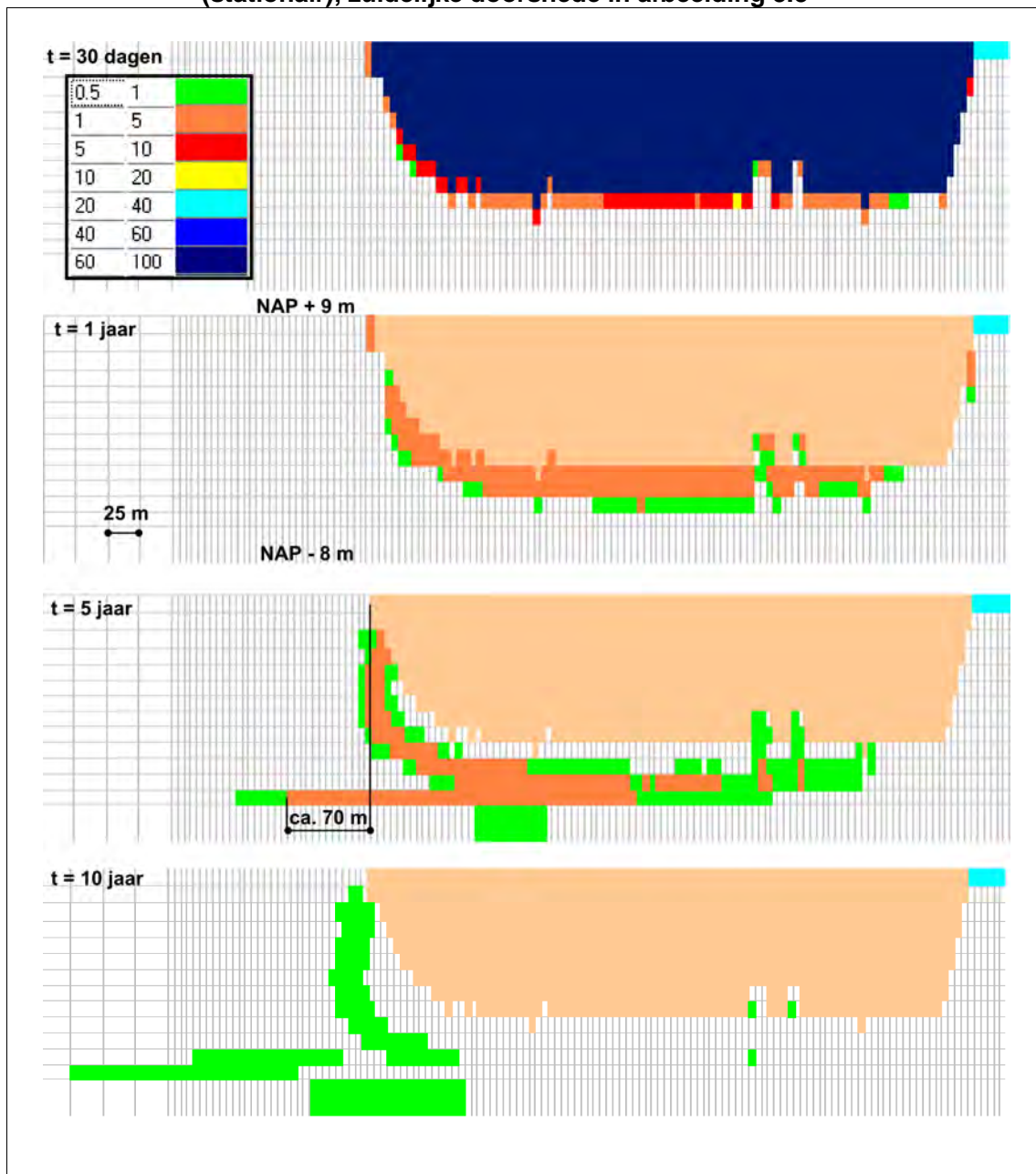
<sup>1</sup> Op basis van ervaring is ingeschat is dat een extreem laagwater zoals in 2003 (in peil en duur) circa eens per 10 jaar voorkomt, zie ook Afbeelding 2.7.

- de infiltratie is verondersteld gedurende 30 dagen, in een stationaire situatie. Deze tijdsperiode van 30 dagen wordt representatief beoordeeld omdat de infiltratie wordt overschat door het stationaire karakter van het model;
- het transport in het watervoerende pakket zal worden onderschat omdat het regionale verhang tijdens laagwater situaties lager is dan tijdens gemiddelde of hoogwatersituaties;
- de resultaten worden gepresenteerd voor de zuidelijkste doorsnede in afbeelding 3.3. Deze doorsnede wordt representatief geacht, omdat hier de dikte van de vulling plaatselijk minimaal of afwezig is, waardoor hier de maximale infiltratie optreedt.

De resultaten zijn voor verschillende tijdstappen in afbeelding 4.2 weergegeven. Hieruit blijkt dat een sterke verdunning optreedt:

- na vijf jaar wordt een concentratie van 1 berekend op circa 70 m afstand. Door de onderschatting van de stromingssnelheid zal de werkelijke verspreiding maximaal een factor 2 verder liggen, dus circa 140 m in 5 jaar;
- een concentratie van meer dan 1 (verdunning 100) is na 10 jaar nergens berekend;
- de huidige grondwatergebruikers worden hierdoor niet negatief beïnvloedt.

**Afbeelding 4.2. Berekende verdunning in de tijd na infiltratie gedurende 30 dagen (stationair), zuidelijke doorsnede in afbeelding 3.3**



#### 4.3.3. Conclusie

De beantwoording van de toetsvragen is hiermee als volgt:

- is de doorstroming van de vulling verwaarloosbaar door de (combinatie van) lage doorlatendheid en/of verwaarloosbaar potentiaalverschil?
  - ja, er treedt minime stroming op vanuit de toekomstige plas door de diepste delen naar het watervoerend pakket. Dit is berekend voor een extreem laagwater situatie, wanneer maximale infiltratie wordt verwacht. De basisberekening is met relatief doorlatend materiaal uitgevoerd ( $k=0,1$  m/d), een vermindering van de doorlatendheid met een factor 10 leidt niet tot vermindering van de infiltratie omdat op de diepste plekken geen verondieping plaatsvindt;

- naast bovenstaande analyse van stroming vanuit het oppervlaktewater door de vulling naar het watervoerende pakket is ook de doorstroming vanuit het watervoerende pakket beoordeeld. Deze is afwezig omdat de doorlatendheid van de verondiepte plas vele malen kleiner is dan de doorlatendheid van het watervoerende pakket;
- blijft het potentieel beïnvloed grondwater nabij de bron?
  - ja, door de regionale grondwaterstroming wordt het beïnvloede grondwater meegevoerd. Echter, de verdunning is zodanig dat na 10 jaar de verdunning meer dan 100 is. Daarbij is de stromingssnelheid onderschat, waardoor de verdunning ook is onderschat. Retardatie is niet meegenomen, de verdunning neemt verder toe als retardatie optreedt.

Omdat het antwoord op beide vragen positief is, kan deze locatie als geschikt worden beoordeeld.



## 5. CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN

### 5.1. Doel onderzoek

Beoordelingsniveau 3 schrijft voor dat de geohydroloog gebruik kan maken van een eenvoudig model (dat aan basisvoorwaarden voldoet) om aan te tonen dat aan één van de basiscriteria wordt voldaan. Deze basiscriteria kunnen worden samengevat tot:

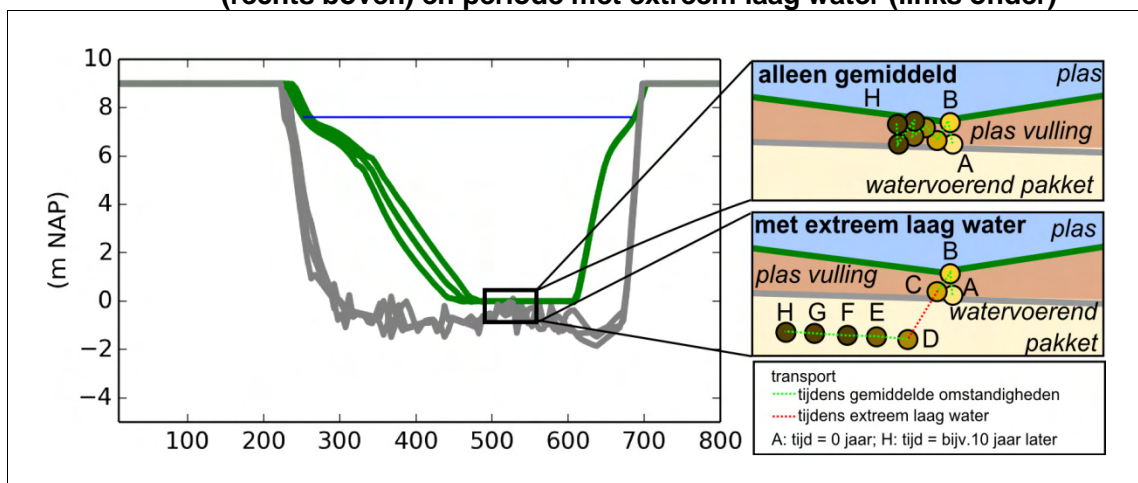
- de doorstroming van de vulling is verwaarloosbaar door de (combinatie van) lage doorlatendheid en/of verwaarloosbaar potentiaalverschil;
- het potentieel beïnvloed grondwater blijft nabij de bron (vulling).

Wanneer aan één van bovenstaande criteria wordt voldaan, dan is de locatie als geschikt aan te wijzen.

### 5.2. Conclusie

Afbeelding 5.1 geeft een principe doorsnede weer van de verplaatsing van verontreiniging in de plus vulling. Significante infiltratie wordt alleen verwacht tijdens extreem laag water, bijvoorbeeld zoals in 2003 heeft opgetreden.

**Afbeelding 5.1. Principe doorsnede verplaatsing onder gemiddelde omstandigheden (rechts boven) en periode met extreem laag water (links onder)**



Het effect van de verondieping is beschouwd bij toepassing van een mix van grond en baggerspecie. De grond en baggerspecie die wordt toegepast is een slecht doorlatend materiaal dat een kleinere doorlaatbaarheid heeft dan het materiaal in het 1<sup>e</sup> watervoerend pakket. De doorlatendheid is afgeschat op basis van literatuur, omdat nog geen specifieke gegevens bekend zijn over het toe te passen materiaal. Gekozen is voor een doorlatendheid van 0,1 m/d. Deltares (2011) omschrijft dit als fijn zand in fijn slib (>30 %). De doorlatendheid van het in de toekomst toegepaste materiaal moet aantoonbaar kleiner of gelijk zijn aan gebruikte doorlatendheid in dit rapport.

De beantwoording van de toetsvragen is hiermee als volgt:

- is de doorstroming van de vulling verwaarloosbaar door de (combinatie van) lage doorlatendheid en/of verwaarloosbaar potentiaalverschil?
  - ja, er treedt minime stroming op vanuit de toekomstige plas door de diepste delen naar het watervoerend pakket tijdens een extreem laagwater situatie. Tijdens een

- gemiddelde situatie neemt de stroming verder af en zal naar kwel omslaan tijdens hoogwater;
- de basisberekening is met relatief doorlatend materiaal uitgevoerd ( $k=0,1$  m/d), een vermindering van de doorlatendheid met een factor 10 leidt niet tot vermindering van de infiltratie omdat op de diepste plekken geen verondieping plaatsvindt;
  - naast bovenstaande analyse van stroming vanuit het oppervlaktewater door de vul-ling naar het watervoerende pakket is ook de doorstroming vanuit het watervoeren-de pakket beoordeeld. Deze is afwezig omdat de doorlatendheid van de verondieep-te plas vele malen kleiner is dan de doorlatendheid van het watervoerende pakket;
  - blijft het potentieel beïnvloed grondwater nabij de bron?
    - ja, door de regionale grondwaterstroming wordt het beïnvloede grondwater meege-voerd. Echter, de verdunning is zodanig dat na 10 jaar de verdunning meer dan 100 is. Daarbij is de stromingssnelheid onderschat, waardoor de verdunning ook is on-derschat. Retardatie is niet meegenomen, de verdunning neemt verder toe als re-tardatie optreedt. De huidige grondwatergebruikers worden niet negatief beïnvloedt.

Omdat het antwoord op beide vragen positief is, kan deze locatie als geschikt worden beoordeeld.

### 5.3. Aanbevelingen

Het effect op de omgeving kan verder worden verminderd door in het diepste deel van de plas ook een verticale weerstand aan te brengen. Daarbij moet wel rekening worden ge-houden met de gewenste maximale diepte van de plas voor de waterkwaliteit. Wanneer de maximale diepte in het gedrang komt, kan extra worden ontgraven waarna verondiept kan worden met slecht doorlatend materiaal.

## 6. REFERENTIES

- Deltares, 2011, Handreiking geohydrologische beoordeling bij herinrichting van diepe plassen, kenmerk 1203224-000-BGS-0006, d.d. 9 maart 2011.
- Gemeente Oosterhout, 2013, tekening 'Toekomstige situatie inrichtingsplan', archiefnummer 11.0506, d.d. 15 april 2013.
- Land, 2011, Verkennend waterbodemonderzoek Eisenhowerplas te Elst, Ingenieursbureau Land met kenmerk R01-76242.21, d.d. 6 december 2011.
- Siegers, 2011, peiling 9 mei 2011, projectnummer 11 002 02.
- Tauw, 2011a, Inrichtingsplan Eisenhowerplas, Tauw B.V. met projectnummer 4694488, d.d. 30 maart 2011.
- Tauw, 2011b, nieuwsbericht Bodemsanering Luxan Elst: langst lopende Tauw-project afgesloten, geraadpleegd via <http://www.tauw.nl/nieuws/artikel/bodemsanering-luxan-elst-langst-lopende-tauw-project-afgesloten/> op d.d. 28 maart 2011.
- Waterschap Rivierenland, 2013, brief 'Grondwaterkwaliteitsaspecten Nota Bodembeheer Eisenhowerplas te Elst'd.d. 9 december 2013, kenmerk 201321409;
- Witteveen+Bos, 2013, notitie 'Geohydrologische beoordeling aanvulling Eisenhowerplas'.



## **BIJLAGE I GRONDWATERMODEL**



## I.1. Inleiding

Deze bijlage beschrijft de opzet van het grondwatermodel.

## I.2. Eisen grondwatermodel

Tabel I.1 bevat de eisen uit de Handreiking (Deltares 2011) en de toepassing in dit project.

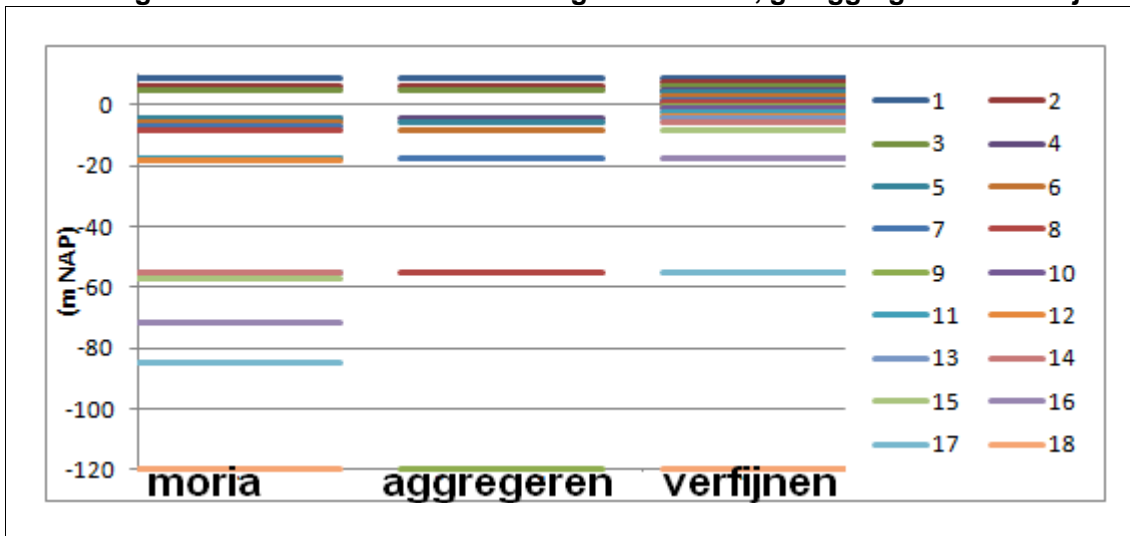
**Tabel I.1. Eisen Handreiking en toepassing**

eis uit Handreiking	toepassing in dit project
Celhoogte < put diepte / 10	De diepste modellagen uit het MORIA model (< NAP - 60 m) zijn op enkele punten samengevoegd, wanneer de verticale weerstand tussen 2 lagen afwezig was. Dit is weergegeven in de eerste 2 kolommen van Afbeelding I.1. Vervolgens zijn op het niveau van de plas nieuwe modellagen toegevoegd. De dikte van deze lagen is veelal 1,1 m, dit komt overeen met de eis uit de Handreiking (diepste punt put NAP - 2 m, maaiveld NAP + 9 m. De maximale diepte is dus 11 m. Rekenkundig is de celhoogte dus kleiner dan 1,1 m). De bovenste 3 verfijnde modellagen hebben een dikte van 1,25 omdat de eerste modellaag een dikte had van 2,5 m (bij verfijning ontstaan dan 2 lagen van 1,25 m), de oorspronkelijke derde modellaag had een dikte van 1,25 m. Deze dikte is 0,15 m groter dan eis uit handreiking. Hiermee is toch gerekend, omdat anders de schematisatie van het MORIA model geheel moet worden gewijzigd. Ingeschat is dat de daardoor optredende effecten en inspanning groter zijn dan de effecten van de beperkt grotere dikte van modellagen.
Bodemhelling van nieuwe en oorspronkelijke put inbrengen. Liggende bodemlaag realistisch en veilig inbrengen. Afdeklaag, vorm en peil eindplas modellen volgens inrichtingsontwerp	Ingevoerd zoals aangegeven in paragraaf 3.2. Daarbij is een horizontale celgrootte van 5x5 m2 toegepast, zodat de helling nauwgezet kan worden geschematiseerd. Dit is schematisch in afbeelding i.2 weergegeven.
Baseren op bestaand regionaal model, of NHI op 25m als basis	Regionaal grondwatermodel MORIA wordt gebruikt als basis zoals besproken met waterschap Rivierenland (2013). Celgrootte van de MORIA uitvoer is 25x25 m <sup>2</sup> .
Modelgrenzen: maximaal 5 km stroomafwaarts van put, of hydrologische grens <sup>1</sup> maximaal 1 km stroomopwaarts van put, of hydrologische grens <sup>3</sup>	Alle modelgrenzen gekozen op basis van systeemanalyse, zie afbeelding i.3. Noord bij Rijn en zuid bij Waal (hydrologische grenzen). Oost en west grens zijn op een zodanige afstand gekozen zodat vanaf de plas ongeveer gelijk is aan de noord en zuid grens. Zo ontstaat een modelgebied dat logische afmetingen heeft.
Modelbasis: geohydrologische basis als ondieper dan 3 x put diepte, anders: 1e kleilaag dieper dan 3 x put diepte	De geohydrologische basis ligt dieper dan 3x put diepte, dus modelbasis gelijk aan de geohydrologische basis.
Toevoegen: lokale oppervlaktewaterstelsels, onttrekkingen	Invoer van MORIA model is voldoende nauwkeurig.
Toevoegen: lokale laagindeling op basis van DINO en put informatie	Invoer van MORIA model is voldoende nauwkeurig.
Gevoeligheidsanalyse, vereiste variatie: weerstanden factor 10; doorlaatvermogen factor 2; peilen variëren in zomer en wintertoe-	Is uitgevoerd, paragraaf I.5.

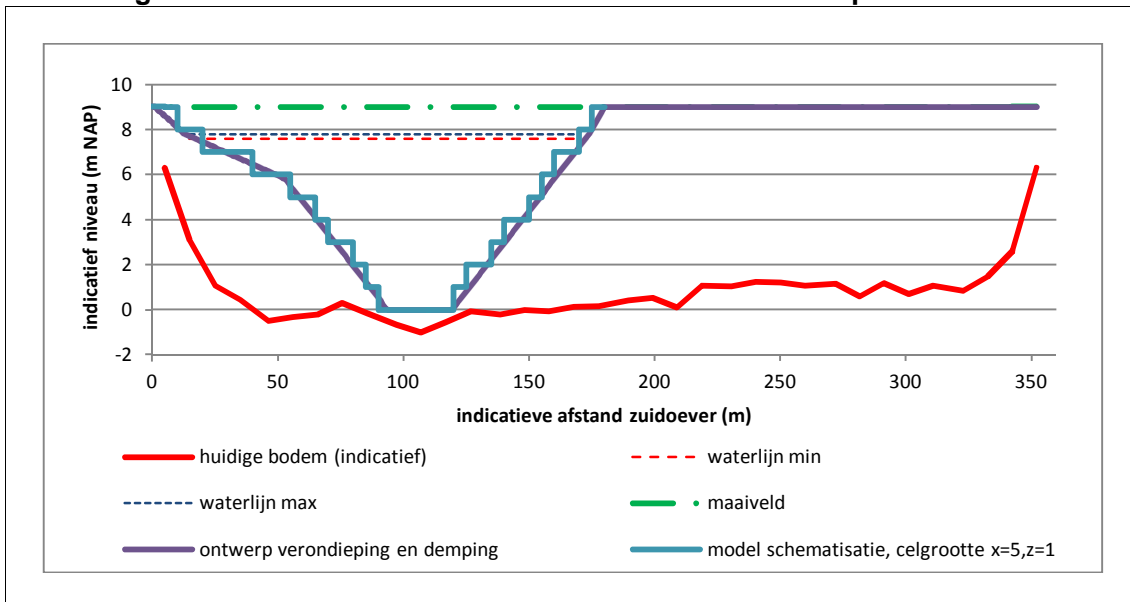
<sup>1</sup> ondoorlatend, groot oppervlakte water, etc.

eis uit Handreiking	toepassing in dit project
stand en niet altijd worden gehandhaafd als aangegeven in het peilbesluit	
De geohydroloog zal een onderbouwing geven van de randvoorwaarden van het model en expliciet daarin over de wijze van opleggen van de regionale kweldruk.	Zie analyse in hoofdstuk 2 en paragraaf 4.2. Uitwerking in paragraaf 1.3.

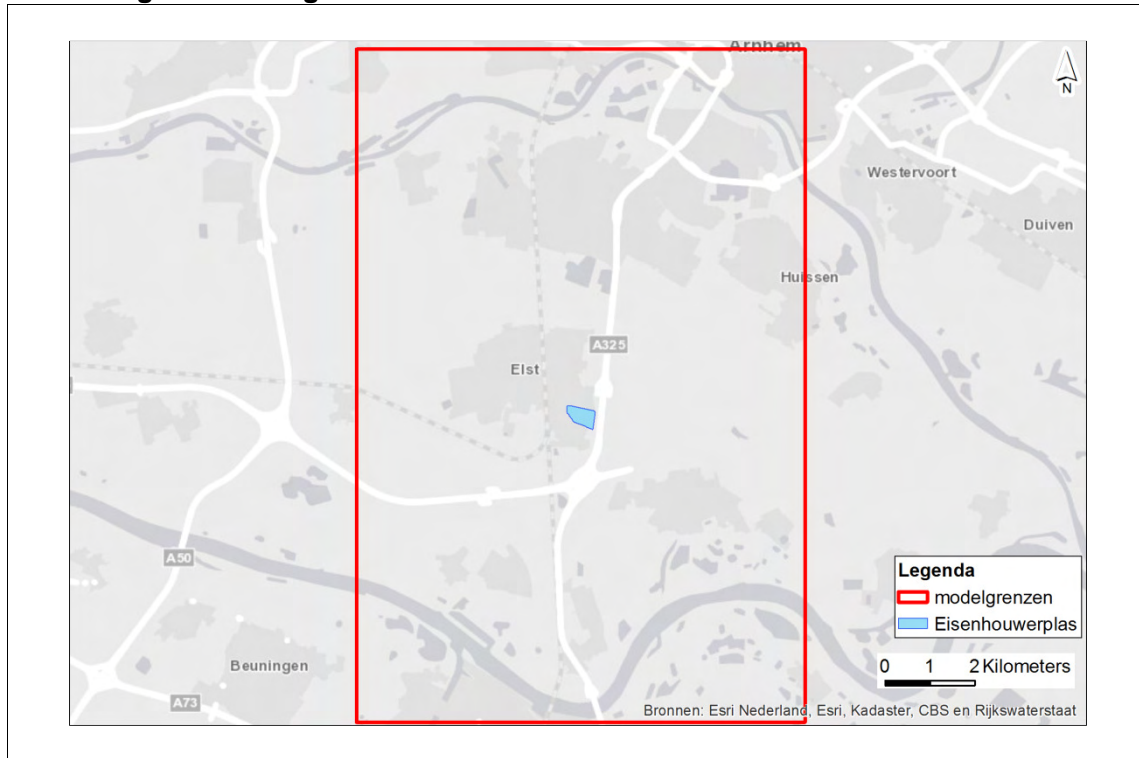
**Afbeelding I.1. Boven- onderkant modellagen in MORIA, ge-aggregeerd en verfijnd**



**Afbeelding I.2. Schematische doorsnede schematisatie ontwerp**



**Afbeelding I.3. Modelgrenzen**



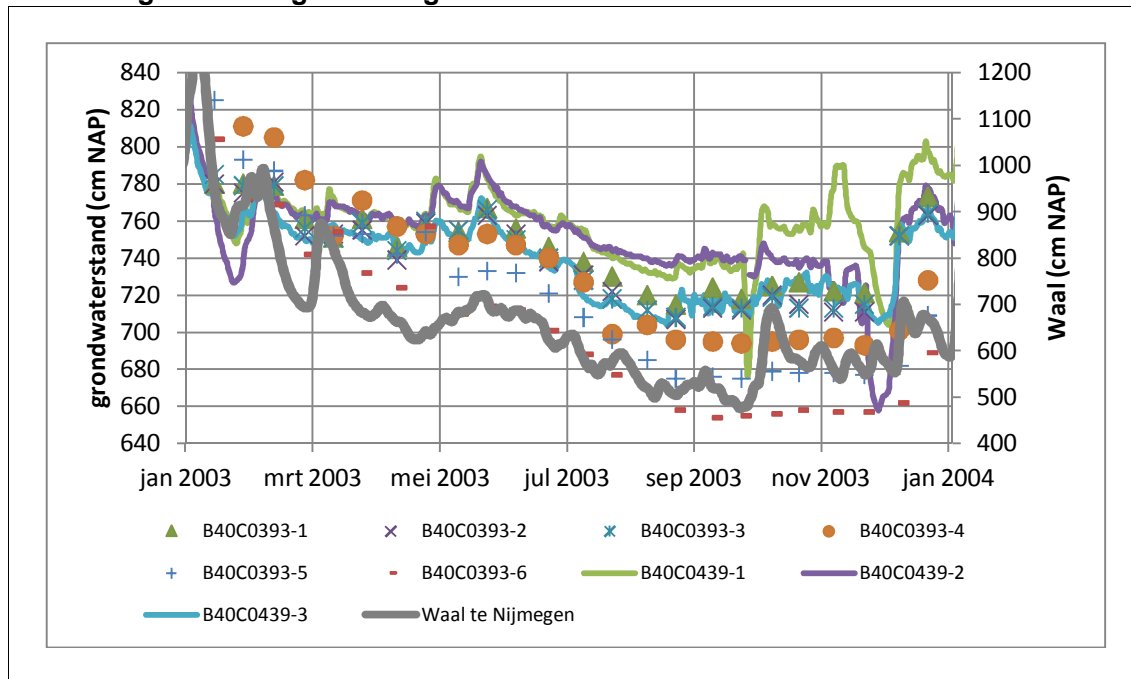
### **I.3. Modelopzet**

Gekozen is voor de opzet van een stationair model voor een extreem droge situatie (laagwater). Een extreem droge situatie heeft zich voor gedaan in 2003. Dit is zichtbaar in afbeelding 2.7, de waarnemingen in 2003 zijn herhaald in afbeelding i.4 .

De bodemopbouw is overgenomen uit het MORIA model. Rondom de plas is het modelgrid verfijnd naar  $5 \times 5 \text{ m}^2$ . De randvoorwaarden uit het MORIA model zijn als volgt ingelezen:

- oppervlaktewatersysteem, grondwaterstand op randen van model en onttrekkingen volgens MORIA model op 1 oktober 2003. Deze datum is gekozen omdat de waargenomen grondwaterstand dan stabiel is';
- grondwateraanvulling is berekend met Metaswap binnen MORIA. De berekeningen met Metaswap zijn per dag weggeschreven. Met een speciaal geprogrammeerd script is vervolgens de gemiddelde grondwateraanvulling over de periode 1 april en 1 oktober berekend. Deze periode is gekozen omdat het model een stationaire situatie beschrijft.

**Afbeelding I.4. Waargenomen grondwaterstand in 2003**



In het model is vervolgens het peil van de Eisenhowerplas aangepast naar NAP + 7,6 m, het minimum peil in de zomer. Vervolgens zijn de berekende grondwaterstanden rondom de plas vergeleken met waarnemingen. Daaruit bleek dat de berekende waarden hoger liggen dan de gemiddelde waarnemingen in 2003. Op basis van geohydrologische analyse zijn vervolgens de oppervlaktewaterpeilen in de Over-Betuwe verlaagd met 0,1 m. Naar verwachting komt deze verlaging overeen met de werkelijke oppervlaktepeilen in het extreem droge jaar 2003 omdat in droge periodes het peil in de watergangen uitzakken doordat wateraanvoer niet altijd mogelijk is. Om deze reden is in de Over-Betuwe geen peilbesluit van toepassing, en worden zogenaamde streefpeilen gehanteerd. Het uitzakken van het peil van de Eisenhowerplas is bevestigd door het waterschap.

Het model wordt geschikt geacht voor het berekenen van de geohydrologische effecten van de beoogde verondieping tijdens extreme droge situaties (laagwater), omdat:

- het model voldoet aan de eisen uit de Handreiking, en
- de berekende grondwaterstand bij Eisenhowerplas ligt rond de waargenomen waarde.

#### **I.4. Stroombaan berekening (droge situatie 2003)**

De stroombanen voor het stationaire basis model (droge situatie 2003) en de gevoeligheidsanalyse zijn als volgt weergegeven:

- de 3 doorsneden liggen op dezelfde locatie als de eerder gepresenteerde doorsneden;
- de doorsneden in deze bijlage representeren ieder een breedte van 40 m. Sommige stroombanen lopen niet alleen oost-west, maar hebben ook een noord of zuidelijke richting. deze lopen dan soms uit de doorsnede. Daarom zijn ook bovenaanzichten toegevoegd;
- de kleur van de stroombaan geeft de reistijd weer: blauw is 0 jaar, rood is 10 jaar, bij 10 jaar stationaire stroming volgens de randvoorwaarden van de droge situatie in 2003;
- op iedere doorsnede starten de stroombanen in de onderzijde van de plasmvulling (conform Handreiking). Het aantal stroombanen is willekeurig gekozen. De basis is dat een

goed beeld van de stroming wordt verkregen, zonder dat alle stroombanen elkaar overlappen;

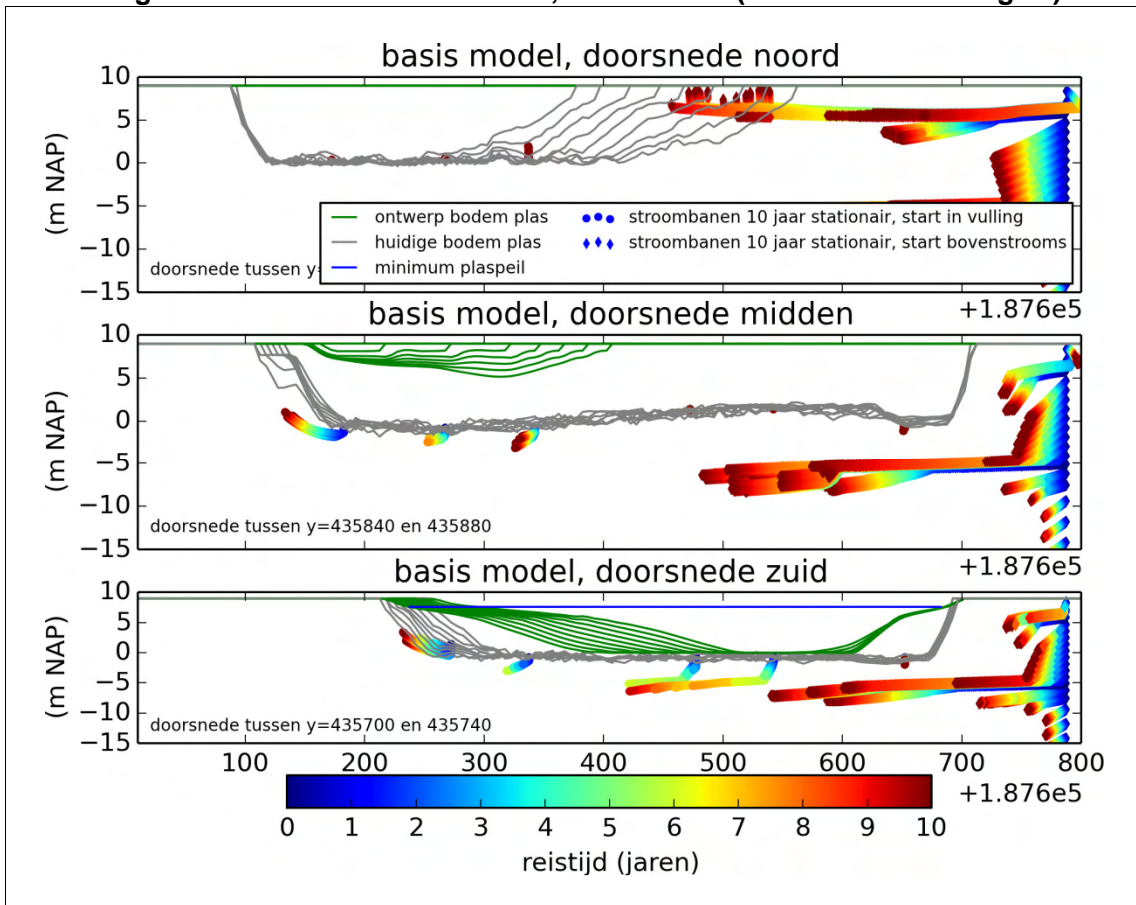
- bovenstrooms van de plas starten ook stroombanen, deze geven inzicht in de regionale grondwaterstroming.

Op basis van de berekening wordt geconcludeerd dat tijdens een droge situatie het volgende optreedt:

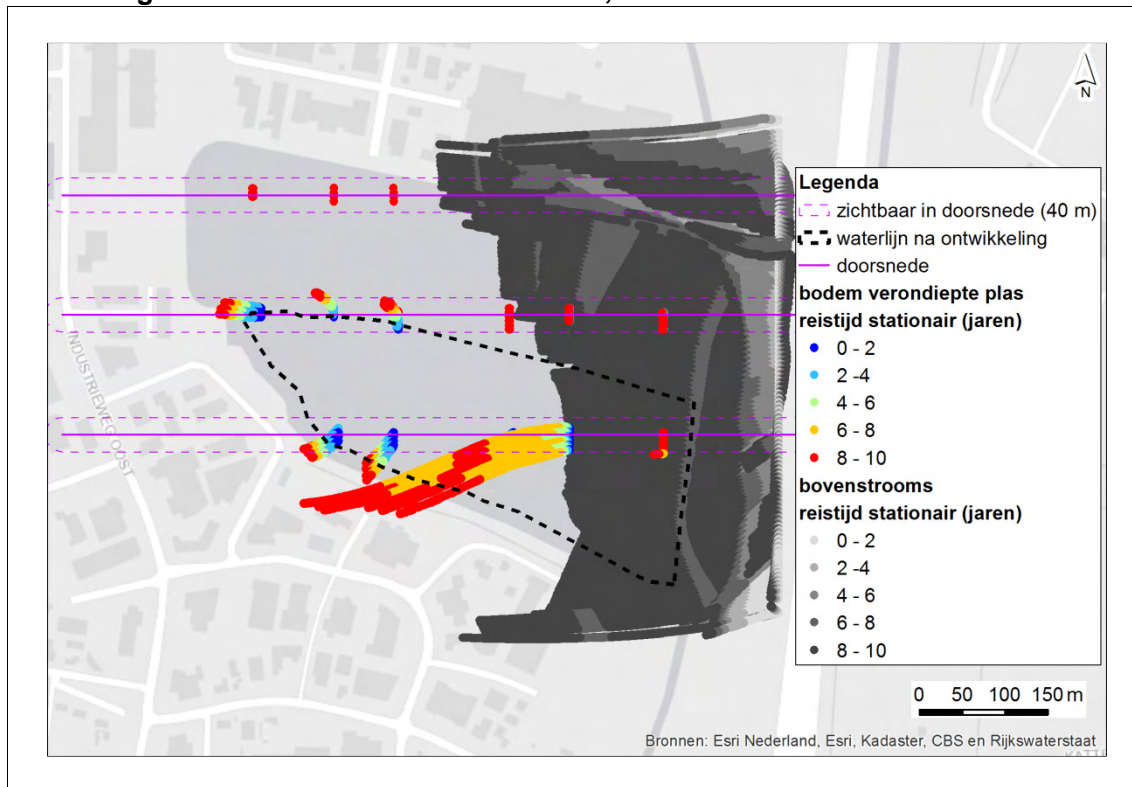
- de regionale grondwaterstroming loopt rondom de plas. In de noordelijke doorsnede lijkt kwel naar de plas op te treden, dat is echter een vertekening omdat de opvulling een verloop kent binnen de bandbreedte van de doorsnede;
- infiltratie vanuit de plas treedt op als de plasvulling dun of afwezig is, namelijk in het midden van de zuidelijke doorsnede. Hier is de minste weerstand aanwezig tussen de plas en het watervoerende pakket. De berekende infiltratie is  $37 \text{ m}^3/\text{dag}$ .

De optredende effecten tijdens gemiddelde en hoogwatersituatie zijn in paragraaf I.6 beschouwd.

**Afbeelding I.5. Stroombanen doorsnede, basis model (locatie in afbeelding i.6)**



**Afbeelding I.6. Stroombanen bovenaanzicht, basis model**



## I.5. Gevoeligheidsanalyse

Volgens de eisen uit de Handreiking (Deltares 2011) is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd voor de modelparameters. De factor voor variatie van de weerstand en kD is in de Handreiking beschreven. De variatie van het oppervlaktewaterpeil is niet specifiek beschreven. Op basis van ervaring is hier een stijging/daling van 0,2 m gekozen, zodat de effecten goed zichtbaar zijn. De verandering is alleen in de plas opgelegd. Hierdoor ontstaat een fictieve situatie, omdat in werkelijkheid een verhoging of verlaging regionaal zal optreden (wateroverschot in winter, of watertekort in zomer). De effecten op de plas zullen dan kleiner zijn.

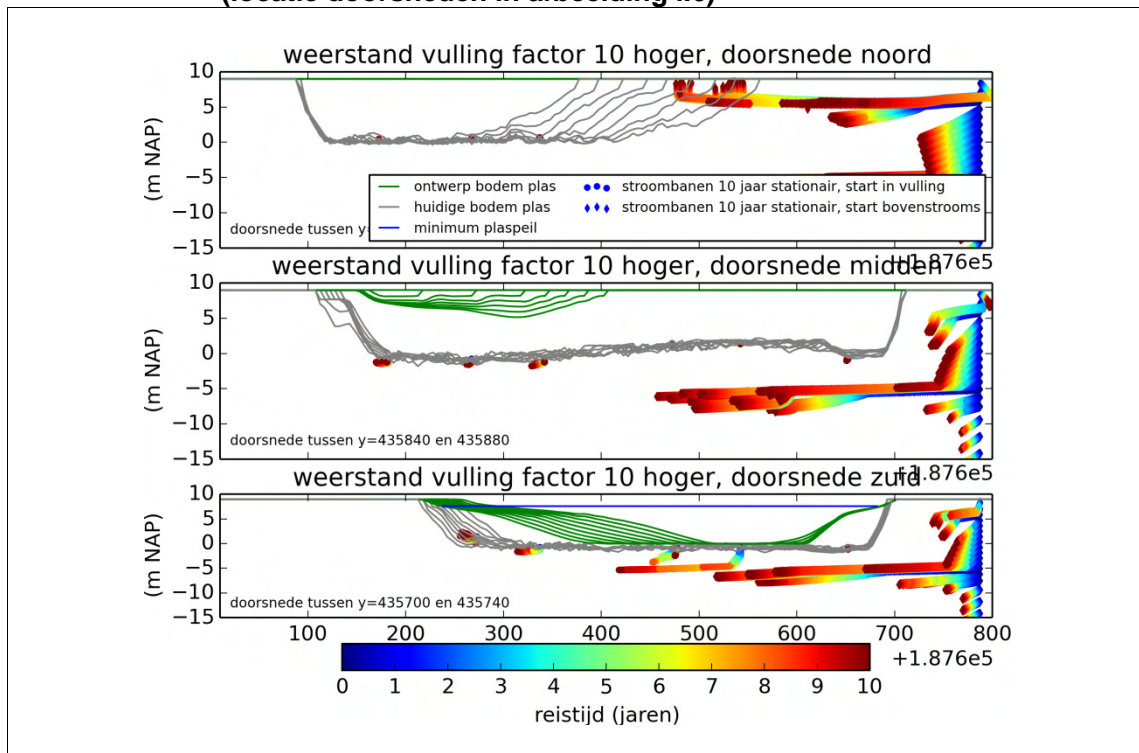
De resultaten van de gevoeligheidsanalyse zijn in tabel i.2 opgenomen, en kunnen als volgt worden samengevat:

- de infiltratie en verspreiding van de verontreiniging is niet gevoelig voor:
  - een verhoging van de weerstand van de vulling omdat op de diepste delen weerstand afwezig blijft (dikte vulling is minimaal of afwezig);
  - een verhoging of verlaging van de horizontale doorlatendheid, er vindt geen doorstroming plaats bij een verlaging, ook wijzigen de stroombanen niet merkbaar bij een verhoging;
- de infiltratie en verspreiding van de verontreiniging is wel gevoelig voor:
  - een verlaging van de weerstand van de vulling omdat dan de infiltratie in de delen met een dikkere vulling toeneemt;
  - een verhoging of verlaging van het plaspeil, omdat hier mee de interactie met de omgeving wijzigt, het effect is groot omdat op de diepste delen weerstand afwezig (of minimaal) is.

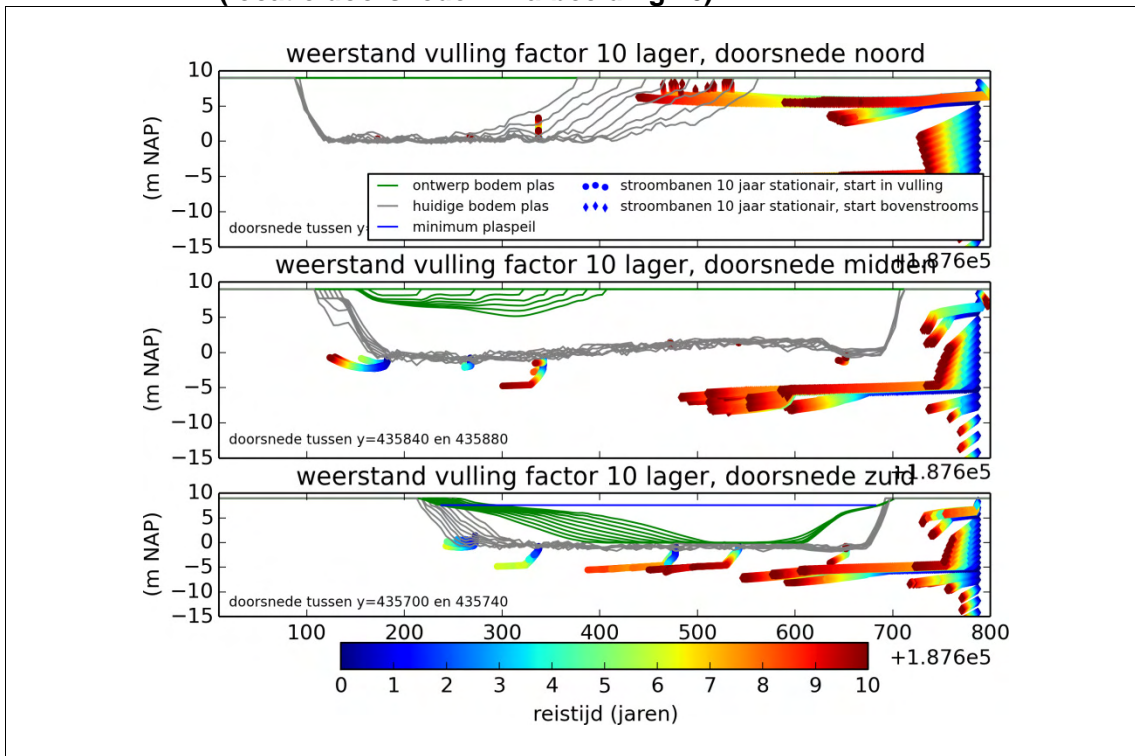
**Tabel I.2. Resultaten gevoeligheidsanalyse**

scenario	berekende waterbalans van plas (m <sup>3</sup> /dag)	stroombanen	conclusie
basis model	- 37 (infiltratie)	Afbeelding I.5, zie vorige paragraaf	Zie vorige paragraaf.
weerstand vulling factor 10 groter	- 18 (infiltratie)	Afbeelding I.7, verschil met basis model: afgelegde afstand veel kleiner daar waar veel vulling aanwezig. Op diepste deel in zuidelijke doorsnede is afgelegde afstand vergelijkbaar.	Geen gevoelige parameter voor eindresultaat. Berekende infiltratie neemt af daar waar vulling aanwezig is. In diepste deel is effect niet waarneembaar.
weerstand vulling factor 10 lager	- 48 (infiltratie)	Afbeelding I.8, verschil met basis model: afgelegde afstand in midden en zuidelijke doorsnede is groter dan in basis model.	Gevoelige parameter. Berekende infiltratie en verspreiding neemt toe.
kD vulling factor 2 groter	- 39 (infiltratie)	Afbeelding I.9, geen significant verschil t.o.v. basis model	Geen gevoelige parameter, geen significant effect.
kD vulling factor 2 lager	- 37 (infiltratie)	Afbeelding I.10, geen significant verschil t.o.v. basis model	Geen gevoelige parameter, geen significant effect.
peil plas 0,2 m hoger	- 165 (infiltratie)	Afbeelding I.11, grootte van invloedsgebied neemt toe door toename infiltratie	Gevoelige parameter, infiltratie en invloedsgebied neemt significant toe.
peil plas 0,2 m lager	+ 89 (kwel)	Afbeelding I.13, stroombanen lopen in richting van de plas	Gevoelige parameter, infiltratie wordt kwel.

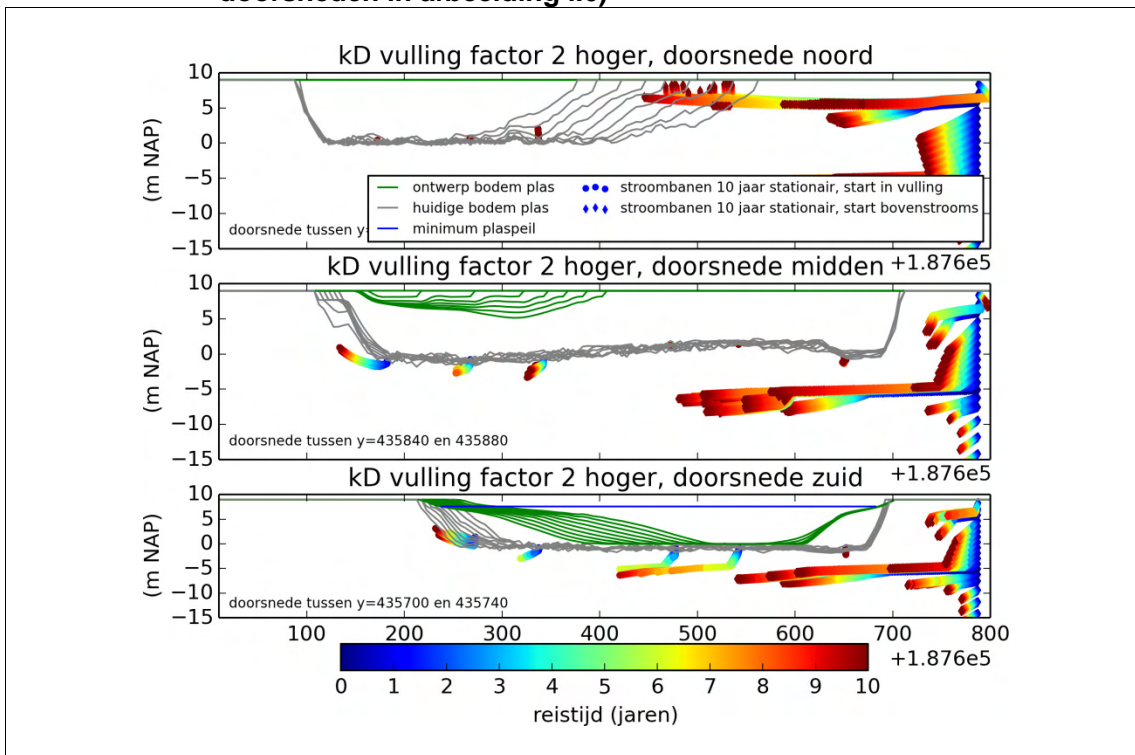
**Afbeelding I.7. Stroombanen, weerstand vulling factor 10 groter t.o.v. basis model (locatie doorsneden in afbeelding i.6)**



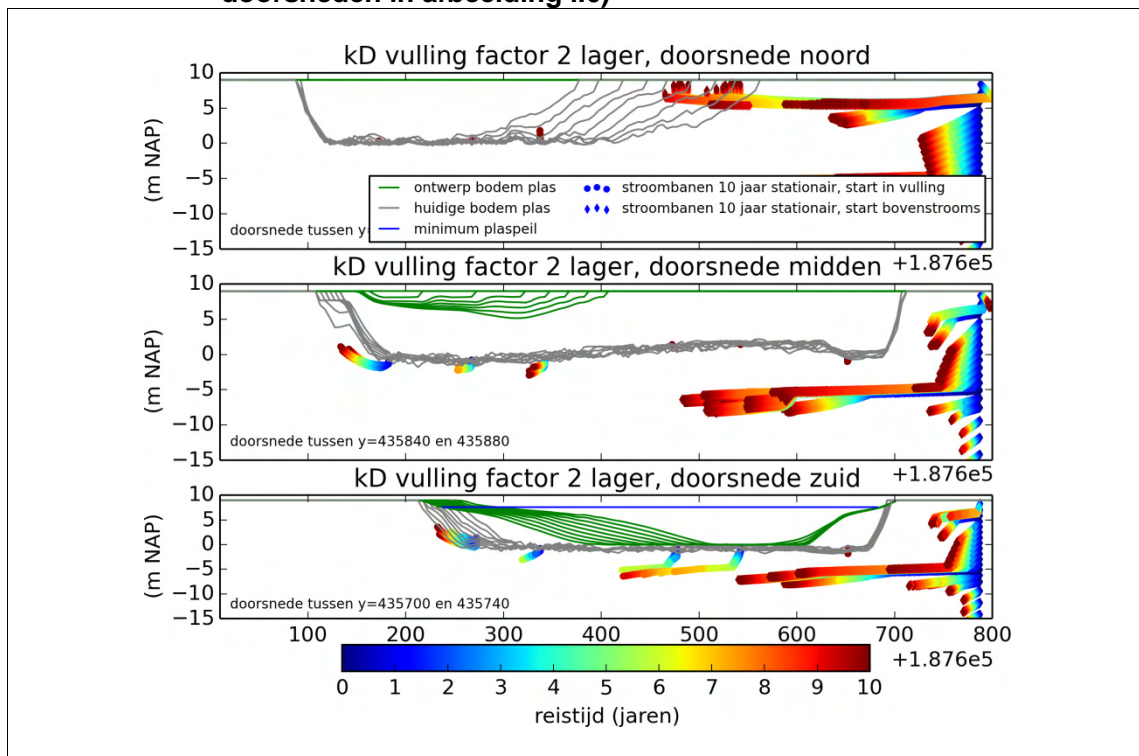
**Afbeelding I.8. Stroombanen, weerstand vulling factor 10 lager t.o.v. basis model (locatie doorsneden in afbeelding i.6)**



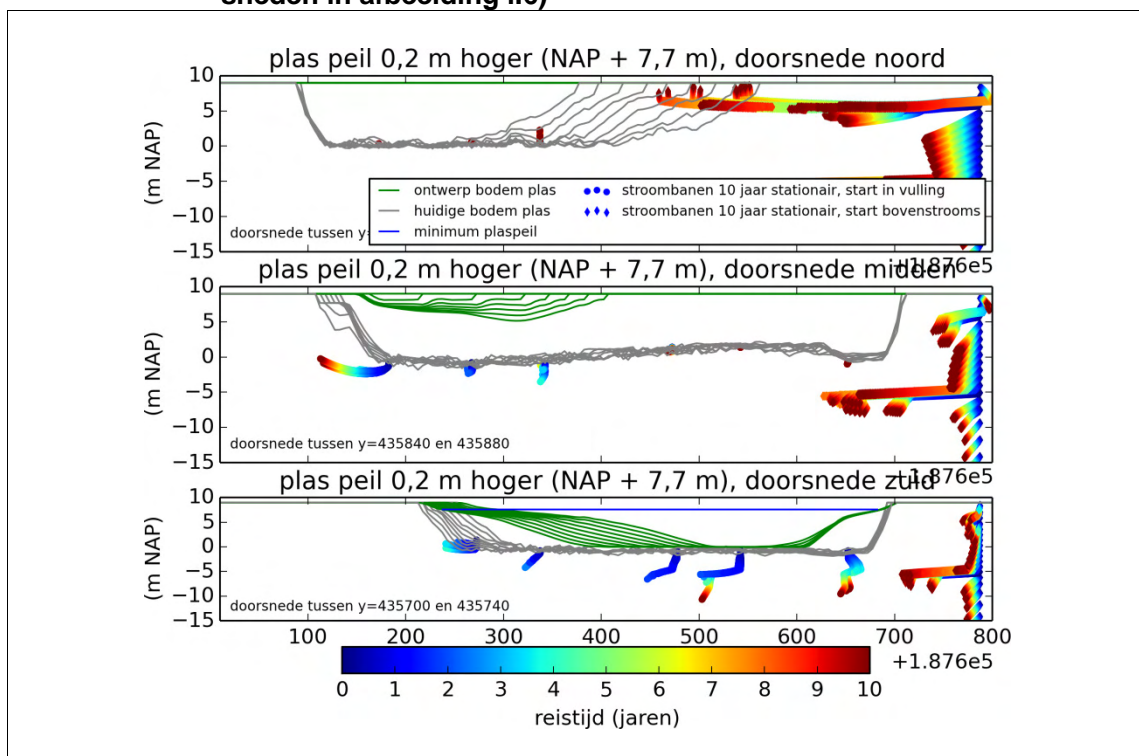
**Afbeelding I.9. Stroombanen, kD vulling factor 2 hoger t.o.v. basis model (locatie doorsneden in afbeelding i.6)**



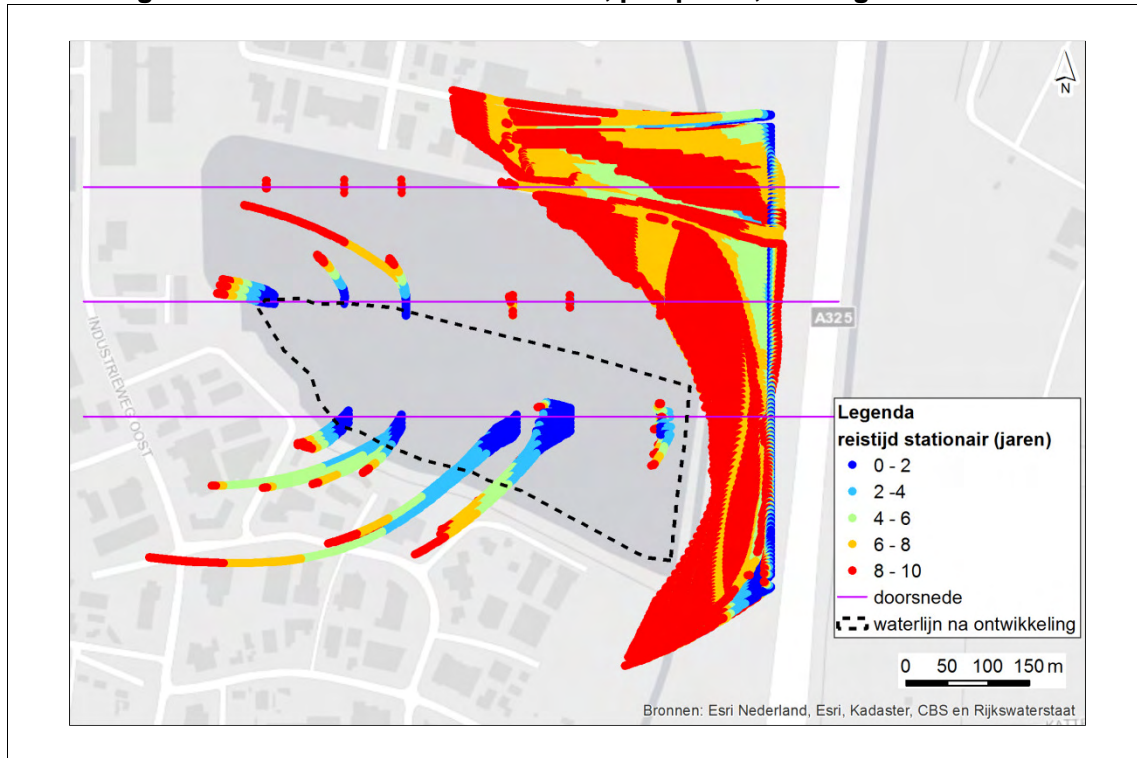
**Afbeelding I.10. Stroombanen, kD vulling factor 2 lager t.o.v. basis model (locatie doorsneden in afbeelding i.6)**



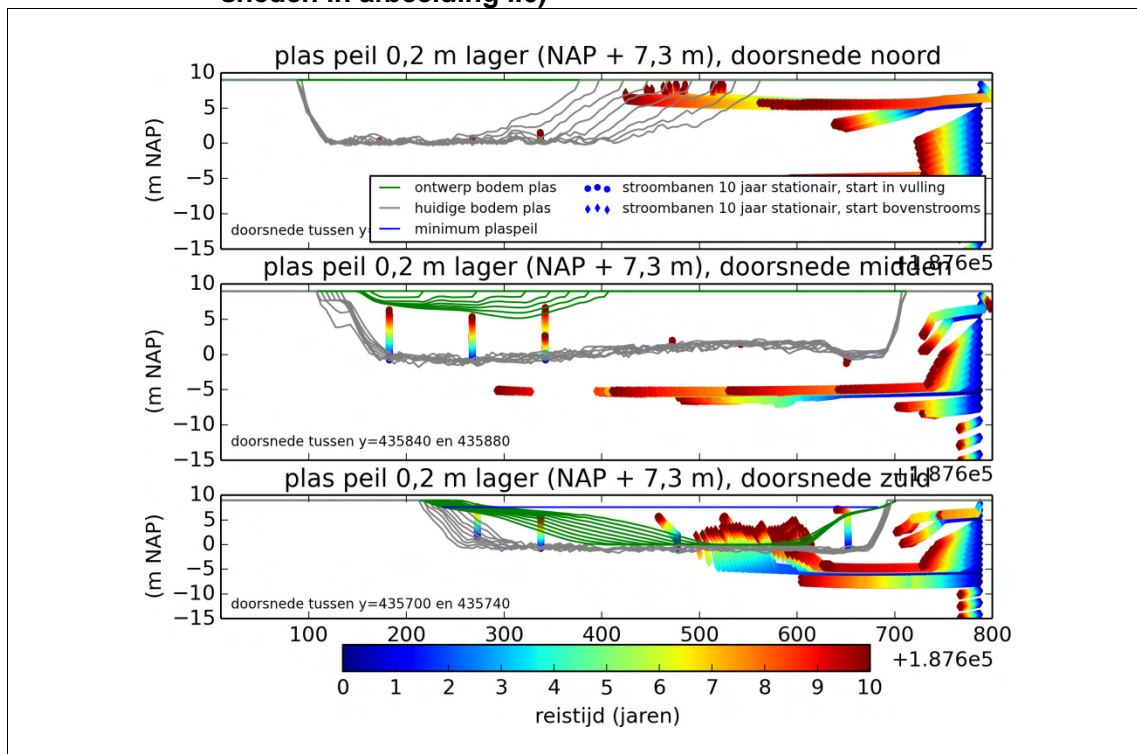
**Afbeelding I.11. Stroombanen, peil plas 0,2 m hoger t.o.v. basis model (locatie doorsneden in afbeelding i.6)**



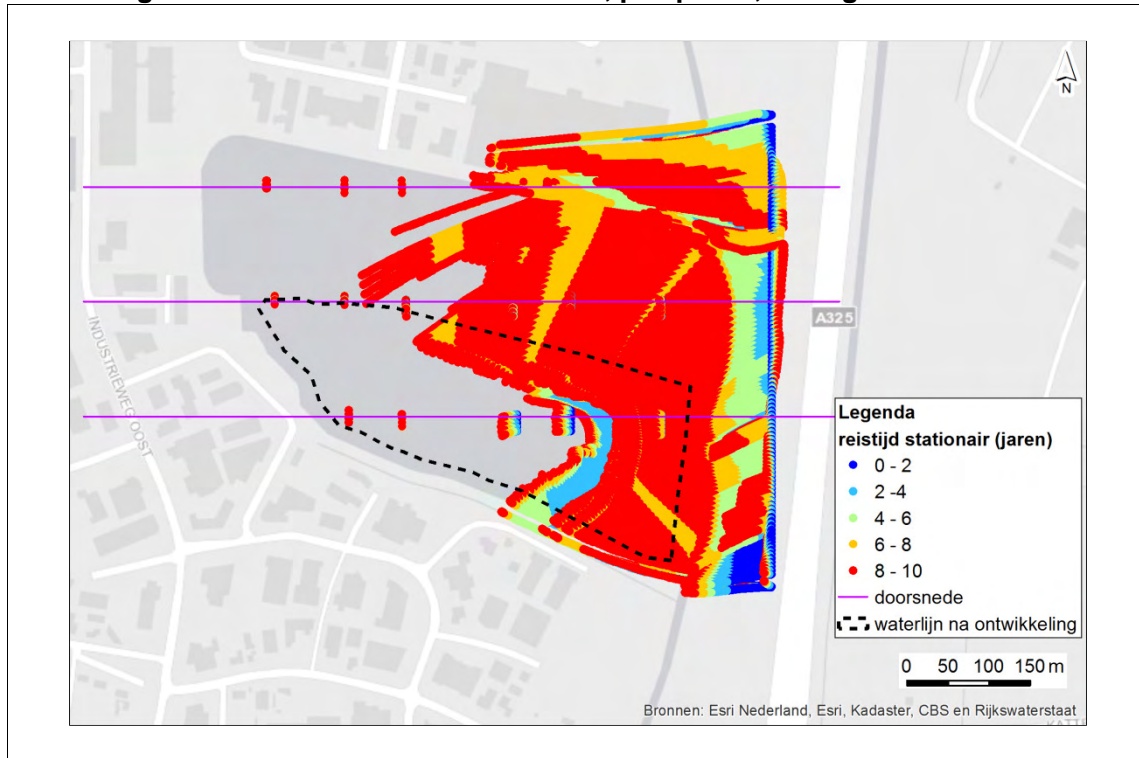
**Afbeelding I.12. Stroombanen bovenaanzicht, peil plas 0,2 m hoger t.o.v. basis model**



**Afbeelding I.13. Stroombanen, peil plas 0,2 m lager t.o.v. basis model (locatie doorsneden in afbeelding i.6)**



**Afbeelding I.14. Stroombanen bovenaanzicht, peil plas 0,2 m lager t.o.v. basis model**



## I.6. Gemiddelde situatie en hoogwater

De gemiddelde en hoogwater situatie is afgeleid van de resultaten van de stationaire modelberekening voor een extreme laagwater situatie en de systeemanalyse. Afgeleid is dat:

- in de praktijk minder infiltratie zal optreden dan is berekend, omdat tijdens gemiddelde omstandigheden de infiltratie zal afnemen en omslaan in kwel tijdens hoogwater. De gevoeligheidsanalyse (peil plas 0,2 m lager) laat zien dat kwel naar de plas kan optreden;
  - de westelijke stroming het hele jaar aanwezig is, de snelheid neemt toe tijdens gemiddelde en hoogwater situaties. Dit is beoordeeld aan de hand van de resultaten van het regionale model (MORIA, maanden).
- afbeelding i.15:
  - de oost-west gerichte stroming is altijd aanwezig;
  - het stijghoogte verschil over het gehele grondwatermodel is in 2003 het kleinst. Het stijghoogteverschil neemt met een factor 2 toe tijdens natte wintermaanden.

**Afbeelding I.15. Verschil in stijghoogte watervoerend pakket tussen oostelijke en westelijke modelrand ter hoogte van Eisenhowerplas**

