

# Verkennd onderzoek Water

**Vergraven Capelsche Uiterwaard [GTM\_234\_L]  
KRW-ZN DP-3 Wp-5.1.2  
Rijkswaterstaat**

7 februari 2024 - Public

## Contactpersoon

**ARCADIS**

Arcadis Nederland B.V.  
Postbus 56825  
1040 AV Amsterdam  
Nederland

---

# Inhoudsopgave

<b>Samenvatting</b>	<b>5</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>6</b>
1.1 Achtergrond	6
1.2 Doel	6
1.3 Leeswijzer	6
<b>2 Beoordelingskader en uitgangspunten</b>	<b>7</b>
2.1 Rivierkundig beoordelingskader	7
2.2 Beoordelingskader Water	7
2.3 Toetsingskader Water	9
<b>3 Huidige situatie</b>	<b>11</b>
3.1 Locatie	11
3.2 Bodemopbouw	13
3.3 Oppervlaktewater	20
3.4 Grondwater	23
<b>4 Toekomstige situatie</b>	<b>27</b>
4.1 Ontwerp	27
4.2 Oppervlaktewater	28
4.2.1 Ontwerp van de afwatering	29
4.2.2 Variant 2: Afwatering op nieuw gemaal	31
4.3 Grondwater	32
4.4 Effecten op de omgeving	34
4.4.1 Effect op oppervlaktewater	35
4.4.2 Effect op grondwater	35
4.5 Nader onderzoek en mitigatie	36
<b>5 Conclusie &amp; advies</b>	<b>37</b>

5.1	Conclusie	37
5.2	Advies	37
<b>6</b>	<b>Verwijzingen</b>	<b>38</b>
<b>Bijlagen</b>		
	<b>Bijlage A – Schetsontwerp</b>	<b>39</b>
	<b>Bijlage B – Effectberekening</b>	<b>40</b>
	<b>Bijlage C Bijlage C Reactienota aanvullende vragen</b>	<b>53</b>
	<b>Colofon</b>	<b>56</b>

## Samenvatting

Arcadis Nederland B.V. heeft voor Rijkswaterstaat een verkennend onderzoek Water uitgevoerd voor de maatregel Vergraven Capelsche Uiterwaard (hierna Capelsche Uiterwaard). Dit gebied ligt ten noorden van Waalwijk en valt onder Waterschap Brabantse Delta. Het onderzoek valt binnen het project Kaderrichtlijn Water Maas Zuid-Nederland (KRW-ZN). In het maatregelgebied Capelsche Uiterwaard worden drie type ingrepen voorbereid: aanleg van een getijdengeul, aanleg van twee moeraszones en het lokaal dempen van watergangen om een laag dynamische moeraszone rondom de getijdengeul te realiseren.

Het maatregelgebied ligt tussen de rivierkilometers 238.1 en 241.3 aan de zuidoever van de Maas. Het maaiveld van het gebied ligt tussen de NAP +0,4 m en NAP +1,2 m; met een zomerkade die één meter hoger ligt op NAP +2,3 m. Door het gebied heen liggen verschillen slootjes parallel aan elkaar (vast peil van NAP -0,24 m). Deze worden gebruikt om het gebied via een bodemval naar een waterpeil van NAP -0,50 m te ontwateren met het gemaal dat aan de westzijde van het maatregelgebied ligt. Direct ten zuiden van de Zomerdijk ligt het Zuiderkanaal, met een geschatte bodemhoogte van NAP -2,0 m. Het Zuiderkanaal heeft twee waterpeilen. Ten westen van de bebouwing van Waalwijk staat het kanaal in verbinding met de Maas (gemiddeld NAP +0,58 m). Bij hoogwater op de Maas sluit de kering als het waterpeil stijgt tot NAP +1,5 m. Het oostelijke deel van het Zuiderkanaal is afgesloten door de dam van het nieuwe gemaal de Slagen. In het oostelijk deel wordt sinds 2021 een peilregime aangehouden van NAP -0,2 / NAP -0,3 m (zomerpeil / winterpeil).

De bodem van de getijdengeul komt op een diepte van NAP -0,7 (bij de monding) tot NAP -0,25 m (bij het begin) te liggen. Hiervoor wordt gemiddeld 1,7 m grond verwijderd.

De effecten op de omgeving zijn bepaald op basis van een analytische berekening (Bijlage B) voor het projectgebied met de grootste ingreep (aanleg van de getijdengeul). De verandering van het gebied met een aangepaste afwatering is doorgerekend met een oppervlaktewatermodel (SOBEK). Er zijn negatieve effecten te verwachten voor het oppervlaktewater, omdat er oplossingen moeten komen die minder optimaal te beheersen en te onderhouden zijn. De effecten op grondwater zijn niet-significant (verandering van kwel, stijghoogte en grondwaterstanden minder dan 10% of minder dan 4 cm bij hoogwater). De effecten op waterveiligheid zijn (worden) beoordeeld onder het thema waterveiligheid/ geotechniek.

Het verwijderen van de bovengrond van de uiterwaard voor de getijdengeul en voor de aanleg van een lagune zorgt voor het verlagen van de gemiddelde weerstand van de deklaag. Deze is geschat op 156 dagen in de huidige situatie. In het deel van de polder waar de getijdengeul wordt aangelegd neemt de weerstand af naar 144 dagen.

Aandachtspunten uit dit onderzoek zijn:

- Afvoercapaciteit: De afwatering ten oosten van het maatregelgebied moet gewaarborgd blijven. Dit kan door de watergang te verleggen, of door een gemaal te installeren.
- Waterhuishouding: De omkering van de afstroming van de oostelijke delen van de uiterwaard heeft consequenties voor de kunstwerken en voor de slootprofielen. In overleg met het waterschap moeten hierover afspraken gemaakt worden.

De gebruikte rekenmethode (met een analytische som) maakt gebruik van een vereenvoudigde weergave van de ondergrond en van de verschillen in waterpeilen. Voor deze fase van het onderzoek geeft de methode voldoende betrouwbare uitkomsten. Het lukt om de gemeten stijghoogten in het achterland goed te reproduceren. In overleg met het waterschap moet afgestemd worden of de methode ook geldt voor de beoordeling van het plan door derden.

Omdat er geen relevante belangen geraakt worden is het niet nodig de berekende effecten met een geavanceerdere rekenmethode te onderzoeken, tenzij de waterbeheerder hierover nadere eisen heeft.

# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond

Voor het behalen van de KRW-doelen langs de Maas worden in het project KRW-ZN maatregelen getroffen om deze doelstellingen te behalen. Maatregelen in het KRW-ZN project omvatten het graven, herstellen of verbeteren van oever en hoogteprofielen, beeklopen en beekmondingen, aangetakte of geïsoleerde geulen of het verondiepen van zandwinplassen. Bij het graven in buitendijks gebied neemt de deklaagweerstand af, de mate waarop dit optreedt en de effecten die dit heeft op de omgeving is sterk afhankelijk van de locatie en (de omvang van) het ontwerp. Bij vergravingen in binnendijks en buitendijks gebied is het daarom noodzakelijk de hydrologische effecten in beeld te brengen en eventuele negatieve effecten te mitigeren.

De maatregelgebieden zijn verdeeld over deelprojecten. In deze rapportage is het verkennend onderzoek Water voor maatregelgebied Capelsche Uiterwaard in deelproject 3 (DP-3) beschreven. De locatie van het maatregelgebied is weergegeven in onderstaande figuur. De Capelsche Uiterwaard ligt in een buitenbocht van de Bergsche Maas ter hoogte van rivierkilometer 235 tot 241.3. De maatregel bestaat uit de aanleg van een lagune met getijdekreken.



Figuur 1-1 | Locatie/licging maatregelgebied

## 1.2 Doel

Het doel van het verkennend onderzoek water is het toetsen van de maatregel op effecten voor het oppervlaktewater en op grondwater in de omgeving. Als nadelige (hydrologische) effecten op de omgeving niet kunnen worden uitgesloten, zijn mitigerende maatregelen vereist. De bevindingen uit het verkennend onderzoek water worden gebruikt om te beoordelen of voor de maatregelen vergunningen moeten worden aangevraagd, of dat nader onderzoek is vereist.

### Werkwijze

In het verkennend onderzoek Water wordt de bestaande situatie vergeleken met de toekomstige situatie. Op basis van het beoordelingskader en uitgangspunten (hoofdstuk 2) wordt de afweging gemaakt tussen een kwalitatief of kwantitatief hydrologisch onderzoek. Voor de maatregel Capelsche Uiterwaard is met analytische berekeningen een toets uitgevoerd; er is een kwantitatief hydrologisch onderzoek uitgevoerd.

Het ontwerp (SO+) van de maatregel is getoetst volgens het stappenplan uitgangspuntendocument Kaderrichtlijn Water MIRT 3 (anteagroup, 2021). Met de resultaten van het SO+ worden eventuele aanpassingen en mitigerende maatregelen opgenomen in het SO+. Als de mitigerende maatregelen invloed hebben op het hydrologisch systeem, zal ook het SO++ hydrologisch worden beoordeeld.

## 1.3 Leeswijzer

Dit document beschrijft de methode en de toetsingsresultaten voor de beoordeling van de hydrologische effecten van het maatregelgebied Capelsche Uiterwaard. In hoofdstuk 2 zijn het beoordelingskader en uitgangspunten voor het toetsingskader opgenomen. De randvoorwaarden van de huidige hydrologische situatie in het maatregelgebied is beschreven in hoofdstuk 0. In hoofdstuk 4 is het ontwerp en de hydrologische beoordeling van de toekomstige situatie, na het doorvoeren van de maatregelen, beschreven. In hoofdstuk 5 is antwoord gegeven hoe de KRW-doelen in het maatregelgebied gerealiseerd kunnen worden en of er mitigatie/compensatie en/of nader onderzoek vereist is.

## 2 Beoordelingskader en uitgangspunten

### 2.1 Rivierkundig beoordelingskader

Voor ingrepen in de Grote Rivieren is een Rivierkundig Beoordelingskader (RBK; versie 5.0) opgesteld waarin is beschreven hoe Rijkswaterstaat bij de vergunningverlening rivierkundige effecten van ingrepen in de rivier bepaalt en beoordeelt (Rijkswaterstaat, 2019). Het RBK 5.0 heeft een toepassingsgebied voor de grote rivieren in Nederland die in beheer van het Rijk zijn, en is nodig voor:

- Vergunningaanvraag in het kader van de Waterwet;
- Opstellen van een projectplan Waterwet;
- Uitvoeren van berekeningen voor een vergunningaanvrager;
- Bevoegd gezag om een vergunningaanvraag te beoordelen op rivierkundige effecten.

Het RBK 5.0 bevat alleen de rivierkundige beoordelingsaspecten voor water, sediment en ijs en een aantal nautische beoordelingsaspecten die nauw samenhangen met rivierkunde. De rivierkundige beoordelingsaspecten in het RBK 5.0 zijn ingedeeld in drie hoofdthema's:

1. Hoogwaterveiligheid
2. Hinder of schade door hydraulische effecten
3. Morfologische effecten

De beoordeling hiervan is uitgevoerd in het rivierkundig en geotechnisch onderzoek.

Het Rivierkundig Beoordelingskader is geen integraal afwegingskader van alle relevante belangen/funcities/kaders. Voor andere belangen zoals scheepvaart, milieu, natuur, landschap en recreatie gelden aparte kaders en richtlijnen (Rijkswaterstaat, 2019):

*“Een initiatiefnemer/ vergunningaanvrager dient de voor de ingreep relevante beoordelingsaspecten met het bevoegd gezag af te stemmen. Daarna kunnen voor deze aspecten de (rivierkundige) effecten worden bepaald. De wijze waarop dit dient te gebeuren, gaat in overleg met het bevoegd gezag.”*

### 2.2 Beoordelingskader Water

Aanvullende beoordelingsaspecten en uitgangspunten die volgen uit de lokale en specifieke omstandigheden van een maatregel/projectlocatie zijn afgestemd met Bevoegd Gezag (Rijkswaterstaat en waterschappen). De hydrologische beoordelingsaspecten in dit onderzoek zijn wateroverlast/vernating en wateronderlast/verdroging.

#### Wateroverlast

**Wateroverlast:** ontstaat als door natuurlijke omstandigheden zoals extreme neerslag of verhoogde rivierwaterstanden het oppervlaktewater of het grondwater te hoog komt te staan voor gebouwen, infrastructuur of landbouwkundig gebruik. Ook kan wateroverlast ontstaan vanwege ingrepen in het landschap of in de bebouwde omgeving: bijvoorbeeld door aanpassing van drainage en waterlopen, door het blokkeren of sterk belemmeren van de natuurlijke stroming van grond of oppervlaktewater.

Na een ingreep zoals herprofilering kan er structureel een verhoging van grondwater- of oppervlaktewater optreden. Meestal zal vooral bij een neerslagoverschot overlast optreden. Een focus op de herhalingstijd van extreme neerslag hoge waterstanden wordt daarom toegepast bij het beoordelen van wateroverlast. Formeel gezien zijn de normen voor wateroverlast bij oppervlaktewater vastgelegd in landelijke en provinciale kaders. Inundatie van maaiveld bij een zekere herhalingstijd wordt bij toetsing gebruikt om per type landgebruik te beoordelen of het watersysteem voldoet.

Bij te hoge grondwaterstanden kan overlast ontstaan bij gebouwen, kan schade ontstaan bij infrastructuur en kunnen gewassen minder optimaal produceren. Afhankelijk van het type grondgebruik gelden hiervoor criteria voor de optimale of gewenste diepte, en treedt overlast op bij langdurige overschrijding van deze dieptes.

In het ontwerp kan wateroverlast voorkomen worden door te zorgen dat gaan ongewenste ophoping optreedt. Naast het nemen van maatregelen bestaat ook de mogelijkheid om schade door vernating via genormaliseerde berekening uit te keren.

## Verdroging

Verdroging treedt op als de grondwaterstand lager wordt ten opzichte van de historische waarden en als dit bij gebouwen, infrastructuur, landbouwkundig gebruik of bij de natuurfunctie leidt tot nadeel. Het vergroten van de verdamping en het verminderen van de infiltratie van neerslag is ook een vorm van verdroging. Indien mogelijk moet verdroging voorkomen worden, omdat conservering van water en het in stand houden van de actuele grondwaterstanden belangrijke waarden zijn.

Het graven van een geul of de herprofilering van een watergang leidt altijd toe een gewijzigde hydrologische situatie op lokale schaal. De geul of watergang zal de omliggende grond beter ontwateren waardoor een lokale verlaging van de grondwaterstand optreedt. De verandering van het grondwater blijft in veel gevallen beperkt tot een korte afstand vanaf de waterlijn van de geul, als er relatief veel klei in de omgeving aanwezig is. Bij een goed-doorlatende deklaag kan de invloed wel groter zijn. In de uitwerking van de maatregel wordt rekening de noodzaak om verdroging beperkt te houden. Waar nodig wordt het ontwerp aangepast. Toepassing van extra klei (meer weerstand), een verhoogd bodem van de geul of beheersing van het waterpeil zorgen dat het risico op het optreden van verdroging zo klein mogelijk blijft. Waar mogelijk wordt een balans gevonden tussen vernatten (in de taluds) en verdrogen (op de hogere gronden direct naast de maatregel).

Het optreden van verdroging wordt beoordeeld door een vergelijking te maken tussen de referentie (voor de ingreep) en de plansituatie. De vergelijking kan bestaan uit een beschrijving, een berekening of een simulatie met een grondwatermodel. Voor de beoordeling van het effect op het thema verdroging (of vernatting) wordt alleen het gebied dat buiten de directe omgeving van de maatregel ligt beschouwd. De directe omgeving van de maatregel bestaat uit een afstand van 5 tot maximaal 25 m rondom de waterlijn of de insteek van de ingreep. In de verkennende effectbeoordeling wordt de nadruk gelegd op de perioden met hoogwater. In veel gevallen zal de verbinding met de Maas in perioden met watertekort leiden tot voldoende wateraanvulling.

Bij de beoordeling van de effecten op verdroging wordt advies uitgebracht of aanvullende maatregelen mogelijk zijn om nadelige effecten te mitigeren.

In het verkennend onderzoek Water is onderzocht of de hydrologische effecten van de maatregelen nadelige gevolgen hebben op de omgeving. Nadelige gevolgen voor de omgeving bestaan uit verandering van de kans op wateroverlast, vernatting, lage grondwaterstanden en verdroging. De relevante omgevingsaspecten waarvoor deze gevolgen onderzocht zijn, is opgenomen in Tabel 2-1.

De hydrologische effecten zijn volgens het stappenplan 'Uitgangspunten Water' (paragraaf 2.3) kwalitatief en/of kwantitatief beoordeeld. Een kwantificering van de oppervlaktewater- en/of grondwatereffecten zijn voor de omgevingsaspecten voor verschillende hydrologische situaties onderzocht.

Tabel 2-1 | Beoordelingskader Water voor het beheersgebied van Waterschap Brabantse Delta

Onderdeel	Omgevingsaspect	Situatie
<b>Oppervlaktewater</b>	Waterhuishouding	Gemiddelde winter en T=10
	Afvoercapaciteit (Legger-watergangen)	T=1 en T=10
<b>Grondwater</b>	Waterhuishouding	Gemiddelde winter en T=10
	Waterveiligheid	T=10
	Bebouwing en infrastructuur	Gemiddelde zomer/winter en T=10
	Natuur	Gemiddelde zomer/winter
	Landbouw	Gemiddelde zomer/winter
	Zoet-brak/brak-zout grensvlak	Gemiddelde zomer/winter
	Grondwateronttrekkingen	Gemiddelde zomer/winter

Als de maatregel nadelige gevolgen op de omgeving tot gevolg heeft, zijn compenserende en/of mitigerende maatregelen noodzakelijk.

## Kwalitatieve effectbeoordeling

Voor maatregelen waar geen significante nadelige effecten op de omgeving worden verwacht is een kwalitatieve beoordeling op basis van *expert judgement* toegepast.



Geen significante nadelige effecten op de omgeving worden verwacht als:

- Ter plaatse van een kwetsbaar object de freatische grondwaterstand en/of stijghoogte niet meer dan 5 cm veranderd ten opzichte van de huidige gemiddelde (afvoer)situatie.
- Ter plaatse van een kwetsbaar object de stijghoogte niet meer dan 5 cm veranderd ten opzichte van een T=10 (afvoer)situatie.
- De afvoercapaciteit en/of hydraulische weerstand van een primaire watergang niet wijzigt ten opzichte van de huidige situatie.

## Kwantitatieve effectbeoordeling

Voor maatregelen waar significante (nadelige) effecten op de omgeving plausibel zijn, is een kwantitatieve beoordeling uitgevoerd. Hiervoor zijn oppervlaktewater- en grondwaterberekeningen toegepast.

### Oppervlaktewater

Hydrologische effecten van de maatregelen op de afvoercapaciteit en waterstanden in primaire watergangen (Legger) zijn berekend voor de volgende situaties:

- T = 1
- T = 10

### Grondwater

Hydrologische effecten van de maatregelen op de freatische grondwaterstanden en stijghoogte in het eerste watervoerend pakket (onder de deklaag) en de binnendijkse kwelflux zijn berekend voor de volgende situaties:

- Verandering gemiddelde zomersituatie
- Verandering gemiddelde wintersituatie
- Verandering bij een hoogwatersituatie (T=10 en T=100) op de Maas

### Geotechnische randvoorwaarden

Voor het beoordelingsaspect waterveiligheid, waar onder andere het risico op piping wordt onderzocht (geotechnische beoordeling), worden de volgende gegevens en resultaten uit de grondwaterberekeningen gebruikt/uitgewisseld:

- Weerstand (c) van de deklaag (c-waarde)
- Doorlaatvermogen (kD) van het eerste watervoerend pakket (WVP1)
- Maximale grondwaterstanden - hoogwatertoets T=10 en T=100
- Maximale stijghoogte WVP1 - hoogwatertoets T=10 en T=100

## 2.3 Toetsingskader Water

In het uitgangspuntendocument Kaderrichtlijn Water MIRT 3 (Anteagroup, 2021) is een eerste stap in de afbakening van de werkwijze (stappenplan) van de planopgave beschreven. Aanvullende uitgangspunten die volgen uit de lokale en specifieke omstandigheden van een maatregel/projectlocatie zijn afgestemd met Bevoegd Gezag (Rijkswaterstaat en waterschappen).

Vooral maatregelen waar de bodemweerstand, stijghoogteverschil tussen open water en/of freatisch grondwaterwater veranderen moeten nader onderzocht worden op eventuele nadelige gevolgen op de omgeving. Voor overige inrichtingsmaatregelen zoals plaatsen van rivierhout, herstel van zeegras en aanpassingen van natuurlijke mondingen van beken is een kwalitatieve beschrijving op basis van expert judgement (doorgaans) voldoende.

De stappen uit het uitgangspuntendocument KRW (Anteagroup, 2021) en aanvullende uitgangspunten zijn verwerkt tot een toetsingskader Water (zie Tabel 2-2).

Tabel 2-2 | Uitgangspunten van het Toetsingskader Water

Stappenplan KRW Zuid-Nederland	Oordeel
<b>1. Is voldoende informatie beschikbaar van (grond)waterstanden, het doorlaatvermogen (kD) én (hydraulische) weerstand (c) van de watergangen en bodemlagen?</b>	<b>Ja</b>
<i>a. Zo nee, aanvullend onderzoek zoals waterstandmetingen, doorlatendheidsonderzoek en/of bodemonderzoek zijn nodig voordat de beoordeling uitgevoerd kan worden.</i>	<i>n.v.t.</i>

<b>2. Verandert het hydrologisch systeem door de maatregel?</b>	<b>Ja</b>
a. Wordt het open waterpeil of afvoercapaciteit van watergangen significant gewijzigd door nieuwe watergangen, en/of herprofilering van bestaande watergangen (aanpassingen van aantakkingen en/of stuwpeil/overstort drempels)?	Ja
b. Veranderd de weerstand van bodemlagen significant door afgravingen of ophogingen?	Ja
<b>3. Zo ja, vinden significante effecten op de omgeving plaats?</b>	<b>Ja</b>
a. Bij aanleg van nieuwe watergangen en geulen en/of wijzingen in waterstanden, vermindering van de afvoercapaciteit en/of verhoging van de hydraulische weerstand in bestaande (Legger) watergangen, moeten de effecten gekwantificeerd worden.	n.v.t.
b. Als de afstand tussen kwetsbare objecten en de maatregel kleiner is dan de spreidingslengte/lekfactor ( $\lambda = \sqrt{kDc}$ ) moeten de effecten gekwantificeerd worden <sup>1</sup> .	Ja
<b>4. Zo ja, wat is de te verwachten verandering van het hydrologisch systeem?</b>	
<i>De duiding van de wijziging kan kwalitatief als daarmee een aannemelijke/acceptabele onderbouwing kan worden gegeven en de risico's op een onjuiste conclusie zeer beperkt is. In andere gevallen moet gebruik gemaakt worden van een kwantitatieve benadering.</i>	
a. Als de afvoercapaciteit niet wijzigt en geen waterstandswijzigingen plaatsvinden in de uiterwaarde, wordt ten aanzien van hydrologie geen belemmeringen verwacht.	n.v.t.
b. Als de verandering van de stijghoogte/grondwaterstand ter plaatse van een kwetsbaar object kleiner is dan 5 cm en de kwelverandering binnendijks kleiner is dan 2%, worden ten aanzien van geohydrologie geen belemmeringen verwacht.	Kwalitatief
<b>5. Opstellen watertoets/projectplan.</b>	
<i>Het projectplan is een vormvrij document dat moet voldoen aan de inhoudelijke eisen van artikel <a href="#">5.4 van de Waterwet</a>: "... Het plan bevat ten minste een beschrijving van het betrokken werk en de wijze waarop dat zal worden uitgevoerd, alsmede een beschrijving van de te treffen voorzieningen, gericht op het ongedaan maken of beperken van de nadelige gevolgen van de uitvoering van het werk..."</i>	
a. Het verkennend onderzoek Water is een eerste stap in de belangenafweging om te komen tot een duurzaam en klimaatbestendig ontwerp. Het verkennend onderzoek Water is geen Watertoets.	CONCEPT

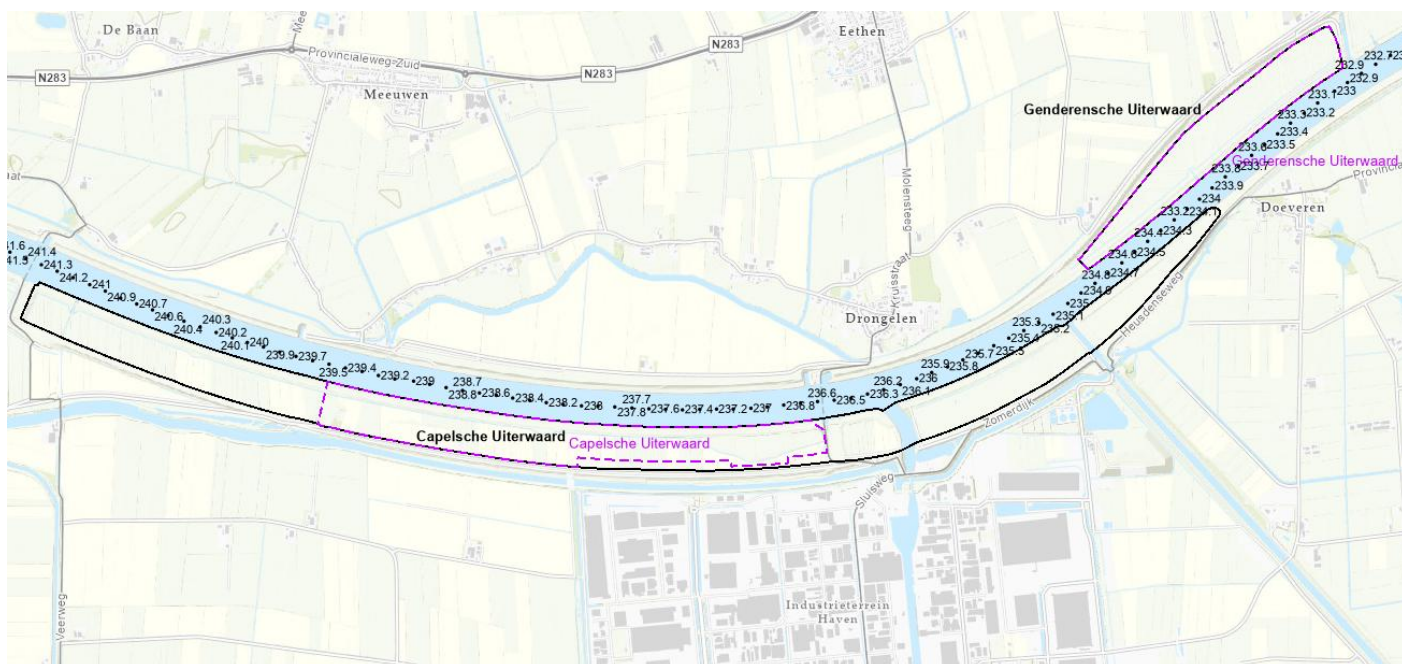
<sup>1</sup> In het uitgangspuntendocument KRW (anteagroup, 2021) is voorgesteld de verwachte stijghoogtedaling/toename te onderzoeken als er binnen de afstand van driemaal de spreidingslengte een kwetsbaar object/omgevingsaspect voorkomt. Deze grens wordt als te ruim gezien. Bij een gemiddelde kD van 1500 m<sup>2</sup>/dag en een c tussen de 1 en 200 dagen zal de spreidingslengte variëren tussen de 40 en 550 meter. Voor het zoekgebied naar kwetsbare objecten wordt eenmaal de spreidingslengte als voldoende gezien. In de uitgangspunten voor het verkennend onderzoek Water is driemaal de spreidingslengte gebruikt als afstand waarover een eventuele (grondwater)berekening is uitgevoerd (bijvoorbeeld de afstand tot de modelrand).

## 3 Huidige situatie

### 3.1 Locatie

In de ontwerpnota is een landschapsecologische systeembeschrijving. De beschrijving in dit rapport is gericht op de waterhuishouding en de geohydrologie van het gebied.

Maatregelgebied Capelsche Uiterwaard is ca. 6,5 km lang (rkm 235 t/m 241.3) en ligt aan de zuidoever van de Bergsche Maas ten noorden van Waalwijk en ten zuiden van Meeuwen (Waterschap Rivierenland). In de Beneden-Maas komt een getijdenslag voor van ca. 0,2 tot 0,9 m.



Figuur 3-1 De Capelsche Uiterwaard ligt aan de zuidoever van de Beneden Maas

De Capelsche Uiterwaard heeft een gering verhang van oost naar west. Aan de oostzijde, bij de Sluisweg van het veer naar Drongelen is het maaiveld ca. NAP +0,9 m. Ten oosten van de Sluisweg ligt het maaiveld op ca. NAP +0,75 m. Aan de westzijde, bij de Veerweg van het veer naar Dussen, ligt het maaiveld op circa NAP +0,4 m. Op de locatie waar een getijdegeul als maatregel wordt voorgesteld ligt het maaiveld op ca. NAP+0,8 m.

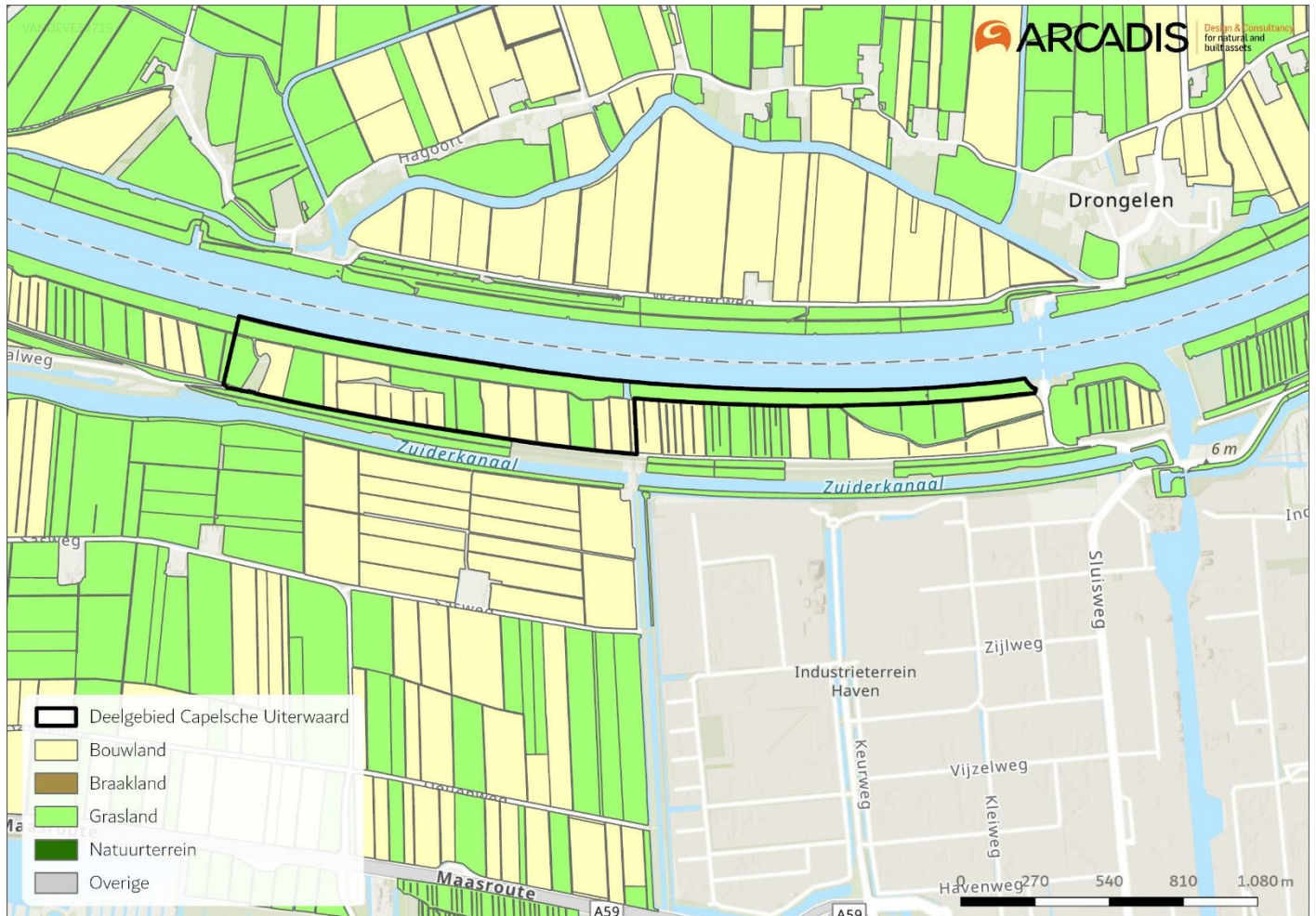
Het plangebied ligt tussen een zomerkade (NAP +2,30 m) aan het noorden en de primaire kering (NAP +6,2 m) en is onderdeel van een peilgebied dat door het gemaal bij de Veerweg de uiterwaard op een waterpeil van NAP -0,5 m houdt. De uiterwaard loopt minder dan eens per 5 jaar onder. Ten zuiden van de primaire kering ligt het Zuiderkanaal die aansluit op het Oude Maasje, die uitwatert op de Bergsche Maas. Zowel ten noorden als ten zuiden van de uiterwaard ligt dus een watersysteem dat deels onder invloed van getijde staat. Het Zuiderkanaal ter hoogte van de kern Waalwijk wordt sinds 2021 op een verlaagd waterpeil van NAP -0,2 m / NAP -0,3 m (zomerpeil / winterpeil) gehouden door de afdamming bij het nieuwe gemaal de Slagen.

Het landgebruik is hoofdzakelijk agrarisch grasland of akkerbouw. In het oosten, bij rkm 236.6 wordt de uiterwaard doorsneden door de Zomerdijk naar de Drongelense Veer. Sinds 2022 splitst het uitwateringskanaal van een nieuw poldergemaal op rkm 238.0 de polder in twee waterhuishoudkundige delen. De afwatering van het deel ten oosten van dit kanaal gaat via een zinker (een diep gelegen duiker haaks op het kanaal) naar het westelijk deel van de polder.

Er staat geen bebouwing in dit gebied. De belangrijkste infrastructuur in het gebied is de weg aan de teen van de primaire kering.

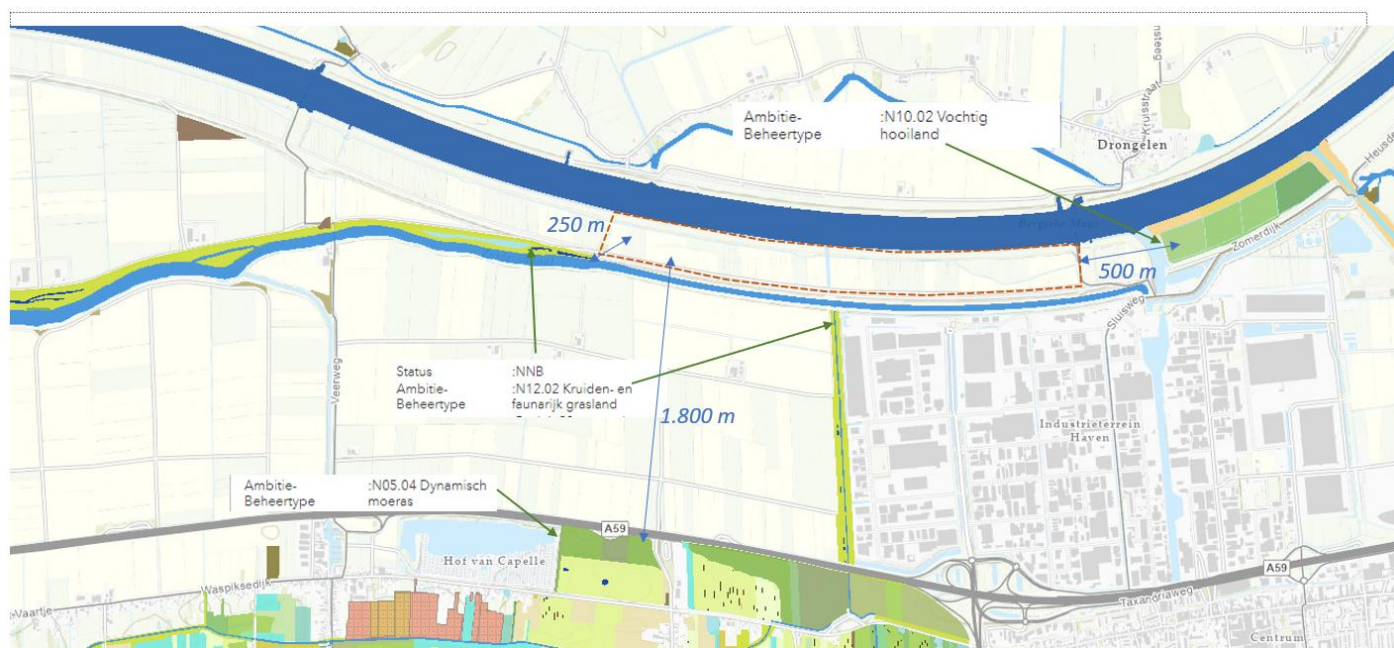
## Landgebruik

De landgebruik-kaart (Figuur 3-2) laat zien dat er in het maatregelgebied agrarisch landgebruik voorkomt: vooral grasland, afgewisseld met mais-percelen. Het gebied achter de kering wordt iets meer als akkerbouwgebied gebruikt. Enkel ten oosten van het zoekgebied zijn natuurgraslanden te vinden. Dit ligt nog ten oosten van Haven Waalwijk.



Figuur 3-2 Landgebruik in het maatregelgebied en achter de kering

Binnen het maatregelgebied zijn geen aangewezen N2000 of NNN gebieden aanwezig. De Maas is aangewezen als rivier en de watergang direct binnendijks als 'beek en bron'. Op een afstand van 250 tot 500 m komen natuurbeheertypen Vochtig hooiland en Kruiden- en faunarijk grasland voor. Op grotere afstand (1.800 m) komt dynamisch moeras voor.



Figuur 3-3 Overzicht NNB gebieden.

## 3.2 Bodemopbouw

### Bodem

De bodemkaart van de Capelsche Uiterwaard laat geen grote variatie zien. Het gebied ligt er in deze uiterwaard bodems kenmerkend voor mariene afzettingen. Binnen de contouren van het maatregelengebied komt het volgende bodemtypes voor:

- Kalkrijke poldervaaggronden, lichte klei (Mn35A)

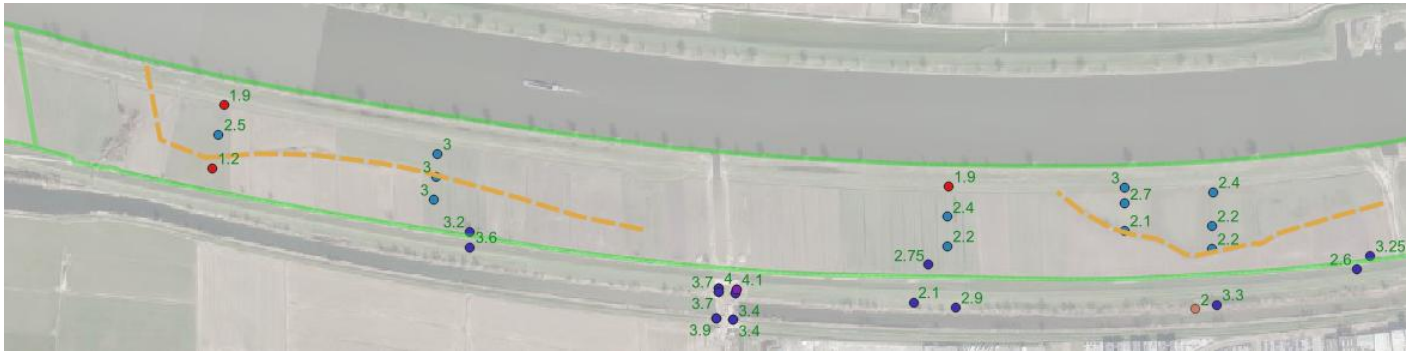
Aan de zuidzijde van het Nieuwe Kanaal ligt een polder met vergelijkbare bodems:

- Kalkrijke poldervaaggronden, lichte klei (Mn35A)
- Kalkrijke poldervaaggronden, zware zavel (Mn25A)

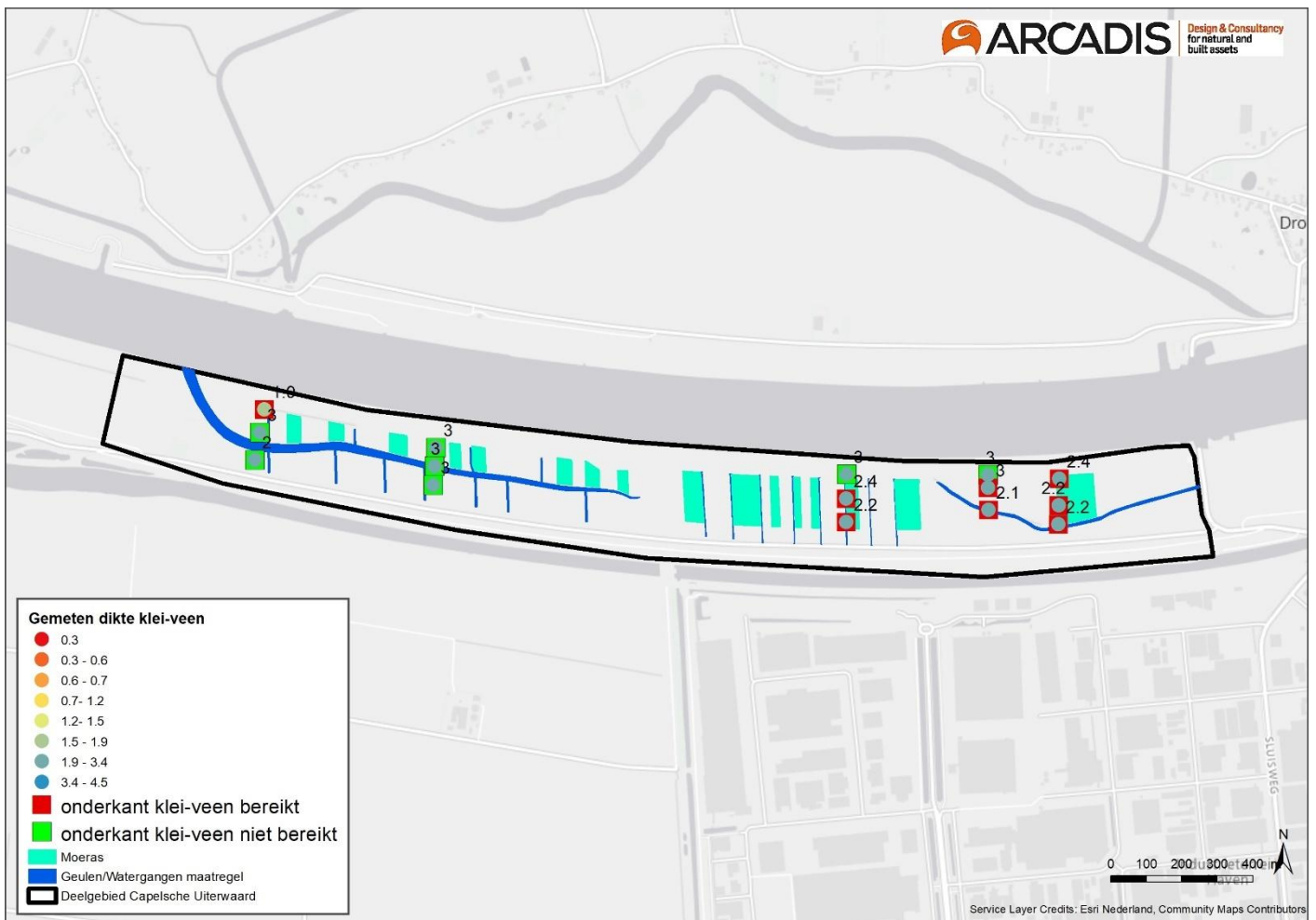
De dikte van de kleilaag en de weerstand die de slechtdoorlatende laag biedt tegen grondwaterstroming is belangrijk voor de inschatting van de effecten. Er zijn veel boringen geplaatst aan beide kanten van de primaire kering. In het westelijk deel van de Capelsche Uiterwaard zijn in juli 2022 10 handboringen verricht. De gemiddelde grondwaterstand bij de boringen was NAP -0,82 m: ca. 0,3 m lager dan het streefpeil in de polder. De bodemopbouw bestaat vrijwel in de gehele uiterwaard uit lichte tot zware klei met lokaal een veenlaag. Dit beeld komt overeen met de data uit het DINOloket. Bij 7 boringen is tot aan de onderkant van de boring klei of veen aangetoond en is niet geëindigd in het pleistocene zand. Mogelijk is de klei-veendikte op deze locaties nog dikker dan nu aangegeven in de kaart. De kaart laat zien dat in het meest westelijk deel van het gebied, waar de getijdegeul wordt aangelegd, de kleidikte circa 3,0 m is.

De verticale weerstand (kv) van de deklaag is van belang om de invloed op de omgeving te kunnen schatten. Er wordt onderscheid gemaakt tussen het droge deel van de deklaag (kv = 0,1 m/dag boven het grondwater) en het natte deel (0,01 m/dag, klei- en veenlagen permanent onder grondwater). In deze polder is circa 1,1 m van de klei-bodem boven het grondwater. De dikte van het 'natte' klei- en veen-deel varieert daarom tussen 0,8 en 2,1 m in de uiterwaard.

Wanneer onderscheid gemaakt wordt tussen een Kv van 0,01 m/d onder de waargenomen grondwaterstand en een Kv van 0,1 m/d boven de waargenomen grondwaterstand varieert de weerstand tussen de 80 en 185 dagen. In het westelijk deel van de polder wordt gerekend met een weerstand in de huidige situatie van gemiddeld 156 dagen.



Figuur 3-4 Dikte van de klei- en veenlaag in meters op basis van boringen BRO en veldwerk.

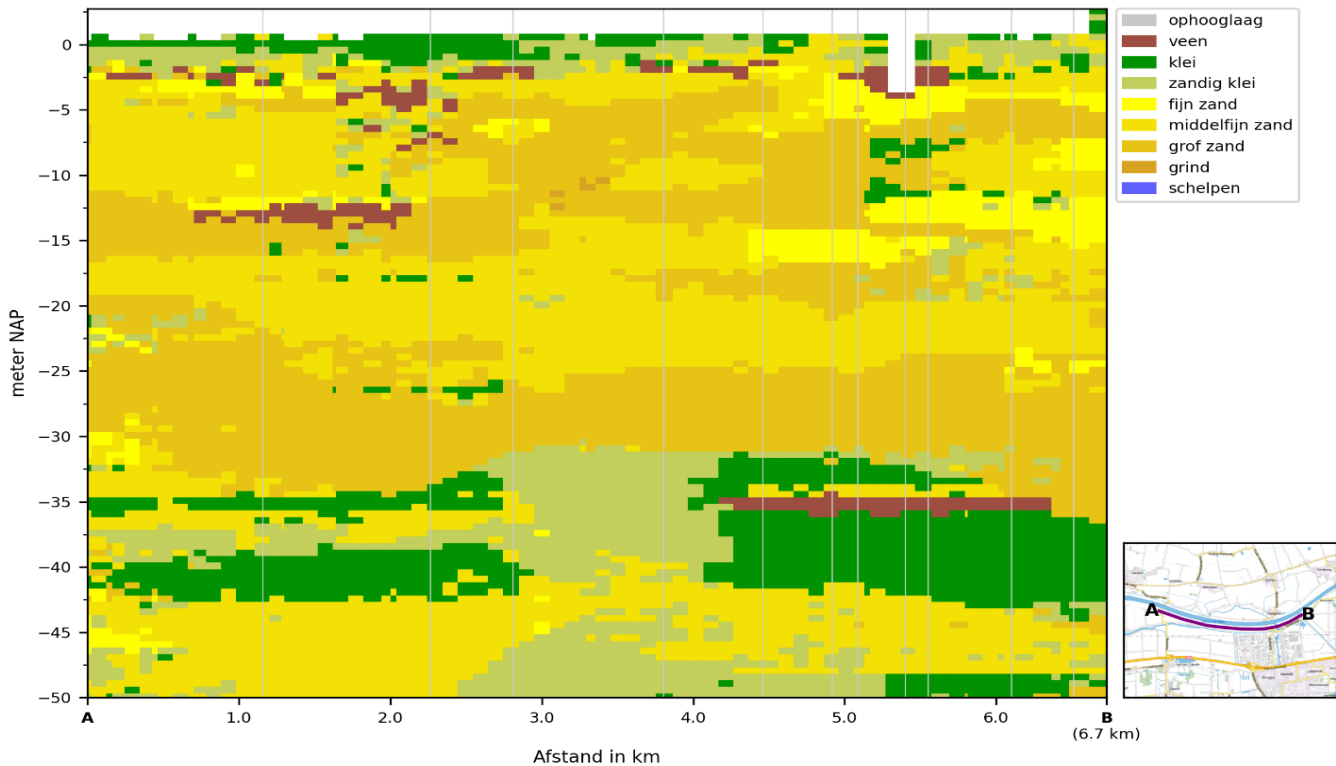


Figuur 3-5 (Minimale) dikte van de klei/veenlaag aan de hand van uitgevoerde boringen

## Hydrogeologie

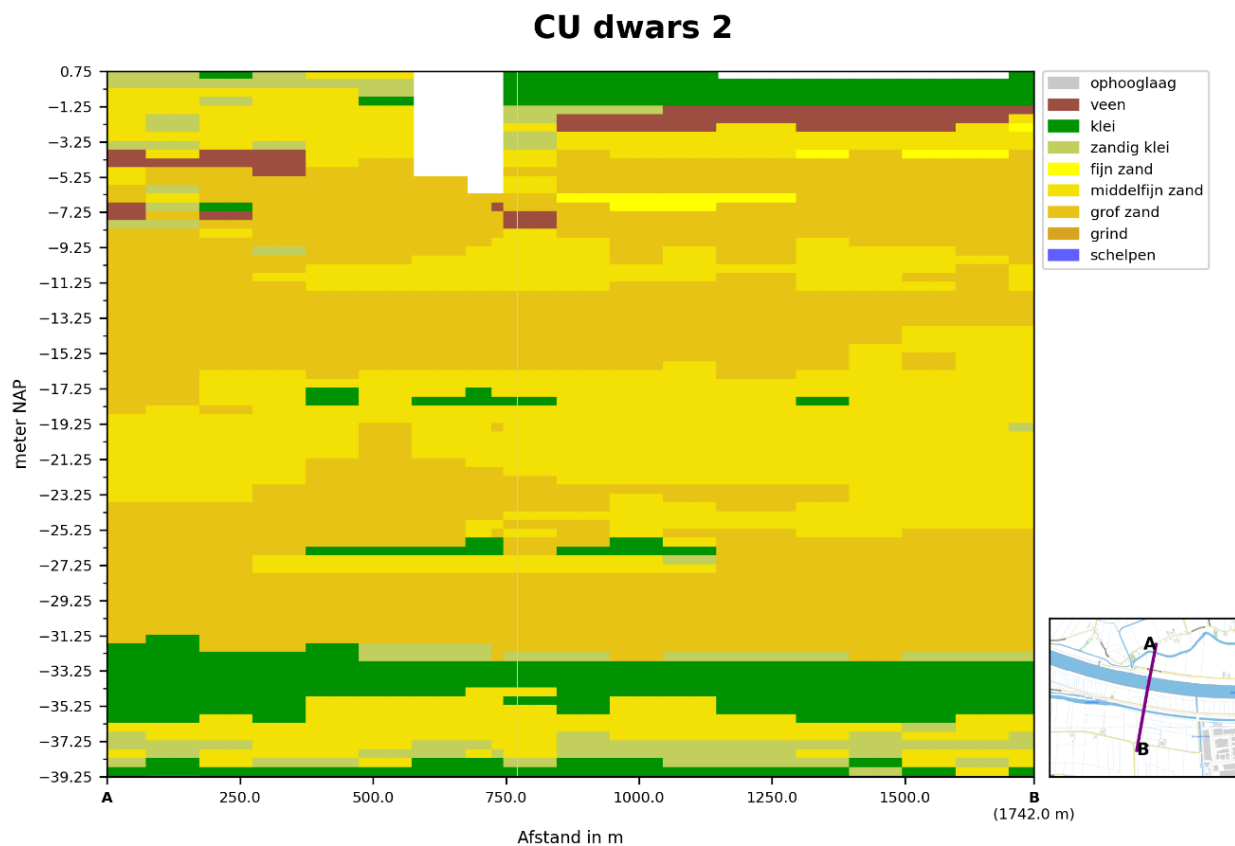
De regionale (hydrogeologische) bodemopbouw is samengevat in profielen en in een tabel (Tabel 3-1). De deklaag bevat (zandige) klei en veen, gevolgd door zand. Het watervoerend pakket onder de deklaag bestaat uit fijn tot matig grove Holocene afzettingen en de Formaties van Kreftenheye, Sterksel en Stamproy, met een totale dikte van circa 45 m. Door de insnijding van de Beneden-Maas tot in de Formatie van Kreftenheye en de slecht doorlatende Waalre klei op (SDL1) op NAP - 45 m, zullen hydrologische effecten van de Maas hoofdzakelijk in het eerste watervoerend pakket (WVP1) plaatsvinden.

De ondiepe dwarsdoorsnede over het profiel waar de getijdegeul aangelegd gaat worden laat zien dat aan de rechteroever van de Maas de kleilaag vrijwel ontbreekt en dat de dikte van de bovenste klei- en veenlaag toeneemt naar het zuiden (Figuur 3-7).



Figuur 3-6 Bodemopbouw tot NAP -50 m in het langsprofiel van Capelsche Uiterwaard, GEOTOP v1.4 (DINOloket; [www.dinoloket.nl](http://www.dinoloket.nl))

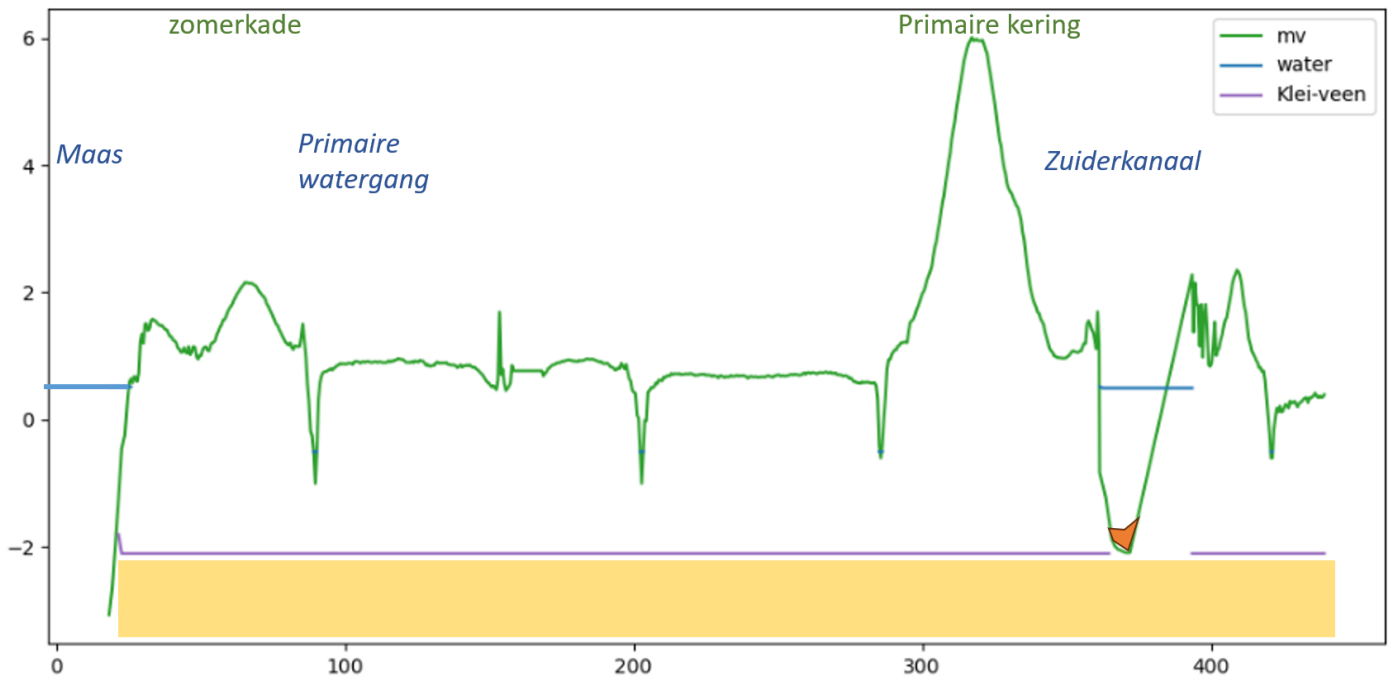
In de berekeningen van de grondwaterstroming van- en naar de Maas in het deel ten zuiden van de rivier kan gerekend worden met een constante dikte van het eerste watervoerende pakket van 30 m.



Figuur 3-7 Dwarsprofiel door Capelsche Uiterwaard, inclusief polder en overzijde Maas (DINOloket; [www.dinoloket.nl](http://www.dinoloket.nl))

Ten zuiden van de dijk ligt het Zuiderkanaal met een waterpeil gelijk aan de Maas. De diepte van het Zuiderkanaal is ca. 2,5 m onder het waterpeil. De dwarsdoorsnede van de Capelsche Uiterwaard inclusief de binnendijkse zijde van de kering laat zien dat de Maas zelf ruim onder de klei- en veen laag reikt. Het Zuiderkanaal komt maar beperkt in aanraking met de zandige delen van de deklaag. De baggerkaart van Rijkswaterstaat (opname 2010) laat zien dat het Zuiderkanaal ca. 1,5 tot 2,0 m waterdiepte heeft is ter hoogte van het voorgenomen getijdeprofiel. De baggerkaart laat zien dat de bodem van het kanaal op deze locatie tussen NAP -1,0 en NAP -2,0 m ligt. Het is aannemelijk dat de onderzijde van het kanaal bestaat uit veen. De boringen in deze omgeving geven aan dat de onderkant van de veenlaag op ca NAP -2,20 m tot NAP -2,50 m ligt.





Figuur 3-8 Dwarsprofiel CU2 met ligging van de klei-veen ondergrens ten opzichte van de kering en het Zuiderkanaal, inclusief ca. 0,3 m bagger in het Zuiderkanaal.

Tabel 3-1 | Hydrogeologische bodemopbouw (REGISlv2.2; DINOloket; [www.dinoloket.nl](http://www.dinoloket.nl)).

Hydrogeologie	Omschrijving	Geohydrologie	Dikte [m]	Kh [m/d]	kv [m/d]
Holocene afzettingen (HLc)	[GeoTOP en/of lokale boringen KRW] Klei, zandig	DKL	2	---	0,01
Holocene afzettingen (HLc)	Veen	DKL	0,5	---	0,01
Holocene afzettingen (HLc)	Fijn tot middel grof zand (63 - 630 $\mu$ m)	WVP1	1	5	---
Formatie van Krefteheye (Krz)	Hoofdzakelijk matig tot uiterst grof zand (210-2000 $\mu$ m), matig tot sterk grindhoudend. Sporadisch siltige kleilagen en kleiige veenlaagjes aanwezig.	WVP1	10,5	60	---
Formatie van Sterksel (STz)	Matig tot uiterst grof zand (210-2000 $\mu$ m), grindhoudend. In de klei en siltige lagen plaatselijk dunne zandlaagjes.	WVP1	20	50	---
Formatie van Stramproy (Syz)	Leemlagen kleilagen met plaatselijk lagen veen en fijn grind.	SDL1	5	---	0,025
Formatie van Stramproy (Syz)	Uiterst fijn tot zeer grof zand (63-420 $\mu$ m), kwartsrijk, stabiele zware mineralen, veelal kalkloos.	WVP1	5	15	---
Formatie van Waalre (Wak1)	Sequenties van fijn tot uiterst grof zand (63-2000 m). Plaatselijk grindig, kleilagen, siltig tot zandig met veeninschakelingen.	SDL2	14	---	0,011

DKL = deklaag

WVP = watervoerend pakket

SDL = slecht doorlatende laag

kh = horizontale doorlatendheid WVP

kv = verticale doorlatendheid WVP

--- = niet (dominant) aanwezig

## Spreidingslengte

Een belangrijke afgeleide parameter die in de geotechniek en geohydrologie gebruikt wordt om het invloedsgebied van een hydrologische ingreep op de stijghoogte te bepalen is de spreidingslengte of lekfactor ( $\lambda$ ; in meter; (TAW, 2004). J.P. Mazure vond in het onderzoek naar de geohydrologische gesteldheid van de Wieringermeer een reductiefactor (Mazure, 1936): "... welke een functie was van de verhouding van den straal  $R$  van den dijk en een lengte  $\lambda$ , welke wordt bepaald door de eigenschappen van den ondergrond en de bovenlagen en gelijk is aan  $\sqrt{kH \cdot c}$ ".

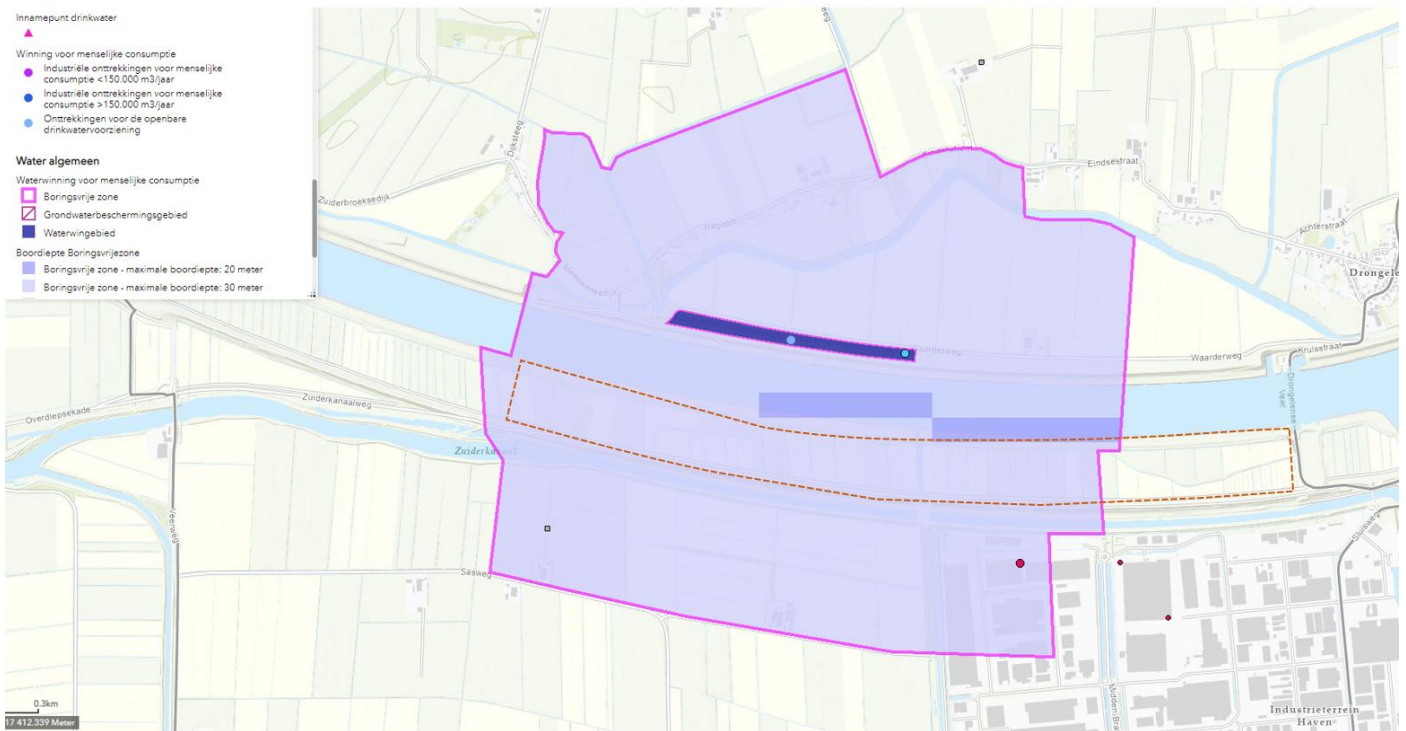
De spreidingslengte ( $\lambda$ ) voor Capelsche Uiterwaard is bepaald aan de hand van de lokale en regionale (hydrogeologische) bodemopbouw. Daarbij is een bandbreedte afgeleid om een indruk te krijgen van ongelijke verdeling van de dikte van de deklaag (Tabel 3-2). Hiervoor zijn de 25%, 50% (mediaan) en 75% percentielen als uitgangspunten genomen en is aangenomen dat de mediaan representatief is voor de gemiddelde kleidikte in het gebied. De bandbreedte van de spreidingslengte is bepaald op 349 tot 499 m. Voor het westelijk deel van het plangebied is de spreidingslengte vastgesteld op 484 m.

Binnen en direct aangrenzend van de maatregel ligt de waterkering. Verder komen de natuurbeheergebieden en landbouwgebieden onder invloed van de verandering.

Tabel 3-2 | Schatting van het invloedsgebied van de ingreep Capelsche Uiterwaard aan de hand van de spreidingslengte/ lekfactor

Bandbreedte	Doorlaatvermogen (kD)	Weerstand (c)	Spreidingslengte/lekfactor ( $\lambda = \sqrt{kDc}$ )
Bovengrens (25%)	1507	81	349
<b>Mediaan</b>	<b>1510</b>	<b>113</b>	<b>413</b>
Ondergrens (75%)	1512	165	499
Westelijk deel	1500	156	484

Het grondwater faciliteert een aantal landgebruiksfuncties. Tabel 3-3 geeft aan welke relevante omgevingsaspecten voor oppervlaktewaterbeheer en voor grondwater relevant zijn.



Figuur 3-9 Drinkwaterwinning Drongelen, boringsvrije zone (tot 30 m) en locaties van open bodemenergiesystemen.

Het plangebied ligt ten zuiden van de drinkwaterwinning Drongelen. Hierdoor geldt een zone waarbij tot maximaal 30 m geboord mag worden. Figuur 3-9 laat verder zien dat er vergunde grondwateronttrekkingen voorkomen aan de zuidzijde van de dijk en dat op het industrieterrein Haven open- en gesloten bodemenergie-systemen voorkomen.

Tabel 3-3 | Huidige situatie grondwater

Onderdeel	Omgevingsaspect	Afstand tot maatregelgebied
<b>Oppervlaktewater</b>	Beneden Maas	Direct aangrenzend
	Waterhuishouding	Direct aangrenzend
<b>Grondwater</b>	Waterhuishouding	Direct aangrenzend
	Waterveiligheid	Aangrenzend, de waterkering
	Bebouwing en infrastructuur	c.a. 150 meter. Zomerdijk en sluisweg aangrenzend
	Natuur	Aangrenzend
	Landbouw	Aangrenzend
	Zoet-brak/brak-zout grensvlak	Zoet-brak grensvlak op 100-200 meter diepte Brak-zout grensvlak op 200 meter diepte
	Grondwateronttrekkingen	n.v.t.

### 3.3 Oppervlaktewater

#### Maas

De Maaswaterstanden bij Capelsche Uiterwaard zijn afgeleid van de 'Betrekkingslijnen 2021-2022' (RWS) en zijn gegeven in Tabel 3-4. De uiterwaard ligt relatief laag vergeleken met de waterstanden, maar wordt gescheiden door een kering met een hoogte van ongeveer NAP + 1,8 m. Dit betekent dat dit gebied minder dan 2 dagen per jaar onder water staat.

Tabel 3-4: Maatgevende waterstanden voor de locatie Capelsche Uiterwaard. (bron: Rijkswaterstaat betrekkingslijnen 2021-2022)

nr	Klasse	Waterhoogte (m NAP)	Frequentie T = X jaar	Dagen per jaar hoger
1	Extreem hoogwater	>	3,55	100
2	Hoogwater	<	2,50	10
3	Verhoogde waterstand	<	1,75	1
4	Licht verhoogd	<	0,60	107
5	Normaal	<	0,52	183
6	Verlaagde waterstand	<	0,40	267

Naast de betrekkingslijnen van Rijkswaterstaat zijn op basis van historische waterstandsmetingen bij Keizersveer en Lith beschikbaar. Op basis van interpolatie zijn de zomer- en winterpeilen van de Maas bij de Capelsche Uiterwaard bepaald (Tabel 3-5). Deze geïnterpoleerde zomer- en winterpeilen kunnen vervolgens vergeleken worden met de klasse uit Tabel 3-4. Op deze manier kunnen de geïnterpoleerde zomer- en winterpeilen van de Maas gekoppeld worden aan een type waterstand.

Tabel 3-5: Zomer-, Winter- en totaal gemiddelde peilen bij Capelsche Uiterwaard.

	Zomer [m NAP]	Winter [m NAP]	Jaargemiddeld [m NAP]
<b>Gemiddelde</b>	0,51	0,74	0,62
<b>Klasse o.b.v. waterstandslijn RWS</b>	Normaal	Verhoogd	Licht Verhoogd

#### Waterhuishouding

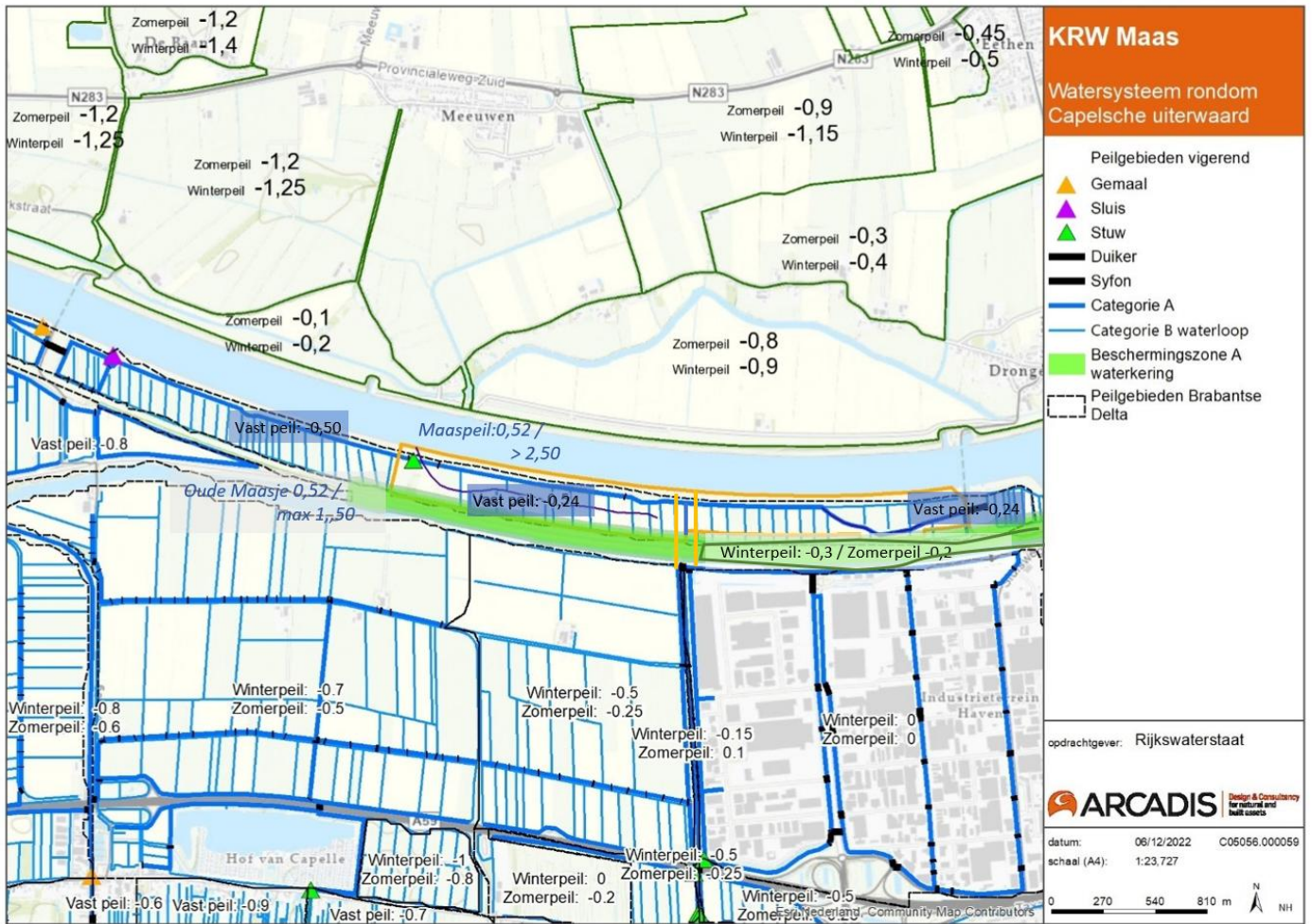
In het zoekgebied van Capelsche Uiterwaard liggen A- en B-watgangen van het beheergebied van Waterschap Brabantse Delta. De bodemhoogte van de A-watgang varieert tussen de NAP -0,73 m en NAP - 1,0 m. Ten oosten van het zoekgebied liggen ook nog enkelen B-watgangen. Deze watgangen en de watgangen in het zoekgebied wateren af richting het westen, waar een gemaal ligt.

In 2021 is er in het midden van het zoekgebied een geul gegraven van c.a. 50 m breed richting de Maas voor een connectie met het nieuwe gemaal de Slagen. De A-watgang ligt hier onderdoor met een duiker met diameter 800 mm. Waterschap Brabantse Delta heeft in dit gebied een vast peil vastgesteld van NAP - 0,5 m. Een bodemval (KST02160) aan de westzijde van het plangebied zorgt voor de handhaving van een hoger waterpeil (NAP -0,24 m) in het plangebied. Het huidige landgebruik in het gebied is voornamelijk landbouw. De kleine watgangen dienen ervoor om landbouwwater af te wateren. Het gemaal in het westen (Capelsche Veer) reguleert het peil in de hele uiterwaard.

Ten zuiden van het gebied ligt de primaire kering van Waterschap Brabantse Delta. Achter de kering ligt het Zuiderkanaal, dat aan de zuidzijde begrensd wordt door de regionale boezemkade. Het Zuiderkanaal is in 2021 in beheer overgedragen van Rijkswaterstaat naar waterschap Brabantse Delta. Het Zuiderkanaal is aan de westzijde aangesloten op de Maas. Het kanaal kan afgesloten worden met de keersluis Schipdiep. De sluis wordt gesloten als de Maas benedenstrooms een waterstand van NAP + 1,5 m heeft bereikt. Bij regulier peil op de Maas geldt voor het Zuiderkanaal dat het peil ca. NAP +0,52 m is. Verder naar het oosten, ter hoogte van het bedrijventerrein is in 2021 het gemaal De Slagen gesticht. Hierdoor kreeg het oostelijk deel van het Zuiderkanaal een lager waterpeil: NAP-0,30 / NAP -0,20 m voor winterpeil en zomerpeil. Het zoekgebied wordt dus ingesloten tussen de Maas en Zuiderkanaal. Op de bathymetriekaart van Rijkswaterstaat zijn voor het gedeelte tussen de Veerweg en ongeveer het begin van het industrieterrein bodemhoogtes opgenomen. Gemiddeld wordt de bodemhoogte ingeschat op NAP -2,0 meter. De

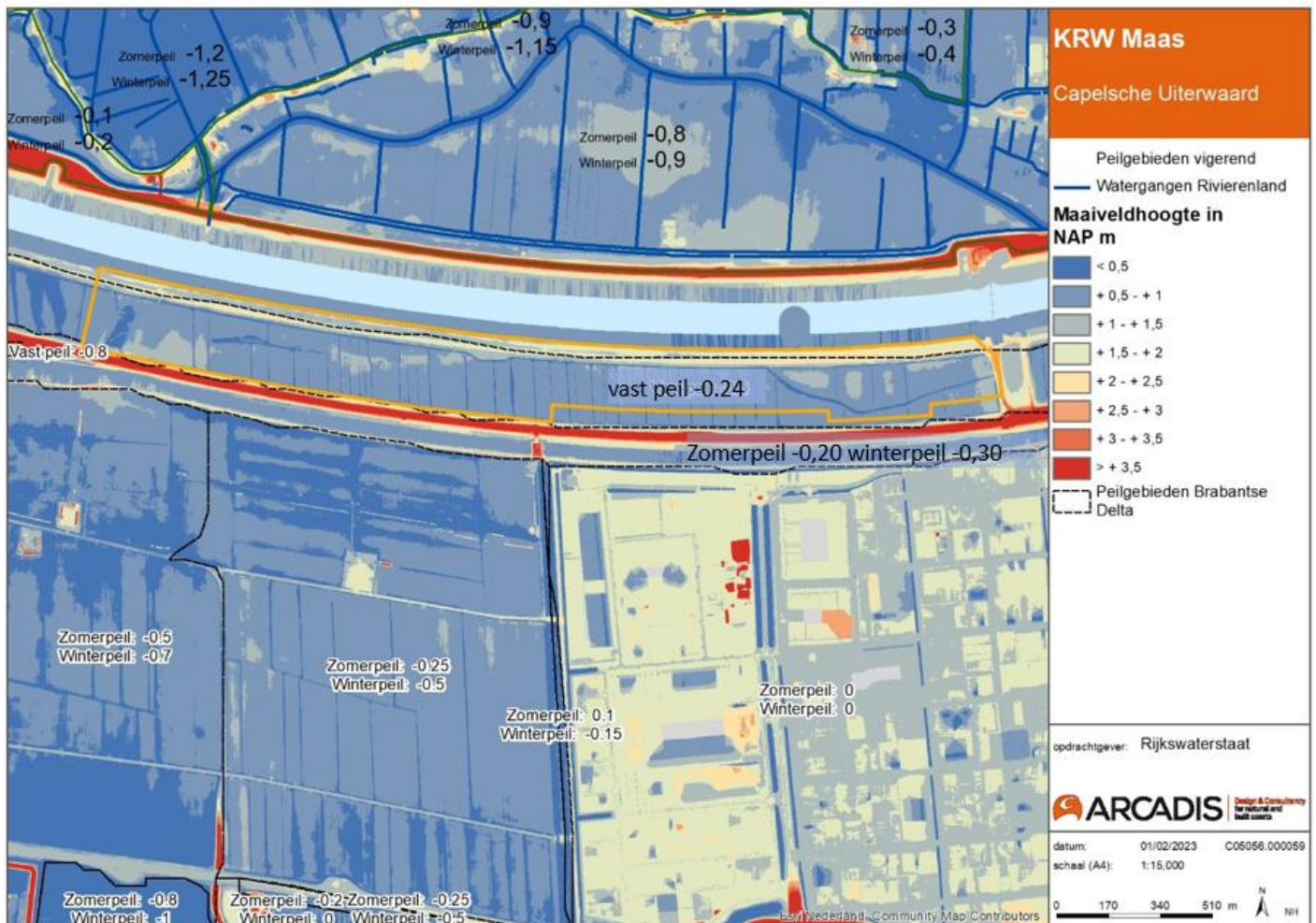
baggerkaart van Rijkswaterstaat van het Oude Maasje (2010) laat zien dat ten oosten van het gemaal De Slagen de baggerlaag van de bodem op NAP -1,0 of hoger ligt. Het is niet bekend of het kanaal in directe verbinding staat met het watervoerend pakket (zoals de Maas) of dat nog klei/veen onder de bodem van het kanaal aanwezig is.

Ten zuiden van het Zuiderkanaal ligt het verdere beheergebied van Waterschap Brabantse Delta. Hier liggen vier verschillende peilgebieden met variërend peil tussen de NAP -0,7 m en NAP + 0,1 m.



Figuur 3-10 Watersysteem Capelsche Uiterwaard en omgeving (Waterschap Brabantse Delta en Waterschap Rivierenland).

Het maaiveld in het zoekgebied varieert tussen NAP + 0,5 m en NAP + 1,0 m. De zomerkade ten noorden van het gebied heeft een hoogte van NAP + 1,9 m. Dit betekent dat dit gebied ongeveer eens per jaar onder water loopt.



Figuur 3-11: Maaiveldhoogtes in de omgeving van de Capelse Uiterwaard

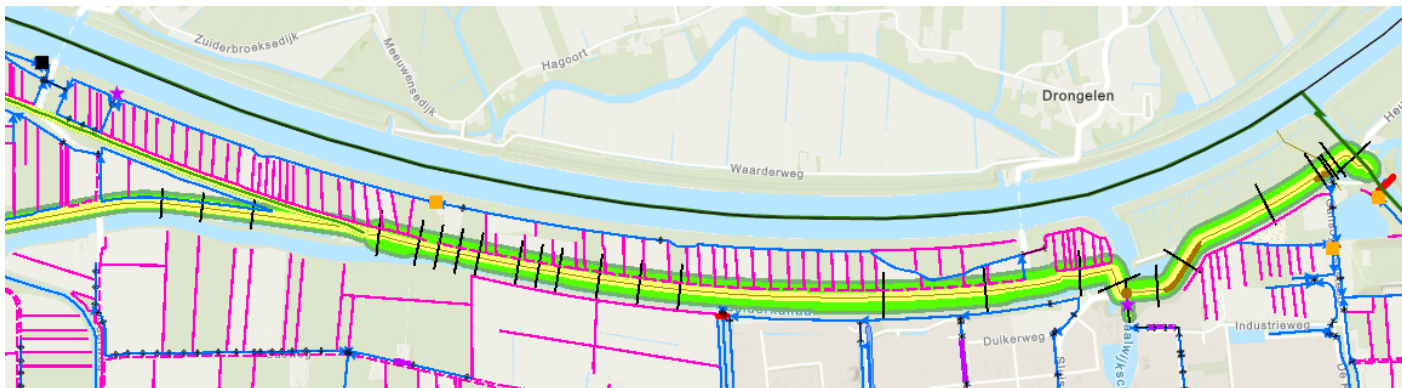
Tabel 3-6 | Kenmerken waterhuishouding

Kenmerk	Waterpeil	Dimensies	Toelichting
Zomerbed			Overstroomt 1-2 dagen per jaar.
A-Watergang			Watert af richting gemaal in het Westen.
B-Watergang			Watert af richting A-watergang landbouwwater.
Zuiderkanaal	Fluctuerend met Maas		Fluctuerend waterpeil samen met de Maas, bij NAP + 1,50 m vast peil op NAP + 1,50 m in verband met in Westen gelegen sluis.

### Waterkeringen

De Beneden Maas ligt op ca. 250 m van de primaire kering van het Brabantse Delta. Vanaf de referentie-lijn van de kering geldt een beschermingszone van ca 60 m (beschermingszone A en B) in de uiterwaarde waarvoor onder

andere geldt dat er geen graafwerkzaamheden uitgevoerd mogen worden. De duikersluis ter hoogte van km 236.2 (Waalwijksche Haven) doorsnijdt de kering.



Figuur 3-12 Ligging van de primaire kering en de beschermingszone ten opzichte van het maatregelgebied.

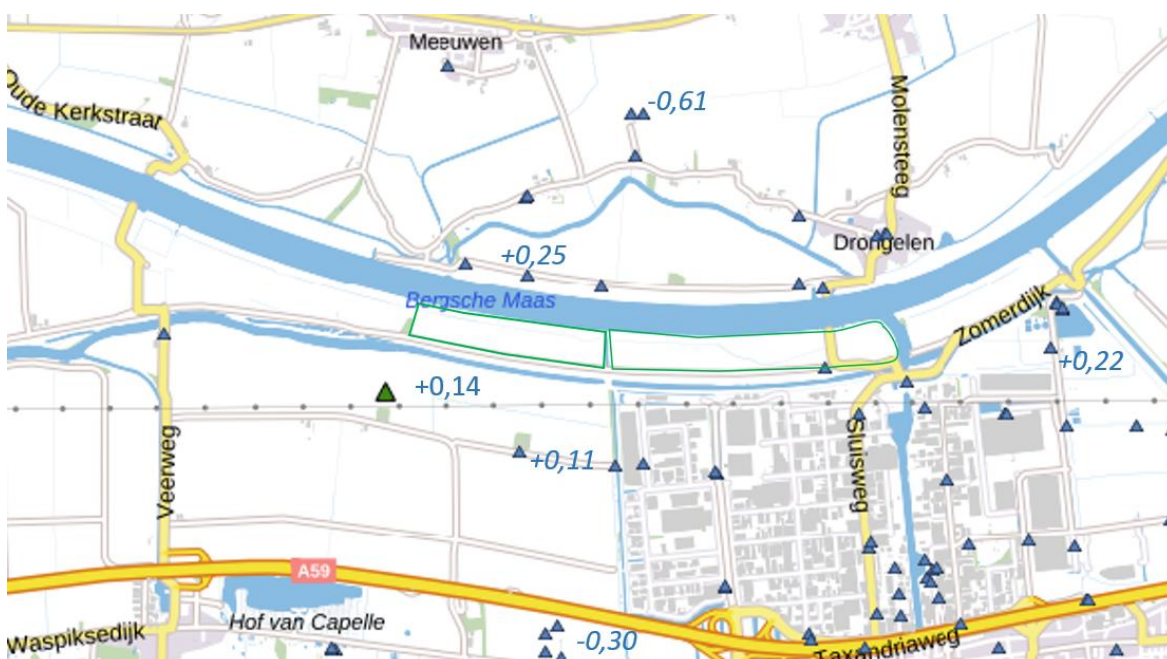
De effecten op de waterveiligheid worden beoordeeld in onder het thema geotechniek. Voor de toetsing van de stabiliteit van waterkeringen houdt het waterschap Brabantse Delta rekening met de hoeveelheid klei die in de uiterwaarden aanwezig is. Indien de deklaag een significante hoeveelheid klei in het voorland heeft, draagt dit bij tot een laag verhang in de watervoerende laag onder de kering. De hoeveelheid kwelwater en de drukverdeling is dan relatief gunstig voor een aantal deoltoetsen van de waterveiligheid.

## 3.4 Grondwater

Hieronder wordt kort de beschikbare informatie over de grondwaterstanden (freatisch en stijghoogte) samengevat.

### Meetreeksen peilbuisgegevens

In de uiterwaard zelf zijn geen meetgegevens beschikbaar. De beschikbare peilbuizen bevinden zich met name in het stedelijke gebied ten zuiden van de dijk, in het industriegebied Haven. Er zijn twee peilbuizen beschikbaar in het landelijke gebied, op een afstand van minimaal 500 meter ten zuiden/zuidwesten van het projectgebied (Figuur 3-13). In de figuur is aangegeven wat de gemiddelde stijghoogte van de peilbuizen is onder de deklaag.



Figuur 3-13 Stijghoogte in het eerste watervoerende pakket; projectgebied in groen omzoomd (bron: [www.grondwatertools.nl/gwsinbeeld](http://www.grondwatertools.nl/gwsinbeeld)).

De stijghoogte in de polders naast de Maas daalt met de afstand van de rivier. Vanwege de relatief grote weerstand van de deklaag kan de grondwaterstroming en de stijghoogte eenvoudig met een stromingsformule voor semi-spanningswater bepaald worden.

Peilbuis B44E0224 ligt 500 m van het gebied en is het meest dichtstbijzijnde meetpunt met recente grondwaterstandmetingen. De peilbuis staat in een polder met een polderpeil dat fluctueert tussen de NAP -0,5 m (zomer) en NAP -0,7 m (winter). Het freatisch grondwater zit gemiddeld op NAP -0,06 m. In het diepere pakket (Formatie van Kreftenheye), is de mediane stijghoogte NAP +0,11 m. Dit is lager dan de gemiddelde Maas-waterstand. Dit wijst erop dat de Maas via de Formatie van Kreftenheye een infiltrerende werking heeft.

Peilbuis B44F0229 ligt in het peilvak met een hoger peilregime (NAP -0,25 m ZP en NAP -0,50 m WP). Deze peilbuis heeft alleen filters onder het Holoceen, op dieptes tussen de NAP -4 en NAP -27 m. De mediane stijghoogte voor de drie filters verschilt nauwelijks en ligt op ca. NAP +0,08 m.

De statistieken voor bovenstaande peilbuizen zijn opgenomen in Tabel 3-7.

Tabel 3-7 Gegevens meetreeksen peilbuizen landelijk gebied (geraadpleegd via [grondwatertools.nl](http://grondwatertools.nl))

Peilbuis	Meetperiode	Filterstelling [m NAP]	Maaiveld- hoogte [m NAP]	Polderpeil zom-wint [m NAP]	RLG (10%) [m NAP]	Mediaan (50%) [m NAP]	RHG (90%) [m NAP]
B44E0224	2004-2019	-0,42 tot -1,42	+0,68	-0,5 en -0,7	-0,25	-0,06	+0,44
	" "	-3,61 tot -4,61	" "	" "	-0,07	+0,11	+0,41
B44E0209	1985-2004	-1,20 tot -2,20	+1,35	-0,25 en -0,5	-0,14	+0,09	+0,43
B44F0229	1987-2020	-4,12 tot -5,12	+1,24	-0,25 en -0,5	-0,06	+0,08	+0,29
	" "	-8,67 tot -10,67	" "	" "	-0,08	+0,05	+0,28
	" "	-27,7 tot -29,7	" "	" "	-0,10	+0,08	+0,33

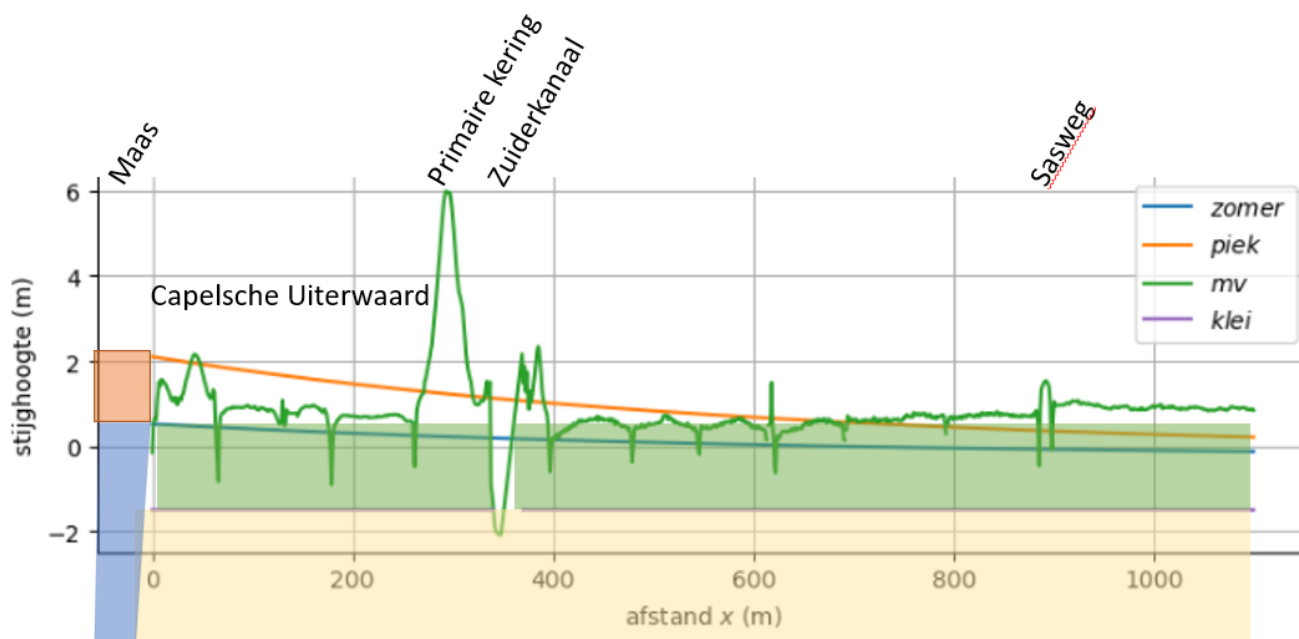
#### Interactie Maaswaterstanden

De Maas doorsnijdt het goed doorlatende pakket van de Formatie van Kreftenheye tot een diepte van NAP -6,3 m (oosten) à NAP -6,1 m (westen). Tot op een diepte van NAP -30 m bestaat de ondergrond voornamelijk uit goed doorlatende grofzandige en deels fijnzandige lagen (Kreftenheye en Sterksel). Daaronder begint een waterremmende laag van leem, klei en veen (Stamproy, Peize-Waalre). De waterstanden op de Maas hebben hierdoor een sterke invloed op de grondwaterstanden in het gebied (zie ook hoofdstuk 3.2). Er zijn vrijwel geen storende lagen aanwezig (zie ook hoofdstuk 3.3) om interactie te vertragen of tegen te houden, afgezien van de deklaag van klei en veen.

Het grondwater in de regio stroomt over het algemeen van de hogere zandruggen in het zuiden (Kaatsheuvel/Loon op Zand) naar het lagergelegen noorden richting de Maas. Er zijn geen grondwatertrappen in het zoekgebied vastgesteld. Lokaal worden de freatische grondwaterstanden beïnvloed door vastgestelde polderpeilen en hangwater boven en in de slecht doorlatende deklaag. Nabij de Maas is ook de interactie en invloed van de Maas van invloed op de grondwaterstanden rondom de Maas. In de uiterwaarde zal de freatische grondwaterstand dus beïnvloed worden door zowel de aanwezige watergangen (vast peil van NAP -0,5 m) als de Maas (onder andere via kwel).

De grondwaterstroming van de Maas naar de polders aan de zuidoever van de Maas kan geschematiseerd worden volgens een analytische formule die de stroming vanaf een kanaal naar een gedraineerd poldergebied beschrijft. Het resultaat van de analytische formule is in onderstaande dwarsdoornede weergegeven. Er zijn twee situaties doorgerekend: de licht verhoogde waterstand in de zomer en hoogwater (T=10) op de Maas. In beide gevallen voedt de Maas het eerste watervoerende pakket. Via de slecht doorlatende klei- en veenlaag komt kwel uit het eerste watervoerende pakket naar de polders. Daarbij is gerekend met de weerstand van de deklaag van 156 dagen, zoals is afgeleid voor het westelijk deel van het maatregelgebied. (paragraaf 3.2).





Figuur 3-14 Schematische weergave van grondwaterstroming van de Benedenmaas naar de Capelsche Polder via de Capelsche Uiterwaard bij licht verhoogde waterstand in de zomer (+0,62 m) en hoogwater (piek. T=10; +2,50 m) op de Maas. Het maaiveld volgens AHN4 is bepaald bij het dwarsprofiel ter hoogte van de toekomstige getijddegeul.

In dit schema zorgt de bemaling van poldersloten voor de afvoer van kwel die vanuit het eerste watervoerende pakket omhoogkomt in zowel de Capelsche Uiterwaard als in de Capelsche polder. In de schematische weergave is geen rekening gehouden met het peil van het Zuiderkanaal, dat vrijwel gelijk staat aan de Maas (maximaal NAP +1,50 in het westelijke deel).

De spreidingslengte geeft aan hoe groot de invloed van een peilverschil op de Maas kan zijn. De spreidingslengte varieert tussen 350 m en 500 m. Op basis van de kenmerken van het grondwatersysteem kan berekend worden hoe de stijghoogte en de kwel verdeeld worden bij verschillende waterstanden.

In hoofdstuk 2 van het boek 'Analytical Groundwater Modeling' staat een script om het verloop van de stijghoogte en de kwel in deze situatie uit te rekenen. De uitkomsten van de berekening staan in onderstaande grafiek weergegeven. Vanwege een spreidingslengte van 484 m is op een afstand van ca. 2000 m vanaf de Maas invloed merkbaar bij langdurig hoge waterstanden (waterstand van NAP +2,50). In het gebied van de Capelsche Uiterwaard (tot ca. 280 m vanaf de Maas) zal de stijghoogte onder de klei bij hoogwater variëren tussen de NAP +2,0 m en NAP +1,4 m.

De resultaten van de analytische berekening zijn vertaald naar de kwel in mm per dag die langs het profiel van figuur 3.13 optreden. In bijlage B is de berekening in meer detail toegelicht.

Tabel 3-8 |Berekende stijghoogten en kwel voor het dwarsprofiel bij figuur 3.13.

locatie	Maas	CU centr	CU zuid	teen dijk	hiel dijk	Zuiderkan pad	Sasweg	Sasweg2	
afstand	0	125	250	275	325	370	625	925	1099.00
maaiveld	-5.0	0.91	0.71	0.65	5.03	-0.98	0.427	0.971	0.93
polderpeil (freatisch)	0.52	-0.24	-0.24	-0.24	0.52	0.52	-0.25	-0.25	-0.25
stijghoogte wp1 (T=10)	<b>2.50</b>	<b>2.00</b>	<b>1.51</b>	<b>1.43</b>	<b>1.27</b>	<b>1.15</b>	<b>0.62</b>	<b>0.26</b>	<b>0.14</b>
stijghoogte wp1 (zomer)	<b>0.52</b>	<b>0.37</b>	<b>0.23</b>	<b>0.21</b>	<b>0.16</b>	<b>0.13</b>	<b>-0.03</b>	<b>-0.13</b>	<b>-0.17</b>
weerstand c (m/d)	10	156	156	156	156	50	156	156	156
dh (T=10)		-0.50	-0.99	-1.07	-0.23	-0.35	0.87	0.51	0.39
T10 kwel (mm/d)		<b>-3.2</b>	<b>-6.3</b>	<b>-6.9</b>	<b>-1.5</b>	<b>-7.1</b>	<b>5.5</b>	<b>3.3</b>	<b>2.5</b>
dh (zomer)	0.00	0.61	0.47	0.45	-0.36	-0.39	0.22	0.12	0.08
zomer kwel (mm/d)	0.0	<b>3.9</b>	<b>3.0</b>	<b>2.9</b>	<b>-2.3</b>	<b>-7.9</b>	<b>1.4</b>	<b>0.8</b>	<b>0.5</b>

#### Kwel en wegzijging

In de polder van de Capelsche Uiterwaard komt kwel voor in de zomer, in de orde van 5 mm/dag. Bij hoogwater en inundatie van de polder zal een deel van het water wegzijgen, omdat de stijghoogte onder de polder lager is dan het niveau van de Maas.

In de polders achter de primaire kering komt enige kwel voor. In de zomer is dat in orde 1 mm/dag; dit kan bij hoogwater op de Maas oplopen naar 5 mm/dag.

In de zone rondom het Zuiderkanaal vindt altijd wegzijging plaats. Bij een weerstand van 50 m/dag van de kanaalbodem zal er ongeveer 7 mm/dag infiltreren vanuit het kanaal. Voor de inzijging tijdens hoogwater is gerekend met een waterstand van NAP +1,5 m.

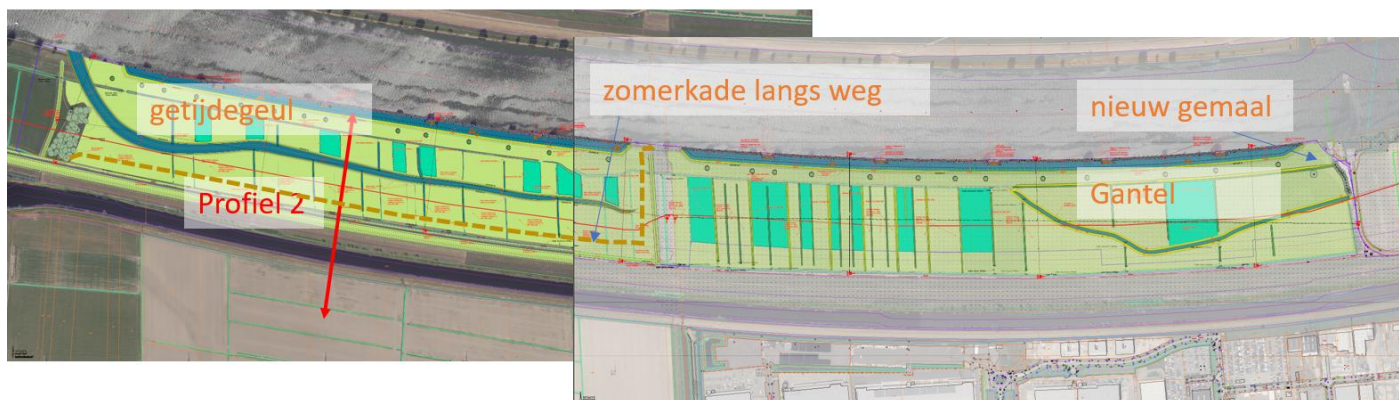
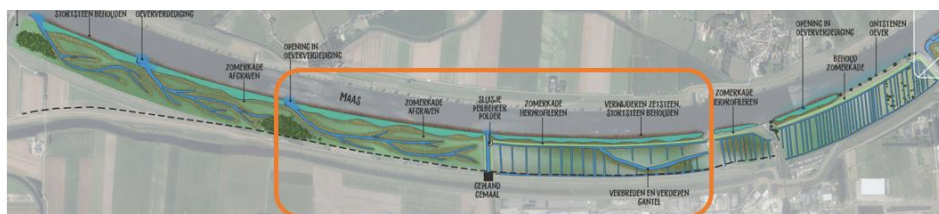
#### Zoet/zout grensvlak

Het zoet/brak grensvlak bevindt zich op meer dan 100 m diepte (<https://www.grondwatertools.nl/thema-grondwater-projecten/zoet-en-zout-grondwater>).

## 4 Toekomstige situatie

### 4.1 Ontwerp<sup>2</sup>

In Bijlage A is de inrichtingsschets van Capelsche Uiterwaard opgenomen. In het westen van het gebied wordt er een geul gegraven, waarbij de A-watergang in het systeem wordt doorkruist en daarnaast ook enkele B-watergangen. In het oosten worden enkele extra B-watergangen toegevoegd. De getijdegeul heeft een bodemdiepte van circa NAP - 0,7 m nabij de monding bij de Maas, aflopend tot NAP -0,25 uiterst in het oosten. Daarnaast wordt er een lagune gerealiseerd in het noorden van het gebied: de zomerkade wordt deels afgegraven en er wordt een afgeschermd natuurvriendelijke oever achter de huidige stenige oever aangelegd. In een eerdere versie van het ontwerp werd het gebied rondom de Gantel aangesloten op de Maas. In het actuele ontwerp valt de Gantel buiten de maatregelcontour, aangepast en wordt een bemaling van het oostelijke deel van het plangebied opgenomen. In onderstaande figuur is het meest recente overzicht van het ontwerp opgenomen.



Figuur 4-1: Ontwerp van de Capelsche Uiterwaard

Tabel 4-1 | Randvoorwaarden en variabelen maatregel/ontwerp

Kenmerk	Referentiehoogte*	Dimensies	Toelichting
Getijdegeul	Bodemhoogte NAP -0,7 tot NAP -0,25 m	c.a. 1.400 meter lang en 25 meter breed	Direct verbonden met de Maas.
Lagune Noord	Bodemhoogte NAP -0,5	2 lagunes van circa 1.100 en 1.300 meter lang	Stenen oevers met openingen vanaf de Maas
Zomerkade langs wegsloot	Kleikade langs weg bij dijk op westelijk deel.	Kade op NAP +2,1 m, waterloop aansluiten op het getijdegeul-gebied, oostelijk deel	Drooglegging en ontwatering van de weg in

<sup>2</sup> Voor alle conditionerende onderzoeken is de onderzoeksinspanning bepaald op het ontwerp uit Fase 1 (SO). Het is mogelijk dat gedurende fase 2 (van SO via SO+ naar SO++) het ontwerp van de maatregel aangepast is op basis van voortschrijdende inzichten vanuit omgeving of de uitgevoerde conditionerende onderzoeken. De onderzoeksinspanning is echter altijd dekkend voor het uiteindelijke SO++

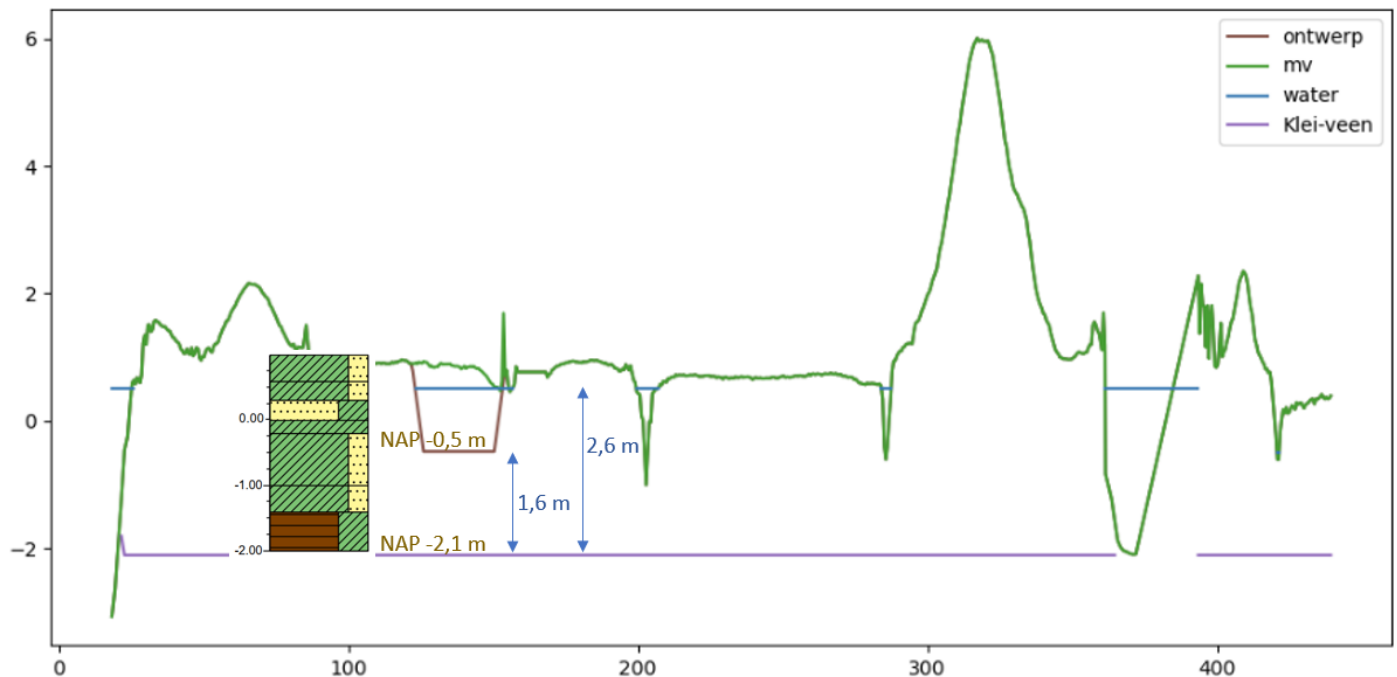
Nieuw gemaal

Op hoogte boven  
overstromingsniveau

Bij Sluisweg Waalwijk

\*Waterpeil/drempelhoogte bepaald op basis van ontwerp. Indien deze niet beschikbaar is, is de berekende GVG gebruikt als tijdelijke drempelhoogte. Deze worden mogelijk veranderd na de GxG analyse van de gezette peilbuizen.

Het dwarsprofiel van de Capelsche Uiterwaard laat zien dat onder de geulbodem nog ca. 1,60 m aan klei- en veen aanwezig is. Door de aansluiting op het gemiddelde waterpeil van de Maas zal het grondwater in de Capelsche Uiterwaard structureel verhoogd worden naar ca. NAP +0,5 m.



Figuur 4-2 Dwarsprofiel van het maaiveld en de toekomstige getijdegeul bij profiel 2, inclusief bodemopbouw volgens boring B008

In het profiel van figuur 4-2 is nog niet opgenomen dat aan de linker- of noordzijde van de primaire kering de bestaande wegsloot het waterpeil van NAP -0,23 m blijft houden. Een nieuwe zomerkade ten noorden van deze bermsloot zorgt dat in het deel van de getijdegeul de weg droog blijft bij de reguliere hoogwater-perioden op de Maas.

## 4.2 Oppervlaktewater

In het ontwerp worden watergangen in het gebied gedempt of aangepast. Het is daarom van belang om te kijken of watersysteem niet significant wordt beïnvloed. De toekomstige geul snijdt de A-watergang in het gebied. Daarnaast worden de B-watergangen in het gebied deels gedempt of aangepast door ofwel de geul die er doorheen loopt, ofwel dempingen door toepassen van duikers. Het ontwerp blijft buiten de beschermingszone A en beschermingszone B van de primaire kering.

Het ontwerp heeft invloed op de waterstanden in het gebied. Het gebied ligt ingesloten tussen de Maas en het Zuiderkanaal. De waterstanden in het Zuiderkanaal volgen het peil van de Maas voor het deel ten westen van het gemaal de Slagen (~NAP +0,52 m tot maximaal NAP +1,50 m). Ten oosten van gemaal de Slagen komt op het Zuiderkanaal een zomer- en winterpeil van NAP -0,2 en -0,3 meter. Veranderingen ten noorden van het Zuiderkanaal zullen door de ligging van de kering weinig invloed hebben op het grondwaterstanden ten zuiden van het Zuiderkanaal.

De A-watergang wordt in het ontwerp onderbroken in het westen van het zoekgebied. Om afwatering van deze A-watergang te kunnen blijven garanderen kan gekozen worden om af te wateren op de Maas via de ontworpen geul, of om een duiker onder de geul door te leggen. Door de duiker toe te passen wordt de afwatering vanuit het Oostelijke gebied gegarandeerd. Het oostelijke gebied watert namelijk via een duiker onder de geul in het midden van het

zoekgebied af op het Westelijke gebied. Waterkwaliteit moet hier worden meegenomen in de keuze: Bij een functiewisseling van landbouw van natuur, is er voor vele jaren nog invloed op waterkwaliteit van de landbouw. Als er afgewaterd wordt op de Maas, moet deze kwaliteit meegenomen worden.

De afwatering in het gebied wordt sterk beïnvloed door het ontwerp.

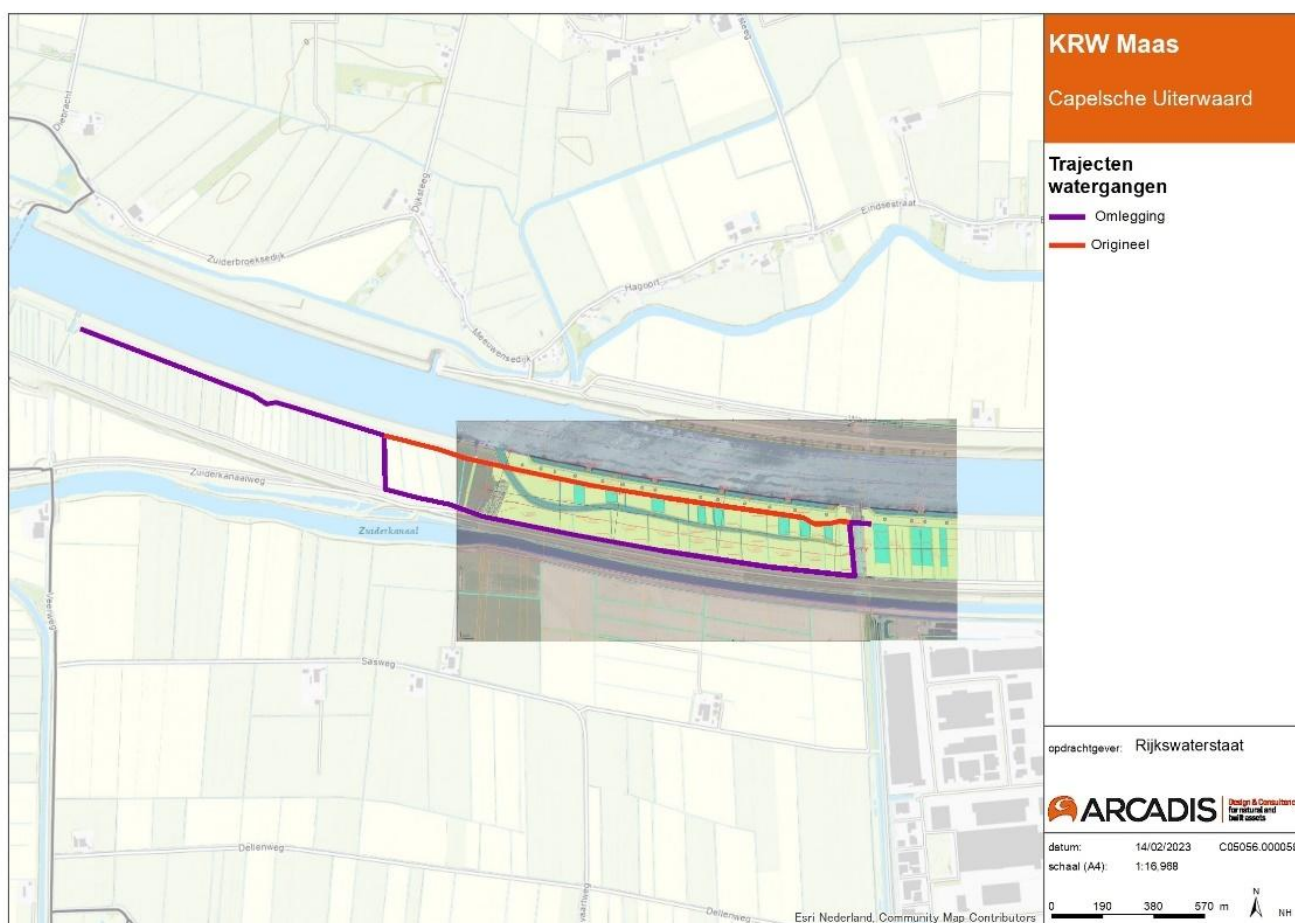
#### 4.2.1 Ontwerp van de afwatering

Er zijn twee varianten van de afwatering van het oostelijk deel van de Capelsche uiterwaard onderzocht. In de eerste variant stroomt het water via een omleiding naar het westen toe. In de tweede variant stroomt het water naar een nieuw gemaal aan de oostzijde.

Het water afkomstig van het oostelijke gebied moet afwateren naar het westelijk gelegen gemaal KGM00028. In het ontwerp is onderzocht welke inpassing nodig is om de afvoer van het achterland niet te verhinderen. Met een hydraulisch model (SOBEK) is onderzocht of de ruimtereservering en het dwarsprofiel van de watergang voldoende is.

Het traject van de omlegging van de watergang is gegeven in Figuur 4-3, waar de omlegging langs de dijk is gelegd. Het originele traject is circa 1.800 m lang, en de omlegging circa 2.200 m lang. Het is van belang dat het totale verhang bij de verlenging van de watergang niet verandert.

De maatgevende afvoer is  $0,083 \text{ m}^3/\text{s}$  (8,4 mm/d vermenigvuldigd met het oppervlak van het afwaterend gebied van 85 ha). De stroming van dit debiet over de stuw KST02160 met een breedte van 0,80 m levert een overstortende straal van 0,15 m op. Bij een laagste instelpeil van de stuw van NAP -0,24 m zal het bovenstroomse peil bij reguliere afvoer een hoogte van NAP -0,09 m hebben. Voor de toetsing van watersystemen is dit waterpeil uitgangspunt.



Figuur 4-3: Traject huidige tracé (rood) en omleiding toekomstige watergang (paars)

De uitgangspunten voor de toetsing zijn:

- Toetsingscriteria:
  - De opstuwing bovenstrooms mag niet groter worden.
  - De benedenstroomse randvoorwaarden (het vaste peil in het peilgebied) blijft gelijk bij beiden tracés. Het zuidelijke tracé krijgt hiermee een kleiner verhang door de grotere lengte.
- Randvoorwaarden
  - Maatgevende afvoer 0,083 m<sup>3</sup>/s.
  - Benedenstroomse waterstand van NAP -0,50 m.
  - Stuwpeil bij KST02160: NAP -0,09 m

Tabel 4-2 Afmetingen te verleggen waterloop bij getijdegeul

onderdeel	Huidige tertiaire watergang (geschat)	Huidige primaire watergang (rood)	Primaire watergang omgeleid langs kering
Insteek hoogte ( NAP m)	0.4	0.6	0.6
Breedte op de insteek	3.28	7.37	7.77
Talud 1:	1	1.5	1.5
Waterpeil (NAP m)	-0.24	-0.24	-0.24
breedte op waterpeil (m)	2.00	4.85	5.25
waterdiepte (m)	0.75	0.75	0.75
Bodembreedte	0.5	2.6	3.0
Bodemhoogte (NAP m)	-0.99	-0.99	-0.99
nat profiel (m2)	0.94	2.79	3.09

Het verval over de in de huidige situatie is 4 cm over een lengte van 1600 m. De toekomstige watergang wordt 400 m langer. Om hetzelfde verval te behouden moet de slootbodem 30 cm breder worden.

De verlegde watergang krijgt een bodembreedte van 3,0 m en een breedte op de waterlijn van 5,25 m. De huidige dijkslot heeft volgens de AHN4 een breedte op de waterlijn van ca. 1,5 m en is erg ondiep (minder dan 10 cm waterdiepte). De breedte op de insteek zal toenemen van ca. 3,3 m naar ca. 7,8 m. Bij een bodemhoogte van NAP -1,0 m blijft er vermoedelijk nog 1,5 m klei en veen over onder de slootbodem



Figuur 4-4 Inpassing van de primaire watergang langs de weg Zomerdijk.

In de berekening is gerekend met een waterpeil van NAP -0,24 m. Het profiel kan mogelijk nog geoptimaliseerd worden omdat uit de berekeningen blijkt dat er ruim voldoende afvoercapaciteit is.

#### 4.2.2 Variant 2: Afwatering op nieuw gemaal

Verdieping en verbreding van de watergang langs de zomerdijk wordt niet kansrijk geacht, omdat dit de stabiliteit van de primaire waterkering kan ondermijnen. Als alternatief is een oplossing uitgewerkt waarbij ten oosten van de sifon onder het uitwateringskanaal een nieuw gemaal gesticht gaat worden. De uitgangspunten voor dit gemaal zijn:

- Randvoorwaarden
  - Afwaterend oppervlak 100 ha
  - Maatgevende afvoer 0.10 m<sup>3</sup>/s (6 m<sup>3</sup>/min)
  - Inslag bij NAP -0,24 m.



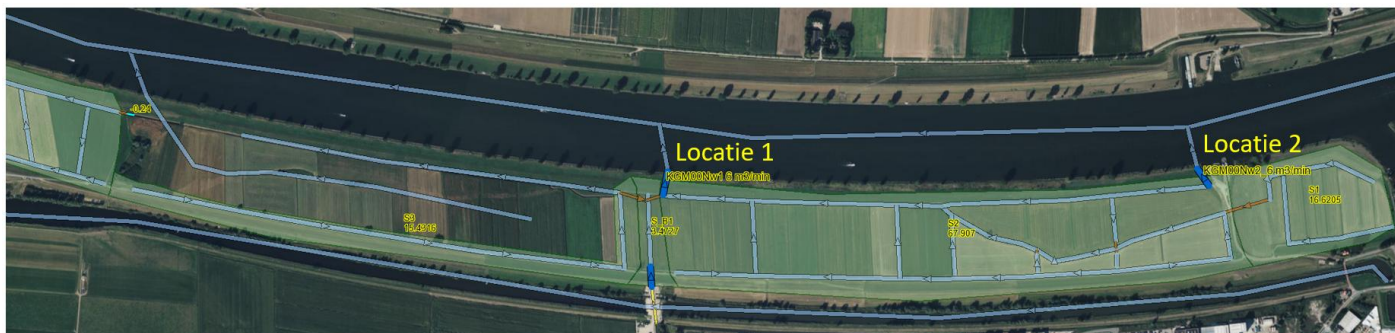
Figuur 4-5 Voorstel voor plaatsing van een nieuw gemaal op locatie 1 (afwateringskanaal) of op locatie 2 (Veerweg).

Het gemaal kan uitgevoerd worden in dezelfde vorm als het huidige gemaal KGM00028 (Figuur 4-6). De elektronica van het gemaal staat droog opgesteld boven het hoogwaterniveau van de Maas. Voor het gemaal is een doorsteek door de zomerdijk gegraven.



Figuur 4-6 Droge opstelling van gemaal GKM00028 (24 m<sup>3</sup>/min) bij de Sprank Capelse Veerweg.

Er zijn twee locaties mogelijk voor de plaatsing van het gemaal. In overleg met de opdrachtgever (Rijkswaterstaat) wordt de locatie 2 als voorkeurslocatie opgenomen in het ontwerp.



Figuur 4-7 Twee mogelijke locaties voor de afwatering van het nieuwe gemaal.

Locatie 1. Een nieuwe gemaal bij de sifon van het afwateringskanaal is het meest logisch voor instandhouding van de afwatering. Het water in de waterlopen blijft afwateren richting het westen.

Locatie 2. Een nieuw gemaal bij de Sluisweg van het veer Waalwijk-Drongelen heeft een toegangsweg en is daardoor goed te onderhouden. De stromingsrichting van het water zal voor een deel omgekeerd moeten worden om het gemaal te bereiken.

## 4.3 Grondwater

De maatregel in de Capelsche Uiterwaard bestaat uit twee onderdelen die van invloed kunnen zijn op grondwaterstroming en stijghoogten:

1. De aanleg van een getijdegeul zorgt voor een afname van de doorlatendheid van de deklaag in de uiterwaarden. Omdat de Maas hier infiltreert naar de naastgelegen polders wordt iets meer kwel in de uiterwaard verwacht.
2. Het voeren van een waterpeil dat overeenkomt met het peil van de Maas in een deel van de uiterwaard zorgt voor hogere freatische grondwaterstanden in dat deel van de uiterwaard. De oorspronkelijke kwel in dit deel van de uiterwaard neemt af en zal mogelijk overgaan naar infiltratie.

De aanleg van een nieuwe zomerkade langs de weg en het instant houden van een polderpeil in de ondiepe tertiaire waterloop langs de weg wordt niet meegenomen in de toetsing. Er is aangenomen dat ondiepe sloot geen invloed heeft op de grondwaterstanden in het eerste watervoerende pakket en vanwege de dikke klei- en veenlaag maar beperkt invloed heeft op het freatische grondwater.

Door een deel van de toplaag af te graven tot NAP -0,5 m neemt een deel van de weerstand van de kleilaag af. Voor de afname van de weerstand wordt rekening gehouden met het deels droge deel van de bodem (hoger verticaal doorlaatvermogen) en het natte deel (compact en met een lager verticaal doorlaatvermogen).

De effecten van de maatregel op het grondwatersysteem zijn inzichtelijk gemaakt met een analytische berekening. De methode en uitgebreide beschrijving van de resultaten is opgenomen in Bijlage B. In Tabel 4-5 zijn de effecten van de maatregel getoetst aan het beoordelingskader. In hoofdstuk 4.4 worden de effecten op de omgeving beschouwd.

De voornaamste oorzaak voor geohydrologische effecten zijn veranderingen in deklaagweerstand door de realisatie van de nieuwe geul (vergraving). De deklaagweerstand neemt af met ca 5%, gemiddeld in de hele uiterwaard. De geulbodembreedte is 25 m breed; op de insteek is de breedte 40 m: gemiddeld wordt 22,5 m ontgraven voor de geul. Daarnaast wordt ca. 25 m aan lagune ontgraven. De hele uiterwaard inclusief dijkvoet is 310 m breed; waarvan ca. 46,5 m wordt ontgraven tot NAP -0,50 m. 85% van de uiterwaard wordt dus niet ontgraven. De resterende deklaag heeft nog ca. 1,6 m klei en veen. De resterende weerstand bij de geul wordt geschat op 80 dagen (1,60 m x 0,02 dagen/m). Het effect op de weerstand is als volgt bepaald:

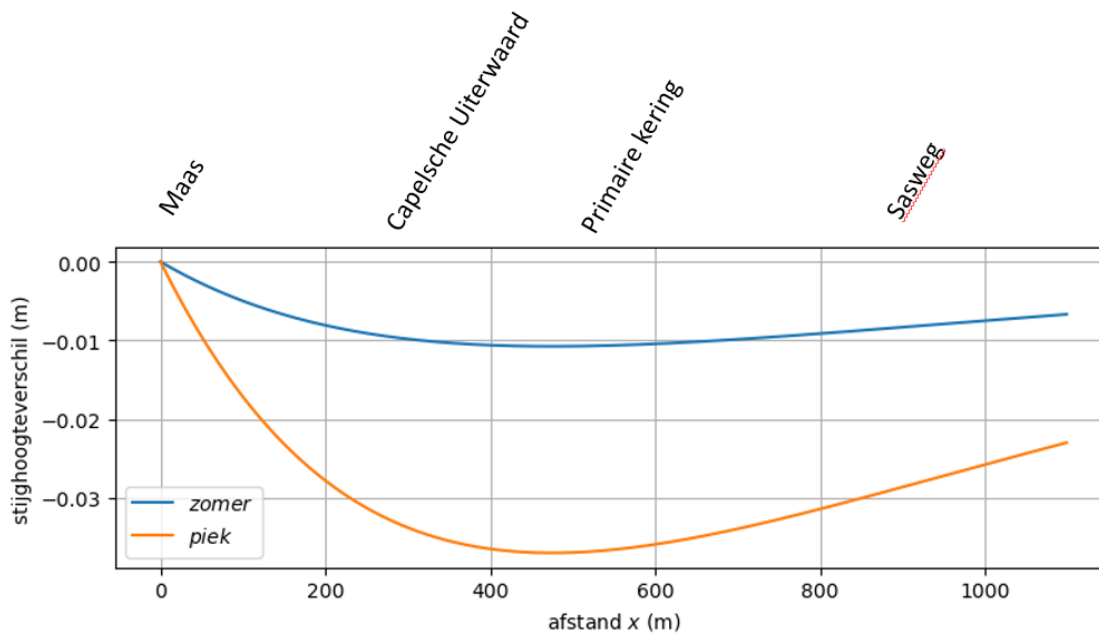
Oorspronkelijke weerstand: **156 dagen** x 310 m

De weerstand met afgegraven bovenlaag: 80 dagen \* 46 m. Resterende (overgraven) deklaag = 156 dagen x (310 - 46 m). De gemiddelde weerstand deklaag Capelsche uiterwaard wordt dan  $(46/310 * 80 + (310-46)/310 * 156 =)$  **144.5**



**dagen.** Bij een lagere weerstand wordt de spreidingslengte korter en zal bij gelijkblijvende overige omstandigheden de stijghoogte iets dalen.

In het geval van de Capelsche uiterwaard blijft nog afdoende deklaagweerstand over en wordt geen directe verbinding gecreëerd met het watervoerende pakket. Een wijziging van oppervlaktewaterstanden in de uiterwaard hebben minimaal effect op de stijghoogteveranderingen van het watervoerende pakket. Dit is aangetoond met een analytische berekening, waarbij de oorspronkelijke weerstand (156 dagen) en de gereduceerde weerstand (144.5 dagen) vergeleken zijn.



Figuur 4-8 Berekende verschillen in stijghoogte tussen de huidige situatie en de getijdegeul, in een dwarsprofiel ten opzichte van de Maas.

De verschillen in stijghoogte zijn beperkt. Bij de hoogte van de primaire kering ( $x = 300$  m) is het verschil minder dan 4 cm bij de  $T=10$  waterstand op de Maas. In deze berekening is geen rekening gehouden met de invloed van het Zuiderkanaal op de stijghoogte onder de kering.

De invloed van de verandering van de stijghoogte en de gewijzigde waterpeilen in de zomer op de kwel en infiltratie zijn geschat aan de hand van de berekende stijghoogte. Door de afname van de weerstand en door wijziging van het waterpeil in de Capelsche Uiterwaard vindt de grootste verandering plaats in de uiterwaard zelf. De kwel in deze uiterwaard verandert naar infiltratie, vanwege het gevoerde waterpeil. In de polder achter de primaire kering neemt de kwel iets af (van 0,8 mm/dag bij de Sasweg naar 0,7 mm/dag). De verandering is beperkt ( $< 0,1$  mm/dag en ongeveer 7% verandering).

Vanwege de beperkte verandering van de kwel zal er een zeer beperkt effect op het freatisch grondwater optreden in de polder achter de primaire kering. Omdat de verandering van de stijghoogte in de zomer minder dan 1 cm is zal het verschil in het freatisch grondwater kleiner dan 1 cm zijn. Dit verschil is verwaarloosbaar.

Tabel 4-3 Stijghoogten en berekende kwel bij de getijdegeul, inclusief verschil met de bestaande situatie.

locatie	Maas	CU centr	CU zuid	teen dijk	hiel dijk	Zuiderkan pad	Sasweg	Sasweg2	
afstand	0	125	250	275	325	370	625	925	1099
maaienveld	-5.0	-0.12	0.71	0.65	5.03	-2.08	0.427	0.971	0.93
polderpeil (freatisch)	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	-0.25	-0.25	-0.25
stijghoogte wp1 (T=10)	<b>2.10</b>	<b>1.66</b>	<b>1.23</b>	<b>1.16</b>	<b>1.03</b>	<b>0.92</b>	<b>0.47</b>	<b>0.18</b>	<b>0.07</b>
stijghoogte wp1 (zomer)	<b>0.52</b>	<b>0.37</b>	<b>0.22</b>	<b>0.20</b>	<b>0.15</b>	<b>0.12</b>	<b>-0.04</b>	<b>-0.14</b>	<b>-0.17</b>
weerstand c (m/d)	10	144	144	144	144	50	156	156	156
dh (T=10)		-0.44	-0.87	-0.94	-0.47	-0.58	0.72	0.43	0.32
T10 kwel (mm/d)		<b>-3.0</b>	<b>-6.0</b>	<b>-6.5</b>	<b>-3.3</b>	<b>-11.6</b>	<b>4.6</b>	<b>2.7</b>	<b>2.1</b>
dh (zomer)		-0.15	-0.30	-0.32	-0.37	-0.40	0.21	0.11	0.08
zomer kwel (mm/d)		<b>-1.0</b>	<b>-2.1</b>	<b>-2.2</b>	<b>-2.5</b>	<b>-8.1</b>	<b>1.4</b>	<b>0.7</b>	<b>0.5</b>
<b>Verschillen</b>									
T=10 kwel (mm/dag)		<b>-0.3</b>	<b>-0.6</b>	<b>-0.7</b>	<b>-0.4</b>	<b>-0.6</b>	<b>-0.2</b>	<b>-0.2</b>	<b>-0.1</b>
T=10 kwel ( % toename)		12%	12%	11%	15%	5%	-4%	-5%	-6%
zomer-kwel (mm/dag)		<b>-6.7</b>	<b>-6.8</b>	<b>-6.8</b>	<b>-0.3</b>	<b>-0.2</b>	<b>-0.1</b>	<b>-0.1</b>	<b>0.0</b>
zomer kwel ( % toename)		-119%	-144%	-149%	11%	3%	-5%	-7%	-8%

Tabel 4-4 | Effectbeoordeling grondwater

Situatie/toetsingscriteria	Effect
<b>Gemiddelde winter</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Grondwaterstand-/stijghoogte-verandering &lt; 5 cm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>In de eigen polder bij de getijdegeul treedt sterke vernatting op vanwege verhoging van het oppervlaktewaterpeil naar het fluctuerende Maaspeil.</li> <li>De verandering van het freatisch grondwater in de polder achter de primaire kering is minder dan 1 cm.</li> <li>Minimale verandering van de stijghoogte (&lt; 1 cm)</li> </ul>
<b>Gemiddelde zomer</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Grondwaterstand-/stijghoogte-verandering &lt; 5 cm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>In de eigen polder bij de getijdegeul treedt sterke vernatting op vanwege verhoging van het oppervlaktewaterpeil naar het fluctuerende Maaspeil.</li> <li>De verandering van het freatisch grondwater in de polder achter de primaire kering is minder dan 1 cm.</li> <li>Minimale verandering van de stijghoogte (&lt; 1 cm)</li> </ul>
<b>Hoogwatersituatie T=10</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Grondwaterstand-/stijghoogte-verandering &lt; 5 cm</li> <li>Kwelverandering &lt; 2%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>De verandering van de stijghoogte is maximaal 3,6 cm. Het verschil in freatische grondwaterstand is lager.</li> <li>De kwel in de polder bij hoogwater neemt af met ca.0,2 mm/dag (afname van ca. 6%)</li> </ul>

Alle onderdelen van de effectbeoordeling vallen binnen de grenzen van de toetsingscriteria. Een afname van de kwel bij hoogwater in de achterliggende polder wordt als een gunstig effect beoordeeld. De beperkte veranderingen van de kwel bij zomerse omstandigheden (orde 0,1 mm/dag) worden als niet significant beoordeeld.

## 4.4 Effecten op de omgeving

De hydrologische effecten zijn beoordeeld op nadelige gevolgen voor de omgeving. Op twee omgevingsaspecten wordt een negatief effect verwacht, beide op het onderdeel oppervlaktewater. Een uitgebreide beschrijving van de rekenmethode en de resultaten zijn opgenomen in Bijlage B. In onderstaande paragrafen worden de relevante omgevingsaspecten toegelicht.

Tabel 4-5 Samenvatting effecten op de omgeving

Onderdeel	Omgevingsaspect	Toelichting	Beoordeling
<b>Oppervlaktewater</b>	Waterhuishouding	Meer natuurlijk watersysteem in een polder; opsplitsing van een grotere afwateringseenheid in meerdere bemalingseenheden;	Neutraal/ <b>negatief</b>
	Afvoercapaciteit (Legger)	Afvoerfunctie wordt beïnvloed door een A-watgang te doorsnijden. Er moet gekozen worden hoe deze watgang nu afwatert: Met een duiker richting het Westen of afwateren op de maas via de aangebrachte geul.	<b>Negatief</b>
<b>Grondwater</b>	Waterhuishouding	Verhoging van de freatische grondwaterstanden in de uiterwaard (vernatting). Binnendijs verwaarloosbaar effect op freatische grondwaterstand of stijghoogte.	Neutraal
	Waterveiligheid	Geen significante verandering van de stijghoogte te verwachten (< 3 cm)	Neutraal
	Bebouwing en infrastructuur	Geen significante verandering van de stijghoogte te verwachten	Neutraal
	Natuur	Hogere freatische grondwaterstanden in de uiterwaard (vernatting). Binnendijs geen effecten op freatische grondwaterstand te verwachten. Verandering van stijghoogte is niet-significant (1 cm).	Neutraal
	Landbouw	Vanwege hogere freatische grondwaterstanden in de uiterwaard geen reguliere landbouw meer mogelijk (vernatting). Gebied wordt natuur. In deel zonder aansluiting op getijdegeul geen invloed op de grondwaterstanden (freatisch). Binnendijs geen effecten op freatische grondwaterstand of stijghoogte te verwachten	Neutraal
	Zoet-brak/brak-zout grensvlak	Geen verandering nabij omgevingsaspect.	Neutraal
	Grondwateronttrekkingen	Geen verandering nabij omgevingsaspect.	Neutraal

#### 4.4.1 Effect op oppervlaktewater

##### Waterhuishouding

Bij de aanleg van de geul moet de afwatering van de watgang langs de zomerkade aangepast worden. De waterhuishouding wordt complexer, doordat een extra gemaal gebruikt gaat worden. Verder wordt de indeling van de westelijke polder, met een zomerkade en een kavelsloot die voor de drooglegging van de polderweg moet zorgen als minder efficiënt gezien.

##### Afvoercapaciteit

De afvoercapaciteit van de leggerwateren wordt beïnvloed door een doorsnijding van de in het midden gelegen watgang. De sifon onder het uitwateringskanaal van het gemaal van Waalwijk wordt straks benut voor de afwatering van een beperkt deel van de polder. De relatief lange wegsloot met een beperkte slootbodembedpte vormt een aandachtspunt vanuit onderhoud.

#### 4.4.2 Effect op grondwater

##### Waterhuishouding

Buiten het maatregelgebied worden geen effecten verwacht: de berekende veranderingen in kwel en freatische waterstanden vormen geen risico.

##### Waterveiligheid

De veranderingen in de stijghoogte bij de waterkering zijn minder dan 4 cm, als de analytische benadering wordt

gebruikt. Door de invloed van het Zuiderkanaal en door handhaving van de wegsloot zal de werkelijk verandering nog lager (vermoedelijk lager dan 2 cm). De beoordeling van effecten op de dijkstabiliteit wordt door geotechniek beantwoord.

#### *Bebouwing en infrastructuur*

Buiten het maatregelgebied worden geen effecten verwacht. Onder normale omstandigheden zorgt de verplaatste zomerkade en de handhaving van de wegsloot dat de drooglegging van de weg gelijk blijft.

#### *Natuur*

Buiten het maatregelgebied worden geen effecten verwacht. Binnen het maatregelgebied en de uiterwaard zal vernatting optreden (gewenst effect). Onder de natuurgebieden direct achter de primaire kering zal de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket beperkt (< 1 cm) dalen. In de natte delen van deze natuurgebieden zorgt het Zuiderkanaal voor de aanvoer van water vanuit de Maas en voor aanvulling van de inzijging die hier voorkomt.

#### *Landbouw*

Buiten het maatregelgebied worden geen effecten verwacht. In delen van het landbouwgebied zal de kwel beperkt afnemen (orde 0,1 mm/dag) Binnen het maatregelgebied en de uiterwaard zal vernatting optreden (gewenst effect). De verandering van de afwatering in het oostelijk deel van de uiterwaard heeft geen consequenties voor de drooglegging en de kwel die hier voorkomt.

## 4.5 Nader onderzoek en mitigatie

De maatregelen hebben zeer beperkt effect op de grondwaterstanden. Er wordt geen nader onderzoek of mitigatie noodzakelijk geacht. Wel dient rekening gehouden te worden met de afwatering van de watergangen ten oosten van het maatregelgebied.

Tabel 4-6 | Nader onderzoek en mitigatie

Onderdeel	Omgevingsaspect	Nader onderzoek	Mitigatie
<b>Oppervlaktewater</b>	Waterhuishouding	Nee	Nee
	Afvoercapaciteit	Nee, knelpunt is voldoende in beeld	Ja, afvoergemaal plaatsen
<b>Grondwater</b>	Waterhuishouding	Nee	Nee
	Waterveiligheid	Nee	Advies via geotechniek
	Bebouwing en infrastructuur	Nee	Nee
	Natuur	Nee	Nee
	Landbouw	Nee	Nee
	Zoet/brak en brak/zout grensvlak	Nee	n.v.t.
	Grondwateronttrekkingen	Nee	n.v.t.

## 5 Conclusie & advies

De conclusies uit deze studie worden gebruikt om de besluitvorming en eventuele aanpassing van het ontwerp te onderbouwen. De adviezen ten aanzien van grond- en oppervlaktewater kunnen gebruikt worden om de vergunningaanvraag en de communicatie met de omgeving te faciliteren.

### 5.1 Conclusie

Het verkennende onderzoek naar de wateraspecten voor de Capelsche Uiterwaard laat zien dat er twee omgevingsaspecten vanuit oppervlaktewater zijn die negatief beoordeeld worden. De overige omgevingseffecten worden als niet significant of van zeer beperkte invloed ingeschat.

- Waterhuishouding (onderhoudbaarheid en beheersing): De afwatering ten oosten van het maatregelgebied moet gewaarborgd blijven. Dit kan door de watergang te verleggen, of door een gemaal te installeren.
- Afvoercapaciteit (ongelijke verdeling van de afvoercapaciteit over kunstwerken): De recent aangelegde sifon wordt door de aanpassingen veel minder belast dan de ontwerpcapaciteit. Dit kan leiden tot extra onderhoud vanwege dichtslibben. De afvoercapaciteit van de relatief lange wegsloot vraagt om regelmatig opschonen van de sloot.

Uit dit onderzoek blijkt dat de maatregelen een minimale kans op negatieve effecten zullen veroorzaken op een geohydrologisch vlak.

### 5.2 Advies

De gevolgen voor water zijn voldoende in beeld gebracht met dit verkennend onderzoek. In de vervolgfase is het aan te raden om de onderstaande onderdelen nader uit te werken:

- Afstemming met omgeving over de in te passen maatregelen om afwatering van de uiterwaard ten oosten van de maatregel te waarborgen (bouw van een gemaal)
- Afstemming met het waterschap over inpassing van de zomerkade, de afwatering van de wegsloot en de omkering van de stroomrichting in de oostelijke polder.

Naar aanleiding van een zienswijze op het ontwerp-Projectbesluit en reactie vanuit de gemeente Waalwijk op de conceptvergunning is een aanvullende memo geschreven. Deze memo dient als beantwoording op de gestelde vragen en ter verduidelijking van de resultaten in deze rapportage (zie Bijlage C).

## 6 Verwijzingen

anteagroup. (2021). *Uitgangspuntendocument Kaderrichtlijn Water MIRT 3*. 's-Gravenhage: Projectnummer 0460931.100, 26 februari 2021. Opdrachtgever Rijkswaterstaat.

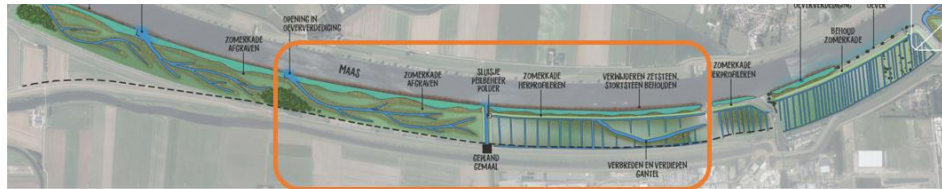
Arcadis. (2022 [CONCEPT]). *Ontwerpnota KRW-ZN @Wellerlooi@*. 's-Hertogenbosch: Arcadis Nederland BV, D10041788:138, 20 oktober 2021.

Mazure, J. (1936). *Geo-hydrologische gesteldheid van de Wieringermeer*. 's-Gravenhage: Algemene landsdrukkerij.

Rijkswaterstaat. (2019). *Rivierkundig Beoordelingskader voor ingrepen in de Grote Rivieren*. Lelystad, 4/5/2019: Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving.

TAW. (2004). *Technisch Rapport Waterspanningen bij dijken*. Werkgroep TAW-Techniek. Kenmerk: DWW-2004-057, 1 september 2004: Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen.

Bijlage A – Schetsontwerp



## Bijlage B – Effectberekening

Om een inschatting te kunnen doen over de te verwachten verandering in stijghoogtes en kwelfluxen binnendijks is een analytische berekening gedaan. Voor een inschatting van de stijghoogtes is gebruik gemaakt van een formule, gebaseerd op Mazure. De formule van Mazure gaat uit van een waterstand direct achter de dijk, en een weerstand en doorlatendheid van het binnendijkse gebied. Deze formule is uitgebreid zodat ook veranderingen in de uiterwaarde (de KRW-maatregel) en gegevens over de dijk worden opgenomen.

De weerstand van de deklaag is geschat aan de hand van boringen. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen de gevonden klei boven de grondwaterspiegel (kv = 0,1 m/dag) en de klei- en veendikte onder de grondwaterspiegel. Er zijn vijf boringen die representatief zijn voor het westelijk deel. De kolom VCW combi in onderstaande tabel geeft de berekende weerstand weer voor alle boringen. De weerstand in het westelijk deel is 156 dagen. Dat is iets hoger dan de gemiddelde weerstand van alle boringen (117 dagen).

Tabel 6-1 Interpretatie van de boringen in de Capelsche Uiterwaard, bepaling van de verticale weerstand.

boring	X	Y	mv (NAP)	GWS (m- mv)	GWS (m NAP)	klei boven GWS	klei onder GWS	Veen	tot klei veen	VCW-100	VCW-10	VCW- combi	opm	ok klei (m NAP)
HB002	128995.9	413518.4	1.21	2.2	-0.99	1.6	0	0.4	2.00	200	20	56	zwak zandig. Veen tot onderin boring, niet verder doorgezet	-0.79
HB003	129010.1	413595.5	0.7	1.3	-0.60	1.3	1.7	0	3.00	300	30	183	zwak tot sterk zandig. Boring niet doorgezet, mogelijk meer klei	-2.3
HB001	129022.4	413660.8	0.4	1.3	-0.90	1.3	0.6	0	1.90	190	19	73	zwak zandig	-1.5
HB009	129498.4	413447.2	0.89	1.4	-0.51	1.5	0.6	1	3.10	310	31	175	zwak zandig, onderin veen, boring niet doorgezet	-2.21
HB008	129502.3	413500.6	0.99	1.4	-0.41	1.4	1	0.6	3.00	300	30	174	zwak zandig, onderin veen, boring niet doorgezet	-2.01
HB007	129506.4	413552.2	0.83	1.4	-0.57	1.4	1.4	0.2	3.00	300	30	174	geen zand, onderin veen, boring niet doorgezet	-2.17
HB017	130663.1	413409	0.88	1.7	-0.82	1.7	0.3	0.4	2.40	240	24	87	sterk zandig	-1.52
HB018	130664.2	413342.9	0.65	2.2	-1.55	1.6		0.6	2.20	220	22	76	sterk zandig, veen ook boven gws	-1.55
HB016	130664.4	413477.1	1.39	1.7	-0.31	1.7	0.8	0.5	3.00	300	30	147	zwak tot sterk zandig. Onderin veen, boring niet doorgezet	-1.61
HB020	131063.8	413439.2	1.04	1.5	-0.46	1.5	0.5	1	3.00	300	30	165	geen tot zwak zandig	-1.96
HB019	131064.3	413475.8	1.3	1.5	-0.20	1.5	0.9	0.6	3.00	300	30	165	geen tot zwak zandig, onderin veen, niet doorgezet	-1.7
HB021	131064.7	413377.1	0.54	2	-1.46	1.8	0	0.3	2.10	210	21	48	geen zand	-1.56
HB024	131261.5	413336	0.62	1.5	-0.88	1.5	0	0.7	2.20	220	22	85	sterk zandig	-1.58
HB023	131262.7	413389.4	0.73	1.5	-0.77	1.5	0.2	0.5	2.20	220	22	85	geen tot zwak zandig	-1.47
HB022	131264.4	413464.2	0.74	2.3	-1.56	1.6	0	0.8	2.40	240	24	96	geen tot zwak zandig	-1.66
			0.86		-0.80			0.51	2.56666667	256.6667		25%	81	
												75%	117	
													170	
														-2.13
												profiel West	156	C-waarde voor westelijk deel van de Capelsche Uiterwaard

### Stijghoogte

Achter de zomerdijk bevindt zich direct het Zuiderkanaal. De bodemhoogte van het kanaal neemt af vanaf de monding bij de Maas tot aan de kern van Waalwijk. De baggeropname van Rijkswaterstaat uit 2010 laat een bodemhoogte zien van ca. NAP -2,0 m ter hoogte van profiel 2 (het projectgebied waarbij in de uiterwaard een getijddegeul aangelegd wordt). Ten oosten van het huidige nieuwe gemaal ligt de bodem van het inmiddels afgedamde deel van het Zuiderkanaal op ca. NAP -1,0 m. Voor de kwel-berekening bij de getijddegeul wordt een diepte van NAP -2,0 m aangehouden. Met deze bodemhoogte doorsnijdt het Zuiderkanaal bij profiel 2 vrijwel de gehele deklaag van klei en veen. Het kanaal staat in verbinding met de Maas. Hierdoor zal het peil fluctueren met het Maaspeil. Het peil van het kanaal is dan het achterliggende polderpeil van circa NAP -0,25 m en zal voornamelijk een infiltrerende werking hebben op de omgeving. De stijghoogte onder de uiterwaard en de waterkering zal daarom voornamelijk beïnvloed worden door het Maaspeil en het peil in het Zuiderkanaal, en in mindere mate het achterliggende polderpeil.

Tijdens een gemiddelde zomer- en wintersituatie verandert het waterpeil van het oppervlaktewaterstelsel in de uiterwaard van een vast peil van NAP -0,5 m naar een Maasafhankelijk peil. De oppervlaktewaterpeilen in de uiterwaard zorgen voor enige infiltratie en grondwateraanvulling en hebben invloed op de freatische grondwaterstanden. Het oppervlaktewaterpeil heeft in deze situatie minder invloed op de stijghoogte van het eerste watervoerende pakket. Deze wordt met name bepaald door de Maas omdat die in directe verbinding staat met het watervoerende pakket. De oppervlaktewatergangen zijn gelegen in de holocene deklaag en snijden niet tot in het watervoerende pakket. Omdat bij de realisatie van de getijddegeul niet de gehele deklaag doorgraven wordt, verandert deze situatie niet tot nauwelijks. Het effect van de maatregel op de stijghoogte van het eerste watervoerende pakket wordt daarom minimaal geacht.

Tijdens een hoogwatergolf staat de gehele uiterwaard onder water, zowel in de huidige situatie als bij het ontwerp. Omdat bij het graven van de getijddegeul een klein gedeelte van de totale weerstand van de uiterwaard wordt weggenomen en geen directe verbinding ontstaat naar het watervoerende pakket wordt het effect op de stijghoogte minimaal ingeschat. De uiterwaard zal misschien zelfs eerder weer leeglopen dan voorheen, omdat in de nieuwe situatie een directe verbinding met de Maas ontstaat via de getijddegeul. Wanneer de Maaswaterstanden weer zakken



kan het gebied rondom de getijdegeul eerder zijn water weer kwijt richting de Maas dan voorheen, toen alles via het gemaakte gebied uit gebracht werd.

Om deze theorie te onderbouwen zijn analytische berekeningen uitgevoerd. De uitgangspunten van de berekeningen zijn opgenomen in de broncode van de berekening van de analytische som.

Broncode analytische som:

The Python code provided below is from  
**Analytical Groundwater Modeling: Theory and Applications Using Python**  
 by Mark Bakker and Vincent Post  
 ISBN 9781138029392


The book is published by CRC press and is available [here](#).

This Notebook is provided under the [MIT license](#).

© 2022 Mark Bakker and Vincent Post

Deze versie is aangepast om Mazure-polderberekeningen voor de KRW-Zuid projectgebieden te kunnen berekenen.

Opgesteld door Arcadis, Kees de Vries, maart 2023.

 Markdown Monster icon

**In deze berekening wordt de kwel en het stijghoogteverschil doorgerekend voor aanpassingen in de Capelsche Uiterwaard.**

Hoofdstuk 2.1 gebruiken we om de stroming en stijghoogte vanaf de Maas naar de achterliggende polder te berekenen.

**We doen vier sommen :**

0 - huidige situatie :

0.1 de huidige situatie met zomer-condities op de Maas en in de polder  $h_0 = \text{NAP } 0,52 \text{ m}$ ;  $h^* = z_p = \text{NAP } -0,25 \text{ m}$

0.2 de huidige situatie met zomer-condities op de Maas en in de polder  $h_0 = \text{NAP } 2,5 \text{ m}$ ;  $h^* = z_p + 0,1 \text{ m NAP } -0,05 \text{ m}$

In de huidige situatie is de weerstand in de polder 156 dagen,

1 - plan-situatie (ontgraven van een deel van de deklaag in de uiterwaard voor aanleg van een geul :

1.1 de plan-situatie met zomer-condities op de Maas en in de polder  $h_0 = \text{NAP } 0,52 \text{ m}$ ;  $h^* = z_p = \text{NAP } -0,25 \text{ m}$

1.2 de plan-situatie met zomer-condities op de Maas en in de polder  $h_0 = \text{NAP } 2,5 \text{ m}$ ;  $h^* = z_p + 0,1 \text{ m NAP } -0,15 \text{ m}$

Door aanleg van de geul neemt de weerstand af.

De wijziging van de weerstand wordt onderbouwd met een som waarin de verdeling van de dikte van klei- en veen en de verdeling daarvan over de uiterwaard wordt berekend.

Het verschil tussen huidige situatie en plansituatie is

a. waterstand in de Capelsche uiterwaard wordt hoger, en

de weerstand van de deklaag neemt iets af, vanwege het ontgraven van de geul.

C0, de gemiddelde weerstand van de deklaag in de referentie is 156 dagen

C1, de gemiddelde weerstand van de deklaag na het graven van de geul is 144 dagen

een verschil van 12 dagen of 10 procent

De uitkomsten van de berekening worden samengevat in figuren en in een tabel.

Op de volgende representatieve afstanden:

- 125 m : centraal deel geul Capelsche Uiterwaard
- 250 m : polder Capelsche Uiterwaard bij voet dijk
- 275 m : voet dijk
- 325 m : hiel dijk (achterzijde)
- 425 m : overzijde, tweede polder achter Zuiderkanaal
- 625 m : pad bij elektra-masten
- 925 m : Sasweg
- 1100m : Halverwege de Sasweg.

Het verschil in de stijghoogte en in de kwel naar freatisch niveau zijn eindresultaten voor de beoordeling van effecten op de omgeving.

**Constanten:**

- Zomerpeil Maas is NAP +0.52
- Zomerpeil polder (Uiterwaard) -0.25
- Zomerpeil NieuwKanaal NAP +0.52
- Zomerpeil achterliggende polder -0.25
- Peil eerste wp op ca. 800 m: +0.11
- Peil eerste wp op ca. 2.000 m: -0,30 m

- Piekwaterstand Maas is NAP +2.5
- piekwaterstand polder NAP -0.15

## Steady one-dimensional semi-confined flow

```
In [1]: %matplotlib inline
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
plt.rcParams["figure.figsize"] = (8, 3) # set default figure size
plt.rcParams["contour.negative_linestyle"] = 'solid' # set default line style
plt.rcParams["figure.autolayout"] = True # same as tight_layout after every plot
```

### Flow from a canal to a drained area



```
In [5]: maaszomer = 0.52 #tov NAP
maaspiek = 2.5
polderzomer = -0.25
polderpiek = -0.15
ckleiveen = 156 # weerstand in dagen. dikte 2,4 m/0,01 m/dag
veenbot = -2.1 #Ligging onderkant Veen tov NAP, gemiddelde van de boringen HB007, HB008 en HB009.
```

```
In [6]: # Variant 0.1
# parameters
# variant 0.1
# dikte WP1 = 30 m, mv polder is NAP +0.9 m
cfactor = 1

h01star = polderzomer # head above Leaky Layer, m
h010 = maaszomer # specified head at the left boundary, m
k = 50 # hydraulic conductivity, m/d
H = 30 # aquifer thickness, m
c01 = ckleiveen * cfactor # resistance of Leaky Layer, d
T01 = k * H # transmissivity, m^2/d
lab01 = np.sqrt(c01 * T01) # Leakage factor, m
print(f'De spreidingslengte bij 0.1 is: {lab01:.0f} m')
```

De spreidingslengte bij 0.1 is: 484 m

```
In [7]: # variant 0.2 Hoogwater
# parameters
# variant 0.2
# dikte WP1 = 30 m, mv polder is NAP +0.9 m
cfactor = 1
h02star = polderpiek # head above Leaky Layer, m
h020 = maaspiek # specified head at the left boundary, m
k = 50 # hydraulic conductivity, m/d
H = 30 # aquifer thickness, m
c02 = ckleiveen * cfactor # resistance of Leaky Layer, d
T02 = k * H # transmissivity, m^2/d
lab02 = np.sqrt(c02 * T02) # Leakage factor, m
print(f'the leakage factor is: {lab02:.0f} m')
```

the leakage factor is: 484 m

```
In [8]: # hier profiel van maaiveld inlezen. In dit geval: Linkerzijde van maaiveld tot aan hoogwater = rivier.
#
import pandas as pd
```

```
In [9]: filenam = "ProfielCU2.csv"
mv = pd.read_csv(filenam, sep = ';')
mv
```

```
In [9]: filenam = "ProfielCU2.csv"
mv = pd.read_csv(filenam, sep = ';')
mv
```

Out[9]:

	d	h	KleiVeen	water	locatie
0	0.000000	-6.194854	NaN	0.52	Maas
1	1.084141	-6.208164	NaN	0.52	NaN
2	2.168282	-6.237216	NaN	0.52	NaN
3	3.252423	-6.257857	NaN	0.52	NaN
4	4.336564	-6.267395	NaN	0.52	NaN
...	...	...	...	...	...
2268	1210.447075	0.945200	-1.5	NaN	NaN
2269	1210.951594	0.945000	-1.5	NaN	NaN
2270	1211.456112	0.969600	-1.5	NaN	NaN
2271	1211.960631	0.962300	-1.5	NaN	NaN
2272	1212.465149	0.970900	-1.5	NaN	NaN

2273 rows x 5 columns

```
In [10]: # kleiveen-laag ligt op ca. NAP -2,1 m
# nog niet opgelost. Tabel klopt niet. In de plot aanpassen naar -2,1
mv['KleiVeen']=mv['KleiVeen']-0.6
mv[15:25]
```

Out[10]:

	d	h	KleiVeen	water	locatie
15	16.262117	-3.800148	NaN	0.52	NaN
16	17.346258	-3.450862	NaN	0.52	NaN
17	18.430399	-3.061965	NaN	0.52	NaN
18	19.514540	-2.633016	NaN	0.52	NaN
19	20.598681	-1.927951	NaN	0.52	NaN
20	21.682822	-1.231528	-1.8	0.52	NaN
21	22.766964	-0.456528	-2.1	0.52	NaN
22	23.851105	-0.238061	-2.1	0.52	NaN
23	24.888811	0.365000	-2.1	0.52	NaN
24	25.429873	0.598000	-2.1	0.52	NaN

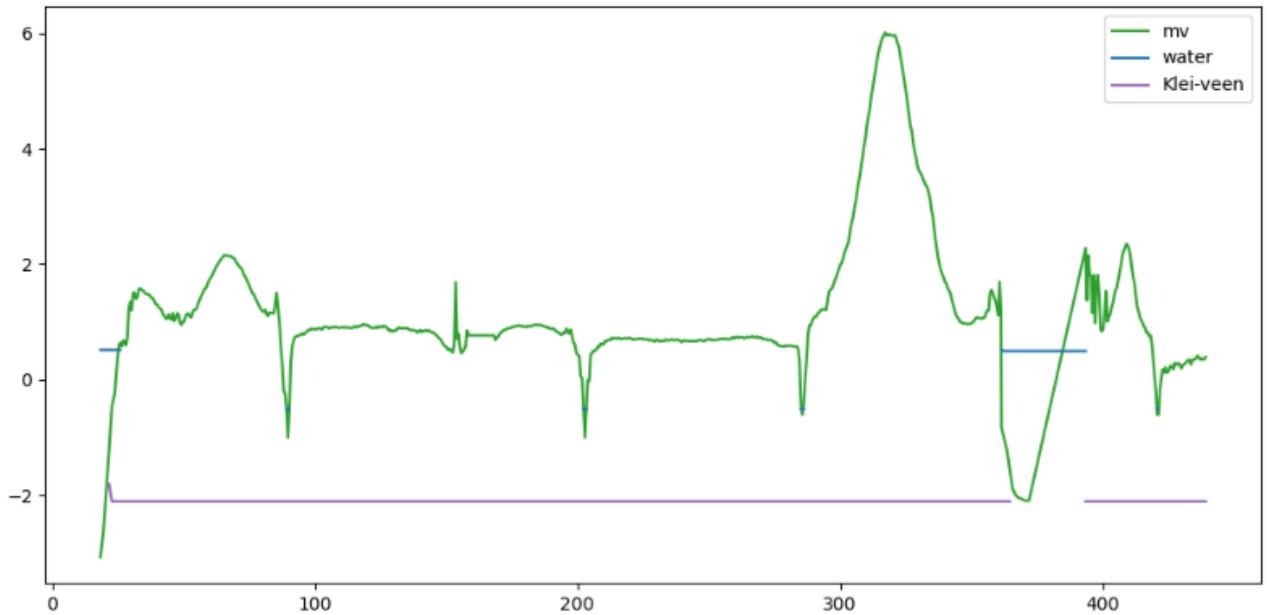
```
In [11]: # op welke afstand d is de h groter dan +0,5?
mv[15:30]
# antwoord: na d = 24.8 m / index =24
```

Out[11]:

	d	h	KleiVeen	water	locatie
15	16.262117	-3.800148	NaN	0.52	NaN
16	17.346258	-3.450862	NaN	0.52	NaN
17	18.430399	-3.061965	NaN	0.52	NaN
18	19.514540	-2.633016	NaN	0.52	NaN
19	20.598681	-1.927951	NaN	0.52	NaN
20	21.682822	-1.231528	-1.8	0.52	NaN
21	22.766964	-0.456528	-2.1	0.52	NaN
22	23.851105	-0.238061	-2.1	0.52	NaN
23	24.888811	0.365000	-2.1	0.52	NaN
24	25.429873	0.598000	-2.1	0.52	NaN

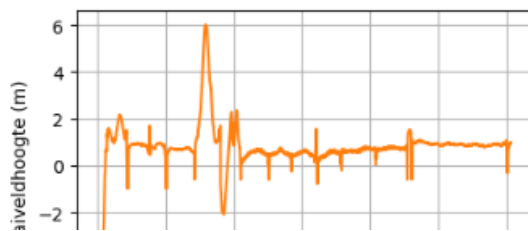
```
In [12]: # Een plotje van de dwarsdoorsnede van de uiteraard
plt.figure(figsize=(10,5))
plt.plot(mv[17:750]['d'], mv[17:750]['h'], 'C2')
plt.plot(mv[17:750]['d'], mv[17:750]['water'], 'C0')
plt.plot(mv[17:750]['d'], mv[17:750]['KleiVeen'], 'C4')
plt.legend(['mv', 'water', 'Klei-veen'])
#mv[15:30]['d'],['h'].plot()
```

Out[12]: <matplotlib.legend.Legend at 0x1b6a447b580>



```
In [13]: # plot uitkomsten basisvarianten 01 en 02.
# basic plot
plt.subplot(121)
# plt.plot(mv['d'], mv['water'], 'C1')
plt.plot(mv['d'], mv['h'], 'C1')
plt.grid()
# plt.xlabel('afstand $x$ (m)')
plt.ylabel('maaiveldhoogte (m)')
# mv['water'].plot()
# mv['h'].plot()
```

Out[13]: Text(0, 0.5, 'maaiveldhoogte (m)')



```

In [14]: xmin = mv['d'][0]
xmax = np.round(mv['d'][len(mv['d'])-1],-2)
print(xmin, xmax)

0.0 1200.0

In [15]: #zomerdijk begint bij
x = np.arange(int(xmax-100))
x

Out[15]: array([ 0,  1,  2, ..., 1097, 1098, 1099])

In [16]: # Interpoleer hoogte-informatie op gelijke afstand
maaiveld = np.interp(x, mv['d']-24, mv['h'])
maaiveld

Out[16]: array([-0.15153098,  0.41288173,  0.63895856, ...,  0.86177015,
  0.87407886,  0.84273966])

In [17]: #hetzelfde voor de onderkant klei / veen
kleibot = np.interp(x, mv['d']-24, mv['KleiVeen'])

In [18]: print(len(x))

1100

In [19]: print(len(maaiveld))

1100

In [20]: # solution 0.1.
def head(x):
    return (h010 - h01star) * np.exp(-x / lab01) + h01star

def disvec(x):
    return k * H * (h010 - h01star) / lab01 * np.exp(-x / lab01)

#x = np.linspace(0, 4 * Lab01, 200)
# dit willen we slimmer. Toegepast op lokale situatie. x-rij maken van 0 tot dijk en eerste meetpunt (ca. 800 m)
# ook profiel van maaiveld inlezen.
h01 = head(x)
Qx01 = disvec(x)
print(len(h01))

1100

In [21]: # solution 0.2.
def head(x):
    return (h020 - h02star) * np.exp(-x / lab02) + h02star

def disvec(x):
    return k * H * (h020 - h02star) / lab02 * np.exp(-x / lab02)

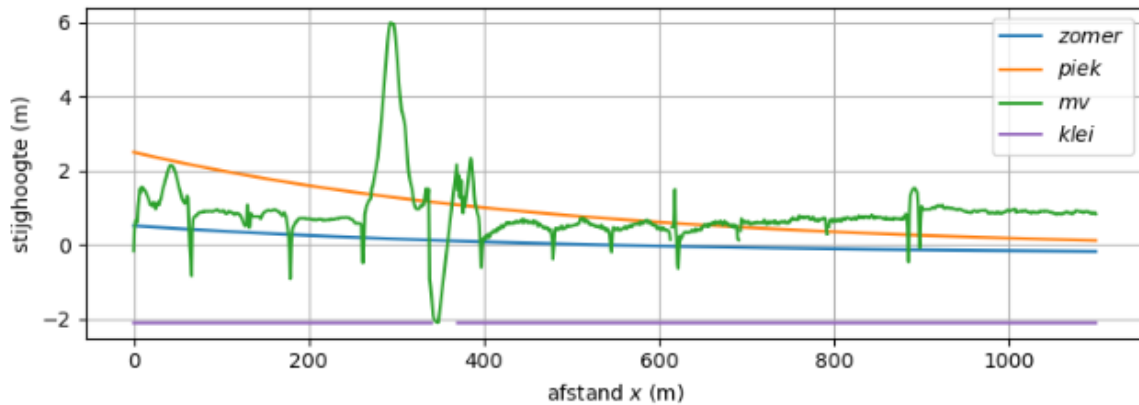
# x = np.linspace(0, 4 * Lab01, 200)
h02 = head(x)
Qx02 = disvec(x)
print(len(h02))

1100

```

```
In [22]: # plot uitkomsten basisvarianten 01 en 02.
# basic plot
plt.subplots()
plt.plot(x, h01, 'C0', label='$zomer$')
plt.plot(x, h02, 'C1', label='$piek$')
plt.plot(x, maaiveld, 'C2', label = '$mv$')
plt.plot(x, kleibot, 'C4', label = '$klei$')
plt.legend()
plt.grid()
plt.xlabel('afstand $x$ (m)')
plt.ylabel('stijghoogte (m)')
#plt.subplot(122)
#plt.plot(x, Qx01)
#plt.plot(x, Qx02)
#plt.grid()
#plt.xlabel('afstand $x$ (m)')
#plt.ylabel('kwelFlux $Q_x$ (m$^2$/d)');
# veen op NAP -2,1 m toevoegen
```

Out[22]: Text(0, 0.5, 'stijghoogte (m)')



```
In [23]: # samenvatting van stijghoogten h01 en h02 op karakteristieke afstanden in de CU tot aan de dijk:
print('kenmerkende afstanden : d= ',x[125], x[250], x[275], x[325])
# print('afstand Maas tot teen dijk (zomer): x = ',x[295])
print('maaiveldhoogten : mv = ',maaiveld[125-24],maaiveld[250-24],maaiveld[275-24],maaiveld[325-24])
print('Stijghoogte wp1 (piek) : x = ',h02[125-24],h02[250-24],h02[275-24],h02[325-24])
print('Stijghoogte wp1(zomer) : x = ', h01[125-24],h01[250-24], h01[275-24],h01[325-24])
```

```
kenmerkende afstanden : d= 125 250 275 325
maaiveldhoogten : mv = 0.9147129721852721 0.7059899690627534 0.650849611245379 5.0319045526459645
Stijghoogte wp1 (piek) : x = 2.0006450852180064 1.5109041781475174 1.4272471231477712 1.2723617887302374
Stijghoogte wp1(zomer) : x = 0.3749044209878736 0.23260234610324093 0.20829444710331468 0.16329002917821994
```

```
In [25]: # .. en in het gebied achter de primaire kering
print('kenmerkende afstanden : d= ',x[370], x[625], x[925], x[1099])
print('maaiveldhoogten : mv = ',maaiveld[370-24],maaiveld[625-24],maaiveld[925-24], maaiveld[1100-24] )
print('Stijghoogte wp1 (piek) : x = ',h02[370-24],h02[625-24],h02[925-24],h02[1100-24])
print('Stijghoogte wp1(zomer) : x = ', h01[370-24],h01[625-24], h01[925-24], h01[1100-24])
```

```
kenmerkende afstanden : d= 370 625 925 1099
maaiveldhoogten : mv = -2.07614863326414 0.42688420452621606 0.9708174545674746 0.9256210433801645
Stijghoogte wp1 (piek) : x = 1.1460130541600264 0.615018737898627 0.26146610797135705 0.1365630777763999
Stijghoogte wp1(zomer) : x = 0.1265773780012152 -0.027711536535115905 -0.1304419233441717 -0.16673450192912154
```

```
In [26]: dx = x[343] - x[295]
dh2 = h02[295-24] - h02[343-24]
dh1 = h01[295-24] - h01[343-24]

print('gradienten: (dh / dx)')
print()
print('gradient (teen -> hiel) (piek) = ', dh2, ' / ', dx, ' = ',
      dh2/dx, ' m/m')
print('gradient (teen -> hiel) (zomer) = ', dh1, ' / ', dx, ' = ',
      dh1/dx, ' m/m')
```

```
gradienten: (dh / dx)

gradient (teen -> hiel) (piek) = 0.14295794704579667 / 48 = 0.0029782905634540974 m/m
gradient (teen -> hiel) (zomer) = 0.041538724235948454 / 48 = 0.0008653900882489261 m/m
```

Deel 2: berekening met gewijzigde C-waarde vanwege aanleg van de getijdegeul.

```
In [27]: # profiel van maaiveld is opgeslagen in nieuw CSV-file
# Geul bodem ligt op NAP -0,475 m
filenam = "CU2_1.csv"
mv2 = pd.read_csv(filenam, sep = ';')
mv2
```

```
Out[27]:
```

	d	h	KleiVeen	water	locatie
0	0.000000	-6.194854	NaN	0.52	Maas
1	1.084141	-6.208164	NaN	0.52	NaN
2	2.168282	-6.237216	NaN	0.52	NaN
3	3.252423	-6.257857	NaN	0.52	NaN
4	4.336564	-6.267395	NaN	0.52	NaN
...	...	...	...	...	...
2268	1210.447075	0.945200	-1.5	NaN	NaN
2269	1210.951594	0.945000	-1.5	NaN	NaN
2270	1211.456112	0.969600	-1.5	NaN	NaN
2271	1211.960631	0.962300	-1.5	NaN	NaN
2272	1212.465149	0.970900	-1.5	NaN	NaN

2273 rows x 5 columns

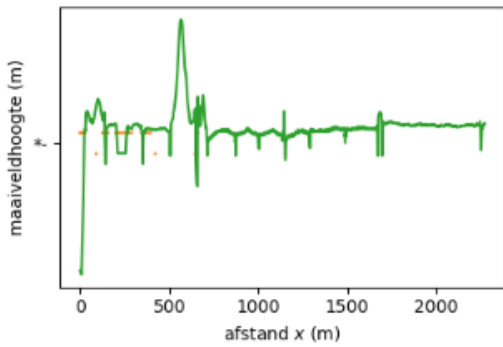
```
In [28]: #check: hoe ziet mv2['water'] er uit?
mv2['water']
```

```
Out[28]: 0      0.52
1      0.52
2      0.52
3      0.52
4      0.52
...
2268   NaN
2269   NaN
2270   NaN
2271   NaN
```



```
plt.plot(mv2['d'], mv2['water'], 'C1', '*-')
# plt.plot(mv2['d'], mv2['h'], 'C0')
plt.grid()
plt.xlabel('afstand $x$ (m)')
plt.ylabel('maaiveldhoogte (m)')
mv2['water'].plot()
mv2['h'].plot()
```

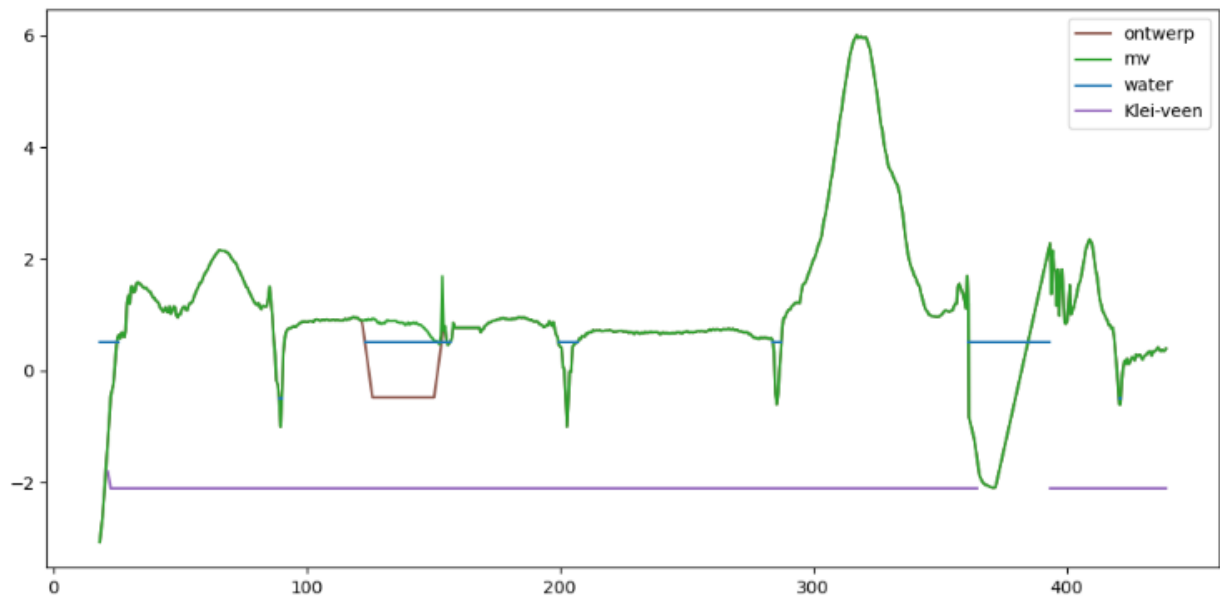
Out[29]: <AxesSubplot: xlabel='afstand \$x\$ (m)', ylabel='maaiveldhoogte (m)'>



In [30]: #Plot van alleen de polder maken. verschil met origineel er bij?

```
plt.figure(figsize=(10,5))
plt.plot(mv2[17:750]['d'], mv2[17:750]['h'], 'C5')
plt.plot(mv[17:750]['d'], mv[17:750]['h'], 'C2')
plt.plot(mv2[17:750]['d'], mv2[17:750]['water'], 'C0')
plt.plot(mv[17:750]['d'], mv[17:750]['KleiVeen'], 'C4')
plt.legend(['ontwerp', 'mv', 'water', 'Klei-veen'])
```

Out[30]: <matplotlib.legend.Legend at 0x1b6a511cca0>



```
In [31]: maaiveld2 = np.interp(x, mv2['d']-24, mv2['h'])
        maaiveld2
```

```
Out[31]: array([-0.15153098,  0.41288173,  0.63895856, ...,  0.86177015,
                0.87407886,  0.84273966])
```

```
In [32]: # bereken nu de h11 en h12
        ## check alle c-waarden. IN rapport staan andere waarden, ook omdat boven de gw-stand een hogere kv wordt aangehouden!!
        # Variant 1.1
        # parameters
        # dikte WP1 = 30 m, mv polder is NAP +1.5 m
        # c = kleidikte/ kv
        dikte = (h01[1:341] - kleibot[1:341]).mean()
        veenbot = -2.1
        dikte = dikte + (-1.5 - veenbot)
        kv = 0.01
        print(dikte, kv, dikte/kv)

        3.0024842517656345 0.01 300.24842517656344
```

```
In [33]: # geul heeft bodembreedte van 25 m, bodemdiepte van NAP -0,5 m. Effect op gemiddelde c- waarde in uiterwaard = 144

        uiterwaardbreedte = 275
        dijkvoet = 35
        geulbodem = 22.5
        laguneb = 24

        geuldiepte = -1.4
        geulcdikte = (geuldiepte - veenbot)
        kvveen = 0.01

        # cgeul = geulcdikte/kvveen # is niet gebruikt voor berekening: wordt 80 dagen.
        c2 = 156
        cgeul = 80

        c12 = (c2 *(uiterwaardbreedte + dijkvoet - geulbodem - laguneb) +
              cgeul * (geulbodem + laguneb)) / (uiterwaardbreedte + dijkvoet)

        cfactor = c12/c02

        print(' geul heeft c-waarde van : ', cgeul, ' gecombineerde c-waarde wordt ', c12, ' cfactor = ', c12/c02, c02)

        geul heeft c-waarde van : 80 gecombineerde c-waarde wordt 144.6 cfactor = 0.9269230769230768 156
```

```
In [34]: #11
        #zomer doorrekenen
        h11star = polderzomer # head above Leaky Layer, m
        h110 = maaszomer # specified head at the Left boundary, m
        k = 50 # hydraulic conductivity, m/d
        H = 30 # aquifer thickness, m
        # c11 = ckleiveen * cfactor # resistance of Leaky Layer, d
        T11 = k * H # transmissivity, m^2/d
        lab11 = np.sqrt(c12 * T01) # Leakage factor, m
        print(f'De spreidingslengte bij 1.1 is: {lab11:.0f} m')

        De spreidingslengte bij 1.1 is: 466 m
```

```
In [35]: # solution 1.1.
        def head(x):
            return (h110 - h11star) * np.exp(-x / lab11) + h11star

        def disvec(x):
            return k * H * (h110 - h11star) / lab11 * np.exp(-x / lab11)

        h11 = head(x)
        Qx11 = disvec(x)
        print(len(h11))

        1100
```

```
In [36]: # 1.2 hoogwater doorrekenen
h12star = polderpiek # head above Leaky Layer, m
h120 = maaspiek # specified head at the Left boundary, m
k = 50 # hydraulic conductivity, m/d
H = 30 # aquifer thickness, m
# c12 = ckleiveen * cfactor # resistance of Leaky Layer, d
T12 = k * H # transmissivity, m^2/d
lab12 = np.sqrt(c12 * T12) # Leakage factor, m
print(f'De spreidingslengte bij 1.2 is: {lab12:.0f} m')
```

De spreidingslengte bij 1.2 is: 466 m

```
In [37]: # solution 1.2.
def head(x):
    return (h120 - h12star) * np.exp(-x / lab12) + h12star

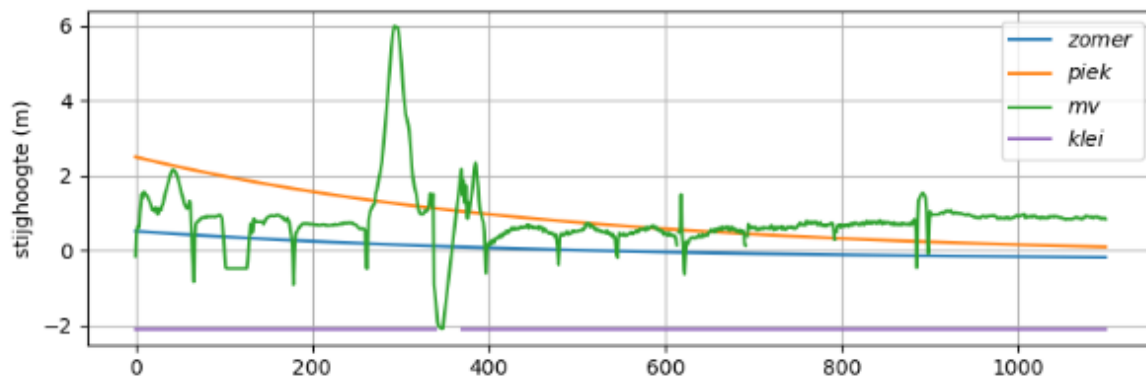
def disvec(x):
    return k * H * (h120 - h12star) / lab12 * np.exp(-x / lab12)

#x = np.linspace(0, 4 * Lab01, 200)
# dit willen we slimmer. Toegepast op lokale situatie. x-rij maken van 0 tot dijk en eerste meetpunt (ca. 800 m)
# ook profiel van maaiveld inlezen.
h12 = head(x)
Qx12 = disvec(x)
print(len(h12))
```

1100

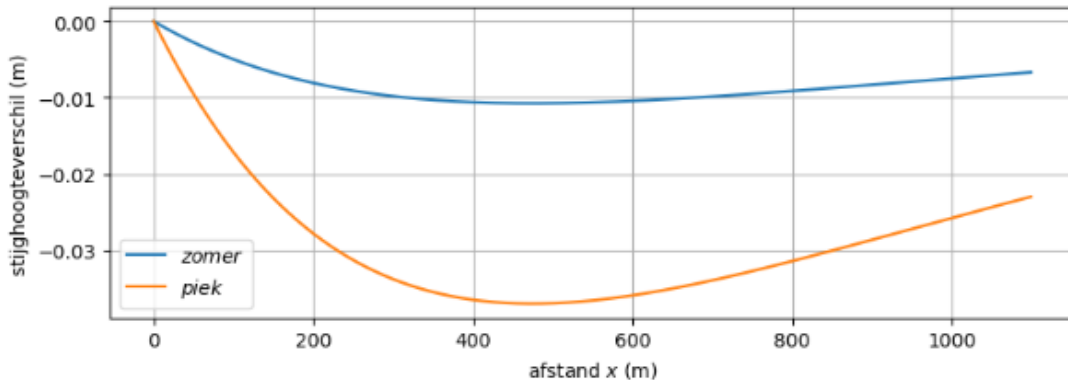
```
In [38]: # hier invoegen: berekeningen vergelijken. Plaatje met stijghoogte in referentie en bij zomer-hoogwater met geul /
# kleinere c-waarde.
#
# plot uitkomsten basisvarianten 01 en 02.
# basic plot
plt.subplots()
plt.plot(x, h11, 'C0', label='$zomer$')
plt.plot(x, h12, 'C1', label='$piek$')
plt.plot(x, maaiveld2, 'C2', label = '$mv$')
plt.plot(x, kleibot, 'C4', label = '$klei$')
plt.legend()
plt.grid()
plt.xlabel('afstand $x$ (m)')
plt.ylabel('stijghoogte (m)')
#plt.subplot(122)
#plt.plot(x, Qx01)
#plt.plot(x, Qx02)
#plt.grid()
#plt.xlabel('afstand $x$ (m)')
#plt.ylabel('kwelflux $Q_x$ (m$^2$/d)');
# veen op NAP -2,1 m toevoegen
```

Out[38]: Text(0, 0.5, 'stijghoogte (m)')



```
In [39]: # en het verschil
# plot uitkomsten basisvarianten 01 en 02.
# basic plot
plt.subplots()
plt.plot(x, h11-h01, 'C0', label='$zomer$')
plt.plot(x, h12-h02, 'C1', label='$piek$')
# plt.plot(x, maaiveld, 'C2', Label = '$mv$')
# plt.plot(x, kleibot, 'C4', Label = '$klei$')
plt.legend()
plt.grid()
plt.xlabel('afstand $x$ (m)')
plt.ylabel('stijghoogteverschil (m)')
#plt.subplot(122)
#plt.plot(x, Qx01)
#plt.plot(x, Qx02)
#plt.grid()
#plt.xlabel('afstand $x$ (m)')
#plt.ylabel('kwelflux $Q_x$ (m$^2$/d)');
# veen op NAP -2,1 m toevoegen
```

Out[39]: Text(0, 0.5, 'stijghoogteverschil (m)')



```
In [40]: # samenvatting van stijghoogten h11 en h12 op karakteristieke afstanden in de CU tot aan de dijk:
print('kenmerkende afstanden : d= ',x[125], x[250], x[275], x[325])
# print('afstand Maas tot teen dijk (zomer): x =',x[295])
print('maaiveldhoogten : mv =',maaiveld2[125-24],maaiveld2[250-24],maaiveld2[275-24],maaiveld2[325-24])
print('Stijghoogte wpl (piek) : x =',h12[125-24],h12[250-24],h12[275-24],h12[325-24])
print('Stijghoogte wpl(zomer) : x =', h11[125-24],h11[250-24], h11[275-24],h11[325-24])
```

```
kenmerkende afstanden : d= 125 250 275 325
maaiveldhoogten : mv = -0.11925318816502835 0.7059899690627534 0.650849611245379 5.0319045526459645
Stijghoogte wpl (piek) : x = 1.9833501314346709 1.481165812306176 1.3959139093843198 1.2385441509446145
Stijghoogte wpl(zomer) : x = 0.3698790947942251 0.2239613869719832 0.19919007933053823 0.15346377216126533
```

```
In [41]: # .. en in het gebied achter de primaire kering
print('kenmerkende afstanden : d= ',x[370], x[625], x[925], x[1099])
print('maaiveldhoogten : mv =',maaiveld2[370-24],maaiveld2[625-24],maaiveld2[925-24], maaiveld2[1100-24] )
print('Stijghoogte wpl (piek) : x =',h12[370-24],h12[625-24],h12[925-24],h12[1100-24])
print('Stijghoogte wpl(zomer) : x =', h11[370-24],h11[625-24], h11[925-24], h11[1100-24])
```

```
kenmerkende afstanden : d= 370 625 925 1099
maaiveldhoogten : mv = -2.07614863326414 0.42688420452621606 0.9708174545674746 0.9256210433801645
Stijghoogte wpl (piek) : x = 1.1106561392795793 0.5791317753162716 0.23287089784951556 0.11294366795641367
Stijghoogte wpl(zomer) : x = 0.11630385933784004 -0.0381390690590456 -0.13875072024749924 -0.17359750025417414
```

```
In [42]: # einde stappen Capelse Uiterwaard.
```

## Bijlage C Bijlage C Reactienota aanvullende vragen

De gemeente Waalwijk heeft een reactie opgesteld naar aanleiding van de deelrapportage Verkennd onderzoek Water met betrekking tot de Capelsche Uiterwaard. De gemeente Waalwijk heeft vragen over of bij de bestaande weg in de zomer een drooglegging van 0,70 m gegarandeerd wordt, ook na uitvoering van de aanleg van een aangetakte geul door een deel van de Capelsche Uiterwaard.

### Inleiding

In deze memo reageren we op de opmerkingen en zorgen naar aanleiding van het deelrapport. Wij lichten toe hoe de afwijkingen in hoogtes en waterstanden geïnterpreteerd moeten worden, waarom de gebruikte aannames betrouwbaar zijn voor de huidige status van het ontwerp, en hoe de drooglegging van de weg verzekerd is.

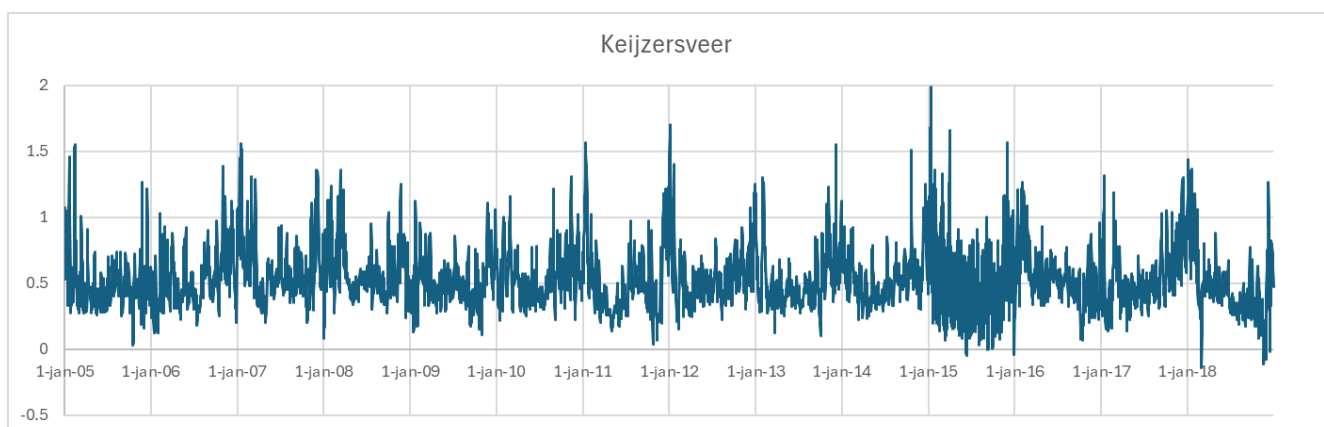
De berekeningen en uitgangspunten in het rapport zijn afgestemd met het waterschap Brabantse Delta en met Rijkswaterstaat, die beiden hebben ingestemd met de rekenresultaten en gehanteerde methodieken.

We hopen dat deze toelichting bijdraagt aan een heldere en gezamenlijke uitgangspositie.

### 1. Inconsistenties in hoogtes en waterstanden

De verschillende hoogtes en waterstanden in het rapport betreffen specifieke locaties en functies. We begrijpen dat deze verschillen verwarrend kunnen overkomen.

- **Hoogtes zomerkade en wegkade:** De hoogte van de zomerkade (NAP +2,3 m) en de wegkade (NAP +1,50 m) verschillen omdat zij verschillende functies vervullen. In **profiel VCU15** is de hoogte van de wegkade als NAP + 1,50 m correct weergegeven. De waarde van NAP +1,90 m betreft een gemiddelde hoogte van de zomerkade op een andere locatie binnen het gebied.
- **Frequentie van overstromingen:** Het verschil tussen “eens per jaar” en “eens per vijf jaar” is gebaseerd op verschillende definities en hydrologische gegevens. De jaarlijkse overstroming betreft een verhoogde waterstand in het algemeen, terwijl de frequentie van eens per vijf jaar betrekking heeft op piekafvoeren. Deze interpretatie is gebaseerd op langjarige meetreeksen (2012-2022) en afgestemd met Rijkswaterstaat.
- **Volgens de betrekkinglijnen van RWS zal de wegkade met een hoogte van NAP +1,50 m eens per 2 tot eens per 5 jaar overstromen.** De betrekkinglijnen zijn voor Rijkswaterstaat de gangbare manier om statistiek van waterstanden te toetsen.
- **De gemeten waarden bij station Keijzersveer over de periode 2005 tot 2019 bevestigen dit beeld:** de waarde van NAP +1,50 m wordt gemiddeld gezien eens per 1 à 2 jaar overschreden.



Figuur 9 Fluctuatie van de Maas bij Keijzersveer, meetgegevens RWS 2005-2019.

## 2. Gebrek aan onderbouwing en aannames

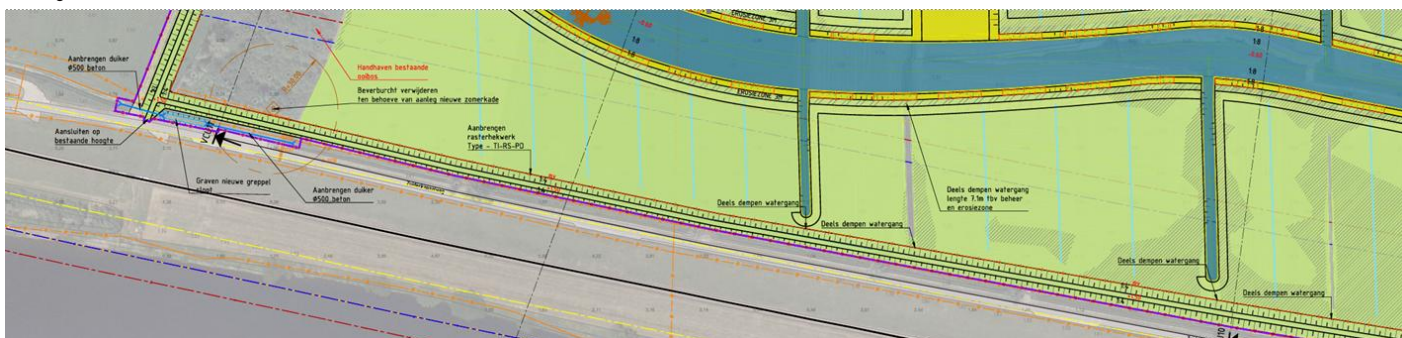
In het rapport worden aannames gedaan die zijn gebaseerd op gangbare modellen en landelijke richtlijnen zoals de betrekkinglijnen. Deze uitgangspunten zijn afgestemd en gevalideerd door zowel het waterschap als Rijkswaterstaat.

- **Invloed van sloot op grondwaterstanden:** De invloed van de sloot op de grondwaterstanden (blz. 32) is onderzocht op basis van bodemprofielen en doorlatendheidsgegevens. Het waterschap heeft bevestigd dat de impact van de sloot beperkt is, gezien de dikke klei- en veenlagen in het gebied.
- **Stijghoogte en waterpeilen:** De berekeningen van stijghoogte en waterpeilen (blz. 33) zijn uitgevoerd met gevalideerde aannames en modellen die door Rijkswaterstaat en het waterschap als leidend zijn beoordeeld

## 3. Drooglegging en toegankelijkheid van de weg

De drooglegging van de weg vormt een belangrijk punt van aandacht. Het onderzoek toont aan dat de drooglegging van minimaal 70 cm in wordt gegarandeerd zolang de wegwade niet geïnundeerd wordt door hoogwater op de Maas.

- **Uitgangspunten drooglegging:** Het ontwerp houdt rekening met een structureel grondwaterpeil onder de weg van NAP -0,15 m. De drooglegging van de weg blijft gewaarborgd door de drainerende werking van de berm-sloot, die loost op het naastgelegen peilvak van de zomerkade (Peil NAP -0,5 m, peilvak O002 van Peilbesluit Oosterhout-Waalwijk, zie uitsnede van het ontwerp). Dit is afgestemd met het waterschap.



Figuur 10 Uitsnede ontwerp met locatie waar berm-sloot via een duiker aansluit op bestaand peilgebied O002 (NAP -0,5 m).

- Met een berm-sloot op NAP -0,25 m, een grondwaterpeil onder de weg van NAP -0,15 m en een wegpeil van NAP +1,21 m (VCU 15) of hoger is de drooglegging 1,36 m, wat ruim voldoende is voor vereiste drooglegging van 0,75 m of meer.

**Monitoring en bijsturing:** Het waterpeil in de berm-sloot wordt gewaarborgd door handhaving van de afstroming naar de polder in westelijke richting. De sloot wordt onderhouden door de aangrenzende eigenaren, het onderhoud van duiker wordt via de afspraken met het waterschap geregeld en vastgelegd in de legger.

## 4. Frequentie en duur van overstromingen

Praktijkwaarnemingen zijn waardevol en door ons vertaald naar statistische ontwerphoogten en -frequenties via langjarige meetreeksen en afgeleide statistische rekenregels van Rijkswaterstaat.

- De “eens per jaar”-frequentie in het rapport verwijst naar een verhoogde waterstand waarbij het gebied tijdelijk onder water kan lopen. De tijdreeks laat zien dat een waterstand van NAP +1,50 m eens per 1 à 2 jaar voor zal komen.
- De duur van overstromingen is beperkt, zoals de figuur ook laat zien. In veel gevallen blijft het hoogwater tegen de kering (dus over de wegwade) beperkt tot één tot enkele dagen. Na het droogvallen van de uiterwaard is de grondwaterstand in een periode van één tot twee weken verhoogd zijn.

- **5. Proces en toetsing**

Het deelrapport is een verkennend onderzoek als onderbouwing voor de ruimtelijke procedure en kan door de uitvoerder gebruikt worden als basis voor de aanvraag van vergunningen.

- Maatregelen en uitgangspunten zijn afgestemd met het waterschap en Rijkswaterstaat en door hen geaccordeerd.
- Rijkswaterstaat is verantwoordelijk voor het beheer van het nieuwe gemaal.

- **6. Slordigheden in de rapportage**

Wij betreuren de fouten en slordigheden in het rapport:

- Fouten in benamingen, zoals “Sluisweg” in plaats van “Zomerdijk” zijn geen belemmering voor de aanvraag van vergunningen; op de ontwerptekening worden de juiste namen toegepast.
- De NAP-hoogtes van doorsneden en delen van de zomerkade zijn deels via landmeting opgenomen en deels via de iets minder nauwkeurige landelijke dataset AHN.

## Colofon

VERKENNEND ONDERZOEK WATER  
VERGRAVEN CAPELSCHÉ UITERWAARD [GTM\_234\_L]

**KLANT**  
Rijkswaterstaat

**AUTEUR**  
ARCADIS

**PROJECTNUMMER**  
30069107 6307

**ONZE REFERENTIE**  
v1.2

**DATUM**  
7 februari 2024

**STATUS**  
Definitief

**GECONTROLEERD DOOR**

**VRIJGEGEVEN DOOR**

Arcadis  
-

Arcadis  
-



## Over Arcadis

Arcadis is de leidende wereldwijd opererende ontwerp- en consultancyorganisatie op het gebied van de natuurlijke en gebouwde omgeving. Wij helpen onze klanten en de maatschappij met doeltreffende, duurzame en digitale oplossingen. Wij zijn met 36.000 mensen actief die in ruim zeventig landen meer dan €4,2 miljard aan omzet genereren. Wij helpen UN-Habitat met onze mensen, die kennis en expertise leveren om de moeilijke leefomstandigheden te verbeteren in gebieden die lijden onder de gevolgen van klimaatverandering.

[www.arcadis.com](http://www.arcadis.com)

### Arcadis Nederland B.V.

Postbus 56825  
1040 AV Amsterdam  
Nederland

T +31 (0)88 4261 261

**Arcadis.** Improving quality of life

Volg ons op



[Arcadis](#)



[arcadis\\_nl](#)



[ArcadisNetherlands](#)