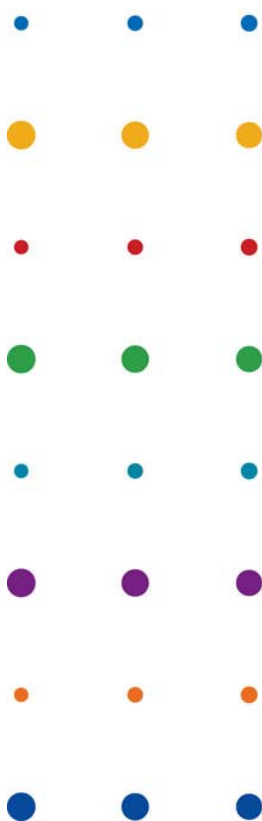


# Gevolgen inzet Waterberging Volkerak-Zoommeer op binnendijkse gebieden Noord-Brabant, Zuid-Holland en Zeeland



RWS-PDR  
Projectbureau Waterberging Volkerak-Zoommeer  
december 2010  
definitief



# Gevolgen inzet Waterberging Volkerak-Zoommeer op binnendijkse gebieden Noord-Brabant, Zuid-Holland en Zeeland

dossier : C0820.01.001  
registratienummer : LW-AF20100635  
versie : 5

RWS-PDR  
Projectbureau Waterberging Volkerak-Zoommeer  
december 2010  
definitief



<b>INHOUD</b>	<b>BLAD</b>
SAMENVATTING	3
1 INLEIDING	7
1.1 Aanleiding	7
1.2 Doel van de deelstudie binnendijkse wateroverlast	8
1.3 Waterstanden op het Volkerak-Zoommeer	9
1.4 Werkwijze en leeswijzer	10
2 KANSEN EN BESCHERMINGSNIVEAU	11
2.1 Inundatienormen en beschermingsniveau	11
2.2 Effect op de inundatiekans - voorbeeld	12
2.3 Aanpak bepaling effect op beschermingsniveau	14
2.4 Uitgangspunten en aannames m.b.t. inzetkans van het Volkerak-Zoommeer met kritieke bui of afvoer	16
3 MARK-VLIETSYSTEEM	20
3.1 Achtergrond	20
3.2 Uitgangspunten	22
3.3 Scenario's	23
3.4 Resultaten	24
3.4.1 Huidige situatie regionale waterkeringen (MHW)	25
3.4.2 Huidige situatie: Onderlopen boezemgebieden/uiteerwaarden	26
3.4.3 Huidige situatie: Inundatie als gevolg van maalstops	26
3.4.4 Inzet Volkerak-Zoommeer situatie 2015 en 2050: Maximale waterstanden	27
3.4.5 Inzet Volkerak-Zoommeer situatie 2015 en 2050: Stijging T100-waterstanden	28
3.4.6 Inzet Volkerak-Zoommeer situatie 2015 en 2050: Gestremde afvoeren	28
3.4.7 Inzet Volkerak-Zoommeer situatie 2015 en 2050: Rechtstreeks op afwaterende gebieden	28
4 ZOOMSYSTEEM	30
4.1 Achtergrond	30
4.2 Uitgangspunten	30
4.3 Scenario's	31
4.4 Resultaten	32
4.5 Conclusie	33
5 OOSTFLAKKEE	35
5.1 Achtergrond	35
5.2 Uitgangspunten	36
5.3 Scenario's	37
5.4 Resultaten	37
5.5 Conclusie	39
6 THOLEN	41
6.1 Achtergrond	41
6.2 Uitgangspunten	42
6.3 Scenario's	42
6.4 Resultaten	43
6.5 Conclusie	44

DHV B.V.

7	REFERENTIES	45
8	COLOFON	47

## BIJLAGEN

1	Constructie waterpeilverloop Volkerak-Zoommeer
2	Toename MHW voor 7 locaties in het Mark-Vlietsysteem
3	Kans overschrijding kritiek waterpeil voor 4 polders Oost-Flakkee lozend op Volkerak-Zoommeer
4	Kans overschrijding kritiek waterpeil voor 3 polders Tholen lozend op Volkerak-Zoommeer
5	Inundatiekaarten Mark-Vlietsysteem
6	Inundatiegebied watersysteem Zoom
7	Overzicht gebruikte benaderingswijzen en modellen

## SAMENVATTING

### Aanleiding

Bij hoge waterstanden op zee sluiten de Maeslantkering in de Nieuwe Waterweg en de Hartelkering in het Hartelkanaal (samen de Europoortkering). Onder deze omstandigheden is het ook niet mogelijk om via de Haringvlietsluizen rivierwater naar zee te spuien. Als deze situatie samenvalt met hoge rivierafvoeren, kunnen de waterstanden in de Rijn-Maasmonding stijgen tot een ongewenst hoog peil. Door dan het Volkerak-Zoommeer in te zetten als tijdelijk waterbergingsgebied, kan de hoogte van deze waterstanden worden beperkt.

Indien het gebied als waterbergingsgebied wordt ingezet, zal het waterpeil tijdelijk in het Volkerak-Zoommeer tot een maximum peil van NAP +2,3m worden opgezet in plaats van het huidige maximale peil van NAP+0,50m. Het inzetten van de maatregel Waterbergingsgebied Volkerak-Zoommeer leidt in dit geval tot stremming in de afvoer van de binnendijkse gebieden in het westen van Noord-Brabant (Mark-Vlietsysteem en Zoom) en de belendende polders in Zeeland (Tholen) en Zuid-Holland (Oostflakkee).

### Doelen

Om het effect van deze stremming in beeld te brengen is onderliggende studie verricht. De eerste stap is het in beeld brengen van de gevolgen van waterbergingsgebied. We kijken daarbij achtereenvolgens naar:

- Toename van de waterstanden en kans op inundatie
- Toename van de maatgevende hoogwaterstanden voor regionale waterkeringen

### Effect op inundatiekansen

Voor de huidige situatie en de situatie met de inzet van het Volkerak-Zoommeer als waterbergingsgebied zijn modelberekeningen uitgevoerd om het effect van de waterbergingsgebied op de waterstanden in de afwaterende gebieden in beeld te brengen. Op basis van deze gemodelleerde waterstanden en hun bijbehorende kans van voorkomen is gekeken of de inundatiekansen voor polders in Tholen en Oost-Flakkee, de afwaterende polders in het Mark-Vlietsysteem, vrij afwaterende polders op het Volkerak-Zoommeer en het afwateringsgebied van de Zoom ook met waterbergingsgebied de inundatiekansen niet groter wordt dan de norm.

#### *Oost-Flakkee*

In de huidige situatie en situatie met de inzet van de maatregel Volkerak-Zoommeer voldoen de peilgebieden in het bemalingsgebied Oudeland en ongeveer de helft van de peilgebieden in de bemalingsgebieden Haas van Dorsser, de Eendracht en Galathee aan het gewenste beschermingsniveau.

Eén peilgebied voldoet in de bestaande situatie niet aan het gewenste beschermingsniveau. In de huidige situatie zijn hiervoor al aanvullende maatregelen nodig. Door de inzet van de maatregel waterbergingsgebied Volkerak-Zoommeer zullen iets verdergaande maatregelen nodig zijn.

Voor de resterende peilgebieden is het onzeker hoe groot de kans op wateroverlast in de huidige situatie is. Hierdoor is het ook niet zeker of in de toekomst, met een toename van de kans op wateroverlast ten gevolge van de maatregel waterbergingsgebied, nog aan het vereiste beschermingsniveau voldaan wordt. Voor deze peilgebieden geldt dat zonder nader onderzoek niet uit te sluiten is dat compenserende maatregelen nodig zijn vanwege de maatregel waterbergingsgebied Volkerak-Zoommeer.

#### *Tholen*

Voor de polder De Drie Grote Polders op Tholen geldt dat in de bestaande situatie dusdanig ruim aan de norm wordt voldaan, dat ook mét de maatregel Waterberging Volkerak-Zoommeer de inundatiekans onder de norm blijft.

Voor de bemalingsgebieden Van Haften en De Eendracht geldt dat in de bestaande situatie de vereiste inundatiekans niet wordt gehaald. Hier zijn dus in de huidige situatie al maatregelen nodig. Om ook met de maatregel Waterberging Volkerak-Zoommeer aan de norm te voldoen, zullen (iets) verdergaande maatregelen nodig zijn.

#### *Mark-Vlietsysteem*

De inundatiekans van de afwaterende poldergebieden op het Mark-Vlietsysteem is in de huidige situatie beperkt. Door maalstops op het Mark-Vlietsysteem kan een deel van de landbouwgebieden onder water lopen. De kans van voorkomen van deze inundatie ligt grotendeels onder de norm voor inundatie. Door de inzet van het Volkerak-Zoommeer als waterberging neemt deze kans licht toe, maar de norm voor inundatie wordt niet overschreden.

#### *Polders die rechtstreeks afwateren op het Volkerak-Zoommeer*

Naast polders die indirect afwateren op het Volkerak-Zoommeer zijn er ook polders die via gemalen rechtstreeks op het Volkerak-Zoommeer afwateren. Voor deze gemalen geldt dat ze boven een kritisch waterpeil in het Volkerak-Zoommeer geen water meer kunnen afvoeren. In de huidige situatie hebben deze gemalen geen afvoerbepanking. Bij de inzet van het Volkerak-Zoommeer kunnen de gemalen een periode niet malen. Hierdoor inundeert een deel van de polders. Aangezien er in de huidige situatie geen inundaties optreden, is de inundatiekans gelijk aan de inzetkans van het Volkerak-Zoommeer als waterberging. Daarmee voldoen de polders aan de norm voor inundatie.

#### *Zoomsysteem*

Het Zoomgebied watert af via de Theodorus haven en het Markiezaatsmeer / Plaatvliet naar het Volkerak-Zoommeer. De inundatiekans in het Zoomgebied is in de huidige situatie beperkt. Bij de Markiezaatsweg inundeert een deel van het gebied. Om te voorkomen dat dit gebied te vaak onder water loopt, heeft het waterschap maatregelen opgesteld om deze inundaties te voorkomen.

Door inzet van het Volkerak-Zoommeer als waterberging wordt de inundatie op deze locatie niet verergerd, omdat de afvoercapaciteit van de afvoerende watergangen naar het meer in de huidige situatie al beperkend is.

Bij inzet van het Volkerak-Zoommeer als waterberging inundeert bij laagfrequente afvoeren (T100) een klein deel van de oevers in de Theodorus haven. In de huidige situatie treedt hier geen inundatie op. De kans dat deze situatie zich voordoet, is kleiner dan 1 keer per 3000 jaar. Door de inzet van het Volkerak-Zoommeer als waterberging neemt deze kans licht toe, maar de norm voor inundatie wordt niet overschreden.

#### **Toename maatgevende hoogwaterstanden voor regionale waterkeringen in Mark-Vlietsysteem**

De regionale keringen in het Mark-Vlietsysteem moeten de waterstand die met een kans van 1/100 per jaar overschreden wordt, kunnen keren (de maatgevende hoogwaterstand, MHW). Door de mogelijke inzet van het Volkerak-Zoommeer voor waterberging, zullen de overschrijdingskansen van nagenoeg alle waterstanden toenemen. Hierdoor zal in de toekomstige situatie ook een hogere waterstand een overschrijdingskans van 1/100 per jaar krijgen (een hogere waterstand wordt de  $H_{T100}$ ).

Uit een analyse op basis van gemodelleerde waterstanden (voor de bestaande situatie en de situatie met waterberging) en de bijbehorende kans van voorkomen, blijkt dat de maatregel Waterberging Volkerak-Zoommeer slechts een zeer beperkte toename van de  $H_{T100}$  tot gevolg heeft.







## 1 INLEIDING

### 1.1 Aanleiding

Bij hoge waterstanden op zee sluiten de Maeslantkering in de Nieuwe Waterweg en de Hartelkering in het Hartelkanaal (samen de Europoortkering). Onder deze omstandigheden is het ook niet mogelijk om via de Haringvlietsluizen rivierwater naar zee te spuien. Als deze situatie samenvalt met hoge rivierafvoeren, kunnen de waterstanden in de Rijn-Maasmonding stijgen tot een ongewenst hoog peil. Door dan het Volkerak-Zoommeer in te zetten als tijdelijk waterbergingsgebied, kan de hoogte van deze waterstanden worden beperkt.

De maatregel Waterberging Volkerak-Zoommeer is opgenomen in de PKB Ruimte voor de Rivier. De waterberging moet ervoor zorgen dat de wettelijke veiligheidsnormen tegen overstromen rondom het Hollandsch Diep en Haringvliet niet worden overschreden. De taakstelling die in de PKB aan de maatregel wordt gesteld, is een MHW-daling van minimaal 0,03 m bij rivierkilometers 976-978 (Dordrecht - Oude Maas) en een MHW-daling van minimaal 0,10 m bij rivierkilometer 1015 (Middelharnis - Haringvliet).

De kans dat hoge rivierafvoeren en gesloten stormvloedkeringen samenvallen en de waterberging op het Volkerak-Zoommeer moet worden ingezet, is bepaald met behulp van Hydra-B (2001). De overschrijdingskans van deze situatie is 1/1.430 per jaar (Slootjes, 2005). Dit is het uitgangspunt in de PKB.

In opdracht van Rijkswaterstaat onderzoekt DHV wat er nodig is om het Volkerak-Zoommeer in 2015 geschikt te maken voor tijdelijke waterberging. Hierbij wordt gekeken naar veiligheid en de mogelijkheden voor verbetering van de ruimtelijke kwaliteit. Er wordt onderzocht wat de effecten zijn van de waterberging op natuur, milieu, gebruiksfuncties en leefomgeving en hoe negatieve effecten kunnen worden voorkomen, verzacht of gecompenseerd. Ook wordt gekeken naar de inzet van de maatregel in de verdere toekomst.

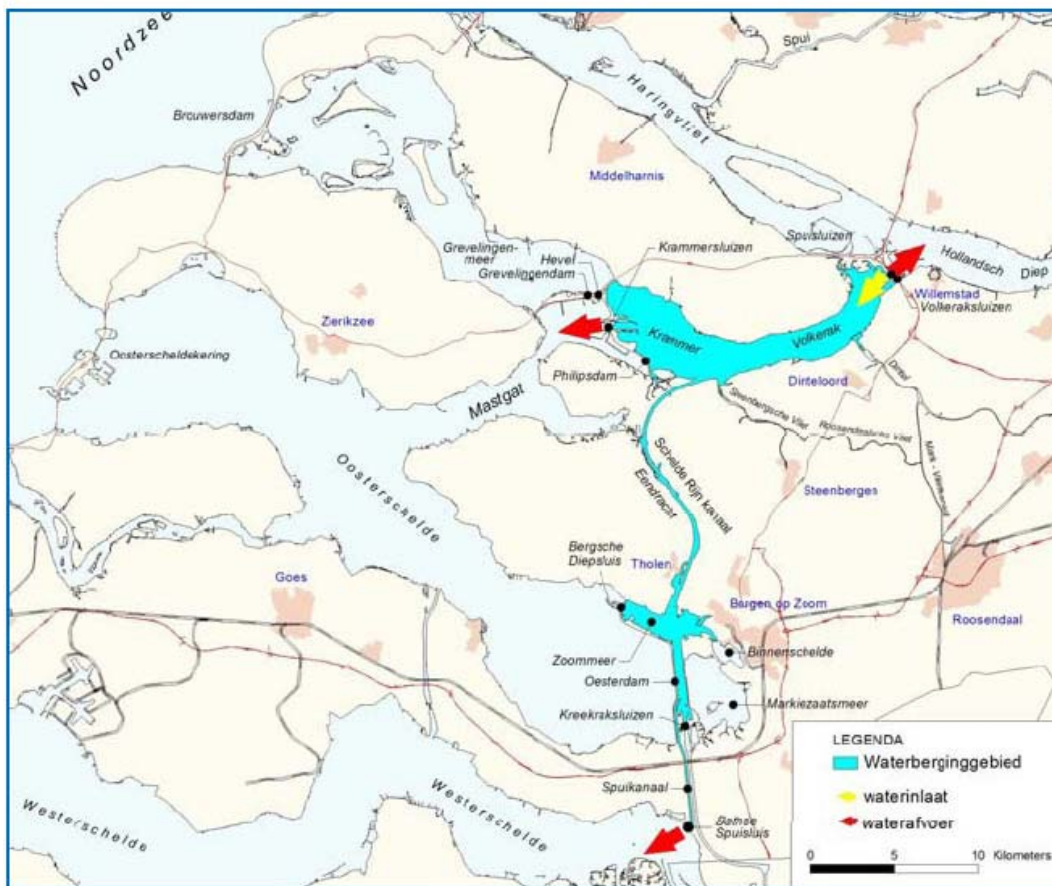
#### **Zoet en zout**

In het MER Waterkwaliteit (2009) wordt de mogelijkheid besproken om met een nieuw doorlaatmiddel in de Philipsdam (P300) het Volkerak-Zoommeer zout te maken. De planstudie Waterberging Volkerak-Zoommeer kijkt daarom naar een zoete en een zoute uitgangssituatie. De zoete uitgangssituatie is de huidige situatie zoals beschreven in het MER Waterkwaliteit (2009). In die situatie kan het rivierwater na berging worden afgevoerd:

- via de Volkeraksluizen terug naar het Hollandsch Diep en via het Haringvliet naar zee;
- via de Krammersluizen naar de Oosterschelde;
- via de Bathse Spuisluis naar de Westerschelde.

De zoute uitgangssituatie gaat uit van een getijdendynamiek van 30 cm; de aanpassing van doorlaatmiddelen en de mogelijke aanleg van een gemaal in de Roode Vaart (ten behoeve van de aanvoer van zoet water). In deze uitgangssituatie wordt verondersteld dat deze aanpassingen in 2015 zijn gerealiseerd.

Afbeelding 1 Ligging plangebied in Delta en verbindingen met omliggende deltawateren



## 1.2 Doel van de deelstudie binnendijkse wateroverlast

Het huidige maximale waterpeil van het Volkerak-Zoommeer is NAP +0,50m. Indien het Volkerak-Zoommeer als waterbergingsgebied wordt ingezet, zal het waterpeil in het gebied tijdelijk tot maximaal NAP +2,85m (in 2050) kunnen stijgen. Het inzetten van de maatregel Waterberging Volkerak-Zoommeer leidt in dit geval tot stremming van de afvoer van de binnendijkse gebieden in het westen van Noord-Brabant (Mark-Vlietsysteem en Zoom) en de afwaterende polders in Zeeland (Tholen) en Zuid-Holland (Oostflakkee). De stremming kan leiden tot een verhoging van de wateroverlast in deze gebieden en een verlaging van het beschermingsniveau.

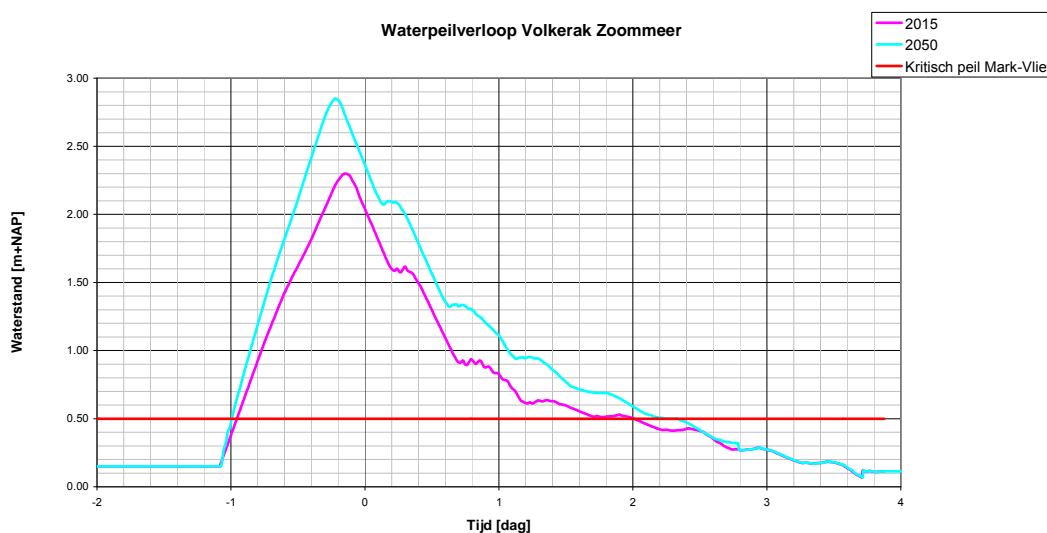
Een onderdeel van het studietraject voor de Planstudie en MER is het in kaart brengen van deze effecten. Inzicht in deze effecten vormt de basis voor overleg met de waterschappen en de gemeenten. Dit overleg heeft betrekking op eventueel compenserende maatregelen in het kader van de waterberging en het nader uitwerken van deze maatregelen in relatie tot de waterhuishouding van de omliggende gebieden.

De eerste stap is dus het in beeld brengen van de gevolgen van waterberging en de orde van grootte van de peilverschillen: zijn de peilverschillen marginaal (enkele centimeters) of zijn ze aanzienlijk (decimeters) Daartoe moeten twee sporen worden afgelopen, ieder op basis van een andersoortig effect. We kijken naar 'veiligheid' en 'wateroverlast':

- Veiligheid - Toename van de T100-waterstanden (hoogwaterstanden die de regionale waterkeringen moeten kunnen keren; dit zijn hoogwaterstanden met een overschrijdingsfrequentie van 1/100 per jaar);
- Wateroverlast - Toename van waterstanden en kans op inundatie.

### 1.3 Waterstanden op het Volkerak-Zoommeer

Indien het gebied als waterbergingsgebied wordt ingezet, zal het waterpeil tijdelijk in het Volkerak-Zoommeer tot een peil van NAP +2,3m in 2015 tot maximaal NAP +2,85m in 2050 worden opgezet in plaats van het huidige maximale peil van NAP+0,50m. In bijlage 1 wordt een toelichting gegeven hoe dit waterpeilverloop bepaald is. Door het tijdelijk opzetten van het peil treedt er stremming op in de afvoer van de omliggende afwaterende gebieden. De duur van de stremming ligt in de orde van twee tot drie dagen. In onderstaande grafiek wordt het waterstandverloop op het Volkerak-Zoommeer grafisch weergegeven bij het inzetten van de waterberging.



**Figuur 1 Waterpeilverloop zoete variante Volkerak-Zoommeer als waterbergingsgebied (lediging via Haringvliet)**

De maximum waterstanden van NAP +2,3m en NAP +2,85m zijn de geschatte maatgevende hoogwaterstanden (MHW's) op het Volkerak-Zoommeer voor 2015 respectievelijk 2050<sup>1</sup>. De waterstand in het Volkerak-Zoommeer zal tijdens de inzet van het Volkerak-Zoommeer niet altijd deze genoemde MHW's bereiken. De MHW's zijn hoogwaterstanden met een overschrijdingsfrequentie van 1/2000 à 1/4000 per jaar (beschermingsniveaus van West-Brabant respectievelijk Goeree-Overflakkee en Zeeland). De frequentie waarmee de maatregel waterberging zal worden ingezet is groter (in 2015 ca. 1/1400 per jaar; in 2050 maximaal 1/250 per jaar).

<sup>1</sup> De zoete variant is als maatgevend beschouwd. Zie ook paragraaf 3.3.

## 1.4 Werkwijze en leeswijzer

De insteek van deze studie is om een indruk te krijgen van de effecten van de inzet van het Volkerak-Zoommeer als waterberging (minimaal, matig of groot) ten opzichte van de huidige situatie. Het gaat hierbij dus niet om exact optredende verschillen in waterstanden, maar om inzicht te krijgen of de inzet tot marginale of substantiële verschillen leidt in inundatiekans en/of afname van het beschermingsniveau. Als geconcludeerd wordt dat de inzet van het Volkerak-Zoommeer leidt tot marginale verschillen in inundatiekans en afname van het beschermingsniveau, dan is de noodzaak tot aanvullende of beschermende maatregelen veel kleiner dan als de verschillen substantieel zijn.

De studie is opgebouwd uit drie componenten. In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de kans op het voorkomen van de combinatie van de inzet van het Volkerak-Zoommeer als waterberging met een meer reguliere bron van mogelijke wateroverlast, namelijk bepaalde neerslag in het binnendijkse gebied. Dit is een belangrijk aspect bij het determineren van de bijdrage van de waterberging op mogelijke wateroverlast.

Vervolgens wordt in de hoofdstukken 3 t/m 6 het effect van het samenvallen van het inzetten van de maatregel met maatgevende regenval geanalyseerd voor:

- Mark-Vlietsysteem in het beheergebied van waterschap Brabantse Delta
- Zoomgebied in het beheergebied van waterschap Brabantse Delta
- Oostflakkee in het beheergebied van waterschap Hollandse Delta
- Tholen in het beheergebied van waterschap Zeeuwse Eilanden

De conclusies per deelgebied worden aan het eind van elk hoofdstuk weergegeven.

## 2 KANSEN EN BESCHERMINGSNIVEAU

De inzet van het Volkerak-Zoommeer voor waterberging heeft een tijdelijke stremming van de afvoer van water uit de afwaterende gebieden tot gevolg. Vooral wanneer in de afwaterende gebieden tegelijkertijd sprake is van hevige regenbuien en/of hogere afvoeren kan deze stremming lokaal tot wateroverlast leiden in de binnendijkse gebieden. In deze rapportage wordt in kaart gebracht welk effect dit heeft op het beschermingsniveau tegen wateroverlast in de binnendijkse landelijke en stedelijke gebieden. Het gaat hierbij om wateroverlast als gevolg van inundaties.

Om het effect van de waterberging op het beschermingsniveau tegen wateroverlast in kaart te brengen is het niet alleen van belang om te weten in hoeverre het samenvallen van de inzet van de waterberging met een bepaalde bui of afvoer tot inundatie van gebieden leidt. Ook is het relevant om te weten met welke kansen deze gebeurtenissen voorkomen. In paragraaf 2.1 wordt toegelicht welke inundatienormen voor wateroverlast en beschermingsniveau van regionale keringen er gelden. In paragraaf 2.2 wordt geïllustreerd hoe het effect van de maatregel waterberging op het beschermingsniveau inzichtelijk gemaakt zal worden. In paragraaf 2.3 wordt onderbouwd met welke kansen hierbij gerekend zal worden.

### 2.1 Inundatienormen en beschermingsniveau

#### **Werknormen inundatie vanuit het watersysteem**

De waterschappen hebben een zorg- en taakplicht. Deze houdt onder meer in dat voldoende maatregelen moeten worden getroffen om wateroverlast te voorkomen. Het Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW) vormt hiervoor het kader. Binnen dit kader zijn werknormen voor regionale systemen afgesproken waaraan moet worden voldaan uitgaande van het WB21 midden scenario (Nationaal Bestuursakkoord Water, 2003). Waterschappen hebben een wettelijke verplichting vanuit het Nationaal Bestuursakkoord Water om hun watersysteem in 2015 voor de toekomst (2050) op orde te hebben. Een belangrijke werknorm is die voor stedelijk gebied; de kans op wateroverlast moet hier beperkt worden tot 1/100 per jaar. Het gaat daarbij niet om water op straat, maar om een inundatie vanuit het aanliggende oppervlaktewater. De werknormen voor gebieden voor agrarisch gebruik zijn lager dan die voor stedelijk gebied (1/25 per jaar i.p.v. 1/100 per jaar).

#### **Vereist beschermingsniveau regionale keringen**

Langs de West-Brabantse rivieren Mark en Vliet liggen regionale keringen die genormeerd worden op een afvoersituatie met een kans van voorkomen van 1/100 per jaar. Het waterschap Brabantse Delta doet op dit moment onderzoek naar de maatregelen die moeten worden getroffen om voor deze keringen een beschermingsniveau van 1 op 100 jaar in 2050 te kunnen waarborgen. Dit vraagt met name aanpassingen van de regionale keringen in de boven- en middenloop van de Mark. Langs de benedenloop van de Mark en de Vliet liggen nog oude zeedijken uit de tijd van voor de Deltawerken met een veel hoger beschermingsniveau dan 1 per 100 jaar. Bij deze keringen zijn naar verwachting geen maatregelen nodig zijn om aan het vereiste beschermingsniveau te voldoen. Deze keringen zijn destijds ontworpen om bescherming te bieden tegen zeewaterstanden die veel hoger zijn dan de huidige maatgevende belastingen.

### Drie mogelijke situaties

In de huidige situatie maken we onderscheid in drie typen gebieden en regionale waterkeringen:

1. Gebieden en regionale waterkeringen die nu ruimschoots voldoen aan de inundatienorm respectievelijk het beschermingsniveau. Verwacht wordt dat door inzet van de waterberging van het Volkerak-Zoommeer de inundatienorm niet overschreden wordt en het beschermingsniveau niet tot onder de 1 keer per 100 jaar afneemt.
2. Gebieden en regionale waterkeringen die net voldoen aan de inundatienorm respectievelijk het beschermingsniveau. De kans bestaat dat door inzet van de waterberging van het Volkerak-Zoommeer de inundatienorm overschreden wordt en het beschermingsniveau tot onder de 1 keer per 100 jaar afneemt.
3. Gebieden en regionale waterkeringen die in de huidige situatie niet voldoen aan de inundatienorm respectievelijk het beschermingsniveau. Wanneer in de huidige situatie niet aan de werknorm voldaan wordt, zijn in ieder geval maatregelen nodig om het gewenste beschermingsniveau te behalen. In combinatie met de maatregel waterberging zijn dan mogelijk ingrijpendere maatregelen nodig.

In het vervolg van dit rapport wordt in kaart gebracht waar wel of geen maatregelen nodig zijn om in de toekomstige situatie aan de inundatienormen te voldoen en of maatregelen nodig zijn om het beschermingsniveau van de regionale keringen te handhaven. Uiteindelijk zal dit rapport gebruikt worden als achtergronddocument bij overleg met waterschappen en gemeenten over te nemen maatregelen.

## 2.2 Effect op de inundatiekans - voorbeeld

In deze paragraaf wordt aan de hand van een voorbeeld uitgelegd hoe de inzet van het Volkerak-Zoommeer als waterberging doorwerkt op een toename van de inundatiekans.

Voor gebieden die in de huidige situatie *nét* aan de werknorm tegen wateroverlast voldoen, geldt dat wateroverlast alleen optreedt vanaf afvoeren met een overschrijdingskans van 1/100 jaar (T=100-afvoer). Bij de inzet van het Volkerak-Zoommeer als waterberging wordt het waterpeil op het VZM tijdelijk verhoogd, waardoor de afvoer van water uit binnendijkse gebieden bemoeilijkt of zelfs gestremd wordt. In zulke situaties leiden minder extreme afvoeren dan de T=100-afvoer al tot inundatie; bijvoorbeeld een T=10-afvoer (afvoer met een overschrijdingskans van 1/10 per jaar).

Wanneer het Volkerak-Zoommeer ingezet gaat worden als waterberging, wordt de inundatiekans in de binnendijkse gebieden dus groter. Wateroverlast treedt dan op bij:

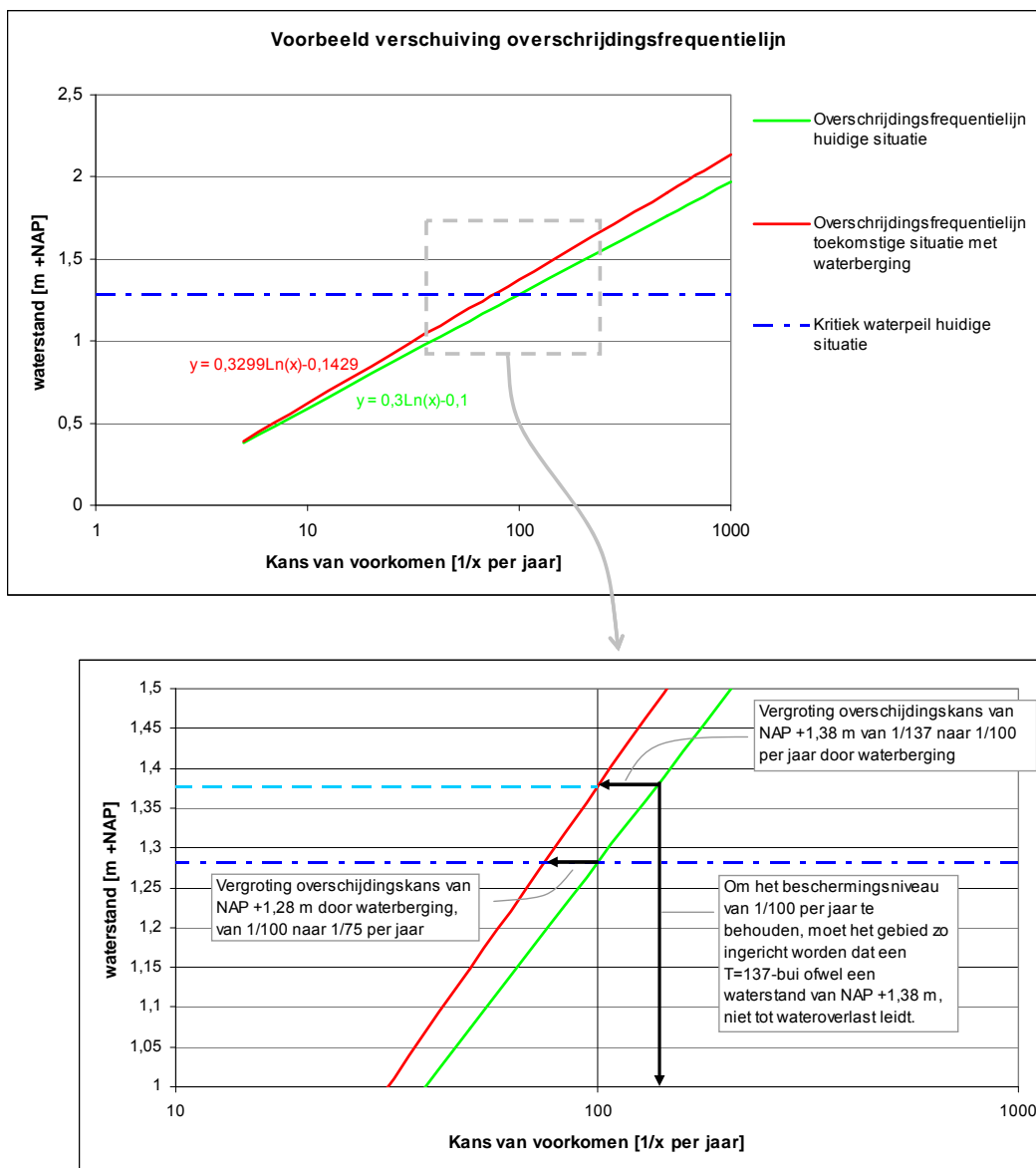
- een T=100-afvoer (kans 1/100 per jaar);
- én bij de situatie dat de inzet van de waterberging samenvalt met een kritieke afvoer, als voorbeeld gaan we uit van een T=10-afvoer.

De grootte van de kans op het samenvallen van de inzet van het Volkerak-Zoommeer met een T=10-afvoer is nog onbekend. In paragraaf 2.3 wordt toegelicht hoe deze kans benaderd zal worden. Als voorbeeld gaan we uit van een kans van 1/300 per jaar dat waterberging gelijktijdig met een T=10-afvoer optreedt. In de bestaande situatie is de kans op wateroverlast (=overschrijdingskans van het kritieke waterpeil) al 1/100 per jaar. In de toekomstige situatie met de maatregel waterberging wordt de kans op wateroverlast:

$$\begin{aligned} P_{\text{wateroverlast}} &= 1 - P_{\text{geen wateroverlast}} \\ &= 1 - (1 - P_{\text{wateroverlast zonder waterberging}}) * (1 - P_{\text{wateroverlast met waterberging}}) \\ &= 1 - (99/100 * 299/300) \\ &= 1/75 \text{ per jaar} \end{aligned}$$



Voor alle waterstanden die kunnen optreden geldt dat de overschrijdingskans groter wordt door de waterberging. De overschrijdingsfrequentielijn van de waterstanden verschuift op die manier naar boven. In Figuur 2 is dit geïllustreerd.



**Figuur 2** Illustratie verschuiving overschrijdingsfrequentielijn, huidig waterstandsniveau in voorbeeld komt overeen met een peil met een overschrijdingskans van 1/100 jaar

In dit voorbeeld heeft de waterstand NAP +1,28m in de huidige situatie een kans om 1/100 per jaar overschreden te worden. Door de inzet van het Volkerak-Zoommeer krijgt de waterstand van NAP +1,38 m een overschrijdingskans van 1/100 per jaar. Zonder waterberging was de overschrijdingskans van NAP +1,38m 1/137 per jaar. De kans dat de waterstand NAP +1,38m overschreden wordt als gevolg van de inzet van de waterberging is ca. 1/368 per jaar (deze kans is kleiner dan de kans op overschrijding van NAP +1,28 m bij waterberging, de waterberging moet dan immers met een extremere afvoer samenvallen).

$$P_{\text{overschrijding } +1,38 \text{ m}} = 1 - P_{\text{geen overschrijding } +1,38 \text{ m}} = 1 - (136/137 * 367/368) = 1/100 \text{ per jaar}$$

Om in de toekomstige situatie door inzet van het Volkerak-Zoommeer hetzelfde beschermingsniveau te handhaven, zou het gebied dusdanig ingericht kunnen worden dat een T=137-afvoer niet tot inundatie leidt. Met deze maatregel is een inundatienorm van 1/100 per jaar voor dit gebied veilig gesteld. Wanneer een waterpeil van NAP +1,38 m in de bestaande situatie niet tot wateroverlast leidt, wordt door de combinatie met het Volkerak-Zoommeer als waterberging de vereiste inundatienorm niet overschreden.

#### Kansen combineren: optellen of vermenigvuldigen?

Waarom worden de 'kansen op géén waterlast' met elkaar vermenigvuldigd? Kunnen de kansen op wateroverlast door de verschillende oorzaken niet bij elkaar opgeteld worden? Aan de hand van een voorbeeld wordt uitgelegd waarom dit niet correct zou zijn.

Per keer dat ik een dobbelsteen gooi, is de kans dat ik 6 gooi 1/6. Als ik zes keer met een dobbelsteen mag gooien, hoe groot is dan de kans dat ik minimaal één keer 6 gooi?

Wanneer ik de kansen per keer bij elkaar op zou tellen, zou dit tot de volgende, foutieve uitkomst leiden:

$$1/6 + 1/6 + 1/6 + 1/6 + 1/6 + 1/6 = 1$$

Dit zou betekenen dat ik zeker een keer 6 gooi, wanneer ik zes keer met een dobbelsteen gooi. Dit klopt niet.

De kans dat ik minimaal één keer 6 gooi, is gelijk aan 1 minus de kans dat ik geen zes gooi:  $P_6 = 1 - P_{\text{geen}6}$

Deze laatste kans is eenvoudiger, direct te bepalen. Per keer is de kans 5/6 dat ik geen 6 gooi. De kans dat ik met zes keer gooien géén enkele keer 6 gooi is:  $5/6 * 5/6 * 5/6 * 5/6 * 5/6 * 5/6 = 0,335$

De kans dat ik wél een keer 6 gooi is dus:  $1 - (5/6)^6 = 0,665$

## 2.3 Aanpak bepaling effect op beschermingsniveau

In deze studie zijn er twee hoofdvragen die beantwoord dienen te worden:

- Inundatie  
In welke mate neemt de kans op inundatie in de gebieden die afwateren op het Volkerak-Zoommeer toe door de inzet van het Volkerak-Zoommeer als waterberging? Deze vraag dient beantwoord te worden voor verschillende polders op Goeree-Overflakkee en Tholen, de polders die afwateren op het Mark-Vlietsysteem en het afwateringsgebied van de Zoom.
- Beschermingsniveau regionale keringen  
in hoeverre neemt de T100-waterstand, die de regionale waterkeringen moeten kunnen keren, toe ten gevolge van de maatregel Volkerak-Zoommeer? En voldoen de waterkeringen dan nog aan het

vereiste beschermingsniveau? Deze vragen dienen beantwoord te worden voor boezemkaden in het Mark-Vlietsysteem.

### **Aanpak hoofdvraag inundatie**

Om de hoofdvraag over de toename van de inundatiekans te beantwoorden, wordt eerst de inundatiekans in de bestaande situatie bepaald. Dit gebeurt op basis van modelberekeningen met neerslag- of afvoersituaties die een kans van voorkomen van 1/10, 1/25, 1/50 en 1/100 per jaar hebben. Voor verschillende gebieden rond het Volkerak-Zoommeer worden deze berekeningen gemaakt. De waterstanden die voor deze situaties berekend zijn, worden vervolgens vergeleken met het kritieke waterpeil dat voor het betreffende gebied geldt. De overschrijdingskansen van de berekende waterstanden volgen uit de overschrijdingskansen van de bijbehorende afvoeren of neerslagsituaties. Via inter- of extrapolatie van de modelresultaten, wordt de overschrijdingskans van het kritieke waterpeil (=kans op wateroverlast) bepaald.

Wanneer de kans op inundatie in de huidige situatie veel kleiner is dan noodzakelijk volgens de norm, kan al snel geconcludeerd worden dat de inundatiekans ook met waterberging aan de norm (in de meeste gevallen 1/10-1/25 per jaar voor landelijke gebieden en 1/100 per jaar voor stedelijke gebieden) blijft voldoen. Het risico op inundatie zal immers nooit meer toenemen door de waterberging dan met de 'inzetkans' van de waterberging die varieert tussen 1/1.430 per jaar en 1/250 per jaar<sup>2</sup>.

Voorbeeld: wanneer het risico op inundatie in de bestaande situatie 1/500 per jaar is, neemt deze kans door inzet van het Volkerak-Zoommeer af tot maximaal:

$$P_{\text{waterstand max}} = 1 - (1 - P_{\text{bestaand}}) * (1 - P_{\text{inzet Volkerak-Zoommeer}}) = 1 - (1 - 1/500) * (1 - 1/250) \approx 1/160 \text{ per jaar}$$

In feite gaat het hier om een bovengrensbepaling, waarbij impliciet is aangenomen dat de inzet van het Volkerak-Zoommeer altijd leidt tot overschrijding van een kritische waterstand. De aangenomen inzetfrequentie van het Volkerak-Zoommeer als waterberging vormt een belangrijk uitgangspunt in deze studie. In de volgende paragraaf wordt dit nader toegelicht.

Niet in alle gevallen zal op basis van een bovengrensbepaling al geconcludeerd kunnen worden dat de inundatiekans ook na inzet van het Volkerak-Zoommeer binnen de normen blijft. Wanneer dit niet het geval is, zal nader gekeken moeten worden naar de verandering van de beschermingskans als gevolg van de inzet van het Volkerak-Zoommeer. Op basis van modelberekeningen voor het samenvallen van waterberging met verschillende afvoersituaties (en een eventuele extra- of interpolatie) kan afgeleid worden bij welke afvoer de kritieke waterstand overschreden wordt. Naast deze 'kritieke afvoer' is het ook noodzakelijk om te weten met welke kans deze afvoer overschreden wordt, gegeven de inzet van de waterberging. De volgende paragraaf gaat hier verder op in.

### **Aanpak hoofdvraag beschermingsniveau regionale waterkeringen**

De aanpak voor de beantwoording van de hoofdvraag over de toename van de T100-waterstand is op hoofdlijnen gelijk aan de aanpak voor de afname van het beschermingsniveau. Het verschil is dat hierbij niet gekeken wordt naar de verandering van de overschrijdingskans van een bepaald waterpeil, maar naar de verandering van de waterstand die bij een bepaalde overschrijdingskans hoort.

<sup>2</sup> Voor de PKB Ruimte voor de Rivier is de inzetfrequentie van de maatregel Waterberging Volkerak-Zoommeer bepaald op 1/1.430 per jaar. Bij andere randvoorwaarden (bijvoorbeeld door klimaatveranderingen of een andere inzetstrategie) kan de inzetfrequentie hoger uitvallen. Binnen de planstudie Waterberging Volkerak-Zoommeer wordt als uitgangspunt gehanteerd, dat de inzetfrequentie nooit hoger dan 1/250 per jaar wordt. Een hogere inzetfrequentie heeft teveel nadelige effecten.

De regionale waterkeringen in het Mark-Vliet systeem moeten bestand zijn tegen waterstanden die met een kans van 1/100 per jaar voorkomen. Op basis van modelberekeningen met afvoersituaties die een kans van voorkomen van 1/10, 1/20, 1/45 en 1/120 per jaar hebben, wordt gekeken welke waterstand in de bestaande situatie een overschrijdingskans van 1/100 per jaar heeft. Met behulp van gemodelleerde waterstanden voor de situaties dat de waterberging op het Volkerak-Zoommeer ingezet wordt en hun bijbehorende kans van voorkomen, wordt gekeken hoe de overschrijdingskansen van waterstanden toenemen ten gevolge van de maatregel waterberging. Uiteindelijk kan hier uit afgeleid worden welke waterstand in de toekomstige situatie een overschrijdingskans van 1/100 per jaar krijgt en in welke mate de T100-waterstand, waartegen de regionale waterkeringen bestand moeten zijn, dus toeneemt.

## **2.4 Uitgangspunten en aannames m.b.t. inzetkans van het Volkerak-Zoommeer met kritieke bui of afvoer**

Zowel bij de hoofdvraag 'inundatie' als bij de hoofdvraag 'beschermingsniveau regionale keringen' speelt de frequentie waarmee waterstanden voorkomen een belangrijke rol. In de ideale situatie waarbij van alle van belang zijnde factoren bekend is wat hun kansverdelingsfunctie en onderlinge samenhang is, kunnen de waterstanden met bijbehorende overschrijdingsfrequenties exact berekend worden.

Bij het bepalen van de effecten ten gevolge van de inzet van de waterberging is dit echter niet mogelijk. Zo is niet bekend wat de kans op samenvallen is van de gebeurtenis 'waterberging' met de gebeurtenis 'regenval/hoge afvoer' en wat de kans is dat het samenvallen zich voordoet na een langdurige natte periode of na een droge periode. Daarom zullen de waterstanden en de overschrijdingskansen 'benaderend' moeten worden. Waar nodig is daarom gekozen voor een bovengrensbenadering, om te voorkomen dat de effecten onderschat worden.

Als bovengrensbenadering is ervoor gekozen om de overschrijdingskansen van bepaalde waterstanden voor de toekomstige situatie met waterberging te bepalen bij verhoogde afvoeren en/of sterke regenval, gegeven de inzet van de waterberging.

### **Correlatie inzet waterberging met hoge afvoeren of neerslag rond het Volkerak-Zoommeer**

Waterberging wordt ingezet in situaties waarin verhoogde rivierafvoeren van de Rijn en Maas samenvallen met gesloten stormvloedkeringen (als gevolg van stormopzet op zee).

Wanneer de waterberging ingezet wordt, zal dit niet in alle gevallen samengaan met verhoogde afvoeren van de West-Brabantse rivieren of met hevige regenval in de afwaterende polders. In deze situaties, waarbij al sprake is van een hoge Rijn- en Maasafvoer en stormopzet op zee, is de kans op verhoogde afvoeren in de polders wel groter dan in een 'normale situatie'. Hoge Rijnafvoeren (in het winterseizoen)<sup>3</sup> en hoge Maasafvoeren worden veroorzaakt door neerslag in de stroomgebieden van deze rivieren. Bij zware neerslag in deze gebieden van Europa zal de kans op neerslag in het Mark-Vliet systeem in enige mate verhoogd zijn t.o.v. de situaties zonder verhoogde Rijn- en Maasafvoeren. Ook in situaties met storm op de Noordzee zal gelden dat de kans op verhoogde Mark- en Dintelaafvoeren groter is dan in situaties zonder storm (zie ook Bijlage 5). Ergo: er zal enige correlatie bestaan tussen het voorkomen van situaties waarbij de waterberging wordt ingezet en verhoogde afvoeren uit de polders.

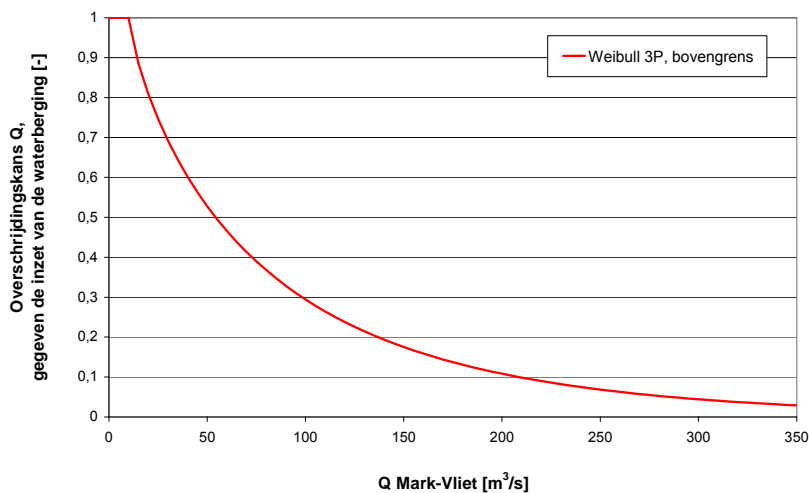
---

<sup>3</sup> De Rijn is een gecombineerde regen- en smeltwaterrievier. In de zomer bestaat de afvoer voornamelijk uit smeltwater. Hoge afvoeren in de winter zijn het gevolg van neerslag in het stroomgebied.

Helaas zijn onvoldoende meetgegevens beschikbaar om af te kunnen leiden wat de kans op bepaalde afvoeren in het Mark-Vliet systeem is, gegeven de inzet van het Volkerak-Zoommeer als waterberging. Daarom moet gebruik worden gemaakt van een aangenomen kansverdelingsfunctie voor de afvoer. Verschillende kansverdelingsfuncties zijn beschouwd. In overleg met Waterschap Brabantse Delta is afgesproken hiervoor aan te nemen dat de kans op bepaalde afvoeren, gegeven de inzet van de waterberging, de volgende Weibull 3P (0,8; 70; 10) -verdeling volgt:

$$P_{\text{Overschrijding}Q} = e^{-\left(\frac{Q-\gamma}{\beta}\right)^\alpha} = e^{-\left(\frac{Q-10}{70}\right)^{0,8}}$$

Deze aanname wordt gezien als een bovengrensbepending. In Figuur 3 is de aangenomen kansverdelingsfunctie weergegeven. Uit deze grafiek kan bijvoorbeeld afgelezen worden dat de (aangenomen) kans op afvoeren van 200 m<sup>3</sup>/s of hoger, tijdens de inzet van waterberging, 11% is.



**Figuur 3 Aangenomen kansverdelingsfunctie voor bepaalde afvoeren van het Mark-Vlietsysteem, gegeven de inzet van de waterberging**

**Wanneer het Volkerak-Zoommeer als waterberging ingezet wordt, is de (aangenomen) kans op afvoeren van 200 m<sup>3</sup>/s of hoger 11%. Is de kans dat het Volkerak-Zoommeer als waterberging ingezet wordt, in het geval dat er een afvoer van 200 m<sup>3</sup>/s optreedt, ook 11%?**

Het antwoord hierop is nee. Aan de hand van een voorbeeld wordt uitgelegd waarom.

Voorbeeld: Hans kijkt op 5 willekeurige dagen per week naar het 8-uur journaal. Jan ziet het 8-uur journaal op 2 willekeurige dagen per week.

Op een dag dat Hans naar het 8-uur journaal kijkt, is de kans dat Jan tegelijkertijd ook kijkt 2/7<sup>e</sup>.

Op een dag dat Jan naar het 8-uur journaal kijkt, is de kans dat Hans tegelijkertijd ook kijkt 5/7<sup>e</sup>.

Hetzelfde geldt voor de situatie met het samenvallen van waterberging met een bepaalde afvoer. De kans op afvoer X, gegeven de inzet van de waterberging, is niet gelijk aan de kans op de inzet van de waterberging, gegeven het optreden van afvoer X.

### Inzettefrequentie waterberging

De kansen uit Figuur 3 zullen in het vervolg van deze rapportage gebruikt worden om het effect van de waterberging op de beschermingsniveaus van de binnendijkse gebieden te bepalen. Uitgangspunt is dat de inzetfrequentie van de waterberging nooit groter wordt dan 1/250 per jaar. Deze waarde van 1/250 geldt voor de variant met het laagste inzetcriterium (NAP +2,3 m bij Rak Noord<sup>4</sup>) voor het jaar 2015 en is ook voor 2050 een veilige waarde. Bij een laag inzetcriterium ligt het voor de hand dat het inzetcriterium in de toekomst meegroeit met de zeespiegelstijging, waardoor de inzetfrequentie ongeveer constant blijft. Ook wanneer vastgehouden wordt aan een bepaald inzetcriterium, is uitgangspunt dat de frequentie nooit hoger wordt dan 1/250 jaar.

Afhankelijk van de uiteindelijke keuze voor het inzetcriterium van de waterberging kan de kans op de inzet van de waterberging ongeveer een factor 5 kleiner zijn in 2015 (inzettefrequentie 1/1430) en een factor 2 à 3 in 2050 (inzettefrequentie mogelijk 1/550 – 1/750).

Het Voorkeursalternatief dat wordt uitgewerkt in de planstudie gaat uit van een inzetpeil van NAP +2,6m. Hiervoor geldt, voor 2015, een inzetfrequentie van 1/1.430 per. Uitgaan van een inzetfrequentie van 1/250 per jaar kan daarom gezien worden als bovengrensbepaling.

Uit de combinatie van de aangenomen inzetfrequentie en de kansverdelingsfunctie voor de afvoeren, gegeven de inzet van de waterberging, volgt de kans van voorkomen van situaties met waterberging en bepaalde afvoeren. In Tabel 1 is deze kans voor verschillende afvoeren weergegeven. De kans *per jaar* op een gebeurtenis waarbij waterberging samenvalt met een bepaalde afvoer, is hierbij 1/250 maal de kans op deze afvoer, gegeven de inzet van de waterberging.

**Tabel 1 Kans op de gebeurtenis dat waterberging samenvalt met een bepaalde afvoer van Mark en Vliet (bovengrens)**

Afvoer Mark-Vliet		Overschrijdingskans, gegeven de inzet van de waterberging		Kans op samenvallen van afvoer met waterberging	
	Q [m <sup>3</sup> /s]		[-]		[per jaar]
<b>T0,1</b>	40	0,60	1/1,7	0,0024	1/400
<b>T1</b>	100	0,29	1/3,4	0,0012	1/850
<b>T10</b>	175	<b>0,14</b>	1/7	<b>0,00055</b>	1/1800
<b>T20</b>	195	<b>0,11</b>	1/9	<b>0,00045</b>	1/2200
<b>T25</b>	205	0,10	1/10	0,00041	1/2400
<b>T45</b>	218	<b>0,092</b>	1/11	<b>0,00037</b>	1/2700
<b>T50</b>	220	0,090	1/11	0,00036	1/2800
<b>T100</b>	240	0,075	1/13	0,00030	1/3300
<b>T120</b>	245	<b>0,072</b>	1/14	<b>0,00029</b>	1/3500

<sup>4</sup> In de PKB Ruimte voor de Rivier wordt de maatregel waterberging ingezet als het waterpeil bij Rak Noord (bij de Volkeraksluizen) het niveau van NAP + 2,6m dreigt te overschrijden. In de planstudie Waterberging Volkerak-Zoommeer is ook gekeken naar varianten met lagere inzetpeilen dan NAP +2,6m, waaronder NAP +2,3m. Bij een lager inzetpeil zal de maatregel navenant vaker ingezet worden, maar nooit vaker dan 1/250 per jaar.

**De kans van voorkomen van een T25-afvoer is 1/25 per jaar. De kans op de inzet van de waterberging 1/250 per jaar. Waarom is de kans op samenvallen van de waterberging met een T25-afvoer niet  $1/250 \cdot 1/25 = 1/6250$  per jaar?**

Er zijn twee redenen te noemen waarom deze berekening niet correct is.

Reden 1, voorbeeld:

Hans maakt elk jaar een daguitstapje naar het Rijksmuseum. Jan bezoekt het Rijksmuseum maar één keer per drie jaar. De kans dat zij elkaar in het museum tegenkomen is dan niet 1/3 per jaar. Ze kunnen immers binnen het jaar een andere dag uitkiezen om het museum te bezoeken. De kans dat ze in een bepaald jaar allebei het museum bezoeken is wel  $1/3^e$ . Ook voor de waterberging en een bepaalde afvoer geldt dat de kans dat ze in hetzelfde jaar voorkomen, niet gelijk is aan de kans dat ze ook daadwerkelijk op hetzelfde moment plaatsvinden.

De kans dat Hans en Jan elkaar in het Rijksmuseum tegenkomen is  $1/3 \cdot 1/365 \cdot 1/365 = 1/400.000$  per dag en  $(1 - 1/400.000)^{365} = 1/1100$  per jaar.

Reden 2:

Het voorbeeld van het museum gaat er vanuit dat Hans en Jan volledig willekeurig een dag uitkiezen om het museum te bezoeken. De kans dat Jan het museum bezoekt op een dag waarop Hans het museum niet bezoekt is even groot als op een dag waarop Hans het museum wel bezoekt. Voor de waterberging en afvoeren van het Mark-Vliet systeem gaat dit niet op. Waterberging wordt alleen ingezet in situaties met 'slecht weer' (hoge rivierafvoeren en storm op zee). Ook voor de hoge afvoeren in het Mark-Vliet systeem geldt dat deze in het algemeen alleen voorkomen wanneer het slecht weer is. Hierdoor bestaat er enige correlatie tussen de waterberging en hoge afvoeren in het Mark-Vliet systeem. De kans op hoge Mark-Vliet afvoeren is groter op een dag dat de waterberging wordt ingezet dan op een willekeurige dag.

### 3 MARK-VLIETSYSTEEM

#### 3.1 Achtergrond

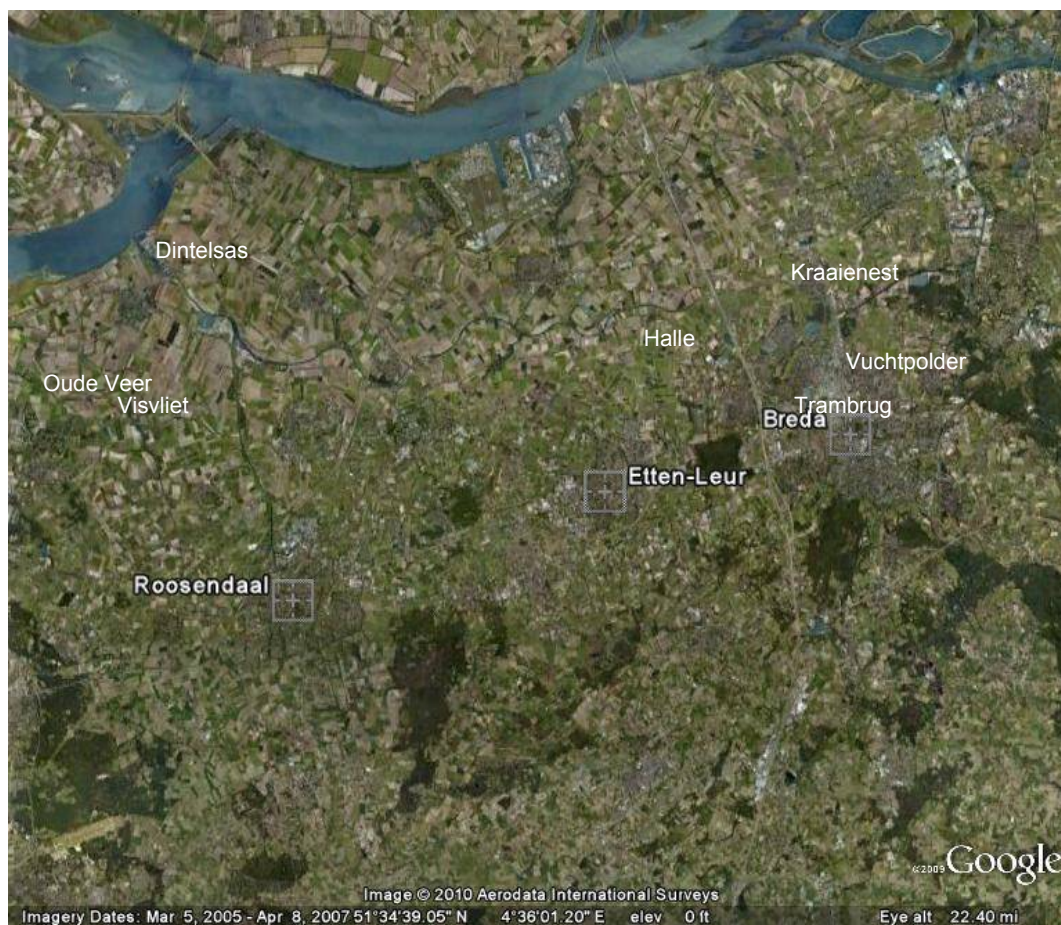
Voor het Mark-Vlietsysteem zijn de afgelopen jaren verscheidene studies verricht naar de effecten van het opzetten van het peil op de afwatering van het Mark-Vlietsysteem. Het betreft de volgende studies:

- Effecten verhoogde Volkerakpeilen op afvoer Mark en Vliet (verkennde berekeningen uit 2003)
- Waterstanden Mark-vliet bij berging op Volkerak-Zoommeer (Mol en Polak, 2004)
- Effecten verhoogde Volkerakpeilen op afvoer Mark en Vliet (verdiepingsslag) (HKV Lijn in water, 2004)
- Afwateringssituatie West-Brabant in relatie tot gebruik Volkerak-Zoommeer voor waterberging (2004)
- Effect van een zout Volkerak-Zoommeer op de West-Brabantse rivieren. Deelrapport 1: Beschrijving Sobek-model West-Brabant' (Witteveen + Bos, 2008)
- Kalibratie Sobek RR/CF model Mark-Vliet. (HKV Lijn in water 2009, concept)
- Normering en globale toetsing regionale keringen Brabantse Delta (HKV Lijn in water, 2009)
- Verdiepingsslag Volkerak-Zoommeer – Gestremde afvoeren West-Brabantse rivieren – PR884 (HKV Lijn in water, december 2004)
- Verandering van kans op wateroverlast in het Mark-Vlietsysteem als gevolg van aanwijzing van het Volkerak-Zoommeer voor hoogwaterberging (Afstudeer rapport Marlies Zantvoort, september 2006)

In enkele van deze studies zijn uitgangspunten gebruikt voor de duur van en de maximaal optredende waterhoogtes tijdens de waterberging op het Volkerak-Zoommeer die niet meer overeenstemmen met de laatste inzichten van Rijkswaterstaat. Daarnaast heeft waterschap Brabantse Delta recent berekeningen uit laten voeren naar de te verwachten waterhoogten in de huidige situatie.

Om de inzichten en uitgangspunten van Rijkswaterstaat en het waterschap zo goed mogelijk op elkaar af te kunnen stemmen is er voor gekozen om de waterstanden die op kunnen treden tijdens inzet van de waterberging te berekenen met het model van het waterschap Brabantse Delta. Dit model is door HKV gebruikt voor de berekeningen t.b.v. de normering en globale toetsing van de regionale keringen van het waterschap (HKV Lijn in water, 2009). In paragraaf 3.2 zijn de uitgangspunten uit deze studie toegelicht.





Figuur 4 Belangrijke locaties Mark-Vlietsysteem

Tabel 2 Kenmerken afwateringsgebied Mark-Vlietsysteem<sup>5</sup>

Landgebruik	Oppervlak (mln ha)
Stedelijk gebied	71
- <i>gemengd</i>	37
- <i>verbeterd gescheiden</i>	34
Weiland	384
Akkerland	412
Bos	199
Natuur	10
Water	79
Overig	186
<b>Totaal</b>	<b>1.342</b>

<sup>5</sup> Afgeleid uit HKV-model 2009

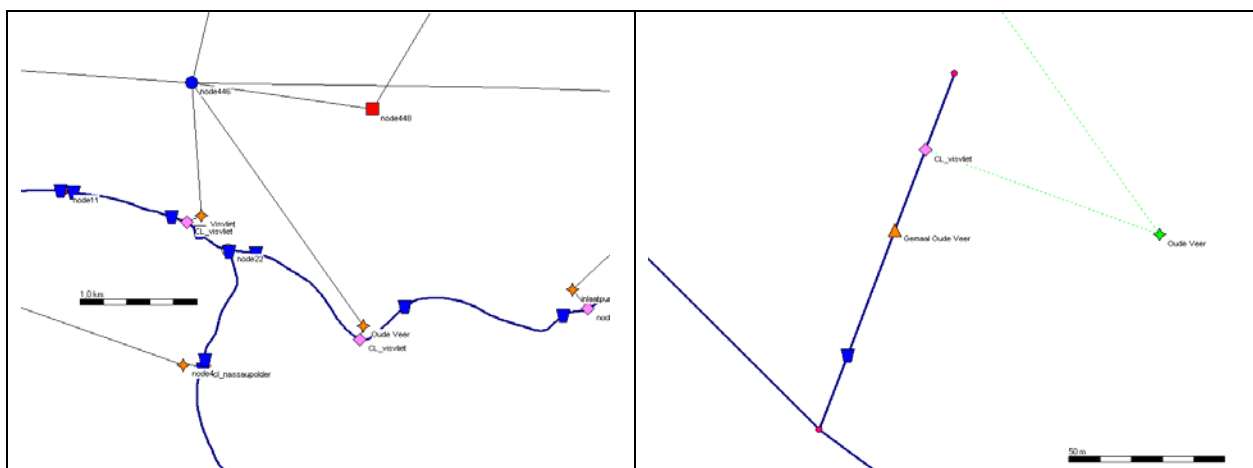
## 3.2 Uitgangspunten

### HKV-model basis voor deze studie

Het HKV-model is als basis gebruikt om de ruimtelijke effecten van de inzet van waterberging op het Mark-Vlietsysteem in beeld te brengen. Het model is aangepast om het model geschikt te maken voor deze studie. De berekeningen met dit model zijn uitgevoerd met het computerprogramma Sobek versie 2.12.001 en patch voor de file delftflow.exe versie 1.00.03.11811.

Het betreft de volgende aanpassingen:

- Maalstops op poldergemalen conform het Deelbestrijdingsplan wateroverlast binnendijs van waterschap Brabantse Delta. De gemalen met maalstops konden niet worden gemodelleerd in de Rainfall runoff module van Sobek. De gemalen zijn in de River Flow module van Sobek gemodelleerd. Tussen de twee modules is een nieuwe verbinding aangebracht met een geheel verzonken stuw (Figuur 5).
- de gemaalcapaciteit van de gemalen Visvliet en Oude Veer daalt van maximaal bij een waterpeil onder de NAP+0,25m in de Mark tot 0 bij een peil van NAP +0,50m .
- de gemalen Halle, Kraaienest en Lage Vuchtpolder slaan uit als het kritische waterpeil bij de Trambrug in Breda is bereikt (NAP +1.70m).
- Inzet van 4<sup>e</sup> bergingsboezem nabij Breda als het waterpeil van NAP +1,70m bij Trambrug bereikt wordt
- Vullingsgraad watersysteem bij berekening uitgaande van NAP +0,15m i.p.v. +0,50m.



**Figuur 5 Modelopzet zonder maalstop**

**Modelopzet met maalstop (rechts)**

(RR-module: blauw rondje= open water; oranje ruit= gemaal; groene ruit= stuw; roze ruit= verbinding met flow module; rood vierkantje= verhard oppervlak; zwarte/ groen gestippelde lijn=verbinding); CF-module: blauw trapezium= profiel watergang; oranje driehoek= gemaal; rood rondje= connectiepoint; blauwe lijn=watergang);

### Grond grotendeels verzadigd

De berekeningen zijn uitgevoerd voor een situatie waarbij de grond grotendeels verzadigd is. Het is waarschijnlijk dat er een natte periode in het afwateringsgebied heeft plaatsgevonden als de rivierstanden extreem hoog zijn en er een storm op de Noordzee aankomt.

### Modules Rainfall runoff en River Flow zijn serieel doorgerekend

De modules Rainfall runoff en River Flow zijn serieel doorgerekend. Serieel betekent dat eerst de neerslagafvoermodule is doorgerekend en vervolgens de River Flow module. De resultaten van de neerslagafvoermodule is de input voor de module River Flow. De resultaten van de module River Flow hebben geen invloed op de neerslagafvoermodule.

### Benedenstroomse grens bij inzet Volkerak-Zoommeer

Als het Volkerak-Zoommeer ingezet wordt als waterberging, is het peilverloop uit Figuur 1 als randvoorwaarde gebruikt. Dit peilverloop waarbij de maatgevende hoogwaterstand (MHW) wordt bereikt (NAP +2,3m heeft een overschrijdingsfrequentie van 1/2000 à 1/4000), kan worden gezien als een bovengrens. Meestal blijven de waterstanden op het Volkerak-Zoommeer tijdens waterberging onder de MHW.

### Sluiten schutsluizen

Het Mark-Vlietsysteem kan bij de Dintelsas en de Benedensas water lozen op het Volkerak-Zoommeer. Op beide locaties zijn een spuisluis en schutsluis aanwezig. Als de waterstand in het Volkerak-Zoommeer stijgt tot boven de waterstand in het Mark-Vlietsysteem, dan gaan de schutsluizen dicht en kunnen de spuisluizen niet meer lozen. Zodra de waterstand in het Mark-Vlietsysteem hoger is dan in het Volkerak-Zoommeer, dan openen de schutsluizen zich weer en kunnen de spuisluizen ook weer gaan lozen. In het model is het sluiten en openen van de schutsluizen gemodelleerd als een gestuurd kunstwerk dat afhankelijk is van het debiet dat door de spuisluis stroomt. Als het debiet door de spuisluis groter is dan  $0 \text{ m}^3/\text{s}$ , dan staat de schutsluis open. In de overige gevallen staat de schutsluis dicht.

## 3.3 Scenario's

### Scenario's doorgerekend met een afvoersituatie met een kans van voorkomen van 1 keer per 10 tot 120 jaar in de huidige situatie

Om de resultaten van de studie zoveel mogelijk overeen te laten komen met de HKV-studie zijn dezelfde neerslagsituaties gehanteerd als HKV heeft gebruikt in haar stochastenbenadering. In de stochastenbenadering zijn 27 9-daagse neerslagsituaties doorgerekend voor grotendeels waterverzadigde bodem en een niet-waterverzadigde bodem. Deze neerslagsituaties zijn opgebouwd uit een neerslagvolume (9 verschillende volumes) en een neerslagpatroon (3 neerslagpatronen). Dit resulteert in een afvoersituatie met een bepaalde kans van voorkomen. Deze kans varieert van 2x per jaar tot minder dan 1x per 1000 jaar. Voor deze scenarioberekeningen zijn afvoersituaties doorgerekend met een herhalingsdij van circa 1x per 10, 20, 45 en 120 jaar.

### Twee scenario's Huidig en zoet

Uit inventariserende berekeningen is gebleken dat de lediging van het Volkerak-Zoommeer langer duurt als het meer zoet blijft en niet zout wordt. De stremmingsduur in de zoute variant is dus korter dan in de zoete variant en het effect op de binnendijkse gebieden kleiner. Daarom is de zoete variant als meest kritisch beschouwd en in de studie als bovengrensbepaling gebruikt.

Om het effect van de inzet van het Volkerak-Zoommeer in beeld te brengen, is het model voor twee scenario's doorgerekend:

- **Huidig:** waterpeil Volkerak-Zoommeer is NAP +0,15m of NAP +0,50m (huidig maximaal peil Volkerak-Zoommeer)
- **Toekomstig:** waterpeil Volkerak-Zoommeer ingezet als bergingsgebied in de situatie **zoet**.
  - o **Samen:** Neerslagpiek uit 9-daagse neerslagsituatie in West-Brabant **valt samen met** start vulling van het Volkerak-Zoommeer als bergingsgebied.

- o **Na:** Neerslagpiek uit 9-daagse neerslagsituatie in West-Brabant valt na de vulling van het Volkerak-Zoommeer als berging

### Inundatiegebieden

De maalstops en de berekende volumes niet verpompt water zijn vertaald naar te bergen volumes water. Op basis van de volgende uitgangspunten zijn inundatiegebieden afgeleid in polders waar maalstops zijn vastgesteld:

- bij een maalstop zijn alle watergangen in de polders tot maaiveld gevuld. Feitelijk zullen niet alle watergangen in een polder voor de maalstop tot aan maaiveld gevuld zijn. De ruimte in de watergangen zal echter bij een volledige maalstop snel gevuld zijn.
- het volume water dat tijdens een maalstop niet door het gemaal verpompt wordt, wordt op land geborgen.
- het inundatiegebied is bepaald door het volume niet verpompt water over de laagstgelegen gebieden dicht bij het gemaal te verdelen

### Maatgevende hoogwaterstand (MHW)

Waterschap Brabantse Delta heeft per dijkvak langs het Mark-Vliet systeem een maatgevende hoogwaterstand (MHW) afgeleid. Per beschouwde locatie is de maatgevende hoogwaterstand afgeleid waarbij de regionale keringen nog een beschermingsniveau van 1/100 jaar hebben. Deze standen zijn door het waterschap in concept vastgesteld en worden waarschijnlijk eind van het jaar (2010) door de provincie Noord-Brabant officieel vastgesteld.

Tabel 3 Concept-MHW waterstanden voor een aantal geselecteerde locaties in het Mark-Vlietsysteem

Locatie	concept-MHW wsBD [m +NAP]
Trambrug (Breda)	1,93
Etten-Leur	1,34
Stampersgat	0,81
Dintelsas	0,61
Roosendaal	0,84
Bovensas	0,70
Benedensas	0,52

## 3.4 Resultaten

Met behulp van het Sobek-model zijn de waterstanden in het Mark-Vlietsysteem berekend voor 4 verschillende afvoersituaties met een kans van voorkomen van 1/10<sup>e</sup>, 1/20<sup>e</sup>, 1/45<sup>e</sup> en 1/120<sup>e</sup> per jaar. De afvoersituaties zijn geselecteerd uit een HKV-project waarin met een stochastenbenadering (54 verschillende situaties) waterstanden met een bepaalde kans van voorkomen zijn afgeleid. Maalstops in de bovenstroomse gebieden worden ingezet als het waterpeil bij de Trambrug in Breda een waterpeil van NAP +1,70m overschrijdt. In de benedenstroomse gebieden treden geleidelijk maalstops op als het waterpeil in de Vliet bij gemaal Oude Veer en Visvliet boven de NAP +0,25m stijgt tot NAP +0,50m. In Tabel 4 staan de maximaal berekende waterstanden op een aantal locaties langs het Mark-Vlietsysteem voor de huidige situatie.

### 3.4.1 Huidige situatie regionale waterkeringen (MHW)

In deze subparagraaf staan de resultaten van de huidige situatie. In het scenario huidige situatie wordt het Volkerak-Zoommeer niet ingezet als waterberging, maar heeft een constant waterpeil van NAP +0,15m of NAP +0,50m<sup>6</sup>. In Tabel 4 staan de berekende maximale waterpeilen. De kans dat een bepaalde maximale waterstand optreedt, is afhankelijk van een aantal onafhankelijke hydrologische parameters, zoals het percentage open water, het landgebruik, het bodemtype en de grondwaterstand.

**Tabel 4 Berekende maximale waterstanden met een kans van voorkomen van Afvoeren in het Mark-Vlietsysteem van 10, 20, 45 en 120 jaar (huidige situatie) voor twee waterpeilen op het Volkerak-Zoommeer**

Locatie	Kans voorkomen afvoer	Huidig VZM-peil= +0.15m				Huidig VZM-peil= +0.50m			
		T10	T20	T45	T120	T10	T20	T45	T120
Mark	Trambrug (Breda)	1.42	1.58	1.73	1.82	1.52	1.67	1.75	1.87
	Etten-Leur	1.02	1.15	1.24	1.29	1.17	1.27	1.31	1.38
	Stampersgat	0.50	0.57	0.63	0.67	0.76	0.81	0.84	0.89
	Dintelsas	0.23	0.25	0.27	0.28	0.57	0.58	0.59	0.60
Vliet	Roosendaal	0.51	0.59	0.66	0.71	0.77	0.83	0.87	0.92
	Bovensas	0.37	0.41	0.44	0.47	0.66	0.68	0.70	0.73
	Benedensas	0.16	0.17	0.17	0.17	0.51	0.51	0.52	0.52

In het Mark-Vlietsysteem treedt bij een waterstand in het Volkerak-Zoommeervariëert van NAP +0,15m een waterstand op tussen NAP +0,16m (Benedensas) en NAP +1,42m (Trambrug, Breda) in de afvoersituatie die een keer per 10 jaar voorkomt en tussen NAP +0,17m (Benedensas) en NAP +1,82m (Trambrug, Breda) in de afvoersituatie die een keer per 120 jaar voorkomt. Als de waterstand in het Volkerak-Zoommeer op NAP +0,50m staat, stijgen de waterpeilen benedenstrooms in het gebied tussen de 0,20m en 0,40m. In het bovenstroomse gedeelte van het gebied is de invloed van de hogere waterstand op het Volkerak-Zoommeer afgenomen tot 0,05 tot 0,10m.

Waterstanden in het benedenstroomse deel van het Mark-Vlietsysteem worden vooral gedomineerd door het waterpeil op het Volkerak-Zoommeer, terwijl waterstanden in het bovenstroomse deel door de bovenstroomse afvoer worden bepaald. In het middengebied (trajecten Etten-Leur -Stampersgat en Roosendaal tot de spltsing Vliet) heeft geen van beide processen een dominante invloed op de waterstanden.

#### *Aantal trajecten regionale keringen voldoet*

Het waterschap Brabantse Delta zal na vaststelling van de MHW haar regionale keringen gaan toetsen op een beschermingsniveau van 1/100 jaar. In 2009 is door HKV al een inventariserende toetsing gedaan van de regionale keringen zonder dat de concept-MHW voor de verschillende dijkvakken bekend was. Uit de HKV-studie bleek dat een aantal regionale keringen in dit gebied ruim aan het beschermingsniveau van 1/100 per jaar voldoet. Hier liggen nog oude zeedijken die destijds veel hogere waterstanden moesten kunnen keren dan nu. Ook moesten deze keringen toen aan een hoger beschermingsniveau voldoen (van 1/1000 tot 1/4000 per jaar).

Meer bovenstrooms zijn deze oude zeedijken afwezig en liggen lagere regionale keringen. Een deel van deze lagere regionale keringen voldoet ruim, een deel is aangemerkt als kritiek en bij Breda en Etten-Leur is geconstateerd dat er aanvullende maatregelen genomen moeten worden om een beschermingsniveau van 1/100 jaar te realiseren. (uitgaande van een initieel peil van het Volkerak-Zoommeer van NAP +0,5m).

<sup>6</sup> Het waterschap Brabantse Delta en RWS hebben in een convenant vastgelegd dat het maximaal optredende waterpeil van het Volkerak-Zoommeer NAP +0,50m mag zijn.

### 3.4.2 Huidige situatie: Onderlopen boezemgebieden/uiterwaarden

Bij afvoeren met een herhalingsdijk van minimaal een keer per 10 jaar stijgt het waterpeil in het Mark-Vlietsysteem tot boven het maaiveld en lopen de boezemgebieden/ uiterwaarden tussen de regionale keringen onder. In bijlage 5 zijn de ondergelopen boezemgebieden van het Mark-Vlietsysteem weergegeven voor de situatie waarbij het Volkerak-Zoommeer een waterpeil heeft van NAP +0,15m en van NAP +0,50m.

### 3.4.3 Huidige situatie: Inundatie als gevolg van maalstops

In de huidige situatie kan inundatie optreden in de afwaterende polders van het Mark-Vlietsysteem als gevolg van een beperkte of volledige maalstop. De maalstops van de gemalen wordt veroorzaakt door hoge buitenwaterstanden op het Mark-Vlietsysteem.

Benedenstrooms wordt de bemalingscapaciteit van de gemalen Visvliet en Oude Veer gestremd vanaf afvoeren met een kans van voorkomen van een keer per 10 jaar. De capaciteit van de gemalen neemt op deze locaties af als het waterpeil in de Vliet boven de NAP +0,25m stijgt. Een volledige maalstop treedt in werking als het waterpeil in de Vliet het peil van NAP+0,50m bereikt. Een volledige maalstop treedt in de huidige situatie voor afvoeren tot een keer per 120 jaar niet op als het peil Volkerak-Zoommeer NAP +0,15m is. Als het waterpeil in het Volkerak-Zoommeer een hoogte heeft van NAP +0,50m, dan kunnen de gemalen Visvliet en Oude Veer niet lozen.

De waterstanden bij Trambrug (Breda) hebben tot gevolg dat bij een afvoersituatie vanaf een keer per 45 jaar er een maalstop (waterstand Trambrug > NAP +1,70m) wordt afgekondigd voor de gemalen Lage Vuchtpolder, Halle en Kraaienesdijk en de 4<sup>e</sup> bergboezem wordt ingezet.

Als gevolg van de maalstops neemt de afvoercapaciteit van de gemalen af, waardoor het waterpeil in de polder tot boven maaiveld stijgt. Het te bergen volume water in de polders met een maalstop zijn in Tabel 5 en Tabel 6 weergegeven. Uit deze tabel blijkt dat als gevolg van de maalstop per bemalingsgebied tussen de 22.500 en 580.000 m<sup>3</sup> geborgen moet worden. Aangenomen is dat al dit water op land geborgen moet worden.

Uit de tabellen blijkt dat het waterpeil op het Volkerak-Zoommeer grote invloed heeft op het te bergen volume water. Door de hogere waterstanden neemt de duur van de stremming toe. Voor de gemalen Oude Veer en Visvliet geldt dat er een gedeeltelijke maalstop optreedt bij een waterstand van NAP +0,25m en een volledige maalstop bij NAP +0,50m. In het scenario Huidige situatie VZM peil NAP +0.50m betekent dit dat gedurende de gehele periode voor deze twee gemalen een maalstop geldt.

**Tabel 5 Berekende volumes te bergen water na maalstop in huidige situatie VZM-peil: NAP +0.15m**

	Den Biggelaar	d'Endekweek	De Goudbloem	Halle	Laakdijk	Kraaienesdijk	Vuchtpolder	Oude Veer	Visvliet
<b>T10</b>	144600	0	0	0	172183	0	0	39361	39361
<b>T20</b>	190872	0	0	0	247775	0	0	97239	93938
<b>T45</b>	240036	22560	0	132302	306569	114529	100790	179948	179948
<b>T120</b>	266064	27840	38988	204570	365363	170496	197380	226272	226272

**Tabel 6 Berekende volumes te bergen water na maalstop in huidige situatie VZM-peil: NAP +0.50m**

	Den Biggelaar	d'Endekweek	De Goudbloem	Halle	Laakdijk	Kraaienesdijk	Vuchtpolder	Oude Veer	Visvliet
<b>T10</b>	263172	13440	0	0	256174	0	0	539648	542245
<b>T20</b>	297876	25440	128660	0	319168	0	0	546961	547396
<b>T45</b>	303660	32640	210535	212596	386361	173349	200736	575653	573373
<b>T120</b>	306552	38880	257321	245032	415758	189484	156338	578768	579010

De inundatiegebieden zijn voornamelijk graslanden en akkerbouwgebieden. Als werknormen (Nationaal Bestuursakkoord Water) gelden de volgende inundatienormen voor grasland en akkerbouw:

- Grasland: minder dan 1 keer per 10 jaar mag 5% van het grasareaal inunderen
- Akkerbouw: minder dan 1 keer per 25 jaar mag akkerland inunderen

De meeste polders in het Mark-Vlietsysteem hebben een mix van akkerbouw en graslanden. Als bovengrensbepaling is voor alle graslanden de norm voor akkerbouw aangehouden.

### 3.4.4 Inzet Volkerak-Zoommeer situatie 2015 en 2050: Maximale waterstanden

In de situatie 2015 stijgt het waterpeil in het Volkerak-Zoommeer tot maximaal NAP +2,30m en in de situatie 2050 tot NAP +2,85m. In deze subparagraaf staan de resultaten van twee scenario's voor de toekomstige situatie in 2015 en 2050: scenario Samen en scenario Na. In beide scenario's is het Volkerak-Zoommeer ingezet als waterberging. Het verschil tussen beide scenario's is dat de neerslagpiek van de negendaagse neerslagperiode samenvalt met de start van de vulling van het VZM als waterberging (scenario Samen) of dat de neerslagpiek valt nadat het VZM gevuld is (scenario Na).

Het gebruik van deze scenario's betreft een bovengrensbepaling, omdat eerder verwacht kan worden dat de neerslagpiek valt voordat de waterberging wordt ingezet (HKV, 2004). In Tabel 7 en Tabel 8 staan de berekende maximale waterstanden voor de 2015 en 2050 situatie. Van deze berekeningen zijn grafieken gemaakt. De grafieken zijn weergegeven in bijlage 2.

Tabel 7 Berekende maximale waterstanden bij Afvoeren in het Mark-Vlietsysteem van 10, 20, 45 en 120 jaar gegeven de inzet van het Volkerak Zoommeer (situatie 2015). De kans op het samenvallen van de inzet van het Volkerak-Zoommeer en een afvoer met een bepaalde herhalingsijd is veel kleiner dan een keer per 120 jaar (zie Tabel 1)

Locatie	Kans voorkomen afvoer	Samen				Na			
		T10	T20	T45	T120	T10	T20	T45	T120
Mark	Trambrug (Breda)	1.69	1.75	1.89	2.01	1.74	1.85	1.99	2.10
	Etten-Leur	1.39	1.44	1.50	1.55	1.59	1.65	1.73	1.78
	Stampersgat	1.24	1.29	1.33	1.35	1.52	1.56	1.62	1.64
	Dintelsas	1.22	1.28	1.31	1.34	1.51	1.55	1.60	1.62
Vliet	Roosendaal	1.26	1.32	1.36	1.39	1.53	1.58	1.64	1.66
	Bovensas	1.15	1.20	1.23	1.25	1.42	1.46	1.52	1.56
	Benedensas	1.08	1.13	1.15	1.17	1.36	1.39	1.46	1.50

Tabel 8 Berekende maximale waterstanden bij Afvoeren in het Mark-Vlietsysteem van 10, 20, 45 en 120 jaar gegeven de inzet van het Volkerak Zoommeer (situatie 2050). De kans op het samenvallen van de inzet van het Volkerak-Zoommeer en een afvoer met een bepaalde herhalingsijd is veel kleiner dan een keer per 120 jaar (zie Tabel 1)

Locatie	Kans voorkomen afvoer	Samen				Na			
		T10	T20	T45	T120	T10	T20	T45	T120
Mark	Trambrug (Breda)	1.73	1.81	1.95	2.06	1.76	1.87	2.01	2.12
	Etten-Leur	1.50	1.53	1.59	1.64	1.62	1.68	1.76	1.83
	Stampersgat	1.35	1.37	1.39	1.41	1.56	1.60	1.67	1.72
	Dintelsas	1.34	1.35	1.37	1.39	1.55	1.59	1.66	1.71
Vliet	Roosendaal	1.37	1.39	1.41	1.44	1.57	1.62	1.69	1.74
	Bovensas	1.29	1.34	1.36	1.37	1.46	1.50	1.55	1.59
	Benedensas	1.23	1.29	1.30	1.31	1.40	1.43	1.48	1.52

### **3.4.5 Inzet Volkerak-Zoommeer situatie 2015 en 2050: Stijging T100-waterstanden**

Voor 7 verschillende locaties in het Mark-Vlietsysteem is afgeleid in welke mate de T100-waterstanden (die de regionale keringen moeten kunnen keren) toenemen als gevolg van de maatregel waterberging Volkerak-Zoommeer. Voor de uitwerking hiervan wordt verwezen naar Bijlage 2.

De T100-waterstanden blijken slechts met enkele centimeters toe te nemen. Uit een analyse van HKV (2009) blijkt dat de waterkeringen bij de locaties Stampersgat, Dintelsas, Roosendaal, Bovensas en Benedensas in de bestaande situatie ruim aan de norm voldoen. Een toename van de MHW's met enkele centimeters zal geen gevolgen hebben; de regionale waterkeringen zullen ook voldoen in de situatie met waterberging.

Bij Etten-Leur voldoen de regionale keringen in de huidige situatie niet (HKV, 2009) en bij Trambrug-Breda zijn geen keringen aanwezig. Op deze locaties zijn in de huidige situatie al maatregelen nodig om het gebied voldoende te beschermen tegen wateroverlast. Voor deze locaties moet het waterschap beslissen of ze maatregelen nemen. Door inzet van het VZM neemt de toename van de T100-waterstanden met enkele centimeters toe.

### **3.4.6 Inzet Volkerak-Zoommeer situatie 2015 en 2050: Gestremde afvoeren**

Bij de inzet van het Volkerak-Zoommeer als waterberging stijgt het waterpeil in het Mark-Vlietsysteem. Door deze stijging neemt de stremmingsduur en het aantal gemalen dat een maalstop moet afkondigen op de Mark-Vlietsysteem toe. De waterstandstijging in de polders is bij frequenties van 1/25 jaar of kleiner gering. Uit bijlage 2 kan worden afgeleid dat de stijging van de waterstanden in het Mark-Vlietsysteem voor de beschouwde locaties maximaal 1 centimeter is bij een overschrijdingskans van een keer per 25 jaar (werknorm inundatie akkerbouw). De stremmingsduur zal bij deze overschrijdingskans daarom niet of nauwelijks toenemen ten opzichte van de huidige situatie. De gebieden met een inundatiekans van een keer per 25 jaar veranderen daarom niet ten opzichte van de huidige situatie.

### **3.4.7 Inzet Volkerak-Zoommeer situatie 2015 en 2050: Rechtstreeks op afwaterende gebieden**

Naast polders die via het Mark-Vlietsysteem afwateren op het Volkerak-Zoommeer zijn er ook polders die via gemalen rechtstreeks op het Volkerak-Zoommeer afwateren. Het betreft de gemalen: Prins-Hendrikpolder, Noorderkreekweg en Zoute Sluis. Voor deze gemalen geldt dat ze boven een kritisch waterpeil in het Volkerak-Zoommeer geen water meer kunnen afvoeren. In de huidige situatie wordt het kritische waterpeil voor de drie gemalen in het Volkerak-Zoommeer niet bereikt. Er vindt dan geen maalstop plaats.

Op basis van het waterpeilverloop bij de inzet van het Volkerak-Zoommeer (Figuur 1) is de duur dat de gemalen niet kunnen pompen bepaald. Het maximaal te bergen volume water als gevolg van een te hoog waterpeil in de polders is weergegeven in Tabel 9. Uit deze tabel blijkt dat als gevolg van de maalstop tussen de 4.000 en 125.000 m<sup>3</sup> geborgen moet worden. Aangenomen is dat al dit water op land geborgen moet worden. Het inundatiegebied als gevolg van de inzet van de waterberging is weergegeven in bijlage 5.



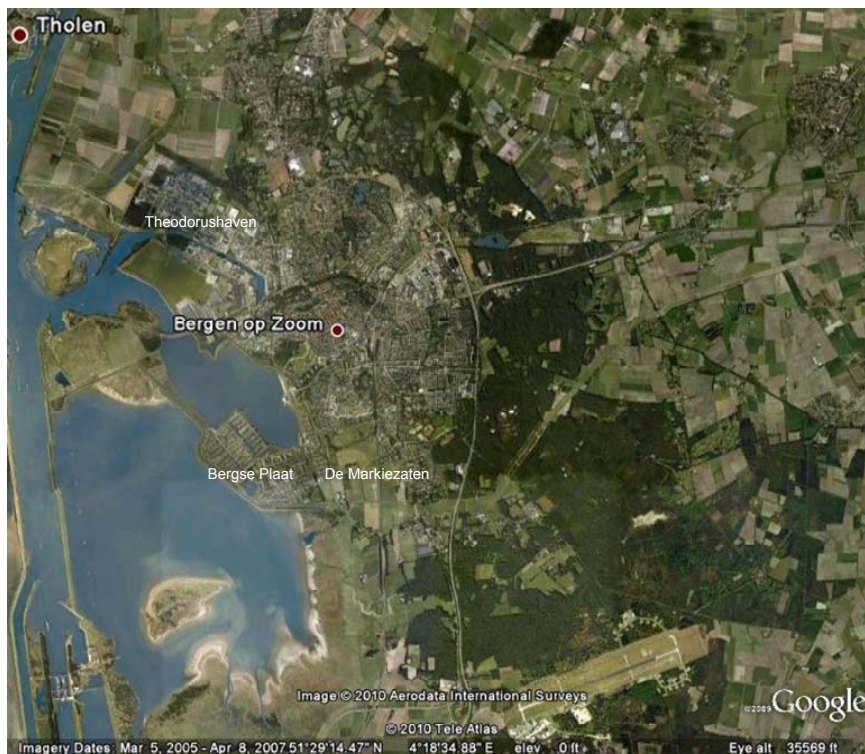
**Tabel 9** Maximaal volume te bergen als gevolg van inzet Volkerak-Zoommeer als waterberging

<b>Bemalingsgebied</b>	<b>Volume (m3)</b>
Noorderkreekweg	4320
Prins Hendrikpolder	34560
Zoute Sluis	120960

## 4 ZOOMSYSTEEM

### 4.1 Achtergrond

Het afwateringsgebied van de Zoom is het gebied dat zich uitstrekt van Bergen op Zoom tot Steenberghe in het noorden, Wouw in het oosten en in het zuiden tot Borgvliet. Het Zoomgebied watert af naar de Theodorushaven en het Markiezaatsmeer / Plaatvliet. Het bovenstrooms deel van het stroomgebied wordt met name gebruikt als weiland, akkerland en bos. Het benedenstroomse deel bestaat voornamelijk uit stedelijk gebied (Bergen op Zoom).



Figuur 6 Belangrijke locaties Zoom

### 4.2 Uitgangspunten

#### IGA-model basis voor deze studie

Waterschap Brabantse Delta heeft in het kader van de Integrale gebiedsanalyse (IGA) Brabantse Wal een Sobek-model opgesteld. Het is een gecombineerd 1D-2D model waarin naast de watergangen ook de maaiveldhoogtekaart van het omliggende gebied is opgenomen. Het model van de huidige situatie zonder aanvullende maatregelen is hierbij als basis genomen.

### Sluiten sluisen

De Theodorushaven en de Bergse Plaat kunnen bij calamiteiten afgesloten worden via de Petrusluis en de uitwateringssluis Markiezaatsmeer. In het aangeleverde IGA-model zijn de Petrusluis en de uitwateringssluis Markiezaatsmeer niet opgenomen. Voor deze studie zijn het openen en sluiten van de sluisen wel van belang. In het model is het openen en sluiten van de sluisen gemodelleerd. Als de waterstand in het Volkerak-Zoommeer stijgt tot boven de waterstand achter de sluis, dan gaat de sluis dicht. Zodra de waterstand achter de sluis hoger is dan in het Volkerak-Zoommeer, dan opent de sluis zich weer.

## 4.3 Scenario's

Met het model is in het kader van het IGA-project voor afvoersituaties met herhalingsstijden van 1 keer per 10 jaar en 1 keer per 100 jaar de kans op inundaties berekend in en om Bergen op Zoom. In deze studie zijn deze berekeningen voor de huidige situatie als referentiesituatie gebruikt.

### Huidige en toekomstige situatie voor afvoer van een keer per 10 en 100 jaar doorgerekend

De aanvoer van het IGA-model is in het model opgenomen als een afvoer per segment. Voor alle segmenten (meer dan 1500) is een neerslagafvoerrelatie afgeleid met stochastische berekeningen uit neerslagvolumes met verschillende herhalingsstijden, neerslagintensiteiten en grondwaterstanden. Om het watersysteem te toetsen aan de NBW-inundatienormen is ervoor gekozen om de afvoer met een herhalingsstijd van 1 keer per 10 en per 100 jaar door te rekenen voor het stedelijke gebied van Bergen-op-Zoom. Voor het gebied dat op het Volkerak-Zoommeer afwatert, is de situatie met een herhalingskans van 1 keer per 100 jaar maatgevend.

De volgende situaties zijn doorgerekend om de een keer per 10 jaar situatie en de een keer per 100 jaarsituatie te bepalen. Het waterschap Brabantse Delta heeft het afwaterende gebied van het Zoomwatersysteem in een aantal deelgebieden verdeeld (Figuur 7). Voor verschillende deelgebieden gelden verschillende maatgevende situaties.

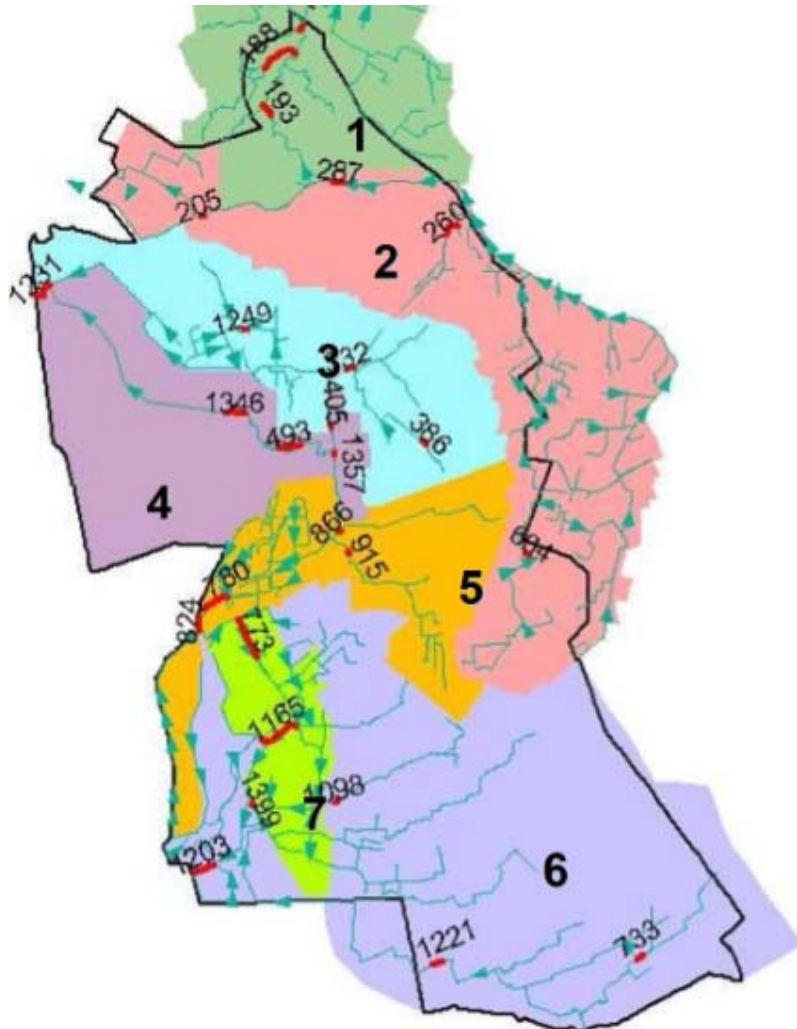
T10-situatie:

- afvoer van een keer per 5 jaar, buipatroon Hoog en de gemiddeld hoogste grondwaterstand (6)
- afvoer van een keer per 5 jaar, buipatroon Hoog en de gemiddelde grondwaterstand (1, 2, 3, 4, 5, 7)

T100-situatie:

- afvoer van een keer per 25 jaar, buipatroon Hoog en de gemiddeld hoogste grondwaterstand (1, 2, 7)
- afvoer van een keer per 50 jaar, buipatroon Hoog en de gemiddelde grondwaterstand (3, 4, 5, 6)

De huidige situatie is doorgerekend met Sobek-versie 2.10.003 met een constant waterpeil van NAP +0,15m als benedenstroomse randvoorwaarde voor het Volkerak-Zoommeer. Voor de 2015 en 2050 situatie met het Volkerak-Zoommeer als waterberging is het peilverloop uit Figuur 1 als benedenstroomse randvoorwaarde op het model gezet.



Figuur 7 Locaties waarvoor maatgevende gebeurtenissen zijn afgeleid voor Zoomsysteem (bron: Grontmij 208112.ehv.2002, revisie C5)

#### 4.4 Resultaten

In bijlage 6 staat het resultaat van de berekeningen voor de huidige en toekomstige situatie met een kans van voorkomen van een keer per 10 en 100 jaar. De figuren geven de waterdieptes van de inundatiegebieden bij een situatie die een keer per 10 en 100 jaar optreden.

##### Omgeving Markiezaatsweg

In de huidige situatie inundeert een gebied bij de Markiezaatsweg. Bij een afvoersituatie bij T=10 komt er over een deel van het gebied water te staan met een maximale waterdiepte van 0,35m. Bij de afvoersituatie T=100 is het gebied een stuk groter en de maximale waterdiepte is toegenomen tot 0,45m (bijlage 6, figuren 1 en 2).

Een deel van dit gebied wordt momenteel heringericht voor woningbouw. Om te voorkomen dat dit gebied te vaak onder water loopt, heeft het waterschap al maatregelen opgesteld om deze inundaties te voorkomen.

Om de gevolgen van de inzet van het Volkerak-Zoommeer als waterberging te toetsen, is er in deze studie van uitgegaan dat deze maatregelen nog niet zijn uitgevoerd. Door stijging van het waterpeil als gevolg van de inzet van het Volkerak-Zoommeer als waterberging sluit de uitwateringssluis Markiezaatsmeer. Hierdoor wordt de afvoer vanuit het Zoomgebied richting het Volkerak-Zoommeer gestremd.

De stremming heeft echter zowel bij een afvoer van een keer per 10 jaar situatie als bij een afvoer van een keer per 100 jaar situatie nauwelijks invloed op het inundatiegebied en de maximale diepte van de inundatie (zie bijlage 6, figuur 3 t/m 10). Voor de Markiezaatsweg is de afvoercapaciteit van het Zoomsysteem in de huidige situatie maatgevender dan een verandering in waterstand van het benedenstroomse gebied.

#### **Omgeving Theodorushaven**

In de huidige situatie treedt er in de Theodorushaven geen inundatie op.

Door stijging van het waterpeil als gevolg van de inzet van het Volkerak-Zoommeer als waterberging sluit de Brug Petrusluis. Hierdoor wordt de afvoer vanuit het Zoomgebied richting het Volkerak-Zoommeer gestremd. Deze stremming heeft tot gevolg dat bij afvoeren van een keer per 100 jaar in het industriegebied van de Theodorushaven inundatie optreedt. Langs de zuidkant komt er bij een 1 keer per 100 jaar afvoer 10 tot 15 centimeter water te staan en langs de Lelyweg in het centrum van de haven stijgt het waterpeil tussen de 25 en 40 centimeter. Het geïnundeerde gebied blijft beperkt tot de oevers van de watergangen.

## **4.5 Conclusie**

#### **Kans inundatie als gevolg van inzet Volkerak-Zoommeer als waterberging**

Voor de omgeving Theodorushaven geldt dat geen wateroverlast optreedt wanneer de inzet van de waterberging samenvalt met een afvoer met een gemiddelde herhalings tijd van 10 jaar. Bij het samenvallen met een 1/100-jaar afvoer treedt wel wateroverlast op. Op basis hiervan kan geconcludeerd worden dat de kans op wateroverlast door de maatregel waterberging kleiner is dan de kans op samenvallen van de waterberging met een 1/10-jaar afvoer. Op basis van de aannames uit paragraaf 2.4 en de aanname dat voor het Zoomsysteem vergelijkbare kansen gelden, wordt deze kans op orde 1/1800 per jaar geschat (zie Tabel 1). Het beschermingsniveau tegen wateroverlast is in de bestaande situatie hoger dan het vereiste niveau van 1/100 per jaar. Het is hierdoor onwaarschijnlijk dat de geringe toename van de kans op wateroverlast ten gevolge van de maatregel waterberging ertoe leidt dat in de toekomst niet meer aan het vereiste niveau voldaan wordt<sup>7</sup>.

In de huidige situatie treedt in de omgeving rond de Markiezaatsweg inundatie op bij afvoeren met een herhalingskans van 1/10 jaar en kleiner. Het inundatiegebied is groter bij afvoeren met een herhalingskans van 1/100. De verwachting is dat door de inzet van het Volkerak-Zoommeer als waterberging de kans op inundatie toe zal nemen. De gevolgen blijven voor dit gebied zeer beperkt, omdat de sluisen naar het

<sup>7</sup> Wanneer het beschermingsniveau in de huidige situatie minimaal 1/104 per jaar is, blijft het beschermingsniveau ook in de toekomst aan de eis voldoen:  $1 - (1 - 1/104) * (1 - 0,0003) = 1/101$  per jaar

Naar verwachting is het beschermingsniveau in de huidige situatie hoger dan 1/104 per jaar

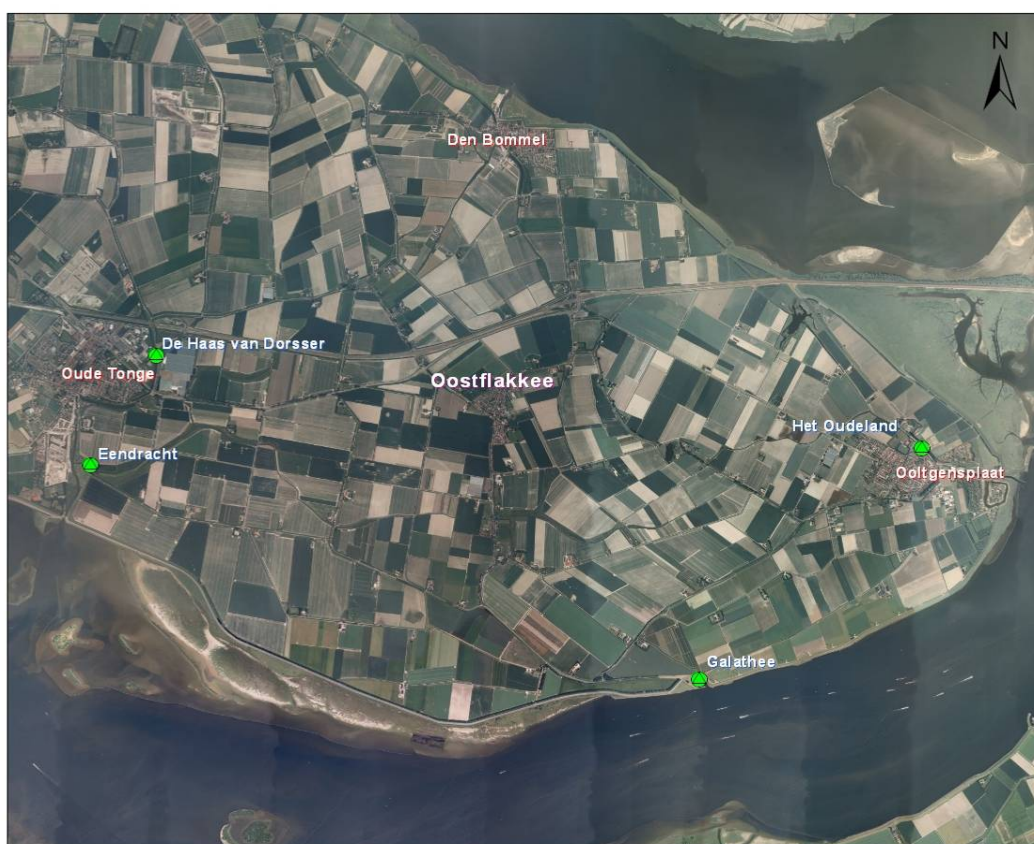
**DHV B.V.**

Volkerak-Zoommeer sluiten en de wateroverlast voornamelijk bepaald wordt doordat de toevoer naar de omgeving van de Markiezaatsweg beperkt wordt door de capaciteit van de aanvoerende watergangen.

## 5 OOSTFLAKKEE

### 5.1 Achtergrond

Het eiland Goeree-Overflakkee ligt in de provincie Zuid-Holland in het beheersgebied van Waterschap Hollandse Delta. Vier poldergemalen aan de oostkant van het eiland (Oostflakkee) lozen op het Volkerak-Zoommeer (Figuur 8). Als het Volkerak-Zoommeer voor waterberging wordt ingezet, dan kunnen deze gemalen tot een bepaalde opvoerhoogte water op het Volkerak-Zoommeer lozen (Tabel 10).



Figuur 8 Locaties gemalen lozend op Volkerak-Zoommeer gelegen op Oostflakkee (groen)

Tabel 10 Oppervlak bemalingsgebied, gemaalcapaciteit en de maximale opvoerhoogte<sup>8</sup>

Bemalingsgebied	Oppervlak ha	Gemaalcapaciteit			Opvoerhoogte NAP + ..m
		m <sup>3</sup> /u	m <sup>3</sup> /min	l/s/ha	
De Haas van Dorsser	2311	138660	267	1.93	0.30
De Eendracht	1579	94740	145	1.53	0.30
Galathee	1312	78720	120	1.52	0.10
Het Oudeland	749	44940	77	1.71	0.30

<sup>8</sup> Voor de kenmerken van de peilgebieden binnen de bemalingsgebieden wordt verwezen naar de laatste pagina van bijlage 3

## 5.2 Uitgangspunten

### Aanpak

Bij aanvang van de studie werd beoogd de wateroverlast te berekenen met een SOBEK-model van Waterschap Hollandse Delta. Dit model kan echter niet overweg met een situatie waarbij het Volkerak-Zoommeer wordt ingezet voor waterberging. Daarom is ervoor gekozen om de effecten in de bemalingsgebieden op een andere manier te benaderen, door gebruik te maken van een waterbalans.

### Neerslagsituaties

De waterbalans is opgesteld voor vier neerslagsituaties met een herhalingsperiode van 10, 25, 50 en 100 jaar. De kenmerken van de vier neerslagsituaties staan in Tabel 11.

Tabel 11 Kenmerken neerslagsituaties

Herhalingsperiode	Buivolume	Piek bui
	mm	mm/u
T=10	58.8	25.4
T=25	64.9	29.7
T=50	74.3	32.8
T=100	106.5	29.1

### Waterbalans per neerslagsituatie

Om inzicht te krijgen in het effect van een belemmering van de afvoer naar het Volkerak-Zoommeer is per peilgebied in een polder een waterbalans opgesteld. Een polder bestaat uit meerdere peilgebieden en elk peilgebied heeft haar eigen kenmerken (droogtelegging, totaal oppervlak en oppervlak open water).

Een volledig overzicht van alle kenmerken van de peilgebieden wordt weergegeven op de laatste pagina in bijlage 3.

In deze waterbalans zijn de volgende termen opgenomen:

- Aanvoer in peilgebied (neerslag x oppervlak)
- Afvoer in peilgebied. Per peilgebied is het verpompt debiet gelijk gesteld aan de gemaalcapaciteit van de desbetreffende polder in liters per seconde per hectare
- Berging in polder (maalstop = debiet dat niet verpompt wordt x oppervlak open water)

### Stijging waterpeil

Het waterpeil in de peilgebieden staat op streefpeil als de neerslag valt. Dit streefpeil heeft in de meeste peilgebieden een verschillend zomer- als winterpeil. Het zomerpeil is over het algemeen hoger dan het winterpeil. De waterbalanssommen zijn éénmaal uitgevoerd voor de situatie dat in de peilgebieden het zomerpeil heerst en éénmaal voor de situatie met winterpeilen.

Het waterpeil in het watersysteem stijgt als het gemaal de aangevoerde hoeveelheid water niet meer aan kan. De peilstijging treedt op als de aanvoer naar het watersysteem groter is dan de afvoer. Dit treedt op als de neerslagintensiteit groter is dan de bemalingscapaciteit of als er een maalstop plaatsvindt door een te hoog waterpeil in het Volkerak-Zoommeer en er neerslag in het bemalingsgebied valt. Per tijdseenheid wordt bekeken of er water geborgen moet worden, er water bij het totale volume te bergen water toegevoegd moet worden of dat reeds geborgen water afgevoerd kan worden.



### 5.3 Scenario's

De waterbalanssommen zijn voor twee situaties doorgerekend:

- Huidige situatie (geen maalstop)
- Situatie waarbij Volkerak-Zoommeer wordt ingezet als waterberging in 2015 en 2050 (maalstop afhankelijk van opvoerhoogte). De neerslag valt in de periode dat er een maalstop optreedt. Dit is een bovengrensbepaling.

### 5.4 Resultaten

In Tabel 12 is een samenvatting van de berekeningsresultaten per peilgebied weergegeven. Voor een uitgebreide analyse en een presentatie van alle resultaten van de huidige situatie wordt verwezen naar bijlage 3 (Tabel 22 t/m Tabel 25). Op basis van de berekeningsresultaten uit Tabel 12 kan worden geconcludeerd dat in de huidige situatie 12 peilgebieden voldoen aan de inundatienorm en 1 peilgebied niet: peilgebied 44D. Voor de overige 7 peilgebieden valt zonder nader onderzoek niet met zekerheid te zeggen of de peilgebieden voldoen voor de huidige en/of de toekomstige situatie. Dit komt door een onzekerheid over de kans op wateroverlast in de bestaande situatie.

Hoe groot de kans op wateroverlast na realisatie van de maatregel waterberging zal zijn, hangt af van de kans die er in de bestaande situatie al is en van de toename van deze kans door de maatregel waterberging. In de bestaande situatie kan wateroverlast zowel voorkomen in de zomerperiode als in de winterperiode. Van de neerslagsituaties waarvoor de waterbalanssommen uitgevoerd zijn (Tabel 11), is niet bekend of deze voornamelijk in de winter of juist in de zomer (minder gunstig) voorkomen. Hierdoor kan voor de kans op wateroverlast in de bestaande situatie slechts een boven- en ondergrens aangegeven worden. In de derde kolom van Tabel 12 is voor alle peilgebieden deze bovengrens aangegeven en voor een 8-tal peilgebieden ook de ondergrens.

Voor de toename van de kans op wateroverlast ten gevolge van de maatregel waterberging, speelt de kennisleemte over het correct combineren van neerslagsituaties met winter- of zomerpeilen geen rol. De conclusie ten aanzien van de gevolgen van de waterberging wordt hierdoor namelijk niet beïnvloed. Bovendien zal de waterberging nagenoeg altijd in het winterseizoen plaatsvinden.

De minst extreme neerslagsituatie die meegenomen is in de waterbalanssommen, is de neerslagsituatie met een herhalingsstijd van gemiddeld 10 jaar. De berekeningsresultaten (Tabel 26 t/m Tabel 33) laten zien dat de waterberging hierbij altijd wateroverlast veroorzaakt in de peilgebieden, zowel bij zomer- als winterpeilen (de enige uitzondering vormt peilgebied 33G). Op basis hiervan is ervoor gekozen om een bovengrensbepaling te hanteren: aangenomen wordt dat de inzet van de waterberging in alle gevallen tot wateroverlast leidt. Bij de bepaling van de kans op wateroverlast wordt er zodoende vanuit gegaan dat de kans op inundatie van de peilgebieden toeneemt met de inzetkans van het Volkerak-Zoommeer als waterberging (1/250 per jaar).

De vierde kolom van Tabel 12 geeft de uitkomst van de optelsom van (de boven- en ondergrens van) de kans op wateroverlast in de bestaande situatie en de kans t.g.v. de maatregel waterberging. Voor peilgebied 33C laat dit zien dat de inundatiekans toeneemt van 1/30 per jaar (bovengrens) naar 1/27 per jaar:

$$P_{\text{wateroverlast}} = 1 - (1 - P_{\text{bestaand}}) * (1 - P_{\text{inzet waterberging}}) = 1 - (1 - 1/30) * (1 - 1/250) = 1/27 \text{ per jaar}$$

Voor een uitgebreidere toelichting over de bepaling van de kansen op wateroverlast wordt verwezen naar bijlage 3.

## DHV B.V.

Voor een deel van de peilgebieden kan op basis van de bovengrens van de huidige kans op wateroverlast al geconcludeerd worden dat ook na realisatie van de maatregel waterberging nog aan het vereiste beschermingsniveau voldaan wordt. Voor een aantal peilgebieden kan deze conclusie niet getrokken worden. Voor deze peilgebieden is in Tabel 12 dan ook geen conclusie opgenomen. Voor deze gebieden valt zonder nader onderzoek of compenserende maatregelen niet uit te sluiten dat ten gevolge van de maatregel waterberging de kans op binnendijkse wateroverlast de daarvoor geldende norm gaat overschrijden. Voor een nadere toelichting wordt verwezen naar bijlage 3.

**Tabel 12 Samenvatting resultaten voor Oostflakkee: kans op wateroverlast met en zonder maatregel waterberging**

Bemalingsgebied-peilgebied	Beschermingsnorm	Kans op wateroverlast in bestaande situatie	Kans op wateroverlast in toekomstige situatie met maatregel waterberging VZM	Conclusie
Haas van Dorsser – 33C	1/10 per jaar	< 1/30 per jaar	< 1/27 per jaar	Voldoet in de huidige en toekomstige situatie
Haas van Dorsser – 33D	1/25 per jaar	< 1/34 per jaar	< 1/30 per jaar	Voldoet in de huidige en toekomstige situatie
Haas van Dorsser – 33E	1/50 per jaar	<1/46 per jaar >1/106 per jaar	<1/39 per jaar >1/75 per jaar	
Haas van Dorsser – 33F	1/50 per jaar	<1/44 per jaar >1/105 per jaar	<1/38 per jaar >1/74 per jaar	
Haas van Dorsser – 33G	1/25 per jaar	<<1/100 per jaar	<1/72 per jaar	Voldoet in de huidige en toekomstige situatie
Haas van Dorsser – 33H*	1/25 per jaar**	<1/13 per jaar >1/53 per jaar	<1/12 per jaar >1/44 per jaar	
De Eendracht – 43A	1/25 per jaar	<1/38 per jaar	<1/33 per jaar	Voldoet in de huidige en toekomstige situatie
De Eendracht – 43B	1/25 per jaar	<1/15 per jaar >1/40 per jaar	<1/14 per jaar >1/35 per jaar	
De Eendracht – 43C	1/25 per jaar	<1/15 per jaar >1/34 per jaar	<1/14 per jaar >1/30 per jaar	
De Eendracht – 43D	1/25 per jaar	<1/41 per jaar	<1/35 per jaar	Voldoet in de huidige en toekomstige situatie
De Eendracht – 43E	1/25 per jaar	<1/32 per jaar	<1/28 per jaar	Voldoet in de huidige en toekomstige situatie
De Eendracht – 43F	1/25 per jaar	<1/72 per jaar	<1/56 per jaar	Voldoet in de huidige en toekomstige situatie
Galathee – 44A	1/25 per jaar	<<1/100 per jaar	<1/72 per jaar	Voldoet in de huidige en toekomstige situatie
Galathee – 44B	1/25 per jaar	<1/27 per jaar >1/59 per jaar	<1/24 per jaar >1/48 per jaar	
Galathee – 44C	1/25 per jaar	<1/51 per jaar	<1/42 per jaar	Voldoet in de huidige en toekomstige situatie
Galathee – 44D	1/25 per jaar	ca. 1/14 per jaar	ca. 1/13 per jaar	Voldoet niet in bestaande situatie, door waterberging verdergaande maatregelen nodig.
Galathee – 44E	1/50 per jaar	<1/31 per jaar >1/110 per jaar	<1/28 per jaar >1/77 per jaar	
Galathee – 44F	1/25 per jaar	<1/18 per jaar >1/38 per jaar	<1/17 per jaar >1/33 per jaar	
Het Oudeland – 45A	1/25 per jaar	<1/97 per jaar	<1/70 per jaar	Voldoet in de huidige en toekomstige situatie
Het Oudeland – 45B	1/10 per jaar	<1/14 per jaar	<1/13 per jaar	Voldoet in de huidige en toekomstige situatie

\*Peilgebieden 33A,33B en 33I bevinden zich binnen peilgebied 33H

\*\*In peilgebied 33H liggen ook (hoger gelegen) gebieden met een hogere beschermingsnorm

## 5.5 Conclusie

Een deel van de peilgebieden in de bemalingsgebieden Haas van Dorsser, De Eendracht en Galathee voldoet aan het vereiste beschermingsniveau in de huidige situatie en in de situatie dat de maatregel waterberging Zoommeer van kracht wordt.

Voor 8 peilgebieden is zonder nader onderzoek niet uit te sluiten dat ten gevolge van de maatregel waterberging Volkerak-Zoommeer het vereiste beschermingsniveau niet meer gehaald wordt.

## **DHV B.V.**

Eén van de peilgebieden (44D) in bemalingsgebied Galathee voldoet in de huidige situatie niet aan het vereiste beschermingsniveau. In de huidige situatie zijn hier maatregelen nodig. Om ook met de maatregel waterberging Volkerak-Zoommeer te voldoen aan de norm, zullen (iets) verdergaande maatregelen nodig zijn.

De peilgebieden in bemalingsgebied Het Oudeland voldoen allebei aan het vereiste beschermingsniveau in de huidige situatie en in de situatie dat de maatregel waterberging Volkerak-Zoommeer van kracht wordt.

## 6 THOLEN

### 6.1 Achtergrond

Het eiland Tholen ligt in de provincie Zeeland in het beheersgebied van Waterschap Zeeuwse Eilanden. Drie poldergemalen aan de oostkant van het eiland Tholen lozen op het Volkerak-Zoommeer (Figuur 9). Als het Volkerak-Zoommeer voor waterberging wordt ingezet, dan kunnen deze gemalen tot een bepaalde opvoerhoogte water op het Volkerak-Zoommeer lozen (Tabel 13).



Figuur 9 Locaties gemalen lozend op Volkerak-Zoommeer gelegen op Tholen (groen)

Tabel 13 Oppervlak bemalingsgebied, gemaalcapaciteit en de maximale opvoerhoogte

Bemalingsgebied	Oppervlak ha	Gemaalcapaciteit		Opvoerhoogte NAP +/-m
		m3/min	m3/u	
Van Haaften	402	32	1920	0.50
Drie grote polders	346	135	8100	1.00
de Eendracht	4647	380	22800	1.00

## 6.2 Uitgangspunten

Voor Tholen zijn dezelfde methodiek en uitgangspunten gehanteerd om de waterstanden in de polder uit te rekenen door een waterbalans op te stellen.

### Neerslagsituaties

De waterbalans is opgesteld voor vier neerslagsituaties met een herhalingsstijd van 10, 25, 50 en 100 jaar. De kenmerken van de vier neerslagsituaties staan in Tabel 14.

Tabel 14 Kenmerken neerslagsituaties

Herhalingsstijd	Buivolume	Piek bui
	mm	mm/u
T=10	58.8	25.4
T=25	64.9	29.7
T=50	74.3	32.8
T=100	106.5	29.1

### Waterbalans per neerslagsituatie

Om inzicht te krijgen in het effect van een belemmering van de afvoer naar het Volkerak-Zoommeer is per polder een waterbalans opgesteld. In deze waterbalans zijn de volgende termen opgenomen:

- Aanvoer in polder (neerslag x oppervlak)
- Afvoer in polder (verpompt debiet).
- Berging in polder (maalstop = debiet dat niet verpompt wordt x oppervlak open water).

### Stijging waterpeil

Het waterpeil staat op streefpeil als neerslag valt. Het waterpeil in het watersysteem stijgt als het gemaal de aangevoerde hoeveelheid water niet meer aan kan. Uitgangspunt is dat er per bemalingsgebied 5% open water is. De peilstijging treedt op als de aanvoer naar het watersysteem groter is dan de afvoer. Dit treedt op als de neerslagintensiteit groter is dan de bemalingscapaciteit of als er een maalstop plaatsvindt door een te hoog waterpeil in het Volkerak-Zoommeer en er neerslag in het bemalingsgebied valt.

## 6.3 Scenario's

De waterbalanssommen zijn voor twee situaties doorgerekend:

- Huidige situatie (geen maalstop)
- Situatie waarbij Volkerak-Zoommeer wordt ingezet als waterberging (maalstop afhankelijk van opvoerhoogte) De neerslag valt in de periode dat er een maalstop optreedt. Dit is een bovengrensbepaling.

## 6.4 Resultaten

In Tabel 15 staan de berekeningsresultaten voor de huidige situatie voor de drie bemalingsgebieden op Tholen. Uit deze tabel blijkt dat de peilstijging in de bemalingsgebieden ten gevolge van extreme neerslagsituaties sterk verschilt. In de bemalingsgebieden van gemaal Van Haaften en De Eendracht (Tholen) stijgt het waterpeil 70 centimeter (T=10) tot ruim een meter (T=100) ten opzichte van het streefpeil. In bemalingsgebied Drie grote polders stijgt het waterpeil nauwelijks.

**Tabel 15 Berekende waterstanden in de huidige situatie voor neerslagsituaties met een herhalingsdij van een keer per 10, 20, 50 en 100 jaar in Tholen**

Bemalingsgebied	Streefpeil [m +NAP]	Kritiek waterpeil [m +NAP]	Waterstanden voor huidige situatie [m +NAP]			
			T010	T025	T050	T100
Van Haaften	-0,40	0,30 à 0,60	0,34	0,49	0,66	0,80
Drie Grote Polders	-1,80	-0,05	-1,45	-1,37	-1,27	-1,19
De Eendracht	-2,10	-1,20	-1,37	-1,22	-1,05	-0,91

Voor de bemalingsgebieden Van Haaften en Drie Grote Polders geldt een beschermingsnorm van 1/25 per jaar voor de kans op wateroverlast, omdat hier alleen landbouwgronden overstroomt. Voor De Eendracht geldt een hogere norm (1/100 per jaar), omdat hier ook bebouwd gebied overstroomt. In Tabel 16 is voor alledrie de polders de overschrijdingskans van het kritieke waterpeil weergegeven voor zowel de huidige als de toekomstige situatie. In bijlage 4 wordt nader toegelicht hoe deze overschrijdingskansen bepaald zijn.

**Tabel 16 Overschrijdingskans kritiek waterpeil in bestaande en toekomstige situatie**

Bemalingsgebied	Kans op wateroverlast bij inzet VZM als waterberging	Kans op wateroverlast in bestaande situatie	Kans op wateroverlast in toekomstige situatie met maatregel waterberging VZM
Van Haaften	1/250 per jaar	1/8 per jaar	1/8 per jaar
Drie Grote Polders	< 1/250 per jaar	< 1/10.000 per jaar	< 1/240 per jaar
De Eendracht	1/250 per jaar	1/27 per jaar	1/24,5 per jaar

### *Van Haaften*

De kritieke maaiveldhoogte in bemalingsgebied Van Haaften bedraagt NAP +0,30 à +0,60 m. In de bestaande situatie wordt deze kritieke maaiveldhoogte vaker dan eenmaal per 10 jaar overschreden, waarbij een deel van de polder onderloopt. Bij een T100-neerslagsituatie overstroomt ongeveer 48,7 ha. Met een overschrijdingskans van het kritieke waterpeil van 1/8 per jaar, wordt in dit bemalingsgebied in de huidige situatie al niet voldaan aan het vereiste beschermingsniveau. Hier zijn dus sowieso maatregelen nodig om het gebied voldoende te beschermen tegen wateroverlast.

Bij dezelfde neerslagsituaties leidt het verhoogde waterpeil op het Volkerak-Zoommeer bij waterberging tot 0,2 à 0,3 m hogere waterstanden in de polder dan bij een dagelijks peil op het Volkerak-Zoommeer (zie Tabel 17 en Tabel 18).

*Drie Grote Polders*

Voor het bemalingsgebied Drie Grote Polders geldt dat in de bestaande situatie dusdanig ruim aan de norm voldaan wordt, dat dit ook met waterberging nog altijd het geval is. In Tabel 17 en Tabel 18 is te zien dat de het voor dit bemalingsgebied onwaarschijnlijk is dat waterberging tot wateroverlast leidt. Zelfs bij situaties dat de waterberging samenvalt met een neerslagsituatie die slechts eenmaal per 100 jaar voorkomt, wordt het kritieke waterpeil niet overschreden.

*De Eendracht*

Een deel van het stedelijk gebied van Tholen ligt in bemalingsgebied De Eendracht op een hoogte van NAP -1,20 m. In de bestaande situatie wordt deze kritieke maaiveldhoogte met een kans van 1/27 per jaar overschreden. Op basis van de berekeningsresultaten wordt in de bestaande situatie dus al niet aan de beschermingsnorm (1/100 per jaar) tegen wateroverlast voldaan. Hier zijn maatregelen nodig om het gebied voldoende te beschermen tegen wateroverlast.

**Tabel 17 Berekende waterstanden voor de situaties dat de inzet van het Volkerak-Zoommeer voor waterberging in 2015 samenvalt met neerslagsituaties met een herhalingsstijd van een keer per 10, 20, 50 en 100 jaar in Tholen**

Bemalingsgebied	Streefpeil [m +NAP]	Kritiek waterpeil [m +NAP]	Waterstanden voor het samenvallen van de inzet van het VZM met onderstaande neerslagsituaties, 2015 [m +NAP]			
			T010	T025	T050	T100
Van Haften	-0,40	0,30 à 0,60	0,47	0,62	0,79	0,93
Drie Grote Polders	-1,80	-0,05	-0,83	-0,69	-0,52	-0,39
De Eendracht	-2,10	-1,20	-1,11	-0,96	-0,79	-0,65

**Tabel 18 Berekende waterstanden voor de situaties dat de inzet van het Volkerak-Zoommeer voor waterberging in 2050 samenvalt met neerslagsituaties met een herhalingsstijd van een keer per 10, 20, 50 en 100 jaar in Tholen**

Bemalingsgebied	Streefpeil [m +NAP]	Kritiek waterpeil [m +NAP]	Waterstanden voor het samenvallen de inzet van het VZM met onderstaande neerslagsituaties, 2050 [m +NAP]			
			T010	T025	T050	T100
Van Haften	-0,40	0,30 à 0,60	0,58	0,72	0,89	1,02
Drie Grote Polders	-1,80	-0,05	-0,75	-0,59	-0,41	-0,27
De Eendracht	-2,10	-1,20	-1,04	-0,88	-0,70	-0,54

## 6.5 Conclusie

Voor bemalingsgebieden Van Haften en De Eendracht geldt dat in de bestaande situatie niet aan het vereiste beschermingsniveau tegen wateroverlast voldaan wordt. Hier zijn dus in de huidige situatie maatregelen nodig. Om ook met waterberging aan de norm te voldoen, zullen (iets) verdergaande maatregelen nodig zijn.

Bemalingsgebied Drie Grote Polders voldoet dusdanig ruim aan de beschermingsnorm, dat ook nog aan de norm voldaan wordt wanneer de maatregel Waterberging Volkerak-Zoommeer van kracht wordt.



## 7 REFERENTIES

**HKV Lijn in water (2004)** Effecten verhoogde Volkerakpeilen op afvoer Mark en Vliet (verdiepingsslag)

**HKV Lijn in water (2004)** Verdiepingsslag Volkerak-Zoommeer – Gestremde afvoeren West-Brabantse rivieren – PR884

**HKV Lijn in water (2009)** Kalibratie Sobek RR/CF model Mark-Vliet, (concept)

**HKV Lijn in water (mei 2009)** Normering en globale toetsing regionale keringen Brabantse Delta, Achtergrondrapport, rapport PR1589.10

**Hoogheemraadschap West-Brabant (2003)** Effecten verhoogde Volkerakpeilen op afvoer Mark en Vliet

**Hoogheemraadschap West-Brabant (2004)** Afwateringssituatie West-Brabant in relatie tot gebruik Volkerak-Zoommeer voor waterberging

**Marlies Zantvoort (september 2006)** Verandering van kans op wateroverlast in het Mark-Vlietsysteem als gevolg van aanwijzing van het Volkerak-Zoommeer voor hoogwaterberging, afstudeer rapport

**Mol en Polak (2004)** Waterstanden Mark-vliet bij berging op Volkerak-Zoommeer


**Termes, A.P.P. (2005)**, Waterbeheersingstrategieën voor hoogwaterberging op het Volkerak-Zoommeer, HKV, april 2006t

**Witteveen+Bos (2008)** Effect van een zout Volkerak-Zoommeer op de West-Brabantse rivieren. Deelrapport 1: Beschrijving Sobek-model West-Brabant'



**8 COLOFON**

---

Opdrachtgever	: RWS-PDR
Project	: Gevolgen inzet Waterberging Volkerak-Zoommeer op binnendijkse gebieden
Dossier	: C0820.01.001
Omvang rapport	: 47 pagina's
Auteur	: Niels Lenting
Bijdrage	: Yvonne van Kruchten
Interne controle	: Niels Lenting
Projectleider	: Jasper Fiselier
Projectmanager	: Martijn Karelse
Datum	: 9 december 2010
Naam/Paraaf	: 

---

**DHV B.V.**

*Water*

*Laan 1914 nr. 35*

*3818 EX Amersfoort*

*Postbus 1132*

*3800 BC Amersfoort*

*T (033) 468 20 00*

*F (033) 468 28 01*

*E [info@dhv.com](mailto:info@dhv.com)*

*[www.dhv.nl](http://www.dhv.nl)*

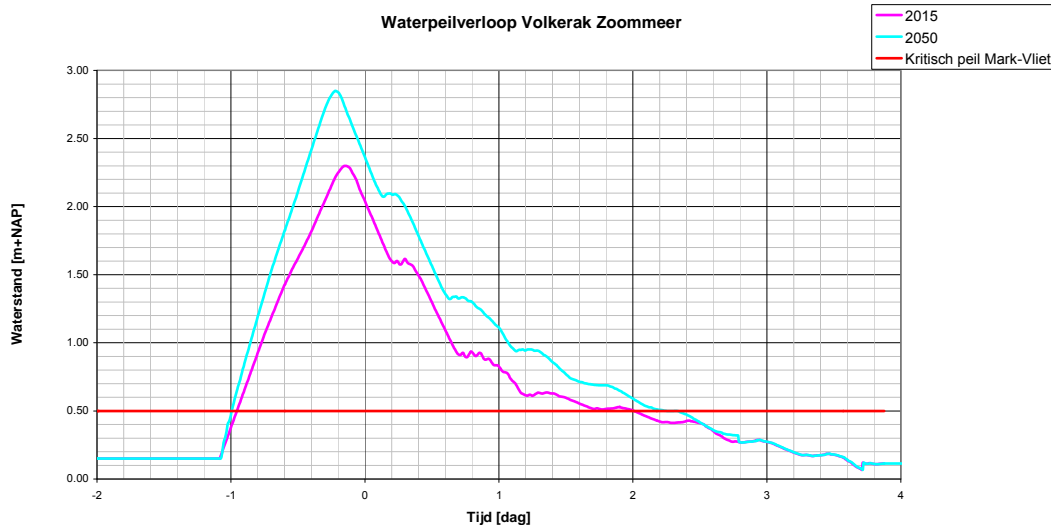
## BIJLAGE 1 Constructie waterpeilverloop Volkerak-Zoommeer

Bij de constructie van het waterpeilverloop in het Volkerak-Zoommeer zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd. De keuze van deze combinatie van waterstanden, afvoeren en windsnelheid is gekozen, omdat deze combinatie de grootste kansbijdrage heeft voor de inzet van het Volkerak-Zoommeer als waterberging (34.8%).

Windrichting	Windsnelheid	Waterstand Maasmond	Debiet Rijn	Debiet Maas	Waterstand Holl. Diep	Overstromingsfrequentie	Kansbijdrage
-	[m/s]	[NAP + ..m]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m+NAP]	*0.001/whj	%
NW	22.0	3.45	7800	1579	2.63	0.174	34.8

Ook bij situaties waar de debieten in de Rijn

De uitvoer van deze berekening is geëxtrapoleerd naar een peilverloop met een waterstandstop in het Volkerak-Zoommeer van NAP +2,30m. Deze waarde komt overeen met het op dit moment (augustus 2009) bekende - geschatte - beoordelingspeil en heeft een overschrijdingsfrequentie van 1/2000 à 1/4000. Bij de extrapolatie is het berekende peilverloop integraal opgehoogd zodat de top op NAP +2,30m ligt. Vervolgens zijn de uitlopers van de grafiek geëxtrapoleerd naar het minimale waterpeil van NAP +0,15m.



Uit de geconstrueerde grafiek blijkt dat het vullen van het Volkerak-Zoommeer ongeveer 1 dag duurt en de lediging circa 3,5 dag. De maximale waterstand in het Volkerak-Zoommeer bedraagt NAP +2,30m. De schutsluizen in het Mark-Vlietsysteem sluiten bij een waterpeil van NAP +0,50m. In deze variant sluiten de schutsluizen voor bijna 3 dagen.

**DHV B.V.**

De duur van deze stremming ligt in de orde van grootte van de studie van Paul Termes (2005). Bij een Rijnafvoer van 10.000 m<sup>3</sup>/s ( $q_6^3$ ), een Maasafvoer van 2268 m<sup>3</sup>/s ( $q_6^2$ ), een stormopzet op zee van 3,54m ( $h_4^2$ ) en een peilopzet in het Volkerak-Zoommeer tot NAP +2,45m is de overschrijdingsduur van het Volkerak-Zoommeer peil NAP +0,35m **2,3 dagen** voor de situatie dat het Volkerak-Zoommeer afvoert via de Volkeraksluizen naar het Hollands Diep. Indien er niet via de Volkeraksluizen wordt afgevoerd, kan de overschrijding van het peil oplopen tot maximaal **4 dagen**.

---

<sup>9</sup> Eén van de stochasten uit de MWH-processor

## BIJLAGE 2 Toename MHW voor 7 locaties in het Mark-Vlietsysteem

Voor de regionale waterkeringen in het Mark-Vlietsysteem geldt als beschermingsnorm een overschrijdingskans van 1/100 per jaar. Dit betekent dat de waterkeringen bestand moeten zijn tegen een waterstand die met een kans van 1/100 per jaar overschreden wordt. De waterstand met deze overschrijdingskans wordt de MHW (maatgevende hoogwaterstand) genoemd. Door de maatregel Waterberging Volkerak-Zoommeer neemt de overschrijdingskans van bepaalde waterstanden toe. Dit betekent dat de waterstand die in de bestaande situatie met een kans van 1/100 overschreden wordt (de  $H_{T100}$ ), na realisatie van de maatregel een hogere overschrijdingskans krijgt. In de nieuwe situatie zal zo ook een hogere waterstand een overschrijdingskans van 1/100 krijgen (de  $H_{T100}$  neemt toe).

In deze bijlage wordt voor 7 verschillende locaties in het Mark-Vlietsysteem uitgewerkt in welke mate de T100-waterstanden in het Mark-Vliet systeem zullen toenemen ten gevolge van de maatregel waterberging Volkerak-Zoommeer.

### Aanpak

Als referentie voor de T100-waterstand in de bestaande situatie, worden de modelberekeningen gebruikt voor de huidige situatie, waarbij uitgegaan is van een waterpeil op het VZM van NAP +0,50 m. Dit benedenstroomse waterpeil wordt gekozen omdat dit ook door waterschap Brabantse Delta als uitgangspunt gehanteerd wordt bij de bepaling van de MHW's in het Mark-Vliet systeem. Daarnaast is dit een bovengrensbepaling omdat voor het voorkeursalternatief voor waterberging een peil van NAP + 0,15m uitgangspunt zal zijn. Voor de uiteindelijke bepaling van de toename van de T100-waterstanden heeft de keuze van dit uitgangspunt overigens slechts geringe gevolgen (zie verderop onder 'Gevoeligheid keuze VZM-peil').

Door middel van interpolatie tussen de modelresultaten met verschillende herhalingstijden wordt per locatie gekeken welke waterstand in de huidige situatie een overschrijdingskans van 1/100 per jaar heeft. Voor deze interpolatie wordt voor diverse kansverdelingsfuncties (Exponentieel, Gumbel, Weibul 3P, GEV, Rayleigh) gekeken of deze passen bij de berekende waterstanden en hun overschrijdingskans. Een goed passende functie wordt vervolgens gekozen voor de verdere analyse. Bij de keuze van de kansverdelingsfunctie wordt niet alleen gekeken naar welke functie het best past (o.b.v.  $R^2$ -waarden), maar ook naar welke functie tot de meest conservatieve resultaten leidt (bovengrensbepaling). Functies die tot fysisch onrealistische resultaten leiden worden uitgesloten. De keuze van de kansverdelingsfunctie blijkt slechts een zeer geringe invloed te hebben op de resultaten (zie verderop onder 'Gevoeligheid keuze kansverdelingsfunctie').

Ook voor de modelresultaten voor de situaties met waterberging wordt gezocht naar een kansverdelingsfunctie die goed past bij de gemodelleerde waterstanden en hun kans van voorkomen, gegeven de inzet van de waterberging (zie paragraaf 2.4 voor de aangenomen kansen). De overschrijdingskansen die uit deze kansverdelingsfunctie volgen, worden vervolgens vermenigvuldigd met de kans op inzet van de waterberging, waarbij als bovengrens de maximale inzetfrequentie is aangehouden (1/250 per jaar, zie paragraaf 2.4).

Om de overschrijdingsfrequentielijn van waterstanden voor de toekomstige situatie te bepalen, worden voor elke waterstand de overschrijdingskansen in de bestaande situatie en de overschrijdingskansen ten gevolge van de waterberging met elkaar gecombineerd (de kansen op 'geen overschrijding' worden met elkaar vermenigvuldigd, zie het kader in paragraaf 2.2). Met behulp van deze nieuwe overschrijdingsfrequentielijn voor de toekomstige situatie wordt vervolgens bepaald hoe veel de  $H_{T100}$  toeneemt ten gevolge van de maatregel Waterberging Volkerak-Zoommeer.

Ten aanzien van de T100-waterstanden in de bestaande situatie moet opgemerkt worden dat de T100-waterstanden die afgeleid worden uit de modelberekeningen, tot maximaal 8 centimeter afwijken van de 'concept-MHW's'<sup>10</sup> van waterschap Brabantse Delta. De verschillen zijn grotendeels te verklaren uit een verschil in uitgangspunten:

- Extreme-waardenanalyse versus afleiding T100 situatie op basis van vier berekende modelsituaties
- Geen maalstops versus maalstops
- Geen inzet 4<sup>e</sup> bergboezem versus wel inzet 4<sup>e</sup> bergboezem
- Interpolatie tussen meetlocaties versus berekening per locatie (elke 25meter).

De verschillen in uitgangspunten en de kleine verschillen in berekende peilen ( $\leq 0,08\text{m}$ ) hebben echter geen gevolgen voor de resultaten van deze studie. In deze studie wordt niet gekeken naar de absolute waarde van T100-waterstanden, maar naar het verschil tussen de  $H_{T100}$  in de bestaande situatie en de  $H_{T100}$  in de toekomstige situatie (met waterberging).

#### Overzicht berekeningsresultaten

**Tabel 19** Berekende waterstanden voor de huidige situatie bij afvoersituaties met een herhalingsdij van een keer per 10, 20, 45 en 120 jaar in het Mark-Vlietsysteem en een VZM-peil van NAP +0,50 m, uitgezet naast de concept-MHW die met een extreme waarden analyse is bepaald.

Locatie	concept-MHW wsBD [m +NAP]	Berekende waterstanden voor huidige situatie met een VZM-peil van NAP +0,50 m [m +NAP]				Huidige $H_{T100}$ geschat o.b.v. modelresultaten [m +NAP]
		T010	T020	T045	T120	
Trambrug (Breda)	1,93	1,52	1,67	1,75	1,87	1,85
Etten-Leur	1,34	1,17	1,27	1,31	1,38	1,38
Stampersgat	0,81	0,76	0,81	0,84	0,89	0,88
Dintelsas	0,61	0,57	0,58	0,59	0,60	0,60
Roosendaal	0,84	0,77	0,83	0,84	0,92	0,91
Bovensas	0,70	0,66	0,68	0,70	0,73	0,72
Benedensas	0,52	0,51	0,51	0,52	0,52	0,52

<sup>10</sup> Waterschap Brabantse Delta heeft per km langs het Mark-Vliet systeem op basis van een extreme waarde analyse (jaarmaxima, 100-jarige tijdreeks) een waterstand afgeleid die met een kans van 1/100 per jaar overschreden wordt. Deze waterstanden zijn door het waterschap in concept vastgesteld als MHW en worden waarschijnlijk eind 2010 officieel vastgesteld als MHW door Provincie Noord-Brabant.



**Tabel 20 Berekende waterstanden voor de situaties dat de inzet van het Volkerak-Zoommeer voor waterberging in 2015 samenvalt met afvoeren met een herhalingstijd van een keer per 10, 20, 45 en 120 jaar in het Mark-Vlietsysteem**

Locatie	concept-MHW wsBD [m +NAP]	Huidige $H_{T100}$ geschat o.b.v. model-resultaten [m +NAP]	Scenario berekening	Berekende waterstanden voor het samenvallen van waterberging met onderstaande neerslagsituaties, 2015 [m +NAP]			
				T010	T020	T045	T120
Trambrug (Breda)	1,93	1,85	Samen	1,69	1,75	1,89	2,01
			Na	1,74	1,85	1,99	2,10
Etten-Leur	1,34	1,38	Samen	1,39	1,44	1,50	1,55
			Na	1,59	1,65	1,73	1,78
Stampersgat	0,81	0,88	Samen	1,24	1,29	1,33	1,35
			Na	1,52	1,56	1,62	1,64
Dintelsas	0,61	0,60	Samen	1,22	1,28	1,31	1,34
			Na	1,51	1,55	1,60	1,62
Roosendaal	0,84	0,91	Samen	1,26	1,32	1,36	1,39
			Na	1,53	1,58	1,64	1,66
Bovensas	0,70	0,72	Samen	1,15	1,20	1,23	1,25
			Na	1,42	1,46	1,52	1,56
Benedensas	0,52	0,52	Samen	1,08	1,13	1,15	1,17
			Na	1,36	1,39	1,46	1,50

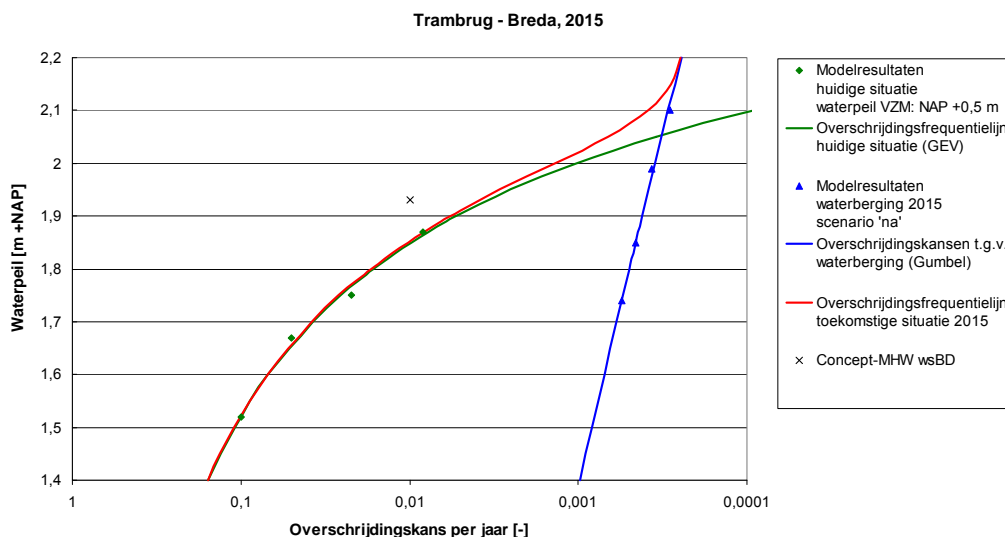
**Tabel 21 Berekende waterstanden voor de situaties dat de inzet van het Volkerak-Zoommeer voor waterberging in 2050 samenvalt met afvoeren met een herhalingstijd van een keer per 10, 20, 45 en 120 jaar in het Mark-Vlietsysteem**

Locatie	concept-MHW wsBD [m +NAP]	Huidige $H_{T100}$ geschat o.b.v. model-resultaten [m +NAP]	Scenario berekening	Berekende waterstanden voor het samenvallen van waterberging met onderstaande neerslagsituaties, 2050 [m +NAP]			
				T010	T020	T045	T120
Trambrug (Breda)	1,93	1,85	Samen	1,73	1,81	1,95	2,06
			Na	1,76	1,87	2,01	2,12
Etten-Leur	1,34	1,38	Samen	1,50	1,53	1,59	1,64
			Na	1,62	1,68	1,76	1,83
Stampersgat	0,81	0,88	Samen	1,35	1,37	1,39	1,41
			Na	1,56	1,60	1,67	1,72
Dintelsas	0,61	0,60	Samen	1,34	1,35	1,37	1,39
			Na	1,55	1,59	1,66	1,71
Roosendaal	0,84	0,91	Samen	1,37	1,39	1,41	1,44
			Na	1,57	1,62	1,69	1,74
Bovensas	0,70	0,72	Samen	1,29	1,34	1,36	1,37
			Na	1,46	1,50	1,55	1,59
Benedensas	0,52	0,52	Samen	1,23	1,29	1,30	1,31
			Na	1,40	1,43	1,48	1,52

## Locatie Trambrug – Breda

### Toename $H_{T100}$ voor 2015

Op basis van de modelresultaten wordt de waterstand met een overschrijdingskans van 1/100 per jaar voor de huidige situatie op NAP +1,85 m geschat. Deze waterstand wordt in situaties met waterberging alleen overschreden wanneer gelijktijdig met de waterberging een T20-afvoer (of extremer) in het Mark-Vliet systeem optreedt. Door de relatief kleine kans op deze gebeurtenis ( $0,11 \cdot 1/250$  per jaar)<sup>11</sup> neemt de overschrijdingskans van NAP +1,85 m weinig toe. De waterstand die in de toekomstige situatie een overschrijdingskans van 1/100 per jaar heeft, is hierdoor ook nauwelijks hoger dan die in de bestaande situatie (ordegrootte 1 cm).



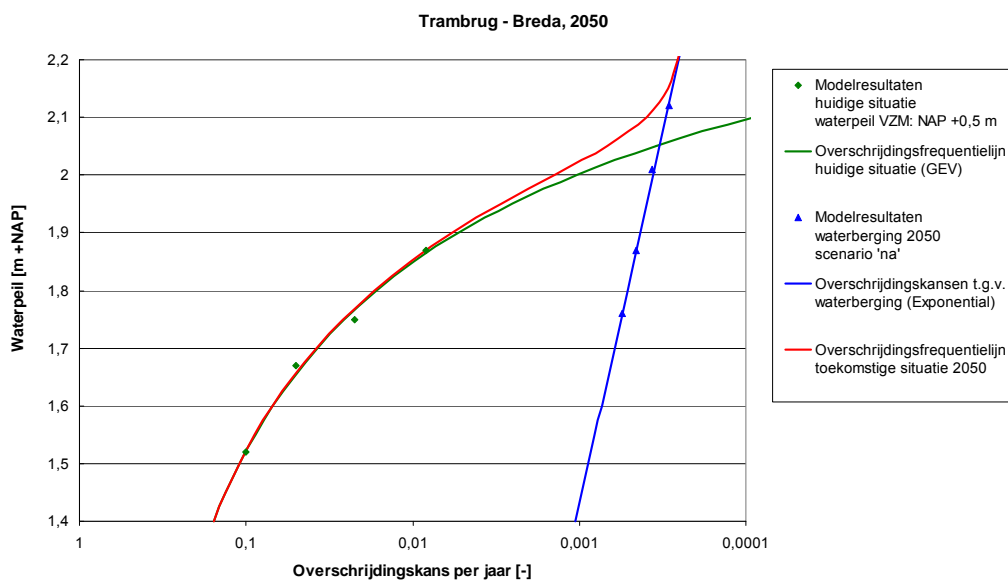
### Afname beschermingsniveau

Stel dat de regionale waterkeringen bij Trambrug-Breda in de bestaande situatie precies aan het vereiste beschermingsniveau voldoen (het concept-MHW van NAP +1,93 m kan gekeerd worden, maar er is geen overhoogte/-sterkte). De overschrijdingskans van de waterstanden rond de concept-MHW ten gevolge van de waterberging wordt grofweg op 1/2000 per jaar à 1/2500 per jaar geschat. Door deze 'extra overschrijdingskansen' zou het beschermingsniveau in de geschetste, theoretische situatie afnemen van 1/100 per jaar naar 1/95 per jaar ( $=1 - (99/100 \cdot 1999/2000)$ ). Door HKV (2009) is bij een globale toetsing van de regionale keringen echter geconstateerd dat bij Trambrug-Breda in de bestaande situatie niet aan het beschermingsniveau van 1/100 jaar voldaan wordt en er dus ook in de bestaande situatie al maatregelen nodig zijn.

### Toename $H_{T100}$ voor 2050

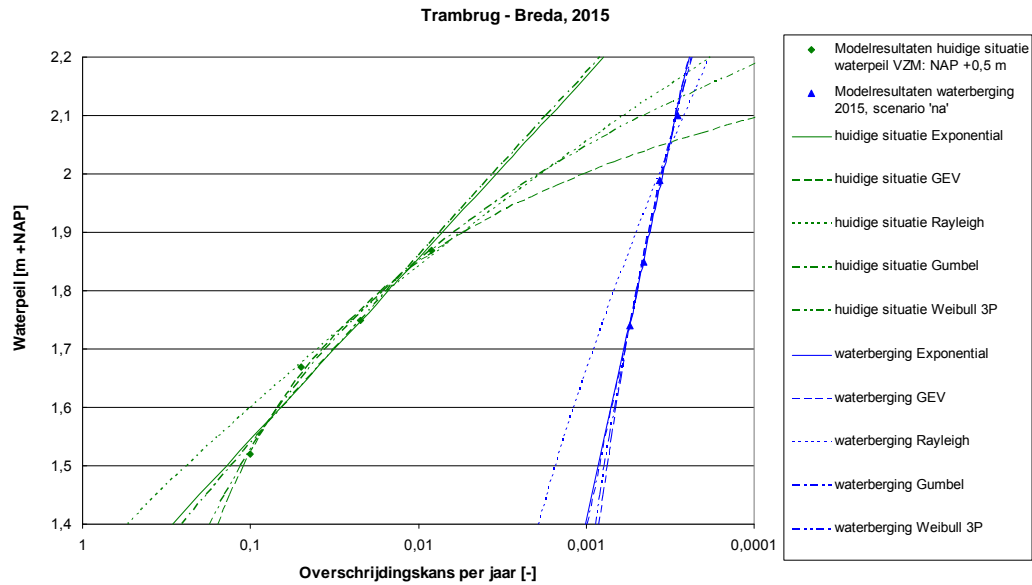
De gemodelleerde waterstanden voor de situaties met waterberging in 2050 zijn nauwelijks hoger dan die voor 2015. Hierdoor veranderen ook de overschrijdingsfrequentielijnen nauwelijks en blijft de toename van de T100-waterstand orde 1 cm.

<sup>11</sup> Zie Tabel 1 voor de kans op samenvallen van de waterberging met bepaalde afvoeren



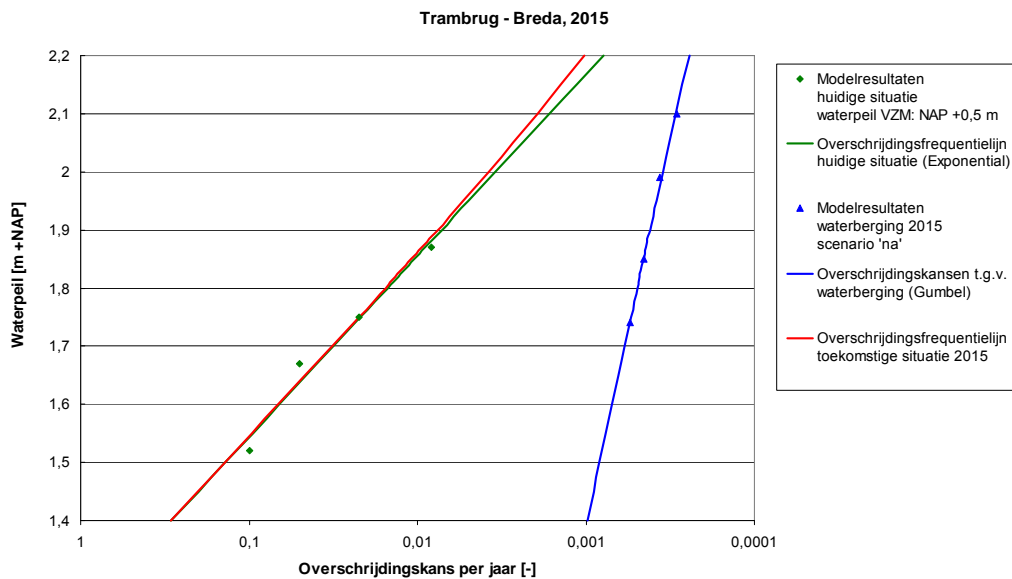
#### Gevoeligheid keuze kansverdelingsfunctie

De overschrijdingskans van de waterstanden rond de T100-waterstand, neemt door de waterberging met ca. 1/2000 à 1/2500 per jaar toe. Dit volgt uit alle kansverdelingfuncties die door de modelresultaten voor de situatie met waterberging en hun kans van voorkomen zijn gefit (op de slecht passende Rayleighverdeling na, zie onderstaande figuur). Bij benadering komt het er dan op neer dat de  $H_{T100}$  voor de bestaande situatie door de maatregel waterberging een overschrijdingskans van 1/95 ( $=1 - (99/100 * 1999/2000)$ ) krijgt i.p.v. 1/100. De waterstand die in de bestaande situatie een overschrijdingskans van 1/105 heeft, wordt de toekomstige  $H_{T100}$  ( $=1 - (104/105 * 1999/2000)$ ). De toename van de T100-waterstand is hiermee nagenoeg gelijk aan het verschil tussen de  $H_{T100}$  en  $H_{T105}$  in de bestaande situatie. Het verschil tussen deze twee waterstanden wordt bij de gekozen methodiek nauwelijks beïnvloed door de gekozen kansverdelingsfunctie (zie onderstaande figuur). Dit komt doordat de kansverdelingsfuncties allemaal gebaseerd zijn op modelresultaten die representatief gesteld zijn voor o.a. de T45- en T120-waterstanden.

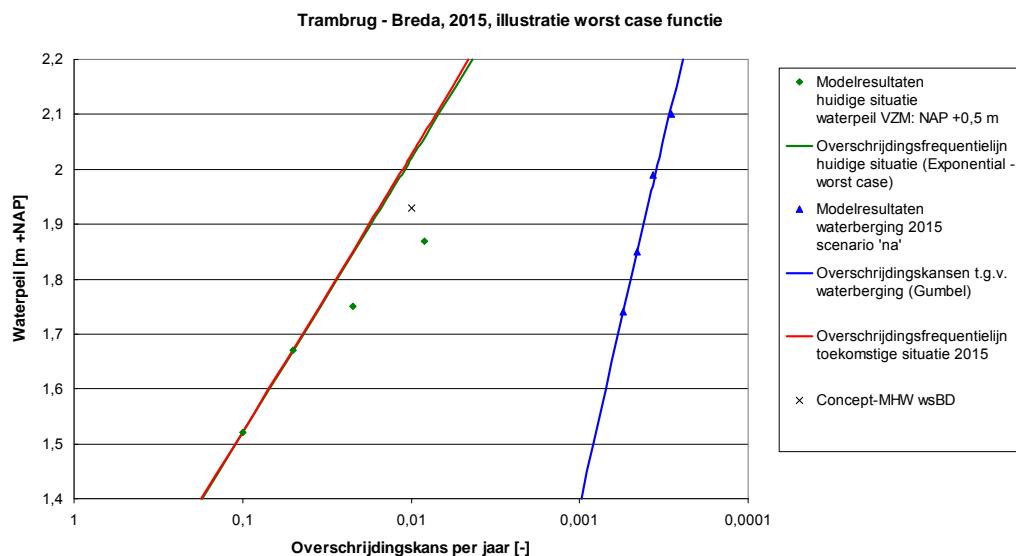


Om te illustreren dat de bepaalde toename van de  $H_{T100}$  weinig gevoelig is ten aanzien van de keuze voor een bepaalde verdelingsfunctie, is de analyse voor Trambrug - Breda ook uitgevoerd voor een andere verdelingsfunctie voor de huidige situatie (exponentieel i.p.v. GEV). Ook op basis van deze aangenomen functie kan geconcludeerd worden dat de T100-waterstand nauwelijks toeneemt (ca. 1 cm).

NB: wanneer men geïnteresseerd is in de waterstanden met overschrijdingskansen kleiner dan ca. 1/200 per jaar, is het raadzaam om bij het maken van een keuze tussen bijv. een exponentiële of GEV-functie te toetsen welke functie voor deze range aan overschrijdingsfrequenties fysisch gezien tot de meest realistische waarden leidt. Voor de overschrijdingsfrequenties rond 1/100 per jaar is dit nu getoetst aan de hand van de modelresultaten.



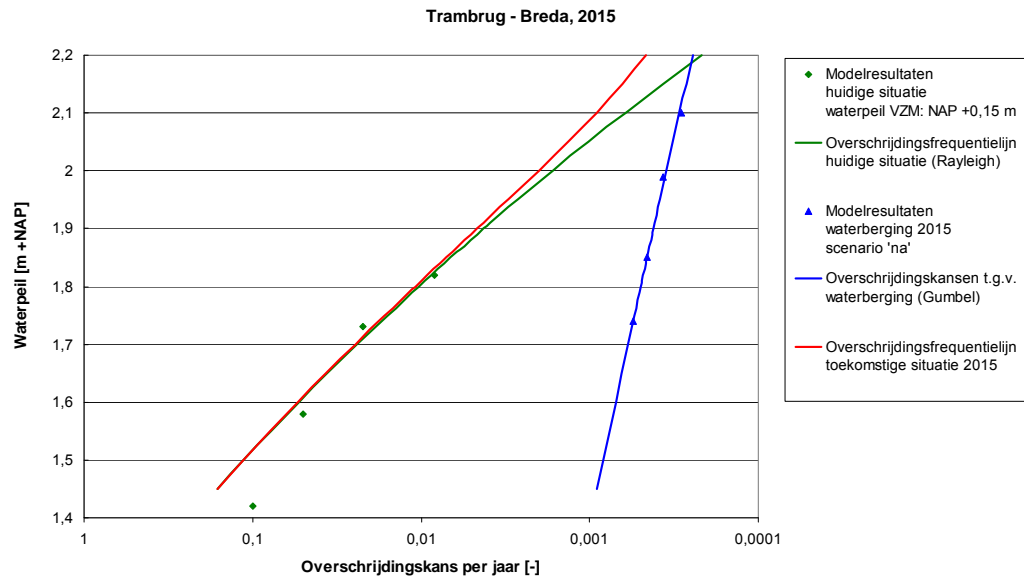
Onderstaande figuur illustreert dat ook wanneer de (parameters van de) kansverdelingsfunctie o.b.v. de modelresultaten zo conservatief mogelijk gekozen wordt (steilste lijn, grootste verschil tussen  $H_{T100}$  en  $H_{T105}$ ), de berekende toename van de T100-waterstand nog altijd ca. 1 cm is.



#### *Gevoeligheid keuze VZM-peil*

Als uitgangspunt voor het waterpeil op het VZM is gekozen om NAP +0,50 m aan te houden bij de analyse van de toename van de T100-waterstanden. Voor Trambrug-Breda is de analyse ook eenmaal uitgevoerd voor een VZM-peil van NAP +0,15 om de gevoeligheid van de resultaten hiervoor in kaart te brengen.

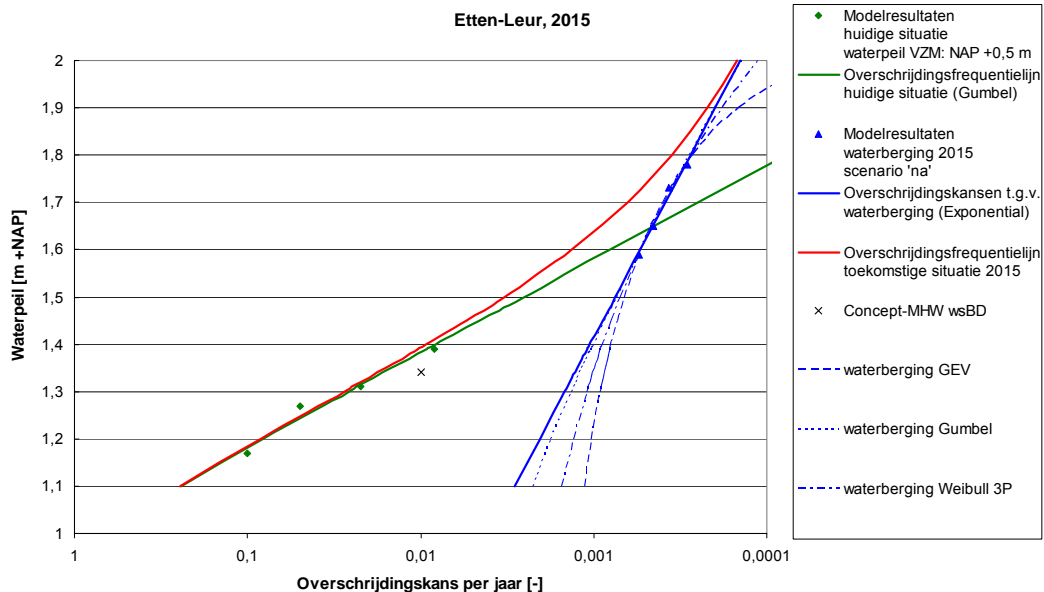
Uitgaan van een VZM-peil van NAP +0,15 m i.p.v. NAP +0,50 m in de huidige situatie leidt tot een lagere schatting van de waterstand die 1/100 jaar overschreden wordt: NAP +1,80m i.p.v. NAP +1,85 m. Door inzet van het Volkerak-Zoommeer als waterberging, stijgt het waterpeil voor beide waterstanden in de orde van 1 centimeter met de overschrijdingskans van 1/00 jaar. De keuze van het peil op het VZM in de huidige situatie heeft dus nauwelijks invloed op de geschatte toename van de T100-waterstanden.



**Locatie Etten-Leur**

*Toename  $H_{T100}$  voor 2015*

Op basis van de modelresultaten wordt de waterstand met een overschrijdingskans van 1/100 per jaar voor de huidige situatie op NAP +1,38 m geschat. Op basis van extrapolatie van de modelresultaten voor de situatie met waterberging, wordt geschat dat de overschrijdingskans van deze waterstand, *ten gevolge van de waterberging*, circa 1/900 per jaar is ( $\approx 0,28 \cdot 1/250$  per jaar). Hierbij moet gedacht worden (o.b.v. Tabel 1 en Figuur 3) aan het samenvallen van de waterberging met een afvoer in het Mark-Vliet systeem die gemiddeld circa eenmaal per jaar overschreden wordt (T1-afvoer). De overschrijdingskans van waterstanden rond NAP +1,38 m nemen door de maatregel waterberging dus relatief weinig toe, waardoor ook de T100-waterstand maar weinig toeneemt (orde 1 cm).

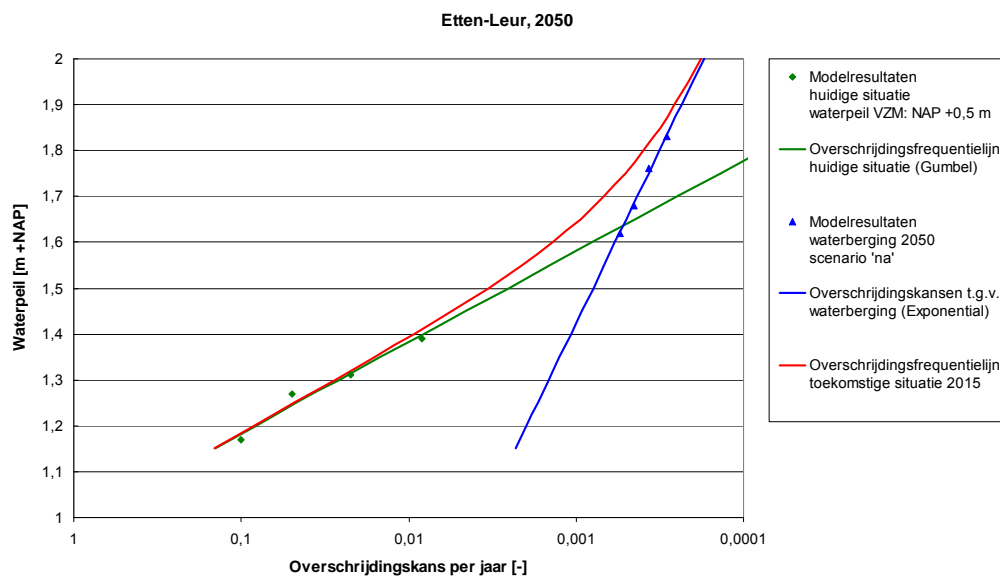


#### *Afname beschermingsniveau*

Stel dat de regionale waterkeringen bij Etten-Leur in de bestaande situatie precies aan het vereiste beschermingsniveau voldoen (de concept-MHW van NAP +1,34 m kan gekeerd worden, maar er is geen overhoogte/-sterkte). De overschrijdingskans van de waterstanden rond de concept-MHW ten gevolge van de waterberging wordt grofweg op 1/800 per jaar à 1/900 per jaar geschat. Door deze 'extra overschrijdingskansen' zou het beschermingsniveau in de geschetste, theoretische situatie afnemen van 1/100 per jaar naar 1/89 per jaar ( $=1-(99/100 \cdot 799/800)$ ). Door HKV (2009) is bij een globale toetsing van de regionale keringen echter geconstateerd dat bij Etten-Leur in de bestaande situatie niet aan het beschermingsniveau van 1/100 jaar voldaan wordt en er dus ook in de bestaande situatie al maatregelen nodig zijn. Door inzet van de waterberging zal de omvang van de maatregelen kunnen wijzigen.

#### *Toename $H_{T100}$ voor 2050*

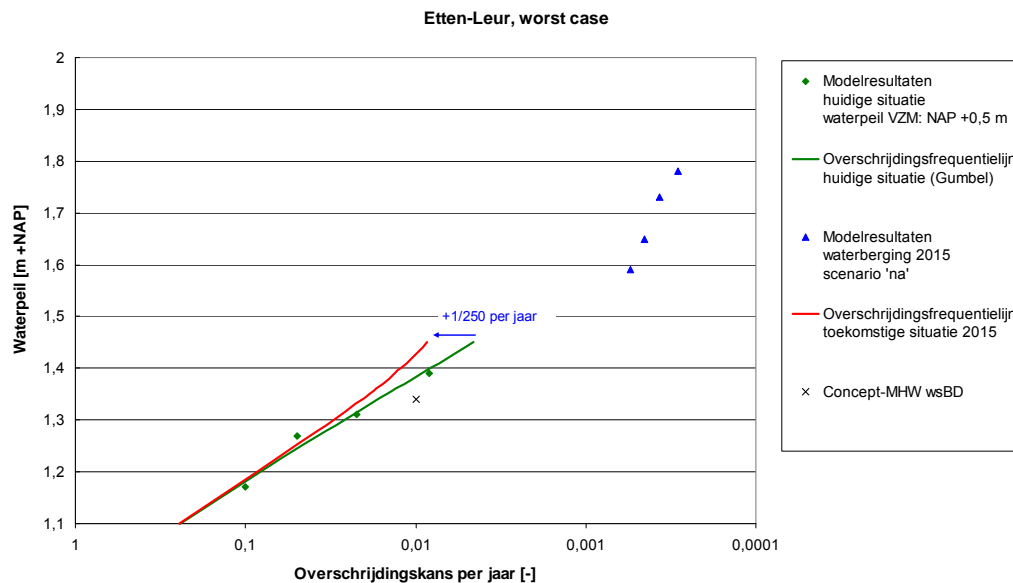
De gemodelleerde waterstanden voor de situaties met waterberging in 2050 zijn nauwelijks hoger dan die voor 2015. Hierdoor veranderen ook de overschrijdingsfrequentielijnen tussen 2015 en 2050 nauwelijks en blijft de toename van de T100-waterstand ten gevolge van de waterberging orde 1 cm.



*Worst case*

Op basis van extrapolatie van de modelresultaten voor de situatie met waterberging, werd geschat dat de peilen rond de T100-waterstand overschreden worden wanneer de waterberging samenvalt met de T1-afvoer (of extremere afvoeren). Een worst-case aanname zou zijn dat de waterberging altijd gepaard gaat met overschrijding van de peilen rond NAP +1,3 à +1,4 m. In dat geval neemt de overschrijdingskans van deze waterstanden toe met 1/250 per jaar (gelijk aan de kans op inzet van de waterberging). De  $H_{T100}$  in de bestaande situatie krijgt dan in de toekomst een overschrijdingskans van 1/71 per jaar ( $=1-(99/100*249/250)$ ). De waterstand die in de bestaande situatie met een kans van 1/166 per jaar overschreden wordt, wordt in de toekomstige situatie de  $H_{T100}$  ( $1/100=1-(165/166*249/250)$ ). De toename van de T100-waterstand die op deze manier berekend wordt is ca. 5 cm ( $=H_{T166,huidig}-H_{T100,huidig}$ ).





### Locaties Roosendaal, Stampersgat, Dintelsas, Bovensas en Benedensas

#### Toename $H_{T100}$

Voor deze locaties wordt ervan uitgegaan dat de peilen rond de huidige T100-waterstand in situaties met waterberging altijd overschreden worden. Dit betekent dat de overschrijdingskans van deze waterstanden toeneemt met de 'inzetkans' van de waterberging; 1/250 per jaar. De waterstand die in de bestaande situatie een overschrijdingskans van 1/100 per jaar heeft, krijgt in de toekomstige situatie een overschrijdingskans van 1/71 per jaar ( $=1-(99/100 \cdot 249/250)$ ). De waterstand die in de bestaande situatie een overschrijdingskans van 1/166 per jaar heeft, wordt de toekomstige  $H_{T100}$  ( $1/100=1-(165/166 \cdot 249/250)$ ). Door het geringe verschil tussen de  $H_{T100}$  en de  $H_{T166}$  in de bestaande situatie, neemt de T100-waterstand door de maatregel Waterberging Volkerak-Zoommeer slechts met orde enkele centimeters toe op de locaties Roosendaal, Stampersgat, Dintelsas, Bovensas en Benedensas<sup>12</sup>.

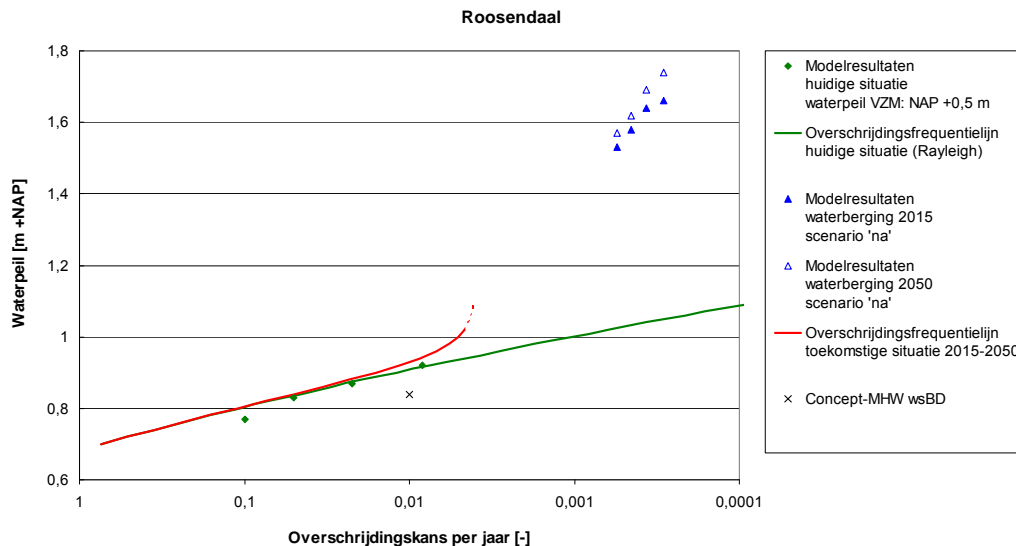
Uit een analyse van HKV (2009) blijkt dat de waterkeringen bij de locaties Stampersgat, Dintelsas, Roosendaal, Bovensas en Benedensas in de bestaande situatie ruim aan de norm voldoen. Een toename van de T100-waterstand met enkele centimeters zal hierdoor geen gevolgen hebben voor de regionale keringen; deze zullen ook in de situatie met waterberging de T100-waterstand kunnen keren.

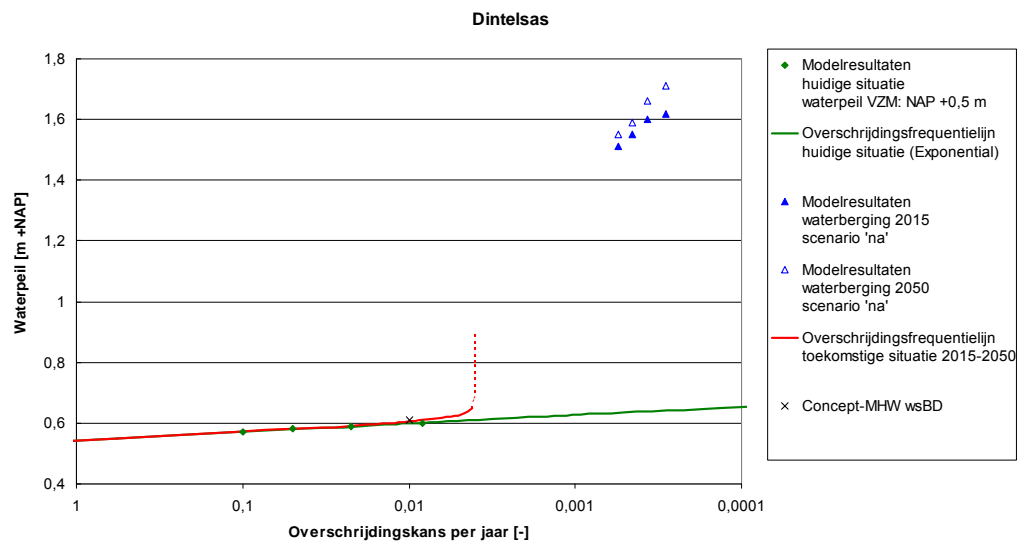
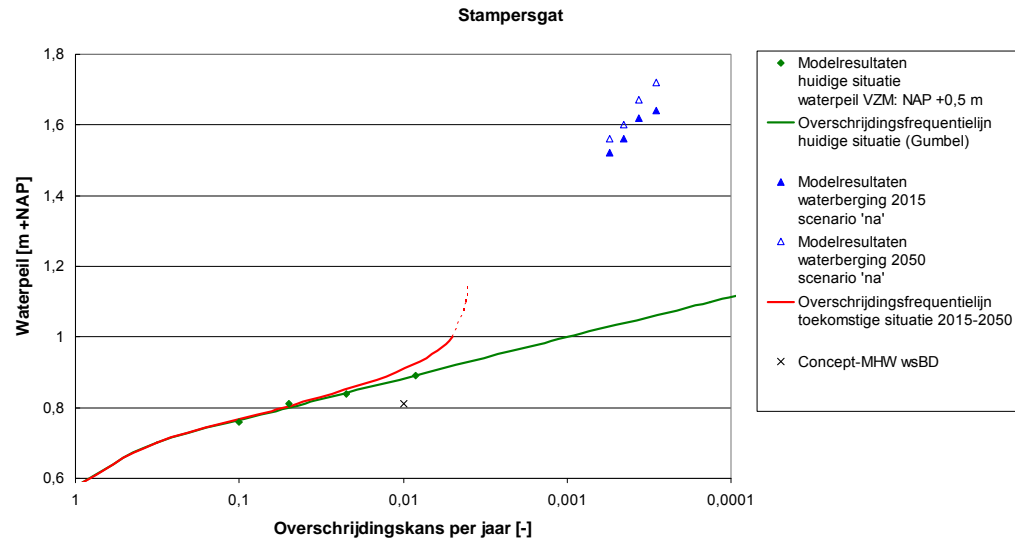
Opgemerkt moet worden dat de waterstanden die horen bij een overschrijdingskans van 1/250 per jaar of kleiner, wel sterk toenemen door de maatregel waterberging. De waterstanden die optreden bij de inzet van de waterberging (kans 1/250 per jaar) zijn namelijk wel duidelijk hoger dan de huidige T250-waterstand.

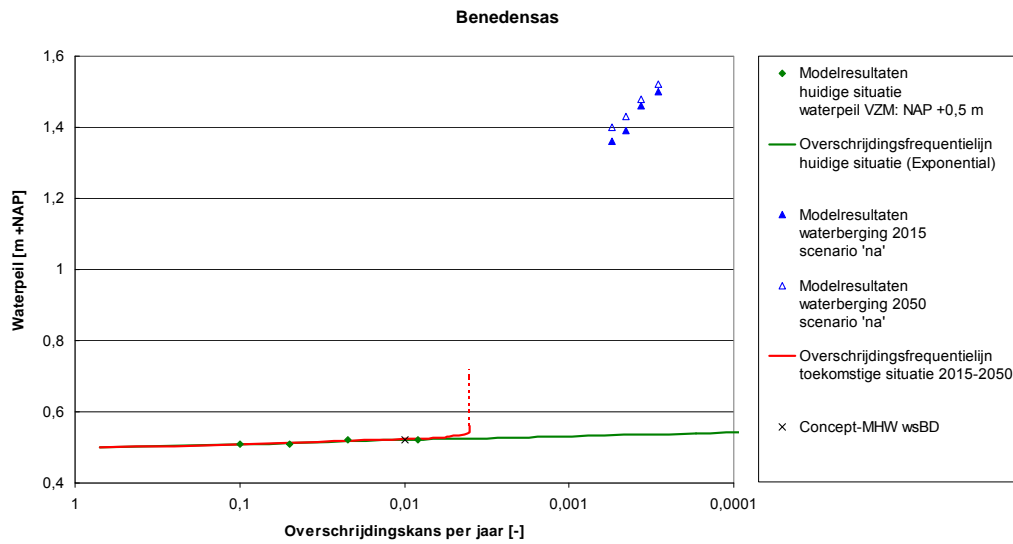
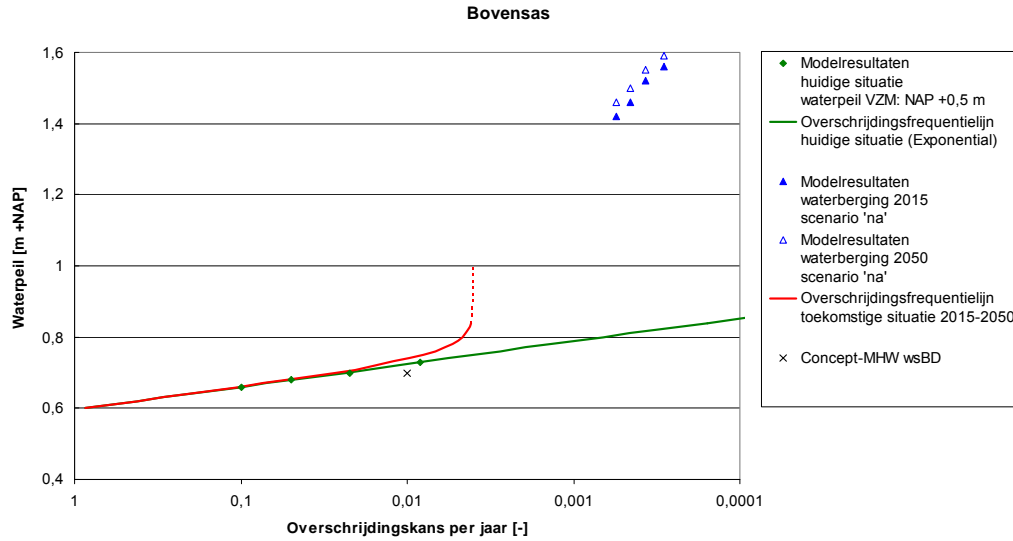
<sup>12</sup> De grafieken op de volgende pagina's illustreren dit. De overschrijdingsfrequentielijn voor de toekomstige situatie (weergegeven tot overschrijdingskansen van 1/250 per jaar) volgt uit de overschrijdingsfrequentielijn voor de huidige situatie, waarbij alle kansen vermeerderd zijn met 1/250 per jaar.

*Afname beschermingsniveau*

Stel dat de regionale waterkeringen voor deze locaties in de bestaande situatie precies aan het vereiste beschermingsniveau voldoen (de concept-MHW's kunnen gekeerd worden, maar er is geen overhoogte/-sterkte). De overschrijdingskansen van de waterstanden rond de concept-MHW's ten gevolge van de waterberging bedragen 1/250 per jaar. Door deze 'extra overschrijdingskansen' zou het beschermingsniveau in de geschetste, theoretische situatie afnemen van 1/100 per jaar naar 1/71 per jaar (=1-(99/100\*249/250)). Door HKV (2009) is bij een globale toetsing van de regionale keringen echter geconstateerd dat de regionale keringen in de bestaande situatie ruim aan het beschermingsniveau van 1/100 jaar voldoen. In werkelijkheid ligt het beschermingsniveau veel hoger dan 1/100 per jaar en zal de afname met 1/250 per jaar er niet toe leiden dat niet meer aan de norm voldaan wordt (de keringen zullen de toekomstige T100-waterstand zeer waarschijnlijk kunnen keren).



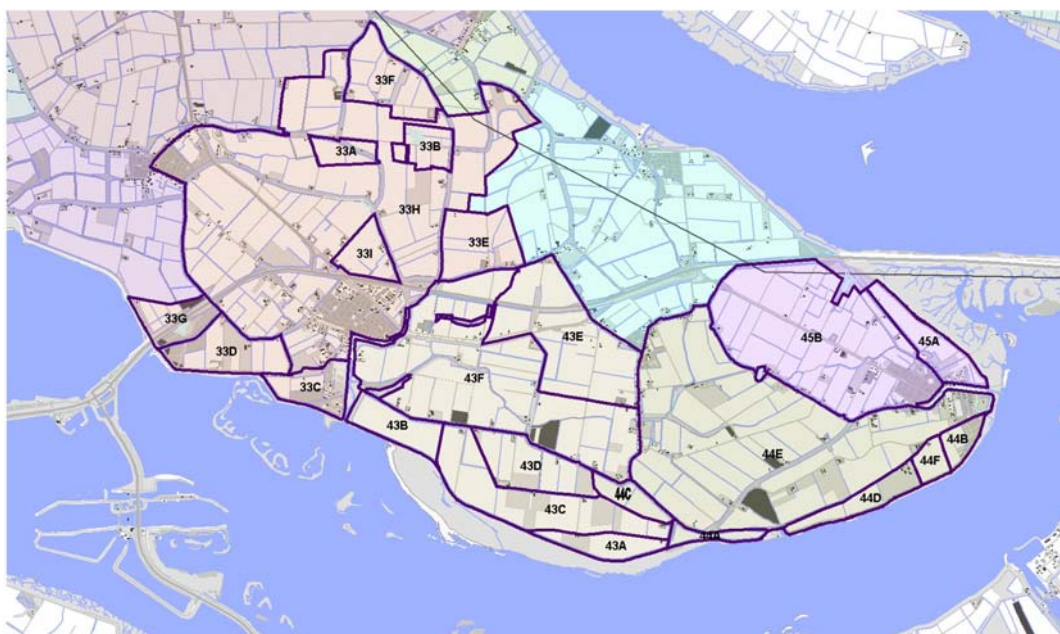




### BIJLAGE 3      **Kans overschrijding kritiek waterpeil voor 4 polders Oost-Flakkee lozend op Volkerak-Zoommeer**

#### **Overzicht berekeningsresultaten**

In onderstaande tabellen zijn de resultaten van de modelberekeningen weergegeven. Hierbij is voor de bestaande situatie, de situatie met de inzet van waterberging in 2015 en de situatie met waterberging in 2050 gemodelleerd hoe hoog de waterstanden worden wanneer neerslagsituaties met een herhalingsstijd van 1/10, 1/25, 1/50 en 1/100 jaar optreden. Voor elk peilgebied zijn de waterstanden tweemaal gemodelleerd. Eénmaal is de neerslagsituatie gecombineerd met het zomerpeil in de peilgebieden en eenmaal met het winterpeil.



**Figuur 10      Peilgebieden op Oostflakkee die afwateren op Volkerak-Zoommeer**

De situaties waarbij overschrijding van kritische waterpeilen (en dus inundatie) optreedt zijn geel gearceerd in onderstaande tabellen. Opgemerkt moet worden dat de gemodelleerde waterstanden bij deze situaties 'fictief' zijn. In het gebruikte model wordt namelijk geen rekening gehouden met het effect van de overstromingen zelf op de waterstanden. Gerekend wordt alsof al het water alleen geborgen wordt in de gebieden die onder normale omstandigheden open water zijn. Dit leidt ertoe dat de modelresultaten te hoge waterstanden tonen voor de situaties met overschrijding van kritische peilen. In werkelijkheid neemt door de overstromingen het bergingsoppervlak toe en zullen de waterstanden veel minder hoog oplopen, omdat het oppervlak aan open water maar enkele procenten bedraagt van het totale oppervlak.

**Tabel 22 De Haas van Dorsser: berekende waterstanden voor de huidige situatie bij neerslagsituaties met een herhalingsijd van een keer per 10, 20, 50 en 100 jaar**

Peilgebied	Beschermings-norm [kans per jaar]	Kritisch waterpeil [m +NAP]	Zomer-/winterpeil [m +NAP]	Waterstanden voor huidige situatie [m +NAP]			
				T010	T025	T050	T100
33C	1/10	-0,28	ZP: -0,80	-0,52	-0,34	-0,12	0,04
			WP: -0,85	-0,57	-0,39	-0,17	-0,01
33D	1/25	-0,20	ZP: -0,90	-0,55	-0,32	-0,05	0,16
			WP: -1,10	-0,75	-0,52	-0,25	-0,04
33E	1/50	-0,33	ZP: -1,10	-0,78	-0,56	-0,31	-0,11
			WP: -1,35	-1,03	-0,81	-0,56	-0,36
33F	1/50	-0,31	ZP: -1,15	-0,79	-0,54	-0,26	-0,04
			WP: -1,45	-1,09	-0,84	-0,56	-0,34
33G	1/25	-0,43	ZP: -1,30	-1,22	-1,17	-1,11	-1,07
			WP: -1,50	-1,42	-1,37	-1,31	-1,27
33H	1/25	-1,13	ZP: -1,40	-1,17	-1,02	-0,84	-0,70
			WP: -1,70	-1,47	-1,32	-1,14	-1,00

**Tabel 23 De Eendracht: berekende waterstanden voor de huidige situatie bij neerslagsituaties met een herhalingsijd van een keer per 10, 20, 50 en 100 jaar**

Peilgebied	Beschermings-norm [kans per jaar]	Kritisch waterpeil [m +NAP]	Zomer-/winterpeil [m +NAP]	Waterstanden voor huidige situatie [m +NAP]			
				T010	T025	T050	T100
43A	1/25	0,95	ZP: 0,15	0,63	0,82	1,04	1,22
			WP: -0,10	0,38	0,57	0,79	0,97
43B	1/25	0,79	ZP: 0,00	0,67	0,93	1,23	1,49
			WP: -0,35	0,32	0,58	0,88	1,14
43C	1/25	0,51	ZP: -0,35	0,38	0,66	0,99	1,26
			WP: -0,65	0,08	0,36	0,69	0,96
43D	1/25	0,23	ZP: -0,60	-0,12	0,07	0,29	0,47
			WP: -0,85	-0,37	-0,18	0,04	0,22
43E	1/25	0,05	ZP: -0,75	-0,24	-0,04	0,19	0,38
			WP: -1,00	-0,49	-0,29	-0,06	0,13
43F	1/25	-0,15	ZP: -0,95	-0,56	-0,41	-0,23	-0,08
			WP: -1,25	-0,86	-0,71	-0,53	-0,38

**Tabel 24 Galathee: berekende waterstanden voor de huidige situatie bij neerslagsituaties met een herhalingsijd van een keer per 10, 20, 50 en 100 jaar**

Peilgebied	Beschermingsnorm [kans per jaar]	Kritisch waterpeil [m +NAP]	Zomer-/winterpeil [m +NAP]	Waterstanden voor huidige situatie [m +NAP]			
				T010	T025	T050	T100
44A	1/25	0,92	ZP: -0,10	0,26	0,39	0,56	0,69
			WP: -0,40	-0,04	0,09	0,26	0,39
44B	1/25	0,34	ZP: -0,40	0,11	0,31	0,54	0,73
			WP: -0,65	-0,14	0,06	0,29	0,48
44C	1/25	0,10	ZP: -0,70	-0,27	-0,10	0,09	0,26
			WP: -0,95	-0,52	-0,35	-0,16	0,01
44D	1/25	-0,08	ZP: -0,95	-0,20	0,09	0,43	0,71
			WP: -0,95	-0,20	0,09	0,43	0,71
44E	1/50	-0,50	ZP: -1,10	-0,71	-0,56	-0,38	-0,23
			WP: -1,40	-1,01	-0,86	-0,68	-0,53
44F	1/25	-0,04	ZP: -0,80	-0,20	0,04	0,32	0,55
			WP: -1,05	-0,45	-0,21	0,07	0,30

**Tabel 25 Het Oudeland: berekende waterstanden voor de huidige situatie bij neerslagsituaties met een herhalingsijd van een keer per 10, 20, 50 en 100 jaar**

Peilgebied	Beschermingsnorm [kans per jaar]	Kritisch waterpeil [m +NAP]	Zomer-/winterpeil [m +NAP]	Waterstanden voor huidige situatie			
				T010	T025	T050	T100
45A	1/25	-0,11	ZP: -0,85	-0,55	-0,41	-0,24	-0,10
			WP: -1,05	-0,75	-0,61	-0,44	-0,30
45B	1/10	-0,70	ZP: -1,10	-0,77	-0,61	-0,42	-0,27
			WP: -1,40	-1,07	-0,91	-0,72	-0,57

**Tabel 26 De Haas van Dorsser: berekende waterstanden voor de situaties dat de inzet van het Volkerak-Zoommeer voor waterberging in 2015 samenvalt met neerslagsituaties met een herhalingsijd van een keer per 10, 20, 50 en 100 jaar**

Peilgebied	Beschermingsnorm [kans per jaar]	Kritisch waterpeil [m +NAP]	Zomer-/winterpeil [m +NAP]	Waterstanden voor het samenvallen van waterberging met onderstaande neerslagsituaties, 2015 [m +NAP]			
				T010	T025	T050	T100
33C	1/10	-0,28	ZP: -0,80	2,34	2,80	3,34	3,76
			WP: -0,85	2,29	2,75	3,29	3,71
33D	1/25	-0,20	ZP: -0,90	3,17	3,76	4,47	5,01
			WP: -1,10	2,97	3,56	4,27	4,81
33E	1/50	-0,33	ZP: -1,10	2,69	3,24	3,90	4,41
			WP: -1,35	2,44	2,99	3,65	4,16
33F	1/50	-0,31	ZP: -1,15	0,48	0,72	1,31	1,95
			WP: -1,45	0,18	0,42	1,01	1,65
33G	1/25	-0,43	ZP: -1,30	-0,35	-0,21	-0,05	0,08
			WP: -1,50	-0,55	-0,41	-0,25	-0,12
33H	1/25	-1,13	ZP: -1,40	1,42	1,83	2,32	2,70
			WP: -1,70	1,12	1,53	2,02	2,40

**Tabel 27 De Eendracht: berekende waterstanden voor de situaties dat de inzet van het Volkerak-Zoommeer voor waterberging in 2015 samenvalt met neerslagsituaties met een herhalingsstijd van een keer per 10, 20, 50 en 100 jaar**

Peilgebied	Beschermings-norm [kans per jaar]	Kritisch waterpeil [m +NAP]	Zomer-/winterpeil [m +NAP]	Waterstanden voor het samenvallen van waterberging met onderstaande neerslagsituaties, 2015 [m +NAP]			
				T010	T025	T050	T100
43A	1/25	0,95	ZP: 0,15	4,29	4,90	5,62	6,17
			WP: -0,10	4,04	4,65	5,37	5,92
43B	1/25	0,79	ZP: 0,00	5,77	6,61	7,61	8,38
			WP: -0,35	5,42	6,26	7,26	8,03
43C	1/25	0,51	ZP: -0,35	5,90	6,82	7,90	8,73
			WP: -0,65	5,60	6,52	7,60	8,43
43D	1/25	0,23	ZP: -0,60	3,54	4,15	4,86	5,42
			WP: -0,85	3,29	3,90	4,61	5,17
43E	1/25	0,05	ZP: -0,75	3,65	4,30	5,06	5,65
			WP: -1,00	3,40	4,05	4,81	5,40
43F	1/25	-0,15	ZP: -0,95	2,43	2,92	3,51	3,96
			WP: -1,25	2,13	2,62	3,21	3,66

**Tabel 28 Galathee: berekende waterstanden voor de situaties dat de inzet van het Volkerak-Zoommeer voor waterberging in 2015 samenvalt met neerslagsituaties met een herhalingsstijd van een keer per 10, 20, 50 en 100 jaar**

Peilgebied	Beschermings-norm [kans per jaar]	Kritisch waterpeil [m +NAP]	Zomer-/winterpeil [m +NAP]	Waterstanden voor het samenvallen van waterberging met onderstaande neerslagsituaties, 2015 [m +NAP]			
				T010	T025	T050	T100
44A	1/25	0,92	ZP: -0,10	2,96	3,41	3,94	4,34
			WP: -0,40	2,66	3,11	3,64	4,04
44B	1/25	0,34	ZP: -0,40	3,95	4,59	5,34	5,92
			WP: -0,65	3,70	4,34	5,09	5,67
44C	1/25	0,10	ZP: -0,70	2,94	3,48	4,11	4,59
			WP: -0,95	2,69	3,23	3,86	4,34
44D	1/25	-0,08	ZP: -0,95	5,61	6,58	7,71	8,59
			WP: -0,95	5,61	6,58	7,71	8,59
44E	1/50	-0,50	ZP: -1,10	2,38	2,89	3,49	3,96
			WP: -1,40	2,08	2,59	3,19	3,66
44F	1/25	-0,04	ZP: -0,80	4,50	5,28	6,20	6,90
			WP: -1,05	4,25	5,03	5,95	6,65

**Tabel 29 Het Oudeland: berekende waterstanden voor de situaties dat de inzet van het Volkerak-Zoommeer voor waterberging in 2015 samenvalt met neerslagsituaties met een herhalingsstijd van een keer per 10, 20, 50 en 100 jaar**

Peilgebied	Beschermings-norm [kans per jaar]	Kritisch waterpeil [m +NAP]	Zomer-/winterpeil [m +NAP]	Waterstanden voor het samenvallen van waterberging met onderstaande neerslagsituaties, 2015 [m +NAP]			
				T010	T025	T050	T100
45A	1/25	-0,11	ZP: -0,85	2,35	2,82	3,37	3,80
			WP: -1,05	2,15	2,62	3,17	3,60
45B	1/25	-0,70	ZP: -1,10	2,45	2,97	3,59	4,06
			WP: -1,40	2,15	2,67	3,29	3,76

**Tabel 30 De Haas van Dorsser: berekende waterstanden voor de situaties dat de inzet van het Volkerak-Zoommeer voor waterberging in 2050 samenvalt met neerslagsituaties met een herhalingsstijd van een keer per 10, 20, 50 en 100 jaar**



Peilgebied	Beschermingsnorm [kans per jaar]	Kritisch waterpeil [m +NAP]	Zomer-/winterpeil [m +NAP]	Waterstanden voor het samenvallen van waterberging met onderstaande neerslagsituaties, 2050 [m +NAP]			
				T010	T025	T050	T100
33C	1/10	-0,28	ZP: -0,80	3,33	3,94	4,65	5,20
			WP: -0,85	3,28	3,89	4,60	5,15
33D	1/25	-0,20	ZP: -0,90	4,28	5,04	5,94	6,63
			WP: -1,10	4,08	4,84	5,74	6,43
33E	1/50	-0,33	ZP: -1,10	3,74	4,45	5,29	5,94
			WP: -1,35	3,49	4,20	5,04	5,69
33F	1/50	-0,31	ZP: -1,15	4,29	5,09	6,03	6,76
			WP: -1,45	3,99	4,79	5,73	6,46
33G	1/25	-0,43	ZP: -1,30	-0,16	0,01	0,21	0,36
			WP: -1,50	-0,36	-0,19	0,01	0,16
33H	1/25	-1,13	ZP: -1,40	2,00	2,50	3,09	3,55
			WP: -1,70	1,70	2,20	2,79	3,25

**Tabel 31 De Eendracht: berekende waterstanden voor de situaties dat de inzet van het Volkerak-Zoommeer voor waterberging in 2050 samenvalt met neerslagsituaties met een herhalingsstijd van een keer per 10, 20, 50 en 100 jaar**

Peilgebied	Beschermingsnorm [kans per jaar]	Kritisch waterpeil [m +NAP]	Zomer-/winterpeil [m +NAP]	Waterstanden voor het samenvallen van waterberging met onderstaande neerslagsituaties, 2050 [m +NAP]			
				T010	T025	T050	T100
43A	1/25	0,95	ZP: 0,15	4,66	5,33	6,11	6,71
			WP: -0,10	4,41	5,08	5,86	6,46
43B	1/25	0,79	ZP: 0,00	6,28	7,20	8,29	9,13
			WP: -0,35	5,93	6,85	7,94	8,78
43C	1/25	0,51	ZP: -0,35	6,46	7,45	8,63	9,54
			WP: -0,65	6,16	7,15	8,33	9,24
43D	1/25	0,23	ZP: -0,60	3,91	4,57	5,35	5,95
			WP: -0,85	3,66	4,32	5,10	5,70
43E	1/25	0,05	ZP: -0,75	4,05	4,75	5,58	6,22
			WP: -1,00	3,80	4,50	5,33	5,97
43F	1/25	-0,15	ZP: -0,95	2,73	3,27	3,90	4,39
			WP: -1,25	2,43	2,97	3,60	4,09

**Tabel 32 Galathee: berekende waterstanden voor de situaties dat de inzet van het Volkerak-Zoommeer voor waterberging in 2050 samenvalt met neerslagsituaties met een herhalingsstijd van een keer per 10, 20, 50 en 100 jaar**

Peilgebied	Beschermingsnorm [kans per jaar]	Kritisch waterpeil [m +NAP]	Zomer-/winterpeil [m +NAP]	Waterstanden voor het samenvallen van waterberging met onderstaande neerslagsituaties, 2050 [m +NAP]			
				T010	T025	T050	T100
44A	1/25	0,92	ZP: -0,10	3,27	3,77	4,35	4,80
			WP: -0,40	2,97	3,47	4,05	4,50
44B	1/25	0,34	ZP: -0,40	4,43	5,14	5,97	6,62
			WP: -0,65	4,18	4,89	5,72	6,37
44C	1/25	0,10	ZP: -0,70	3,37	3,97	4,68	5,22
			WP: -0,95	3,12	3,72	4,43	4,97
44D	1/25	-0,08	ZP: -0,95	6,12	7,15	8,38	9,32
			WP: -0,95	6,12	7,15	8,38	9,32
44E	1/50	-0,50	ZP: -1,10	2,59	3,13	3,77	4,27
			WP: -1,40	2,29	2,83	3,47	3,97
44F	1/25	-0,04	ZP: -0,80	5,01	5,86	6,87	7,65
			WP: -1,05	4,76	5,61	6,62	7,40

**Tabel 33 Het Oudeland: berekende waterstanden voor de situaties dat de inzet van het Volkerak-Zoommeer voor waterberging in 2050 samenvalt met neerslagsituaties met een herhalingsstijd van een keer per 10, 20, 50 en 100 jaar**

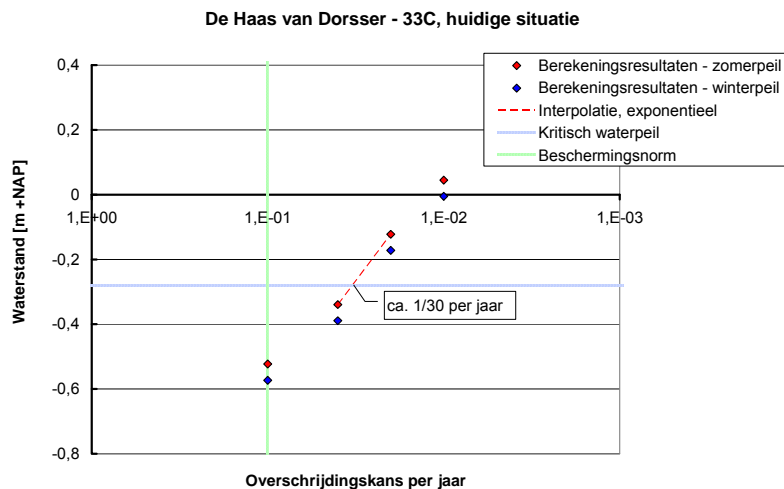
Peilgebied	Beschermingsnorm [kans per jaar]	Kritisch waterpeil [m +NAP]	Zomer-/winterpeil [m +NAP]	Waterstanden voor het samenvallen van waterberging met onderstaande			
				T010	T025	T050	T100
45A	1/25	-0,11	ZP: -0,85	2,52	3,01	3,59	4,04
			WP: -1,05	2,32	2,81	3,39	3,84
45B	1/25	-0,70	ZP: -1,10	2,64	3,19	3,83	4,33
			WP: -1,40	2,34	2,89	3,53	4,03

#### Aanpak bepaling toekomstige kans op wateroverlast

Bovenstaande modelresultaten zijn gebruikt om een schatting te maken van de kans op wateroverlast in de bestaande situatie en van de toename van deze kans ten gevolge van de waterberging. Uit de modelresultaten voor de situaties met inzet van de waterberging volgt dat het samenvallen van de waterberging met een 1/10 jaar-neerslagsituatie, in vrijwel alle peilgebieden tot wateroverlast leidt. De enige uitzondering vormt peilgebied 33G in polder De Haas van Dorsser (voor de inzet van de waterberging in 2015). De waterberging zal echter niet altijd samenvallen met zulke extreme neerslagsituaties (1/10 jaar of extremer) en het is mogelijk dat de waterberging in combinatie met matige neerslag niet tot wateroverlast leidt. Als conservatieve benadering voor het bepalen van de afname van het beschermingsniveau tegen wateroverlast, gaan we er echter vanuit dat de waterberging wél altijd tot wateroverlast in de peilgebieden van Oostflakkee zal leiden. Zodoende wordt in de berekeningen van de kans op wateroverlast meegenomen dat deze met 1/250 per jaar toeneemt ten gevolge van de maatregel waterberging. De kans van 1/250 per jaar is de bovengrens voor de kans op inzet van de waterberging.

Voor het bepalen van de kans op wateroverlast voor de bestaande situatie vormt het samenvallen van de extreme neerslagsituaties met het zomer- of winterpeil een complicerende factor. De neerslagsituaties waarvoor de modelberekeningen uitgevoerd zijn, hebben een kans van optreden van 1/10, 1/25, 1/50 en 1/100 per jaar. Deze neerslagsituaties kunnen zowel voorkomen wanneer in de peilgebieden sprake is van het zomerpeil als wanneer sprake is van het winterpeil. Het samenvallen met het zomerpeil is minder gunstig, omdat de zomerpeilen hoger zijn dan de winterpeilen. Op basis van het relatief kleine aantal berekeningen (4 neerslagsituaties, gecombineerd met zomer- en winterpeil) en doordat de kansen op samenvallen van de neerslagsituaties met zomer- en winterpeilen vooralsnog niet bekend zijn, kan de kans op wateroverlast in de huidige situatie niet exact bepaald worden. Er is voor gekozen om eerst een bovengrensschatting te maken van de kans op wateroverlast, op basis van de conservatieve aanname dat de neerslagsituaties altijd samenvallen met de zomerpeilen. Met deze bovengrensbepaling wordt vervolgens gekeken of de maatregel waterberging tot gevolg kan hebben dat het vereiste beschermingsniveau voor het betreffende peilgebied niet meer gehaald wordt. Wanneer dit het geval is, wordt ook de ondergrens van de huidige kans op wateroverlast in beeld gebracht, door te rekenen alsof de neerslagsituaties altijd met winterpeilen samenvallen. De werkelijkheid zal tussen deze twee benaderingen in liggen.

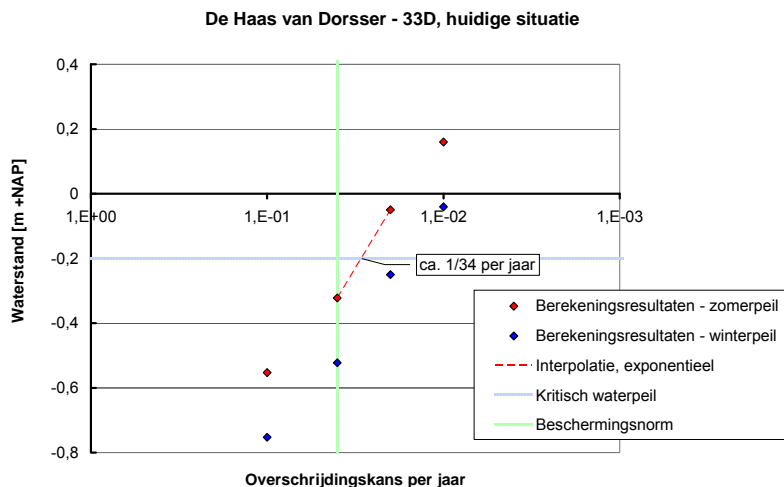
#### Resultaten polder De Haas van Dorsser



*Peilgebied 33C:* op basis van de conservatieve aanname dat de gemodelleerde neerslagsituaties altijd samenvallen met zomerpeilen, wordt de kans op wateroverlast in de bestaande situatie op 1/30 per jaar geschat. Deze kans zal ten gevolge van de maatregel waterberging toenemen met 1/250 per jaar. De toekomstige kans op wateroverlast wordt hiermee:

$$P_{\text{wateroverlast}} = 1 - (1 - P_{\text{bestaand}}) * (1 - P_{\text{inzet waterberging}}) = 1 - (1 - 1/30) * (1 - 1/250) = 1/27 \text{ per jaar}$$

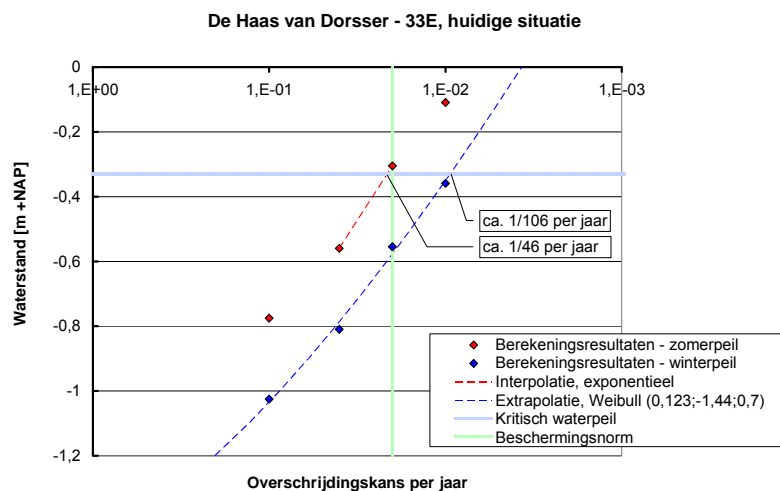
Voor peilgebied 33C geldt een vereist beschermingsniveau van 1/10 per jaar (graslanden). Aan dit vereiste beschermingsniveau wordt ook met de maatregel waterberging nog voldaan.



*Peilgebied 33D:* op basis van de conservatieve aanname dat de gemodelleerde neerslagsituaties altijd samenvallen met zomerpeilen, wordt de kans op wateroverlast in de bestaande situatie op 1/34 per jaar geschat. Deze kans zal ten gevolge van de maatregel waterberging toenemen met 1/250 per jaar. De toekomstige kans op wateroverlast wordt hiermee:

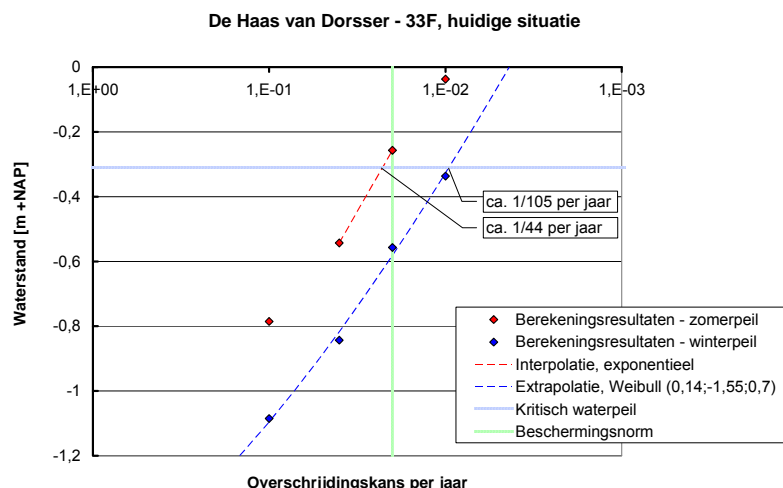
$$P_{\text{wateroverlast}} = 1 - (1 - P_{\text{bestaand}}) * (1 - P_{\text{inzet waterberging}}) = 1 - (1 - 1/34) * (1 - 1/250) = 1/30 \text{ per jaar}$$

Voor peilgebied 33D geldt een vereist beschermingsniveau van 1/25 per jaar (akkerlanden). Aan dit vereiste beschermingsniveau wordt ook met de maatregel waterberging nog voldaan.



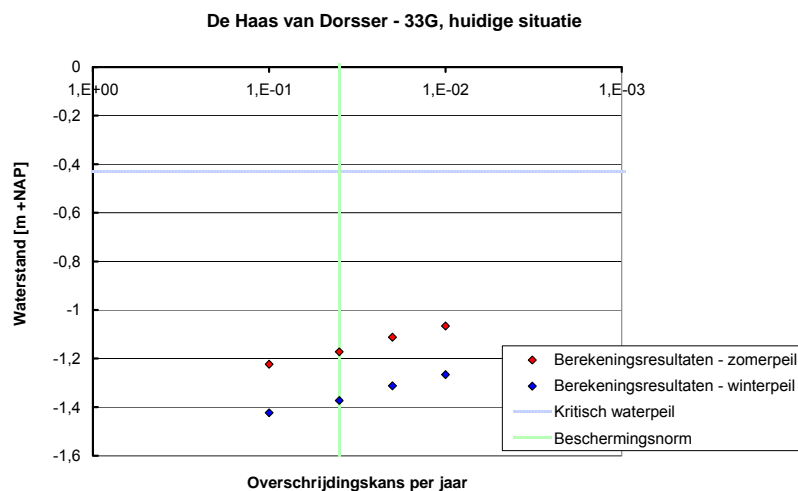
*Peilgebied 33E:* Voor dit peilgebied geldt een vereist beschermingsniveau van 1/50 per jaar (hoogwaardige landbouw- of tuinbouwgrond). Voor dit peilgebied is zowel een boven- als ondergrens geschat voor de kans op wateroverlast in de bestaande situatie. De bovengrensbepaling, ervan uitgaande dat de gemiddelde situaties altijd samenvallen met zomerpeilen, leidt tot een kans op wateroverlast van 1/46 per jaar. De ondergrensbepaling, uitgaande van winterpeilen, leidt tot een kans van 1/106 per jaar. Doordat de doorgerekende neerslagsituaties samen kunnen vallen met zowel zomer- als winterpeilen, zal de werkelijkheid tussen de twee bovengenoemde kansen in liggen. Hierdoor kan geen uitsluitend gegeven over welk van onderstaande scenario's werkelijkheid is:

1. in de bestaande situatie moeten al maatregelen genomen worden om het peilgebied aan de beschermingsnorm te laten voldoen. De maatregel waterberging heeft tot gevolg dat verdergaande maatregelen nodig zijn;
2. in de bestaande situatie wordt aan de beschermingsnorm voldaan, maar in de toekomst niet meer door de toename van de kans op wateroverlast ten gevolge van de maatregel waterberging. Er zijn dan maatregelen nodig om ook in de toekomst aan de norm te blijven voldoen.
3. in de bestaande situatie wordt dusdanig ruim aan de norm voldaan, dat dit ook nog het geval is bij de toename van de kans op wateroverlast ten gevolge van de waterberging.

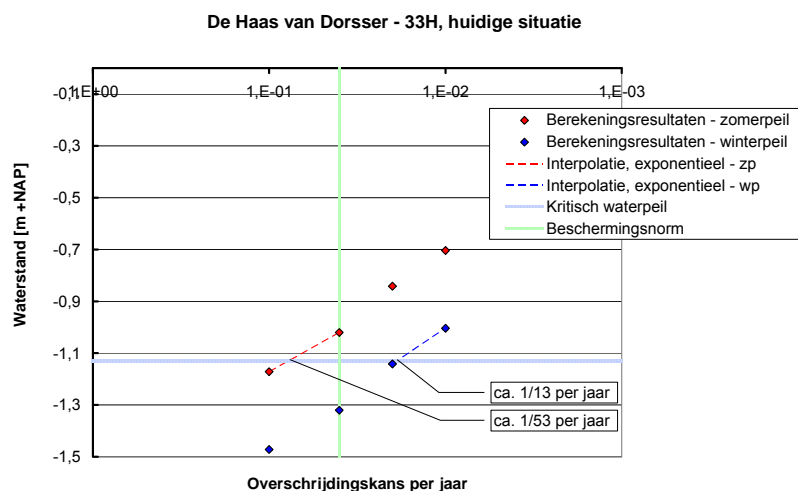


*Peilgebied 33F:* Voor dit peilgebied geldt een vereist beschermingsniveau van 1/50 per jaar (hoogwaardige landbouw- of tuinbouwgrond). Voor dit peilgebied is zowel een boven- als ondergrens geschat voor de kans op wateroverlast in de bestaande situatie. De bovengrensbepaling, ervan uitgaande dat de gemodelleerde situaties altijd samenvallen met zomerpeilen, leidt tot een kans op wateroverlast van 1/44 per jaar. De ondergrensbepaling, uitgaande van winterpeilen, leidt tot een kans van 1/105 per jaar. Doordat de doorgerekende neerslagsituaties samen kunnen vallen met zowel zomer- als winterpeilen, zal de werkelijkheid tussen de twee bovengenoemde kansen in liggen. Hierdoor kan geen uitsluitend gegeven over welk van onderstaande scenario's werkelijkheid is:

1. in de bestaande situatie moeten al maatregelen genomen worden om het peilgebied aan de beschermingsnorm te laten voldoen. De maatregel waterberging heeft tot gevolg dat verdergaande maatregelen nodig zijn;
2. in de bestaande situatie wordt aan de beschermingsnorm voldaan, maar in de toekomst niet meer door de toename van de kans op wateroverlast ten gevolge van de maatregel waterberging. Er zijn dan maatregelen nodig om ook in de toekomst aan de norm te blijven voldoen.
3. in de bestaande situatie wordt dusdanig ruim aan de norm voldaan, dat dit ook nog het geval is bij de toename van de kans op wateroverlast ten gevolge van de waterberging.



*Peilgebied 33G:* de berekeningsresultaten laten zien dat de kans op wateroverlast in de bestaande situatie kleiner is dan 1/100 per jaar. Voor peilgebied 33G geldt een vereist beschermingsniveau van 1/25 per jaar (akkerlanden). Aan dit vereiste beschermingsniveau wordt ook met de toename van de kans op wateroverlast door de maatregel waterberging nog voldaan.



*Peilgebied 33H:* Voor dit peilgebied geldt een vereist beschermingsniveau van 1/25 per jaar (akkerlanden). Voor dit peilgebied is zowel een boven- als ondergrens geschat voor de kans op wateroverlast in de bestaande situatie. De bovengrensbepending, ervan uitgaande dat de gemodelleerde situaties altijd samenvallen met zomerpeilen, leidt tot een kans op wateroverlast van 1/13 per jaar. De ondergrensbepending, uitgaande van winterpeilen, leidt tot een kans van 1/53 per jaar. Doordat de doorgerekende neerslagsituaties samen kunnen vallen met zowel zomer- als winterpeilen, zal de werkelijkheid tussen de twee bovengenoemde kansen in liggen. Hierdoor kan geen uitsluitsel gegeven over welk van onderstaande scenario's werkelijkheid is:

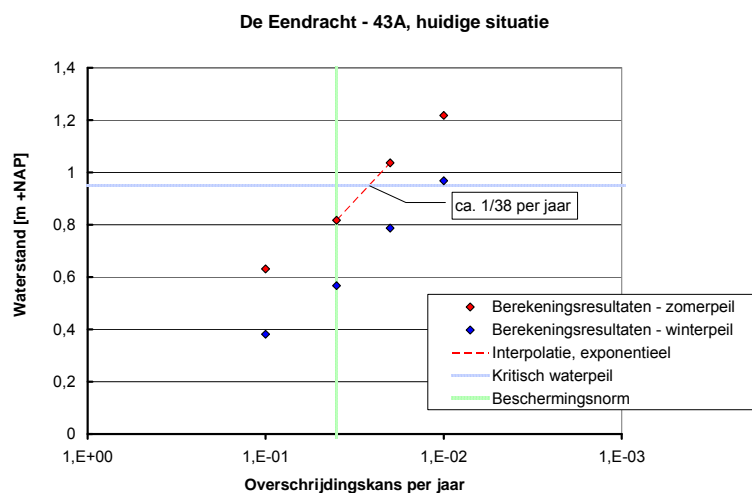
1. in de bestaande situatie moeten al maatregelen genomen worden om het peilgebied aan de beschermingsnorm te laten voldoen. De maatregel waterberging heeft tot gevolg dat verdergaande maatregelen nodig zijn;

2. in de bestaande situatie wordt aan de beschermingsnorm voldaan, maar in de toekomst niet meer door de toename van de kans op wateroverlast ten gevolge van de maatregel waterberging. Er zijn dan maatregelen nodig om ook in de toekomst aan de norm te blijven voldoen.
3. in de bestaande situatie wordt dusdanig ruim aan de norm voldaan, dat dit ook nog het geval is bij de toename van de kans op wateroverlast ten gevolge van de waterberging.

NB: in peilgebied 33H ligt ook een stedelijk gebied, waarvoor een hogere beschermingsnorm geldt (1/100 per jaar). Op basis van de uitgevoerde modelberekeningen kunnen echter geen conclusies getrokken worden over het beschermingsniveau van dit gebied, niet voor de bestaande situatie en ook niet voor de toekomst.

Peilgebieden 33A en 33B bevinden zich binnen peilgebied 33H.

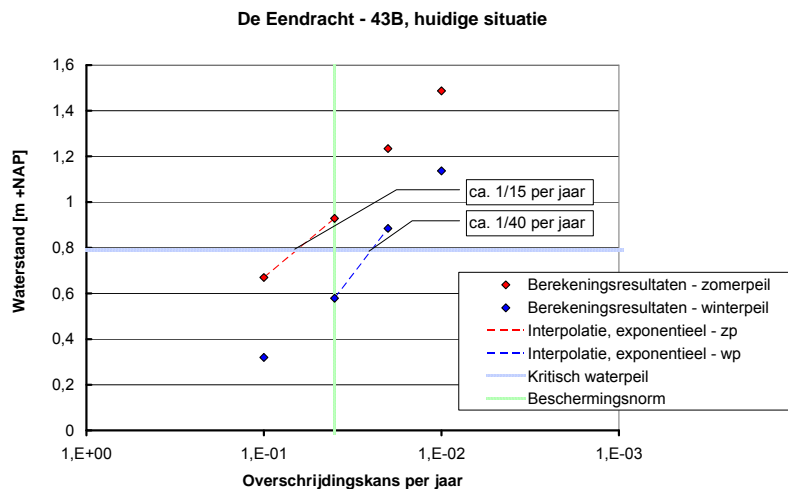
### Polder De Eendracht



*Peilgebied 43A:* op basis van de conservatieve aanname dat de gemodelleerde neerslagsituaties altijd samenvallen met zomerpeilen, wordt de kans op wateroverlast in de bestaande situatie op 1/38 per jaar geschat. Deze kans zal ten gevolge van de maatregel waterberging toenemen met 1/250 per jaar. De toekomstige kans op wateroverlast wordt hiermee:

$$P_{\text{wateroverlast}} = 1 - (1 - P_{\text{bestaand}}) * (1 - P_{\text{inzet waterberging}}) = 1 - (1 - 1/38) * (1 - 1/250) = 1/33 \text{ per jaar}$$

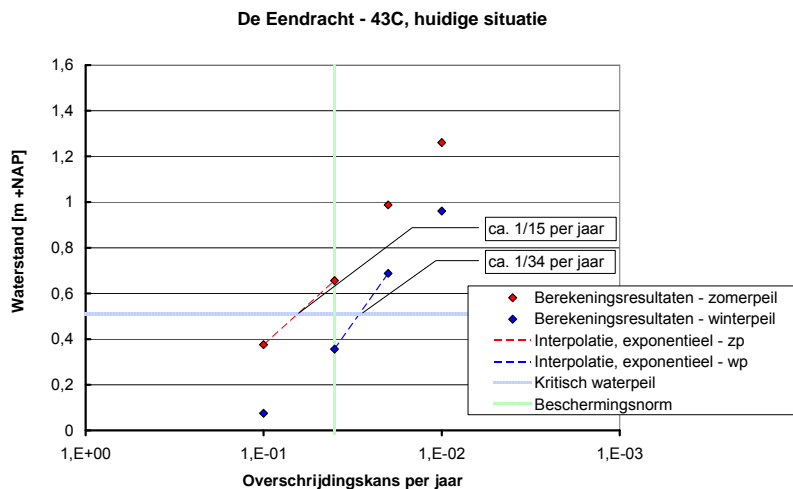
Voor peilgebied 43A geldt een vereist beschermingsniveau van 1/25 per jaar (akkerlanden). Aan dit vereiste beschermingsniveau wordt ook met de maatregel waterberging nog voldaan.



*Peilgebied 43B:* Voor dit peilgebied geldt een vereist beschermingsniveau van 1/25 per jaar (akkerlanden). Voor dit peilgebied is zowel een boven- als ondergrens geschat voor de kans op wateroverlast in de bestaande situatie. De bovengrensbepaling, ervan uitgaande dat de gemodelleerde situaties altijd samenvallen met zomerpeilen, leidt tot een kans op wateroverlast van 1/15 per jaar. De ondergrensbepaling, uitgaande van winterpeilen, leidt tot een kans van 1/40 per jaar. Doordat de doorgerekende neerslagsituaties samen kunnen vallen met zowel zomer- als winterpeilen, zal de werkelijkheid tussen de twee bovengenoemde kansen in liggen. Hierdoor kan geen uitsluitel gegeven over welk van onderstaande scenario's werkelijkheid is:

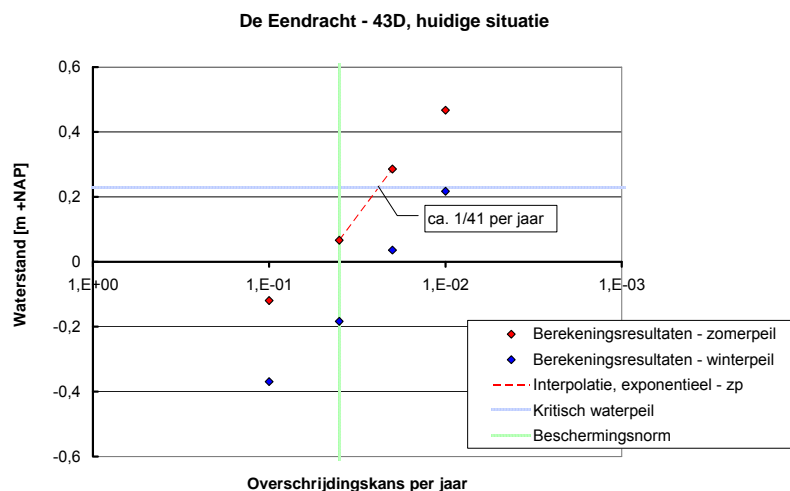
1. in de bestaande situatie moeten al maatregelen genomen worden om het peilgebied aan de beschermingsnorm te laten voldoen. De maatregel waterberging heeft tot gevolg dat verdergaande maatregelen nodig zijn;
2. in de bestaande situatie wordt aan de beschermingsnorm voldaan, maar in de toekomst niet meer door de toename van de kans op wateroverlast ten gevolge van de maatregel waterberging. Er zijn dan maatregelen nodig om ook in de toekomst aan de norm te blijven voldoen.
3. in de bestaande situatie wordt dusdanig ruim aan de norm voldaan, dat dit ook nog het geval is bij de toename van de kans op wateroverlast ten gevolge van de waterberging.





*Peilgebied 43C:* Voor dit peilgebied geldt een vereist beschermingsniveau van 1/25 per jaar (akkerlanden). Voor dit peilgebied is zowel een boven- als ondergrens geschat voor de kans op wateroverlast in de bestaande situatie. De bovengrensbepaling, ervan uitgaande dat de gemodelleerde situaties altijd samenvallen met zomerpeilen, leidt tot een kans op wateroverlast van 1/15 per jaar. De ondergrensbepaling, uitgaande van winterpeilen, leidt tot een kans van 1/34 per jaar. Doordat de doorgerekende neerslagsituaties samen kunnen vallen met zowel zomer- als winterpeilen, zal de werkelijkheid tussen de twee bovengenoemde kansen in liggen. Hierdoor kan geen uitsluitel gegeven over welk van onderstaande scenario's werkelijkheid is:

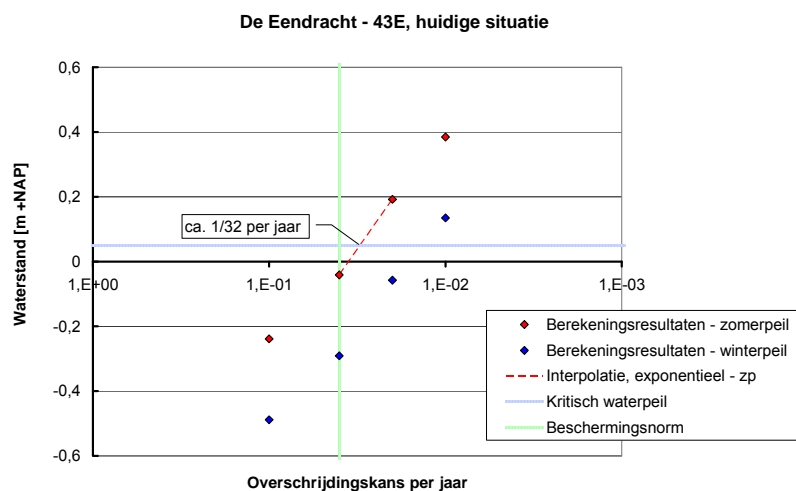
1. in de bestaande situatie moeten al maatregelen genomen worden om het peilgebied aan de beschermingsnorm te laten voldoen. De maatregel waterberging heeft tot gevolg dat verdergaande maatregelen nodig zijn;
2. in de bestaande situatie wordt aan de beschermingsnorm voldaan, maar in de toekomst niet meer door de toename van de kans op wateroverlast ten gevolge van de maatregel waterberging. Er zijn dan maatregelen nodig om ook in de toekomst aan de norm te blijven voldoen.
3. in de bestaande situatie wordt dusdanig ruim aan de norm voldaan, dat dit ook nog het geval is bij de toename van de kans op wateroverlast ten gevolge van de waterberging.



*Peilgebied 43D:* op basis van de conservatieve aanname dat de gemodelleerde neerslagsituaties altijd samenvallen met zomerpeilen, wordt de kans op wateroverlast in de bestaande situatie op 1/41 per jaar geschat. Deze kans zal ten gevolge van de maatregel waterberging toenemen met 1/250 per jaar. De toekomstige kans op wateroverlast wordt hiermee:

$$P_{\text{wateroverlast}} = 1 - (1 - P_{\text{bestaand}}) * (1 - P_{\text{inzet waterberging}}) = 1 - (1 - 1/41) * (1 - 1/250) = 1/35 \text{ per jaar}$$

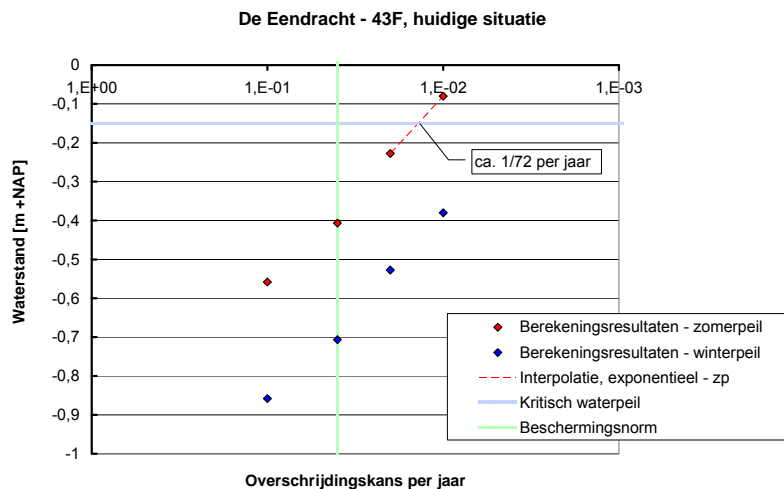
Voor peilgebied 43D geldt een vereist beschermingsniveau van 1/25 per jaar (akkerlanden). Aan dit vereiste beschermingsniveau wordt ook met de maatregel waterberging nog voldaan.



*Peilgebied 43E:* op basis van de conservatieve aanname dat de gemodelleerde neerslagsituaties altijd samenvallen met zomerpeilen, wordt de kans op wateroverlast in de bestaande situatie op 1/32 per jaar geschat. Deze kans zal ten gevolge van de maatregel waterberging toenemen met 1/250 per jaar. De toekomstige kans op wateroverlast wordt hiermee:

$$P_{\text{wateroverlast}} = 1 - (1 - P_{\text{bestaand}}) * (1 - P_{\text{inzet waterberging}}) = 1 - (1 - 1/32) * (1 - 1/250) = 1/28 \text{ per jaar}$$

Voor peilgebied 43E geldt een vereist beschermingsniveau van 1/25 per jaar (akkerlanden). Aan dit vereiste beschermingsniveau wordt ook met de maatregel waterberging nog voldaan.

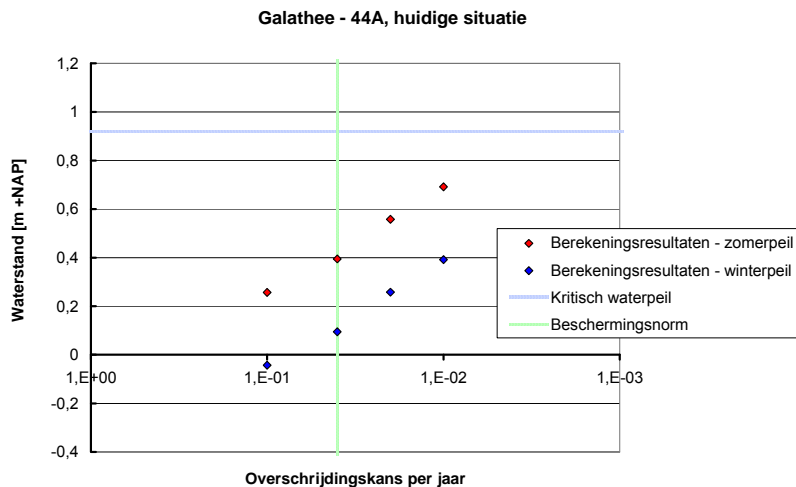


*Peilgebied 43F:* op basis van de conservatieve aanname dat de gemodelleerde neerslagsituaties altijd samenvallen met zomerpeilen, wordt de kans op wateroverlast in de bestaande situatie op 1/72 per jaar geschat. Deze kans zal ten gevolge van de maatregel waterberging toenemen met 1/250 per jaar. De toekomstige kans op wateroverlast wordt hiermee:

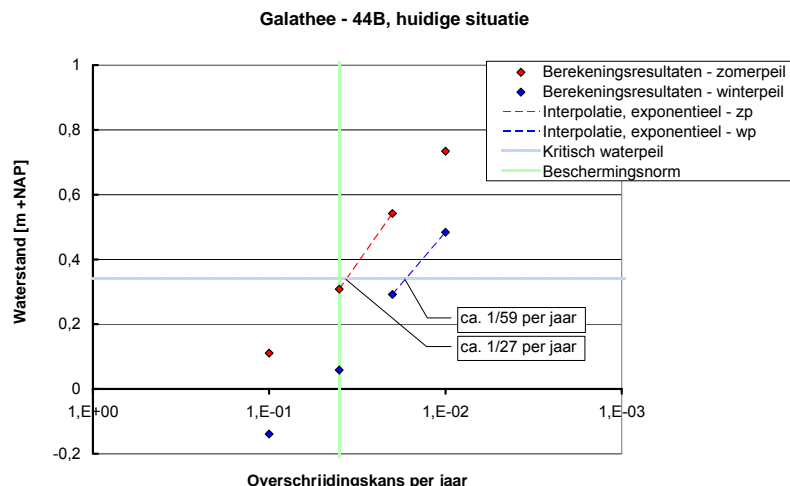
$$P_{\text{wateroverlast}} = 1 - (1 - P_{\text{bestaand}}) * (1 - P_{\text{inzet waterberging}}) = 1 - (1 - 1/72) * (1 - 1/250) = 1/56 \text{ per jaar}$$

Voor peilgebied 43F geldt een vereist beschermingsniveau van 1/25 per jaar (akkerlanden). Aan dit vereiste beschermingsniveau wordt ook met de maatregel waterberging nog voldaan.

**Polder Galathee**



*Peilgebied 44A:* de berekeningsresultaten laten zien dat de kans op wateroverlast in de bestaande situatie kleiner is dan 1/100 per jaar. Voor peilgebied 44A geldt een vereist beschermingsniveau van 1/25 per jaar (akkerlanden). Aan dit vereiste beschermingsniveau wordt ook met de toename van de kans op wateroverlast door de maatregel waterberging nog voldaan.



*Peilgebied 44B:* Voor dit peilgebied geldt een vereist beschermingsniveau van 1/25 per jaar, omdat het bij wateroverlast om inundatie van akkerlanden gaat. Voor dit peilgebied is zowel een boven- als ondergrens geschat voor de kans op wateroverlast in de bestaande situatie. De bovengrensbepaling, ervan uitgaande dat de gemiddelde situaties altijd samenvallen met zomerpeilen, leidt tot een kans op wateroverlast van 1/27 per jaar. In de bestaande situatie wordt dus aan het vereiste beschermingsniveau voldaan. De toename van de kans op wateroverlast ten gevolge van de maatregel waterberging heeft echter tot gevolg dat dit in de toekomst niet meer het geval is:

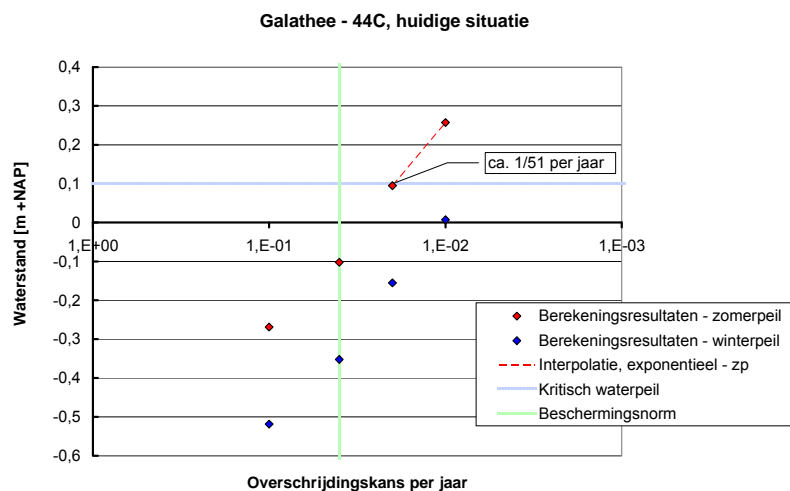
$$P_{\text{wateroverlast}} = 1 - (1 - P_{\text{bestaand}}) * (1 - P_{\text{inzet waterberging}}) = 1 - (1 - 1/27) * (1 - 1/250) = 1/24 \text{ per jaar}$$

De ondergrensbepaling, uitgaande van winterpeilen, leidt tot een kans van 1/59 per jaar voor de huidige situatie. Als we hiervan uit zouden gaan, zou dit tot de conclusie leiden dat ook in de toekomst nog aan het vereiste beschermingsniveau voldaan wordt:

$$P_{\text{wateroverlast}} = 1 - (1 - P_{\text{bestaand}}) * (1 - P_{\text{inzet waterberging}}) = 1 - (1 - 1/59) * (1 - 1/250) = 1/48 \text{ per jaar}$$

Doordat de doorgerekende neerslagsituaties samen kunnen vallen met zowel zomer- als winterpeilen, zal de werkelijkheid tussen de geschatte boven- en ondergrens in liggen. Hierdoor kan geen uitsluitel gegeven over welk van onderstaande scenario's werkelijkheid is:

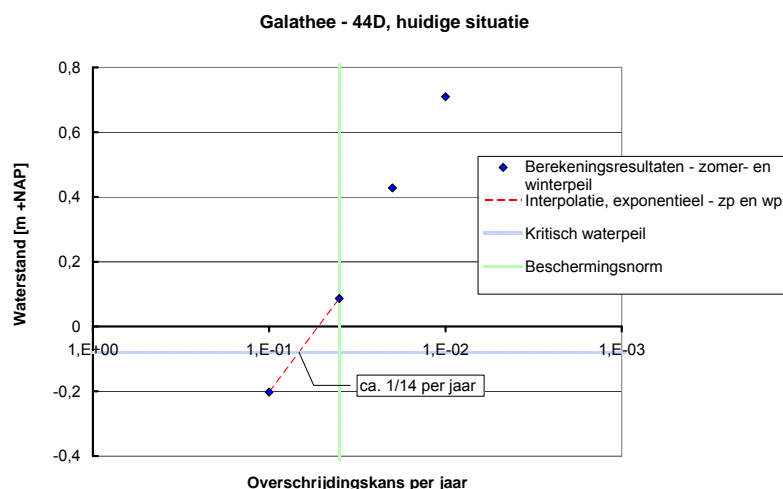
1. in de bestaande situatie wordt aan de beschermingsnorm voldaan, maar in de toekomst niet meer door de toename van de kans op wateroverlast ten gevolge van de maatregel waterberging. Er zijn dan maatregelen nodig om ook in de toekomst aan de norm te blijven voldoen.
2. in de bestaande situatie wordt dusdanig ruim aan de norm voldaan, dat dit ook nog het geval is bij de toename van de kans op wateroverlast ten gevolge van de waterberging.



*Peilgebied 44C:* op basis van de conservatieve aanname dat de gemodelleerde neerslagsituaties altijd samenvallen met zomerpeilen, wordt de kans op wateroverlast in de bestaande situatie op 1/51 per jaar geschat. Deze kans zal ten gevolge van de maatregel waterberging toenemen met 1/250 per jaar. De toekomstige kans op wateroverlast wordt hiermee:

$$P_{\text{wateroverlast}} = 1 - (1 - P_{\text{bestaand}}) * (1 - P_{\text{inzet waterberging}}) = 1 - (1 - 1/51) * (1 - 1/250) = 1/42 \text{ per jaar}$$

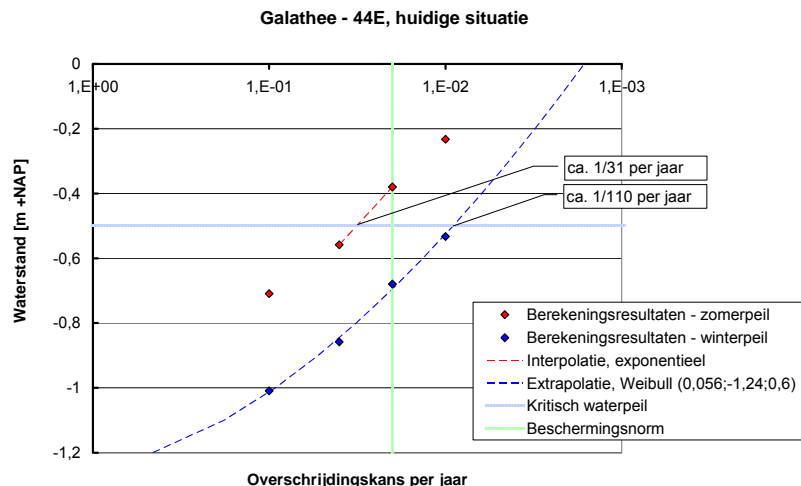
Voor peilgebied 44C geldt een vereist beschermingsniveau van 1/25 per jaar, omdat het bij wateroverlast om inundatie van akkerlanden gaat. Aan dit vereiste beschermingsniveau wordt ook met de maatregel waterberging nog voldaan.



*Peilgebied 44D:* bij dit peilgebied is er geen verschil tussen het zomer- en het winterpeil. Op basis van de modelberekeningen wordt de kans op wateroverlast in de bestaande situatie op 1/14 per jaar geschat. Dit betekent dat in de huidige situatie al maatregelen nodig zijn om aan het vereiste beschermingsniveau te voldoen. Ten gevolge van de maatregel waterberging zullen verdergaande maatregelen nodig zijn. Voor peilgebied 44D geldt een vereist beschermingsniveau van 1/25 per jaar (akkerlanden).

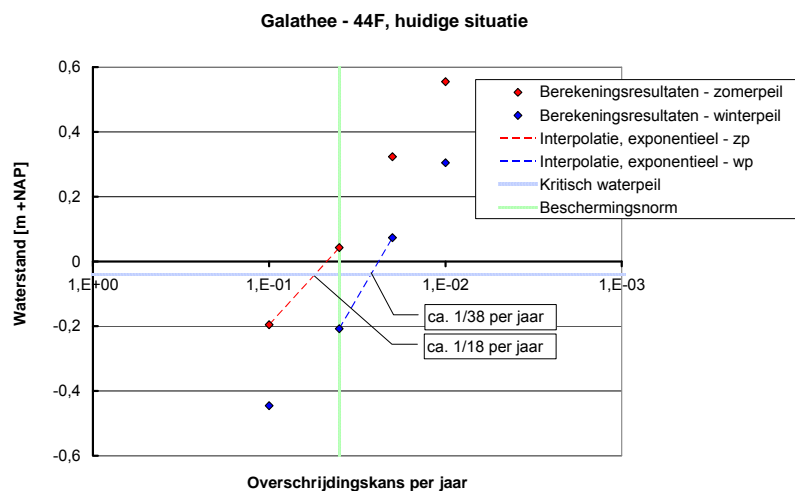
Om te voldoen aan het vereiste beschermingsniveau, zou het systeem zonder waterberging een neerslagsituatie die met een kans van 1/25 per jaar voorkomt moeten kunnen verwerken. Wanneer de maatregel Waterberging Volkerak-Zoommeer van kracht wordt, zou een iets extremere neerslagsituatie (1/28 per jaar) verwerkt moeten kunnen worden, om ook dan nog aan de norm te voldoen:

$$P_{\text{wateroverlast}} = 1 - (1 - P_{\text{zonder waterberging, na maatregelen}}) * (1 - P_{\text{inzet waterberging}}) = 1 - (1 - 1/28) * (1 - 1/250) \approx 1/25 \text{ per jaar}$$



*Peilgebied 44E:* Voor dit peilgebied geldt een vereist beschermingsniveau van 1/50 per jaar (hoogwaardige landbouw- of tuinbouwgrond). Voor dit peilgebied is zowel een boven- als ondergrens geschat voor de kans op wateroverlast in de bestaande situatie. De bovengrensbepaling, ervan uitgaande dat de gemiddelde situaties altijd samenvallen met zomerpeilen, leidt tot een kans op wateroverlast op 1/31 per jaar. De ondergrensbepaling, uitgaande van winterpeilen, leidt tot een kans van 1/110 per jaar. Doordat de doorgerekende neerslagsituaties samen kunnen vallen met zowel zomer- als winterpeilen, zal de werkelijkheid tussen de twee bovengenoemde kansen in liggen. Hierdoor kan geen uitsluitend gegeven over welk van onderstaande scenario's werkelijkheid is:

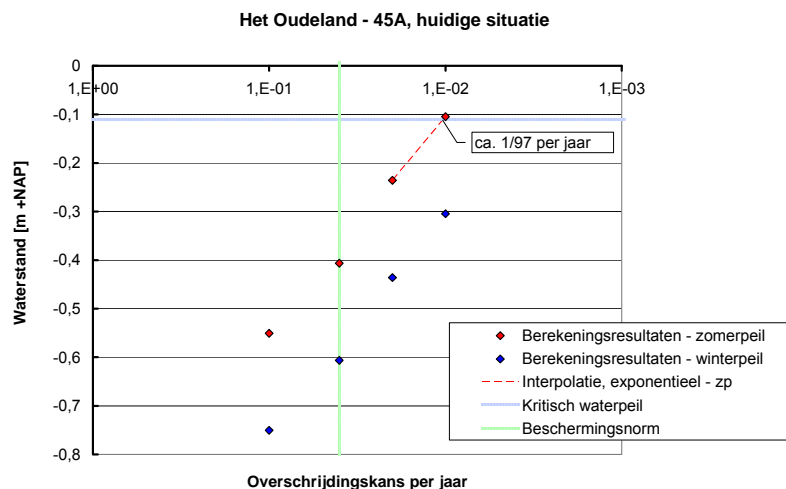
1. in de bestaande situatie moeten al maatregelen genomen worden om het peilgebied aan de beschermingsnorm te laten voldoen. De maatregel waterberging heeft tot gevolg dat verdergaande maatregelen nodig zijn;
2. in de bestaande situatie wordt aan de beschermingsnorm voldaan, maar in de toekomst niet meer door de toename van de kans op wateroverlast ten gevolge van de maatregel waterberging. Er zijn dan maatregelen nodig om ook in de toekomst aan de norm te blijven voldoen.
3. in de bestaande situatie wordt dusdanig ruim aan de norm voldaan, dat dit ook nog het geval is bij de toename van de kans op wateroverlast ten gevolge van de waterberging.



*Peilgebied 44F:* Voor dit peilgebied geldt een vereist beschermingsniveau van 1/25 per jaar (akkerlanden). Voor dit peilgebied is zowel een boven- als ondergrens geschat voor de kans op wateroverlast in de bestaande situatie. De bovengrensbenadering, ervan uitgaande dat de gemodelleerde situaties altijd samenvallen met zomerpeilen, leidt tot een kans op wateroverlast van 1/18 per jaar. De ondergrensbenadering, uitgaande van winterpeilen, leidt tot een kans van 1/38 per jaar. Doordat de doorgerekende neerslagsituaties samen kunnen vallen met zowel zomer- als winterpeilen, zal de werkelijkheid tussen de twee bovengenoemde kansen in liggen. Hierdoor kan geen uitsluitel gegeven over welk van onderstaande scenario's werkelijkheid is:

1. in de bestaande situatie moeten al maatregelen genomen worden om het peilgebied aan de beschermingsnorm te laten voldoen. De maatregel waterberging heeft tot gevolg dat verdergaande maatregelen nodig zijn;
2. in de bestaande situatie wordt aan de beschermingsnorm voldaan, maar in de toekomst niet meer door de toename van de kans op wateroverlast ten gevolge van de maatregel waterberging. Er zijn dan maatregelen nodig om ook in de toekomst aan de norm te blijven voldoen.
3. in de bestaande situatie wordt dusdanig ruim aan de norm voldaan, dat dit ook nog het geval is bij de toename van de kans op wateroverlast ten gevolge van de waterberging.

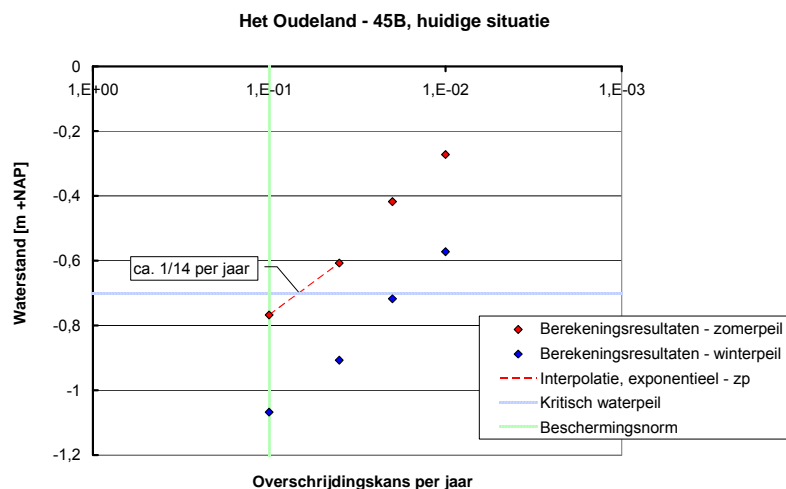
**Polder Het Oudeland**



*Peilgebied 45A:* op basis van de conservatieve aanname dat de gemodelleerde neerslagsituaties altijd samenvallen met zomerpeilen, wordt de kans op wateroverlast in de bestaande situatie op 1/97 per jaar geschat. Deze kans zal ten gevolge van de maatregel waterberging toenemen met 1/250 per jaar. De toekomstige kans op wateroverlast wordt hiermee:

$$P_{\text{wateroverlast}} = 1 - (1 - P_{\text{bestaand}}) * (1 - P_{\text{inzet waterberging}}) = 1 - (1 - 1/97) * (1 - 1/250) = 1/70 \text{ per jaar}$$

Voor peilgebied 45A geldt een vereist beschermingsniveau van 1/25 per jaar (akkerlanden). Aan dit vereiste beschermingsniveau wordt ook met de maatregel waterberging nog voldaan.



*Peilgebied 45B:* op basis van de conservatieve aanname dat de gemodelleerde neerslagsituaties altijd samenvallen met zomerpeilen, wordt de kans op wateroverlast in de bestaande situatie op 1/14 per jaar geschat. Deze kans zal ten gevolge van de maatregel waterberging toenemen met 1/250 per jaar. De toekomstige kans op wateroverlast wordt hiermee:

$$P_{\text{wateroverlast}} = 1 - (1 - P_{\text{bestaand}}) * (1 - P_{\text{inzet waterberging}}) = 1 - (1 - 1/14) * (1 - 1/250) = 1/13 \text{ per jaar}$$



Voor peilgebied 33C geldt een vereist beschermingsniveau van 1/10 per jaar (graslanden). Aan dit vereiste beschermingsniveau wordt ook met de maatregel waterberging nog voldaan.



DHV B.V.

Bemalingsgebied	Peilgebied	Oppervlak ha	Open water %	Zomerpeil NAP +..m	Winterpeil NAP +..m	Kritisch peil NAP +..m	Drooglegging m	Functie	Norm
<b>Haas van Dorsser</b>									
	33A	42.39		-1.75	-2.00				
	33B	58.69		-1.85	-2.10				
	33C	80.33	1.18	-0.80	-0.85	-0.28	1.08	GRAS	1/ 10 jaar
	33D	126.23	0.94	-0.90	-1.10	-0.20	1.10	AKKER	1/ 25 jaar
	33E	127.94	1.01	-1.10	-1.35	-0.33	1.43	HOOGW LAND/TUINB	1/ 50 jaar
	33F	137.04	0.90	-1.15	-1.45	-0.31	1.46	HOOGW LAND/TUINB	1/ 50 jaar
	33G	79.15	4.27	-1.30	-1.50	-0.43	1.73	AKKER	1/ 25 jaar
	33H	1596.17	1.43	-1.40	-1.70	-1.13	2.53	AKKER	1/ 25 jaar
	33I								
<b>Eendracht</b>									
	43A	65.91	1.17	0.15	-0.10	0.95	1.10	AKKER	1/ 25 jaar
	43B	83.39	0.84	0.00	-0.35	0.79	0.79	AKKER	1/ 25 jaar
	43C	249.12	0.77	-0.35	-0.65	0.51	0.16	AKKER	1/ 25 jaar
	43D	134.25	1.17	-0.60	-0.85	0.23	0.37	AKKER	1/ 25 jaar
	43E	327.39	1.10	-0.75	-1.00	0.05	0.70	AKKER	1/ 25 jaar
	43F	704.27	1.43	-0.95	-1.25	-0.15	1.10	AKKER	1/ 25 jaar
<b>Galathee</b>									
	44A	31.10	1.58	-0.10	-0.40	0.92	0.82	AKKER	1/ 25 jaar
	44B	35.44	1.10	-0.40	-0.65	0.34	0.06	AKKER	1/ 25 jaar
	44C	46.78	1.30	-0.70	-0.95	0.10	0.60	AKKER	1/ 25 jaar
	44D	73.14	0.75	-0.95	-0.95	-0.08	1.03	AKKER	1/ 25 jaar
	44E	1094.73	1.44	-1.10	-1.40	-0.50	1.60	HOOGW LAND/TUINB	1/ 50 jaar
	44F	31.72	0.91	-0.80	-1.05	-0.04	0.84	AKKER	1/ 25 jaar
<b>Oudeland</b>									
	45A	97.62	1.51	-0.85	-1.05	-0.11	0.96	AKKER	1/ 25 jaar
	45B	617.97	1.36	-1.10	-1.40	-0.70	1.80	GRAS	1/ 10 jaar



## BIJLAGE 4 Kans overschrijding kritiek waterpeil voor 3 polders Tholen lozend op Volkerak-Zoommeer

### Overzicht berekeningsresultaten

**Tabel 34** Berekende waterstanden voor de huidige situatie bij neerslagsituaties met een herhalingsstijd van een keer per 10, 20, 50 en 100 jaar in Tholen

Bemalingsgebied	Streefpeil [m +NAP]	Kritiek waterpeil [m +NAP]	Waterstanden voor huidige situatie [m +NAP]			
			T010	T025	T050	T100
Van Haften	-0,40	0,30 à 0,60	0,34	0,49	0,66	0,80
Drie Grote Polders	-1,80	-0,05	-1,45	-1,37	-1,27	-1,19
De Eendracht	-2,10	-1,20	-1,37	-1,22	-1,05	-0,91

**Tabel 35** Berekende waterstanden voor de situaties dat de inzet van het Volkerak-Zoommeer voor waterberging in 2015 samenvalt met neerslagsituaties met een herhalingsstijd van een keer per 10, 20, 50 en 100 jaar in Tholen

Bemalingsgebied	Streefpeil [m +NAP]	Kritiek waterpeil [m +NAP]	Waterstanden voor het samenvallen van waterberging met onderstaande neerslagsituaties, 2015 [m +NAP]			
			T010	T025	T050	T100
Van Haften	-0,40	0,30 à 0,60	0,47	0,62	0,79	0,93
Drie Grote Polders	-1,80	-0,05	-0,83	-0,69	-0,52	-0,39
De Eendracht	-2,10	-1,20	-1,11	-0,96	-0,79	-0,65

**Tabel 36** Berekende waterstanden voor de situaties dat de inzet van het Volkerak-Zoommeer voor waterberging in 2050 samenvalt met neerslagsituaties met een herhalingsstijd van een keer per 10, 20, 50 en 100 jaar in Tholen

Bemalingsgebied	Streefpeil [m +NAP]	Kritiek waterpeil [m +NAP]	Waterstanden voor het samenvallen van waterberging met onderstaande neerslagsituaties, 2050 [m +NAP]			
			T010	T025	T050	T100
Van Haften	-0,40	0,30 à 0,60	0,58	0,72	0,89	1,02
Drie Grote Polders	-1,80	-0,05	-0,75	-0,59	-0,41	-0,27
De Eendracht	-2,10	-1,20	-1,04	-0,88	-0,70	-0,54

**Polder Van Haaften**

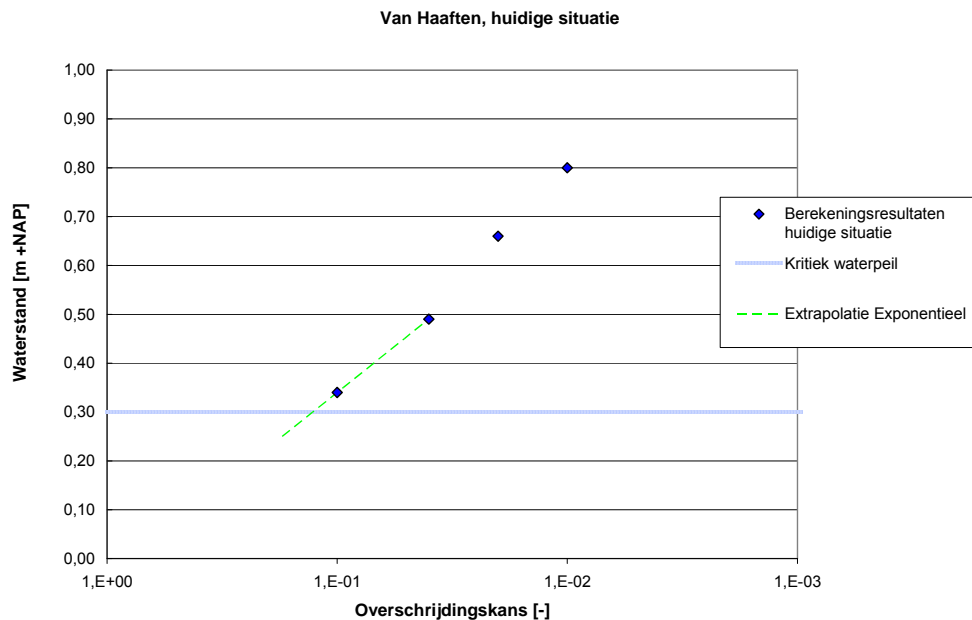
Voor de bestaande situatie zijn de berekende waterstanden met hun overschrijdingskans weergegeven in Figuur 11. Met behulp van extrapolatie met een exponentiële functie, wordt de kans op wateroverlast in de bestaande situatie geschat: 1/8 per jaar. Omdat het bij Van Haaften alleen om overstrooming van landbouwgronden gaat, geldt hier een kans van 1/25 per jaar als norm voor de bescherming tegen wateroverlast. In de bestaande situatie zijn er dus al maatregelen nodig om het gebied aan de norm te laten voldoen.

Op basis van de modelberekeningen voor de situatie met waterberging, kan aangenomen worden dat waterberging altijd tot overschrijding van het kritieke peil van NAP +0,3 m leidt. De kans op wateroverlast neemt hierdoor iets toe:

$$P_{\text{wateroverlast}} = 1 - (1 - P_{\text{bestaand}}) * (1 - P_{\text{inzet waterberging}}) = 1 - (1 - 1/7,8) * (1 - 1/250) \approx 1/7,6 \text{ per jaar}$$

Om te voldoen aan het vereiste beschermingsniveau, zou het systeem zonder waterberging een neerslagsituatie die met een kans van 1/25 per jaar voorkomt moeten kunnen verwerken. Wanneer de maatregel Waterberging Volkerak-Zoommeer van kracht wordt, zou een iets extremere neerslagsituatie (1/28 per jaar) verwerkt moeten kunnen worden (ervan uitgaande dat waterberging altijd tot wateroverlast zorgt):

$$P_{\text{wateroverlast}} = 1 - (1 - P_{\text{zonder waterberging, na maatregelen}}) * (1 - P_{\text{inzet waterberging}}) = 1 - (1 - 1/28) * (1 - 1/250) \approx 1/25 \text{ per jaar}$$



**Figuur 11 Waterstanden met overschrijdingskans voor Van Haaften, huidige situatie**

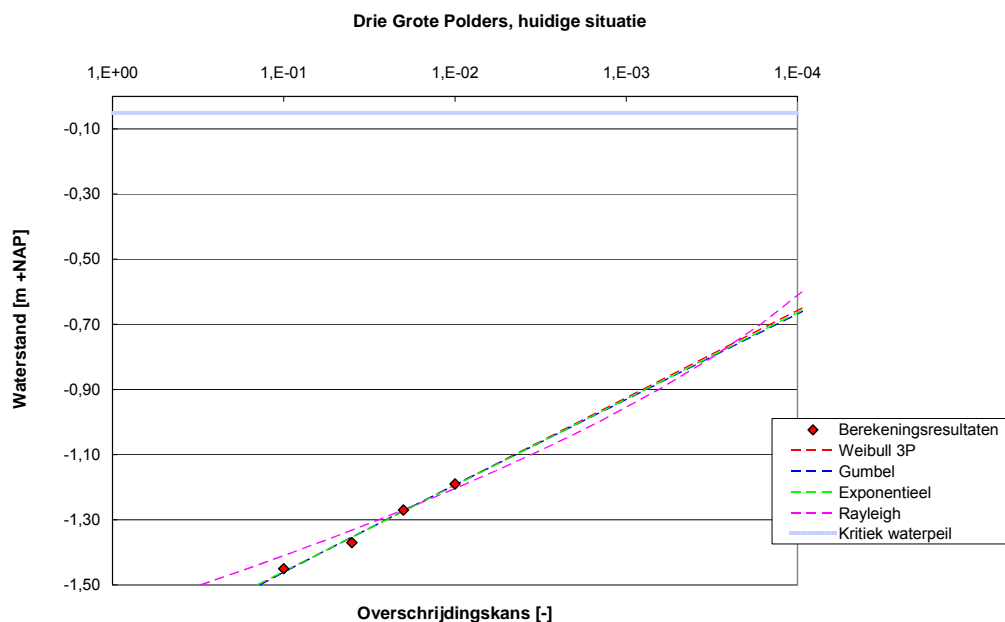
### Drie Grote Polders

Voor de bestaande situatie zijn de berekende waterstanden met hun overschrijdingskans weergegeven in Figuur 12. Uit extrapolatie van deze resultaten met behulp van verschillende functies, blijkt dat de overschrijdingskans van het kritieke waterpeil NAP -0,05 m zeer klein is (<1/10.000 per jaar). Zelfs wanneer waterberging op het Volkerak-Zoommeer altijd tot wateroverlast bij Drie Grote Polders zou leiden, blijft de kans op wateroverlast onder de norm:

$$P_{\text{wateroverlast max}} = 1 - (1 - P_{\text{bestaand}}) * (1 - P_{\text{inzet waterberging}}) = 1 - (1 - 1/10.000) * (1 - 1/250) \approx 1/240 \text{ per jaar}$$

Omdat het bij Drie Grote Polders om overstroming van alleen landbouwgronden gaat, geldt hier een beschermingsnorm van 1/25 per jaar.

Bovengenoemde kans op wateroverlast is berekend op basis van de worst-case aanname dat waterberging op het Volkerak-Zoommeer altijd tot wateroverlast leidt. Dit is zeer onwaarschijnlijk, aangezien uit berekeningsresultaten blijkt dat het kritieke waterpeil zelfs niet overschreden wordt wanneer waterberging samenvalt met een bui die gemiddeld slechts eenmaal per 100 jaar voorkomt.



Figuur 12 Waterstanden met overschrijdingskans voor Drie Grote Polders, huidige situatie

**Polder De Eendracht**

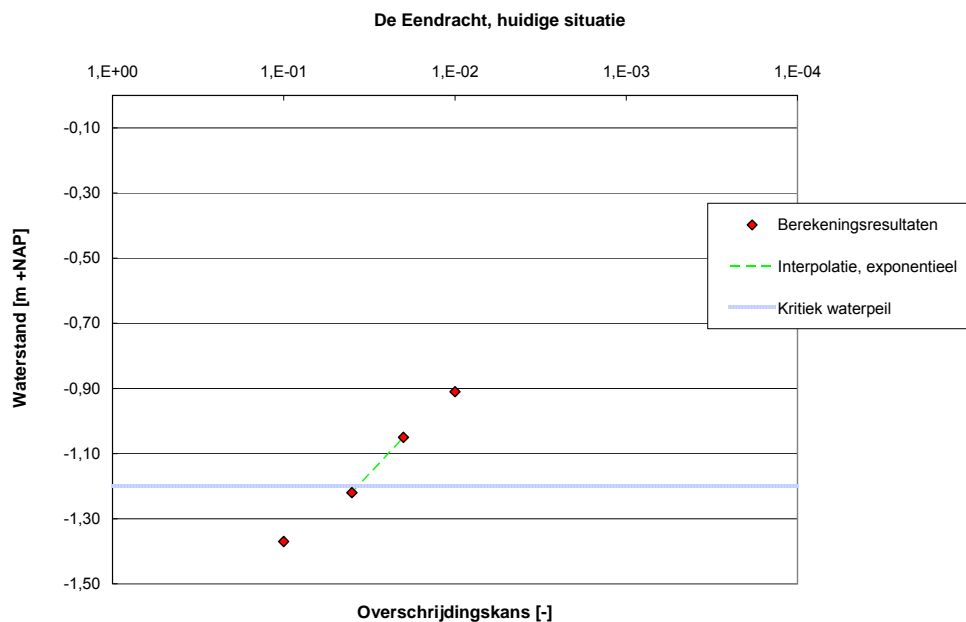
Voor de bestaande situatie zijn de berekende waterstanden met hun overschrijdingskans weergegeven in Figuur 13. Met behulp van een exponentiële functie is tussen deze resultaten geïnterpoleerd, om zo de overschrijdingskans van het kritieke waterpeil NAP -1,20 m te schatten; ca. 1/27 per jaar. Omdat hierbij ook bebouwd gebied overstroomt, geldt hier een norm van 1/100 per jaar voor de bescherming tegen wateroverlast. In de bestaande situatie wordt dus niet aan deze norm voldaan.

Op basis van de resultaten van de modelberekeningen voor de situatie met waterberging, lijkt het een realistische aanname dat bij de inzet van waterberging altijd het kritieke peil van NAP -1,20 m overschreden wordt. De kans op wateroverlast neemt hierbij toe met 1/250 per jaar (=de kans op inzet van de waterberging)

$$P_{\text{wateroverlast}} = 1 - (1 - P_{\text{bestaand}}) * (1 - P_{\text{inzet waterberging}}) = 1 - (1 - 1/27) * (1 - 1/250) \approx 1/24,5 \text{ per jaar}$$

Om aan het beschermingsniveau tegen wateroverlast te voldoen, zijn dus ook in de huidige situatie maatregelen nodig. Om ook mét waterberging aan de norm te voldoen, zou aan maatregelen gedacht kunnen worden die ervoor zorgen dat in situaties zonder waterberging extremere neerslagsituaties dan de T100-situatie verwerkt kunnen worden, zonder het kritieke peil te overschrijden. Voor De Eendracht zou aan de norm voldaan worden, wanneer zonder waterberging een neerslagsituatie met een kans van 1/170 per jaar, zonder problemen verwerkt kan worden:

$$P_{\text{wateroverlast}} = 1 - (1 - P_{\text{zonder waterberging, na maatregelen}}) * (1 - P_{\text{inzet waterberging}}) = 1 - (1 - 1/170) * (1 - 1/250) \approx 1/100 \text{ per jaar}$$



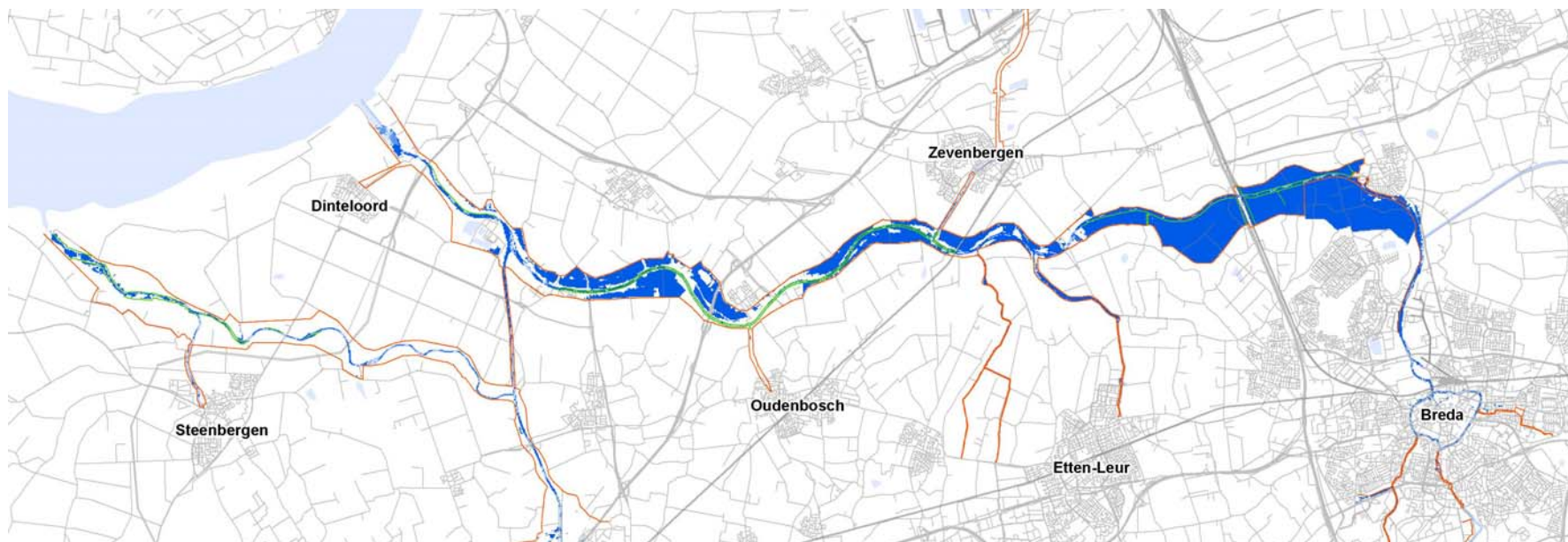
**Figuur 13 Waterstanden met overschrijdingskans voor De Eendracht, huidige situatie**



**BIJLAGE 5      Inundatiekaarten Mark-Vlietsysteem**

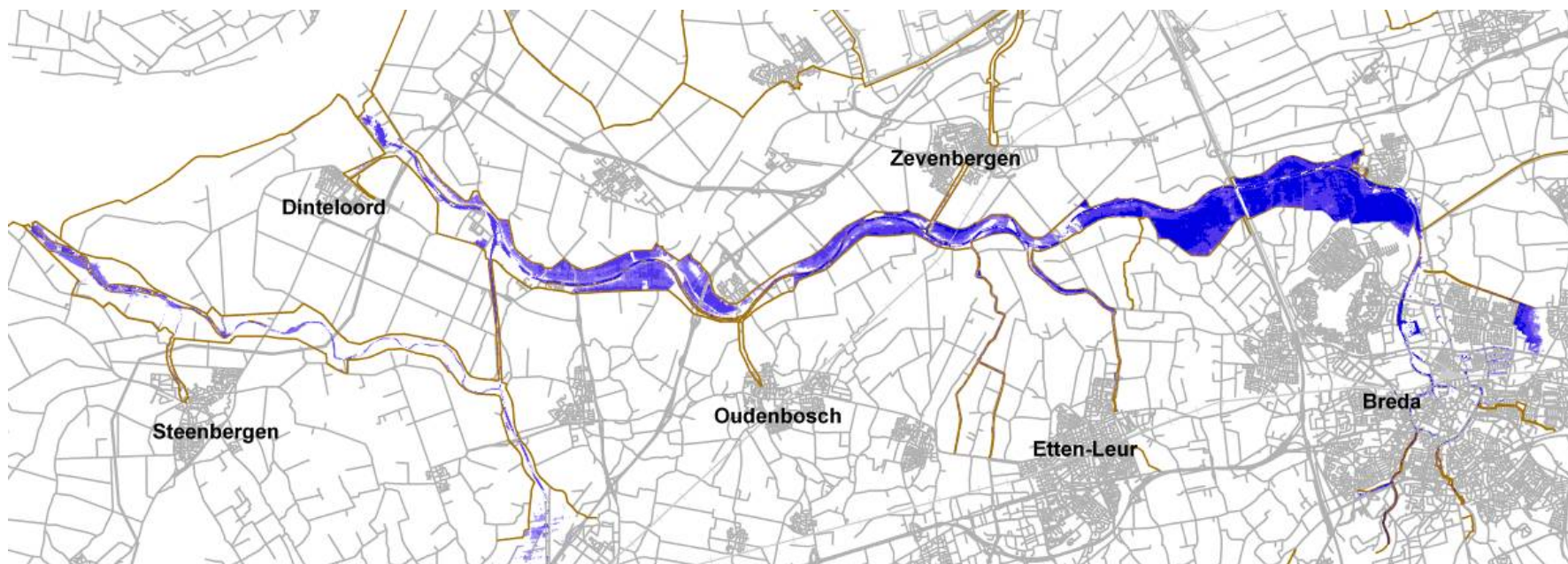


DHV B.V.



Kaart 1a: Inundatiegebied Mark-Vlietboezemsysteem: Kans voorkomen situatie T=120. Uitgangspunt peil Volkerak-Zoommeer NAP +0,15m

DHV B.V.



Kaart 1b: Inundatiegebied Mark-Vlietboezemsysteem: Kans voorkomen situatie T=120. Uitgangspunt peil Volkerak-Zoommeer NAP +0,50m



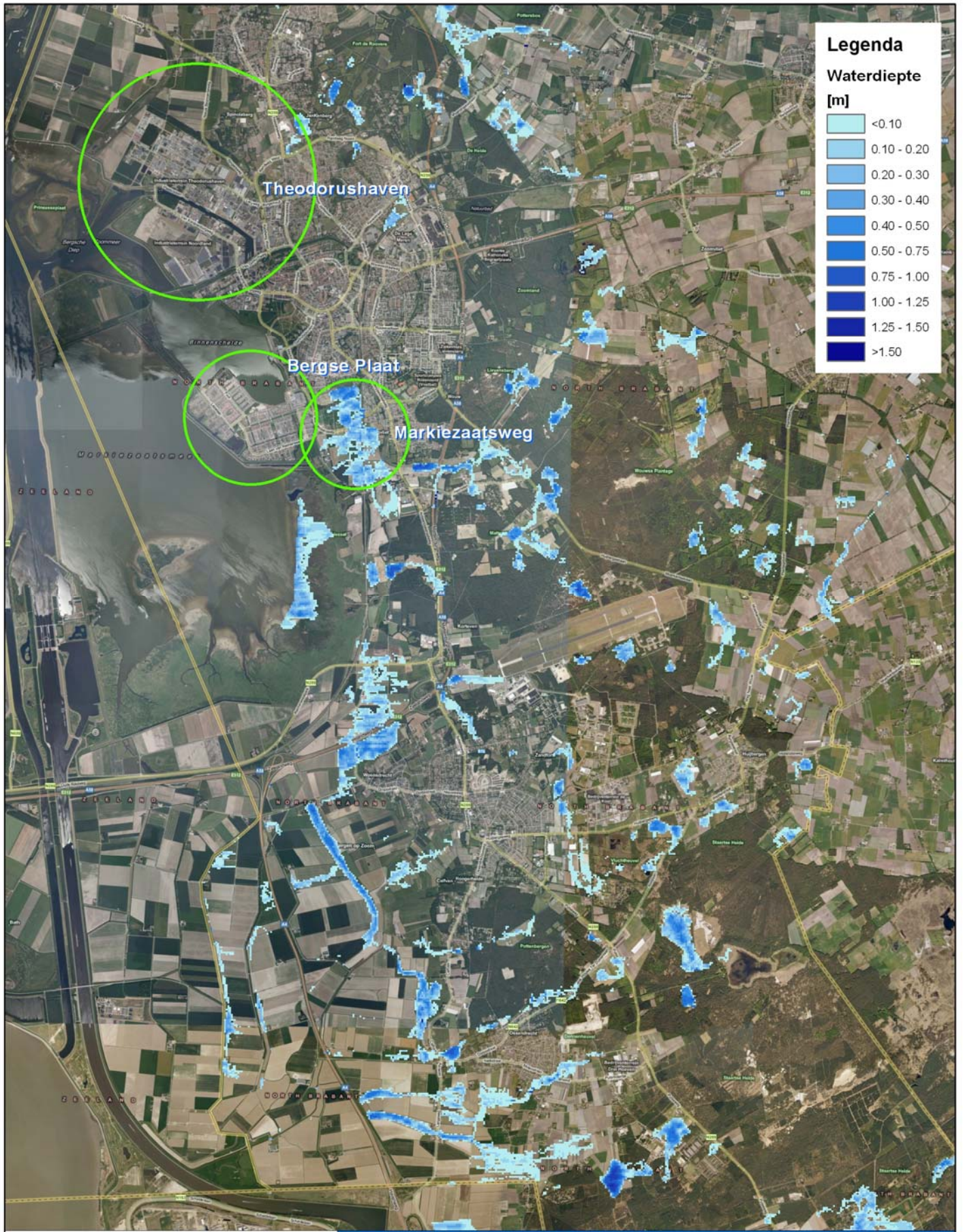


**Kaart 2: Inundatiegebied rechtstreeks afwaterende gebieden Noorderkreekweg, Prins Hendrik Polder en Zoute Sluis indien het Volkerak-Zoommeer als waterberging wordt ingezet**



**BIJLAGE 6      Inundatiegebied watersysteem Zoom**





**Legenda**

**Waterdiepte [m]**

- <math><0.10</math>
- 0.10 - 0.20
- 0.20 - 0.30
- 0.30 - 0.40
- 0.40 - 0.50
- 0.50 - 0.75
- 0.75 - 1.00
- 1.00 - 1.25
- 1.25 - 1.50
- >1.50

**Figuur 1: Waterdiepte huidige situatie T=100 jaar**

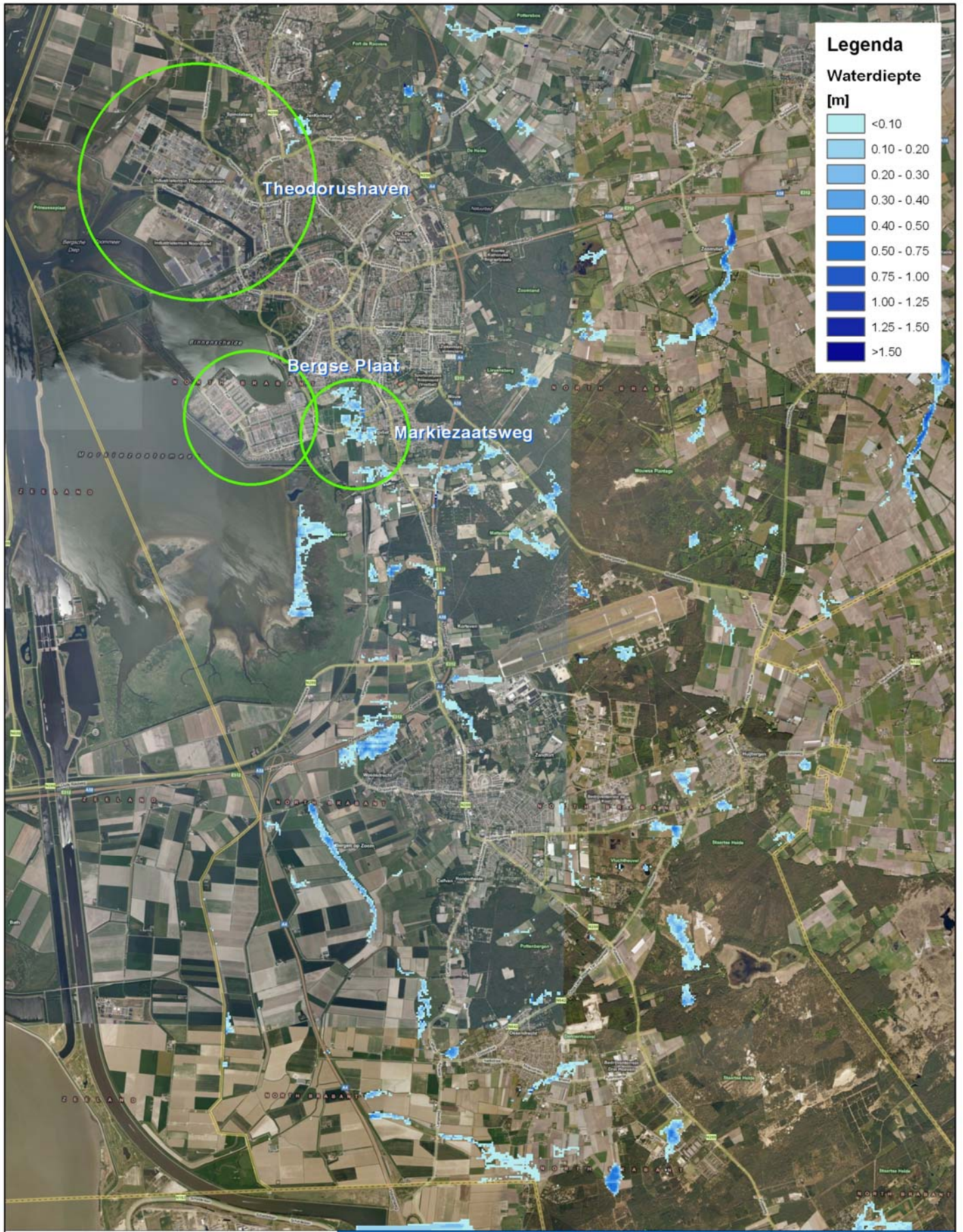
Project: Volkerak-Zoommeer  
 Opdrachtgever: Programmadirectie Ruimte voor de Rivier

Kaartnr.: 1  
 Datum: 22 september 2010  
 Versie: 1

Auteur: Christian Huisling  
 Dossiernr.: C0820.51.002  
 Filenaam: Fig 1 - Waterdiepte huidig T100.mxd







**Legenda**

**Waterdiepte [m]**

- <math><0.10</math>
- 0.10 - 0.20
- 0.20 - 0.30
- 0.30 - 0.40
- 0.40 - 0.50
- 0.50 - 0.75
- 0.75 - 1.00
- 1.00 - 1.25
- 1.25 - 1.50
- >1.50

**Figuur 2: Waterdiepte huidige situatie T=10 jaar**

Project: Volkerak-Zoommeer  
 Opdrachtgever: Programmadirectie Ruimte voor de Rivier

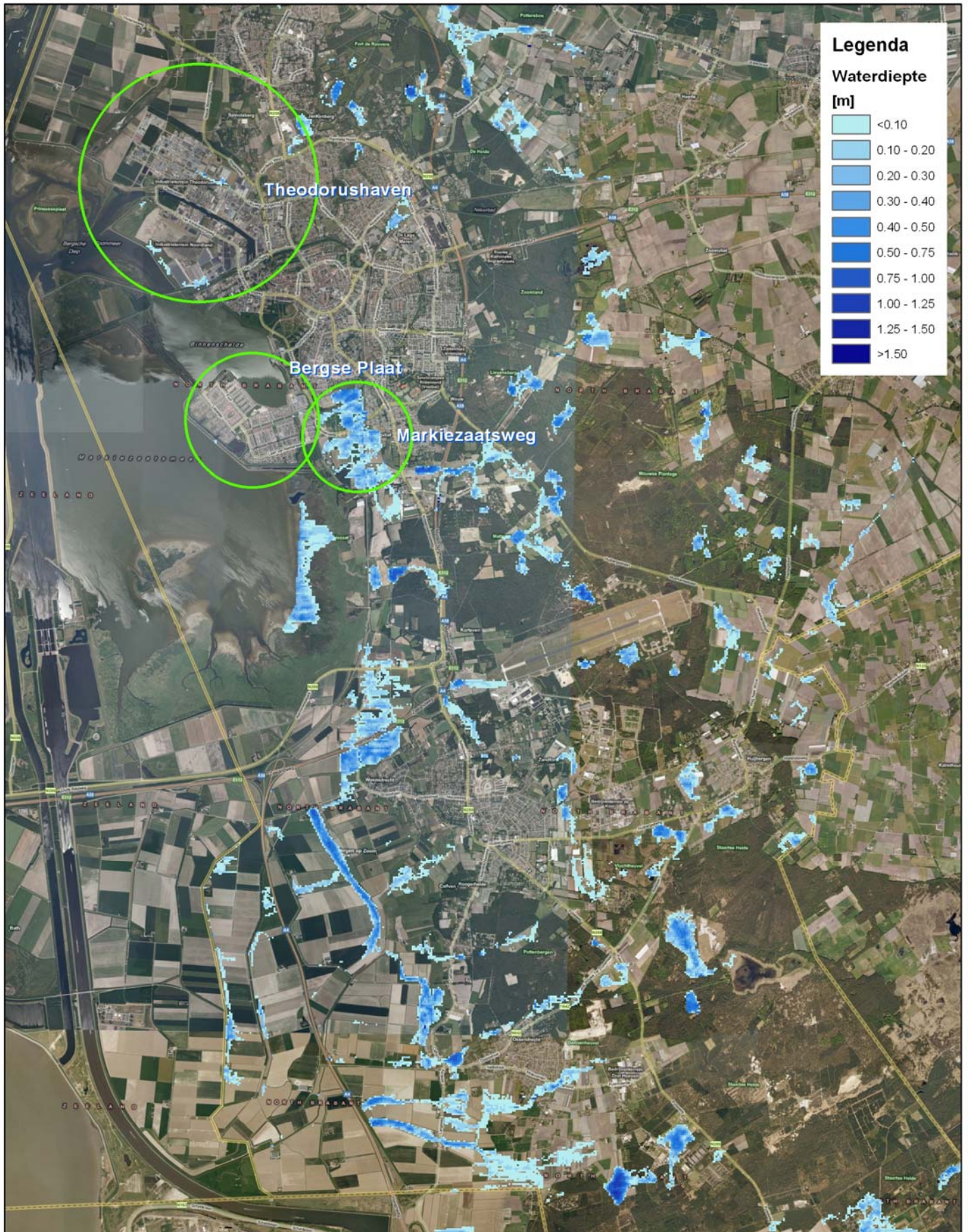


Kaartnr.: 2  
 Datum: 22 september 2010  
 Versie: 1

Auteur: Christian Huising  
 Dossierr.: C0820.51.002  
 Filenaam: Fig 2 - Waterdiepte huidig T10.mxd







**Legenda**

**Waterdiepte [m]**

- <math><0.10</math>
- 0.10 - 0.20
- 0.20 - 0.30
- 0.30 - 0.40
- 0.40 - 0.50
- 0.50 - 0.75
- 0.75 - 1.00
- 1.00 - 1.25
- 1.25 - 1.50
- >1.50

**Figuur 3: Waterdiepte 2015 situatie T=100 jaar**

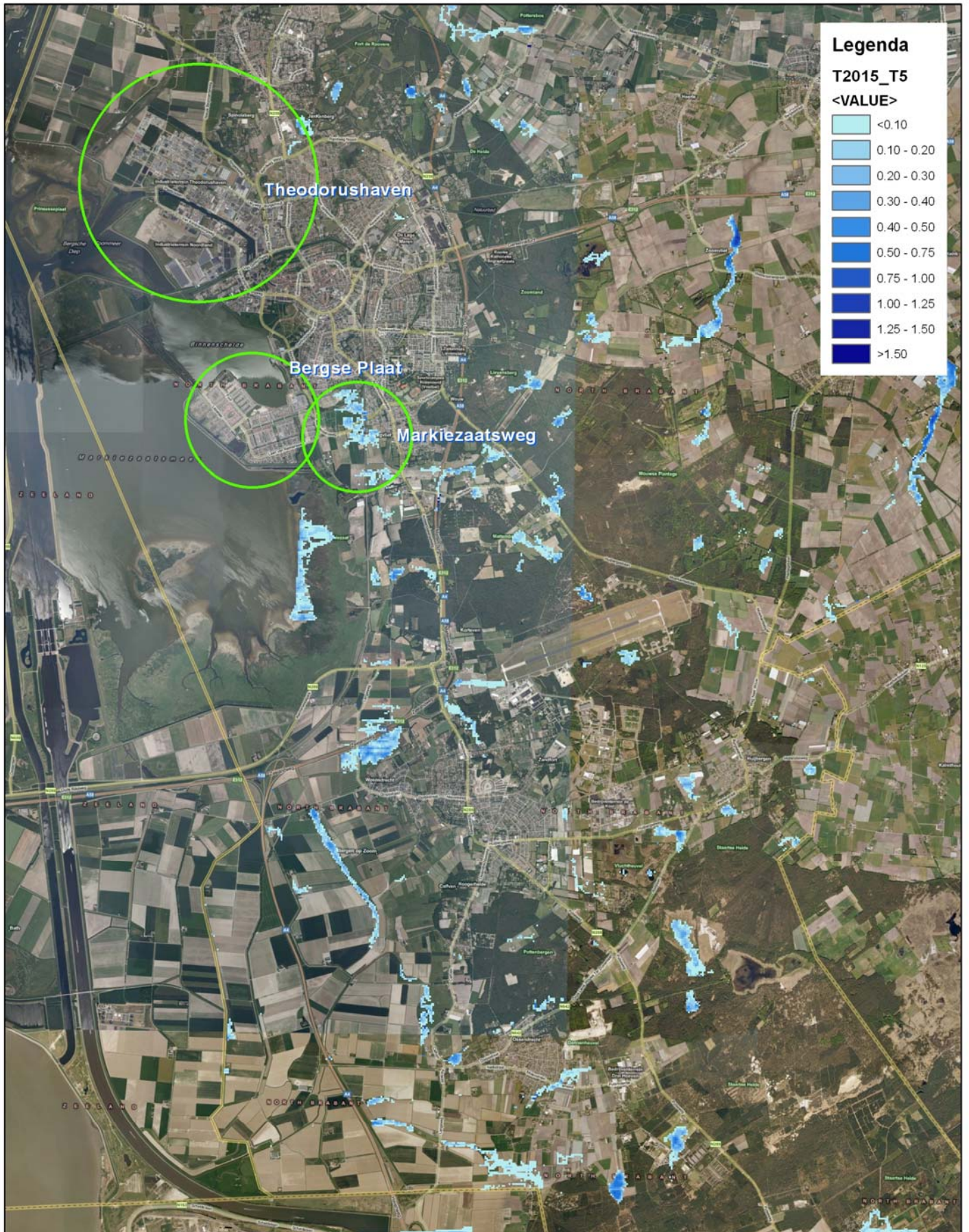
Project: Volkerak-Zoommeer  
 Opdrachtgever: Programmadirectie Ruimte voor de Rivier

Kaartnr.: 3  
 Datum: 22 september 2010  
 Versie: 1

Auteur: Christian Huising  
 Dossierr.: C0820.51.002  
 Filenaam: Fig 3 - Waterdiepte 2015 T100.mxd







**Legenda**

**T2015\_T5**

**<VALUE>**

- <math>< -0.10</math>
- 0.10 - 0.20
- 0.20 - 0.30
- 0.30 - 0.40
- 0.40 - 0.50
- 0.50 - 0.75
- 0.75 - 1.00
- 1.00 - 1.25
- 1.25 - 1.50
- >1.50

**Figuur 4: Waterdiepte 2015 situatie T=10 jaar**

Project: Volkerak-Zoommeer  
 Opdrachtgever: Programmadirectie Ruimte voor de Rivier

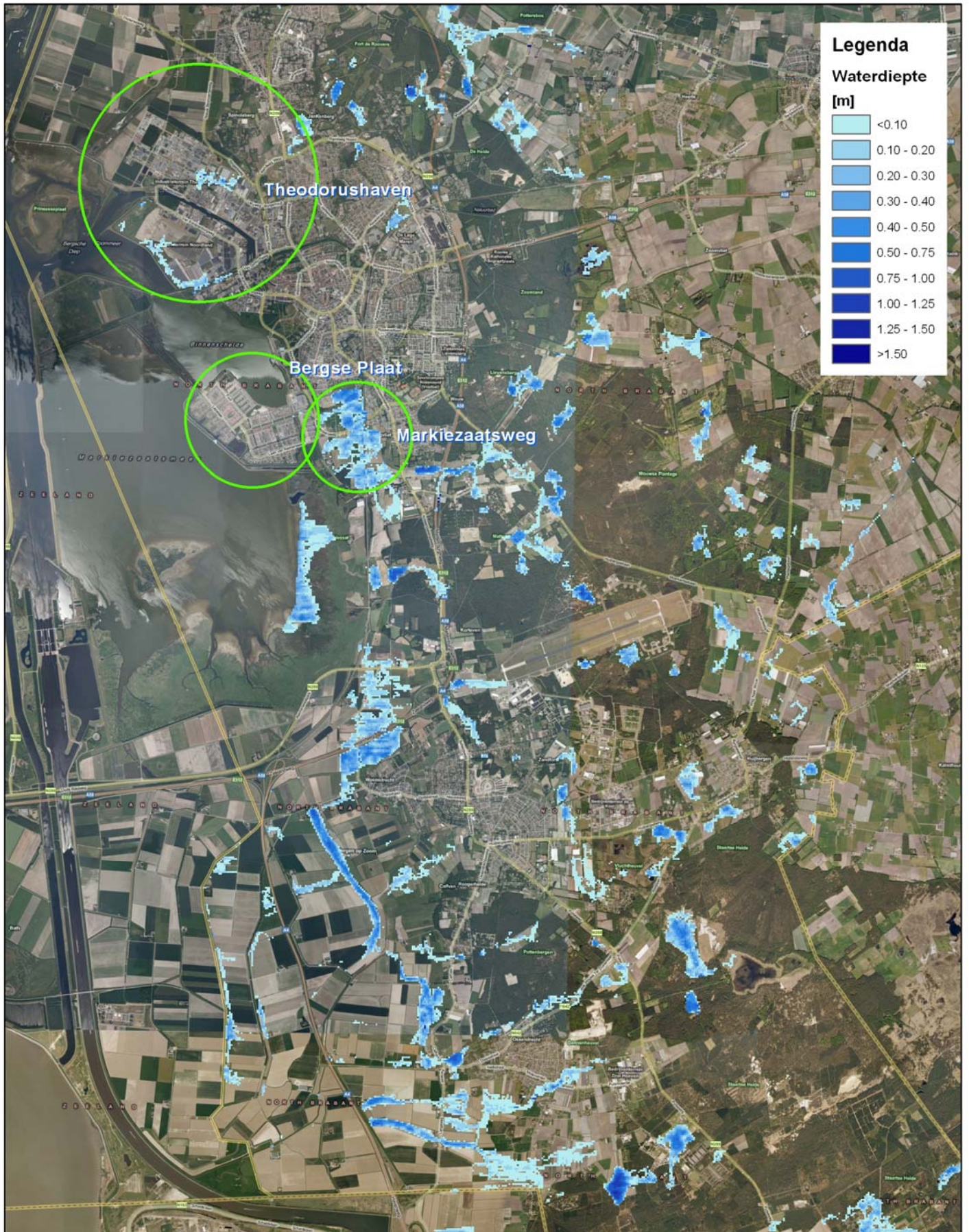


Kaartnr.: 4  
 Datum: 22 september 2010  
 Versie: 1

Auteur: Christian Huising  
 Dossierr.: C0820.51.002  
 Filenaam: Fig 4 - Waterdiepte 2015 T10.mxd







**Legenda**

**Waterdiepte [m]**

- <math><0.10</math>
- 0.10 - 0.20
- 0.20 - 0.30
- 0.30 - 0.40
- 0.40 - 0.50
- 0.50 - 0.75
- 0.75 - 1.00
- 1.00 - 1.25
- 1.25 - 1.50
- >1.50

**Figuur 5: Waterdiepte 2050 situatie T=100 jaar**

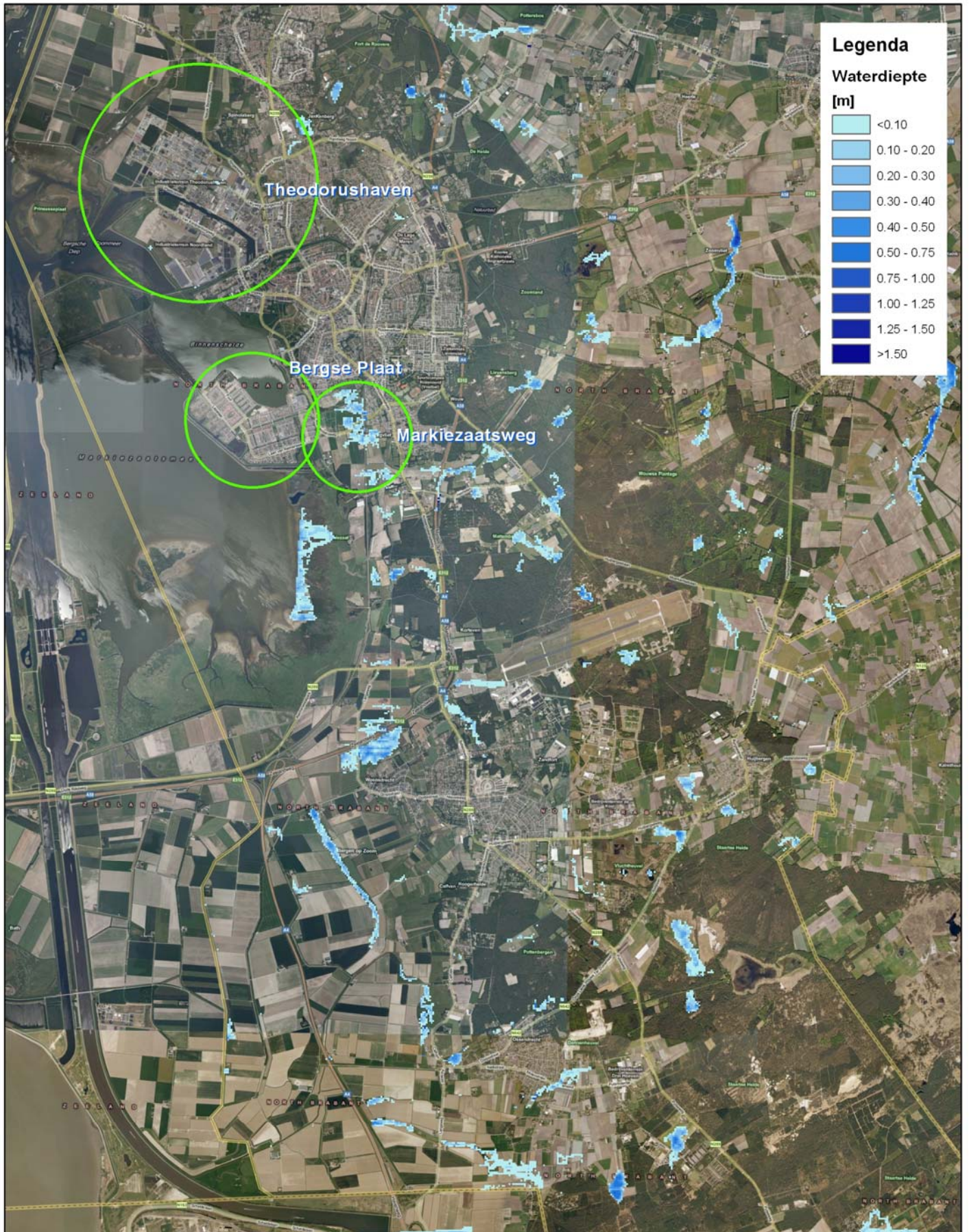
Project: Volkerak-Zoommeer  
 Opdrachtgever: Programmadirectie Ruimte voor de Rivier



Kaartnr.: 5	Auteur: Christian Huising
Datum: 22 september 2010	Dossiernr.: C0820.51.002
Versie: 1	Bestandsnaam: Fig 5 - Waterdiepte 2050 T100.mxd







**Legenda**

**Waterdiepte [m]**

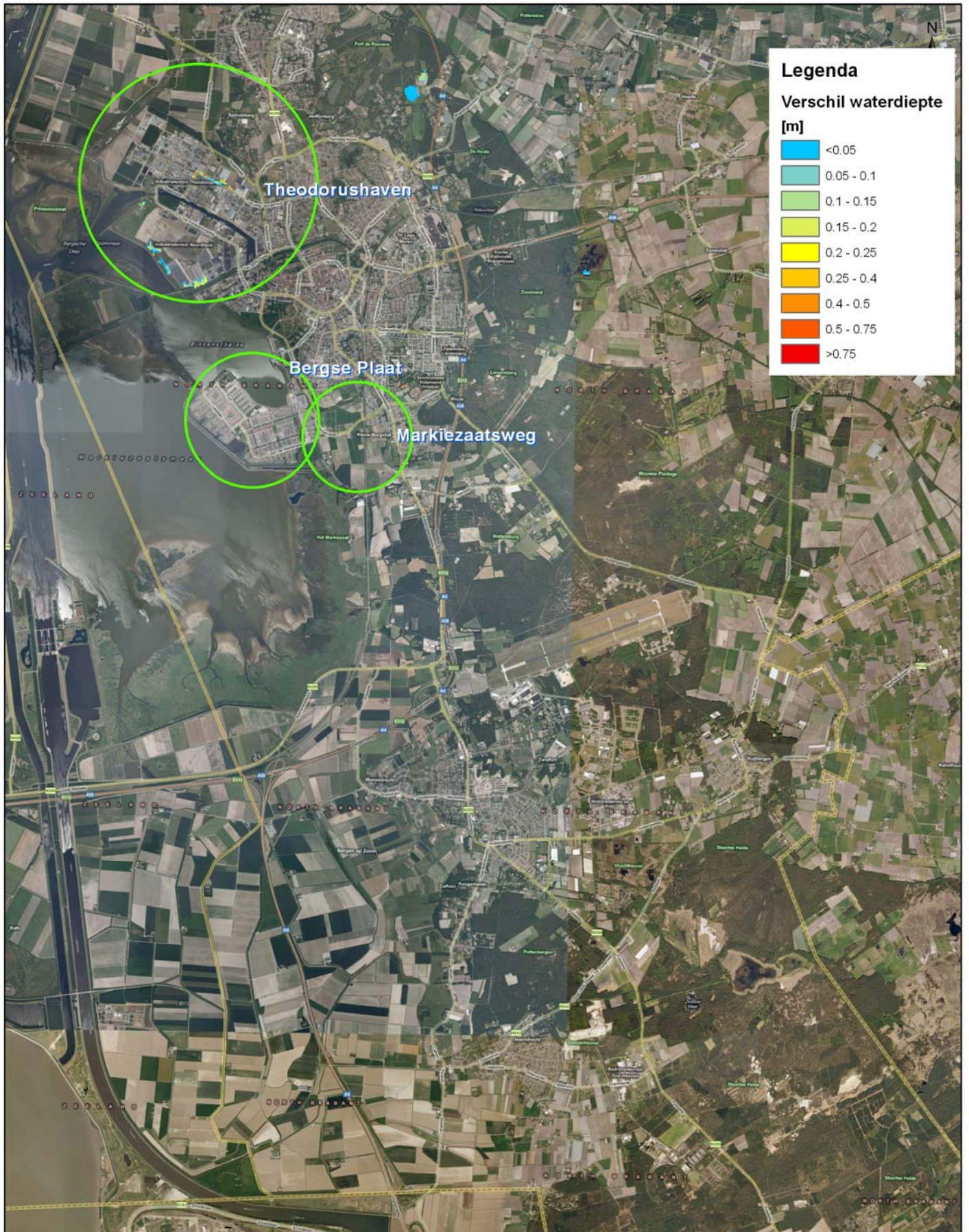
- <math><0.10</math>
- 0.10 - 0.20
- 0.20 - 0.30
- 0.30 - 0.40
- 0.40 - 0.50
- 0.50 - 0.75
- 0.75 - 1.00
- 1.00 - 1.25
- 1.25 - 1.50
- >1.50

**Figuur 6: Waterdiepte 2050 situatie T=10 jaar**

Project:	Volkerak-Zoommeer	0 0.5 1 2 3
Opdrachtgever:	Programmadirectie Ruimte voor de Rivier	Km
Kaartnr.:	6	
Datum:	22 september 2010	Auteur: Christian Huising
Versie:	1	Dossiernr.: C0820.51.002
		Filenaam: Fig 6 - Waterdiepte 2050 T10.mxd







**Legenda**

**Vershil waterdiepte [m]**

- <0.05
- 0.05 - 0.1
- 0.1 - 0.15
- 0.15 - 0.2
- 0.2 - 0.25
- 0.25 - 0.4
- 0.4 - 0.5
- 0.5 - 0.75
- >0.75

**Figuur 7: Vershil waterdiepte 2015 - huidig en met inzet van VZM**

Project: Volkerak-Zoommeer  
 Opdrachtgever: Programmadirectie Ruimte voor de Rivier

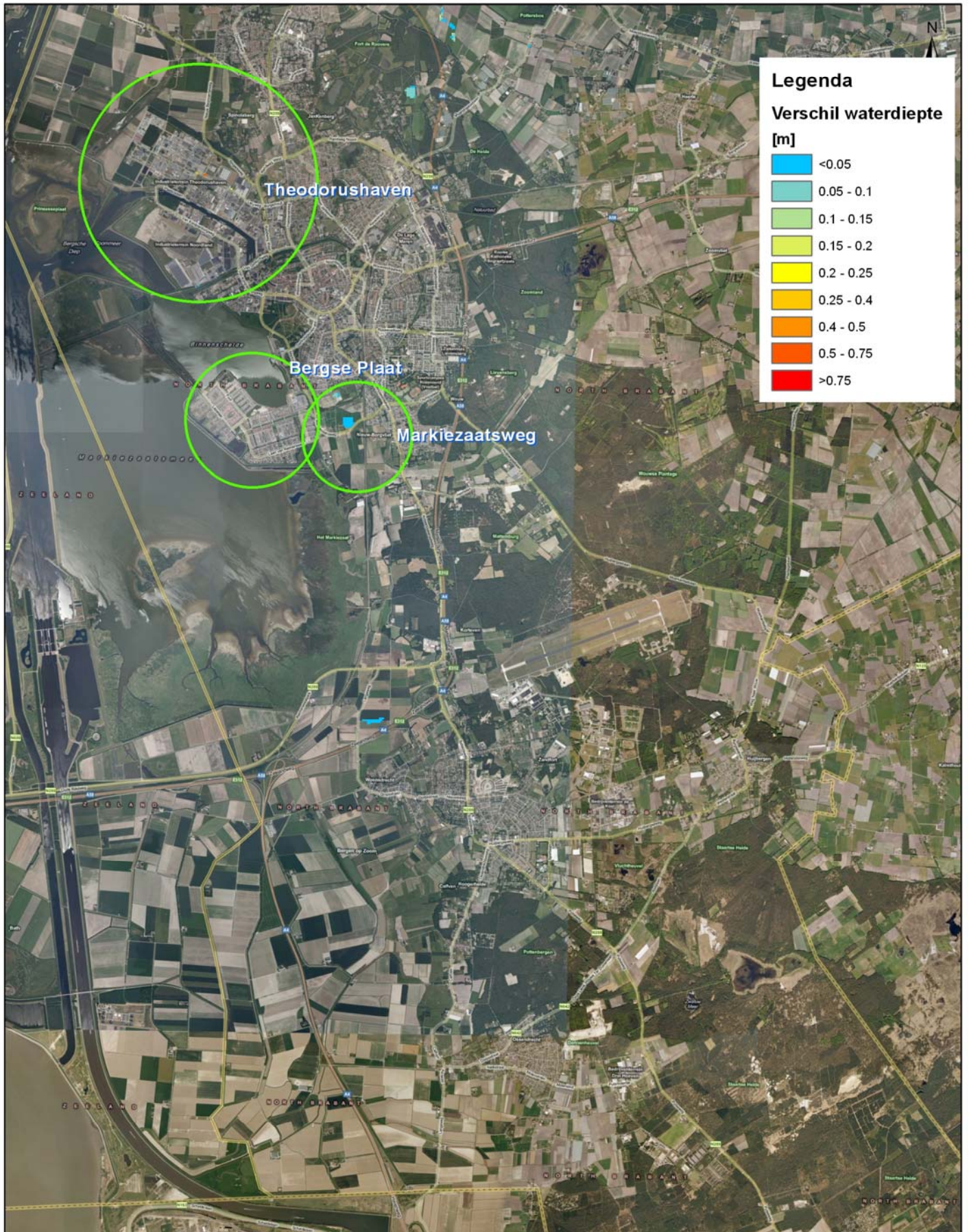
Kaartnr.: 7  
 Datum: 22 september 2010  
 Versie: 1

Auteur: Christian Huising  
 Dossiernr.: C0820.51.002  
 Filenaam: Fig 7 - Vershil waterdiepte2015 T100.mxd

0 0.5 1 2 3 Km







**Legenda**

**Vershil waterdiepte [m]**

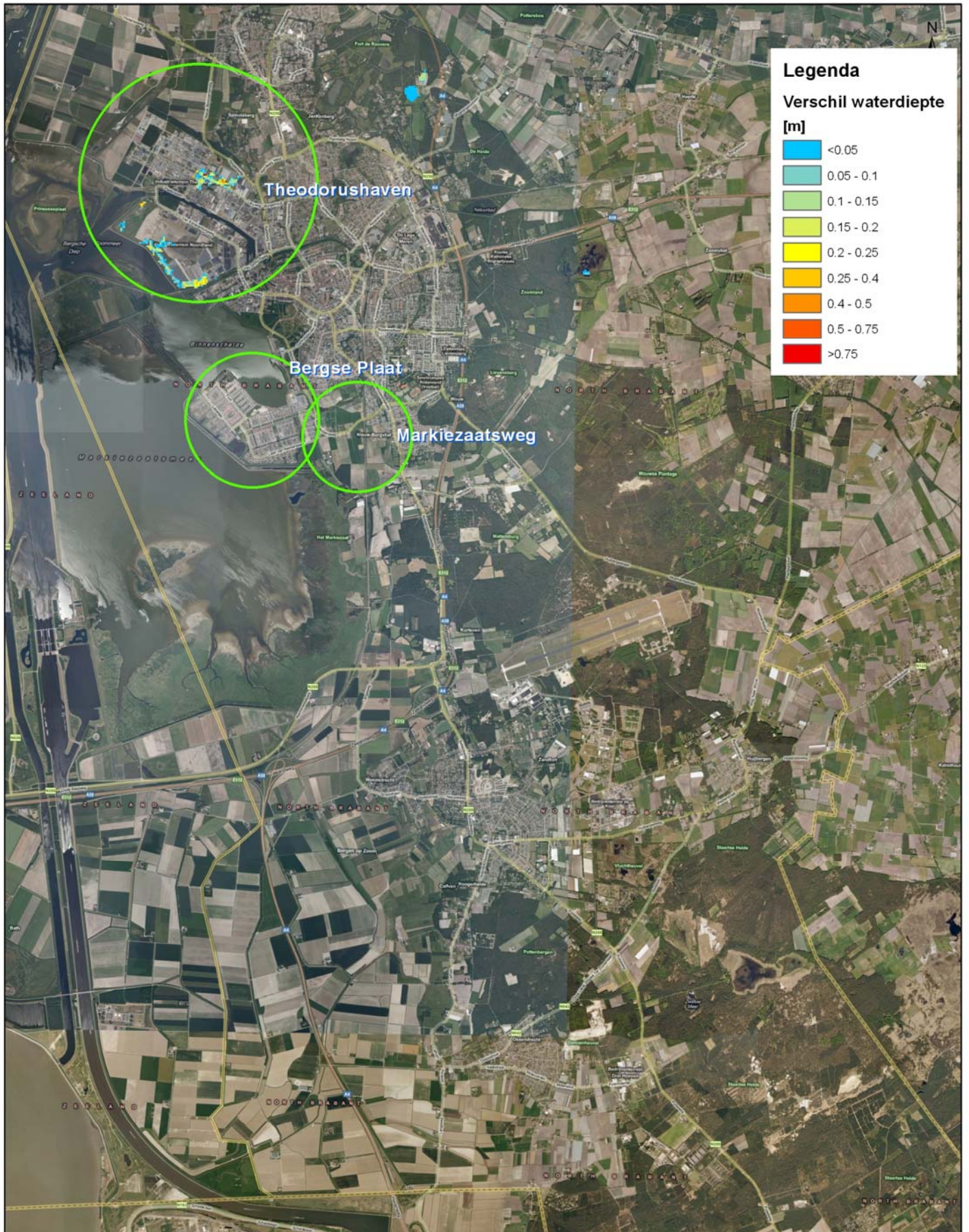
- <math><0.05</math>
- 0.05 - 0.1
- 0.1 - 0.15
- 0.15 - 0.2
- 0.2 - 0.25
- 0.25 - 0.4
- 0.4 - 0.5
- 0.5 - 0.75
- >0.75

**Figuur 8: Vershil waterdiepte 2015 - huidig en met inzet van VZM**

Project:	Volkerak-Zoommeer	0	0.5	1	2	3
Opdrachtgever:	Programmadirectie Ruimte voor de Rivier					
Kaartnr.:	8	Auteur:	Christian Huising			
Datum:	22 september 2010	Dossiernr.:	C0820.51.002			
Versie:	1	Bestandsnaam:	Fig 8 - Vershil waterdiepte2015 T10.mxd			







**Legenda**

**Verskil waterdiepte [m]**

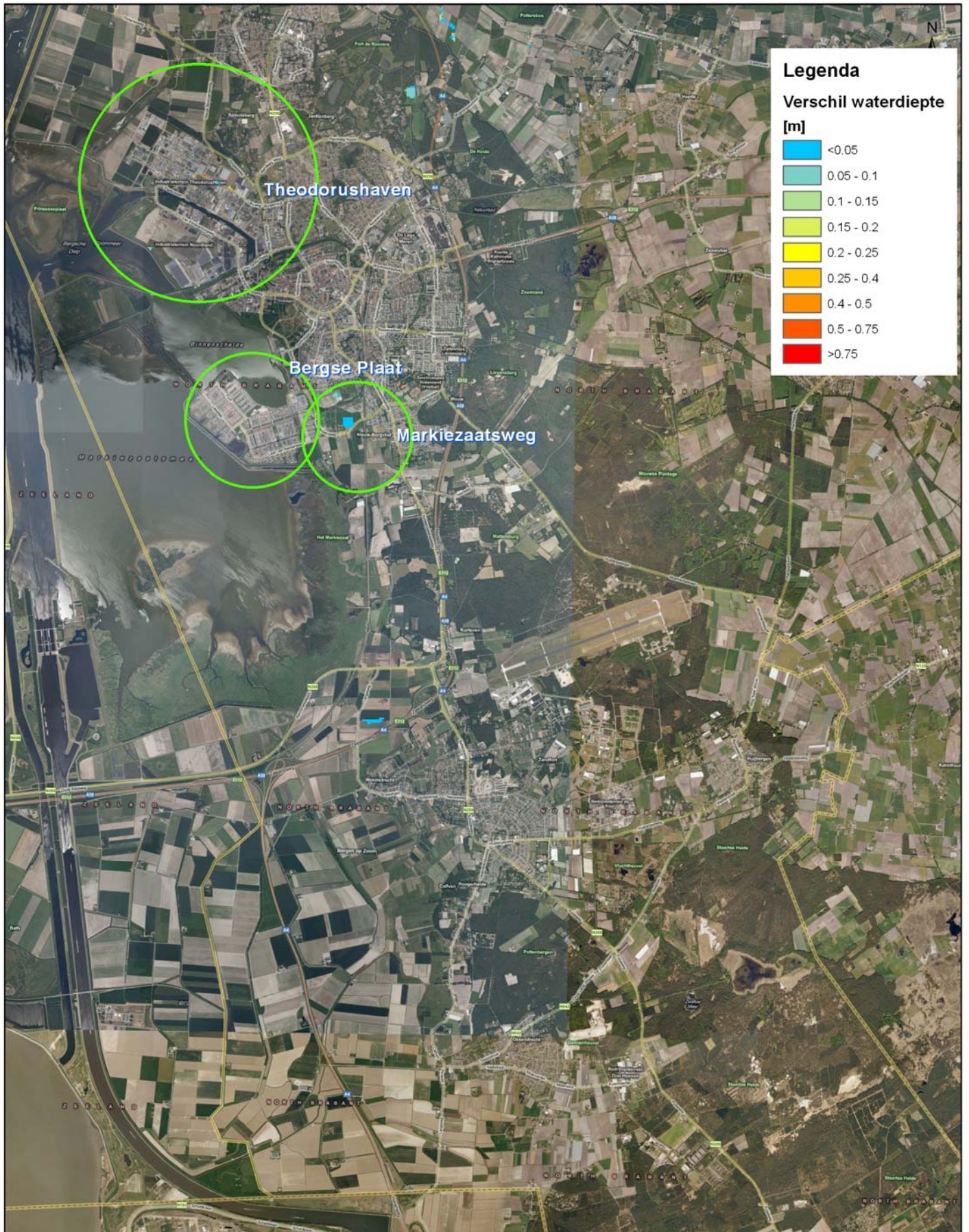
- <0.05
- 0.05 - 0.1
- 0.1 - 0.15
- 0.15 - 0.2
- 0.2 - 0.25
- 0.25 - 0.4
- 0.4 - 0.5
- 0.5 - 0.75
- >0.75

**Figuur 9: Verskil waterdiepte 2050 - huidig en met inzet van VZM**

Project:	Volkerak-Zoommeer	0 0.5 1 2 3	
Opdrachtgever:	Programmadirectie Ruimte voor de Rivier	Km	
Kaartnr.:	9	Auteur:	Christian Huising
Datum:	22 september 2010	Dossiernr.:	C0820.51.002
Versie:	1	Bestandsnaam:	Fig9 - Verskil waterdiepte2050 T100.mxd







**Legenda**

**Vershil waterdiepte [m]**

- <0.05
- 0.05 - 0.1
- 0.1 - 0.15
- 0.15 - 0.2
- 0.2 - 0.25
- 0.25 - 0.4
- 0.4 - 0.5
- 0.5 - 0.75
- >0.75

**Figuur 10: Vershil waterdiepte 2050 - huidig en met inzet van VZM**

Project: Volkerak-Zoommeer  
 Opdrachtgever: Programmadirectie Ruimte voor de Rivier



Kaartnr.: 10  
 Datum: 22 september 2010  
 Versie: 1

Auteur: Christian Huising  
 Dossiernr.: C0820.51.002  
 Filenaam: Fig9 - Vershil waterdiepte2050 T10.mxd



**DHV B.V.**

## BIJLAGE 7      **Overzicht gebruikte benaderingswijzen en modellen**

De invloed van de inzet van het Volkerak-Zoommeer op de afwaterende gebieden is op verschillende wijzen bepaald. Hieronder staat kort opgesomd welke modellen en methodieken zijn gebruikt:

### **Mark-Vlietsysteem**

Voor het Mark-Vlietsysteem is gebruik gemaakt van een Sobek-model dat door HKV (2009) is opgesteld om toetspeilen voor de regionale waterkeringen te bepalen. In deze studie zijn 54 verschillende situaties doorgerekend met verschillende kansen van optreden. Van deze 54 zijn 4 situaties gekozen die de hoogste waterstanden berekenen bij situaties met een herhalingstijd van een keer per 10, 20, 45 en 120 jaar (zie hoofdstuk 3). Het model is gebruikt om waterstandsverschillen te berekenen voor de Mark en de Vliet voor de vier geselecteerde situaties.

Op basis van deze berekeningen is de stremmingsduur van poldergemalen lozend op de Mark en de Vliet bepaald. Door de stremmingsduur met de maximale pompcapaciteit te bepalen is het maximaal te inunderen gebied bepaald.

### **Rechtstreeks afwaterende poldergebieden in West-Brabant**

Voor rechtstreeks afwaterende poldergebieden in West-Brabant is het inundatiegebied op dezelfde manier bepaald als voor de poldergebieden die lozen op het Mark-Vlietsysteem. Het maximale inundatiegebied is bepaald aan de hand van de stremmingsduur x de maximale pompcapaciteit.

### **Zoomsysteem**

Voor het Zoomsysteem is gebruik gemaakt van een Sobek-model dat door waterschap Brabantse Delta is opgesteld voor integrale gebiedsstudies. In deze studie zijn verschillende situaties doorgerekend met verschillende kansen van optreden. Het Zoomgebied is ingedeeld in verschillende deelgebieden. Per gebied is bepaald welke situatie maatgevend voor een afvoersituatie van een keer per 10, 25, 50 en 100 jaar.

Voor het doorrekenen van het model is gebruik gemaakt van Sobek-versie 2.10.003. Dit model geeft geen problemen met het doorrekenen van gecombineerde 1D-2D modellen die het met latere versies wel heeft. De berekende inundatiegebieden zijn vanuit Sobek rechtstreeks geplot op een topgrafische achtergrond.

### **Afwaterende gebieden vanaf Tholen en Oostflakkee**

Voor de afwaterende gebieden vanaf Tholen en Oostflakkee is een waterbalans opgesteld. Voor deze gebieden is een IN / UIT balans bijgehouden. De IN/UIT balans wordt bijgehouden per uur.

IN - UIT = TE BERGEN + te bergen volume van tijdstip ervoor

IN = neerslag op tijdstap t

UIT = gemaalcapaciteit. Deze gemaalcapaciteit is afhankelijk van de aangevoerde hoeveelheid water en het waterpeil dat op het Volkerak-Zoommeer optreedt.

TE BERGEN = restterm van in-uit. Per tijdstap wordt hier een restvolume berekend. Door het maximum van de term TE BERGEN te bepalen, wordt het maximaal te bergen volume berekend.