



Vlaanderen
is wetenschap



18_011_1
WL rapporten

GOG-GGG Bovenzanden

Dimensionering in- en uitwateringssluizen

DEPARTEMENT
**MOBILITEIT &
OPENBARE
WERKEN**

waterbouwkundiglaboratorium.be

GOG-GGG Bovenzanden

Dimensionering in- en uitwateringssluizen

Coen, L.; Vercruysse, J.; Mostaert, F.

Juridische kennisgeving

Het Waterbouwkundig Laboratorium is van mening dat de informatie en standpunten in dit rapport onderbouwd worden door de op het moment van schrijven beschikbare gegevens en kennis.

De standpunten in deze publicatie zijn deze van het Waterbouwkundig Laboratorium en geven niet noodzakelijk de mening weer van de Vlaamse overheid of één van haar instellingen.

Het Waterbouwkundig Laboratorium noch iedere persoon of bedrijf optredend namens het Waterbouwkundig Laboratorium is aansprakelijk voor het gebruik dat gemaakt wordt van de informatie uit dit rapport of voor verlies of schade die eruit voortvloeit.

Copyright en wijze van citeren

© Vlaamse overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken, Waterbouwkundig Laboratorium 2019
D/2019/3241/051

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Coen, L.; Vercruysse, J.; Mostaert, F. (2019). GOG-GGG Bovenzanden: Dimensionering in- en uitwateringssluizen. Versie 4.0. WL Rapporten, 18_011_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

Overname uit en verwijzingen naar deze publicatie worden aangemoedigd, mits correcte bronvermelding.

Documentidentificatie

Opdrachtgever:	De Vlaamse Waterweg, Afd. Zeeschelde-Zeekanaal	Ref.:	WL2019R18_011_1
Keywords (3-5):	GOG, GGG, 1D numeriek model, Zeeschelde, Rupel, Bovenzanden		
Tekst (p.):	21	Bijlagen (p.):	/
Vertrouwelijk:	☒ Nee	☒ Online beschikbaar	

Auteur(s):	Coen, L.
------------	----------

Controle

	Naam	Handtekening
Revisor(en):	Vercruysse, J.	Getekend door: Jeroen Vercruysse (Signature) Getekend op: 2019-03-19 14:49:24 +01:00 Reden: Ik keur dit document goed <i>Jeroen Vercruysse</i>
Projectleider:	Coen, L.	Getekend door: Leen Coen (Signature) Getekend op: 2019-03-21 09:25:15 +01:00 Reden: Ik keur dit document goed <i>Leen Coen</i>

Goedkeuring

Afdelingshoofd:	Mostaert, F.	Getekend door: Frank Mostaert (Signature) Getekend op: 2019-03-21 09:27:59 +01:00 Reden: Ik keur dit document goed <i>Frank Mostaert</i>
-----------------	--------------	--



Abstract

Het bestaand GOG Bovenzanden zal in het kader van het geactualiseerde Sigmaplan ingericht worden als gecontroleerd overstromingsgebied met gecontroleerd gereduceerd getij (GOG-GGG). Bij de herinrichting van het GOG zal ook de GOG-uitwatering aangepast worden. Met behulp van scenarioberekeningen in een gebiedsmodel wordt naar optimale configuratie voor de GOG-uitwatering gezocht. Ook voor de GGG-inwatering wordt een gebiedsmodel gebruikt voor het bepalen van het optimale aantal GGG-inwateringssluizen. Voor de aanleg van ringdijken en overloopdijken van andere GOG-gebieden zal grond gewonnen worden in Bovenzanden. De uitvoering van graafwerken in het gebied biedt de mogelijkheid om de topografie aan te passen zodat met een minimaal aantal inwateringskokers een optimale overstromingsfrequentie bekomen kan worden.

Inhoudstafel

Abstract	III
Inhoudstafel.....	IV
Lijst van de tabellen.....	V
Lijst van de figuren	VI
1 Inleiding	1
1.1 Kader.....	1
1.2 Doelstelling	2
1.3 Opbouw van het rapport.....	2
2 GOG-uitwatering	3
2.1 Methodologie	3
2.2 GOG-gebiedsmodel	3
2.3 GOG-uitwatering	4
2.3.1 Verhoogde laagwaters.....	5
2.3.2 Niet-verhoogde (of lage) laagwaters.....	6
3 GGG-inwatering.....	7
3.1 Methodologie	7
3.2 Aanpassing topografie en inrichting Bovenzanden	8
3.3 Afbakening van de polder.....	9
3.4 Opbouw van het numerieke model.....	10
3.5 Referentiegetijden.....	11
3.6 Verwachte getijwerking in Bovenzanden via 3 hoge inwaterings-sluizen	12
3.6.1 Locatie in- en uitwateringsconstructie	12
3.6.2 Inwatering via hoge inwateringssluizen	12
3.6.3 Gereduceerd getij	12
3.6.4 Stagnante fase	16
3.6.5 Instromend debiet.....	16
4 Combinatie GOG-uitwatering en GGG-inwatering.....	18
5 Conclusies	20
6 Referenties	21

Lijst van de tabellen

Tabel 1 – Laagwaterpeil in GOG Bovenzanden na 2 ^{de} hoog laagwater (= TAW +2,4 m) na T4000-vulling bij verschillende uitwateringsconfiguraties	5
Tabel 2 – Laagwaterpeil in GOG Bovenzanden na 2 ^{de} laag laagwater (= TAW +0,8 m) na T4000-vulling bij verschillende uitwateringsconfiguraties	6
Tabel 3 – Gewenste overstromingspercentages en bijhorende inwateringsvolumes voor GGG-werking te Bovenzanden	11
Tabel 4 – Percentage overstroomde oppervlakte in GGG Bovenzanden bij de referentiegetijden voor 3 kokers	12
Tabel 5 – Verwacht gereduceerd getij in Bovenzanden bij de referentiegetijden en bijhorende overstromingspercentages, instromende piekdebieten en instromend volume op basis van modelresultaten	16

Lijst van de figuren

Figuur 1 – Situering GOG Bovenzanden	1
Figuur 2 – 1D-numeriek model GOG Bovenzanden	4
Figuur 3 – Waterpeil Rupel en GOG Bovenzanden bij uitwatering bij hoog laagwater na T4000-stormhoogwater bij verschillende uitwateringsconfiguraties	5
Figuur 4 – Waterpeil Rupel en GOG Bovenzanden bij uitwatering bij laag laagwater na T4000-stormhoogwater bij verschillende uitwateringsconfiguraties	6
Figuur 5 – Planvoorstel UA betreffende de toekomstige topografie van GOG-GGG Bovenzanden	8
Figuur 6 – Afbakening polder GGG Bovenzanden	9
Figuur 7 – 1D-model GGG Bovenzanden	10
Figuur 8 – HW Rupel versus HW Bovenzanden	13
Figuur 9 – Verwachte DT/ST-variatie in GGG Bovenzanden	13
Figuur 10 – Verwacht gereduceerd getij ten opzichte van hoogteverdeling in GGG Bovenzanden	14
Figuur 11 – Verwacht gereduceerd getij in een dwarsdoorsnede van GGG Bovenzanden	14
Figuur 12 – Verwachte overstroming van GGG Bovenzanden	15
Figuur 13 – Instromend debiet in GGG Bovenzanden bij de referentiegetijden	17
Figuur 14 - Waterpeil Rupel en GOG-GGG Bovenzanden bij uitwatering bij hoog laagwater na T4000-stormhoogwater bij verschillende uitwateringsconfiguraties	18
Figuur 15 - Waterpeil Rupel en GOG-GGG Bovenzanden bij uitwatering bij laag laagwater na T4000-stormhoogwater bij verschillende uitwateringsconfiguraties	19

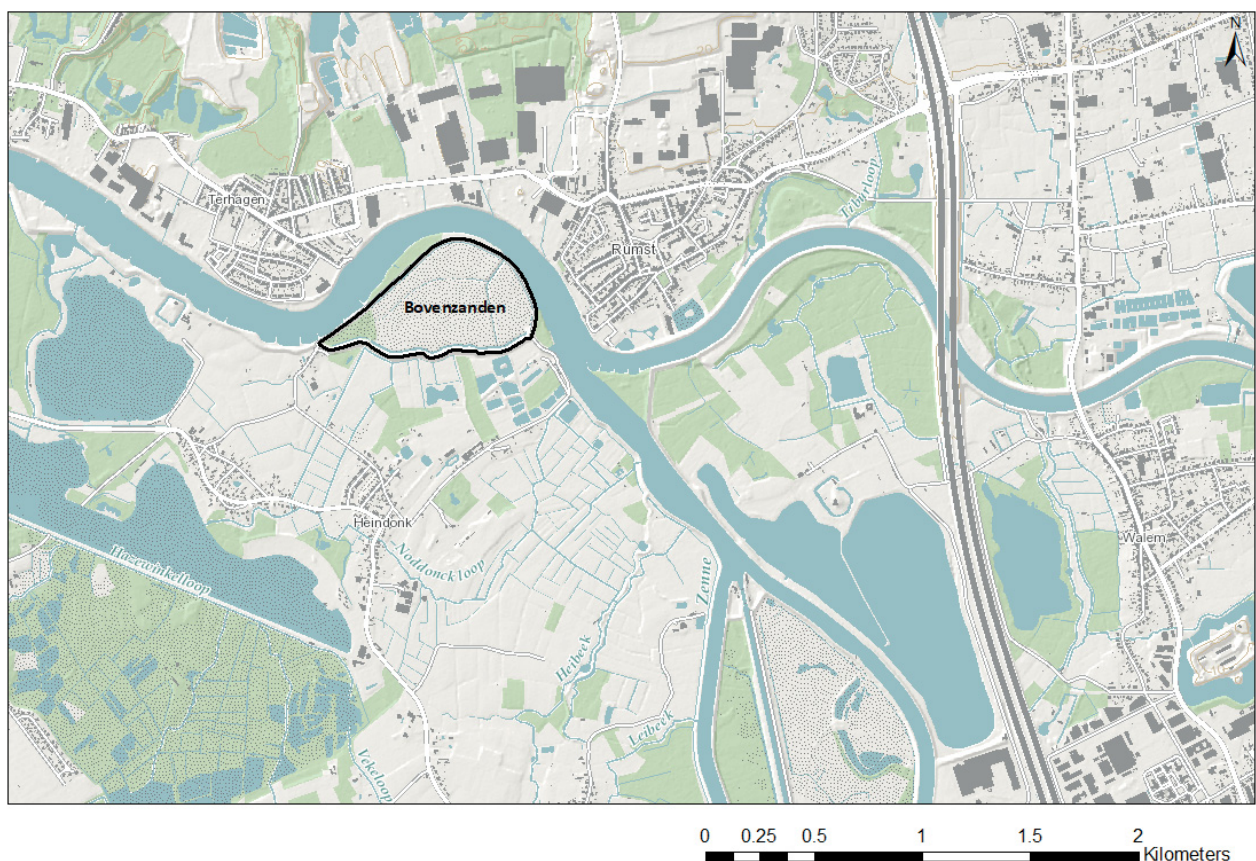
1 Inleiding

1.1 Kader

Het bestaand GOG Bovenzanden (Figuur 1) zal in het kader van het Geactualiseerde Sigmaplan ingericht worden als gecontroleerd overstromingsgebied met gecontroleerd gereduceerd getij (GOG-GGG). Dit zal gerealiseerd worden door middel van de bouw van hoge inwateringssluizen. Hierbij kan ook de configuratie van de uitwateringssluizen aangepast worden, met de bouw van een gecombineerde in- en uitwateringssluis. De bestaande uitwateringssluizen zullen echter ook behouden blijven.

Voor de bouw van dijken elders werd besloten om een deel van de grond te winnen in Bovenzanden. Na deze ontginning zal het gebied omgevormd worden tot een GOG-GGG. De voorafgaande werken in Bovenzanden bieden een opportuniteit om de topografie aan te passen zodat met een minimaal aantal inwateringskokers een optimale overstromingsfrequentie bekomen kan worden.

Figuur 1 – Situering GOG Bovenzanden



1.2 Doelstelling

Door De Vlaamse Waterweg nv, Afdeling Zeeschelde-Zeekanaal werd aan het WL gevraagd om een voorstel op te maken voor de configuratie van een gecombineerde in- en uitwateringssluis voor GOG-GGG Bovenzanden. Voor de GOG-uitwatering dient rekening gehouden te worden met de randvoorwaarden zoals gesteld bij het ontwerp van uitwateringsconfiguraties van andere Sigmagebieden. Voor de GGG-inwatering dient gezocht te worden naar een optimale combinatie tussen de topografie van het gebied en een zo klein mogelijke inwateringssluis.

1.3 Opbouw van het rapport

Hoofdstuk 2 bespreekt de optimalisatie van de uitwatering van GOG Bovenzanden.

Hoofdstuk 3 behandelt de GGG-werking in Bovenzanden.

In hoofdstuk 4 wordt de combinatie van de GOG-uitwatering en GGG-inwatering getoetst.

Hoofdstuk 5 besluit met de conclusies.

2 GOG-uitwatering

2.1 Methodologie

Het doel van de optimalisatie van de GOG-uitwatering is het realiseren van een maximale lediging na GOG-vulling met een minimaal aantal uitwateringskokers met standaardafmetingen van 3m x 2,2m. Als maatstaf voor het leeglopen van het GOG wordt gekeken naar:

- *Het verschil tussen het waterpeil in de Zeeschelde bij laagwater (LW) en het laagste waterpeil in het gebied (net opwaarts de uitwateringskokers), direct na dit LW in de Zeeschelde.*
- *De tijd (vertraging) tussen het LW in de Zeeschelde en het laagste waterpeil in het gebied direct na dit LW in de Zeeschelde.*

Om de effectiviteit van verschillende uitwateringsconfiguraties te vergelijken worden telkens twee uitwateringssituaties geëvalueerd, nl. een T4000-vulling gevolgd door 1) lage (niet-verhoogde) laagwaters en 2) twee opeenvolgende hoge laagwaters. Bij een hoog laagwater mag het verschil tussen het rivierpeil en GOG-peil niet groter zijn dan 50 cm. Ingeval van lage laagwaters moet minstens bij het tweede opeenvolgende laagwater het waterpeil in het GOG, het waterpeil in de Zeeschelde volgen of gedaald zijn tot maaiveldhoogte. Er wordt hierbij vanuit gegaan dat een laag laagwater niet gevolgd kan worden door een gevaarlijk stormtij.

De keuze van een T4000-vulling van een GOG volgt uit de MKBA studie van het Sigmaplan (Smets et al., 2005) waarin zeker vanaf T4000 niet langer verondersteld wordt dat alle Sigmadijken hun waterkerende functie behouden tengevolge van overschrijding kruinhoogte en/of grondmechanisch falen.

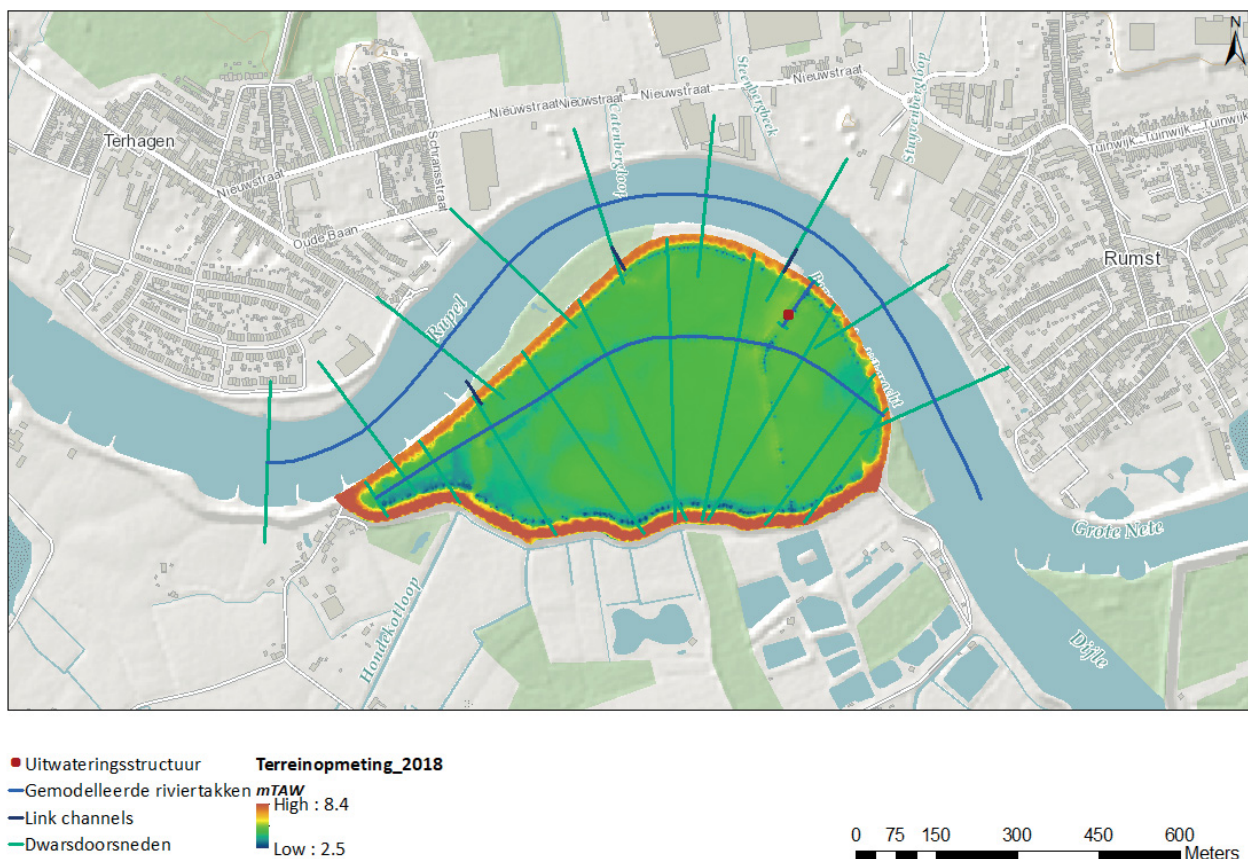
Bij de optimalisatie wordt gezocht naar het minimaal benodigd aantal kokers (3m x 2,2m) voor de uitwatering. Hierbij wordt beroep gedaan op gebiedsmodellen.

2.2 GOG-gebiedsmodel

Voor de simulaties voor de optimalisatie van de GOG-uitwatering wordt gebruik gemaakt van een 1D-numeriek model van het gebied¹ (Figuur 2). Dit model bestaat uit één riviertak van de Rupel, met dwarsdoorsneden afgeleid uit bathymetrische opmetingen van 2014, en één riviertak in het gebied met dwarsdoorsneden afgeleid uit terreinopmetingen van 2018. Deze riviertakken zijn verbonden door 'link channels' of overlaten die de overlooptijk voorstellen en 'culverts' of kokers die de uitwateringsconstructies voorstellen. Bijkomend is er één riviertak met fictieve dwarsdoorsneden die fungeert als gracht nabij de in- en uitwateringsconstructie. Bij de simulaties voor optimalisatie van de GOG-uitwatering werd nog geen rekening gehouden met aanpassingen van de topografie. Dit is wel gebeurd bij het doorrekenen van de gecombineerde in- en uitwateringsconfiguratie (zie hoofdstuk 4).

¹ Versiebeheer: https://wl-subversion.vlaanderen.be/svn/repoSpNumMod/MIKE11/Sigma/SIGMA20190312_18_011 revisie 3460

Figuur 2 – 1D-numeriek model GOG Bovenzanden



2.3 GOG-uitwatering

Er wordt gekeken naar het verschil in uitwatering wanneer GOG-vulling (bij T4000) gevolgd wordt zowel door een hoog laagwater (meest realistisch), als door een laag laagwater (minst waarschijnlijk). Hieruit kan afgeleid worden of het waterpeil in het GOG, het waterpeil in de Rupel voldoende snel volgt, volgens bovenstaande criteria.

De bestaande uitwatering van GOG Bovenzanden bevat twee kokers van circa 1,4 m x 1,4 m met een drempelpeil op TAW +2,5 m. Met deze uitwatering kan niet voldaan worden aan de vooropgestelde criteria.

Rekening houdend met een gemiddeld laagwater te Walem van TAW +0,43 m, en om aanslibbing van de kokers te voorkomen, dienen de kokers voldoende hoog geplaatst te worden, doch beduidend lager dan het maaiveld in het gebied (~TAW +4,3 m).

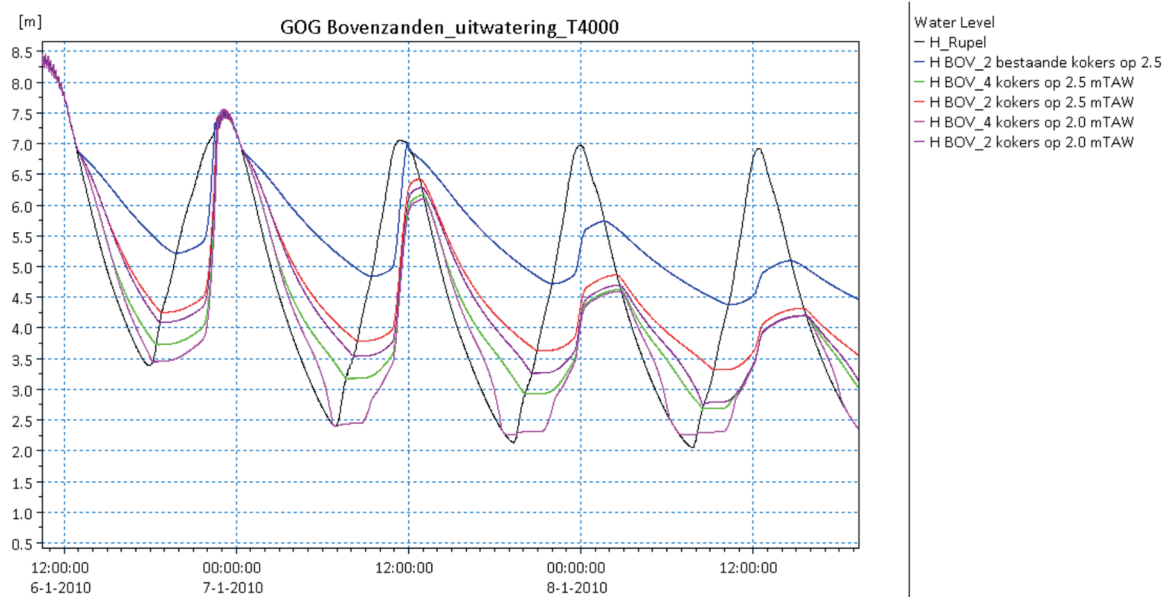
Er wordt gekeken naar uitwateringskokers met een drempelpeil op TAW +2,0 m en +2,5 m.

Bemerkt dat bij het ontwerp van de optimale inwateringsconfiguratie, de GOG-uitwateringsconfiguratie nog aangepast worden om te passen in een gecombineerde in- en uitwateringsconstructie (zie hoofdstuk 4).

2.3.1 Verhoogde laagwaters

Wanneer twee extra kokers geplaatst worden op TAW +2,5 m of TAW +2,0 m is het verschil tussen het waterpeil bij het eerste laagwater in het GOG en in de Rupel groter dan 0,50 m, en bij het tweede laagwater zelfs groter dan een meter (zie Tabel 1). Wanneer vier extra kokers geplaatst worden op TAW +2,5 m of TAW +2,0 m is het verschil tussen het waterpeil bij het eerste laagwater in het GOG en in de Rupel kleiner dan 0,50 m. Het waterpeil in het GOG is lager dan het maaiveld. Wanneer de vier kokers op TAW +2,0 m geplaatst worden, daalt het laagwaterpeil in het GOG tijdens zowel het eerste als het twee laagwater tot gelijke hoogte met het laagwaterpeil in de Rupel.

Figuur 3 – Waterpeil Rupel en GOG Bovenzanden bij uitwatering bij hoog laagwater na T4000-stormhoogwater bij verschillende uitwateringsconfiguraties



Tabel 1 – Laagwaterpeil in GOG Bovenzanden na 2^{de} hoog laagwater (= TAW +2,4 m) na T4000-vulling bij verschillende uitwateringsconfiguraties

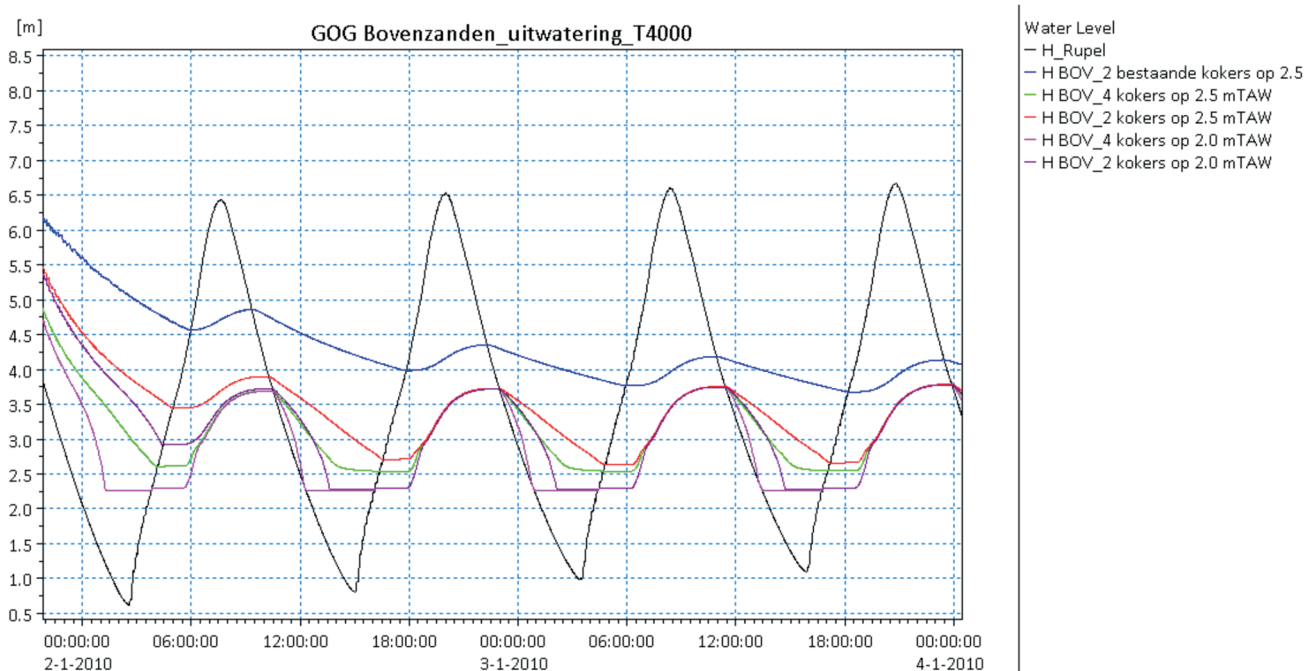
	Drempelpeil = TAW +2,0 m	Drempelpeil = TAW +2,5 m
2 bestaande kokers		TAW +4,9 m
2 extra kokers	TAW + 3,5 m	TAW +3,8 m
4 extra kokers	TAW + 2,4 m	TAW + 3,2 m

2.3.2 Niet-verhoogde (of lage) laagwaters

Wanneer twee of vier uitwateringskokers geplaatst worden op TAW +2,5 m of TAW +2,0 m daalt het waterpeil in het GOG bij het eerste laag laagwater tot onder het maaiveldniveau (Figuur 4 en Tabel 2). Bij het tweede laagwater daalt het waterpeil in het GOG tot net boven de drempel van de uitwatering, uitgezonderd bij een configuratie met twee kokers op TAW +2,5 m.

De weergegeven waterstanden in het GOG in de figuren zijn de waterstanden genomen net vóór de uitwateringsconstructie. Het afwateringssysteem in de polder is slechts rudimentair en arbitrair opgenomen in het model. Afhankelijk van het aangelegde grachtenstelsel zal het water sneller of trager tot bij de uitwateringsconstructie komen.

Figuur 4 – Waterpeil Rupel en GOG Bovenzanden bij uitwatering bij laag laagwater na T4000-stormhoogwater bij verschillende uitwateringsconfiguraties



Tabel 2 – Laagwaterpeil in GOG Bovenzanden na 2^{de} laag laagwater (= TAW +0,8 m) na T4000-vulling bij verschillende uitwateringsconfiguraties

	Drempelpeil = TAW +2,0 m	Drempelpeil = TAW +2,5 m
2 bestaande kokers		TAW +4,0 m
2 extra kokers	TAW + 2,3 m	TAW +2,7 m
4 extra kokers	TAW + 2,3 m	TAW + 2,6 m

3 GGG-inwatering

3.1 Methodologie

De toegepaste methodologie voor de inrichting van een gereduceerd getijdegebied wordt beschreven in (Coen *et al.*, 2009). In een meer recente studie omtrent gecombineerde in- en uitwateringsconstructies in gebieden met gecontroleerd gereduceerd getij in het kader van het Sigmaplan (Coen *et al.*, 2014) is een vergelijking gemaakt van de QH-relaties bekomen in de schaalmodelproeven en deze gebruikt in Mike11. Op basis van de resultaten van deze studie is voorgesteld de schematisatie van GGG-inwateringskokers in Mike11 te wijzigen. Voor schematisatie van de GGG-inwateringskokers wordt nu gebruik gemaakt van het modelement 'weir formula 2 (honma)' in Mike11. De parameter C_1 die hierbij toegepast wordt, is afgeleid uit schaalmodelproeven uit bovenstaande studie. Bij de schaalmodelproeven werd echter geen rekening gehouden met invloeden van vuilroosters, contractieverliezen of de aanwezigheid van een tussenschot in de inwateringskokers. Parameter C_1 kan variëren naargelang de overstorthoogte en de geometrie van de inwateringssluis. Daarom wordt steeds met twee uiterste waarden te gerekend. Op deze wijze wordt een bereik bepaald waarbinnen het instromend debiet en volume, en aldus de waterhoogte in het gebied kan variëren.

Door UA werd een advies opgesteld betreffende de inrichting van GOG-GGG Bovenzanden (Maris *et al.*, 2019). Bij verdere verwijzing naar UA in dit rapport, wordt naar dit advies verwezen.

Van de randvoorwaarden voor een optimale GGG-werking, afgeleid door de UA, zal de overstromingsfrequentie het meest bepalend zijn voor het gecreëerde habitat. Het algemene principe is hier het creëren van een zo ruim mogelijke variatie aan intertidale zones in elk gebied, zodat elk gebied op zich een functioneel ecosysteem kan vormen.

Op basis van getijregimes op natuurlijke schorren, resultaten van het getij in het pilootproject Lippenbroek en monitoring van overstromingsregimes en vegetatieontwikkeling worden volgende richtwaarden voor overstroomde oppervlakte gevolgd voor het creëren van een divers slik-schor ecosysteem:

- Maximaal 15% van de oppervlakte per site overspoelt bij gemiddeld doottij. Deze zone, met een overstromingsfrequentie (IF) van 100%, is de zone met permanent water. Het zijn de kreekaanzetten en lokale depressies die zich met grote waarschijnlijkheid ontwikkelen tot een slikkensysteem met geulen. Slechts een kleine oppervlakte hiervan, nabij de sluisen, zal permanent water blijven behouden, wat van belang kan zijn voor een aantal vissoorten.
- Tussen 40% en de 60% van de oppervlakte per site overspoelt bij gemiddeld tij. In de zone tussen IF = 100% en IF = 50% (overstroomd vanaf gemiddeld hoogwater) heersen de juiste condities voor een geleidelijke overgang van slikken naar jonge schorren en voor het ontstaan van jonge schorren.
- Minimaal 85% van de oppervlakte per site overspoelt bij gemiddeld springtij. De locaties die enkel overstroomd bij springtij vormen het uitgangspunt voor de ontwikkeling van schorren. Indien gebiedsspecifieke topografische kenmerken, zoals bijvoorbeeld de aanwezigheid van een hoge rug, een te groot aantal kokers vereisen om dit percentage te realiseren, wordt gezocht naar een compromis. Specifiek voor Bovenzanden zal het hoger gelegen beboste westelijk deel niet meegenomen worden in het beoordelen van de GGG-werking. Doordat deze zone, in tegenstelling tot rest van Bovenzanden, niet afgegraven wordt is het niet haalbaar om ook hier gewenste overstromingsfrequenties te bekomen. Het afgraven van Bovenzanden maakt het mogelijk om het reliëf zo te optimaliseren dat volstaan kan worden met een kleine inwateringssluis.
- Quasi 100% van de oppervlakte bij een extreem springtij (niet-stormtij) (3/jaar). Voor Bovenzanden zit de eerder vermelde hoger gelegen zone in het westen van het gebied hier niet bij vervat.

3.2 Aanpassing topografie en inrichting Bovenzanden

Voor de aanleg van ringdijken en overloopdijken van andere GOG-gebieden zal grond gewonnen worden in Bovenzanden. Er zal een volume grond van circa 218000 m³ verwijderd worden. De uitvoering van graafwerken in het gebied biedt de mogelijkheid om de topografie aan te passen zodat met een minimaal aantal inwateringskokers een optimale overstromingsfrequentie bekomen kan worden. Er werd door de opdrachtgever een aangepast DHM aangeleverd waarin deze hoeveelheid reeds uitgegraven is. Op basis van dit DHM werd een oppervlakte-hoogterelatie van het gebied afgeleid. Deze oppervlakte-hoogterelatie werd verder aangepast rekening houdend met de instromende volumes water door drie kokers met een drempelpeil op TAW +4,6 m, en met behoud van volume onder TAW +8,0 m. Hiervoor werd reeds een eenvoudig gebiedsmodel van GGG-Bovenzanden opgesteld (zie verder).

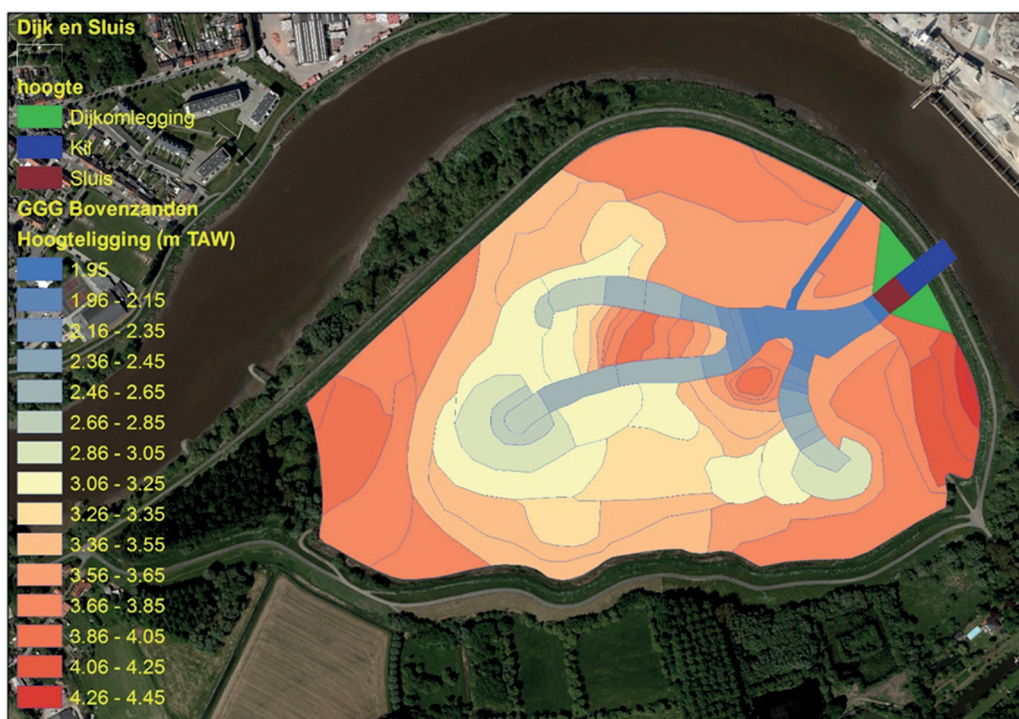
De aanpassing van de oppervlakte-hoogterelatie vertaalt zich in topografie naar:

- Het uitgraven van een diepere zone tussen TAW +2,0 en 2,7 m met een oppervlakte van circa 15000 m² op TAW +2,6 m en 23000 m² op TAW +2,7 m;
- Het verkleinen van de oppervlakte met hoogte tussen TAW +2,8 en 3,7 m. Dit komt overeen met ophogen, zodat een plateau gecreëerd wordt dat overspoeld wordt bij gemiddeld getij;
- Het gedeeltelijk afgraven van de gebieden tussen TAW +3,8 en 5,1 m; waardoor de oppervlakte vergroot die overstroomd wordt bij springtij.

Op basis van deze oppervlakte-hoogterelatie werd door de UA een voorstel opgemaakt voor de toekomstige topografie in het gebied, rekening houdend met de ecologische randvoorwaarden (Figuur 5).

Bijkomend wordt in het voorstel van de UA een grote, ruime kil of inham voorzien aan de Rupelzijde. De sluis wordt enkele tientallen meters landinwaarts verplaatst ten overstaan van de huidige dijk. De afstand tussen de woelkom aan de binnenzijde van het gebied en de Rupel bedraagt een kleine 100 m. Na aftrek van de sluislengte blijft een lange kil over van meer dan 50 meter. De breedte van de kil ligt tussen 25 en 30 m in de voorstel.

Figuur 5 – Planvoorstel UA betreffende de toekomstige topografie van GOG-GGG Bovenzanden

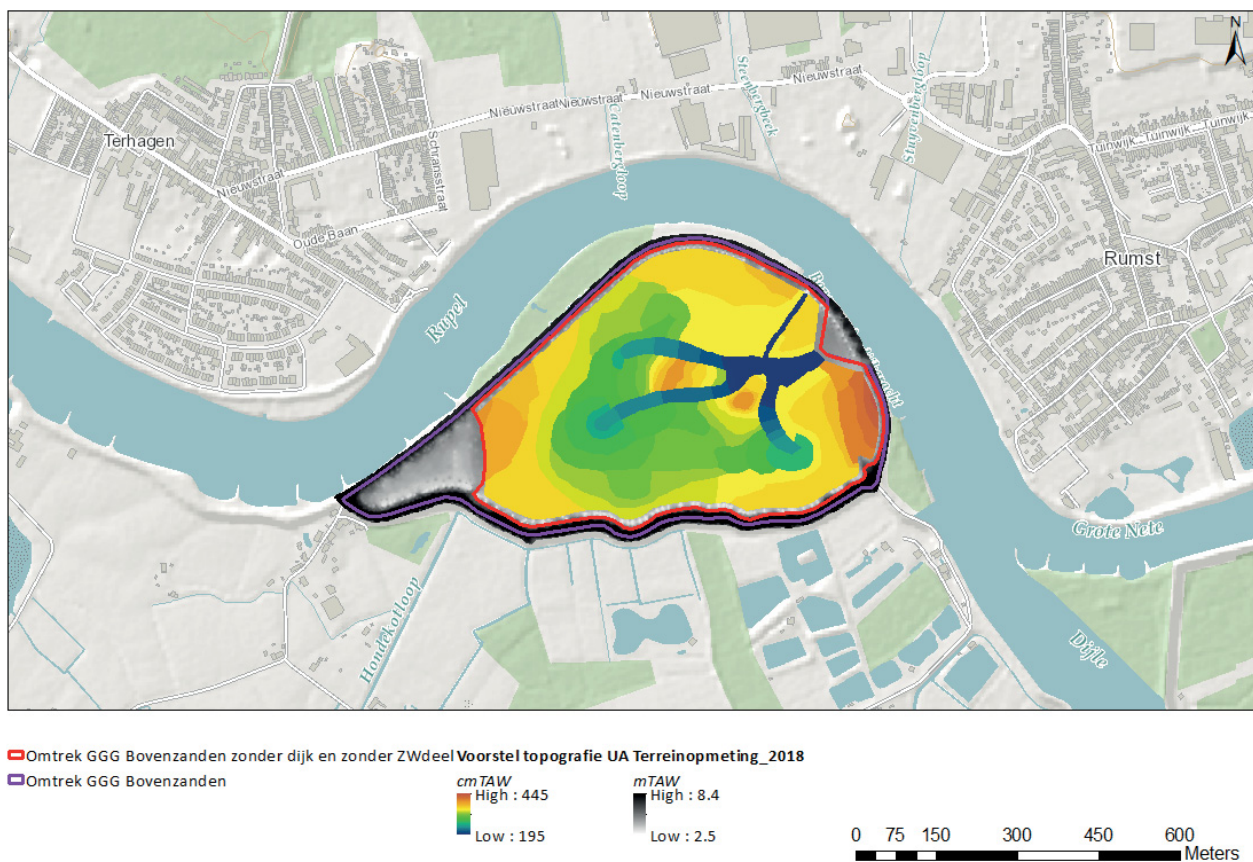


3.3 Afbakening van de polder

Bovenzanden heeft een totale oppervlakte van circa 33 ha. Het maaiveld ligt, in de huidige situatie, gemiddeld op TAW +4,3 m. In de voorgestelde toekomstige situatie loopt het maaiveld op van circa TAW +2,5 m tot TAW +3,5 m.

Na aftrek van een zone voor de ringdijk, de kil en het hoger gelegen zuidwestelijk deel van het gebied blijft circa 28 ha beschikbaar voor creatie van estuariene natuur. Deze oppervlakte moet circa 3 keer per jaar overstromen bij extreem springtij om een goede GGG-werking te bekomen.

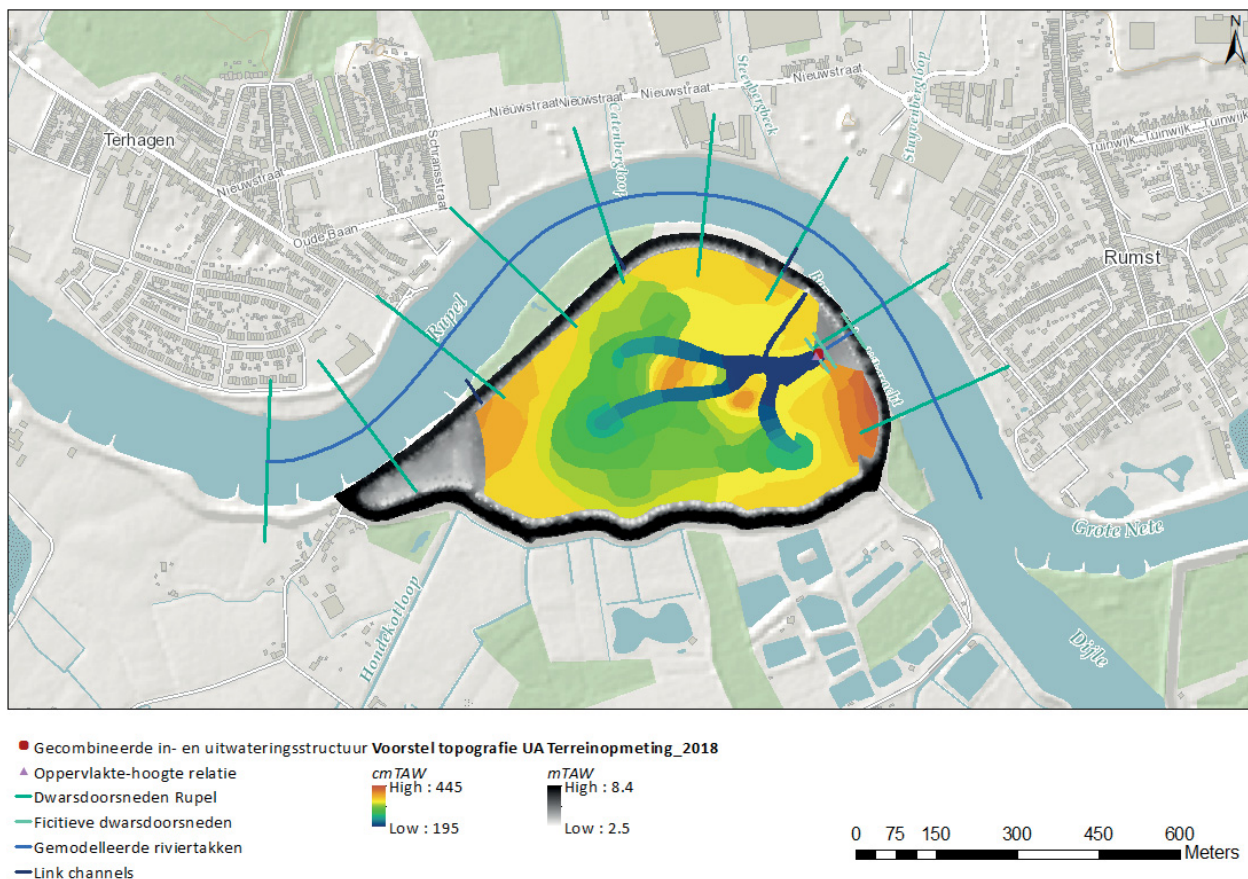
Figuur 6 – Afbakening polder GGG Bovenzanden



3.4 Opbouw van het numerieke model

Om optimaal rekening te houden met het bergingsvolume in het gebied wordt een gebiedsmodel² opgemaakt waarin GGG Bovenzanden geïmplementeerd wordt als reservoir of bak op basis van de nieuwe opgestelde oppervlakte-hoogterelatie. Naast een riviertak voor de Rupel, wordt in het model één fictieve riviertak opgenomen om de verbinding te maken tussen de Rupel en het GGG, als gracht of sluiskil.

Figuur 7 – 1D-model GGG Bovenzanden



² Versiebeheer: https://wl-subversion.vlaanderen.be/svn/repoSpNumMod/MIKE11/Sigma/SIGMA20190312_18_011
 revisie 3460

3.5 Referentiegetijden

Als randvoorwaarde van het Rupelpeil wordt voor de GGG-werking het jaar 2016 als referentiejaar gebruikt. Voor het rapporteren van de instromende volumes worden 'referentiegetijden' gebruikt. Tabel 3 geeft een overzicht van referentiegetijden, op basis van tijwaarnemingen 2001-2010 voor meetpost Walem, met bijhorende volumes en streefpeilen berekend op basis van de aangepaste topografie.

Tabel 3 – Gewenste overstromingspercentages en bijhorende inwateringsvolumes voor GGG-werking te Bovenzanden

	Criterium	Rupelpeil (m TAW)	Periode	Polderpeil* (mTAW)	Volume (m³)
HW Gem. Doodtij	<15%	5.01	05/01/2016 09:30 – 05/01/2016 22:30	< 3.1	< 13200
HW Gem.	40-60%	5.54	19/12/2016 18:30 – 19/12/2016 07:00	3.5 – 3.7	54800 – 67800
HW Gem. Springtij	>85%	5.92	04/07/2016 14:00 – 05/07/2016 2:30	> 3.8	> 120000
HW HST (3x/jaar)	>99%	6.56	13/01/2016 3:00 – 13/01/2016 15:30	> 5.2	153000

*Polderpeilen op basis van aangepaste oppervlakte-hoogterelatie

3.6 Verwachte getijwerking in Bovenzanden via 3 hoge inwateringssluizen

Bij het ontwerp van de inwateringsconstructie moet bijsturing van de drempelhoogtes mogelijk blijven. Dit laat toe zich aan te passen aan op het terrein veranderende omstandigheden (adaptief beheer). Zo kunnen éénmalig, meermaals en/of continue op het terrein de gewenste overstromingspercentages (bij een gegeven getij) worden verwezenlijkt.

Door aanpassing van de topografie van het gebied is het mogelijk de gewenste overstromingspercentages te bekomen met een configuratie met drie inwateringssluizen. De simulaties aangaande de verwachte getijwerking in Bovenzanden werden uitgevoerd uitgaande van de sluis- en schotbalkconfiguratie bestaande uit drie inwateringskokers met een vloerpeil op TAW +4,5 m, en een drempelpeil op TAW +4,6 m, en met de contour van het gebied zoals weergegeven in Figuur 6.

3.6.1 Locatie in- en uitwateringsconstructie

Als positie voor de sluis wordt, door de UA, een locatie in de stroomopwaartse zone waar het slik en schor voor de dijk het smalst zijn als beste optie voorgesteld (zie Figuur 7).

3.6.2 Inwatering via hoge inwateringssluizen

Tabel 4 toont het percentage overstroomde oppervlakte in GGG Bovenzanden voor een configuratie met drie inwateringskokers bij de referentiegetijden.

Tabel 4 – Percentage overstroomde oppervlakte in GGG Bovenzanden bij de referentiegetijden voor 3 kokers

Aantal kokers	Kokerconfiguratie	Overstromingspercentage				Verschil %HST-%DT
		DT	MT	ST	HST	
3	Drempelpeil op TAW +4.6 m	9 – 10	45 – 50	83 – 86	96-97	87-88

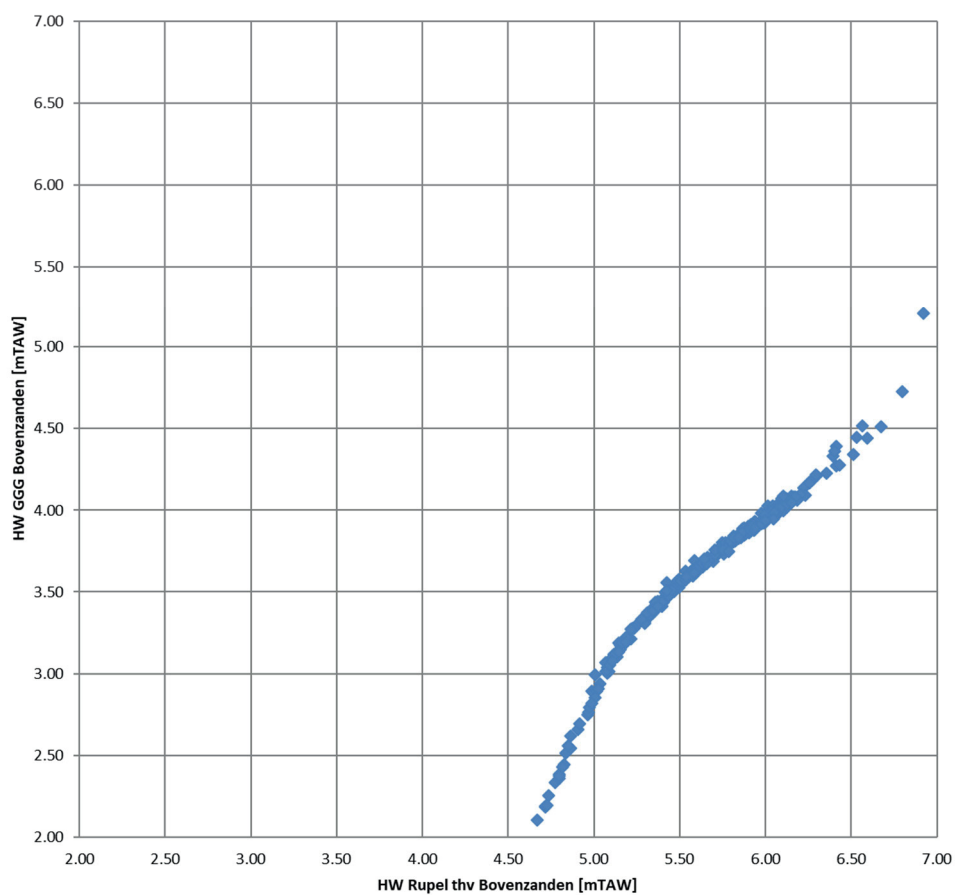
Voorgesteld wordt om 3 kokers, met een breedte van 3,0 m en een hoogte van 2,2 m; te plaatsen met een vloerpeil op TAW +4,5 m en een schotbalk van 10 cm om adaptief beheer toe te laten.

3.6.3 Gereduceerd getij

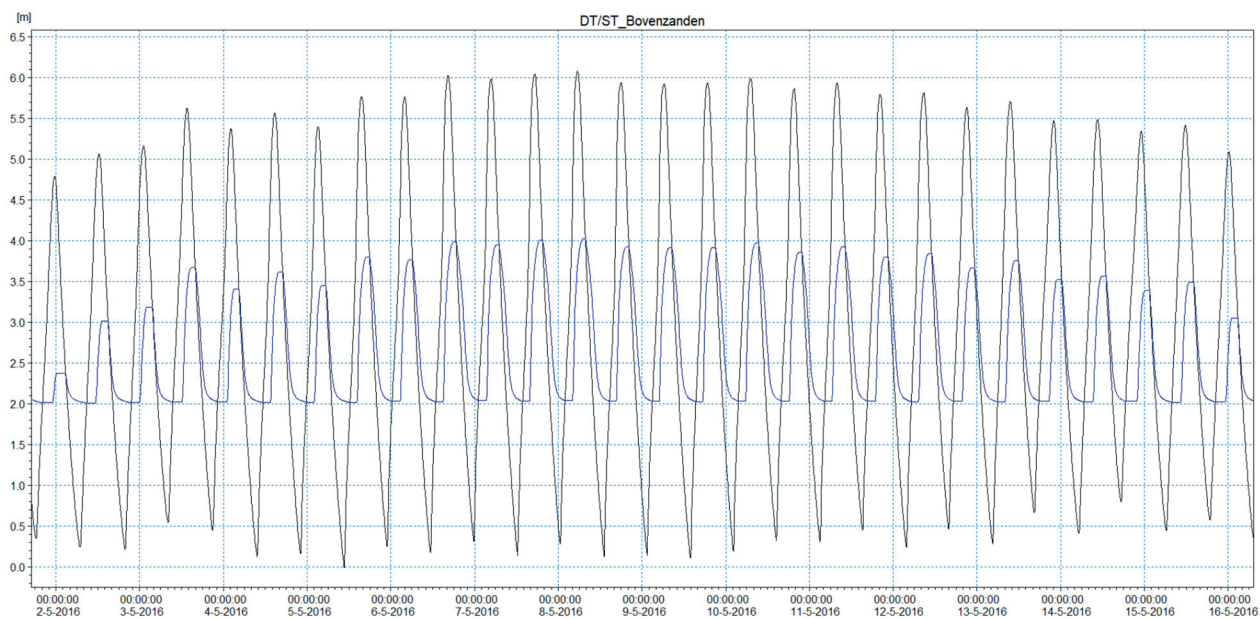
De waarden van het gereduceerd getij in Bovenzanden worden berekend met het 1D-model, meer bepaald met de specifieke referentiegetijden geselecteerd voor DT, MT, ST en HST als input.

Volgende figuren geven de hoogwaterpeilen in de Rupel versus de hoogwaterpeilen in het GGG (Figuur 8), de verwachte DT/ST-variatie in het GGG (Figuur 9), het gereduceerd getij ten opzichte van de hoogteverdeling in het GGG (Figuur 10), het gereduceerd getij in een dwarsdoorsnede in het middenste gedeelte van het GGG (Figuur 11).

Figuur 8 – HW Rupel versus HW Bovenzanden

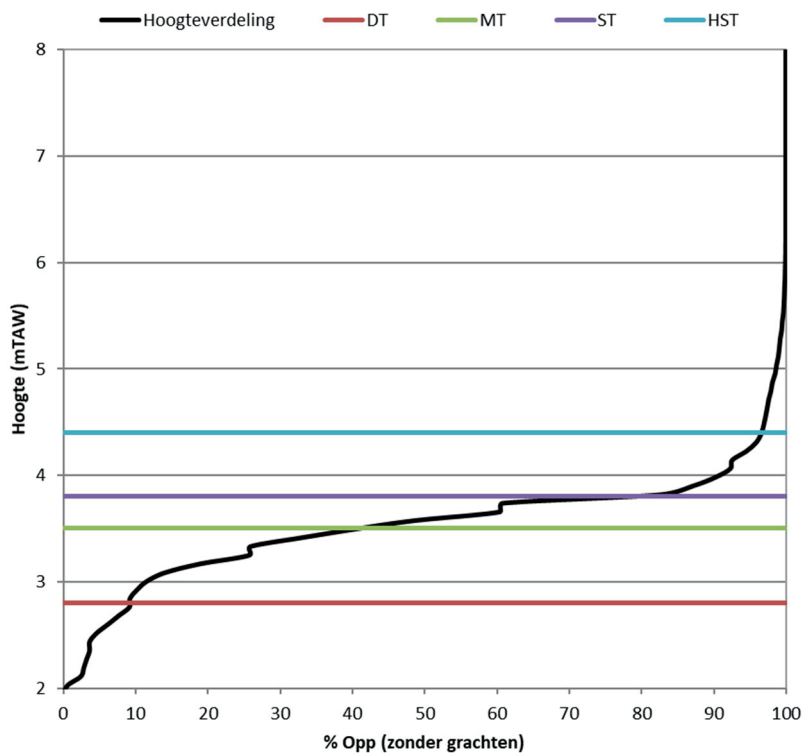


Figuur 9 – Verwachte DT/ST-variatie in GGG Bovenzanden

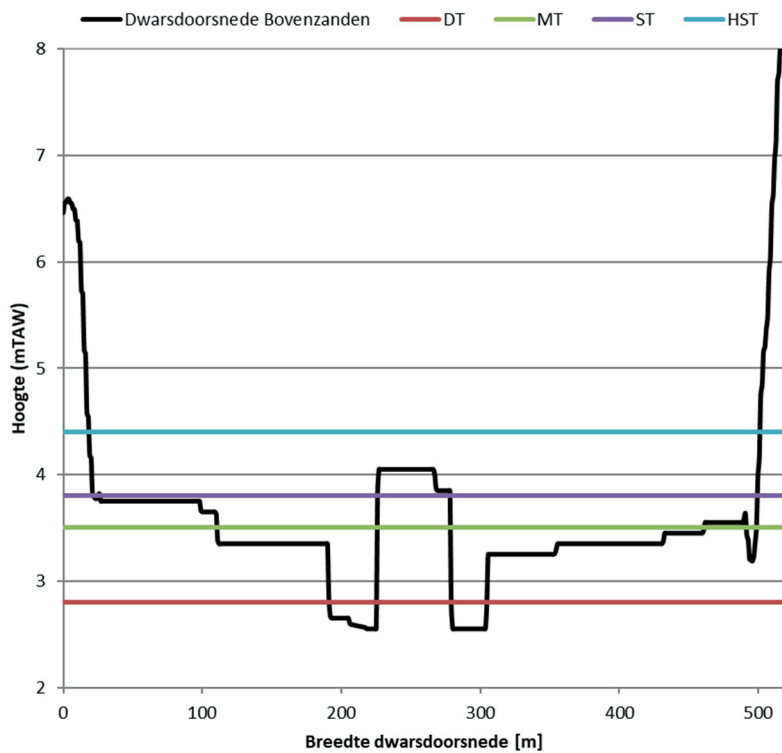


Zwart: waterpeil Rupel; blauw: waterpeil GGG Bovenzanden

Figuur 10 – Verwacht gereduceerd getij ten opzichte van hoogteverdeling in GGG Bovenzanden

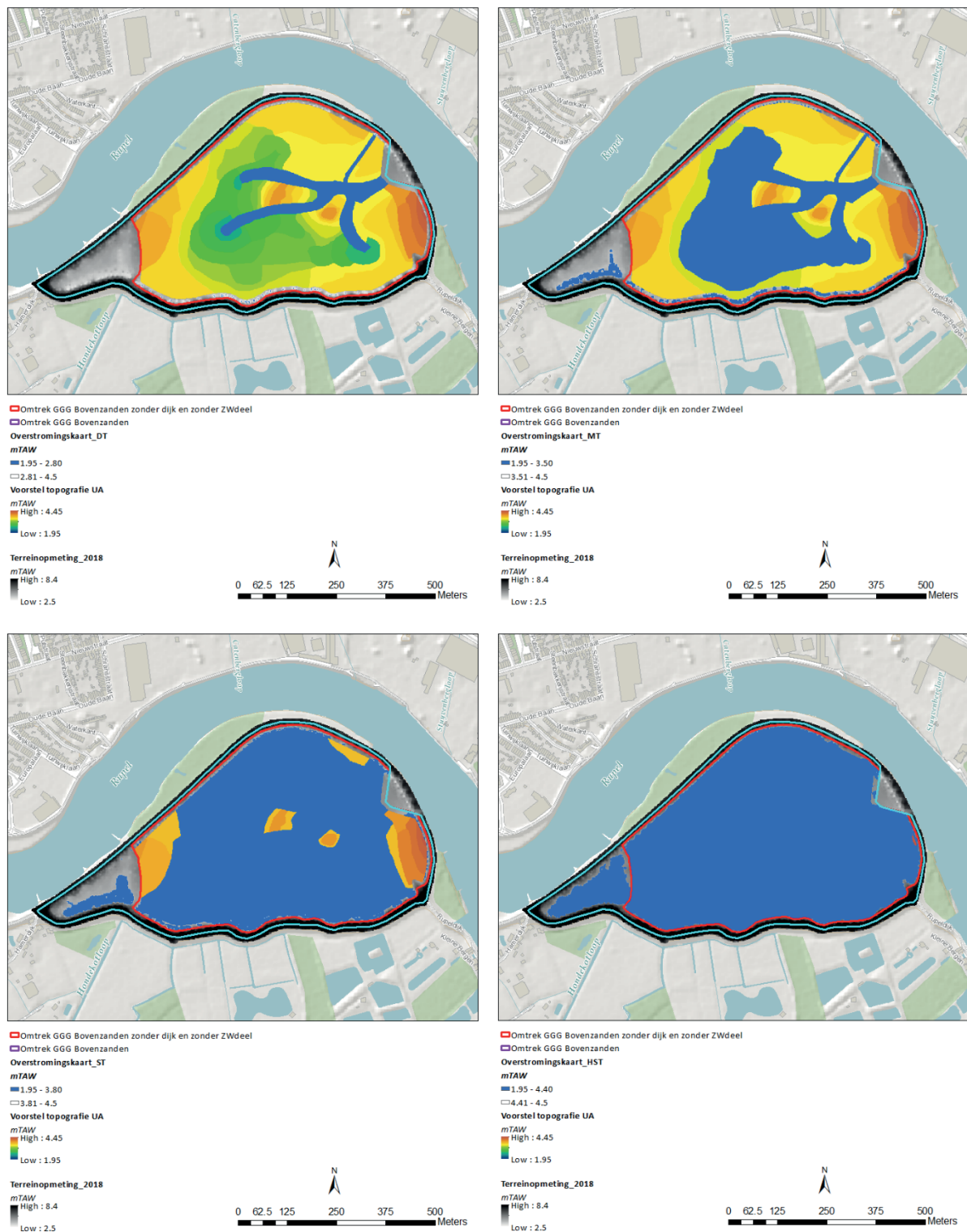


Figuur 11 – Verwacht gereduceerd getij in een dwarsdoorsnede van GGG Bovenzanden



Volgende figuren geven aan welke delen van het GGG-gebied overstromen bij de verschillende referentiegetijden.

Figuur 12 – Verwachte overstroming van GGG Bovenzanden



linksboven: DT; rechtsboven: MT; linksonder: ST; rechtsonder: HST

3.6.4 Stagnante fase

De stagnante fase, of het stilstaand water tussen in- en uitwatering, is onvermijdelijk in een GGG. Bij gemiddeld getij kent de stagnante fase in GGG Bovenzanden een duur van circa 3 uur.

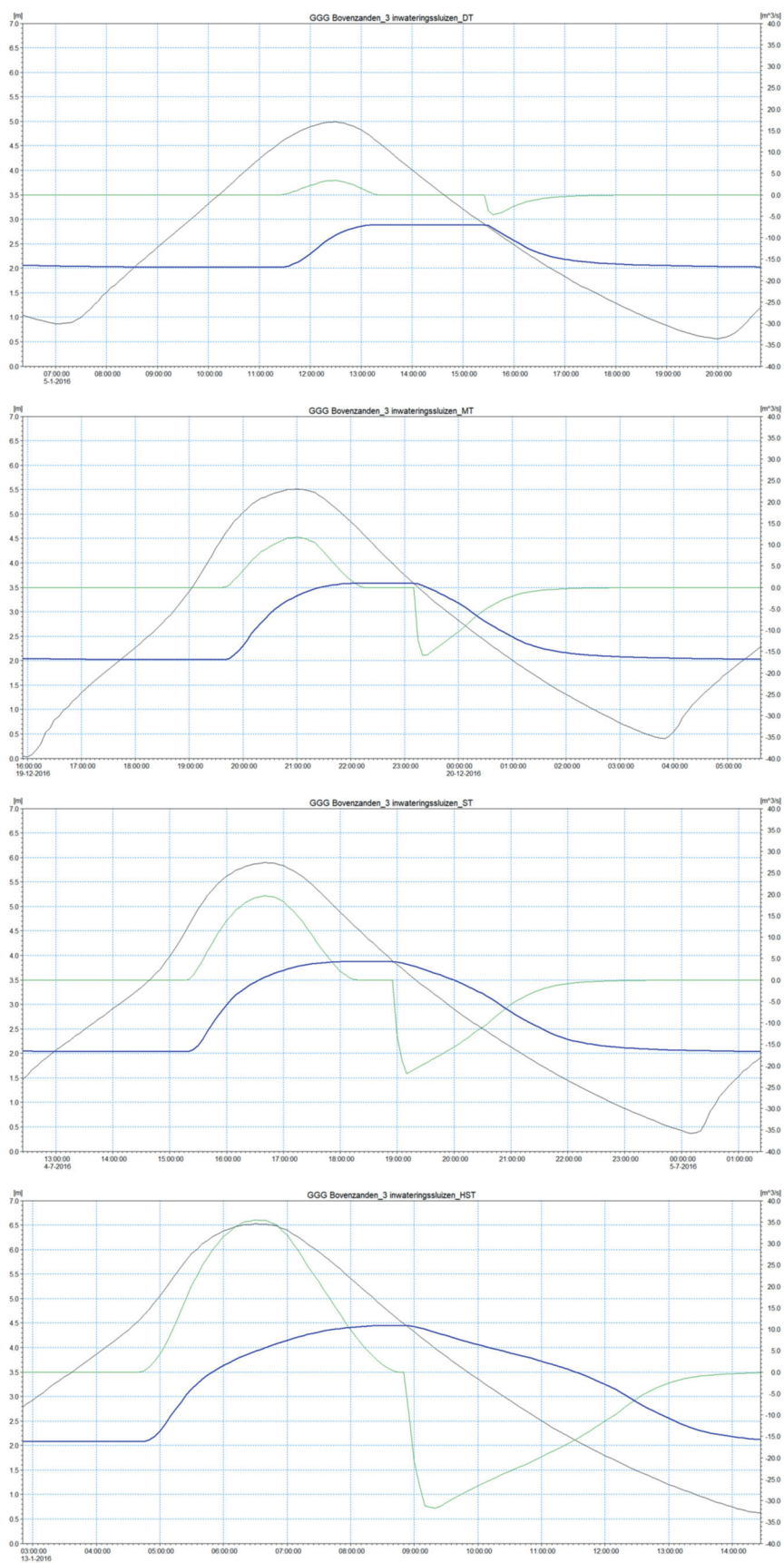
3.6.5 Instromend debiet

In onderstaande tabel en figuren worden de instromende debieten bij de verschillende referentiegetijden weergegeven, samen met de waterpeilen in de Zeeschelde en in het GOG-GGG. Het maximum instromend debiet bij doodtij bedraagt circa 3,5 m³/s, terwijl dit bij hoog springtij meer dan 35 m³/s bereikt. De spreiding op de berekende waterpeilen werd bekomen met gebruik van verschillende waarden voor parameter C₁ (zie §3.1).

Tabel 5 – Verwacht gereduceerd getij in Bovenzanden bij de referentiegetijden en bijhorende overstromingspercentages, instromende piekdebieten en instromend volume op basis van modelresultaten

	Waterpeil [mTAW]	Overstromings- percentage [%]	Instromend piekdebiet [m³/s]	Instromend volume [m³]	% tov beschikbare berging
DT	2.8 – 2.9	9 – 10	3 – 3.5	12000 - 13000	0.6 – 0.7
MT	3.5 – 3.6	45 - 50	11 - 12	58000 - 65000	3.0 – 3.5
ST	3.8 – 3.9	83 - 86	18 – 20	110000 – 122000	5.5 – 6.5
HST	4.4 – 4.5	96 - 97	33 - 36	260000 - 280000	14 – 15

Figuur 13 – Instromend debiet in GGG Bovenzanden bij de referentiegetijden



zwart: waterpeil Rupel [mTAW]; blauw: waterpeil Bovenzanden [mTAW]; groen: debiet door kokers [m³/s]

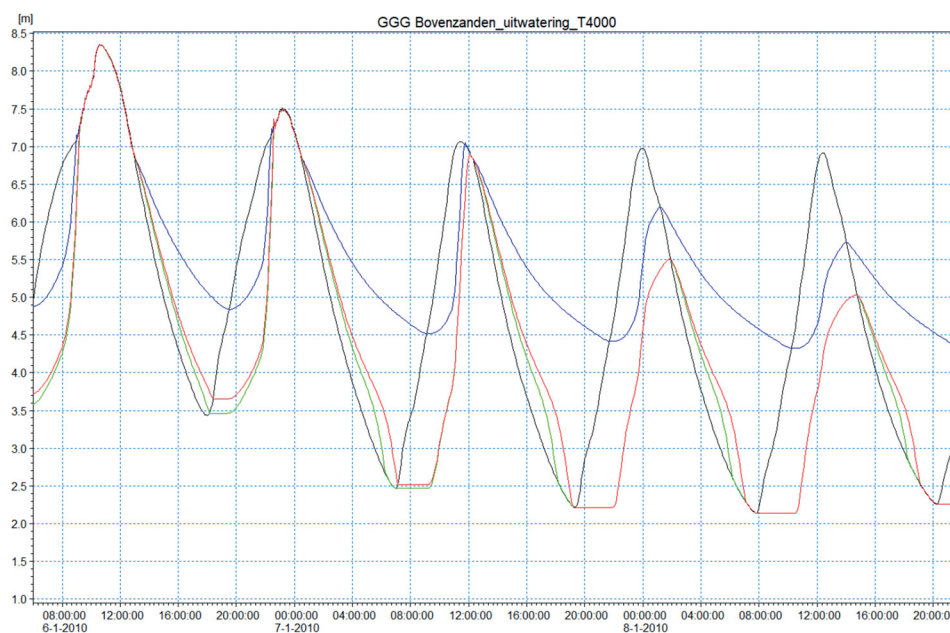
4 Combinatie GOG-uitwatering en GGG-inwatering

In een gecombineerde in- en uitwateringsconstructie met GGG-inwateringskokers op TAW +4,5 m dienen de uitwateringskokers op TAW +1,9 m geplaatst te worden wanneer gewerkt wordt met de standaard uitwateringskokers met een hoogte van 2,2 m en een breedte van 3 m.

Met drie standaard uitwateringskokers onder de drie inwateringskokers, in combinatie met de bestaande uitwatering verloopt de uitwatering van het gebied zeer snel (zie Figuur 14 en Figuur 15). Dit is meer dan optimaal.

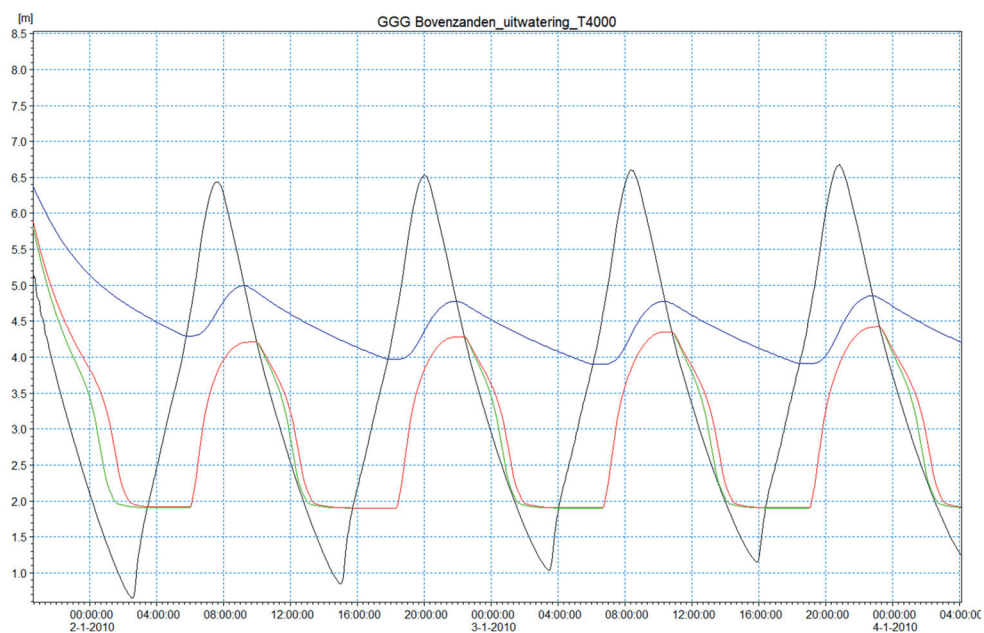
Ook met drie standaard uitwateringskokers onder de drie inwateringskokers zonder de bestaande uitwatering wordt voldaan aan de opgestelde criteria voor GOG-uitwatering.

Figuur 14 - Waterpeil Rupel en GOG-GGG Bovenzanden bij uitwatering bij hoog laagwater na T4000-stormhoogwater bij verschillende uitwateringsconfiguraties



Zwart: waterpeil Rupel; blauw: waterpeil Bovenzanden met 2 bestaande uitwateringskokers op TAW +2,5 m; groen: met 3 extra kokers op TAW +1,9 m; rood: met 3 kokers op TAW +1,9 m (zonder bestaande)

Figuur 15 - Waterpeil Rupel en GOG-GGG Bovenzanden bij uitwatering bij laag laagwater na T4000-stormhoogwater bij verschillende uitwateringsconfiguraties



Zwart: waterpeil Rupel; blauw: waterpeil Bovenzanden met 2 bestaande uitwateringskokers op TAW +2,5 m; groen: met 3 extra kokers op TAW +1,9 m; rood: met 3 kokers op TAW +1,9 m (zonder bestaande)

5 Conclusies

Uit de optimalisatie-oefening van de uitwatering van Bovenzanden blijkt dat het GOG voldoende snel uitwatert via twee uitwateringskokers met een drempel op TAW +2,0 m.

Voor de aanleg van ringdijken en overloopdijken van andere GOG-gebieden zal grond gewonnen worden in Bovenzanden. De uitvoering van graafwerken in het gebied biedt de mogelijkheid om de topografie aan te passen zodat met een minimaal aantal inwateringskokers een optimale overstromingsfrequentie bekomen kan worden. Bij de bepaling van het benodigde aantal inwateringskokers werd pragmatisch te werk gegaan, rekening houdend met de onzekerheid aangaande topografische evoluties en model foutenmarges, waarbij de voorgestelde kokerconfiguraties adaptief beheer ifv. zowel hydraulische (interactie GGG's, zeespiegelstijging, ...) en ecologische (kreekvorming, sedimentatie, ...) voortschrijdende inzichten moet toelaten. De aanpassingen van de drempelhoogte door aanpassing van de schotbalken dient zowel naar boven als beneden te kunnen gebeuren. Deze aanpak leidde voor GGG Bovenzanden tot 3 hoge inwateringskokers. Dit kokeraantal is nodig voor de maximalisatie van de doodtij/springtij-variatie en bijhorende minimale inwatering bij doodtij.

De combinatie van drie inwateringskokers en drie uitwateringskokers in één structuur vereist een lager drempelpeil van de uitwateringskokers, waardoor de uitwatering van het GOG ruim voldoet aan de vooropgestelde criteria.

Voorgesteld wordt om ingeval van een verwacht gevaarlijk stormtij de GGG-inwateringssluizen af te sluiten met het oog op het maximaal vrijwaren van de beschikbare restberging. De vulling van GGG Bovenzanden bedraagt bij een HST (net geen GOG-werking) zo'n 15% van de totale beschikbare bergingscapaciteit. Wanneer het nu tot vulling via de overloopdijk komt, dragen openstaande inwateringssluizen beperkt bij tot de afkomende werking van het GOG. Hierdoor is het verlies aan berging tengevolge van openstaande inwateringssluizen beperkt tot de instromende volumes voor- en na de periode van overtopping van de overloopdijken.

6 Referenties

Coen, L.; D'Haeseleer, E.; Verelst, K.; Pereira, F.; Peeters, P.; Mostaert, F. (2009). Studie ten behoeve van aanleg van overstromingsgebieden en natuurgebieden in het kader van het Sigmaplan - Ondersteunende studies: cluster Vlassenbroek. *WL Rapporten*, 713_15. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. 83 pp.

Coen, L.; Verelst, K.; Vercruysse, J.; Peeters, P.; Mostaert, F. (2014). Sigmaplan - gereduceerde getijdegebieden - schaalmodelproeven gecombineerde in- en uitwateringsconstructies: deelrapport 6. Aanpassing debiet/hoogte-relaties GGG-inwateringen in MIKE11 op basis van resultaten schaalmodelproeven. *WL Rapporten*, 00_075. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

Maris, T.; Baeten, S.; Meire, P. (2019). Bovenzanden - Advies bij de inrichting van het GOG-GGG. In opdracht van de Vlaamse Waterweg - bestek 16EI/14/51. Universiteit Antwerpen, Ecobe: Antwerpen

Smets, S.; Pereira, F.; Bulckaen, D. (2005). Sigmaplan. Maatschappelijke KostenBatenAnalyse: deelopdracht 1. Faserapport 2: Nulalternatief: waterstanden, overstromingskaarten, schade, slachtoffers en risico. Versie 2.0. Projectconsortium MKBA Sigmaplan. Resource Analysis: Antwerpen. IX, 38 + appendices pp.

DEPARTEMENT **MOBILITEIT & OPENBARE WERKEN**
Waterbouwkundig Laboratorium

Berchemlei 115, 2140 Antwerpen

T +32 (0)3 224 60 35

F +32 (0)3 224 60 36

waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be

www.waterbouwkundiglaboratorium.be