



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Directie Oost-Nederland

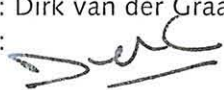
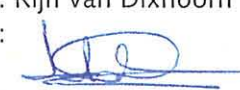
1484-61

Groene Rivier Pannerden

rivierkundige toets

26 april 2006

Colofon

Documenttitel	: Groene Rivier Pannerden Rivierkundige toets
Versie/status	: definitief
Auteur	: Anneke de Joode
Archiefnummer	: 057.25.2006001
Datum	: 26 april 2006
Project	: Groene Rivier Pannerden
Verantwoordelijke instantie	: Rijkswaterstaat Oost-Nederland
Uitgevoerd door	: Rijkswaterstaat Oost-Nederland onderafdeling Rivierkunde (ANSR)
Opdrachtgever	: Marc Doppenberg, DLG Dirk van der Graaf, RWS-ON
Projectleider	: Dirk van der Graaf
Paraaf, datum	:  1 mei 2006
Kwaliteitscontroleur	: Rijn van Dixhoorn
Paraaf, datum	:  1 mei '06

1.	Inleiding 7
2.	Rivierverruiming 9
2.1	PKB Projecttaakstelling 9
2.2	Methode 9
2.3	Resultaten 11
2.4	Samenvatting en conclusies 12
3.	Rivierkundige toets voor een ingreep in de huidige situatie (tot 2015) 13
3.1	Rivierkundige effecten 13
3.2	Methode 14
3.2.1.	Lokale opstuwing 14
3.2.2.	Afvoerverdeling over de splitsingspunten 14
3.2.3.	Stromingspatronen tijdens niet extreme hoogwaters 14
3.2.4.	Bodemligging en morfologie 15
3.3	Resultaten 15
3.3.1.	Lokale opstuwing 15
3.3.2.	Afvoerverdeling over de splitsingspunten 19
3.3.3.	Stromingspatronen tijdens niet extreme hoogwaters 20
3.3.4.	Kwalitatieve beoordeling van effecten op bodemligging en morfologie 26
3.4	Conclusie 28
3.4.1.	Lokale opstuwing 28
3.4.2.	Afvoerverdeling over de splitsingspunten 28
3.4.3.	Stromingspatronen tijdens niet extreme hoogwaters 28
3.4.4.	Kwalitatieve beoordeling van effecten op de morfologie 29
4.	Rivierkundige toets voor een ingreep in de situatie na 2015 30
4.1	PKB Ruimte voor de Rivier 30
4.2	Methode 30
4.2.1.	Lokale opstuwing 30
4.2.2.	Afvoerverdeling over de splitsingspunten 30
4.3	Resultaten 31
4.3.1.	Lokale opstuwing 31
4.3.2.	Afvoerverdeling over de splitsingspunten 33
4.4	Conclusie 33
4.4.1.	Lokale opstuwing 33
4.4.2.	Afvoerverdeling over de splitsingspunten 33
5.	Aandachtspunten 34
6.	Referenties 36
7.	Bijlagen 37

Bijlage A	specificaties berekeningen	39
Bijlage B	Keuzes schematisering Rijnwaarden:	43
Bijlage C	Bepalen afvoer door duiker (barrier)	45
Bijlage D	Verschillen in schematisering eerdere berekeningen (Svasek) en huidige berekeningen (RWS-ON, Rivierkunde)	47

1. Inleiding

Het voorliggende rapport beschrijft (resultaten van) de rivierkundige toets voor het inrichtingsplan Groene Rivier Pannerden.

De Groene Rivier Pannerden is onderdeel van het inrichtingsplan Rijnwaarden [1]. In de Startnotitie van de Groene Rivier is de taakstelling voor heel Rijnwaarden gegeven, namelijk 18 cm [2]. Welk aandeel de Groene Rivier van deze 18 cm moet leveren is onbekend. Daarom is bij eerdere berekeningen [3] besloten uit te gaan van de methode beschreven in het Rivierkundig beoordelingskader (januari 2004) [4], zodat voor de Groene Rivier zelf een hydraulische taakstelling bepaald kon worden. Echter, in deel 3 van de PKB Ruimte voor de Rivier is voor de Rijnwaardense uiterwaarden een projecttaakstelling van 11 cm gegeven [5]. De daarvoor gebruikte berekeningsmethode wijkt af van de methode van het Rivierkundig beoordelingskader. Gelet op de status van de PKB is besloten om aan te sluiten bij de methode waarmee de PKB de projecttaakstelling bepaalt.

Het plan is, behalve voor rivierverruiming, ook op andere aspecten getoetst. Deze aspecten zijn als volgt onder te verdelen:

- Rivierkundige toets voor een ingreep in de huidige situatie tot 2015 (15.000 m³/s)
- Rivierkundige toets voor een ingreep in de situatie na 2015¹ (16.000 m³/s)

Bij de rivierkundige toetsen is o.a. gekeken naar het effect van het plan op de waterstanden in de uiterwaard en langs de bandijk (lokale opstuwing) en naar het effect op de afvoerverdeling. Voor de huidige situatie (tot 2015) zijn ook de effecten bij lagere hoogwaters (10.000 m³/s) bekeken en er is een kwalitatieve 'toets' voor de bodemligging en morfologie gedaan.

In dit rapport zijn rivierkundige effecten van het plan bepaald, waarbij de aspecten volgens het nieuwe rivierkundig beoordelingskader worden getoetst [6]. Voor de WBR vergunning zal, behalve deze toets, door de vergunningverlener (het District Rijn en Lek) nog een aantal andere aspecten bekeken worden wat betreft de bescherming en het veilig en doelmatig gebruik van de rivier. Daarbij kan o.a. gedacht worden aan veiligheid scheepvaart (zichtlijnen) en natuurvriendelijke oevers.

In dit document zijn de verschillende beoordelingsaspecten volgens bovengenoemde delen (hoofdstukken) behandeld. In elk hoofdstuk wordt eerst ingegaan op de beoordelingsaspecten. Vervolgens worden de resultaten, eventuele oplossingen en conclusies besproken. Aan het

¹ Er wordt van uit gegaan dat na 2015 de projecten van de PKB Ruimte voor de Rivier uitgevoerd zijn en dat de Rijntakken zodanig zijn ingericht dat de maatgevende afvoer van 16.000 m³/s veilig afgevoerd kan worden.

eind volgt nog een aantal aandachtspunten voor het inrichtingsplan van de Groene Rivier Pannerden.

2. Rivierverruiming

2.1 PKB Projecttaakstelling

Het inrichtingsplan Rijnwaarden heeft behalve een natuurdoelstelling ook een doelstelling voor rivierverruiming. Wat betreft rivierverruiming moet het inrichtingsplan van Rijnwaarden voldoen aan de door de PKB meegegeven projecttaakstelling. De projecttaakstelling is gedefinieerd als de maximale waterstandsval van een ingreep bij 16.000 m³/s bij Lobith en ongewijzigde (beleidsmatige) afvoerverdeling. Zoals in de inleiding is aangegeven is de projecttaakstelling voor Rijnwaarden gesteld op 11 cm. De projecttaakstelling geldt voor heel Rijnwaarden. In dit rapport is alleen het deelproject Groene Rivier Pannerden beoordeeld.

2.2 Methode

Om te beoordelen of het inrichtingsplan van de Groene Rivier Pannerden, zoals aangeleverd door DLG (Royal Haskoning, 27 april 2005), aan de projecttaakstelling voldoet, is het hele plan van Rijnwaarden (in 2001 vastgestelde ontwerp [1]) als uitgangssituatie genomen. Op dezelfde manier kunnen in het vervolg ook andere deelprojecten van Rijnwaarden (o.a. Lobberdense Waard) beoordeeld worden.

Als eerste is het hele inrichtingsplan van Rijnwaarden geschematiseerd volgens de tekening van het inrichtingsplan [1]. Omdat in dit plan een aantal onduidelijkheden zaten zijn bepaalde keuzes gemaakt. De onderbouwing van de gemaakte keuzes is terug te vinden in bijlage B.

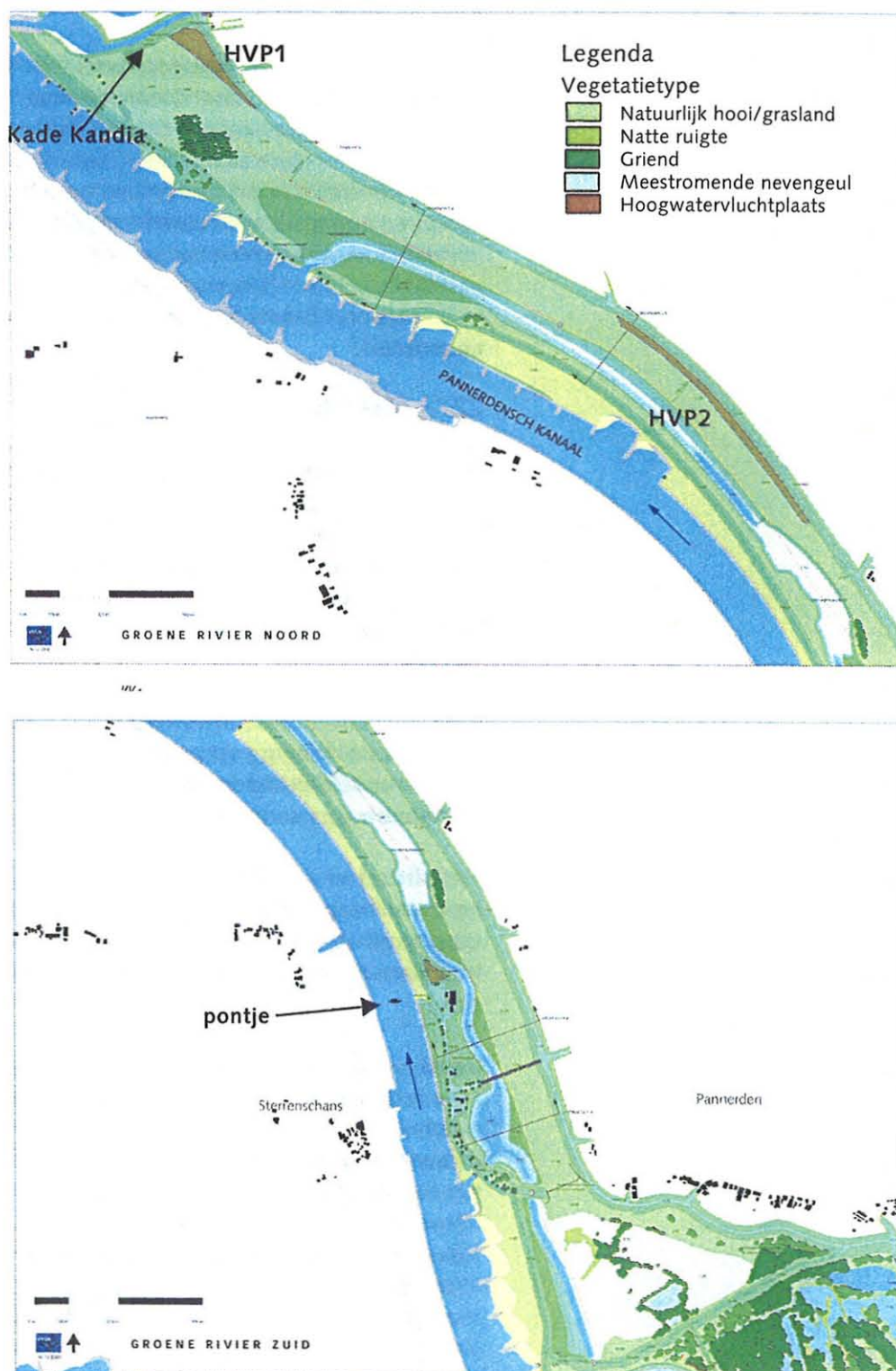
Het effect van het inrichtingsplan is bepaald door de waterstanden van het inrichtingsplan te vergelijken met de waterstanden van de uitgangssituatie (bijlage A). Vervolgens is het maximale waterstandsverlagende effect getoetst aan de projecttaakstelling van 11 cm.

Beschrijving berekeningen (zie ook bijlage A)

De referentiewaterstanden zijn bepaald door de uitgangssituatie (referentie, voor specificaties zie bijlage A) door te rekenen bij een Bovenrijn afvoer van 16.000 m³/s en ongewijzigde afvoerverdeling (berekening R01). Vervolgens is het geschematiseerde inrichtingsplan Rijnwaarden (*Rijnw*) in de uitgangssituatie geplaatst en doorgerekend (berekening R02). Het maximale waterstandsverlagende effect van het inrichtingsplan is getoetst aan de projecttaakstelling van 11 cm. Vervolgens is in het inrichtingsplan van Rijnwaarden het deel van de Groene Rivier Pannerden vervangen door de inrichtingsvariant van DLG (*Rijnw_DLG_0*, variant 0) (berekening R03n). De grootste verschillen met het inrichtingsplan Rijnwaarden zijn 2 extra hoogwatervluchtplaatsen (HVP) en de minder ruwe vegetatie voor het deel van de uiterwaard buiten de geul (natuurlijk beheerd grasland bij

variant 0 i.p.v. droge ruigte). Zie figuur 1 en bijlage B. Het maximale waterstandsverlagende effect t.o.v. de referentiewaterstand is bepaald. Ook deze resultaten zijn getoetst aan de projecttaakstelling.

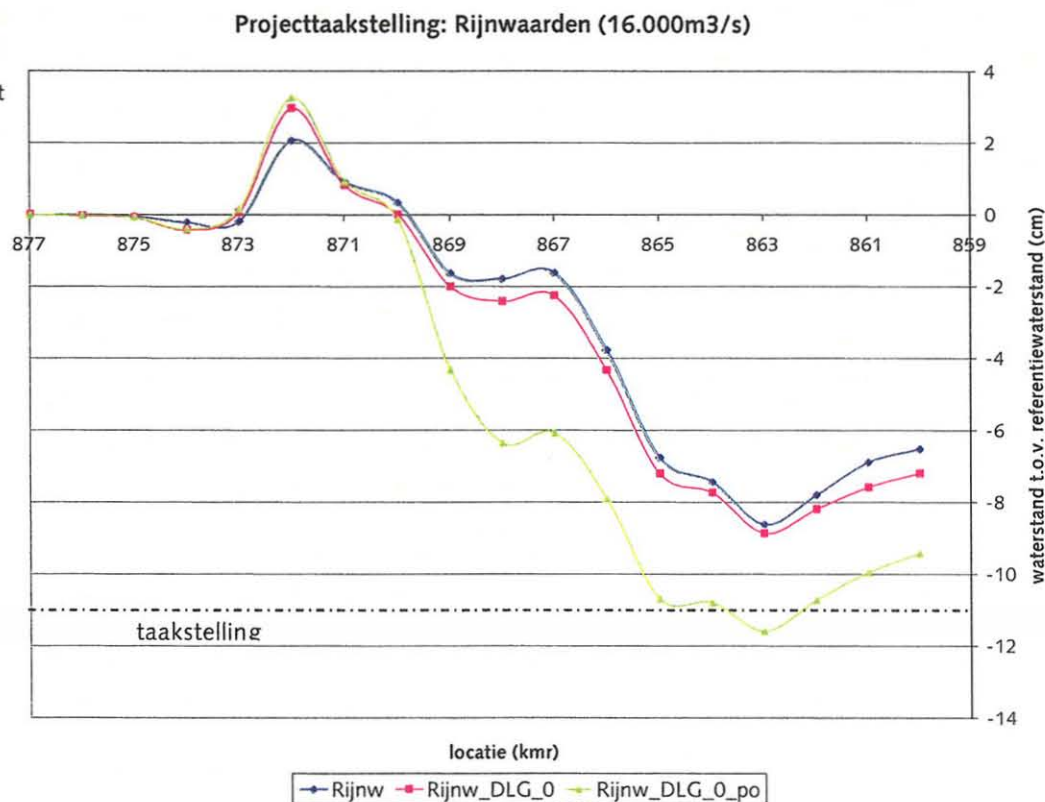
Figuur1
Inrichtingsplan Groene Rivier
Pannerden (Vista, 16-10-2000),
waaraan de ligging van de
hoogwatervrije vluchtplaatsen is
toegevoegd (HVP1 en HVP2). Verder
is de ligging van de Kade bij Kandia
aangegeven.



2.3 Resultaten

In de grafiek van figuur 2 zijn de resultaten van de berekeningen weergegeven. Het verschil in waterstand (in cm) is gegeven langs de rivieras. De nullijn is de referentiewaterstand van de uitgangssituatie. Het maximale waterstandsverlagende effect moet dus 11 cm zijn (stippellijn in de grafiek) om aan de gevraagde rivierverruiming te voldoen.

Figuur 2
Waterstandsverlagend effect (in cm) bij 16.000 m³/s voor het inrichtingsplan Rijnwaarden, en variant 0 van DLG. Het maximale effect (rond kmr 863) wordt getoetst aan de PKB projecttaakstelling van 11 cm.



Uit de grafiek blijkt dat het vastgestelde inrichtingsplan Rijnwaarden (*Rijnw*) niet voldoet². De maximale waterstandsval is 8,6 cm rond kmr 863. Als het deelgebied van de Groene Rivier Pannerden wordt vervangen door variant 0 van DLG (*Rijnw_DLG_0*) wordt de projecttaakstelling ook niet gehaald. De maximale verlaging is bijna 9 cm. Omdat er in de Groene Rivier, rekening houdend met de inrichtingsvisie, weinig extra ruimte te creëren is, die ook verder bovenstrooms zijn uitwerking heeft [7] is onderzocht of de extra waterstandsverlaging voor dit deelgebied te realiseren is door het verder verlagen van de Pannerdense Overlaat met 75 cm t.o.v. het vastgestelde plan. Uit de grafiek (figuur 2) blijkt dat het verlagen van

² Op basis van eerdere berekeningen door Svasek (september 2002) is het inrichtingsplan Rijnwaarden vastgesteld. Datzelfde plan is hier opnieuw geschematiseerd en blijkt nu niet meer aan de gevraagde rivierverruiming te voldoen. Behalve dat een andere methode gebruikt is voor het bepalen van de rivierverruiming zijn er ook verschillen tussen de schematisering van Svasek en die van de huidige berekeningen aan te wijzen (bijlage D).

de Pannerdense Overlaat tot een hoogte van 12,75 m +NAP (inclusief de bodemligging ter plaatse van de overlaat) wel de 11 cm projecttaakstelling realiseert (*Rijnw_DLG_0_po*).

De maximale waterstandsdeling wordt rond kmr 863 bereikt, rond kmr 872 is op de as van de rivier een opstuwing (2 à 3 cm) te zien t.o.v. de referentiewaterstand. Deze opstuwing zal bij de rivierkundige toetsen in hoofdstuk 3 en 4 aan de orde komen.

Verlaging Pannerdense Overlaat

In het inrichtingsplan Rijnwaarden (en variant 0 van DLG) wordt de Pannerdense Overlaat met 0,5 meter verlaagd. Het verder verlagen van de Pannerdense Overlaat (*Rijnw_DLG_0_po*) is niet wenselijk vanwege het ongunstige effect op de afvoerverdeling en het inperken van de mogelijkheid om op toekomstige ontwikkelingen te reageren. Rijkswaterstaat wil daarom geen extra verlaging van de Pannerdense Overlaat, maar dat de deelprojecten van Rijnwaarden een extra verruiming realiseren. Het gevolg is dat door elk deelproject, bij de verdere uitwerking, naar extra maatregelen gezocht zal moeten worden om wel aan de projecttaakstelling te voldoen. Dit geldt dus ook voor de Groene Rivier.

2.4 Samenvatting en conclusies

Uit de resultaten blijkt dat het in 2001 vastgestelde ontwerp van het inrichtingsplan Rijnwaarden niet voldoet aan de gevraagde maximale waterstandsdeling van 11 cm (taakstelling PKB). Omdat dit inrichtingsplan uitgangspunt is voor het deelproject van de Groene Rivier mag de rivierverruiming, door het uitvoeren van het plan van DLG, in ieder geval niet minder worden dan de waterstandsdeling van het inrichtingsplan Rijnwaarden (8,6 cm) en zo mogelijk iets meer. Door in het inrichtingsplan Rijnwaarden het deelgebied van de Groene Rivier Pannerden te vervangen door variant 0 van DLG (*DLG_0*) wordt de maximale waterstandsdeling 8,9 cm. Het extra verlagen van de Pannerdense Overlaat om een grotere waterstandsverlaging te realiseren is voor RWS geen aanvaardbare optie. Het totaal van alle deelprojecten van Rijnwaarden zal daarom t.o.v. het vastgestelde inrichtingsplan extra ruimte moeten creëren om aan de PKB projecttaakstelling van 11 cm te voldoen.

3. Rivierkundige toets voor een ingreep in de huidige situatie (tot 2015)

3.1 Rivierkundige effecten

Het plan van de Groene Rivier Pannerden zal, behalve aan de gewenste rivierverruiming (samen met de rest van Rijnwaarden), ook aan een aantal andere rivierkundige eisen moeten voldoen. Hiertoe worden o.a. de volgende aspecten getoetst.

1. Lokale opstuwing
2. Afvoerverdeling over de splitsingspunten (bij maatgevende condities en lagere hoogwaters)
3. Stromingspatronen en waterstanden tijdens niet extreme hoogwaters
4. Bodemligging en morfologische effecten (kwalitatieve beoordeling)

De waterstanden behorende bij het plan mogen bij een gelijkblijvende Bovenrijn afvoer ($15.000 \text{ m}^3/\text{s}$)³ niet boven de referentiewaterstanden (van de uitgangssituatie) uit komen. Dit geldt in de as van de rivier, in de uiterwaard en langs de bandijk. Daarnaast mag het plan geen effect hebben op de afvoerverdeling. Wanneer dit wel het geval is zullen tijdelijke maatregelen getroffen moeten worden om dit effect ongedaan te maken. Wanneer in de loop naar 2015 rivierverruimingsprojecten op bijvoorbeeld de Waal uitgevoerd worden kan de tijdelijke maatregel (gedeeltelijk) opgeheven worden, zodat de afvoerverdeling weer recht getrokken wordt. Vanaf dan kan ook van het verruimende effect van de maatregel gebruik gemaakt worden.

Verder mag de ingreep bij lagere hoogwaters ($10.000 \text{ m}^3/\text{s}$) geen nadelige gevolgen hebben voor o.a. constructies. Door veranderingen in stroombeeld en stroomsnelheden kan sedimentatie en erosie plaats vinden. Door sedimentatie kan het zomerbed verondiepen wat nadelig is voor de scheepvaart en een afname van de afvoercapaciteit kan veroorzaken. In eerste instantie wordt een kwalitatieve toets gedaan. Als deze negatief uitpakt is een kwantitatieve effectbepaling vereist met gebruik van morfologische modellen.

Daarnaast kan, door het doen van een ingreep, bij deze frequenter voorkomende afvoer sneller inundatie optreden waar dat ongewenst is.

³ In dit rapport wordt voor het toetsen van rivierkundige effecten er van uitgegaan dat tot 2015 een Bovenrijn afvoer van $15.000 \text{ m}^3/\text{s}$ geldt omdat de dijken op deze afvoer gedimensioneerd zijn. Na de uitvoering van Ruimte voor de Rivier zal getoetst worden aan de maatgevende afvoer van $16.000 \text{ m}^3/\text{s}$, omdat het rivierengebied dan voor deze afvoer is ingericht.

In eerste instantie zal alleen het plan voor het deelgebied van de Groene Rivier Pannerden uitgevoerd worden. Bij deze toets is daarom alleen gekeken naar het deelproject van de Groene Rivier, waarbij de rest van Rijnwaarden buiten beschouwing gelaten is.

In het door DLG aangeleverde inrichtingsplan van de Groene Rivier wordt de Pannerdense Overlaat met 0,5 meter verlaagd. Het is bekend dat een verandering in de hoogte van de Pannerdense Overlaat een grote invloed heeft op de afvoerverdeling. Daarom zal bij het zoeken naar een tijdelijke maatregel, ter correctie van de afvoerverdeling, als eerste gekeken worden naar de mogelijkheden van de Pannerdense Overlaat (bijv. door de huidige hoogte niet te wijzigen). Daarnaast is de overlaat een middel om de afvoerverdeling te kunnen sturen, dit geldt voor de periode tot 2015⁴ en eventueel ook daarna. De verlaging van de Pannerdense Overlaat met 0,5 m is onderdeel van het inrichtingsplan, maar deze verlaging zal pas later, op aangeven van RWS, uitgevoerd worden.

Om deze reden is het inrichtingsplan van de Groene Rivier getoetst met en zonder verlaging van de Pannerdense Overlaat.

3.2 Methode

3.2.1. Lokale opstuwing

Zoals in de tabel (bijlage A) is aangegeven worden de waterstanden van het inrichtingsplan van de Groene Rivier Pannerden (DLG) getoetst aan de referentiewaterstand behorende bij de uitgangssituatie (beide berekend bij 15.000 m³/s).

Wanneer de variant teveel lokale opstuwing veroorzaakt wordt gezocht naar extra maatregelen om deze opstuwing teniet te doen. Hieruit volgt een voorkeursvariant voor het inrichtingsplan van de Groene Rivier.

3.2.2. Afvoerverdeling over de splitsingspunten

Wat betreft de afvoerverdeling zijn berekeningen gemaakt met een afvoer van 15.000 m³/s bij Lobith, waarbij het water zich vrij kan verdelen over de riviertakken. Op deze manier wordt de afvoerverdeling over de Rijntakken bepaald. Dit is gedaan voor de uitgangssituatie, voor de voorkeursvariant van de Groene Rivier en voor de voorkeursvariant inclusief de tijdelijke maatregel om het effect op de afvoerverdeling te corrigeren.

3.2.3. Stromingspatronen tijdens niet extreme hoogwaters

Behalve via de Pannerdense Overlaat kan ook via een inlaat in de hoge kade tussen de Pannerdense Overlaat en het Veereiland, ter hoogte van kmr 869,4, water de Groene Rivier instromen. Tijdens maatgevende condities wordt de stroming in de Groene Rivier met name bepaald door de afvoer die over de Pannerdense Overlaat

⁴ Doordat op verschillende momenten op verschillende Rijntakken rivierverruimende projecten uitgevoerd worden, zal de afvoerverdeling bijgestuurd moeten kunnen worden [8]

stroomt. Bij lagere hoogwaters (tot 10.000 m³/s) heeft ook de afvoer door de inlaat invloed op het stromingspatroon van de Groene Rivier. Daarom is bij de berekeningen met niet extreme hoogwaters de inlaat van de Groene Rivier in Waqua geschematiseerd. Dit is gedaan in de vorm van een 'barrier' (zie bijlage C).

3.2.4. Bodemligging en morfologie

Voor de berekeningen bij lagere hoogwaters wordt behalve naar de waterstanden (en inundatiefrequentie) en afvoerverdeling ook naar de stroomsnelheden gekeken. Daardoor is het mogelijk (kwalitatieve) uitspraken te doen over bodemligging en morfologie en schade aan constructies.

3.3 Resultaten

3.3.1. Lokale opstuwing

Uit de resultaten van rivierverruiming (figuur 2) en uit eerdere berekeningen [3] en [7] bleek dat er voor variant 0 van DLG (*DLG_0*) sprake is van lokale opstuwing. In overleg met DLG (en projectgroep) is daarom bekeken welke extra rivierverruimende ingrepen in de Groene Rivier acceptabel zijn. Deze extra maatregelen zijn het verwijderen van de kade bij Kandia en het verwijderen van één of beide HVP's (zie figuur 1). Met dit gegeven zijn, op basis van variant 0 van DLG, de extra ingrepen in 3 nieuwe varianten verwerkt:

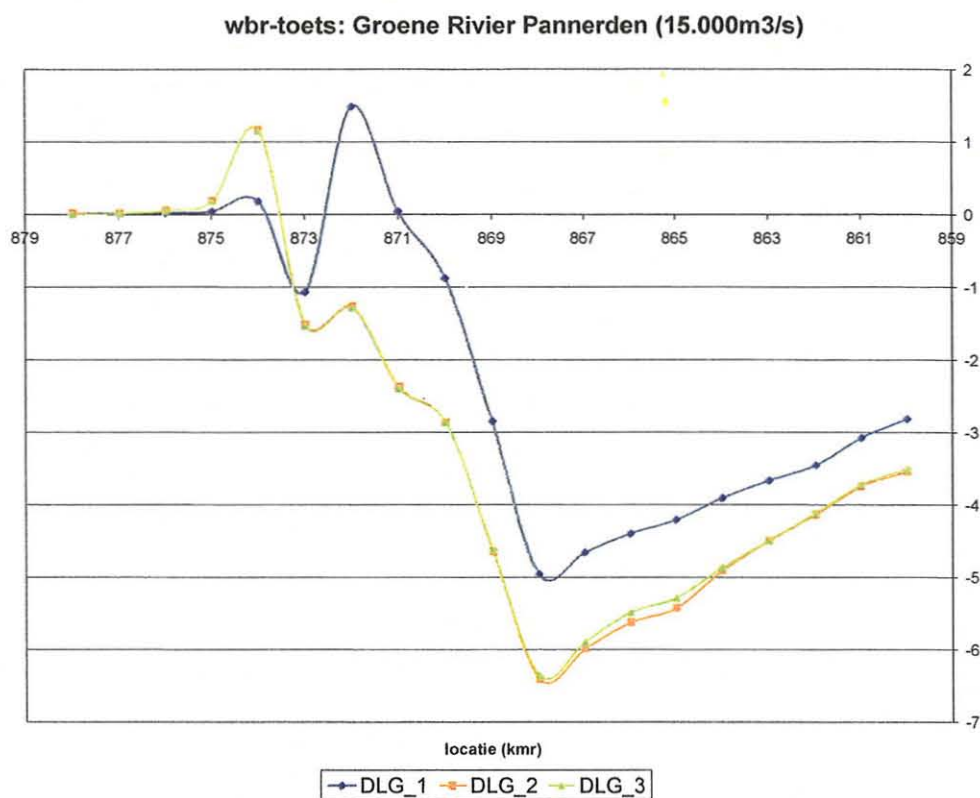
- Variant 1: HVP2 en de kade bij Kandia (zie figuur 1) zijn verwijderd (*DLG_1*).
- Variant 2: zelfde als variant 1 maar hier is ook HVP1 verwijderd (*DLG_2*).
- Variant 3: HVP1 en de kade bij Kandia zijn verwijderd (*DLG_3*).

De waterstandseffecten van deze 3 varianten op de as van de rivier (cm) zijn weergegeven in de grafiek van figuur 3. Alle varianten geven een lokale opstuwing rond kmr 874 (net buiten het projectgebied), dit effect is een direct gevolg van rivierverruiming.

Alleen bij variant 1 (*DLG_1*) is ook in het projectgebied, rond kmr 872, een opstuwing te zien van 1,5 cm. Waarschijnlijk wordt deze opstuwing veroorzaakt door HVP1. Door HVP1 te verwijderen verdwijnt de lokale opstuwing, zoals te zien is bij variant 2 (*DLG_2*) en 3 (*DLG_3*) (figuur 3).

Figuur 3

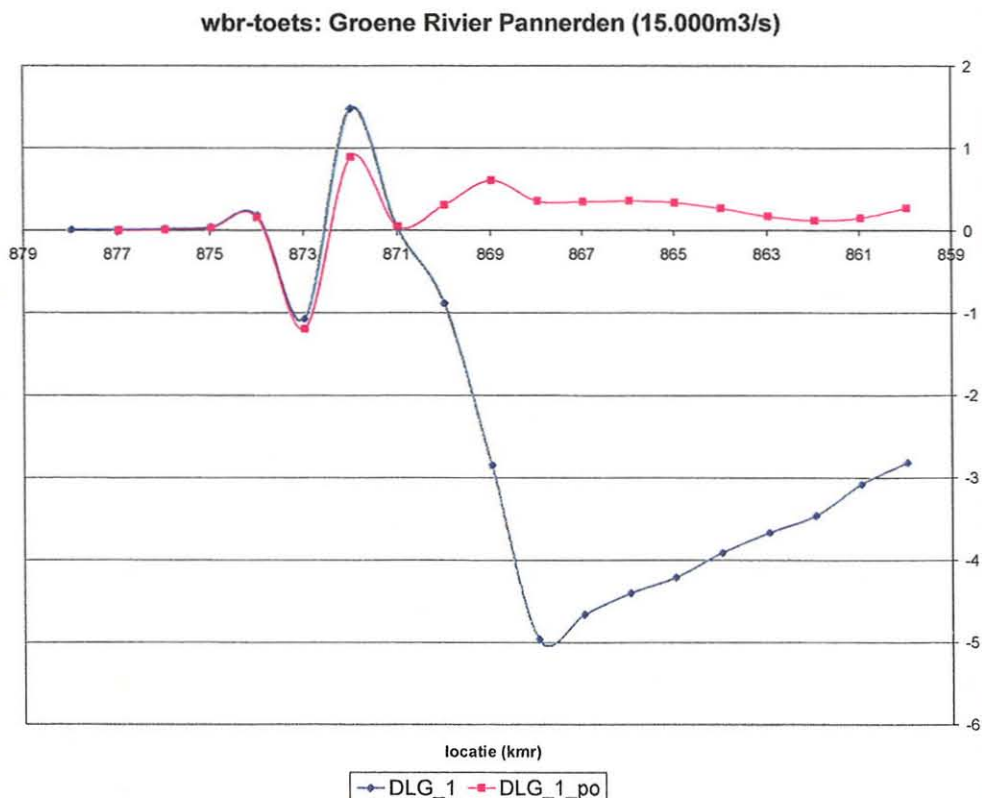
Waterstandsverlagend effect (in cm) bij 15.000 m³/s voor varianten 1, 2 en 3 van DLG van het inrichtingsplan van de Groene Rivier op de as van de rivier.



Er is ook gekeken naar de waterstanden van de situatie waarbij de hoogte van de Pannerdense Overlaat niet is gewijzigd. Vanwege de kleine verschillen tussen de waterstanden van variant 2 en 3 is gekozen deze situatie alleen door te rekenen voor variant 1 en 3.

Figuur 4a

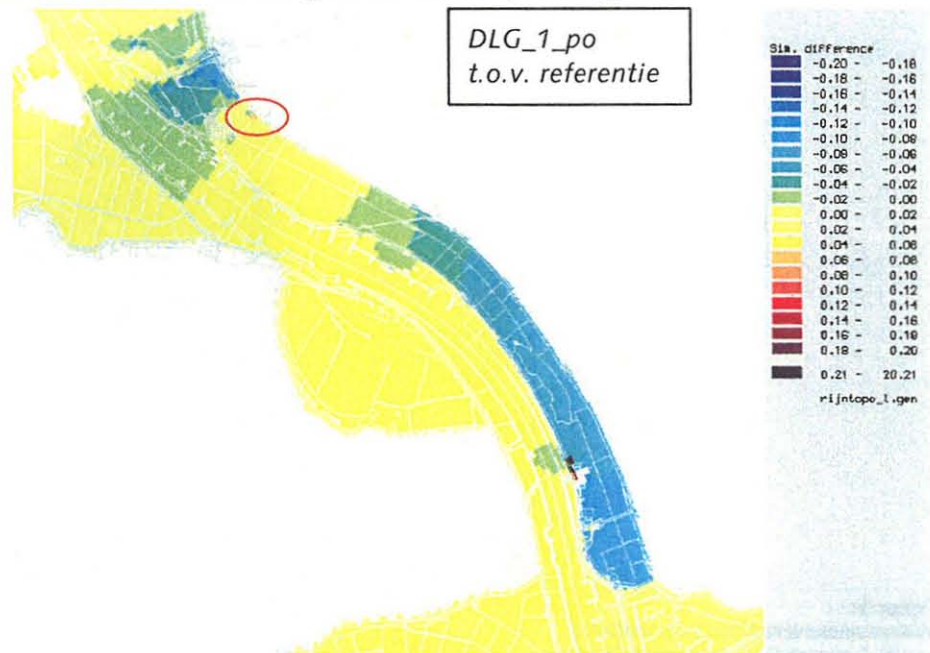
Waterstandsverlagend effect van variant 1 van DLG en Variant 1 met huidige hoogte van de Pannerdense Overlaat (in cm)



Variant 1

Uit de grafiek van figuur 4a blijkt dat de waterstanden van variant 1, bij de Pannerdense Overlaat met huidige hoogte, op vrijwel het hele traject van het projectgebied en verder bovenstrooms boven de referentiewaterstanden uitkomen. Dit is ook te zien in het 2D-plaatje van figuur 4b. In de Groene Rivier is een waterstandstoename in de orde van 2 tot 4 cm. Richting de Pannerdense Overlaat verandert dit geleidelijk in een waterstandsdeling van maximaal 10 cm. Aan de bandijk treedt lokaal een opstuwing van 7 cm op ter plaatse van de rode cirkel in figuur 4b, direct bovenstrooms van HVP1. Variant 1 voldoet dus niet als het gaat om lokale opstuwing.

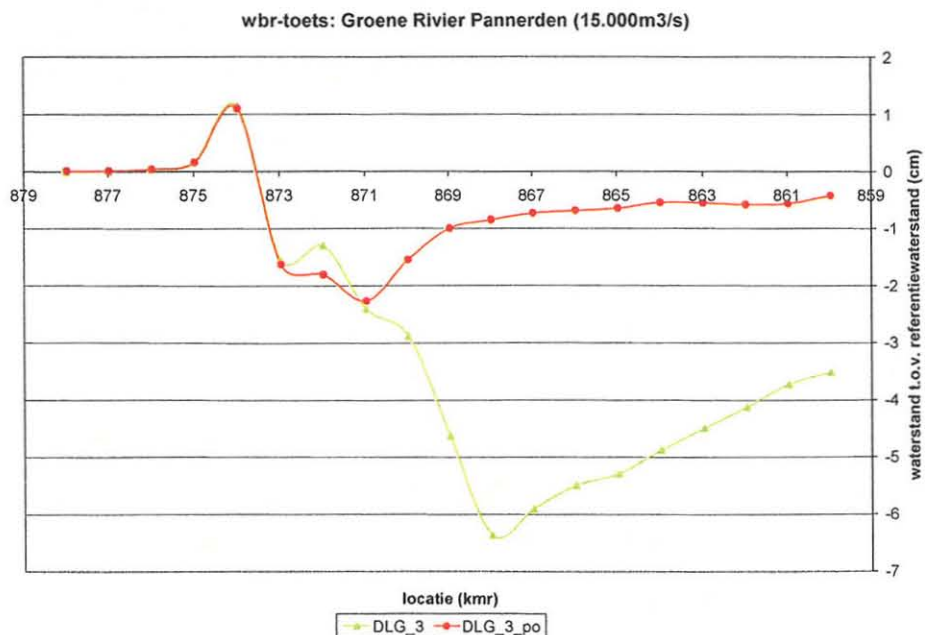
Figuur 4b
Waterstandverschillen (in m, vlakdekkend) voor variant 1 van DLG met de Pannerdense Overlaat op de huidige hoogte.



Variant 3

De waterstanden van variant 3 blijven met de huidige hoogte van de Pannerdense Overlaat (DLG_3_po), in de Groene Rivier en in het traject van het zomerbed, onder de referentiewaterstanden. In figuur 5a is te zien dat er voor variant 3, met en zonder verlaging van de Pannerdense

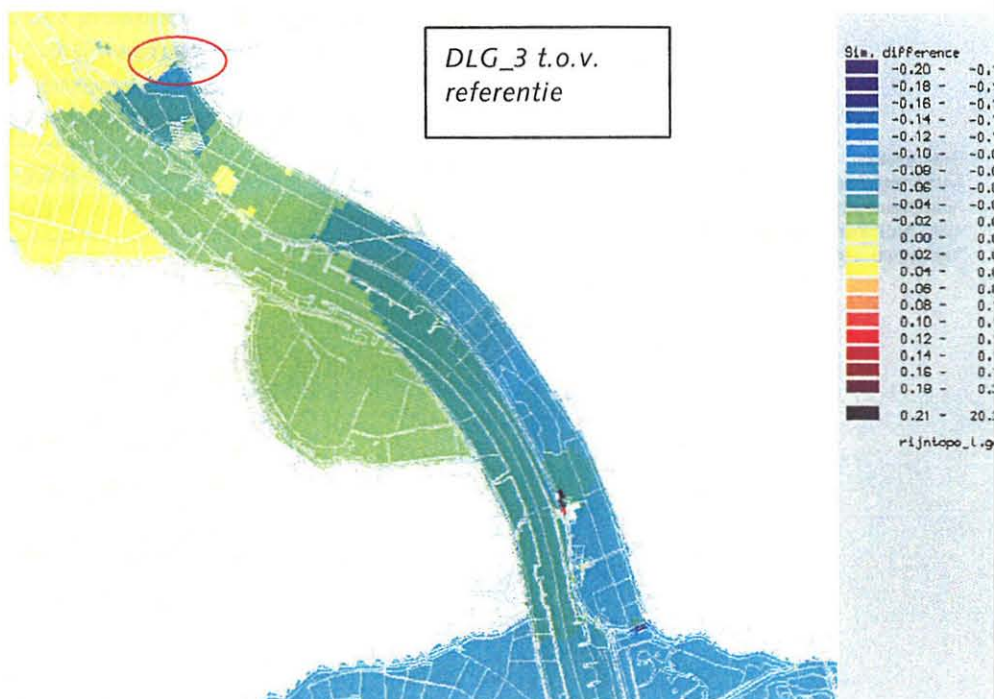
Figuur 5a
Waterstandsverlagend effect van variant 3 van DLG en variant 3 met huidige hoogte van de Pannerdense Overlaat (in cm)



Overlaat, alleen net benedenstrooms van het projectgebied nog een lokale opstuwing in het zomerbed optreedt. Deze lokale opstuwing is maximaal langs de bandijk in de buurt van Kandia. De maximale opstuwing t.o.v. de uitgangssituatie is 2 cm (figuur 5b en c).

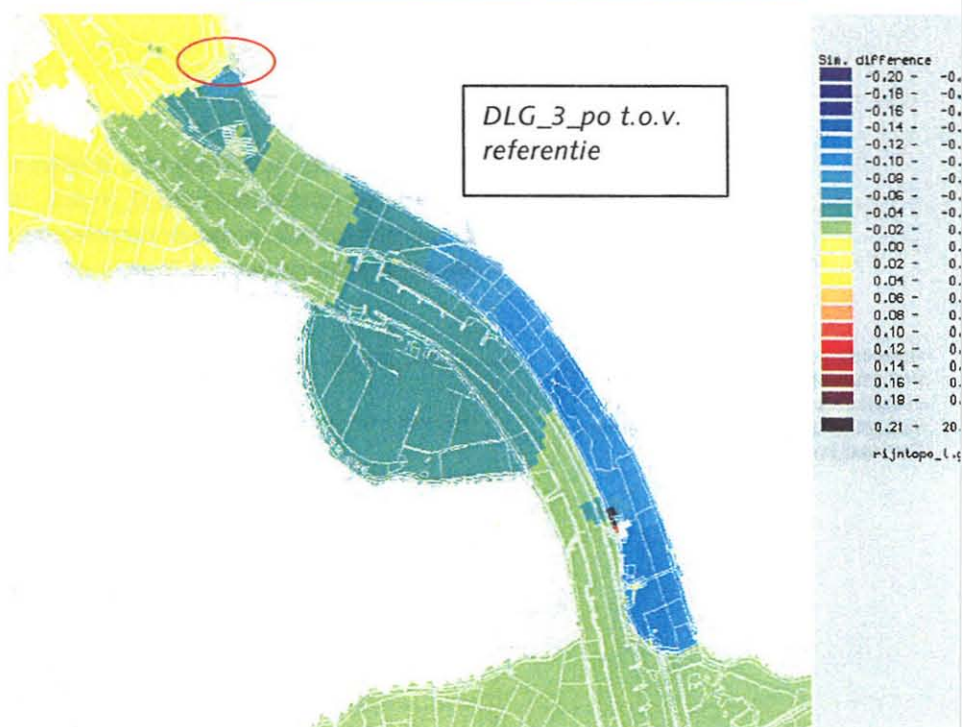
Figuur 5b

Waterstandverschillen voor variant 3 van DLG (in m), vlakdekkend. De maximale opstuwing is ter plaatse van de rode cirkel.



Figuur 5c

Waterstandverschillen voor variant 3 van DLG met de Pannerdense Overlaat op de huidige hoogte (in m), vlakdekkend. De maximale opstuwing is ter plaatse van de rode cirkel.



Voorkeursvariant

Uit de resultaten blijkt dat variant 1 niet voldoet als het gaat om lokale opstuwing. Uit figuur 3 wordt duidelijk dat er weinig verschil in effect op de waterstanden in het zomerbed is tussen variant 2 en 3. Vanuit de doelstelling van rivierverruiming kan een keuze gemaakt worden uit één van deze twee varianten. Wat betreft de natuurdoelstelling wordt er van uit gegaan dat de aanwezigheid van een HVP de voorkeur heeft boven geen enkele HVP. Variant 3 wordt daarom, in dit rapport, gezien als voorkeursvariant.

In het vervolg van dit rapport zullen de beoordelingsaspecten alleen voor de voorkeursvariant (variant 3), met en zonder verlaging van de Pannerdense Overlaat, getoetst worden.

3.3.2. Afvoerverdeling over de splitsingspunten

In de tabel zijn de resultaten van de berekeningen voor de afvoerverdeling weergegeven. Ook de beleidsmatige afvoerverdeling over de Rijntakken is in de tabel opgenomen.

Tabel 1
Afvoerverdeling over de Rijntakken bij een Bovenrijn afvoer van 15.000 m³/s voor verschillende situaties.

Schematisatie	Boven-Rijn	Waal	Pan. Kan.	Neder-Rijn	IJssel
Beleidsmatig	15.000	9.530	5.470	3.165	2.305
Referentie	15.000	9.558	5.441 ⁵	3.093	2.355
DLG_3	15.000	9.498	5.500	3.124	2.383
DLG_3_po	15.000	9.551	5.449	3.097	2.359

Uit tabel 1 blijkt dat er een verschil is tussen de beleidsmatige afvoerverdeling en de afvoerverdeling van de huidige situatie (*referentie*). Dit verschil in afvoerverdeling zal bijvoorbeeld in het project Beheersing Afvoerverdeling Rijntakken [8] opgepakt worden. Voor de beoordeling van de afvoerverdeling door het inrichtingsplan van de Groene Rivier is de huidige situatie als referentie genomen.

Ten opzichte van de uitgangssituatie (*referentie*) gaat er bij variant 3 (*DLG_3*) meer water richting het Pannerdens Kanaal (ongeveer 60 m³/s). Wanneer de Pannerdense Overlaat zijn huidige hoogte behoudt (*DLG_3_po*) is de afvoerverdeling weer bijna zoals die van de uitgangssituatie. Er is nog een afwijking van 8 m³/s teveel richting het Pannerdens Kanaal. Ten opzichte van de beleidsmatige afvoerverdeling lijkt dit gunstig, echter door eerder uitgevoerde rivierverruimingsprojecten langs de IJssel en Nederrijn (o.a. Bakenhof en spoorbrug Oosterbeek) wordt er al meer water dan wenselijk richting het Pannerdens Kanaal getrokken. Volgens het Rivierkundig beoordelingskader [4] mag de afwijking niet meer dan 5 m³/s zijn. Vanwege de kleine afwijking (3 m³/s meer dan toegestaan) wordt het niet noodzakelijk geacht naar een compenserende maatregel te zoeken, maar om deze afwijking mee te nemen in de tijdelijke bijsturing van de

⁵ Verschillen tussen totale afvoer van de Nederrijn en IJssel en de afvoer over het Pannerdens Kanaal worden veroorzaakt door laterale toestroming op het Pannerdens Kanaal (deze is niet in de afvoer van het Pannerdens Kanaal opgenomen)

afvoerverdeling van de huidige situatie (project Beheersing Afvoerverdeling Rijntakken [8]).

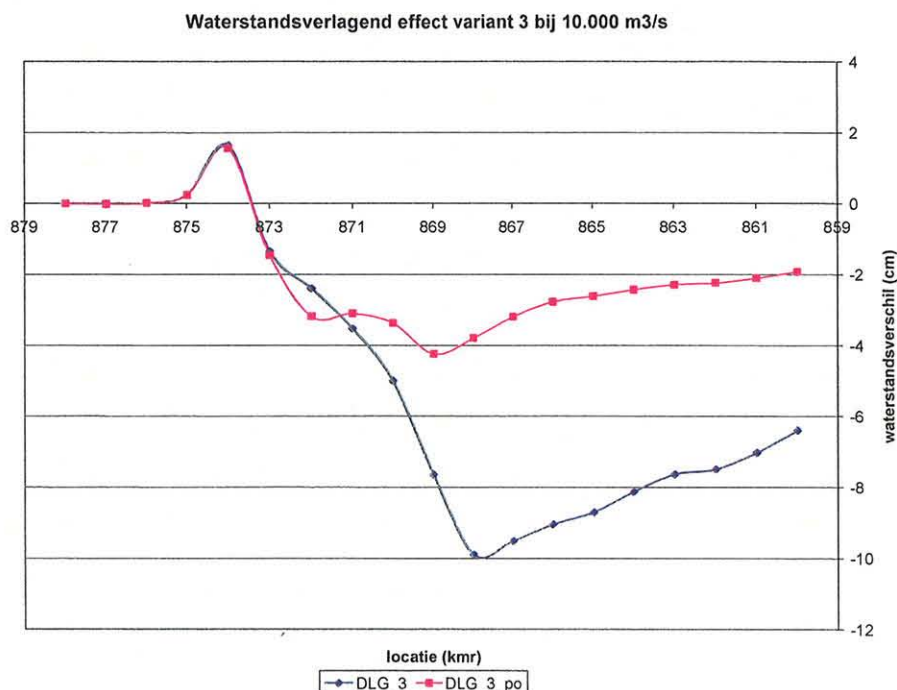
3.3.3. Stromingspatronen tijdens niet extreme hoogwaters

Lokale opstuwing

In figuur 6 zijn de waterstandsverschillen op de as van de rivier weergegeven (in cm) voor variant 3 bij een Bovenrijn afvoer van 10.000 m³/s. Alleen ter hoogte van kmr 874 (benedenstrooms van het

Figuur 6

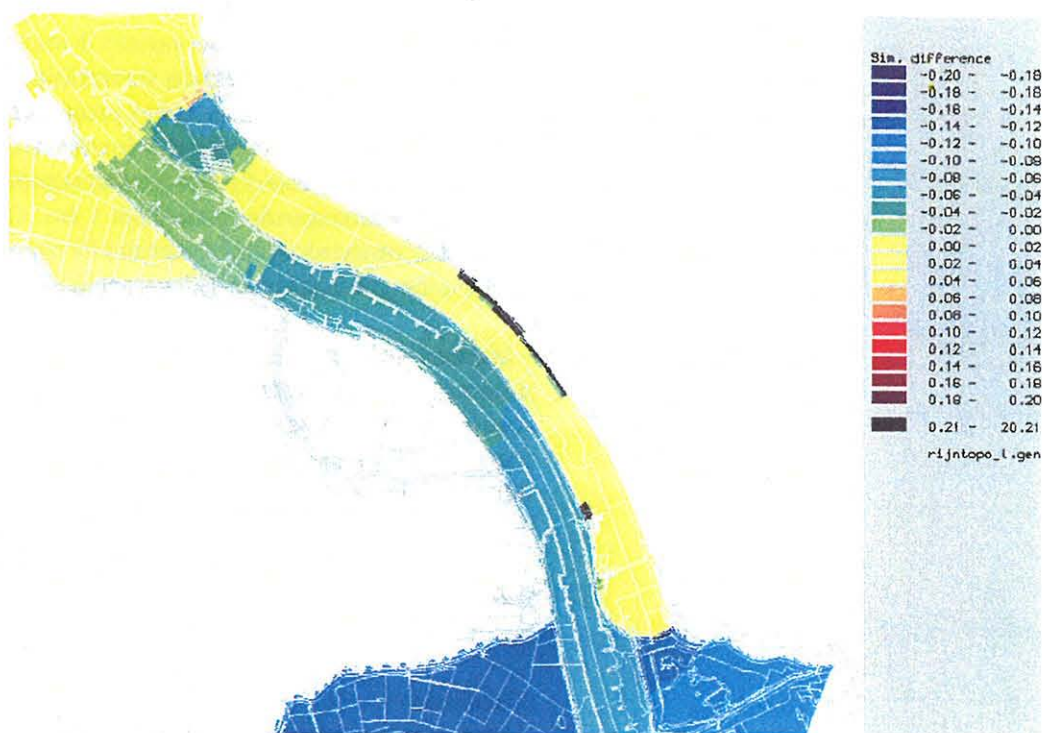
Waterstandsverlagend effect op de as van de rivier (cm) voor variant 3 van DLG en variant 3 met huidige hoogte Pannerdense Overlaat bij een Bovenrijnafvoer van 10.000 m³/s.



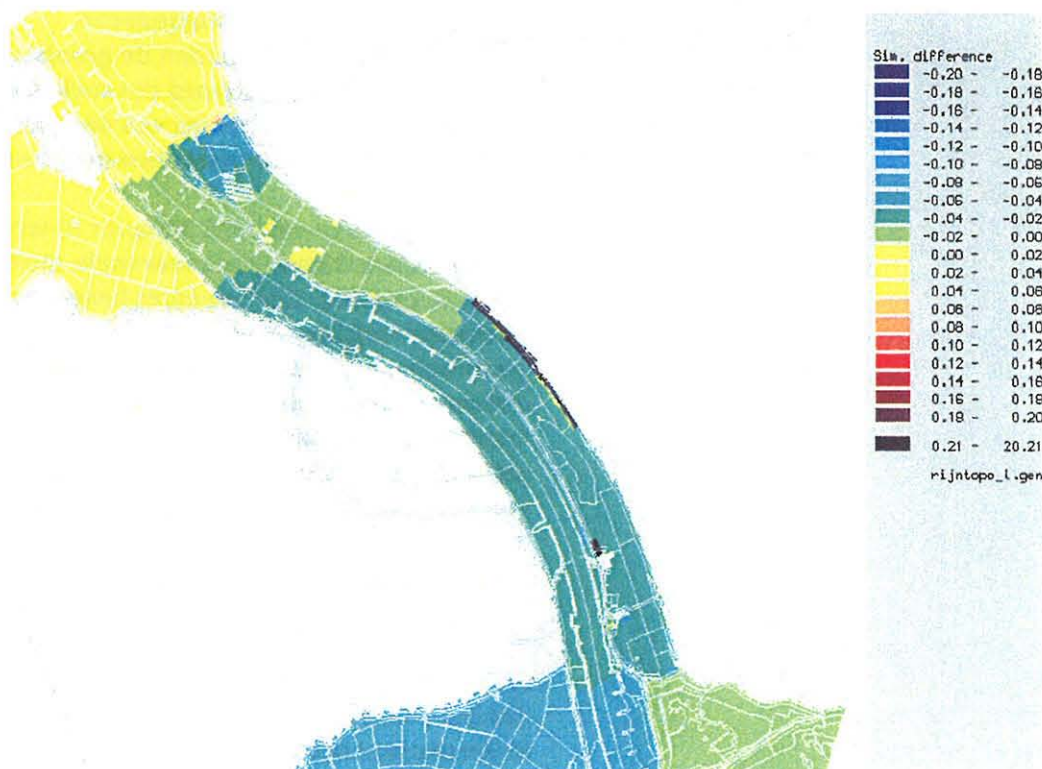
projectgebied) vindt een opstuwing plaats van ongeveer 1,6 cm t.o.v. de referentiewaterstand bij 10.000 m³/s. Uit de 2D-figuur (figuur 7a) blijkt dat ook in de uiterwaard, benedenstrooms van de Pannerdense Overlaat de waterstanden van het plan hoger zijn dan de referentiewaterstanden, net als benedenstrooms van het projectgebied. De opstuwing in dit gebied is ongeveer 0 tot 2 cm. De aanwezige bebouwing ligt op hoogwatervrije terreinen of andere hoger gelegen terrein, welke nog boven de waterstanden bij 10.000 m³/s uitsteken. Het grootste waterstandsverschil ontstaat bij Kandia, het gaat hier om een opstuwing van maximaal 5 cm. Omdat hier geen bebouwing aanwezig is en ook geen toegangswegen zal dit geen nadelen opleveren voor derden.

Door de verruiming van de Groene Rivier wordt er meer water over de Pannerdense Overlaat gestuurd (en dus meer door de Lobberdense waard) en minder door het zomerbed. Hierdoor ontstaan lagere waterstanden in de as van de rivier, maar in de uiterwaard wordt het waterstandsverschil groter.

Figuur 7a
Waterstandsverschil tussen variant 3 en de referentiewaterstanden bij 10.000 m³/s bij Lobith (m)



Figuur 7b
Waterstandsverschil tussen variant 3 met huidige hoogte Pannerdense Overlaat en de uitgangssituatie bij 10.000 m³/s bij Lobith (m)



In de 2D-figuren zijn 2 locaties met zeer grote verschillen zichtbaar (zwart in figuur 7a en b). Dit grote verschil wordt veroorzaakt door de nieuwe HVP's in de plansituatie. In de plansituatie steken de HVP's boven de waterstanden (behorende bij een Bovenrijnafvoer van 10.000 m³/s) uit, waardoor op deze locaties geen waterstanden zijn bepaald. In de uitgangssituatie zijn hier wel waterstanden berekend waardoor grote verschillen in waterstand ontstaan.

Wat betreft het effect van variant 3 met ongewijzigde hoogte van de Pannerdense Overlaat op de waterstanden, zijn in het projectgebied de verschillen minder groot. In het projectgebied liggen de waterstanden over het algemeen onder de referentiewaterstanden. Benedenstrooms van het projectgebied zijn de waterstanden iets hoger dan de referentiewaterstanden, namelijk 1 cm. Ook bij deze variant treedt de grootste opstuwing op bij Kandia (5 cm) en zijn ter plaatse van de HVP's de grote waterstandsverschillen te zien.

Inundatiefrequentie

Door het inrichtingsplan is de inundatiefrequentie verhoogd. Bij vaker voorkomende lagere hoogwaters zal de uiterwaard eerder instromen door de uitstroomopening van de nevengeul van de Groene Rivier. Omdat de functie van het gebied verandert van landbouw naar natuur is dit geen probleem. Daarnaast blijft de toegankelijkheid van de bewoners hetzelfde. De bebouwing ligt op hoger gelegen terrein en zodoende heeft de toename van de inundatiefrequentie geen nadelige gevolgen voor derden.

Snelheden

In figuur 8 zijn de stroomsnelheden voor de verschillende situaties, *referentie* en *DLC_3*, weergegeven.

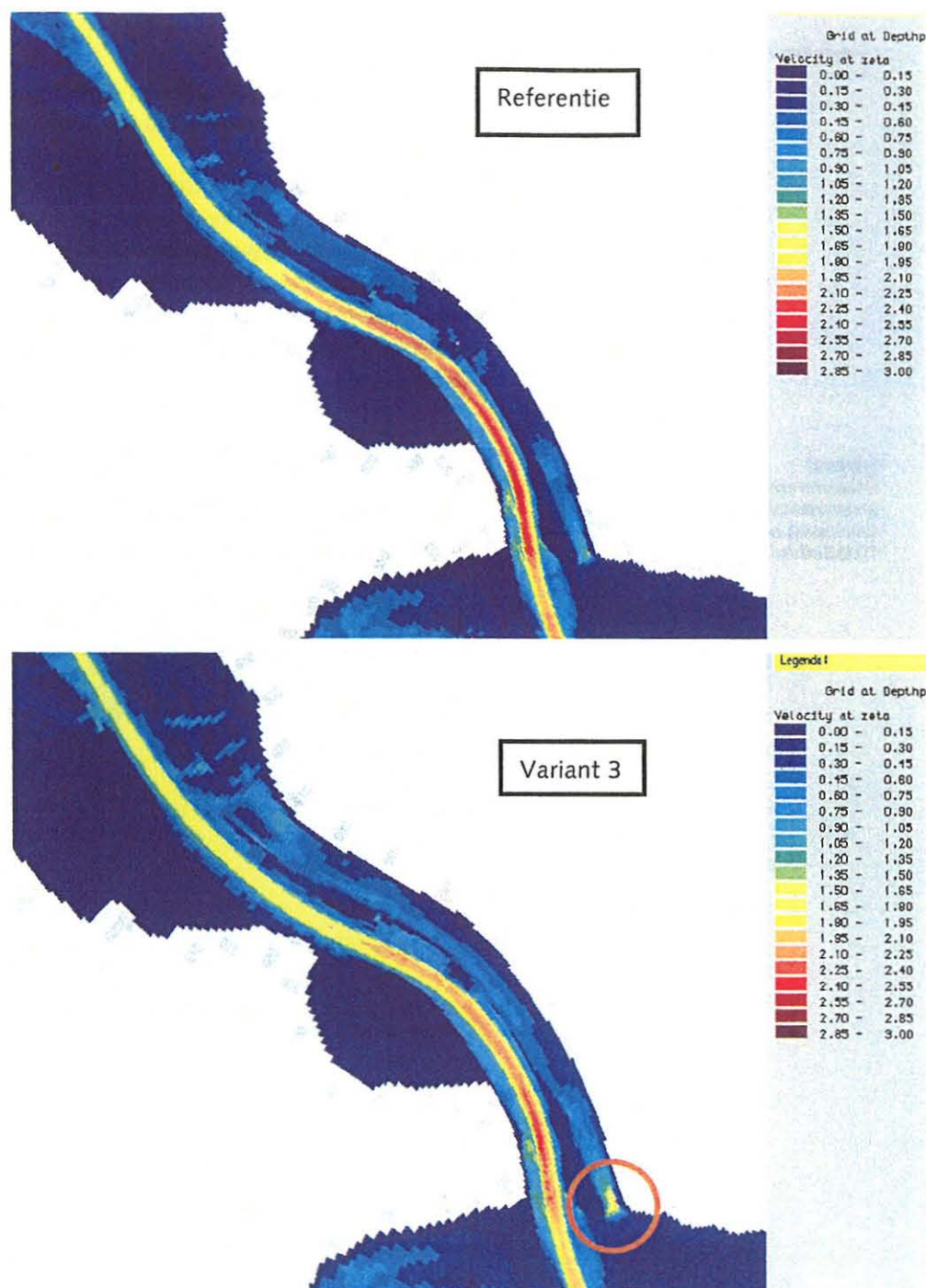
In de uitgangssituatie treden de grootste stroomsnelheden op in het zomerbed. In de uiterwaard zijn snelheden van 0 tot 0,7 m/s te vinden. Alleen net benedenstrooms van de Pannerdense Overlaat komen hogere snelheden voor met een maximum van 1,5 m/s.

In de situatie van variant 3 (figuur 8) worden de snelheden in het zomerbed iets kleiner, de maximale snelheid neemt af van 2,5 naar 2,4 m/s (bij kmr 870). Ook verder benedenstrooms is een afname in de snelheden zichtbaar. Doordat er meer water door de uiterwaard wordt gestuurd en dus minder door het zomerbed treedt hier een geringe afname van de stroomsnelheid op. Of dit nadelige gevolgen heeft voor morfologie en daarmee samenhangend de vaardiepte wordt in meer detail bekeken in paragraaf 3.3.4.

In de uiterwaard zijn de stroomsnelheden bij variant 3 iets groter dan in de uitgangssituatie, namelijk van 0 tot 1 m/s. Ook hier treden de hoogste stroomsnelheden op net benedenstrooms van de Pannerdense Overlaat (figuur 9). Snelheden van maximaal 2,1 m/s komen voor. Afhankelijk van de kwaliteit van de grasmat en de duur van de periode dat deze hoge snelheden optreden kan hier erosie op gaan treden. Dit is een aandachtspunt en zal verder uitgezocht moeten worden. Vooral door de korte afstand tot de bandijk zal bekeken moeten worden of dit geen negatieve gevolgen heeft op de stabiliteit van de dijk. Dit zal eveneens bij hogere Bovenrijn afvoeren onderzocht moeten worden.

Daarnaast zijn bij een Bovenrijn afvoer van 10.000 m³/s ook hoge snelheden, tot 0,7 m/s, in de nevengeul geconstateerd (figuur 8). Bij geulvullende afvoer treden nog grotere snelheden op. In de situatie waarbij de Pannerdense Overlaat zijn huidige hoogte behoudt, treden

Figuur 8
Stroomsnelheden (m/s) voor de
verschillende situaties (bij Qlobith =
10.000 m³/s).



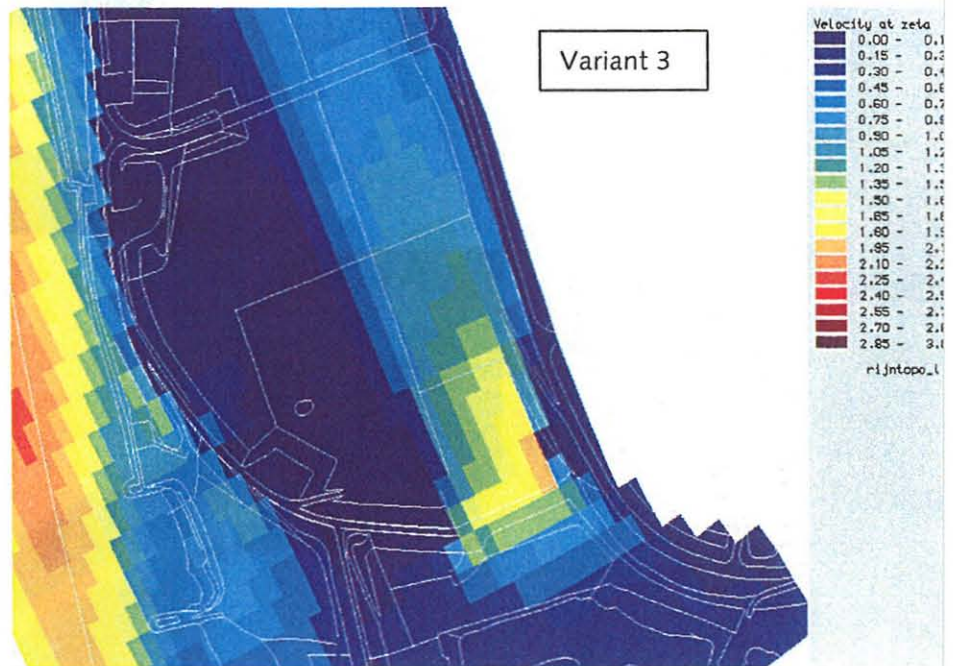
benedenstrooms van de plas ook nog snelheden van 0,6 m/s op in de nevengeul. Wanneer de geul in een zandige bodem ligt kan bij snelheden groter dan 0,3 m/s erosie van de oever gaan optreden waardoor de geul zich kan gaan verleggen [6]. Bij een kleiige bodem liggen deze snelheden hoger. Ook hier geldt dat wanneer de geul op een kortere afstand tot de bandijk komt te liggen (door geulverlegging), dit negatieve gevolgen kan hebben op de stabiliteit van de bandijk.

Omdat in de geul snelheden hoger dan 0,3 m/s zijn geconstateerd, zal verder onderzoek gedaan moeten worden en zullen eventueel maatregelen getroffen moeten worden om te voorkomen dat de geul zich gaat verleggen. Allereerst zal bekeken moeten worden of er sprake is van een zandige of een kleiige ondergrond, en in het geval sprake is

van een zandige bodem zullen de verschillende mogelijkheden, zoals monitoring of oeververdediging, onderzocht moeten worden.

De snelheden in de situatie van variant 3 met ongewijzigde hoogte van de Pannerdense Overlaat komen in de uiterwaard overeen met de snelheden in de uitgangssituatie. Echter, in het zomerbed is er een zeer geringe afname van snelheid t.o.v. de uitgangssituatie. Net als in de situatie van variant 3 met verlaagde Pannerdense Overlaat kan dit mogelijk negatieve effecten hebben op morfologie en scheepvaart (zie 3.3.4.).

Figuur 9
Detail van figuur 8: Stroomsnelheden van variant 3 nabij de Pannerdense Overlaat bij een Bovenrijn afvoer van 10.000 m³/s.



Stroombeeld bij aantakking van nevengeulen op de hoofdgeul

Bij tweezijdig aangetakte nevengeulen kunnen bij lage afvoeren relatief hoge stroomsnelheden voorkomen bij zowel de in- als bij de uitlaat van de geul. Dergelijke stromingen kunnen effect hebben op de scheepvaartveiligheid (navigatie). Wanneer onder geulvullende omstandigheden, haaks op de vaarweg, stromingen optreden groter dan 0,3 m/s, dient nader overleg te worden gevoerd met de vaarwegbeheerder (Rijkswaterstaat) [6]. Er is daarom een inschatting gemaakt van de stroomsnelheden bij de in- en uitlaat van de nevengeul.

Aan de hand van het doorstroomprofiel aan de rivierzijde van de inlaat, nog net in het kribvak en de afvoer door de geul (38 m³/s, zie bijlage C) is een snelheid bepaald. Voor het doorstroomprofiel is een breedte van 35 m en een waterdiepte van 5,25 m. genomen. De snelheid is dan ongeveer 0,2 m/s. Deze snelheid is in de stroomrichting naar de nevengeul en staat niet haaks op de rivier. Deze haakse component van de snelheid is lager dan de 0,2 m/s.

Voor de uitlaat van de nevengeul is op dezelfde manier de snelheid bepaald. Hierbij is een waterdiepte van ongeveer 6 m gebruikt en een breedte van 40 m. Bij een afvoer van 38 m³/s zorgt dit voor een

snelheid van 0,16 m/s. Ook hier is de richting van de stroming nog net niet loodrecht op het zomerbed.

In beide gevallen zijn de snelheden beduidend lager dan de gestelde 0,3 m/s. De stroming ter plaatse van de af- en aantakking van de nevengeul is niet hinderlijk voor de scheepvaart.

Afvoerverdeling

Tabel 2
Afvoerverdeling over de Rijntakken bij
10.000 m³/s voor verschillende situaties

Plan	Boven-Rijn	Waal	Pan. Kan.	Neder-Rijn	IJssel
<i>Beleidsmatig</i>	10.000	6.473	3.527	2.077	1.450
<i>Referentie</i>	10.000	6.511	3.490	2.044	1.452
<i>DLG_3</i>	10.000	6.439	3.561	2.086	1.482
<i>DLG_3_po</i>	10.000	6.486	3.513	2.058	1.462

In tabel 2 zijn de afvoeren over de Rijntakken voor de verschillende situaties gegeven bij een Bovenrijn afvoer van 10.000 m³/s. Bij variant 3 wordt er ook bij lagere hoogwaters teveel water (70 m³/s) richting het Pannerdens Kanaal getrokken, dit kan nadelige gevolgen hebben voor het Benedenrivieren gebied [4]. Door de oorspronkelijke hoogte van de Pannerdense Overlaat niet te wijzigen gaat er nog 23 m³/s te veel over het Pannerdens Kanaal. Ook hier is het effect van de benedenstrooms uitgevoerde projecten niet meegenomen. Bij een Bovenrijn afvoer van 10.000 m³/s is niet bekend wat de afwijking van de afvoerverdeling door deze projecten is. Bij lagere hoogwaters zijn afwijkingen tot 20 m³/s toelaatbaar [4]. Ook in dit geval gaat er slechts 3 m³/s meer dan toegestaan richting het Pannerdens Kanaal. Net als bij de afvoerverdeling bij 15.000 m³/s wordt voorgesteld deze afwijking mee te nemen in de tijdelijke bijsturing van de afvoerverdeling van de huidige situatie [8].

Bij lage Boven-Rijn afvoeren (onder 3.000 m³/s) beïnvloedt de afvoerverdeling de vaardiepte op de takken. Vanuit het scheepvaartbelang wordt de eis gesteld dat de afvoerverdeling niet verandert. In het bijzonder geldt dit voor de Overeengekomen Lage Rivierstand (OLR) [6]. Voor tweezijdig aangetakte nevengeulen nabij de splitsingspunten is een toetsing met de OLR afvoer (1.020 m³/s bij Lobith) vereist.

Doordat er ook bij OLR water richting de nevengeul gaat zal het verhang in het zomerbed afnemen. Met behulp van een handberekening (Chezy) is de vermindering in verhang in het zomerbed bepaald over het traject van de nevengeul. De verlaging van de waterstand is 4 mm. Door het stuwkromme effect zal deze 4 mm op het splitsingspunt kleiner zijn. Aangenomen is dat op het splitsingspunt ook een waterstands daling van 4 mm geldt, hiermee is de veilige kant gekozen. De afvoerverdeling verandert met minder dan 1 m³/s. Volgens het rivierkundig beoordelingskader [6] is een afwijking in de afvoerverdeling van 1 m³/s toegestaan. Het effect van de ingreep (nevengeul) op de afvoerverdeling levert bij OLR dus geen problemen op.

3.3.4. Kwalitatieve beoordeling van effecten op bodemligging en morfologie

Lagere waterstanden

De aanleg van een nevengeul zoals de Groene Rivier kan negatieve effecten hebben op de vaardiepte. Om dit te beperken is bepaald dat bij lagere afvoeren (geulvullend) niet meer dan 3 % door de nevengeul aan de afvoer onttrokken wordt [4]. De afmetingen van de duiker (inlaat Groene Rivier) zijn aangepast om aan deze voorwaarde te voldoen.

Bij een tot maaiveld gevulde hoogwatergeul is gekeken naar de bijbehorende waterstanden en afvoer van het Pannerdens Kanaal. Aan de hand hiervan is bepaald hoe groot de duiker moet zijn om slechts 3 % van die afvoer de uiterwaard in te laten stromen (zie bijlage C). Uit deze berekening blijkt dat de afmetingen van de duiker(s) veel minder groot mogen zijn dan aangegeven is in de technische onderbouwing Inrichtingsplan Rijnwaardense uiterwaard [9]. De totale breedte van de duiker is maximaal 4 m. Door de afmetingen van de duiker zo te kiezen wordt aan de voorwaarde, dat bij lage tot zomerbedvullende afvoer niet meer dan 3 % aan de afvoer onttrokken wordt, voldaan.

Daarnaast is een voorwaarde dat er een overdiepte in het traject aanwezig is van 2 dm. Deze overdiepte is voor dit traject bekeken t.o.v. de situatie bij OLR. De minimale vaardiepte voor dit traject is OLR – 2,50 m +NAP, inclusief de overdiepte is dat OLR –2,70 m +NAP. Dit betekent dat de bodemligging van het zomerbed (in de vaargeul) op dit traject niet hoger mag liggen dan OLR –2,70 m +NAP wat overeenkomt met een bodemhoogte van 4,45 tot 4,63 m +NAP. Dit is bekeken aan de hand van een multibeam peiling van het zomerbed uit 2005 (jmpnr2005nap, Geoloket RWS-ON). Er blijkt voldoende ruimte (overdiepte van 2 dm) te zijn binnen de vaargeul op dit traject zodat negatieve effecten op de vaardiepte beperkt blijven.

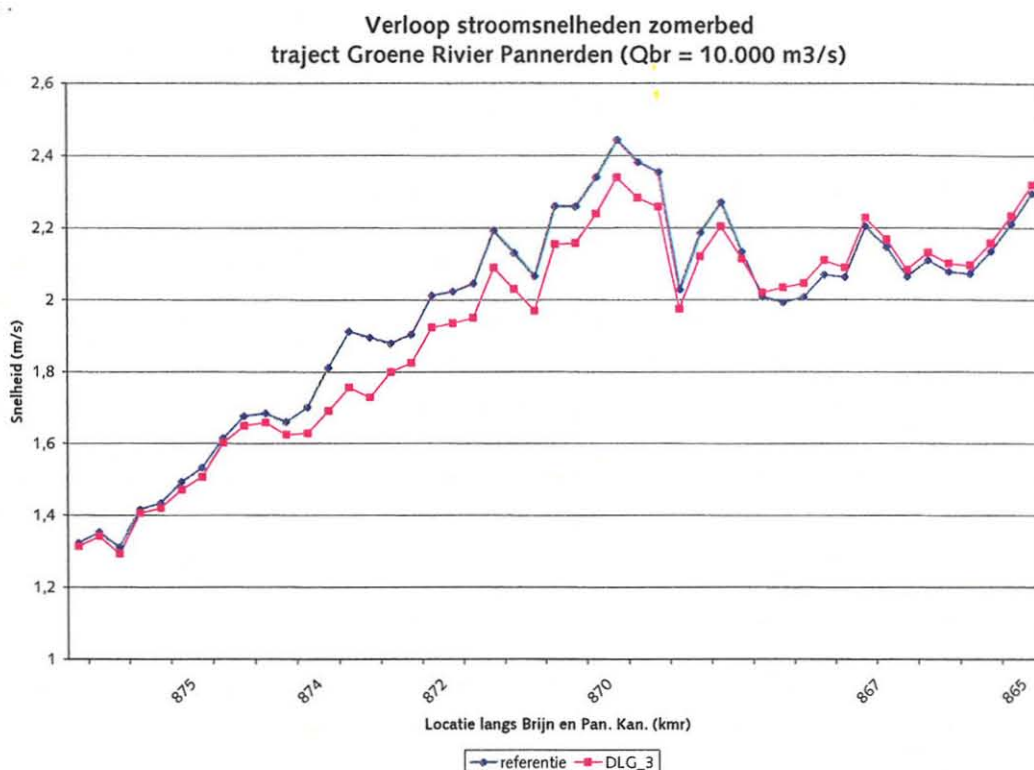
Middellage tot hoge waterstanden

Voor de bodemligging van het zomerbed zijn de veranderingen in de stroomsnelheid tot een Bovenrijn afvoer tot ca 10.000 m³/s bepalend. De duur en frequentie van nog hogere Boven-Rijnafvoeren is te kort om grote invloed te hebben op de gemiddelde bodemligging. De veranderingen van de stroomsnelheid in het zomerbed zijn het gevolg van de grotere stroming door de Groene Rivier.

Voor een Bovenrijn afvoer van 10.000 m³/s is bekeken of de variatie van stroomsnelheden in het zomerbed niet toenemen. In de grafiek van figuur 10 is zichtbaar dat er in het Pannerdens Kanaal in zijn geheel een afname van de stroomsnelheid is, maar dat ook de pieken afvlakken. Dit is gunstig voor de stabiliteit van oevers en kribben, door de minder hoge bodemgolven.

Voor Bovenrijn afvoeren lager dan 10.000 m³/s zijn geen berekeningsresultaten beschikbaar om de veranderingen in stroomsnelheden zichtbaar te maken. Echter, het moment waarop de stroming door de Groene Rivier begint hangt af van de hoogte van de

Figuur 10
Verloop van stroomsnelheden in het zomerbed voor het traject van de Groene Rivier Pannerden bij een Bovenrijn afvoer van 10.000 m³/s.



veel meer bovenstrooms gelegen Geitenwaardse dam. In de huidige situatie gaat de Pannerdense Overlaat daarom pas meestromen bij een afvoer van 8000 tot 9000 m³/s (waterstanden Lobith ca 15 tot 15,5 m+NAP). Dit betekent dat de verruiming van de Groene Rivier - afgezien van de afvoer door de inlaat van de nevengeul- slechts voor een korte duur aanleiding is voor een morfologisch effect in het zomerbed. Het effect op de bodemligging van het zomerbed zal daardoor naar inschatting gering zijn.

In het inrichtingsplan van Rijnwaarden [1] wordt een verlaging van de Geitenwaardse dam aangegeven tot een hoogte van 15,1 m+NAP. Een waterstand gelijk aan deze kruinhoogte komt overeen met een waterstand in Lobith, die nog enige dm's hoger is. Het betekent dat ook hierdoor vermoedelijk geen grote verandering in het moment van meestromen van de Groene Rivier zal ontstaan. En zal dus ook geen sterker morfologische effect (kunnen) optreden door uitvoering van de rest van Rijnwaarden volgens het in 2001 vastgestelde inrichtingsplan.

De onzekerheid in het morfologisch effect vormt wel een risico en is dus een aandachtspunt, ook door het ontbreken van inzicht in de morfologische effecten door het gehele inrichtingsplan Rijnwaarden.

Wanneer toch een kwantitatieve uitspraak gewenst is wat betreft morfologie zullen morfologische berekeningen gedaan moeten worden. Aan de hand van dergelijke berekeningen kan dan een uitspraak gedaan worden voor eventuele kosten voor beheer (baggeren en terugstorten).

3.4 Conclusie

Voor de verschillende onderdelen kan het volgende geconcludeerd worden:

3.4.1. Lokale opstuwing

De varianten 2 en 3 van het inrichtingsplan voor de Groene Rivier van DLG voldoen beide als het gaat om lokale opstuwing. In het geval de Pannerdense Overlaat zijn huidige hoogte behoudt vindt alleen benedenstrooms van het projectgebied een opstuwing van maximaal 2 cm plaats. Dit kan benoemd worden als het 'zaagtand effect' wat bij veel rivierverruimingsprojecten ontstaat omdat er benedenstrooms van de verruiming meer water door zomerbed en uiterwaard wordt gestuurd dan in de uitgangssituatie. Of deze lokale opstuwing langs de bandijk toelaatbaar is zal nog door de dijkbeheerder aangegeven moeten worden. Variant 3 wordt, in dit rapport, gezien als voorkeursvariant.

3.4.2. Afvoerdeling over de splitsingspunten

Door uitvoering van het inrichtingsplan wordt er meer water via het Pannerdens Kanaal afgevoerd waardoor een scheve afvoerdeling ontstaat. Dit effect zal tijdelijk gecorrigeerd moeten worden totdat op de Waal rivierverruimingsprojecten uitgevoerd worden. De tijdelijke maatregel wordt gevonden in het ongewijzigd laten van de hoogte van de Pannerdense Overlaat.

3.4.3. Stromingspatronen tijdens niet extreme hoogwaters

Lokale opstuwing

Op de as van de rivier treedt bij een afvoer van 10.000 m³/s alleen rond kmr 874, net benedenstrooms van het projectgebied, een opstuwing op (1,6 cm) als gevolg van de ingreep (variant 3). In de uiterwaard vindt opstuwing plaats van maximaal 2 cm. Een uitzondering is ter plaatse van de uitstroom bij Kandia, daar is een maximale opstuwing van 5 cm gevonden. Deze opstuwing is er ook in de situatie met ongewijzigde hoogte van de Pannerdense Overlaat. In de rest van de Groene Rivier zijn dan de opstuwings verdwenen.

Inundatiefrequentie

De toegenomen inundatiefrequentie heeft geen nadelige gevolgen voor derden.

Snelheden

Bij variant 3 ontstaan grote stroomsnelheden net benedenstrooms van de Pannerdense Overlaat. Daardoor kan lokaal erosie optreden. Ook in de nevengeul treden tijdens geulvullende tot hogere afvoeren snelheden groter dan 0,3 m/s op. Hier zal extra aandacht besteed moeten worden aan oeeververdediging en eventueel de stabiliteit van de bandijk (dijkbeheerder). Door de hoogte van de Pannerdense Overlaat niet te wijzigen (tijdelijke maatregel), nemen deze stroomsnelheden, behalve in de nevengeul, weer af tot snelheden gelijk aan die van de uitgangssituatie.

Stroombeeld bij aantakking van nevengeulen op de hoofdgeul
Ter plaatse van de af- en aantakking van de nevengeul zijn de snelheden beduidend lager dan de gestelde 0,3 m/s [6]. De stroming bij de in- en uitlaat van de nevengeul is niet hinderlijk voor de scheepvaart.

Afvoerverdeling

Wat betreft de afvoerverdeling wordt er ook bij lagere hoogwaters teveel water richting het Pannerdens Kanaal getrokken. Door de Pannerdense Overlaat niet te verlagen met 0,5 m (tijdelijke maatregel) gaat er minder water naar het Pannerdens Kanaal. Voorgesteld wordt om de afwijking van de afvoerverdeling die meer is dan de toelaatbare marge (20 m³/s) mee te nemen bij het project Beheersing Afvoerverdeling Rijntakken [8].

Het effect van de ingreep (nevengeul) op de afvoerverdeling bij OLR is minder dan 1 m³/s en levert dus geen problemen op.

3.4.4. Kwalitatieve beoordeling van effecten op de morfologie

Wanneer bij lagere hoogwaters niet meer dan 3% van de totale afvoer door het Pannerdens Kanaal via de inlaat van de Groene Rivier onttrokken wordt, is er geen vermindering van de vaardiepte. Uit bijlage C blijkt dat de afmetingen van de duiker [9] te groot zijn. Er wordt daarom geëist dat de afmetingen van de duiker voor het ontwerp worden aangepast.

Verder blijkt er voldoende ruimte (overdiepte van 2 dm) te zijn binnen de vaargeul op dit traject zodat eventuele negatieve effecten op de vaardiepte beperkt blijven.

Door de ingreep (aanleg nevengeul) zullen ook morfologische effecten in het zomerbed optreden bij hogere waterstanden. Echter, vermindering van de fluctuatie in stroomsnelheden in het zomerbed in de langsrichting van het traject (bij 10.000 m³/s) heeft een gunstige invloed op de bodemligging.

Voor Bovenrijn afvoeren lager dan 10.000 m³/s zijn geen berekeningresultaten beschikbaar om de veranderingen in snelheden zichtbaar te maken. Echter, doordat de Groene Rivier pas bij afvoeren van 8000 tot 9000 m³/s mee gaat stromen -afgezien van de afvoer door de inlaat van de nevengeul- (ook in de plansituatie), zal het effect op de bodemligging van het zomerbed naar inschatting gering zijn.

4. Rivierkundige toets voor een ingreep in de situatie na 2015

4.1 PKB Ruimte voor de Rivier

In 2015 moet de PKB Ruimte voor de Rivier uitgevoerd zijn. De projecten, die er samen voor zorgen dat een afvoer van 16.000 m³/s veilig afgevoerd kan worden, zijn opgenomen in het voorkeursalternatief van de PKB Ruimte voor de Rivier [5]. Bij dit voorkeursalternatief (VKA) is er vanuit gegaan dat een aantal lopende projecten, waaronder het inrichtingsplan van Rijnwaarden, reeds uitgevoerd zijn. Uit de berekeningen voor rivierverruiming (hoofdstuk 2) bleek dat het inrichtingsplan Rijnwaarden inclusief het aangepaste plan van de Groene Rivier (DLG) niet geheel voldoet, en dat elk deelproject moet zoeken naar extra verruiming. Behalve wat betreft rivierverruiming is het ook goed om een beeld te hebben wat het inrichtingsplan van Rijnwaarden en het DLG plan van de Groene Rivier voor effect hebben op lokale opstuwing en afvoerdeling t.o.v. het VKA, dus na uitvoering van de PKB. In dit hoofdstuk wordt hierop ingegaan.

4.2 Methode

Voor de situatie na 2015 is het VKA van de PKB Ruimte voor de Rivier (versie 11) als uitgangspunt genomen. Het inrichtingsplan Rijnwaarden inclusief de voorkeursvariant (variant 3) van de Groene Rivier (VKA_Rijnw_DLG_3) wordt hiermee vergeleken. Voor de situatie na 2015 geldt een maatgevende afvoer voor de Bovenrijn van 16.000 m³/s.

4.2.1. Lokale opstuwing

Om lokale opstuwing te kunnen vergelijken is in het VKA van de PKB Ruimte voor de Rivier het plan van Rijnwaarden vervangen door het inrichtingsplan Rijnwaarden inclusief variant 3 van DLG voor de Groene Rivier (Rijnw_DLG_3). Met deze schematisering is een berekening gemaakt (16.000 m³/s) met vaste afvoerdeling. De waterstanden zijn vergeleken met de waterstanden van het VKA, op de as van de rivier en in de uiterwaard. Op deze manier is een beeld verkregen hoeveel het effect van het uitgewerkte plan van DLG afwijkt van het plan in het VKA.

4.2.2. Afvoerdeling over de splitsingspunten

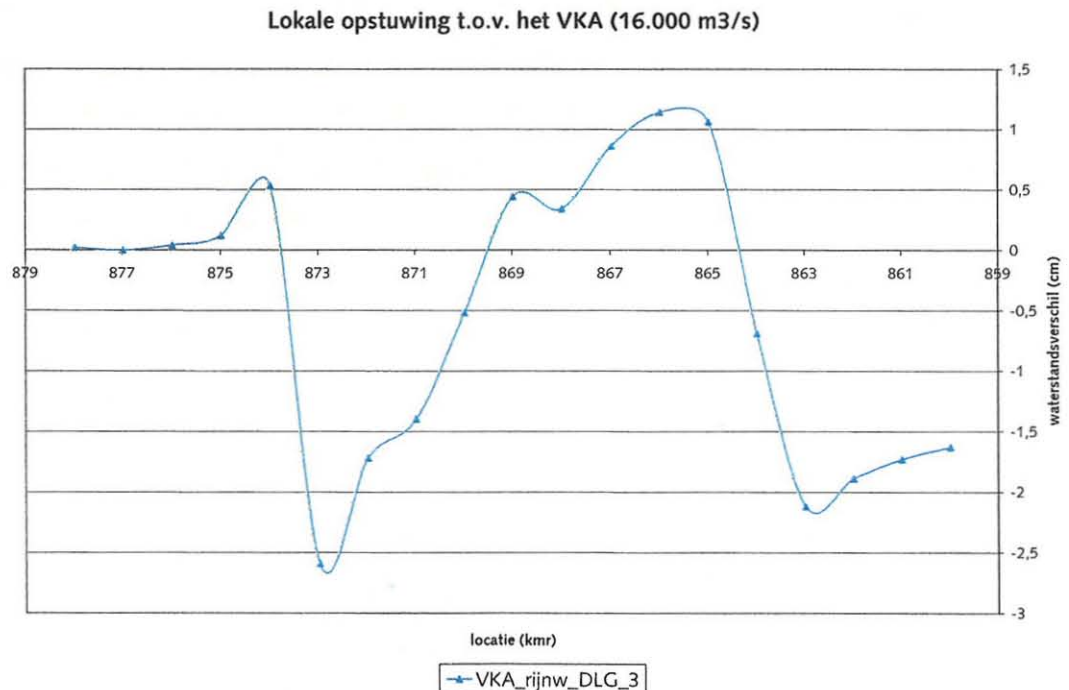
Voor de voorkeursvariant (VKA_Rijnw_DLG_3) is, m.b.v. berekeningen met vrijstromende afvoer, bekeken wat het effect op de afvoerdeling is. De berekende afvoerdeling is vergeleken met de afvoerdeling van het VKA en de beleidsmatige afvoerdeling.

4.3 Resultaten

4.3.1. Lokale opstuwing

In de grafiek zijn de waterstanden (in cm) op de as van de rivier gegeven t.o.v. het VKA (figuur 11). Voor het inrichtingsplan Rijnwaarden inclusief de voorkeursvariant van DLG (VKA_Rijnw_DLG_3) is te zien dat, wanneer alleen naar het deelgebied van de Groene Rivier gekeken wordt (alleen dit deel wordt immers beoordeeld), er geen negatieve effecten op de waterstanden van het VKA optreden. Wel speelt rond kmr 874, net buiten het projectgebied, het zaagtandeffect. Ook in het deel van Rijnwaarden bovenstrooms van de Pannerdense Overlaat zijn de waterstanden op de as van de rivier hoger dan in het VKA (tot 1 cm). Het laatste effect zal lokaal opgelost moeten worden bij de uitwerking van de bovenstroomse deelgebieden (Lobberdense waard en Byland).

figuur 11
waterstandsverschillen op de as van de
rivier (cm) voor Rijnwaarden en DLG-
variant 3 t.o.v. het VKA bij 16.000 m³/s
Lobith

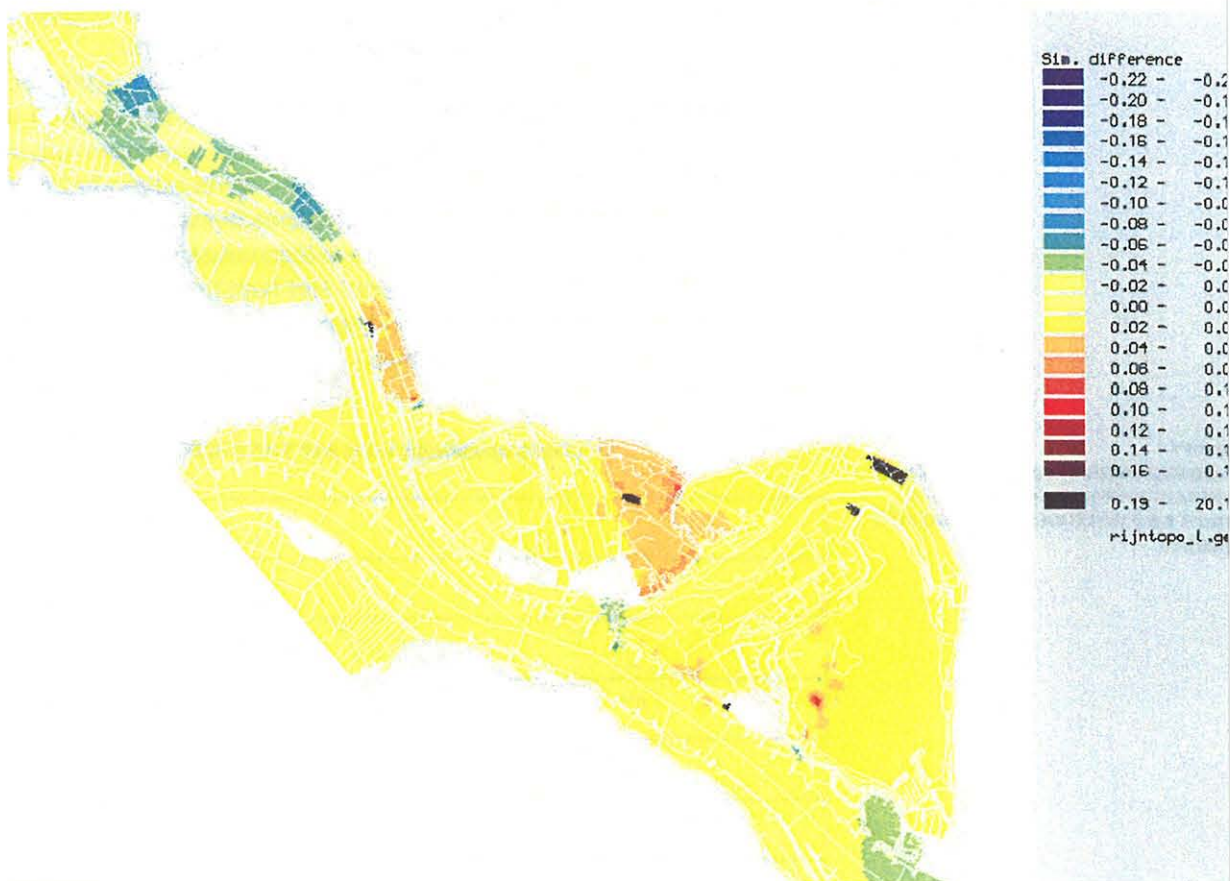


Voor de resultaten van deze berekening zijn ook 2D-figuren gegeven. Figuur 12a laat de verschillen in waterstanden van het hele projectgebied van Rijnwaarden zien. Hierin is te zien dat ook in de uiterwaard lokaal opstuwing optreedt (tot 14 cm). In de figuur zijn ook nog een aantal locaties zichtbaar die zwart gekleurd zijn. Deze locaties geven nog veel grotere verschillen aan. Deze grote verschillen in waterstanden zijn te verklaren door de HVP's in de plansituatie. Deze zitten niet in het VKA maar wel in het inrichtingsplan Rijnwaarden. In het inrichtingsplan steken de HVP's boven het water uit en wordt hier geen waterstand bepaald, in het VKA zijn hier wel waterstanden bepaald en dus ontstaan er grote verschillen in waterstanden. Daar waar geen waterstandsverschillen gegeven zijn (witte vlekken) zijn de locaties van bestaande hoogwatervrije terreinen.

Figuur 12a

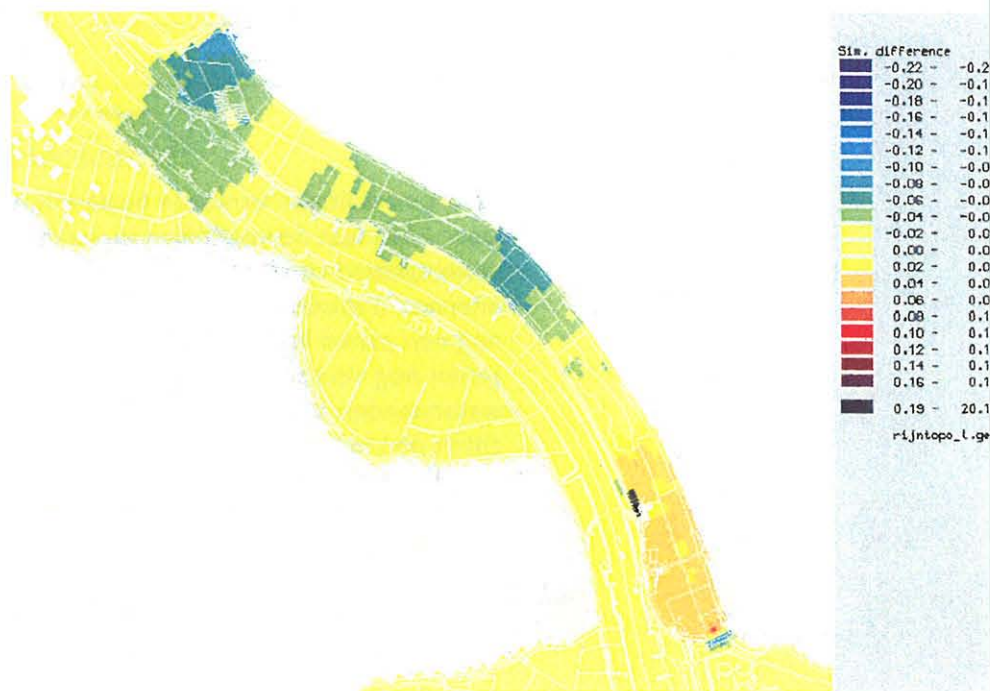
Waterstandsverschillen (m) tussen variant 3 van DLG en het VKA (bij 16.000 m³/s).

In figuur 12b is alleen het gebied van de Groene Rivier weergegeven. Hierin is zichtbaar dat de maximale lokale opstuwing voor variant 3 net benedenstrooms van de Pannerdense Overlaat optreedt. Deze opstuwing bedraagt ongeveer 11 cm t.o.v. het VKA.



Figuur 12b

Vergroting van figuur 12a voor het deelgebied van de Groene Rivier Pannerden



Aan de bandijk is de opstuwing (in het gebied van de Groene Rivier, net benedenstrooms van de Pannerdense Overlaat) maximaal 6 cm.

De ernst van dit probleem wordt pas duidelijk als bekend is hoe het VKA uiteindelijk uitpakt voor de waterstanden bij de bandijk. Hierover is afstemming nodig met de PKB Ruimte voor de Rivier.

Als in de rest van Rijnwaarden lokale opstuwingen voor problemen zorgen, zullen deze lokaal opgelost moeten worden omdat ingrepen in de Groene Rivier hier weinig verbetering in kunnen brengen.

4.3.2. Afvoerverdeling over de splitsingspunten

Wat betreft de afvoerverdeling blijkt dat er door het oorspronkelijke plan van Rijnwaarden inclusief de voorkeursvariant van DLG (VKA_Rijnw_DLG_3) ongeveer evenveel water richting het Pannerdens Kanaal getrokken wordt als bij het VKA. In tabel 3 zijn de afvoeren per tak gegeven. De afwijking is slechts 3 m³/s.

Tabel 3
Afvoerverdeling over de Rijntakken bij
16.000 m³/s voor verschillende situaties

Plan	Boven-Rijn	Waal	Pan. Kan.	Neder-Rijn	IJssel
<i>Beleidsmatig</i>	16.000	10.165	5.835	3.376	2.459
<i>Referentie (VKA)</i>	16.000	10.212	5.788	3.157	2.637
<i>DLG_3</i>	16.000	10.215	5.785	3.156	2.635

4.4 Conclusie

4.4.1. Lokale opstuwing

De voorkeursvariant van DLG (variant 3) zorgt rond kmr 874 voor een opstuwing in de rivieras van ongeveer 0,5 cm t.o.v. het VKA.

Lokaal in de uiterwaard t.o.v. het VKA zijn de waterstanden het hoogst net benedenstrooms van de Pannerdense Overlaat. De ernst van dit probleem wordt pas duidelijk als bekend is hoe het VKA uiteindelijk uitpakt voor de waterstanden bij de bandijk. Hierover is afstemming nodig met de PKB Ruimte voor de Rivier.

4.4.2. Afvoerverdeling over de splitsingspunten

De resultaten van de berekeningen voor het effect op de afvoerverdeling laten zien dat het invoeren van het inrichtingsplan Rijnwaarden inclusief de voorkeursvariant van DLG (VKA_Rijnw_DLG_3) geen afwijking in de afvoerverdeling oplevert t.o.v. het VKA.

5. Aandachtspunten

Naar aanleiding van de rivierkundige toets zijn een aantal aandachtspunten naar voren gekomen, deze zullen hieronder aangegeven worden.

Rivierverruiming

Het vastgestelde inrichtingsplan Rijnwaarden voldoet niet aan de gevraagde maximale waterstandsaling van 11 cm. De maximale waterstandsaling van het inrichtingsplan Rijnwaarden is 8.6 cm. Het totaal van alle deelprojecten van Rijnwaarden zal t.o.v. het vastgestelde inrichtingsplan extra ruimte moeten creëren om aan de PKB projecttaakstelling van 11 cm te voldoen.

Door in het inrichtingsplan Rijnwaarden het deelgebied van de Groene Rivier Pannerden te vervangen door variant 0 van DLG (DLG_0) wordt de maximale waterstandsaling 8,9 cm. Wanneer i.p.v. variant 0 de voorkeursvariant (variant 3) in het plan van Rijnwaarden wordt opgenomen, zal de maximale waterstandsaling groter worden. Uit figuur 3 kan afgeleid worden dat het extra waterstandverlagende effect in de orde van 1 cm is op kmr 863. Dit betekent dat, door variant 0 te vervangen door variant 3, de maximale waterstandsaling van 8,9 cm toe neemt tot ongeveer 10 cm. Om dit aan te tonen zou opnieuw een berekening voor het bepalen van de rivierverruiming gemaakt moeten worden, maar dan met variant 3 i.p.v. variant 0.

Ondanks deze extra waterstandsaling zullen ook andere deelprojecten nog extra verruiming op moeten leveren.

Lokale opstuwing

Voor de Groene Rivier geldt dat er in de verschillende situaties (huidige en na 2015) in de uiterwaard en langs de bandijk opstuwingen optreden t.o.v. de uitgangssituaties. De dijkbeheerder zal aan moeten geven of deze (relatieve) lokale opstuwingen langs de bandijk acceptabel zijn. Voor wat betreft de situatie na 2015 zal door de PKB Ruimte voor de Rivier een uitspraak gedaan moeten worden.

Bodemligging en morfologie

De afmetingen van de inlaat van de Groene Rivier zullen aangepast moeten worden om aan de voorwaarde te voldoen, waarbij gesteld wordt dat er niet meer dan 3% van de totale afvoer van het Pannerdens Kanaal onttrokken mag worden richting de Groene Rivier (zie bijlage C). Bij het verder uitwerken van het ontwerp van de duiker(s) zouden de voorgestelde afmetingen geverifieerd moeten worden.

In de situatie van variant 3 treden stroomsnelheden van 2 m/s op net benedenstrooms van de Pannerdense Overlaat. Ook in de nevengeul treden hoge snelheden op. Onderzocht zal moeten worden wat deze hoge snelheden betekenen voor de stabiliteit van de oever en de bandijk, waarbij ook rekening gehouden moet worden met de snelheden bij hogere afvoeren. Bescherming van de oever is hier een aandachtspunt.

De onzekerheid in het morfologisch effect vormt wel een risico en is dus een aandachtspunt, ook door het ontbreken van inzicht in de morfologische effecten door het gehele inrichtingsplan Rijnwaarden.

Ook aan de stabiliteit van de pijlers van de brug over de Groene Rivier naar het Veer moet aandacht besteed worden.

Afvoerverdeling

Wanneer naar de huidige situatie gekeken wordt, waarbij alleen de Groene Rivier Pannerden uitgevoerd wordt (met verlaging Pannerdense overlaat van 0,5 m), wordt er meer water richting het Pannerdens Kanaal getrokken. Er ontstaat een afwijking van de afvoerverdeling en deze zal tijdelijk (tot uitvoering van rivierverruimingsprojecten op de Waal in het kader van RvdR) gecompenseerd moeten worden. Deze compensatie kan gerealiseerd worden door de huidige hoogte van de Pannerdense Overlaat te behouden. Voor de toestand na 2015 (als alle RvdR-maatregelen zijn uitgevoerd) is het inrichtingsplan Rijnwaarden voor wat betreft de afvoerverdeling in orde.

Ondanks dat in de situatie tot 2015 variant 3, met huidige hoogte van de Pannerdense Overlaat, slechts een kleine afwijking van de afvoerverdeling veroorzaakt (project Beheersing Afvoerverdeling Rijntakken), zal de wijze van uitvoering van het inrichtingsplan de afvoerverdeling kunnen beïnvloeden. Dit zal nog verder uitgezocht moeten worden.

Beheeraspecten

Wat betreft het beheer is er een aantal aspecten die extra aandacht vragen.

- Geconstateerd is dat de stroomsnelheden in de nevengeul te hoog zijn wanneer de bodem bestaat uit zand. In dat geval kan de geul zich gaan verleggen en als dat richting de bandijk gebeurt kan dit negatieve gevolgen hebben voor de stabiliteit van de bandijk. Daarnaast kan er behalve in de zandvang [1] ook sedimentatie in de nevengeul optreden. Dit is verder niet besproken in dit rapport. Om te weten wat de kosten voor beheer zijn wat betreft erosie en sedimentatie in de nevengeul (o.a. baggeren) zal dit aspect nader onderzocht moeten worden.
- Zoals in [1] is aangegeven is er onvoldoende ontgravingsruimte in de Groene Rivier om weerstand door struik- en boomopslag te compenseren. Het vegetatiebeheer zal hier op afgestemd moeten worden. Dit past bij het vegetatietype van natuurlijk gras/hooiland, waardoor of gemaaid moet worden of intensievere nabeweidings nodig is.

Onderhoud

Voor onderhoud van de nevengeul zijn goede mogelijkheden nodig zoals afsluitbare duikers en bereikbaarheid van baggermaterieel.

6. Referenties

- [1] Inrichtingsplan Rijnwaardense uiterwaarden, juni 2001, RIZA rapport 2001.024/ON rapport 2001.002
- [2] Groene Rivier Pannerden, Startnotitie milieueffectrapportage, 29 november 2004, Royal Haskoning
- [3] Taakstelling en waterstandsverlagend effect van het inrichtingsplan Groene Rivier Pannerden, 14 september 2005, archief ANSR, RWS-ON
- [4] Rivierkundig beoordelingskader, januari 2004, RWS-ON
- [5] PKB Ruimte voor de Rivier, deel 3.
- [6] Rivierkundig beoordelingskader, 10 april 2006, RWS-ON
- [7] Resultaten vervolgberekeningen Groene Rivier Pannerden, oktober 2005, archief ANSR, RWS-ON
- [8] Beheersing Afvoerverdeling Rijntakken, projectplan, 2006, RWS-ON
- [9] Technische onderbouwing Inrichtingsplan Rijnwaardense Uiterwaarden. RIZA werkdokument 2001.069x

7. Bijlagen

1
2

Bijlage A specificaties berekeningen

Schematisering:

Basis schematisatie: MHW98-3 (Baseline protocol 4). Dit model beschrijft de situatie van 1997.

Aanpassing van de uitgangssituatie:

- Plasdiepten in Rijnwaarden, de randen van de plassen (in de vorm van breuklijnen die de plasdiepte bepalen) zijn aangepast omdat deze in de meeste gevallen een standaard hoogte hadden t.o.v. het maaiveld en dit niet overeenkomt met de werkelijkheid. De nieuwe plashoogtes in het referentiemodel, gebruikt voor de berekeningen die in dit rapport besproken zijn, zijn overgenomen uit de modelkaarten waarop het oude splitsingspunten model gebaseerd is (hier is geen Baseline maatregel van beschikbaar).
- In de referentiesituatie zijn 2 wijzigingen aangebracht in de vorm van WBR-vergunningen namelijk de Loowaard (Baseline maatregel: pk_loowrd_w1) en spoortunnel Betuwelijn onder het Pannerdensch Kanaal (Baseline maatregel: pk_kandia_w1).
- Omdat na controle van de referentiesituatie bleek dat een aantal (zomer) kaden in het model te laag geschematiseerd zijn, zijn deze opnieuw ingemeten. De ingemeten kruinhoogte is in de vorm van een Baseline-maatregel (pk_kaden_w1) aan de referentiesituatie toegevoegd.
- Ook een deel van de kade langs het Fort Pannerden bleek te laag geschematiseerd, deze is opgehoogd tot 16,80 m +NAP. Dit is gedaan m.b.v. Baseline.

Ook voor de berekeningen met het VKA zijn bovengenoemde aanpassingen gedaan, behalve de aanpassing van de plasranden.

Voor het bepalen van de ruwheden is uitgegaan van het handboek stromingsweerstand. Hierdoor was het noodzakelijk te werken met:

- Baseline versie 4.0 (3.0 voor VKA)
- Waqua versie 2005-01 (2003-01 voor VKA)

Het VKA werkt met de ecotopen indeling en daarom zijn de oude versies van Baseline en Waqua voor deze berekeningen gebruikt.

De verlaging van de Pannerdense Overlaat is in de meeste berekening rechtstreeks in de waqua-invoer bestanden gedaan en dus niet via Baseline.

Randvoorwaarden modellen:

Voor de berekeningen met vaste afvoerverdeling is een deelmodel gebruikt. De randen zijn als volgt gedefinieerd:

- Afvoerrand op de Bovenrijn (kmr 854)
- Afvoeronttrekking op de Waal (kmr 876)
- Waterstanden op Nederrijn en IJssel (kmr 889 en 884)

Deze randen corresponderen steeds met de afvoer die op de Bovenrijn wordt opgelegd.

Voor de berekeningen met vrijstromende afvoerverdeling is het hele model gebruikt, met op de randen Qh-relaties. De afvoerrand op de Bovenrijn is steeds aangepast aan de gewenste afvoer.

De rekenrooster begrenzing behorende bij de MHW98_3 is gebruikt voor de berekeningen met uitzondering van de berekeningen met het VKA. Voor deze berekeningen is de rekenrooster begrenzing van het VKA gebruikt, waarin ook een aantal dijkverleggingen zijn meegenomen.

Rekenrooster: 40m-rooster

Overzicht berekeningen:

Berekening	Opc code	modelschematisatie	randvoorwaarden	Toets	Hoogte PO*
Rivierverruiming d.m.v. de PKB projecttaakstelling (Rijnwaarden en Groene Rivier)					
Referentie	R01	referentie	mhw98_3; 16.000m ³ /s; vaste afvoerverdeling		13,98
Rijnw	R02	oorspronkelijk plan Rijnwaarden (dyn. Ruigte)	mhw98_3; 16.000m ³ /s; vaste afvoerverdeling	Toetsen met 11 cm op kmr 865,3 (+/- 500m)	13,48
Rijnw_DLG_0	R03n	R02 inclusief plan Groene Rivier Pannerden (DLG)	mhw98_3; 16.000m ³ /s; vaste afvoerverdeling	Toetsen met 11 cm op kmr 865,3 (+/- 500m)	13,48
Rijnw_DLG_0_po	R03m	R03n inclusief extra verlaging Pannerdense Overlaat	mhw98_3; 16.000m ³ /s; vaste afvoerverdeling	Toetsen met 11 cm op kmr 865,3 (+/- 500m)	12,75
Rivierkundige toets voor een ingreep in de huidige situatie WBR-toets (alleen Groene Rivier)					
<i>Lokale opstuwing</i>					
Referentie	R21v	Referentie	mhw98_3; 15.000m ³ /s; vaste afvoerverdeling		13,93
DLG_1	R22n	Groene Rivier Pannerden variant 1**	mhw98_3; 15.000m ³ /s; vaste afvoerverdeling	Toets: Waterstand (ws) moeten lager of gelijk zijn aan ws R21v	13,43
DLG_1_po	R22p	Variant 1 met huidige hoogte Pannerdense Overlaat	mhw98_3; 15.000m ³ /s; vaste afvoerverdeling	Toets: Ws moeten lager of gelijk zijn aan ws R21v	13,93
DLG_2	R28n	Groene Rivier Pannerden variant 2	mhw98_3; 15.000m ³ /s; vaste afvoerverdeling	Toets: Ws moeten lager of gelijk zijn	13,43

				aan ws R21v	
DLG_2_po	R28p	Variant 2 met huidige hoogte Pannerdense Overlaat	mhw98_3; 15.000m3/s; vaste afvoerverdeling	Toets: Ws moeten lager of gelijk zijn aan ws R21v	13,93
DLG_3 (voorkeursvariant)	R29n	Groene Rivier Pannerden variant 3	mhw98_3; 15.000m3/s; vaste afvoerverdeling	Toets: Ws moeten lager of gelijk zijn aan ws R21v	13,43
DLG_3_po	R29p	Variant 3 met huidige hoogte Pannerdense Overlaat	mhw98_3; 15.000m3/s; vaste afvoerverdeling	Toets: Ws moeten lager of gelijk zijn aan ws R21v	13,93
Afvoerverdeling					
Referentie	R21q	Referentie	mhw98_3; 15.000m3/s; vrijstromend		13,93
DLG_1	R22n_q	Groene Rivier Pannerden variant 1	mhw98_3; 15.000m3/s; vrijstromend	Toetsen met beleidsmatige afvoerverdeling	13,43
DLG_1_po	R22p_q	Variant 1 met huidige hoogte Pannerdense Overlaat	mhw98_3; 15.000m3/s; vrijstromend	Toetsen met beleidsmatige afvoerverdeling	13,93
DLG_3 (voorkeursvariant)	R29n_q	Groene Rivier Pannerden variant 3	mhw98_3; 15.000m3/s; vrijstromend	Toetsen met beleidsmatige afvoerverdeling	13,43
DLG_3_po	R29p_q	Variant 3 met huidige hoogte Pannerdense Overlaat	mhw98_3; 15.000m3/s; vrijstromend	Toetsen met beleidsmatige afvoerverdeling	13,93
Niet extreme hoogwaters (10.000 m3/s)					
Lokale opstuwing					
Referentie	R41	Referentie	mhw98_3; 10.000m3/s; vaste afvoerverdeling		13,98
DLG_3 (voorkeursvariant)	R42	Groene Rivier Pannerden variant 3	mhw98_3; 10.000m3/s; vaste afvoerverdeling	Toets: Ws moeten lager of gelijk zijn aan ws R41	13,48
DLG_3_po	R43	Variant 3 met huidige hoogte Pannerdense Overlaat	mhw98_3; 10.000m3/s; vaste afvoerverdeling	Toets: Ws moeten lager of gelijk zijn aan ws R41	13,98
Afvoerverdeling					
Referentie	R41q	Referentie	mhw98_3; 10.000m3/s; vrijstromend		13,98
DLG_3 (voorkeursvariant)	R42q	Groene Rivier Pannerden variant 3	mhw98_3; 10.000m3/s; vrijstromend	Toetsen met beleidsmatige afvoerverdeling	13,48

				bij 10.000 m3/s	
DLG_3_po	R43q	Variant 3 met huidige hoogte Pannerdense Overlaat	mhw98_3; 10.000m3/s; vrijstromend	Toetsen met beleidsmatige afvoerverdeling bij 10.000 m3/s	13,98
Rivierkundige toets voor een ingreep in de situatie na 2015 (Rijnwaarden en Groene Rivier)					
<i>Lokale opstuwing</i>					
VKA	R11v	VKA	VKA; 16.000m3/s; vaste afvoerverdeling		13,48
VKA_Rijnw_DLG_1	R12v	VKA Incl. plan Rijnwaarden en DLG variant 1	VKA; 16.000m3/s; vaste afvoerverdeling	Toetsen met mhw-vlak (hr1996)	13,48
VKA_Rijnw_DLG_3	R17v	VKA Incl. plan Rijnwaarden en DLG variant 3	VKA; 16.000m3/s; vaste afvoerverdeling	Toetsen met mhw-vlak (hr1996)	13,48
<i>Afvoerverdeling</i>					
VKA	R14	VKA	VKA; 16.000m3/s; vrijstromend	Toetsen met afvoerverdeling VKA	13,48
VKA_Rijnw_DLG_1	R15	VKA Incl. plan Rijnwaarden en DLG variant 1	VKA; 16.000m3/s; vrijstromend	Toetsen met afvoerverdeling VKA	13,48
VKA_Rijnw_DLG_3	R16	VKA Incl. plan Rijnwaarden en DLG variant 3	VKA; 16.000m3/s; vrijstromend	Toetsen met afvoerverdeling VKA	13,48

* De hoogte van de Pannerdense Overlaat is in de referentie voor elke afvoer opnieuw gekalibreerd (zie bijlage 2 van [4]). Dit is niet gedaan voor de uitgangssituatie van de berekeningen van het VKA. De aanpassingen van de Pannerdense Overlaat in een plan zijn gedaan t.o.v. deze gekalibreerde hoogte.

** Variant 1: verwijderen kade Kandia + verwijderen HVP1 (langwerpige)

Variant 2: verwijderen kade Kandia + verwijderen 2 HVP's (bij Kandia en langwerpige)

Variant 3: verwijderen kade Kandia + verwijderen HVP2 (bij Kandia)

Instabiliteiten

Net als uit voorgaande berekeningen bleek (bijlage 5 van [4]) zijn ook in de hier besproken berekeningen instabiliteiten gevonden. Als gevolg van het gebruik van het handboek stromingsweerstand zijn de instabiliteiten iets groter, maar nog wel in dezelfde orde grootte, dan bij de eerdere berekeningen. Het heeft dan ook geen nadelige consequenties voor de resultaten van de berekeningen.

Bijlage B Keuzes schematisering Rijnwaarden:

Bij het schematiseren van het inrichtingsplan van Rijnwaarden als Baseline-maatregel is gebruik gemaakt van de tekening, dwarsdoorsneden en beschrijving van [2]

Op de tekening staan de wijzigingen beschreven. Aan de hand van digitale bestanden (aangeleverd door Vista in dxf-formaat, dat in arcview geïmporteerd kon worden) konden de wijzigingen aangebracht worden. Omdat niet alle wijzigingen duidelijk omschreven zijn, zijn op een aantal punten keuzes gemaakt. Deze keuzes worden hieronder beschreven.

Schematisering in baseline

- In het gebied zijn een aantal in- en uitstroompunten aangegeven in de vorm van een duiker (groene rivier, in zorgdijk (Lobberdense waard noord), Bylandse waard). In de Lobberdense waard zuid zitten bedienbare instroompunten. Daarnaast is er ook een kudde onderdoorgang in de Lobberdense weg (lobberdense waard noord) en is er in de Bylandse waard een instroompunt met fietsbrug. Voor al deze gevallen geldt dat ze erg klein zijn t.o.v. de rooster-grootte en daardoor moeilijk te schematiseren. Daarnaast zullen deze punten altijd onder water liggen tijdens maatgevende omstandigheden en stroomt het hoe dan ook. Ze zijn daarom niet geschematiseerd.
- In de Groene Rivier wordt de zomerkade (bij Kandia) verlaagd met 0,5 m (van 13,55 m naar 13,05 m +NAP). Er staat niet duidelijk aangegeven over welke lengte de verlaging gepland is. Daarom is alleen dat deel wat ongeveer 13,50 meter hoog was verlaagd naar 13,05. Voor de hele kade geldt dat de hoogteligging maximaal 13,05 m+NAP is.
- Onduidelijk is tot welke hoogte de zorgdijk bij de Leidam opgehoogd moet worden omdat tekst en tekening hier van elkaar afwijken (nl 14,15 en 14,40 m+NAP). Gekozen is voor 14,15 m omdat dit rivierkundige gezien gunstiger is en het beste aansluit op de rest van de zorgdijk.
- In de Lobberdense waard noord wordt gesproken van "nieuwe geïsoleerde wateren met eiland, vorm indicatief". Hierbij is uitgegaan van de vorm zoals deze op de plantekening aangegeven is. Zowel in de Lobberdense waard noord als de Geitenwaardse polder worden hoogwatervluchtplaatsen gepland. Hierbij staat de grootte aangegeven, maar op de kaart is onduidelijk wat de ligging is. Er is in beide gevallen voor de meest logische ligging gekozen en de grootte is geschat.
- De Geitenwaardse dam (Lobberdense waard zuid/Bylandse waard) wordt verlaagd. Hierbij zijn de lengte en grootte van de verlaging uit de kaart geïnterpreteerd.
- De plas van Wezendonk wordt verondiept. Ook hier spreken tekst en tekening elkaar tegen (of is de tekening onduidelijk hoe groot het gebied is dat op -10m komt te liggen). Er is daarom voor gekozen de waarde van de laagste hoogtelijn in

de plas aan te houden. Deze waarde is 5 m+NAP en komt aardig dicht in de buurt van de 6 m+NAP zoals aangegeven in de tekst.

- De brug over de geul in de Lobberdense waard zuid zou het beste als 'barrier' geschematiseerd kunnen worden. Omdat daar nog weinig ervaringen mee zijn is hier een verlaagde overlaat blijven liggen. Deze heeft een kruinhoogte van 10 m+NAP en drempelwaarden die op een hoogte van 7 m+Nap liggen.
- Ondanks dat in het gebied van de oeverzone aangegeven is dat de plannen nog indicatief zijn, zijn wel de 4 kribben verlaagd met een meter en is de meest benedenstroomse krib uitgebreid met een dwarse dam/krib (dit is in de schematisering van de PKB niet gedaan). Daarnaast is het gebied niet verlaagd zoals aangegeven staat op de kaart, maar is dit stuk geschematiseerd vergelijkbaar met de schematisatie van de PKB. Dit komt neer op een diepte van de geul van ongeveer 7 m+NAP. In de bovenstroomse opening is een drempel blijven liggen op maaiveld-hoogte.
- In de Bylandse waard is de kade naar de vluchthaven verlaagd over een afstand van 200 m tot een hoogte van 16,00 tot 16,50 m +NAP. Hierbij is het meest logische traject gekozen aangezien op de plantekening niet het exacte traject van de verlaagde kade aangegeven staat.

Let op beheer in groene rivier Pannerden

In de plantekening wordt gesproken over dynamische ruigte, door Royal Haskoning is dit (na overleg met DLG/projectgroep) vertaald naar natuurlijk gras/hooiland. Omdat dynamische ruigte veel ruwer is dan natuurlijk gras/hooiland zal er bij natuurlijk gras/hooiland een veel intensiever beheer nodig zijn.

Bijlage C Bepalen afvoer door duiker (barrier)

Voor de berekeningen met een afvoer van 10.000 m³/s is voor de plansituatie van de Groene Rivier in Waqua een barrier geschematiseerd. Deze barrier zorgt ervoor dat water vanuit het zomerbed via een duiker in de kade (inlaat) naar de geul van de Groene Rivier kan stromen. Behalve het schematiseren van de barrier is ook de bodemligging bij de instroom verlaagd.

Afmetingen van de duiker [5]:

- onderkant ligt op 6,70 m+NAP
- bovenkant ligt op 12,70 m+NAP
- Lengte is 58 m

De barrier is zodanig geschematiseerd dat een beperkte afvoer (3% van de afvoer door het Pannerdens Kanaal) richting de uiterwaard wordt gestuurd. De grootte van deze beperkte afvoer is bepaald op de volgende manier:

De 3% geldt bij een afvoer waarbij de geul in de Groene Rivier gevuld is tot maaiveld. Er is daarom gesteld dat de waterstand, die gelijk is aan de maaiveldhoogte aan de bovenstroomse zijde van de geul, de waterstand is behorende bij deze afvoer. Bij deze waterstand (op de as van de rivier ter hoogte van de instroom van de geul, kmr 870) hoort een afvoer van 1.274 m³/s op het Pannerdens Kanaal. 3% van deze afvoer is 38 m³/s. Dit wordt Q_{max} genoemd, die in deze situatie door de inlaat mag.

De bovenstroomse waterstand (h_1) t.o.v. de onderkant van de duiker is in deze situatie 4,55 m, de benedenstroomse waterstand (h_3) is 4,29 m (= waterstand op rivieras bij de benedenstroomse aantakking van de geul (4,27 m) + het verval over de geul (0,02 m)). Het verval over de duiker is dus bijna maximaal, namelijk 26 cm tegenover een totaal verval van 28 cm.

Met behulp van deze waterstanden, afmetingen van de duiker en een aantal andere parameters kan het intreeverlies, wrijvingsverlies en uittreeverlies bepaald worden. Het totaal levert een afvoercoëfficiënt (m) op. In deze situatie is m gelijk aan 0,89.

De afvoer door de duiker kan nu bepaald worden m.b.v. de formule voor de lange onvolkomen overlaat:

$$Q = m * b * h_3 * \sqrt{2g(h_1 - h_3)}$$

Waarin b de breedte van de duiker is zoals in het in 2001 vastgestelde plan van Rijnwaarden is aangegeven (11,5 m) [9].

Q wordt nu 99,17 m³/s

Dit betekent dat er meer dan 3% van de afvoer van het Pannerdens Kanaal door de inlaat gaat. Om wel aan die 3% te komen wordt de breedte van de duiker aangepast.

Bij een breedte van 4 m ontstaat er een situatie waarbij een afvoer van $38 \text{ m}^3/\text{s}$ door de duiker gaat. Dit komt ongeveer overeen met de gewenste 3%.

Nu de afmetingen van de duiker opnieuw bepaald zijn, is met deze afmetingen de afvoer door de duiker, bij een Bovenrijn afvoer van $10.000 \text{ m}^3/\text{s}$, bepaald.

In deze situatie staat de duiker helemaal vol. De hoogte wordt nu 6 m. De afvoercoëfficiënt is voor deze situatie 0,828 en $(h_1 - h_3) = 0,39 \text{ m}$.

Q wordt dan $55 \text{ m}^3/\text{s}$

De duiker is nu zodanig geschematiseerd in Waqua dat bij een Bovenrijn afvoer van $10.000 \text{ m}^3/\text{s}$, $55 \text{ m}^3/\text{s}$ door de duiker naar de Groene Rivier stroomt.

Bijlage D Verschillen in schematisering eerdere berekeningen (Svasek) en huidige berekeningen (RWS-ON, Rivierkunde)

In dit rapport is het inrichtingsplan Rijnwaarden [1] opnieuw in Baseline geschematiseerd. Op deze manier is het mogelijk voor de berekeningen voor rivierverruiming (hoofdstuk 2) Rijnwaarden op te nemen in de uitgangssituatie en de rivierverruiming voor dit plan te bepalen. De Baseline schematisering is vervolgens omgezet naar een Waqua-schematisatie. De resultaten laten verschillen zien met de resultaten berekend door Svasek (september 2002) op basis waarvan het inrichtingsplan Rijnwaarden [1] in 2001 is vastgesteld. In onderstaande wordt aangegeven waar deze verschillen door kunnen zijn ontstaan.

Algemeen

- Rooster: bij de berekeningen van Svasek is gebruik gemaakt van het 'oude rooster'. Dit is een grover rooster dan het in de huidige berekeningen gebruikte 40 m rooster. Dit laatste rooster is dus een fijner rooster waardoor bijvoorbeeld nevengeulen beter geschematiseerd kunnen worden.
- Bij de berekeningen van Svasek is geen gebruik gemaakt van Baseline, hierdoor kunnen verschillen in schematisatie ontstaan.
- Bij de berekeningen van Svasek is voor de vegetatie gebruik gemaakt van vaste k-waarden. In de huidige berekeningen is het handboek stromingsweerstand gebruikt, dat uitgaat van vegetatiestructuur typen en waterdiepte afhankelijk is.

Schematisatie uitgangssituatie

- Pannerdense Overlaat

De bodemligging onder de PO is bij Svasek en in de huidige berekeningen verschillend:

Locatie	Svasek	RWS-ON
PO beneden	11.30	11.10
PO	11.10	13.10
PO boven	8.20	11.20

De hoogte van de PO is in beide schematisaties gelijk.

- Lobberdense waard

Leidam ligt bij RWS-ON lager (16,09 – 16,35) dan bij Svasek (16,40 – 16,70). Dit geldt ook voor het bovenstroomse deel van de Leidam tot aan de steenfabriek alleen is het verschil hier minder groot (RWS-ON: 15,02 – 14,90 – 15,10 en Svasek: 15,10). De Zorgdijk is bij RWS-ON (14,15 – 14,70 – 14,30) gemiddeld iets lager dan bij Svasek (14,0 – 15,0 – 14,60).

→ Dit betekent dat in het geval van RWS-ON in dit gebied meer water vanuit de uiterwaard terug stroomt naar het zomerbed en dus rond kmr 868 het waterstandsverlagende effect minder is dan bij Svasek. Daarnaast gaat er daardoor ook iets meer water over de PO bij Svasek (waarschijnlijk ook door de lagere bodemligging bij

de PO) en zal een verlaging (of andere verandering bij de PO) meer effect hebben dan bij de schematisatie van RWS-ON.

Schematisatie inrichtingsplan Rijnwaarden

- Groene Rivier

Bij Svasek lijkt de Groene Rivier qua bodemligging ruimer geschematiseerd, de geul is dieper en breder (grootste verschil rond 871,5)

HVP bij kmr 870 is kleiner geschematiseerd bij Svasek, daarnaast zijn nog twee extra hoge (maar niet hoogwatervrij) terreinen aanwezig bij de RWS-ON schematisatie (HVP1 en HVP2)

De vegetatie naast de geul is bij Svasek minder ruw (kleinere stromingsweerstand). Ruwheden buiten geul: Svasek $k=0,8$; RWS-ON $k=1,37$

→ Bovengenoemde kenmerken wijzen erop dat het deelgebied van de Groene Rivier Pannerden door Svasek ruimer is geschematiseerd dan bij RWS-ON.

- Lobberdense waard

De brug van plas van wezendonk naar de geul bovenstrooms (in plan) is in de situatie van RWS-ON gunstiger geschematiseerd dan bij Svasek.

→ In dit geval gaat het om zo'n smalle doorgang dat dit in de resultaten (waterstanden en stroombeeld) niet is terug te vinden.

- Geitenwaardse polder

De heggen in de geitenwaardse polder zijn bij de RWS-ON schematisatie duidelijk zichtbaar en het levert dan ook hogere ruwheden op, mede door het gebruik van het handboek stromingsweerstand in uiterwaarden.

→ Echter, uit de resultaten wordt dit niet zichtbaar omdat het in dit gebied niet heel hard stroomt en dus weinig invloed zal hebben op de waterstanden in het zomerbed.

- Oeverzone (ter hoogte van de Oude Waal)

In de oeverzone lijken de 2 schematisaties erg op elkaar. Echter, de kade langs de oeverzone is bij RWS-ON verlaagd (tot 14,50 zoals in het inrichtingsplan is aangegeven). Bij Svasek is deze kade op een hoogte van 16,70 m blijven liggen net als in de uitgangssituatie.

→ Dit heeft grote gevolgen voor het stroombeeld. Bij de situatie van RWS-ON gaat meer water richting de uiterwaard, na de steenfabriek stroomt er ook weer meer water richting zomerbed (over Leidam).