

## Rivierkundige effecten Voorhaven Winssen

Rivierkundige effecten Voorhaven Winssen

21 april 2009

Definitief rapport

9V0605.B0

Barbarossastraat 35  
Postbus 151  
6500 AD Nijmegen  
(024) 328 42 84 Telefoon  
(024) 360 54 83 Fax  
info@nijmegen.royalhaskoning.com E-mail  
www.royalhaskoning.com Internet  
Arnhem 09122561 KvK

Documenttitel Rivierkundige effecten voorhaven Winssen

Verkorte documenttitel Rivierkundige berekeningen Winssen

Status Definitief rapport

Datum 21 april 2009

Projectnaam Rivierkundige berekeningen Voorhaven Winssen

Projectnummer 9V0605.B0

Opdrachtgever Gemeente Beuningen

Referentie 9V0605.B0/R0002/901807/JEBR/Nijm

Auteur(s) Ing. K.P. Visser en ir. W. de Jong

Collegiale toets Ir. O. Scholl 

Datum/paraaf 21 april 2009

Vrijgegeven door ir. W. de Jong

Datum/paraaf 21 april 2009 

## INHOUDSOPGAVE

	Blz.
1 INLEIDING	1
1.1 Projectkader	1
1.2 Doelstelling	1
1.3 Leeswijzer	1
2 UITGANGSPUNTEN VOOR BEREKENINGEN	2
3 REFERENTIESITUATIE	3
4 VOORHAVEN WINSSSEN	6
5 RIVIERKUNDIGE EFFECTEN	8
6 MORFOLOGISCHE EFFECTEN	14
7 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	16
7.1 Conclusies	16
7.2 Aanbevelingen	16

## BIJLAGEN

1. Stroomlijnen 15.000 m<sup>3</sup>/s
2. Stroomlijnen 18.000 m<sup>3</sup>/s
3. Profilering bandijk Ewijk - Deest

## **1 INLEIDING**

### **1.1 Projectkader**

Ten behoeve van de geplande zandwinning (H-1 locatie) te Winssen is onder andere een voorhaven gepland ter hoogte van Winssen/Deest (kvr 897 op de Waal). De voorhaven (zonder hoogwatergeul) heeft reeds in 2000 een Wbr-vergunning gekregen. Echter voor deze H-1 locatie en de voorhaven dient de gemeente Beuningen nu een bestemmingsplan op te stellen. Ten behoeve hiervan is de gemeente Beuningen geïnteresseerd in de vraag of de geplande ruimtelijke ontwikkeling (voorhaven zonder hoogwatergeul) hoogwaterveilig is.

Royal Haskoning is gevraagd om ten behoeve van het op te stellen bestemmingsplan enkele actuele rivierkundige berekeningen uit te voeren. Deze berekeningen moeten inzicht geven in de hoogwaterveiligheid van het ontwerp van de voorhaven op lange termijn.

### **1.2 Doelstelling**

De rivierkundige effectbeschrijving heeft ten doel inzicht te geven in de hoogwaterveiligheid rondom de voorhaven te Winssen in verband met het opstellen van het bestemmingsplan. Tevens zijn de morfologische effecten van de voorhaven globaal beschreven.

Hiertoe zijn rivierkundige berekeningen uitgevoerd bij MHW (15.000 m<sup>3</sup>/s), bij de termijn norm na 2015 (16.000 m<sup>3</sup>/s) en bij de lange termijn norm (18.000 m<sup>3</sup>/s). De morfologische effecten zijn ingeschat op basis van een rivierkundige berekening bij een bedvallende afvoer van 3.750 m<sup>3</sup>/s te Lobith.

### **1.3 Leeswijzer**

De opbouw van het rapport is als volgt:

In hoofdstuk 2 zijn de uitgangspunten en gebruikte rekenmodellen opgesomd. De huidige situatie wordt in hoofdstuk 3 beschouwd en de situatie met de voorhaven Winssen in hoofdstuk 4. Hoofdstuk 5 beschrijft de rivierkundige effecten bij 15.000, 16.000 en 18.000 m<sup>3</sup>/s. Een globale inschatting van de morfologische effecten is beschreven in hoofdstuk 6. Tenslotte volgen in hoofdstuk 7 de conclusies en aanbevelingen.

## 2 UITGANGSPUNTEN VOOR BEREKENINGEN

De volgende uitgangspunten zijn gebruikt voor de rivierkundige effectbepaling:

- het gebruikte referentiemodel is het PKB 3\_3 model. Dit model is door Rijkswaterstaat Oost-Nederland aan Royal Haskoning geleverd;
- de rivierkundige toetsing is uitgevoerd met WAQUA versie Simona 2006-01;
- er zijn WAQUA-berekeningen uitgevoerd bij drie constante maatgevende afvoeren met een vaste afvoerverdeling bij de splitsingspunten:
  - 15.000 m<sup>3</sup>/s bij Lobith (9.530 m<sup>3</sup>/s op de Waal);
  - 16.000 m<sup>3</sup>/s bij Lobith (10.165 m<sup>3</sup>/s op de Waal);
  - 18.000 m<sup>3</sup>/s bij Lobith (11.350 m<sup>3</sup>/s op de Waal);
  - Geulvullende afvoer van 3.750 m<sup>3</sup>/s bij Lobith (2.527 m<sup>3</sup>/s op de Waal).
- de gepleegde ingrepen in het model zijn volgens het geldende beoordelingskader geschematiseerd. Dit betekent dat er voor de schematisatie van de ingreep gebruik is gemaakt van Baseline versie 3.31. De plannen zijn volgens de eisen en richtlijnen van Rijkswaterstaat ("Baseline eisen - richtlijnen en maatregelen" (juli 2007)) geschematiseerd;
- om de schematisatie met voorhaven te reconstrueren is door Rijkswaterstaat Oost-Nederland (dhr. Vos, 12 februari 2009) de Baseline 4.0 maatregel 'wl\_winsch\_v03a' aangeleverd. Deze maatregel is door Royal Haskoning omgezet naar een Baseline 3.3 maatregel. Dit omdat de effectbeoordeling is uitgevoerd in het Baseline 3.3 rekenmodel. De maatregel is vervolgens in het simona\_rijn\_pkb\_3\_3 model opgenomen;
- de schematisatie van de voorhaven in het rivierkundige rekenmodel komt overeen met de vergunningstekening nummer 18.2.2.2105;
- de resultaten van de rivierkundige berekeningen bij 15.000 m<sup>3</sup>/s, bij 16.000 m<sup>3</sup>/s en bij 18.000 m<sup>3</sup>/s tonen het waterstandseffect in de as van de rivier en in de uiterwaard ter hoogte van de geplande voorhaven, en het effect op de afvoerverdeling tussen zomer- en winterbed;
- de resultaten van de rivierkundige berekeningen bij een geulvullende afvoer van 3.750 m<sup>3</sup>/s bij Lobith (2.527 m<sup>3</sup>/s op de Waal) tonen het effect op de stroomsnelheden rond de geplande voorhaven. Hiermee is een inschatting gemaakt van de globale morfologische effecten van de voorhaven;
- Rijkswaterstaat bestempelt de gemaakte berekeningen als verkennende berekeningen doordat gebruik gemaakt is van een baseline 3.3 rekenmodel. Hierdoor worden de resultaten niet geaccepteerd voor een eventuele beoordeling of Wbr-vergunningsaanvraag.

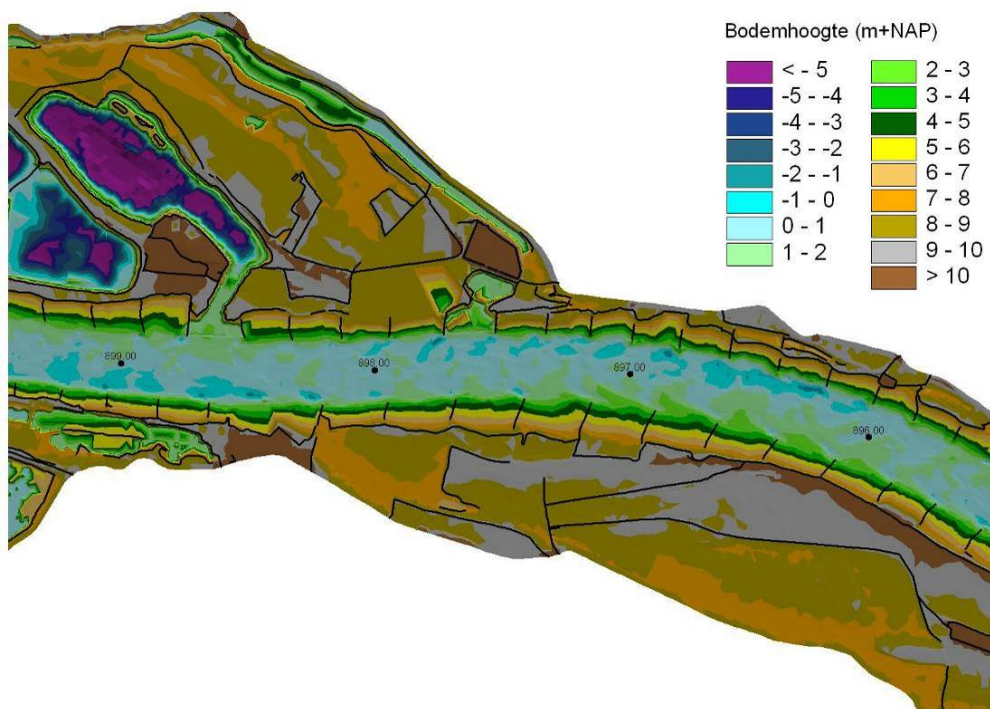
### 3 REFERENTIESITUATIE

Figuur 3.1 en 3.2 tonen de bodemligging en vegetatietypen van de Winssensche Waarden in de huidige situatie ter hoogte van de geplande voorhaven. Dit gebied bevindt zich ter hoogte van kmr 897 en 898 op de Waal.

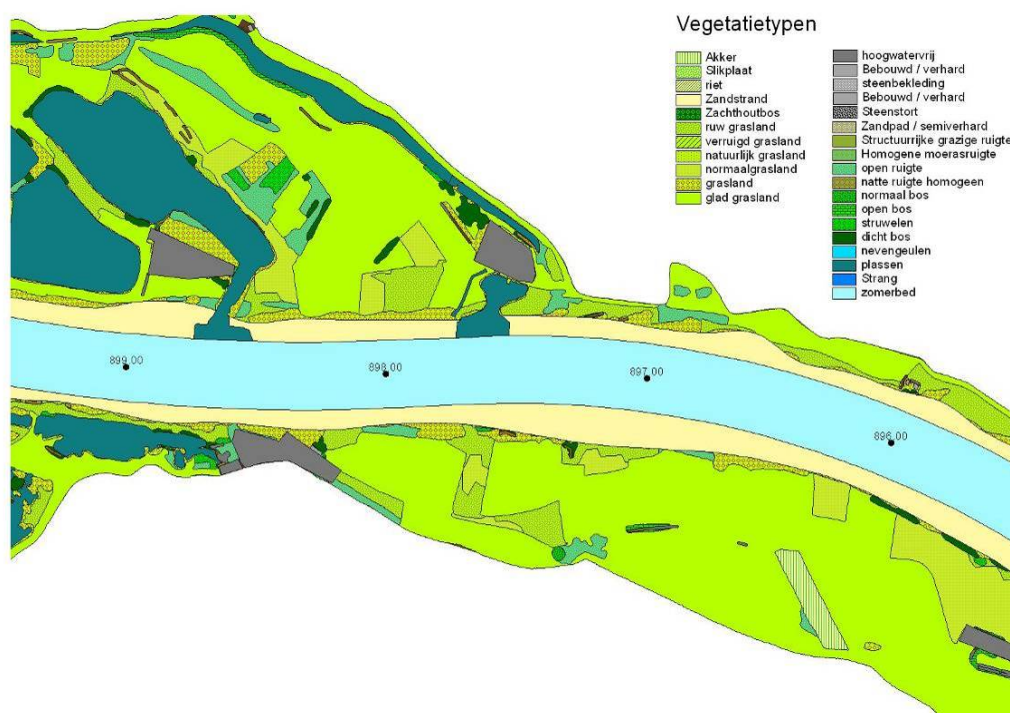
De maaiveldhoogte rondom de voorhaven varieert tussen de NAP+7,5 m en NAP+10,5 m. Met name langs de hoofdgeul is de maaiveldhoogte hoger (NAP+9,5 – 10,5 m). De zomerkade op de geplande locatie van de voorhaven heeft een kruinhoogte van NAP+10,5 – 11,0 m. De kribben op deze locatie hebben een hoogte van NAP+ 7,5 – 8,0 m.

Na de dijkverzwaring heeft de banddijk, in het dijkvak tussen Ewijk en Deest, een kruinhoogte (middenlijn) tussen NAP+13,92m en NAP+13,53m. De hoogte van de buitenkruinlijn ligt op sommige locaties maximaal 30 cm lager. In bijlage 3 zijn de lengteprofielen en hoogtegegevens van het betreffende dijkvak weergegeven. Deze gegevens zijn afkomstig van Waterschap Rivierenland (via Nederzand B.V.) en betreffen de situatie na 2002.

Het gebied van de geplande situatie bestaat voornamelijk uit glad grasland en ruw grasland.



**Figuur 3.1: Schematisatie van bodemhoogte en hoogwatervrije obstakels in de Winssensche Waarden. De bodemhoogte is een weergave van de bodemhoogte uit Baseline. De zwarte lijnen tonen de kades en kribben in het gebied**



**Figuur 3.2:** Schematisatie van vegetatietypen in de Winssensche Waarden. De vegetatietypen zijn een weergave van de vegetatietypen uit Baseline

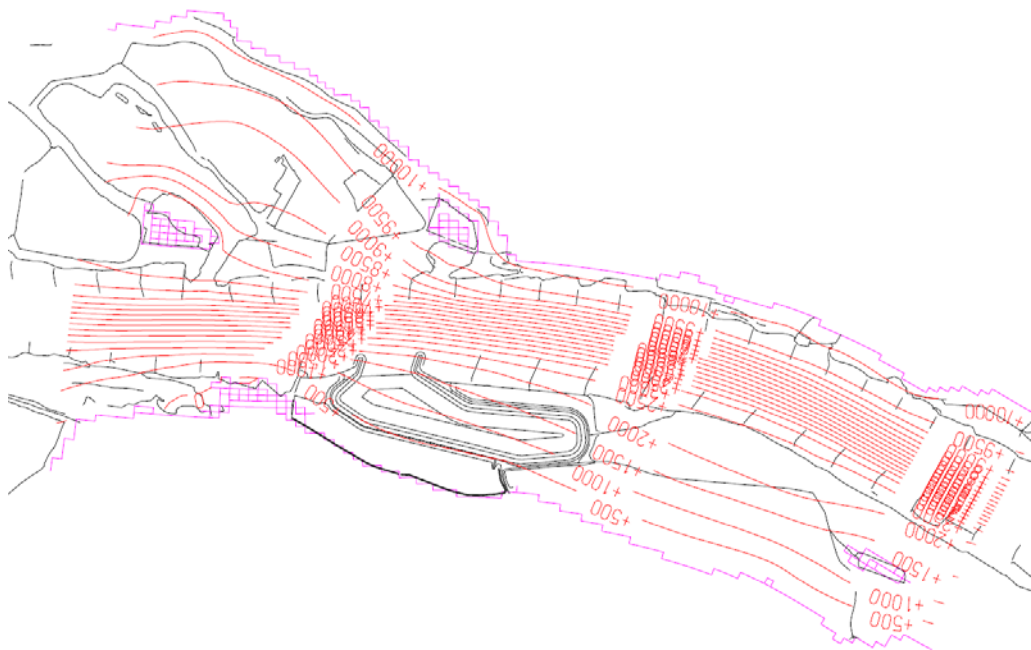
Figuur 3.3 toont de afvoerverdeling in de huidige situatie bij een afvoer van 16.000 m<sup>3</sup>/s te Lobith (10.165 m<sup>3</sup>/s over de Waal). In deze situatie stroomt er ca. 1.700 m<sup>3</sup>/s (ca. 17%) door de Winssensche Waarden ter hoogte van de monding van de geplande haven. In tabel 3.1 zijn de afvoerverdeling bij de andere twee scenario's (15.000 m<sup>3</sup>/s en 18.000 m<sup>3</sup>/s) gegeven. De figuren met een weergave van de afvoerverdeling in en rondom het projectgebied voor 15.000 m<sup>3</sup>/s en 18.000 m<sup>3</sup>/s zijn opgenomen in bijlage 1 en bijlage 2.

**Tabel 3.1:** Afvoerverdeling bij de verschillende scenario's

Afvoer te Lobith	15.000 m <sup>3</sup> /s	16.000 m <sup>3</sup> /s	18.000 m <sup>3</sup> /s
Afvoer over de Waal	9.530 m <sup>3</sup> /s	10.165 m <sup>3</sup> /s	11.350 m <sup>3</sup> /s
Afvoer door de Winssensche Waarden	1.600 m <sup>3</sup> /s	1.700 m <sup>3</sup> /s	2.300 m <sup>3</sup> /s
Percentage door de Winssensche Waarden	16%	17%	20%

Ter hoogte van kmr 898 is de waterstand 12,81 m+NAP bij een afvoer van 15.000 m<sup>3</sup>/s te Lobith, bij een afvoer van 16.000 m<sup>3</sup>/s is de waterstand 13,20 m+NAP en bij een afvoer van 18.000 m<sup>3</sup>/s is de waterstand ter hoogte van dit punt 13,77 m+NAP. Deze genoemde waterhoogtes zijn gebaseerd op de resultaten uit WAQUA, deze waterstanden houden geen rekening met extra opzet bij de bandijk t.g.v. wind en golven.

Bij afvoeren van 15.000 m<sup>3</sup>/s en 16.000 m<sup>3</sup>/s is de huidige dijkhoogte voldoende om de berekende waterstand te keren. Het is echter aan het Waterschap rivierenland om te beoordelen of er ook voldoende overhoogte aanwezig is om de bijkomende wind- en golfopzet en golfoverslag veilig te keren. Bij een afvoer van 18.000 m<sup>3</sup>/s is de huidige dijkhoogte niet voldoende hoog om de berekende waterstand veilig te keren.



**Figuur 3.3: Stroomlijnen rondom de Winssensche Waarden in de huidige situatie bij 16.000 m<sup>3</sup>/s.**  
 (Om de locatie van het studiegebied te verduidelijken zijn de contouren van de voorhaven ingetekend)

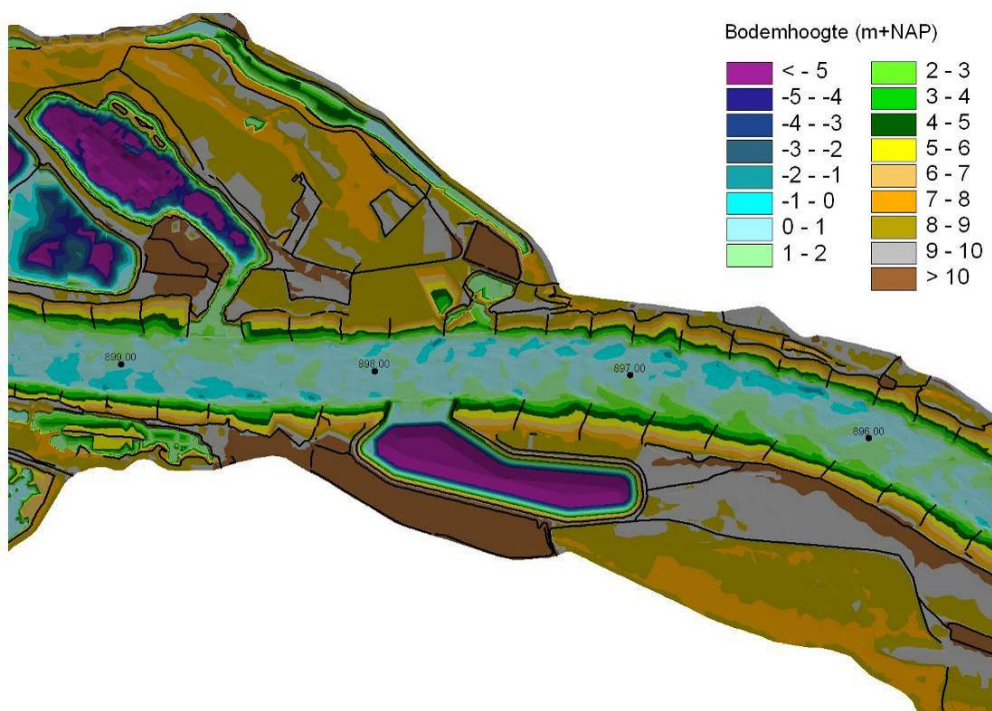


#### 4 VOORHAVEN WINSSEN

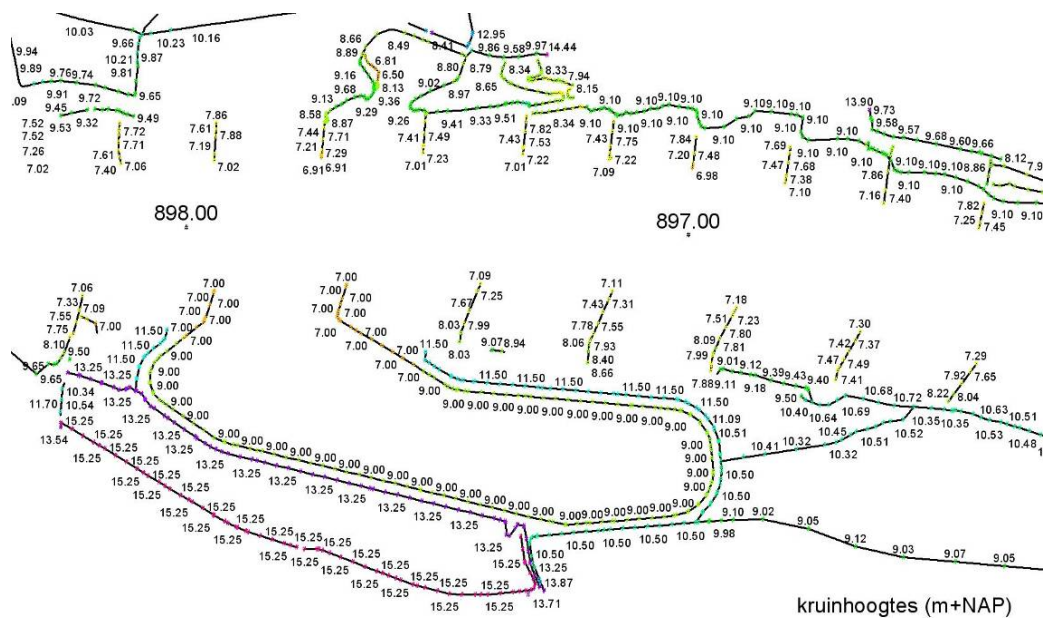
Onderstaande figuren tonen de bodemligging, de kruinhoogtes van de kades en de vegetatietypen van de Winssensche Waarden in de situatie met de voorhaven. De voorhaven is reeds in 2000 Wbr-vergund. De schematisatie is aangemaakt volgens de hoogtelijnen en contouren in vergunningstekening nm.18.2.2105.

De voorhaven heeft een diepte van NAP-17 m. Rondom de voorhaven liggen kades met een niveau variërend tussen 10,5 tot 11,5 m+NAP. Langs de bandijk wordt een terrein met depots gecreëerd, dit wordt ingericht als hoogwatervrij terrein met een hoogte van NAP+13,25 m. De kribben bij de instroomopening zijn verlaagd ten opzichte van de huidige situatie naar een niveau van ca. NAP+7 m.

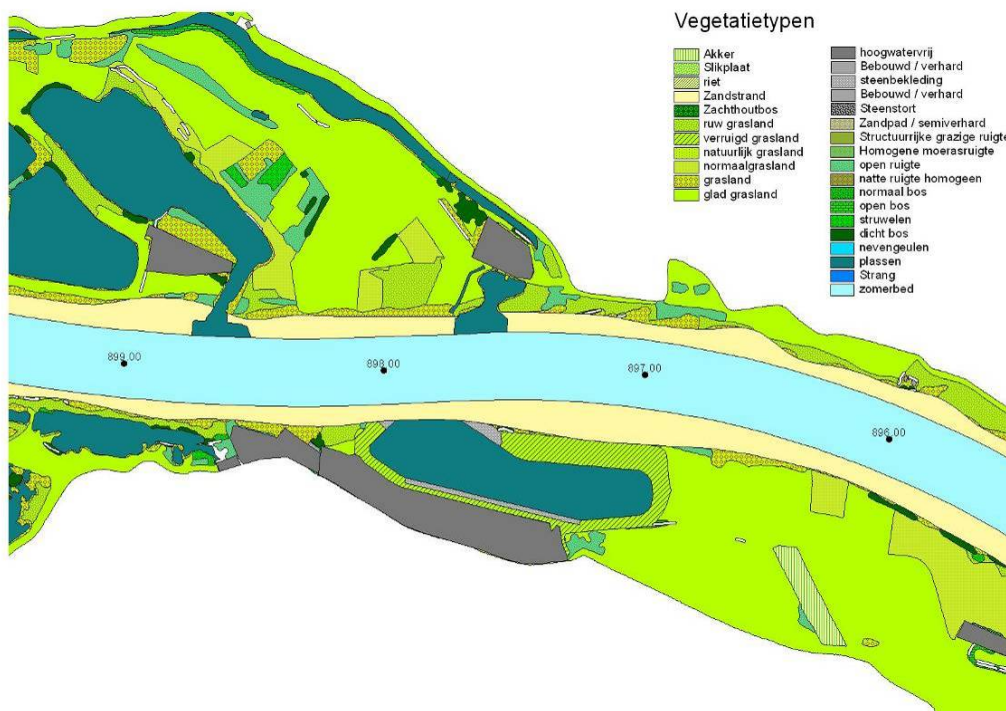
Rondom de voorhaven ligt een gebied met verruigd grasland.



Figuur 4.1: Schematisatie van de bodemhoogte in de situatie van voorhaven Winssen. De bodemhoogte is een weergave van de bodemhoogte uit Baseline. De zwarte lijnen tonen de kades en kribben in het gebied



Figuur 4.2: Kruinhoogte en ligging van de kades rondom de voorhaven



Figuur 4.3: Schematisatie van vegetatietypen in de situatie van voorhaven Winssen. De vegetatietypen zijn een weergave van de vegetatietypen uit Baseline

## 5 RIVIERKUNDIGE EFFECTEN

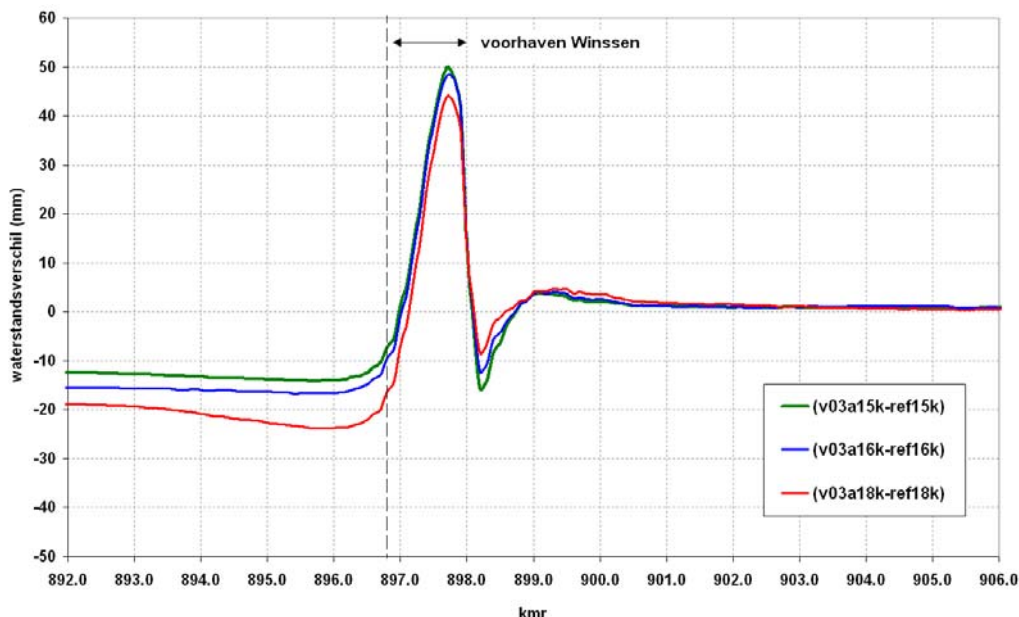
### 5.1.1 Waterstand

De effecten op de waterstanden in de as van de rivier bij 15.000 m<sup>3</sup>/s, 16.000 m<sup>3</sup>/s en 18.000 m<sup>3</sup>/s te Lobith zijn weergegeven in figuur 5.1. De figuur toont een maximale opstuwing van 5,2 cm in de as van de rivier bij 15.000 m<sup>3</sup>/s, bij 16.000 m<sup>3</sup>/s is deze maximale opstuwing 5,1 cm en bij 18.000 m<sup>3</sup>/s is deze opstuwing 4,7 cm.

Langs de bandijk is de maximale opstuwing 8,46 cm bij 15.000 m<sup>3</sup>/s, bij 16.000 m<sup>3</sup>/s is deze 8,34 cm en bij 18.000 m<sup>3</sup>/s is de maximale opstuwing langs de bandijk 7,4 cm. Deze maximale opstuwing vindt plaats langs het terrein met de depots, waardoor deze opstuwing minder kritisch is. De opstuwing ligt niet direct aan de bandijk. Hiermee wordt de maximale waterstand langs de bandijk bij kmr 897, bij 15.000 m<sup>3</sup>/s ca. NAP+12,90 m, bij 16.000 m<sup>3</sup>/s, ca. NAP+13,24 m, bij 18.000 m<sup>3</sup>/s ca. NAP+13,80 m.

Gezien de dijkhoogtes in het dijkvak is de huidige dijkhoogte bij afvoeren van 15.000 m<sup>3</sup>/s en 16.000 m<sup>3</sup>/s voldoende om de berekende waterstand te keren. Het is echter aan het Waterschap Rivierenland om te beoordelen of er ook voldoende overhoogte aanwezig is om de bijkomende wind- en golfopzet en golfoverslag veilig te keren. Deze extra verhoging van de waterstanden worden berekend volgens andere berekeningsmethoden en instrumenten. Een definitief oordeel of de opstuwing aanvaardbaar is hierdoor uiteindelijk aan het Waterschap Rivierenland. Bij een afvoer van 18.000 m<sup>3</sup>/s is de huidige dijkhoogte niet voldoende hoog om de berekende waterstand veilig te keren.

Aan de bovenstroomse zijde van het terrein met de depots vindt echter ook opstuwing plaats, welke wel direct aan de bandijk ligt. Deze opstuwing van 7,2 cm bij 15.000 m<sup>3</sup>/s, 7,6 cm bij 16.000 m<sup>3</sup>/s en 7,8 bij 18.000 m<sup>3</sup>/s is hiermee de kritische locatie. Deze opstuwing is hoog. In overleg met het waterschap moet worden vastgesteld of er voldoende overhoogte aanwezig is in het dijkvak om deze verhoogde waterstand veilig te kunnen keren.



Figuur 5.1: Waterstandsverschil tussen situatie voorhaven Winssen en de huidige situatie bij 15.000 m<sup>3</sup>/s, 16.000 m<sup>3</sup>/s en 18.000 m<sup>3</sup>/s te Lobith per 100 meter. (waterstandsverschillen in de as van de rivier)

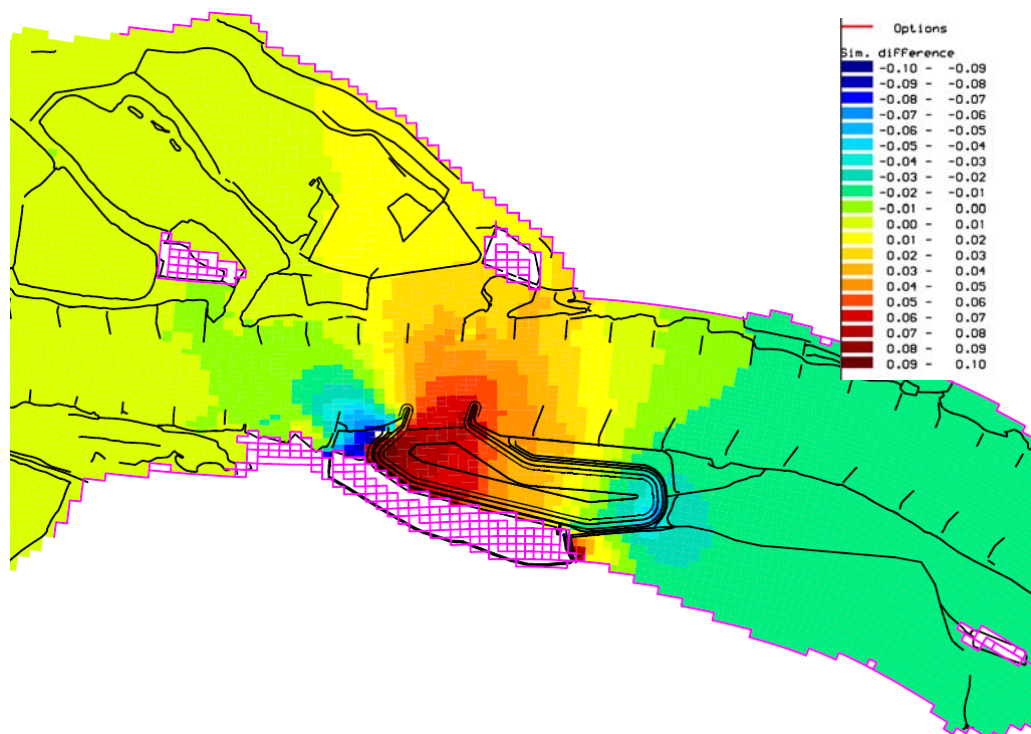
Door de aanleg van de voorhaven is het winterbed lokaal verdiept, wat zorgt voor een iets grotere afvoer door het winterbed en daarmee voor een verlaging van de waterstand aan de bovenstroomse zijde van de voorhaven. Deze verlaging is ongeveer 1,4 cm bij een afvoer van 15.000 m<sup>3</sup>/s te Lobith. Bij een afvoer van 16.000 m<sup>3</sup>/s is dit ongeveer 1,7 cm, en bij 18.000 m<sup>3</sup>/s ongeveer 2 cm.

Tabel 5.1: Waterstandseffecten

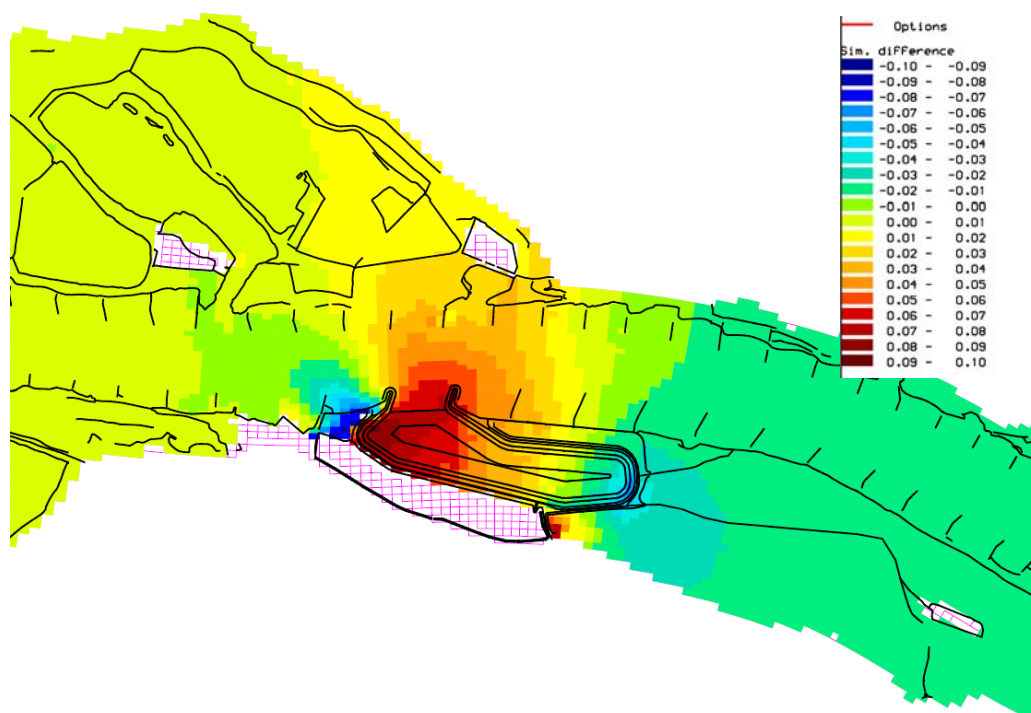
	kmr	effect bij 15.000 m <sup>3</sup> /s	effect bij 16.000 m <sup>3</sup> /s	effect bij 18.000 m <sup>3</sup> /s
Maximale opstuwing nabij bandijk (depots)	-	+8,46 cm	+8,34 cm	+7,4 cm
Maximale opstuwing nabij huidige bandijk		+ 7,2 cm	+ 7,6 cm	+ 7,8 cm
Maximale opstuwing in de as van de rivier	897,75	+5,23 cm	+5,13 cm	+4,67 cm
Maximale lokale opstuwing	-	+9,22 cm	+9,02 cm	+8,33 cm
Max. verlaging in de as van de rivier bovenstrooms	895,7	-1,42 cm	-1,66 cm	-2,38 cm
Max. verlaging in de as van de rivier benedenstrooms	898,2	-1,57 cm	-1,21 cm	-0,82 cm

Aan de benedenstroomse zijde van de voorhaven stuwt de relatief grotere afvoer op tegen de havenkades, en zorgt daar voor een lokale opstuwing. Deze opstuwing is bij een afvoer van 18.000 m<sup>3</sup>/s te Lobith 0,5 cm lager als dat het geval is bij een afvoer van 16.000 m<sup>3</sup>/s te Lobith. Dit kan verklaard worden door het feit dat bij een hogere afvoer ook een hogere waterstand optreedt. Door de relatief hogere waterstand 'voelt' de afvoer de kades aan de benedenstroomse kant van de haven minder.

Figuur 5.2, 5.3 en 5.4 tonen de 2D weergave van de waterstandsverschillen voor de drie scenario's ten opzichte van de referentiesituatie.

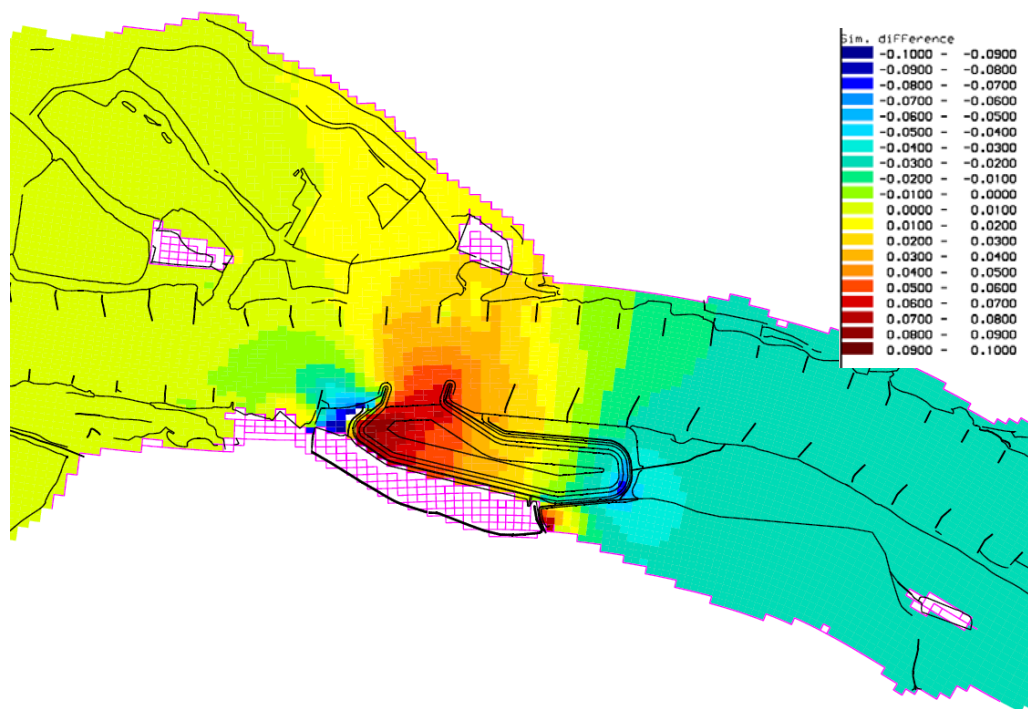


Figuur 5.2: Effect op de waterstand (m) in situatie van voorhaven Winssen bij 15.000 m<sup>3</sup>/s te Lobith



Figuur 5.3: Effect op de waterstand (m) in situatie van voorhaven Winssen bij 16.000 m<sup>3</sup>/s te Lobith

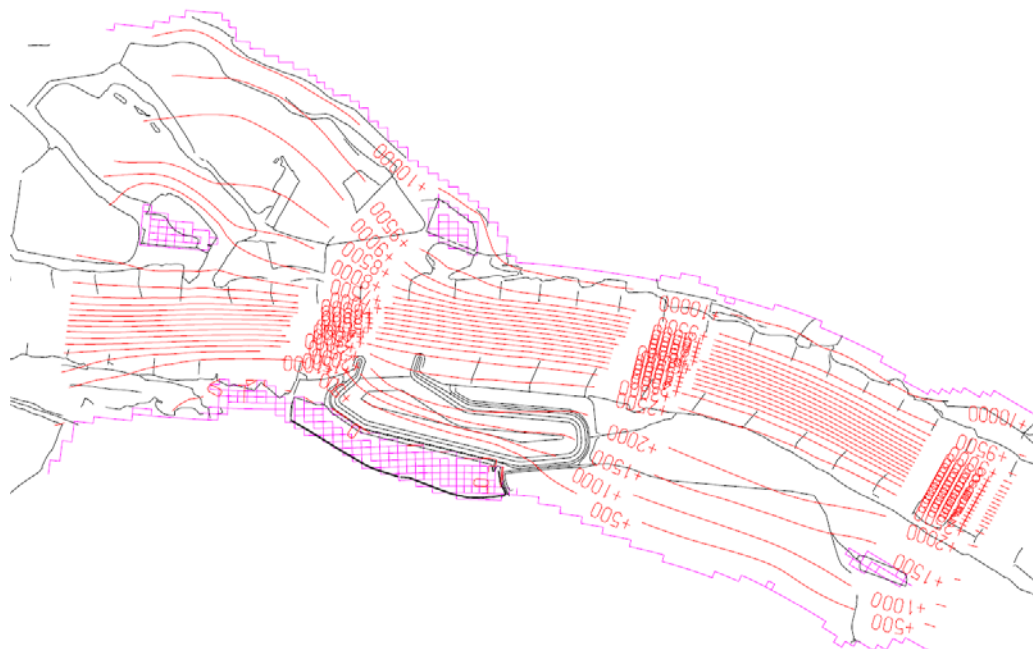




**Figuur 5.4: Effect op de waterstand (m) in situatie van voorhaven Winssen bij 18.000 m<sup>3</sup>/s te Lobith**

### 5.1.2 Afvoer

Door de aanleg van de voorhaven is het winterbed lokaal verdiept, wat zorgt voor een toename van de afvoer door het winterbed ten opzichte van de referentiesituatie. Waar de afvoer door het winterbed bij een totale afvoer van 16.000 m<sup>3</sup>/s te Lobith in de referentie nog 1.700 m<sup>3</sup>/s bedroeg, is dit in de situatie met de voorhaven 2.400 m<sup>3</sup>/s geworden. De 'aanzuigende' werking van de diepere haven zorgt ervoor dat er meer water door de haven gaat (zie ook figuur 5.5). Aan de benedenstroomse zijde van de haven zorgen de kades ervoor dat de stroomlijnen weer terug richting de hoofdgeul worden gebogen.



**Figuur 5.5: Stroomlijnen (m<sup>3</sup>/s) in situatie met de voorhaven van 16.000 m<sup>3</sup>/s te Lobith**

In tabel 5.2 zijn de afvoerverdeling bij de andere twee scenario's (15.000 m<sup>3</sup>/s en 18.000 m<sup>3</sup>/s) gegeven. De figuren met een tweedimensionale weergave van de afvoerverdeling voor 15.000 m<sup>3</sup>/s en 18.000 m<sup>3</sup>/s zijn opgenomen in bijlage 1 en bijlage 2.

**Tabel 5.2: Afvoerverdeling bij de verschillende scenario's**

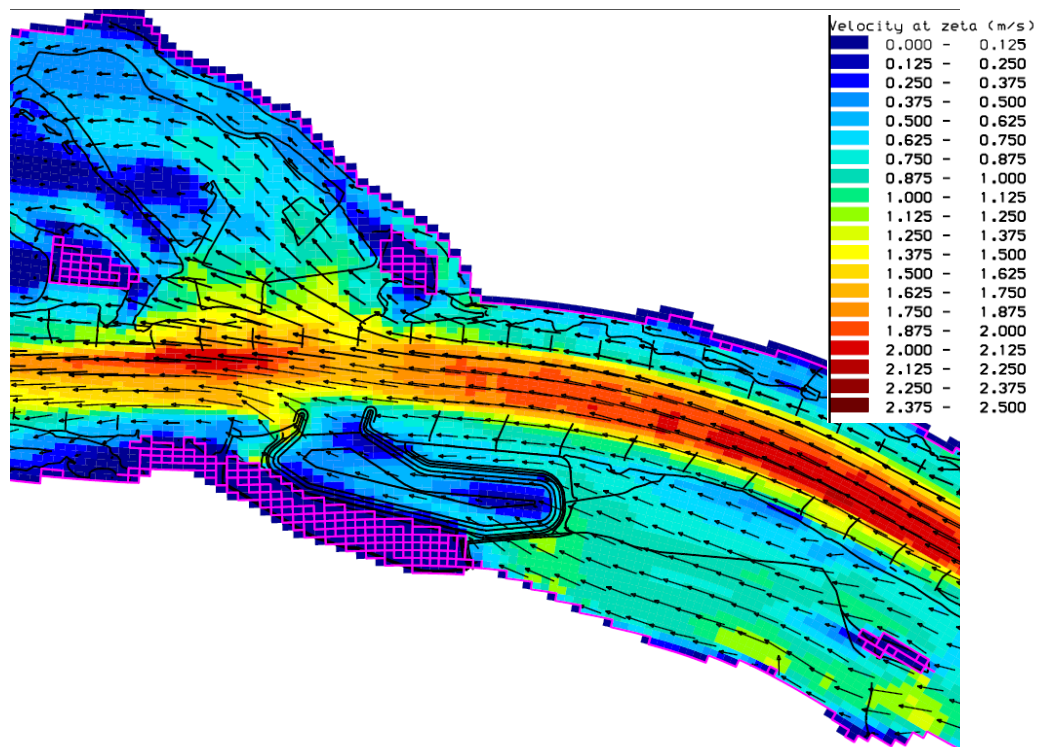
Afvoer te Lobith	15.000 m <sup>3</sup> /s	16.000 m <sup>3</sup> /s	18.000 m <sup>3</sup> /s
Afvoer door de Winssensche Waarden in de referentie situatie	1.600 m <sup>3</sup> /s	1.700 m <sup>3</sup> /s	2.300 m <sup>3</sup> /s
Afvoer door de Winssensche Waarden in situatie met voorhaven	2.300 m <sup>3</sup> /s	2.400 m <sup>3</sup> /s	2.800 m <sup>3</sup> /s

### 5.1.3 Stroomsnelheid

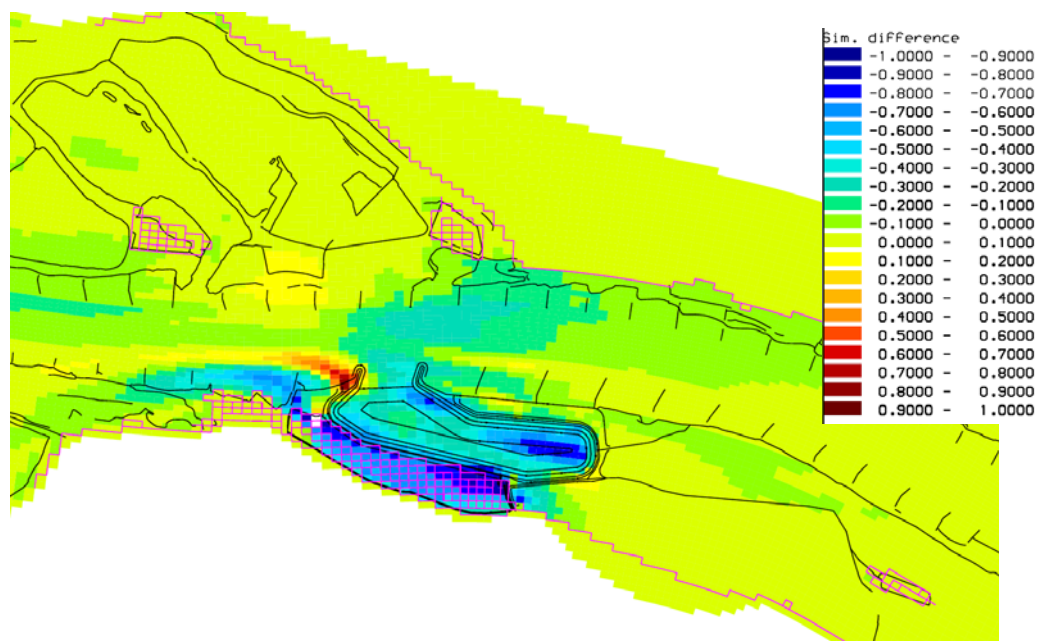
Figuur 5.5 toont de stroomsnelheden ter hoogte van de voorhaven bij een totale afvoer van 16.000 m<sup>3</sup>/s te Lobith. De verschillen in stroomsnelheden ten opzichte van de referentiesituatie worden getoond in figuur 5.6. Hoewel de afvoer door het winterbed ten opzichte van de referentiesituatie is toegenomen zijn de stroomsnelheden ter plaatse van de voorhaven echter afgenomen met ca. 0,2 – 0,5 m/s. Dit wordt verklaard door de grote verlaging van de bodem ter plaatse van de haven.

Aan de benedenstroomse zijde van de haven stuwt het water op tegen de havenkades waardoor er hogere (0,2 – 0,4 m/s) stroomsnelheden optreden direct achter deze kades. Door de hogere afvoer door het winterbed, neemt de stroomsnelheid in het zomerbed ter hoogte van de haven af ten opzichte van de referentiesituatie met ca. 0,1 – 0,3 m/s.

De vectoren in figuur 5.5 tonen dat de stroming op het bovenstroomse punt van het hoogwatervrije terrein botst. Door het terrein beter te stroomlijnen kan dit worden voorkomen. Hiermee wordt ook de kritische opstuwing langs de bandijk gereduceerd.



Figuur 5.6: Stroomsnelheden in situatie voorhaven Winssen bij MHW van 16.000 m<sup>3</sup>/s te Lobith

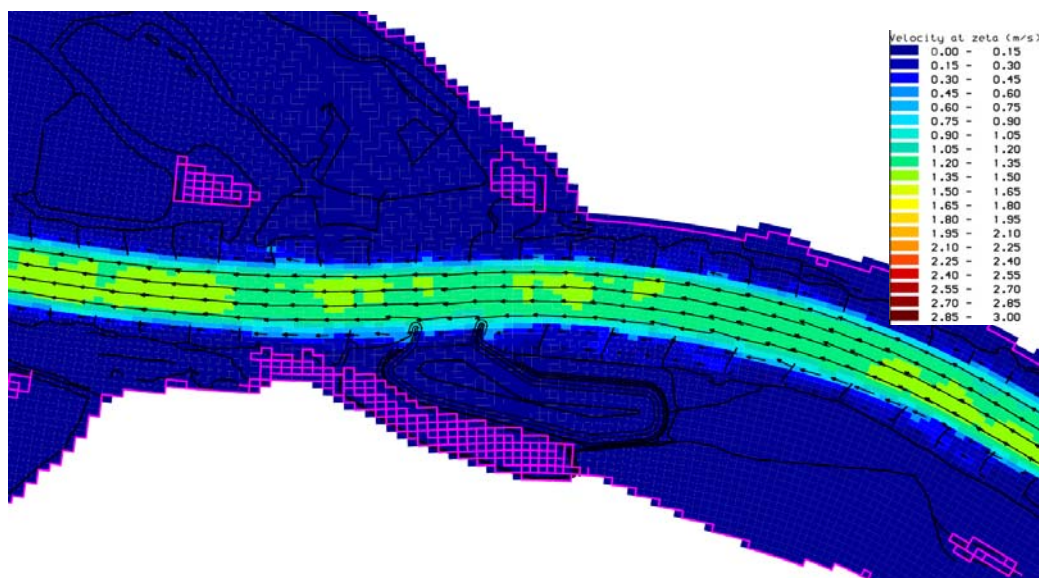


Figuur 5.7: Verandering in stroomsnelheden in situatie met de voorhaven t.o.v. de referentiesituatie bij 16.000 m<sup>3</sup>/s



## 6 MORFOLOGISCHE EFFECTEN

Figuur 6.1 toont de stroomsnelheden ter hoogte van de voorhaven bij een geulvullende afvoer van  $3.750 \text{ m}^3/\text{s}$  te Lobith. Bij deze afvoer zijn de stroomsnelheden ca  $1,3 \text{ m/s}$  in de hoofdgeul.



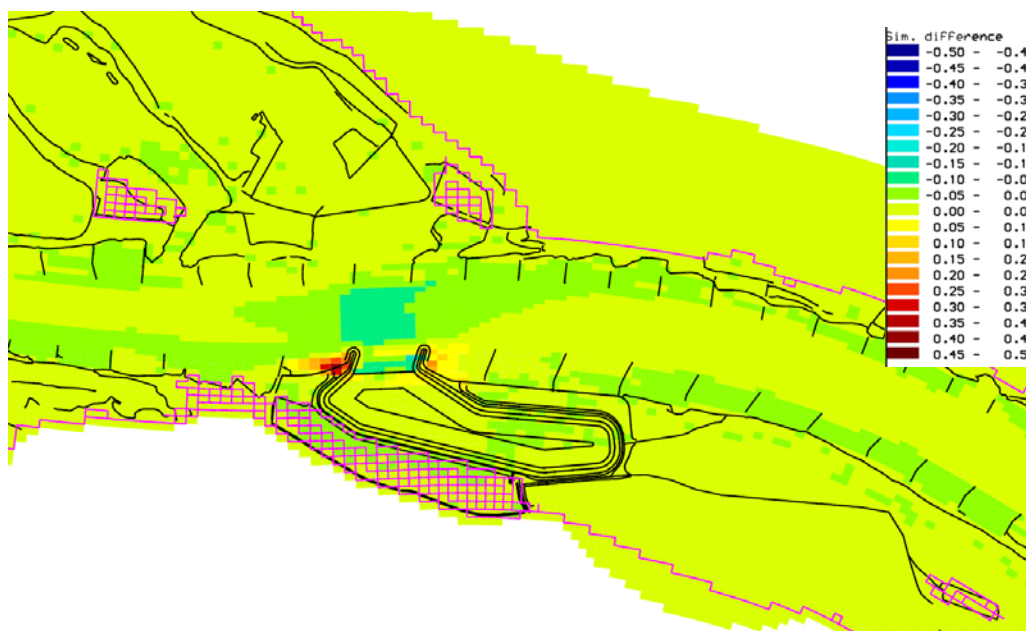
Figuur 6.1: Stroomsnelheden in situatie met de voorhaven bij geulvullende afvoer van  $3.750 \text{ m}^3/\text{s}$  te Lobith

Figuur 6.2 toont de verschillen in stroomsnelheden ten opzichte van de referentiesituatie bij een geulvullende afvoer van  $3.750 \text{ m}^3/\text{s}$  te Lobith. Op basis van deze snelheidsverschillen zijn de globale morfologische effecten ten gevolge van de voorhaven geschat.

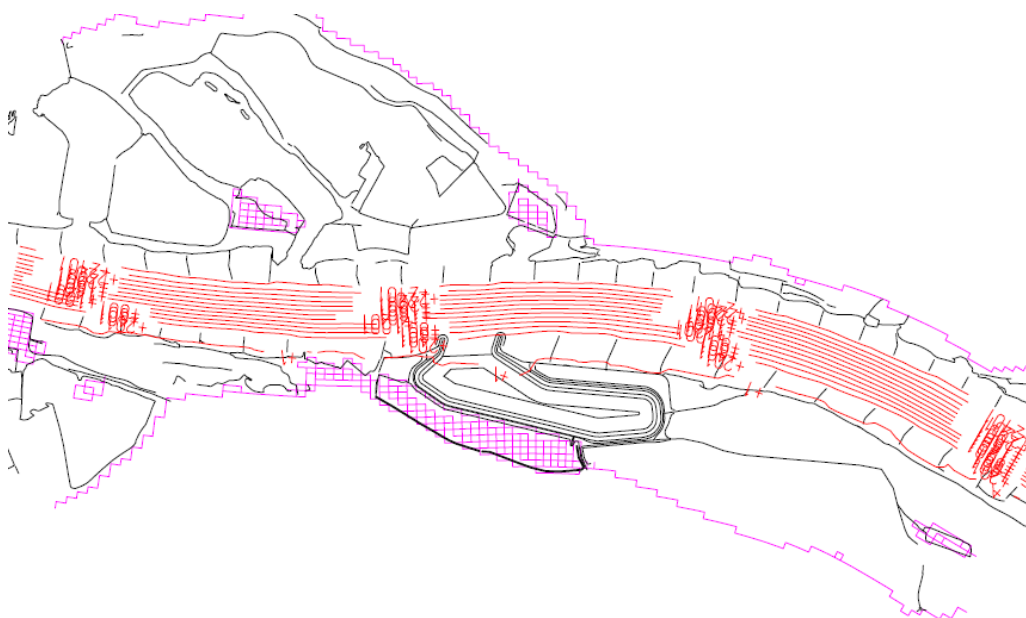
In de situatie van de voorhaven is er ter hoogte van de havenmond sprake van een licht rivierverruimende situatie (zie stroomlijnen figuur 6.3). De kruinhoogte van de kribben bij de havenmond is lager (ca  $0,5 - 1$  meter) dan in de huidige situatie. Hierdoor nemen de stroomsnelheden in de hoofdgeul met ca.  $0,1 - 0,15 \text{ m/s}$  af. Dit is een reductie van ca. 10% ten opzichte van de huidige situatie. Op basis hiervan zal de aanzanding op deze locatie toenemen. De kans op morfologische effecten neemt toe op deze locatie. De kans op minst gepeilde dieptes (MGD) op deze locatie zal toenemen.

Gezien de relatief grotere diepte van de voorhaven en de lage stroomsnelheden in de haven zelf, zal in de haven zelf ook relatief meer sedimentatie plaatsvinden door optredende dichtheidstroming en het in- en uitvaren van schepen.

Hogere stroomsnelheden ten opzichte van de referentiesituatie zijn terug te vinden ter plaatse van de kribben bij de havenmond. Rond deze kribben kan mogelijk erosie plaatsvinden, dit is een lokaal morfologisch effect.



Figuur 6.2: Verandering in stroomsnelheden in situatie met de voorhaven t.o.v. de referentie bij een geulvullende afvoer van  $3.750 \text{ m}^3/\text{s}$  te Lobith



Figuur 6.3: Stroomlijnen in situatie met de voorhaven bij een geulvullende afvoer van  $3.750 \text{ m}^3/\text{s}$  te Lobith

## 7 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

### 7.1 Conclusies

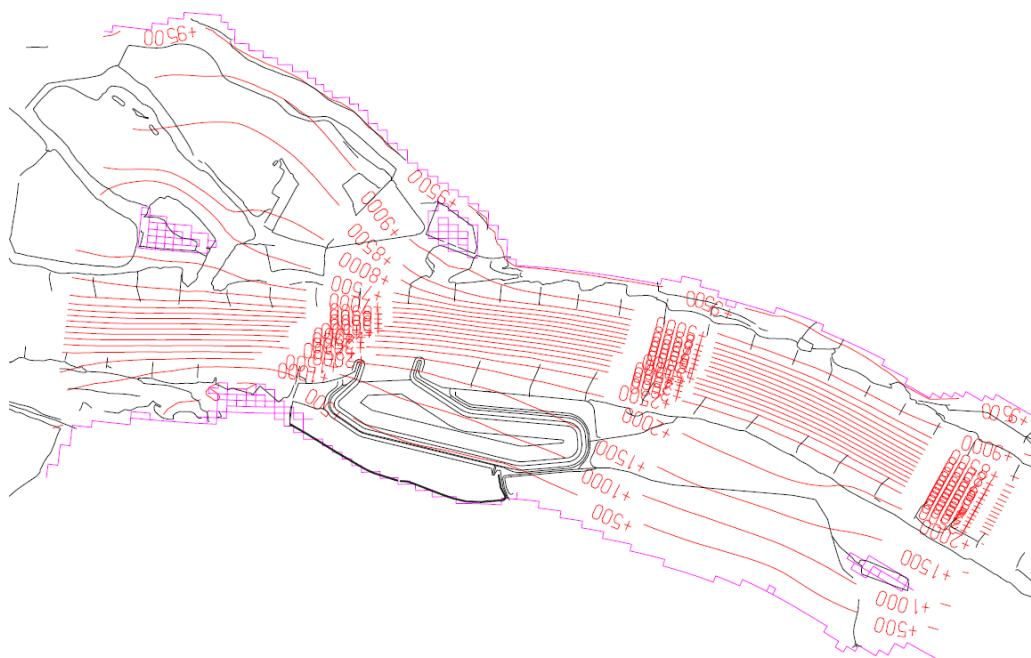
Uit de gemaakte rivierkundige berekeningen voor de situatie met de voorhaven Winssen kan het volgende worden geconcludeerd:

- Bij 15.000 m<sup>3</sup>/s (huidig MHW) zorgt de voorhaven in bovenstroomse richting voor een maximale waterstandsverlaging in de as van de rivier van 1,4 cm. Nabij de monding stuwt het water lokaal op tot maximaal 5,2 cm in de as van de rivier. Langs de bandijk is de maximale opstuwing 8,46 cm, waardoor de waterstand op kmr 898 langs de bandijk circa NAP+12,9 m is. Dit is echter een bandijk langs een hoogwatervrij terrein. Op het bovenstroomse punt van dit hoogwatervrije terrein is de opstuwing 7,2 cm, deze hoge opstuwing ligt direct aan de huidige bandijk.
- Bij 16.000 m<sup>3</sup>/s (MHW afvoer na 2015) zorgt de voorhaven in bovenstroomse richting voor een maximale waterstandsverlaging in de as van de rivier van 1,6 cm. Nabij de monding stuwt het water lokaal op tot maximaal 5,1 cm in de as van de rivier. Langs de bandijk is de maximale opstuwing 8,34 cm, waardoor de waterstand op kmr 898 langs de bandijk circa NAP+13,24 m is. Dit is echter een bandijk langs een hoogwatervrij terrein. Op het bovenstroomse punt van dit hoogwatervrije terrein is de opstuwing 7,6 cm, deze opstuwing ligt direct aan de huidige bandijk.
- Bij 18.000 m<sup>3</sup>/s (lange termijn norm) zorgt de voorhaven in bovenstroomse richting voor een maximale waterstandsverlaging in de as van de rivier van 2,4 cm. Nabij de monding stuwt het water lokaal op tot maximaal 4,67 cm in de as van de rivier. Op het bovenstroomse punt van dit hoogwatervrije terrein is de opstuwing 7,8 cm, waardoor de waterstand op kmr 898 langs de bandijk circa NAP+13,8 m is.
- Op basis van een de snelheidsverandering bij een bedvullende afvoer van 3.750 m<sup>3</sup>/s te Lobith is een inschatting gemaakt van de morfologische effecten. Ter hoogte van de monding neemt de stroomsnelheid met ca. 0,1 - 0,15 m/s af. Dit is een reductie van ca 10%. Op basis hiervan zal de aanzanding op deze locatie toenemen. De kans op morfologische effecten neemt toe op deze locatie. De kans op minst gepeilde dieptes (MGD) op deze locatie zal toenemen.
- In het dijkvak tussen Ewijk en Deest ligt de huidige kruinhoogte (middenlijn) van de bandijk tussen NAP+13,92m en NAP+13,53 m. Gezien de dijkhoogtes in het dijkvak is de huidige dijkhoogte bij afvoeren van 15.000 en 16.000 m<sup>3</sup>/s voldoende om de berekende waterstand te keren. Het is echter aan het Waterschap Rivierenland om te beoordelen of er ook voldoende overhoogte aanwezig is om de bijkomende wind- en golfopzet en golfoverslag veilig te keren. Een definitief oordeel of de opstuwing aanvaardbaar is hierdoor uiteindelijk aan het Waterschap Rivierenland. Bij een afvoer van 18.000 m<sup>3</sup>/s is de huidige dijkhoogte niet voldoende hoog om de berekende waterstand veilig te keren.

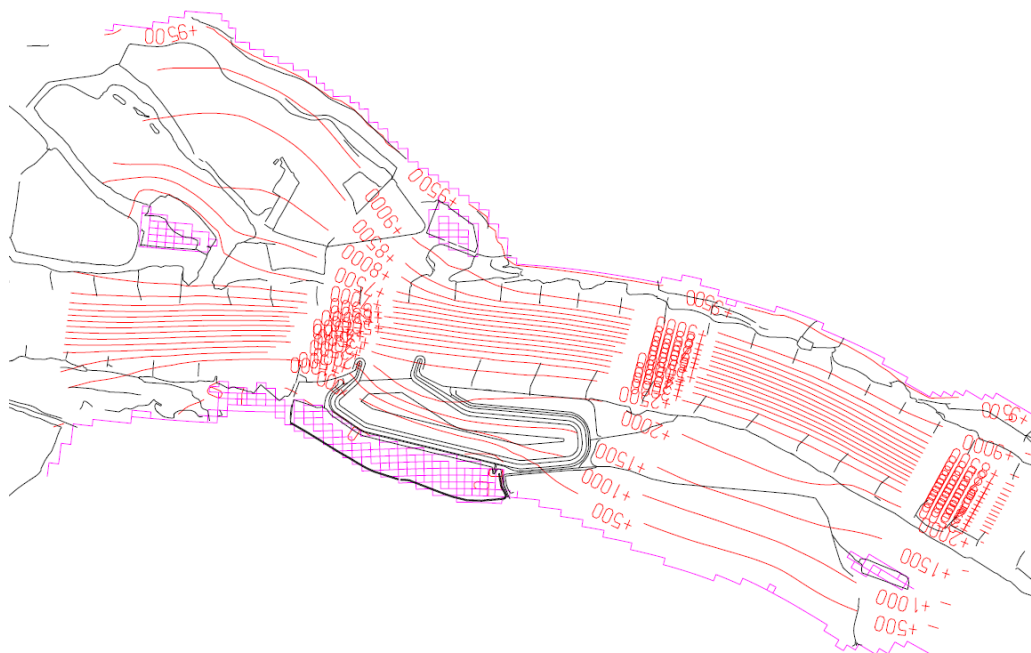
### 7.2 Aanbevelingen

Om de opstuwing langs de bandijk ter plaatse van het bovenstroomse punt van het hoogwatervrije terrein te reduceren wordt aanbevolen het terrein beter te stroomlijnen. Een beter gestroomlijnde punt van het terrein zal de stroming minder abrupt blokkeren en daardoor minder opstuwing veroorzaken langs de bandijk.

**Bijlage 1**  
**Stroomlijnen 15.000 m<sup>3</sup>/s**



**Figuur A.1: Stroomlijnen rondom de Winssensche Waarden in de huidige situatie bij 15.000 m<sup>3</sup>/s.  
(Om de locatie van het studiegebied te verduidelijken zijn de contouren van de voorhavens al ingetekend)**



**Figuur A.2: Stroomlijnen rondom de Winssensche Waarden in situatie met de voorhavens bij 15.000 m<sup>3</sup>/s**

## **Bijlage 2**

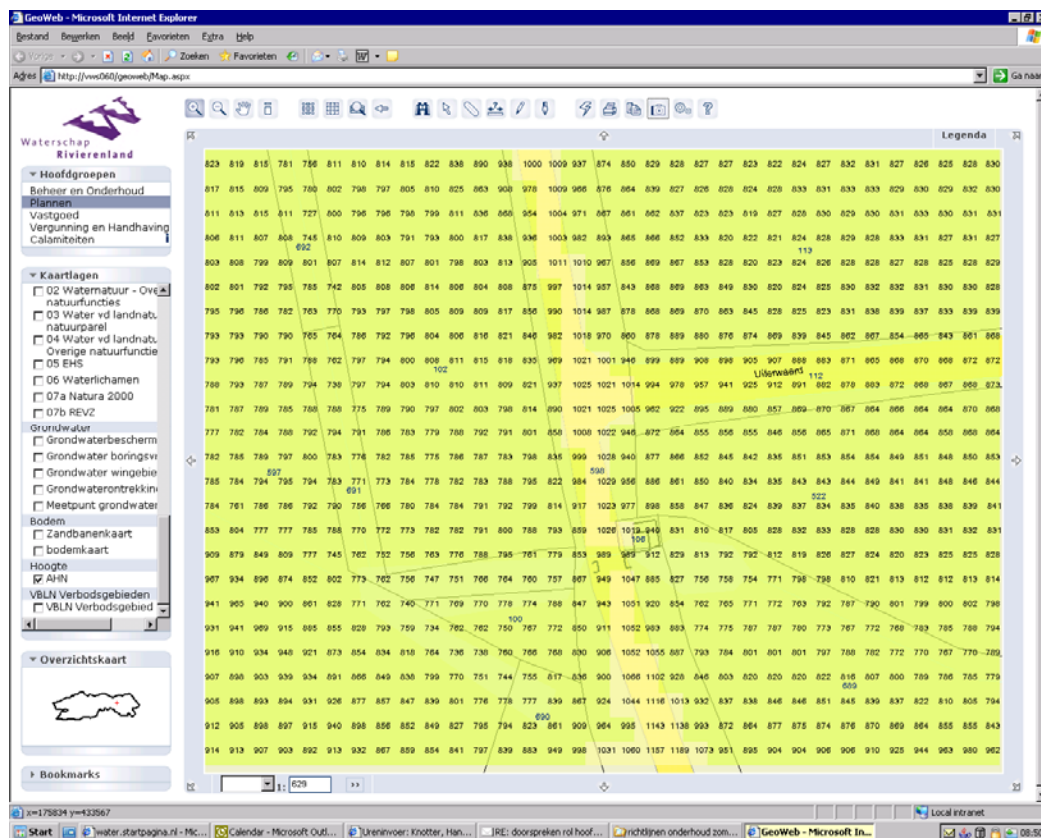
### **Stroomlijnen 18.000 m<sup>3</sup>/s**



## **Bijlage 3**

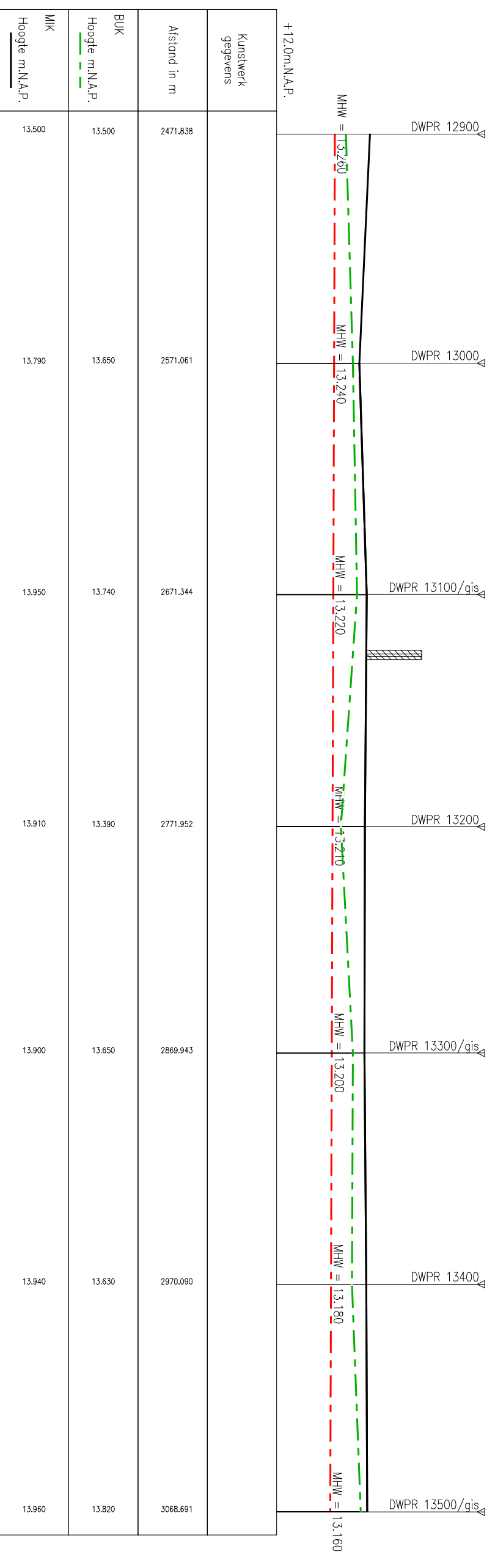
### **Profilering bandijk Ewijk - Deest**



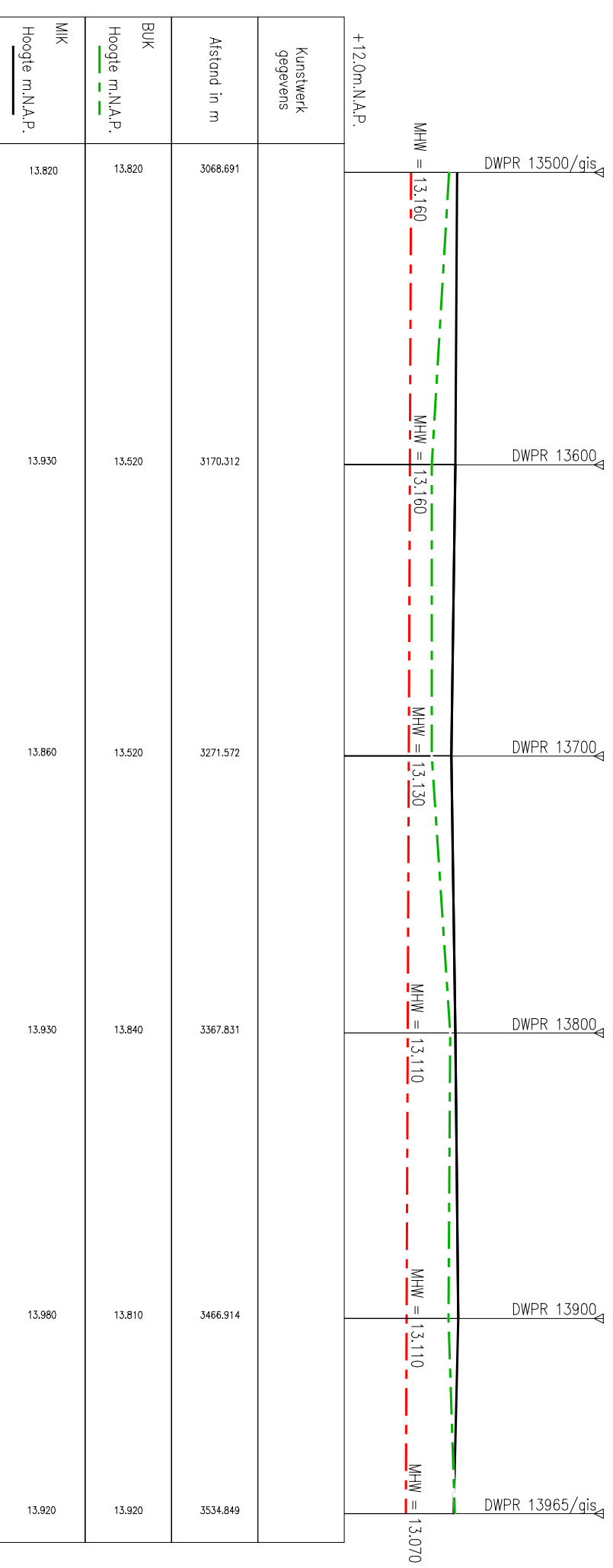


**Figuur C.1: Gegevens bodemhoogte (incl. bandijk) nabij het projectgebied (gedeelte bij de dijkafrichting het gemaaltje)**

(bron: AHN, verkregen via waterschap Rivierenland, maart 2009)



Lengteprofiel ED 6



Kunstwerk gegevens	Afstand in m	BUK Hoogte m.N.A.P.	MIK Hoogte m.N.A.P.
	3068.691	13.820	13.820
	3170.312	13.520	13.930
	3271.572	13.520	13.860
	3367.831	13.840	13.930
	3466.914	13.810	13.980
	3534.849	13.920	13.920

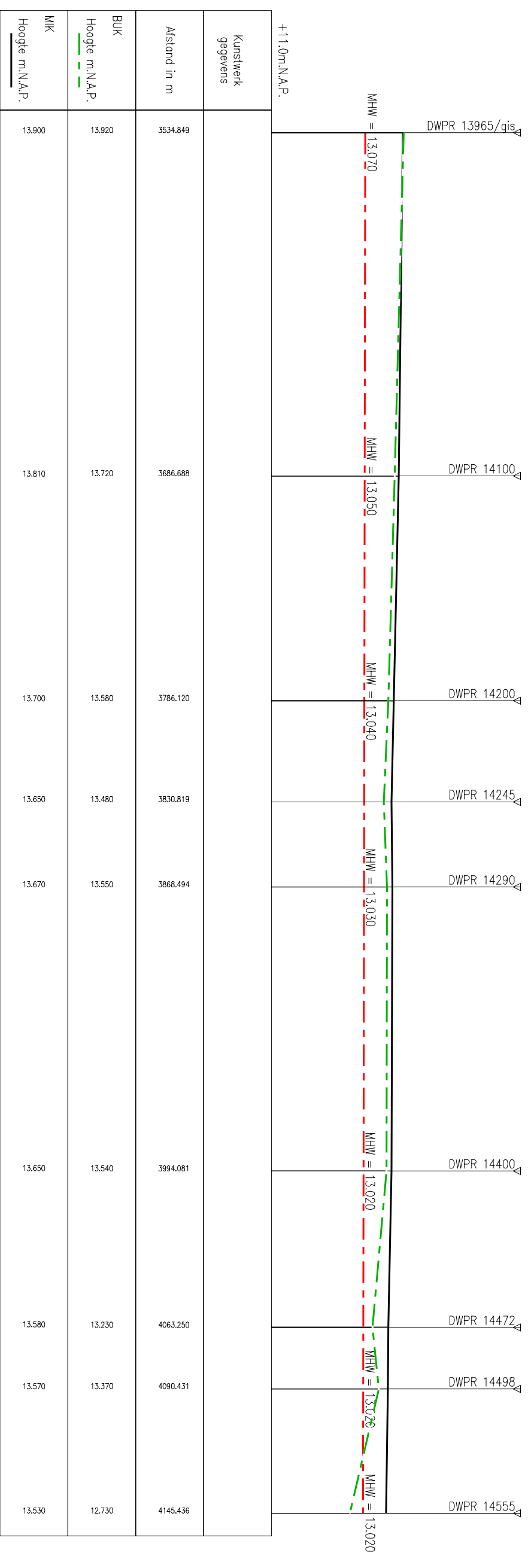
LEGENDA

- Middenkruinlijn/As weg (MIK)
- - - - - Buitenkruinlijn=Referentielijn (BUK)
- MHW = ..... Modtgevende hoogwaterstand (m) / debiet 15000 m<sup>3</sup>/sec.



Waterschap Rivierenland  
**hm 129.00 – hm 139.65**  
 Ewijk – Deest hm 104 – hm 156

Vastgesteld Dijkstoeel	Versie : 2	Teknr. : ED 1 – ED 5	Schaal: 1:2000/100
Datum : maart 2002	Datum : 03/09/2001	Bladnr. : ED 3	Formaat: A3
Bestand :	Project:	qis : wk	



Lengteprofiel ED 8



Kunstwerk gegevens	Afstand in m	BUK Hoogte m.N.A.P.	MIK Hoogte m.N.A.P.
	4145.436	12.730	13.530
	4186.912	13.450	13.570
	4262.005	13.530	13.800
	4383.769	13.540	13.770
	4464.096	13.580	13.760
	4521.164	13.680	13.810
	4566.234	13.720	13.860
	4664.842	13.700	13.650
	4763.639	13.820	13.710

LEGENDA

- Middenkruinlijn/As weg (MIK)
- - - - - Buitenkruinlijn=Referentielijn (BUK)
- MHW = ..... Matigevende hoogwaterstand (m) / debiet 15000 m³/sec.



Waterschap Rivierenland  
**hm 139.65 – hm 152.00**  
 Ewijk – Deest hm 104 – hm 156

Vastgesteld Dijkstoeel	Versie : 2	Teknr. : ED 1 – ED 5	Schaal: 1:2000/100
Datum : maart 2002	Datum : 03/09/2001	Bladnr. : ED 4	Formaat: A3
Bestand :	Project:	gis : wk	