

Uitstroomkanaal naar de Bergsche Maas



Hydraulische en morfologische effectbeschrijving volgens het Rivierkundig Beoordelingskader (RBK 5.0) in het kader van het Projectplan Waterwet Aanpassing Waterbeheer Waalwijk (PPWW AWW)

Colofon

Titel: Uitstroomkanaal naar de Bergsche Maas, Hydraulische en morfologische effect-
beschrijving volgens het Rivierkundig Beoordelingskader (RBK 5.0) in het kader
van het Projectplan Waterwet Aanpassing Waterbeheer Waalwijk (PPWW AWW)

Auteurs: ir. D.G. Meijer en S.G.C. Kuijpers, MSc

Collegiale toets: C. Lauwerijssen, MSc

Datum: 1 september 2020

Projectcode: 800486

Status: definitief

Document: 20200901_RBK-beoordeling_tbv_PPWW-AWW_v02.docx

De opdrachtgever R. Wolbrink verklaart akkoord te gaan met deze rapportage.

Datum:

Handtekening:

SAMENVATTING

Voorliggende rapportage heeft betrekking op een afwateringskanaal in de uiterwaarden van de Bergsche Maas bij Waalwijk. Op 26 februari 2020 heeft het Algemeen Bestuur van Waterschap Brabantse Delta een Projectplan Waterwet vastgesteld voor de beoogde aanpassingen van de waterhuishouding in Waalwijk.

Het afwateringskanaal maakt onderdeel uit van het project Aanpassen Waterhuishouding Waalwijk (AWW), dat een veel groter aantal ingrepen in de (binnendijkse) omgeving omvat. Voor een compleet beeld van het volledige project wordt verwezen naar het Projectplan (Jurjens, 2019). In essentie komt het erop neer dat de provincie voornemens is om de komende jaren het Natura2000-gebied Westelijke Langstraat te versterken in het kader van de PAS (separaat project). Ten behoeve van de natuurontwikkeling moet het waterpeil omhoog en is het ongewenst om het natuurgebied te belasten met kwalitatief slecht (stedelijk en landbouwkundig) water. Daarom wordt in het project AWW het lokale watersysteem aangepast; met de bouw van een nieuw gemaal en een groot aantal kleinere ingrepen draait Waterschap Brabantse Delta de stroomrichting van het water om.

Het in februari vastgestelde Projectplan ging uit van het Voorlopig Ontwerp (VO), waarin ook het afwateringskanaal was opgenomen. Het afwateringskanaal zoals dat in het VO is opgenomen doorsnijdt in de uiterwaard een zomerkade (zie Figuur 2). Om de inundatiefrequentie van de agrarische polder in de uiterwaard niet substantieel te verhogen zijn als aanvulling op het VO aan weerszijden van het afwateringskanaal grondwallen/terreinophogingen voorzien die zorgen voor een waterscheiding tussen Bergsche Maas (rechtstreeks gekoppeld met afwateringskanaal) en de uiterwaardpolders. Hierdoor ontstaat bij hoogwater extra stromingsweerstand haaks op de stroomrichting van de Bergsche Maas. De grondwallen/terreinophogingen maakten derhalve geen onderdeel uit van het VO en daarmee ook niet van het vastgestelde Projectplan.

In twee gepresenteerde ontwerpvarianten is deze aansluiting gemaakt door een grondwal (of maaiveldverhoging) in plaats van een zomerdijk. De ontwerpvarianten zijn voldoende gelijkvormig, zodat één WAQUA-modelschematisatie voor beide varianten hydraulisch representatief wordt geacht. De rivierkundige effecten zijn geanalyseerd en naast de criteria van het Rivierkundig Beoordelingskader (RBK) gelegd.

Hieruit volgt een hoogwatereffect van 1 mm waterstandverhoging in de rivieras, juist de grens die het RBK stelt. De statistische inundatieduur van de uiterwaard neemt toe van gemiddeld 0,5 naar 2,5 dagen per jaar.

Er zijn geen effecten op de dwarsstroming gevonden die de RBK-criteria overschrijden.

Uit de morfologische analyse volgen uiterste effecten van -0,293 m (erosie) en +0,546 m (sedimentatie). Dit zijn uiterst lokale effecten. Het overwegende beeld is echter gematigd en ligt in de orde van sedimentatie tot enkele centimeters en een erosiekuil met een diepte tot enkele decimeters. Er is een netto bodemdaling van 5.986 m³ becijferd.

Er is geen waterdiepteanalyse gedaan omdat gegevens van actuele vaardiepten voor deze analyse niet beschikbaar zijn gevonden.

Inhoudsopgave

SAMENVATTING	3
1. INLEIDING	5
1.1 Achtergrond en aanleiding	5
1.2 Doelstelling	7
1.3 Uitgangspunten en randvoorwaarden	8
1.4 Leeswijzer	8
2 REFERENTIESITUATIE EN ONTWERPVARIANTEN	9
2.1 Referentiesituatie	9
2.2 Ontwerpproces: conceptmodellering uitstroomkanaal	9
2.3 Uitwerking brede variant (ontwerpvariant 4.1)	10
2.4 Uitwerking smalle variant (ontwerpvariant 4.2)	11
3 GEOMETRISCHE EN HYDRAULISCHE MODELLERING	12
3.1 Inleiding	12
3.2 Omzetting van de ontwerpen naar Baseline en WAQUA	12
3.3 Geometrische schematisering met behulp van hoogteverschillen	12
3.4 Hydraulische modelsimulaties	13
3.5 Waterstandseffect bij diverse afvoerniveaus	13
3.6 Stroomsnelheden	14
3.7 Hinder voor scheepvaart: effecten op dwarsstroming	14
3.8 Morfologische effecten	14
4 RIVIERKUNDIG BEOORDELINGSKADER	16
5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	18
5.1 Conclusies	18
5.2 Aanbevelingen	18
6 REFERENTIELIJST	19
Bijlage 1 Rivierkundig Beoordelingskader 5.0 (RWS, 2019)	
Bijlage 2 Foto's van de projectlocatie	
Bijlage 3 Overzicht van Baseline- en WAQUA-modellering	
Bijlage 4 Ontwerptekeningen	
Bijlage 5 Analyse naar de Capelsche Uiterwaard en de inundatiefrequenties	
Bijlage 6 Ruimtelijke resultaten op basis van WaqView (variant 3)	
Bijlage 7 Effecten op dwarsstroming	
Bijlage 8 Schatting van morfologische effecten (met behulp van WaqMorf)	

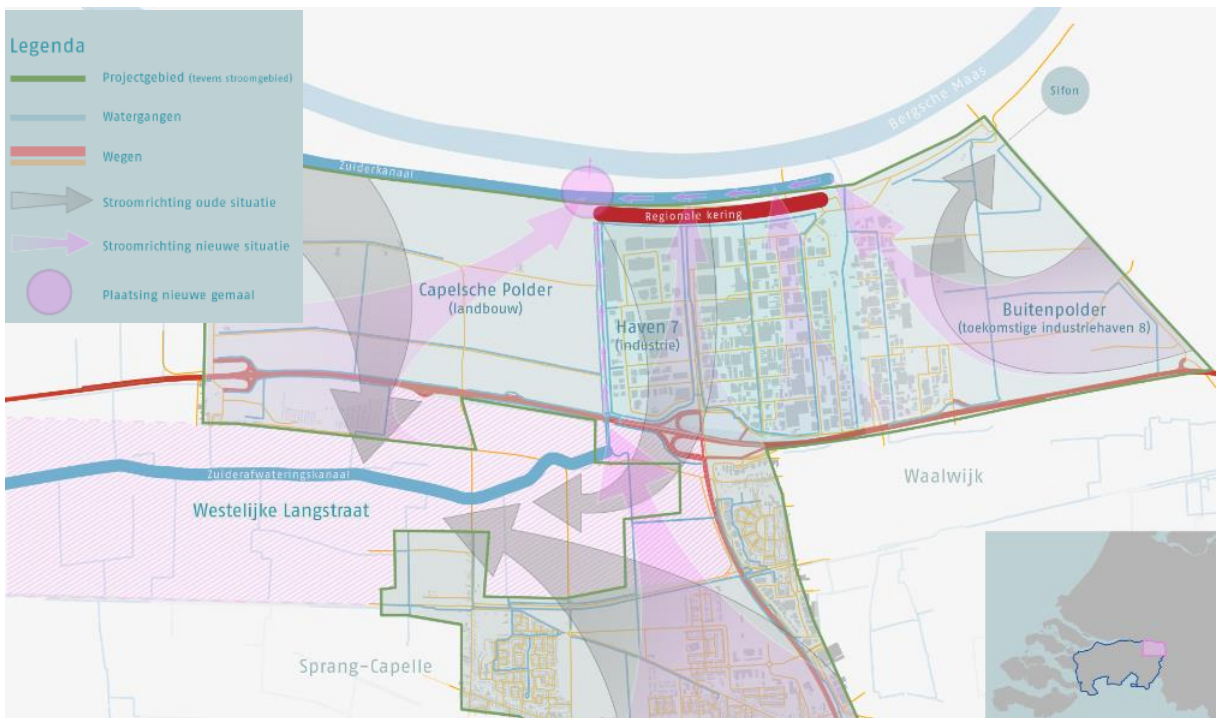
1. INLEIDING

1.1 Achtergrond en aanleiding

1.1.1 Project Aanpassen Waterhuishouding Waalwijk (AWW)

Voorliggende rapportage heeft betrekking op een afwateringskanaal in de uiterwaarden van de Bergsche Maas bij Waalwijk. Op 26 februari 2020 heeft het Algemeen Bestuur van Waterschap Brabantse Delta een Projectplan Waterwet vastgesteld voor de beoogde aanpassingen van de waterhuishouding in Waalwijk.

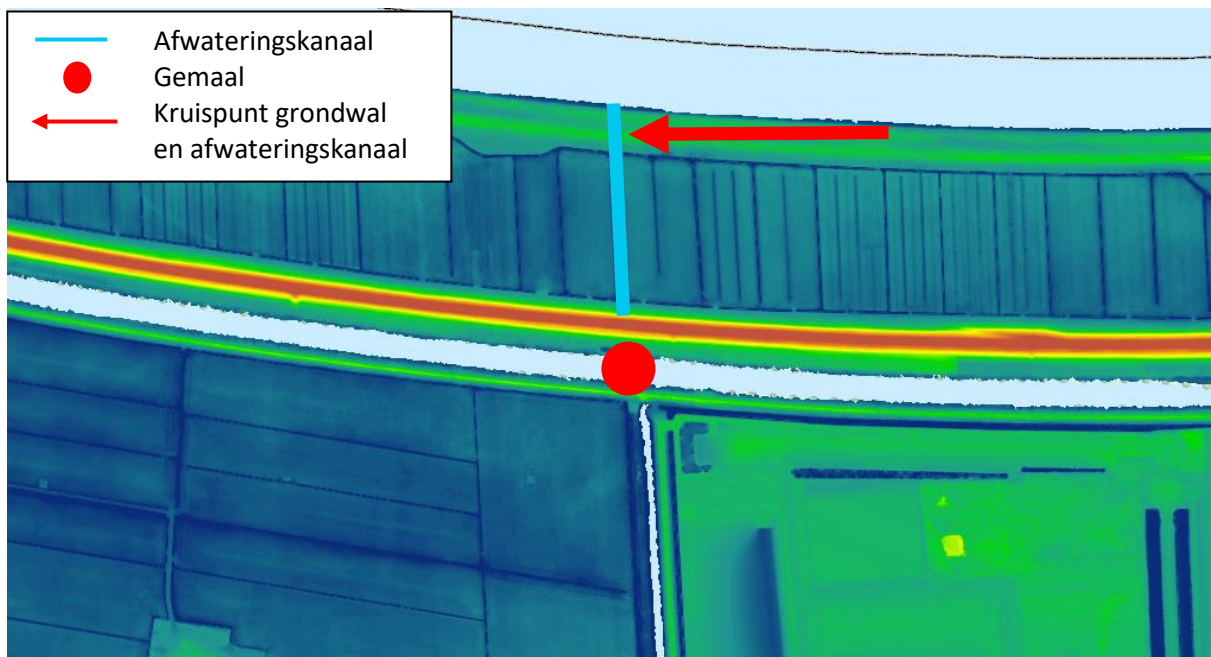
Het afwateringskanaal maakt onderdeel uit van het project Aanpassen Waterhuishouding Waalwijk (AWW), dat een veel groter aantal ingrepen in de (binnendijkse) omgeving omvat. Voor een compleet beeld van het volledige project wordt verwezen naar het Projectplan (Jurjens, 2019). In essentie komt het erop neer dat de provincie voornemens is om de komende jaren het Natura2000-gebied Westelijke Langstraat te versterken in het kader van de PAS (separaat project). Ten behoeve van de natuurontwikkeling moet het waterpeil omhoog en is het ongewenst om het natuurgebied te belasten met kwalitatief slecht (stedelijk en landbouwkundig) water. Daarom wordt in het project AWW het lokale watersysteem aangepast; met de bouw van een nieuw gemaal en een groot aantal kleinere ingrepen draait Waterschap Brabantse Delta de stroomrichting van het water om (zie Figuur 1). In het verleden is een uitgebreide variantenstudie uitgevoerd waaruit een nieuwe gemaal in het Zuiderkanaal als beste optie is gekomen. Onderdeel van die optie is dat een uitstroomvoorziening door de primaire waterkering en door de uiterwaard van de Bergsche Maas noodzakelijk is.



Figuur 1 Infographic van het project 'Aanpassen Waterhuishouding Waalwijk' (AWW)

Het in februari vastgestelde Projectplan ging uit van het Voorlopig Ontwerp (VO), waarin ook het afwateringskanaal was opgenomen. Het afwateringskanaal zoals dat in het VO is opgenomen doorsnijdt in de uiterwaard een zomerkade (zie Figuur 2). Om de inundatiefrequentie van de agrarische polder in de uiterwaard niet substantieel te verhogen zijn als aanvulling op het VO aan weerszijden van het afwateringskanaal grondwallen/terreinophogingen voorzien die zorgen voor een waterscheiding tussen Bergsche Maas (rechtstreeks gekoppeld met afwateringskanaal) en de uiterwaard-

polders. Hierdoor ontstaat bij hoogwater extra stromingsweerstand haaks op de stroomrichting van de Bergsche Maas. De grondwallen/terreinophogingen maakten derhalve geen onderdeel uit van het VO en daarmee ook niet van het vastgestelde Projectplan.



Figuur 2 Actuele Hoogtekaart Nederland (AHN) met onderdelen project AWW

Navolgend zijn de noodzaak voor een gewijzigd afwateringskanaal en de (bij nader inzien noodzakelijke) grondwallen/terreinophogingen gemotiveerd.

1.1.2 Waarom een gewijzigd afwateringskanaal?

Het gemaal en het afwateringskanaal maakten al onderdeel uit van het in februari vastgestelde Projectplan, gebaseerd op het Voorlopig Ontwerp (VO). Bij de uitwerking van het VO tot een Definitief Ontwerp (DO) zijn naast de implementatie van de grondwallen/terreinophogingen de taluds van het afwateringskanaal in het optimalisatieproces gewijzigd, mede als gevolg van initiële rivierkundige berekeningen van de grondwallen. Voor de gewijzigde dimensionering van het afwateringskanaal (DO) wordt een nieuw Projectplan Waterwet in procedure gebracht.

Het uitstroomkanaal maakt onderdeel uit van het project AWW, dat een veel groter aantal ingrepen in de (binnendijkse) omgeving omvat. Voor een compleet beeld van het volledige project wordt verwezen naar het Projectplan. In essentie komt het erop neer dat de provincie voornemens is om de komende jaren het Natura2000-gebied Westelijke Langstraat te versterken in het kader van de PAS (separaat project). Ten behoeve van de natuurontwikkeling moet het waterpeil omhoog en is het ongewenst om het natuurgebied te belasten met kwalitatief slecht (stedelijk en landbouwkundig) water. Daarom wordt in het project AWW het lokale watersysteem aangepast; met de bouw van een nieuw gemaal en een groot aantal kleinere ingrepen draait Waterschap Brabantse Delta de stroomrichting van het water om (zie Figuur 2). In het verleden is een uitgebreide variantenstudie uitgevoerd waaruit een nieuwe gemaal in het Zuiderkanaal als beste optie is gekomen. Onderdeel van die optie is dat een uitstroomvoorziening door de primaire waterkering en door de uiterwaard van de Bergsche Maas noodzakelijk is.

1.1.3 Waarom grondwallen/terreinophogingen parallel aan het afwateringskanaal?

In tegenstelling tot het afwateringskanaal, maken de grondwallen/terreinophogingen geen onderdeel uit van het VO of van het in februari vastgestelde Projectplan. Pas bij de uitwerking van het VO tot DO is geconstateerd dat het afwateringskanaal een bestaande zomerkade doorsnijdt. Deze bestaande grondwal beschermt de uiterwaard (buitenpolder) tegen inundatie vanuit de Bergsche Maas tot een waterstand van ca. NAP+1,50 m. Deze grondwal heeft geen juridische status en daarmee is het vanuit juridisch oogpunt gerechtvaardigd om de grondwal te doorgraven (conform VO en het vastgestelde Projectplan).

Nadat de aanwezigheid van de zomerkade in de huidige situatie is gebleken, heeft het waterschap onderzocht wat de gevolgen van het doorgraven van deze grondwal zou zijn. Het blijkt dat de uiterwaard (agrarische buitenpolder) in dat geval zou inunderen bij een waterstand in de Bergsche Maas vanaf circa NAP+0,90 m, overeenkomend met het maaiveld van de uiterwaard ter plaatse van het afwateringskanaal. Met andere woorden; zonder aanvullende maatregelen zou het vastgesteld Projectplan (zonder grondwallen) ertoe leiden dat de uiterwaard gemiddeld circa 36,5 dagen per jaar onder water zou staan, waar dat in de huidige situatie slecht gemiddeld 2,5 dag is. Inundatie zou in dat geval (in tegenstelling tot wat in de huidige situatie is gebleken) bovendien op kunnen treden in het agrarische groeiseizoen.

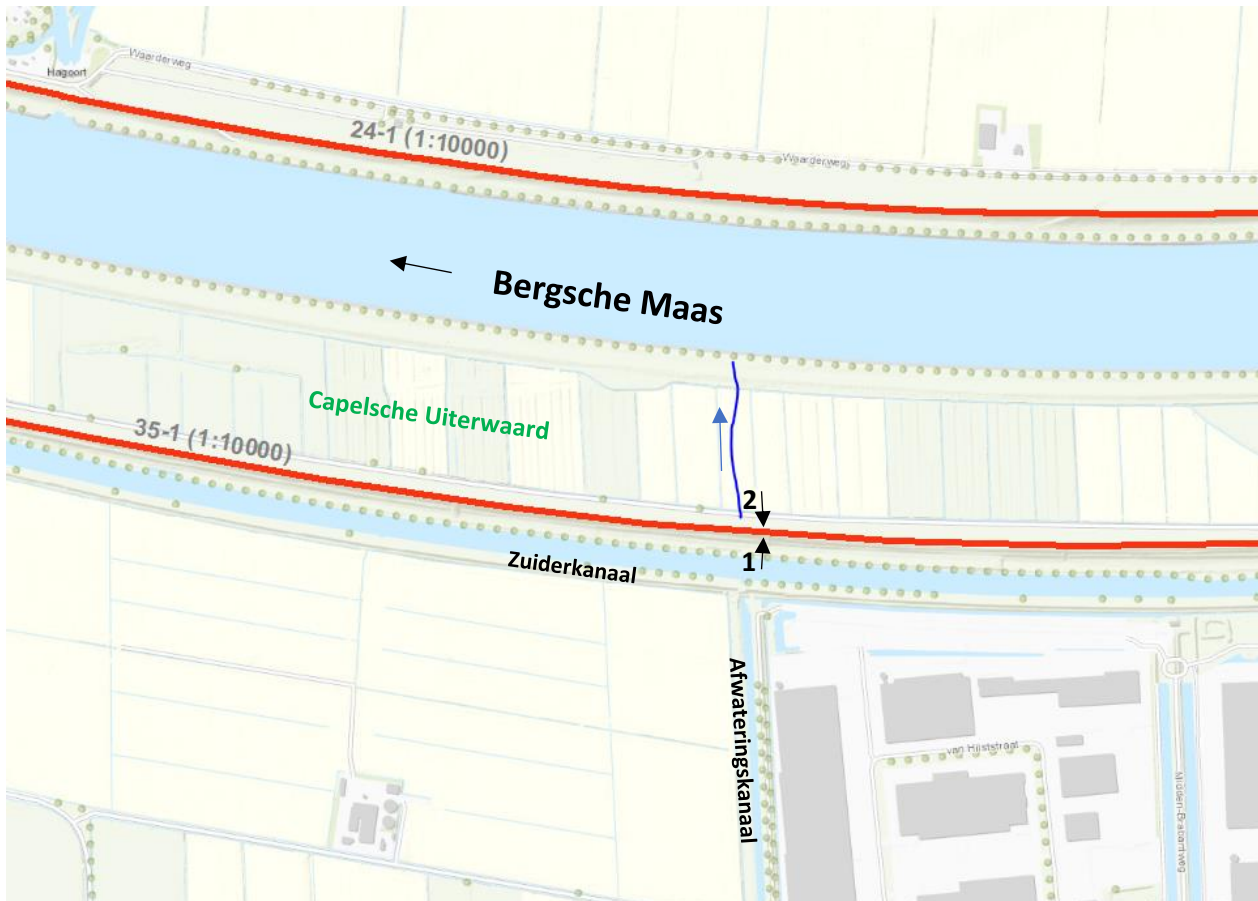
Het agrarische gebied dat door de grondwallen wordt “beschermd” heeft een oppervlakte van circa 100 hectare. Ondanks dat er juridisch geen beletsel is, wil het waterschap de eigenaren en gebruikers van de betreffende percelen niet in bovengenoemde mate benadelen. In dat kader is vervolgens gezocht naar mitigerende maatregelen. De mogelijkheden bestaan grofweg uit een middels duikers gereguleerde overkluizing van de afwatering en het aanleggen van grondwallen/terreinophogingen met een kruinhoogte op NAP+1,50m parallel aan beide zijden van het afwateringskanaal. De maatschappelijke kosten van de overkluizingsvariant zijn zeer hoog, zodat is gekozen voor de in voorliggend rapport onderbouwde variant.

De principe-oplossing is vervolgens uitgewerkt tot een DO, parallel aan de toetsing van het ontwerp aan het RBK. Als onderdeel van die toetsing is overigens ook gezocht naar compensatiemogelijkheden voor het opstuwende effect van de grondwallen bij hoog water op de Bergsche Maas. De potentiële mogelijkheden voor compensatie (Overdiepsche Polder, aanleg EVZ's, insteekhaven Waalwijk) zijn in overleg met RWS om uiteenlopende redenen niet geschikt bevonden.

1.2 Doelstelling

Deze rapportage vormt een hydraulische en morfologische beoordeling van de effecten van een voorgenomen ingreep in de Capelsche Uiterwaard langs de Bergsche Maas volgens de criteria van het Rivierkundig Beoordelingskader 5.0 (Rijkswaterstaat, 2019a), zie Bijlage 1. De ingreep betreft een verlenging van het afwateringskanaal tot aan de rivier. Initiatiefnemer is Waterschap Brabantse Delta.

Bijlage 2 laat twee foto's van de projectlocatie zien. De locatie en kijkrichting van de foto's staan in Figuur 3 weergegeven.



Figuur 3 Bovenaanzicht projectlocatie met kijkrichting van de foto's (zie Bijlage 2)

1.3 Uitgangspunten en randvoorwaarden

Voor de beoordeling is gebruik gemaakt van het modelinstrumentarium van Rijkswaterstaat (vijfde modelgeneratie). Specifiek gaat het om de volgende middelen en gegevens:

- Baseline-gebiedsschematisatie **baseline-maas_beno17_5-v1**,
- Simona 2017 patch 4,
- het WAQUA-deelmodel **waqua-maas-beno17_5_20m_km202_248_5-v1**,
- de WBI2017-randvoorwaarde voor $T = 3000$ j: $Q = 4118 \text{ m}^3/\text{s}$ te Borgharen-dorp (stationair) alsmede drie aanvullende afvoerniveaus (1250, 1500 en $2000 \text{ m}^3/\text{s}$).
- Voor de beoordeling van de resultaten geldt het Rivierkundig Beoordelingskader 5.0 (Rijkswaterstaat, 2019a).

1.4 Leeswijzer

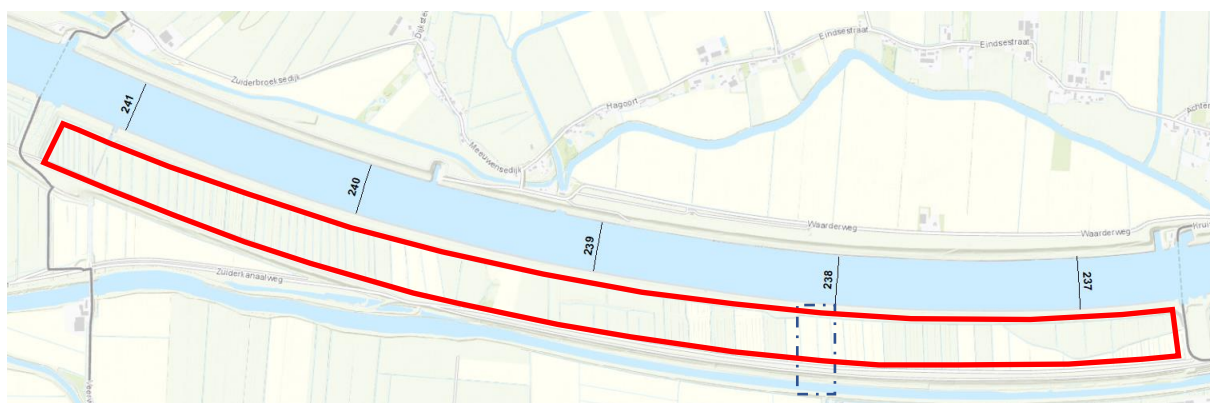
Hoofdstuk 2 beschrijft de actuele situatie en twee ontwerpvarianten voor de verlenging van het kanaal. De rivierkundige modellering komt in hoofdstuk 3 aan de orde. Hierbij worden ook de resultaten beschreven. Deze resultaten worden in hoofdstuk 4 naast de criteria van het Rivierkundig Beoordelingskader (RBK) gelegd. De conclusies en aanbevelingen volgen in hoofdstuk 5. Hoofdstuk 6 vormt de referentielijst, bestaande uit gebruikte bronnen en gegevens voor deze beoordeling.

De rapportage is compact van opzet, de resultaten zijn grotendeels in de bijlagen ondergebracht.

2 REFERENTIESITUATIE EN ONTWERPVARIANTEN

2.1 Referentiesituatie

De projectlocatie bevindt zich in de Capelsche Uiterwaard van de Bergsche Maas bij Waalwijk. De beoogde monding van het verlengde afwateringskanaal ligt juist stroomafwaarts van rkm 238 (Figuur 4). Hiermee wordt een uiterwaard met een oppervlakte van ruim 1 km² doorsneden. De maaiveldhoogte van de uiterwaard ligt gemiddeld op ca. 0,90 m+NAP. Een zomerdijk met een effectieve kruinhoogte van ca. 1,80 m+NAP langs de oever voorkomt dat de uiterwaard te vaak instroomt. Op basis van de betrekkinglijnen (Rijkswaterstaat, 2019b) blijkt dat de dit statistisch vanaf 1779 m³/s (St. Pieter, Maastricht) het geval is. Uit extrapolatie van de inundatiefrequenties (laagste waarde: 5 jaar) blijkt dat de uiterwaard gemiddeld eenmaal per drie jaar onder water staat. De gemiddelde duur is 0,5 dag per jaar ofwel gemiddeld 1,5 dagen per gebeurtenis. Deze getallen zijn met de nodige voorbehouden omgeven (zie Bijlage 5).



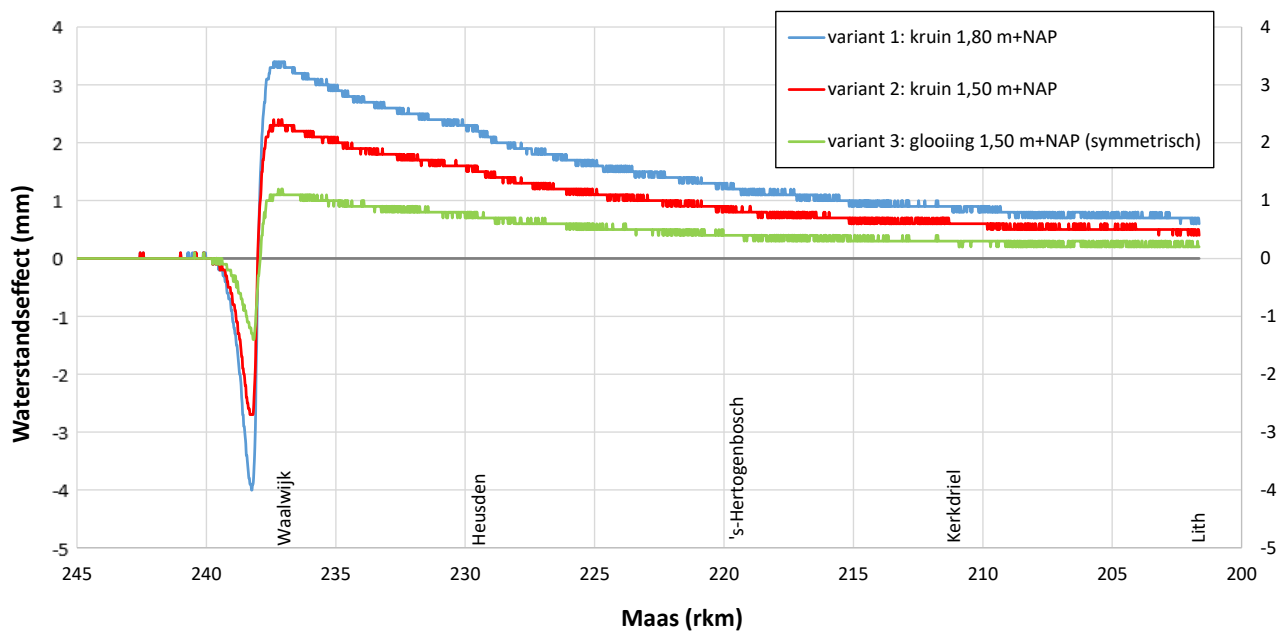
Figuur 4 Projectlocatie bij de Bergsche Maas (Capelsche Uiterwaard)

2.2 Ontwerpproces: conceptmodellering uitstroomkanaal

Omdat het verlengde kanaal in de nieuwe situatie de zomerdijk doorsnijdt, zal aan weerszijden van het kanaal een zomerdijk moeten komen om de uiterwaarden tegen vroegtijdige inundatie te beschermen. Uit een voorstudie (Meijer, 2020) is gebleken dat een zomerdijk langs het kanaal met een kruin op gelijke hoogte (1,80 m+NAP) bij hoogwater tot een opstuwung in de Bergsche Maas van maximaal 3,4 mm leidt (variant 1). Omdat dit niet verenigbaar is met de RBK-criteria, is gekozen voor een iets lagere zomerdijk langs het kanaal. Een kruinhoogte van 1,50 m+NAP leidt tot een hogere inundatieduur (gemiddeld 2,5 dagen per jaar), die nog als aanvaardbaar wordt beschouwd. In Bijlage 5 is een nadere onderbouwing van dit getal te vinden. De opstuwung bij hoogwater is echter maximaal 2,4 mm (variant 2), nog steeds niet aanvaardbaar volgens de RBK-criteria.

Een lagere kruinhoogte, en daarmee een hogere inundatiefrequentie van de uiterwaard, is voor het waterschap echter niet aanvaardbaar. Vervolgens is geprobeerd de opstuwung bij hoogwater verder te reduceren door de zomerdijken te vervangen door terreinhoogten. Hierdoor blijft de stroming aanliggen, treedt er geen overlaatwerking op en is het energieverlies van de stroming geringer. Dit is hydraulisch plausibel als de helling in het terrein 1:7 of kleiner is. Uitgaande van een maaiveldhoogte van 1,5 m+NAP (variant 3) bleek dit het geval: de opstuwung in de Bergsche Maas bij hoogwater werd zodoende tot ruim 1 mm gehalveerd, zonder de inundatiefrequentie van de uiterwaard te verhogen. Afgerond is dit 1 mm, de uiterste grens voor het RBK. Figuur 5 laat de resultaten zien.

Op dit punt hebben twee ontwerpcriteria (waterstandseffect bij hoogwater en maximaal aanvaardbare inundatiefrequentie) elkaar in variant 3 op hun uiterste waarden ontmoet en is verdere optimalisatie niet haalbaar. Het ontwerp is bij benadering volumeneutraal.

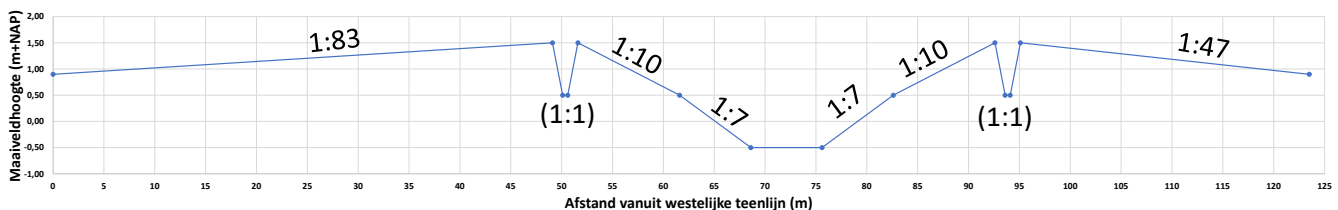


Figuur 5 Varianten 1, 2 en 3 op basis van conceptmodellering (Meijer, 2020)

In deze conceptmodellering is echter geen gebruik gemaakt van het Baseline-protocol¹. De eerste twee pagina's van Bijlage 6 laten de modellering van variant 3 en de resultaten van de hoogwatersimulatie ruimtelijk zien. Op basis van het concept van variant 3 zijn in Autocad twee detailontwerpen uitgewerkt.

2.3 Uitwerking brede variant (ontwerpvariant 4.1)

In een brede variant wordt maximaal de ruimte genomen om het hoogteverschil van maaiveld tot 1,50 m+NAP te overbruggen. De totale profielbreedte is 123,50 m (Figuur 6). De bodem ligt op -0,50 m+NAP. De buitentaluds zijn (in volgorde van stroomrichting van de Maas) 1:47 resp. 1:83. De binnentaluds vertonen een knik, waarbij de diepere delen 1:7 hebben en de droge delen tot de kruin 1:10. Bij dit talud is nog het mogelijk met onderhoudsvoertuigen dwars op de helling langs het kanaal te rijden. Aan weerszijden langs het kanaal liggen twee greppels die de hoogtelijnen van 1,50 m+NAP volgen.



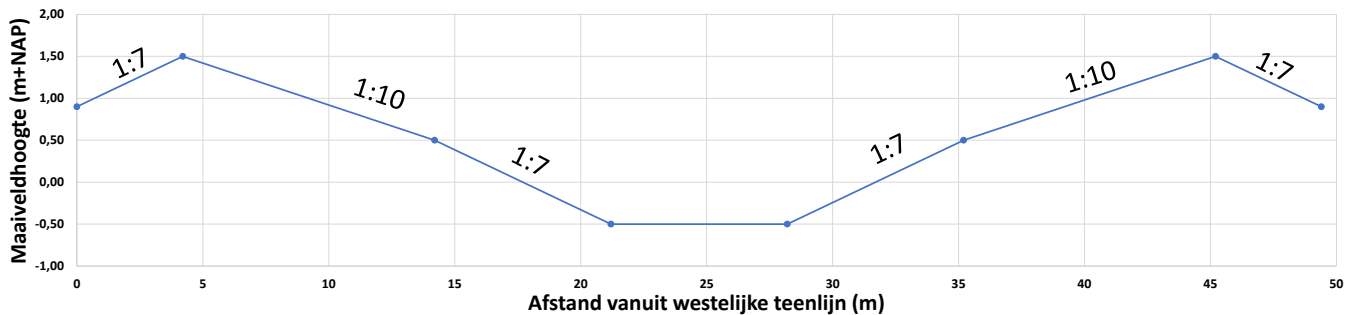
Figuur 6 Variant 4.1: dwarsprofiel van de brede variant (asymmetrisch)

Het ontwerp is op basis van dit profiel in Autocad ruimtelijk uitgewerkt (Waterschap Brabantse Delta, 2020a) en staat in Bijlage 4 met behulp van 13 dwarsprofielen en een bovenaanzicht gepresenteerd (pagina's Bijlage 4-1 en Bijlage 4-3 links). Het ontwerp is bij benadering volumeneutraal.

¹ Nadere toelichting volgt in hoofdstuk 3.

2.4 Uitwerking smalle variant (ontwerpvariant 4.2)

Een oplossing waarbij het ruimtebeslag geminimaliseerd wordt is ontwerpvariant 4.2. Het kanaalprofiel is gelijk aan dat van variant 4.1, echter de buitentaluds hebben een maximale steilte van 1:7. Het totale profiel (het zogenaamde gedoogprofiel) heeft tussen de uiterste teenlijnen een breedte van 49,40 m, zie Figuur 7.



Figuur 7 Variant 4.2: dwarsprofiel van de smalle variant (symmetrisch)

Dit ontwerp is op basis van dit profiel in Autocad ruimtelijk uitgewerkt (Waterschap Brabantse Delta, 2020b) en staat in Bijlage 4 met behulp van 13 dwarsprofielen en een bovenaanzicht gepresenteerd (pagina Bijlage 4-2 en Bijlage 4-3 rechts). Het ontwerp is bij benadering volumeneutraal.

3 GEOMETRISCHE EN HYDRAULISCHE MODELLERING

3.1 Inleiding

Bijlage 3 geeft een overzicht van ontwerpvarianten, Baseline-maatregelen en -varianten, hydraulische WAQUA-modellen en uitgevoerde modelsimulaties, waaruit de onderlinge samenhang blijkt. De referentiesituatie is de ongewijzigde geometrie van het toegeleverde beheer- en onderhoudsmodel. Vervolgens staan de ontwerpvarianten 3, 4.1 en 4.2 nader beschreven.

3.2 Omzetting van de ontwerpen naar Baseline en WAQUA

Het Autocad-ontwerp voor variant 4.1 is met behulp van Baseline 5.0 in een Baseline-maatregel omgezet, die in het Baseline-referentiegebiedsmodel is ingemixt. Hiermee is een gebiedsschematisatie van variant 4.1 in GIS ontstaan, waarvan vervolgens met de Baseline-model BasWaq² een WAQUA-model afgeleid is. Bij controle van dit WAQUA-model bleek er van de geometrie van het kanaal en de belendende grondwallen weinig over. Hoewel de omzetting volgens protocol heeft plaatsgevonden, kunnen door geometrische diffusie op het WAQUA-rooster (celgrootte gemiddeld 20 x 10 m²) de cruciale bodemhoogten gemist worden, waardoor de hydraulische barrièrewerking van het verhoogde maaiveld (of van de grondwal) niet tot uiting komt. Dit leidt niet alleen tot te lage hoogwatereffecten, maar ook tot een te vroeg inundatieproces bij de lagere afvoerniveaus. De modelsimulaties zijn daarom niet goedgekeurd en staan niet in deze rapportage gepresenteerd.

Voor ontwerpvariant 4.2 zijn deze stappen na bovenstaande bevindingen niet gezet.

3.3 Geometrische schematisering met behulp van hoogteverschillijnen

Een alternatieve wijze van schematiseren maakt gebruik van hoogteverschillijnen, die bij omzetting in WAQUA terugkeren als overlaten. Overlaten liggen tussen de WAQUA-cellen en garanderen te allen tijde een barrièrewerking op basis van de bijbehorende kruinhoogte. Bijlage 4 laat zien (vanaf pagina Bijlage 4-4) hoe vanuit de referentiesituatie beide Autocad-ontwerpen in Baseline zijn omgezet. Hierbij zijn ter plaatse van het kanaal ook de hydraulische ruwheden aangepast (van gras naar open water).

Met een kruin als hoogteverschillijn zijn we *hydraulisch* echter terug bij de overlaatwerking van de zomerdijk, die het ontwerp juist tracht te voorkomen. Hiermee zouden de waterstandseffecten ruim 1 mm te hoog zijn (zoals blijkt uit variant 2 van het vooronderzoek). Hoewel dit niet veel lijkt, gaat het bij de ontwerpen van dit PPWW om een verdubbeling van het hydraulische effect. Om deze reden zijn er geen modelsimulaties met de ontwerpvarianten 4.1 en 4.2 uitgevoerd, omdat dit bij de beoordeling van deze ontwerpen op hydraulisch onterechte gronden tot afwijzing zou leiden.

Niettemin zijn de gepresenteerde Baseline-maatregelen goed bruikbaar voor een toekomstige modelactualisatie in het geval van een goedgekeurd PPWW voor één van beide ontwerpen. Een afwijking van 1 mm waterstand in een modelactualisatie is niet even ernstig als in het geval van een beoordeling van een ontwerp.

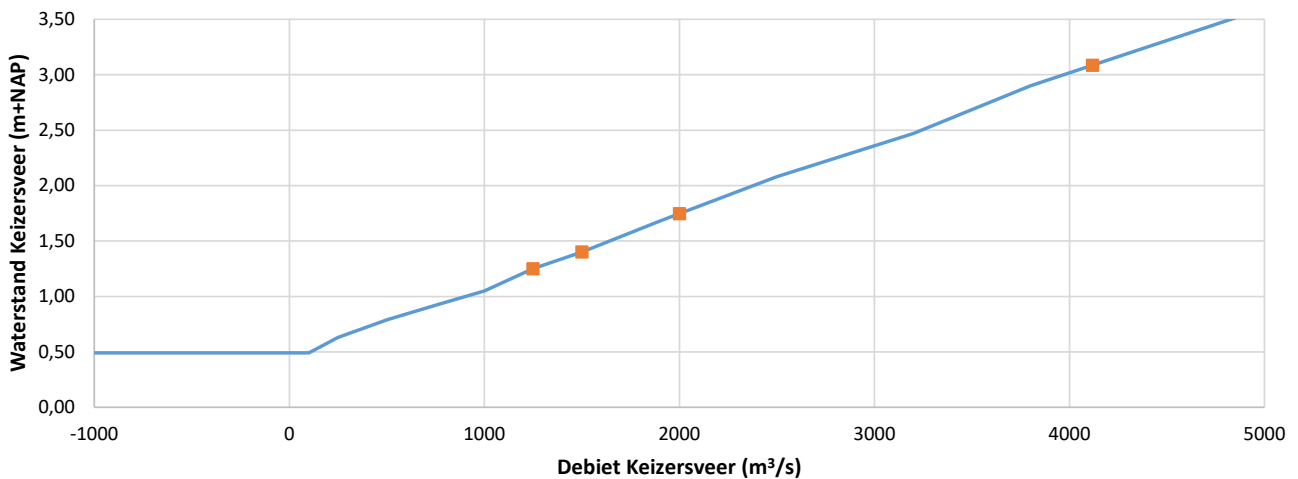
Voor de beoordeling van de ontwerpen is in overleg met Rijkswaterstaat Zuid-Nederland besloten dat variant 3, hoewel niet met behulp van Baseline vervaardigd en *geometrisch* niet helemaal consistent met de ontwerpvarianten 4.1 en 4.2, *hydraulisch* voldoende representatief is voor beide ontwerpvarianten om voor de beoordeling toe te passen.

² van Baseline naar WAQUA

3.4 Hydraulische modelsimulaties

Met het referentiemodel (Lith – Keizersveer) zijn drie afvoerniveaus stationair gesimuleerd, waarvan de drie laagste afvoerniveaus in één simulatie zijn ondergebracht en het hoogste in een afzonderlijke simulatie³. Hetzelfde is gedaan voor variant 3. Met de twee uitgewerkte varianten zijn geen modelsimulaties gedaan, zoals in de vorige paragraaf toegelicht. Zie het overzicht in Bijlage 3.

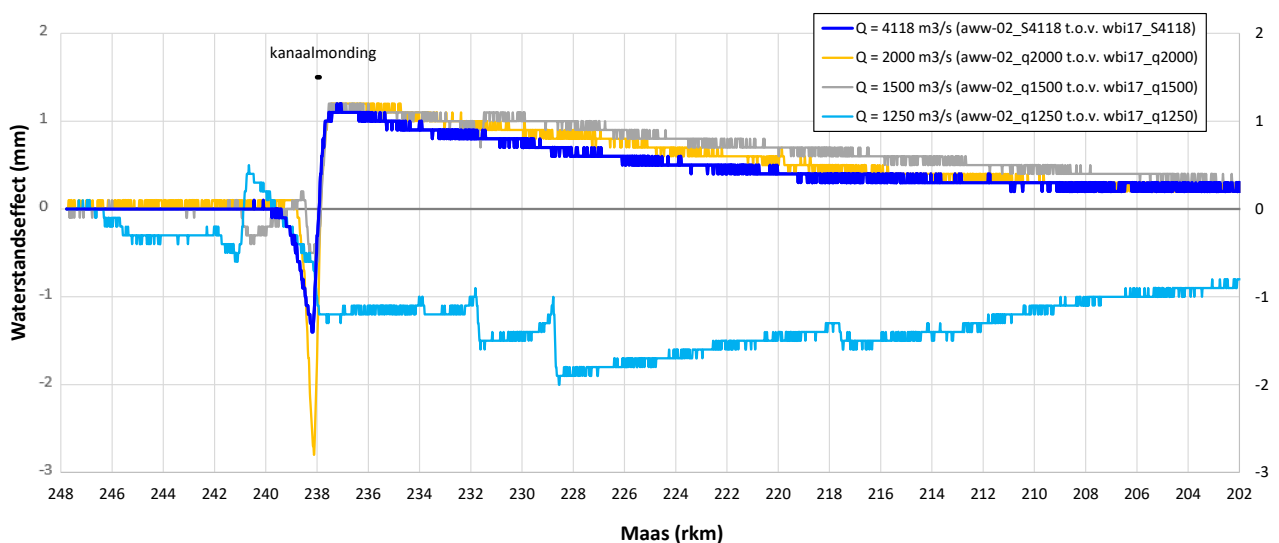
Voor alle modelsimulaties geldt een benedenstroomse randvoorwaarde, die uitgaat van de hoogste waterstand gedurende een gemiddeld getij (Figuur 8).



Figuur 8 Toegepaste QH-relatie te Keizersveer

3.5 Waterstandseffect bij diverse afvoerniveaus

Figuur 9 laat de waterstandseffecten van variant 3 bij diverse afvoerniveaus zien. Opvallend is dat het laagste afvoerniveau (1250 m³/s) een waterstandsval van maximaal 2,0 mm in de rivieras laat zien, terwijl de overige afvoerniveaus een consistente waterstandsverhoging van maximaal 1,2 mm in de rivieras tot gevolg hebben.



Figuur 9 Waterstandseffect bij diverse afvoerniveaus

³ De simulaties met het hoogste afvoerniveau zijn al in het vooronderzoek uitgevoerd (Meijer, 2020).

De verklaring hiervoor is ligt in de waterstand bij 1250 m³/s, die ter plaatse van rkm 238,100 (kanaalmonding) 1,69 m+NAP bedraagt. Dit is een waarde die juist tussen 1,50 en 1,80 m+NAP ligt, waarbij net het verschil tussen wel en geen inundatie van de uiterwaard optreedt. Dat betekent dat de ingreep bij dit afvoerniveau tot vergroting van de afvoercapaciteit leidt en dus een rivierverruiming vormt. Bij de overige afvoerniveaus is de uiterwaard hoe dan ook overstroomd en vormen de grondwallen tot 1,50 m+NAP een (beperkte) obstructie die steeds tot hetzelfde waterstandseffect leidt.

Het waterstandseffect bij het hoogste afvoerniveau is in Bijlage 6 ruimtelijk weergegeven (pagina Bijlage 6-2).

3.6 Stroomsnelheden

Bijlage 6 laat de stroomsnelheidseffecten voor de drie afvoerniveaus ruimtelijk zien (pagina's Bijlage 6-3 en Bijlage 6-4). Bij 1250 m³/s zien we een verhoging van de stroomsnelheden in de Capelsche Uiterwaard. De afgebeelde verschillen in de uiterwaard zijn tevens de absolute stroomsnelheden, omdat de uiterwaard in de referentiesituatie niet doorstroomd is (de referentiestroomsnelheden zijn dus 0 m/s). In het zomerbed volgt hierdoor een lichte afname.

Bij de overige afvoerniveaus is het omgekeerde te zien: de stroomsnelheden in de Capelsche Uiterwaard nemen licht af doordat de grondwallen aan weerszijden van het kanaal als hydraulische obstakels fungeren. In het zomerbed nemen de stroomsnelheden hierdoor licht toe.

3.7 Hinder voor scheepvaart: effecten op dwarsstroming

In Bijlage 7 zijn voor de vier afvoerniveaus de effecten op de dwarsstromingscomponent in de linker (zuidelijke) normaallijn in beeld gebracht. Bij 1250 m³/s komt de instroming in het kanaal in beeld, zoals in de vorige paragrafen beschreven. De dwarsstromingscomponent bedraagt -0,163 m/s (negatief betekent zuidwaarts), dat is meer dan het RBK-criterium van 0,15 m/s. Het gaat hier echter om een puntbelasting van minder dan 50 m³/s, hierbij geldt een verhoogd criterium van 0,3 m/s (zie Bijlage 1: punt 2.3).

Bij 1500 m³/s is er bij rkm 237,452 een omgekeerd effect te zien. Hier is een afname van de dwarsstromingscomponent van -0,177 naar -0,135 m/s. Dit betreft de normale instroming van de uiterwaard, die in het ontwerp iets afgeremd wordt. Los van de RBK-criteria zou dit als een positief effect tegenover het bovenbeschreven effect gezet kunnen worden.

Bij 2000 m³/s, het hoogste beschouwde bevaarbare afvoerniveau, zijn er nergens waarden boven 0,15 m/s te vinden: niet in de referentiesituatie, noch in de beschouwde variant 3. Wel is het effect van de grondwallen in het resultaat terug te zien.

3.8 Morfologische effecten

Met behulp van de hulpprogrammatuur WaqMorf zijn voor de drie afvoerniveaus 1.250, 1.500 en 2.000 m³/s de resulterende bodemveranderingen geschat en door de programmatuur gewogen gemiddeld. Hiervoor zijn er drie uitkomsten: een jaargemiddeld resultaat, een resultaat na een laagwaterperiode en een resultaat na een hoogwaterperiode. In onze analyse zijn deze drie uitkomsten gelijk.

Bijlage 8 laat het patroon van de bodemveranderingen zien. Er is een netto bodemdaling van 5.986 m³ (afgerond 6.000 m³) becijferd. Dit betekent dat het hoogwatereffect morfologisch prevaleert. Een iets groter deel van de afvoer blijft in het zomerbed ten opzichte van de referentiesituatie.

De uiterste waarden zijn effecten van -0,293 m (erosie) en +0,546 m (sedimentatie). Dit zijn uiterst lokale effecten. Het overwegende beeld is echter gematigd en ligt in de orde van sedimentatie van enkele centimeters en een erosiekuil met een diepte tot enkele decimeters.

Er is geen waterdiepteanalyse gedaan omdat gegevens van actuele vaardiepten bekend voor deze analyse niet beschikbaar zijn gevonden.

4 RIVIERKUNDIG BEOORDELINGSKADER

De resultaten van de beoordeling staan in Tabel 1 samengevat (zie ook Bijlage 1).

Tabel 1 Criteria van het Rivierkundig Beoordelingskader en resultaten van de beoordeling

Thema	§	Aspect	Criterium	Resultaat
Hoogwaterveiligheid	1.1	Maatregel in stroomvoerend deel rivier: Hoogwaterreferentie in de as van de rivier	Stroomvoerend: geen waterstandverhoging ^{a)} op de as van de rivier bij de afvoer(en) uit de Hoogwaterreferentie.	Afgrond is er sprake van 1 mm waterstandstoename bij T3000 (4118 m ³ /s te St. Pieter). Zie Figuur 5.
		Maatregel in bergend deel rivier: Volume waterberging	Bergend: geen vermindering bergend volume	De ontwerpen zijn bij benadering volumeneutraal.
	1.2	Hoogwaterreferentie buiten de as van de rivier	Geen waterstandverhoging langs de hoge grondenlijn of primaire waterkering bij de afvoer(en) uit de Hoogwaterreferentie.	Langs de zuidelijke dijk zijn er waterstandstoename tot 4 mm. De waterkering-beheerder WSBD, tevens initiatiefnemer, is hiermee akkoord. Zie Bijlage 6.
Hinder of schade door hydraulische effecten	2.1	Inundatiefrequentie van de uiterwaard	De mate van verandering van de waterstand en / of inundatiefrequentie van een of meerdere uiterwaarden bij de afvoer(en) uit de Hoogwaterreferentie.	De jaarlijkse inundatieduur neemt toe van 0,5 naar 2,5 dagen per jaar (ca 1 km ² uiterwaard). Zie Bijlage 5.
	2.2	Stroombeeld in de uiterwaard	De mate van verandering van de grootte en richting van de stroomsnelheden in een of meerdere de uit de Hoogwaterreferentie-afvoeren uit de hoogwaterreferentie	De stroomsnelheden in de uiterwaard veranderen maximaal met enkele cm/s. Zie Bijlage 6.
	2.3	Stroombeeld in vaarweg	Dwarsstroomsnelheid op de rand van de vaarweg bij verschillende afvoerniveaus: De ingreep mag niet resulteren in een absolute dwarsstroming in de vaarweg groter dan 0,15 m/s bij een geconcentreerde dwarsstroming met een debiet groter dan 50 m ³ /s. Of het moet aantoonbaar zijn dat de toename padbreedte schip t.g.v. dwarsstroom kleiner is dan ½B; De ingreep mag niet resulteren in een absolute dwarsstroming in de vaarweg groter dan 0,3 m/s bij een geconcentreerde dwarsstroming met een debiet kleiner dan 50 m ³ /s.	Bij een afvoerniveau van 1250 m ³ /s ontstaat een plaatselijke zuidwaartse dwarsstroming van 0,163 m/s. Het bijbehorende debiet is minder dan 50 m ³ /s. Hiervoor geldt een criterium van 0,3 m/s, waar dus aan voldaan wordt. Zie Bijlage 7.
	2.6	Instroom retentiegebieden Maas	Verandering waterstand ter hoogte van inlaat retentiegebieden Maas, waaronder Lateraalkanaal-West en Lob van Gennepe ^{d)}	niet van toepassing

Thema	§	Aspect	Criterium	Resultaat
Morfologische effecten	3.1	<p>Sedimentatie en erosie van het zomerbed (+ oevers):</p> <p>1. door ingrepen zomerbed</p> <p>2. door ingrepen winterbed</p>	<p>Bij erosie:</p> <ul style="list-style-type: none"> -geen verlaging zomerbed beneden de minimale bodemligging t.a.v. erosie en infrastructuur (o.a. kabels, leidingen en waterkeringen); <p>Bij sedimentatie:</p> <ul style="list-style-type: none"> -geen vermindering van vaargeulafmetingen^{e)}; -geen verhoging van de maatgevende waterstanden op lange termijn; <p>Generiek:</p> <ul style="list-style-type: none"> -beperkte hinder door baggeren en/of terugstorten; behouden vlotheid en veiligheid scheepvaartverkeer; -geen onacceptabele sedimentatie of terugschrijdende erosie. 	<p>De uiterste waarden zijn effecten van -0,293 m (erosie) en +0,546 m (sedimentatie). Dit zijn uiterst lokale effecten. Het overwegende beeld is echter gematigd en ligt in de orde van sedimentatie van enkele centimeters en een erosiekuil met een diepte tot enkele decimeters. Er is een netto bodemdaling van 5.986 m³ becijferd. Zie Bijlage 8.</p>
	3.2	<p>Sedimentatie en erosie van uiterwaard en nevengeulen:</p> <p>1. sedimentatie winterbed</p> <p>2. erosie winterbed</p>	<p>Bij sedimentatie:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Acceptabele beheerskosten^{f)} voor baggeren nevengeulen; <p>Bij erosie:</p> <ul style="list-style-type: none"> -geen zijdelingse verplaatsing van een nevengeul richting een primaire waterkering. Nevengeul moet op voldoende afstand blijven van de primaire waterkering, buiten de beschermingszone van de primaire kering. De beschermingszones worden bepaald door de keringbeheerders; - geen zijdelingse verplaatsing van een nevengeul richting het zomerbed van de rivier, waardoor er kans bestaat dat de nevengeul een kortsluiting veroorzaakt met het zomerbed; - stroomsnelheid in een zandige nevengeul bij bankfull afvoer moet kleiner blijven dan 0,3 m/s^{g)}; - geen bodemerosie langs primaire waterkering; - stabiliteit van belangrijke constructies in de uiterwaard mag niet verminderen; 	<p>niet van toepassing</p>

5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

5.1 Conclusies

Op basis van de hydraulische en morfologische beoordeling trekken we de volgende conclusies:

- Uit de analyse naar de hoogwatereffecten volgt een waterstandverhoging van 1 mm in de rivieras, juist de grens die het RBK stelt. De statistische inundatieduur van de uiterwaard neemt toe van gemiddeld 0,5 naar 2,5 dagen per jaar.
- Er zijn geen effecten op de dwarsstroming gevonden die de RBK-criteria overschrijden.
- Uit de morfologische analyse volgen uiterste effecten van -0,293 m (erosie) en +0,546 m (sedimentatie). Dit zijn uiterst lokale effecten. Het overwegende beeld is echter gematigd en ligt in de orde van sedimentatie tot enkele centimeters en een erosiekuil met een diepte tot enkele decimeters. Er is een netto bodemdaling van 5.986 m³ becijferd.

5.2 Aanbevelingen

Op basis van deze conclusies doen wij de volgende aanbevelingen:

- Er is geen waterdiepteanalyse gedaan omdat gegevens van actuele vaardiepten voor deze analyse niet beschikbaar zijn gevonden. Het is aan te bevelen om de door WaqMorf geschatte bodemveranderingen naast de vaardieptekaarten te leggen.

6 REFERENTIELIJST

- Jurrijens S., 2019: Projectplan Waterwet, Aanpassen Waterhuishouding Waalwijk, opdrachtgever: Waterschap Brabantse Delta, 23 mei 2019, versie 1.1 definitief, referentie: 1604719A06-R19-580, Witteveen + Bos en RPS advies- en ingenieursbureau
- Meijer D.G., 2020: Oriënterende modelsimulaties uitstroomkanaal naar Bergsche Maas (4e concept), Project: Aanpassing Waterbeheer Waalwijk (AWW), Projectnummer 800486, 26 juni 2020, Waterschap Brabantse Delta
- Rijkswaterstaat, 2019a: Rivierkundig Beoordelingskader voor ingrepen in de Grote Rivieren, versie 5.0, 26 februari 2019, Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving
- Rijkswaterstaat, 2019b: Betrekkingslijnen 2019-2020, geldigheidsbereik 1 november 2019 - 31 oktober 2020, Rijkswaterstaat Zuid-Nederland, District Zuid-Oost
- Waterschap Brabantse Delta, 2017: Projectstartdocument, Aanpassingen watersysteem en regionale keringen Waalwijk, 24 juli 2017, projectnummer: 800486, zaaknummer: 16.zk07842, kenmerk: 16IT017972
- Waterschap Brabantse Delta, 2018: Plan van aanpak, projectnaam: Aanpassen watersysteem en -kering bij Waalwijk, 21 maart 2018, projectnummer: 800486, versie 37, status: definitief, zaaknummer: 16.zk07842, kenmerk: 16IT017972
- Waterschap Brabantse Delta, 2020a: Afwateringskanaal variant 4-1 (locatie 11_A), extern nummer: 194104792-00703, versie 1.1 definitief, 21 augustus 2020, getekend: J. Westenburger, project: Aanpassen Waterhuishouding Waalwijk
- Waterschap Brabantse Delta, 2020b: Afwateringskanaal variant 4-2 (locatie 11_A), extern nummer: 194104792-00703, versie 1.1 definitief, 21 augustus 2020, getekend: J. Westenburger, project: Aanpassen Waterhuishouding Waalwijk

Bijlage 1 Rivierkundig Beoordelingskader 5.0 (RWS, 2019)

Rivierkundige beoordelingsaspecten en -criteria in de Maas (Tabel 5 uit: RWS, 2019)

Thema	§	Rivierkundig beoordelings-aspect	Beoordelingscriterium		Toe-lichting	Beoor-delaar
			Aanvragen vergunning Waterwet	Aanvullende criteria Maaswerken		
Hoogwaterveiligheid	1.1	Maatregel in stroomvoerend deel rivier: Hoogwaterreferentie in de as van de rivier	Stroomvoerend: geen waterstandverhoging ^{a)} op de as van de rivier bij de afvoer(en) uit de Hoogwaterreferentie.	Geen toezicht op te realiseren taakstelling. (St. Pieter ^{c)} : 3800 m ³ /s voor 1/1250 ^{ste} afvoer en 3275 m ³ /s voor 1/250 ^{ste} afvoer ^{c)})	1.1 M1 M6	Waterwet: RWS-ZN Taakstelling: Maaswerken
		Maatregel in bergend deel rivier: Volume waterberging	Bergend: geen vermindering bergend volume	Verder voor Grensmaas de 1/50 ^{ste} afvoer (2710 m ³ /s) en voor Zandmaas de 1/250 ^{ste} afvoer (3275 m ³ /s) voor de tussentijdse situatie tot 2024. Voor tussentijdse situatie geldt een maximaal toelaatbare tijdelijke waterstandverhoging tot 1 cm.	1.1 M1	
	1.2	Hoogwaterreferentie buiten de as van de rivier	Geen waterstandverhoging langs de hoge grondenlijnof primaire waterkering bij de afvoer(en) uit de Hoogwaterreferentie.	idem Waterwet + 1/50 ^{ste} afvoer (tussentijdse situatie)	1.2 M1 M6	RWS-ZN (in overleg met de waterkering-beheerder)
Hinder of schade door hydraulische effecten	2.1	Inundatiefrequentie van de uiterwaard	De mate van verandering van de waterstand en / of inundatiefrequentie van een of meerdere uiterwaarden bij de afvoer(en) uit de Hoogwaterreferentie.	-	2.1 M2	RWS-ZN (eventueel in overleg met de terrein-eigenaren)
	2.2	Stroombeeld in de uiterwaard	De mate van verandering van de grootte en richting van de stroomsnelheden in een of meerdere de uit de Hoogwaterreferentieafvoeren uit de hoogwaterreferentie	-	2.2 M2	RWS-ZN (eventueel in overleg met de terrein-eigenaren)
	2.3	Stroombeeld in vaarweg	Dwarsstroomsnelheid op de rand van de vaarweg bij verschillende afvoerniveaus: De ingreep mag niet resulteren in een absolute dwarsstroming in de vaarweg groter dan 0,15 m/s bij een geconcentreerde dwarsstroming met een debiet groter dan 50 m ³ /s. Of het moet aantoonbaar zijn dat de toename padbreedte schip t.g.v. dwarsstroom kleiner is dan ½B;	-	2.3 M3	RWS-ZN

(vervolg op volgende pagina)

Thema	§	Rivierkundig beoordelings-aspect	Beoordelingscriterium		Toe-lichting	Beoor-delaar
			Aanvragen vergunning Waterwet	Aanvullende criteria Maaswerken		
Hinder of schade (vervolg)	2.3	(vervolg) Stroombeeld in vaarweg	De ingreep mag niet resulteren in een absolute dwarsstroming in de vaarweg groter dan 0,3 m/s bij een geconcentreerde dwarsstroming met een debiet kleiner dan 50 m ³ /s;	-	2.3 M3	RWS-ZN
	2.6	Instream retentiegebieden Maas	Verandering waterstand ter hoogte van inlaat retentiegebieden Maas, waaronder Lateraalkanaal-West en Lob van Gennepe ^{d)}	-	2.6 M4	RWS-ZN
Morfologische effecten	3.1	Sedimentatie en erosie van het zomerbed (+ oevers): 1. door ingrepen zomerbed 2. door ingrepen winterbed	Bij erosie: -geen verlaging zomerbed beneden de minimale bodemligging t.a.v. erosie en infrastructuur (o.a. kabels, leidingen en waterkeringen); Bij sedimentatie: -geen vermindering van vaargeulafmetingen ^{e)} ; -geen verhoging van de maatgevende waterstanden op lange termijn; Generiek: -beperkte hinder door baggeren en/of terugstorten; behouden vlotheid en veiligheid scheepvaartverkeer; -geen onacceptabele sedimentatie of terugschrijdende erosie;	-	3.1 M5+M7	RWS-ZN (eventueel in overleg met de waterkering-beheerder)
	3.2	Sedimentatie en erosie van uiterwaard en nevengeulen: 1. sedimentatie winterbed	Bij sedimentatie: - Acceptabele beheerskosten ^{f)} voor baggeren nevengeulen;	-	3.2 M7	RWS-ZN (eventueel in overleg met de waterkering-beheerder en/of terrein-eigenaren)

(vervolg op volgende pagina)

Thema	§	Rivierkundig beoordelings-aspect	Beoordelingscriterium		Toe-lichting	Beoor-delaar
			Aanvragen vergunning Waterwet	Aanvullende criteria Maaswerken		
Morfologische effecten (vervolg)	3.2	(vervolg) Sedimentatie en erosie van uiterwaard en nevengeulen: 2. erosie winterbed	Bij erosie: -geen zijdelingse verplaatsing van een nevengeul richting een primaire waterkering. Nevengeul moet op voldoende afstand blijven van de primaire waterkering, buiten de beschermingszone van de primaire kering. De beschermingszones worden bepaald door de keringbeheerders; - geen zijdelingse verplaatsing van een nevengeul richting het zomerbed van de rivier, waardoor er kans bestaat dat de nevengeul een kortsluiting veroorzaakt met het zomerbed; - stroomsnelheid in een zandige nevengeul bij bankfull afvoer moet kleiner blijven dan 0,3 m/s ⁹⁾ ; - geen bodemerosie langs primaire waterkering; - stabiliteit van belangrijke constructies in de uiterwaard mag niet verminderen;	-	3.2 M7	RWS-ZN (eventueel in overleg met de waterkering-beheerder en/of terrein-eigenaren)

- a) In de praktijk kan een waterstandsverhoging tot 1 mm in de as van de rivier worden toegestaan. Zie ook paragraaf 1.1.
- d) Keuze afvoerniveaus in overleg met rivierbeheerder.
- e) Voor specifieke criteria en afmetingen: zie **Bijlage 9**.⁴
- f) Wat 'acceptabele beheerskosten' zijn, kan van dienst tot dienst verschillen en is ter beoordeling van het bevoegd gezag.
- g) Richtlijn voor zandige rivierbodem. Exacte waarde hangt af van lokale bodemsamenstelling en -ruwheid.

⁴ Dit betreft Bijlage 9 van het Rivierkundig Beoordelingskader (Rijkswaterstaat, 2019a).

Bijlage 2 Foto's van de projectlocatie



*Foto 1
Kijkrichting
noordwaarts*



*Foto 2
Kijkrichting
zuidwaarts*

Bijlage 3 Overzicht van Baseline- en WAQUA-modellering

Een Baseline-variant is opgebouwd uit een basis en een of meer Baseline-maatregelen. Hier kan vervolgens een hydraulisch WAQUA-model van afgeleid worden, waarmee modelsimulaties uitgevoerd kunnen worden. Onderstaand zijn de modelschematisaties en -simulaties van deze opdracht weergegeven.

alternatief	ontwerp-variant	Baseline			volume (m ³)	WAQUA-simulaties	toelichting
		variant	= basisvariant	+ maatregel			
Referentie	0	maas_beno17_5-v1	maas_beno17_5-v1	-	-	beno17_5_20m_km202_248-v1\ wbi17_qvar wbi17_S4118	beheer- en onderhoudsmodel Maas (detailmodel Lith-Keizersveer) simulatie met 1250, 1500 en 2000 m ³ /s simulatie met 4118 m ³ /s (stationair) ⁵
Uitstroomkanaal AWW	3	aww-02	maas_beno17_5-v1	[geen Baseline-maatregel] ⁶	ca. 0	beno17_5_20m_km202_248-v1\ aww-02_qvar aww-02_S4118	De WAQUA-modelvariant aww-02 wordt geacht hydraulisch voldoende representatief te zijn voor varianten 4.1 en 4.2: simulatie met 1250, 1500 en 2000 m ³ /s simulatie met 4118 m ³ /s (stationair) ⁵
	4.1	bo17_aww41_a2	maas_beno17_5-v1	ma_aww41_a2	ca. 0	-	De Baseline-maatregel is na deze eventuele variantkeuze beschikbaar voor actualisatie van het Maasmodel in het kader van JAMM (maar is voor de beoordeling niet gebruikt, zie toelichting in paragraaf 3.3.
	4.2	bo17_aww42_a2	maas_beno17_5-v1	ma_aww42_a2	ca. 0	-	Zie toelichting variant 4.1/paragraaf 3.3.

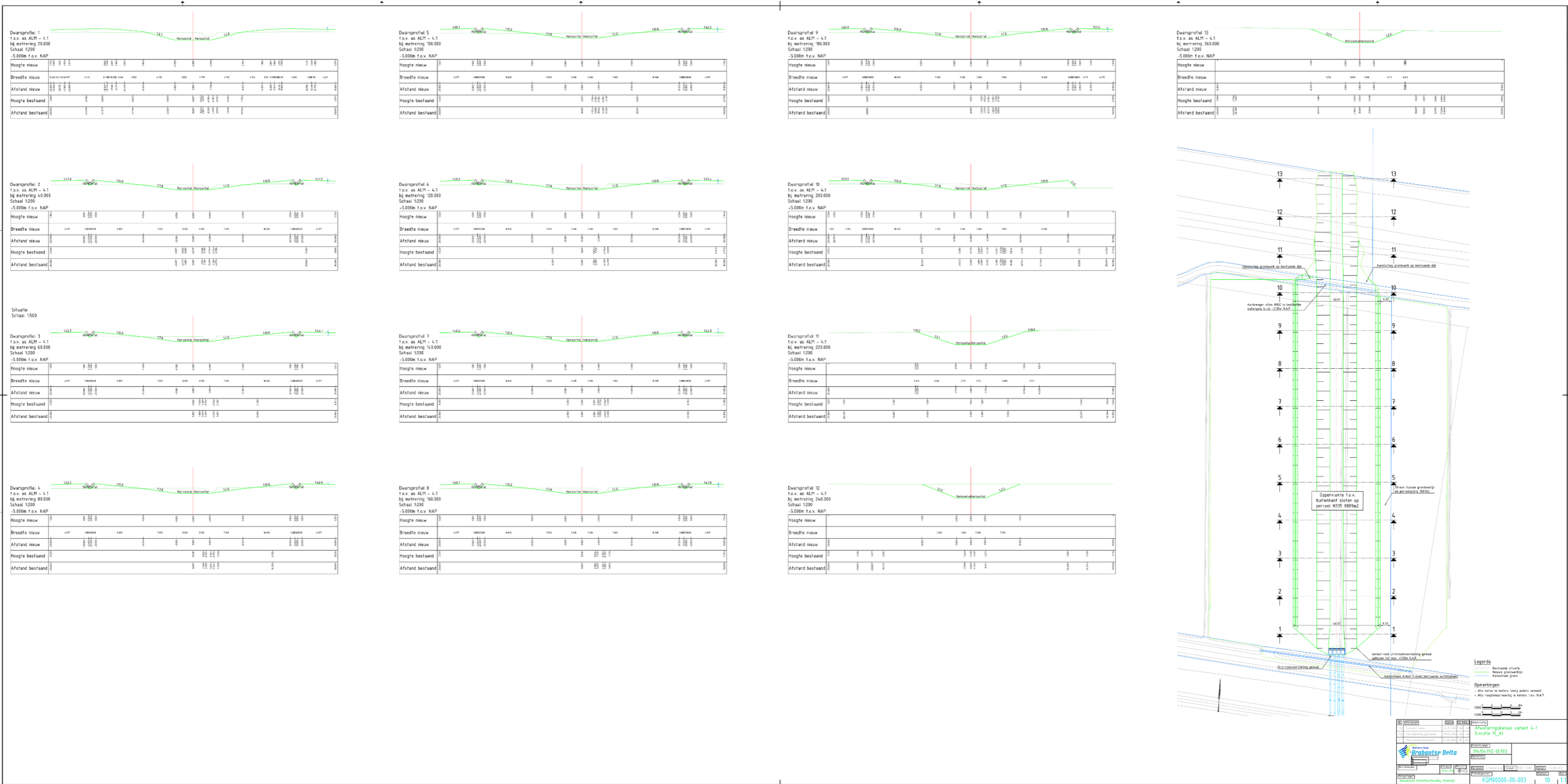
⁵ Het getal geldt bij de referentielocatie St. Pieter (Maastricht): de randvoorwaarde te Lith bedraagt 3881 m³/s. De overige afvoerniveaus gelden wel lokaal te Lith.

⁶ Variant 3 is in WAQUA gebouwd zonder gebruik te maken van Baseline. Het resulterende model is gebruikt voor de beoordeling. Dit is niet volgens het gebruikelijke protocol van modelleren, maar dit is in overleg met RWS Zuid-Nederland gedaan en in deze rapportage nader gemotiveerd (zie paragraaf 3.3).

Bijlage 4 Ontwerptekeningen

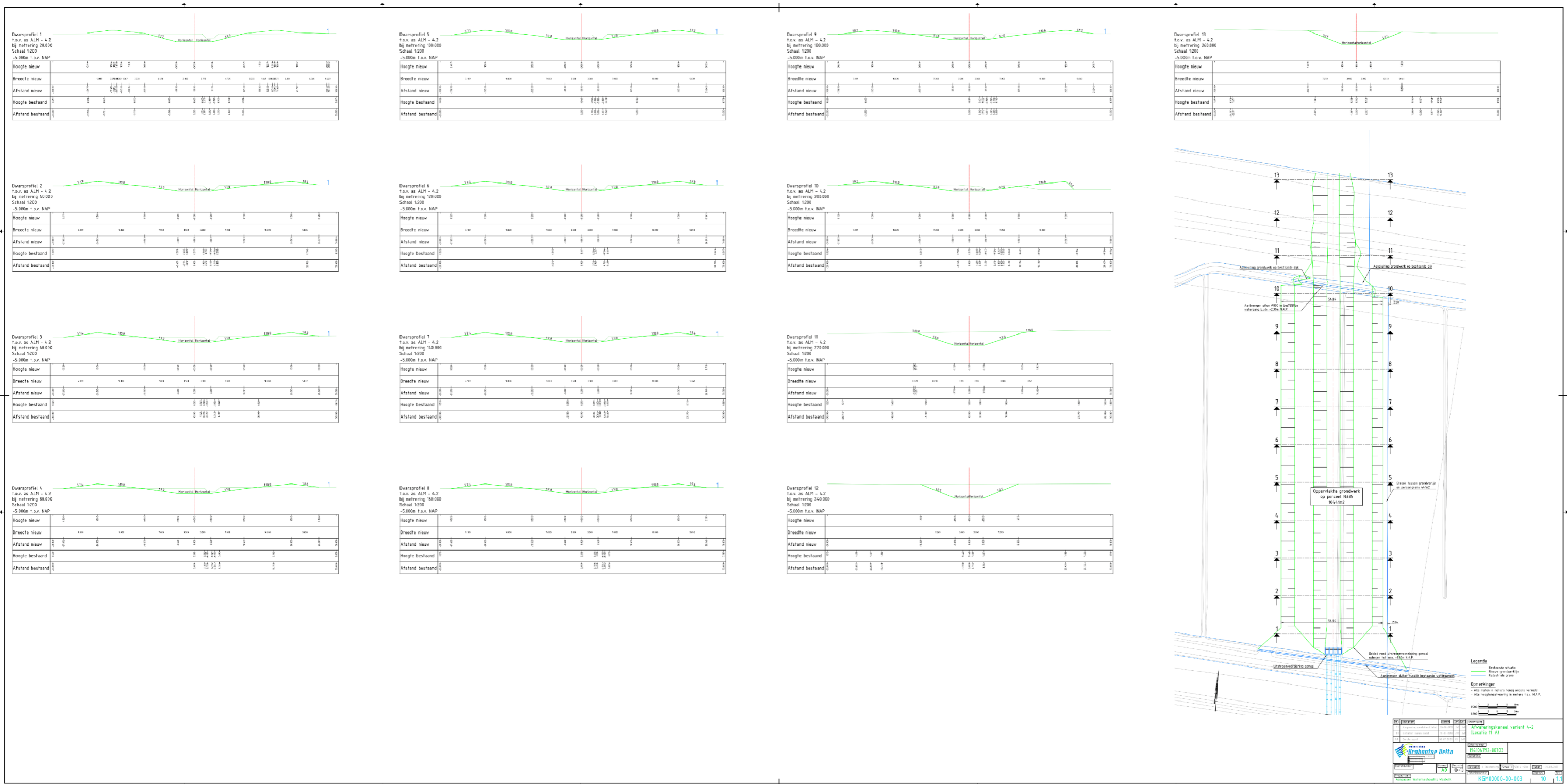
Ontwerpvariant 4.1: Brede variant (Autocad)

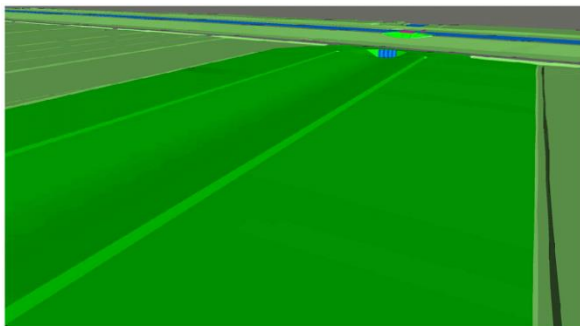
De brede variant heeft een breedte van ca. 125 m tussen de uiterste teenlijnen. De terreinglooiing fungeert als zomerdijk, dwars op de stroomrichting van de Maas, echter met minder sterke hydraulische weerstand. In de kruin van deze glooiing bevinden zich afwateringsslootjes, zoals die zich overal op regelmatige afstand in de uiterwaard bevinden.



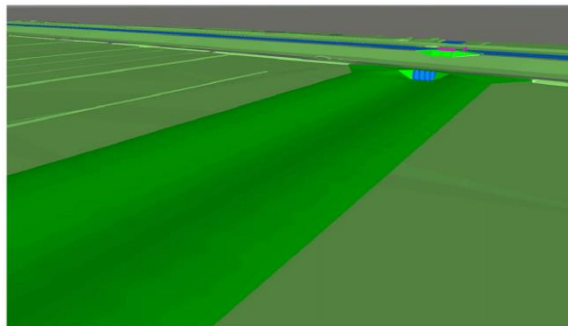
Ontwerpvariant 4.2: Smalle variant (Autocad)

De smalle variant heeft een breedte van ca. 53 m tussen de uiterste teenlijnen. Het talud bedraagt onder water 1:7, boven water 1:10 aan de kanaalzijde en 1:7 aan de zijde van de uiterwaard. Aan de kanaalzijde is het talud van 1:10 nog juist flauw genoeg voor de bereikbaarheid van een onderhoudsvoertuig, dat in lengterichting langs het kanaal zal kunnen rijden.

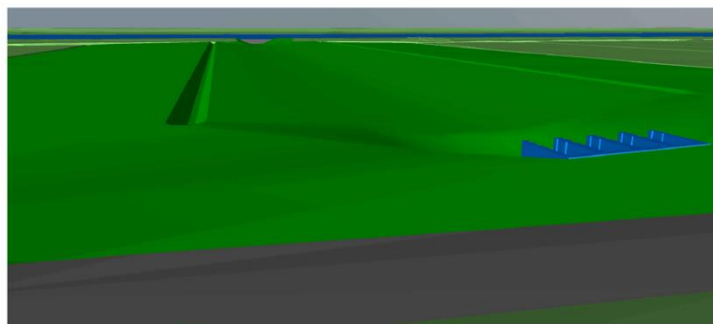




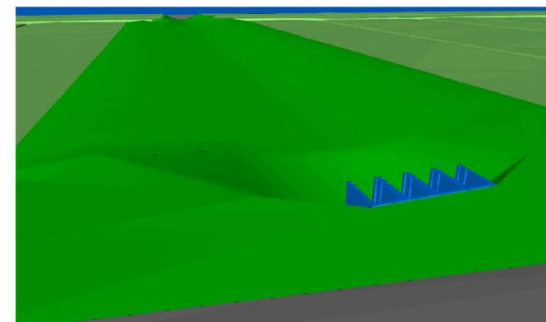
Kijkend richting gemaal



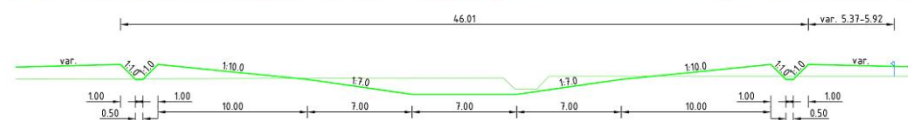
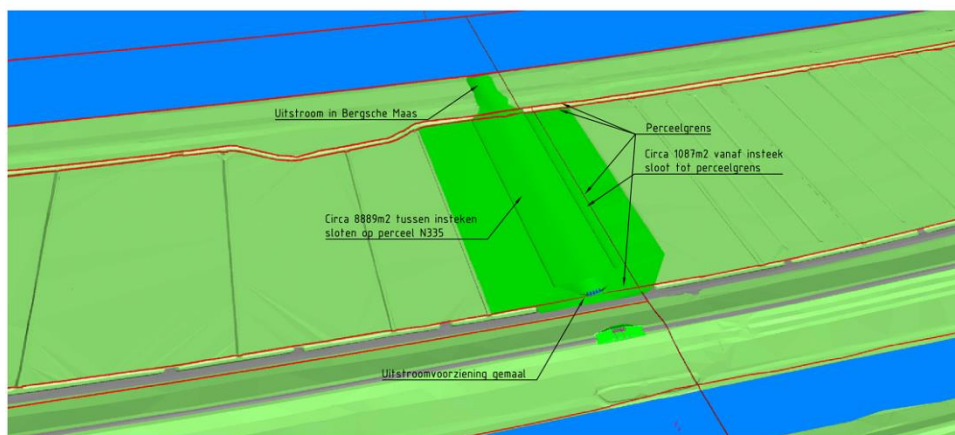
Kijkend richting gemaal



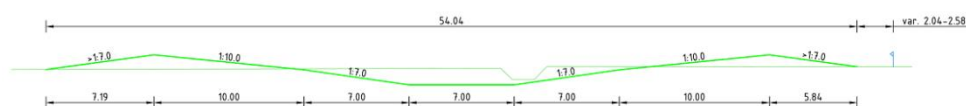
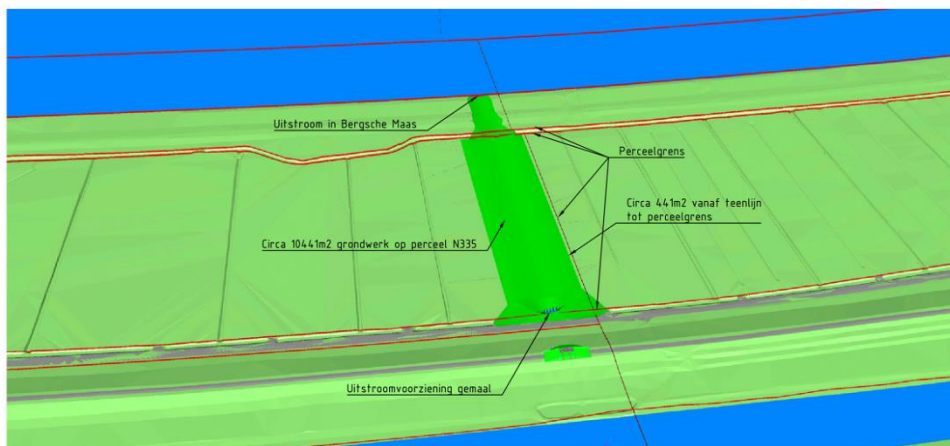
Kijkend richting Bergsche Maas



Kijkend richting Bergsche Maas

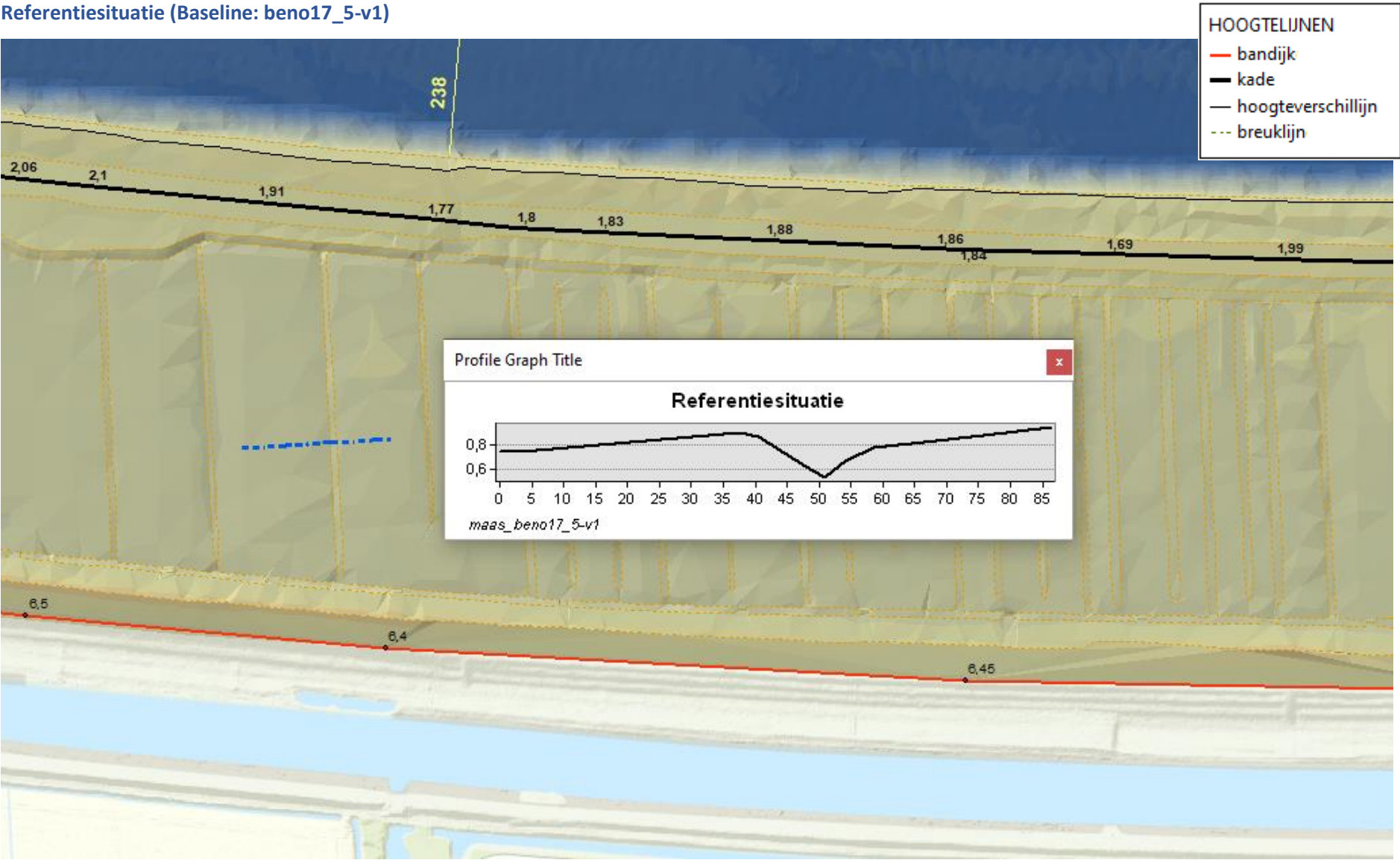


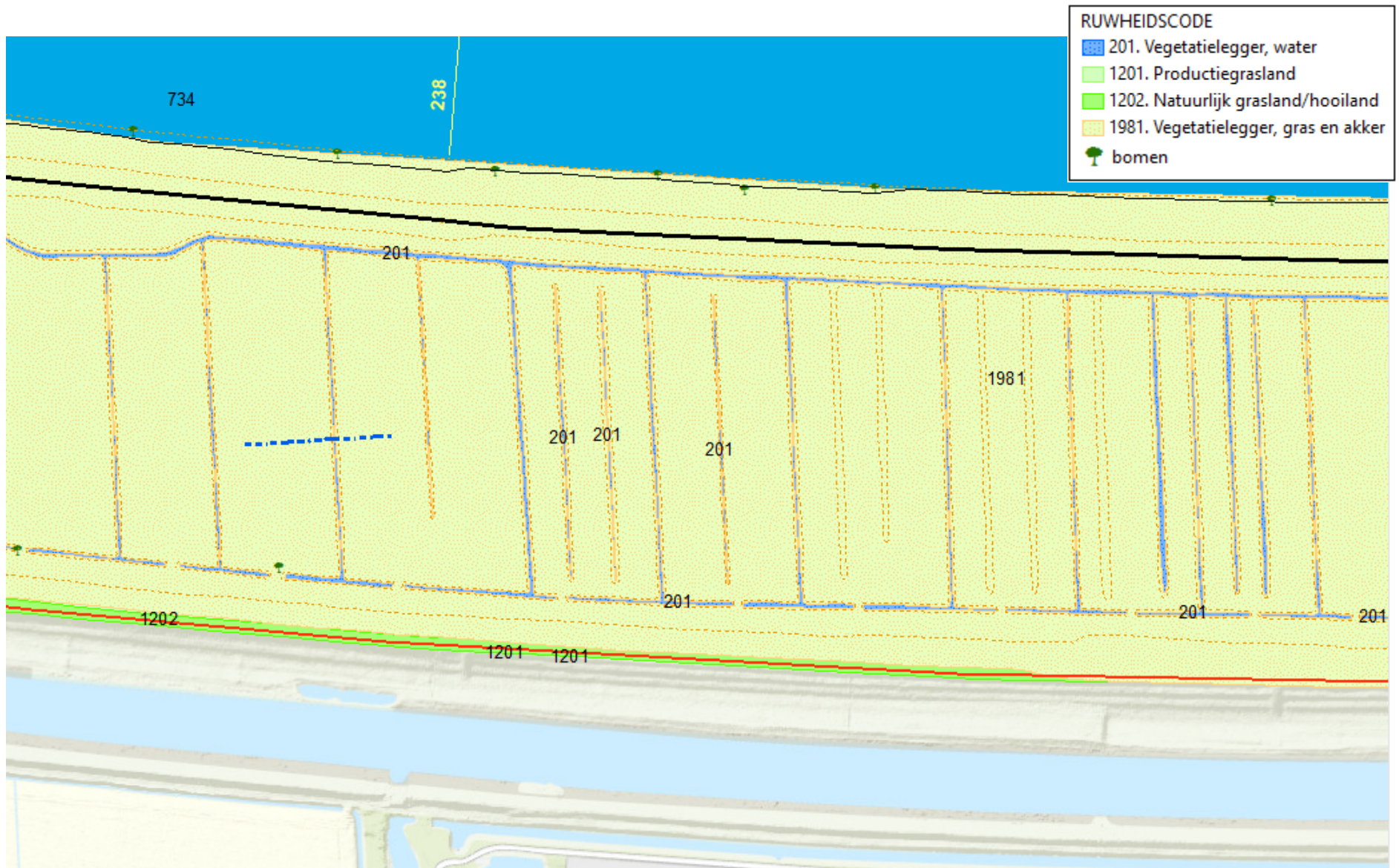
Principeprofiel uitstroomkanaal
Variant 4.1



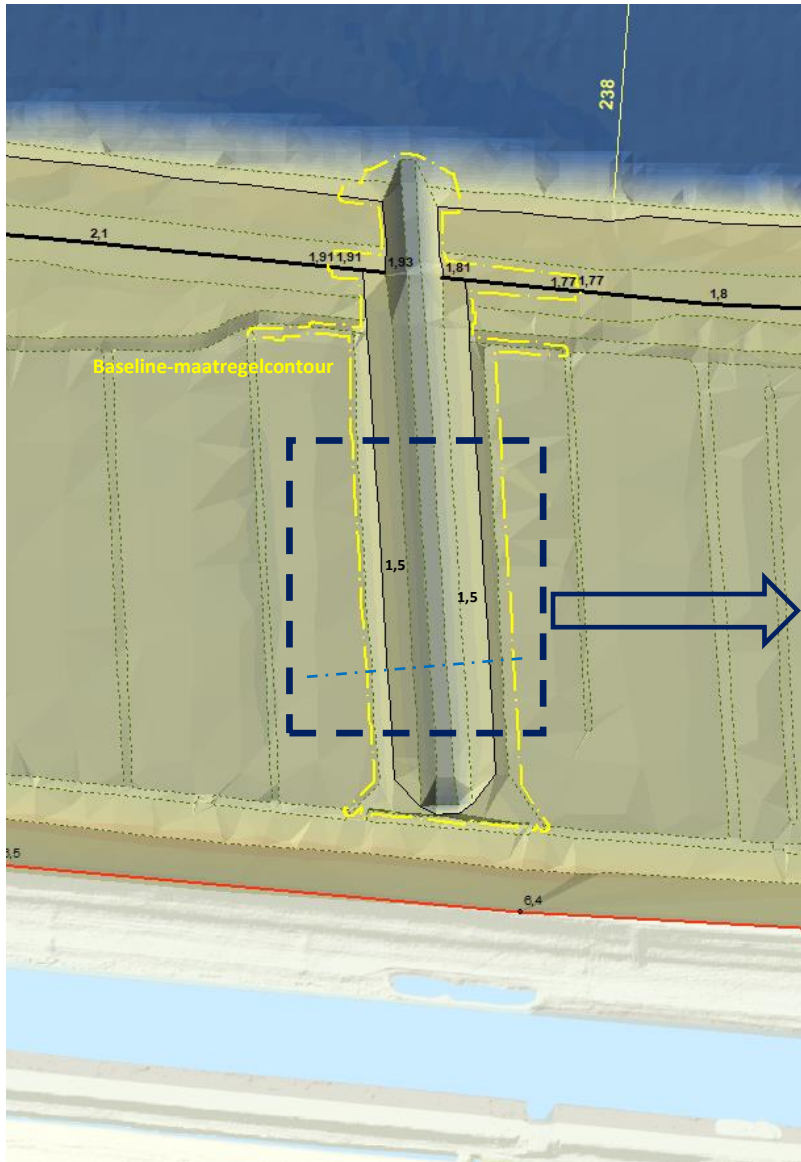
Principeprofiel uitstroomkanaal
Variant 4.2

Referentiesituatie (Baseline: beno17_5-v1)

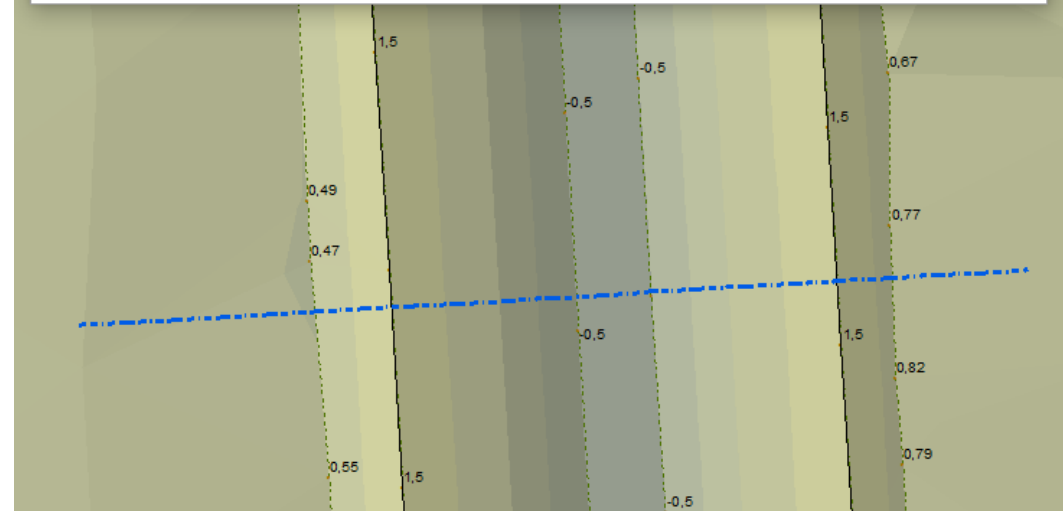
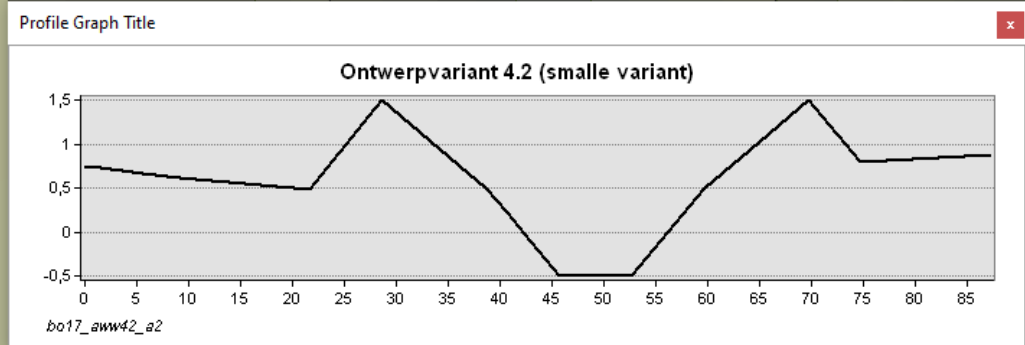
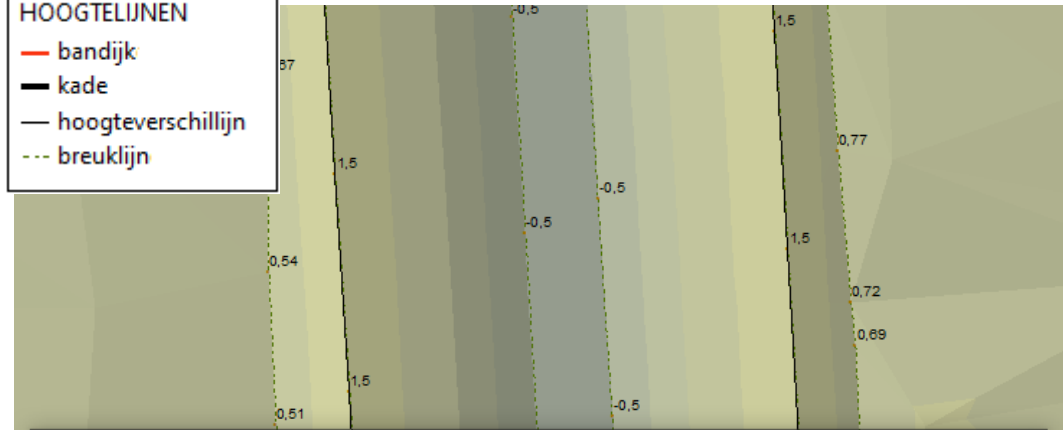




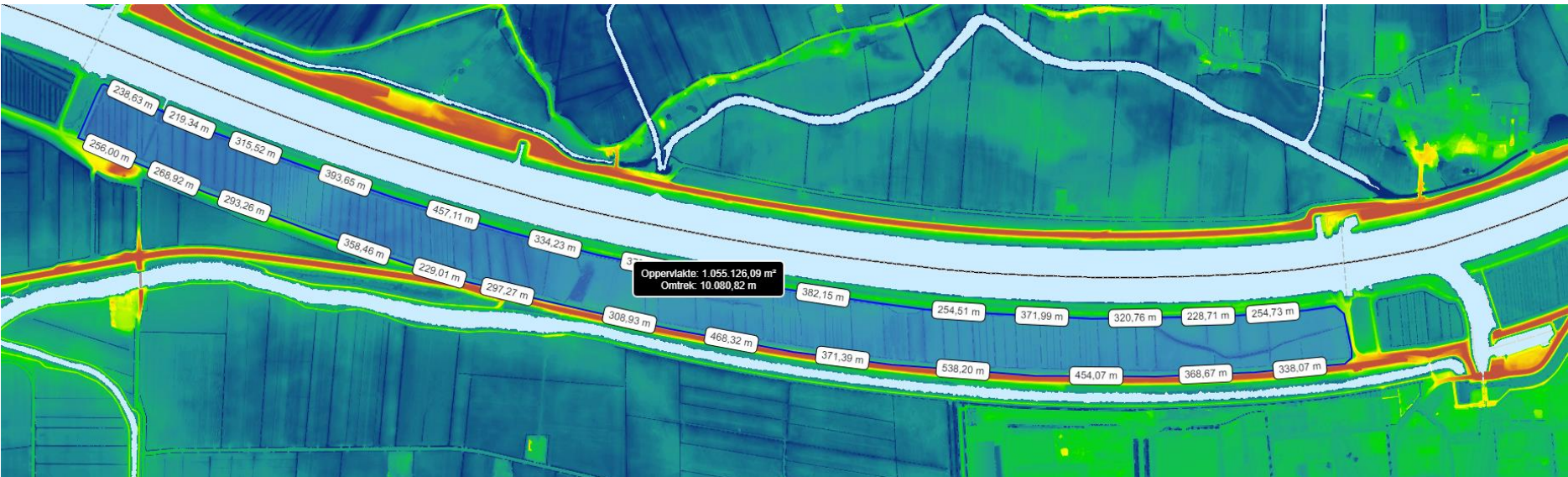
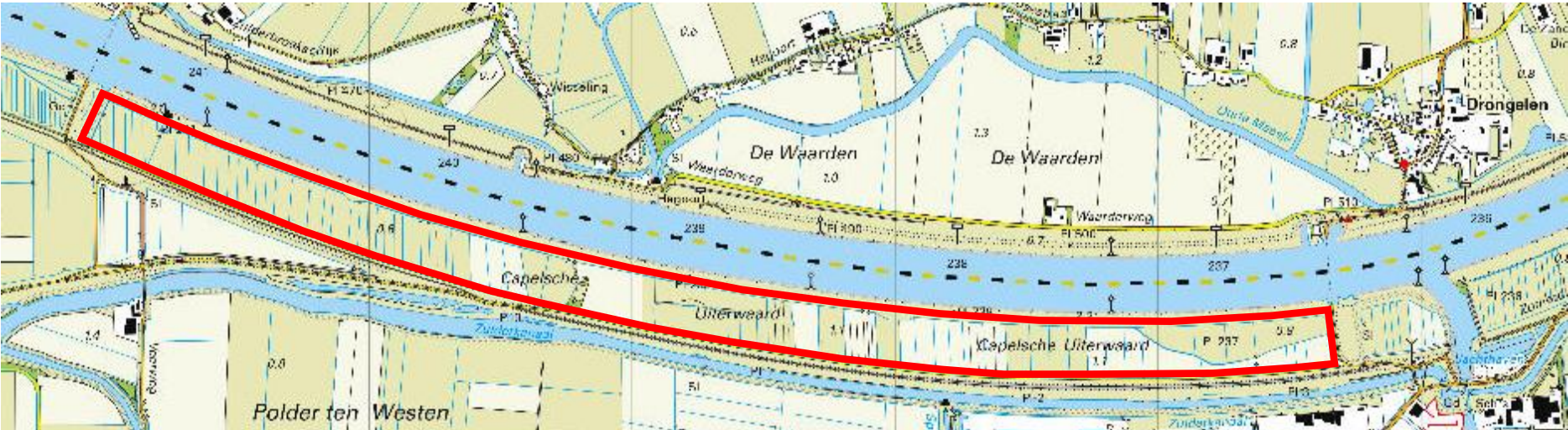
Ontwerpvariant 4.2: Smalle variant (Baseline: bo17_aww_42_a2)



- HOOGTELIJNEN
- bandijk
 - kade
 - hoogteverschillijn
 - - - breuklijn



Bijlage 5 Analyse naar de Capelsche Uiterwaard en de inundatiefrequenties



Inundatiefrequentie zuidelijke uiterwaard bij projectlocatie (referentiesituatie en project AWW)

	<u>referentie</u>	<u>AWW</u>	
Oppervlakte:	1.055.126		m ²
Omtrek:	10.081		m
Inundatie bij:	1,80	1,50	m+NAP
Locatie:	238	238	rkm
Debiet:	1779	1403	m ³ (St. Pieter, Maastricht)
Inundatieduur:	0,5	2,5	dagen per jaar

Voorbehoud

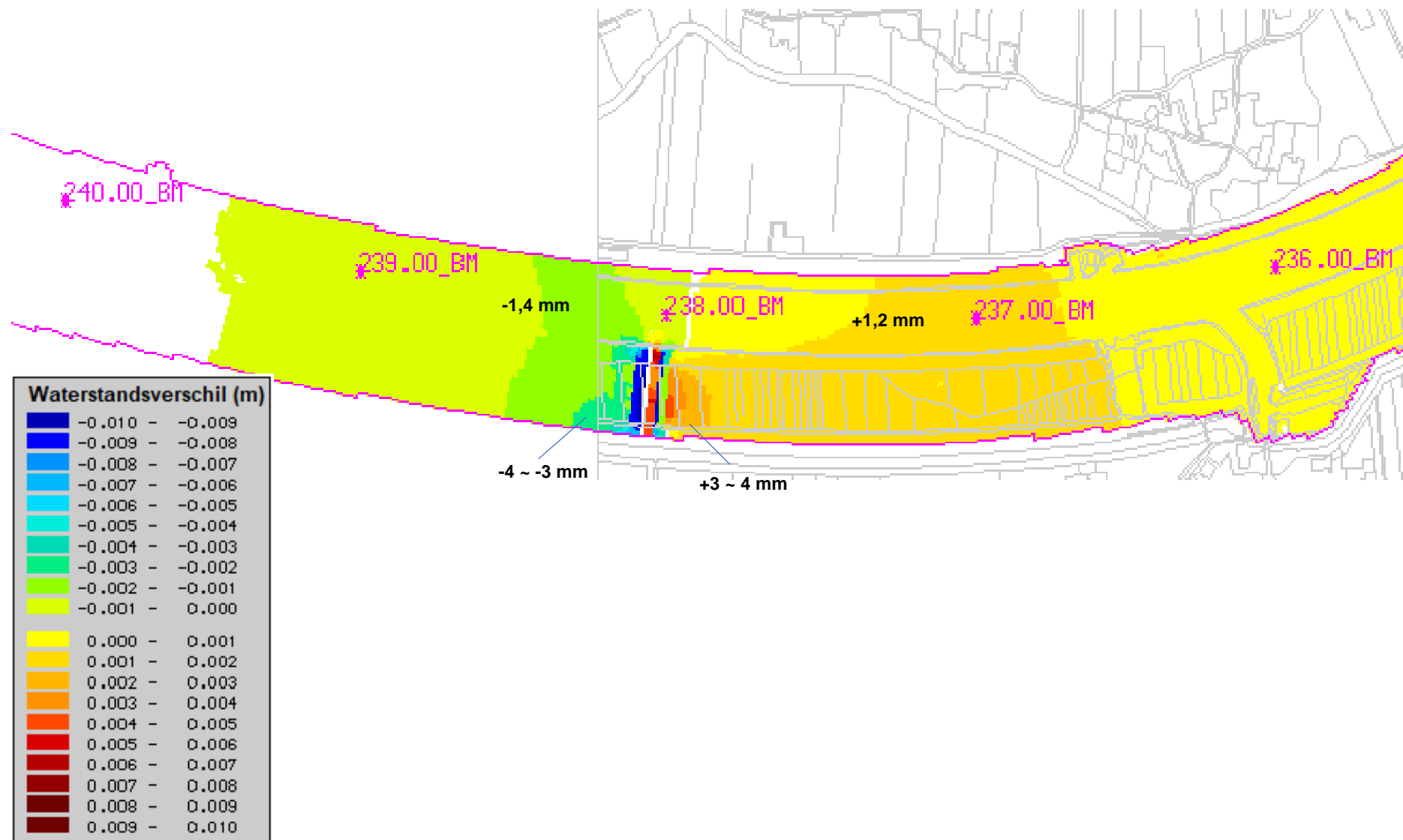
Bovenstaande analyse gaat uit van de betrekkinglijnen 2019-2020 (Rijkswaterstaat, 2019a). Hierbij wordt gebruik gemaakt van gecorrleerde laterale debieten tussen St. Pieter (rkm 10,8) en de projectlocatie (rkm 238,0). De benedenstroomse rand gaat uit van een normaal getij.

Bijlage 6 Ruimtelijke resultaten op basis van WaqView (variant 3)

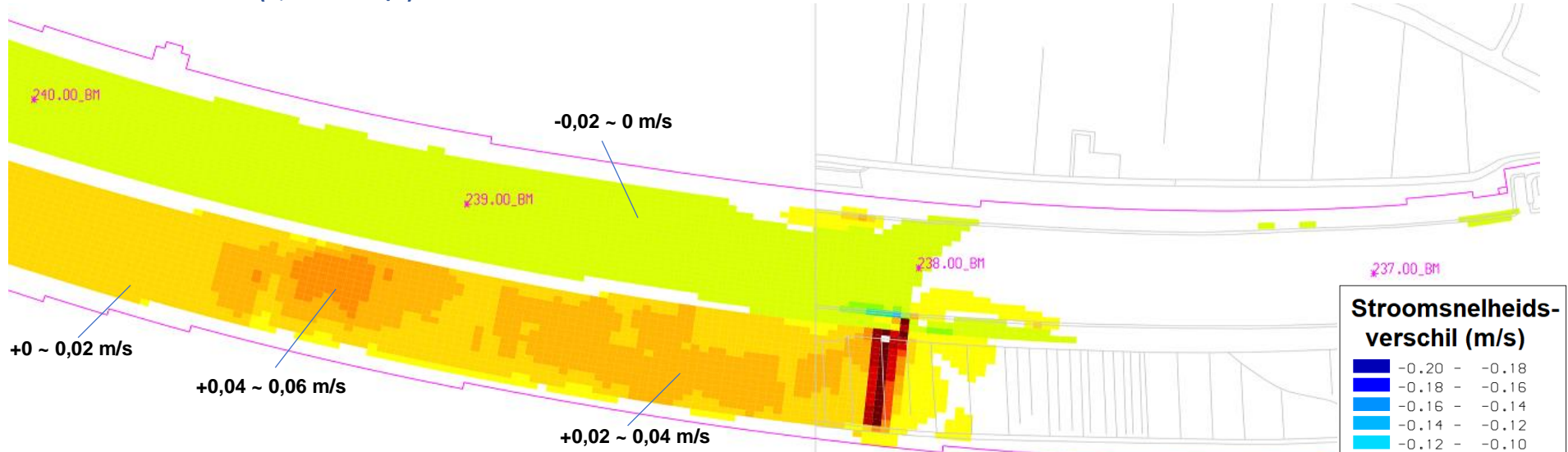
Geometrie



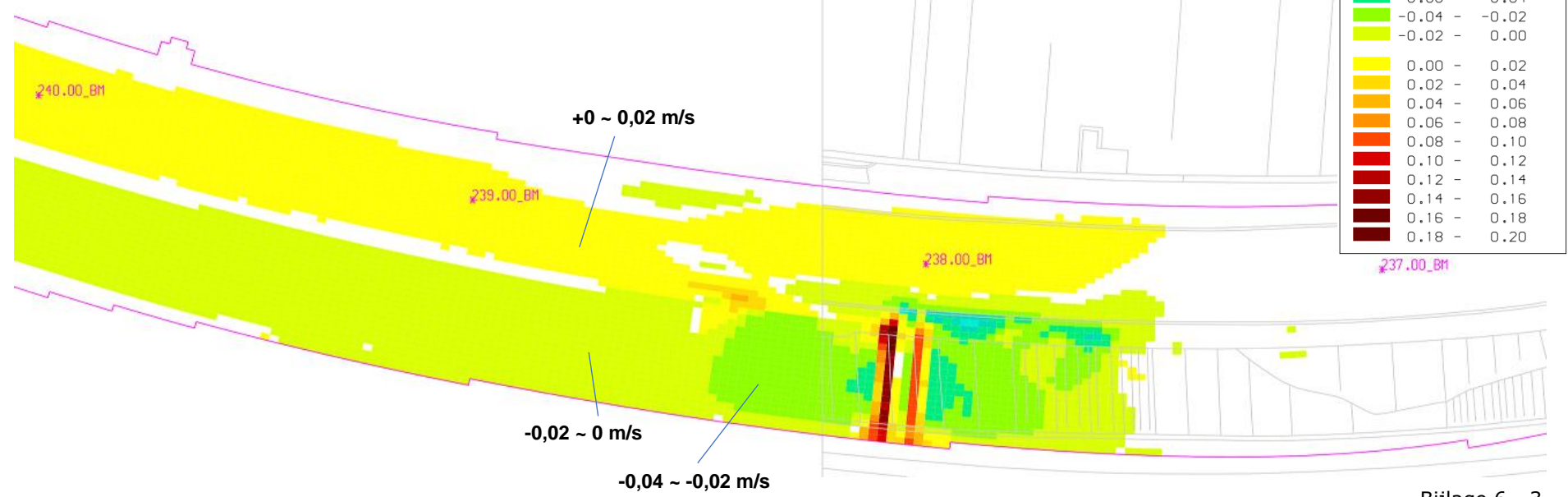
Waterstandsverschil bij extreem hoogwater (Q = 4118 m³/s)



Stroomsnelheidsverschil (Q = 1250 m³/s)



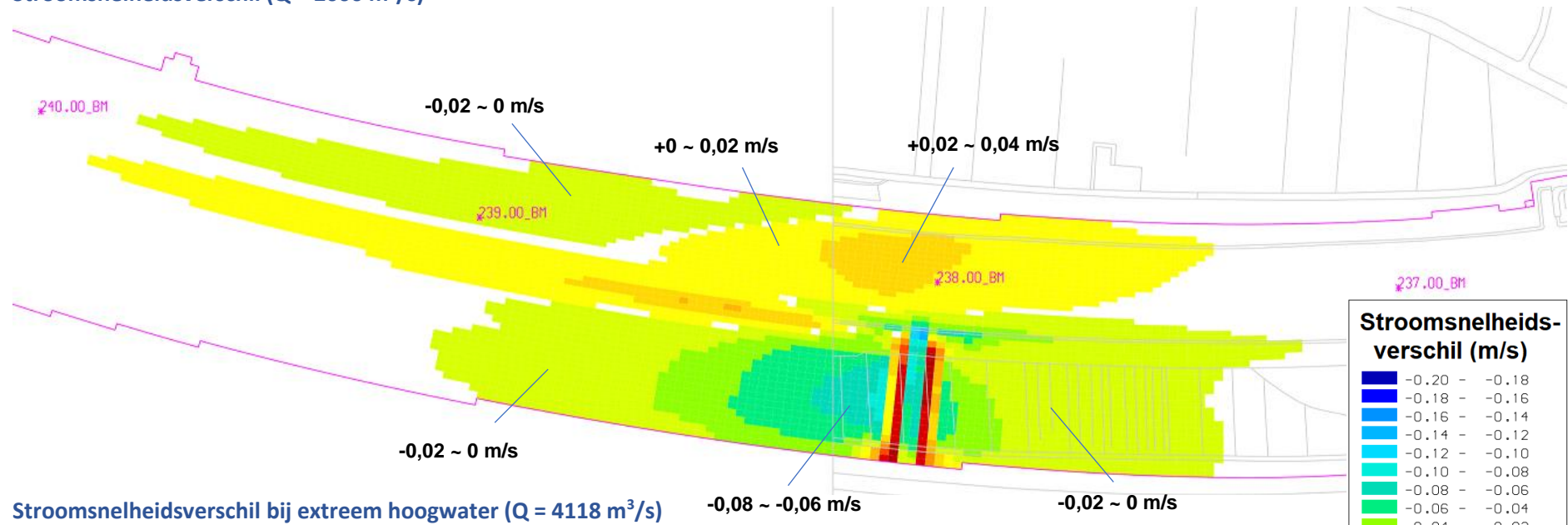
Stroomsnelheidsverschil (Q = 1500 m³/s)



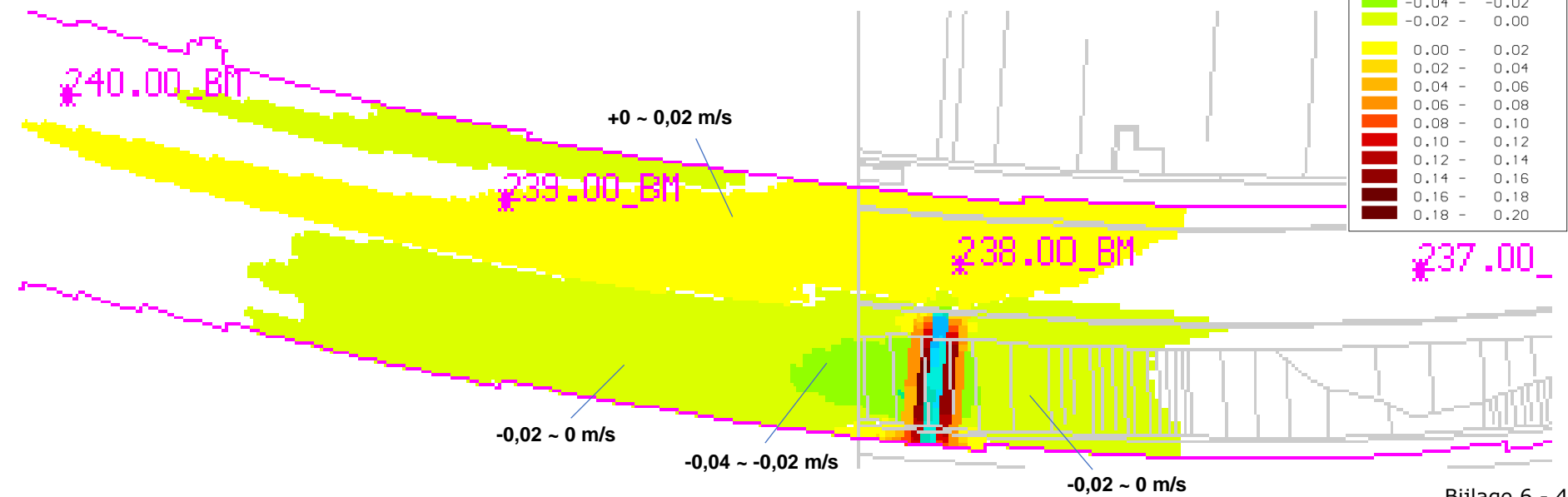
Stroomsnelheidsverschil (m/s)

Dark Blue	-0.20 - -0.18
Blue	-0.18 - -0.16
Light Blue	-0.16 - -0.14
Cyan	-0.14 - -0.12
Light Cyan	-0.12 - -0.10
Teal	-0.10 - -0.08
Green	-0.08 - -0.06
Light Green	-0.06 - -0.04
Yellow-Green	-0.04 - -0.02
Yellow	0.00 - 0.02
Orange	0.02 - 0.04
Light Orange	0.04 - 0.06
Orange-Red	0.06 - 0.08
Red	0.08 - 0.10
Dark Red	0.10 - 0.12
Dark Red	0.12 - 0.14
Dark Red	0.14 - 0.16
Dark Red	0.16 - 0.18
Dark Red	0.18 - 0.20

Stroomsnelheidsverschil (Q = 2000 m³/s)

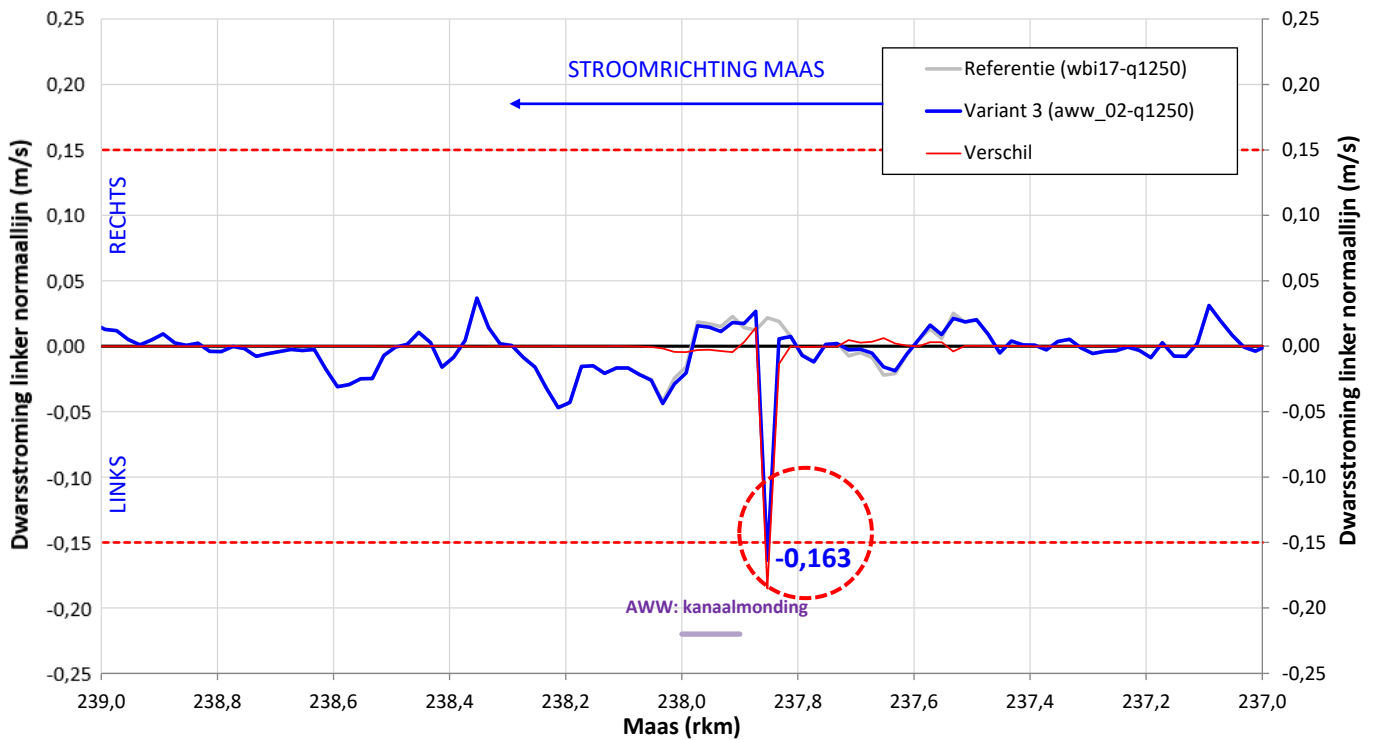


Stroomsnelheidsverschil bij extreem hoogwater (Q = 4118 m³/s)

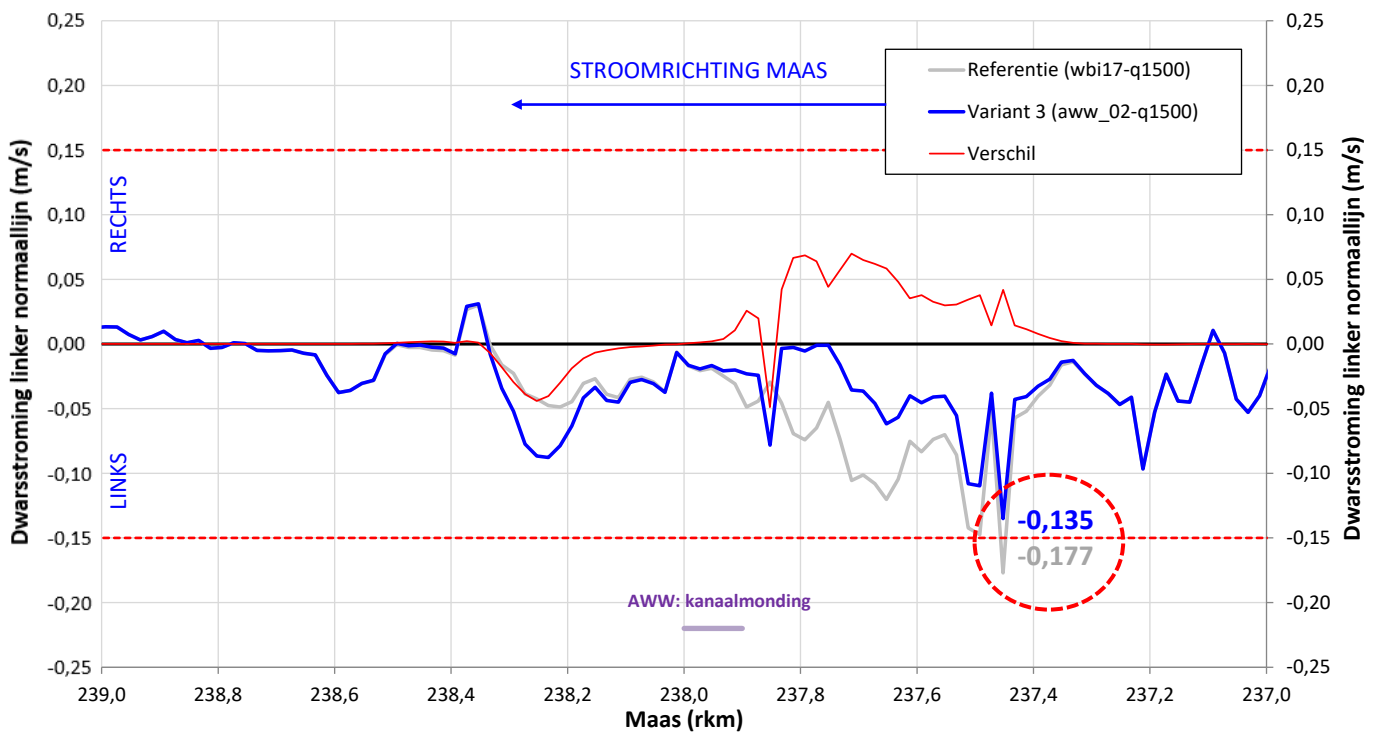


Bijlage 7 Effecten op dwarsstroming

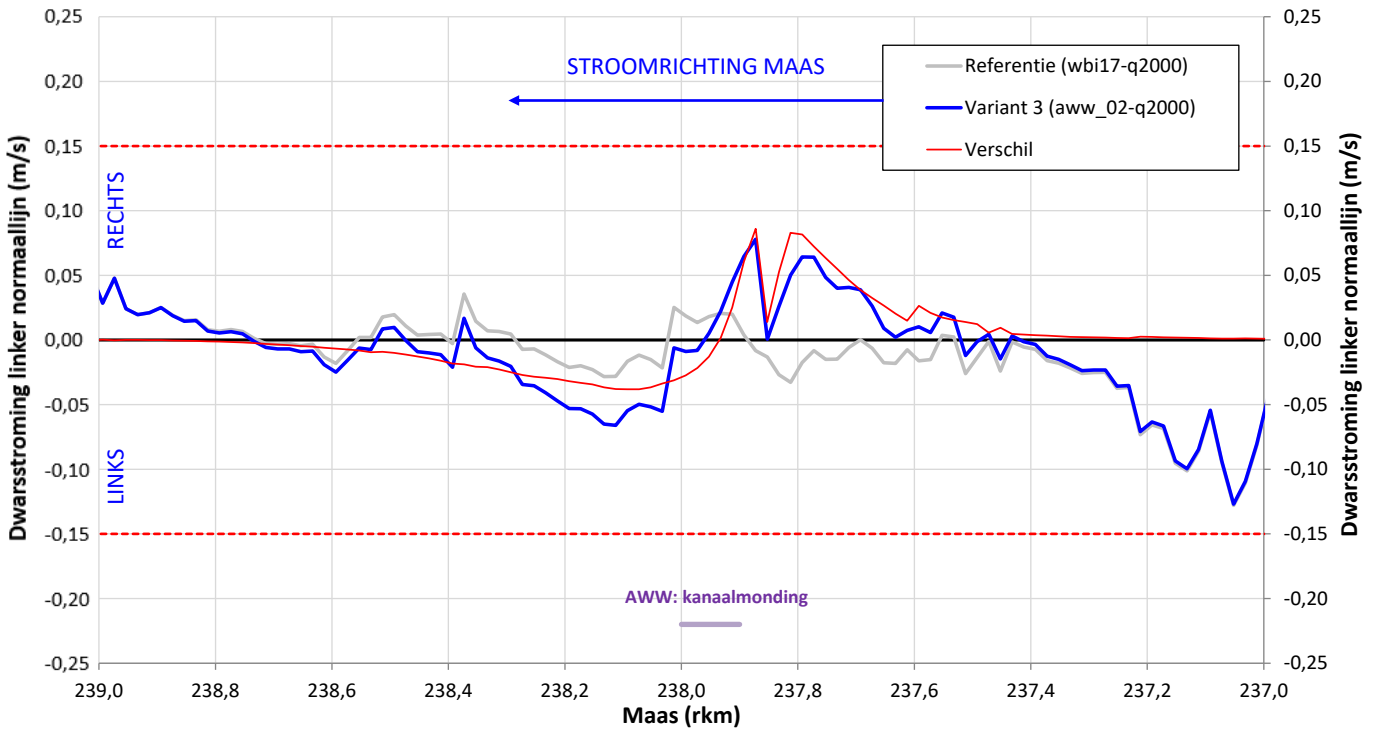
Dwarsstroming (Q = 1250 m³/s)



Dwarsstroming (Q = 1500 m³/s)



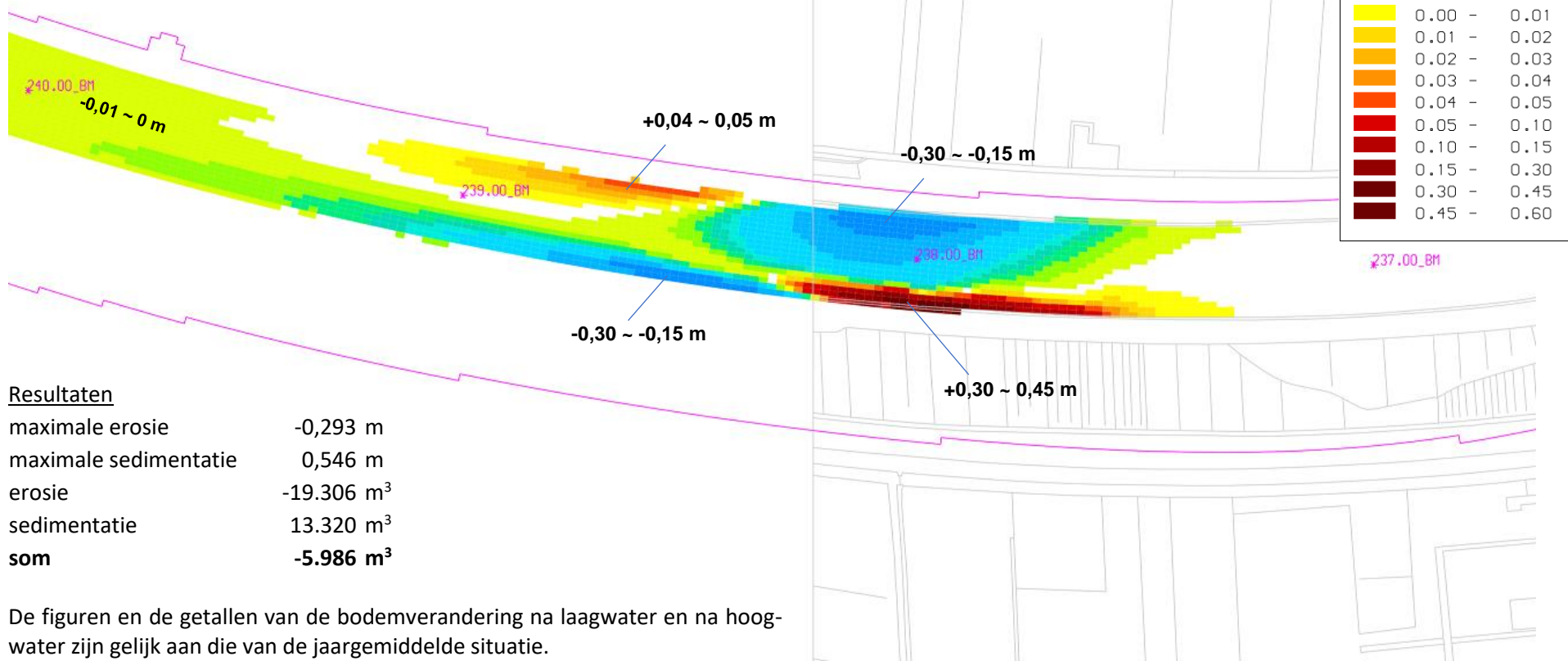
Dwarsstroming (Q = 2000 m³/s)



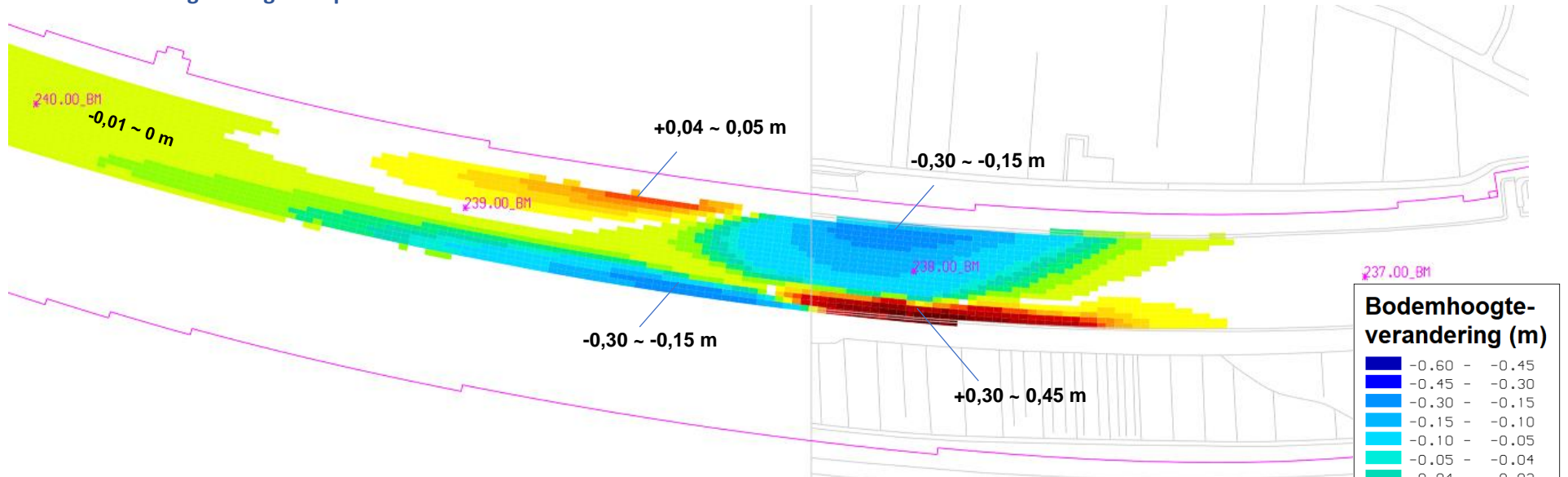
Bijlage 8 Schatting van morfologische effecten (met behulp van WaqMorf)

Jaargemiddelde bodemverandering

Onderstaande figuur laat de jaargemiddelde bodemveranderingen zien op basis van gewogen gemiddelde effecten van drie afvoerniveaus (1250, 1500 en 2000 m³/s). Op de volgende pagina's staan de geprognostiseerde bodemveranderingen na een periode van relatief laagwater (herstelperiode: minmorf) alsmede de bodemveranderingen na een hoogwaterperiode (maxmorf).



Bodemverandering na laagwaterperiode



Bodemverandering na hoogwaterperiode

