

Ruimte voor de Waal - Nijmegen

Morfologische effecten varianten

Gemeente Nijmegen

1 oktober 2010
Definitief rapport
9V0718.06



HASKONING NEDERLAND B.V.
KUST & RIVIEREN

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 Ruimte voor de Waal - Nijmegen
Morfologische effecten varianten
Verkorte documenttitel MER Lent Morfologie varianten
Status Definitief rapport
Datum 1 oktober 2010
Projectnaam Ruimte voor de Waal - Nijmegen
Projectnummer 9V0718.06
Opdrachtgever Gemeente Nijmegen
Referentie 9V0718.06/R0008/901807/SEP/Nijm

Auteur(s) Ir. H.J. Barneveld (HKV), dr.ir. A. Paarlberg (HKV)

Collegiale toets Marnix de Vriend
Datum/paraaf 1 oktober 2010
Vrijgegeven door Gert-Jan Meulepas
Datum/paraaf 1 oktober 2010

INHOUDSOPGAVE

	Blz.	
1	INLEIDING	1
1.1	Kader	1
1.2	Doelstelling	1
1.3	Leeswijzer	1
2	UITGANGSPUNTEN	2
2.1	Hydraulica	2
2.2	Morfologie	2
3	BESCHRIJVING VARIANTEN	4
3.1	Klassiek	4
3.2	Mozaïek	5
3.3	Dynamiek	7
4	HYDRAULISCHE ANALYSES	9
5	MORFOLOGISCHE BEREKENINGEN EN ANALYSES	12
5.1	Morfologische veranderingen zomerbed	12
5.1.1	Klassiek	12
5.1.2	Mozaïek	18
5.1.3	Dynamiek	23
5.2	Bevaarbaarheid	28
6	CONCLUSIES	32
7	REFERENTIES	34

BIJLAGEN

1. Stroombeelden varianten;
2. Bodemveranderingen variant Klassiek eerste 10 jaar ten opzichte van de referentie;
3. Bodemveranderingen variant Mozaïek eerste 10 jaar ten opzichte van de referentie;
4. Bodemveranderingen variant Dynamiek eerste 10 jaar ten opzichte van de referentie.

1 INLEIDING

1.1 Kader

De programmadirectie Ruimte voor de Rivier (PDR) heeft de gemeente Nijmegen opdracht gegeven om een MER (SNIP 3) op te stellen voor het Ruimte voor de Rivier (RvR) project Dijkteruglegging Lent. Dit omvat een detailuitwerking van het Ruimtelijk Plan Nijmegen (RPN) en een vergunbaarheidstoets.

In het MER Lent zijn drie verschillende MER inrichtingsvarianten opgesteld en worden de mogelijke effecten voor verschillende disciplines beoordeeld. Deze drie varianten zijn een detailuitwerking van het in 2007 opgestelde Ruimtelijk Plan Nijmegen (RPN). Het RPN is een verdere uitwerking van het PKB-ontwerp door de Gemeente Nijmegen. Hierin is de rivierkundige taakstelling gecombineerd met de ruimtelijke plannen van de gemeente Nijmegen.

Het voorliggende rapport beschrijft de resultaten van de morfologische effectbeoordeling van de 3 inrichtingsvarianten. Het rapport vormt een technisch, inhoudelijk achtergronddocument bij het morfologische gedeelte uit het MER. De effecten van deze varianten zijn voor verschillende aspecten beoordeeld en getoetst aan het geldende beoordelingskader van Rijkswaterstaat [1].

De hydraulische effecten van de drie varianten zijn beoordeeld in het rapport van Haskoning (2009).

1.2 Doelstelling

De effectbeoordeling heeft ten doel om de morfologische effecten van de drie varianten te toetsen aan de geldende beoordelingscriteria en de verschillen in effecten tussen de drie varianten inzichtelijk te maken.

1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 van dit rapport beschrijft de gevolgde werkwijze. De verwerking van het ontwerp van de drie inrichtingsvarianten naar de geldende modelinstrumentaria is in hoofdstuk 3 beschreven. In hoofdstuk 4 en 5 wordt ingegaan op de beoordeelde morfologische effecten van de drie varianten. Tenslotte volgen in hoofdstuk 6 de conclusies en aanbevelingen.

2 UITGANGSPUNTEN

Tijdens een afstemmingsoverleg op 30 juni 2009 tussen de PDR, RWS-ON, de gemeente Nijmegen en specialisten van Royal Haskoning en HKV en later contact met RWS-ON, zijn afspraken gemaakt over de hanteren uitgangspunten, randvoorwaarden en vigerende rekenmodellen. Deze uitgangspunten voor het uitvoeren van de morfologische beoordeling zijn in onderstaande paragrafen weergegeven.

2.1 Hydraulica

Een aantal uitgangspunten met betrekking tot de hydraulica (zie Haskoning, 2009) is tevens relevant voor de morfologische beoordeling. Deze uitgangspunten zijn:

- de schematisatie van de inrichtingsplannen moet aangemaakt worden met behulp van Baseline versie 3.31 PKB met batch. De plannen worden volgens de eisen en richtlijnen van Rijkswaterstaat Oost-Nederland ("Baseline eisen - richtlijnen en maatregelen" (juli 2007)) geschematiseerd;
- het vigerende referentiemodel is 'Simona_Rijn_PKB_3_4', versie 14-03-2008;
- de werktaakstelling van het RvR project Dijkteruglegging Lent is door de PDR bepaald op 27 cm waterstandsaling, te behalen tussen rivierkilometer 881,5 en 882,5;
- de Rivierkundige beoordeling vindt plaats op basis van het Rivierkundig beoordelingskader versie 2.0, 1 januari 2009. De hydraulische aspecten, alsmede het morfologische aspecterosie in het winterbed, zijn beschreven in Haskoning (2009);
- de geldende codering voor de vegetatietypen is gegeven in de Excel file 'HR2001-PKB-HR2006 060921' en het bestand 'ruw.k416jul07.txt';
- de Lentse strang, de strang/plas in de Lentse uiterwaard bovenstrooms van de Waalbrug, zit niet in referentiemodel. De plas wordt meegenomen als onderdeel van het inrichtingsplan en is niet aangepast in de referentie.

2.2 Morfologie

De uitgangspunten voor de morfologische beoordeling zijn:

- daar waar het met Baseline versie 3 onmogelijk is om Delft3D invoer te genereren wordt Baseline versie 4.03 gebruikt.
- de Rivierkundige beoordeling vindt plaats op basis van het Rivierkundig beoordelingskader versie 2.0, 1 januari 2009. Tabel 2.1 toont daaruit de morfologische aspecten, waarvan de aspecten 3.1.2 en 3.2 voor Lent van belang zijn. In Haskoning (2009) zijn de hydraulische aspecten beoordeeld en is een aanzet gegeven voor het morfologische aspect 3.2.2;
- in de Werkwijzer voor beoordelen rivieringrepen (RWS-ON, 2008) zijn de morfologische aspecten nader toegelicht. De belangrijkste aspecten met betrekking tot vermindering van de diepte van de rivier en het afvlakken van de rivierbodem (aspect 3.1.2 uit Tabel 2.1) zijn daarin als volgt beschreven:
 - a) De gegarandeerde diepte bij OLR dient te allen tijde gehandhaafd te worden (Waal OLR-2,80 m).
 - b) Een gemiddelde diepte over de dwarsdoorsnede van de vaargeul mag niet minder worden dan de bovengenoemde gegarandeerde diepte bij OLR + 40% (Waal: OLR – 4,00 m). Waar de gemiddelde diepte al kleiner is, mag deze niet minder worden.

- het gebruikte morfologische model, de parameterinstellingen en randvoorwaarden zijn uitgebreid beschreven in het morfologische verificatiedocument (HKV, 2009);

	§	Te beoordelen effect	Beoordelingscriteria		Beoordelaar toelaatbare effecten ¹⁾
			Wbr-aanvragen	Aanvullende criteria PDR RvdR	
Bodemligging en morfologie	3.1	Aanzanding en erosie van het zomerbed (+ oevers) 1. door ingrepen zomerbed 2. door ingrepen winterbed	Bij erosie: geen verlaging gemiddelde bodemligging; beperkte ⁷⁾ ontgroning bij constructies per hoogwater Bij sedimentatie: geen vermindering vaargeulafmetingen ⁷⁾ ; beperkte ⁸⁾ hinder door baggeren; behouden veiligheid scheepvaartverkeer;	idem Wbr	RWS-ON
	3.2	Aanzanding en erosie van uiterwaard en nevengeulen: 1. sedimentatie winterbed 2. erosie winterbed	Beperkte sedimentatie t.o.v. beheerskosten ⁸⁾ Stroomsnelheid nevengeul bankfull < 0,3 m/s; geen bodemerosie langs bandijk	idem Wbr	Wbr: RWS-ON / terrein-Beheerder / dijkbeheerder

Tabel 2.1: Morfologische beoordelingscriteria bij te beoordelen aspecten voor ingrepen/activiteiten in de Rijntakken (bron: Rivierkundig beoordelingskader versie 2.0, tabel 4, p13)

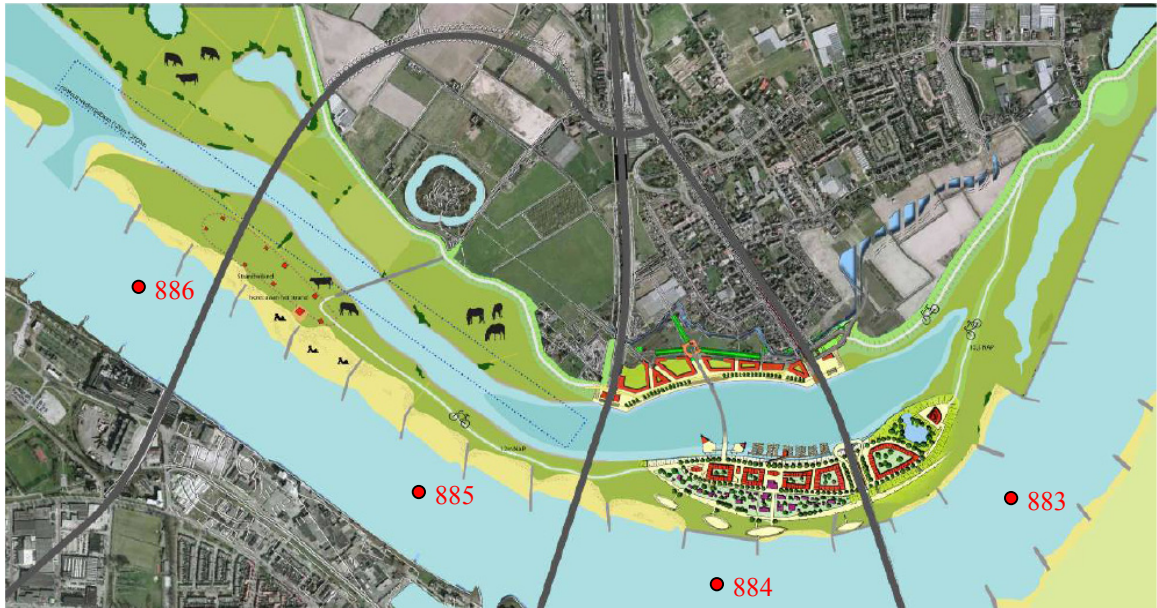
3 BESCHRIJVING VARIANTEN

De varianten zijn uitgebreid beschreven in Haskoning (2009). Hier is het ontwerp van de drie varianten Klassiek, Mozaïek en Dynamiek getoond en de belangrijkste aspecten herhaald.

3.1 Klassiek

Ontwerpvariant Klassiek (figuur 3.1) lijkt, van de drie varianten, qua hydraulisch en morfologische relevante bouwstenen, het meest op het Ruimtelijk Plan Nijmegen (RPN) uit 2007. De relevante kenmerken zijn:

- de inlaatdrempel heeft een kruinhoogte van NAP+10,50 m en ligt op de locatie van de huidige bandijk. De lengte van de drempel is ca. 650 m gemeten van het hoogwatervrije eiland tot de bandijk;
- de Lentse uiterwaard rondom de Lentse strang blijft onvergraven;
- langs het stadseiland liggen enkele drijvende elementen en een jachthaven. Deze elementen zullen voor extra stromingsweerstand zorgen in de geul bij een hoge afvoer. Om deze extra stromingsweerstand mee te nemen in de hydraulische berekeningen zijn deze elementen d.m.v. bomenrijen en een lokale bodemverhoging van één meter verdisconteerd in Baseline;
- de breedte van de geul tussen de getrapte kade en het stadseiland is vanaf de drempel minimaal 200 meter. Bij de spoorbrug neemt de breedte af tot minimaal 150 m. Het bodemniveau in de geul is NAP+2 m. Benedenstrooms van de spoorbrug neemt de geulbreedte verder af tot circa 100 m en het bodemniveau ligt op NAP+4 m;
- het fietspad tussen het stadseiland en het evenementeneiland wordt verhoogd aangelegd op NAP+12 m. Dit is circa 1 tot 2 meter hoger dan het omliggende (huidige) maaiveldniveau;
- het evenementeneiland heeft een hoogte van NAP+12 m, dit is circa 1 tot 2 meter hoger dan het omliggende (huidige) maaiveldniveau;
- de vegetatie in het projectgebied bestaat voornamelijk uit natuurlijk gras- en hooiland. In de Lentse Waard blijft de vegetatie zoals in de huidige situatie;
- de variant kent 3 nieuwe bruggen. De verlengde Waalbrug heeft 4 pijlers in de geul, de brug Veur Lent heeft 4 pijlers in de geul en de brug Westtong heeft 13 pijlers; De pijlers zijn in Baseline verdisconteerd;
- ook in de hoofdgeul zijn enkele pijlers aanwezig. Deze zijn in Baseline als verhoogde ruwheid verdisconteerd. In Delft3D zijn de verhoogde ruwheden in de hoofdgeul verwijderd, om (conform advies Sloff&Jagers, 2004) niet-realistische morfologische effecten te voorkomen. Het effect op het totale stroombeeld van deze wijziging is verwaarloosbaar.



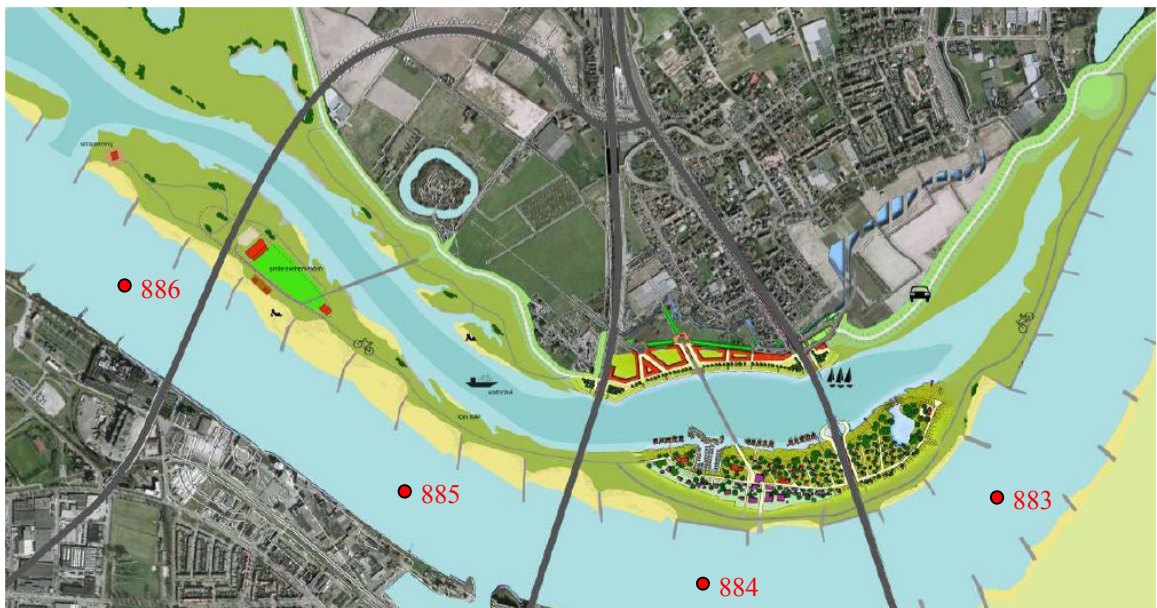
Figuur 3.1: Ontwerpvariant Klassiek

3.2 Mozaïek

Ontwerpvariant Mozaïek (figuur 3.2) kenmerkt zich qua hydraulisch en morfologische relevante bouwstenen door een andere oplossingsrichting. De drempel bij de instroomopening van de geul ligt direct op de oeverwal van de Lentse Waard in plaats van op de locatie van de huidige bandijk. De relevante kenmerken van inrichtingsvariant Mozaïek zijn:

- De strang in de Lentse Waard is aangetakt aan de hoogwatergeul waardoor één lange doorgaande geul ontstaat. De drempel is verlegd naar de oeverwal tussen de rivier en de geul, direct achter de kribwortels. De stenen constructie, die moet voorkomen dat de rivier door de oeverwal heen breekt, ligt in de bodem verborgen. De hoogte van de drempel ligt op NAP+10,5 m, wat overeen komt met het grootste deel van de huidige hoogte van de oeverwal. De instroombreedte van de geul wordt hierdoor breder dan in het RPN;
- Het eiland wordt ingericht als watereiland met bebouwing op palen en drijvende woningen te midden van oobos en ruigte. Om de stromingsweerstand van de drijvende woningen en palen mee te nemen zijn deze elementen in de hydraulische berekeningen als bomerijen en een lokale bodemverhoging van één meter verdisconteerd in Baseline. De hoogte van het eiland is NAP+10 m. De ontsluitingswegen op de huidige bandijk liggen op NAP+15 m;
- De stromingsweerstand van de jachthaven is in de hydraulische berekeningen door middel van bomerijen verdisconteerd in Baseline;
- De breedte van de geul tussen de groene kade en het watereiland is vanaf de Waalbrug minimaal 200 meter. Bij de spoorbrug neemt de breedte af tot minimaal 150 m. Benedenstreams van de spoorbrug tot aan de Oosterhoutse Waard heeft de geul een variërende breedte van circa 125 tot 200 m. Dit benedenstroomse gedeelte bestaat uit natuurlijk ingerichte oevers met een groot aantal lagunes. De bodem van de geul ligt over de gehele lengte op NAP+2 m;
 - Het fietspad tussen het stadseiland en het evenementeneiland wordt op huidig maaiveldniveau aangelegd;

- Het eventeneiland heeft een hoogte van NAP+12 m, dit is circa 1 tot 2 meter hoger dan het omliggende (huidige) maaiveldniveau;
- De vegetatie in het projectgebied bestaat uit gebieden met natuurlijk gras- en hooiland, strandjes in de lagunes, gebieden met glad grasland en gebieden met zachthoutoibos. In de Lentse Waard blijft de vegetatie grotendeels zoals in de huidige situatie;
- De variant kent 3 nieuwe bruggen. De verlengde Waalbrug heeft 2 pijlers in de geul, de brug Veur Lent heeft 9 pijlers in de geul en de brug Westtong heeft 10 pijlers; De pijlers zijn in Baseline verdisconteerd.
- Ook voor deze variant zijn de verhoogde ruwheid voor brugpijlers in de hoofdgeul niet meegenomen in het Delft3D model.

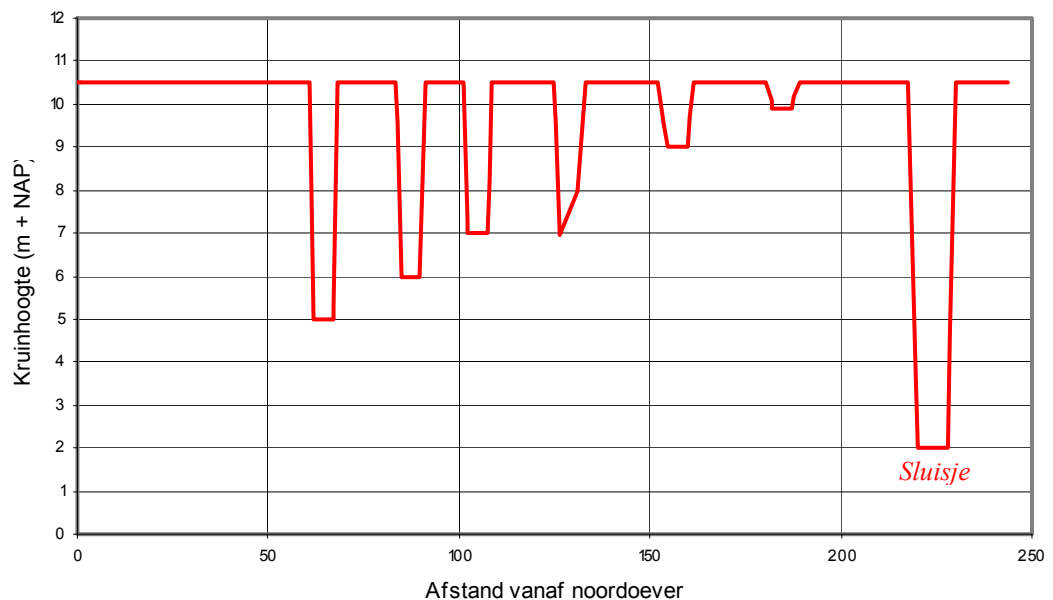


Figuur 3.2: Ontwerpvariant Mozaïek

3.3 Dynamiek

Ontwerpvariant Dynamiek kenmerkt zich qua hydraulisch en morfologische relevante bouwstenen door enkele extra in- en uitstroomopeningen en een doorlaatbare drempel. De relevante kenmerken van inrichtingsvariant Dynamiek zijn:

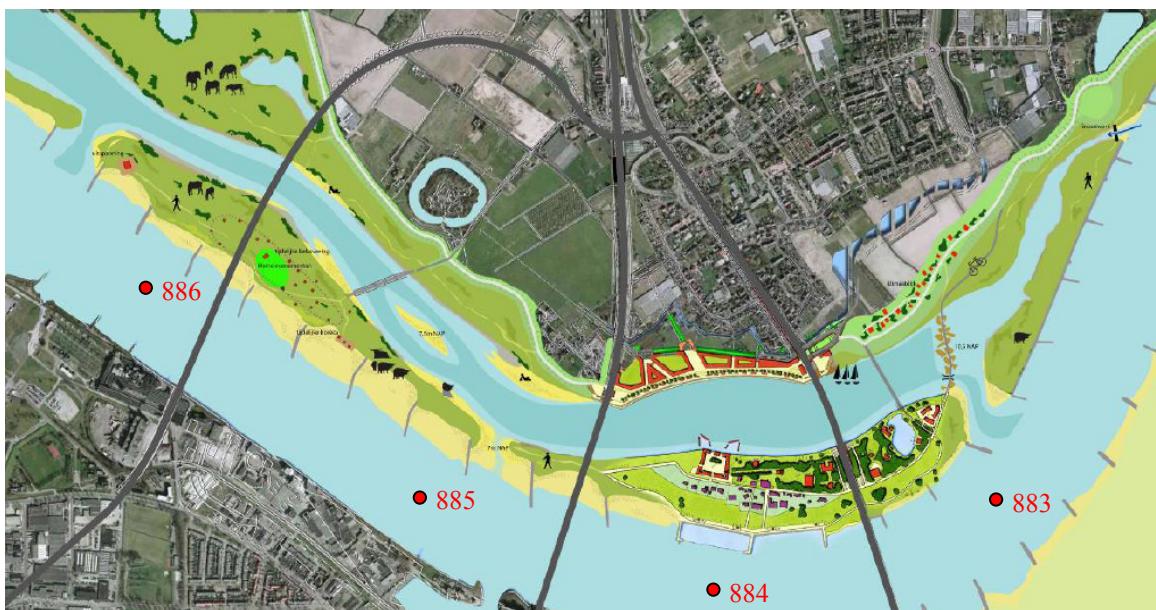
- De drempel is doorlaatbaar via 6 kleine kanaaltjes van elk 3 meter breed (zie figuur 3.3). De hoogteligging van de kanaaltjes is voor elk kanaaltje anders. Het diepste kanaaltje heeft een bodemniveau van NAP+5 m en de ondiepste een bodemniveau van NAP+10 m. De kruinhoogte van de rest van de drempel is NAP+10,5 m. In de drempel komt tegen de zuidelijke oever een circa 10 m breed en 25 m lang sluisje te liggen. De bodem van de sluis komt op circa NAP+2 m te liggen. Omdat de sluis meestal dicht is, is deze opening in de berekeningen gesloten aangenomen.



Figuur 3.3: Instroomdrempel hoogwatergeul, kruinhoogte overlaten BASELINE

- De strang in de Lentse Waard is tweezijdig aangetakt aan de hoofdgeul. Bovenstrooms ligt een smalle opening van circa 10 m met een bodemniveau van circa NAP+6 m. De benedenstroomse opening van de strang is circa 100 m breed en heeft een minimaal bodemniveau van NAP+3 m;
- Bovengenoemde drempels en kunstwerken zijn na conversie van Baseline naar Delft3D handmatig aangepast om instroomniveau en doorstroombreedte zo goed mogelijk op het Delft3D rekenrooster weer te geven;
- Het eiland wordt ingericht als Parkeiland. De hoogte van het eiland is NAP+15 m. Het eiland heeft een groen karakter met veel begroeiing;
- Langs het Parkeiland liggen een jachthaven en enkele drijvende elementen in de vorm van het voormalige fort. Om de resulterende extra stromingsweerstand mee te nemen in de hydraulische berekeningen zijn deze elementen als bomerijen en een lokale bodemverhoging van één meter verdisconteerd in Baseline;

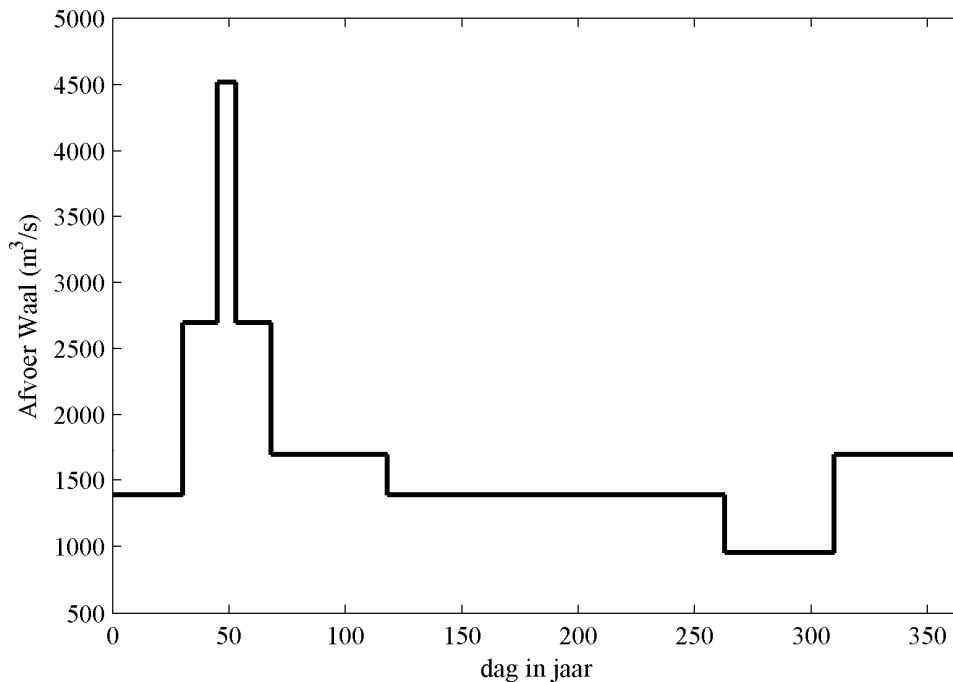
- De breedte van de geul tussen de Terrassenkade en het Parkeiland is vanaf de Waalbrug minimaal 200 meter. Bij de spoorbrug neemt de breedte af tot minimaal 150 m. Benedenstrooms van de spoorbrug tot aan de Oosterhoutse Waard heeft de geul een variërende breedte van circa 125 tot 200 m. In het breedste gedeelte van de geul is een zandig eiland uitgespaard, dat bij gemiddeld peil net boven water uitsteekt (circa NAP+7,5 m). De bodem van de geul ligt op gemiddeld NAP+4 m. Ook is er over het traject een vaargeul tot NAP+2 m met een minimale breedte van 50 m;
- Direct benedenstrooms van de spoorbrug is een doorsteek door de oever naar het zomerbed gemaakt. De opening heeft een bodemhoogte van NAP+7 m en een breedte van circa 25 m. Bij een gemiddelde rivierafvoer zal de geul via deze opening meestromen, waardoor een permanent meestromende geul ontstaat;
- Het evenementeneiland heeft een kleiner oppervlak dan in de varianten Klassiek en Mozaïek. De hoogte is NAP+12 m, dit is circa 1 tot 2 meter hoger dan het omliggende (huidige) maaiveldniveau;
- De vegetatie in het projectgebied bestaat uit gebieden met ruw grasland, zandstrandjes langs de geul en een zone met open ruigte. In de Lentse Waard blijft de vegetatie grotendeels als in de huidige situatie;
- De variant kent 3 nieuwe bruggen. De verlengde Waalbrug heeft 2 pijlers in de geul, de brug Veur Lent heeft 2 pijlers in de geul en 2 langs de oevers. Deze pijlers zijn in Baseline via een hogere ruwheid verdisconteerd. De brug Westtong is een tijdelijke drijvende brug. Deze brug zal bij te hoge en te lage waterstanden als een rij "pontons" naast elkaar worden gestald. De brug is echter in Baseline conservatief verdisconteerd door over het tracé in de geul de bodem te verhogen met 2,5 meter. In het Delft3D model is deze bodemverhoging echter verwijderd om geen ongewenste morfologische effecten te krijgen.
- Ook voor deze variant is de verhoogde ruwheid voor brugpijlers in de hoofdgeul niet meegenomen in het Delft3D model.



Figuur 3.4: Ontwerpvariant Dynamiek

4 HYDRAULISCHE ANALYSES

De morfologische berekeningen zijn uitgevoerd voor een periode van 10 jaar, met een gemiddeld afvoerregiem, geschematiseerd met vijf afvoerniveaus, afgeleid uit het hydrologische jaar 1997 (zie figuur 4.1).



Figuur 4.1: Hydrograaf 1997, afvoeren op de Waal

Voor de 5 afvoerniveaus zijn allereerst hydraulische berekeningen uitgevoerd om het stroombeeld in te laten spelen. Op basis van deze berekeningen kan al een eerste indruk worden gekregen in hoeverre de varianten het stroombeeld en dus de morfologie van de hoofdgeul beïnvloeden.

Tabel 4.1 geeft bij de 5 afvoerniveaus de berekende afvoer door de hoogwatergeul voor de 3 varianten en het Ruimtelijk Plan (RPN). De tabel laat zien, dat voor RPN, Klassiek en Mozaïek de hoogwatergeul pas bij het hoogste afvoerniveau ($4.516 \text{ m}^3/\text{s}$) uit de hydrograaf gaat meestromen. Bij dat afvoerniveau zijn dan ook morfologische effecten te verwachten. Voor variant Dynamiek stroomt de hoogwatergeul veel vaker mee, vanwege (i) de directe aansluiting van de Lentse strang op de Waal via de vaargeul voor de recreatievaart en de opening aan bovenstroomse zijde van de Lentse strang, en (ii) de openingen in de instroomdrempel (figuur 3.3). Bij de 4 laagste afvoerniveaus (955 tot $2.695 \text{ m}^3/\text{s}$) van de hydrograaf stroomt 2-9% van de afvoer door de hoogwatergeul. Ook bij de lagere afvoeren zijn dus effecten op het stroombeeld in de Waal en dus op de morfologie te verwachten.

Tabel 4.1: Afvoer (m³/s) en aandeel (%) door hoogwatergeul bij verschillende Waalafvoeren

Variant	Afvoer hoogwatergeul [m ³ /s] bij Waalafvoer van ... [m ³ /s]				
	955	1388	1693	2695	4516
RPN	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1161 (26%)
Dynamiek	23 (2%)	72 (5%)	119 (7%)	253 (9%)	1260 (28%)
Klassiek	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	582 (13%)
Mozaïek	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	941 (21%)

In Bijlage A zijn de stroombeelden voor de referentiesituatie en de 3 varianten bij de verschillende afvoerniveaus gegeven, in het gebied van de instroom naar de hoogwatergeul.

Voor de varianten Klassiek en Mozaïek zijn alleen de stroombeelden bij het hoogste afvoerniveau gegeven, omdat bij de lagere afvoeren de hoogwatergeul nog niet meestroomt.

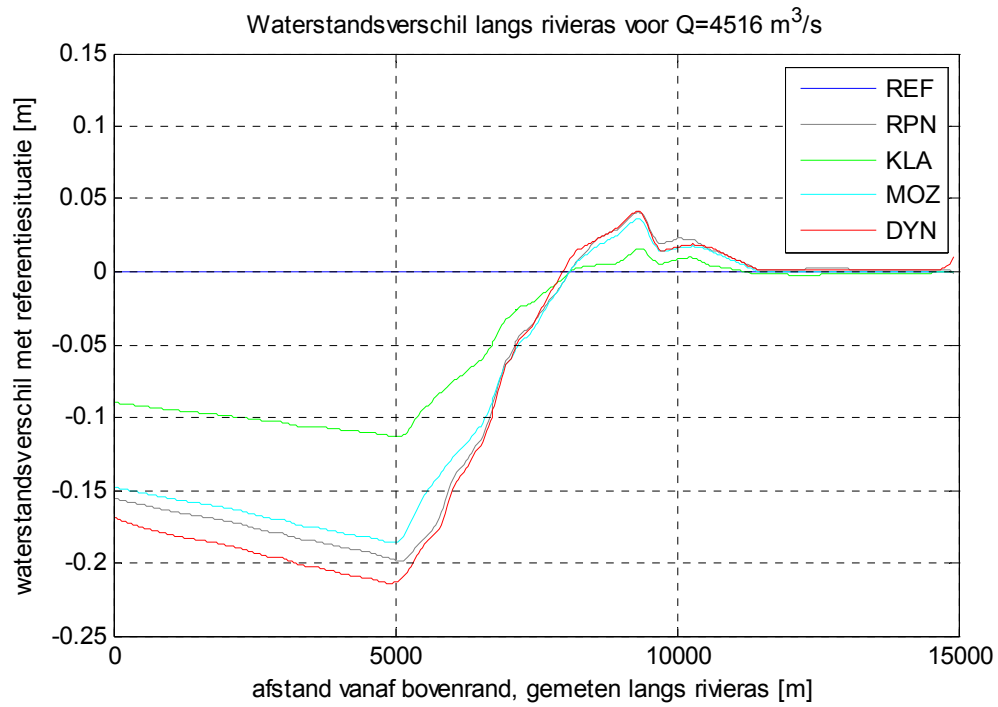
De figuren tonen aan dat de stroombeelden voor Klassiek en Mozaïek het meeste op elkaar lijken al zorgt de extra drempel in de Lentse strang in Klassiek er voor dat het stroombeeld daar afwijkt van het stroombeeld in Mozaïek. Het stroombeeld in Dynamiek wijkt sterker af van de andere twee varianten. Het water stroomt vooral via de benedenstroomse aantakking van de Lentse strang naar de inlaatconstructie van de hoogwatergeul. Dit geldt met name voor de lagere afvoeren, maar ook nog voor de hoogste afvoer. De relatief diepe benedenstroomse aantakking (diepte nodig ten behoeve van de recreatievaart) zorgt er voor dat het water via deze weg de minste weerstand ondervindt.

Tabel 4.2 geeft voor RPN en de drie varianten de maximale effecten op de waterstanden. In figuur 4.2 zijn de waterstandseffecten van RPN en alle varianten gegeven voor het hoogste afvoerniveau. Uit tabel en figuur volgt weer, dat van de variant Dynamiek de grootste morfologische effecten worden verwacht. Voor variant Mozaïek lijken de effecten op de waterstanden het meest op die van het RPN. Variant Klassiek levert de minste waterstandsdaling op. Ter vergelijking is de maximale waterstandsdaling bij MHW toegevoegd in de tabel, de maximum Waalafvoer hierbij is 10.165 m³/s.

Tabel 4.2: Maximale waterstandsdaling Waal (in cm, negatief betekent daling) als gevolg van hoogwatergeul bij verschillende Waalafvoeren

Variant	Afvoer hoogwatergeul [m ³ /s] bij Waalafvoer van ... [m ³ /s]					
	955	1388	1693	2695	4516	MHW
RPN	0	0	0	0	-20	-35
Dynamiek	-1	-5	-6	-8	-22	-33
Klassiek	0	0	0	0	-12	-28
Mozaïek	0	0	0	0	-18	-36

Effecten bij MHW uit Haskoning (2009)



waterstandsverandering van rkm 877 (afstand = 0) tot rkm 892 (afstand = 15000 m)

Figuur 4.2: Waterstandseffect op de Waal bij Waalafvoer van $4.516 \text{ m}^3/\text{s}$

5 MORFOLOGISCHE BEREKENINGEN EN ANALYSES

In dit hoofdstuk zijn de resultaten van de morfologische berekeningen en analyses gepresenteerd. Daarbij gaat het om de volgende aspecten:

1. morfologische veranderingen in het zomerbed;
2. morfologische veranderingen in hoogwatergeul en eventuele aansluitingen;
3. bevaarbaarheid.

Voor de analyses zijn berekeningen uitgevoerd voor een periode van 10 jaar, waarbij voor iedere variant na iedere hoogwaterperiode en laagwaterperiode (jaarlijks dus), de berekende bodemligging is vergeleken met de vergelijkbare referentieberekening. Dit geeft inzicht in de bodemverandering in de loop van de tijd voor de varianten. Tevens zijn de absolute berekende bodemliggingen gebruikt om de afmetingen van de beschikbare vaarbaan te bepalen.

5.1 Morfologische veranderingen zomerbed

5.1.1 Klassiek

Figuur 5.1 geeft voor de variant Klassiek de morfologische veranderingen ten opzichte van de referentie langs drie lijnen in het zomerbed (links, midden en rechts). Figuur 5.2 geeft de ruimtelijke verdeling van de morfologische veranderingen na respectievelijk 1, 5 en 10 hoogwaterperiodes (direct na de hoogwaterperiode). In deze figuren zijn sedimentatie en erosie met kleuren aangegeven. Tevens is de vaarbaan aangegeven. Bijlage B geeft aanvullend de morfologische veranderingen per jaar, na de hoogwaterperiode en laagwaterperiode.

In figuur 5.3 tenslotte zijn de jaartransporten voor referentie en variant Klassiek in de hoofdgeul weergegeven.

Uit de figuren kunnen voor de variant Klassiek de volgende conclusies worden getrokken:

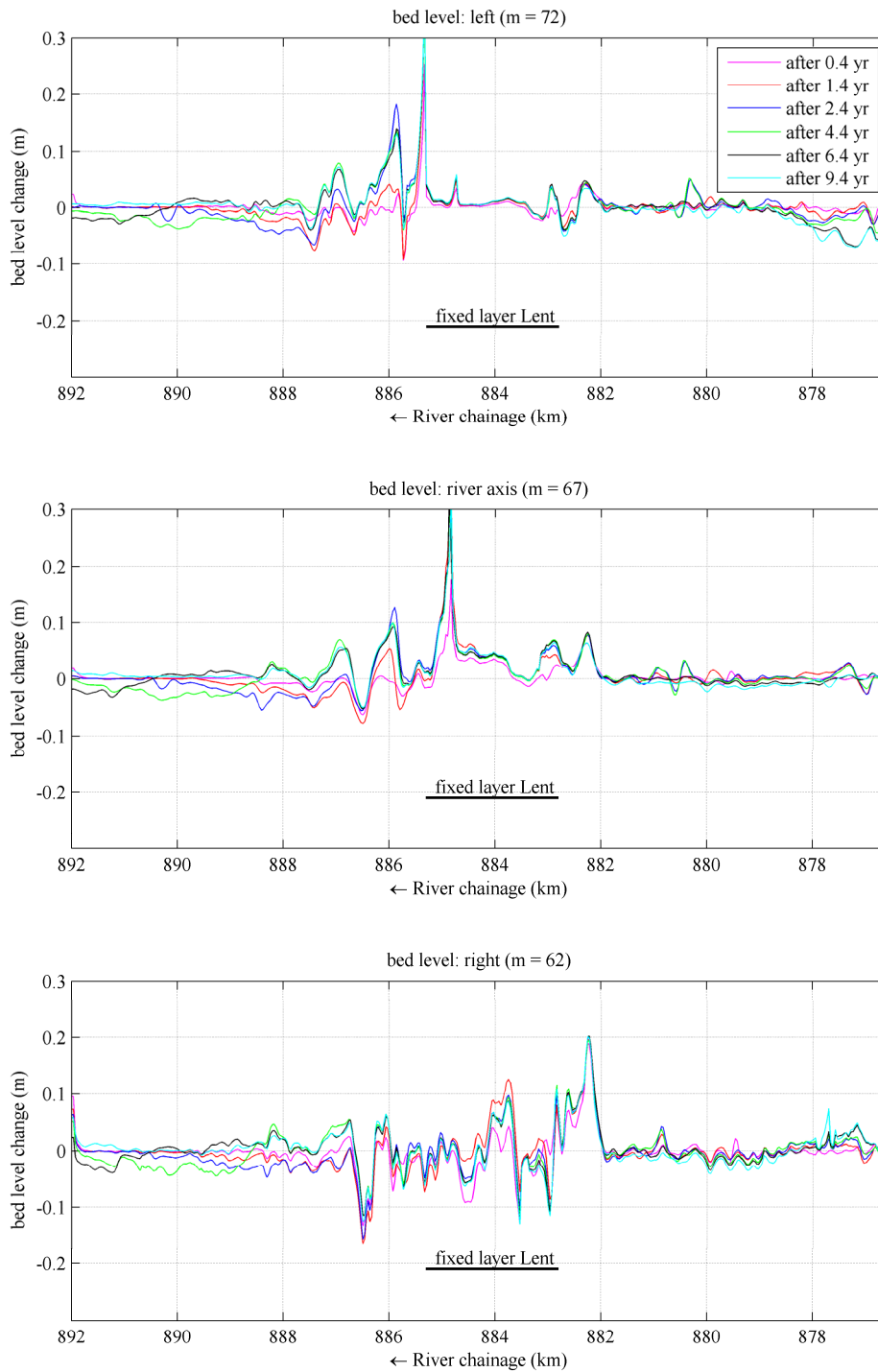
Zomerbed:

- Direct benedenstrooms van de inlaat naar de hoogwatergeul (nabij rkm 882) is sedimentatie tot 20 cm te verwachten aan de rechterzijde van de rivier. In het midden en linkerzijde van de rivier is de aanzanding minder dan 10 cm.
- Ter hoogte van de vaste laag is de sedimentatie maximaal circa 10 cm aan de rechterzijde (binnenbocht) van de rivier. In de rivieras wordt aan het einde van de vaste laag sedimentatie tot 30 cm gevonden.
- (Direct) benedenstrooms van de vaste laag is er aan de linkerhelft van het zomerbed sprake van sedimentatie tot 10-15 cm, nabij rkm 886 en 887.
- Bij de doorsteek tussen Waal en hoogwatergeul (nabij rkm 886.5) wordt aan de rechterzijde van de rivier enige erosie (tot circa 15 cm) verwacht. In het aanliggende kribvak kan de erosie tot circa 2 meter oplopen (figuur 5.4). Het sediment slaat benedenstrooms weer neer.
- Nabij de uitmonding van de hoogwatergeul is de aanzanding zeer beperkt.
- De jaartransporten door de Waal voor de variant Klassiek zijn vergelijkbaar met die van de referentie. De verschillen zijn klein (veel minder dan 10% verschil). Met de hoogwatergeul in deze variant wordt dus niet veelsediment van de hoofdgeul naar de hoogwatergeul verplaatst.

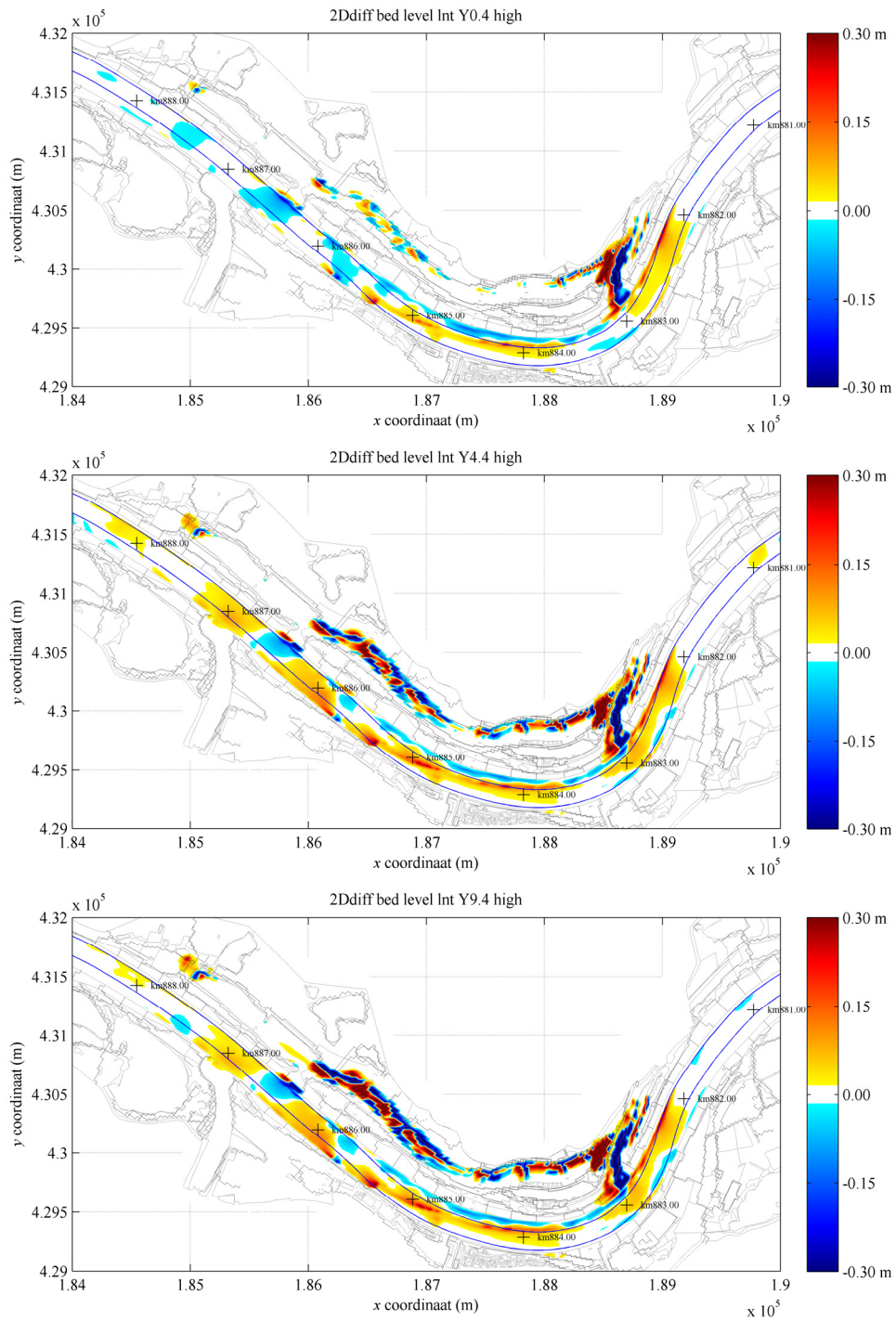
Hoogwatergeul en toevoergeul:

- De uiterwaard tussen de inlaat en de Waal is in de berekeningen voor variant Klassiek morfologisch actief, zodat erosie mogelijk is. Daardoor erodeert de rug tussen Waal en Lentse strang aanzienlijk (meerdere meters, zie figuur 5.4). Dit geërodeerde materiaal sedimenteert in de Lentse strang en de hoogwatergeul. Net benedenstrooms van de inlaat treedt sedimentatie op tot 5 meter! Verderop in de hoogwatergeul is er sprake van afwisselende erosie en sedimentatie, 1-1,5 m groot. Dit is vooral een gevolg van de aanpassing van de aangelegde bodem aan de stromingscondities.
- Als de rug tussen Waal en Lentse strang erosiebestendig wordt verondersteld, zullen de morfologische effecten in de Lentse strang en hoogwatergeul minder worden. In de berekende situatie vormt de eroderende rug een extra sedimentbron, die in het geval van een erosiebestendige rug niet aanwezig is. In de Lentse strang en de hoogwatergeul zijn de morfologische effecten dan aanzienlijk kleiner (vergelijk figuur 5.5 met figuur 5.4). De berekende morfologische effecten in de hoofdgeul worden in geval van een erosiebestendige oever iets kleiner dan in geval van een erodeerbare oever, zoals blijkt uit vergelijking van figuur 5.6 (niet erodeerbare rug) en figuur 5.1 (wel erodeerbare rug).

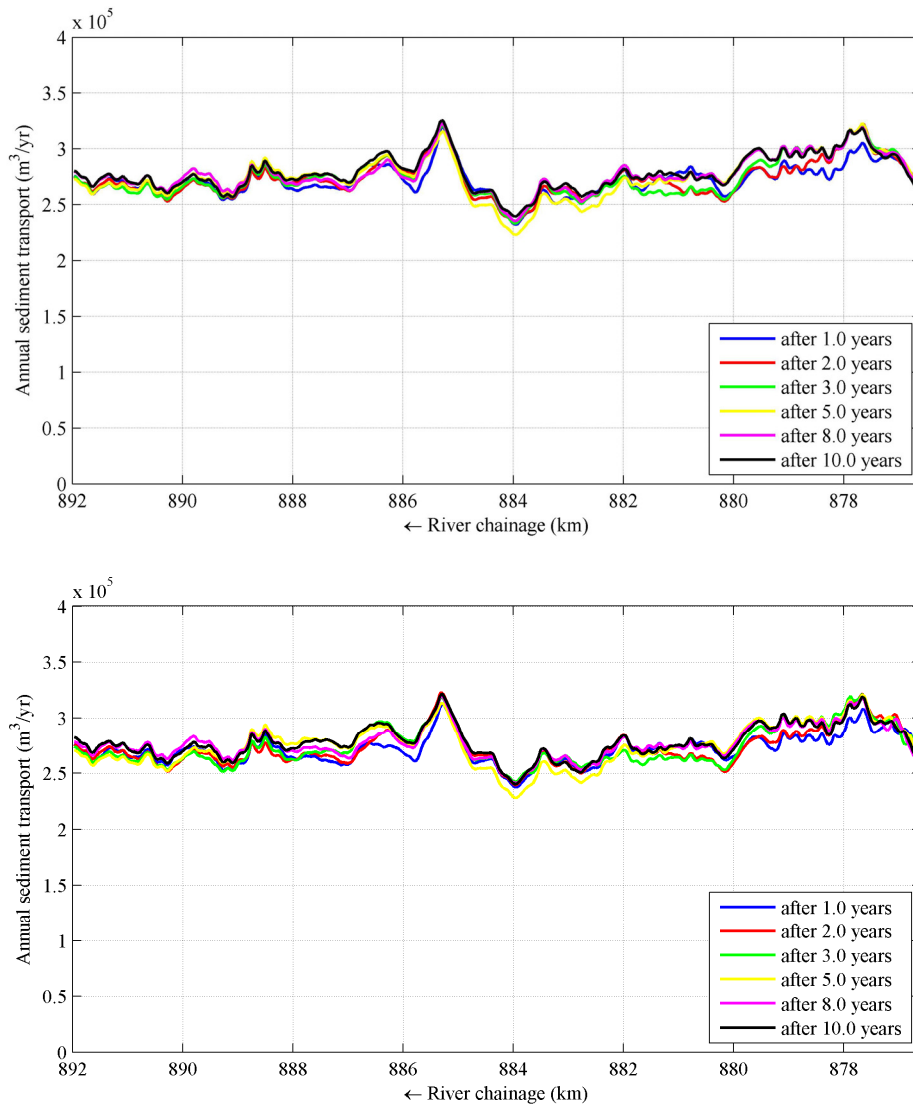
Int: difference between kla and referentie for bed level after 9.4 years (high)



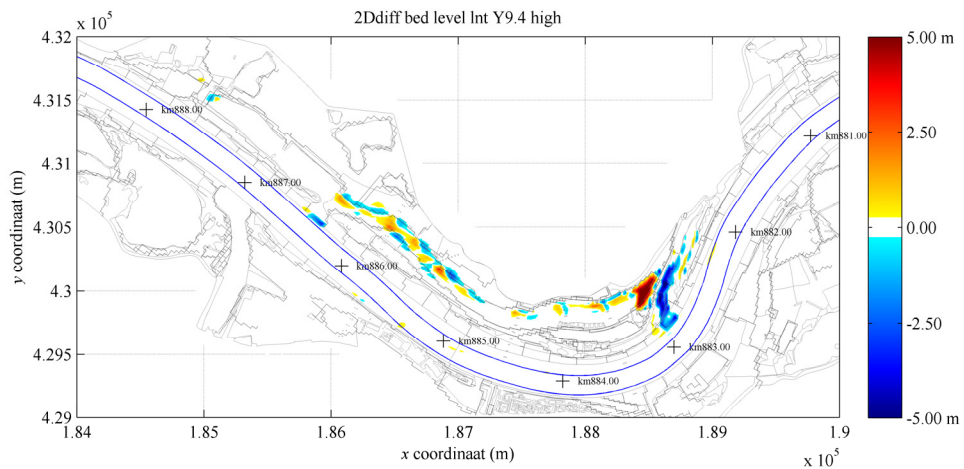
Figuur 5.1: Morfologische veranderingen variant Klassiek



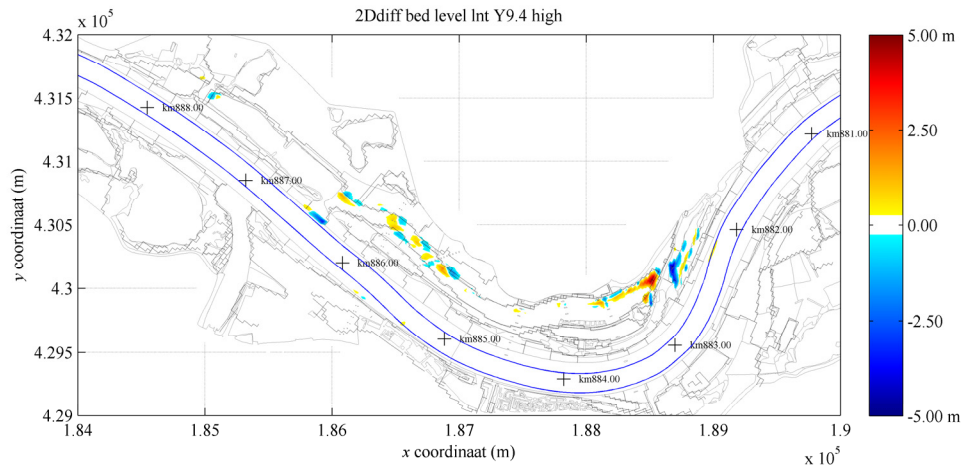
Figuur 5.2: Ruimtelijke verdeling morfologische veranderingen variant Klassiek na hoogwaterperiode, na 1 (boven), 5 (midden) en 10 (onder) hoogwaters



Figuur 5.3: Jaarlijkse sedimenttransport voor referentie (boven) en variant Klassiek (onder)

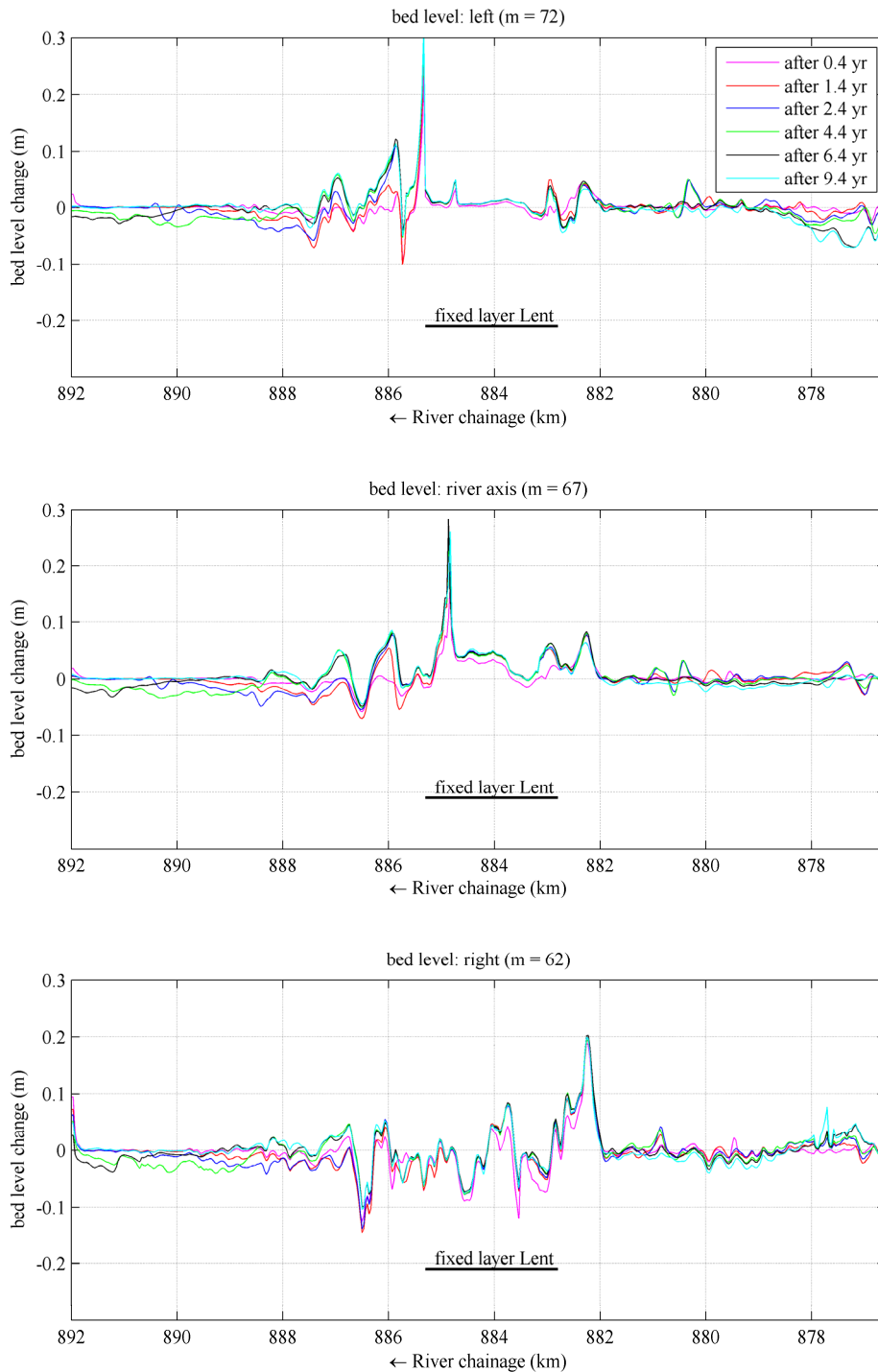


Figuur 5.4: Ruimtelijke verdeling morfologische veranderingen variant Klassiek na hoogwaterperiode, na 10 hoogwaters (schaal -5 tot +5 m)



Figuur 5.5: Ruimtelijke verdeling morfologische veranderingen variant Klassiek (niet erodeerbare rug) na hoogwaterperiode, na 10 hoogwaters (schaal -5 tot +5 m)

Int: difference between kla and referentie for bed level after 9.4 years (high)



Figuur 5.6: Morfologische veranderingen variant Klassiek met niet erodeerbare rug

5.1.2 Mozaïek

Voor de variant Mozaïek is er voor gekozen om de uiterwaard tussen Waal en hoogwatergeul erosiebestendig te veronderstellen. Figuur 5.7 geeft voor de variant

Mozaïek de morfologische veranderingen ten opzichte van de referentie langs drie lijnen in het zomerbed (links, midden en rechts). Figuur 5.8 geeft de ruimtelijke verdeling van de morfologische veranderingen na respectievelijk 1, 5 en 10 hoogwaterperioden. Bijlage C geeft de morfologische veranderingen per jaar, na de hoogwaterperiode en laagwaterperiode. In figuur 5.9 tenslotte zijn de jaartransporten voor referentie en variant Mozaïek in de hoofdgeul gegeven.

Uit de figuren kunnen voor de variant Mozaïek de volgende conclusies worden getrokken:

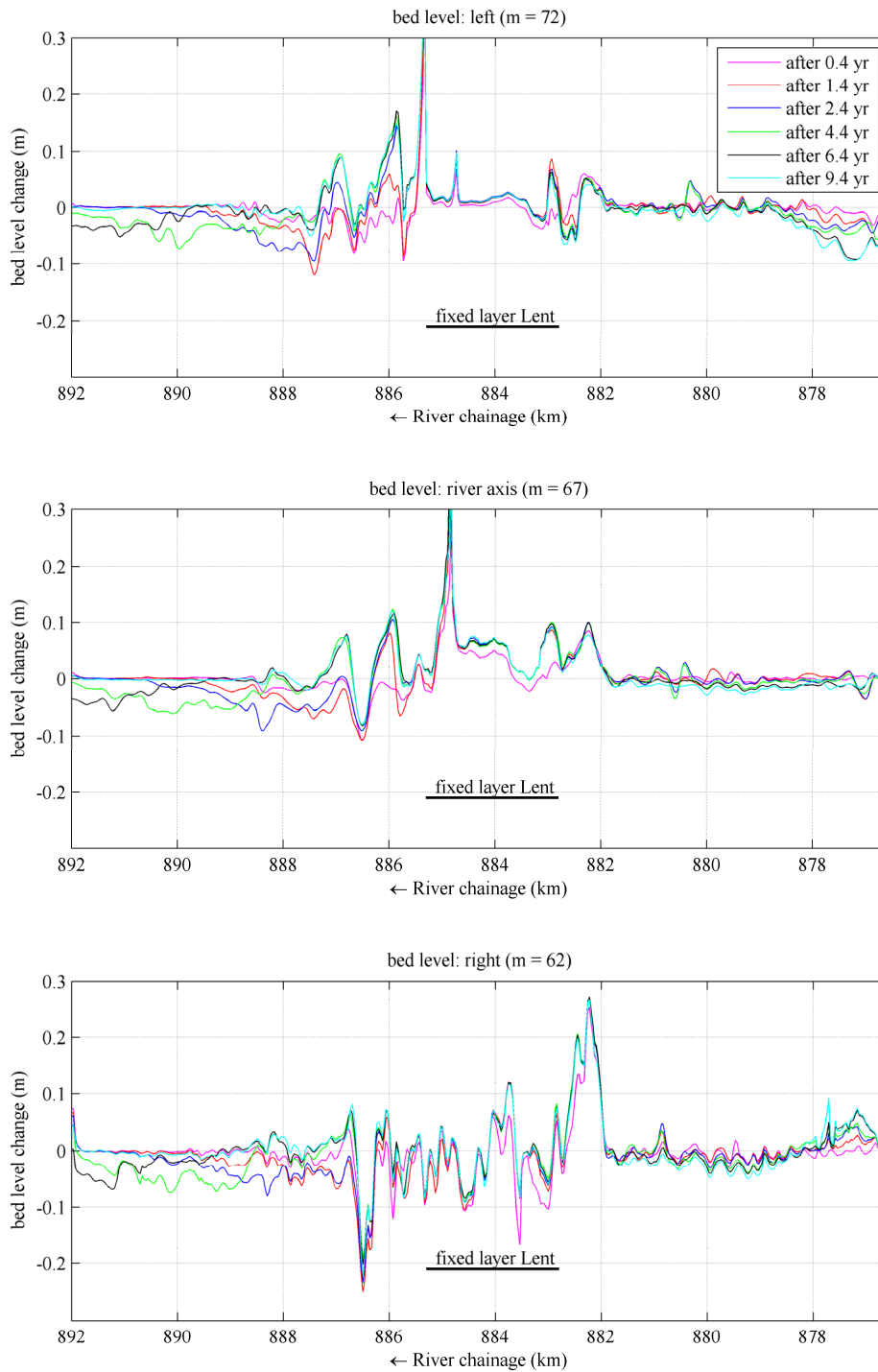
Zomerbed:

- Direct benedenstrooms van de inlaat (nabij rkm 882) is sedimentatie tot 30 cm te verwachten aan de rechterzijde van de rivier. In het midden en aan de linkerzijde van de rivier is de aanzanding circa 10 cm;
- Ter hoogte van de vaste laag is de sedimentatie maximaal circa 10 cm aan de rechterzijde (binnenbocht) van de rivier. In het midden wordt aan het einde van de vaste laag sedimentatie tot 30 cm gevonden;
- (Direct) benedenstrooms van de vaste laag is er aan de linkerhelft van het zomerbed sprake van sedimentatie tot 10-15 cm, nabij rkm 886 en 887;
- Bij de doorsteek tussen Waal en hoogwatergeul (nabij rkm 886.5) wordt aan de rechterzijde erosie (tot circa 25 cm) verwacht. In het aanliggende kribvak kan de erosie tot circa 2 meter oplopen (Figuur 5.10). Het sediment slaat benedenstrooms weer neer;
- Nabij de uitmonding van de hoogwatergeul zijn de morfologische veranderingen zeer beperkt;
- De jaartransporten door de Waal voor de variant Mozaïek zijn erg vergelijkbaar met die van de referentie. Met de hoogwatergeul wordt er dus niet veel sediment van de hoofdgeul naar de hoogwatergeul verplaatst;
- Al met al zijn de morfologische effecten van de variant Mozaïek iets sterker dan van de variant Klassiek.

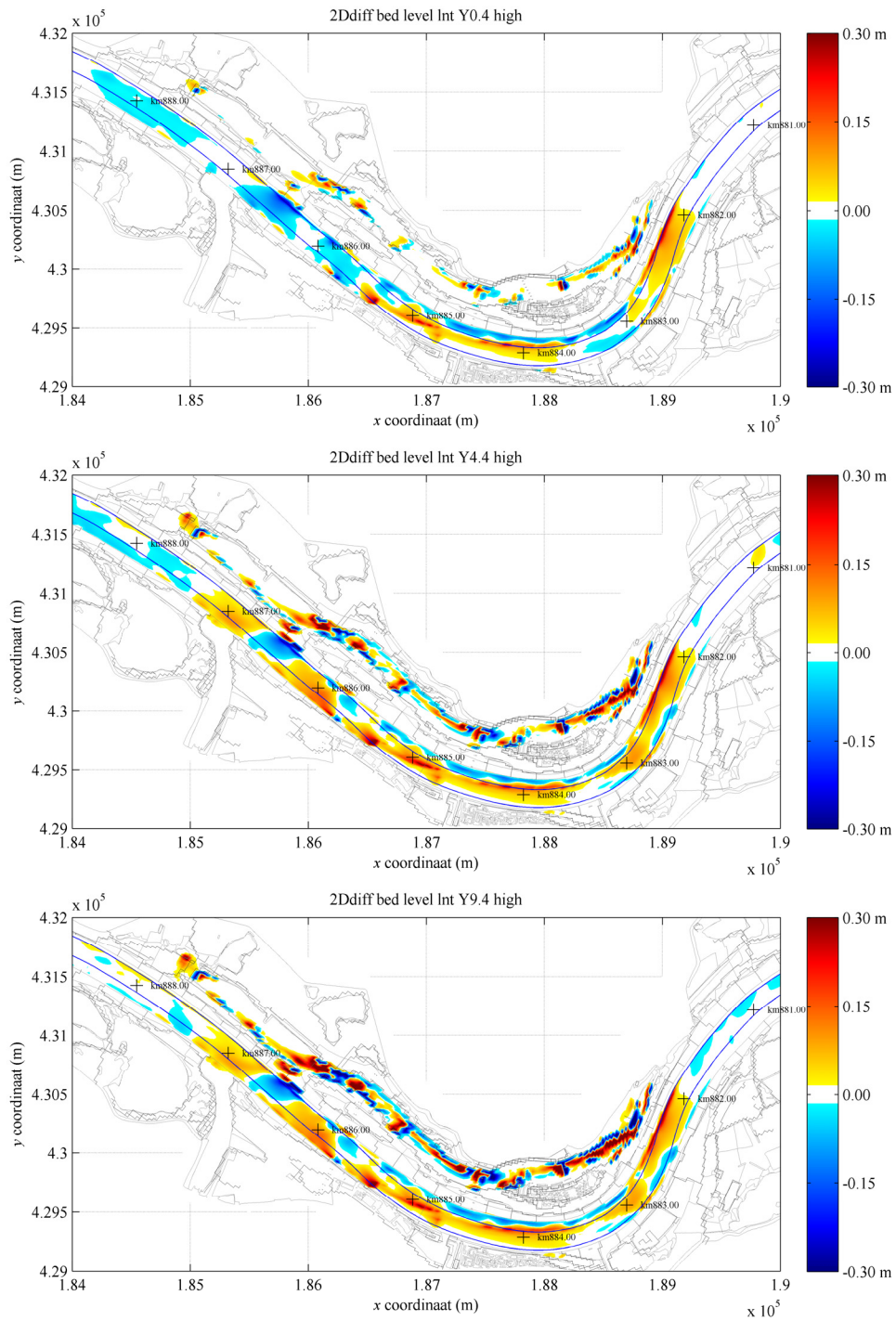
Hoogwatergeul:

- Figuur 5.10 laat zien dat in de hoogwatergeul na 10 hoogwaters sprake is van afwisselende erosie en sedimentatie tot maximaal 1-1,5 m groot. Dit is vooral een gevolg van de aanpassing van de aangelegde bodem aan de stromingscondities.

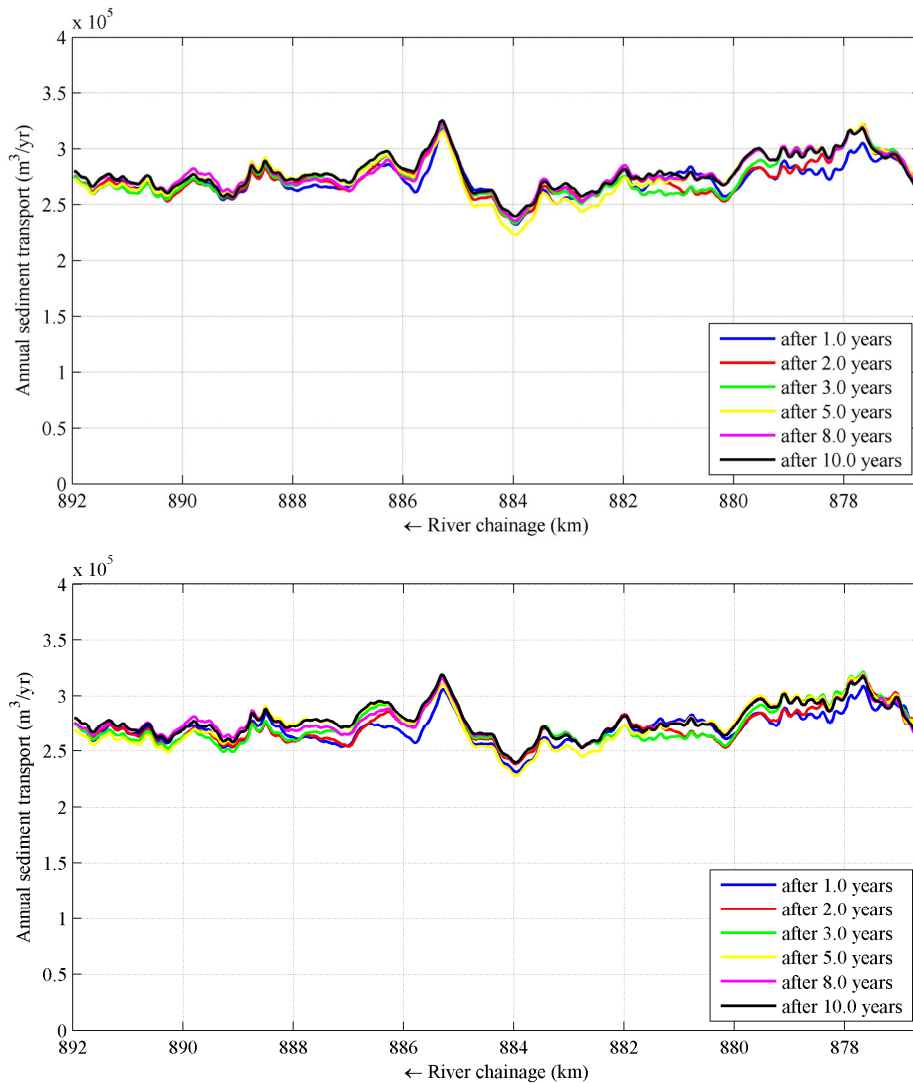
Int: difference between moz and referentie for bed level after 9.4 years (high)



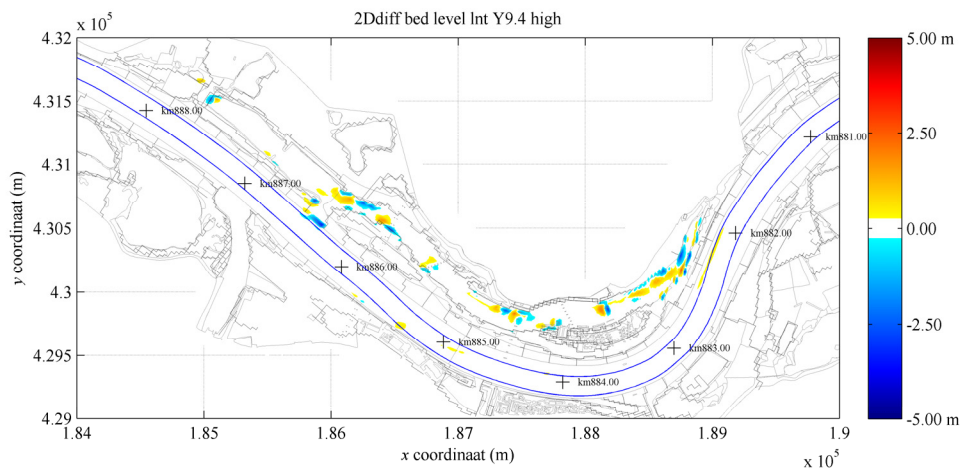
Figuur 5.7: Morfologische veranderingen variant Mozaïek



Figuur 5.8: Ruimtelijke verdeling morfologische veranderingen variant Mozaïek na hoogwaterperiode, na 1 (boven), 5 (midden) en 10 (onder) hoogwaters



Figuur 5.9: Jaarlijkse sedimenttransport voor referentie (boven) en variant Klassiek (onder)



Figuur 5.10: Ruimtelijke verdeling morfologische veranderingen variant Mozaïek na hoogwaterperiode, na 10 hoogwaters (schaal -5 tot +5 m)

5.1.3 Dynamiek

Figuur 5.11 geeft voor de variant Dynamiek de morfologische veranderingen ten opzichte van de referentie langs drie lijnen in het zomerbed (links, midden en rechts). Figuur 5.12 geeft de ruimtelijke verdeling van de morfologische veranderingen na respectievelijk 1, 5 en 10 hoogwaterperiodes. Figuur 5.14 geeft na 10 jaar dezelfde informatie op een grotere diepteschaal. Bijlage D geeft de morfologische veranderingen per jaar, na de hoogwaterperiode en laagwaterperiode. In Figuur 5.13 tenslotte zijn de jaartransporten voor referentie en variant Dynamiek in de hoofdgeul gegeven.

Uit de figuren kunnen voor de variant Dynamiek de volgende conclusies worden getrokken:

Zomerbed:

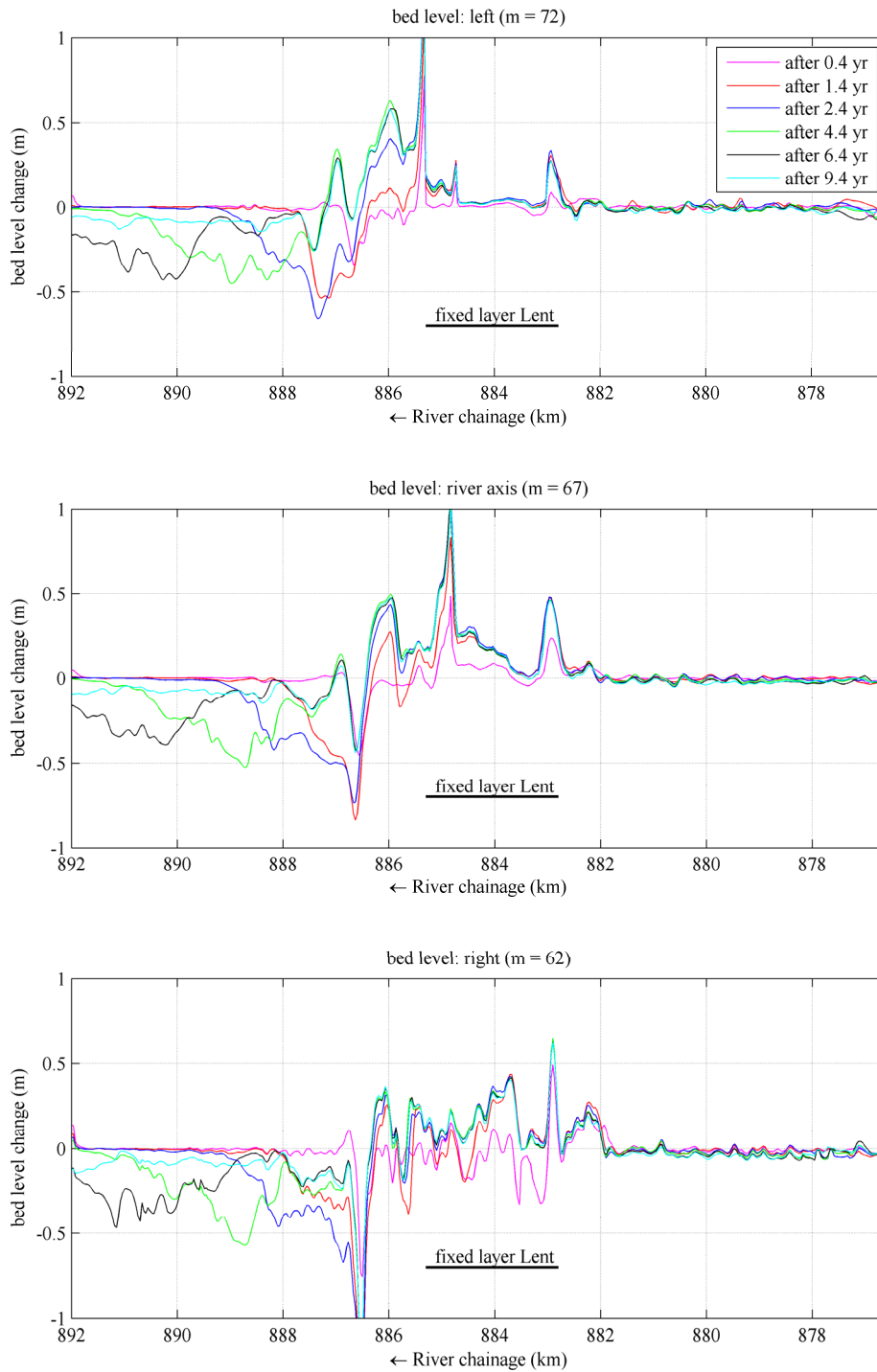
- Ter hoogte van de toegangsgeul naar de inlaat (nabij rkm 883), aan bovenstroomse zijde van de vaste laag, wordt flinke sedimentatie verwacht: tot 60 cm in het midden en aan rechterzijde en tot 30 cm aan de linkerzijde;
- Bij het bovenstroomse inlaatwerk naar de Lentse strang wordt in de buitenbocht van de Waal (rechterzijde) aanzanding tot 25 cm berekend;
- Ter hoogte van de vaste laag is de aanzanding in de as en aan de rechterzijde maximaal 40 cm. Aan benedenstroomse zijde van de vaste laag (bij en benedenstrooms van de doorsteek tussen Waal en hoogwatergeul) kan de sedimentatie lokaal oplopen tot 1 m (midden en linkerzijde);
- Benedenstrooms van de vaste laag erodeert in de eerste jaren de bodem met gemiddeld enkele decimeters. Deze erosiekuil verplaatst zich de jaren daarna met gemiddeld circa 1 km/jaar in benedenstroomse richting;
- (Direct) benedenstrooms van de vaste laag (rkm 886) is de sedimentatie na enige jaren 30-60 cm over de hele zomerbedbreedte. Bij rkm 887 wordt aan de linkerzijde nog enige sedimentatie (tot 30 cm) gevonden;
- Bij de doorsteek tussen Waal en hoogwatergeul (nabij rkm 886.5) wordt aan de rechterzijde en in het aanliggende kribvak erosie verwacht (tot circa 1 m) (figuur 5.14). Het sediment slaat benedenstrooms in de hoofdgeul weer neer;
- Al met al zijn de morfologische effecten van de variant Dynamiek duidelijk sterker dan van de varianten Klassiek en Mozaïek.

Hoogwatergeul:

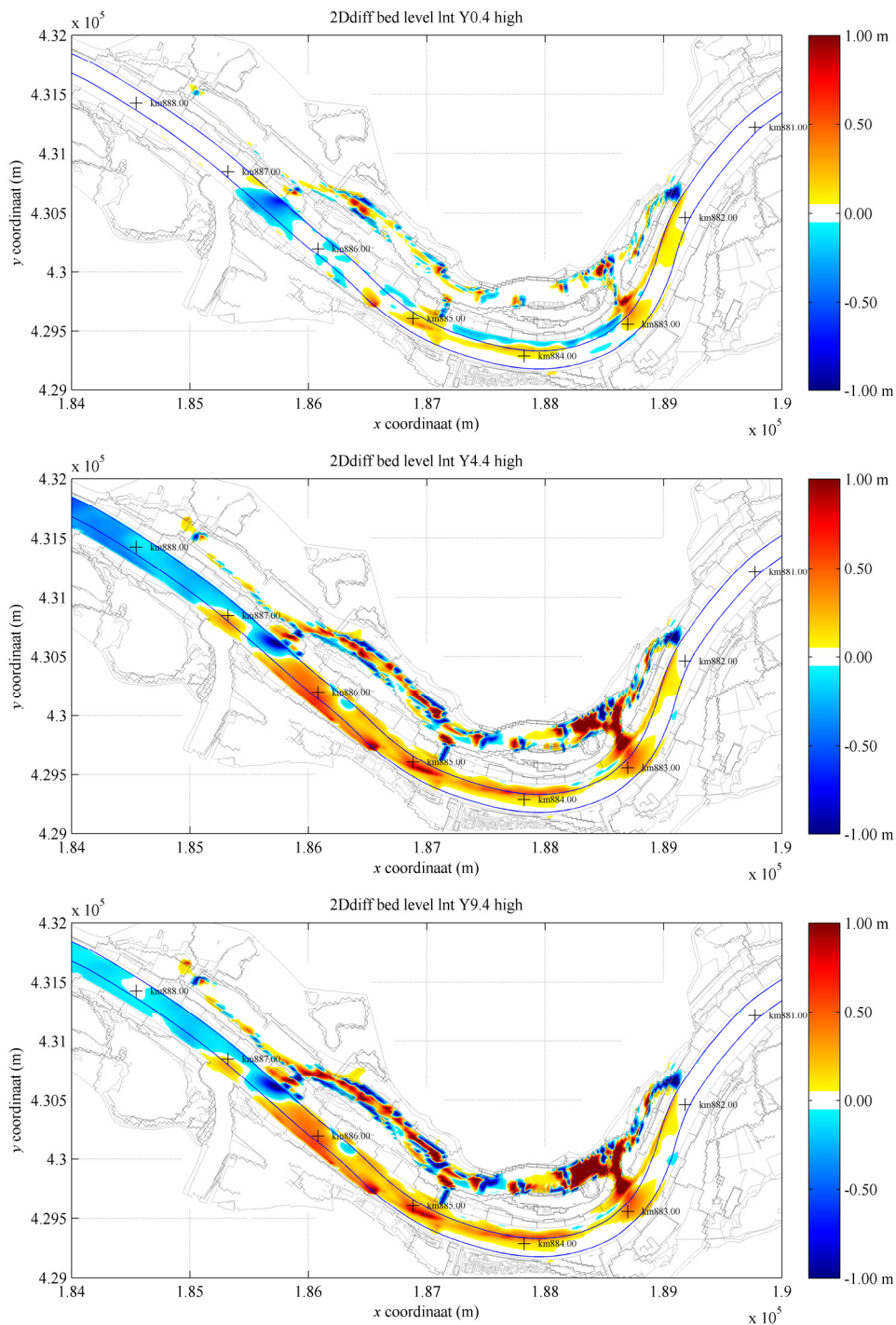
- Uit figuur 5.14 blijkt dat in de geul tussen Waal en inlaatwerk (scheepvaartgeul voor de recreatievaart) veel sediment wordt afgezet. Dit sediment is afkomstig uit de Waal. Met het water wordt ook sediment vanuit de Waal naar de hoogwatergeul getrokken. Figuur 5.13 laat ook zien, dat het sedimenttransport in de Waal tussen in- en uitstroom van de hoogwatergeul (rkm 883-888) lager is dan in de referentiesituatie.
Na enkele hoogwaters zandt de scheepvaartgeul aanzienlijk aan (sedimentatie tot 3-4 m). In de daarop volgende jaren zet de sedimentatie in deze geul en de hoogwatergeul door. Aan bovenstroomse zijde van de hoogwatergeul loopt deze sedimentatie op tot 5 m.
- Al met al sedimenteert een grote hoeveelheid riviersediment in de toevoergeul en hoogwatergeul. Deze geul is de vaargeul voor de recreatievaart en zal regelmatig gebaggerd moeten worden. Daarbij wordt opgemerkt dat bij iedere geul waardoor een (beperkte) hoeveelheid water en sediment wordt onttrokken sedimentatie in de hoofdgeul te verwachten zal zijn. Aangezien continu water en sediment worden aangetrokken in de richting van de hoogwatergeul, zal de verwachte sedimentatie groter zijn dan bij voorhavens waarin sediment neerslaat door alleen uitwisseling van water en sediment met de hoofdrijver.
- Verderop in de hoogwatergeul wordt weer afwisselend sedimentatie en erosie gevonden (tot ca 1,5 m). In het brede deel van de hoogwatergeul, waar ook het eiland is gesitueerd, wordt ook sedimentatie en erosie berekend. Het is de verwachting dat hier, vanwege de relatief grote breedte van de hoogwatergeul¹, een dynamisch systeem met geulen en eilanden kan ontstaan.

¹ De verhouding breedte/diepte is een belangrijke parameter voor het ontstaan van geulen en zandbanken. Hoe groter de verhouding, hoe groter de kans op dergelijke patronen.

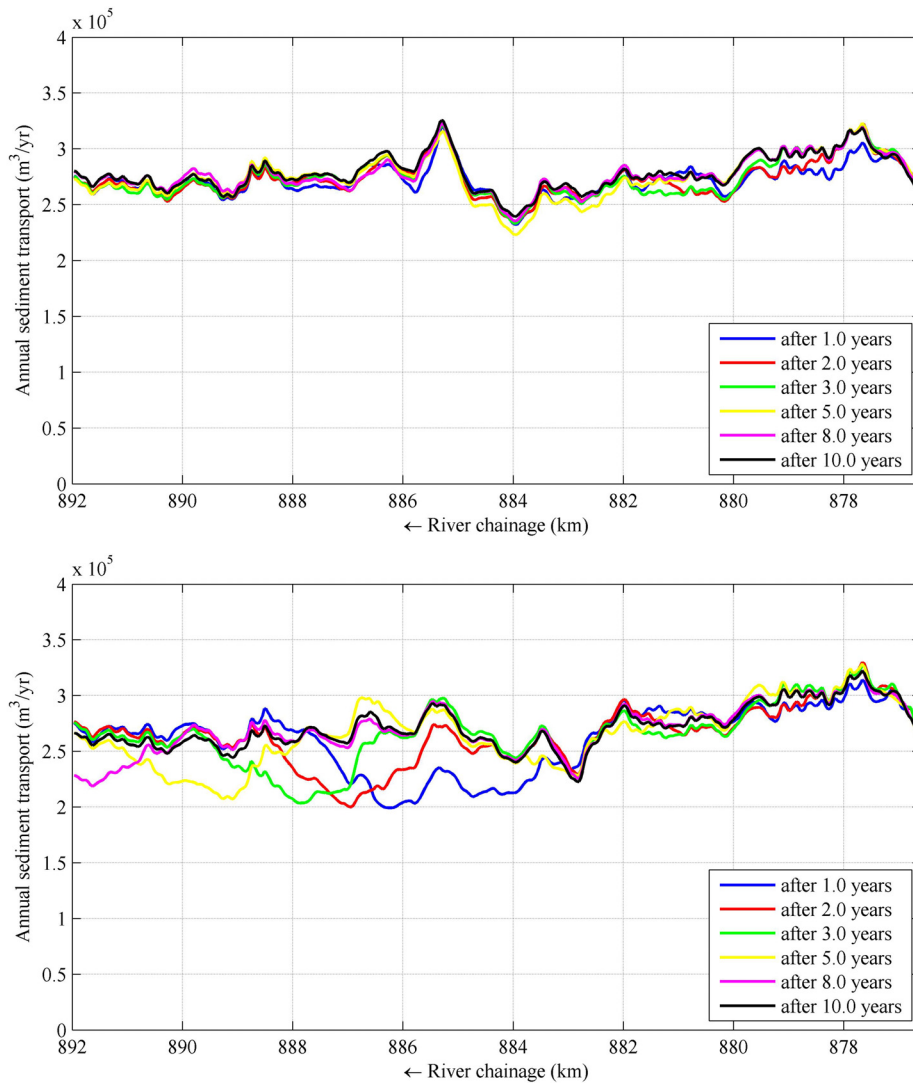
Int: difference between dyn and referentie for bed level after 9.4 years (high)



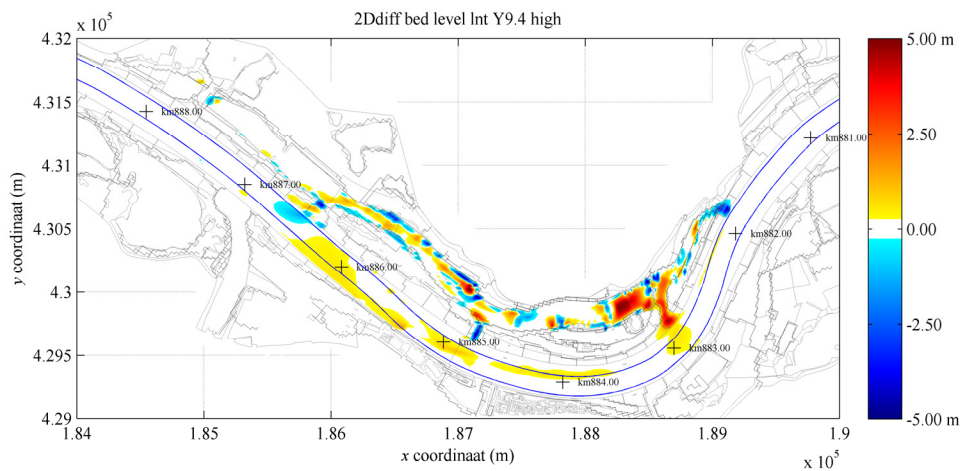
Figuur 5.11: Morfologische veranderingen variant Dynamiek



Figuur 5.12: Ruimtelijke verdeling morfologische veranderingen variant Dynamiek na 1 (boven), 5 (midden) en 10 (onder) hoogwaters



Figuur 5.13: Jaarlijkse sedimenttransport voor referentie (boven) en variant Dynamiek (onder)



Figuur 5.14: Ruimtelijke verdeling morfologische veranderingen variant Dynamiek na hoogwaterperiode, na 10 hoogwaters (schaal -5 tot +5 m)

5.2 Bevaarbaarheid

Met de morfologische effecten zoals in de voorgaande paragraaf aangegeven zijn de effecten op de bevaarbaarheid geschat. Net als voor het RPN in het verificatierapport (HKV, 2009), is op basis van de berekende bodemliggingen voor de referentiesituatie en de varianten een analyse uitgevoerd van de minimale vaardiepte per dwarsraai bij OLR (Overeengekomen Lage Rivierwaterstand). Daarbij is de waterdiepte direct na iedere hoogwaterperiode bepaald ten opzichte van het zogenaamde BaggerReferentieVlak 2003 (BRV2003²) en per dwarsraai de minimale waterdiepte in de vaarbaan bepaald. Tevens is de gemiddelde vaardiepte in de vaarbaan bepaald ten opzichte van het BRV2003.

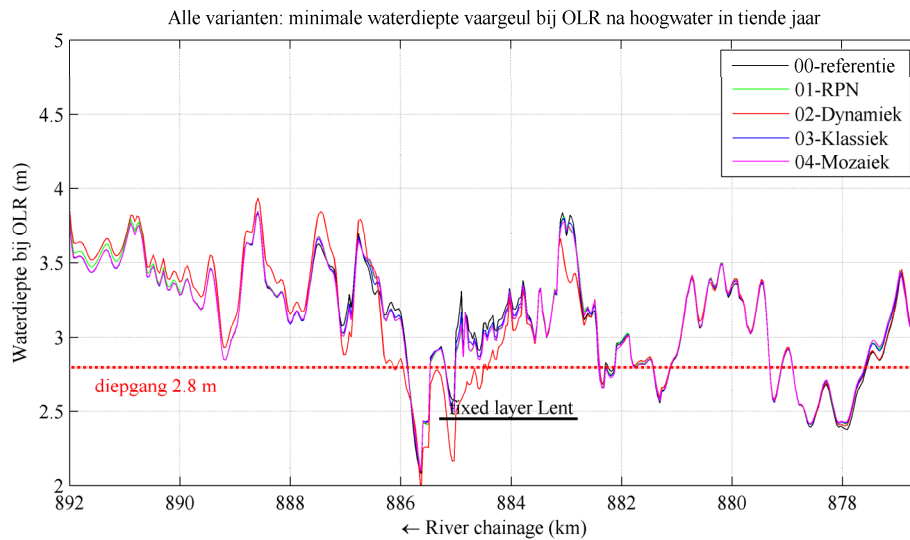
In figuur 5.15 is voor de referentie en alle varianten aangegeven in hoeverre de vereiste minimale vaardiepte van 2,8 m onder OLR wordt gerealiseerd, na 10 jaar morfologische ontwikkeling zonder baggerwerk. Alleen voor de variant Dynamiek neemt de bevaarbaarheid in het traject rkm 884-887 af ten opzichte van de referentiesituatie en de andere varianten. In traject rkm 884.5-885.5 is de bevaarbaarheid in de huidige situatie al beperkt, en wordt de minimale vaardiepte in de variant Dynamiek bij OLR duidelijk kleiner dan 2,8 m. De andere varianten hebben, ondanks de berekende sedimentatie, geen grote invloed op de bevaarbaarheid van de rivier.

Figuur 5.16 geeft voor de variant Dynamiek een tweedimensionale weergave van de waterdiepte bij OLR na 10 jaar morfologische veranderingen, alsmede de ligging van de vaargeul.

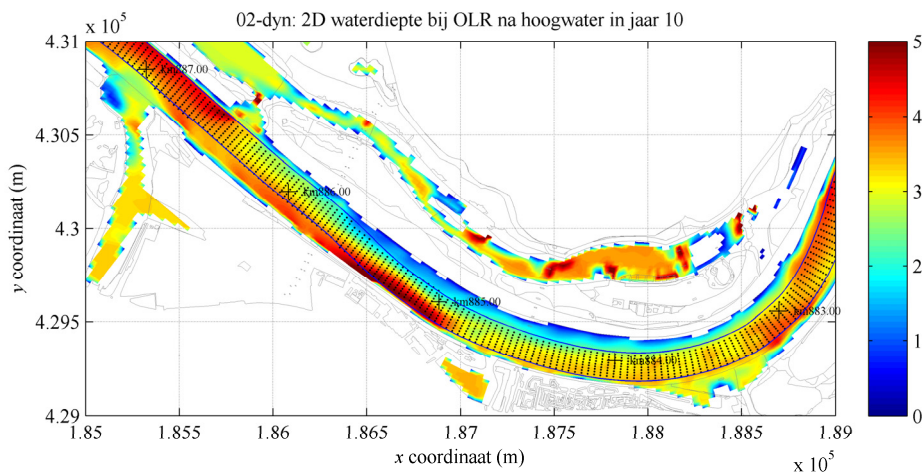
In figuur 5.17 zijn de dwarsprofielen gegeven op karakteristieke rivierkilometers voor referentiesituatie en de varianten. De dwarsprofielen geven de situatie aan na 10 jaar morfologische verandering. Tevens is de beginbodemligging gegeven. In de hoofdgeul is ook de minimale vaargeul onder OLR getoond, gebaseerd op de vaarbaan uit figuur 5.16).

² BRV2003: Het BRV-vlak is de meest actuele waterstand bij de vigerende Overeengekomen Lage Rivierafvoer (OLA), zie ook Taal (2004)

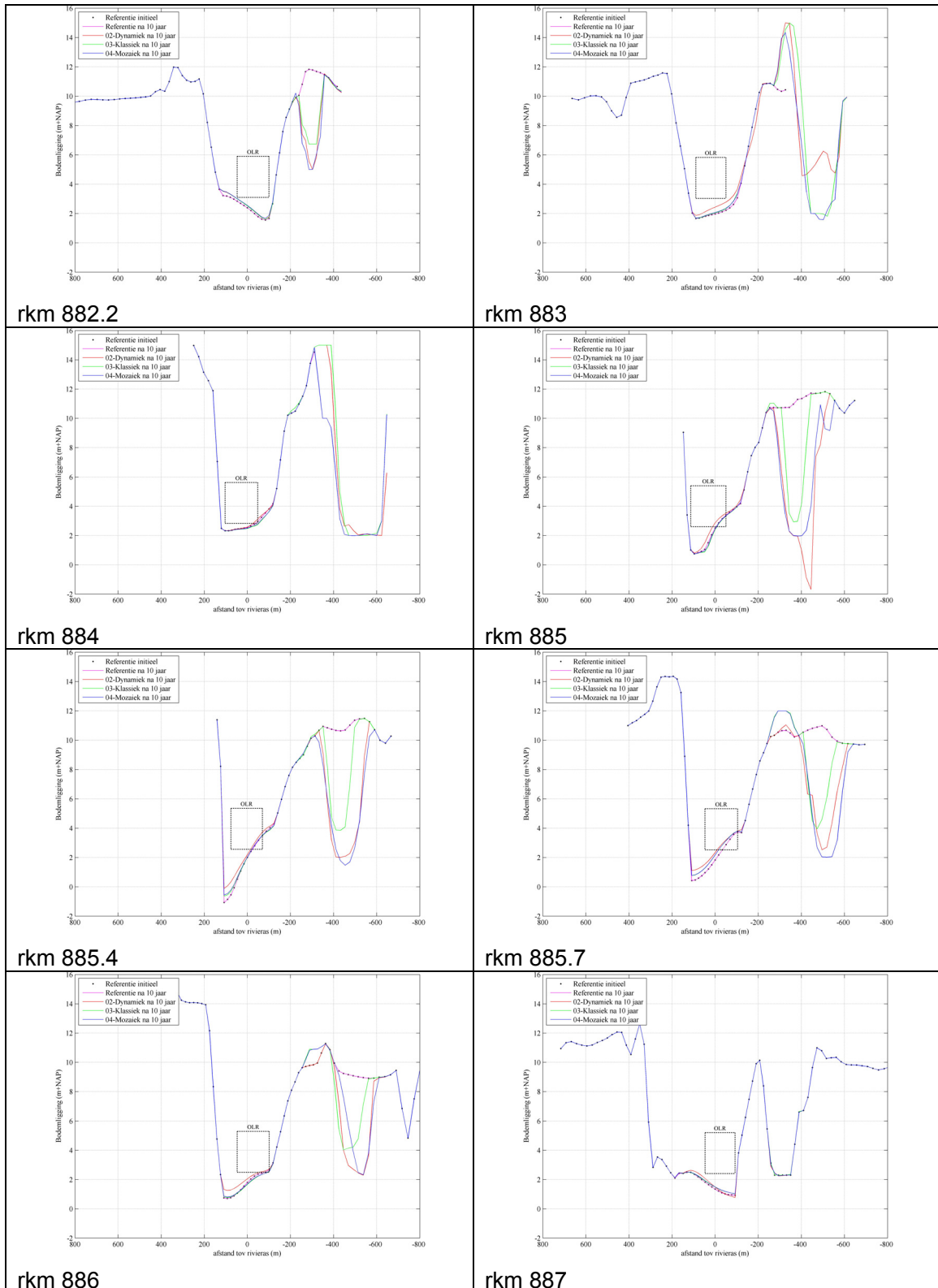
De rode lijn van variant Dynamiek ligt in vele dwarsprofielen het hoogst en geeft daardoor voor de bevaarbaarheid de minst gunstige situatie. Tevens laten de figuren zien dat de grootste sedimentatie in de diepere delen optreedt, waardoor niet direct de bevaarbaarheid wordt aangetast.



Figuur 5.15: Criterium minimale vaardiepte bij OLR na 10 jaar (criterium = 2,8 m)



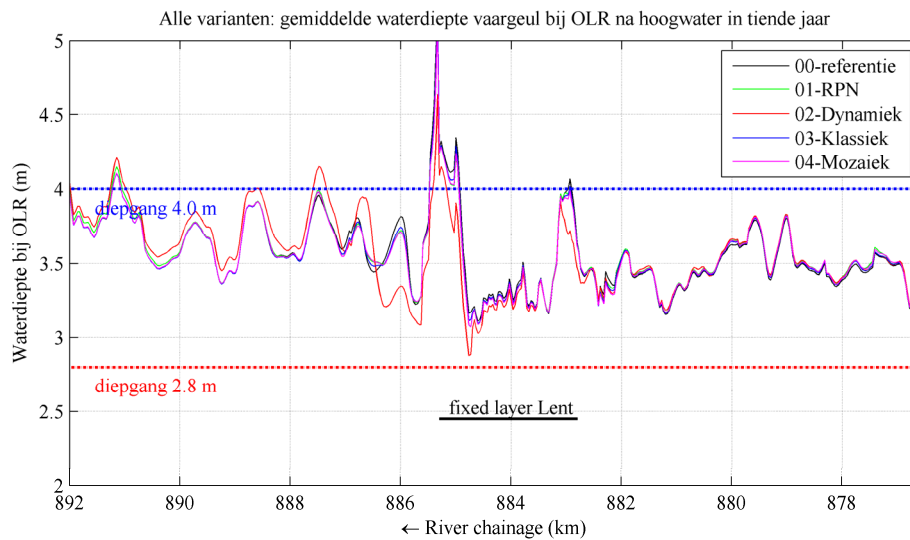
Figuur 5.16: Waterdiepte bij OLR voor variant Dynamiek na 10 jaar morfologische veranderingen (direct na hoogwater)



Figuur 5.17: Dwarsprofielen referentie en varianten (kijkend in benedenstroomse richting) na 10 jaar op verschillende locaties, inclusief vereist vaarbaanprofiel OLR -2,8 m

In figuur 5.18 is voor de referentie en alle varianten, na 10 jaar morfologische ontwikkeling zonder baggerwerk, een toets op het tweede scheepvaartcriterium

uitgevoerd: een minimale gemiddelde vaardiepte van 4,0 m onder OLR. Het blijkt dat ook al in de referentie dit criterium nauwelijks wordt gehaald. De varianten RPN, Klassiek en Mozaïek scoren eigenlijk vergelijkbaar met de referentie. Voor de variant Dynamiek neemt de bevaarbaarheid tussen rkm 882.5 en 887.5 wel duidelijk verder af ten opzichte van de referentiesituatie en de andere varianten. De gemiddelde vaardiepte bij OLR is tot 50 cm kleiner.



Figuur 5.18: Criterium gemiddelde vaardiepte bij OLR na 10 jaar (criterium = 4 m)

6 CONCLUSIES

In onderstaande tabel zijn per morfologiecriterium de belangrijkste conclusies voor de varianten Klassiek, Mozaïek en Dynamiek samengevat.

Beoordeeld aspect	Effect/voorwaarde	Variante	Conclusie
Aanzanding/erosie zomerbed (3.1)	Geen vermindering vaargeul-afmetingen	Klassiek	10-20 cm aanzanding nabij inlaat 10-30 cm op vaste laag 10-15 cm bij rkm 886-887 zeer beperkte vermindering vaargeulafm.
		Mozaïek	10-30 cm aanzanding nabij inlaat 10-30 cm op vaste laag 10-15 cm bij rkm 886-887 beperkte vermindering vaargeulafm.
		Dynamiek	30-60 cm aanzanding nabij inlaat 40-100 cm op vaste laag 30-60 cm bij rkm 886-887 vermindering vaargeulafm. 10-30 cm op traject rkm 885-887
	Beperkte hinder baggeren	Klassiek	Beperkte hinder
		Mozaïek	Beperkte hinder
		Dynamiek	Enige hinder door baggerwerk
Aanzanding/erosie hoogwatergeul (3.2)	Beperkte sedimentatie t.o.v. beheerkosten	Klassiek	5 m lokale aanzanding bij inlaat 1-1,5 m afwisselende erosie en sedimentatie in hoogwatergeul
		Mozaïek	1-1,5 m afwisselende erosie en sedimentatie in hoogwatergeul
		Dynamiek	Tot 3-4 m aanzanding in verbindingsgeul 5 m lokale aanzanding bij inlaat 1-1,5 m afwisselende erosie en sedimentatie in hoogwatergeul

Over de bovenstaande resultaten kan het volgende worden opgemerkt:

- De grote aanzanding bij de inlaat in de variant Klassiek wordt veroorzaakt door erosie van de oever tussen Waal en Lentse strang. Als deze uiterwaardstrook erosiebestendig is (en dat is gezien de stroomsnelheden waarschijnlijk het geval) wordt de grote aanzanding bij de inlaat sterk gereduceerd (vergelijk figuur 5.5 met figuur 5.4).
- De grote morfologische effecten in de variant Dynamiek worden veroorzaakt door het frequent meestromen van de hoogwatergeul en de relatief grote onttrekking van water aan de hoofdgeul. Deze onttrekking van 2-9% (tabel 4.1) bij afvoeren tot 2.700 m³/s op de Waal (circa 4.000 m³/s op de Bovenrijn), zal ook vanuit de scheepvaart ongewenst zijn (verlaging laagwaterstanden in de Waal, zie tabel 4.2). Vermindering van de afvoer door de verbindingsgeul en hoogwatergeul (tot bijvoorbeeld 3% van de Waalafvoer), door bijvoorbeeld knippen van de instroomopeningen, zal de morfologische effecten in hoofd-, verbindings- en hoogwatergeul verminderen, alsmede de effecten op de laagwaterstanden reduceren.
 - Voor alle varianten geldt, dat in het kribvak van de uitstroomopening van de hoogwatergeul naar de Waal, ter hoogte van rkm 886.5, erosie tot ca 2 m diepte

te verwachten is. In de extra opening in de variant Dynamiek, net benedenstrooms van de spoorbrug, wordt erosie tot ca 3 m verwacht. De erosie in beide geulen ontwikkelt zich grotendeels al in de eerste 5 jaren. Het geërodeerde materiaal slaat in de hoofdgeul neer.

- Een eventuele verbindingsgeul tussen Waal en Lentse strang moet goed vorm worden gegeven in combinatie met de meestroomfrequentie en de afvoer door de hoogwatergeul. Anders bestaat de kans op grote aanzanding of erosie in de geul, met bijbehorende baggerkosten of kosten voor bescherming van oevers en constructies.

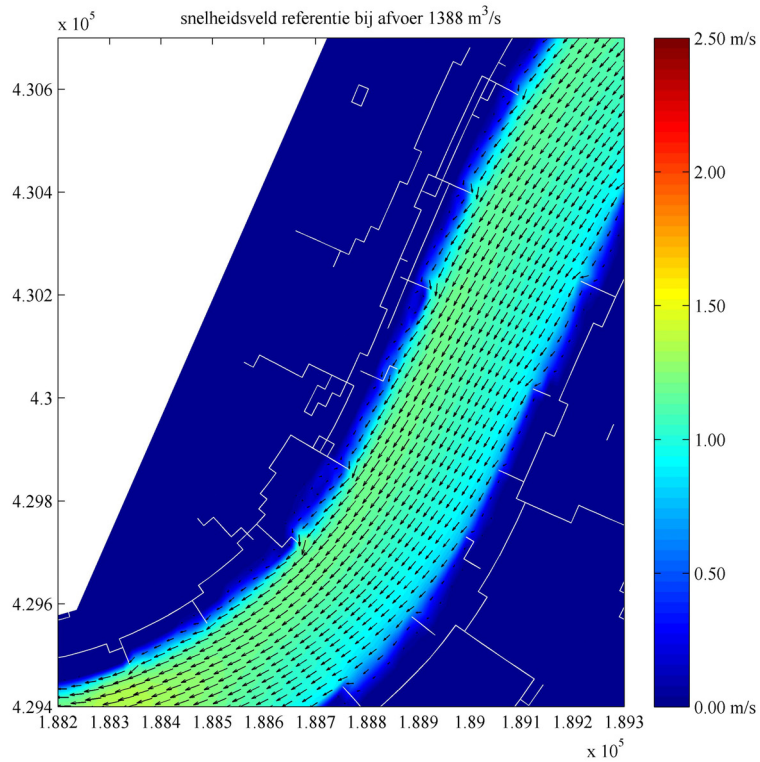
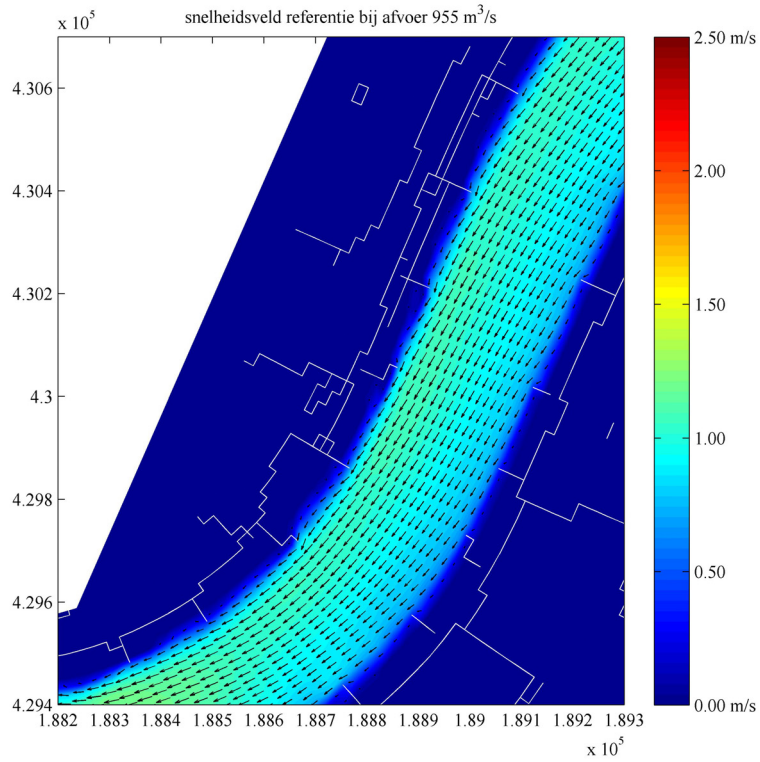
7 REFERENTIES

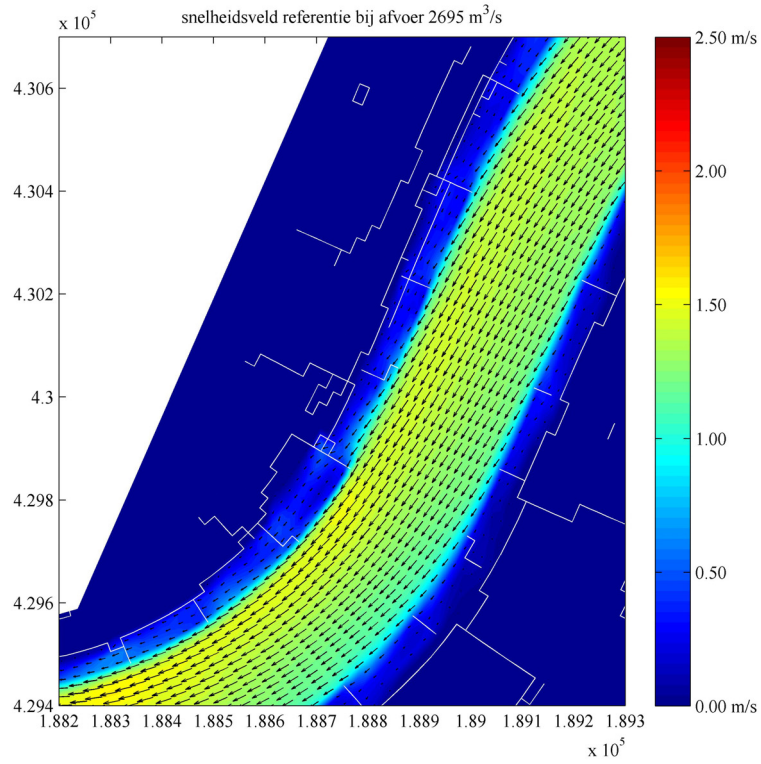
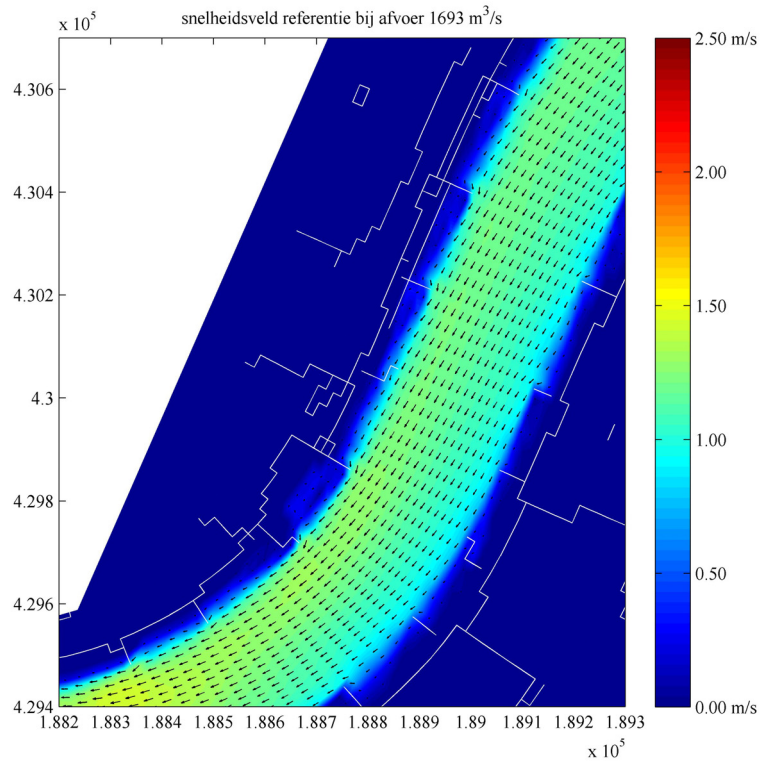
- Deltares (2008): Kwalitatief oordeel Ruimtelijk Plan Dijkteruglegging Lent, 16 juni 2008.
- Gemeente Nijmegen (2007): Ruimtelijk Plan Dijkteruglegging Lent, december 2007.
- Haskoning (2007): Rivierkundige effectbeschrijving Ruimtelijk Plan en ontwerp op Hoofdlijnen, 20 december 2007.
- Haskoning (2009): Projectnota MER dijkteruglegging Lent, Hydraulische effecten varianten. Auteur: W. de Jong, 4 september 2009.
- HKV (2009): Verificatie rapport, Morfologie MER Lent. Auteurs A. Paarlberg en H.J. Barneveld. Eindconcept 15 september 2009.
- RWS ON (2008): Werkwijzer voor beoordelen rivieringrepen Wijze van beoordelen door RWS Oost-Nederland van planstudieproducten Ruimte voor de rivier en overige rivierprojecten. RWS Oost-Nederland, 5 november 2008.
- Sloff, C.J. & Jagers, H.R.A. (2004): 2D morfologische berekeningen Lent. Rapport Q3560.00, januari 2005.

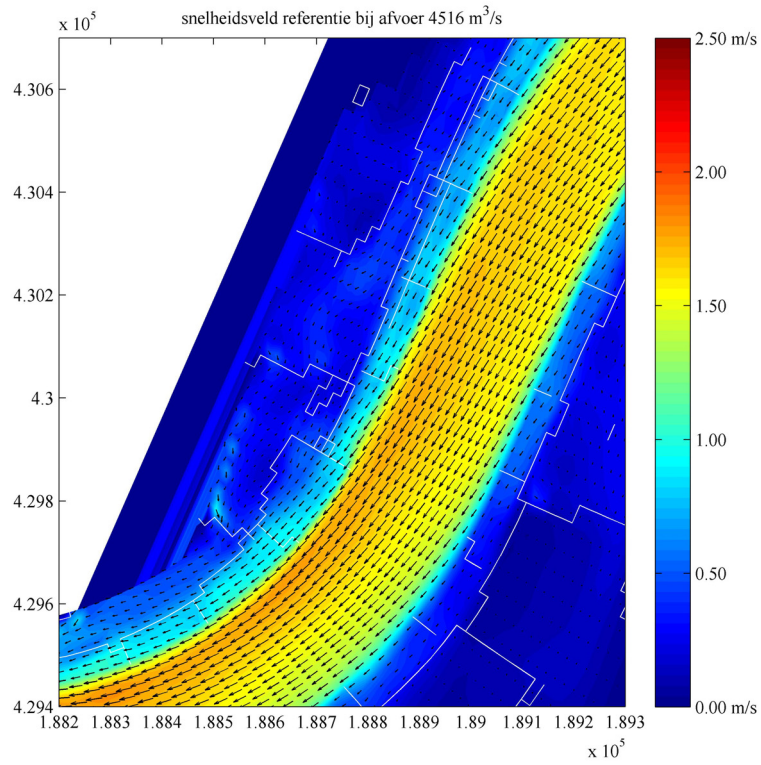


Bijlage 1 Stroombeelden varianten

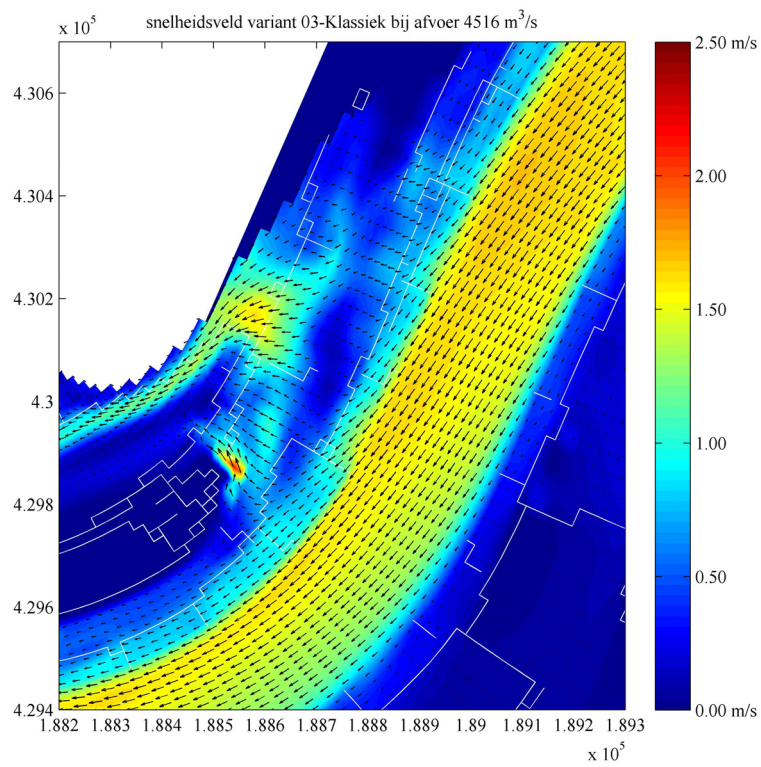
Referentie



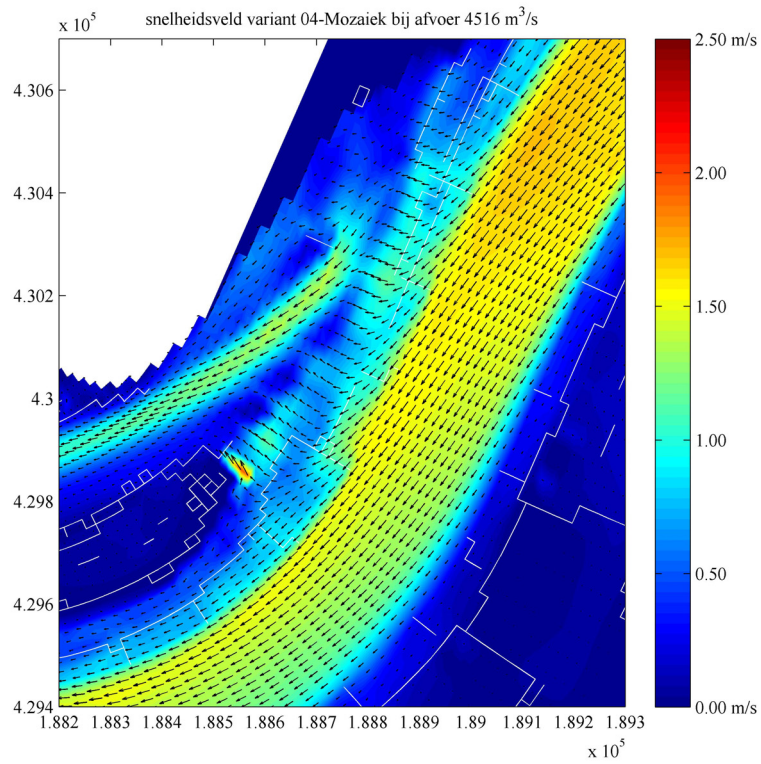




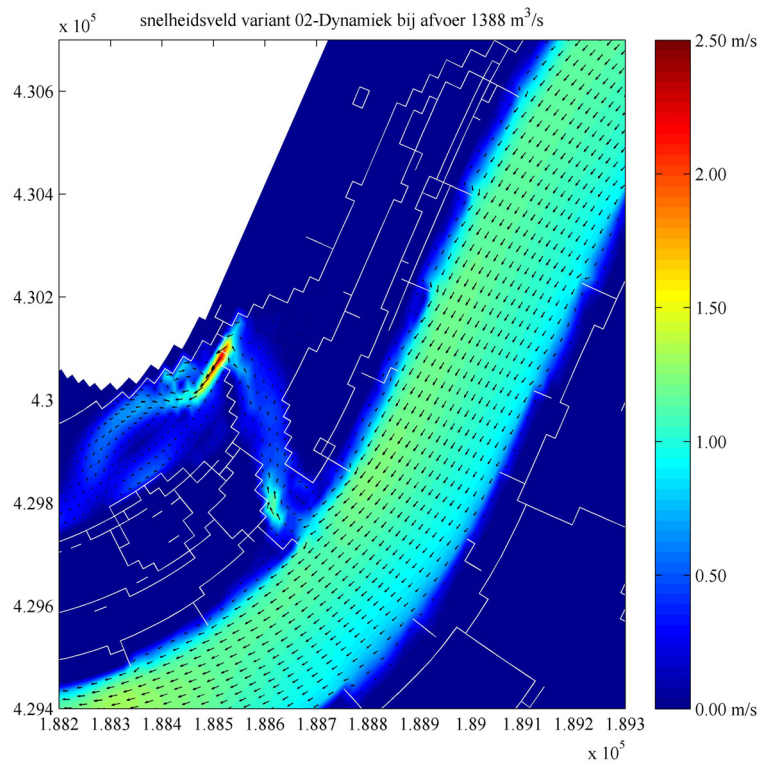
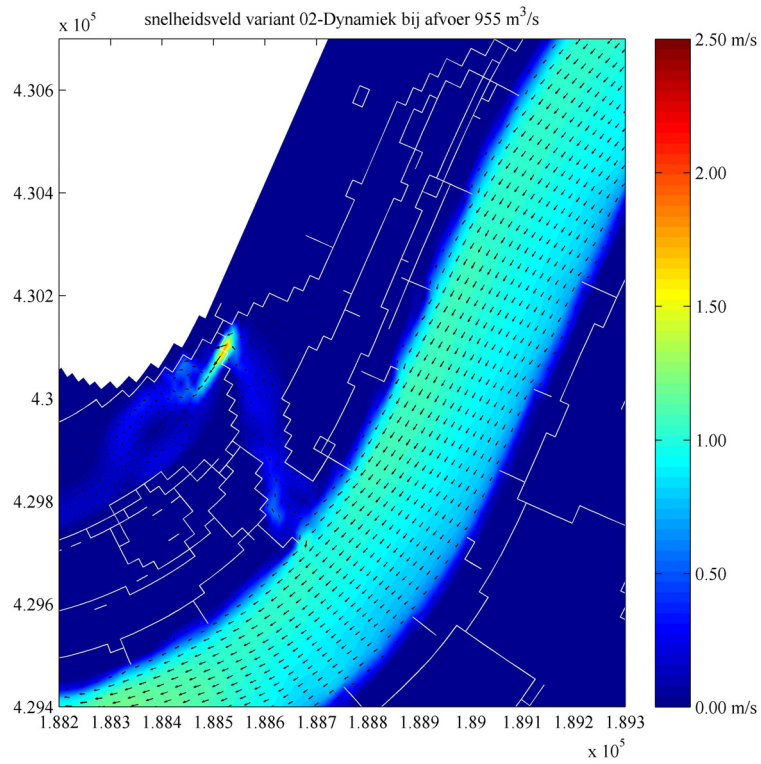
Variant Klassiek

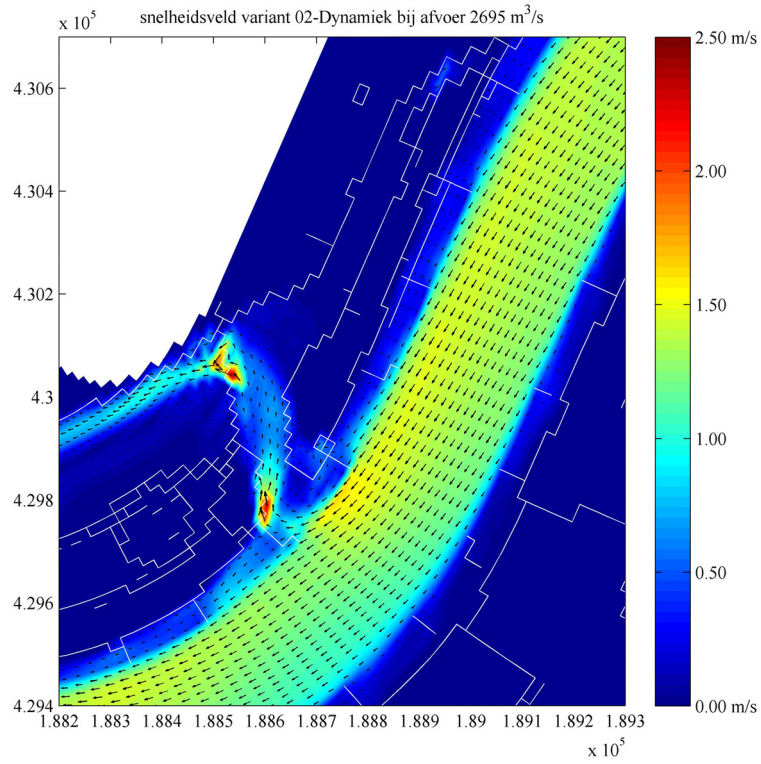
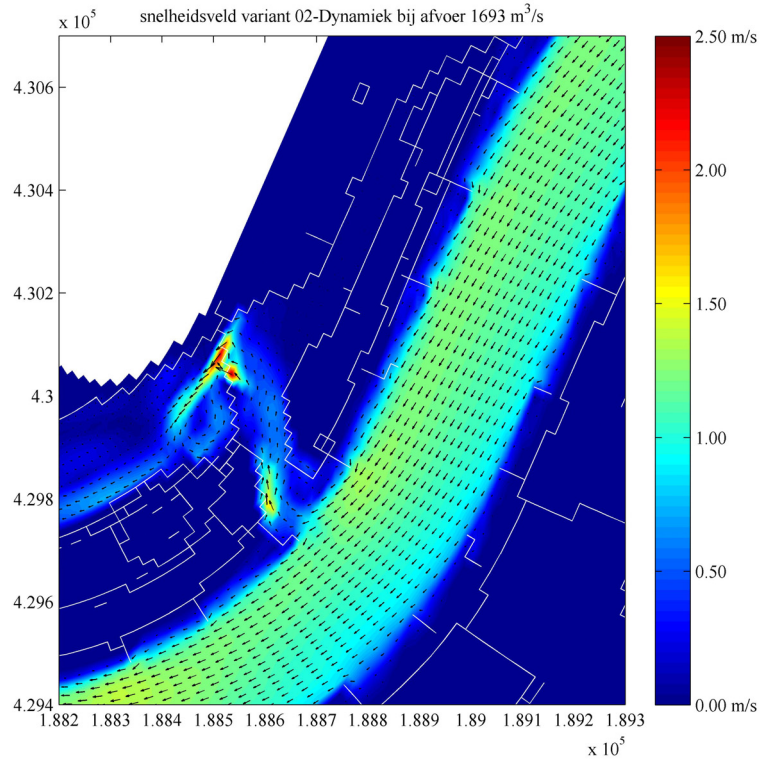


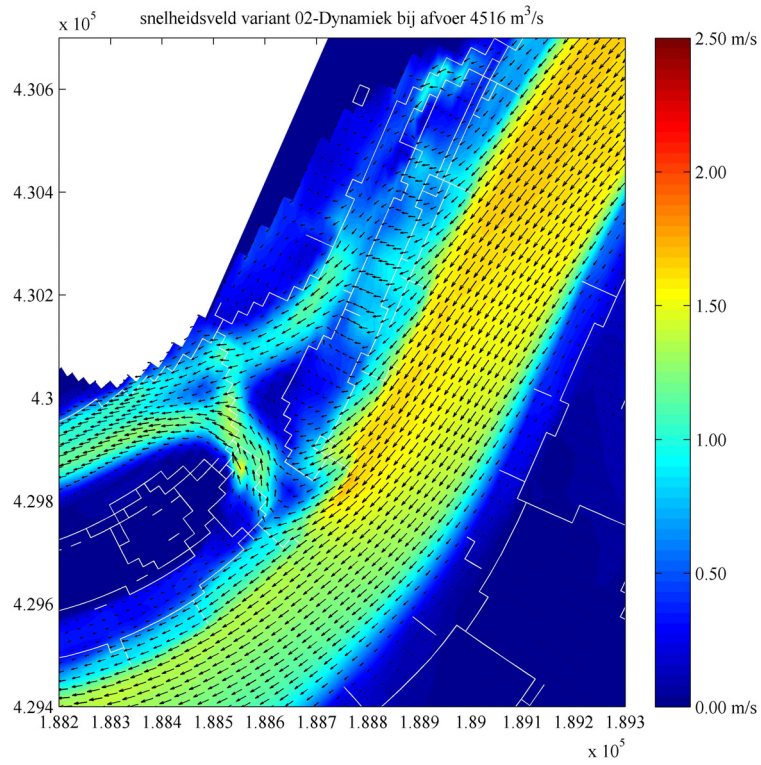
Variant Mozaïek



Variant Dynamiek

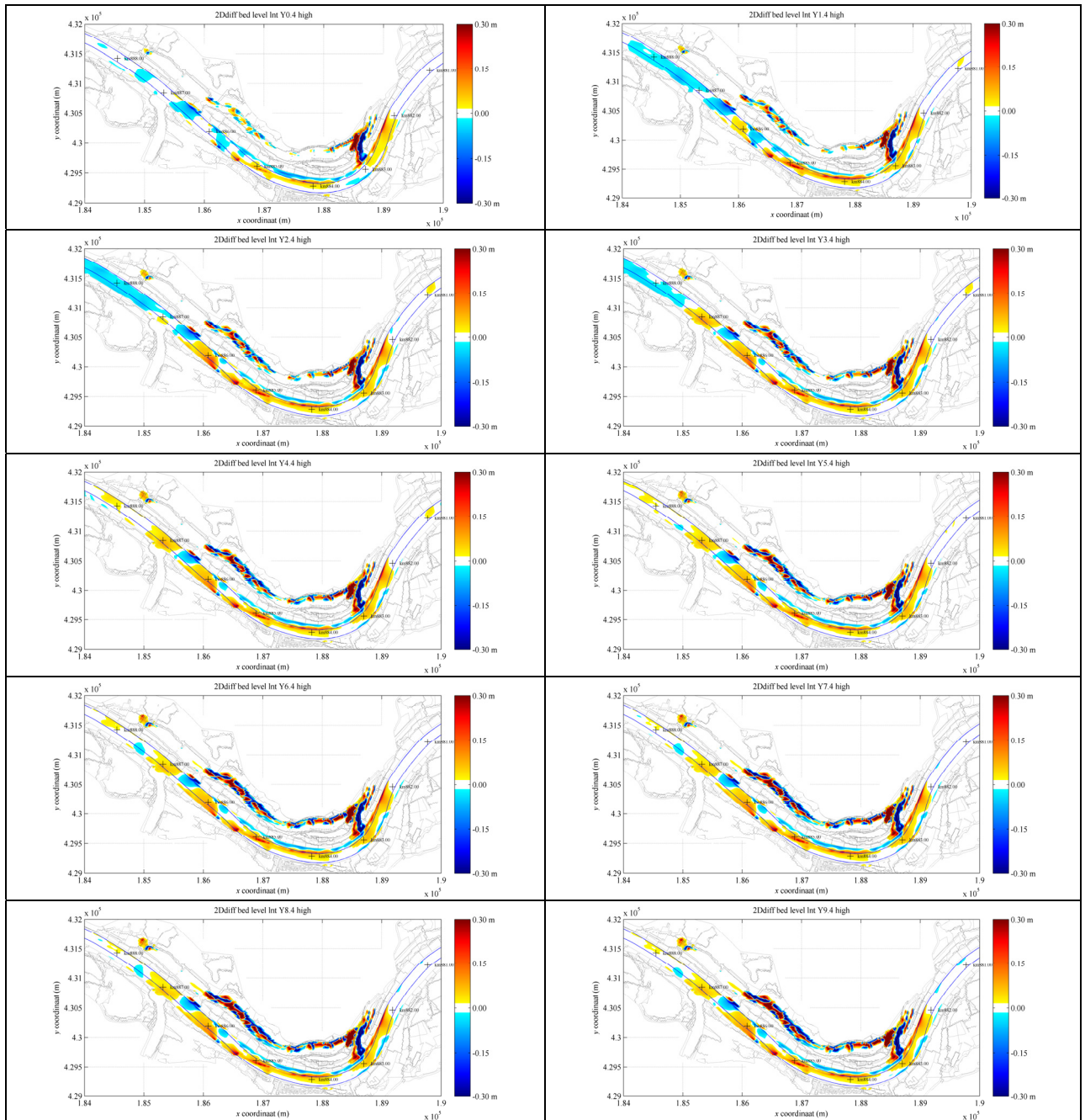






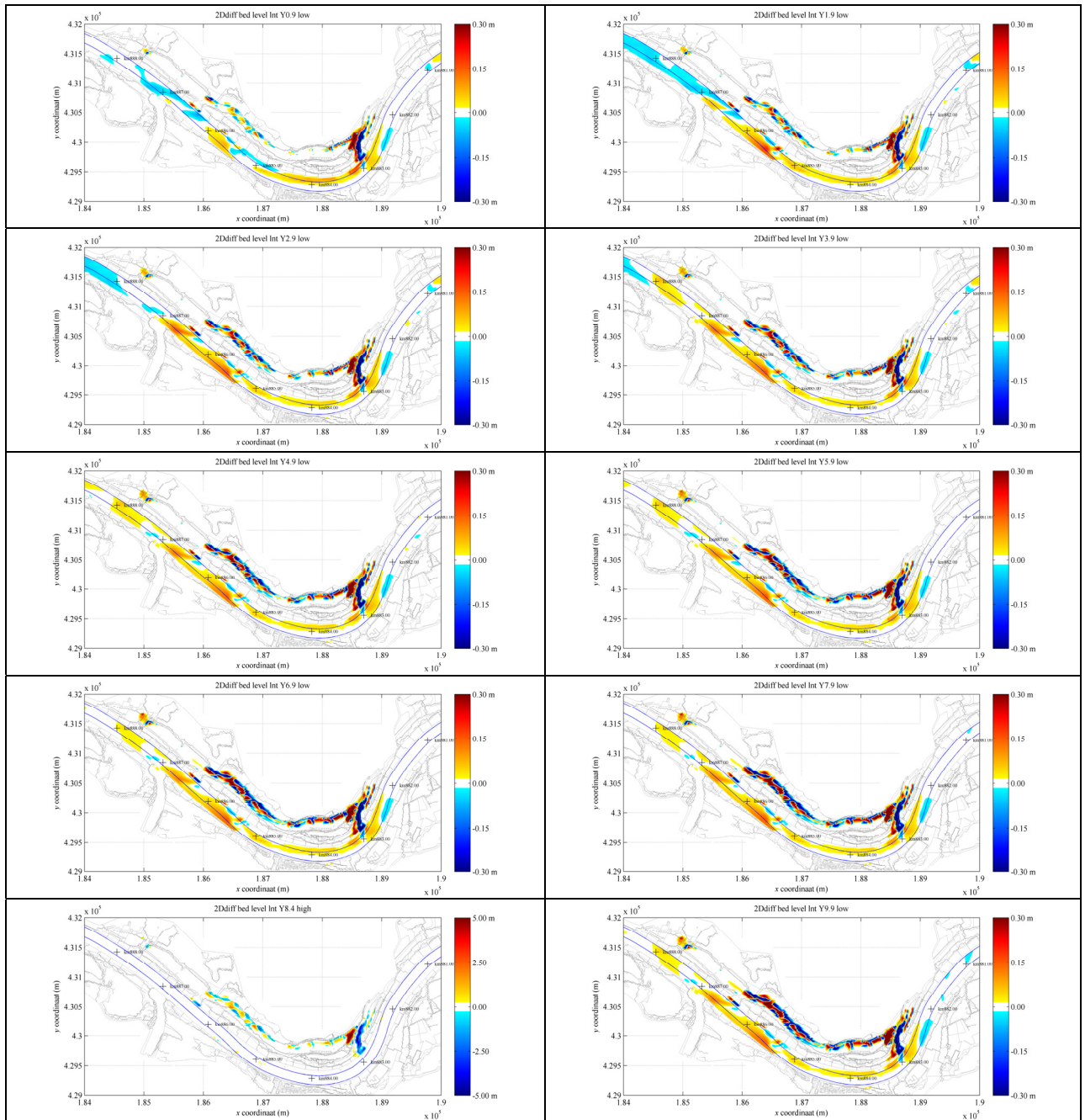
Bijlage 2 Bodemveranderingen variant Klassiek eerste 10 jaar ten opzichte van de referentie

Na hoogwater (erodeerbare oever tussen Waal en Lentse strang)



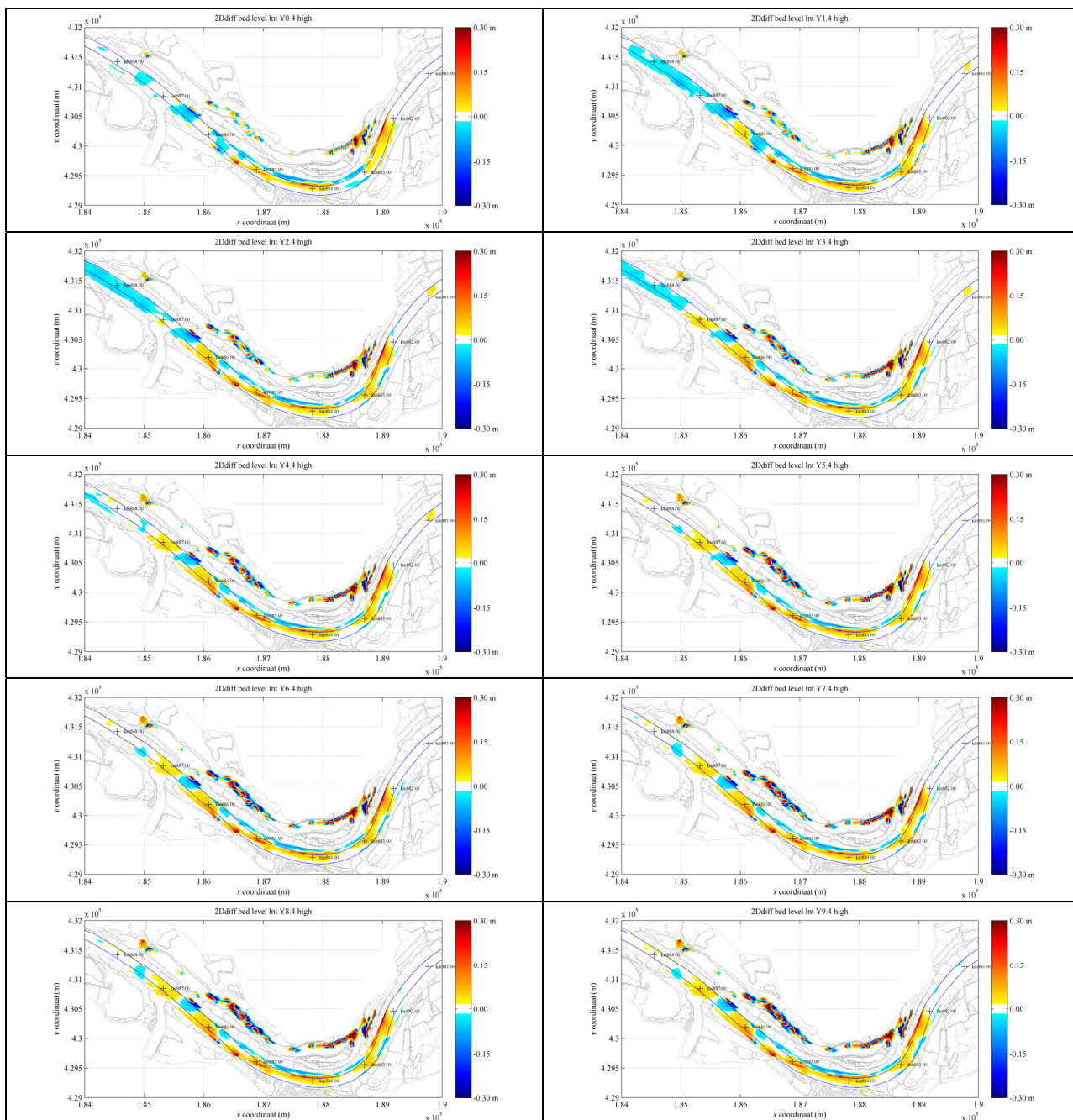
Bodemligging na 1 (linksboven) tot 10 (rechtsonder) hoogwaters

Na laagwater (erodeerbare oever tussen Waal en Lentse strang)



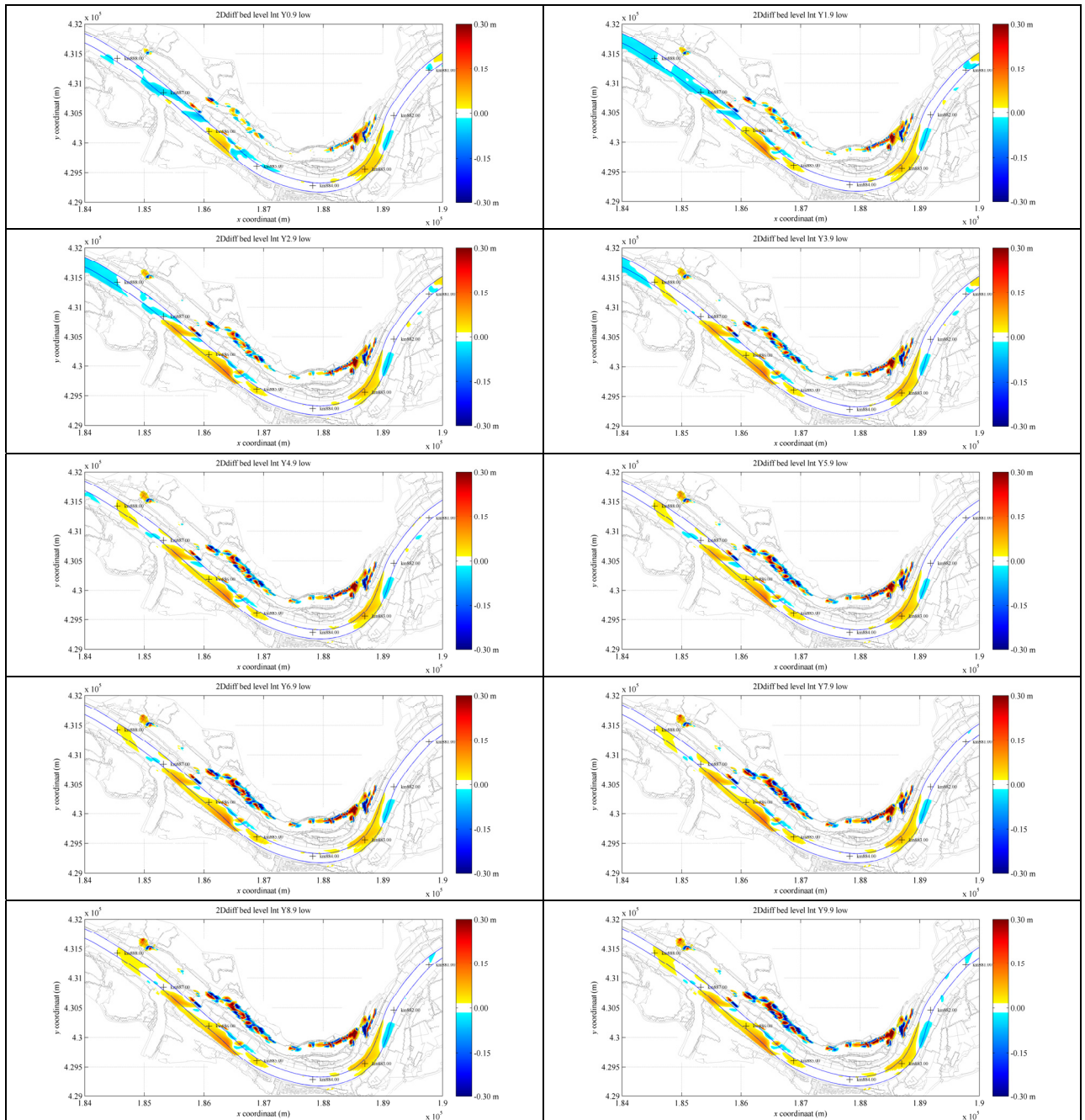
Bodemligging na 1 (linksboven) tot 10 (rechtsonder) hoogwaters

Na hoogwater (NIET erodeerbare oever tussen Waal en Lentse strang)



Bodemligging na 1 (linksboven) tot 10 (rechtsonder) hoogwaters

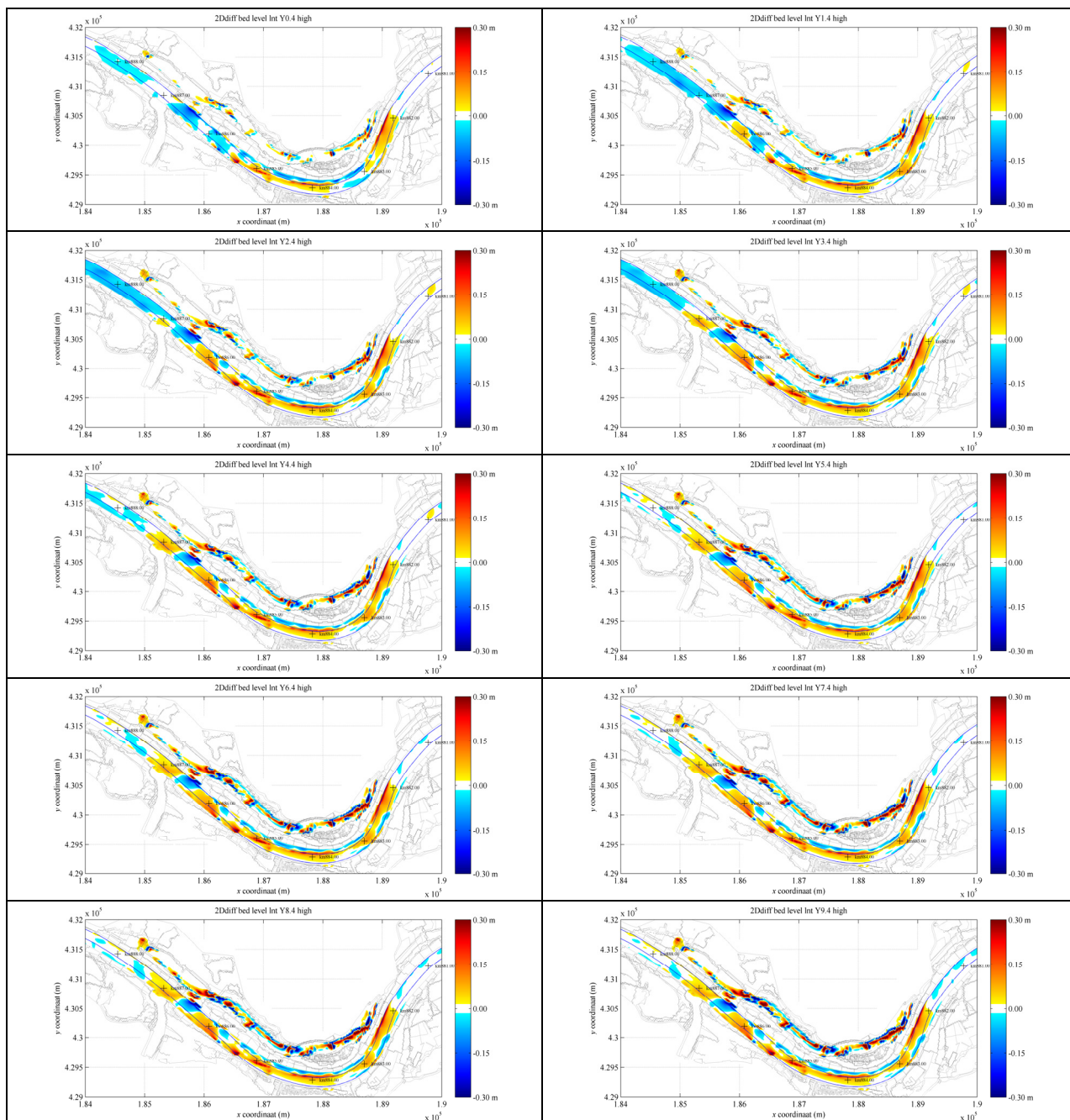
Na laagwater (NIET erodeerbare oever tussen Waal en Lentse strang)



Bodemligging na 1 (linksboven) tot 10 (rechtsonder) hoogwaters

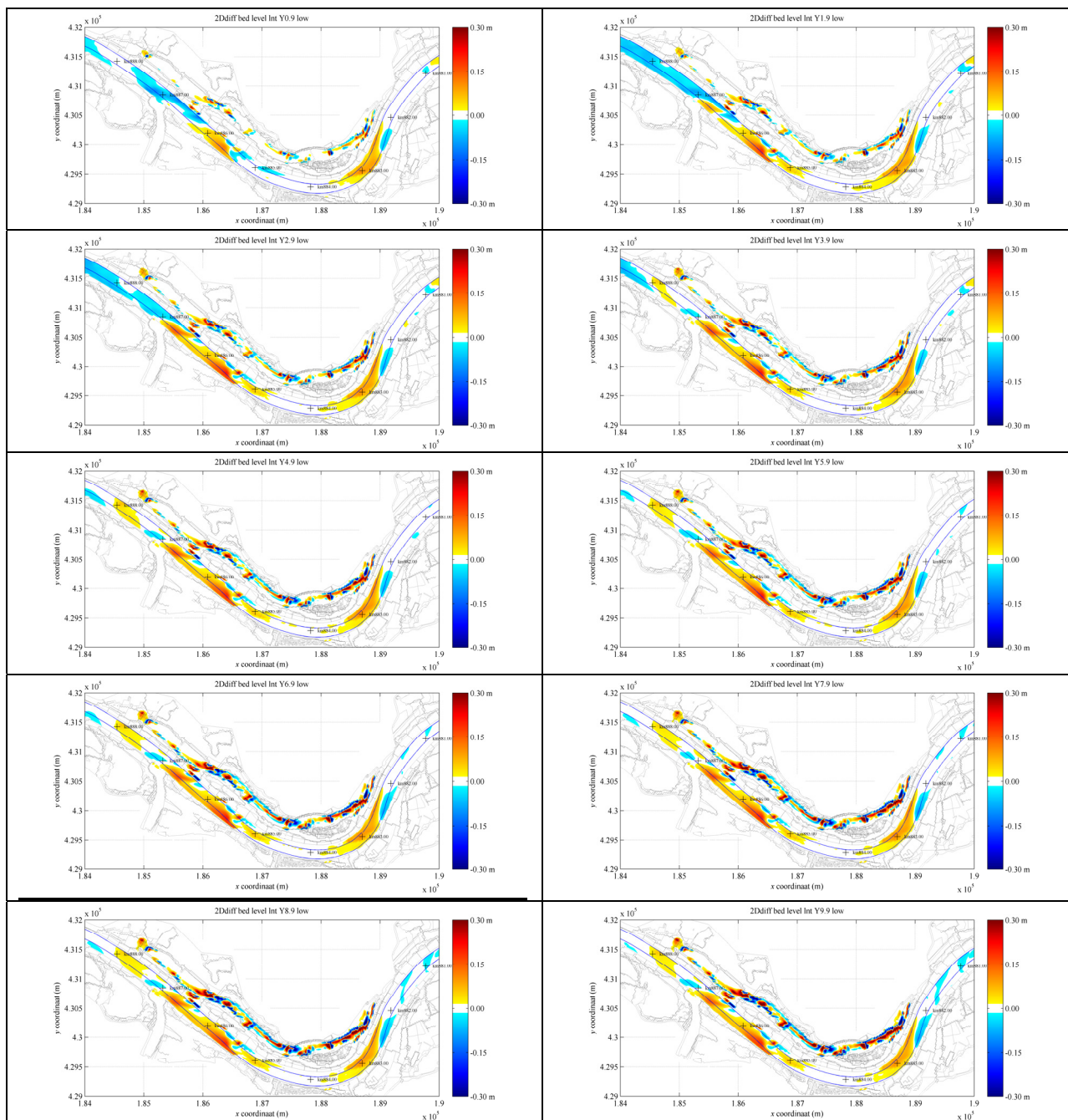
Bijlage 3 Bodemveranderingen variant Mozaïek eerste 10 jaar ten opzichte van de referentie

Na hoogwater



Bodemligging na 1 (linksboven) tot 10 (rechtsonder) hoogwaters

Na laagwater

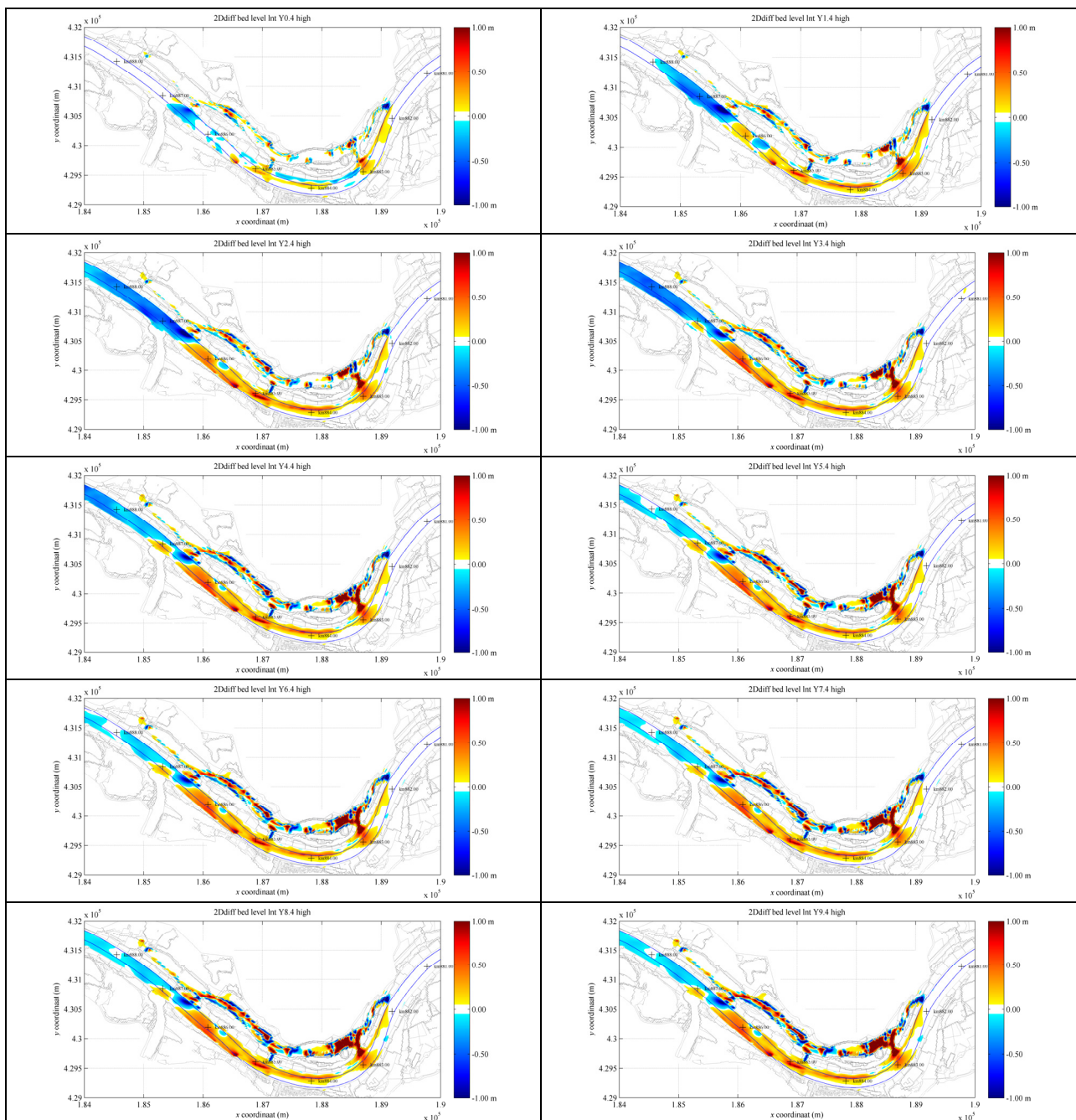


Bodemligging na 1 (linksboven) tot 10 (rechtsonder) hoogwaters

Bijlage 4

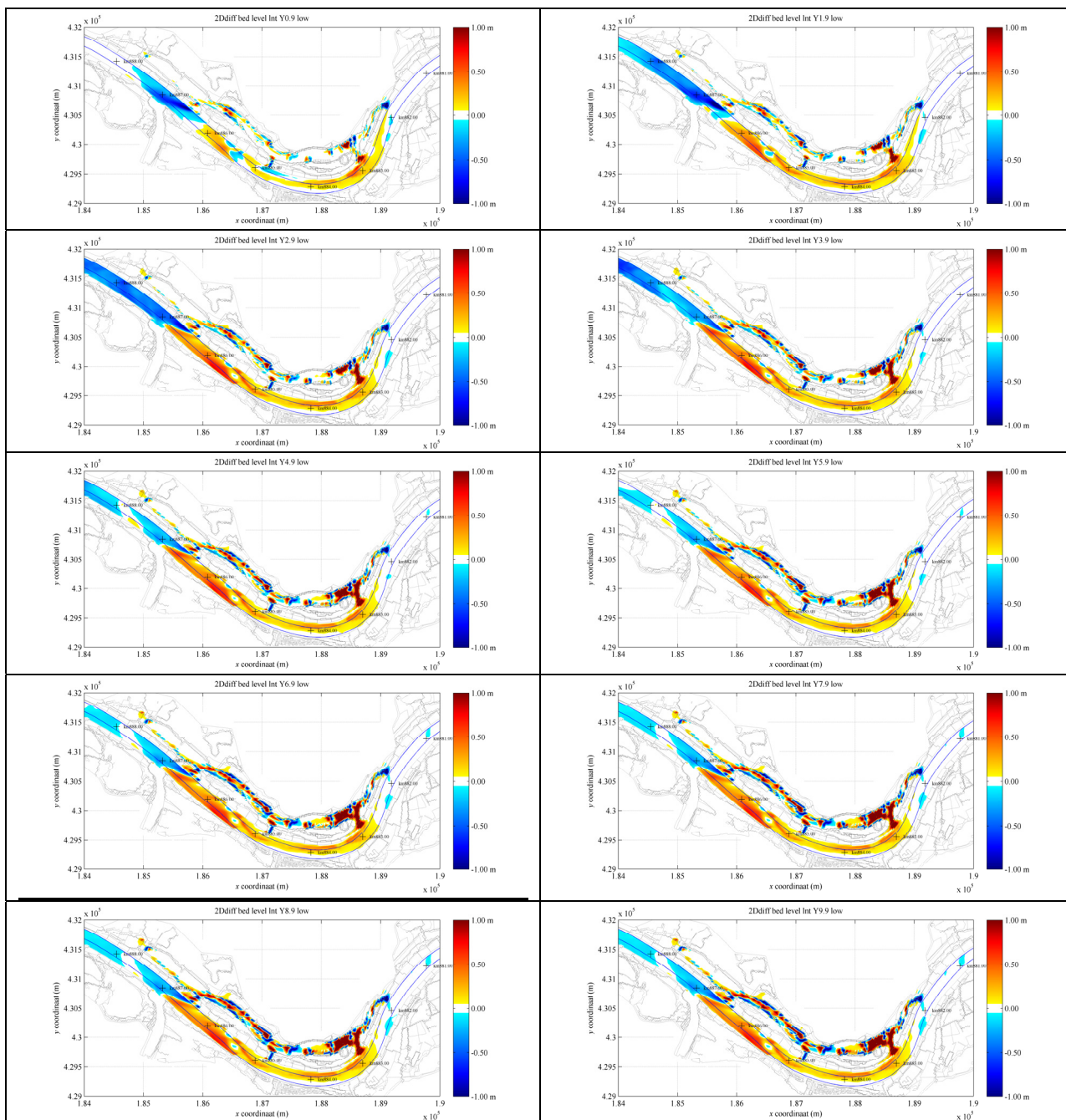
Bodemveranderingen variant Dynamiek eerste 10 jaar ten opzichte van de referentie

Na hoogwater



Bodemligging na 1 (linksboven) tot 10 (rechtsonder) hoogwaters

Na laagwater



Bodemligging na 1 (linksboven) tot 10 (rechtsonder) hoogwaters