

# KRW3 Inrichtingsplan Fort de Blauwe Sluis

Rivierkundige berekeningen

Anneke de Joode  
rivierkundig advies



**Document:** rapportage\_hydraulica\_KRW3\_blauwesluis\_20140505.doc

**Documentstatus:** Concept

**Project:** KRW 3 Maas

**Deelproject:** Inrichtingsplan Fort de Blauwe Sluis

**Opdrachtgever :** Grontmij Nederland B.V.

**Datum:** 5 mei 2014

	Naam	Paraaf	Datum
<b>Opgesteld</b>	A. de Joode (Rivierkundig Advies)		5-5-2014
<b>Goedgekeurd</b>	R. Raaijmakers (Grontmij Nederland B.V.)		5-5-2014

# Inhoud

<b>Inhoud .....</b>	<b>3</b>
<b>1    Inleiding .....</b>	<b>4</b>
<b>2    De ingreep .....</b>	<b>5</b>
<b>3    Schematisaties en simulaties .....</b>	<b>8</b>
<b>4    Resultaten, toets aan de criteria .....</b>	<b>10</b>
4.1 <i>Hinder of Veiligheid tegen overstromen .....</i>	<i>10</i>
4.2 <i>Schade aan andere functies .....</i>	<i>11</i>
4.3 <i>Bodemligging en morfologie .....</i>	<i>13</i>
<b>5    Conclusie .....</b>	<b>15</b>
<b>6    Referenties .....</b>	<b>16</b>
<i>Bijlage 1: Maatregel_lijst voor de aangepaste referentie KRW3_00 .....</i>	<i>17</i>
<i>Bijlage 2a: Absolute waterstand (m) referentie (MB_00) – Q = 4.000 m<sup>3</sup>/s .....</i>	<i>18</i>
<i>Bijlage 2b: Absolute stroomsnelheid (m/s) referentie (MB_00) – Q = 4.000 m<sup>3</sup>/s .....</i>	<i>19</i>
<i>Bijlage 3a: Absolute waterstand (m) Fort de Blauwe Sluis (MB_26) – Q = 4.000 m<sup>3</sup>/s .....</i>	<i>20</i>
<i>Bijlage 3b: Waterstandsverschil (m) Fort de Blauwe Sluis (MB_26) t.o.v. referentie – Q = 4.000 m<sup>3</sup>/s .....</i>	<i>21</i>
<i>Bijlage 3c: Waterstandsverschil (m) &gt; 1mm Fort de Blauwe Sluis (MB_26) t.o.v. referentie – Q = 4.000 m<sup>3</sup>/s .....</i>	<i>22</i>
<i>Bijlage 3d: Absolute stroomsnelheid (m/s) Fort de Blauwe Sluis (MB_26) – Q = 4.000 m<sup>3</sup>/s .....</i>	<i>23</i>
<i>Bijlage 3e: Stroomsnelheidsverschil (m/s) Fort de Blauwe Sluis (MB_26) t.o.v. referentie – Q = 4.000 m<sup>3</sup>/s .....</i>	<i>24</i>

# 1 Inleiding

Fort de Blauwe Sluis is gelegen nabij Gewande langs de Getijdenmaas. In het kader van Kaderrichtlijn Water wordt de uiterwaard bij Fort de Blauwe Sluis heringericht. In het gebied liggen mogelijkheden voor de inrichting van dynamisch zandige rivieroeveren (vrij eroderend), de aanleg van een frequent meestromende oevergeul en het aantakken van voormalige historische uitwateringen. Daarnaast is een uitgangspunt van het inrichtingsplan het weer beleefbaar maken van het voormalige militair werk Fort Blauwe Sluis door middel van een aarden wal en de aanleg van recreatieve voorzieningen [Ref 1].

Op 10 januari 2013 is een voorontwerp inrichtingsplan vastgelegd welke is beschreven in [Ref 1]. Dit voorontwerp vormt de basis voor o.a. het bepalen van de hydraulische effecten. Het project heeft geen rivierkundige doelstelling. Wel dient het project vergunbaar te zijn. Voor de beoordeling van het inrichtingsplan wordt gebruik gemaakt van het Rivierkundig Beoordelingskader (versie 2.01, 1 juli 2009). In dit beoordelingskader zijn de aspecten en beoordelingscriteria opgenomen die onderzocht worden bij een vergunningaanvraag in het kader van de Waterwet.



**Figuur 1 Ligging van de ingreep (Achtergrond Google Maps)**

Op basis van het voorontwerp en de beschrijving [Ref 1] is het inrichtingsplan met behulp van Baseline geschematiseerd ten behoeve van de hydraulische berekeningen met WAQUA. De schematisatie van het voorontwerp is uitgevoerd door Anneke de Joode, Rivierkundig Advies. De hydraulische berekeningen zijn uitgevoerd door Ron Agtersloot van Agtersloot Hydraulisch Advies.

In de rapportage wordt eerst het inrichtingsplan besproken. Vervolgens worden de berekeningsresultaten weergegeven.

## 2 De ingreep

Fort de Blauwe Sluis is gelegen nabij Gewande tussen rkm 213,4 en 214,15 langs de Getijdenmaas. In de huidige situatie is er sprake van een tweetal uitstromen die via een bredere laagte in de uiterwaard bij hogere waterstanden verbonden worden met de rivier. Het oostelijke deel van de uiterwaard en de oeverwal langs het zomerbed zijn hoger gelegen en overstromen eens in de 5 tot 20 jaar.

Het inrichtingsplan bestaat uit een aantal ingrepen. In Figuur 2 is het voorontwerp weergegeven. Met nummers zijn de wijzigingen aangeduid en deze worden hieronder beschreven.



**Figuur 2 Voorontwerp Fort de Blauwe Sluis d.d. 10 januari 2013 [Ref 1]. Nummers geven wijzigingen aan die in de tekst worden beschreven**

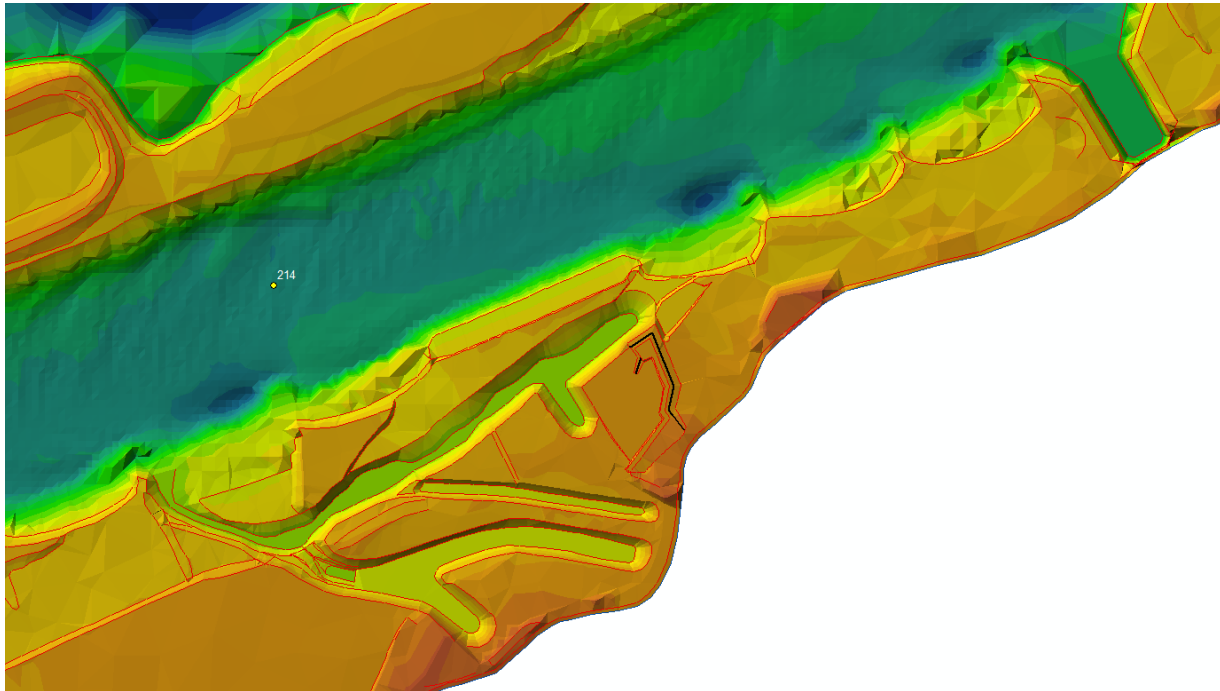
1. Ontwikkeling van een rivierboom-weide. Het terrein krijgt een beheer van natuurlijk grasland (Baseline: ruw\_code 1202) en daarop zijn individuele bomen opgenomen zoals ingetekend op het inrichtingsplan van het voorontwerp.
2. Reconstructie van de voormalige schans. In het voorontwerp is de schans in een bepaalde vorm opgenomen. In een later stadium is het ontwerp van de schans aangepast omdat uit historisch onderzoek bleek dat de schans voorheen anders vormgegeven was. Het aangepaste ontwerp van de schans heeft een maaiveldhoogte van 4,6 m+NAP. Het maaiveld van de schans loopt steil af naar de omliggende geulen. Hierdoor ontstaat een hoogteverschil van de bovenkant van het maaiveld van de schans tot op de bodem van de geulen (-0,5 m+NAP) van ruim 5 m. Aan de oostzijde ligt een wal met een kruinhoogte van 6 m+NAP.
3. Bouw van de dijkpijl Blauwe Sluis. In het oorspronkelijke voorontwerp was een dijkpijl opgenomen die liep vanaf de aarden wal naar het zomerbed. In een later stadium bleek dat deze dijkpijl niet vergunbaar is binnen de beleidslijn ruimte voor de rivier en om die reden is dit onderdeel uit het ontwerp gehaald en is dan ook niet opgenomen in de modellering.

4. Aanleg van een dynamische oever- en getijdengeul. Het nieuw aan te leggen geulenpatroon is overgenomen uit het inrichtingsplan en bestaat uit een geul van ongeveer 300 meter lang die parallel aan het zomerbed ligt en aan benedenstroomse zijde een permanente verbinding heeft met de rivier. De bodemligging van de geul en de benedenstroomse aantakking heeft een hoogte van -0,5 m+NAP en staat daarmee onder normale omstandigheden onder water. Aan bovenstroomse zijde wordt de oeverzone verlaagd waardoor sprake is van een zandige instroomdrempel met een hoogte van 2,0 m+NAP. Hierdoor stroomt de geul jaarlijks ongeveer 1 tot 3 weken mee met de rivier. De oeverzone gelegen tussen de nieuwe geul en het zomerbed wordt verlaagd door de kleiige toplaag van ongeveer 0,5 meter af te graven tot aan de zandige ondergrond. Deze verlaagde oeverwal zal enkele dagen per jaar overstromen tijdens welke zandige afzettingen verwacht kunnen worden.
5. Aanleg van natuurlijke Maasoevers. Over een afstand van 165 meter wordt een vrij erodeerbare oever aangelegd door het verwijderen van stortsteen boven een hoogte van 0,6 m+NAP. In aanleg ziet deze oever er anders uit dan na enkele jaren van oevererosie. In de uiteindelijke situatie waarbij maximale oevererosie is opgetreden ligt de grens van oevererosie 18 meter landinwaarts. Het profiel van de geërodeerde oever heeft een helling van 1:20 en heeft bij de grens van maximale oevererosie een steilrand naar huidig maaiveld.
6. Aanpassen van de oude uitstromen. De zuidelijke tak van de bestaande uitstromen wordt met een ondiepe drempel op een hoogte van 0,4 m+NAP verbonden met de nieuwe getijdengeul. De noordelijke tak wordt niet aangekoppeld en blijft gesioleerd.
7. Integraal begrazingsbeheer. Behalve de natte delen (strang en plassen) met aan de randen rietmoeras (Baseline: ruw\_code 1804), is in het overige aangepaste gebied uitgegaan van een beheer van natuurlijk gras-/hooiland (ruw\_code 1202) (zie Figuur 4). Daarnaast is op enkele plekken zachthout ooibos opgenomen (ruw\_code 1245). Ter plaatse van de natuurvriendelijke oever wordt uitgegaan van een beheer van natuurlijk grasland en 2% struweel (ruw\_code 1872).

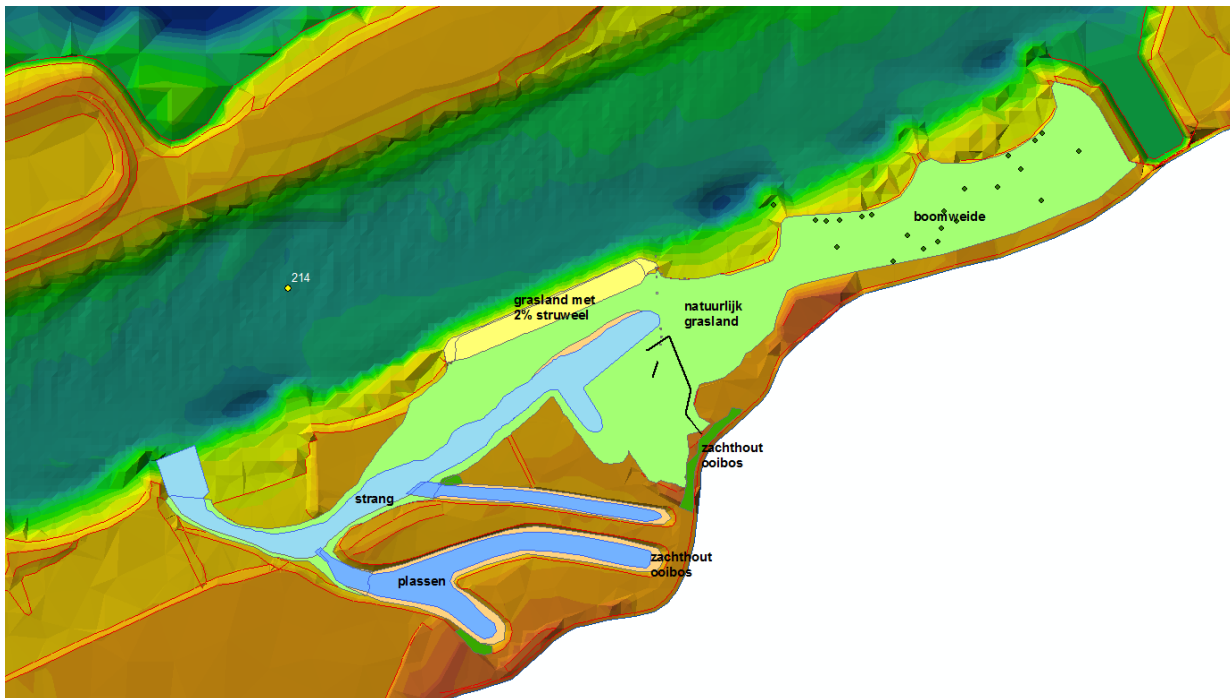
Ten opzichte van bovenstaande ontwerpuitgangspunten is bij het modelleren van het ontwerp op een punt afgeweken:

- Ad 6. Bij de modellering van de aansluiting van de zuidelijke tak bleek de bodemligging in het huidige referentiemodel hoger te liggen dan in het ontwerp is aangenomen. Hierdoor sluiten de hoogten uit het ontwerp niet goed aan op de hoogten in het referentiemodel. Omdat er verder geen gegevens beschikbaar zijn over welke hoogte juist is, is in de modellering de situatie uit het referentiemodel ongewijzigd gebleven en is het ontwerp er zo goed als mogelijk op aangesloten.

In onderstaande figuren zijn de bodemligging en vegetatiesituatie van het inrichtingsplan inclusief de aanpassing van de schans zoals opgenomen in de definitieve Baseline-schematisatie weergegeven.



Figuur 3 Bodemligging Baseline-schematisatie ingreep Fort de Blauwe Sluis (KRW3\_22). Zwarte lijnen geven de kaden weer.



Figuur 4 Gewijzigde vegetatie Baseline-schematisatie ingreep Fort de Blauwe Sluis (KRW3\_22)



### 3 Schematisaties en simulaties

Voor het bepalen van hydraulische effecten van ingrepen in de rivier wordt gebruik gemaakt van het rekenmodel WAQUA. De geometrie en ruwheden waarop het WAQUA-model is gebaseerd is opgenomen in een ruimtelijke/geografische database (Baseline). De standaard database, ook wel Baseline-schematisatie genoemd, is de HR2006\_4. Voor dit project is een geactualiseerde Baseline-schematisatie gemaakt die de situatie na Maaswerken beschrijft [Ref 2]. Deze geactualiseerde Baseline-schematisatie heeft de naam KRW3\_00 en is de referentie voor het bepalen van de hydraulische effecten. In bijlage 1 is de maatregel\_lijst van KRW3\_00 opgenomen waarin alle actualisaties en aanpassingen beschreven staan.

De geografische data worden voor het doorrekenen met WAQUA op een WAQUA-rooster geprojecteerd. Voor dit project is het standaard WAQUA-rooster voor de Maas (maas40m\_1a.rgf) twee keer verfijnd. Dit verfijnde rooster heet maas20m\_1a.rgf. Met dit verfijnde rooster zijn de ingrepen langs de oever (o.a. natuurvriendelijke oevers) als onderdeel van KRW3 Maas beter te beoordelen.

Door deze referentie situatie (KRW\_00) door te rekenen met WAQUA worden waterstanden bepaald, die als referentiewaterstanden dienen voor het bepalen van de effecten van het inrichtingsplan.

Het voorontwerp van Fort de Blauwe Sluis is geschematiseerd in de vorm van een Baseline-maatregel en deze is opgenomen in de geactualiseerde referentie. Op deze manier ontstaat er een Baseline-variant (KRW3\_14) waarmee een WAQUA-berekening is uitgevoerd. Naderhand is het ontwerp van de schans aangepast en deze is opgenomen in een aangepaste Baseline-variant (KRW3\_20). Op verzoek van het waterschap is o.a. de geul direct benedenstrooms van de schans korter gemaakt zodat deze buiten de beschermingszone van de bandijk valt (KRW3\_22). In een later stadium zijn ook de pijlers van de dijkpier verwijderd uit de modellering omdat de dijkpier niet vergunbaar bleek te zijn. De resultaten zijn beschreven in hoofdstuk 4.

Tabel 1 geeft een overzicht van de gemaakte Baseline-maatregelen, varianten en WAQUA-simulaties. Voor de Baseline varianten geldt dus dat KRW3\_00 als basis heeft gediend.

Vanwege de omvang van het totale WAQUA-model van de Maas met verfijnd rooster en de lange rekentijden die daarmee gepaard gaan, is voor Fort de Blauwe Sluis gerekend met een WAQUA-deelmodel dat alleen het benedenstroomse deel van de Maas bevat. De resultaten van dit deelmodel wijken niet af van de resultaten van het totale model voor de Maas.

**Tabel 1 Overzicht van de uitgevoerde Baseline-maatregelen en WAQUA-simulaties**

Omschrijving	Baseline maatregel	Baseline variant	WAQUA-code
Referentie	-	HR2006_4	-
<b>Geactualiseerde referentie</b>	<b>Divers (bijlage1)</b>	<b>KRW3_00</b>	<b>MB_00</b>
Blauwe Sluis – voorontwerp	ma_krw3blw_a1	KRW3_14	MB_14
Blauwe Sluis – voorontwerp met aangepast ontwerp schans	ma_krw3blw_a2	KRW3_20	MB_20



Omschrijving	Baseline maatregel	Baseline variant	WAQUA-code
Blauwe Sluis – voorontwerp met aangepast ontwerp geul (waterschap)	ma_krw3blw_a3	KRW3_22	MB_22
<b>Blauwe Sluis – voorontwerp met aangepast ontwerp geul (waterschap)</b>	<b>ma_krw3blw_a4</b>	<b>KRW3_26</b>	<b>MB_26</b>

De Baseline werkzaamheden zijn uitgevoerd met Baseline 4.03. Vanwege het verfijnde rooster is het aantal roostercellen groter dan 9.999. De standaard baswaq versie (omzetten van gis-bestanden op het WAQUA-rooster) binnen Baseline 4.03 kan hiermee niet overweg. Daartoe is een nieuwe baswaq-versie (1.4115) gebruikt voor de conversie naar WAQUA.

De simulaties zijn uitgevoerd op het rekencluster van Agtersloot Hydraulisch Advies.

Hierbij gelden de volgende uitgangspunten:

SIMONA                      2005-02  
Randvoorwaarden       $Q = 4.000 \text{ m}^3/\text{s}$   
WAQUA-model            deelmodel, maas20m\_1a.rgf

## 4 Resultaten, toets aan de criteria

Voor het beoordelen van de ingreep wordt gebruik gemaakt van het Rivierkundig Beoordelingskader (versie 2.01, 1 juli 2009). In dit beoordelingskader zijn de aspecten en beoordelingscriteria opgenomen die onderzocht worden bij een vergunningaanvraag. Er wordt gekeken naar:

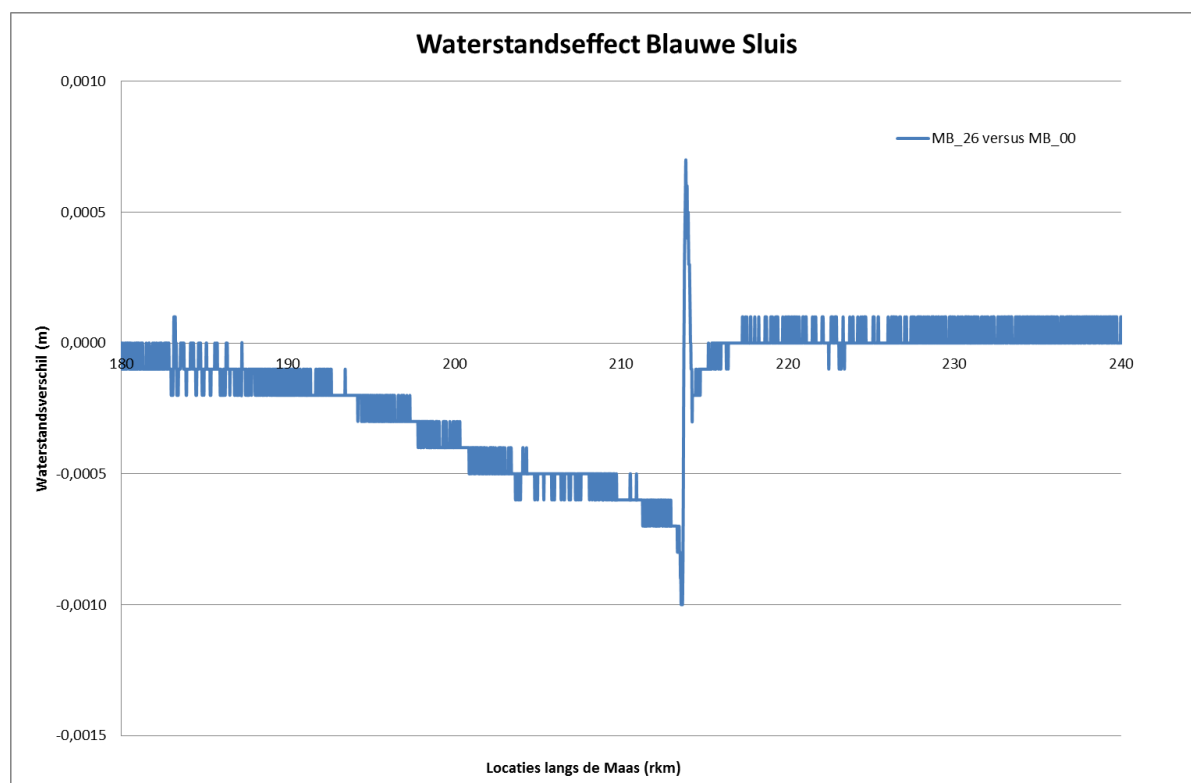
1. Hinder of veiligheid tegen overstromen
2. Schade aan andere functies
3. Bodemligging en morfologie

De bijbehorende aspecten worden hieronder beschreven op basis van de beschikbare berekeningsresultaten. Omdat het projectgebied op het traject van de bedijkte Maas ligt zijn de berekeningen alleen uitgevoerd voor een maatgevende afvoer, die correspondeert met een situatie die 1 keer in de 1250 jaar voor komt. De afvoer bedraagt 4.000 m<sup>3</sup>/s.

### 4.1 Hinder of Veiligheid tegen overstromen

- 1) Effect op de maatgevende hoogwaterstand op de as van de rivier

In Figuur 5 is het waterstandseffect van het inrichtingsplan op de as van de rivier weergegeven ten opzichte van de aangepaste referentie (KRW3\_00/MB\_00). In de grafiek is het effect bij een afvoer van 1/1250 (4.000 m<sup>3</sup>/s) weergegeven.



Figuur 5 Grafiek met waterstandseffect (m) op de as van de Maas (rkm) (afvoer 1/1250)

Uit de grafiek blijkt dat het waterstandseffect bij een afvoer van op rkm 213.6 op de Maas -1 mm bedraagt. Het maximaal waterstand verhogend effect op de as van de rivier treedt op op rkm 213.9 en is 0,7 mm groot.

In het rivierkundig beoordelingskader is de norm voor het effect op de maatgevende hoogwaterstand op de as van de rivier 1 mm opstuwing. Met een opstuwing van maximaal 0,7 mm wordt voor dit aspect voldaan aan de norm.

## 2) Effect op de maatgevende hoogwaterstand buiten de as van de rivier

Uit het ruimtelijk beeld met waterstandsverschillen (in de kaart van bijlage 3b en 3c) blijkt dat er lokaal in de uiterwaard en langs de bandijk wel sprake is van opstuwing van meer dan 1 mm. Bij een afvoer van 4.000 m<sup>3</sup>/s treedt op de verlaagde oever een opstuwing van 5,3 mm op. Bij de nieuwe uitstroom is dit 5 mm. Ook bij de schans treden hogere waterstanden op. De opstuwing is hier maximaal 7 mm. Omdat deze lokale opstuwingen plaats vinden op eigen terrein en geen nadelige gevolgen hebben voor derden is dit geen bezwaar.

De opstuwing bij de voormalige schans zet door tot aan de bandijk en is daar nog in de orde van 1,5 mm met een lokale uitschieter naar 2,2 tot 2,6 mm over een lengte van 40 meter. De opstuwing van meer dan 1 mm treedt op langs de bandijk over een lengte van ongeveer 350 meter. In overleg met het waterschap zal bepaald moeten worden of dit een bezwaar is.

Als laatste treedt er een opstuwing op bij het hoger gelegen terrein (met gebouwen) net benedenstrooms van het projectgebied (en de bestaande zuidelijke uitstroom). Deze opstuwing bedraagt 2 mm. Er wordt vanuit gegaan dat het hier gaat om een terrein van derden. Uit een berekening met een afvoeren van 3.435 m<sup>3</sup>/s die in een eerder stadium is uitgevoerd blijkt dat het hoger gelegen terrein ook bij die afvoer al onder water staat (de waterdiepte ter plaatse van het hoger gelegen terrein en de locaties van de opstuwing bedraagt 0,82 tot 2,08 m), wordt er vanuit gegaan dat de opstuwing van enkele millimeters onder maatgevende condities geen grote nadelige gevolgen heeft.

## 4.2 Schade aan andere functies

### 1) Waterstanden en/of inundatiefrequentie van de uiterwaard

In de huidige situatie zijn de uiterwaarden rondom de Blauwe Sluis relatief hoog gelegen. Uitgezonderd de huidige uitstroomgeulen stroomt de uiterwaard ongeveer 1 keer in de 5 tot 20 jaar mee (betrekkingslijnen 2010). Door het aanleggen van de getijdengeul gaat het gebied vaker mee stromen. Via de benedenstroomse aantakking is er een permanente verbinding. De bovenstroomse drempel zorgt er voor dat de geul ongeveer 1 tot 3 weken per jaar mee zal stromen. Ook de oeverwal tussen de nieuwe getijdengeul en het zomerbed wordt gemiddeld met een halve meter verlaagd en zal daardoor bij hoogwater eerder kunnen overstromen.

### 2) Stroombeeld in de uiterwaard

In het stroombeeld (zie bijlage 3e) is zichtbaar dat in de uiterwaard in het algemeen sprake is van een beperkte afname van de stroomsnelheden. Net benedenstrooms van de schans treedt een grotere afname van de stroomsnelheden op in de orde van 0,3 m/s. Bij de instroomdrempel neemt de snelheid iets toe met 0,06 m/s net als bij de oever langs het zomerbed en de verlaagde oeverwal. Hier bedraagt de snelheidstoename maximaal 0,09 m/s. In de uitstroom neemt de snelheid af met maximaal 0,07 m/s ten opzichte van de huidige situatie wat kan leiden tot beperkte aanzanding in de monding van de geul.

Uitgezonderd de snelheidsafname van 0,3 m/s net benedenstrooms van de schans blijft het stroombeeld in de uiterwaard redelijk vergelijkbaar en zijn er geen nadelige effecten te verwachten.

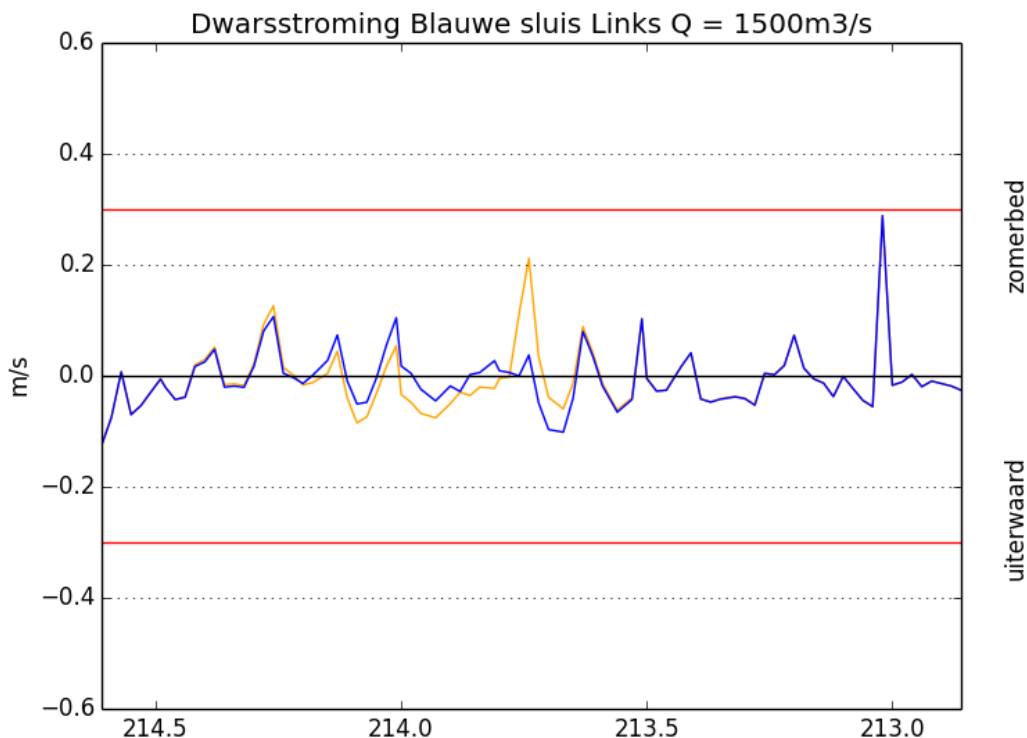
### 3) Stroombeeld in hoofdgeul bij de aan- en aftakking van nevengeul

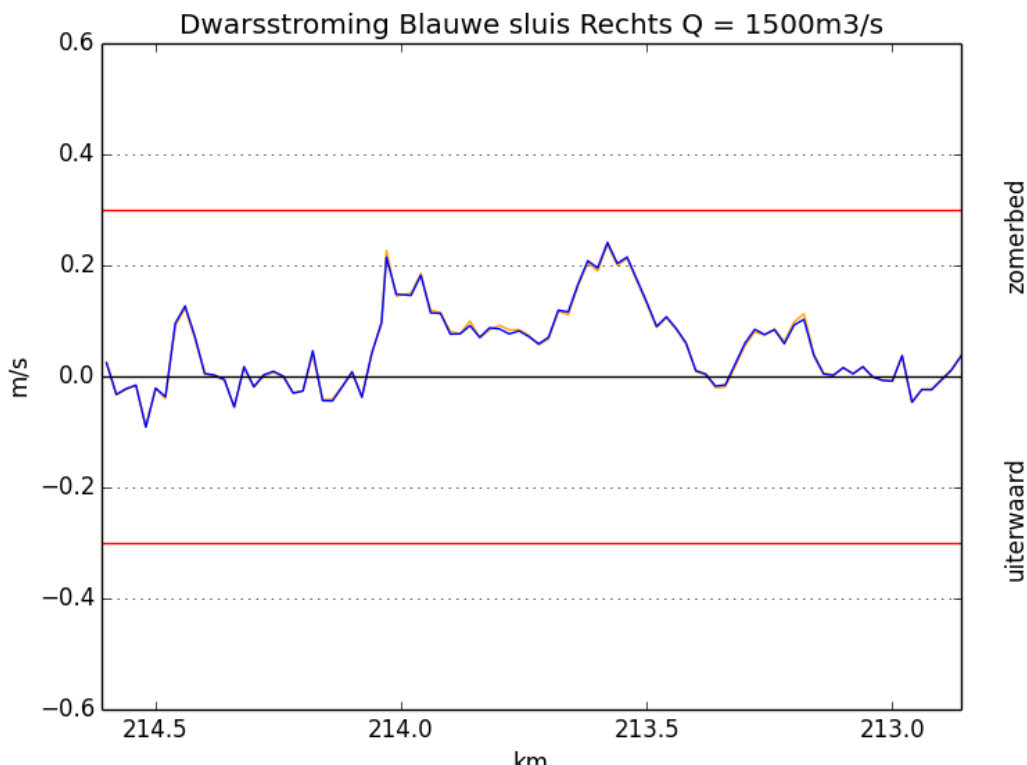
Door de wijziging van het geulenpatroon in de uiterwaard is het mogelijk dat het stroombeeld langs de vaargeul (zomerbed) wijzigt. Hierdoor kan bij lagere hoogwaters meer zijdelingse stroming optreden en eventuele dwarsstroming wijzigen. Indien de dwarsstroming plotseling optreedt en groter is dan 0,3 m/s dan kan de scheepvaart daar hinder van ondervinden.

Deze dwarsstroming is met name interessant bij hogere afvoeren die vaker voorkomen en waarbij nog scheepvaart mogelijk is. Er is gekeken naar een bankfull afvoer, voor de Blauwe Sluis is dat bij 1500 m<sup>3</sup>/s.

In onderstaande figuren (Figuur 6) is voor zowel de linker- als de rechteroever de dwarsstroming opgenomen van het traject waar de ingreep plaats vindt. De dwarsstroming is bepaald op de normaallijn (deze loopt over de kribkoppen, indien aanwezig en anders gelijk met de oeverlijn). De berekende dwarsstroming staat loodrecht op deze normaallijn.

De Blauwe Sluis is gelegen op de linkeroever van de Maas en daar zijn dan ook de (grootste) wijzigingen in dwarsstroming te verwachten. In Figuur 6 is de dwarsstroming van de huidige situatie in oranje weergegeven. De blauwe lijn (die buiten het ingreepgebied samen valt met de oranje lijn) is de dwarsstroming van de situatie na uitvoering van de ingreep. In de grafieken is te zien dat op de linkeroever inderdaad verschillen in dwarsstroming ontstaan. Deze zijn beperkt en vallen binnen de norm van 0,3 m/s.





Figuur 6 Dwarsstroming van de huidige situatie (oranje) en het voorontwerp van Blauwe Sluis (blauw) op de linker en recheroever van de Maas

### 4.3 Bodemligging en morfologie

#### 1) Aanzanding en erosie van het zomerbed (en oevers)

Als gevolg van de ingreep stroomt er bij hoogwater meer water door de uiterwaard. Hierdoor treedt een verandering in de stroomsnelheid op in het zomerbed tussen -0,10 en -0,01 m/s, zie Tabel 2. Deze verschillen zijn beperkt en erosie als gevolg van de ingreep wordt niet verwacht. Als gevolg van de beperkte afname van de stroomsnelheid in het zomerbed bij 1500 m³/s (circa eens per jaar) is enige sedimentatie mogelijk.

Tabel 2 (Veranderingen in) stroomsnelheden, voorontwerp Blauwe Sluis (KRW3\_26)

Omschrijving	Stroomsnelheid / stroomsnelheid verschil (m/s)		
	Q=1500 m³/s	Q=2300 m³/s	Q=4000 m³/s
Stroomsnelheid Maas (Referentie, KRW3_00)	1,3	1,0	0,9
Stroomsnelheid Maas (Blauwe Sluis, KRW3_26)	1,2	1,0	0,9
Stroomsnelheidsverschil Maas (KRW3_26 t.o.v. KRW3_00)	-0,10	-0,05	-0,02

Omschrijving	Stroomsnelheid / stroomsnelheid verschil (m/s)		
	Q=1500 m <sup>3</sup> /s	Q=2300 m <sup>3</sup> /s	Q=4000 m <sup>3</sup> /s
Stroomsnelheid oever (Referentie, KRW3_00)	0,5	0,6	0,8
Stroomsnelheid oever (Blauwe sluis, KRW3_26)	0,8	0,7	0,8
Stroomsnelheidverschil oever (KRW3_26 t.o.v. KRW3_00)	+0,35	+0,10	+0,05
Stroomsnelheid uiterwaard (Referentie, KRW3_00)	0,2	0,5	0,7
Stroomsnelheid uiterwaard (Blauwe sluis, KRW3_26)	0,5	0,6	0,7
Stroomsnelheidverschil uiterwaard (KRW3_26 t.o.v. KRW3_00)	+0,35	+0,10	0,0

Langs de oever treedt een maximale toename op van de stroomsnelheden van 0,35 m/s bij een afvoer van 1500 m<sup>3</sup>/s. De stroomsnelheid, die hier optreedt, is in de orde van 0,9 m/s. Doordat hier sprake is van een vrij eroderende oever die zeker in de beginfase nog niet begroeid zal zijn, is hier erosie van de oever te verwachten. Uiteraard is dit juist het doel van deze ingreep, echter een te veel aan erosie en daardoor mogelijke sedimentatie in het zomerbed heeft nadelige gevolgen voor de scheepvaart.

## 2) Aanzanding en erosie van uiterwaard en nevengeulen

Zoals in paragraaf 4.2 is aangegeven wijzigt het stroombeeld in de uiterwaard. Met name net benedenstrooms van de schans treedt een grote afname van de stroomsnelheden op. De locatie van deze snelheidsafname valt samen met de nieuw aan te leggen zijtak van de getijdengeul. Het is mogelijk dat hierdoor in deze geul sedimentatie optreedt.

Zowel bij een afvoer van 1500 m<sup>3</sup>/s als bij een afvoer van 2300 m<sup>3</sup>/s stroomt de uiterwaard voornamelijk in vanuit het bovenstroomse kribvak. Hier zijn de stroomsnelheden al relatief laag (en ook veelal lager dan de stroomsnelheden in de vergraven uiterwaard). Hierdoor blijft de sedimentatie vanuit deze richting beperkt. Ter plaatse van de instroomopening zijn de stroomsnelheden 0,6 tot 0,7 m/s. Voor een begroeide oever is deze stroomsnelheid geen probleem; bij een zandige oever kan bij deze stroomsnelheden erosie optreden. Omdat dit tot gevolg kan hebben dat de geul hierdoor vaker (en met meer afvoer) gaat meestromen, is dit een aandachtspunt voor het beheer.

## 5 Conclusie

Uit de berekeningsresultaten blijkt dat het inrichtingsplan van de Blauwe Sluis een waterstandsverlaging tot gevolg heeft van maximaal 1 mm ter hoogte van rkm 213.6 bij een maatgevende afvoer van 4000 m<sup>3</sup>/s. Als gevolg van deze (beperkte) verruiming treedt een benedenstrooms piekje op van 0,7 mm. Dit valt binnen de norm van 1 mm. Nabij de bandijk en in de uiterwaard is wel lokaal sprake van ongewenste opstuwing. De opstuwing nabij de bandijk bedraagt maximaal 2,6 mm en in overleg met het waterschap zal bepaald moeten worden of dit een bezwaar is. De opstuwing van 2 mm bij het hoger gelegen terrein net benedenstrooms van het projectgebied heeft waarschijnlijk geen nadelige gevolgen omdat op het hoge terrein onder maatgevende omstandigheden al minimaal 80 cm water staat.

Als gevolg van de ingrepen in de Blauwe Sluis treden op de linkeroever ter hoogte van het ingreepgebied ten opzichte van de referentiesituatie verschillen op in dwarsstroming. Deze zijn beperkt en vallen binnen de norm van 0,3 m/s.

Wat betreft het beheer zijn er een aantal aandachtspunten. Dit betreft mogelijke erosie van de natuurvriendelijke oever vlak na aanleg, wanneer de oever nog niet begroeid is. Uiteraard is dit juist het doel van deze ingreep, echter een te veel aan erosie en daardoor mogelijke sedimentatie in het zomerbed heeft nadelige gevolgen voor de scheepvaart. In het inrichtingsplan is een zandige instroom opgenomen. Gezien de maximale stroomsnelheden die hier op kunnen treden (0,6 á 0,7 m/s) tijdens jaarlijkse omstandigheden is dit een aandachtspunt als het gaat om ongewenste erosie. Net benedenstrooms van de schans treedt een stroomvertraging op waardoor de kans aanwezig is dat de nieuw aangelegde zijgeul van de getijdengeul zal verzanden en verlanden.



## 6 Referenties

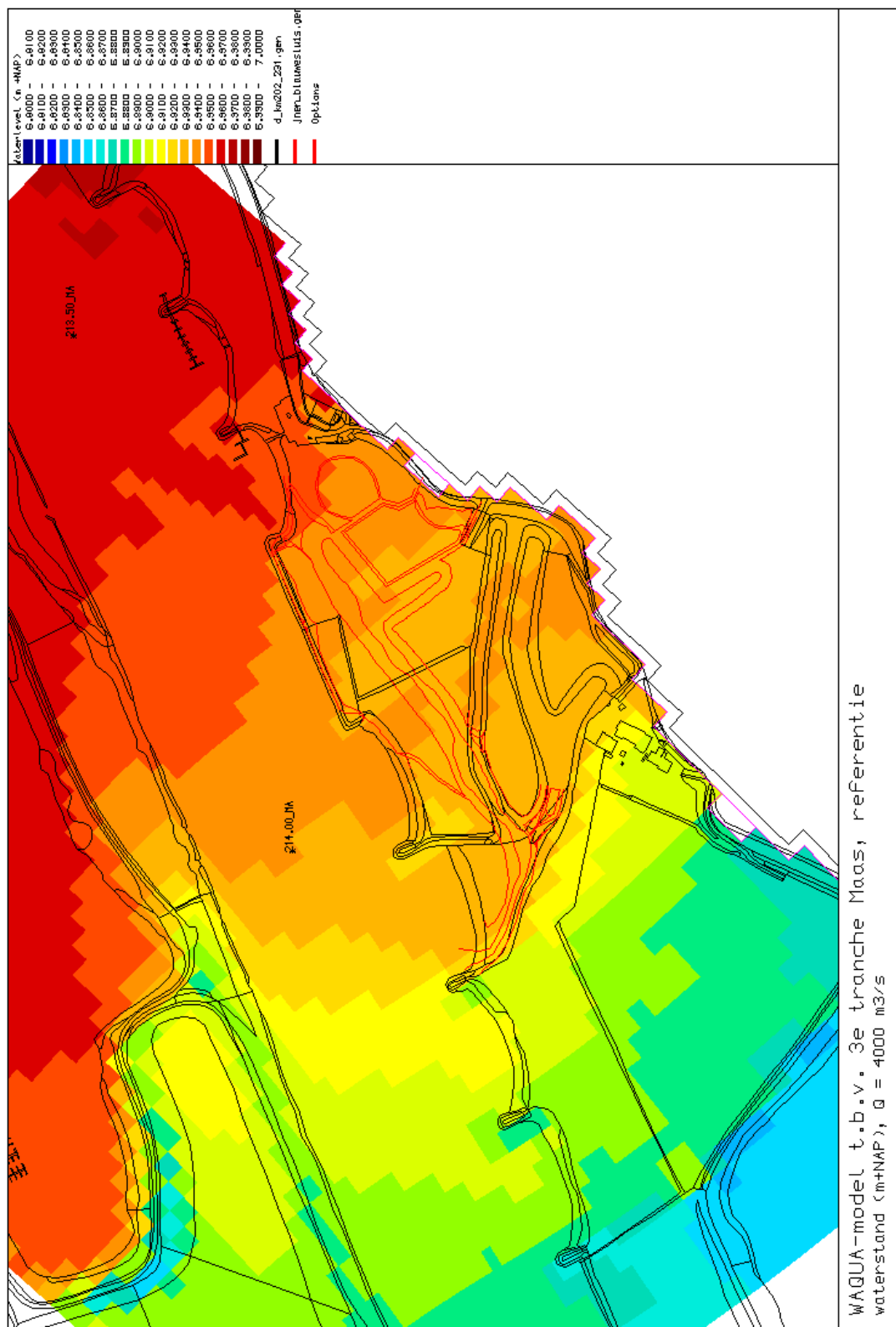
Ref 1: Inrichtingsplan Fort de Blauwe Sluis, Rademakers J.G.M. In op dracht van Natuurmonumenten, Rijkswaterstaat Limburg en Waterschap Aa en Maas. 25 maart 2013

Ref 2: Verslag overleg Grontmij en RWS van 26 augustus 2012: Afstemming uitgangspunten rivierkundige modellen KRW3. Document: verslag\_KRW3\_uitgangspunten\_modellen\_20120905.pdf

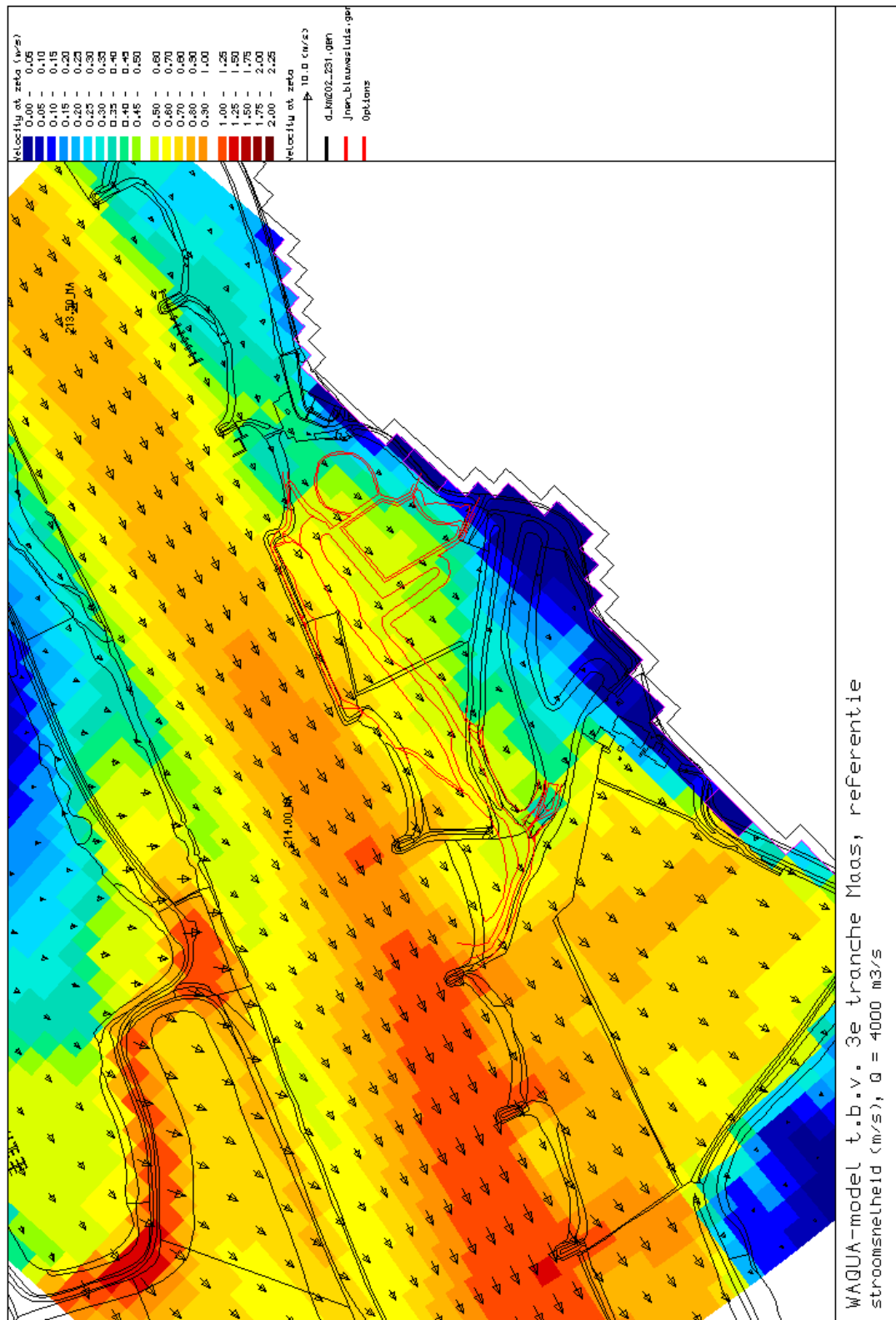
## Bijlage 1: Maatregel\_lijst voor de aangepaste referentie KRW3\_00

```
#
# De naam voor deze variant is : krw3_00
# De basis voor deze variant is : hr2006_4
#
# Variant staat onder D:\baseline\maas
# Maatregelen staan onder D:\baseline\maas_maatr
#
# Maatregelen afhankelijk van volgorde
#
../maas_maatr/bm_ovediep_a2
../maas_maatr/bm_zbbma11_a2
../maas_maatr/ma_gen11_a1
../maas_maatr/ma_havenha_a1
../maas_maatr/ma_hegheum_a1
../maas_maatr/ma_hgball_a1
../maas_maatr/ma_hmwa11_a1
../maas_maatr/ma_igpmaas_a4
../maas_maatr/ma_igpmaas_a5
../maas_maatr/ma_igpmaas_a6
../maas_maatr/ma_igpmaas_a8
../maas_maatr/ma_igpmaas_b2
../maas_maatr/ma_keentf1_a1
../maas_maatr/ma_koornwa_a1
../maas_maatr/ma_oeffelt_a1
../maas_maatr/ma_overdm_a1
../maas_maatr/ma_owkb2e_a1
../maas_maatr/ma_paall1_a1
../maas_maatr/ma_vtp11_a1
../maas_maatr/ma_zbbel11_a2
../maas_maatr/ma_zbgra11_a2
../maas_maatr/ma_zbgrv12_a2
../maas_maatr/ma_zbgty11_a2
../maas_maatr/ma_zbhgtst_a2
../maas_maatr/ma_zbli11_a2
../maas_maatr/ma_zbroe11_a2
../maas_maatr/ma_zbsam11_a2
../maas_maatr/ma_zwvaart_a1
../maas_maatr/ma_stgrave_a2
../maas_maatr/ma_tbmzgl_a1
../maas_maatr/ma_kadmwl3_a1
# correctie stuw grave
../maas_maatr/ma_stuwgra_a1
# Einde van de maatregel lijst
```

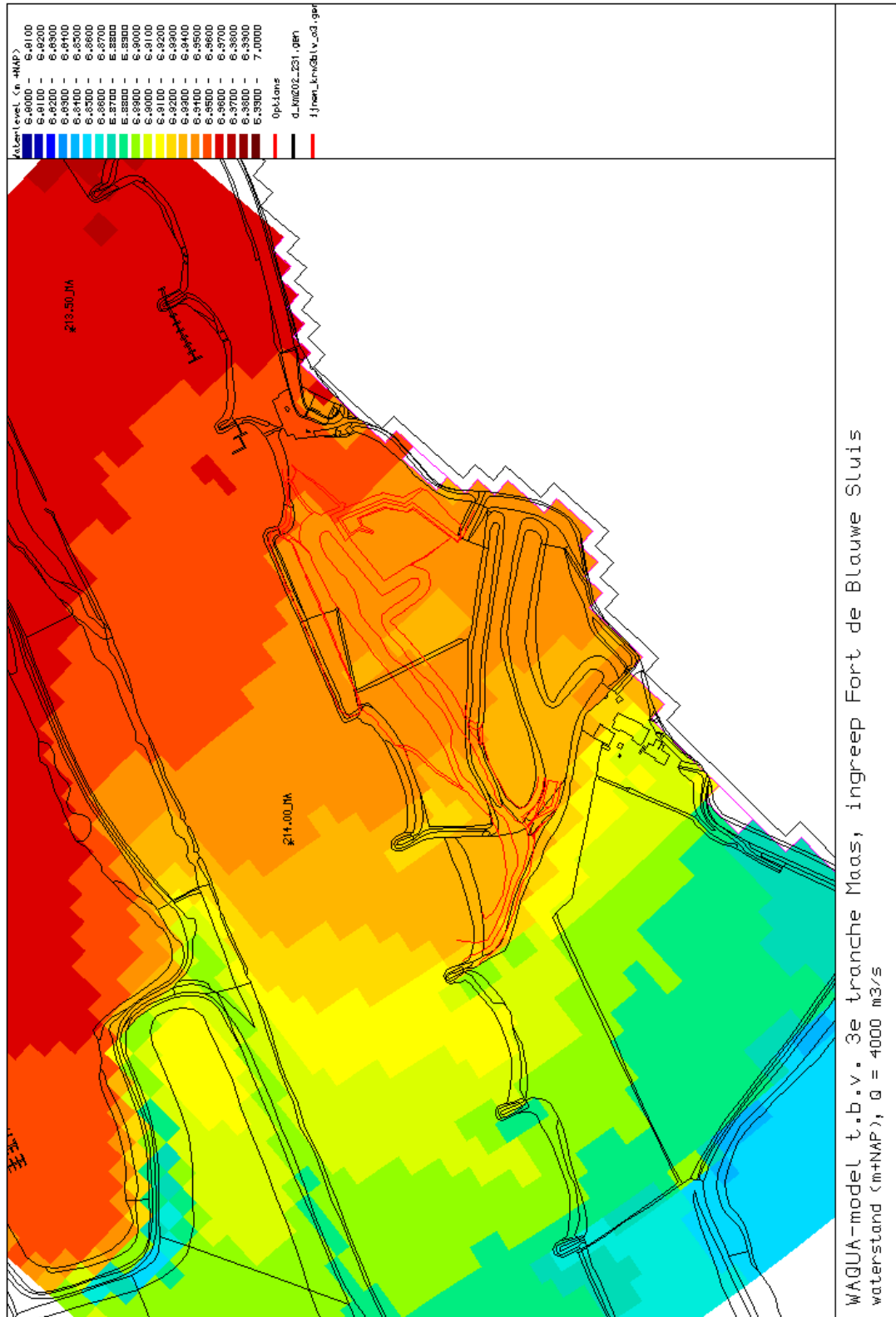
# Bijlage 2a: Absolute waterstand (m) referentie (MB\_00) – Q = 4.000 m³/s



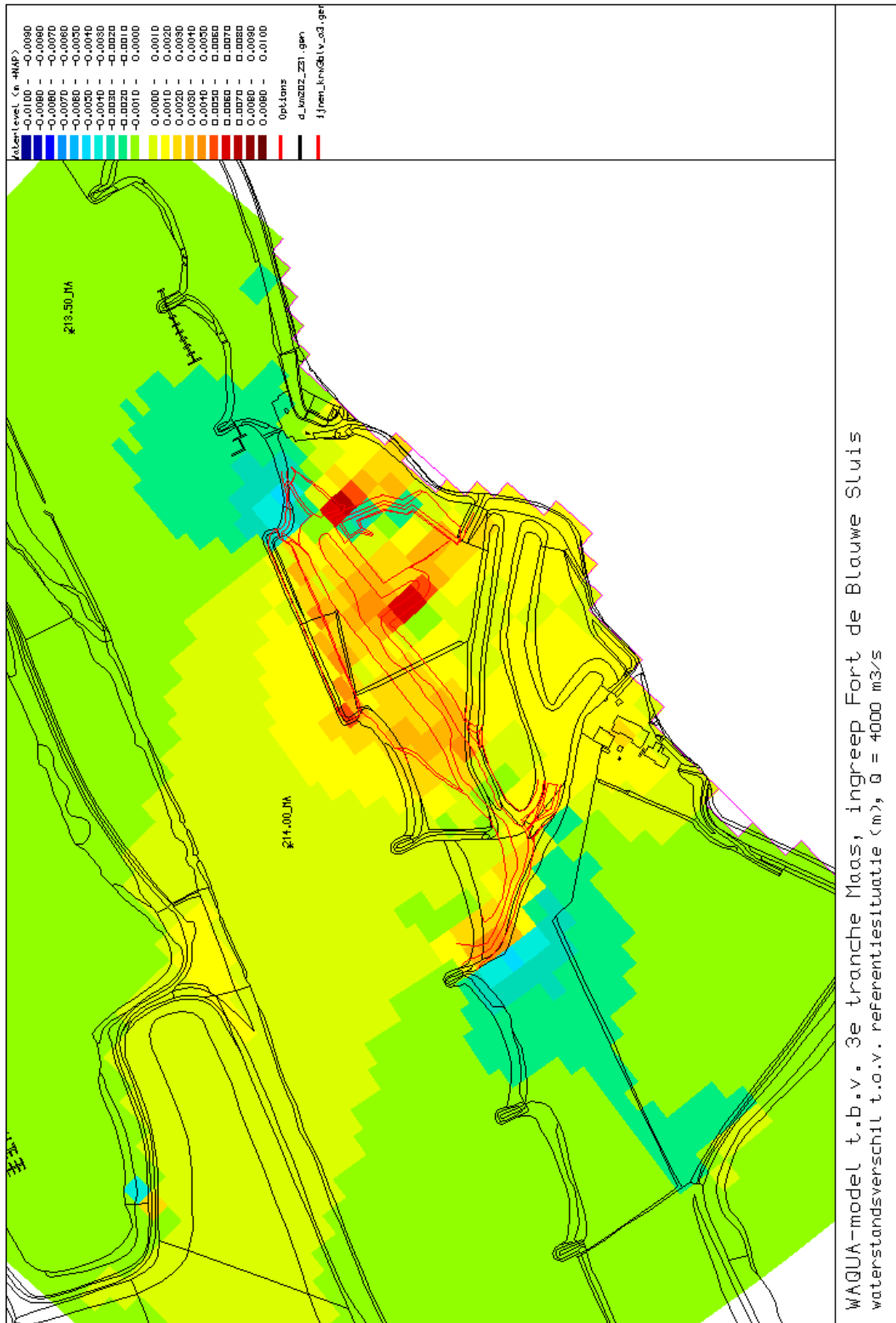
## Bijlage 2b: Absolute stroomsnelheid (m/s) referentie (MB\_00) – Q = 4.000 m<sup>3</sup>/s



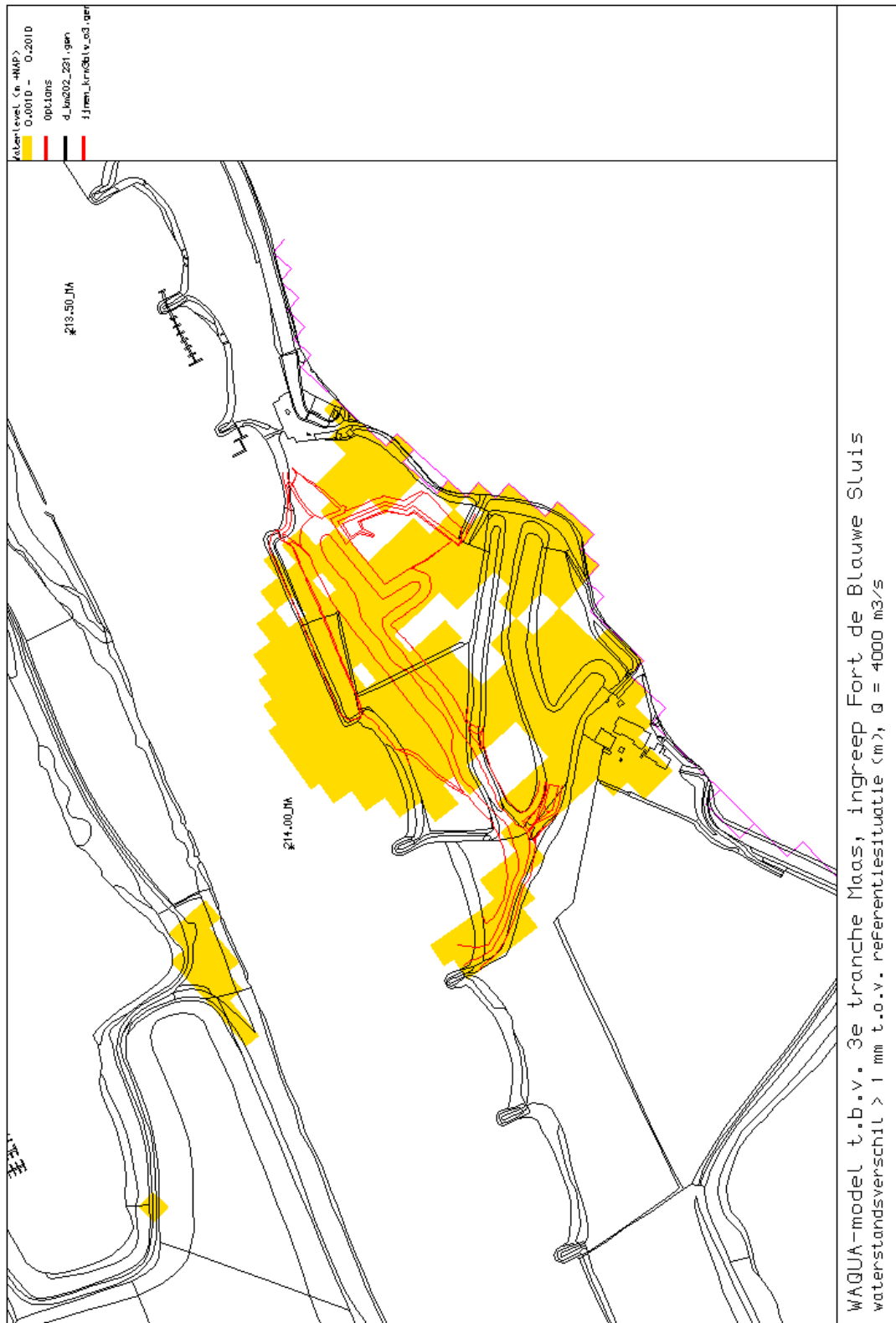
Bijlage 3a: Absolute waterstand (m) Fort de Blauwe Sluis (MB\_26) – Q = 4.000 m<sup>3</sup>/s



Bijlage 3b: Waterstandsverschil (m) Fort de Blauwe Sluis (MB\_26) t.o.v. referentie – Q = 4.000 m<sup>3</sup>/s

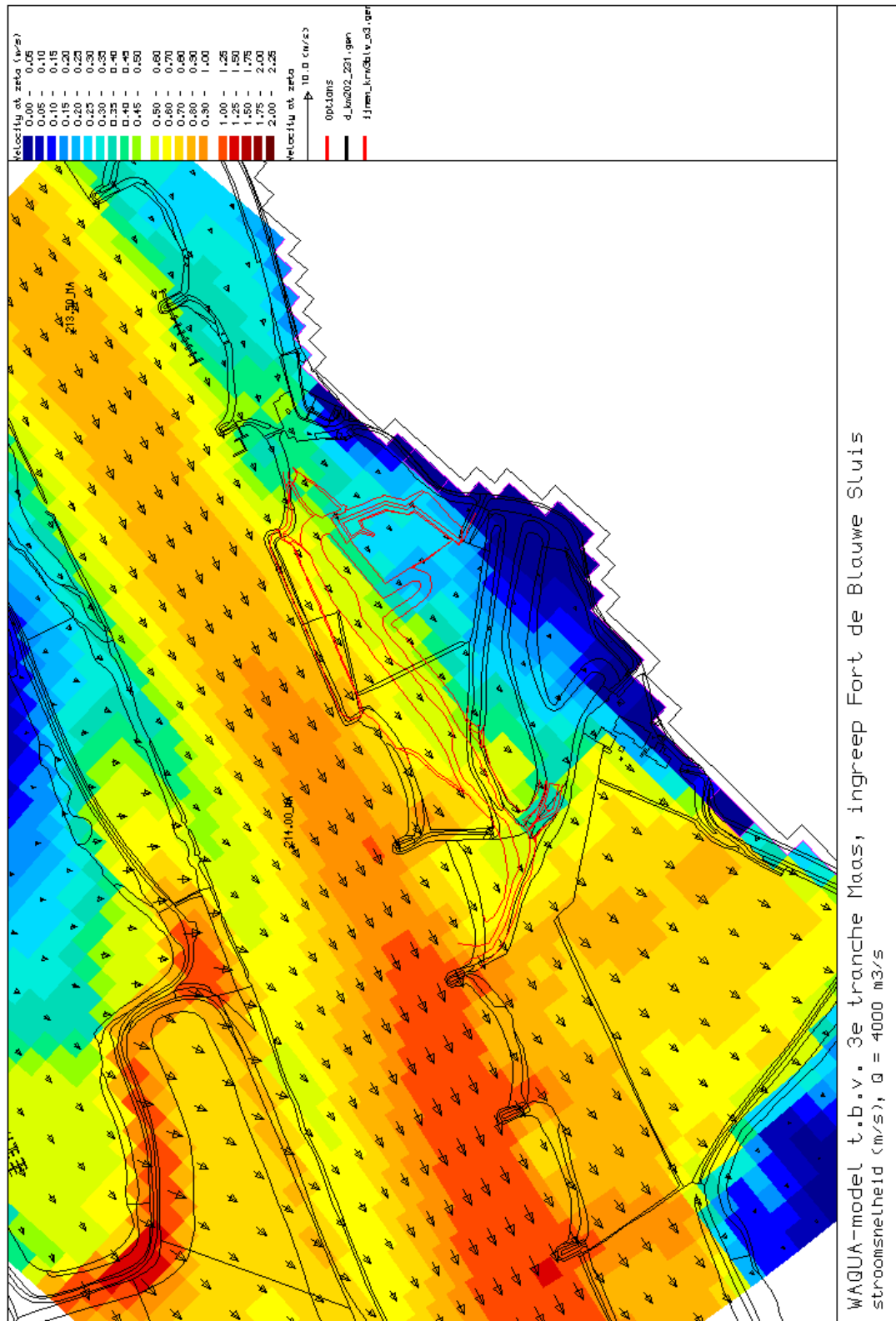


**Bijlage 3c: Waterstandsverschil (m) > 1mm Fort de Blauwe Sluis (MB\_26) t.o.v. referentie –  
Q = 4.000 m<sup>3</sup>/s**





Bijlage 3d: Absolute stroomsnelheid (m/s) Fort de Blauwe Sluis (MB\_26) – Q = 4.000 m<sup>3</sup>/s



**Bijlage 3e: Stroomsnelheidsverschil (m/s) Fort de Blauwe Sluis (MB\_26) t.o.v. referentie –  
Q = 4.000 m<sup>3</sup>/s**

