

KRW3 Maas

Rivierkundige berekeningen Natuurlijke Oevers

Anneke de Joode
rivierkundig advies



Inhoud

Inhoud	3
1 Inleiding	4
2 Uitgangspunten ontwerpen Natuurlijke Oevers	8
2.1 Uitgangspunten - geometrie	8
2.2 Uitgangspunten - beheer	10
3 Schematisaties en simulaties	12
4 Resultaten: effect op de waterstanden	14
4.1 Hinder of veiligheid tegen overstromen.....	14
Waterstandseffect op de as van de rivier onder maatgevende omstandigheden.....	14
Waterstandseffect in de uiterwaard onder maatgevende omstandigheden.....	15
Effecten bij een afvoer van 3.435 m ³ /s	18
4.2 Schade aan andere functies.....	18
Waterstanden en/of inundatiefrequentie van de uiterwaard	18
5 Conclusie.....	25
6 Referenties.....	26
Bijlagen.....	27
Bijlage 1: dwarsstroming.....	28
Bijlage 2: waterstandseffecten krw3_27 t.o.v. krw3_11	45

Document: rapportage_hydraulica_KRW3_nvo_20140516.doc



Documentstatus: Definitief

Project: KRW 3 Maas

Deelproject: Rivierkundige berekeningen Natuurlijke Oevers

Opdrachtgever : Grontmij Nederland B.V.

Datum: 16 mei 2014

	Naam	Paraaf	Datum
Opgesteld	A. de Joode (Rivierkundig Advies)		16-5-2014
Goedgekeurd	R. Raaijmakers (Grontmij Nederland B.V.)		21-5-2014

1 Inleiding

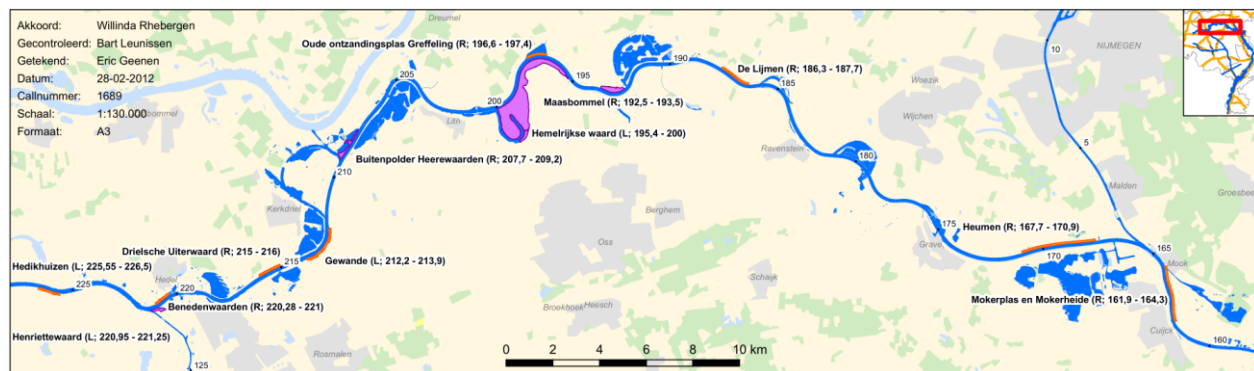
In het kader van KRW3 Maas worden langs de Maas diverse natuurlijke oevers aangelegd. Een deel van deze oevers liggen ter plaatse van trajecten waar in het kader van Stroomlijn (vegetatiebeheer grote rivieren) onvergunde vegetatie moet worden verwijderd. In een eerdere fase van KRW3 Maas zijn voor deze Stroomlijn locaties diverse berekeningen uitgevoerd voor het bepalen van de effecten van deze natuurlijke oevers op de waterstanden [Ref 1]. Omdat voor alle natuurlijke oevers gezamenlijk een vergunning in het kader van de Waterwet wordt aangevraagd zijn ook de overige oevers rivierkundig doorgerekend. Het voorliggende rapport bevat de rivierkundige berekeningen van de definitieve samenstelling van de natuurlijke oevertrajecten.

Figuur 1 A, B, C en D tonen alle locaties waar mogelijkheden aanwezig zijn voor natuurvriendelijke oevers. De eerder doorgerekende Stroomlijn locaties zijn [Ref 1]:

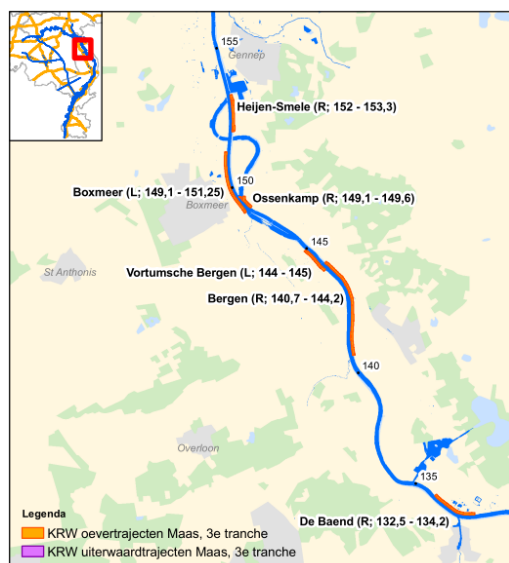
1. Witte Steen (voorheen Heijen-Smele)
2. Boxmeer
3. Ossenkamp
4. Vortumse Bergen
5. Broekhuizerweerd
6. Eikenweerd
7. Venlo-Velden
8. Weerdbeemden

Daarnaast zijn in een later stadium ook de overige natuurlijke oevers geschematiseerd en doorgerekend [Ref 2]. Voor de huidige berekeningen hebben nog een paar wijzigingen plaatsgevonden. Dit betreft het weglaten van de trajecten Mokerplas en Mokerheide en De Lijmen. Daarnaast is de Empelse waard toegevoegd. In de definitieve berekeningen zijn de in [Ref 1] doorgerekende trajecten aangevuld met onderstaande locaties:

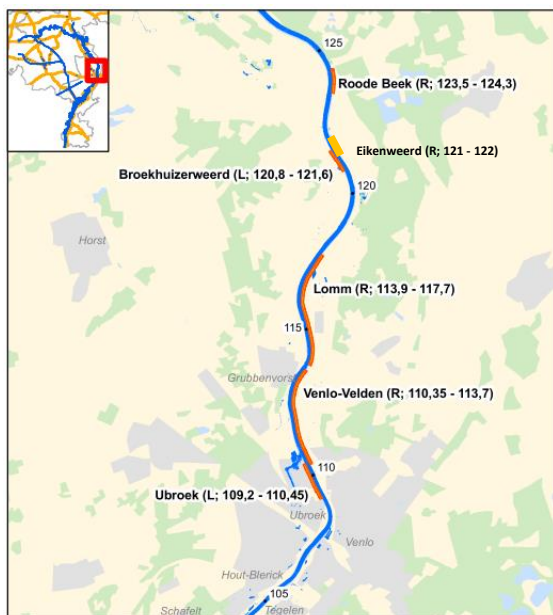
9. Empelse waard
10. Hedikhuizen
11. Drielsche uiterwaard
12. Heumen
13. Bergen
14. Rode beek
15. Lomm
16. Rijkelse Bemden
17. Ooldergreend



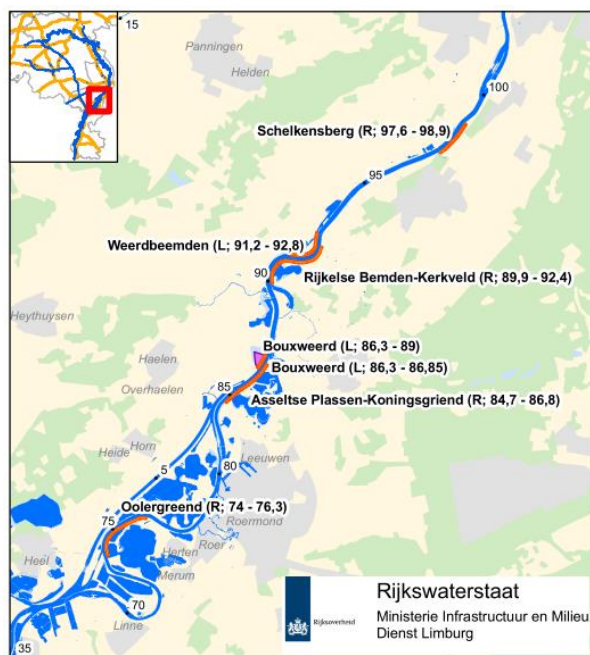
Figuur 1 A Ligging geplande natuurlijke oevertrajecten (rkm 156 tot 230)



Figuur 1 B Ligging geplande natuurlijke oevertrajecten (rkm 132 tot 156)



Figuur 1 C Ligging geplande natuurlijkeoever trajecten (rkm 103 tot 127)



Figuur 1 D Ligging geplande natuurlijke oevertrajecten (rkm 65 tot 102)

In het kader van de Waterwet wordt een vergunning aangevraagd voor het totaal van de hierbovengenoemde natuurlijke oevers en de Empelse waard. Hiervoor is een rivierkundige berekening uitgevoerd waarin alle locaties zijn opgenomen. Voor de natuurlijke oevers is uitgegaan van het eindbeeld qua beheer en de bodemligging na maximale oevererosie.

Zoals reeds is opgemerkt zijn in eerdere fases de oevers ter plaatse van de Stroomlijn locaties en andere locaties geschematiseerd en doorgerekend. Voor een beschrijving van deze locaties wordt verwezen naar

het rapport Rivierkundige berekeningen vegetatie Stroomlijn [Ref 1] en het rapport KRW3 Maas, Rivierkundige berekeningen natuurlijke oevers [Ref 2].

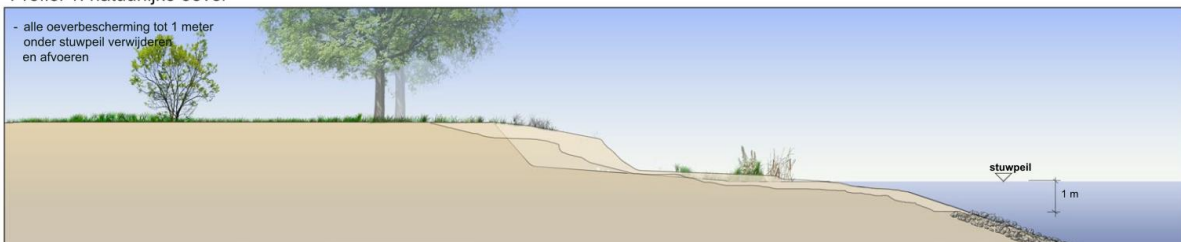
In het voorliggend rapport worden in hoofdstuk 2 de algemene uitgangspunten bij het ontwerp van de natuurlijke oevers herhaald. In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op de uitgangspunten die gehanteerd zijn bij het uitvoeren van de berekeningen. De effecten op de waterstanden van het eindbeeld van alle natuurlijke oevers gezamenlijk zijn opgenomen in hoofdstuk 4 net als de effecten op de dwarsstroming en eventuele andere aspecten uit het rivierkundig beoordelingskader [Ref 3]. De rapportage sluit af met conclusies (hoofdstuk 5).

2 Uitgangspunten ontwerpen Natuurlijke Oevers

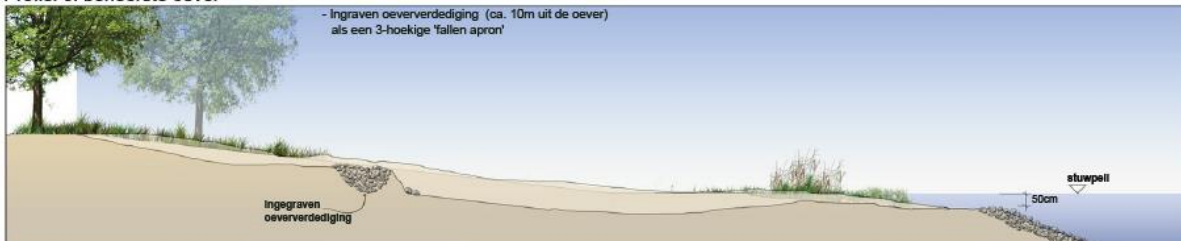
2.1 Uitgangspunten - geometrie

Om natuurlijke oevers te realiseren wordt een deel van de oeverbestorting tot een bepaald niveau onder stuwpeil verwijderd. Daarna zal, als gevolg van de waterstroming en golfslag door scheepvaart, de oever kunnen eroderen omdat deze niet meer beschermd is. Deze erosie zal tot een bepaalde afstand richting de uiterwaard plaatsvinden, afhankelijk van locatie en ingreep. Hierdoor zal het uiteindelijke profiel van de rivier vergroot worden. In Figuur 2 zijn twee voorbeelden gegeven van een uiteindelijk bodemprofiel. In het tweede voorbeeld (profiel 6) is op een bepaalde afstand stortsteen in de bodem ingegraven (falling apron) zodat maximale oevererosie beperkt wordt.

Profiel 1: natuurlijke oever

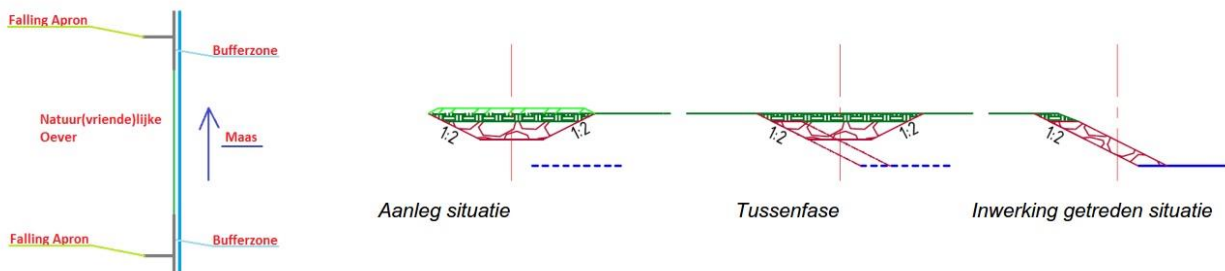


Profiel 6: beheerste oever



Figuur 2 Voorbeelden van profielen van 2 typen natuurlijke oever

De falling apron wordt niet alleen parallel aan het zomerbed opgenomen als beschermende constructie voor objecten, als bijvoorbeeld bij wegen of monumenten waar geen erosie mag plaatsvinden. Bij ieder oevertraject wordt aan de bovenstroomse en benedenstroomse systeemgrens van de oever een falling apron ingegraven om te voorkomen dat erosie voortschrijdt buiten de systeemgrenzen. In Figuur 3 is een bovenaanzicht en dwarsprofiel van de falling apron getoond.



Figuur 3 Bovenaanzicht en dwarsprofiel falling apron

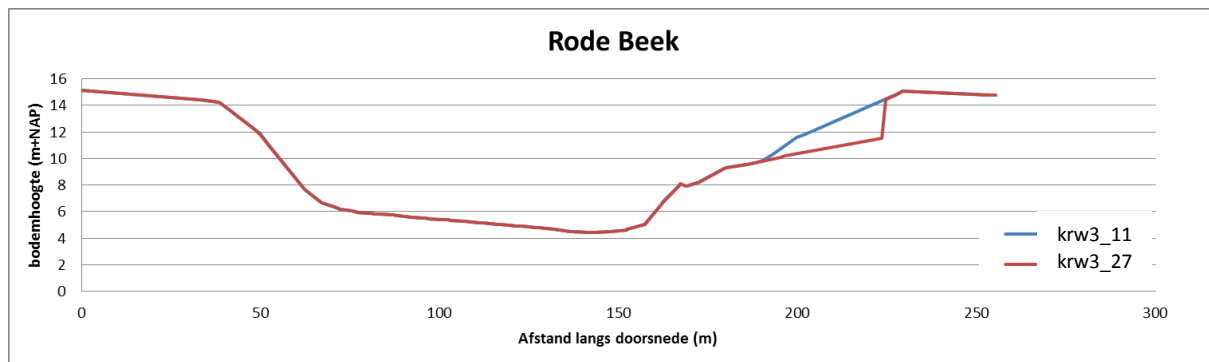
De bestaande oeverbestorting wordt ontgraven en hergebruikt in een tijdelijk aangelegde V-vormige sleuf in de aarde. Het filtermateriaal dient ervoor uitspoeling op het boventalud te voorkomen. Indien de erosie de falling apron bereikt, worden de stenen ondergraven en rollen naar beneden. Zo wordt voorkomen dat de oevererosie verder voortschrijdt.

Bij de ontwerpen zijn een aantal uitgangspunten gehanteerd:

- Helling van de eindsituatie (evenwichtssituatie) van de NVO is 1:20
- Oeverbestorting wordt verwijderd tot 1m of 0,5m onder stuwpeil

Per locatie is bekeken tot op welk niveau de oeverbestorting verwijderd kan worden. Afhankelijk van de lokale situatie is een maximaal te verwachten oevererosie (orde 25 meter) toegestaan. Indien de verwachte oevererosie verder reikt dan de eigendomsgrens, is een beperking opgelegd door bijvoorbeeld stortsteen in te graven. Ook aan de kopse kanten van de natuurlijke oevers worden stortstenen ingegraven (dwarsdammen) en afgedekt met bodemmateriaal. Op deze plekken is het toekomstige maaiveld gelijk aan het maaiveld in de huidige situatie. Er wordt vanuit gegaan dat in de evenwichtssituatie van de nvo's deze dwarsdammen ongewijzigd blijven en ter plaatse de situatie ten opzichte van de huidige situatie niet wijzigt.

Het niveau tot waar stortsteen op de oever van het zomerbed verwijderd moet worden, is bepaald ten opzichte van het stuwpeil. Voor de Stroomlijn projecten is uitgegaan van een vaste stuwpeil. Voor de nieuwe trajecten zijn individuele stuwpeilen aangehouden.



Figuur 4 profiel van de bodemligging van de referentie (krw3_11) en de bodemligging na oevererosie (krw3_27) ter plaatse van Rode Beek.

Bij het schematiseren is op de ontwerplijn tot waar de oeverbestorting wordt verwijderd (volgens de ontwerptekeningen) de bodemligging in het referentiemodel bepaald. Indien langs deze lijn de bodemligging hoger was dan de hoogte tot waar stortstenen verwijderd worden, is de hoogte aangepast aan de hoogte in het ontwerp. Indien de hoogte in het referentiemodel op deze lijn gelijk of lager was dan de hoogte tot waar stortsteen wordt verwijderd is de hoogte gelijk gehouden aan die in het referentiemodel. De hoogte (na erosie) nabij de lijn tot waar maximale oevererosie plaatsvindt, is bepaald o.b.v de hoogte tot waar breuksteen wordt verwijderd, de breedte waarover de oevererosie plaats vindt en het talud van 1:20. De hoogte is als eindhoogte opgenomen op de lijn van maximale oevererosie. Vervolgens is op een afstand van 1 meter van deze lijn een lijn parallel getekend en deze lijn heeft de hoogte van het maaiveld uit de referentiesituatie gekregen. Hierdoor ontstaat een steilwand (zie rode lijn in Figuur 4).

In Figuur 4 zijn de bodemprofielen bij de locatie Rode Beek gegeven. Hierin is zichtbaar dat de oever wordt afgevlakt. Hierbij is bovenstaande werkwijze toegepast.

De uitgangspunten en kenmerken, zoals de maximaal mogelijke oevererosie (na ongeveer 30 jaar) en niveau onder stuwpeil waarboven stortsteen wordt verwijderd, die de eindsituatie van de bodemligging beschrijven zijn opgenomen in de eerdere rapportages [Ref 1] en [Ref 2].

2.2 Uitgangspunten - beheer

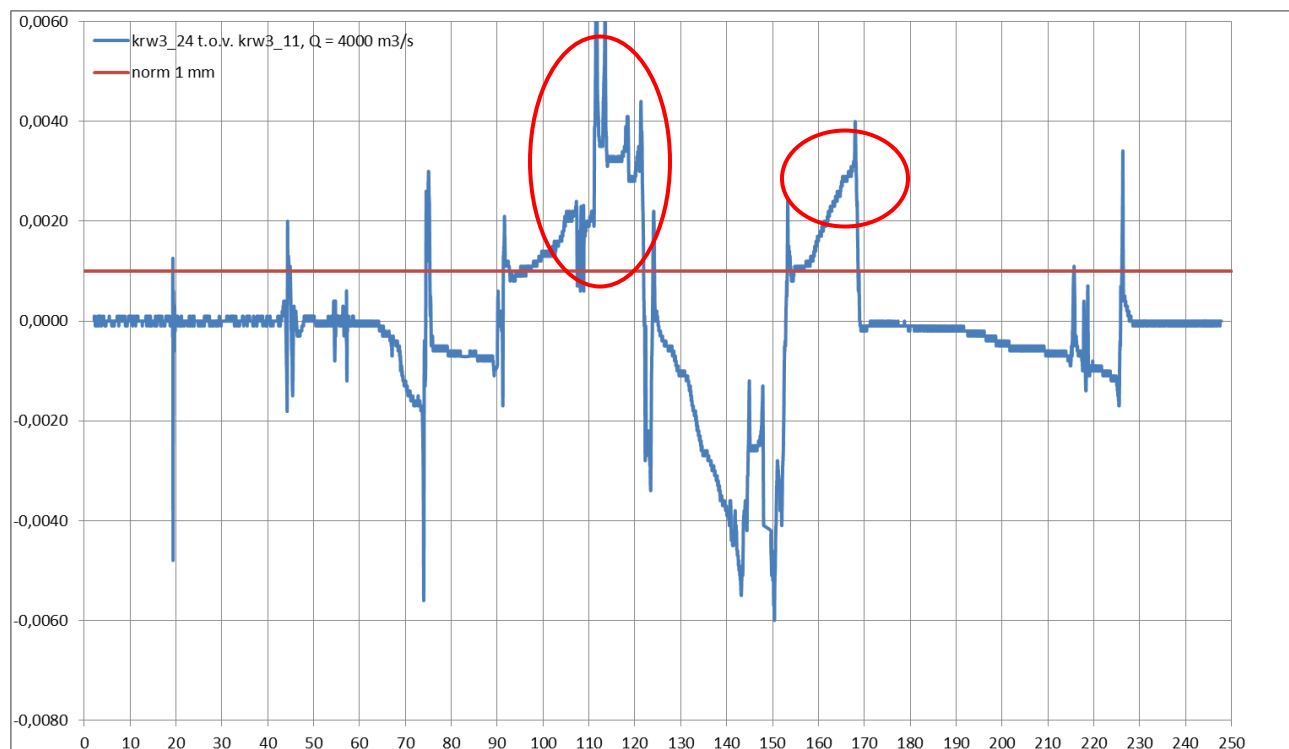
Voor het beheer van de natuurlijke oevers is uitgegaan van een "gladde" situatie. De Stroomlijn definitie van glad is:

- Natuurlijk grasland (1202)
- Bomenlanen mogen behouden blijven
- Individuele bomen mogen behouden blijven
- Heggen worden verwijderd

Daarnaast is een bepaald percentage struweel opgenomen. Het uitgangspunt is 5% struweel.

Door het uitvoeren van de natuurlijke oevers is in de meeste gevallen sprake van verruiming van de rivier. Echter, doordat rekening moet worden gehouden met het toekomstige beheer ter plaatse van de natuurlijke oevers ontstaat in een aantal gevallen een ruwere situatie. Het gecombineerde effect wordt bepaald.

In een eerste berekening (KRW3_24) is voor alle trajecten een beheer met 95% natuurlijk grasland en 5% struweel opgenomen. Het waterstandseffect is te zien in Figuur 5. Uit de resultaten blijkt dat er een aantal locaties (rode cirkels in Figuur 5) niet voldoen aan de norm van 1 mm [Ref 3]. Daarnaast is er bij een aantal locaties sprake van een benedenstroomse piek als gevolg van het zaagtandeffect.



Figuur 5 Waterstandseffect als gevolg van de nvo's met 95% grasland en 5% struweel

Voor 4 trajecten is het beheer terug gebracht naar 98% natuurlijk grasland en 2% struweel (krw3_27).

In Tabel 1 is een samenvatting gegeven van de ingrepen (vegetatie) in de verschillende situaties. De effecten op de waterstanden zijn opgenomen in hoofdstuk 4.

Tabel 1 Beheer van de eindsituatie van de natuurvriedelijke oevers

Locatie	Rkm	Beheer eindsituatie
Ooldergreend	74-75.9	95% natuurlijk grasland en 5% struweel
Rijkelse Bemden	90-91.75	95% natuurlijk grasland en 5% struweel
Weerdbeemden	91-92	95% natuurlijk grasland en 5% struweel
Venlo-velden	111-114	98% natuurlijk grasland en 2% struweel
Lomm	118 – 118.65	95% natuurlijk grasland en 5% struweel
Broekhuizerweerd	121-122.5	98% natuurlijk grasland en 2% struweel
Eikenweerd	121-122	98% natuurlijk grasland en 2% struweel
Rode Beek	123.5 – 124.3	95% natuurlijk grasland en 5% struweel
Bergen	140.7 – 143.8	95% natuurlijk grasland en 5% struweel
Vortumse bergen	144-145	95% natuurlijk grasland en 5% struweel
Boxmeer	148-151	95% natuurlijk grasland en 5% struweel
Ossenkamp	149.5	95% natuurlijk grasland en 5% struweel, in verondiept deel riet, individuele boom
Witte steen	152.1-153.35	95% natuurlijk grasland en 5% struweel
Heumen	167.9 – 168.93	98% natuurlijk grasland en 2% struweel
Drielsche uiterwaard	215 – 216	95% natuurlijk grasland en 5% struweel
Empelse waard	217,6 - 218,8	95% natuurlijk grasland en 5% struweel
Hedikhuizen	225.55 – 226.4	95% natuurlijk grasland en 5% struweel

Alle situaties zijn gezamenlijk met behulp van WAQUA doorgerekend, zodat de waterstandseffecten bepaald kunnen worden. Uiteindelijk dient de eindsituatie waarin de evenwichtssituatie van de NVO's en de uiteindelijke vegetatiesituatie is weergegeven vergunbaar te zijn. Ook voor de morfologische situatie wordt uitgegaan van een eindsituatie, waarbij al het afgekalfde materiaal via de Maas is afgevoerd en niet in het zomerbed achterblijft [Ref 5].

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 als referentiesituatie een geactualiseerde Baseline-schematisatie (KRW3_00) gemaakt die de situatie na Maaswerken beschrijft [Ref 1]. Daarnaast is voor de Stroomlijn locaties een gladde vegetatiesituatie opgenomen. Deze referentiesituatie heeft de naam KRW3_11. In het rapport Rivierkundige berekeningen Vegetatie Stroomlijn [Ref 1] wordt deze Baseline-schematisatie uitgebreid beschreven. Deze Baseline schematisatie is de referentie voor het bepalen van de hydraulische effecten.

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_1.rgf) met een factor twee verfijnd. Met dit verfijnde rooster zijn de ingrepen langs de oevers (natuurlijke oevers) als onderdeel van KRW3 Maas beter te beoordelen. Om eventuele instabiliteiten te voorkomen is de tijdstap hierbij verkleind van 0,25 naar 0,05 minuten. Dit verfijnde rooster heet maas20m_1a.rgf.

Bij het bepalen van de maatgevende hoogwaterstanden is het volgende uitgangspunt gehanteerd:

Stuwbeheer

Er wordt niets met toekomstig stuwbeheer gedaan. Wel wordt rekening gehouden met peilopzet. Deze is verwerkt in de stuwtabellen (WAQUA). Hierbij wordt rekening gehouden met:

- Stuwpeil stuwband Grave: 7,9 m+NAP
- Stuwpeil stuwband Sambeek: 11,10 m+NAP

Door de referentie situatie (KRW_11) door te rekenen met WAQUA worden waterstanden bepaald, die als referentiewaterstanden dienen voor het bepalen van de effecten van de ontwerpen.

Alle NVO-locaties worden in één berekening gezet, er van uitgaande dat voor deze maatregelen één totale Waterwetvergunning wordt aangevraagd.

De gewijzigde vegetatiesituatie en bodemaanpassingen t.b.v. het eindbeeld van de natuurlijke oevers zijn geschematiseerd in de vorm van Baseline-maatregelen welke vervolgens zijn opgenomen in de referentiesituatie (KRW3_11). Op deze manier ontstaat een Baseline-variant waarmee WAQUA-berekeningen zijn uitgevoerd. De geoptimaliseerde variant heeft de naam KRW3_27. De resultaten zijn beschreven in hoofdstuk 4.

Tabel 2 geeft een overzicht van de gemaakte Baseline-maatregelen, varianten en WAQUA-simulaties. Voor alle Baseline varianten geldt dat KRW3_00 als basis heeft gediend.

Tabel 2 Overzicht van de geschematiseerde Baseline-maatregelen en uitgevoerde WAQUA-simulaties

Omschrijving	Baseline maatregel	Baseline variant	WAQUA-code
Referentie	Divers [Ref 1]	KRW3_11	KRW3_11
Maatregelen natuurlijke oevers KRW3 Maas, aanpassing februari-maart 2014. Exclusief Mookerplas-Mookerheide en De Lijmen, inclusief Empel. Vegetatie op alle NVO's is 95 procent grasland en 5 procent struweel.	ma_krw3nvo_a4 (vegetatie Stroomlijn) ma_krw3nvo_b5 ma_krw3emp_a4 (Empelse waard)	KRW3_24	KRW3_24
KRW3_24 waarbij voor Heumen, Broekhuizerwaard, Eikenwaard en Venlo-Velden de verhouding percentage grasland/struweel is gezet 98/2. Bij Venlo-Velden is de kop van de oever aangepast zodat een flauw talud ontstaat. Er zijn geen dwarsdammen in de oevers meegenomen vanwege het uitgangspunt dat de eidsituatie van het maaiveld hier gelijk blijft aan de huidige situatie.	ma_krw3nvo_a6 (vegetatie Stroomlijn) ma_krw3nvo_b6 ma_krw3emp_a4 (Empelse waard)	KRW3_27	KRW3_27

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. Daarom 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 = 3.435 (1/250 situatie) en 4.000 (1/1250 situatie) m³/s
WAQUA-model volledig, maas20m_1a.rgf

4 Resultaten: effect op de waterstanden

Voor het beoordelen van ingrepen wordt gebruik gemaakt van het Rivierkundig Beoordelingskader (versie 2.01, 1 juli 2009) [Ref 3]. 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

In dit onderzoek wordt gekeken of het eindbeeld van de natuurlijke oevers qua bodemligging en vegetatie geen opstuwing veroorzaakt onder maatgevende condities, langs de as van de rivier en in de uiterwaarden. Op de Maas geldt daarvoor een afvoer die correspondeert met een situatie die een kans van voorkomen heeft van 1 keer in de 250 en 1 keer in de 1250 jaar. Daarnaast wordt ingegaan op het scheepvaartaspect dwarsstroming. Het uitvoeren van de natuurlijke oevers kan ook gevolgen hebben voor bodemligging en morfologie (van het zomerbed). Dit behoort echter niet tot de scope van dit onderzoek en daarvoor wordt verwezen naar [Ref 5].

Alle locaties zijn in 1 berekening opgenomen. Hierdoor laat de grafiek het totale effect van alle ingrepen zien. Een deel van de locaties liggen ver genoeg uit elkaar waardoor individuele effecten goed te onderscheiden zijn. Op een aantal locaties liggen de oevers in elkaars beïnvloedingsgebied waardoor voor deze locaties de afzonderlijke effecten wat lastiger uit de grafiek zijn af te lezen. In het ruimtelijke beeld met waterstandsverschillen (bijlage 2) zijn de afzonderlijke effecten in de meeste gevallen wel te onderscheiden.

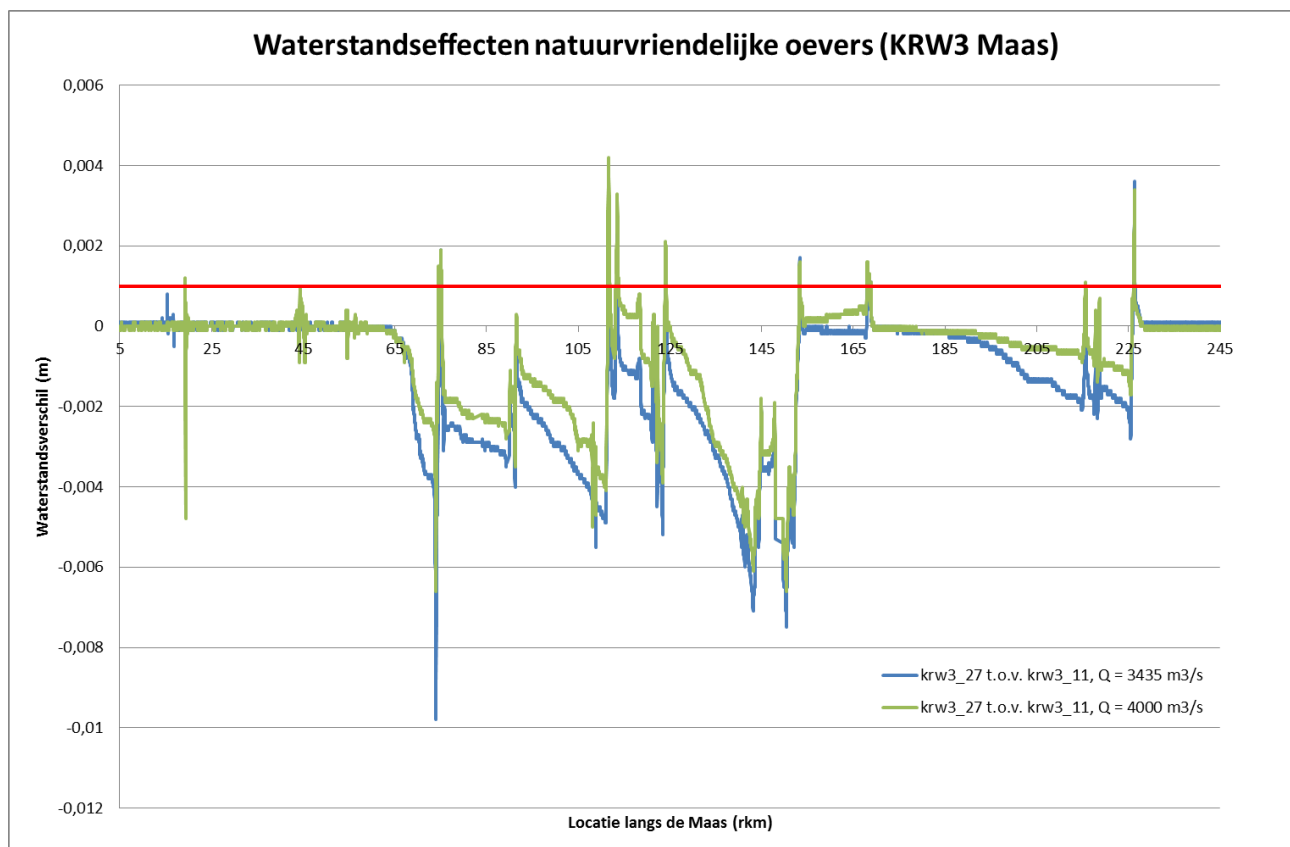
Bij de bespreking van de effecten wordt kort ingegaan op de afzonderlijke oevertrajecten. Voor de vergunning wordt naar het gezamenlijke effect gekeken. Vanwege het stuwkromme effect werkt het effect van een ingreep in bovenstroomse richting door. Om die reden worden de locaties in bovenstroomse richting beschreven. Rechts in de grafieken is benedenstrooms, links in de grafieken is bovenstrooms. In de grafiek zijn de effecten bij zowel een afvoer van $3.435 \text{ m}^3/\text{s}$ (1/250) als $4.000 \text{ m}^3/\text{s}$ (1/1250) opgenomen.

4.1 Hinder of veiligheid tegen overstromen

Waterstandseffect op de as van de rivier onder maatgevende omstandigheden

In onderstaande grafiek (Figuur 6) zijn de waterstandseffecten weergegeven op de as van de rivier voor een afvoer van $3.435 \text{ m}^3/\text{s}$ en $4.000 \text{ m}^3/\text{s}$. In de grafiek is een rode lijn opgenomen die de norm van 1 mm opstuwing weergeeft. De waterstandseffecten dienen onder deze rode lijn te blijven.

De situatie waarvoor de effecten zijn bepaald bevat voor de meeste locaties een beheer van 95% grasland en 5% struweel. Voor de locaties Heumen, Broekhuizerweer, Eikenweerd en Venlo-Velden is een beheer van 98% grasland en 2% struweel opgenomen. De ingegraven dwarsdammen (op de kopse kanten van de nvo's) zijn niet meegenomen in de berekeningen omdat er vanuit gegaan is (op basis van de beschikbare profielen) dat ter plaatse de toekomstige maaiveldhoogte niet wijzigt ten opzichte van de huidige maaiveldhoogte.



Figuur 6 Waterstandseffecten bij een afvoer van 3.435 en 4.000 m³/s. De rode lijn geeft de norm van 1 mm opstuwing weer

Uit de grafiek blijkt dat in de meeste gevallen sprake is van een waterstandsverlagend effect met aan benedenstroomse zijde een piekje. Deze worden meestal veroorzaakt aan benedenstroomse zijde van een rivierverruimende ingreep. Doordat in de grafiek de effecten van alle ingrepen bij elkaar opgeteld worden, zorgt in een aantal gevallen de waterstandsverlaging van de ene ingreep ervoor dat het piekje van een andere ingreep ook onder de norm van 1 mm valt. Bij ongeveer de helft van de locaties komt het piekje boven de norm van 1 mm uit. Omdat deze, naar verhouding van de gerealiseerde waterstandsvaling, beperkt zijn, kan gesproken worden van het zaagtandeffect. Ook bij een afvoer van 3.435 m³/s blijven, uitgezonderd lokale piekjes, de waterstandseffecten kleiner dan 1 mm.

De ingrepen vinden plaats tussen rkm 75 en 225. De lokale pieken ter hoogte van o.a. rkm 57, 42 en 20 worden niet door de natuurlijke oevers veroorzaakt, maar zijn bekende modelinstabiliteiten.

In geval van de natuurlijke oevers wordt de vaak opstuwende werking van het vegetatiebeheer gecompenseerd door de verruimende werking van de vergraven/geerodeerde oevers.

Waterstandseffect in de uiterwaard onder maatgevende omstandigheden

Om een beter beeld te krijgen van de waterstandseffecten kan het ruimtelijke beeld worden bekeken. Dit beeld is opgenomen in bijlage 2. Omdat de verschillende ingrepen (Stroomlijnlocaties, overige nvo's en Empelse waard) elkaar beïnvloeden, worden bij onderstaande beschrijving van de effecten alle locaties behandeld. De effecten worden eerst voor een afvoer van 4.000 m³/s beschreven.

Hedikhuizen (rkm 225.55 – 226.4, linkeroever)

De natuurlijke oever zorgt voor een flinke verruiming in de orde van 3 mm. Als gevolg daarvan ontstaat lokaal aan benedenstroomse zijde van de oever een benedenstroomse piek van maximaal 6 mm. Deze opstuwing is op de as van de rivier nog merkbaar en bedraagt maximal 3,5 mm. Ook langs de bandijk is nog een effect van deze lokale opstuwing zichtbaar. Deze is op de linkeroever ongeveer 5 mm, op de rechteroever is het beperkt tot maximal 2 mm.

Empelse waard (rkm 217,6 - 218,8, linkeroever)

Het individuele effect van de Empelse waard is 2,5 mm waterstands daling met een benedenstrooms peikje van 1,3 mm op de as van de rivier [Ref 4]. Uit het ruimtelijk beeld met waterstandsverschillen (bijlage 2) blijkt dat er langs de bandijk geen sprake is van opstuwing groter dan 1 mm. Wel treedt er lokaal in de uiterwaard ter plaatse van de instroom en de uitstroom opstuwing op. Deze opstuwing is zeer lokaal en bedraagt slechts op enkele plekken meer dan 1 mm. Omdat dit gebied in eigendom is van Natuurmonumenten en geen nadelige gevolgen heeft voor derden is dit geen bezwaar [Ref 4].

Drielsche uiterwaard (rkm 215 – 216, rechteroever)

Lokaal ter plaatse van de aangepaste oever treedt een opstuwing op van 1 tot 2 mm. Op de as van de rivier, in de rest van de uiterwaard en langs de bandijk is dit beperkt merkbaar en bedraagt maximaal 1 mm. Hierbij zijn de effecten van de twee benedenstroomsgelegen projecten meegenomen. De ingreep zelf levert aan bovenstroomse zijde een verlaging op van ongeveer 1 mm.

Heumen (rkm 167.9 – 168.93, rechteroever)

Bij Heumen zijn de effecten van benedenstrooms gelegen ingrepen zo goed als verdwenen. De nvo van Heumen zelf levert niet veel verlaging op waardoor op dit traject sprake is van een opstuwing op de as van de rivier van ongeveer 0,5 mm. Het benedenstroomse piekje komt hier net boven de 1 mm uit. Lokaal ter plaatse van de nvo is sprake van een beperkte opstuwing van ongeveer 2 mm. Richting de bandijk en as van de rivier dempt dit effect langzaam uit. De resterende opstuwing langs de bandijk is in dezelfde orde als op de as van de rivier.

Bij Heumen is het percentage struweel verlaagd naar 2 %.

Witte Steen (rkm 152.1-153.35, rechteroever)

De nvo zorgt voor een waterstands daling van 5 mm en een klein lokaal bovenstrooms piekje, waarbij de opstuwing over een groter gebied nog onder de 1 mm blijft. Lokaal nabij de ingreep alsook op de as van de rivier treedt een opstuwing op die groter is dan 1 mm. Op de as van de rivier is dit piekje van bijna 2 mm zeer beperkt in verhouding tot de verruiming van 5 mm.

Boxmeer en Ossenkamp (rkm 148-151, linkeroever en 149,5, rechteroever)

Als gevolg van het verlagende effect van de nvo bij de Witte Steen is er bij Boxmeer nog steeds sprake van verlaging van 6,5 mm. Bij Ossenkamp wordt de oever aangevuld en wijzigt de plas in riet. Vooral vanwege het riet ontstaat een lokale opstuwing in de orde van 6 mm. Op de as van de rivier is deze opstuwing niet meer merkbaar omdat het wegvalt in de verruiming van de Witte steen en Boxmeer.

Vortumse Bergen (rkm 144-145, linkeroever)

Hier treedt lokaal een beperkte ophoging op. Het netto effect blijft nog steeds onder 0 mm.

Bergen (rkm 140.7 – 143.8, rechteroever)

Het effect van de natuurlijke oevers bij Bergen zorgt voor een extra waterstands daling in de orde van 3 mm. Samen met het totale waterstandsverlagende effect van de benedenstrooms gelegen ingrepen is op deze locatie sprake van ongeveer 6 mm waterstands daling. Lokaal ter plaatse van de ingreep, in de uiterwaarden en langs de bandijk is ook sprake van een waterstands daling.

Rode Beek (rkm 123.5 – 124.3, rechteroever)

Lokale opstuwing als gevolg van de verruiming van de ingreep. De verruiming bedraagt ongeveer 3 mm. Ter plaatse van de oever treedt maximaal 5 mm opstuwing op. Langs de bandijk en op de as van de rivier blijft hier nog maximaal 3 mm van over.

Eikenweer en Broekhuizerwaard (121-122.5, rechteroever en rkm 121-122, linkeroever)

Lokaal is er bij Broekhuizerwaard alleen aan benedenstroomse zijde op de oever een opstuwing van 3 mm ter plaatse van de nvo. Voor de rest is er sprake van verruiming. Bij Eikeneweerd treedt op meerdere plekken ter plaatse van de natuurlijke oever opstuwing op, maar deze blijft in de meeste gevallen beperkt tot de oever. Op de as van de rivier en langs de kaden is er nauwelijks meer iets merkbaar van deze lokale verhogingen.

Bij beide locaties is het percentage struweel verlaagd naar 2 %.

Lomm (rkm 118 – 118.65, rechteroever)

Lokaal effect wat er voor zorgt dat er op de as van de rivier en langs de kaden nog wel een opstuwend effect zichtbaar is. Deze opstuwing is in combinatie met de overige projecten beperkt in de orde van 0,5 mm en valt daardoor nog binnen de norm van 1 mm.

Venlo-Velden (rkm 111-114, rechteroever)

Hier is aan bovenstroomse zijde van de twee trajecten sprake van lokale opstuwing die ook merkbaar is langs de kaden. Lokaal is er sprake van maximaal 4 tot 5 mm. Bij de kaden blijft hier nog zo'n 3 mm van over. De ingreep zelf zorgt in bovenstroomse richting voor een verlaging van 0,5 tot 4 mm. Hierdoor blijft het waterstandseffect tot aan de volgende bovenstroomsgelegen natuurlijke oever onder de 0 mm.

Bij Venlo-Velden is het percentage struweel verlaagd naar 2 %.

Rijkse Bemden en Weerdbeemden (rkm 90-91.75, rechteroever en 91-92, linkeroever)

De effecten van de Rijkse Bemden zijn lokaal ter plaatse van de ingreep zichtbaar. Op enkele plekken is sprake van een lokale opstuwing in de orde van maximaal 3 tot 4 mm. Deze effecten zijn richting de uiterwaard en as van de rivier snel uitgewerkt doordat een groot deel van de ingreep juist verruimend werkt. Weerdbeemden geeft ter plaatse van de hele natuurlijke oever opstuwing van ongeveer 5 mm. De grootste opstuwing blijft beperkt tot de natuurlijke oever zelf. Richting de kaden blijft wel een beperkt opstuwend effect merkbaar en deze is in de orde van 1 tot 1,5 mm. Richting de as van de rivier ontstaat een klein piekje dat in combinatie met de effecten van andere projecten net uitkomt onder de norm van 1 mm.

Ooldergreend (rkm 74-75.9, rechteroever)

Ter plaatse van de natuurlijke oevers is zeer lokaal deels sprake van een opstuwing tot maximaal 3 mm. In totaal zorgt Ooldergreend voor een sterke waterstandsval van 5 mm. Hierdoor ontstaat aan benedenstroomse zijde een lokale opstuwing op de as van de rivier. Behalve ter plaatse van de nvo is van deze lokale opstuwing in de uiterwaard vrijwel niets meer merkbaar. Door de waterstandsval aan bovenstroomse zijde en lokale veranderingen in de waterstanden in het Lateraalkanaal, wordt het instroomgedrag van het retentiegebied Lateraal Kanaal gewijzigd. Hierdoor treden in het retentiegebied hogere waterstanden op. Ook bij de voorgaande berekeningen bleek dat benedenstroomse ingrepen effect hadden op de waterstanden bij de instroom van het retentiegebied, waardoor het instroomgedrag ter plaatse wijzigde met als gevolg: veranderingen in waterstandsverschillen op de as van de rivier [Ref 1] en [Ref 2].

Effecten bij een afvoer van 3.435 m³/s

Het globale verloop van de grafiek bij de afvoer bij een herhalingsstijd van 250 jaar is vergelijkbaar met die van een herhalingsstijd van 1250 jaar (4.000 m³/s). De lokale benedenstroomse pieken komen ook in deze situatie voor. De waterstandseffecten blijven verder wel onder de norm van 1 mm.

4.2 Schade aan andere functies

Waterstanden en/of inundatiefrequentie van de uiterwaard

Voor de verschillende natuurlijke oevers geldt dat lokaal de bodem vergraven of geërodeerd wordt. Hierdoor zullen de oevers op deze plekken veel eerder gaan inunderen en soms zelfs langere tijd onder water staan. Dit is onderdeel van de doelstelling van het project en zodoende is dat geen bezwaar.

Als gevolg van de ingrepen wijzigen lokaal waterstanden in de orde van plus of min 6 mm (maximaal). Daardoor is het mogelijk dat sommige gebieden net iets eerder of net iets later onder water zullen komen te staan bij stijgende waterstanden. Deze effecten zijn zeer beperkt en in de praktijk nauwelijks merkbaar.

Bij een aantal kaden ontstaan lokaal ook wat hogere waterstanden. Een voorbeeld hiervan is Venlo-Velden. Het gaat hier om waterstandsverschillen van ongeveer 3 mm ten opzichte van de huidige situatie.

Stroombeeld in de uiterwaard

Met name ter plaatse van de natuurlijke oevers wijzigen stroomsnelheden. Daar waar de ruwheden zijn toegenomen ten opzichte van de huidige situatie zullen de stroomsnelheden afnemen. Omdat het om zeer beperkte oppervlaktes gaat zullen de effecten beperkt zijn, zeker in de eindsituatie waarin de natuurlijke oevers begroeid zijn. De kans op verdergaande erosie is dan beperkt.

De effecten van het wijzigende stroombeeld op erosie en sedimentatie van uiterwaard en zomerbed in de loop van de tijd zijn beschreven in [Ref 5].

Stroombeeld in hoofdgeul bij de aan- en aftakking van nevengeul

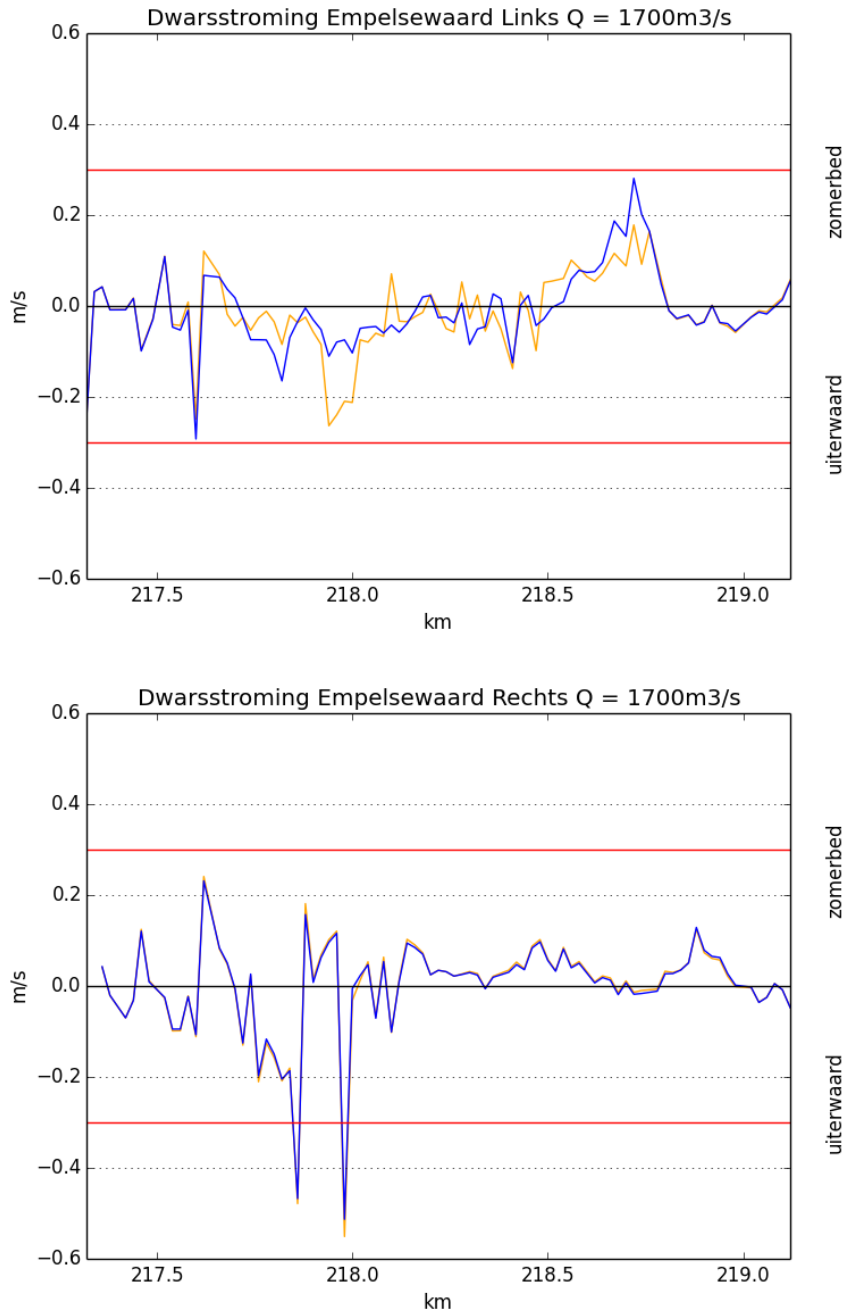
Door de aanleg van natuurlijke oevers en het ontstaan van vegetatie is het mogelijk dat het stroombeeld langs de vaargeul wijzigt. Hierdoor kan bij lagere hoogwaters meer zijdelingse stroming optreden en eventuele dwarsstroming wijzigen. Indien de dwarsstroming plotseling optreedt en groter is dan 0,3 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. Deze varieert per locatie (zie Tabel 3). Ook bij afvoeren die net hoger of lager zijn dan bankfull kan dwarsstroming wijzigen. Aanvullend is daarom voor alle locaties ook bij een lagere en hogere afvoer de dwarsstroming bepaald (zie bijlage 1).

Voor alle locaties is het effect op dwarsstroming onderzocht. In onderstaande figuren (Figuur 7) is voor zowel de linker- als de rechteroever de dwarsstroming opgenomen van het traject waar de ingreep plaats vindt, in dit voorbeeld de Empelse waard. 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. In bijlage 1 zijn voor alle trajecten grafieken voor de dwarsstroming opgenomen.

In het voorbeeld van de Empelse waard is de ingreep gelegen op de linkeroever van de Maas en daar zijn dan ook de (grootste) wijzigingen in dwarsstroming te verwachten. In Figuur 7 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 in

de huidige situatie op een aantal locaties op de rechteroever de norm van 0,3 m/s wordt overschreden, en deze valt grotendeels samen met de toekomstige situatie. Op de linkeroever zijn de grootste wijzigingen te zien. Deze blijven allemaal binnen de norm van 0,3 m/s.



Figuur 7 Dwarsstroming van de huidige situatie (blauw) en het referentieontwerp Henriettewaard – Crèvecoeur (oranje) op de linker en rechteroever van de Maas

Indien er in de huidige situatie sprake is van een dwarsstroming van 0,3 m/s en deze wordt als gevolg van de ingreep net iets groter namelijk 0,31 m/s dan wordt daarmee de norm van 0,3 m/s net overschreden.

Indien in de huidige situatie sprake is van een dwarsstroming van bijvoorbeeld 0,4 mm en deze blijft in de toekomstige situatie gelijk of wordt bijvoorbeeld 0,38 m/s, dan wordt in beide situaties de norm overschreden, maar de ingreep verslechterd de situatie niet.

Bij het bepalen van de dwarsstroming wordt uitgegaan van de dwarsstroming ter plaatse van de normaallijn (die door de kribkoppen loopt). Op de Maas valt deze in veel gevallen samen met de oeverlijn omdat er geen kribben zijn. Per waqua-rooster cel is de dwarsstroming bepaald door ter plekke de richting van de normaallijn te bepalen en vervolgens de richting van de stroming (resultaat uit waqua) dwars op de normaallijn te bepalen. Op een aantal plaatsen, waar er een uitschieter in de dwarsstroming zichtbaar is, blijkt een knik in de normaallijn te zitten (zie voorbeeld in Figuur 8). Deze knik zorgt voor een onbetrouwbare bepaling van de richting van de normaallijn, en dus van de dwarsstroming. Bij de analyse van de dwarsstroming is hiermee rekening gehouden.



Figuur 8 Locatie Eikenweerd waar de knik in de oeverlijn (blauw) een foutief berekende dwarsstroom veroorzaakt

In onderstaande tabel zijn voor de verschillende locaties de effecten van de dwarsstroming kort weergegeven. Met name de bijzondere afwijkingen zijn opgenomen. Voor de dwarsstroomgrafieken wordt verwezen naar bijlage 1.

Tabel 3 Effect op de dwarsstroming voor de verschillende locaties

Locatie	Rkm	Oever	Bankfull afvoer (m³/s)	Effect dwarsstroming
Hedikhuizen	225.55 – 226.4	Links	1500	Beperkte verschillen binnen de norm. Er is bij bankfull afvoer sprake van 2 grotere pieken van ongeveer 0,4 m/s richting uiteraard en 0,55 m/s richting zomerbed ter hoogte van rkm 225.8. Hiervan is ook al sprake in de referentiesituatie, de piek van 0,55 m/s neemt echter wel toe met 0,05 m/s t.o.v. de huidige situatie. Hier zit een knik/inham in de normaallijn waardoor een verkeerde dwarsstroom wordt bepaald.
Empelse waard	217,6 - 218,8	Links	1700	Op de linkeroever neemt op 2-tal plaatsen de dwarsstroming toe, maar deze blijft binnen de norm van 0,3 mm.
Drielsche uiterwaard	215 – 216	Rechts	1500	Beperkte verschillen binnen de norm. Er is sprake van 2 grotere pieken van ongeveer 0,35 en 0,6 m/s richting zomerbed op resp. rkm 215.4 en 216. Hiervan is ook al sprake in de referentiesituatie. Ter plaatse van rkm 216 is zelfs sprake van een lichte verbetering.
Heumen	167.9 – 168.93	Rechts	1700	Beperkte verschillen binnen de norm. Er is sprake van 1 grote piek van ongeveer 0,4 m/s richting uiterwaard op rkm 168.5. Hiervan is ook al sprake in de referentiesituatie.
Witte steen	152.1-153.35	Rechts	1500	Beperkte verschillen binnen de norm. Er is sprake van 2 grote pieken van ongeveer 1,0 en 0,5 m/s richting uiterwaard op resp. rkm 152.5 en 153.4. Hiervan is ook al sprake in de referentiesituatie. De piek van 1,0 m/s

Locatie	Rkm	Oever	Bankfull afvoer (m ³ /s)	Effect dwarsstroming
				neemt echter wel toe met 0,15 m/s t.o.v. de huidige situatie. Hier zit een knik/inham in de normaallijn waardoor een verkeerde dwarsstroom wordt bepaald.
Ossenkamp	149.5	Rechts	900	Beperkte verschillen binnen de norm. De grafiek laat hier een rechte lijn zien die het gevolg is van het ontbreken van een aantal hectometerpunten in de telling op de rivieras.
Boxmeer	148-151	Links	900	Beperkte verschillen binnen de norm. Er is sprake van 1 grote piek van ongeveer 0,8 m/s richting zomerbed op rkm 150,4, een verslechtering van 0,1 m/s t.o.v. de referentiesituatie (0,7 m/s). Hier zit een knik/inham in de normaallijn waardoor een verkeerde dwarsstroom wordt bepaald. De grafiek laat hier een rechte lijn zien die het gevolg is van het ontbreken van een aantal hectometerpunten in de telling op de rivieras.
Vortumse bergen	144-145	Links	1900	Beperkte verschillen binnen de norm.
Bergen	140.7 – 143.8	Rechts	1500	Over het algemeen kleine verschillen zichtbaar. Op rkm 141 is sprake van een uitschieter richting de uiterwaard. In de toekomstige situatie is deze nog wel steeds groter dan de norm, maar er is wel sprake van een beperkte verbetering van de huidige situatie.
Rode Beek	123.5 – 124.3	Rechts	1500	Beperkte verschillen binnen de norm.
Eikenweerd	121-122.5	Rechts	1100	Op de rechteroever zijn de wijzigingen in dwarsstroming beperkt en vallen voor beide situaties ruim binnen de norm. Ter plaatse van rkm piek ter

Locatie	Rkm	Oever	Bankfull afvoer (m ³ /s)	Effect dwarsstroming
				plaatse van rkm 122.2 is sprake van een piek die bij bepaalde afvoeren de norm overschrijdt. Hier zit een knik/inham in de normaallijn waardoor een verkeerde dwarsstroom wordt bepaald.
Broekhuizerweerd	121-122	Links	1300	<p>Op de linkeroever zijn de effecten beperkt. Ter plaatse van rkm 121.5 is sprake van een dwarsstroming groter dan 0,3 m/s. In de huidige situatie is hier ook al sprake van een grotere dwarsstroming, maar deze valt nog binnen de norm. In de toekomstige situatie treedt hier een dwarsstroming van 0,4 m/s richting het zomerbed op. Deze varieert overigens per afvoerniveau:</p> <p>Q = 1100 m³/s - dwarsstroom = 0,45 m/s (dwarsstroom referentie = 0,05 m/s) Q = 1300 m³/s - dwarsstroom = 0,4 m/s (dwarsstroom referentie = 0,28 m/s) Q = 1500 m³/s - dwarsstroom = 0,31 m/s (dwarsstroom referentie = 0,30 m/s) (zie bijlage 1)</p> <p>Ter plaatse van rkm 121.0 treedt in beide situaties een forse dwarsstroom op in de orde van 0,7 m/s richting zomerbed bij 1500 m³/s. In dit geval is sprake van een knik/inham in de normaallijn waardoor een verkeerde dwarsstroom wordt bepaald.</p>
Lomm	118 – 118.65	Rechts	1300	Op de rechteroever is de dwarsstroming zeer beperkt. Er ontstaan kleine veranderingen in dwarsstroming.
Venlo-velden	111-114	Rechts	1300	Over de twee trajecten zijn voor alle afvoeren kleine verschillen zichtbaar. Op rkm 111.3 (0,7 m/s) en 113 (0,4 m/s)

Locatie	Rkm	Oever	Bankfull afvoer (m ³ /s)	Effect dwarsstroming
				is sprake van uitschieters richting het zomerbed. Deze zijn er in zowel de huidige als de toekomstige situatie. Bij rkm 111.8 is sprake van een dwarsstroom van 0,35 m/s richting de uiterwaard. Ook in dit geval is deze in zowel de huidige als toekomstige situatie aanwezig.
Weerdbeemden	91-92	Links	1100	Beperkte verschillen binnen de norm.
Rijkelse Bemden	90-91.75	Rechts	1100	Over het hele traject kleine verschillen zichtbaar. Op rkm 90.9 is alleen bij bankfull afvoer sprake van een uitschieter in zowel de huidige als de toekomstige situatie. De piek van 0,5 m/s neemt echter wel toe met 0,04 m/s t.o.v. de huidige situatie
Ooldergreend	74-75.9	Rechts	2300	Over het hele traject zijn kleine verschillen zichtbaar. Op rkm 74 en 75,5 is sprake van een uitschieter in zowel de huidige als de toekomstige situatie. In de toekomstige situatie is sprake van een lichte verbetering.

Zoals uit Tabel 3 blijkt is er bij een aantal locaties sprake van een dwarsstroming die uitkomt boven de norm van 0,3 m/s. In de meeste gevallen is in de huidige situatie hier ook al sprake van een dwarsstroming groter dan 0,3 m/s. Gebleken is dat een deel van de pieken in dwarsstroming boven de norm worden veroorzaakt doordat er ter plaatse sprake is van een knik in de normaallijn waardoor een onjuiste dwarsstroom berekend wordt. Voor de locaties waar de norm wordt overschreden en waar de toekomstige situatie ongunstiger is dan de huidige situatie is bekeken of dit te wijten was aan een foutief berekende dwarsstroom of dat het een gevolg is van de aanleg/ontwikkeling van de natuurlijke oever. Hieruit blijkt dat alleen bij Broekhuizerweerd sprake is van een ongunstige toename van de dwarsstroom als gevolg van de aanleg/ontwikkeling van een natuurlijke oever.

5 Conclusie

Afhankelijk van de lokale situatie en aanpassing pakken de ingrepen voor de verschillende situatie positief of negatief uit voor de hoogwaterstanden. Omdat er voor het totaal een vergunning wordt aangevraagd, sluit een beoordeling van alle ingrepen gezamenlijk hier het beste bij aan.

Als gevolg van de aanleg en ontwikkeling van natuurlijke oevers tot een evenwichtssituatie treedt bij een afvoer van 3.435 m³/s geen opstuwing op van meer dan 1 mm, uitgezonderd een aantal lokale benedenstroomse piekjes als gevolg van de verruiming van de natuurlijke oevers.

Bij een maatgevende afvoer van 4.000 m³/s treedt een vergelijkbaar patroon op. Ook hier is sprake van een aantal lokale opstuwingen. Qua beheer kan dan voor de meeste locaties uitgegaan worden van een beheer van 95% grasland en 5% struweel. Voor de locaties Heumen, Broekhuizerweerd, Eikenweerd en Venlo-Velden is de verhouding percentage grasland/struweel gezet 98/2.

Ook is in dit onderzoek gekeken naar de effecten op dwarsstroming. Bij een aantal locaties is sprake van een dwarsstroming die uitkomt boven de norm van 0,3 m/s. In de meeste gevallen is in de huidige situatie hier ook al sprake van een dwarsstroming groter dan 0,3 m/s. Gebleken is dat een deel van de pieken in dwarsstroming boven de norm worden veroorzaakt, doordat er ter plaatse sprake is van een knik in de normaallijn waardoor een onjuiste dwarsstroom berekend wordt. Wanneer deze foutief berekende dwarsstromen worden uitgefilterd, blijkt dat alleen bij Broekhuizerweerd sprake is van een ongunstige toename van de dwarsstroom als gevolg van de aanleg/ontwikkeling van een natuurlijke oever.

6 Referenties

Ref 1: A. de Joode, 2013. KRW3 Maas, Rivierkundige berekeningen vegetatie Stroomlijn. Definitief. In opdracht van Grontmij Nederland B.V. Document: rapportage_hydraulica_KRW3_vegetatie_20130222.doc, 22 februari 2013.

Ref 2: A. De Joode, 2013. KRW3 Maas, Rivierkundige berekeningen natuurvriendelijke oevers. Concept. In opdracht van Grontmij Nederland B.V. Document: rapportage_hydraulica_KRW3_nvo_20131104.doc, 4 november 2013.

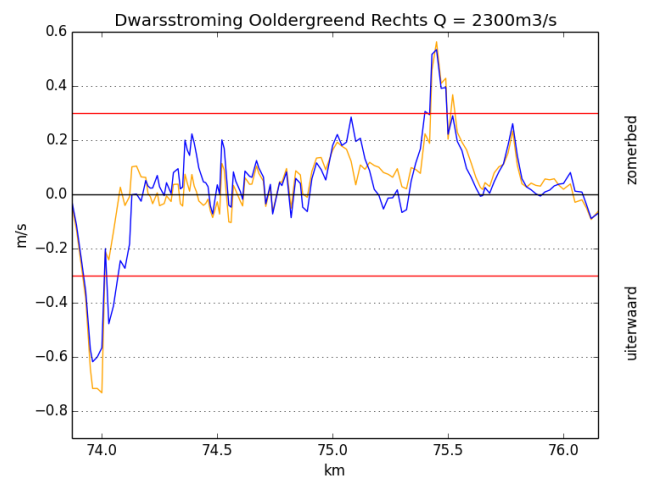
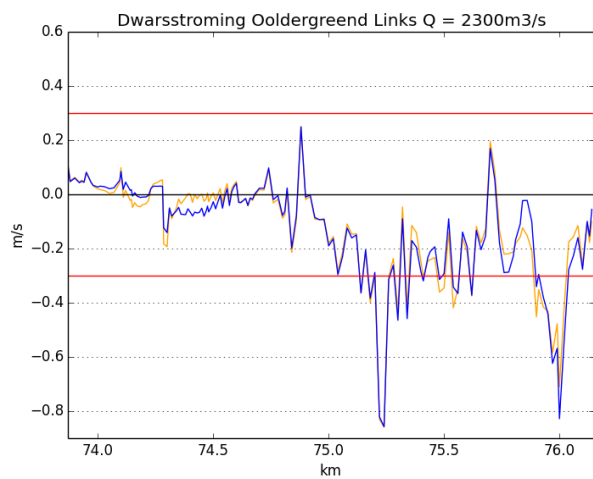
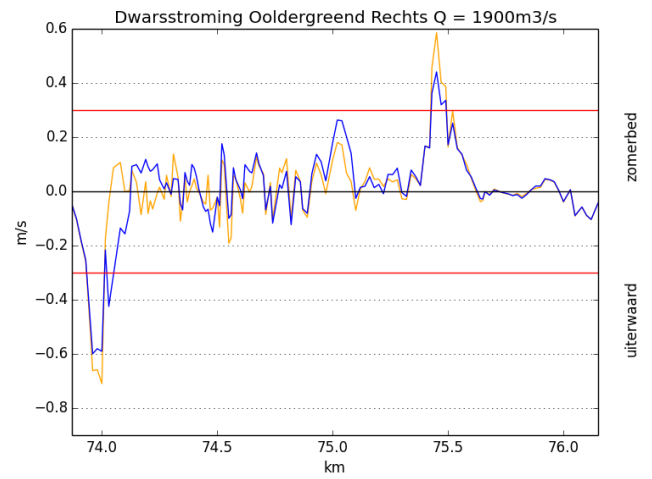
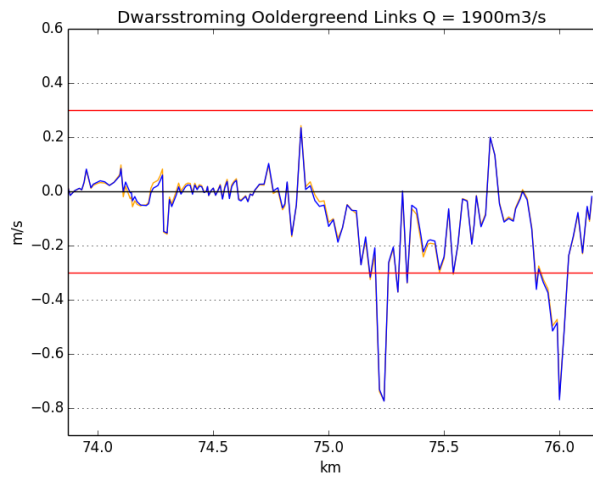
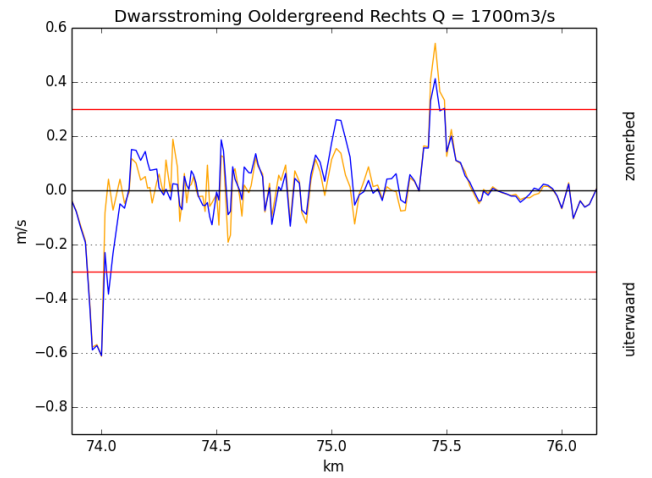
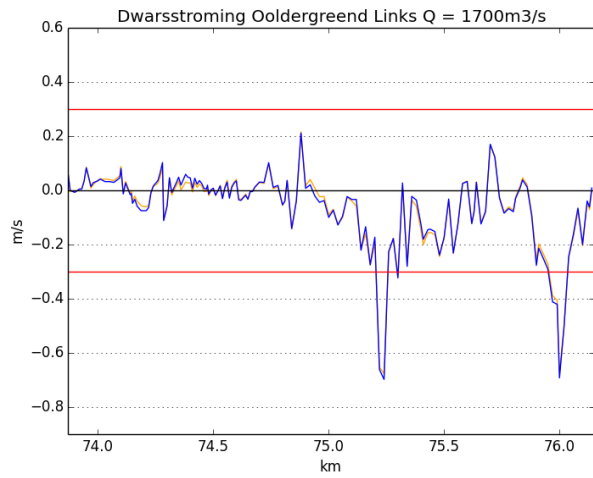
Ref 3: 2009, Rivierkundig beoordelingskader voor ingrepen in de Grote Rivieren. Versie 2.01. Rijkswaterstaat Waterdienst, 1 juli 2009.

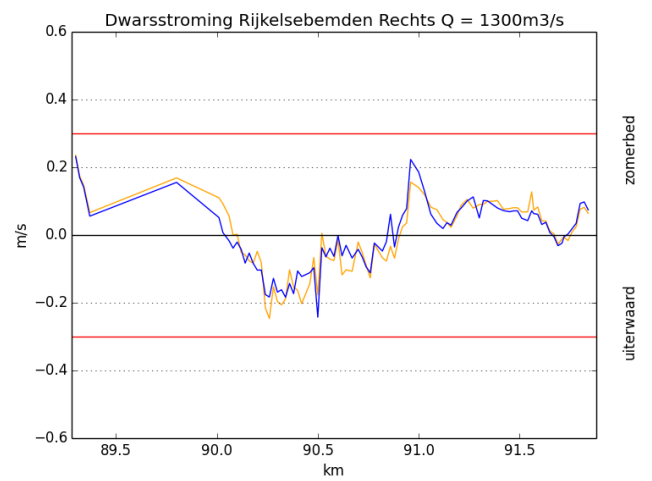
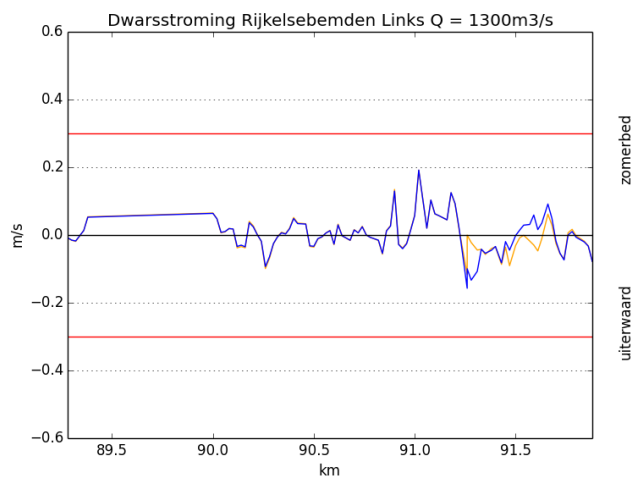
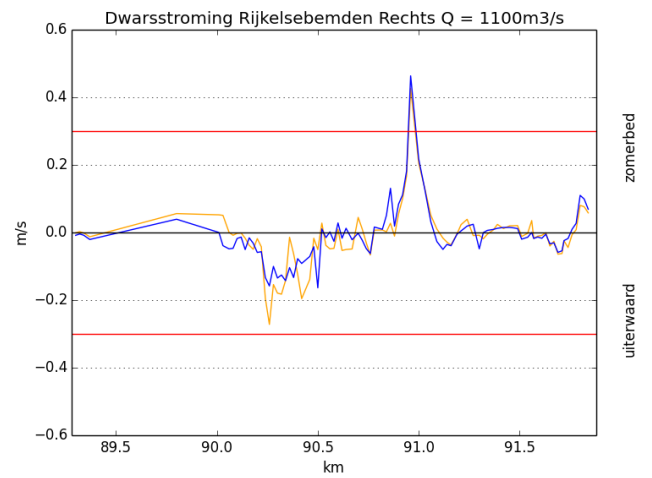
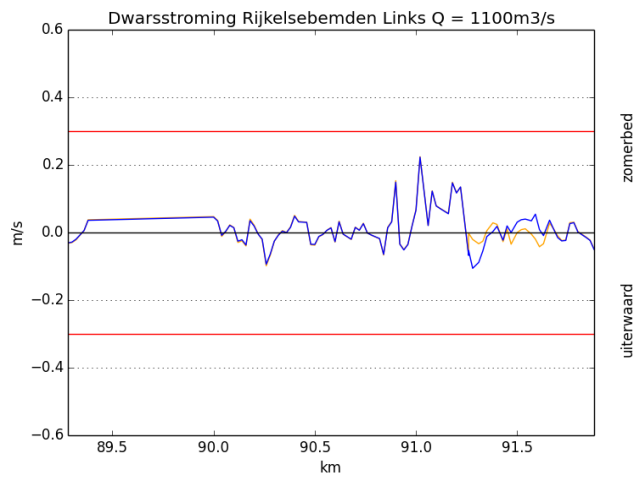
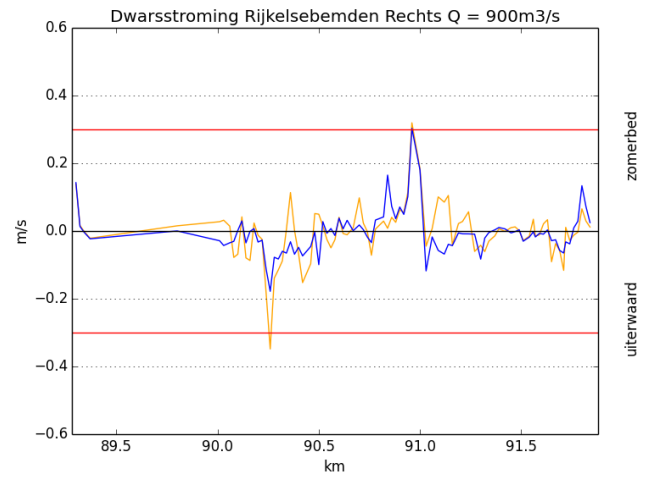
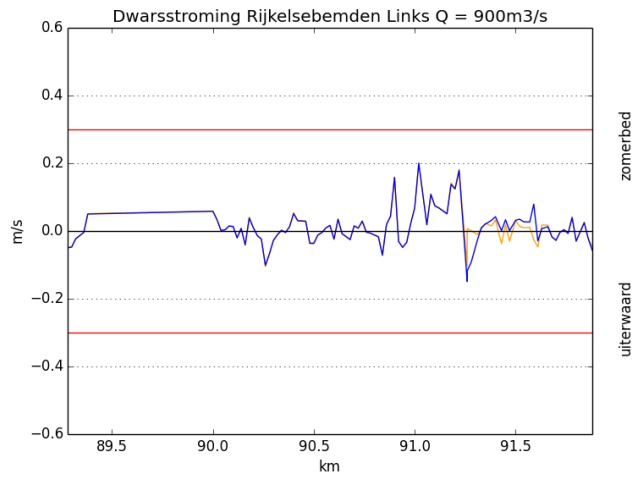
Ref 4: A. de Joode, 2013. KRW3 Inrichtingsplan Empelse Waard, Rivierkundige berekeningen. Definitief. In opdracht van Grontmij Nederland B.V. Document: rapportage_hydraulica_KRW3_Empel_20131021.doc, 21 oktober 2013.

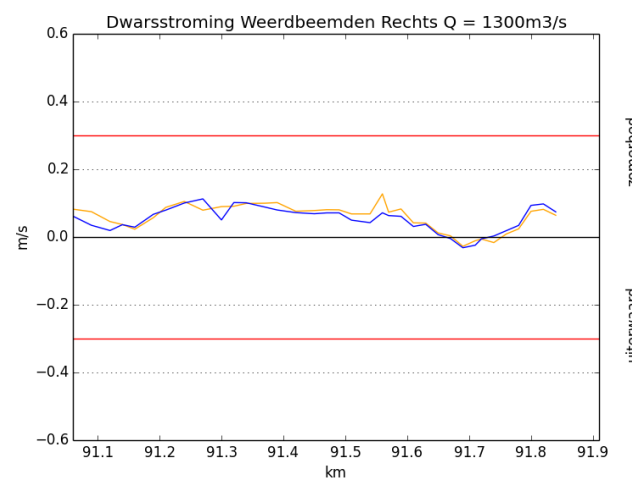
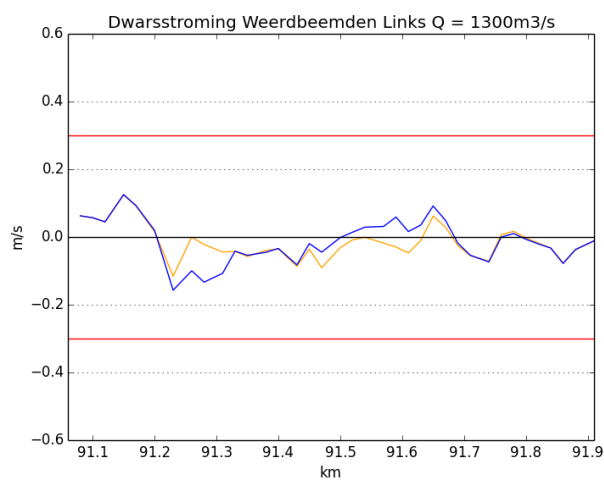
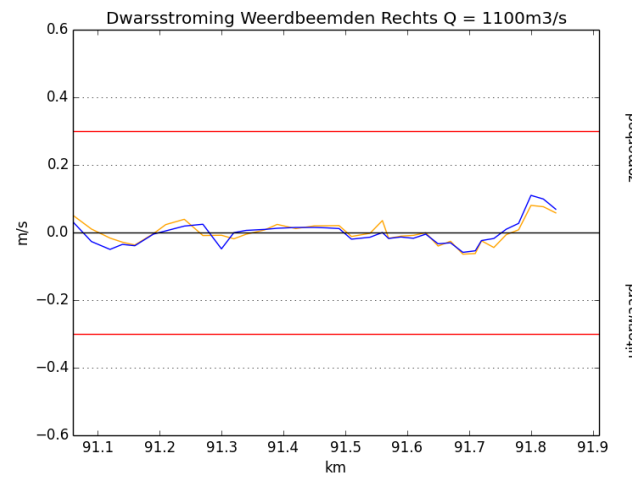
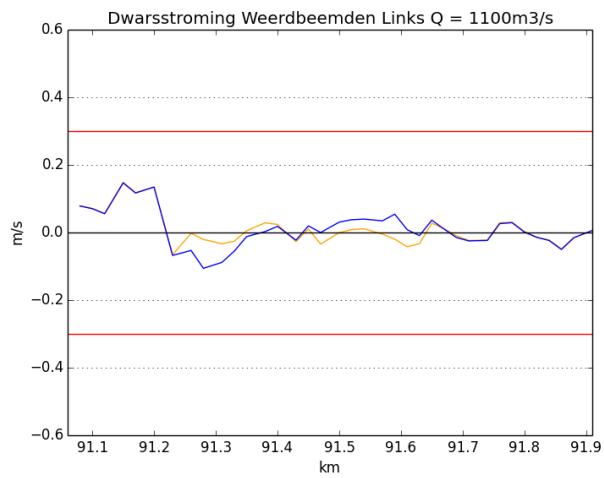
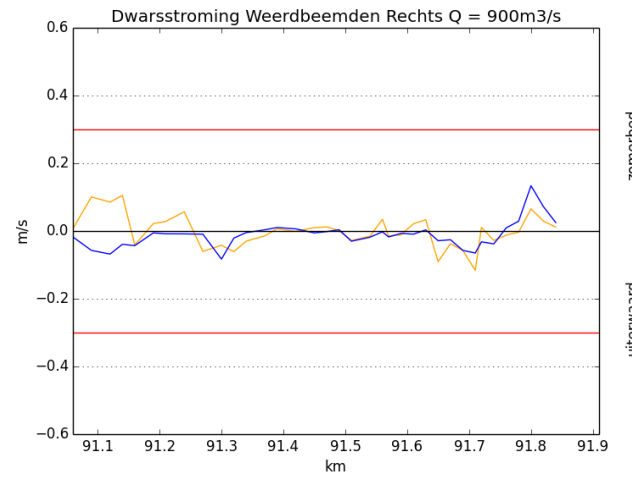
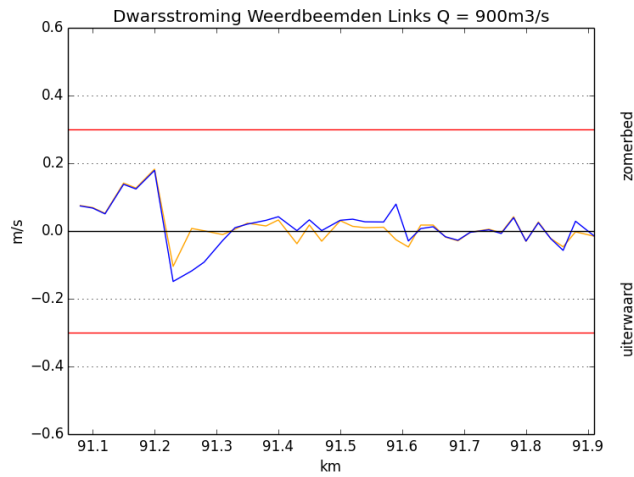
Ref 5: morfologische analyses HKV

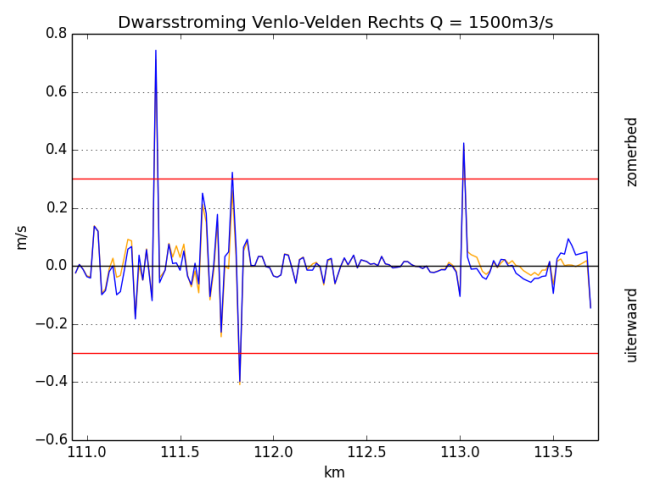
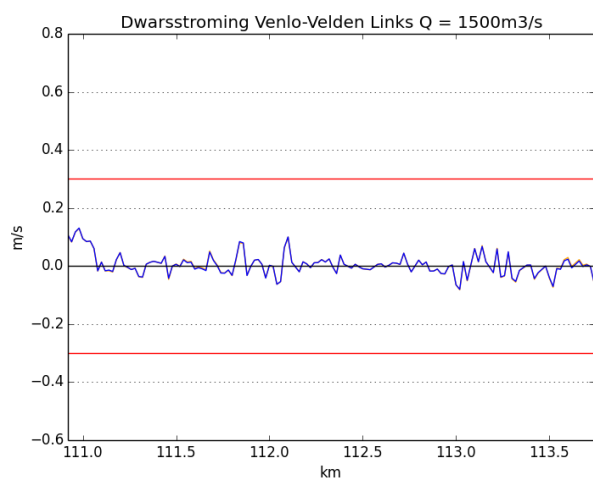
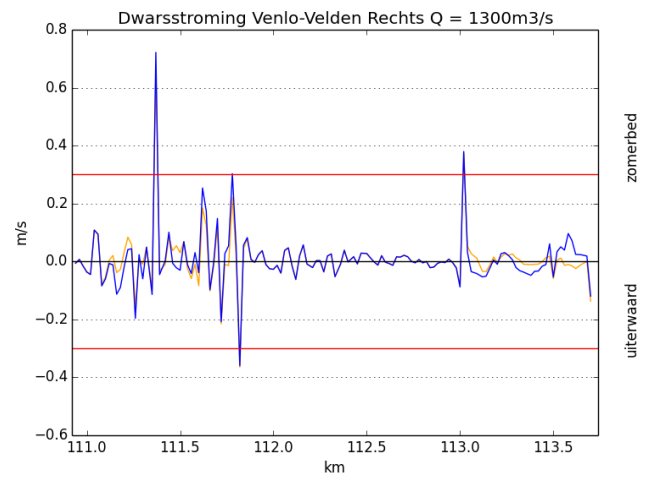
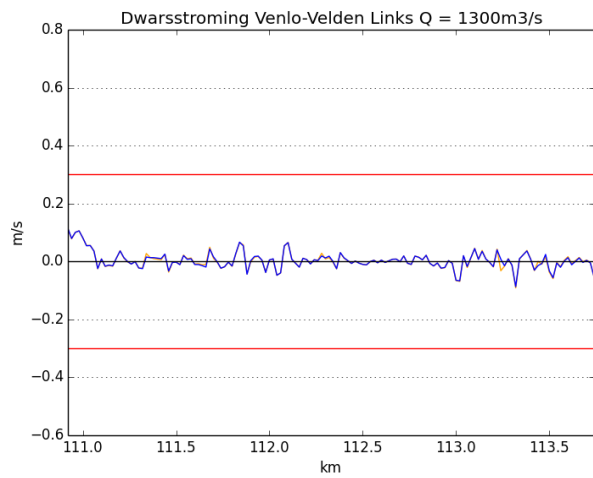
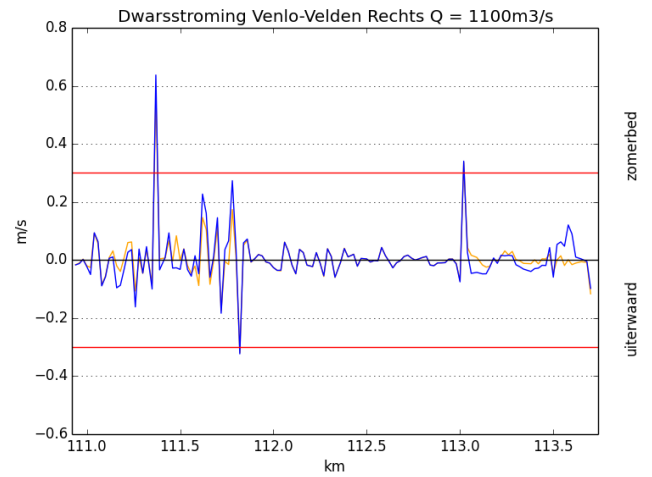
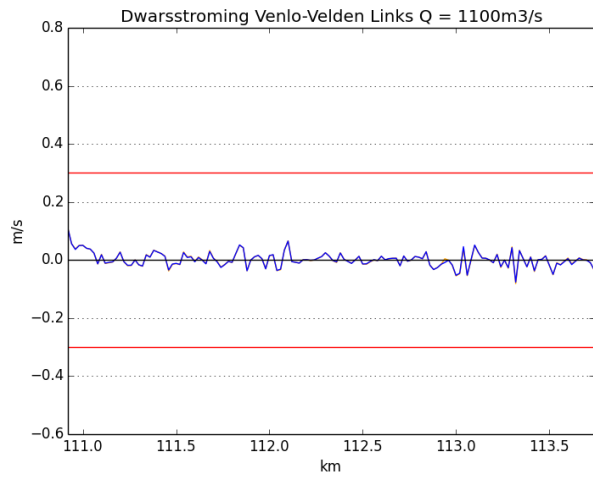
Bijlagen

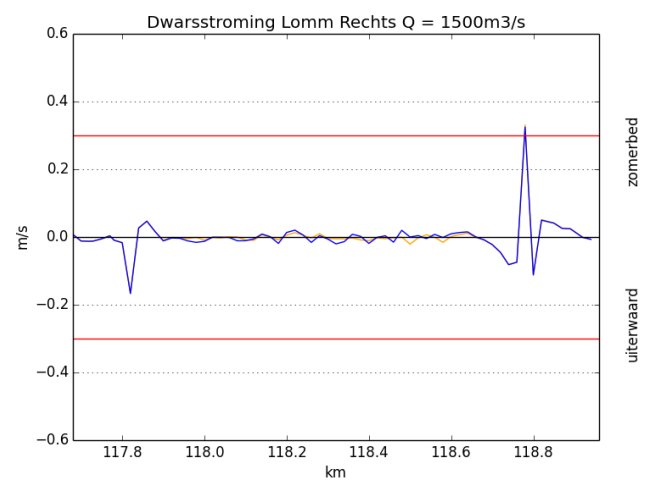
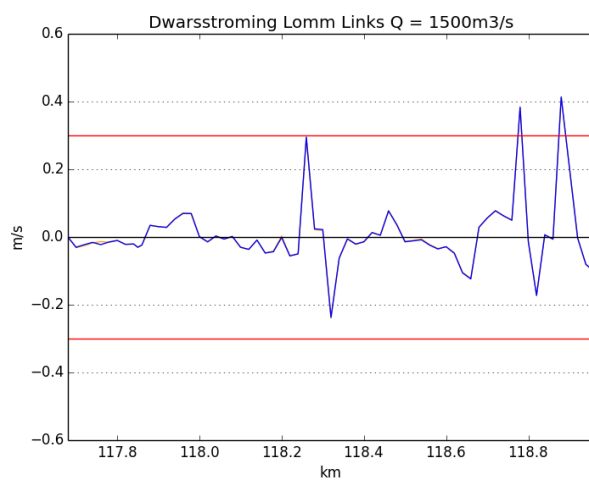
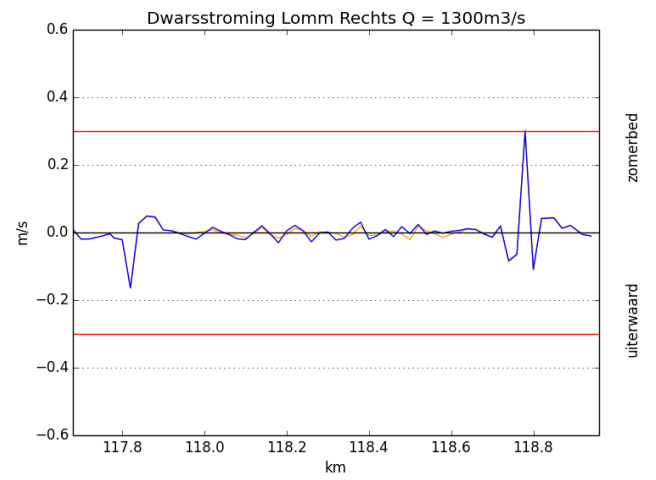
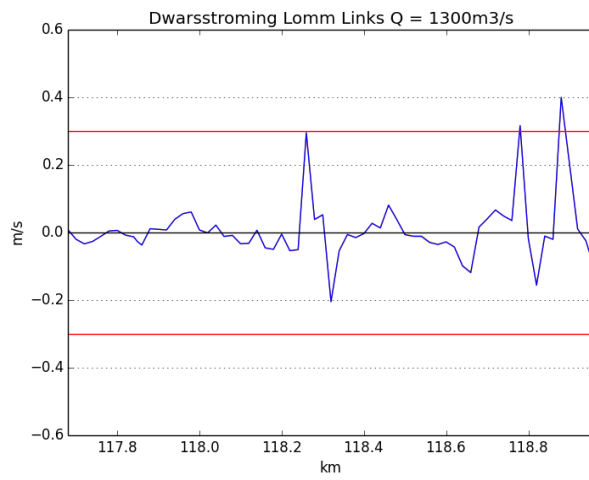
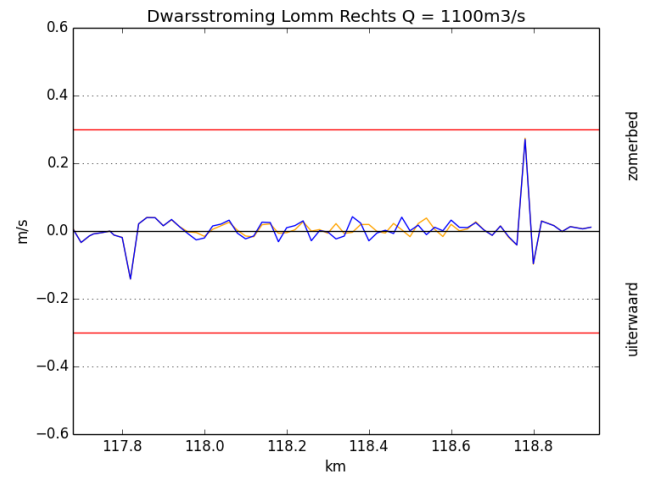
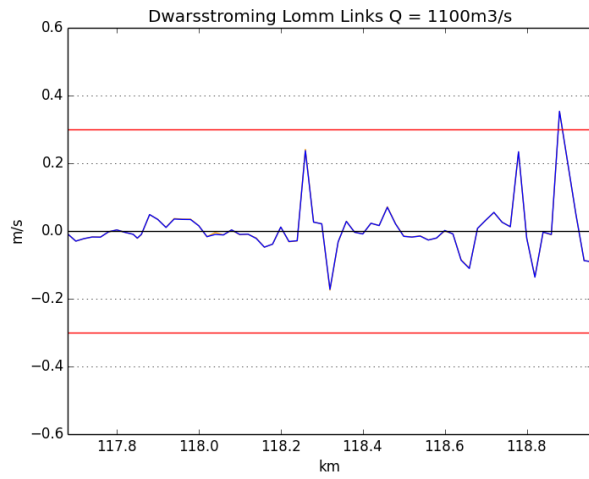
Bijlage 1: dwarsstroming

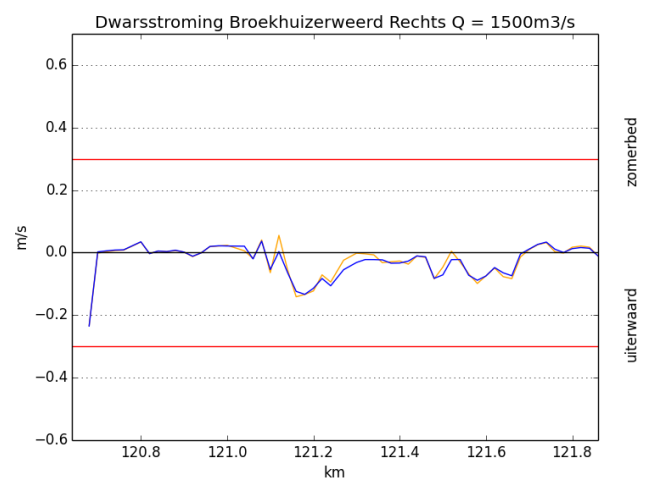
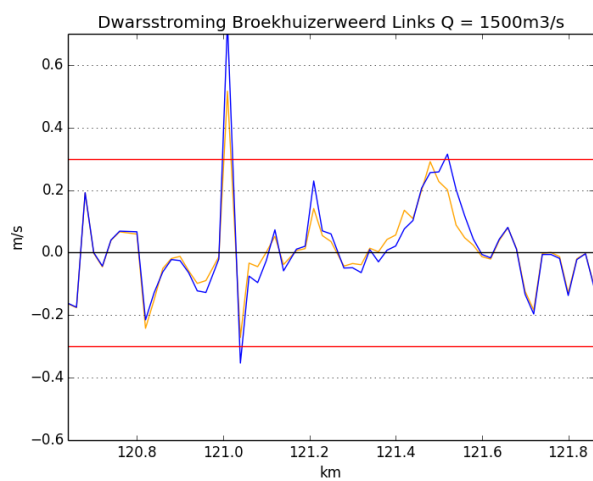
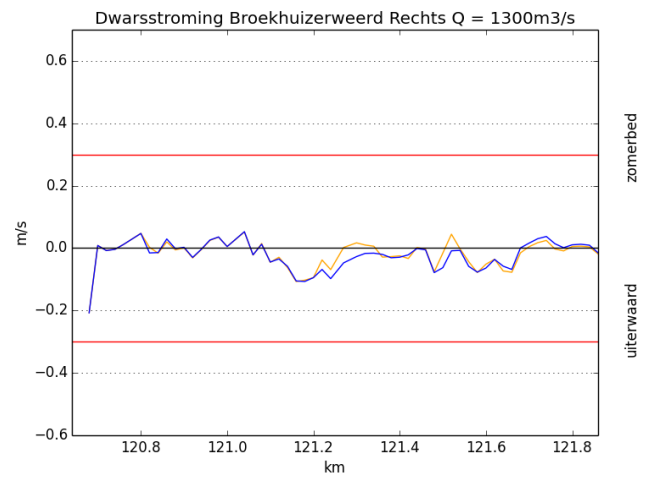
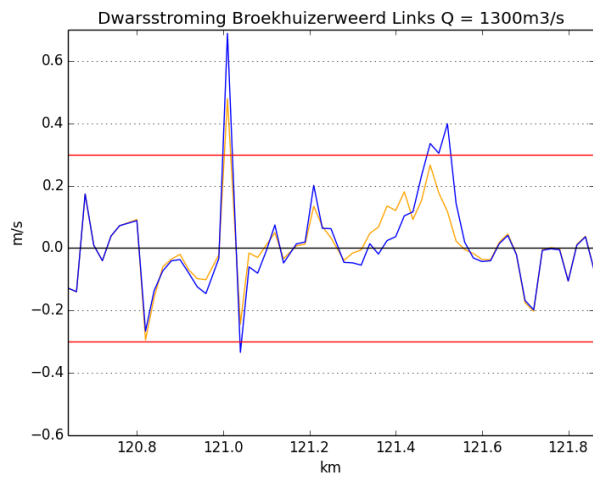
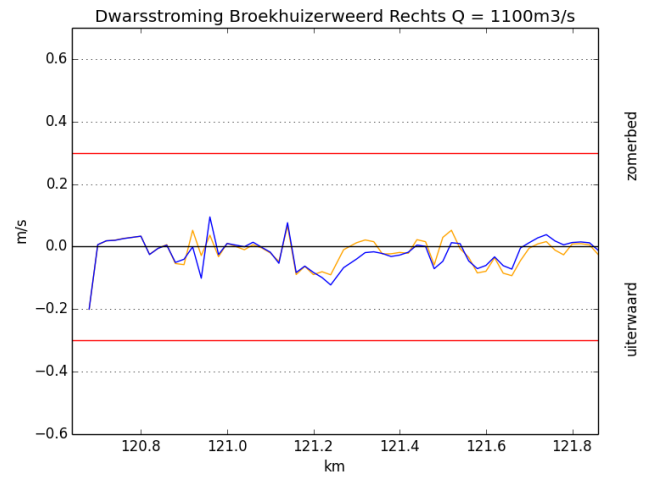
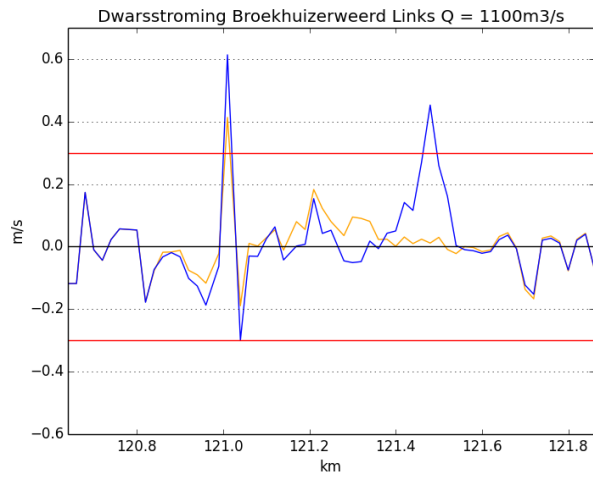


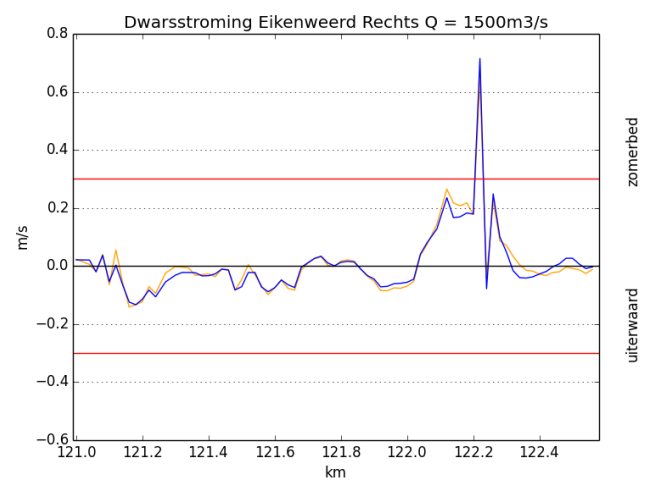
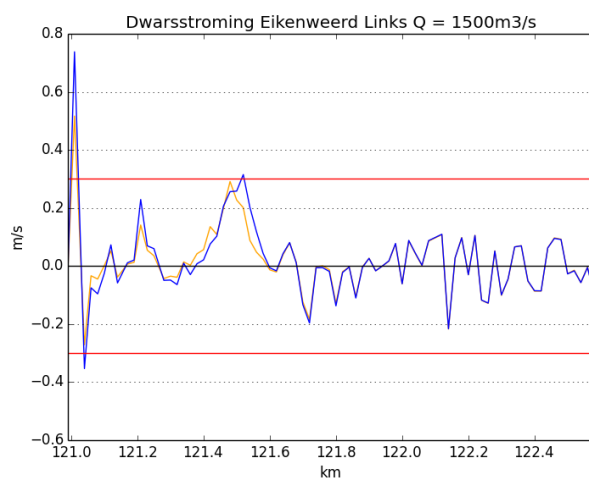
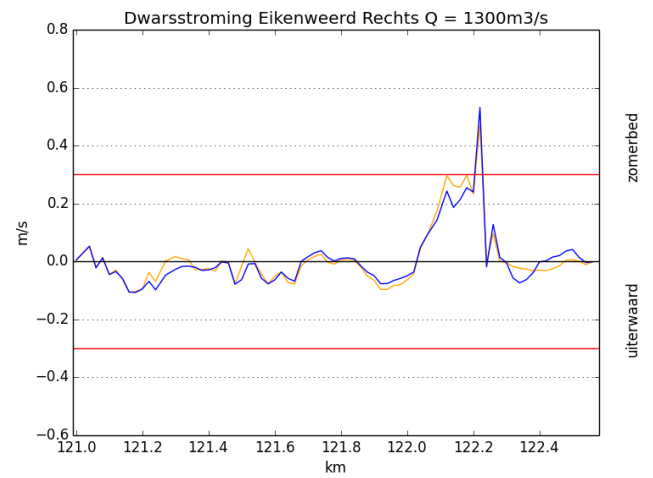
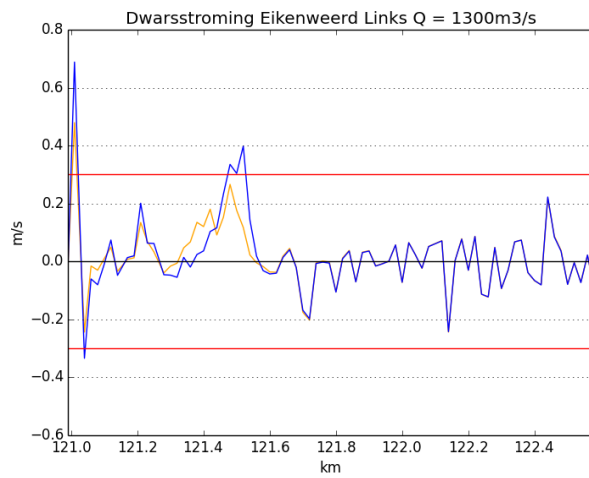
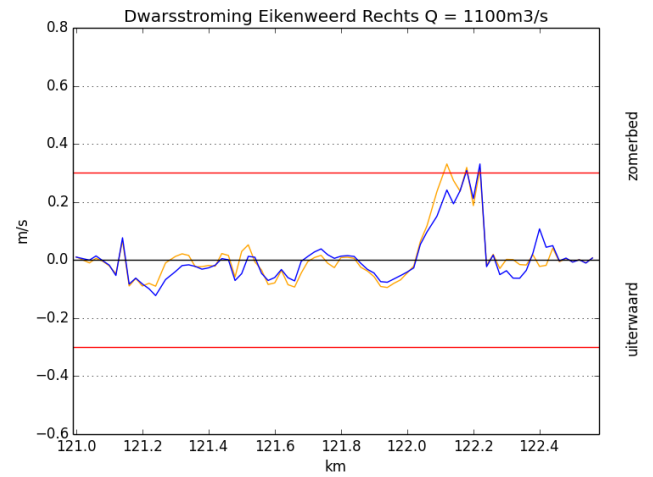
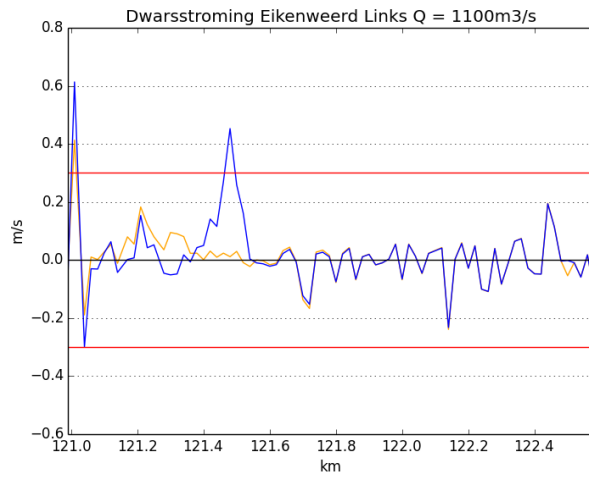


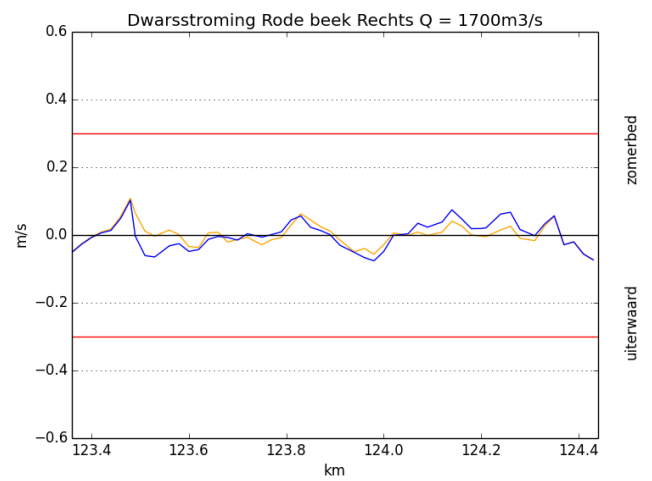
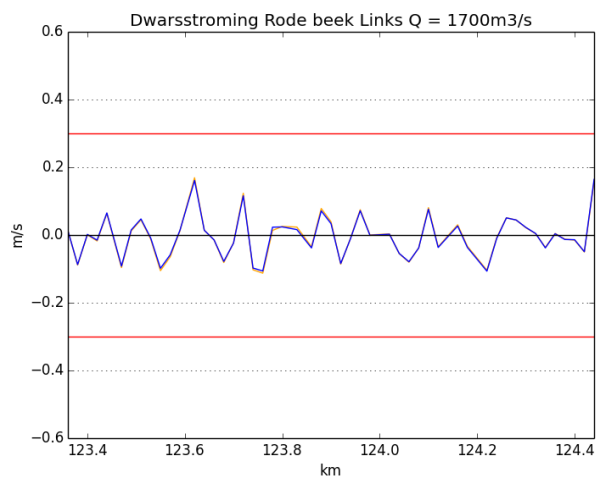
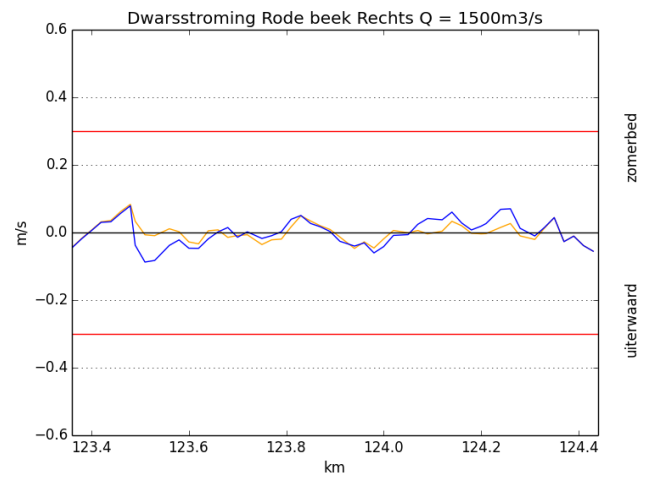
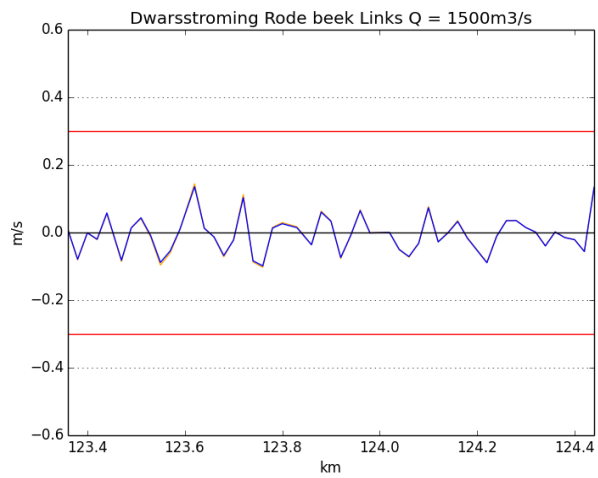
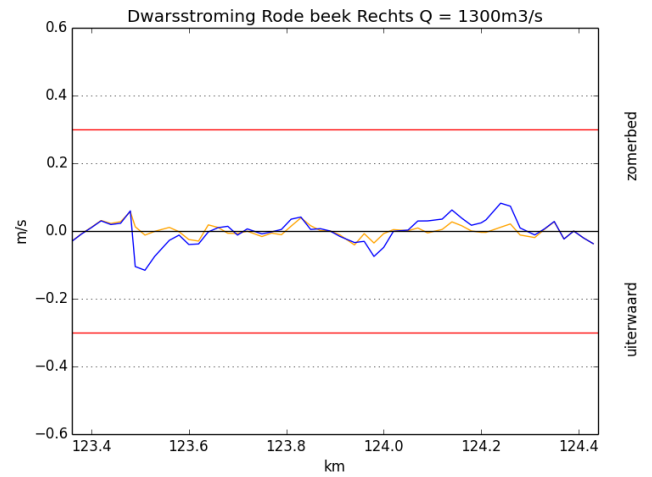
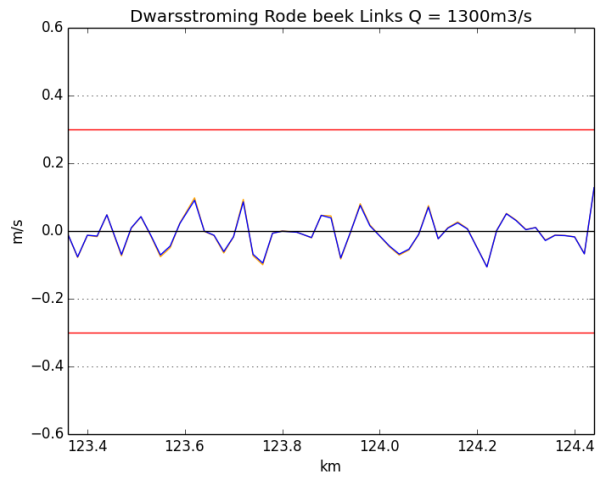


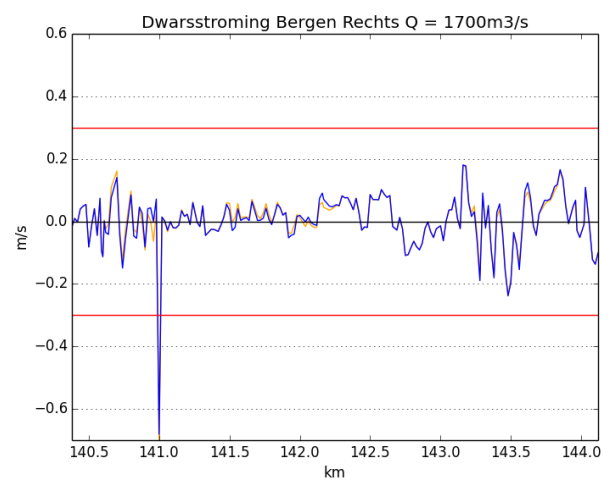
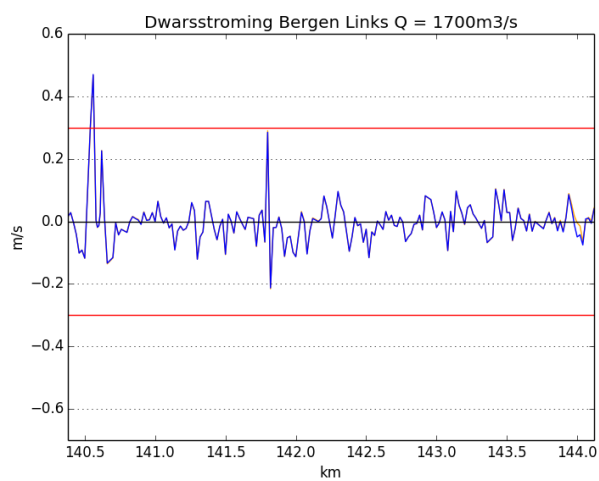
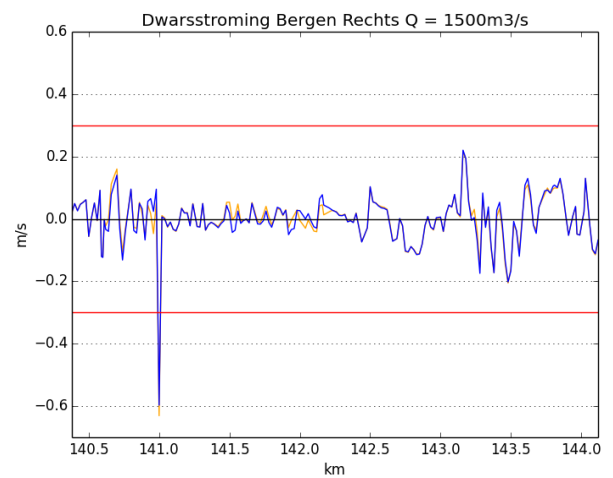
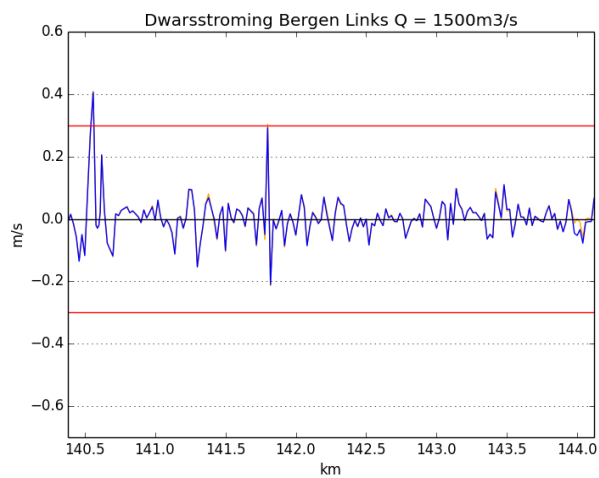
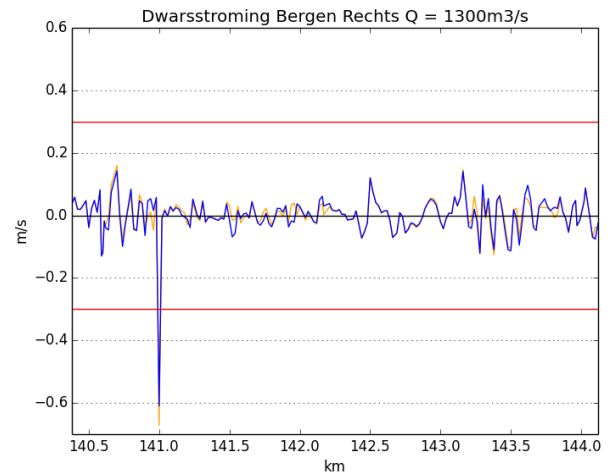
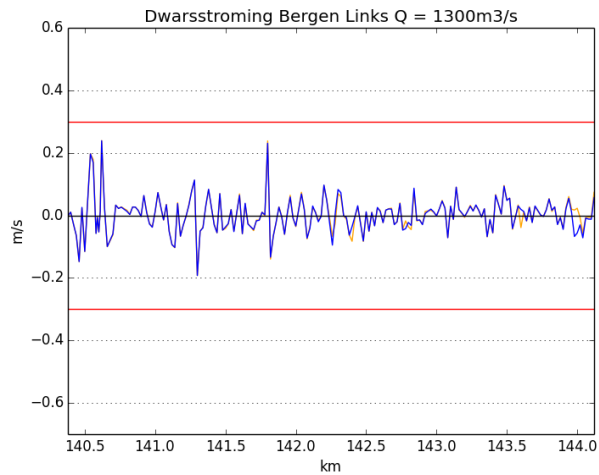


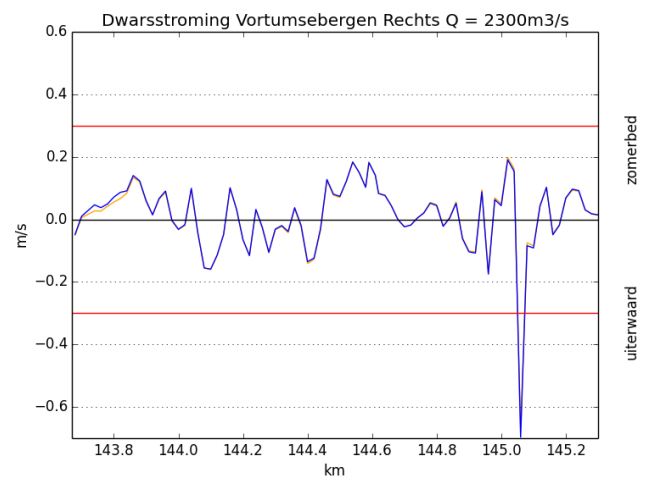
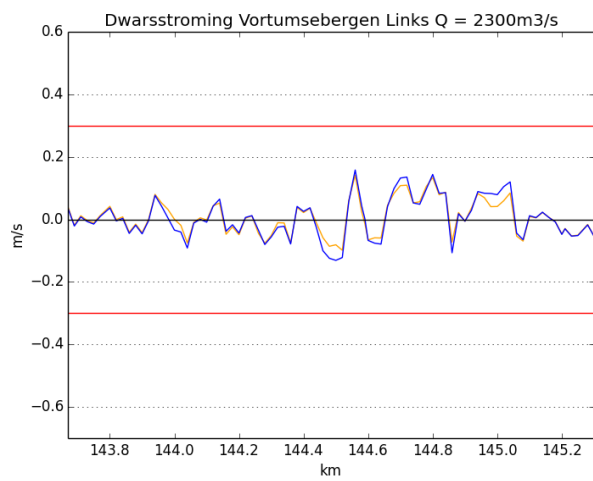
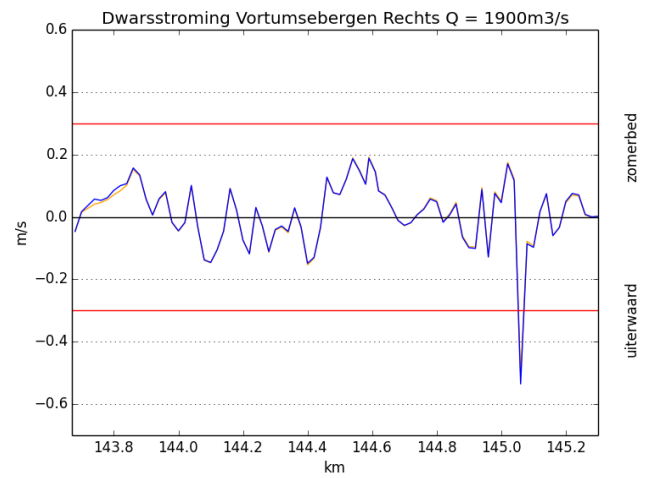
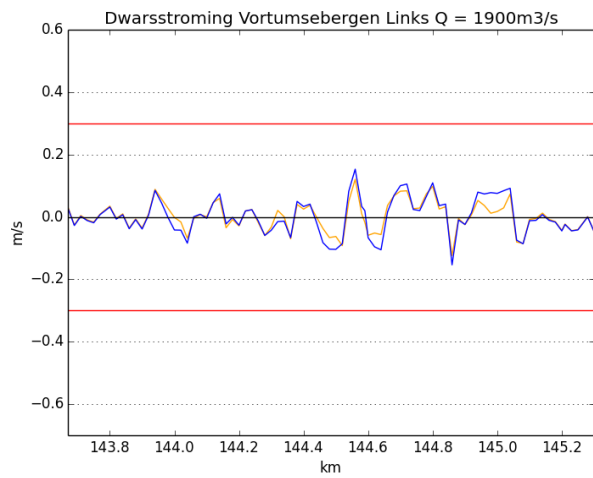
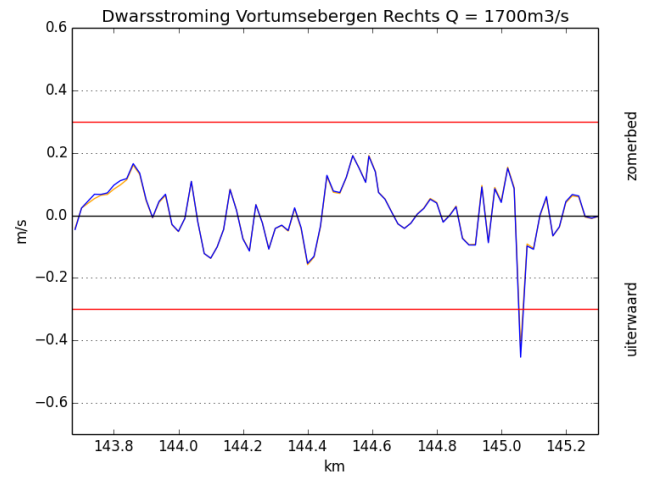
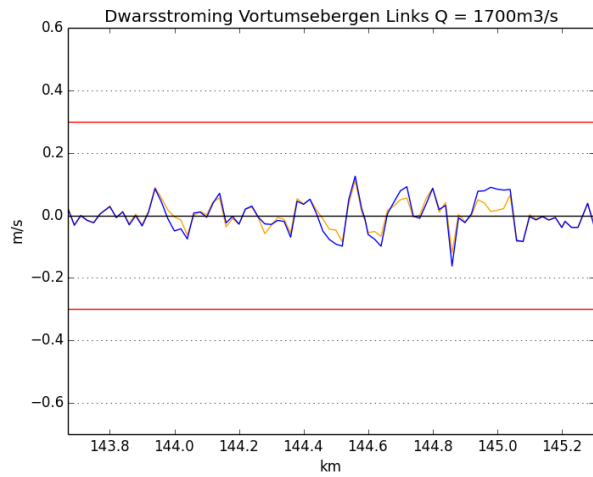


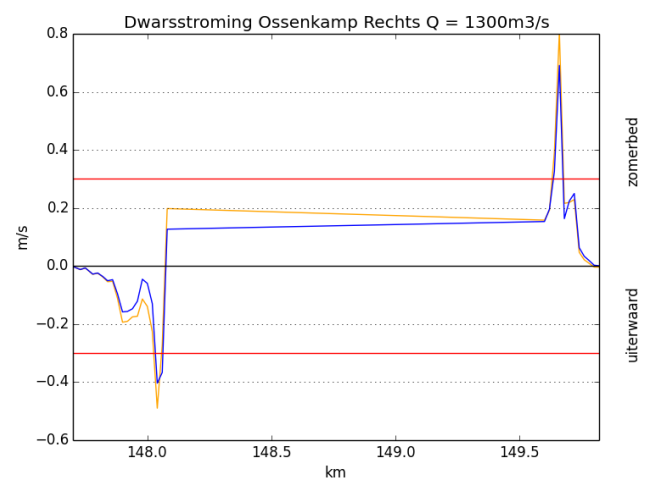
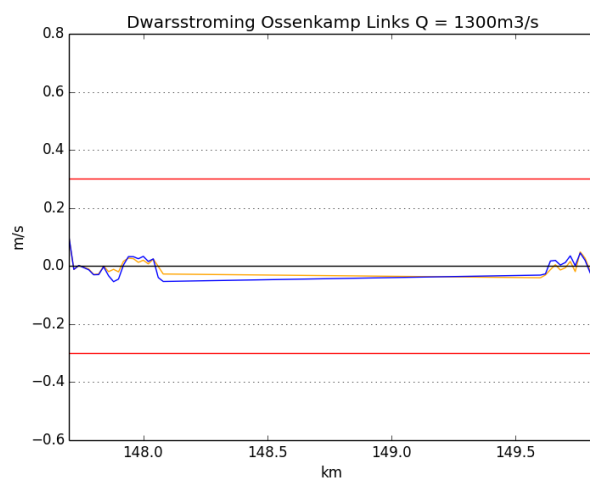
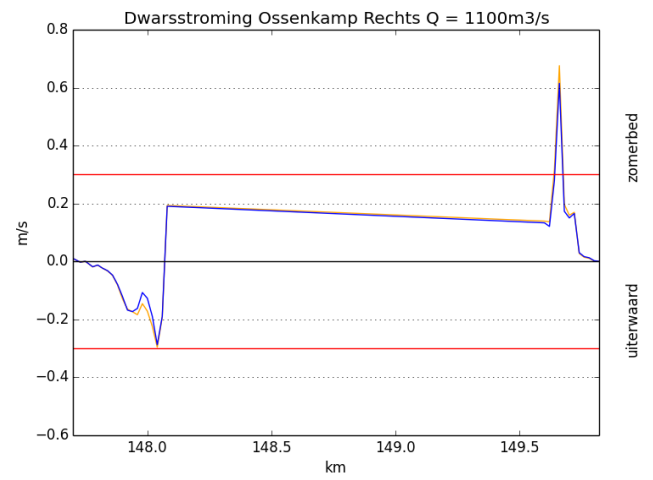
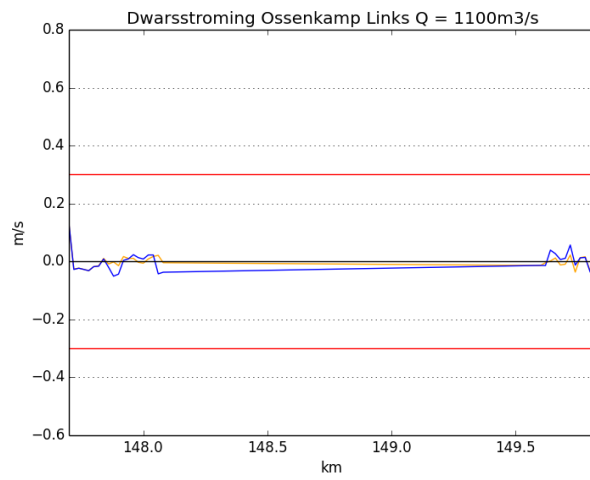
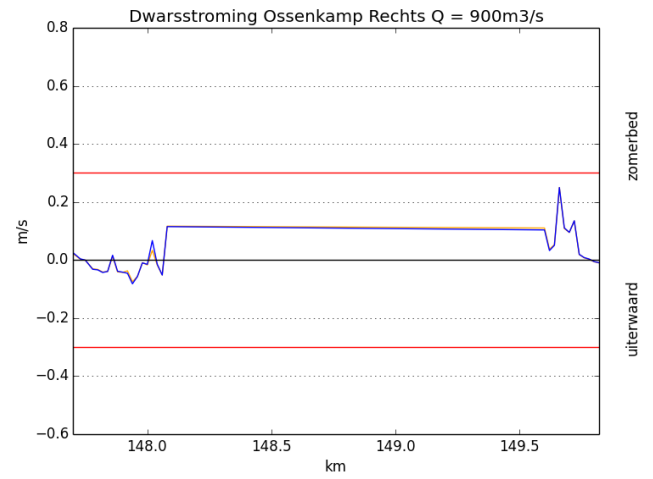
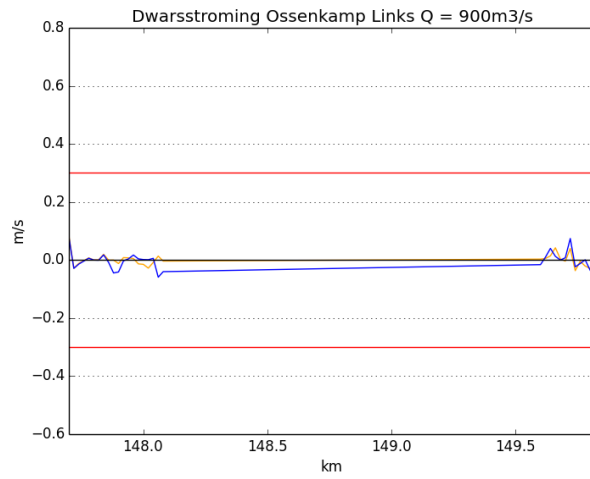


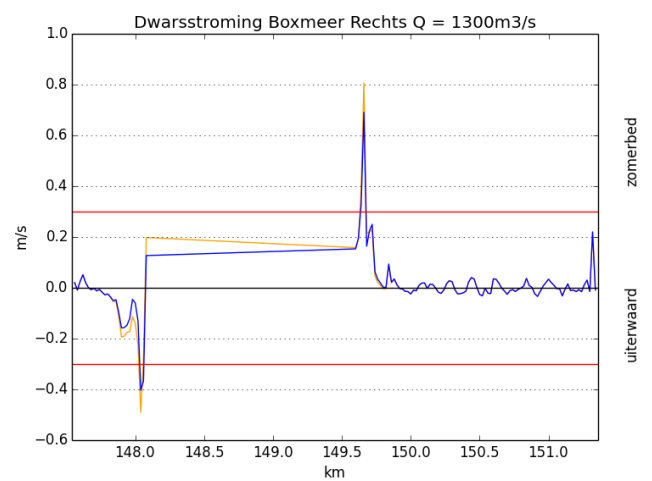
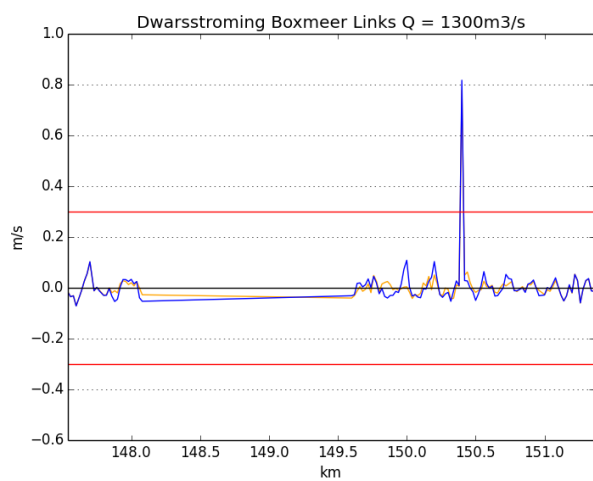
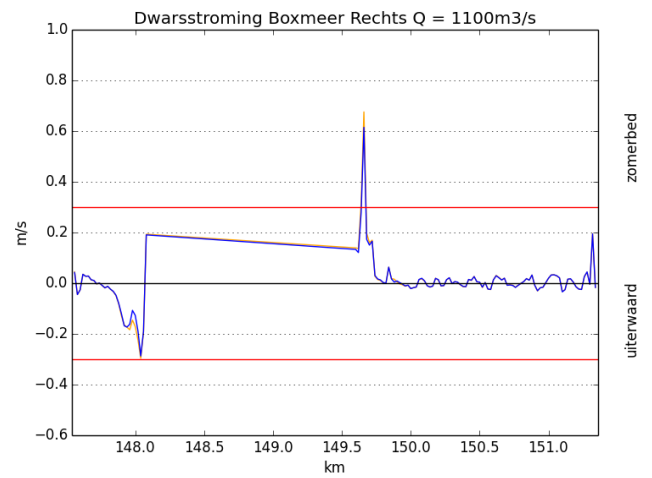
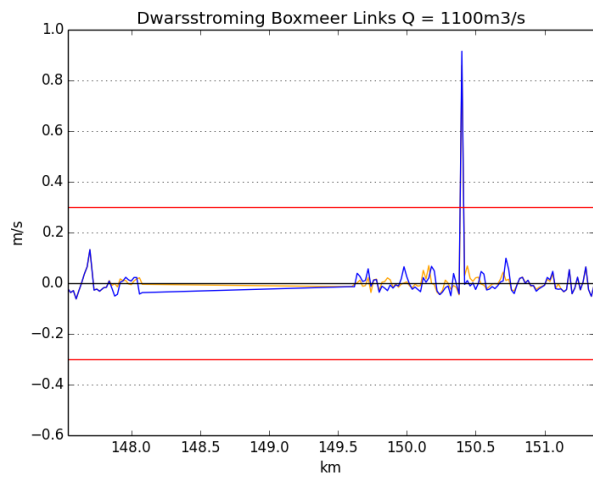
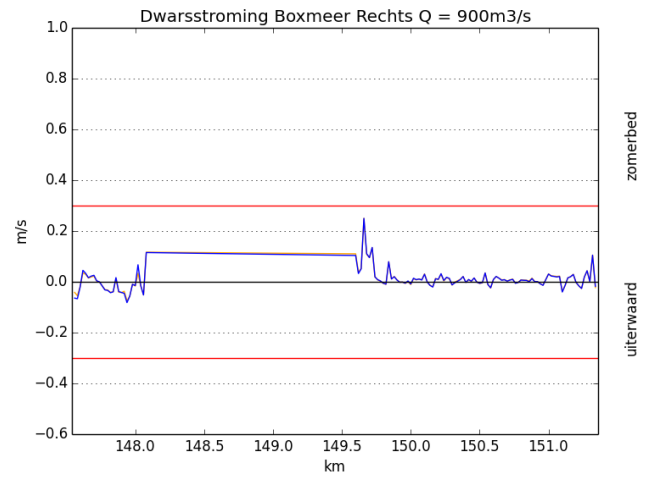
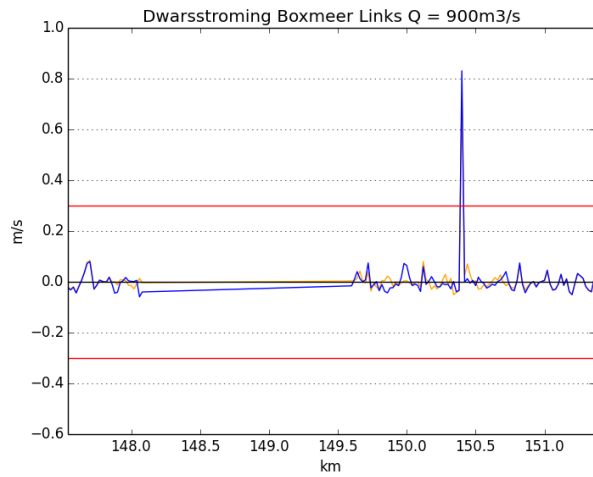


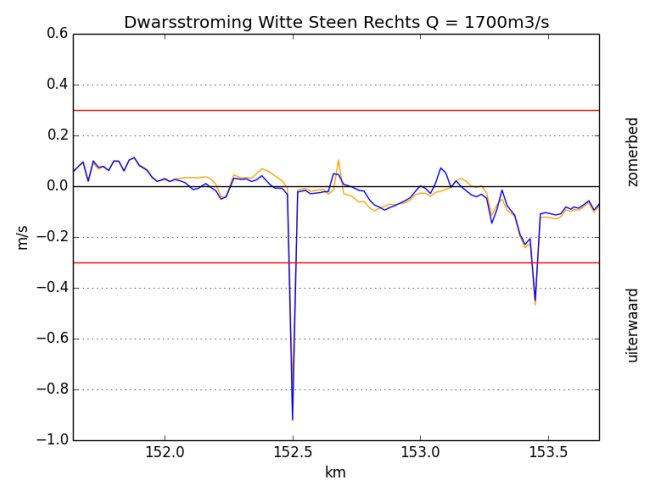
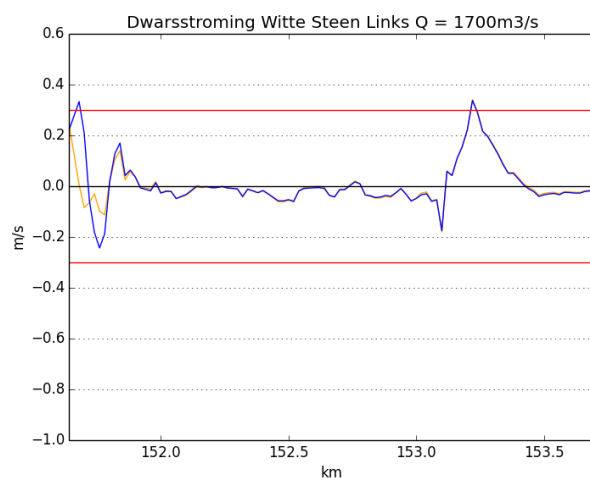
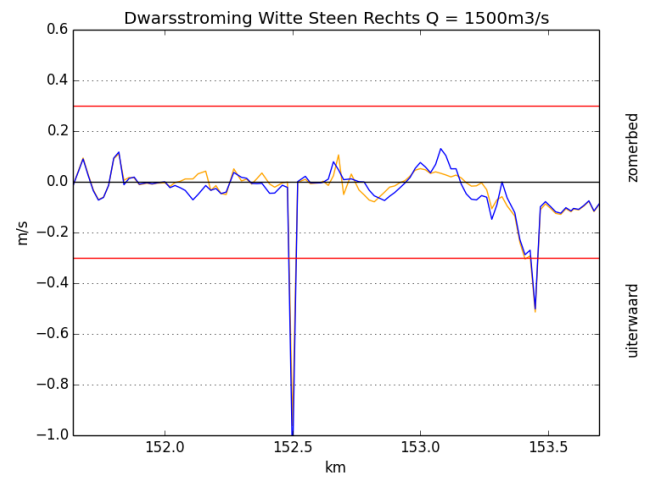
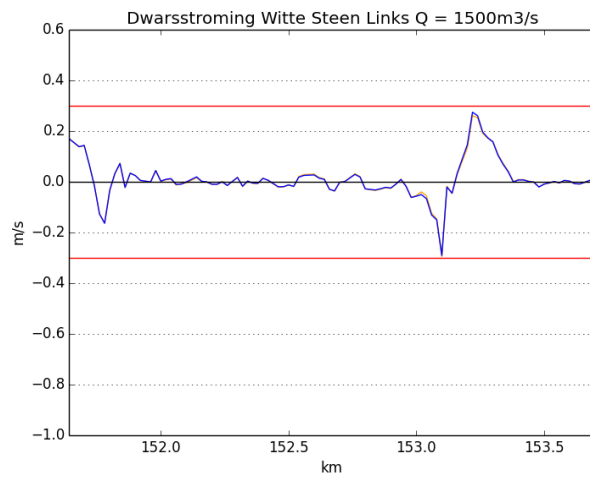
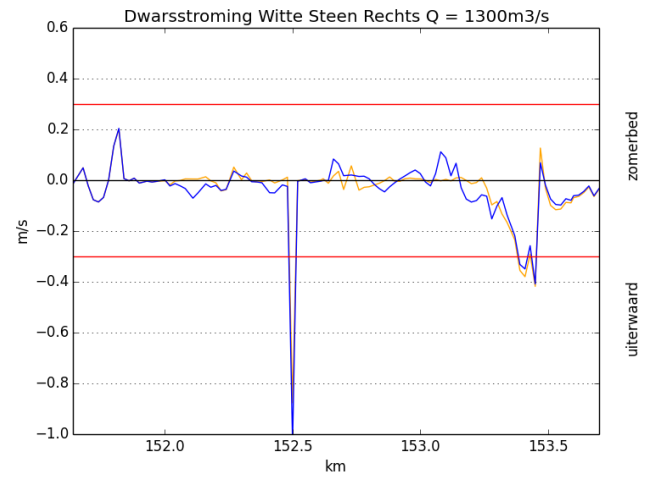
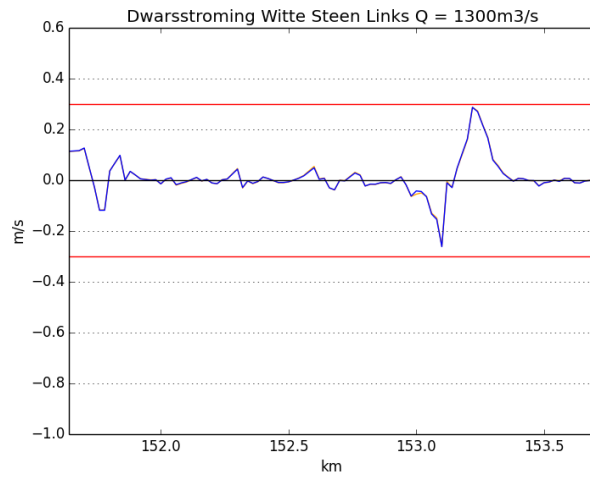


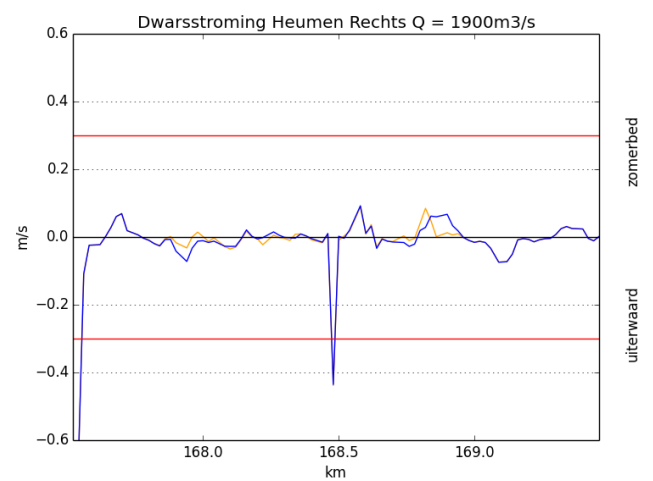
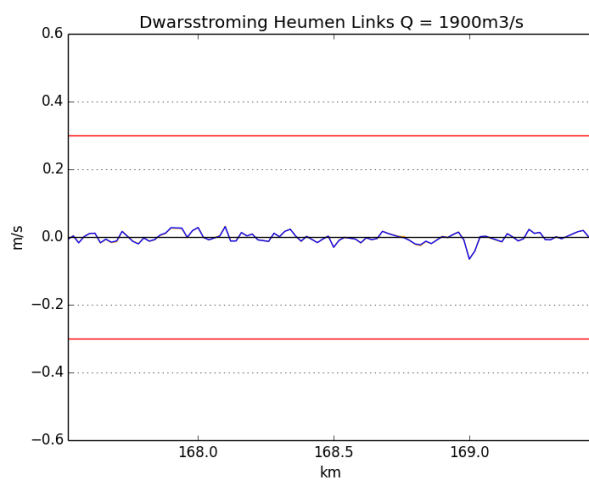
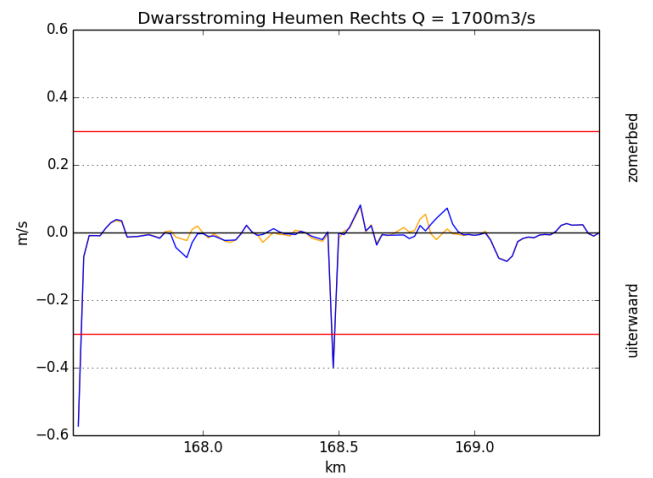
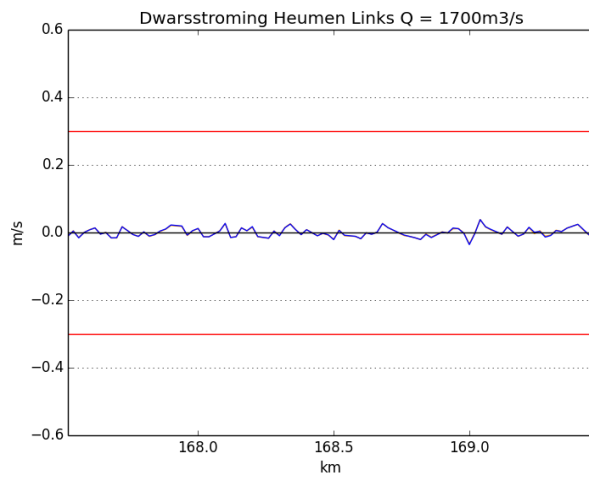
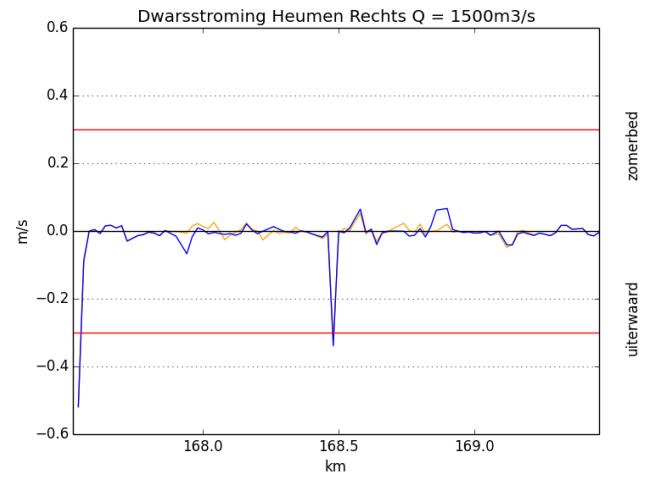
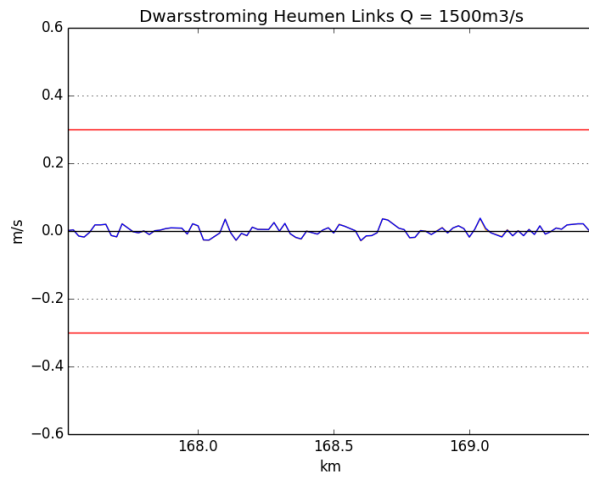


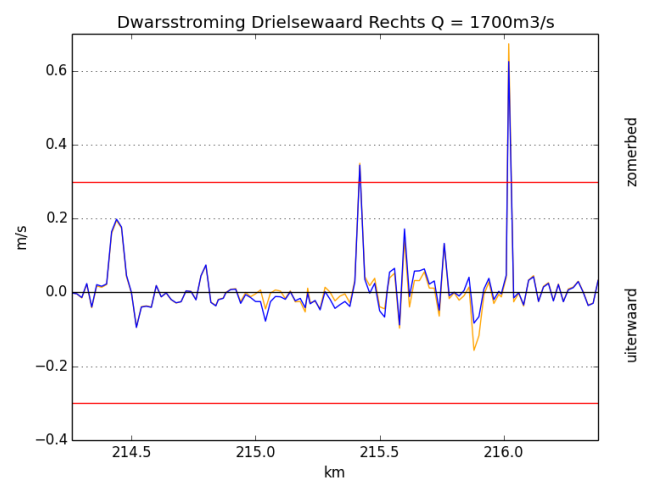
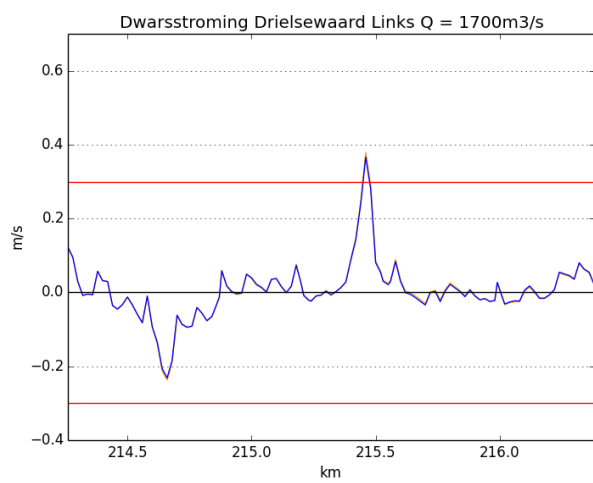
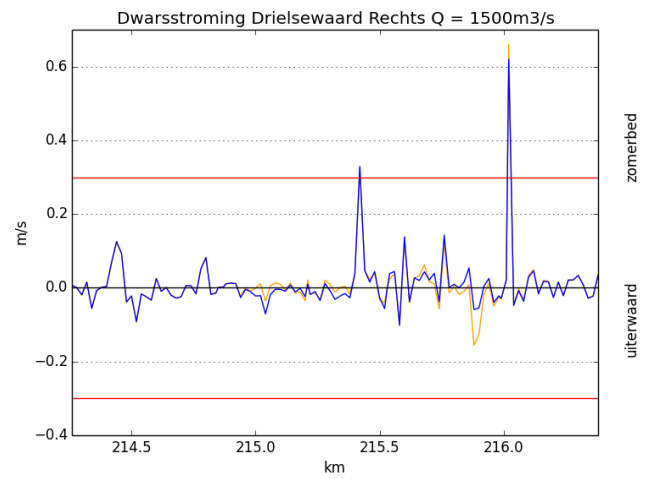
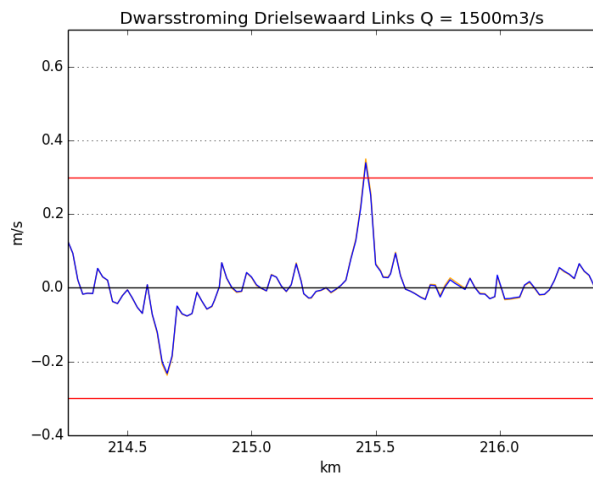
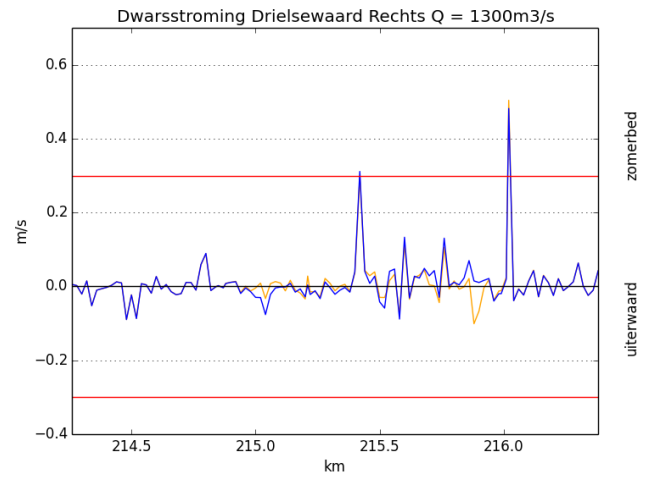
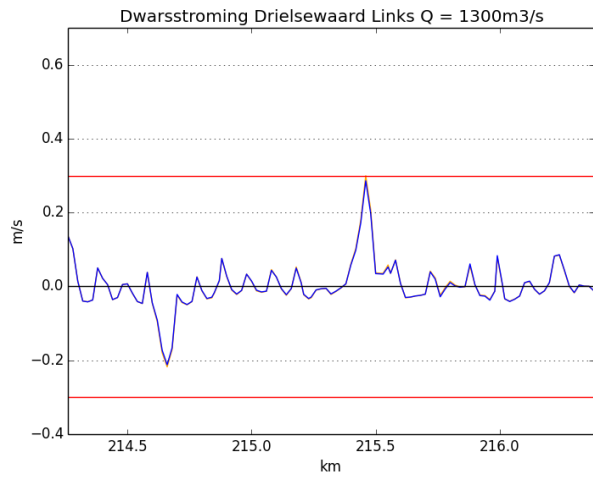


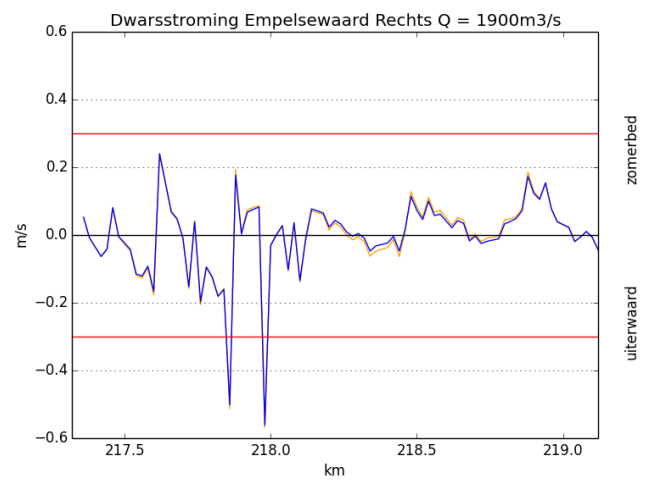
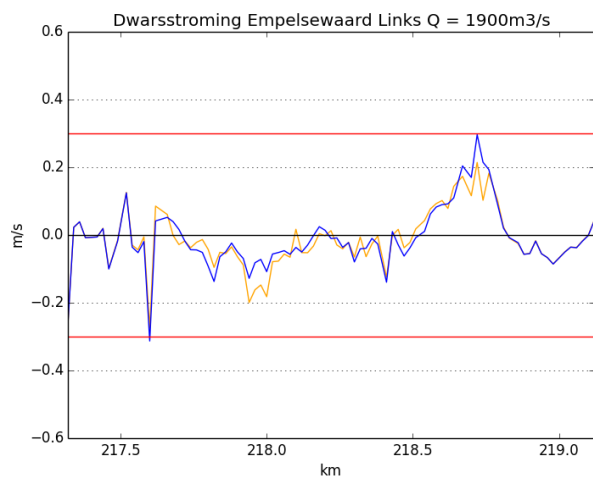
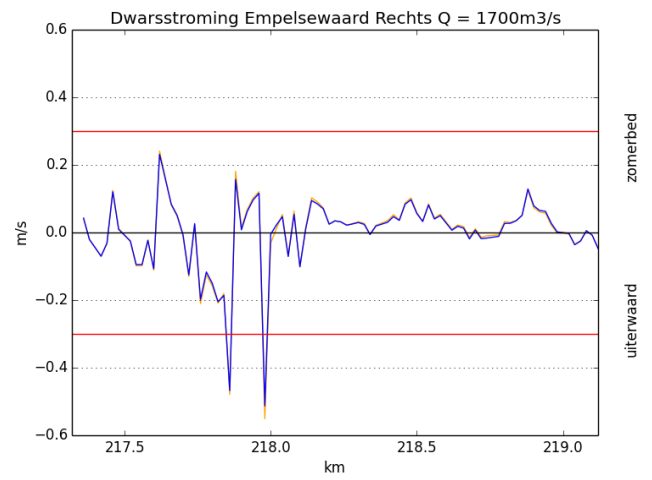
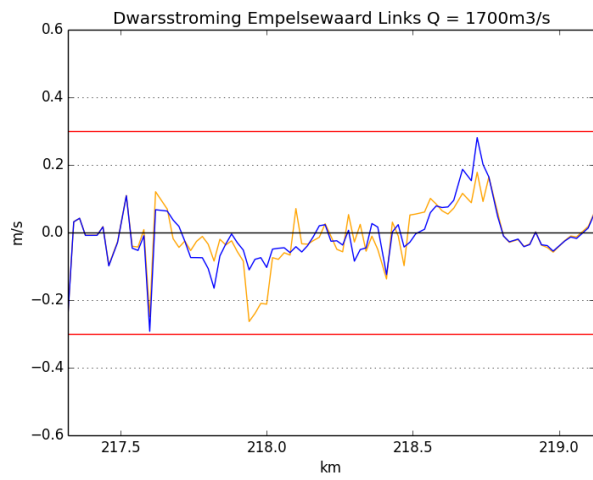
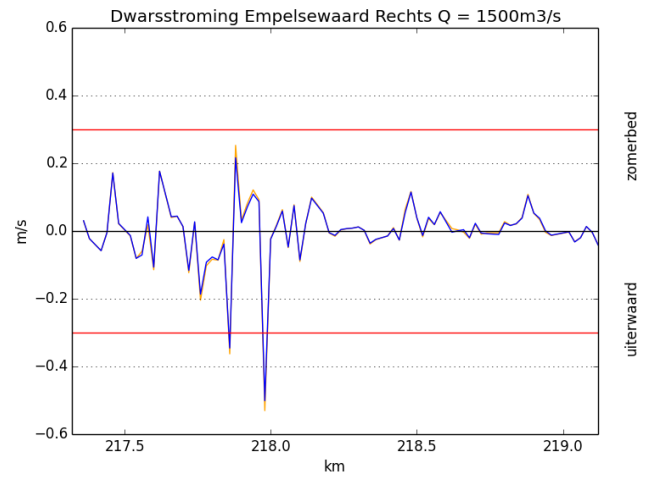
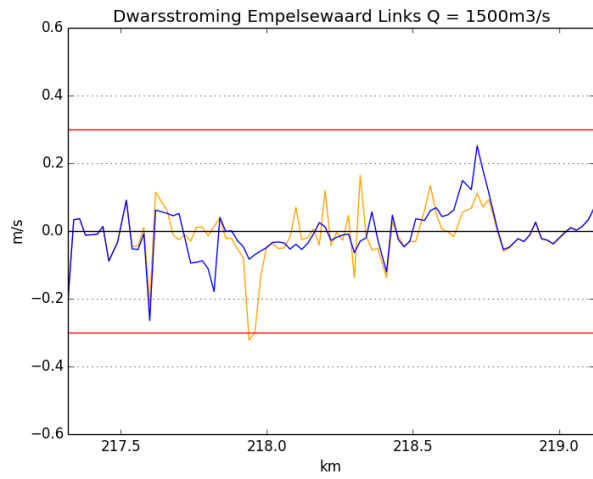


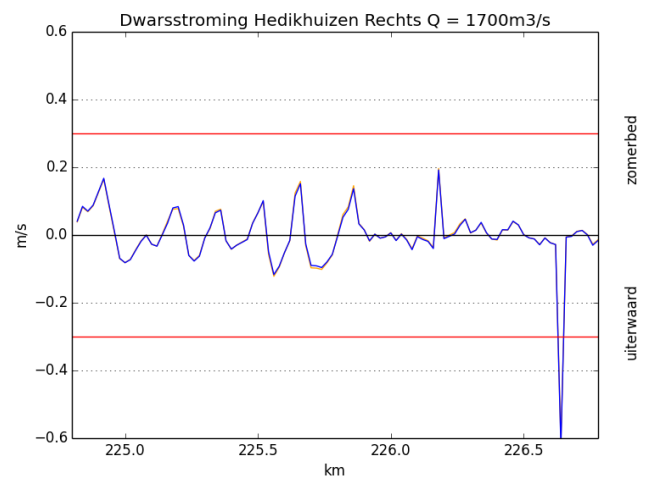
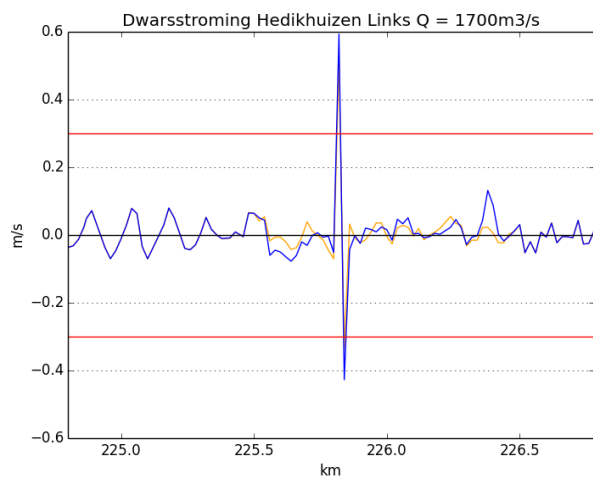
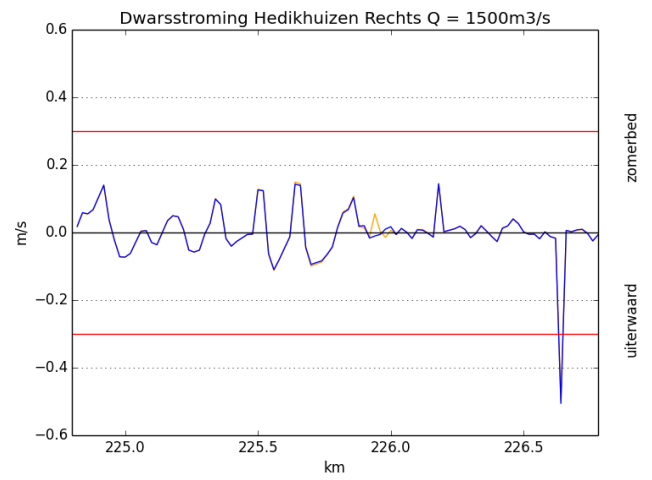
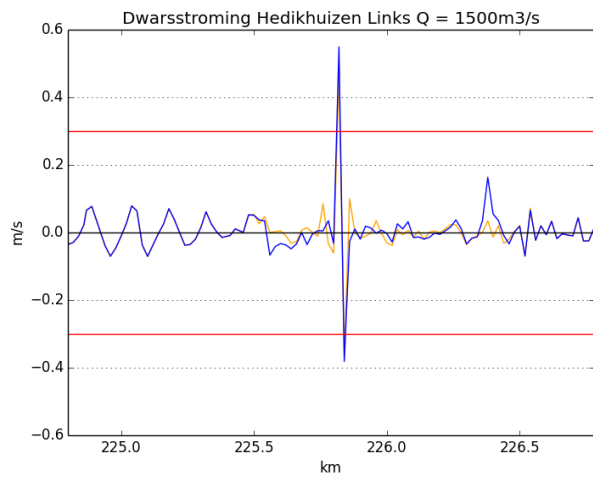
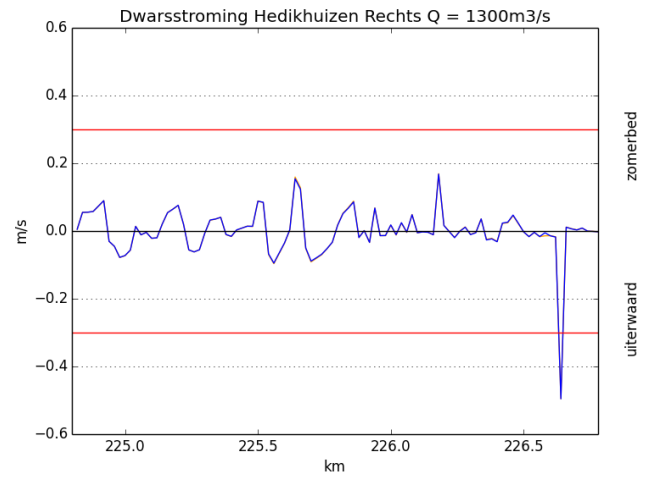
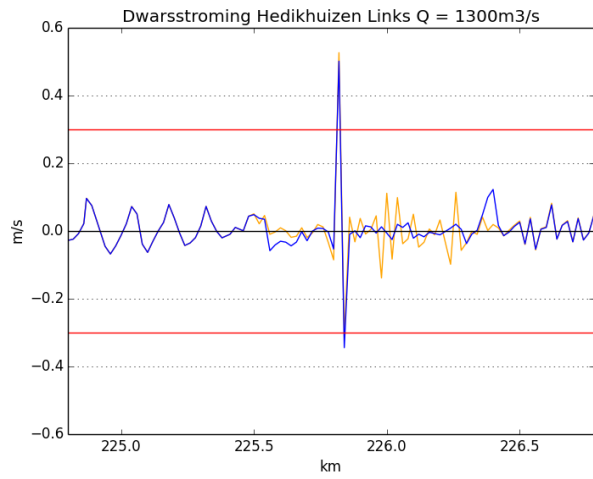












Bijlage 2: waterstandseffecten krw3_27 t.o.v. krw3_11