



UWDH

RIVIERKUNDIG ONDERZOEK DO 2.1

Opdrachtgever:
Projectnr:
Datum:

Rijkswaterstaat Oost-Nederland
RWS165
30 maart 2022

UWDH

RIVIERKUNDIG ONDERZOEK DO 2.1

Opdrachtgever:	Rijkswaterstaat Oost-Nederland
Projectnr:	RWS165
Rapportnr:	8
Status:	Definitief
Datum:	30 maart 2022

T 088 - 33 66 333
F 088 - 33 66 099
E info@kragten.nl



© 2014 Kragten
Niets uit dit rapport mag worden veeleenvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van Kragten. Het is tevens verboden informatie en kennis verwerkt in dit rapport ter beschikking te stellen aan derden of op andere wijze toe te passen dan waaraan in de overeenkomst toestemming wordt verleend.

Opsteller:



Verificatie:



Validatie:



INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	9
1.1	De projectdoelstellingen	9
1.2	Gebiedsbeschrijving	9
1.3	Uitgangspunten en aanpak van het onderzoek	10
1.4	Leeswijzer	11
2	HET ONTWERP	13
2.1	Voorlopig Ontwerp DO 2.1	13
2.2	De Baselineschematisatie	16
2.3	De WAQUA-schematisatie	16
3	RIVIERKUNDIGE BEOORDELING DO 2.1	19
3.1	Hoogwaterveiligheid	19
3.1.1	Maatgevende Hoogwaterstand, op de as van de rivier	19
3.1.2	Maatgevende Hoogwaterstand, buiten de as van de rivier	19
3.1.3	Afvoerverdeling bij Maatgevende Hoogwaterstand	21
3.1.4	Afvoerverdeling bij overige afvoeren	21
3.1.5	Ijsafvoer	21
3.2	Hinder of schade door hydraulische effecten	22
3.2.1	Inundatiefrequentie van de uiterwaarden	22
3.2.2	Stroombeeld in de uiterwaard	23
3.2.3	Stroombeeld in vaarweg	24
3.2.4	Afvoerverdeling bij Panterdensch Kop bij hoge Boven-Rijn afvoer	28
3.2.5	Afvoerverdeling bij Panterdensch Kop bij een lage Boven-Rijn afvoeren	28
3.2.6	Onttrekking water uit zomerbed Rijntakken	28
3.3	Morfologische effecten	28
3.3.1	Sedimentatie en erosie van het zomerbed	29
3.3.2	Sedimentatie en erosie van uiterwaard en nevengeul	31
3.4	Conclusie	31
4	ONTWERPPROCES DO 2.1	37
4.1	Tweezijdig aangetakte nevengeulen	37
4.2	Vegetatiekaart DO 2.1	37
4.3	Optimalisatie dwarsstroming	40
4.3.1	Aanpassen meestroombaarheid uiterwaarden (krw02a, kwr02d en kwr02h)	41
4.3.2	Herstel restanten oude krib (krw03)	42
4.3.3	Analyse normoverschrijding bij krib 921,8 (Varikse Plaat)	45
4.4	Laatste optimalisatie geometrie en vegetatie (krw04 en kwr04a)	48
4.5	Instabiliteit in berekeningen	50

BIJLAGEN

B1	VEGETATIEKAART REFERENTIESITUATIE
B2	VEGETATIEKAART DO 2.1 (KRW04)
B3	METADATA BASELINE
B4	BEREKENINGEN EN SCHEMATISATIE REGELWERKEN NEVENGEULEN
B4.1	Regel-/inlaatwerk Wamel inclusief berekeningen (Chezy)

B4.2	Regel-/inlaatwerk Tielse Plaat inclusief berekeningen (Chezy)
B4.3	Regel-/inlaatwerk Dreumel inclusief berekeningen (Chezy)
B4.4	Inlaatwerk Varikse Plaat inclusief berekeningen (Chezy)
B4.5	Inlaatwerk Heerewaarden inclusief berekeningen (Chezy)
B5	WATERSTANDSVERSCHILLEN BIJ MHW
B5.1	Waterstandsverschillen bij MHW in centimeters
B5.2	Waterstandsverschillen bij MHW in millimeters
B6	NATTE EN DROGE CELLEN
B6.1	Nevengeul Wamel
B6.1.1	2.000 m ³ /s (boven: referentie situatie; onder: nieuwe situatie)
B6.1.2	4.000 m ³ /s (boven: referentie situatie; onder: nieuwe situatie)
B6.1.3	6.000 m ³ /s (boven: referentie situatie; onder: nieuwe situatie)
B6.2	Nevengeul Tielse Plaat
B6.2.1	2.000 m ³ /s (boven: referentie situatie; onder: nieuwe situatie)
B6.2.2	4.000 m ³ /s (boven: referentie situatie; onder: nieuwe situatie)
B6.2.3	6.000 m ³ /s (boven: referentie situatie; onder: nieuwe situatie)
B6.3	Nevengeul Dreumel
B6.3.1	2.000 m ³ /s (boven: referentie situatie; onder: nieuwe situatie)
B6.3.2	4.000 m ³ /s (boven: referentie situatie; onder: nieuwe situatie)
B6.3.3	6.000 m ³ /s (boven: referentie situatie; onder: nieuwe situatie)
B6.4	Nevengeul Varikse Plaat
B6.4.1	2.000 m ³ /s (boven: referentie situatie; onder: nieuwe situatie)
B6.4.2	4.000 m ³ /s (boven: referentie situatie; onder: nieuwe situatie)
B6.4.3	6.000 m ³ /s (boven: referentie situatie; onder: nieuwe situatie)
B6.5	Nevengeul Heerewaarden
B6.5.1	2.000 m ³ /s (boven: referentie situatie; onder: nieuwe situatie)
B6.5.2	4.000 m ³ /s (boven: referentie situatie; onder: nieuwe situatie)
B6.5.3	6.000 m ³ /s (boven: referentie situatie; onder: nieuwe situatie)
B7	WATERDIEPTENKAARTEN
B7.1	Overzichtskaat waterdiepten voor alle afvoeren
B7.2	Waterdieptenkaarten per afvoerniveau
B8	LOCATIE LIJN DWARSSTROMING
B9	GRAFIEKEN DWARSSTROMING
B9.1	Dwarsstroming bij 1.020 m ³ /s bij Lobith
B9.2	Dwarsstroming bij 2.000 m ³ /s bij Lobith
B9.3	Dwarsstroming bij 4.000 m ³ /s bij Lobith
B9.4	Dwarsstroming bij 6.000 m ³ /s bij Lobith
B9.5	Dwarsstroming bij 8.000 m ³ /s bij Lobith
B9.6	Dwarsstroming bij 10.000 m ³ /s bij Lobith
B10	STROOMSNELHEIDSVERSCHILLEN
B11	BESCHRIJVING VOORAFGAAND ONTWERPPROCES
B11.1	Het vooronderzoek
B11.2	Analyse nevengeul in relatie tot aanzanding
B11.3	Basisontwerp
B11.4	DO 1.0 en Fase 0 (DO 1.0 - 032)
B11.5	Fase 1 (DO 1.5)
B11.6	DO 1.99
B12	AANPAK MORFOLOGISCHE ANALYSE EN WAQMORF TOETSING KRW04

B12.1	Aanpak WAQmorf
B12.2	Toetsing DO 2.1 (KRW04) middels WAQmorf
B12.3	Resultaten morfologie WAQmorf
B12.3.1	Tabellen erosie en sedimentatie per hectometervak – WAQmorf Jaargem
B12.3.2	Tabellen erosie en sedimentatie per hectometervak – boven de norm
B12.3.3	Hectometervakkaarten
B12.3.4	Verandering in evenwichtsligging DO 2.1 – WAQmorf resultaten
B12.3.5	Waterdieptekaarten RWS-ON
B12.3.6	Waterdieptekaarten DO 2.1
B12.3.7	Effecten mitigatiemaatregel: tabellen erosie en sedimentatie per hectometervak – boven de norm
B13	GEVOELIGHEIDSANALYSE DWARSSTROMING
B14	MORFOLOGISCH ONDERZOEK DELFT3D (HKV)

TABELLEN

Tabel 1. Gehanteerde afvoeren en de bijbehorende waterstanden en herhalingstijden.....	17
Tabel 2. Onttrekking (Q), percentage van de Waalafvoer (%) en stroomsnelheid door de nevengeul (V) voor de DO 2.1 nevengeulen (krw02). Zie Bijlage B4 voor totstandkoming van deze waarden.	18
Tabel 3. Dwaarsstromingseffecten in gebied Rkm 910 tot 914,5 in m/s (nevengeul Wamel). Groen betekent afname van piek boven norm, oranje toename en blauw geen verandering. Dik gedrukt zijn de pieken die in de referentiesituatie al boven de norm liggen. Tussen haakjes staat de absolute dwarsstroming uit de referentiesituatie.....	24
Tabel 4. Dwaarsstromingseffecten in gebied Rkm 914,5 tot 917 in m/s (nevengeul Tielse Plaat). Groen betekent afname van piek boven norm, oranje toename en blauw geen verandering. Dik gedrukt zijn de pieken die in de referentiesituatie al boven de norm liggen. Tussen haakjes staat de absolute dwarsstroming uit de referentiesituatie.....	25
Tabel 5. Dwaarsstromingseffecten in gebied Rkm 917 tot 920 in m/s (nevengeul Dreumel). Groen betekent afname van piek boven norm, oranje toename en blauw geen verandering. Dik gedrukt zijn de pieken die in de referentiesituatie al boven de norm liggen. Tussen haakjes staat de absolute dwarsstroming uit de referentiesituatie.....	25
Tabel 6. Dwaarsstromingseffecten in gebied Rkm 920 tot 923 in m/s (nevengeul Varikse Plaat). Groen betekent afname van piek boven norm, oranje toename en blauw geen verandering. Dik gedrukt zijn de pieken die in de referentiesituatie al boven de norm liggen. Tussen haakjes staat de absolute dwarsstroming uit de referentiesituatie.....	25
Tabel 7. Dwaarsstromingseffecten in gebied Rkm 923 tot 926 in m/s (nevengeul Varikse Plaat en Heerewaarden). Groen betekent afname van piek boven norm, oranje toename en blauw geen verandering. Dik gedrukt zijn de pieken die in de referentiesituatie al boven de norm liggen. Tussen haakjes staat de absolute dwarsstroming uit de referentiesituatie.....	25
Tabel 8: Overzicht van de toetsing van het ontwerp aan het Rivierkundig Beoordelingskader 5.0 (RWS-WVL, 2019).....	32
Tabel 9. Dwaarsstromingseffecten van krw02a in gebied Rkm 910 tot 914,5 in m/s (nevengeul Wamel). Groen betekent afname van piek boven norm, oranje toename en blauw geen verandering. Dik gedrukt zijn de pieken die in de referentiesituatie al boven de norm liggen. Tussen haakjes staat de absolute dwarsstroming uit de referentiesituatie.....	41
Tabel 10. Verschillende rekeniteraties, met daarbij wat gedaan is met de onttrekking, en wat gedaan is met de geometrie van het kunstwerk in de instroom. Grijs gedrukt zijn de tussen iteraties.....	42
Tabel 11. Dwaarsstromingseffecten krw02h in gebied Rkm 910 tot 914,5 in m/s (nevengeul Wamel). Groen betekent afname van piek boven norm, oranje toename en blauw geen verandering. Dik gedrukt zijn de pieken die in de referentiesituatie al boven de norm liggen. Tussen haakjes staat de absolute dwarsstroming uit de referentiesituatie.....	42
Tabel 12. Dwaarsstromingseffecten van krw02a in gebied Rkm 910 tot 914,5 in m/s (nevengeul Wamel). Groen betekent afname van piek boven norm, oranje toename en blauw geen verandering. Dik gedrukt zijn de pieken die in de referentiesituatie al boven de norm liggen. Tussen haakjes staat de absolute dwarsstroming uit de referentiesituatie.....	43
Tabel 13. Dwaarsstromingseffecten van KRW03 in gebied Rkm 910 tot 914,5 in m/s (nevengeul Wamel). Groen betekent afname van piek boven norm, oranje toename en blauw geen verandering. Dik gedrukt zijn de pieken die in de referentiesituatie al boven de norm liggen. Tussen haakjes staat de absolute dwarsstroming uit de referentiesituatie.....	44
Tabel 14. Dwaarsstromingseffecten in gebied Rkm 920 tot 923 in m/s (nevengeul Varikse Plaat) in geval van 'refk' en 'krw04k'. Groen betekent afname van piek boven norm, oranje toename en blauw geen verandering. Dik gedrukt zijn de pieken die in de referentiesituatie al boven de norm liggen. Tussen haakjes staat de absolute dwarsstroming uit de referentiesituatie.	47

AFBEELDINGEN

Afbeelding 1. Ligging en begrenzing van het plangebied.....	10
Afbeelding 2. Voorziene vergravingen en kunstwerken in het DO 2.1 – bovenstrooms deel.....	14
Afbeelding 3. Voorziene vergravingen en kunstwerken in het DO 2.1 – benedenstrooms deel.....	14
Afbeelding 4. De vegetatiekaart van DO 2.1 (krw04) van het noordelijke deel van het plangebied.....	15
Afbeelding 5. De vegetatiekaart van DO 2.1 (krw04) van het zuidelijke deel van het plangebied.....	16
Afbeelding 6. Principe onttrekkings- en lozingspunten nevengeul (bodemhoogte in WAQUA model op basis van UWDH_D01_062).....	17
Afbeelding 7. Waterstandsverschil bij een afvoer van 16.000 m³/s als gevolg van DO 2.1 (krw04).....	19
Afbeelding 8. Waterstandsverschillen bij MHW tussen DO 2.1 (krw04) en referentiesituatie (stappen van 1 centimeter).....	20
Afbeelding 9. Waterstandsverschillen bij MHW tussen DO 2.1 (krw04) en referentiesituatie (stappen van 1 millimeter).....	20
Afbeelding 10. Waterstandsverschil bij de diverse afvoeren als gevolg van DO 2.1 (krw04).....	21
Afbeelding 11. Absolute stroomsnelheden in de referentiesituatie bij 4.000 m³/s bij Lobith (links) en stroomsnelheidsverschillen als gevolg van krw04 (DO 2.1; rechts) ter hoogte van Tielse Plaat.....	26
Afbeelding 12. Cumulatief dwarsstroomdebiet bij zowel de referentiesituatie (blauw) als de krw04 situatie (oranje).....	27
Afbeelding 13. Absolute stroomsnelheden in de referentiesituatie bij 4.000 m³/s bij Lobith (links) en stroomsnelheidsverschillen als gevolg van krw04 (DO 2.1; rechts) ter hoogte van Varikse Plaat. Omcirkeld de krib in kwestie.....	27
Afbeelding 14. Waterdiepte ten opzichte van de norm per hectometervak.....	29
Afbeelding 15. Volumeverandering per hectometervak bij krw04 (Delft3D). Bron: HKV, 2021 (zie Bijlage B14).....	30
Afbeelding 16. Baggervolume bij verschillende in Bijlage B14 onderzochte varianten. Bron: HKV, 2021.....	30
Afbeelding 17. Volume boven de norm kielspeling bij DO 2.1 (krw04). Bron: HKV, 2021.....	31
Afbeelding 18. Links overstromingsvlakte bovenstrooms van Bato's Erf in DO 1.99, rechts de toevoeging van vegetatie in DO 2.1.....	38
Afbeelding 19. Links laat de vegetatiekaart van DO 1.99 te zien, rechts laat de toevoeging de riet/ruigte zien langs de Vonkerplas in DO 2.1.....	38
Afbeelding 20. De MHW resultaten van DO 1.99 (uwdh_do1_062) en van DO 2.1 (uwdh_do1_krw02).....	39
Afbeelding 21. Vegetatiekaart van nevengeul Wamel in krw02 (boven) en in krw02a (onder).....	39
Afbeelding 22. De waterstandsverhoging in de as van de rivier bij MHW als gevolg van krw02a en als gevolg van krw02b.....	40
Afbeelding 23. Bodemhoogten in Baseline ter plaatse van instroom nevengeul Wamel. Links in geval van KRWO2a en rechts in geval van de KRWO3 berekening.....	43
Afbeelding 24. Locatie normaallijn en vaartlijn bij de instroom van nevengeul Wamel. Vegetatiekaart is van krw02a/krw03.....	44
Afbeelding 25. Kribhoogten (weirs) in het referentiemodel. In het krw04 model blijven deze hoogten ongewijzigd.....	45
Afbeelding 26. Hoogte van krib 921,8 volgens de AHN4.....	46
Afbeelding 27. Dwarsstroming ter hoogte van Varikse Plaat in geval van uwdh_refk_cl en uwdh_do2_krw04k bij een afvoer van 2.000 m³/s bij Lobith.....	46
Afbeelding 28. Dwarsstroming ter hoogte van Varikse Plaat in geval van uwdh_refk_cl en uwdh_do1_krw04k bij een afvoer van 4.000 m³/s bij Lobith.....	47
Afbeelding 29. Som dwarsstroomdebiet van zowel uwdh_refk_cl en uwdh_do2_krw04k.....	48
Afbeelding 30. Extra bos aan binnenzijde kade Vonkerplas ter hoogte van instroom nevengeul Dreumel (rood omkaderd).....	49
Afbeelding 31. Opstuwing in de as van de rivier in geval van MHW bij DO 2.1 versie krw04a.....	49
Afbeelding 32. Waterstandsverschillen tussen referentie situatie doorgerekend met Simona2017 patch 2 en referentiesituatie doorgerekend met Simona2017 patch 4.....	50
Afbeelding 33. Waterstandsverschillen bij MHW als gevolg van DO 2.1 (krw02a), berekend met de patch 2 en patch 4 referentieresultaten (Simona2017).....	51
Afbeelding 34. Vegetatiekaart en een aantal ingrepen van het noordelijk deel van het BO.....	11-3
Afbeelding 35. Vegetatiekaart en een aantal ingrepen van het zuidelijk deel van het BO.....	11-3
Afbeelding 36. Vegetatiekaart en een aantal ingrepen van het noordelijk deel van het DO 1.0.....	11-4
Afbeelding 37. Vegetatiekaart en een aantal ingrepen van het zuidelijk deel van het DO 1.0.....	11-5
Afbeelding 38. Waterstandsverschil bij MHW in de as van de rivier als gevolg van DO 1.0, optimalisatie 032.....	11-5
Afbeelding 39. Vegetatiekaart en een aantal ingrepen van het noordelijk deel van het DO 1.5.....	11-6
Afbeelding 40. Vegetatiekaart en een aantal ingrepen van het zuidelijk deel van het DO 1.5.....	11-7
Afbeelding 41. Waterstandsverschil bij MHW in de as van de rivier als gevolg van DO 1.5, optimalisatie 041.....	11-7
Afbeelding 42. Waterstandsverschil bij een afvoer van 16.000 m³/s als gevolg van DO 1.99.....	11-8
Afbeelding 43. Links de waterdiepte breedte gemiddeld over hectometervakken en rechts de waterdiepte t.o.v. de norm in 2D.....	12-10
Afbeelding 44. Waterdieptekaart van RWS-ON met daarin de 'boven de norm' gebieden (zwart gearceerd; links) en een nieuwe waterdieptekaart (rechts; in dit geval DO 1.99).....	12-10

1 INLEIDING

Rijkswaterstaat Oost-Nederland (RWS-ON), Provincie Gelderland en Staatsbosbeheer (SBB) zijn voornemens de Uiterwaarden bij Wamel, Dreumel en Heerewaarden (UWDH) her in te richten. In dit rapport wordt de rivierkundige toetsing van ontwerp DO 2.1 uitgewerkt.

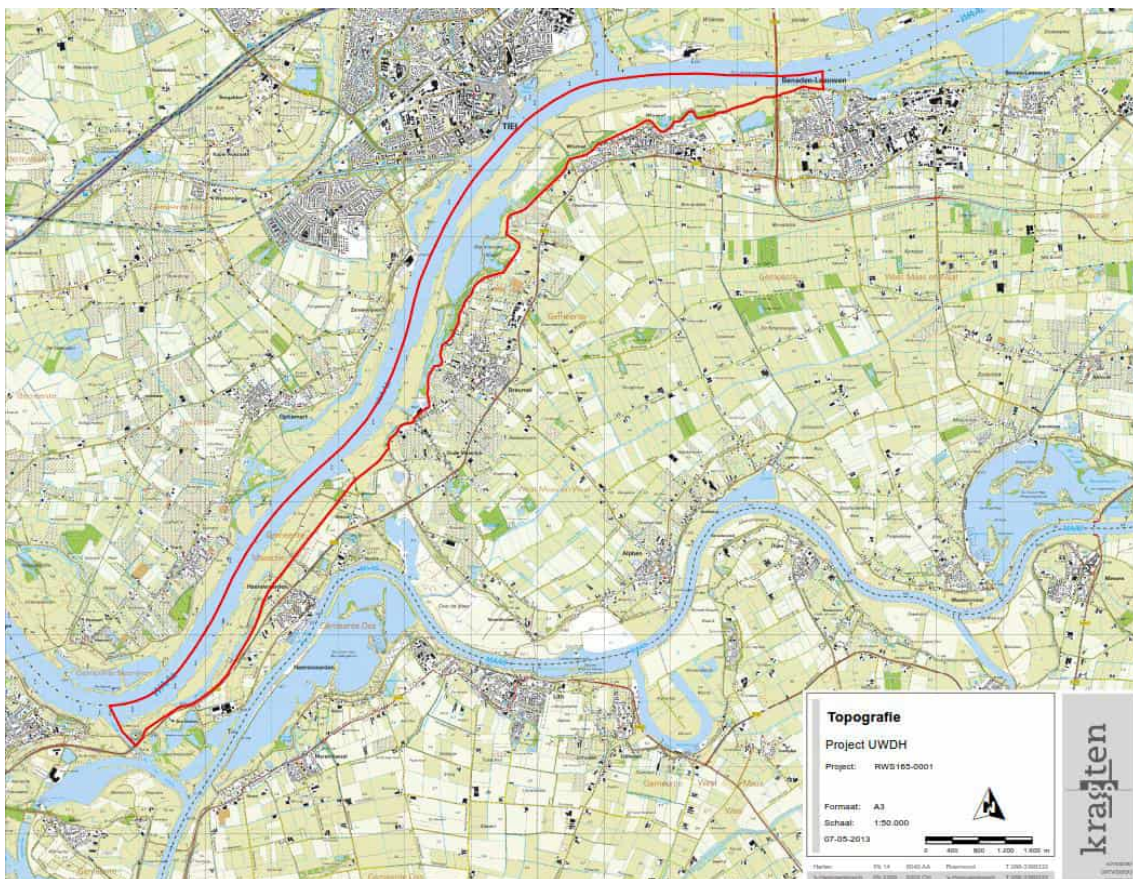
1.1 De projectdoelstellingen

Het Definitief Ontwerp DO2.1 gaat uit van de realisering van vijf ecologisch optimale meestromende nevengeulen met een gezamenlijke lengte van circa 10 km. Daarnaast ontstaat in het DO2.1 -onder andere door een andere wijze van terreinbeheer, het aanleggen van poelen en het plaatselijk laten ontwikkelen van ooibos- 287 ha nieuwe natuur, in aanvulling op de 207 ha reeds ingerichte GNN-natuur zodat een totaal natuurgebied van 494 ha ontstaat. Van deze 287 ha nieuwe natuur is 140 ha gelegen binnen de NURG-grens. Daarnaast worden ter hoogte van Bato's Erf twee verlaagde ongestuurde overstromingsvlaktes (10,4 ha) aangelegd en ter hoogte van Heerewaarden is voorzien in de realisering van een aantal gestuurde overstromingsvlaktes (totaal 44,4 ha). Tenslotte wordt ter hoogte van Bato's Erf een binnendijkse waterbergingslocatie (circa 0,9 ha) gerealiseerd om ongewenste hydrologische effecten tegen te gaan.

1.2 Gebiedsbeschrijving

Het plangebied ligt aan de zuidoostzijde van de Waal in de provincie Gelderland, op het grondgebied van de gemeente Maasdriel en de gemeente West Maas en Waal. Het loopt globaal van de brug over de N323 bij Beneden-Leeuwen in het noordoosten tot Fort Sint Andries in het zuidwesten. Het traject heeft een lengte van circa 13 km en meet een oppervlakte van circa 650 ha. Het hele gebied tussen de Waal (vanaf de gemeentegrens) en de teen van de winterdijk (onderdeel van dijkkringgebied 40) maakt deel uit van het plangebied. De winterdijk zelf behoort niet tot het plangebied.

De begrenzing van het plangebied is opgenomen in Afbeelding 1.



Afbeelding 1. Ligging en begrenzing van het plangebied.

1.3 Uitgangspunten en aanpak van het onderzoek

Voor de rivierkundige toetsing heeft de rivierbeheerder (Rijkswaterstaat Oost-Nederland; RWS-ON), een basisschematisatie beschikbaar gesteld. Zoals afgesproken met RWS-ON hebben we eerst de basisschematisatie bijgewerkt met de door hun aangeleverde maatregelen. De bijgewerkte basisschematisatie vormt de referentieschematisatie voor dit project.

Een aantal belangrijke uitgangspunten zijn:

- De basisschematisatie is baselinerijn-beno15_5-v2.
- De gebruikte BASELINE-versie is 5.3.1.
- De gebruikte GIS versie is ArcGIS 10.4.
- De basisschematisatie is geactualiseerd met 24 maatregelen (email Tijmen Vos, 29-06-2017) zodat het als referentieschematisatie gebruikt kan worden:
 - o Negen maatregelen betreffen verbetering en actualisaties van de basisschematisatie;
 - o Eén maatregel betreft de Stroomlijnitwerking (as-built) voor de drie uiterwaarden;
 - o Veertien maatregelen betreffen al verleende vergunningen.
- De te gebruiken WAQUA deelmodellen zijn:
 - o Waquarijn-beno15_5_20m_waalv2;
 - o Waquarijn-beno15_5_20m_splpv2.
- De gebruikte WAQUA-versie is SIMONA2017 (patch 4).
- De naam van de referentieschematisatie is UWDH_REF.
- Het getoetste ontwerp draagt als naam UWDH_DO2_KRW04.
- De gebruikte versie van het Rivierkundig Beoordelingskader (RBK) is 5.0 (RWS-WVL, 2019).
- Morfologische effecten worden in kaart gebracht met het programma WAQmorf, versie februari 2012.

- De Maatgevend Hoogwater (MHW)toetsing wordt uitgevoerd met een maatgevende afvoer van 16.000 m³/s bij Lobith. Voor de andere rivierkundige aspecten (afvoerverdeling, dwarsstroming, morfologie) wordt gebruik gemaakt van simulaties die zijn uitgevoerd met lagere afvoeren.
- Het rekenrooster is niet verder verfijnd.
- Het ontwerp is uitsluitend opgesteld in leggerklassen (water, verhard, gras & akker, riet & ruigte, bos, struweel, mengklasse 90/10, mengklasse 70/30 en mengklasse 50/50). De vegetatielegger is afgestemd op het project Stroomlijn.

1.4 Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 wordt het ontwerp besproken. Hierbij komen met name de aspecten aan bod die relevant zijn voor het rivierkundig onderzoek. Ook worden de gebruikte Baseline- en WAQUA-schematisaties besproken. Hoofdstuk 3 gaat in op de rivierkundige beoordeling (op basis van het geldende Rivierkundig Beoordelingskader) van het in Hoofdstuk 2 besproken ontwerp. In Hoofdstuk 4 wordt onder andere het rivierkundig ontwerp- en optimalisatieproces van het ontwerp beschreven.

2 HET ONTWERP

In dit hoofdstuk zal eerst kort het ontwerp aan bod komen. Vervolgens wordt de vertaling van het ontwerp naar de Baseline-schematisatie behandeld. Tot slot wordt de gehanteerde WAQUA schematisatie toegelicht.

2.1 Ontwerp DO 2.1

Hieronder worden een aantal onderdelen van het ontwerp genaamd DO 2.1 besproken die relevant zijn voor de rivierkundige aspecten van het project. Zie de ontwerpnotitie horende bij het DO 2.1¹ voor een uitgebreide toelichting op het ontwerp.

Doorontwerp van DO 1.99 naar DO 2.1

In het doorontwerp zijn de vier eenzijdig aangetakte strangen uit het DO 1.99 omgevormd tot vier meestromende nevengeulen, aanvullend op de al in het ontwerp aanwezige nevengeul Tielse Plaat. Deze nieuwe geulen volgen grotendeels de contouren van de strangen uit DO 1.99. Meestromende geulen zijn essentieel als leef-, paai- en opgroeigebied voor typische stroomminnende riviervissen en macrofauna. Hiermee wordt voor een substantieel deel voorzien in een behoefte die verder lastig te realiseren is langs de Waal.

Hieronder worden de vier nevengeulen kort beschreven die in DO 2.1 een aanvulling vormen op nevengeul Tielse Plaat (stroomafwaarts gezien):

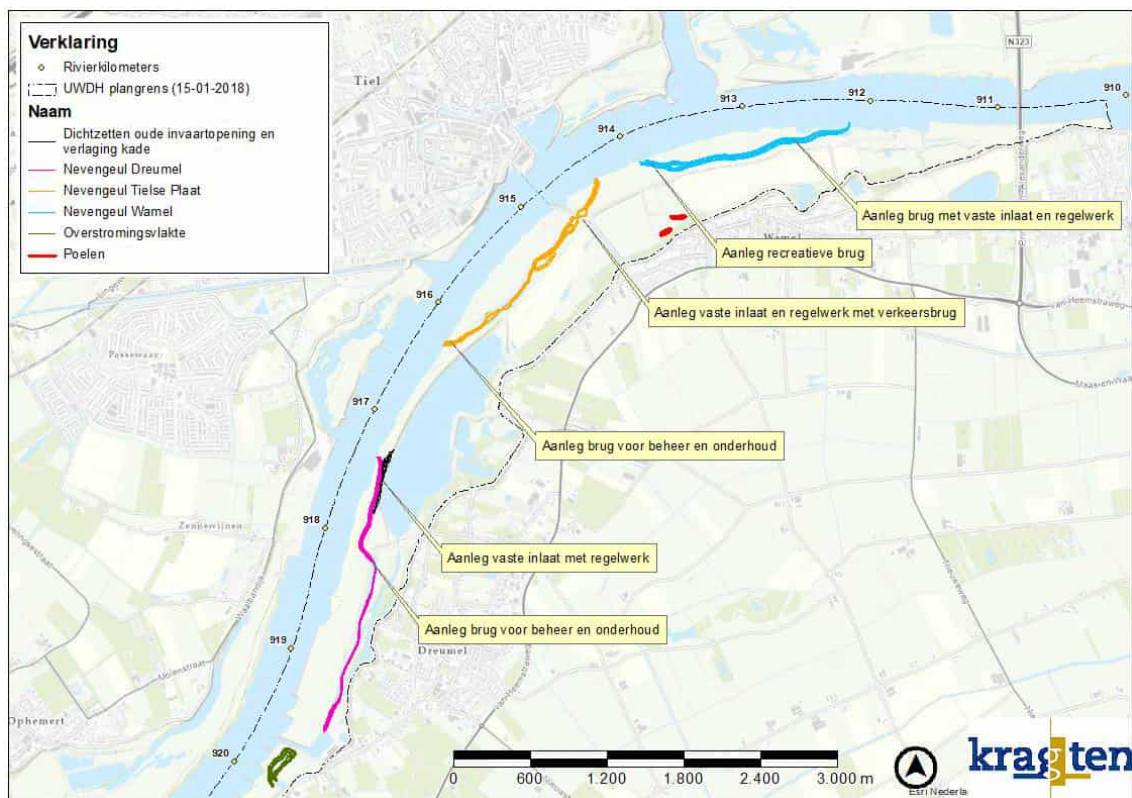
- Nevengeul Wamel: betreft bovenstrooms aantakken van strang Wamel uit het DO 1.99. Dit betreft dus een relatief eenvoudige ingreep ten opzichte van het DO 1.99. Deze nevengeul begint en eindigt in de beschutting van de oevergeul. Totale lengte is circa 1,56 kilometer;
- Nevengeul Dreumel: deze wordt bovenstrooms aangetakt op de Waal halverwege de Vonkerplas (ter hoogte van de oude invaartopening), achter de langsdam. De geul loopt vervolgens langs de reeds bestaande laagtes / strangen tot aan de haven Scheepers. De totale lengte bedraagt circa 2,27 kilometer;
- Nevengeul Varikse plaat: begint vlak onder Bato's Erf en loopt grotendeels via bestaande laagtes door tot de reeds aanwezige strang bij de Voorn. De lengte van deze nevengeul bedraagt circa 1,96 kilometer;
- Nevengeul Heerewaarden: deze start net benedenstrooms van de uitstroom van nevengeul Varikse Plaat en loopt door tot Fort Sint Andries, met als monding de uitstroom van de strang zoals voorzien in DO 1.99. De totale lengte van deze nevengeul bedraagt circa 1,94 kilometer.

Op deze wijze wordt aanvullend op het DO 1.99 7,73 km nevengeul aangelegd (exclusief nevengeul Tielse Plaat), waar voorheen ca. 5,5 km eenzijdig aangetakte strang was voorzien. Het totaal aan nevengeul komt dan uit op 9,54 km. Daarmee wordt op aanzienlijk meer ecologische KRW-kwaliteit gerealiseerd in vergelijking met de strangen die matig tot onvoldoende scoorden. Alle geulen zijn ontworpen op de basis van het ecologisch gewenste profiel dat in DO 1.99 is ontworpen voor nevengeul Tielse Plaat.

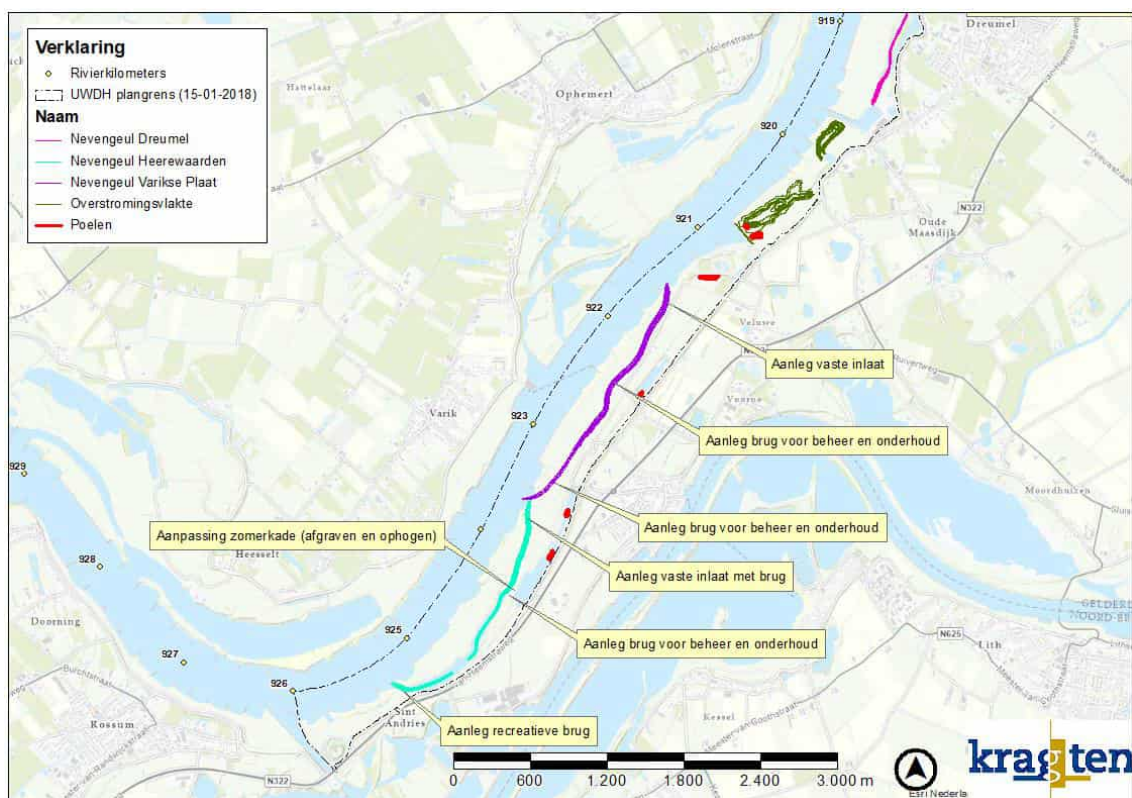
Naast de vijf nevengeulen is er nog sprake van enige vergraving in de overstromingsvlakte gelegen tussen de scheepswerf en Bato's Erf. Daarnaast wordt als optimalisatiemaatregel voor de morfologische effecten van het plan, de oude invaartopening naar de Vonkerplas dichtgezet² (het betreft hier het doortrekken van de al aanwezige kade rondom de Vonkerplas). Als optimalisatiemaatregel voor dwarsstroming wordt ter hoogte van het inlaatwerk van nevengeul Wamel, de uiterwaard op hoogte gebracht (oeverwallen blijven onaangepast). Overige vergravingen uit het DO 1.99, zoals rondom het gronddepot zuidelijk in de Vonkerplas en gedeeltelijke opvulling van de Vonkerplas, worden in het DO 2.1 niet overgenomen. In Afbeelding 2 en Afbeelding 3 is een schematisatie weergegeven van de voorziene vergravingen en kunstwerken in het DO 2.1.

¹ Ontwerpnotitie DO 2.1, Kragten, 2022

² Voor een deel van het jaar stroomt water door deze oude invaartopening naar de Vonkerplas. Door de invaartopening dicht te zetten zal meer water door het zomerbed stromen, met beperking van aanzanding als gevolg.



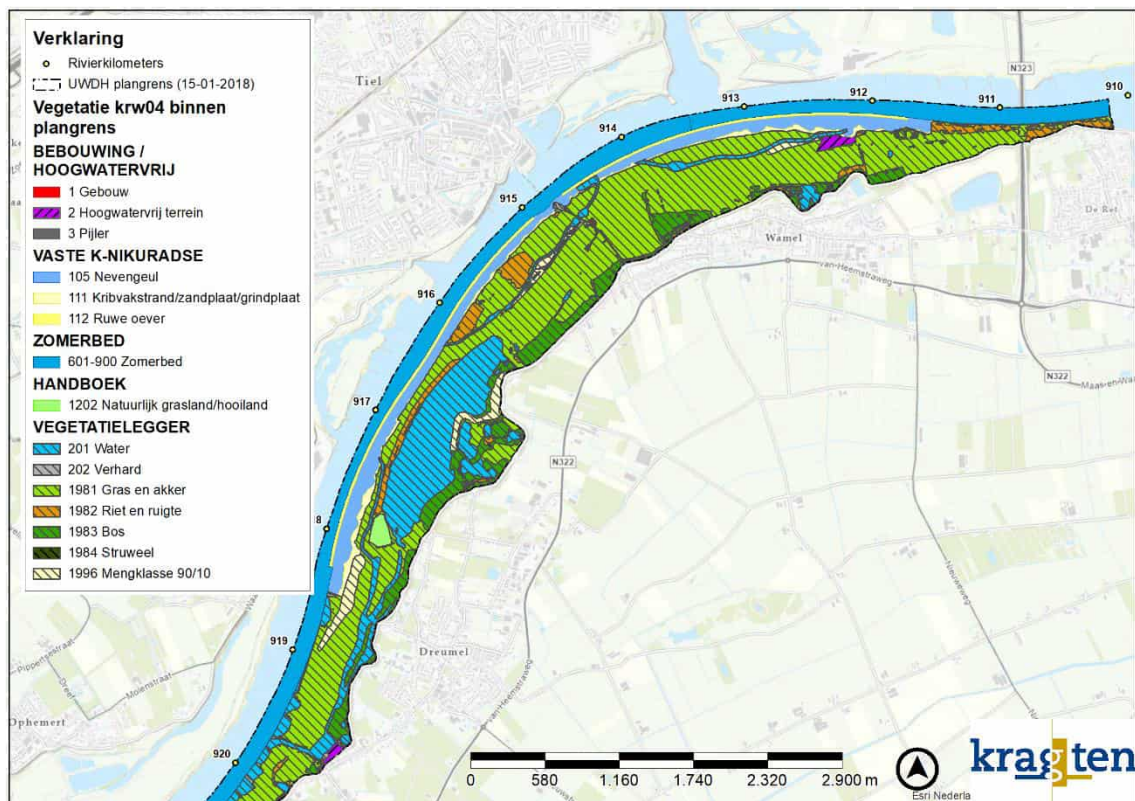
Afbeelding 2. Voorziene vergravingen en kunstwerken in het DO 2.1 – bovenstrooms deel.



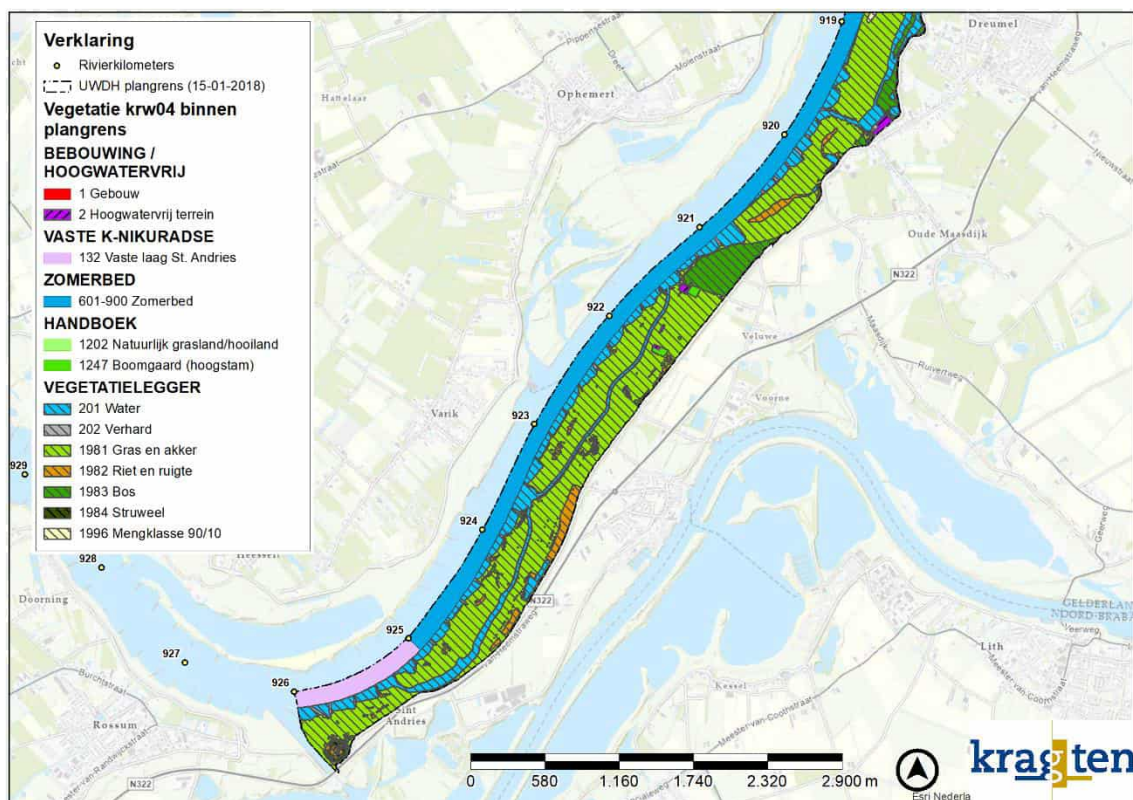
Afbeelding 3. Voorziene vergravingen en kunstwerken in het DO 2.1 – benedenstrooms deel.

Vegetatie-/ruwhedenkaart

In Afbeelding 4 en in Afbeelding 5 is een verkleinde weergave te zien van de vegetatiekaart van DO 2.1. In Bijlage B2 zijn deze op A3 formaat weergegeven. In Bijlage B1 bevinden zich de kaarten van de referentiesituatie. In grote delen van het projectgebied is voorzien in verschillende soorten grasland, gerepresenteerd in het rivierkundig model middels de vegetatieleggetype 'Gras en Akker'. Oostelijk van de nevengeul Tielse Plaat is voorzien in mengklasse 90/10. Beheertechnisch is dit gunstig, aangezien dit deel minder goed te bereiken is als gevolg van de nevengeul en de zomerdijk. Westelijk van de Vonkerplas komt een combinatie van riet en ruigte en gras en akker. De bossen oostelijk en zuidoostelijk van de Vonkerplas worden opgevuld en versterkt. Op de overstromingsvlakte tussen de scheepswerf en Bato's Erf is riet/ruigte voorzien en blijft een deel van de ruwe vegetatie langs de dijk behouden. Bato's Erf wordt opgevuld met bos. Aan de oostzijde van het gebied (zuidwesten van Heerewaarden) is het relatief stromingsluw en is riet en ruigte voorzien. Het hagenlandschap bij Heerewaarden wordt in het ontwerp behouden. Op de steile delen van de taluds van de nevengeulen komt riet/ruigte.



Afbeelding 4. De vegetatiekaart van DO 2.1 (krw04) van het noordelijke deel van het plangebied.



Afbeelding 5. De vegetatiekaart van DO 2.1 (krw04) van het zuidelijke deel van het plangebied.

2.2 De Baseline-schematisatie

Voor het UWDH project is een referentieschematisatie opgezet met de naam 'UWDH_ref'. De referentieschematisatie is gebaseerd op de rijntakenschematisatie baseline-rijn-beno15_5-v2. Om deze schematisatie bij te werken zijn door RVWS-ON 24 maatregelen aangeleverd (29-06-2017). Later is besloten om de maatregelen, opgesteld voor het project FluviaTiel (o.a. herinrichting Klein Willemspolder bij Tiel) ook in de referentieschematisatie mee te nemen. De referentieschematisatie heeft de basis gevormd voor de Baseline-schematisatie van het Voorlopig Ontwerp DO 2.1. De metadata van DO 2.1 is te vinden in Bijlage B3. Deze draagt de naam UWDH_DO2_KRW04 (zie paragraaf 4.2 voor achtergrond naamgeving). De Baseline-schematisatie is opgezet op basis van protocol 5. De vegetatieleggetypen zijn gebruikt voor de vegetatiecodering.

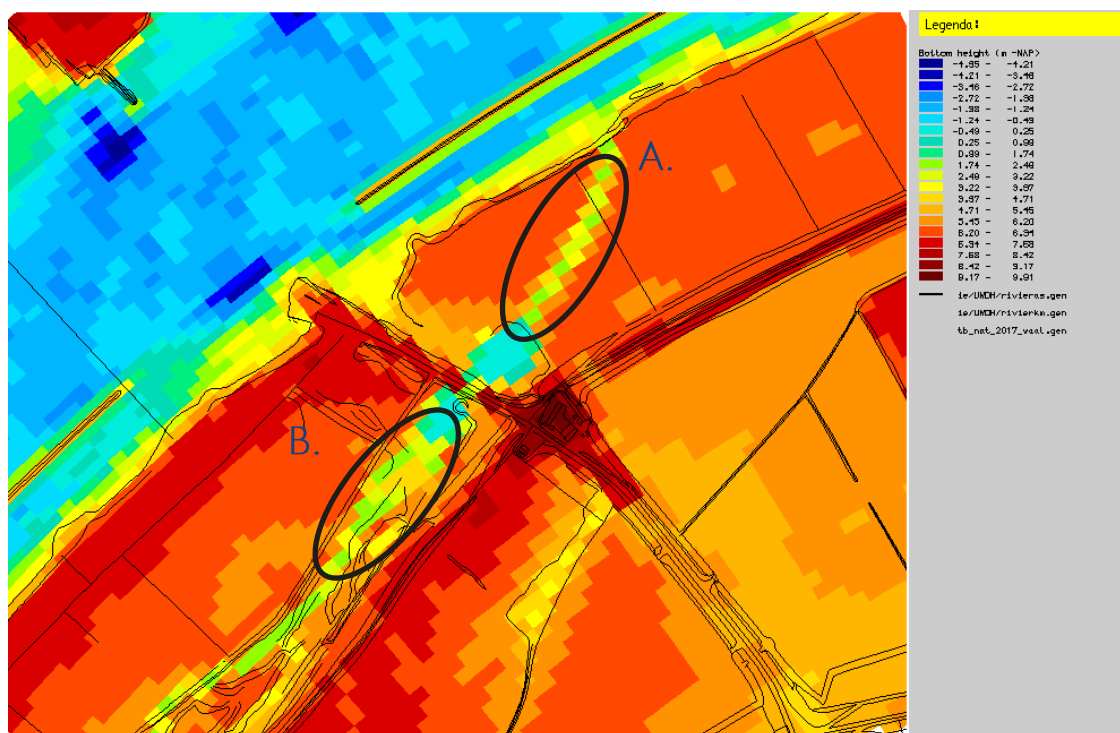
2.3 De WAQUA-schematisatie

Op basis van de Baseline schematisatie is zowel een UWDH_ref als een UWDH_DO2_KRW04 model afgeleid. Het UWDH_DO2_KRW04 model representeert de DO 2.1 situatie. Voor dit onderzoek zijn diverse afvoeren gehanteerd en doorgerekend in WAQUA. Om een gevoel te geven voor de waterstanden bij Lobith en de herhalingstijden zijn deze opgenomen in Tabel 1.

Tabel 1. Gehanteerde afvoeren en de bijbehorende waterstanden en herhalingstijden.

Afvoer Lobith [m³/s]	Lobith [m+ NAP]	dagen/jaar dat afvoer hoger is (circa)	herh. tijd topafvoer in jaren (circa)
800	6,70	362	
1.020	7,30	345	
2.000	9,10	175	
3.000	10,51	61	
4.000	11,74	26	
6.000	13,59	5	1
8.000	14,92	1	3
10.000	15,83	-	13
16.000	17,78	-	1.278

Belangrijk aspect in de WAQUA-schematisatie is dat de werking van de nevengeulen worden gemodelleerd door het toevoegen van onttrekkings- en lozingspunten in het model. Dit betekent bijvoorbeeld voor nevengeul Tielse Plaat dat de Veerweg zelf (schematisatietechnisch) geen doorgang in de vorm van een duiker bevat. Bovenstrooms van de Veerweg worden een aantal onttrekkingspunten gelegd (locatie A in Afbeelding 6). Benedenstrooms liggen een aantal lozingspunten (locatie B in Afbeelding 6). Met behulp van een spreadsheet is bepaald welke afvoeren door de nevengeulen stromen bij de geometrie conform het ontwerp en rivierwaterstanden zoals bepaald met het WAQUA-model. Voor de relevante afvoerniveaus bij Lobith worden door de nevengeulen de afvoeren onttrokken (krw04) die weergegeven zijn in Tabel 2. De corresponderende schematisaties van de regelwerken en de berekende onttrekkingen, zijn weergegeven in Bijlage B4.



Afbeelding 6. Principe onttrekkings- en lozingspunten nevengeul (bodemhoogte in WAQUA model op basis van UWDH_DO1_O62).

Tabel 2. Onttrekking (Q), percentage van de Waalafvoer (%) en stroomsnelheid door de nevengeul (V) voor de DO 2.1 nevengeulen (krw04). Zie Bijlage B4 voor totstandkoming van deze waarden.

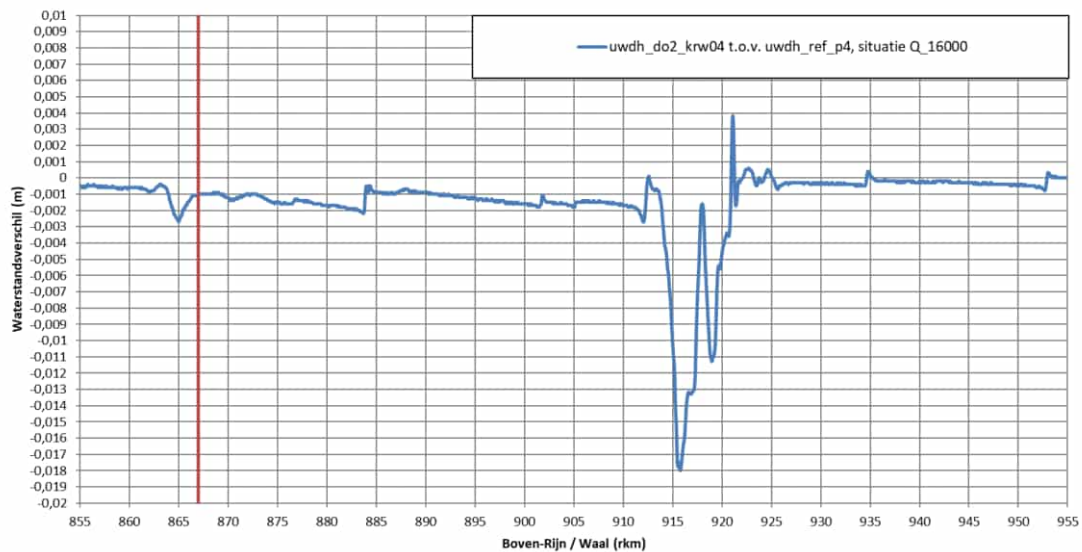
lobith	Wamel			Tielse Plaat			Dreumel			Varikse Plaat		
	Q [m ³ /s]	%	V [m/s]	Q [m ³ /s]	%	V [m/s]	Q [m ³ /s]	%	V [m/s]	Q [m ³ /s]	%	V [m/s]
1020	1,24	0,2	0,17	1,34	0,2	0,19	-	-	-	1,21	0,2	0,17
2000	14,55	1,0	0,38	15,14	1,0	0,40	5,23	0,4	0,27	13,43	0,9	0,39
3000	36,60	1,8	0,52	38,38	1,8	0,56	20,36	1,0	0,48	32,88	1,6	0,54
4000	42,15	1,5	0,39	46,80	1,7	0,45	28,97	1,0	0,41	41,09	1,5	0,44
6000	51,04	1,2	0,46	59,70	1,5	0,55	36,77	0,9	0,49	51,37	1,2	0,52
8000	54,01	1,0	0,49	62,23	1,1	0,57	35,84	0,7	0,48	53,44	1,0	0,54
lobith	Heerewaarden											
	Q [m ³ /s]	%	V [m/s]									
1020	-	-	-									
2000	4,59	0,3	0,29									
3000	17,25	0,8	0,48									
4000	26,80	1,0	0,44									
6000	37,60	0,9	0,55									
8000	34,27	0,6	0,50									

3 RIVIERKUNDIGE BEOORDELING DO 2.1

3.1 Hoogwaterveiligheid

3.1.1 Maatgevende Hoogwaterstand, op de as van de rivier

In Afbeelding 7 worden de waterstandsverschillen van DO 2.1 bij Maatgevend Hoogwater (MHW; 16.000 m³/s bij Lobith) ten opzichte van de referentiesituatie weergegeven.



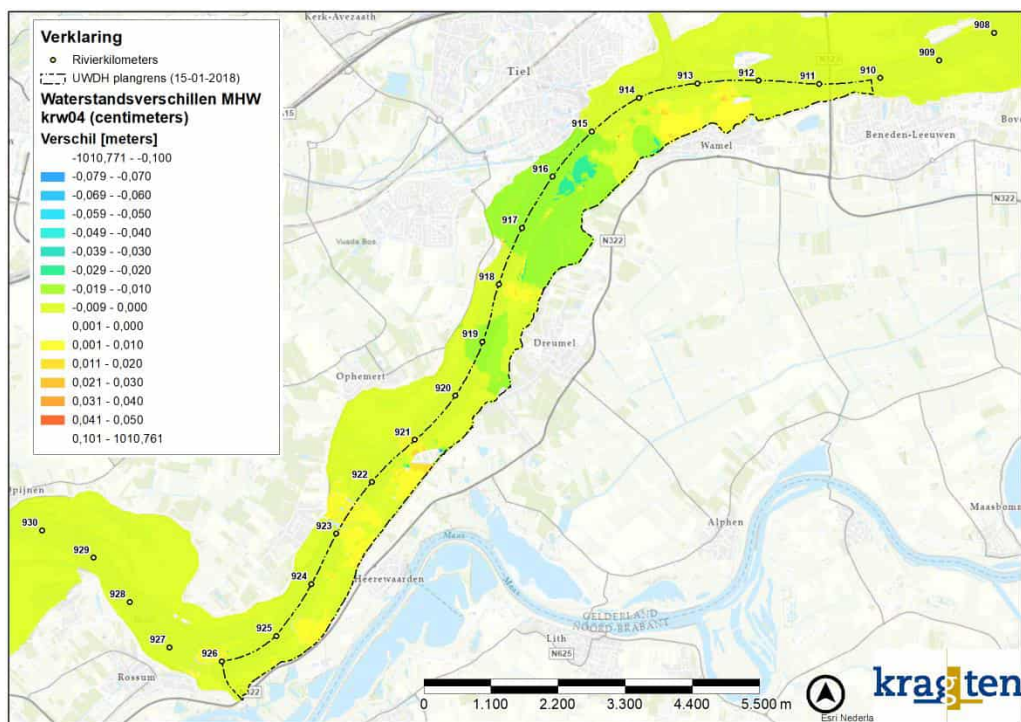
Afbeelding 7. Waterstandsverschil bij een afvoer van 16.000 m³/s als gevolg van DO 2.1 (krw04).

De ingreep is gelegen tussen rivierkilometer 911 en 926. Bovenstrooms van het projectgebied leidt de ingreep over een relatief lang traject tot een waterstandsddaling van circa 1 à 2 millimeter. Ter hoogte van rivierkilometer 912 / 913 komt de waterstand net boven de 0 millimeter waterstandsverschil uit (piek van 0,1 millimeter). Tussen rivierkilometer 914 en 921 is met name sprake van waterstandsddaling, met een maximum daling van 18 millimeter. Als gevolg van deze waterstandsddaling is ter hoogte van rivierkilometer 921 sprake van een klein benedenstrooms piekje van +4 millimeter. Benedenstrooms van rivierkilometer 921 is met name sprake van lichte waterstandsddaling, deze wordt mogelijk veroorzaakt door een modelinstabiliteit (zie paragraaf 4.5).

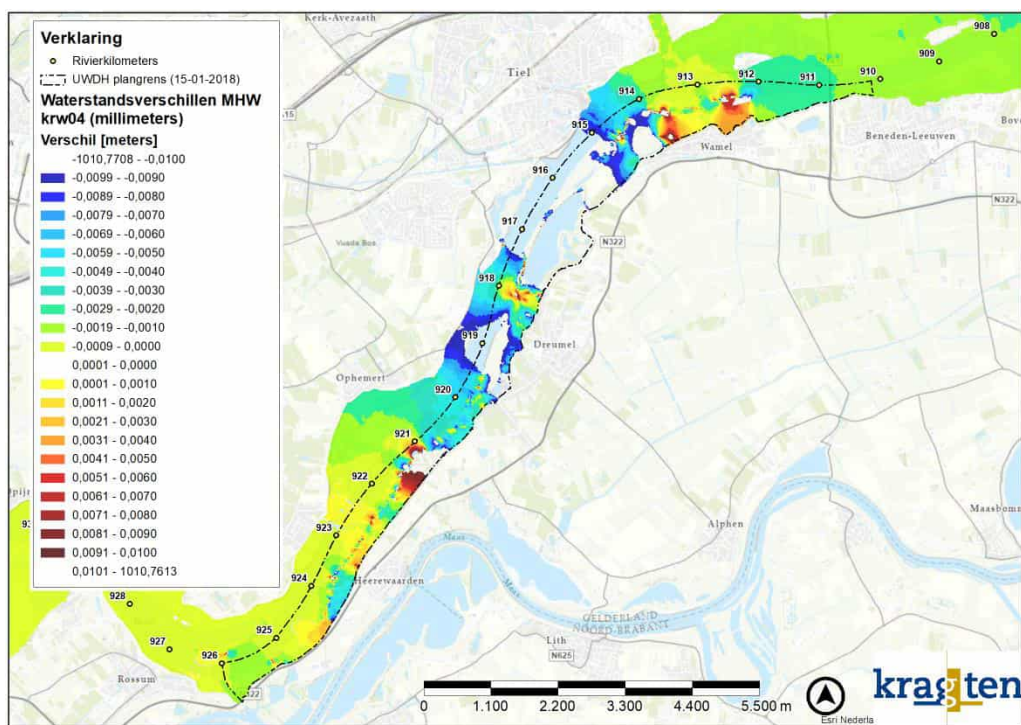
3.1.2 Maatgevende Hoogwaterstand, buiten de as van de rivier

In Afbeelding 8 zijn de waterstandsverschillen weergegeven tot 10 centimeter, met stappen van 1 centimeter. In Bijlage B5.1 is hier een vergrote versie van terug te vinden. De waterstandsverhoging langs de waterkering bedraagt maximaal 1 centimeter. Net benedenstrooms van Bato's Erf loopt deze lokaal op richting 2 centimeter. Langs de keringen vindt met name waterstandsddaling plaats. Deze varieert tussen de 1 en 2 centimeter. In Afbeelding 9 zijn de waterstandsverschillen in 2D weergegeven bij MHW in stappen van 1 millimeter. In Bijlage B5.2 is hier een vergrote versie van terug te vinden. Ter plaatse van strang Wamel zijn in de uiterwaarden pieken te zien in waterstandsverhoging. Deze reiken tot voorbij 1 centimeter. Zo leidt de extra aanplant van bos nabij Wamel tot een lokale opstuwing van bijna 2 centimeter. Deze opstuwing zorgt er echter op zijn beurt weer ver dat net benedenstrooms van deze locatie sprake is van een waterstandsddaling van maximaal 2 centimeter. Hoewel rondom Vonkerplas en nevengeul Dreumel met name sprake is van waterstandsddaling, is er sprake van verhoging rondom het gronddepot zuidelijk van de Vonkerplas. Het gronddepot en de bijbehorende gebieden blijven ongewijzigd in het ontwerp ten opzichte van de referentie. Echter, daar omheen komt ruwere vegetatie (met name riet/ruigte), wat de oorzaak is van de opstuwing. Rondom Bato's Erf is waterstandsverhoging te zien. Dit wordt veroorzaakt doordat in het model de hoogwatervrije vergunning is weggehaald van Bato's Erf.

Hierdoor wordt in het model Bato's Erf overstroombaar (wat deze in de praktijk sowieso al is), wat rekentechnisch leidt tot een theoretische opstuwung. In de praktijk komt deze waterstandsverhoging waarschijnlijk niet voor. Benedenstrooms van Bato's Erf, rondom nevengeulen Varikse Plaat en Heerewaarden is sprake van kleine waterstandsdalingen en -verhogingen. Deze worden veroorzaakt door de diverse kleine vegetatiewijzigingen.



Afbeelding 8. Waterstandsverschillen bij MHW tussen DO 2.1 (krw04) en referentiesituatie (stappen van 1 centimeter).



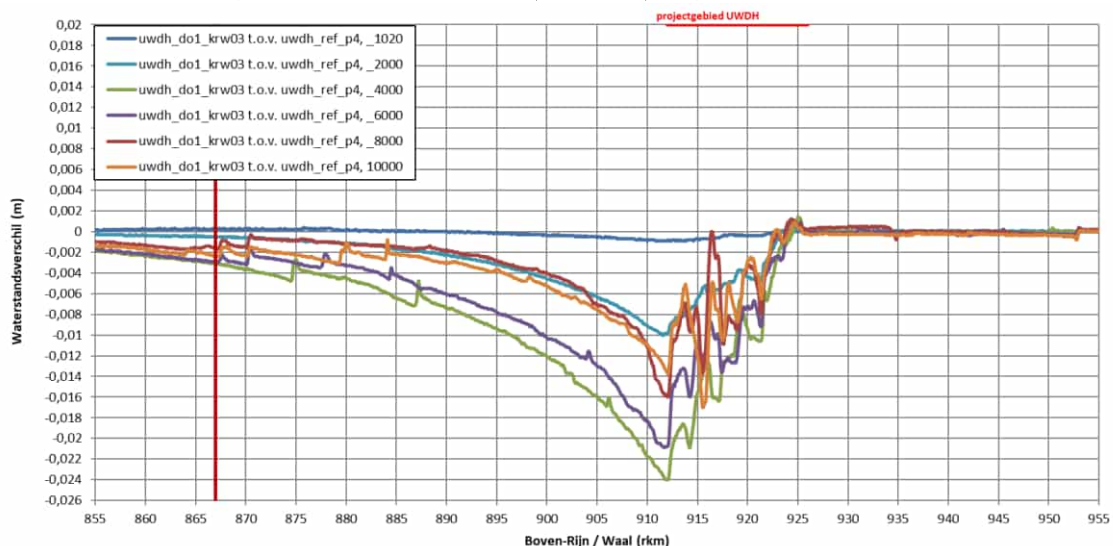
Afbeelding 9. Waterstandsverschillen bij MHW tussen DO 2.1 (krw04) en referentiesituatie (stappen van 1 millimeter).

3.1.3 Afvoerdeling bij Maatgevende Hoogwaterstand

In Afbeelding 7 is te zien dat als gevolg van de ingreep er bij Pannerdensche Kop (rivierkilometer 866,5) geen significante waterstandsverschillen zijn. Er is sprake van een kleine fluctuatie. Deze is echter het gevolg van een instabiliteit in het model op die locatie. Bij MHW zal daarom de afvoerdeling niet beïnvloed worden.

3.1.4 Afvoerdeling bij overige afvoeren

In Afbeelding 10 zijn de waterstandseffecten te zien voor de andere afvoeren in de as van de rivier. Net zoals bij MHW is geen sprake van significante waterstandsverandering bij Pannerdensche Kop (rivierkilometer 866,5) en zal de afvoerdeling dan ook niet beïnvloed worden. Mogelijk dat als gevolg van instabiliteit in het model, de waterstanden wat lager uitvallen dan in de werkelijkheid (zie paragraaf 4.5).



Afbeelding 10. Waterstandsverschil bij de diverse afvoeren als gevolg van DO 2.1 (krw04).

Aanvullende analyse effecten op inlaat Wijk bij Duurstede

De inlaat bij Wijk bij Duurstede ligt op ongeveer 6,5 km afstand (vanaf as van de rivier bij Waal rkm 913,2) van het projectgebied. De Prins Bernardsluis zal vanaf 1.200 m³/s en lager helemaal open gaan. De Waal langs het projectgebied en de inlaat bij Wijk bij Duurstede staan dan met elkaar in open verbinding. De waterstandsverschillen zijn bij een afvoer van 1.020 m³/s bij Lobith ter hoogte van rkm 913/914 0,00097 m (minder dan 1 millimeter). Deze daling in waterstand is gering en de afstand tussen Wijk bij Duurstede en het projectgebied is groot. Het extra verhang wat ontstaat als gevolg van UWDH tussen deze twee punten is 0,00015 meter per kilometer. Dit extra verhang in waterlijn is dusdanig klein, dat er niet noemenswaardig meer water richting de Waal zal gaan stromen als gevolg van het waterstandsverschil. De inlaat zal daarmee niet beïnvloed worden als gevolg van het UWDH project.

3.1.5 Ijsafvoer

Een goede afvoer van ijs is van belang om ijsdammen te voorkomen. Veel ruwe begroeiing in uiterwaarden zou afvoer van ijs kunnen hinderen. In het ontwerp zijn in de delen waar sprake is van stroming in het winterbed grote vlakken grasland opgenomen. In het algemeen kan gesteld worden dat grote delen van de uiterwaarden een significant deel van het jaar niet onderlopen. Zo is bijvoorbeeld bij de mediane afvoer (2.000 m³/s; afvoer is 175 dagen van het jaar hoger) en 3.000 m³/s (afvoer is 61 dagen per jaar hoger) sprake van stroming in de nevengeulen zelf en de directe omgeving van de geulen. In de gebieden tussen de nevengeulen en de Waal is nagenoeg geen stroming (zie Bijlage B7). Bij een afvoer van 4.000 m³/s bij Lobith (afvoer is 21 dagen per jaar hoger) beginnen de gebieden tussen de nevengeulen en de Waal onder te lopen/mee te stromen. Het merendeel van deze gebieden is grasland. De ruwere natuur bevindt zich vooral op de oeverwallen die nog niet geïnundeerd zijn bij 4.000 m³/s of in de stroomluwe delen. De combinatie hoge (hoger dan 4.000 m³/s) afvoeren en tegelijkertijd ijsvorming als gevolg van vorst komt niet frequent voor. Het ontwerp beïnvloedt daarom de ijsafvoer dan ook niet op een negatieve manier.

Ijsvorming treedt met name op wanneer poolwinden optreden. Dit zijn relatief droge perioden met lage afvoeren en lage temperaturen (vorstperioden kunnen dan daadwerkelijk gaan optreden). Onder lage afvoeren verstaan we in dit geval 1.020 m³/s bij Lobith. We gaan ervanuit dat boven de 0,1 m/s geen ijsvorming kan optreden of op zijn minst vertraagd optreedt. De nevengeulen Wamel, Tielse Plaat en Varikse Plaat stromen mee bij een afvoer 1.020 m³/s. De stroomsnelheden in de nevengeulen zijn dan boven de 0,1 m/s (zie Tabel 2). Als gevolg van deze stroomsnelheid zal ijsvorming beperkt zijn. Nevengeulen Dreumel en Heerewaarden stromen niet mee bij deze lagere afvoeren. De kans op ijsvorming is dan groter vanwege stilstaand water. Wanneer vervolgens de afvoer hoger wordt zou dit ijs los kunnen raken en in de rivier terecht kunnen komen. Historische vorstperiodes in combinatie met daaropvolgende toenemende afvoeren laten echter zien dat er vaak sprake is van een vertraging tussen warme temperaturen (periode na de vorstperiode/ijsvormingsperiode) en toename in afvoer³. Dit heeft in belangrijke mate te maken met het feit dat de afvoeren in de Rijn vooral het gevolg zijn van de omstandigheden in de Alpen en het Eifel gebied. Eer de golf Nederland heeft bereikt, zijn de temperaturen in Nederland ook al dusdanig lang hoog geweest dat het ijs waarschijnlijk al gesmolten is.

3.2 Hinder of schade door hydraulische effecten

3.2.1 Inundatiefrequentie van de uiterwaarden

Wijziging in de inundatiefrequentie van de uiterwaarden worden in belangrijke mate veroorzaakt door wijzigingen in oeverhoogten langs de rivier. Wijzigingen in oeverhoogte komen in dit project lokaal voor, daar waar de nevengeulen aangetakt worden aan de rivier. Hierbij wordt de vergraving beperkt tot het profiel van de geul, die vervolgens middels een flauw talud aangesloten worden op het maaiveld. In het algemeen volgen de nevengeulen de al aanwezige laagten in de uiterwaarden. De overige delen van de uiterwaarden blijven dus ongewijzigd. In Bijlage B6 is per nevengeul weergegeven wat de natte en droge cellen zijn in de referentiesituatie (bovenste afbeelding in de bijlage) en in de nieuwe DO 2.1 situatie (onder afbeelding in de bijlage). Droge cellen worden in de afbeeldingen in Bijlage B6 met een rode arcering weergegeven. In Bijlage B7.1 is een overzichtkaart weergegeven met de waterdiepten per afvoerniveau voor DO 2.1. Deze kaart geeft een beeld van de ontwikkeling van het inundatieoppervlak per afvoerniveau. In Bijlage B7.2 zijn dezelfde getoond, maar dan in groter formaat (per afvoerniveau één A3 kaart).

Bij OLR (1.020 m³/s bij Lobith) wijzigt de inundatiefrequentie niet, er stroomt dan alleen water door de nevengeulen Wamel, Tielse Plaat en Varikse Plaat.

Vanaf een afvoer van 2.000 m³/s bij Lobith ontstaan kleine wijzigingen. De afvoer in de Rijntakken is 175 dagen per jaar hoger dan 2.000 m³/s. Bij Wamel, Dreumel en Varikse Plaat zijn er in principe nog geen wijzigingen in inundatiefrequentie van de uiterwaarden, buiten het water dat in de nieuwe situatie door de nevengeul stroomt. Bij Tielse Plaat en Heerewaarden zal rondom de nevengeul een groter gebied gaan inunderen in de nieuwe situatie. Hier zal dus de inundatiefrequentie gaan wijzigen als gevolg van de ingreep.

Bij een afvoer van 4.000 m³/s bij Lobith wijzigt de inundatiesituatie en dus frequentie in de uiterwaarden rondom alle nevengeulen. De afvoer in de Rijntakken is 26 dagen per jaar hoger dan 4.000 m³/s. Bij Wamel zal langs de nevengeul een groter deel gaan inunderen in de nieuwe situatie. Het zelfde geldt voor de Tielse Plaat. Bij nevengeul Dreumel is dit ook het geval, echter is het effect beperkt omdat in de referentiesituatie nevengeul Dreumel ook begint mee te stromen vanwege een verlaging in de oever zuidelijk van de Vonkerplas. Bij de Varikse Plaat zal met name in het bovenstroomse deel van de voorziene nevengeul inundatie gaan plaats vinden bij deze afvoer. In de referentiesituatie was bij deze nevengeul al sprake van inundatie rondom het zuidelijke deel van de voorziene nevengeul. Voor nevengeul Heerewaarden geldt dat het oppervlak van het geïnundeerde gebied rondom de nevengeul sterk toeneemt als gevolg van de realisatie van de nevengeul.

In geval van een afvoer van 6.000 m³/s bij Lobith stromen de uiterwaarden mee tot aan de zomerkade, in zowel de referentiesituatie als de nieuwe situatie. De afvoer in de Rijntakken is 5 dagen per jaar hoger dan 6.000 m³/s. Er is bij deze afvoer geen sprake meer van wijziging in inundatieoppervlak en dus frequentie als

³ 'Effect ijsvorming op de overstromingskans', Deltares, 2021.

gevolg van de aanleg van de nevengeulen. Dit betekent dus ook dat als gevolg van de realisatie van de nevengeulen het niet vaker zal gaan inunderen achter de zomerkade (binnendijkse zijde) die liggen in de uiterwaarden.

3.2.2 Stroombeeld in de uiterwaard

In Bijlage B10 zijn de stroomsnelheidsverschillen weergegeven als gevolg van het DO 2.1 voor de verschillende afvoeren.

Bij de afvoeren 1.020 m³/s en 2.000 m³/s bij Lobith is er geen sprake van uitgesproken stroomsnelheidsverschillen in de uiterwaarden. Dit omdat grote delen van de uiterwaarden dan nog niet mee stromen. Enige opvallende punt is dat de nevengeulen Wamel, Tielse Plaat en Varikse plaat meestromen. Hier wordt een stroomsnelheidsverschil berekend omdat in de referentie situatie er nog geen sprake is van een meestromende nevengeul. Overeenkomend met Tabel 2 stromen de nevengeulen Dreumel en Heerewaarden nog niet mee bij 1.020 m³/s.

Bij 3.000 m³/s bij Lobith stromen de uiterwaarden nog niet mee. Hoogstens zullen de laagtes rondom de nevengeulen wat meer onderlopen, met stroomsnelheidsverschillen als gevolg. De meest uitgesproken verandering vindt plaats rondom nevengeul Tielse Plaat. Hier zullen de stroomsnelheden toenemen tot maximaal 0,3 m/s.

Bij 4.000 m³/s bij Lobith beginnen de uiterwaarden mee te stromen. Rondom de nevengeulen lopen stroomsnelheden op tot maximaal 0,3 m/s. Bij de oever langs de Waal ter hoogte van strang Dreumel neemt de stroomsnelheid wat toe, omdat daar sprake is van een toename in grasland. Ook net bovenstrooms van Bato's Erf zijn er beperkte wijzigingen te zien in stroomsnelheden. Deze worden veroorzaakt door een vergraving en wijzigingen in vegetatie (verruwing). Stroomsnelheidsverschillen vallen voor het overgrote deel binnen de -0,1 en +0,1 m/s.

Bij de afvoeren 6.000 m³/s, 8.000 m³/s en 10.000 m³/s is sprake van vergelijkbare verschillen, alleen worden ze met iedere hogere afvoer steeds iets uitgesprokener. Een verschil tussen deze afvoeren is de Vonkerplas, deze stroomt namelijk niet meer mee bij 6.000 m³/s bij Lobith als gevolg van het dichtzetten van de oude instroomopening. De Vonkerplas begint pas mee te stromen vanaf 8.000 m³/s. Langs de Vonkerplas is sprake van stroomsnelheidstoename. Dit als gevolg van de vermindering in riet/ruigte als gevolg van het DO 2.1. Bij nevengeul Dreumel en het gebied bovenstrooms van Bato's Erf zetten zich dezelfde stroomsnelheidswijzigingen door, echter wat meer uitgesproken. Nevengeul Varikse Plaat laat ook met name een toename in stroomsnelheden zien. Dit is ook te verwachten, aangezien hier meer water door het gebied stroomt. Bij nevengeul Heerewaarden is het beeld wat gevarieerder. Hier neemt de stroomsnelheid deels af als gevolg van de verruwing en deels toe als gevolg van het vergroten van het wateroppervlak. De stroomsnelheidsverschillen vallen nog steeds voor het overgrote deel binnen de -0,1 en +0,1 m/s. Lokaal treden verschillen op tussen de -0,3 en +0,3 m/s. Langs de Vonkerplas (tussen kade en oevergeul) en nabij de insteek naar de werf, kunnen deze toenemen tot 0,5 m/s.

De meest opvallende stroomsnelheidsverschillen bij MHW – 16.000 m³/s bij Lobith – ten opzichte van de lagere afvoeren, zijn de stroomsnelheidsverschillen bij de scheepswerf (ter hoogte van rivierkilometer 920) en bij Bato's Erf. Net benedenstrooms van de scheepswerf is sprake van verruwing van de uiterwaarden. Dit zal als gevolg hebben dat wat meer water langs de uiterwaarden afstroomt, wat leidt tot stroomsnelheidsverhoging. Bij Bato's Erf nemen de stroomsnelheden ook toe en ook benedenstrooms van Bato's Erf (het gebied wat oorspronkelijk in de luwte van Bato's Erf ligt). Dit komt omdat de hoogwatervrije vergunning van het gebied is gehaald⁴. Hierdoor kan in het rivierkundig model van DO 2.1 Bato's Erf nu mee stromen. In de rivierkundige referentiesituatie zit deze hoogwatervrije vergunning nog op Bato's Erf. Dit zorgt ervoor dat relatief grote stroomsnelheidsverschillen/toename op deze locatie berekend worden. Echter, in de praktijk zal Bato's Erf natuurlijk nu ook al mee stromen. Dit betekent dus dat in de praktijk de stroomsnelheidsverschillen als gevolg van DO 2.1 anders zullen zijn. Naar verwachting zal er zelfs sprake zijn van afname van stroomsnelheid. Bato's Erf wordt immers verruwd met bos, wat stroming zal afremmen. De stroomsnelheidsverschillen voor de gehele uiterwaarden in geval van MHW vallen nog steeds voor het overgrote deel binnen de -0,1 en +0,1 m/s. Lokaal kan het zijn dat deze tussen de -0,3 en +0,3 m/s vallen met onder andere bij Bato's Erf een kleine uitschieter richting circa +0,6 m/s.

Geuloevererosie mag plaats vinden binnen de daarvoor gelden erosielimietlijnen. Deze zijn onderdeel van het voor UWDH opgestelde beheer- en onderhoudsplan.

⁴ Het verwijderen van deze vergunning is onderdeel van het ontwerp.

3.2.3 Stroombeeld in vaarweg

In Bijlage B9 zijn de grafieken met de dwarsstroming weergegeven voor de afvoeren 1.020 m³/s, 2.000 m³/s, 4.000 m³/s, 6.000 m³/s, 8.000 m³/s en 10.000 m³/s voor zowel de referentiesituatie als de nieuwe situatie. De dwarsstroming is gepresenteerd bij de normaallijn, voor de locatie van de exacte punten waar de dwarsstroming bepaald is, zie Bijlage B8. De dwarsstroming voor het DO 2.1 moest geanalyseerd en geoptimaliseerd worden voor nevengeulen Wamel en Varikse Plaat. In paragraaf 4.3 is dit proces beschreven.

De ingreep mag niet leiden tot een absolute dwarsstroming groter dan 0,3 m/s bij een geconcentreerde dwarsstroming met een debiet kleiner dan 50 m³/s; en niet groter dan 0,15 m/s bij een geconcentreerde dwarsstroming met een debiet groter dan 50 m³/s. Deze geconcentreerde dwarsstroming is berekend conform het RBK 5.0. Vervolgens is in de grafiek met de dwarsstroomsnelheid de grens gepresenteerd, die afhankelijk van het dwarsstroomdebiet fluctueert tussen 0,15 en 0,3 m/s. De dwarsstroming is in vijf blokken opgedeeld. In ieder blok is een nevengeul aanwezig. In Tabel 3 tot en met Tabel 7 worden alleen de pieken weergegeven die boven de norm van 0,15 of 0,30 m/s uitkomen. De kleurschakering die gehanteerd betekent het volgende:

- Blauw: piek bevindt zich boven de norm, maar zowel referentie als nieuwe situatie zijn gelijk aan elkaar (geen verandering);
- Groen: piek referentiesituatie bevindt zich boven de norm, maar als gevolg van de ingreep neemt deze piek met X m/s af;
- Oranje: piek referentiesituatie bevindt zich boven de norm en als gevolg van de ingreep neemt deze piek met X m/s toe.

De rivierkilometers in de tabellen geven de globale locatie van de piek weer (deze kan soms per afvoerniveau namelijk enigszins verschillen). Toenamen of afnamen kleiner dan 1 cm/s worden niet weergegeven. Pieken waarbij in de referentiesituatie al sprake is van een piek boven de norm, zijn vet gedrukt. Zo is te zien of de dwarsstroming als gevolg van het project boven de norm komt te vallen.

Tabel 3. Dwarsstromingseffecten in gebied Rkm 910 tot 914,5 in m/s (nevengeul Wamel). Groen betekent afname van piek boven norm, oranje toename en blauw geen verandering. Dik gedrukt zijn de pieken die in de referentiesituatie al boven de norm liggen. Tussen haakjes staat de absolute dwarsstroming uit de referentiesituatie.

	910,3	911,6	911,8	911,9	912,2/ 912,3	912,7	914,1	914,3
1.020	n.v.t.	n.v.t.	Geen (0,23)	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2.000	n.v.t.	n.v.t.	0,02 (0,28)	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
4.000	Geen (-0,32)	n.v.t.	Geen (0,44)	n.v.t.	0,01 (0,15)	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
6.000	Geen (-0,38)	n.v.t.	n.v.t.	Geen (0,39)	Geen / 0,03* (0,14)	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
8.000	Geen (-0,37)	n.v.t.	n.v.t.	Geen (0,39)	Geen / 0,03* (0,15)	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
10.000	0,03 (-0,37)	0,05 (0,23)	n.v.t.	0,06 (0,31)	0,02 (0,23)	0,09 (0,16)	Geen (-0,15)	0,02 (-0,14)

* Deze twee pieken liggen dicht bij elkaar.

Tabel 4. Dwarsstromingseffecten in gebied Rkm 914,5 tot 917 in m/s (nevengcul Tielse Plaat). Groen betekent afname van piek boven norm, oranje toename en blauw geen verandering. Dik gedrukt zijn de pieken die in de referentiesituatie al boven de norm liggen. Tussen haakjes staat de absolute dwarsstroming uit de referentiesituatie.

	914,9	915,1	915,9	916,2
1.020	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2.000	0,02 (0,56)	Geen (0,22)	n.v.t.	n.v.t.
4.000	0,03 (-0,69)	Geen (0,37)	n.v.t.	n.v.t.
6.000	0,01 (-0,57)	0,03 (0,42)	n.v.t.	n.v.t.
8.000	0,02 (-0,43)	0,03 (0,24)	0,03 (-0,16)	n.v.t.
10.000	0,17 (-0,50)	0,07 (0,28)	n.v.t.	0,019 (-0,154)

Tabel 5. Dwarsstromingseffecten in gebied Rkm 917 tot 920 in m/s (nevengcul Dreumel). Groen betekent afname van piek boven norm, oranje toename en blauw geen verandering. Dik gedrukt zijn de pieken die in de referentiesituatie al boven de norm liggen. Tussen haakjes staat de absolute dwarsstroming uit de referentiesituatie.

	917,4	918,6	918,9	919,6
1.020	n.v.t.	Geen (-0,16)	n.v.t.	n.v.t.
2.000	n.v.t.	Geen (-0,30)	n.v.t.	Geen (-0,25)
4.000	n.v.t.	Geen (-0,39)	n.v.t.	n.v.t.
6.000	n.v.t.	Geen (-0,25)	n.v.t.	n.v.t.
8.000	0,03 (0,17)	0,01 (-0,22)	n.v.t.	n.v.t.
10.000	0,02 (0,18)	0,01 (-0,27)	0,01 (-0,17)	n.v.t.

Tabel 6. Dwarsstromingseffecten in gebied Rkm 920 tot 923 in m/s (nevengcul Varikse Plaat). Groen betekent afname van piek boven norm, oranje toename en blauw geen verandering. Dik gedrukt zijn de pieken die in de referentiesituatie al boven de norm liggen. Tussen haakjes staat de absolute dwarsstroming uit de referentiesituatie.

	920,6	921,3	921,9	923,13
1.020	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	Geen (-0,31)
2.000	Geen (-0,35)	Geen (-0,31)	Geen (-0,43)	n.v.t.
4.000	n.v.t.	n.v.t.	0,03 (-0,34)	n.v.t.
6.000	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
8.000	n.v.t.	0,03 (-0,13)	0,01* (0,16)	n.v.t.
10.000	n.v.t.	Geen (-0,15)	Geen* (0,21)	n.v.t.

* deze piek ligt ongeveer bij rkm 921,75

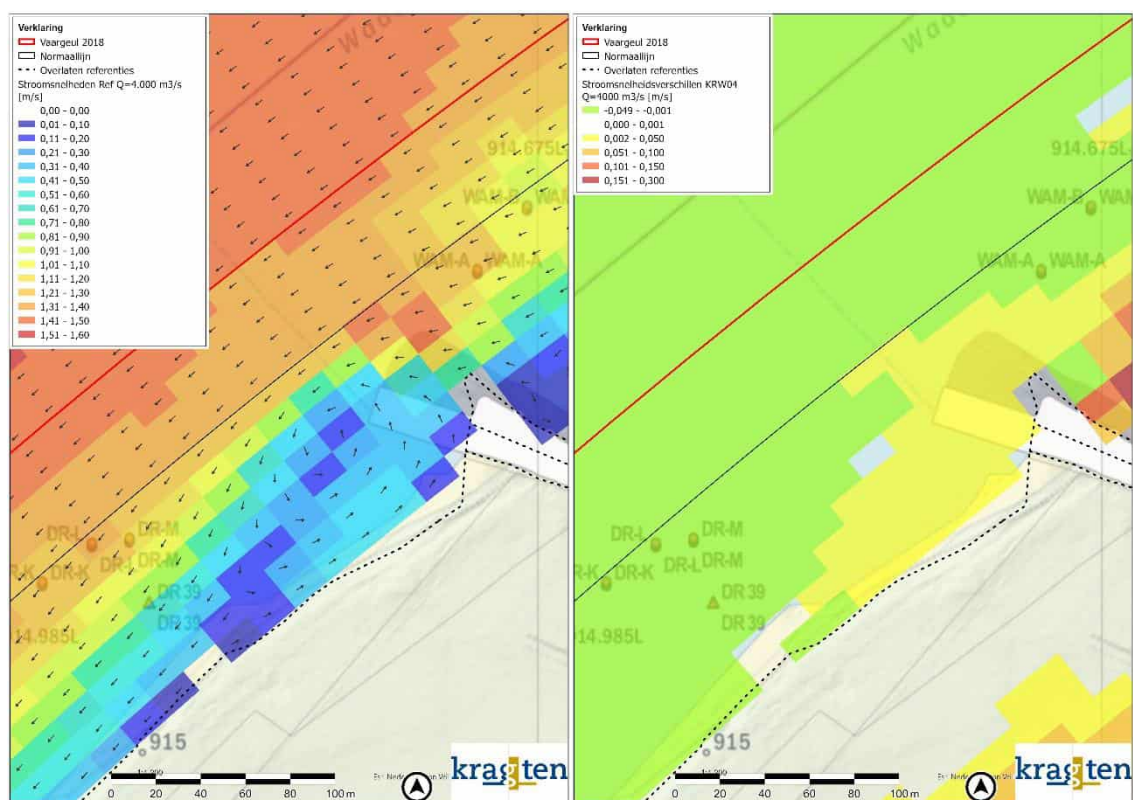
Tabel 7. Dwarsstromingseffecten in gebied Rkm 923 tot 926 in m/s (nevengcul Varikse Plaat en Heerewaarden). Groen betekent afname van piek boven norm, oranje toename en blauw geen verandering. Dik gedrukt zijn de pieken die in de referentiesituatie al boven de norm liggen. Tussen haakjes staat de absolute dwarsstroming uit de referentiesituatie.

	924,04	924,6
1.020	n.v.t.	n.v.t.
2.000	n.v.t.	Geen (-0,24)
4.000	n.v.t.	n.v.t.
6.000	n.v.t.	n.v.t.
8.000	Geen (-0,16)	n.v.t.
10.000	n.v.t.	n.v.t.

Bovenstaande tabellen laten zien dat er met name sprake is van toename boven norm ter hoogte van nevengcul Wamel. Daarnaast is bij nevengcul Tielse Plaat ook een toename van dwarsstroming boven de norm te zien bij een jaarlijks terugkerende afvoer (4.000 m³/s bij Lobith). Het zelfde geldt voor Varikse Plaat. De meeste pieken bevinden zich in de referentiesituatie al boven de norm. Op een drietal momenten zal de dwarsstroming als

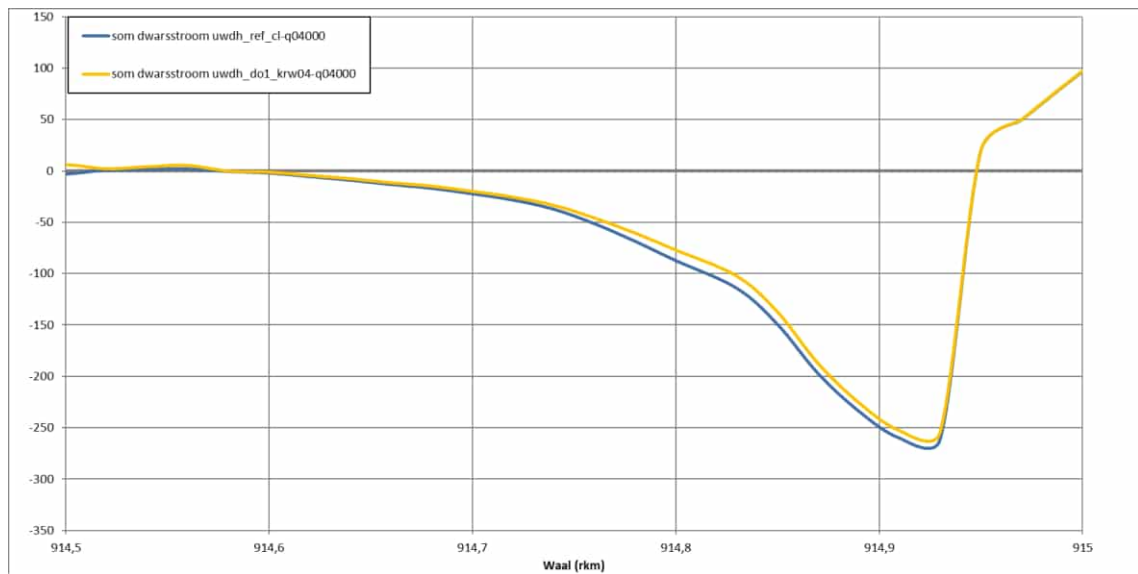
gevolg van het project boven de norm uitkomen bij Wamel. De resultaten getoond in Tabel 3 voor Wamel zijn het resultaat van een optimalisatieproces. Hierbij is gekeken naar zowel de meestroombaarheid van de rondom de nevengeul gelegen uiterwaarden, als naar de oriëntatie en vorm van de instroom. In paragraaf 4.3 is een toelichting gegeven op de optimalisatie van de dwarsstroming voor DO 2.1. Een deel van de toename van dwarsstroming bij de jaarlijkse terugkerende afvoer is ter hoogte van de instroom van de langsdam (rivierkilometer 911,8). Deze instroom is voor scheepvaart goed zichtbaar. Naar verwachting zullen hier schippers sowieso anticiperen op een verandering in dwarsstroming (los van het effect van DO 2.1). Dit zal een mitigerend effect hebben op de gevolgen van de toename.

Bij nevengeul Tielse Plaat is sprake van een toename bij de jaarlijkse afvoeren (bij 4.000 m³/s bij Lobith), ter hoogte van de Veerweg. Hier is al sprake van een overschrijding van de norm in de referentiesituatie (-0,69 m/s). Dit is het gevolg van de Veerweg/aanmeer locatie van het veer. In Afbeelding 11 is zowel de referentiesituatie te zien bij een stroming van 4.000 m³/s bij Lobith ter hoogte van de Veerweg, als de stroomsnelheidsverschillen als gevolg van krw04 (DO 2.1). Nota bene, de dwarsstroming wordt bepaald ter plaatse van de normaallijn.



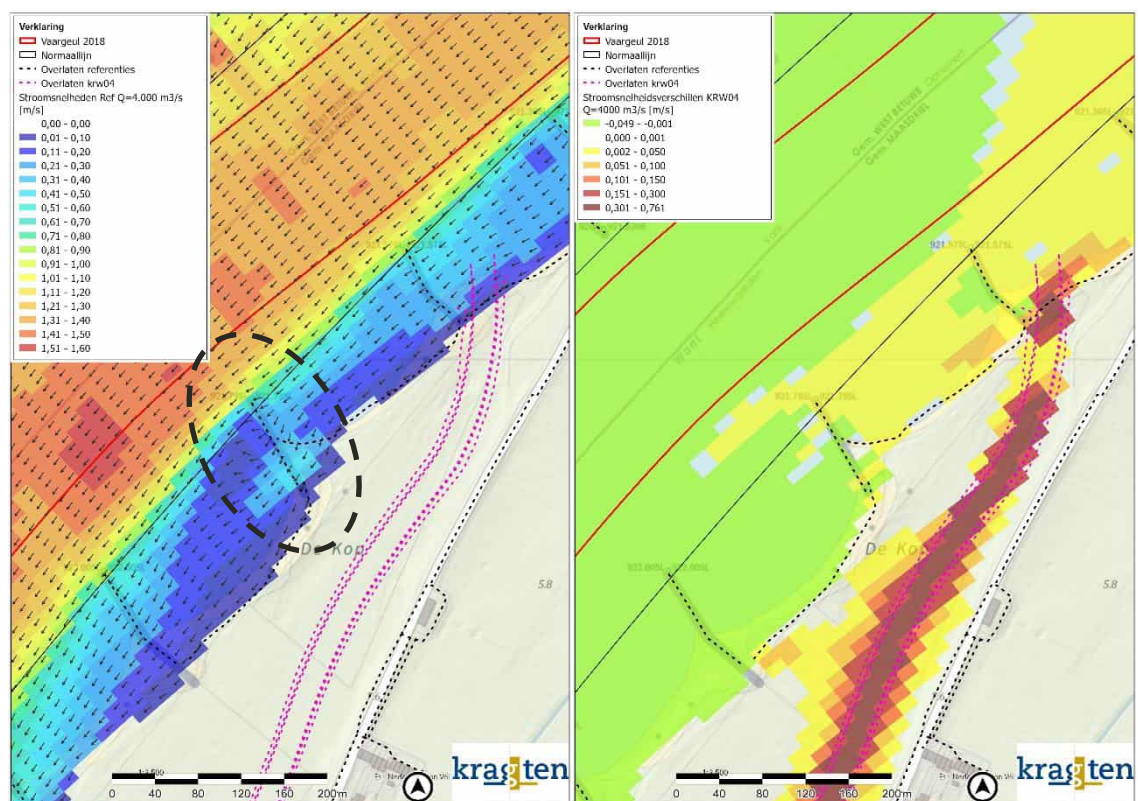
Afbeelding 11. Absolute stroomsnelheden in de referentiesituatie bij 4.000 m³/s bij Lobith (links) en stroomsnelheidsverschillen als gevolg van krw04 (DO 2.1; rechts) ter hoogte van Tielse Plaat.

De hoge overschrijding van de norm in de referentiesituatie is het gevolg van de neer die ontstaat achter de Veerweg. In de stroomsnelheidsverschillen is te zien dat deze lokaal op de normaallijn zullen stijgen als gevolg van krw04 (geel). Echter, bovenstrooms ervan is te zien dat de stroomsnelheid op de normaallijn juist zal afnemen als gevolg van krw04 (groen). Dit betekent dus dat niet zoezeer de dwarsstromingspiek toeneemt als gevolg van krw04, maar juist van vorm verandert. In Afbeelding 12 is te zien dat het cumulatieve dwarsstroomdebiet juist in de krw04 situatie afneemt. Dit onderstreept het feit dat toename van de dwarsstroming het gevolg is van een veranderende piekvorm, en niet van een algemeen toenemende piek. Achter de Veerweg lijkt in de bodem sprake te zijn van een kuil in de rivierbedding. Het opvullen van deze kuil zal de neerwerking kunnen beperken. Echter, aangezien de morfologie van de oevers (achter de langsdammen) zich nog bewegen richting een evenwichtstoestand, zal het opvullen van de kuil geen duurzame oplossing zijn.



Afbeelding 12. Cumulatief dwarsstroomdebiet bij zowel de referentiesituatie (blauw) als de krw04 situatie (oranje).

Bij Varikse Plaat blijkt uit de berekeningen dat er in de geschematiseerde situatie (uwdh_ref en uwdh_do1_krw04) sprake is van een toename van dwarsstroming bij een jaarlijkse terugkerende afvoer van 4.000 m³/s bij Lobith. Deze toename vindt plaats ter hoogte van krib 921,8, zie de omcirkelde krib in Afbeelding 13.



Afbeelding 13. Absolute stroomsnelheden in de referentiesituatie bij 4.000 m³/s bij Lobith (links) en stroomsnelheidsverschillen als gevolg van krw04 (DO 2.1; rechts) ter hoogte van Varikse Plaat. Omcirkeld de krib in kwestie.

Wat opvalt in Afbeelding 13 is dat de stroming rondom krib 921,8 afwijkt van de bovenstroomse en benedenstroomse krib. Deze krib ligt dan ook beduidend hoger (NAP +5 meter) dan de benedenstroomse krib

(NAP +3 meter) en wat hoger dan de bovenstroomse krib (NAP +4,5 meter). Wanneer echter naar de AHN4 wordt gekeken blijkt de krib in de praktijk lager te liggen dan deze NAP +5 meter. Krib 921,8 ligt namelijk net zoals de bovenstroomse krib op circa NAP +4,5. Een verkennende berekening (op WAQUA-niveau) waarbij zowel referentie situatie als krw04 situatie op de werkelijke hoogte zijn gezet (respectievelijk uwdh_refk en uwdh_do1_krw04k), laat zien dat de overschrijding dan niet meer plaats vindt. Zie paragraaf 4.3.3 voor een nadere toelichting op analyse en optimalisatie rondom krib 921,8.

Voor de overige trajecten kan gesteld worden dat de dwarsstromingssituatie zich in het algemeen verbeterd. Pieken die in de referentiesituatie al aanwezig zijn worden verlaagd als gevolg van het UWVDH project. Dit gebeurt met name bij nevengeul Tielse Plaat. Zowel de toename als de afname van de dwarsstromingspieken boven de norm ligt voor de jaarlijkse terugkerende afvoeren (tot en met 6.000 m³/s bij Lobith) tussen de circa 1 en 3 centimeter per seconde.

In Bijlage B13 is een gevoeligheidsanalyse terug te vinden van de dwarsstroming bij nevengeul Wamel. Hierbij is gekeken naar de gevoeligheid voor de onttrekking door de nevengeul. Daarnaast is in deze analyse gekeken wat het verschil is tussen het berekenen van de dwarsstroming op de normaallijn (in dit geval de langsdam) en op de vaargeullijn.

3.2.4 Afvoerverdeling bij Pannerdensche Kop bij hoge Boven-Rijn afvoer

Onder hoge Boven-Rijn afvoer wordt in dit geval 10.000 m³/s bedoeld. Bij 10.000 m³/s vindt geen verandering plaats in afvoerverdeling bij Pannerdensche Kop, zie ook paragraaf 3.1.4.

3.2.5 Afvoerverdeling bij Pannerdensche Kop bij een lage Boven-Rijn afvoeren

In Afbeelding 10 is ook de afvoer bij OLR (1.020 m³/s bij Lobith) weergegeven. Ook deze laat geen significante waterstandsverandering zien bij Pannerdensche Kop. De afvoerverdeling zal dan ook niet veranderen als gevolg van de ingreep.

3.2.6 Onttrekking water uit zomerbed Rijntakken

In het ontwerp zijn een vijftal nevengeulen opgenomen die over een totaal van circa 8,5 kilometer afvoer onttrekken uit, en weer lozen op, de Waal. In Tabel 2 zijn de onttrekkingen weergegeven. De waterstandsverandering in de as van de rivier ter plaatse van de nevengeulen is afhankelijk van het afvoerniveau. Een groot deel van het jaar zal deze liggen tussen -1 millimeter (1.020 m³/s bij Lobith) en -9,7 millimeter (2.000 m³/s bij Lobith). Een klein deel van het jaar zal deze richting -24 millimeter gaan (bij 4.000 m³/s bij Lobith, groter dan mediane afvoer). Dit is terug te zien in Afbeelding 10. Omdat bij OLA (1.020 m³/s bij Lobith) en bij 2.000 m³/s bij Lobith de waterstandsval onder de 1 centimeter ligt, wordt de waterstandsval niet als relevant geacht voor het hoofdvaarwegennet⁵.

3.3 Morfologische effecten

Voor de planvorming omtrent het DO 2.1 (krw04) is WAQmorf gebruikt voor de morfologische analyses. Het proces en de gedetailleerde beschrijving van de gehanteerde methodiek wordt beschreven in Bijlage B12. Ter toetsing van het ontwerp is het 3D hydro(morfo)logisch model Delft3D gebruikt. Het onderzoek is opgenomen in Bijlage B14.

Optimalisatiemaatregelen morfologische effecten

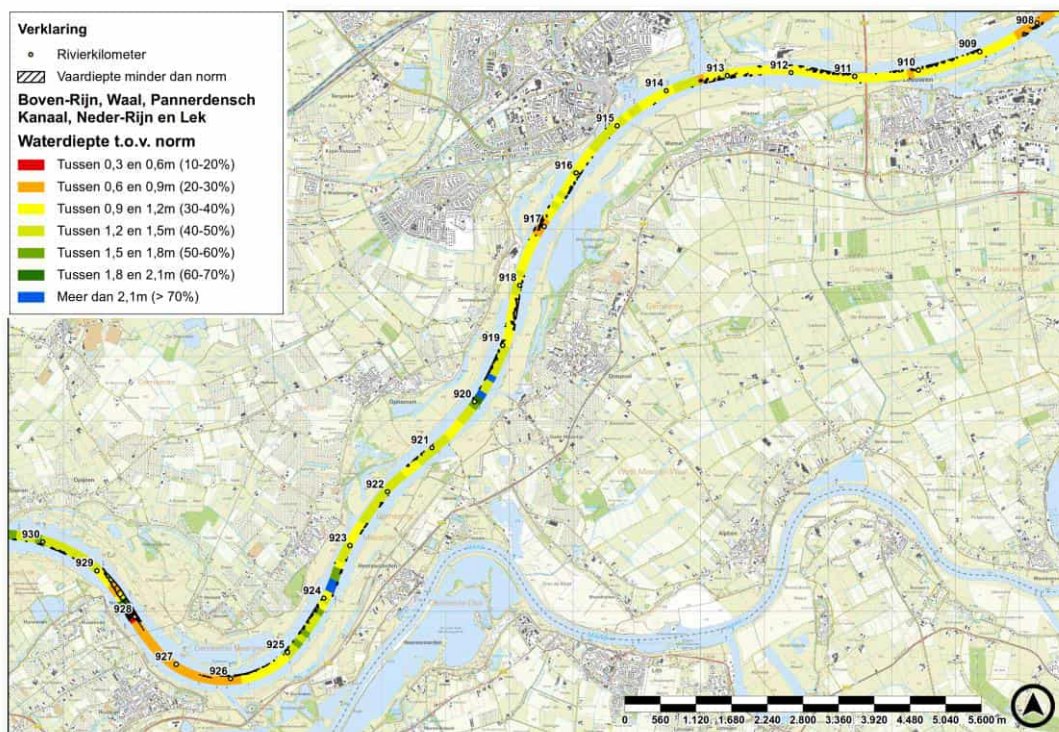
Belangrijk om te vermelden is dat de optimalisatiemaatregel 'dichtzetten oude invaartopening Vonkerplas', die ingevoerd is om de effecten op aanzanding te mitigeren, onderdeel is van het DO 2.1. Daarnaast is in het kader van de optimalisatie van de dwarsstroming van het DO 2.1 een deel van de uiterwaarden bij nevengeul Wamel op hoogte gebracht (tussen oeverwal en zomerkade; de oeverwallen worden dus niet opgehoogd). Deze optimalisatie zorgt ook voor een verlaging van de aanzanding boven de norm. De effecten van deze optimalisatiemaatregelen worden hieronder beschreven.

⁵ Zie ook: 'Beoordeling waterdiepte-effecten door rivierprojecten in de hoofdvaarwegen in de Rijntakken versie 1.0', Rijkswaterstaat Oost-Nederland, 1 juni 2021.

Huidige situatie

Om te kijken hoe de huidige situatie uit ziet, zijn de waterdieptekaarten van Rijkswaterstaat gehanteerd. In Afbeelding 14 is de waterdiepte ten opzichte van de norm per hectometervak weergegeven. In deze waterdieptekaart is de beschikbare diepte breedte gemiddeld. In Afbeelding 14 zijn ook de plekken weergegeven waar uit de gedetailleerde waterdieptekaart blijkt dat niet voldaan wordt aan de waterdieptenorm. De kaart laat zien dat er een aantal locaties zijn waar niet voldaan wordt aan de norm. De aansluiting van het Amsterdam-Rijnkanaal op de Waal is daar een voorbeeld van. De bodem ligt hier op een aantal locaties boven het minimum criterium en breedtegemiddeld is hier ook sprake van een tekort aan waterdiepte. Daarnaast is op deze locatie de waterdiepte van belang omdat hier gemanoeuvreed wordt als gevolg van de aansluiting van het kanaal op de Waal. Een ander belangrijk kritisch traject bevindt zich ter hoogte van rivierkilometer 916 tot en met 919 (langs de Vonkerplas). Hier is op een aantal locaties de breedtegemiddelde waterdiepte beperkt, met name bij rivierkilometer 917. Verder benedenstrooms is de waterdiepte ten opzichte van de norm ook beperkt.

In Bijlage B12.3.5 zijn de 2D waterdieptekaarten van RWSON bijgevoegd.

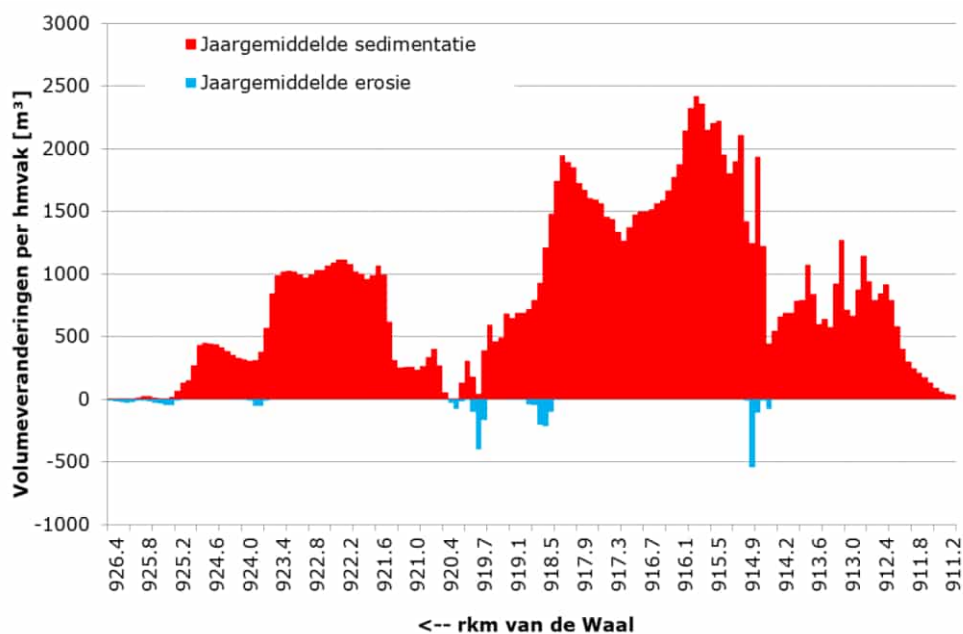


Afbeelding 14. Waterdiepte ten opzichte van de norm per hectometervak.

3.3.1 Sedimentatie en erosie van het zomerbed

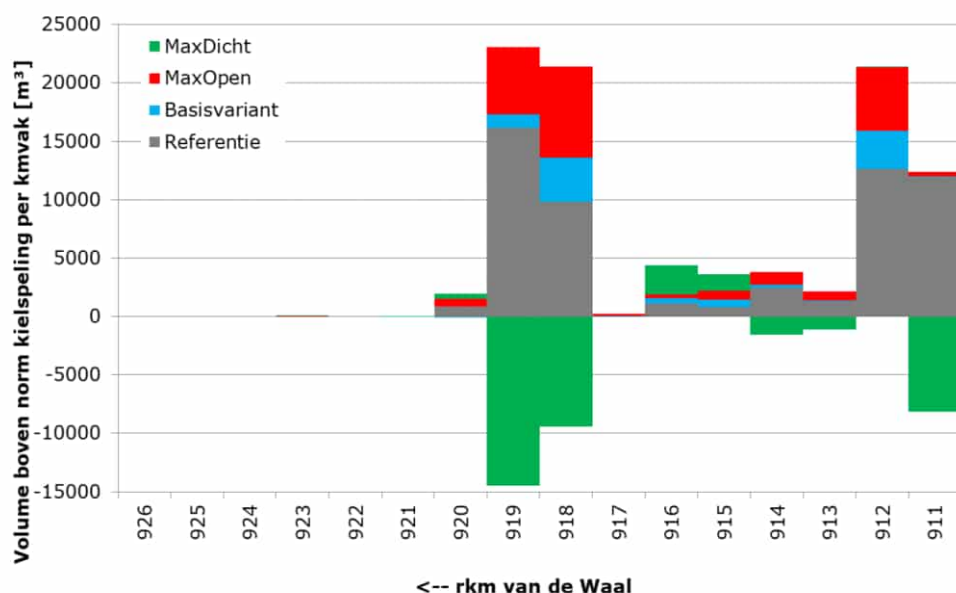
Met Delft3D is het DO 2.1 getoetst aan het RBK. De resultaten van deze toetsing zijn terug te vinden in Bijlage B14. Hierbij is de toetsing uitgevoerd aan de hand van Bijlage 8 van het RBK 5.0. In deze bijlage worden richtlijnen gegeven voor bepaling van erosie- en sedimentatievolumes.

Er is berekend wat de totale erosie en sedimentatie is op basis van jaarlijkse gemiddelde bodemverandering na 20 jaar zonder baggermodule. Op het traject van rivierkilometer 911 tot en met 926 treedt een aanzanding op van circa 130.600 m³ (effect sedimentatie plus erosie). In Afbeelding 15 is de volumeverandering weergegeven.



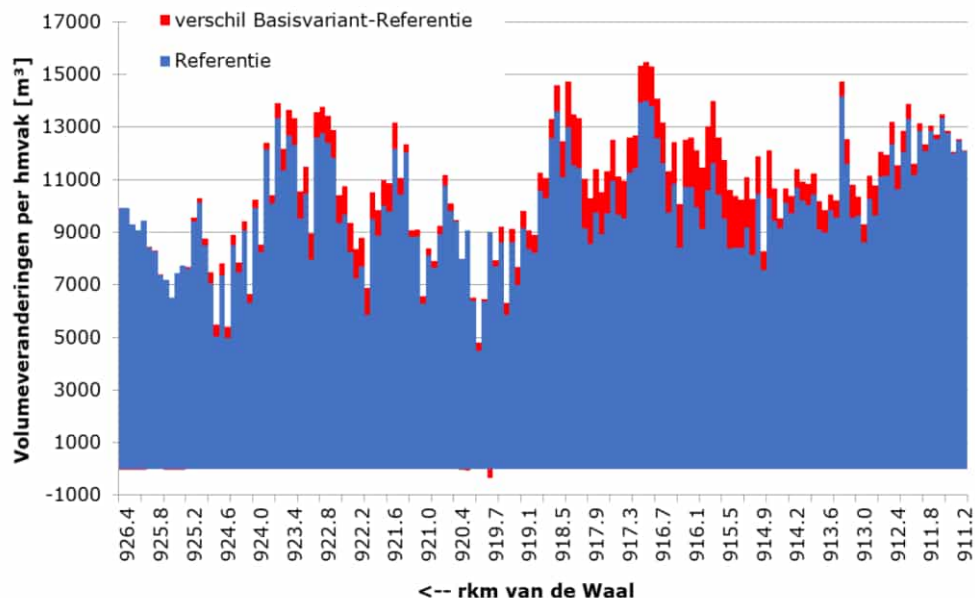
Afbeelding 15. Volumeverandering per hectometervak bij krw04 (Delft3D). Bron: HKV, 2021 (zie Bijlage B14).

Er zijn ook berekeningen gemaakt met baggermodule. Bij een overdiepte van 50 centimeter is de totale baggerlast 220.569 m³. Dit is 12.583 m³ meer dan in de referentiesituatie (+6%). In Afbeelding 16 is het baggervolume per kilometervak weergegeven. In deze afbeelding zijn ook varianten 'MaxDicht' en 'MaxOpen' weergegeven. Deze verwijzen naar varianten waarbij de inlaten van de oeversgeulen helemaal dicht staan ('MaxDicht') en helemaal open ('MaxOpen'). Deze varianten vallen buiten deze RBK beschouwing. De Delft3D versie van DO 2.1 (krw04) heet in de onderstaande afbeelding 'Basisvariant'.



Afbeelding 16. Baggervolume bij verschillende in Bijlage B14 onderzochte varianten. Bron: HKV, 2021.

Met Delft3D zijn ook de volumeveranderingen bepaald met betrekking tot het criterium met kielspeling van 120 centimeter. Bij het DO 2.1 is dan een baggerinspanning van 1.618.668 m³ nodig. Dit is 125.560 m³ meer dan de referentiesituatie (+8%), zie Afbeelding 17.



Afbeelding 17. Volume boven de norm kielspeling bij DO 2.1 (krw04). Bron: HKV, 2021.

In Bijlage B14 zijn de volumebepalingen per hectometervak terug te vinden.

3.3.2 Sedimentatie en erosie van uiterwaard en nevengeul

Op basis van de stroomsnelheidsberekeningen en stroomsnelheidsverschillen analyse (zie sectie 3.2.2) kan een inschatting gemaakt worden van de effecten van het DO 2.1 op de sedimentatie en erosie van de uiterwaarden en de nevengeul. Zoals beschreven zijn de stroomsnelheidsverschillen over het algemeen laag te noemen. Tot aan 10.000 m³/s bij Lobith blijven de verschillen overwegend tussen de -0,2 m/s en + 0,2 m/s vallen. Op basis hiervan is de verwachting dat de erosie en sedimentatie in de uiterwaarden niet significant gaat veranderen.

De stroomsnelheden in de nevengeulen bedragen (met uitzondering van de directe omgeving van de inlaatwerken) maximaal 0,5 m/s. Deze waarde volgt zowel uit de 1D-analyse met de ontwerp spreadsheet (zie Tabel 2), als uit het 2D-stroombeeld. Voor een nevengeul met een zandige bodem betekent dit dat enige morfologische activiteit te verwachten valt. Daarnaast zal sprake kunnen zijn van sedimentatie van fijner materiaal in delen van de nevengeul waar sprake is van afname van de stroomsnelheden. Omdat deze processen onderdeel zijn van een natuurlijke nevengeul is dit niet negatief.

3.4 Conclusie

In Tabel 8 is het overzicht weergegeven van de toetsing van het definitief ontwerp aan het RBK 5.0.

Tabel 8: Overzicht van de toetsing van het ontwerp aan het Rivierkundig Beoordelingskader 5.0 (RWVS-WVL, 2019).

	§ RBK	Te beoordelen effect	Criterium	Effect	Toelichting
Hoogwaterveiligheid	1.1	Maatregel in stroomvoerend deel rivier: MHW (16.000 m ³ /s) stand op de as van de rivier	Geen waterstandsverhoging (> 1 mm)	Overwegend waterstandsneutraal. Ter hoogte van rkm 921 sprake van een klein piekje.	Het piekje bij 921 kan geclassificeerd worden als benedenstroomse piekjes (a.g.v. waterstandsval). Waterstandsverhoging voldoet aan het criterium omdat het onder de 1 mm blijft.
		Maatregel in bergend deel rivier: volume waterberging	Geen vermindering van bergend volume	Geen afname van bergend volume op MHW niveau. Er wordt met name afgegraven.	Bij waterstanden tussen de 15.000 en 16.000 m ³ /s wordt bergend gebied niet gewijzigd.
	1.2	MHW buiten de as van de rivier	Geen waterstandsverhoging langs primaire kering of hoge grondenlijn. Voor overgangsgebieden gelden andere maatgevende condities.	In het algemeen variërend afname of toename van 1 centimeter. Lokaal toename of afname tot 2 centimeter.	-
	1.3	Afvoerverdeling bij Pannerdenschekop bij MHW (16.000 m ³ /s)	Verandering afvoerverdeling bij splitsingspunten < 5 m ³ /s	Geen effect.	Waterstanden bij Pannerdensche Kop worden niet beïnvloed.
	1.4	Afvoerverdeling bij Pannerdenschekop bij 10.000 m ³ /s	Verandering afvoerverdeling bij splitsingspunten < 20 m ³ /s	Geen effect.	Waterstanden bij Pannerdensche Kop worden niet beïnvloed.
	1.5	Ijsafvoer	Waarborging van goede geleiding van water en ijs	Geen effect.	Ruwe natuur ligt met name in stroomluwe gebieden. Daardoor beïnvloedt deze de doorstroom van water en ijs beperkt. Ijsvorming in nevengeulen is beperkt. Verwachting is dat ijs al gesmolten is voordat hoogwatergolf voorbij komt.
Hinder of schade door hydraulische effecten	2.1	Inundatiefrequentie van de uiterwaard	Mate van verandering van de inundatiefrequentie van de uiterwaarden (o.b.v. representatieve afvoeren)	Beperkt effect	Inundatiefrequentie verandert vooral bij 4.000 m ³ /s rondom de nevengeulen. Situatie achter de zomerkaden wijzigt niet.
	2.2	Stroombeeld in de uiterwaard	Mate van verandering van de grootte en richting van de stroomsnelheden in een of meerdere uiterwaarden bij de voor de	Weinig effect. Overgrote deel van de stroomsnelheidsverschillen	-

			lokale situatie representatie omstandigheden	voor de afvoeren onder de 10.000 m ³ /s ligt tussen de - 0,2 m/s en +0,2m/s.	
	2.3	Stroombeeld in vaarweg	Geconcentreerde dwarsstroming < 50 m ³ /s: dwarsstroming vaarweg ≤ 0,3 m/s Geconcentreerde dwarsstroming > 50 m ³ /s: dwarsstroming vaarweg ≤ 0,15 m/s	Toe- en afname in dwarsstroming vindt beperkt plaats (beiden tussen 1 en 3 cm/s voor jaarlijks terugkerende afvoeren).	Nevengeul Wamel is geoptimaliseerd. De uitschieter bij Tielse Plaat bij 4.000 m ³ /s is te wijten aan een verandering van de piekvorm, niet een toename van de volledige piek (som debiet in de piek neemt af). Bij Varikse Plaat blijkt de in eerste instantie berekende overschrijding bij 4.000 m ³ /s veroorzaakt te worden doordat krib 921,8 niet correct in de model-schematisatie zit. Verkennende berekeningen laten zien dat deze overschrijding niet aanwezig is wanneer krib 921,8 wel correct opgenomen wordt.
	2.4	Afvoerverdeling bij Pannerdensche en IJsselkop bij 10.000 m ³ /s	Effect van ingreep op verandering afvoerverdeling	Geen effect.	Waterstanden bij Pannerdensche Kop worden nagenoeg niet beïnvloed.
	2.5	Afvoerverdeling bij Pannerdensche en IJsselkop bij lage Boven-Rijn afvoeren (1.020 m ³ /s, OLA).	Verandering afvoerverdeling bij splitsingspunten < 1 m ³ /s	Geen effect.	Waterstanden bij Pannerdensche Kop worden nagenoeg niet beïnvloed.
	2.6	Onttrekking water uit zomerbed Rijntakken	Geen ongewenste afname van waterdiepte t.g.v. de onttrekking van water uit het zomerbed bij lage en mediane Boven-Rijn afvoeren.	Bij de lagere afvoeren zitten de waterstandsverschillen tussen -0,1 en de -1 centimeter ter plaatse van de nevengeul.	
Morfologie	3.1	Sedimentatie en erosie van het zomerbed (+ oevers)	Bij erosie: -geen verlaging gemiddelde bodemligging zomerbed; -geen erosie van het zomerbed in de directe nabijheid van primaire waterkeringen; -geen oevererosie;	Op het traject van rivierkilometer 911 tot en met 926 treedt een totaal aanzanding op van circa 130.600 m ³ (effect sedimentatie plus erosie) in geval van DO 2.1 (krw04).	

		-Beperkte ontgronding bij constructies per hoogwater; -geen erosie ter hoogte van kabels, leidingen en tunnels met een te kleine gronddekking; Bij sedimentatie: - geen sedimentatie in de vaargeul conform BPRVW; -geen vermindering vaargeulafmetingen bij lage tot gemiddelde rivierafvoeren); -geen verhoging van de maatgevende waterstanden op lange termijn; Generiek: -beperkte hinder door baggeren en/of terugstorten; behouden vlotheid en veiligheid scheepvaartverkeer; -geen onacceptabele terugschrijdende erosie of sedimentatie i.v.m. risico verandering afvoerdeling bij maatgevende Boven-Rijn afvoer of OLA;	De baggerlast neemt met 12.583 m³ toe, t.o.v. referentiesituatie (+6%; overdiepte van 50 cm). Bij een kielspeling van 120 cm is er sprake van een volumeverandering van +125.560 m³ meer dan de referentiesituatie (+8%).	
2	Sedimentatie en erosie van uiterwaard en nevengeulen	Bij sedimentatie: - Acceptabele beheerskosten voor baggeren nevengeulen; Bij erosie: -geen zijdelingse verplaatsing van een nevengeul richting een primaire waterkering. Nevengeul moet op voldoende afstand blijven van de primaire waterkering, buiten de beschermingszone van de primaire kering. De	Beperkt effect. Overgrote deel van de stroomsnelheidsverschillen voor de afvoeren onder de 10.000 m³/s ligt tussen de - 0,2 m/s en +0,2 m/s. Verwachting is dat het sedimentatie patroon niet significant gaat veranderen.	

			beschermingszones worden bepaald door de keringbeheerders; - geen zijdelingse verplaatsing van een nevengeul richting het zomerbed van de rivier, waardoor er kans bestaat dat de nevengeul een kortsluiting veroorzaakt met het zomerbed; - stroomsnelheid in een zandige nevengeul bij bankfull afvoer moet kleiner blijven dan 0,3 m/s; - geen bodemerosie langs primaire waterkering; - stabiliteit van belangrijke constructies in de uiterwaard mag niet verminderen;		
--	--	--	---	--	--

4 ONTWERPPROCES DO 2.1

In dit hoofdstuk worden een aantal voor het rivierkundig onderzoek relevante onderdelen van het ontwerpproces voor DO 2.1 benoemd. In Bijlage B1.1 is het ontwerpproces beschreven dat vooraf aan DO 2.1 heeft plaats gevonden.

In aanloop naar het DO 2.1 hebben twee belangrijke, met elkaar verknoopte ontwikkelingen plaats gevonden. Dit betreft (1) het omzetten van de eenzijdig aangetakte nevengeulen Wamel, Dreumel, Varikse Plaat en Heerewaarden naar tweezijdig aangetakte nevengeulen. Daarmee samenhangend (2) is een escalatieproces doorlopen om tot een afweging te komen tussen de ecologische doelstellingen en het nadelig effect die deze doelstellingen hebben op morfologie van de vaargeul van de Waal. Deze twee punten worden in paragraaf 4.1 behandeld. In paragraaf 4.2 wordt gekeken naar de optimalisatie van de vegetatiekaart. Gezien het feit het DO 1.99 tot een onnodige waterstandsaling leidde, is deze verder geoptimaliseerd (naar versie krw02a). In paragraaf 4.3 wordt de optimalisatie van de dwarsstroming besproken (versie krw02 naar krw03). In paragraaf 0 wordt kort ingegaan op de laatste ontwerpplagen die geleidt hebben tot DO 2.1 versie krw04 (die getoetst wordt in Hoofdstuk 3). Tot slot behandeld paragraaf 4.5 de mogelijke kleine instabiliteiten die aanwezig zijn in het model.

4.1 Tweezijdig aangetakte nevengeulen

In het voorlopig ontwerp zijn de vier eenzijdig aangetakte strangen uit het DO 1.99 omgevormd tot vier meestromende nevengeulen, aanvullend op de al in het ontwerp aanwezige nevengeul Tielse Plaat. Meestromende geulen zijn essentieel als leef-, paai- en opgroeigebied voor typische stroominnende riviervissen en macrofauna. Hiermee wordt voor een substantieel deel voorzien in een behoefte die elders lastig te realiseren is langs de Waal. Door het omzetten van de eenzijdig aangetakte strangen naar tweezijdig aangetakte, meestromende nevengeulen wordt aanzienlijk meer ecologische KRW-kwaliteit gerealiseerd, in vergelijking met de eenzijdig aangetakte strangen die matig tot onvoldoende scoorden. Net zoals nevengeul Tielse Plaat bevatten de overige nevengeulen regelwerken.

Nadelig aan tweezijdig aangetakte strangen is dat deze voor meer aanzanding zorgen. Lokaal zorgen deze nevengeulen er namelijk voor dat de afvoer in de vaargeul daalt, met aanzanding als gevolg. Realisatie van de nevengeulen voldoet dus niet aan het RBK 5.0 eis met betrekking tot morfologie (paragraaf 3.1 uit het RBK). Binnen Rijkswaterstaat Oost-Nederland is daarom een escalatieproces doorlopen om te komen tot een afweging tussen de ecologische doelstellingen en de morfologische effecten van deze doelstellingen. Voor verdere inhoudelijke informatie over dit proces wordt verwezen naar de notities horende bij de escalatie.

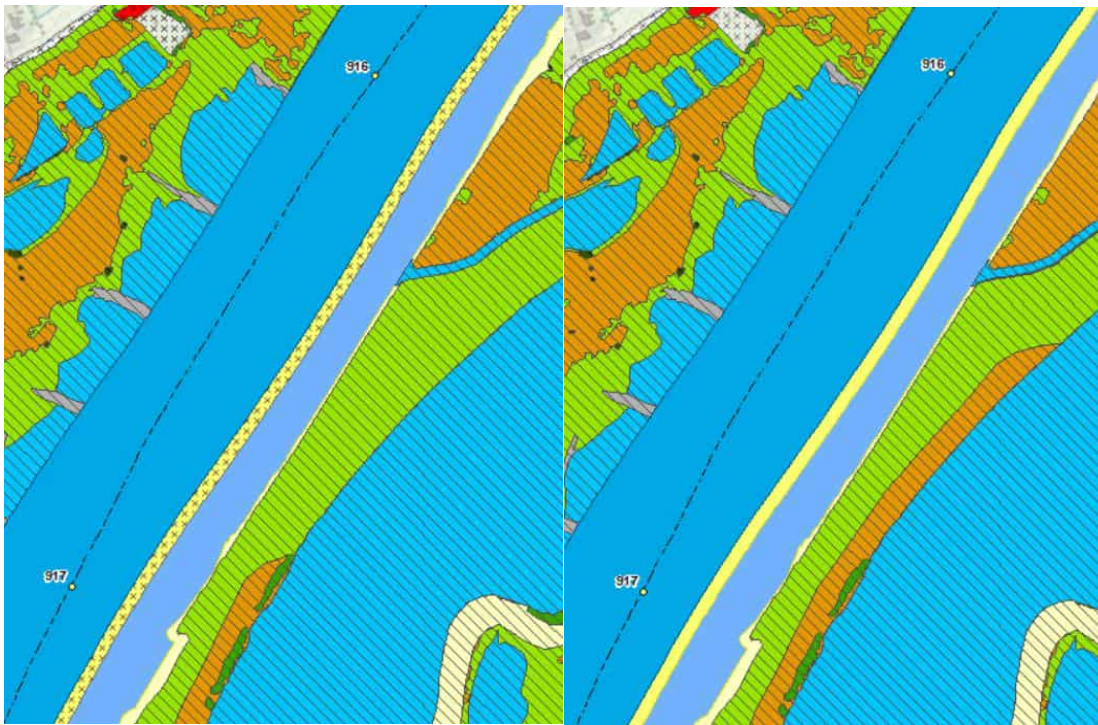
4.2 Vegetatiekaart DO 2.1

In het DO 1.99 had het project als gevolg van de vegetatiekaart een waterstand verlagend effect. Voor het DO 2.1 is deze waterstandsaling ingezet voor natuurontwikkeling. Als gevolg van de inpassing van de tweezijdig aangetakte nevengeulen hebben een aantal wijzigingen plaats gevonden in de vegetatiekaart. Ten opzichte van het DO 1.99 zijn de volgende onderdelen aan de vegetatiekaart toegevoegd:

1. Op het steile deel (1:1 talud) van de oevers van de nevengeulen is riet/ruigte voorzien;
2. Bovenstrooms van Bato's Erf is riet/ruigte en bos toegevoegd, zie Afbeelding 18. De riet/ruigte volgt de contouren van de verlagingen in het maaiveld;
3. Langs de Vonkerplas is riet/ruigte toegevoegd, zie Afbeelding 19.

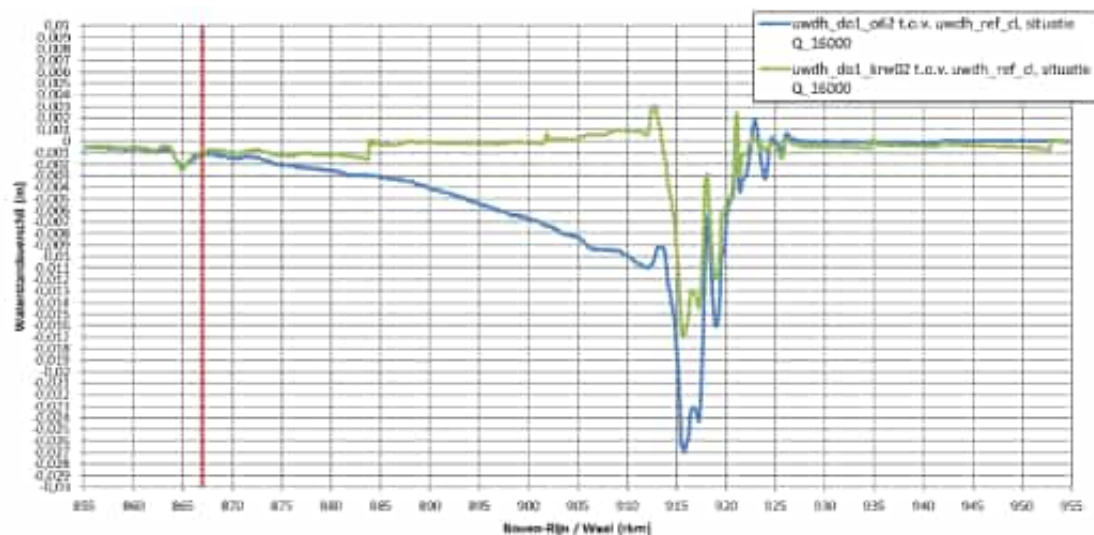


Afbeelding 18. Links overstromingsvlakte bovenstrooms van Bato's Erf in DO 1.99, rechts de toevoeging van vegetatie in DO 2.1.



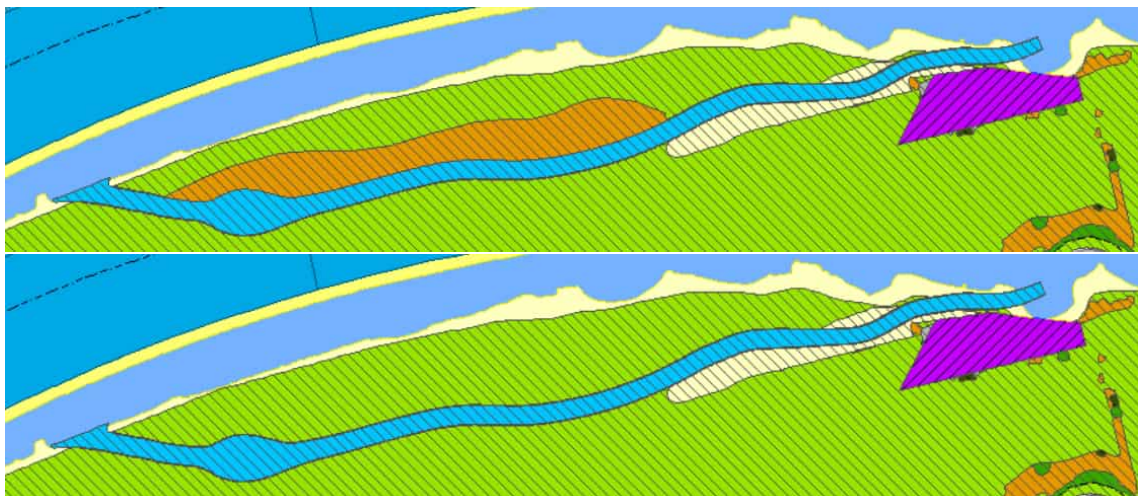
Afbeelding 19. Links laat de vegetatiekaart van DO 1.99 te zien, rechts laat de toevoeging de riet/rugte zien langs de Vonkerplas in DO 2.1.

Het krw02 ontwerp (uwdh_do1_krw02) is doorgerekend met WAQUA. Het ontwerp leidt in belangrijke mate tot de gewenste opvulling van de waterstandsval (uit DO 1.99) met natuurontwikkeling, zie Afbeelding 20. Dit vegetatiekaart ontwerp zorgt er echter voor dat het ontwerp niet voldoet aan het RBK 5.0 (paragraaf 1.1). Ter hoogte van nevengeul Wamel is er namelijk sprake van een waterstandsverhoging van 3 millimeter in de as van de rivier, dus meer dan de toegestane 1 millimeter. Vanwege deze waterstandsverhoging zijn er nog twee varianten opgesteld, namelijk krw02a en krw02b.



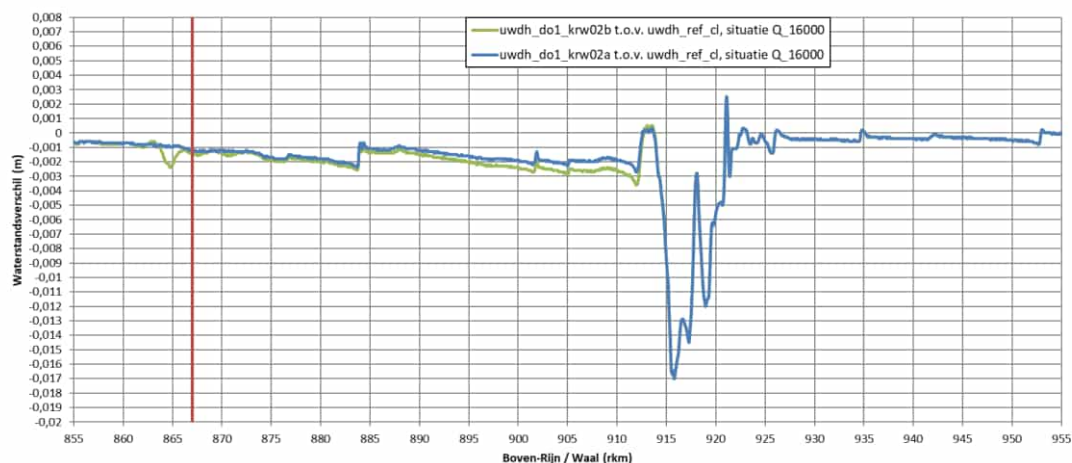
Afbeelding 20. De MHW resultaten van DO 1.99 (uwdh_do1_O62) en van DO 2.1 (uwdh_do1_krw02).

De 2D MHW resultaten laten zien dat de ruwe vegetatie rondom de nevengeul de oorzaak is van deze piek. Deze ruwe vegetatie bestaat uit een vlak riet/ruigte en twee vlakken mengklasse 90/10. Deze vegetatie is onderdeel van het ontwerp, in de referentiesituatie zijn deze vlakken nog niet aanwezig. Vegetatiekaart variant krw02a betreft het terugzetten van het riet/ruigte vlak naar referentiesituatie. Hierdoor komt hier de klasse 'gras en akker' terug, zie Afbeelding 21.



Afbeelding 21. Vegetatiekaart van nevengeul Wamel in krw02 (boven) en in krw02a (onder).

Variant krw02b betreft zowel het terugzetten van het riet/ruigte vlak naar referentie, als het terugzetten van de twee mengklasse 90/10 vlakken naar referentie. De twee mengklasse 90/10 vlakken zijn de gearceerde beige vlakken in Afbeelding 22.



Afbeelding 22. De waterstandsverhoging in de as van de rivier bij MHW als gevolg van krw02a en als gevolg van krw02b.

In Afbeelding 22 zijn de MHW resultaten te zien van uwdh_do1_krw02a en uwdh_do1_krw02b. Alleen het weghalen van het riet/ruigte vlak zorgt er al voor dat de piek bij nevengeul Wamel die te zien was in krw02 dusdanig verlaagd wordt, dat deze wel vergunbaar is.

Vanwege bovenstaande berekeningen is gekomen tot vegetatiekaart krw02a. Bij versie krw02a bleek met name dwarsstroming ter hoogte van nevengeul Wamel tot een mogelijk probleem te leiden. Het ontwerp is vervolgens verder geoptimaliseerd (zie paragrafen 4.3 en 0).

4.3 Optimalisatie dwarsstroming

In Hoofdstuk 3 wordt modelversie krw04 getoetst. De optimalisatie van de dwarsstroming is begonnen met versie krw02a. Krw02a verbetert in belangrijke mate de dwarsstroming langs het projectgebied van de UWVDH. Tussen circa rivierkilometer 914,5 en 925 wordt de dwarsstroming verbeterd (ter hoogte van nevengeul Tielse Plaat tot en met nevengeul Heerewaarden). Tussen rivierkilometer 910 en 914,5 – ter hoogte van nevengeul Wamel – is het beeld echter minder positief. Hier wordt boven de norm op locaties de dwarsstroming slechter, her en der verbeterd de dwarsstroming zich bij de eens de zoveel jaar terugkerende afvoeren / niet jaarlijks voorkomende afvoeren (8.000 m³/s en 10.000 m³/s bij Lobith).

In Tabel 9 is weergegeven waar *boven de norm* (locatieafhankelijk 0,15 m/s of 0,3 m/s) pieken toenemen of afnemen ter hoogte van nevengeul Wamel. Zoals te zien in de tabel is er met name sprake van toename van dwarsstromingspieken. Hieronder wordt dus specifiek gekeken naar de pieken de hoogste uitschieters boven de norm).

Nota bene, in tegenstelling tot de dwarsstromingsbeoordeling in paragraaf 3.2.3, wordt hieronder nog de toename en afname kleiner dan 1 cm/s mee genomen. Het aangeven of de piek al in de referentie aanwezig is, wordt tevens alleen in paragraaf 3.2.3 gedaan.

Tabel 9. Dwarsstromingseffecten van krw02a in gebied Rkm 910 tot 914,5 in m/s (nevengeul Wamell). Groen betekent afname van piek boven norm, oranje toename en blauw geen verandering. Dik gedrukt zijn de pieken die in de referentiesituatie al boven de norm liggen. Tussen haakjes staat de absolute dwarsstroming uit de referentiesituatie.

	910,3	911,6	911,7	911,9	912,2	912,7	914,1	914,3
1.020	n.v.t.	n.v.t.	Geen (0,23)	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2.000	n.v.t.	n.v.t.	0,05 (0,28)	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
4.000	n.v.t.	n.v.t.	0,02 (0,44)	n.v.t.	0,02 (0,15)	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
6.000	Geen (-0,38)	n.v.t.	n.v.t.	0,01 (0,39)	0,04 / 0,05* (0,14)	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
8.000	0,05 (-0,37)	n.v.t.	n.v.t.	0,01 (0,39)	0,03 / 0,04* (0,15)	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
10.000	0,01 (-0,37)	0,04 (0,23)	0,10 (0,21)	0,06 (0,31)	0,02 (0,23)	0,08 (0,16)	Geen (-0,15)	0,02 (-0,14)

* Deze twee pieken liggen dicht bij elkaar.

Hieronder wordt het optimalisatieproces beschreven en hoe is gekomen tot krw03, dit is de voorlaatste versie van het DO 2.1. Eerst wordt gekeken naar de optimalisatie die plaats gevonden heeft in het kader van de krw02 reeks. Vervolgens wordt ingegaan op krw03.

Los van onderstaande optimalisaties is de gevoeligheid van de dwarsstroming voor variatie in de onttrekking onderzocht. Daarnaast is gekeken wat het effect is van het berekenen van de dwarsstroming op de normaallijn, en op de vaargeullijn. Dit onderzoek wordt beschreven in Bijlage B13.

4.3.1 Aanpassen meestroombaarheid uiterwaarden (krw02a, krw02d en krw02h)

Vanuit de geometrie bekeken is de belangrijkste aanpassing voor de dwarsstroming de lokale verlaging van de oeverwal en bodemverandering ten behoeve van de realisatie van de instroom.

Gekeken naar de veranderingen van het meestroompatroon van de nevengeul bij een bank-full afvoer van de nevengeul (afvoer bij Lobith > 4.000 m³/s). De voor de aanleg van de nevengeul verlaagde oeverwal is hiervoor weer op hoogte gebracht door de bovenkant van het regelwerk en omgeving op de originele hoogte te leggen. Het idee hierachter is dus dat het meestromen van de nevengeul boven een afvoer van 4.000 m³/s bij Lobith niet wijzigt ten opzichte van de referentiesituatie.

In Tabel 10 zijn de versies weergegeven die in WAQUA zijn doorgerekend voor deze optimalisatie van krw02a. De ontbrekende letters zijn de rekenversies die doorgerekend zijn voor de gevoeligheidsanalyse, zie Bijlage B13. Belangrijkste in Tabel 10 zijn krw02a en krw02h. In krw02a is nog sprake van een soort 'lek' bij de uiterwaarden rondom het inlaatwerk. Hier komt meer water door de uiterwaarden naar binnen dan in de referentiesituatie het geval is (onttrekking door de nevengeul buiten beschouwing latend). In de iteraties krw02d is nog gezocht naar het goed dichtzetten van de oeverwal / dit 'lek'. In geval van krw02h is het 'lek' volledig gedicht.

Tabel 10. Verschillende rekeniteraties, met daarbij wat gedaan is met de onttrekking, en wat gedaan is met de geometrie van het kunstwerk in de instroom. Grijs gedrukt zijn de tussen iteraties.

Runid	Onttrekking	Aansluiting duiker	Hoogte duiker	Toelichting
Krw02a	Krw02	Krw02 (5,8 m+NAP)	Krw02 (5,8 m+NAP)	Volledige onttrekking Wamel, aansluiting duiker is lek bij 4.000 m ³ /s
Krw02d	Krw02	Krw02d (6,6 m+NAP)	Krw02	Volledige onttrekking Wamel, deel lek bij duiker is gedicht
Krw02h	Krw02	Krw02f (6,75 m+NAP)	Krw02f (6,75 m+NAP)	Volledige onttrekking Wamel, lek bij duiker is geheel gedicht

In zijn de effecten van krw02h weergegeven, in combinatie met de afname van krw02h ten opzichte van krw02a.

Tabel 11. Dwarsstromingseffecten krw02h in gebied Rkm 910 tot 914,5 in m/s (nevengeul Wamel). Groen betekent afname van piek boven norm, oranje toename en blauw geen verandering. Dik gedrukt zijn de pieken die in de referentiesituatie al boven de norm liggen. Tussen haakjes staat de absolute dwarsstroming uit de referentiesituatie.

	Absolute toename pieken boven norm				Afname t.o.v. krw02a			
	911,7	911,9	912,2	912,35	911,7	911,9	912,2	912,35
2.000	0,047 (0,28)	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0,003	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
4.000	0,009 (0,44)	n.v.t.	0,038 (0,15)	n.v.t.	0,014	n.v.t.	0,015	n.v.t.
6.000	n.v.t.	0,011 (0,39)	0,032 (0,14)	0,028 (0,14)	n.v.t.	geen	0,010	0,017
8.000	n.v.t.	0,01 (0,39)	0,02 (0,15)	0,04 (0,15)	n.v.t.	geen	0,011	0,003

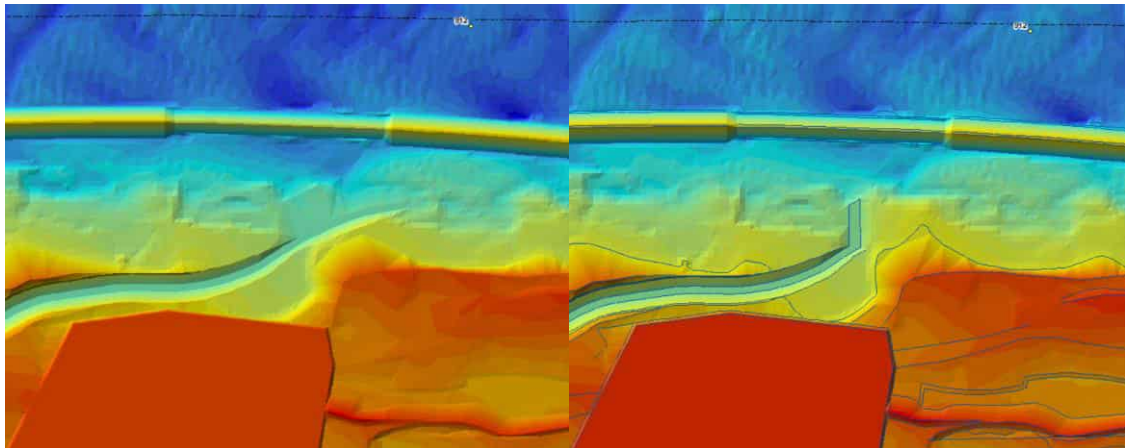
Versie krw02h leidt bij de meeste punten tot verbetering en bij 4.000 m³/s op een punt tot enige verslechtering. Mogelijk dat deze verslechtering ontstaat als gevolg van de oriëntering van het dichtzetten van de lek. Of in meer rekentechnisch jargon, de oriëntering van de schotjes in het model. Deze schotjes zijn namelijk dicht bij de instroom geplaatst. In krw03 – zie volgende paragraaf – worden deze daarentegen dieper in de uiterwaard gelegd.

Krw02h voldoet nog steeds niet aan de norm. Dit heeft er toe geleid dat andere aspecten onderzocht zijn. Opvallend was dat bij krw02h stroomsnelheidsverschillen ontstaan ter plaatse van de instroom. Oorzaak van deze stroomsnelheidsverschillen is dat in een eerdere versie van het DO 2.1 technische ontwerp (basis voor krw02a) de restanten van de oude krib worden doorbroken ten behoeve van de realisatie van de instroom van de nieuwe nevengeul. In onderstaande paragraaf wordt verder ingegaan op dit onderdeel.

4.3.2 Herstel restanten oude krib (krw03)

Het doorbreken van de restanten van de oude krib zorgen voor stroomsnelheidsverschillen die bijdragen aan verhoging van de dwarsstroomsnelheden. Daarom is krw03 opgezet. Deze draagt een nieuwe naam (van krw02 naar krw03), omdat het een aanpassing in Baseline en in de technische tekening betreft. In Baseline is de oude krib deels teruggebracht en is een (bij benadering; later uitgewerkt in de technische tekening) nieuwe haakse verbinding gemaakt tussen oevergeul en nevengeul, zie Afbeelding 23. Daarnaast is ter hoogte van het

inlaatwerk van de nevengeul een kade gelegd die loopt van de oeverwal tot de zomerkade. Dit zorgt ervoor dat de uiterwaarden tot NAP +7,5 meter niet kan meestromen (drempel inlaatwerk ligt ook op NAP +7,5 meter).



Afbeelding 23. Bodemhoogten in Baseline ter plaatse van instroom nevengeul Wamell. Links in geval van KRWO2a en rechts in geval van de KRWO3 berekening.

De dwarsstromingsresultaten worden weergegeven in Tabel 13. De resultaten van krw02a zijn in Tabel 12 opnieuw toegevoegd om de vergelijkbaarheid/leesbaarheid te vergroten. De krw03 resultaten laten een verbetering zien ten opzichte van krw02a. Bij de afvoeren die het meest in het jaar voorkomen, 1.020 m³/s tot en met 4.000 m³/s zijn de toenames boven de norm verlaagd, en in sommige gevallen meer dan gehalveerd. Het behoud van de oude krib en het robuust dichtzetten van de uiterwaard, leidt tot een significante verbetering. Er is echter nog steeds sprake van toename van dwarsstroming boven de norm.

Tabel 12. Dwarsstromingseffecten van krw02a in gebied Rkm 910 tot 914,5 in m/s (nevengeul Wamell). Groen betekent afname van piek boven norm, oranje toename en blauw geen verandering. Dik gedrukt zijn de pieken die in de referentiesituatie al boven de norm liggen. Tussen haakjes staat de absolute dwarsstroming uit de referentiesituatie.

	910,3	911,6	911,8	911,9	912,2	912,7	914,1	914,3
1.020	n.v.t.	n.v.t.	Geen (0,23)	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2.000	n.v.t.	n.v.t.	0,050 (0,28)	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
4.000	n.v.t.	n.v.t.	0,023 (0,44)	n.v.t.	0,023 (0,15)	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
6.000	Geen (-0,38)	n.v.t.	n.v.t.	0,011 (0,39)	0,042 / 0,045* (0,14)	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
8.000	0,048 (-0,37)	n.v.t.	n.v.t.	0,009 (0,39)	0,031 / 0,043* (0,15)	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
10.000	0,014 (-0,37)	0,037 (0,23)	0,102 (0,21)	0,060 (0,31)	0,024 (0,23)	0,076 (0,16)	Geen (-0,15)	0,016 (-0,14)

* Deze twee pieken liggen dicht bij elkaar.

Tabel 13. Dwarsstromingseffecten van KRW03 in gebied Rkm 910 tot 914,5 in m/s (nevengeul Wamel). Groen betekent afname van piek boven norm, oranje toename en blauw geen verandering. Dik gedrukt zijn de pieken die in de referentiesituatie al boven de norm liggen. Tussen haakjes staat de absolute dwarsstroming uit de referentiesituatie.

	910,3	911,6	911,8	911,9	912,2	912,7	914,1	914,3
1.020	n.v.t.	n.v.t.	Geen (0,23)	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2.000	n.v.t.	n.v.t.	0,020 (0,28)	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
4.000	n.v.t.	n.v.t.	0,005 (0,44)	n.v.t.	0,011 (0,15)	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
6.000	Geen (-0,38)	n.v.t.	n.v.t.	0,007 (0,39)	0,015 / 0,035* (0,14)	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
8.000	0,004 (-0,37)	n.v.t.	n.v.t.	0,007 (0,39)	0,013 / 0,048* (0,15)	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
10.000	0,014 (-0,37)	0,057 / 0,108* (0,23)	0,087 (0,21)	0,052 (0,31)	0,016 (0,23)	0,089 (0,16)	Geen (-0,15)	0,020 (-0,14)

* Deze twee pieken liggen dicht bij elkaar.

Een mogelijke kanttekening die geplaatst kan worden bij de resultaten van Wamel, is dat de resultaten worden gepresenteerd op de normaallijn, en niet de vaarlijn. De vaarlijn ligt in dit geval een stuk verwijderd van de normaallijn, zie Afbeelding 24.

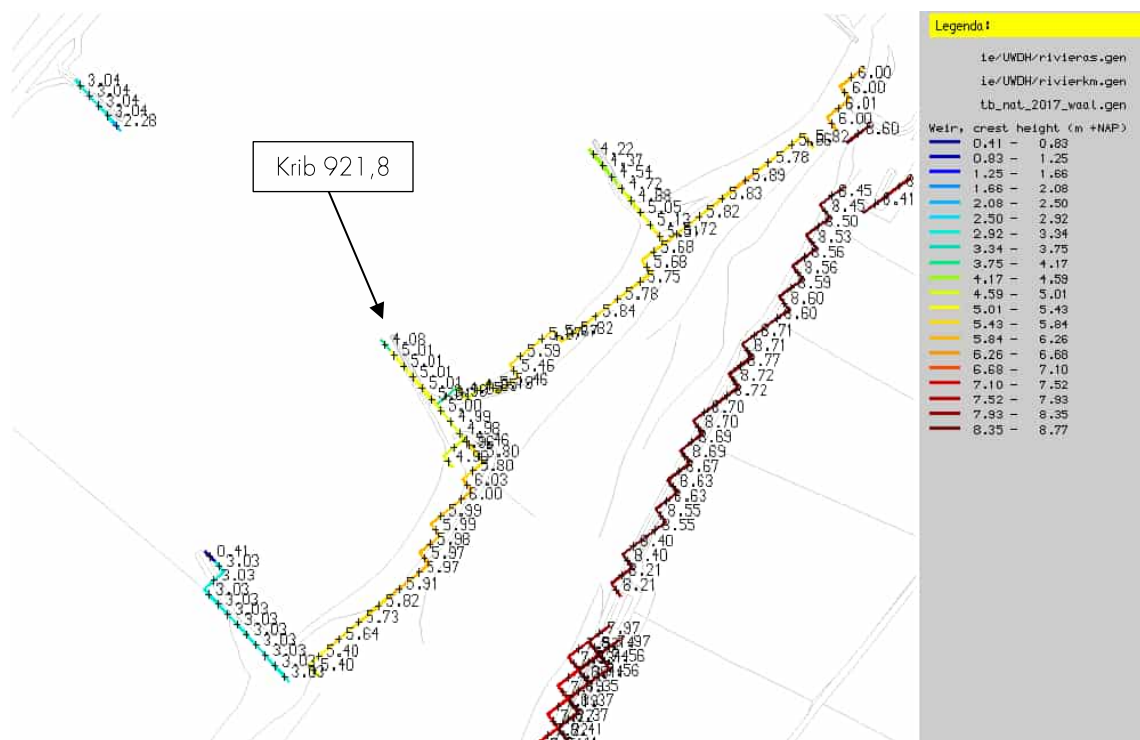


Afbeelding 24. Locatie normaallijn en vaarlijn bij de instroom van nevengeul Wamel. Vegetatiekaart is van krw02a/krw03.

Een 2D stroomsnelheidsverschilanalyse laat zien dat er andere stroomsnelheidsverschillen ontstaan op de normaallijn dan bij de vaargeul. De vaargeul is relevant voor diep afgeladen schepen bij lagere afvoeren ($<2.000 \text{ m}^3/\text{s}$). Aangezien de normaallijn op de langsdam ligt, kan aangenomen worden dat hier geen afgeladen schepen varen bij lage afvoeren. Vanwege deze reden is dit nader onderzocht in de gevoeligheidsanalyse die terug te vinden is in Bijlage B13. De resultaten laten zien dat wanneer de dwarsstroming op de normaallijn wordt beschouwd de toename boven de norm tussen circa 1 en 8 cm/s liggen voor nevengeul Wamel. Wanneer deze op de vaargeullijn worden beschouwd liggen de toename allen onder de 1 cm/s. Het aantal locaties waar sprake is van toename boven de norm neemt ook af, wanneer dwarsstroming op de vaargeul wordt beschouwd in plaats van de normaallijn. De bepaling van dwarsstroming op de normaallijn daarentegen is relevant bij hogere afvoeren ($>2.000 \text{ m}^3/\text{s}$). Schepen kunnen dan tot aan de langsdam (over de teen) varen. Overschrijdingen treden ook vaker op bij deze hogere afvoeren.

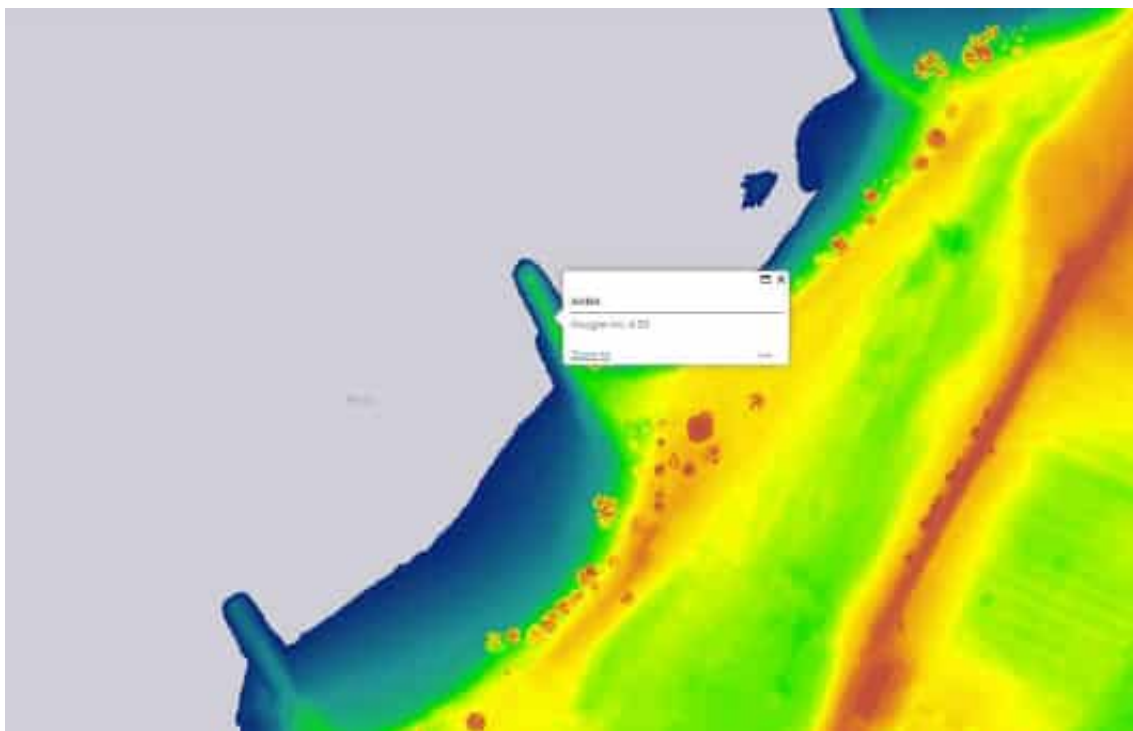
4.3.3 Analyse normoverschrijding bij krib 921,8 (Varikse Plaat)

Zoals gesteld in paragraaf 3.2.3 is de berekende toename van dwarsstroming boven de norm mede het gevolg van hoe krib 921,8 geschematiseerd is in het model. Aangezien de kribben niet worden gewijzigd binnen het UWDH project, zijn de krib hoogten in zowel de referentiesituatie als de krw04 situatie gelijk. In Afbeelding 25 zijn de kribhoogten (weirs in WAQUA) weergegeven van de referentiesituatie. Krib 921,8 is de middelste van de drie kribben.



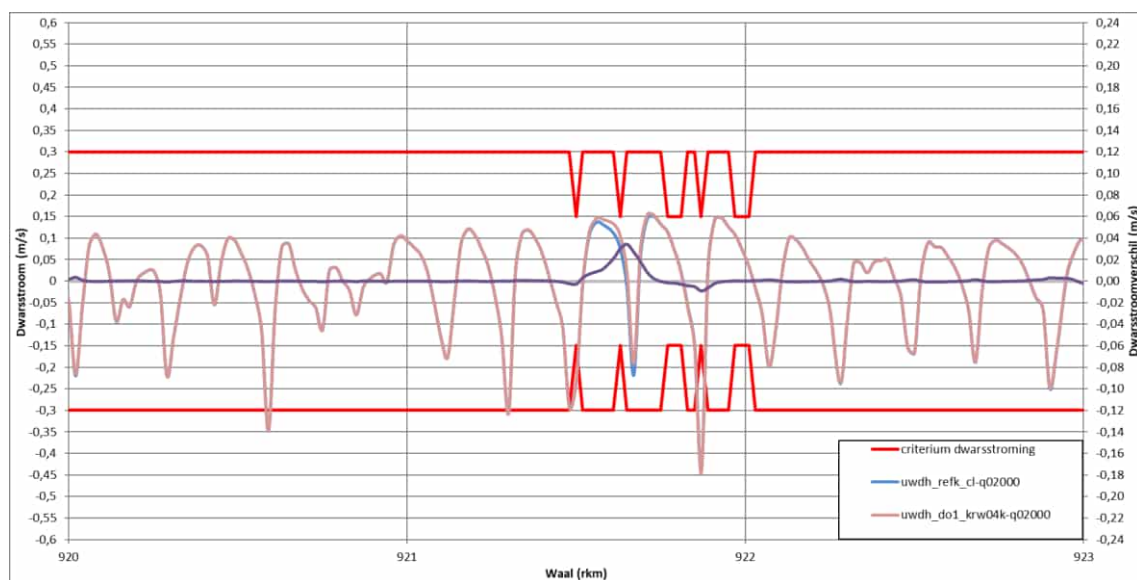
Afbeelding 25. Kribhoogten (weirs) in het referentiemodel. In het krw04 model blijven deze hoogten ongewijzigd.

Opvallend is dat krib 921,8 beduidend hoger is dan de benedenstroomse krib en ook nog een stuk hoger dan de bovenstroomse krib. Een deel van de kribben langs de Waal zijn in het verleden verlaagd als hoogwatermaatregel. Als gevolg van de hoogte van krib 921,8 ontstaat ook een afwijkend stroombeeld op deze locatie. Gekeken naar de AHN4 (zie Afbeelding 26) valt op dat de hoogte van de krib in de praktijk afwijkt van die in de schematisatie. De krib ligt in de praktijk namelijk circa 0,5 meter lager.

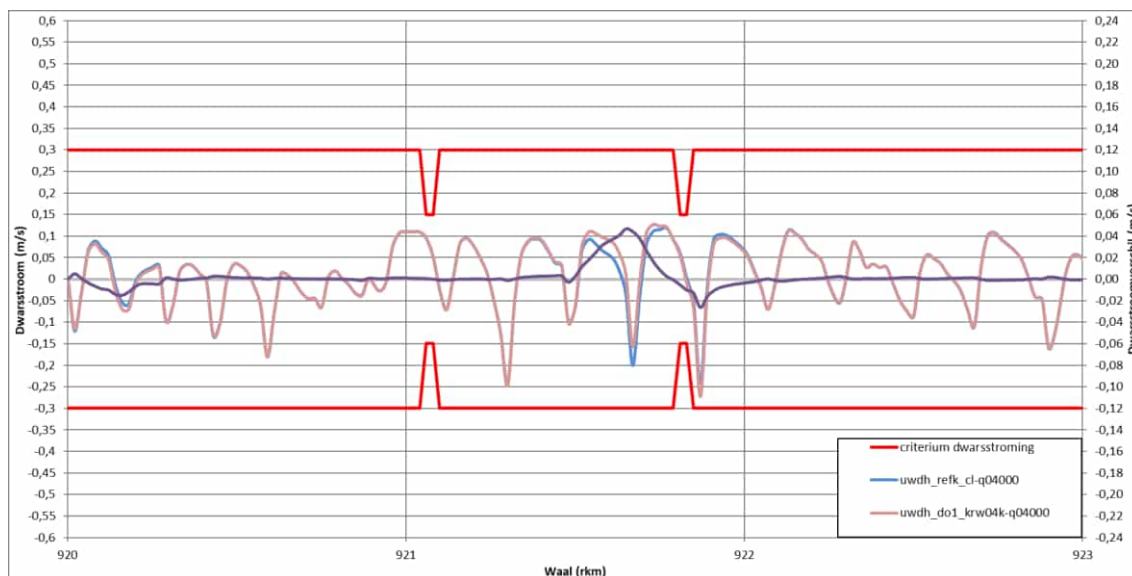


Afbeelding 26. Hoogte van krib 921,8 volgens de AHN4.

Binnen de WAQUA schematisatie zijn voor zowel de referentiesituatie als de krw04 situatie twee nieuwe modellen gemaakt waarin de krib hoogte is aangepast op basis van de AHN4. De aangepaste modellen dragen respectievelijk de namen 'uwdh_refk_cl' en 'uwdh_do1_krw04k'. Voor deze berekeningen zijn de resultaten bij 2.000 m³/s en 4.000 m³/s bij Lobith ter hoogte van de krib nader beschouwd. In Afbeelding 27 en in Afbeelding 28 zijn de dwarsstromingsresultaten hiervan weergegeven.



Afbeelding 27. Dwarsstrooming ter hoogte van Varikse Plaat in geval van uwdh_refk_cl en uwdh_do2_krw04k bij een afvoer van 2.000 m³/s bij Lobith.



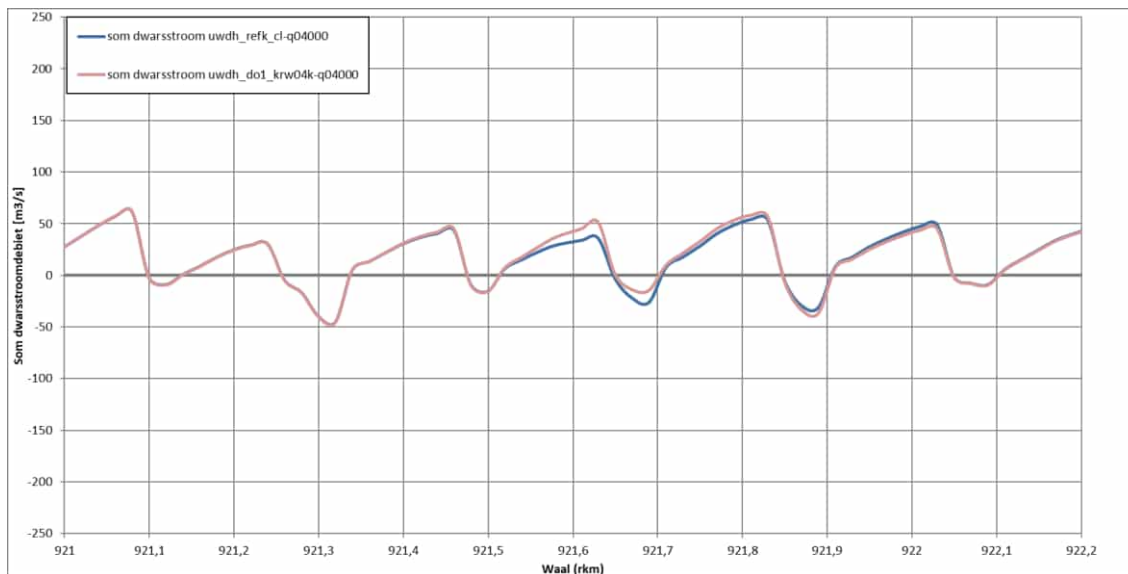
Afbeelding 28. Dwarsstroming ter hoogte van Varikse Plaat in geval van uwdh_refk_cl en uwdh_do1_krw04k bij een afvoer van 4.000 m³/s bij Lobith.

Bij 2.000 m³/s bij Lobith wordt tussen rivierkilometer 920 en 923 op een viertal plaatsen de norm overschreden (zie Afbeelding 27). Bij 4.000 m³/s bij Lobith wordt tussen rivierkilometer 920 en 923 op geen locatie de norm overschreden (zie Afbeelding 28). In Tabel 14 worden deze overschrijding weergegeven. Toename of afname kleiner dan 1 cm/s worden niet weergegeven.

Tabel 14. Dwarsstromingseffecten in gebied Rkm 920 tot 923 in m/s (nevengeul Varikse Plaat) in geval van 'refk' en 'krw04k'. Groen betekent afname van piek boven norm, oranje toename en blauw geen verandering. Dik gedrukt zijn de pieken die in de referentiesituatie al boven de norm liggen. Tussen haakjes staat de absolute dwarsstroming uit de referentiesituatie.

	920,6	921,3	921,5	921,9
2.000	Geen {-0,35}	Geen {-0,31}	Geen {-0,23}	Geen {-0,43}
4.000	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

Als gevolg van 'uwdh_refk_cl' neemt in de referentiesituatie bij 4.000 m³/s bij Lobith de dwarsstroming af van -0,34 m/s naar -0,25 m/s (ref versus refk). Voor het ontwerp (krw04 versus krw04k) geldt dat deze afneemt van -0,37 m/s naar -0,27 m/s. Aangezien de som van het dwarsstroomdebiet onder de 50 m³/s blijft (zie Afbeelding 29), geldt op deze locatie nog steeds de 0,3 m/s. Met andere woorden, als gevolg van de kribverlaging (schematisatie beter laten aansluiten op de praktijk), neemt de dwarsstroming weliswaar nog steeds toe, maar blijft deze onder de norm.



Afbeelding 29. Som dwarsstroomdebiet van zowel uwdh_refk_cl en uwdh_do2_krw04k.

4.4 Laatste optimalisatie geometrie en vegetatie (krw04 en krw04a)

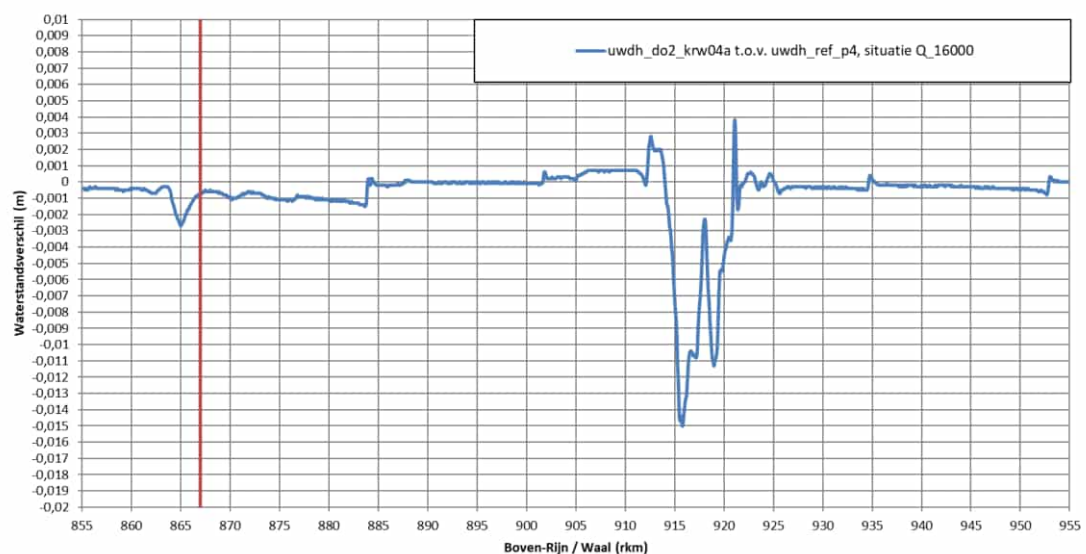
De laatste voor rivierkunde relevante ontwerpoptimalisatie, is de versmalling en verplaatsing van de instroom van zowel nevengeul Wamel als nevengeul Dreumel. Deze optimalisatie is uitgevoerd om zoveel mogelijk de oeverwallen te ontzien. De instroom van nevengeul Wamel heeft een soortgelijke (verder uitgewerkte) haakse bocht zoals weergegeven in Afbeelding 23, behouden in krw04. Gevolg van de optimalisatie is dat de kade langs de Vonkerplas, ter plaatse van nevengeul Dreumel, beperkt is afgegraven en verlaagd. Deze ontwerpaanpassingen zijn verwerkt in het Baseline model (uwdh_DO2_krw04) en doorgerekend. In Hoofdstuk 3 is krw04 volledig uitgewerkt conform het RBK 5.0.

Een variant op krw04 is krw04a, waarbij een extra stuk bos is voorzien langs de binnenzijde van de kade om de Vonkerplas, ter hoogte van de instroom van nevengeul Dreumel. In Afbeelding 30 is deze weergegeven.



Afbeelding 30. Extra bos aan binnenzijde kade Vonderplas ter hoogte van instroom nevengeul Dreumel (rood omkaderd).

Berekening van krw04a laat zien dat deze leidt tot een volgens het RBK 5.0 niet toelaatbare opstuwing in de as van de rivier bij MHW (16.000 m³/s bij Lobith). In Afbeelding 32 is het resultaat weergegeven. De maximale opstuwing bij rivierkilometer 912,6 is 2,8 millimeter. De ingreep mag bij MHW echter niet meer dan 1 millimeter opstuwing veroorzaken volgens het RBK. De piek ter plaatse van rivierkilometer 921,1 is een benedenstroomspiekie die ontstaat door de waterstandsdaling die de ingreep veroorzaakt. Deze wordt in het algemeen niet mee genomen in de beoordeling voor de maximaal toelaatbare opstuwing bij MHW.



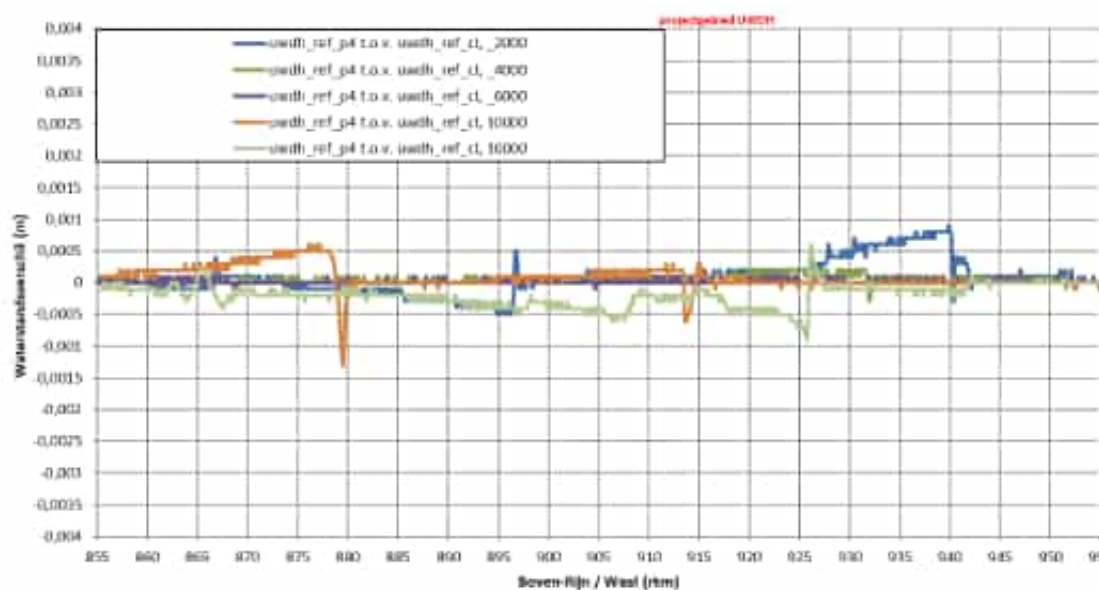
Afbeelding 31. Opstuwing in de as van de rivier in geval van MHW bij DO 2.1 versie krw04a.

Omdat krw04a niet voldoet aan het RBK, is deze niet verder uitgewerkt.

4.5 Instabiliteit in berekeningen

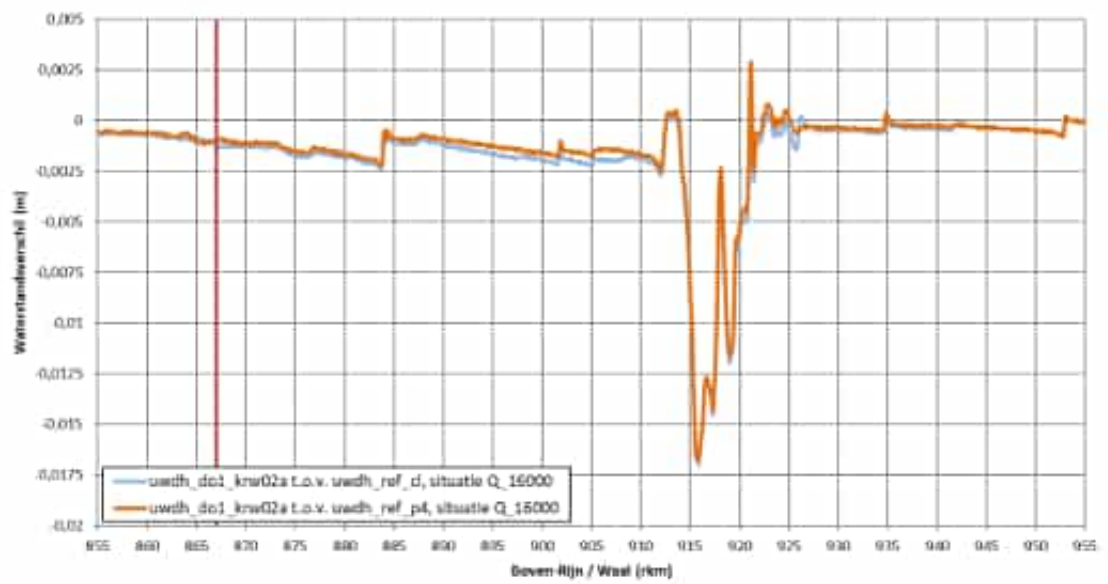
Zoals vastgesteld in paragraaf 3.1.1 zijn er kleine wijzigingen (piekjes) te zien in de figuren die de waterstandsverschillen tonen in de as van de rivier. Deze kleine wijzigingen zijn niet te verklaren aan de hand van de projectingrepen (aanleg nevengeulen/vergravingen of wijzigingen in vegetatie).

Een initiële verklaring was dat de resultaten van de referentiesituatie die gebruikt zijn voor krw02a, doorgerekend zijn met Simona2017 patch 2, terwijl uwdh_do1_krw02a doorgerekend was met Simona2017 patch 4. Naar aanleiding van deze constatering is de referentiesituatie doorgerekend met Simona2017 patch 4. De resultaten zijn getoond in Afbeelding 32.



Afbeelding 32. Waterstandsverschillen tussen referentie situatie doorgerekend met Simona2017 patch 2 en referentiesituatie doorgerekend met Simona2017 patch 4.

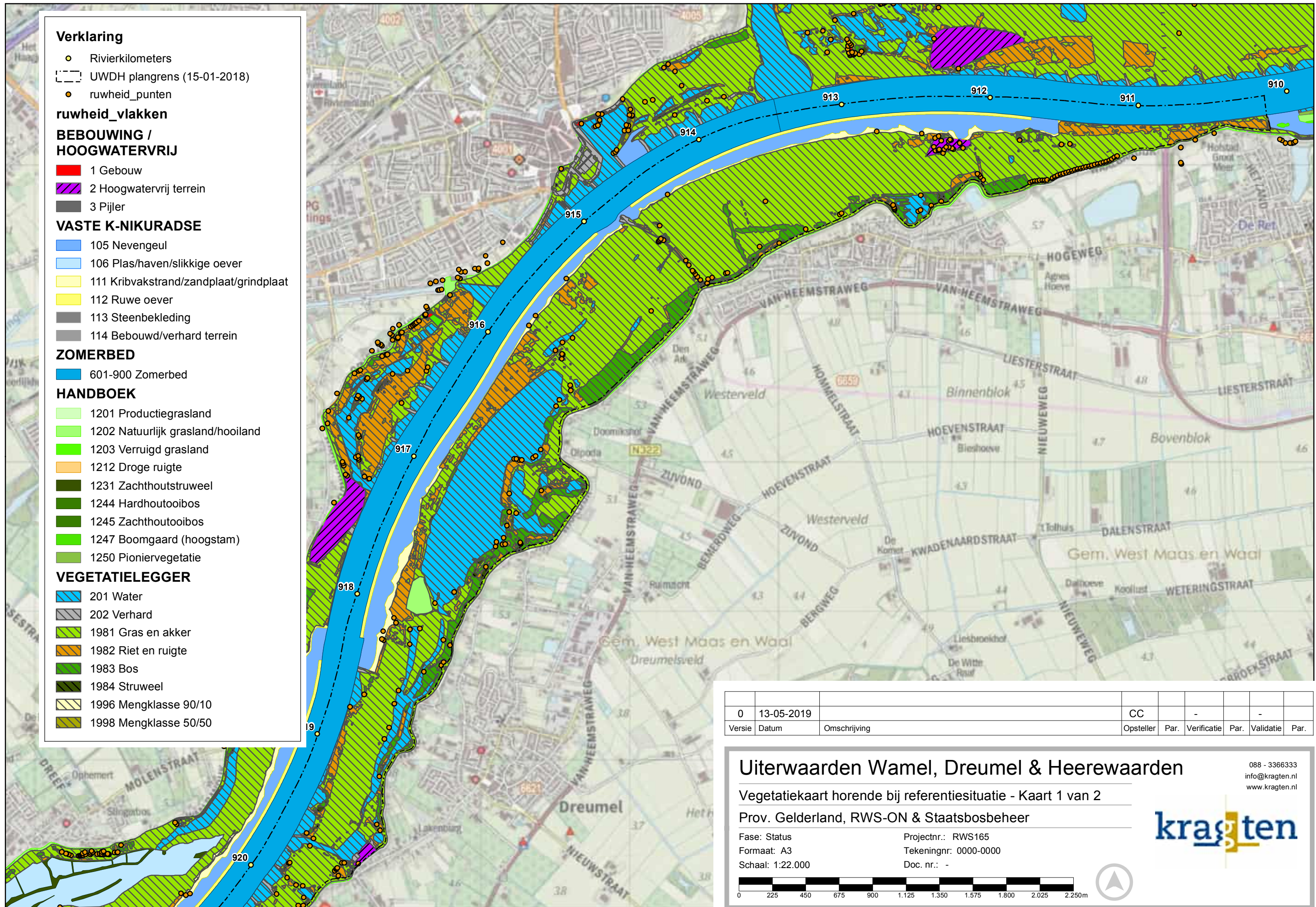
De resultaten uit Afbeelding 32 doen vermoeden dat versiekeuze mogelijk op een klein niveau de resultaten kunnen beïnvloeden. De volgende stap was daarom om de referentie resultaten van patch 4 te gebruik voor het opstellen van de MHW effecten in de as van de rivier als gevolg van versie krw02a. In dit geval zijn de versies dus hetzelfde. Afbeelding 33 laat echter zien dat de piekjes nog steeds terug komen. De resultaten verschillen van elkaar in de tiende millimeters. Dit betekent dat los van de rekenversie mogelijk instabiliteiten in het model zelf zitten. Gezien het beperkte effect van deze verschillen, zijn deze niet verder nader onderzocht.

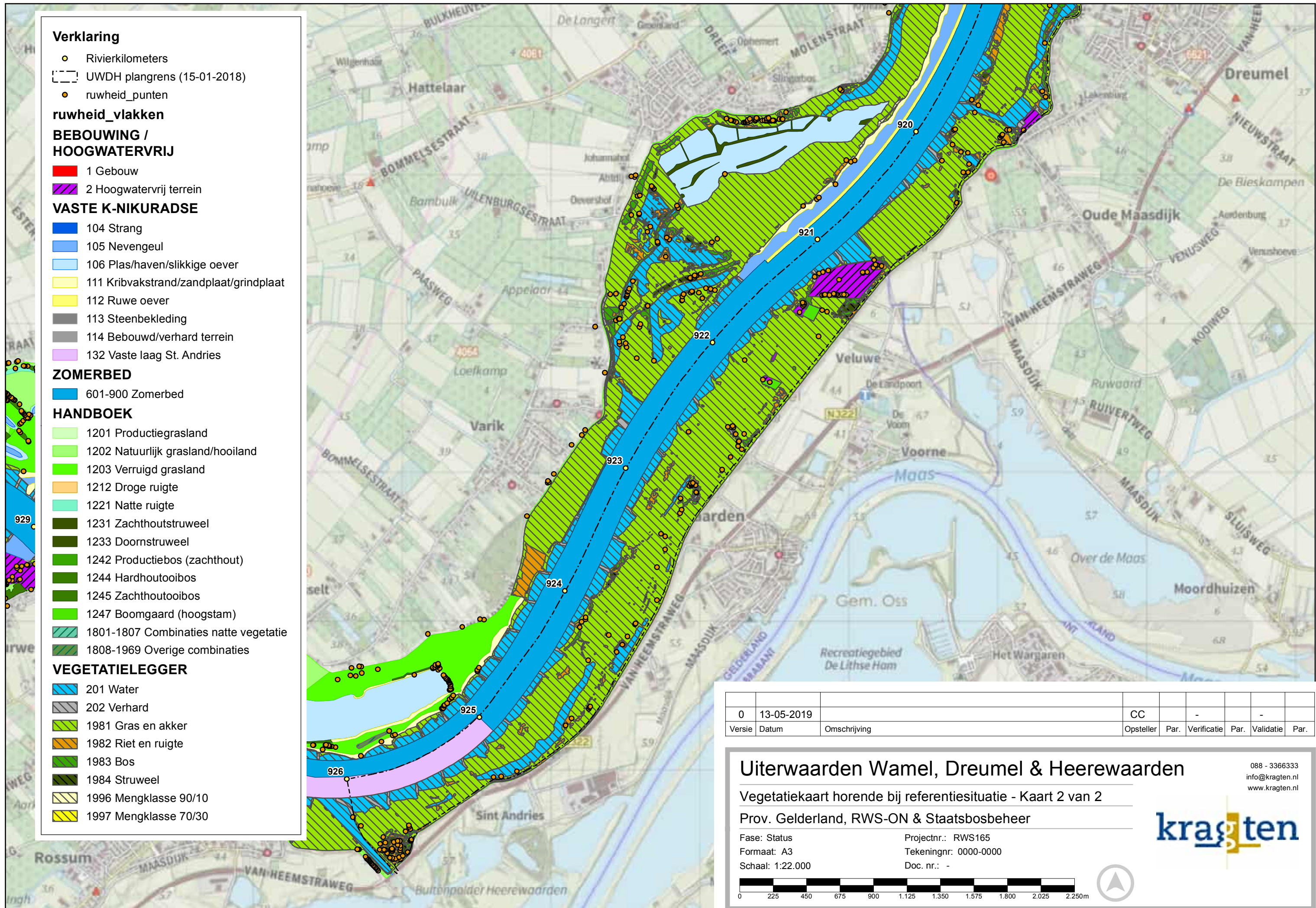


Afbeelding 33. Waterstandsverschillen bij MHW als gevolg van krw02a, berekend met de patch 2 en patch 4 referentieresultaten (Simona2017).

BIJLAGEN

B1 VEGETATIEKAART REFERENTIESITUATIE





B2 VEGETATIEKAART DO 2.1 (KRW04)

Verklaring

- Rivierkilometers

UWDH plangrens (15-01-2018)

ruwheid_vlakken

BEBOUWING / HOOGWATERVRIJ

- 1 Gebouw
- 2 Hoogwatervrij terrein
- 3 Pijler

VASTE K-NIKURADSE

- 105 Nevengeul
- 106 Plas/haven/slikkige oever
- 111 Kribvakstrand/zandplaat/grindplaat
- 112 Ruwe oever
- 113 Steenbekleding
- 114 Bebouwd/verhard terrein

ZOMERBED

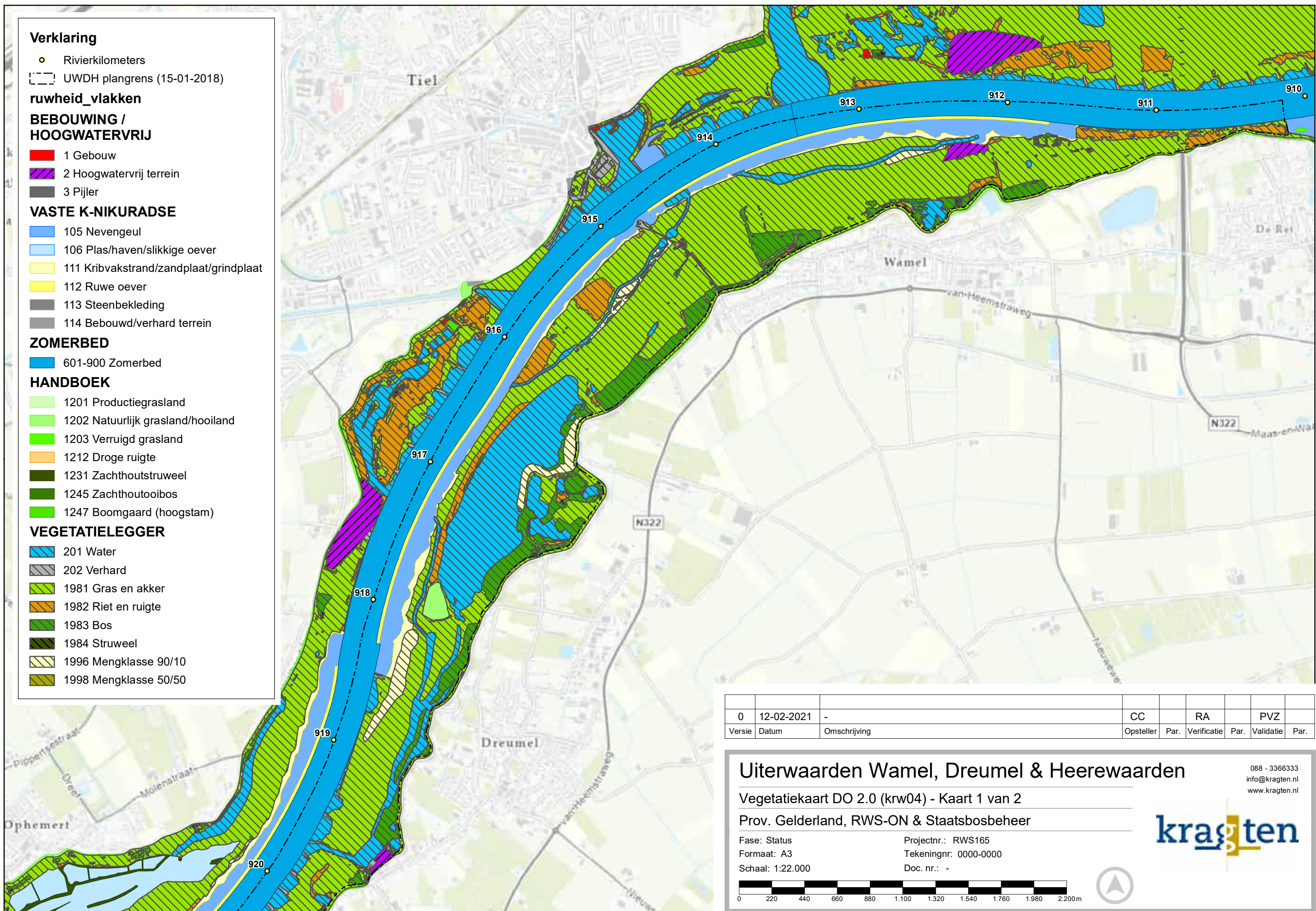
- 601-900 Zomerbed

HANDBOEK

- 1201 Productiegrasland
- 1202 Natuurlijk grasland/hooiland
- 1203 Verruigd grasland
- 1212 Droge ruigte
- 1231 Zachthoutstruweel
- 1245 Zachthoutoibos
- 1247 Boomgaard (hoogstam)

VEGETATIELEGGER

- 201 Water
- 202 Verhard
- 1981 Gras en akker
- 1982 Riet en ruigte
- 1983 Bos
- 1984 Struweel
- 1996 Mengklasse 90/10
- 1998 Mengklasse 50/50



0	12-02-2021	-	CC		RA		PVZ	
Versie	Datum	Omschrijving	Opsteller	Par.	Verificatie	Par.	Validatie	Par.

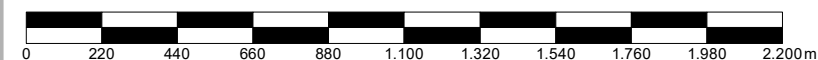
Uiterwaarden Wamel, Dreumel & Heerewaarden

Vegetatiekaart DO 2.0 (krw04) - Kaart 1 van 2

Prov. Gelderland, RWS-ON & Staatsbosbeheer

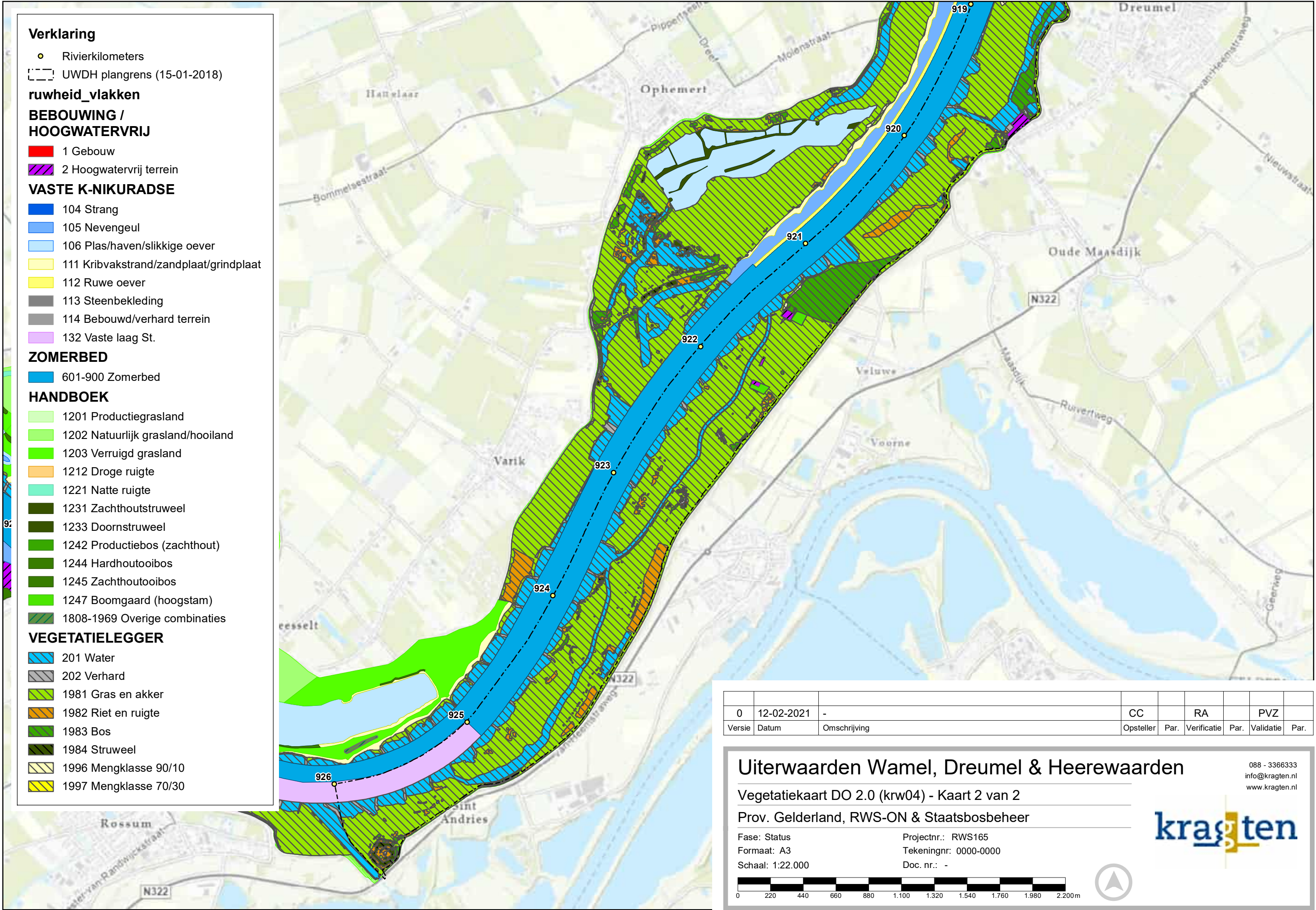
Fase: Status
Formaat: A3
Schaal: 1:22.000

Projectnr.: RWS165
Tekeningnr: 0000-0000
Doc. nr.: -



kragten

088 - 3366333
info@kragten.nl
www.kragten.nl



B3 METADATA BASELINE

Metadata voor maatregel: WI_DO2krw4_a1

Beschrijving van de dataset

Wijzigingsbestanden van aangepast detailontwerp 02 UWDH krw04 langs <de / het> <Riviertak> ter hoogte van km-raai 911-926.

Samenvatting

Deze maatregel is een variant op DO2 t.b.v. KRW. Het gaat om de volgende ingrepen:

- Nevengeul Dreumel 1
- nevengeul Dreumel 2
- nevengeul Heerewaarden
- nevengeul Tielse_Plaat
- nevengeul Varikse_Plaat
- nevengeul Wamel
- overstromingsvlakte Batos Erf

De geulen betreffen 2-zijdig aangetakte geulen. De geulen en overstromingsvlakten zijn opgenomen in zowel de bodemligging als de vegetatie.

Doel van vervaardiging

Rivierkundige berekeningen voor het project UWDH (uiterwaarden Wamel, Dreumel en Heerewaarden).

Producent van de dataset

[REDACTED]

Inhoudelijk contactpersoon

[REDACTED] Rivierkundig Advies.

Type bestand

File Geodatabase voor gebruik met de maatregelenmixer in Baseline. Meegeleverde bestanden:

- ☐ Originele shapefiles (data\shapefiles).
- ☒ Gebruikte bronbestanden (data\source).
- ☐ Aanvulling voor ruw.karak (modellen\waqua).

Karakteristieken en toepassingseisen

Maatregel is gebaseerd op: <Naam referentieschematisatie>rijn-beno15_5-v2.

Ingemixte maatregelen:

```

../rijn-maatr/wl_dreum95_c1
../rijn-maatr/wl_hurwene_c1
../rijn-maatr/wl_dreumrf_a2
../rijn-maatr/wl_wamelrf_a1
../rijn-maatr/wl_heererf_a1
../rijn-maatr/wl_ldamref_a1
../rijn-maatr/wl_tielref_a1
../rijn-maatr/wl_stiftrf_a1
../rijn-maatr/wl_wdhref_a1
../rijn-maatr/wl_uwdhstr_a2
../rijn-maatr/wl_sw_vg_a2
../rijn-maatr/wl_wamel_v01
../rijn-maatr/wl_wamel_v02
../rijn-maatr/wl_wamel_v03
../rijn-maatr/wl_dreum_v01
../rijn-maatr/wl_dreum_v02
../rijn-maatr/wl_dreum_v03
../rijn-maatr/wl_dreum_v04
../rijn-maatr/wl_heerew_v02
../rijn-maatr/wl_heerew_v03
../rijn-maatr/wl_heerew_v04
../rijn-maatr/wl_heerew_v05
../rijn-maatr/wl_heerew_v06
../rijn-maatr/wl_heerew_v07
# Maatregelen FluviaTiel
../UWDH_maatr/wl_kwp8_a1

```

Dienstsificatie: ☐ Versie <versienummer>
☒ N.v.t.

Baseline-protocol: ☐ Protocol 3
☐ Protocol 4
☒ Protocol 5

Vegetatiecodering: ☐ PKB
☐ Handboek stromingsweerstand
☒ Vegetatielegger
☐ N.v.t.

Geschikt voor conversie naar: ☒ WAQUA
☒ Delft3D
☒ Sobek

Dataset herkomst

Grenzen

- omtrek_maatregel ➤ N.v.t.
- secties ➤ N.v.t.

Hoogtelijnen

- bandijken ➤ N.v.t.
- breuklijnen ➤ Breuklijnen zijn overgenomen uit de ontwerprijnen van RWS165 3d insteek.dwg
➤ kniklijnen met een talud flauwer dan 1:7 zijn opgenomen als breukl.
➤ Voor de juiste aansluiting met het zomerbed zijn isolijnen gemaakt o.b.v. de referentiesituatie in Baseline.
- hoogteverschillijnen ➤ Hoogteverschillijnen zijn overgenomen uit de ontwerprijnen van RWS165 3d insteek.dwg
➤ kniklijnen met een talud steiler dan 1:7 zijn opgenomen als hoogteverschillijn
➤ Teenhoogtes zijn bepaald met de hoogtelijnen module
- Kades ➤ N.v.t
➤ Kadehoogte bij Vonkerplas aangepast naar hoogte 8 m+NAP
➤ Teenhoogtes zijn bepaald met de hoogtelijnen module
- kribben ➤ N.v.t.

Hoogtepunten

- oeverhoogtes ➤ N.v.t.
- plashoogtes ➤ Ter plaatse van bestaande plassen/geulen waar de bodemligging wordt gewijzigd in de nieuwe situatie zijn plashoogtes verwijderd
- winterbedhoogtes ➤ Bestaande winterbedhoogtes zijn verwijderd ter plaatse van de vergravingen.
➤ Er zijn geen nieuwe winterbedhoogtes toegevoegd
- zomerbedhoogtes ➤ Bij de aansluiting van de strangen/geulen op het zomerbed zijn bestaande zomerbedhoogtes verwijderd (o.b.v. de isolijn met de hoogte van de bodem van de aansluitende geul).
➤ Er zijn geen nieuwe zomerbedhoogtes toegevoegd. De bodemligging is hier gemodelleerd mbv breuklijnen.

Meetpunten

- meetpunten ➤ N.v.t.
- uitvoerlocaties ➤ N.v.t.

Oppervlaktewater

- plassen ➤ De plascontour is gewijzigd en overgenomen obv Zie inwinningsdata vegetatie.
➤ De nieuwe contour vervangt de oude contour in zijn geheel.

Overig

- bronnen_putten ➤ N.v.t.
- kunstwerken ➤ N.v.t.

Ruwheid

- bomen ➤ N.v.t.
- ecotopen_ruwheid ➤ De vegetatiesituatie is overgenomen uit situatie do1_O62 en aangepast rondom de geulen en overstromingszones m.b.v. Zie inwinningsdata vegetatie.

heggen	➤ N.v.t.
hoogwatervrij_lijnen	➤ N.v.t.
hoogwatervrij_vlakken	➤ Hoogwatervrije vergunning Batos' erf ➤ hoogwatervrij vlak ter plekke van de Hul vervangen.
lanen	➤ N.v.t.
zomerbed	➤ N.v.t.

Opmerkingen

Inwinningsdata

Bron: 210210-RWS165-RWS165 3d insteek dreumel.dwg	Inwinningsdatum: 10 februari 2021
Bron: RWS165 3d insteek.dwg	Inwinningsdatum: 9 februari 2021
Bron: Vegetatie: krw04_Varikse.shp krw04_Dreumel_2.shp krw04_Wamel.shp	Inwinningsdatum: 3 februari 2021
Bron:	Inwinningsdatum:

Leveringsdatum

11 februari 2021

B4 BEREKENINGEN EN SCHEMATISATIE REGELWERKEN NEVENGEULEN

B4.1 Regel-/inlaatwerk Wamel inclusief berekeningen (Chezy)

Uitgaande van gestuurde afvoer door smalle geul d.m.v. een regelwerk.

Nevengeul Wamel - Berekeningen en bijbehorend regelwerk DO 2.0

Berekening Wamel met 17 cm verval en 14 procent energieverlies bij de in stroomopening.

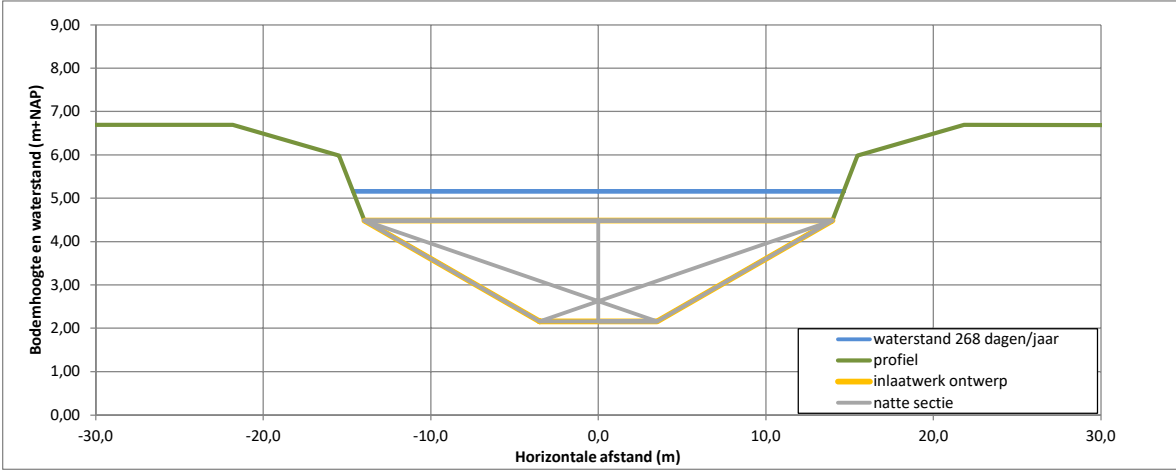
Uitgangspunten:	rkm	10,00%	3% van bankfull	60
waterstand bovenstrooms inlaat	912,2	5,25	m + NAP	0
waterstand eind geul	913,9	5,07	m + NAP	0
Q (Waal)	1888	188,8	m3/s	0,853843635
Waterdiepte bij OLR	0,7	2,16	m + NAP	0,00
lengte geulen		1800	m	
k		0,20	m	
verhang		0,000083	[-]	40,59724993
# dagen/jaar onderschrijding		268		0,641855923
principeprofiel:	totale bree	43,6	m	
bodem Breedte	7			
talud: (1: n)	5	4,49	m + NAP	
talud: (1: n)	1	5,98	m + NAP	
talud: (1: n)	9	6,69	m + NAP	

In het ontwerp is het talud van de rechteroever variabel afhankelijk van de maaiveldhoogte en de beschikbare ruimte op maaiveld.

berekening Chezy	C = 18 log (12R/k) R: bij benadering waterdiepte k = 0,2 m
------------------	--

berekening A-min	Q= CA (Rs)^0,5 A= Q/C(Rs)^0,5
------------------	----------------------------------

berekening Snelheid	v1 = C(R*i)^0,5 v2 = Q/A
---------------------	-----------------------------



Bodembrte	h	A1-nat	(4,48 m + h	A2-nat	3 (5,9846 m + NAF	A3-nat	Anat-totaal	P	R	12R/k	C	Q
[m]	[m NAP]	[m2]	[m]	[m2]	[m]	[m2]	[m2]	[m]	[m]		[√m/s]	[m3/s]
3,5	5,16	32,54	24,45	16,90	25,80	0,00	49,44	29,99	1,65	98,93	35,92	20,81
7	5,16	40,69	27,95	19,25	29,30	0,00	59,95	30,09	1,99	119,52	37,39	28,88
14	5,16	56,99	34,95	23,96	36,30	0,00	80,95	30,43	2,66	159,59	39,65	47,78

Q1	V1	Q_duiker	A_duiker	percentage	V_duiker
[m3/s]	[m/s]	[m3/s]	[m2]	%	[m/s]
20,81	0,42	28,88	29,33	1,10%	0,98
28,88	0,48	28,88	40,69	1,53%	0,71
28,88	0,36	28,88	40,69	1,53%	0,71

		inlaatwerk ontwerp		40,69		
X	Y	x_nat	natte sectie		x	veerdam
l.o.	-3,5	2,2	-3,5	2,2	-21,8	6,7
r.o.	3,5	2,2	3,5	2,2	21,8	6,7
r.b.	14,0	4,5	14,0	4,5		
l.b.	-14,0	4,5	-14,0	4,5		
	-3,5	2,2	-3,5	2,2		
			14,0	4,5		
			-14,0	4,5		
			3,5	2,2		
			0	2,2		
			0	4,5		

index	Maxima		601		618	
	afvoer Wa:912,20_W/913,90_W/verval				Basisonttrekking	
1	481	2,01	1,89	0,12	0,00	
2	799	2,93	2,79	0,14	0,00	
3	1004	3,47	3,31	0,15	0,00	
4	1455	4,49	4,33	0,16	0,00	
5	1888	5,25	5,07	0,18	0,00	
6	2083	5,63	5,44	0,18	0,00	
7	2307	5,98	5,81	0,18	0,00	
8	2800	6,69	6,52	0,17	0,00	
9	4115	8,13	7,95	0,18	0,00	
10	5418	9,08	8,87	0,21	0,00	

Resultaten n.a.v. iteratieve berekeningen voor evenwichtssituatie in nevengeul							
Q-Lobith	Q-Waal	H_bovenst	H_benedenstrogeul (max 3	Anat	V_geul	A_duiker	percentage
600	481	2,01	1,89	#####	-1	#####	#####
1020	799	2,93	2,79	1,24	7	0,17	7,11
1276	1004	3,47	3,31	3,94	15	0,26	15,41
2000	1455	4,49	4,33	14,55	38	0,38	38,45
2700	1888	5,25	5,07	28,88	60	0,48	40,69
3000	2083	5,63	5,44	36,60	71	0,52	40,69
3322	2307	5,98	5,81	42,43	82	0,52	40,69
4000	2800	6,69	6,52	42,15	107	0,39	40,69
6000	4115	8,13	7,95	51,04	111	0,46	40,69
8000	5418	9,08	8,87	54,01	111	0,49	40,69

B4.2 Regel-/inlaatwerk Tielse Plaat inclusief berekeningen (Chezy)

Uitgaande van gestuurde afvoer door smalle geul d.m.v. een regelwerk.

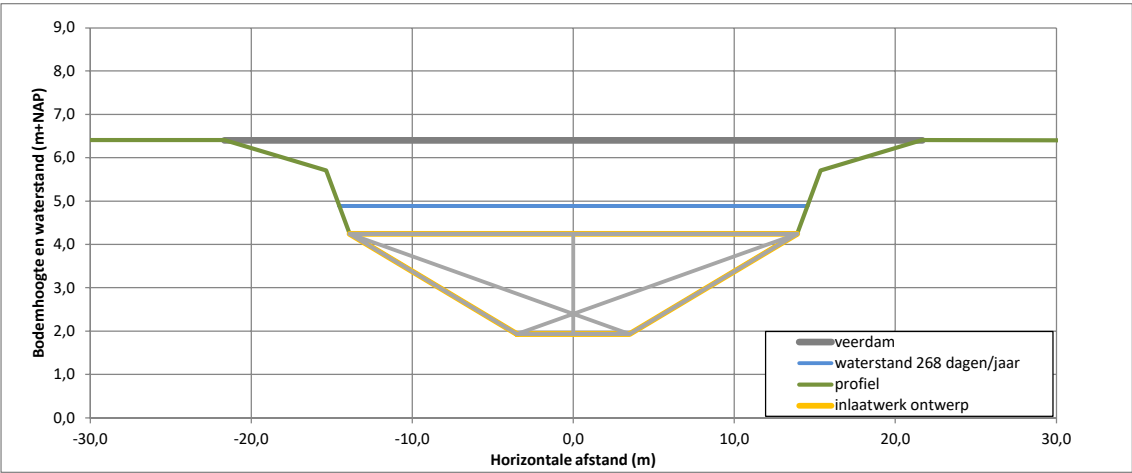
Berekening Tielse plaat met 20 cm verval en 14 procent energieverlies bij de in stroomopening.

Uitgangspunten:	rkm	10,00%	3% van bankfull	60
waterstand bovenstreams inlaat	914,6	4,99	m + NAP	0
waterstand eind geul	916,3	4,79	m + NAP	0
Q (Waal)	1888	188,8	m3/s	0,859761499
Waterdiepte bij OLR	0,7	1,94	m + NAP	0,00
lengte geulen		1800	m	
k		0,20	m	
verhang		0,000096	[-]	C
# dagen/jaar onderschrijding		268		V1
principeprofiel:	totale bree	43,3	m	40,47688951
bodembreedte	7			0,680075751
talud: (1: n)	5	4,25	m + NAP	
talud: (1: n)	1	5,71	m + NAP	
talud: (1: n)	9	6,41	m + NAP	

In het ontwerp is het talud van de rechteroever variabel afhankelijk van de maaiveldhoogte en de beschikbare ruimte op maaiveld.

Nevengeul Tielse Plaat - Berekeningen en bijbehorend regelwerk DO 2.0

berekening Chezy	C = 18 log (12R/k) R: bij benadering waterdiepte k = 0,2 m
berekening A-min	Q= CA (Rs)^0,5 A= Q/C(Rs)^0,5
berekening Snelheid	v1 = C(R*i)^0,5 v2 = Q/A



Bodembrte	h	A1-nat	(4,25 m + N	A2-nat	33 (5,7055 m + NAF	A3-nat	Anat-totaal	P	R	12R/k	C	Q	Q1	V1	Q_duiker	A_duiker	percentage	V_duiker	X	Y	x_nat	natte sectie	x	veerdam	
[m]	[m NAP}	[m2]	[m]	[m2]	[m]	[m2]	[m2]	[m]	[m]		[√m/s]	[m3/s]	[m3/s]	[m/s]	[m3/s]	[m2]	%	[m/s]							
3,5	4,89	32,14	24,31	16,05	25,59	0,00	48,19	29,77	1,62	97,14	35,77	21,44	21,44	0,44	29,84	28,90	1,14%	1,03	l.o.	-3,5	1,9	-3,5	1,9	-21,7	6,4
7	4,89	40,23	27,81	18,30	29,09	0,00	58,53	29,87	1,96	117,58	37,27	29,84	29,84	0,51	29,84	40,23	1,58%	0,74	r.o.	3,5	1,9	3,5	1,9	21,7	6,4
14	4,89	56,41	34,81	22,80	36,09	0,00	79,22	30,21	2,62	157,34	39,54	49,58	29,84	0,38	29,84	40,23	1,58%	0,74	r.b.	13,9	4,3	13,9	4,3		
																			l.b.	-13,9	4,3	-13,9	4,3		

	Maxima	625	642		
index	afvoer Wa:914,60_W/916,30_W/verval			Basisonttrekking	
1	481	1,83	1,69	0,14	0,00
2	799	2,72	2,55	0,17	0,00
3	1004	3,24	3,06	0,18	0,00
4	1455	4,25	4,06	0,19	0,00
5	1888	4,99	4,79	0,20	0,00
6	2083	5,35	5,13	0,22	0,00
7	2307	5,71	5,48	0,22	0,00
8	2800	6,41	6,18	0,23	0,00
9	4115	7,84	7,58	0,26	0,00
10	5418	8,77	8,48	0,29	0,00

	1888	4,99	4,79	29,84	59	0,51	40,23	1,58%
Resultaten n.a.v. iteratieve berekeningen voor evenwichtssituatie in nevengeul								
Q-Lobit	Q-Waal	H_bovenst	H_benedenstro	geul (max 3	Anat	V_geul	A_duiker	percentage
600	481	1,83	1,69	#####	-1	#####	#####	#####
1020	799	2,72	2,55	1,34	7	0,19	7,10	0,2%
1276	1004	3,24	3,06	4,15	15	0,27	15,11	0,4%
2000	1455	4,25	4,06	15,14	38	0,40	37,68	1,0%
2700	1888	4,99	4,79	29,84	59	0,51	40,23	1,6%
3000	2083	5,35	5,13	38,38	69	0,56	40,23	1,8%
3322	2307	5,71	5,48	45,96	79	0,58	40,23	2,0%
4000	2800	6,41	6,18	46,80	104	0,45	40,23	1,7%
6000	4115	7,84	7,58	59,70	109	0,55	40,23	1,5%
8000	5418	8,77	8,48	62,23	109	0,57	40,23	1,1%

B4.3 Regel-/inlaatwerk Dreumel inclusief berekeningen (Chezy)

Uitgaande van gestuurde afvoer door smalle geul d.m.v. een regelwerk.

Berekening Dreumel met 20 cm verval en 6 procent energieverlies bij de in stroomopening.

Uitgangspunten:	rkm	10,00%	3% van bankfull	60
waterstand bovenstrooms inlaat	917,8	4,60 m + NAP	ja/nee bankfull	0
waterstand eind geul	919,8	4,39 m + NAP	basis-onttrekking	0
Q (Waal)	1888	188,8 m3/s	verhang geul/duiker	0,935162629
Waterdiepte bij OLR	-0,1	2,41 m + NAP	gelijk	0,00
lengte geulen		2100 m		
k		0,20 m		
verhang		0,000089 [-]	C	37,74613111
# dagen/jaar onderschrijding		268	V1	0,514862871
principeprofiel:	totale bree	36,9 m		
bodem Breedte	7			
talud: (1: n)	5	3,88 m + NAP		
talud: (1: n)	1	5,28 m + NAP		
talud: (1: n)	9	5,97 m + NAP		

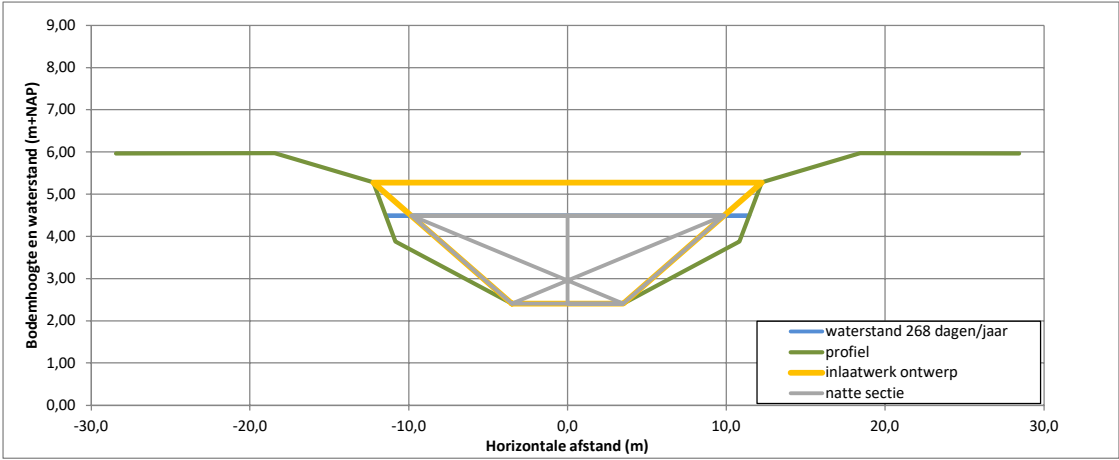
In het ontwerp is het talud van de rechteroever variabel afhankelijk van de maaiveldhoogte en de beschikbare ruimte op maaiveld.

Nevengeul Dreumel - Berekeningen en bijbehorend regelwerk DO 2.0

berekening Chezy	C = 18 log (12R/k) R: bij benadering waterdiepte k = 0,2 m
------------------	--

berekening A-min	Q= CA (Rs)^0,5 A= Q/C(Rs)^0,5
------------------	----------------------------------

berekening Snelheid	v1 = C(R*ij)^0,5 v2 = Q/A
---------------------	------------------------------



Bodembrte	h	A1-nat	(3,87 m + N	A2-nat	b3 (5,2801 m + NAF	A3-nat	Anat-totaal	P	R	12R/k	C	Q
[m]	[m NAP]	[m2]	[m]	[m2]	[m]	[m2]	[m2]	[m]	[m]		[m/s]	[m3/s]
3,5	4,49	15,89	18,17	11,59	19,40	0,00	27,48	23,34	1,18	70,63	33,28	9,38
7	4,49	21,03	21,67	13,75	22,90	0,00	34,78	23,44	1,48	89,02	35,09	14,04
14	4,49	31,29	28,67	18,07	29,90	0,00	49,36	23,83	2,07	124,29	37,70	25,31

Q1	V1	Q_duiker	A_duiker	percentage	V_duiker
[m3/s]	[m/s]	[m3/s]	[m2]	%	[m/s]
9,38	0,34	14,04	18,57	0,50%	0,76
14,04	0,40	14,04	27,81	0,74%	0,51
14,04	0,28	14,04	27,81	0,74%	0,51

inlaatwerk ontwerp			27,81			
X	Y	x_nat	natte sectie	x	veerdam	
l.o.	-3,5	2,4	-3,5	2,4	-18,4	6,0
r.o.	3,5	2,4	3,5	2,4	18,4	6,0
r.b.	12,2	5,3	9,8	4,5		
l.b.	-12,2	5,3	-9,8	4,5		
	-3,5	2,4	-3,5	2,4		
			9,8	4,5		
			-9,8	4,5		
			3,5	2,4		
			0	2,4		
			0	4,5		

Maxima		657	677		
index	afvoer Wa:	917,80_W/	919,80_W/	verval	Basisonttrekking
1	481	1,55	1,43	0,12	0,00
2	799	2,39	2,23	0,15	0,00
3	1004	2,88	2,71	0,17	0,00
4	1455	3,88	3,69	0,18	0,00
5	1888	4,60	4,39	0,20	0,00
6	2083	4,93	4,71	0,23	0,00
7	2307	5,28	5,04	0,24	0,00
8	2800	5,97	5,73	0,24	0,00
9	4115	7,36	7,14	0,22	0,00
10	5418	8,24	8,03	0,22	0,00

		1888	4,60	4,39	14,04	35	0,40	27,81	0,74%
Resultaten n.a.v. iteratieve berekeningen voor evenwichtssituatie in nevengeul									
Q-Lobit	Q-Waal	H_bovenst	H_benedenst	roeg	geul (max 3	Anat	V_geul	A_duiker	percentage
600	481	1,55	1,43	#####		-2	#####	#####	#####
1020	799	2,39	2,23	#####		-1	#####	#####	#####
1276	1004	2,88	2,71	0,39		3	0,11	3,12	0,0%
2000	1455	3,88	3,69	5,23		19	0,27	15,38	0,4%
2700	1888	4,60	4,39	14,04		35	0,40	27,81	0,7%
3000	2083	4,93	4,71	20,36		42	0,48	34,53	1,0%
3322	2307	5,28	5,04	27,21		50	0,54	42,29	1,2%
4000	2800	5,97	5,73	28,97		70	0,41	45,15	1,0%
6000	4115	7,36	7,14	36,77		74	0,49	45,15	0,9%
8000	5418	8,24	8,03	35,84		74	0,48	45,15	0,7%

B4.4 Inlaatwerk Varikse Plaat inclusief berekeningen (Chezy)

Uitgaande van gestuurde afvoer door smalle geul d.m.v. een regelwerk.

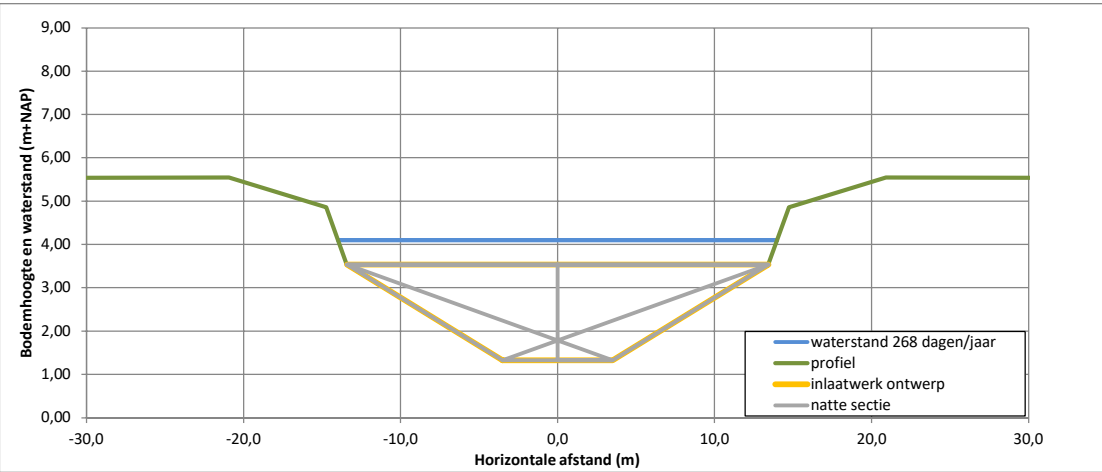
Nevengeul Varikse Plaat - Berekeningen en bijbehorend regelwerk DO 2.0

Berekening Varik met 23 cm verval en 10 procent energieverlies bij de in stroomopening.

Uitgangspunten:	rkm	10,00%	3% van bankfull	60
waterstand bovenstreams inlaat	921,5	4,22	m + NAP	0
waterstand eind geul	923,5	3,98	m + NAP	0
Q (Waal)	1888	188,8	m3/s	0,892102335
Waterdiepte bij OLR	0,7	1,33	m + NAP	0,00
lengte geulen		2100	m	
k		0,20	m	
verhang		0,000100	[-]	39,96980602
# dagen/jaar onderschrijding		268		0,665306783
principeprofiel:	totale bree	41,8	m	
bodembreedte	7			
talud: (1: n)	5	3,53	m + NAP	
talud: (1: n)	1	4,85	m + NAP	
talud: (1: n)	9	5,54	m + NAP	

In het ontwerp is het talud van de rechteroever variabel afhankelijk van de maaiveldhoogte en de beschikbare ruimte op maaiveld.

berekening Chezy	C = 18 log (12R/k) R: bij benadering waterdiepte k = 0,2 m
berekening A-min	Q= CA (Rs)^0,5 A= Q/C(Rs)^0,5
berekening Snelheid	v1 = C(R*i)^0,5 v2 = Q/A



Bodembre	h	A1-nat (3,53 m + N	A2-nat >3 (4,8534 m + NAF	A3-nat	Anat-totaal	P	R	12R/k	C	Q
[m]	[m NAP]	[m2]	[m]	[m2]	[m2]	[m]	[m]		[√m/s]	[m3/s]
3,5	4,10	29,58	23,34	13,51	24,47	0,00	0,00	90,44	35,21	18,63
7	4,10	37,30	26,84	15,49	27,97	0,00	0,00	110,39	36,77	26,33
14	4,10	52,73	33,84	19,44	34,97	0,00	0,00	149,18	39,13	44,53

index	Maxima	694	714		
	afvoer Wa:921,50_W/923,50_W/verval			Basisonttrekking	
1	481	1,34	1,24	0,11	0,00
2	799	2,11	1,95	0,16	0,00
3	1004	2,57	2,39	0,19	0,00
4	1455	3,53	3,32	0,22	0,00
5	1888	4,22	3,98	0,24	0,00
6	2083	4,52	4,27	0,24	0,00
7	2307	4,85	4,60	0,25	0,00
8	2800	5,54	5,28	0,26	0,00
9	4115	6,93	6,66	0,27	0,00
10	5418	7,83	7,53	0,29	0,00

Resultaten n.a.v. iteratieve berekeningen voor evenwichtssituatie in nevengeul									
Q-Lobitl	Q-Waal	H_bovenst	H_benedenstro	geul (max 3	Anat	V_geul	A_duiker	percentage	
600	481	1,34	1,24	#####	0	#####	#####	#####	
1020	799	2,11	1,95	1,21	7	0,17	7,10	0,2%	
1276	1004	2,57	2,39	3,52	14	0,25	14,03	0,4%	
2000	1455	3,53	3,32	13,43	34	0,39	34,42	0,9%	
2700	1888	4,22	3,98	26,33	53	0,50	37,30	1,4%	
3000	2083	4,52	4,27	32,88	61	0,54	37,30	1,6%	
3322	2307	4,85	4,60	40,17	71	0,57	37,30	1,7%	
4000	2800	5,54	5,28	41,09	94	0,44	37,30	1,5%	
6000	4115	6,93	6,66	51,37	99	0,52	37,30	1,2%	
8000	5418	7,83	7,53	53,44	99	0,54	37,30	1,0%	

inlaatwerk ontwerp				37,30			
X	Y	x_nat	natte sectie		x	veerdam	
l.o.	-3,5	1,3	-3,5	1,3	-20,9	5,5	
r.o.	3,5	1,3	3,5	1,3	20,9	5,5	
r.b.	13,4	3,5	13,4	3,5			
l.b.	-13,4	3,5	-13,4	3,5			
	-3,5	1,3	-3,5	1,3			
			13,4	3,5			
			-13,4	3,5			
			3,5	1,3			
			0	1,3			
			0	3,5			

B4.5 Inlaatwerk Heerewaarden inclusief berekeningen (Chezy)

Uitgaande van gestuurde afvoer door smalle geul d.m.v. een regelwerk.

Nevengeul Heerewaarden - Berekeningen en bijbehorend regelwerk DO 2.0

Berekening Heerewaarden met 40 cm verval en 3 procent energieverlies bij de in stroomopening.

Uitgangspunten:	rkm	10,00%	3% van bankfull	60
waterstand bovenstrooms inlaat	923,5	3,98 m + NAP	ja/nee bankfull	0
waterstand eind geul	926,7	3,57 m + NAP	basis-onttrekking	0
Q (Waal)	1888	188,8 m3/s	verhang geul/duiker	0,965471166
Waterdiepte bij OLR	-0,1	1,91 m + NAP	gelijk	0,00
lengte geulen		3400 m		
k		0,20 m		
verhang		0,000116 [-]	C	36,88271307
# dagen/jaar onderschrijding		268	V1	0,543214254
principeprofiel:	totale bree	35,8 m		
bodem Breedte	7			
talud: (1: n)	5	3,32 m + NAP		
talud: (1: n)	1	4,60 m + NAP		
talud: (1: n)	9	5,28 m + NAP		

In het ontwerp is het talud van de rechteroever variabel afhankelijk van de maaiveldhoogte en de beschikbare ruimte op maaiveld.

berekening Chezy

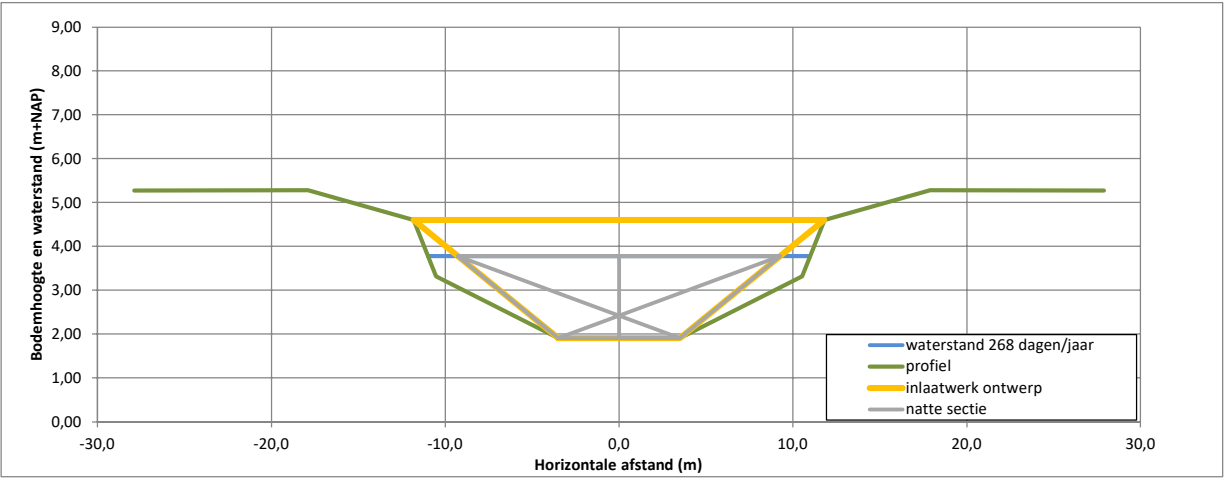
$C = 18 \log(12R/k)$
 $R: \text{bij benadering waterdiepte}$
 $k = 0,2 \text{ m}$

berekening A-min

$Q = CA(Rs)^{0,5}$
 $A = Q/C(Rs)^{0,5}$

berekening Snelheid

$v1 = C(R^*i)^{0,5}$
 $v2 = Q/A$



Bodembrte	h	A1-nat	(3,31 m + N	A2-nat	b3 (4,6005 m + NAF	A3-nat	Anat-totaal	P	R	12R/k	C	Q
[m]	[m NAP}	[m2]	[m]	[m2]	[m]	[m2]	[m2]	[m]	[m]		[√m/s]	[m3/s]
3,5	3,78	14,79	17,55	8,30	18,47	0,00	23,09	22,35	1,03	62,00	32,26	8,16
<u>7</u>	<u>3,78</u>	<u>19,71</u>	<u>21,05</u>	<u>9,91</u>	<u>21,97</u>	<u>0,00</u>	<u>29,62</u>	<u>22,43</u>	<u>1,32</u>	<u>79,23</u>	<u>34,18</u>	<u>12,54</u>
14	3,78	29,55	28,05	13,14	28,97	0,00	42,68	22,80	1,87	112,30	36,91	23,24

index	Maxima	714	746		
	afvoer Wa	923,50_W/	926,70_W/	verval	Basisonttrekking
1	481	1,24	1,05	0,18	0,00
2	799	1,95	1,67	0,28	0,00
3	1004	2,39	2,07	0,32	0,00
4	1455	3,32	2,94	0,38	0,00
5	1888	3,98	3,57	0,41	0,00
6	2083	4,27	3,86	0,41	0,00
7	2307	4,60	4,18	0,42	0,00
8	2800	5,28	4,84	0,43	0,00
9	4115	6,66	6,21	0,45	0,00
10	5418	7,53	7,15	0,39	0,00

	1888	3,98	3,57	12,54	30	0,42	23,82	0,66%
Resultaten n.a.v. iteratieve berekeningen voor evenwichtssituatie in nevengeul								
Q-Lobitl	Q-Waal	H_bovenst	H_benedenstro	geul (max 3	Anat	V_geul	A_duiker	percentage
600	481	1,24	1,05	#####	-2	#####	#####	#####
1020	799	1,95	1,67	#####	-1	#####	#####	#####
1276	1004	2,39	2,07	0,30	3	0,11	2,54	0,0%
2000	1455	3,32	2,94	4,59	16	0,29	13,08	0,3%
2700	1888	3,98	3,57	12,54	30	0,42	23,82	0,7%
3000	2083	4,27	3,86	17,25	36	0,48	29,44	0,8%
3322	2307	4,60	4,18	23,33	43	0,54	36,33	1,0%
4000	2800	5,28	4,84	26,80	61	0,44	41,18	1,0%
6000	4115	6,66	6,21	37,60	68	0,55	41,18	0,9%
8000	5418	7,53	7,15	34,27	68	0,50	41,18	0,6%

	inlaatwerk ontwerp		23,82			
	X	Y	x_nat	natte sectie	x	veerdam
l.o.	-3,5	1,9	-3,5	1,9	-17,9	5,3
r.o.	3,5	1,9	3,5	1,9	17,9	5,3
r.b.	11,8	4,6	9,3	3,8		
l.b.	-11,8	4,6	-9,3	3,8		
	-3,5	1,9	-3,5	1,9		
			9,3	3,8		
			-9,3	3,8		
			3,5	1,9		
			0	1,9		
			0	3,8		

B5 WATERSTANDSVERSCHILLEN BIJ MHW

B5.1 Waterstandsverschillen bij MHW in centimeters

Verklaring

○ Rivierkilometers

UWDH plangrens (15-01-2018)

**Waterstandsverschillen MHW
krw04 (centimeters)**

Vershil [meters]

-1010,771 - -0,100

-0,079 - -0,070

-0,069 - -0,060

-0,059 - -0,050

-0,049 - -0,040

-0,039 - -0,030

-0,029 - -0,020

-0,019 - -0,010

-0,009 - 0,000

0,001 - 0,000

0,001 - 0,010

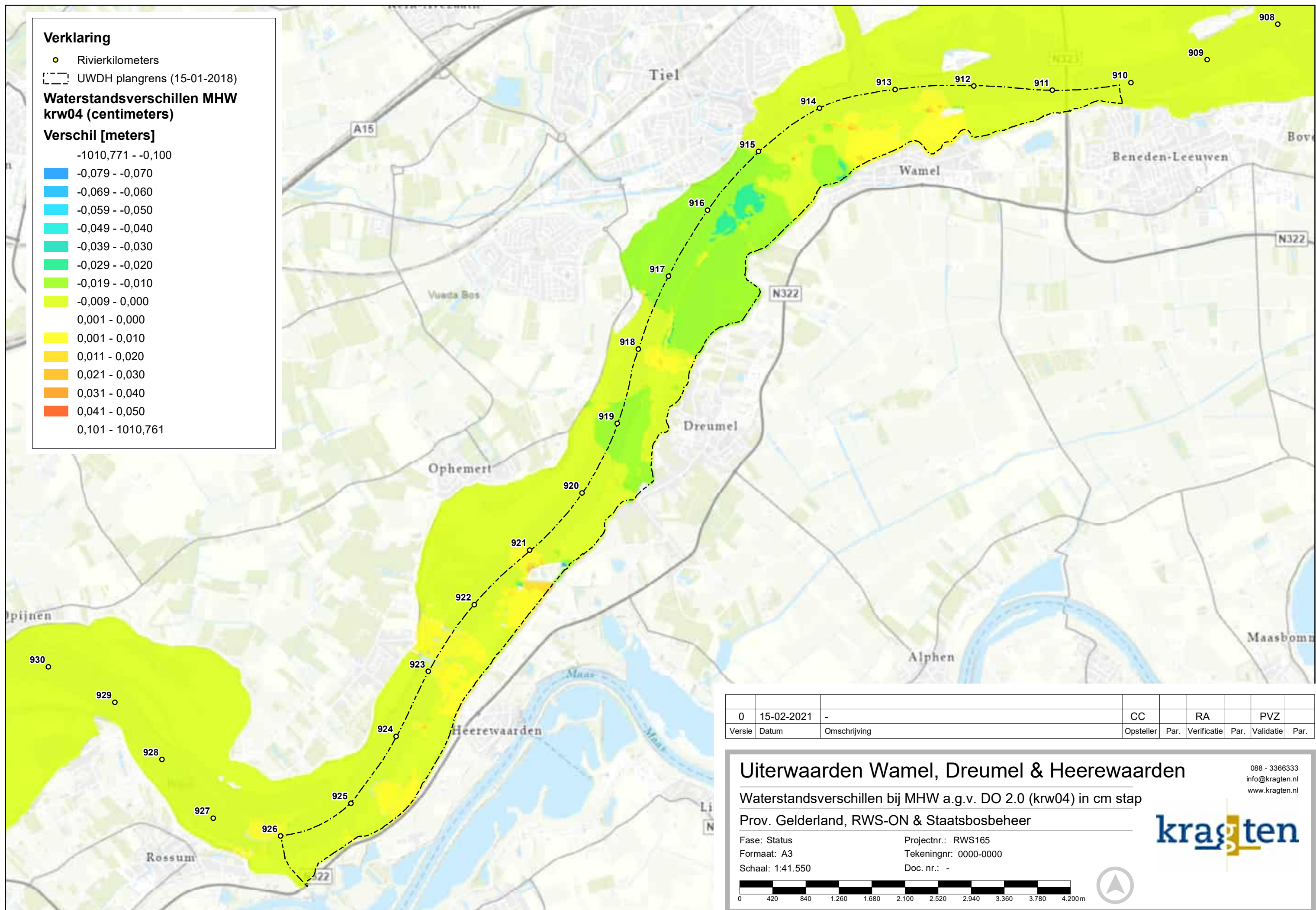
0,011 - 0,020

0,021 - 0,030

0,031 - 0,040

0,041 - 0,050

0,101 - 1010,761



0	15-02-2021	-	CC		RA		PVZ	
Versie	Datum	Omschrijving	Opsteller	Par.	Verificatie	Par.	Validatie	Par.

Uiterwaarden Wamel, Dreumel & Heerewaarden

Waterstandsverschillen bij MHW a.g.v. DO 2.0 (krw04) in cm stap

Prov. Gelderland, RWS-ON & Staatsbosbeheer

Fase: Status

Projectnr.: RWS165

Formaat: A3

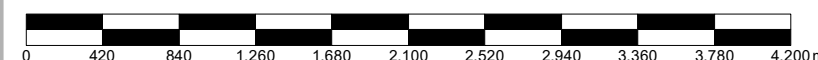
Tekeningnr: 0000-0000

Schaal: 1:41.550

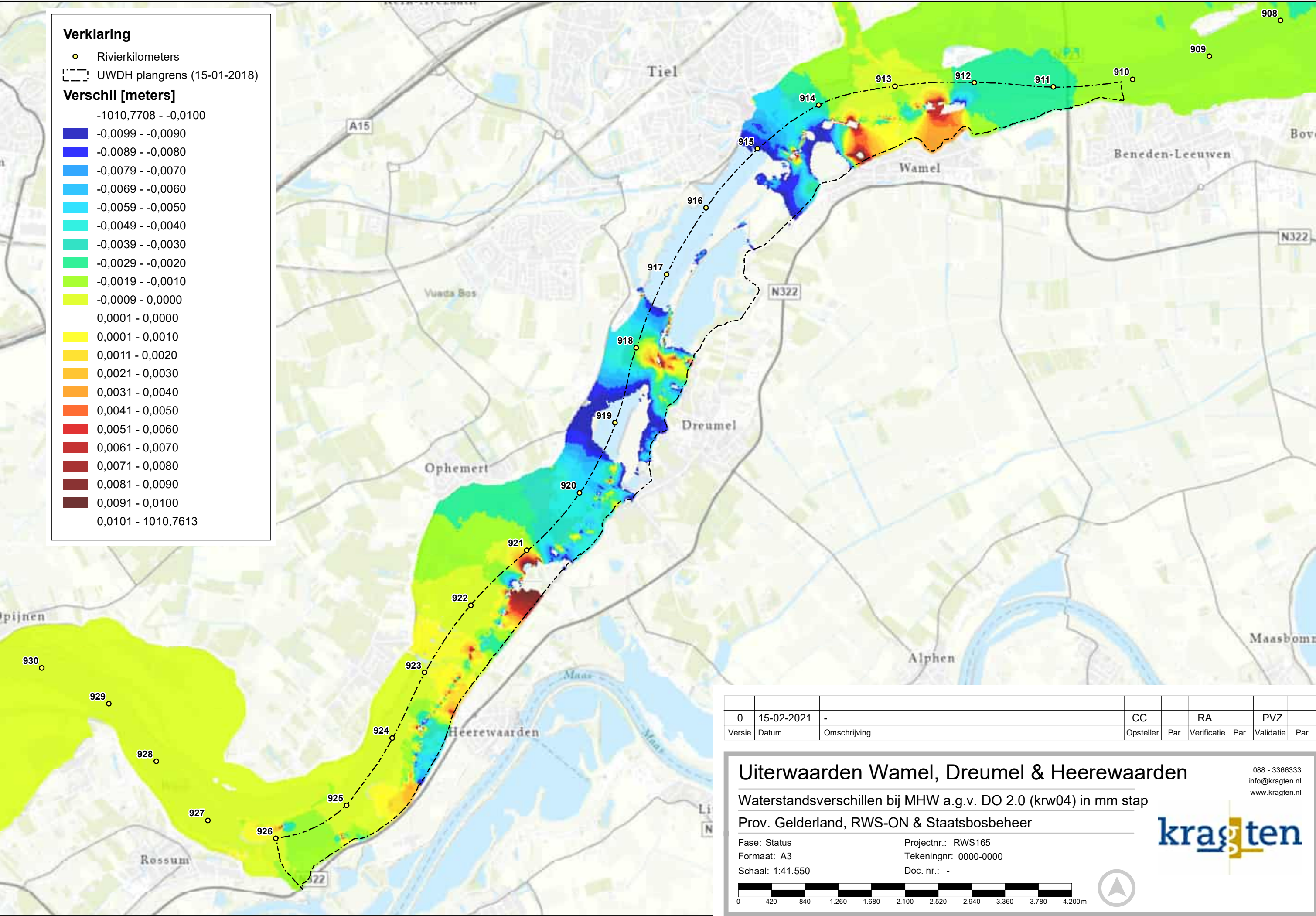
Doc. nr.: -

088 - 3366333
info@kragten.nl
www.kragten.nl

kragten



B5.2 Waterstandsverschillen bij MHW in millimeters



B6 NATTE EN DROGE CELLEN

B6.1 Nevengeul Wamel

B6.1.1 2.000 m³/s (boven: referentie situatie; onder: nieuwe situatie)



B6.1.2 4.000 m³/s (boven: referentie situatie; onder: nieuwe situatie)



B6.1.3 6.000 m³/s (boven: referentie situatie; onder: nieuwe situatie)



B6.2 Nevengeul Tielse Plaat

B6.2.1 2.000 m³/s (boven: referentie situatie; onder: nieuwe situatie)



B6.2.2 4.000 m³/s (boven: referentie situatie; onder: nieuwe situatie)

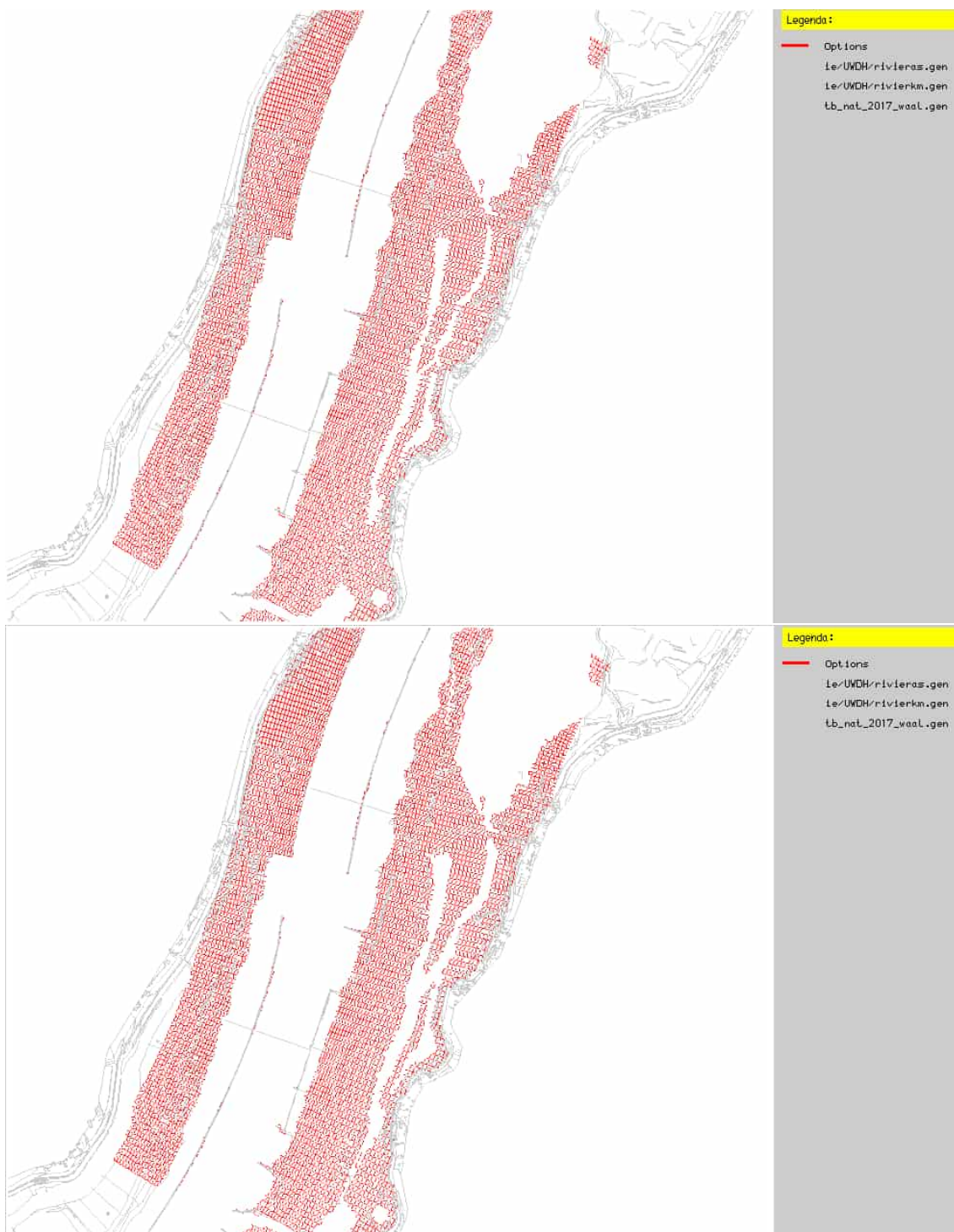


B6.2.3 6.000 m³/s (boven: referentie situatie; onder: nieuwe situatie)



B6.3 Nevengeul Dreumel

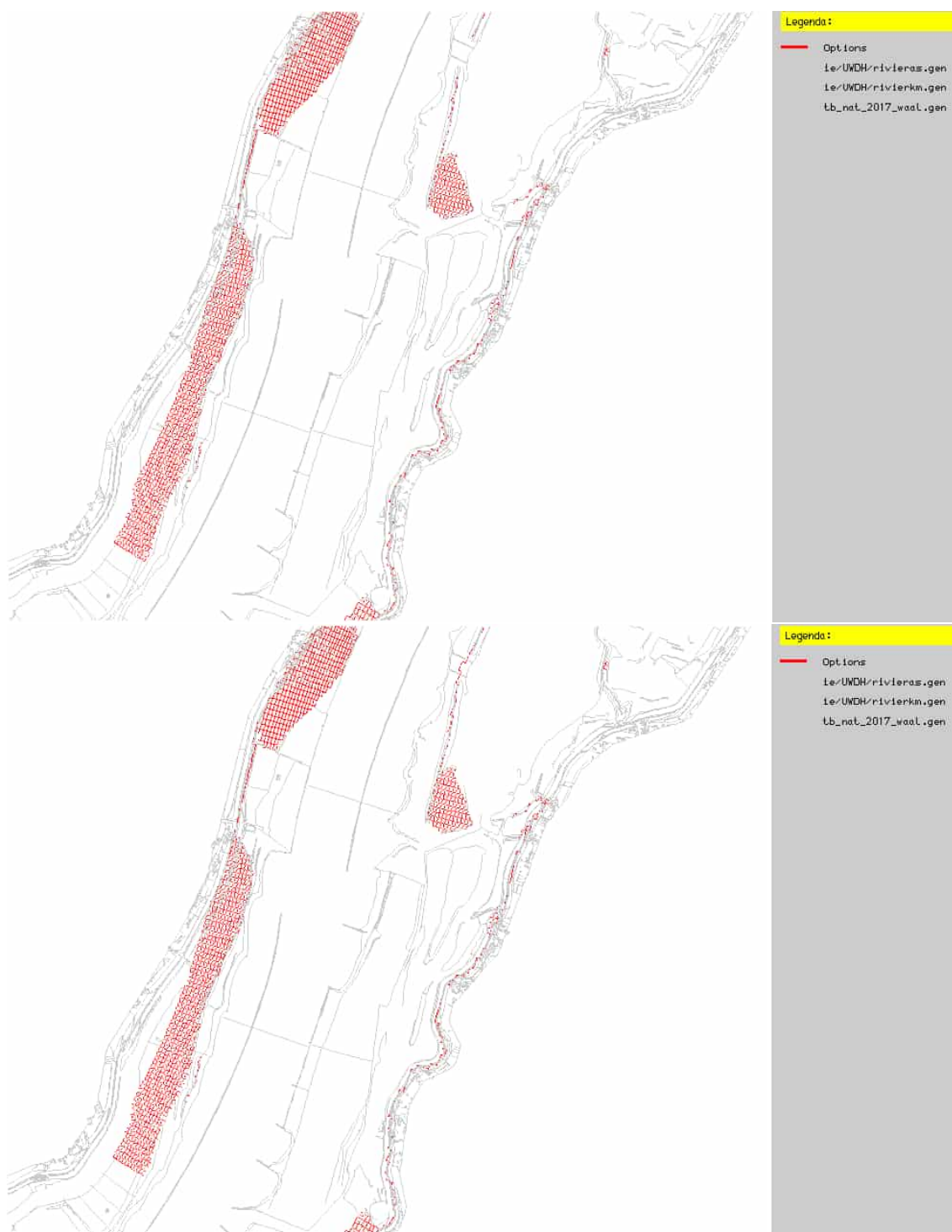
B6.3.1 2.000 m³/s (boven: referentie situatie; onder: nieuwe situatie)



B6.3.2 4.000 m³/s (boven: referentie situatie; onder: nieuwe situatie)

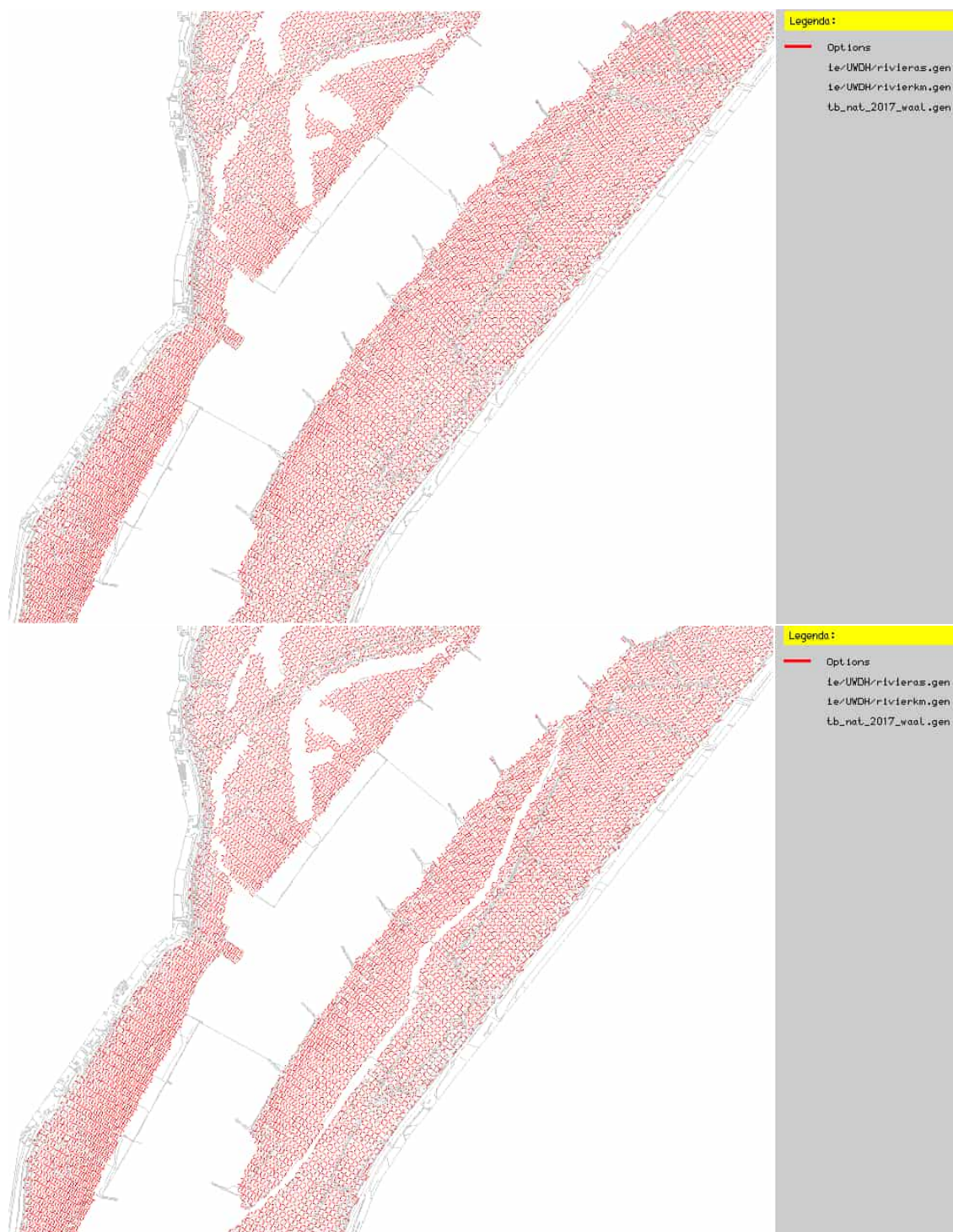


B6.3.3 6.000 m³/s (boven: referentie situatie; onder: nieuwe situatie)

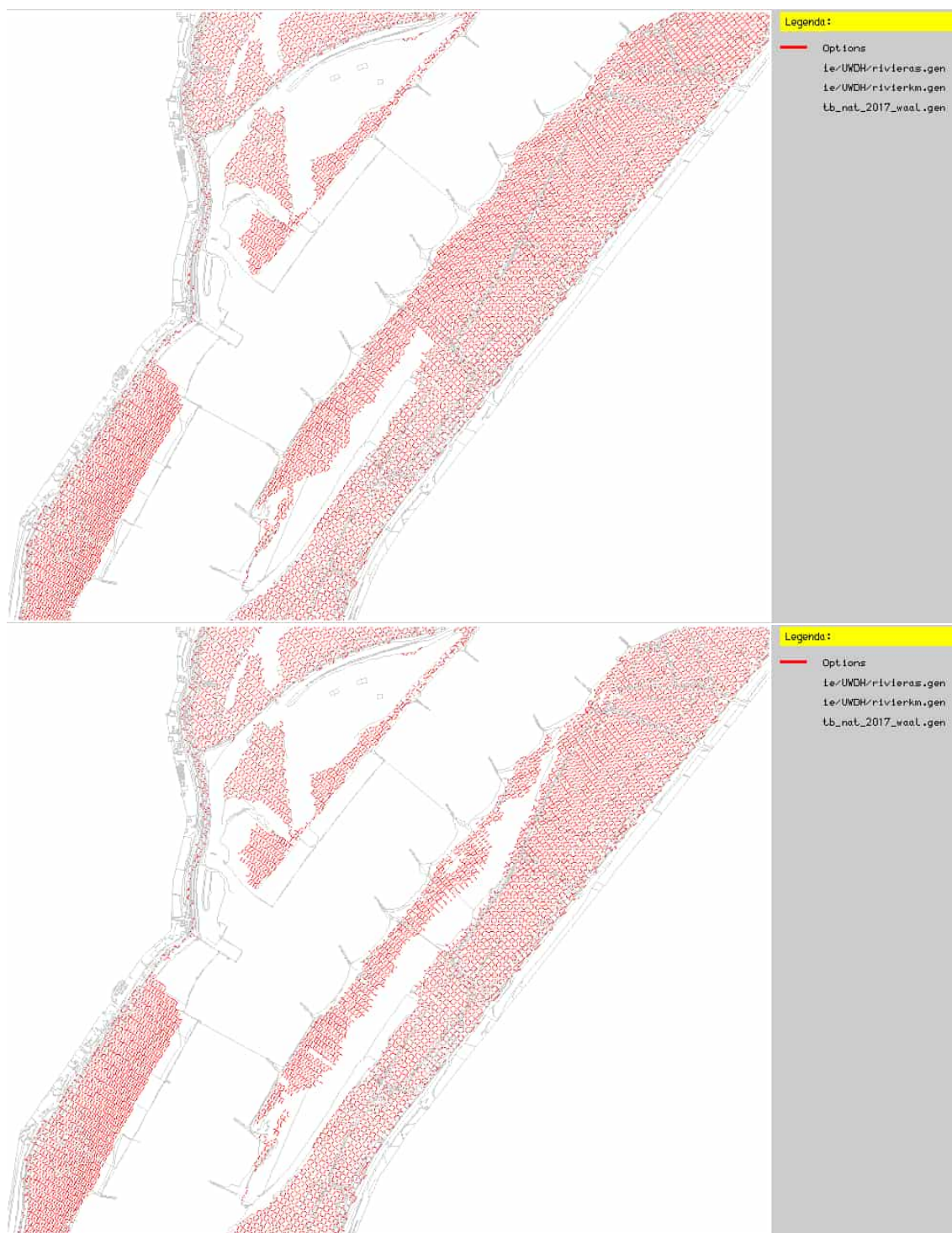


B6.4 Nevengeul Varikse Plaat

B6.4.1 2.000 m³/s (boven: referentie situatie; onder: nieuwe situatie)



B6.4.2 4.000 m³/s (boven: referentie situatie; onder: nieuwe situatie)

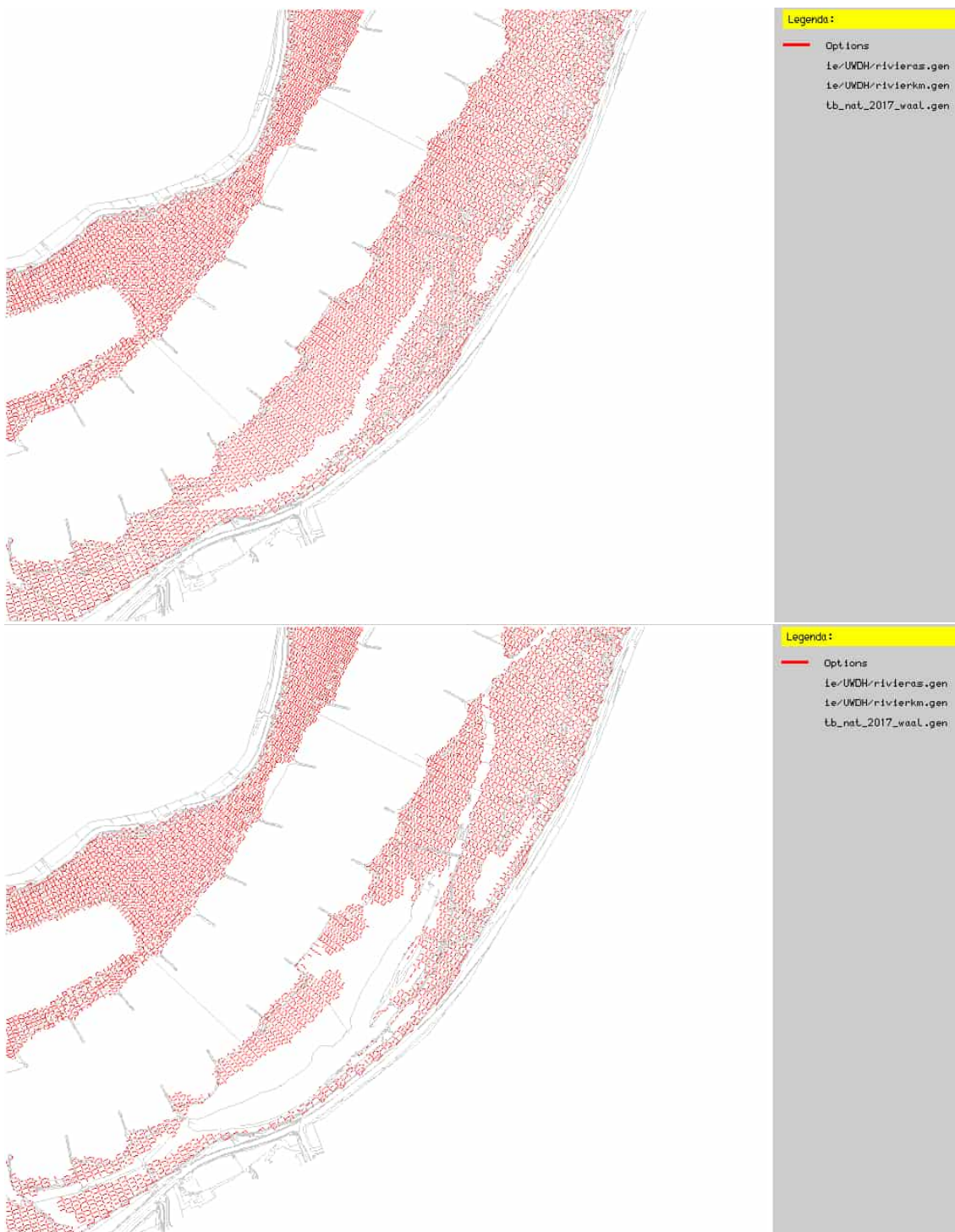


B6.4.3 6.000 m³/s (boven: referentie situatie; onder: nieuwe situatie)

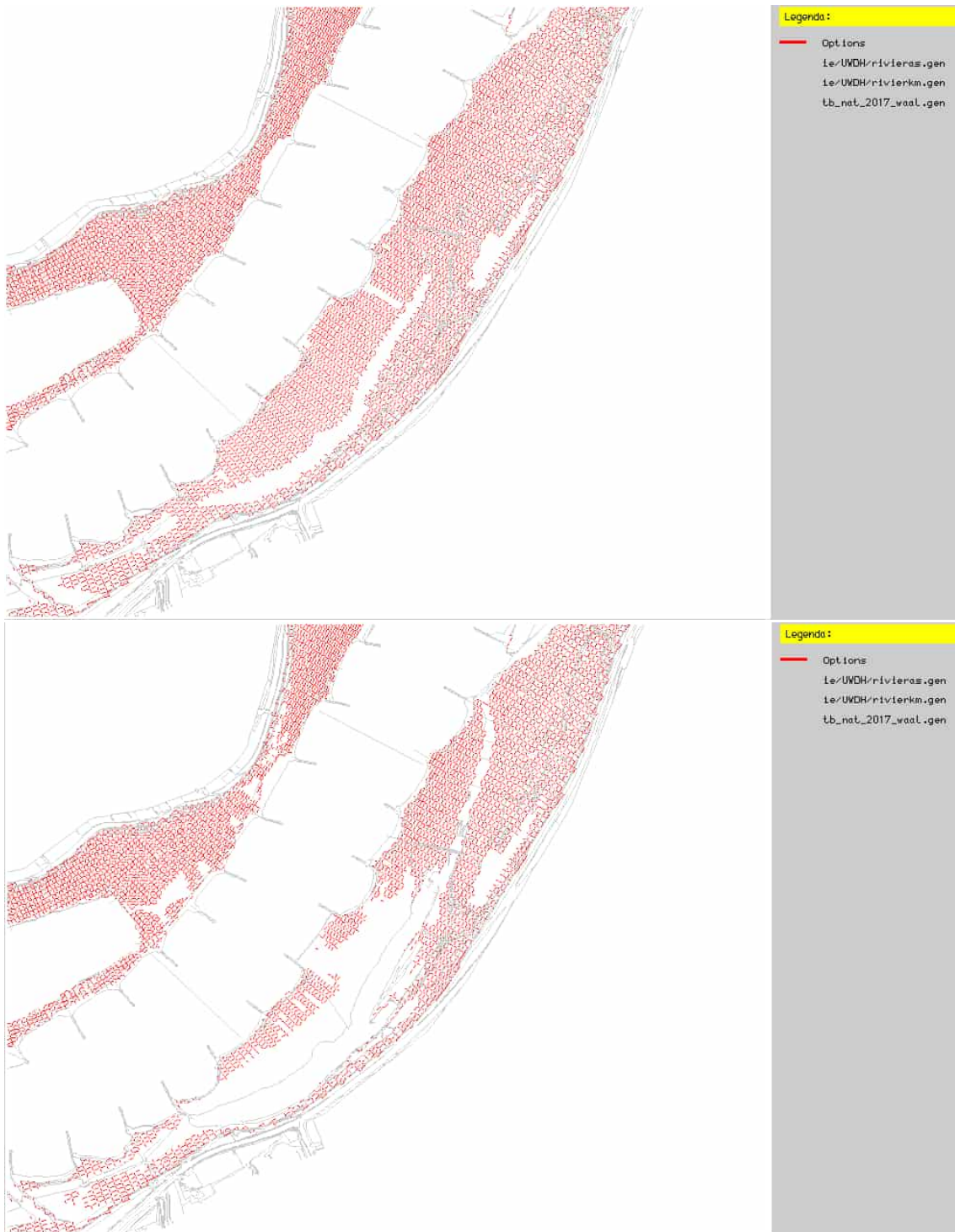


B6.5 Nevengeul Heerewaarden

B6.5.1 2.000 m³/s (boven: referentie situatie; onder: nieuwe situatie)



B6.5.2 4.000 m³/s (boven: referentie situatie; onder: nieuwe situatie)



B6.5.3 6.000 m³/s (boven: referentie situatie; onder: nieuwe situatie)



B7 WATERDIEPTEKAARTEN

B7.1 Overzichtskaart waterdiepten voor alle afvoeren

1. Waterdiepten bij 1.020 m3/s (afvoer is 345 dagen/jaar hoger)



2. Waterdiepten bij 2.000 m3/s (afvoer is 175 dagen/jaar hoger)



3. Waterdiepten bij 3.000 m3/s (afvoer is 61 dagen/jaar hoger)



4. Waterdiepten bij 4.000 m3/s (afvoer is 26 dagen/jaar hoger)



5. Waterdiepten bij 6.000 m3/s (herhalingstijd in jaren: 1)



6. Waterdiepten bij 8.000 m3/s (herhalingstijd in jaren: 3)



7. Waterdiepten bij 10.000 m3/s (herhalingstijd in jaren: 13)



8. Waterdiepten bij 16.000 m3/s (herhalingstijd in jaren: 1.278)



Verklaring

UWDH plangrens (2018)

Waterdiepten [meter]

- 18,06 - 0,01
- 0,02 - 0,50
- 0,51 - 1,00
- 1,01 - 1,50
- 1,51 - 2,00
- 2,01 - 2,50
- 2,51 - 3,00
- 3,01 - 3,50
- 3,51 - 4,00
- 4,01 - 4,50
- 4,51 - 5,00
- 5,01 - 6,00
- 6,01 - 7,00
- 7,01 - 8,00
- 8,01 - 9,00
- 9,01 - 10,00
- 10,01 - 40,00

0	15-02-2021	Omschrijving	CC		RA		PVZ	
Versie	Datum	Omschrijving	Opsteller	Par.	Verificatie	Par.	Validatie	Par.

Uiterwaarden Wamel, Dreumel & Heerewaarden

Waterdiepten a.g.v. krw04

Prov. Gelderland, Staatsbosbeheer & RWS-ON

Fase: Definitief

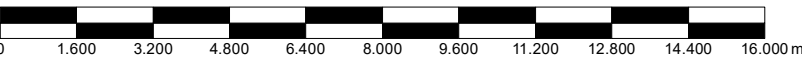
Projectnr.: RWS165

Formaat: A3

Tekeningnr: 0000-0000

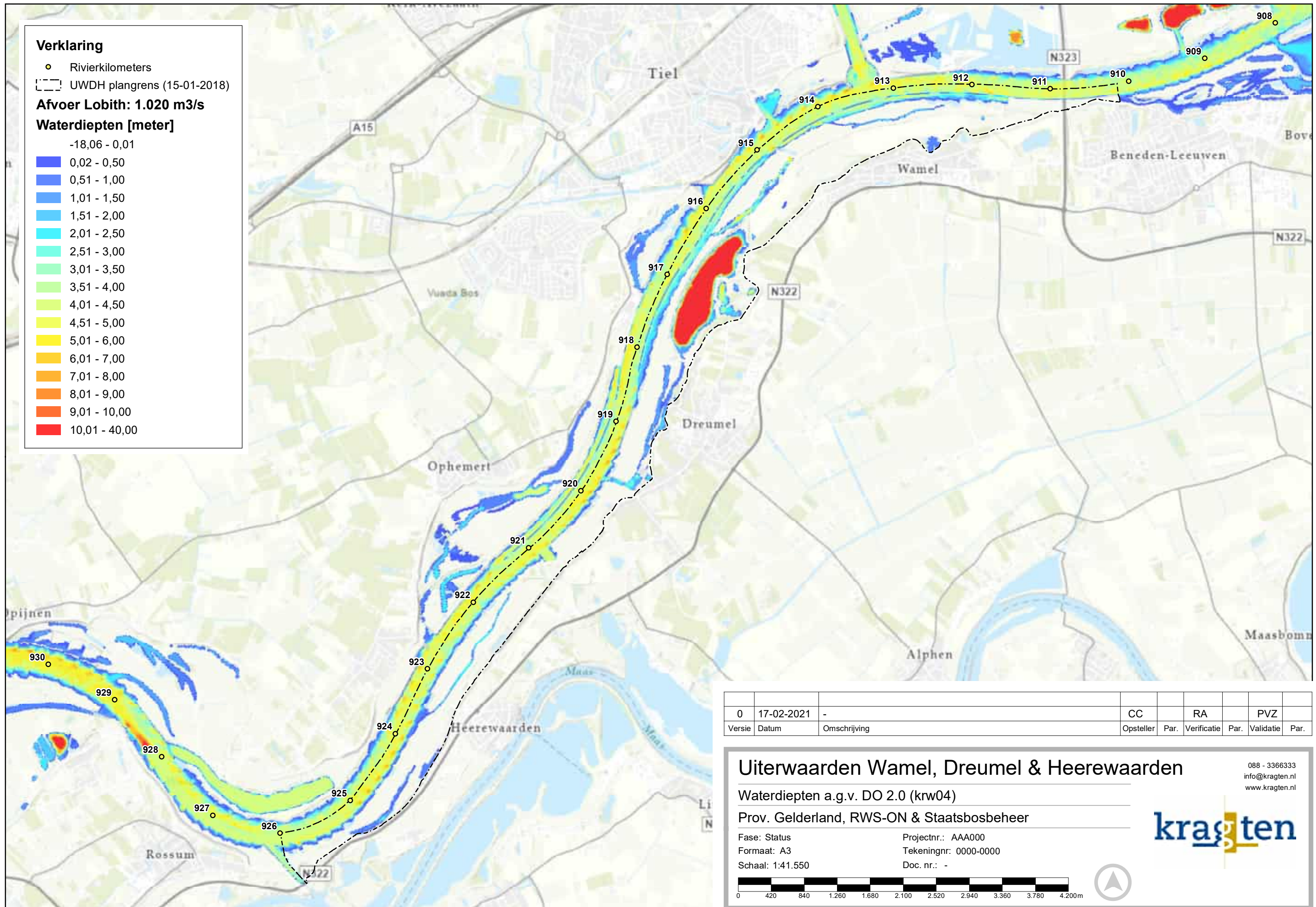
Schaal: 1:158.278

Doc. nr.: -



088 - 3366333
info@kragten.nl
www.kragten.nl

B7.2 Waterdieptenkaarten per afvoerniveau



0	17-02-2021	-	CC		RA		PVZ	
Versie	Datum	Omschrijving	Opsteller	Par.	Verificatie	Par.	Validatie	Par.

Uiterwaarden Wamel, Dreumel & Heerewaarden

Waterdiepten a.g.v. DO 2.0 (krw04)

Prov. Gelderland, RWS-ON & Staatsbosbeheer

Fase: Status

Projectnr.: AAA000

Formaat: A3

Tekeningnr: 0000-0000

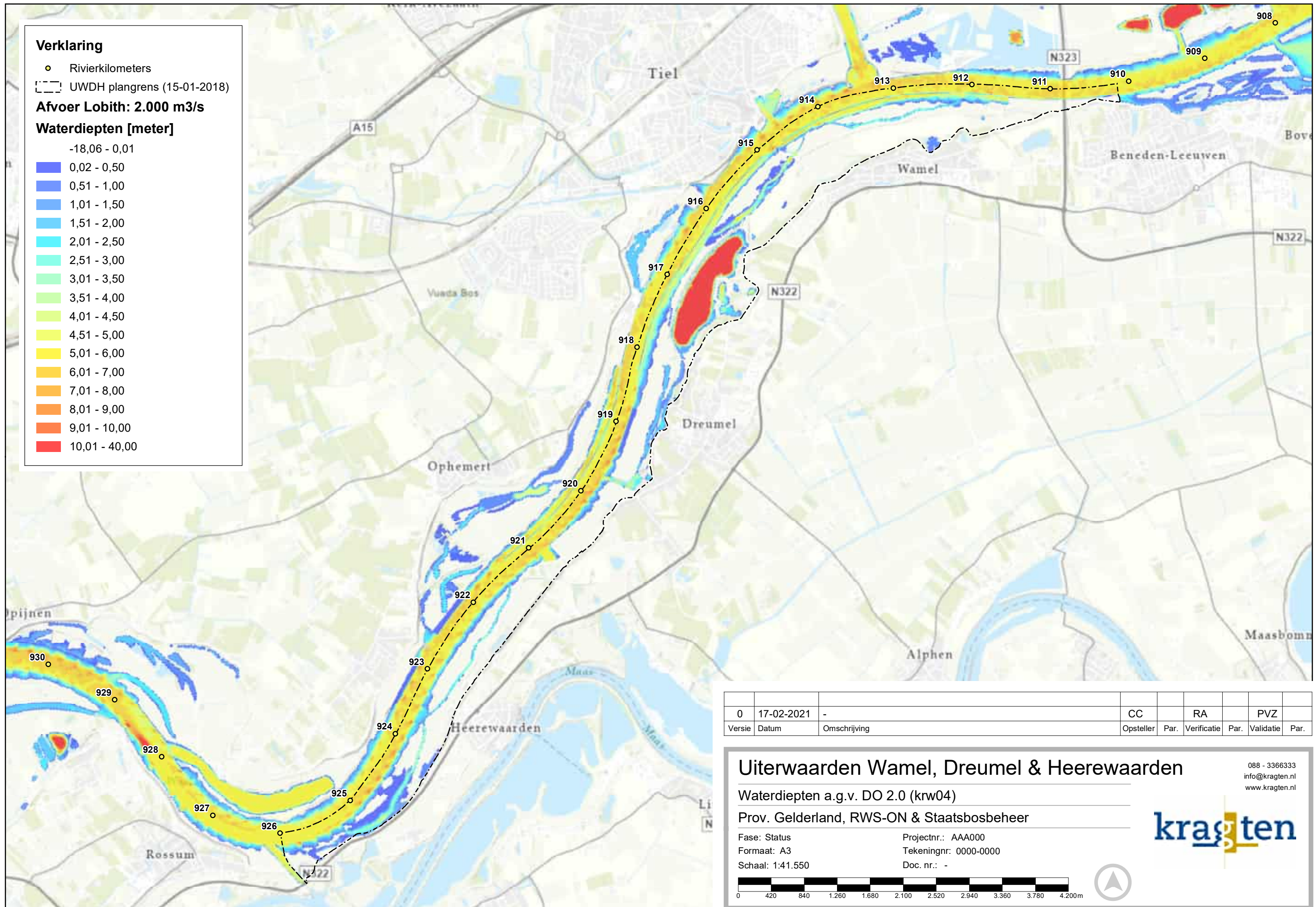
Schaal: 1:41.550

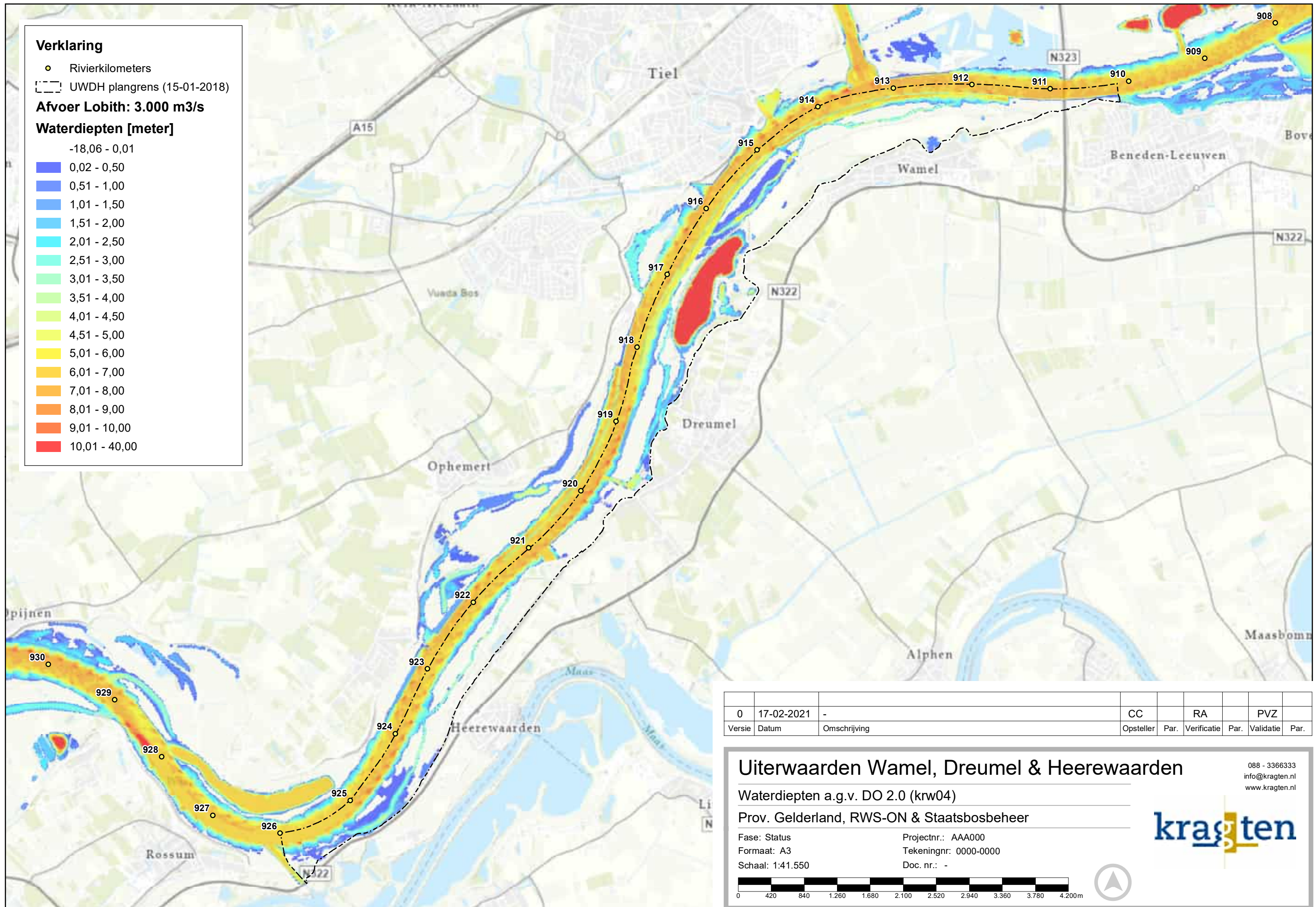
Doc. nr.: -

088 - 3366333
info@kragten.nl
www.kragten.nl

kragten







0	17-02-2021	-	CC		RA		PVZ	
Versie	Datum	Omschrijving	Opsteller	Par.	Verificatie	Par.	Validatie	Par.

Uiterwaarden Wamel, Dreumel & Heerewaarden

Waterdiepten a.g.v. DO 2.0 (krw04)

Prov. Gelderland, RWS-ON & Staatsbosbeheer

Fase: Status

Projectnr.: AAA000

Formaat: A3

Tekeningnr: 0000-0000

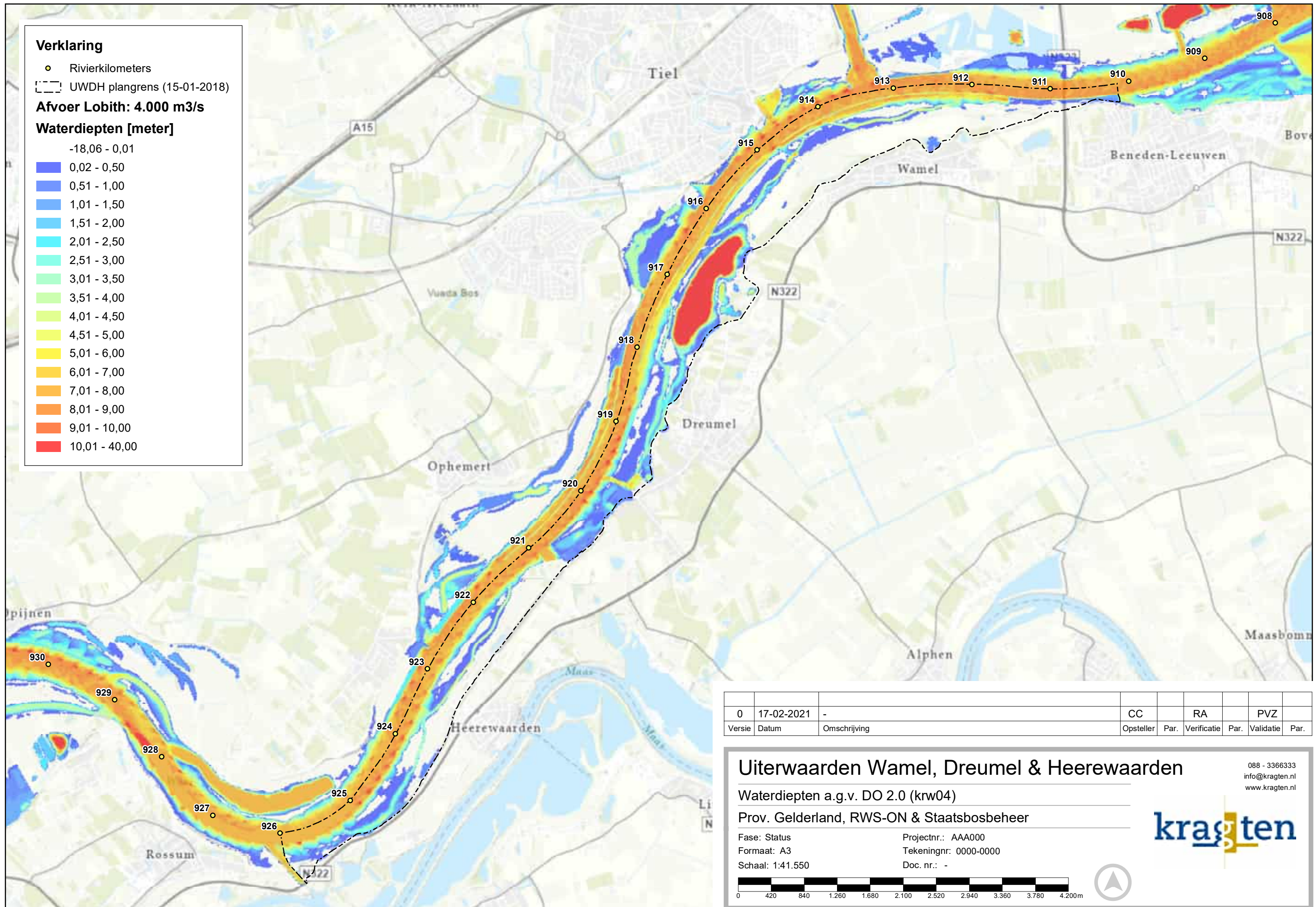
Schaal: 1:41.550

Doc. nr.: -

088 - 3366333
info@kragten.nl
www.kragten.nl

kragten





0	17-02-2021	-	CC		RA		PVZ	
Versie	Datum	Omschrijving	Opsteller	Par.	Verificatie	Par.	Validatie	Par.

Uiterwaarden Wamel, Dreumel & Heerewaarden

Waterdiepten a.g.v. DO 2.0 (krw04)

Prov. Gelderland, RWS-ON & Staatsbosbeheer

Fase: Status

Projectnr.: AAA000

Formaat: A3

Tekeningnr: 0000-0000

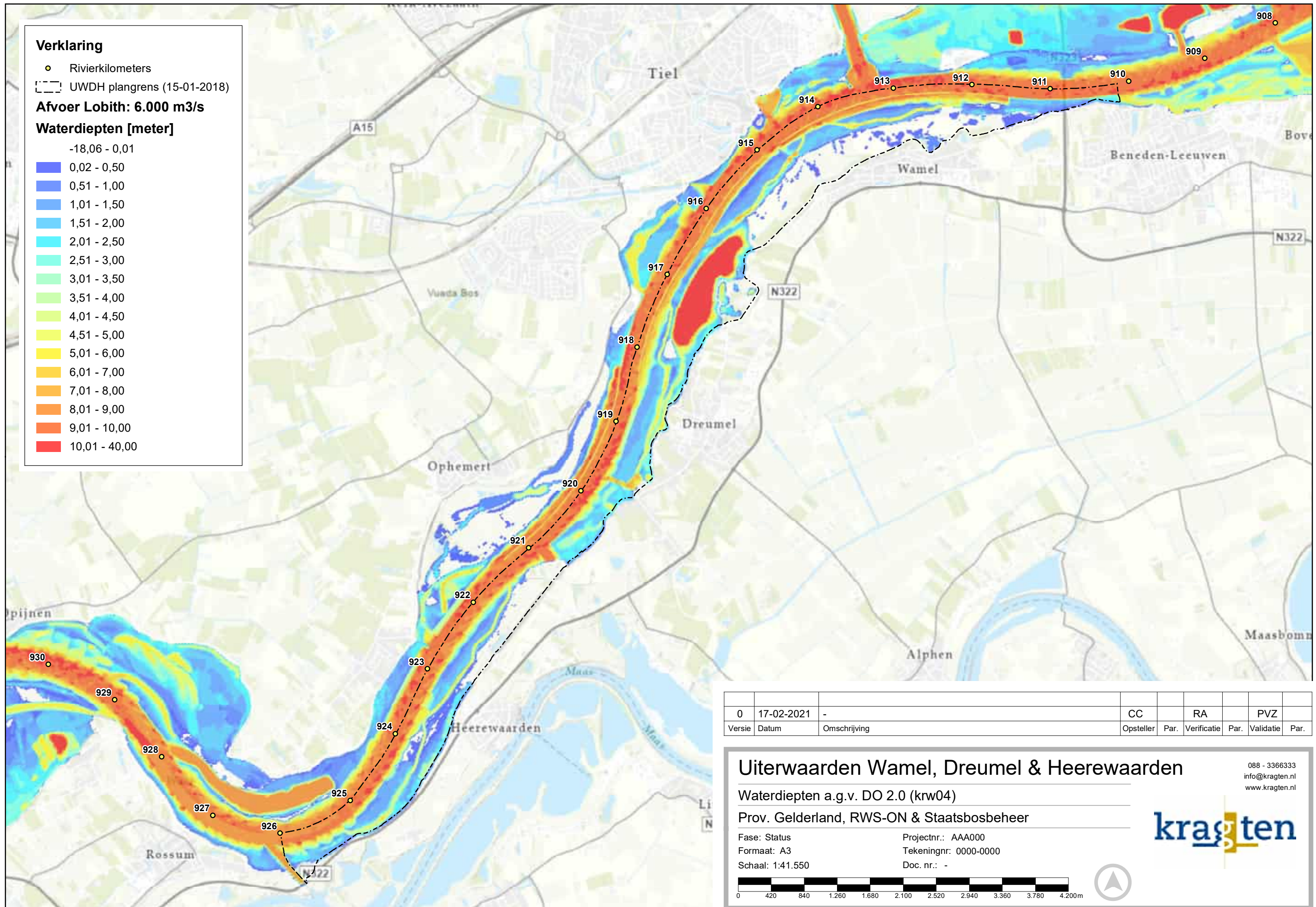
Schaal: 1:41.550

Doc. nr.: -

088 - 3366333
info@kragten.nl
www.kragten.nl

kragten





0	17-02-2021	-	CC		RA		PVZ	
Versie	Datum	Omschrijving	Opsteller	Par.	Verificatie	Par.	Validatie	Par.

Uiterwaarden Wamel, Dreumel & Heerewaarden

Waterdiepten a.g.v. DO 2.0 (krw04)

Prov. Gelderland, RWS-ON & Staatsbosbeheer

Fase: Status

Projectnr.: AAA000

Formaat: A3

Tekeningnr: 0000-0000

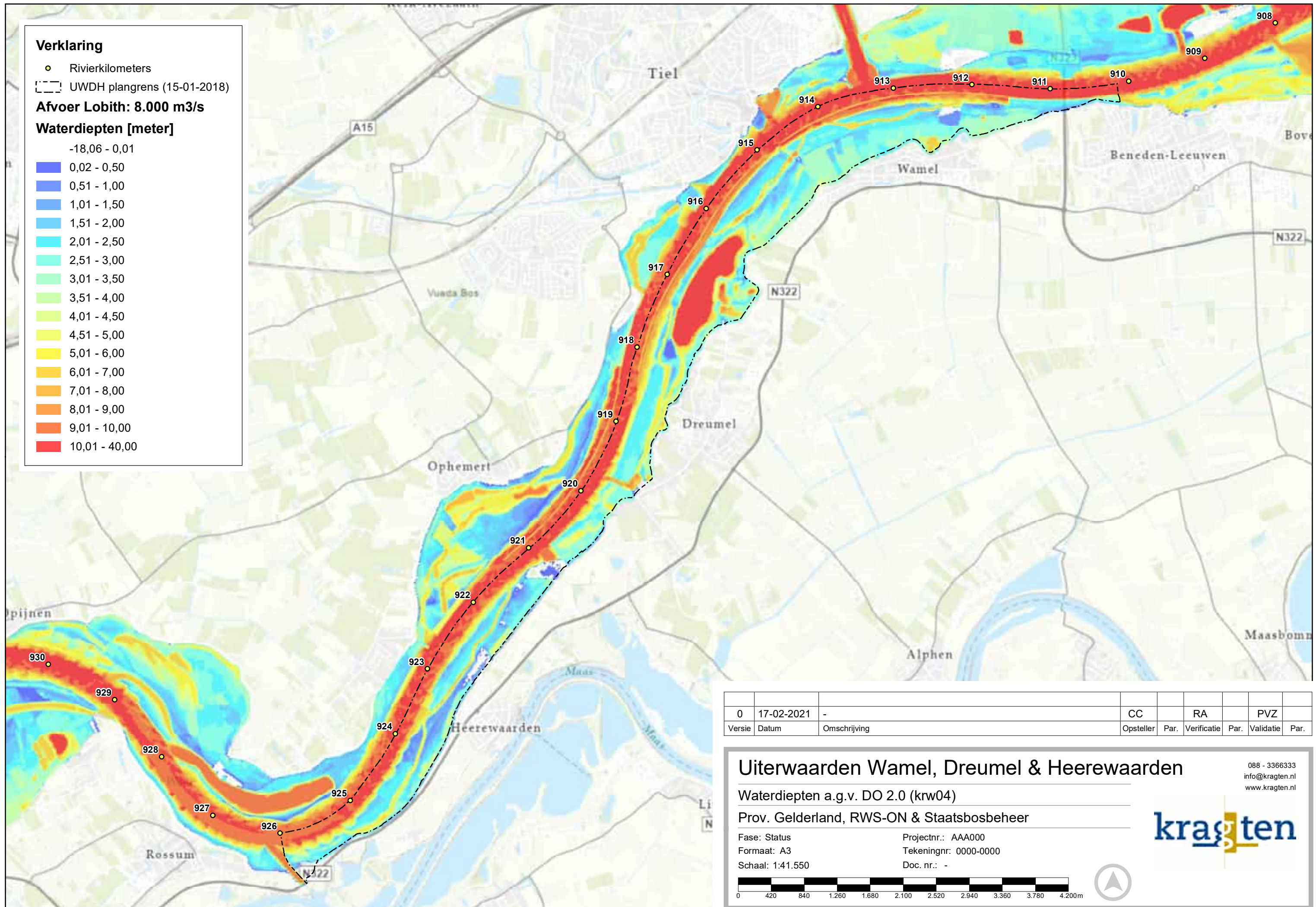
Schaal: 1:41.550

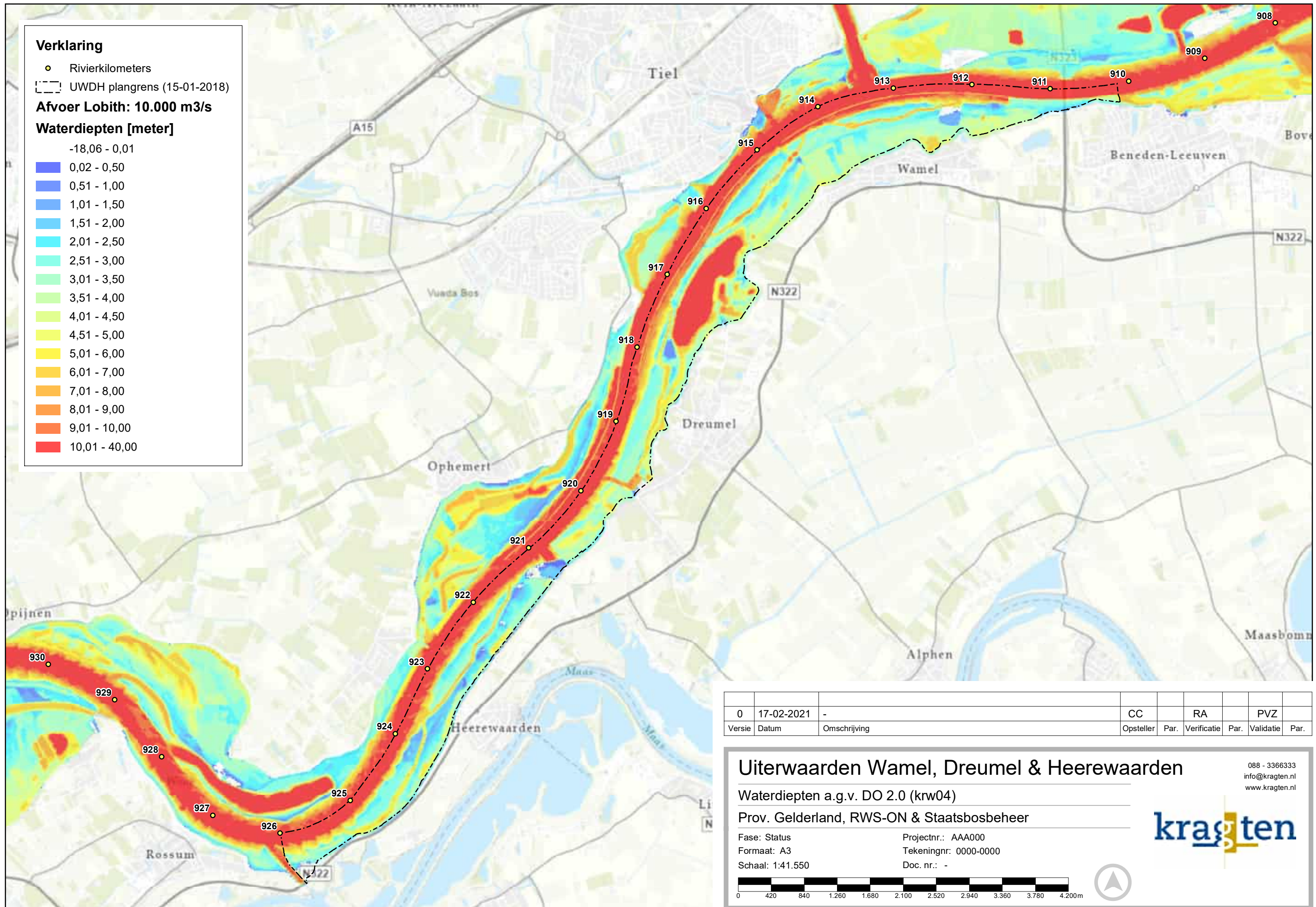
Doc. nr.: -

088 - 3366333
info@kragten.nl
www.kragten.nl

kragten







0	17-02-2021	-	CC		RA		PVZ	
Versie	Datum	Omschrijving	Opsteller	Par.	Verificatie	Par.	Validatie	Par.

Uiterwaarden Wamel, Dreumel & Heerewaarden

Waterdiepten a.g.v. DO 2.0 (krw04)

Prov. Gelderland, RWS-ON & Staatsbosbeheer

Fase: Status

Projectnr.: AAA000

Formaat: A3

Tekeningnr: 0000-0000

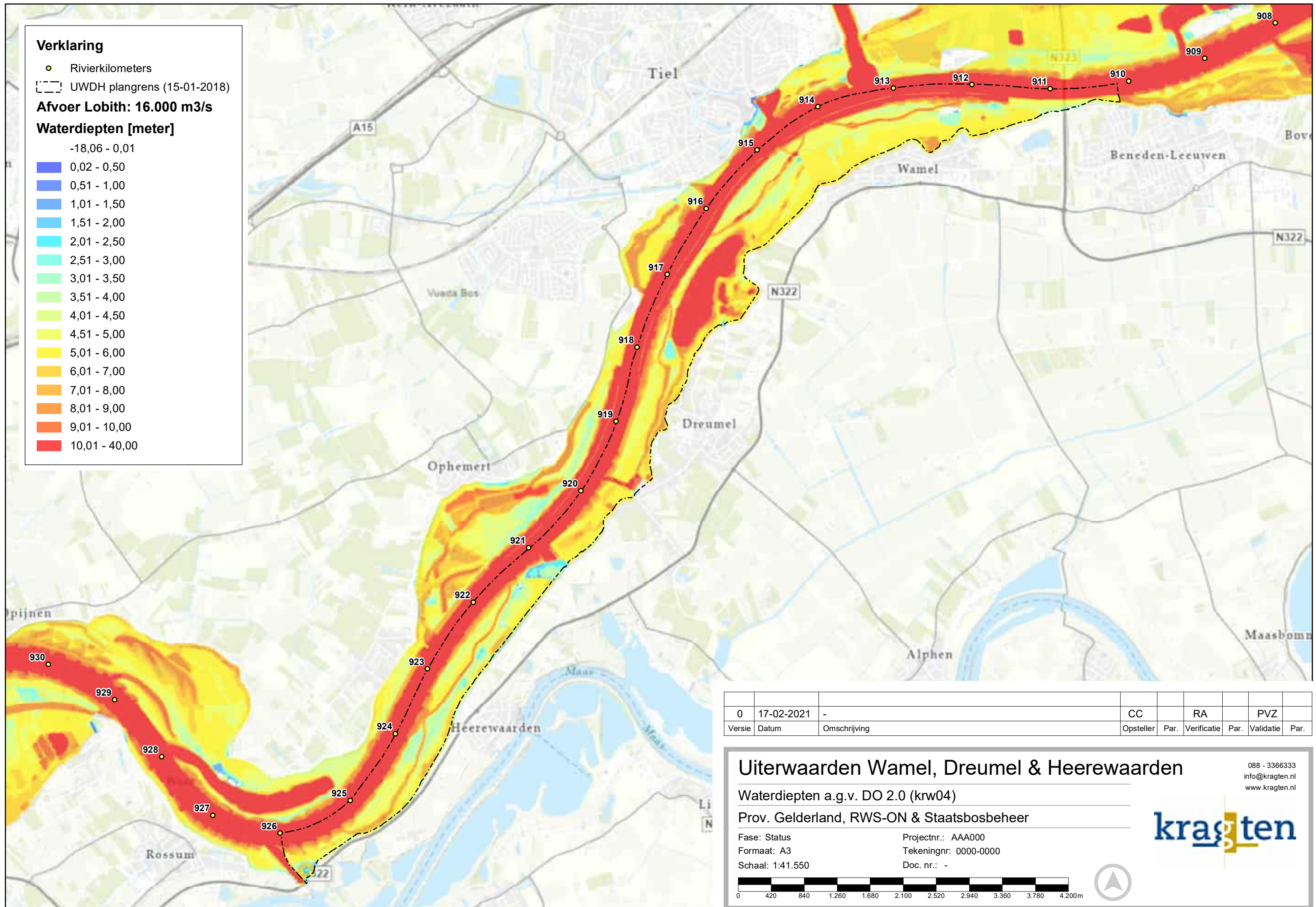
Schaal: 1:41.550

Doc. nr.: -

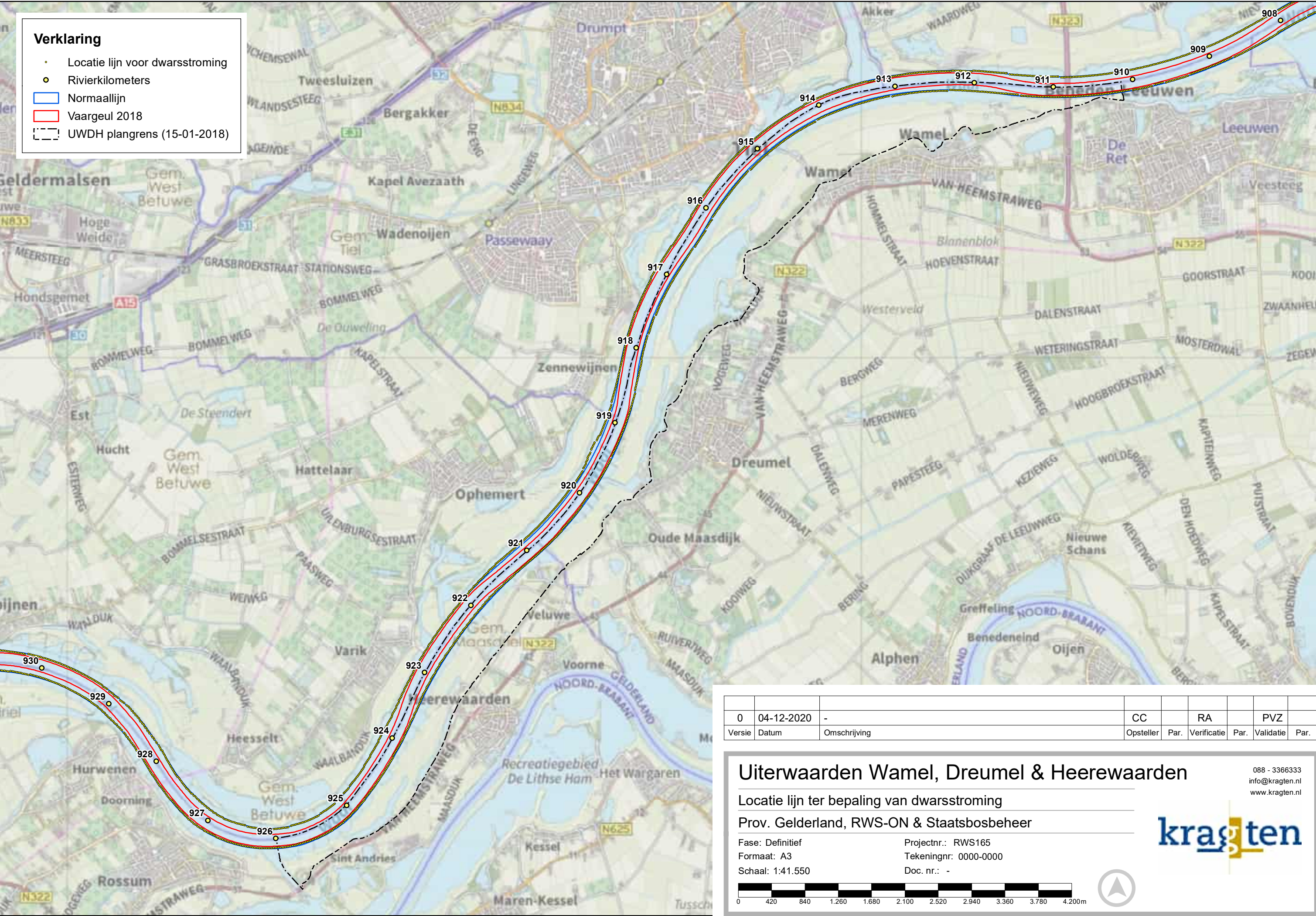
088 - 3366333
info@kragten.nl
www.kragten.nl

kragten



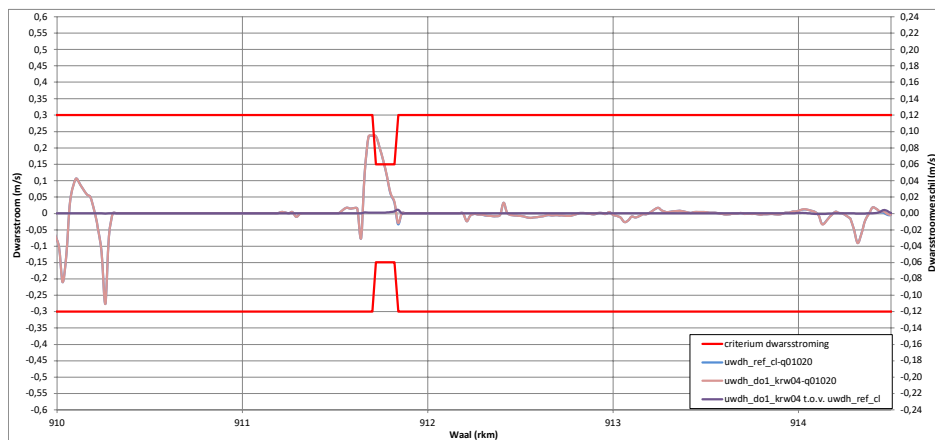


B8 LOCATIE LIJN DWARSSTROMING

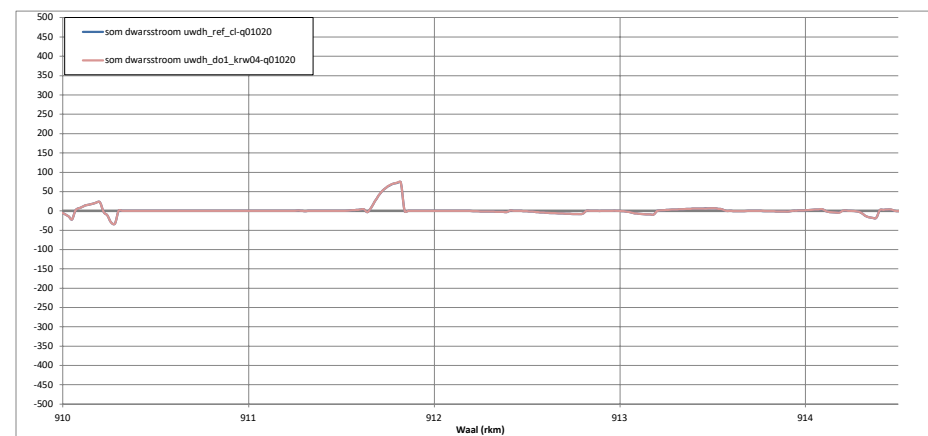
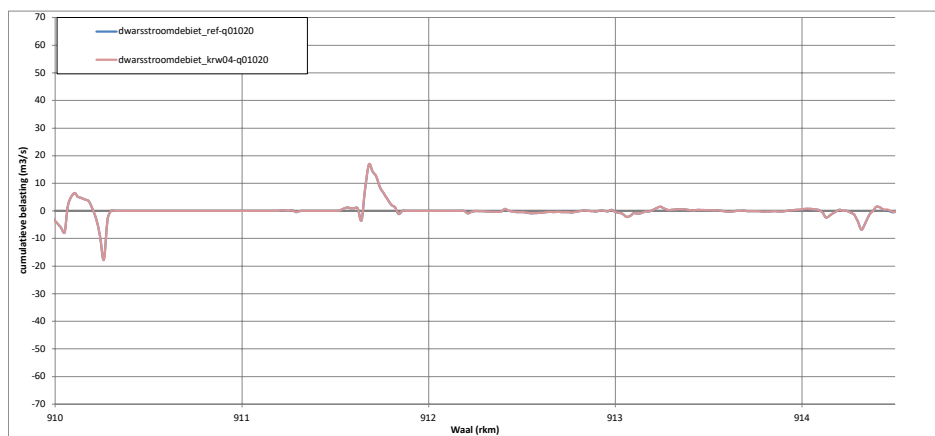


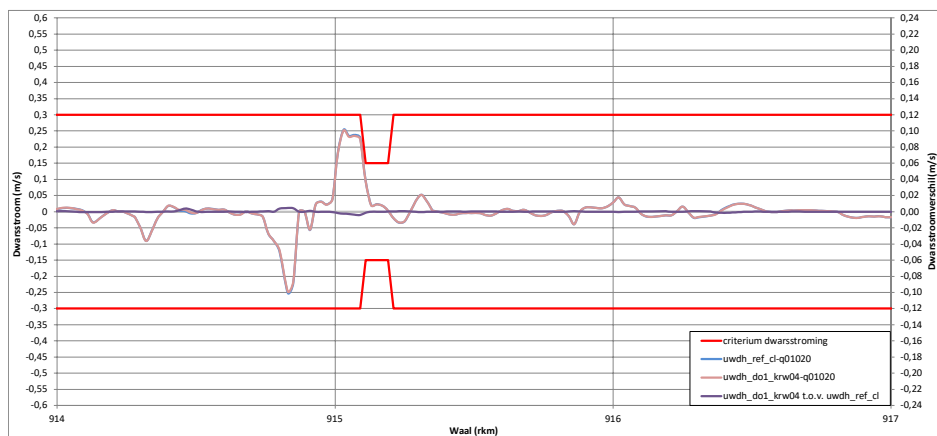
B9 GRAFIEKEN DWARSSTROMING

B9.1 Dwarsstroming bij 1.020 m³/s bij Lobith

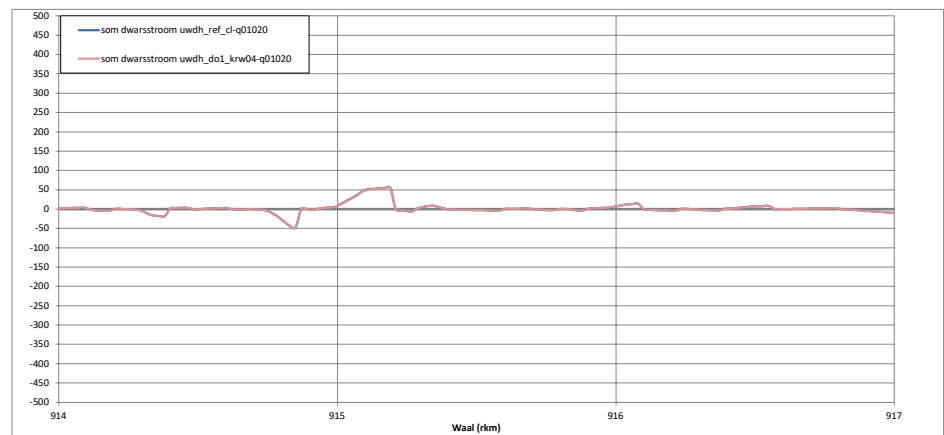
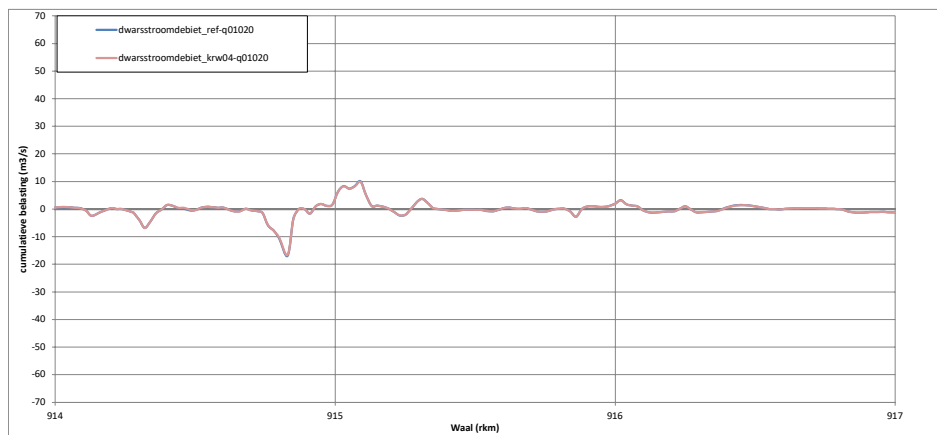


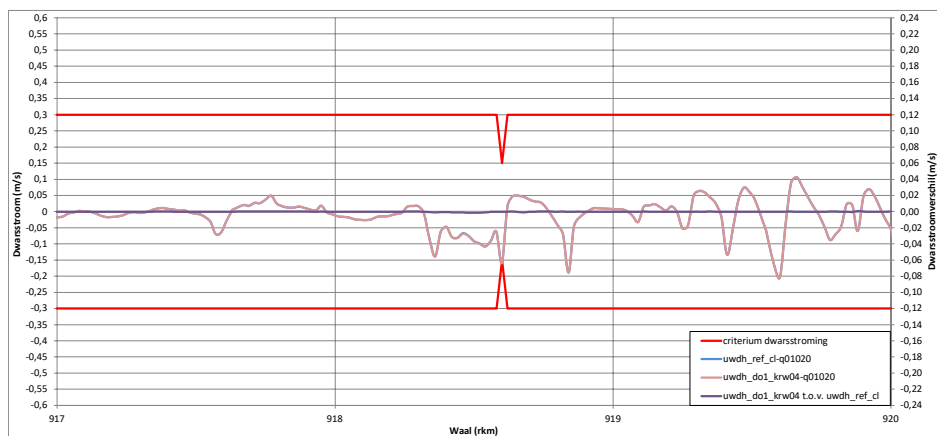
Dwaarsstroming bij een afvoer van 1020 m ³ /s bij Lobith	
Locaties relevante ingrepen:	
Nevengeul Wamel: Rkm 912,1 - Rkm 914	
Nevengeul Tielse Plaat: Rkm 914,4 - Rkm 916,3	
Nevengeul Dreumel: Rkm 917,3 - Rkm 919,8	
Nevengeul Varikse Plaat: Rkm 921,6 - Rkm 923,6	
Nevengeul Heerewaarden: Rkm 923,7 - Rkm 925,3	
Groen: getoond op deze pagina Oranje: zie andere pagina's	



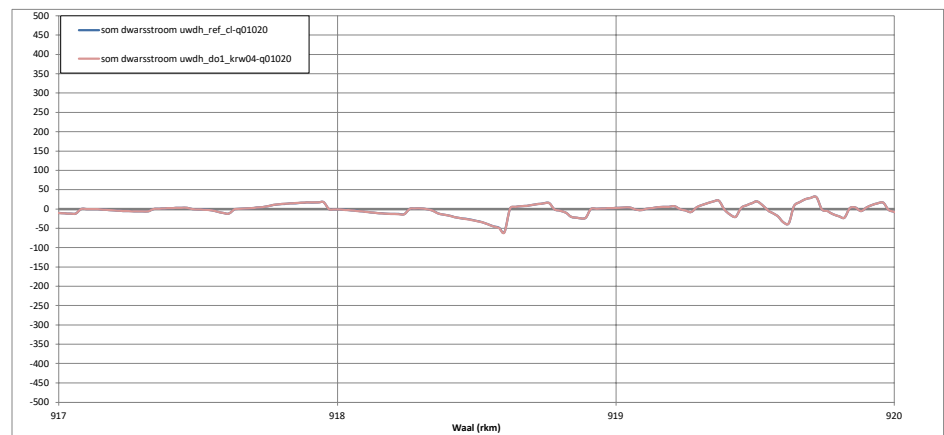
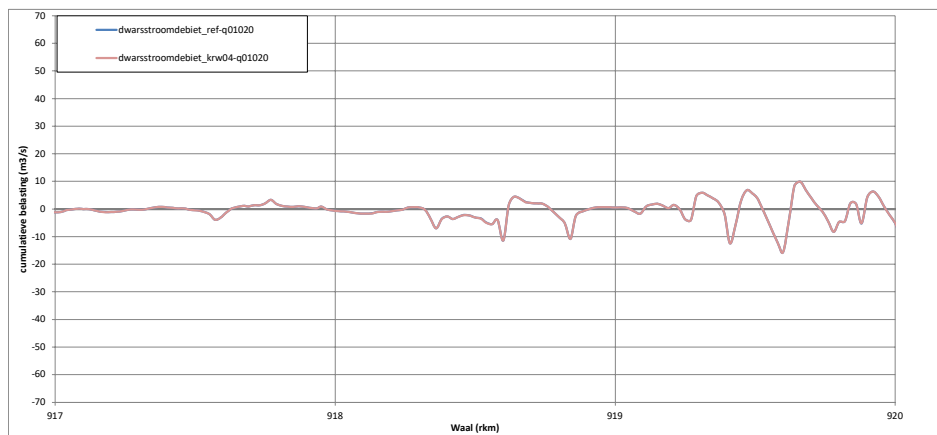


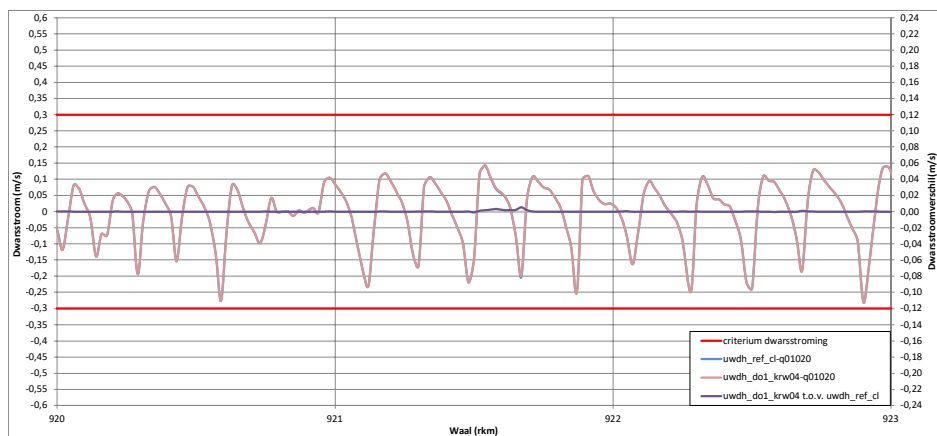
Dwaarsstroming bij een afvoer van 1020 m ³ /s bij Lobith	
Locaties relevante ingrepen:	
Nevengeul Wamel: Rkm 912,1 - Rkm 914	
Nevengeul Tielse Plaat: Rkm 914,4 - Rkm 916,3	
Nevengeul Dreumel: Rkm 917,3 - Rkm 919,8	
Nevengeul Varikse Plaat: Rkm 921,6 - Rkm 923,6	
Nevengeul Heerewaarden: Rkm 923,7 - Rkm 925,3	
Groen: getoond op deze pagina Oranje: zie andere pagina's	



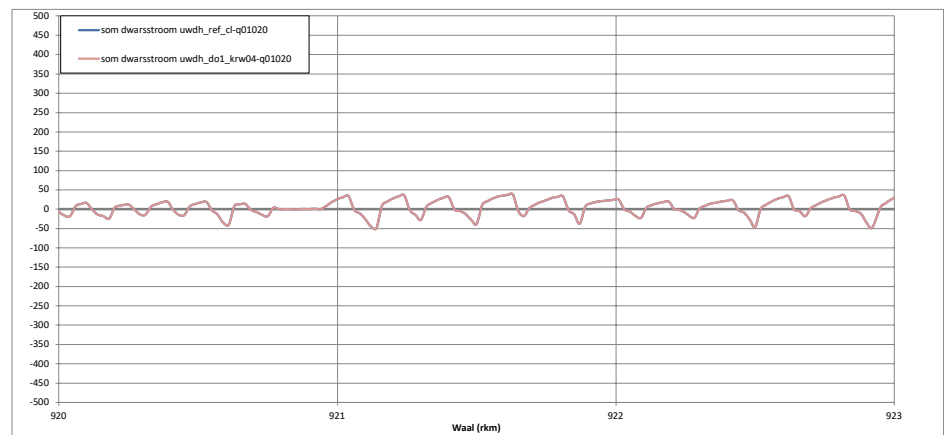
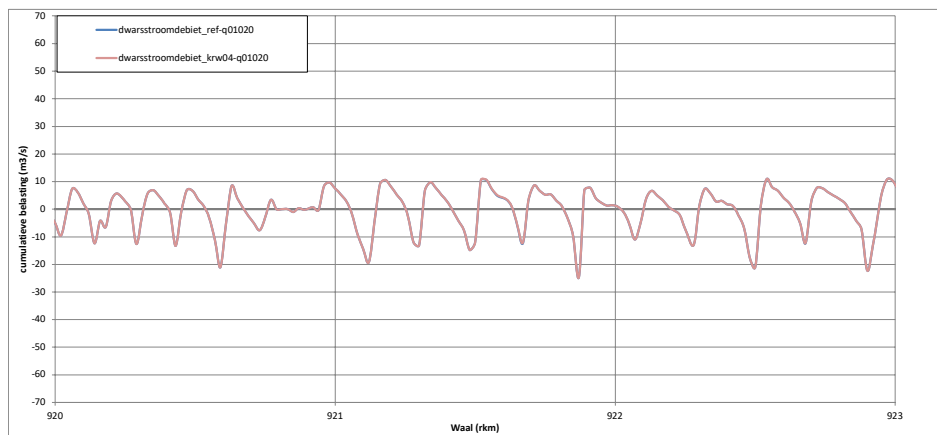


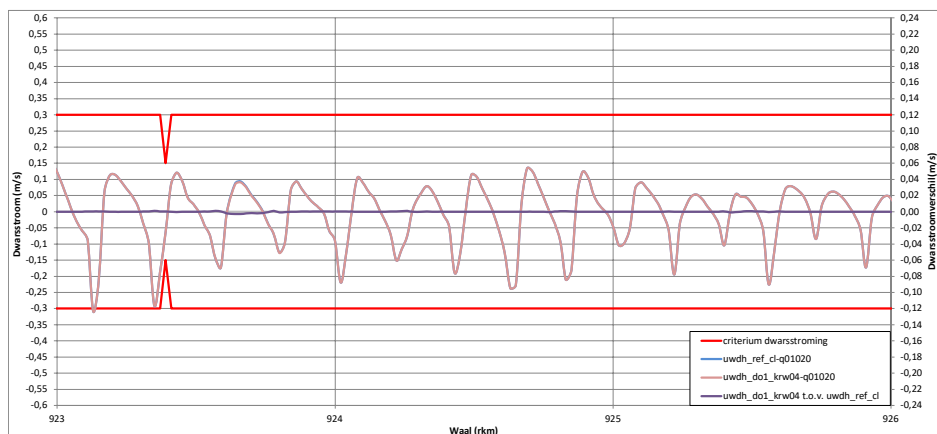
Dwarsstroming bij een afvoer van 1020 m³/s bij Lobith	
Locaties relevante ingrepen:	
Nevengeul Wamel: Rkm 912,1 - Rkm 914	
Nevengeul Tielse Plaat: Rkm 914,4 - Rkm 916,3	
Nevengeul Dreumel: Rkm 917,3 - Rkm 919,8	
Nevengeul Varikse Plaat: Rkm 921,6 - Rkm 923,6	
Nevengeul Heerewaarden: Rkm 923,7 - Rkm 925,3	
Groen:	getoond op deze pagina
Oranje:	zie andere pagina's



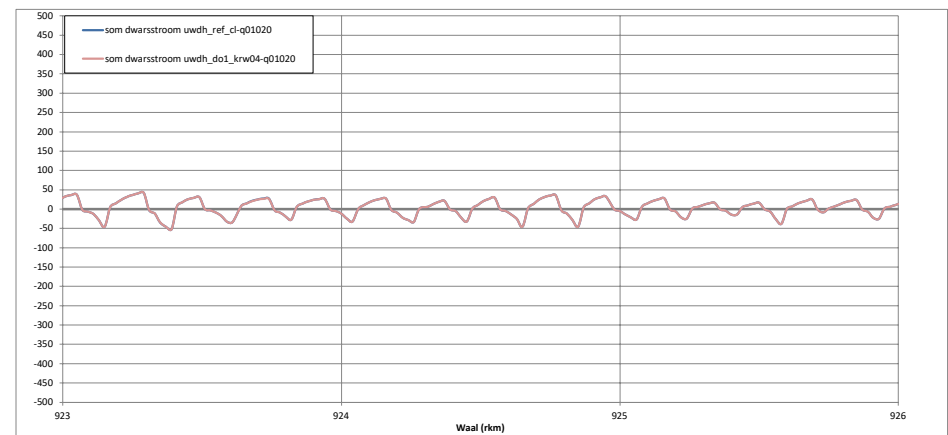
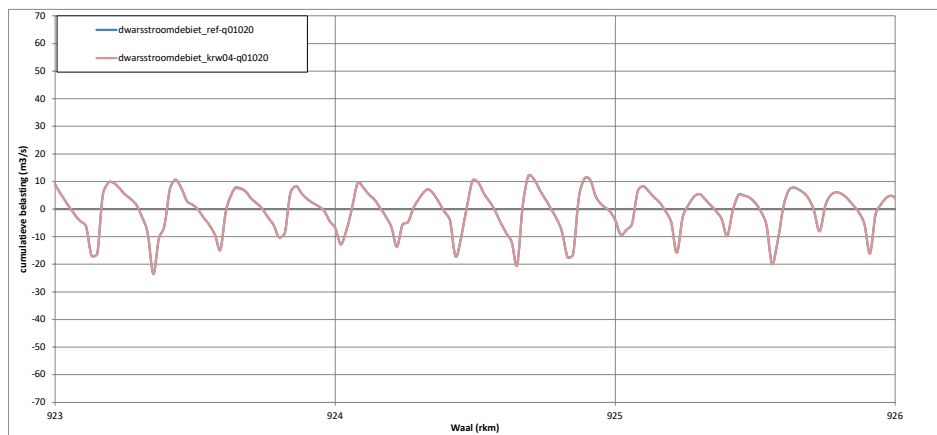


Dwarsstroming bij een afvoer van 1020 m ³ /s bij Lobith	
Locaties relevante ingrepen:	
Nevengeul Wamel: Rkm 912,1 - Rkm 914	
Nevengeul Tielse Plaat: Rkm 914,4 - Rkm 916,3	
Nevengeul Dreumel: Rkm 917,3 - Rkm 919,8	
Nevengeul Varikse Plaat: Rkm 921,6 - Rkm 923,6	
Nevengeul Heerewaarden: Rkm 923,7 - Rkm 925,3	
Groen:	getoond op deze pagina
Oranje:	zie andere pagina's





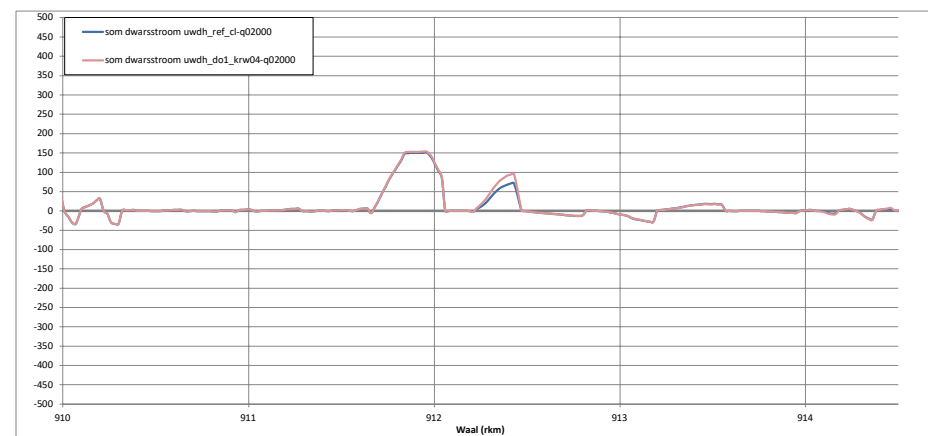
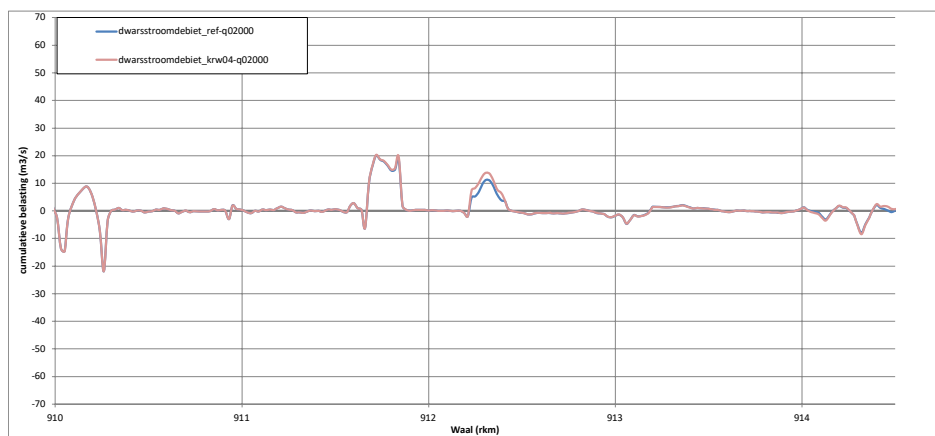
Dwaarsstroming bij een afvoer van 1020 m³/s bij Lobith	
Locaties relevante ingrepen:	
Nevengeul Wamel: Rkm 912,1 - Rkm 914	
Nevengeul Tielse Plaat: Rkm 914,4 - Rkm 916,3	
Nevengeul Dreumel: Rkm 917,3 - Rkm 919,8	
Nevengeul Varikse Plaat: Rkm 921,6 - Rkm 923,6	
Nevengeul Heerewaarden: Rkm 923,7 - Rkm 925,3	
Groen:	getoond op deze pagina
Oranje:	zie andere pagina's

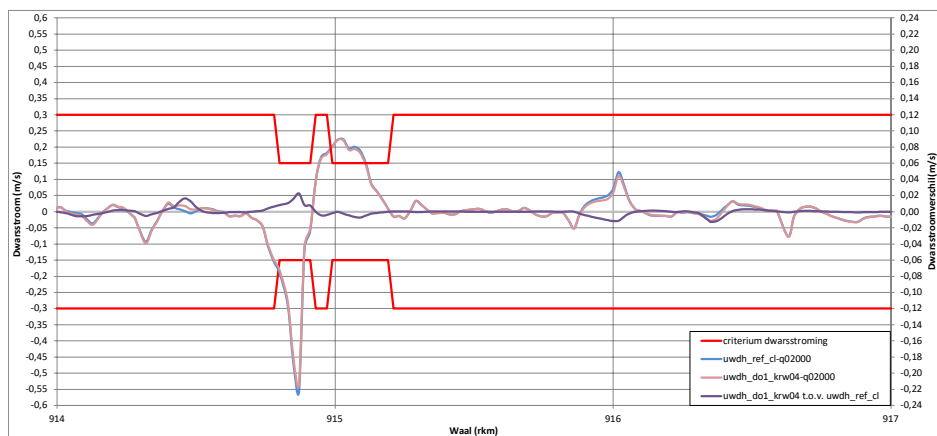


B9.2 Dwarsstroming bij 2.000 m³/s bij Lobith

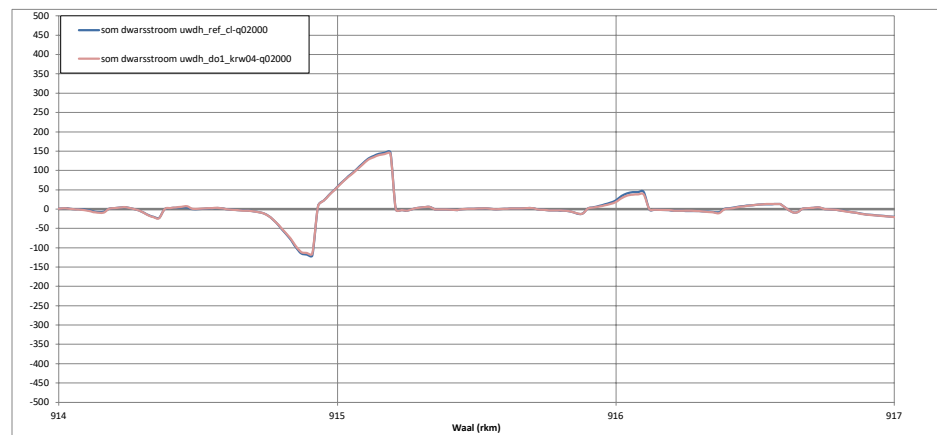
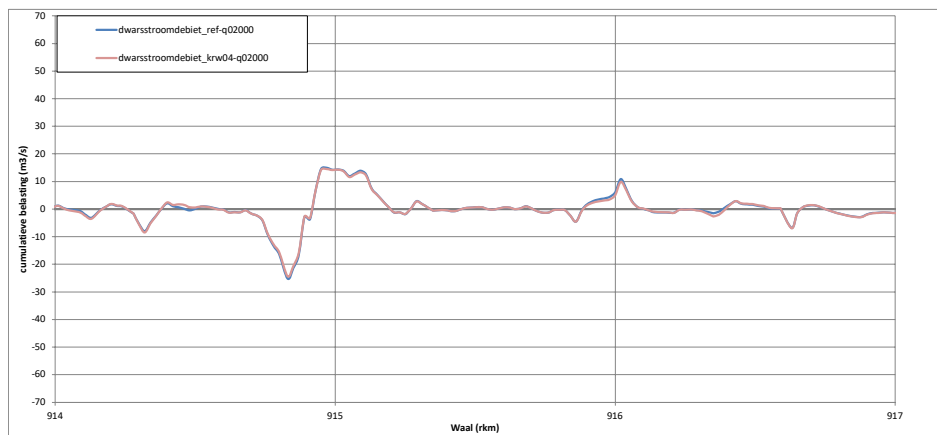


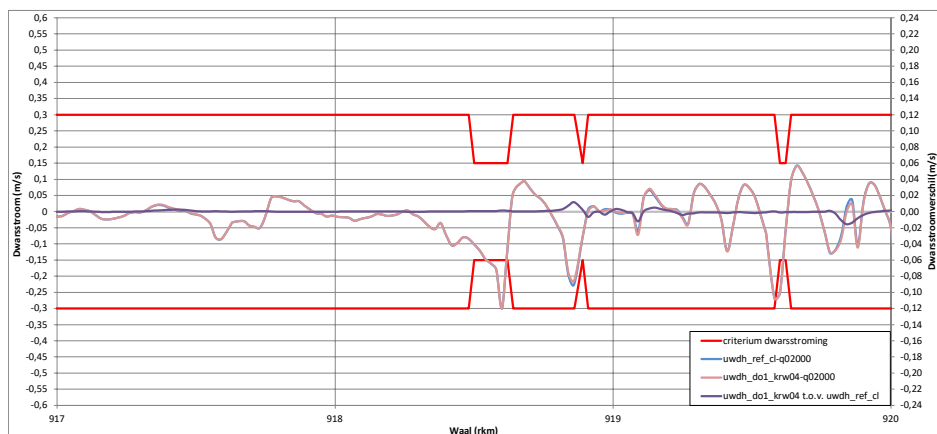
Dwaarsstroming bij een afvoer van 2000 m ³ /s bij Lobith	
Locaties relevante ingrepen:	
Nevengeul Wamel: Rkm 912,1 - Rkm 914	
Nevengeul Tielse Plaat: Rkm 914,4 - Rkm 916,3	
Nevengeul Dreumel: Rkm 917,3 - Rkm 919,8	
Nevengeul Varikse Plaat: Rkm 921,6 - Rkm 923,6	
Nevengeul Heerewaarden: Rkm 923,7 - Rkm 925,3	
Groen: getoond op deze pagina Oranje: zie andere pagina's	



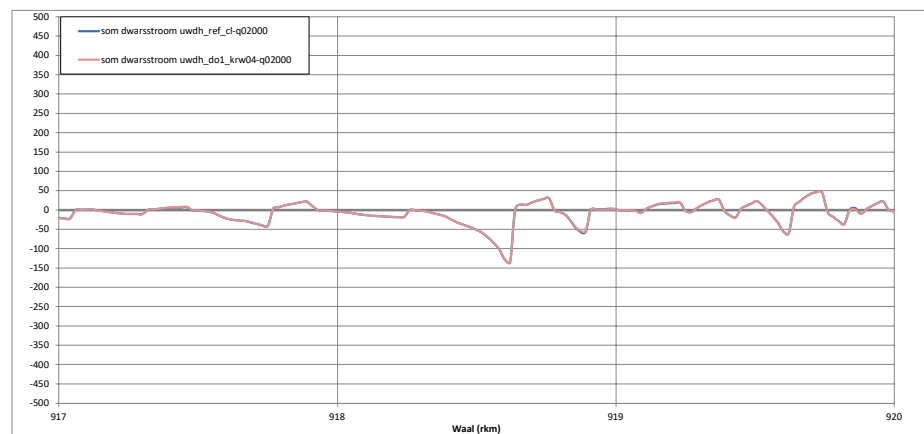
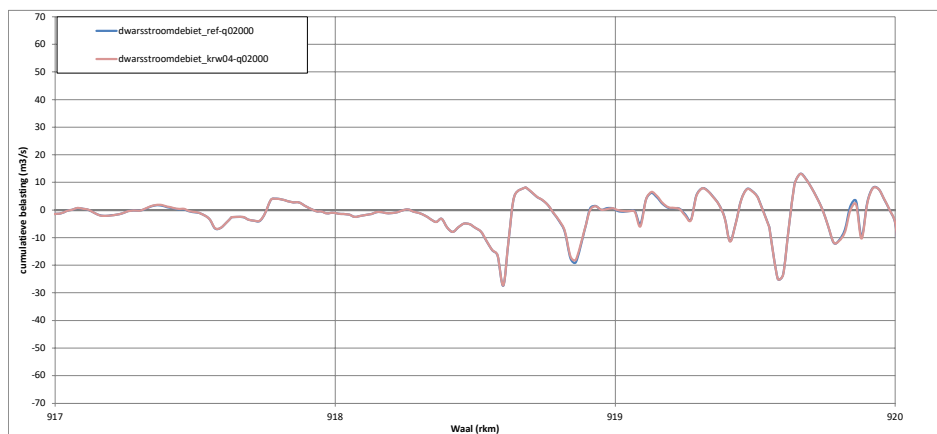


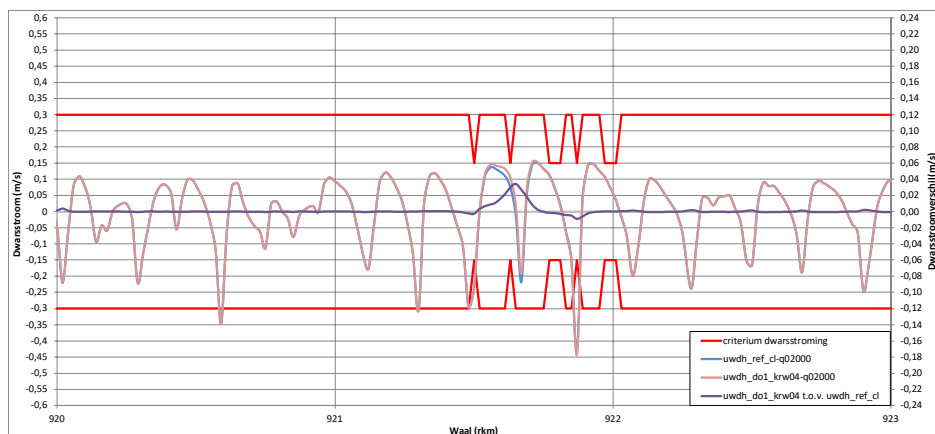
Dwaarsstroming bij een afvoer van 2000 m ³ /s bij Lobith	
Locaties relevante ingrepen:	
Nevengeul Wamel: Rkm 912,1 - Rkm 914	
Nevengeul Tielse Plaat: Rkm 914,4 - Rkm 916,3	
Nevengeul Dreumel: Rkm 917,3 - Rkm 919,8	
Nevengeul Varikse Plaat: Rkm 921,6 - Rkm 923,6	
Nevengeul Heerewaarden: Rkm 923,7 - Rkm 925,3	
Groen:	getoond op deze pagina
Oranje:	zie andere pagina's



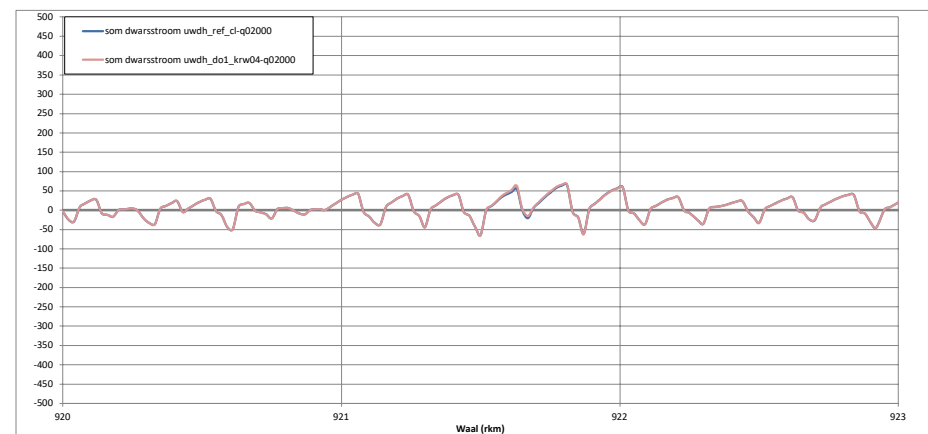
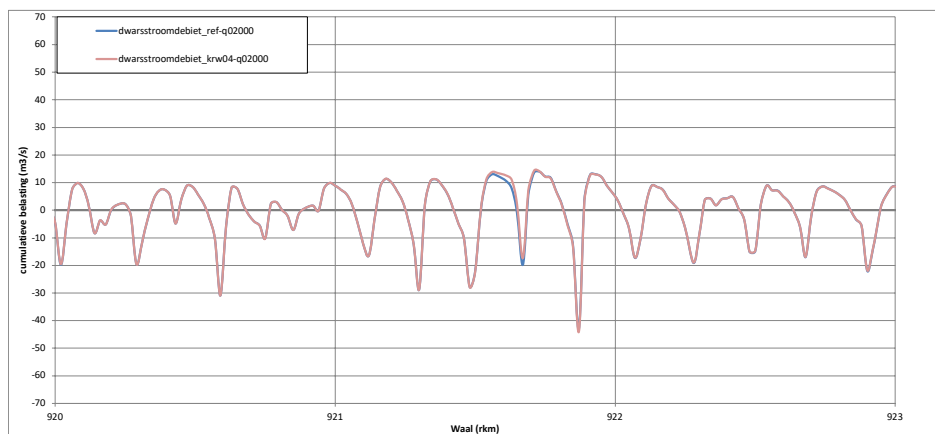


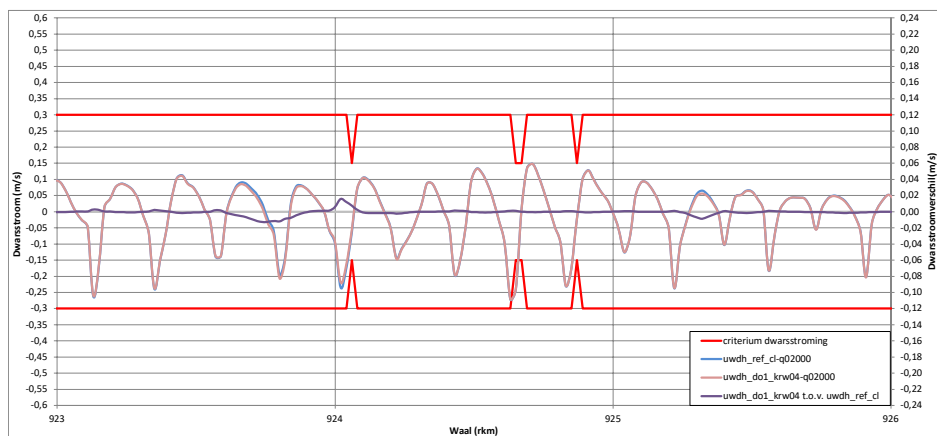
Dwaarsstroming bij een afvoer van 2000 m ³ /s bij Lobith	
Locaties relevante ingrepen:	
Nevengeul Wamel: Rkm 912,1 - Rkm 914	
Nevengeul Tielse Plaat: Rkm 914,4 - Rkm 916,3	
Nevengeul Dreumel: Rkm 917,3 - Rkm 919,8	
Nevengeul Varikse Plaat: Rkm 921,6 - Rkm 923,6	
Nevengeul Heerewaarden: Rkm 923,7 - Rkm 925,3	
Groen:	getoond op deze pagina
Oranje:	zie andere pagina's



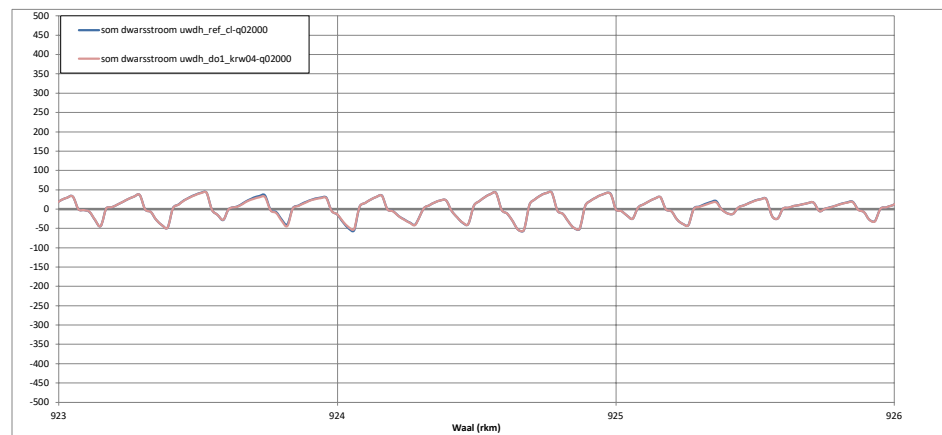
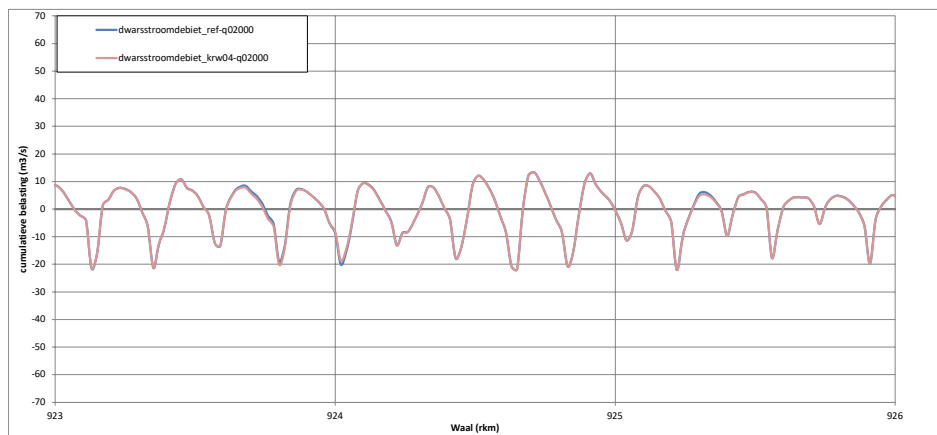


Dwaarsstroming bij een afvoer van 2000 m³/s bij Lobith	
Locaties relevante ingrepen:	
Nevengeul Wamel: Rkm 912,1 - Rkm 914	
Nevengeul Tielse Plaat: Rkm 914,4 - Rkm 916,3	
Nevengeul Dreumel: Rkm 917,3 - Rkm 919,8	
Nevengeul Varikse Plaat: Rkm 921,6 - Rkm 923,6	
Nevengeul Heerewaarden: Rkm 923,7 - Rkm 925,3	
Groen: getoond op deze pagina	
Oranje: zie andere pagina's	

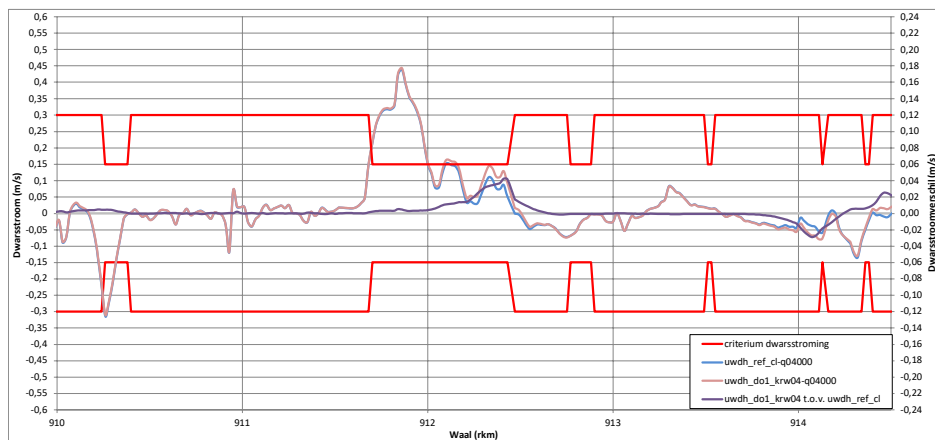




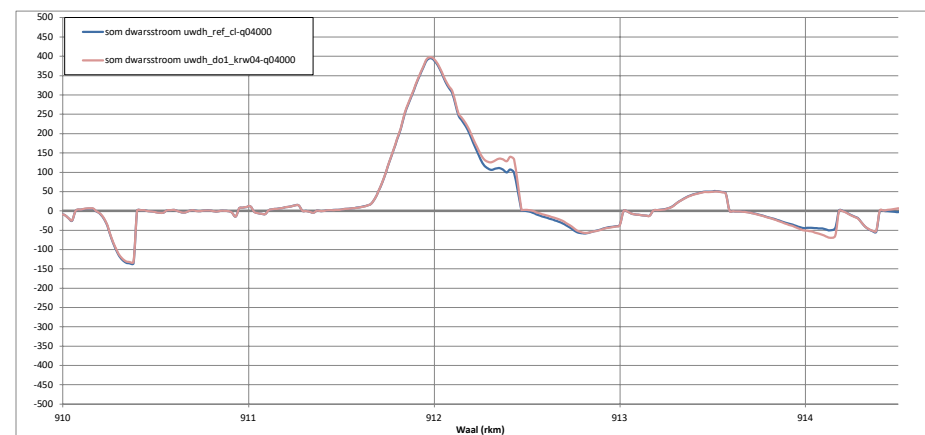
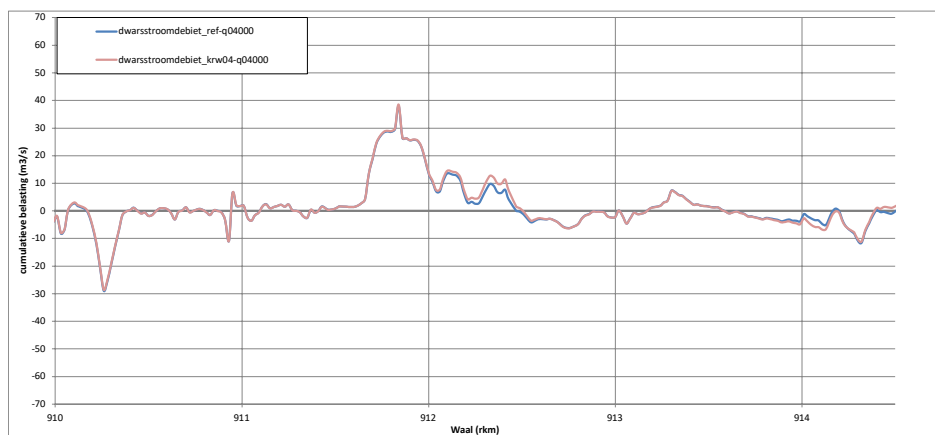
Dwarsstroming bij een afvoer van 2000 m ³ /s bij Lobith	
Locaties relevante ingrepen:	
Nevengeul Wamel: Rkm 912,1 - Rkm 914	
Nevengeul Tielse Plaat: Rkm 914,4 - Rkm 916,3	
Nevengeul Dreumel: Rkm 917,3 - Rkm 919,8	
Nevengeul Varikse Plaat: Rkm 921,6 - Rkm 923,6	
Nevengeul Heerewaarden: Rkm 923,7 - Rkm 925,3	
Groen:	getoond op deze pagina
Oranje:	zie andere pagina's

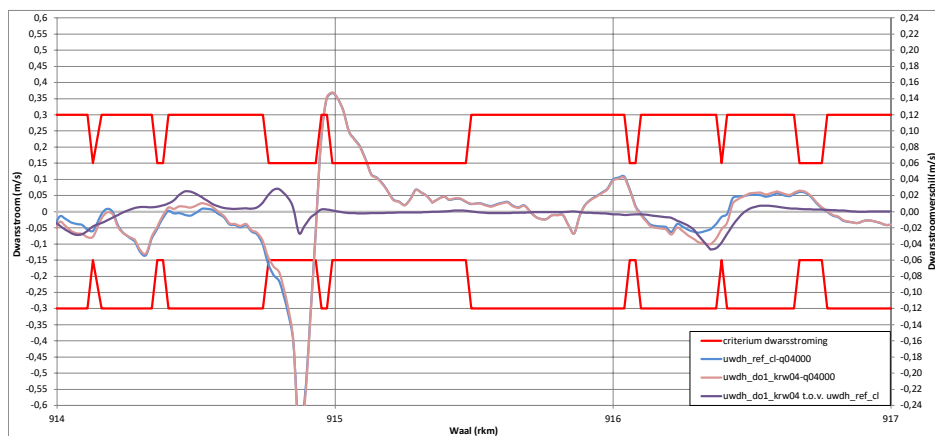


B9.3 Dwarsstroming bij 4.000 m³/s bij Lobith

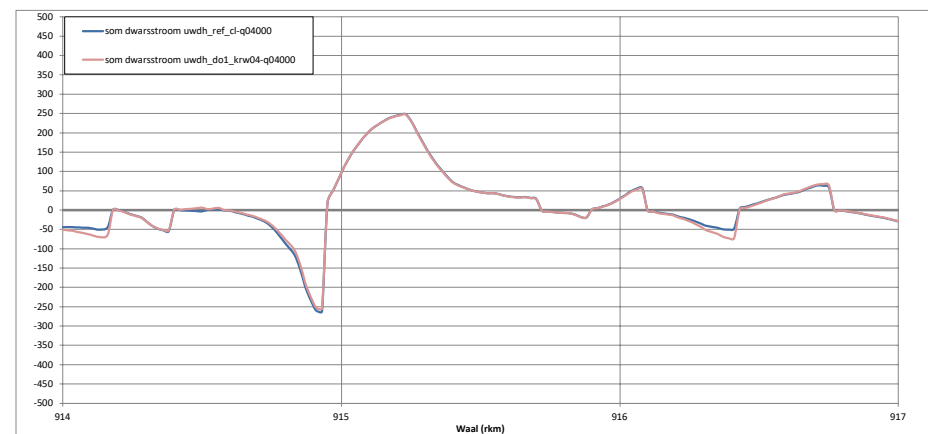
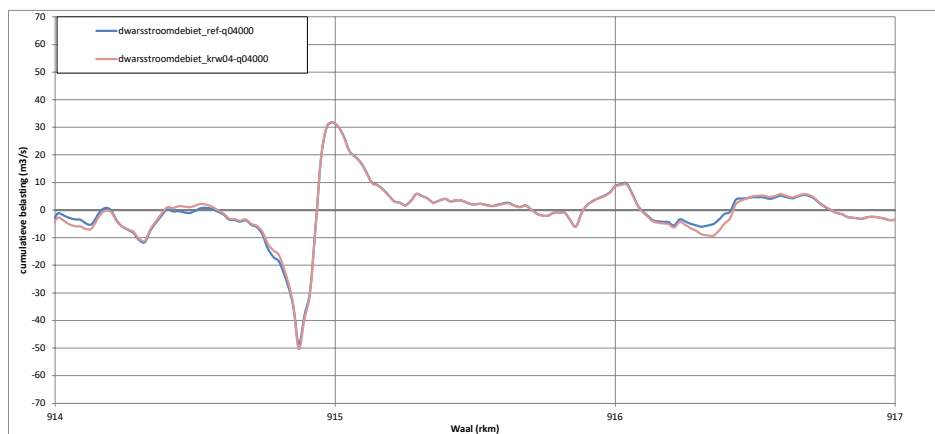


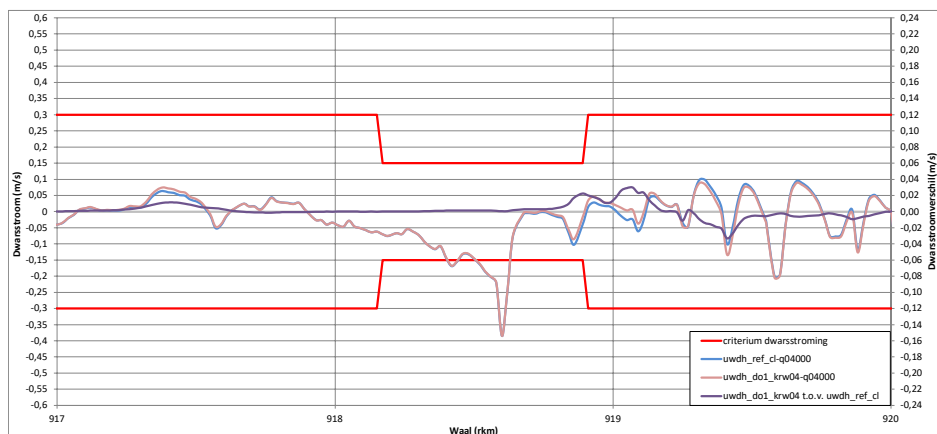
Dwaarsstroming bij een afvoer van 4000 m ³ /s bij Lobith	
Locaties relevante ingrepen:	
Nevengeul Wamel: Rkm 912,1 - Rkm 914	
Nevengeul Tielse Plaat: Rkm 914,4 - Rkm 916,3	
Nevengeul Dreumel: Rkm 917,3 - Rkm 919,8	
Nevengeul Varikse Plaat: Rkm 921,6 - Rkm 923,6	
Nevengeul Heerewaarden: Rkm 923,7 - Rkm 925,3	
Groen: getoond op deze pagina Oranje: zie andere pagina's	



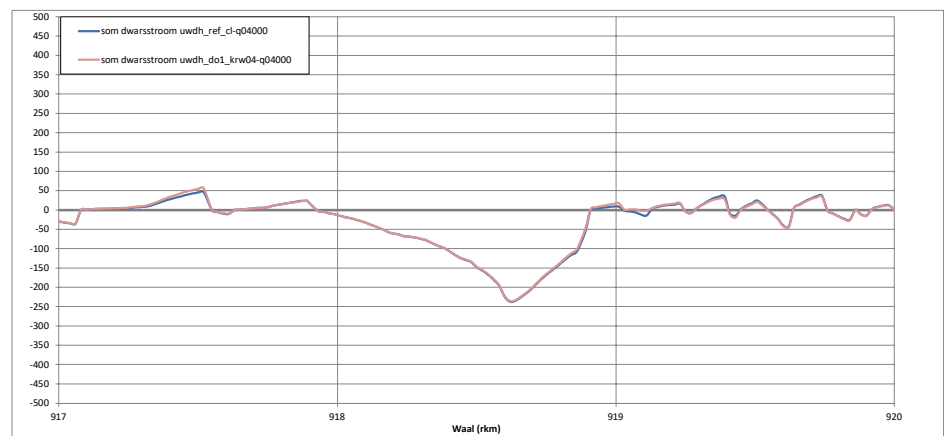
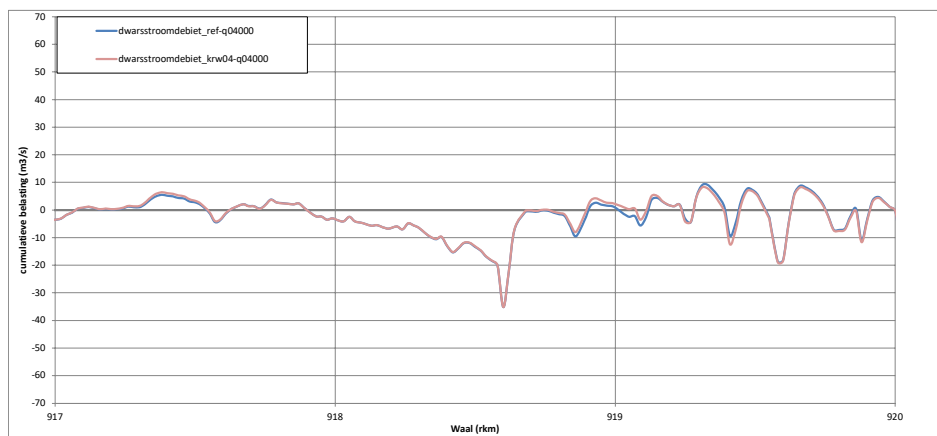


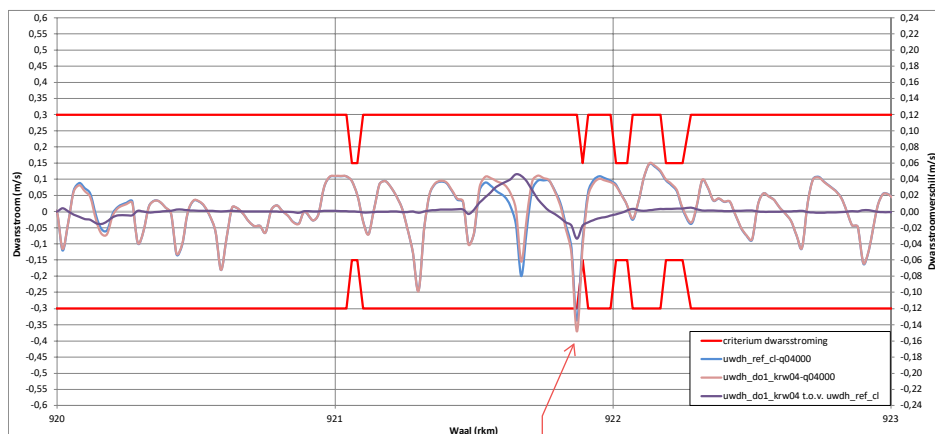
Dwarsstroming bij een afvoer van 4000 m³/s bij Lobith	
Locaties relevante ingrepen:	
Nevengeul Wamel:	Rkm 912,1 - Rkm 914
Nevengeul Tielse Plaat:	Rkm 914,4 - Rkm 916,3
Nevengeul Dreumel:	Rkm 917,3 - Rkm 919,8
Nevengeul Varikse Plaat:	Rkm 921,6 - Rkm 923,6
Nevengeul Heerewaarden:	Rkm 923,7 - Rkm 925,3
Groen: getoond op deze pagina Oranje: zie andere pagina's	



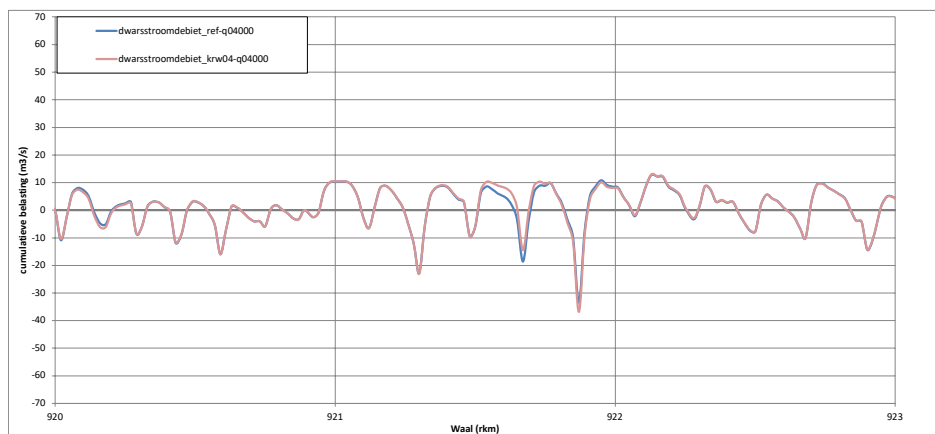


Dwaarsstroming bij een afvoer van 4000 m ³ /s bij Lobith	
Locaties relevante ingrepen:	
Nevengeul Wamel: Rkm 912,1 - Rkm 914	
Nevengeul Tielse Plaat: Rkm 914,4 - Rkm 916,3	
Nevengeul Dreumel: Rkm 917,3 - Rkm 919,8	
Nevengeul Varikse Plaat: Rkm 921,6 - Rkm 923,6	
Nevengeul Heerewaarden: Rkm 923,7 - Rkm 925,3	
Groen:	getoond op deze pagina
Oranje:	zie andere pagina's

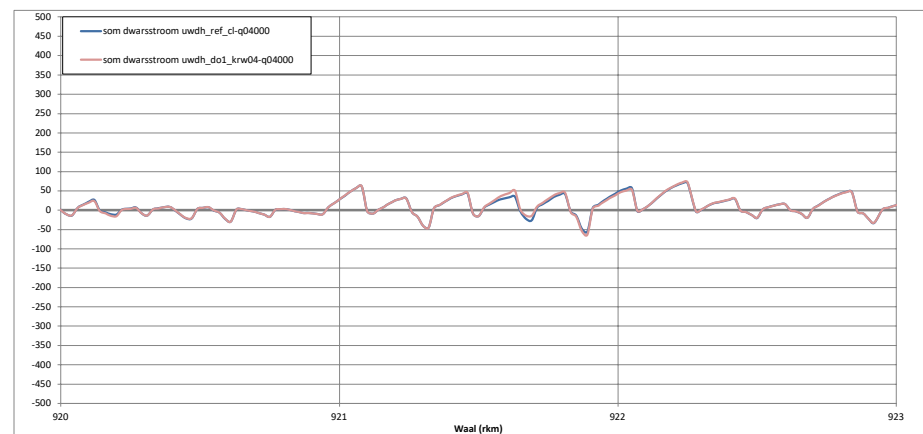


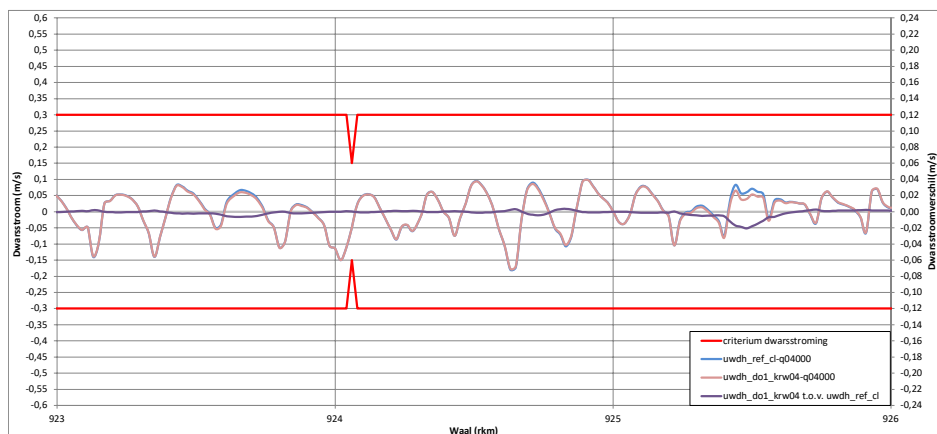


Na correctie kribhoogte in modellen
geen sprake meer van overschrijding
(zie paragraaf 4.3.3)

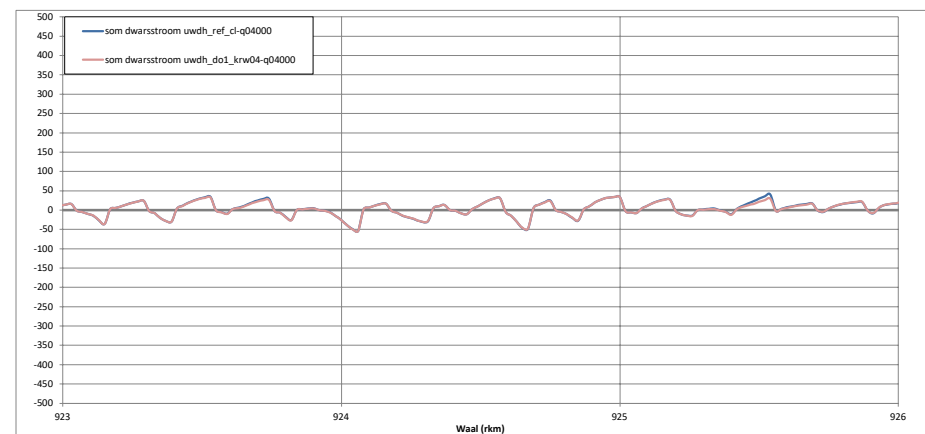
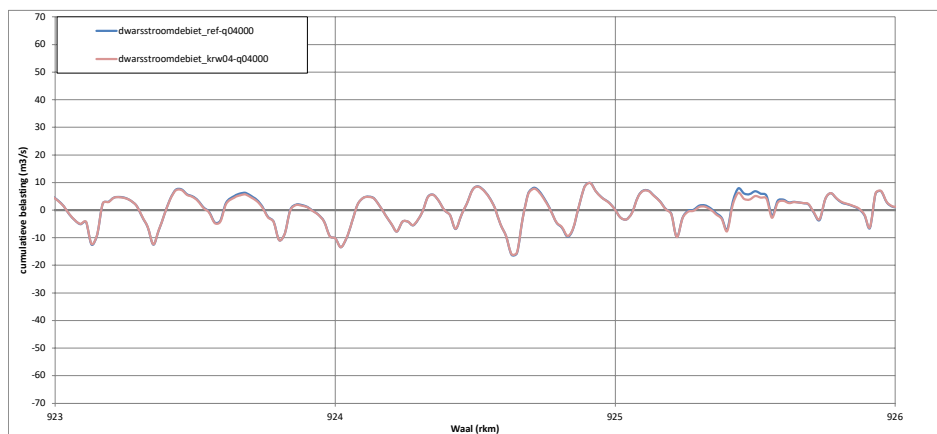


Dwaarsstroming bij een afvoer van 4000 m³/s bij Lobith	
Locaties relevante ingrepen:	
Nevengeul Wamel: Rkm 912,1 - Rkm 914	
Nevengeul Tielse Plaat: Rkm 914,4 - Rkm 916,3	
Nevengeul Dreumel: Rkm 917,3 - Rkm 919,8	
Nevengeul Varikse Plaat: Rkm 921,6 - Rkm 923,6	
Nevengeul Heerewaarden: Rkm 923,7 - Rkm 925,3	
Groen:	getoond op deze pagina
Oranje:	zie andere pagina's

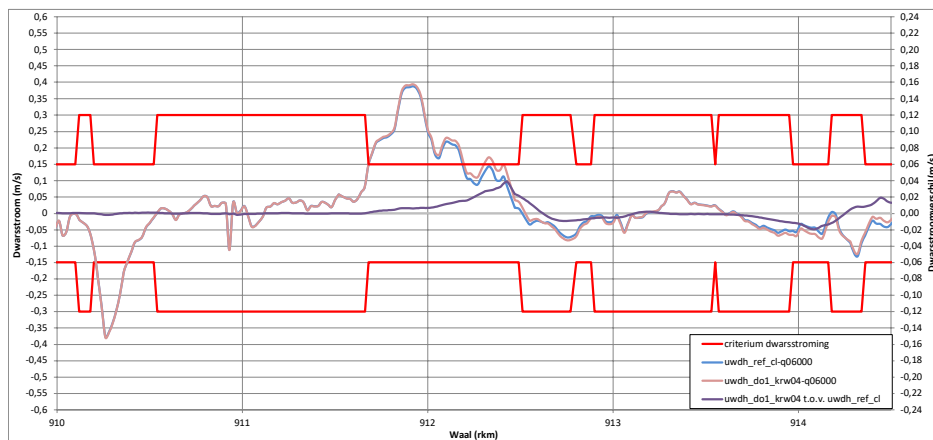




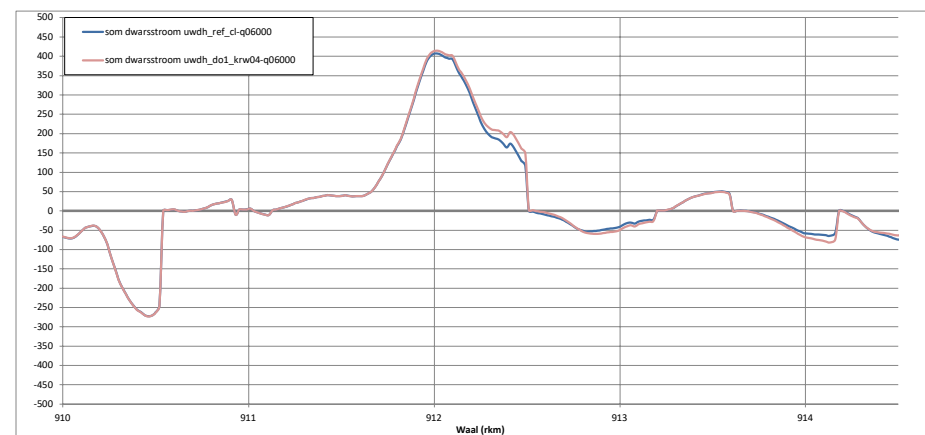
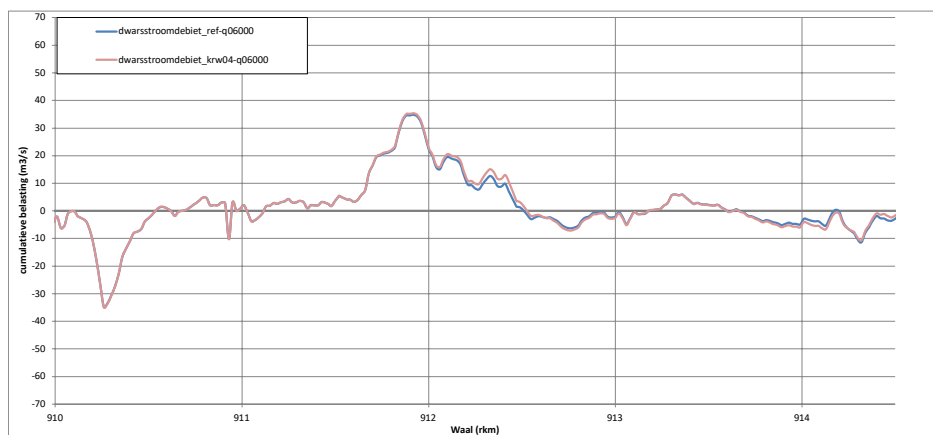
Dwarsstroming bij een afvoer van 4000 m³/s bij Lobith	
Locaties relevante ingrepen:	
Nevengeul Wamel: Rkm 912,1 - Rkm 914	
Nevengeul Tielse Plaat: Rkm 914,4 - Rkm 916,3	
Nevengeul Dreumel: Rkm 917,3 - Rkm 919,8	
Nevengeul Varikse Plaat: Rkm 921,6 - Rkm 923,6	
Nevengeul Heerewaarden: Rkm 923,7 - Rkm 925,3	
Groen:	getoond op deze pagina
Oranje:	zie andere pagina's

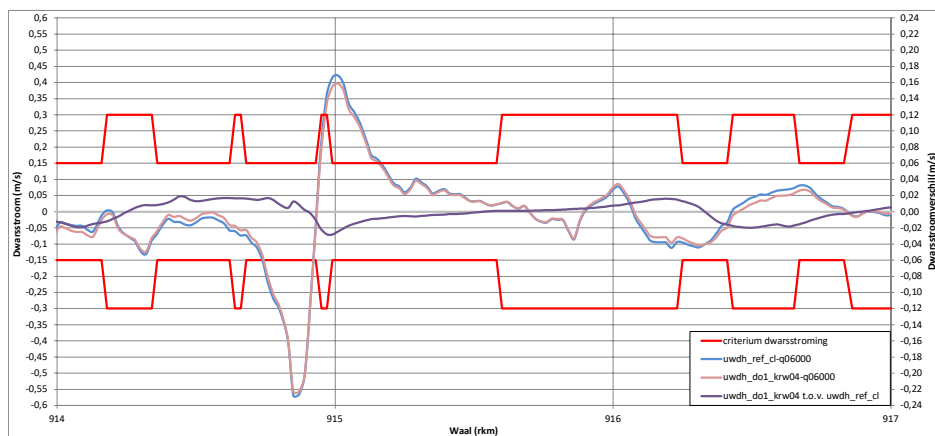


B9.4 Dwarsstroming bij 6.000 m³/s bij Lobith

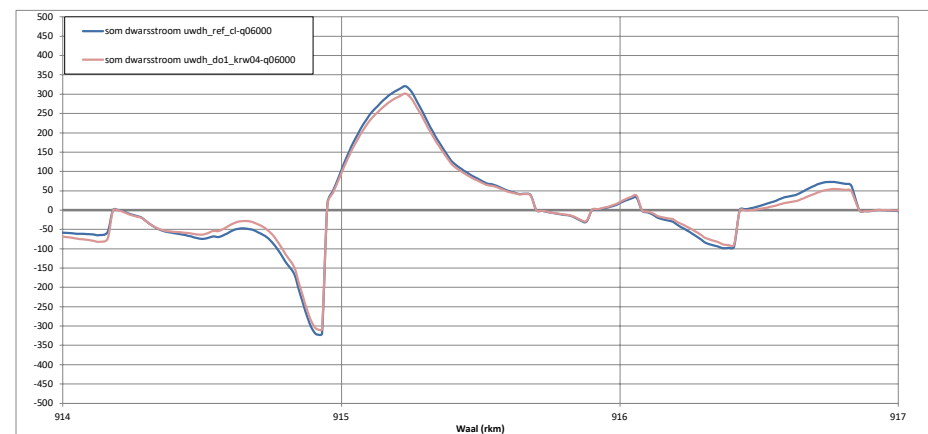
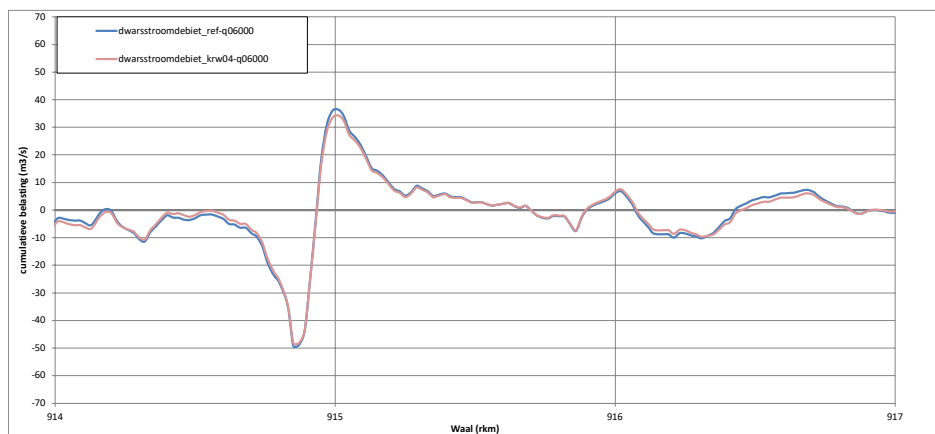


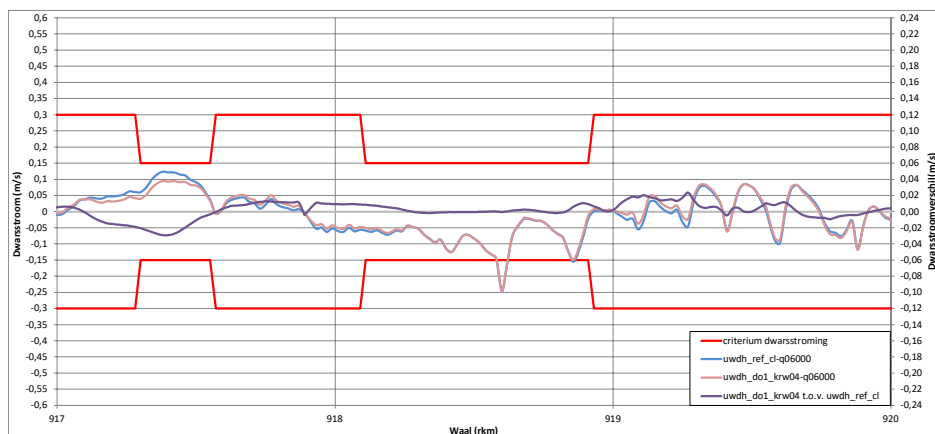
Dwaarsstroming bij een afvoer van 6000 m ³ /s bij Lobith	
Locaties relevante ingrepen:	
Nevengeul Wamel: Rkm 912,1 - Rkm 914	
Nevengeul Tielse Plaat: Rkm 914,4 - Rkm 916,3	
Nevengeul Dreumel: Rkm 917,3 - Rkm 919,8	
Nevengeul Varikse Plaat: Rkm 921,6 - Rkm 923,6	
Nevengeul Heerewaarden: Rkm 923,7 - Rkm 925,3	
Groen: getoond op deze pagina Oranje: zie andere pagina's	



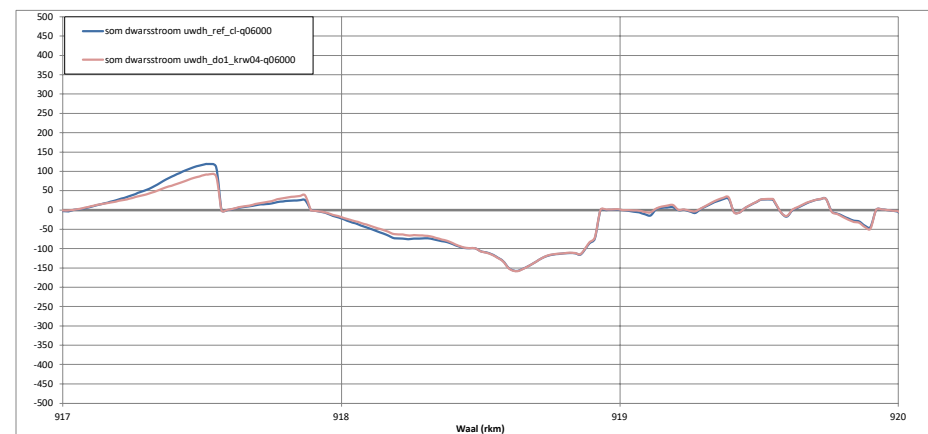
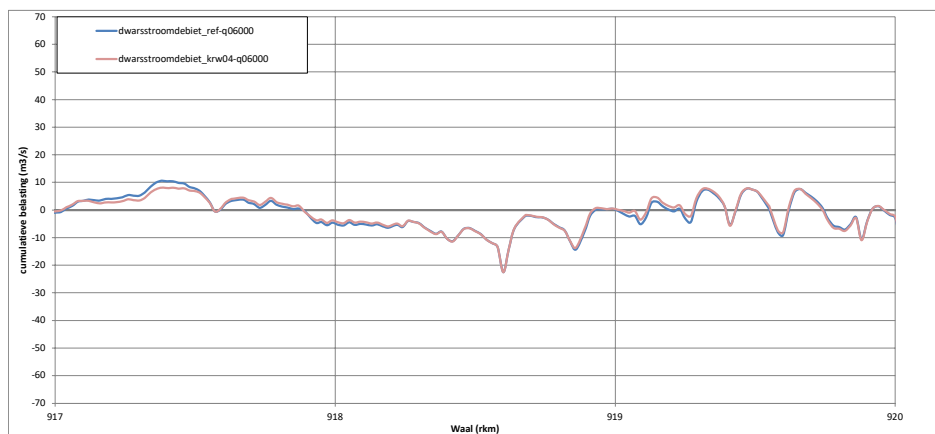


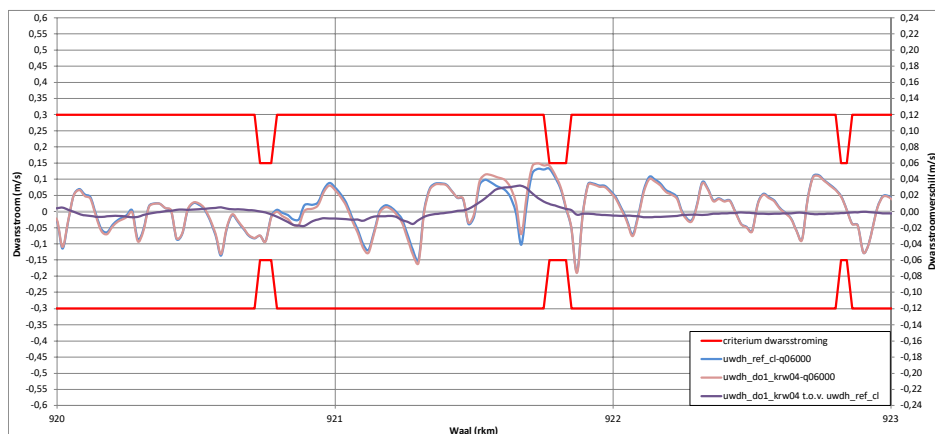
Dwaarsstroming bij een afvoer van 6000 m ³ /s bij Lobith	
Locaties relevante ingrepen:	
Nevengeul Wamel:	Rkm 912,1 - Rkm 914
Nevengeul Tielse Plaat:	Rkm 914,4 - Rkm 916,3
Nevengeul Dreumel:	Rkm 917,3 - Rkm 919,8
Nevengeul Varikse Plaat:	Rkm 921,6 - Rkm 923,6
Nevengeul Heerewaarden:	Rkm 923,7 - Rkm 925,3
Groen: getoond op deze pagina	
Oranje: zie andere pagina's	



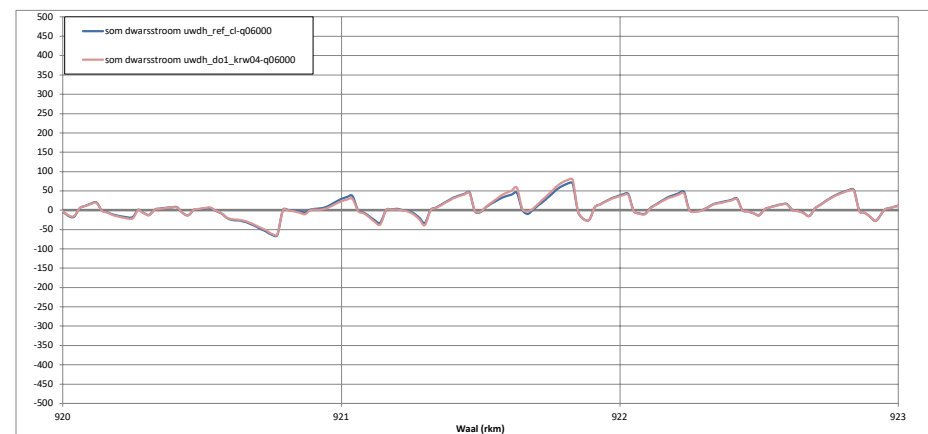
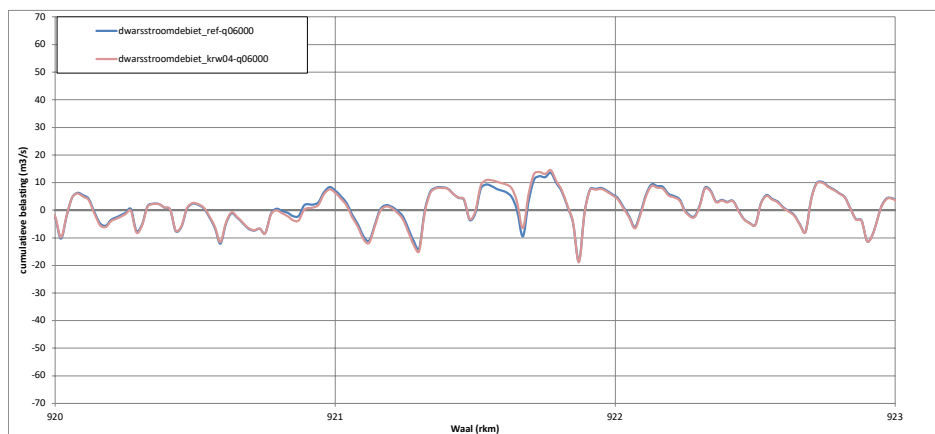


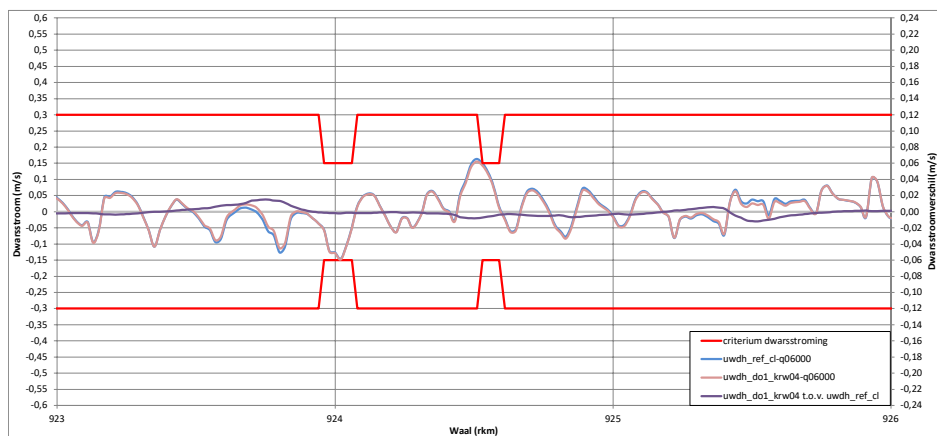
Dwarsstroming bij een afvoer van 6000 m³/s bij Lobith	
Locaties relevante ingrepen:	
Nevengeul Wamel: Rkm 912,1 - Rkm 914	
Nevengeul Tielse Plaat: Rkm 914,4 - Rkm 916,3	
Nevengeul Dreumel: Rkm 917,3 - Rkm 919,8	
Nevengeul Varikse Plaat: Rkm 921,6 - Rkm 923,6	
Nevengeul Heerewaarden: Rkm 923,7 - Rkm 925,3	
Groen:	getoond op deze pagina
Oranje:	zie andere pagina's



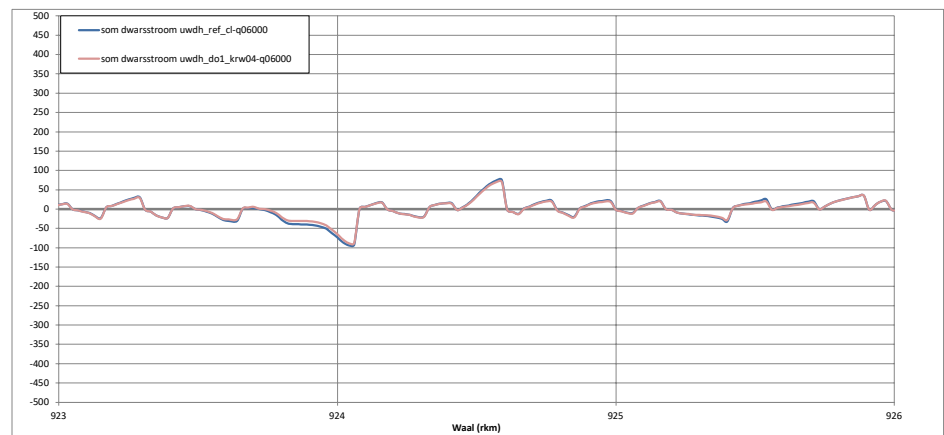
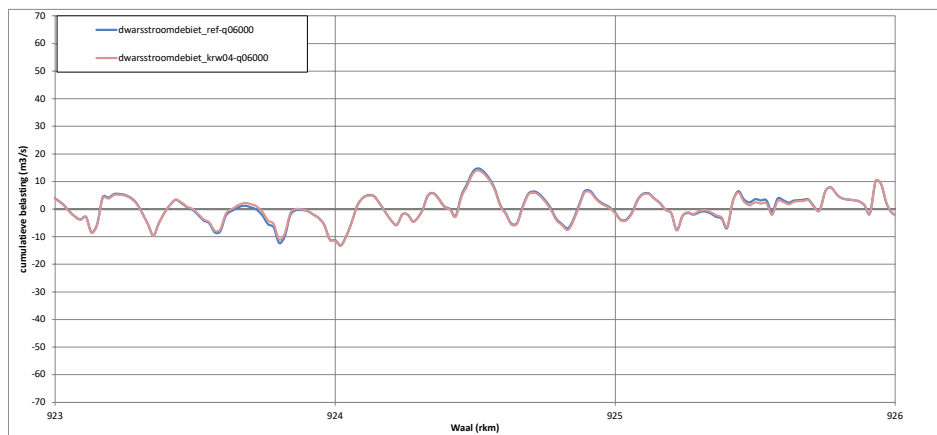


Dwaarsstroming bij een afvoer van 6000 m ³ /s bij Lobith	
Locaties relevante ingrepen:	
Nevengeul Wamel: Rkm 912,1 - Rkm 914	
Nevengeul Tielse Plaat: Rkm 914,4 - Rkm 916,3	
Nevengeul Dreumel: Rkm 917,3 - Rkm 919,8	
Nevengeul Varikse Plaat: Rkm 921,6 - Rkm 923,6	
Nevengeul Heerewaarden: Rkm 923,7 - Rkm 925,3	
Groen:	getoond op deze pagina
Oranje:	zie andere pagina's

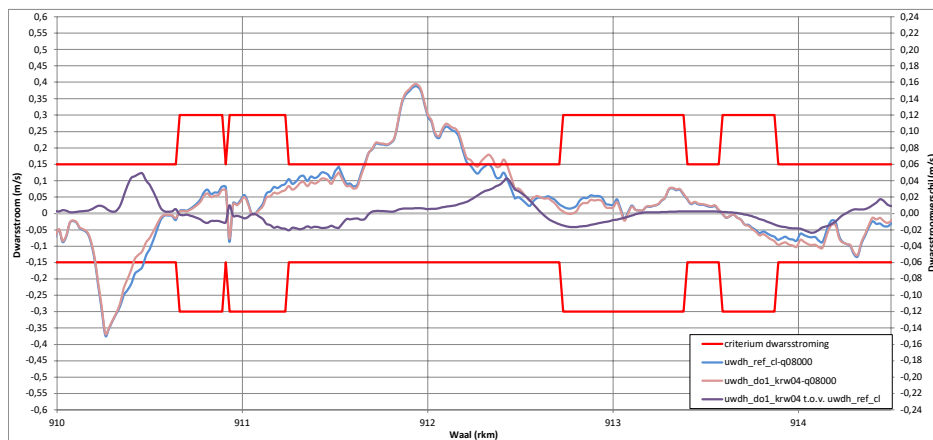




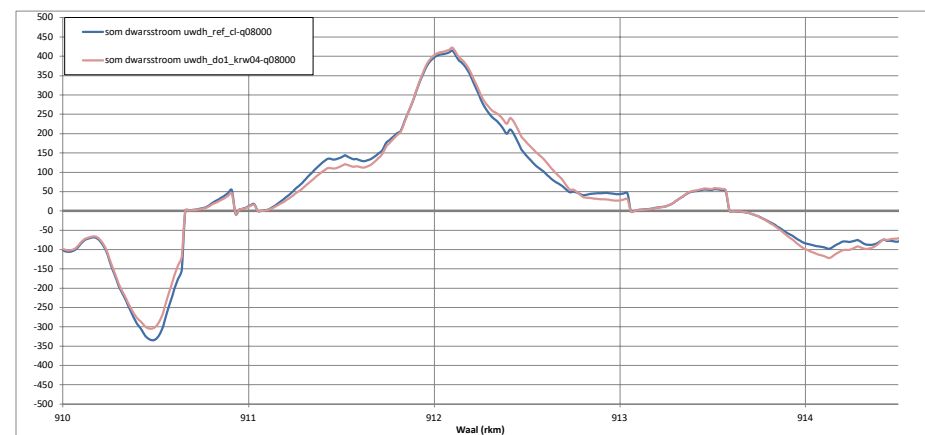
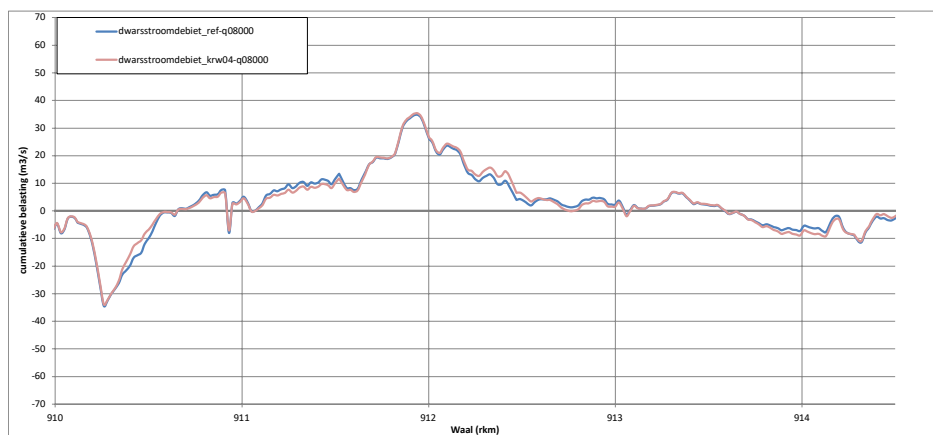
Dwarsstroming bij een afvoer van 6000 m³/s bij Lobith	
Locaties relevante ingrepen:	
Nevengeul Wamel: Rkm 912,1 - Rkm 914	
Nevengeul Tielse Plaat: Rkm 914,4 - Rkm 916,3	
Nevengeul Dreumel: Rkm 917,3 - Rkm 919,8	
Nevengeul Varikse Plaat: Rkm 921,6 - Rkm 923,6	
Nevengeul Heerewaarden: Rkm 923,7 - Rkm 925,3	
Groen:	getoond op deze pagina
Oranje:	zie andere pagina's

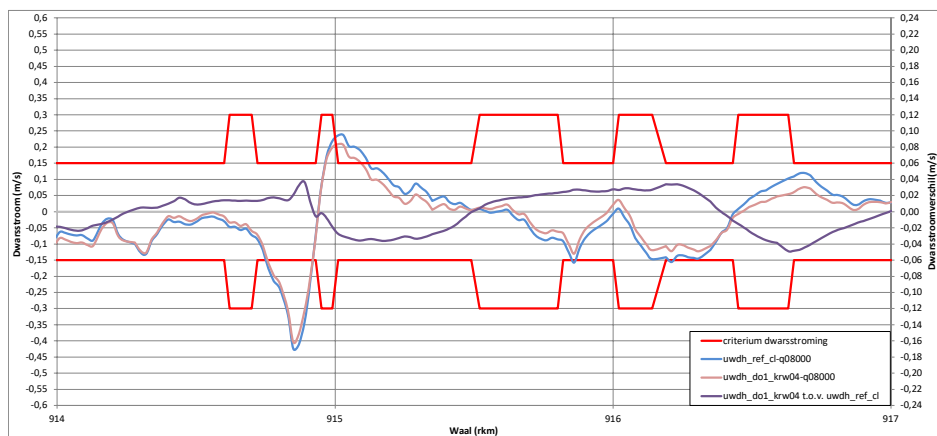


B9.5 Dwarsstroming bij 8.000 m³/s bij Lobith

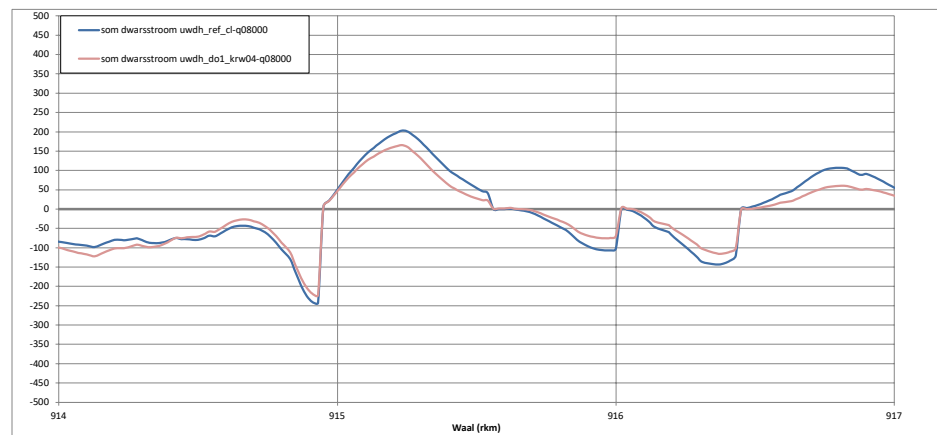
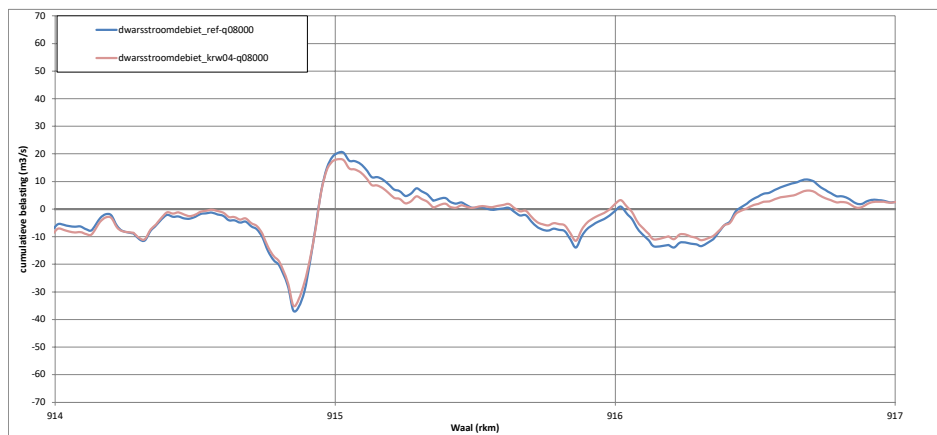


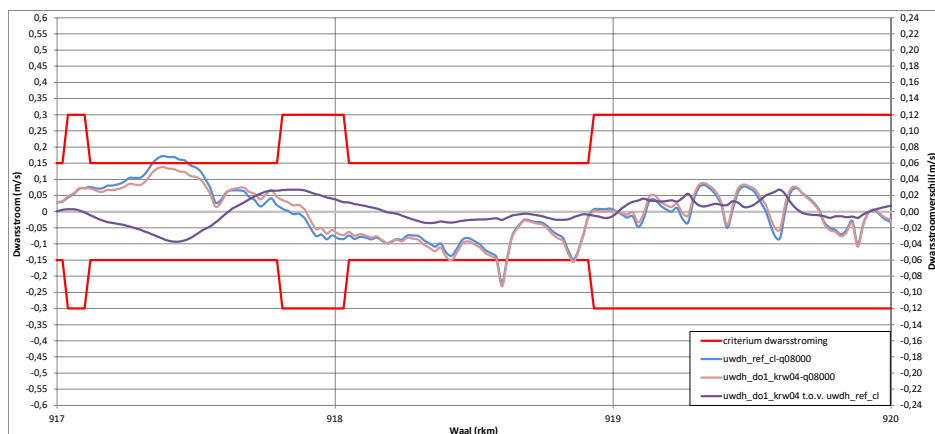
Dwaarsstroming bij een afvoer van 8000 m ³ /s bij Lobith	
Locaties relevante ingrepen:	
Nevengeul Wamel: Rkm 912,1 - Rkm 914	
Nevengeul Tielse Plaat: Rkm 914,4 - Rkm 916,3	
Nevengeul Dreumel: Rkm 917,3 - Rkm 919,8	
Nevengeul Varikse Plaat: Rkm 921,6 - Rkm 923,6	
Nevengeul Heerewaarden: Rkm 923,7 - Rkm 925,3	
Groen: getoond op deze pagina Oranje: zie andere pagina's	



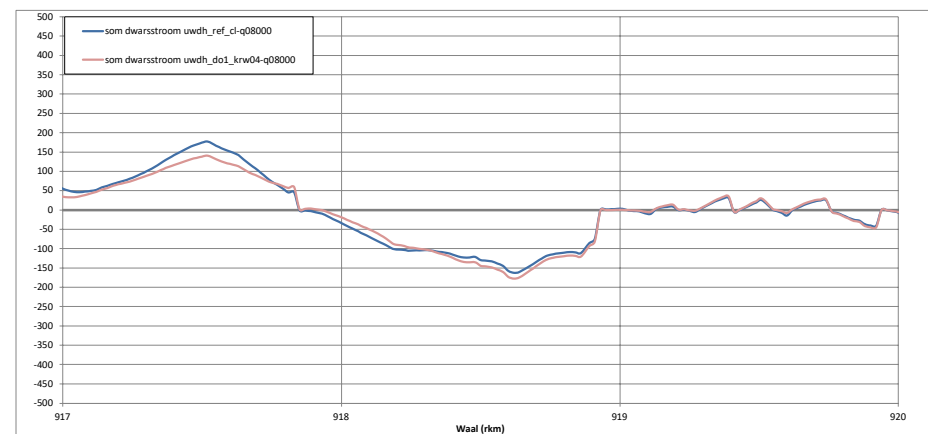
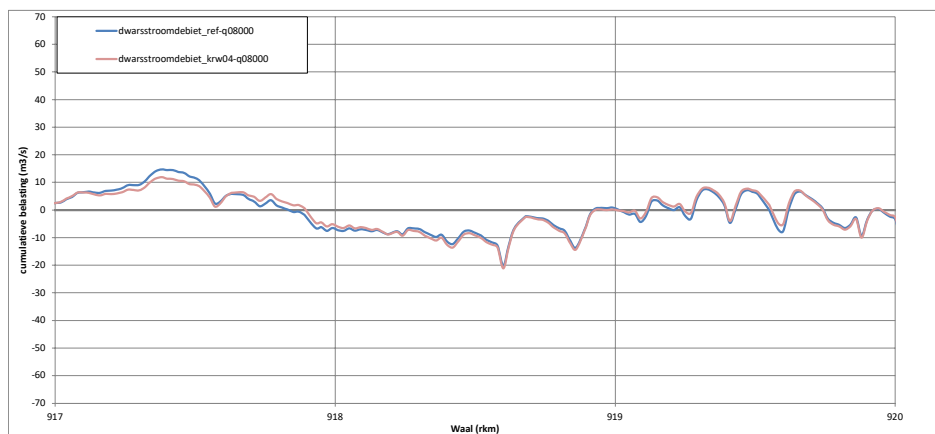


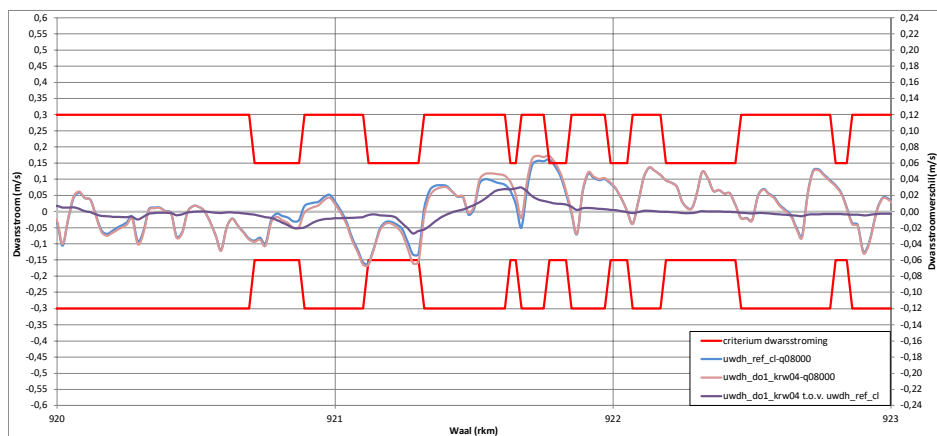
Dwaarsstroming bij een afvoer van 8000 m ³ /s bij Lobith	
Locaties relevante ingrepen:	
Nevengeul Wamel: Rkm 912,1 - Rkm 914	
Nevengeul Tielse Plaat: Rkm 914,4 - Rkm 916,3	
Nevengeul Dreumel: Rkm 917,3 - Rkm 919,8	
Nevengeul Varikse Plaat: Rkm 921,6 - Rkm 923,6	
Nevengeul Heerewaarden: Rkm 923,7 - Rkm 925,3	
Groen: getoond op deze pagina	
Oranje: zie andere pagina's	



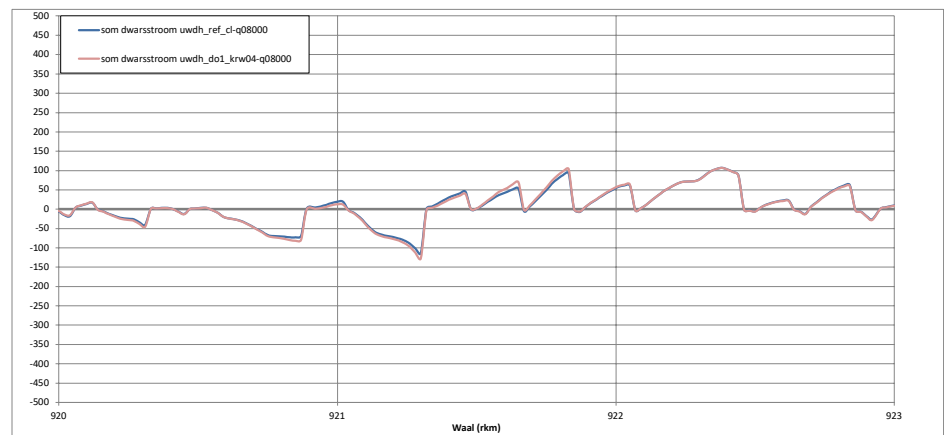
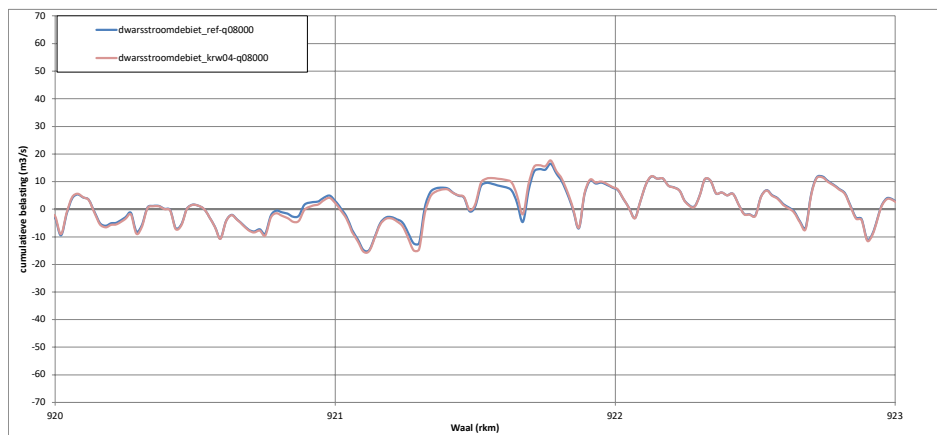


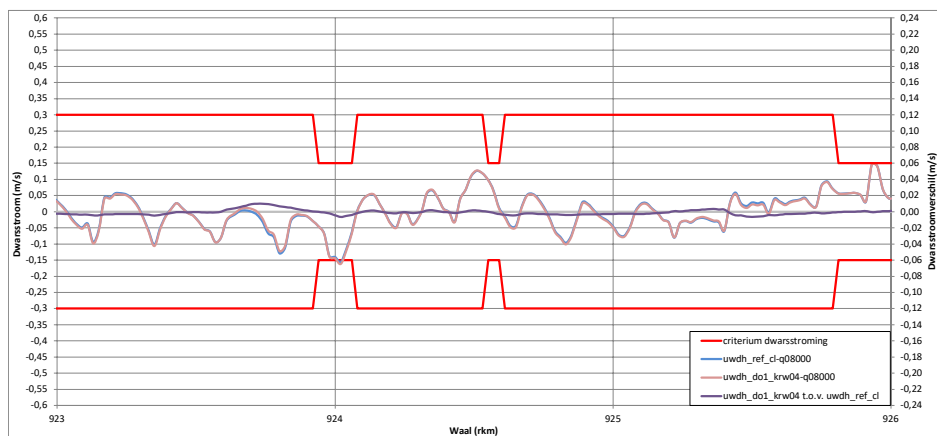
Dwarsstroming bij een afvoer van 8000 m ³ /s bij Lobith	
Locaties relevante ingrepen:	
Nevengeul Wamel: Rkm 912,1 - Rkm 914	
Nevengeul Tielse Plaat: Rkm 914,4 - Rkm 916,3	
Nevengeul Dreumel: Rkm 917,3 - Rkm 919,8	
Nevengeul Varikse Plaat: Rkm 921,6 - Rkm 923,6	
Nevengeul Heerewaarden: Rkm 923,7 - Rkm 925,3	
Groen:	getoond op deze pagina
Oranje:	zie andere pagina's



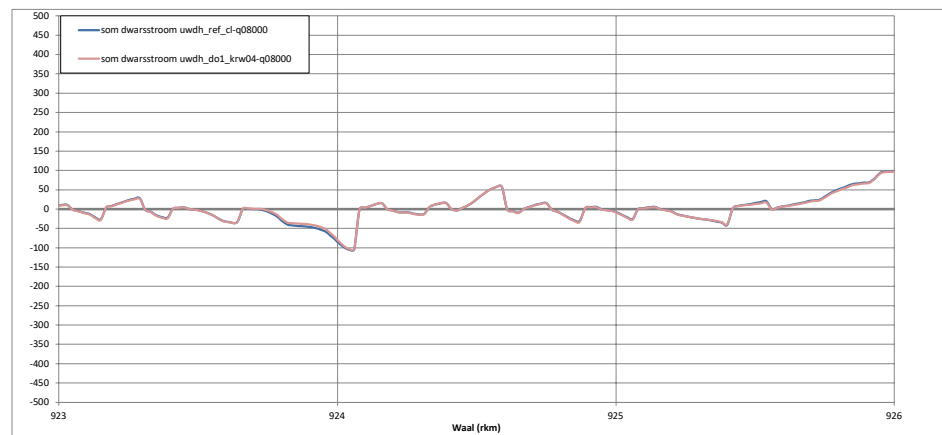
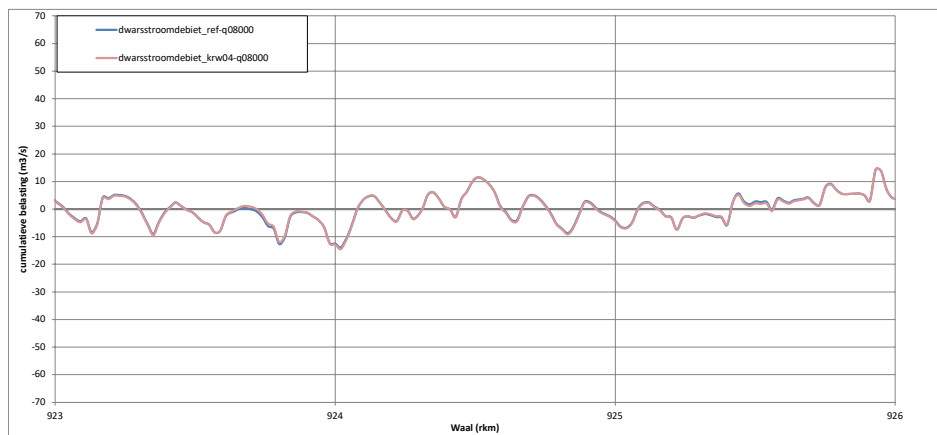


Dwaarsstroming bij een afvoer van 8000 m³/s bij Lobith	
Locaties relevante ingrepen:	
Nevengeul Wamel: Rkm 912,1 - Rkm 914	
Nevengeul Tielse Plaat: Rkm 914,4 - Rkm 916,3	
Nevengeul Dreumel: Rkm 917,3 - Rkm 919,8	
Nevengeul Varikse Plaat: Rkm 921,6 - Rkm 923,6	
Nevengeul Heerewaarden: Rkm 923,7 - Rkm 925,3	
Groen:	getoond op deze pagina
Oranje:	zie andere pagina's

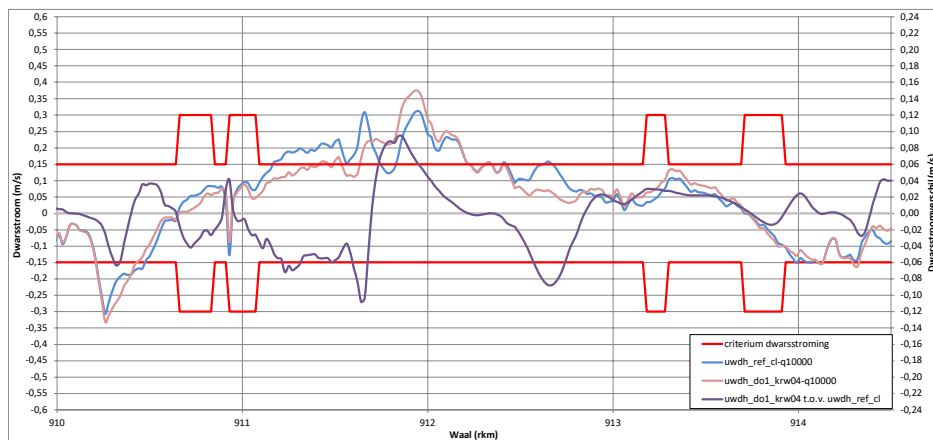




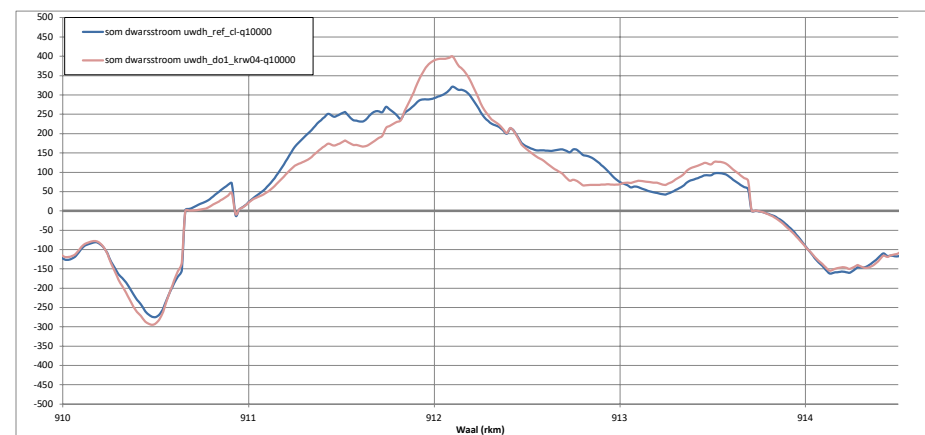
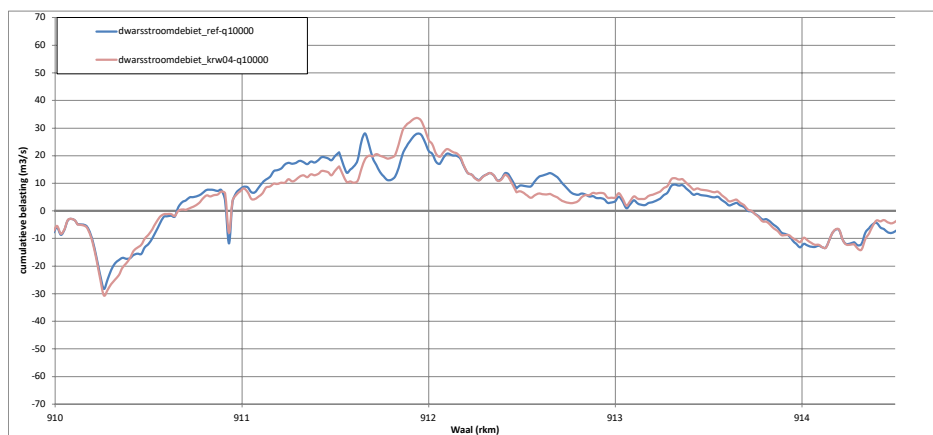
Dwarsstroming bij een afvoer van 8000 m ³ /s bij Lobith	
Locaties relevante ingrepen:	
Nevengeul Wamel: Rkm 912,1 - Rkm 914	
Nevengeul Tielse Plaat: Rkm 914,4 - Rkm 916,3	
Nevengeul Dreumel: Rkm 917,3 - Rkm 919,8	
Nevengeul Varikse Plaat: Rkm 921,6 - Rkm 923,6	
Nevengeul Heerewaarden: Rkm 923,7 - Rkm 925,3	
Groen:	getoond op deze pagina
Oranje:	zie andere pagina's

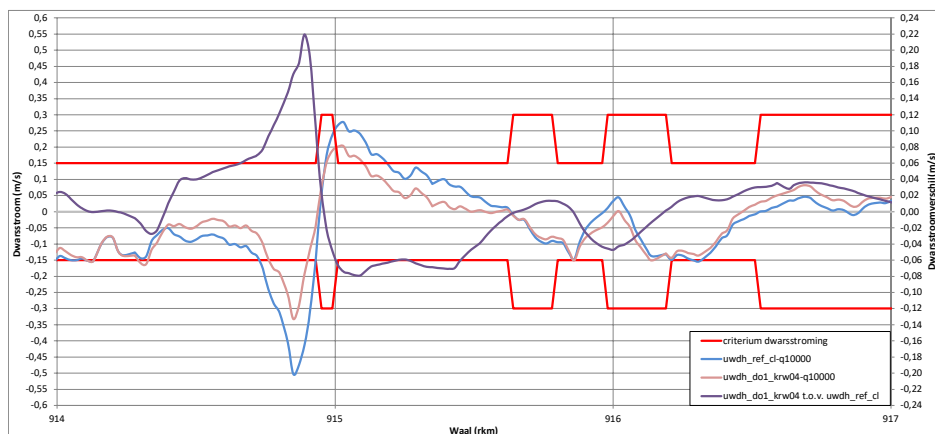


B9.6 Dwarsstroming bij 10.000 m³/s bij Lobith

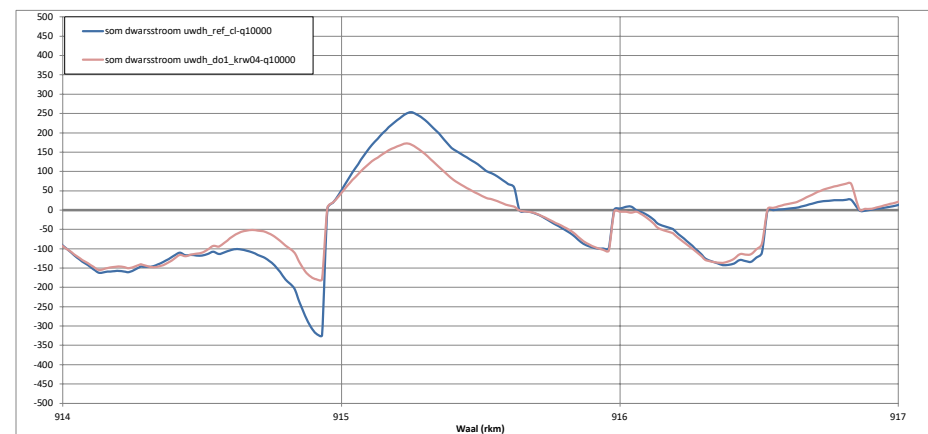
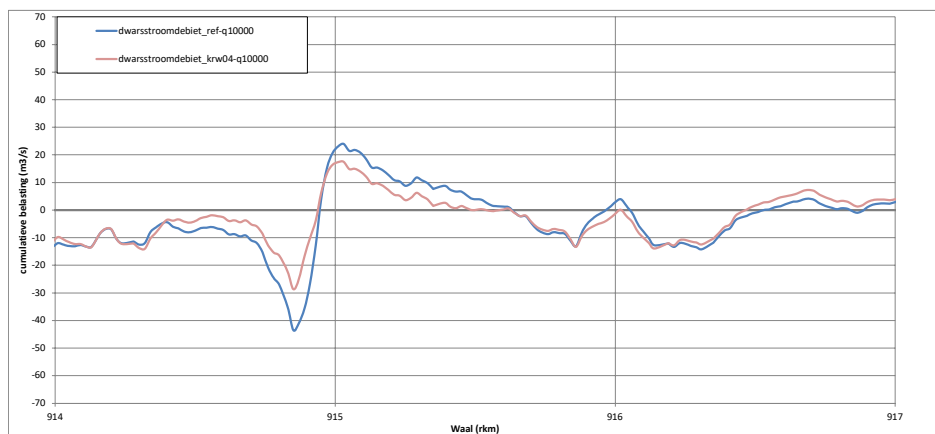


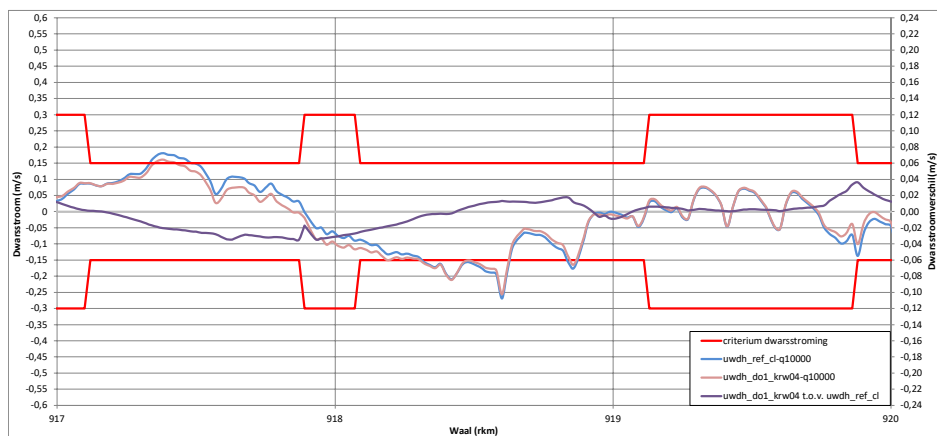
Dwaarsstroming bij een afvoer van 10000 m ³ /s bij Lobith	
Locaties relevante ingrepen:	
Nevengeul Wamel: Rkm 912,1 - Rkm 914	
Nevengeul Tielse Plaat: Rkm 914,4 - Rkm 916,3	
Nevengeul Dreumel: Rkm 917,3 - Rkm 919,8	
Nevengeul Varikse Plaat: Rkm 921,6 - Rkm 923,6	
Nevengeul Heerewaarden: Rkm 923,7 - Rkm 925,3	
Groen:	getoond op deze pagina
Oranje:	zie andere pagina's



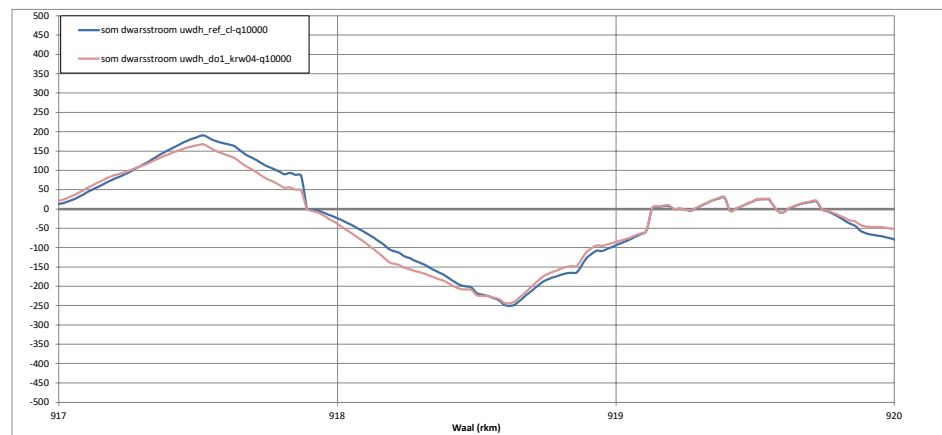
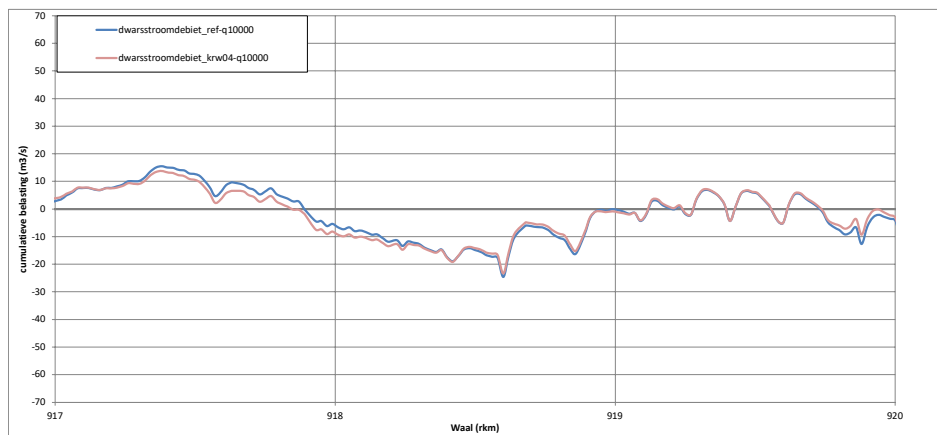


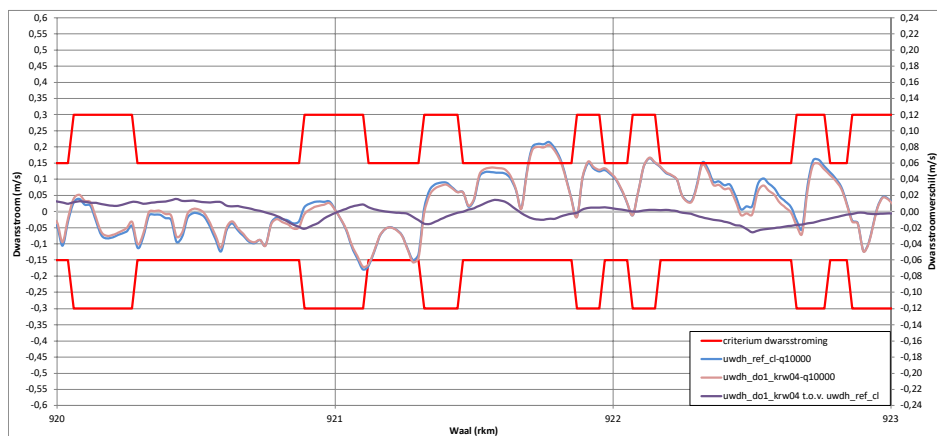
Dwaarsstroming bij een afvoer van 10000 m ³ /s bij Lobith	
Locaties relevante ingrepen:	
Nevengeul Wamel:	Rkm 912,1 - Rkm 914
Nevengeul Tielse Plaat:	Rkm 914,4 - Rkm 916,3
Nevengeul Dreumel:	Rkm 917,3 - Rkm 919,8
Nevengeul Varikse Plaat:	Rkm 921,6 - Rkm 923,6
Nevengeul Heerewaarden:	Rkm 923,7 - Rkm 925,3
Groen: getoond op deze pagina Oranje: zie andere pagina's	



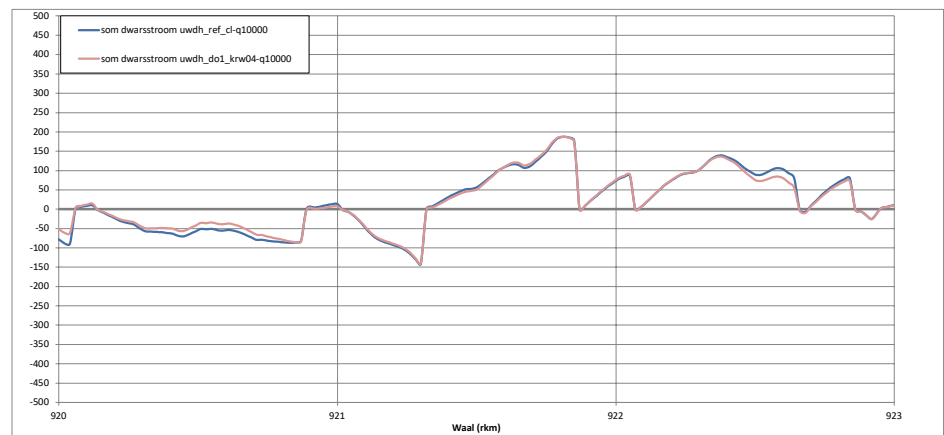
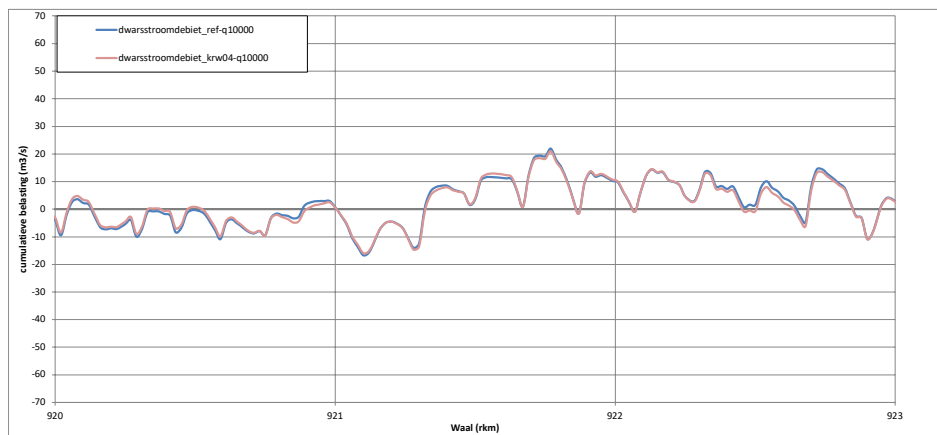


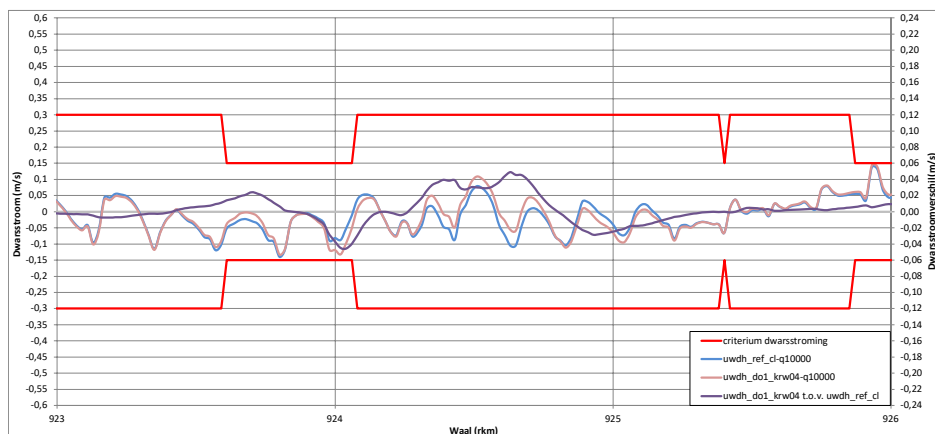
Dwaarsstroming bij een afvoer van 10000 m ³ /s bij Lobith	
Locaties relevante ingrepen:	
Nevengeul Wamel: Rkm 912,1 - Rkm 914	
Nevengeul Tielse Plaat: Rkm 914,4 - Rkm 916,3	
Nevengeul Dreumel: Rkm 917,3 - Rkm 919,8	
Nevengeul Varikse Plaat: Rkm 921,6 - Rkm 923,6	
Nevengeul Heerewaarden: Rkm 923,7 - Rkm 925,3	
Groen:	getoond op deze pagina
Oranje:	zie andere pagina's



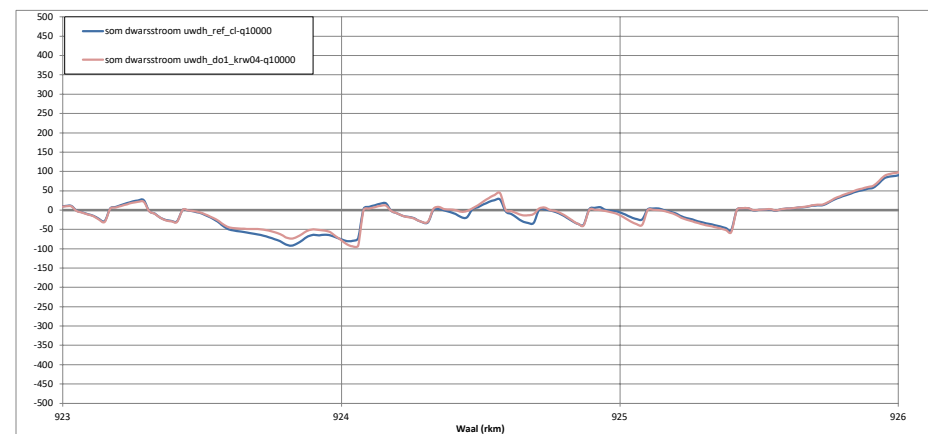
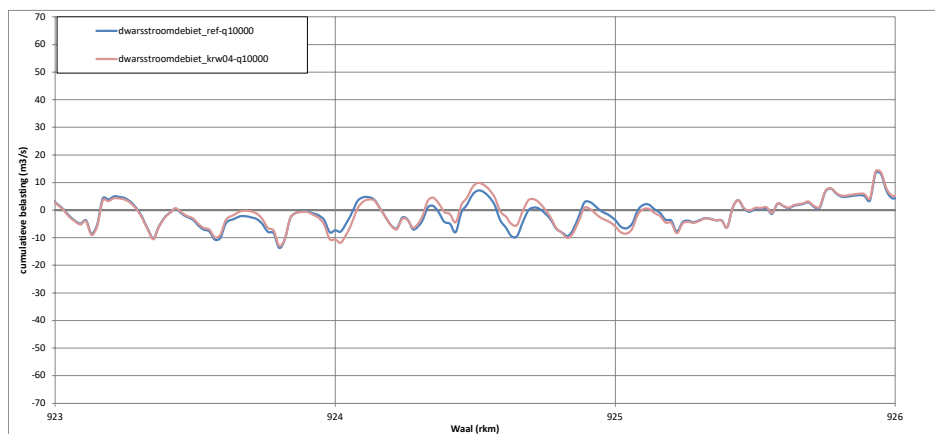


Dwaarsstroming bij een afvoer van 10000 m ³ /s bij Lobith	
Locaties relevante ingrepen:	
Nevengeul Wamel: Rkm 912,1 - Rkm 914	
Nevengeul Tielse Plaat: Rkm 914,4 - Rkm 916,3	
Nevengeul Dreumel: Rkm 917,3 - Rkm 919,8	
Nevengeul Varikse Plaat: Rkm 921,6 - Rkm 923,6	
Nevengeul Heerewaarden: Rkm 923,7 - Rkm 925,3	
Groen: getoond op deze pagina	
Oranje: zie andere pagina's	





Dwaarsstroming bij een afvoer van 10000 m ³ /s bij Lobith	
Locaties relevante ingrepen:	
Nevengeul Wamel: Rkm 912,1 - Rkm 914	
Nevengeul Tielse Plaat: Rkm 914,4 - Rkm 916,3	
Nevengeul Dreumel: Rkm 917,3 - Rkm 919,8	
Nevengeul Varikse Plaat: Rkm 921,6 - Rkm 923,6	
Nevengeul Heerewaarden: Rkm 923,7 - Rkm 925,3	
Groen:	getoond op deze pagina
Oranje:	zie andere pagina's



B10 STROOMSNELHEIDSVERSCHILLEN

1. Stroomsnelheidsverschillen bij 1.020 m3/s



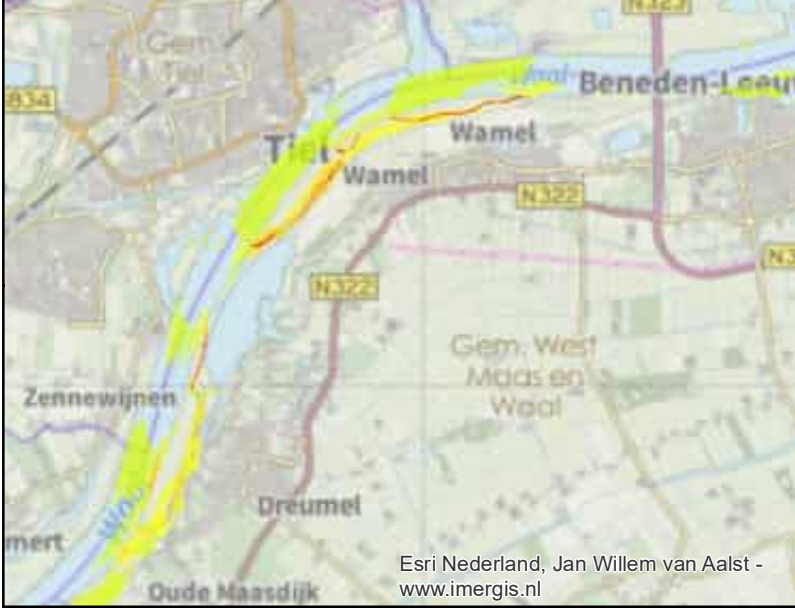
2. Stroomsnelheidsverschillen bij 2.000 m3/s



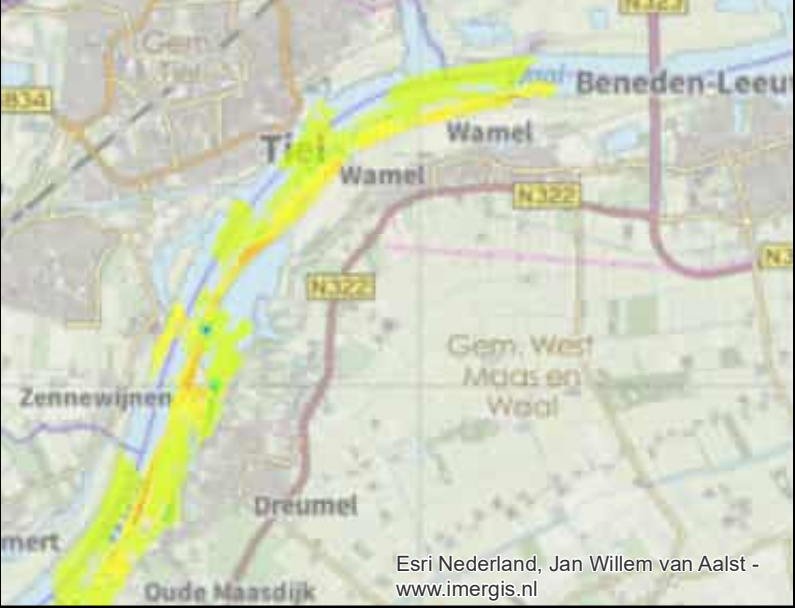
3. Stroomsnelheidsverschillen bij 3.000 m3/s



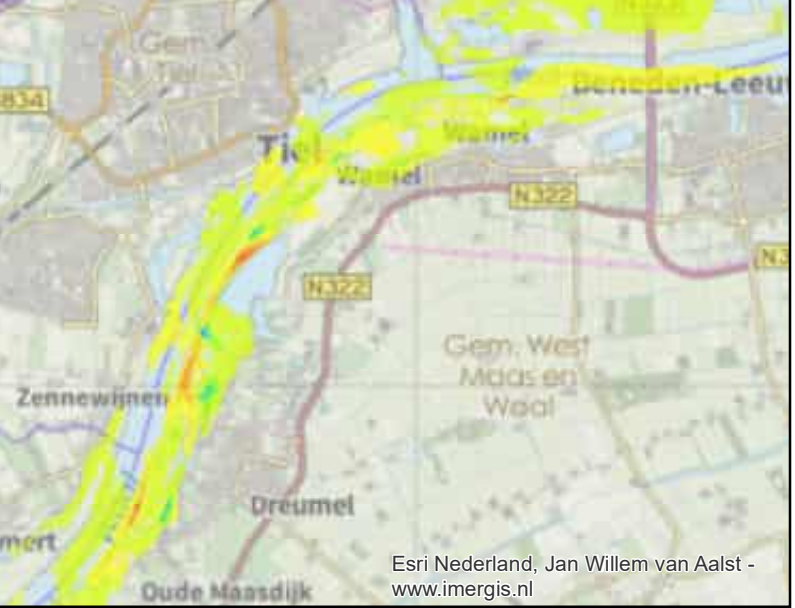
4. Stroomsnelheidsverschillen bij 4.000 m3/s



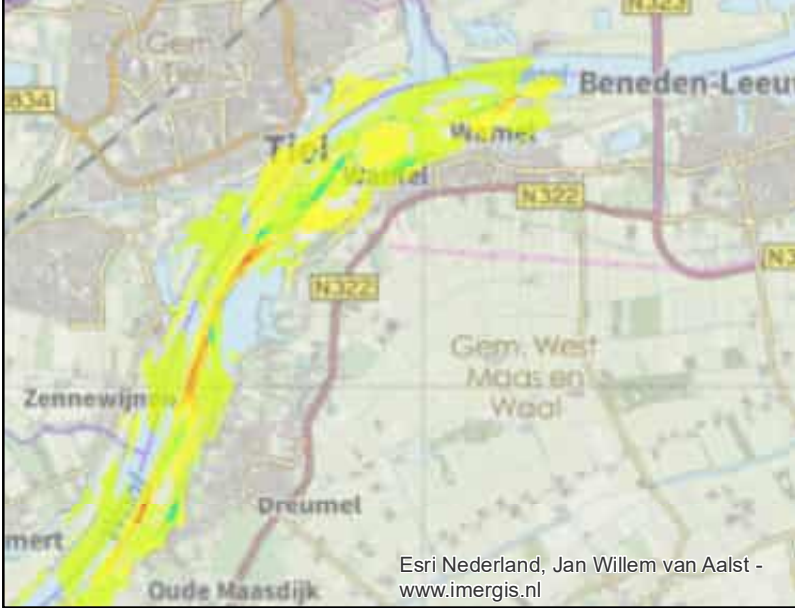
5. Stroomsnelheidsverschillen bij 6.000 m3/s



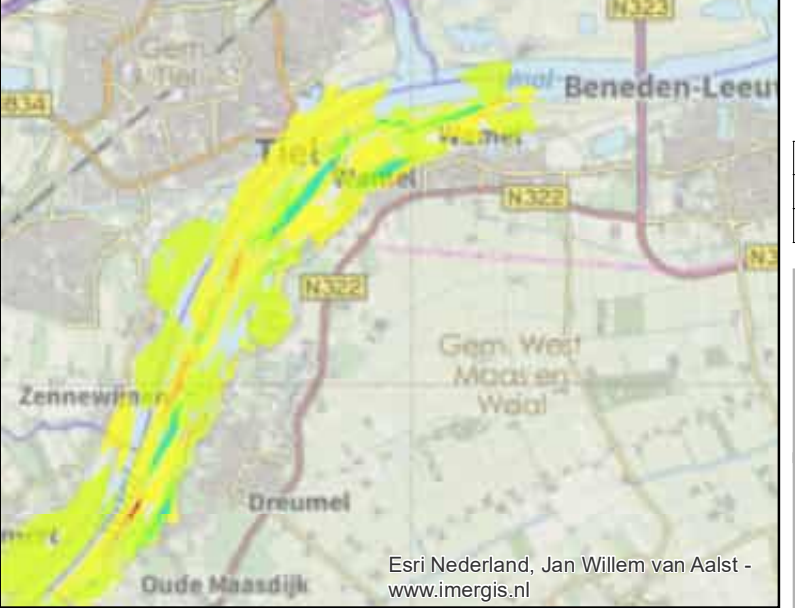
6. Stroomsnelheidsverschillen bij 8.000 m3/s



7. Stroomsnelheidsverschillen bij 10.000 m3/s

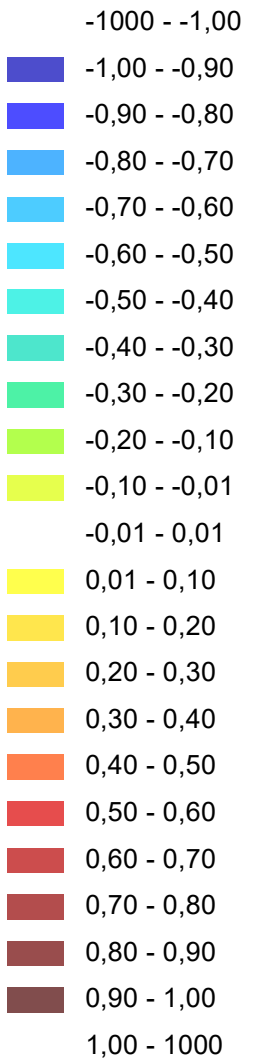


8. Stroomsnelheidsverschillen bij 16.000 m3/s



Verklaring

Vz-verschil [m/s]



0	15-02-2021	Omschrijving	CC		RA		PVZ	
Versie	Datum	Omschrijving	Opsteller	Par.	Verificatie	Par.	Validatie	Par.

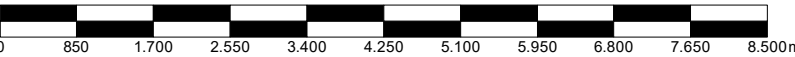
Uiterwaarden Wamel, Dreumel & Heerewaarden

Stroomsnelheidsverschillen a.g.v. krw04 - Kaart 1 van 2

Prov. Gelderland, Staatsbosbeheer & RWS-ON

Fase: Status
Formaat: A3
Schaal: 1:83.806

Projectnr.: RWS165
Tekeningnr: 0000-0000
Doc. nr.: -



088 - 3366333
info@kragten.nl
www.kragten.nl

1. Stroomsnelheidsverschillen bij 1.020 m3/s



2. Stroomsnelheidsverschillen bij 2.000 m3/s



3. Stroomsnelheidsverschillen bij 3.000 m3/s



4. Stroomsnelheidsverschillen bij 4.000 m3/s



5. Stroomsnelheidsverschillen bij 6.000 m3/s



6. Stroomsnelheidsverschillen bij 8.000 m3/s



7. Stroomsnelheidsverschillen bij 10.000 m3/s

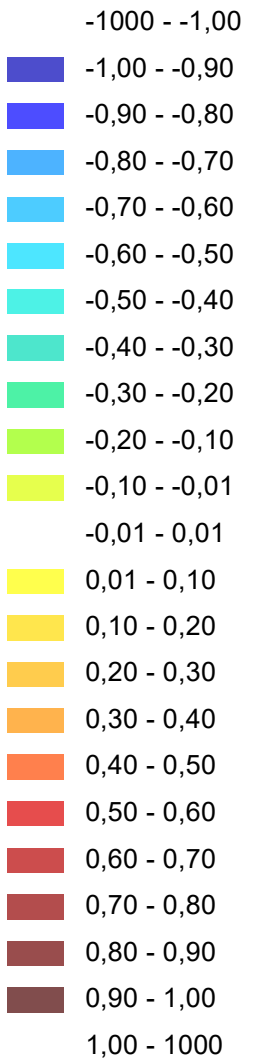


8. Stroomsnelheidsverschillen bij 16.000 m3/s



Verklaring

Vz-verschil [m/s]



0	15-02-2021	Omschrijving	CC		RA		PVZ	
Versie	Datum	Omschrijving	Opsteller	Par.	Verificatie	Par.	Validatie	Par.

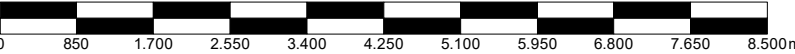
Uiterwaarden Wamel, Dreumel & Heerewaarden

Stroomsnelheidsverschillen a.g.v. krw04 - Kaart 2 van 2

Prov. Gelderland, Staatsbosbeheer & RWS-ON

Fase: Status
Formaat: A3
Schaal: 1:83.806

Projectnr.: RWS165
Tekeningnr: 0000-0000
Doc. nr.: -



088 - 3366333
info@kragten.nl
www.kragten.nl

B11 BESCHRIJVING VOORAFGAAND ONTWERPPROCES

B11.1 Het vooronderzoek

Voordat begonnen is met het opstellen van het Basisontwerp (BO) zijn diverse rivierkundige verkenningen uitgevoerd met behulp van WAQUA (periode oktober/november 2017)⁶.

B11.2 Analyse nevengeul in relatie tot aanzanding

In de offertefase is als risico aangedragen dat de KRW eisen omtrent de nevengeul (bepaalde stroomsnelheid in de geul / onttrekking van water aan de Waal) na optimalisatie mogelijk niet te verenigen zijn met de RBK eis dat geen extra aanzanding mag plaats vinden in het zomerbed van de Waal. Vanaf oktober 2017 tot en met maart 2018 hebben overleggen met RWS-ON plaats gevonden en is onderzocht wat de effecten van deze onttrekking aan de Waal als gevolg heeft. Hierbij is ook gekeken naar mitigerende maatregelen⁷. Conclusie van het onderzoek naar deze relatie is dat als gevolg van de nevengeul, ondanks mitigerende maatregelen, sprake is van een relatief grote hoeveelheid aanzanding in het zomerbed van de Waal.

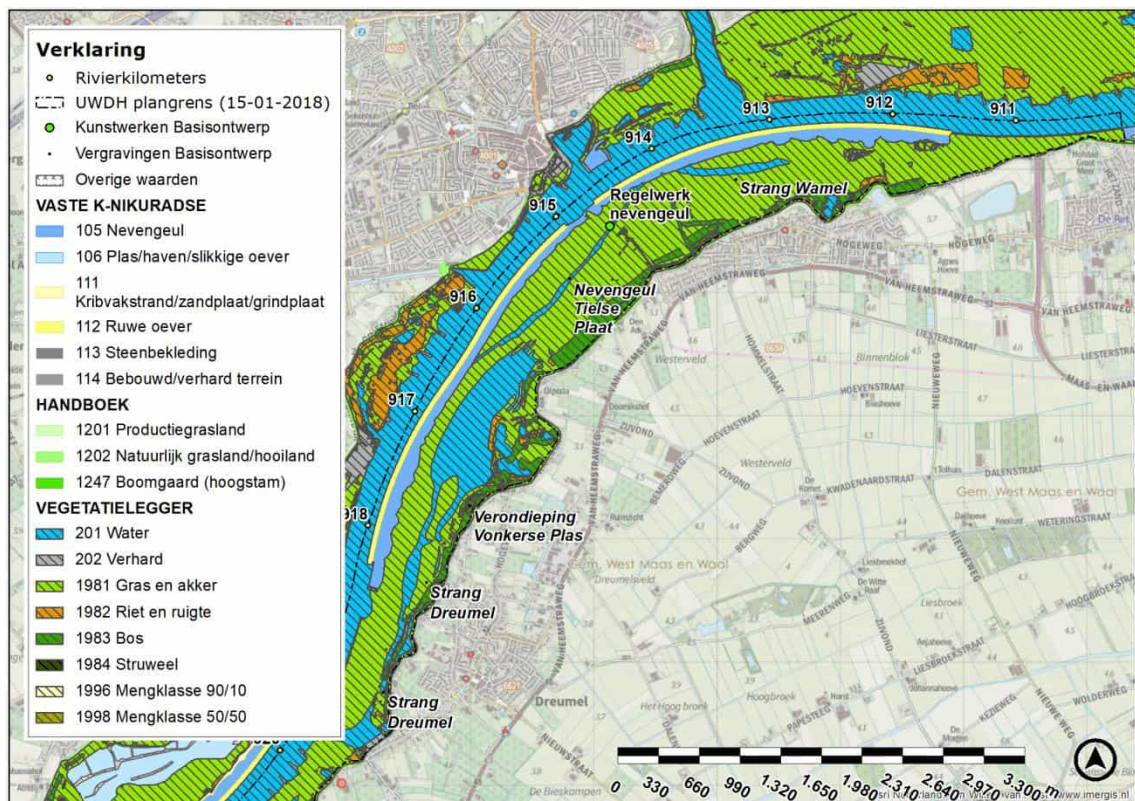
B11.3 Basisontwerp

Naar aanleiding van het vooronderzoek (zie paragraaf B11.1) is in januari/maart 2018 tot een Basisontwerp (BO) gekomen. Dit ontwerp is destijds rivierkundig doorgerekend. Hierop is een beperkte RBK toetsing uitgevoerd⁸. Hieronder is in Afbeelding 34 en Afbeelding 35 de vegetatiekaart van het BO weergegeven.

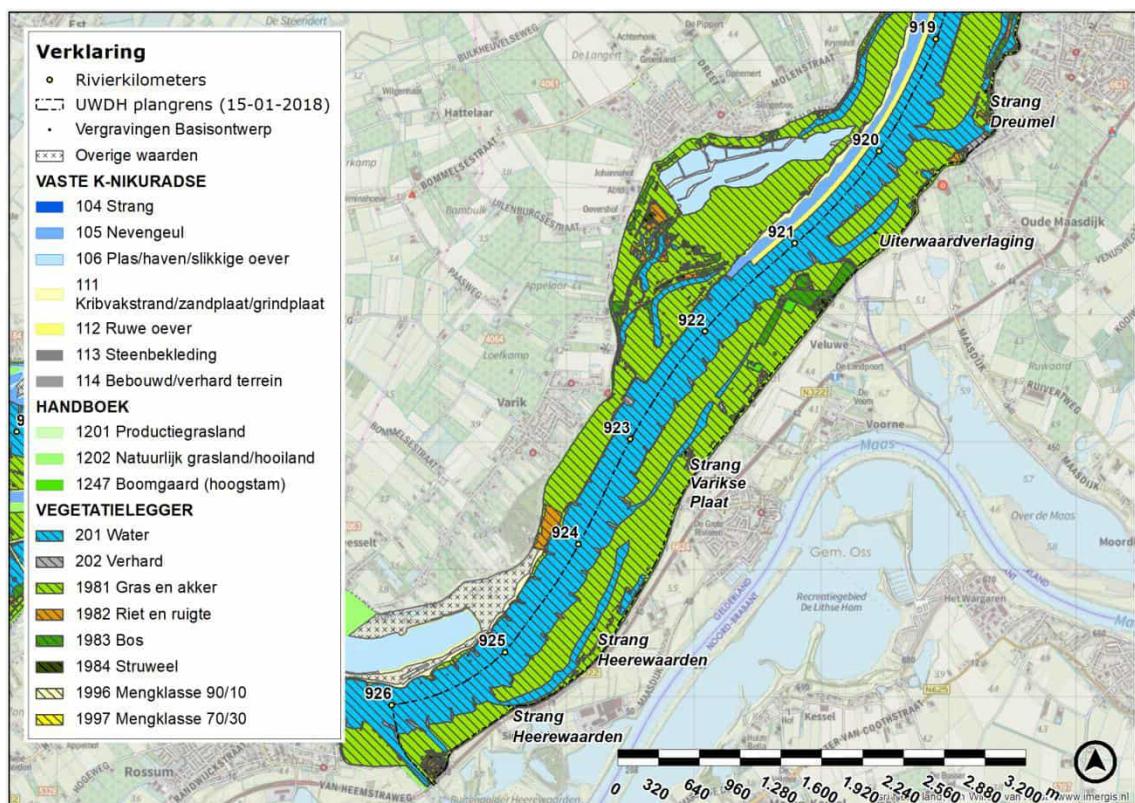
⁶ '171103-RWS165-NOTrivierkundige optimalisatieslagen-1.0', Kragten, 03-11-2017

⁷ '180309-RWS165-NOT-Analyse morfologische effecten nevengeul-5', Kragten, 09-03-2018

⁸ '180316-RWS165-Toelichting resultaten BO', Kragten, 16-03-2018



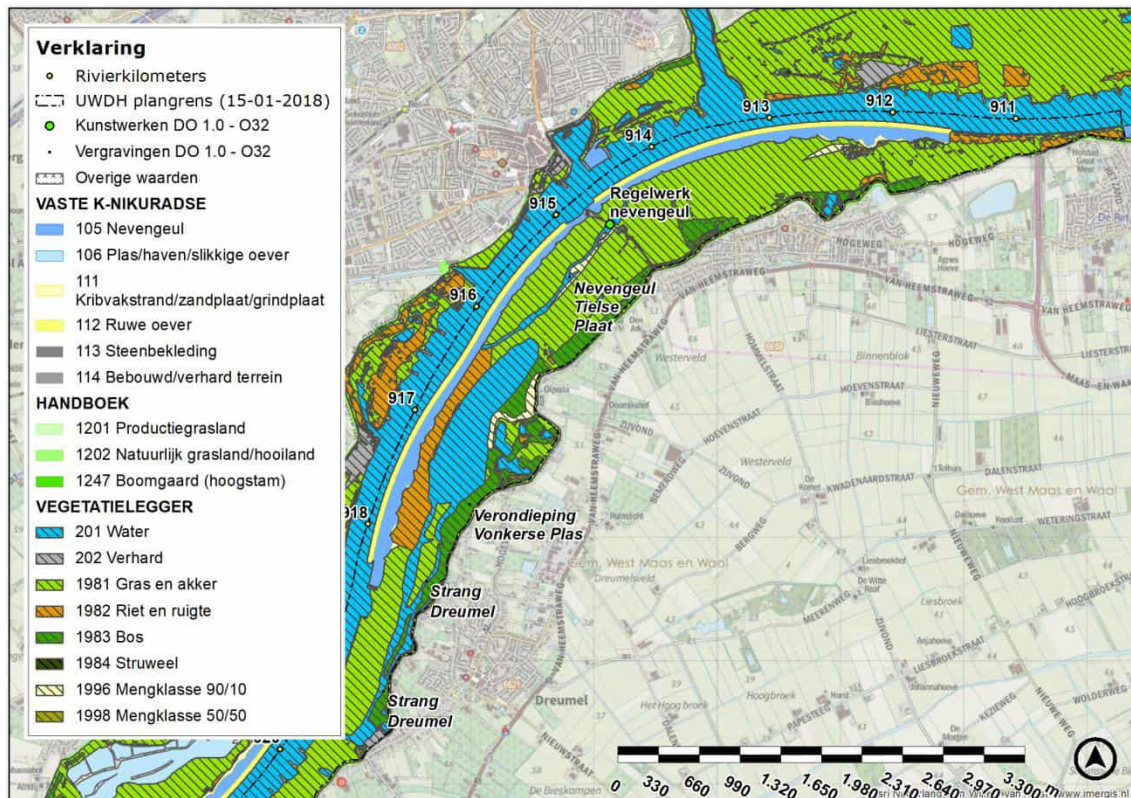
Afbeelding 34. Vegetatiekaart en een aantal ingrepen van het noordelijk deel van het BO.



Afbeelding 35. Vegetatiekaart en een aantal ingrepen van het zuidelijk deel van het BO.

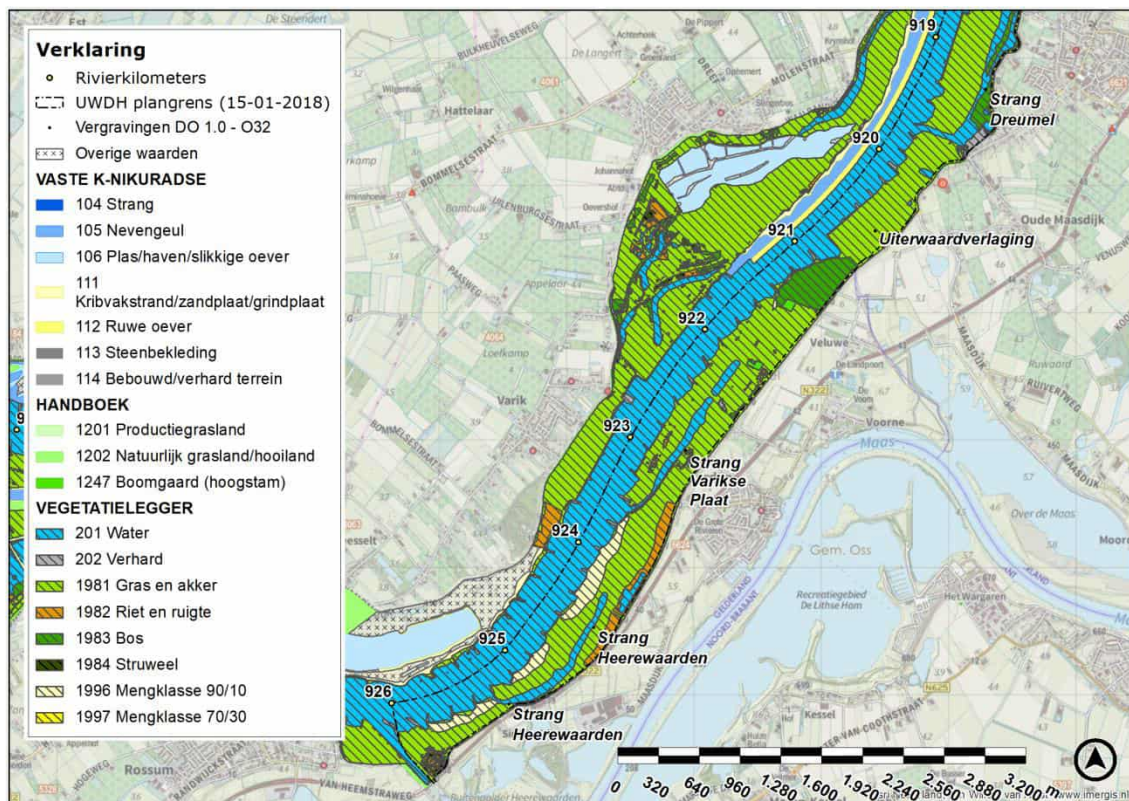
B11.4 DO 1.0 en Fase 0 (DO 1.0 - O32)

Op basis van de resultaten van het BO is destijds het DO 1.0 opgesteld. Het DO 1.0 leidde tot meer dan 17 centimeter opstuwing. Na deze constatering is Fase 0 ingezet. Insteek van deze fase was het rivierkundig optimaliseren van het DO 1.0 om zo te kijken of er zicht is op een rivierkundig vergunbaar ontwerp wat betreft het criterium omtrent de maximaal toelaatbare toename in waterstand bij MHW. Andere criteria, zoals scheepvaart (morphologie en dwarsstroming) zijn in deze fase nog buiten beschouwing gelaten⁹. Conclusie van fase 0 was dat er een MHW-vergunbaar ontwerp mogelijk is, optimalisatie O32 leidde zelfs tot een nagenoeg MHW neutraal ontwerp (zie Afbeelding 38). Optimalisatie van het ontwerp heeft in deze fase primair plaats gevonden door het aanpassen van de ruwheden van het projectgebied. In Afbeelding 36 en Afbeelding 37 zijn de ruwheden/is de vegetatiekaart van DO 1.0, optimalisatie O32 te zien.

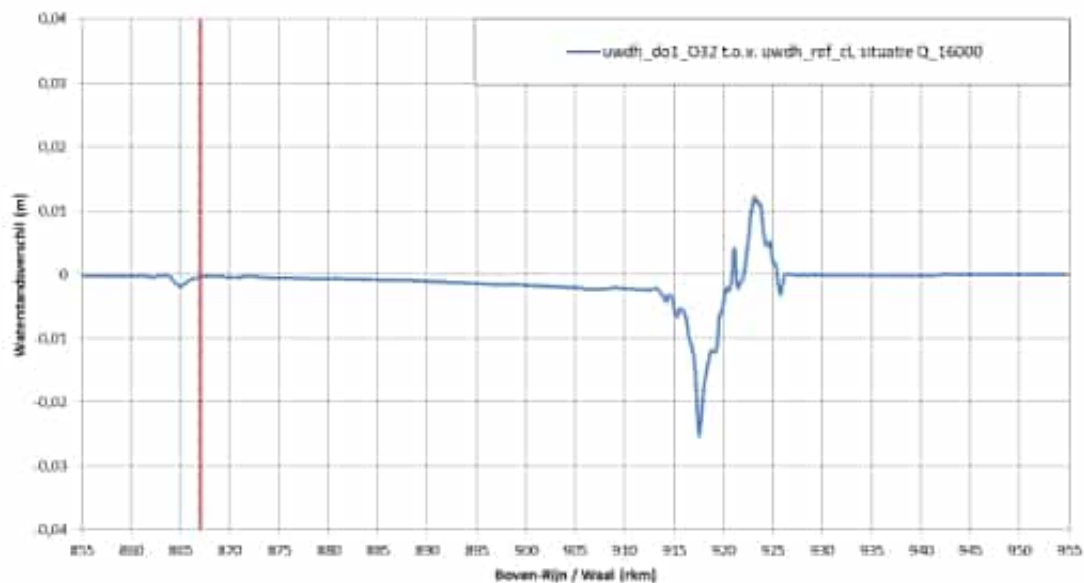


Afbeelding 36. Vegetatiekaart en een aantal ingrepen van het noordelijk deel van het DO 1.0.

⁹ '180917-RWS165-Toelichting rivierkundig onderzoek fase 0-D1', Kragten, 17-09-2018



Afbeelding 37. Vegetatiekaart en een aantal ingrepen van het zuidelijk deel van het DO 1.0.



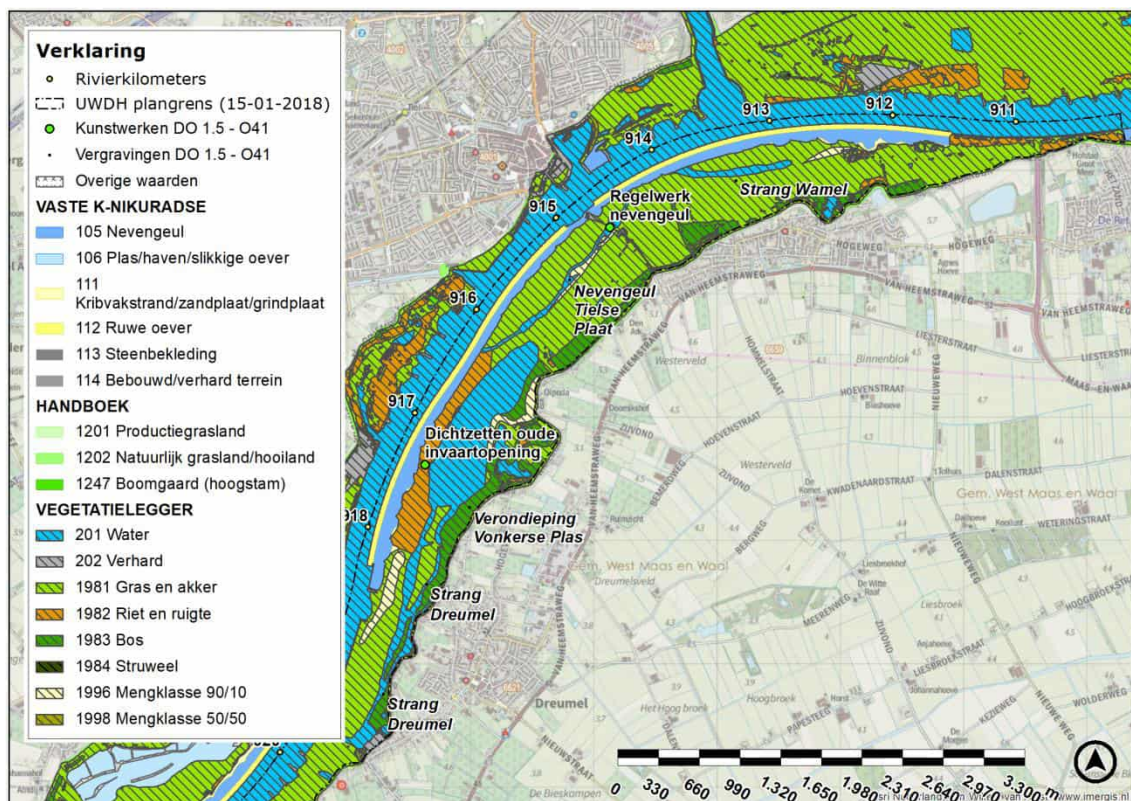
Afbeelding 38. Waterstandsverschil bij MHW in de as van de rivier als gevolg van DO 1.0, optimalisatie O32.

B11.5 Fase 1 (DO 1.5)

Naar aanleiding van de resultaten van fase 0 is fase 1 ingezet om tot een DO 1.5 te komen. In deze fase stond voor rivierkundig onderzoek het mitigeren van de morfologische en nautische effecten centraal. Optimalisatie O32 is als basis gebruikt voor deze fase. Gedurende deze periode heeft regelmatig overleg plaats gevonden met RWSON om te kijken naar mogelijke mitigatiemaatregelen voor de morfologische effecten van het project. Het mitigatieproces en de maatregelen zijn uitvoerig beschreven in Hoofdstuk 4 van het rivierkundig rapport van

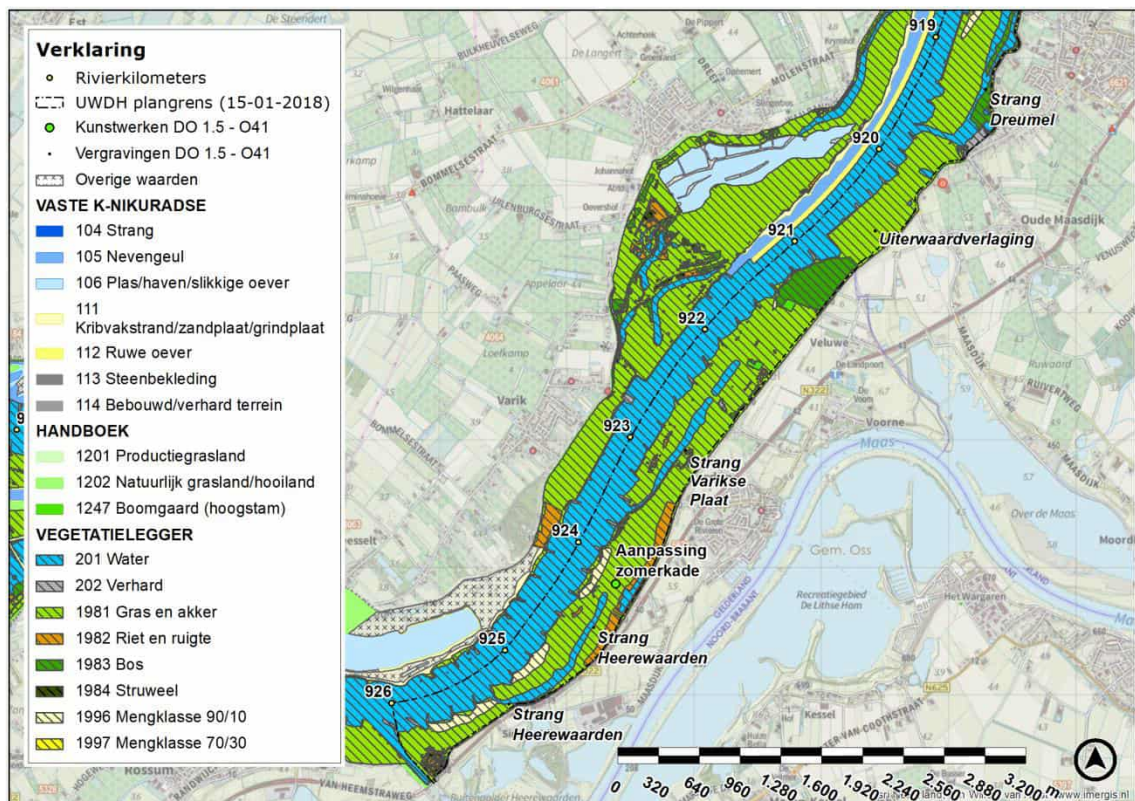
DO 1.5¹⁰. De mogelijke mitigatiemaatregelen – het ophogen van de aanwezige oeverwallen langs de rivier – bleken niet acceptabel te zijn vanuit de ecologische eisen die gesteld worden aan het project. Dit omdat de frequentie van overstromen van de ecologisch waardevol geachte oeverwallen zal afnemen als gevolg van de mitigatiemaatregelen. Dit heeft voor het gewenste ecologische beeld nadelige effecten. Een mitigatiemaatregel is echter wel doorgevoerd in het ontwerp in het kader van het beperken van de effecten op de morfologie. Dit betreft het dichtzetten van de oude invaartopening naar de Vonkerplas. De kade rondom de Vonkerplas is ter plaatse van de oude invaartopening in het DO 1.5 doorgetrokken. Het dichtzetten van deze opening resulteert erin dat rond deze locatie in het zomerbed langer een grotere hoeveelheid water door het zomerbed stroomt. Dit beperkt de mate van aanzanding in het zomerbed rond deze locatie.

Het DO 1.5 voldoet qua MHW (zie Afbeelding 41), maar morfologisch blijkt er echter sprake te zijn van een voor RWS niet acceptabele aanzanding. In Afbeelding 39 en Afbeelding 40 zijn de ruwheden/is de vegetatiekaart van DO 1.5, optimalisatie O41 te zien.

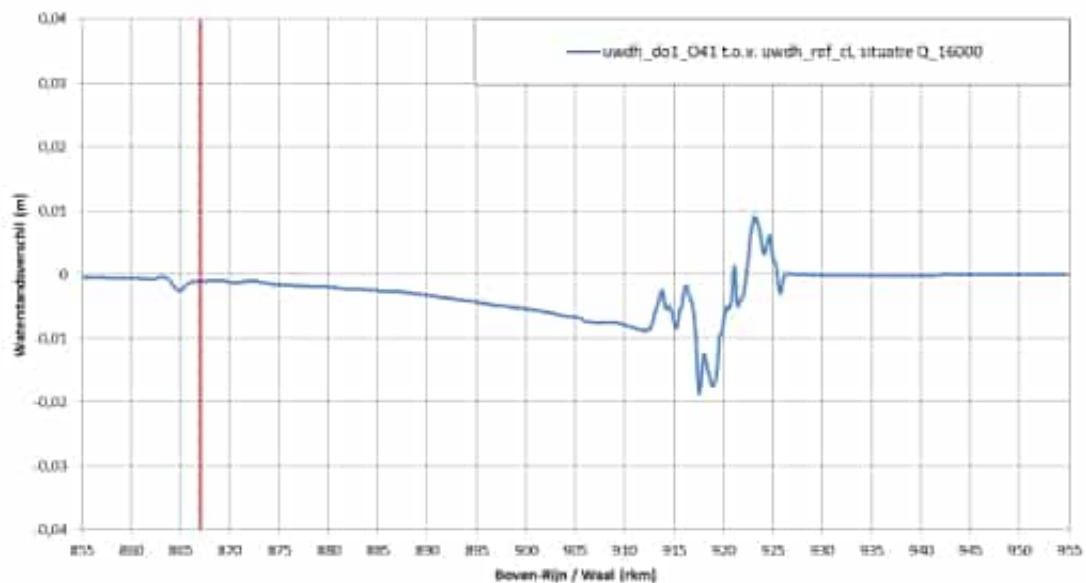


Afbeelding 39. Vegetatiekaart en een aantal ingrepen van het noordelijk deel van het DO 1.5.

¹⁰ '181213RWS165Rivierkundigonderzoek UWDH DOD1', Kragten, 13-12-2018



Afbeelding 40. Vegetatiekaart en een aantal ingrepen van het zuidelijk deel van het DO 1.5.



Afbeelding 41. Waterstandsverschil bij MHW in de as van de rivier als gevolg van DO 1.5, optimalisatie O41.

B11.6 DO 1.99

Op basis van het DO 1.5 is een Go gegeven voor de verdere uitwerking naar DO 1.99. Tegelijkertijd is een escalatieproces opgestart om tot een oplossing te komen voor het spanningsveld tussen de te realiseren ecologische doelen en de niet vergunbare rivierkundige effecten die als gevolg hiervan optreden (specifiek de morfologische effecten). Dit proces is voorafgaand aan het DO 2.1 afgerond, zie paragraaf Four!

Verwijzingsbron niet gevonden.. De mitigatiemaatregelen voor de morfologische effecten die onderzocht zijn in

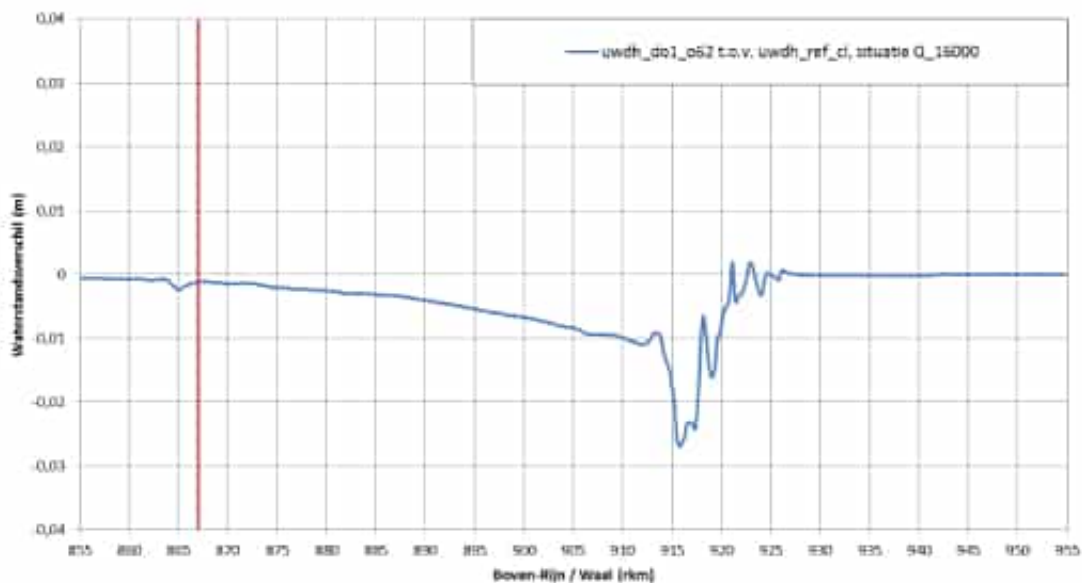
het kader van DO 1.5 zijn, op het dichtzetten van de oude invaartopening naar de Vonkerplas na, niet doorgevoerd in het DO 1.99.

Gedurende het ontwerpproces van DO 1.99 zijn op het gebied van rivierkunde twee aspecten van belang, namelijk het terugzetten van het gronddepot aan de zuidzijde van de Vonkerplas (1) in het ontwerp en het verder detailleren van de vegetatiekaart (2).

1) In tegenstelling tot eerdere iteraties van het ontwerp voor UWDH (BO, DO 1.0, etc.) is besloten om in DO 1.99 het gronddepot aan de zuidzijde van de Vonkerplas¹¹ niet af te graven. Het niet afgraven van dit depot heeft ten opzichte van eerdere ontwerpen een waterstandsverhogend effect. Er zijn daarom rondom het gronddepot aan de zuidzijde van de Vonkerplas vegetatieaanpassingen gedaan om de doorstroom van water rondom het depot zo veel mogelijk te verbeteren. Effectief betekent dit dat een "vergladding" is doorgevoerd, wat inhoudt dat ruwe vegetatie zoals bomen en struiken op ongunstige locaties is weggehaald en vervangen door minder ruw (dus gladder) grasland¹².

2) Naast de aanpassingen rondom het gronddepot aan de zuidzijde van de Vonkerplas is in overleg met [REDACTED] van de Provincie Gelderland gedurende het voorjaar/zomer van 2019 de vegetatiekaart verder gedetailleerd en geoptimaliseerd. In het rapport '200219-RWS165-Rivierkundigonderzoek UWDH DO 1.99-D3' zijn de resultaten voor het DO 1.99 uitgewerkt.

Het MHW resultaat van DO 1.99 is weergegeven in Afbeelding 42. Het DO 1.99 leidt qua MHW effect tot een waterstandsval van circa 25 millimeter. Dit betekent dus dat de 'vergladding' die is doorgevoerd, zijn doel is voorbij geschoten. In plaats van op waterstandsneutraal uit te komen, is waterstandsval gecreëerd. Gezien het feit het project geen waterstandsval/hogwateropgave als doelstelling heeft, is het beter deze te gebruiken voor verdere optimalisatie van de vegetatiekaart. Hier is in het DO 2.1 naar gekeken.



Afbeelding 42. Waterstandsverschil bij een afvoer van 16.000 m³/s als gevolg van DO 1.99.

¹¹ Het gronddepot aan de zuidzijde van de Vonkerplas ligt aan de zuidzijde van de Vonkerplas, bij de aansluiting op strang Dreumel.

¹² '190604-RWS165-VTW020-Koepelnotitie_Beschouwing_varianten_Depot_Dekker-D2', Kragten, 04-06-2019

B12 AANPAK MORFOLOGISCHE ANALYSE EN WAQMORF TOETSING KRW04

B12.1 Aanpak WAQmorf

Tussen december 2017 en maart/april 2018 heeft met RWS-ON overleg plaats gevonden over de nevengeul. Destijds zijn voorbereidingen getroffen voor de escalatie van de principiële keuze: wat prevaleert na optimalisatie, de KRW-eisen voor de nevengeul of de aanzandingseisen voor het zomerbed van de Waal. Deze escalatie is toen niet doorgezet omdat bij RWS-ON het idee bestond dat nog niet alle mogelijk optimalisaties waren onderzocht.

Gezien het feit dat het duidelijk was dat sprake is van significante aanzanding, is besloten om met RWS-ON gezamenlijk het morfologisch optimalisatie proces te doorlopen in aanloop naar het DO 1.5. Overleggen in dit kader hebben plaats gevonden in oktober en november 2018. Insteek van deze samenwerking was onder andere om een heldere morfologische analyse tot stand te brengen voor een groot projectgebied.

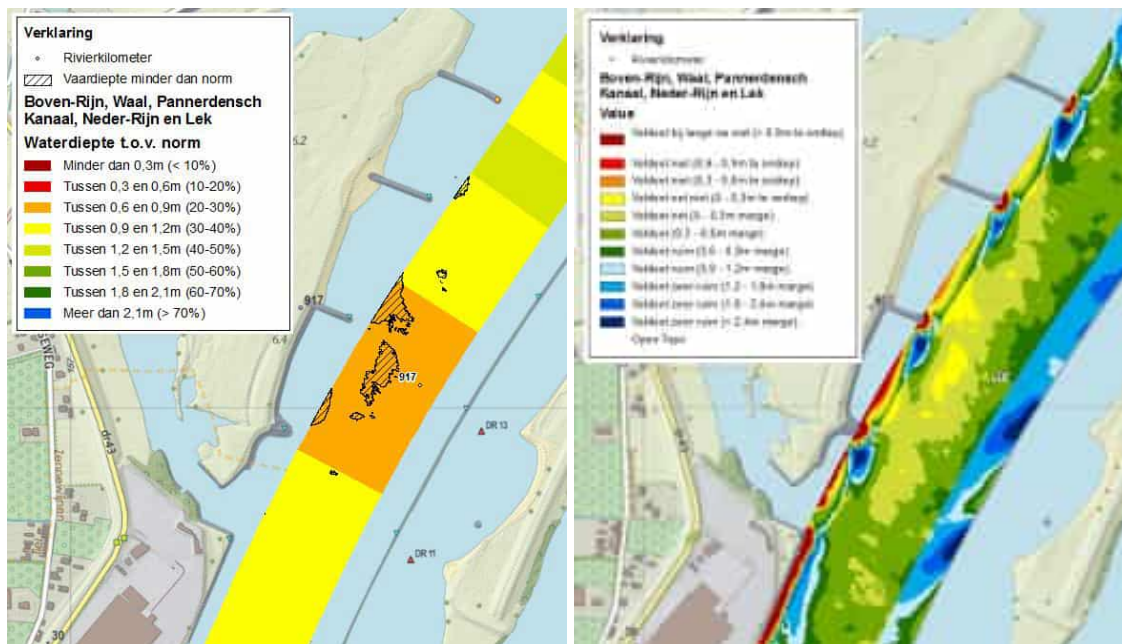
Aanpak WAQmorf

WAQmorf heeft als output de zogenaamde 'maxmorf', de maximale aanzanding na één hoogwater; de 'jaargem', de gemiddelde aanzanding door het gehele jaar heen en de 'minmorf', zijnde de jaarlijkse aanzanding na de zomerperiode (laagwater). Voor het volume van de verandering in evenwichtsligging is gekeken naar de volumes die WAQmorf berekent binnen de grenzen van de vaargeul.

Er is overwogen om met WAQmorf twee verschillende analyses uit te voeren. Een analyse voor de gebieden die laag frequent meestromen, deze representeren de delen die enkel meestromen bij hoge afvoeren ($>10.000 \text{ m}^3/\text{s}$ bij Lobith). En een analyse voor de gebieden die hoog frequent meestromend zijn. Dit zijn de onderdelen van het projectgebied die regelmatig onderlopen (meerdere malen per jaar). In een nadere analyse is echter geconstateerd dat de laag frequente afvoeren weinig morfologisch effect hebben. Belangrijke reden hierachter is dat de kade noordelijk rondom de Vonkerplas ongewijzigd blijft. Bij $8.000 \text{ m}^3/\text{s}$ begint de Vonkerplas weliswaar mee te stromen, maar heeft de ingreep geen uitgesproken invloed op de stroming. Er is daarom besloten dat volstaan kan worden met één morfologische beoordeling met behulp van WAQmorf, namelijk voor de hoogfrequent meestromende afvoeren. Voor WAQmorf worden daarvoor de volgende afvoerblokken gebruikt: $Q1 = 3.000 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q2 = 4.000 \text{ m}^3/\text{s}$ en $Q3 = 6.000 \text{ m}^3/\text{s}$.

Aanpak interpretatie resultaten t.o.v. huidige situatie

WAQmorf berekent de verandering in evenwichtsligging van de rivierbodem. Het programma houdt dus geen rekening met de huidige situatie. Om de vertaling van WAQmorf naar de huidige situatie te kunnen maken, is besloten om de waterdieptekaarten te hanteren die in 2018 zijn opgesteld door RWS-ON. Van de waterdieptekaarten bestaan twee varianten, uitsneden hiervan zijn weergegeven in Afbeelding 43.



Afbeelding 43. Links de waterdiepte breedte gemiddeld over hectometervakken en rechts de waterdiepte t.o.v. de norm in 2D.

2D morfologische analyse

In de hectometervakken kaart gaan enige nuances verloren die wel te zien zijn in de rechter afbeelding in Afbeelding 43. Dit is een gevolg van de breedtemiddeling. Daarom is een kaart gemaakt per ontwerp of mitigerende maatregel (in het geval van DO 1.5, zie Hoofdstuk 4 in bijlage Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.). Voor deze kaart zijn de 'jaargem' WAQmorf resultaten vertaalt naar een raster gelijk aan dat van de waterdiepte kaart. Vervolgens is dit "WAQmorfraster" afgetrokken van de waterdiepte kaart. Hiermee is onder andere in kaart gebracht hoe de gebieden die boven de norm liggen¹³ veranderen als gevolg van de ingreep. Vervolgens is gekeken hoeveel volume zich bevindt boven de norm op basis van de huidige waterdiepte kaarten van RWS-ON, en hoeveel in de waterdiepte kaarten gemaakt op basis van de ingreep. In Afbeelding 44 is een voorbeeld weergegeven van de kaarten.



Afbeelding 44. Waterdiepte kaart van RWS-ON met daarin de 'boven de norm' gebieden (zwart gearceerd; links) en een nieuwe waterdiepte kaart (rechts; in dit geval DO 1.99).

¹³ In Afbeelding 43 zijn dat in de rechter afbeelding de gele gebieden en in de linker afbeelding de zwarte rasters.

Naast de waterdieptekaarten zijn ook tabellen gemaakt die de verandering in de evenwichtssituatie per hectometervak boven de norm (OLR – 2,8 meter) weergeven. Hiervoor is berekend hoeveel volume boven de norm aanwezig is in de evenwichtssituatie op basis van de 2D waterdieptekaarten van RWS-ON en hoeveel op basis van de 2D waterdieptekaarten van de nieuwe situatie. Vervolgens zijn deze van elkaar afgetrokken. Zo kan per hectometervak gekeken worden of boven de norm het volume afneemt of toeneemt en hoe het oppervlak van dit gebied verandert.

B12.2 Toetsing DO 2.1 (KRW04) middels WAQmorf

Hieronder een korte opsomming van de resultaten die zijn opgenomen in de bijlagen:

- Hoeveelheden per hectometervak – WAQmorf jaargemiddeld: bijlage B12.3.1
- Hoeveelheden per hectometervak – boven de norm: bijlage B12.3.2;
- Hectometervakkaarten: bijlage B12.3.3;
- Verandering in evenwichtsligging kaarten op basis van WAQmorf: bijlage B12.3.4;
- Waterdieptekaarten van RWS-ON: bijlage B12.3.5;
- Waterdieptekaarten van DO 2.1 (krw04): bijlage B12.3.6.

Uit de hectometervakken analyse volgt dat tussen de hectometervakken 9105 (rivierkilometer 911,2; circa 1 kilometer bovenstrooms van nevengeul Wamel) en 9256 (circa rivierkilometer 926,5, circa 1 kilometer benedenstrooms van nevengeul Wamel) het volume boven de norm jaargemiddeld toeneemt met 3.750 m³. Het volume boven de norm in de referentiesituatie is circa 4.680 m³. In het geval van DO 2.1 (krw04) is dat circa 8.430 m³. Het oppervlak neemt met 38.600 m² toe. Het oppervlak van de bodem dat boven de norm ligt is in de referentiesituatie circa 45.700 m². In het DO 2.1 wordt dit 84.300 m². Ter referentie, ieder hectometervak heeft een oppervlak van circa 15.000 m².

Basis van bovenstaande getallen zijn de WAQmorf jaargemiddelde waarden. Voor de hectometervakken 9105 tot en met 9256 wordt een toename van circa 120.190 m³ aanzanding in de nieuwe evenwichtsligging van de bodem en een afname van 6.570 m³.

Uit de hectometervakken tabellen is af te leiden dat als gevolg van verandering in evenwichtsligging de waterdiepte ten opzichte van de norm afneemt en toeneemt. Er komt 3.970 m³ boven de norm bij en er gaat 220 m³ boven de norm af. Er komt dus vooral volume boven de norm bij, en er gaat weinig volume af. Hieronder wordt per nevengeul een inschatting gemaakt hoeveel deze bijdraagt aan dit volume.

Nevengeul Wamel

Voor deze nevengeul is gekeken naar het volume in hectometervakken 9105 en 9132. In totaal komt hier 1.111 m³ aanzanding boven de norm bij. Alleen gekeken naar de toename in volume als gevolg van de ingreep – dus gekeken naar de jaargemiddelde waarden berekend door WAQmorf, zonder rekening te houden met de waterdiepte – is er sprake van een toename van 23.446 m³ en een afname van 3131 m³. Kanttekening bij de toename boven de norm is dat in het zomerbed van de rivier in de gehanteerde waterdieptekaart al grote delen zich boven de norm bevinden (1.168 m³). Dus extra aanzanding zal daarmee dan ook tot een snellere toename van aanzanding boven de norm leiden, dan wanneer dit niet het geval was.

Nevengeul Tielse Plaat

Voor deze nevengeul is gekeken naar het volume in hectometervakken 9136 en 9157. In totaal komt hier 444 m³ aanzanding boven de norm bij. Alleen gekeken naar de toename in volume als gevolg van de ingreep – dus gekeken naar de jaargemiddelde waarden berekend door WAQmorf, zonder rekening te houden met de waterdiepte – is er sprake van een toename van 26.928 m³ en een afname van 80 m³. Uiteraard bevindt zich het merendeel van de erosie voor en na de geul.

Nevengeul Dreumel

Voor deze nevengeul is gekeken naar het volume in hectometervakken 9165 en 9190. In totaal komt hier 1.303 m³ aanzanding boven de norm bij. Alleen gekeken naar de toename in volume als gevolg van de ingreep – dus

gekeken naar de jaargemiddelde waarden berekend door WAQmorf, zonder rekening te houden met de waterdiepte – is er sprake van een toename van 17.328 m³ en een afname van 1.509 m³.

Nevengeulen Varikse Plaat en Heerewaarden

De nevengeulen Varikse Plaat en Heerewaarden liggen in elkaars verlengde. Het effect van iedere afzonderlijke geul kan daardoor niet beschouwd worden. Er is voor deze nevengeulen gekeken naar hectometervakken 9206 en 9244. Er komt op dit traject circa 901,5 m³ aan extra volume boven de norm bij. Alleen gekeken naar de toename in volume als gevolg van de ingreep – dus gekeken naar de jaargemiddelde waarden berekend door WAQmorf, zonder rekening te houden met de waterdiepte – is er sprake van een toename van 48.807 m³ en een afname van 149 m³. Ook voor deze locatie geldt dat met name de erosie boven- en benedenstrooms van de beschouwde hectometervakken plaats vindt.

Effect optimalisatiemaatregelen

Om de effecten van de optimalisatiemaatregel 'dichtzetten oude invaartopening Vonkerplas' opnieuw in kaart te brengen voor DO 2.1, is deze opnieuw berekend binnen de krw02 reeks. De WAQUA versie 'krw02d' is gelijk aan krw02a, maar de oude invaartopening is weer opengezet. Vergelijking van deze twee berekeningen laat zien dat de optimalisatiemaatregel zorgt voor 460 m³ minder aanzanding in de hectometervakken 9159 tot en met 9184. De optimalisatiemaatregel verlaagd de grootste piek aan aanzanding boven de norm langs het UWDH traject, zie Bijlage B12.3.7.

In paragraaf 4.3 wordt de optimalisatie van de dwarsstroming behandeld. Deze optimalisatie heeft er onder andere toe geleid dat een traject van de uiterwaarden, van oeverwal tot zomerkade, op een hoogte van NAP +7,5 meter wordt gebracht. Dit zorgt ervoor dat de uiterwaard bij hogere afvoeren, jaarlijkse terugkerende afvoeren minder makkelijk mee stroomt. Dit heeft zowel positief effect op de dwarsstroming als op de aanzanding. In de berekening krw02a is deze ophoging nog niet aanwezig. De aanzanding boven de norm is dan 5.180 m³ tussen de hectometervakken 9105 en 9256. Bij krw04 is deze aanzanding boven de norm dus, zoals hierboven beschreven, circa 3.750 m³ in dit traject. De optimalisatie van dwarsstroming zal aan de afname bijgedragen hebben.

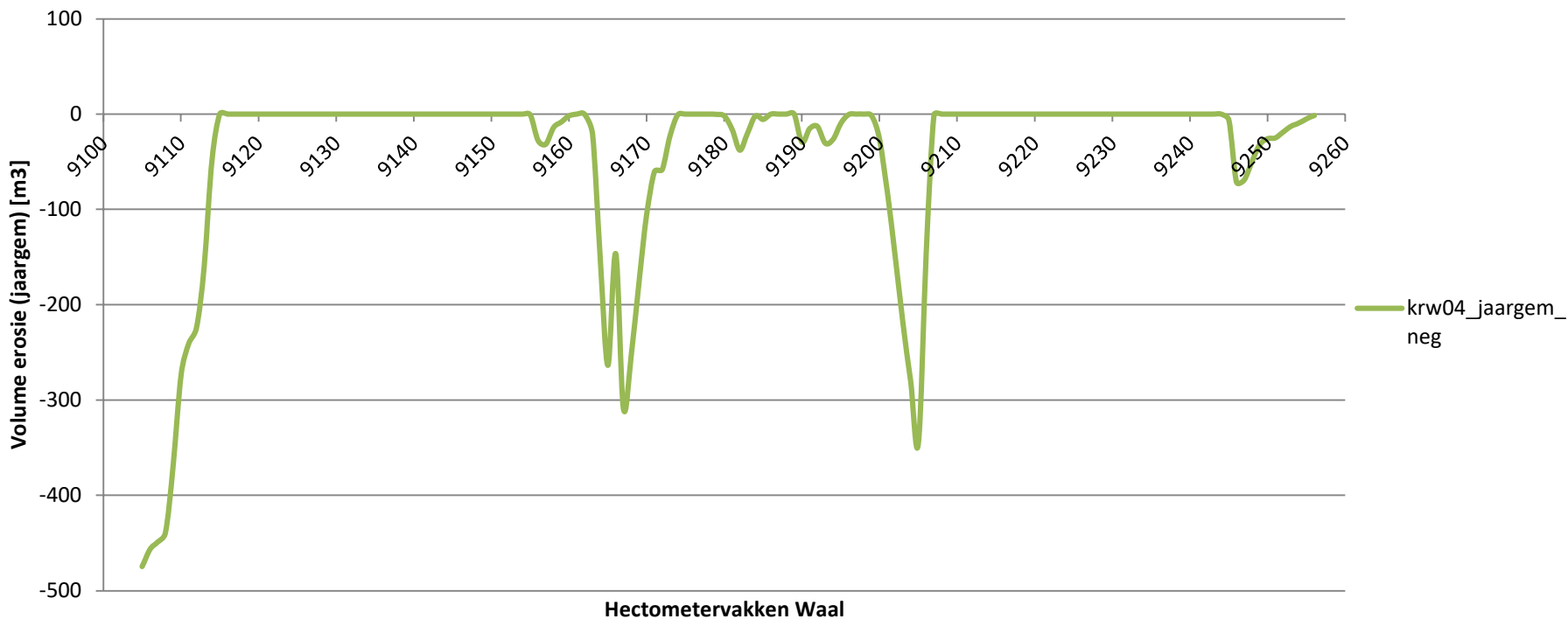
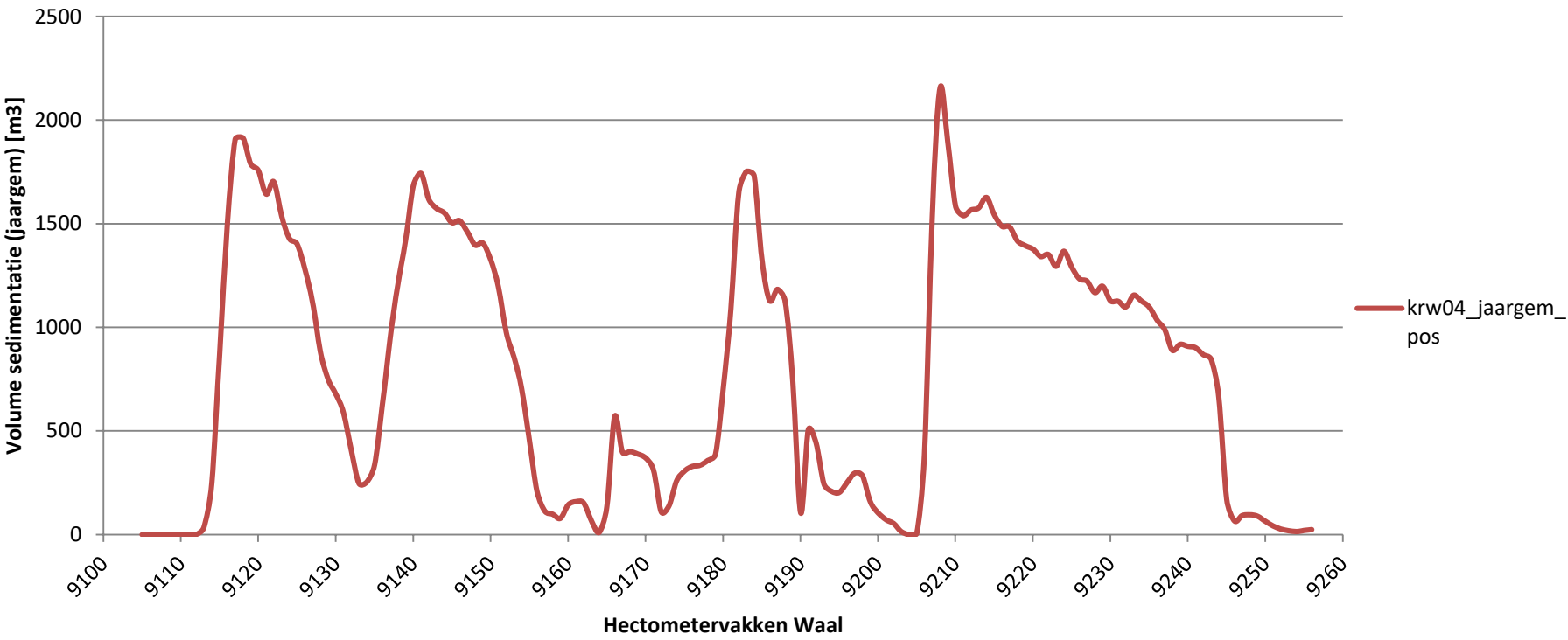
B12.3 Resultaten morfologie WAQmorf

B12.3.1 Tabellen erosie en sedimentatie per hectometervak — WAQmorf Jaargem

Volume WAQmorf sedimentatie van krw04_jaargem_pos en WAQmorf erosie van krw04_jaargem_neg					Locaties
	krw04_jaargem_pos		krw04_jaargem_neg		
	Volume	Oppervlak	Volume	Oppervlak	
	m3	m2	m3	m2	
Rood omkaderd:	Globale locatie restrictiegebieden baggeren				
Blauw omkaderd:	Globale locatie vaargeul Waal bij het Amsterdam-Rijnkanaal				
Totalen	120187	1562496	-6567	308007	
wa_9105	0	0	-475	15095	Nevengeul / strang Wamel
wa_9106	0	0	-457	15095	
wa_9107	0	0	-449	15100	
wa_9108	0	0	-439	15104	
wa_9109	0	0	-368	15083	
wa_9110	0	0	-274	15100	
wa_9111	0	0	-240	15086	
wa_9112	1	278	-224	14808	
wa_9113	37	3566	-158	11517	
wa_9114	250	10633	-47	4448	
wa_9115	873	15081	0	0	
wa_9116	1493	15082	0	0	
wa_9117	1907	15076	0	0	
wa_9118	1914	15076	0	0	
wa_9119	1791	15071	0	0	
wa_9120	1757	15082	0	0	
wa_9121	1643	15076	0	0	
wa_9122	1702	15078	0	0	
wa_9123	1538	15089	0	0	
wa_9124	1429	15073	0	0	
wa_9125	1402	15098	0	0	
wa_9126	1282	15119	0	0	
wa_9127	1123	15100	0	0	
wa_9128	884	15103	0	0	
wa_9129	750	15100	0	0	
wa_9130	679	15124	0	0	Nevengeul Tielse Plaat
wa_9131	587	15117	0	0	
wa_9132	406	15118	0	0	
wa_9133	247	15114	0	0	
wa_9134	254	15133	0	0	
wa_9135	337	15108	0	0	
wa_9136	621	15112	0	0	
wa_9137	943	15113	0	0	
wa_9138	1207	15122	0	0	
wa_9139	1418	15116	0	0	
wa_9140	1684	15116	0	0	
wa_9141	1742	15111	0	0	
wa_9142	1619	15107	0	0	
wa_9143	1574	15117	0	0	
wa_9144	1553	15119	0	0	
wa_9145	1505	15121	0	0	
wa_9146	1515	15129	0	0	
wa_9147	1460	15107	0	0	
wa_9148	1397	15117	0	0	
wa_9149	1407	15106	0	0	
wa_9150	1326	15110	0	0	
wa_9151	1196	15109	0	0	
wa_9152	977	15114	0	0	
wa_9153	856	15125	0	0	
wa_9154	705	14902	0	0	
wa_9155	454	14750	-1	149	
wa_9156	208	11918	-28	2995	
wa_9157	113	10184	-32	4712	
wa_9158	99	10674	-14	4322	
wa_9159	79	11280	-8	3746	
wa_9160	144	13730	-2	1382	
wa_9161	159	15079	0	31	
wa_9162	153	14829	0	288	
wa_9163	68	10333	-20	4774	
wa_9164	10	4694	-149	10405	
wa_9165	132	8856	-264	6257	
wa_9166	569	13714	-146	1397	
wa_9167	398	11943	-309	3166	
wa_9168	401	11657	-254	3452	
wa_9169	389	11792	-176	3330	
wa_9170	370	12030	-106	3070	

Volume WAQmorf sedimentatie van krw04_jaargem_pos en WAQmorf erosie van krw04_jaargem_neg					Locations
	krw04_jaargem_pos		krw04_jaargem_neg		
	Volume m3	Oppervlak m2	Volume m3	Oppervlak m2	
Rood omkaderd:	Globale locatie restrictiegebieden baggeren				
Blauw omkaderd:	Globale locatie vaargeul Waal bij het Amsterdam-Rijnkanaal				
Totalen	120187	1562496	-6567	308007	
wa_9171	315	12263	-60	2867	Nevengeul / strang Dreumel
wa_9172	111	10507	-58	4602	
wa_9173	139	12610	-23	2479	
wa_9174	259	14718	-1	369	
wa_9175	306	14968	0	0	
wa_9176	329	14945	0	0	
wa_9177	334	14987	0	0	
wa_9178	357	15137	0	0	
wa_9179	388	15114	0	72	
wa_9180	697	14840	-2	265	
wa_9181	1093	14524	-16	574	
wa_9182	1648	14408	-38	697	
wa_9183	1753	14556	-20	536	
wa_9184	1731	14887	-2	206	
wa_9185	1324	14715	-6	368	
wa_9186	1130	15065	0	10	
wa_9187	1184	15092	0	0	
wa_9188	1129	15116	0	0	
wa_9189	735	15101	0	0	
wa_9190	106	7390	-29	7707	
wa_9191	504	12242	-15	2862	
wa_9192	442	12263	-13	2836	
wa_9193	245	9166	-31	5919	
wa_9194	209	9443	-26	5659	
wa_9195	203	11407	-10	3664	
wa_9196	252	14609	0	496	
wa_9197	297	15138	0	0	
wa_9198	283	15116	0	0	
wa_9199	158	13530	-2	1756	
wa_9200	106	8262	-27	6851	
wa_9201	72	5132	-83	9989	
wa_9202	54	3442	-148	11533	
wa_9203	15	1777	-219	13143	
wa_9204	0	17	-280	14906	
wa_9205	8	1411	-346	13536	
wa_9206	385	10869	-148	4124	
wa_9207	1532	14996	-1	69	
wa_9208	2155	15147	0	0	
wa_9209	1901	15130	0	0	
wa_9210	1587	15081	0	0	
wa_9211	1539	15068	0	0	
wa_9212	1567	15060	0	0	
wa_9213	1576	15075	0	0	
wa_9214	1626	15068	0	0	
wa_9215	1545	15079	0	0	
wa_9216	1488	15060	0	0	
wa_9217	1485	15075	0	0	
wa_9218	1417	15066	0	0	
wa_9219	1394	15074	0	0	
wa_9220	1379	15072	0	0	
wa_9221	1342	15071	0	0	
wa_9222	1352	15072	0	0	
wa_9223	1295	15068	0	0	
wa_9224	1368	15066	0	0	
wa_9225	1291	15066	0	0	
wa_9226	1235	15091	0	0	
wa_9227	1223	15071	0	0	
wa_9228	1168	15242	0	0	
wa_9229	1199	15154	0	0	
wa_9230	1129	15074	0	0	
wa_9231	1127	15087	0	0	
wa_9232	1099	15088	0	0	
wa_9233	1156	15074	0	0	
wa_9234	1127	15076	0	0	
wa_9235	1099	15076	0	0	
wa_9236	1037	15077	0	0	

Volume WAQmorf sedimentatie van krw04_jaargem_pos en WAQmorf erosie van krw04_jaargem_neg						Locaties	
	krw04_jaargem_pos		krw04_jaargem_neg				
	Volume	Oppervlak	Volume	Oppervlak			
	m3	m2	m3	m2			
Rood omkaderd:	Globale locatie restrictiegebieden baggeren						
Blauw omkaderd:	Globale locatie vaargeul Waal bij het Amsterdam-Rijnkanaal						
Totalen	120187		1562496	-6567		308007	Berekenwaarden
wa_9237	989	15074	0	0			
wa_9238	890	15074	0	0			
wa_9239	918	15070	0	0			
wa_9240	908	15241	0	0			
wa_9241	902	15302	0	0			
wa_9242	868	15326	0	0			
wa_9243	845	15326	0	0			
wa_9244	663	15316	0	0			
wa_9245	173	12163	-6	3128			
wa_9246	66	3856	-71	11422			
wa_9247	92	5178	-69	10118			
wa_9248	96	6414	-49	8887			
wa_9249	89	7300	-32	8005			
wa_9250	64	7510	-26	7740			
wa_9251	42	7293	-25	7919			
wa_9252	27	7580	-19	7637			
wa_9253	19	8343	-13	7252			
wa_9254	14	8556	-9	7046			
wa_9255	20	10362	-5	5707			
wa_9256	25	13180	-1	4074			



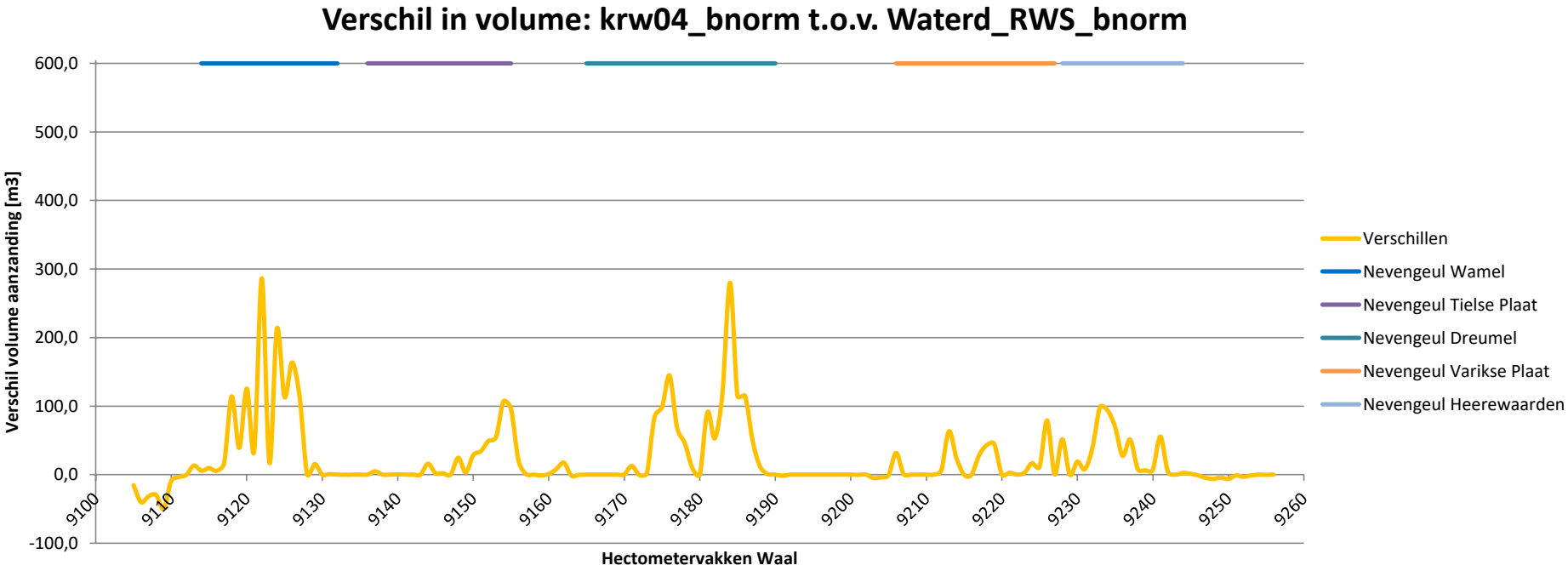
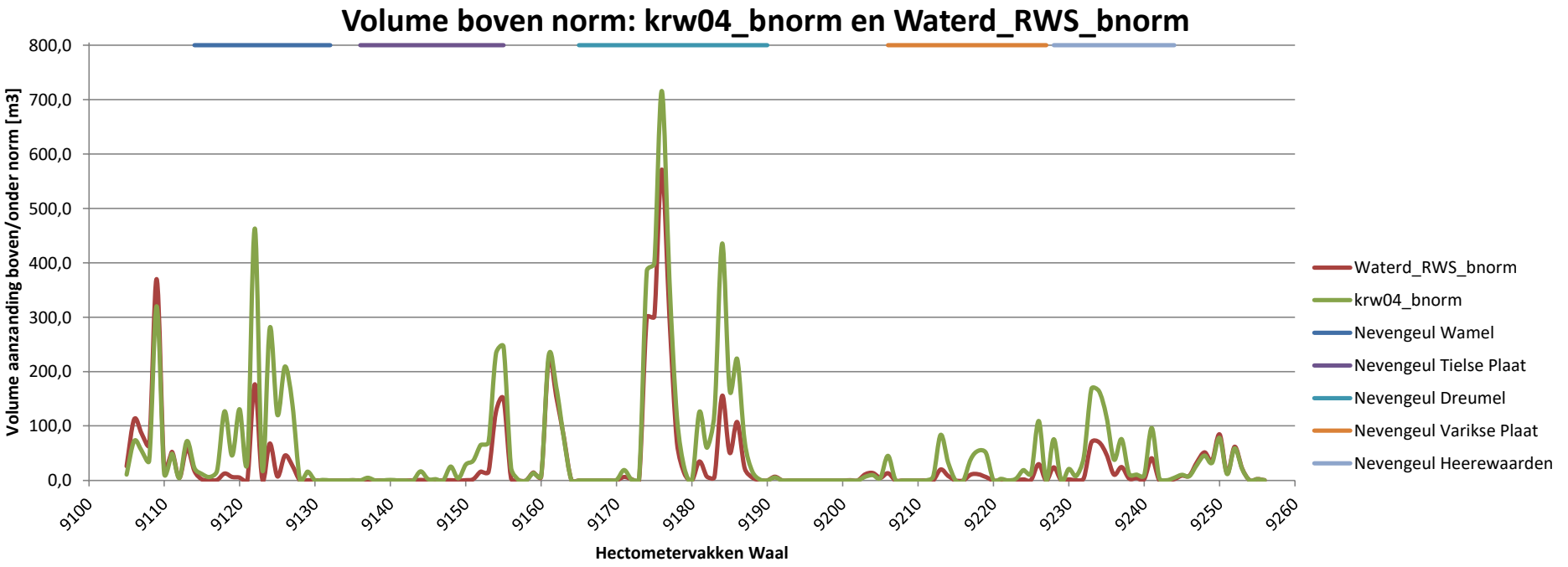
B12.3.2 Tabellen erosie en sedimentatie per hectometervak – boven de norm

Volume en oppervlak boven de norm per hectometervak van Waterd_RWS_bnorm en krw04_bnorm										Locaties	
	Waterd_RWS_bnorm		Gemiddelde hoogte	krw04_bnorm		Gemiddelde hoogte	Verschillen				
	Volume m3	Oppervlak m2	Excl. hectometervakken met 0 aanzanding boven norm m	Volume m3	Oppervlak m2	m	Excl. hectometervakken met 0 aanzanding boven norm	m3	m2		m
Rood omkaderd:	Globale locatie restrictiegebieden baggeren										
Blauw omkaderd:	Globale locatie vaargeul Waal bij het Amsterdam-Rijnkanaal										
Totalen	4685,0	37969	0,050	8431,7	78059	0,053	3746,7	40090	0,008		
wa_9105	26,1	644	0,041	10,7	391	0,027	-15,4	-253	-0,013	Nevengeul Wamel	
wa_9106	112,3	1545	0,073	72,3	1273	0,057	-40,0	-272	-0,016		
wa_9107	85,9	1335	0,064	54,5	1007	0,054	-31,5	-328	-0,010		
wa_9108	65,5	1244	0,053	36,1	984	0,037	-29,4	-260	-0,016		
wa_9109	369,8	2440	0,152	319,8	2224	0,144	-49,9	-216	-0,008		
wa_9110	21,7	545	0,040	12,8	421	0,030	-8,9	-124	-0,009		
wa_9111	52,5	603	0,087	49,0	600	0,082	-3,5	-3	-0,005		
wa_9112	4,5	69	0,066	4,4	69	0,063	-0,2	0	-0,003		
wa_9113	59,0	574	0,103	72,3	674	0,107	13,3	100	0,005		
wa_9114	17,0	126	0,135	22,7	166	0,136	5,6	40	0,001		
wa_9115	1,9	50	0,037	11,8	174	0,068	9,9	124	0,030		
wa_9116	0,4	10	0,037	6,0	170	0,035	5,6	160	-0,002		
wa_9117	0,7	19	0,035	17,3	465	0,037	16,6	446	0,002		
wa_9118	12,6	234	0,054	126,7	1754	0,072	114,1	1520	0,018		
wa_9119	6,3	190	0,033	45,6	770	0,059	39,3	580	0,026		
wa_9120	5,4	235	0,023	131,0	2468	0,053	125,6	2233	0,030		
wa_9121	0,1	11	0,012	35,1	905	0,039	35,0	894	0,027		
wa_9122	176,5	2144	0,082	463,0	3792	0,122	286,5	1648	0,040		
wa_9123	1,9	57	0,034	19,2	453	0,042	17,2	396	0,008		
wa_9124	67,8	1340	0,051	280,8	3440	0,082	212,9	2100	0,031		
wa_9125	7,1	290	0,024	120,4	2503	0,048	113,4	2213	0,024		
wa_9126	45,6	1079	0,042	209,4	2713	0,077	163,8	1634	0,035		
wa_9127	27,1	749	0,036	139,7	2254	0,062	112,6	1505	0,026		
wa_9128	0,0	0	0,000	0,8	62	0,013	0,8	62	0,013		
wa_9129	0,4	18	0,021	16,1	417	0,039	15,8	399	0,018		
wa_9130	0,0	0	0,000	0,1	10	0,012	0,1	10	0,012		
wa_9131	0,0	0	0,000	1,0	80	0,012	1,0	80	0,012		
wa_9132	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000		
wa_9133	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000		
wa_9134	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000		
wa_9135	0,1	6	0,012	0,2	18	0,013	0,2	12	0,001		
wa_9136	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000		
wa_9137	0,0	0	0,000	4,8	221	0,022	4,8	221	0,022		
wa_9138	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000		
wa_9139	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000		
wa_9140	0,0	0	0,000	0,6	40	0,014	0,6	40	0,014		
wa_9141	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000		
wa_9142	0,0	0	0,000	0,0	4	0,010	0,0	4	0,010		
wa_9143	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000		
wa_9144	0,6	8	0,080	16,7	481	0,035	16,0	473	-0,045		
wa_9145	0,0	0	0,000	2,3	105	0,022	2,3	105	0,022		
wa_9146	0,0	0	0,000	2,1	109	0,020	2,1	109	0,020		
wa_9147	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000		
wa_9148	0,4	26	0,014	25,3	698	0,036	24,9	672	0,022		
wa_9149	0,0	1	0,010	3,5	140	0,025	3,5	139	0,015		
wa_9150	0,4	25	0,016	29,1	602	0,048	28,7	577	0,033		
wa_9151	2,2	69	0,031	36,4	1053	0,035	34,3	984	0,003		
wa_9152	16,1	325	0,050	65,4	1133	0,058	49,3	808	0,008		
wa_9153	15,7	391	0,040	69,8	1081	0,065	54,1	690	0,024		
wa_9154	126,6	1242	0,102	233,4	2094	0,111	106,9	852	0,010		
wa_9155	149,8	1324	0,113	245,5	1683	0,146	95,7	359	0,033		
wa_9156	3,7	129	0,028	23,3	574	0,041	19,7	445	0,012		
wa_9157	0,0	2	0,015	1,0	53	0,018	0,9	51	0,003		
wa_9158	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000		
wa_9159	14,6	249	0,059	13,5	249	0,054	-1,1	0	-0,004		
wa_9160	6,4	191	0,033	7,4	231	0,032	1,0	40	-0,001		
wa_9161	220,5	2263	0,097	228,7	2508	0,091	8,2	245	-0,006		
wa_9162	155,1	2246	0,069	172,8	2417	0,071	17,6	171	0,002		
wa_9163	78,9	731	0,108	77,4	763	0,101	-1,5	32	-0,007		
wa_9164	0,6	36	0,016	0,5	36	0,014	-0,1	0	-0,002		
wa_9165	0,0	1	0,020	0,0	0	0,000	0,0	-1	-0,020		
wa_9166	0,0	0	0,000	0,1	4	0,013	0,1	4	0,013		
wa_9167	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000		
wa_9168	0,0	0	0,000	0,0	1	0,010	0,0	1	0,010		
wa_9169	0,0	0	0,000	0,0	2	0,008	0,0	2	0,008		
wa_9170	0,1	5	0,018	0,8	34	0,024	0,7	29	0,006		
wa_9171	6,2	196	0,031	18,9	483	0,039	12,7	287	0,008		
wa_9172	2,2	87	0,026	1,5	79	0,019	-0,7	-8	-0,006		
wa_9173	0,3	14	0,024	2,9	151	0,019	2,6	137	-0,005		
wa_9174	300,0	2469	0,121	384,4	2970	0,129	84,4	501	0,008		
wa_9175	300,6	2214	0,136	399,0	2588	0,154	98,4	374	0,018		
wa_9176	571,1	4057	0,141	715,8	4419	0,162	144,7	362	0,021		
wa_9177	303,8	2022	0,150	371,8	2387	0,156	68,1	365	0,006		
wa_9178	70,9	1368	0,052	117,6	2154	0,055	46,7	786	0,003		
wa_9179	12,7	283	0,045	22,7	502	0,045	10,0	219	0,000		
wa_9180	0,0	0	0,000	0,1	9	0,011	0,1	9	0,011		
wa_9181	34,8	546	0,064	125,8	1716	0,073	91,0	1170	0,010		
wa_9182	6,9	189	0,036	59,8	918	0,065	52,9	729	0,029		
wa_9183	6,0	203	0,030	124,5	1588	0,078	118,5	1385	0,049		
wa_9184	155,3	1554	0,100	435,5	3321	0,131	280,3	1767	0,031		
wa_9185	50,8	595	0,085	165,7	1917	0,086	114,9	1322	0,001		
										Nevengeul Dreumel	

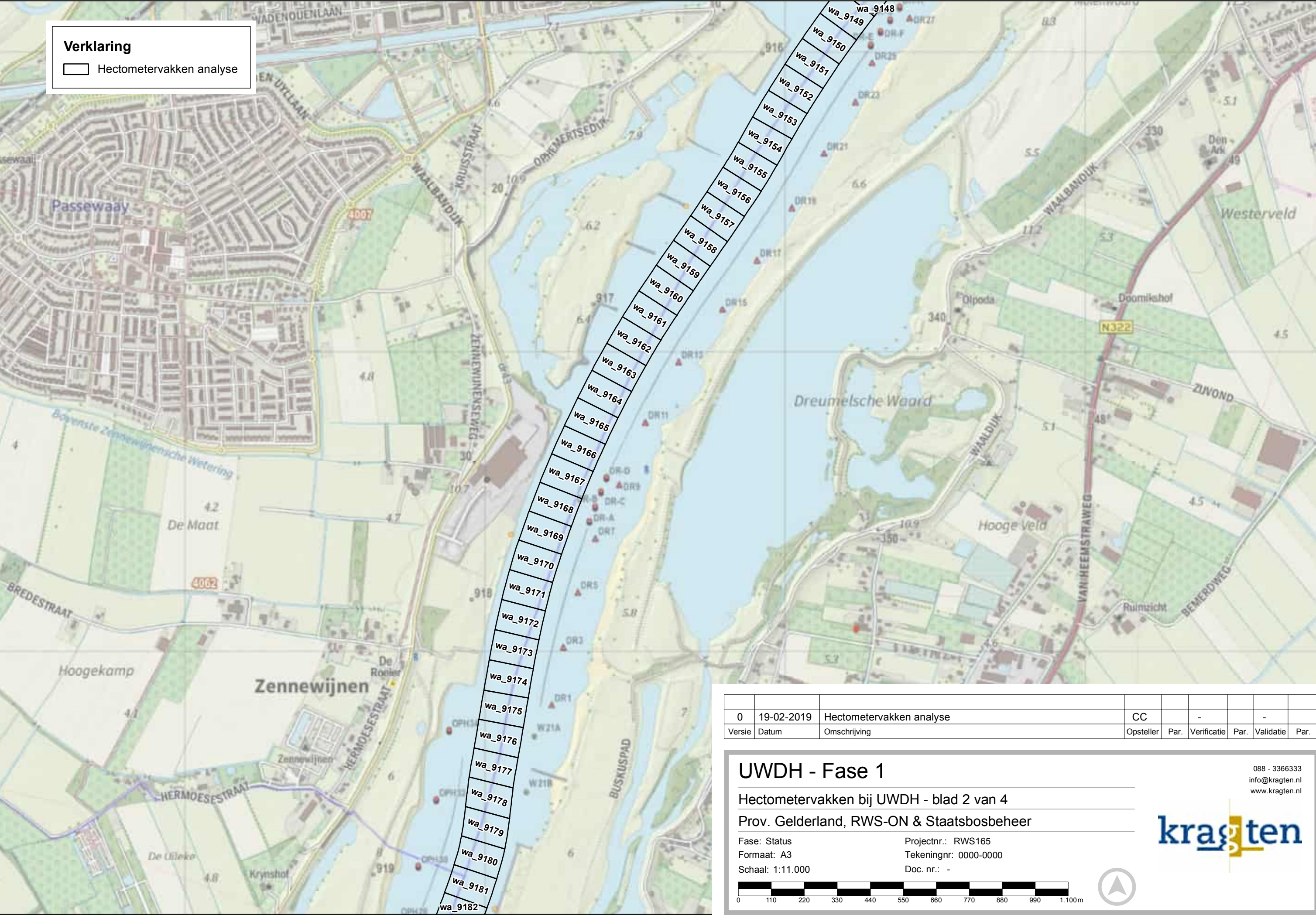
Volume en oppervlak boven de norm per hectometervak van Waterd_RWS_bnorm en krw04_bnorm										Locaties
	Waterd_RWS_bnorm		Gemiddelde hoogte	krw04_bnorm		Gemiddelde hoogte	Verschillen			
	Volume	Oppervlak	Excl. hectometervakken met 0 aanzanding boven norm	Volume	Oppervlak	Excl. hectometervakken met 0 aanzanding boven norm	Verschillen			
							m3	m2	m	
Rood omkaderd:	Globale locatie restrictiegebieden baggeren									
Blauw omkaderd:	Globale locatie vaargeul Waal bij het Amsterdam-Rijnkanaal									
Totalen	4685,0	37969	0,050	8431,7	78059	0,053	3746,7	40090	0,008	
wa_9186	107,2	970	0,111	222,8	1890	0,118	115,6	920	0,007	
wa_9187	21,9	448	0,049	71,3	995	0,072	49,4	547	0,023	
wa_9188	5,3	120	0,044	16,7	285	0,059	11,4	165	0,014	
wa_9189	0,5	31	0,015	1,6	124	0,013	1,1	93	-0,003	
wa_9190	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	
wa_9191	6,7	138	0,048	5,2	131	0,040	-1,4	-7	-0,008	
wa_9192	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	
wa_9193	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	
wa_9194	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	
wa_9195	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	
wa_9196	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	
wa_9197	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	
wa_9198	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	
wa_9199	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	
wa_9200	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	
wa_9201	0,1	5	0,014	0,0	5	0,004	-0,1	0	-0,010	
wa_9202	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	
wa_9203	11,3	288	0,039	6,5	238	0,027	-4,8	-50	-0,012	
wa_9204	13,7	318	0,043	9,8	287	0,034	-4,0	-31	-0,009	
wa_9205	5,0	148	0,034	4,5	157	0,029	-0,4	9	-0,005	
wa_9206	13,3	430	0,031	45,1	860	0,052	31,8	430	0,022	
wa_9207	0,0	0	0,000	1,0	94	0,011	1,0	94	0,011	
wa_9208	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	
wa_9209	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	
wa_9210	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	
wa_9211	0,0	0	0,000	0,0	6	0,008	0,0	6	0,008	
wa_9212	0,1	5	0,012	6,9	243	0,028	6,8	238	0,016	
wa_9213	20,1	444	0,045	83,5	1042	0,080	63,4	598	0,035	
wa_9214	8,4	144	0,058	32,7	437	0,075	24,4	293	0,017	
wa_9215	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	
wa_9216	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	Nevengeul Varikse Plaat
wa_9217	10,6	202	0,053	39,5	462	0,085	28,8	260	0,033	
wa_9218	11,3	221	0,051	54,4	946	0,058	43,1	725	0,006	
wa_9219	6,0	188	0,032	50,7	880	0,058	44,7	692	0,026	
wa_9220	0,0	0	0,000	0,4	33	0,013	0,4	33	0,013	
wa_9221	0,0	0	0,000	3,0	149	0,020	3,0	149	0,020	
wa_9222	0,0	0	0,000	0,1	7	0,008	0,1	7	0,008	
wa_9223	0,0	1	0,020	3,1	106	0,029	3,1	105	0,009	
wa_9224	1,9	69	0,027	18,8	341	0,055	17,0	272	0,028	
wa_9225	0,7	31	0,023	12,0	259	0,046	11,3	228	0,024	
wa_9226	30,0	551	0,054	109,3	1568	0,070	79,3	1017	0,015	
wa_9227	0,0	0	0,000	0,4	24	0,016	0,4	24	0,016	
wa_9228	23,9	352	0,068	75,8	1015	0,075	51,8	663	0,007	
wa_9229	0,0	0	0,000	0,1	4	0,013	0,1	4	0,013	
wa_9230	1,8	70	0,025	20,9	435	0,048	19,1	365	0,023	
wa_9231	0,2	12	0,013	8,2	276	0,030	8,0	264	0,016	
wa_9232	4,3	176	0,024	43,0	1032	0,042	38,7	856	0,017	
wa_9233	69,8	988	0,071	168,0	2083	0,081	98,3	1095	0,010	
wa_9234	70,4	1006	0,070	164,5	1771	0,093	94,0	765	0,023	
wa_9235	48,0	692	0,069	117,7	1476	0,080	69,6	784	0,010	
wa_9236	10,6	252	0,042	38,3	707	0,054	27,7	455	0,012	Nevengeul Heerwaarden
wa_9237	24,6	555	0,044	75,9	1202	0,063	51,3	647	0,019	
wa_9238	3,3	107	0,031	11,6	210	0,055	8,3	103	0,024	
wa_9239	4,4	91	0,049	10,9	178	0,061	6,4	87	0,012	
wa_9240	2,2	76	0,029	9,1	180	0,051	6,9	104	0,021	
wa_9241	40,6	802	0,051	96,4	1414	0,068	55,8	612	0,018	
wa_9242	0,1	6	0,018	4,3	169	0,026	4,2	163	0,007	
wa_9243	0,0	2	0,015	0,2	14	0,016	0,2	12	0,001	
wa_9244	2,4	64	0,037	4,9	115	0,043	2,5	51	0,005	
wa_9245	8,8	188	0,047	9,9	212	0,047	1,2	24	0,000	
wa_9246	8,7	172	0,051	7,8	173	0,045	-0,9	1	-0,005	
wa_9247	33,6	488	0,069	29,0	488	0,059	-4,6	0	-0,009	
wa_9248	51,7	702	0,074	45,7	702	0,065	-6,0	0	-0,009	
wa_9249	36,5	590	0,062	32,4	589	0,055	-4,1	-1	-0,007	
wa_9250	84,4	1053	0,080	78,3	1053	0,074	-6,1	0	-0,006	
wa_9251	12,7	222	0,057	11,6	222	0,052	-1,1	0	-0,005	
wa_9252	62,0	749	0,083	58,9	749	0,079	-3,0	0	-0,004	
wa_9253	22,1	296	0,074	21,0	296	0,071	-1,0	0	-0,003	
wa_9254	0,1	7	0,014	0,1	7	0,013	0,0	0	-0,001	
wa_9255	2,5	76	0,033	2,5	78	0,032	0,0	2	-0,001	
wa_9256	0,3	9	0,030	0,3	12	0,023	0,0	3	-0,007	

	Volume [m3]	Oppervlak [m2]
Totaal extra boven norm:	3966,47	46587
Totaal afname boven norm:	-219,82	-1554,00

Volume en oppervlak boven de norm per hectometervak van Waterd_RWS_bnorm en krw04_bnorm										Locaties
	Waterd_RWS_bnorm		Gemiddelde hoogte	krw04_bnorm		Gemiddelde hoogte	Verschillen			
	Volume	Oppervlak	Excl. hectometervakken met 0 aanzanding boven norm	Volume	Oppervlak	Excl. hectometervakken met 0 aanzanding boven norm				
	m3	m2	m	m3	m2	m	m3	m2	m	
Rood omkaderd:	Globale locatie restrictiegebieden baggeren									
Blauw omkaderd:	Globale locatie vaargeul Waal bij het Amsterdam-Rijnkanaal									
Totalen	4685,0	37969	0,050	8431,7	78059	0,053	3746,7	40090	0,008	



B12.3.3 Hectometervakkaarten



0	19-02-2019	Hectometervakken analyse	CC	-	-	-	-
Versie	Datum	Omschrijving	Opsteller	Par.	Verificatie	Par.	Validatie

UWDH - Fase 1

Hectometervakken bij UWDH - blad 2 van 4

Prov. Gelderland, RWS-ON & Staatsbosbeheer

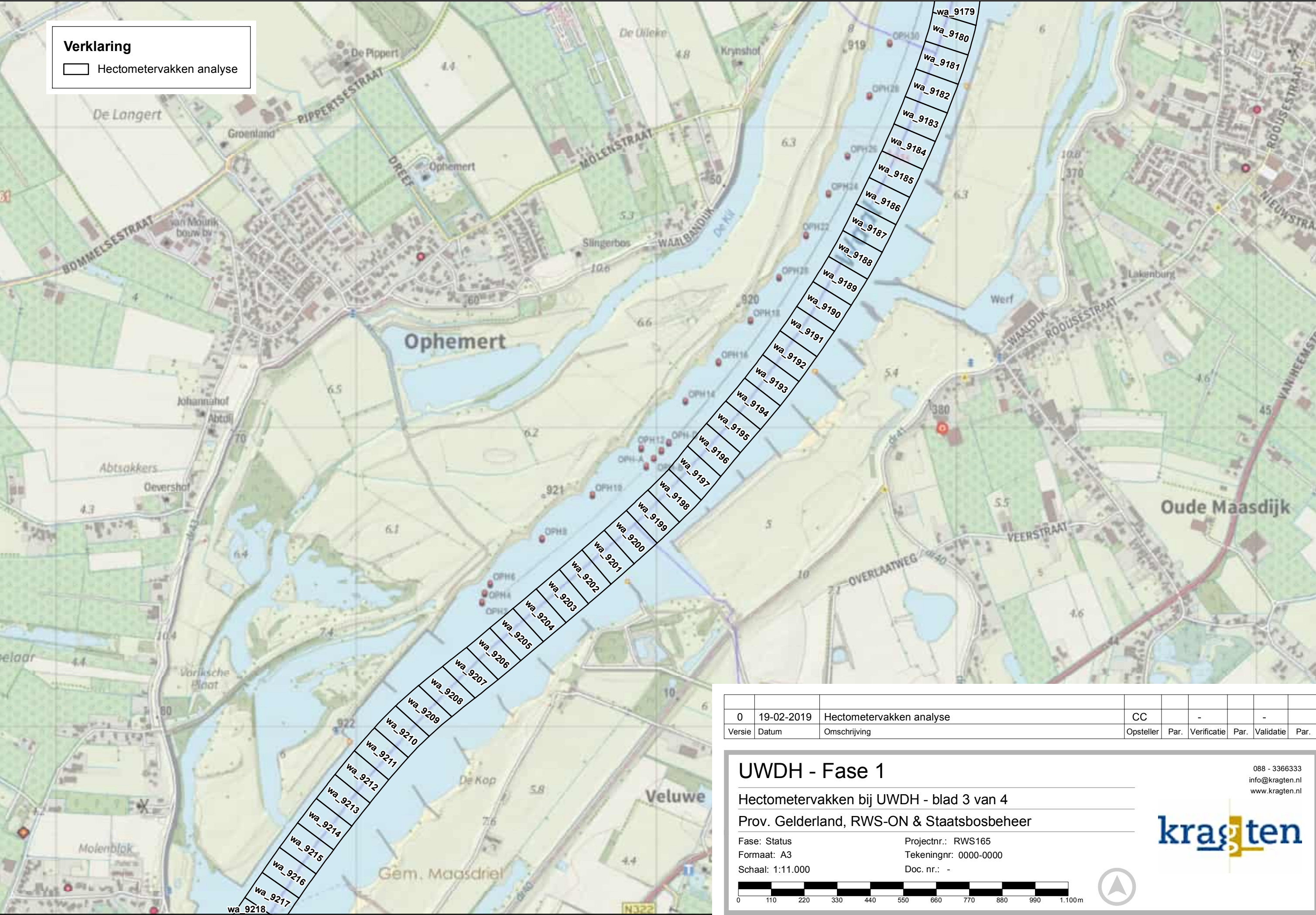
Fase: Status
Formaat: A3
Schaal: 1:11.000

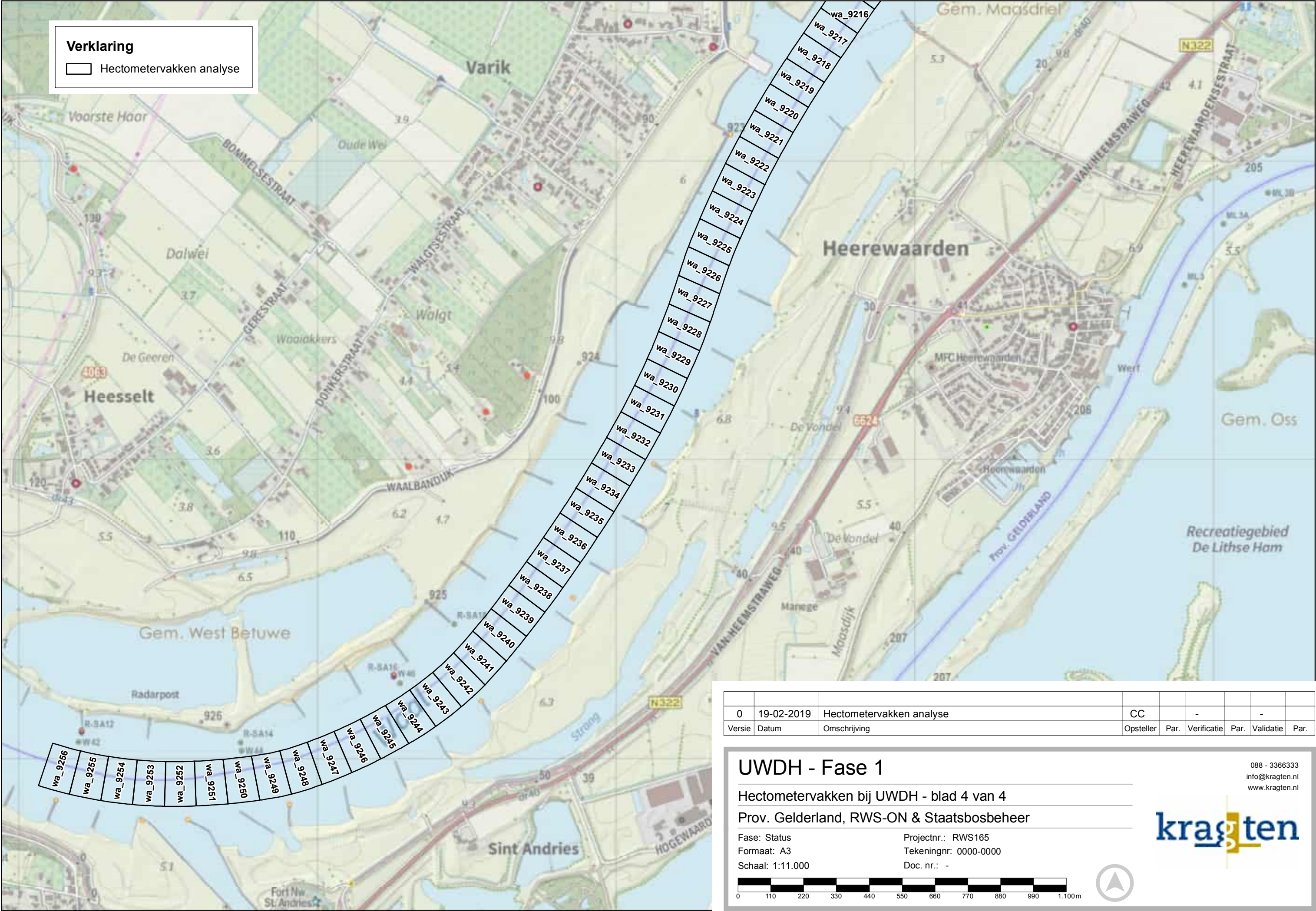
Projectnr.: RWS165
Tekeningnr: 0000-0000
Doc. nr.: -



kragten

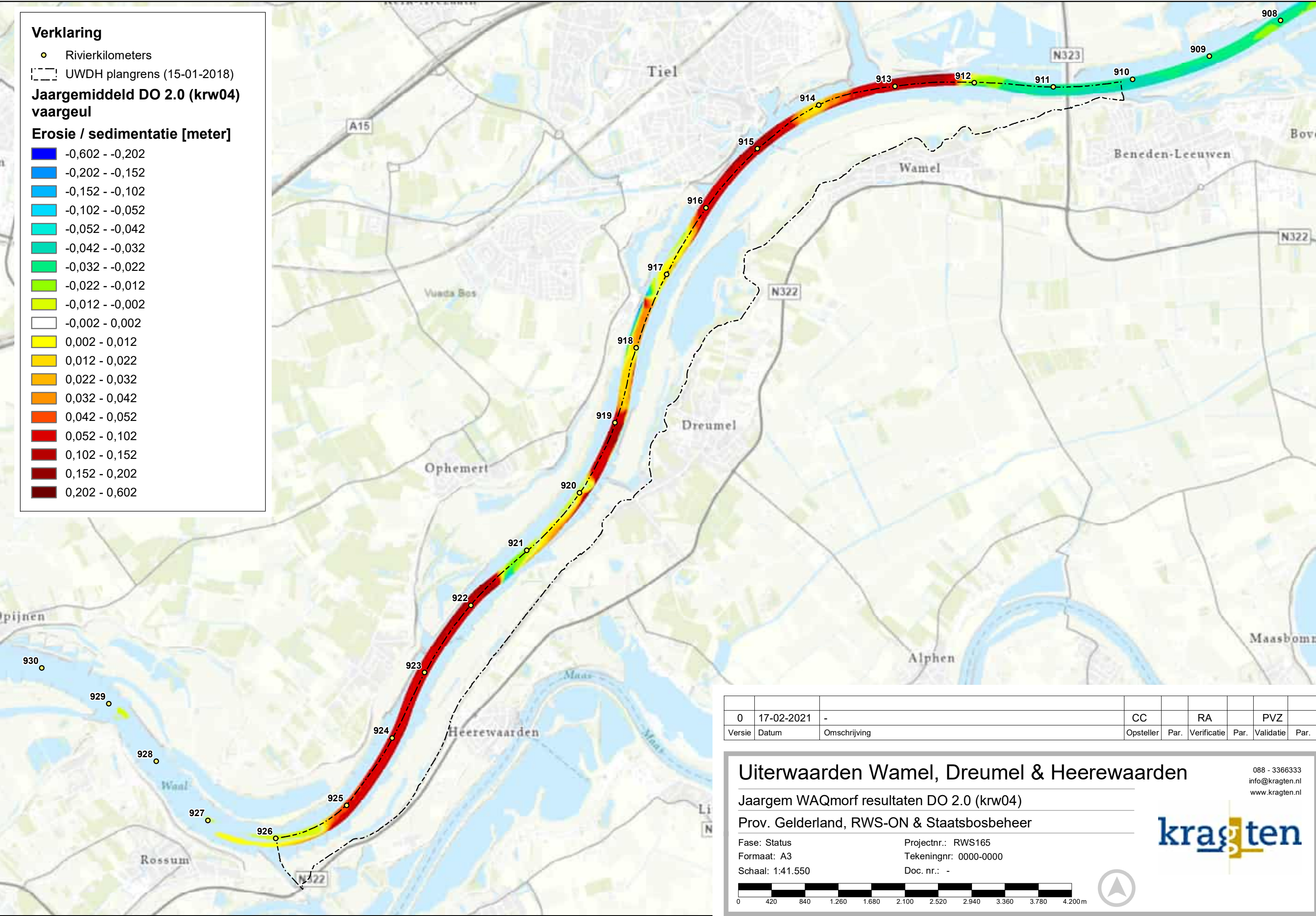
088 - 3366333
info@kragten.nl
www.kragten.nl

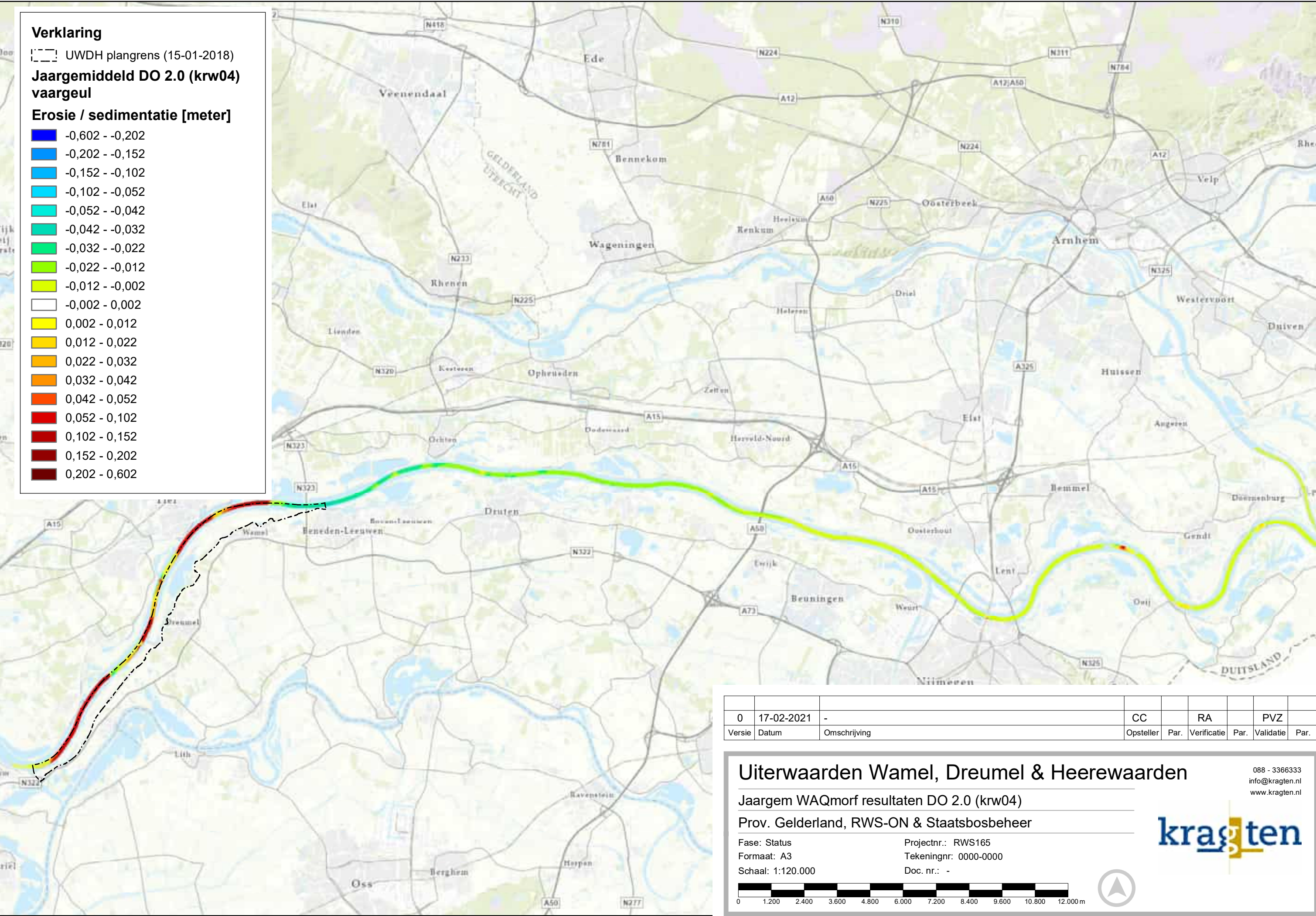




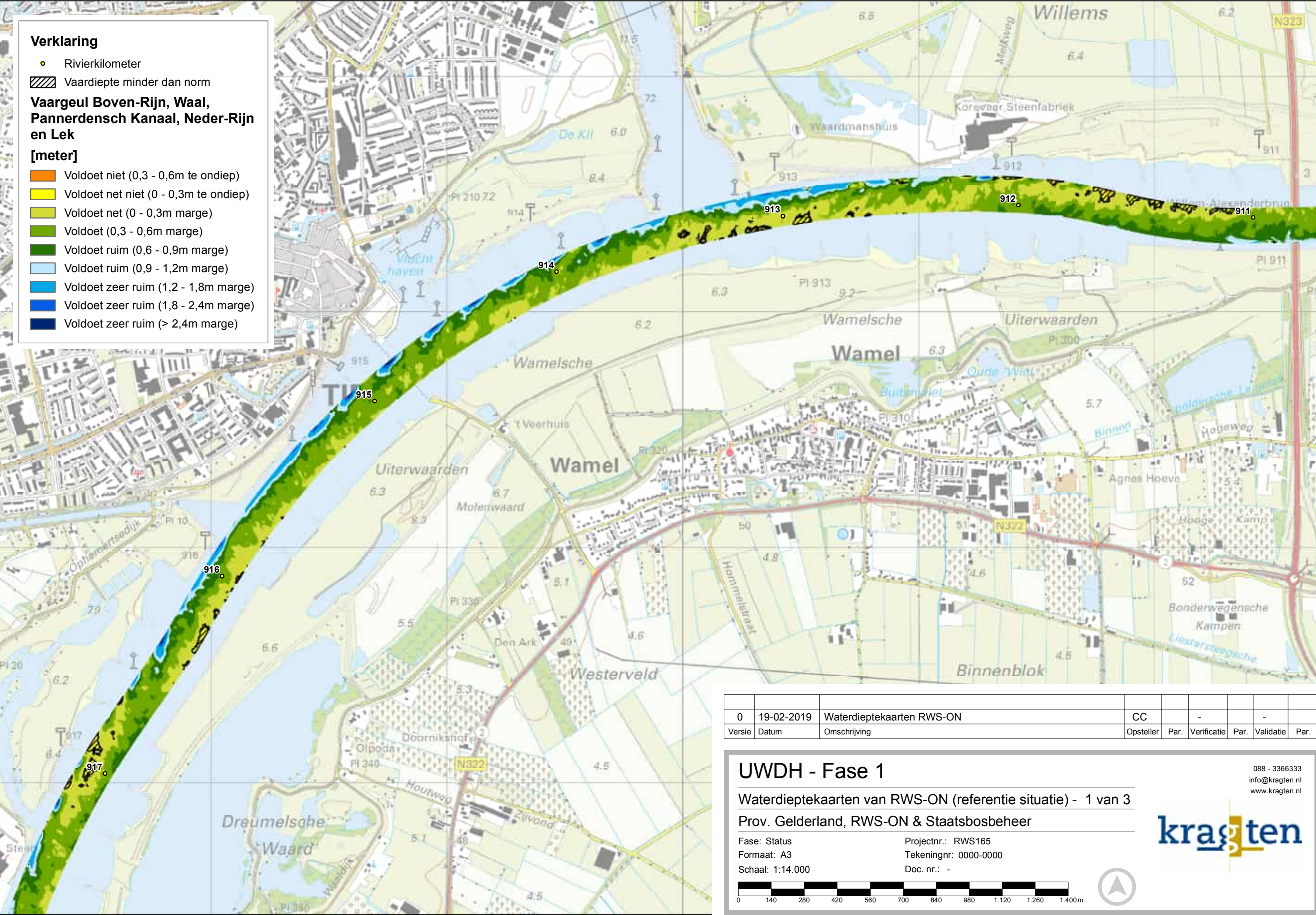
0	19-02-2019	Hectometervakken analyse	CC	-	-	-	-
Versie	Datum	Omschrijving	Opsteller	Par.	Verificatie	Par.	Validatie

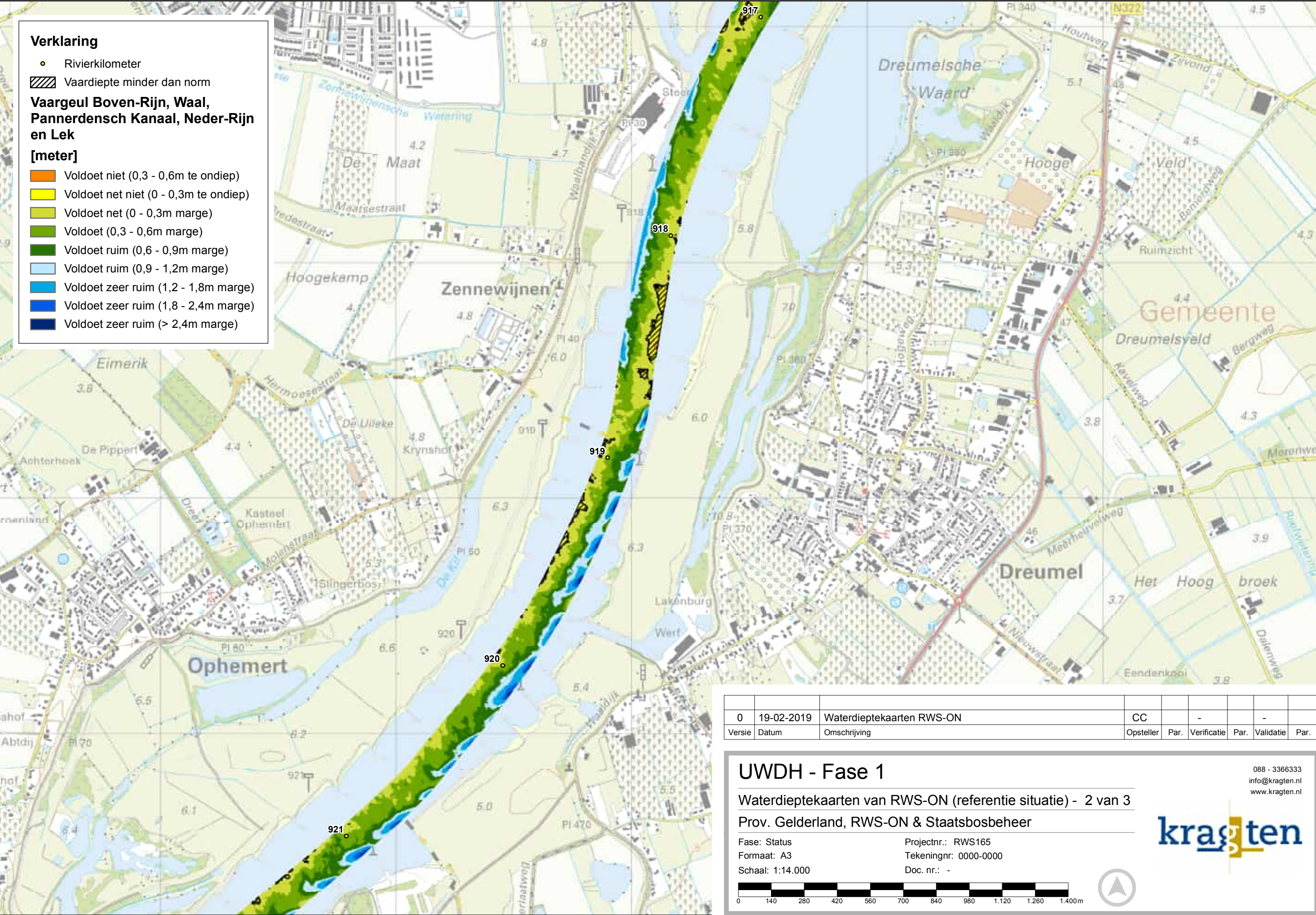
B12.3.4 Verandering in evenwichtsligging DO 2.1 – WAQmorf resultaten

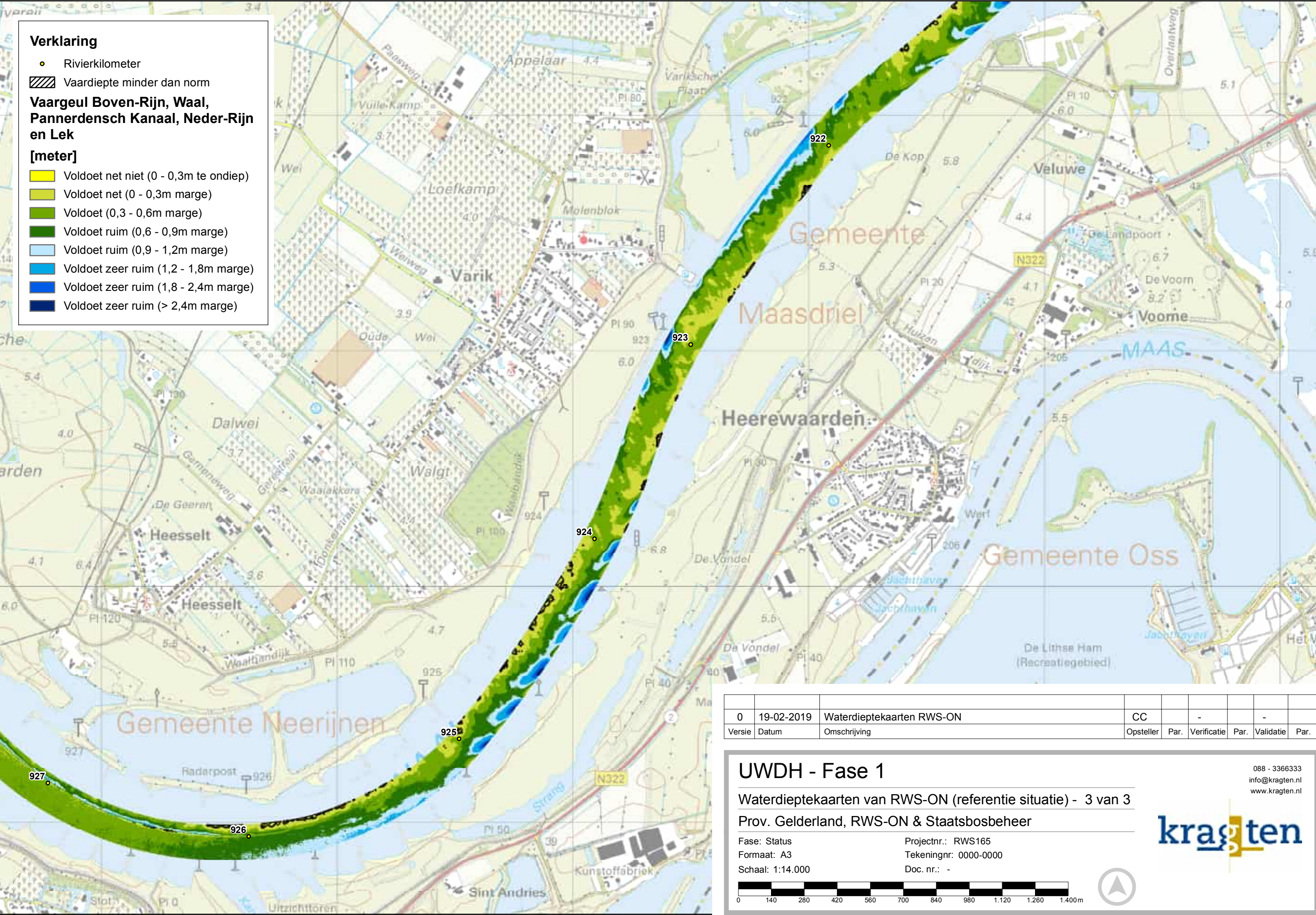




B12.3.5 Waterdieptekaarten RWS-ON







B12.3.6 Waterdieptenkaarten DO 2.1

Verklaring

- Rivierkilometers

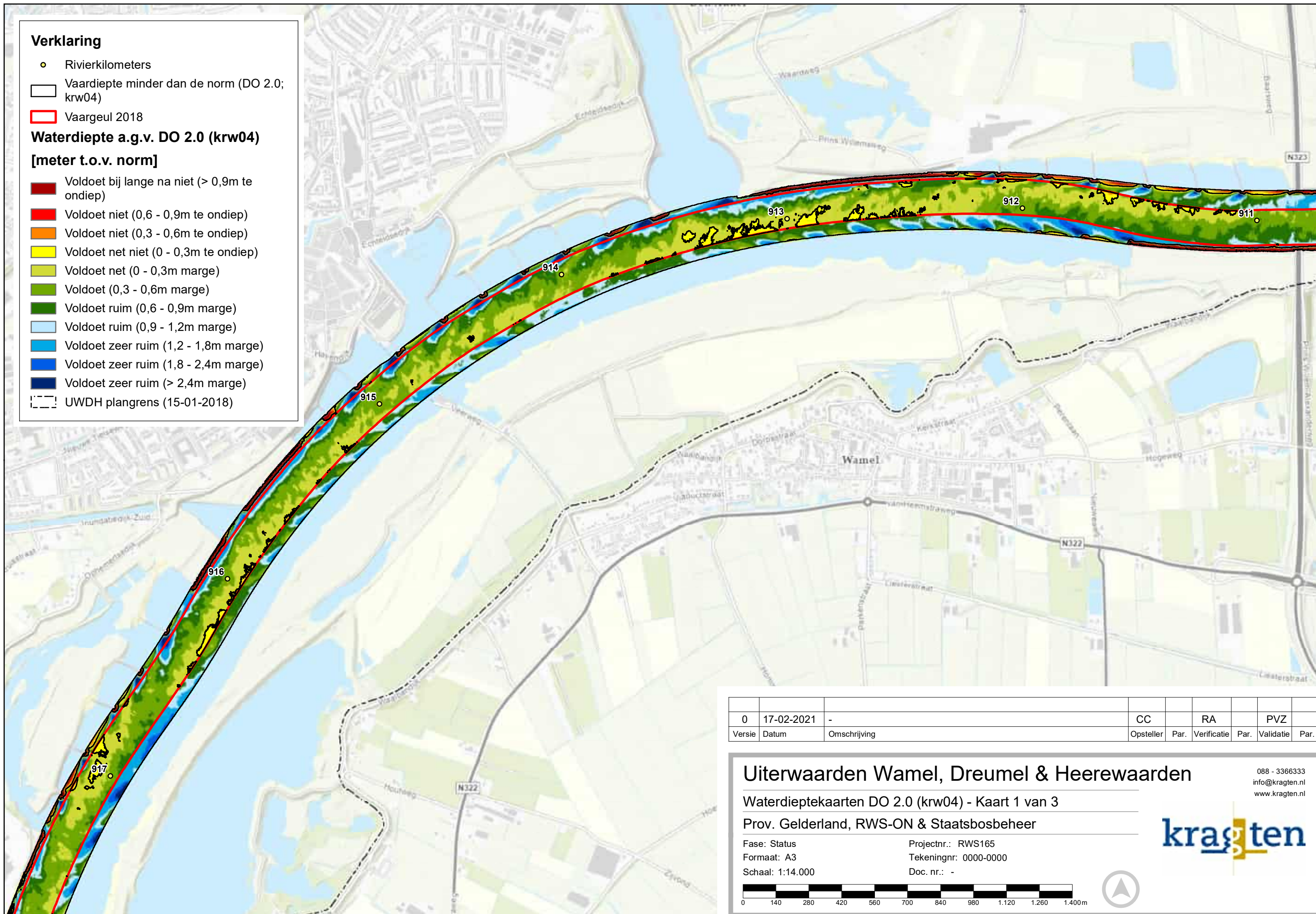
□ Vaardiepte minder dan de norm (DO 2.0; krw04)

□ Vaargeul 2018

Waterdiepte a.g.v. DO 2.0 (krw04)

[meter t.o.v. norm]

- Voldoet bij lange na niet (> 0,9m te ondiep)
- Voldoet niet (0,6 - 0,9m te ondiep)
- Voldoet niet (0,3 - 0,6m te ondiep)
- Voldoet net niet (0 - 0,3m te ondiep)
- Voldoet net (0 - 0,3m marge)
- Voldoet (0,3 - 0,6m marge)
- Voldoet ruim (0,6 - 0,9m marge)
- Voldoet ruim (0,9 - 1,2m marge)
- Voldoet zeer ruim (1,2 - 1,8m marge)
- Voldoet zeer ruim (1,8 - 2,4m marge)
- Voldoet zeer ruim (> 2,4m marge)
- UWDH plangrens (15-01-2018)



0	17-02-2021	-	CC		RA		PVZ	
Versie	Datum	Omschrijving	Opsteller	Par.	Verificatie	Par.	Validatie	Par.

Uiterwaarden Wamel, Dreumel & Heerewaarden

Waterdieptekaarten DO 2.0 (krw04) - Kaart 1 van 3

Prov. Gelderland, RWS-ON & Staatsbosbeheer

Fase: Status

Projectnr.: RWS165

Formaat: A3

Tekeningnr: 0000-0000

Schaal: 1:14.000

Doc. nr.: -



kragten

088 - 3366333
info@kragten.nl
www.kragten.nl

Verklaring

- Rivierkilometers

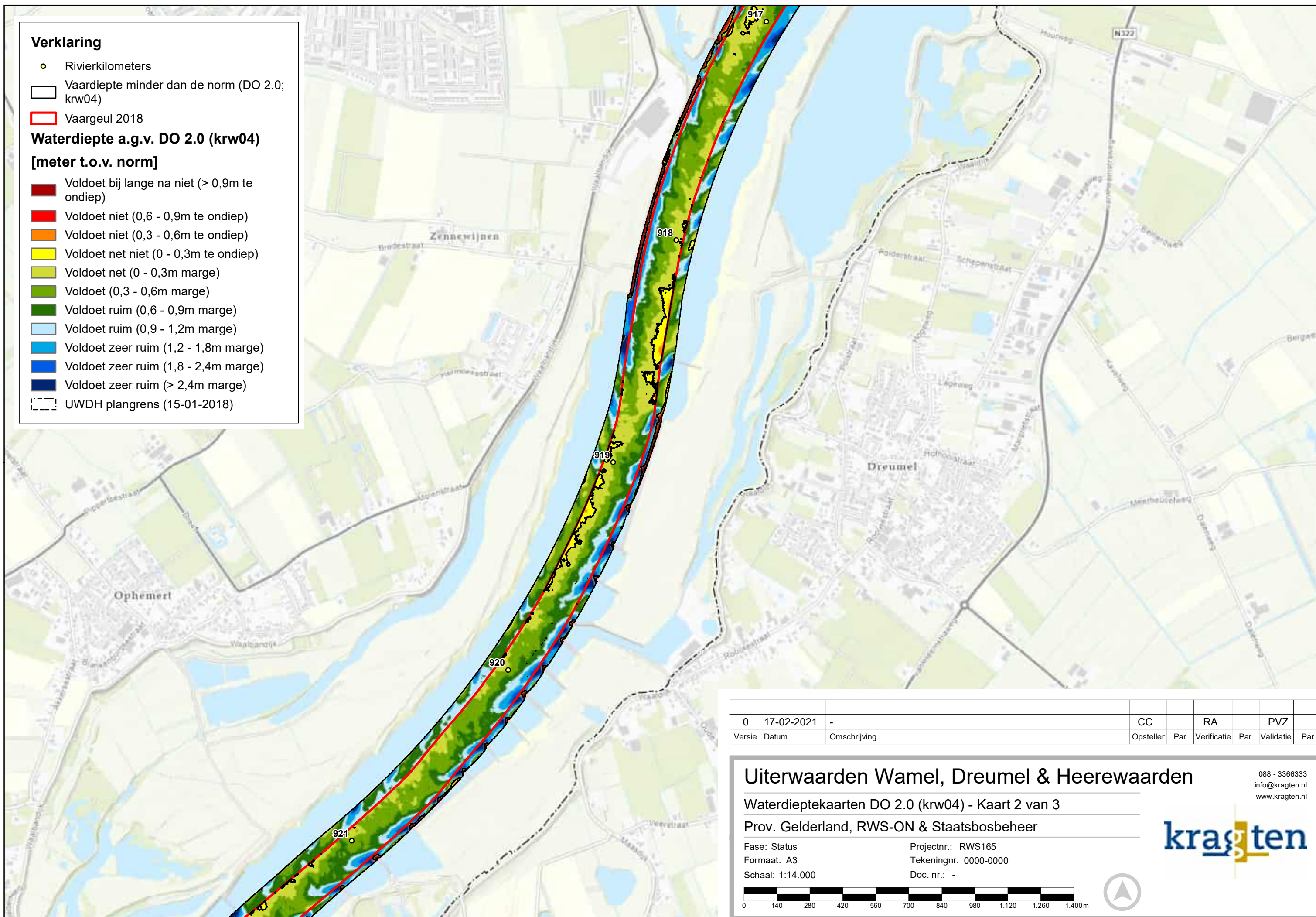
□ Vaardiepte minder dan de norm (DO 2.0; krw04)

□ Vaargeul 2018

Waterdiepte a.g.v. DO 2.0 (krw04)

[meter t.o.v. norm]

- Voldoet bij lange na niet (> 0,9m te ondiep)
- Voldoet niet (0,6 - 0,9m te ondiep)
- Voldoet niet (0,3 - 0,6m te ondiep)
- Voldoet net niet (0 - 0,3m te ondiep)
- Voldoet net (0 - 0,3m marge)
- Voldoet (0,3 - 0,6m marge)
- Voldoet ruim (0,6 - 0,9m marge)
- Voldoet ruim (0,9 - 1,2m marge)
- Voldoet zeer ruim (1,2 - 1,8m marge)
- Voldoet zeer ruim (1,8 - 2,4m marge)
- Voldoet zeer ruim (> 2,4m marge)
- UWDH plangrens (15-01-2018)



0	17-02-2021	-	CC		RA		PVZ	
Versie	Datum	Omschrijving	Opsteller	Par.	Verificatie	Par.	Validatie	Par.

Uiterwaarden Wamel, Dreumel & Heerewaarden

Waterdieptekaarten DO 2.0 (krw04) - Kaart 2 van 3

Prov. Gelderland, RWS-ON & Staatsbosbeheer

Fase: Status

Projectnr.: RWS165

Formaat: A3

Tekeningnr: 0000-0000

Schaal: 1:14.000

Doc. nr.: -



kragten

088 - 3366333
info@kragten.nl
www.kragten.nl

Verklaring

- Rivierkilometers

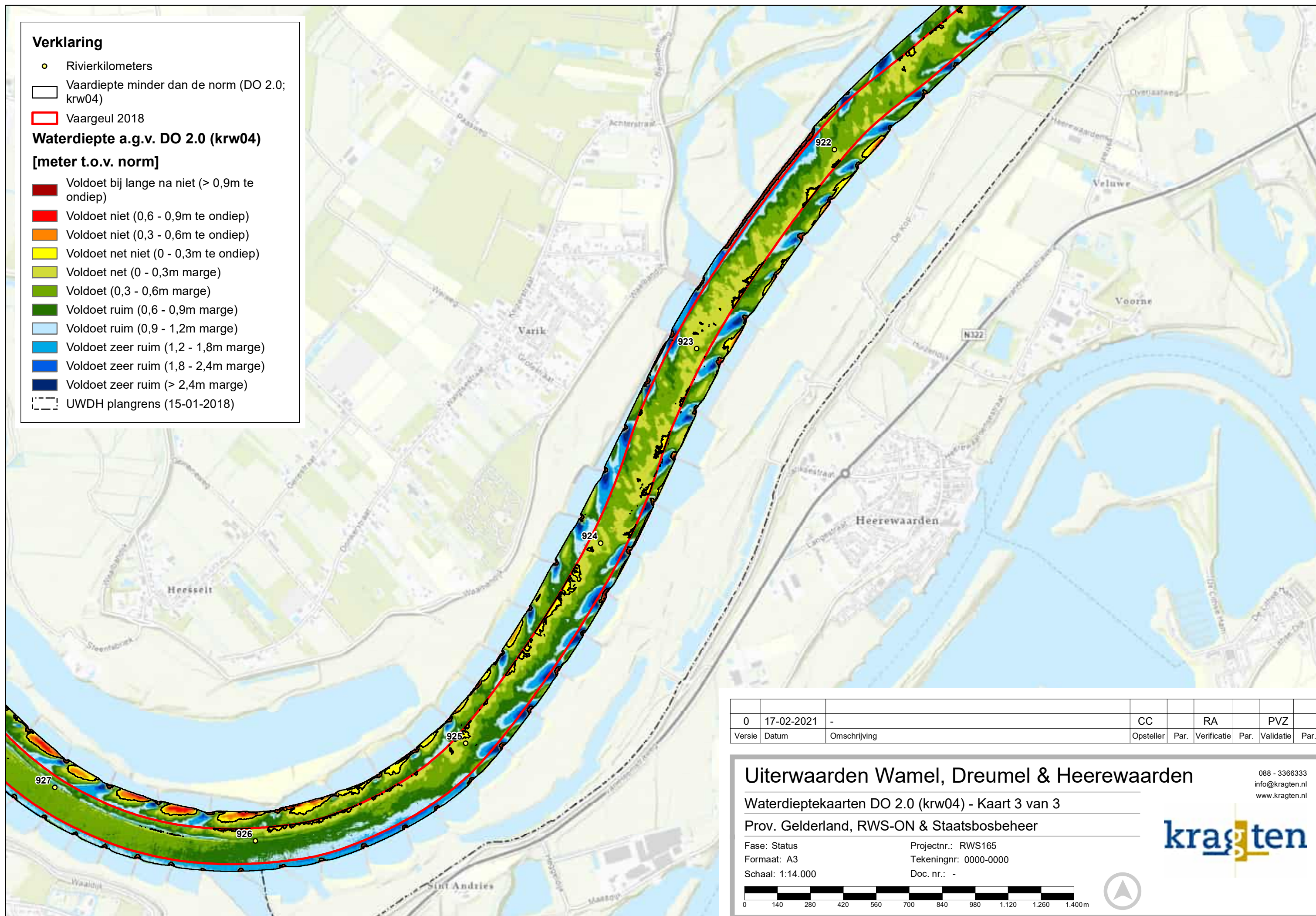
□ Vaardiepte minder dan de norm (DO 2.0; krw04)

□ Vaargeul 2018

Waterdiepte a.g.v. DO 2.0 (krw04)

[meter t.o.v. norm]

- Voldoet bij lange na niet (> 0,9m te ondiep)
- Voldoet niet (0,6 - 0,9m te ondiep)
- Voldoet niet (0,3 - 0,6m te ondiep)
- Voldoet net niet (0 - 0,3m te ondiep)
- Voldoet net (0 - 0,3m marge)
- Voldoet (0,3 - 0,6m marge)
- Voldoet ruim (0,6 - 0,9m marge)
- Voldoet ruim (0,9 - 1,2m marge)
- Voldoet zeer ruim (1,2 - 1,8m marge)
- Voldoet zeer ruim (1,8 - 2,4m marge)
- Voldoet zeer ruim (> 2,4m marge)
- UWDH plangrens (15-01-2018)



0	17-02-2021	-	CC		RA		PVZ	
Versie	Datum	Omschrijving	Opsteller	Par.	Verificatie	Par.	Validatie	Par.

Uiterwaarden Wamel, Dreumel & Heerewaarden

Waterdieptekaarten DO 2.0 (krw04) - Kaart 3 van 3

Prov. Gelderland, RWS-ON & Staatsbosbeheer

Fase: Status

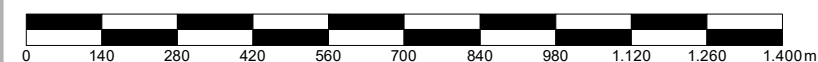
Projectnr.: RWS165

Formaat: A3

Tekeningnr: 0000-0000

Schaal: 1:14.000

Doc. nr.: -



kragten

088 - 3366333
info@kragten.nl
www.kragten.nl

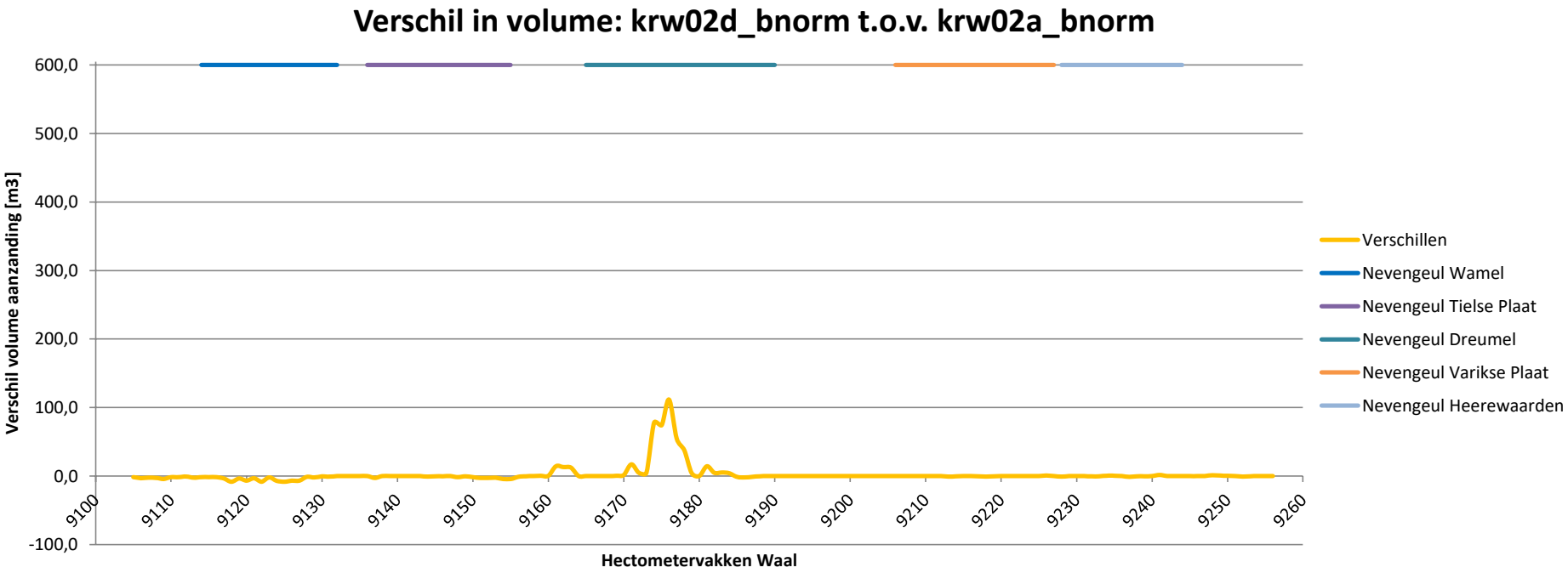
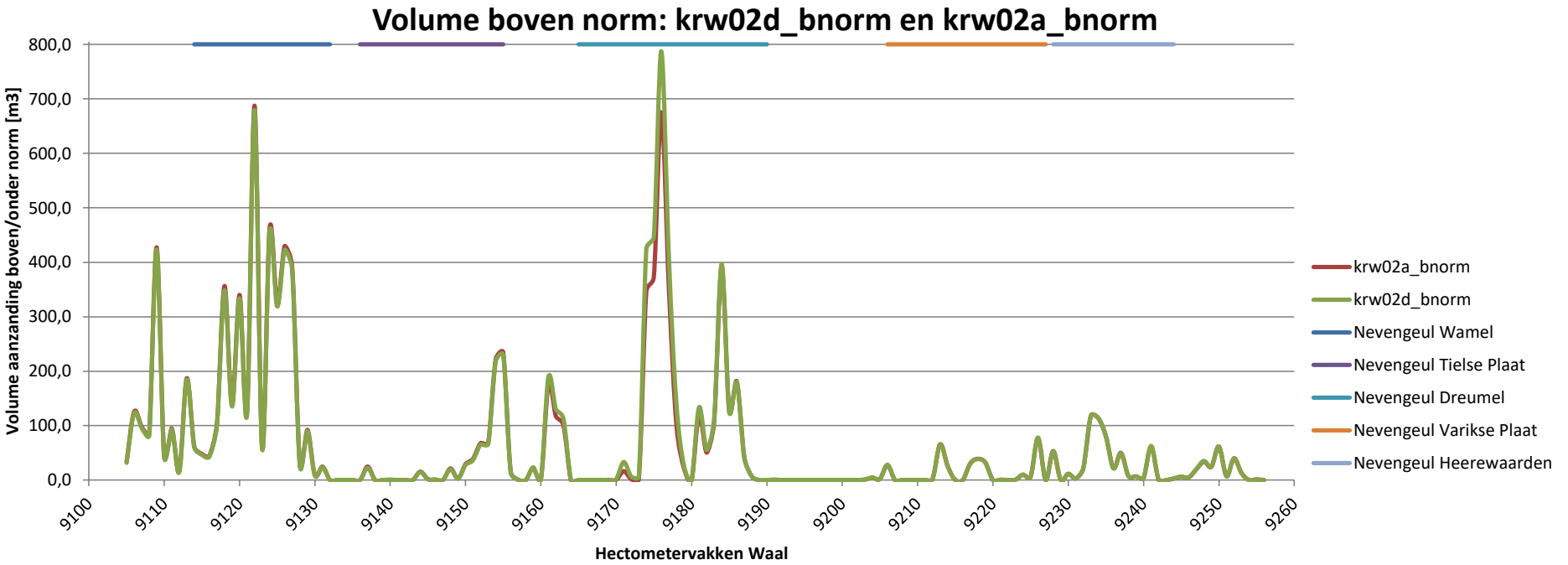
B12.3.7 Effecten mitigatiemaatregel: tabellen erosie en sedimentatie per hectometervak – boven de norm

Volume en oppervlak boven de norm per hectometervak van krw02a_bnorm en krw02d_bnorm										Locaties
	krw02a_bnorm		Gemiddelde hoogte	krw02d_bnorm		Gemiddelde hoogte	Verschillen			
	Volume	Oppervlak	Excl. hectometervakken met 0 aanzanding boven norm	Volume	Oppervlak	Excl. hectometervakken met 0 aanzanding boven norm	Verschillen			
							m3	m2	m	
Rood omkaderd: Globale locatie restrictiegebieden baggeren Blauw omkaderd: Globale locatie vaargeul Waal bij het Amsterdam-Rijnkanaal										
Totalen	9190,9	93697	0,053	9544,6	95748	0,054	353,7	2051	0,001	
wa_9105	33,2	842	0,039	31,9	770	0,041	-1,4	-72	0,002	
wa_9106	125,3	1654	0,076	122,3	1654	0,074	-3,0	0	-0,002	
wa_9107	98,1	1544	0,064	95,6	1542	0,062	-2,4	-2	-0,001	
wa_9108	83,9	1478	0,057	81,3	1406	0,058	-2,6	-72	0,001	
wa_9109	427,3	2818	0,152	423,0	2781	0,152	-4,3	-37	0,000	
wa_9110	43,6	955	0,046	42,2	938	0,045	-1,4	-17	-0,001	
wa_9111	95,4	943	0,101	93,8	913	0,103	-1,7	-30	0,002	
wa_9112	15,6	423	0,037	14,9	408	0,037	-0,6	-15	0,000	
wa_9113	186,7	1592	0,117	184,2	1562	0,118	-2,5	-30	0,001	
wa_9114	61,8	674	0,092	60,4	662	0,091	-1,4	-12	0,000	
wa_9115	47,8	725	0,066	46,4	688	0,067	-1,4	-37	0,001	
wa_9116	45,1	786	0,057	43,6	777	0,056	-1,6	-9	-0,001	
wa_9117	105,2	1958	0,054	101,7	1881	0,054	-3,6	-77	0,000	
wa_9118	356,4	4239	0,084	348,1	4168	0,084	-8,2	-71	-0,001	
wa_9119	138,8	2217	0,063	135,3	2144	0,063	-3,6	-73	0,000	
wa_9120	339,9	3852	0,088	333,4	3820	0,087	-6,5	-32	-0,001	
wa_9121	125,4	2071	0,061	122,2	2038	0,060	-3,2	-33	-0,001	
wa_9122	686,9	4759	0,144	678,8	4727	0,144	-8,1	-32	-0,001	
wa_9123	59,2	1470	0,040	57,3	1437	0,040	-1,8	-33	0,000	
wa_9124	462,3	4340	0,107	455,4	4322	0,105	-6,9	-18	-0,001	
wa_9125	327,0	4734	0,069	318,9	4629	0,069	-8,1	-105	0,000	
wa_9126	429,4	4089	0,105	422,6	4051	0,104	-6,8	-38	-0,001	
wa_9127	391,6	4230	0,093	385,1	4196	0,092	-6,6	-34	-0,001	
wa_9128	27,3	729	0,037	26,1	725	0,036	-1,2	-4	-0,001	
wa_9129	92,4	1465	0,063	90,4	1447	0,062	-2,1	-18	-0,001	
wa_9130	8,5	246	0,034	8,1	243	0,033	-0,4	-3	-0,001	
wa_9131	24,7	552	0,045	23,8	540	0,044	-0,9	-12	-0,001	
wa_9132	0,0	1	0,002	0,0	1	0,002	0,0	0	0,000	
wa_9133	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	
wa_9134	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	
wa_9135	0,3	21	0,013	0,2	15	0,013	-0,1	-6	0,001	
wa_9136	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	
wa_9137	25,0	692	0,036	22,4	661	0,034	-2,6	-31	-0,002	
wa_9138	0,1	9	0,010	0,1	9	0,006	0,0	0	-0,004	
wa_9139	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	
wa_9140	0,6	43	0,015	0,6	40	0,014	-0,1	-3	-0,001	
wa_9141	0,0	5	0,002	0,0	2	0,000	0,0	-3	-0,002	
wa_9142	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	
wa_9143	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	
wa_9144	15,3	446	0,034	14,4	420	0,034	-0,9	-26	0,000	
wa_9145	1,8	92	0,020	1,6	89	0,018	-0,2	-3	-0,001	
wa_9146	1,0	62	0,016	0,9	56	0,016	-0,1	-6	-0,001	
wa_9147	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	
wa_9148	21,2	619	0,034	19,7	596	0,033	-1,4	-23	-0,001	
wa_9149	3,0	123	0,024	2,7	114	0,024	-0,3	-9	-0,001	
wa_9150	29,3	601	0,049	27,7	591	0,047	-1,5	-10	-0,002	
wa_9151	39,3	1169	0,034	36,6	1095	0,033	-2,7	-74	0,000	
wa_9152	68,2	1182	0,058	65,6	1151	0,057	-2,6	-31	-0,001	
wa_9153	69,1	1084	0,064	66,7	1062	0,063	-2,4	-22	-0,001	
wa_9154	222,3	1996	0,111	218,1	1953	0,112	-4,2	-43	0,000	
wa_9155	233,9	1623	0,144	229,6	1587	0,145	-4,3	-36	0,001	
wa_9156	14,7	448	0,033	13,6	430	0,032	-1,1	-18	-0,001	
wa_9157	0,6	40	0,015	0,5	36	0,013	-0,1	-4	-0,002	
wa_9158	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	
wa_9159	23,0	325	0,071	23,4	329	0,071	0,4	4	0,000	
wa_9160	1,0	35	0,029	1,3	48	0,027	0,3	13	-0,001	
wa_9161	174,1	1791	0,097	188,6	1892	0,100	14,5	101	0,002	
wa_9162	117,3	2055	0,057	130,3	2152	0,061	13,0	97	0,003	
wa_9163	100,9	787	0,128	113,2	877	0,129	12,3	90	0,001	
wa_9164	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	
wa_9165	0,0	0	0,000	0,0	2	0,020	0,0	2	0,020	
wa_9166	0,0	1	0,009	0,2	14	0,013	0,2	13	0,004	
wa_9167	0,0	0	0,000	0,0	7	0,007	0,0	7	0,007	
wa_9168	0,0	1	0,005	0,1	8	0,016	0,1	7	0,011	
wa_9169	0,0	2	0,001	0,5	38	0,012	0,5	36	0,012	
wa_9170	0,6	26	0,024	2,2	81	0,027	1,6	55	0,003	
wa_9171	16,2	445	0,036	33,4	745	0,045	17,2	300	0,008	
wa_9172	1,4	77	0,019	6,2	261	0,024	4,8	184	0,005	
wa_9173	1,4	80	0,017	6,1	226	0,027	4,7	146	0,010	
wa_9174	345,7	2689	0,129	423,6	3179	0,133	78,0	490	0,005	
wa_9175	372,5	2445	0,152	446,8	2687	0,166	74,3	242	0,014	
wa_9176	675,4	4224	0,160	787,1	4507	0,175	111,7	283	0,015	
wa_9177	345,3	2195	0,157	400,3	2468	0,162	55,0	273	0,005	
wa_9178	98,9	1831	0,054	136,6	2300	0,059	37,7	469	0,005	
wa_9179	21,0	499	0,042	25,5	573	0,044	4,4	74	0,002	
wa_9180	0,0	4	0,003	0,1	18	0,006	0,1	14	0,003	
wa_9181	119,2	1652	0,072	133,7	1821	0,073	14,5	169	0,001	
wa_9182	50,7	812	0,062	55,4	867	0,064	4,7	55	0,001	
wa_9183	106,9	1475	0,072	112,1	1512	0,074	5,2	37	0,002	
wa_9184	392,3	3131	0,125	396,4	3152	0,126	4,1	21	0,000	
wa_9185	127,4	1510	0,084	126,3	1514	0,083	-1,2	4	-0,001	

Volume en oppervlak boven de norm per hectometervak van krw02a_bnorm en krw02d_bnorm										Locaties
	krw02a_bnorm		Gemiddelde hoogte	krw02d_bnorm		Gemiddelde hoogte	Verschillen			
	Volume	Oppervlak	Excl. hectometervakken met 0 aanzanding boven norm	Volume	Oppervlak	Excl. hectometervakken met 0 aanzanding boven norm				
	m3	m2		m3	m2		m	m3	m2	
Rood omkaderd:	Globale locatie restrictiegebieden baggeren									
Blauw omkaderd:	Globale locatie vaargeul Waal bij het Amsterdam-Rijnkanaal									
Totalen	9190,9	93697	0,053	9544,6	95748	0,054	353,7	2051	0,001	
wa_9186	181,4	1610	0,113	179,5	1605	0,112	-1,9	-5	-0,001	
wa_9187	42,9	779	0,055	41,9	773	0,054	-1,1	-6	-0,001	
wa_9188	7,2	155	0,046	7,0	152	0,046	-0,2	-3	-0,001	
wa_9189	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	
wa_9190	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	
wa_9191	0,9	53	0,017	0,9	51	0,017	0,0	-2	0,000	
wa_9192	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	
wa_9193	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	
wa_9194	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	
wa_9195	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	
wa_9196	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	
wa_9197	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	
wa_9198	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	
wa_9199	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	
wa_9200	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	
wa_9201	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	
wa_9202	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	
wa_9203	1,1	84	0,013	1,1	84	0,013	-0,1	0	-0,001	
wa_9204	4,4	181	0,024	4,4	180	0,025	0,0	-1	0,000	
wa_9205	2,0	86	0,023	2,0	86	0,023	0,0	0	0,000	
wa_9206	27,8	681	0,041	27,8	680	0,041	0,0	-1	0,000	
wa_9207	0,1	17	0,005	0,1	17	0,005	0,0	0	0,000	
wa_9208	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	
wa_9209	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	
wa_9210	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	
wa_9211	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	
wa_9212	2,4	125	0,019	2,4	125	0,019	0,0	0	0,000	
wa_9213	65,9	917	0,072	65,1	907	0,072	-0,7	-10	0,000	
wa_9214	25,3	371	0,068	24,8	352	0,071	-0,4	-19	0,002	
wa_9215	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	
wa_9216	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	
wa_9217	30,8	386	0,080	30,4	386	0,079	-0,4	0	-0,001	
wa_9218	39,0	708	0,055	38,4	698	0,055	-0,6	-10	0,000	
wa_9219	32,2	665	0,048	31,8	664	0,048	-0,3	-1	0,000	
wa_9220	0,0	3	0,008	0,0	3	0,008	0,0	0	0,000	
wa_9221	0,5	54	0,009	0,5	54	0,009	0,0	0	0,000	
wa_9222	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	
wa_9223	0,8	47	0,017	0,8	47	0,017	0,0	0	0,000	
wa_9224	10,2	240	0,043	10,2	239	0,043	0,0	-1	0,000	
wa_9225	5,5	159	0,035	5,5	159	0,035	0,0	0	0,000	
wa_9226	77,3	1174	0,066	78,0	1174	0,066	0,7	0	0,001	
wa_9227	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	
wa_9228	53,1	760	0,070	52,4	748	0,070	-0,7	-12	0,000	
wa_9229	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	0,0	0	0,000	
wa_9230	11,4	262	0,043	11,6	263	0,044	0,3	1	0,001	
wa_9231	3,1	175	0,018	3,1	175	0,018	0,0	0	0,000	
wa_9232	21,8	660	0,033	21,3	660	0,032	-0,5	0	-0,001	
wa_9233	118,1	1562	0,076	117,9	1562	0,075	-0,2	0	0,000	
wa_9234	113,6	1433	0,079	114,2	1433	0,080	0,6	0	0,000	
wa_9235	80,3	1131	0,071	80,9	1131	0,072	0,6	0	0,001	
wa_9236	21,8	426	0,051	21,7	426	0,051	-0,1	0	0,000	
wa_9237	49,8	1004	0,050	48,9	1004	0,049	-0,9	0	-0,001	
wa_9238	7,5	174	0,043	7,3	171	0,043	-0,2	-3	0,000	
wa_9239	6,9	126	0,055	6,6	126	0,053	-0,2	0	-0,002	
wa_9240	4,5	127	0,035	4,5	128	0,035	0,0	1	0,000	
wa_9241	61,1	1111	0,055	62,9	1168	0,054	1,7	57	-0,001	
wa_9242	0,9	78	0,011	1,1	78	0,014	0,2	0	0,003	
wa_9243	0,0	2	0,023	0,0	2	0,024	0,0	0	0,001	
wa_9244	2,9	71	0,040	2,9	71	0,041	0,1	0	0,001	
wa_9245	6,2	156	0,040	6,1	156	0,039	-0,1	0	-0,001	
wa_9246	4,9	114	0,043	4,9	114	0,043	0,0	0	0,000	
wa_9247	19,8	346	0,057	20,0	347	0,058	0,2	1	0,001	
wa_9248	34,1	529	0,065	35,3	554	0,064	1,2	25	-0,001	
wa_9249	24,3	452	0,054	25,0	459	0,054	0,7	7	0,001	
wa_9250	61,5	942	0,065	61,9	942	0,066	0,4	0	0,000	
wa_9251	7,2	182	0,039	7,1	178	0,040	0,0	-4	0,001	
wa_9252	40,1	596	0,067	39,5	594	0,067	-0,5	-2	-0,001	
wa_9253	12,8	219	0,059	12,7	219	0,058	-0,1	0	-0,001	
wa_9254	0,0	1	0,014	0,0	1	0,013	0,0	0	0,000	
wa_9255	1,0	46	0,022	1,0	46	0,021	0,0	0	0,000	
wa_9256	0,1	3	0,031	0,1	3	0,032	0,0	0	0,001	

	Volume [m3]	Oppervlak [m2]
Totaal extra boven norm:	466,08	3278
Totaal afname boven norm:	-127,39	-1344,00

Volume en oppervlak boven de norm per hectometervak van krw02a_bnorm en krw02d_bnorm										Locaties
	krw02a_bnorm		Gemiddelde hoogte	krw02d_bnorm		Gemiddelde hoogte	Verschillen			
	Volume	Oppervlak	Excl. hectometervakken met 0 aanzanding boven norm	Volume	Oppervlak	Excl. hectometervakken met 0 aanzanding boven norm	m3	m2	m	
m3	m2	m	m3	m2	m					
Rood omkaderd:	Globale locatie restrictiegebieden baggeren									
Blauw omkaderd:	Globale locatie vaargeul Waal bij het Amsterdam-Rijnkanaal									
Totalen	9190,9	93697	0,053	9544,6	95748	0,054	353,7	2051	0,001	



B13 GEVOELIGHEIDSANALYSE DWARSSTROMING

Toelichting

Betreft	UWDH – Gevoeligheidsanalyse dwarsstroming ter hoogte van nevengeul Wamel
Ons kenmerk	RWS165
Datum	02-02-2021; aangepast op 30-03-2022
Behandeld door	

Gedurende de rivierkundige analyse van het DO 2.0 van het project Uiterwaarden Wamel, Dreumel en Heerwaarden (UWDH), is gebleken dat ter hoogte van nevengeul Wamel de dwarsstroming niet voldoet aan de norm. Mede daarom is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd naar de dwarsstroming in dit traject. Deze gevoeligheidsanalyse wordt in deze notitie beschreven.

In deel 1 wordt gekeken naar de gevoeligheid van de dwarsstroming in relatie tot de onttrekking door nevengeul Wamel. In deel 2 wordt gekeken naar de verschillen in het berekenen van de dwarsstroming op de normaallijn en wanneer deze berekend wordt op de vaargeullijn.

1. GEVOELIGHEID VOOR ONTTREKKING

De DO 2.0 versie met de naam krw02a was het start punt voor de optimalisatie van de dwarsstroming zoals beschreven in het rivierkundig rapport. Hieronder wordt eerst ingegaan op de resultaten van krw02a bij nevengeul Wamel. Vervolgens wordt ingegaan op de onttrekkingsgevoeligheden onderzocht in de krw02-reeks. Tot slot wordt gekeken naar de gevoeligheid van dwarsstroming voor onttrekking bij de krw03-reeks.

De eisen met betrekking tot dwarsstroming zijn opgelegd in het RBK5.0. De ingreep mag niet leiden tot een absolute dwarsstroming groter dan 0,3 m/s bij een geconcentreerde dwarsstroming met een debiet kleiner dan 50 m³/s; en niet groter dan 0,15 m/s bij een geconcentreerde dwarsstroming met een debiet groter dan 50 m³/s. Deze geconcentreerde dwarsstroming is berekend conform het RBK 5.0. Voor de beoordeling van de dwarsstroming voor het project UWDH zijn vijf blokken gedefinieerd, waarbij in ieder blok één nevengeul aanwezig is. In de voorliggende notitie worden enkel de resultaten besproken van het blok Wamel.

1.1 RESULTATEN VAN KRWO2A BIJ NEVENGEUL WAMEL

De resultaten van dwarsstroming als gevolg van nevengeul Wamel worden gepresenteerd in Tabel 1. Hierin zijn alleen de pieken opgenomen die boven de norm van 0,15 of 0,30 m/s uitkomen. De kleurschakering die gehanteerd betekent het volgende:

- Blauw: piek bevindt zich boven de norm, maar referentie als nieuwe situatie zijn gelijk aan elkaar (geen verandering);
- Groen: piek referentiesituatie bevindt zich boven de norm, maar als gevolg van de ingreep neemt deze piek met X m/s af;
- Oranje: piek referentiesituatie bevindt zich boven de norm en als gevolg van de ingreep neemt deze piek met X m/s toe.

De rivierkilometers in de tabellen geven de globale locatie van de piek weer (deze kan soms per afvoerniveau namelijk enigszins verschillen).

Tabel 1. Dwarsstromingseffecten a.g.v. nevengeul Wamel. Groen is afname van piek boven norm, oranje toename en blauw geen verandering.

	910,3	911,6	911,7	911,9	912,2	912,7	914,1	914,3
1.020	n.v.t.	n.v.t.	Geen	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2.000	n.v.t.	n.v.t.	0,05	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
4.000	n.v.t.	n.v.t.	0,023	n.v.t.	0,023	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
6.000	Geen	n.v.t.	n.v.t.	0,011	0,042 / 0,045*	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
8.000	0,048	n.v.t.	n.v.t.	0,009	0,031 / 0,043*	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
10.000	0,014	0,037	0,102	0,060	0,024	0,076	Geen	0,016

* Deze twee pieken liggen dicht bij elkaar.

Bovenstaande tabel laat zien dat er vooral sprake is van toename boven norm ter hoogte van nevengeul Wamel (rkm 912). Voor de overige traject laat versie krw02a de situatie ongewijzigd, of verbetert deze. Met name bij nevengeul Tielse Plaat is sprake van een duidelijke verbetering van de dwarsstroming. De toename bij nevengeul Wamel zit met name in het gebied van de instroom van de oevengeul achter de langsdam en ter hoogte van de instroom van nevengeul Wamel (zie als referentie hieronder, Figuur 1). Daarnaast is er sprake van enige toename in dwarsstroming bij de uitstroom in geval van een afvoer van 10.000 m³/s bij Lobith. Bij de overige gebieden is er of sprake van geen wijziging, of is er sprake van afname.



Figuur 1. Nevengeul Wamel en de bijbehorende rivierkilometers, hier getoond als referentie voor de dwarsstromingseffecten.

1.2 GEVOELIGHEID VOOR ONTTREKKING BIJ KRW02-REEKS

Om de gevoeligheid te onderzoeken voor de onttrekking bij de krw02 reeks zijn een drietal sommen gemaakt. Deze sommen bevatten al de optimalisatie bij Wamel (beperken instroom in uiterwaarden) die onderdeel is van de krw02 reek (echter nog niet van krw02 tot en met krw02c). Deze optimalisatie wordt besproken in het rivierkundig rapport en zorgt ervoor dat bij afvoeren tot en met 4.000 m³/s geen water via andere weg de uiterwaarden in kan, dan door de nevengeul zelf. Dus tot en met bankfull-discharge (4.000 m³/s) is de onttrekking de belangrijkste wijziging wat betreft instroom in de uiterwaarden. De volgende varianten zijn doorgerekend:

- Krw02f: beperkte onttrekking;
- Krw02g: geen onttrekking;
- Krw02h: volledige onttrekking.

In Tabel 2 zijn de onttrekkingen (in m³/s) weergegeven. De volledige onttrekking (Krw02h) is de gewenste onttrekking om te voldoen aan de normen van de KRW.

Tabel 2. Onttrekking nevengeul Wamel.

Afvoer Lobith (m ³ /s)	Nevengeul Wamel	
	Volledige onttrekking (m ³ /s)	Beperkte onttrekking (m ³ /s)
600	0,00	0,00
1.020	0,62	0,31
2.000	14,55	7,28
3.000	36,60	18,30
4.000	42,15	21,08
6.000	51,04	25,52
8.000	54,01	27,01

Variant Krw02h laat zien dat er nog steeds sprake is van toename van dwarsstromingspieken (tot) boven de norm, zie Tabel 3. Alleen water inlaten via de duiker van de nevengeul is dus onvoldoende om het probleem van de dwarsstroming op te lossen. De meest uitgesproken versie is krw02g. Hierbij is de duiker van de nevengeul gesloten waardoor er door de nevengeul geen water meer wordt onttrokken. Zelfs in dit geval is er nog sprake van toename van pieken van dwarsstroming boven de norm, zie Tabel 5. De berekening van krw02f laten vooral zien dat het beperken van onttrekking beperkte afname van dwarsstroming veroorzaakt tot en met een afvoer van 4.000 m³/s bij Lobith. Vanaf 6.000 m³/s bij Lobith is er bijna geen effect meer te zien van het beperken van de onttrekking door de duiker (vergelijk Tabel 5 met Tabel 4). De uiterwaarden stromen dan volledig mee. Alleen bij 8.000 m³/s zal in geval van krw02g een klein piekje net onder de norm vallen. Let wel, dit piekje neemt wel toe bij krw02g, maar de toename is niet meer opgenomen in de tabel omdat het geen toename boven de norm meer betreft.

Tabel 3. Dwarsstromingseffecten krw02h a.g.v. nevengeul Wamel. Groen is afname van piek boven norm, oranje toename en blauw geen verandering.

	911,7	911,9	912,2	912,35
2.000	0,047	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
4.000	0,009	n.v.t.	0,038	n.v.t.
6.000	n.v.t.	0,011	0,032	0,028
8.000	n.v.t.	0,01	0,02	0,04

Tabel 4. Dwarsstromingseffecten krw02f a.g.v. nevengeul Wamel. Groen is afname van piek boven norm, oranje toename en blauw geen verandering.

	Absolute toename pieken boven norm				Afname t.o.v. volledige onttrekking (krw02h)			
	911,7	911,9	912,2	912,35	911,7	911,9	912,2	912,35
2.000	0,032	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0,015	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
4.000	0,009	n.v.t.	0,03	n.v.t.	geen	n.v.t.	0,008	n.v.t.
6.000	n.v.t.	0,011	0,028	0,021	n.v.t.	geen	0,004	0,007
8.000	n.v.t.	0,01	0,02	0,04	n.v.t.	geen	geen	geen

Tabel 5. Dwarsstromingseffecten krw02g a.g.v. nevengeul Wamel. Groen is afname van piek boven norm, oranje toename en blauw geen verandering.

	Absolute toename pieken boven norm				Afname t.o.v. volledige onttrekking (krw02h)			
	911,7	911,9	912,2	912,35	911,7	911,9	912,2	912,35
2.000	0,03	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0,017	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
4.000	0,007	n.v.t.	0,028	n.v.t.	0,002	n.v.t.	0,010	n.v.t.
6.000	n.v.t.	0,011	0,028	0,021	n.v.t.	geen	0,004	0,007
8.000	n.v.t.	0,01	0,02	n.v.t.	n.v.t.	geen	geen	Onder norm

1.3 GEVOELIGHEID VOOR ONTTREKKING BIJ KRW03-REEKS

In het rivierkundig rapport wordt de conclusie getrokken dat de toename in dwarsstroming deels veroorzaakt wordt door het verwijderen van een oude krib bij de instroom van de nevengeul. Er is daarom een krw03 versie opgesteld van het model, waarbij (1.) de uiterwaarden robuuster dicht worden gezet en (2.) de oude krib blijft liggen:

1. Ter hoogte van het inlaatwerk wordt een traject lopend van de oeverwal, over het inlaatwerk, naar de zomerkade opgehoogd naar NAP +7,5 meter. Hierdoor zullen de uiterwaarden tot en met 4.000 m³/s niet mee stromen. Er stroomt dan alleen water door de nevengeul. Nota bene, dit is effectief een verbeterd 'dichtzetten' van de uiterwaard, waartoe met krw02f, -g en -h een eerste aanzet is gemaakt;
2. De oude krib (ooit deel vergraven vanwege de aanleg van de langsdam) wordt doorbroken door de instroom van de nevengeul in de krw02 reeks. De dwarsstroming blijkt hier gevoelig voor te zijn¹. De instroom van de nevengeul is met een haakse bocht aangesloten op de oevergeul, en de oude krib is onaangetast gelaten.

Voor krw03 zijn ook een drietal berekeningen uitgevoerd:

- Krw03: volledige onttrekking;
- Krw03a: beperkte onttrekking;
- Krw03b: geen onttrekking.

In Tabel 6 staan de resultaten weergegeven van krw03. De hierboven beschreven twee aanpassingen leiden tot een verbetering van de dwarsstroming. Dit zowel wanneer krw02a (Tabel 1) wordt vergeleken met krw03, als wanneer krw02h (Tabel 3) wordt vergeleken met krw03.

¹ Geconcludeerd omdat in de 2D resultaten ook bij krw02g (geen onttrekking) op deze locatie nog steeds duidelijk de stroomsnelheidsverschillen werden waargenomen in de resultaten.

Tabel 6. Dwarsstromingseffecten van krw03 a.g.v. nevengeul Wamel. Groen is afname van piek boven norm, oranje toename en blauw geen verandering.

	910,3	911,6	911,8	911,9	912,2	912,7	914,1	914,3
1.020	n.v.t.	n.v.t.	Geen	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2.000	n.v.t.	n.v.t.	0,020	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
4.000	n.v.t.	n.v.t.	0,005	n.v.t.	0,011	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
6.000	Geen	n.v.t.	n.v.t.	0,007	0,015/ 0,035*	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
8.000	0,004	n.v.t.	n.v.t.	0,007	0,013 / 0,048 *	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
10.000	0,014	0,057 / 0,108 *	0,087	0,052	0,016	0,089	Geen	0,020

* Deze twee pieken liggen dicht bij elkaar.

In Tabel 7 en Tabel 8 zijn de resultaten weergegeven van halvering van de onttrekking en het uitzetten van de onttrekking. In beide gevallen voldoet de dwarsstroming nog steeds niet aan de norm (er is nog steeds sprake van toename boven de norm). Alleen bij een afvoer van 2.000 m³/s bij Lobith is sprake van een afname groter of gelijk aan 1 cm/s. Bij de overige afvoeren zijn de verschillen in dwarsstroming als gevolg van de aanpassing in onttrekking kleiner dan 1 cm/s.

Tabel 7. Dwarsstromingseffecten krw03a a.g.v. nevengeul Wamel. Groen is afname van piek boven norm, oranje toename en blauw geen verandering.

	Absolute toename pieken boven norm				Afname t.o.v. volledige onttrekking (krw03)			
	911,8	911,9	912,2	912,35	911,8	911,9	912,2	912,35
2.000	0,010	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0,010	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
4.000	0,003	n.v.t.	0,007	n.v.t.	0,002	n.v.t.	0,004	n.v.t.
6.000	n.v.t.	0,007	0,014	0,033	n.v.t.	geen	0,001	0,002
8.000	n.v.t.	0,007	0,013	0,048	n.v.t.	geen	geen	geen

Tabel 8. Dwarsstromingseffecten krw03b a.g.v. nevengeul Wamel. Groen is afname van piek boven norm, oranje toename en blauw geen verandering.

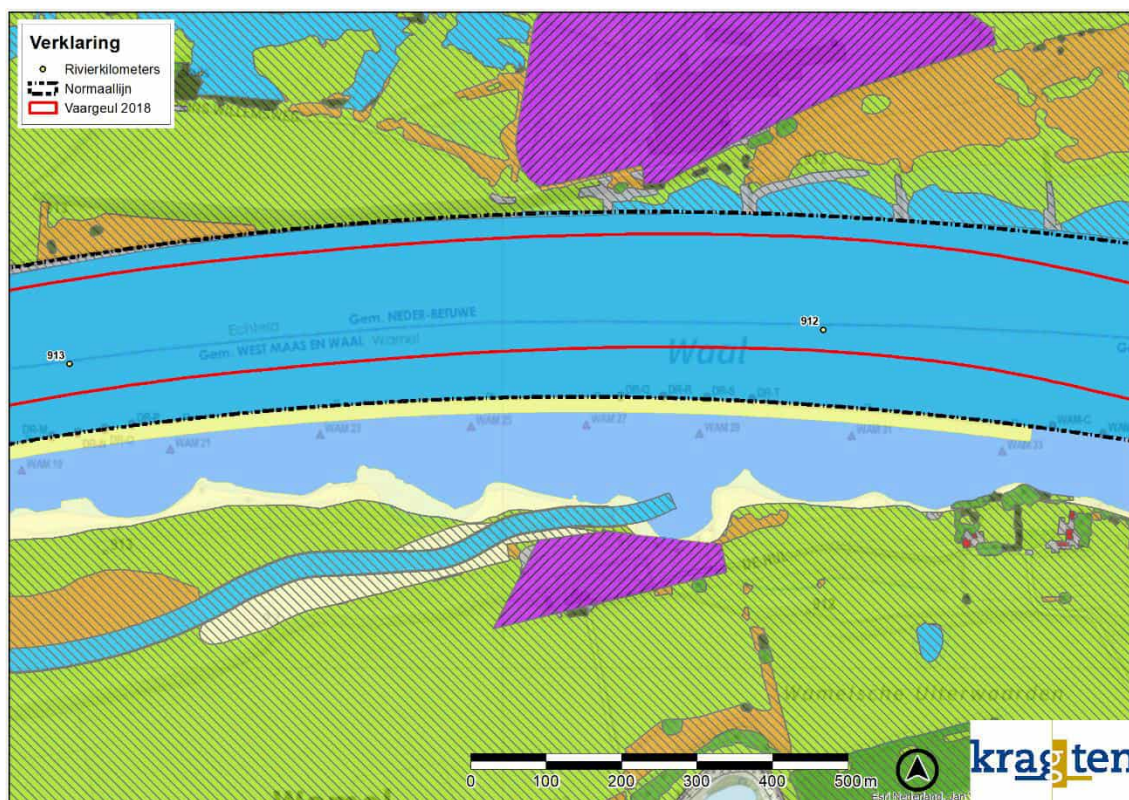
	Absolute toename pieken boven norm				Afname t.o.v. volledige onttrekking (krw03)			
	911,8	911,9	912,2	912,35	911,8	911,9	912,2	912,35
2.000	0,001	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0,019	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
4.000	0,002	n.v.t.	0,002	n.v.t.	0,003	n.v.t.	0,008	n.v.t.
6.000	n.v.t.	0,006	0,013	0,029	n.v.t.	geen	0,002	0,006
8.000	n.v.t.	0,007	0,011	0,043	n.v.t.	geen	geen	0,005

1.4 CONCLUSIE GEVOELIGHEID VOOR ONTTREKKING

De invloed van de grootte van de onttrekking door nevengeul Wamel op de dwarsstroming is beperkt. De verschillen zijn niet groter dan 2 cm/s wanneer de onttrekking gehalveerd wordt, of zelfs terug gebracht wordt tot nihil in de berekening. Overwegend zijn de verschillen kleiner dan 1 cm/s. Beperking van de onttrekking leidt in regel tot verschillen van een paar tiende centimeter per seconde.

2. DWARSSTROMING OP DE VAARGEULLIJN

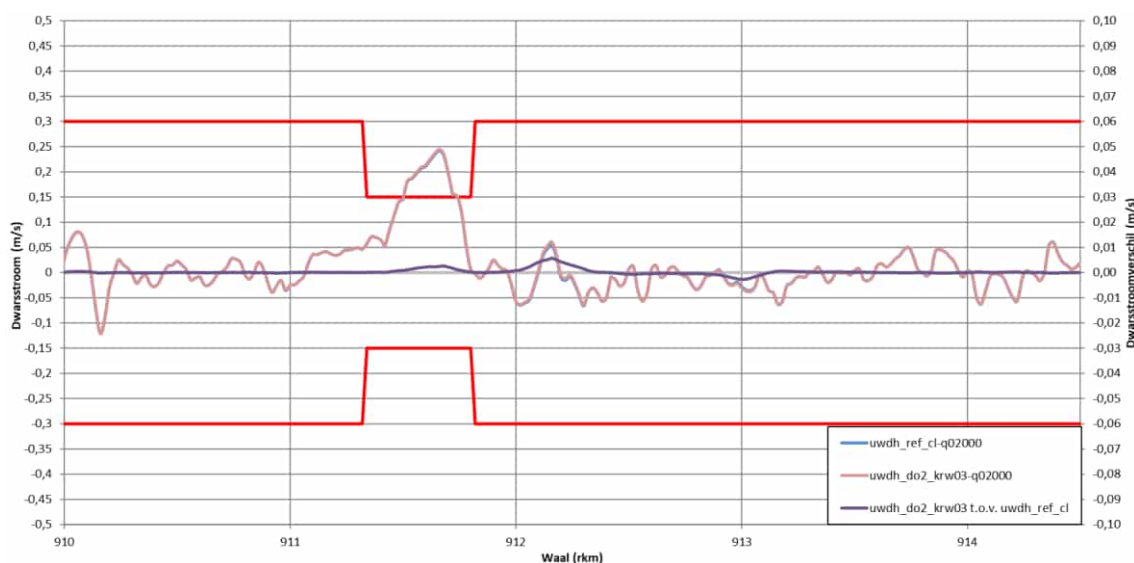
De dwarsstroming is voor het rivierkundig onderzoek bepaald conform de methode zoals beschreven in het RBK 5.0. Hierbij wordt de dwarsstroming bepaald op de normaallijn. In de praktijk ligt deze normaallijn langs het UWVDH gebied voor een groot deel op de langsdam. Afgeladen schepen zullen hier bij laagwater ($< 2.000 \text{ m}^3/\text{s}$) niet varen. De vaargeullijn ligt variërend tussen de 70 en 50 meter (respectievelijk ter hoogte van rkm 912 en 914) meer richting de as van de rivier dan de normaallijn, zie Figuur 2.



Figuur 2. Locatie normaallijn en vaarlijn bij de instroom van nevengeul Wamel. Vegetatiekaart is van krw02a/krw03.

Aangezien het in dit geval waarschijnlijker is dat scheepvaart bij laagwater beïnvloed wordt door de dwarsstroming op de vaargeullijn dan op de normaallijn, is in dit hoofdstuk onderzocht wat de dwarsstromingseffecten zijn op de vaargeullijn ter hoogte van nevengeul Wamel. Voor hogere afvoeren ($> 2.000 \text{ m}^3/\text{s}$) geldt dat deze wel dichterbij de langsdam en daarmee de normaallijn varen.

Voor de afvoeren $1.020 \text{ m}^3/\text{s}$, $2.000 \text{ m}^3/\text{s}$, $4.000 \text{ m}^3/\text{s}$, $6.000 \text{ m}^3/\text{s}$, $8.000 \text{ m}^3/\text{s}$ en $10.000 \text{ m}^3/\text{s}$ bij Lobith zijn de dwarsstromingseffecten voor krw03 berekend op de vaargeullijn in de Waal. Dit is ook gedaan voor de referentiesituatie. In Figuur 3 is een voorbeeld weergegeven van de dwarsstromingseffecten ter hoogte van Wamel op de vaargeullijn bij $2.000 \text{ m}^3/\text{s}$ bij Lobith.



Figuur 3. Dwaarsstroming langs de vaargeul bij 2.000 m³/s, ter hoogte van nevengeul Wamel van zowel referentie als krw03 situatie.

De dwarsstromingspieken die veranderen boven de norm zijn als volgt:

- 1.020 m³/s bij Lobith:
 - geen veranderingen boven de norm;
- 2.000 m³/s bij Lobith:
 - Rivierkilometer 911,68: +0,003 m/s
- 4.000 m³/s bij Lobith:
 - Rivierkilometer 911,68: +0,002 m/s
- 6.000 m³/s bij Lobith:
 - Rivierkilometer 911,68: +0,004 m/s
- 8.000 m³/s bij Lobith:
 - Rivierkilometer 911,68: +0,004 m/s
 - Rivierkilometer 911,90: +0,005 m/s
- 10.000 m³/s bij Lobith:
 - Rivierkilometer 911,68: +0,003 m/s
 - Rivierkilometer 911,90: +0,003 m/s
 - Rivierkilometer 914,06: +0,007 m/s

In de bijlagen zijn alle grafieken van krw03 op de vaargeul ter hoogte van nevengeul Wamel weergegeven.

Conclusie

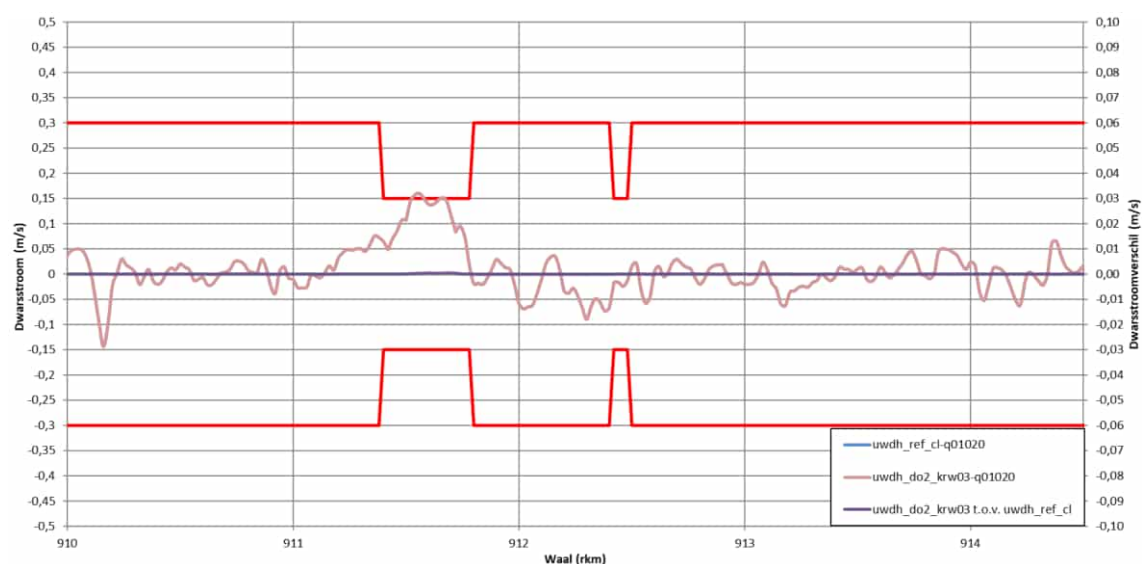
Wanneer de dwarsstromingseffecten voor krw03 op de vaargeul worden beschouwd, in plaats van op de normaallijn, dan is er sprake van minder toename van dwarsstroming boven de norm. Alle toenames die plaats vinden zijn minder dan 1 cm/s. Dit is onder andere te zien door bovenstaande resultaten te vergelijken met Tabel 6. Tussen de afvoeren 2.000 m³/s en 10.000 m³/s bij Lobith vindt in geval van krw03 op de normaallijn op meer plekken overschrijding plaats dan het geval is wanneer deze op de vaargeul wordt beschouwd. Wanneer de dwarsstroming op de normaallijn wordt beschouwd liggen de toenames boven de norm tussen circa 1 en 8 cm/s. Wanneer deze op de vaargeul worden beschouwd

liggen de toenames allen onder de 1 cm/s. Deze laatste resultaten zijn met name relevant voor laagwater situaties ($< 2.000 \text{ m}^3/\text{s}$).

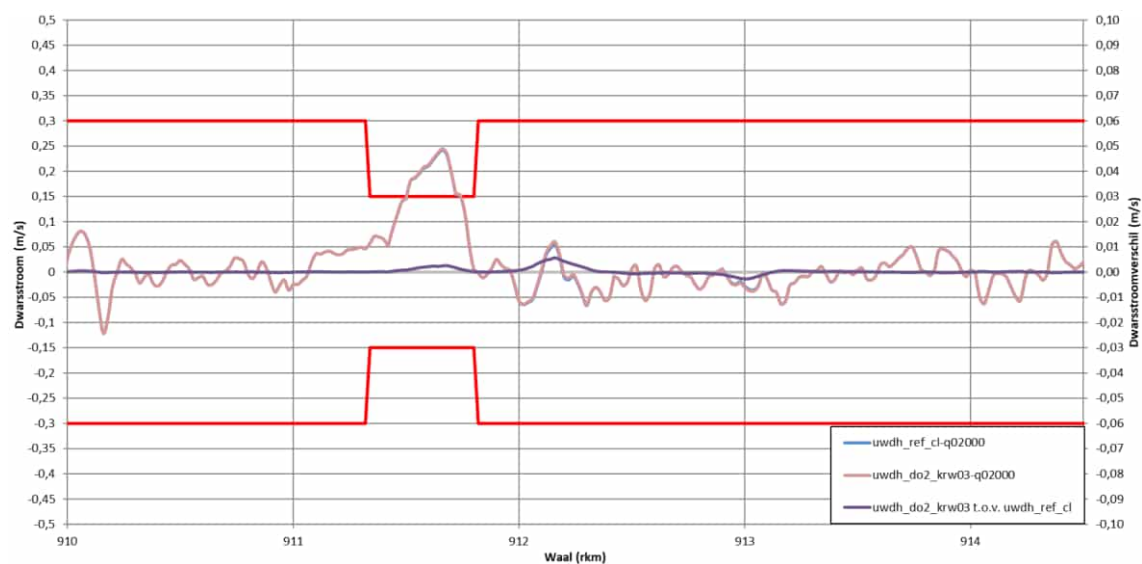
Bijlagen

1. Dwarsstromingsgrafieken krw03 op vaargeulijn bij Wamel.

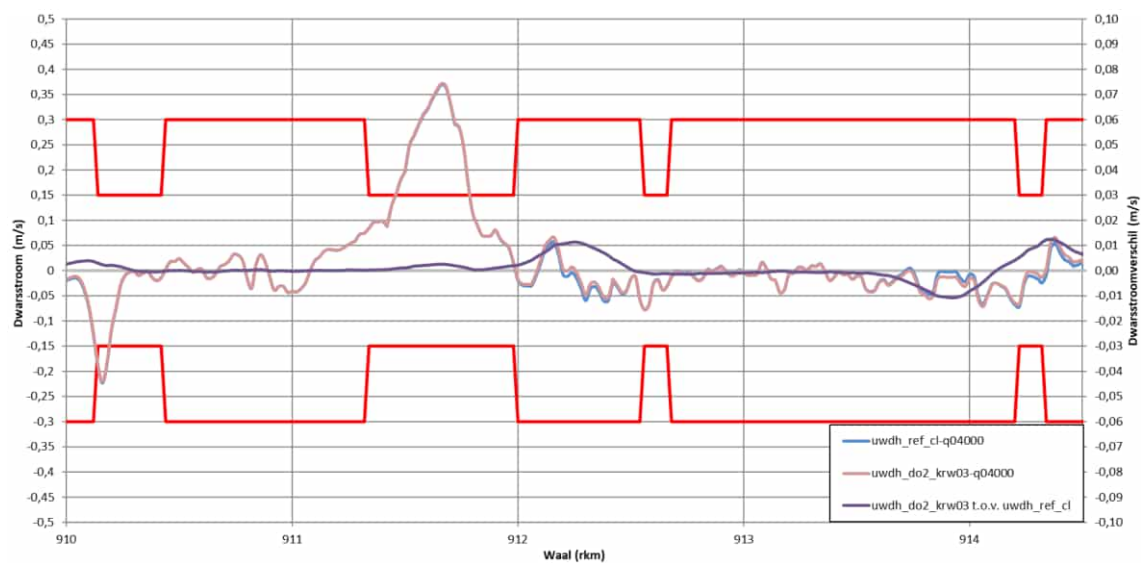
Bijlage 1 – Dwarsstromingsgrafieken krw03 op vaargeullijn bij Wamel



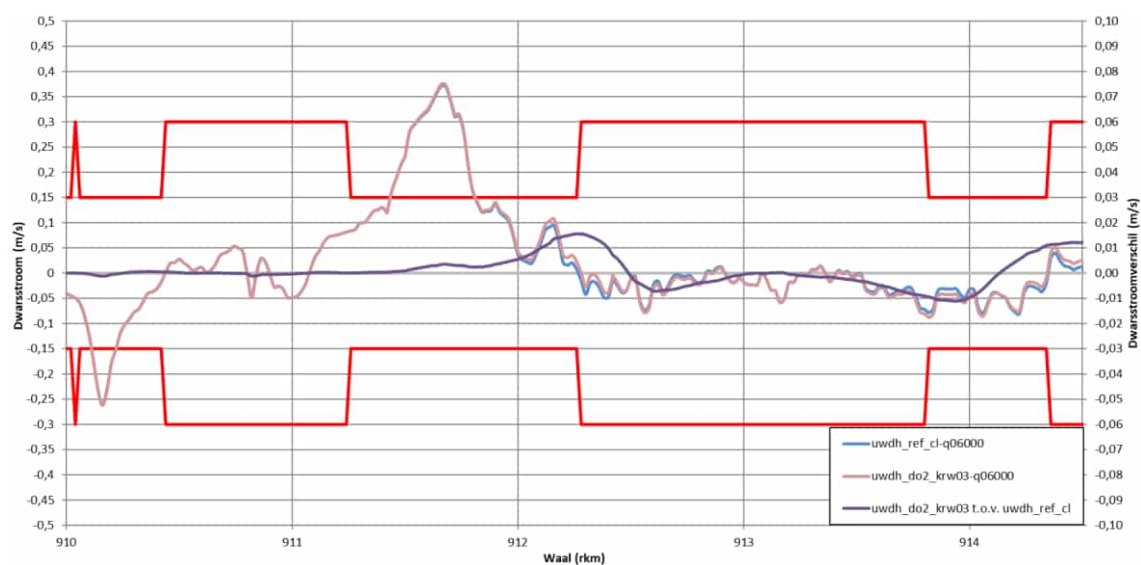
Figuur 4. Dwarsstroming op de vaargeullijn voor de referentie- en krw03-situatie bij 1.020 m³/s bij Lobith.



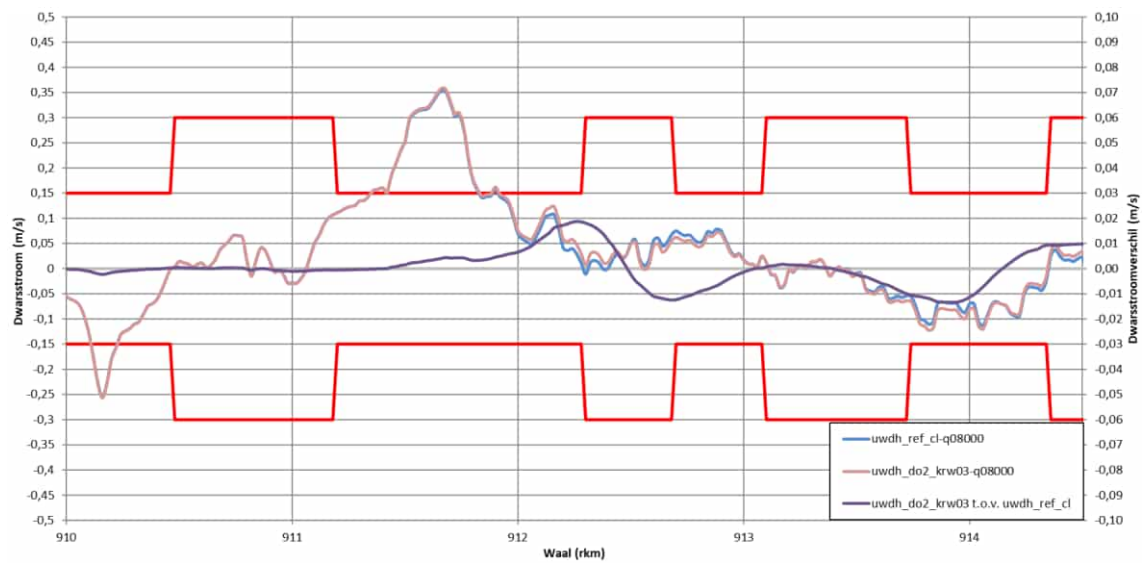
Figuur 5. Dwarsstroming op de vaargeullijn voor de referentie- en krw03-situatie bij 2.000 m³/s bij Lobith.



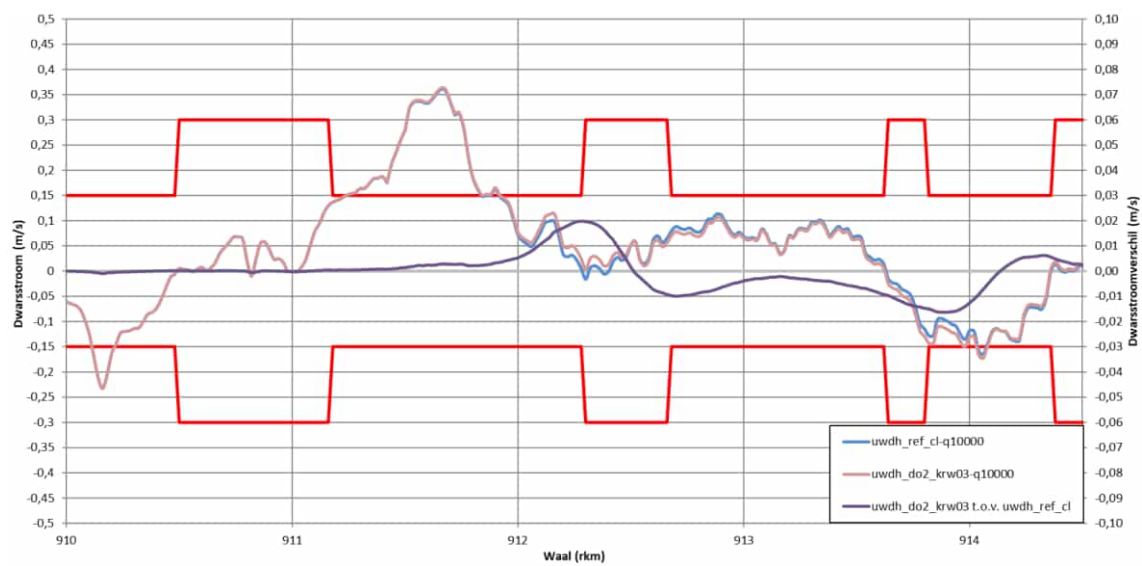
Figuur 6. Dwaarsstroming op de vaargeullijn voor de referentie- en krw03-situatie bij 4.000 m³/s bij Lobith.



Figuur 7. Dwaarsstroming op de vaargeullijn voor de referentie- en krw03-situatie bij 6.000 m³/s bij Lobith.



Figuur 8. Dwaarsstroming op de vaargeullijn voor de referentie- en krw03-situatie bij 8.000 m³/s bij Lobith.



Figuur 9. Dwaarsstroming op de vaargeullijn voor de referentie- en krw03-situatie bij 10.000 m³/s bij Lobith.

B14 MORFOLOGISCH ONDERZOEK DELFT3D (HKV)

Uiterwaarden Wamel, Dreumel en Heerewaarden

Morfologische effectbepaling

Opdrachtgever



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

Uiterwaarden Wamel, Dreumel en Heerewaarden

Morfologische effectbepaling

Eindrapport



Auteurs



PR4512.10
oktober 2021

Samenvatting

Dit rapport geeft op basis van Delft3D een morfologische effectbepaling van een voorlopig ontwerp (VKA DO 2.0) voor herinrichting van Uiterwaarden Wamel, Dreumel en Heerewaarden (UWDH). Het voorlopige ontwerp is eerder geoptimaliseerd op basis van WAQmorf.

Doel van de studie is om inzicht te krijgen in:

- Geschiktheid van WAQmorf berekeningen voor optimalisatie van een voorlopig ontwerp van UWDH;
- Hydrodynamische en morfologische effecten van UWDH en hoe deze de baggerinspanning, scheepvaart en de werking van de langsdammen beïnvloeden;
- Mogelijke mitigerende maatregelen om ongewenste hydro- en morfologische effecten (extra baggerinspanning) te mitigeren.

Het blijkt dat de Delft3D-resultaten de WAQmorf-resultaten voor UWDH bevestigen. De analyse met Delft3D geeft meer inzicht in de hydro- en morfodynamica rondom een ingreep, maar voor de globale effecten in evenwichtssituatie geeft WAQmorf een vergelijkbare orde-grootte inschatting. Waargenomen verschillen tussen Delft3D en WAQmorf worden hoofdzakelijk veroorzaakt door verschillen in de hydrodynamica tussen WAQUA en Delft3D. Voor verkenningen en trechters naar een voorlopig ontwerp kan WAQmorf ingezet worden.

De aanleg van de nevengeulen in UWDH heeft een minimale invloed op het afvoerregelbereik van de langsdammen en kan op het beschouwde riviertraject een toename in baggerlast veroorzaken van enkele procenten. Door slim regelen van de drempels van de langsdammen kan deze toename in aanzanding worden gemitigeerd.

Inhoud

1.	Introductie	1
1.1	Achtergrond	1
1.2	Eerder uitgevoerde WAQMorf analyse	2
1.3	Doelen van het project	3
1.4	Leeswijzer	3
2	Modelbeschrijving	5
2.1	Introductie	5
2.2	Delft3D model samengevat	5
2.3	Aanpassingen van de geometrie	7
2.4	Ottrekking nevengeulen	11
2.5	Afvoerveranderingen zomerbed	14
3	Resultaten	19
3.1	Inleiding	19
3.2	Resultaten zonder baggermodule	19
3.3	Resultaten met baggermodule	24
3.4	Morfologische effectbepaling RBK	30
4	Implicaties en discussie	35
4.1	Regelbereik langsdammen	35
4.2	Vergelijking Waqmorf en Delft3D	35
4.3	Morfologische veranderingen in de oevertgeulen	37
4.4	Optimalisatie instroommoment nevengeulen	40
5	Conclusie	43
6	Referenties	45
	Bijlagen	47
A	Bodemverandering in de tijd	49
B	Bagger- en stortactiviteiten	53
C	Tabellen bodemvolumes (bijlage 8 van RBK 5.0)	57
D	Afvoerverdeling zomerbed en oevertgeul	65

1. Introductie

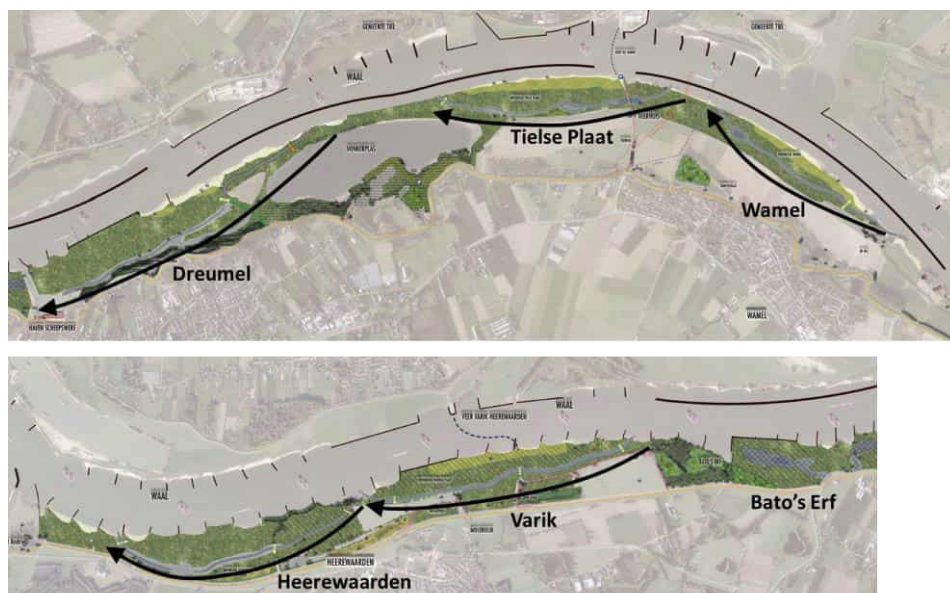
1.1

Achtergrond

In het Natuurontwikkelingsproject Uiterwaarden Wamel, Dreumel en Heerewaarden (UWDH) ontwikkelen Rijkswaterstaat Oost-Nederland, de provincie Gelderland en Staatsbosbeheer een herinrichting van uiterwaarden langs de Midden-Waal met nevengeulen en strangen. Dit heeft geleid tot het voorlopige ontwerp VKA DO 2.0 ().

DO 2.0 bevat in totaal vijf nevengeulen: Wamel, Tielse Plaat, Dreumel, Varikse Plaat en Heerewaarden (Figuur 1). De nevengeulen Dreumel, Wamel en Tielse Plaat liggen achter de langsdammen bij Tiel en takken dus af van de oevergeul. De nevengeulen Varikse Plaat en Heerewaarden liggen benedenstrooms van de langsdammen. Daarnaast is er een uiterwaardverlaging voorzien (Bato's Erf) en zijn kades en ruwheden in de uiterwaarden aangepast.

*Figuur 1
Weergave van het
ontwerp van UHWD
voorkeursalternatief.*



Het ontwerp is – voor wat betreft morfologische effecten in het zomerbed – geoptimaliseerd met WAQMorf (, 2021). Dit betekent dat de te verwachten morfologische effecten en baggerinspanningen zijn ingeschat op basis van bodemveranderingen berekend met WAQUA/WAQMorf. WAQMorf is geschikt om het effect van een maatregel in één enkele uiterwaard te bepalen (max. 5 km; RBK versie 5.0). De maatregelen binnen UWDH worden genomen over 15 km en daarom is WAQMorf in principe niet geschikt. Daarnaast zijn de stromingspatronen en de morfologische veranderingen door de langsdammen en de oevergeulen complex. Hierdoor zijn er twijfels of WAQMorf geschikt is voor de effectbepaling en de bijbehorende optimalisatie van de maatregelen.

Voor het Projectplan Waterwet is daarom een nadere analyse met Delft3D nodig: is het ontwerp haalbaar/vergunbaar in het licht van de morfologische eisen gesteld in het Rivierkundig Beoordelingskader (RBK versie 5.0)? Hiertoe moet het volgende in beeld worden gebracht:

1. Wat zijn de te verwachten hydrodynamische en morfologische effecten van UWDH en hoe beïnvloeden deze de baggerinspanning, scheepvaart en de werking van de langsdammen?
2. Wat zijn mogelijke mitigerende maatregelen om (extra) baggerinspanning te verkleinen?

1.2

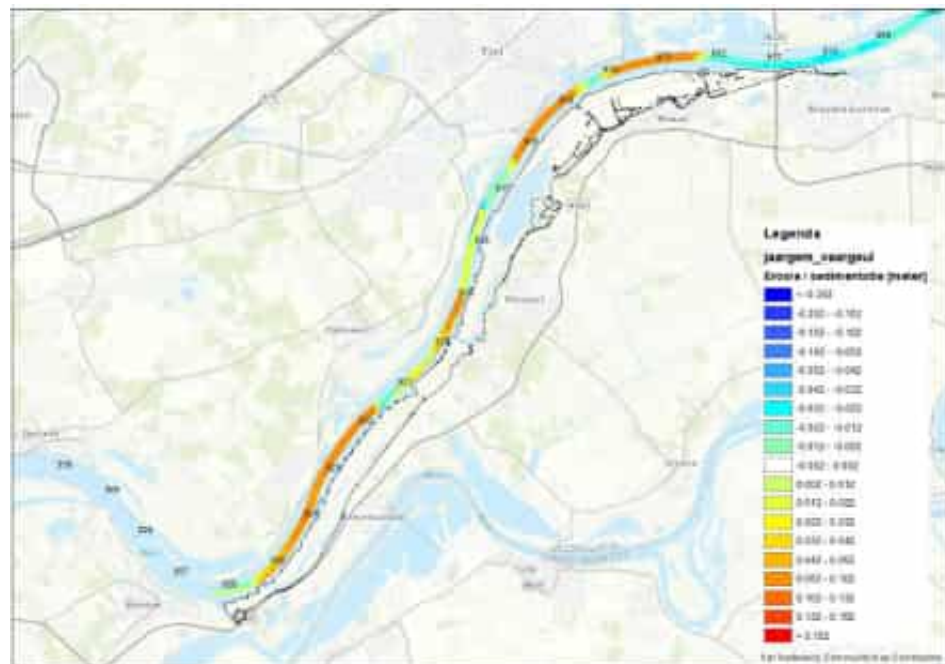
Eerder uitgevoerde WAQMorf analyse

De te verwachten relevante hydraulische effecten van het VKA DO 2.0 van het project UWDH zijn reeds bepaald met WAQUA (██████████, 2021). De morfologische effecten zijn toen ook bepaald met behulp van WAQMorf.

Het ontwerp van het VKA DO 2.0 is het resultaat van een optimalisatieproces waarbij verschillende aspecten, waaronder morfologie, zijn geoptimaliseerd. Een voorbeeld van het optimalisatieproces is het inzetten van de maatregel "dichtzetten oude invaartopening Vonkerplas", die is ingevoerd om aanzandingseffecten in het zomerbed te mitigeren. De deelmaatregel "deel van de uiterwaarden bij nevengeul Wamel op hoogte brengen" zorgt eveneens voor een afname van de aanzanding in het gebied (██████████, 2021).

Figuur 2 geeft de geschatte jaargemiddelde sedimentatie (positief, in geel en rood) en erosie (negatief, in blauw) ten gevolge van de plannen (VKA DO 2.0). Deze effecten zijn berekend met WAQMorf uitgaande van de afvoeren 3.000 m³/s, 4.000 m³/s en 6.000 m³/s bij Lobith.

*Figuur 2
WAQMORF-
resultaten:
jaargemiddeld effect
op de bodemligging
zonder baggeren.*



De nevengeulen zijn in WAQUA geïmplementeerd door deze in de bodemligging mee te nemen. Doordat de geulen relatief klein zijn ten opzichte van het rooster zijn er daarnaast onttrekkings- en lozingspunten (bronnen en putten) toegepast. De onttrekkingen en lozingen zijn bepaald op basis van het waterstandsverschil op de rivieras ter hoogte van de in- en uitstroomopening van de nevengeul (██████████ & ██████████, 2020). Dezelfde methodiek is toegepast om in Delft3D de afvoeren door de nevengeulen op te leggen (zie paragraaf 2.4).

1.3 Doelen van het project

De doelen van dit project zijn:

1. Bepaling en beoordeling van de morfologische effecten van het VKA DO 2.0 met Delft3D;
2. Evaluatie van de morfologische effecten van verschillende varianten;
3. Vergelijking/verificatie van de bestaande WAQMorf resultaten (VKA DO 2.0) in relatie tot de Delft3D-resultaten;
4. Identificatie en evaluatie van optimalisatiemaatregelen.

1.4 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de modelschematisatie in Delft3D. Als basis is het model uit het project "Evaluatie Pilot Langsdammen" gebruikt (V1 uit ██████████ et al., 2021). In hoofdstuk 2 focussen we voornamelijk op de aanpassingen die zijn gedaan ten opzichte van dit model. We vergelijken de WAQUA en Delft3D berekeningen door de verandering in de afvoer door het zomerbed te bepalen. Deze afvoeronttrekking is een maat voor de

uiteindelijke aanzanding die zal optreden. In hoofdstuk 3 presenteren we de morfologische resultaten van de berekeningen met en zonder baggermodule. In hoofdstuk 4 bepalen we de verandering in regelbereik van de langsdammen door de aanleg van UWDH en vergelijken we de WAQMorf resultaten met de Delft3D resultaten. Hoofdstuk 5 sluit af met de discussie en de conclusies.

2 Modelbeschrijving

2.1 Introductie

Dit hoofdstuk beschrijft de modelschematisatie in Delft3D. Hierbij focussen we voornamelijk op de aanpassingen die zijn gedaan in het model ten opzichte van het model uit het project "Evaluatie Pilot Langsdammen" (V1 uit [REDACTED] et al., 2021). We vergelijken de WAQUA en Delft3D berekeningen door de verandering in de afvoer door het zomerbed te bepalen. Deze afvoeronttrekking is een maat voor de uiteindelijke aanzanding die zal optreden.

De volgende varianten zijn beschouwd binnen dit project (alle varianten zijn inclusief langsdammen):

- Referentie: model zonder project UWDH; inlaatdrempels van langsdammen dicht bij lage afvoeren (1.020 en 1.203 m³/s Lobithafvoer). Berekeningen met en zonder baggermodule.
- Basisvariant: model met implementatie van UWDH en inlaatdrempels van langsdammen dicht bij lage afvoeren (1.020 en 1.203 m³/s Lobithafvoer). Berekeningen met en zonder baggermodule.
- Varianten (met implementatie van UWDH) met verschillende instellingen van de inlaatdrempels van de langsdammen. Berekeningen alleen met baggermodule:
 - MaxDicht: Drempels van de langsdammen altijd dicht;
 - MaxOpen: Drempels van de langsdammen altijd open.

2.2 Delft3D model samengevat

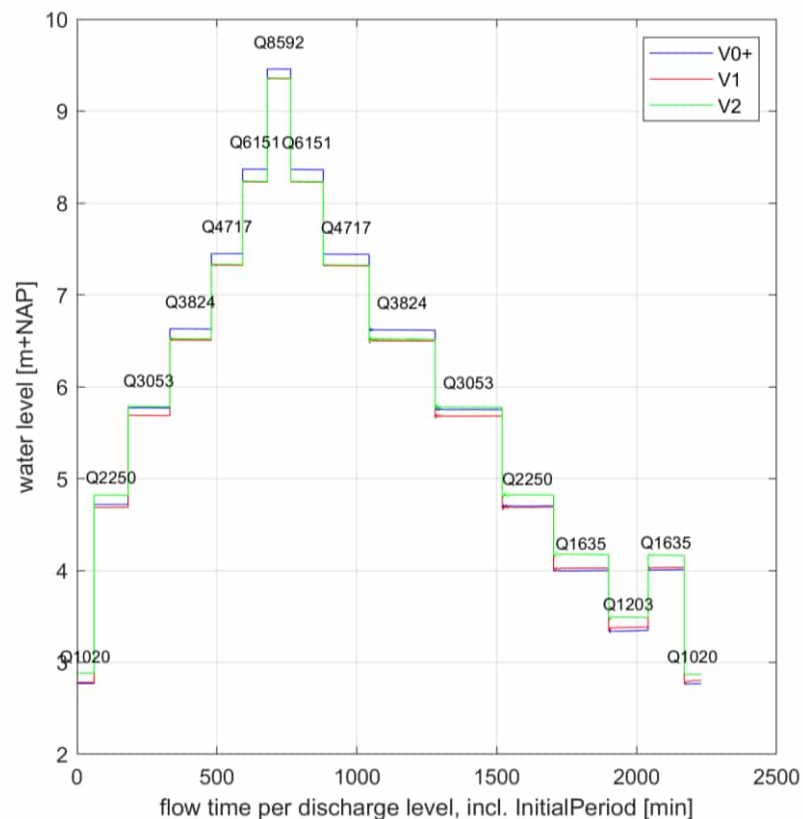
Als basis is het model uit het Project "Evaluatie Pilot Langsdammen" gebruikt (V1 uit [REDACTED] et al., 2021). Deze is gebaseerd op Baseline-schematisatie j18_5-v1 (Jaarlijkse Actualisatie Modellen Rijntakken 2018). In deze paragraaf zijn de belangrijkste karakteristieken van het model kort samengevat.

Het model bevat de Waal van ongeveer Nijmegen (km 887,95) tot Zaltbommel (km 934,7). Het rekenrooster (Waal-Ldams_j18.grd) is verfijnd ten opzichte van het standaard DVR-model om de geometrie van de langsdammen en de oevergeulen beter weer te geven. Bij de langsdammen en de oevergeulen zijn de gridcellen 5 m x 20 m en loopt er nagenoeg over elke langsdam een enkele gridlijn. In de uiterwaard en verder weg van de langsdammen worden de gridcellen vele malen groter.

De randvoorwaarde bij Nijmegen is een geschematiseerde afvoerhydrograaf (Figuur 3) die representatief is voor de jaarlijkse morfologische ontwikkeling van de rivier ([REDACTED] et al. 2021). De randvoorwaarde bij Zaltbommel is

een QH-relatie (et al, 2019a). Het effect van getijde op de bodemligging is buitenbeschouwing gelaten. De berekening wordt gestuurd door de simulation management tool (SMT). Bij elke afvoerverandering wordt de stromingstoestand opgeslagen in een database. Elke afvoerstep begint met de stromingstoestand uit de database waarna gedurende een 'initial period' van 60 min, de stroming zich aanpast aan een nieuwe bodemligging. De morfologische berekening begint pas na de 'initial period'. Door gebruik te maken van de database convergeert de hydrodynamica snel en kan zo'n kleine 'initial period' worden toegepast.

*Figuur 3
Een weergave van
een hydrodynamisch
jaar met daarbij de
afvoeren bij Lobith
(volgend uit
et al.
2021).*



Bij een afvoer van 1.020 m³/s bij Lobith is niet morfologisch gerekend; de waterstand bij deze afvoer is gebruikt om de Overeengekomen Lage Rivierstand (OLR) te bepalen. De OLR speelt een belangrijke rol in de berekeningen met baggeractiviteiten. Er wordt in het model gebaggerd als er onvoldoende waterdiepte beschikbaar is onder de OLR. Deze waterdiepte wordt bepaald op basis van de bodemligging en een duinhoogte voorspeller. In het project "Evaluatie Pilot Langsdammen" is gekozen om een waterdiepte aan te houden van 2,8 m onder de OLR. In dit project neemt de waterdiepte toe in benedenstroomse richting van 2,8 m bij Nijmegen tot 3,4 m bij Zaltbommel zoals voorgeschreven binnen het RBK 5.0 (p. 99).

In het project "Evaluatie Pilot Langsdammen" is de OLR elk jaar geüpdatet bij 1.020 m³/s bij Lobith. Er treedt echter ter hoogte van de langsdammen een instabiliteit op in de waterstand (Figuur 63, et al. 2021). Deze instabiliteit ligt op een plek waar een grote baggerinspanning wordt verwacht ten gevolge van UWDH. Er is daarom in overleg met Deltares en

Rijkswaterstaat besloten om de OLR niet te updaten en deze voor alle varianten hetzelfde te houden.

Net als in het project "Evaluatie Pilot Langsdammen" berekenen we het morfologische effect van de maatregel na 20 jaar, ervan uitgaande dat dan een nieuw evenwicht is bereikt. De sediment- en morfologiemodule zijn niet aangepast ten opzichte van het project "Evaluatie Pilot Langsdammen" (█ et al. 2021). Dit betekent dat de oevers niet kunnen eroderen, maar wel kunnen aanzanden. Het Delft3D model is echter niet geschikt om de mate van aanzanding in de oevers te bepalen (Mosselman & Omer, 2021).

2.3 Aanpassingen van de geometrie

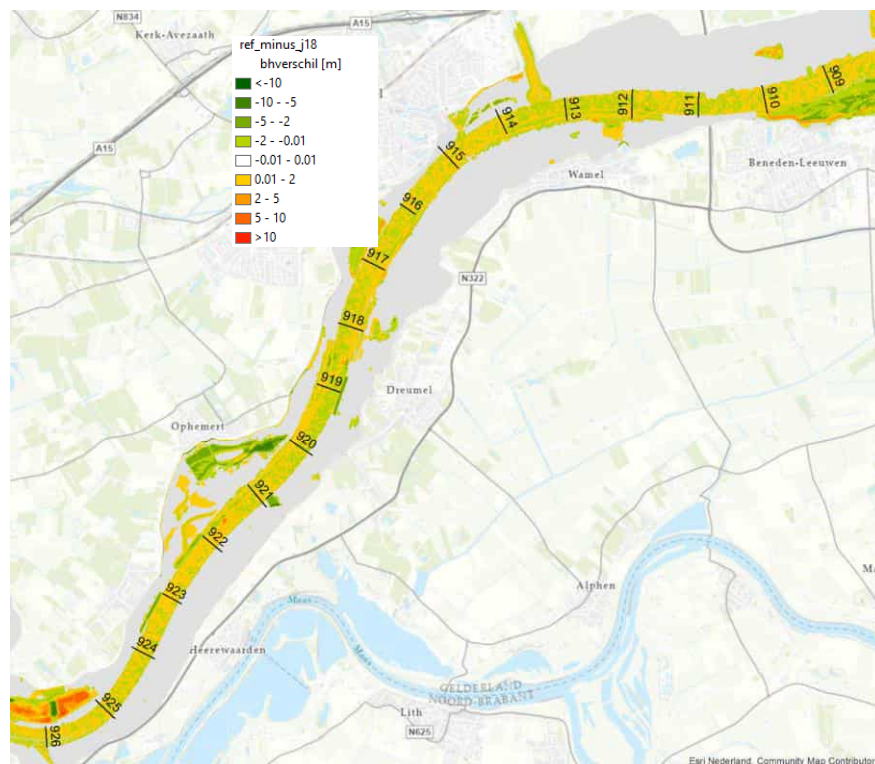
2.3.1 Referentie

Het basismodel in Delft3D is beschreven in paragraaf 2.2. Bij het rivierkundig onderzoek van DO 2.0 (█, 2021) is in WAQUA een ander model gebruikt als referentie (verder genoemd "Ref_WAQUA"). Deze is gebaseerd op de Baseline-schematisatie Rijn-beno15_5-v2 (beheer en onderhoud model), waarin actualisaties zijn toegevoegd (verleende vergunningen, Stroomlijnitwerking, verbetering en actualisaties).

In het gebied van UWDH zijn er grote verschillen tussen deze twee schematisaties (zie Figuur 4), namelijk:

- De langsdammen zijn op een andere wijze geschematiseerd (ligging is hetzelfde maar de kruinhoogtes en drempelhoogtes zijn anders).
- Het zomerbed en de oevers hebben een andere bodemligging.
- De vegetatie en ruwheden-classificatie verschillen (j18 gebruikt handboek-codering en beno15 vegetatielegger-klassen).
- De uiterwaarden hebben andere bodemhoogtes. De grootste verschillen zijn te zien bij het uiterwaardenproject Heesselt (benedenstrooms van UWDH) die in beno15 aanwezig is en in j18 niet, bij Ophemert en bij Passewaaij.

*Figuur 4
verschillen in de
bodemhoogtes van
ref_WAQUA en
J18_Delft3D.*

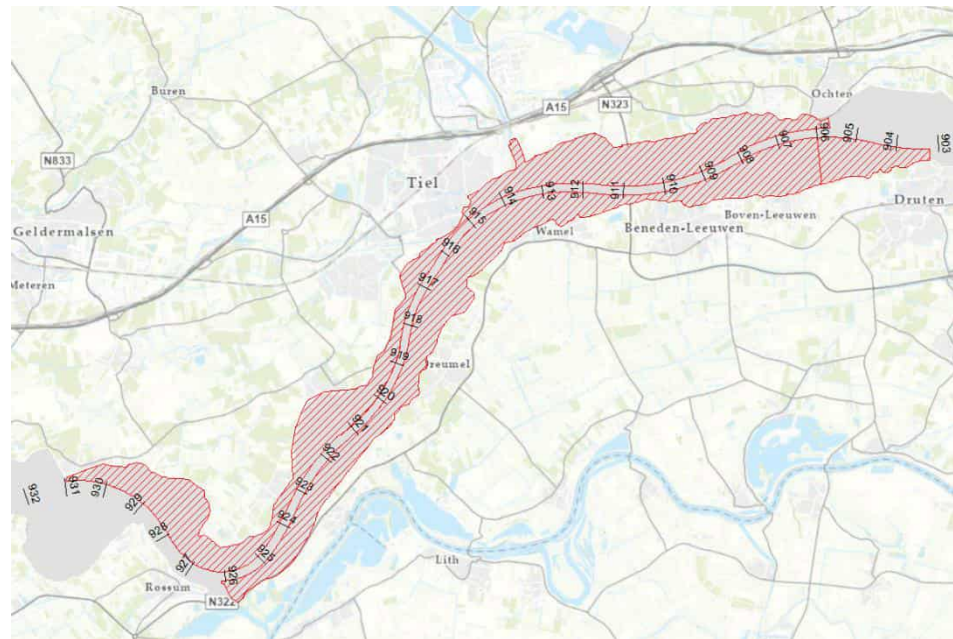


Om een zo eerlijk mogelijke vergelijking te kunnen maken met de WAQUA/Waqmorf resultaten uit de studie van [REDACTED] (2021) is besloten om in het Delft3D-model van de Referentie de volgende aanpassingen in te bouwen:

- De bodemhoogtes en overlaten (weirs) zijn overgenomen uit Ref_WAQUA en geprojecteerd in het Delft3D-rooster. Het gebied waarin deze aanpassingen zijn toegepast is weergegeven in Figuur 5 (rode gearceerd polygoon). In het zomerbed zijn geen aanpassingen gedaan, de hoogtes van de langsdammen en oevergeulen zijn wel meegenomen in de aanpassingen.
- Vegetatie: ruwheden zijn niet aangepast naar beno15 omdat Delft3D niet met alle ruwheidscodes uit de vegetatielegger om kan gaan door te grote recursiviteit in deze ruwheidscodes.

Het plan van aanpak ([REDACTED] 2021) schrijft daarnaast voor dat de inlaatdrempels van de langsdammen met behulp van de "Simulation Management tool" (SMT) dicht worden gezet bij lage afvoeren (1.020 en 1.203 m³/s Lobithafvoer). Dit is één van de maatregelen om de waterstand bij lage afvoeren verder op te stuwen.

*Figuur 5
Gebied van
aanpassingen
bodemhoogtes en
overlaten.*



2.3.2

Maatregelen

Het project UWDH (ontwerp van voorkeursalternatief DO 2.0, zie ook Figuur 1) bevat de volgende onderdelen:

- Vijf meestromende (tweezijdig aangetakte) nevengeulen;
- Vergraving in de overstromingsvlakte gelegen tussen de scheepswerf en Bato's Erf;
- Dichtzetten van de oude invaartopening naar de Vonkerplas (het betreft het doortrekken van de al aanwezige kade rondom de Vonkerplas);
- Op hoogte brengen van de uiterwaard ter hoogte van het inlaatwerk van nevengeul Wamel (oeverwallen blijven onaantast).

Dit ontwerp is via Baseline geconverteerd naar het Baseline-model UWDH_DO2_krw04. Om tot de Delf3D 'Basisvariant' te komen zijn de vervolgens nog deze acties verricht:

- De bodemhoogtes en overlaten van UWDH_DO2_krw04 zijn geprojecteerd naar het Delft3D-rooster en opgenomen in het Referentie Delft3D-model. Alleen de geometriegegevens van het gebied weergegeven in Figuur 5 zijn meegenomen.
- Ter hoogte van de nevengeulen zijn de gridcellen ongeveer 70 m x 20 m wat veel te grof is om de geometrie van de geulen op het rooster te projecteren. Er is daarom gekozen om de nevengeulen via bronnen en putten op te leggen, zie paragraaf 3.4 voor verdere toelichting (dit is dezelfde methodiek als toegepast bij de WAQUA-berekeningen van [REDACTED], 2021).
- Bij de ruwheden zijn er aanpassingen gedaan in een deelgebied van UWDH, zie Figuur 6. Hiervoor is een selectie gemaakt van alleen die locaties waarbij aanpassingen in de ruwheden in de WAQUA-berekeningen zijn toegepast.

*Figuur 6
Gebied van
aanpassingen
ruwheden.*

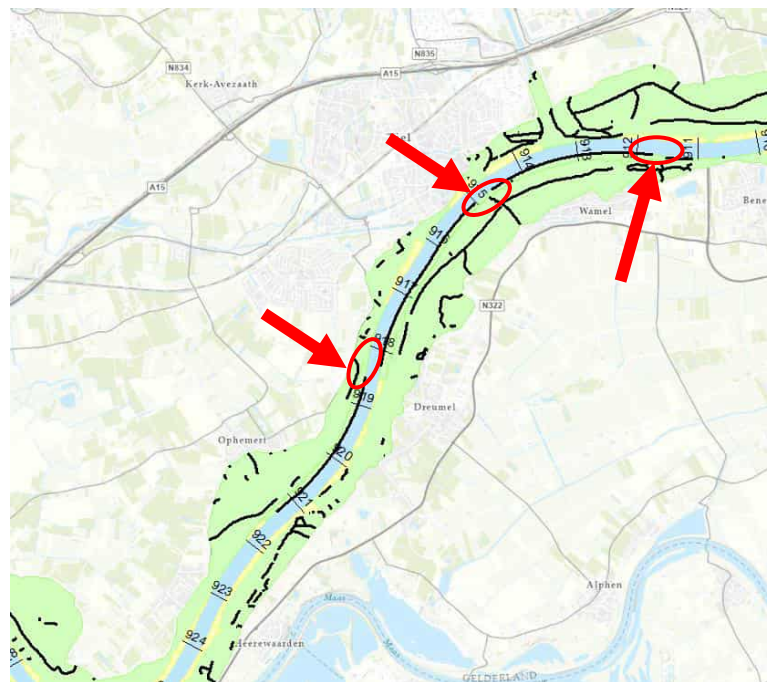


2.3.3

Drempels langsdammen

De langsdammen en de inlaatdrempels maken in het model deel uit van de bodemtopografie. De langsdammen (locaties aangegeven in Figuur 7) worden tevens weergegeven met behulp van overlaten (met exacte kruinhoogtes en waarbij energieverliezen in rekening worden gebracht). Bij de inlaatdrempels van de langsdammen zijn geen overlaten toegepast. Met behulp van de "Simulation Management tool" (SMT) kan in de Delft3D berekeningen voor iedere afvoer een andere kruinhoogte van de inlaatdrempels van de langsdammen ingesteld worden door de overlaat een andere hoogte te geven. Dit geeft de mogelijkheid om tijdens de berekening de inlaten te sluiten bij lage afvoeren.

*Figuur 7
Locatie van
inlaatdrempels.*



In dit project zijn drie verschillende situaties van de inlaatdrempels van de langsdammen onderzocht:

- Basisvariant: de inlaatopeningen staan maximaal open, maar worden via de simulation management tool (SMT) dichtgezet bij de laagste afvoeren (1.020 en 1.203 m³/s Lobithafvoer).
- Variant MaxDicht: de inlaatopeningen staan altijd dicht. Hierbij worden dezelfde drempelhoogtes toegepast als in variant V2 in het Project "Evaluatie Pilot Langsdammen".
- Variant MaxOpen: de inlaatopeningen staan altijd open, ook bij de laagste afvoeren.

2.4

Onttrekking nevengeulen

De nevengeulen zijn in de berekeningen meegenomen als "sinks" en "sources" (putten en bronnen) omdat het grid te grof is om de nevengeulen goed in de bodemgeometrie te representeren. In eerdere WAQUA-berekeningen zijn de geulen op eenzelfde manier geïmplementeerd. We maken daarom gebruik van de methodiek zoals die door Kragten is toegepast (Kragten & Kragten, 2020). Hierin is gebruik gemaakt van de waterstand op de rivieras bij de in- en uitstroom van de nevengeulen. Op basis van dit waterstandsverhang in het zomerbed, de geulgeometrie en de geometrie van het regelwerk is de afvoer door de nevengeul bepaald. De drie bovenstroomse geulen zijn echter niet met het zomerbed maar met de oevergeul verbonden. Wanneer de drempelhoogtes van de oevergeulen worden aangepast verandert het waterstandsverhang over de nevengeulen en daarmee de afvoer door de nevengeulen.

Bij volledig geopende drempels van de langsdammen, is dezelfde onttrekking aangehouden als bij eerdere WAQUA-berekeningen van VKA DO 2.0 (2021). Voor de Delft3D afvoeren resulteert dit in Tabel 1.

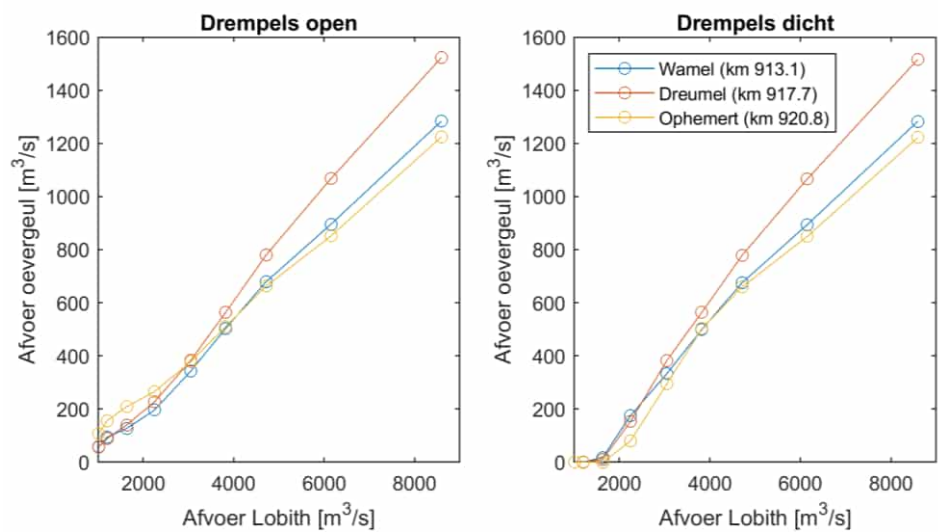
N.B.: Bij eerdere WAQUA-berekeningen is de onttrekking tijdens een Bovenrijn-afvoer van 4.000 m³/s (bij Lobith) 5 tot 10 m³/s te laag ingeschat. Deze fout is hier hersteld en dit zorgt voor een verhoging van de onttrekking bij een afvoer van 4.000 m³/s in de Delft3D resultaten met ongeveer 10-25%.

*Tabel 1
De afvoeronttrekking door de vijf nevengeulen met de drempels volledig open.*

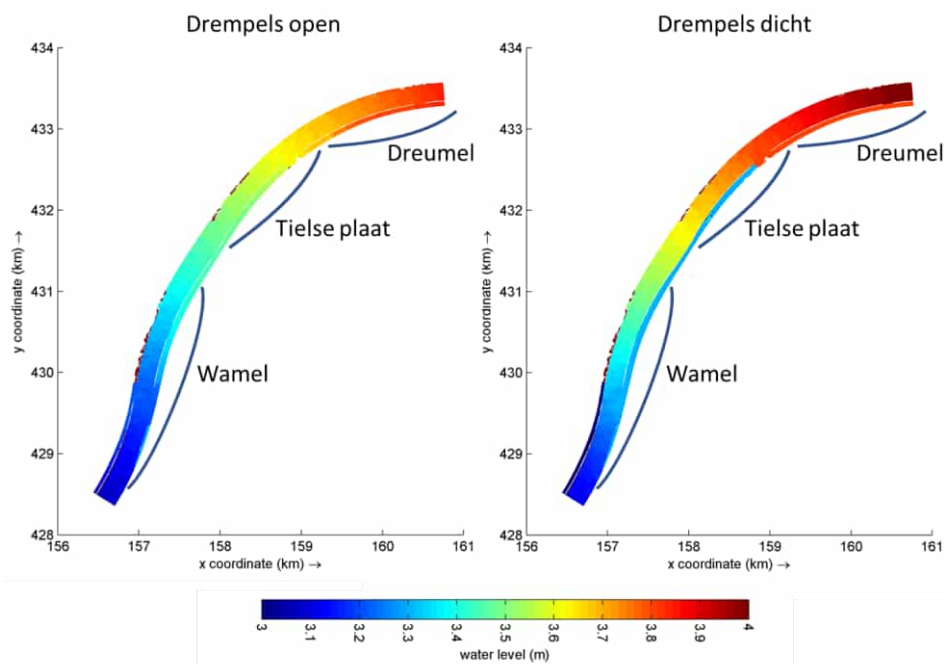
QLobith [m ³ /s]	Wamel [m ³ /s]	Tielseplaat [m ³ /s]	Dreumel [m ³ /s]	Varik [m ³ /s]	Heerewaarden [m ³ /s]
1.020	1,24	1,34	0,00	1,21	0,00
1.203	2,99	3,17	0,16	2,71	0,12
1.635	8,20	8,59	2,01	7,45	1,71
2.250	19,24	19,92	7,84	17,54	6,79
3.053	37,61	39,65	21,42	34,08	18,20
3.824	47,40	52,69	33,72	47,33	30,89
4.717	50,48	57,71	37,66	51,59	37,37
6.151	51,28	59,90	36,70	51,53	37,36
8.592	54,34	61,83	35,90	54,21	33,81

Om het effect van dichte drempels van de langsdammen op de afvoeronttrekking door de nevengeulen te bepalen is een aantal hydrodynamische berekeningen van de referentiesituatie met stationaire afvoer uitgevoerd. Figuur 8 laat de afvoer door de oeversgeulen zien bij volledig geopende en volledig gesloten drempels van de langsdammen. De drempels beïnvloeden de oeversgeulafvoer tot 3.053 m³/s bij Lobith. Bij hogere afvoeren is er nauwelijks tot geen effect van de drempels zichtbaar op de afvoer door de oeversgeul. Door de drempels dicht te zetten stroomt er tot een afvoer van 1.635 m³/s nauwelijks water door de oeversgeulen. Figuur 9 laat de waterstanden zien met geopende en gesloten drempels bij 1.635 m³/s. Door het dichtzetten van de drempels is de waterstand in de rivier opgezet en is er nauwelijks tot geen verhang binnen de oeversgeulen.

Figuur 8
De afvoer door de oevergeulen van de langsdammen met volledig geopende en volledig dichte drempels.



Figuur 9
De waterstand bij geopende en dichte drempels van de langsdammen voor 1.635 m³/s bij Lobith. Deze berekeningen zijn gemaakt voor de referentiesituatie.



Het effect verschilt per nevengeul:

- Wamel: er is geen waterstandsverhang over de nevengeul waarvan zowel de in- als de uitstroom in de oevergeul Wamel ligt.
- Tielse Plaat: de nevengeul gaat om de drempel van de tweede langsdam heen; hierdoor neemt het waterstandsverhang toe ten opzichte van de situatie met volledig geopende drempels.
- Dreumel: de waterstand bij de instroom van de nevengeul neemt af bij gesloten drempels, terwijl de waterstand bij de uitstroom gelijk blijft. Hierdoor neemt de onttrekking door deze geul af.
- Varik en Heerewaarden: beide nevengeulen staan direct in verbinding met het zomerbed en de verandering in onttrekking is daardoor heel beperkt.

Om de afvoeronttrekkingen bij dichte drempels te bepalen zonder af te wijken van de methodiek die gebruikt is in eerdere WAQUA-berekeningen ([REDACTED] & [REDACTED], 2020) nemen we alleen de verandering in waterstandsverhang mee. Tabel 2 geeft de resulterende afvoeronttrekkingen per nevengeul.

*Tabel 2
De afvoeronttrekking door de vijf nevengeulen met de drempels volledig dicht.*

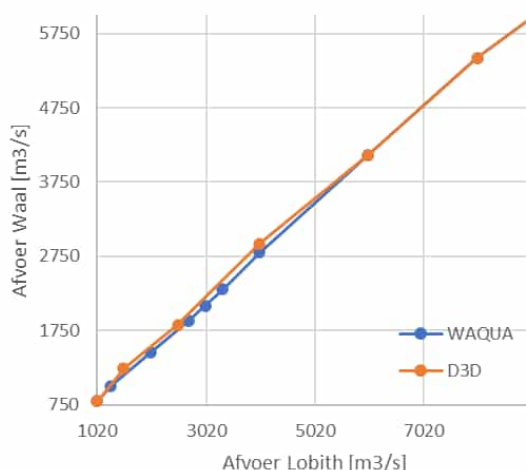
QLobith [m ³ /s]	Wamel [m ³ /s]	Tielseplaat [m ³ /s]	Dreumel [m ³ /s]	Varik [m ³ /s]	Heerewaarden [m ³ /s]
1.020	0,00	2,17	0,00	1,18	0,00
1.203	0,00	7,83	0,19	4,01	0,47
1.635	0,00	18,24	1,60	9,33	2,72
2.250	13,18	31,60	10,60	17,97	7,40
3.053	35,21	49,19	30,18	37,49	21,13
3.824	48,32	58,64	38,90	49,80	33,31
4.717	50,40	61,85	39,62	51,66	37,43
6.151	51,20	63,72	38,61	51,64	37,37
8.592	54,31	65,60	37,74	54,33	33,82

2.5

Afvoeranderingen zomerbed

Om de resultaten van de Delft3D berekening te kunnen vergelijken met de WAQMorf resultaten is het belangrijk dat de hydrodynamische resultaten van Delft3D zoveel mogelijk overeenkomen met de WAQUA-berekeningen. In de Delft3D berekeningen wordt met een andere Waalafvoer gerekend dan in de WAQUA-berekeningen (Figuur 10). Bij een afvoer van 4.000 m³/s gaat er ongeveer 120 m³/s meer door de Waal in Delft3D dan in WAQUA. We nemen dit verschil niet mee in de effectbepaling omdat het verschil zowel in de referentie als in de varianten aanwezig is en daarom een minimaal effect heeft op de relatieve bodemveranderingen.

*Figuur 10
De afvoer in de Waal voor WAQUA en Delft3D.*



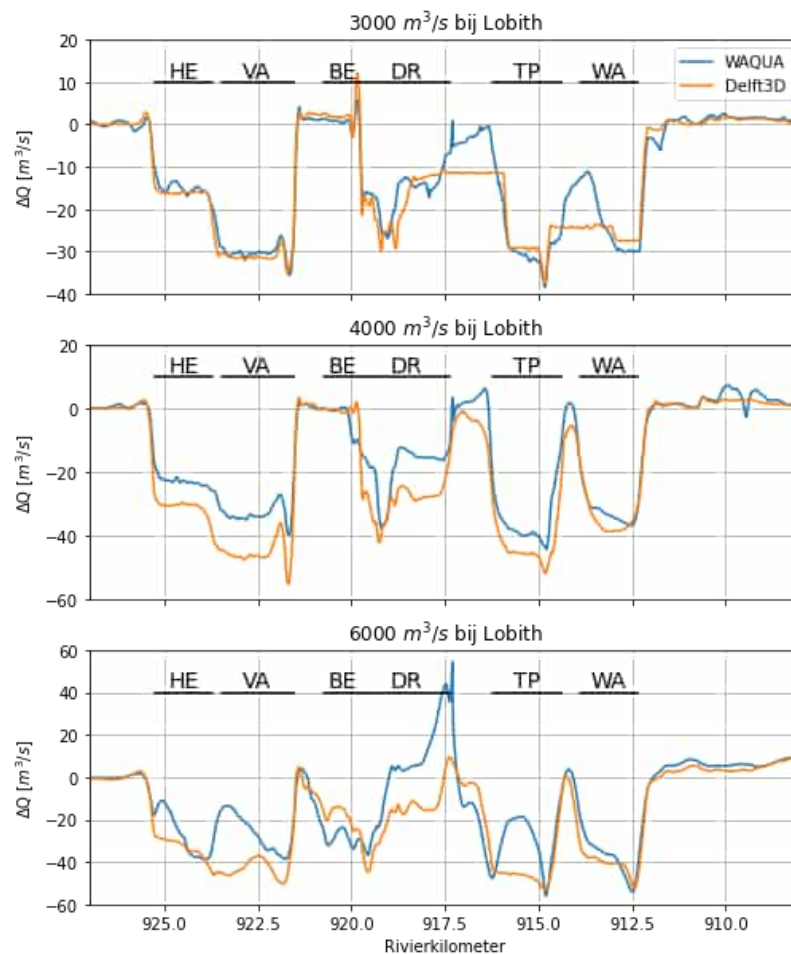
Voor de bepaling van de bodemverandering is het van belang dat de verandering in afvoer door het zomerbed in beide berekeningen hetzelfde is, aangezien deze verantwoordelijk is voor de grootste morfologische

veranderingen. De WAQMorf-berekening maakt gebruik van WAQUA-berekeningen met 3.000 m³/s, 4.000 m³/s en 6.000 m³/s bij Lobith. De vergelijking tussen WAQMorf en Delft3D vindt daarom plaats bij deze drie afvoerniveaus.

Lobithafvoer van 3.000 m³/s

Figuur 11 laat de verandering van de afvoer door het zomerbed zien zoals berekend door WAQUA en Delft3D. Bij 3.000 m³/s bij Lobith liggen de lijnen grotendeels over elkaar. Er zijn echter verschillen bij km 914 en km 916,5. Het is niet duidelijk wat de exacte oorzaak is van deze verschillen. De hypothese is dat de oriëntatie en de grootte van het WAQUA grid verschilt met het Delft3D grid (Figuur 12). In Delft3D loopt het grid parallel aan de langsdammen en daardoor wordt de locatie van de langsdam altijd op dezelfde gridlijn geprojecteerd. In de WAQUA-berekeningen liggen de langsdammen en de gridlijnen onder een hoek. Hierdoor verspringt de geprojecteerde langsdam van locatie en wordt het zomerbed een gridcel breder en smaller. Dit gebeurt zowel bij km 914 als bij km 916,5. De verwachting is dat verandering in het aantal gridcellen in het zomerbed en de mogelijke extra energieverliezen die daardoor ontstaan voor verschillen zorgen tussen de berekende onttrekking in WAQUA en Delft3D.

*Figuur 11
Afvoeronttrekking
uit het zomerbed bij
de drie voor
WAQMorf relevante
afvoeren. De namen
van de 5
nevengeulen zijn
afgekort. BE staat
voor de
uiterwaardverlaging
Bato's Erf.*



*Figuur 12
De langsdam
geprojecteerd op het
WAQUA en Delft3D
rooster bij km
916,5.*

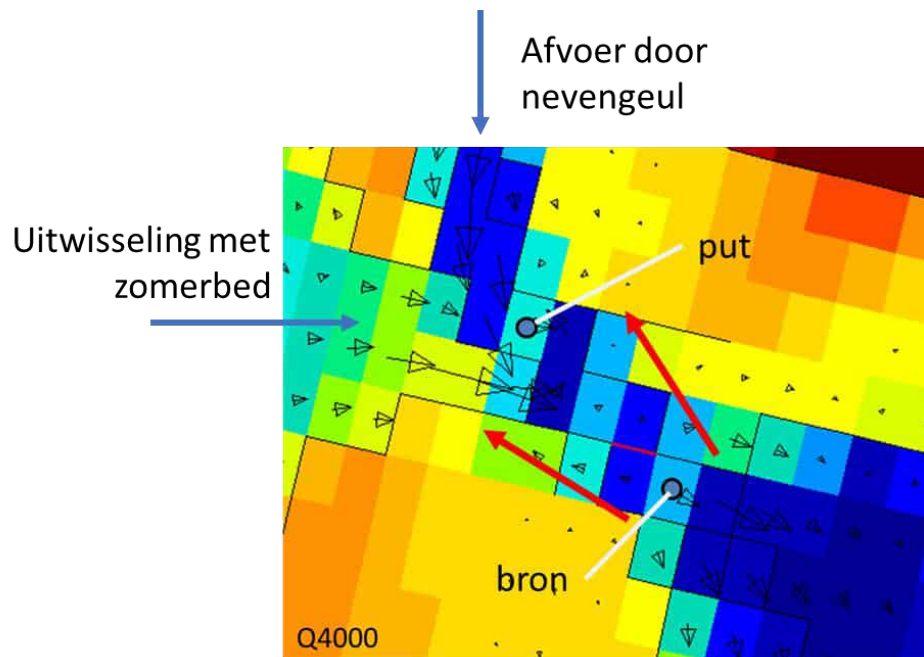


4.000 m³/s bij Lobith

Bij 4.000 m³/s is de onttrekking in Delft3D voor alle nevengeulen groter dan in WAQUA (Figuur 11). Dit wordt grotendeels veroorzaakt door de onttrekking die in WAQUA met 5 tot 10 m³/s te laag is ingeschat wat overeenkomt met 10-25% van de onttrekking (paragraaf 2.4).

Bij de nevengeul van Dreumel vindt daarnaast in WAQUA bij km 918,1 een extra uitwisseling plaats tussen het zomerbed en de nevengeul (Figuur 13). Hierdoor wordt er op twee locaties afvoer onttrokken uit het zomerbed/oeverageul, namelijk bij km 917,3 en bij 918,1. Daarnaast ontstaat er in de nevengeul een stroming van de bron naar de put (rode pijlen Figuur 13). Deze stroming ontstaat waarschijnlijk doordat de nevengeul bovenstrooms van de put of benedenstrooms van de bron te krap is geschematiseerd op het WAQUA-rooster om de opgelegde afvoer te kunnen verwerken. Deze circulerende afvoer zorgt ook voor een iets lagere afvoeronttrekking uit het zomerbed.

*Figuur 13
De bodemhoogte en
stroming uit WAQUA
rond de put en bron
locatie bij 4000 m³/s
bij Lobith.*



6.000 m³/s bij Lobith

Bij 6.000 m³/s begint de uiterwaard volledig mee te stromen. Een belangrijk verschil tussen de WAQUA en de Delft3D-resultaten is de piek bij km 917,5 (Figuur 11). Hier zijn aanpassingen gedaan aan de kade tussen het zomerbed en de Vonkerplas. In WAQUA leidt dit tot een verhoging van de afvoer door het zomerbed. In Delft3D wordt door het grove rooster in de uiterwaard (15 m x 70 m) veel minder stroming berekend in de uiterwaard en daardoor heeft de aanpassing van de kade veel minder effect. De verwachting is dat de verschillen bij km 915,5 en km 923 ook worden veroorzaakt door het grove grid in de uiterwaard van de Delft3D berekening. Hierdoor worden geometrische kenmerken van de uiterwaard niet op dezelfde manier gerepresenteerd als in de WAQUA-berekeningen.

Conclusie

In overleg met Rijkswaterstaat is besloten de afvoeronttrekking niet verder te optimaliseren op de WAQUA-berekeningen omdat het onduidelijk is in welke mate het grid en de numerieke oplossing voor de verschillen in afvoeronttrekking zorgen. Met de huidige stappen is een acceptabele overeenkomst bereikt tussen Waqua en Delft3D.

3 Resultaten

3.1 Inleiding

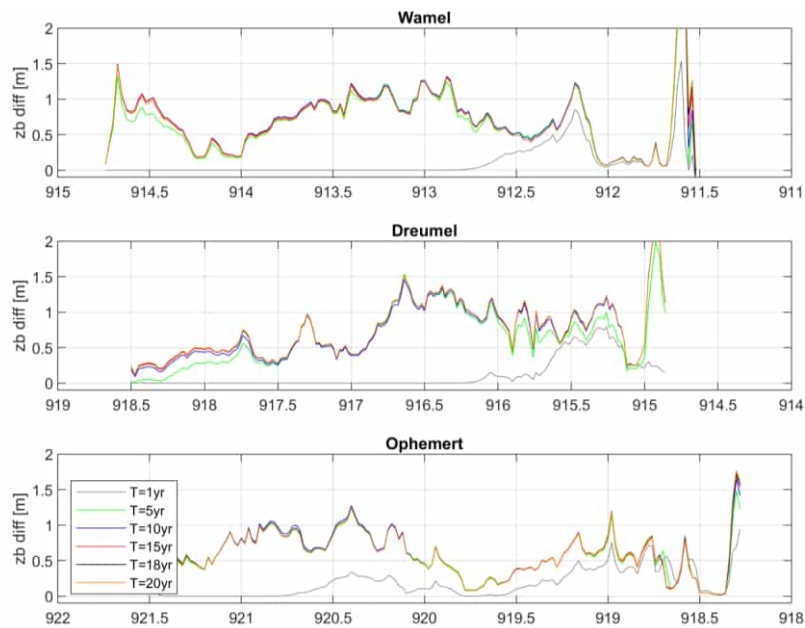
Dit hoofdstuk presenteert de resultaten van de morfologische berekeningen. Paragraaf 3.2 gaat in op de berekeningen zonder baggermodule; paragraaf 3.3 op de berekeningen met baggermodule. Voor beide geldt dat eerst de bodemontwikkeling in de oeversgeulen is beschreven, omdat deze ontwikkeling grote invloed heeft op de uiteindelijke aanzanding in het zomerbed. Daarna volgen de resultaten van de bodemveranderingen in het zomerbed en de effecten van bodemveranderingen voor scheepvaart conform paragraaf 5.5.3 van de Richtlijn morfologische effectbepaling RWS-ON (Reneerkens, 2020).

3.2 Resultaten zonder baggermodule

3.2.1 Ontwikkeling oeversgeulen

De oeversgeulen zijn als niet-erodeerbare lagen geïmplementeerd in de Delft3D berekeningen. Dit betekent dat de bodem niet lager kan komen te liggen dan de initiële bodemligging, maar er kan wel aanzanding in de geulen optreden (Figuur 14). In elke oeversgeul treedt aanzanding op. De mate van aanzanding varieert over de lengte en tussen de oeversgeulen. Gemiddeld gezien is er na 20 jaar in elke oeversgeul 0,5 m aanzanding opgetreden. Voornamelijk aan de bovenstroomse kant van de oeversgeulen kan dit oplopen tot bijna 3 m. Doordat in de referentie in de oeversgeulen aanzanding optreedt kan in de varianten de bodem lager komen te liggen. Hierdoor varieert ook de afvoeronttrekking van de oeversgeulen per variant.

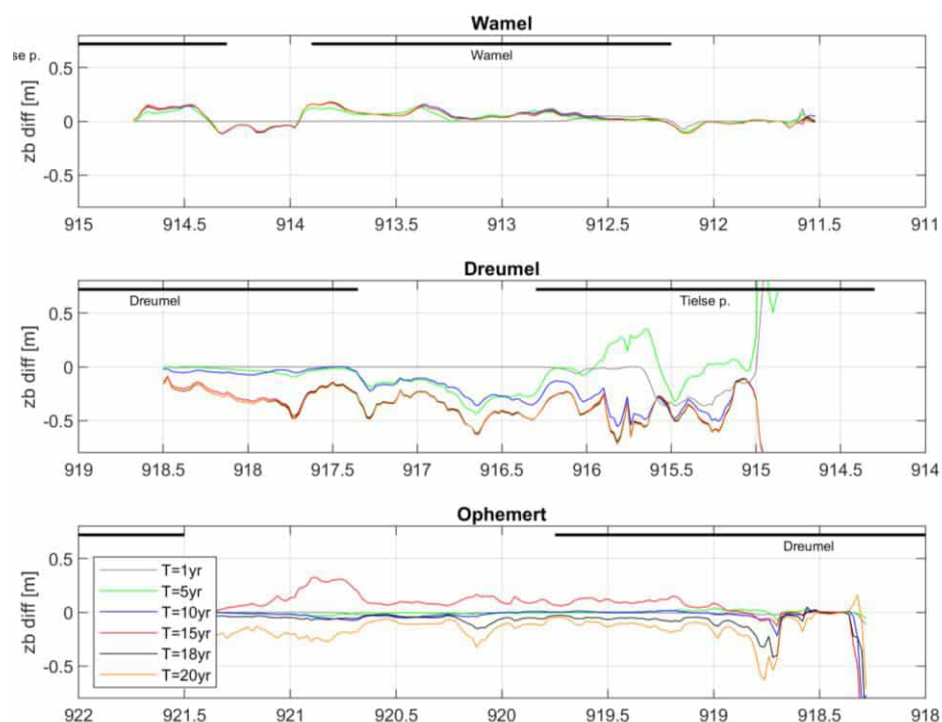
*Figuur 14
Aanzanding in de
referentie
berekening over de
as van de
oevergeulen.*



Figuur 15 laat de bodemverandering in de oevergeulen zien van de basisvariant zonder baggeren ten opzichte van de referentie. Te zien is dat:

- Wamel: er treedt tot 15 cm meer aanzanding op ten opzichte van de referentie. Deze aanzanding ontwikkelt zich in de eerste 5 jaar en is daarna stabiel. De beperkte beschikbaarheid van sediment tussen km 911,7 en km 912 zorgt mogelijk voor een onderschatting van de erosie in de geul.
- Dreumel: het duurt 15 jaar om tot een stabiele bodemligging te komen. Deze bodem ligt net na de instroom tot 1,8 m lager en de rest van de geul komt 30 tot 50 cm lager te liggen dan de referentie. Deze bodemverlaging is een resultaat van de extra toevoer van afvoer door de nevengeul bij de Tielse Plaat en een extra onttrekking door de nevengeul bij Dreumel. In principe is er voldoende sediment in de oevergeul aanwezig om nog verder te eroderen (Figuur 14). Vanaf km 917 wordt de erosie mogelijk beperkt door de aanwezigheid van de niet-erodeerbare laag.
- Ophemert: de bodem ligt na 20 jaar 10 tot 15 cm lager dan de referentie. In deze oevergeul is de bodem echter nog niet stabiel en er zal mogelijk nog meer erosie optreden. Figuur 14 laat zien dat er in geul voldoende sediment aanwezig is om verder te eroderen. Alleen bij km 918,5 leidt dit mogelijk tot een beperking van de erosie.

*Figuur 15
Bodemverandering
op de as van de
oevergeulen voor de
basisvariant zonder
baggeren.*

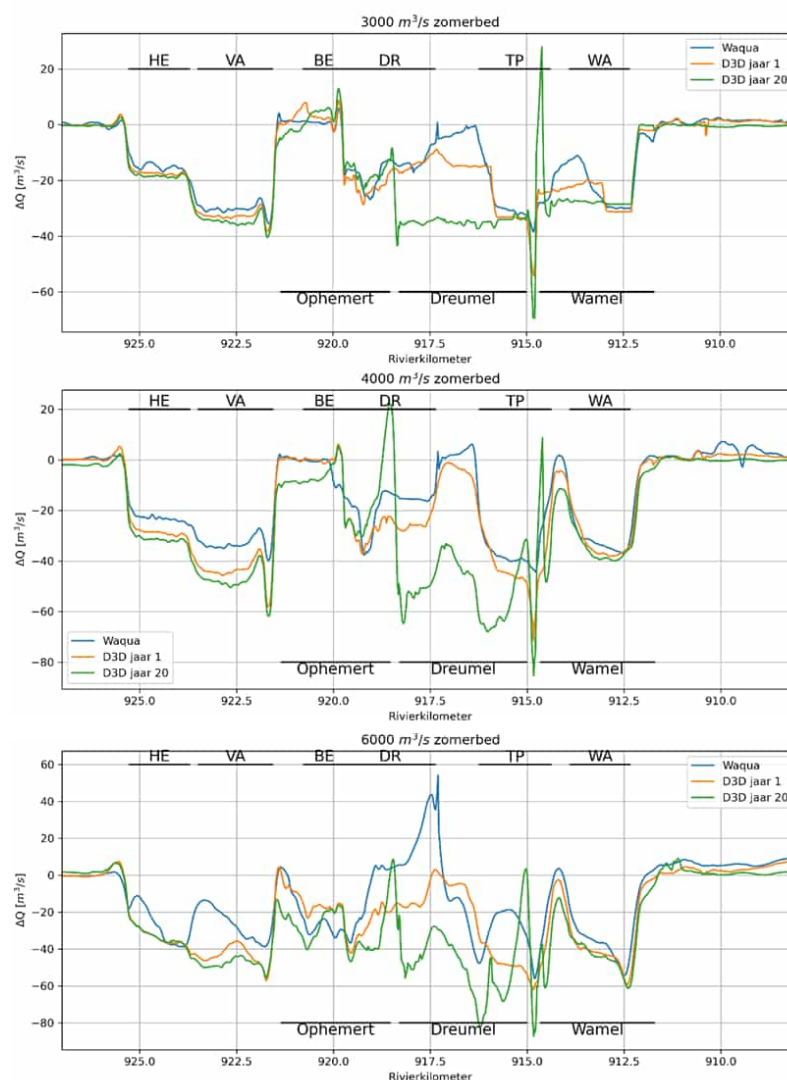


Figuur 16 geeft de verandering in de afvoeronttrekking weer. Hierbij is voor de WAQUA-berekeningen de 3.000, 4.000 en 6.000 m³/s gebruikt en voor de Delft3D-berekeningen de 3.053, 3.824 en 6.151 m³/s bij Lobith. Te zien is dat:

- De resultaten voor het eerste jaar goed overeen komen met de resultaten zoals gepresenteerd in Figuur 11.
- Na 20 jaar de onttrekking in de D3D berekening verandert.
- Bij 3000 m³/s de erosie in de oevergeul bij Dreumel ten opzichte van de referentie ervoor zorgt dat de onttrekking hier bijna verdubbelt ten opzichte van jaar 1. Deze verdubbeling in afvoeronttrekking is ook zichtbaar bij de andere afvoerniveaus.
- Ter hoogte van de oevergeul Ophemert de onttrekking is toegenomen met 10 m³/s bij 4000 m³/s bij Lobith en tot 20 m³/s bij 6000 m³/s. Deze toename is te wijten aan de afname in bodemligging in de oevergeul ten opzichte van de referentie.

Door de bodemontwikkelingen in de oevergeulen is de afvoer door het zomerbed gemiddeld afgenomen. Dit leidt tot een aanzanding in het zomerbed. In paragraaf 4.3.1 gaan we hier verder op in.

*Figuur 16
Verandering van de
afvoeronttrekking
ten gevolge van de
bodemveranderingen
in vergelijking
met de WAQUA
resultaten.*

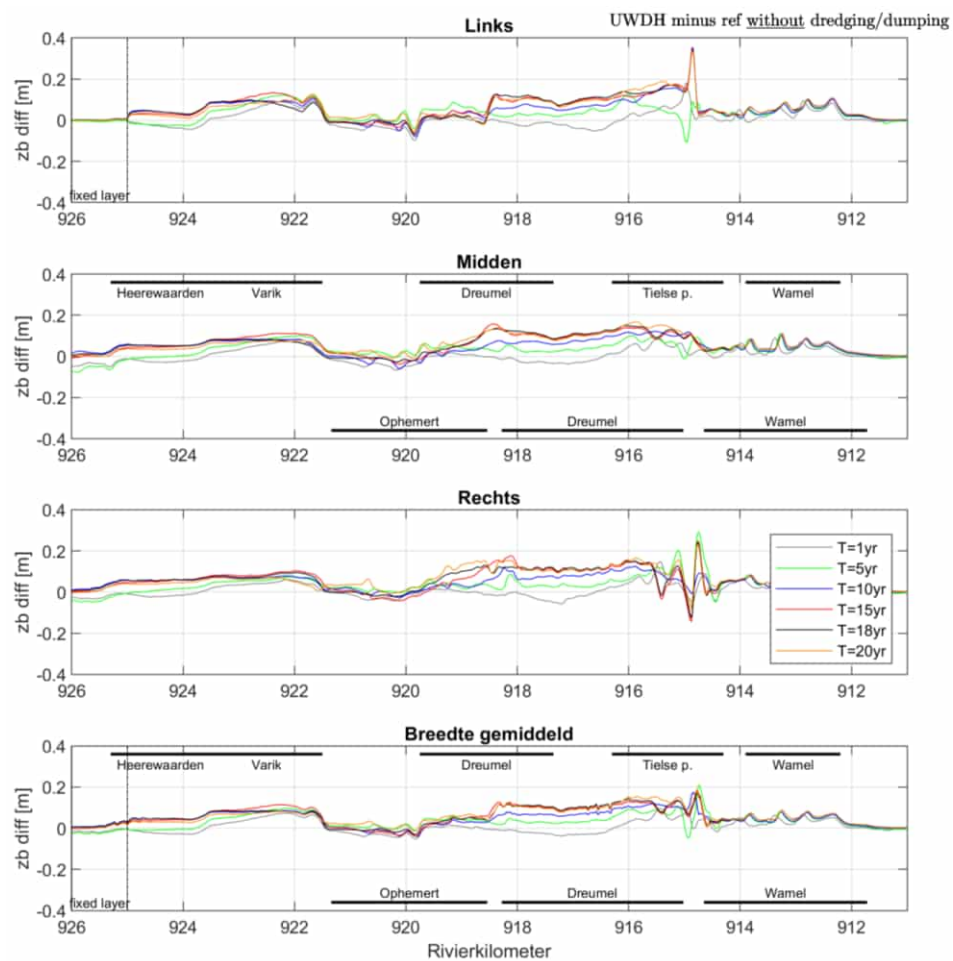


3.2.2

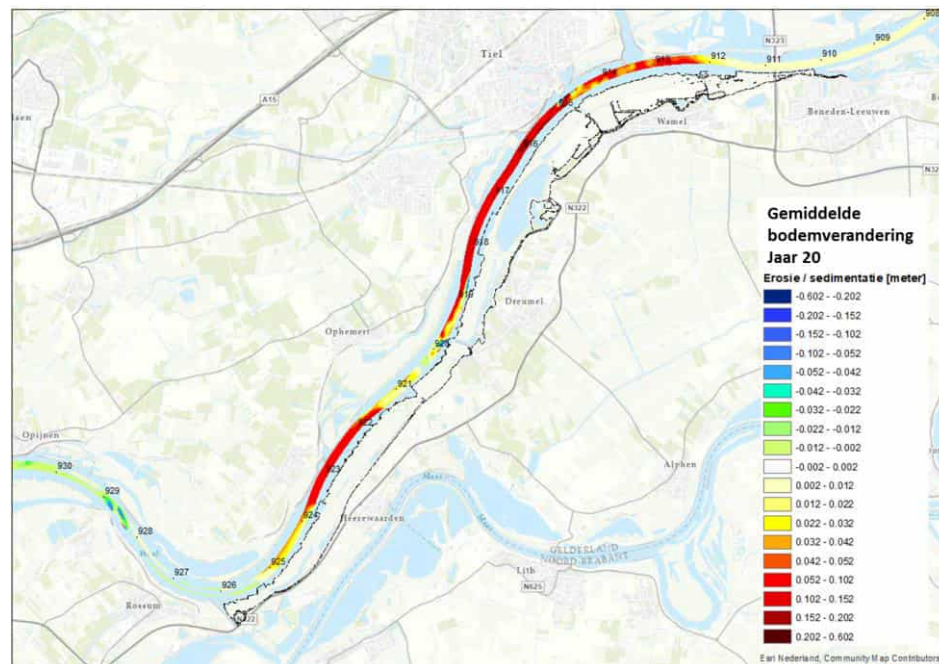
Ontwikkeling zomerbed

De bodemverandering in het zomerbed is weergegeven in Figuur 17 en Figuur 18 (zie ook Bijlage A voor kaarten van andere jaren). We geven hier alleen de jaargemiddelde bodemverandering weer omdat deze het meest overeenkomt met WAQMorf resultaten. De grootste aanzanding treedt op tussen km 915 en 918,5 parallel aan de oevergeul van Dreumel. Deze aanzanding is gemiddeld 15 tot 20 cm en is voornamelijk een resultaat van de nevengeul bij de Tielse Plaat en bij Dreumel. De nevengeul bij Wamel zorgt gemiddeld voor ongeveer 5 cm aanzanding, de nevengeul bij Varik 10 cm en de nevengeul bij Heerewaarden 5 cm. Er zijn kleine verschillen in de bodemligging tussen 15, 18 en 20 jaar. Dit betekent dat na 20 jaar er nog geen nieuw evenwicht is bereikt. De verschillen zijn echter relatief klein en de bodemligging na 20 jaar is daarom wel representatief voor het 'echte' morfologische evenwicht. De ontwikkeling van de oevergeul bij Ophemert, die nog niet stabiel is (Figuur 15), zorgt ervoor dat parallel aan deze oevergeul extra aanzanding optreedt.

Figuur 17
De jaargemiddelde bodemverandering voor de basisvariant zonder baggeren ten opzichte van de referentie op drie langsprofielen in het zomerbed en gemiddeld over de breedte in het zomerbed.



Figuur 18
De jaarlijksgemiddelde bodemverandering na 20 jaar voor de basisvariant zonder baggeren ten opzichte van de referentie.



3.3

Resultaten met baggermodule

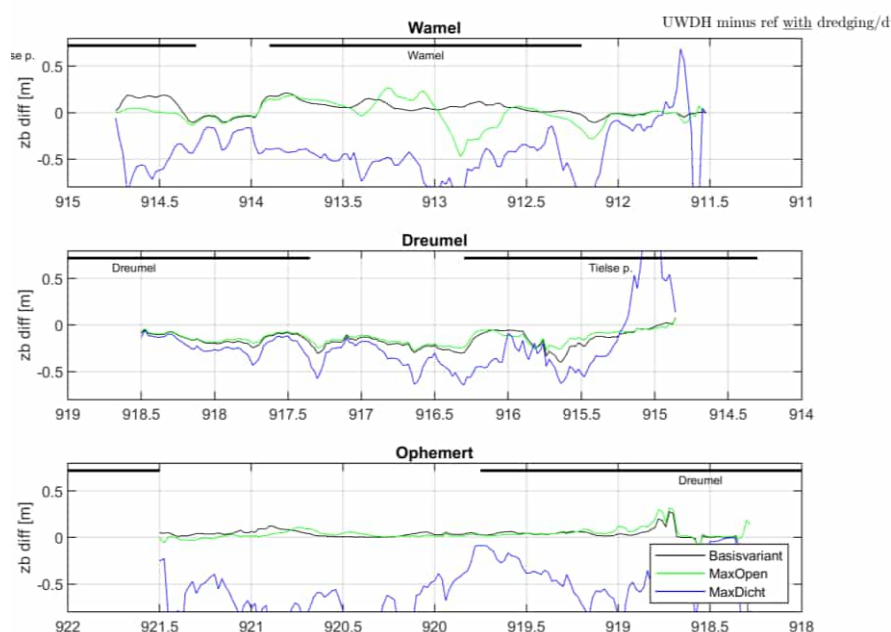
De berekeningen met de baggermodule zijn uitgevoerd voor drie varianten: de basisvariant, de variant met geopende drempels van de langsdammen en de variant met gesloten drempels van de langsdammen. Er wordt gebaggerd op locaties waar de waterdiepte ten opzichte van de OLR niet voldoet aan de norm (volgens RBK 5.0). Vanwege instabiliteiten in de berekening van de OLR is de OLR constant gehouden in de tijd en voor elke variant hetzelfde. We presenteren eerst de bodemverandering in de oevergeul. Daarna de bodemverandering in het zomerbed en de bijbehorende baggerlast. Ten slotte geven we inzicht in het effect van een variabele OLR in tijd en ruimte op de baggerlast.

3.3.1

Bodemverandering oevergeulen

Door het dichtzetten van de drempels stroomt er voornamelijk bij lage afvoeren minder water door de oevergeulen. In Delft3D is echter het effect van de drempels op het sedimenttransport niet meegenomen. Hierdoor komt er in de Delft3D berekening bij dichte drempels relatief meer sediment de oevergeul in dan wat je in werkelijkheid zou verwachten. Het is daarom niet verrassend dat bij Wamel en Dreumel grote bodemveranderingen optreden bij de instroom van de oevergeulen (Figuur 19). Bij maximaal gesloten drempels van de langsdammen is de bodemverandering in de oevergeulen kleiner dan in de referentie. Hierdoor komt de bodem ongeveer 20-50 cm lager te liggen dan de referentie. De mate van bodemerosie bij variant MaxDicht wordt beperkt door de niet-erodeerbare laag in de oevergeulen. De bodemveranderingen in de oevergeulen bij de basisvariant en MaxOpen verschillen nauwelijks van elkaar.

*Figuur 19
De bodemligging in
de oevergeulen voor
de varianten met
baggeren na 20 jaar.*

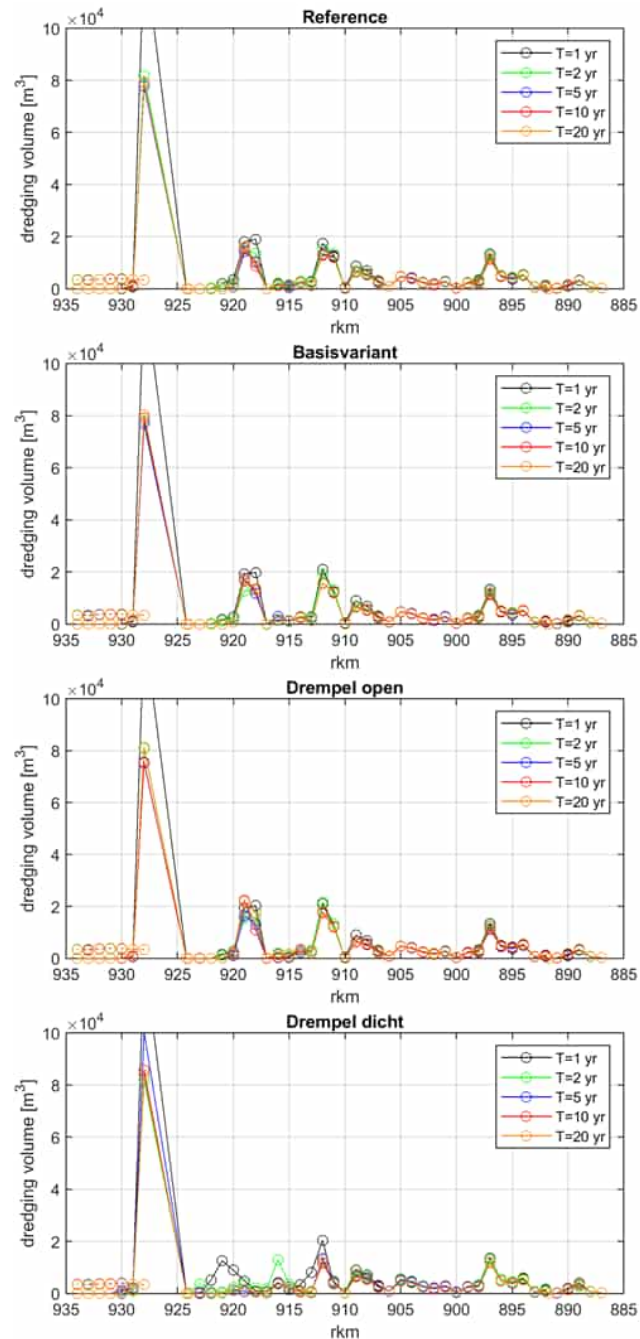


3.3.2

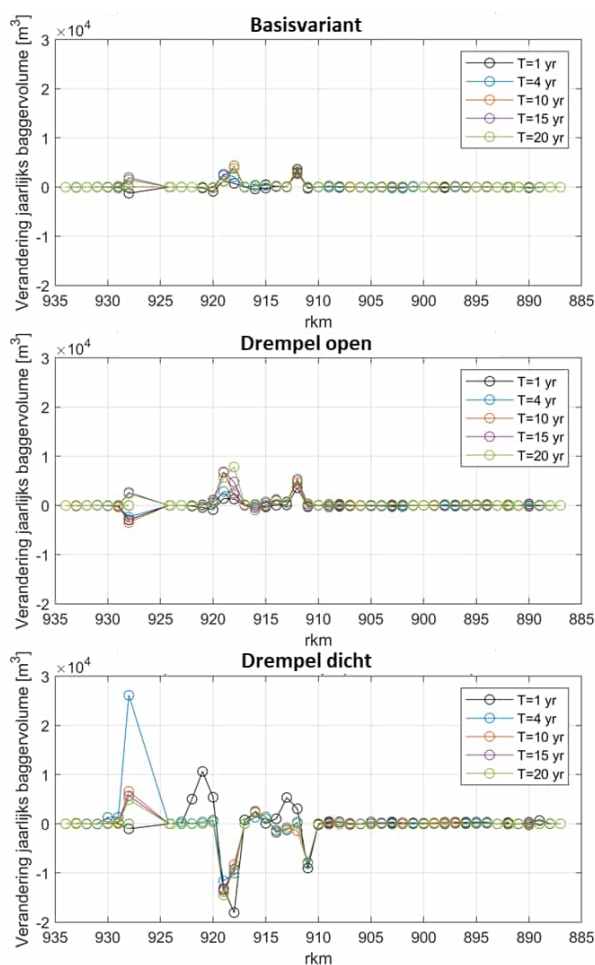
Baggerlast zomerbed

In Figuur 20 en Figuur 21 is de jaarlijkse baggerlast en de verandering in de jaarlijkse baggerlast voor de verschillende varianten weergegeven. De volumes per bagger- en stortvak zijn gegeven in bijlage B.

*Figuur 20
De baggerlast langs
de rivier voor de
verschillende
varianten.*



*Figuur 21
De verandering in
baggerlast langs de
rivier voor de
verschillende
varianten.*

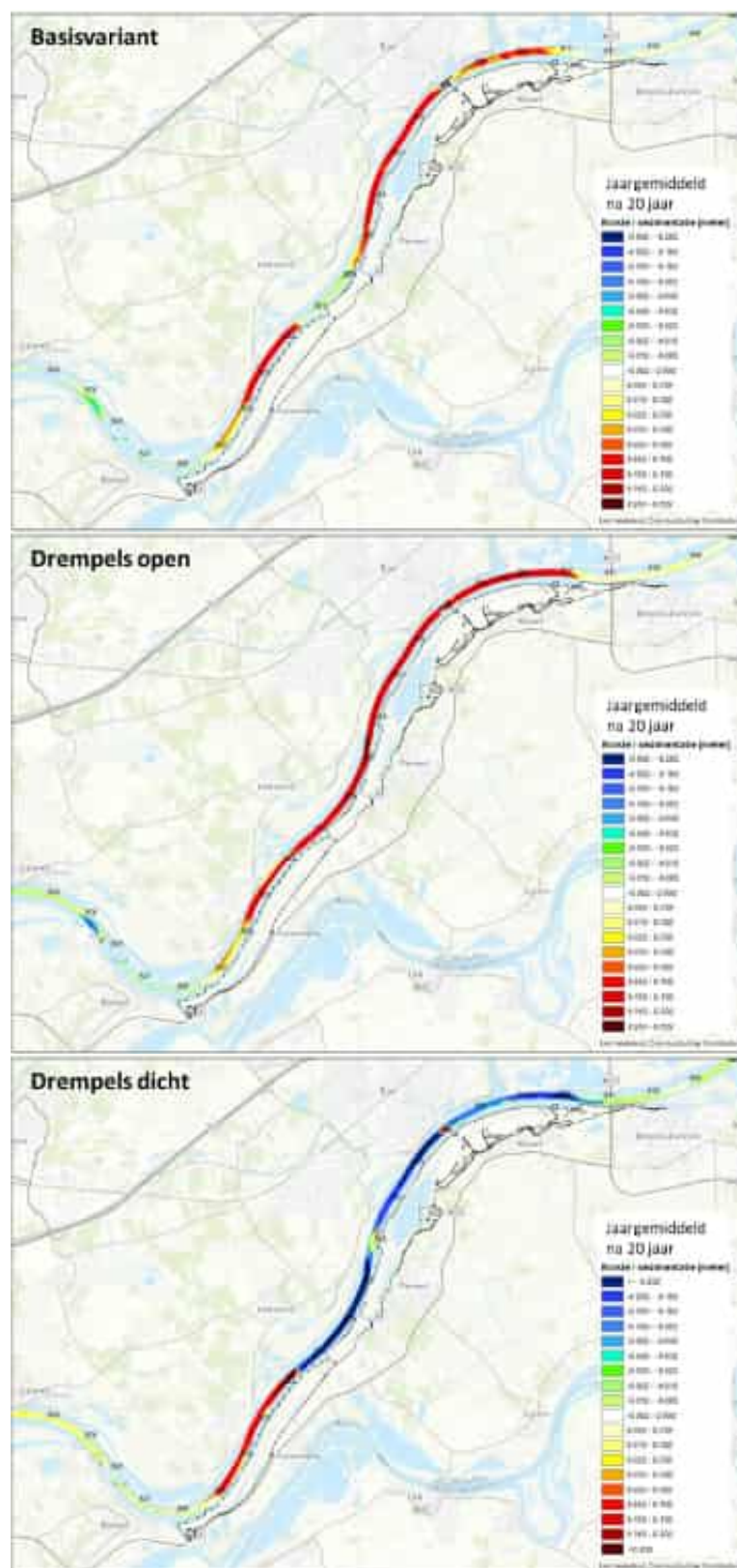


Het berekende totale baggervolume voor het gehele projectgebied komt voor de referentiesituatie uit op iets boven 200.000 m³ per jaar (zie Bijlage B). Er zijn drie locaties waar veel wordt gebaggerd:

- Km 911-913: brug bij Beneden-Leeuwen en start van de langsdammen;
- Km 918-920: overgang van langsdam Dreumel naar Ophemert;
- Km 928-929: bocht bij St. Andries.

Deze drie locaties zijn bekende hotspotlocaties waar ook in het veld veel gebaggerd wordt. In de basisvariant en de variant met de drempels open ontstaan geen nieuwe locaties waar de baggerlast flink toeneemt (Figuur 20). De grootste toename in baggerlast treedt op in de bestaande drie knelpunten (Figuur 21). Dit geldt echter niet voor de variant met de drempels volledig gesloten. In deze variant wordt veel meer stroming in het zomerbed gestuwd waardoor er ten opzichte van de referentie na enkele jaren erosie optreedt (Figuur 22). Initieel moet er net benedenstrooms van de langsdammen extra worden gebaggerd (Figuur 21). Dit is een tijdelijk effect al neemt de bodemhoogte hier wel permanent toe (Figuur 22). Bij km 911-913 wordt het knelpunt verkleind en bij km 918-920 verdwijnt het knelpunt geheel omdat de bodem hier ten opzichte van de referentie erodeert.

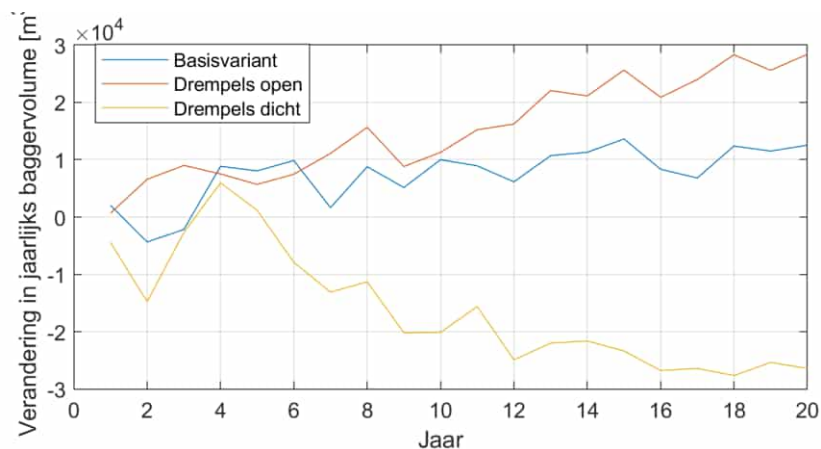
*Figuur 22
De
jaarlijksgemiddelde
bodemverandering
na 20 jaar voor de
varianten met
baggeren.*



Figuur 23 laat de totale verandering in jaarlijkse baggerlast zien. Bij de basisvariant neemt de baggerlast in de eerste 5 jaar na aanleg toe en varieert de toename in baggerlast daarna rond 10.000 m³ per jaar. Uit de

berekeningen met aangepaste drempels (open/dicht) blijkt dat de verandering in de baggerlast voornamelijk een resultaat is van de instelling van de drempels in de langsdam en in mindere mate een gevolg is van de UWDH-nevengeulen. Door de drempels bij lage afvoeren open te zetten neemt de baggerlast toe (tot 28.000 m³ per jaar na 20 jaar). Deze berekening heeft echter nog geen nieuw evenwicht bereikt en de baggerlast zal waarschijnlijk in de toekomst nog verder toenemen. Bij de drempels volledig dicht neemt de baggerlast af (ongeveer 28.000 m³ per jaar). Deze berekeningen laten zien dat door het aanpassen van de drempelhoogte de baggerlast met 28.000 m³ per jaar kan toe- of afnemen. Dit bereik is voldoende om de toename van rond 10.000 m³ per jaar als gevolg van UWDH te mitigeren.

*Figuur 23
De verandering in de totale jaarlijkse baggerlast voor de varianten ten opzichte van de referentie.*



3.3.3

Ontwikkeling OLR

In het project "Evaluatie Pilot Langsdammen" werd de OLR in Delft3D elk jaar geüpdatet en op basis daarvan een nieuw baggerreferentieniveau vastgesteld. In de OLR-berekeningen zijn er echter instabiliteiten in de waterstand geconstateerd ter hoogte van UWDH (et al. 2021). Eerste berekeningen laten zien dat deze mogelijk de baggerlast ten gevolge van UWDH kan beïnvloeden. Bovendien compliceert een dynamisch referentieniveau interpretatie van verschil-effecten tussen de referentie en de beschouwde varianten. Er is daarom gekozen de OLR en het baggerreferentieniveau in dit project niet te updaten in Delft3D.

In de praktijk verandert de OLR wel in de tijd (update elke 12 jaar) en de gemaakte keuze om de OLR niet te updaten beïnvloedt de uiteindelijke inschatting van de jaarlijkse baggerlast. Figuur 24 laat de ontwikkeling van de OLR zien ten opzichte van de OLR in de referentie. In de basisvariant komt de OLR ten opzichte van de referentie geleidelijk omhoog, tot circa 4 cm na 15 jaar. Ook blijkt dat na circa 5 jaar een reken-instabiliteit ontstaat, die zelfs na 15 jaar rekentijd nog niet geheel is verdwenen. Deze instabiliteit valt samen met een belangrijke baggerlocatie (Figuur 20). Door de OLR niet te updaten heeft deze instabiliteit geen effect op de inschatting van de baggerlast.

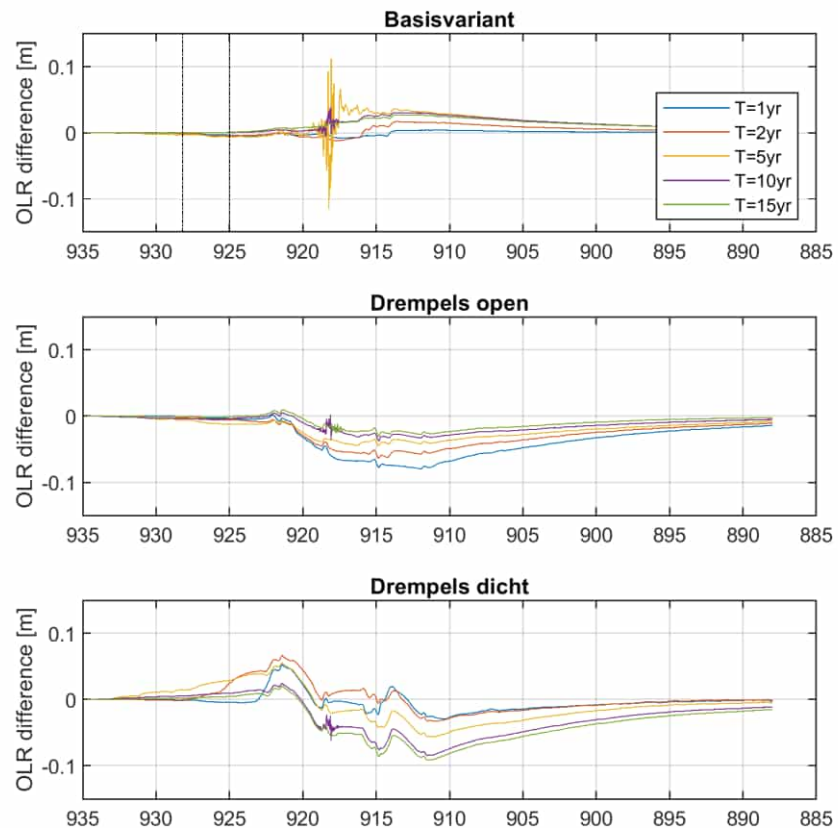
De relatieve stijging van de OLR in de basisvariant is een gevolg van aanzanding in het zomerbed. Als het baggerreferentievlak op basis van de OLR geüpdatet zou worden, dan zou dat betekenen dat deze ook hoger zou komen te liggen, oftewel dat er minder gebaggerd zou worden. De baggerlast op basis van een berekening zonder OLR-update geeft dus een overschatting van de toename in baggerlast in de basisvariant (ten opzichte van de referentie).

Wanneer de drempels volledig worden geopend neemt de OLR af doordat bij 1.020 m³/s een deel van de afvoer door de oevergeulen stroomt. Door aanzanding in het zomerbed neemt de OLR toe in de tijd. De baggerlast wordt voor deze variant onderschat in vergelijking met de situatie waarbij de OLR jaarlijks zou worden geüpdatet.

Bij volledig gesloten drempels treedt er grote erosie op (Figuur 22) en hierdoor neemt de OLR in het gebied van de langsdammen af. Mogelijk ontstaat er bij een jaarlijkse update van de OLR weer een knelpunt bij km 918-920. De baggerlast zal bij km 911-913 in ieder geval weer toenemen. De afname in baggerlast bij gesloten drempels van de langsdammen wordt daarom overschat wanneer de OLR niet regelmatig wordt geüpdatet.

De aanpassing van de OLR heeft ook effect op de bodemligging in de oevergeulen. De verwachting is dat wanneer er minder wordt gebaggerd dat er meer afvoer naar de oevergeulen gaat waardoor er erosie optreedt. Het is echter moeilijk om hier een goede inschatting van te maken omdat dit sterk afhankelijk kan zijn van lokale hydrodynamische en morfologische condities.

Figuur 24
De ontwikkeling van de OLR ten opzichte van een variabel OLR in de referentie.



3.4 Morfologische effectbepaling RBK

In bijlage 8 van RBK 5.0 staan richtlijnen voor bepaling van erosie- en sedimentatievolumes voor inschatting van scheepvaarteffecten. Deze richtlijnen zijn opgezet voor WAQMorf. Tabel 3 geeft aan hoe we hier de volumes bepalen op basis van Delft3D resultaten.

Tabel 3
Methodiek
effectbepaling
volgens Richtlijn
morfologische
effectbepaling RWS-
ON.

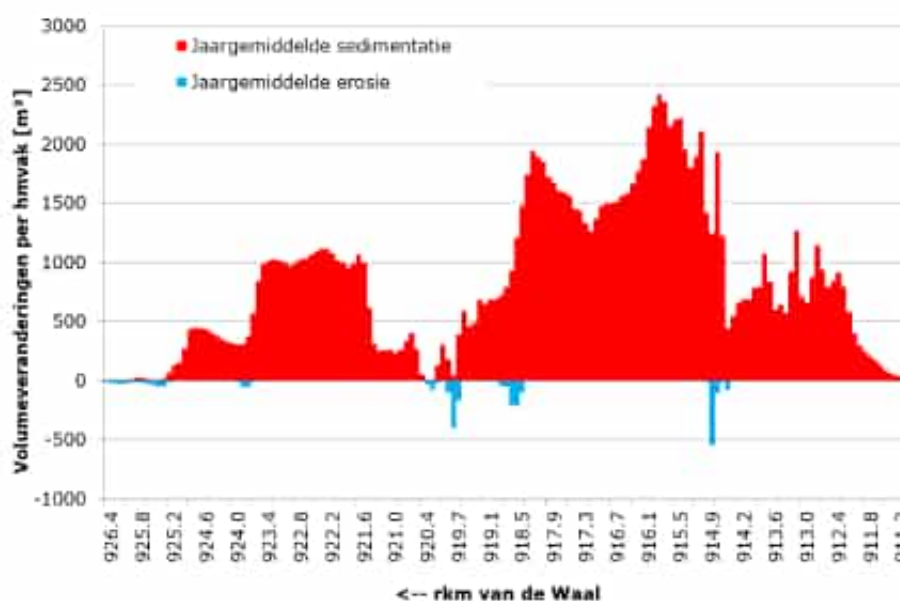
Criterium	Omschrijving	Gebruikte methodiek in deze studie
A1 A2	Totale erosie en sedimentatie	Op basis van jaarlijks gemiddelde bodemverandering na 20 jaar zonder baggermodule ($A1 = kol2 * Opp$; $A2 = kol3 * Opp$)
B3 B4	Maximum bodemhoogte t.o.v. de internationale CCR norm	Op basis van jaarlijks gemiddelde bodemverandering na 20 jaar zonder baggermodule ($B3 = maxdiepte_tovnorm\ referentie / variant$; $B4 = kol7 - kol6$)
C5 C6	Volume dat niet voldoet aan de internationale CCR norm	Niet uitgevoerd omdat in Delft3D in de baggermodule rekening wordt gehouden

Criterium	Omschrijving	Gebruikte methodiek in deze studie
		met duinen en met 0,5 m overdiepte wordt gebaggerd.
D7 D8	Baggervolume incl. 30 cm marge o.b.v. internationale CCR norm	Deze volumes worden direct overgenomen uit de Delft3D resultaten met baggermodule . De resultaten worden gepresenteerd op kilometervak.
E9 E10	Gemiddelde bodemhoogte t.o.v. de internationale CCR-norm	Op basis van jaarlijks gemiddelde bodemverandering na 20 jaar zonder baggermodule <i>E9=gemdiepte_tovnorm referentie/variant; E10=kol10-kol9</i>
F11 F12	Baggervolume in de kielspeling voor vlotte en veilige scheepvaart	Op basis van jaarlijks gemiddelde bodemverandering na 20 jaar zonder baggermodule . Hierbij geldt een kielspeling van 120 cm. <i>F11= (kol9+kielspeling)*Opp ;</i> <i>F11=kol13-kol12</i> <i>Kielspeling=120 cm</i>

De resultaten van A, B, E en F zijn bepaald ten opzichte van de referentieberekening en staan in Bijlage C. Criterium D volgt direct uit de berekening in Delft3D met baggermodule en is gegeven in Bijlage B.

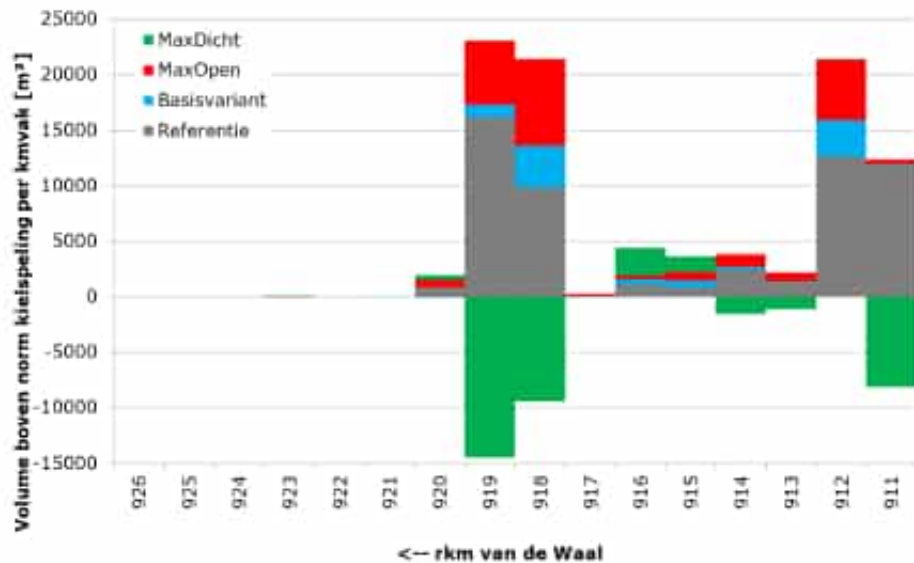
Op basis van de Delft3D analyse is de inschatting dat bij de basisvariant op het traject tussen rkm 911-926 binnen de vaargeul een aanzanding optreedt van circa **130.600 m³** (=effect van sedimentatie + erosie, criteria A1 en A2). Deze aanzanding veroorzaakt plaatselijke bodemophogingen van circa 16 cm. In Figuur 25 is te zien hoe de volumeveranderingen met betrekking tot criteria A1 en A2 is verdeeld over de lengte van de rivier.

*Figuur 25
Volumeveranderingen
per hectometer bij
Basisvariant (criterium
A1 en A2 uit Bijlage 8
in het RKB5.0).*



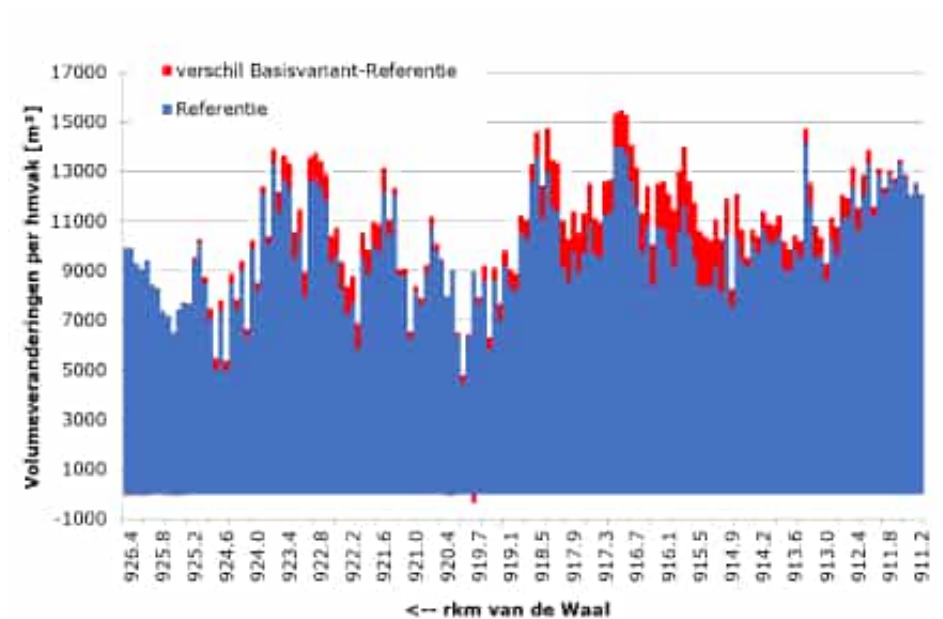
Uitgaande van een overdiepte van 50 cm is de totale baggerlast bij de basisvariant 220.569 m³ (criterium D7). Dit is 12.583 m³ meer dan in de referentiesituatie (+6%, criterium D8). Bij variant MaxOpen neemt de baggerlast toe, hier berekend op een totaal van 236.389 m³ (toename van 14% ten opzichte van de referentie). Bij variant MaxDicht neemt de baggerlast juist af tot circa 181.533 m³, dit is 13% minder dan in de referentiesituatie. Figuur 26 toont hoe de baggervolumes bij de verschillende varianten ruimtelijk zijn verdeeld.

Figuur 26
Baggervolumes per kilometer voor de verschillende varianten (criterium D7 en D8 uit Bijlage 8 in het RKB5.0).



Figuur 27 toont hoe de volumeveranderingen met betrekking tot het criterium met kielspeling van 120 cm (criteria F11 en F12) is verdeeld over de lengte van de rivier. Het blijkt dat bij de basisvariant dan een baggerinspanning nodig is van 1.618.668 m³(F11). Dit is 125.560 m³ meer dan in de referentiesituatie (+8%, F12).

Figuur 27
Volume boven norm
kielspeling bij
Basisvariant
(criterium F11 en
F12 uit Bijlage 8 in
het RKB5.0).



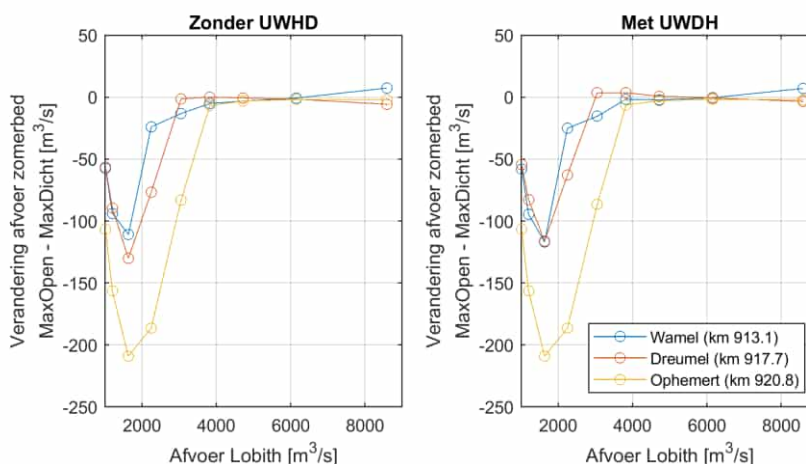
4 Implicaties en discussie

4.1 Regelbereik langsdammen

Door de aanleg van UWDH verandert het regelbereik van de drempels van de langsdammen. We definiëren het regelbereik als de mate waarin de drempels van de langsdammen de afvoerverdeling tussen zomerbed en oeversgeul kunnen beïnvloeden. Op basis van vier hydrodynamische berekeningen bepalen we de verandering in de afvoer door het zomerbed met geopende en gesloten drempels, met en zonder UWDH. Figuur 28 laat het verschil in afvoer door het zomerbed zien tussen volledig geopende drempels en volledig gesloten drempels voor de referentie en met UWDH.

- Wamel: Er is nauwelijks verschil in de afvoer door het zomerbed zonder en met UWDH. Alleen bij 1.635 m³/s is er een lichte afname in de afvoer door het zomerbed. Dit komt doordat bij geopende drempels de nevengeul bij Wamel voor een grotere onttrekking zorgt. Bij gesloten drempels is er geen onttrekking door deze nevengeul. Het regelbereik van de langsdam-drempel bij Wamel neemt hierdoor iets toe.
- Dreumel: bij alle afvoeren tot 4.000 m³/s is er een afname in het verschil tussen geopende en gesloten drempels zichtbaar door de aanleg van de nevengeulen. Dit is voornamelijk een gevolg van de nevengeul bij de Tielse Plaat die om de drempel van Dreumel stroomt. Het regelbereik van de drempel bij Wamel neemt hierdoor af.
- Ophemert: er is geen verschil zichtbaar tussen zonder en met UWDH. De maatregelen beïnvloeden het regelbereik van de drempel bij Ophemert niet.

*Figuur 28
Het afvoerverschil
tussen open en
dichte drempels van
de langsdammen
zonder en met
UWDH.*

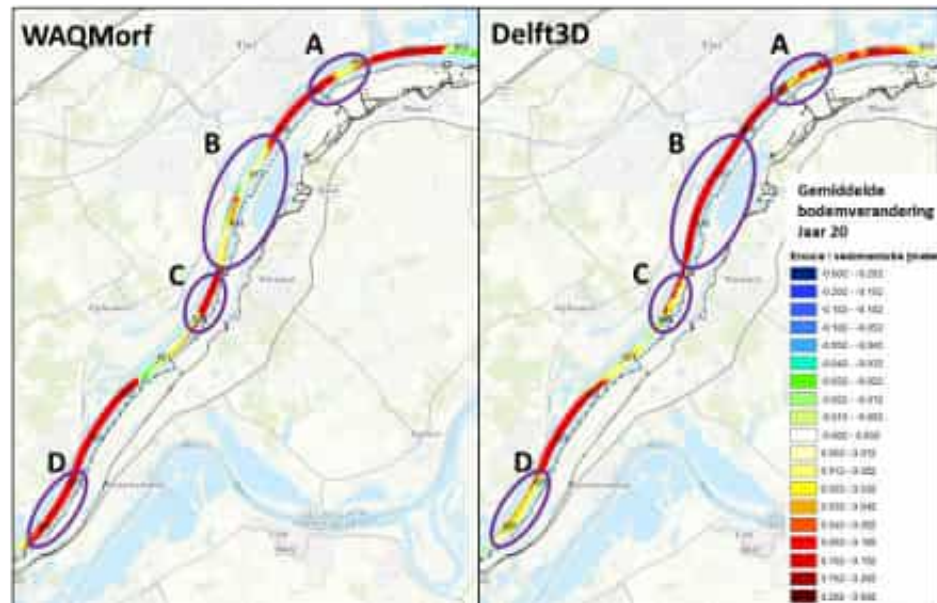


4.2 Vergelijking WaqMorf en Delft3D

We vergelijken de jaargemiddelde bodemverandering die volgt uit WAQMorf (Figuur 2) met de jaargemiddelde bodemverandering na 20 jaar die volgt uit Delft3D (Figuur 18). De bodemligging tussen de twee methodieken laat

vergelijkbare resultaten zien, zowel in locatie als in grootte (Figuur 29). De verschillen worden veroorzaakt doordat de hydrodynamica van WAQUA niet exact overeenkomt met de hydrodynamica van Delft3D. Daarnaast heeft de ontwikkeling in de oevertgeulen in Delft3D effect op de uiteindelijke bodemligging. In WAQUA is de onttrekking bij 4.000 m³/s 10-25% te laag ingeschat en dit is gecorrigeerd in Delft3D (paragraaf 2.4).

*Figuur 29
Vergelijking van de
jaarlijksgemiddelde
bodemhoogte
verandering
berekend met
WAQMorf en Delft3D
(na 20 jaar).*



Op vier locaties in Figuur 29 nemen wij belangrijke verschillen waar (locaties A, B, C en D):

- a. km 914-915: WAQMorf laat minder aanzanding zien dan Delft3D
Figuur 16 toont dat op deze locatie in WAQUA de afvoer door het zomerbed toeneemt bij 4.000 m³/s en 6.000 m³/s bij Lobith. In Delft3D gebeurt dit in mindere mate en daardoor is de aanzanding groter.
- b. km 916-919: WAQMorf laat minder aanzanding zien dan Delft3D
Dit verschil wordt veroorzaakt door de ontwikkeling van de oevertgeul Dreumel (Figuur 15). Hierdoor neemt in Delft3D de afvoer door het zomerbed met ongeveer 20 m³/s af en ontstaat er aanzanding over de lengte van de langsdam bij Dreumel.
- c. km 919-920: WAQMorf laat meer aanzanding zien dan Delft3D
Op deze locatie is de afvoerverandering in Delft3D als gevolg van UWDH kleiner dan in WAQUA (Figuur 16) en ontstaat er minder aanzanding in de Delft3D berekening.
- d. km 924-925: WAQMorf laat meer aanzanding zien dan Delft3D
De aanzanding als gevolg van de nevengeul bij Heerewaard is veel groter in WAQMorf dan Delft3D. Het is niet duidelijk wat dit veroorzaakt. Op basis van de afvoerverandering zou worden verwacht dat de aanzanding bij Heerewaard kleiner is dan bij Varik (Figuur 16). Dit is niet zichtbaar in de WAQMorf berekeningen maar wel in de Delft3D berekeningen.

In het algemeen lijkt WAQMorf een redelijk inschatting te geven van de orde grootte aanzanding die als gevolg van UWDH ontstaat.

4.3 Morfologische veranderingen in de oevertgeulen

De morfologische berekeningen tonen niet-te-verwaarlozen bodemveranderingen in de oevertgeulen (Figuur 15 en Figuur 19). Door deze bodemveranderingen, met name aanzanding, verandert de afvoerverdeling tussen het zomerbed en de oevertgeulen en daarmee de evenwichtsaanzanding in het zomerbed. Bij de berekende aanzanding in de oevertgeulen is een aantal belangrijke kanttekeningen te plaatsen:

- Delft3D bepaalt het sedimenttransport over de drempels van de langsdammen op basis van de dieptegemiddelde stroomsnelheid en de lokale bodemhelling. De drempel kan de sedimenttoevoer naar de oevertgeul (deels) blokkeren, maar dit is niet in de Delft3D berekening meegenomen. Delft3D overschat daardoor de sedimenttoevoer en daarmee waarschijnlijk ook de aanzanding in de oevertgeulen.
- In de WAQUA en de WAQMorf berekeningen is de herverdeling van de afvoer door bodemveranderingen niet meegenomen. Hierdoor ontstaan er verschillen in de mate van aanzanding tussen Delft3D en WAQMorf.
- Er ligt een onderhoudsopgave in de oevertgeulen waarbij aanzanding in de oevertgeulen door de beheerder wordt weggebaggerd. Een situatie met volledig aangezande oevertgeulen is daarom onrealistisch.

In deze paragraaf schatten we in:

- De mate waarin de bodemveranderingen in de oevertgeulen effect hebben op de aanzanding in het zomerbed.
- De toename in baggerbezwaar in de oevertgeulen als gevolg van UWDH

4.3.1 Effect van aanzanding in de oevertgeulen

Aanzanding in de oevertgeulen zorgt voor meer afvoer door het zomerbed waardoor minder aanzanding in het zomerbed ontstaat. In zowel de referentie als in de basisvariant heeft aanzanding in de oevertgeulen geleid tot een toename in de afvoer door het zomerbed (Bijlage D). In de referentie gaat er na 20 jaar door de morfologische veranderingen gemiddeld 1-2% meer afvoer door het zomerbed ten opzichte van de totale Waalafvoer.

Na de aanleg van UWDH verandert de bodemligging van de oevertgeulen ten opzichte van de referentie (Figuur 15). Deze bodemverandering zorgt voor een herverdeling van de afvoer over de dwarsdoorsnede. Hierdoor varieert de afvoer door het zomerbed in de tijd (Figuur 16). We bepalen per oevertgeul de verandering in zomerbedafvoer (de door Delft3D berekende gemiddelde bodemverandering in het zomerbed parallel aan de oevertgeulen) en maken op basis daarvan een inschatting van de bodemverandering wanneer er geen morfologische veranderingen in de oevertgeulen plaatsvinden (Tabel 4). Hierbij nemen we aan dat de mate van afvoerandering in het zomerbed proportioneel is met de mate van aanzanding.

*Tabel 4
De verandering in de zomerbedafvoer door morfologische ontwikkeling van de oeversgeulen (Figuur 16), de berekende gemiddelde bodemverandering (Figuur 17) en een inschatting van de gemiddelde bodemverandering zonder ontwikkeling van de oeversgeulen.*

	Verandering zomerbedafvoer	Gemiddelde aanzanding zomerbed	Aanzanding zonder ontwikkeling van de oeversgeulen
Wamel	0 m ³ /s	5 cm	5 cm
Dreumel	-20 tot -40 m ³ /s	11 cm	3,5-5,5 cm
Ophemert	-10 tot -20 m ³ /s	3 cm	-0,5-0,5 cm

- Wamel: Figuur 16 laat nauwelijks tot geen verandering zien in de zomerbedafvoer. De mate van aanzanding verandert daarom niet.
- Dreumel: De zomerbedafvoer neemt af met 20 tot 40 m³/s dit is 2-3 keer kleiner dan de initiële onttrekking door UWDH (Figuur 16). De aanzanding zonder ontwikkeling in de oeversgeulen is daarom ook 2-3 keer kleiner. Dit leidt tot 5,5-7,5 cm minder aanzanding.
- Ophemert: Initieel is er nauwelijks een verandering in de zomerbedafvoer door de implementatie van UWDH. Na 20 jaar gaat er 10 tot 20 m³/s extra afvoer door de oeversgeul ten opzichte van de referentie. Een afvoeronttrekking van 10 tot 20 m³/s leidt tot 2,5 tot 3,5 cm minder aanzanding.

De bodemverandering in de oeversgeulen heeft een groot effect op de aanzanding in de basisvariant. Op basis van deze inschatting verwachten we dat de baggervolumes worden overschat. Figuur 15 en Figuur 19 laten zien dat:

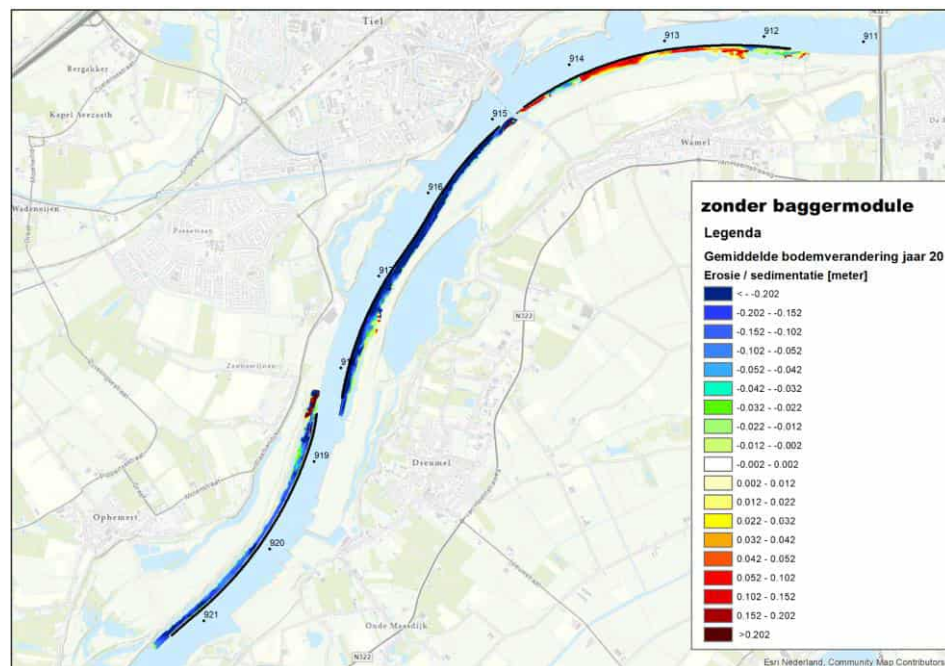
- Wamel: de bodemhoogte in de oeversgeul is ongeveer hetzelfde met/zonder baggeren
- Dreumel: de erosie in de oeversgeul is ongeveer 50% kleiner dan in de situatie zonder baggeren en hierdoor zal de afvoerverandering in het zomerbed ook kleiner zijn. De toename in baggerlast door UWDH-parallel aan de oeversgeul bij Dreumel is ongeveer 5000 m³/jaar. Door geen bodemontwikkeling in de oeversgeulen toe te laten neemt deze baggerlast mogelijk met 25% af.
- Ophemert: in de berekeningen met baggeren neemt de bodemligging bij Ophemert toe ten opzichte van de referentie. Deze redelijk geringe toename heeft waarschijnlijk geen belangrijke invloed op de baggerlast in het zomerbed.

4.3.2

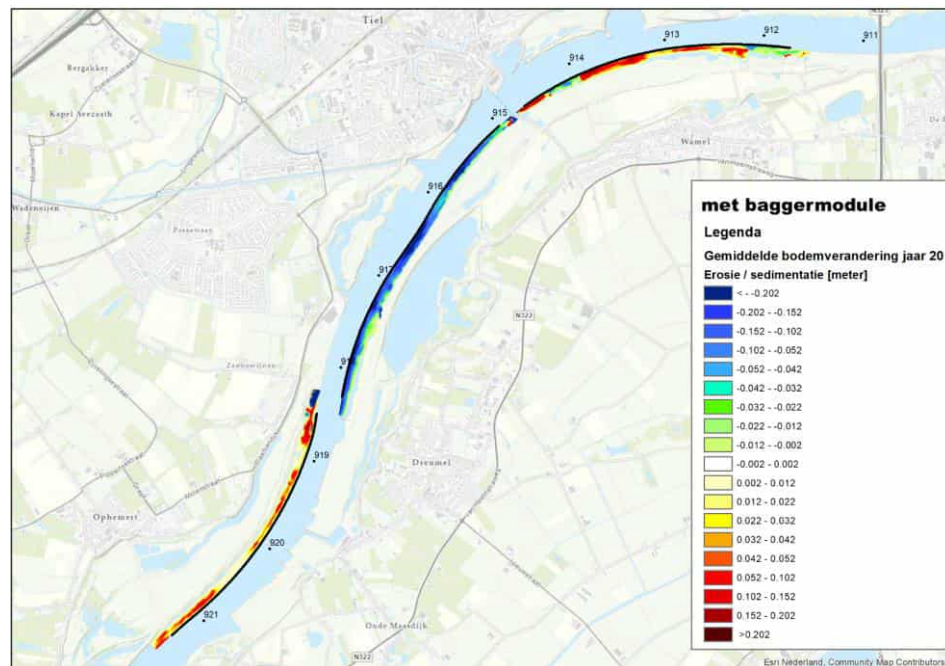
Inschatting verandering baggerbezwaar oeversgeulen

De bodemverandering in de oeversgeulen verandert wanneer er gebaggerd wordt in het zomerbed (Figuur 30 en Figuur 31). Om de toename in baggerbezwaar te bepalen, berekenen we de volumes sedimentatie en erosie in de oeversgeulen waarbij wordt aangenomen dat de initiële bodemligging in de oeversgeulen gelijk is aan het baggerreferentievlak in de oeversgeulen. Tabel 5 laat de resultaten zien. De erosievolumes zijn klein omdat er initieel in de oeversgeulen geen sediment ligt, i.e. de geulen zijn in eerste instantie niet-erodeerbaar.

*Figuur 30
Jaarlijks gemiddelde
bodemverandering
in de oeversgeulen na
20 jaar voor de
basisvariant zonder
baggeren ten
opzichte van de
referentie.*



*Figuur 31
Jaarlijks gemiddelde
bodemverandering
in de oeversgeulen na
20 jaar voor de
basisvariant met
baggeren ten
opzichte van de
referentie.*



Tabel 5
Volumes aanzanding
en erosie
(jaargemiddelde na 20
jaar) in de
oevergeulen ten
opzichte van de
initiële bodemligging.

Volumes Referentie [m ³]				
Oevergeul	Zonder baggeren		Met baggeren	
	Aanzanding	Erosie	Aanzanding	Erosie
Wamel	79.562	116	84.262	92
Dreumel	134.937	469	76.087	990
Ophemert	133.219	551	143.747	511
Volumes Basisvariant [m ³]				
Oevergeul	Zonder baggeren		Met baggeren	
	Aanzanding	Erosie	Aanzanding	Erosie
Wamel	85.471	24	90.847	6
Dreumel	64.151	1403	47.673	1.620
Ophemert	123.181	834	145.105	379
Verschil Basisvariant - Referentie [m ³]				
Oevergeul	Zonder baggeren		Met baggeren	
	Aanzanding	Erosie	Aanzanding	Erosie
Wamel	5.909	-91	6.585	-85
Dreumel	-70.786	934	-28.414	630
Ophemert	-10.038	283	1.358	-132

- Wamel: de volumes aanzanding tussen de referentie en de basisvariant variëren tussen 80.000 en 91.000 m³. Door de aanleg van UWDH neemt de baggerlast met 5.000-7.000 m³ toe.
- Dreumel: In de basisvariant treedt effectief erosie op ten opzichte van de referentie. Deze effectieve erosie is kleiner in de variant met baggeren. Dit leidt tot een afname in het baggerbezwaar met 71.000 m³ zonder baggeren en 29.000 m³ met baggeren in het zomerbed.
- Ophemert: de oevergeul zandt minder aan in het scenario zonder baggeren en hierdoor neemt de baggerlast met 10.000 m³ af. In het scenario met baggeren neemt de aanzanding toe en neemt de baggerlast met 1.000 m³ toe.

In totaal neemt het baggerbezwaar in de oevergeulen af in de basisvarianten ten opzichte van de referentie met 20.000 m³. Deze afname in baggerlast is groter dan de toename in baggerlast in het zomerbed als gevolg van de maatregelen (Figuur 23).

4.4

Optimalisatie instroommoment nevengeulen

Het RBK schrijft voor dat de maatregel moet worden geoptimaliseerd om de morfologische effecten zoveel mogelijk te beperken. Eén van de optimalisatie mogelijkheden is het tijdelijk sluiten van de nevengeulen in seizoenen waarin de nevengeulen vanuit een ecologisch oogpunt minder toegevoegde waarde hebben. Door de nevengeulen te sluiten onttrekken deze geen afvoer uit het zomerbed en zal de aanzanding het zomerbed afnemen. We maken een eerste inschatting van deze optimalisatie door beschouwing van twee scenario's:

1. De nevengeulen zijn gesloten in de winter
2. De nevengeulen zijn gesloten in de herfst en in de winter

Het effect van deze optimalisatie is niet eerder berekend met WAQMorf of Delft3D. We geven daarom een eerste inschatting op basis van vuistregels. Hierbij wordt een representatieve afvoer bepaald met:

$$Q_{rep} = \left[\int_0^{\infty} f_w(Q_w) Q_w^5 dQ_w \right]^{1/5}$$

waar Q_{rep} de representatieve afvoer is om de bodemhoogteverandering te bepalen waarbij gebruik wordt gemaakt van de sedimenttransportvergelijking Engelund & Hansen, f_w de frequentie van voorkomen van deze afvoer, Q_w de afvoer door het zomerbed van de Waal. De bijbehorende evenwichtswaterdiepte wordt gegeven door:

$$h = \frac{Q_{rep}}{B} \left(\frac{BG_{EH}}{D_{50}} \frac{1}{S_{yr}} \right)^{1/5}$$

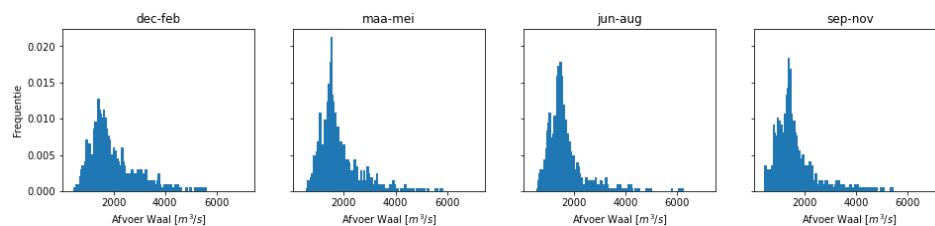
waar h de evenwichtswaterdiepte is, B de breedte van het zomerbed, G_{EH} is een parameter van de sedimenttransportvergelijking gegeven door $G_{EH} = \frac{0.05c_f^{3/2}}{(\Delta g)^2}$, D_{50} is de korrelgrootte, en S_{yr} is het jaarlijks gemiddelde sedimenttransport in de Waal (200.000 m³/yr, Frings et al. 2019). Door de afvoer door het zomerbed van de Waal (Q_w) te verminderen met de onttrekking als gevolg van de maatregel (Tabel 1) verandert de representatieve afvoer (Q_{rep}) en daarmee de evenwichtswaterdiepte (h). Het verschil in de evenwichtswaterdiepte voor en na aanleg van de nevengeulen is gelijk aan de aanzanding die zal optreden. Belangrijke aannames zijn:

- Het systeem is voor en na aanleg morfologisch gezien in evenwicht;
- Het effect van de oeversloten, de afsluitconstructie en andere maatregelen in de uiterwaard op de morfologische ontwikkeling wordt buiten beschouwing gelaten;
- Bij het sluiten van de nevengeulen is de onttrekking bij alle afvoeren nul.

We bepalen per seizoen de frequentie van voorkomen van de afvoeren (f_w) tussen 2000 en 2020 (Figuur 32). Deze laat zien dat in de winter (dec-feb) de lage afvoeren (<2.000 m³/s) minder vaak voorkomen. Door de onttrekking alleen toe te passen op bepaalde seizoenen en deze daarna samen te voegen tot één kansverdeling kan het effect van selectieve sluiting van de geulen worden bepaald. Tabel 6 laat de afname in aanzanding zien bij sluiting in de winter en in herfst en winter. Door de nevengeulen in de winter te sluiten (3 maanden sluiting per jaar, dus 25% van de tijd) neemt de aanzanding met 40% af. Deze relatief grote afname komt doordat de grootste afvoeren en de daarmee de grootste aanzanding in de winter ontstaat. Wanneer de nevengeulen in zowel de herfst als de winter worden gesloten (sep-feb, 6 maanden sluiting per jaar, 50% van de tijd) neemt de aanzanding af met 57%. Dit is onafhankelijk van de nevengeulen omdat de

verdeling van de onttrekking door de nevengeulen als functie van de Waalafvoer ongeveer hetzelfde is.

*Figuur 32
Kansverdeling
voorkomen van
Waalafvoer per
seizoen (op basis
van data tussen
2000 en 2020).*



*Tabel 6
De relatieve
afname in
aanzanding ten
opzichte van de
situatie met altijd
geopende
nevengeulen.*

	Gesloten dec-feb	Gesloten sep-feb
Wamel	-40%	-57%
Tielse Plaat	-41%	-57%
Dreumel	-41%	-57%
Varik	-40%	-57%
Heerewaarden	-41%	-57%

5 Conclusie

De Delft3D resultaten geven inzicht in de morfologische ontwikkeling als gevolg van de aanleg van de nevengeulen. We beschrijven in het kort de belangrijkste conclusies:

- De mate van aanzanding is vergelijkbaar met eerdere WAQMorf berekeningen. Bij Heerewaarden treedt er in de Delft3D berekening echter minder aanzanding op en dit is niet direct verklaarbaar op basis van de hydrodynamica. De waargenomen verschillen tussen Delft3D en WAQMorf worden hoofdzakelijk veroorzaakt door verschillen in de hydrodynamica.
- In Delft3D is de ontwikkeling van de oevergeulen meegenomen en de resultaten laten zien dat hierdoor de aanzanding in het zomerbed groter wordt ingeschat dan wanneer de oevergeulen op diepte worden gehouden.
- De nevengeulen bij Varik en Heerewaarden liggen buiten het gebied met de langsdammen en vooral parallel aan Varik zandt het zomerbed aan tot 10 cm. In dit gebied kan er niet worden gecompenseerd met de drempels van de langsdammen.
- De basisvariant met deels gesloten drempels van de langsdammen veroorzaakt een toename in baggerlast met 10.000-13.000 m³. Dit is circa 5 tot 7 % meer dan in de referentiesituatie. Tabel 7 geeft een samenvatting van de belangrijkste volumes. Deze volumes geven een bovengrens van de extra baggerlast omdat in de berekeningen geen rekening is gehouden met updaten van het baggerreferentievlak.
- De varianten met maximaal geopende (MaxOpen) en maximaal gesloten (MaxDicht) drempels van de langsdammen laten zien dat door het slim regelen van deze drempels de mate van aanzanding kan worden gemitigeerd.
- De berekeningen laten zien dat door de aanleg van UWDH het baggerbezwaar in de oevergeulen afneemt. Een eerste inschatting van baggerbezwaar in de oevergeulen geeft aan dat deze afname mogelijk zelfs groter is dan de toename in baggerbezwaar in het zomerbed. Het blijft echter de vraag of het huidige model geschikt is om de bodemontwikkeling in de oevergeulen te bepalen.
- De aanleg van de nevengeulen verkleint het afvoerregelbereik van de langsdam bij Dreumel. Dit is echter minimaal in vergelijking met de totale afvoer door de oevergeul.

Tabel 7
Samenvattende
tabel met volumes
aanzanding en
benodigde bagger-
activiteiten.

Volumes [m ³]	Referentie	Variant	Verschil variant – referentie
Jaargemiddelde sedimentatie Basisvariant (tov Referentie)	-	-	128.090
Jaargemiddelde erosie Basisvariant (tov Referentie)	-	-	2.528
Baggervolume Basisvariant (tov Referentie)	207.986	220.569	12.583
Baggervolume MaxOpen (tov Referentie)	207.986	236.389	28.403
Baggervolume MaxDicht (tov Referentie)	207.986	181.533	-26.453
Volume boven norm kielspeling Basisvariant	1.493.108	1.618.668	125.560

Er zijn mogelijkheden beschikbaar om ongewenste morfologische effecten van UWDH te mitigeren. Mogelijke mitigatie en optimalisatie maatregelen zijn:

- Het slim instellen van de drempels van de langsdammen zorgt ervoor dat de benodigde baggerlast kan worden verminderd.
- Door de nevengeulen een gedeelte van het jaar volledig te sluiten kan de aanzanding worden beperkt. Een sluiting in de winter is hierbij het meest efficiënt met 40% afname in de aanzanding.

6 Referenties

2020.

Toelichting: Kwantificering morfologische effecten realisatie nevengeulen UWDH (30-06-2020) Kragten.

2021.

UWDH: Rivierkundig onderzoek DO 2.0. In opdracht van Rijkswaterstaat Oost-Nederland RWS165.

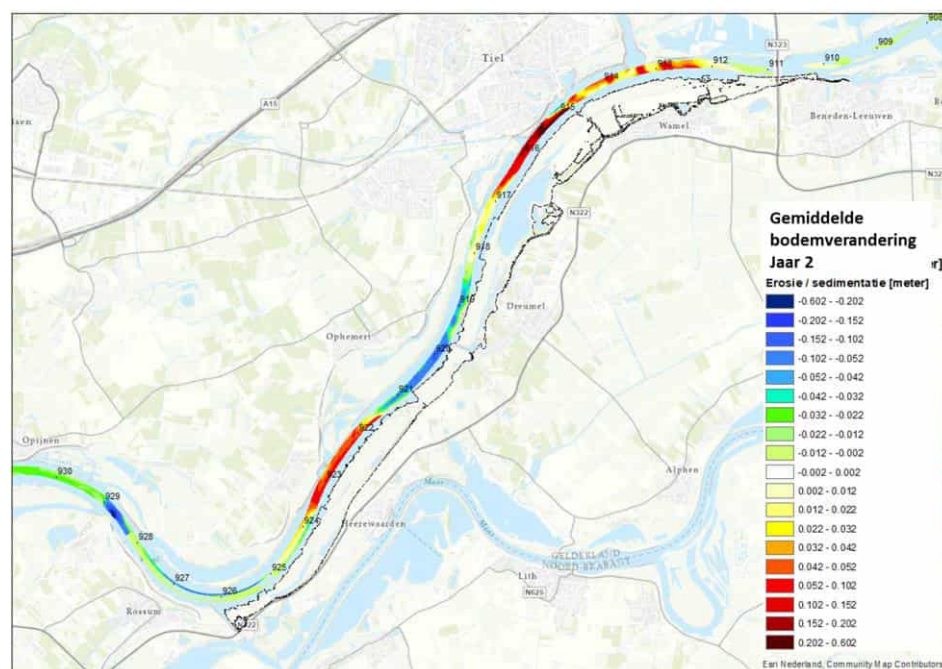
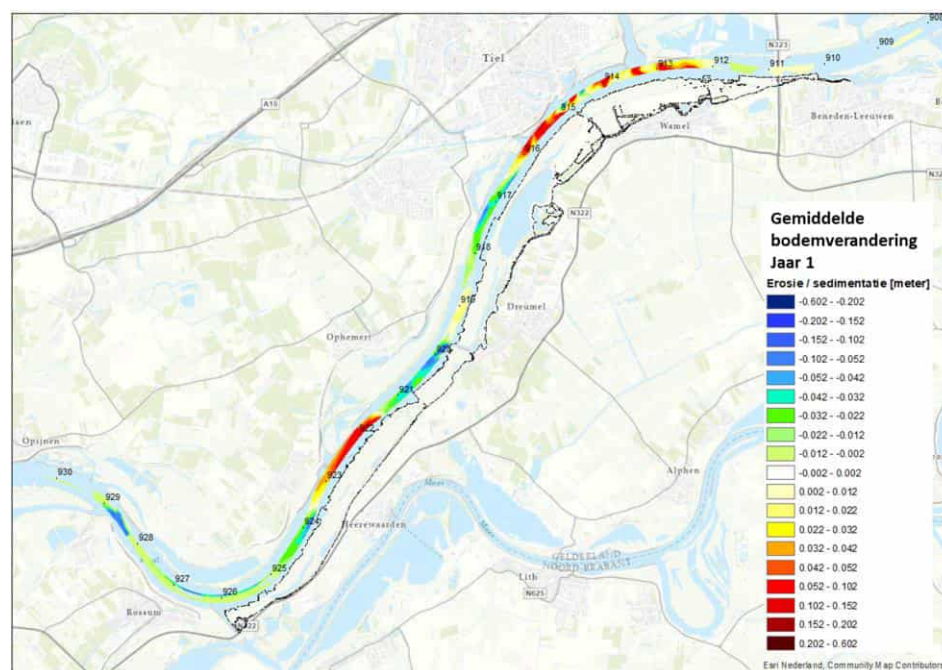
2021

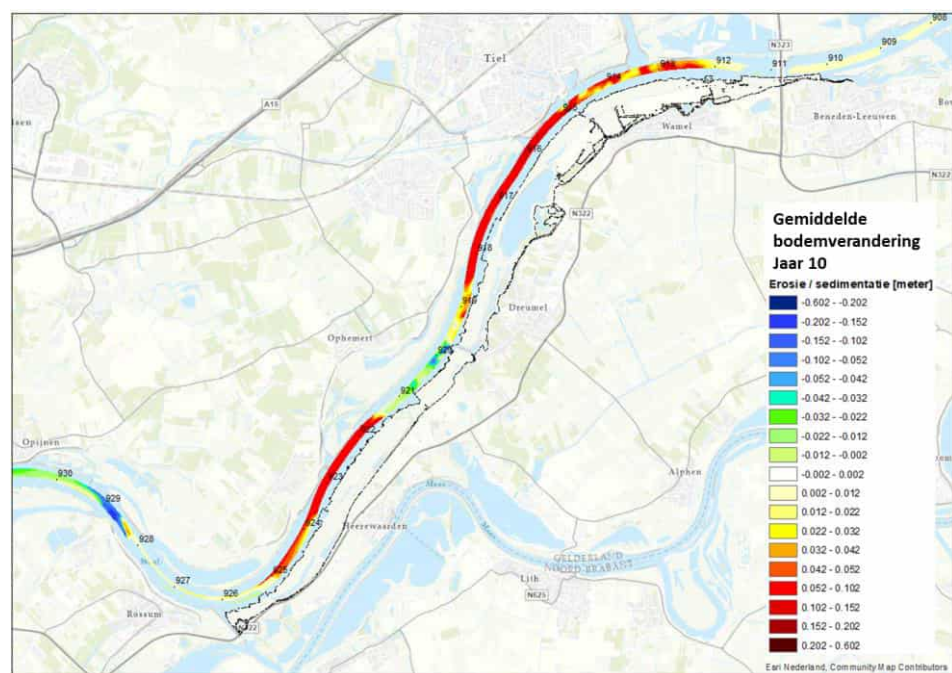
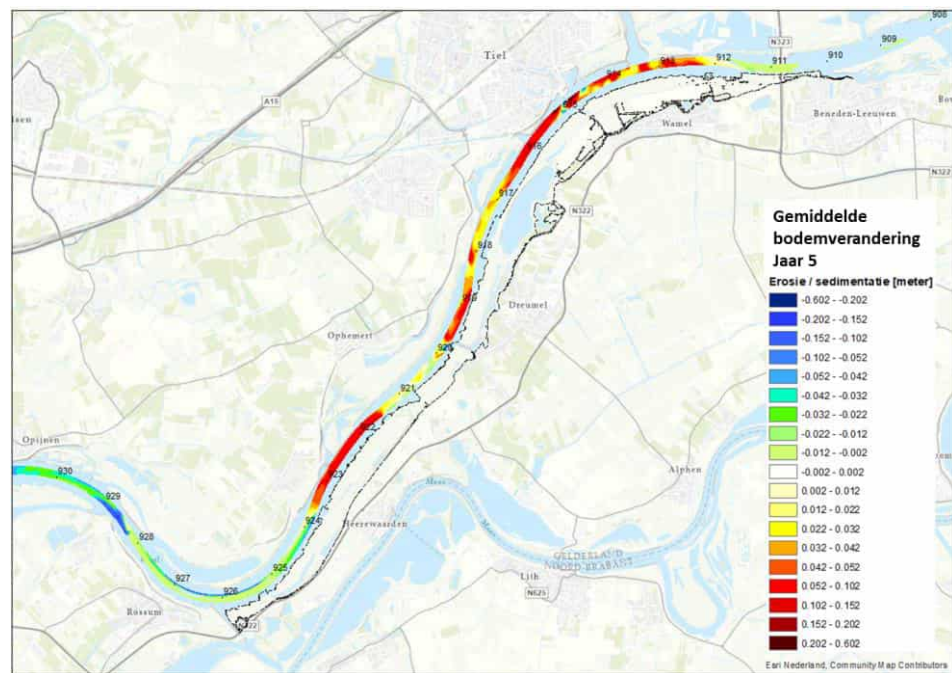
Plan van aanpak morfologische effectbepaling UWDH. 11207090-002-ZWS-0001. Deltares, Delft

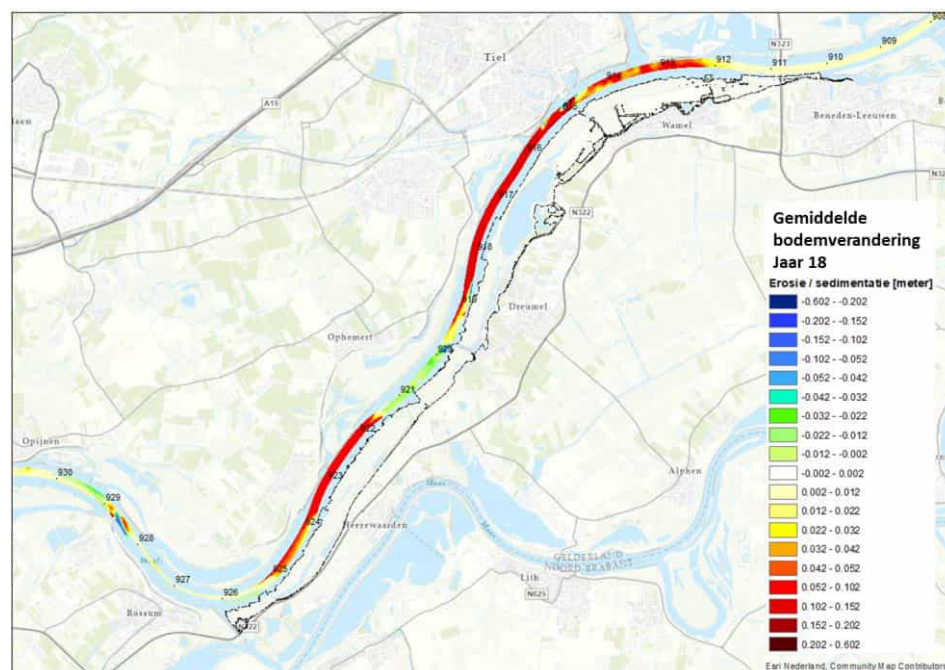
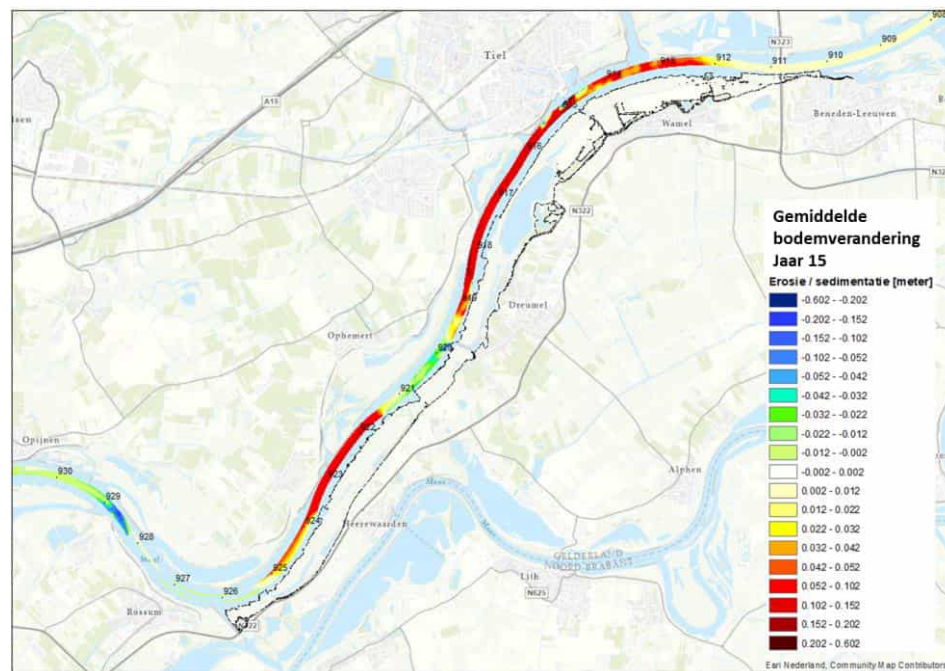
2021

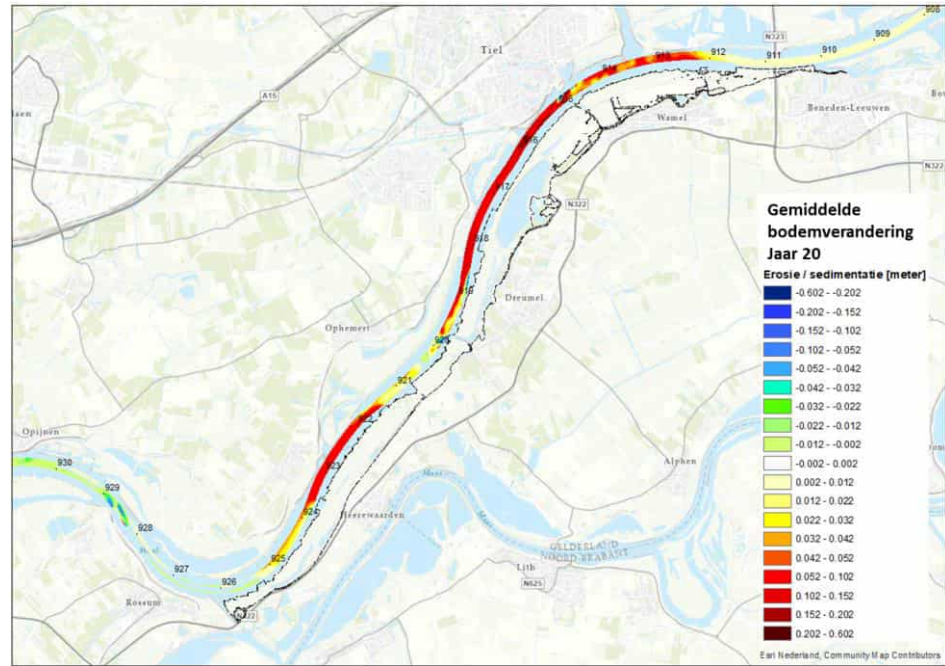
Final evaluation pilot of longitudinal training walls; Delft3D4 simulations (WP1). Report 11204644, HKV Lijn in Water & Deltares, Delft.

Bijlagen









B Bagger- en stortactiviteiten

Voor de bagger- en dumpactiviteiten worden uitgevoerd en geregistreerd per rivierkilometervak. Hierbij geldt dat het volume dat tussen km 910 en km 911 wordt gebaggerd/gestort wordt geregistreerd in vak 910. De bagger- en stortvolumes van jaar 20 worden voor de drie varianten met de bagger- en stortmodule in de onderstaande tabellen weergegeven (Tabel 8 en Tabel 9). De vaknamen die eindigen met “*_z” refereren naar onttrekkingen en deze volumes worden niet terug in de rivier gestort.

*Tabel 8
Baggervolumes in
jaar 20 voor de drie
varianten.*

Criterion Vaknaam	D7 Referentie [m³]	D7 Basisvariant [m³]	D7 MaxOpen [m³]	D7 MaxDicht [m³]
WA_0928.0_z	3359	3347	3380	3355
WA_0929.0_z	3490	3494	3484	3498
WA_0930.0_z	3828	3797	3817	3821
WA_0931.0_z	3788	3774	3775	3795
WA_0932.0_z	3559	3558	3560	3563
WA_0933.0_z	3260	3264	3261	3313
WA_0934.0_z	3398	3398	3398	3398
WA_0935.0_z	0	0	0	0
WA_0887.0_b	258	258	258	258
WA_0888.0_b	751	751	754	749
WA_0889.0_b	3405	3394	3510	3365
WA_0890.0_b	1708	1661	1855	1430
WA_0891.0_b	170	205	206	206
WA_0891.8_b	0	0	0	0
WA_0892.0_b	1216	1277	1391	1079
WA_0893.0_b	630	632	664	631
WA_0894.0_b	5244	5383	5516	5324
WA_0895.0_b	4113	4160	4291	4208
WA_0896.0_b	4968	5007	5114	4895
WA_0897.0_b	11869	11953	12039	11900
WA_0898.0_b	2503	2658	2732	2520
WA_0899.0_b	2307	2357	2399	2300
WA_0900.0_b	359	364	365	323
WA_0901.0_b	2601	2611	2660	2541
WA_0902.0_b	1831	1904	1986	1747
WA_0903.0_b	2379	2440	2607	2267
WA_0904.0_b	4028	4069	4069	4006
WA_0905.0_b	4716	4749	4813	4637
WA_0906.0_b	876	914	930	777
WA_0907.0_b	2529	2625	2656	2312
WA_0908.0_b	5378	5553	5716	5274
WA_0909.0_b	6507	6707	6615	6364
WA_0910.0_b	87	126	130	86
WA_0911.0_b	11961	11999	12357	3822
WA_0912.0_b	12649	15880	18078	12680

criterium Vaknaam	D7 Referentie [m³]	D7 Basisvariant [m³]	D7 MaxOpen [m³]	D7 MaxDicht [m³]
WA_0913.0_b	1288	1369	2067	199
WA_0914.0_b	2440	2708	3533	896
WA_0915.0_b	836	1416	1657	2226
WA_0916.0_b	1110	1602	1401	3601
WA_0917.0_b	0	57	177	0
WA_0918.0_b	9805	13618	17620	361
WA_0919.0_b	16169	17339	21874	1685
WA_0920.0_b	855	800	1536	1292
WA_0921.0_b	0	0	0	57
WA_0922.0_b	0	0	0	0
WA_0923.0_b	0	0	25	26
WA_0924.0_b	0	0	0	0
WA_0924.2_b	0	0	0	0
WA_0928.0_b	78990	80519	81372	83888
WA_0929.0_b	1338	1389	1314	1471
WA_0930.0_b	113	114	103	128
WA_0931.0_b	0	0	0	0
WA_0932.0_b	0	0	0	0
WA_0933.0_b	0	0	0	0
WA_0934.0_b	0	0	0	0
WA_0935.0_b	0	0	0	0
WA_0936.0_b	0	0	0	0
WA_0937.0_b	0	0	0	0
WA_0938.0_b	0	0	0	0
WA_0939.0_b	0	0	0	0
WA_0940.0_b	0	0	0	0
WA_0941.0_b	0	0	0	0
WA_0942.0_b	0	0	0	0
WA_0943.0_b	0	0	0	0
WA_0944.0_b	0	0	0	0
WA_0945.0_b	0	0	0	0
WA_0946.0_b	0	0	0	0
WA_0947.0_b	0	0	0	0
WA_0948.0_b	0	0	0	0
WA_0949.0_b	0	0	0	0
WA_0950.0_b	0	0	0	0
WA_0951.0_b	0	0	0	0
WA_0952.0_b	0	0	0	0
Totaal	207986	220569	236389	181533
Verschil t.o.v. Referentie		12583 (+6%)	28403 (+14%)	-26453 (-13%)

Tabel 9
Stortvolumes in jaar
20 voor de drie
varianten.

Vaknaam	Referentie [m³]	Basisvariant [m³]	MaxOpen [m³]	MaxDicht [m³]
WA_zw_s	0	0	0	0
OS_u_s	0	0	0	0
OS_g_s	0	0	0	0
WA_0887.0_s	258	258	258	258
WA_0888.0_s	751	751	754	749
WA_0886.0_s	0	0	0	0
WA_0889.0_s	3405	3394	3510	3365
WA_0890.0_s	1708	1661	1855	1430
WA_0891.0_s	170	205	206	206
WA_0891.8_s	0	0	0	0
WA_0892.0_s	1216	1277	1391	1079
WA_0893.0_s	630	632	664	631
WA_0894.0_s	5244	5383	5516	5324
WA_0895.0_s	4113	4160	4291	4208
WA_0896.0_s	4968	5007	5114	4895
WA_0897.0_s	11869	11953	12039	11900
WA_0898.0_s	2503	2658	2732	2520
WA_0899.0_s	2307	2357	2399	2300
WA_0900.0_s	359	364	365	323
WA_0901.0_s	2601	2611	2660	2541
WA_0902.0_s	1831	1904	1986	1747
WA_0903.0_s	2379	2440	2607	2267
WA_0904.0_s	4028	4069	4069	4006
WA_0905.0_s	4716	4749	4813	4637
WA_0906.0_s	876	914	930	777
WA_0907.0_s	2529	2625	2656	2312
WA_0908.0_s	5378	5553	5716	5274
WA_0909.0_s	6507	6707	6615	6364
WA_0910.0_s	87	126	130	86
WA_0911.0_s	11961	11999	12357	3822
WA_0912.0_s	12649	15880	18078	12680
WA_0913.0_s	1288	1369	2067	199
WA_0914.0_s	2440	2708	3533	896
WA_0915.0_s	836	1416	1657	2226
WA_0916.0_s	1110	1602	1401	3601
WA_0917.0_s	0	57	177	0
WA_0918.0_s	9805	13618	17620	361
WA_0919.0_s	16169	17339	21874	1685
WA_0920.0_s	855	800	1536	1292
WA_0921.0_s	0	0	0	57
WA_0922.0_s	0	0	0	0
WA_0923.0_s	0	0	25	26
WA_0924.0_s	0	0	0	0
WA_0924.2_s	0	0	0	0
WA_0928.0_s	78990	80519	81372	83888
WA_0929.0_s	1338	1389	1314	1471
WA_0930.0_s	113	114	103	128
WA_0931.0_s	0	0	0	0
WA_0932.0_s	0	0	0	0
WA_0933.0_s	0	0	0	0
WA_0934.0_s	0	0	0	0

Vaknaam	Referentie [m³]	Basisvariant [m³]	MaxOpen [m³]	MaxDicht [m³]
WA_0935.0_s	0	0	0	0
WA_0936.0_s	0	0	0	0
WA_0937.0_s	0	0	0	0
WA_0938.0_s	0	0	0	0
WA_0939.0_s	0	0	0	0
WA_0940.0_s	0	0	0	0
WA_0941.0_s	0	0	0	0
WA_0942.0_s	0	0	0	0
WA_0943.0_s	0	0	0	0
WA_0944.0_s	0	0	0	0
WA_0945.0_s	0	0	0	0
WA_0946.0_s	0	0	0	0
WA_0947.0_s	0	0	0	0
WA_0948.0_s	0	0	0	0
WA_0949.0_s	0	0	0	0
WA_0950.0_s	0	0	0	0
WA_0951.0_s	0	0	0	0
WA_0952.0_s	0	0	0	0
Totaal	207986	220569	236389	181533

C Tabellen bodemvolumes (bijlage 8 van RBK 5.0)

Basisvariant

Op basis van Delft3D jaargemiddelde bodemveranderingen na 20 jaar

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Criterium			A1	A2	B3	B3	B4	E9	E9	E10	F11	F11	F12
Hectometervak	Gemiddelde bodemveranderingen per hmvak [cm]		Volumeveranderingen per hmvak [m³]		Bodemhoogte t.o.v. de norm per hmvak [cm]						Volume boven norm kielspeling per hmvak [m³]		
	Jaargemiddelde sedimentatie	Jaargemiddelde erosie	Jaargemiddelde sedimentatie	Jaargemiddelde erosie	Maximum referentie	Maximum variant	Verskil (7-6)	Gemiddelde referentie	Gemiddelde variant	Verskil (10-9)	Referentie	Variant	Verskil (13-12)
wa_9105	0,3	0,0	38,7	0,0	13,0	13,2	0,2	-40,0	-39,7	0,3	12075,7	12114,4	38,7
wa_9106	0,3	0,0	46,6	0,0	23,0	23,3	0,3	-37,3	-37,0	0,3	12482,5	12529,0	46,6
wa_9107	0,4	0,0	65,1	0,0	23,0	23,4	0,4	-40,5	-40,1	0,4	12000,8	12065,9	65,1
wa_9108	0,6	0,0	92,1	0,0	13,0	13,7	0,7	-35,4	-34,8	0,6	12773,7	12865,8	92,1
wa_9109	0,9	0,0	135,4	0,0	44,0	44,9	0,9	-31,6	-30,7	0,9	13331,5	13466,9	135,4
wa_9110	1,2	0,0	178,7	0,0	14,0	15,0	1,0	-37,0	-35,8	1,2	12531,4	12710,1	178,7
wa_9111	1,4	0,0	211,9	0,0	24,0	24,9	0,9	-34,9	-33,5	1,4	12845,0	13056,9	211,9
wa_9112	1,7	0,0	251,0	0,0	18,0	18,9	0,9	-39,9	-38,2	1,7	12083,6	12334,6	251,0
wa_9113	2,0	0,0	303,5	0,0	27,0	28,6	1,6	-34,8	-32,8	2,0	12846,5	13150,0	303,5
wa_9114	2,7	0,0	406,4	0,0	33,0	35,0	2,0	-45,8	-43,1	2,7	11185,7	11592,1	406,4
wa_9115	3,9	0,0	582,2	0,0	7,0	10,0	3,0	-31,7	-27,9	3,9	13304,4	13886,6	582,2
wa_9116	5,3	0,0	794,0	0,0	6,0	9,7	3,7	-40,0	-34,8	5,3	12063,8	12857,9	794,0
wa_9117	6,1	0,0	920,0	0,0	9,0	13,7	4,7	-49,5	-43,4	6,1	10624,7	11544,7	920,0
wa_9118	5,6	0,0	848,5	0,0	15,0	19,5	4,5	-38,1	-32,5	5,6	12349,5	13198,1	848,5
wa_9119	5,3	0,0	793,8	0,0	9,0	15,9	6,9	-46,0	-40,8	5,3	11144,1	11937,9	793,8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Criterium			A1	A2	B3	B3	B4	E9	E9	E10	F11	F11	F12
Hectometervak	Gemiddelde bodem-veranderingen per hmvak [cm]		Volume-veranderingen per hmvak [m³]		Bodemhoogte t.o.v. de norm per hmvak [cm]						Volume boven norm kielspeling per hmvak [m³]		
	Jaargemiddelde sedimentatie	Jaargemiddelde erosie	Jaargemiddelde sedimentatie	Jaargemiddelde erosie	Maximum referentie	Maximum variant	Verskil (7-6)	Gemiddelde referentie	Gemiddelde variant	Verskil (10-9)	Referentie	Variant	Verskil (13-12)
wa_9120	6,3	0,0	945,4	0,0	7,0	14,5	7,5	-46,3	-40,1	6,3	11110,6	12056,0	945,4
wa_9121	7,6	0,0	1144,7	0,0	2,0	9,9	7,9	-56,1	-48,5	7,6	9630,6	10775,3	1144,7
wa_9122	5,8	0,0	878,0	0,0	22,0	27,9	5,9	-51,9	-46,1	5,8	10264,4	11142,4	878,0
wa_9123	4,4	0,0	666,3	0,0	9,0	13,8	4,8	-62,9	-58,4	4,4	8620,1	9286,4	666,3
wa_9124	4,7	0,0	714,9	0,0	17,0	23,4	6,4	-56,0	-51,3	4,7	9638,4	10353,3	714,9
wa_9125	8,4	0,0	1271,2	0,0	9,0	16,9	7,9	-56,8	-48,3	8,4	9548,5	10819,7	1271,2
wa_9126	6,1	0,0	926,7	0,0	16,0	21,8	5,8	-43,2	-37,1	6,1	11608,4	12535,1	926,7
wa_9127	3,8	0,0	577,9	0,0	17,0	20,5	3,5	-26,2	-22,4	3,8	14153,8	14731,8	577,9
wa_9128	4,3	0,0	642,6	0,0	-4,0	0,7	4,7	-56,8	-52,5	4,3	9551,9	10194,5	642,6
wa_9129	4,0	0,0	598,7	0,0	4,0	7,7	3,7	-54,9	-50,9	4,0	9831,3	10430,0	598,7
wa_9130	5,6	0,0	841,2	0,0	-4,0	1,2	5,2	-60,5	-55,0	5,6	8995,4	9836,6	841,2
wa_9131	7,1	0,0	1075,5	0,0	-2,0	4,0	6,0	-59,8	-52,7	7,1	9104,3	10179,8	1075,5
wa_9132	5,3	0,0	794,5	0,0	-10,0	-2,2	7,8	-51,0	-45,7	5,3	10434,3	11228,9	794,5
wa_9133	5,2	0,0	787,2	0,0	-14,0	-11,2	2,8	-53,5	-48,3	5,2	10042,6	10829,7	787,2
wa_9134	4,6	0,0	693,0	0,0	-11,0	-8,3	2,7	-52,5	-47,9	4,6	10222,0	10915,0	693,0
wa_9135	4,6	0,0	691,5	0,0	2,0	5,6	3,6	-49,2	-44,6	4,6	10700,2	11391,7	691,5
wa_9136	4,4	0,0	662,9	0,0	-6,0	-1,8	4,2	-55,7	-51,3	4,4	9720,7	10383,6	662,9
wa_9137	3,6	0,0	544,7	0,0	0,0	4,0	4,0	-53,0	-49,4	3,6	10128,3	10673,1	544,7
wa_9138	3,3	-4,6	443,6	-76,8	-8,0	-4,7	3,3	-59,4	-56,9	2,4	9168,7	9535,4	366,8
wa_9139	8,4	-1,3	1224,8	-7,0	-18,0	25,1	43,1	-57,5	-49,4	8,1	9453,6	10671,5	1217,9
wa_9140	13,5	-13,7	1935,4	-106,6	-7,0	23,8	30,8	-51,9	-39,8	12,1	10285,4	12114,2	1828,8
wa_9141	12,6	-10,4	1251,0	-542,3	-9,0	3,7	12,7	-70,0	-65,3	4,7	7559,3	8268,0	708,7
wa_9142	9,8	-1,2	1421,1	-7,3	-11,0	2,2	13,2	-50,8	-41,4	9,4	10460,6	11874,4	1413,8
wa_9143	14,0	0,0	2109,3	0,0	-15,0	2,0	17,0	-66,1	-52,2	14,0	8143,8	10253,1	2109,3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Criterium			A1	A2	B3	B3	B4	E9	E9	E10	F11	F11	F12
Hectometervak	Gemiddelde bodem-veranderingen per hmvak [cm]		Volume-veranderingen per hmvak [m³]		Bodemhoogte t.o.v. de norm per hmvak [cm]						Volume boven norm kielspeling per hmvak [m³]		
	Jaargemiddelde sedimentatie	Jaargemiddelde erosie	Jaargemiddelde sedimentatie	Jaargemiddelde erosie	Maximum referentie	Maximum variant	Verskil (7-6)	Gemiddelde referentie	Gemiddelde variant	Verskil (10-9)	Referentie	Variant	Verskil (13-12)
wa_9144	12,6	0,0	1902,9	0,0	21,0	30,7	9,7	-59,3	-46,7	12,6	9189,5	11092,4	1902,9
wa_9145	11,9	0,0	1803,7	0,0	-3,0	13,6	16,6	-64,2	-52,3	11,9	8422,9	10226,6	1803,7
wa_9146	12,9	0,0	1957,2	0,0	-3,0	15,7	18,7	-64,4	-51,5	12,9	8408,8	10365,9	1957,2
wa_9147	14,7	0,0	2224,1	0,0	-11,0	6,4	17,4	-64,5	-49,8	14,7	8377,6	10601,7	2224,1
wa_9148	14,6	0,0	2204,5	0,0	3,0	19,5	16,5	-57,0	-42,4	14,6	9532,8	11737,3	2204,5
wa_9149	14,2	0,0	2151,4	0,0	-1,0	14,5	15,5	-50,9	-36,7	14,2	10440,1	12591,5	2151,4
wa_9150	15,6	0,0	2361,9	0,0	5,0	20,5	15,5	-43,1	-27,5	15,6	11619,1	13981,0	2361,9
wa_9151	16,0	0,0	2421,5	0,0	10,0	24,7	14,7	-49,8	-33,8	16,0	10604,0	13025,4	2421,5
wa_9152	15,4	0,0	2328,4	0,0	15,0	29,5	14,5	-59,6	-44,2	15,4	9131,8	11460,2	2328,4
wa_9153	14,2	0,0	2148,4	0,0	13,0	25,4	12,4	-54,2	-39,9	14,2	9953,9	12102,2	2148,4
wa_9154	12,6	0,0	1877,7	0,0	23,0	34,1	11,1	-48,1	-35,5	12,6	10718,9	12596,6	1877,7
wa_9155	11,9	0,0	1772,3	0,0	27,0	37,5	10,5	-48,0	-36,1	11,9	10729,5	12501,8	1772,3
wa_9156	11,2	0,0	1667,5	0,0	11,0	19,8	8,8	-63,5	-52,4	11,2	8412,0	10079,5	1667,5
wa_9157	10,7	0,0	1589,3	0,0	2,0	11,5	9,5	-47,3	-36,6	10,7	10840,7	12430,0	1589,3
wa_9158	10,4	0,0	1563,4	0,0	-6,0	4,1	10,1	-54,9	-44,5	10,4	9760,0	11323,3	1563,4
wa_9159	10,1	0,0	1519,4	0,0	14,0	24,6	10,6	-42,6	-32,5	10,1	11637,1	13156,5	1519,4
wa_9160	9,9	0,0	1501,8	0,0	10,0	19,8	9,8	-36,8	-26,9	9,9	12570,5	14072,3	1501,8
wa_9161	9,9	0,0	1501,2	0,0	31,0	41,1	10,1	-28,7	-18,7	9,9	13801,2	15302,4	1501,2
wa_9162	9,8	0,0	1477,7	0,0	20,0	30,6	10,6	-27,4	-17,6	9,8	14003,9	15481,6	1477,7
wa_9163	9,1	0,0	1376,7	0,0	32,0	43,0	11,0	-27,7	-18,6	9,1	13944,1	15320,8	1376,7
wa_9164	8,4	0,0	1266,8	0,0	3,0	12,2	9,2	-44,5	-36,1	8,4	11417,4	12684,1	1266,8
wa_9165	8,8	0,0	1335,0	0,0	0,0	10,7	10,7	-45,4	-36,6	8,8	11266,0	12601,0	1335,0
wa_9166	9,5	0,0	1440,3	0,0	0,0	9,1	9,1	-57,0	-47,5	9,5	9512,9	10953,3	1440,3
wa_9167	9,6	0,0	1458,3	0,0	-4,0	5,1	9,1	-56,0	-46,4	9,6	9664,5	11122,8	1458,3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Criterium			A1	A2	B3	B3	B4	E9	E9	E10	F11	F11	F12
Hectometervak	Gemiddelde bodem-veranderingen per hmvak [cm]		Volume-veranderingen per hmvak [m³]		Bodemhoogte t.o.v. de norm per hmvak [cm]						Volume boven norm kielspeling per hmvak [m³]		
	Jaargemiddelde sedimentatie	Jaargemiddelde erosie	Jaargemiddelde sedimentatie	Jaargemiddelde erosie	Maximum referentie	Maximum variant	Verskil (7-6)	Gemiddelde referentie	Gemiddelde variant	Verskil (10-9)	Referentie	Variant	Verskil (13-12)
wa_9168	10,4	0,0	1564,9	0,0	-2,0	8,3	10,3	-47,6	-37,3	10,4	10936,7	12501,7	1564,9
wa_9169	10,5	0,0	1594,0	0,0	-3,0	7,2	10,2	-55,8	-45,2	10,5	9717,4	11311,4	1594,0
wa_9170	10,6	0,0	1605,6	0,0	4,0	14,6	10,6	-60,9	-50,3	10,6	8924,6	10530,2	1605,6
wa_9171	11,1	0,0	1673,4	0,0	10,0	20,2	10,2	-55,6	-44,5	11,1	9741,1	11414,5	1673,4
wa_9172	11,4	0,0	1724,2	0,0	9,0	18,8	9,8	-63,4	-52,0	11,4	8558,0	10282,2	1724,2
wa_9173	12,3	0,0	1851,1	0,0	4,0	14,0	10,0	-59,2	-47,0	12,3	9168,9	11020,0	1851,1
wa_9174	12,6	0,0	1896,5	0,0	31,0	40,7	9,7	-44,1	-31,6	12,6	11443,6	13340,1	1896,5
wa_9175	13,0	0,0	1948,1	0,0	35,0	44,4	9,4	-42,9	-29,8	13,0	11546,0	13494,1	1948,1
wa_9176	11,7	-2,1	1744,6	-1,4	50,0	50,4	0,4	-33,1	-21,4	11,7	12992,2	14735,5	1743,3
wa_9177	11,1	-5,7	1480,1	-97,8	48,0	48,4	0,4	-46,1	-36,8	9,2	11079,7	12462,1	1382,4
wa_9178	10,5	-6,1	1209,6	-215,7	22,0	18,1	-3,9	-30,2	-23,7	6,6	13585,7	14579,6	993,9
wa_9179	9,2	-4,0	932,1	-200,9	14,0	20,9	6,9	-37,3	-32,5	4,8	12564,2	13295,4	731,2
wa_9180	6,9	-1,2	791,4	-44,5	-5,0	7,3	12,3	-51,8	-46,9	4,9	10303,3	11050,2	746,9
wa_9181	6,1	-1,1	721,1	-37,9	24,0	36,8	12,8	-49,9	-45,4	4,5	10576,1	11259,3	683,2
wa_9182	4,9	-0,5	691,7	-5,0	11,0	23,4	12,4	-65,7	-61,1	4,5	8208,3	8895,0	686,7
wa_9183	4,6	-0,5	693,0	-0,7	8,0	17,0	9,0	-64,6	-60,0	4,6	8366,4	9058,7	692,3
wa_9184	4,3	-0,4	649,7	-0,2	29,0	38,5	9,5	-59,4	-55,1	4,3	9151,7	9801,2	649,5
wa_9185	4,5	0,0	686,3	0,0	24,0	31,2	7,2	-73,6	-69,1	4,5	6999,4	7685,7	686,3
wa_9186	3,3	0,0	496,0	0,0	37,0	44,2	7,2	-62,8	-59,6	3,3	8621,6	9117,6	496,0
wa_9187	3,1	0,0	463,2	0,0	15,0	20,5	5,5	-81,2	-78,1	3,1	5860,2	6323,4	463,1
wa_9188	3,9	0,0	596,1	0,0	10,0	15,7	5,7	-63,0	-59,1	3,9	8612,2	9208,3	596,1
wa_9189	3,3	-5,0	393,4	-164,8	4,0	6,2	2,2	-69,0	-67,5	1,5	7700,4	7929,0	228,6
wa_9190	0,9	-4,0	45,0	-397,7	-5,0	-3,1	1,9	-60,2	-62,5	-2,3	9023,7	8671,5	-352,2
wa_9191	2,0	-1,6	182,8	-97,5	11,0	13,0	2,0	-77,9	-77,3	0,6	6361,9	6447,2	85,2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Criterium			A1	A2	B3	B3	B4	E9	E9	E10	F11	F11	F12
Hectometervak	Gemiddelde bodem-veranderingen per hmvak [cm]		Volume-veranderingen per hmvak [m³]		Bodemhoogte t.o.v. de norm per hmvak [cm]						Volume boven norm kielspeling per hmvak [m³]		
	Jaargemiddelde sedimentatie	Jaargemiddelde erosie	Jaargemiddelde sedimentatie	Jaargemiddelde erosie	Maximum referentie	Maximum variant	Verskil (7-6)	Gemiddelde referentie	Gemiddelde variant	Verskil (10-9)	Referentie	Variant	Verskil (13-12)
wa_9192	2,1	-0,2	306,5	-0,3	-8,0	-6,3	1,7	-90,3	-88,3	2,0	4485,6	4791,8	306,2
wa_9193	1,3	-0,3	133,8	-15,7	-8,0	-8,0	0,0	-77,6	-76,8	0,8	6391,2	6509,3	118,0
wa_9194	0,4	-0,6	7,2	-74,3	-24,0	-24,6	-0,6	-60,0	-60,4	-0,4	9063,9	8996,9	-67,0
wa_9195	0,1	-0,2	0,9	-29,4	-10,0	-10,0	0,0	-67,1	-67,3	-0,2	7975,5	7947,1	-28,4
wa_9196	0,4	-0,1	58,4	-0,7	-7,0	-6,3	0,7	-57,6	-57,2	0,4	9422,6	9480,3	57,7
wa_9197	1,8	0,0	272,5	0,0	-3,0	-2,3	0,7	-55,1	-53,3	1,8	9823,0	10095,5	272,5
wa_9198	2,7	0,0	403,3	0,0	-2,0	0,6	2,6	-48,7	-46,1	2,7	10776,3	11179,6	403,3
wa_9199	2,2	0,0	335,5	0,0	-10,0	-5,2	4,8	-61,0	-58,8	2,2	8917,9	9253,4	335,5
wa_9200	1,8	0,0	266,8	0,0	-6,0	-2,4	3,6	-69,4	-67,6	1,8	7649,7	7916,5	266,8
wa_9201	1,6	0,0	236,4	0,0	2,0	5,2	3,2	-66,2	-64,6	1,6	8139,6	8376,0	236,4
wa_9202	1,7	0,0	260,0	0,0	-2,0	1,3	3,3	-78,0	-76,2	1,7	6292,7	6552,8	260,0
wa_9203	1,7	0,0	257,9	0,0	11,0	13,9	2,9	-60,7	-59,0	1,7	8839,1	9097,0	257,9
wa_9204	1,7	0,0	255,3	0,0	12,0	14,8	2,8	-60,9	-59,2	1,7	8823,3	9078,6	255,3
wa_9205	2,1	0,0	314,8	0,0	9,0	12,1	3,1	-39,5	-37,4	2,1	12034,6	12349,5	314,8
wa_9206	4,1	0,0	620,1	0,0	10,0	13,2	3,2	-50,3	-46,2	4,1	10436,2	11056,4	620,1
wa_9207	6,7	-0,4	994,4	-0,8	-6,0	-1,3	4,7	-39,3	-32,7	6,6	12170,2	13163,8	993,6
wa_9208	7,1	0,0	1070,9	0,0	-23,0	-21,5	1,5	-55,4	-48,3	7,1	9784,3	10855,2	1070,9
wa_9209	6,5	0,0	988,5	0,0	-12,0	0,0	12,0	-53,9	-47,3	6,5	10001,9	10990,4	988,5
wa_9210	6,4	0,0	960,0	0,0	-16,0	-8,8	7,2	-61,1	-54,8	6,4	8880,5	9840,5	960,0
wa_9211	6,7	0,0	1005,1	0,0	-6,0	3,9	9,9	-56,9	-50,2	6,7	9509,4	10514,5	1005,1
wa_9212	6,8	0,0	1017,9	0,0	2,0	11,9	9,9	-81,1	-74,4	6,8	5855,2	6873,1	1017,9
wa_9213	7,2	0,0	1079,9	0,0	13,0	22,8	9,8	-68,9	-61,7	7,2	7700,3	8780,1	1079,9
wa_9214	7,4	0,0	1114,2	0,0	13,0	22,5	9,5	-71,9	-64,5	7,4	7240,0	8354,2	1114,2
wa_9215	7,4	0,0	1117,8	0,0	-9,0	0,0	9,0	-65,3	-57,9	7,4	8245,3	9363,1	1117,8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Criterium			A1	A2	B3	B3	B4	E9	E9	E10	F11	F11	F12
Hectometervak	Gemiddelde bodem-veranderingen per hmvak [cm]		Volume-veranderingen per hmvak [m³]		Bodemhoogte t.o.v. de norm per hmvak [cm]						Volume boven norm kielspeling per hmvak [m³]		
	Jaargemiddelde sedimentatie	Jaargemiddelde erosie	Jaargemiddelde sedimentatie	Jaargemiddelde erosie	Maximum referentie	Maximum variant	Verskil (7-6)	Gemiddelde referentie	Gemiddelde variant	Verskil (10-9)	Referentie	Variant	Verskil (13-12)
wa_9216	7,3	0,0	1094,9	0,0	-17,0	-8,2	8,8	-55,8	-48,5	7,3	9665,5	10760,4	1094,9
wa_9217	7,1	0,0	1068,2	0,0	15,0	23,5	8,5	-58,0	-51,0	7,1	9344,9	10413,1	1068,2
wa_9218	6,9	0,0	1034,1	0,0	16,0	24,1	8,1	-41,3	-34,4	6,9	11841,6	12875,7	1034,1
wa_9219	6,9	0,0	1032,7	0,0	10,0	18,0	8,0	-37,7	-30,9	6,9	12404,2	13436,8	1032,7
wa_9220	6,6	0,0	994,3	0,0	-5,0	2,1	7,1	-35,4	-28,8	6,6	12766,5	13760,8	994,3
wa_9221	6,4	0,0	971,8	0,0	-3,0	3,6	6,6	-36,4	-29,9	6,4	12605,1	13576,8	971,8
wa_9222	6,6	0,0	996,0	0,0	-7,0	0,3	7,3	-67,3	-60,7	6,6	7953,2	8949,2	996,0
wa_9223	6,8	0,0	1019,2	0,0	2,0	8,8	6,8	-50,5	-43,7	6,8	10477,6	11496,9	1019,2
wa_9224	6,8	0,0	1026,7	0,0	8,0	14,9	6,9	-56,8	-50,0	6,8	9518,3	10544,8	1026,5
wa_9225	6,8	0,0	1018,7	0,0	5,0	11,8	6,8	-38,2	-31,5	6,8	12319,7	13338,4	1018,7
wa_9226	6,5	0,0	988,2	0,0	15,0	21,8	6,8	-36,0	-29,4	6,5	12675,4	13663,0	987,6
wa_9227	5,6	0,0	846,1	0,0	-6,0	0,4	6,4	-44,8	-39,1	5,6	11336,3	12182,1	845,8
wa_9228	3,9	-1,4	572,4	-8,2	20,0	20,9	0,9	-32,3	-28,6	3,7	13350,7	13914,5	563,8
wa_9229	3,2	-1,6	382,8	-51,8	-7,0	-10,2	-3,2	-53,4	-51,2	2,2	10086,0	10416,9	331,0
wa_9230	2,9	-1,2	312,0	-49,8	6,0	3,4	-2,6	-39,4	-37,7	1,7	12139,3	12401,5	262,2
wa_9231	2,4	-0,4	308,6	-8,2	2,0	6,2	4,2	-65,4	-63,4	2,0	8232,7	8533,0	300,4
wa_9232	2,4	-0,3	318,4	-4,6	7,0	10,8	3,8	-54,1	-52,0	2,1	9931,3	10245,1	313,8
wa_9233	2,3	-0,2	332,5	-1,0	19,0	23,0	4,0	-78,1	-75,9	2,2	6318,5	6649,8	331,3
wa_9234	2,4	0,0	357,2	0,0	19,0	23,0	4,0	-59,9	-57,5	2,4	9062,5	9419,7	357,2
wa_9235	2,5	0,0	384,2	0,0	30,0	34,0	4,0	-70,5	-68,0	2,5	7463,3	7847,4	384,2
wa_9236	2,7	0,0	413,5	0,0	9,0	12,8	3,8	-63,7	-60,9	2,7	8496,3	8909,8	413,5
wa_9237	2,9	0,0	437,1	0,0	15,0	18,9	3,9	-87,1	-84,2	2,9	4963,6	5400,8	437,1
wa_9238	3,0	0,0	447,4	0,0	9,0	12,8	3,8	-71,2	-68,2	3,0	7357,7	7805,1	447,4
wa_9239	3,0	0,0	451,1	0,0	12,0	15,7	3,7	-86,6	-83,7	3,0	5026,0	5477,1	451,1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Criterium			A1	A2	B3	B3	B4	E9	E9	E10	F11	F11	F12
Hectometervak	Gemiddelde bodem-veranderingen per hmvak [cm]		Volume-veranderingen per hmvak [m³]		Bodemhoogte t.o.v. de norm per hmvak [cm]						Volume boven norm kielspeling per hmvak [m³]		
	Jaargemiddelde sedimentatie	Jaargemiddelde erosie	Jaargemiddelde sedimentatie	Jaargemiddelde erosie	Maximum referentie	Maximum variant	Verschild (7-6)	Gemiddelde referentie	Gemiddelde variant	Verschild (10-9)	Referentie	Variant	Verschild (13-12)
wa_9240	2,9	0,0	436,4	0,0	6,0	9,9	3,9	-73,8	-70,9	2,9	7039,0	7475,4	436,4
wa_9241	1,8	0,0	270,7	0,0	16,0	19,8	3,8	-64,5	-62,7	1,8	8498,0	8768,6	270,6
wa_9242	1,0	0,0	152,7	0,0	3,0	5,5	2,5	-53,8	-52,8	1,0	10134,2	10286,8	152,6
wa_9243	0,9	0,0	132,3	0,0	2,0	4,5	2,5	-58,6	-57,7	0,9	9407,8	9540,1	132,3
wa_9244	0,6	-0,3	70,0	-9,8	10,0	12,9	2,9	-70,3	-69,9	0,4	7618,0	7678,1	60,2
wa_9245	0,3	-0,5	18,3	-43,9	15,0	15,7	0,7	-69,5	-69,6	-0,2	7725,6	7700,0	-25,6
wa_9246	0,1	-0,4	5,4	-43,8	15,0	15,2	0,2	-71,2	-71,4	-0,3	7460,5	7422,1	-38,4
wa_9247	0,1	-0,4	8,0	-31,6	19,0	19,0	0,0	-77,5	-77,7	-0,2	6501,2	6477,6	-23,6
wa_9248	0,2	-0,3	17,6	-24,8	24,0	24,5	0,5	-72,9	-73,0	0,0	7202,6	7195,5	-7,1
wa_9249	0,3	-0,3	26,5	-16,8	20,0	20,5	0,5	-72,0	-71,9	0,1	7350,0	7359,7	9,7
wa_9250	0,3	-0,1	29,2	-7,7	22,0	22,7	0,7	-65,7	-65,5	0,1	8282,5	8304,0	21,4
wa_9251	0,2	-0,2	15,7	-9,8	16,0	15,9	-0,1	-64,7	-64,7	0,0	8408,5	8414,4	5,9
wa_9252	0,1	-0,3	6,6	-23,4	26,0	25,5	-0,5	-58,0	-58,1	-0,1	9434,8	9418,0	-16,8
wa_9253	0,1	-0,2	4,7	-25,1	18,0	17,4	-0,6	-60,4	-60,5	-0,1	9072,3	9051,8	-20,5
wa_9254	0,1	-0,2	4,1	-18,9	4,0	4,1	0,1	-59,0	-59,1	-0,1	9302,4	9287,6	-14,8
wa_9255	0,1	-0,1	4,9	-12,4	8,0	8,1	0,1	-55,0	-55,1	0,0	9922,7	9915,1	-7,6
wa_9256	0,1	-0,1	5,4	-11,3	8,0	8,1	0,1	-55,0	-55,1	0,0	9930,4	9924,4	-5,9

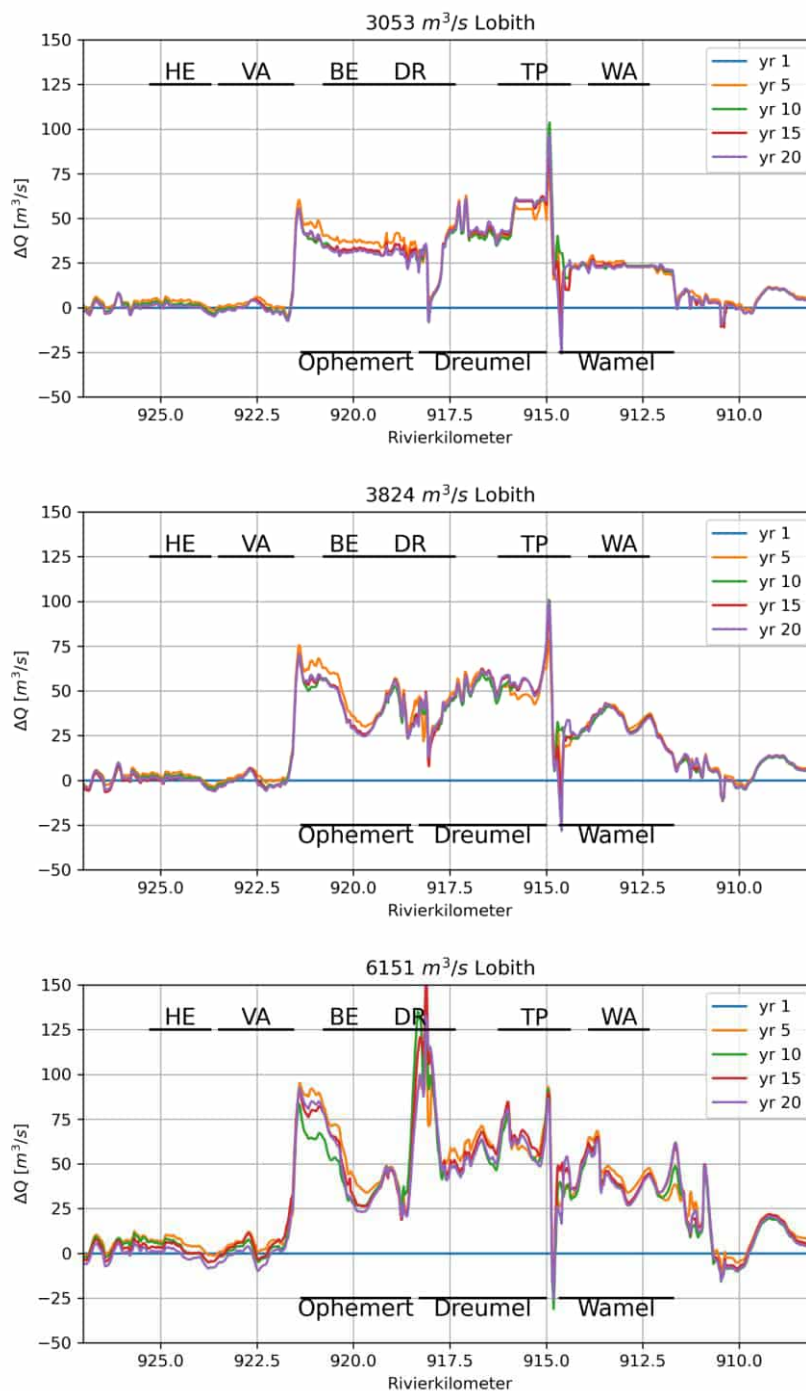
Totaal 128090 -2528

Totaal 1493108 1618668 125560

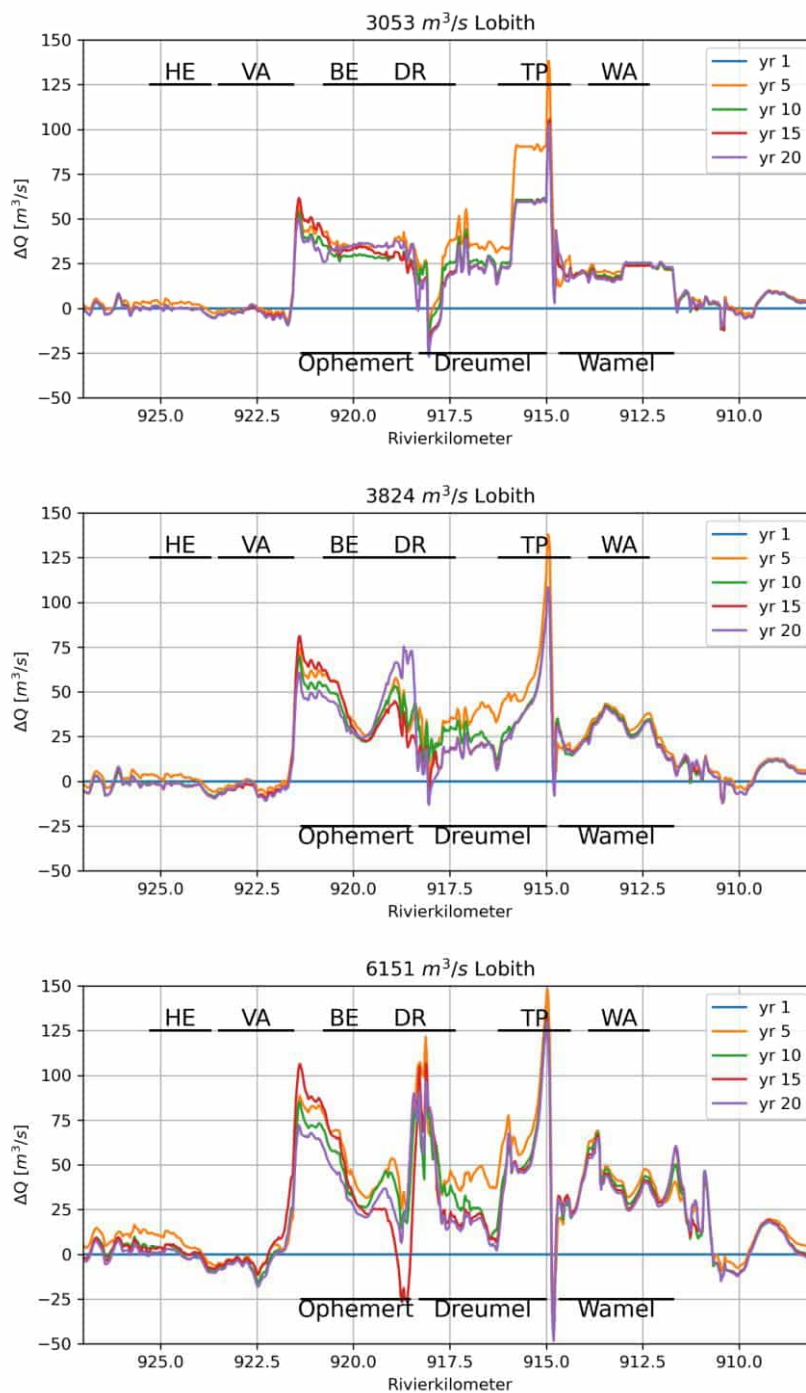
D Afvoerverdeling zomerbed en oevergeul

In Figuur 33 en Figuur 34 zijn de veranderingen in de zomerbedafvoer weergegeven ten opzichte van jaar 1 voor WAQMorf relevante afvoeren. Deze verandering in de afvoerverdeling is een gevolg van de aanzanding in het zomerbed en in grotere mate aanzanding in de oevergeulen.

*Figuur 33
Referentie: De
verandering in
afvoer door het
zomerbed als gevolg
van morfologische
ontwikkeling.*



*Figuur 34
Basisvariant zonder
baggeren/storten:
De verandering in
afvoer door het
zomerbed als gevolg
van morfologische
ontwikkeling.*



**Hoofdkantoor**

HKV lijn in water BV
Botter 11-29
8232 JN Lelystad

Nevenvestiging

Informaticalaan 8
2628 ZD Delft

0320 294242
info@hkv.nl
www.hkv.nl