

Rivierkundige Effectbeoordeling Dijkversterking IJsselwerken

Projectnummer	P0020293
Projectomschrijving	Dijkversterking IJsseldijk Zwolle - Olst
Documentnummer	20293-RAP-01082
Versienummer	3.0
Versiedatum	28 maart 2024

1.	Inleiding	5
1.1	Projectdoel	5
1.2	Doel en scope rapportage	5
1.3	Leeswijzer	5
2.	Gebiedsbeschrijving	6
2.1	Stroombeeld langs de dijk	7
2.2	Dwarsstroming	10
2.3	Morfologie	11
2.4	Autonome ontwikkelingen	12
3.	Uitgangspunten	13
3.1	Methode	13
3.1.1	Methode schematisatie dijkversterking	13
3.2	Algemene uitgangspunten	15
4.	Variant en implementatie in modellen	16
4.1	Introductie	16
4.2	Referentie	16
4.3	Variant	19
4.3.1	Dijkversterking	19
4.3.2	Aanpassingen in de uiterwaard	23
4.3.3	Natura 2000-compensatie glanshaverhooiland	23
5.	Rivierkundige effectanalyse dijkversterking	26
5.1	Hoogwaterveiligheid	26
5.1.1	Hoogwaterreferentie op de as van de rivier	26
5.1.2	Hoogwaterreferentie buiten de as van de rivier	27
5.1.3	Afvoerverdeling bij Pannerdensche Kop en IJsselkop	30
5.1.4	Invloed op ijsafvoer	30
5.2	Hinder of schade door hydraulische effecten	30
5.2.1	Waterstanden en inundatiefrequentie uiterwaarden	30
5.2.2	Stroombeeld in de uiterwaard	30



5.2.3	Stroombeeld in vaarweg	32
5.2.4	Effecten op afvoerdeling IJsselkop	34
5.2.5	Onttrekking water uit zomerbed Rijntakken	34
5.2.6	Waterstand en stroombeeld in de vaargeul in de Nederlands-Duitse grensregio bij lage en mediane Boven-Rijn afvoeren	34
5.3	Morfologische effecten	34
5.3.1	Sedimentatie en erosie van het zomerbed (en oevers)	35
5.3.2	Sedimentatie en erosie van de uiterwaard en nevengeulen	35
6.	Inschatting rivierkundige effecten Natura 2000-compensatie glanshaverhooiland	36
6.1	Hoogwaterveiligheid	36
6.1.1	Inschatting met methode van Berben	36
6.1.2	Inschatting met grove schaduwberekening	36
6.2	Hinder en schade door hydraulische effecten	37
6.3	Morfologische effecten	37
6.4	Conclusie	37
7.	Conclusie	38
8.	Referenties	42
9.	Bijlagen	43
9.1	Stroombeelden IJssel	44
9.2	Schematisatie referentie bodemmodel	54
9.3	Schematisatie referentie vegetatiemodel	55
9.4	Schematisatie referentie rooster	56
9.5	Schematisatie referentie aanpassingen uiterwaard	57
9.6	Schematisatie variant bodemmodel	58
9.7	Schematisatie variant vegetatiemodel	59
9.8	Schematisatie variant rooster	60
9.9	Schematisatie variant aanpassingen uiterwaard	61
9.10	Vergelijking roosterbegrenzing Variant - Referentie	62
9.11	Uitvergroete rapportfiguren	63



1. Inleiding

1.1 Projectdoel

Om de waterveiligheid in het gebied achter de IJsseldijk te kunnen garanderen is WDODelta gestart met de dijkversterking IJsselwerken. De dijk moet voldoen aan de nieuwe veiligheidsnormen. Doelstelling van het project is om:

1. Een waterveilige, toekomstbestendige en beheerbare waterkering te realiseren;
2. Op basis van een bestuurlijk gedragen Projectbesluit waarin maatschappelijke belangen zorgvuldig zijn afgewogen;
3. Ingepast in de omgeving, en
4. Met zo mogelijk kansen voor het creëren van maatschappelijke meerwaarde.

1.2 Doel en scope rapportage

Op basis van de ontwerpen van de dijkversterking, inclusief de nieuwe invulling van de uiterwaard, zijn de rivierkundige effecten geanalyseerd. De resultaten van de analyse zijn opgenomen in deze rapportage, waarbij de resultaten vergeleken zijn met de criteria van het Rivierkundige Beoordelingskader (RBK). Daarnaast geeft dit rapport inzicht in de milieueffecten met betrekking tot Rivierkunde en is daarmee input voor de MER.

De dijkverlegging van Paddenpol is niet meegenomen in deze rivierkundige analyse, maar is apart berekend en gerapporteerd [ref. 1].

De methode van de rivierkundige analyse is vooraf afgestemd met Rijkswaterstaat (d.d. 6 mei 2021 en 3 november 2022). Er zijn twee berekeningen gemaakt, voor zowel de Hoogwaterreferentie als voor een lagere afvoer, om de verschillende aspecten uit het RBK te beoordelen. Dit gebeurt deels kwantitatief op basis van uitgevoerde berekeningen en deels kwalitatief op basis van expert judgement.

Als gevolg van de dijkversterking in Natura 2000-gebied is er een compensatie-opgave voor glanshaverhooiland. De rivierkundige effecten van deze Natura 2000-compensatie zijn ingeschat en beschreven in deze rapportage.

1.3 Leeswijzer

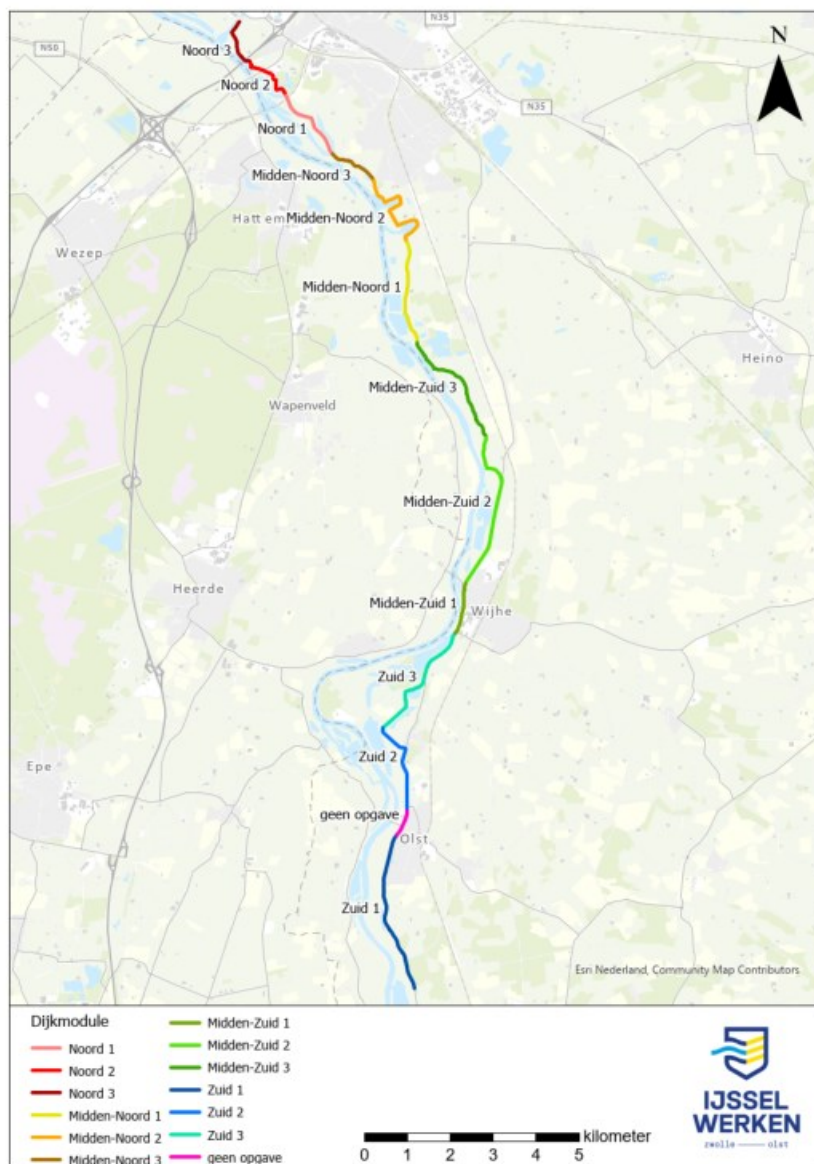
Hoofdstuk 2 geeft een gebiedsbeschrijving en de werking van het riviersysteem de IJssel. In hoofdstuk 3 staan de uitgangspunten beschreven. In hoofdstuk 4 wordt de referentiesituatie en de variant 'dijkversterking' beschreven. Hoofdstuk 5 beschrijft de rivierkundige effecten van de dijkversterking. Hoofdstuk 6 bevat een inschatting van de rivierkundige effecten van de compensatie van glanshaverhooiland. De rapportage eindigt met de conclusies in hoofdstuk 7.



2. Gebiedsbeschrijving

Het dijkversterkingsproject richt zich op de oostelijke dijk van de IJssel. Het dijkversterkingsproject vindt plaats tussen rivierkilometer (rkm) 952 en 981 en is opgedeeld in 12 dijkmodules (Afbeelding 2.1). In dit gedeelte van de IJssel bevinden zich enkele smalle trajecten die zijn aangeduid als hydraulische knelpunten. Tijdens de ontwerpfase is rekening gehouden met de hydraulische knelpunten, waardoor op deze punten niet of zo min mogelijk buitendijkse versterking plaatsvindt.

Onder andere vanwege de smalle stukken in de IJssel is een hoogwatergeul tussen Veessen-Wapenveld (rivier kilometer 961 - 972) gerealiseerd. Bij een waterstand van NAP+ 5,65 m (afvoer ~12.000 m³/s en hoger) gaat het inlaatwerk open en zal water zowel via de IJssel als via de hoogwatergeul stromen. Veranderingen langs de IJssel langs het traject van de hoogwatergeul kunnen ook zorgen voor effecten in de nevengeul.



Afbeelding 2.1 indeling van het projectgebied in twaalf dijkmodules.

Hydraulische knelpunten

Afbeeldingen 2.1 t/m 2.5 tonen het stroombeeld over het gehele projectgebied in de referentiesituatie bij Hoogwaterreferentie (HWR) en de gedefinieerde trajecten. In het zomerbed varieert de stroomsnelheid tussen de 0,5 en 2,1 m/s. In het winterbed varieert de stroomsnelheid tussen de 0 en 2 m/s. Op basis van het stroombeeld bij HWR over het gehele traject zijn er drie hydraulische knelpunten waar de rivier versmalt en de stroomsnelheden relatief hoog zijn:

1. traject 2 tussen rkm 955,6 en 956,7;
2. traject 9 tussen rkm 968,3 en 969,4;
3. in traject 14,3 en 15 tussen rkm 979,9 en 980,8.

In deze trajecten hebben buitendijkse versterkingen de grootste effecten. Tijdens de ontwerpfase is rekening gehouden met deze trajecten en zijn buitendijkse aanpassingen tot een minimum beperkt.

2.1 Stroombeeld langs de dijk

Afbeeldingen 2.1 tot en met 2.5 geven het stroombeeld ter plaatse van de huidige dijk in detail weer, deze stroombeelden gelden bij een Boven-Rijn afvoer van 16.000 m³/s. In bijlage 9.1 zijn de stroombeelden (waterstand en stroomsnelheden) van 2.000, 4.000, 8.000 en 10.000 m³/s opgenomen. In Tabel 2.1 staat de herhalingsjijd voor verscheidende afvoeren.

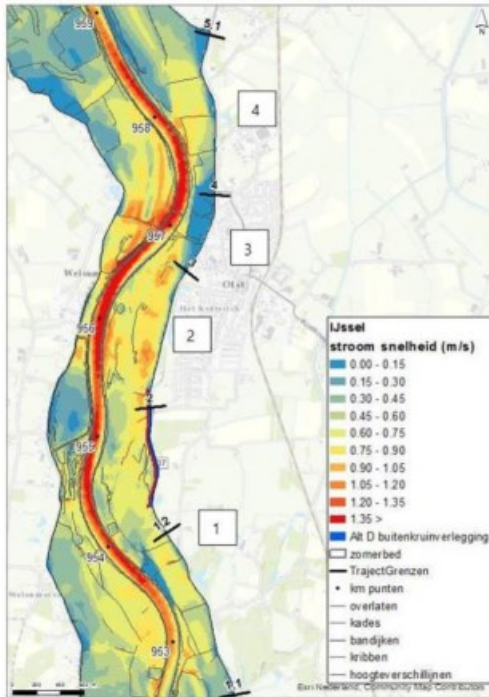
Bij locaties waar in de referentiesituatie sprake is van hoge stroomsnelheden langs de dijk, kan bij een rivierwaartse dijkversterking relatief veel opstuwning ontstaan. Bij de hoogwaterreferentie zijn de hoogste stroomsnelheden zichtbaar. In de volgende trajecten is zijn de stroomsnelheden langs de dijk het hoogste:

- traject 2 (Afbeelding 2.2): langs de dijk tussen rkm 955,2 en 956,7 (tegen het stadscentrum van Olst) zijn relatief hoge stroomsnelheden te zien van tussen de 0,3 en 0,9 m/s;
- traject 4 (Afbeelding 2.2): lang de dijk tussen rkm 957,4 en 958,4 met stroomsnelheden variërend tussen 0,3 en 0,8 m/s
- traject 7 (Afbeelding 2.3): langs de dijk bij rkm 964,6 is de stroomsnelheid bij de oostelijke dijk 0,6 m/s.
- traject 10 (Afbeelding 2.5): toont tussen rkm 970,9 en 971,8 stroomsnelheden tussen de 0,2 en 0,8 m/s;
- traject 15 (Afbeelding 2.6): de hoogste stroomsnelheden komen voor tussen rkm 980 en 980,4 met een waarde tussen 0,4 - 1,1 m/s.

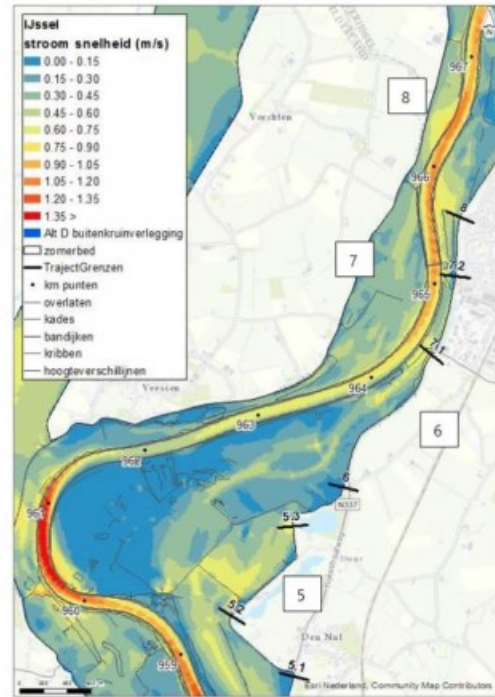
Afvoer m ³ /s (Lobith)	Herhalingsjijd/overschrijdingsduur)*
16.000	herhalingsjijd: <1/6.500 jaar
10.000	herhalingsjijd: 1/17 jaar
8.000	herhalingsjijd: 1/5 jaar
6.000	herhalingsjijd: 1/2 jaar
4.000	gemiddelde overschrijdingsduur: 26 dagen/jaar
2.000	gemiddelde overschrijdingsduur: 176 dagen/jaar

Tabel 2.1 Afvoeren bij Lobith en de herhalingsjijd.

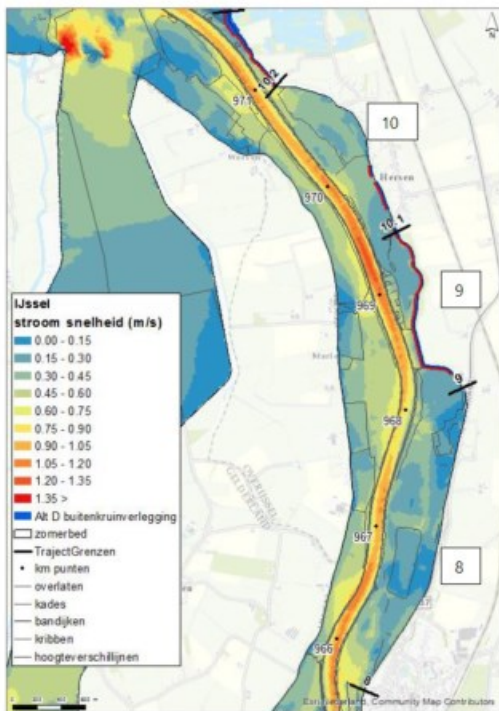




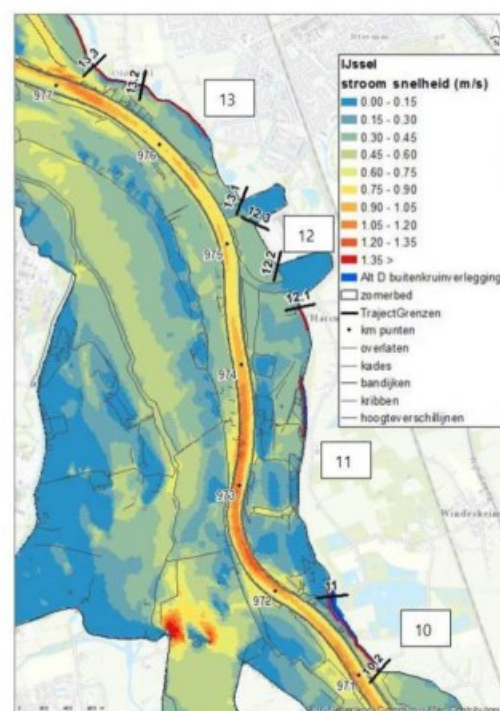
Afbeelding 2.2 stroombeeld referentie tussen rkm 955 en 960 (Boven-Rijn afvoer 16.000 m³/s) [ref. 10]



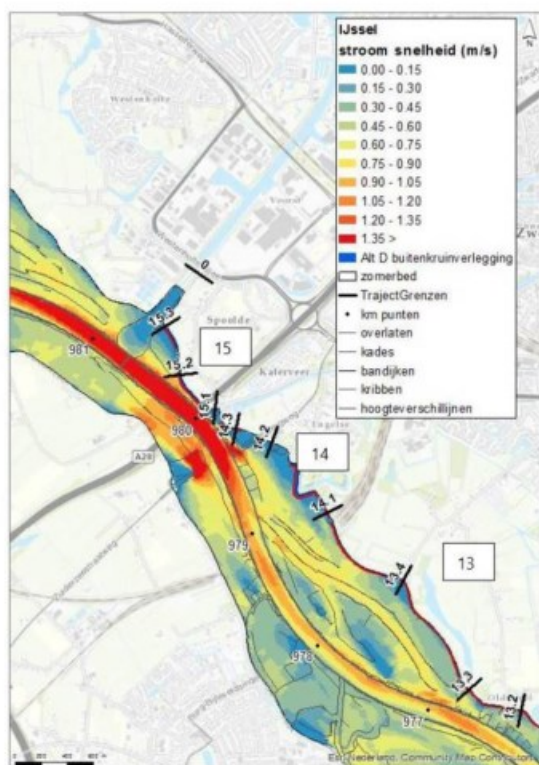
Afbeelding 2.3 stroombeeld referentie tussen rkm 959 en 967 (Boven-Rijn afvoer 16.000 m³/s) [ref. 10]



Afbeelding 2.4 stroombeeld referentie tussen rkm 966 en 971 (Boven-Rijn afvoer 16.000 m³/s) [ref. 10]



Afbeelding 2.5 stroombeeld referentie tussen rkm 971 en 977 (Boven-Rijn afvoer 16.000 m³/s) [ref. 10]



Afbeelding 2.6 stroombeeld referentie tussen rkm 977 en 982 (Boven-Rijn afvoer 16.000 m³/s) [ref. 10]

Stroombeeld 2.000 m³/s

Bij een afvoer van 2.000 m³/s is geen uiterwaard van de IJssel geïnundeerd (bijlage 9.1). Er staat enkel water in de bestaande plassen in de uiterwaard. De dijkversterking gaat op deze afvoer geen invloed hebben, omdat er geen water langs de primaire kering stroomt.

Stroombeeld 4.000 m³/s

Bij een afvoer van 4.000 m³/s beginnen er locaties te komen waar een uiterwaard geïnundeerd is. Bij 4.000 m³/s is er echter nog geen stroming te zien langs de primaire kering (bijlage 9.1). De dijkversterking heeft bij deze afvoer dan enkel een effect op de waterberging en enkel op de locaties waar er water langs de dijk staat. De effecten zullen daarom verwaarloosbaar zijn.

Stroombeeld 6.000 m³/s

Bij een afvoer van 6.000 m³/s zijn, op een enkele na, alle uiterwaarden geïnundeerd tot aan de primaire waterkering. De stroomsnelheden langs de primaire kering zijn in het gehele projectgebied nog zeer beperkt. De stroomsnelheden fluctueren tussen de 0 en de 0,4 m/s. De buitendijkse dijkversterking zal lokaal het stromingspatroon beïnvloeden, maar ten opzichte van de breedte van de volledige rivier, valt de dijkversterking weg in de marges. De verwachting is dat het effect van de dijkversterking alleen merkbaar is direct rondom de wijziging, maar niet in het zomerbed en niet in de westelijke uiterwaarden. Daarnaast zullen de wijzigingen geleidelijk zijn, omdat de dijkversterking een geleidelijk profiel heeft.

Stroombeeld 8.000 m³/s

Bij een afvoer van 8.000 m³/s zijn nog meer uiterwaarden langs de oostelijke primaire kering geïnundeerd (bijlage 9.1). Nog altijd blijft er een enkele uiterwaard langs de oostelijke primaire kering die niet geïnundeerd is. De maximale stroomsnelheid langs de primaire kering is 0,7 m/s bij rkm 971,0. De primaire kering ligt op deze locatie op circa 70m van het zomerbed. Op enkele uitzonderingen na, zoals bij rkm 971,0, is de snelheid langs de primaire kering kleiner dan 0,4 m/s.

De effecten van de dijkversterking zijn vergelijkbaar met die van 6.000 m³/s, vanwege het dijktafval. In het geval dat de effecten gemodelleerd worden, dan is de verwachting dat de effecten iets groter zijn t.o.v. de 6.000 m³/s, omdat een primaire kering als een verticale hoogwatervrijlijn wordt geschematiseerd.

Stroombeeld 10.000 m³/s

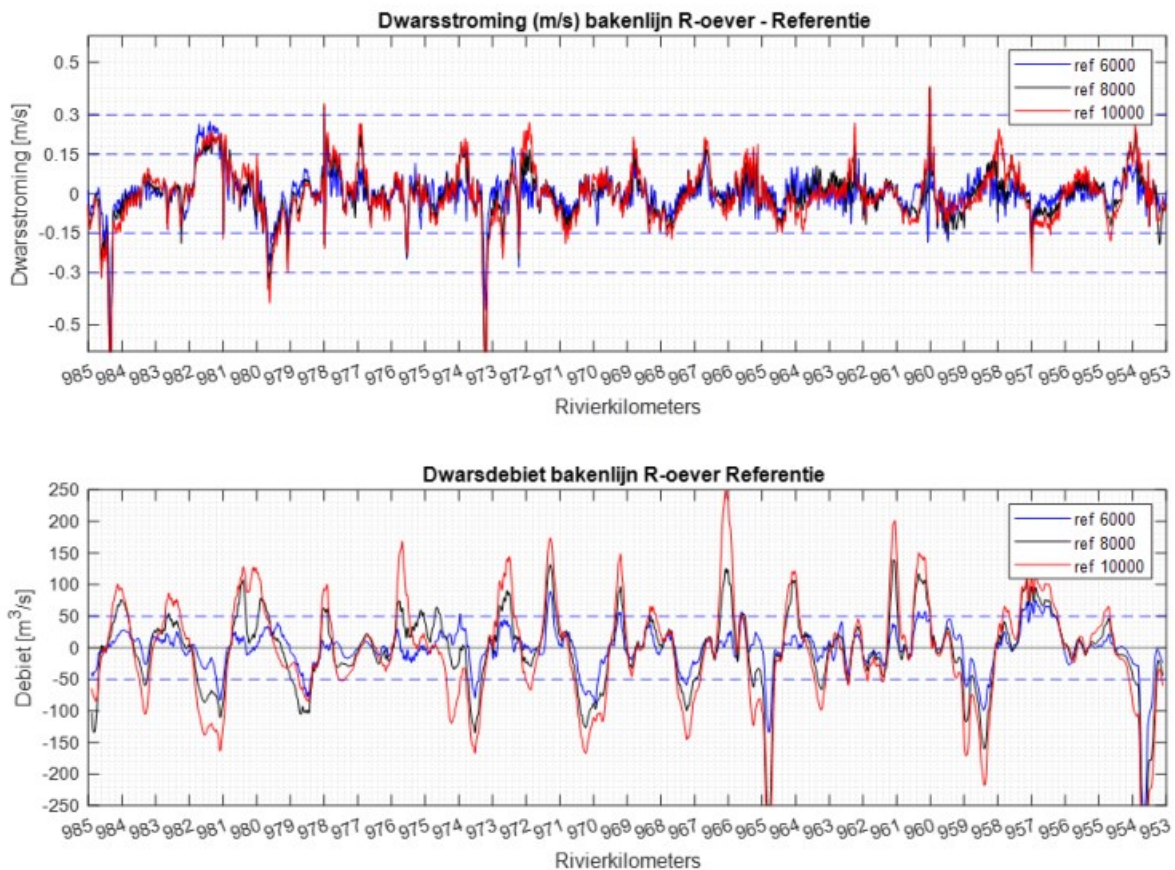
Bij een afvoer van 10.000 m³/s staan alle uiterwaarden onderwater. De hoogwatergeul bij Veessen-Wapenveld stroomt bij deze afvoer nog niet mee. Dat betekent dat al het water door de IJssel stroomt. Doordat het water niet verdeeld wordt tussen de IJssel en de hoogwatergeul, zijn de effecten van de dijkversterking hier bijna even groot als bij een afvoer van 16.000 m³/s. Nog altijd zijn de buitendijkse dijkversterkingen beperkt en is de verwachting dat de effecten neutraal beoordeeld worden.

2.2 Dwarsstroming

Afbeelding 2.7 toont de dwarsstroming op de bakenlijn voor afvoeren van 6.000, 8.000 en 10.000 m³/s voor de referentiesituatie [ref. 10]. Een negatieve waarde betekent dat de stroming richting het zomerbed gericht is. Een positieve waarde is richting het winterbed. Hier is te zien dat in de referentiesituatie de dwarsstroming op de oostelijke oeverlijn bijna overal onder de 0,3 m/s ligt. Bij hogere afvoeren ligt het dwarsdebiet vaker boven de grens van 50 m³/s. In dat geval geldt de strengere eis van maximaal 0,15 m/s aan dwarsstroming. Op meer plaatsen, met name bij een afvoer van 10.000 m³/s voldoet de referentie situatie niet.

Het dijkversterkingsproject richt zich enkel op de versteviging van de primaire waterkering. De buitendijkse aanpassingen liggen daarmee op maximale afstand van het zomerbed als mogelijk is. De noodzakelijke buitendijkse wijzigingen aan de primaire waterkering zijn zo beperkt als mogelijk. Hiermee is het gebied dat merkbaar wordt beïnvloed door de wijziging klein (orde tientallen meters). De afstand tot het zomerbed is te groot om nog een merkbare veranderingen te zien in stroomsnelheid. Voor de dwarsstroming is bij een stroomsnelheid verandering alleen de dwarscomponent relevant. Dit is nog kleiner dan de totale verandering in stroomsnelheid. Daarmee is de verwachting dat de dijkversterking geen effect heeft op de dwarsstroming.





Afbeelding 2.7 Dwarsstroming in m/s (boven) en dwarsdebiet in m³/s (onder) op de rechteroever bij 6.000, 8.000 en 10.000 m³/s in de referentie situatie. Positief richting de uiterwaard, negatief richting de vaargeul.

2.3 Morfologie

Morfologische veranderingen worden veroorzaakt door veranderingen in stroomsnelheden. Met name morfologische veranderingen in het zomerbed zijn van belang voor een goede doorstroming van scheepvaart en het voorkomen van schade door sedimentatie of erosie.

Het projectgebied ligt binnen de netwerkschakel Twente kanaal (rkm 931) en Zwolle-IJsselkanaal (rkm 981). Binnen de netwerkschakel zijn er gebieden die behoren tot de MGD (minst gepeilde diepte). De gebieden waarbij de meeste MGD's voor komen zijn:

- rkm 934 - 938
- rkm 944 - 945
- rkm 974 - 992

Alleen de laatste locatie valt binnen het projectgebied. Naast de MGD gebieden is er ook sprake van MODV (meest ondiepe delen van de vaarwegen). De locatie met de minste diepte in het projectgebied is bij rkm 978.9 waarbij er een overschrijding is van 1,13 m ten opzichte van het criterium.

Tijdens de ontwerpfase van de dijkversterking is het doel geweest om neutraal te scoren op alle onderdelen van het RBK. Bij morfologie geldt, net als voor de andere beoordelingsaspecten, dat de buitendijkse aanpassingen aan de dijk beperkt zijn. Zelfs in de nauwe delen van de uiterwaard, waar met extra zorg is ontworpen, worden geen effecten verwacht die doorwerken tot in het zomerbed. Als de stroomsnelheid en het debiet door het zomerbed niet veranderen, dan treden er geen morfologische veranderingen op.

Indien ergens de stroomsnelheden significant wijzigen (orde 0,3 m/s) kunnen er lokaal morfologische veranderingen optreden. De stroomsnelheden wijzigingen het meest rondom een aanpassing van de bodemhoogte of hydraulische ruwheid en dat betekent dat in dit project de kans op morfologische verandering zich voordoet bij de primaire kering.

Echter is de verwachting dat ook op lokale schaal de effecten zeer beperkt zijn, omdat het om kleine veranderingen aan de dijk gaat.

2.4 Autonome ontwikkelingen

Autonome ontwikkelingen zijn de activiteiten die plaatsvinden of zullen plaatsvinden, ook al gaat de voorgenomen dijkversterking niet door. Dit zijn overheidsplannen en gebiedsactiviteiten waarover een formeel besluit is genomen (bestemmingsplan, projectbesluit) en die binnen een afzienbare tijd tot uitvoering kunnen worden gebracht. Voor het thema rivierkunde zijn er geen relevante autonome ontwikkelingen.

Er is wel een andere ontwikkeling, waarover nog geen formele besluitvorming is geweest, die van belang is voor het thema rivierkunde. Het betreft de KRW-IJssel maatregelen. In het plangebied van dijkversterking IJsselwerken zijn meerdere locaties aangewezen als zoekgebied voor Kaderrichtlijn Water maatregelen (Windesheim, Herxen, Buitenwaarde Wijk, Olster-en Hengforderwaarden Rivierhout). Tot nu toe is enkel de dijkverlegging bij Paddenpol als Meekoppelkans inclusief KRW-doelen meegenomen in het project. Andere mogelijke KRW-locaties worden momenteel niet beschouwd als autonome ontwikkeling waarmee rekening moet worden gehouden.



3. Uitgangspunten

3.1 Methode

Voor het bepalen van de rivierkundige effecten zijn de Baseline- en WAQUA-modellen gebruikt die aan Witteveen+Bos ter beschikking zijn gesteld door Rijkswaterstaat d.d. 21 maart 2022. De hydrodynamische effecten zijn beoordeeld op basis van de WAQUA-modelresultaten. De morfologische effecten zijn beoordeeld op basis van expert judgement.

De effecten van de dijkversterking (de variant) op de rivieras, de ruimtelijke effecten op de waterstand en op de afvoerverdeling zijn berekend voor Hoogwaterreferentie van 16.000 m³/s en vergeleken met de referentiesituatie. De lagere afvoer van 10.000 m³/s is ook meegenomen voor de ruimtelijke effecten op de waterstand, omdat het wel of niet meestromen van de hoogwatergeul Veessen-Wapenveld (wordt geopend bij een afvoer van ~12.000 m³/s) gevolgen heeft voor de magnitude van de waterstandseffecten.

De effecten van de dijkverlegging op de scheepvaart en de morfologie zijn bepaald met expert judgement.

Afvoer m ³ /s (Lobith)	Herhalingstijd*	Gebruikt voor beoordeling van
16.000	1/1250 jaar	hoogwaterreferentie, waterstand op de rivier-as en uiterwaard
10.000	1/13 jaar	normaal hoogwater en stroombeeld uiterwaard

Tabel 3.1 Uitgevoerde stationaire WAQUA berekeningen met de herhalingstijden en doel conform RBK 5.0
* Betrekkingslijnen Rijn 2018 [ref. 6]

3.1.1 Methode schematisatie dijkversterking

De dijkversterking tussen Zwolle en Olst wordt geschematiseerd in Baseline om de rivierkundige effecten te berekenen. Hierbij worden de ontwerpen voor de versterking omgezet naar een verschuiving van de hoogwatervrijlijn. De hoogwatervrijlijn functioneert als een muur. Dit betekent dat de steilheid van een talud geen rol speelt. De hoogwatervrijlijn verschuiving is uitgevoerd in overeenstemming met bijlage 15 'Schematisatie rivierwaartse dijkversterking' uit het RBK [ref. 4]. Een korte samenvatting:

Het concept van de hoogwatervrijlijn verschuiving (Δx) is gebaseerd op de nieuwe hoogte van de dijk: $h + \Delta h$ en de verandering in oppervlakte van de dijk (Δopp) (zie Afbeelding 3.1). Dit betekent dat als de dijk in oppervlakte toeneemt, het doorstroomoppervlakte van de rivier verminderd en de hoogwatervrijlijn rivierwaarts opschuift. Hetzelfde principe is toegepast voor als het oppervlakte van de dijk verminderd, dan neemt het doorstroomoppervlakte van de rivier toe en verschuift de hoogwatervrijlijn landwaarts.

Voor het dijkversterkingsproject IJsselwerken zijn alle oppervlakte wijzigingen aan de rivierzijde van de dijk en verandering in kruinhoogte meegenomen. Per 25 meter is een dwarsprofiel aangeleverd, waarmee op basis van de nieuwe teenhoogte, kruinhoogte en verschil in oppervlakte, de verplaatsing van de hoogwatervrijlijn kon worden berekend (Afbeelding 3.2). Tussen de 25 m dwarsprofielen is de verschuiving geïnterpoleerd. Oppervlaktewijzigingen van versterkingen die kleiner zijn van 1m² zijn niet meegenomen.

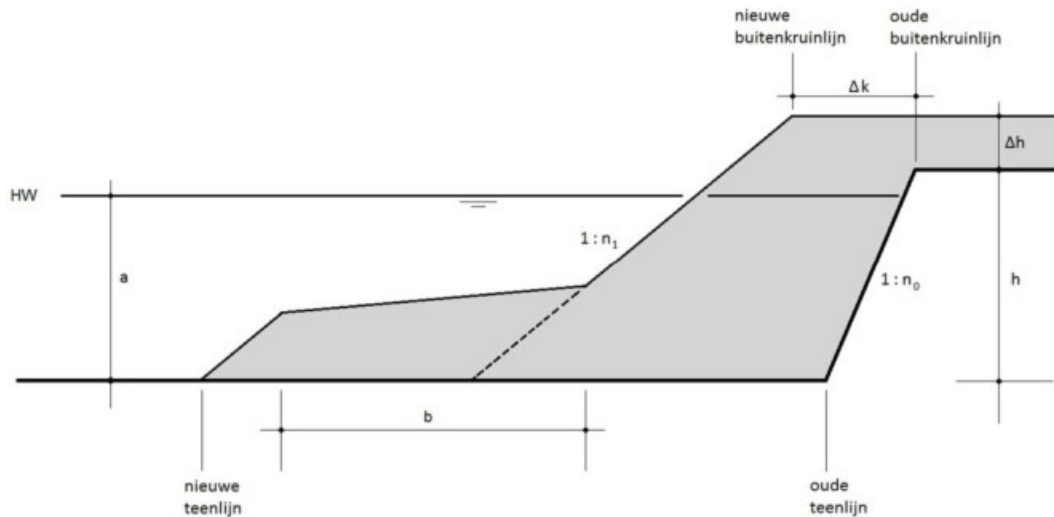
In deze schematisatie van de dijkversterking zijn naast deze verschuiving van de hoogwatervrijlijn een aantal extra onderdelen meegenomen, namelijk:

1. Opritten van het maaiveld naar de dijk. Met Rijkswaterstaat¹ is afgesproken dat oppervlaktewijzigingen van opritten die parallel tegen het dijktaalud aanliggen, meegenomen worden in de hoogwatervrijlijnverschuiving. Het extra volume van de oprit wordt meegenomen in de berekening van de hoogwatervrijlijn verschuiving (Δx). Zie Afbeelding 3.1 voor een schematische weergave.

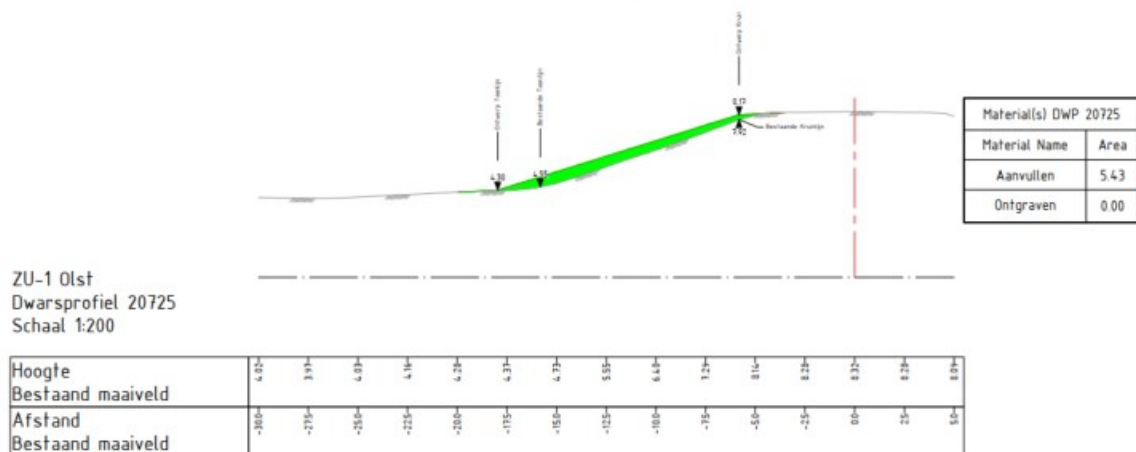
¹ Overeengekomen met  Rijkswaterstaat op 23 november 2022



2. Opritten die worden aangepast én die haaks op de dijk liggen, moeten apart worden geschematiseerd door hoogtelijnen en kades middels het Baseline handboek [ref. 4].
3. Een sterke afname van volume van de dijk. Hierdoor zou in enkele gevallen de hoogwatervrijlijn achter de bandijk komen te liggen. De grens van het model wordt bepaald door hoogwatervrijlijn en de bandijk afhankelijk welke het dichtste bij de rivier ligt. Omdat het om enkele gevallen gaat waarbij de locatie in de luwte van de stroming ligt, is er voor gekozen om de bandijk niet mee te verplaatsen.



Afbeelding 3.1 schematische weergaven van de rivierwaartse dijkversterking [ref. 4]



Afbeelding 3.2 voorbeeld dwarsprofiel uit dijkmodule Zuid 1.

3.2 Algemene uitgangspunten

De volgende uitgangspunten zijn aangehouden bij het bepalen van de rivierkundige effecten:

- Verplaatsing van hoogwatervrijlijn: cf ontwerpnota's van de 12 dijkmodules.
- Bodemhoogte van uiterwaardaanpassingen (afwijkend van verplaatsing hoogwatervrijlijn):
 OL1-ZU2 [RIVIER].dwg d.d. 6 mei 2022
 OL1-MZ2 [Rivier].dwg d.d. 24 november 2022
 OL1-MN1 [RIVIER].dwg d.d. 29 november 2022
 OL1-MN2 [RIVIER].dwg d.d. 29 november 2022
 OL1-NO2 [RIVIER].dwg d.d. 29 november 2022
-
- Ruwheden: Ongewijzigd ten opzichte van de referentie.
- Arcgis-versie: 10.3.1;
- Baseline-versie: 5.3.4;
- Baseline-referentie: Baseline-rijn-beno18_5-v1;
- het gehanteerde WAQUA-deelmodel van de referentie: waqua-rijn-beno18_5_20m_ijssel-v1;
- Ingemixte maatregelen :
 - ij_herxer_a1
 - ij_zoref_a3
 - ij_herxer_v01
- Simona-versie: 2021;
- de waterstandsverschillen zijn gebaseerd op de zogenaamde last 25;
- ruwheidsdefinities; roughcombination-general-2015_5-v1, roughcombination-rijn_nrlk-2015_5-v2;
- rivierkundig Beoordelingskader versie 5.0 [ref. 1] Verder in dit document aangeduid als RBK.
- rivierkundige effecten zijn bepaald tijdens Normaal Hoog Water (Boven-Rijn afvoer 10.000 m³/s) afgekort als NHW en bij de Hoogwaterreferentie afgekort als HWR (16.000 m³/s), beide uitgaande van een vaste afvoerverdeling bij splitsingspunten Pannerdensche Kop en IJsselkop. Zowel de effecten bij NHW als bij de HWR zijn leidend voor de beoordeling op hoogwaterveiligheid. Bij NHW stroomt de hoogwatergeul Veessen-Wapenveld (nog) niet mee, bij de HWR is dit wel het geval;
- er is gerekend met stationaire afvoerniveaus, er zijn geen afvoergolven gesimuleerd.

Naamgeving rapportage	Naamgeving Baseline	Ingemixte maatregelen	Baseline referentie
Referentie	Beno185-v2	ij_herxer_a1 ij_zoref_a3 ij_herxer_v01	rijn-beno18_5_20m_ijssel-v1
Variant	Beno185_dk_r3d	ij_herxer_a1 ij_zoref_a3 ij_herxer_v01 IJ_dk_v3d	rijn-beno18_5_20m_ijssel-v1

Tabel 3.2 Overzicht naamgeving van de referentie en de variant



4. Variant en implementatie in modellen

4.1 Introductie

De rivierkundige en de morfologische effecten van de dijkversterking worden beschreven in dit rapport. De beoordeling is gedaan voor een vergelijking van de huidige situatie, ook wel de referentiesituatie, met de Baseline schematisatie van het OL1 ontwerp, vanaf nu variant genoemd. In dit hoofdstuk worden de referentiesituatie en de variant beschreven voor de bodemhoogte en overlaten. De ruwheden blijven ongewijzigd ten opzichte van de referentiesituatie. De naamgeving van de referentie (en de variant) staat in Tabel 3.2.

4.2 Referentie

De bodemligging van de referentiesituatie is weergegeven in Afbeelding 4.1 en in bijlage 9.2. De referentiesituatie voor dit project is de huidige situatie inclusief vergunde maatregelen. Het ruwheidsmodel van de referentiesituatie is weergegeven in Afbeelding 4.2 en bijlage 9.3

In één van de vergunde maatregelen (ij_zoref_a3) is reeds een wijziging aan de oostelijke dijk inbegrepen, waarbij de hoogwatervrijlijn in rivierwaartse richting is verplaatst. De roosterbegrenzing voor de referentie is om deze reden opgebouwd uit een combinatie tussen de grens gebaseerd op de bandijk en op de hoogwatervrijlijn. In bijlage 9.4 is een voorbeeld uit de referentie hoe de twee type lijnen (roze en zwart) zorgen voor een verkleining van het rekenrooster.



4.3 Variant

4.3.1 Dijkversterking

In Afbeelding 4.3, Afbeelding 4.4, en bijlages 9.6 en 9.7 zijn de Baseline schematisatie van het hoogtemodel en het ruwheidsmodel van de dijkversterking weergegeven. De dijkversterking vertaalt zich in de Baseline door als een verschuiving van de hoogwatervrijlijn ("de dijk"). In enkele gevallen wijzigt het hoogtemodel als gevolg van aanpassingen in het maaiveld, zoals een klei-ingraving of een oprit haaks op de dijk.

De dijkversterking wordt geschematiseerd als verplaatsing van de hoogwatervrijlijn. De aanpak van de verschuiving is toegelicht in hoofdstuk 3.1.1 en in bijlage 15 van het RBK [ref. 4]. Binnen het project is het projectgebied opgesplitst in twaalf dijkmodules (Afbeelding 2.1). De dijkmodules zijn aangehouden om een overzicht te geven in Tabel 4.1 van de gemiddelde verschuiving van de hoogwatervrijlijn op basis van het ontwerp. In een aantal van de dijkmodules zijn de wijzigingen aan de buitenzijde van de dijk beperkt en verschuift de hoogwatervrijlijn daardoor minimaal. In andere dijkmodules worden er grotere wijzigingen aangebracht aan de buitenzijde van de dijk. Dit leidt tot grotere verschuivingen van de dijk, zowel rivierwaarts als binnenwaarts.

De verschuiving van de hoogwatervrijlijn leidt niet per direct tot een verkleining van het rekenrooster. Pas als meer dan 50% van een rekencel wordt afgedekt door een hoogwatervrijlijn, valt de cel uit het rekenrooster. Roostercellen langs de dijk zijn grofweg 20 m lang en 10 m breed, daardoor hebben lang niet alle dijkversterkingen effect op de roosterbegrenzing van het rekenrooster (en daarmee op de waterbewegingen). In bijlage 9.8 is naast het hoogtemodel ook de rand van het model weergegeven. Hierin is de doorvertaling te zien van de hoogwatervrijlijn naar roostergrenzen op het WAQUA rooster. In bijlage 9.10 is het verschil te zien tussen de referentie en de variant. Het gevolg hiervan is dat in sommige situatie een wijziging niet zichtbaar is in de variant. In andere gevallen is het effect groter, omdat er een volledige roostercel van 10 m vervalst in de variant, terwijl de daadwerkelijke verplaatsing minder is. Daarnaast geeft het rooster een hoekige vorm aan de dijk die er in werkelijkheid niet is. Ook dit kan zorgen voor grotere effecten dan er in werkelijkheid zullen zijn.

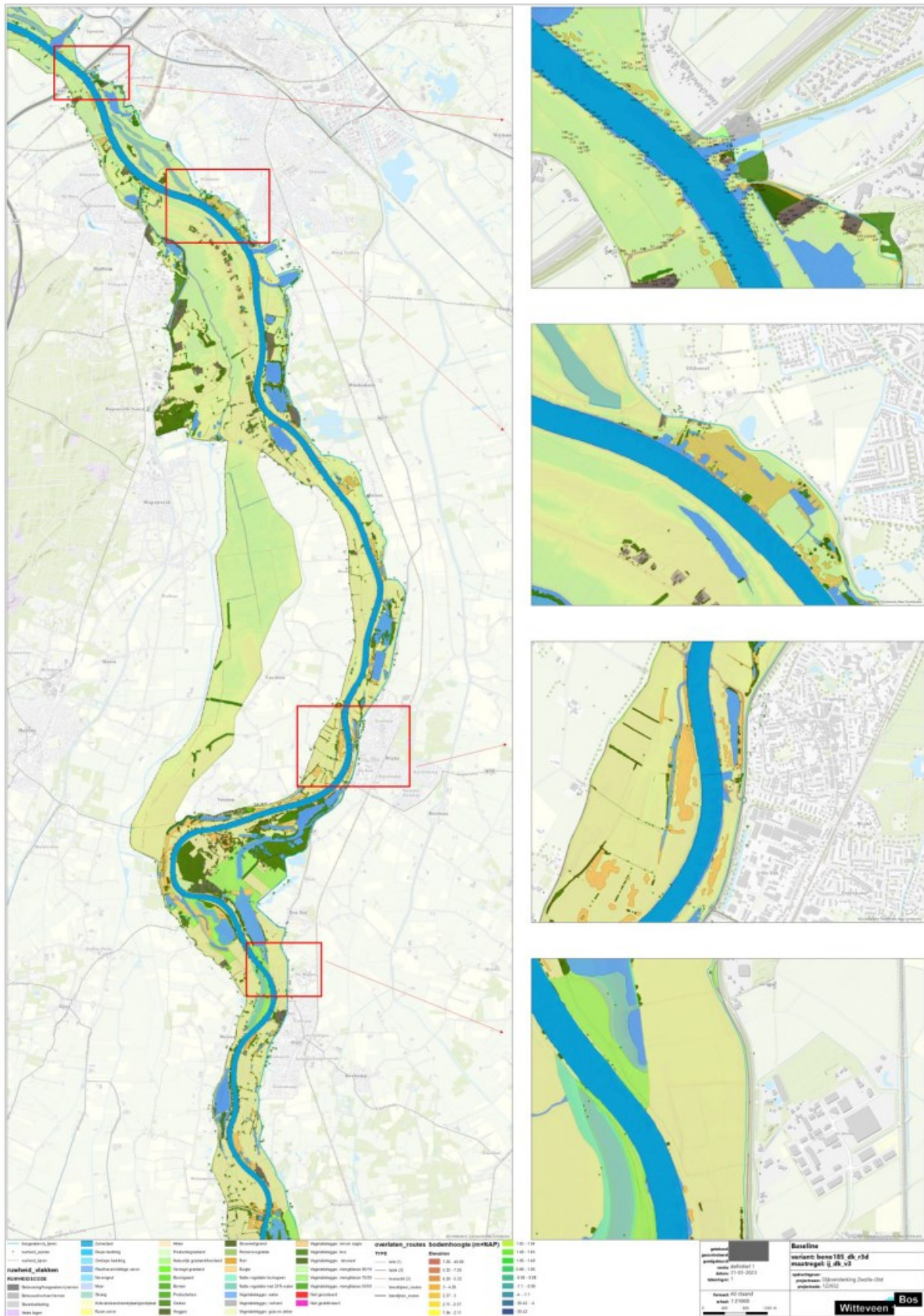


Dijkmodules	Lengte (m)	Start rkm	Eind rkm	Gemiddelde verschuiving (m)*	Maximale verschuiving buitendijkse richting (m)*	Maximale verschuiving binnendijkse richting (m)*
Zuid 1	3786	952,5	956,6	-0,9	-2,8	+1,8
Zuid 2	2177	957,3	959,4	-3,2	-10,4	+6,1
Zuid 3	3021	959,4	964,5	0	-3,8	+2,1
Midden Zuid 1	1200	964,5	965,6	-0,2	-1,7	+0,9
Midden Zuid 2	2799	965,6	968,2	-0,6	-16,4	+9,9
Midden Zuid 3	2918	969,1	971,7	0,0	-2,5	+0,6
Midden Noord 1	2493	971,7	974,5	+0,9	-5,4	+5,5
Midden Noord 2	2897	974,5	975,9	+0,5	-5,4	+5,6
Midden Noord 3	1110	975,9	976,8	-0,2	-3,7	+0,7
Noord 1	1950	976,8	979	-0,1	-3,1	+2,6
Noord 2	1268	979	979,9	-2,0	-9,2	+9,5
Noord 3	800	979,9	980,7	-0,2	-4,3	+4,9

Tabel 4.1 Overzicht van de wijziging van de hoogwatervrijlijn ingedeeld per dijkmodule.

*Een negatieve verschuiving is buitenwaarts (naar de rivier toe) een positieve verschuiving is binnenwaarts (van de rivier af).





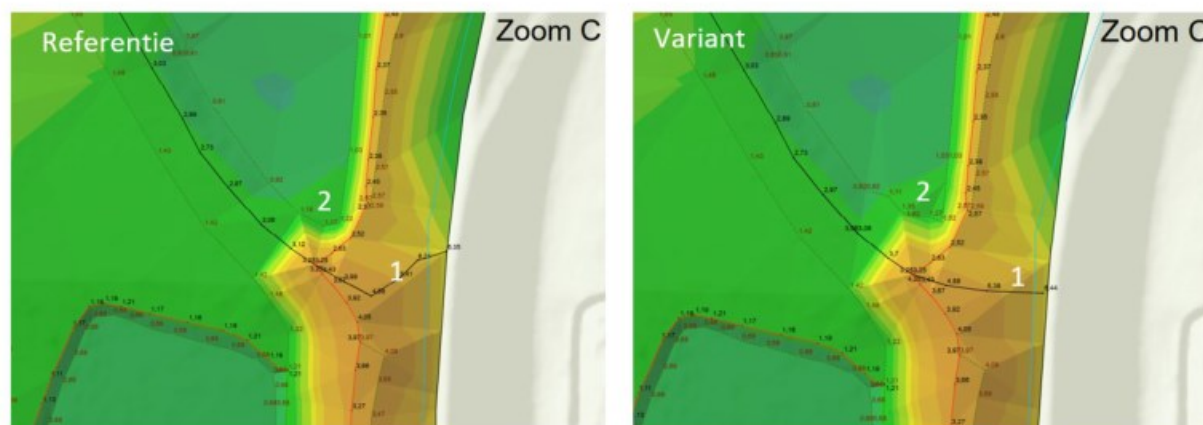
Afbeelding 4.4 ruwheidsmodel voor de variant voor het gehele projectgebied en vier ingezoomde locaties.

4.3.2 Aanpassingen in de uiterwaard

De schematisatie van de dijkversterking vindt niet enkel plaats door de verschuiving van de hoogwatervrijlijn. Een aantal onderdelen van het ontwerp van de dijkversterking, zoals opritten, zijn geschematiseerd als aparte aanpassingen in de uiterwaard. Deze verschillende onderdelen staan benoemd in Tabel 4.2 en zijn middels de Baseline richtlijnen geïmplementeerd in het hoogtemodel [ref. 9]. In bijlage 9.9 en Afbeelding 4.5 is het hoogtemodel van de variant opgenomen en in bijlage 9.5 is ter vergelijking het referentie hoogtemodel van deze locaties opgenomen. Een voorbeeld van de aanpassingen staan in Afbeelding 4.5.

Naamgeving	Dijkmodule	Rkm	Dijkkilometer	Beschrijving
Aanpassing A	Noord 2	979,8	53-45150	Oprit die dwars op de dijk ligt
Aanpassing B	Midden Noord 1	974,4	53-37975	Oprit die dwars op de dijk ligt
Aanpassing C	Midden Noord 1	973,2	53-36600	Oprit die dwars op de dijk ligt
Aanpassing D	Midden Zuid 2	966,7	53-29900	Klei-ingraving voor de teen van de dijk, waardoor maaiveld verhoogd is
Aanpassing E	Zuid 2	958	53-23200	Klei ophoging tegen de dijk verwijderd
Aanpassing F	Zuid 1	952,9	53-1820	Kleine wijziging oprit. Enige aanpassing is breuklijn weggehaald

Tabel 4.2 Overzicht van de overig geïmplementeerde aanpassingen in de uiterwaard van het hoogtemodel



Afbeelding 4.5 bodemmodel voor referentie (links) en variant (rechts) waarbij de oprit is aangepast bij nummer 1 (kade) en 2 (breuklijn).

4.3.3 Natura 2000-compensatie glanshaverhooiland

Aanleiding

Als gevolg van dijkversterking Zwolle - Olst in Natura 2000-gebied is er een compensatie-opgave voor glanshaverhooiland. Hiervoor is in samenspraak met terreinbeheerder Staatsbosbeheer naar een geschikte locatie gezocht. Deze is gevonden in de uiterwaard nabij rivierkilometer 968.

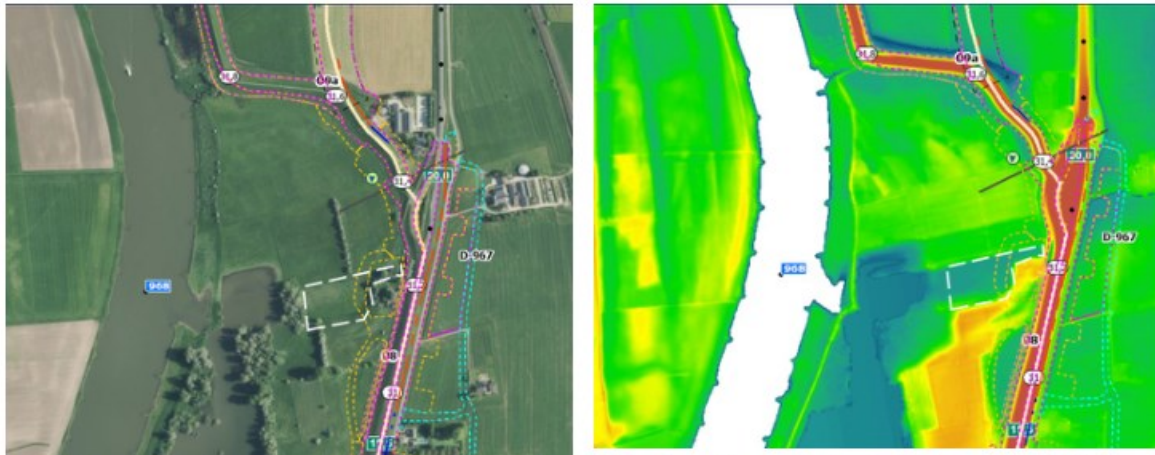
Beschrijving

De Natura 2000-compensatieopgave bestaat 0,8 hectare glanshaverhooiland. Glanshaverhooiland gedijt goed als deze een paar keer per jaar overstroomt. Uitgangspunt is daarom een overstromingsduur van ongeveer 5 dagen per jaar.

Het beoogde gebied ligt in de uiterwaard ten zuiden van Paddenpol ter hoogte van rivierkilometer 968, zie Afbeelding 4.6. Het gebied is een voormalige kleiwinlocatie en ligt daarom relatief laag in de uiterwaard. Direct bovenstrooms van het gebied ligt een relatief hoog deel van de uiterwaard. Dit is ook zichtbaar in de foto tijdens het recente hoogwater (Afbeelding 4.7).

De uiterwaard inundeert vanaf een afvoer van ongeveer 4.500 m³/s bij Lobith (zomerkade hoogte 2,8 m+NAP) en stroomt mee vanaf ongeveer 5000 - 5500 m³/s (zomerkade hoogte 3,2 m+NAP).

Beoogde hoogte van het compensatiegebied is 3,65 m+NAP (ingeschat op basis van betrekkinglijnen 2018, [ref. 6]). Het terrein wordt dus opgehoogd om een inundatieduur van minder dan 5 dagen/jaar te bereiken. Met flauwe taluds wordt aangesloten op het omringende maaiveld.



Afbeelding 4.6 locatie compensatie glanshaverhooiland (witte streeplijnen). Links: luchtfoto, rechts: AHN4-kaart van het gebied.



Afbeelding 4.7 impressie compensatiegebied (zwarte streeplijnen) tijdens het hoogwater, opname d.d.18 december 2023.

Methode effectinschatting

Voor het inschatten van de rivierkundige effecten van de compensatie van glanshaverhooiland is in samenspraak met Rijkswaterstaat gebruikt gemaakt van expert judgement.

Voor hoogwaterveiligheid is een analytische inschatting gemaakt met de analytische methode van Berben [ref. 11]. Met deze vuistregel kan opstuwing bij kleine obstakels ingeschat worden. Aanname in deze vuistregel is dat een obstakel in het winterbed zorgt voor blokkering van een deel van de rivierafvoer en dat dit leidt tot een even toename van de zomerbedafvoer. Hierdoor wordt het verhang in de rivier groter ter plaatse van het obstakel. Vermenigvuldiging van de toename in het verhang met de lengte van het obstakel geeft de opstuwing. Voor de formules wordt verwezen naar [ref. 11].

Daarnaast is ter controle een grove schaduwberekening uitgevoerd met het rivierkundige model van de IJssel, omdat de opstuwing zoals bepaald met de vuistregels hoger was dan verwacht. In deze grove schaduwberekening is de bodemhoogte in het WAQUA model ter plaatse van de compensatie aangepast naar 3,65 m+NAP. De overlaten en ruwheden zijn niet aangepast.

De resultaten van deze effectinschatting zijn opgenomen in hoofdstuk 6.



5. Rivierkundige effectanalyse dijkversterking

In dit hoofdstuk worden de rivierkundige effecten van de variant beschreven en beoordeeld. Hiervoor zijn WAQUA-berekeningen uitgevoerd voor de hoogwaterreferentie afvoer (HWR) van 16.000 m³/s en normaal hoogwater (NHW) van 10.000 m³/s. De gepresenteerde afbeeldingen zijn uitvergroot in bijlage 9.11

5.1 Hoogwaterveiligheid

5.1.1 Hoogwaterreferentie op de as van de rivier

De waterstandsverschillen op de rivieras veroorzaakt door de variant zijn weergegeven in Afbeelding 5.1. Binnen het projectgebied wijzigt de waterstand ten opzichte van de referentie en is er sprake van zowel een waterstandstoename als een waterstandsafname. Het belangrijkste resultaat is dat ten alle tijden de waterstandstoename onder de grens van 1 mm blijft.

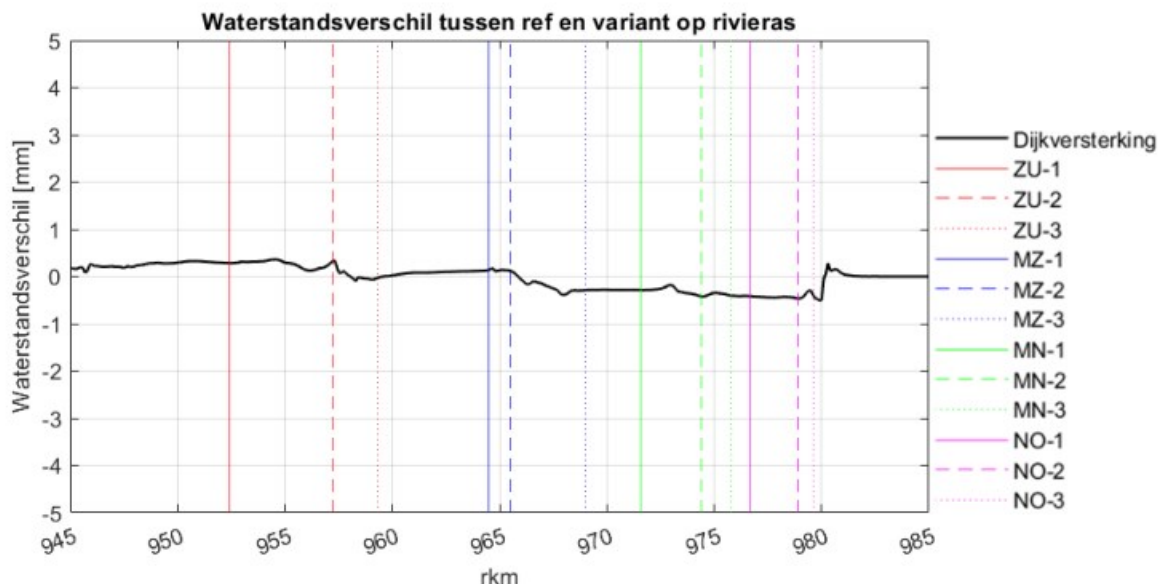
In sommige delen, bijvoorbeeld ter hoogte van rkm 980,1, zorgt een verruiming van het doorstroomoppervlakte (aan de buitenwaartse kant van de dijk wordt grond verwijderd) voor een waterstandsverlaging. In sommige bovenstroomse gelegen dijktrajecten, verschuift de hoogwatervrijlijn ook binnenwaarts. Hierdoor blijft de waterstandsdeling stabiel in plaats van een afnemende stuwkromme. In het zuidelijke gebied van het project (dijkmodules Middenzuid-2, Zuid 1 en Zuid 2) zorgt de dijkversterking voor een buitendijkse verplaatsing van de hoogwatervrijlijn.

De maximale opstuwing is ongeveer een halve millimeter en wordt bereikt bij rkm 954,6, hier is de hoogwater-vrijlijn verplaatsing circa 1,5 m buitendijks.

Ook de aanpassingen aan de opritten die dwars in de uiterwaard liggen, zorgen niet tot noemenswaardige wijzigingen op de rivieras.

Conclusie

Met betrekking tot de waterstandseffecten op de rivieras, voldoet de dijkversterking aan het RBK en wordt het criterium van 1 mm waterstandstoename niet overschreden.



Afbeelding 5.1 Waterstandsverschil op de rivieras (mm) voor HWR voor de variant ten opzichte van de referentiesituatie. De stroomrichting is van links naar rechts.

5.1.2 Hoogwaterreferentie buiten de as van de rivier

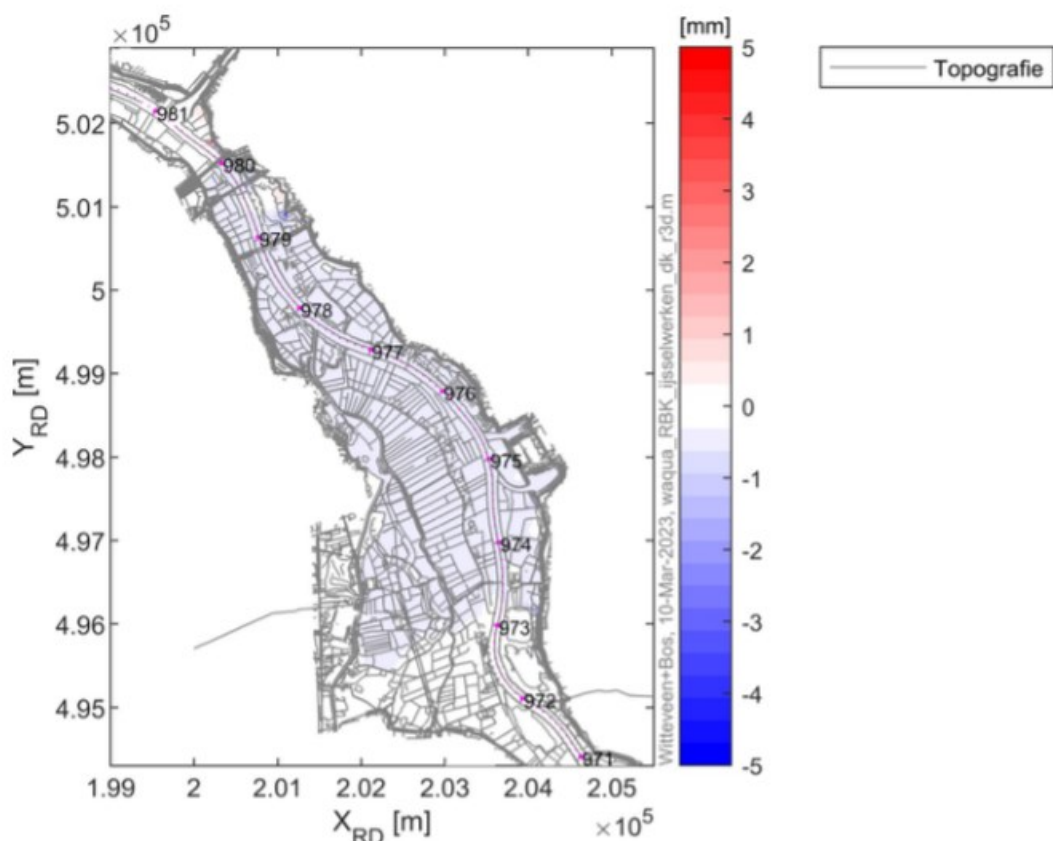
Het tweedimensionale waterstandsverschil tijdens HWR (16.000 m³/s) tussen de variant en de referentiesituatie is weergegeven in Afbeelding 5.2, Afbeelding 5.3 en Afbeelding 5.4. Hieruit blijkt dat de waterstanden in de uiterwaard zeer beperkt wijzigen. De orde grootte van de wijzigingen liggen binnen de orde van millimeters. Een aantal resultaten zijn te benoemen:

- in het noordelijke gedeelte (dijkmodules Noord 2, Noord 1, Midden-Noord 3, Midden-Noord 2 en gedeeltelijk Midden-Noord 1) van het project gebied daalt de waterstand in de uiterwaard in de orde van 1 - 2 mm. De daling wordt veroorzaakt door een verruiming van uiterwaard bij rkm 980,1, 978,3, 975,0 en 973,3.
- In het middelste gedeelte (dijkmodule Midden-Zuid 2) van het project daalt de waterstand op de uiterwaard op enkele locaties. Opnieuw zijn de wijzigingen beperkt tot enkele millimeters en bevinden deze zich op locaties waarbij de dijkversterking zorgt voor een verruiming van de uiterwaard, zoals bij rkm 968, 967 en 966.
- In het zuidelijkste gedeelte (dijkmodules Zuid 3, Zuid 2 en Zuid 1) van het project zijn er grotere verschillen in de waterstand zichtbaar. De waterstandsverschillen in de uiterwaard zijn met name merkbaar langs de primaire waterkering op tussen rkm 951 en 955,5 en van rkm 957 tot 958. De maximale afname is ongeveer 1-2 cm (rkm 958,0) en de maximale toename is ongeveer 1 cm (rkm 957,6). De maximale waterstandsafname wordt veroorzaakt door het weghalen van een kleibult tegen de dijk bij rkm 958,0. De maximale waterstandstoename is alleen merkbaar langs de dijk van WDODelta en niet aan de overzijde van IJssel.

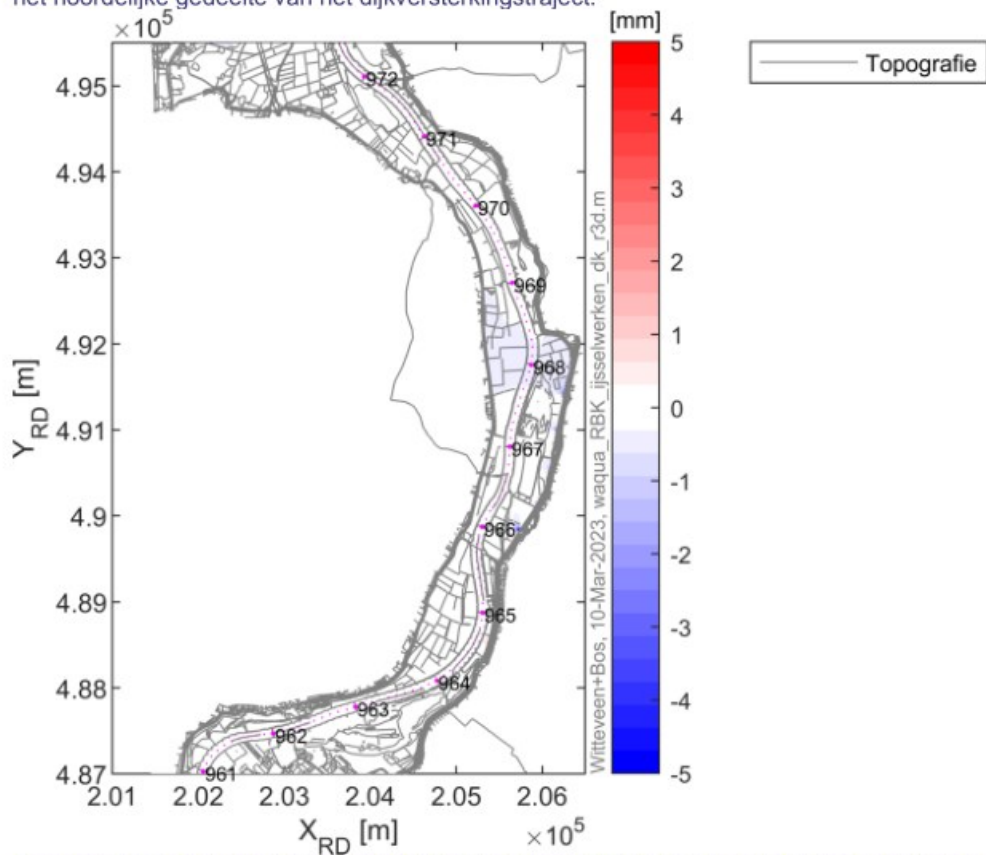
Conclusie

De waterstand in de uiterwaard wijzigt in de orde van millimeters. Lokaal langs de teen van de te versterken dijk van WDODelta zijn de grootste waterstandsverschillen (ongeveer -1 tot +2 cm). De effecten van de dijkversterking voldoen hiermee aan het RBK indien de waterkeringbeheerder (WDODelta) hiermee akkoord gaat.

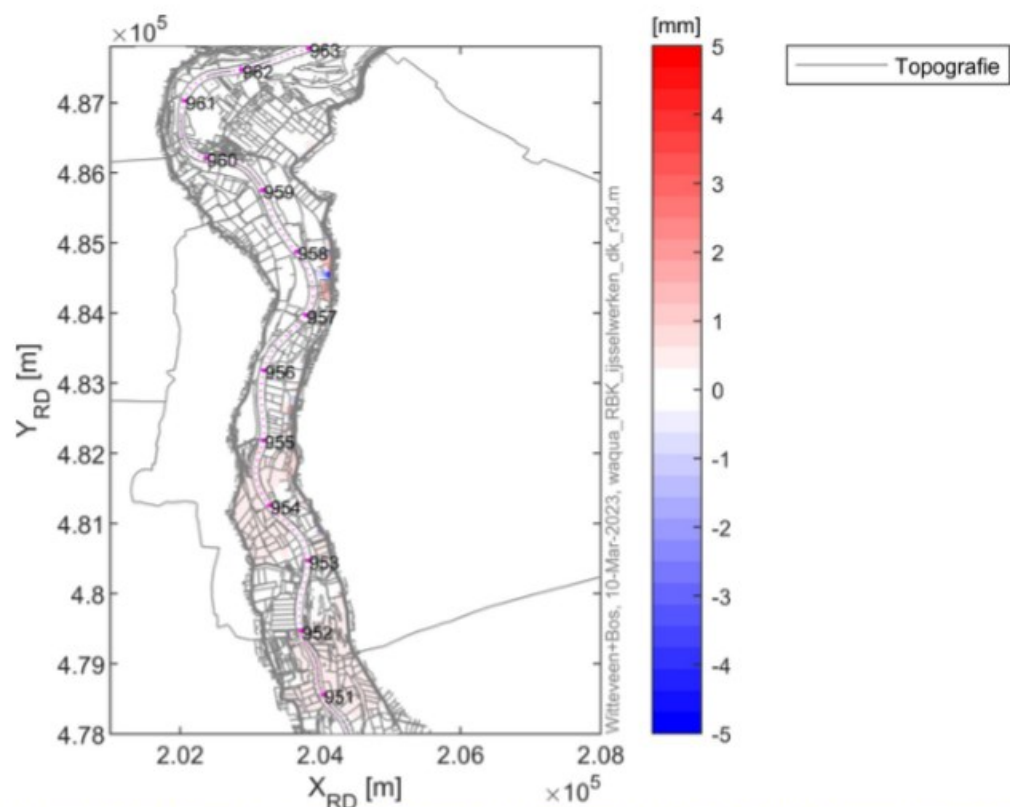




Afbeelding 5.2 Verschil in waterstand bij een afvoer van 16.000 m³/s (HWR) tussen de variant en de referentie in het noordelijke gedeelte van het dijkversterkingstraject.



Afbeelding 5.3 Verschil in waterstand bij afvoer van 16.000 m³/s (HWR) tussen de variant en de referentie in het middelste gedeelte van het dijkversterkingstraject.



Afbeelding 5.4 Verschil in waterstand voor een afvoer van 16.000 m³/s (HWR) tussen de variant en de referentie in het zuidelijkste gedeelte van het dijkversterkingstraject.

5.1.3 Afvoerdeling bij Pannerdensche Kop en IJsselpop

Een voorwaarde voor ingrepen langs de rivieren is dat de afvoerdeling niet te veel mag wijzigen. Op basis van de zeer beperkte waterstandsverschil op de rivieras (orde halve mm) en de beperkte reikwijdte van de waterstandseffecten (~20 km), is te concluderen dat de dijkversterking geen invloed heeft op de afvoerdeling bij Pannerdensche Kop en IJsselpop. Daarmee voldoet de variant voor de maatgevende Boven-rijn afvoer aan deze RBK-eis.

Conclusie

Met betrekking tot afvoerdeling ter plaatse van de IJsselpop, voldoet de variant aan het RBK.

5.1.4 Invloed op ijsafvoer

De dijkversterking zorgt voor een verandering in de breedte van de uiterwaard. De gemiddelde verplaatsing is 40 cm rivierwaarts. De overige inrichting van de hoofdgeul en de uiterwaarden blijft onveranderd. Dit betekent dat het afvoeren van het ijs en de kans op vorming van ondieptes in de hoofdgeul en in de uiterwaard onveranderd blijft ten opzichte van de referentiesituatie.

In enkele gevallen worden bestaande opritten die dwarsliggen ten opzichte van dijk iets aangepast. De aanpassingen zijn zeer beperkt en geven geen nieuwe aanleiding voor hinder op de ijsafvoer.

Conclusie

De ijsafvoer van de hoofdgeul wordt niet beïnvloed door de dijkversterking. Op de uiterwaard zelf kan ook een gestroomlijnde afvoer van ijs plaats vinden. Hiermee voldoet de variant aan het RBK.

5.2 Hinder of schade door hydraulische effecten

5.2.1 Waterstanden en inundatiefrequentie uiterwaarden

In het RBK is opgenomen dat locatie specifiek gekeken moet worden naar wijzigingen van waterstanden en inundatiefrequentie van de uiterwaarden. Afhankelijk van het gebruik van de uiterwaard, bijvoorbeeld natuur of landbouw is het van belang om te weten of de uiterwaard vaker of minder vaak zal inunderen.

De waterstandswijzigingen in de uiterwaard gerelateerd aan de dijkversterking zijn in de orde van enkele millimeters. Zomerkades zullen daardoor niet noemenswaardig eerder of later overstromen. Daarnaast zijn de waterstandseffecten in de uiterwaard lokaal, waardoor de waterstandswijziging geen invloed heeft op de inundatiefrequentie van andere uiterwaarden.

Conclusie

De dijkversterking leidt niet tot wijzigingen in inundatiefrequentie. De variant voldoet aan het RBK.

5.2.2 Stroombeeld in de uiterwaard

In het RBK is opgenomen dat verandering in de stroomsnelheden inzichtelijk gemaakt moeten worden en dat absolute stroomsnelheden boven de 0,3 en 0,7 m/s inzichtelijk gemaakt moet worden.

In Afbeelding 5.5, Afbeelding 5.6 en Afbeelding 5.7 zijn de verschillen in stroomsnelheden tussen de referentie en variant getoond en de absolute stroomsnelheden voor variant. Hieruit blijkt dat in bijna het volledige projectgebied er geen grote wijzigingen zijn in stroomsnelheden. Enkel lokaal bij de dijkversterking veranderd de stroomsnelheid, waarbij de meeste verschillen kleiner zijn dan 0,1 m/s. In Tabel 5.1 staat per dijkmodule voor de maximale buitendijkse verschuiving het effect op de stroomsnelheid bij de primaire waterkering. Bij de volgende vier locaties neemt de stroomsnelheid toe tot boven de 0,3 m/s:

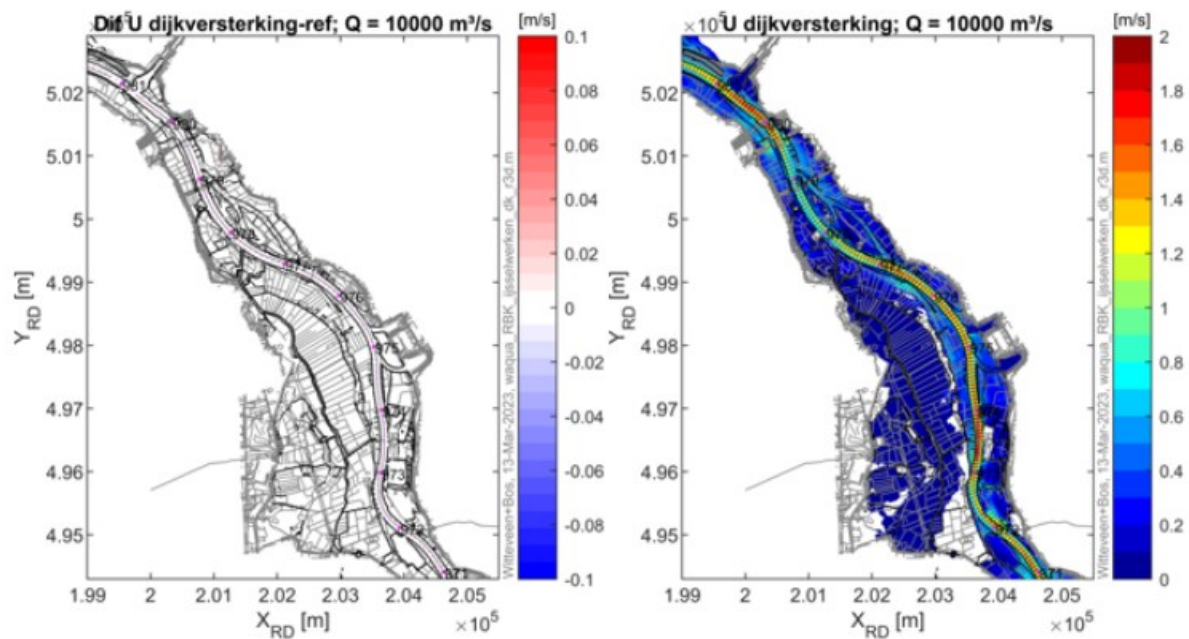
1. Bij km 966,1 wordt het grondwerk voor een rotonde aangelegd, waarbij een gedeelte buitendijks komt te liggen. De afname van het doorstroomoppervlakte zorgt voor een lokale toename van 0,13 m/s waarbij de absolute stroomsnelheid 0,56 m/s wordt
2. Bij de rkm 960,1 een toename van 0,05 m/s waarmee de absolute stroomsnelheid 0,43 m/s wordt.



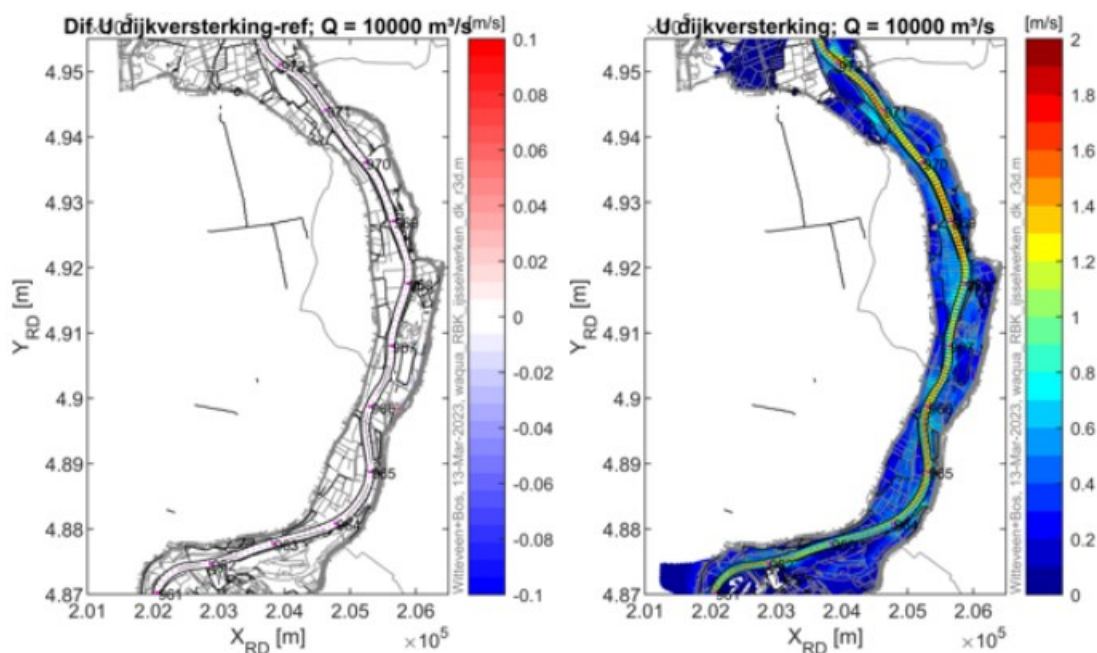
3. Bij rkm 958 wordt een kleibult tegen de dijk verwijderd. Hierbij neemt op de locatie van de verwijderde kleibult de stroomsnelheid t.o.v. de referentiesituatie toe met 0,13 m/s tot een absolute waarde van 0,5 m/s.
4. Bij rkm 957,5 neemt de stroomsnelheid toe met 0,07 m/s, waardoor de absolute stroomsnelheid toeneemt tot 0,34 m/s. Dit wordt veroorzaakt door een afname van het stroomoppervlakte. De hoogwatervrijlijn verschuift rivierwaarts met circa 8 m.

Conclusie

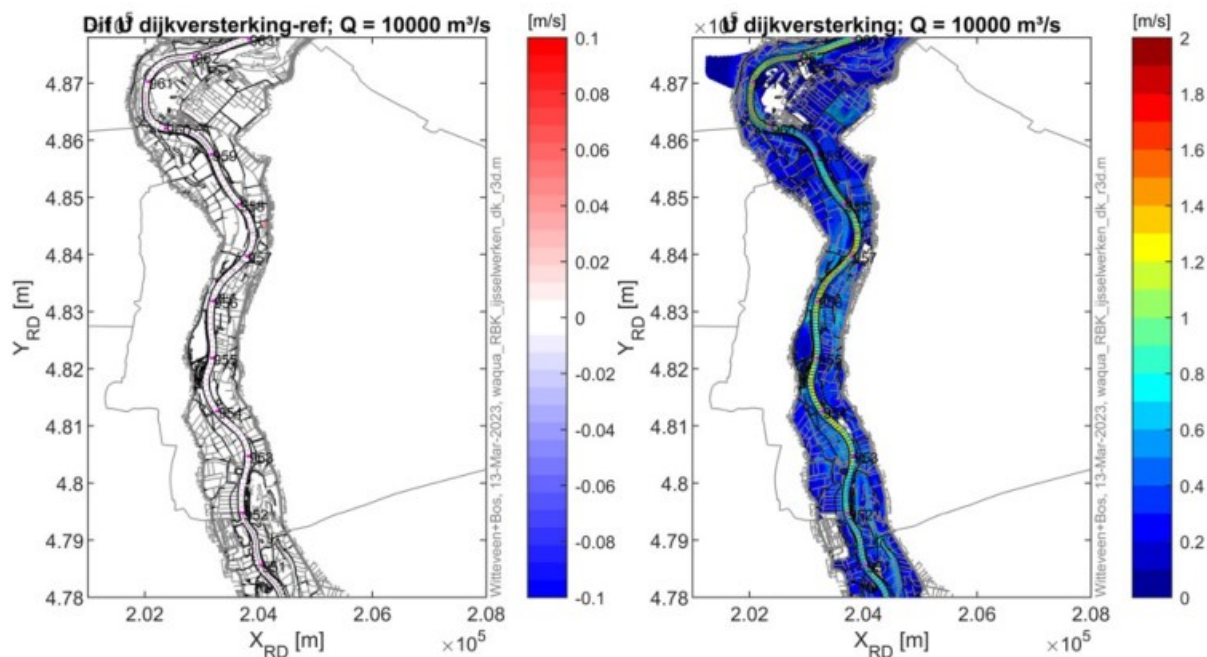
De dijkversterking leidt enkel lokaal tot stroomsnelheidsverschillen. Hierbij blijft over het algemeen het verschil t.o.v. de referentie beperkt (minder dan 0,1 m/s), waardoor op deze locaties ook de absolute stroomsnelheid beperkt blijft. Op vier locaties is de absolute stroomsnelheid in de variant groter dan 0,3 m/s (maar kleiner dan 0,7 m/s). Hiermee voldoet de variant aan het RBK.



Afbeelding 5.5 Noordelijk deel van het projectgebied. Verschil in stroomsnelheden tussen de referentie en de variant (links) en absolute stroomsnelheid voor variant (rechts) voor een afvoer van 10.000 m³/s



Afbeelding 5.6 middelste stuk van het projectgebied. Verschil in stroomsnelheden tussen de referentie en de variant (links) en absolute stroomsnelheid voor variant (rechts) voor een afvoer van 10.000 m³/s



Afbeelding 5.7 zuidelijke gedeelte van het projectgebied. Verschil in stroomsnelheden tussen de referentie en de variant (links) en absolute stroomsnelheid voor variant (rechts) voor een afvoer van 10.000 m³/s

5.2.3 Stroombeeld in vaarweg

In overleg met Rijkswaterstaat is afgesproken om de effecten van de dijkversterking op de dwarsstroming kwalitatief te bepalen omdat de te verwachten effecten dermate klein zijn, dat een kwalitatieve aanpak volstaat. De dijkversterking kan invloed hebben op de dwarsstroming wanneer het een merkbaar effect heeft in de stroomsnelheden op de rand van de uiterwaard.

De afbeeldingen met verschil in stroomsnelheden (Afbeelding 5.5, Afbeelding 5.6, Afbeelding 5.7) tonen dat de effecten van de dijkversterking klein zijn en zich concentreren bij de primaire kering. Op de rand van het winter/zomerbed zijn geen veranderingen in stroomsnelheden zichtbaar. Zelf op een schaal van 0,0001m/s zijn er geen wijzigingen met de referentiesituatie zichtbaar. Zonder wijziging in stroomsnelheden kan ook de sterkte van de dwarsstroming niet veranderd zijn. Als de stromingsrichting lokaal wijzigt moet dit in de nabijheid ook zichtbaar zijn in de sterkte van de stroomsnelheden. De dwarsstroming is namelijk de haakse component van de wijziging in stroomsnelheid. In Tabel 5.1 staat per dijkmodule voor de maximale buitendijkse verschuiving het effect op de stroomsnelheid in het zomerbed.

Op basis van de resultaten zijn er geen locaties waarbij een wijziging in de dwarsstroming wordt verwacht.

Dijk-module s	Maximale verschuiving buitendijkse richting (m)*	dwars- profiel nummer	rkm	Afstand tot zomerbed (m)* vanaf nieuwe dijk ligging	verandering g stroomsne- lheid in het zomerbed	verandering stroomsnel- heid in de uiterwaard (m/s)	Opmerking
Zuid 1	-2,8	20025	954, 8 - 954, 9	426	0 m/s	0,04 m/s	
Zuid 2	-10,4	22625	957, 6	232	0 m/s	0,07 m/s	
Zuid 3	-3,8	25125	962, 0	1313	0 m/s	0,02 m/s	
Midden Zuid 1	-1,7	27950	964, 8	88m	0 m/s	0,07 m/s	
Midden Zuid 2	-16,4	29125	966, 1	340	0 m/s	0,13 m/s	
Midden Zuid 3	-2,5	34250	970, 6	411	0 m/s	0 m/s	geen wijziging in WAQUA schematisat ie
Midden Noord 1	-5,4	38025	974, 5	478	0 m/s		
Midden Noord 2	-5,4	38025	974, 5	478	0 m/s	-0,06 m/s 0,01 m/s	
Midden Noord 3	-3,7	41375	976, 2	252	0 m/s	0,04 m/s	
Noord 1	-3,1	42875	977, 7	623	0 m/s	0 m/s	geen wijzigingen in WAQUA schematisat ie
Noord 2	-9,2	44475	979, 4	398	0 m/s	0,05 m/s	



Noord 3	-4,3	46000	980, 5	260	0 m/s	0,0 m/s	Geen wijziging in WAQUA schematisat ie
---------	------	-------	-----------	-----	-------	---------	--

Tabel 5.1 Wijzigingen in stroomsnelheid bij de primaire kering en in het zomerbed voor de maximale buitendijkse verschuiving per dijkmodule. Wanneer een verschuiving niet leidt tot een wijziging in het rooster, is er geen verschil met de referentie.

Conclusie

Er zijn geen verandering in stroomsnelheid en stroombeeld voor de hoofdgeul, daardoor zal er ook geen wijziging in de dwarsstroming ontstaan en voldoet de variant aan het RBK.

5.2.4 Effecten op afvoerverdeling IJsselkop

De verandering in afvoerverdeling voor de overeengekomen lage afvoer (OLA = 1.020 m³/s) mag niet groter zijn dan 1 m³/s. Voor de dijkversterking geldt dat bij een afvoer van 1.020 m³/s de waterstand bij de bovenstroomse rand van het projectgebied NAP ~1 m is en bij benedenstroomse rand ~0 m. Bij deze afvoer stroomt het water enkel in het zomerbed waar geen wijzigingen worden aangebracht door de dijkversterking. De dijkversterking heeft om deze reden geen effect op de afvoerverdeling.

Conclusie

Met betrekking tot afvoerverdeling bij lage afvoeren ter plaatse van de IJsselkop, voldoet de variant aan het RBK.

5.2.5 Onttrekking water uit zomerbed Rijntakken

In het RBK is opgenomen dat de er geen ongewenste afname mag zijn van de waterdiepte in het zomerbed door onttrekking van water naar de uiterwaard bij lage en mediane Boven-Rijn afvoeren met betrekking tot scheepvaart. De dijkversterking heeft geen invloed op de uitstroom van water uit de hoofdgeul naar de uiterwaard en vice versa. De wijzigingen ten opzichte van de referentiesituatie zijn te klein en bevinden zich te ver van de hoofdgeul om een effect te hebben op het onttrekken van water uit het zomerbed. Hetzelfde geldt voor de wijzigingen aan opritten. De rivierkundige effecten (o.a. waterstand en stroomsnelheden) van de opritten zijn in vergelijking met de dijkversterking iets groter, maar de rivierkundige effecten leiden niet tot een verandering in onttrekking van water uit het zomerbed.

Conclusie

De dijkversterking leidt niet tot een grote onttrekking van water uit het zomerbed en voldoet daarom aan het RBK.

5.2.6 Waterstand en stroombeeld in de vaargeul in de Nederlands-Duitse grensregio bij lage en mediane Boven-Rijn afvoeren

Volgens het RBK moet de impact van een ingreep niet de bevaarbaarheid of vaarwegonderhoud in het Duitse deel van de rijn niet verslechterd. In het geval van de dijkversterking zijn de effecten enkel te merken op de IJssel en zijn er al geen merkbare effecten meer op de IJsselkop (zie H0). Bij het splitsingspunt is het verschil in afvoerverdeling tussen de referentie en de variant verwaarloosbaar bij een afvoer van 10.000 m³/s. De dijkversterking in de IJssel heeft geen invloed op de waterstand en stroombeeld bij de grensregio.

Conclusie

De dijkversterking heeft geen negatieve effecten op de waterstand en het stroombeeld in de vaargeul in de Nederlands-Duitse grensregio en voldoet daarom aan het RBK.

5.3 Morfologische effecten

Dit hoofdstuk geeft inzicht in de effecten en de beoordeling op de morfologie in het projectgebied op basis van expert judgement.



5.3.1 Sedimentatie en erosie van het zomerbed (en oevers)

De drijvende kracht achter sedimenttransport en daarmee erosie en sedimentatie zijn stroomsnelheden. Veranderingen hierin zullen veranderingen in sedimentatie en erosiepatronen veroorzaken. Uit Afbeelding 5.5, Afbeelding 5.6, Afbeelding 5.7, en Tabel 5.1 blijkt dat er **geen wijzigingen** optreden in de stroomsnelheid in het zomerbed.

De grootste effecten van de dijkversterking worden verwacht bij de grootste afvoeren, omdat er dan relatief gezien meer water herverdeeld moet worden over de rest van de rivier en de stroomsnelheden het grootste zijn. Echter zien we ook bij de hoge afvoeren geen wijziging in stroomsnelheden in het zomerbed. Daarom zullen er bij geen enkele afvoer wijzigingen in de morfologie optreden in het zomerbed als gevolg van de dijkversterking.

Conclusie

De dijkversterking heeft geen effect op de morfologie in het zomerbed en voldoet daarom aan het RBK.

5.3.2 Sedimentatie en erosie van de uiterwaard en nevengeulen

Wat betreft erosie en sedimentatie in het winterbed staan in het RBK voornamelijk eisen voor nevengeulen. In het projectgebied is de hoogwatergeul Veessen Wapenveld aanwezig. De dijkversterking heeft geen effect op de stroomsnelheden in de hoogwatergeul en daarmee is er geen wijziging in morfologie.

Langs de primaire waterkering wijzigt de situatie twee kanten op, de hoogwatervrijlijn verschuift in delen buitenwaarts (naar de rivier toe) en binnenwaarts (van de rivier af). Dit zorgt op enkele locaties voor een beperkte wijziging in stroomsnelheid van $<0,15$ m/s. De absolute snelheden zijn nergens groter dan 0,7 m/s, dus de daarbij behorende erosie en sedimentatie is dermate klein dat, er geen negatieve effecten worden verwacht.

Bij wijzigingen in opritten kan er ook erosie en sedimentatie optreden. De effecten zijn zeer lokaal. Over het algemeen neemt de stroomsnelheid stroomopwaarts van de oprit iets af en ontstaat er lichte sedimentatie. Stroomafwaarts van de oprit neemt de stroomsnelheid typisch iets meer toe, waardoor er erosie kan ontstaan. Ook bij opritten zijn de wijzigingen in stroomsnelheid $<0,1$ m/s en zal het effect op sedimentatie en erosiepatronen klein zijn.

Conclusie

De dijkversterking leidt tot minimale morfologische effecten in de uiterwaard en aangrenzend aan de primaire waterkering. Rondom aangepaste opritten kan er een kleine hoeveelheid erosie en sedimentatie optreden, maar op grote schaal verandert de morfologie van de uiterwaarden nihil. Daarmee voldoet de variant aan het RBK.



6. Inschatting rivierkundige effecten Natura 2000-compensatie glanshaverhooiland

Dit hoofdstuk bevat een inschatting van de rivierkundige effecten van de compensatie van Natura 2000-habitat glanshaverhooiland. Een beschrijving van deze compensatie is opgenomen in paragraaf 4.3.3.

6.1 Hoogwaterveiligheid

6.1.1 Inschatting met methode van Berben

Ingeschat is met de methode van Berben wat de opstuwing op de rivieras is als gevolg van de compensatie. De toegepaste parameters in deze inschatting zijn opgenomen in Tabel 6.1.

Parameter	Waarde	Toelichting
lengte ingreep	80 m	in de richting van de rivieras NB. alleen lengte is meegenomen (en geen 3,5 x breedte), omdat ingreep in de luwte van een hoger gelegen terrein ligt.
maaielveldhoogte referentiesituatie	1,80 m+NAP	
maaielveldhoogte ingreep	3,65 m+NAP	
breedte ingreep	155 m	100 m op maaiveldhoogte 3,65 m+NAP 55 m talud, vanwege 1:30 talud aan westzijde
waterstand HWR	5,42 m+NAP	
gradiënt referentiesituatie	$6,00 \cdot 10^{-5}$	op basis van betrekkinglijnen 2018
gradiënt ingreep incl.	$6,37 \cdot 10^{-5}$	
opstuwing	0,6 mm	incl. toeslag van factor 2

Tabel 6.1 Parameters inschatting opstuwing met methode van Berben

De compensatie resulteert volgens deze methode in een opstuwing van 0,6 mm op de rivieras. Als dit opgeteld wordt bij de maximale waterstandstoename als gevolg van de dijkversterking (0,3 mm), resulteert een totale maximale waterstandstoename van afgerond 0,8 mm.

Dit is kleiner dan de toegestane 1 mm, maar gezien de kleine marge tot deze norm is een grove schaduwberekening uitgevoerd.

6.1.2 Inschatting met grove schaduwberekening

Uit de grove schaduwberekening met WAQUA volgt dat het gecombineerde effect van de dijkversterking en de compensatie maximaal 0,4 mm waterstandstoename is **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden..** Dit is nauwelijks hoger dan het effect van de dijkversterking (maximaal 0,3 mm waterstandstoename). Het individuele effect van de compensatie is tot 0,2 mm waterstandstoename op de rivieras bij hoogwaterreferentie.

Het verschil in resultaat met de analytische inschatting is toe te schrijven aan de ingreep die meer het karakter heeft van een opvulling van een dieper deel van het maaiveld is dan een lokale verhoging van het maaiveld; en dat de ingreep in de luwte ligt van hoger gelegen deel van de uiterwaard.



De ingeschatte waterstandstoename hiermee blijft ruim onder de toegestane 1 mm.

6.2 Hinder en schade door hydraulische effecten

De lokale maaiveldverhoging in de uiterwaard leidt niet tot wijzigingen in de inundatiefrequentie van de rest van de uiterwaard.

Ook leidt de maaiveldverhoging enkel lokaal tot stroomsnelheidsverschillen in de uiterwaard. Het stroombeeld in de vaarweg zal hierdoor niet verschillen met de referentiesituatie.

6.3 Morfologische effecten

De compensatie van glanshaverhooiland heeft naar verwachting een verwaarloosbaar effect op de morfologie van het zomerbed doordat de snelheden in het zomerbed naar verwachting nauwelijks wijzigen.

6.4 Conclusie

Geconcludeerd wordt dat de ingeschatte effecten van de compensatie van glanshaverhooiland op hoogwaterveiligheid voldoen aan de eisen uit het Rivierkundig Beoordelingskader. De gecombineerde opstuwing van de dijkversterking en de compensatie is maximaal 0,4 mm.

De effecten op hinder en schade en morfologie worden verwaarloosbaar klein geacht.

Herziening van rivierkundige modellering van de dijkversterking inclusief de compensatie wordt niet nodig geacht door Rijkswaterstaat, omdat de conclusies van de rivierkundige beoordeling van de dijkversterking niet wijzigen door de compensatie.



7. Conclusie

De bevindingen uit dit rapport zijn in de volgende tabellen samengevat en uitgezet tegen de eisen die worden gesteld in het RBK [ref. 4]. In de eerste kolom wordt verwezen naar de paragraaf in het RBK. De tweede kolom beschrijft het te beoordelen effect met het bijhorende criterium in de derde kolom. Kolom vier beschrijft het rivierkundige effect ten gevolge van de implementatie van de variant, zoals vastgesteld in deze rapportage. Kolom vijf verwijst naar de desbetreffende paragraaf in dit rapport. De laatste kolom geeft de conclusie per eis weer.

Par. RBK	Te beoordelen effect	Criterium	Effect	Paragraaf -nummer	Conclusie
1.1	Maatregel in stroomvoerend deel rivier: HWR stand op de as van de rivier	Geen waterstands-verhoging (bij 16.000 m ³ /s Boven-Rijn)	De opstuwing blijft overal binnen het gestelde criterium van 1 mm	5.1.1	Voldoet
1.2	HWR stand buiten as van de rivier	Toename waterstand (bij 16.000 m ³ /s Boven-Rijn)	Wijziging in de waterstand ten gevolgen van de dijkversterking blijft binnen orde grootte van 1 cm. Bij opritten kan lokaal de waterstandverandering iets groter zijn (-1 tot +2 cm)	5.1.2	Voldoet, indien akkoord van de waterkering-beheerder
1.3	Afvoerverdeling bij HWR (bij IJssel kop)	Project binnen enkele km splitsing: verandering afvoerverdeling <5 m ³ /s bij Boven-Rijn afvoer van 16.000 m ³ /s	Er zijn geen verandering in afvoerverdeling voor een Boven-Rijn afvoer van 16.000 m ³ /s	5.1.3	Voldoet
1.4	Afvoerverdeling bij normaal hoogwater (IJsselkop)	Verandering afvoerverdeling <20 m ³ /s bij Boven-Rijn afvoer van 10.000 m ³ /s	Er is geen verandering in afvoerverdeling voor een hoge Boven-Rijn afvoer (10.000 m ³ /s)	5.1.3	Voldoet
1.5	Ijsafvoer	Een goede geleiding van water en ijs dient gewaarborgd te blijven	De dijkversterking zorgt niet voor obstakels. Er treedt daarom geen hinder op voor de afvoer van ijs.	5.1.4	Voldoet

Tabel 7.1 Toetsing van de variant op hoogwaterveiligheid criteria uit RBK

Par. RBK	Te beoordelen effect	Criterium	Effect	Paragraaf -nummer	Conclusie
2.1	Waterstanden en/of inundatie-frequentie van de uiterwaard	Verandering waterstanden en/of inundatiefrequentie bij afvoeren die afhankelijk zijn van lokale omstandigheden. Standaard is Boven-Rijn afvoer van 16.000 m ³ /s	De dijkversterking leidt niet tot wijziging in de inundatiefrequentie.	5.2.1	Voldoet
2.2	Stroombeeld in de uiterwaard	Verandering grootte en richting stroomsnelheden	Enkel langs de primaire waterkering is er een verandering in stroomsnelheid als gevolg van de dijkversterking. Op enkele specifieke plaatsen is de absolute stroomsnelheid >0,3 m/s, maar blijft <0,7 m/s	5.2.2	Voldoet
2.3	Stroombeeld in hoofdgeul bij de aan- en aftakking van nevengeul	Bankfull afvoer nevengeul <50 m ³ /s: dwarsstroming vaarweg ≤0,3 m/s bankfull afvoer nevengeul >50 m ³ /s: dwarsstroming vaarweg ≤0,15 m/s	De effecten van de dijkversterking zijn lokaal en hebben geen gevolgen voor het stroombeeld in de hoofdgeul en de dwarsstroming	5.2.3	Voldoet
2.5	Afvoerverdeling bij lage afvoeren	Afwijking afvoerverdeling <1 m ³ /s bij Boven-Rijn afvoer van 1.020 m ³ /s (OLA)	Er is geen verandering in afvoerverdeling voor bij lage Boven-Rijn afvoer	5.2.4	Voldoet
2.8	Onttrekking water uit zomerbed	Afname in waterstand bij lage en mediane Boven-Rijn afvoeren	De dijkversterking leidt niet tot onttrekking van water uit het zomerbed	5.2.5	Voldoet
2.9	Waterstand en stroombeeld grensregio bij lage en mediane Boven-Rijn afvoeren	Effecten op de waterstand en stroomsnelheid bij lage en mediane Boven-Rijn afvoeren dienen in beeld te worden gebracht.	Er zijn geen wijzigingen in stroombeeld bij de grensregio	5.2.6	Voldoet

Tabel 7.2 Toetsing van de variant op hinder of schade door hydraulische effecten

Par. RBK	Te beoordelen effect	Criterium	Effect	Paragraaf -nummer	Conclusie
3.1	Aanzanding en erosie van het zomerbed (+ oevers)	Bij erosie: - geen verlaging gemiddelde bodemligging; - geen oevererosie; - beperkte ontgroning bij constructies per hoogwater; - geen erosie ter hoogte van kabels, leidingen en tunnels met een te kleine gronddekking. Bij sedimentatie: - geen sedimentatie in vaargeul conform BPRW; - geen vermindering vaargeulafmetingen bij lage tot gemiddelde rivierafvoeren; - geen verhoging HWR op lange termijn. In het algemeen: - beperkte hinder door baggeren en/of terugstorten en behouden veiligheid scheepvaartverkeer; - geen onacceptabele terugschrijdende erosie of sedimentatie i.v.m. risico verandering afvoerdeling bij HWR of OLA.	De dijkversterking leidt niet tot verandering van stroomsnelheden in het zomerbed en daarom zullen geen morfologische veranderingen optreden.	4.9	Voldoet
3.2	Aanzanding en erosie van uiterwaard	Bij sedimentatie: - beperkte sedimentatie t.o.v. beheerskosten. bij erosie: - geen ongewenste zijdelingse verplaatsing van de nevengeul; - stroomsnelheid nevengeul bankfull <0,3 m/s; geen bodemerosie langs waterkering; - geen bodemerosie langs primaire waterkering;	De beperkte toe- en afname in stroomsnelheid op de uiterwaard kan lokaal leiden tot lichte erosie en sedimentatie. Dit zijn lokale effecten en concentreren zich tot de teen van de dijk en opritten haaks op de dijk die wijzigen. Echter zijn de effecten zo beperkt, dat er geen negatieve gevolgen worden verwacht.		Voldoet



Par. RBK	Te beoordelen effect	Criterium	Effect	Paragraaf -nummer	Conclusi e
		- stabiliteit van belangrijke constructies in de uiterwaard niet verminderen.			

Tabel 7.3 Toetsing van de variant op morfologische effecten



8. Referenties

- [ref. 1] De Jongste, L., Straatsma, L., Aartrijk van, Z., 'Paddenpol - Rivierkundige effectbeoordeling', 21 juli 2023, 20293 - RAP - 00879
- [ref. 2] Straatsma, L., Aartrijk van, Z., 'Paddenpol - Rivierkundige effectbeoordeling OL1', 30 juni 2022, 20293 - RAP - 00879.
- [ref. 3] Straatsma, L., Aartrijk van, Z., 'Opleg memo Rivierkundige effectbeoordeling Paddenpol OL1-B', 4 november 2022.
- [ref. 4] Rivierkundig beoordelingskader voor ingrepen in de Grote Rivieren. Versie 5.0, Rijkswaterstaat, d.d. 4 juni 2019.
- [ref. 5] Release Notes Baseline 5.3.4. Rijkswaterstaat, d.d. september 2021.
- [ref. 6] Betrekkingslijnen Rijn. Versie 2018, Rijkswaterstaat, d.d. 1 november 2018.
- [ref. 7] Richtlijn morfologische effectbepaling binnen RWS ON, versie 1.1, Rijkswaterstaat, d.d. 25 september 2020.
- [ref. 8] Beoordeling waterdiepte-effecten door rivierprojecten in de hoofdvaarwegen in de Rijntakken, versie 1.0, Rijkswaterstaat, d.d. 1 juni 2021
- [ref. 9] Baseline maatregelen - Eisen en richtlijnen. Rijkswaterstaat, d.d. 14 december 2007
- [ref. 10] Wit de, L., 'Deelrapport effectbeoordeling kansrijke alternatieven - rivierkunde', 24 juni 2019, 105830/19-010.533
- [ref. 11] Berben, F. (2015). Rivierkundig beoordelingskader in de praktijk. Presentatie, Rijkswaterstaat.

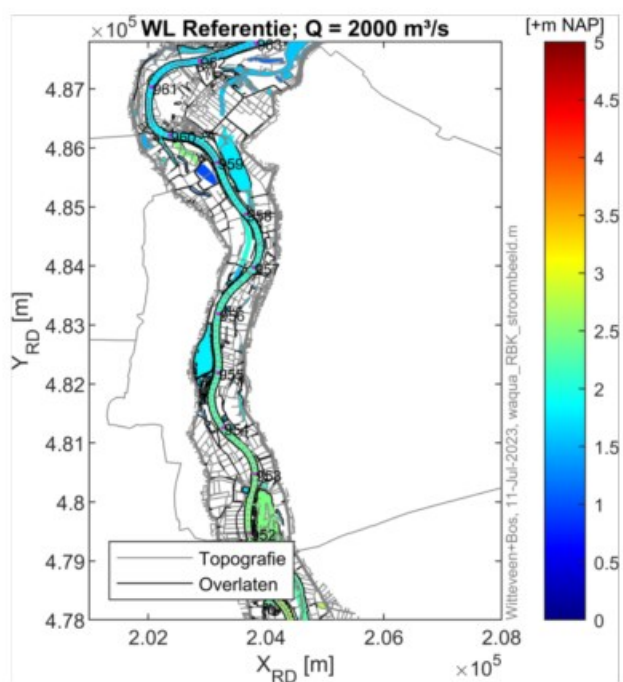
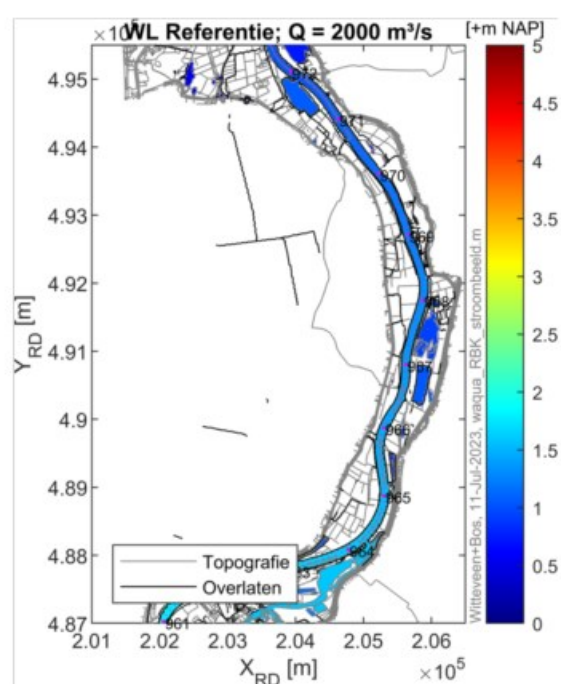
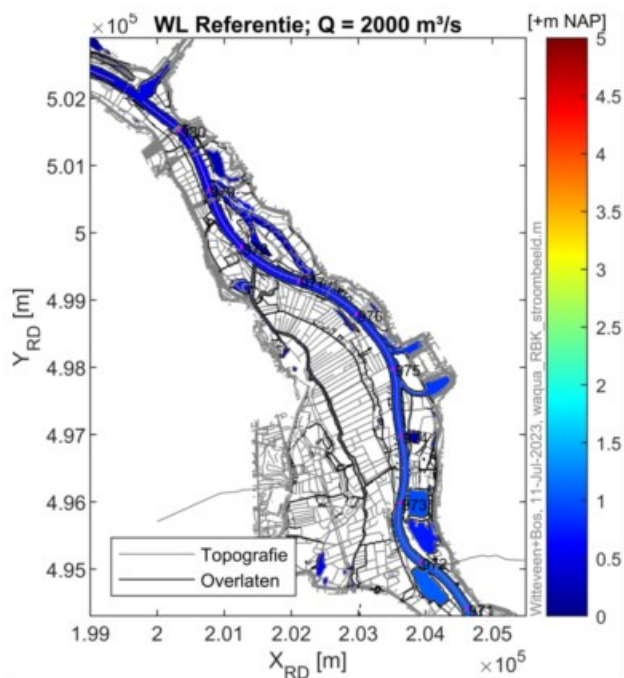


9. Bijlagen

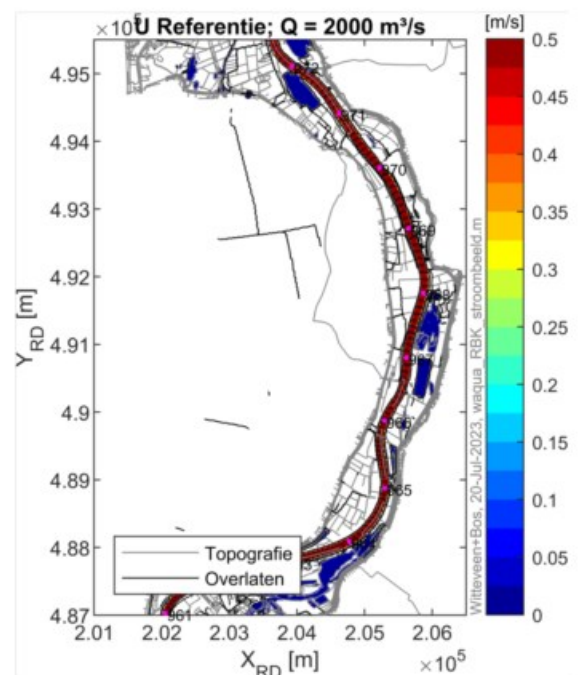
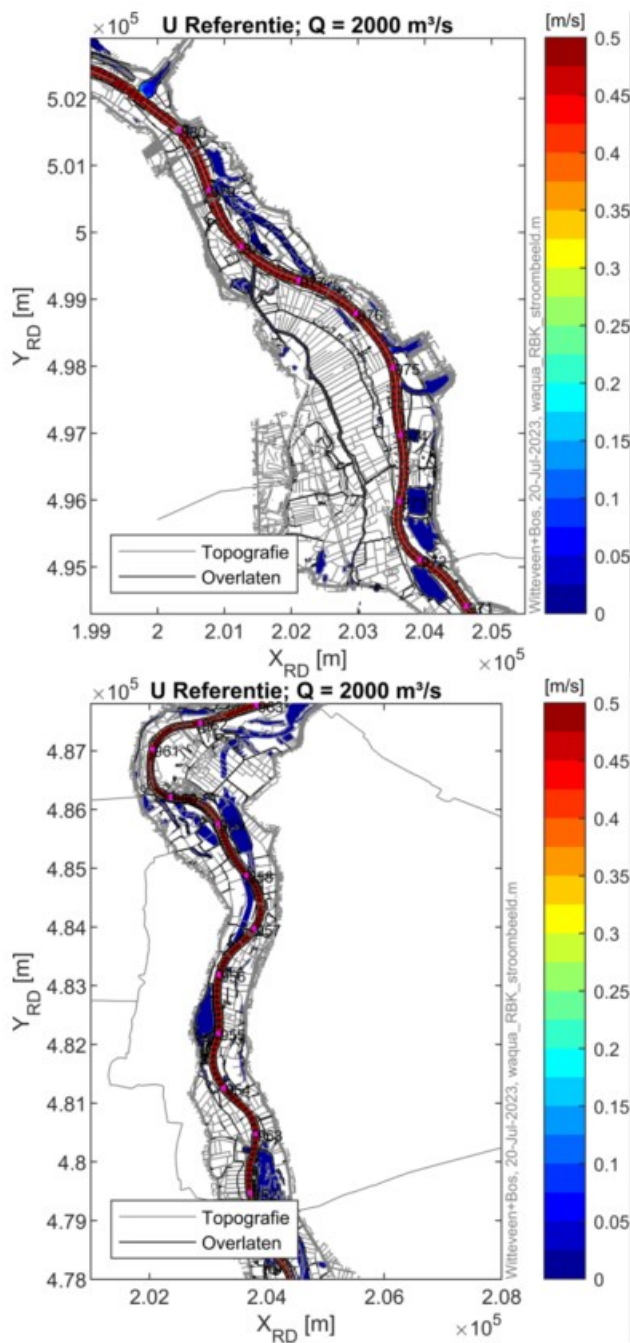


9.1 Stroombeelden IJssel

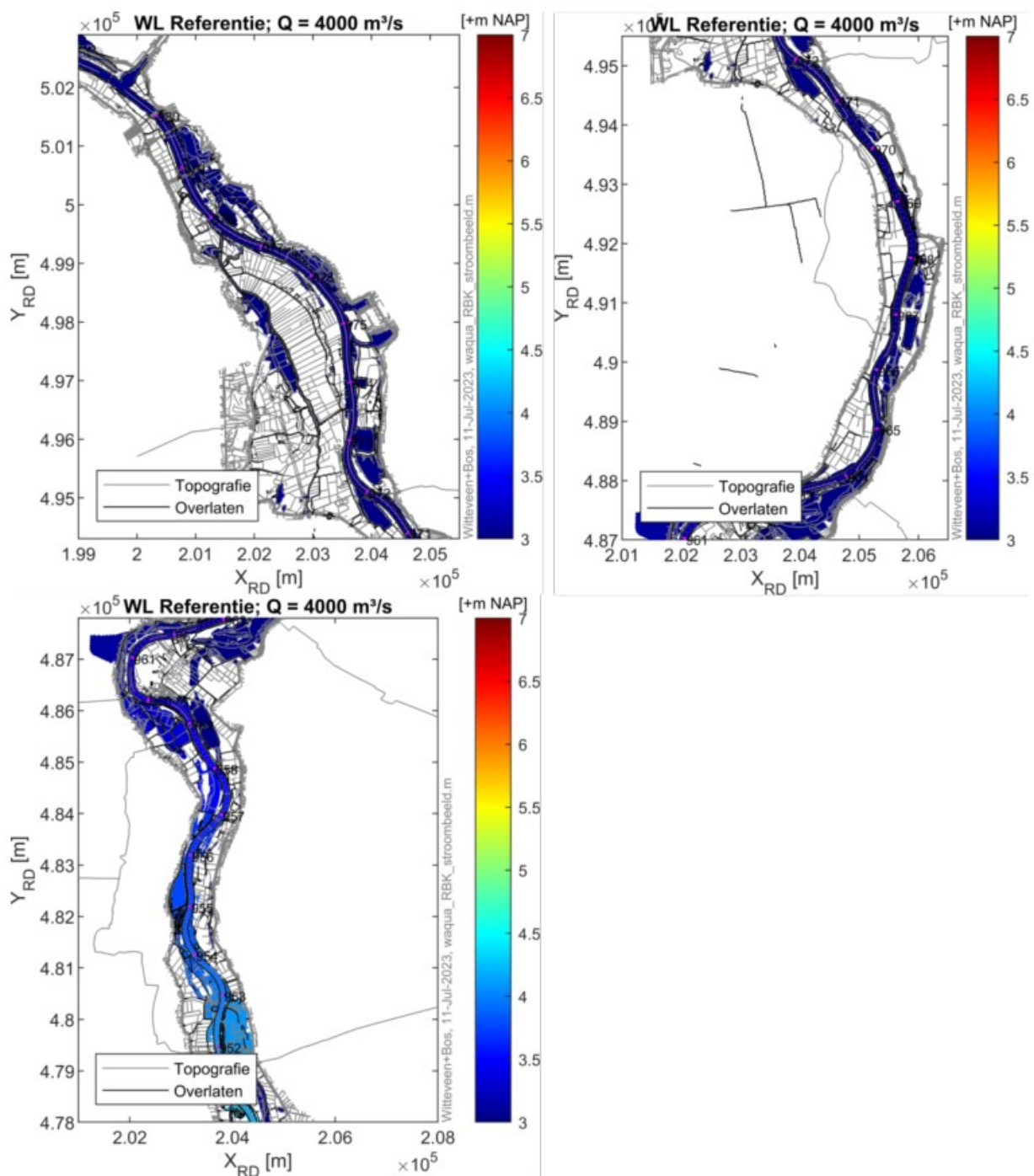
Waterstandverloop bij 2.000 m³/s



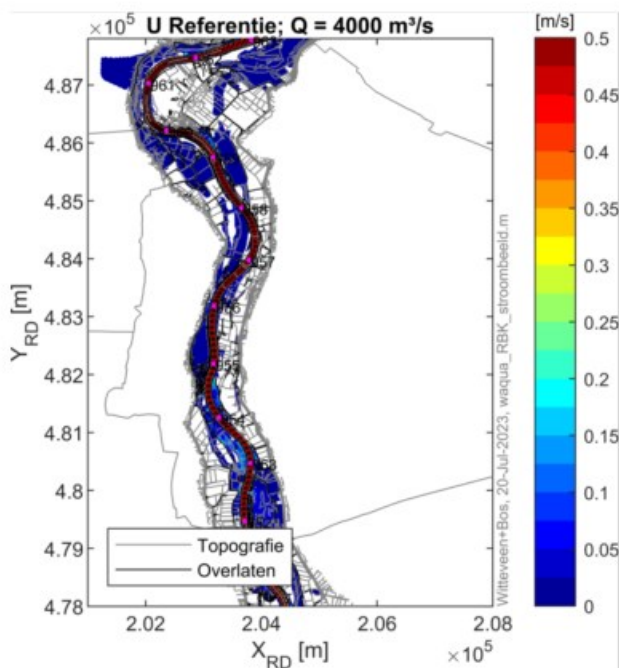
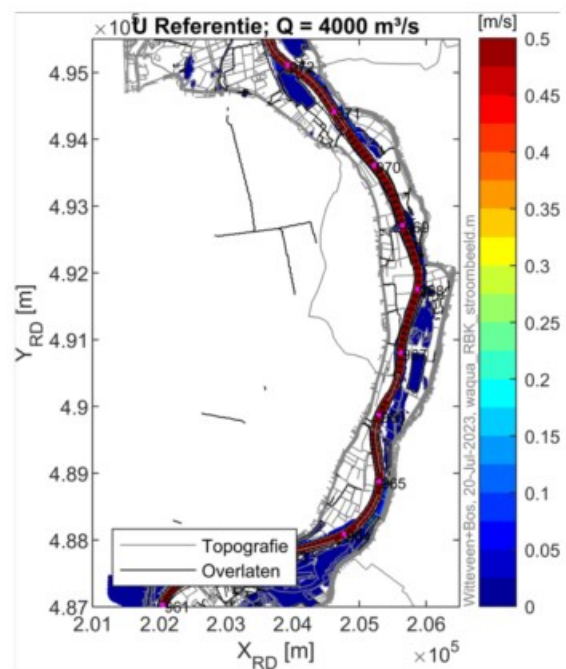
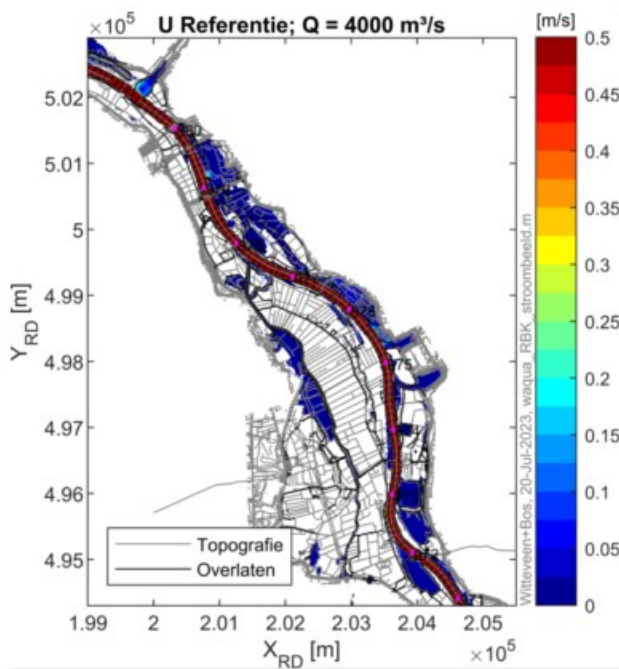
Stroomsnelheid bij 2.000 m³/s



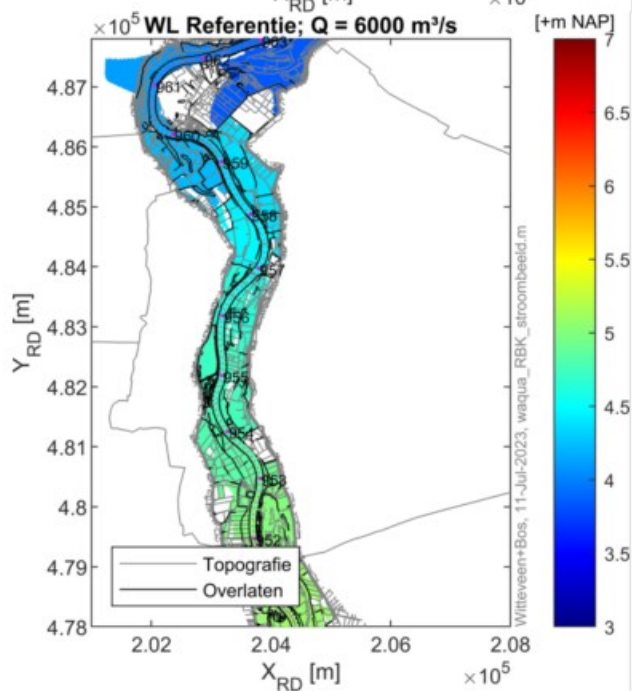
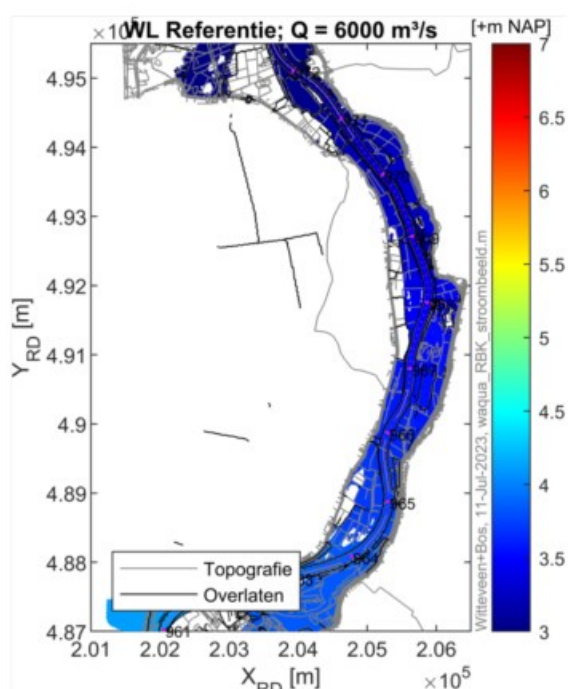
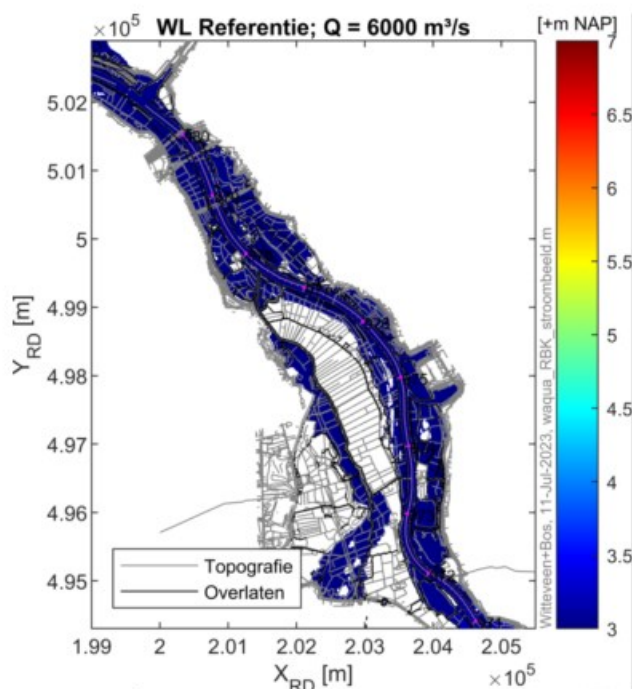
Waterstandverloop bij 4.000 m³/s



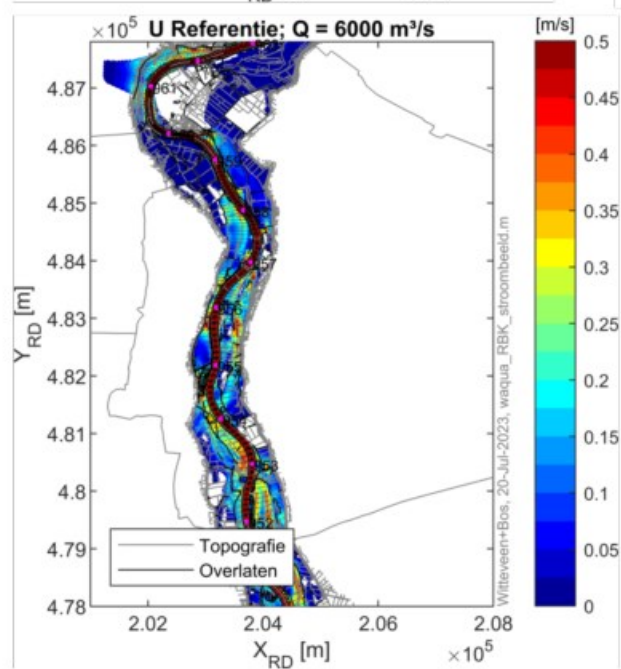
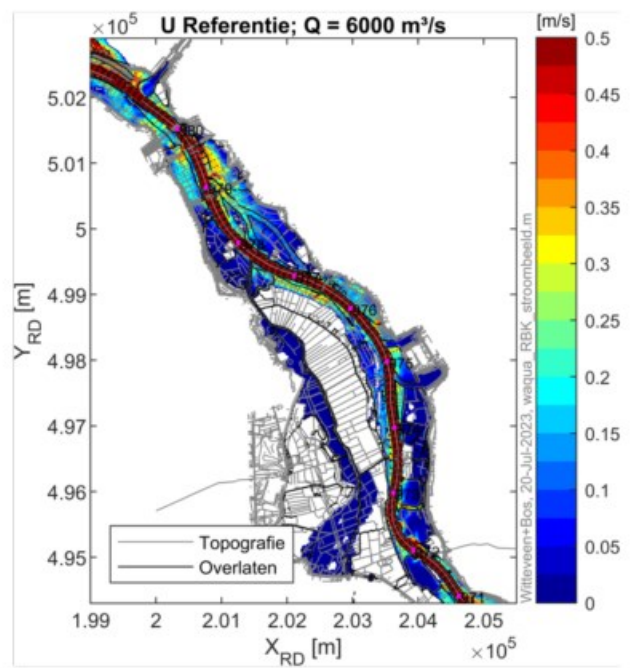
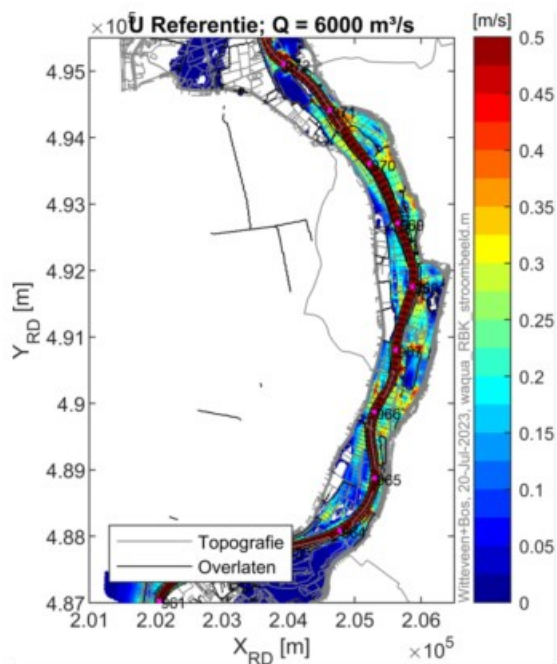
Stroomsnelheid bij 4.000 m³/s



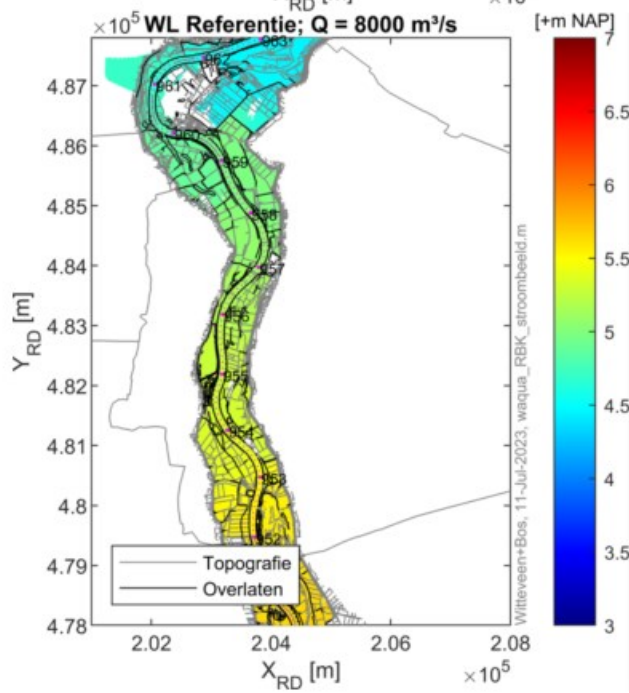
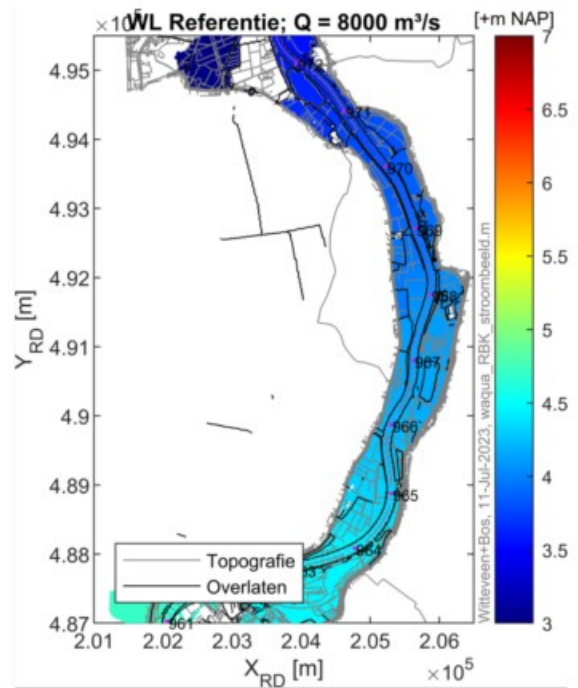
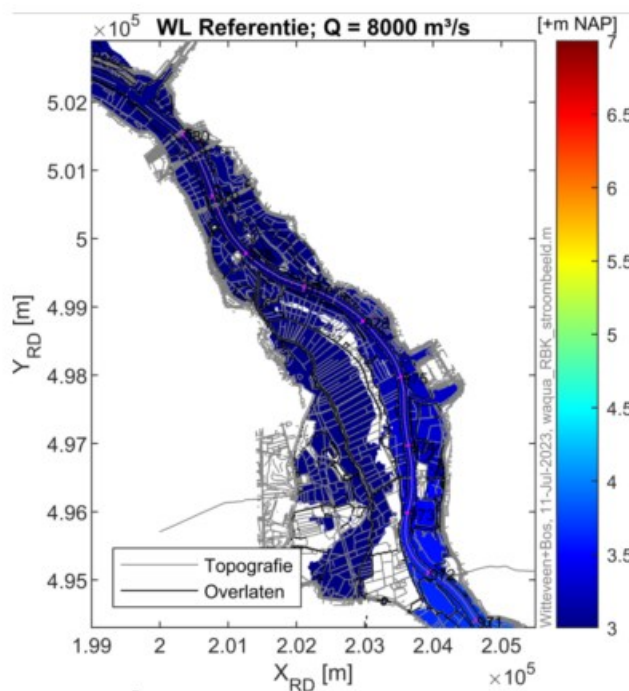
Waterstandverloop bij 6.000 m³/s



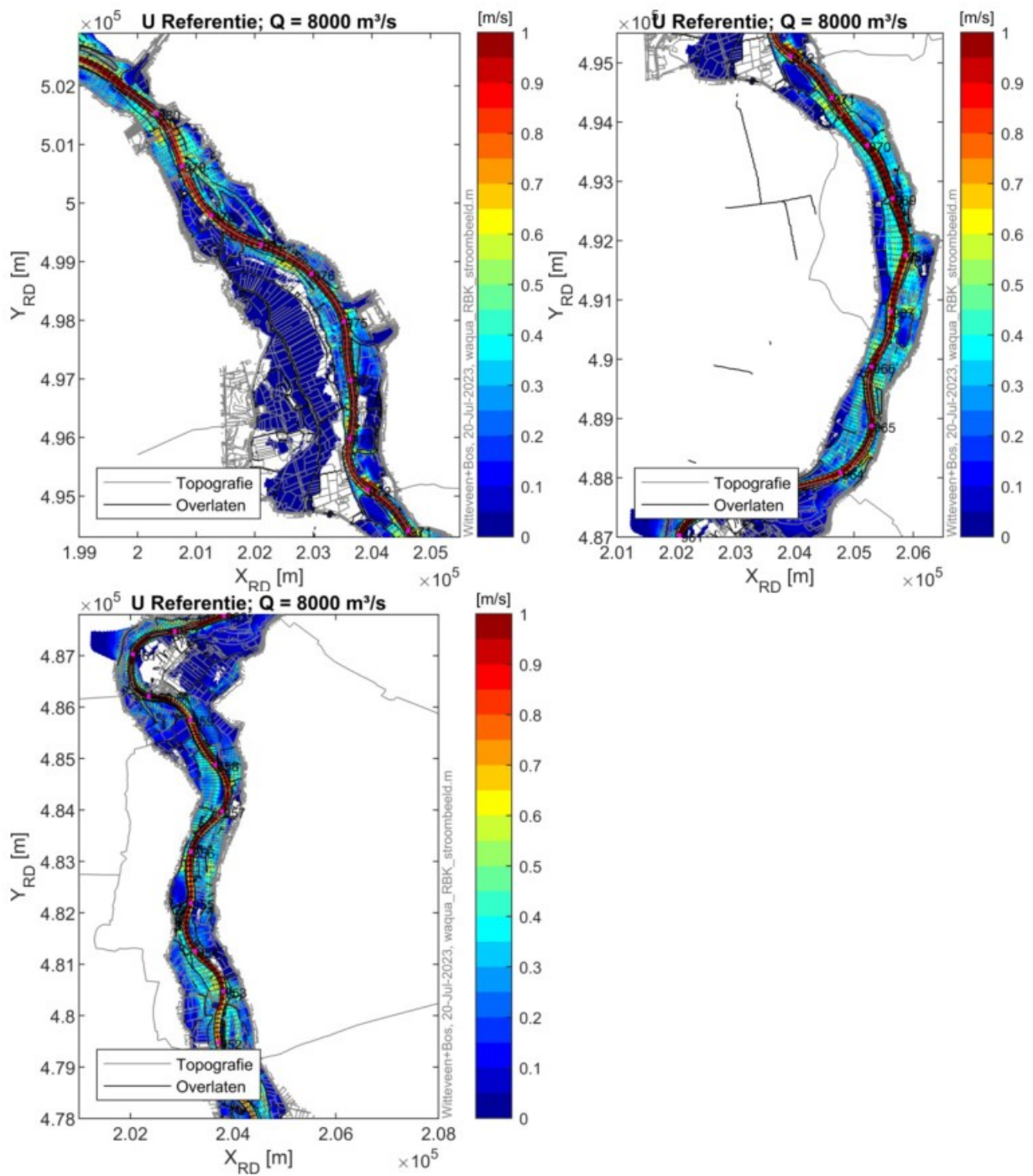
Stroomsnelheid bij 6.000 m³/s



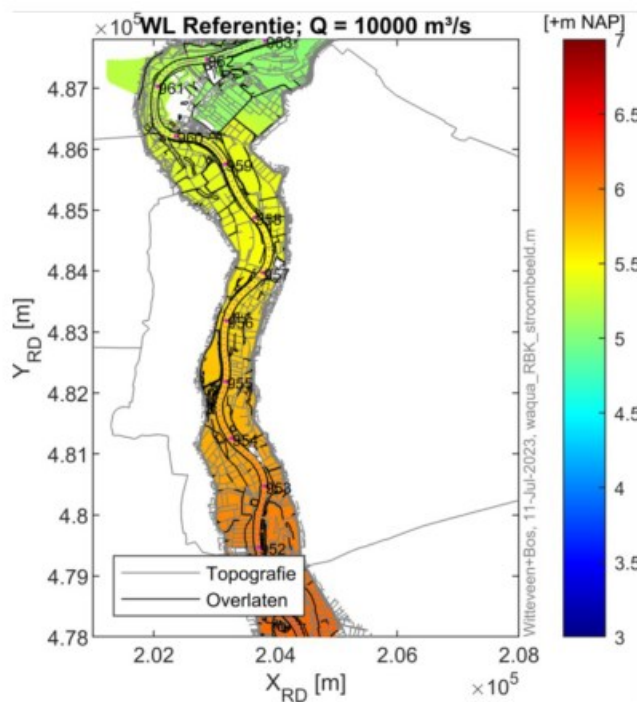
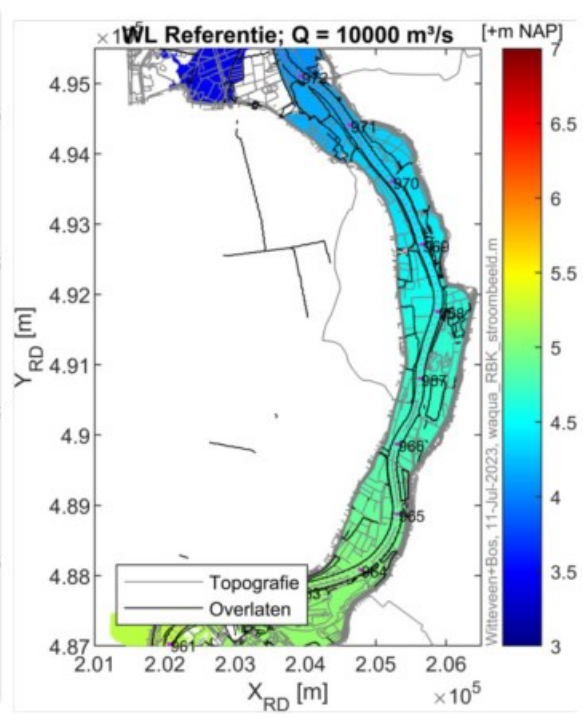
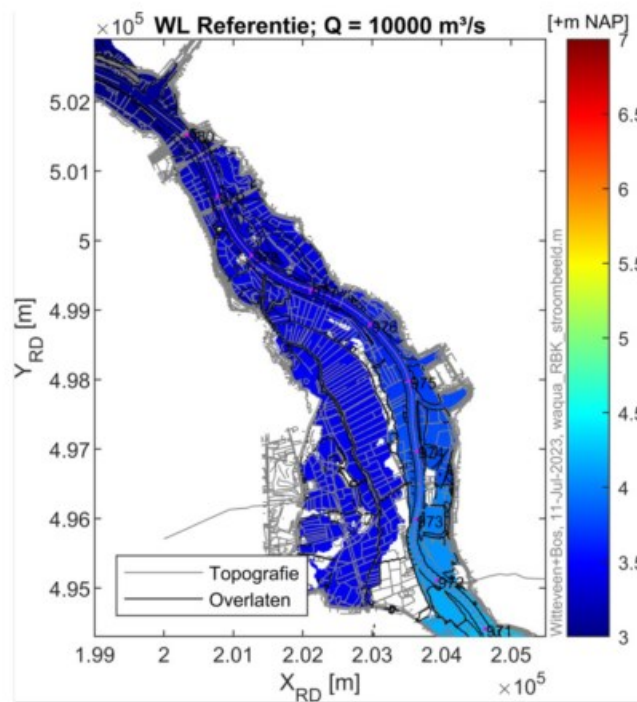
Waterstandverloop bij 8.000 m³/s



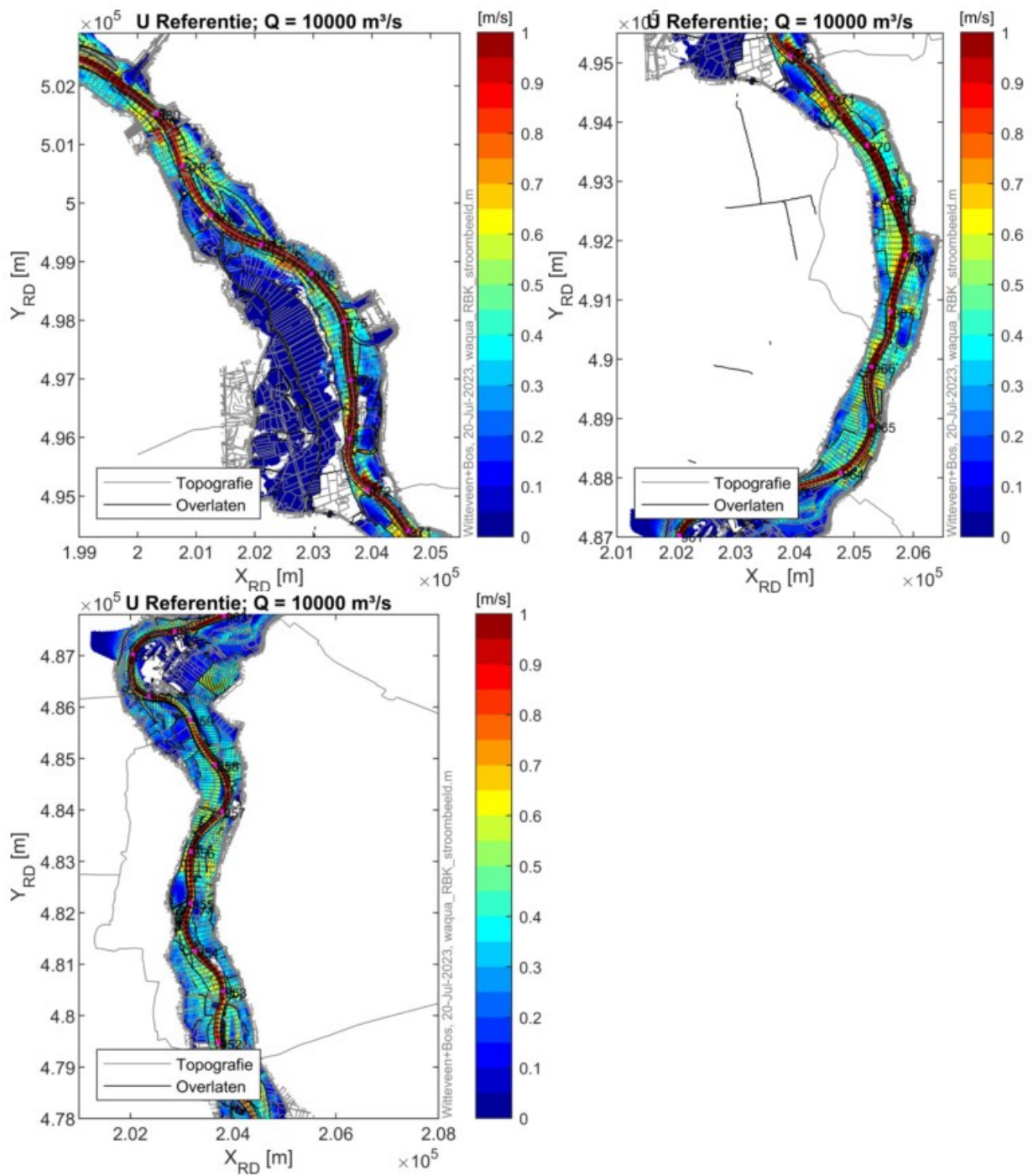
Stroomsnelheid bij 8.000 m³/s



Waterstandverloop bij 10.000 m³/s

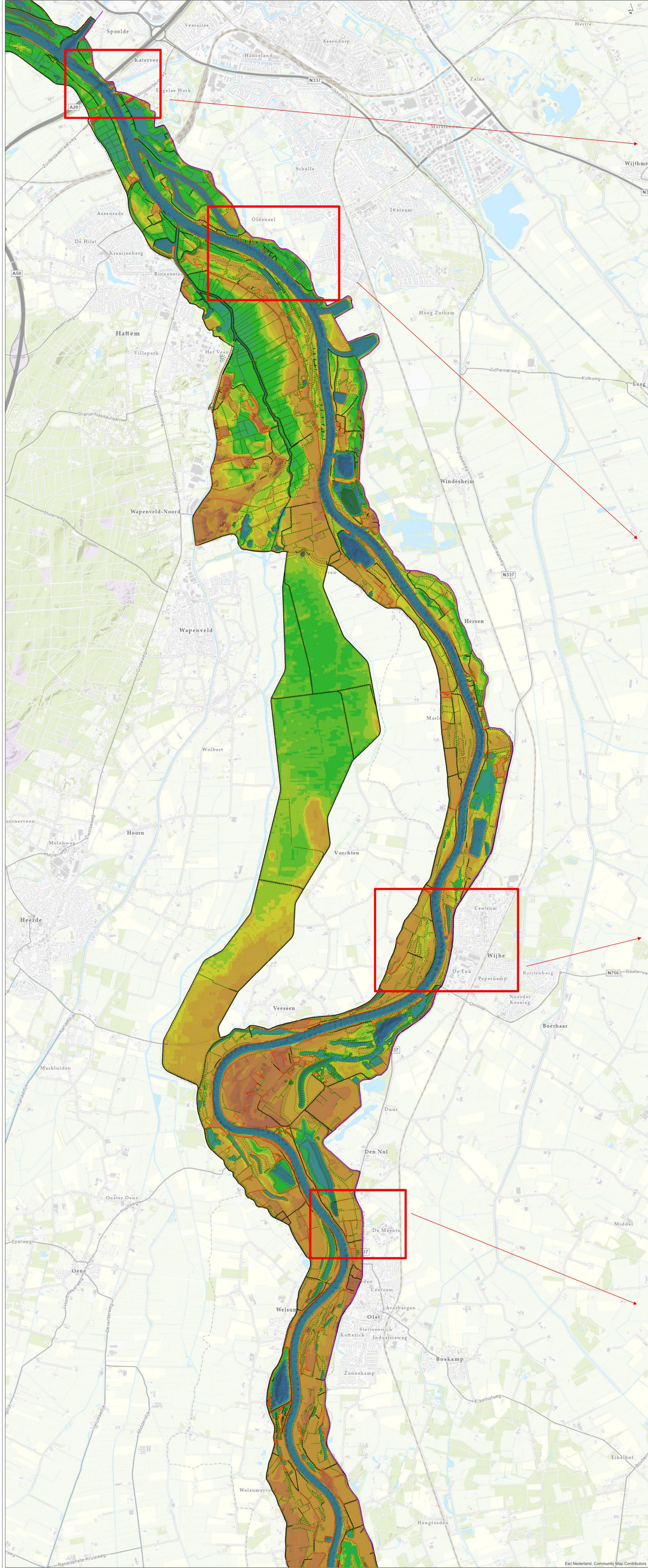


Stroomsnelheid bij 10.000 m³/s



9.2 Schematisatie referentie bodemmodel





hoogwaterlijn_lijnen

overlatten_routes

TYPE

— krib (1)

— kade (2)

— hverschild (3)

— breuklijnen_routes

— bandkanten_routes

bodemhoogte (m+NAP)

Elevation

7.26 - 40.69

5.32 - 7.26

4.26 - 5.32

3 - 4.26

2.37 - 3

2.11 - 2.37

1.94 - 2.11

1.65 - 1.94

1.48 - 1.65

1.06 - 1.48

0.68 - 1.06

-0.06 - 0.68

-1.1 - -0.06

-2.37 - -1.1

-3.042 - -2.37

-3.042

getekend:

gecontroleerd:

versie: definitief 1

datum: 14-02-2023

tekenings: 1

formaat: A0 stand

schaal: 1:21000

0 400 800 1200 m

Baseline

Referentie

variant: Beno185_v2

opdrachtgever:

projectnaam: Dijkversterking Zwolle-Olst

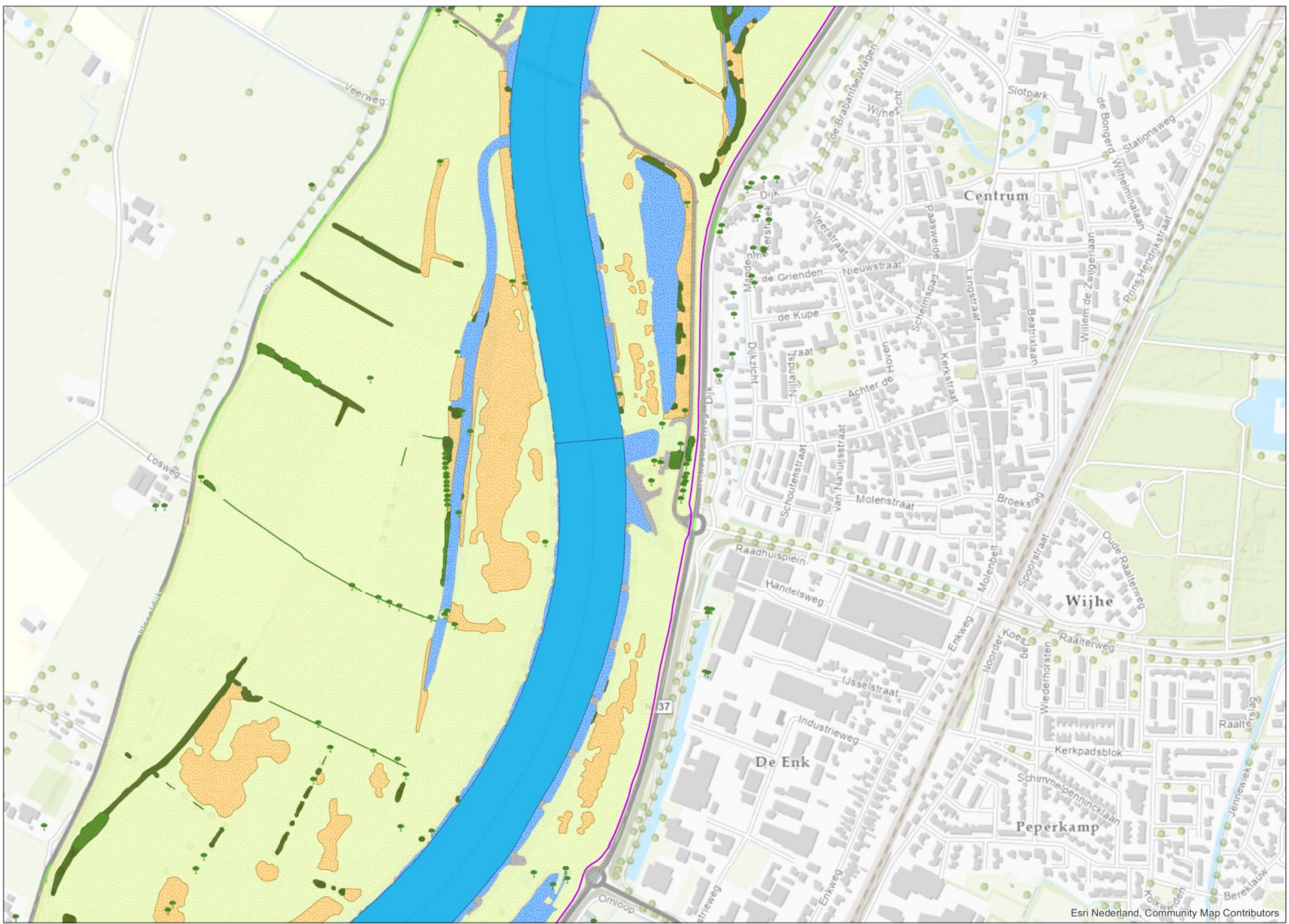
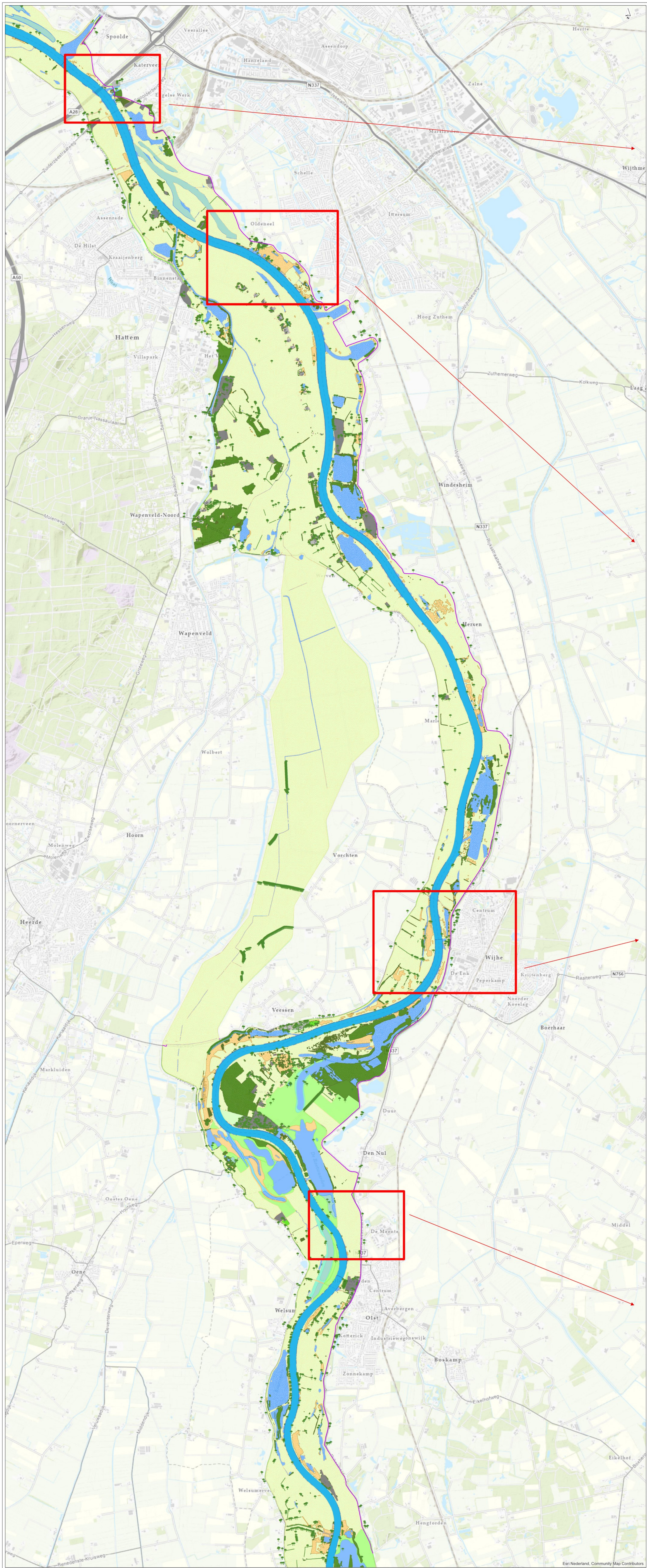
projectcode: 122652

Bos

Witteveen

9.3 Schematisatie referentie vegetatiemodel





hoogwatervrij_lijnen ruwheid_punten ruwheid_lijnen ruwheid_vlakken RUWHEIDSCODE Bebouwing/hoogwatervrij terrein Bebouwd/verhard terrein Steenbekleding Vaste lagen Zomerbed Diepe bedding Ontdiepe bedding Plas/havens/lekkige oever Nevengeul Meer Strang Kribvakstrand/zandplaat/grindplaat Ruwe oever Akker Productiegrasland Natuurlijk grasland/hooiland Vernieuwd grasland Boomgaard Bomen Productiebos Ooibos Heggen Struweel/griend Pioniersvegetatie Riet Ruigte Natte vegetatie homogeen Natte vegetatie met 25% water Vegetatielegger, water Vegetatielegger, verhard Vegetatielegger, gras en akker Vegetatielegger, riet en ruigte Vegetatielegger, bos Vegetatielegger, struweel Vegetatielegger, mengklasse 90/10 Vegetatielegger, mengklasse 70/30 Vegetatielegger, mengklasse 50/50 Niet gecodeerd Niet gedefinieerd

getekend:

gecontroleerd:

goedgekeurd:

versie: definitief 1

datum: 31-03-2023

tekeningsnr: 1

formaat: A0 staand

schaal: 1:21000

0

400

800

1200 m

Baseline

Referentie

variant: Beno185_v2

opdrachtgever:

projectnaam: Dijkversterking Zwolle-Olst

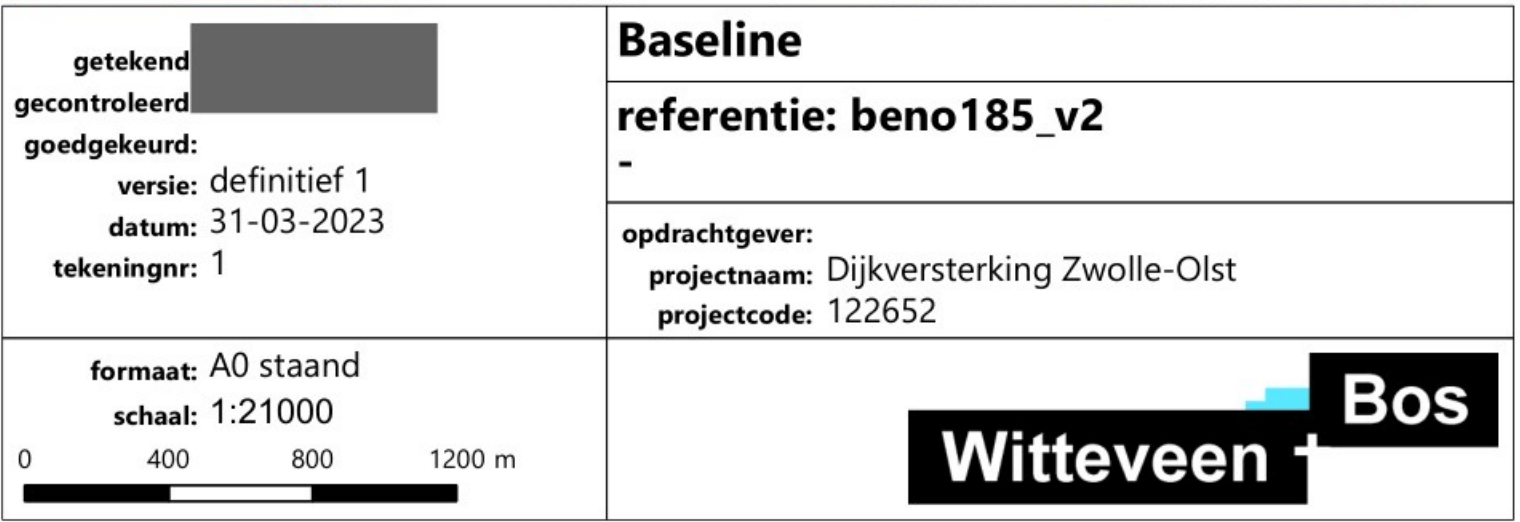
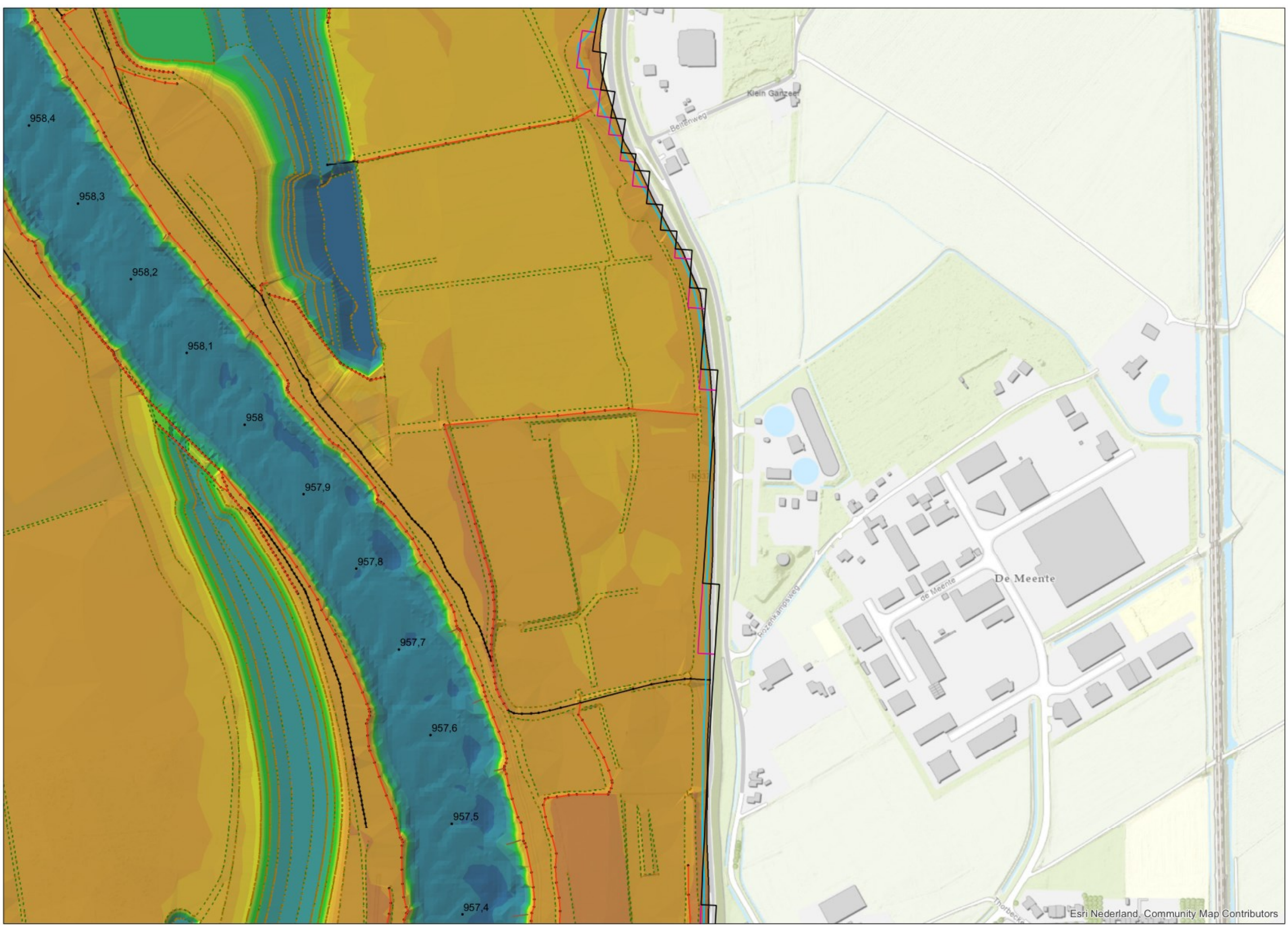
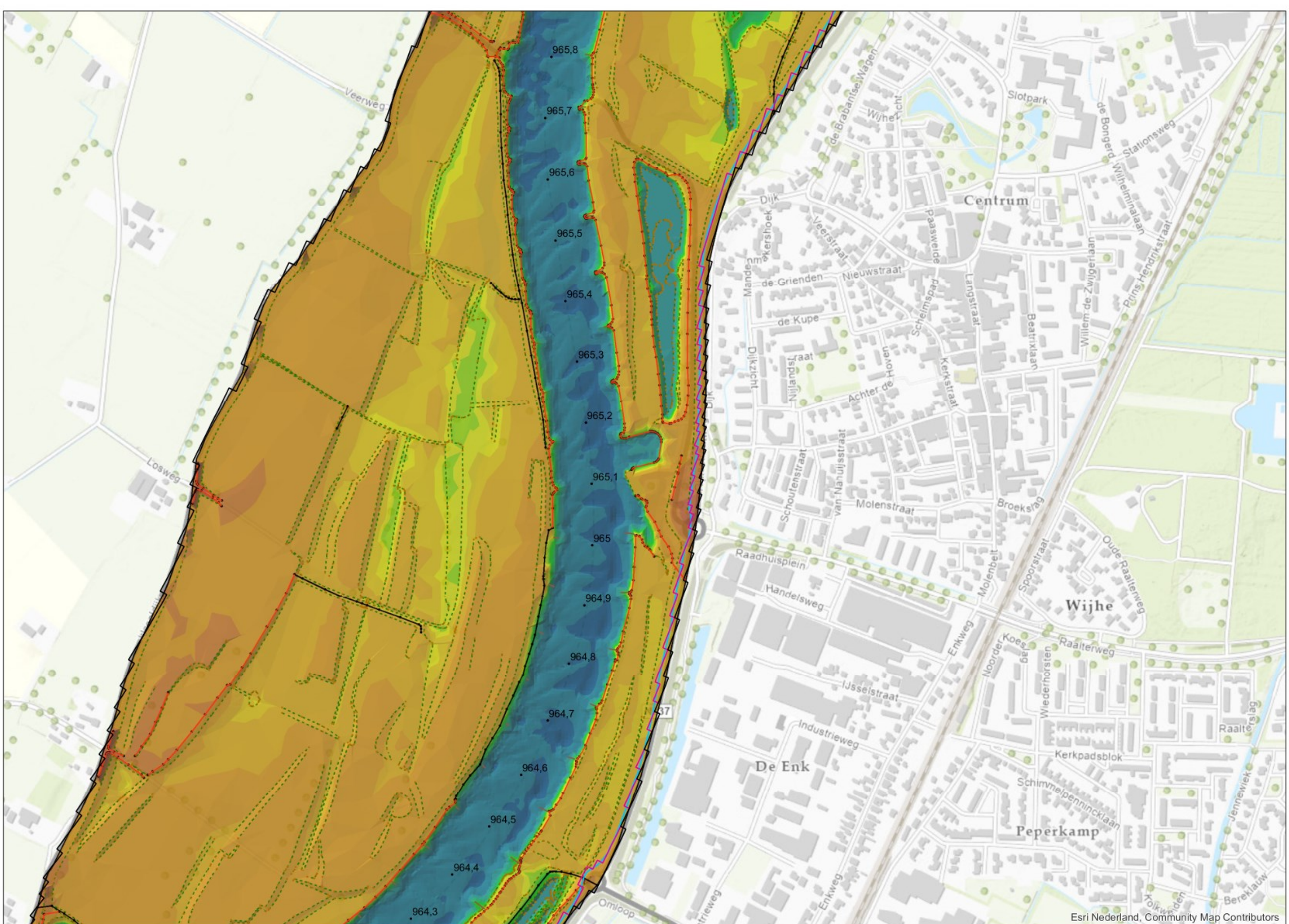
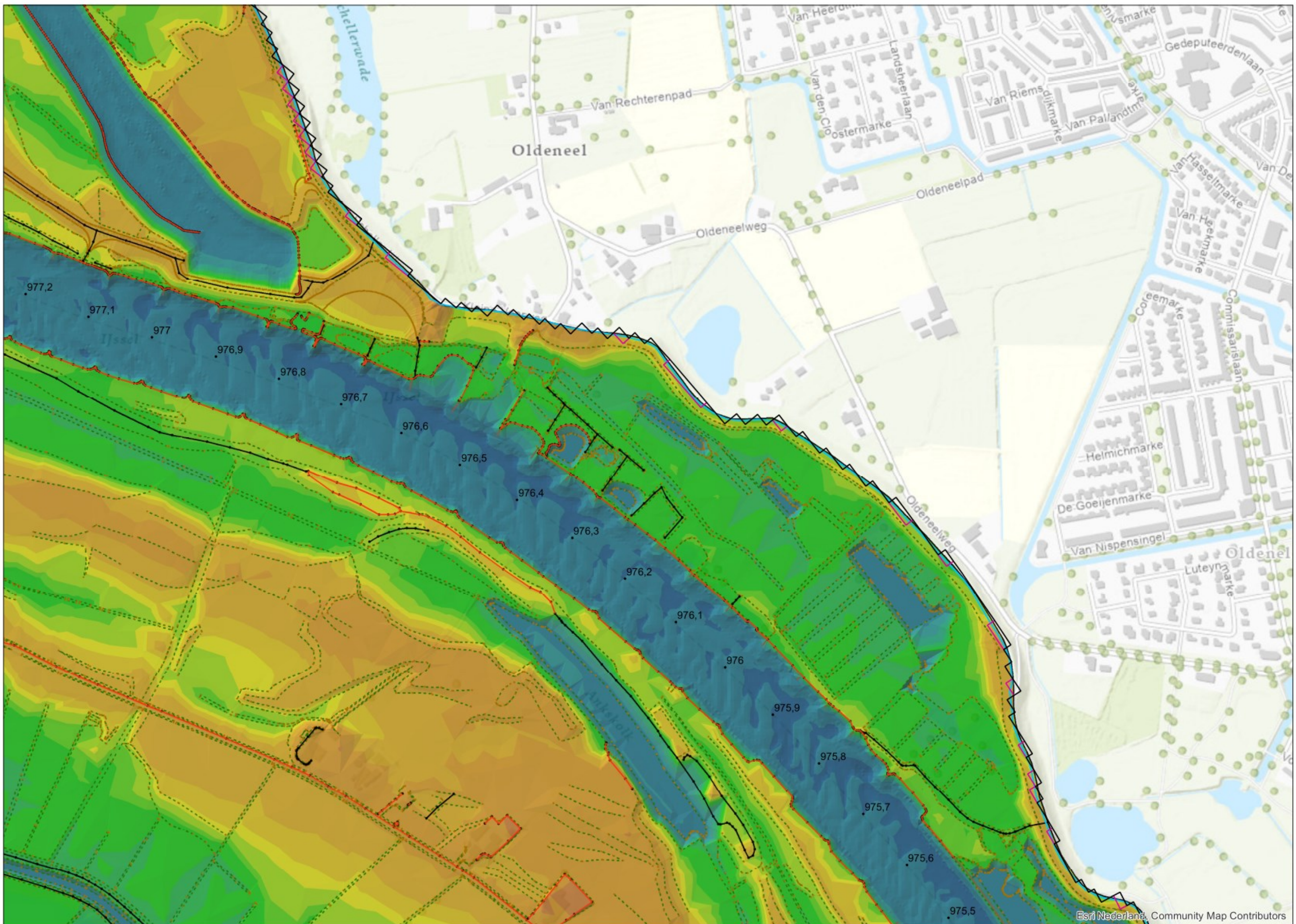
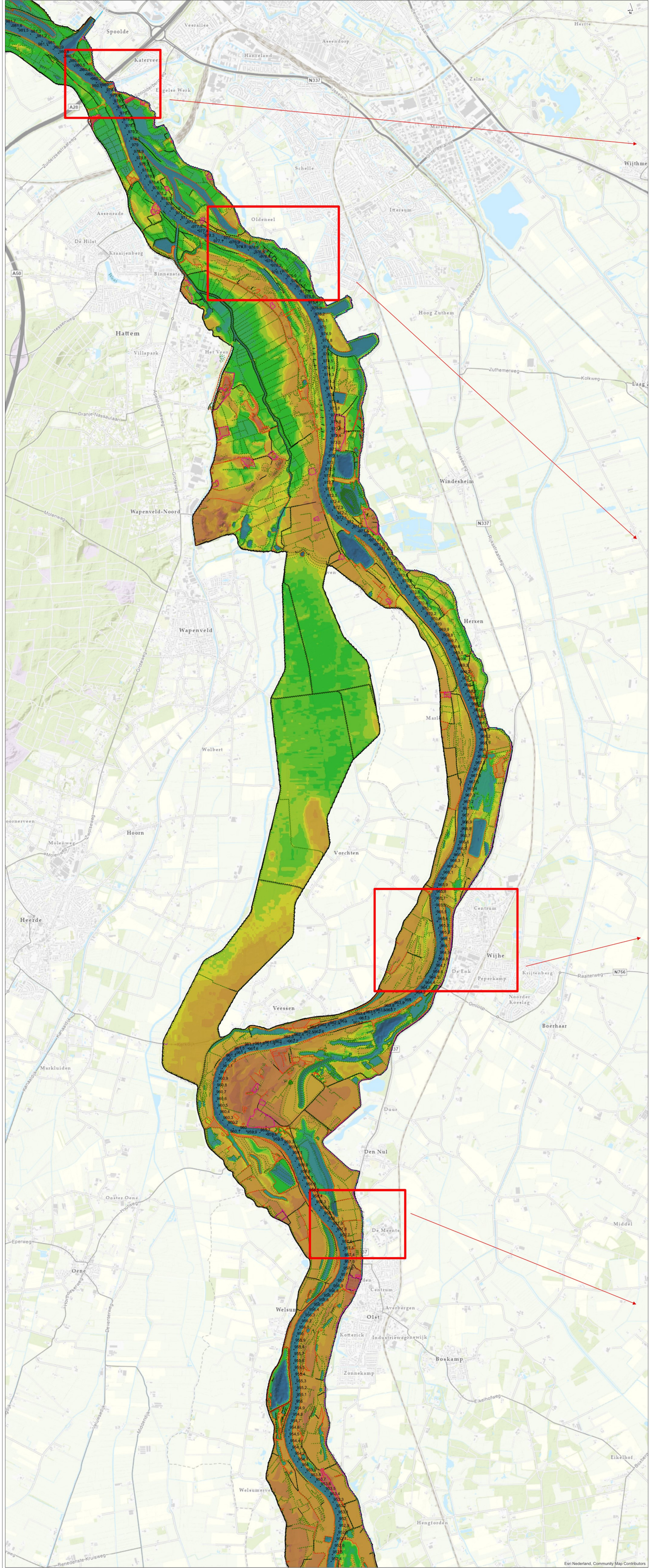
projectcode: 122652

Witteveen

Bos

9.4 Schematisatie referentie rooster



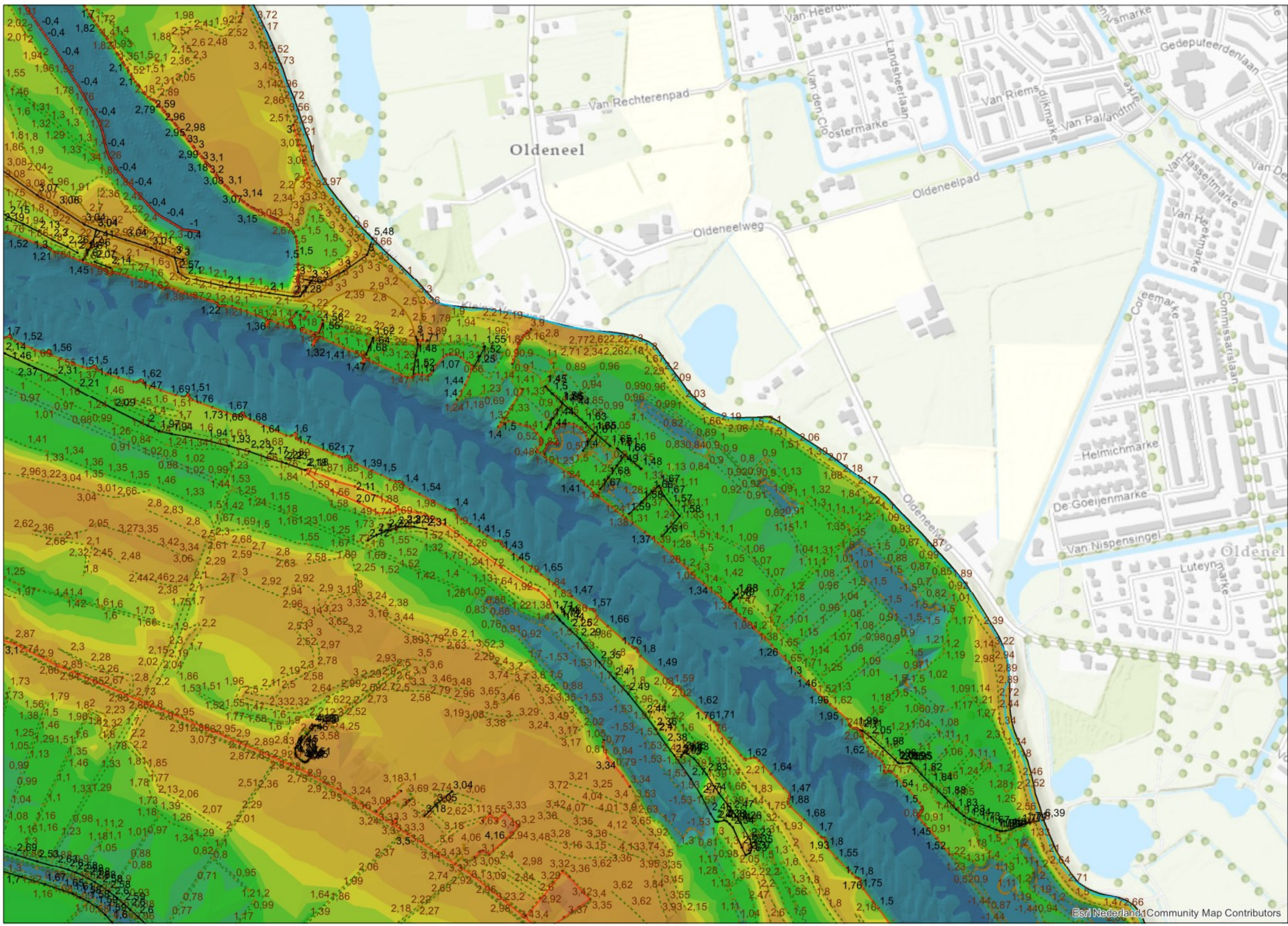
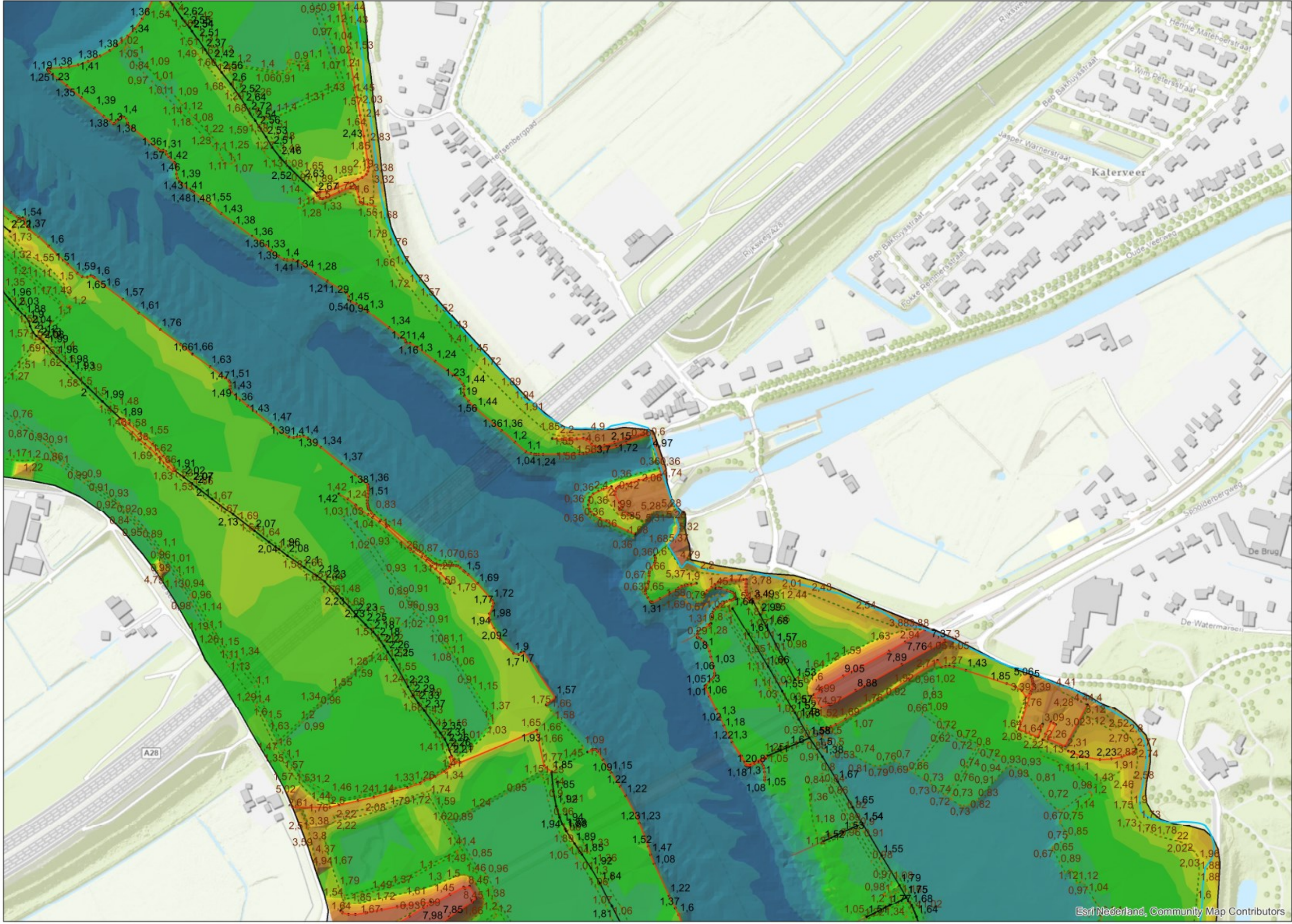
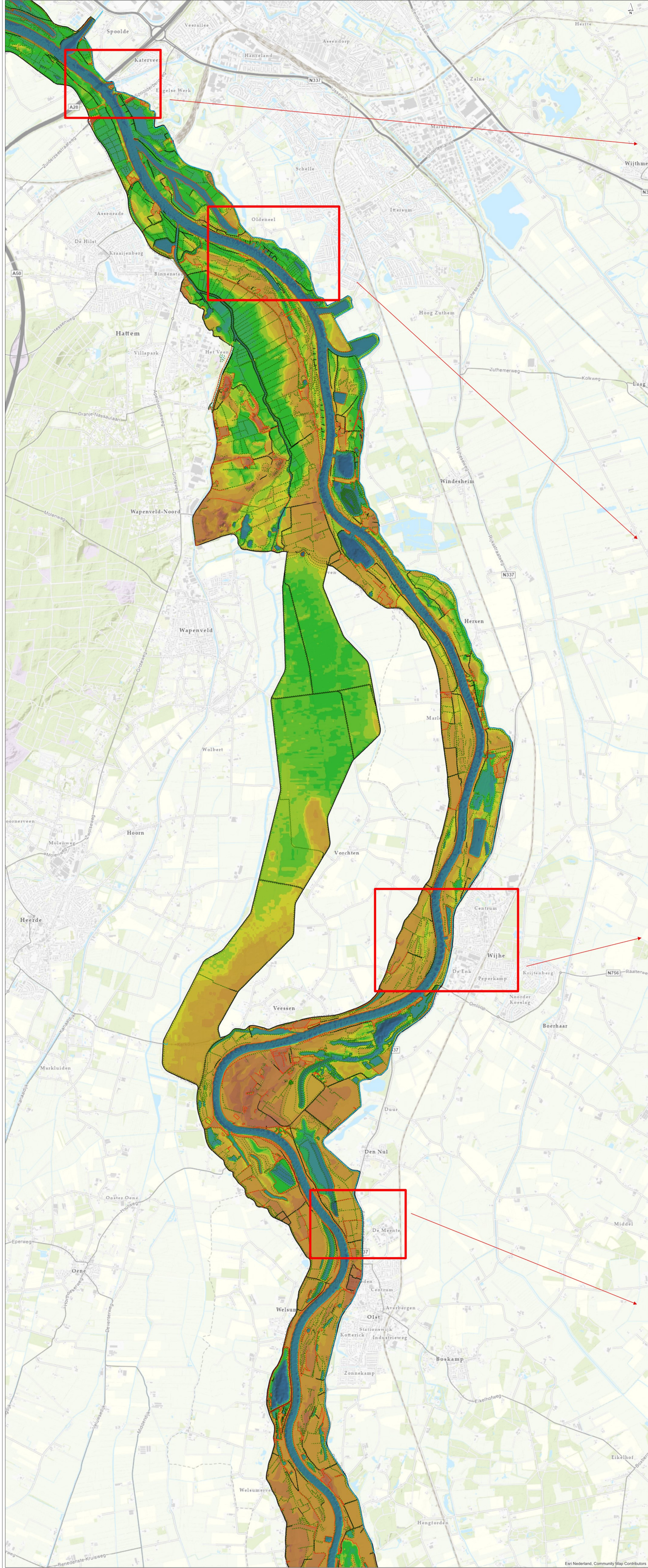


9.5 Schematisatie referentie aanpassingen uiterwaard



9.6 Schematisatie variant bodemmodel

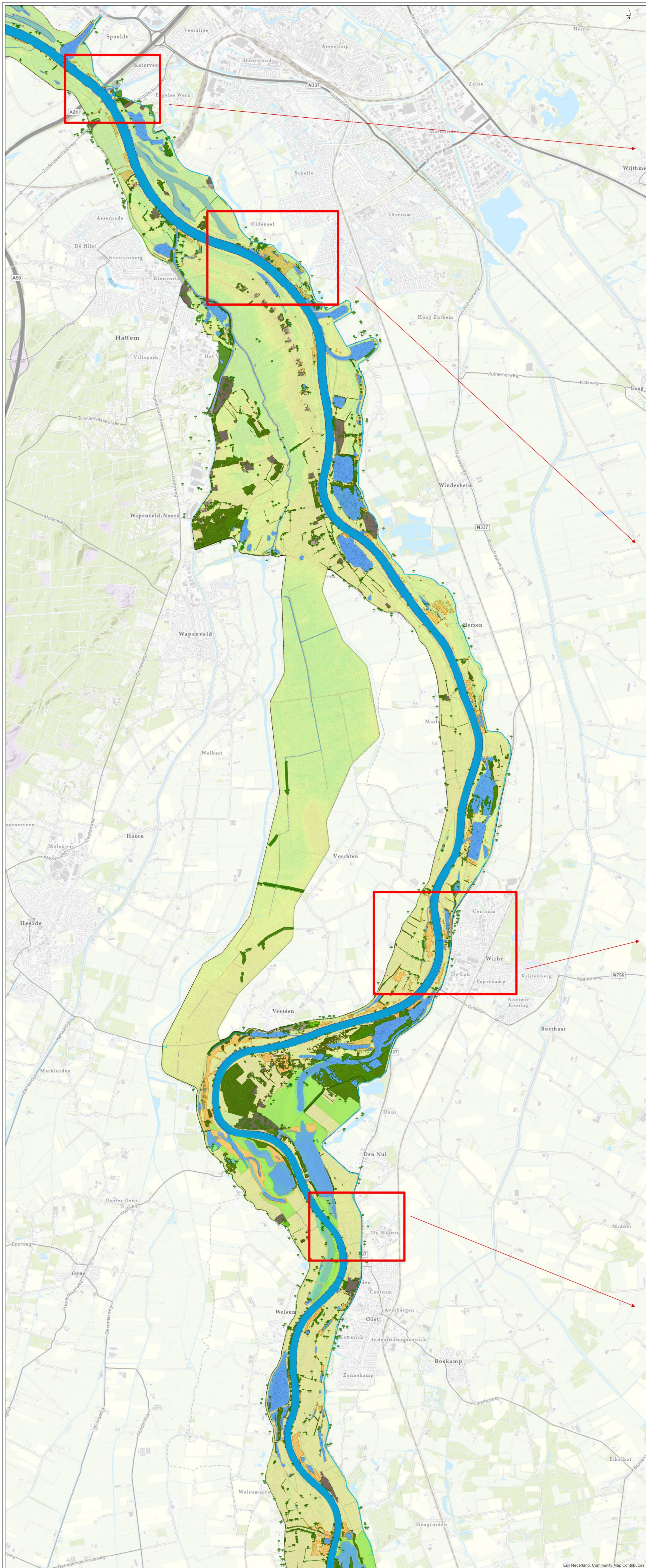




getekend:	Baseline
gecontroleerd:	variant: beno185_dk_r3d
versie: definitief 1	maatregel: ij_dk_v3d
datum: 09-03-2023	opdrachtgever:
tekeningnr: 1	projectnaam: Dijkversterking Zwolle-Olst
	projectcode: 122652
format: A0 staand	
schaal: 1:21000	
0 400 800 1200 m	

9.7 Schematisatie variant vegetatiemodel





ruwheid_vlakken RUWHEIDSCODE Bebouwing/hoogwaterwrijvings terrein Bebouwd/verhard terrein Steenbekleding Vaste lagen	overlaten_routes Zomerbed Diepe bedding Ondiepe bedding Plas/havens/alkigge oever Nevenged Meer Strang Kribvakstrand/zandplaat/grindplaat Ruwe oever	overlaten_routes Akker Productiegrasland Natuurlijk grasland/hooiland Vernieuwd grasland Boomgaard Bomen Productiebos Ooibos Heggen	overlaten_routes Struweelgriend Pioniersvegetatie Riet Ruilgite Natte vegetatie homogeen Natte vegetatie met 25% water Vegetatielegger, water Vegetatielegger, verhard Vegetatielegger, gras en akker	overlaten_routes Vegetatielegger, riet en ruigte Vegetatielegger, bos Vegetatielegger, struweel Vegetatielegger, mengklasse 90/10 Vegetatielegger, mengklasse 70/30 Vegetatielegger, mengklasse 50/50 Niet gecodeerd Niet gedefinieerd	overlaten_routes TYPE krib (1) kade (2) hverschi (3) breuklijnen_routes bandlijnen_routes	overlaten_routes Elevation 7.26 - 40.69 5.32 - 7.26 4.26 - 5.32 3 - 4.26 2.37 - 3 2.11 - 2.37 1.94 - 2.11	overlaten_routes bodemhoogte (m+NAP) 1.65 - 1.94 1.46 - 1.65 1.06 - 1.46 0.68 - 1.06 -0.06 - 0.68 -1.1 - -0.06 -4 - -1.1 -30.42 - -4 -30.42
---	--	---	---	---	---	---	---

getekend: [naam]
gecontroleerd: [naam]
versie: definitief 1
datum: 31-03-2023
tekeningen: 1

format: A0 staand
schaal: 1:21000

0 400 800 1200 m

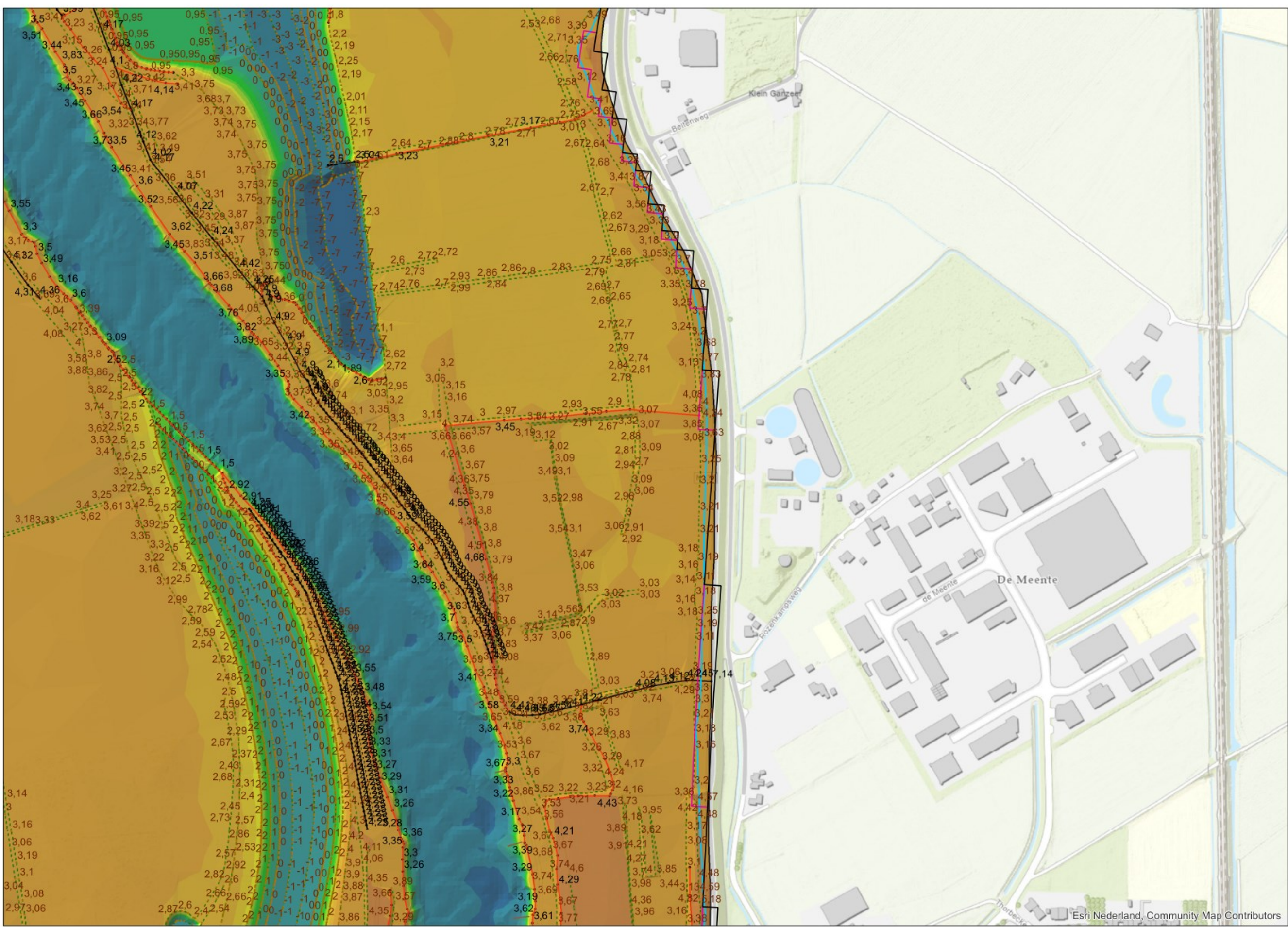
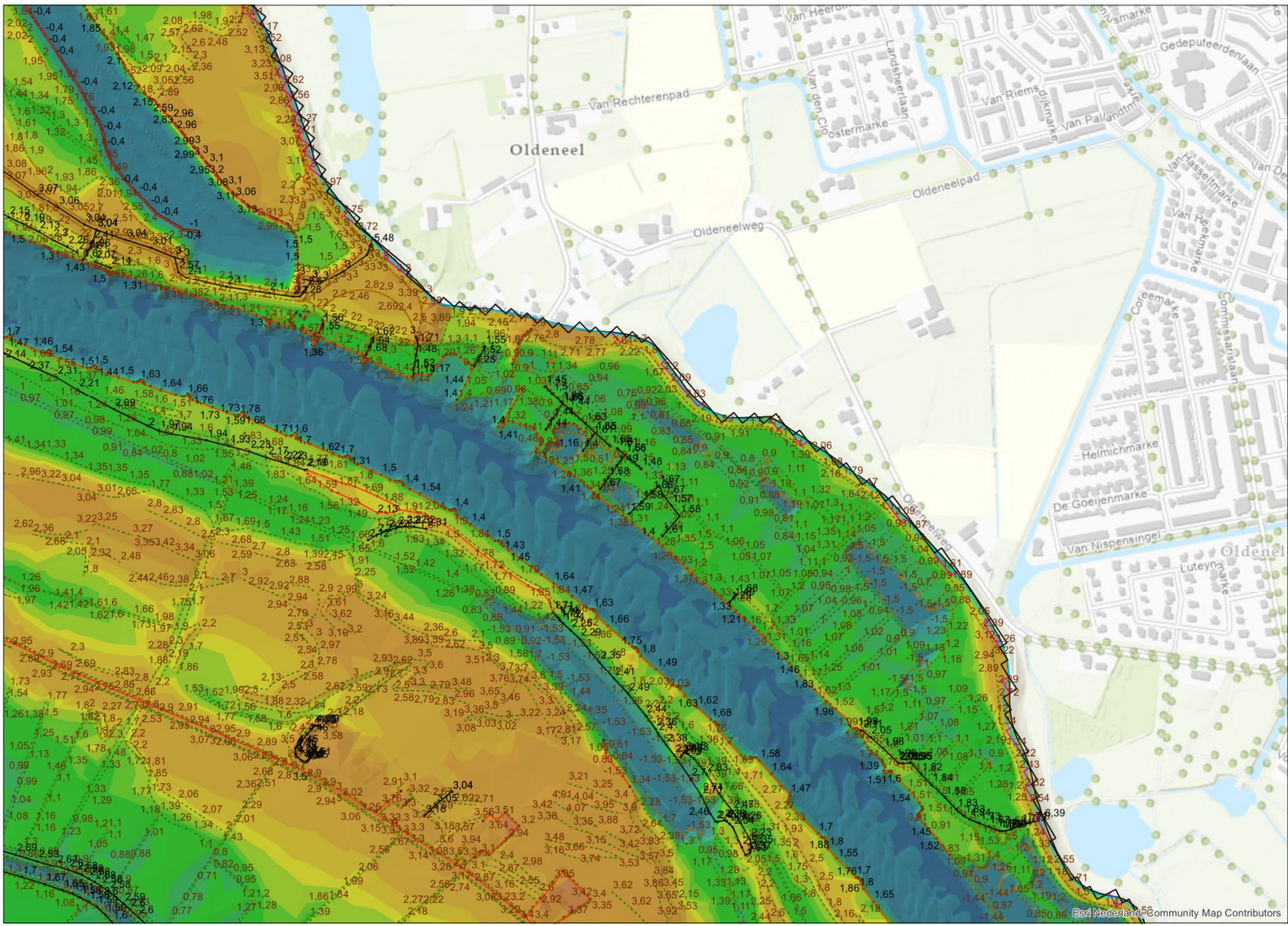
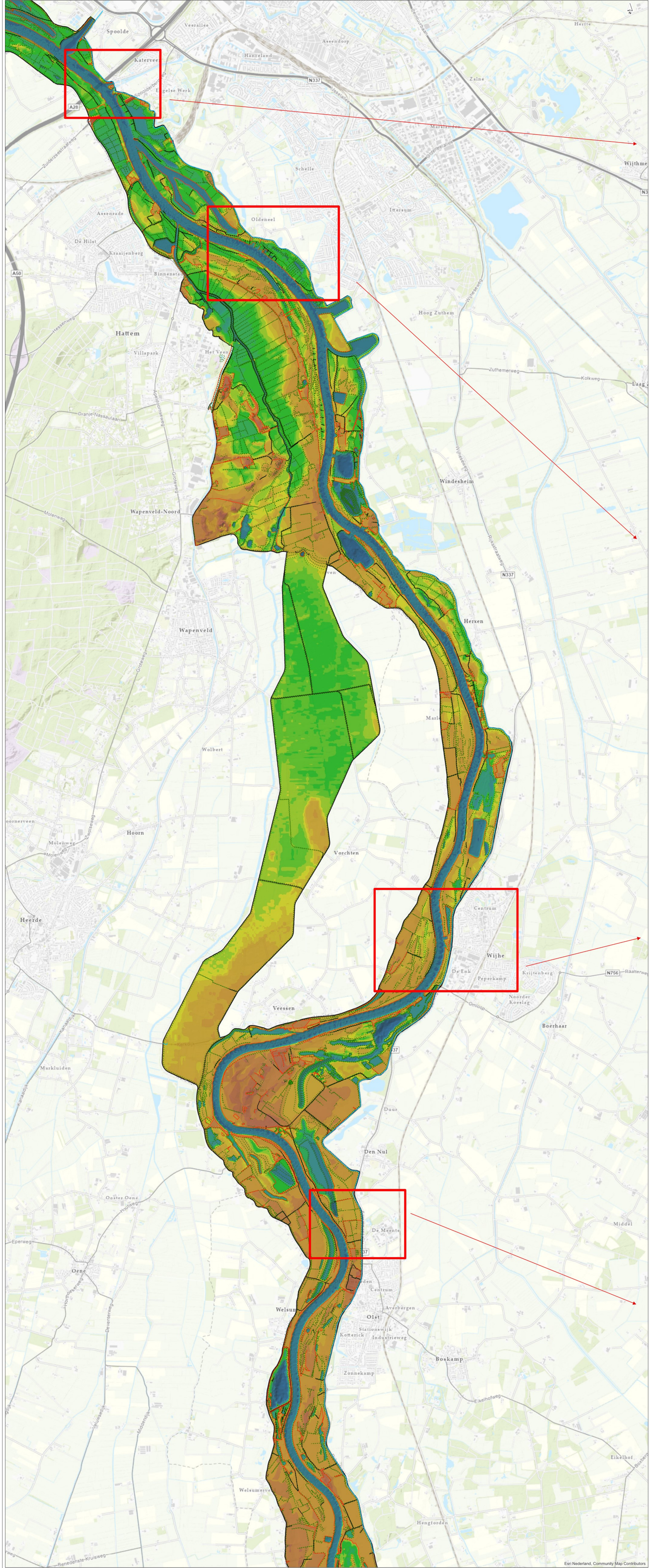
Baseline
variant: beno185 dk r3d
maatregel: ij_dk_v3

opdrachtgever:
projectnaam: Dijkversterking Zwolle-Olst
projectcode: 122652

Witteveen **Bos**

9.8 Schematisatie variant rooster





getekend
gecontroleerd
goedgekeurd
versie: definitief 1
datum: 14-02-2023
tekeningnr: 1

formaat: A0 staand
schaal: 1:21000

0 400 800 1200 m

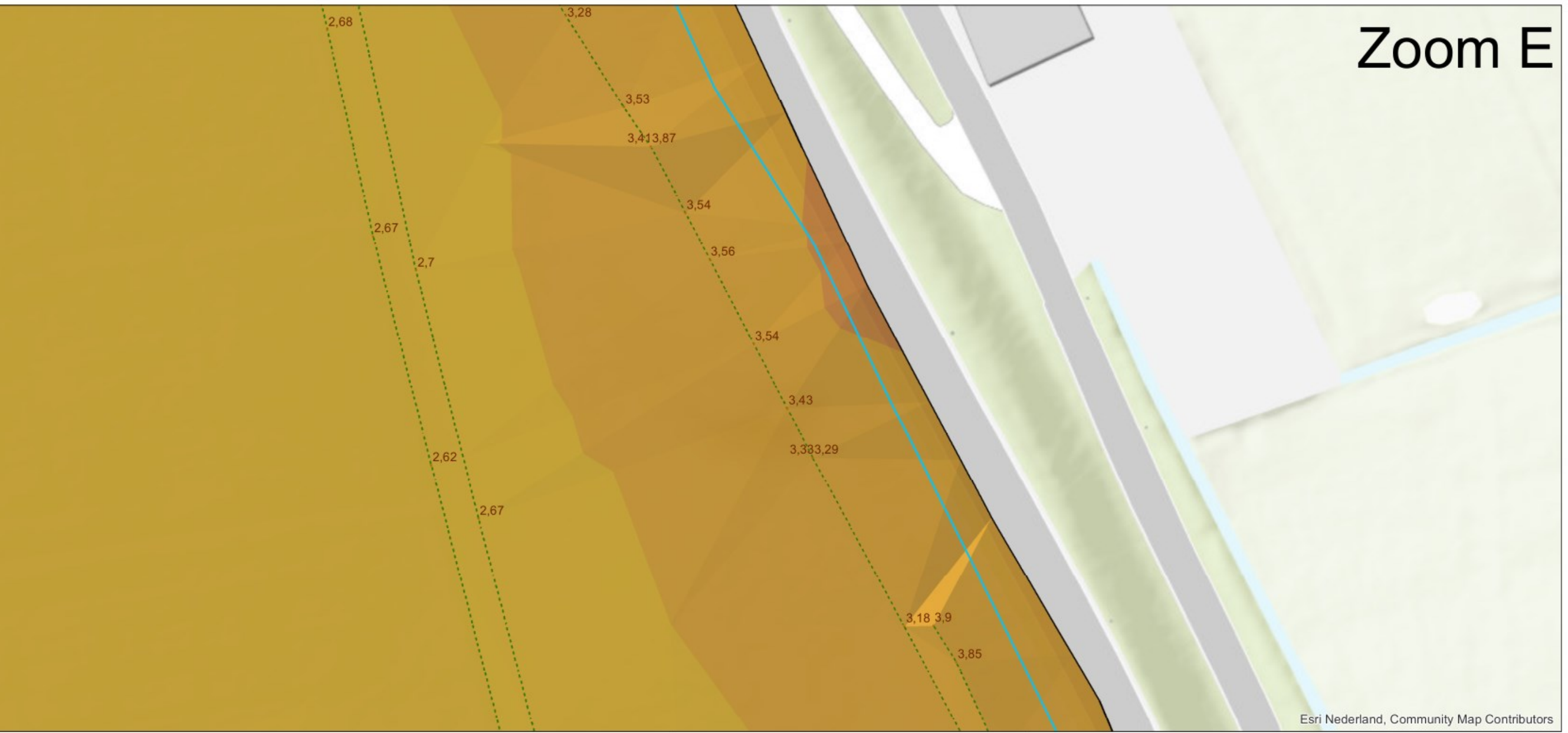
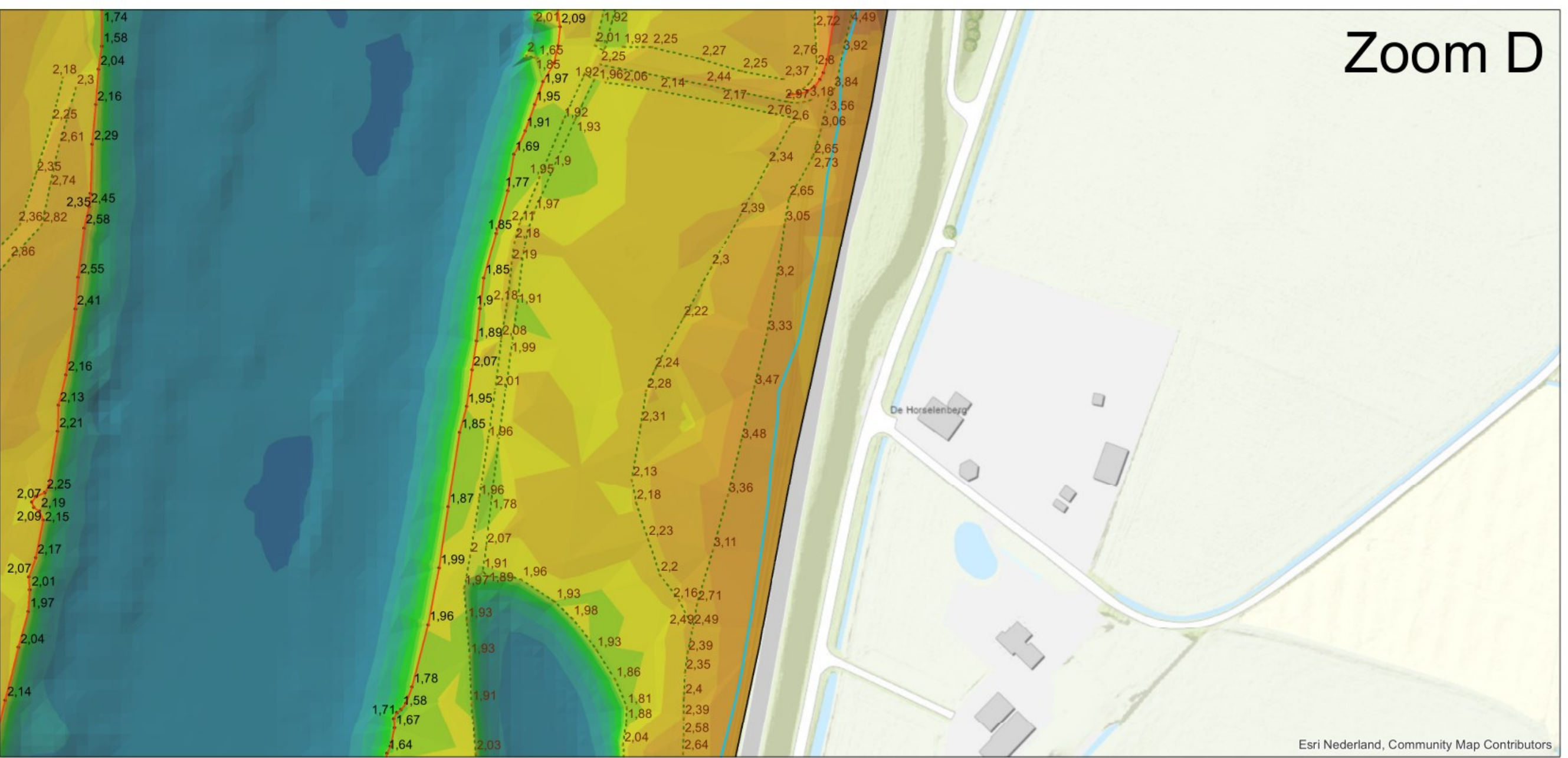
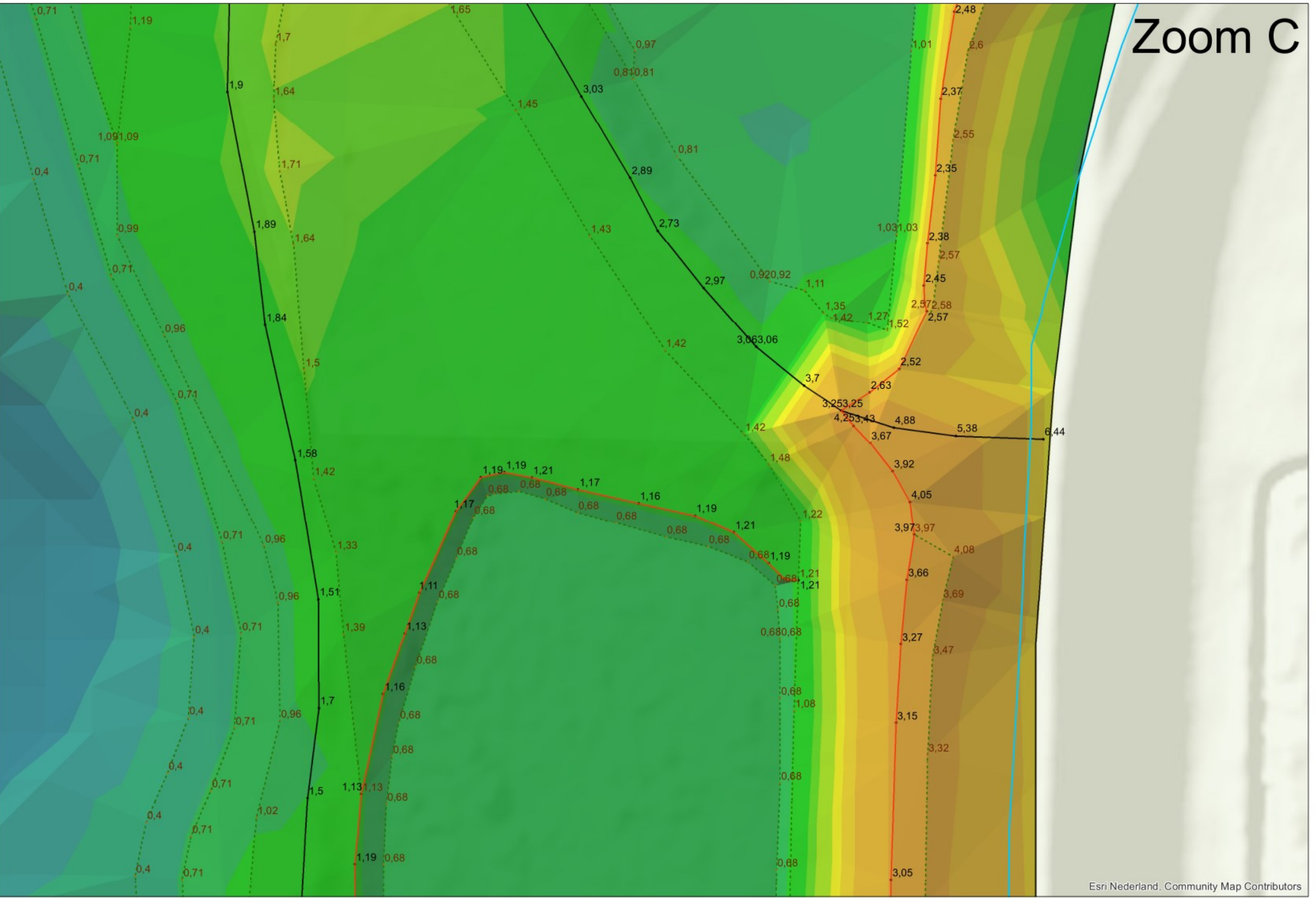
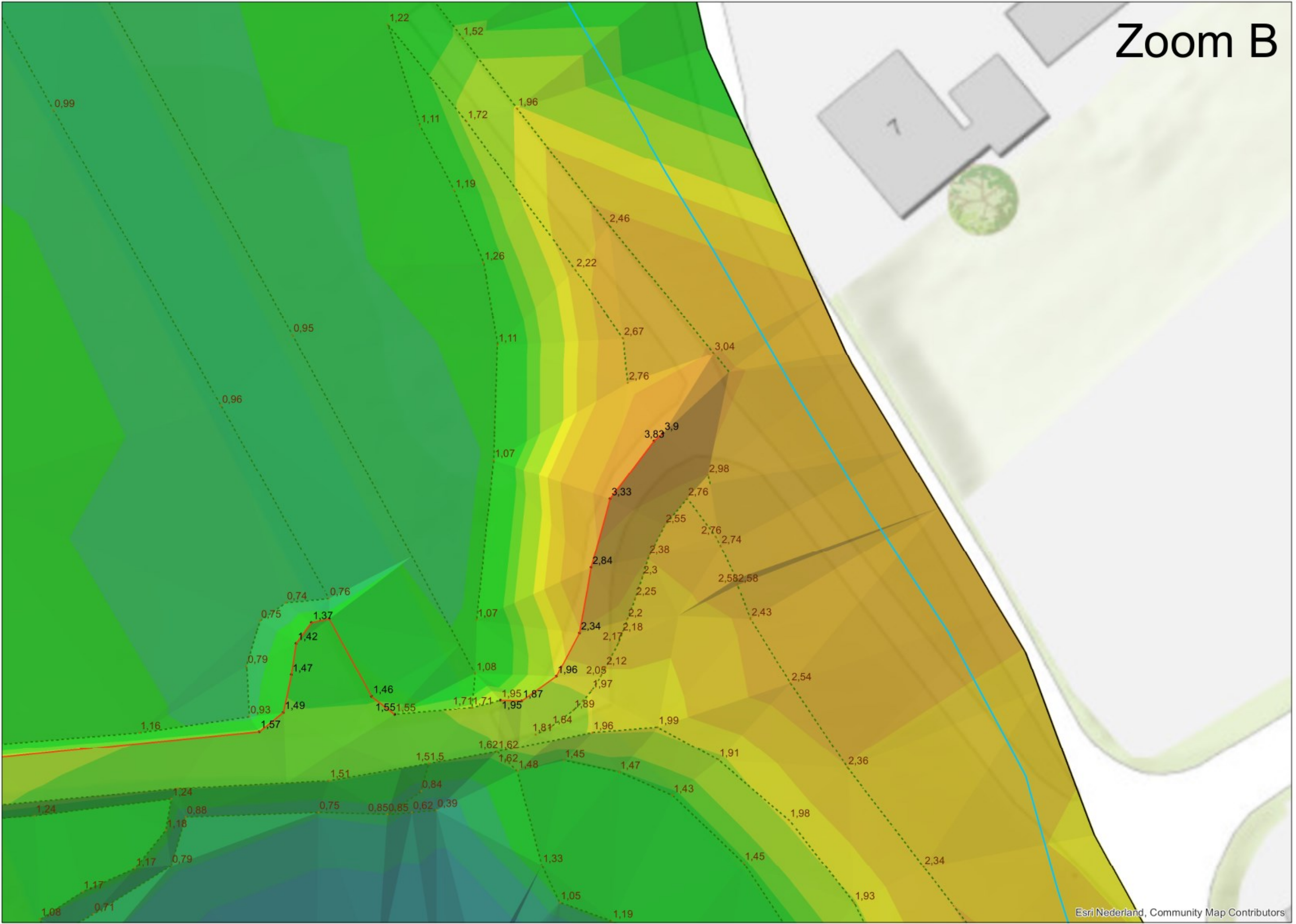
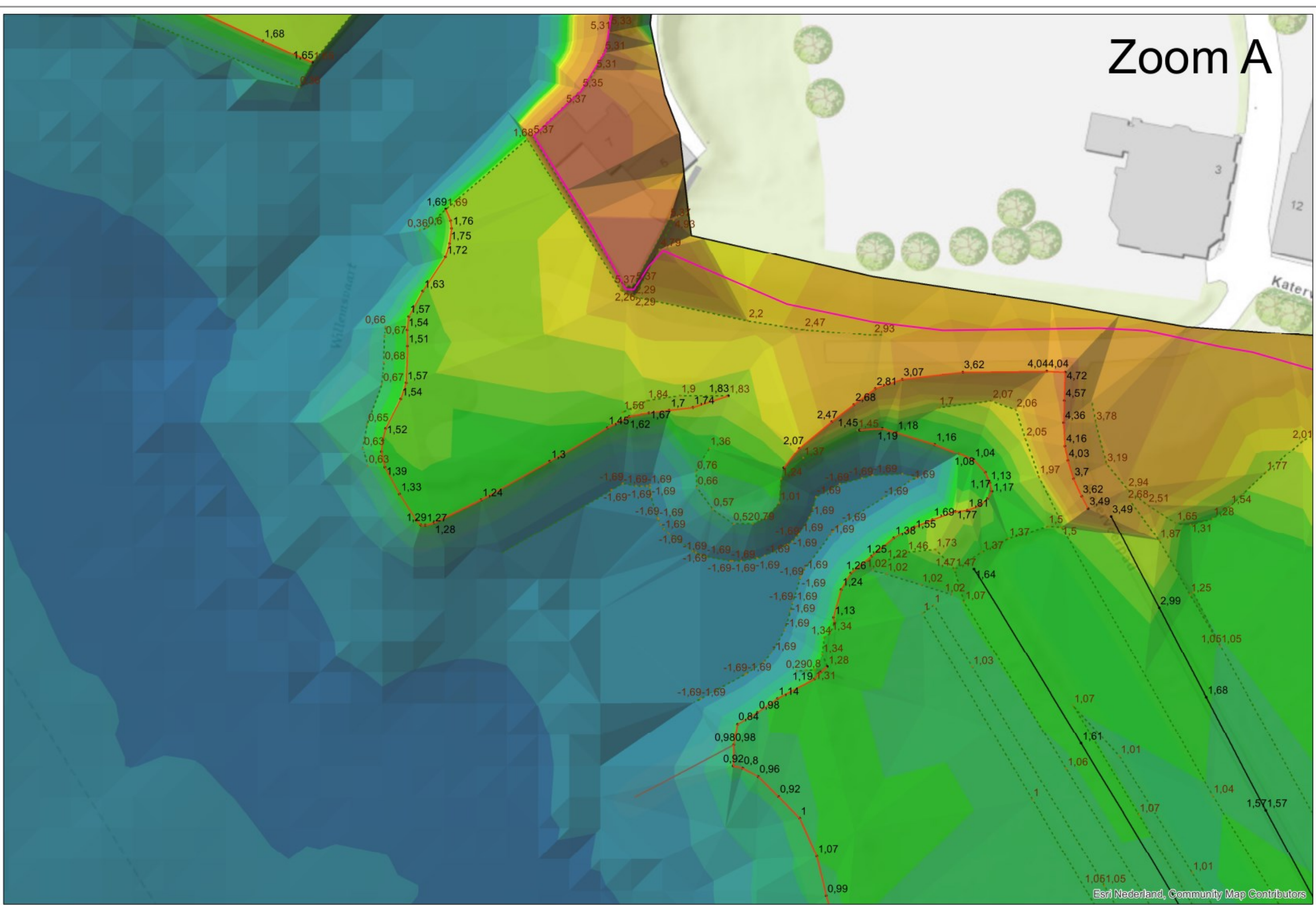
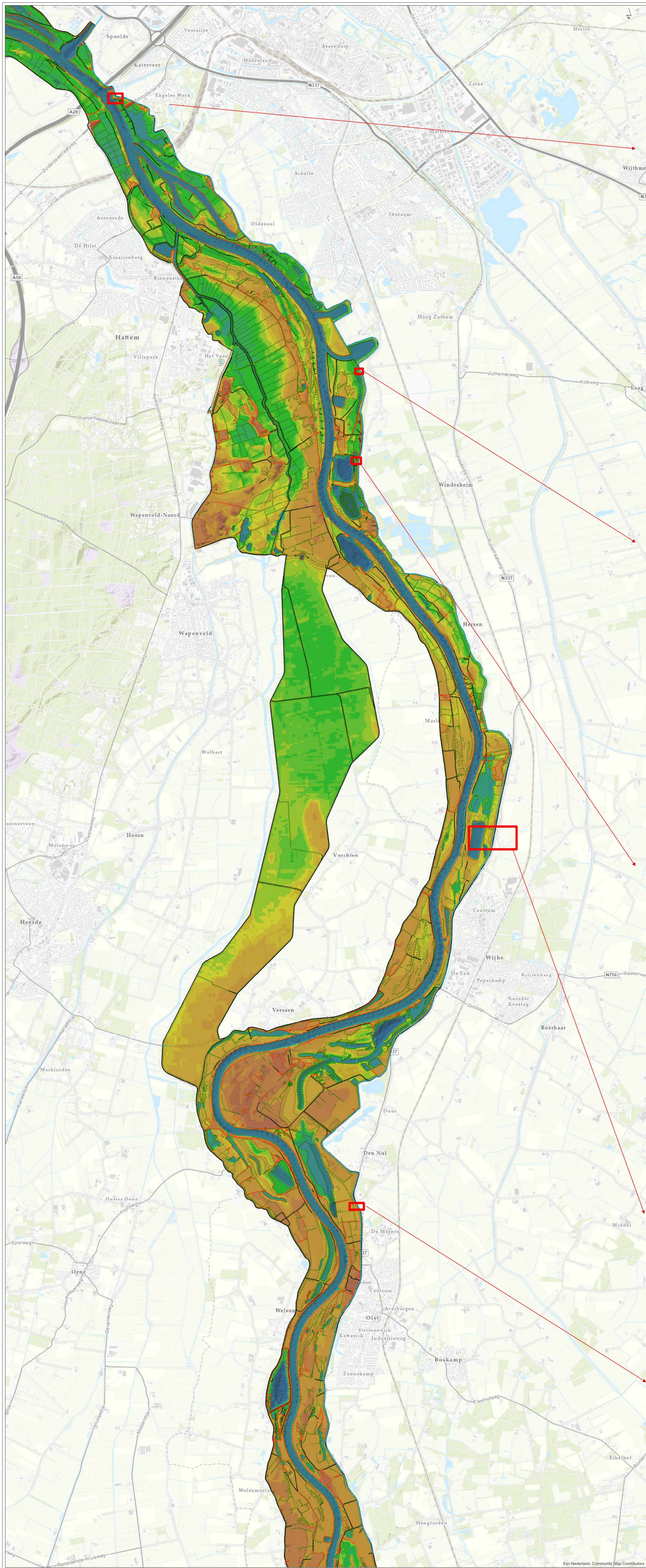
Baseline
variant: beno185_dk_r3
maatregel: ij_dk_v3

opdrachtgever:
projectnaam: Dijkversterking Zwolle-Olst
projectcode: 122652

Bos
Witteveen

9.9 Schematisatie variant aanpassingen uiterwaard





hoogwaterlijn_lijnen

overlatten_routes

TYPE

— krib (1)

— kade (2)

— hverschild (3)

..... breuklijnen_routes

— bandkijken_routes

bodemhoogte (m+NAP)

Elevation

7.26 - 40.69

5.32 - 7.26

4.26 - 5.32

3 - 4.26

2.37 - 3

2.11 - 2.37

1.94 - 2.11

1.65 - 1.94

1.48 - 1.65

1.06 - 1.48

0.68 - 1.06

-0.06 - 0.68

-1.1 - -0.06

-30.42 - -4

-30.42

getekend:

gecontroleerd:

goedgekeurd:

versie: definitief 1

datum: 14-02-2023

tekeningen: 1

formaat: A0 staand

schaal: 1:21000

0 400 800 1200 m

Baseline

variant: beno185.dk_r3

maatregel: ij_dk_v3

opdrachtgever:

projectnaam: Dijkversterking Zwolle-Olst

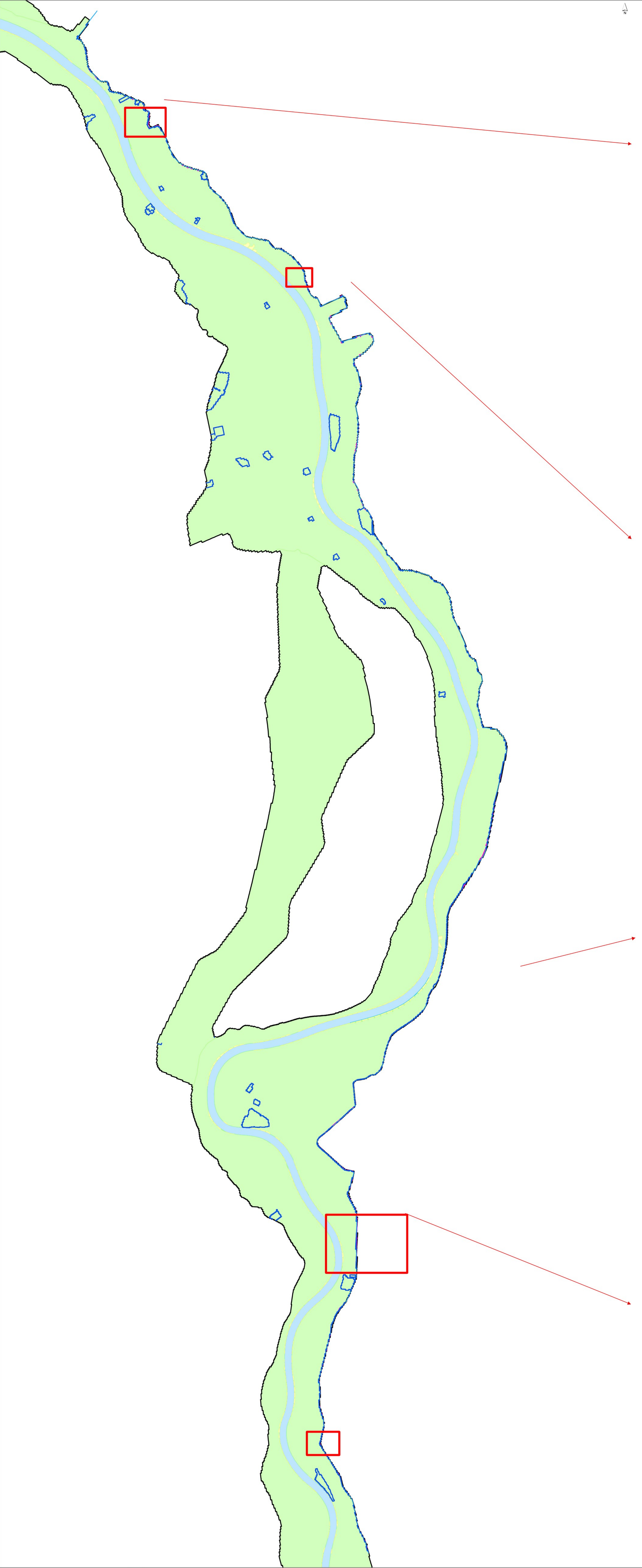
projectcode: 122652

Bos

Witteveen

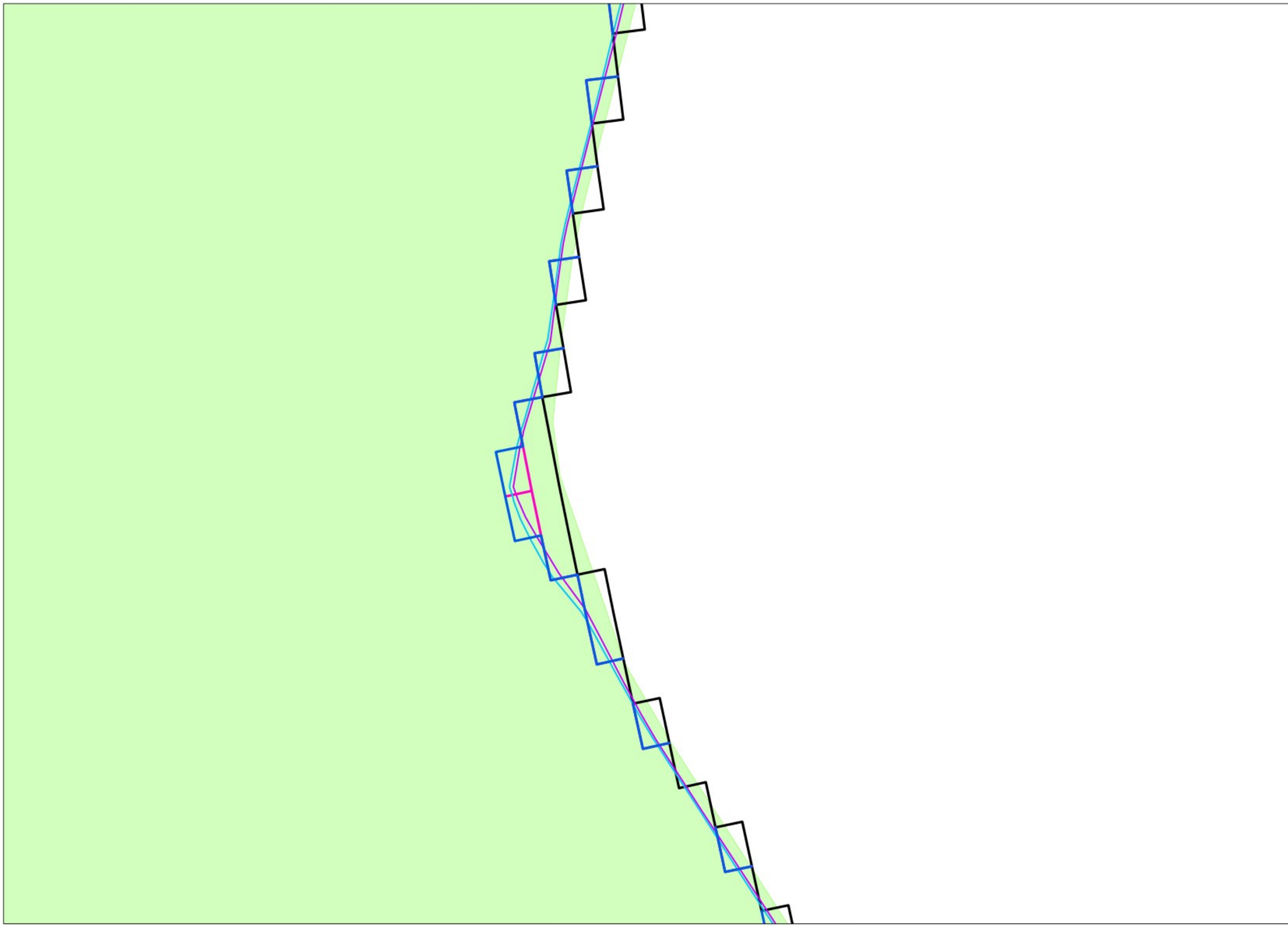
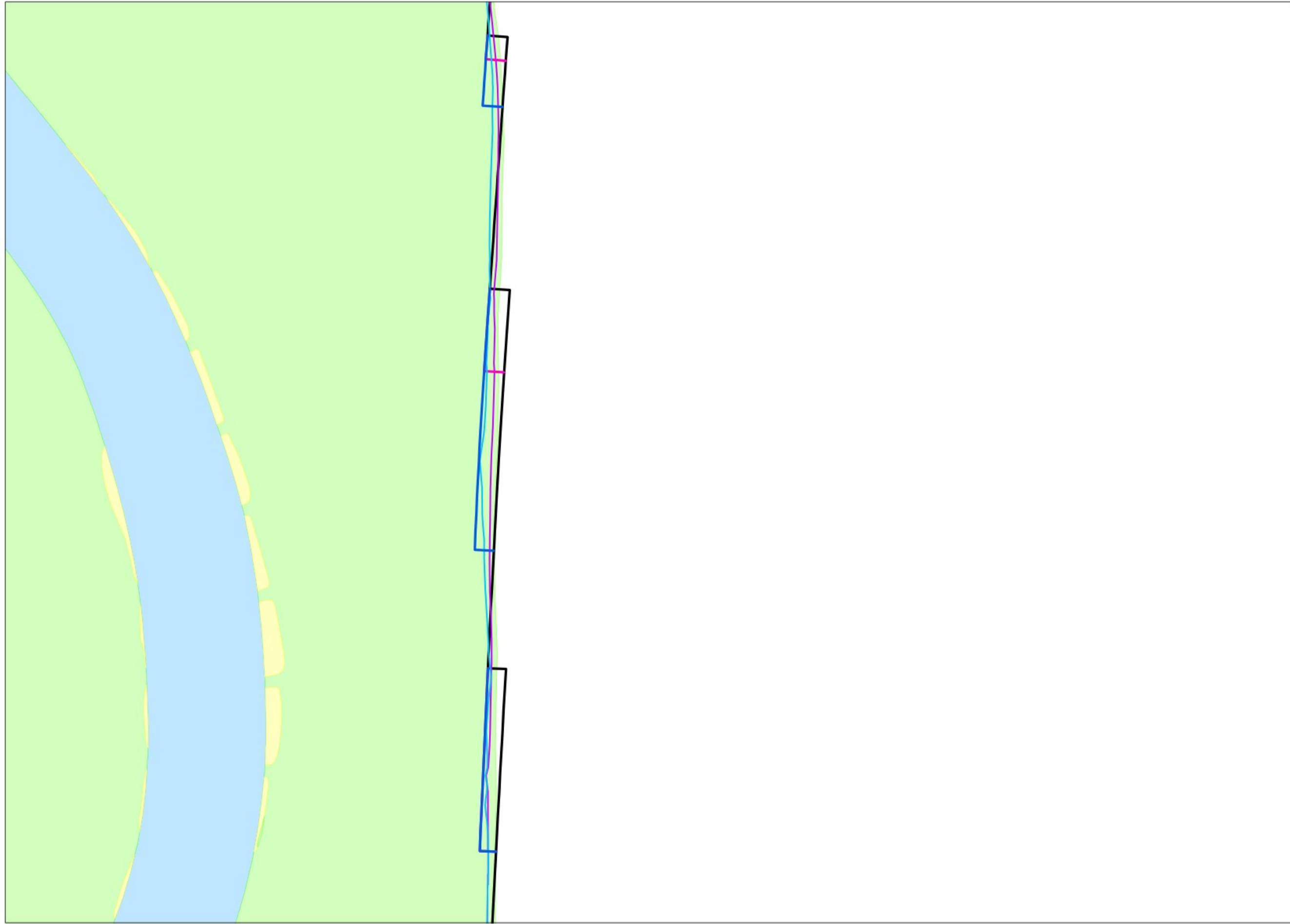
9.10 Vergelijking roosterbegrenzing Variant - Referentie





Variant roosterbegrenzing hoogwatervrijlijnen 3
referentie hoogwatervrijlijnen
referentie roosterbegrenzing hoogwatervrijlijnen
rekenroosterbegrenzing vlakken
Variant hoogwatervrijlijnen

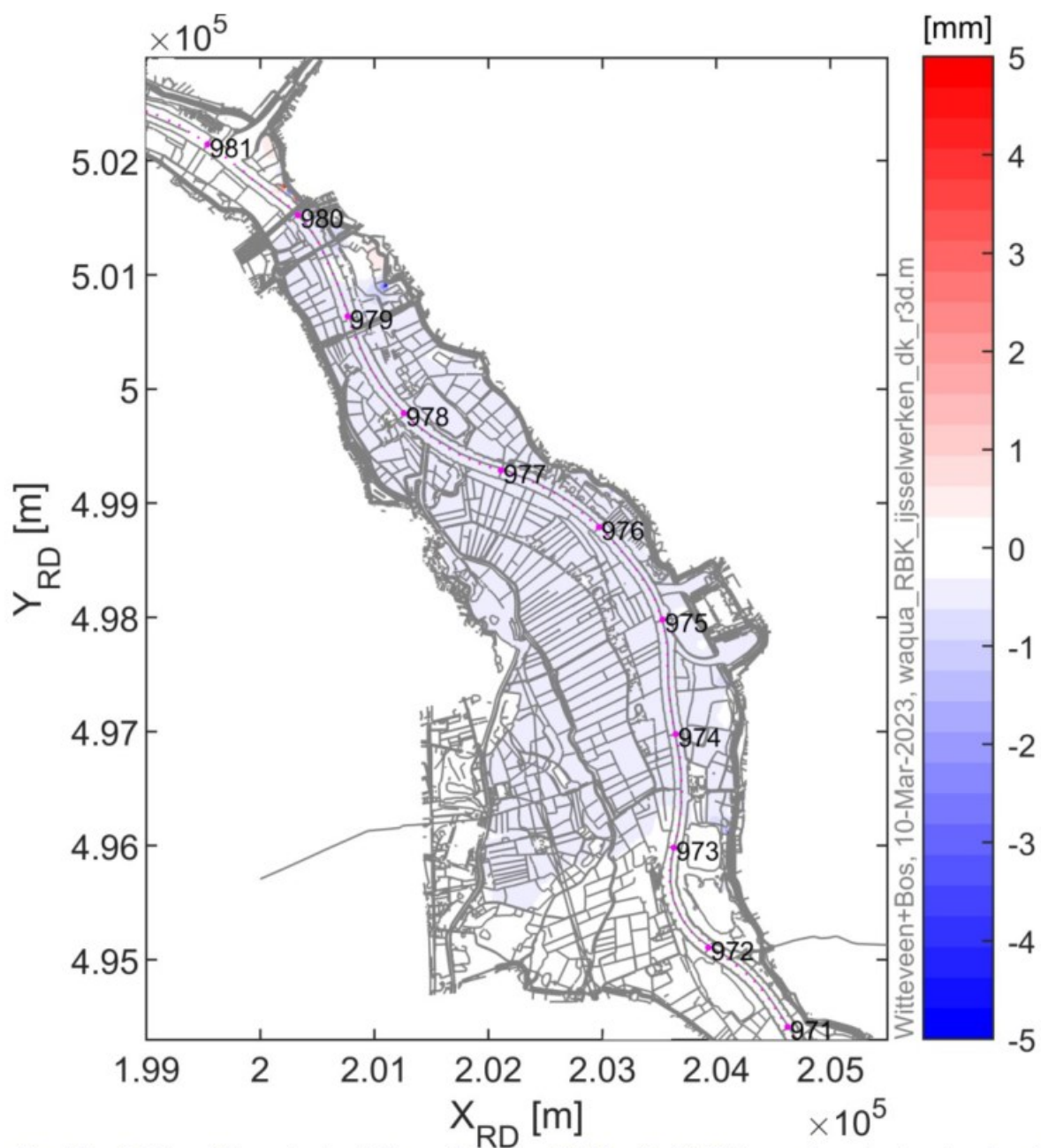
secties
SECTIE
1
2



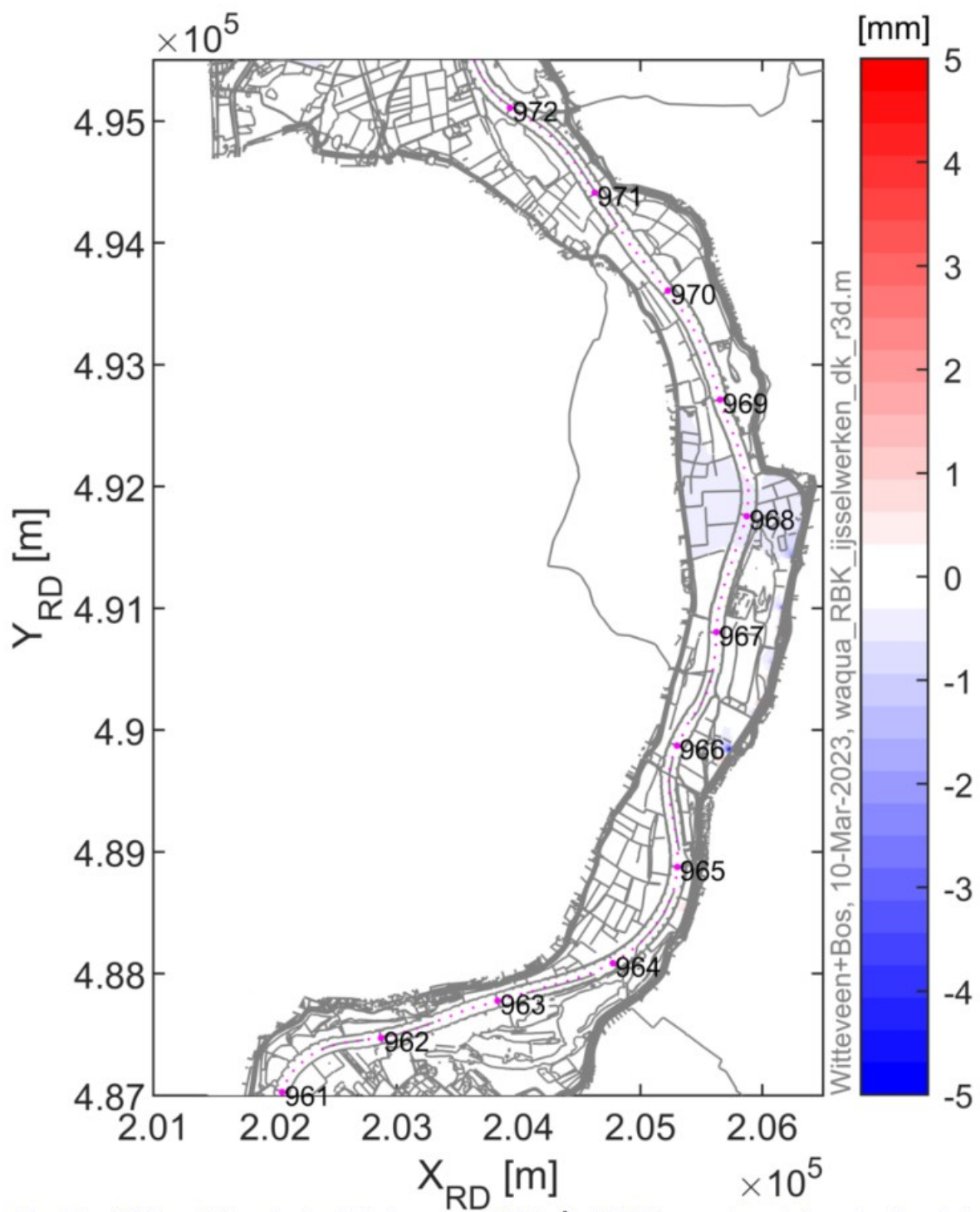
getekend
gecontroleerd
goedgekeurd
versie: definitief 1
datum: 31-03-2023
tekeningsnr: 1
formaat: A0 staand
schaal: 1:21000
0 400 800 1200 m

Baseline
Rooster vergelijking referentie & variant
variant: Beno185_v2 en Beno185_dk_r3d
opdrachtgever:
projectnaam: Dijkversterking Zwolle-Olst
projectcode: 122652
Witteveen + Bos

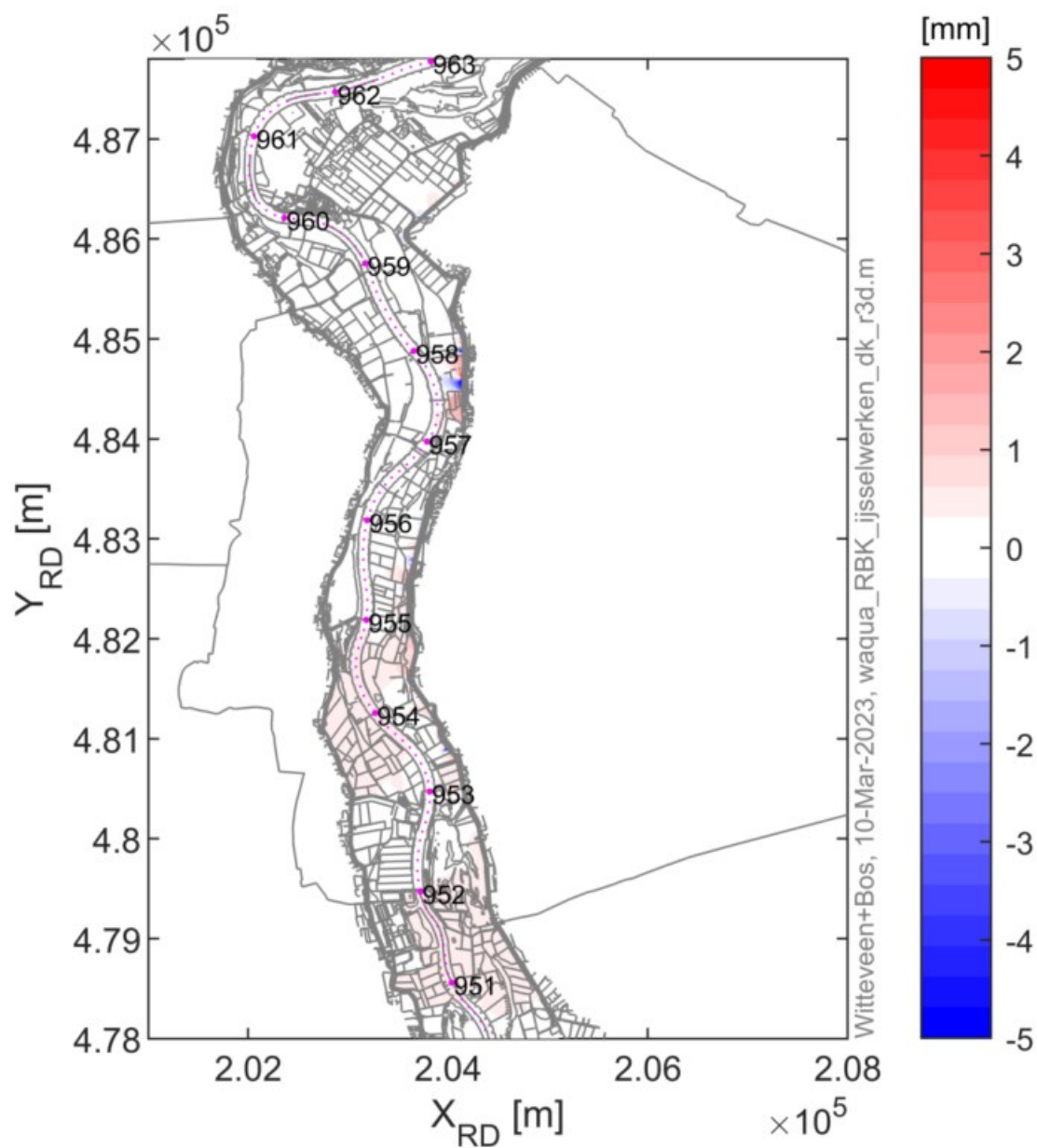
9.11 Uitvergrote rapportfiguren



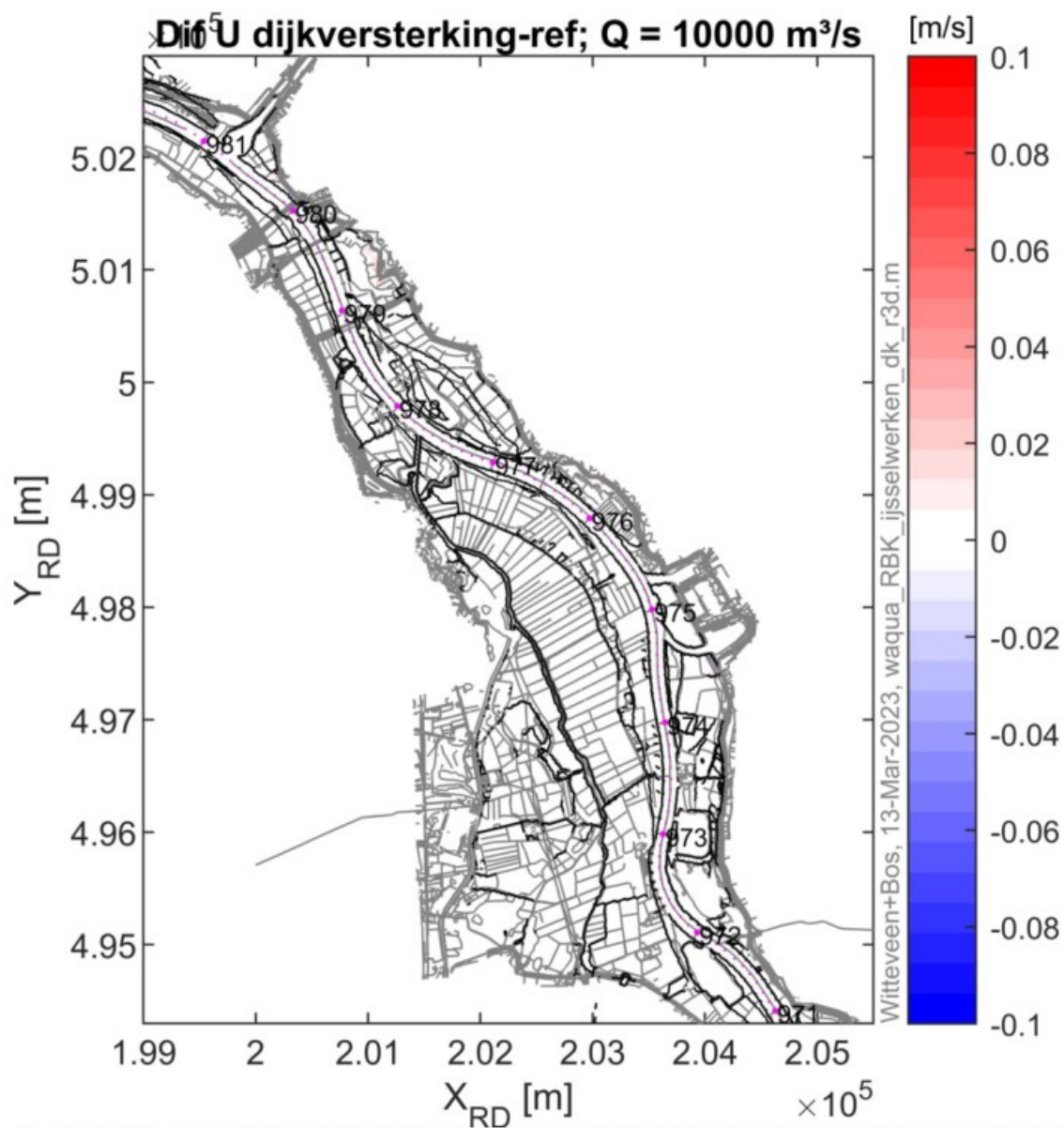
Afbeelding 9.1 Verschil in waterstand bij een afvoer van 16.000 m³/s (HWR) tussen de variant en de referentie in het noordelijke gedeelte van het dijkversterkingstraject. De grijze lijnen = topografie.



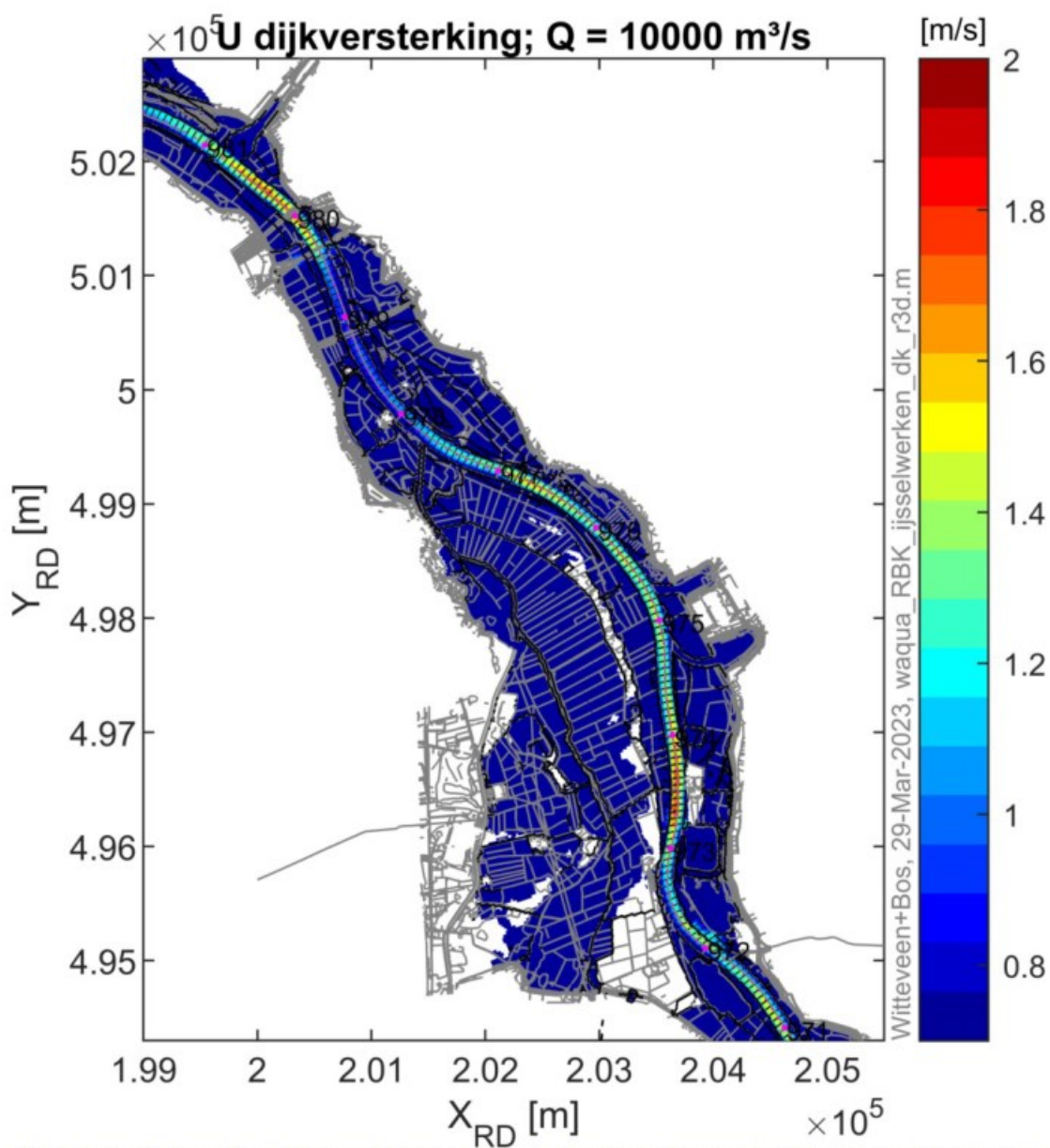
Afbeelding 9.2 Verschil in waterstand bij afvoer van 16.000 m³/s (HWR) tussen de variant en de referentie in het middelste gedeelte van het dijkversterkingstraject. De grijze lijnen = topografie.



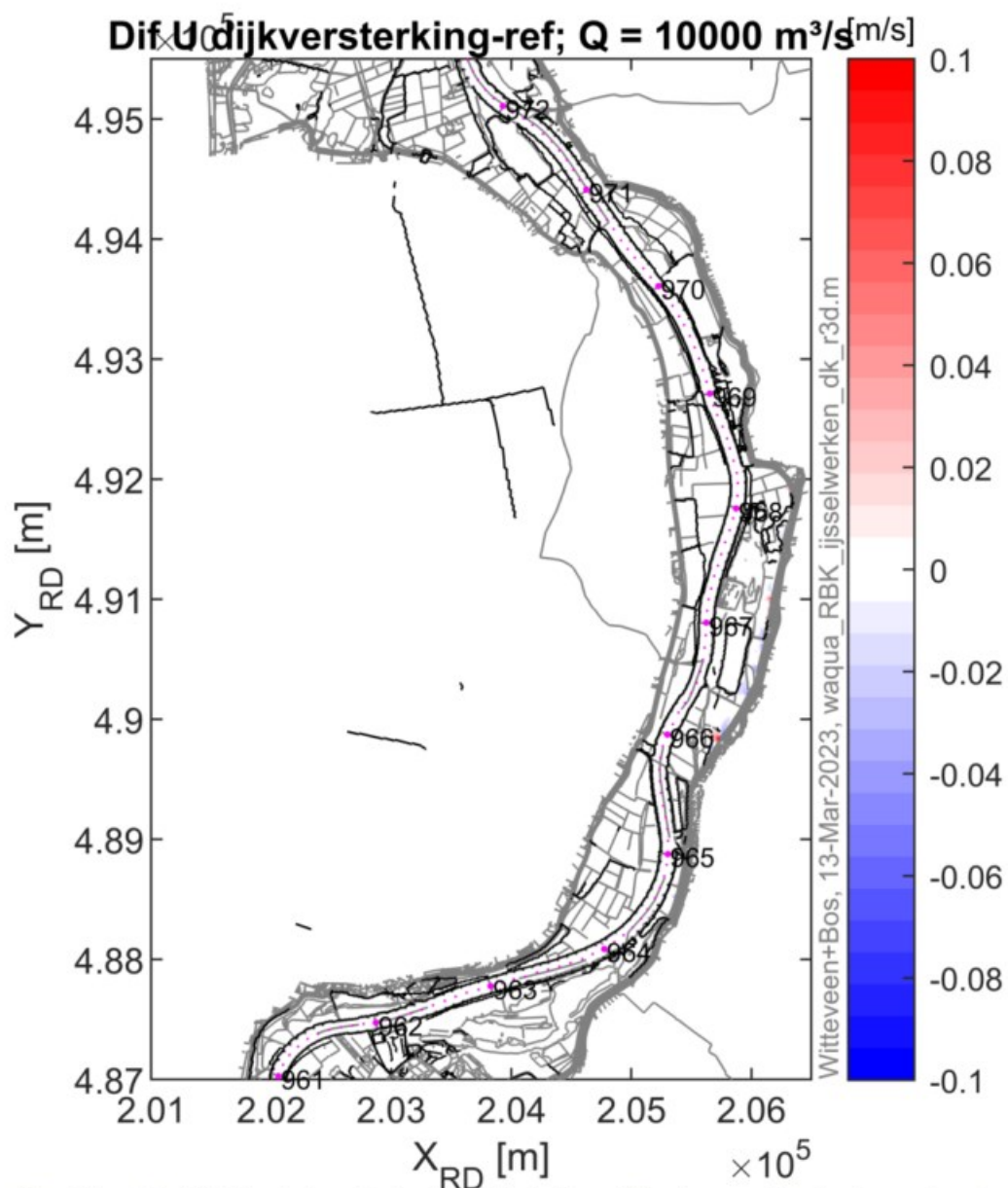
Afbeelding 9.3 Verschil in waterstand voor een afvoer van 16.000 m³/s (HWR) tussen de variant en de referentie in het zuidelijkste gedeelte van het dijkversterkingstraject. De grijze lijnen = topografie.



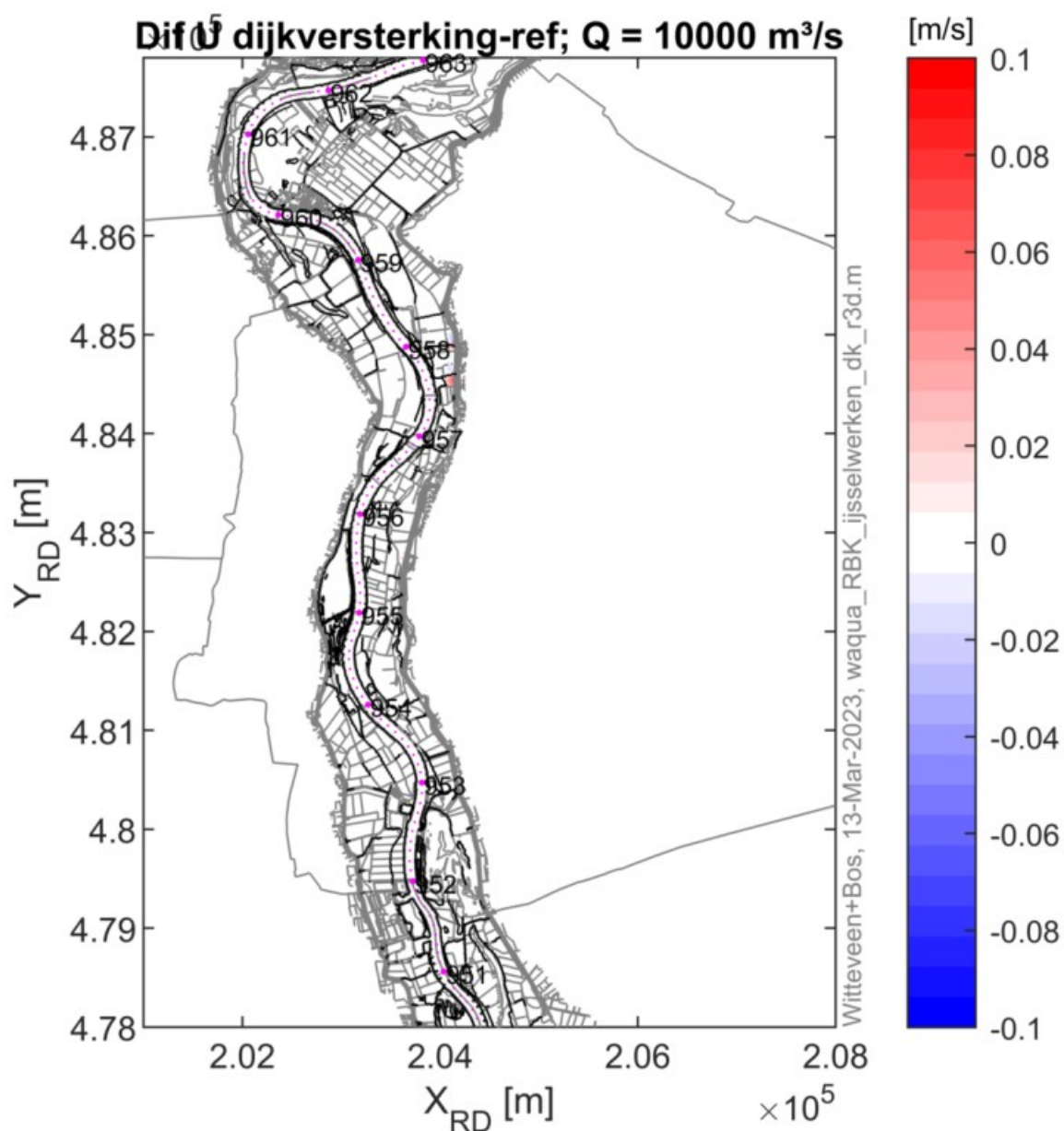
Afbeelding 9.4 Noordelijk deel van het projectgebied. Verschil in stroomsnelheden tussen de referentie en de variant voor een afvoer van 10.000 m³/s. Grijs lijnen = topografie, zwarte lijnen = overlaten.



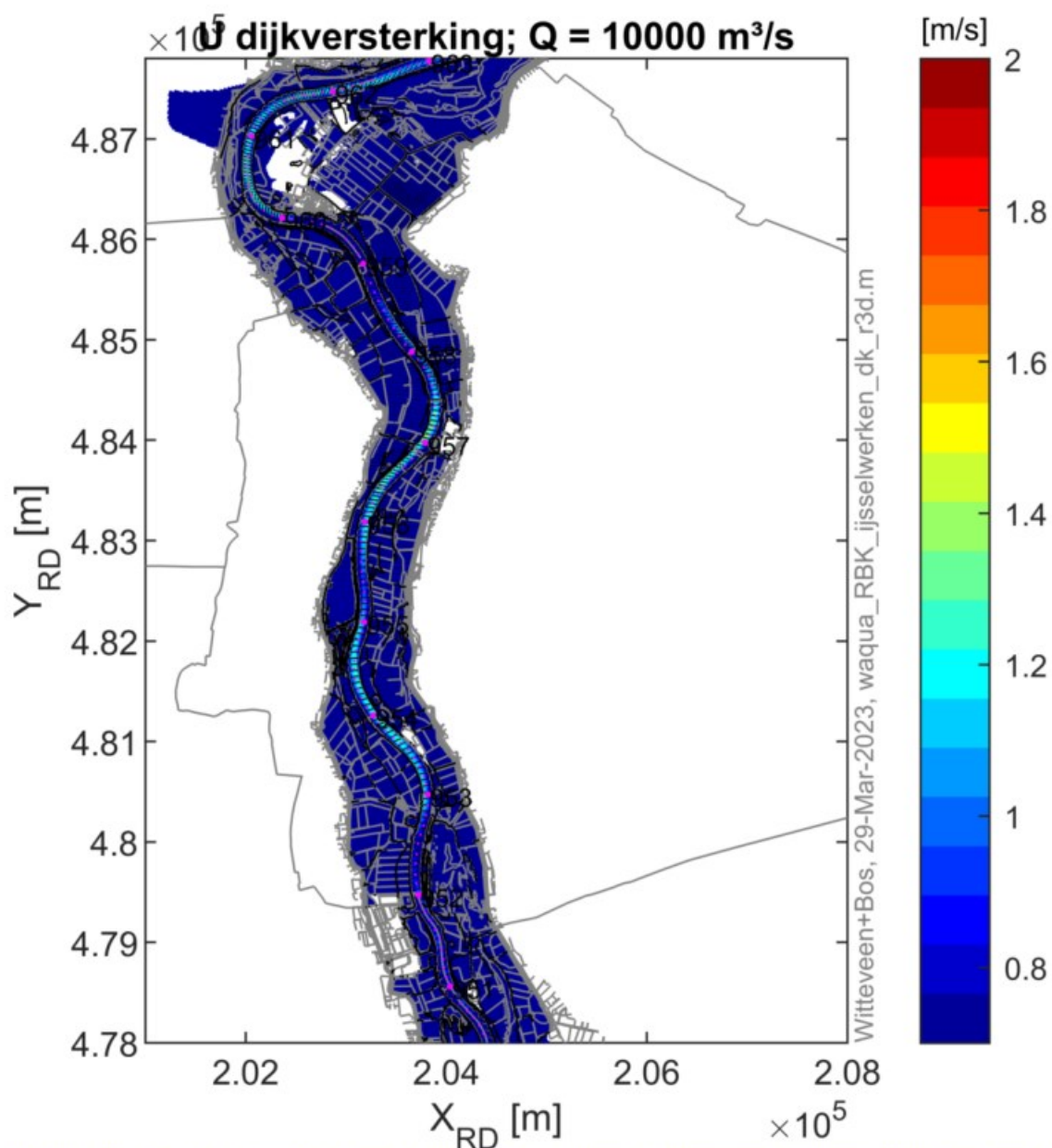
Afbeelding 9.5 Noordelijk deel van het projectgebied. Absolute stroomsnelheid voor variant voor een afvoer van 10.000 m³/s. Grijs lijnen = topografie, zwarte lijnen = overlaten



Afbeelding 9.6 middelste stuk van het projectgebied. Verschil in stroomsnelheden tussen de referentie en de variant voor een afvoer van 10.000 m³/s. Grijs lijnen = topografie, zwarte lijnen = overlaten.



Afbeelding 9.8 zuidelijke gedeelte van het projectgebied. Verschil in stroomsnelheden tussen de referentie en de variant voor een afvoer van 10.000 m³/s. Grijs lijnen = topografie, zwarte lijnen = overlaten.



Afbeelding 9.9 zuidelijke gedeelte van het projectgebied. Absolute stroomsnelheid voor variant voor een afvoer van 10.000 m³/s. Grijs lijnen = topografie, zwarte lijnen = overlaten.