

Notitie / Memo

HaskoningDHV Nederland B.V.
Water

Aan: RWS-ZN Team Grensmaas, Wim Kornelis (RWS-ON)
Van: Hidde Kats, Marcel van den Berg, Marcela Busnelli
Datum: 1 juni 2021
Kopie: Roel van de Laar
Ons kenmerk: BH2038-RHD-NT-0001-NT-0001
Classificatie: Projectgerelateerd
Goedgekeurd door: Roel van de Laar

Onderwerp: Rivierkundige beoordeling geoptimaliseerd vegetatiebeeld voor de Grensmaas

1. Inleiding

Vanuit de Waterwet heeft Rijkswaterstaat (RWS) als beheerder van de Rijkswaterstaatswerken de wettelijke taak om te zorgen voor de vaststelling van een actuele Legger Rijkswaterstaatswerken. Hierin is onder andere omschreven aan welke ligging, vorm, afmeting en type constructie de Rijkswaterstaatswerken moeten voldoen. De afgelopen 15 jaar is het gebied van de Grensmaas aanzienlijk gewijzigd door de vele uitgevoerde projecten in het kader van de Maaswerken.

Sinds 2014 wordt in de Vegetatielegger vastgelegd welk type begroeiing langs de rivieren is toegestaan. Dit is belangrijk voor het creëren van een goede doorstroming van het water in de uiterwaarden. De vegetatie langs de Grensmaas is de afgelopen jaren niet beheerd volgens de Vegetatielegger. Er was namelijk nog geen werkbare vegetatielegger beschikbaar. Bovendien is de vergunning niet duidelijk over het vegetatiebeeld na aanleg Maaswerken, waardoor de Vegetatielegger momenteel geen reëel beeld geeft van de huidige en toekomstige vegetatie. Daarnaast vindt er langs de Grensmaas grondwerk plaats wat pas in 2027 afgerond zal zijn. De vegetatie op het deel van het Grensmaasplan is momenteel nog amper het stadium van pioniervegetatie ontstegen. Omstreeks 2040 zou er dan een voltooid vegetatiebeeld kunnen zijn ontstaan. Om het beheer en onderhoud in de toekomst te kunnen regelen is dus een actualisatie van de vegetatielegger noodzakelijk.

Het is wenselijk om voor deze actualisatie inzicht te hebben in de beheersbaarheid van de vegetatiekaart en de kansen voor natuurontwikkeling. In overleg met RWS-ZN zijn daarom verschillende vegetatiekaarten doorgerekend en geoptimaliseerd om te komen tot een vergunbare en beheersbare vegetatiekaart waar veel ruimte is voor natuurontwikkeling die opgenomen kan worden in de Vegetatielegger.

Bij het opstellen van de kaart is waterstandsdeling nagestreefd. Op plaatsen waar dit mogelijk was, is ruwere vegetatie opgenomen en op sommige plaatsen is ruwere vegetatie vervangen is door gladdere vegetatie. Vervolgens is beschouwd of deze aanpassingen passen binnen de grenzen van het rivierkundig beoordelingskader (RBK). Om de rivierkundige impact van de voorgestelde actualisatie van de Vegetatielegger te bepalen, is vervolgens een rivierkundige beoordeling uitgevoerd van de definitieve vegetatiekaart. Deze beoordeling is in dit memo vastgelegd.

2. Werkwijze en uitgangspunten

Deze rivierkundige beoordeling is uitgevoerd op basis van een kwantitatieve analyse aangevuld met expert judgement. Door middel van modelberekeningen zijn enkele aspecten uit het RBK kwantitatief beoordeeld. De GIS-applicatie Baseline is gebruikt voor het schematiseren van de maatregel met het gewijzigde vegetatiebeeld. Vervolgens is het 2D stromingsmodel WAQUA toegepast om deze schematisatie door te rekenen met een dynamische afvoergolf van 1.431, 1.971, 2.603, 3.224 en 4.118 m³/s. De uitgangspunten voor deze rivierkundige beoordeling zijn samengesteld op basis van 3 verschillende overleggen in de week van 09 tot en met 11 februari 2021 met het Grensmaasteam, bevoegd gezag RWS ZN en haar wettelijke adviseurs.

In het verleden is vaak gerekend met een 3.275 m³/s afvoer die hoort bij een herhalingsstijd van 250 jaar (overschrijdingskans). De nieuwe normering en hiermee dus ook deze RBK-toetsing gaat uit van 3.224 m³/s afvoer bij een herhalingsstijd van 100 jaar. Deze afvoer is maatgevend voor normtrajecten met een signaleringswaarde van 1/300 per jaar (dat komt overeen met een ondergrens van 1/100 per jaar). De 1/3.000 per jaar afvoer van 4.118 m³/s is maatgevend voor de Bedijkte Maas en de delen van het gebied waar het bergend regime van toepassing is (dit is met name binnen de dijkringen die in de uiterwaarden van de Grensmaas liggen).

Referentie:

- Voor de Baseline referentieschematisatie is door RWS Zuid-Nederland 'bo17_5-gm01' uitgeleverd;
- Bij deze schematisatie is door RWS Zuid-Nederland de WAQUA schematisatie 'bo17_cg5_20m_km002_068' uitgeleverd;
- Het gebruikte rooster om deze WAQUA schematisatie af te leiden is het fijnmazige 20m rooster: maas20m_km002_068_5-v3, dit rooster beslaat de hele Grensmaas van rivierkilometer 2 t/m 68.
- Op verzoek van RWS-ZN is de Baseline referentieschematisatie uitgebreid met de volgende maatregel:
 - ma_grm3g17_a1.Deze maatregel bevat de beschrijving van de ecotopen volgens de huidige vergunning die is afgegeven voor het Grensmaasplan in 2006, aangevuld met actualisaties ter plaatse van Grevenbicht. De maatregel bevat dus de vegetatie conform de Maaswerken eindsituatie inclusief de wijziging van cluster Grevenbicht (2017).
- Bovenstaande maatregel is op verzoek van RWS-ZN ingemixt in de Baseline referentieschematisatie. Het kenmerk van deze nieuwe referentie is 'gm01_vegleg_ref'.

Maatregel:

- Voor de schematisatie is een maatregel gemaakt met het kenmerk 'nmscn00_a10';
- Deze maatregel is ingemixt op de referentieschematisatie, deze variant heeft als kenmerk: 'gm01_vegleg_a10'.

Model software:

- Baseline versie 5.3.3;
- ArcGIS versie 10.3.1;
- WAQUA-versie SIMONA2019 (patch 2).

Werkwijze:

- Zowel de variant (*gm01_vegleg_a10*) als de referentie (*gm01_vegleg_ref*) zijn doorgerekend met een dynamische afvoergolf van 1.439, 1.971, 2.603, 3.224 en 4.118 m³/s. Op basis van deze vijf afvoeren is het mogelijk een goede beoordeling op te stellen van de effecten op alle rivierkundige aspecten.
- De uitgangspunten voor de berekeningen zijn overgenomen uit de aangeleverde siminp files.
- Handmatig aanpassingen aan invoerfiles zijn conform de referentie doorgevoerd in de variant.
- Omdat de berekeningen zijn uitgevoerd met een dynamische afvoergolf worden de maximale waterstanden en stroomsnelheden gedurende de berekeningen bijgehouden en weggeschreven.
- Deze rivierkundige beoordeling is uitgevoerd zoals afspraken met RWS-ZN, het rivierkundig beoordelingskader versie 5.0 (RBK 5.0) is hierbij als basis gebruikt.

3. Schematisatie vegetatiewijzigingen

In een serie overleggen met het RHDHV, het Grensmaas team, RWS-ZN en RWS-ON is beschouwd of het mogelijk is om een beter beheerbare vegetatiekaart in de legger op te nemen die rivierkundig vergunbaar is en meer ruimte voor natuurontwikkeling toestaat. In het Plan van Aanpak (RHDHV, juli 2020) zijn daarvoor een aantal uitgangspunten opgenomen, zoals het gebruik van de Natuurmonumenten variant als basis. Op basis van de resultaten van verkennende berekeningen voor het aspect hoogwaterveiligheid op de as van de rivier en input uit de overleggen is in 10 iteraties naar een vegetatiebeeld toegewerkt dat hieraan voldoet. Belangrijk aandachtspunt in deze overleggen was steeds meerwaarde creëren voor natuur en voor beheer en onderhoud op zo'n manier dat wordt voldaan aan de hoogwaterveiligheidseisen uit het RBK.

Het uiteindelijke vegetatiebeeld is uitgangspunt voor deze rivierkundige beoordeling. De bijbehorende vegetatiewijzigingen (vegetatie referentie, maatregel en variant) worden in Bijlage A weergegeven. De beoordeling of deze voldoet aan de KRW-doelstellingen en andere natuurdoelstellingen is geen onderdeel van deze rapportage.

De scope van deze rivierkundige beoordeling betreft het deel van de Grensmaas waar de gewijzigde vegetatie rivierkundig van invloed is. De meest benedenstroomse wijzigingen vinden plaats ter hoogte van rivierkilometer 51. Ter referentie is het gebied onderverdeeld in de volgende vijf trajecten:

- Traject 1: km 14 – 20;
- Traject 2: km 20 – 28;
- Traject 3: km 28 – 38;
- Traject 4: km 38 – 44;
- Traject 5: km 44 – 51.

4. Rivierkundige beoordeling

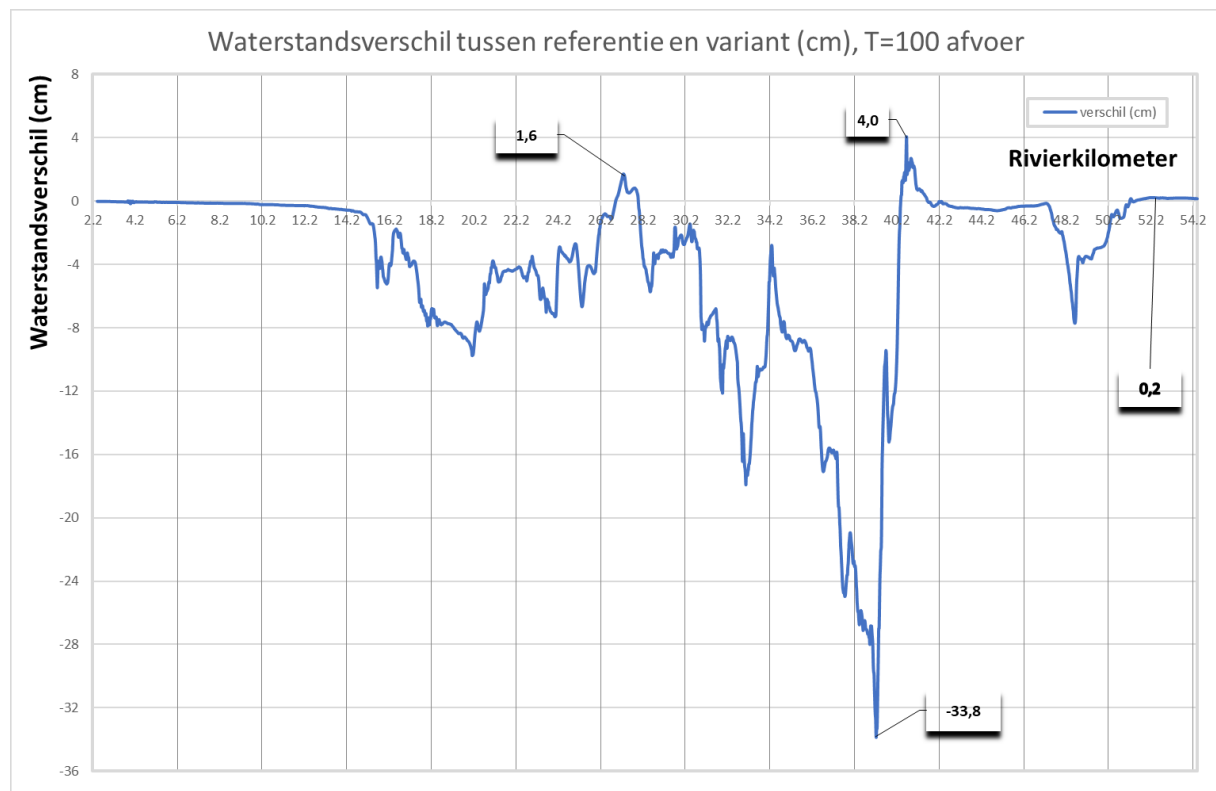
4.1 Hoogwaterveiligheid

4.1.1 Waterstandseffect op de as van de rivier [3224 m³/s]

Volgens het RBK 5.0 dienen ingrepen binnen de Maasvallei beoordeeld te worden op het aspect hoogwaterveiligheid op basis van een afvoer van 3.224 m³/s. Dit komt overeen met een herhalingstijd van 100 jaar. Om de effecten van de vegetatiewijzigingen op de hoogwaterveiligheid te toetsen zijn er voor zowel de variant 'gm01_vegleg_a10' als voor de referentie modelberekeningen gemaakt met een afvoer van 3.224 m³/s.

De waterstand op de as van de rivier over het gehele traject van de vegetatiewijzigingen is weergegeven in Figuur 1. Het waterstandseffect van de variant is uitgedrukt als het verschil ten opzichte van de referentie-situatie. Op enkele plaatsen is de opstuwung meer dan 1 mm, dit is maximum toelaatbare waterstandsverhoging conform het RBK, tenzij aan enkele aanvullende voorwaarden wordt voldaan.

Bij rivierkilometer 27,1 is circa 1,5 cm opstuwung berekend (ten noorden van Geulle a/d Maas), dit is het gevolg van de gewenste verruwing (naar mengklasse 70/30 i.p.v. mengklasse 90/10). Deze opstuwung voldoet niet aan de voorwaarden uit het RBK, maar is zeer lokaal en treedt op doordat bij Geulle sprake is van een vernauwing van het rivierbed (flessenhals). Een mogelijke optimalisatie in het beheer betreft de houtige vegetatie uit de mengklasse 70/30 (voor 40% bestaand uit struweel) verder van het rivierbed af te laten ontwikkelen.



Figuur 1: Waterstandseffect t.o.v. de referentie op de as van de rivier voor variant 'gm01_vegleg_a10' bij een afvoer van 3.224 m³/s

Bij Nattenhoven is ongeveer 4,0 cm opstuwing berekend bij rivierkilometer 40,5, dit is een benedenstroomse opstuwingspiek van de grote waterstandsverlaging nabij km 39,0 van ongeveer 34 cm) die wordt veroorzaakt door het vergladden van de uiterwaard bij Nattenhoven. Met name het deel van de uiterwaard nabij het zomerbed is relevant voor de waterstandsverlaging.

Middels het zaagtand-principe (er is netto een ruime waterstandsverlaging) is deze opstuwing vergunbaar. Het RBK 5.0 schrijft voor dat een benedenstroomse piek is toegestaan indien wordt voldaan aan de volgende drie voorwaarden:

1. Indien het ontwerp geoptimaliseerd is, én
2. Indien er sprake is van een ruime netto waterstandsverlaging; d.w.z. dat het oppervlak van de verhogingsdriehoek vele malen kleiner is dan de verlagingdriehoek, én
3. Indien de waterstandsverhoging bij derden zoveel mogelijk wordt voorkomen.

Aan alle drie de bovenstaande voorwaarden wordt voldaan.

Aan de eerste voorwaarde wordt voldaan, aangezien de vegetatiewijzigingen d.m.v. meerdere iteraties zijn geoptimaliseerd. Verdere optimalisatie van de opstuwing gaat ten koste van natuurontwikkeling of ten koste van beheer en onderhoud. Vergladden in de uiterwaard bij Nattenhoven is ook nodig om opstuwingspieken bovenstrooms te voorkomen. Aan de tweede voorwaarde wordt ook voldaan, aangezien de grafiek in Figuur 1 tussen rivierkilometer 34,2 en 40,2 onder de grafiek een oppervlak heeft van 880 m². Het waterstandsverhogende effect tussen rivierkilometer 40,2 en 41,4 heeft een oppervlak van 16,5 m². Het waterstandsverlagende effect is dus meer dan 50 maal (= vele malen) groter dan het waterstandsverhogende effect. Op basis hiervan is het toepassen van de 'zaagtand' dus geoorloofd. Aan de derde voorwaarde wordt ook voldaan doordat de waterstandsverhogingen slechts lokaal optreden en geen invloed hebben op derden (zie paragraaf 4.1.2).

De figuur laat zien dat de opstuwingseffecten tussen rivierkilometer 52 en 54 maximaal 2 mm zijn. Er wordt opgemerkt dat dit een ongewenst rekentechnisch effect van het gebruik van het model moet zijn omdat er voorbij rivierkilometer 51 geen wijzigingen in het vegetatiebeeld meer zijn. Benedenstrooms van een ingreep kunnen namelijk nooit waterstandseffecten optreden. Dit effect mag dus buiten beschouwing worden gelaten.

4.1.2 Waterstandseffect buiten de as van de rivier [3224 m³/s]

Als gevolg van een ingreep kan de lokale stroming veranderen, waardoor er in de omgeving van de ingreep veranderingen in waterstand kunnen ontstaan. Door lokale opstuwing kan het effect van een ingreep buiten de as van de rivier, zoals aan de waterkering, afwijken van het effect op de as. Dit speelt vooral bij ingrepen in de uiterwaarden. Dit beoordelingsaspect is omschreven in aspect 1.2 van RBK 5.0. De waterstand buiten de as van de rivier verandert op diverse locaties langs de vijf trajecten, zie Bijlage B.

Traject 1: km 14 – 20

Op traject 1 vinden er buiten de as van de rivier overal waterstanddalingen plaats, behalve op één locatie. Dit betreft de punt van het Bosscheveld (rkm 15). Hier is opstuwing berekend tot maximaal 20 cm. Deze opstuwing heeft echter geen effect op derden, aangezien er op deze locatie geen bebouwing aanwezig is of aanwijsbare activiteiten plaatsvinden. Er vindt nergens langs de primaire waterkering of hoge grondenlijn een waterstandverhoging plaats.

Over een heel klein traject langs normtraject 92-1 (rivierkilometer 16,5) is een beperkte opstuwing van minder dan 1 cm berekend. Deze opstuwing dient aan de betreffende waterkeringbeheerder te worden voorgelegd.

Traject 2: km 20 – 28

Op traject 2 vinden er buiten de as van de rivier ook bijna overal waterstanddalingen plaats. Bij rivierkilometer 24,0 en 24,7 is een beperkte opstuwing berekend van maximaal 1 cm in de uiterwaard, deze opstuwing vindt niet plaats langs een kering.

Slechts op één locatie vindt er opstuwing plaats nabij de kering. Dit betreft het stuk land tussen het zomerbed van de grensmaas en het Julianakanaal ter hoogte van het dorp Kotem (tussen km 26,5 en km 27,5, normtraject 88-1). Hier vindt een opstuwing plaats tot maximaal 2,0 cm aan de Nederlandse zijde, nabij het kanaal. Deze opstuwing heeft echter geen effect op derden, aangezien er op deze locatie geen bebouwing aanwezig is of aanwijsbare activiteiten plaatsvinden. Aan de Belgische zijde is de opstuwing op dit deel van het traject maximaal 1 cm. Deze opstuwing dient aan de betreffende waterkeringbeheerder te worden voorgelegd.

Traject 3: km 28 – 38

Op traject 3 vinden er buiten de as van de rivier ook bijna overal waterstandsdingen plaats. Op enkele geïsoleerde locaties nabij km 30 en km 31 is een beperkte hoeveelheid opstuwing berekend, deze vinden niet plaats langs een kering. Op dit traject vindt er slechts op één locatie opstuwing plaats nabij een kering. Dit betreft de uiterwaard bovenstreams van het dorp Maasband. Hier vindt ter hoogte van rivierkilometer 34 nabij het zomerbed een lokale opstuwing plaats tot ongeveer 7 cm tegen de primaire kering van dijktraject 87-1. Deze opstuwing dient aan de betreffende waterkeringbeheerder te worden voorgelegd.

Traject 4: km 38 – 44

Op traject 4 vinden er buiten de as van de rivier vanaf rivierkilometer 40 tot km 42 waterstandsverhogende effecten plaats. Bovenstreams van het dorp Obbicht vindt tussen rivierkilometer 40 en 41,5 een opstuwing plaats tot maximaal ongeveer 4 cm tegen de primaire kering van dijktraject 83-1. Deze opstuwing dient aan de betreffende waterkeringbeheerder te worden voorgelegd.

Aan de scheidingsdam tussen de plassen Oost en West van Negenoord zal de waterstand in het natuurgebied 'Negenoord-Kerkeweerd' iets opgestuwd raken. Met een maximum van 2 cm is dit effect kleiner. Dit natuurgebied bestaat grotendeels uit plassen, hierdoor zal er geen hinder of schade ontstaan voor derden. Dit opstuwende effect werkt niet door tot aan de primaire waterkering aan de Vlaamse zijde.

In de bocht tussen Obbicht en Grevenbicht ter hoogte van rivierkilometer 42,5 vindt in de oeverzone en uiterwaard een opstuwing plaats van maximaal 1 cm. Dit betreffen zandige oevers en deze uiterwaard heeft een natuurbestemming. Hierdoor zal er geen negatief effect ontstaan voor derden.

Traject 5: km 44 – 51

Tussen rivierkilometer 46 en 47 is lokaal in de uiterwaard een waterstandsverhoging berekend van minder dan 1cm. Er zal verder geen hinder of schade ontstaan voor derden, aangezien de gehele uiterwaard natuurgebied betreft (Bichterweerd). Vanaf kilometer 51 en verder (normtraject 83-1 en aan de Belgische zijde) is een opstuwing berekend van minder dan 2 mm. Aangezien er geen wijzigingen plaatsvinden in de vegetatie voorbij kilometer 51 en er dus ook geen waterstandseffecten meer op kunnen treden is dit effect toe te wijzen aan het gebruik van het model (een rekentechnisch effect). Dit effect mag worden verwaarloosd.

4.2 Hinder of schade door hydraulische effecten

4.2.1 Effect op inundatiefrequentie van de uiterwaard [3224 m³/s]

Als gevolg van een ingreep kan de frequentie van instromen van (delen van) de uiterwaard(en) veranderen. Een voorbeeld is het verwijderen van een zomerkade waardoor het achterliggende gebied ook bij lagere waterstanden op de rivier zal instromen. Een ingreep kan dan betekenen dat wegen of agrarische gronden in de uiterwaard vaker onder water komen te staan, waardoor (bedrijfs-) terreinen minder goed bereikbaar en bewerkbaar zijn. Minder vaak overstromen kan daarentegen nadelig zijn voor de natuur.

Als gevolg van een gebiedsontwikkeling kan de frequentie van instromen van (delen van) de uiterwaard wijzigen. Dit kan nadelig zijn voor omwonenden, voor de bereikbaarheid of voor de natuurontwikkeling. Denk hierbij o.a. aan risico's voor dekgrondberging (erosie van de leeflaag). Dit aspect uit het RBK 5.0 gaat daarop in.

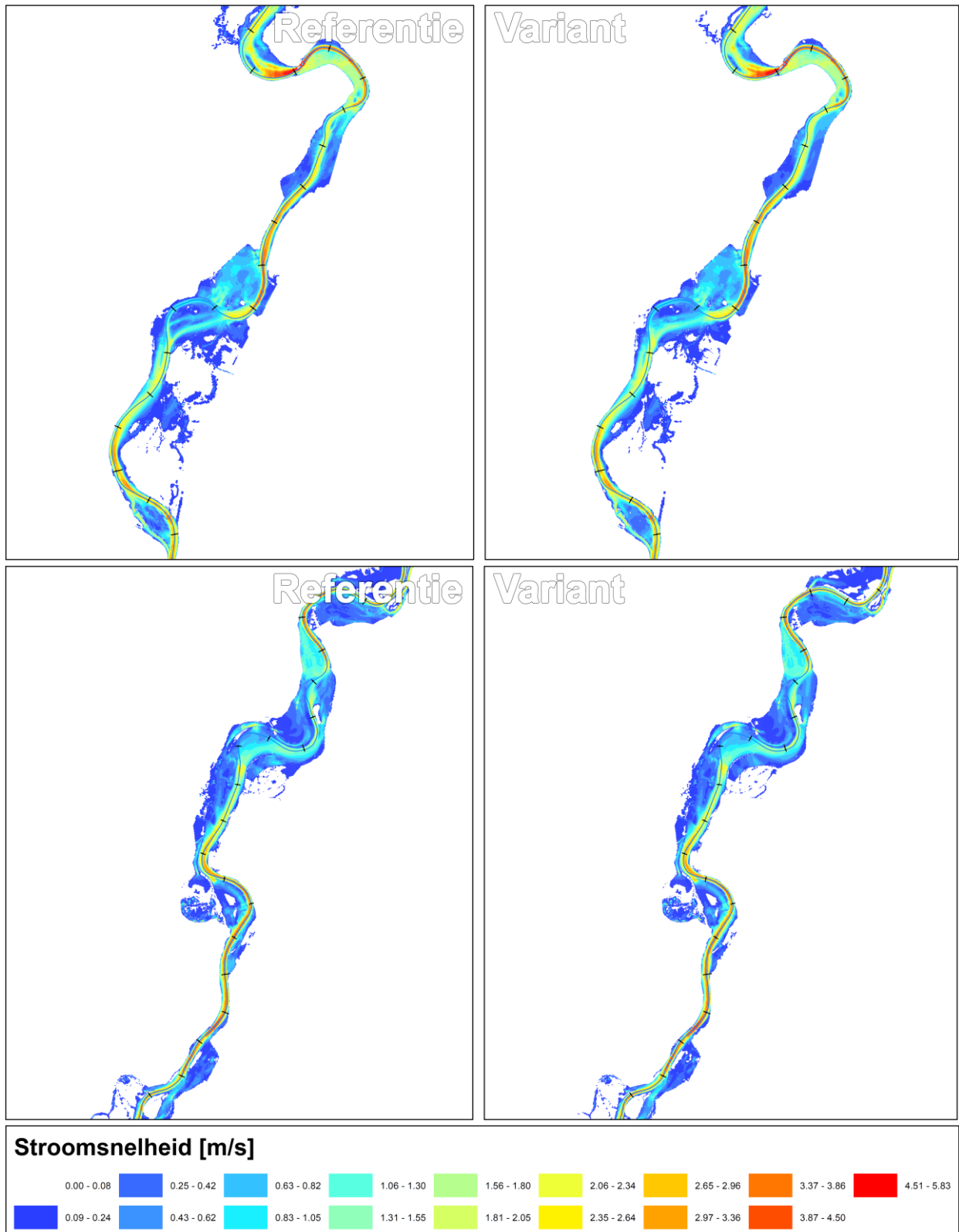
Zoals eerder benoemd vinden er binnen deze opdracht alleen vegetatiewijzigingen plaats. Nergens vinden verlagingen in grond of aanpassingen aan kades plaats die in dit plan worden uitgewerkt (er wordt momenteel wel nog gewekt op enkele locaties in de Grensmaas maar dat valt buiten de scope van deze studie). Kades bepalen normaliter het moment van inunderen van de achterliggende landen. Doordat er geen kades worden aangepast, is te verwachten dat de inundatiefrequentie van (delen van) uiterwaarden niet of nauwelijks zullen wijzigen. Er is bovendien geoptimaliseerd op waterstandseffecten, deze zijn op enkele locaties na dus kleiner dan 0. Dit betekent dat de inundatiefrequentie niet toe zal nemen en enkel mogelijk af zal nemen.

Zoals in hoofdstuk 4.1 Hoogwaterveiligheid is beschreven treden er op enkele locaties waterstandsverhogende effecten op (bijvoorbeeld 20 cm bij de Boschpoort en 7 cm bij Maasband). Het is mogelijk dat hierdoor bepaalde (zomer)kades net iets eerder beginnen te overstromen maar dat is hier niet het geval. Er zijn namelijk geen zomerkades geïdentificeerd in het gebied waarbij een waterstandsverhoging is berekend.

De afvoer van 3.224 m³/s heeft een herhalingsstijd van 100 jaar. Hogere herhalingsstijden (die minder frequent voorkomen) zijn niet relevant voor de uiterwaarden, de primaire keringen overstromen in die situatie namelijk ook al. Bij lagere afvoeren die frequenter voorkomen, zullen de opstuwende effecten in de uiterwaard als gevolg van de vegetatiewijzigingen ook lager zijn. Dus bij waterstanden die frequenter voorkomen zal het effect op de inundatiefrequentie kleiner zijn. Daarnaast is in hoofdstuk 4.1 Hoogwaterveiligheid ook aangetoond dat de lokale opstuwingeffecten die buiten de as van de rivier te verwachten zijn, in geen enkel geval tot schade of hinder voor derden zal leiden. Er wordt dus geconcludeerd dat het effect van de vegetatiewijzigingen op de inundatiefrequentie van de uiterwaard erg klein is (vanwege de orde grootte van de waterstandseffecten) en dat er dus ook geen schade of hinder wordt verwacht als gevolg hiervan.

4.2.2 Effect op stroombeeld in de uiterwaard [3224 & 4118 m³/s]

Door ingrepen in het gebied kunnen stroomsnelheden in de uiterwaard veranderen. Dit kan resulteren in lokale erosie bij constructies als kribben, gebouwen, kaden/dijken, wegen maar ook langs randen van plassen en geulen. De mate van (verwachte) erosie wordt ingeschat door het beoordelen van (de verandering van) het stroombeeld in het gebied. Bij nadelige effecten moet in overleg met de belanghebbenden een oplossing worden gevonden.



Figuur 2: Stroomsnelheden in de referentie situatie en de variant bij een afvoer van 3.224 m³/s.

Dit beoordelingsaspect is omschreven in aspect 2.2 van RBK 5.0. De mate van eventuele effecten wordt ingeschat door het beoordelen van de verandering van de grootte en richting van de stroomsnelheden bij afvoeren van 3.224 m³/s en 4.118 m³/s, zoals in het RBK staat voorgeschreven voor de Maasvallei. De figuren met de stroomsnelheden en stroomsnelheidsverschillen zijn weergegeven in Bijlage C en D. Een globaal overzicht van de stroomsnelheden over het hele traject is weergegeven in Figuur 2.

Dit aspect wordt beoordeeld door te beschouwen of de stroomsnelheidsverschillen in de uiterwaard tot ongewenste hinder en/of schade kan lijden. Er wordt opgemerkt dat aanvullend een lijst met morfologische aandachtlocaties is beschouwd in paragraaf 0 en in Bijlage E, hier wordt daarom naar het mogelijke effect op erosie en sedimentatie in de uiterwaard gekeken en is op basis van luchtfoto's geïdentificeerd of er constructies aanwezig zijn in de uiterwaard.

Traject 1: km 14 – 20

De stroomsnelheidsverschillen bij een 1/100 per jaar afvoer zijn het grootst in de zandwinput bij het Bosscherveld en bij het meetpunt Borgharen (waar oevererosie optreedt). Deze twee kritische locaties worden beschouwd in het onderdeel morfologie.

Verder zijn op enkele plaatsen stroomsnelheids-verschillen berekend in de uiterwaarden. In de uiterwaard direct benedenstreams van km 17 en direct bovenstreams van Itteren is ook (lokaal) een toename van de stroomsnelheid van ongeveer 0,5 m/s berekend. Er zijn op deze plaatsen geen objecten aanwezig waar dit tot hinder of schade zou kunnen leiden.

Traject 2: km 20 – 28

In de uiterwaard benedenstreams van Itteren nemen de stroomsnelheden toe met circa 0,6 m/s tot maximaal 1,8 m/s. In de referentie situatie treden vergelijkbare stroomsnelheden op. Op deze plaats vindt voornamelijk een herverdeling van de stroming plaats. De stroming wordt meer door de uiterwaarden (nevengeul Itterense Weerd) geleid vanwege de gladdere vegetatie aan de oevers, de stroomsnelheid in de hoofdgeul en op andere plaatsen in de uiterwaard neemt daardoor af. Er zijn bovendien geen objecten in deze uiterwaard aanwezig.

Over een groot deel van de oeverzone tussen km 24 en 28, langs Geulle aan de Maas en bij Voulwames en nemen de stroomsnelheden vanwege dezelfde reden toe. De stroming wordt hier namelijk ook meer richting de buitenbocht/oevers geleid waardoor de stroomsnelheden nabij de oevers toenemen. De absolute maximale waarde van de stroomsnelheid blijft ongeveer gelijk. De aanwezige bodem- en oeverbescherming (Geulle a/d Maas), de ARG-leiding (km 28) en de drempel bij km 23,5 wordt behandeld in het onderdeel morfologie. Verder zijn geen objecten aanwezig in de uiterwaarden. Er worden dus geen problemen verwacht op dit traject die tot hinder of schade zouden kunnen leiden aan de overige objecten/oevers zou kunnen leiden.

Traject 3: km 28 – 38

In de uiterwaard bij het natuurreservaat Grensmaas Meers is een verschuiving van de stroming waar te nemen als gevolg van de ruwere vegetatie. Door de ruwere vegetatie is een toename van de stroomsnelheid in het deel van de uiterwaard het verst van de hoofdgeul af berekend en een afname in het deel van de uiterwaard nabij de hoofdgeul. De stroomsnelheden nemen met ongeveer 0,6-0,8 m/s toe tot maximaal ongeveer 6,0 m/s aan de oever van de hoofdgeul bij de "instroom" van het natuurreservaat (direct bovenstreams van de grindrug) en tot ongeveer 2,5 – 3,0 m/s in de uiterwaard zelf. De maximale waarde van de stroomsnelheid neemt niet veel toe, het betreft weer een herverdeling van de stroming waardoor het grootste deel van de stroming over een ander deel van de uiterwaard plaatsvindt. In dit gebied kan aanzienlijke erosie en sedimentatie worden verwacht. Maar dit is in de huidige situatie ook het geval waardoor dit niet als onwenselijk wordt gezien.

Vanwege de aanpassingen aan de vegetatie nemen de stroomsnelheden ten oosten van het dorp Maasband toe met ongeveer 0,4 m/s. Nabij de uitkijktoren, de brug bij Maasband en de oevers aan de hoofdgeul bij Maasband neemt de stroomsnelheid toe met een vergelijkbare waarde. Deze kritische locaties worden beschouwd bij het onderdeel morfologie.

De stroomsnelheden blijven in dit deel van de uiterwaard beperkt tot ongeveer 2,0 – 2,5 m/s, er zijn geen aanvullende objecten geïdentificeerd op de luchtfoto, het betreffen voornamelijk landbouwgronden waardoor dit naar verwachting niet tot hinder of schade zal lijden.

Traject 4: km 38 – 44

De stroomsnelheden nabij de oever bij Urmond en nabij de bodem- en oeverbescherming Berg a/d Maas nemen toe met ongeveer 0,2 m/s. Deze oever- en bodembescherming wordt behandeld in de volgende paragraaf. In de oeverzone van Nattenhoven nemen de stroomsnelheden aanzienlijk toe met maximaal ongeveer 1,0 m/s vanwege de gladdere vegetatie in deze zone. De aanwezige NGU-leiding verdient hierbij specifieke aandacht, deze wordt ook behandeld in het onderdeel morfologie.

Direct nabij de oever in de uiterwaard bij Nattenhoven zijn de absolute stroomsnelheden het grootst (meer dan 3,0 m/s). Op de overige delen van de oever waar geen oever- of bodembescherming aanwezig is worden geen problemen verwacht omdat deze delen niet zijn vastgelegd, vrij mogen eroderen en er geen objecten aanwezig zijn. Er worden dus geen problemen verwacht met betrekking tot hinder of schade in de uiterwaard op dit traject.

Traject 5: km 44 – 51

In de uiterwaard bij Papenhoven (tegen de zomerkade?) nemen de stroomsnelheden licht toe met maximaal ongeveer 0,5 m/s. Hier zijn geen objecten geïdentificeerd. In de uiterwaard direct boven- en benedenstrooms van Visserweert nemen de stroomsnelheden toe met ongeveer 0,3 – 0,5 m/s tot maximaal ongeveer 2,0 m/s. Er zijn geen objecten aanwezig waardoor dit naar verwachting niet tot hinder of schade zal leiden.

4.2.3 Effect op stroombeeld in vaarweg [1439 & 1971 m³/s]

Door ingrepen langs de rivier kunnen (lokale) stroomsnelheden in de vaarweg veranderen. Hierbij kan het ook gaan om veranderingen van de stroomrichting. Bij een stroming van uiterwaard naar hoofdgeul en omgekeerd (bijvoorbeeld bij de aan- of aftakking van een nevengeul) kunnen er dwarsstromingen in de vaargeul ontstaan. Deze dwarsstromingen kunnen hinderlijk zijn voor de scheepvaart en de veiligheid (navigatie) nadelig beïnvloeden. Doordat de scheepvaart gebruik maakt van het Julianakanaal, vindt er op de Grensmaas zelf geen scheepvaart plaats. Hierdoor hoeft het effect van de vegetatiewijzigingen op de dwarsstroming niet getoetst te worden.

Er zijn echter wel een drietal locaties aanwezig binnen het zomerbed van de Grensmaas waar veerponten oversteken:

1. Geulle-Uikhoven (Rkm 25,25), voetveer dat alleen in de zomer voor voetgangers en fietsers toegankelijk is;
2. Veerpont Berg-Meeswijk (Rkm 38,9), voor auto's en jaar door operationeel;
3. Grevenbicht Rotem (Rkm 43,85), voetveer dat alleen in de zomer voor voetgangers en fietsers toegankelijk is.

Met RWS-ZN is afgesproken om te beoordelen wat de effecten van de vegetatiewijzigingen op de vaart van deze drie veerponten is.

Om deze effecten te beoordelen, worden de wijzigingen van de stroomsnelheden in het zomerbed parallel aan de as van de rivier voor de drie bovenstaande locaties in beeld gebracht. Normaliter gaan deze veerponten uit de vaart zodra de afvoer van de Grensmaas boven een waarde van 1.500 m³/s komt. De voetveren gaan normaliter bij een afvoer van ongeveer 500 m³/s uit de vaart. Om een beeld van de verwachte effecten te kunnen geven, is deze analyse uitgevoerd voor de twee laagste afvoeren die zijn doorgerekend: 1.439 m³/s en 1.971 m³/s (zie Bijlage D).

Veerpont Geulle-Uikhoven (Rkm 25,25)

Bij de veerpont ter plaatse van Geulle aan de Maas vindt er bij de afvoeren in het midden van de vaargeul nauwelijks verandering in stroomsnelheid plaats. Echter is er langs de oevers van het zomerbed wel enige verandering van stroomsnelheid te verwachten.

De lokale toename in stroomsnelheid is bij een afvoer van 1.439 m³/s maximaal 0,1 m/s en gaat bij een afvoer van 1.971 m³/s richting een toename van 0,2 m/s. De absolute waarde van de stroomsnelheid blijft op dit deel van het traject van de veerpont laag (<0,5 m/s). Er zijn dus nauwelijks significante wijzigingen in het stromingspatroon rond deze veerpont te verwachten.

Bij lagere afvoeren (zoals die waarbij dit voetpunt uit de vaart gaan, 500 m³/s) mogen geen effecten worden verwacht, in dat geval is alleen het zomerbed stroomvoerend en zullen er nauwelijks stroomsnelheidsverschillen optreden als gevolg van wijzigingen in de vegetatie. Of de toename van de stroomsnelheid bij een afvoer van 1.439 m³/s vergunbaar is (alleen van toepassing op de Veerpont Berg-Meeswijk), is ter beoordeling aan RWS-ZN.

Veerpont Berg-Meeswijk (Rkm 38,9)

Ter plaatse van de veerpont Berg-Meeswijk is er over de gehele breedte van het zomerbed een toename in stroomsnelheid te verwachten bij alle drie de afvoeren. Hierbij wordt er weinig verschil tussen het midden van de vaargeul en langs de oevers van het zomerbed verwacht. De toename in stroomsnelheid is vergelijkbaar met de locatie van het veerpont Geulle-Uikhoven. De lokale toename in stroomsnelheid is bij een afvoer van 1.439 m³/s maximaal 0,1 m/s en gaat bij een afvoer van 1.971 m³/s richting een toename van 0,2 m/s. De stroomsnelheid neemt toe tot maximaal circa 2,0 m/s (1.439 m³/s) en 2,2 m/s (1.971 m³/s). Bij een afvoer waarbij de veerpont nog net in gebruik is zijn de stroomsnelheidsverschillen dus minimaal.

Veerpont Grevenbicht Rotem (Rkm 43,85)

Ter plaatse van de veerpont bij Grevenbicht-Rotem zijn er weinig tot geen effecten op de stroomsnelheid te verwachten in het zomerbed.

Bij lagere afvoeren (zoals die waarbij dit voetpunt uit de vaart gaan, 500 m³/s) mogen geen effecten worden verwacht, in dat geval is alleen het zomerbed stroomvoerend en zullen er nauwelijks stroomsnelheidsverschillen optreden als gevolg van wijzigingen in de vegetatie. Of de toename van de stroomsnelheid bij een afvoer van 1.439 m³/s vergunbaar is (alleen van toepassing op de Veerpont Berg-Meeswijk), is ter beoordeling aan RWS-ZN.

4.3 Morfologische effecten

Conform het RBK dienen de volgende morfologische effecten, aspect 3.1 van de Grensmaas ingreep te worden geanalyseerd:

- Sedimentatie en erosie van het zomerbed (+ oevers)
- Sedimentatie en erosie van de uiterwaard en nevengeulen

De aanpak voor de analyse van deze effecten wordt in de volgende paragrafen beschreven.

Sedimentatie en erosie van het zomerbed (+ oevers)

Conform RBK: “Beoordeling op het criterium ‘Sedimentatie en erosie van het zomerbed (+ oevers)’ gebeurt voor de Maas overwegend met expert judgement, aangevuld met berekeningen, indien dat nodig is voor een goede effectbepaling.”

Door de maatregel stroomt op bepaalde trajecten minder of juist meer water door het zomerbed met als gevolg een verandering in de stromingssnelheden. Op plekken waar de stromingssnelheden hoger dan in de referentiesituatie zijn kan erosie of minder sedimentatie ten opzichte van de referentiesituatie optreden. Als de stroomsnelheden lager zijn dan in de referentiesituatie kan sedimentatie optreden (of minder erosie).

Met behulp van WAQUA-simulaties van de stroming in het zomerbed voor zowel de situatie zonder als met maatregelen en stromingssnelheidsverschillen tussen de situaties, kan geëvalueerd worden of er erosie of sedimentatie ten opzichte van de referentiesituatie optreedt. Op basis van deze gegevens wordt voor een aantal risicolocaties beschouwd of dit tot onacceptabele risico's leidt.

Erosie zomerbed

Conform RBK: “Erosie ten gevolge van de ingreep mag niet leiden tot verhoging van risico's voor de rivierfuncties en dient te worden beschouwd in samenhang met de bij de beheerder te verkrijgen overzichten van risicolocaties en ondergrenskaarten.”

Er is geëvalueerd of erosie tot onacceptabele risico's leidt op basis van expert judgement. Op basis van kaarten van stroomsnelheidsverschillen en de absolute waarde van stroomsnelheid zijn locaties waar erosie optreedt geïdentificeerd. Er is beoordeeld of er risico's zijn met betrekking tot de stabiliteit van relevante constructies op basis van de aangeleverde gegevens.

Sedimentatie zomerbed (lange termijn MHW-effecten)

Er treedt in de referentiesituatie erosie bij de Grensmaas op. De te verwachten sedimentatie heeft geen significant effect op reductie van deze erosie aangezien de sedimentaanvoer in de Grensmaas beperkt is. Er wordt daardoor geen significant effect op MHW verwacht door sedimentatie op de lange termijn (>50 jaar).

4.3.1 Aanpak

In overleg met RWS-ZN is besloten om de volgende afvoeren voor de analyse te beschouwen: 1.439 m³/s (herhalingstijd 2 jaar), 1.971 m³/s (herhalingstijd 5 jaar), 2.603 m³/s (herhalingstijd 20 jaar) en 3.224 m³/s (herhalingstijd 100 jaar).

Door RWS-ZN is een lijst met risicolocaties aangeleverd. In deze shapefiles zijn locaties zoals: kruisingen van leidingen, kabels, kades, drempels in de hoofdgeul en bestorte oevers door Rijkswaterstaat aangegeven. Het beoordelen van het risico op erosie/sedimentatie van het zomerbed en/of de uiterwaard gebeurt op deze risicolocaties.

Er is een selectie van de risicolocaties gemaakt op basis van de stroomsnelheidsverschillen. Alleen als deze ter plekke van de risicolocatie significant zijn (groter dan ongeveer 0,2 m/s) zal de locatie worden meegenomen in deze analyse.

Van alle risicolocaties is bepaald wat de stroomsnelheden zijn, welke waterdiepte optreedt en welke bodemkenmerken er aanwezig zijn. Er zijn geen ondergrenskaarten beschikbaar gesteld waarin de toegestane erosie is aangegeven. Dat zou ook niet helpen in het trekken van conclusies, omdat op basis van de beschikbare gegevens de mate van erosie niet bepaald kan worden. Op basis van de bij RWS-ZN beschikbare ontwerprapportages kan worden bepaald (indien aangeleverd) of erosie acceptabel is. Als deze niet aanwezig zijn, zal worden geconstateerd in welke mate het risico op erosie en/of sedimentatie wijzigt door de ingreep.

Voor de selectie van risicolocaties is de kritische stroomsnelheid als volgt bepaald voor afvoeren met herhalingstijden van 2, 5, 20 en 100 jaar. Voor dit traject van de Maas wordt een waarde van $D_{50}=16\text{mm}$ en $D_{90}=100\text{mm}$ aangehouden.

De kritische Shieldsparameter hangt af van de dimensieloze diameter D_* zoals in de volgende formule is gedefinieerd:

$$D_* = D_{50} \cdot \left(\frac{\Delta \cdot g}{v^2} \right)^{\frac{1}{3}} \quad 1$$

Waarin,

D_{50} = korrelgrootte die door 50 (volume)% van de korrels wordt onderschreden = 0.016 [m]

g = zwaartekrachtsversnelling = 9.81[m2/s]

v = dichtheid water = 1000[kg/m³]

Δ = specifieke dichtheid bodemmateriaal = 1.65 [-]

Voor $D_*=405$ hoort een kritische Shieldsparameter $\psi_c=0.055$ (conform Shieldsdiagram). De kritische bodemschuifspanning is daarmee $\tau_c=14.2 \text{ N/m}^2$.

$$\tau_c = \psi_c \cdot \Delta \cdot \rho \cdot g \cdot D_{50} \quad 2$$

Waarin,

τ_c = kritische schuifspanning [N/m²]

ψ_c = kritische Shieldsparameter [-]

De kritische stroomsnelheid U_c kan als volgt worden berekend:

$$U_c = \sqrt{\frac{\tau_c}{\rho \cdot g}} \cdot C_{90} \quad 3$$

Met C_{90} :

$$C_{90} = 18 \cdot \log \left(\frac{12 \cdot H}{3 \cdot D_{90}} \right) \quad 4$$

H = lokale waterdiepte

Tabel 1: Kritieke stroomsnelheid

Waterdiepte [m]	C ₉₀ [m ^{0.5} /s]	U _c [m/s]
10	47	1.79
9	46	1.75
8	45	1.71
7	44	1.67
6	43	1.64
5	41	1.56
2	34	1.29
1	29	1.10
0.5	23	0.88
0.25	18	0.69

4.3.2 Risicolocaties

Op basis van de WAQUA-berekeningen worden de actuele stroomsnelheden (referentie- en nieuwe situatie) en verschillen ten opzichte van de referentiesituatie bepaald voor alle risicolocaties, zie Bijlage E. De 5 meest opvallende erosierisico-locaties, op basis van de stroomsnelheidsverschillen bij de verschillende afvoeren, worden in deze paragraaf nader toegelicht. Op deze locaties is de actuele stroomsnelheid vergeleken met de kritieke stroomsnelheid.

In algemene zin kan worden opgemerkt dat de stroomsnelheden op de risicolocaties toenemen als gevolg van het gewijzigde vegetatiebeeld, dit is in lijn met de verwachte vegetatieontwikkeling. Of er ook daadwerkelijk schade optreedt kan niet worden beoordeeld op basis van de huidige beschikbare informatie. Er is uitgegaan van een uniforme korrel diameter voor de bepaling van de kritische stroomsnelheden. Op elke individuele risicolocatie dient de daadwerkelijke bodemsamenstelling bepaald te worden. Meer inzichten kunnen worden verkregen met onder andere nauwkeurige lokale bodem- en oeverafsluiting, hoedanigheid huidige bodem- en oeververdediging.

Erosierisico-locatie nr. 1: Instromingslocatie Itterense Weerd

Hier bestaat een risico op ongewenste erosie bij de instroom van de Itterense Weerd bij rivierkilometer 28,3.

Analyse voor de beoordeling van de instromingslocatie:

Afvoer en herhalingsstijd	Stroomsnelheid (m/s)	Stroomsnelheid (m/s)	Waterdiepte (m)	U _c (m/s)
	Referentie	Variant		
1.439 m ³ /s (1/2) jaar	1,2	1,84	2,25	1,34
1.971 m ³ /s (1/5) jaar	1,35	2,1	2,56	1,38
2.603 m ³ /s (1/20) jaar	1,35	2,1	2,56	1,38
3.224 m ³ /s (1/100) jaar	1,49	2,1	2,59	1,38

NB: getallen zijn gecontroleerd en zijn juist, conform berekeningsresultaten.

Voor de afvoeren met herhalingsstijden van (1/2), (1/5) en (1/20) jaar is de stroomsnelheid in de referentiesituatie net wat lager dan de kritieke stroomsnelheid.

In de nieuwe situatie wordt de stroomsnelheid bij deze afvoeren groter dan de kritieke stroomsnelheid. Het risico op erosie op deze locatie wordt dus groter. Er wordt opgemerkt dat de betreffende locatie een puntlocatie betreft, uit de 2D figuren met het stroombeeld blijkt dat de stroming van richting wordt veranderd waardoor deze op de betreffende punt locatie hoger uitvallen maar over het algemeen (over de hele breedte van de instroom) niet toenemen. Er is sprake van een verplaatsing van de stromingsbanen. Het risico op toegenomen schade blijft dus beperkt. Nadere analyse is nodig om op basis van lokale bodemsamenstelling en bodemverdediging te bepalen of en wat voor bodemverdediging bij de instroom nodig is.



Erosierisico-locatie nr. 2: Oevererosie Borgharen

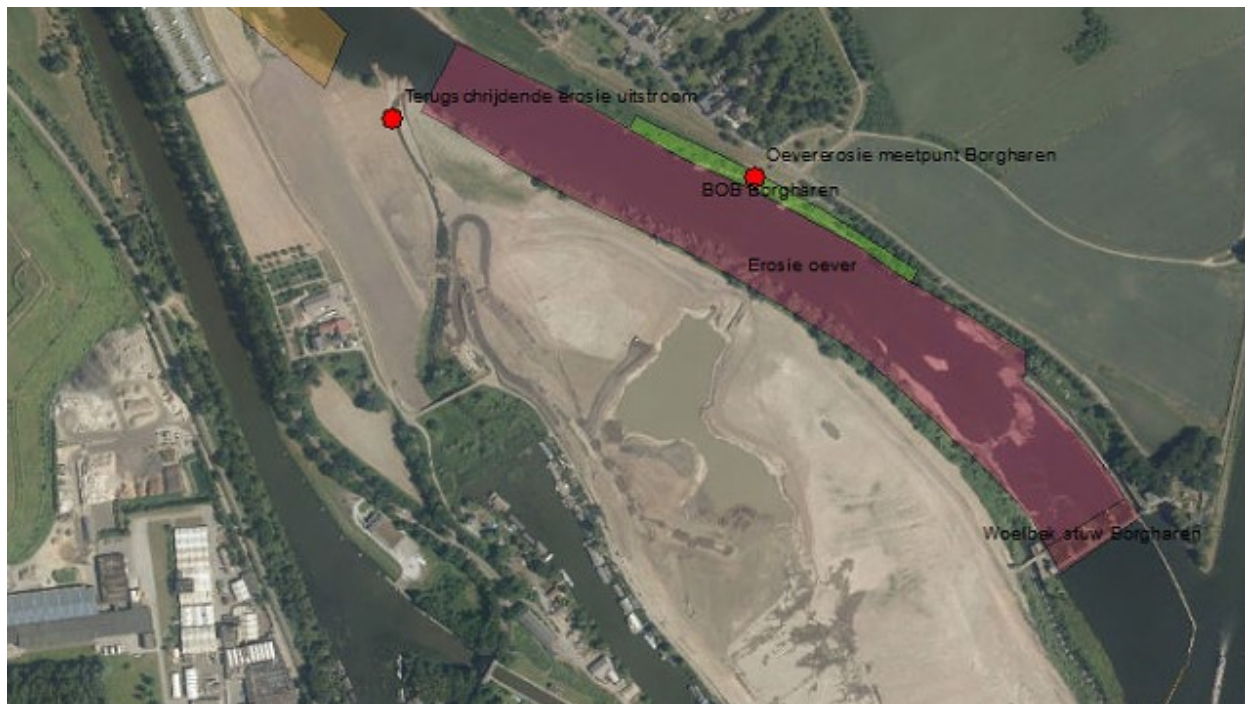
Er is oevererosie aan de Nederlandse zijde opgetreden nabij het meetpunt Borgharen bij rivierkilometer 16.

Analyse voor de beoordeling van de oevererosie:

Afvoer en herhalings-tijd	Stroomsnelheid (m/s)	Stroomsnelheid (m/s)	Maximale stroomsnelheid (m/s)	Maximale stroomsnelheid (m/s)	Waterdiepte (m)	Uc (m/s)
	Referentie	Variant	Referentie	Variant		
1.439 m ³ /s (1/2) jaar	0,97	1,26	3,4	4	0,79	1,03
1.971 m ³ /s (1/5) jaar	1,11	1,43	3,64	4,2	1,26	1,17
2.603 m ³ /s (1/20) jaar	1,15	1,41	2,81	3,43	2,09	1,32
3.224 m ³ /s (1/100) jaar	1,25	1,44	2,78	3,43	2,58	1,38

Voor de afvoeren van alle herhalings-tijden is de gemiddelde stroomsnelheid in de referentiesituatie lager dan de kritieke stroomsnelheid. In de nieuwe situatie nemen de stroomsnelheden toe, waardoor bij alle afvoeren de gemiddelde stroomsnelheid groter wordt dan de kritieke stroomsnelheid. De maximale stroomsnelheid is significant hoger dan de kritische stroomsnelheid. Hierdoor zal het risico op erosie op deze locatie dus toenemen.

Bij de bepaling van de kritische stroomsnelheid is uitgegaan van de natuurlijke bodemsamenstelling. Nadere analyse is nodig om op basis van de lokale bodemsamenstelling te bepalen of eventuele bodemverdediging ter plaatse van de leiding nodig is.



Erosierisico-locatie nr. 3: Leiding en grindrug bij Meers

Naam Dekking leiding.

Toelichting Juni 2018 bestorting aangelegd, nu stabiel.

Analyse voor de beoordeling van de leiding:

Afvoer en herhalingsstijd	Stroomsnelheid (m/s)	Stroomsnelheid (m/s)	Waterdiepte (m)	Uc (m/s)
	Referentie	Variant		
1.439 m ³ /s (1/2) jaar	1,44	1,67	4,78	1,56
1.971 m ³ /s (1/5) jaar	1,51	1,75	5	1,58
2.603 m ³ /s (1/20) jaar	1,55	1,81	6,63	1,66
3.224 m ³ /s (1/100) jaar	1,67	1,96	6,98	1,68

Voor de afvoeren van alle herhalingsstijden is de stroomsnelheid in de referentiesituatie lager dan de kritieke stroomsnelheid. In de nieuwe situatie nemen de stroomsnelheden toe, waardoor bij alle afvoeren de stroomsnelheid groter wordt dan de kritieke stroomsnelheid. Hierdoor zal het risico op erosie op deze locatie dus toenemen. Bij de bepaling van de kritische stroomsnelheid is uitgegaan van de natuurlijke bodemsamenstelling. Nadere analyse is nodig om op basis van de lokale bodemsamenstelling te bepalen of eventuele bodemverdediging ter plaatse van de leiding nodig is.

Naam Grindrug Meers

Toelichting Bres in grindrug aan Nederlandse zijde. De bres is in 2018 gedicht met stortsteen.

Analyse voor de beoordeling van de grindrug:

Afvoer en herhalingsstijd	Stroomsnelheid (m/s)	Stroomsnelheid (m/s)	Maximale stroomsnelheid (m/s)	Maximale stroomsnelheid (m/s)	Waterdiepte (m)	Uc (m/s)
	Referentie	Variant	Referentie	Variant		
1.439 m ³ /s (1/2) jaar	2,23	2,24	2,58	2,59	1,7	1,25
1.971 m ³ /s (1/5) jaar	2,71	2,72	3,19	3,18	2,18	1,33
2.603 m ³ /s (1/20) jaar	3,2	3,26	4,01	4,08	2,69	1,39
3.224 m ³ /s (1/100) jaar	3,98	4,01	4,81	4,86	3,74	1,49

De stroomsnelheid in de referentiesituatie is bij alle afvoeren groter dan de kritieke stroomsnelheid. In de nieuwe situatie zijn de stroomsnelheden iets groter dan in de referentiesituatie. Bij de bepaling van de kritische stroomsnelheid is uitgegaan van de natuurlijke bodemsamenstelling terwijl de grindrug uit grind bestaat (samenstelling onbekend). De kritische stroomsnelheid voor de grindrug is dus onbekend. Nadere analyse is nodig om op basis van de lokale bodemsamenstelling te bepalen of eventuele bodemverdediging ter plaatse van de leiding nodig is.



Erosierisico-locatie nr. 4: Erosiekuil zomerbed

Naam Erosiekuil zomerbed

Analyse voor de beoordeling:

Afvoer en herhalingsjijd	Stroomsnelheid (m/s)	Stroomsnelheid (m/s)	Waterdiepte (m)	Uc (m/s)
	Referentie	Variant		
1.439 m ³ /s (1/2) jaar	2,7	2,62	8,41	1,73
1.971 m ³ /s (1/5) jaar	2,9	2,87	9,58	1,77
2.603 m ³ /s (1/20) jaar	3,05	3,16	10,45	1,80
3.224 m ³ /s (1/100) jaar	3,05	3,17	10,56	1,80

De stroomsnelheid in de referentiesituatie is bij alle afvoeren groter dan de kritieke stroomsnelheid. In de nieuwe situatie neemt de stroomsnelheid bij afvoeren met herhalingsjijden van (1/2) en (1/5) jaar iets af ten opzichte van de huidige situatie. Bij afvoeren met herhalingsjijden van (1/20) en (1/100) jaar neemt de stroomsnelheid juist toe ten opzichte van de referentiesituatie. Het risico op erosie op deze locatie blijft dus ongeveer gelijk, aangezien binnen de lagere afvoeren de stroomsnelheid afneemt, maar bij de hogere afvoeren toeneemt. Nadere analyse is nodig om op basis van lokale bodemsamenstelling te bepalen of bodemverdediging nodig is.



Erosierisico-locatie nr. 5: Erosie en instabiliteit oevers Maasband

Naam Erosie en instabiliteit oevers Maasband

Analyse voor de beoordeling van de puntlocatie Maasband:

Afvoer en herhalingstijd	Stroomsnelheid (m/s)	Stroomsnelheid (m/s)	Waterdiepte (m)	Uc (m/s)
	Referentie	Variant		
1.439 m ³ /s (1/2) jaar	1	1,36	0,89	1,06
1.971 m ³ /s (1/5) jaar	1,16	1,63	1,17	1,14
2.603 m ³ /s (1/20) jaar	1,6	1,91	2,33	1,35
3.224 m ³ /s (1/100) jaar	1,93	2,2	3,43	1,46

De stroomsnelheid in de referentiesituatie is bij alle afvoeren (behalve bij een herhalingstijd van (1/2) jaar) groter dan de kritieke stroomsnelheid. In de nieuwe situatie nemen de stroomsnelheden bij alle afvoeren toe ten opzichte van de huidige situatie. Hierdoor zal het risico op erosie op deze locatie dus toenemen. Nadere analyse is nodig om op basis van lokale bodemsamenstelling en bodemverdediging te bepalen of de bestaande bodemverdediging sterk genoeg is (er zijn geen ontwerprapportages).

Analyse voor de beoordeling van de BOB Maasband:

Afvoer en herhalingstijd	Stroomsnelheid (m/s)	Stroomsnelheid (m/s)	Maximale stroomsnelheid (m/s)	Maximale stroomsnelheid (m/s)	Waterdiepte (m)	Uc (m/s)
	Referentie	Variant	Referentie	Variant		
1.439 m ³ /s (1/2) jaar	1,12	1,23	2,55	2,63	2,28	1,34
1.971 m ³ /s (1/5) jaar	1,38	1,58	2,98	3,12	2,94	1,42
2.603 m ³ /s (1/20) jaar	1,66	1,86	3,23	3,34	3,65	1,48
3.224 m ³ /s (1/100) jaar	1,89	2,07	3,44	3,52	4,19	1,52

De gemiddelde stroomsnelheid in de referentiesituatie is bij hoge afvoeren (minder dan eens per 20 jaar) groter dan de kritieke stroomsnelheid. De maximale stroomsnelheid is in alle gevallen groter dan de kritieke stroomsnelheid. In de nieuwe situatie neemt de stroomsnelheid bij afvoeren met herhalingstijden van (1/2) en (1/5) jaar beperkt toe ten opzichte van de huidige situatie. Bij afvoeren met herhalingstijden van (1/20) en (1/100) jaar neemt de gemiddelde stroomsnelheid circa 0,2 m/s toe ten opzichte van de referentiesituatie, de maximale stroomsnelheid circa 0,1 m/s. Het risico op erosie op deze locatie blijft neemt dus iets toe. Nadere analyse is nodig om op basis van lokale bodemsamenstelling te bepalen of bodemverdediging nodig is.



5. Conclusie

De conclusies uit de bovenstaande rivierkundige beoordeling is per aspect kort toegelicht in onderstaande tabel.

De meeste aspecten zijn conform de regels in het RBK vergunbaar. Effecten die net niet binnen de kaders van het RBK passen zijn besproken met de rivierbeheerder (Rijkswaterstaat Zuid-Nederland) en keringbeheerders (waterschap Limburg en Vlaanderen) en zijn vervolgens als acceptabel (met voorwaarden) beoordeeld.

Tabel 2: Conclusies per beoordeelaspect van RBK 5.0

Asp.	Te beoordelen effect	Criterium	Effect van de ingreep	Voldoet ja/nee
1.1	MHW stand op de as van de rivier	Stroomvoerend: waterstandsverhoging gelijk of kleiner dan 1 mm (bij maatgevende 1/100 Maas-afvoer van 3.224 m ³ /s).	De opstuwingspiek is groter dan 1 mm, maar daar staat een vele malen grotere waterstandsval tegenover.	Ja, o.b.v. de zaagtand methodiek kan dit aspect worden goedgekeurd.
1.2	MHW stand buiten de as van de rivier	Waterstandsverhoging in het 2D-vlak en langs de bandijk.	Op enkele plaatsen is langs de bandijk een opstuwingspiek van enkele cm's berekend. Deze dienen aan de betreffende keringbeheerder te worden voorgelegd.	Ja, o.b.v. afstemming keringbeheerders. Gezien de overhoogte van de keringen is de berekende lokale opstuwingspiek acceptabel.
2.1	Waterstanden en/of inundatiefrequentie van de uiterwaard	Verandering waterstanden en/of inundatiefrequentie.	Er zijn geen significante wijzigingen van de inundatiefrequentie in delen van de uiterwaard.	Ja.
2.2	Stroombeeld in de uiterwaard	Verandering grootte en richting stroomsnelheden in de uiterwaard.	Er worden geen problemen verwacht met betrekking tot hinder en/of schade in de uiterwaard. Een aantal kritische locaties wordt beschouwd bij het onderdeel morfologie.	Ja.
2.3	Stroombeeld in de vaarweg	Verandering grootte en richting stroomsnelheden in de vaarweg.	Dwarsstroming is niet van toepassing. Op sommige locaties is een lichte toename in de stroomsnelheid berekend bij lage afvoeren. Voor de beroepsvaart, de recreatievaart en de kano's vormt deze lichte toename geen risico.	Ja.
3.1	Aanzanding en erosie van het zomerbed (+ oevers)	<u>Bij erosie:</u> geen verlaging gemiddelde bodemligging en geen oevererosie, beperkte ontgraving bij constructies per hoogwater. <u>Bij sedimentatie:</u> geen vermindering vaargeulafmetingen bij lage tot gemiddelde rivierafvoeren; geen verhoging MHW op lange termijn. <u>In het algemeen:</u> beperkte hinder door baggeren en/of terugstorten en behouden veiligheid scheepvaartverkeer.	Op enkele risicolocaties is beoordeeld of het risico op schade of erosie toeneemt, in enkele gevallen neemt het risico toe. Dat geldt met name bij: - BOB Maasband en Borgharen - Dekking leiding Er worden geen negatieve lange termijn effecten op MHW verwacht. Er is geen hinder voor baggeren (n.v.t. op de Grensmaas).	Ja, lokale effecten echter wel monitoren. De effecten op de stroomsnelheden bij de kritische locaties blijven over het algemeen beperkt. Op enkele locaties is toch een toename van het risico berekend. Er wordt aanbevolen om deze locaties te monitoren (voor zover dat niet al gebeurt).

Asp.	Te beoordelen effect	Criterium	Effect van de ingreep	Voldoet ja/nee
3.2	Aanzanding en erosie van uiterwaard en nevengeulen	<p><u>Bij sedimentatie:</u> beperkte sedimentatie t.o.v. beheerskosten.</p> <p><u>Bij erosie:</u> Geen bodemerosie langs waterkering; stroomsnelheid nevengeul bankfull < 0,3 m/s; geen bodemerosie langs waterkering.</p>	<p>Er wordt niet gebaggerd op de Grensmaas dus de beheerkosten zijn niet relevant.</p> <p>Er worden geen nevengeulen aangebracht.</p> <p>Op sommige locaties in de buurt van primaire keringen vindt verhoogde erosie plaats. Echter, het voorland en de primaire keringen zelf worden niet bedreigd door de erosie.</p>	Ja, er wordt aanbevolen om locaties met verhoogde kans op erosie te monitoren (voor zover dat niet al gebeurt).



Bijlage A

Vegetatiekaarten

(zie bijgevoegde PDF)

Bijlage B

Figuren met waterstandsverschillen in het 2D vlak

(zie bijgevoegde PDF)

Bijlage C

Figuren met absolute stroomsnelheid in het 2D vlak

(zie bijgevoegde PDF)

Bijlage D

Figuren met stroomsnelheidsverschillen in het 2D vlak

(zie bijgevoegde PDF)

Bijlage E

Tabellen met stroomsnelheden en -verschillen op de risicolocaties

In de onderstaande tabellen is per afvoer aangegeven wat de stroomsnelheid is op de betreffende risicolocatie. Indien het type een punt locatie is, is de stroomsnelheid op de betreffende locatie weergegeven in de tabel. Indien het type een polygoon is, betreft de stroomsnelheid de gemiddelde stroomsnelheid over de polygoon. In dat geval is de maximale stroomsnelheid in deze polygoon ook weergegeven in de kolommen ernaast. De locaties waarbij de stroomsnelheid in de variant meer dan 5 cm/s groter is dan in de referentie zijn rood gemarkeerd (de betreffende stroomsnelheid van de variant is dan rood gekleurd). Hetzelfde geldt voor de maximale stroomsnelheid (indien van toepassing). De waterdiepte op het moment van optreden van de stroomsnelheid is ook weergegeven in de tabel. In enkele is een beperkte of negatieve waterdiepte berekend (dit verschil ontstaat omdat de hoekpunten van de roostercellen worden gebruikt voor de berekening van de waterdiepte / stroming en het midden van de cel voor de bodemhoogte). In dat geval is 0,5 m waterdiepte aangehouden. De kritische stroomsnelheid is berekend op basis van deze waterdiepte en is gebaseerd op een uniforme korreldiameter. Als de betreffende waarde rood is, is deze kleiner dan de stroomsnelheid in de variant. Er wordt opgemerkt dat, als dat het geval is, de stroomsnelheid in de referentie situatie vaak ook al groter is dan de kritische stroomsnelheid.

Tabel 3: Stroomsnelheden referentie en variant, waterdiepte en kritische stroomsnelheid voor de afvoeren van 1.439 m³/s voor de risicolocaties.

NAAM	TYPE	BEGIN	EIND	Stroomsnelheid	Stroomsnelheid	Stroomsnelheid	Stroomsnelheid	Waterdiepte	Uc
				1.439 m ³ /s (1/2) jaar Referentie	1.439 m ³ /s (1/2) jaar Variant	1.439 m ³ /s (1/2) jaar Referentie - MAX	1.439 m ³ /s (1/2) jaar Variant - MAX		
Inlaat Boscherveld	Polygoon	14,9	14,9	0,1	0,1	0,64	0,64	0,5	0,89
zomerbed/oever	Polygoon	15,39	16,38	2,19	2,23	3,52	4	4,68	1,56
Woelbak stuw	Polygoon	15,39	15,42	2,63	2,64	3,11	3,11	3,88	1,50
Borgharen	Polygoon	15,76	16,14	0,97	1,26	3,4	4	0,79	1,03
Oevererosie meetpunt Borgharen	Punt	16		0,22	0,37			0,5	0,89
Terugschrijdende erosie uitstroom	Punt	16,4		0,7	0,69			2,13	1,32
Boscherveld	Polygoon	16,5	18	1,46	1,53	2,44	2,51	3,8	1,49
Grindplaat Borgharen	Punt	16,8		2,52	2,51			2,86	1,41
Itteren	Polygoon	19,66	19,96	0,5	0,64	1,31	1,51	0,5	0,89
Instromingslocatie Itterense Weerd	Punt	20,3		1,2	1,84			2,25	1,34
Sedimentatie locatie Itterense Weerd	Punt	22		0,73	0,74			5,34	1,60
Voulwames	Polygoon	22,5	23,9	2,41	2,45	3,82	3,85	4,6	1,55

NAAM	TYPE	BEGIN	EIND	Stroomsnelheid 1.439 m3/s (1/2) jaar Referentie	Stroomsnelheid 1.439 m3/s (1/2) jaar Variant	Stroomsnelheid 1.439 m3/s (1/2) jaar Referentie - MAX	Stroomsnelheid 1.439 m3/s (1/2) jaar Variant - MAX	Waterdiepte 1.439 m3/s (1/2) jaar	Uc 1.439 m3/s (1/2) jaar
drempel 9	Polygoon	23,4		3,13	3,16	3,82	3,85	4,32	1,53
zomerbed/oever	Polygoon	23,6	24,32	2,51	2,58	3,3	4,41	4,55	1,55
Geulle a/d Maas	Polygoon	23,66	24,1	0,55	1,02	2,34	4,12	0,37	0,80
Oevererosie Geulle aan de Maas	Punt	24,2		0,06	0			0,5	0,89
Veerstoep Geulle	Polygoon	25,2	25,26	0,22	0,27	0,7	0,78	1,44	1,21
drempel 8	Polygoon	25,3		1,91	1,92	2,21	2,23	4,34	1,53
Erosiegat Kotem	Punt	27,8		1,52	1,5			10,47	1,80
zomerbed/oever	Polygoon	28,12	28,42	2,02	2,05	3,02	2,86	6,37	1,65
ARG leiding	Polygoon	28,18	28,24	0,4	0,48	1,68	1,87	0,52	0,90
Erosiekuil zomerbed	Punt	28,2		2,7	2,62			8,41	1,73
Elsloo	Polygoon	28,3	29	2,34	2,35	3,12	3,11	6,4	1,65
zomerbed/oever	Polygoon	29,28	31	2,68	2,7	4,77	4,72	4,88	1,57
Erosiekuil achter brugpijlers Elsloo	Punt	29,5		3,64	3,56			7,2	1,68
Meers	Polygoon	29,62	30,8	1,76	1,85	4,14	4,15	2,89	1,41
Instabiliteit BOB Kotem	Punt	30,5		2,87	2,86			6,31	1,65
Grindrug Meers	Polygoon	30,9	31,4	2,23	2,24	2,58	2,59	1,7	1,25
Grindrug Meers	Punt	30,9		1,95	1,94			0,94	1,08
drempel 1	Polygoon	31,5		2,18	2,15	2,59	2,57	2,17	1,33
drempel 2	Polygoon	32		1,31	1,31	1,85	1,82	2,17	1,33
drempel 3	Polygoon	32,5		1,56	1,54	2,19	2,02	1,4	1,20
LAL leiding	Polygoon	32,76	32,82	1,37	1,46	1,78	1,84	2,46	1,36
drempel 4	Polygoon	32,8		1,33	1,44	1,87	2,07	2,34	1,35
Dekking leiding	Punt	32,8		1,44	1,67			4,78	1,56
drempel 5	Polygoon	32,9		1,7	1,7	1,85	2,04	3,67	1,48
Meers	Polygoon	33	33,7	1,61	1,55	2,09	2,09	4,32	1,53
drempel 6	Polygoon	33,5		1,71	1,6	1,92	1,8	4,26	1,53
Brug Maasband	Polygoon	34,06	34,42	0,59	0,61	2,1	1,98	1,15	1,14
drempel 7	Polygoon	34,1		1,64	1,45	1,91	1,74	4,84	1,57
Oevererosie nabij uitkijktoren	Punt	34,2		0	0			0,5	0,89
zomerbed/oever	Polygoon	34,34	35,52	1,92	1,95	3,29	3,21	5,13	1,58

NAAM	TYPE	BEGIN	EIND	Stroomsnelheid 1.439 m3/s (1/2) jaar Referentie	Stroomsnelheid 1.439 m3/s (1/2) jaar Variant	Stroomsnelheid 1.439 m3/s (1/2) jaar Referentie - MAX	Stroomsnelheid 1.439 m3/s (1/2) jaar Variant - MAX	Waterdiepte 1.439 m3/s (1/2) jaar	Uc 1.439 m3/s (1/2) jaar
Maasband	Polygoon	34,4	34,64	1,12	1,23	2,55	2,63	2,28	1,34
Erosie en instabiliteit oevers Maasband	Punt	34,8		1	1,36			0,89	1,06
Mazenhoven	Polygoon	34,96	35,5	1,99	1,98	3,29	3,21	4,22	1,53
Instabiliteit oever	Punt	35,6		1,08	0,9			1,92	1,29
IAZI leiding	Polygoon	35,98	36,02	0,72	0,74	1,66	1,74	3,11	1,43
Instabiliteit oever zomerbed/oever	Punt	36,1		1,61	1,65			4,74	1,56
Afschuiving talud	Polygoon	36,12	36,54	2,38	2,41	3,04	3,08	6,31	1,65
PAL leiding	Punt	36,2		2,04	2,13			4,93	1,57
Erosiegat leidingen	Polygoon	36,26	36,26	1,43	1,45	3	3,04	3,26	1,45
Urmond	Punt	36,4		2,82	2,85			8,85	1,75
Berg	Polygoon	37,24	38,1	0,89	0,9	2,02	2,1	1,43	1,20
sedimentatie Vlaamse zijde	Polygoon	38,1	38,76	1,22	1,26	1,95	2,04	2,9	1,41
BOB Berg aan de Maas	Punt	38,3		2,25	2,31			3,78	1,49
NGU leiding	Punt	38,4		1,53	1,58			3,22	1,44
Erosiekuil rondom bestorting K&L	Polygoon	39,48	39,68	0,66	0,69	2,58	2,48	1,68	1,25
zomerbed/oever	Punt	39,6		2,58	2,46			6,84	1,67
Erosiegat Obbicht (werkweg)	Polygoon	40,56	42,74	2,42	2,4	3,77	3,76	5,16	1,59
Obbicht	Punt	40,9		1,69	1,72			5,91	1,63
Elba	Polygoon	41,14	41,56	0,89	0,89	2,73	2,72	0,69	0,99
Inlaat Negenoord	Polygoon	41,96	42,96	2,24	2,24	2,84	2,83	4,04	1,51
Boyen/Elba (verruiming)	Polygoon	42,42	42,5	0,03	0,03	0,43	0,43	0,5	0,89
Oevererosie voetveer Rothem Grevenbicht	Polygoon	42,5	44	2	1,99	2,37	2,36	4,77	1,56
Veerstoep Grevenbicht	Punt	43,8		0,72	0,72			3,14	1,44
Inlaat Elerweerd	Polygoon	43,86	43,88	1,33	1,33	1,82	1,81	3,13	1,44
Brug Visserweert	Polygoon	46,9	47,2	0,81	0,31	4,79	1,5	0,5	0,89
Visserweert	Polygoon	48,6	48,78	0,68	0,78	1,76	2,82	1,79	1,27
Uitlaat Elerweerd	Polygoon	49,16	49,32	0,9	1,02	3,03	3,19	1,63	1,24
Kokkelert	Polygoon	49,22	49,46	0,72	0,71	2,32	2,32	0,4	0,82
zomerbed/oever	Polygoon	50,34	50,82	0,42	0,48	2,57	2,54	1,23	1,16
	Polygoon	50,5	51,3	2,32	2,32	2,94	2,91	5,87	1,62

NAAM	TYPE	BEGIN	EIND	Stroomsnelheid 1.439 m3/s (1/2) jaar Referentie	Stroomsnelheid 1.439 m3/s (1/2) jaar Variant	Stroomsnelheid 1.439 m3/s (1/2) jaar Referentie - MAX	Stroomsnelheid 1.439 m3/s (1/2) jaar Variant - MAX	Waterdiepte 1.439 m3/s (1/2) jaar	Uc 1.439 m3/s (1/2) jaar
Oevererosie Roosteren	Punt	51,5		1,27	1,28			4,69	1,56
Sedimentatie Roosteren	Punt	51,9		1,95	1,94			5,65	1,61

Tabel 4: Stroomsnelheden referentie en variant, waterdiepte en kritische stroomsnelheid voor de afvoeren van 1.971 m3/s voor de risicolocaties.

NAAM	TYPE	BEGIN	EIND	Stroomsnelheid 1.971 m3/s (1/5) jaar Referentie	Stroomsnelheid 1.971 m3/s (1/5) jaar Variant	Stroomsnelheid 1.971 m3/s (1/2) jaar Referentie - MAX	Stroomsnelheid 1.971 m3/s (1/2) jaar Variant - MAX	Waterdiepte 1.971 m3/s (1/5) jaar	Uc 1.971 m3/s (1/5) jaar
Inlaat Boscherveld	Polygoon	14,9	14,9	0,14	0,14	0,89	0,88	0,5	0,89
zomerbed/oever	Polygoon	15,39	16,38	2,35	2,4	3,69	4,2	5,32	1,59
Woelbak stuw	Polygoon	15,39	15,42	3,04	3,05	3,53	3,55	4,37	1,54
Borgharen	Polygoon	15,76	16,14	1,11	1,43	3,64	4,2	1,26	1,17
Oevererosie meetpunt Borgharen	Punt	16		0,26	0,54			0,55	0,92
Terugschrijdende erosie uitstroom	Punt	16,4		1,44	1,44			3,19	1,44
Boscherveld	Polygoon	16,5	18	1,64	1,73	2,62	2,71	4,52	1,55
Grindplaat Borgharen	Punt	16,8		2,81	2,79			3,31	1,45
Itteren	Polygoon	19,66	19,96	0,67	0,93	1,31	1,52	1,13	1,13
Instromingslocatie Itterense Weerd	Punt	20,3		1,35	2,1			2,56	1,38
Sedimentatie locatie Itterense Weerd	Punt	22		0,8	0,83			6,44	1,65
Voulwames	Polygoon	22,5	23,9	2,7	2,76	4,21	4,26	5,13	1,58
drempel 9	Polygoon	23,4		3,45	3,51	4,21	4,26	5,19	1,59
zomerbed/oever	Polygoon	23,6	24,32	2,87	2,9	3,73	3,72	5,57	1,61
Geulle a/d Maas	Polygoon	23,66	24,1	0,8	1,38	2,4	3,72	0,99	1,09
Oevererosie Geulle aan de Maas	Punt	24,2		0,24	0,37			0,72	1,00
Veerstoep Geulle	Polygoon	25,2	25,26	0,28	0,33	0,79	0,85	2,29	1,34
drempel 8	Polygoon	25,3		2,12	2,13	2,43	2,43	5,67	1,61
Erosiegat Kotem	Punt	27,8		1,53	1,57			10,73	1,80
zomerbed/oever	Polygoon	28,12	28,42	2,23	2,27	3,4	3,33	7,34	1,69
ARG leiding	Polygoon	28,18	28,24	1,19	1,16	2,01	2,06	1,68	1,25
Erosiekuil zomerbed	Punt	28,2		2,9	2,87			9,58	1,77

NAAM	TYPE	BEGIN	EIND	Stroomsnelheid 1.971 m3/s (1/5) jaar Referentie	Stroomsnelheid 1.971 m3/s (1/5) jaar Variant	Stroomsnelheid 1.971 m3/s (1/2) jaar Referentie - MAX	Stroomsnelheid 1.971 m3/s (1/2) jaar Variant - MAX	Waterdiepte 1.971 m3/s (1/5) jaar	Uc 1.971 m3/s (1/5) jaar
Elsloo	Polygoon	28,3	29	2,66	2,68	3,6	3,66	7,24	1,69
zomerbed/oever	Polygoon	29,28	31	3,25	3,29	5,86	5,63	5,54	1,61
Erosiekuil achter brugpijlers Elsloo	Punt	29,5		4,21	4,15			7,74	1,71
Meers	Polygoon	29,62	30,8	2,16	2,31	5,86	5,25	3,58	1,48
Instabiliteit BOB Kotem	Punt	30,5		3,73	3,73			7,05	1,68
Grindrug Meers	Polygoon	30,9	31,4	2,71	2,72	3,19	3,18	2,18	1,33
Grindrug Meers	Punt	30,9		2,66	2,61			1,6	1,24
drempel 1	Polygoon	31,5		2,44	2,41	2,96	2,94	2,62	1,38
drempel 2	Polygoon	32		1,38	1,41	1,85	1,82	2,7	1,39
drempel 3	Polygoon	32,5		1,56	1,55	2,2	2,02	1,61	1,24
LAL leiding	Polygoon	32,76	32,82	1,41	1,51	1,81	1,87	3,04	1,43
drempel 4	Polygoon	32,8		1,39	1,54	1,87	2,06	2,77	1,40
Dekking leiding	Punt	32,8		1,51	1,75			5	1,58
drempel 5	Polygoon	32,9		1,78	1,78	1,93	2,15	4,02	1,51
Meers	Polygoon	33	33,7	1,92	1,83	2,31	2,28	5,27	1,59
drempel 6	Polygoon	33,5		2,03	1,87	2,2	2,04	5,23	1,59
Brug Maasband	Polygoon	34,06	34,42	0,74	0,76	2,24	2,17	1,87	1,28
drempel 7	Polygoon	34,1		1,99	1,76	2,25	2,02	5,82	1,62
Oevererosie nabij uitkijktoren	Punt	34,2		0	0			0,5	0,89
zomerbed/oever	Polygoon	34,34	35,52	2,19	2,25	3,03	3,12	6,07	1,63
Maasband	Polygoon	34,4	34,64	1,38	1,58	2,98	3,12	2,94	1,42
Erosie en instabiliteit oevers Maasband	Punt	34,8		1,16	1,63			1,17	1,14
Mazenhoven	Polygoon	34,96	35,5	2,13	2,14	2,83	2,84	4,99	1,58
Instabiliteit oever	Punt	35,6		1,1	0,95			5,25	1,59
IAZI leiding	Polygoon	35,98	36,02	0,86	0,87	1,8	1,91	3,99	1,51
Instabiliteit oever	Punt	36,1		1,81	1,87			5,65	1,61
zomerbed/oever	Polygoon	36,12	36,54	2,83	2,9	3,54	3,64	7,12	1,68
Afschuiving talud	Punt	36,2		2,26	2,33			5,82	1,62
PAL leiding	Polygoon	36,26	36,26	1,75	1,77	3,43	3,52	4	1,51
Erosiegat leidingen	Punt	36,4		3,41	3,49			9,63	1,77

NAAM	TYPE	BEGIN	EIND	Stroomsnelheid 1.971 m3/s (1/5) jaar Referentie	Stroomsnelheid 1.971 m3/s (1/5) jaar Variant	Stroomsnelheid 1.971 m3/s (1/2) jaar Referentie - MAX	Stroomsnelheid 1.971 m3/s (1/2) jaar Variant - MAX	Waterdiepte 1.971 m3/s (1/5) jaar	Uc 1.971 m3/s (1/5) jaar
Urmond	Polygoon	37,24	38,1	1,14	1,18	2,57	2,72	2,01	1,30
Berg	Polygoon	38,1	38,76	1,47	1,52	2,13	2,26	3,46	1,47
sedimentatie Vlaamse zijde	Punt	38,3		2,64	2,73			4,47	1,54
BOB Berg aan de Maas	Punt	38,4		1,84	1,95			3,76	1,49
NGU leiding	Polygoon	39,48	39,68	0,84	0,88	3,14	3	1,98	1,30
Erosiekuil rondom bestorting K&L	Punt	39,6		3,14	2,96			7,45	1,69
zomerbed/oever	Polygoon	40,56	42,74	2,61	2,59	4,02	4,01	5,53	1,61
Erosiegat Obbicht (werkweg)	Punt	40,9		1,82	1,86			6,22	1,64
Obbicht	Polygoon	41,14	41,56	1,12	1,12	2,88	2,88	1,25	1,16
Elba	Polygoon	41,96	42,96	2,6	2,59	3,09	3,07	4,71	1,56
Inlaat Negenoord	Polygoon	42,42	42,5	0,06	0,06	0,43	0,43	0,5	0,89
Boyen/Elba (verruiming)	Polygoon	42,5	44	2,22	2,22	2,61	2,6	5,21	1,59
Oevererosie voetveer Rothem Grevenbicht	Punt	43,8		1,38	1,38			4,22	1,53
Veerstoep Grevenbicht	Polygoon	43,86	43,88	1,39	1,39	1,95	1,95	3,39	1,46
Inlaat Elerweerd	Polygoon	46,9	47,2	1,22	1,22	8,67	5,06	1,17	1,14
Brug Visserweert	Polygoon	48,6	48,78	0,84	0,97	1,76	2,81	3,01	1,42
Visserweert	Polygoon	49,16	49,32	1,13	1,27	3,67	3,76	1,93	1,29
Uitlaat Elerweerd	Polygoon	49,22	49,46	0,72	0,71	2,32	2,32	0,4	0,82
Kokkelert	Polygoon	50,34	50,82	0,42	0,48	2,57	2,54	1,23	1,16
zomerbed/oever	Polygoon	50,5	51,3	2,32	2,32	2,94	2,91	5,87	1,62
Oevererosie Roosteren	Punt	51,5		1,27	1,28			4,69	1,56
Sedimentatie Roosteren	Punt	51,9		1,95	1,94			5,65	1,61

Tabel 5: Stroomsnelheden referentie en variant, waterdiepte en kritische stroomsnelheid voor de afvoeren van 2.603 m3/s voor de risicolocaties.

NAAM	TYPE	BEGIN	EIND	Stroomsnelheid 2.603 m3/s (1/20) jaar Referentie	Stroomsnelheid 2.603 m3/s (1/20) jaar Variant	Stroomsnelheid 1.971 m3/s (1/2) jaar Referentie - MAX	Stroomsnelheid 1.971 m3/s (1/2) jaar Variant - MAX	Waterdiepte 2.603 m3/s (1/20) jaar	Uc 2.603 m3/s (1/20) jaar
Inlaat Boscherveld	Polygoon	14,9	14,9	1,26	1,06	1,59	1,31	0,55	0,92
zomerbed/oever	Polygoon	15,39	16,38	2,42	2,45	3,85	3,89	5,93	1,63
Woelbak stuw	Polygoon	15,39	15,42	3,15	3,17	3,69	3,72	4,81	1,56
Borgharen	Polygoon	15,76	16,14	1,15	1,41	2,81	3,43	2,09	1,32
Oevererosie meetpunt Borgharen	Punt	16		0,3	0,68			1,17	1,14
Terugschrijdende erosie uitstroom	Punt	16,4		1,71	1,71			4,22	1,53
Bossherveld	Polygoon	16,5	18	1,83	1,91	2,87	2,95	5,73	1,62
Grindplaat Borgharen	Punt	16,8		3,07	3,05			4,9	1,57
Itteren	Polygoon	19,66	19,96	0,8	1,07	1,31	1,55	1,71	1,26
Instromingslocatie Itterense Weerd	Punt	20,3		1,35	2,1			2,56	1,38
Sedimentatie locatie Itterense Weerd	Punt	22		0,82	0,85			7,04	1,68
Voulwames	Polygoon	22,5	23,9	2,77	2,84	4,26	4,3	5,6	1,61
drempel 9	Polygoon	23,4		3,52	3,59	4,26	4,3	5,79	1,62
zomerbed/oever	Polygoon	23,6	24,32	3,1	3,11	4,04	3,96	6,28	1,64
Geulle a/d Maas	Polygoon	23,66	24,1	1,17	1,85	2,61	3,62	1,98	1,30
Oevererosie Geulle aan de Maas	Punt	24,2		0,44	0,49			1,94	1,29
Veerstoep Geulle	Polygoon	25,2	25,26	0,37	0,43	1,01	1,14	3,25	1,45
drempel 8	Polygoon	25,3		2,39	2,4	2,92	2,91	6,35	1,65
Erosiegat Kotem	Punt	27,8		1,59	1,66			12,64	1,85
zomerbed/oever	Polygoon	28,12	28,42	2,37	2,45	3,52	3,59	8,35	1,73
ARG leiding	Polygoon	28,18	28,24	1,67	1,37	2,02	2,16	2,5	1,37
Erosiekuil zomerbed	Punt	28,2		3,05	3,16			10,45	1,80
Elsloo	Polygoon	28,3	29	2,78	2,82	3,62	3,68	7,85	1,71
zomerbed/oever	Polygoon	29,28	31	3,42	3,47	6,11	6,22	6,02	1,63
Erosiekuil achter brugpijlers Elsloo	Punt	29,5		4,25	4,2			7,74	1,71
Meers	Polygoon	29,62	30,8	2,34	2,53	6,05	6,07	4,04	1,51
Instabiliteit BOB Kotem	Punt	30,5		3,94	3,98			7,58	1,70
Grindrug Meers	Polygoon	30,9	31,4	3,2	3,26	4,01	4,08	2,69	1,39
Grindrug Meers	Punt	30,9		3,55	3,52			2,38	1,36

NAAM	TYPE	BEGIN	EIND	Stroomsnelheid 2.603 m3/s (1/20) jaar Referentie	Stroomsnelheid 2.603 m3/s (1/20) jaar Variant	Stroomsnelheid 1.971 m3/s (1/2) jaar Referentie - MAX	Stroomsnelheid 1.971 m3/s (1/2) jaar Variant - MAX	Waterdiepte 2.603 m3/s (1/20) jaar	Uc 2.603 m3/s (1/20) jaar
drempel 1	Polygoon	31,5		3	2,93	3,98	3,9	3,29	1,45
drempel 2	Polygoon	32		1,71	1,75	2,24	2,35	4,58	1,55
drempel 3	Polygoon	32,5		1,59	1,62	2,13	1,89	2,71	1,39
LAL leiding	Polygoon	32,76	32,82	1,49	1,57	1,89	1,91	3,75	1,49
drempel 4	Polygoon	32,8		1,49	1,65	1,93	2,07	3,4	1,46
Dekking leiding	Punt	32,8		1,55	1,81			6,63	1,66
drempel 5	Polygoon	32,9		1,82	1,85	1,95	2,19	4,93	1,57
Meers	Polygoon	33	33,7	2,17	2,07	2,5	2,51	6,2	1,64
drempel 6	Polygoon	33,5		2,3	2,12	2,46	2,31	6,19	1,64
Brug Maasband	Polygoon	34,06	34,42	0,89	0,89	2,41	2,4	2,6	1,38
drempel 7	Polygoon	34,1		2,19	1,94	2,55	2,27	6,59	1,66
Oevererosie nabij uitkijktoren	Punt	34,2		0	0			0,5	0,89
zomerbed/oever	Polygoon	34,34	35,52	2,44	2,5	3,31	3,35	6,97	1,67
Maasband	Polygoon	34,4	34,64	1,66	1,86	3,23	3,34	3,65	1,48
Erosie en instabiliteit oevers Maasband	Punt	34,8		1,6	1,91			2,33	1,35
Mazenhoven	Polygoon	34,96	35,5	2,44	2,43	3,06	3,06	6,01	1,63
Instabiliteit oever	Punt	35,6		1,11	0,97			2,88	1,41
IAZI leiding	Polygoon	35,98	36,02	0,96	0,98	1,88	2,01	4,9	1,57
Instabiliteit oever	Punt	36,1		1,98	2,04			6,57	1,66
zomerbed/oever	Polygoon	36,12	36,54	3,22	3,29	4,06	4,16	8,01	1,72
Afschuiving talud	Punt	36,2		2,57	2,63			6,72	1,66
PAL leiding	Polygoon	36,26	36,26	2,13	2,19	3,79	3,88	4,72	1,56
Erosiegat leidingen	Punt	36,4		3,89	4			10,43	1,79
Urmond	Polygoon	37,24	38,1	1,29	1,33	3,15	3,28	2,35	1,35
Berg	Polygoon	38,1	38,76	1,63	1,7	2,45	2,56	4,04	1,51
sedimentatie Vlaamse zijde	Punt	38,3		3,02	3,15			5,1	1,58
BOB Berg aan de Maas	Punt	38,4		1,84	1,93			3,77	1,49
NGU leiding	Polygoon	39,48	39,68	1,07	1,1	3,66	3,53	2,36	1,35
Erosiekuil rondom bestorting K&L	Punt	39,6		3,66	3,47			7,95	1,71
zomerbed/oever	Polygoon	40,56	42,74	2,68	2,65	4,03	4,01	5,84	1,62

NAAM	TYPE	BEGIN	EIND	Stroomsnelheid	Stroomsnelheid	Stroomsnelheid	Stroomsnelheid	Waterdiepte	Uc
				2.603 m3/s (1/20) jaar Referentie	2.603 m3/s (1/20) jaar Variant	1.971 m3/s (1/2) jaar Referentie - MAX	1.971 m3/s (1/2) jaar Variant - MAX		
Erosiegat Obbicht (werkweg)	Punt	40,9		1,83	1,86			6,22	1,64
Obbicht	Polygoon	41,14	41,56	1,24	1,24	2,89	2,89	1,42	1,20
Elba	Polygoon	41,96	42,96	2,71	2,7	3,1	3,09	5,16	1,59
Inlaat Negenoord	Polygoon	42,42	42,5	0,1	0,1	0,66	0,66	0,24	0,67
Boyen/Elba (verruiming)	Polygoon	42,5	44	2,34	2,34	2,7	2,7	6,13	1,64
Oevererosie voetveer Rothem Grevenbicht	Punt	43,8		1,66	1,66			5,06	1,58
Veerstoep Grevenbicht	Polygoon	43,86	43,88	1,4	1,4	1,95	1,95	3,5	1,47
Inlaat Elerweerd	Polygoon	46,9	47,2	1,13	1,29	4,93	7,87	1,18	1,15
Brug Visserweert	Polygoon	48,6	48,78	0,9	0,99	1,84	1,86	3,88	1,50
Visserweert	Polygoon	49,16	49,32	1,35	1,52	3,68	3,79	3,16	1,44
Uitlaat Elerweerd	Polygoon	49,22	49,46	1,61	1,48	12,12	10,4	1,88	1,28
Kokkelert	Polygoon	50,34	50,82	0,67	0,74	2,96	2,95	2,18	1,33
zomerbed/oever	Polygoon	50,5	51,3	2,63	2,63	3,39	3,29	6,89	1,67
Oevererosie Roosteren	Punt	51,5		2,06	2,07			7,49	1,70
Sedimentatie Roosteren	Punt	51,9		2,85	2,85			7,86	1,71

Tabel 6: Stroomsnelheden referentie en variant, waterdiepte en kritische stroomsnelheid voor de afvoeren van 3.224 m3/s voor de risicolocaties.

NAAM	TYPE	BEGIN	EIND	Stroomsnelheid	Stroomsnelheid	Stroomsnelheid	Stroomsnelheid	Waterdiepte	Uc
				3.224 m3/s (1/100) jaar Referentie	3.224 m3/s (1/100) jaar Variant	3.224 m3/s (1/100) jaar Referentie - MAX	3.224 m3/s (1/100) jaar Variant - MAX		
Inlaat Boscherveld	Polygoon	14,9	14,9	2,14	2,08	2,7	2,48	1,09	1,12
zomerbed/oever	Polygoon	15,39	16,38	2,46	2,49	3,87	3,92	6,4	1,65
Woelbak stuw	Polygoon	15,39	15,42	3,18	3,21	3,71	3,75	5,15	1,58
Borgharen	Polygoon	15,76	16,14	1,25	1,44	2,78	3,43	2,58	1,38
Oevererosie meetpunt Borgharen	Punt	16		0,43	0,69			1,22	1,16
Terugschrijdende erosie uitstroom	Punt	16,4		1,95	2			4,94	1,57
Boscherveld	Polygoon	16,5	18	2,08	2,16	3,21	3,29	6,49	1,65
Grindplaat Borgharen	Punt	16,8		3,3	3,29			5,56	1,61
Itteren	Polygoon	19,66	19,96	0,83	1,11	1,31	1,55	1,79	1,27

NAAM	TYPE	BEGIN	EIND	Stroomsnelheid	Stroomsnelheid	Stroomsnelheid	Stroomsnelheid	Waterdiepte	Uc
				3.224 m3/s	3.224 m3/s	3.224 m3/s	3.224 m3/s	3.224 m3/s	3.224 m3/s
				(1/100) jaar	(1/100) jaar	(1/100) jaar	(1/100) jaar	(1/100) jaar	(1/100) jaar
				Referentie	Variant	Referentie - MAX	Variant - MAX		jaar
Instromingslocatie Itterense Weerd	Punt	20,3		1,49	2,1			2,59	1,38
Sedimentatie locatie Itterense Weerd	Punt	22		0,82	0,85			8,07	1,72
Voulwames	Polygoon	22,5	23,9	2,77	2,84	4,26	4,31	5,64	1,61
drempel 9	Polygoon	23,4		3,52	3,6	4,26	4,31	5,81	1,62
zomerbed/oever	Polygoon	23,6	24,32	3,13	3,14	4,06	3,97	6,41	1,65
Geulle a/d Maas	Polygoon	23,66	24,1	1,43	2,22	2,66	3,59	2,78	1,40
Oevererosie Geulle aan de Maas	Punt	24,2		1,11	0,99			2,73	1,40
Veerstoep Geulle	Polygoon	25,2	25,26	0,43	0,47	1,16	1,31	3,39	1,46
drempel 8	Polygoon	25,3		2,63	2,62	3,29	3,27	6,95	1,67
Erosiegat Kotem	Punt	27,8		1,71	1,78			13,31	1,87
zomerbed/oever	Polygoon	28,12	28,42	2,45	2,56	3,57	3,75	8,81	1,74
ARG leiding	Polygoon	28,18	28,24	1,84	1,41	2,09	2,17	3,06	1,43
Erosiekuil zomerbed	Punt	28,2		3,05	3,17			10,56	1,80
Elsloo	Polygoon	28,3	29	2,88	2,93	3,74	3,8	8,56	1,74
zomerbed/oever	Polygoon	29,28	31	3,5	3,56	6,18	6,69	6,3	1,64
Erosiekuil achter brugpijlers Elsloo	Punt	29,5		4,25	4,2			7,75	1,71
Meers	Polygoon	29,62	30,8	2,43	2,62	6,07	6,69	4,29	1,53
Instabiliteit BOB Kotem	Punt	30,5		3,94	3,98			7,58	1,70
Grindrug Meers	Polygoon	30,9	31,4	3,98	4,01	4,81	4,86	3,74	1,49
Grindrug Meers	Punt	30,9		4,15	4,12			3,23	1,45
drempel 1	Polygoon	31,5		3,19	3,15	4,3	4,27	3,75	1,49
drempel 2	Polygoon	32		1,93	1,99	2,49	2,62	5,07	1,58
drempel 3	Polygoon	32,5		1,6	1,66	2,05	2	3,6	1,48
LAL leiding	Polygoon	32,76	32,82	1,66	1,67	2,14	2,1	5,27	1,59
drempel 4	Polygoon	32,8		1,48	1,7	1,78	2,11	4,13	1,52
Dekking leiding	Punt	32,8		1,67	1,96			6,98	1,68
drempel 5	Polygoon	32,9		1,85	1,97	2,01	2,3	5,6	1,61
Meers	Polygoon	33	33,7	2,27	2,19	2,64	2,7	6,46	1,65
drempel 6	Polygoon	33,5		2,44	2,28	2,64	2,45	6,49	1,65

NAAM	TYPE	BEGIN	EIND	Stroomsnelheid	Stroomsnelheid	Stroomsnelheid	Stroomsnelheid	Waterdiepte	Uc
				3.224 m3/s (1/100) jaar Referentie	3.224 m3/s (1/100) jaar Variant	3.224 m3/s (1/100) jaar Referentie - MAX	3.224 m3/s (1/100) jaar Variant - MAX	3.224 m3/s (1/100) jaar	3.224 m3/s (1/100) jaar
Brug Maasband	Polygoon	34,06	34,42	1,02	1,02	2,56	2,54	3,21	1,44
drempel 7	Polygoon	34,1		2,38	2,06	2,75	2,39	7,56	1,70
Oevererosie nabij uitkijktoren	Punt	34,2		0,5	1			0,44	0,85
zomerbed/oever	Polygoon	34,34	35,52	2,64	2,68	3,53	3,55	7,77	1,71
Maasband	Polygoon	34,4	34,64	1,89	2,07	3,44	3,52	4,19	1,52
Erosie en instabiliteit oevers Maasband	Punt	34,8		1,93	2,2			3,43	1,46
Mazenhoven	Polygoon	34,96	35,5	2,59	2,6	3,2	3,24	6,94	1,67
Instabiliteit oever	Punt	35,6		1,2	1,03			7,25	1,69
IAZI leiding	Polygoon	35,98	36,02	1,03	1,06	1,94	2,06	5,64	1,61
Instabiliteit oever	Punt	36,1		2,08	2,15			7,36	1,69
zomerbed/oever	Polygoon	36,12	36,54	3,43	3,52	4,27	4,43	8,87	1,75
Afschuiving talud	Punt	36,2		2,72	2,79			7,5	1,70
PAL leiding	Polygoon	36,26	36,26	2,39	2,47	3,94	4,03	5,44	1,60
Erosiegat leidingen	Punt	36,4		4,08	4,21			11,2	1,82
Urmond	Polygoon	37,24	38,1	1,4	1,42	3,21	3,47	2,53	1,37
Berg	Polygoon	38,1	38,76	1,82	1,89	2,73	2,87	4,66	1,55
sedimentatie Vlaamse zijde	Punt	38,3		3,43	3,56			5,68	1,61
BOB Berg aan de Maas	Punt	38,4		2,01	2,13			5,13	1,58
NGU leiding	Polygoon	39,48	39,68	1,27	1,33	4,09	3,94	2,85	1,41
Erosiekuil rondom bestorting K&L	Punt	39,6		4,08	3,86			8,46	1,73
zomerbed/oever	Polygoon	40,56	42,74	2,78	2,75	4,08	4,06	6,04	1,63
Erosiegat Obbicht (werkweg)	Punt	40,9		1,85	1,89			6,59	1,66
Obbicht	Polygoon	41,14	41,56	1,41	1,41	2,95	2,93	1,17	1,14
Elba	Polygoon	41,96	42,96	3,02	3	3,23	3,22	6,09	1,63
Inlaat Negenoord	Polygoon	42,42	42,5	0,16	0,16	1,1	1,07	0,54	0,91
Boyen/Elba (verruiming)	Polygoon	42,5	44	2,62	2,62	3,03	3,03	6,87	1,67
Oevererosie voetveer Rothem Grevenbicht	Punt	43,8		1,96	1,96			5,47	1,60
Veerstoep Grevenbicht	Polygoon	43,86	43,88	1,45	1,45	2,02	2,01	3,51	1,47
Inlaat Elerwaard	Polygoon	46,9	47,2	1,51	1,48	13,96	8,41	1,34	1,18

NAAM	TYPE	BEGIN	EIND	Stroomsnelheid 3.224 m3/s (1/100) jaar Referentie	Stroomsnelheid 3.224 m3/s (1/100) jaar Variant	Stroomsnelheid 3.224 m3/s (1/100) jaar Referentie - MAX	Stroomsnelheid 3.224 m3/s (1/100) jaar Variant - MAX	Waterdiepte 3.224 m3/s (1/100) jaar	Uc 3.224 m3/s (1/100) jaar
Brug Visserweert	Polygoon	48,6	48,78	0,98	1,06	1,86	1,92	4,8	1,56
Visserweert	Polygoon	49,16	49,32	1,43	1,63	2,69	2,9	4,11	1,52
Uitlaat Elerweerd	Polygoon	49,22	49,46	1,21	1,2	2,39	2,83	2,4	1,36
Kokkelert	Polygoon	50,34	50,82	0,74	0,82	3,25	3,22	2,28	1,34
zomerbed/oever	Polygoon	50,5	51,3	2,88	2,88	3,65	3,62	6,81	1,67
Oevererosie Roosteren	Punt	51,5		2,43	2,44			7,88	1,71
Sedimentatie Roosteren	Punt	51,9		3,28	3,26			7,88	1,71