

# MEMO

**Aan** : Projectteam Rijnkade, Rijkswaterstaat  
**Organisatieonderdeel** : -

---

**Van** : Lars Haverkort (waterschap Rijn en IJssel), Marcel van den Berg (RHDHV), Jan Valk (RHDHV)  
**Organisatieonderdeel** : Projecten  
**Datum** : 27 november 2020  
**Onderwerp** : Redeneerlijn rivierwaarts versterken & actualisatie rivierkundige beoordeling Rijnkade  
**Projectnummer** : 808900  
**Bijlagen** : Bijlage 1. Rivierkundige beoordeling Rijnkade Arnhem (RHDHV, 26 sept. 2018)

## 1. Aanleiding memo

### 1.1 Introductie

In het kader van het hoogwaterbeschermingsprogramma is het waterschap Rijn en IJssel bezig met de versterking van de primaire waterkering van de Rijnkade in Arnhem. De waterkering grenst aan (het rivierbed van) de Neder-Rijn en bestaat uit twee delen: een deel dat direct grenst aan het water (lage kadeconstructie) en een deel waar alleen bij hoge waterstanden water tegenaan komt te staan (hoge kadeconstructie). Deze hoge kadeconstructie moet worden versterkt.

Ingrepen aan een primaire waterkering hebben meestal effecten voor de rivier en daarmee mogelijk ook gevolgen voor de waterveiligheid. Denk bijvoorbeeld aan effecten op ruimte voor de rivier en stroomsnelheden. Dit betekent dat er goed overleg moet zijn tussen het waterschap en rivierbeheerder Rijkswaterstaat over de manier waarop het project wordt vormgegeven. Uiteindelijk worden alle ontwerpkeuzes vastgelegd in een Projectplan Waterwet. Rijkswaterstaat beoordeelt of dit op de juiste manier wordt gedaan en dient als rivierbeheerder akkoord te gaan met twee aspecten, namelijk enerzijds de (eventuele) rivierkundige effecten als een gevolg van het project en anderzijds de eventuele rivierwaartse versterking van de nieuwe kadeconstructie. Deze memo gaat in op deze twee aspecten en is dus tweeledig.

## **1.2 Beoordeling rivierkundige effecten**

Het project is in 2018 reeds beoordeeld op rivierkundige effecten in een rapport van RHDHV (26 september 2018), maar sindsdien zijn er een aantal ontwerpkeuzes gemaakt die mogelijk invloed hebben op die beoordeling. Deze memo geldt als een aanvulling op het rapport van RHDHV aan het einde van de verkenningsfase op basis van het voorkeursalternatief [VKA]. Er wordt een antwoord gegeven op de vraag in hoeverre ontwerpkeuzes in de planuitwerkingsfase impact hebben op de conclusies uit de rivierkundige beoordeling gedaan in de verkenningsfase.

## **1.3 Onderbouwing rivierwaartse versterking**

Door de Unie van Waterschappen en Rijkswaterstaat is 2018 de *Redeneerlijn buitendijks (rivierwaarts) versterken* vastgesteld. Bij dijkversterkingsmaatregelen langs grote rivieren moet een afweging worden gemaakt tussen binnendijkse- of buitendijkse versterking. Voor binnendijkse maatregelen zal niet altijd ruimte zijn – of slechts tegen zeer hoge kosten of met technisch ingewikkeld constructies. De ruimte buitendijks (in het rivierbed) is schaars en dient zo veel mogelijk beschikbaar te blijven voor de afvoer en berging van rivierwater. De redeneerlijn biedt houvast over hoe te handelen indien binnendijkse maatregelen redelijkerwijs niet mogelijk zijn. In deze memo wordt invulling gegeven aan deze redeneerlijn.

## **1.4 Leeswijzer**

De memo is als volgt opgebouwd: in hoofdstuk 2 wordt kort het plan geschetst en wordt er een algemene beschouwing gedaan over de reden waarom er op trajecten rivierwaarts versterkt wordt. Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 wordt kort samengevat hoe het VKA rivierkundig is beoordeeld op basis van het rivierkundige beoordelingskader. Vervolgens wordt in het daar op volgende hoofdstuk 4 een opsomming gegeven van de wijzigingen in het referentieontwerp ten opzichte van het VKA. In hoofdstuk 5 wordt beoordeeld in hoeverre ontwerpkeuzes in de planuitwerkingsfase impact hebben op de rivierkundige beoordeling die in hoofdstuk 6 leiden tot een conclusie.

## **2. Aanleiding project, toelichting plan en reden rivierwaarts versterken**

### **2.1 Aanleiding project**

In het kader van het hoogwaterbeschermingsprogramma zijn alle primaire waterkeringen getoetst en beoordeeld op waterveiligheid, zo ook de hoge kade van de Rijnkade. Tijdens deze toetsing is de waterkerende constructie van de hoge Rijnkade over een totale lengte van circa 1,2 kilometer afgekeurd op de volgende onderdelen:

- Instabiliteit van de hoge keermuur door een combinatie van een weinig robuust ontwerp, onjuiste uitvoering en een zeer sterk wisselende bodemopbouw;
- Afschuiving van de betonnen keermuren ter plaatse van de bruggen;
- De aanwezigheid van (monumentale) bomen (niet-waterkerende objecten) op de hoge kade die te dicht op de kering staan (bezwijken kering door windworp/extra dynamische windbelasting);
- Instabiliteit van de basaltbekleding bij hoogwater in combinatie met golfbelasting.

### **2.2 Toelichting plan**

Bij het bedenken van een plan voor de versterking van de Rijnkade is vanzelfsprekend zo goed mogelijk rekening gehouden met de omgeving en de (on)mogelijkheden die dit met zich meebrengt. Dit heeft geleid tot een plan waarin op het grootste deel van het 1,2 kilometer afgekeurde traject de uiterlijke constructie zoveel mogelijk gelijk blijft. In grote lijnen wordt de kade als volgt versterkt:

- Over in totaal circa 400 meter op het meest westelijk- en het meest oostelijk deel van het projectgebied en ook ter hoogte van Airborne at the Bridge worden de kadeconstructies in de teen versterkt en blijft de kade op dezelfde locatie gehandhaafd.
- Tussen het Roermondsplein en de Rodenburgstraat, over een lengte van circa 600 meter, kan de kade niet in de voet worden versterkt en moet een nieuwe kadeconstructie worden gerealiseerd. Deze kade wordt op dit traject meer gestroomlijnd (t.o.v. de huidige kademuur met verspringingen) en variërend van 3 tot circa 7 meter rivierwaarts gebracht.
- Ter hoogte van de Nelson Mandelabrug wordt de verharde betonnen constructie van de waterkering over circa 200 meter vervangen door een groen talud. De kruin van de waterkering schuift hier een groot stuk richting de binnenstad van Arnhem, waardoor er op die plek meer ruimte voor de rivier ontstaat.

### **2.3 Rivierwaarts versterken**

Voor het project wordt dus over een lengte van circa 600 meter rivierwaarts versterkt. Zoals gezegd is door de Unie van Waterschappen en Rijkswaterstaat in 2018 de *Redeneerlijn buitendijks (rivierwaarts) versterken* vastgesteld. In het afwegingsproces naar de dijkversterkingsmaatregel wordt verwacht dat de waterkeringbeheerder onderbouwt waarom een binnenwaartse versterking en/of constructieve oplossing redelijkerwijs niet mogelijk of gewenst is en op welke wijze het rivierbeheerdersbelang hierin is afgewogen. In het

projectplan moet hierom beredeneerd worden dat (1) binnendijkse versterking redelijkerwijs niet mogelijk is en (2) buitendijkse versterking wel mogelijk is. In de volgende twee sub-paragrafen wordt hierop ingegaan.

### 2.3.1 Binnendijkse versterking is redelijkerwijs niet mogelijk

Volgens de redeneerlijn is een binnendijkse versterking redelijkerwijs niet mogelijk wanneer een binnendijkse oplossing:

- a. Tot onredelijk hoge **kosten** leidt ten opzichte van een buitendijkse oplossing incl. compenserende maatregelen;
- b. **Technisch** zeer lastig te realiseren is of grote uitvoeringsrisico's met zich meebrengt;
- c. Aantasting van belangrijke **maatschappelijke waarden** oplevert. Bijvoorbeeld wanneer omwonenden onevenredig veel nadelen ondervinden van de oplossing of wanneer belangrijke cultuurhistorische of landschappelijke waarden aangetast worden.

Zoals gezegd is voor een deel van het te versterken traject van de hoge Rijnkade gekozen voor buitendijkse versterking. Dit is het traject tussen het Roermondsplein en Airborne at the Bridge. De keuze is het resultaat van een afweging tussen drie opties: de kering rivierwaarts versterken, de kering binnendijs versterken of de kering op exact dezelfde locatie als de huidige constructie versterken. In onderstaand schema zijn deze drie opties afgezet tegen de voorgenoemde aspecten (kosten, technische haalbaarheid en aantasting maatschappelijke waarden).

	Rivierwaarts versterken	Versterken op bestaande locatie	Binnendijs versterken
Kosten	Een rivierwaartse versterking van de hoge kade leidt tot (relatief) lagere projectkosten omdat de uitvoering minder ingewikkeld wordt; de massa van het hoger gelegen terrein van de Rijnkade kan tijdelijk worden opgevangen door de oude (huidige) constructie.	De kering versterken op de bestaande locatie leidt tot onredelijk hoge kosten omdat er geïnvesteerd moet worden in een tijdelijke constructie of uitvoeringsmethode om de hoge kade tijdelijk op te vangen.	De kering binnendijs versterken leidt tot onredelijk hoge kosten omdat er meer geïnvesteerd moet worden in de constructie en uitvoeringsmethode vanwege een vergrootte kans van schade aan gebouwen en bomen. Daarnaast zullen er veel kabels en leidingen verlegd moeten worden.  Een binnendijkse versterking leidt tevens tot kosten uit planschade vanwege de terrassen die daar eeuwigdurend zijn vergund.

Technische haalbaarheid	Het rivierwaarts versterken van de hoge kade is technisch goed uitvoerbaar. Er is op de lage kade voldoende werkruimte om de nieuwe waterkering constructief goed op te bouwen.	De kering versterken op dezelfde plek is uitvoeringstechnisch complex vanwege het tijdelijk opvangen van de massa van de hoger gelegen Rijnkade. Dit heeft als risico dat er schade aan gebouwen, kabels en leidingen en historische bomen ontstaat.	De kering richting de stad verplaatsen is niet mogelijk vanwege een ruimtegebrek en gebouwen die op de rand van de invloedzone van de kering gebouwd zijn en vanwege de aanwezigheid van historische bomen. De technische haalbaarheid wordt beperkt door het grote aantal kabels en leidingen dat verlegd zou moeten worden bij een binnendijkse versterking.
Aantasting maatschappelijke waarden	Door de kering rivierwaarts te versterken zijn er geen negatieve gevolgen voor maatschappelijke waarden in het gebied (monumentale bomen, sluizen), en wordt er (als bijvangst) zelfs waarde gecreëerd door de verblijfskwaliteit op de hoge kade te versterken.	Door de kering op dezelfde plek te versterken is er geen (negatieve dan wel positieve) impact op maatschappelijke waarden in het gebied.	De kering binnendijks versterken leidt tot onacceptabele aantasting van maatschappelijke waarden omdat historische bomen en rijks-monumentale spuisluizen verloren gaan, net als gebruiksruimte op hoge kade (o.a. voor verkeer en terrassen bij de horeca).

Geconcludeerd kan worden dat uit zowel kosten-, technische- als maatschappelijke overwegingen het deels rivierwaarts versterken van de Rijnkade redelijkerwijs de beste optie is.

### 2.3.2 Buitendijkse versterking is wel mogelijk

Volgens de redeneerlijn is een buitendijkse versterking mogelijk indien deze:

- a. Niet op een **hydraulisch ongunstige locatie** ligt. Bijvoorbeeld als deze geen hydraulisch knelpunt versterkt of creëert en de afvoerverdeling op de splitsingspunten niet significant verandert. Ook bij eventuele reserveringen van ruimte voor een toekomstige vergroting van de bergings- en/of afvoercapaciteit zal kritisch gekeken moeten worden of buitendijks versterken mogelijk is.
- b. Geen belemmering oplevert voor het **veilig en doelmatig gebruik** van het rivierbed, waaronder de scheepvaartfunctie.

De hiervoor genoemde zaken zijn ook onder de loep genomen in de rivierkundige beoordeling van RHDHV op basis van het voorkeursalternatief uit 2018 (zie ook hoofdstuk 3). Vooruitlopend daarop:

- In de rivierkundige beoordeling wordt voor wat betreft de (on)gunstigheid van de hydraulische locatie (**a**) geconcludeerd dat er als een gevolg van het project bij maatgevend hoogwater iets meer afvoer over het Pannerdensch Kanaal en vervolgens de Neder-Rijn wordt berekend en iets minder over de Waal en IJssel. Dit alles blijft binnen de marge van 1 m<sup>3</sup>/s en is daarmee ruim kleiner dan de 5 m<sup>3</sup>/s die Rijkswaterstaat als criteria hanteert.
- Als het gaat om veilig en doelmatig gebruik van het rivierbed, waaronder de scheepvaartfunctie (**b**), wordt in de rivierkundige beoordeling geconcludeerd dat er bij hoogwater langs de hoge kade (dus niet in de vaarweg) minimale verhogingen zijn van stroomsnelheden en dat er als een gevolg hiervan geen negatieve gevolgen zijn voor derden. Omdat de hoge kade de stroomrichting van de rivier volgt en tevens meer wordt gestroomlijnd zal er geen dwarsstroming op de vaarweg ontstaan.

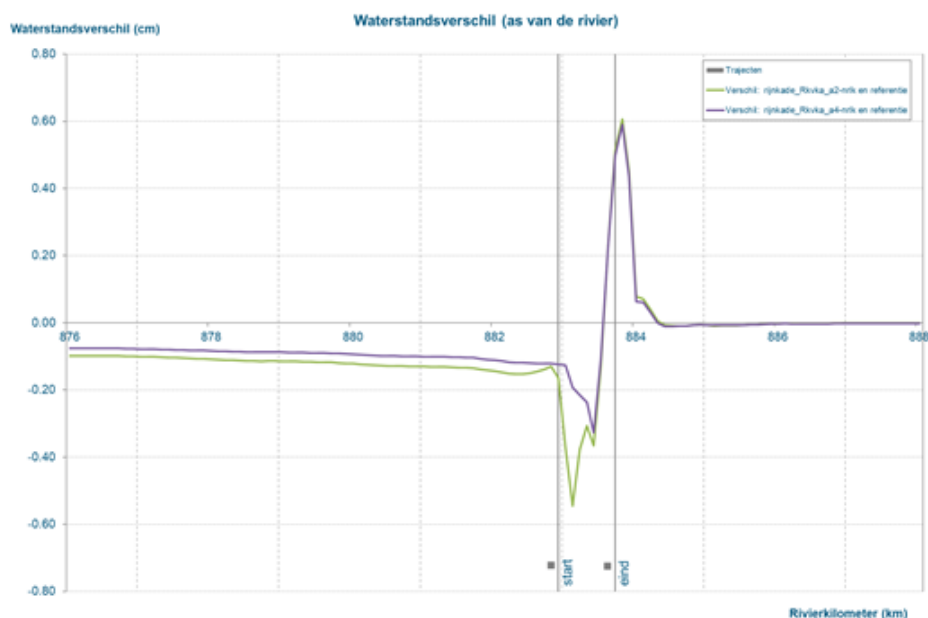
Op basis hiervan kan geconcludeerd worden dat het buitendijks versterken van de hoge Rijnkade rivierkundig mogelijk is.

### 3. Rivierkundige beoordeling VKA (verkenningfase)

In 2018 heeft RHDHV op basis van het voorkeursalternatief voor de versterking van de Rijnkade en aan de hand van het rivierkundige beoordelingskader van Rijkswaterstaat een rivierkundige beoordeling gemaakt. In deze oorspronkelijke rivierkundige beoordeling is van twee verschillende scenario's uitgegaan, namelijk een scenario waarin alleen aanpassingen worden gedaan aan de hoge kadeconstructie (scenario A), maar ook een scenario waarin ook de lage kadeconstructie lokaal rivierwaarts versterkt moet worden (scenario B). Deze beide scenario's zijn in 2018 op basis van modellen en berekeningen beoordeeld op hydraulische aspecten, potentiële hinder/schade en morfologische aspecten. In het referentieontwerp is er voor gekozen om níét rivierwaarts te versterken, waarmee scenario B komt te vervallen.<sup>1</sup>

Uit de rivierkundige beoordeling uit 2018 kan daarmee het volgende worden geconcludeerd (zie par. 4.4 van rivierkundige beoordeling uit 2018):

- *Maatgevend hoog water as rivier:* het voorkeursalternatief resulteert in een waterstandverlaging en zorgt voor een opstuwingspiek van circa 6 mm direct benedenstrooms van het traject van de Rijnkade. Zie figuur 1.
- *Maatgevend hoog water buiten as rivier:* nabij de kade is een afwisselend patroon te zien met verlaging en verhoging van de waterstand (tot circa 2 cm), terwijl bovenstrooms van de kade en aan de andere oever een waterstand verlagend effect optreedt van maximaal circa 2 mm. Dit heeft een positieve bijdrage. Zie ook figuur 1.



Figuur 1: visualisatie effect waterstandsverschillen Nederrijn als gevolg van versterking Rijnkade (in cm)

<sup>1</sup> Bij scenario B, waarbij ook de lage kade rivierwaarts werd geschoven, was er een (beperkt) effect op *sedimentatie en erosie van het zomerbed*: het scenario met alleen aanpassingen aan de hoge kade, leidt niet tot erosie of sedimentatie in het zomerbed.

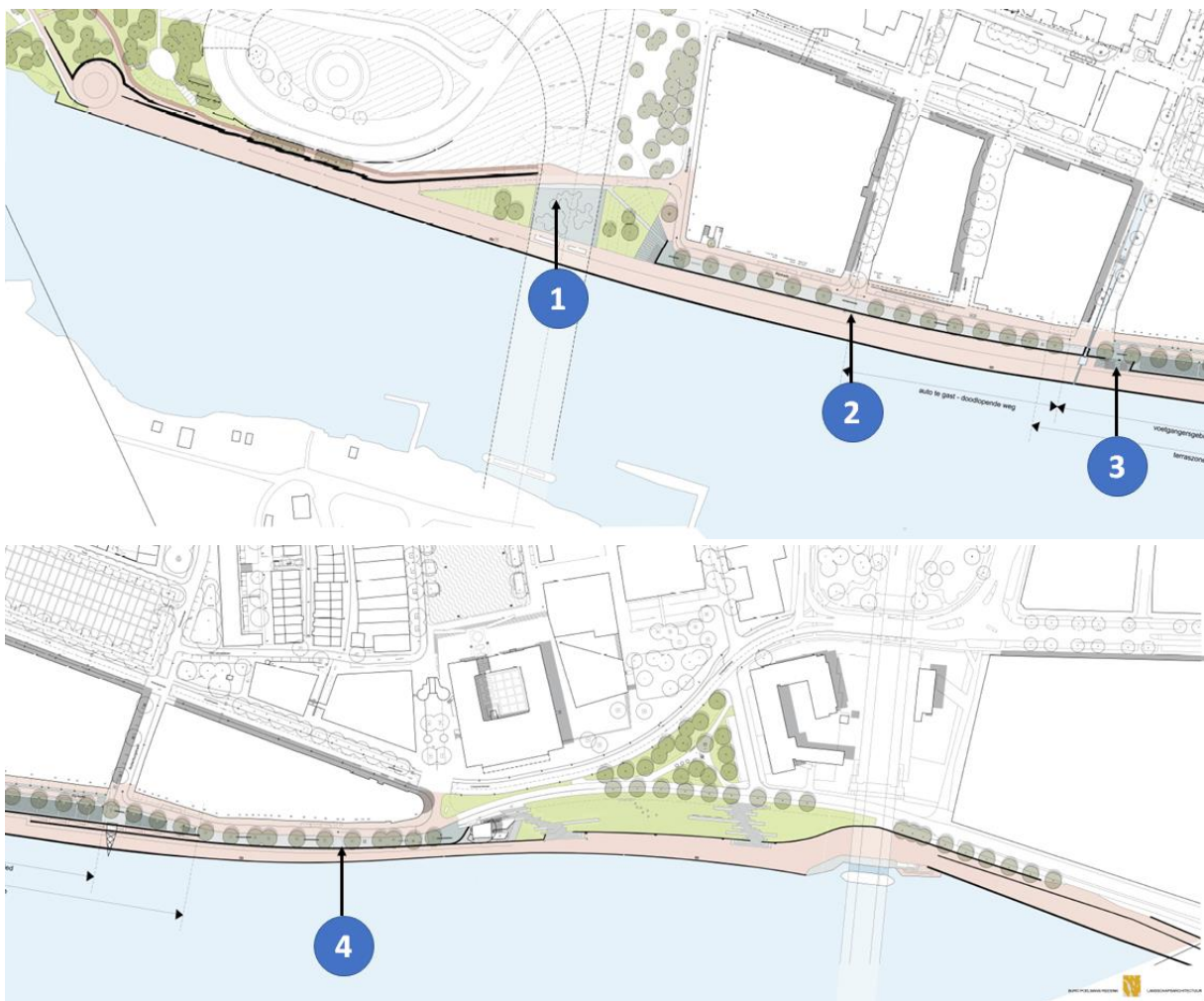
Van de overige aspecten in de rivierkundige beoordeling is beoordeeld dat deze niet van toepassing zijn of dat er geen of verwaarloosbare effecten zijn. De rivierkundige beoordeling op basis van de verkenningsfase is afgestemd met en akkoord bevonden door Rijkswaterstaat dd. 3 oktober 2018.

In het volgende hoofdstuk wordt beschreven op welke punten het referentieontwerp is veranderd ten opzichte van de verkenningsfase, waarna deze in hoofdstuk 5 worden gespiegeld aan de hiervoor genoemde effecten.



## 4. Wijzigingen in referentieontwerp ten opzichte van rivierkundige beoordeling VKA

Op onderstaande afbeelding(en) is de ontwerptekening van het voorkeursalternatief te zien. Er zijn ten opzichte van het VKA dat in de verkenningsfase rivierkundig is beoordeeld een aantal wijzigingen doorgevoerd (op de kaarten aangegeven met # 1 t/m 4). In de paragrafen 4.1 tot en met 4.4 worden deze wijzigingen nader toegelicht.

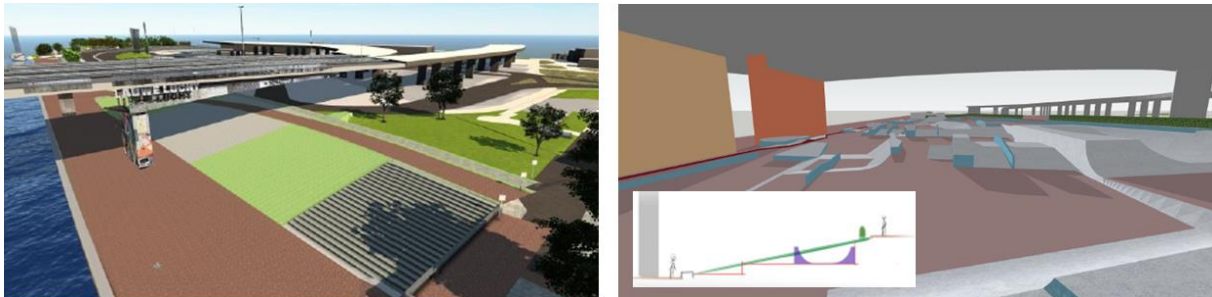


Figuur 2: overzicht van de rivier-technisch relevante locaties waarop het referentieontwerp (2020) voor het project Rijkade verschilt van het voorkeursalternatief (2018)

### 4.1 Inrichtingselement groen talud

In de oorspronkelijke rivierkundige beoordeling is het groene talud nabij de Nelson Mandelabrug beoordeeld als een egaal terrein, waarbij het deel onder de brug een verhard talud is (zie figuur 3). Het groene talud is daarbij een verruiming van het rivierkundig profiel op de deze locatie. In de planuitwerkingsfase van het project wordt bekeken of er een inrichtingselement kan worden toegepast op het verharde deel onder de brug. De gemeente

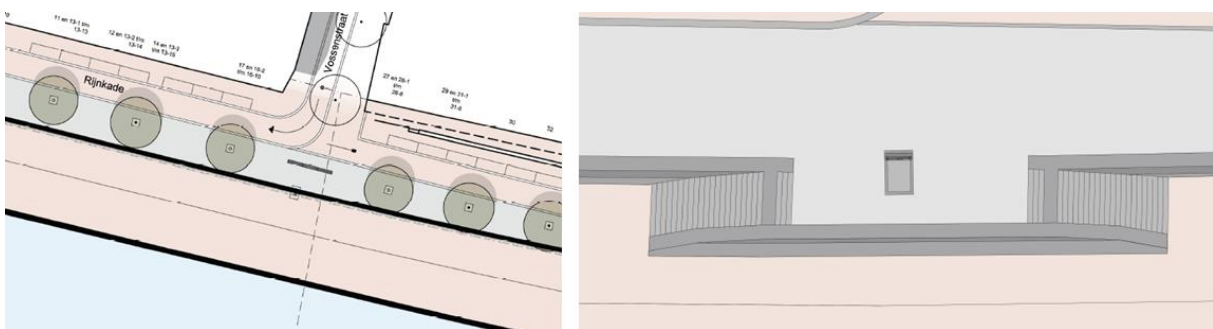
Arnhem wil hier een skatepark van maken (zie schets daarvan op onderstaande afbeelding rechts). Uitgangspunt hierbij is dat het skatepark zoveel mogelijk binnen de contouren van het talud wordt gerealiseerd (zodat er alleen meer ruimte voor de rivier ontstaat en niet minder).



*Figuur 3: groene talud zoals rivierkundig beoordeeld in verkenningsfase (links), mogelijk inrichtingselement onder Nelson Mandelabrug zoals door Arnhem gewenst in planuitwerkingsfase (rechts)*

#### 4.2 Trappen bij Vossenstraat

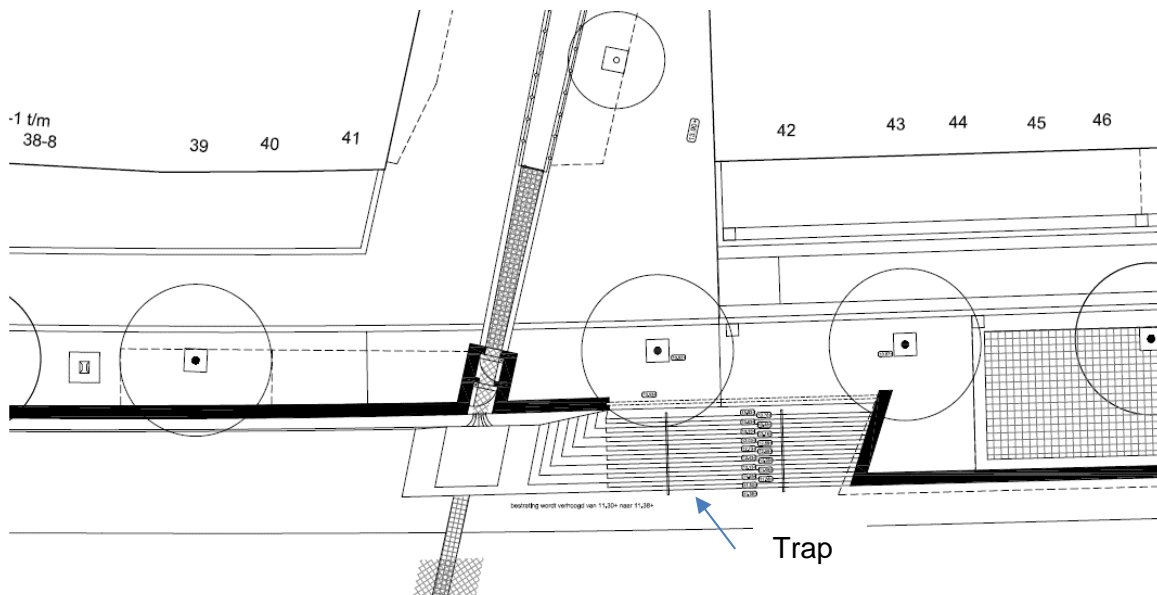
In het voorkeursalternatief is er bij de Vossenstraat een op- en afrit voor auto's verdwenen en is er een rechte, doorgaande kadeconstructie voorzien (links op figuur 4). Dit is ook zo beoordeeld in de rivierkundige beoordeling van 2018. In de planuitwerkingsfase is gebleken dat de rijks-monumentale spuisluis, die zich precies in het traject van de waterkering bevindt, niet verplaatst mag worden. Om die reden wordt er een bordes met aan weerszijde trappen gerealiseerd waarmee het mogelijk is om de spuisluis te behouden (rechts op onderstaande afbeelding). Dit betekent dat hier lokaal ruimte van de rivier verloren gaat ten opzichte van het voorkeursalternatief.



*Figuur 4: doorgaande kadeconstructie zoals rivierkundig beoordeeld in verkenningsfase (links), toepassing van trappen ten behoeve van behoud spuisluis (rechts)*

#### 4.3 Trap naar lage kade in het verlengde van de Nieuwstraat

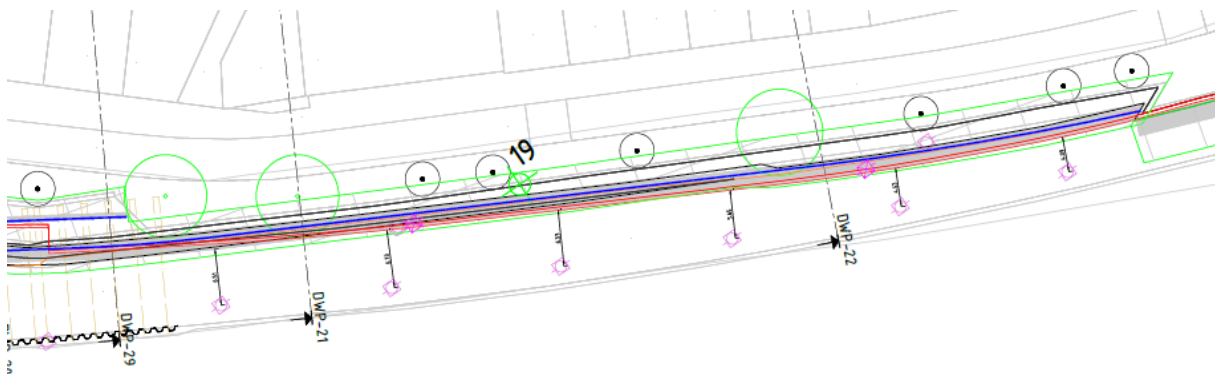
Er wordt een trap naar de lage kade gerealiseerd ter plaatse van de Nieuwstraat, deze trap is opgenomen in figuur 5. Deze was onderdeel van het ontwerp in de verkenningsfase maar is destijds niet in het rivierkundig model opgenomen.



*Figuur 5: Bovenaanzicht van de trap naar de lage kade bij de Nieuwstraat.*

#### **4.4 Ruimte op lage kade ten behoeve van verkeersveiligheid**

Om de verkeersveiligheid op de lage kade te verbeteren is in het referentieontwerp de kering van de hoge kade over een traject van circa 130 meter ongeveer 0,50 tot 1 meter naar achteren geplaatst. Dit is het geval tussen de terrassen en Airborne at the Bridge. Deze wijziging is per saldo gunstig voor het rivierkundig profiel. Zie figuur 6.



*Figuur 6: De kruinlijn van de hoge kade uit de verkenningsfase (rood) ten opzichte van het referentieontwerp (blauw). In het referentieontwerp is er iets meer ruimte gewonnen ten opzichte van de lage kade.*

## 5. Rivierkundige beoordeling referentieontwerp (planuitwerkingsfase)

In hoofdstuk 3 is aangegeven dat op basis van de rivierkundige beoordeling uit 2018 gebleken is dat voor de versterking van de Rijnkade de volgende rivierkundige aspecten relevant zijn:

- Maatgevend hoog water as rivier
- Maatgevend hoog water buiten as rivier

In hoofdstuk 4 zijn vijf gewijzigde elementen geïdentificeerd die van invloed kunnen zijn op de rivierkundige beoordeling van het ontwerp van de waterkering:

- 1) Inrichtingselement groen talud
- 2) Trappen bij Vossenstraat
- 3) Trap naar lage kade in het verlengde van de Nieuwstraat
- 4) Knik in kadeconstructie ten behoeve van verkeersveiligheid lage Rijnkade

In dit hoofdstuk wordt beoordeeld in hoeverre de wijzigingen in het ontwerp de conclusies uit de rivierkundige beoordeling uit 2018 beïnvloeden.

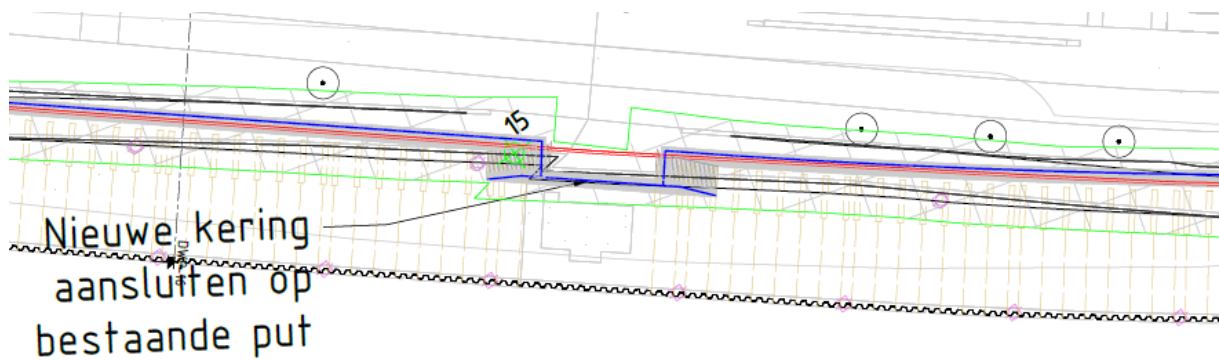
### Inrichtingselement groen talud

Met het inrichtingselement van het groen talud wordt netto ruimte voor de rivier gecreëerd omdat deze wordt ingepast binnen het originele talud. Omdat het niet stroomt in de “kuil” waarin het skatepark wordt aangebracht heeft dit een verwaarloosbaar maar positief effect op de maatgevende hoogwaterstanden op de as van de rivier en daarbuiten. De stroomsnelheidsverschillen in het zomerbed zijn verwaarloosbaar klein waardoor dit element geen invloed heeft op de conclusies betreffende erosie en sedimentatie.

### Trappen bij Vossenstraat

De trappen bij de Vossenstraat (zie figuur 7) ontnemen ruimte aan de rivier ten opzichte van het VKA. Er wordt opgemerkt dat de trappen vrijwel in het geheel passen binnen de contouren van de huidige kade. Ten opzichte van de referentie situatie zal dus nauwelijks ruimte aan de rivier worden ontnomen. Bovendien ligt de kruinlijn van het referentieontwerp op dit deel van het traject lokaal iets verder van de rivier af dan de kruinlijn van het VKA. De maatgevende hoogwaterstanden op de as van de rivier worden dus negatief beïnvloedt ten opzichte van het VKA. Ten opzichte van het referentiemodel wordt netto nog steeds ruimte voor de rivier gecreëerd. Er is dus ingeschat dat dit element de maatgevende waterstanden op de as van de rivier zeer beperkt zal beïnvloeden ten opzichte van het VKA maar dat de netto bijdrage nog wel positief zal zijn over dit deel van het traject.





Figuur 7: Detail van de trappen bij Vossenstraat. Rood = VKA, blauw = referentieontwerp, zwart = huidige kade.



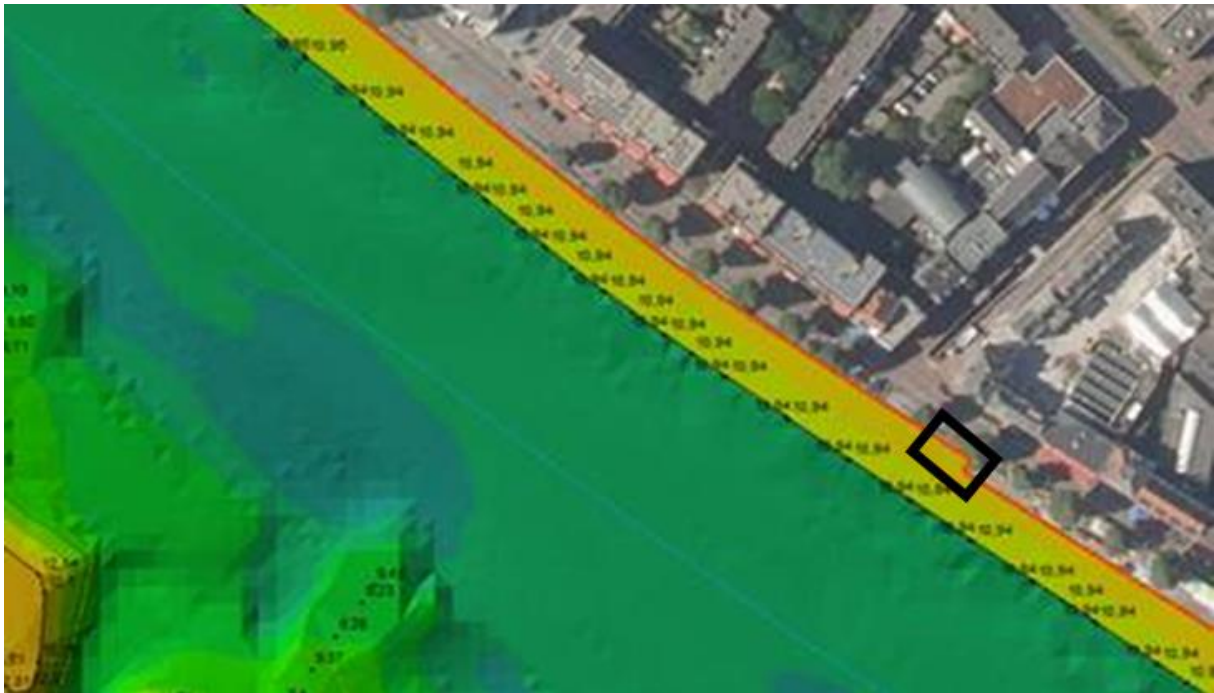
Figuur 8: locatie van de trappen Vossenstraat gevisualiseerd in model rivierkundige beoordeling uit 2018

Vanwege het element zal de stroming lokaal worden beïnvloed, de maatgevende waterstanden buiten de as van de rivier zullen lokaal – nabij de trap – dus wat meer variëren dan in het VKA het geval was maar dit is niet bezwaarlijk voor de beoordeling van dit deel van het traject. Er waren tegen de kade aan al variaties aanwezig die werden veroorzaakt door de vertaling naar het rooster (wat veel grover is dan de variaties in de ligging van de kruinlijn). De verschillen die door dit element ontstaan vallen binnen dezelfde orde van grootte.

De stroomsnelheidsverschillen in het zomerbed zijn naar inschatting verwaarloosbaar waardoor dit element geen invloed heeft op de conclusies betreffende erosie en sedimentatie.

### Trap naar lage kade in het verlengde van de Nieuwstraat

Deze trap is niet opgenomen in het rivierkundig model terwijl deze wel in de verkenningsfase was voorzien. De trap ligt rivierkundig gezien op een gunstige plek. In de stromingsrichting achter het hoge deel van de hoge Rijnkade. Hierdoor zal deze trap nauwelijks van invloed zijn op de waterstanden op en buiten de as van de rivier. Het effect is verwaarloosbaar klein. De invloed op erosie en sedimentatie is verwaarloosbaar.



*Figuur 9: locatie van de trap Nieuwstraat gevisualiseerd in model rivierkundige beoordeling uit 2018*

### Ruimte op de lage kade ten behoeve van verkeersveiligheid

Deze wijziging, waarbij de waterkering ten opzichte van het voorkeursalternatief over een traject van circa 130 meter 0,50 tot 1,00 meter naar achteren wordt geschoven, levert per saldo ruimte voor de rivier op ten opzichte van het voorkeursalternatief. Dit heeft een positief maar verwaarloosbaar effect op de in 2018 berekende maatgevende hoogwaterstanden op de as van de rivier en daarbuiten. De stroomsnelheidsverschillen in het zomerbed nemen af maar zijn verwaarloosbaar klein waardoor dit element geen invloed heeft op de conclusies betreffende erosie en sedimentatie.

## 6. Conclusie

Er wordt een antwoord gegeven op de vraag in hoeverre ontwerpkeuzes in het referentieontwerp (2020) impact hebben op de conclusies in de rivierkundige beoordeling (2018) opgesteld in de verkenningsfase.

### *Maatgevend hoog water as rivier*

Het maatgevend hoogwater op de as van de rivier wordt niet of nauwelijks beïnvloed door het groene element en de trap naar de lage kade bij de Nieuwstraat. De trappen bij de Vossenstraat hebben een zeer beperkt effect op de waterstand op de as van de rivier, ten opzichte van de referentie situatie blijft het effect nog steeds positief. De knik in de kadeconstructie en het niet stroomlijnen van de lage kade hebben een zeer beperkte positieve bijdrage aan de waterstanden op de as van de rivier. Naar verwachting is het effect op de beoordeling van het aspect maatgevend hoogwater op de as van de rivier dus zeer beperkt en mogelijk zelf positief maar verwaarloosbaar klein.

### *Maatgevend hoog water buiten as rivier*

Het maatgevend hoogwater buiten de as van de rivier wordt niet of nauwelijks beïnvloed door het groene element, het creëren van ruimte op de lage kade ten behoeve van verkeersveiligheid, het niet rivierwaarts schuiven van de lage kade en de trap naar de lage kade bij de Nieuwstraat. De trappen bij de Vossenstraat hebben een zeer beperkt effect op de waterstanden buiten de as van de rivier. Vanwege het element zal de stroming lokaal worden beïnvloed, de maatgevende waterstanden buiten de as van de rivier zullen lokaal – nabij de trap – dus wat meer variëren dan in het VKA het geval was maar dit is niet bezwaarlijk voor de beoordeling van dit deel van het traject. De wijzigingen hebben dus geen invloed op de beoordeling van het aspect maatgevend hoogwater op de as van de rivier.

Al met al wordt geconcludeerd dat de wijzigingen geen invloed hebben op de conclusies van de rivierkundige beoordeling. In onderstaande tabel wordt voor de volledigheid de algehele conclusie (rivierkundige beoordeling uit 2018 samen met deze memo) ten aanzien van rivierkundige effecten samengevat op basis van de beoordelingscriteria uit het Rivierkundige Beoordelingskader.

	#	Te beoordelen aspect	Beoordelingscriteria	Beoordeling
Hydraulische effecten	1.1	MHW in de as van de rivier	Waterstandverhoging op de as van de rivier bij een Boven-Rijn afvoer van bij 16.000 m <sup>3</sup> /s < 1mm.	Het referentieontwerp resulteert bovenstrooms de Rijnkade in een waterstandverlaging. Het ontwerp veroorzaakt een opstuwingspiek van circa 6 mm direct benedenstrooms van het traject van de Rijnkade, deze zal ter acceptatie aan de rivierbeheerder moeten worden voorgelegd.
	1.2	MHW buiten de as van de rivier	Geen waterstandverhoging > 1 mm langs de primaire kering of hoge grondlijn bij een Boven-Rijn afvoer van 16.000 m <sup>3</sup> /s.	Nabij de kade is een afwisselend patroon te zien met verlaging en verhoging van de waterstand (tot circa 2 cm). Bovenstrooms van de kade en aan de andere oever is een waterstandsverlagend effect van maximaal circa 2 mm te zien. Dit heeft een positieve bijdrage.
	1.3	Afvoerverdeling bij MHW (bij Pannerdensch Kop en IJsselkop)	Verandering afvoerverdeling bij de splitsingspunten dient kleiner te zijn dan 5 m <sup>3</sup> /s bij Boven-Rijn afvoer van 16.000 m <sup>3</sup> /s	Wijziging kleiner dan 5 m <sup>3</sup> /s.
	1.4	Afvoerverdeling bij normaal hoogwater (bij Pannerdensch Kop en IJsselkop)	Verandering afvoerverdeling bij de splitsingspunten dient kleiner te zijn dan 20 m <sup>3</sup> /s bij Boven-Rijn afvoer van 10.000 m <sup>3</sup> /s	Wijziging kleiner dan 20 m <sup>3</sup> /s.
	1.5	Ijsafvoer	Een goede geleiding van water en ijs dient gewaarborgd te blijven.	N.v.t. De kade is als een rechte oever vormgegeven zonder plotselinge overgangen, de kade is geen obstakel voor de afvoer van ijs.
Hinder of schade	2.1	Inundatiefrequentie van de uiterwaard	De mate van verandering van de inundatiefrequentie van één of meerdere uiterwaarden.	N.v.t. De waterstanden in de uiterwaarden wordt alleen lokaal en beperkt beïnvloedt, dit heeft geen significante invloed op de inundatiefrequentie van de Rijnkade en de overige uiterwaarden.
	2.2	Stroombeeld in de uiterwaard	De mate van verandering van de grootte en richting stroom-snelheden in een of meerdere uiterwaarden bij de voor de lokale situatie representatieve omstandigheden.	Er treedt geen schade of hinder op voor derden als gevolg van een gewijzigd stroombeeld in de uiterwaarden.
	2.3	Stroombeeld in vaarweg	Dwarsstroming in vaarweg niet groter dan 0,15 m/s.	N.v.t. Omdat de nieuwe kadelij van de lage kade de stromingsrichting volgt zal de dwarsstroming niet tot nauwelijks beïnvloedt



				worden. De hoge kade wordt gestroomlijnd waardoor een positief effect wordt verwacht.
	2.4	Afvoerverdeling bij Pannerdensche Kop en IJsselkop bij hoge Boven-Rijn afvoer	Verandering afvoerverdeling bij Boven-Rijn afvoer van 10.000 m <sup>3</sup> /s. Voor dit aspect is er geen beoordelings-criterium.	Wijziging in de afvoerverdeling zijn zeer klein.
	2.5	Afvoerverdeling bij Pannerdensche Kop en IJsselkop bij een lage Boven-Rijn afvoer	Verandering afvoerverdeling mag niet groter zijn dan 1 m <sup>3</sup> /s bij Boven-Rijn afvoer van 1020 m <sup>3</sup> /s.	Geen effect.
Morfologische effecten	3.1	Sedimentatie en erosie van het zomerbed (+ oevers): 1. door ingrepen zomerbed 2. door ingrepen winterbed	Bij erosie: - geen verlaging zomerbed beneden de minimale bodemligging t.a.v. erosie en infrastructuur (o.a. kabels, leidingen en waterkeringen); Bij sedimentatie: - geen vermindering van vaargeulafmetingen); - geen verhoging van de maatgevende waterstanden op lange termijn; Generiek: - beperkte hinder door baggeren en/of terugstorten; - behouden vlotheid en veiligheid scheepvaartverkeer; - geen onacceptabele sedimentatie of terugschrijdende erosie;	De aanpassing van de hoge kade leidt naar verwachting niet tot nauwelijks tot erosie of sedimentatie in het zomerbed.
	3.2	Sedimentatie en erosie van uiterwaard en nevengeulen: 1. sedimentatie winterbed 2. erosie winterbed	Bij sedimentatie: - Acceptabele beheerskosten voor baggeren nevengeulen; Bij erosie: - geen bodemerosie langs primaire waterkering; - stabiliteit van belangrijke constructies in de uiterwaard mag niet verminderen;	De stroomsnelheid neemt alleen toe op de verharde Rijnkade. De stabiliteit van de constructies en de Rijnkade is niet in het geding.