

# “Écht duurzaam is een adaptieve aanpak”

definitief<sup>1</sup>, 26 juni 2024

## 1. Inleiding

*Let op: voor de cursief weergegeven termen wordt verwezen naar de begrippenlijst (zie Paragraaf 7).*

### 1.0 Management samenvatting

#### **Inleiding**

De vervangings- en renovatie opgave (VenR opgave) van natte kunstwerken is qua volume groot en qua inhoud complex. Binnen KpNK (Kennisprogramma Natte Kunstwerken) wordt aan deze opgave gewerkt. Na een Tendered-uitvraag in maart 2022 door het KpNK zijn marktpartijen naar voren gestapt die onderzoek willen doen en hun kennis willen vergroten rond dit onderwerp. In deze verkenning wordt de haalbaarheid van een samenwerking tussen markt (HKV, Nelen en Schuurmans, Sweco, IV infra, RHDHV, HVEC), kennisinstellingen (Deltares en TNO) en waterbeheerder RWS in een TKI-project onderzocht en aan TKI Deltatechnologie gerapporteerd. De marktpartijen zijn leidend geweest in het formuleren van het onderzoek.

#### **Waarom?**

Ons consortium sluit aan bij de algemene observatie, dat de aanpak van de VenR opgave bij natte en droge infrastructuur achterloopt ten opzichte van de ambitie. Een belangrijke oorzaak hiervoor ligt bij natte kunstwerken in de grote mate van technische en functionele complexiteit, alsmede in de klimaat-onzekerheid bij de beoordeling van natte kunstwerken. Het betreft een opgave voor RWS, maar ook voor provincies, waterschappen en gemeenten, met een vervangingswaarde van tientallen miljarden euro. Deze opgave is zo groot, dat een efficiëntere aanpak ervan significant zal bijdragen aan de maatschappelijke duurzaamheids- en circulariteitsdoelstellingen.

#### **Hoe?**

Als consortium kunnen wij de kennisbasis en kennis-community voor natte kunstwerken versterken, om beter gesteld te staan voor de vraagstukken vanuit assetmanagement en de VenR-opgave. Kern van het voorstel is het slimmer omgaan met de onzekerheden bij de aanpak van de VenR opgave. Dit doen wij onder meer door, waar mogelijk, met een data-gedreven aanpak onzekerheden te verminderen en beter in beeld te brengen.

Het consortium ziet ook nadrukkelijk mogelijkheden in het *adaptief* vervangen en renoveren van natte kunstwerken, waarbij gevolgen van de uitkomst van onzekerheden in de toekomst later eenvoudiger kunnen worden ondervangen. Zodat door assetmanagers effectief op veranderende omstandigheden in het watersysteem kan worden gereageerd. Door onzekerheden waar mogelijk te verkleinen en waar nodig deze integraal onderdeel in de besluitvorming te laten worden, worden een onnodig grote VenR-opgave en onnodig gebruik van materialen en energie vermeden. Er wordt enerzijds ingezet op langer

---

<sup>1</sup> op de status en opleverdatum na, is deze versie is exact gelijk aan het concept van 6 december 2023;

benutten van bestaande kunstwerken, en anderzijds op het ontwikkelen van adaptieve ontwerpstrategieën in het geval dat vervanging noodzakelijk is. En dit alles in het licht van onzekere klimaatontwikkelingen.

## **Wat?**

Het consortium gaat het volgende ontwikkelen:

- Een aanpak op basis van inspectie/monitoring voor het beoordelen van natte kunstwerken om een te conservatieve aanpak (onnodige afkeur) te voorkomen.
- Een werkwijze om complexe en onzekere informatie om te zetten naar beslisinformatie.
- Een methode om toekomstige trends en onzekerheden in de werking van het sterk samenhangende hoofdwatersysteem en regionale watersysteem in beeld te brengen. De uitkomst is een duidelijker beeld van de toekomstige eisen die aan kunstwerken in het hoofdwatersysteem worden gesteld.
- Een werkwijze voor het adaptief *ontwerpen* van de vervanging en renovatie van natte kunstwerken en het onderling afwegen van adaptieve en robuuste oplossingen. Hieronder valt onder meer het operationeel maken van Lifecycle Costing van adaptieve concepten en het ontwikkelen van een methode om duurzaamheidscores te disconteren in de tijd.
- Een adaptieve VenR-aanpak vergt een modulaire ontwerpaanpak. Dit is een voorwaarde voor circulariteit. Door de onzekerheid te verminderen rond einde technische levensduur (ETL) en einde functionele levensduur (EFL) wordt een bijdrage geleverd aan duurzaamheid, omdat te vroeg afkeuren (en dus te vroege investeringen voor vervangen of renoveren) wordt voorkomen. Verder ontwikkelen we een systematiek voor het beoordelen van duurzaamheid en circulariteit bij een adaptieve VenR-aanpak.
- We vergroten de impact rond adaptief ontwerpen door aandacht te geven aan het implementeren hiervan in uitbestedingen. Verder zullen we de diverse ontwikkelingen rond de natte kunstwerken actief volgen en ons daarop indien nodig aanpassen.

## **Samenwerking**

Het consortium heeft in een gezamenlijk proces de prioriteiten en onderzoeksvragen opgesteld. Marktpartijen zijn ervan overtuigd dat deze inhoud hen én hun opdrachtgevers verder gaat helpen bij de gezamenlijke aanpak van de VenR-opgave. Marktpartijen kunnen deze kennis toepassen in de praktijk. Via KpNK is de link te leggen naar de uitvoeringsprogramma's voor het uitwerken van leeropdrachten. Partijen zijn gewend om samenwerkingsprojecten te organiseren. De randvoorwaarden voor het omgaan met Intellectueel Eigendom, communicatie en samenwerking zijn geformuleerd. Partijen zijn bereid om in pre-concurrentieel onderzoek te investeren. Partijen willen graag tot passende afspraken komen welke uurtarieven in de PPS-constructie van een TKI-project kunnen worden ingezet. Dit wordt in het vervolg onderzocht en zal de omvang van het programma bepalen.

## 2 Aanleiding

Welke algemene aanleiding?

In Nederland is het merendeel van de kunstwerken in de waterinfrastructuur (zoals spui- en schutsluizen, stuwen, gemalen en stormvloedkeringen) halverwege de 20e eeuw gebouwd. Met een verwachte levensduur van tot wel 100 jaar naderen deze het einde van hun ontwerplevensduur. De komende decennia zullen beheerders van deze infrastructuur naar verwachting veel maatregelen (zoals *vervangen* of *renoveren*) gericht op deze objecten moeten gaan treffen.

Om hier oplossingen voor te vinden is het Kennisprogramma Natte Kunstwerken (i.e. onderzoeksamenwerking tussen Rijkswaterstaat, MARIN, TNO en Deltares) in het voorjaar van 2022 een marktconsultatie gestart. Dit voorstel is een resultante van het proces dat sindsdien is doorgelopen.

De samenwerking

Kennisinstellingen, marktpartijen en waterbeheerders slaan de handen ineen om de VenR-opgave hanteerbaar te maken.

De VenR opgave

De VenR opgave dient te worden aangepakt in een tijd waarin de toekomstige omstandigheden voor natte kunstwerken zich niet meer eenvoudig en niet eenduidig laten voorspellen. Gebruikelijke (ontwerp)methoden lijken niet geschikt om onzekerheden in toekomstige omstandigheden te vertalen naar oplossingsrichtingen voor vervanging en renovatie dan wel een optimaal ontwerp.

Huidige praktijk

De gebruikelijke praktijk bij het ontwerp of bij het beoordelen van de staat van een nat kunstwerk is geënt op het uitgangspunt, dat historische gegevens over het watersysteem betrouwbaar naar de toekomst zijn te extrapoleren. De voornaamste belastingen op natte kunstwerken kenden in het verleden immers een voorspelbare trend. De betrouwbaarheid van de constructie ten aanzien van de constructieve veiligheid kan onder die omstandigheden eenvoudig worden geborgd door partiële factoren op belastings- en sterktecomponenten toe te passen. Als de omstandigheden goed voorspelbaar zijn, dan verloopt het ontwerpproces voornamelijk deterministisch, resulterend in robuuste maar geoptimaliseerde ontwerpen. Er wordt feitelijk op één scenario ontworpen.

Grenzen aan gangbare praktijk

Door o.a. klimaatveranderingen laten de toekomstige waterstanden en rivierafvoeren zich niet meer voorspellen door extrapolatie van historische data. (Klimaat)projecties lopen sterk uiteen. Wanneer de gebruikelijke praktijk wordt toegepast op een situatie met aanzienlijke onzekerheden, maar men ontwerpt op één scenario: welk scenario zal men waarschijnlijk kiezen?

Wanneer de gebruikelijke aanpak wordt voortgezet, dan lijkt het waarschijnlijk dat er op het meest pessimistische scenario zal worden ontworpen. Dit resulteert in kunstwerken die onnodig robuust zijn, en daardoor een onnodig groot beslag op grondstoffen en budgetten leggen. De gebruikelijke aanpak leidt er óók toe dat bestaande kunstwerken mogelijk te vroeg worden vervangen. Een optimistisch scenario aanhouden brengt een vergelijkbaar risico met zich mee: de kans is dan groot dat vóór het bereiken van het einde van de technische levensduur de constructie aanpassingen nodig heeft.

Kern van dit bovenstaande: in een tijd waarin het belangrijkste ontwerp-uitgangspunt zich onzeker ontwikkelt kan je niet volstaan met het ontwerpen op één scenario. Je doet dan óf te weinig (waarbij je later aanpassingen moet

doorvoeren), óf teveel (waardoor de constructie onnodig robuust en duur is, dan wel een bestaande constructie te vroeg wordt vervangen). In de toekomstige situatie met grotere onzekerheden is de huidige werkwijze niet houdbaar. Er moet op korte termijn richting gevonden worden hoe de VenR opgave, tegen de achtergrond van toenemende onzekerheden, moet worden vormgegeven.

Wij stellen een aanpak voor die onzekerheden hanteerbaar maakt, zonder in te boeten op veiligheid. Door vervanging en renovatie van natte kunstwerken adaptief te ontwerpen is de constructie voorbereid op toekomstige aanpassingen die dan relatief eenvoudig kunnen worden doorgevoerd. Door periodiek:

- a) het kunstwerk te evalueren,
- b) de trends in waterstanden te actualiseren,
- c) de zichttermijn in te korten en
- d) de klimaatprojecties te actualiseren

kan periodiek voor de korte termijn een beredeneerd oordeel over de actuele veiligheid van de constructie worden gevormd, en het moment van einde technische levensduur – of het moment waarop de constructie moet worden aangepast – worden bijgesteld: een APK voor natte kunstwerken.

### 3 Innovatieopgave

#### 3.1 VenR opgave

Welke specifieke  
aanleiding?

Zoals gezegd zijn veel kunstwerken vlak voor of na de Tweede Wereldoorlog gebouwd. Deze kunstwerken hebben een ontwerplevensduur van 80 tot 100 jaar. Dit betekent dat een groot aantal kunstwerken in de komende jaren vervangen of gerenoveerd moeten worden: de VenR-opgave. In dit voorstel beschouwen we de VenR-opgave in het hoofdwatersysteem (RWS) en regionale watersysteem in samenhang. Zie ook Bijlage 1. Hoe groot is die gezamenlijke VenR-opgave eigenlijk?

Infrastructuur	Heel Nederland		Rijkswaterstaat
	Areaal stuks	Vervangingswaarde in mln. Euro	Areaal stuks
Duikers	82642	2108	759
Sluizen	2011	239	215
Gemalen	7792	448	20
Stuwen en stormvloedkeringen	33154	249	19

Tabel 1: Overzicht van VenR-opgave waterinfrastructuur vanwege einde technische levensduur in het primaire en regionale watersysteem (Bron: TNO, 2021. Online: <https://www.tno.nl/nl/newsroom/2021/05/vernieuwing-oudere-infrastructuur-urgent/>)

Conform **Error! Reference source not found.** is met de VenR-opgave – alleen al bij de hoofdwaterinfrastructuur – een enorme investering gemoeid. Niet alleen financieel, maar ook qua capaciteit voor het ontwerpen en uitvoeren van maatregelen. Dit maakt het voor waterbeheerders zoals RWS noodzakelijk om het oppakken van hun VenR-opgave in de tijd uit te gaan smeren. Hetgeen verschillende vragen met zich meebrengt:

- Bij welke objecten is renovatie nog mogelijk en verantwoord?

- Welke verouderde objecten moeten meteen worden vervangen door een nieuw object (met een verwachte levensduur van 100 jaar)?
- En hoe zien de meest toekomstbestendige en kosteneffectieve opties wat betreft renoveren en (op een later moment) vervangen er dan uit?

De laatste vraag moet worden beantwoord vanuit het perspectief van de netwerkprestaties én rekening houdende met de autonome ontwikkelingen (waaronder klimaatveranderingen) die in de komende decennia op het netwerk afkomen.

Daarmee is de VenR-opgave een prioriteringsvraagstuk voor de lange termijn waarin onzekerheden en de mate van complexiteit een belangrijke rol spelen; de vele nevendoelen die ook van belang worden geacht bij de VenR-besluitvorming in projecten vergroten de onzekerheden en complexiteit.

Welk probleem pakken we in dit voorstel aan?

Op dit moment neemt RWS jaarlijks gemiddeld circa 5 besluiten over VenR-maatregelen in de (water)infrastructuur. Gezien de grootte van hun VenR-opgave is dit aantal veel kleiner dan gewenst. Zeker omdat de watersector daardoor niet de capaciteit zal hebben om de (naar verwachting enorme) 'productie-boeggolf' op te pakken...

### 3.2 Mogelijke oorzaken

Welke oorzaken liggen aan dit probleem ten grondslag?

In de watersector is de afgelopen tijd door beheerders en marktpartijen veel nieuwe (praktijk)kennis ontwikkeld over hoe om te gaan met onzekerheden in beslissingen (beslistheorie, scenario's). Toch stelt het Nationaal Water Programma 2022-2027 (Rijksoverheid, 2022) dat meer kennis en innovaties nodig zijn om bij eindelevensduur van natte kunstwerken (meer) duurzame, toekomstbestendige besluitvorming in de waterinfrastructuur mogelijk te maken.

Wij zien de volgende vijf mogelijke oorzaken voor het niet op gang komen van deze VenR-productie (zie ook de nummering in Figuur 1), te weten:

1. Het ontbreekt bij waterbeheerders aan handvatten hoe met de complexiteit in het ordenen van beslisinformatie richting een logisch VenR-investeringsbesluit om te gaan, mede door de (relatief) recent geïdentificeerde onzekerheden ten aanzien van klimaatontwikkelingen. Dit kan leiden tot verschillende percepties van de VenR-opgave bij de diverse stakeholders, waardoor het creëren van draagvlak voor besluiten uitdagend is. Dit haalt de snelheid uit de VenR-besluitvorming.
2. De verschillende processtappen in het assetmanagement worden niet als een keten, maar als afzonderlijke AM-werelden beschouwd. Dit bemoeilijkt de uitwisseling van (toch al schaarse) informatie over de technische staat en het functioneren van objecten als onderdeel van het areaal.
3. Complexiteit, onzekerheden en een veelheid van functies en wensen heeft lange beslistrajecten tot gevolg en leidt tot divergentie in de projecten. Een en ander vergt ondersteuning van marktpartijen en kennisinstellingen. De ondersteuning van VenR-besluitvorming gebeurt nu vooral vanuit het civiel-technische domein, en nog onvoldoende vanuit andere domeinen (zoals data science, economie). Daarbij wordt de (beperkt beschikbare) expert

capaciteit van de markt suboptimaal benut.

4. Er vindt onvoldoende regie en afstemming plaats tussen stakeholders in de VenR-besluitvorming in het samenhangende hoofdwatersysteem én regionale watersysteem, wat in de waterinfrastructuur als geheel tot suboptimale oplossingen leidt.
5. Er moet nog specifieke kennis en kunde worden ontwikkeld voor een goede beoordeling van de urgentie om (eerst) te renoveren dan wel (meteen) te vervangen.

Dit lijstje van mogelijk oorzaken is vast niet compleet. En wij kunnen ook (nog) niet duiden welke van deze mogelijke oorzaken de belangrijkste is.

Figuur met  
samenhang in de  
oorzaken?



Figuur 1: Vijf mogelijke oorzaken voor het niet op gang komen van een duurzame VenR-aanpak

### 3.3 Probleemstelling in dit voorstel

DUS probleemstelling voor ons voorstel:

Hiermee komen we tot de volgende probleemstelling:

Het ontbreken en/of niet beschikbaar zijn van

- (1) specifieke kennis en kunde, waaronder *handvatten hoe om te gaan met de complexiteit en onzekerheden in het primaire watersysteem en de raakvlakken met regionale watersystemen*,
- (2) voldoende efficiënte inzet van expert capaciteit uit relevante domeinen,
- (3) een gestroomlijnde informatievoorziening vanuit de gehele asset-management-keten van RWS – bv over *toekomstscenario's en randvoorwaarden voor VenR-maatregelen*,

vertraagt de VenR-besluitvorming over verouderende kunstwerken in de hoofdwaterinfrastructuur. Dit remt de watersector om gezamenlijk de productieboeggolf van VenR-maatregelen duurzaam, toekomstbestendig en kosteneffectief aan te pakken.

## 4. Doelstelling

Wat zijn onze doelstellingen?

Als consortium kunnen wij de (toepassing van de) kennisbasis en de kennis community voor natte kunstwerken wat betreft de vraagstukken vanuit assetmanagement en de VenR-opgave versterken.

Centraal staat de doelstelling om het bij de aanpak van de VenR opgave mogelijk te maken slimmer om te gaan met de onzekerheden. Dit doen wij door, waar mogelijk, met een data-gedreven aanpak onzekerheden te verminderen en beter in beeld te brengen. Het verkleinen van de onzekerheden wordt uitgewerkt voor de KpNK-kernvragen<sup>2</sup> van een waterbeheerder. De onzekerheden zullen naar verwachting echter nooit volledig kunnen worden geëlimineerd. Daarom ontwikkelen wij (op basis van nieuwe technologieën) ook werkwijzen om, in aanwezigheid van onzekerheden, toch sneller en nauwkeuriger analyses ten behoeve van besluiten over VenR-opgaven te kunnen uitvoeren.

Wij zien potentie in het adaptief vervangen en renoveren, waarbij gevolgen van de uitkomst van onzekerheden van de toekomst later eenvoudiger kunnen worden ondervangen. Zodat door assetmanagers effectief op veranderende omstandigheden in het watersysteem kan worden gereageerd. Door onzekerheden (waar mogelijk) te verkleinen en (waar nodig) integraal onderdeel van de besluitvorming te laten worden, wordt een onnodig grote VenR-opgave en onnodig gebruik van materialen en energie vermeden: écht duurzaam is een adaptieve aanpak.

Een aantal zaken wordt hieronder kort nader toegelicht.

### 4.1 Adaptief ontwerp / adaptieve oplossingen

Toelichting op adaptief

De aanpak streeft naar adaptieve oplossingen. Onder een adaptief ontwerp verstaan we een oplossing die in de toekomst eenvoudig aangepast kan worden aan nieuwe eisen als gevolg van bijvoorbeeld klimaatverandering of socio-demografische ontwikkelingen.

### 4.2 Duurzaamheid

Toelichting op duurzaamheid

In de brede betekenis is duurzaamheid gericht op aspecten als klimaatneutraal, biodiversiteit, minder CO<sub>2</sub> uitstoot, minder gebruik van grondstoffen en meer circulariteit. Het onderzoek in dit voorstel richt zich op het zo lang mogelijk uitstellen van vervanging en vermijdt daardoor het gebruik van nieuwe materialen. De adaptieve oplossingen omvatten het modulair renoveren (bijvoorbeeld van onderdelen van bestaande kunstwerken) en bouwen van nieuwe kunstwerken, opdat onderdelen in de toekomst eenvoudig kunnen worden aangepast zonder het gehele kunstwerk te vervangen.

### 4.3 Onzekerheden in beeld brengen

Toelichting op onzekerheden

De VenR opgave is een complex beslisprobleem onder veel onzekerheid. Binnen de scope van dit voorstel worden diverse onzekerheden beschouwd. Denk hierbij aan de onzekerheden in het watersysteem (bijvoorbeeld de piekafvoer door de rivier, de maximale zeewaterstand in een jaar, de zeespiegelstijging) of in de veroudering van kunstwerken (zoals de corrosie van geconserveerd staal in een bepaald klimaat).

<sup>2</sup> dit betreft conform de KpNK-website [www.nattekunstwerkenvandetoeekomst.nl](http://www.nattekunstwerkenvandetoeekomst.nl): kernvraag 1 (wat is einde levensduur?), kernvraag 2 (Wat zijn dan de opties?) en kernvraag 3 (En hoe moet ik deze dan afwegen?);

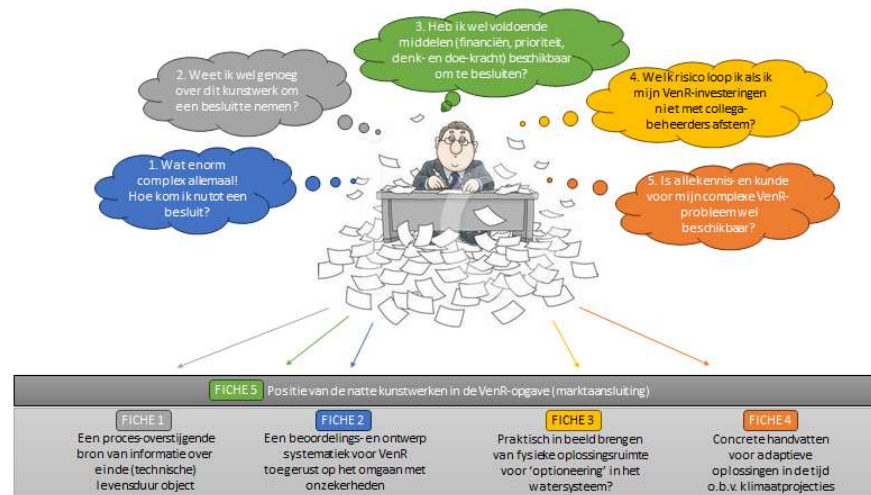
Ook socio-demografische ontwikkelingen zijn onzeker. Deze kunnen invloed hebben op het gebruik van het watersysteem (grotere schepen).

## 5. Kansrijke onderzoeksonderwerpen (WAT)

### 5.1. Algemeen

Korte inleiding tot figuur die clusters van onderwerpen weergeeft

Op basis van onze werksessies zijn we gekomen tot de vier specifieke (Fiche 1 t/m Fiche 4) en één overkoepelende (Fiche 5) kansrijke onderzoeksonderwerpen in Figuur 2. De fiches zelf hebben we als Bijlage 2 t/m Bijlage 6 opgenomen. Hieronder lichten we de belangrijkste onderdelen kort toe.



Figuur 2: Samenhang tussen mogelijke oorzaken vertraging en kansrijke onderwerpen in fiches

## 5.2 Korte beschrijving fiches

### 5.2.1 FICHE 1: Einde technische levensduur

Beschrijving clusters van onderwerpen

Op basis van de uitgebreidere toelichting in Bijlage 2 geldt hiervoor:

- **Korte beschrijving:** Het bepalen van einde technische levensduur bij bestaande kunstwerken verschilt sterk van het ontwerpen van nieuwe kunstwerken. In een bestaande situatie moet je het doen met wat je aantreft. Conservatieve aannames bij de beoordeling leidt (onnodig) tot afkeur, en onzekerheden zijn niet eenvoudig te elimineren met een aanpassing van de constructie. Een meer duurzame VenR bij kunstwerken vergt een scenario-gerichte aanpak bij het periodiek inspecteren en beoordelen van de constructieve veiligheid.
- **Doelstelling:** Het ontwikkelen van een VenR-georiënteerde aanpak voor het inspecteren en monitoren (inclusief eenvoudige tool voor het beoordelen) van natte kunstwerken om voor alle faal- of degradatiemechanismen de informatiebehoefte te bepalen bij de periodieke evaluaties en prognoses van de constructieve veiligheid van een object.
- **Producten:**
  1. voorstel VenR-georiënteerde inspectie en monitoringsaanpak;
  2. proof-of-concept eenvoudige beoordelingstool;
  3. case study



- **Rendement / Impact:** De VenR-georiënteerde, scenario gerichte inspectie- en monitoringsaanpak levert een betere voorzienbaarheid van maatregelen en minder acute vervangingen of ingrepen. Daardoor zijn ingrepen (qua planning en uitvoering) beter voor te bereiden, veroorzaken ze minder hinder en leiden de aanpak en tool tot een duurzamere VenR-aanpak.

### 5.2.2 FICHE 2: Beoordelings- en ontwerpsystematiek voor V&R toegerust op het omgaan met onzekerheden: van probabilistische analyse naar beslisinformatie

Beschrijving  
clusters van  
onderwerpen

Op basis van de uitgebreidere toelichting in Bijlage 3 geldt hiervoor:

- **Korte beschrijving:** Een vaste werkwijze voor het beoordelen en ontwerpen van kunstwerken ontbreekt. Onzekerheden worden niet expliciet gemaakt; er ontbreekt een solide theoretisch kader voor het omgaan met onzekerheden. Voor een duurzamere VenR-aanpak is dus behoefte aan een vaste systematiek waarin onzekere informatie wordt omgezet in (visueel inzichtelijk gemaakte) beslisinformatie voor investeringen over vervanging en renovatie.
- **Doelstelling:** Het ontwikkelen en testen in de praktijk van een beoordelings- en ontwerpsystematiek waarmee gebruikers en beslissers snel en laagdrempelig inzicht krijgen in de meest dominante aspecten in de beoordelings- of ontwerp-opgave. Onzekere informatie wordt expliciet gemaakt en vertaald in beslisinformatie. Voor visualisatie van onzekerheden ten behoeve van de besluitvorming worden richtlijnen opgesteld.
- **Producten:**
  1. Leidraad beoordeling en ontwerp natte kunstwerken (t.b.v. VenR opgave).
  2. Rapportage over geoperationaliseerde klimaatscenario's, toelichting op emissiepaden en klimaatgevoeligheid (ten behoeve van fiche adaptief ontwerp)
  3. Voorbeeldenboek (uitgewerkte casestudies)
- **Impact:** Met minder middelen een snellere beoordeling van kunstwerken ten behoeve van de VenR opgave, informatie die beter aansluit op de besluitvorming en daardoor efficiëntere besluitvorming.

### 5.2.3 FICHE 3: Functies en randvoorwaarden watersysteem scherper

Beschrijving  
clusters van  
onderwerpen

Op basis van de uitgebreidere toelichting in Bijlage 4 geldt hiervoor:

- **Korte beschrijving:** De randvoorwaarden die vanuit het watersysteem aan een kunstwerk worden gesteld zijn in belangrijke mate bepalend voor het inrichten van de VenR opgave. Bovendien is de impact van klimaatverandering op het watersysteem onzeker. Tegelijkertijd kunnen we het functioneren van het watersysteem steeds beter in beeld brengen en zijn we in staat het watersysteem steeds slimmer in te richten. In dit cluster ontwikkelen we een werkwijze hoe we het verbeterde inzicht in watersystemen kunnen benutten voor het ontwikkelen van een duurzame VenR-aanpak.

De verwachting is dat een meer duurzame VenR-aanpak mogelijk wordt als we voor waterbeheerders de oplossingsruimte in de vervangingsopgave kunnen

vergroten. Door slimmer te kijken naar het functioneren van het watersysteem, inclusief de samenhang tussen het hoofdwatersysteem en de regionale watersystemen. De vraag hierbij is hoeveel potentiële winst hier valt te behalen? En hoe we de huidige verbeteringen in watersysteembeheer en IT (rekenkracht, modellen, real time control) beter kunnen benutten om inzicht te krijgen in de opgave en mogelijke oplossingsruimten?

- Doelstelling: Praktische handvatten geven om sneller een beter beeld te krijgen van de werking van het watersysteem als geheel (i.e. regionaal en primair samen), de functie van het betreffende object en de toekomstige vereisten voor het watersysteem en het object, zodat de volledige 'fysieke' oplossingsruimte in beeld komt en gedegen 'optioneering' kan plaatsvinden.
- Producten:
  1. Rapportage mogelijke impact van beter inzicht in het watersysteem op de VenR opgave
  2. Handreiking uitvoeren watersysteemanalyse
  3. Handreiking regio-watersysteem digital twin
- Impact: Beter inzicht in het functioneren van het watersysteem en de rol van de kunstwerken binnen het watersysteem geven een beter beeld van de urgentie (aard, omvang en risico) van de vervanging, gezien vanuit het watersysteem. Beter inzicht kan daarmee leiden tot:
  1. het geven van richting aan mogelijke tijdelijke mitigerende maatregelen om de vervanging nog even uit te stellen;
  2. Het mogelijk aanscherpen van het programma van eisen voor wat betreft de randvoorwaarden die vanuit het watersysteem aan het kunstwerk worden gesteld;
  3. geven richting aan het verkennen van mogelijke alternatieve oplossingen (naast de 1-op-1 vervanging van het kunstwerk).

#### 5.2.4 FICHE 4: *Adaptieve ontwerpstrategieën*

Beschrijving  
clusters van  
onderwerpen

Op basis van de uitgebreidere toelichting in Bijlage 5 geldt hiervoor:

- Korte beschrijving: Tot op heden wordt bij VenR van natte kunstwerken vooral ingezet op robuuste oplossingen die met onzekerheden binnen de referentieperiode rekening houden door er in bouw/renovatie op te rekenen. We zijn van mening dat de VenR-opgave met meer adaptieve oplossingen duurzamer kan worden opgepakt. Dus oplossingen dienen met dezelfde onzekerheden rekening te houden, door ze voor te bereiden op toekomstige aanpassingen.
- Doelstelling: Het opleveren van een werkwijzer om beheerders van natte kunstwerken voor adaptieve VenR-oplossingen gestructureerd en met inachtneming van onzekerheden tot een toekomstig Programma van Eisen te laten komen, inclusief een economische onderbouwing.
- Producten:
  1. Handboek adaptieve VenR-oplossingen
  2. Voorbeeldenboek adaptieve VenR-oplossingen

- Impact: Adaptief deltamanagement (in aansluiting op de KNMI'23 scenario's) is impliciet onderdeel van de aanpak van de VenR-opgave bij natte kunstwerken (met de Procesketen VenR).

#### 5.2.5 FICHE 5: Positie van natte kunstwerken in de VenR-opgave (marktaansluiting)

Beschrijving  
clusters van  
onderwerpen

Op basis van de uitgebreidere toelichting in Bijlage 6 geldt hiervoor:

- Korte beschrijving: In deze TKI worden adaptieve oplossingen uitgewerkt en afgewogen als middel om de vervangingsopgave te versnellen. Deze uitkomst leiden pas tot impact als ze daadwerkelijk uitgevraagd kunnen worden in tenders voor zowel ontwerp als bouwopdrachten.
- Doelstelling: In de praktijk bruikbare handleiding waarin is bepaald hoe in de bestaande aanbestedingspraktijk adaptieve oplossingen kunnen worden uitgevraagd. Hiervoor zijn verschillende modellen beschikbaar die een reality check hebben ondergaan
- Producten:
  1. Notitie met USP van adaptieve oplossingen
  2. Handreiking voor inkoop ingenieursdiensten van adaptieve oplossingen
  3. Besluit voor testen van adaptieve uitvragen in de markt
- Impact: Het rendement wordt verkregen door het betrekken van de stakeholders die in het besluitvormings- en voortbrengingsproces een rol spelen bij het meenemen van adaptieve oplossingen. Het uitvoeren van dit onderzoek zal tot impact leiden, omdat de asset owners en de markt in beweging worden gebracht.

## 6. Conclusie over haalbaarheid

Onderdelen bij haalbaarheid

De haalbaarheid van dit voorstel met een aantal kansrijke onderwerpen voor een duurzame VenR natte kunstwerken meten we af aan verschillende aspecten:

- Organisatorisch – Is het haalbaar om in dit thema met een compleet en stabiel consortium (opgebouwd uit marktpartijen en kennisinstellingen) tot een werkende publiek-private samenwerking te komen?
- Financieel – Is de verwachting dat het benodigd budget met publieke én private middelen gefinancierd kan worden?
- Inhoudelijk – Lukt het om met de partijen te komen tot een haalbaar en doeltreffend onderzoeksvoorstel?

In het resterend deel van deze paragraaf een uitwerking van het antwoord per onderdeel.

### 6.1 Organisatorische haalbaarheid

Conclusie over organisatorische haalbaarheid

Dit haalbaarheidsonderzoek kent een zorgvuldig voortraject, zoals geschetst in de aanleiding. De partijen betrokken bij de uitvoering van dit haalbaarheidsonderzoek hebben aangegeven vertrouwen te hebben in het consortium en, indien gewenst, een intentieverklaring afgeven. Alle benodigde expertises voor dit voorstel – gericht op de versterking en de toepasbaarheid van de kennisbasis en kennis community – zijn aanwezig binnen het consortium. En consortiumleden zijn binnen de sector gewend om samen te werken. De consortiumleden beschikken bovendien over een groot netwerk binnen de sector, kennisinstellingen en universiteiten en hogescholen. Bij eventuele nieuwe kennisleemtes is dan ook de verwachting dat experts snel kunnen worden toegevoegd. Hiermee wordt de organisatorische haalbaarheid als positief beoordeeld.

### 6.2 Financiële haalbaarheid

Conclusie over financiële haalbaarheid

De financiële haalbaarheid van dit programma wordt bepaald door de omvang van het benodigd budget, de beschikbare publieke middelen, de investeringsbereidheid vanuit de marktpartijen en de beschikbare vanuit TKI-toeslag binnen TKI Deltatechnologie . Dit zijn allen nog onzeker ingrediënten. Op basis van een aantal eerste inschattingen, en eerdere ervaringen met de TKI regeling en samenwerking met publieke partijen, kan een voorzichtig oordeel over de financiële haalbaarheid worden gegeven.

De indicatieve budgetraming is nog onzeker en betreft een ruime inschatting. Gedacht wordt aan een meerjarig programma van tussen de 2 en 4 jaar met een totaalbudget tussen de 2 en 3 miljoen euro. Let op: deze getallen behoeven zeker verdere uitwerking, waarbij het mogelijk is dat het budget buiten deze bandbreedte valt.

Gezien de richtlijnen en budget van TKI, de intenties van de betrokken bedrijven en het belang van dit onderzoek voor de publieke organisaties achten we het programma financieel haalbaar. Een zorg is er echter ook rond de traditionele TKI richtlijnen, waarin een uurtarief voor bedrijfsleven van 60 euro wordt voorgeschreven. Een dergelijke voorwaarde kan leiden tot een onevenredig hoge gevraagde investering vanuit de betrokken marktpartijen.

### 6.3 Inhoudelijke haalbaarheid

Conclusie over  
inhoudelijke  
haalbaarheid

Met de samenwerkende partijen zijn de aanleiding, doelen, scope en de fiches gezamenlijk opgesteld. Bij het opstellen van dit programma zijn de haalbaarheid en doeltreffendheid (of impact) van de voorgestelde onderzoekslijnen steeds afgewogen. Het feit dat de samenwerkende partijen allen achter deze onderzoeksopzet staan en bereid zijn te investeren in deze opzet is reeds een waardevol signaal voor de haalbaarheid van de plannen.

De inhoudelijke onderbouwing voor de haalbaarheid is in één van de eerste stappen in dit haalbaarheidsonderzoek gezet. In een werksessie is uitvoerig besproken op welke manier een adaptieve aanpak in de vervangingsopgave van natte kunstwerken en het beter in beeld van onzekerheden in object en watersysteem kunnen leiden tot een betere en houdbare aanpak van de VenR opgave. Dit is gedaan door een aantal duurzame strategieën uiteen te zetten die de verbinding leggen tussen het probleem en de oplossing:

- A) *Geen object, een project* - zo laat mogelijk robuust vervangen.
- B) *Ontwerpen en beslissen versnellen* – zo laat mogelijk duurzaam vervangen.
- C) *Eerst 2100 en dan projecten* – zo optimaal mogelijk vervangen van (delen van) afzonderlijke objecten vanuit het perspectief van het watersysteem.
- D) *Snel en wendbaar van objecten naar projecten* – zo adaptief mogelijk vervangen.

Vanuit deze strategieën zijn kennis- en informatieproducten afgeleid die nodig zijn om de benodigde inzichten te leveren voor besluitvorming in het VenR proces. In de fiches zijn dit de beoogde resultaten waarnaar toe wordt gewerkt. Voor de implementatie van de beoogde producten is in de fiches ook expliciet stilgestaan bij de 'landingsplek' van de producten. Daarmee bedoelen we de doelgroep voor het betreffende product en de plek in bestaande werkprocessen waar dit product kan worden geïmplementeerd. Mede met een review vanuit Rijkswaterstaat op de onderzoeksscope en de fiches hebben we met deze laatste stap ook een feedbackmoment georganiseerd naar de potentiële adoptie van de eindproducten. De positieve uitkomst is – na het commitment van de partijen en de zorgvuldige totstandkoming van de fiches – een derde signaal dat de haalbaarheid van het inhoudelijke programma positief wordt beoordeeld.

## 7. Begrippenlijst

<i>adaptief (oplossing)</i>	oplossing die rekening houdt met onzekerheden binnen de referentieperiode door voor te bereiden op toekomstige aanpassingen;
<i>assetmanagement</i>	gehele procesketen van risico-gestuurde instandhouding en ontwikkeling;
<i>asset manager</i>	rol die op tactisch niveau afwegingen maakt over hoe de assets (in ons geval de waterinfrastructuur) in stand te houden en te ontwikkelen;
<i>asset owner</i>	rol die op strategisch niveau verantwoordelijk is voor de koers
<i>einde technische levensduur</i>	moment in de tijd waarop voor een object(onderdeel) – als gevolg van normale veroudering, gewijzigd gebruik, het niet langer ondersteunen van technieken en/of wijzigingen in normen – met regulier onderhoud het wettelijk vereiste veiligheidsniveau of de afgesproken prestaties niet meer gehaald worden;
<i>instandhouding</i>	beheer, onderhoud, renovatie en vervanging;
<i>ontwerpen</i>	het komen tot een plan met een passend detailniveau – variërend van een (grote) oplossingsrichting in een regioanalyse tot een (gedetailleerd) uitvoeringontwerp in de realisatiefase – waarmee aan alle (veiligheids)eisen bij de functies van de constructie en de omgeving wordt voldaan;
<i>ontwikkeling</i>	aanleg en sloop;
<i>renovatie</i>	levensduur-verlengend onderhoud;
<i>robuust (oplossing)</i>	oplossing die rekening houdt met onzekerheden binnen de referentieperiode door er in bouw/renovatie op te rekenen;
<i>service provider</i>	rol die verantwoordelijk is voor de feitelijke uitvoering van maatregelen;
<i>vervanging</i>	het starten van een nieuwe levenscyclus;

## BIJLAGE 1 –Toelichting op VenR-opgaven

Zoals gezegd beschouwen we in dit voorstel zowel de VenR-opgave in het hoofdwatersysteem als die van regionale beheerders. Hieronder wordt de rolverdeling in (en voor het regionale watersysteem ook het karakter van) beide VenR-opgaven kort toegelicht.

### B1.1 Hoofdwaterinfrastructuur (Rijkswaterstaat)

NL rolverdeling AM  
hoofdwaterinfra-  
structuur?

Rijkswaterstaat (RWS) is de *assetmanager* en *service provider* van de Nederlandse hoofdwaterinfrastructuur. Deze omvat het Hoofdwatersysteem (HWS) en Hoofdvaarwegennet (HVWN). Mede door de multifunctionaliteit van de hoofdwaterinfrastructuur, de uiteenlopende beleidsdoelen voor het waterbeheer, en de ambitie van RWS om vanuit een gebiedsgerichte aanpak op toekomstige ontwikkelingen te anticiperen, vergt dit vaak complexe besluitvorming. Dit voorstel richt zich op de VenR opgave van de sluisen, gemalen en stuwen in de hoofdwaterinfrastructuur.

### B.1.2 Regionale infrastructuur (waterschappen, provincies en gemeenten)

NL rolverdeling AM  
regionale water-  
infrastructuur?

De regionale watersystemen vormen de “haarvaten” van de Nederlandse waterinfrastructuur. Waterschappen (waterkwaliteit en waterkwantiteit), Provincies (scheepvaart) en Gemeenten staan voor deze watersystemen als *assetmanager* en/of *service provider* aan de lat. Ook het functioneren van de objecten in dit deel van het systeem staat onder druk door technische veroudering en klimaatverandering. In het bijzonder wordt hier het effect van het nog steeds toenemen van het areaal aan verhard oppervlak op het functioneren van het regionale watersysteem benoemd.

WS aanpak AM  
regionale water-  
infrastructuur?

De waterbeheerders van regionale watersystemen hebben te maken met een ander soort areaal dan dat in het hoofdwatersysteem; in plaats van relatief weinig grote kunstwerken gaat het over relatief veel kleine objecten. Bij de waterschappen is het VenR-proces (richting versterkingsmaatregelen) van waterkerende objecten strak georganiseerd in lijn met de Waterwet.

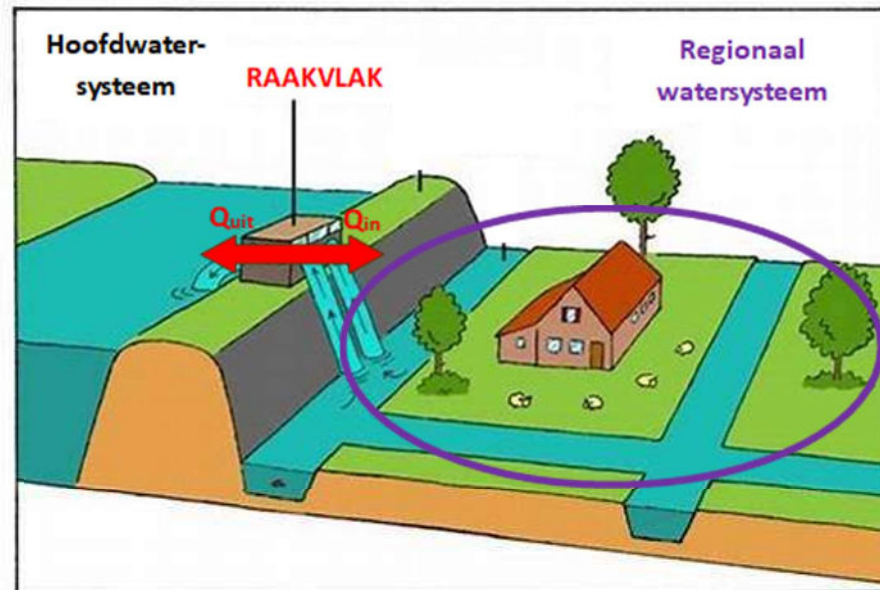
VenR-opgave in  
regionale water-  
infrastructuur?

Uit **Error! Reference source not found.** blijkt dat het totale aantal kleinere kunstwerken dat in de regionale waterinfrastructuur qua technische staat de komende decennia moet worden vervangen ruim een factor 100 groter is dan in het hoofdwatersysteem.

### B.1.3 Raakvlak regionale en hoofdwaterinfrastructuur

Hoe is dit nu geregeld?

Het regionale watersysteem is voor de aan- en afvoer van water afhankelijk van het hoofdwatersysteem. Onzekerheid over toekomstige waterbehoefte of -tekort in het regionale systeem vertaalt zich in onzekerheid over watervraag en -aanbod op het hoofdwatersysteem. De natte kunstwerken op de kruispunten van beide watersystemen (zie Figuur 3) zijn cruciaal voor het in balans houden van vraag en aanbod.



Figuur 3: Kernachtige schematisering raakvlak primair en regionaal watersysteem



## BIJLAGE 2 – Beschrijving fiche “Bepaling van het einde van de technische levensduur bij toenemende onzekerheden”

### Beschrijving / aanleiding

Binnen dit onderwerp wordt einde technische levensduur (ETL) primair beschouwd vanuit oogpunt van constructieve veiligheid: ETL is het moment waarop het object niet langer in staat is om met voldoende veiligheid tegen bezwijken de beoogde functies te vervullen. ETL wordt dus bepaald door 3 aspecten:

- **Constructie.** In de huidige context: het draagvermogen.
- **Functies.** In deze context: te keren waterhoogtes.
- **Veiligheid.** Welke faalkans wordt geaccepteerd? Of: welke marge moet het draagvermogen hebben t.o.v. de belastingen?

Van de genoemde 3 aspecten die tezamen de ETL bepalen, vallen Functies en Veiligheid buiten de scope van deze fiche. Functies en Veiligheid vallen beiden binnen de fiche “Eisen en randvoorwaarden watersysteem”. Voorliggende fiche levert hoofdzakelijk informatie aan fiche “beoordelings- en ontwerpsystematiek”, voor gebruik in een rapid assessment tool.

### Innovatieopgave

Het bepalen van het einde van de technische levensduur van een bestaand object verschilt sterk van bijvoorbeeld het ontwerpen van nieuwe kunstwerken. Tijdens het ontwerpen kunnen onzekerheden – of beter: onbekendheden – worden afgedekt door conservatieve aannames te doen of door de onzekerheden te elimineren. Tijdens de ontwerpfase is de keuzeruimte (als het ware) onbeperkt. In een bestaande situatie is die keuzeruimte er niet. Eenvoudig geformuleerd: in een bestaande situatie moet je het doen met wat je aantreft. Conservatieve aannames doen bij de beoordeling leidt (onnodig) tot afkeur, en onzekerheden zijn niet eenvoudig te elimineren met een aanpassing van de constructie.

Er zal daarom een aanpak worden ontwikkeld om de staat van de constructie en de respons van de constructie op belastingen beter in beeld te krijgen, alsmede degradatieprocessen die de sterkte van de constructie in de tijd kunnen doen afnemen. Met de output hiervan kan de ETL bepaald worden binnen een scenariogerichte assessmentmethode.

### Onderzoeksvragen

In dit fiche wordt onderzoek gedaan om de volgende vragen te beantwoorden:

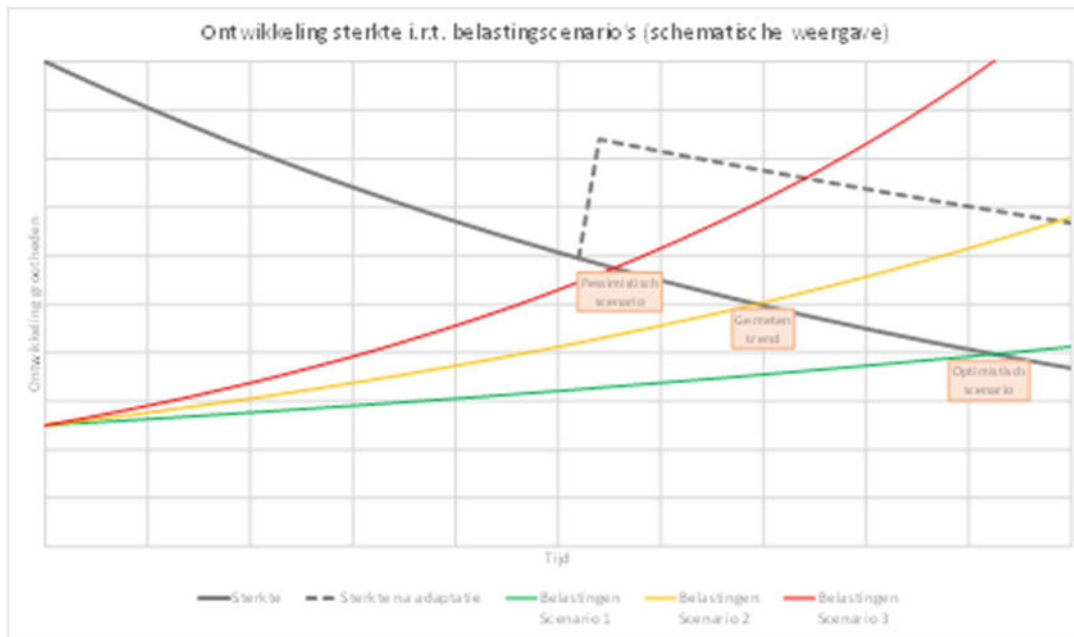
- Op welke punten dient de traditionele aanpak van conditiebepaling + herberekening te worden verbeterd of uitgebreid om het toekomstig functioneren onder onzekere toenemende belastingen te kunnen beoordelen?
- Met welke nieuwe faal- en/of degradatiemechanismen dient rekening te worden gehouden wanneer de extreme waterstanden toenemen? Bijvoorbeeld: hogere waterstanden leiden tot grotere belastingen, maar lagere waterstanden die tevens langduriger aanhouden leiden tot grotere vervalbelastingen en droogstand van onderdelen die zich permanent onder water behoren te bevinden (zoals houten funderingspalen).
- Hoe kan van een bestaand kunstwerk het moment van ETL worden geschat wanneer de dominante belasting een grote toekomstige onzekerheid kent? De huidige staat van het

kunstwerk zegt slechts iets over het (mildere) verleden. Kan de respons van de constructie op historische belastingen bepaald worden, en kunnen de bevindingen geschikt gemaakt worden voor extrapolatie naar de toekomst?

- Kan/moet in een situatie met toenemende onzekerheid verlangd worden dat ieder object individueel aan alle minimumeisen voldoet? Of kunnen vanuit een analyse op regionaal systeemniveau de kritische objecten aangewezen worden, waarna ieder object – afhankelijk van de rol in het systeem – een maatwerk eisenset toebedeeld krijgt?
- Is een methode die geënt is op stress-testing toepasbaar om de fitheid te beoordelen i.p.v. toetsen aan minimum eisen? Hiermee wordt niet bepaald of een constructie voldoet, maar in hoeverre het object voldoet, voor diverse toekomstscenario's.
- Hoe kunnen verborgen reserves worden aangewend om op verantwoorde wijze de ETL op te rekken? Zijn deze verborgen reserves te kwantificeren, bijvoorbeeld via geavanceerdere rekentechnieken, langs de weg van bewezen sterkte, of middels de verdiscontering van de actuele staat van het object?
- Zijn er monitoringstechnieken of -strategieën beschikbaar - denk bijvoorbeeld aan Structural Health Monitoring - die aanvullende inzichten geven in de constructieve staat van een kunstwerk, waarmee eventuele kennishiaten kunnen worden gedicht en restrisico's kunnen worden beheerst, of waarmee ETL beter voorspeld kan worden? Moet met het oog op de toekomstig te maken afwegingen nu al de monitoring opgeschaald worden?
- Welke mogelijkheden kunnen nog verder worden benut om kennishiaten over individuele of groepen van objecten te dichten? Kan met bijvoorbeeld Insar satellietdata (ca. 30 jaar meet-historie beschikbaar) i.c.m. onderhoudshistorie nieuwe inzichten in het gedrag van de constructie worden vergaard? Of bieden bijvoorbeeld streetview beelden (ca. 15 jaar historie beschikbaar) mogelijkheden om aanvullende informatie over objecten te vergaren?

## Doel

Beoogd wordt om de implicaties van toenemende onzekerheden hanteerbaar te maken vanuit het perspectief van constructieve veiligheid. Hiervoor is een completer beeld nodig van de objecten dan in de huidige praktijk het geval is, en geschikte tooling. De sterkte van de voornaamste onderdelen van de constructie en hun respons op iedere belasting (en variatie van de onzekere belastingen) dient te worden bepaald en vastgelegd. Waar relevant worden tijdsafhankelijke degradatiemechanismen verdisconteerd in o.a. de sterkte-eigenschappen. De invloed van adaptaties op de sterkte worden eveneens verdisconteerd. Het vastleggen gebeurt in een format dat gebruik in onder meer een rapid assessment, periodieke evaluaties of re-assessments, en scenarioanalyses mogelijk maakt. Het tijdsafhankelijke karakter van sterkte en belastingsscenario's is schematisch weergegeven in onderstaande grafiek:



Door periodiek de assessment te herhalen, waarbij de recentste prognoses en nieuwe meetdata worden meegenomen, kan periodiek een verwachte ETL worden bepaald en worden vervangingen en adaptaties voor de middellange termijn goed voorspelbaar.

De methode zal worden toegepast op een praktijkcasus, waarbij actief feedback van beheerders zal worden gezocht. Doel is om de waarde en werkbaarheid van de methode te bewijzen.

### De aanpak

In dit fiche wordt literatuuronderzoek uitgevoerd naar inspectiemethoden en -gebruiken in het buitenland. Beoordeeld wordt welke aspecten daarvan van meerwaarde zijn voor de VenR opgave, en tevens implementeerbaar zijn in regulier assetmanagement.

Aan de hand van praktijkcases wordt beoordeeld welke informatie bij reguliere inspecties wordt vergaard, hoe die informatie zich verhoudt tot de VenR-informatiebehoefte, en hoe eventuele hiaten kunnen worden gedicht.

Op basis van een praktijkcasus wordt met een eindige elementenmodel de krachtswerking in de constructie bepaald t.g.v. afzonderlijke belastinggevallen. De krachtswerking in de belangrijkste onderdelen wordt bepaald en vastgelegd voor gebruik in de rapid assessment tool. Indien de casus zich ervoor leent, dan kan overwogen worden om adaptatiepaden uit te werken. Van enkele adaptatiemogelijkheden wordt de invloed op de krachtswerking vervolgens bepaald voor gebruik in de rapid assessment tool. Het vooraf bepalen van de opbrengst van adaptaties levert als het ware een knop op om aan te kunnen draaien tijdens de assessments.

### Producten

De volgende producten zijn voorzien:

- Inspectieprotocol in "VenR-stijl".
- Methodebeschrijving ETL.
- Uitwerking praktijkcasus.

### Samenwerking met / nodig:

- Praktijkcasus, representatief ten aanzien van objectkenmerken en compleetheid dossier.
- Enthousiaste medewerkers uit de beheerorganisatie (beheerders, constructeurs, asset-managers) die denken in mogelijkheden, die willen meedenken en feedback willen leveren op tussentijdse resultaten, de problematiek herkennen en daarom zelf ook zoekende zijn. En die tot slot dossierkennis hebben (zeker ten aanzien van de praktijkcasus).

## BIJLAGE 3 – Beschrijving fiche “Beoordelings- en ontwerpsystematiek voor V&R toegerust op het omgaan met onzekerheden: van probabilistische analyse naar beslisinformatie”

### Beschrijving / aanleiding

De besluitvorming over de vervanging en renovatie van kunstwerken is een iteratief proces waarbij verschillende opties worden afgewogen; niets doen, nader onderzoek doen, levensduurverlengend onderhoud uitvoeren, renovatie, onderdelen vervangen, het gehele object vervangen of meerdere objecten in het netwerk vervangen. Voor een individueel kunstwerk is het meest relevante tijdstip het eerste moment waarop het kunstwerk niet meer aan de eisen voldoet. Aangezien de afweging meerdere kunstwerken betreft, is de VenR-opgave een (lange termijn) prioriteringsvraagstuk, waarin de timing van belang is.

### Innovatieopgave

In het besluitvormingsproces wordt in verschillende fasen onzekere informatie gebruikt over bijvoorbeeld de staat van het object, het (toekomstige) gebruik van het object en de toekomstige hydraulische condities onder klimaatverandering. Op dit moment ontbreekt een vaste werkwijze voor het beoordelen en ontwerpen van kunstwerken waarin onzekere informatie wordt omgezet in beslisinformatie. Het resultaat van een grove beoordeling wordt nu niet altijd geaccepteerd waardoor de beoordeling van kunstwerken soms onnodig veel inspanning kost. Er is behoefte aan een theoretisch kader voor het omgaan met onzekerheden waarmee de beslisvragen worden ondersteund.

### Onderzoeksvragen

In dit fiche wordt onderzoek gedaan om de volgende vragen te beantwoorden:

- Wat voor informatie is nodig om de besluitvorming te ondersteunen en wanneer wordt die informatie als voldoende betrouwbaar geacht?
- Wat zijn relevante onzekerheden en hoe herkennen we die?
- Wanneer beïnvloedt de onzekerheid de beslissing? Tot in welk detail moet de beoordeling worden uitgevoerd?
- Welke informatie moet worden verzameld voor de beoordelings- en ontwerpsystematiek?
- Welke (statistische) bewerkingen moeten gedaan worden op de publiekelijk beschikbare watersysteemgegevens van Rijkswaterstaat, zodanig dat deze bruikbaar zijn voor analyses?
- Dezelfde vraag is van toepassing op de doorgaans niet publiekelijk beschikbare objectgegevens van beheerders. En is het dan op basis van de beschikbare informatie (zoals metingen, inspectieresultaten, modelberekeningen, foto's, ...) mogelijk om een rapid assessment tool te ontwikkelen waarmee het merendeel van de kunstwerken voldoende betrouwbaar beoordeeld kan worden? Welke informatie biedt meerwaarde voor het beslisproces (te testen in casestudies)?
- Bieden technische mogelijkheden als sensoren, proefbelasten en stress-testen meerwaarde bij rapid assessments / in de systematiek?
- Hoe kunnen we onderbouwen welke oplossingsrichtingen relevant zijn?
- Leidt de toepassing van een nieuwe beoordelings- en ontwerpsystematiek tot snelle en onderbouwde beslissingen? Wat werkt wel en wat niet? Zijn veronderstellingen juist?

## Doel

Het doel van dit fiche is het ontwikkelen en in de praktijk testen van een systematiek waarmee gebruikers/beslissers laagdrempelig inzicht krijgen in de meest dominante aspecten in de beoordelings- of ontwerpopgave. State-of-the-art statistische technieken, data science en machine learning worden gecombineerd om een rapid assessment tool te ontwikkelen waarmee de beoordeling eerst op grove wijze kan worden uitgevoerd, op een zodanige manier dat een groot deel van de objecten snel en voldoende betrouwbaar kan worden beoordeeld. De systematiek voorziet in een geüniformeerde, stapsgewijze verfijning van het oordeel van kunstwerken indien dit nodig is voor de beslissingen in de VenR-opgave. Voor visualisatie van onzekerheden worden richtlijnen vastgelegd.

Voor de beoordeling zal een database met relevante verrijkte gegevens over hydraulische condities (trends en onzekerheden) worden aangelegd, zullen klimaatscenario's worden geoperationaliseerd en zal voor gebruikers een toelichting worden opgesteld op emissiepaden, klimaatgevoeligheid en hoe dat doorwerkt in onzekerheden.

De ontwikkelde werkwijze zal in enkele casestudies bij (regionale) beheerders van Rijkswaterstaat en Waterschappen worden gedemonstreerd. Hierbij zullen casestudies met kunstwerken in zowel het regionale systeem als het hoofdwatersysteem worden gedefinieerd, waarbij de systematiek ook op een corridor met kunstwerken wordt toegepast.

## De aanpak

In dit fiche worden bureaustudies en casestudies uitgevoerd. Er wordt een systematiek opgesteld, waarbij een rapid assessment tool wordt ontwikkeld en wordt toegepast in casestudies met en bij beheerders.

## Producten

De volgende producten zijn voorzien:

- Leidraad beoordeling en ontwerp.
  - Documentatie systematiek inclusief richtlijnen omgaan met onzekerheden en visualisatie.
- Voorbeeldenboek (uitgewerkte casestudies).

## Samenwerking met / nodig:

- Niet publiekelijk beschikbare (ruwe) gegevens van objecten bij beheerders ophalen.
- Expertise op het gebied van besluitvorming betrekken.
- Gebruikers / beslissers / beheerders van natte kunstwerken bij Rijkswaterstaat betrekken bij het ontwikkelen van de systematiek en de rapid assessment tool.

## BIJLAGE 4 – Beschrijving fiche “Functies en randvoorwaarden watersysteem scherper”

### Beschrijving / aanleiding

De randvoorwaarden die vanuit het watersysteem aan een kunstwerk worden gesteld zijn in belangrijke mate bepalend voor het inrichten van de VenR opgave. Bovendien is de impact van klimaatverandering op het watersysteem onzeker. Tegelijkertijd kunnen we het functioneren van het watersysteem steeds beter in beeld brengen en zijn we in staat het watersysteem steeds slimmer in te richten. In dit cluster ontwikkelen we een werkwijze hoe we het verbeterde inzicht in watersystemen kunnen benutten voor het ontwikkelen van een duurzame VenR-aanpak.

De verwachting is dat een meer duurzame VenR-aanpak mogelijk wordt als we voor waterbeheerders de oplossingsruimte in de vervangingsopgave kunnen vergroten. Door slimmer te kijken naar het functioneren van het watersysteem, inclusief de samenhang tussen het hoofdwatersysteem en de regionale watersystemen. De vraag hierbij is hoeveel potentiële winst hier valt te behalen? En hoe we de huidige verbeteringen in watersysteembeheer en IT (rekenkracht, modellen, real time control) beter kunnen benutten om inzicht te krijgen in de opgave en mogelijke oplossingsruimten?

In dit deelproject verbinden we de wereld van de waterbeheerders vanuit waterschappen en stedelijk waterbeheerders en de wereld van de hydraulische randvoorwaarden vanuit de civiele waterbouw. Hierbij brengen we actief de werkwijzen en innovaties samen die worden gebruikt voor het beheer van (regionale) watersystemen en het uitvoeren van watersysteemanalyses en de werkwijzen bij het de beoordelings- en ontwerpinstrumentaria voor de regionale en primaire waterkeringen.

### Innovatieopgave

Beter inzicht krijgen in het functioneren van het watersysteem en de rol van de kunstwerken binnen het watersysteem. En een beter beeld krijgen van de urgentie (aard, omvang en risico) van de vervanging, gezien vanuit het watersysteem. Beter inzicht drijft op een data-gedreven werkwijze. Beter inzicht kan daarmee leiden tot:

1. het geven van richting aan mogelijke tijdelijke mitigerende maatregelen om de vervanging nog even uit te stellen;
2. Het mogelijk aanscherpen van het programma van eisen voor wat betreft de randvoorwaarden die vanuit het watersysteem aan het kunstwerk worden gesteld;
3. geven richting aan het verkennen van mogelijke alternatieve oplossingen (naast de 1-op-1 vervanging van het kunstwerk).

### Onderzoeksvragen

1. Wat is de opgave vanuit het watersysteem en wat betekent dat voor de prestatie-eisen en functionele eisen aan de bestaande natte kunstwerken?
2. In welke mate kunnen we de oplossingsruimte in de vervangingsopgave vergroten door slimmer te kijken naar het functioneren van de gezamenlijke werking van regionale en primaire watersysteem? Hoeveel potentiële winst valt hier te behalen?
3. Hoe kunnen we de huidige IT (rekenkracht, modellen, real time control) beter benutten om inzicht te krijgen in de opgave en oplossingsruimte?

## Doel

Praktische handvatten geven om sneller een beter beeld te krijgen van de werking van het watersysteem als geheel (i.e. regionaal en primair samen), de functie van het betreffende object en de toekomstige vereisten voor het watersysteem en het object, zodat de volledige 'fysieke' oplossingsruimte in beeld komt en gedegen 'optioneering' kan plaatsvinden.

## Aanpak

De aanpak van dit deelproject is ingedeeld in vier fasen.

1. Vraagdefinitie en opzet raamwerk
  - Overzicht brengen in kernvragen programma van eisen VenR opgave.
  - Opzetten (vernieuwend?) theoretisch raamwerk.
2. Verkenning
  - In beeld brengen huidige praktijk watersysteemwereld / waterbouwwereld.
  - Ophalen best practices uit watersysteemwereld en waterbouwwereld.
  - In beeld brengen huidige kennis en instrumenten voor in beeld brengen functioneren. watersystemen en bepalen toekomst.
3. Case Studies: 2 a 3 VenR kunstwerken opgaven uitwerken
4. Samenbrengen, rapporteren en uitdragen

## Producten

1. Rapportage mogelijke impact van beter inzicht in het watersysteem op de VenR opgave.
2. Handreiking uitvoeren watersysteemanalyse.
3. Handreiking regio-watersysteem digital twin.

## Raakvlakken

Dit deelproject heeft raakvlak met meerdere lopende en uitgevoerde projecten / activiteiten. Hieronder een niet-compleet overzicht, dat in de verkenningsfase verder wordt aangevuld :

- Slim Watermanagement
- ReThink the Delta
- Digitale Delta
- Kennisprogramma Natte Kunstwerken
- Ontwikkeling brede methodiek wateroverlast
- STOWA Benchmark inundatiemodellen, modelfunctionaliteiten en testbank berekeningen
- Beoordelings- en OntwerpInstrumentarium (BOI)
- Ontwikkelprogramma Regionale Keringen



## BIJLAGE 5 – Beschrijving fiche “Adaptieve ontwerpstrategieën”

### Beschrijving / Aanleiding

Gezien de onzekerheid over de toekomst worden beslissers geconfronteerd met de afweging tussen “nu bouwen” (robuust) of “uitstellen en eventueel later aanpassen” (adaptief). Het ontbreekt aan een concrete strategie/filosofie om besluiten over adaptieve oplossingen te onderbouwen.

### Innovatieopgave



De afweging van adaptieve en robuuste oplossingen voor de waterinfrastructuur vergt dat vier aspecten in samenhang met elkaar worden beschouwd:

- Bestaande situatie en ontwikkelingen daarin; hoe is het object ooit ontworpen en gebouwd? Hoe wordt het object nu gebruikt? Wat is de huidige staat? Hoe heeft het watersysteem zich in de afgelopen eeuw ontwikkeld (gemeten zeespiegel en rivierafvoer)?
- Wetenschap en klimaatprojecties; welke beelden zijn er over de toekomst? Hoe zeker zijn ze? Welke bandbreedtes worden gegeven?
- Beslisstrategie; hoe bereken je de lifecycle cost van een adaptieve oplossing waarbij de aard en timing van de toekomstige aanpassing onzeker is? Hoe neem je niet-financiële overwegingen mee in een lifecycle benadering?
- Oplossingen; welke oplossingen zijn denkbaar? Zijn deze adaptief of adaptief te maken? Welke aanpassingen zijn nu nodig om toekomstige adaptatie niet onmogelijk te maken?

Deze vragen of deelsets ervan zijn op projectniveau tot een oplossing gebracht (Besluit Pompen-Spuien Afsluitdijk; zeesluis IJmuiden) maar tot op heden ontbreekt het aan een samenhangende en door de sector gedragen aanpak. Dat is de innovatie-opgave.

### Onderzoeksvragen

- Hoe zijn adaptieve oplossingen tegen elkaar en tegen robuuste oplossingen af te wegen?
- Welke aanpassingen aan bestaande kunstwerken zijn mogelijk? Welke aanpassingen in het gebruik zijn mogelijk?
- En hoe moeten korte termijn maatregelen (V&R project) worden aangepast om toekomstige verdere aanpassing mogelijk te maken?

## Doel

Het doel is te komen tot een door de sector gedragen en werkbare aanpak om robuuste en adaptieve oplossingen af te wegen in aanwezigheid van onzekerheid over de toekomst.

## De aanpak

De materie is veelomvattend. Een case-gestuurde aanpak brengt alle aspecten op de juiste manier aan het licht. De kern van de aanpak bestaat dan ook uit het uitvoeren van drie tot vier cases met een breed consortium van partijen. In de cases worden voor een concreet geval meerdere oplossingen (adaptief en robuust) ontwikkeld en wordt bekeken hoe deze tegen elkaar kunnen worden afgewogen.

## Producten

De volgende producten zijn voorzien:

- Handboek/werkwijzer “geprojecteerd PvE”.
- Handboek/werkwijzer lifecycle costing van adaptieve oplossingen (“SSK nieuwe stijl”).
- Handboek/werkwijzer niet-financiële criteria.
- Voorbeeldenboek adaptieve oplossingen.

## Samenwerking met / nodig:

- Consortia zijn breed samengesteld in termen van partijen (adviseurs, bouwers, kennisinstellingen) en in termen van personen (opleiding, ervaring).

## BIJLAGE 6 – Beschrijving van fiche “Positie van natte kunstwerken in de VenR-opgave (marktaansluiting)”

### Algemene beschrijving

In deze TKI worden adaptieve oplossingen uitgewerkt en afgewogen als middel om de vervangingsopgave te versnellen. Deze uitkomst leidt pas tot impact als ze daadwerkelijk uitgevraagd kunnen worden in tenders voor zowel ontwerp als bouwopdrachten. Deze fiche zal zich richten op modellen voor inkoop van adaptieve ontwerpen en bouwwerken.

### Onderzoeksvragen of innovatieopgave

Dit onderzoek zal zich richten op de vraag hoe dit kan worden uitgevraagd en dat in de inkoop omgeving van ,Rijkswaterstaat en de betrokken partijen te toetsen.

### Doelgroep / landingsplaats

De doelgroep bestaat uit:

- Aanbestedende diensten van publieke asset-owners.
- Projectteams betrokken bij de VenR opgave.
- De marktpartijen zowel werkzaam in de markt voor ingenieursdiensten als die voor de bouwopdrachten voor VenR van natte kunstwerken/infrastructuur inclusief branche organisaties.

### Concreet doel

In de praktijk bruikbare handleiding waarin is bepaald hoe in de bestaande aanbestedingspraktijk adaptieve oplossingen kunnen worden uitgevraagd. Hiervoor zijn verschillende modellen beschikbaar die een reality check hebben ondergaan.

### Aanpak

Er wordt van uitgegaan dat de kenmerken (kosten, tijd, duurzaamheid, capaciteit, etc.) van een adaptieve aanpak in vergelijking met een conventionele oplossing bekend zijn. Verder wordt verondersteld dat hier vanuit verschillende perspectieven voordelen zijn te behalen door anders met onzekerheden om te gaan.

De volgende stappen worden doorlopen:

1. Bepaal USP van adaptieve oplossingen.
2. Bepaal use cases.
3. Ontwikkel aantal mogelijke modellen voor inkoop voor adaptieve oplossingen en breng de consequenties van een adaptieve vraagspecificatie en gunningscriteria in kaart.
4. Bereid een mini uitvraag voor voor een adaptief ontwerp van object.
5. Laat drie bedrijven binnen het consortium reageren op de mimi uitvraag door drie teams (die niet betrokken zijn bij de TKI).
6. Verbeter de modellen voor inkoop van adaptieve oplossingen.
7. Doe een verbeteringslag met de afdeling inkoop en project management van RWS.

8. Rapporteer eind product.
9. Besluit over een markt consultatie en over een test ( klein project).
10. Vervolgstappen n.t.b.

#### Product (Output)

Notitie met USP van adaptieve oplossingen

Handleiding voor inkoop van adaptieve oplossingen

Besluit voor testen van adaptieve uitvragen in de markt

#### Fasering

korte termijn                      eerst resultaten uit studies

middellange termijn              stap 1 t/m 9

lange termijn                      stap 10

#### Rendement ( impact)

Het rendement wordt verkregen in het betrekken van de stakeholders die in het besluitvormings- en voortbrengingsproces een rol spelen bij het toepassen van adaptieve oplossingen. Het onderzoek bij het uitvoeren van dit onderzoek tot impact leiden omdat de asset owners en markt in beweging worden gebracht.