

Kennisprogramma Natte Kunstwerken

Voorstel onderzoek 2017

KENNISPROGRAMMA NATTE KUNSTWERKEN.....	1
VOORSTEL ONDERZOEK 2017	1
1. INLEIDING	2
1.1 INTRODUCTIE	2
1.2 CONTEXT KENNISPROGRAMMA NATTE KUNSTWERKEN	2
1.3 PROGRAMMA V&R VAN RWS EN KENNISPROGRAMMA NATTE KUNSTWERKEN	2
2. BEOOGDE FINANCIERING	3
3. VOORSTEL ONDERZOEK NATTE KUNSTWERKEN 2017	4
3.1 ALGEMEEN	4
3.2 ONDERWERP 1:FUNCTIONELE RESTLEVENSDUUR.....	4
3.2.1 <i>Koppeling detailmodel kunstwerk met netwerk/ systeemmodel (Deltares)</i>	4
3.2.2 <i>Veranderende belastingen in relatie tot veranderend gebruik (Deltares, Marin)</i>	4
3.3 ONDERWERP 2: TECHNISCHE RESTLEVENSDUUR	5
3.3.1 <i>Algemene aanpak</i>	5
3.3.2 <i>Data en datastructuur(TNO)</i>	6
3.3.3 <i>Sterkte&Stabiliteit: Grond-constructie interactie model (TNO en Deltares)</i>	6
3.3.4 <i>Sterkte&Stabiliteit: Degradatiegedrag (Deltares en TNO)</i>	6
3.3.5 <i>Toolbox MMI (TNO, Deltares, MARIN)</i>	6
3.4 ONDERWERP 3: EISEN	7
3.4.1 <i>Capaciteit vaarweg (Deltares en MARIN)</i>	7
3.4.2 <i>Checklist tijdelijke bouwsituatie (Deltares en MARIN)</i>	7
3.5 ONDERWERP 4 NIEUWE KUNSTWERKEN	7
3.5.1 <i>Van toetsen naar ontwerpen (Deltares, TNO)</i>	7
3.5.2 <i>Innovatieve oplossingen: VVK constructies (TNO, markt)</i>	8
3.5.3 <i>Zoutindringing door kunstwerken (Deltares)</i>	8
3.5.4 <i>Vlot en veilig Invaren (Deltares, MARIN, markt)</i>	8
3.5.5 <i>Vlot en veilig Nivelleren (Deltares)</i>	8
3.5.6 <i>Trillingen voorkomen (TNO, Deltares, MARIN)</i>	9
3.5.7 <i>Verkenning duurzaamheid</i>	9

1. Inleiding

1.1 *Introductie*

Sluizen, stuwen, gemalen en stormvloedkeringen zijn belangrijke assets van assetbeheerders zoals Rijkswaterstaat en de waterschappen. Een groot deel van deze kunstwerken bereikt komende decennia het einde van de levensduur waarvoor het kunstwerk ontworpen is. De laatste jaren wordt steeds meer gezocht naar mogelijkheden om levensduur van kunstwerken te verlengen en om bij einde levensduur (noodzakelijke) ingrepen te koppelen aan gebiedsontwikkeling of functionele / netwerk ontwikkeling.

In het kennisprogramma natte kunstwerken willen we dan ook kennis ontwikkelen om:

- in het systeem zo efficiënt mogelijk gebruik te maken van de technische en functionele restlevensduur
- een nieuw kunstwerk te kunnen ontwerpen, waar we
 - innovatieve oplossingen kunnen toepassen
 - in kunnen spelen op toekomstige ontwikkelingen

Deltares en TNO hebben in 2014 de belangrijkste vragen op hun expertisevelden, grond, water en constructie, geïnventariseerd. Dit heeft geresulteerd in een 4-jarig onderzoeksprogramma van ca. 10 miljoen euro, het kennisprogramma Natte kunstwerken.

Het onderzoeksprogramma is gestart in 2015 door Deltares, TNO en Marin, gefinancierd met subsidie van de overheid die de kennisinstellingen voor toegepast onderzoek (federatie TO2) krijgen voor het in stand houden van hun kennisbasis. Het programma voor 2015 in deze samenwerking is Natte Kunstwerken van de Toekomst genoemd. In 2016 is met het onderzoek verder gegaan, waarbij TNO, Deltares, Marin en RWS betrokken zijn, zowel in de uitvoering als in de financiering.

Dit document geeft een voorstel voor het Kennisprogramma Natte Kunstwerken voor 2017. Dit voorstel zal besproken worden in de stuurgroep Natte Kunstwerken bestaande uit deelnemers van Rijkswaterstaat en de kennisinstellingen, Deltares, Marin en TNO.

1.2 *Context kennisprogramma Natte Kunstwerken*

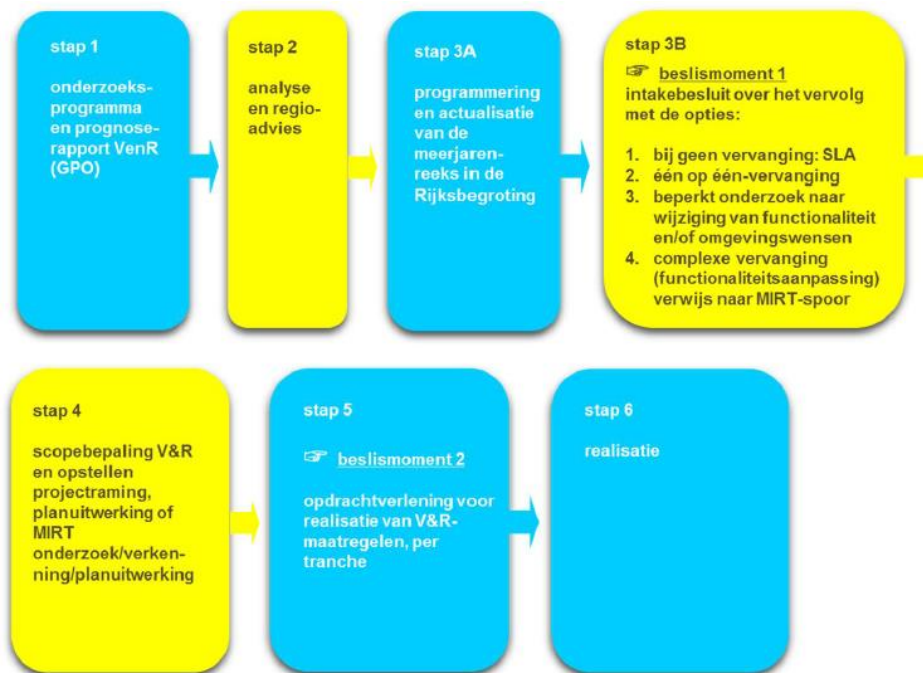
Afgelopen jaren hebben verschillende projecten bijgedragen aan de ontwikkeling van kennis en oplossingen rond Natte Kunstwerken zoals bijvoorbeeld de projecten VONK, RINK, HWBP, WTI, RBK nat en TO2 Natte Kunstwerken van de Toekomst (Deltares, TNO en MARIN). Momenteel lopen er diverse programma's, zoals Deltaprogramma, NKWK, HWBP, Grip op de Maas, Sluizenprogramma, kennisagenda VONK, MultiWaterwerk, Kennis- en innovatieagenda Deltatechnologie 2016-2019, etc. Het kennisprogramma Natte Kunstwerken sluit aan op en draagt bij aan de oplossingen voor vragen die in bovenstaande initiatieven worden opgeworpen.

1.3 *Programma V&R van RWS en kennisprogramma Natte Kunstwerken*

Rijkswaterstaat heeft een vernieuwde werkwijze voor het Vervanging en Renovatie (V&R) proces (zie Figuur 1) en heeft de opdracht een implementatieplan voor de Kennis en Innovatieparagraaf van deze werkwijze te schrijven. In 2016 resulteert dit in een inventarisatie van kennisvragen. De onderdelen uit het kennisprogramma Natte Kunstwerken van Deltares en TNO in 2014 matchen goed met (een gedeelte van) de vragen uit deze inventarisatie. Uiteraard bevat de inventarisatie meer

vragen, omdat de scope van het Kennisprogramma Natte Kunstwerken vooral beperkt is tot de expertisevelden, grond, water (hydraulisch en nautisch), constructie, watersystemen en netwerken.

Het V&R proces wordt in onderstaande figuur geschematiseerd. In het vervolg van dit document zal worden aangegeven hoe elk onderwerp bijdraagt aan nadere invulling van de stappen in het V&R proces en waarom.



Figuur 1 Vernieuwde werkwijze Programma Vervanging en Renovatie van Rijkswaterstaat

Niet alleen Rijkswaterstaat is gebaat bij de kennisontwikkeling in het kennisprogramma Natte Kunstwerken, maar ook andere assetbeheerders kunnen van deze kennis profiteren. Zij hebben aangegeven dat ze de gesignaleerde vragen herkennen. Komend jaar zetten we in op een actieve bijdrage van deze beheerders aan het programma.

2. Beoogde financiering

De kennisinstellingen zijn bereid voor het meerjarig kennisprogramma strategische middelen in te zetten. Daarnaast passen de doelstellingen van het programma ook binnen het Innovatiecontract van de TKI Deltatechnologie, waardoor het mogelijk is (vanuit een pps-samenwerkingsconstructie) een hoeveelheid TKI-toeslag in te zetten. Hiervoor is het aanhaken van private partijen een voorwaarde. Ook Rijkswaterstaat is bereid het programma te financieren. Gezamenlijk is de ambitie uitgesproken voor de ontwikkeling van een programma met de volgende omvang (jaarlijks):

k€	Bron
500	Strategische gelden Deltares, TNO en MARIN
400	Rijkswaterstaat
PM	Waterschappen, provincie
100	Private partijen
500	TKI-toeslag (TKI Deltatechnologie)
1500	

Tabel 1 Ambitie omvang programma Natte Kunstwerken van de Toekomst

3. Voorstel onderzoek Natte Kunstwerken 2017

3.1 Algemeen

In 2015 en 2016 zijn verschillende bureaustudies en schaalmodelproeven uitgevoerd. In 2017 verschuift het accent naar praktijkcases van bestaande kunstwerken. De focus ligt daarbij op de volgende onderwerpen (tussen haakjes is aangegeven hoe dit aansluit bij het V&R proces van RWS).

1. Bepalen van de functionele staat en functionele restlevensduur (t.b.v. stap 1 en stap 2: prognoserapport en analyse en regio-advies)
2. Bepalen van de technische restlevensduur (t.b.v. stap 1 en stap 2: prognoserapport en analyse en regio-advies)
3. Formuleren van de eisen aan het kunstwerk (t.b.v. stap 4: scopebepaling)
4. Kennis en modellen voor het maken en toetsen van ontwerpen van nieuwe kunstwerken (hydraulisch, nautisch, geotechnisch) (t.b.v. stap 4: scopebepaling)

3.2 Onderwerp 1: Functionele restlevensduur

3.2.1 Koppeling detailmodel kunstwerk met netwerk/ systeemmodel (Deltares)

De functionele staat van een kunstwerk heeft een sterke relatie met de prestatie van het netwerk / systeem. De prestatie van het kunstwerk beïnvloedt de prestatie van het systeem. Objectspecifieke kennis over het functioneren van het kunstwerk moet kunnen worden vertaald naar functioneren van het systeem. Veelal zit de objectkennis in gedetailleerde (nearfield) modellen en de kennis van het netwerk/systeem in andere grootschaliger systeemmodellen. De koppeling hiertussen is in het bestaande modelinstrumentarium niet of nauwelijks gelegd. De benodigde koppeling hangt bovendien af van de specifieke situatie waar naar gekeken wordt. Hoogwatersituaties vragen een andere koppeling dan laagwatersituaties. In 2017 willen we vast leggen in welke situatie welke kunstwerkinformatie doorgegeven moet worden aan het model van het netwerk/watersysteem.

3.2.2 Veranderende belastingen in relatie tot veranderend gebruik (Deltares, Marin)

Om de staat van een kunstwerk te kunnen bepalen (zoals bijv. in het prognoserapport) is een aanname over het daadwerkelijk gebruik en het gebruik in de toekomst de basis voor de restlevensduuranalyse. Hierbij zijn enerzijds de plannen voor de ontwikkelingen van bijv. het watersysteem en het vaarwegennetwerk belangrijke input zoals de corridorbenadering en de netwerkschakelplannen (Zie ook Paragraaf 3.4.1 Capaciteit vaarweg). Anderzijds kan inzicht in

Voorstel 2017

werkelijke waterstanden, stroomsnelheden, zout/zoetsituatie, invaarsnelheden (invaarbanen) en troskrachten bijdragen aan een aanscherping van deze aannames. Middels een meetcampagne op locatie willen we verkennen hoe we snel een eenvoudig beeld kunnen krijgen van de werkelijke belasting op een kunstwerk.

3.3 Onderwerp 2: technische restlevensduur

3.3.1 Algemene aanpak

In de inleiding is aangegeven dat we zo efficiënt mogelijk gebruik willen maken van de technische restlevensduur van kunstwerken. Hierbij spelen o.a. technische vraagstukken over het meer in detail bepalen van de constructieve veiligheid van de kunstwerken, reparatietechnieken en het gebruik van innovatieve oplossingen.

In 2015 en 2016 is gewerkt aan de technische restlevensduur d.m.v. bureaustudie en modellering. Nu wordt het, zoals eerder gesteld, tijd om dit verder te ontwikkelen vanuit praktijk informatie. De aanpak die gekozen wordt voor 2017 (en verder) is om zoveel mogelijk te werken vanuit bestaande gegevens en waar nodig test en pilot locaties in te richten om ontbrekende gegevens aan te vullen.

In deze aanpak wordt de focus gelegd op het verzamelen en gebruiken van gegevens voor **generieke kennisontwikkeling**, bijvoorbeeld ten behoeve van het verbeteren van voorspellende modellen. Op deze manier wordt kennis gegenereerd die zal bijdragen aan het reduceren van risico's bij en het versnellen van het implementeren van innovaties. Dit is een aanvulling op gangbare proefprojecten, die vooral zijn gericht op het verkrijgen van specifieke informatie over de gekozen oplossingen.

Voorbeelden van deze aanpak kunnen zijn:

- Belastingen matchen met belastingmodellen.
- Bepalen van onzekerheid vanuit de statistiek op basis van de gegevens.
- Gemeten trillingsgedrag relateren aan gemeten gegevens over stroming, waterstanden en/of golven en matchen met modellen.
- Vermoeiingsvoorspellingsmodellen voeden met gebruiksgegevens.
- Veralgemeenen van geconstateerd degradatiegedrag.
- Gemeten sterktes door de tijd matchen met verouderingsmodellen.

Uit een lijst van specifieke onderwerpen is voor 2017 een keuze gemaakt voor de onderwerpen met een "*" (onder technische levensduur) en "**" (onder nieuw kunstwerk). Een resultaat van het onderzoek naar deze onderwerpen is o.a. een "toolbox MMI" (Meten, Monitoren en Inspectie), waarin praktische en geteste mogelijkheden zijn benoemd om de prestaties van bestaande kunstwerken of innovatieve oplossingen te meten, inspecteren en/of monitoren.

Data(-structuur)*	Effectiviteit Innovatieve Oplossingen	<ul style="list-style-type: none"> • VVK sluisdeuren** • VVK taatslaggers • UHSB sluisdeuren • ...
	Sterkte & Stabiliteit	<ul style="list-style-type: none"> • bestaande stalen damwanden (corrosie en grond-constructie-interactie)* • kwelschermen • ASR betonnen bak bestande sluis* • wapeningscorrosie betonnen bak bestande sluis* • ...

Voorstel 2017

Gebruiksgegevens	<ul style="list-style-type: none"> • scheepsbewegingen • belastingen • trillingen** • beschikbaarheid • schuttijden • ...
-------------------------	---

3.3.2 Data en datastructuur(TNO)

In het recente verleden en naar verwachting eveneens in de komende jaren wordt veel en diverse informatie verzameld over natte kunstwerken (denk aan de huidige projecten rond de beton boringen bij de afsluitdijk en de Oosterschelde kering, het onderzoek naar de Haukusluis en de sluis bij Gouda, enz.). De toegankelijkheid van deze gegevens t.b.v. meer generieke kennisontwikkeling over veroudering en de constructieve gevolgen ervan, is beperkt. Dit voorstel voor 2017 is bedoeld om deze toegankelijkheid te verbeteren door een generieke data structuur te creëren waar de grote verscheidenheid aan gegevens over technische levensduur op eenduidige wijze in kan worden opgeslagen en die daarmee gegevens (breed) toegankelijk maken voor nadere analyse en onderzoek. Aansluiting bij bestaande gedachten hierover bij RWS is een belangrijke randvoorwaarde voor de waarde van de te creëren oplossing in de praktijk.

3.3.3 Sterkte&Stabiliteit: Grond-constructie interactie model (TNO en Deltares)

In 2015 is gestart met de ontwikkeling van het grond-constructie interactie model. Conclusie was dat de ontwikkeling van een grond-constructie interactie model haalbaar was met het advies om te werken aan de doorontwikkeling. Dit betrof o.a. een generieke interface tussen verschillende software, het vergroten van de robuustheid van het model, verfijnen van de eindige elementen modellen, het verbeteren van degradatiemodellen, vastleggen van best practices en het opleiden van mogelijke gebruikers. Voor 2017 willen we werken aan de generieke doorontwikkeling en een toolbox.

RWS is zich bewust van de veroudering van stalen damwanden. Vervanging is een enorme inspanning. Op dit moment is het niet duidelijk welke (gedetailleerde) inspectiemethoden op welke manier een beeld kunnen geven over de staat van de damwanden. Vooral ruimtelijke spreiding, lokale defecten (bijv. putcorrosie) en algehele constructieve staat spelen een rol bij de beoordeling. In 2017 zal de doorontwikkeling zich richten op de toepassing voor stalen damwanden inclusief de inbedding van praktijkervaringen en de ontwikkeling van inspectiemethoden.

3.3.4 Sterkte&Stabiliteit: Degradatiegedrag (Deltares en TNO)

Voor 2017 willen we het toetsinstrumentarium aanscherpen door de kennis van twee degradatiemechanismen te vergroten door het gebruik van bestaande gegevens en het verzamelen van nieuwe gegevens (waar nodig). Deze kennis moet beschikbaar (bijvoorbeeld middels rekenregels) worden gemaakt voor specialisten (IR-buro's) en uiteindelijk onderdeel worden van de leidraden, handreikingen en normen.

Hierbij richt TNO zich op de aspecten ASR en wapeningscorrosie. Deltares richt zich op het aspect piping. Hierbij wordt uiteraard rekening gehouden met de POV Piping.

3.3.5 Toolbox MMI (TNO, Deltares, MARIN)

Een toolbox Meten, Monitoren en Inspectie kan ingezet worden indien er onzekerheden over staat of restlevensduur uit het prognoserapport komen. Hiermee kan bepaald worden of en hoe monitoring de onzekerheid over de (rest)levensduur kan verkleinen. Het gaat daarbij zowel om de staat en

degradatie van het kunstwerk als de onzekerheden in de belastingen en belastingontwikkeling rond het kunstwerk. In feite willen we in 2017 toewerken naar een plan van aanpak voor een systematische meetcampagne, waarbij bijvoorbeeld aandacht is voor bijvoorbeeld het meten van (toenemende) belastingen als gevolg van (grotere) schepen en trillingen. Een plan van aanpak voor monitoring en inspectie van de degradatie van bestaande stalen damwanden (langsconstructies) wordt als case uitgewerkt.

3.4 Onderwerp 3: Eisen

3.4.1 Capaciteit vaarweg (Deltares en MARIN)

We zien een aantal veranderingen optreden die het verkeersbeeld en de verkeersafwikkeling op rivieren en kanalen zullen beïnvloeden. Allereerst is dit de klimaatverandering en daarnaast de ontwikkeling van autonoom varende schepen, wel of niet in konvooi varende. Bij autonoom varende schepen is vooral de invloed op de verkeersafwikkeling en de veiligheid een probleem.

Extreem hoge en lage waterstanden die het gevolg zijn van de klimaatverandering zullen de routekeuze van binnenschepen beïnvloeden. Bij extreem lage waterstanden zal het aantal schepen toenemen doordat schepen slechts gedeeltelijk kunnen afladen. Door de beperkte vaarwegbreedte en langere schuttijden van sluisen neemt de capaciteit van de vaarweg af. Bij hoge afvoeren is de hoge stroomsnelheid een probleem. De passage van splitsingspunten en het invaren van havens of zijkanalen kan hierdoor gevaarlijk worden.

Capaciteitsstudies met een model zoals SIVAK en manoeuvreersimulaties moeten inzicht geven in de capaciteit en veiligheid van de vaarweg en de effectiviteit van maatregelen. Bij maatregelen moet men denken aan verkeersregulering maar ook aanpassing van de infrastructuur. Bij de capaciteitsstudies is het mee kunnen nemen van het effect van de omstandigheden een eis, bij de manoeuvreersimulaties het effect van krap vaarwater en hoge stroomsnelheden.

3.4.2 Checklist tijdelijke bouwsituatie (Deltares en MARIN)

Voor 2017 willen we daarnaast een checklist maken, waarin de gevolgen van de tijdelijke (bouw)situatie op het functioneren van een watersysteem met kunstwerken in beeld kunnen worden gebracht. Het gaat dan om bijv. de gevolgen voor de scheepvaart en andere bestaande constructies. De checklist moet aangeven waar nader onderzoek (verweking grond, zettingsvloeiing) nodig is, maar ook waar mogelijk eisen aan of maatregelen voor de tijdelijke situatie zouden moeten worden gesteld. Deze eisen kan een opdrachtgever dan meegeven aan de aannemer.

3.5 Onderwerp 4 Nieuwe kunstwerken

3.5.1 Van toetsen naar ontwerpen (Deltares, TNO)

In het project wordt kennis ontwikkeld en vastgelegd in rekenregels, adviezen en modellen. Die kennis is bedoeld om de levensduur te verlengen, ofwel om aantoonbaar te maken dat de veiligheid nog langer geborgd is ondanks veroudering. Kunstwerken die volgens de huidige ontwerp- en toetsregels worden afgekeurd zouden een toets met de nieuw ontwikkelde meer geavanceerde methoden kunnen doorstaan. Deze ontwikkelde kennis kan vervolgens ook in het ontwerp gebruikt worden. Hierbij kunnen twee vragen gesteld worden:

- Hoe gebruiken we de ontwikkelde kennis voor de toetsing voor het ontwerp?
- Hoe zorgen we daarbij voor een voldoende robuust/ veilig ontwerp?

Voorbeeld hiervan is een beter degradatiemodel voor de corrosie van wapeningsstaal. Specifieke kennis kan vervolgens ook in de ontwerppraktijk worden gebruikt met als gevolg een ontwerp "op het scherp van de snede". In dit gedeelte van het project wordt nagegaan hoe deze vertaling van toetsen naar ontwerpen kan plaatsvinden voor enkele specifieke ontwikkelde modellen. Dit is van belang om de (impliciet ingebouwde) robuustheid van constructies te waarborgen.

1.5.2 Innovatieve oplossingen: VVK constructies (TNO, markt)

VVK sluisdeuren en schuiven zijn reeds toegepast in enkele kleine en grote sluisen in binnen- en buitenland. De huidige metingen lijken voorsnog beperkt tot vooral het checken van het functioneren van de specifieke pilots. Daarentegen zijn er nog belangrijke vraagstukken op dit gebied, zoals de degradatie, de gevolgen van stijfheid en elasticiteit, gevolgen voor trillingen, etc. Een uitgebreide(re) maar uitgekende meetcampagne bij pilotprojecten kan leiden tot de informatie die de huidige kennisleemte kan opvullen. Voor verdere details zijn gesprekken gepland met leverancier, afnemer en experts.

3.5.3 Zoutindringing door kunstwerken (Deltares)

In lopende (grote) projecten is veel kennis opgedaan over zoutindringing door kunstwerken. Deze kennis is generiek toepasbaar, maar niet beschikbaar. In 2017 willen we geleerde lessen beschikbaar maken voor de praktijk. Daarnaast willen we het ontwikkelde modelinstrumentarium voor de zoutindringing door schutsluisen valideren op basis van metingen. Een beoordelingskader voor de mogelijkheden van zoutlekbepurende maatregelen kan hier onderdeel van zijn.

3.5.4 Vlot en veilig Invaren (Deltares, MARIN, markt)

Of een schip vlot en veilig een voorhaven kan invaren hangt sterk af van de geometrie van de voorhaven. Daarnaast leidt het varende schip (met schroefstraal) tot belastingen op kunstwerk, oever en bodembescherming. Om grip te krijgen op stromingen en belastingen rond het schip wordt steeds meer gebruik gemaakt van het CFD-modelinstrumentarium.

Komend jaar willen we met de markt kijken waar in de toekomst de kansen liggen voor de inzet van CFD in het ontwerp. In 2017 brengen we voor een specifieke case (stuw, sluis of schutsluis) de mogelijkheden in kaart.

Daarnaast is de kwaliteit van de CFD-berekeningen een zorgpunt. CFD-modellen geven snel resultaat, maar deze resultaten zijn alleen waardevol indien CFD voor die toepassing gevalideerd is. Met metingen aan het schaalmodel voor Ijmuiden (en Terneuzen) kan validatiedata voor de toepassingen bij zout-zoet sluisen worden verkregen, waarmee de CFD-modellen kunnen worden gevalideerd. Bij het uitvoeren van deze validatie zal ook aandacht zijn voor (generieke) kwaliteitscriteria. Deze criteria kunnen in de toekomst worden gebruikt om de resultaten van CFD-berekeningen door bijv. de markt te kunnen toetsen. Hierbij zoomen we dit jaar in op gelaagde stroming bij invaren van de voorhaven en bij het invaren van de sluis.

3.5.5 Vlot en veilig Nivelleren (Deltares)

Voor schutsluisen moet een balans worden gevonden tussen Vlot en Veilig nivelleren. Hoe sneller wordt genivelleerd, hoe groter de krachten op het schip zodat een onveilige situatie kan ontstaan. Voor het bepalen van de juiste balans wordt gebruik gemaakt van Lockfill. In dit programma dienen de inzichten uit recente projecten te worden verwerkt om het geschikt te maken voor gebruik in de toekomst. Mogelijk geven de recente inzichten ook aanleiding tot de ontwikkeling van Lockfill 2D, waarmee nauwkeuriger inzicht kan worden verkeren in de krachten op een schip bij nivelleren.

Voorstel 2017

3.5.6 Trillingen voorkomen (TNO, Deltares, MARIN)

In 2016 is een workshop georganiseerd om de beschikbare kennis met betrekking tot trillingen (bij spuisluizen, stuwen schutsluizen, stormvloedkering) bij elkaar te brengen. Hier is geconcludeerd dat dit onderwerp aandacht verdient, zeker gezien de aankomende vervangingsopgave. Eind 2016 is een start gemaakt met het praktisch beschikbaar maken van kennis over trillingen, gerelateerd aan het bestaande handboek trillingen. Dit moet leiden tot een eenvoudige checklist trillingen en aanbevelingen voor mogelijke vervolgstappen. In 2017 zouden mogelijke vervolgvragen worden aangepakt.

3.5.7 Verkenning duurzaamheid

In de komende opgave is duurzaamheid een belangrijk element. Hierbij spelen aspecten als circulaire economie, energie, nature-based-solutions, maar wellicht ook uitbreidbaarheid en/ of flexibiliteit. In 2017 willen we invulling geven aan het begrip duurzaamheid verkennen welke oplossingsrichtingen mogelijkheden er zijn om duurzaamheid onderdeel te laten uitmaken van de vervangingsopgave en welke keuzen daarvoor gemaakt moeten worden.