



Kennisprogramma Natte Kunstwerken
Kennisplan 2021

*Vervangings- en renovatieopgave
natte kunstwerken in Nederland*

Kennisbijdrage:

Einde levensduur sluisen

Vorbereiding (destructief) onderzoek
bij de toekomstige sloop van objecten

Auteurs

Joost Bredeveld	(Deltares)
Just Settels	(MARIN)
Bart Noordman	(Rijkswaterstaat)
Alfons Mayer	(TNO)

kenmerk	: KpNK-2021-KV1.1-sluis-a001
versie	: 1.0
datum publicatie	: 2 september 2022



Voorwoord

Kennisprogramma Natte Kunstwerken

Sluizen, stuwen, gemalen en stormvloedkeringen zijn belangrijke assets waarvoor beheerders zoals Rijkswaterstaat en de waterschappen verantwoordelijk zijn. Veel van deze natte kunstwerken in de waterinfrastructuur bereiken de komende decennia het einde van hun (technische en/of functionele) levensduur. Zij kunnen daardoor hun functies naar verwachting niet meer adequaat blijven uitoefenen. Dit zal ten koste gaan van de mate waarin de waterinfrastructuur voldoet aan betrouwbaarheidseisen. In het kader van goed assetmanagement staan we dan ook voor de enorme opgave om deze kunstwerken te vervangen of te renoveren. Welke kennis hebben we nodig om dat efficiënt, kostenbesparend en toekomst-bestendig aan te pakken?

Deltares

MARIN

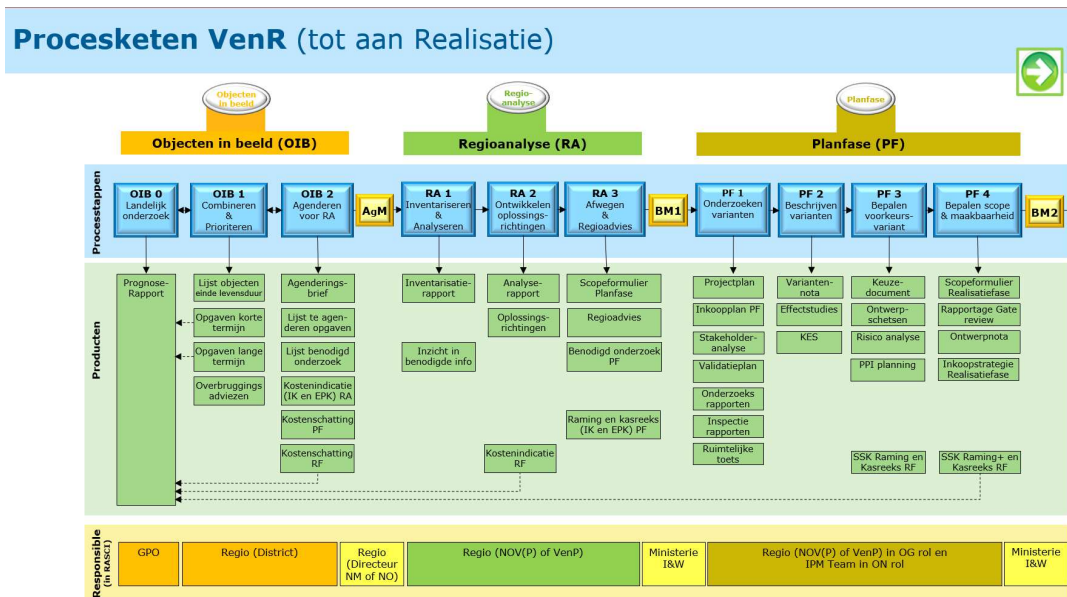


TNO

In het Kennisprogramma Natte Kunstwerken (KpNK) ontwikkelen en bundelen Deltares, MARIN, TNO en Rijkswaterstaat deze kennis op basis van de Samenwerkingsovereenkomst Natte Kunstwerken.

Werkwijze vervangings- en renovatieproces

De laatste jaren richten we ons niet meer uitsluitend op een-op-een vervanging van kunstwerken. We zoeken steeds meer naar mogelijkheden om hun levensduur te verlengen en (noodzakelijke) ingrepen te koppelen aan gebieds- en netwerkontwikkelingen en aan functionele ontwikkelingen. Rijkswaterstaat heeft als assetmanager een vernieuwde werkwijze voor dit vervangings- en renovatieproces (VenR) opgesteld om een uniform en systematisch proces te hebben waarmee een VenR-maatregel transparant onderbouwd kan worden (zie Figuur 1).



Figuur 1: Procesketen VenR binnen Rijkswaterstaat



Deze procesketen vormt de basis waar de kennisontwikkeling van het kennisprogramma aan bijdraagt.

Twee-stappen-benadering en drie kernvragen

De kennis die we ontwikkelen binnen het Kennisprogramma Natte Kunstwerken draagt bij aan de stapsgewijze-benadering binnen deze Procesketen VenR:

- stap 1 (*Objecten in Beeld*): richt zicht op (het einde van) de technische levensduur van een kunstwerk en het agenderen van de VenR-opgave in het *Prognose rapport*;
- stap 2 (*Regioanalyse*): brengt vooral de relatie in kaart tussen het kunstwerk en de netwerken waar het (samen met andere kunstwerken) deel van uitmaakt. In het resulterende *Regioadvies* gaat het ook over (het einde van) de functionele levensduur.

Inhoudelijk vindt het onderzoek plaats aan de hand drie *kernvragen*:

1. Hoe lang gaat mijn kunstwerk nog mee, zowel technisch als functioneel?
2. Welke alternatieven heb ik, behalve een-op-een vervanging?
3. Hoe weeg ik de alternatieven tegen elkaar af?

Programmaplan, jaarlijkse kennisplannen en samenwerking

Het programmaplan omvat de achtergronden en ambities voor de gehele looptijd van het Kennisprogramma Natte Kunstwerken. Jaarlijks worden deze ambities uitgewerkt in een kennisplan en een bijbehorend financieringsplan. Andere partijen zoals waterschappen, adviesbureaus en andere (commerciële) organisaties, nodigen we uitdrukkelijk uit om deel te nemen aan het gezamenlijk uitvoeren van een kennisplan, bijvoorbeeld met kennisbijdragen in voor hen relevante onderzoeksprojecten, met praktijkervaringen of financiële bijdragen.

Resultaten delen


Bijdragen en onderzoeksresultaten uit ons Kennisprogramma Natte Kunstwerken delen we met de hele sector via onze website (www.nattekunstwerkenvandetoekomst.nl) en op andere manieren.

Hieronder vindt u een KpNK-kennisbijdrage binnen werkpakket '*Einde levensduur sluizen*' uit het kennisplan 2021. Het omvat eerst de samenvatting van het onderzoek 'Vorbereiding (destructief) onderzoek bij de toekomstige sloop van objecten'. Deze activiteit is namens het Kennisprogramma Natte Kunstwerken geleid door Deltares. Na de samenvatting vindt u het volledige onderzoeksverslag in de vorm van een memo.

N.B. Het volledige onderzoeksverslag is gelijk aan het originele onderzoeksverslag van Deltares, met uitzondering van het titelblad. Bij publicatie van dit onderzoeksverslag op de KpNK-website, is deze om privacyredenen verwijderd.



Meer informatie

- Het Kennisprogramma Natte Kunstwerken is de uitwerking van de onderzoekslijn 'Toekomstbestendige Natte Kunstwerken' binnen het Nationaal Kennisplatform voor Water en Klimaat (NKWK). Zie www.waterenklimaat.nl
- Voor meer informatie over het programma Kennisprogramma Natte Kunstwerken, zie www.nattekunstwerkenvandetoekomst.nl. 
- Voor vragen over het Kennisprogramma Natte Kunstwerken en het kennisplan 2021 kunt u terecht bij Daan Dunsbergen, email daan.dunsbergen@rws.nl
- Voor vragen over de voorliggende kennisbijdrage kunt u terecht bij de auteurs:
 - Joost Bredeveld - joost.bredeveld@deltares.nl
 - Just Settels - j.settels@marin.nl
 - Bart Noordman - bart.noordman@rws.nl
 - Gerard Gaal - gerard.gaal@tno.nl



Kennisprogramma Natte Kunstwerken
Kennisplan 2021



Samenvatting

Einde levensduur sluisen

Vorbereiding (destructief) onderzoek bij de toekomstige sloop van objecten

Aanleiding en probleemstelling

Natte kunstwerken met 'sloop in de scope' bieden een uitgelezen kans om prestaties van (inspectie)-technieken, tools en methoden in de praktijk na te gaan en daarmee meer te weten te komen over de betrouwbaarheid ervan. Om drie redenen is het nuttig om dit te weten:

1. Kennis over deze betrouwbaarheid sluit aan bij onze ambitie (zie hierna).
2. Het draagt bij aan een volledige, uniforme en actuele informatievoorziening rondom de staat van de huidige infrastructuur. Daardoor zal het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat meer mogelijkheden hebben de V&R-aanpak centraal aan te sturen. Deze informatievoorziening wordt nu als gebrekkig gezien¹.
3. Het draagt ook bij aan de mogelijkheid van Rijkswaterstaat om hun kunstwerken beter te ontwerpen, beheren en onderhouden en, vooral van belang in de context van dit kennisprogramma, stabielere en realistischer begrotingen op te stellen voor hun V&R-opgaves.

Ambitie

Onderzoek aan te slopen objecten past in de ambitie van RWS, TNO, MARIN en Deltares. Wij willen binnen het KpNK betrouwbare (inspectie)technieken, tools en methoden (door)ontwikkelen zodat we de actuele en toekomstige staat van de natte kunstwerken beter kunnen kwantificeren en in kaart brengen.

Doelstelling

Het onderzoek 'Vorbereiding van (destructief) onderzoek bij te slopen objecten', heeft als doel om voor het kunnen verzilveren van kansen op dergelijk (destructief) onderzoek, een generieke aanpak op te zetten waarmee vanuit het bredere perspectief van een assetmanager binnen het sloopproject de juiste randvoorwaarden worden gecreëerd binnen een adequaat tijdpad.

Die randvoorwaarden zijn:

1. Zorg dat je tijdig kansen op (destructief) onderzoek kunt identificeren.
2. Weet wat je op een specifieke locatie kunt en wilt onderzoeken, en wat ook meerwaarde heeft voor (veel) andere kunstwerken en processen.
3. Creëer voldoende draagvlak bij alle stakeholders opdat uitvoerders van de sloop, onderzoekers en andere belanghebbenden rekening kunnen en willen houden met elkaars werk.

¹ Zie brief IENW/BSK-2020/108825 van 19 juni 2020 aan Tweede Kamer.



Onderzoeksvragen en -aanpak bij de opzet van (destructief) onderzoek sloopobjecten (generieke aanpak)

Deze randvoorwaarden betekenen dat op drie vragen antwoord gegeven moet kunnen worden bij het opzetten van (destructief) onderzoek en dat bij elke vraag een of meerdere stappen gezet moeten worden:

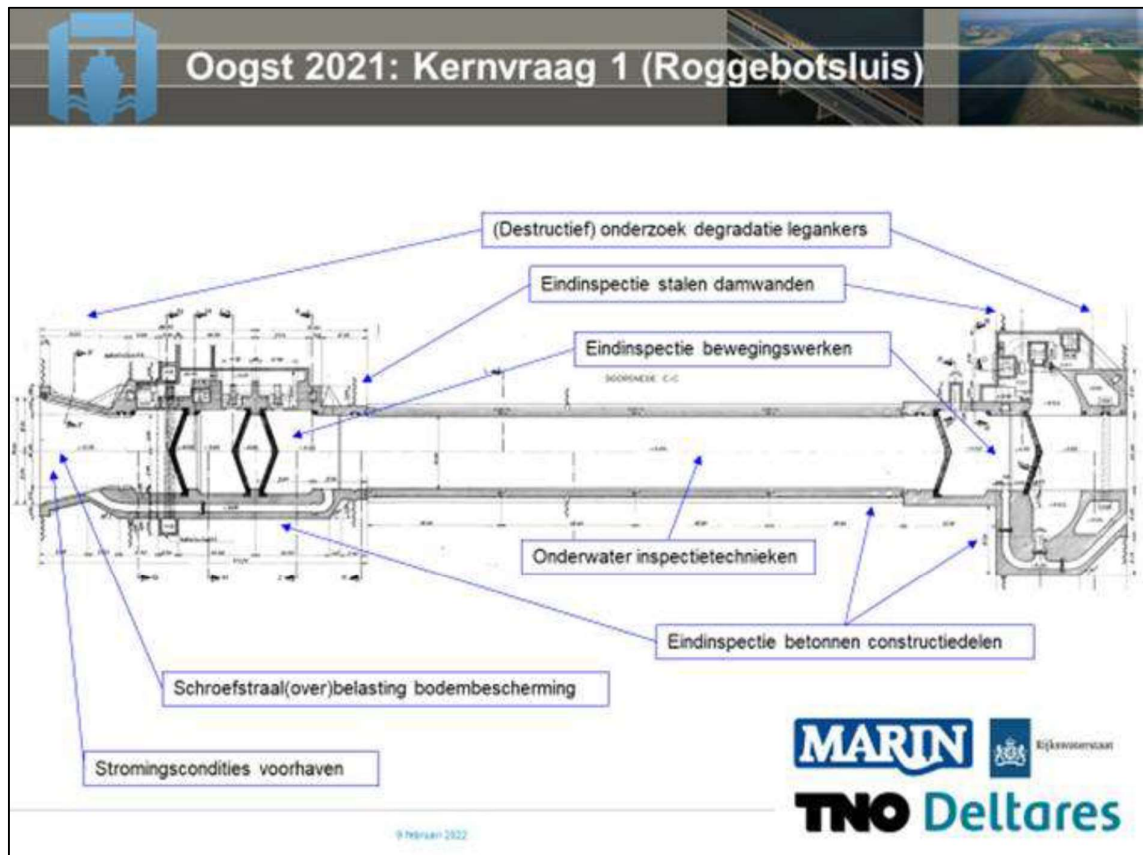
1. Welke concrete kansen op (destructief) onderzoek liggen er bij de toekomstige sloop van natte kunstwerken?
 - Stel op basis van beschikbare informatie binnen Rijkwaterstaat, een sloopagenda samen voor natte kunstwerken.
2. Welke inhoudelijke kennisuitbreiding willen we bereiken met het (destructieve) onderzoek?
 - Stel met inhoudelijke experts van de KpNK-partners en in afstemming met andere stakeholders, een *longlist* op van gewenst, nuttig en technisch haalbaar onderzoek.
 - Destilleer hieruit op basis van informatie over het specifieke sloopobject een *shortlist* van impactvolle en kansrijke onderzoeken. Inclusief een prioritering.
 - Kom met deze experts tijdig tot een lijst van Klant Eisen Specificaties (KES) voor het aanbestedingsproces van het specifieke sloopproject.
3. Hoe is het (destructieve) onderzoek procesmatig optimaal in te bedden in de sloop?
 - Stel tijdig een lijst van te betrekken stakeholders op met wie in het planningsproces rekening moet worden gehouden.

Onderzoeksresultaat

In het voorbereidende onderzoek hebben we deze stappen doorlopen aan de hand van een specifiek sloopobject, t.w. Roggebotsluis in Kampen. Voor deze sluis is daaruit de volgende geprioriteerde shortlist gekomen waarmee we achtereenvolgens aan de slag zullen gaan.

- 1) Betrouwbaarheid onderwater monitoringstechnieken [~10k€ + TKI-potentie]
- 2) Eindinspectie stalen damwanden (toetsen betrouwbaarheid monitoring) [~15k€]
- 3) Onderzoek degradatie (afname dwarsdoorsnede) legankers [~15k€]
- 4) Eindinspectie betonnen constructiedelen [~65k€]
- 5) Eindinspectie stalen damwanden (vleugelwanden en kwelschermen) [~72k€]
- 6) Eindinspectie bewegingswerken [~30-60k€]

De aangehouden prioritering is mede op basis van de ingeschatte kosten, het draagvlak bij de KpNK-partners en de potentie om (via een TKI-project) marktpartijen erbij te betrekken, tot stand gekomen.



Figuur 1: Long list van mogelijkheden voor (destructief) onderzoek bij te slopen Roggebotsluis

In 2022 zullen de KpNK-partners in overleg met de stakeholders beslissen welke onderzoeken uit deze shortlist uitgevoerd kunnen worden en wanneer. Door tijdens de sloop van de Roggebotsluis de vereiste onderzoeksgegevens en materiaalmonsters (zoals delen van de bewegingswerken) veilig te stellen, kunnen onderzoeksvragen worden gefaciliteerd die mogelijk later pas gaan spelen.

Verder lezen

In het [Plan van Aanpak](#) vindt u de volledige opzet van het onderzoek en in het [Memo](#) alle resultaten van het onderzoek.

Memo

Aan
KpNK programmateam

Datum
29 juni 2022

Contactpersoon
Joost Breedevelt

Ons kenmerk
11207401-019-HYE-0001

Doorkiesnummer
+31(0)88 335 7476

E-mail
Joost.Breedevelt@deltares.nl

Aantal pagina's
1 van 30

Onderwerp
KpNK 2021 - Resultaten voorbereiding (destructief) onderzoek bij sloop objecten



Kennisprogramma
Natte Kunstwerken

TNO



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

Deltares

MARIN

Eindproduct juni 2021

KV1 (einde levensduur)

Vorbereiding (destructief) onderzoek bij sloop objecten

Dit gezamenlijke eindproduct is vanuit de bijdragen van de samenwerkende partners RWS, TNO, MARIN en Deltares geformuleerd en wordt in 1x namens alle betrokkenen ingediend.

Projectteam

Joost Breedevelt	(Deltares)
Martijn de Jong	(Rijkswaterstaat)
Gerard Gaal	(TNO)
Alfons Mayer	(TNO)
Bart Noordman	(Rijkswaterstaat)
Just Settels	(MARIN)

Ambitie (2024)

De ambitie van deze voorbereidende activiteit is om de kans te maximaliseren dat projecten rondom natte kunstwerken met “sloop in de scope” kunnen worden benut om de betrouwbaarheid van (inspectie)technieken, tools en methoden via (destructief) onderzoek in de praktijk na te gaan. Om daarmee uiteindelijk een zo betrouwbaar mogelijke diagnose en prognose van einde levensduur van (onderdelen van) een nat kunstwerk mogelijk te kunnen maken.

Doelstelling (tot juni 2022)

De doelstelling van deze activiteit is het creëren van de vereiste randvoorwaarden bij een ‘sloopobject’ voor het nagaan van de betrouwbaarheid van (inspectie)technieken, tools en methoden via (destructief) onderzoek. Dit omvat (1) een tijdige identificatie van deze kansen en (2) voldoende draagvlak voor de scope van het onderzoek bij alle stakeholders.

Aanpak

Conform het plan van aanpak¹ is door het projectteam half november 2021 een tussenproduct opgeleverd met de volgende onderdelen:

1. agenda met te slopen (RWS) objecten in de periode 2022-2032;
2. lijst van experts t.b.v. inhoudelijke klankbordgroep (inclusief marktpartijen);
3. generieke lijst van stakeholders/rollen ten behoeve van de procesmatige inbedding van het uiteindelijke (destructieve) onderzoek in lopende programma's (zoals het RWS Sluizenprogramma en V&R Onderzoeksprogramma);
4. Voor een concrete case (Roggebotsluis):
 1. bronnenlijst uit archief;
 2. long list met nuttige en haalbare (destructieve) onderzoeken;
 3. specifieke lijst van contactpersonen;

De voorliggende memo omvat conform het plan van aanpak een uitbreiding van het tussenproduct met de volgende onderdelen:

4. Voor een concrete case:
 4. onderbouwde short list van meest impactrijk onderzoek;
 5. globaal voorstel hoe impactrijke kansen short list te benutten;
5. Conclusies en aanbevelingen

1 Agenda te slopen (natte) kunstwerken

De projecten in Tabel 1 rondom (natte) kunstwerken met “sloop in de scope” zijn tot op heden door het projectteam geïdentificeerd, waarbij tevens is aangegeven in hoeverre er KES²-eisen zijn meegegeven aan het aanbestedingsproces van de sloop.

Bij het meegeven van een set KES-eisen kan onderscheid worden gemaakt tussen een ‘laagdrempelige’ en ‘hoogdrempelige’ vorm. Bij een laagdrempelige set (L) wordt de aannemende partij gevraagd om een beperkt aantal dagen visuele inspecties en monsternamen te faciliteren tijdens het sloopproject. Dit leidt tot een beperkte vertraging van het daadwerkelijke sloopproces. Bij een hoogdrempelige set (H) worden ook concrete (destructieve) onderzoeken onderdeel gemaakt van het sloopproject, waardoor het een substantiële vertraging zal opleveren.

¹ “KV1 – Einde levensduur, Voorbereiding (destructief) onderzoek bij sloop objecten”, definitieve versie van plan van aanpak Kennisplan 2021, 21 september 2021;

² Klant Eisen Specificatie; in Bijlage B.1 is een aantal voorbeelden opgenomen van KES-eisen.

planning sloop	naam	type	locatie (beheerder)	bouw-jaar	KES-eisen
2022	Roggebotsluis	sluis	Kampen (MN)	1955	L
2022	Middensluis	sluis	Terneuzen (ZK)	1910	L
2024	Sluis II	sluis	Tilburg (ZN)	1916	L
2027	Stuw Grave	stuw	Grave (ON)	1926	H
	Noordersluis	sluis	IJmuiden (WNN)		
	Middensluis	sluis	IJmuiden (WNN)		
	Sluis	sluis	Weurt (ON)	1927	H [#]
	Lorentzsluis	sluis	Afsluitdijk		
	brug Afsluitdijk	brug	Afsluitdijk		H [*]
		sifon			
		duiker			

[#] dit project loopt al, KES-eisen kunnen mogelijk niet meer worden meegenomen;

^{*} voor dit project zijn KES-eisen ingediend t.b.v. destructief onderzoek naar houten palen, op dit moment is het nog onbekend of deze worden gehonoreerd;

Tabel 1: Voorlopige agenda te slopen natte kunstwerken

Door het projectteam is geopperd om in de agenda niet alleen te slopen (natte) kunstwerken van Rijkswaterstaat op te nemen, maar ook die van Waterschappen en Provincies.

2 Lijst van experts tbv klankbordgroep

Op basis van de inventarisatie van relevante civiele en bewegende delen van de Roggebotsluis (zie punt 4.2) worden de volgende experts relevant geacht om mee te praten:

- Charlotte van der Vorm (RWS): expert bodembeschermingen
- Menno Rijkers (RWS): expert natte kunstwerken (hout)
- Peter Jansen (RWS): expert natte kunstwerken (staal, duurzaamheid)
- Erwin Pechtold (RWS): expert natte kunstwerken (kennisveld-trekker)
- Wilfred Molenaar (RWS): expert natte kunstwerken (algemeen)
- Hans Brinkman (Deltares): expert geotechniek / grond-constructie interactie
- Tom O'Mahoney (Deltares): expert hydraulica / bodembeschermingen
- Arne van der Hout (Deltares): expert hydraulica / scheepvaart
- Jeanette Visser (TNO): expert materiaalkunde / o.a. beton
- Timo Nijland (TNO) expert (historische) bouwmaterialen en schadeprocessen
- Huibert Borsje (TNO): expert forensisch onderzoek schades
- Sjors van Es (TNO): expert staal / vermoeiing
- Raphaël Steenbergen (TNO): expert constructieve betrouwbaarheid / belastbaarheid houten heipalen
- Just Settels (MARIN): expert schroefstraalbelasting op bodembescherming
- Dick ten Hove (MARIN): expert aanvaarrisico's natte kunstwerken

3 Lijst van stakeholders/rollen t.b.v. procesmatige inbedding

Het aanhaken van de volgende rollen – inclusief de namen van de personen bij Roggebotsluis – is essentieel bij een procesmatige inbedding van nader te bepalen (destructief) onderzoek tijdens het sloopproject:

- beheerder(s) complex (regio):
 - objectdeskundige (inclusief omliggende netwerk)
 - beheerder beschikbare data en informatie / archief (RWS)
- asset manager(s) complex
- RWS coördinatoren kennisontwikkeling (GPO/PPO):
 - trekker(s) kennisveld
 - trekker(s) aanpak sluizen
 - projectleider Onderzoeksprogramma V&R
- aannemer

4 Concrete case: Roggebotsluis

4.1 Bronnenlijst

In het overleg van maandag 4 oktober 2021 is besloten om het ‘sloopobject’ Roggebotsluis als concrete case te gebruiken om tot een generieke aanpak te komen voor het creëren van de vereiste randvoorwaarden bij toekomstige projecten met “sloop in de scope”.

In het (digitale) archief van RWS is een groot aantal (digitale) bronnen³ beschikbaar gekomen over ontwerp, bouw, beheer en onderhoud van de voor (destructief) onderzoek relevante civiele en bewegende delen van de Roggebotsluis. De volgende zijn de meest relevante:

- [1.] afstudeerrapport “Reststerkte en Restcapaciteit legankerconstructies”, L. Leene en S. Broekhuis, hogeschool Windesheim, juli 2019;
- [2.] “Aalhevel.pdf” (6,0 MB)
- [3.] “Alle civieltechnische tekeningen Algemeen.pdf” (18,1 MB)
- [4.] “Alle civieltechnische tekeningen Brug.pdf” (8,8 MB)
- [5.] “Alle civieltechnische tekeningen overstijgend.pdf (2,5 MB)”
- [6.] “Alle civieltechnische tekeningen Sluis.pdf” (56,2 MB)
- [7.] “Alle civieltechnische tekeningen Spuisluis.pdf” (5,1 MB)
- [8.] “Electrotechnische tekeningen Algemeen.pdf” (1,3 MB)
- [9.] “Electrotechnische tekeningen Brug.pdf” (7,3 MB)
- [10.] “Electrotechnische tekeningen Overschijgend.pdf” (10,5 MB)
- [11.] “Electrotechnische tekeningen Sluis.pdf” (15,9 MB)
- [12.] “Electrotechnische tekeningen Spuisluis.pdf” (6,4 MB)
- [13.] “Mechanische tekeningen Brug.pdf” (16,8 MB)
- [14.] “Mechanische tekeningen Sluis.pdf” (31,0 MB)
- [15.] “Mechanische tekeningen Spuisluis.pdf” (0,8 MB)
- [16.] “Overige tekeningen.pdf” (4,1 MB)
- [17.] “Bestek en voorwaarden voor het bouwen van een schutsluis (Roggebotsluis) in de afsluiting van het Veluwemeer nabij Kampen met bijkomende werken”, bestek 764 Z.W./O.FL. No. 25, 4 mei 1954, Ministerie van Verkeer en Waterstaat.

³ Dit omvat ook informatie uit conditioneringsonderzoeken (nul-inspecties) en verschillende soorten andere inspecties (zoals instandhoudingsinspecties);

4.2 Long list met nuttig en haalbaar (destructief) onderzoek

4.2.1 Lijst van onderdelen

Op basis van de bovengenoemde bronnen is gekomen tot de volgende tabel van de relevante civiele en bewegende delen waar (destructief) onderzoek aan zou kunnen worden verricht:

component	onderdeel	materiaal	uitvoering
civiel	vleugelwanden	staal	
	legankers	staal	
	bodembescherming	...	CEMT IVb
	kolkwanden (incl. dilataties)	beton	
	paalfundering	beton	
	omloopriool	...	
	remmingwerk	hout	CEMT IVb
	bolders	...	
	bewegend	puntdeuren	hout
	waaierdeuren	...	
	bewegingswerken	...	

Voor deze onderdelen is in afstemming met genoemde experts geïnterviewd:

- welk (destructief) onderzoek is nuttig en (technisch) haalbaar?
- hoe representatief⁴ voor het areaal is de verschijningsvorm van dit onderdeel?
- welk (destructief) onderzoek kan tot resultaten leiden die representatief zijn voor andere kunstwerken, en heeft dus meerwaarde voor het resterende areaal?
- welke informatie is nodig om hierover een uitspraak te kunnen doen?

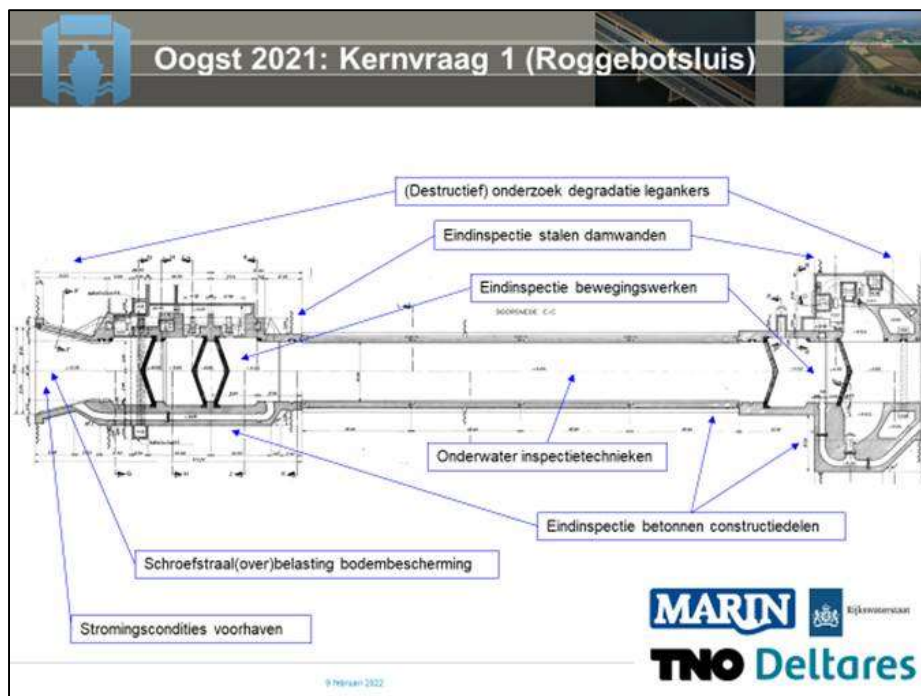
4.2.2 Beschrijving mogelijk (destructief) onderzoek

In Bijlage C is voor de volgende mogelijke (destructieve) onderzoeken op onderdelen van de Roggebotsluis (zie Figuur 1) een globale beschrijving opgenomen:

- Betrouwbaarheid onderwater monitoringstechnieken
- Eindinspectie betonnen constructie-delen
-> dit omvat tevens onderzoek naar materiaaldegradatie van beton
- Eindinspectie stalen damwanden (betrouwbaarheid meting wanddikte)
-> dit omvat tevens onderzoek naar materiaaldegradatie van staal
- (Potentieel) destructief onderzoek bodembescherming
- Onderzoek stromingscondities voorhavens
- Onderzoek degradatie (afname dwarsdoorsnede) legankers
- Destructieve proeven sterkte legankerconstructie
- Aging paalfunderingsdraagvermogen
- Eindinspectie bewegingswerken

In deze beschrijving van het onderzoek komen de volgende aspecten aan bod: karakter, beschrijving (met inschatting meerwaarde), voorwaarden, representativiteit en vereiste info.

⁴ Hiermee kan worden aangegeven in hoeverre opgedane kennis kan worden ingezet bij andere (natte) kunstwerken;



Figuur 1: Overzicht van mogelijk (destructief) onderzoek bij Roggebotsluis

4.3 Contactpersonen Roggebotsluis

Het aanhaken van de volgende personen bij Roggebotsluis is essentieel bij een procesmatige inbedding van nader te bepalen (destructief) onderzoek tijdens dit specifieke slooppject:

- beheerder(s) complex (regio):
 - objectdeskundige (incl. omliggende netwerk): Harmen Faber (RWS-MN)
 - beheerder beschikbare data en informatie: Marcel van Delden (RWS-MN)
- asset manager(s) complex: Marcel van Delden (RWS-MN)
- RWS coördinatoren kennisontwikkeling (GPO/PPO):
 - trekker(s) kennisveld: Erwin Pechtold (RWS-GPO)
Marloes Baijens (RWS-GPO)
 - trekker aanpak sluisen: Patrizia Bernardini (RWS-GPO)
 - projectleider Onderzoeksprogramma V&R: (opvolger van) Leo Klatter
- aannemer (na gunning): Jurjen Hagen (Mobilis)

4.4 Onderbouwde short list meest kansrijk onderzoek

Op basis van de long list van mogelijke (destructieve) onderzoeken op onderdelen van de Roggebotsluis (zie Paragraaf 4.2.2) is een aantal klankbordgroepen van experts binnen de partners geraadpleegd om de kansrijkheid in te schatten. Met hen zijn de impact van het onderzoek op het slooppject, de kosten verbonden aan het onderzoek, de technische haalbaarheid, de representativiteit voor het areaal, de meerwaarde van de onderzoeksresultaten voor de praktijk en het draagvlak bij de KpNK-partners tegen het licht gehouden. In Bijlage D zijn de resultaten van de gevoerde gesprekken opgenomen.

Vanwege de volgende oorzaken is een gesprek over de volgende onderzoeken niet gevoerd:

- Op basis van de beschikbare informatie en expert judgement is ingeschat dat het onderzoek naar de impact van **aging op het paalfunderingsdraagvermogen** op deze locatie geen meerwaarde voor de praktijk oplevert. Vanuit de belastinggeschiedenis lijken de belastingwisselingen (in relatie tot een waterpeilverschil van enkele decimeters) verwaarloosbaar klein. Dit maakt onderzoek naar het effect van belastingwisselingen op het paal draagvermogen niet interessant. Verder levert het toegepaste a-typische paaltype – *betonpalen met een punt* – geen representatieve resultaten op. En tot slot is de technische haalbaarheid (door de onbereikbare paalkoppen diep onder een betonvloer) als laag ingeschat.
- Op basis van expert judgement is het (potentieel) destructieve onderzoek naar de **sterkte van de bodembescherming**, mede door het robuuste type bescherming, op deze locatie weinig kansrijk ingeschat. Vanwege de verwachting op een hoge impact op het slooproject, de onzekere technische haalbaarheid van een representatieve proef en de hoge kosten is dit onderzoek voor deze locatie dus niet nader besproken. Op andere locaties, waar een gevoeliger type bodembescherming is toegepast, zal dit nog steeds wel een interessant en haalbaar onderwerp kunnen zijn!

De resultaten van de gevoerde expert gesprekken, en daarmee de onderbouwing van de onderstaande short list, is in tabelvorm samengevat in Bijlage E. Dit laat de volgende volgorde van de meest kansrijke naar de minst kansrijke onderzoeken zien:

1. Betrouwbaarheid onderwater monitoringstechnieken
2. Eindinspectie stalen damwanden (*onderdeel betrouwbaarheid monitoring wanddikteafname*)
3. Onderzoek degradatie (afname dwarsdoorsnede) legankers
4. Eindinspectie betonnen constructie-delen
5. Eindinspectie stalen damwanden (*onderdeel bepaling wanddikteafname en insteeklengte vleugelwanden en kwelschermen*)
6. Eindinspectie bewegingswerken
7. Destructieve proeven sterkte legankerconstructie
8. Onderzoek stromingscondities voorhavens (sluiskolk en spuumiddel)

5 Conclusies; voorstel voor vervolg

We zijn op basis hiervan tot de volgende top 6 gekomen van onderzoek met draagvlak binnen de KpNK-partners (met orde van grootte kosten en potentie marktbetrokkenheid):

1. Betrouwbaarheid onderwater monitoringstechnieken [**~10kE + TKI-potentie**]
2. Eindinspectie stalen damwanden (toetsen betrouwbaarheid monitoring) [**~15kE**]
3. Onderzoek degradatie (afname dwarsdoorsnede) legankers [**~15kE**]
4. Eindinspectie betonnen constructie-delen [**~65kE**]
5. Eindinspectie stalen damwanden (vleugelwanden en kwelschermen) [**~72kE**]
6. Eindinspectie bewegingswerken [**~30-60kE**]


In het vervolg dient de mogelijkheid te worden meegenomen, dat één of meerdere delen van deze onderzoeken op een later moment worden uitgevoerd. Door tijdens de sloop de vereiste onderzoeksgegevens en materiaalmonsters (zoals delen van de bewegingswerken) veilig te stellen, kunnen onderzoeksvragen worden gefaciliteerd die mogelijk later pas gaan spelen.

Het besluit van de KpNK-partners (al dan niet in samenwerking met marktpartijen), om de vereiste extra inspanningen en kosten van het uitvoeren van onderzoek(en) uit deze top 6 ook daadwerkelijk te gaan maken, zal in 2022 door het KpNK worden voorbereid. Hiervoor wordt naar het definitieve plan van aanpak van KpNK-werkpakket 1.1 verwezen.

Tot slot. Voor de andere onderwerpen is, gezien de beoordeling van de verschillende aspecten, tot de conclusie gekomen dat er op deze locatie geen draagvlak voor is. Op andere locaties met andere randvoorwaarden kunnen alle onderwerpen van de long list (zie Paragraaf 4.2.2) nog steeds wel interessant en haalbaar (destructief) onderzoek zijn!

A Lijst mogelijk te valideren KpNK 2017-2020 producten

De volgende kennisproducten zijn beschikbaar op www.nattekunstwerkenvandetoekomst.nl :

-  KpNK-2017-BKW-01a001-v1 Vergelijking van schroefstraalstroombeelden - CFD en empirische formules.pdf
-  KpNK-2017-BKW-01a002-v1 Vergelijking van schroefstraalstroombeelden - ppt CFD propeller jets in lock.pdf
-  KpNK-2017-NKW-03a001-v1 Lock filling schematization MSc_final v2.pdf
-  KpNK-2017-NKW-03a002-v1 Vlot en veilig nivelleren.pdf
-  KpNK-2017-NKW-03b001-v1 Trillingen van fibre-reinforced polymer sluisdeuren en -schuiven_MSc.pdf
-  KpNK-2017-NKW-05a001-v1 Kansen Energie uit water.pdf
-  KpNK-2017-SKW-01c001-v1 Zoutindringing door schutsluizen, overzicht projecten en aanzet formulering tbv netwerkmodellen.pdf
-  KpNK-2017-SKW-02a001-v1 Functionele Levensduur - Inventarisatie bestaande projecten.pdf
-  KpNK-2018-BKW-01a003-v1 Veranderende belasting - Schroefstralen in sluisolk.pdf
-  KpNK-2018-BKW-02a001-v1 Verslag workshop corrosie stalen damwanden in zoetwater_Brinkman.pdf
-  KpNK-2018-BKW-03a001-v1 Influence of soil embedment on local instability of class 4 profiles.pdf
-  KpNK-2018-BKW-03b002-v1 Gebruik performance data via reliability updating.pdf
-  KpNK-2018-BKW-04b001-v1 Degradation patterns from thickness measurements of 85-year old sheet pile walls.pdf
-  KpNK-2018-BKW-04b002-v1 Ultrasonische meettechniek.pdf
-  KpNK-2018-NKW-02b001-v1 Innovatief afmeren_inventarisatie methoden.pdf
-  KpNK-2018-NKW-03b002-v1 Trillingsgevoeligheid keermiddelen liftcoefficient veel voorkomende schuiven.pdf
-  KpNK-2018-NKW-03b003-v1 Vertical wave loads on lock gates.pdf
-  KpNK-2018-NKW-03c001-v1 CFD validatie voor afvoercapaciteit stuwen.pdf
-  KpNK-2018-SKW-01a001-v1 Inventarisatie raakvlakken vaarweg-kunstwerk tbv capaciteit.pdf
-  KpNK-2018-SKW-01b002-v1 Kunstwerken in netwerkmodellen - Aanzet functioneel ontwerp Baseline.pdf
-  KpNK-2018-SKW-01c002-v1 Zoutindringing schut- en spuisluizen - Opzet en verkenning.pdf
-  KpNK-2018-SKW-02a002-v1-Functionele Levensduur - Case Julianakanaal Grensmaas.pdf
-  KpNK-2018-SKW-03b001-v1 Afweging ten behoeve van vervangingsstrategieën.pdf
-  KpNK-2019-BKW-02a002-v1 Corrosie damwanden in zoetwater - Literatuurstudie.pdf
-  KpNK-2019-BKW-02a003-v1 Corrosie damwanden in zoetwater - Analyse metingen.pdf
-  KpNK-2019-BKW-03b003-v2 Probabilistische tools - Gebruik data in updaten levensduur kunstwerken_case damwand.pdf
-  KpNK-2020-BKW-02a004-v1 Degradation of Steel Sheet Piles - Modification factor_Brinkman.pdf

Bij het slopen van de Roggebotsluis kunnen de geel gearceerde KpNK kennisproducten mogelijk worden verrijkt. Daarnaast wordt op dit moment (tot aan juni 2022) door de KpNK-partners gezamenlijk gewerkt aan de volgende onderzoeksonderwerpen:

- Levensduur betonnen duikers & sifons (restlevensduur materiaal);
- Quick-Scan damwanden (meetprotocol en analyses);
- Kwantificeren aanvaarrisico's met behulp van een kwantitatieve risico-analyse (QRA) voor bruggen, sluisen, stuwen, keringen van RWS;
- Verbetering model beoordelen einde levensduur t.b.v. V&R "intake";
- Vertaling technische levensduur naar beslisinformatie (degradatiecurven);
- Technieken conditiebepaling (verankeringen) op moeilijk bereikbare plekken.

B Nuttige informatie voor benutten 'sloopobjecten'

B.1 Voorbeelden van KES-eisen

Code	Titel		
KES-0001	In het kader van degradatie- en levensduuronderzoek dienen verschillende onderdelen van de Roggebotsluis, na de sloop ter beschikking worden gesteld aan RWS.		
Concept eistekst:	De aannemer van de sloopwerkzaamheden dient na de sloop van de Roggebotsluis, vrijgekomen onderdelen beschikbaar te stellen aan RWS voor onderzoeksdoeleinden.		
Status:	wel / niet gehonoreerd	Datum status:	15-10-2019
<p><i>Toelichting op eistekst:</i></p> <p>Welke onderdelen bruikbaar zijn voor onderzoeksdoeleinden hangt in zekere mate af van de inspanning die benodigd is om de onderdelen vrij te geven en de conditie waarin deze verkeren. De sloopaannemer dient in overleg met RWS, ten minste de volgende onderdelen ter beschikking te stellen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Een tweetal haalkommen, 2 bolders, 2 halsbeugels, 2 taatsen, 1 stalen damwandplank en alle legankers. <p>Bij het verwijderen van onderdelen is enige zorgvuldigheid geboden, een sloopaannemer dient hier zorg voor te dragen. Leidend is hierbij wel dat het reguliere sloopproces niet wordt vertraagd. Als blijkt dat bepaalde onderdelen niet eenvoudig vrij te geven zijn, kan in afstemming met de sloopaannemer ter plekke besloten om de betreffende onderdelen uit te sluiten voor onderzoeksdoeleinden.</p> <p>Voorafgaand aan de sloop vergt dit enige afstemming met de tussen RWS en de sloopaannemer, omdat duidelijk moet zijn op welke locaties de verschillende onderdelen vrijgemaakt moeten worden.</p> <p>Het transport en de opslag van de vrijgekomen onderdelen t.b.v. onderzoeksdoeleinden zal worden gefaciliteerd door RWS. De sloopaannemer dient enkel tijdelijke opslag te faciliteren op het terrein van de Roggebotsluis.</p>			

Code	Titel		
KES-0002	Faciliteren van visuele inspecties tijdens de sloop.		
Concept eistekst:	De aannemer van de sloopwerkzaamheden dient tijdens de sloopwerkzaamheden RWS in staat te stellen om visuele inspecties uit te voeren.		
Status:	wel / niet gehonoreerd	Datum status:	15-10-2019
<p><i>Toelichting op eistekst:</i></p> <p>Er is voorgenomen om visuele inspecties uit te voeren gedurende de sloop van de Roggebotsluis, zodat er in detail gekeken kan worden naar de conditie het betreffende onderdeel. Op aangeven van RWS dient de sloopaannemer een sluisonderdeel zorgvuldig vrij te maken om vervolgens het werk tijdelijk stil te</p>			

leggen, zodat er foto's gemaakt kunnen worden. RWS is met name geïnteresseerd in de verankering van het sluismeubilair en de legankerconstructies in

Omwille van tijd kan er in goed overleg met de sloopaannemer ook voor gekozen worden om enkele onderdelen eerst grofstoffelijk vrij te ontmantelen om vervolgens later de bruikbare onderdelen vrij te maken.

Code	Titel		
KES-0003	Destructief onderzoek op de legankers		
Concept eistekst:	De aannemer van de sloopwerkzaamheden dient voor de sloopwerkzaamheden destructief onderzoek uit te voeren op de legankerconstructies in de vleugelwanden van de Roggebotsluis.		
Status:	wel / niet gehonoreerd	Datum status:	15-10-2019
<i>Toelichting op eistekst:</i>			
<p>De sloop van de Roggebotsluis biedt een unieke kans om meer inzicht te krijgen in het degradatiegedrag van ankersystemen. Ankersystemen worden veelvuldig toegepast in het areaal van RWS, maar er is weinig praktijkkennis beschikbaar over de het verouderingsgedrag en de capaciteitsafname over de levensduur van degelijke systemen. Mede hierom wil RWS bezwijkproeven uitvoeren op de legankerconstructies bij de Roggebotsluis, eventueel in combinatie met aanvullende laboratorium proeven.</p> <p>In opdracht van RWS hebben twee studenten een afstudeeropdracht uitgevoerd over het theoretische degradatiegedrag van ankersystemen bij de Roggebotsluis. In de afstudeerrapportage is het destructieve onderzoek nader uitgewerkt en er is een sloopprotocol opgeleverd. Dit protocol beschrijft op hoofdlijnen hoe de bezwijkproeven uitgevoerd kunnen worden. Verdere afstemming met de sloopaannemers is vereist, aangezien de werkwijze en volgorde bij het slopen, in grote mate bepaald hoe de bezwijkproeven uitgevoerd kunnen worden. Ten minste 3 maanden voorafgaand aan de sloop dient hier afstemming over plaats te vinden tussen RWS en de sloopaannemers(s). De totale duur voor het beproeven van ankerconstructies op locatie duurt naar verwachting 2 weken. De beproefde ankers, evenals de niet beproefde ankers moeten daarna worden opgegraven om voor visuele inspecties.</p> <p>Voor de financiering van deze onderzoeken is een verzoek ingediend bij Landelijke taken van RWS. Deze worden op jaarlijkse basis toegekend, waardoor op dit moment nog niet met zekerheid kan worden gesteld dat het budget beschikbaar is ten tijden van de sloop.</p>			

B.2 Sloop protocol (uit MSc-onderzoek legankers)

Voor deze tekst wordt verwezen naar paragraaf 3.4.1.1 van het afstudeerrapport.

C Globale beschrijving onderzoeken long list

C.1 Betrouwbaarheid onderwater monitoringstechnieken

KARAKTER VAN IMPACT OP SLOOPPROJECT: laagdrempelig

BESCHRIJVING: De betrouwbare kennis over de status van de kolkwanden en vloer van de sluis kan helpen in het maken van voorspellingen over de restlevensduur. Daartoe wordt voorgesteld om terwijl de sluis nog in gebruik is een opname te maken van wanden en vloer, bijv. met een sonarboot of soortgelijke technieken. Na het droog zetten van de kolk kunnen de resultaten van de opname vergeleken worden met visuele opnames waarmee de betrouwbaarheid en nauwkeurigheid van de (eerdere onderwater)opnames bepaald en mogelijk verbeterd kan worden. Dit zal uiteindelijk bijdragen aan een beter prognoserapport.

Eventueel kan een TKI project worden voorgesteld waarbij meerdere inspectiebedrijven elk hun onderwater monitoringstechniek gebruiken, en zo een goed inzicht wordt verkregen in de voordelen en nauwkeurigheid van elke techniek.

VOORWAARDE(N): Een voorwaarde voor dit onderzoek is dus dat op enig moment de kolk wordt drooggezet voor of tijdens de sloop.

REPRESENTATIVITEIT: Het op deze wijze beoordelen van onderwater inspectietechnieken biedt voordelen voor alle sluisen in Nederland.

INFO: Aanvullende informatie is niet benodigd voor het laten slagen van dit onderzoek.

C.2 Eindinspectie betonnen constructie-delen

KARAKTER VAN IMPACT OP SLOOPPROJECT: laagdrempelig

BESCHRIJVING: Voor het prognoserapport en herbeoordelingen is het van belang om te weten hoe het materiaal beton zich ontwikkelt door de decennia. Te denken valt aan het significant groter worden van de druksterkte en mogelijk schademechanismes. Het onderzoek omvat een visuele inspectie om zo een indruk te krijgen van de sluis en daarnaast het boren van kernen uit de vloer en kolkwanden voor het bepalen van carbonatatie, chloriden indringing (vanaf de brug), PFM (microscopie; aanwijzingen ASR, ettringiet, etc.), TEM, UPV, corrosieproducten en druksterkte. Deze gegevens worden vastgelegd in een database waaraan, voor toekomstige sluisen, gegevens worden aangevuld. Voor de slopen objecten zou dit een eind-inspectie genoemd kunnen worden waaruit geleerd wordt voor beoordelingen bij andere sluisen.

VOORWAARDE(N): Een voorwaarde voor dit onderzoek is dat op enig moment de kolk wordt drooggezet voor of tijdens de sloop.

REPRESENTATIVITEIT: In de periode eind jaren 50 tot begin jaren 70 van de vorige eeuw zijn een groot aantal sluisen gebouwd. Verwacht wordt dat voor een groot gedeelte van die sluisen hetzelfde beton is gebruikt als bij de Roggebotsluis. De komende jaren zullen veel van de sluisen uit die periode vervangen, gerenoveerd of her-beoordeeld worden. De informatie uit dit onderzoek over de sterkte en kwaliteit van het beton van de Roggebotsluis zal een waardevolle aanvulling zijn voor de toekomstige beoordeling van andere sluisen, bijvoorbeeld kan de betonnen constructie nog 50 jaar mee wanneer er een nieuwe deur in wordt geplaatst. Zo ontstaat er een beter beeld over de sterkteontwikkelingen van het beton, en deze informatie kan direct gebruikt worden voor de bepaling van de restlevensduur.

INFO: Om het succes van dit onderzoek te vergroten is het gewenst dat de ontwerpgegevens en het uitvoeringsbestek beschikbaar zijn. Het bestek is inmiddels opgevraagd bij het Nationaal

Archief. Aanvullend zouden met documenten van inspectie en uitgevoerd onderhoud een tijdslijn van de sluis gemaakt kunnen worden.

C.3 Eindinspectie stalen damwanden (betrouwbaarheid meting wanddikte)

KARAKTER VAN IMPACT OP SLOOPPROJECT: semi-laagdrempelig

BESCHRIJVING: Stalen damwanden worden veelal onbehandeld in civiele constructies toegepast. Langs kanalen en bij bestaande natte kunstwerken (zoals sluisen en stuwen) zijn ze veelal initieel voorzien van een beschermde coating. Over de jaren treedt er corrosie op. De werkelijke corrosiesnelheid over de decennia en of dit gelijkmatig over de hele damwand plaats vindt is een onbekende. Zeker de delen die aan beide zijden onder de grond zitten, de zogenaamde kwelschermen. Het bepalen van de restlevensduur voor grond(water)dichtheid en/of sterkte is dan lastige te bepalen. Er is een mogelijkheid om voorafgaand aan de sloop door middel van een monitoringstechniek de wanddikte onderwater te bepalen en deze te vergelijken met de wanddikte nadat de sluis is drooggezet. De spreiding van de corrosiesnelheid over de wand kan dan ook worden bepaald. Daarnaast kan de wanddikte gemeten worden van damwanden waar men normaal niet bij kan komen, bijvoorbeeld onder de vloer. Dan zou men kunnen bepalen of daar ook corrosie optreedt door macro-cel corrosie.

Er zijn op verschillende plekken bij de Roggebotsluis (kwelschermen en vleugelwanden) stalen damwanden gebruikt. Op basis van de tekeningen [3] en [6] lijkt het grootste deel hiervan zich aan beide zijden echter onder de grond te bevinden, zodat deze niet met de huidige monitoringstechnieken voor wanddiktemetingen bereikbaar zijn. Ervaring leert verder dat puntmetingen voor wanddikte net naast de kritische plek kunnen zitten. Een wanddiktemeting over een groter oppervlak heeft als voordeel dat een vollediger beeld van de integriteit van de wand wordt verkregen, en daarmee de restlevensduur en benodigde onderhoudsacties. Het onderzoek richt zich op het vaststellen van de betrouwbaarheid van deze meettechniek onderwater.

Het is sowieso wenselijk om een representatief aantal wanddiktemetingen te kunnen doen na verwijdering, en deze aan de landelijke database toe te voegen. Dit draagt bij aan een beter prognoserapport. Een beperkt deel van de vleugelwanden bevindt zich boven de grond én is onderwater bereikbaar. Daarnaast zijn er bij de naastgelegen spuisluis wel grotere delen damwand bereikbaar vanaf het water. Beide sluisen (schut- en spuisluis) worden gesloopt.

VOORWAARDE(N): Voorwaarde voor onderzoek naar de betrouwbaarheid van de onderwater monitoringstechniek is dat de omgeving van de damwand drooggezet kan worden, en/of dat een stuk damwand door de sloopaannemers bewaard wordt voor nader onderzoek. Het bewaren van stukken damwand na verwijderen is de enige mogelijkheid voor nader onderzoek naar de delen van de damwandconstructies die geheel onder de grond zitten. Hierbij is van belang om te documenteren uit welk deel van de sluis dit deel van de damwand verkregen is.

REPRESENTATIVITEIT: In de civiele techniek worden veel stalen damwandconstructies toegepast, waarbij de goede werking een kritisch onderdeel is van het kunstwerk. De kennis over de betrouwbaarheid van meettechnieken (op een beperkte aantal planken mogelijk) en over de afname van de wanddikte (onder de grond en onderwater) van planken uit dit onderzoek kan direct toegepast worden bij andere sluisen ten aanzien van corrosiesnelheid; vooral de wanddikteafname van stalen damwanden onder de grond wordt zelden gemeten. Met deze informatie kunnen optimale inspectie en onderhoudsmaatregelen genomen worden, omdat een beter inzicht is verkregen over de corrosiesnelheid en de spreiding over de hele damwand van deze corrosiesnelheid.

C.4 (Potentieel) destructief onderzoek bodembescherming

KARAKTER VAN IMPACT OP SLOOPPROJECT: hoogdrempelig

BESCHRIJVING: Het bezwijken van een bodembescherming door schroefstraalbelasting van hoofd- en boegschroeven van schepen wordt momenteel benaderd door (semi-)empirische methoden waarbij het vermoeden bestaat dat deze conservatief zijn. Het onderwerpen van een bodembescherming aan hogere belasting dan de ontwerpwaarden kan relevante data opleveren die gebruikt kunnen worden bij het aanscherpen van de ontwerpmethodieken.

Met soortgelijke proeven is recent ervaring binnen het TKI Schroefstraal Onderzoeksprogramma opgedaan. Belangrijk verschil is dat bij die proeven de bodembescherming niet tot bezwijken mocht worden gebracht, waardoor alleen naar stroombeelden kon worden gekeken. In dit lopende TKI-programma (met CROW als penvoerder) werken RWS, MARIN en Deltares samen met verschillende marktpartijen aan minder conservatieve beoordelingsmethoden. Juist vanwege de mogelijkheid om hier de bodembescherming tot bezwijken te brengen, zou dit een perfecte volgende proeflocatie zijn! Ook is een dergelijke dataset van meerwaarde voor een NWO-voorstel naar fundamentele vragen over de schroefstraalbelasting op een bodembescherming dat, indien goedgekeurd, halverwege 2022 kan gaan starten.

Ter plaatse van de remmingwerken biedt deze locatie ook de mogelijkheid om een dataset te verzamelen over de zwaardere stromingscondities ter plaatse van het raakvlak remmingwerk-bodembescherming, waar op dit moment een PIANC-werkgroep (met Henk Verhey van de TU Delft) en CFD-onderzoek Tom de Mulder bij Universiteit van Gent behoefte aan hebben.

VOORWAARDE(N): Voorwaarde voor dit onderzoek is het zorgvuldig in kaart brengen van de bodemcondities voor aanvang van het onderzoek en vervolgens na het aanbrengen van elke belasting. Ook moet de aanloop van de sluis gedurende de periode van het onderzoek toegankelijk zijn voor een maatgevend schip en kan de eventueel optredende bodemerrosie leiden tot instabiliteit van constructie-elementen.

REPRESENTATIVITEIT: Op basis van beperkt beschikbare informatie over de toegankelijkheid van de omgeving, de waterdiepten en samenstelling van de bodembescherming (van een ontwerp-tekening) wordt ingeschat dat een schroefstraalbelasting-proef op deze locatie representatief is voor weinig andere locaties.

C.5 Onderzoek stromingscondities voorhaven

KARAKTER VAN IMPACT OP SLOOPPROJECT: semi-laagdrempelig

BESCHRIJVING: Adviseurs moeten de stromingscondities tijdens het legen van een sluis kolk in een voorhaven onderbouwen (in het kader van de netwerkfunctie vlot en veilig verkeer over water), waarvoor zij bijvoorbeeld CFD-analyses gebruiken. De betrouwbaarheid van CFD-resultaten staat in projecten (bijvoorbeeld bij het ontwerp van de dichtbij gelegen Reevesluis) nog wel eens ter discussie. Op basis van de beperkt beschikbare informatie (situatietekening, dimensies kolk en omloopriolen en afvoerkromme) lijkt dit een geschikte onderzoekslocatie.

De meerwaarde van dit onderzoek zit waarschijnlijk in de volgende aspecten:

- Validatie van voorspelde stromingscondities op deze plek (met vaker voorkomende asymmetrisch gelegen voorhavens) zal het vertrouwen in CFD-analyses vergroten.
- Deze locatie biedt de mogelijkheid om verschillende stromingscondities te creëren:
 - legen via beide omloopriolen
 - legen via één omloopriool
 - legen via kier in (waaier)deur

- Doordat de omloopriolen uitkomen op de remmingwerken, biedt deze locatie ook de mogelijkheid om bij het legen een dataset te verzamelen over de zwaardere stromingscondities ter plaatse van het raakvlak remmingwerk-bodembescherming (t.b.v. PIANC werkgroep Henk Verhey en CFD-onderzoek Tom de Mulder bij Universiteit van Gent).
- Mogelijk dat in het meetprogramma ook de stromingscondities bij het spuumiddel kunnen worden gemonitord, als validatie voor
 - CFD-analyses voor soortgelijke spui faciliteiten bij de Krammersluis;
 - de ontwerpaanpak bij RWS-spuifaciliteit Grevelingen (Alex Capel, Deltares).

In het monitoringsprogramma kan eventueel ook de impact van de stromingscondities op de bodembescherming mee worden beschouwd.

VOORWAARDE(N): Indien er een voldoende groot verval over de sluis kolk kan worden gezet, dan kan het meerwaarde hebben om de stromingscondities in de voorhaven tijdens het legen van de kolk te gaan monitoren. Op basis van de beschikbaar gestelde informatie (met een verval van circa 0,15 à 0,30 m) lijkt dit het geval. Voor een dergelijk hydraulische monitoring bij veldproeven ligt er al een testplan gericht op stuwen (dus niet specifiek voor sluisen), dat in KPP-verband met Wim Kortlever en Wilco Meijerink van GPO is opgesteld.

Indien ook de impact van de stromingscondities op de bodembescherming moeten worden beschouwd, dan dient (in lijn met het onderzoek in paragraaf 0) voor aanvang van het onderzoek en vervolgens na het aanbrengen van elke belasting de bodemcondities zorgvuldig in kaart te worden gebracht. De opmerking in paragraaf 0, dat de eventueel optredende bodemerosie kan leiden tot instabiliteit van constructie-elementen, zal in mindere mate gelden.

REPRESENTATIVITEIT: hoog, aangezien er de mogelijk lijkt te zijn om een representatieve dataset voor verschillende stromingscondities (bij de sluis en, indien mogelijk, het spuumiddel) te verzamelen die voor verschillende doeleinden inzetbaar is.

C.6 Onderzoek degradatie (afname dwarsdoorsnede) legankers

KARAKTER VAN IMPACT OP SLOOPPROJECT: laagdrempelig

BESCHRIJVING: Het afnemen van de dwarsdoorsnede van de ankerstaaf van een legankerconstructie is een bijzonder onzeker proces waarover geen meetdata beschikbaar is. Bij dit onderzoek dient van zoveel mogelijk ankerstaven in detail de resterende dwarsdoorsnede te worden gemeten over de gehele lengte, zodat op de verkregen set aan meetdata extreme waarde statistiek op kan worden losgelaten en de ruimtelijke verdeling van de dwarsdoorsnede-afname over de ankers onderling inzichtelijk wordt.

Er wordt ingeschat dat het geen geavanceerd onderzoek hoeft te zijn: de staven moeten worden gegrit en vervolgens kunnen worden opgehangen, zodat het gewicht en het volume kunnen worden gemeten. Het laatste kan plaatsvinden door de staven in het water te laten zakken met een constant peil, en op basis van de afname van het gemeten gewicht (door de opwaartse kracht van het ondergedompelde deel van de staaf) het volume te bepalen. Het enige wat je nodig hebt is een hoge hal en een zou ik denken.

VOORWAARDEN: De beschikbaarheid van een voldoende hoge hal en een met water gevulde buis / grote pvc pijp om de ankerstaven te bemeten. Deze ankerstaven zouden na de opmeten naar het laboratorium van TNO moeten worden gebracht om deze nader te onderzoeken.

REPRESENTATIVITEIT: legankerconstructies worden in alle waterbouwkundige constructies (maar ook bij andere grondkerende constructies) toegepast.

C.7 Destructieve proeven sterkte legankerconstructie

KARAKTER VAN IMPACT OP SLOOPPROJECT: semi-laagdrempelig

BESCHRIJVING: In het afstudeerrapport [1] wordt aangegeven: “*Er wordt al jaren gewerkt met ontwerpnormen voor legankerconstructies waarvan niet inzichtelijk is of deze wellicht te conservatief of juist te optimistisch zijn. Onderzoek hiernaar is namelijk lastig uit te voeren aangezien deze legankers in de grond liggen. Het slopen van de Roggebotsluis biedt de unieke kans om destructief onderzoek op legankerconstructies uit te voeren.*” Met het door deze auteurs geschreven toets- en testprotocol hiervoor wordt niet alleen een meer werkelijkheidsgetrouwe inschatting van de staat, en daarmee te verwachten restlevensduur, van de legankerconstructie als geheel in een grondkerende constructies verkregen. Het geeft tegelijkertijd meer inzicht in de kritische onderdelen (ankerstaaf, moer, ankerplaat, verbindingstuk) van de legankerconstructie.

VOORWAARDEN: Het protocol in [1] grotendeels ontwikkeld door BSc-studenten Windesheim, dat eventueel nog moet worden aangescherpt of aangepast om de doelen van het onderhavige onderzoek te behalen, moet kunnen worden ingepast in de sloopwerkzaamheden. Sowieso is het essentieel dat alle onderdelen van de beproefde legankerconstructies kunnen worden opgegraven, zodat deze naderhand in een laboratorium kunnen worden onderzocht.

REPRESENTATIVITEIT: legankerconstructies worden in alle waterbouwkundige constructies (maar ook bij andere grondkerende constructies) toegepast.

C.8 Aging paalfunderingdraagvermogen

KARAKTER VAN IMPACT OP SLOOPPROJECT: hoogdrempelig

BESCHRIJVING: In Nederland wordt geen rekening gehouden met het feit dat het paaldragvermogen als gevolg van aging in de tijd kan toenemen. Dit omdat er geen Nederlandse meetgegevens bekend zijn. Deze toename aan draagkracht zou in de range van 10-20% kunnen liggen voor situaties zonder belastingwisselingen. In situaties met grote belastingwisselingen treedt het omgekeerde op: een afname aan draagkracht.

Rond 1950 begon de dienst Zuiderzeewerken met de bouw van de sluis, wat betekend dat de palen nu circa 70 jaar in de grond zitten. Ideaal om de tijdsafhankelijkheid waar te nemen. Het betreft wel een omvangrijk onderzoek, waarbij meerdere palen dienen te worden proefbelast evenals een serie nieuwe palen (en idealiter nog een serie palen na bijvoorbeeld een jaar).

Het onderzoek is van meerwaarde voor zowel nieuwbouw als bestaande bouw. Het past in een discussie die al tientallen jaren rond de waarde van γ_{VAR} loopt. Deze parameter loopt op tot 1,5 bij grote wisselingen en de vraag is hoe groot de bijdrage van aging is in de Nederlandse situatie. Dit onderzoek past ook in een groter kader. De tijd is er precies rijp voor, nu men in de praktijk met de rekenregels voor palen bezig is en nadenkt over een passend proefbelasting schema (met en zonder belastingwisselingen).

VOORWAARDE(N): Dat er geen sprake is van overgeconsolideerde grond, waarvan naar verwachting bij de Roggebotsluis sprake is. Verder is een voorwaarde een beperkte variatie in eigenschappen van de grondlaag waarin de palen zijn gefundeerd. Tot slot de beschikbaarheid van enkele palen die vergelijkbaar (qua type, grond, inheidiepte en belastinggeschiedenis) zijn.

REPRESENTATIVITEIT: Naar verwachting komen bij de Roggebotsluis series palen voor die systematisch op een andere manier zijn belast. Denk aan trek- en drukpalen, maar ook aan palen met een constante en een wisselende belasting. Dat biedt in theorie de potentie om in dezelfde grondslag observaties omtrent de paal draagkracht te doen voor verschillende belastingcondities.

INFO: De beschikbaarheid van lokale sonderingen, voor het beoordelen van het te verwachten paal draagvermogen en de variatie van de eigenschappen van de grondlaag waarin de palen zijn gefundeerd. En de ontwerp- en/of as built gegevens van de paalfundering.

C.9 Eindinspectie bewegingswerken

KARAKTER VAN IMPACT OP SLOOPPROJECT: laagdrempelig

BESCHRIJVING: De ervaring is dat er een hele grote spreiding zit op de levensduur van mechanische bewegingswerken. Sommige zijn nog nieuw bij einde levensduur, andere degraderen veel harder dan vooraf is voorspeld. Dit vormt de motivering om (in een bredere context) materiaalonderzoek uit te voeren op een aantal bewegingswerken uit de tijdsperiode waar de Roggebot stamt. Doel is om het gedrag van het bijna 70 jaar oude bewegingswerk van de Roggebotsluis te onderzoeken op vermoeiing en scheurinitiatie.

VOORWAARDE(N): Het is niet onoverkomelijk indien er weinig informatie over de bewegingswerken beschikbaar blijkt.

REPRESENTATIVITEIT: Voor een maximale representativiteit van onderzoek naar bewegingswerken, uitzoeken welke onderdelen vaak gebruikt worden elders in het land.

INFO: Tekeningen van de mechanische bewegingswerken.

D Onderbouwing shortlist vanuit expert meetings

D.1 Betrouwbaarheid onderwater monitoringstechnieken

D.1.1 Inleiding

Naar (kolk)grootte van de sluisen van Rijkswaterstaat, is de gemiddelde sluis 60 jaar oud. Voor het nauwkeurig kunnen bepalen de rest levensduur is een goede kennis van het kunstwerk vereist. Er zijn in de praktijk diverse inspectietechnieken beschikbaar om een indicatie te krijgen of er schadebeelden/-mechanismen aanwezig zijn. De bruikbaarheid van deze technieken staat niet ter discussie. Maar de vraag is welke techniek de juiste is voor de gegeven condities? Je zou kunnen denken aan schade aan de kolk, vervuiling van de vloer waardoor schade aan deuren kan ontstaan, en tenslotte scheuren in de stalen deuren.

Verder lijken er vooralsnog geen technieken te zijn waarmee er gericht (met hoog detailniveau) kan worden gekeken naar de ernst en omvang van individuele schades. Dit onderzoek zal ook bijdragen aan het bewustzijn van de (on)mogelijkheden van bestaande technieken op dit vlak.

D.1.2 Plan

Bij de sloop van de Roggebotsluis wordt zal worden bepaald welke fenomenen een invloed hebben op de restlevensduur en vervolgens worden verschillende inspectietechnieken gebruikt en de resultaten vergeleken.

Het voordeel van de nog te slopen sluis is dat het toegestaan is om bewust beschadigingen in de kolk en deuren te maken om te toetsen of deze beschadigingen (onder de condities ter plekke) ook wordt geïdentificeerd door de verschillende inspectietechnieken.

Het plan is om verschillende aanbieders van bestaande inspectietechnieken met elkaar te vergelijken en vervolgens een weging van inspectieresultaten (*levert het onder de condities ter plaatse een goede indicatie?*), -mogelijkheden (*welke detailniveau kan het onder de condities ter plaatse leveren?*) en -prijs te maken welke passen binnen de vraag van de beheerder voor de verwachte schademechanismen en verwacht risico voor de conditie van de sluis.

De resultaten zullen ook representatief voor andere sluisen waar dergelijke technieken kunnen worden toegepast. De technische haalbaarheid is hoog, doordat geen nieuwe technieken worden ontwikkeld.

D.1.3 Kosten

De kosten voor het KpNK zullen beperkt zijn doordat een aanpak via TKI wordt beoogd. De geschatte kosten worden gepland op 15.000 euro. De werkzaamheden omvatten:

- Bepalen verwachte schademechanismen;
- Aanbrengen schades aan/in de sluis
- Uitvoeren diverse inspecties
- Vergelijken resultaten en rapporteren.

Er wordt opgeleverd een rapportage met een vergelijking van inspectietechnieken. Benadrukt wordt dat het niet één inspectietechniek als beste eindigt, maar per situatie en risico zal er een optimale techniek zijn om de vraag van de beheerder te beantwoorden.

D.1.4 Economische meerwaarde

De gemiddelde RWS sluis is inmiddels 60 jaar oud, gekeken naar grootte van de sluis. Het wordt steeds belangrijker om de conditie van de sluis juist in te schatten om de juiste vervanging of renovatie beslissing te nemen. Met de resultaten van dit project kan de juiste inspectietechniek gekozen worden om de V&R vraag economische optimaal te kunnen beantwoorden.

D.2 Eindinspectie stalen damwanden (wanddikte)

D.2.1 Inleiding

De Nederlandse overheden hebben samen bijna 1600 km stalen damwand in beheer (RWS 980 km, provincies 191 km; gemeentes 354 km en waterschappen 50 km). Dit areaal heeft een geschatte vervangingswaarde van bijna 5 miljard euro. Met het ouder worden van deze damwanden is het noodzakelijk om de restlevensduur juist te voorspellen om de juiste V&R beslissing te nemen.

Echter in de praktijk blijken er onzekerheden te zijn zoals corrosie onder het grondniveau (belangrijk voor constructieve sterkte damwand) en de variatie van de corrosiesnelheid over de damwand (is de gemeten wanddikte afname lokaal of globaal?). Zo is voor de NEN 6766 Corrosie stalen elementen in de ondergrond een aanname gedaan voor de corrosiesnelheid van deze elementen die zich volledig in de grond bevinden omdat er geen meetresultaten zijn.

D.2.2 Plan

Bij de sloop van de Roggebotsluis dient de (sloop)opdrachtnemer de stalen damwandplanken volledig te verwijderen. Dit is een unieke kans om ook de afname van de wanddikte onder het grondniveau te meten. Aan de bovenzijde van de damwand is een betonnen deksloof, zodat de originele wanddikte bij de bouw bepaald worden nadat de opdrachtnemer deze deksloof heeft verwijderd. Met een bekende originele wanddikte kan een betrouwbare jaarlijkse corrosiesnelheid sinds 1955 verkregen worden.

In praktijk wordt een variatie van de corrosiesnelheid waargenomen tussen de verschillende lokaal gemeten wanddiktes van een damwand. Hiermee kan men zich afvragen welke informatie een punt-opname van de wanddikte oplevert. Voor dit onderzoek wordt een nieuwe methode gebruikt waarmee voor elke 1 bij 1 mm van de damwandplank een wanddikte wordt bepaald. Hierbij kan ook een uitspraak gedaan worden over de variatie van de corrosiecoëfficiënt (spatial variability) voor zowel boven water, water-lucht zone, onder water en de damwand onder de bodem van het kanaal. Hiermee kan een betere inschatting gemaakt worden van de restlevensduur.

Het voorstel is om twee keer 10 van de getrokken planken te onderzoeken.

In de praktijk wordt ook genoemd dat de werkelijk toegepaste lengte van de damwanden bepalend is voor de sterkte van de damwand. Het vermoeden bestaat dat damwanden in de praktijk korter zijn dan benodigd. TNO heeft een methode ontwikkeld waarmee de lengte van de damwand vanaf het maaiveld bepaald kan worden. Deze methode kan bij de Roggebotsluis in de praktijk gevalideerd worden waarmee een goed beeld ontstaat over restlevensduur op basis van wanddikte en werkelijke lengte.

D.2.3 Kosten

De (sloop)opdrachtnemer wordt verzocht om de 2 sets van 10 planken (naast elkaar) apart te leggen op de bouwplaats en schoon te maken. Na het onderzoek kan de opdrachtnemer de planken afvoeren, volgens de sloopopdracht van RWS.

Een medewerker van TNO zal van de gehele planken voor elke 1 bij 1 mm een wanddikte bepalen, rapporteren en analyseren. De damwandplanken dienen droog ingemeten gemeten kunnen worden. De werkzaamheden omvatten:

- Opnemen wanddikte van 2x10 damwand planken
 - lengte damwanden spuisluis 8.73m, tekening RWSMNN-1994-10480_2.pdf
 - lengte damwanden schutsluis 15.0m, tekening RWSMNN-1900-09320.pdf
- Verwerken metingen tot wanddiktes in een grafische en numerieke weergave van de wanddiktes.
- Verwerken metingen voor de vier genoemde zones en bijbehorende spatial variability
- Rapportage

Er wordt opgeleverd een rapportage over de corrosiesnelheid van damwanden voor de vier karakteristieke zones, namelijk 1) water; 2) splash zone; 3) onder water; en 4) onder het grondniveau (waar de damwand aan beide zijden grond heeft). Waarbij voor elke zone wordt aangegeven welke spreiding van de wanddikteafname is waargenomen (spatial variability). Met deze informatie kan een betere voorspelling van de restlevensduur van damwanden in zoet-water milieu gedaan worden.

De kosten voor het onderzoek worden als volgt geschat:

- Wanddikte afname voor vier zones inclusief spatial variability: 72.000 Euro
- In-situ bepaling lengte damwanden met validatie na trekken: 15.000 Euro

Met deze informatie kan een toolbox gemaakt worden voor het inschatten van de restlevensduur op basis onderzoeksresultaten die eerder zijn gedaan in het KpNK. De toolbox is geen onderdeel van het voorliggende onderzoek.

D.2.4 Economische meerwaarde

Bij een levensduur van 100 jaar en een vervangingswaarde van 5 miljard, wordt een gemiddelde jaarlijkse vervangingskosten van 50 miljoen verwacht. Gegeven de onzekerheid in de huidige puntmetingen en dat de corrosiesnelheid onder het kanaalbodemniveau geschat is, moet een verbetering van de schatting van 10% behaald kunnen worden. Dit zou een jaarlijkse besparing van 5 miljoen euro opleveren.

De huidige praktijk van wanddiktemetingen is dat enkele metingen van de wand worden gemaakt. Deze methode kent een grote onzekerheid, doordat in de praktijk zowel een voldoende wanddikte wordt gemeten maar duikers ook gaten in de damwand rapporteren. Met de voorgestelde methode wordt voor een serie van planken, elke 3x3mm gemeten waarmee de voorspelling nauwelijks onnauwkeurigheden kent.

D.2.5 Duurzaamheid meerwaarde

Naast een economische besparing is er ook een besparing in duurzaamheid. Er wordt namelijk minder staal (her)gebruikt voor nieuwe damwanden door de bestaande damwanden beter te benutten. Bij het eerder vervangen van damwanden dan noodzakelijk worden bovendien middelen ingezet om ze te trekken, af te voeren en nieuwe te plaatsen. Dit zou een besparing opleveren van 1,6 km damwand/jaar.

Op dit moment wordt nagegaan welke waarde de Milieu Kosten Indicator (MKI) heeft en hoe deze berekend dient te worden, waarmee de meerwaarde in duurzaamheid beter onderbouwd kan worden.

D.3 Onderzoek degradatie (afname dwarsdoorsnede) legankers

D.3.1 Inleiding

Wat betreft de legankerconstructies bij de Roggebotsluis spelen er twee projectideeën:

- 1) In het afstudeerrapport "Reststerkte en Restcapaciteit legankerconstructies" van Leene en Broekhuis (Hogeschool Windesheim, juli 2019) wordt aangegeven: "Er wordt al jaren gewerkt met ontwerpnormen voor legankerconstructies waarvan niet inzichtelijk is of deze wellicht te conservatief of juist te optimistisch zijn. Onderzoek hiernaar is namelijk lastig uit te voeren aangezien deze legankers in de grond liggen."
- 2) Ook is het afnemen van de dwarsdoorsnede van de ankerstaaf van een legankerconstructie een bijzonder onzeker proces en er is geen meetdata over beschikbaar.

D.3.2 Doel

Per projectidee geldt het volgende doel:

- 1) Destructief onderzoek naar de sterkte van legankerconstructies als geheel.
- 2) Verzamelen van meetdata over de afname van de dwarsdoorsnede van een ankerstaaf (*die niet destructief is beproefd volgens projectidee 1*).

D.3.3 Voorwaarden

Per projectidee gelden de volgende voorwaarden:

- 1) Het protocol uit het MSc-rapport, dat eventueel nog moet worden aangescherpt of aangepast om de doelen van het onderhavige onderzoek te behalen, moet kunnen worden ingepast in de sloopwerkzaamheden. Bijvoorbeeld over hoe wordt omgegaan met de verschillende onderdelen van de legankerconstructie (*zoals verbinding met damwandconstructie, verbinding met ankerschot, verbinding met sluisconstructie*) en hoe de zwakste schakel onder corrosie te bepalen. Aandachtspunten hierbij:
 - Welk type(n) leganker(s) is daadwerkelijk gebruikt? Bijvoorbeeld
 - a. dimensies en opbouw van onderdelen
 - b. staalkwaliteit
 - c. vorm van conservering⁵
 - d. omgevingsvariabelen (ondergrond⁶)
 - Op welke wijze de te mobiliseren trekkracht genereren?
 - Hoe goed is de trekkracht aan te brengen op een leganker?

Sowieso is het essentieel dat alle onderdelen van de beproefde legankerconstructies worden opgegraven, zodat deze naderhand in een lab kunnen worden onderzocht.

- 2) Zekerheid over de vraag of er bij het aanbrengen van de legankers conservering van onderdelen heeft plaatsgevonden; deze kan via visuele inspectie worden verkregen. Ook dient de originele ankerstaafdiameter te worden vastgesteld, om te weten hoeveel de diameter is afgenomen (als gevolg van corrosie). Verder vraagt het onderzoek om de beschikbaarheid van een locatie waar de legankerstaven kunnen worden schoon-gemaakt en opgemeten. Bij het meten van de staven wordt in eerste instantie gedacht

⁵ Voor de legankerconstructies mag geen chroom-6 houdende coating zijn gebruikt. Anders gaat het kostenplaatje voor beide onderzoeken er heel anders uit zien.

⁶ Voor de representativiteit van de resultaten wordt aangeraden ook een aantal omgevingsvariabelen te documenteren zoals de zuurgraad van de grond, of de ankerstang gedeeltelijk onder het (grond)water-niveau is gelegen, (indien aanwezig) type en conditie van de coating alsmede de type koppelingen met damwand, ankerschot en sluisconstructie.

aan een met water gevulde buis / grote pvc pijp om ze te bemeten. Een andere mogelijkheid kan zijn om ze (digitaal) in te scannen.

De legankerstaven zouden na het opmeten naar het laboratorium van TNO moeten worden gebracht om deze nader te onderzoeken op het sterkte- en (plastische) vervormingsgedrag.

D.3.4 Inschattingen (ter beoordeling door experts)

Per projectidee het volgende wat betreft de ingeschatte haalbaarheid door de experts:

- | | | |
|-----------------------------------|--------------|-----------------------------|
| • Destructief onderzoek? | 1) JA | 2) NEE |
| • Impact op slooproject? | 1) HOOG | 2) LAAG |
| • Technische haalbaarheid? | 1) GEMIDDELD | 2) HOOG |
| • Meerwaarde onderzoek: | 1) HOOG | 2) HOOG |
| ○ Representativiteit voor areaal? | 1) GEMIDDELD | 2) GEMIDDELD |
| ○ Impact op praktijk? | 1) HOOG | 2) HOOG |
| • Vereist budget? | 1) ? | 2) 10-15k€ (excl. labtests) |
| • Eventueel beschikbare bronnen? | 1) ? | 2) ? |

D.3.5 Haalbaarheid

Per projectidee het volgende wat betreft de haalbaarheid:

- 1) Onderzocht in afstudeerwerk.
- 2) Bij dit onderzoek dient van zoveel mogelijk niet destructief beproefde ankerstaven (bij voorkeur 10 stuks van circa 14 m, lengte kan verschillen) in detail de resterende dwarsdoorsnede te worden gemeten over de gehele lengte, zodat daarop extreme waarde statistiek kan worden losgelaten en de ruimtelijke verdeling van de dwarsdoorsnede-afname over de ankers onderling inzichtelijk wordt. Vervoer en onderzoek worden vergemakkelijkt indien elke ankerstaaf in behapbare stukken (van enkele meters) wordt verdeeld. Er wordt ingeschat dat het geen geavanceerd onderzoek hoeft te zijn: de staven of staafdelen moeten worden gegrit en vervolgens kunnen worden opgehangen, zodat het gewicht en het volume kunnen worden gemeten. Het laatste kan plaatsvinden door de staven of staafdelen in het water te laten zakken met een constant peil, en op basis van de afname van het gemeten gewicht (door de opwaartse kracht van het ondergedompelde deel van de staaf) het volume te bepalen.

D.3.6 Meerwaarde

- 1) Het slopen van de Roggebotsluis biedt de unieke kans om destructief onderzoek op legankerconstructies als geheel uit te voeren. Met het beschikbare toets- en testprotocol hiervoor wordt niet alleen een meer werkelijkheidsgetrouwe inschatting van de staat, en daarmee te verwachten restlevensduur, van de legankerconstructie als geheel in een grondkerende constructies verkregen. Het geeft ook meer inzicht in de kritische onderdelen (ankerstaaf, moer, ankerplaat, verbindingstuk).

N.B. Een belangrijke vervolgvraag zal met de voorgestelde beproeving van enkele legankers en interpretatie nog niet kunnen worden beantwoord, namelijk wat de resultaten betekenen voor het systeem-gedrag van grondkerende constructies (qua herverdeling bij ankeruitval)?

- 2) Dit onderzoek levert (het begin van) een dataset waarop extreme waarde statistiek kan worden losgelaten en de ruimtelijke verdeling van de dwarsdoorsnede-afname over de ankers onderling inzichtelijk wordt. Hierbij dient ook rekening te worden

gehouden met de constatering, dat niet alle ankerstangen (in ieder geval qua lengte en plek in de constructie) gelijk zijn.

N.B. Indien de legankerstaven bij het aanbrengen zijn voorzien van conservering, dan zal er weinig tot geen dikteafname hebben plaatsgevonden en kan alleen worden geconcludeerd in hoeverre de conservering heeft gewerkt.

D.3.7 Representativiteit

Legankerconstructies worden in alle waterbouwkundige constructies (maar ook bij andere grondkerende constructies) toegepast. De daadwerkelijke mate waarin de voorgestelde proeven representatief zijn hangt echter samen met onder andere het type legankerconstructie, de materiaalkwaliteit, op welke wijze er conservering van de onderdelen heeft plaatsgevonden, de grondslag en plaatselijke omgevingscondities (zoals gebruik strooizout, peilwisselingen). Deze zaken zijn op dit moment nog onbekend. De meetresultaten van de beide projectideeën zullen dan ook 'slechts' een indicatie zijn van wat het bij legankers op andere locaties kan zijn. Vandaar dat de representativiteit als GEMIDDELD is aangemerkt.

D.4 Eindinspectie betonnen constructie-delen

D.4.1 Inleiding

Bijna de helft van de sluizen van RWS, naar grootte van de kolk, zijn gebouwd tussen eind jaren 50 en eind jaren 70 van de 20e eeuw (zie figuur 1 op de laatste pagina van dit memo). De sloop van de Roggebotsluis, gebouwd in 1955, levert een unieke kans om onderzoek te doen naar de conditie van het beton waar bij dagelijks gebruik niet zo eenvoudig bij kunt komen. Bovendien is de verwachting dat het beton en constructie van de Roggebotsluis representatief zal zijn voor veel sluizen die de komende decennia meer onderhoud nodig zullen hebben. De komende jaren zal namelijk besloten moeten worden of renovatie nog zinvol is. "Zal de betonnen constructie nog voldoende restlevensduur hebben opdat een nieuw besturingssysteem of nieuwe sluisdeur geïnstalleerd kan worden?"

D.4.2 Plan

De opbrengst van dit onderzoek wordt gemaximaliseerd door informatie te combineren, het voorstel omvat namelijk zowel archiefonderzoek (wat had er gebouwd moeten zijn volgens het bestek?), materiaalonderzoek aan boorkernen (hoe gedraagt het beton zich nu?), en visuele inspecties tijdens de sloop (welke problemen worden waargenomen). Dit plan is opgesteld door te overleggen met mensen uit de praktijk van herbeoordelingen en inspecties.

De waarde van de te verzamelen data uit archieven neemt toe als deze geplaatst kan worden in de betontechnologische ontwikkeling in de tijd. Hoe past de betonsamenstelling van (onderdelen van) de Roggebotsluis in het beeld van andere hiervoor / min of meer te gelijk / hierna gebouwde waterbouwkundige objecten? Dit onderdeel dient zich dus niet alleen te richten op de Roggebotsluis om zo de maximale toepasbaarheid van de resultaten te realiseren. Behalve archieven van RWS komen ook archieven van o.a. de Dienst Zuiderzeewerken (in het Nationaal Archief) in aanmerking. Om kosten de drukken wordt gedacht aan een onderzoek door een afstudeerder.

Het materiaalonderzoek richt zich in eerste instantie⁷ op verzamelen van materiaaleigenschappen zowel mechanisch als qua levensduur. Het omvat de volgende onderdelen:

- Bepalen betondruksterkte en volumieke massa;

⁷ Eventueel kan aanvullend onderzoek naar de circulariteit van het vrijgekomen materiaal plaatsvinden, dus in welke mate het beton geschikt is om weer te verwerken tot basis grondstoffen.

- Bepaling carbonatatie diepte en (bij beton in/onder rijdek) chlorideprofiel (tot aan de wapening);
- Bepaling ultrasone geluidssnelheid (UPV), hetgeen een indirecte maat is voor de stijfheid (E-modulus);
- Bepaling elektrische weerstand (TEM), hetgeen een maat is voor de ontwikkeling van de microstructuur en transporteigenschappen;
- Microscopisch onderzoek (PFM) naar microstructuur, cementtype en eventuele aantastingen (ASR, ettringiet, etc.).

De eerste vier items kunnen worden uitgevoerd op boorkernen Ø100 mm, het laatste op restanten daarvan of kleinere kernen. Keuzes waar en hoeveel kernen te verzamelen zijn nader te bepalen, mede op basis van het archiefonderzoek. Verwacht wordt dat er 20 kernen geboord worden in de Roggebotsluis.

Met een visuele inspectie tijdens de sloop zal meer van het beton zichtbaar zijn dan de vervuilde wand, zo ook of er intern afwijkingen en/of (beginnende) aantasting zijn; daarom wordt voorgesteld gedurende een dag een betondeskundige te laten meekijken en, indien relevant, aanvullende monsters te verzamelen voor microscopisch onderzoek.

Voor extra onderzoek zijn de volgende onderdelen te overwegen:

- Schmidt hamer metingen kunnen in het werk worden uitgevoerd om een breder beeld te krijgen van de ontwikkeling van de druksterkte.
- Bepaling van de gaspermeabiliteit (Torrent) als maat voor de transporteigenschappen.
- Mocht er wapeningscorrosie zijn: bepalen van de aard van de corrosieproducten. Dit is van belang om het propagatiestadium van corrosie in de levensduurmodellen te gaan inbrengen.

De resultaten van de voorliggende 'eindinspectie' resulteren in een overzicht van belangrijke parameters om de rest-levensduur te kunnen bepalen.

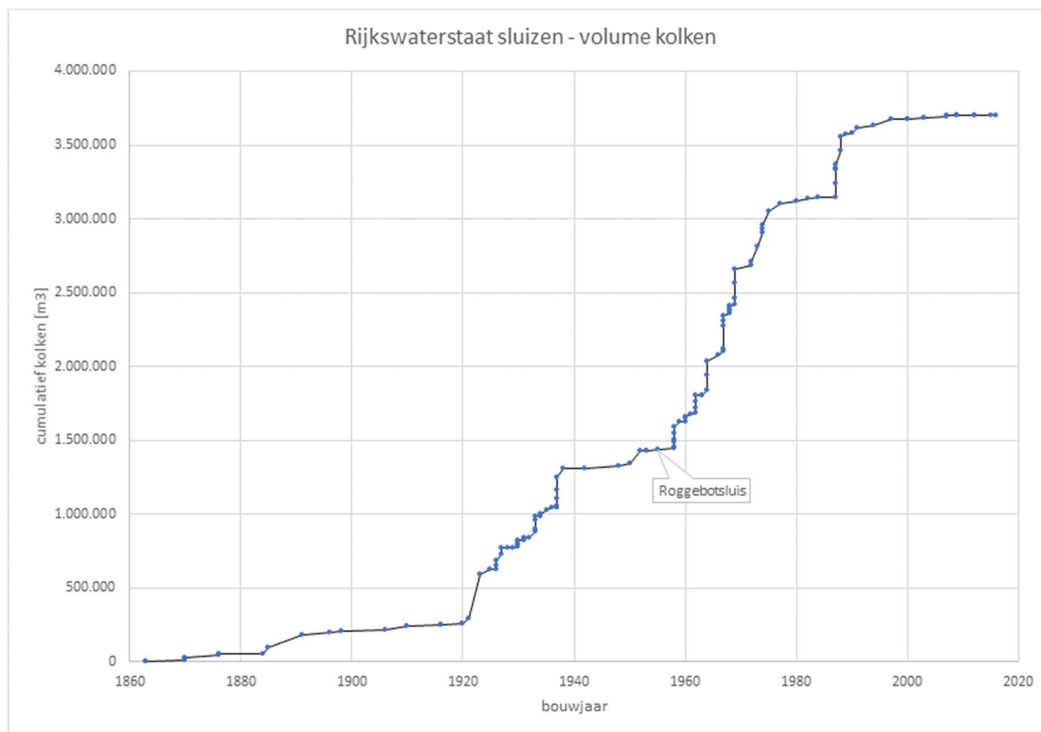
D.4.3 Kosten

De kosten voor de in dit document plan eindinspectie worden geschat op 65.000 Euro.

D.4.4 Meerwaarde

In het verleden waren de meeste sluizen nog relatief jong. Nu het eindpunt van de economische gebruiksduur van sluizen steeds dichterbij komt wordt het noodzakelijk om een nauwkeurige bepaling van de restlevensduur te kunnen maken. Meten is weten. Met de resultaten uit dit onderzoek kan de prognose van de restlevensduur van betonnen constructies verbeterd worden. In detail kan gemeld worden dat:

- IJken levensduurmodellen; ook als het beton geen schade vertoont, zijn de karakteristieken daarvan relevant. Bepalen van de (rest)levensduur is van belang om te prioriteren qua onderhoud, vernieuwbouw en vervanging, waarbij laten staan altijd meer duurzaam is dan vervangen.
- Evaluatie van eigenschappen en inspectie bij sloop/einde levensduur helpen om te bepalen welke informatie er nodig is om een goede beoordeling van de (rest)levensduur te kunnen maken en hoe het gebrek aan info de betrouwbaarheid van de berekening beïnvloed.
- Begrip ontwikkeling materiaaleigenschappen (incl. mechanische) in de tijd, ook met het oog op het concept van 'bewezen sterkte'.



Figuur 2: Roggebotsluis vlak voor piek in gebouwde sluisen

D.5 Eindinspectie bewegingswerken

Grove inschatting voor het veiligstellen, transporteren en het uitvoeren van materiaalproeven bedraagt 30- 60k. Eventueel zou ook het bewegingswerk enkel kunnen worden veiliggesteld, zodat dat op een later moment beproefd kan worden. Dit maakt dit onderzoek laagdrempelig, haalbaar en wenselijk.

D.6 Onderzoek stromingscondities voorhaven

D.6.1 Inleiding

Adviseurs moeten de stromingscondities tijdens het legen van een sluisenkolk in een voorhaven onderbouwen (in het kader van de netwerkfunctie vlot en veilig verkeer over water), waarvoor zij o.a. CFD-analyses gebruiken. De betrouwbaarheid van CFD-resultaten staat in projecten (bijvoorbeeld bij het ontwerp van de dichtbij gelegen Reevesluis) nog wel eens ter discussie.

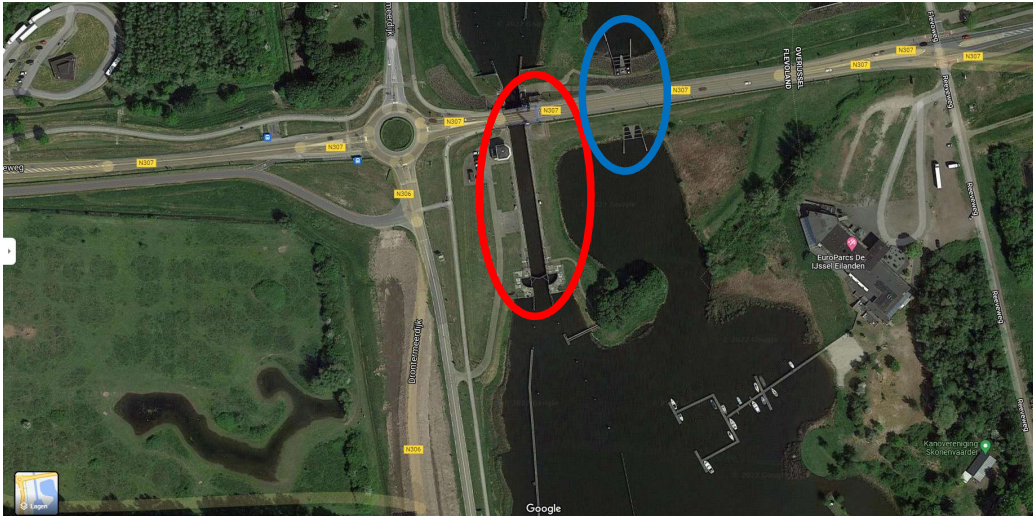
D.6.2 Doel

Op basis van de beschikbare informatie (situatietekening, dimensies sluisenkolk en omloopriolen en afvoerkromme, spuumiddel) lijkt dit een geschikte locatie om data te verzamelen welke geschikt is om de voorspelling van de stromingscondities met CFD-analyses te valideren.

D.6.3 Voorwaarden

Indien er een voldoende groot verval over de sluisenkolk (rood) en/of het spuumiddel (blauw) kan worden gezet, dan kan het meerwaarde hebben om de stromingscondities in de voorhaven tijdens het legen van de kolk te gaan monitoren. Op basis van de beschikbaar gestelde informatie (met een verval van circa 0,15 à 0,30 m) lijkt dit het geval.

Belangrijk onderdeel van gesprek tussen de experts is de onzekerheid over het te realiseren afvoerdebiet door de sluisolk en/of het spuimiddel (als functie van het verval) en de periode waarin dat verval kan worden verwacht. Als alternatief – om met zekerheid een bepaald debiet te genereren – wordt een pompschip genoemd (om de gesloten kolk te vullen, en deze daarna te legen); deze opzet maakt de proef wel minder representatief.



Voor een dergelijk hydraulische monitoring bij veldproeven ligt er al een testplan gericht op stuwen, dat in KPP-verband met Wim Kortlever en Wilco Meijerink van GPO is opgesteld.

Er zijn verschillende opzetten mogelijk, die elk andere eisen zullen stellen aan de meettechniek. Hier zijn besproken een (1) langdurige stationaire proef met beide sluisdeuren open en een (2) kortdurende quasi-stationaire proef waarbij, na het volpompen van een sluisolk, één kolkdeur wordt geopend. De mogelijkheid om een proef met beide sluisdeuren open uit te voeren hangt samen met de capaciteit van de sluishoofden; de deuren moeten kunnen worden gesloten tegen de stroming in (puntdeuren zijn daar niet voor gemaakt). De laatstgenoemde 'leeg' proef stelt de hoogste eisen aan de plaatsingsvastheid en resolutie van de meetapparatuur om in de relatief korte tijd die voorhanden is de benodigde data te verzamelen.

D.6.4 Inschattingen (ter beoordeling door experts)

- Destructief onderzoek? **NEE**
- Impact op slooproject? **GEMIDDELD**
- Technische haalbaarheid? **HOOG**
- Meerwaarde onderzoek:
 - Representativiteit voor areaal? **LAAG/GEMIDDELD**
 - Impact op praktijk? **HOOG**
- Vereist budget? **50-100kE (exclusief pompschip)**
- Eventueel beschikbare financieringsbronnen?

D.6.5 Meerwaarde

De meerwaarde van dit onderzoek zit waarschijnlijk in de volgende aspecten:

- Validatie van voorspelde stromingscondities op deze plek (met vaker voorkomende asymmetrisch gelegen voorhavens) zal het vertrouwen in CFD-analyses vergroten.
- Deze locatie biedt de mogelijkheid om verschillende stromingscondities te creëren:
 - legen via beide omloopriolen
 - legen via één omloopriool
 - legen via kier in (waaier)deur

- Doordat de omloopriolen uitkomen op de remmingwerken, biedt deze locatie ook de mogelijkheid om bij het legen een dataset te verzamelen over de zwaardere stromingscondities ter plaatse van het raakvlak remmingwerk-bodembescherming (t.b.v. PIANC werkgroep Henk Verhey en CFD-onderzoek Tom de Mulder bij Universiteit van Gent).

De experts geven er de voorkeur aan om voorafgaand aan de proef de remmingwerken te slopen, ter voorkoming van fenomenen (zoals turbulentie) die de representativiteit van de te verzamelen dataset voor andere locaties verkleinen.

- Mogelijk dat in het meetprogramma ook de stromingscondities bij het spuumiddel kunnen worden gemonitord, als validatie voor
 - CFD-analyses voor soortgelijke spuifaciliteiten bij de Krammersluis;
 - de ontwerpaanpak bij RWS-spuifaciliteit Grevelingen (Alex Capel, Deltares).

Er is onzekerheid over de beschikbaarheid van het spuumiddel (voor een meer haalbaar ingeschatte proef met stroomcondities richting het noorden) als alternatief voor de eerder besproken proef vanuit de sluiskolk (met stroomcondities naar het zuiden).

Eventueel kan ook de impact van de stromingscondities op de bodembescherming worden meebeschoofd. In dat geval dient voor aanvang van het onderzoek en vervolgens na het aanbrengen van elke belasting de bodemcondities zorgvuldig in kaart te worden gebracht.

D.6.6 Representativiteit

HOOG, aangezien er de mogelijk lijkt te zijn om een representatieve dataset voor verschillende stromingscondities (bij de sluis en, indien mogelijk, het spuumiddel) te verzamelen die voor verschillende doeleinden inzetbaar is.

De experts geven aan dat de onzekerheden op deze locatie - over welke objecten beschikbaar zijn, welk afvoerdebiet binnen de randvoorwaarden kan worden bereikt en de asymmetrische vorm van de voorhaven - maken dat de representativiteit lager moet worden ingeschat (LAAG/GEMIDDELD). Er wordt een sterke voorkeur uitgesproken over een soortgelijke proef op een meer geschikte proeflocatie. Er wordt ingeschat dat in dat geval de kans op deelname van een marktpartij (in een TKI-constructie) groter zal zijn.

E Samenvatting short list

THEMA	#	HOOFDONDERWERP	SUBVRAAG	contact persoon	DESTRUC- TIEF?	IMPACT OP SLOOP- PROJECT	VEREIST BUDGET	TECHNISCHE HAALBAAR- HEID	MEERWAARDE REPRESEN- TATIVITEIT	ONDERZOEK IMPACT OP PRAKTIJK	BEMENSING KLANKBORD
hydraulische inspectie	1	betrouwbaarheid onderwater monitoringstechnieken (zie Bijlage D.1)		TNO	nee	laag	10kE + TKI	hoog	hoog	hoog	Alex Capel (Deltares) Huibert Borsje (TNO) Just Settels (MARIN) Bart Noordman (RWS)
	8	onderzoek stromingscondities voorhaven (zie Bijlage D.6)	(1) onderzoek stromingscondities voorhaven bij legen kolk	-	nee	gemiddeld	50-100kE	gemiddeld	laag/ gemiddeld	hoog	Tom O'Mahoney (Deltares) Just Settels (MARIN) Wim Kortlever (GPO) Wilco Meijerink (GPO)
	8		(2) onderzoek stromingscondities achter spuimiddel	-	nee	gemiddeld	50-100kE	hoog	laag/ gemiddeld	hoog	Tom O'Mahoney (Deltares) Just Settels (MARIN) Wim Kortlever (GPO) Wilco Meijerink (GPO)
hydraulisch beproeven	10	onderzoek schroefstraal(over)-belasting bodembescherming		-	ja ⁸	hoog	hoog	gemiddeld	gemiddeld	hoog	Tom O'Mahoney (Deltares) Arne v/d Hout (Deltares) Just Settels (MARIN) Freek Verkerk (MARIN) Charlotte v/d Vorm (RWS)
constructieve inspectie	4	eindinspectie betonnen constructiedelen (zie Bijlage D.4)		TNO	ja	laag	65kE	hoog	hoog	hoog	Hans Brinkman (Deltares) Timo Nijland (TNO) Menno Rijkers (RWS) Bart Noordman (RWS)
	5	eindinspectie stalen damwanden (wanddikte) (zie Bijlage D.2)	(1) eind-inspectie wanddikteafname vleugelwanden en kwelschermen	TNO	gedeel- telijk	gemiddeld	72kE	hoog	hoog	gemiddeld	Hans Brinkman (Deltares) Diego Allaix (TNO) Bart Noordman (RWS) Carolien Nieuwland (RWS)
	2		(2) betrouwbaarheid monitorings-techniek wanddiktemetingen	TNO	nee	laag	15kE	hoog	hoog	hoog	Hans Brinkman (Deltares) Arno Volker (TNO) Carolien Nieuwland (RWS)
	6	eindinspectie bewegingswerken ⁹ (zie Bijlage D.5)		RWS	gedeel- telijk	laag	30-60kE	hoog	hoog	hoog	Henk Slot (TNO) Gerard Gaal (TNO) Rick Mooijweer (RWS) Gerard Bouman (RWS)
	3	onderzoek degradatie en reststerkte leganker-constructie (zie Bijlage 0)	(1) onderzoek degradatie (afname dwarsdoorsnede) ankerstaven	Deltares	nee	laag	10-15kE	hoog	gemiddeld ¹⁰	hoog	Hans Brinkman (Deltares) Diego Allaix (TNO) Peter Jansen (RWS) Bart Noordman (RWS)
constructief beproeven	7		(2) destructief proeven (rest)-sterkte legankerconstructie (geheel)	-	ja	hoog	n.t.b. ¹¹	gemiddeld	gemiddeld ¹⁰	hoog	Hans Brinkman (Deltares) Diego Allaix (TNO) Peter Jansen (RWS) Bart Noordman (RWS)

⁸ Er is zorg over hoe technisch haalbaar het is (overgang) bodembescherming kapot te maken, en (dus) hoe waardevol het is het (mogelijk binnen TKI Schroefstraalbelasting Onderzoeksprogramma) beschikbare dure monitoringsframe in te zetten.

⁹ Het is onduidelijk of dit alleen over sluis, of mogelijk ook brug gaat (Rick Mooijweer, RWS). Mogelijk omvat dit onderzoek naar smeermiddelen, en het veiligstellen van onderdelen ten behoeve van beproeving in lab.

¹⁰ Er zijn verschillende typen legankerconstructies en het is onbekend of er (en zo ja, welke) conservering van dit onderdeel is toegepast. Vandaar gemiddeld representatief.

¹¹ Onzekerheden die nog moeten worden uitgezocht voordat een realistisch budget kan worden afgegeven zijn: toegepaste type leganker, wijze van conservering, mogelijkheden om trekkracht te mobiliseren en op anker aan te brengen.