



DIJKMONITORING IN DIJKBEHEER

HET OPSTELLEN VAN EEN AFWEGINGSKADER VOOR HET IMPLEMENTEREN VAN DIJKMONITORING IN HET DAGELIJKS DIJKBEHEER BIJ HET HOOGHEEMRAADSCHAP VAN SCHIELAND EN DE KRIMPENERWAARD.

BIRGIT DE LANGE

BACHELOR EINDOPDRACHT CIVIELE TECHNIEK



BZ Ingenieurs & Managers

UNIVERSITY OF TWENTE.



Hoogheemraadschap van
Schieland en de Krimpenerwaard

Dijkmonitoring in dijkbeheer

Het opstellen van een afwegingskader voor het implementeren van dijkmonitoring in het dagelijks dijkbeheer bij het Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard.

Datum:	26 juni 2019
Plaats:	Deventer
Auteur:	Birgit Martine (B.M.) de Lange b.m.delange@student.utwente.nl
Opdrachtgevers:	BZ Ingenieurs & Managers Zutphenseweg 51 Postbus 445 7400 AK Deventer Universiteit Twente Drienerlolaan 5 7522 NB Enschede
Afstudeercommissie:	<i>Interne begeleider (Universiteit Twente)</i> dr. ir. G.H.P. Campmans g.h.p.campmans@utwente.nl <i>Externe begeleider (BZ Ingenieurs & Managers)</i> ing. W.S. Zomer MSc. wouter.zomer@bzim.nl <i>Tweede beoordelaar (Universiteit Twente)</i> dr. M. van Buiten m.vanbuiten@utwente.nl

Foto op voorblad: Heimplatz, 2017

Voorwoord

Na drie jaar de Bachelor opleiding Civiele Techniek te hebben gevolgd aan de Universiteit Twente, is het tijd om de opleiding af te sluiten. Dit heb ik de afgelopen tien weken gedaan door mijn Bachelor eindopdracht uit te voeren bij BZ Ingenieurs & Managers (BZIM). Voor u ligt het resultaat van deze eindopdracht: een onderzoek naar de implementatie van dijkmonitoring in het dijkbeheer bij het Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard (HHSK).

Dit onderzoek is onderdeel van het LeerNetWerk Dijkmonitoring, een samenwerking tussen BZIM, HHSK en de Hogeschool van Rotterdam. In combinatie met het onderzoek naar de implementatie van dijkmonitoring in dijkversterkingsprojecten bij HHSK van Rogier Meijer completeert dit onderzoek de eerste fase van dit samenwerkingsverband. Ik wens degenen die verder zullen gaan met de tweede fase van dit samenwerkingsverband alvast veel plezier en succes.

Ik wil graag van deze gelegenheid gebruik maken om een aantal mensen te bedanken. Allereerst wil ik graag de collega's bij BZIM bedanken voor de hulp en de prettige werksfeer. Daarbij wil ik in het bijzonder mijn begeleider Wouter Zomer bedanken voor de begeleiding en feedback die ik heb gekregen, ondanks zijn drukbezette agenda.

Naast vier dagen in de week mee te lopen bij BZIM, ben ik één dag in de week naar Rotterdam afgereisd om een dag bij HHSK door te brengen. Hier kon ik terecht voor al mijn vragen over de praktijk van een waterschap. Ik wil dan ook iedereen bedanken met wie ik een gesprek heb gehad of een interview mee heb gehouden: Peter van Duijvendijk, Annelies Minnaar, Stefan Loosen, Ben Krabbendam, Tom Pieterse, Leontien Barends en natuurlijk mijn contactpersoon Tom den Ouden.

Tot slot wil ik graag mijn begeleider vanuit de Universiteit Twente, Geert Campmans, bedanken. Door de snelle reacties, het meedenken en de goede feedback is dit onderzoek tot een goed einde gekomen.

Ik wens u veel leesplezier!

Birgit de Lange
26 juni 2019, Deventer

Samenvatting

In de afgelopen jaren is er veel veranderd in de wetgeving omtrent waterbeheer: de Waterwet is gewijzigd (Art. 1.1 Lid 1 Waterwet, 2009), de zorgplicht is ingevoerd (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2015) en de wijze van beoordelen is veranderd (Helpdesk Water, 2019d). Dit heeft als gevolg dat informatie over de toestand van de dijk steeds belangrijker wordt. Een manier om deze informatie te vergaren is door dijkmonitoring toe te passen. Dit is het langdurig meten aan de dijk, om zo meer informatie te verzamelen over parameters over de tijd en daarmee over de toestand van de dijk. Het doel van dit onderzoek is om een afwegingskader te creëren voor het implementeren van dijkmonitoring in het dagelijks dijkbeheer bij het Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard (HHSK).

Om dit doel te bereiken is allereerst de huidige praktijk van het waterschap onderzocht, waarbij het huidige beheer- en onderhoudsproces is geanalyseerd, de huidige inspectiemethodes zijn geïnventariseerd en de wettelijke kaders waar het waterschap aan dient te voldoen zijn onderzocht. Hieruit is gebleken dat de wettelijke kaders vragen om een goede onderbouwing van besluiten en een zo volledig mogelijk inzicht in de toestand van de dijk. De huidige praktijk van het waterschap sluit hier niet volledig bij aan: het inzicht in de toestand van de dijken kan verbeterd worden.

Vervolgens zijn de kosten en baten van dijkmonitoring onderzocht, hoewel de absolute kosten en baten niet uit te drukken zijn omdat dit sterk afhankelijk is van het doel, de gekozen aanpak en de locatie. De kostenposten bestaan uit aanschaf-, aanleg-, en onderhoudskosten en tijd. Monitoring brengt altijd baten met zich mee: er wordt altijd meer inzicht verkregen in de toestand van de dijk en soms levert het een kostenbesparing op doordat een versterking verlaat of uitgespaard kan worden. Daarnaast zorgt monitoring voor efficiëntie en doelmatigheid. Om kosten en baten tegen elkaar af te wegen, kan de methode Life Cycle Costing worden gebruikt, waarbij de kosten over de gehele levensduur van de dijk tegen elkaar uitgezet worden.

Om de implementatie van dijkmonitoring in de organisatie van HHSK te bevorderen, zijn allereerst aandachtspunten binnen de organisatie vastgesteld, dit zijn het beperken van kennisleemten omtrent dijkmonitoring en het vertalen van data naar informatie. Tevens zijn de mogelijkheden om financiering te verkrijgen onderzocht, dit kan gedaan worden door budget vrij te maken, een los initiatief in te dienen, subsidie aan te vragen in de versterking of een samenwerking aan te gaan met andere waterschappen. Daarnaast zijn schalen opgesteld om de mate van volwassenheid en de mate van acceptatie van dijkmonitoringstechnieken bepaald. Ook is de aansluiting van de beheerfase met andere fasen in de levenscyclus van de dijk onderzocht, waarbij kansen gevonden zijn in de ontsluiting van data, de samenwerking tussen fasen en de overname van apparatuur.

Tot slot zijn de resultaten van het onderzoek verwerkt tot een afwegingskader. Het afwegingskader kent vier stappen om dijkmonitoring te implementeren in het dijkbeheer bij HHSK, met ieder een eigen doel: het controleren van de relevantie van dijkmonitoring, het opstellen van een monitoringsvraag, het opstellen van een monitoringsstrategie en het bepalen van het moment van implementatie van dijkmonitoring in de levenscyclus van de dijk.

Inhoudsopgave

Voorwoord.....	3
Samenvatting.....	4
Begrippenlijst.....	6
1. Inleiding	8
1.1. Aanleiding	8
1.2. Onderzoeksopzet.....	9
1.3. Leeswijzer	12
2. Huidige praktijk.....	13
2.1. Beheer- en onderhoudsplan	13
2.2. Inspectiemethodes	16
2.3. Wettelijke kaders	18
3. Kosten en baten.....	26
3.1. Kosten	26
3.2. Baten.....	28
3.3. Afweging	32
4. Implementatie	35
4.1. Organisatie.....	35
4.2. Volwassenheid	40
4.3. Life cycle	43
5. Afwegingskader	46
6. Discussie	55
7. Conclusies en aanbevelingen	56
7.1. Beantwoording onderzoeksvragen	56
7.2. Aanbevelingen	59
Referenties.....	61
Appendices	64
Appendix A – Faalmechanismen	64
Appendix B – Interviewvragen	65
Appendix C – Interviews	66
Appendix D – Readiness Levels	82
Appendix E – Afwegingskader.....	85

Begrippenlijst

Begrip	Betekenis
ARL	Application Readiness Level. De mate van acceptatie van een techniek.
BZIM	BZ Ingenieurs & Managers; het ingenieursbureau waar de Bachelor eindopdracht is uitgevoerd.
Dijk	Een type waterkering. Een kunstmatige verhoging die dient om het achterland te beschermen tegen hoog water en golven (Rijkswaterstaat, 2019a).
Dijkbeheer	Inspectie en onderhoud van dijken.
Dijkbeheerder	De verantwoordelijke persoon of partij voor het dijkbeheer.
Dijkmonitoring	Het bemeten van een dijk door middel van meetsystemen en -methoden. Dit betreft zowel sensorische metingen als zintuiglijke waarnemingen. Hierbij worden opeenvolgende metingen gedaan waarbij een tijdreeks wordt opgebouwd (Zomer, Van Stokkum, & Ter Brake, 2017).
Dijktraject	Gedeelte van een primaire waterkering dat afzonderlijk genormeerd is (Bijlage I Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017, 2017).
Dijkvak	Een deel van een waterkering met uniforme eigenschappen en belasting (Bijlage I Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017, 2017).
Ex-situ	Het meten en monitoren van een dijk door meettechnieken op afstand van de dijk (Kennisplatform Dijkmonitoring, 2019a).
Faalkans	Kans op overschrijden van de uiterste grenstoestand van een waterkering of een onderdeel daarvan (Bijlage I Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017, 2017).
FLI-MAP	Het in kaart brengen van de omgeving vanuit de lucht, met gebruik van LiDAR (Kennisplatform Dijkmonitoring, 2019a).
GAO	Gebruiksafhankelijk onderhoud. De levensduur van het onderdeel wordt vooraf bepaald en het onderdeel wordt vervangen aan het eind van de levensduur (Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard, 2019a).
HHSK	Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard. Het waterschap verantwoordelijk voor het gebied tussen Rotterdam, Schoonhoven en Zoetermeer (Kiesraad, 2019).
HWBP	Hoog Water Beschermingsprogramma. Een alliantie van waterschappen en Rijkswaterstaat voor de versterking van dijken.
In-situ	Het meten en monitoren van een dijk door meettechnieken in of op de dijk te plaatsen (Kennisplatform Dijkmonitoring, 2019a).
LCC	Life Cycle Costing. Een benadering om investeringen te bepalen.
P-F Interval	Potential to Failure interval. De tijd tussen het meten van een storing en het volledig falen van het onderdeel (Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard, 2019a).
POV	Een Project Overstijgende Verkenning binnen het HWBP.
Primaire waterkering	Een waterkering die beschermt tegen buitenwater (de Noordzee, de Waddenzee, de grote rivieren en het IJssel- en Markermeer) (Rijkswaterstaat, 2019a).
Regionale waterkering	Een waterkering die beschermt tegen binnenwater (meren, kleine rivieren en kanalen) (Rijkswaterstaat, 2019a).
SAO	Storingsafhankelijk onderhoud. Het onderdeel wordt gerepareerd of vervangen na falen (Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard, 2019a).

TAO	Toestandsafhankelijk onderhoud. Het onderdeel wordt gemonitord en gerepareerd of vervangen bij een bepaalde grenstoestand (Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard, 2019a).
TRL	Technology Readiness Level. De mate van volwassenheid van een techniek.
Waterkering	Een natuurlijke of kunstmatige verhoging die dient om het achterland te beschermen tegen hoog water en golven (Helpdesk Water, 2019c).
WBI	Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium. De methode die toegepast wordt bij de beoordeling van primaire waterkeringen (Helpdesk Water, 2019d).

1. Inleiding

1.1. Aanleiding

Waterkeringen spelen een belangrijke rol in en voor Nederland. 3.700 km aan primaire waterkeringen en 10.000 km aan regionale waterkeringen beschermen Nederland tegen de kracht van het water (Unie van Waterschappen, 2015). Een type waterkering dat een groot deel uitmaakt van deze kilometers aan waterkeringen zijn dijken. Indien de dijken het zouden begeven, zou een groot deel van Nederland onder water komen te staan. De dijken dienen daarom beheerd en onderhouden te worden, zodat ze aan de veiligheidsnormen blijven voldoen en zodat Nederland droge voeten kan houden.

Om te zorgen dat Nederland beschermd blijft tegen het water, is wet- en regelgeving opgesteld waar dijkbeheerders aan dienen te voldoen. In de afgelopen jaren is hier veel in veranderd: de Waterwet is gewijzigd (Art. 1.1 Lid 1 Waterwet, 2009), de zorgplicht is ingevoerd (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2015) en de wijze van beoordelen is veranderd (Helpdesk Water, 2019d). Enkel door inzicht te hebben in de toestand van de dijk kan aan de zorgplicht worden voldaan en nu de onzekerheden expliciet zijn meegenomen in de beoordeling, leidt meer informatie tot een betrouwbaardere beoordeling. Dit heeft als gevolg dat informatie steeds belangrijker wordt: informatie die leidt tot inzicht in de toestand van de dijk. Waar puntmetingen en grove aannames eerder voldoende waren, wordt er nu vlakdekkend gemeten en staat doelmatigheid centraal.

Een manier om meer informatie te vergaren over de toestand van de dijk is door dijkmonitoring toe te passen. Dit is het meten aan de dijk over een bepaalde periode, om zo meer informatie te vergaren over parameters over de tijd (Zomer, Van Stokkum, & Ter Brake, 2017). Deze parameters zeggen vervolgens iets over de toestand van de dijk.

Het Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard (HHSK) is het waterschap dat het gebied tussen Rotterdam, Schoonhoven en Zoetermeer beheert. Het is, naar aanleiding van de veranderingen in het landschap van dijkbeheer en de verhoogde nood om informatie te verzamelen, geïnteresseerd in de mogelijkheden van het inzetten van dijkmonitoring in zijn beheersgebied. Om dit te onderzoeken, is een samenwerking opgezet: het LeerNetWerk Waterveiligheid. Dit is een samenwerking tussen BZ Ingenieurs & Managers (BZIM), de Hogeschool van Rotterdam en HHSK. In dit samenwerkingsverband worden studenten ingezet om onderzoek te doen naar de implementatie van dijkmonitoring in de praktijk van HHSK.

In de eerste fase van dit samenwerkingsverband zijn twee onderzoeken opgesteld: een onderzoek naar de implementatie van dijkmonitoring in de fase van de versterking, uitgevoerd door Rogier Meijer (Meijer, 2019), en een onderzoek naar de implementatie van dijkmonitoring in de beheer- en onderhoudsfase. Het laatstgenoemde onderzoek ligt voor u. Het doel van dit onderzoek luidt als volgt: *'Het creëren van een afwegingskader voor het implementeren van dijkmonitoring in het dagelijks dijkbeheer bij het Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard'*

1.2. Onderzoeksopzet

Om een structuur aan het onderzoek te geven en om tot het beoogde onderzoeksdoel te komen, is een aantal onderzoeksvragen opgesteld. Vervolgens is een methodiek gevormd om tot een antwoord op de onderzoeksvragen te komen. Deze zullen in deze paragraaf worden toegelicht.

1.2.1. Doelstelling en onderzoeksvragen

De doelstelling van dit onderzoek luidt:

‘Het creëren van een afwegingskader voor het implementeren van dijkmonitoring in het dagelijks dijkbeheer bij het Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard’

Om tot dit doel te komen, zijn de volgende onderzoeksvragen opgesteld:

1. Wat is de huidige praktijk in dijkbeheer bij HHSK?

- 1a. Hoe ziet het huidige beheer- en onderhoudsproces van dijken binnen HHSK er uit?
- 1b. Welke inspectiemethodes worden momenteel door HHSK gebruikt in het beheer en onderhoud van dijken?
- 1c. Welke wettelijke kaders moet HHSK aan voldoen en hoe is dit opgenomen in het beheer en onderhoud van dijken?

2. Wat zijn kosten en baten van het inzetten van dijkmonitoring?

- 2a. Wat zijn kosten van dijkmonitoring?
- 2b. Wat zijn baten van dijkmonitoring?
- 2c. Hoe kunnen kosten en baten van dijkmonitoring tegen elkaar worden afgewogen?

3. Hoe kan HHSK beoordelen hoe ze dijkmonitoring kunnen implementeren in het beheer- en onderhoudsproces?

- 3a. Hoe kan dijkmonitoring geïmplementeerd worden binnen de organisatie van HHSK?
- 3b. Hoe sluit dijkmonitoring in de beheerfase aan op verdere fasen in de levenscyclus van de dijk?

1.2.2. Methodiek

Om tot een antwoord op de onderzoeksvragen te komen en om het doel van het onderzoek te behalen, is onderzoek gedaan. Hier zijn verschillende methoden voor gebruikt. De methodiek zal hier worden toegelicht, door de verschillende typen bronnen te behandelen en vervolgens toe te lichten hoe deze informatie is verwerkt om tot een antwoord op de deelvragen en tot het uiteindelijke doel van het onderzoek te komen.

Bronnen

Beheer- en onderhoudsplan

Het beheer- en onderhoudsplan van HHSK wordt momenteel opgesteld en er is op dit moment slechts een conceptversie (versie 1.0) beschikbaar. Echter schetst deze conceptversie wel een beeld van het beheer- en onderhoudsproces binnen het waterschap. Deze informatie is aangevuld met opgedane informatie uit interviews.

Wet- en regelgeving

Om het wettelijke kader waarbinnen HHSK opereert te begrijpen, zijn wetten en regelgevingen geraadpleegd, inhoudende de Waterwet en de Waterschapswet. Onder wet- en regelgeving vallen in dit geval ook de normen en de voorgeschreven beoordelingsmethodiek voor zowel primaire als regionale waterkeringen. Tevens zijn websites van waterschappen en van de Unie van Waterschappen geraadpleegd, onder andere om de taakverdeling tussen het Rijk, Provinciën en waterschappen te onderzoeken.

Onderzoeken dijkmonitoring

Er zijn verschillende onderzoeken gedaan naar het nut, de noodzaak en de werking van dijkmonitoring, zowel in het algemeen als over specifieke technieken. Deze onderzoeken zijn onder andere opgezet door STOWA en Stichting IJkdijk. Op websites als www.dijkmonitoring.nl zijn veel onderzoeken te vinden. Deze zijn geraadpleegd voor kennis over dijkmonitoring.

Expert views

De visies en meningen van experts zijn verzameld in gesprekken met collega's bij BZIM en bij een workshop van het Netwerk Dijkmonitoring. Hier kwamen verschillende experts op het gebied van waterbeheer en/of monitoringstechnieken samen om ideeën uit te wisselen over dijkmonitoring en databeheer.

Interviews

Er zijn gedurende het onderzoek vijf interviews afgenomen met verschillende medewerkers binnen HHSK. Deze contacten zijn gelegd via Tom den Ouden (medewerker van HHSK). Voor de interviews is een interviewschema opgesteld, bijgevoegd in Appendix Appendix B – Interviewvragen. De vragen zijn verdeeld in blokken, zodat alleen de relevante blokken bevraagd hoefden te worden. Hierdoor kon ieder interview worden afgestemd op de rol van de geïnterviewde.

De geïnterviewden, hun rollen en de data waarop zij geïnterviewd zijn, zijn weergegeven in Tabel 1. Na ieder interview is een verslag opgesteld. Dit verslag is gemaild naar de geïnterviewde ter correctie. Enkel na correctie en toestemming is het verslag opgenomen in dit onderzoek. De verslagen zijn te vinden in Appendix Appendix C – Interviews.

Tabel 1 - Geïnterviewden

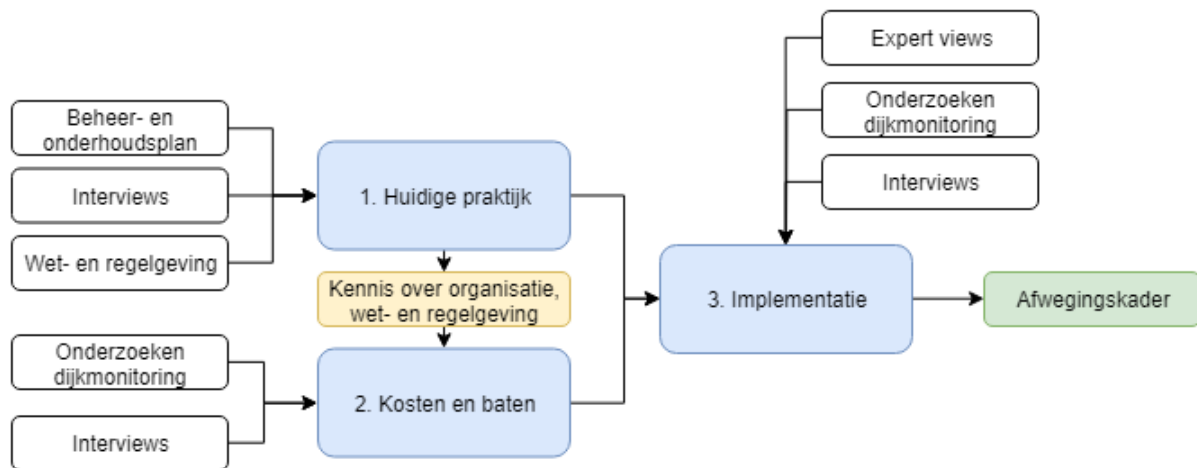
Naam	Functie	Datum	Appendix
- Peter van Duijvendijk - Stefan Loosen* - Annelies Minnaar	- Dijkbeheerder primaire waterkeringen - Dijkbeheerder regionale waterkeringen - Assistent dijkbeheerder overkoepelend primaire en regionale waterkeringen	11 april 2019** 29 april 2019	C1 C2
Ben Krabbendam	Medewerker Team Geo	29 april 2019	C3
Tom Pieterse	Beleidsmedewerker afdeling watersystemen: databeheer en hydrologie	29 april 2019	C4
Leontien Barends	Beleidsadviseur waterkeringen (HHSK)	21 mei 2019	C5

* = Stefan Loosen was alleen aanwezig op 11 april 2019 en niet op 29 april 2019.

** = Dit interview is afgenomen door Rogier Meijer (2019). Dit was een te vroeg stadium van dit onderzoek om gerichte interviewvragen te formuleren.

Informatieverwerking

Het beheer- en onderhoudsplan, de interviews met dijkbeheerders en de wet- en regelgeving hebben als input gediend voor het beantwoorden van de eerste onderzoeksvraag. Vervolgens is deze kennis gecombineerd met onderzoeken over dijkmonitoring en meer informatie uit interviews om tot een antwoord op de tweede deelvraag te komen. De kennis uit de eerste en tweede deelvraag zijn gebruikt in de derde deelvraag, samen met de expert views, meer onderzoeken over dijkmonitoring en meer informatie uit interviews om tot een antwoord op de derde deelvraag te komen. Deze informatie tezamen leidt uiteindelijk tot een afwegingskader. De gevolgde onderzoeksmethodiek is geschematiseerd in Figuur 1.



Figuur 1 - Schematisatie methodiek

1.3. Leeswijzer

De resultaten van het onderzoek worden gepresenteerd in hoofdstuk 2, 3, 4 en 5. In hoofdstuk 2 wordt de huidige praktijk binnen HHSK beschreven, aan de hand van het beheer- en onderhoudsplan van HHSK (2.1), de huidige inspectiemethodes (2.2) en de wettelijke kaders waar HHSK aan dient te voldoen (2.3). Hoofdstuk 3 beschrijft de kosten (3.1) en baten (3.2) van dijkmonitoring en geeft een methode en aandachtspunten voor het afwegen van kosten en baten (3.3). Hoofdstuk 4 beschrijft aandachtspunten in de implementatie van dijkmonitoring. Hierin worden aandachtspunten binnen de organisatie beschreven (4.1), worden twee schalen voor het bepalen van de volwassenheid van technieken gepresenteerd (4.2) en wordt de aansluiting met andere fasen in de levenscyclus van de dijk toegelicht (4.3). In hoofdstuk 5 wordt het afwegingskader gepresenteerd.

Hoofdstuk 6 geeft een discussie van het onderzoek en in hoofdstuk 7 worden de onderzoeksvragen beantwoord (7.1) en aanbevelingen gedaan (7.2).

Appendix A geeft een korte beschrijving van de verschillende faalmechanismen. Appendix B toont een schema met de vragen die zijn gesteld in de interviews en in Appendix C zijn deze interviews uitgewerkt. Appendix D toont de volwassenheidsschalen zoals uitgelegd in paragraaf 4.2. Ten slotte geeft Appendix E uitleg bij het afwegingskader in de vorm van tabellen met toelichting.

2. Huidige praktijk

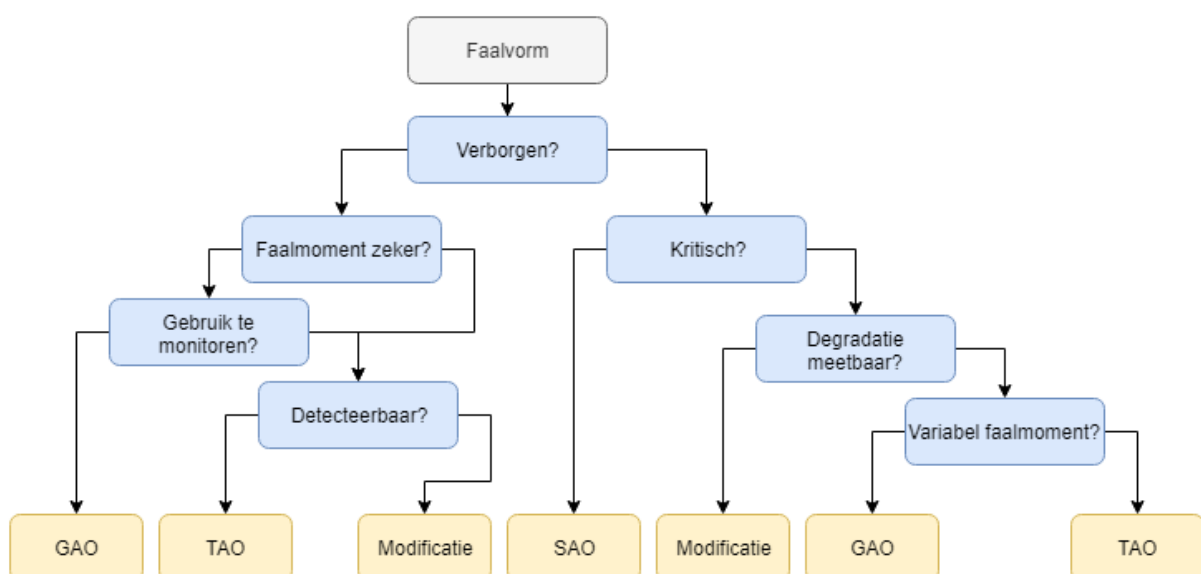
Om een afwegingskader te maken dat geschikt is voor HHSK, is het belangrijk om de huidige praktijk en processen binnen het waterschap te begrijpen. Hiervoor worden drie aspecten behandeld: het beheer- en onderhoudsplan van HHSK, de inspectiemethodes die HHSK hanteert en de wettelijke kaders waaraan ze dienen te voldoen.

2.1. Beheer- en onderhoudsplan

Momenteel schrijven de waterkeringbeheerders binnen HHSK aan een beheer- en onderhoudsplan voor de waterkeringen. Dit plan wordt opgesteld om het onderhoudsproces planmatig uit te voeren. Hoewel er op dit moment ook een bepaalde visie is om de dijken te beheren en te onderhouden, is dit vooralsnog niet vastgelegd in één integraal plan. De eerste versie van een dergelijk plan ligt er inmiddels, maar deze is nog niet volledig (Van Duijvendijk, 2019). Er wordt hier dan ook niet ingegaan op details van het plan, maar op de globale onderhoudsstrategie voor dijken. Vervolgens wordt de toepassing van het beheer- en onderhoudsplan in dit onderzoek besproken, gevolgd door een conclusie.

2.1.1. Onderhoudsstrategieën

Onderhoud wordt uitgevoerd op basis van drie strategieën. Om te bepalen welke onderhoudsstrategie gekozen wordt, wordt er gebruik gemaakt van een beslisboom, zoals getoond in Figuur 2 (Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard, 2019a). Indien geen enkele van de onderhoudsstrategieën toepasbaar is, betekent dit dat de dijk niet beheerbaar is en dat het ontwerp gemodificeerd dient te worden. Modificatie is, naast de drie onderhoudsstrategieën, de vierde mogelijke uitkomst van de beslisboom. De vier uitkomsten van de beslisboom worden hieronder toegelicht, gericht op het beheer- en onderhoud van dijken (andere waterkeringen zijn niet relevant voor het onderzoek).



Figuur 2 - Beslisboom voor het kiezen van een onderhoudsstrategie (Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard, 2019a)

Onderhoudsstrategieën

De drie onderhoudsstrategieën betreffen: Toestandsafhankelijk onderhoud (TAO), Gebruiksafhankelijk onderhoud (GAO) en Storingsafhankelijk onderhoud (SAO). De strategieën worden hier toegelicht en vervolgens wordt de toepassing van de strategieën in dijkbeheer toegelicht.

Toestandsafhankelijk onderhoud (TAO)

TAO is onderhoud op basis van de conditie van het onderdeel van de dijk. De voorwaarde voor TAO is dat de conditie van het onderdeel meetbaar moet zijn. Daarnaast moet er een aanzienlijke periode zitten tussen het detecteren van een toekomstig falen en het daadwerkelijk falen van de dijk: een zogenaamd P-F interval (Potential to Functional failure interval). Er moet immers ingrijpen mogelijk zijn in deze periode. De frequentie van meten/monitoren/inspecteren hangt af van dit P-F interval: er moet na iedere inspectie nog genoeg tijd zijn om in te grijpen en onderhoud te plegen om falen te voorkomen. Daarnaast moet het toekomstig falen in deze periode meetbaar en voorspelbaar zijn.

Tot slot moet het economisch haalbaar zijn om TAO uit te voeren. Dit hangt af van het P-F interval en kosten van het monitoren van de toestand. Wanneer dit niet economisch haalbaar is (doordat het interval bijvoorbeeld erg kort is en het monitoren niet kan worden uitgevoerd met apparatuur), moet er een andere beheersmaatregel gekozen worden (Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard, 2019a).

Gebruiksafhankelijk onderhoud (GAO)

GAO wordt toegepast indien het vooraf te voorspellen is wanneer een onderdeel van een waterkering gaat falen. Het onderdeel kan dan voor die gebruiksduur onderhouden of vervangen worden. Ook kan het worden gebruikt als het preventief vervangen van onderdelen goedkoper is dan het vervangen van onderdelen bij falen (Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard, 2019a). Dit is bij dijken zelden aan de orde en GAO zal dan ook niet vaak worden gebruikt voor dijken (Van Duijvendijk, 2019).

Storingsafhankelijk onderhoud (SAO)

SAO wordt toegepast wanneer een onderdeel mag falen, zonder dat daardoor de complete constructie faalt. Het onderdeel is dan niet kritiek en het onderdeel kan vervangen worden na falen. Dit betekent echter niet dat SAO altijd de beste strategie is voor niet-kritieke onderdelen. Wanneer de vervangingskosten na falen hoger zijn dan de onderhoudskosten, kan TAO beter toegepast worden. SAO moet onderscheiden worden van repareren van kritieke onderdelen die hebben gefaald. Dit kan incidenteel voorkomen wanneer een faalmechanisme niet goed voorspeld kan worden, maar een reparatie hiervan valt niet onder SAO (Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard, 2019a).

Toepassing in dijkbeheer

Over het algemeen kan gezegd worden dat TAO het meest wordt toegepast bij dijken. Wanneer een onderdeel niet kritiek is voor de waterkerende werking van de dijk, kan gekozen worden voor SAO. GAO kan enkel worden toegepast bij kleine onderdelen van een dijk waarbij de levensduur van tevoren vastgesteld kan worden. Dit zou bijvoorbeeld plaats kunnen vinden bij monitoringsapparatuur waarbij een bepaalde vervangings tijd wordt voorgeschreven.

Modificatie

De vierde conclusie die uit de beslisboom kan komen is dat er een modificatie gedaan moet worden. Deze conclusie wordt bereikt indien de drie onderhoudsstrategieën niet van toepassing zijn. Dit lijkt een vreemde stap in de beheer- en onderhoudsfase. Immers, er is in deze fase geen sprake van een ontwerpopgave.

Echter, wanneer het onderdeel van de dijk kritisch is voor de waterkerende werking van de dijk, maar de degradatie van de toestand van de dijk is niet meetbaar, dan kan er niet gesteld worden dat men inzicht heeft in de toestand van de dijk. Dit impliceert dat er niet wordt voldaan aan de zorgplicht (zie paragraaf 2.3.1). Hetzelfde geldt wanneer het faalmoment onzeker is of het gebruik niet te monitoren is en aanstaand falen niet detecteerbaar is. In deze gevallen zal moeten worden gekeken naar een modificatie van de dijk, zodat de dijk beheerbaar wordt. Modificatie van de dijk valt niet onder het reguliere beheer- en onderhoudsproces en valt daarom buiten de scope van dit onderzoek.

2.1.2. Toepassing

De beslisboom biedt een basis om op verder te gaan in het afwegingskader. In de beslisboom wordt de vraag gesteld of het faalmoment detecteerbaar is. Monitoring is een manier om een dergelijk falen te detecteren. Hierin zal onderscheid moeten worden gemaakt tussen wat momenteel detecteerbaar is met de gebruikte technieken en wat detecteerbaar zal zijn indien meer of andere monitoring wordt ingezet. De reeds gebruikte technieken worden toegelicht in paragraaf 2.2.

2.1.3. Conclusie

De drie onderhoudsstrategieën betreffen: Toestandsafhankelijk onderhoud (TAO), Gebruiksafhankelijk onderhoud (GAO) en Storingsafhankelijk onderhoud (SAO). Indien het toepassen van deze drie strategieën niet mogelijk is, zal het ontwerp van de dijk gemodificeerd moeten worden, het huidige ontwerp van de dijk is dan niet beheerbaar. De beslisboom die gebruikt wordt in het voorlopige beheer- en onderhoudsplan van HHSK zal als basis gebruikt worden voor het op te stellen afwegingskader.

2.2. Inspectiemethodes

HHSK zet verschillende methodes in om de dijken in het beheersgebied te inspecteren en te monitoren. De gebruikte methodes worden in deze paragraaf toegelicht. Vervolgens wordt de inzet van inspectiemethodes bediscussieerd in het kader van het onderzoek en tot slot wordt een conclusie gesteld.

2.2.1. Methodes

De inspectiemethodes die door HHSK toegepast worden in de beheer- en onderhoudsfase van de levenscyclus van de dijk zijn visuele inspectie, FLI-MAP, vooroeverbepalingen, peilbuizen en hellingmeetbuizen. Deze methodes worden hier toegelicht. De informatie over de gebruikte methodes komt uit de interviews met dijkbeheerders Peter van Duijvendijk, Annelies Minnaar en Stefan Loosen (zie Appendix C1). Een korte uitleg van de faalmechanismen kan worden gevonden in Appendix A – Faalmechanismen.

Visuele inspectie

Herhalingstijd: (twee)wekelijks algemene inspectieronde; 2x per jaar intensief

In-situ/Ex-situ: Ex-situ

Gemeten parameters: Waarnemingen

Relevante faalmechanismen: Allemaal

Uitleg: Bij de voor- en najaarsinspectie wordt de dijk uitvoerig gecontroleerd om te bekijken hoe de dijk de winter ingaat en uitkomt. Hierbij wordt zowel het binnen- als buitentalud belopen. Bij de (twee)wekelijkse inspectie doet de inspecteur een schouw. Dit kan door een inspecteur vanuit een auto gedaan worden, waarbij nader onderzoek wordt gedaan bij opmerkelijke situaties. Inspectieresultaten worden gemeld volgens de Digigids, via een app. Dit is een standaardisatie voor waarnemingen van schades, wat zorgt voor een uniforme beoordeling van schade (Appendix C1).

FLI-MAP (LiDAR)

Herhalingstijd: 4-5 jaar

In-situ/Ex-situ: Ex-situ

Gemeten parameters: Deformatie (Van Vliet, Koelewijn, Van der Vat, & Van den Berg, 2016)

Relevante faalmechanismen: Macrostabiliteit, microstabiliteit, piping/heave (Van Vliet, Koelewijn, Van der Vat, & Van den Berg, 2016)

Uitleg: Het gebruik van lasermetingen om de geometrie van de dijk te bepalen. Wanneer verschillende metingen met elkaar worden vergeleken, kan zo de deformatie (vervorming) van de dijk in kaart gebracht worden. De lasermetingen worden gedaan vanuit een helikopter. Deformaties kunnen met een nauwkeurigheid van 1 centimeter in kaart worden gebracht (Kennisplatform Dijkmonitoring, 2019a).

Vooroeverbepaling

Herhalingstijd: 2 jaar

In-situ/Ex-situ: Ex-situ

Gemeten parameters: Deformatie van de vooroever

Relevante faalmechanismen: Macrostabiliteit, instabiliteit vooroever (Rozing, Zwanenburg, Van Duinen, & Calle, 2013)

Uitleg: Het inmeten van de rivierbodem langs de dijk om deformaties te bepalen. De informatie wordt grotendeels ingewonnen door Rijkswaterstaat (Appendix C2).

Peilbuizen

Herhalingstijd: Incidenteel

In-situ/Ex-situ: In-situ

Gemeten parameters: Grondwaterpeil

Relevante faalmechanismen: Microstabiliteit, instabiliteit bekleding.

Uitleg: Een peilbuis wordt geplaatst in de grond. Vervolgens wordt de plaatshoogte van de peilbuis en het waterniveau in de peilbuis bepaald, waarmee de stijghoogte van het grondwater bepaald kan worden (NEN, 1991).

Hellingmeetbuizen

Herhalingstijd: Incidenteel

In-situ/Ex-situ: In-situ

Gemeten parameters: (Horizontale) deformatie (Van Vliet, Koelewijn, Van der Vat, & Van den Berg, 2016)

Relevante faalmechanismen: Macrostabiliteit, microstabiliteit (Van Vliet, Koelewijn, Van der Vat, & Van den Berg, 2016)

Uitleg: Een pijp wordt ingebracht in de grond tot een niet-vervormbare grondlaag. Vervolgens wordt met een sonde de hoekverdraaiing bepaald, waarmee de verplaatsing bepaald kan worden. Wanneer de meting herhaald wordt, kan de verplaatsing over de tijd bepaald worden (Kennisplatform Dijkmonitoring, 2019a).

2.2.2. Discussie

Bovengenoemde inspectiemethodes zullen enigszins inzicht geven in de dijk. Er wordt met FLI-MAP vlakdekkend gemeten, dit is een verbetering ten opzichte van puntmetingen. Echter, het inzicht in de dijk kan verbeterd worden. De dijkbeheerders van HHSK geven zelf aan dat er situaties zijn waarin ze informatie missen, deze zijn toegelicht in paragraaf 7.2 (Zie ook Appendix C2). Door meer of andere monitoringstechnieken in te zetten, kan het inzicht in de dijk verbeterd worden. Dit is toegelicht in paragraaf 3.2.

2.2.3. Conclusie

De huidige inspectiemethodes die gebruikt worden in het beheer- en onderhoudsproces van dijken binnen HHSK zijn: visuele inspecties, FLI-MAP, vooroeverbepalingen, peilbuizen en hellingmeetbuizen. Er zijn situaties waarvoor het inzicht in de dijk verbeterd kan worden, dit kan bereikt worden door meer of andere monitoringstechnieken in te zetten.

2.3. Wettelijke kaders

Het doel van dit onderzoek is om een afwegingskader te ontwerpen. Om te zorgen dat het onderzoek relevant is op de lange termijn, is het van belang dat het afwegingskader ook nog zijn functie dient wanneer de structuur van de organisatie in de toekomst verandert. Daarom dient het afwegingskader niet gebaseerd te zijn op de huidige structuur, maar op de achterliggende motivatie voor het maken van keuzes. De achterliggende motivatie komt voort uit het voldoen aan wet- en regelgeving. Daarom is begrip van de wettelijke kaders noodzakelijk. In deze paragraaf zal de wet- en regelgeving waar het waterschap mee te maken krijgt, de taakverdeling tussen verschillende overheidsinstanties en de normering en beoordeling van waterkeringen beschreven worden. Vervolgens wordt kort beschreven hoe HHSK deze wettelijke kaders heeft vertaald in zijn beleid en volgt een discussie over de implicaties van de wettelijke kaders. De paragraaf wordt afgesloten met een conclusie.

2.3.1. Wet- en regelgeving

Het waterschap dient te voldoen aan wet- en regelgeving die is verbonden aan de taak die het heeft. De plichten en bevoegdheden van waterschappen zijn vastgelegd in de Waterwet en de Waterschapswet. Deze wetten en de bijbehorende plichten en bevoegdheden worden hier toegelicht.

Waterwet

De Waterwet is ingesteld in 2009 en vervangt acht oude wetten. De wet is gericht op drie hoofddoelen, te verstaan (Art. 2.1 Waterwet, 2009):

1. Het voorkomen, en indien nodig beperken van wateroverlast, overstromingen en watertekort
2. Het beschermen en verbeteren van de kwaliteit van watersystemen
3. Het vervullen van maatschappelijke functies door watersystemen

Waarbij een watersysteem is gedefinieerd als: *'Samenhangend geheel van een of meer oppervlaktewaterlichamen en grondwaterlichamen, met bijbehorende bergingsgebieden, waterkeringen en ondersteunende kunstwerken'* (Art. 1.1 Lid 1 Waterwet, 2009). Op het gebied van het beheer van waterkeringen, schrijft de Waterwet een zorgplicht voor en stelt het het opstellen van leggers en een beheerregister verplicht.

Zorgplicht

De Waterwet schrijft een zorgplicht voor. Dit houdt in dat de beheerder (in dit geval het waterschap) de verplichting heeft om ervoor te zorgen dat de waterkeringen aan de normen voldoen. Het waterschap dient te handelen in het belang van de veiligheid. Hiervoor dient het te allen tijde inzicht te hebben in de toestand van de waterkering (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2015).

Legger

De Waterwet schrijft voor dat het waterschap leggers op dient te stellen met daarin de ligging, vorm, afmeting en constructie van waterstaatswerken (oppervlaktewaterlichamen, bergingsgebieden, waterkeringen en kunstwerken) (Art. 5.1 Lid 1 Waterwet, 2009). Deze dienen gevisualiseerd te zijn in kaarten, waarin ook de beschermingszone in aangegeven moet worden. De beschermingszone is het gebied waarbinnen de keur van toepassing is (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2015).

Beheerregister

De Waterwet legt waterschappen de verplichting op om een beheerregister bij te houden. Waar de legger de normatieve toestand van waterkeringen beschrijft, beschrijft het beheerregister de feitelijke toestand van de keringen. Voor HHSK bestaat dit beheerregister uit (Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard, 2018):

- Kernregistratie: statische gegevens
- Beheerinstrumenten
- Technische informatie in archieven
- Informatie over de staat van onderhoud
- Monitoringsinformatie

Waterschapswet

De Waterschapswet geeft aan wat een waterschap is en wat de taken van waterschappen zijn (Rijkswaterstaat, 2019b):

- Het regelen van de waterstand
- Afvalwater zuiveren
- Dijken beheren, onderhouden en versterken
- Natuurbeheer rondom en in het water
- Kwaliteit van zwemwater controleren

Daarnaast zijn hierin hun bevoegdheden en verplichtingen vastgelegd, alsmede de bestuurlijke inrichting. Het opstellen van een legger en een keur wordt verplicht door de Waterschapswet (Rijkswaterstaat, 2019b).

Legger

De Waterschapswet schrijft, net als de Waterwet, het opstellen van leggers voor, maar hier moeten de onderhoudsverplichtingen en de verantwoordelijke voor onderhoud in opgenomen zijn (Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard, 2019b). Officieel moeten de leggers die vanuit de Waterwet opgesteld zijn, gescheiden zijn van de leggers die vanuit de Waterschapswet opgesteld zijn, maar in de praktijk worden deze leggers vaak gecombineerd (Helpdesk Water, 2019c).

Keur

De legger geeft aan waar de keur geldt. De keur bevat de regels die het waterschap heeft opgesteld ter bescherming van waterkeringen, watergangen en kunstwerken.

Het handhaven van deze regels gaat als volgt: indien iemand een activiteit wil uitvoeren binnen de beschermingszone van een waterkering, dient daar een vergunning voor aangevraagd te worden. Hierbij zijn de bepalingen in de keur bepalend. Er geldt ook een aantal algemene regels. Als daaraan voldaan wordt, dan is het aanvragen van een vergunning niet nodig, maar dan dient er slechts melding gemaakt te worden van de activiteit (Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard, 2019b).

2.3.2. Taakverdeling

Voor het beheren van de primaire en regionale waterkeringen zijn taakverdelingen gemaakt tussen het Rijk, de waterschappen, de provincies en de veiligheidsregio's. De taken van ieder van deze partijen zijn weergegeven in Tabel 2, gevormd naar informatie van Waterschap Vechtstromen (Waterschap Vechtstromen, 2016).

Tabel 2 - Taakverdeling waterbeheer primaire & regionale waterkeringen [Naar: (Waterschap Vechtstromen, 2016)]

	Taak	
	Primaire waterkeringen	Regionale waterkeringen
Rijk	Vaststellen van normen Beoordelen van toetsing Beheer en onderhoud van waterkeringen	-
Waterschap	Aanleggen, verbeteren en onderhouden van dijken Toetsing van dijken Beheer en onderhoud van waterkeringen	Bepalen welke waterkering welke status heeft Uitvoeren van toetsingsonderzoek Onderzoeken van benodigde maatregelen
Provincie	Goedkeuren van projectplannen m.b.t. verbetering en verlegging	Aanwijzen van regionale waterkeringen Vaststellen van normen Beoordelen van toetsing
Veiligheidsregio	Voorbereiden op rampen	-

Het is duidelijk dat het waterschap dient te voldoen aan de normen die het Rijk of de provincie opstelt en hier vervolgens door dezelfde organen op gecontroleerd wordt. Het is belangrijk dat het waterschap aan kan tonen dat het zijn taken goed uitvoert en hier bewijs van heeft.

2.3.3. Normering

De normen waaraan de waterkeringen (primaire en regionaal) in het beheersgebied van HHSK aan moeten voldoen, worden hier toegelicht.

Primaire waterkeringen

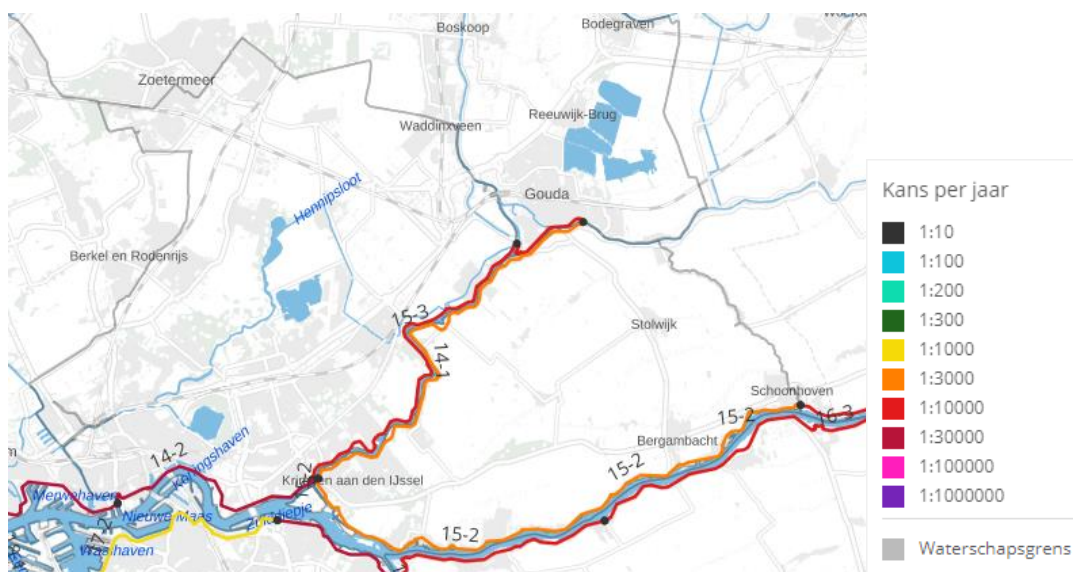
De normen voor de primaire waterkeringen zijn vastgesteld door het Rijk (Waterschap Vechtstromen, 2016). De normen zijn gebaseerd op een risicobenadering en bestaan uit signaleringswaarden en ondergrenzen.

Risicobenadering

Bij de nieuwe normering voor waterkeringen, die is ingegaan in 2017, wordt uitgegaan van een risicobenadering. Risico wordt gedefinieerd als het product van een kans en het gevolg. Een bepaald risico wordt geaccepteerd: de omvang van de gevolgen bepaalt daarom de overstromingskans die aanvaard wordt. Hierdoor ontstaat een variatie in de normering voor waterkeringen (Helpdesk Water, 2019b).

Grenzen

Voor primaire waterkeringen zijn twee soorten grenzen vastgelegd: een signaleringswaarde en een ondergrens. Deze zijn beide geformuleerd als een overstromingskans (1:X jaar). De signaleringswaarde is de waarde waarbij actie moet worden ondernomen ten aanzien van de sterkte van de dijk. De ondergrens is de maximaal toelaatbare faalkans (Informatiehuis Water, 2019). Het verschil tussen de signaleringswaarde en de ondergrens zorgt voor ruimte voor een versterking voordat de ondergrens is bereikt (Van den Berg & Koelewijn, 2014). Hierbij geldt dat de overstromingskans van de ondergrens drie keer groter is dan de overstromingskans van de signaleringswaarde. In Figuur 3 zijn de ondergrenzen van de primaire keringen in het beheersgebied van het HHSK aangegeven. Deze liggen tussen 1:3000 en 1:30000 jaar (Informatiehuis Water, 2019).



Figuur 3 – Normering primaire waterkeringen in het beheersgebied van HHSK - ondergrenzen (Informatiehuis Water, 2019)

Afgaande op de normering en de bepaalde overstromingskans van het dijktraject, kan een toetsoordeel bepaald worden. Er zijn vijf categorieën. Deze zijn weergegeven en omschreven in Tabel 3, waarbij P_{traject} variabel is en de bepaalde overstromingskans van het dijktraject aangeeft, P_{sign} een vaste waarde is die de overstromingskans behorende bij de signaleringswaarde aangeeft en P_{onder} een vaste waarde is die de overstromingskans behorende bij de ondergrens aangeeft.

Tabel 3 - Categorieën toetsoordeel (Diermanse, 2016)

Categorie	Omschrijving	Begrenzing
A+	Dijktraject voldoet ruim aan de signaleringswaarde.	$P_{\text{traject}} < 1/30 * P_{\text{sign}}$
A	Dijktraject voldoet aan de signaleringswaarde.	$1/30 * P_{\text{sign}} < P_{\text{traject}} < P_{\text{sign}}$
B	Dijktraject voldoet aan de ondergrens, maar niet aan de signaleringswaarde.	$P_{\text{sign}} < P_{\text{traject}} < P_{\text{onder}}$
C	Dijktraject voldoet niet aan de signaleringswaarde en de ondergrens.	$P_{\text{onder}} < P_{\text{traject}} < 30 * P_{\text{onder}}$
D	Dijktraject voldoet ruim niet aan de signaleringswaarde en de ondergrens.	$P_{\text{traject}} > 30 * P_{\text{onder}}$

Regionale waterkeringen

Het bepalen van de normering voor regionale waterkeringen is de taak van de provincie, de normen zijn vastgelegd in de provinciale verordening. Anders dan bij de primaire waterkeringen, berust de norm voor regionale waterkeringen op een overschrijdingskans: de kans dat de waterstand een bepaald niveau overschrijdt. Ook hier bepalen de gevolgen van een overstrooming de overschrijdingskans (Helpdesk Water, 2019a). Zo variëren de normen voor regionale waterkeringen in het beheersgebied van HHSK van 1/100 per jaar tot 1/1000 per jaar (Provincie Zuid-Holland, 2016).



Figuur 4 - Normering regionale waterkeringen in het beheersgebied van HHSK (Provincie Zuid-Holland, 2016)

2.3.4. Beoordeling

Waterkeringen dienen periodiek beoordeeld te worden om aan te tonen dat ze nog voldoen aan de norm. De beoordeling is enigszins verschillend voor primaire en regionale waterkeringen. In deze paragraaf wordt de beoordeling voor de primaire en regionale waterkeringen toegelicht.

Primaire waterkeringen

De beoordeling van primaire waterkeringen gaat volgens de voorschriften van het Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium (WBI). Deze beoordeling dient ten minste eens in de twaalf jaar uitgevoerd te worden. Er worden drie fasen doorlopen: de voorbereiding, de uitvoering en de rapportage (Helpdesk Water, 2019d).

Vorbereiding

Om de beoordeling uit te kunnen voeren, moeten er gegevens verzameld worden. Deze gegevens worden gesorteerd en geschematiseerd per faalmechanisme. Dit is vervolgens de input voor de modellen waarmee getoetst wordt (Helpdesk Water, 2019d). In het WBI wordt uitgegaan van een benadering van grof naar fijn: er wordt eerst een grove schatting gedaan op basis van beschikbare

- De gedetailleerde toets
Een gedetailleerde toets kan uitgevoerd worden per vak en per toetsspoor of per traject, waarbij vakken en toetssporen worden gecombineerd. Er worden rekenmodellen ingezet om tot een toetsoordeel te komen. De gebruikte modellen verschillen per toetsspoor (Bijlage I Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017, 2017). Per vak wordt eerst gekeken of het model toegepast kan worden op het vak en vervolgens wordt er een analyse van de belasting en de sterkte gedaan. Op basis hiervan wordt een toetsoordeel gedaan. Vervolgens is er de keuze om over te gaan op een veiligheidsoordeel of om een aanvullende toets op maat te doen (Bijlage III Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017, 2017).
- Een toets op maat
Het toetsoordeel kan aangescherpt worden door een toets op maat uit te voeren. Hierbij worden geen generieke benaderingen gebruikt, maar wordt er een locatie-specifieke of geavanceerde analyse gedaan. Ook is hier ruimte voor het beheerdersoordeel. Zo kan gezorgd worden dat de beoordeling beter aansluit bij de specifieke situatie. Hier zijn geen voorschriften voor, de beheerder is verantwoordelijk voor het onderbouwen van de toets op maat (Bijlage I Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017, 2017).

Voordat deze toetsen worden uitgevoerd, wordt een algemeen filter toegepast. Deze kan toegepast worden op een dijktraject (een gedeelte van een dijk dat afzonderlijk genormeerd is) of een dijkvak (een gedeelte van een dijktraject met uniforme eigenschappen en belasting). Een algemeen filter is een set criteria waar het dijktraject of het dijkvak aan getoetst kan worden om te bepalen of er direct tot een veiligheidsoordeel gekomen kan worden. Indien aan het algemeen filter op trajectniveau wordt voldaan, kan de beheerder meteen tot een veiligheidsoordeel komen. Indien aan het algemeen filter op vakniveau wordt voldaan, kan de beheerder doorgaan met een toets op maat. Indien dit beiden niet het geval is, gaat de beheerder over op een eenvoudige toets (Bijlage I Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017, 2017).

Na het doorlopen van de uitvoering van de beoordeling, wordt een veiligheidsoordeel bereikt. Dit is opgedeeld in de vijf categorieën, zoals beschreven in Tabel 3 (Diermanse, 2016).

Rapportage

Ten slotte dient de beoordeling zorgvuldig gerapporteerd te worden. Hierin dient ten minste het volgende genoteerd te zijn: het veiligheidsoordeel, een onderbouwing van het oordeel, een plan voor de versterking van afgekeurde secties en een plan voor een toekomstige beoordeling, mocht het bereiken van een veiligheidsoordeel niet mogelijk gebleken zijn in deze poging (Helpdesk Water, 2019d).

Regionale waterkeringen

De Waterwet schrijft geen methode van toetsing voor regionale waterkeringen voor, dit hebben de provincies opgesteld (Helpdesk Water, 2019a). De toetsingsregels zijn vergelijkbaar met de toetsingsregels voor primaire waterkeringen. Tevens is er vanuit STOWA een Leidraad Toetsen op Veiligheid Regionale Waterkeringen beschikbaar. Deze stelt onderstaande procedure voor het beoordelen van regionale waterkeringen (STOWA, 2015).

De regionale waterkering wordt opgedeeld in dijkvakken. Voor ieder dijkvak worden de sterkte en de maatgevende belasting met elkaar vergeleken, voor meerdere faalmechanismen. Voor ieder van deze

faalmechanismen worden per dijkvak twee oordelen opgesteld: een oordeel volgens de toetsingsregels van de provincie en een beheerdersoordeel. Indien deze oordelen van elkaar verschillen, wordt een afweging gemaakt welk oordeel als geldend beschouwd dient te worden (STOWA, 2015).

2.3.5. Implementatie

Zoals Van Duijvendijk en Minnaar (Appendix C2) aangeven, schrijft de wet rechten en plichten voor. Deze zijn vervolgens in het beleid van het waterschap vertaald tot visies en plannen. Deze visies en plannen worden gebruikt en waargemaakt door het beheer. Dit betekent dat de beheerders zich dagelijks, maar indirect, bezighouden met wat er is beschreven in de wet. Bij invoering van nieuwe wetgeving kan het voorkomen dat er een specifiek project op wordt gezet om de wetgeving te implementeren in het beheer en onderhoud.

2.3.6. Discussie

Alle wet- en regelgeving omtrent dijkbeheer is gefocust op veiligheid. Zowel de wettelijke kaders als het kader voor de beoordeling van waterkeringen verplichten een goede onderbouwing van keuzes. De Waterwet schrijft de zorgplicht voor, waarbij de waterbeheerder inzicht dient te hebben in de toestand van de dijk. De beoordeling geeft ruimte voor een toets op maat: een oordeel op basis van verzamelde informatie. De wettelijke kaders geven dan ook het belang aan van het verzamelen van informatie over de dijk.

2.3.7. Conclusie

HHSK dient te voldoen aan de Waterwet en de Waterschapswet. Het waterschap heeft vanuit deze wetten plichten en bevoegdheden. De Waterwet schrijft de zorgplicht voor en verplicht het opstellen van leggers en een beheerregister. De Waterschapswet verplicht het opstellen van leggers en een keur. Er is een duidelijke taakverdeling gemaakt tussen het Rijk, waterschappen, provincies en veiligheidsregio's voor de taken die gerelateerd zijn aan het beheer van waterkeringen. Deze taakverdeling verschilt voor de primaire en regionale waterkeringen. De normen en beoordelingswijze zijn ook verschillend voor de primaire en regionale waterkeringen, hoewel deze vergelijkbaar zijn. De wettelijke kaders waar HHSK aan dient te voldoen zijn allen gericht op het verkrijgen van voldoende informatie over en inzicht in de toestand van de dijk.

3. Kosten en baten

Om tot een weloverwogen besluit te komen om dijkmonitoring wel of niet in te zetten, dienen de kosten en baten uiteen gezet te worden. Echter, omdat de absolute kosten en baten van dijkmonitoring zeer afhankelijk zijn van het doel, de gekozen techniek, de gekozen aanpak en de locatie, is hier geen algemene monetaire inschatting van te maken. Het is daarentegen wel mogelijk om de verschillende kosten- en batenposten te beschrijven. Dit zal in dit hoofdstuk dan ook worden gedaan. Tot slot wordt een methode beschreven om de kosten en baten tegen elkaar af te wegen om tot een onderbouwd besluit te komen.

3.1. Kosten

Er zijn twee algemene soorten kosten te identificeren: monetaire kostenposten en kosten in de vorm van tijd. Deze kostenposten worden hier besproken. Tot slot wordt een conclusie gesteld.

3.1.1. Monetaire kosten

Er zijn drie factoren die bijdragen aan de monetaire kosten van dijkmonitoring: de aanschafkosten van de monitoringsapparatuur, de implementatie- en aanlegkosten van de monitoringsapparatuur in de dijk en de connectie naar het waterschap, de gebruikskosten van de monitoringsapparatuur en de eventuele onderhouds- en vervangingskosten van de monitoringsapparatuur (Van Vliet, Koelewijn, Van der Vat, & Van den Berg, 2016).

3.1.2. Tijd

Het implementeren van monitoring kost enige tijd. Hierin is een onderscheid te maken tussen aanlooptijd, uitleestijd, informatieverwerkingstijd en een zekere tijd die nodig is om een opbouw te verkrijgen van de metingen. Deze aspecten worden hieronder toegelicht.

Aanlooptijd

De benodigde tijd voordat een techniek daadwerkelijk gebruikt kan worden, bestaat uit een aantal fasen (De Vries, et al., 2013):

1. Besluitvorming en aanschaf - De duur van dit proces is organisatieafhankelijk. Een gegeven is dat er onderzoek gedaan zal moeten worden naar de te gebruiken techniek en de beste optie voor de aanschaf.
2. Installatietijd - De installatietijd is techniek- en situatieafhankelijk. Sommige technieken moeten aangelegd worden, waar andere (remote) technieken al aanwezig zijn en alleen nog op de juiste plek gefocust moeten worden.
3. Kalibratietijd - De kalibratietijd is afhankelijk van de gekozen techniek. De sensoren zullen eerst moeten kalibreren: er moet een referentiemeting worden gedaan die de normale situatie beschrijft. Vervolgens kunnen de resultaten met de referentiemeting vergeleken worden. Zonder de kalibratietijd is het niet mogelijk om vast te stellen of een meting betrouwbaar is.
4. Tijd tot eerste meting - Als alles is ingesteld, kan de eerste meting gedaan worden. Met deze tijd wordt de tijd tussen het starten en het verkrijgen tot de eerste meting bedoeld. Deze tijd is techniekafhankelijk.

Bij lange termijn metingen zal de aanlooptijd niet erg relevant zijn, aangezien deze slechts een klein deel van de totale tijd beslaat (De Vries, et al., 2013).

Uitleestijd

Zoals Pieterse (Appendix C4) oppert, is het mogelijk om data in realtime te uploaden en uit te lezen, maar kan hier ook een bepaalde tijd tussen zitten, om bijvoorbeeld kosten te besparen. Het gevolg hiervan is echter wel dat de beheerder altijd achter de feiten aan zal lopen: wanneer de metingen binnen zijn, kan een verschijnsel al opgetreden zijn. In sommige gevallen zal dit betekenen dat de metingen nutteloos zijn, terwijl in andere gevallen de vertraging geen effect zal hebben op de genomen maatregelen. Het is zaak om de uitleestijd af te stemmen op het doel van de meting.

Informatieverwerkingstijd

Voordat data geïnterpreteerd kan worden, zal de data naar informatie vertaald moeten worden en dit kost tijd. Dit noemen de Vries et al. (2013) de informatieverwerkingstijd. Deze tijd kan variëren van realtime (geen tijd nodig) tot meerdere dagen.

Opbouw van metingen

Er is tijd nodig om een datareeks op te bouwen. Wanneer de waterspanning wordt gemeten gedurende een dag, zegt dit veel minder over de toestand van een dijk dan wanneer deze gedurende een maand of een jaar gemeten wordt. Er moet bij data die over de tijd varieert een bepaalde opbouw van metingen beschouwd worden. Pas na deze opbouw is de vergaarde informatie nuttig. De duur van deze opbouw verschilt per doel en parameter.

3.1.3. Conclusie

Om te concluderen kan gesteld worden dat kosten van dijkmonitoring niet absoluut zijn uit te drukken, omdat deze zeer locatie- en situatie-specifiek zijn. De monetaire kostenposten van monitoring bestaan uit aanschaf-, aanleg- en operationele kosten. Daarnaast kost monitoring tijd in de vorm van aanlooptijd, uitleestijd, informatieverwerkingstijd en de opbouw van metingen.

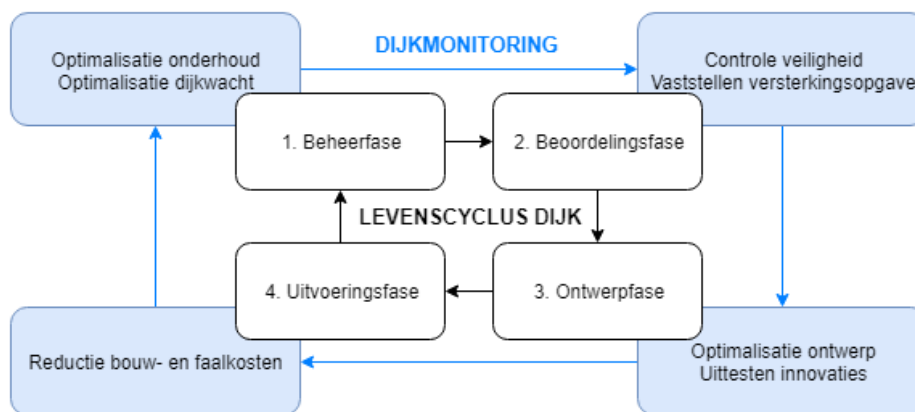
Verschillende manieren om financiering te verkrijgen om de kosten van dijkmonitoring te dekken worden toegelicht in paragraaf 4.1.

3.2. Baten

Er zijn baten van dijkmonitoring aan te wijzen voor specifieke fasen in de levenscyclus van de dijk en er zijn algemene baten aan te wijzen. De baten in de fasen van de levenscyclus en de algemene baten worden in deze paragraaf toegelicht.

3.2.1. Levenscyclus

Voor iedere fase van de levenscyclus van de dijk brengt dijkmonitoring mogelijke baten met zich mee. De levenscyclus en de mogelijke baten van dijkmonitoring zijn geschematiseerd in Figuur 6, waarbij de binnenste ring de levenscyclus van de dijk weergeeft en de buitenste ring de mogelijke baten verkregen door monitoring (Koelewijn & Van der Meer, 2019). De eerste twee fasen zullen in deze paragraaf behandeld worden. De ontwerp- en uitvoeringsfase worden behandeld door Rogier Meijer (2019).



Figuur 6 - Toegevoegde waarde van dijkmonitoring in verschillende fasen van de levenscyclus van een dijk [Naar: (Koelewijn & Van der Meer, 2019)]

Beheerfase

In de beheerfase dient dijkmonitoring voornamelijk ter optimalisatie van het beheer- en onderhoudsproces en de optimalisatie van het inzetten van dijkwachters.

Optimalisatie dijkwacht

Visuele dijkinspecties zullen niet verdwijnen. Het menselijk oordeel van de actuele situatie van de dijk blijft waardevol. Echter, door het gebruik van dijkmonitoring zouden visuele inspecties gerichter en efficiënter uitgevoerd kunnen worden: er kan extra aandacht gevestigd worden op bekende zwakten en kwetsbare locaties van de dijk. Zo kan de kwaliteit worden bevorderd (Van den Berg & Koelewijn, 2014).

Optimalisatie onderhoud

Wanneer de sterkten en zwakten van een dijk bekend zijn, kan het onderhoud aan de dijk specifieker en daarmee efficiënter uitgevoerd worden. Zoals beschreven in het beheer- en onderhoudsplan van HHSK, is er Gebruiksafhankelijk onderhoud (GAO), Toestandsafhankelijk onderhoud (TAO) en Storingsafhankelijk onderhoud (SAO) (Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard,

2019a). Wanneer monitoring wordt ingezet, kan TAO worden toegepast: de toestand van het onderdeel kan dan gemonitord worden.

Beoordelingsfase

In de beoordelingsfase is de toegevoegde waarde van dijkmonitoring dat de veiligheid gewaarborgd wordt, doordat er constant zicht is op het gedrag van de dijk. Daarnaast kan de versterkingsopgave nauwkeuriger bepaald worden. Het vaststellen van de versterkingsopgave wordt echter toegeschreven aan het onderdeel 'dijkversterking' en zal niet in dit onderzoek worden opgenomen. Naast de in Figuur 6 genoemde baten door dijkmonitoring, zijn er ook binnen de beoordeling baten te behalen, door het inzetten van het beheerdersoordeel en het verkleinen van onzekerheden.

Controle van de veiligheid

Wanneer een dijk in de beoordeling wordt afgekeurd, wordt deze versterkt. Echter, er zit een vaak een lange periode tussen het voltooien van de beoordeling en het daadwerkelijk versterken van een dijk. Hier kan monitoring een uitkomst bieden: door te monitoren wordt zicht gehouden op de toestand van de dijk en kan ingegrepen worden wanneer de sterkte van de dijk onder de ondergrens dreigt te duiken.

Beheerdersoordeel

Het geven van een beheerdersoordeel is één van de mogelijkheden binnen de toets op maat in de beoordeling. Hierbij is het vereist om het oordeel vast te leggen en te onderbouwen. De regeling schrijft voor dat het beheerdersoordeel onderbouwd dient te worden '*met waarnemingen en/of historische gegevens of door een analyse waarvan de kwaliteit is aangetoond*' (Bijlage I Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017, 2017). Een beheerdersoordeel kan betrouwbaar onderbouwd worden met gegevens die verkregen zijn door monitoring (STOWA, 2015).

Onzekerheden

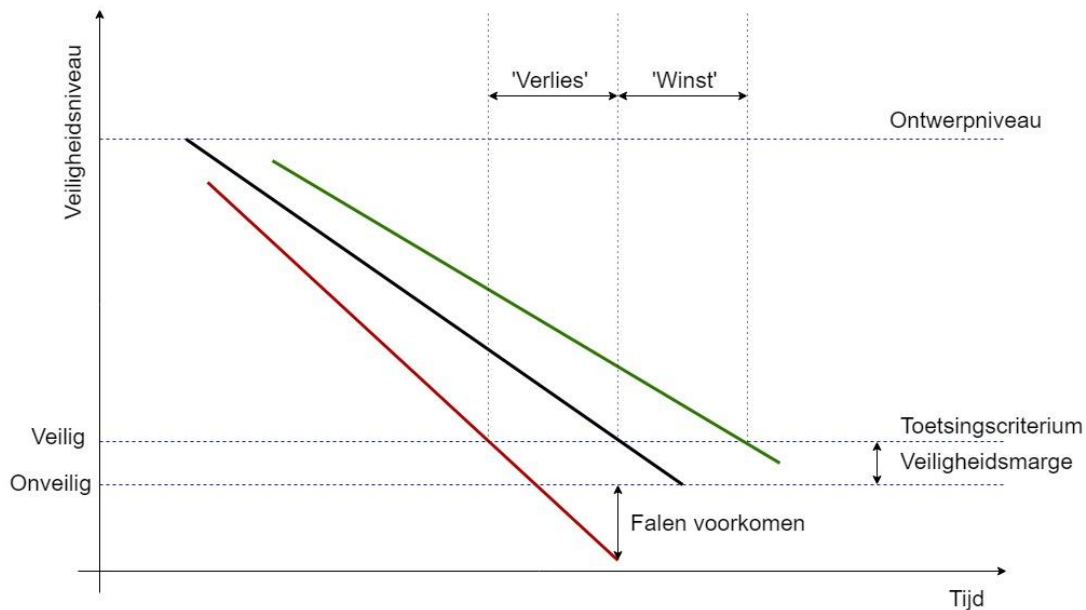
Binnen het Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium worden onzekerheden expliciet meegenomen. Er zijn drie types onzekerheden die invloed hebben op de faalkans:

1. Natuurlijke variabiliteit – de belasting en sterkte van een dijk is gebaseerd op een aantal onzekere parameters. Dit levert een zekere onzekerheid in de belasting en sterkte op. Deze onzekerheid wordt meestal vertaald in een kansverdeling (Helpdesk Water, 2019d).
2. Kennisonzekerheid – hier onder vallen statistische onzekerheden en modelonzekerheden. Statische onzekerheden komen voor wanneer data wordt geëxtrapoleerd, om tot extremen te komen die extremer zijn dan die zijn gemeten. Modelonzekerheden ontstaan door het gebruik van modellen in de berekening. Een model is slechts een benadering van de werkelijkheid en brengt daarom onzekerheid met zich mee (Helpdesk Water, 2019d).
3. 'Exogene' onzekerheden – dit zijn onzekerheden die buiten het model vallen. Dit betreft bijvoorbeeld de bodemopbouw en de waterspanning (Helpdesk Water, 2019d).

Met name de derde categorie van deze onzekerheden kan door monitoring verkleind worden. Door langdurig te meten kan meer inzicht verkregen worden. Het volledig elimineren van deze onzekerheden is niet mogelijk, maar het is wel mogelijk om deze te reduceren. Hierdoor kan een nauwkeurigere bepaling van de sterkte bereikt worden (Koelewijn, 2011).

3.2.2. Algemene baten

Wanneer een dijk gemonitord wordt, kunnen er twee situaties ontstaan: de dijk is zwakker dan aanvankelijk gedacht of de dijk is sterker dan aanvankelijk gedacht (Zomer, 2019). Deze situaties worden in Figuur 7 vertegenwoordigd door respectievelijk een rode en een groene lijn. Dit zijn trendlijnen, gebaseerd op meerdere metingen over de tijd. Hierbij dient vermeld te worden dat deze lijnen slechts indicatief zijn. De relatie is niet noodzakelijk lineair en het initiële veiligheidsniveau en de snelheid waarmee een dijk sterkte verliest kan variëren (Van den Berg & Koelewijn, 2014).



Figuur 7 - Baten door dijkmonitoring [Naar: (Van den Berg & Koelewijn, 2014)]

In het geval van een dijk die na monitoring sterker blijkt dan dat hij geacht werd, kan een dijkversterking uitgespaard of uitgesteld worden. Dit levert een directe kostenbesparing op. Het is waarschijnlijk dat deze situatie voorkomt, aangezien de condities waar dijken op ontworpen worden erg conservatief worden ingeschat (Van den Berg & Koelewijn, 2014). Volgens Zomer (2019) kan met dijkmonitoring een verhoogde efficiency van 10% tot 20% gerealiseerd worden.

In het geval dat een dijk zwakker blijkt dan dat hij geacht werd, zal een dijkversterking eerder uitgevoerd moeten worden. Dit levert nieuw inzicht op over de dijk waarmee de veiligheid vergroot wordt, al zal het leiden tot een omvangrijkere dijkversterking dan dat was verwacht. Er wordt berekend dat de kans op falen groter is dan aanvankelijk gedacht. Het is nu bekend wanneer de dijk een kritiek veiligheidsniveau bereikt en wanneer een (vervroegde) dijkversterking uitgevoerd moet worden. Zo blijft de veiligheid gewaarborgd. De verhoogde kennis van het gedrag van de dijk is dan ook de grootste opbrengst van dijkmonitoring (Van den Berg & Koelewijn, 2014).

Doelmatigheid

Dijkmonitoring kan bijdragen aan de doelmatigheid van dijkversterkingsprojecten. Hoewel dit onderzoek niet gericht is op dijkversterking, is dit toch relevant voor de beheerfase van de dijk. Life Cycle Costing (LCC) is een methode die kan worden ingezet om de totale kosten over de gehele levenscyclus van de dijk te verlagen (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2016), dit zal worden toegelicht in paragraaf 3.3. Hierbij kan monitoring meegenomen worden als een lange termijn

investering. Hoewel de kosten voor beheer en onderhoud dan hoger zullen zijn, hoeven de totale kosten over de levensduur niet hoger te zijn. Immers, door te monitoren kan een vroegtijdige versterking uitgespaard worden, wat de levenskosten weer verlaagd (Barends, Appendix C5). Een doelmatigere aanpak van versterkingen betekent een gerichtere inzet van financiële middelen.

Metten vs. Monitoren

Het verschil tussen meten en monitoren is dat bij monitoring wordt gemeten over een bepaalde tijdsduur, waar een meting eenmalig kan zijn. Hierbij wordt een tijdreeks aan data verzameld. Voor bepaalde variabelen is deze variatie van belang. Daarom kan door het verkrijgen van data in de tijd een beter beeld worden verzameld van de dijk dan bij een eenmalige of beperkt herhaalde meting. Voorbeelden van parameters waarbij de tijdsfactor van belang is, zijn waterspanningen, temperatuur en vervormingen (Van der Kolk, Van Esch, & Koelewijn, 2011).

3.2.3. Conclusie

De baten van monitoring in de beheerfase bestaan uit het optimaliseren van de dijkwacht en het onderhoud. In de beoordelingsfase bestaan de baten uit het controleren van de veiligheid, het onderbouwen van het beheerdersoordeel en het verkleinen van de onzekerheden in de beoordeling. Over het algemeen kan gezegd worden dat dijkmonitoring altijd baten met zich meebrengt: monitoring levert altijd meer inzicht in de toestand van de dijk op, waardoor de situatie goedkoper of veiliger wordt. Ook kan de doelmatigheid van het dijkbeheer en de dijkversterkingen vergroot worden.

3.3. Afweging

Om een besluit te maken om monitoring in te zetten, zullen de kosten en baten tegen elkaar afgewogen moeten worden. In deze paragraaf zal een methode om deze afweging te maken toegelicht worden. Tevens zullen aandachtspunten die in overweging genomen moeten worden bij de keuze voor een bepaalde monitoringstechniek toegelicht worden. Deze aandachtspunten zijn gerelateerd aan de in de paragrafen hiervoor genoemde kosten en baten en zijn belangrijk in de afweging tussen kosten en baten van verschillende technieken.

3.3.1. Methode

Bij de keuze voor het al dan niet implementeren van dijkmonitoring en de keuze voor een dijkmonitoringstechniek zullen de kosten en baten tegen elkaar afgewogen moeten worden. Hierbij zullen de kosten en baten over de gehele levenscyclus beschouwd moeten worden om tot een compleet oordeel te komen. Een methode voor het afwegen van kosten en baten is Life Cycle Costing (LCC).

Life Cycle Costing (LCC) is een benadering voor het maken van keuzes in waterveiligheidsmaatregelen. Hierin wordt gestreefd naar doelmatigheid: het zo efficiënt mogelijk uitvoeren van maatregelen. Hierbij worden alle kosten in de levenscyclus van de waterkering meegenomen (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2016). Zo worden kosten en baten op de korte en lange termijn tegen elkaar afgewogen.

Leontien Barends, beleidsadviseur waterveiligheid bij HHSK (Appendix C5), geeft als voorbeeld dat bij een versterking niet alleen versterkt hoeft te worden, maar dat er ook gekozen kan worden voor een gedeeltelijke versterking, aangevuld met monitoring. Monitoring zorgt er dan voor dat er niet te vroeg versterkt wordt, wat een investering uit kan sparen. Deze benadering kijkt verder dan de versterkingsmaatregel en legt een zekere verantwoordelijkheid bij het beheer en onderhoud. Van hieruit zou gekeken kunnen worden naar een monitoringsvraag en -strategie.

Echter, Barends (Appendix C5) geeft ook een probleem aan bij deze aanpak: kosten die gemaakt worden buiten de levensfase van de versterking worden meestal niet gefinancierd. Een dijkversterking kan rekenen op 50% financiering vanuit het Rijk, 40% wordt gedragen door de waterschappen tezamen en 10% is voor het waterschap zijn eigen rekening. Een monitoringsmaatregel zal volledig zelf betaald moeten worden. Een waterschap zal hierdoor geneigd zijn om te kiezen voor de traditionele aanpak van een overdadige versterking.

Een ander aandachtspunt dat Barends (Appendix C5) aandraagt met betrekking tot de LCC benadering is het feit dat het bestuur van een waterschap financiering toe moet kennen. Besturen worden aangesteld voor een periode van vier jaar, terwijl monitoringsinvesteringen zich pas op langere termijn uit zullen betalen. Daarom zal een initiatiefnemer van dijkmonitoring de nut- en noodzaak van monitoring op de lange termijn goed moeten kunnen onderbouwen. Zo kan een bestuurder een investering ook verantwoorden tegenover kiezers.

3.3.2. Keuze voor een techniek

In dit hoofdstuk zijn de algemene kosten en baten van dijkmonitoring beschreven. Er kleven daarnaast ook voor- en nadelen aan verschillende monitoringstechnieken. In de interviews en tijdens de workshop 'Keuzes in Datamanagement' van het Netwerk Dijkmonitoring is een aantal aandachtspunten voorbij gekomen die in acht genomen dienen te worden bij de keuze voor een monitoringstechniek. Dit zijn het efficiënt gebruik van monitoringsapparatuur, de levensduur van de apparatuur en het voorkomen van een conflict met medegebruik van de dijk. Deze aandachtspunten worden in deze paragraaf toegelicht.

Efficiënt gebruik

Het inzetten van meet- en monitoringstechnieken vereist een investering. Daarom dient de apparatuur efficiënt gebruikt te worden. Zo maakt Waterschap Noorderzijlvest gebruik van een aantal waterspanningsmeters die voor een bepaalde periode op een bepaalde locatie gebruikt worden en daarna verplaatst naar een andere locatie. Zo rouleert de apparatuur tussen verschillende peilbuizen, waardoor minder apparatuur aangeschaft hoeft te worden en budgetten effectief kunnen worden ingezet (Nieuwenhuis, 2019).

Op het gebied van efficiëntie waren in de interviews tegenstrijdigheden te herkennen. Zo gaven de dijkbeheerders aan dat metingen optimaal worden ingezet, omdat het uitvoeren van metingen simpelweg duur is (Appendix C2). Aan de andere kant gaf Krabbendam aan dat hij ervan overtuigd is dat data in veel gevallen meerdere keren wordt ingewonnen, omdat er geen centrale opslag van data en metadata is (Appendix C3).

Levensduur

Dijkbeheer speelt zich af op een tijdschaal van enkele tientallen jaren. Oorspronkelijk werden dijken ontworpen om 50 jaar mee te gaan (TAW, 1998). Inmiddels is de ontwerpfilosofie enigszins veranderd (Life Cycle Costing), maar de schaal waarop dijkbeheer zich afspeelt is niet veel veranderd. Het is dan ook belangrijk om deze tijdschaal in het achterhoofd te houden wanneer een monitoringsstrategie voor op de lange termijn wordt ontwikkeld.

Monitoring wordt ingezet met een bepaald doel en daar kan een benodigde levensduur aan gekoppeld worden. Vervolgens kan gezorgd worden dat een techniek wordt ingezet met een levensduur die voldoende is voor het beoogde doel. Een andere mogelijkheid is dat er gezorgd kan worden dat de monitoringsapparatuur eenvoudig te vervangen is, waardoor de benodigde levensduur ook wordt bereikt. Hier dient rekening mee gehouden te worden in de keuze voor een dijkmonitoringstechniek.

Medegebruik

Veel waterkeringen in het beheergebied van HHSK hebben een nevenfunctie naast het keren van water. Indien hier geen rekening mee wordt gehouden, bestaat de kans dat (in-situ) monitoring en medegebruik elkaar in de weg zitten. Wanneer in-situ dijkmonitoring nuttig wordt geacht, zal dit zo moeten worden ingericht dat het medegebruik de apparatuur niet kan schaden of moet het medegebruik dusdanig in worden geperkt dat dit niet aan de orde is (Appendix C2). Hierbij dient een overweging gemaakt te worden tussen de kosten van het inperken van medegebruik en de baten van monitoring.

3.3.3. Conclusie

Life Cycle Costing is een methode om kosten en baten af te wegen, door de kosten en baten over de gehele levensduur van de dijk te beschouwen. Hierbij wordt gestreefd naar doelmatigheid. Aandachtspunten die meegenomen dienen te worden bij de afweging tussen kosten en baten voor verschillende monitoringstechnieken zijn het efficiënt gebruik van monitoringsapparatuur, de levensduur van de monitoringsapparatuur en het voorkomen van een eventueel conflict tussen monitoring en medegebruik.

4. Implementatie

Om tot een weloverwogen antwoord te komen op de vraag hoe dijkmonitoring geïmplementeerd kan worden binnen de organisatie van HHSK, zal in dit hoofdstuk allereerst de organisatie besproken worden en de aandachtspunten die behandeld moeten worden voordat dijkmonitoring geïmplementeerd kan worden. Vervolgens zal de volwassenheid en acceptatie van verschillende technieken besproken worden, als een richtlijn om te bepalen welke technieken wel en niet toegepast zou moeten worden, en tot slot wordt de aansluiting met andere fasen in de levenscyclus behandeld.

4.1. Organisatie

Om dijkmonitoring succesvol te implementeren in het dijkbeheer bij HHSK, is er een aantal aandachtspunten aan te wijzen. Deze worden in deze paragraaf besproken. Vervolgens worden verschillende mogelijkheden tot het verkrijgen van financiering voor dijkmonitoring toegelicht.

4.1.1. Aandachtspunten

De aandachtspunten die in deze paragraaf besproken zullen worden zijn: het kennisgebrek met betrekking tot dijkmonitoring, het vertalen van data naar informatie en de keur.

Kennisgebrek

In interviews met Peter van Duijvendijk, Annelies Minnaar en Stefan Loosen (Appendix C1 & C2), dijkbeheerders bij HHSK, kwam duidelijk naar voren dat er nog veel onbekend is op het gebied van dijkmonitoring. Zo wordt er benoemd dat het vaak niet duidelijk is hoe duurzaam, robuust en betrouwbaar technieken zijn.

Zoals genoemd in paragraaf 2.3.1, schrijft de zorgplicht voor dat het waterschap ervoor moet zorgen dat de dijken aan de normen voldoen en dat het te allen tijde inzicht heeft in de toestand van de dijk. Dit betekent dat zowel zichtbare als onzichtbare fenomenen in kaart moeten zijn gebracht. Naar aanleiding van de dijkdoorbraak door droogte bij Wilnis in 2003, heeft de Hoge Raad uitspraak gedaan over de aansprakelijkheid van de dijkbeheerder voor het doorbreken van de dijk. Deze uitspraak heeft wegens jurisprudentie gevolgen voor toekomstig beheer van dijken. Naar aanleiding van de uitspraak van de Hoge Raad, voegt prof. Marleen van Rijswick daarom een verplichting aan de zorgplicht toe: het waterschap dient de vakliteratuur over de kwetsbaarheid van keringen en nieuwe technologieën bij te houden. Tevens dient het waterschap ruimte in te bouwen voor innovatie, zodat deze kennis wordt toegepast. Van Rijswick voegt hier aan toe dat dit met beleid gedaan moet worden (Van Rijswick, 2011). Dit betekent dat het waterschap verplicht is om de kennis over onderwerpen zoals dijkmonitoring op te doen en bij te houden, omdat het anders aansprakelijk is in het geval van falen van een dijk. Dit dient voorkomen te worden. Daarom zal het waterschap kennisleemten moeten verkleinen.

Hoewel het nog een relatief jong toepassingsgebied is, is er informatie beschikbaar van proeven die zijn uitgevoerd met verschillende meettechnieken. Zo hebben de Vries et al. (2013) een rapport opgesteld met een evaluatie van een negental meettechnieken op de criteria: nauwkeurigheid, reikwijdte, metingdichtheid, meetfrequentie, mate van redundantie, robuustheid, aanlooptijd, informatieverwerkingstijd, interpretatie en mate van voorspelling van een faalmechanisme.

Onderzoeken als dat van de Vries et al. kunnen gebruikt worden als een onderbouwing voor besluiten omtrent monitoring. Hier is echter wel enige tijdsinvestering van dijkbeheerders voor nodig. Naast het doen van zelfstudie naar dijkmonitoring door rapporten te bestuderen, kunnen er ook cursussen gevolgd worden. Er zijn cursussen beschikbaar voor dijkbeheerders die slechts een kleine tijdsinvestering vereisen (vanaf enkele dagen). Hierin worden de uitdagingen en oplossingen die bij de implementatie van dijkmonitoring komen kijken behandeld (Zomer, 2019).

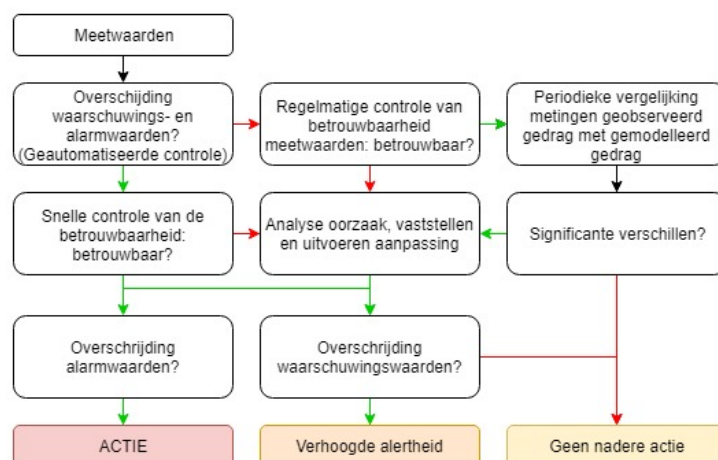
Er ligt echter ook een zekere verantwoordelijkheid bij de aanbieders van dijkmonitoringstechnieken. Zij moeten zorgen dat het duidelijk is wat hun product oplevert en wat het gebruik ervan inhoudt. Daarnaast moeten adviseurs duidelijke adviezen geven.

Data naar informatie

Het inwinnen van data met behulp van dijkmonitoringstechnieken is slechts één stap in het inzetten van dijkmonitoring. Een volgende stap is het vertalen van data naar informatie. In de gesprekken met de dijkbeheerders kwam duidelijk naar voren dat ze liever geen data ontvangen, maar informatie (zie Appendix C). Dit betekent dat marktpartijen niet alleen moeten innoveren in het ontwikkelen van dijkmonitoringstechnieken, maar ook zullen moeten voorzien in de behoefte om data te vertalen naar informatie.

Hier is echter ook een rol weggelegd voor dijkbeheerders zelf. Meet- en monitoringstechnieken verzamelen data met betrekking tot een bepaalde parameter: grondwaterspanning, waterdruk, temperatuur etc. Deze parameters kunnen vervolgens vertaald worden naar een bepaalde indicator voor een faalmechanisme. Dit wordt nu ook gedaan met eenmalige metingen. Om dit mogelijk te maken voor periodieke metingen (monitoring), zal dit proces moeten worden geautomatiseerd.

Van den Berg en Koelewijn (2014) stellen hier een vrij eenvoudige oplossing voor. Op basis van meetwaarden en waarschuwings- en alarmwaarden, kunnen beslisbomen worden opgezet, zoals te zien in Figuur 8. Hoewel niet voor iedere parameter een directie actie aan een overschrijding van een waarde gehangen kan worden, is een dergelijk systeem wel een begin van een uiteindelijk systeem om data naar informatie en naar acties te vertalen.



Figuur 8 - Beslisboom van meetwaarden naar actie. Groen is ja, rood is nee. [Naar: (Van den Berg & Koelewijn, 2014)]

Keur

Bij het aanleggen van monitoring moet de invloed van de monitoringsapparatuur op de waterkering bepaald worden. Indien er zorg voor wordt gedragen dat de monitoringsapparatuur de waterkering niet verzwakt, zal de aanleg van monitoringsapparatuur in de dijk geen probleem vormen. Echter, de dijkbeheerders van HHSK (zie Appendix C1) geven aan dat de keur aangepast moet worden om vast te leggen dat het aanleggen van monitoringsapparatuur in de dijk toegestaan is, omdat de keur op dit moment stelt dat het niet toegestaan is om iets in de dijk aan te leggen. Van Duijvendijk, Minnaar en Loosen zijn het erover eens dat het aanpassen van de keur om dijkmonitoring mogelijk te maken, mogelijk is.

4.1.2. Financiering

Dijkmonitoring vereist een investering en er dient financiering voor te zijn. Binnen HHSK zijn hier verschillende obstakels en kansen in te herkennen.

Budgetten

Er doet zich een aantal problemen voor wanneer men dijkmonitoring wil implementeren in het dijkbeheer, waarvan de voornaamste de financiering betreft. Het onderhoudsbudget is krap en ingericht op de bestaande situatie. Er is niet zomaar ruimte te maken voor een budget voor langdurige dijkmonitoring. Tijdens de workshop 'Keuzes in Datamanagement' van het Netwerk Dijkmonitoring kwam een aantal opties voorbij voor het implementeren van dijkmonitoring in de werkpraktijk van een waterschap. Jan-Willem Nieuwenhuis van Waterschap Noorderzijlvest adviseert om een project op te starten, gericht op dijkmonitoring. Hierbij zou budget vrijgemaakt moeten worden wat los staat van het budget voor beheer & onderhoud. Bij deze opzet zou er echter wel voor gewaakt moeten worden dat de dijkmonitoring niet stopt na het project. Het project moet dienen als een opzet, waarbij monitoring klein opgezet kan worden en vandaar uit verder kan worden uitgebreid (Nieuwenhuis, 2019).

Volgens Barends (Appendix C5) is het mogelijk om dijkmonitoring op te nemen in de begroting van het waterschap. Het zou dan onder het beheer moeten vallen. Voor de aanleg van een monitoringssysteem zou een project gevormd kunnen worden, maar het langdurig onderhouden en exploiteren van een systeem zal onder het reguliere beheer moeten vallen en zal geen project kunnen zijn.

Losstaande initiatieven

Om financiering te krijgen buiten de begroting om, dient een initiatiefnemer (in dit geval waarschijnlijk de dijkbeheerder) een sterke motivatie te hebben met een duidelijke onderbouwing van kosten en baten. Dit dient eerst gepresenteerd te worden aan de directie. Wanneer dit door hen goedgekeurd wordt, wordt het initiatief voorgelegd aan het bestuur (Barends, Appendix C5).

Bij het voorleggen van initiatieven aan het bestuur, speelt de politieke achtergrond mee. Bestuurders hebben bepaalde speerpunten die zij willen behalen en een beperkt budget voor verschillende kostenposten. Hierdoor is de slagingskans van monitoringsinitiatieven sterk afhankelijk van de overtuigingskracht en de onderbouwing van de initiatiefnemer (Barends, Appendix C5).

Subsidies

Aangezien dijkmonitoring een relatief nieuw speelveld is, is er nog veel te ontwikkelen en te ontdekken. Dit betekent dat er ook verschillende subsidies en budgetten beschikbaar zijn om de ontwikkeling te stimuleren. De subsidiemogelijkheden moeten onderzocht worden bij het implementeren van een bepaalde monitoringstechniek of -strategie. Zo is er bijvoorbeeld vanuit het Hoogwater Beschermingsprogramma (HWBP) een volledige subsidie te verkrijgen op innovaties in versterkingsprojecten (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2014). Hier valt het gebruik van nieuwe technieken onder, maar ook van nieuwe processen. Hier horen bijvoorbeeld ook alternatieve aanbestedingsvormen en nieuwe toepassingen van bestaande technieken bij. Wanneer er ruimte is voor een experiment, kan een innovatieve maatregel gesubsidieerd worden vanuit het HWBP. Hierbij worden de kosten voor de maatregel en het risico door het HWBP gedragen (Barends, Appendix C5).

Hierbij geeft Barends (Appendix C5) echter wel een kritische kanttekening. Het risico wordt namelijk gedekt door het HWBP, maar het is niet duidelijk wat er gedaan moet worden wanneer een maatregel niet blijkt te functioneren, of zelfs een negatief effect op de sterkte van de dijk blijkt te hebben. Er moet dan een alternatief plan ingesteld worden. Het is niet bekend of een dergelijk alternatief plan ook subsidiabel is. Indien een dergelijk alternatief plan bekostigd moet worden door het waterschap, brengt dit onzekerheid met zich mee. Het is mogelijk dat het alternatieve plan duurder is geworden doordat de innovatieve maatregel niet blijkt te werken. Door deze onzekerheid zal het waterschap niet snel geneigd zijn tot het inzetten van een innovatieve maatregel. Er dienen duidelijke afspraken gemaakt worden over de verdeling van verantwoordelijkheden bij het aanvragen van een subsidie voor het inzetten van innovatieve maatregelen.

Hoewel dit gaat om een subsidie voor de versterkingsfase en niet voor de beheerfase, zou hier wel gebruik van worden gemaakt door monitoringsapparatuur aan te leggen in de versterking. Zo is de maatregel wel subsidiabel en heeft de beheer- en onderhoudsfase er ook baat bij.

Samenwerking tussen waterschappen

De overweging om dijkmonitoring te implementeren in het dijkbeheer speelt niet alleen bij HHSK. Daarom oppert Martin van der Meer (2019) tijdens de workshop 'Keuzes in Datamanagement' van het Netwerk Dijkmonitoring dat er ook andere waterschappen zijn die overwegen om dijkmonitoring in te zetten en dat hier gebruik van gemaakt kan worden. Door samen te werken, in bijvoorbeeld een Project Overstijgende Verkenning (POV), is het mogelijk om het risico te spreiden. Hiermee zou dijkmonitoring beter in kaart worden gebracht, zonder dat een waterschap hier alleen verantwoordelijk voor is.

Barends (Appendix C5) geeft aan dat dit inderdaad mogelijk is en dat dit ook wel gebeurt, voornamelijk tussen aangrenzende waterschappen. Aangrenzende waterschappen hebben vaak soortgelijke problematiek en daarom kan samenwerking voor beiden interessant zijn. Echter is een hekel punt in samenwerkingen vaak de financiering. Wanneer twee waterschappen samenwerken, betekent dit ook dat er bij twee besturen financiering aangevraagd moet worden. Dit betekent dat een plan verdedigd moet worden tegenover twee verschillende besturen (en bestuurders) met verschillende belangen. Hier lopen samenwerkingen tussen waterschappen soms op spaak.

4.1.3. Conclusie

Om te concluderen, zal de kennis op niveau gebracht moeten worden om succesvolle implementatie van monitoring mogelijk te maken. Daarnaast moet er een duidelijk plan opgesteld worden om data naar informatie om te zetten en vervolgens dient monitoring mogelijk te zijn volgens de keur. Tot slot zijn er verschillende manieren om financiering te verkrijgen. Om de inzet van dijkmonitoring breed mogelijk te maken, zal er budget voor monitoring vrijgemaakt moeten worden.

4.2. Volwassenheid

Het veld van dijkmonitoring is relatief jong. Er zijn in de afgelopen jaren veel technieken ontwikkeld, getest en gebruikt. Het blijkt soms lastig voor dijkbeheerders om in te schatten in hoeverre een techniek bewezen is en reeds toegepast wordt (Barends, Appendix C5). Om hier een betere inschatting en vergelijking in te kunnen maken, kunnen er volwassenheidsschalen worden opgesteld. Door deze schalen toe te passen, kan de volwassenheid en de mate van acceptatie en toepassing van technieken bepaald worden. Vervolgens kan een besluit gemaakt worden welke mate van volwassenheid en acceptatie wenselijk is voor de specifieke situatie.

Er zijn twee schalen opgesteld: een Technology Readiness Level (TRL) schaal, die de volwassenheid van een techniek aangeeft en een Application Readiness Level (ARL) schaal, die de mate van acceptatie en toepassing in het werkveld aangeeft. Deze zullen hier in deze volgorde behandeld worden.

4.2.1. Technology Readiness Level

Iedere techniek kan beoordeeld worden op basis van de criteria voor de volwassenheidsniveaus om zo tot een TRL-score te komen.

Schaal

Deze manier van beoordelen is ontwikkeld door NASA om technologie op het gebied van ruimtevaart in te schalen naar volwassenheid. Er zijn negen niveaus, waarbij een technologie pas aan een bepaald niveau voldoet als alle criteria van het niveau en de daaraan voorgaande niveaus zijn behaald (NASA, 2012).

Om te beoordelen welke monitoringstechniek ingezet kan worden in dijkbeheer, zijn criteria opgesteld om de TRL-score van monitoringstechnieken te bepalen. Hierbij gaat het om het volwassenheidsniveau in een dijkbeheer-context. Technieken kunnen zich immers al bewezen hebben in andere velden, voordat ze worden ingezet voor dijkmonitoring. Hierbij is waar nodig afgeweken van de NASA methodologie, om het kader toepasselijk te maken voor deze specifieke toepassing. Deze schaal is getoond in Figuur 18 in Appendix Appendix D1 – Technology Readiness Level. Een beknopte beschrijving is gegeven in Figuur 9.

9	Techniek toegepast en bewezen
8	Techniek klaar voor toepassing
7	Bewijs prototype in het veld
6	Bewijs prototype in een testomgeving
5	Bewijs onderdelen in een testomgeving
4	Bewijs onderdelen in een laboratoriumsetting
3	Proof of Concept
2	Praktische toepassing basisprincipes
1	Fundamenteel onderzoek

Figuur 9 - Beknopte beschrijving TRL schaal

Afweging

De ontwikkeling van een techniek zal hoofdzakelijk bij marktpartijen liggen, zij bieden de techniek immers aan. Het is dan ook niet te adviseren aan waterschappen om zelf te investeren in de ontwikkeling van een monitoringstechniek, omdat de kans op falen van de ontwikkeling simpelweg te groot is en de baten te klein zijn. Er kan beter gekozen worden voor een techniek die zichzelf heeft bewezen in een testomgeving gelijk aan de realiteit, bijvoorbeeld in een IJkdijk project (Kennissplatform Dijkmonitoring, 2019b). Het is daarom te adviseren om te kiezen voor een techniek met TRL 8 of 9.

4.2.2. Application Readiness Level

Waar het Technology Readiness Level de volwassenheid van een techniek indiceert, geeft het Application Readiness Level (ARL) aan hoe ver de toepassing van een techniek gevorderd is.

Schaal

Ook deze schaal is ontwikkeld door NASA, als een aanvulling op de TRL. Echter, bij NASA worden technieken intern ontwikkeld en vervolgens ook intern toegepast (NASA, 2013). In het geval van dijkmonitoringstechnieken zal de ontwikkeling van de techniek dikwijls in handen liggen van een marktpartij. Vervolgens worden ze toegepast door dijkbeheerders, zoals waterschappen. Daarom is deze schaal aangepast om toepasbaar te zijn op dijkmonitoringstechnieken. Het resultaat is getoond in Figuur 19 in Appendix Appendix D2 – Application Readiness Level. In Figuur 10 is een beknopte beschrijving gegeven van de ARL schaal.

9	Integratie in eigen organisatie
8	Integratie in een Nederlands waterschap
7	Succesvol gebruikt in een Nederlands waterschap
6	Succesvol getest in Nederland
5	Overweging van toepassing binnen Nederland
4	Toepassing in buitenland
3	Kansen reëel geacht
2	Kansen gevonden
1	Basisonderzoek

Figuur 10 - Beknopte beschrijving ARL schaal

Afweging

De keuze voor een monitoringsstrategie of -techniek kan gebaseerd worden op basis van de ARL schaal. Het aanbevolen niveau is echter situatie-afhankelijk. Indien men een techniek wil toepassen met een lage ARL, draagt men bij aan de ontwikkeling van dijkmonitoring, maar hier hangt ook een zeker risico aan. Als een techniek immers nog niet meerdere malen succesvol is gebruikt in een soortgelijke situatie, is er een grotere kans dat de techniek niet (goed) blijkt te werken binnen de organisatie. Dit risico zal beheerst moeten worden. Hier zijn verschillende opties voor, zoals beschreven in paragraaf 4.1 (Barends, Appendix C5).

Het toepassen van een innovatieve monitoringstechniek, brengt nog een aspect met zich mee: er is een kans dat de techniek niet blijkt te werken voor het doel waarvoor de monitoringstechniek ingezet wordt. Indien de techniek niet werkt, moet de veiligheid van de dijk niet in het geding komen. Indien de veiligheid in het geding komt bij disfunctioneren van de innovatieve monitoringstechniek, betekent dat dat er gekozen moet worden voor een reeds geaccepteerde monitoringstechniek. De innovatieve

monitoringstechniek kan dan volledig buiten beschouwing worden gelaten, of de innovatieve techniek en de geaccepteerde techniek kunnen simultaan ingezet worden. Bij de laatstgenoemde manier wordt de veiligheid gewaarborgd en wordt tevens een innovatieve techniek getest.

Het inzetten van een geaccepteerde monitoringstechniek kan ook nodig zijn indien de kosten voor het beheren van de dijk hoger zijn na een periode van testen van de innovatie monitoringstechniek. Dit kan voorkomen in het geval dat de dijk na de testperiode dusdanig verzwakt is dat beheermaatregelen niet langer voldoende zijn en er over gegaan moet worden op een versterking. Dit kan voorkomen worden door (tevens) een geaccepteerde monitoringstechniek in te zetten.

Stappen voor het kiezen van het geschikte ARL zijn verwerkt in stap C van het afwegingskader (Figuur 13).

Verbetering

Om de ARL score te verhogen, zijn er twee aspecten waar vooruitgang in geboekt kan worden. Allereerst kan de techniek gebruiksvriendelijk gemaakt worden door handleidingen en trainingen beschikbaar te stellen voor gebruikers van de techniek. Dit zal voornamelijk gedaan moeten worden door aanbieders van de techniek. Aan de gebruikerskant van de technieken is er ook vooruitgang te boeken. Er is voor HHSK onderscheid te maken tussen andere waterschappen en de eigen organisatie. Er kan gewacht worden tot andere waterschappen een techniek succesvol toepassen, waardoor de techniek zal stijgen in de ARL schaal. Het heft kan echter ook in eigen hand worden genomen door kunnen veranderingen plaats te laten vinden binnen de eigen organisatie. Dit kan al gedaan worden door een innovatieve methode in te zetten naast een bestaande methode.

Het is tevens aan te bevelen om een verantwoordelijke voor monitoring aan te stellen binnen het waterschap. Hier hoeft niet noodzakelijk iemand voor aangenomen te worden, maar dit kan ook worden toegevoegd aan het takenpakket van een bestaande medewerker. Zo wordt er gegarandeerd dat er iemand is met kennis over de monitoring en is er iemand die toezicht houdt op het gebruik van de data die verkregen wordt door monitoring. Immers, het is nutteloos om te meten als er vervolgens niets met de data gedaan wordt. Deze persoon kan ook toezicht houden op de opslag en de ontsluiting van de data.

4.2.3. Conclusie

Om tot een succesvolle implementatie van dijkmonitoring te komen, zal de gekozen techniek een Technology Readiness Level van 8 of 9 moeten hebben, dit is een mate voor de volwassenheid van de techniek. Daarnaast kan er gekozen worden voor een in meer of mindere mate geaccepteerde techniek: een techniek met een Application Readiness Level van hoger of lager dan 7. Dit hangt af van het monitoringsdoel en de mogelijke financiering. Bij het kiezen van een innovatieve techniek, mag de veiligheid in geen geval in het geding zijn. Indien de veiligheid niet zeker is, zal er ook een geaccepteerde monitoringstechniek ingezet moeten worden.

4.3. Life cycle

De beheerfase is niet de enige fase in de levenscyclus van de dijk, zoals te zien is in Figuur 6. Besluiten die gemaakt worden in het beheer, hebben invloed op de andere fasen en andersom. Daarom zal in deze paragraaf de aansluiting van de beheerfase met de verdere fasen in de levenscyclus van de dijk besproken worden. De algemene voordelen van het inzetten van dijkmonitoring voor de verschillende fasen in de levenscyclus van de dijk zijn reeds besproken in paragraaf 3.2, dus deze zullen hier niet nogmaals besproken worden.

4.3.1. Dataontsluiting

Om de informatie die beschikbaar komt door monitoring optimaal te benutten, is het noodzakelijk dat de informatie toegankelijk is voor de verschillende afdelingen binnen het waterschap. In de interviews met Van Duijvendijk, Minnaar en Loosen (Appendix C1 & C2) en met Ben Krabbendam (Appendix C3), medewerker team Geo-informatie bij HHSK, werd duidelijk dat de opslag en ontsluiting van data binnen het waterschap verbetering vereist.

Krabbendam (zie Appendix C3) geeft aan dat de opslag van metadata essentieel is in het efficiënt gebruiken van data. Metadata omvat de informatie over de data: welke informatie representeert de data en waar en wanneer is de data verzameld? Volgens hem is data alleen overdraagbaar wanneer de metadata goed is opgeslagen. Hier is nog een slag te maken binnen HHSK. Dit is belangrijk om het maximale uit een monitoringsinvestering te kunnen halen: iedereen die er baat bij heeft zou bij de data moeten kunnen en hier informatie uit kunnen winnen.

Op het gebied van dataontsluiting kan binnen het waterschap van elkaar geleerd worden. Tom Pieterse, beleidsmedewerker databeheer en hydrologie op de afdeling Watersystemen bij HHSK, heeft laten zien dat er bij de afdeling Watersystemen gebruik wordt gemaakt van het Waterkwantiteit Informatie Systeem (WIS), een ArcGIS gestuurd programma waarin informatie over hydraulische en hydrologische gegevens op wordt geslagen (zie Appendix C4). In de toekomst zou ook gedacht kunnen worden aan een dergelijk programma voor de opslag van gegevens over de dijken.

4.3.2. Besluitvorming

In het eerste interview met dijkbeheerders Van Duijvendijk, Minnaar en Loosen (Appendix C1) is gediscussieerd over waar in het huidige dijkbeheersproces het besluit omtrent dijkmonitoring genomen zou moeten worden. De dijkbeheerders zijn het erover eens dat het besluit tot langdurige dijkmonitoring in principe genomen zou moeten worden in de beheerfase: de dijkbeheerders zijn immers gespitst op hoe ze controle moeten hebben over de dijk. De beheerders hebben ook het meeste inzicht in kennisleemten omtrent de toestand van de dijk. Echter, van Duijvendijk, Minnaar en Loosen erkennen dat het tijdens een versterking makkelijker en efficiënter kan zijn om monitoring te implementeren, zeker als het om invasieve technieken gaat. Daarnaast is het mogelijk om monitoringsapparatuur over te nemen uit de versterkingsfase.

Aanleg

Indien de bekleding in een versterking aangetast wordt, kunnen op dat moment goedkoper sensors geplaatst worden dan wanneer dit in een apart project gedaan moet worden. Van Duijvendijk,

Minnaar en Loosen plaatsen hierbij wel de kanttekening dat het dan wel uitmaakt welke strekking een dergelijke versterking heeft: wanneer het slechts om een relatief klein deel van de dijk gaat en de monitoring zou geen compleet beeld geven van (een significant deel van) de dijk, dan wordt het niet zinvol geacht (Appendix C1). Dit is echter geen realistische eis en dit strookt niet met het huidige beleid omtrent dijkbeheer. Momenteel is er geen volledig inzicht, maar wordt er wel gezegd dat er wordt voldaan aan de zorgplicht. Bij het inzetten van monitoring zal er ook geen volledig inzicht in de toestand van de dijk verkregen worden, maar het levert wel een beter inzicht op dan dat er nu is. Het niet verkrijgen van een compleet beeld van de toestand van de dijk door monitoring is dan ook geen geldig argument om dijkmonitoring niet in te zetten.

Van Duijvendijk, Minnaar en Loosen besluiten dat er tijdens de dijkversterkingsopgave overwogen moet worden of monitoring nuttig is voor de evaluatie van een project of ook op lange termijn (Appendix C1). Van Duijvendijk (2019) geeft aan dat de beheerders in de afgelopen versterkingsprojecten een instandhoudingsplan hebben gevraagd van de dijkversterker. Het ontwerp van de versterking wordt besproken met de beheerder om te zorgen dat de uiteindelijke dijk ook te beheren is. Deze bespreking is een kans om dijkmonitoring te bespreken met actoren in verschillende fasen van de levenscyclus van de dijk. Hierbij is het te adviseren om de LCC aanpak aan te houden, om zo de totale levenskosten van de dijk te minimaliseren.

Ook met het oog op het aanleggen van dijkmonitoring in de beheer- en onderhoudsfase, is het voor de dijkbeheerder nuttig om aan de ontwerptafel plaats te nemen. Er kunnen namelijk aanpassingen gedaan worden in het ontwerp van de versterking, zodat monitoring vervolgens in de beheer- en onderhoudsfase duurzaam kan worden uitgevoerd en afgewerkt (Koelewijn, 2019).

Overname van apparatuur

Bij een dijkversterking heeft de opdrachtnemer vaak de verantwoordelijkheid om tot een bepaalde periode na het uitvoeren van de versterking aan te tonen dat de dijk voldoet aan de gestelde eisen. De opdrachtgever (het waterschap) kan dan op ieder moment de status van de dijk opvragen en de opdrachtnemer dient dit te leveren. Om dit mogelijk te maken, wordt er doorgaans gebruik gemaakt van dijkmonitoringstechnieken (Verhulst, 2019).

Na een dergelijke nazorgperiode eindigt de verplichting van de opdrachtnemer. Er zijn dan twee opties: de opdrachtnemer haalt de apparatuur weg of de dijkbeheerder neemt de apparatuur over om de dijk verder te monitoren. Bij het overnemen van de apparatuur wordt er gebruik gemaakt van de data die in de nazorgperiode is vergaard en hoeven er geen nieuwe aanlegkosten gemaakt te worden, deze zijn immers al gemaakt door de opdrachtnemer aan het begin van de nazorgperiode. Voor de opdrachtnemer levert dit ook een voordeel op, want de monitoringsapparatuur hoeft niet verwijderd te worden (Verhulst, 2019).

Om overname mogelijk te maken, is het noodzakelijk om in een vroeg stadium van de versterking (in de ontwerpfase) in gesprek te gaan met de verantwoordelijke voor de versterking en de opdrachtnemer. Er dient namelijk voorkomen te worden dat er clausules in het contract komen die verplichten om de monitoringsapparatuur te verwijderen na de nazorgfase. Daarnaast kan het nodig zijn dat de monitoring op een andere wijze uitgevoerd moet worden om het ook bruikbaar te maken voor de beheer- en onderhoudsfase. Dit is in een vroeg stadium nog mogelijk, het ontwerp kan dan aangepast worden (Koelewijn, 2019).

4.3.3. Conclusie

Om de aansluiting van de verschillende fasen in de levenscyclus van de dijk soepel te laten verlopen, zal er goede dataopslag en ontsluiting plaats moeten vinden. Daarnaast moet er overlegd worden met de verantwoordelijken voor de verschillende fasen in besluitvormingsopgaven omtrent monitoring. Tot slot biedt de overdracht tussen fasen ook de mogelijkheid tot overdracht van apparatuur.

5. Afwegingskader

De bevindingen met betrekking tot dijkmonitoring en de organisatie van HHSK zijn samengevoegd tot een afwegingskader voor dijkmonitoring, te gebruiken door dijkbeheerders van HHSK. Hierbij is gekeken naar de besluitvorming omtrent dijkmonitoring, maar is ook een stap verder gegaan door te kijken naar de praktische implementatie. In het afwegingskader is een poging gedaan om obstakels in de uitvoering uit te lichten en een procedure beschreven om deze obstakels te overwinnen. In dit hoofdstuk zullen het doel, de gebruiker en het moment van gebruik van het afwegingskader beschreven worden. Vervolgens wordt de methode om het afwegingskader te gebruiken toegelicht en tot slot volgt het afwegingskader.

Doel

Het doel van het afwegingskader is om dijkbeheerders te helpen in het maken van een keuze omtrent dijkmonitoring. Hierbij wordt allereerst de relevantie van dijkmonitoring beoordeeld. Indien dijkmonitoring nuttig wordt geacht, wordt verder gegaan door een monitoringsvraag op te stellen. Vervolgens wordt een monitoringsstrategie opgesteld die aansluit op de monitoringsvraag. Tot slot wordt bepaald in welke fase van de levenscyclus van de dijk de monitoringsapparatuur aangelegd zou moeten worden.

Gebruiker

De beoogde gebruiker van het afwegingskader is een dijkbeheerder binnen een waterschap. Het is zowel toepasbaar voor een dijkbeheerder van primaire waterkeringen als voor een dijkbeheerder van regionale waterkeringen. Het gaat hierbij niet om de inspecteur die wekelijks over de dijk loopt, maar degene die 'binnen' het beheer en onderhoud van de dijken bepaalt en plant. Het initiatief voor dijkmonitoring zal bij hem/haar vandaan moeten komen. Indien hij/zij ervan overtuigd is dat dijkmonitoring een toegevoegde waarde heeft voor het beheer en onderhoud van de dijk, zal hij/zij het initiatief moeten nemen om draagvlak en financiering te verkrijgen vanuit het waterschap.

Moment van gebruik

Dit afwegingskader kan op ieder moment in het beheer- en onderhoudsproces van de dijk doorlopen worden.

Methode

Het afwegingskader kent vier stappen (A t/m D), waarbij stap A bepaalt of stappen B t/m D worden doorlopen. Er zijn vier soorten vakjes:

- Witte vakjes zonder achtergrond geven een stelling die beantwoord dient te worden met 'ja' of 'nee'. Hierbij dient de pijl met het gekozen antwoord gevolgd te worden.
- Witte vakjes met een gele achtergrond geven een actie aan. Deze actie dient voltooid te worden alvorens de zwarte pijl te volgen naar het volgende vakje.
- Witte vakjes met een blauwe achtergrond geven een besluit aan. Er hoeft geen actie, de zwarte pijl kan gevolgd worden naar het volgende vakje.
- Oranje vakjes geven aan dat er doorgedaan kan worden naar de volgende stap in het afwegingskader. In de volgende stap dient begonnen te worden bij vakje 1.

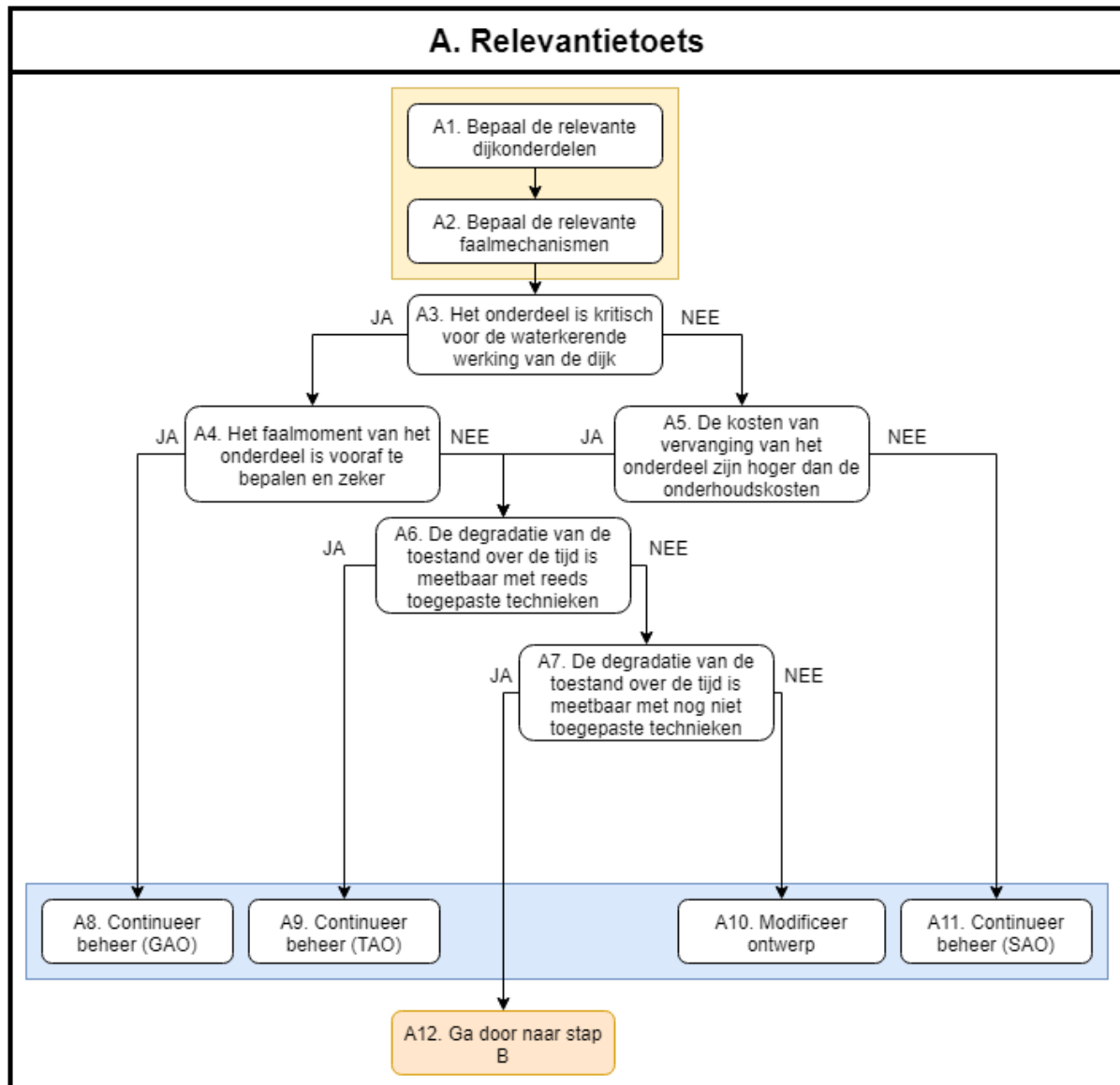
Ieder vakje geeft een korte beschrijving van de stelling, uit te voeren actie of het besluit. Dit is vervolgens nader toegelicht in de bijbehorende tabellen, deze tabellen zijn bijgevoegd in Appendix E.

Afwegingskader

De vier stappen van het afwegingskader worden hier toegelicht. Iedere stap wordt ingeleid met een algemene uitleg, waar het afwegingskader op volgt. Bij iedere stap in het afwegingskader hoort een tabel met een toelichting. Deze tabellen zijn te vinden in Appendix E.

Stap A – Relevantietoets

De eerste stap in het afwegingskader, stap A, dient als een filter voor de rest van het afwegingskader. Deze stap is gebaseerd op de beslisboom voor de onderhoudsstrategie uit het conceptuele beheer- en onderhoudsplan van HHSK, zoals beschreven in paragraaf 2.1 (Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard, 2019a). Er wordt voor ieder relevant onderdeel van de dijk en de voor dat onderdeel relevante faalmechanismen gekeken naar de eigenschappen. Op basis van deze eigenschappen wordt een conclusie getrokken: het beheer kan voortgezet worden met een bepaalde onderhoudsstrategie, het ontwerp dient aangepast te worden omdat het in de huidige situatie niet beheerbaar is, of er dient vervolgd te worden naar stap B. Dit laatste houdt in dat er een monitoringsvraag en -strategie opgesteld wordt om de onzekerheden in de toestand van de dijk te verkleinen. Stap A is te vinden in Figuur 11 en de toelichting is bijgevoegd in Tabel 5 in Appendix E.



Figuur 11 - Afwegingskader stap A

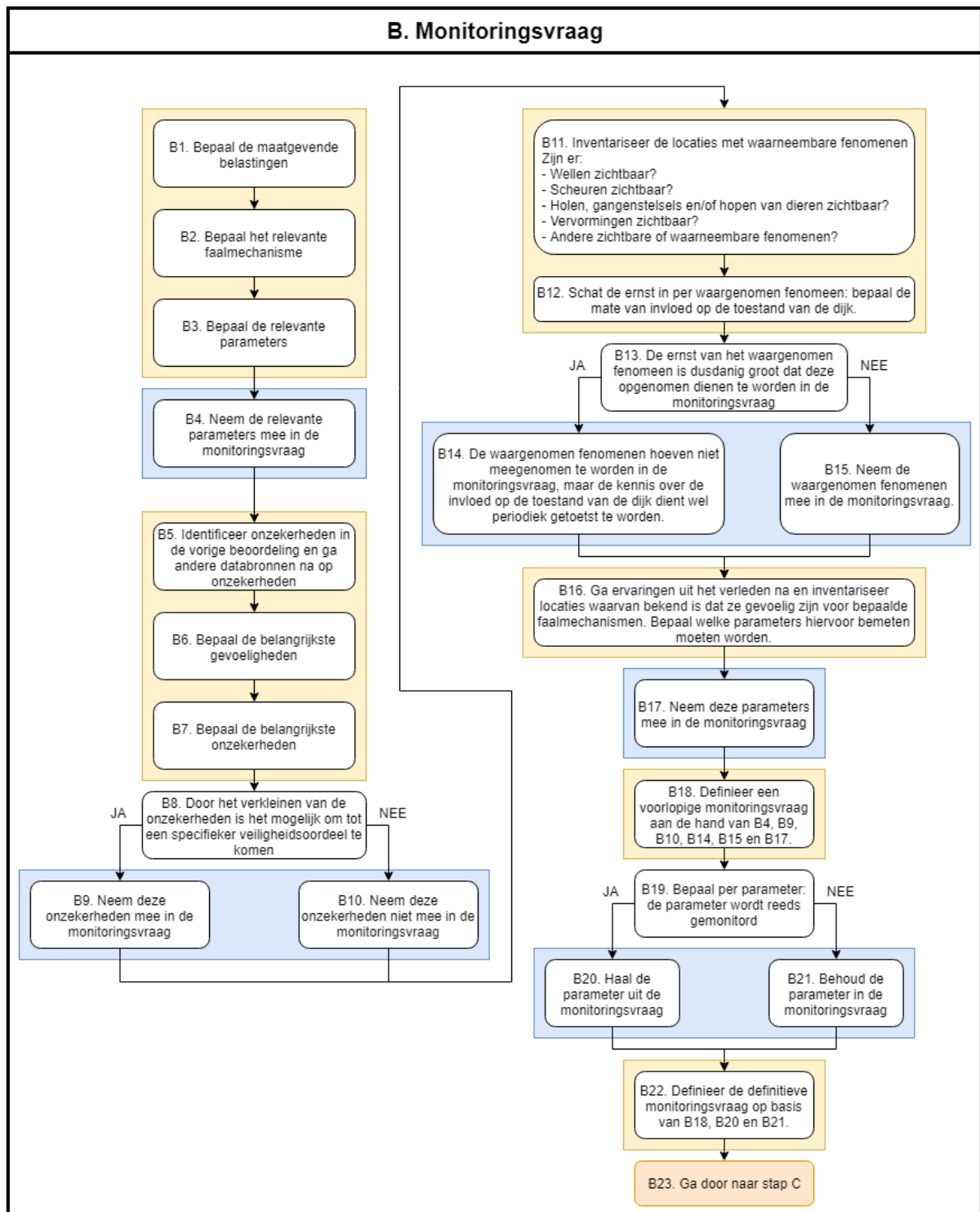
Stap B – Monitoringsvraag

Indien uit stap A blijkt dat er doorgedaan moet worden naar stap B, betekent dit dat er onzekerheden zijn met betrekking tot de toestand van de dijk die wel gemeten kunnen worden, maar nog niet gemeten worden. In stap B leidt dit tot het opstellen van een monitoringsvraag.

Om de monitoringsvraag op te stellen, wordt er gekeken naar vier verschillende categorieën van mogelijke onzekerheden:

1. Allereerst worden de relevante faalmechanismen en hun parameters onder de loep genomen om deze op te nemen in de monitoringsvraag (Koelewijn, 2019).
2. Vervolgens dienen databronnen te worden geraadpleegd: inspecties, analyses, onderzoeken en beoordelingen. Hieruit worden de grootste onzekerheden bepaald en deze worden meegenomen in de monitoringsvraag.
3. Ten derde dient er in overleg te worden gegaan met inspecteurs en dienen beheerregisters te worden geraadpleegd, met als doel de waarneembare fenomenen in/op/aan de dijk te vinden (Zomer, 2019). Indien de ernst van deze fenomenen dusdanig groot is dat er gemonitord dient te worden, dienen ze meegenomen te worden in de monitoringsvraag.
4. Tot slot worden ervaringen nagegaan om locaties die gevoelig gebleken zijn in het verleden mee te nemen in de monitoringsvraag.

Door deze verschillende categorieën samen te voegen en dit pakket te vergelijken met de parameters die reeds gemonitord worden, wordt de algehele monitoringsvraag opgesteld. Stap B is te vinden in Figuur 12 en de toelichting is bijgevoegd in Tabel 6 in Appendix E.

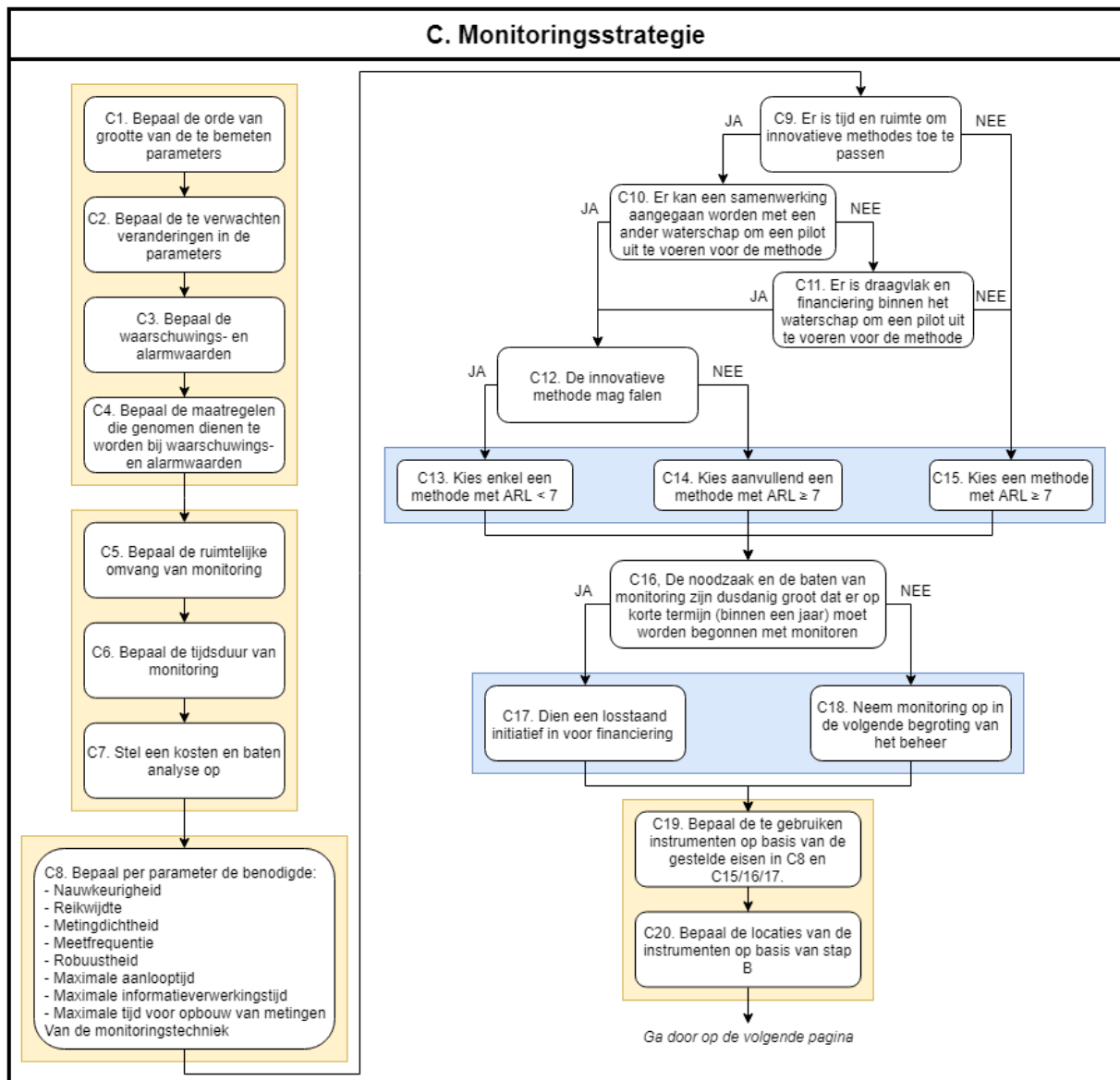


Figuur 12 - Afwegingskader stap B

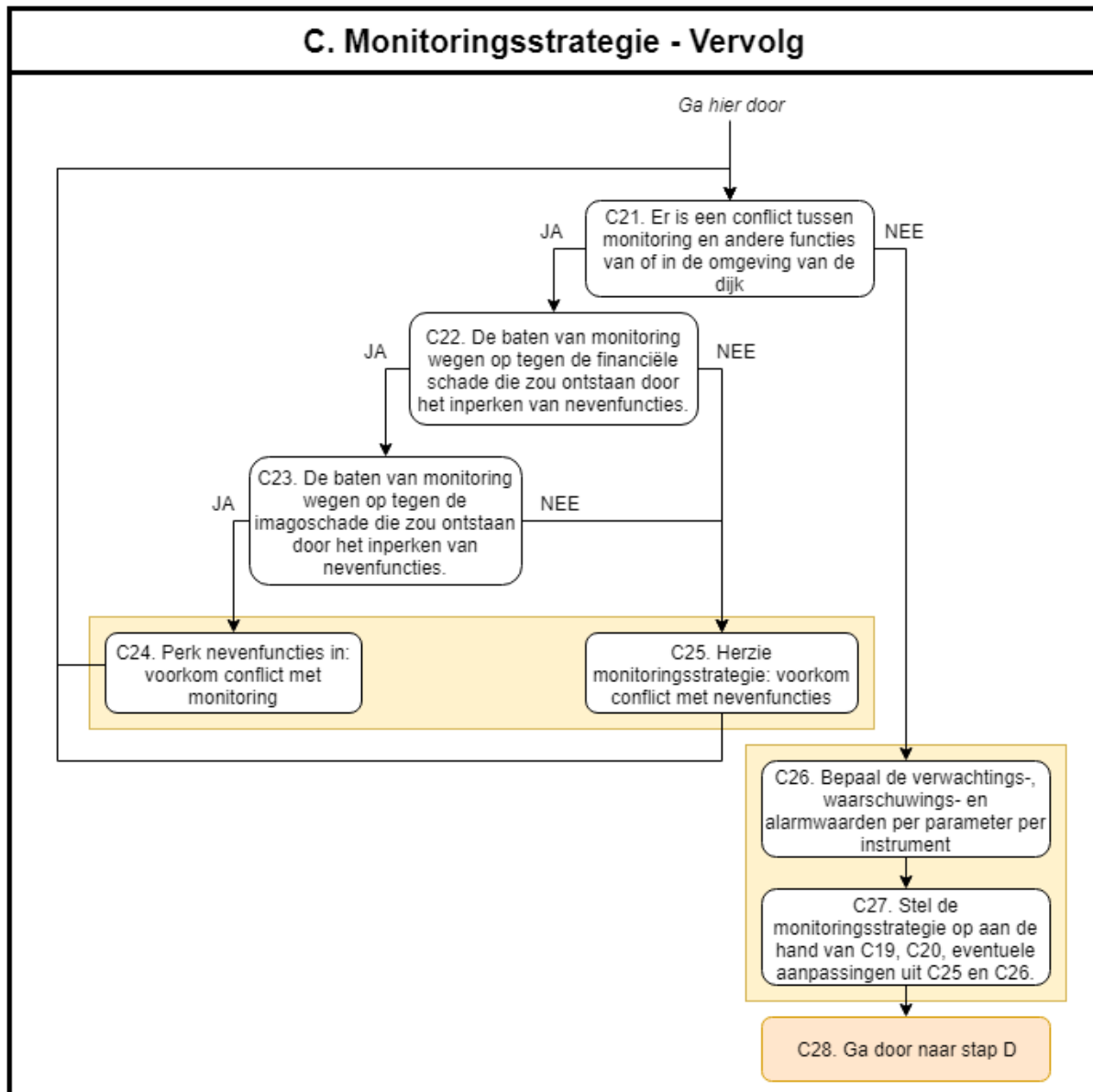
Stap C – Monitoringsstrategie

Stap C heeft als doel om een monitoringsstrategie op te stellen. In stap B is de monitoringsvraag duidelijk geworden en nu dient deze beantwoord te worden door de juiste technieken bij de parameters te kiezen. Hiervoor worden de parameters onderzocht en vervolgens wordt er per parameter een eisenpakket opgesteld waar de monitoringstechniek aan moet voldoen (Koelewijn, 2019). Vervolgens vindt er een check plaats of er innovatieve technieken toegepast kunnen worden, met behulp van de ARL schaal zoals beschreven in paragraaf 4.2. Zodra dit bekend is, kunnen de voorlopige monitoringstechnieken gekozen worden, in acht houdende dat het advies is om een TRL van 8 of 9 aan te houden.

Voordat een definitieve monitoringsstrategie gekozen kan worden, dient er eerst een check plaats te vinden of de gekozen monitoring conflicteert met nevenfuncties van de dijk. Medegebruik komt veel voor in het beheergebied van HHSK, zoals beschreven in paragraaf 3.3 (zie ook Appendix C2). Tevens kan een dijkbeheerder meerdere functies toewijzen aan een dijk. Indien dijkmonitoring wordt toegepast, kan dit conflicteren met de bestaande situatie. Er moet dan een aanpassing gedaan worden aan de huidige situatie of de monitoringsstrategie moet worden aangepast. Het doorlopen van deze vakken dient ervoor om alle conflicten uit de weg te ruimen, alvorens door te gaan met de implementatie van de dijkmonitoring. Zodra alle conflicten verholpen zijn, kan de definitieve monitoringsstrategie gekozen worden. Stap C is te vinden in Figuur 13 en Figuur 14 en de toelichting is bijgevoegd in Tabel 7 in Appendix E.



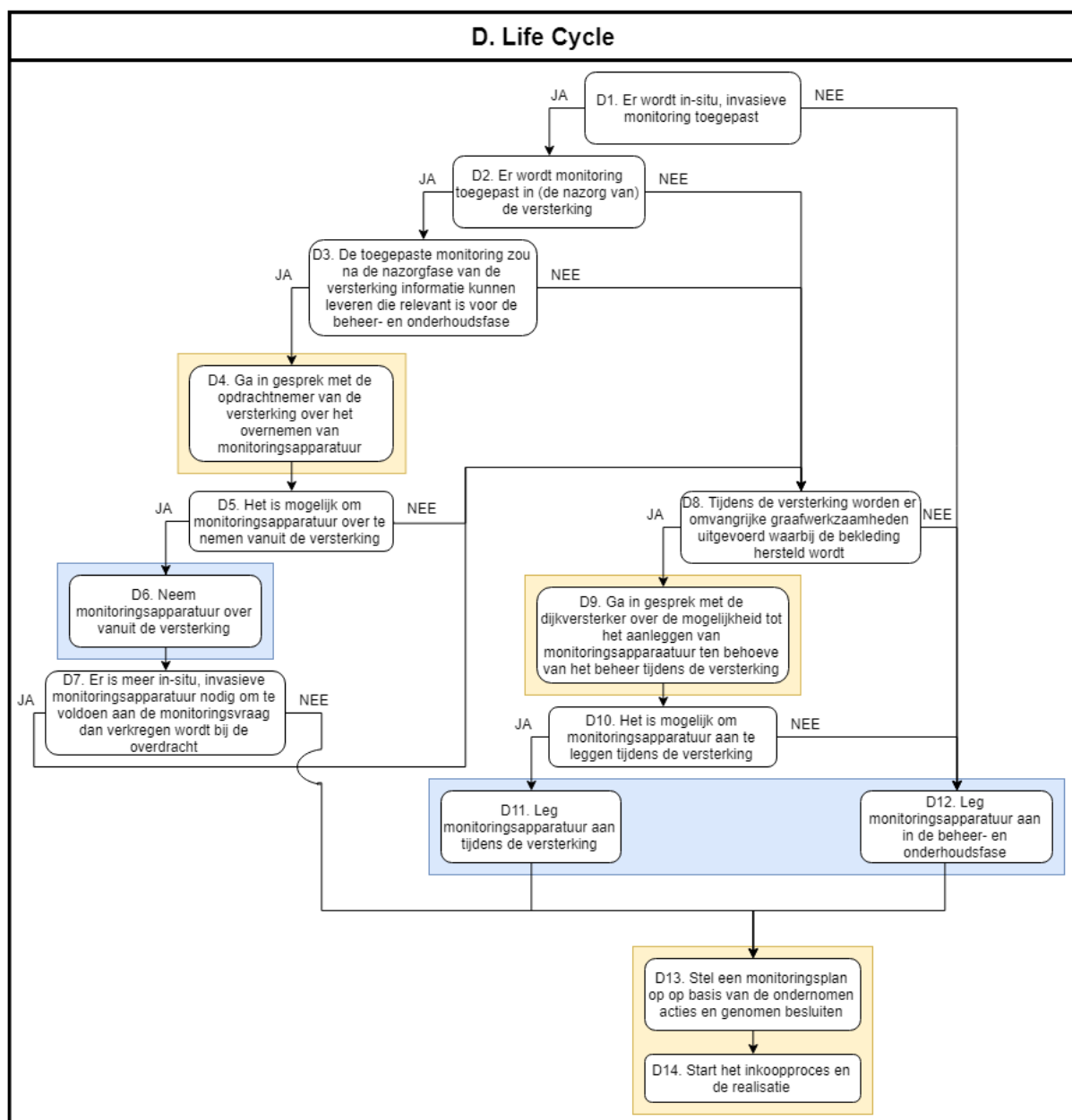
Figuur 13 - Afwegingskader stap C deel I



Figuur 14 - Afwegingskader stap C deel II

Stap D – Life Cycle

Hoewel dit afwegingskader dient om een afweging te maken om dijkmonitoring in te zetten in de beheer- en onderhoudsfase, dient er ook verder gekeken te worden dan deze fase van de levenscyclus van de dijk, zoals beschreven in paragraaf 4.3. De monitoringsapparatuur hoeft immers niet noodzakelijk in de beheer- en onderhoudsfase aangelegd te worden. Het kan voorkomen dat er monitoring wordt toegepast in de versterking of dat de apparatuur aangelegd kan worden tijdens de versterking. Dit zou een efficiëntieslag betekenen en daarom dient dit gecontroleerd te worden. Door stap D te doorlopen wordt deze controle uitgevoerd. Bedenk hierbij wel dat het niet zinvol is om te wachten tot een versterking plaats vindt als dit pas over een tijdsduur is die langer is dan de beoogde tijdsduur van monitoring. Stap D is te vinden in Figuur 15 en de toelichting is bijgevoegd in Tabel 8 in Appendix E.



Figuur 15 - Afwegingskader stap D

6. Discussie

In dit hoofdstuk worden de veranderingen die gaandeweg het onderzoek zijn doorgevoerd besproken. Tevens worden de mogelijke beperkingen van het onderzoek toegelicht.

Een groot deel van de geïdentificeerde complicaties van de implementatie van dijkmonitoring is gebaseerd op interviews met medewerkers binnen HHSK. Vervolgens zijn deze interviews geïnterpreteerd door de auteur. Hierdoor kan het zijn voorgekomen dat de eigen interpretatie invloed heeft gehad op de uitkomsten. Daarnaast is slechts een beperkt aantal personen geïnterviewd, waardoor het beeld dat is ontstaan in de interviews ook een visie van een individu kan zijn. Tot slot zijn er alleen medewerkers van HHSK geïnterviewd en geen medewerkers van andere waterschappen. Hierdoor is er beperkt vergelijkingsmateriaal. Er kan wel een vergelijking worden gemaakt met de ervaringen die andere waterschappen hebben gedeeld in de workshop van het Netwerk Dijkmonitoring, hier zal in paragraaf 7.2 verder op in worden gegaan.

Eén van de deelvragen van het onderzoek heeft betrekking op de wettelijke kaders waar het waterschap mee te maken krijgt. Het onderzoeken van deze wettelijke kaders heeft als doel om het afwegingskader duurzaam te maken en niet slechts toepasbaar op de huidige organisatie. Uiteindelijk hebben de wettelijke kaders wel gediend als achtergrondkennis voor het opstellen van het afwegingskader, maar zijn ze hier niet expliciet in verwerkt. De implementatie van de wettelijke kaders in de organisatie zou nadrukkelijker onderzocht kunnen worden, omdat dit ten goede komt aan de duurzaamheid van het afwegingskader. Dit is omwille van de tijd niet meer gedaan.

Oorspronkelijk was de verwachting dat in het onderzoek ook ingegaan zou worden op data en het vertalen van data naar informatie, zoals ook terug te zien is in de interviewvragen (Appendix B). Dit bleek gaandeweg het onderzoek een te grote opgave die deels buiten de scope van het onderzoek valt. Om deze reden is deze onderzoeksvraag tijdens het onderzoek geschrapt. Er is kort op ingegaan bij de implementatie in de organisatie, maar er is gekozen om het hierbij te houden.

Een uitkomst van het onderzoek die niet was verwacht waren de Readiness Levels. Deze zijn naar aanleiding van een idee van Tom den Ouden (HHSK) en Sander Bakkenist (BZIM) opgesteld. Medewerkers van het waterschap hadden al langer de vraag hoe ze technieken kunnen beoordelen op hun volwassenheid en acceptatie. De schalen bieden hiervoor een oplossing. Dit valt dan ook binnen het doel van het onderzoek omdat het bijdraagt aan de implementatie van dijkmonitoring in het waterschap en het is een goede toevoeging op het afwegingskader.

7. Conclusies en aanbevelingen

Het onderzoek kan worden samengevat tot korte antwoorden op de onderzoeksvragen. Deze antwoorden zullen in dit hoofdstuk worden gegeven. Tevens zal er een aantal aanbevelingen worden gedaan met betrekking tot verder onderzoek en verbeterlagen binnen het waterschap op het gebied van dijkmonitoring.

7.1. Beantwoording onderzoeksvragen

De onderzoeksvragen worden hier kort beantwoord. Voor een uitgebreid antwoord op iedere onderzoeksvraag, dienen de bijbehorende hoofdstukken geraadpleegd te worden.

1. Wat is de huidige praktijk in dijkbeheer bij HHSK?

De huidige praktijk in dijkbeheer bij HHSK bestaat uit het beheer- en onderhoudsproces, de gebruikte inspectiemethodes en de wettelijke kaders waaraan voldaan moet worden.

1a. Hoe ziet het huidige beheer- en onderhoudsproces van dijken binnen HHSK er uit?

Omdat het beheer- en onderhoudsplan van HHSK zich momenteel in een conceptuele fase bevindt, is het beheer- en onderhoudsproces in dit onderzoek beperkt tot de onderhoudsstrategie voor dijken. Onderhoud aan (onderdelen van) waterkeringen wordt uitgevoerd op basis van drie motivaties: gebruiksafhankelijk onderhoud, waarbij de levensduur van tevoren bepaald wordt en het onderdeel wordt vervangen na deze levensduur; toestandsafhankelijk onderhoud, waarbij de toestand gemonitord wordt en het onderdeel wordt gerepareerd of vervangen indien het onder een bepaalde grenstoestand komt; en storingsafhankelijk onderhoud, waarbij een onderdeel vervangen wordt nadat het faalt. Indien een onderdeel niet onder één van deze drie onderhoudsstrategieën kan vallen, dan dient het ontwerp aangepast te worden.

1b. Welke inspectiemethodes worden momenteel door HHSK gebruikt in het beheer en onderhoud van dijken?

De voornaamste inspectiemethode die wordt ingezet door HHSK is de visuele inspectie. (Twee)Wekelijks wordt een schouw uitgevoerd en in het voor- en najaar wordt een grondige inspectie gedaan. Daarnaast wordt de geometrie van de dijk eens in de 4-5 jaar bepaald met FLI-MAP en wordt de geometrie van de vooroever en rivierbodem eens in de 2 jaar ingemeten. Tot slot worden incidenteel peilbuizen en hellingmeetbuizen ingezet als hier aanleiding voor is.

1c. Welke wettelijke kaders moet HHSK aan voldoen en hoe is dit opgenomen in het beheer en onderhoud van dijken?

HHSK dient te voldoen aan de Waterwet en de Waterschapswet. Vanuit de Waterwet dient HHSK te voldoen aan de zorgplicht en dient het een legger en een beheerregister op te stellen. Vanuit de Waterschapswet dient HHSK tevens een legger op te stellen en krijgt het bevoegdheid om zelf regelgeving vast te stellen in de keur. Er is een duidelijke taakverdeling tussen het Rijk, waterschappen, provincies en veiligheidsregio's, die verschilt voor de primaire en regionale waterkeringen. Het Rijk stelt normen op voor primaire waterkeringen en de provincie stelt de normen vast voor de regionale waterkeringen. De beoordeling daarentegen verloopt ongeveer gelijk.

De beoordeling van de primaire waterkeringen wordt uitgevoerd volgens het Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium (WBI), wat drie stappen kent: de voorbereiding, de uitvoering en de rapportage. De uitvoering van de beoordeling kan worden gedaan volgens drie soorten toetsen, variërend van grof naar fijn: de eenvoudige toets, de gedetailleerde toets en de toets op maat. Voor de beoordeling van regionale waterkeringen wordt een soortgelijke methode gehanteerd, die is gebaseerd op een toetsingsmethode van de provincie en een Leidraad Toetsen op Veiligheid Regionale Waterkeringen van STOWA.

De dijkbeheerders zijn over het algemeen zelf niet direct bezig met het implementeren van wet- en regelgeving. Dit is opgenomen in het beleid van het waterschap in de vorm van visies en plannen. Deze worden vervolgens gebruikt door de dijkbeheerders.

2. Wat zijn de kosten en baten van het inzetten van dijkmonitoring?

De kosten en baten van dijkmonitoring zijn onderzocht en tevens is een methode om de kosten en baten af te wegen opgesteld.

2a. Wat zijn de kosten van dijkmonitoring?

De kosten van dijkmonitoring zijn niet in absolute getallen uit te drukken, omdat ze sterk afhankelijk zijn van de locatie en de situatie. Er zijn echter wel kostenposten vast te stellen: aanschafkosten, implementatie- en aanlegkosten en de gebruikskosten. Tevens zullen er kosten gemaakt moeten worden in de vorm van tijd: er is een bepaalde aanlooptijd, uitleestijd, informatieverwerkingstijd en tijd voor opbouw van metingen vereist.

2b. Wat zijn de baten van dijkmonitoring?

De baten van dijkmonitoring verschillen voor de verschillende fasen in de levenscyclus van de dijk. In de beheerfase kan door de inzet van dijkmonitoring de dijkwacht en het onderhoud geoptimaliseerd worden. In de beoordeling kan het veiligheidsoordeel aangescherpt worden door gebruik te maken van het beheerdersoordeel en door de onzekerheden in de berekeningen te verkleinen. Na de beoordeling, in het geval van afkeuring, kan de dijk tussen de beoordeling en de versterking gemonitord worden zodat de veiligheid geborgen blijft.

Naast de baten in de verschillende levensfasen, zijn er ook algemene baten aan te wijzen. Monitoring zal te allen tijde een vergroting in het inzicht van de dijk opleveren. In sommige gevallen kan dit een uitsparing of uitstel van een versterking betekenen of onvoorzien falen voorkomen. Daarnaast kan de doelmatigheid van de uitvoering van versterkingen vergroot worden. Het voordeel van monitoren over meten is dat er inzicht in de toestand van de dijk over de tijd wordt verkregen, wat cruciaal kan zijn voor bepaalde parameters.

2c. Hoe kunnen kosten en baten van dijkmonitoring tegen elkaar worden afgewogen?

Om tot een afweging tussen kosten en baten te komen, kan Life Cycle Costing toegepast worden. Hierbij worden alle kosten in de levenscyclus van de dijk uitgezet en wordt bepaald wat de meest efficiënte manier van besteden is. Efficiënt gebruik van monitoringsapparatuur, de levensduur van monitoringsapparatuur en het voorkomen van een conflict tussen monitoring en medegebruik zijn aandachtspunten bij het kiezen van een monitoringsstrategie.

3. Hoe kan HHSK beoordelen hoe ze dijkmonitoring kunnen implementeren in het beheer- en onderhoudsproces?

Er is een afwegingskader opgesteld met vier stappen om dijkmonitoring te implementeren: een relevantiecheck, het opstellen van een monitoringsvraag, het opstellen van een monitoringsstrategie, en een keuze voor het moment van implementatie van dijkmonitoring in de levenscyclus.

3a. Hoe kan dijkmonitoring geïmplementeerd worden binnen de organisatie van HHSK?

Om dijkmonitoring succesvol te implementeren binnen HHSK, moet een aantal acties ondernomen worden. Zo moet de kennisleemte omtrent dijkmonitoring beperkt worden en dient er een duidelijk geformuleerd te worden om data naar informatie te vertalen. Tevens dient de keur aangepast te worden, zodat het mogelijk is om dijkmonitoring in de dijk aan te leggen. Tot slot zijn er verschillende methoden om financiering te verkrijgen binnen en buiten het waterschap: er kan budget voor vrijgemaakt worden, er kan een losstaand initiatief ingediend worden, er kan subsidie aan worden gevraagd in de versterking en er kan een samenwerking aan worden gegaan met andere waterschappen.

Om tot succesvolle implementatie van dijkmonitoring te komen, zal de acceptatie van monitoringstechnieken in het waterschap vergroot moeten worden, zodat het Application Readiness Level hoger wordt. Dit kan gedaan worden door meer innovatieve methodes toe te passen en een verantwoordelijke aan te wijzen voor de organisatie van monitoring. Om de volwassenheid en acceptatie van technieken in te schalen, zijn Technology Readiness Levels en Application Readiness Levels opgesteld.

3b. Hoe sluit dijkmonitoring in de beheerfase aan op verdere fasen in de levenscyclus van de dijk?

Om dijkmonitoring aan te laten sluiten op andere fasen in de levenscyclus, dient er goede dataaansluiting plaats te vinden. Zo kan de verkregen informatie in de beheer- en onderhoudsfase ook gebruikt worden in de beoordeling en het maken van een ontwerp in de versterking. Tevens dient er bepaald te worden in welke fase de besluitvorming en aanleg van monitoring plaats vindt: soms kan het nuttig zijn om dit in een andere fase dan het beheer- en onderhoud te doen. Tot slot dient er altijd gekeken te worden naar de mogelijkheid om monitoringsapparatuur over te nemen vanuit andere fasen. Dit levert een efficiënt gebruik van middelen op.

7.2. Aanbevelingen

Naar aanleiding van het onderzoek is een aantal aanbevelingen aan het waterschap opgesteld om de implementatie van dijkmonitoring in het dijkbeheer van HHSK te bevorderen. Tevens zijn aanbevelingen voor verder onderzoek opgesteld. Deze aanbevelingen worden hier toegelicht.

7.2.1. Implementatie

De aanbevelingen aan HHSK om de implementatie van dijkmonitoring te bevorderen betreft het beperken van kennisleemten en het opnemen van dijkmonitoring in het beleid van de organisatie. Dit wordt hier toegelicht.

Beperken kennisleemte

Om succesvolle implementatie van dijkmonitoring in de organisatie van HHSK mogelijk te maken, zal meer kennis opgedaan moeten worden over dijkmonitoring. Uit de interviews met dijkbeheerders van HHSK (Appendix C1) komt naar voren dat de kosten, baten en mogelijkheden van dijkmonitoring nog onduidelijk zijn. Echter, bij de workshop van het Netwerk Dijkmonitoring bleek dat dit voor andere waterschappen wel duidelijk is. Dit verschil kan verklaard worden door een kennisleemte bij HHSK. Het is dan ook te adviseren om in gesprek te gaan met andere waterschappen en kennis uit te wisselen over dijkmonitoring. Zo heeft bijvoorbeeld Waterschap Noorderzijlvest door verschillende projecten veel ervaring met dijkmonitoring (Nieuwenhuis, 2019). Ook zijn er cursussen beschikbaar die gevolgd kunnen worden om de kennisleemte te beperken.

Beleid

Indien HHSK actief gebruik wil gaan maken van monitoring in het beheer en onderhoud, dan zal dit vertaald moeten worden naar beleidsambities. Indien monitoring een integraal onderdeel van de beleidsvoering is, dan zullen investeringen gedaan kunnen worden. Wanneer monitoring is vastgelegd in het beleid, zijn er kansen om monitoring in de beheer- en onderhoudsfase toe te passen om zo de totale Life Cycle kosten te reduceren. Tevens kunnen medewerkers dan getraind worden om kennis op te doen en om het maximale rendement te behalen uit een monitoringsinvestering.

Daarnaast is het te adviseren om een verantwoordelijke aan te stellen voor monitoring, die er op toeziet dat monitoring effectief ingezet en gebruikt wordt. Tot slot is het te adviseren om een duidelijk beleid te voeren met betrekking tot het opslaan en ontsluiten van data. De vergaarde data moet beschikbaar zijn voor ieder binnen HHSK die baat heeft bij de data, om de data zo optimaal te gebruiken.

7.2.2. Vervolgonderzoek

Naar aanleiding van de interviews, is een aantal adviezen opgesteld met betrekking tot vervolgonderzoek. Dit betreft het verkleinen van de stappen in het afwegingskader, het opstellen van een methode voor Life Cycle Costing, het opstellen van een handreiking voor het vertalen van data naar informatie en een aantal cases waar dijkmonitoring op toegepast zou kunnen worden. Deze worden hier toegelicht.

Verkleining stappen

Het afwegingskader is compleet voor het doel en de tijdsspanne van het onderzoek. Echter, het waterschap heeft baat bij een zo specifiek mogelijk onderzoek. Daarom zouden bepaalde stappen concreter gemaakt kunnen worden, voor optimaal gebruik. Zo zou bijvoorbeeld het opstellen van een kosten en baten analyse nader toegelicht kunnen worden, in plaats van enkel te stellen dat het opgesteld moet worden. Het ontbreken hiervan is een mogelijke beperking in het gebruik voor het waterschap. Daarnaast zou een stappenplan om te kiezen voor een specifieke monitoringstechniek het waterschap kunnen helpen in het verder ontwikkelen van het gebruik van monitoring.

Life Cycle Costing

Zoals benoemd in paragraaf 3.3, is Life Cycle Costing een methode om de kosten en baten van dijkmonitoring tegen elkaar af te wegen en om het beheer van de dijk doelmatig uit te voeren. Een methode om deze manier van afwegen uit te voeren zou een waardevolle aanvulling kunnen zijn op het afwegingskader.

Data naar informatie

Uit de interviews met dijkbeheerders van HHSK (Appendix C1) is gebleken dat dijkbeheerders waarde hechten aan interpreteerbare data: informatie. De ruwe data die verkregen wordt door monitoring zal vertaald moeten worden naar bruikbare informatie. Het opstellen van een methode om deze vertaalslag te realiseren zou een vervolgonderzoek kunnen zijn waar het waterschap baat bij kan hebben.

Interessante cases

Uit de interviews met dijkbeheerders Van Duijvendijk, Minnaar en Loosen (Appendix C1 & C2) is gebleken dat er een aantal situaties is waar met de momenteel gebruikte technieken geen zicht op is:

- Wanneer een scheur zichtbaar is, is het niet duidelijk wat er gebeurt in de kering. Het is niet goed in te schatten hoe groot een gat onder een scheur is.
- Er zijn vaak holen van dieren te zien, maar niet vaak dieren. Het is lastig om te bepalen hoe oud gangenstelsels, holen en niet-recente molshopen zijn. Hiervoor zou het prettig zijn om te kunnen bepalen hoe recent de activiteit van dieren is.
- Er is een aantal wellen in het gebied, waarbij niet volledig duidelijk is hoe het water stroomt. Het zou prettig zijn om te weten hoe de grondwaterstroming er uit ziet, zodat men kan inschatten of de wel kan leiden tot piping of niet. Nog idealer zou zijn als er een interactieve kaart beschikbaar zou zijn van het hele gebied met daarin het grondwaterpeil.
- Een dijk is altijd in beweging. Wanneer vervormingen langzaam optreden, is dit niet zichtbaar met het blote oog. Met behulp van FLI-MAP zijn deze bewegingen inmiddels wel zichtbaar, maar het zou beter zijn als dit vaker gemeten zou worden dan eens in de 4-5 jaar.
- Droogte is een steeds groter wordend probleem in het beheer en onderhoud van dijken. Het is moeilijk om in te schatten hoe droogtegevoelig een dijk is. Hier zou met monitoring beter zicht op kunnen worden verkregen, zodat er op tijd ingegrepen kan worden.
- Tijdens de beoordeling worden vrij grove aannames gedaan voor de waterspanning. Wanneer dit gemonitord zou worden, zou dit preciezer bepaald kunnen worden.

Dit zijn situaties waarbij monitoring getest zou kunnen worden. Dit zou een volgende stap kunnen zijn in het toepassen van dijkmonitoring in het beheer en onderhoud van dijken.

Referenties

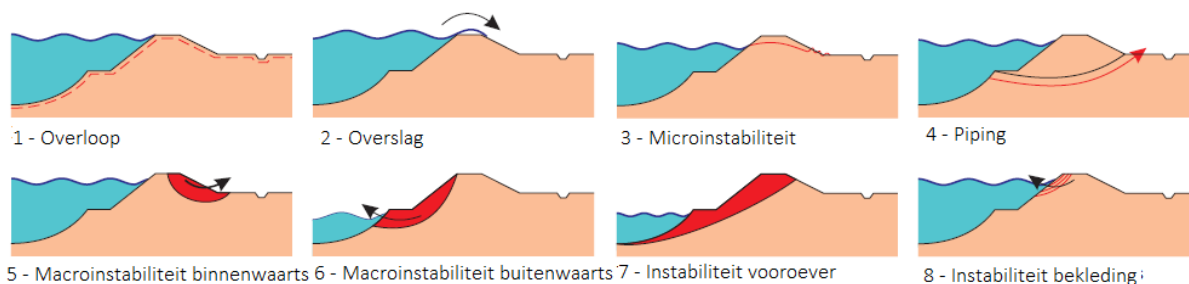
- Art. 1.1 Lid 1 Waterwet. (2009, januari 29). *Algemene bepalingen - Begripsbepalingen*. Opgehaald van Overheid.nl: https://wetten.overheid.nl/BWBR0025458/2018-07-01#Hoofdstuk1_Paragraaf1_Artikel1.1
- Art. 2.1 Waterwet. (2009, januari 29). *Doelstellingen en normen - Doelstellingen*. Opgehaald van Overheid.nl: https://wetten.overheid.nl/BWBR0025458/2018-07-01#Hoofdstuk2_Paragraaf1_Artikel2.1
- Art. 5.1 Lid 1 Waterwet. (2009, januari 29). *Aanleg en beheer van waterstaatswerken - Algemene bepalingen*. Opgehaald van Overheid.nl: https://wetten.overheid.nl/BWBR0025458/2018-07-01#Hoofdstuk5_Paragraaf1_Artikel5.1
- Barends, L. (2019, mei 21). Gesprek over de bredere bestuurlijke context van dijkmonitoring.
- Bijlage I Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017. (2017, januari 1). *Procedure beoordeling veiligheid primaire waterkeringen*. Opgehaald van Overheid.nl: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0039040/2017-01-01#BijlageI>
- Bijlage III Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017. (2017, januari 1). *Voorschriften bepaling sterkte en veiligheid primaire waterkeringen*. Opgehaald van Overheid.nl: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0039040/2017-01-01#BijlageIII>
- Brookhuis, B. (2016). *Verkenning professionaliseren inspecties op basis van het International Levee Handbook*. Amersfoort: STOWA.
- De Vries, G., Ter Brake, C., De Bruijn, H., Koelewijn, A., van Lottum, H., Langius, E., & Zomer, W. (2013). *Dijkmonitoring: beoordeling van meettechnieken en visualisatiesystemen*. Amersfoort: STOWA/Stichting IJkdijk.
- Diermanse, F. (2016). *WBI - Onzekerheden: Overzicht van belasting- en sterkteonzekerheden in het wettelijk beoordelingsinstrumentarium*. Delft: Deltares.
- Heimplatz, P. (2017). Sheep on a dike. Foto. Leer, Duitsland: Unsplash.
- Helpdesk Water. (2018, juni 29). *Faalmechanismen en de hydraulische belastingen*. Opgehaald van Helpdesk Water: <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/waterveiligheid/primaire/technische-leidraden/zoeken-technische/@192764/faalmechanismen-0/>
- Helpdesk Water. (2019a). *Beoordeling regionale waterkeringen*. Opgehaald van Helpdesk Water: <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/wetgeving-beleid/handboek-water/themas/waterveiligheid-0/toetsing-regionale/>
- Helpdesk Water. (2019b). *Nieuwe normering*. Opgehaald van Helpdesk Water: <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/waterveiligheid/primaire/nieuwe-normering/>
- Helpdesk Water. (2019c). *Waterbegrippen*. Opgehaald van Helpdesk Water: <https://www.helpdeskwater.nl/waterbegrippen/>
- Helpdesk Water. (2019d). *WBI 2017*. Opgehaald van Helpdesk Water: <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/waterveiligheid/primaire/beoordelen-wbi/>
- Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard. (2018). *Gegevenswoordenboek kernsets HHSK*. Rotterdam: Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard.
- Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard. (2019a). *Beheer en onderhoudsplan waterkeringen V1.0*. Rotterdam: Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard.
- Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard. (2019b). *Waterkeringen*. Opgehaald van Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard: <https://www.schielandendekrimpenerwaard.nl/ons-werk/waterkeringen>

- Informatiehuis Water. (2019). *Nationaal Basisbestand Primaire Waterkeringen*. Opgehaald van Waterveiligheidspotaal: <https://waterveiligheidspotaal.nl/#/nss/nss/norm>
- Kennisplatform Dijkmonitoring. (2019a). *Meettechnieken & Toepassingen*. Opgehaald van Kennisplatform Dijkmonitoring: <http://www.dijkmonitoring.nl/technieken/>
- Kennisplatform Dijkmonitoring. (2019b). *Projecten*. Opgehaald van Kennisplatform Dijkmonitoring: <http://www.dijkmonitoring.nl/projecten/>
- Kiesraad. (2019). *Verkiezingen Waterschappen*. Opgehaald van Kiesraad: <https://www.kiesraad.nl/verkiezingen/waterschappen>
- Koelewijn, A. (2011). *Verkennde notitie veiligheidsfilosofie; Memo aan Rijkswaterstaat*. Delft: Deltares.
- Koelewijn, A. (2019, mei 22). *Cursus Dijkmonitoring voor beoordelen en versterken. Systematisch en relevant monitoren van dijken*. Utrecht: Consortium Droge Voeten door Leren.
- Koelewijn, A., & Van der Meer, M. (2019). *Handreiking Life Cycle Monitoring - Groene Versie*. POV Macro stabiliteit.
- Krabbendam, B. (2019, april 29). Interview medewerker Team Geo HHSK.
- Meijer, R. (2019). *Dijkversterkingsproject...? Krijg inzicht*. Deventer: BZ Ingenieurs & Managers; Hogeschool van Amsterdam.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu. (2014). *Regeling subsidies hoogwaterbescherming 2014*. Den Haag: Rijksoverheid.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu. (2015). *Kader Zorgplicht Primaire Waterkeringen*. Den Haag: Rijksoverheid.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu. (2016). *Hoogwaterbeschermingsprogramma - LCC in dijkversterking*. Den Haag: Rijksoverheid.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat. (2007). *Voorschrift Toetsen op Veiligheid Primaire Waterkeringen*. Den Haag: Rijksoverheid.
- NASA. (2012, oktober 28). *Technology Readiness Level*. Opgehaald van NASA: https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/engineering/technology/txt_accordion1.html
- NASA. (2013). *The Application Readiness Level Metric*. Opgehaald van NASA: <https://www.nasa.gov/sites/default/files/files/ExpandedARLDefinitions4813.pdf>
- NEN. (1991). *Geotechniek - Bepaling van stijghoogten van grondwater door middel van peilbuizen*. Delft: Nederlands Normalisatie-instituut.
- Nieuwenhuis, J. (2019, mei 8). Workshop Netwerk Dijkmonitoring: 'Keuzes in Datamanagement' (Persoonlijke inbreng).
- Pieterse, T. (2019, april 29). Interview Beleidsmedewerker databeheer en hydrologie - Afdeling watersystemen HHSK.
- Provincie Zuid-Holland. (2016). *Waterverordening Zuid-Holland - Bijlage 1: Regionale waterkeringen en veiligheidsnormering voor het Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard*. Den Haag: Provincie Zuid-Holland.
- Rijkswaterstaat. (2019a). *Waterkeringen*. Opgehaald van Rijkswaterstaat: <https://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterbeheer/bescherming-tegen-het-water/waterkeringen/index.aspx>
- Rijkswaterstaat. (2019b). *Waterschapswet*. Opgehaald van Kenniscentrum InfoMil: <https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/handboek-water/wetgeving/waterschapswet-0/inhoud/>
- Rozing, A., Zwanenburg, C., Van Duinen, T., & Calle, E. (2013). *Technisch Rapport Macro stabiliteit*. Delft: Deltares.

- STOWA. (2015). *Leidraad toetsen op veiligheid regionale waterkeringen*. Amersfoort: STOWA.
- TAW. (1998). *Grondslagen voor waterkeren*. Rotterdam: A.A. Balkema Uitgevers B.V.
- Unie van Waterschappen. (2015). *Kerngegevens waterschappen*. Den Haag: Unie van Waterschappen.
- Van den Berg, F., & Koelewijn, A. (2014). *IV-Keten: Veiligheid als basis Monitoringsfilosofie en proeftuinen*. Delft: Deltares.
- Van der Kolk, B., Van Esch, J., & Koelewijn, A. (2011). *Veiligheid als basis: inbedding (dijk)meten en monitoring*. Delft: Deltares.
- Van der Meer, M. (2019, mei 8). Workshop Netwerk Dijkmonitoring: 'Keuzes in datamanagement' (Persoonlijke inbreng).
- Van Duijvendijk, P. (2019, mei 23). Uitleg Beheer- en Onderhoudsplan HHSK.
- Van Duijvendijk, P., Minnaar, A., & Loosen, S. (2019, april 11 & 29). Interview Dijkbeheerders HHSK.
- Van Montfoort, M. (2018). *Safety assessment method for macro-stability of dikes with high foreshores*. Delft: TU Delft.
- van Rijswijk, M. (2011, maart 24). *Kennisdag Inspectie Waterkeringen - Juridificering inspecties*. Opgehaald van <https://www.youtube.com/watch?v=t3kyRWJ7tb0>
- Van Velzen, E., Beyer, D., Berger, H., Greese, C., & Schelfhout, H. (2007). *Technisch Rapport: Ontwerpbelastingen voor het Rivierengebied*. Rijkswaterstaat | Ministerie van Verkeer en Waterstaat.
- Van Vliet, L., Koelewijn, A., Van der Vat, M., & Van den Berg, F. (2016). *Deltafact - Sensoren*. Amersfoort: STOWA.
- Verhulst, S. (2019, mei 21). Gesprek assistent projectleider KIIK.
- Waterschap Vechtstromen. (2016). *Taken en rollen waterbeheer*. Opgehaald van Waterschap Vechtstromen: <https://www.vechtstromen.nl/waterbeheerplan/algemeen/inhoud/taken-rollen/>
- Zomer, W. (2019, april/mei/juni). Persoonlijke communicatie.
- Zomer, W., Van Stokkum, J., & Ter Brake, C. (2017). *Dijkmonitoring blijkt kansrijk! Wat nu...?* Deventer: BZ Ingenieurs & Managers.

Appendices

Appendix A – Faalmechanismen

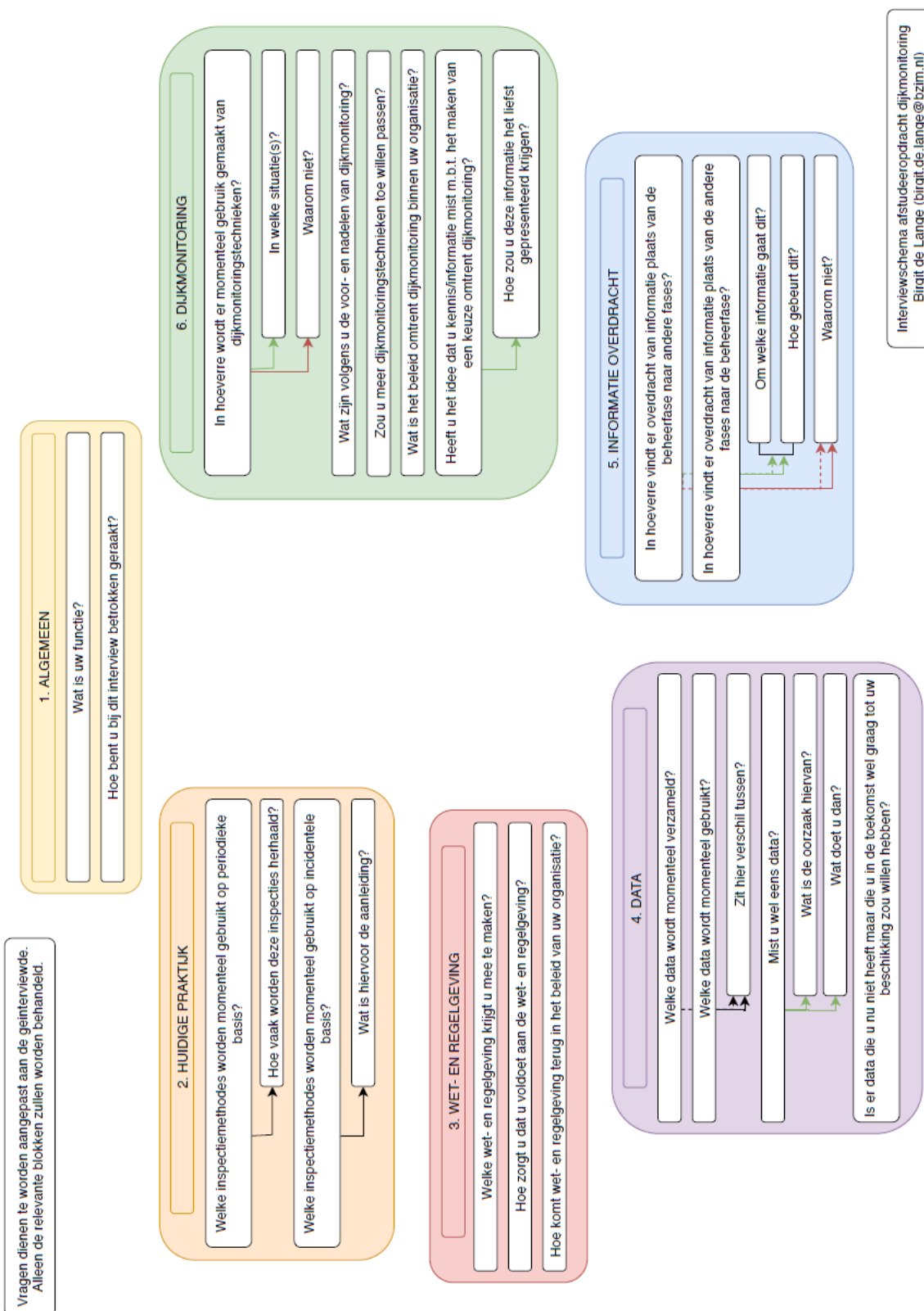


Figuur 16 - Faalmechanismen bij dijken (Helpdesk Water, 2018)

Tabel 4 - Definities faalmechanismen [1 - (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2007); 2 - (Van Montfoort, 2018); 3 - (Helpdesk Water, 2019c); 4 - (Helpdesk Water, 2019d); 5 - (Van Velzen, Beyer, Berger, Greese, & Schelfhout, 2007)]

Faalmechanisme	Definitie
1- Overloop	Overloop van water over de top van de dijk door een hoge waterstand. ¹
2- Overslag	Overslag van water over de top van de dijk door golfslag. ¹
3- Microinstabiliteit	Instabiliteit van het binnentalud doordat water de dijk binnen dringt bij hoog water. ²
4- Piping	Een stroom van water onder de dijk langs, wat zand meeneemt en leidt tot een pijp/tunnel en ervoor zorgt dat de dijk zijn stabiliteit verliest. ³
5- Macroinstabiliteit binnenwaarts	Afname van de sterkte van de grond of de dijk, waardoor het binnentalud afschuift. Dit tast het dijklichaam en de onderliggende grondlagen aan. ⁴
6- Macroinstabiliteit buitenwaarts	Afname van de sterkte van de grond of de dijk, waardoor het buitentalud afschuift. Dit tast het dijklichaam en de onderliggende grondlagen aan. ⁴
7- Instabiliteit vooroever	Schuiven van de vooroever, waardoor de bekleding beschadigd wordt. ⁵
8- Instabiliteit bekleding	Beschadiging van de bekleding op het buitentalud door golfslag. ⁵

Appendix B – Interviewvragen



Figuur 17 – Interviewschema

Appendix C – Interviews

Appendix C1 – Interview dijkbeheerders (11 april 2019)

Algemeen

Datum: Donderdag 11 april 2019

Plaats: HHSK, Rotterdam

Geïnterviewden:

- Stefan Loosen – Beheerder regionale waterkeringen HHSK
- Annelies Minnaar – Assistent beheerder waterkeringen HHSK, overkoepelend regionaal en primair
- Peter van Duijvendijk – Beheerder primaire waterkeringen HHSK

Interview

Wat verstaat u onder dijkmonitoring?

Zorgen dat je ten allen tijde inzicht hebt in de toestand van je waterkering zodat je tijdig maatregelen kunt nemen of onderhoud kunt plegen als je dat nodig vindt.

Ze benadrukken allen dat het gedrag in de tijd belangrijk is.

Hoe worden dijken momenteel gemonitord?

De dijken worden visueel geïnspecteerd. Daarnaast gebruiken we Flymap, hoogtemetingen vanuit een helikopter door middel van LiDAR. Verder laten we de rivierbodem inmeten.

Ook zou er op projectbasis zo nu en dan een meting gedaan kunnen worden. Voorbeelden hiervan zijn het gebruiken van peilbuizen en hellingmeetbuizen om te controleren of een dijk beweegt. Ook zijn we nu aan het kijken naar een nieuwe techniek voor het meten van scheuren in een dijk, waarbij verschillende technieken gecombineerd worden in één meting. Verder meten we, afhankelijk van de situatie, bij de beoordeling als er niet voldoende informatie beschikbaar is.

Wat is de belangrijkste reden om meet- en monitoringstechnieken toe te passen?

Voor sommige technieken is dit structureel: de hoogtemeting met LiDAR wordt iedere 4 -5 jaar uitgevoerd, de vooroeverbepaling iedere 2 jaar.

Verder is dit toestandafhankelijk (TOA), en gebeurt het wanneer de situatie daarom vraagt, wanneer er bijvoorbeeld niet genoeg data beschikbaar is of wanneer een plek moeilijk bereikbaar is.

In welke fase van de dijkcyclus wordt er gebruik gemaakt van dijkmonitoring?

Bij dijkversterking: om zetting te meten van de dijk en van huizen.

Bij dijkbeheer: voor de instandhoudingsopgave.

Bij de beoordeling: hier is het belangrijk om in te schatten welke informatie er al is. Als er nieuwe informatie wordt ingewonnen, is het belangrijk dat dit weer naar de dijkbeheerder gaat. Het proces van de beoordeling is veranderd en je moet nu alles vastleggen. Daarbij kan het handig zijn als er metingen zijn.

Ze zijn het eens met het statement dat je bij de versterking in overleg moet met de beheerder.

In hoeverre is beleid geïmplementeerd in het beleid van uw organisatie?

Op grond van de waterschapskeur, mag er in principe niets ingebouwd worden in de kering. Er zijn regels per zone die aangeven wat wel en niet zou mogen. Monitoring is hier niet in opgenomen, maar als het voordelig is dan zal het niet moeilijk zijn om dat in te passen. Het wordt dan onderdeel van het ontwerp. Het mag de kering echter niet verzwakken (en het liefst wel versterken).

Monitoring aanleggen zou wel gevolgen kunnen hebben voor het medegebruik, dit zou misschien ingeperkt moeten worden. Deze effecten moeten ook beschouwd worden.

Is het inzetten van meet- en monitoringstechnieken nuttig geweest?

Flymap was zeker nuttig, het geeft sneller een beeld van de toestand van de kering en het vult het gevoel van de inspecteur aan. Heeft geen een nieuwe blik op de situatie en het is nuttig voor gebieden waar je fysiek niet kunt komen.

Zou u pleiten voor meer of minder monitoringstechnieken?

Het staat nu nog in de kinderschoenen. Wij verwoorden de behoefte en dan is het aan aanbieders om die behoefte te vertalen en technieken te ontwikkelen voor de juiste toepassing. Op dit moment zijn de mogelijkheden nog onduidelijk. Toch zien we wel een aantal toepassingsgebieden.

Waar in het huidige dijkversterkingsproces zou volgens u het besluit omtrent dijkmonitoring gemaakt moeten worden?

Met name in het beheer, wij zijn gespitst op hoe we controle kunnen hebben over de dijk.

Tegelijkertijd is het bij dijkversterking wel makkelijker te implementeren, als de dijk bijvoorbeeld toch al verhoogd wordt is het makkelijker om er sensoren in aan te leggen. Dit ligt ook aan de lengte van de dijkversterking, als dit kort is heeft het niet zoveel zin. Als monitoring bij versterking zinvol lijkt, moet er overwogen worden of het alleen nuttig is voor (de evaluatie van) het project of ook op de lange termijn.

Wat zijn volgens u de voor- en nadelen van meet- en monitoringstechnieken?

- +) Je kunt in de kering kijken.
- +) Er kunnen grotere oppervlaktes bemeten worden in dezelfde tijd.
- +) Er kunnen faalmechanismen gemonitord worden die niet visueel te monitoren zijn.
-) Hoge kosten
-) Het is niet bekend hoe duurzaam, robuust en betrouwbaar een techniek is.

Aanvullende bevindingen

Ondervonden problemen

- Vaak belandt de data uiteindelijk ergens in een map, maar is het niet voor iedereen beschikbaar of wordt het niet gedigitaliseerd.
- Vaak is het bij monitoring niet duidelijk wat je er nu precies aan hebt. Het geeft data, maar niet per sé informatie over de dijk. Eigenlijk wil je niet de meting hebben, maar een afwijking en een alarmpeil.
- Als sensors maar 5 tot 10 jaar meegaan is dat niet wenselijk. Dijkbeheer speelt zich af op een grotere tijdschaal.

Cases

- Droogte – Het gebruiken van monitoring om te meten hoe droogtegevoelig een dijk is.
- Lekken – Het identificeren van lekken in de dijk en het herleiden van de herkomst van het water.
- Waterspanning – Het permanent meten van de waterspanning, zodat dit gebruikt kan worden bij de beoordeling. Hier wordt nu nog een grove aanname voor gedaan.
- Muizen en ratten in de dijk – Soms zijn er gaten zichtbaar in de dijk, maar is het niet duidelijk of deze oud of nieuw zijn.

Appendix C2 – Interview dijkbeheerders (29 april 2019)

Algemeen

Datum: Maandag 29 april 2019

Locatie: HHSK, Rotterdam

Geïnterviewden:

- Annelies Minnaar - Assistent beheerder waterkeringen HHSK, overkoepelend regionaal en primair
- Peter van Duijvendijk - Beheerder primaire waterkeringen HHSK

Interview

2. Huidige praktijk

Welke inspectiemethodes worden momenteel gebruikt op periodieke basis?

- Visuele inspecties: 2x keer per jaar intensief in de voor- en najaarsinspectie, om te bekijken hoe de dijk de winter ingaat en uitkomt. Deze inspectie wordt lopend uitgevoerd, over zowel het binnen- als buitentalud. Daarnaast wordt de dijk (twee-)wekelijks geïnspecteerd door een inspecteur voor een schouw. Dit kan vanuit een auto gedaan worden, waarbij er bij opmerkelijke situaties nader onderzoek wordt gedaan.
- FLI-MAP: iedere 4-5 jaar
- Vooroeverbepaling: iedere 2 jaar

Dit is ook vastgelegd in het inspectieplan. Deze is gemaild ter raadpleging.

3. Wet- en regelgeving

Welke wet- en regelgeving krijgt u mee te maken?

We hebben plichten als waterkeringbeheerder. We moeten voldoen aan de Waterwet en verordeningen. Daarnaast moeten we bij monitoring voldoen aan de Arbowet en de Natuurwet, dit is een gedragscode voor waterschappen met maatregelen om de natuur te behouden. Soms worden we in ons werk beperkt door wetten en regels. We kunnen bijvoorbeeld in de meeste gebieden niet met drones vliegen, doordat hier hele strenge eisen aan verbonden zijn.

Hoe zorgt u dat u voldoet aan de wet- en regelgeving?

De wet schrijft rechten en plichten voor. Deze zijn in het beleid vertaald in visies en plannen, welke vervolgens worden gebruikt door het beheer. Als beheerder zijn we dagelijks bezig met zaken die staan beschreven in de wet, alleen worden die opgevolgd door te voldoen aan interne beleidsstukken of in specifiek gerelateerde projecten bij de invoering van nieuwe wetgeving.

Hoe komt wet- en regelgeving terug in het beleid van uw organisatie?

Zie vorige vraag.

4. Data

Welke data wordt momenteel verzameld?

- Bij inspectie worden waarnemingen gedaan.
Deze worden gelogd volgens de Digigids, via een app. Na het invoeren in de app worden de gegevens uitgelezen en verwerkt in ons beheerregister. Dit is een standaardisatie voor waarnemingen van schades, wat zorgt voor een uniforme beoordeling van schade. Inmiddels is deze al 10 jaar oud, dus deze willen we in de nabije toekomst herzien. We willen de waarnemingsstandaard in de toekomst gaan baseren op NEN2767.
- Bij inspectie kunnen potentiële overtredingen gesignaleerd worden.
Deze worden gemarkeerd en vervolgens wordt er uitgezocht of er een vergunning is. Het gaat hierin om acties die niet zijn toegestaan volgens de keur.
- Sonderingen
- Bij dijkversterking kan geotechnisch onderzoek gedaan worden.
Hierbij gaat het om boringen, grondwatermonitoring (d.m.v. peilbuizen) en in mindere mate hellingmeetbuizen.
 - o Een ingenieurbureau rapporteert onderzoek, maar levert ook data aan. De data wordt in het beheerregister gestopt. Het rapport bestaat uit een advies, toegespitst op de onderzoeksvraag. Hierdoor is de data zelf ondergeschikt.
 - o De data wordt ook opgeslagen in de Basis Registratie Ondergrond (BRO).
- Vochtpercentage/neerslagtekort: dit wordt gemeten als de combinatie van neerslag en verdamping, maar ook door het vochtgehalte van de bodem te meten.
 - o De neerslag wordt al gemonitord, maar voor het neerslagtekort (combinatie van gevallen neerslag en verdamping) wordt nu een extra tool aangeschaft om regionaal een beter inzicht te verkrijgen (i.p.v. landelijk).

Welke data wordt momenteel gebruikt?

De data is vaak beperkt en beslaat maar een paar meter of kilometer. Dit is niet meteen te vertalen naar een beeld voor de hele dijk.

Er wordt weinig data weggegooid omdat het dure onderzoeken zijn. Er wordt zorgvuldig gekeken welke informatie nodig is en vervolgens wordt van grof naar fijn gewerkt.

Mist u wel eens data?

- Wanneer er een scheur ontstaat, zouden we graag willen weten wat er gebeurt in de kering. Het is niet goed in te schatten hoe groot een gat onder een scheur is.
- We zien vaak gaten, gemaakt door dieren maar we zien nooit een dier. Bij gangenstelsels, hollen en niet recente molshopen is het lastig te bepalen hoe oud deze zijn. Dat kan enkele dagen zijn, maar ook maanden. Wellicht is het op de een of andere manier mogelijk om snel en gemakkelijk te bepalen of er recente activiteit is van dieren.
- Er is een aantal wellen in het gebied (het is niet een erg piping gevoelig gebied, dus dit zijn er niet veel). Hierbij is het prettig om te weten hoe de grondwaterstroming er uit ziet, zodat je weet of dit tot piping kan leiden of niet.
 - o Het zou ideaal zijn als je een interactieve kaart zou hebben van het hele gebied met daarin het grondwaterpeil.
- We zouden graag een melding krijgen wanneer vervormingen optreden. Een dijk is altijd in beweging. Wanneer een vervorming langzaam optreedt is dit met het blote oog niet goed

waarneembaar, zeker als het een lange strekking betreft. Vanuit andere metingen, zoals FLI-MAP, zijn deze bewegingen wel zichtbaar. Idealiter zou je hier vaker dan eens per 4-5 jaar van op de hoogte zijn.

Bepaalde parameters zijn niet te meten met de technieken die momenteel worden gebruikt en/of de techniek is te duur om op een grote schaal toe te passen.

Is er data die u nu niet heeft maar die u in de toekomst wel graag tot uw beschikking zou willen hebben?

Zie vorige vraag.

5. Informatie overdracht

In hoeverre vindt er overdracht van informatie plaats van de beheerfase naar andere fasen?

In de dijkversterking is er een moment dat er informatie wordt verzameld, maar dit is voornamelijk het leegschudden van archieven (verzamelen van data). Hierbij wordt geen informatie ingewonnen over knelpunten bij beheer & onderhoud (voorbeeld: het herhaaldelijk terugkomen van mos).

De beheerder had vroeger geen stem in het ontwerp van een dijkversterking. Inmiddels moet een dijk wel zo ontworpen worden dat deze te beheren is (voorbeeld: taluds met een maaibare helling).

In hoeverre vindt er overdracht van informatie plaats van andere fasen naar de beheerfase?

Het is ingewikkeld om de juiste informatie op het juiste moment te ontvangen. Dit verbetert echter wel per dijkversterkingsproject. Het beheerregister is inmiddels meer toegespitst op de gebruiker en de informatie is steeds gedetailleerder. Bij een dijkversterking worden data en gegevens vastgelegd en er is een structuur voorgeschreven hoe dit gedaan moet worden. Een beheerder is echter meer geïnteresseerd in hoe het ontwerp technisch in elkaar zit en wat de instandhoudingsopgave inhoudt.

Bij het volgende dijkversterkingsproject wil ik graag een instandhoudingsplan ontvangen wat past in het proces van beheer en onderhoud. Afwijken van dit proces is ook mogelijk, maar dan moeten we als beheerders tijdig worden betrokken in het ontwerp. Zo kan het beheer van met name de nieuwere kunstwerken, zoals damwanden, worden verbeterd door kennisontwikkeling en planmatiger te beheren. Een damwand is ontworpen op een uiterste grenstoestand, wat berust op berekeningen. Ik weet niet hoeveel een damwand mag bewegen, hiervoor zou ik deze berekeningen na moeten gaan. We weten dan ook niet hoe we dit in stand moeten houden. Het prettig zijn om een alarmwaarde te krijgen, zodat we in ieder geval weten wanneer het mis dreigt te gaan.

6. Dijkmonitoring

Heeft u het idee dat u informatie mist m.b.t. het maken van een keuze omtrent dijkmonitoring?

We zouden graag weten wat je er concreet aan hebt. Het liefst zou je een rood lampje hebben, wat gaat branden als een kritieke waarde wordt overschreden. Je bent dan meer in control over de dijk.

- Het gevolg van het falen van een dijk is in dit gebied doorgaans heel groot. Daarom zijn onze dijken heel robuust gemaakt. Een klein scheurtje is geen ramp, want hierdoor zal de dijk niet falen. Deze scheurtjes worden wel geregistreerd, maar hoeven vanwege de minimale invloed niet wekelijks te worden gemonitord.
- Op dit moment lopen dijkwachters over de dijk bij een storm om de dijk te controleren. Wanneer een dijk dan faalt, kan er niet veel meer gedaan worden om het falen te voorkomen.

Dit is voornamelijk om de gevolgen te beperken en het beschadigde gedeelte te herstellen. Door monitoring zou dit preventief beoordeeld kunnen worden.

Heeft u het idee dat u 'in control' bent met de informatie die u nu heeft?

Ja, we doen dit op basis van kennis en ervaring. De wettelijke plicht om te voldoen aan de eisen van de Zorgplicht borgt dit nog eens extra. Je hebt alleen niet invloed op alle factoren, waardoor je nooit 100% garantie zult hebben dat een dijk voldoet. Zo is er medegebruik: er is altijd een kleine, maar aanwezige, kans dat iemand tijdens hoogwater in de dijk gaat graven. Ook ligt er in de IJsseldijk bijvoorbeeld een oude waterleiding, die al 5 keer is gesprongen in de afgelopen 2 jaar. Als dit gebeurt tijdens hoogwater, is de kans op falen hoger dan ingeschat. Hier heb je geen tot weinig invloed op.

Het feit dat we de dijken iedere 12 jaar moeten beoordelen is een goede stok achter de deur. We moeten ons onderhoud nu volledig presenteren. Hierdoor houden we alles extra in de gaten.

Appendix C3 – Interview medewerker Team Geo-informatie

Algemeen

Datum: Maandag 29 april 2019

Locatie: HHSK, Rotterdam

Geïnterviewde: Ben Krabbendam – Medewerker team geo-informatie: domein waterveiligheid

Opmerking: Dit interview is gefocust op de inwinning en opslag van data binnen het waterschap. Enkel het domein 'data' is daarom bevestigd. Dhr. Krabbendam heeft voor het interview zelf een document samengesteld met het antwoord op de vragen. Hiervoor dank. Dit document is gebruikt als leidraad in het gesprek. Hieronder zijn dit document en de verdere informatie uit het gesprek samengevoegd. De informatie uit het document is *schuingedrukt* (sporadisch tekstueel aangepast).

Interview

1. Algemeen

Wat is uw functie?

Ik werk in het team geo-informatie en ondersteun het domein waterveiligheid met GIS.

4. Data

Welke data wordt momenteel verzameld?

Basis:

- *Basisregistraties: BGT (topografie), BAG (Adressen en gebouwen), BRK (percelen)*
- *Hoogtedata: Flimap (ingewonnen met laseraltimetrie) AHN*
- *Boringen & Sonderingen (BRO)*
- *Rivierlodingen (Rijkswaterstaat)*
- *Luchtfoto's (samenwerkingsverband Beeldmateriaal)*
- *Cyclorama's (360° foto's)*
- *Kabels & Leidingen*

Waterveiligheid sets bv:

- *Bekledingsvlakken*
- *Kunstwerken*
- *Legger*
- *Werken aan de waterkeringen*
- *Dijkvakindeling*
- *Toetsing*
- *Geotechniek*

Divers bv:

- *Vergunningen*
- *Landmeetkundige metingen (profielen van watergangen, ligging kunstwerken)*

NB1: We weten niet precies welke data we verzamelen. Dit komt omdat er vaak lokale verzamelingen zijn van data (persoonlijke schijf) of omdat de betreffende data niet in beheer is en in mappen op het netwerk staat. In het 'Gegevenswoordenboek Geo' (te vinden op het intranet) zijn de beheerde datasets en diens beheerders vastgelegd.

NB2: *We proberen zoveel mogelijk data via services binnen te halen (bijvoorbeeld via PDOK) en aan te sluiten op landelijke verbanden die data inwinnen: bijvoorbeeld luchtfoto's. Het voordeel van het binnenhalen via services is dat je de data niet zelf hoeft op te slaan.*

NB3: *Standaardisatie is cruciaal om data herbruikbaar en deelbaar te kunnen maken met de buitenwereld. Het gaat dan om standaardisatie van de data zelf (bijvoorbeeld DAMO (DATAModel)), maar ook om standaardisatie van de technieken/applicaties waarmee de data worden ontsloten.*

NB4: *Een groot deel van de data is statisch van aard maar de behoefte aan dynamische (sensor?) data wordt steeds groter om de situatie buiten zo actueel mogelijk in beeld te hebben.*

Bij sensordata heb je meer meetgegevens om een conclusie uit te trekken. Dit levert ook vergelijkingsmateriaal op. De vraag daarbij is echter hoe deze data geïnterpreteerd moet worden.

Je zou het liefst data van inspecties ook verwerken in je beheerregister als periodieke data. Hier zijn echter nog geen standaardprocedures voor. Vaak worden programma's gebruikt waarbij data naar de Cloud omgeving van de leverancier gaat. Je zou deze data dan vervolgens moeten downloaden naar de lokale database, om dit vervolgens in het beheerregister te kunnen zetten. Daarnaast heb je maar een beperkte capaciteit per team en kun je simpelweg niet alles constant updaten.

Bijvoorbeeld bij een calamiteit, zoals de droogtecrisis in 2018: hierbij werden dijken geïnspecteerd met behulp van vrijwilligers en deze data werd in de crisisruimte op het scherm getoond, gecombineerd met informatie over het weer, waterstanden, zoutgehalte etc. Dit alles voor een zo compleet mogelijk plaatje.

Het vergelijken van data die verkregen wordt bij een calamiteit is lastig, doordat verschillende vrijwilligers gegevens verschillend vastleggen. Wat voor de één ernstige schade is, kan voor de ander minder ernstig voorkomen.

Ook voor goed beheer en onderhoud (Assetmanagement) is informatie over de status van objecten/systemen en de voortgang van werken nodig.

Aan data zit een vraag- en aanbodkant. De specifieke afdelingen vertegenwoordigen de vraag en het aanbod zijn alle teams die hen ondersteunen om het bedrijfsproces uit te voeren. Als het om beheer van data gaat, dan wordt de vraagkant vertegenwoordigd door de gegevenseigenaar (de vakinhoudelijke specialisten) en de aanbodkant door Team Geo, de beheerder. De beheerder spart met de vrager over wat nu precies zijn behoefte is, dit is een dialoog. Hierin moeten keuzes worden gemaakt: wat is belangrijk(er) en welke capaciteit is er? De vrager wil het liefst alles, maar dit is niet mogelijk.

Ik denk dat gegevens in meerdere gevallen meerdere keren worden ingewonnen. Er is vaak geen metadata beschikbaar: informatie over wanneer de data is ingewonnen en wat de data precies betekent. Hierdoor is de data niet herbruikbaar.

Behalve verzamelen, creëren we ook data als waterschap, bijvoorbeeld informatieproducten, analyses, etc. Op welke manier zouden we deze data (beter) ten goede kunnen laten komen aan het bedrijfsproces? Dit is volgens mij ook een vraag die gesteld dient te worden.

Welke data wordt momenteel gebruikt?

Dit verschilt per dataset, proces en gebruiker. Daarnaast is het de vraag wat je precies verstaat onder gebruik? Bijna alle data wordt gebruikt, het is naar mijn idee meer de vraag of de data goed genoeg gebruikt wordt en of het ook daadwerkelijk het bedrijfsproces ondersteunt. Je ziet dat in de huidige situatie data vaak niet goed geborgd, herbruikbaar en ontsloten is. Hierdoor kan misschien maar een deel van de organisatie optimaal gebruik maken van de data.

Naar mijn idee heeft dit te maken met de brug die geslagen moet worden tussen de aanbieders van informatie/data in de organisatie en de gebruikers van deze informatie. De gebruikers willen de primaire taak van HHSK uitvoeren: droge voeten en schoon water. Het is cruciaal dat de bedrijfsprocessen die hierbij horen bekend zijn. Op basis hiervan kunnen de aanbieders van informatie/data hun aanbod afstemmen op de vraag/behoefte.

Het management sluit niet altijd aan op het operationele gedeelte van de organisatie. De strategie zou aan moeten sluiten op het tactische en dat zou vervolgens weer aan moeten sluiten op het operationele.

De term die hierbij hoort is: informatiemanagement. Goed informatiemanagement is een voorwaarde voor goede data en data die ook echt gebruikt wordt voor het doel waarvoor de organisatie bestaat.

Hiervoor zouden processen aangepast moeten worden. Wanneer je een informatiemanager hebt die zorgt voor een goede informatiestroom, kun je kijken welke data daadwerkelijk relevant is. Vervolgens kun je dan de kwaliteit van de data verbeteren.

Mist u wel eens data?

Van de beheerde sets mis ik weleens actuele data of metadata. (Zie hierboven)

➔ Wat is de oorzaak hiervan?

Er zijn weinig vastgelegde afspraken over de ABC van datasets waardoor het beheer/bijwerken vaak ad hoc gebeurt.

In de audit door de Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT) werd ook aangegeven dat we wel acties uitvoeren, maar dat de actualiteit niet wordt vastgelegd.

➔ Wat doet u dan?

Ik help de klant op dat moment voor die specifieke klus. Samen met de klant (gegevenseigenaar) probeer ik te kijken welke data mist en hoe we eraan kunnen komen.

Is er data die u nu niet heeft maar die u in de toekomst wel graag tot uw beschikking zou willen hebben?

Vanuit het vakgebied zie ik veel ontwikkelingen: sensordata/machine learning /BIM/3D data/ Datascience. Deze hebben allemaal potentie voor de bedrijfsprocessen van HHSK. Het “probleem” zit ‘m vooral in de toepasbaarheid: er zijn systemen/werkwijzen/technieken/kennis nodig om met deze ontwikkelingen aan de slag te gaan. De bijbehorende data is een product van deze ontwikkeling. Het begint dus bij de mensen en de middelen en niet bij de data.

Aanvullende bevindingen

- Het gebruik van meer data is ook een verandering in mindset. Ik denk dat een deel van de weerstand onbewust voorkomt uit een zekere behoefte om te onderscheiden. Op dit moment ligt veel kennis bij mensen. Wanneer dit wordt overgenomen door een computerprogramma, is de kennis van de mens minder relevant.
- Ik denk dat je bij het implementeren van dijkmonitoring je goed moet blijven afvragen: ‘welke data is betrouwbaar?’ en dat je dit ook moet duiden. Daarnaast moet je zorgen dat je ook weet wat de data inhoudt als je het over 10 jaar terugziet. Het moet dan nog steeds bruikbaar zijn.
- Het begint bij de vraag naar (meer) data en daar moet het aanbod vervolgens op aansluiten.

Appendix C4 – Interview beleidsmedewerker Watersystemen

Algemeen

Datum: Maandag 29 april 2019

Locatie: HHSK, Rotterdam

Geïnterviewde: Tom Pieterse – Beleidsmedewerker databeheer en hydrologie HHSK

Opmerking: Dit is een open gesprek, met name gericht op het uitwisselen van ideeën. De afdeling Watersystemen maakt gebruik van een aantal methoden die wellicht nuttig zouden kunnen zijn voor de afdeling Waterkeringen & Wegen. Tijdens dit gesprek is het WIS (Waterkwantiteit Informatie Systeem) getoond.

Interview

1. Algemeen

Wat is uw functie?

Ik ben beleidsmedewerker databeheer en hydrologie. Ik beheer het WIS, hierin staan hydraulische en hydrologische gegevens. Meetpunten sturen via portalen gegevens naar het WIS, waar het vervolgens wordt gelogd. Dit gaat om waterstanden, debieten, klepstanden en neerslaggegevens. Als beheerder zorg ik ervoor dat datastromen op orde zijn, gaten worden gevuld, pieken worden opgeschoond indien ze niet verklaarbaar zijn en dat gegevens worden ontsloten naar bijvoorbeeld afstudeerders en collega's.

4. Data

Welke data wordt momenteel verzameld?

In het WIS worden gegevens verzameld over oppervlaktewateren: debieten, waterhoogtes, kwaliteit (alleen het gehalte chloride) en kunstwerken. Het programma is ArcGIS gestuurd en voegt statische gegevens samen met meetgegevens.

Het programma geeft meldingen wanneer een waarde een grens overschrijdt. Dit is om foutieve gegevens te filteren. Deze grenzen zijn verdeeld in twee types: soft max en min en hard max en min. Een overschrijding van een soft max of min geeft aan dat ik naar de gegevens moet kijken omdat ze twijfelachtig zijn. Een overschrijding van een hard max of min geeft aan dat een waarde onwaarschijnlijk is, wat duidt op een foute meting. Dan wordt de waarde niet opgenomen en check ik dit.

Het systeem geeft meldingen wanneer een waarde een alarmwaarde passeert. Zo krijg ik bijvoorbeeld ook automatische e-mails als het chloridegehalte te hoog is, zodat de buitendienst de kraan dicht kan draaien, en krijg ik ook een melding als het hoogwater is.

Het waterpeil wordt op twee manieren gemeten: handmatig en automatisch. De handmatige meting wordt uitgevoerd door een bedrijfsvoerder. Deze maakt met een app een foto van de peilschaal, welke vervolgens op basis van de witte streepjes op het bord het waterpeil bepaalt. Dit wordt wekelijks of maandelijks gedaan. De automatische meting gebeurt door meetapparatuur en wordt automatisch verzonden. Op sommige plekken staat een handmatige en een automatische meter naast elkaar. De data wordt dan met elkaar vergeleken ter verificatie. Als ze teveel verschillen, kan het zijn dat een van de twee (of beide) meters is verzaakt. Als maar één van beide meters aanwezig is, wordt de data vergeleken met de meetreeksen om de data te valideren.

De meetpunten van de waterstanden hebben een nauwkeurigheid van 5 minuten. Elke minuut wordt de waterstand geregistreerd, waarvan het gemiddelde eens in de 5 minuten wordt geregistreerd. Deze data wordt vervolgens eens in het uur geüpload. Dit kost echter wel veel energie, waardoor de meetpunten (die werken op zonne-energie), soms uitvallen. Als alternatief zou je sensors ook handmatig uit kunnen lezen, waarbij je de informatie van bijvoorbeeld het laatste halfjaar ophaalt en inleest. Dit kost minder geld en energie, maar je loopt hierdoor wel altijd achter op de metingen.

Welke data wordt momenteel gebruikt?

Er is wel een aantal meetgegevens die je eigenlijk niet nodig hebt. Soms zit dit echter in dezelfde meter of in hetzelfde pakket als parameters die je wel nodig hebt. Daarom kan het makkelijker zijn om deze wel gewoon te verzamelen.

5. Informatie overdracht

In hoeverre vindt er overdracht van informatie plaats tussen verschillende afdelingen binnen het waterschap?

Beheerders gebruiken de informatie dagelijks om de waterstand te controleren.

Appendix C5 – Gesprek beleidsadviseur

Gesprekspartner: Leontien Barends – Beleidsadviseur waterveiligheid HHSK

Locatie: HHSK

Functie

Ik ben beleidsadviseur waterveiligheid. Hierin ben ik veel bezig met het afstemmen met andere organisaties: het overleggen met andere waterschappen, de provincie en het ministerie. Ik heb me bezig gehouden met de nieuwe normen en de ontwikkeling hiervan. Het moet namelijk niet zo zijn dat er dingen bedacht worden die vervolgens niet uit te voeren zijn, dus vandaar dat wij hier vroeg in betrokken zijn en ik hier ook graag vroeg bij ben. Ik zeg zelf altijd dat ik een uitvoerbaarheidstoets naar mensen toe breng. Dan is het op tijd en komt het niet pas wanneer het eigenlijk te laat is.

Ik denk ook mee over het HWBP en diens programmering. Dit is dus voordat het wordt uitgerold: welke projecten zijn belangrijk; welke moeten eerst en welke kunnen later nog uitgevoerd worden? Ik zit ook in de werkgroep waterkeringen van de Unie van Waterschappen. Niet alles kan tegelijk en kan gefinancierd worden: het budget moet verdeeld worden en hier moeten prioriteiten in worden gesteld. Innovaties en de Life Cycle Costing (LCC) benadering zijn onderwerpen die nu op de agenda staan.

De LCC benadering

Vroeger werden dijken voor 50 of 100 jaar ontworpen, maar moesten we in de realiteit vaak al eerder terug komen. Met de LCC benadering kijken we opnieuw naar de levensduur van ontwerpen. Er wordt nu gekeken naar wat er kan: er wordt niet meer integraal ontworpen, maar er wordt gekeken naar een variabele levensduur. Ook worden niet altijd alle faalmechanismen meer meegenomen. Je zou deels moeten willen versterken, maar ook deels moeten willen monitoren om daarmee de levensduur te verlengen en te voorkomen dat je te vroeg gaat versterken.

Het probleem aan LCC is dat het meestal niet wordt gefinancierd, waardoor waterschappen er zelf voor moeten betalen. Vaak is er wel geld beschikbaar voor de investering vanuit het begin (een dijkversterking), maar beheersmaatregelen moeten zelf betaald worden. De financiering voor monitoring gedurende de beheerperiode kan niet uit de versterking gehaald worden. We proberen de kosten uit te smeren en het proces efficiënter te laten verlopen, maar dit is nog niet algemeen geaccepteerd.

Mogelijk is het een verkapte bezuiniging. Er wordt gezegd dat men de LCC methode toe moet passen, maar vervolgens moet dit zelf betaald worden. Eerder betaalde het rijk de complete versterking. Hierdoor waren versterkingen niet doelmatig: er werd altijd gekozen voor het grootste ontwerp. Ook werden hiermee beheersmaatregelen dus minder kansrijk, want dat moest wel zelf betaald worden. Inmiddels betalen waterschappen voor 50% mee aan het HWBP, wat ten dele helpt. 10% van een versterking moet direct door het waterschap zelf betaald worden. De doelmatigheidsprikkel werkt alleen nog steeds niet en de LCC benadering lukt daardoor niet.

Het HWBP groeit inmiddels uit de klauwen. Er zijn 3 fases: verkenning, planuitwerking en realisatie. Veel projecten beginnen nu aan de realisatie en we raken al boven budget. Nu wordt het dus heel duur. Projecten zouden doelmatiger kunnen worden aangepakt. Doelmatigheidsprikkels zouden

innovatie en monitoring kunnen zijn, maar dit kost geld, voornamelijk op de korte termijn. Er wordt niet (goed) gekeken naar kosten en baten op de lange termijn. Innovatie of monitoring kost geld, maar hierdoor kunnen de kosten van dijkversterking naar beneden. Echter, een versterking betekent ook een verlenging van de levensduur. Wat kost wat en wanneer betaalt dat zich terug?

Innovaties

Een innovatie is wanneer je een nieuwe techniek of proces gaat gebruiken. Hierbij horen bijvoorbeeld ook alternatieve aanbestedingsvormen en nieuwe toepassingen voor bestaande technieken. Wanneer het voor het eerst in een dijk wordt gebruikt, wordt het gezien als innovatie. Er zijn richtlijnen voor wanneer je hier subsidie voor krijgt en wanneer niet.

Wanneer je een voorstel doet voor monitoring of een innovatie, zal een bestuur het volgende vragen: "Is er subsidie? Hoe zit het met de dijkrekening? Kunnen we het uit de pot halen?" Innovaties zijn 100% subsidiabel vanuit het HWBP. Het implementeren van een innovatie levert een risico op en dit risico wordt ook door het HWBP gedragen. Maar er wordt niet goed nagedacht over het scenario wanneer het toch niet goed werkt: haal je alles dan weer weg? Versterk je opnieuw? Het plan B hierin is niet duidelijk en het is ook niet duidelijk of dat ook subsidiabel is.

Samenwerking met andere waterschappen

Dit gebeurt wel, voornamelijk met buurwaterschappen. Hier ben je sneller mee geneigd om samen te werken, omdat je vaak ook gelijke problematiek hebt. Het is alleen lastig dat je dan twee besturen hebt waarbij je om geld moet vragen. Deze werken ook nog eens niet altijd hetzelfde en een gezamenlijk besluit maken is dan moeilijk. In de aanloop werkt het vaak wel, maar dan loopt het vervolgens soms spaak bij de stap naar het bestuur.

Wel hebben we onlangs een alliantieprincipe getekend, die alle waterschappen moesten tekenen. Deze hebben we getekend om hiermee de intentie te uiten dat we bereid zijn om samen te werken en openheid van zaken te geven. Het feit dat zo'n document blijkbaar noodzakelijk was en de verwoording in het document geeft de sfeer tussen de waterschappen wel enigszins aan. Zo werd er bijvoorbeeld gesproken dat we elkaar niet mogen verrassen. Dit zijn in mijn ogen bijzondere termen.

Het samenwerken gebeurt dus wel, maar de centenkwestie is moeilijk. Niet overal lukt het de medewerker om een initiatief er doorheen te krijgen. Bij grote waterschappen is er bijvoorbeeld ook meer structuur, wat betekent dat er meer papierwerk en handtekeningen nodig zijn. HHSK is niet groot qua medewerkers, Rivierenland en HHNK zijn bijvoorbeeld wel heel groot. Rivierenland doelt alleen wel weer op innovatie, dit is een houding van het bestuur. Wanneer je toonaangevend bent, is dit goede marketing voor je waterschap. Maar de vraag is: hoe verkoop je het aan je bestuur?

Directie en bestuur

Je loopt ook tegen bestuursperiodes aan. Nu hebben we bijvoorbeeld net weer een nieuw bestuur. Het zal nu waarschijnlijk weer een tijdje duren voordat er ruimte is voor initiatieven. Ze moeten immers eerst de core business onder de knie krijgen. Het gaat bij het overtuigen van een bestuur om het verkooppraatje: wat zijn de voordelen en welk probleem los je op?

We zijn nu bezig met een digitale transitie in het waterschap en we kijken wat we daar in willen bereiken. Een van die speerpunten was een continu inzicht in de waterkeringen. Hierbij was de

directeur meteen getriggert: hij vroeg zich af of we dat wel moeten doen en of we dat wel de hele tijd moeten willen weten omdat het veel geld kost. Hierbij had hij meteen een verkeerd beeld, terwijl het wel een gebruikelijke term is in het vakjargon. Het begrip 'continu' is alleen heel relatief, wanneer acht je iets continu? Dit moet je definiëren. Daarbij moet je de behoefte en de nut en noodzaak duidelijk maken: eerst bij de directie en daarna bij het bestuur.

Initiatieven

Bij een initiatief hoort een verkooppraatje. Hierbij speelt ook mee dat bestuurders vaak zelf willen scoren bij hun achterban. In een bestuursperiode van vier jaar is het vaak zo dat ze eerst een jaar beloftes waar willen maken, dan is er twee jaar rust en ruimte voor initiatieven en dan een jaar opmaken voor de nieuwe verkiezingen, waarin ze graag resultaten willen boeken.

Er is een jaarlijkse begroting en een meerjarenbegroting. Wanneer iets niet van tevoren begroot is, moet er apart geld voor aangevraagd worden. Monitoring zou wel in een begroting terecht kunnen komen: die van het beheer. Hierbij is het wel van belang of je nog een heel systeem aan moet leggen of dat je alleen gegevens hoeft uit te lezen. Aanleg van een systeem kan vertaald worden in een project. Het onderhoud valt onder de exploitatie en zal geen project zijn. Hoe moeilijk het is om iets door te voeren is ook afhankelijk van de grootte van het bedrag. Soms kun je met een financieel adviseur kijken of je apart geld aan moet vragen of dat het ergens in de begroting geschaald kan worden. Als je daardoor andere maatregelen niet hoeft te nemen, kun je opnieuw prioriteren.

Een initiatief moet door veel bestuurslagen. Veel monitoringstechnieken zijn nog niet bewezen of nog niet geaccepteerd, waardoor het risicovol is. Hier wordt vanuit het Expertise Netwerk Waterkeringen ook veel naar gekeken: wanneer is iets geaccepteerd en bewezen? Hier zijn veel discussies over.

Appendix D – Readiness Levels

Appendix D1 – Technology Readiness Level



Figuur 18 - Technology Readiness schaal voor meet- en monitoringstechnieken

Appendix D2 – Application Readiness Level

ARL 9 - Integratie in eigen organisatie

- De toepassing van de techniek is volledig geïntegreerd in de processen van de organisatie.
- Gebruikers zijn getraind in het gebruik van de techniek.

ARL 8 - Integratie binnen Nederland

- De techniek is reeds meerdere malen gebruikt door de eigen organisatie en is succesvol gebruikt in besluitvormingsopgaves gelijk aan de betreffende opgave.
- Er is een plan van aanpak opgesteld voor het implementeren van de techniek in de organisatie en er zijn handleidingen beschikbaar voor gebruikers.
- OF: De toepassing van de techniek is volledig geïntegreerd in de organisatie van een Nederlands waterschap.

ARL 7 - Succesvol gebruikt binnen Nederland

- De techniek is reeds gebruikt door de eigen organisatie en succesvol toekomstig gebruik in besluitvormingsopgaves wordt reëel geacht.
- Er is een compleet en werkbaar plan om data naar informatie te vertalen.
- OF: De techniek is meerdere malen gebruikt door Nederlandse waterschappen en is succesvol gebruikt in besluitvormingsopgaves gelijk aan de betreffende opgave.

ARL 6 - Succesvol getest binnen Nederland

- De techniek is reeds overwogen en onderzocht door de eigen organisatie en wordt geacht de besluitvormingsopgave te bevorderen.
- Er is een norm/standaardisatie voor de toepassing van de techniek.
- Er is een plan om data naar informatie te vertalen, maar hier moet nog een verbeterslag in uitgevoerd worden.
- OF: De techniek is getest door een Nederlands waterschap en succesvol toekomstig gebruik in besluitvormingsopgaves wordt reëel geacht.

ARL 5 - Overweging van toepassing binnen Nederland

- De techniek is reeds overwogen en onderzocht door een Nederlands waterschap en wordt geacht de besluitvormingsopgave te bevorderen.
- Er is een handleiding beschikbaar voor het gebruik van de techniek.
- Er is een helder idee van hoe data naar informatie vertaald kan worden, maar dit is nog niet geconcretiseerd in een plan.

ARL 4 - Toepassing in buitenland

- De techniek is reeds toegepast in het buitenland, maar nog niet in Nederland.
- Er is enigszins een idee van hoe data naar informatie vertaald kan worden.

Wordt vervolgd op de volgende pagina.

ARL 3 - Kansen reëel geacht

- De kansen om de besluitvormingsopgave te bevorderen zijn uitgewerkt en worden reëel geacht door een andere partij dan een waterschap.

ARL 2 - Kansen gevonden

- Onderzoek naar de toepassing van de techniek is uitgevoerd en er worden kansen gezien om de besluitvormingsopgave te bevorderen.
- De besluitvormingsopgave is gedefinieerd.

ARL 1 - Basisonderzoek

- Basisonderzoek naar de toepassingsmogelijkheid van de techniek is uitgevoerd en gerapporteerd.
- Er zijn ideeën over hoe het toepassen van de techniek besluitvorming kan bevorderen.

Figuur 19 - Application Readiness schaal voor meet- en monitoringstechnieken

Appendix E – Afwegingskader

Tabel 5 - Toelichting afwegingskader stap A

Vak	Toelichting
A1	Kies een onderdeel van de dijk dat mogelijk zou kunnen falen. Stap A dient voor ieder relevant onderdeel van de dijk doorlopen te worden.
A2	Bepaal de faalmechanismen die relevant zijn voor de dijk, gebaseerd op de beschikbare (historische) informatie en omgevingsinformatie. Stap A dient voor ieder relevant faalmechanisme van het relevante dijkonderdeel doorlopen te worden.
A3	Een onderdeel is kritisch wanneer de complete dijk faalt zodra het onderdeel faalt. Ook wanneer de dijk niet compleet zou falen bij falen van het onderdeel, maar de toestand van de dijk erg in het geding komt, kan op deze stelling met 'ja' geantwoord worden.
A4	Het is vooraf met zekerheid te stellen wanneer het onderdeel zal falen, of tot wanneer het gegarandeerd werkend blijft. Er kan zeker worden gesteld dat het onderdeel niet zal falen voor het einde van de levensduur.
A5	De kosten zullen hoger zijn wanneer het onderdeel faalt en vervangen moet worden dan wanneer het onderdeel onderhouden wordt om zo de levensduur te verlengen.
A6	De toestand van het onderdeel is meetbaar, zodat op tijd ingegrepen kan worden indien de toestand niet meer voldoet. De technieken om de toestand van het onderdeel te meten zijn reeds ingezet.
A7	De toestand van het onderdeel is meetbaar, zodat op tijd ingegrepen kan worden indien de toestand niet meer voldoet. De technieken om de toestand van het onderdeel te meten zijn echter nog niet ingezet.
A8	Het onderdeel is geschikt voor gebruiksafhankelijk onderhoud (GAO). Dit betekent dat de levensduur van het onderdeel vooraf bepaald wordt en het onderdeel vervangen wordt aan het eind van de levensduur. Er hoeft geen additieve monitoring ingezet te worden. Stap B t/m D hoeven voor dit onderdeel en dit faalmechanisme niet doorlopen te worden.
A9	Het onderdeel is geschikt voor toestandsafhankelijk onderhoud (TAO). Dit betekent dat de toestand van het onderdeel meetbaar is en het onderdeel vervangen kan worden indien het niet meer voldoet. Er hoeft geen additieve monitoring ingezet te worden. Stap B t/m D hoeven voor dit onderdeel en dit faalmechanisme niet doorlopen te worden.
A10	Het huidige ontwerp is niet beheerbaar als de toestand van het onderdeel niet meetbaar is, terwijl het onderdeel wel kritisch is voor de werking van de dijk. Geen inzicht in de toestand van de dijk betekent dat er niet wordt voldaan aan de zorgplicht. Daarom zal het ontwerp moeten worden herzien. Het huidige ontwerp is niet tactisch als de kosten voor onderhoud van het onderdeel hoger zijn dan de vervangingskosten, daarom zal ook in dit geval het ontwerp moeten worden herzien. Dit is een verbeterpunt in de algehele overdracht van versterking naar beheer: er is blijkbaar in de versterking onvoldoende rekening gehouden met de beheerfase en daardoor is een niet te beheren dijk opgeleverd.

A11	Het onderdeel is geschikt voor storingsafhankelijk onderhoud (SAO). Dit betekent dat het onderdeel mag falen zonder dat de complete dijk faalt en het onderdeel vervangen kan worden na falen. Tevens moeten de vervangingskosten van het onderdeel lager zijn dan de onderhoudskosten. Er hoeft geen additieve monitoring ingezet te worden. Stap B t/m D hoeven voor dit onderdeel en dit faalmechanisme niet doorlopen te worden.
A12	Ga door naar stap B: begin bij vak B1.

Tabel 6 - Toelichting afwegingskader stap B

Vak	Toelichting
B1	Bepaal de maatgevende belastingen, dit is de uiterste belasting die de dijk veilig moet kunnen keren.
B2	Bepaal de voor de dijk relevante faalmechanismen. Een dijk zal gevoeliger zijn voor het ene faalmechanisme dan voor het andere. Bepaal welke faalmechanismen het meest waarschijnlijk zullen optreden.
B3	Bepaal de relevante parameters aan de hand van de bepaalde relevante faalmechanismen uit B2. Dit zijn de parameters die bijdragen aan het ontstaan van het faalmechanisme. Deze kunnen gemeten worden om het optreden van het faalmechanisme te identificeren.
B4	Neem de relevante parameters uit B3 mee in de monitoringsvraag.
B5	Ga de vorige beoordeling en andere beschikbare databronnen na of er onzekerheden zijn met betrekking tot de toestand van de dijk. Denk hierbij ook aan uitgevoerde metingen, analyses en rapporten.
B6	Bepaal grofweg de gevoeligheden van de onzekere parameters en bepaal de belangrijkste gevoeligheden.
B7	Bepaal op basis van B5 en B6 de belangrijkste onzekerheden.
B8	Bepaal per onzekerheid of het mogelijk is om in de beoordeling tot een specifiek veiligheidsoordeel te komen, door de onzekerheid te verkleinen. Indien dit mogelijk is, is er een efficiëntieslag te behalen door monitoring in te zetten en zal de onzekerheid meegenomen moeten worden in de monitoringsvraag.
B9	Neem de onzekerheden uit B7 mee in de monitoringsvraag.
B10	Het is niet nodig om de onzekerheden uit B7 mee te nemen in de monitoringsvraag.
B11	Ga in gesprek met de inspecteurs en ga het beheerregister na om de locaties met zichtbare of eenvoudig waarneembare fenomenen en mogelijke schades te inventariseren.
B12	Bepaal voor ieder fenomeen de mate van invloed op de toestand van de dijk. Maak een globale inschatting van de ernst.
B13	Bepaal of de ernst van het fenomeen dusdanig groot is dat het gemonitord dient te worden. Maak hier een kwalitatieve inschatting van.
B14	De ernst van het fenomeen is niet dusdanig groot dat het gemonitord hoeft te worden. Er moet echter wel periodiek getoetst worden of de mate van invloed op de toestand van de dijk nog steeds bekend is en niet dusdanig groot is dat monitoring noodzakelijk is. Indien dit niet het geval is, dient dit alsnog gemonitord te worden.
B15	De invloed van het fenomeen op de toestand van de dijk is niet bekend of is dusdanig groot dat er aanleiding is tot monitoring. Voeg het fenomeen daarom toe aan de monitoringsvraag.

B16	Ga eigen ervaringen en ervaringen van dijkbeheerders uit het verleden na. Contacteer mensen hiervoor indien mogelijk persoonlijk en ga beheerregisters na. Het doel is om de ervaringen te verzamelen over locaties die gevoelig zijn voor een bepaald faalmechanisme. Er kan ook vaak een onduidelijkheid zijn opgetreden. Het doel is om de kennis uit het verleden te gebruiken in het opstellen van de monitoringsvraag. Documenteer dit goed, zodat dit in de toekomst ook gebruikt kan worden. Zo raakt kennis niet verloren.
B17	In B16 zijn locaties en faalmechanismen bepaald. Koppel hier parameters aan en neem deze mee in de monitoringsvraag.
B18	Stel op basis van B4, B9, B10, B14, B15 en B17 de voorlopige monitoringsvraag op. Dit betekent dat een lijst opgesteld dient te worden van de te bemeten locaties en de op deze locaties te monitoren parameters.
B19	Ga per parameter na of de parameter reeds gemonitord wordt. Immers, als er al gemonitord wordt, hoeft dit niet opnieuw opgenomen te worden in de monitoringsvraag.
B20	Als er al gemonitord wordt, kan de parameter uit de monitoringsvraag gehaald worden.
B21	Als er nog niet gemonitord wordt, moet de parameter in de monitoringsvraag blijven staan.
B22	Stel de definitieve monitoringsvraag op aan de hand van de voorlopige monitoringsvraag uit B18 en het filter uit B20 en B21.
B23	Ga door naar stap C. Begin bij vak C1.

Tabel 7 - Toelichting afwegingskader stap C

Vak	Toelichting
C1	Bepaal voor ieder van de parameters die zijn opgenomen in de monitoringsvraag uit stap B de orde van grootte.
C2	Bepaal voor ieder van de parameters die zijn opgenomen in de monitoringsvraag uit stap B de te verwachten veranderingen. Dit dient slechts een globale inschatting te zijn in ordes van grootte.
C3	Bepaal voor ieder van de parameters die zijn opgenomen in de monitoringsvraag uit stap B de waarschuwings- en alarmwaardes waarbij actie ondernomen dient te worden. Bij het bereiken van de waarschuwingswaarde is de veiligheid nog niet in het geding, maar dient actie ondernomen te worden zodat de dijk weer in optimale toestand is. Bij het bereiken van de alarmwaarde dienen er per direct noodmaatregelen genomen te worden om te zorgen dat de dijk zijn waterkerende werking behoudt.
C4	Bepaal de maatregelen die genomen dienen te worden wanneer de waarschuwings- of alarmwaarde bereikt wordt.
C5	Bepaal de ruimtelijke omvang van de monitoring: bepaal de dijk lengte en het onderdeel van de dijk waarover monitoring toegepast dient te worden. Maak daarnaast een globale inschatting van om de hoeveel meter een meting gedaan dient te worden.
C6	Bepaal de tijdsduur van de monitoring: hoeveel dagen/maanden/jaren zal er gemeten worden?
C7	Stel een globale kosten en baten analyse op van de monitoring.
C8	Bepaal voor ieder van de parameters die zijn opgenomen in de monitoringsvraag uit stap B de benodigde eigenschappen van een monitoringstechniek.
C9	Schat in of er tijd en ruimte is om innovatieve methodes toe te passen. Bekijk tevens of de omgeving dit toe laat.

C10	Een samenwerking met een ander waterschap betekent dat de lasten gespreid kunnen worden. Kijk of er een waterschap is dat baat heeft bij een samenwerking om de innovatieve methode te testen en of er de mogelijkheid is om het risico te spreiden.
C11	Bepaal of er binnen het waterschap voldoende draagvlak en budget is om zelf een pilot op te zetten voor de innovatieve methode.
C12	Bepaal of de innovatieve methode mag falen. Dit betekent dat het falen van de techniek geen gevolgen heeft voor de toestand van de dijk of het gevolg van de levenscyclus wanneer de innovatieve methode niet blijkt te werken. Kosten voor het onderhoud van de dijk mogen dan ook niet hoger zijn na de testperiode.
C13	Kies een innovatieve methode: kies enkel een methode met een ARL score van 6 of lager. Voer hier een pilot mee uit. Zorg wel dat de methode een TRL heeft van 8 of 9.
C14	Kies een innovatieve methode: een methode met een ARL score van 6 of lager. Voer hier een pilot mee uit. Kies daarnaast ook voor een reeds geaccepteerde methode: een methode met een ARL score van 7 of hoger. Voer deze methoden simultaan uit. Kies methodes met een TRL van 8 of 9.
C15	Kies niet voor een geaccepteerde methode: kies enkel een methode met een ARL score van 7 of hoger en een TRL van 8 of 9.
C16	Schat in of het nodig is om binnen een jaar te beginnen met monitoren. Indien dit het geval is, zal er een losstaand initiatief ingediend moeten worden om financiering te verkrijgen. Indien dit niet zo is, kan het opgenomen worden in het budget van het volgende jaar. Dit laatste zal waarschijnlijk eenvoudiger zijn.
C17	Dien een losstaand initiatief in voor financiering bij de directie en het bestuur. Zorg dat de kosten en baten van monitoring duidelijk zijn. Definieer het doel en de nut en noodzaak van monitoring zorgvuldig. Probeer het aan te laten sluiten bij de doelen van het bestuur.
C18	Probeer monitoring op te laten nemen in de volgende begroting: zo is het een verwachte uitgave. Zorg dat de kosten en baten van monitoring duidelijk zijn. Definieer het doel en de nut en noodzaak van monitoring zorgvuldig. Probeer het aan te laten sluiten bij de doelen van het bestuur.
C19	Bepaal voor ieder van de parameters die zijn opgenomen in de monitoringsvraag uit stap B de bijbehorende monitoringsinstrumenten op basis van de opgestelde eisen in C8 en de genomen besluiten in C13, C14 of C15 en C17 of C18. Raadpleeg www.dijkmonitoring.nl voor een overzicht van beschikbare dijkmonitoringstechnieken en een evaluatie van technieken. Raadpleeg bronnen als (De Vries, et al., 2013) voor een evaluatie van specifieke monitoringsinstrumenten. Vraag daarnaast naar ervaringen van andere dijkbeheerders en waterschappen.
C20	Bepaal voor ieder van de gekozen monitoringsinstrumenten de locatie op basis van de monitoringsvraag uit stap B, de bepaalde ruimtelijke omvang in C5 en de gestelde eisen in C8. Samen met C19 maakt C20 de voorlopige monitoringsstrategie op.
C21	Controleer of er een conflict ontstaat tussen de geplande monitoringsapparatuur en de nevenfuncties van de dijk. Denk hierbij aan medegebruik en andere functies die de dijkbeheerder aan de dijk toegekend heeft. Evalueer hierbij fysieke conflicten (staan monitoring en andere zaken elkaar in de weg?), maar kijk ook of er obstakels zijn die metingen kunnen beïnvloeden.
C22	Maak een globale bepaling van de financiële schade die ontstaat als de conflicterende nevenfunctie(s) ingeperkt of verboden worden. Weeg dit af tegen de baten van monitoring.
C23	Maak een globale bepaling van de imagoschade die ontstaat als de conflicterende nevenfunctie(s) ingeperkt of verboden worden. Weeg dit af tegen de baten van monitoring.
C24	Perk de conflicterende nevenfunctie(s) in voor zover nodig. Zorg dat er geen conflict meer ontstaat met monitoring.

C25	Herzie de monitoringsstrategie voor zover nodig. Zorg dat er geen conflict meer ontstaat met nevenfunctie(s), door bijvoorbeeld andere locaties te kiezen of andere methoden. Zorg dat de monitoringsvraag centraal staat: deze dient ook met de herziene strategie beantwoord te worden.
C26	Pas de verkregen verwachtings-, waarschuwings- en alarmwaarden uit C2 en C3 toe op de parameters voor ieder van de gekozen monitoringsinstrumenten.
C27	Stel de definitieve monitoringsstrategie op aan de hand van de voorlopige monitoringsstrategie uit C19 en C20, eventuele aanpassingen uit C25 en de bepaalde waarden uit C26.
C28	Ga door naar stap D: begin bij vak D1.

Tabel 8 - Toelichting afwegingskader stap D

Vak	Toelichting
D1	Aanleg van monitoring is in deze context enkel van toepassing indien er in-situ, invasieve monitoring toe wordt gepast. Dit houdt in dat er monitoringsapparatuur aangebracht moet worden in het dijklichaam. Indien de monitoringstechniek niet in-situ of niet invasief is, kan de monitoring aangelegd worden in de beheer- en onderhoudsfase. Er zal dan geen voordeel zijn aan de aanleg in een andere fase.
D2	Tussen het moment dat de dijk wordt afgekeurd en de start van de versterking kan monitoring toe worden gepast om te controleren of de toestand van de dijk stabiel blijft. Tijdens de versterking kan monitoring worden toegepast om de toestand van de dijk tijdens de versterking te controleren: in veel gevallen heeft de dijk tijdens de versterking nog steeds een waterkerende functie. Na een versterking vindt een nazorgfase plaats. In deze periode moet de opdrachtnemer op ieder moment kunnen aantonen dat het ontwerp voldoet aan de eisen. Hier kan monitoring voor worden gebruikt. Controleer of monitoring wordt toegepast in (één van) deze situaties.
D3	Ga na of de bemeten parameters in (de nazorgfase van) de versterking aansluiten bij de monitoringsvraag.
D4	Ga in gesprek met de opdrachtnemer of het mogelijk is om monitoringsapparatuur uit (de nazorgfase van) de versterking over te nemen voor de beheer- en onderhoudsfase. Doe dit op tijd: zo kan er voor gezorgd worden dat er geen clausules in contracten worden ingebouwd die voorschrijven dat de monitoringsapparatuur verwijderd moet worden na de nazorgfase. Ook kan er dan nog rekening worden gehouden met het beheer- en onderhoud: de gekozen monitoringstechnieken kunnen aangepast worden op de monitoringsvraag van de beheerder en de monitoring kan zo uitgevoerd worden dat het een lange levensduur heeft.
D5	Evalueer de uitslag van het gesprek in E4: is het mogelijk om monitoringsapparatuur over te nemen vanuit de versterking?
D6	Neem monitoringsapparatuur over vanuit de versterking. Maak afspraken over het moment van overname, kosten, voorwaarden en verantwoordelijkheden.
D7	Bekijk de monitoringsvraag nog eens: wordt de volledige monitoringsvraag gedekt door de overgenomen apparatuur uit de versterking?
D8	Bij invasieve monitoring moet er apparatuur aangebracht worden in de dijk. Dit kan tijdens de versterking gedaan worden. Immers: indien er dan gegraven wordt in de dijk, of er komt een grondlaag op de dijk, kan er op dat moment ook monitoring aangelegd worden. Als dit hierna wordt gedaan, moet de bedekking van de dijk twee keer hersteld worden en dat is niet efficiënt.

D9	Ga in gesprek met de opdrachtnemer van de versterking of het mogelijk is om monitoringsapparatuur aan te leggen tijdens de versterking. Kijk hierbij ook naar detailaanpassingen in het ontwerp die gedaan kunnen worden om de monitoringsapparatuur goed aan te leggen en af te werken.
D10	Evalueer de uitslag van het gesprek in E4: is het mogelijk om monitoringsapparatuur aan te leggen tijdens de versterking?
D11	Leg monitoringsapparatuur aan tijdens de versterking. Maak afspraken over het moment van aanleg, kosten, voorwaarden en verantwoordelijkheden.
D12	Leg monitoringsapparatuur aan tijdens de beheer- en onderhoudsfase.
D13	Stel een monitoringsplan op op basis van de ondernomen acties (gele vakjes) en besluiten (blauwe vakjes) uit alle stappen.
D14	Gebruik het monitoringsplan om een vraag uit te zetten naar de markt.