FUGRO GEOSERVICES B.V.

Beoordelingsframework Dijkeninformatie

Datum:	5 april 2017
Projectnummer:	1216-0022-000
Versie:	1.4, definitief

Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

stowa

Hoogwaterbeschermingsprogramma

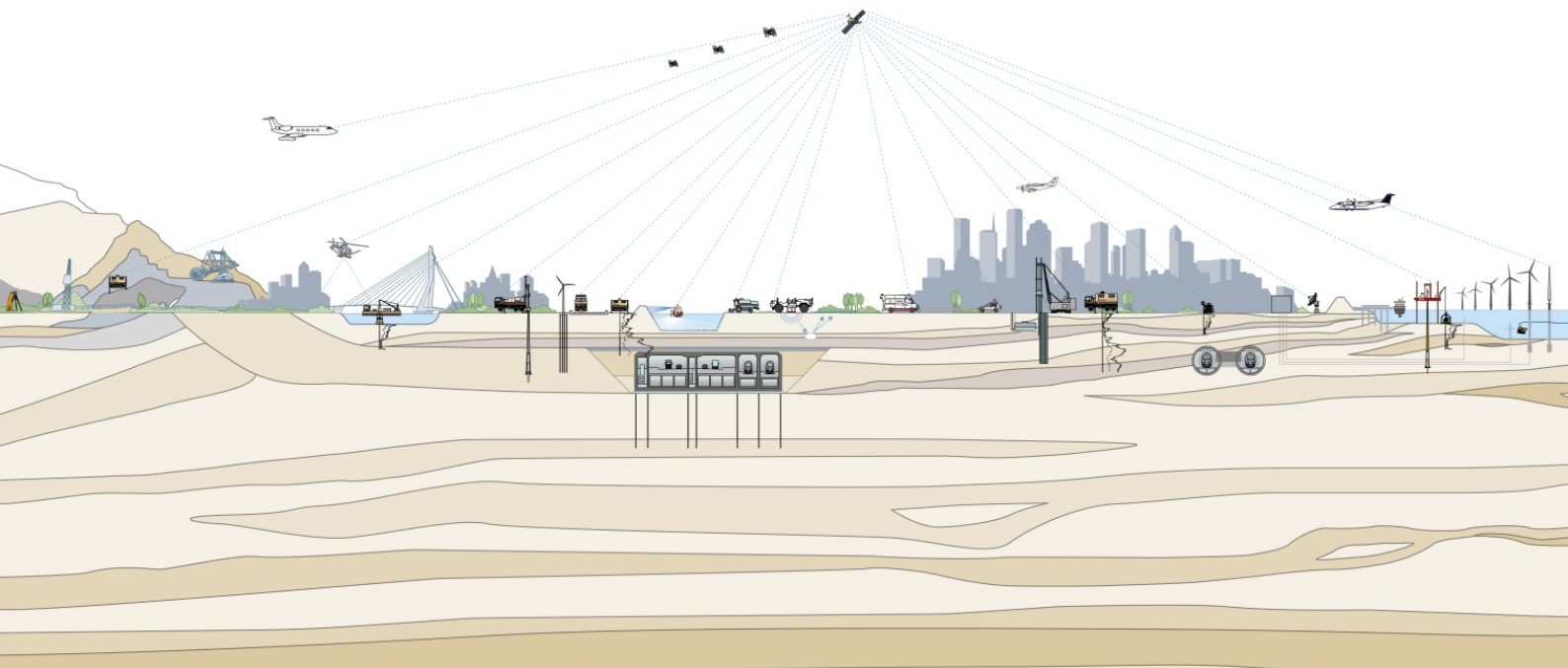
Door:

Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

FUGRO

HKV LIJN IN WATER

Deltares
Enabling Delta Life



Opdrachtgever: Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA);
Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving (RWS-WVL);
Het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP)

Door: HKV Lijn in Water
Deltares
Rijkswaterstaat
Fugro

Auteurs: Dr. ir. Karolina Wojciechowska (HKV Lijn in Water), ir. Wouter Jan Klerk (Deltares), Joost der Hammen, M.Sc., (Rijkswaterstaat) en ir.Remon Pot (Fugro)

Bijdrage: ir. Felix van Zoest (Rijkswaterstaat)

Feedback en ondersteuning: Dr. ir. Bas Kolen (HKV Lijn in Water), ir. Harm Aantjes (Deltares), ir. Martin van der Meer (Fugro) middels een interne review.

Opdrachtnemer: Fugro GeoServices B.V.
Veurse Achterweg
Postcode 63, 2264 SG Leidschendam
T +31 (0)30 60 28 175

Projectleider: ir. Remon Pot
Adviseur Water & Geo-Consultancy

Versiebeheer

Rev	Omschrijving	Opgesteld	Gecontroleerd	Goedgekeurd	Datum
1.4	Definitieve versie	WJK, JH, KW, FZ, RPO	V	Akkoord OG 12-5-2017	5-4-2017
1.3	Oplevering (ter akkoord OG)	WJK, JH, KW, FZ, RPO	V		14-3-2017
1.2	Interne review	WJK, JH, KW, RPO	V		Jan 2017
1.1	Concept	WJK, JH, KW, RPO	V		15-12-2016
1.0	First draft	WJK, JH, KW, RPO	V		15-5-2017

VOORWOORD

Begin 2016 vonden wij elkaar in een gezamenlijk beeld dat de waterveiligheidssector veel meer kan profiteren van data en informatie. In onze ogen wordt veel beschikbare data en informatie nog niet optimaal benut. De toegankelijkheid van veel data en informatie uit de sector loopt achter. Wij zien dat de sector zich nog niet altijd raad weet met interessante data en informatie uit nieuwe meettechnieken of andere sectoren. En de sector kan veel meer profiteren van IT ontwikkelingen. De rekenkracht blijft toenemen, waardoor met steeds grotere hoeveelheden data kan worden omgegaan en nieuwe reken- en analysetechnieken worden ontwikkeld. Juist Nederland zou hierin voorop moeten lopen, want de best beveiligde delta moet immers ook *de best geïnformeerde delta* zijn.

Om van Nederland ook de best geïnformeerde delta te maken, hebben wij in maart 2016 (voorafgaand aan de Kennisdag Inspecties Waterkeringen 2016, een pitch gegeven aan Erik Kraaij, directeur van het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP), Joost Buntsma, voorzitter van Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA) en Roeland Allewijn, directeur Rijkswaterstaat WVL). Aanwezig waren ook Wouter Zomer (als drijvende kracht achter het Flood Control IJkdijk programma), Martin van der Meer (Fugro), Bas Kolen (HKV Lijn in Water) en Harm Aantjes (Deltares). De pitch leidde tot een opdracht om een framework dijkeninformatie op te zetten en samen met keringbeheerders de waarde hiervan te onderzoeken. Voorliggende rapportage is het tastbare resultaat van onze opdracht.

De ondersteuning vanuit het HWBP, STOWA en Rijkswaterstaat gaf ons ruimte om een intensieve samenwerking aan te gaan. Ieder vanuit ons eigen perspectief, kennis en ervaring gaven we invulling aan onze gezamenlijke visie. Om optimaal te profiteren van deze mix werkten we zoveel mogelijk samen op één locatie aan deze opdracht. Zo konden we elkaars expertise én netwerk goed inzetten om onze ideeën te realiseren. In de eerste fase hebben we vooral gewerkt aan de basis van ons idee en vooral ons netwerk met inhoudelijk experts betrokken. In de tweede fase hebben we vooral waterkeringbeheerders betrokken om onze ideeën te toetsen en het framework aan te scherpen.

We waren zeer verheugd met het enthousiasme vanuit de sector. Zo hebben wij interessante discussies gevoerd tijdens het FloodcontrolIJkdijk Symposium, het framework kunnen testen bij de regionale organisatieonderdelen van Rijkswaterstaat en op de Landelijke Beoordelingsdag. Gesproken met diverse waterschappen, waaronder: Waterschap Drents Overijsselse Delta, Waterschap Hollandse Delta, Hoogheemraadschap Noorderzijlvest en Hollands Noorderkwartier. Workshops in de opleiding *databeheer WBI en nieuwe normering* en tijdens de Landelijke Inspectiedag Waterkeringen leverde waardevolle inzichten op. De toewijding en het enthousiasme waarmee op onze missie en uitwerking van onze ideeën werd gereageerd werkte zeer motiverend.

Wij willen dan ook iedereen bedanken die tot dusver betrokken is geweest bij dit initiatief. De opdracht die wij een jaar geleden hebben gekregen is afgerond, maar de missie is nog zeker niet ten einde.Wij beogen, gezamelijk met de sector, een volgende stap te zetten om *de best geïnformeerde delta* te worden, zodat we aantoonbaar kunnen maken de best veiligste delta ter wereld te zijn en te zullen blijven.

OVER DE INITIATIEFNEMERS

Joost van der Hammen heeft als adviseur waterkeringen bij Rijkswaterstaat en de programmadirectie HWBP mede initiatief genomen voor dit project. Hij was o.a. projectleider datamanagement bij de ontwikkeling van het beoordelings-instrumentarium en gedelegeerd opdrachtgever van het waterveiligheidsportaal. Nu is hij adviseur en business developer waterveiligheid bij adviesbureau Nelen & Schuurmans.

Het inwinnen van extra dijkeninformatie heeft kenmerken van een economisch beslisprobleem. Zijn de baten van de extra infomatie groter dan de kosten van het inwinnen? Kosten-baten analyse ondersteunt de beslisser bij het maken van deze overweging en draagt bij aan het nemen van een onderbouwde besluit.

Wouter Jan Klerk is adviseur en onderzoeker overstromingsrisico's bij Deltares. Hij werkt liefst aan de integratie van state-of-the-art fysische kennis met technieken voor probabilistiek en economische analyse. Zijn kennis gebruikt hij in zijn rol van product owner van Hydra-Ring; het rekenhart van het wettelijk beoordelings-instrument. Daarnaast werkt hij in diverse projecten op het gebied van risicogestuurd asset management.

We hebben een grote waterbeschermingsopgave bestaande uit meer dan 744 kilometer versterking, gezamelijk te realiseren. Deze opgave wordt geraamd op 4.3 miljard euro. Uitgangspunt is dat per jaar gemiddeld 80 kilometer dijk wordt versterkt. Wat als dat 10 % tot 20 % efficienter kan? Met betere dijkeninformatie in het ontwerp en tijdens de uitvoering, liggen daar grote kansen.

We willen transparanter zijn over overstromingsrisico's. We kunnen steeds beter waterstanden en golven voorspellen, dijksterkte berekenen en potentiële gevolgen van overstromingen in kaart brengen. Laten we dit ook doen en deze informatie en inzichten steeds gebruiken!

Karolina Wojciechowska is risico en veiligheidsadviseur bij HKV lijn in water. Als toegepast wiskundige en civiel techneut is zij gepromoveerd op de omgang met onzekerheden bij besluitvorming in hoogwatersituaties. Zij werkt onder andere aan het testen van het nieuwe Wettelijk BeoordelingsInstrument en gebruikt het instrument bij het uitvoeren van beoordelingen voor keringbeheerders.

Bij het nemen van besluiten in de waterveiligheidssector heb je altijd te maken met onzekerheden. De toepassing van probabilistische technieken en technieken voor economische analyses maken het mogelijk om effectief en geïnformeerd besluiten te nemen.

Remon Pot is werkzaam bij Fugro als R&D manager en werkt op het snijvlak van geotechniek, monitoring (IoT) en big data. Als adviseur waterbouw was hij betrokken bij Floodcontrol IJkdijk. Hij ondersteunt aannemers bij het realiseren van kritische infrastructuur (zoals dijkversterkingen) met een state of the art aanpak rondom geotechnische risicomanagement en veiligheid. Tevens is hij product owner van Fugro's GeoRiskPortal, een online platform voor risico-beheersing operationeel in meer dan 50 projecten.

INHOUDSOPGAVE

1 INLEIDING 7

2 WAARDE VAN DIJKENINFORMATIE: NUT EN NOODZAAK 11

2.1 Dijkeninformatie in relatie tot de beheerscyclus van de waterkering 13
2.2 Omgang met dijkeninformatie 16
2.2.1 Huidige situatie technische kwaliteit dijkeninformatie 18
2.2.2 Data, informatie, kennis en wijsheid 19
2.2.3 De best geïnformeerde delta: gewenste situatie rondom dijkeninformatie 21

3 BEOORDELINGSFRAMEWORK DIJKENINFORMATIE 23

3.1 Toepassing van het framework, uitgangspunten en de kwaliteit van besluiten 24
3.2 Beoordelingsframework informatiekwaliteit 26
3.2.1 Toelichting op de scores van één naar vijf sterren 27
3.3 Beoordelingsframework Informatiegebruik 29
3.4 Rationeel Afwegingscriterium 31
3.4.1 Eenvoudige aanpak 32
3.4.2 Gedetailleerde aanpak 32

4 BUSINESSCASE DIJKENINFORMATIE OP ORDE 36

4.1 Business case versterken 36
4.2 Business case prioriteren van versterkingsopgaven 38
4.3 Business case crisismanagement 39
4.4 Voorbeelden toepassing in de levenscyclus van een fictieve dijk 40

5 VOORBEELD CASES 42

5.1 Case Informatiekwaliteit - beoordeling zachte kust 42
5.2 Case Informatiekwaliteit - Oeverstabiliteit 43
5.3 Case Boezemkade langs de Beemster 44
5.4 Case Informatiekwaliteit Zeedijk 47
5.5 Case: detail-onderzoek naar variabiliteit van een specifieke parameter 50

6 BEPLEITING 51

6.1 Pleidooi 50
6.2 Aanbevelingen en voorgestelde verbeteragenda 51
6.3 Afsluiting 51

7 LITERATUUR 52

BIJLAGE 1 HANDVAT BEOORDELEN INFORMATIEKWALITEIT 53
BIJLAGE 2 GEAVANCEERDE AANPAK RATIONEEL AFWEGINSCRITERIUM 56
Bayesian updating – theoretisch voorbeeld 62
Bayesian updating – doorlatendheid rekenvoorbeeld 64
Bayesian updating – dijkfaalkans rekenvoorbeeld 66
Value of information – rekenvoorbeeld 67
BIJLAGE 3 TOELICHTING OP GEBRUIKER 67
BIJLAGE 4 WORKSHOPS MET KERINGBEHEER EN INTERVIEWS 71

1 INLEIDING

Nederland loopt voorop als het gaat om waterveiligheid. De rol van de waterschappen, de systematische aanpak en de betrokkenheid van vakkundige experts heeft geresulteerd in een hoog veiligheidsniveau, zowel voor primaire als regionale waterkeringen. Met een periodieke beoordeling wordt het veiligheidsniveau van primaire en regionale keringen periodiek in kaart gebracht. De resultaten van de beoordeling voor primaire keringen voeden een ambitieus Hoogwaterbeschermingsprogramma waarin zwakke dijken worden versterkt, zodat deze dijken na realisatie van de versterkingsopgave gedurende lange periode voldoen aan de vereiste veiligheid.

In de afgelopen jaren zijn grote stappen gezet met het beter onderbouwen van het gedrag van onze keringen met data. Bovendien zijn de mogelijkheden om dit mee te nemen in het veiligheidsoordeel vergroot door de invoering van de overstromingskans als norm, waarbij onzekerheden expliciet kunnen worden gemaakt. Tegelijkertijd is de zorgplicht geïntroduceerd, waarin van een beheerder wordt geëist dat hij *aantoonbaar in control* is, dus te allen tijde in beeld heeft wat de staat van zijn waterkeringen is. Binnen deze zorgplicht en binnen het Wettelijk Beoordelings Instrumentarium is veel aandacht voor 'data (en informatie) op orde'. Wat ordelijk genoeg is, en welke kwaliteit van data en informatie hierbij vereist wordt zal per kering verschillen.

Het beoordelingsframework dijkeninformatie heeft als doel de kwaliteit van besluiten in de levenscyclus van waterkeringen te vergroten. Het framework biedt:

- Een handvat om per dijksectie te beoordelen of er sprake is van voldoende aantoonbaar inzicht in de dijksterkte voor het nemen van besluiten;
- Een handvat om te beoordelen in hoeverre dijksterkte informatie wordt gebruikt binnen beheerorganisaties en te beoordelen of relevante stakeholders gedurende crisis management in staat zijn adequaat te handelen op basis van deze informatie;
- Een afwegingscriterium om te besluiten of meer informatie bij kan dragen aan efficienter keringbeheer en efficientere uitvoering van versterkingsopgaven.

Uitgangspunt bij het beoordelingsframework zijn drie belangrijke en onbetwistbare wetten rondom informatie*:*

- De waarde van informatie neemt toe naarmate deze meer gebruikt wordt (ofwel, informatiekwaliteit en informatiegebruik gaan hand-in-hand);
- Meer informatie is niet in alle gevallen altijd beter (beschikbaarheid en betrouwbaarheid zijn bepalende factoren voor informatiekwaliteit);
- Het combineren (en analyseren) van informatiebronnen vergroot de waarde.

Context

In Nederland wordt onderscheid gemaakt tussen primaire en regionale waterkeringen. Primaire keringen zijn gedefinieerd en genormeerd in de Waterwet en beschermen het land tegen overstromingen vanuit de zee, de grote rivieren en de meren. Nederland heeft ongeveer 3500 km primaire waterkering en naar schatting 14.000 km regionale waterkering. Om deze keringen zo efficiënt en effectief mogelijk te kunnen beheren en de waterveiligheid in Nederland als geheel te blijven bewaken is informatie essentieel. Zowel van primaire als regionale keringen worden periodiek beoordeeld of aan de norm wordt voldaan. Het periodiek beoordelen van primaire waterkeringen heeft de kwetsbaarheden van het systeem van waterkeringen in kaart gebracht en geleid tot een ambitieus Hoogwaterbeschermingsprogramma. Om Nederland droog te houden en voorop te blijven lopen in de wereld, is meer aandacht nodig voor de olie van de waterveiligheidssector; informatie.

Het beoordelingsframework dijkeninformatie brengt in beeld in hoeverre de dijkveiligheid met data en informatie onderbouwd is. Hiervoor wordt zowel de beschikbaarheid als betrouwbaarheid van dijken-informatie beoordeeld. De resultaten worden uitgedrukt in een score. De score geeft een indicatie in de mate waarin de dijkveiligheid in beeld is gebracht en in welke mate deze voldoende is om efficiënte besluiten te kunnen nemen. Dit is relevant voor kosteneffectief dijkbeheer, bij (en voorafgaand aan) dijkversterkingen, gedurende (en voorafgaand aan) de wettelijke beoordelingsopgave, voor calamiteitenzorg (bij dreigende overstromingen) en is een voorwaarde voor invulling aan van de zorgplicht: *aantoonbaar in control.* Ofwel aantoonbaar de waterveiligheid op orde.

Waarom is het op orde hebben van dijkeninformatie van belang?

- ✓ Nederland investeert 362 miljoen per jaar in dijkversterkingen (HWBP);
- ✓ Er is ongeveer 700 km primaire kering te versterken, alsmede een groot aantal kunstwerken;
- ✓ Er is grote efficiëntie te behalen door voorafgaand aan versterkingsopgaven meer informatie in te winnen, zodat passend ontwerpmaatregelen genomen kunnen worden;
- ✓ Onze dijken beschermen 1800 miljard aan investeringen;
- ✓ Meer dan 9 miljoen Nederlanders zijn afhankelijk van uw kennis, inzet en betrokkenheid;
- ✓ Waterschappen en keringbeheerders werken samen met de veiligheidsdriehoek en andere stakeholders;
- ✓ De overstap naar de nieuwe normering en het nieuw wettelijk ontwerp en beoordelingsinstrumentarium leidt tot andere wijze van beoordelen en ontwerpen;
- ✓ Klimaatverandering gaat ons voor nieuwe uitdagingen stellen.

Met de nieuwe mogelijkheden op gebied van data-analyse, IT-ontwikkelingen en het Internet of Things (een moderne term voor het inzetten van sensoren) wordt steeds meer duidelijk wat de kracht van informatie kán zijn. Daarom is het beoordelingsframework niet alleen een manier om het goed omgaan met informatie te stimuleren en bekrachtigen. Het is ook een aanzet om naast de best beveiligde delta ter wereld te zijn, ook de best geïnformeerde delta te worden. Het framework kan ondersteuning bieden om af te wegen hoeveel informatie nodig is om efficiënt versterkingsopgaven te realiseren.

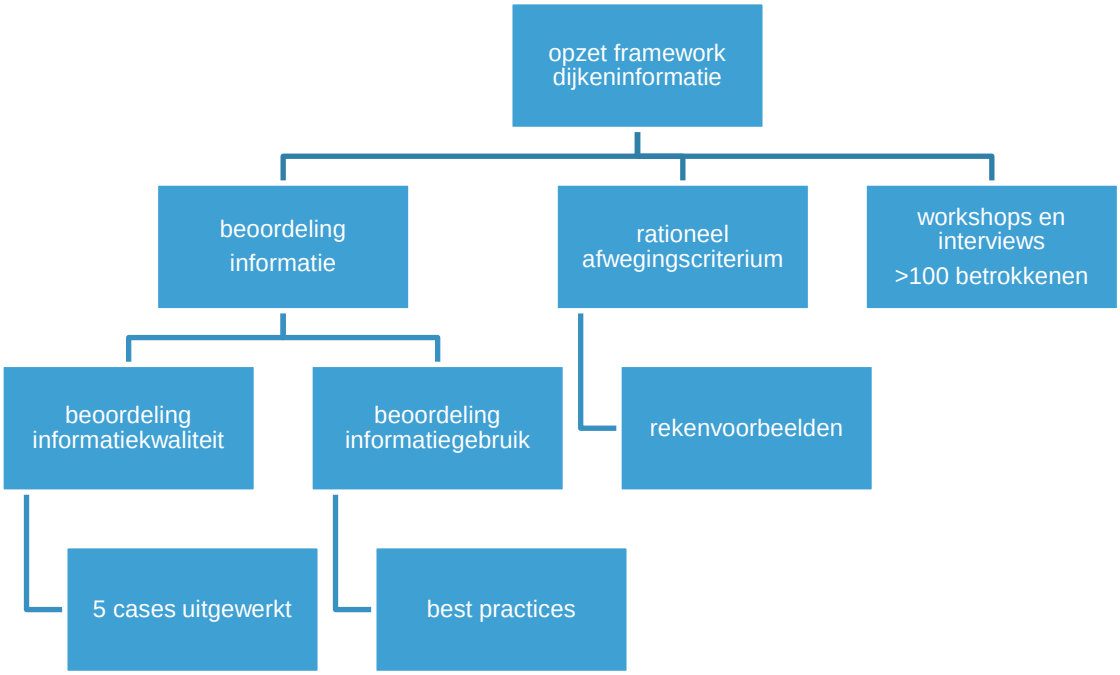
Voorliggend document zet het beoordelingsframework uiteen en is opgesteld voor een drietal doelgroepen. Voor ieder van de doelgroepen wordt aangegeven op welke manier zij het beoordelingsframework kunnen gebruiken. Als eerste volgt een beschrijving voor bestuurders en beleidsmakers. Het nut en de noodzaak worden uiteengezet en het principe van het framework wordt op toegankelijke wijze toegelicht. Vervolgens vindt de lezer uitleg over de technische basis van het framework en cases waarin het framework is toegepast. Als laatste worden onderliggende rekentechnieken en uitgangspunten geschetst aan de hand van rekenvoorbeelden. Via de balk(en) aan de buitenzijde van iedere bladzijde is aangegeven voor welke doelgroep de onderdelen zijn geschreven.

Figuur 1.1: Overzicht kleurcodes leeswijzer

Leeswijzer

Het volgende hoofdstuk (2) beschrijft het nut van het anders omgaan met dijkeninformatie. Hoofdstuk 3 beschrijft het beoordelingsframework en biedt een toelichting op het gebruik. Hoofdstuk 4 beschrijft de business case rondom inzicht in dijksterkte informatie gedurende de levenscyclus van een dijk. Hoofdstuk 5 beschrijft een vijftal cases waarin het framework is toegepast. Hoofdstuk 6 sluit het rapport af met een pleidooi.

Ter verdieping is in de bijlage een technische uitwerking gegeven van de geavanceerde methode van het afwegingscriterium. In figuur 1.2 is beschreven hoe het framework dijkeninformatie in voorliggende rapportage is vormgegeven.



Figuur 1.2: Opbouw rapport beoordelingsframework dijkeninformatie

Michiel Huisman, Katja Schuurman, Jort Kelder en André Kuipers: behoud oudste en mooiste dijk Nederland (video)

04 maart 2015 | categorie: Edam-Volendam | bron: Zuyderzeedijk Alliantie

De dijkbewoners maken zich zorgen over de plannen van het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK) om deze prachtige dijk voor altijd te vernielen. Kijk naar onze prachtige dijk en luister naar de verhalen van Michiel Huisman, Katja Schuurman, Jort Kelder en André Kuipers.

De Alliantie eist een afgewogen oordeel over nut en noodzaak van de dijkverzwaring. Onze dijk is te mooi om door overhaaste beslissingen voor eeuwig te worden verpest. Nieuwe inzichten, technieken en bijgestelde normen bieden alternatieven die minder ingrijpend zijn en minder belastinggeld kosten.

www.reddezuyderzeedijk.nl. De Zuyderzeedijk Alliantie wordt gedragen door bewoners van Hoorn via Volendam tot Amsterdam

The 'Zuyderzeedijk Alliance" strives for the conservation of the oldest and most beautiful Dijk in Holland. People along the Dijk are very worried about the government plans to change the shape of this magnificent example of world heritage forever. This video shows you the beauty of the Dijk that runs From Hoorn to Amsterdam and leads along world renown cities of Edam and Volendam.

Figuur 2.1: Besluiten en de technische onderbouwing rondom versterkingen van dijken dienen vandaag de dag transparant en onomstreden te zijn.

2 WAARDE VAN DIJKENINFORMATIE: NUT EN NOODZAAK

De laatste jaren verandert er veel in de waterveiligheidssector. Per 1 januari 2017 gelden overstromingskansen als nieuwe normering voor waterkeringen. Hierbij wordt uitgegaan van maatregelen in drie lagen: preventie door waterkeringen, gevolgenreductie door ruimtelijke inrichting en het voorkomen van slachtoffers door goede calamiteitenzorg. Hierbij geldt dat de focus in Nederland sterk ligt op de eerste laag van preventie. Parallel aan de invoering van de nieuwe normen is de nieuwe beoordelingsronde voor primaire keringen gestart. Het nieuwe beoordelingsinstrument bestaat niet meer alleen uit toetsvoorschriften, maar tevens uit centraal aangeboden software. In het bestuursakkoord water tussen het Rijk en de waterschappen is vastgelegd dat versterkingen van primaire waterkeringen gezamenlijk worden gefinancierd en geprogrammeerd in een gezamenlijk Hoogwaterbeschermingsprogramma. Daarnaast is een kader opgesteld voor de zorgplicht van primaire waterkeringen. Parallel aan deze ontwikkelingen is er bij beheerders veel aandacht voor het gebruik van data en informatie in het beheer van de waterkering. Het programma FloodControl-IJkdijk, dat eind 2016 is afgerond, heeft al laten zien dat de (technische) ontwikkelingen in informatietechnologie en innovatieve methoden voor het inwinnen van informatie veel meerwaarde kunnen bieden aan de sector.

Door de vele veranderingen en de vele taken waar een beheerder voor gesteld staan zijn de vragen “hoeveel data en informatie heb ik nodig?” en “wanneer is mijn data op orde?” niet eenvoudig te beantwoorden. De beantwoording van deze vragen is echter essentieel om te komen tot echt doelmatig beheer van onze waterkeringen. Het doel van het Beoordelingsframework Informatiekwaliteit is om hier een hulpmiddel bij te zijn, waarmee een beheerder in kan schatten hoever hij al is, en waar nog verbetering mogelijk is. Voor dit framework worden drie hoofduitgangspunten gehanteerd:

- Goede dijksterkte-informatie is toegankelijk en wordt gedeeld met alle betrokkenen en geïnteresseerden.
- De waarde van dijkeninformatie wordt expliciet gekwantificeerd om zo ook de meerwaarde van kwalitatief goede informatie inzichtelijk te maken.
- Bij beoordelen van dijken, prioriteren en programmeren van versterkingen en nemen van noodmaatregelen geeft een inschatting van de kwaliteit van de onderliggende informatie extra houvast bij het nemen van beslissingen.

Door bovenstaande punten op een gestructureerde wijze te benaderen worden we gestimuleerd om daadwerkelijk te komen tot een begrip van onze dijken, een begrip wat deelbaar is met anderen. Het gevolg is dat:

- Bij calamiteiten waterkeringbeheerders en veiligheidsregio’s sneller kunnen beslissen op basis van een gedeeld en betrouwbaar beeld van de situatie.
- Het aanvullende inzicht in de kwaliteit van informatie de waarde van bijvoorbeeld beoordelingsresultaten vergroot omdat de scope van versterkingsmaatregelen sneller en nauwkeuriger te bepalen is.
- Het onderbouwen van de kwaliteit van informatie leidt tot lagere risico’s, minder verrassingen en lagere levenscycluskosten wat leidt tot efficiënter beoordelen, prioriteren en versterken.

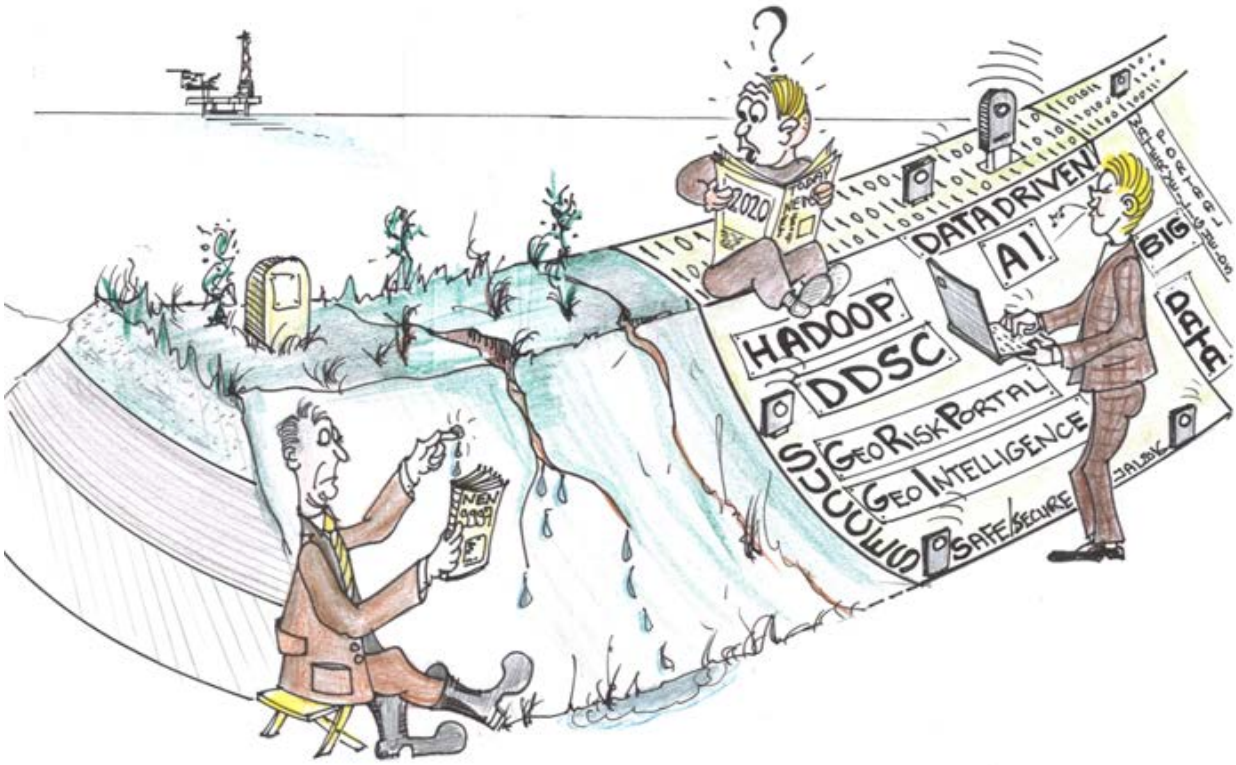
In de komende jaren worden in Nederland alle waterkeringen opnieuw beoordeeld. De verwachting is dat naar aanleiding hiervan vele honderden kilometers dijkversterking zullen moeten worden uitgevoerd, tegen verwachte kosten van om en nabij de 4 miljard euro. Door op gestructureerde wijze na te denken over de informatie waarop versterkingsbeslissingen worden genomen is het mogelijk deze opgave niet alleen goedkoper, maar ook sneller te realiseren, simpelweg omdat de kwaliteit van informatie en de punten waarop deze nog niet aan de vereiste basiskwaliteit voldoet beter in beeld zijn. Dit voorkomt verrassingen. Dergelijke versterkingsopgaven hebben grote impact op omwonenden en halen vaak het nieuws. Figuur 2.1 schetst het voorbeeld van de Markermeerdijken, waarin bekende Nederlanders een vuist maken tegen de metamorfose van de (oude) Zuiderzeedijk. Feiten rondom de uitvoering van versterkingen worden in de praktijk publiekelijk ter discussie gesteld. Dit vergt dat besluiten over versterkingsopgaven en beoordelingen van dijksterkte een onderbouwing vergen die “*Raad van State – Proof”* is, en tevens uitlegbaar is aan een breed publiek.

Het begrip *zorgplicht waterkeringen* wordt in de Waterwet niet gedefinieerd, maar houdt in dat de beheerder de wettelijke taak heeft om de waterkeringen aan de veiligheidseisen te laten voldoen en voor het noodzakelijke preventieve beheer en onderhoud te zorgen.

Het is de bestuurlijke verantwoordelijkheid (en eeuwenoude taak) om hieraan invulling te geven. De invulling van de zorgplicht bestaat uit het opstellen van o.m. overzichtsrapportages. Deze richten zich niet op de actuele prestatie en/of kwetsbaarheden van dijksecties.

Door de kwaliteit van onderliggende informatie expliciet te maken kan de waarde van deze rapportages vergroot worden. Inzicht in de beschikbaarheid en betrouwbaarheid van dijkeninformatie maakt transparant in hoeverre keringbeheerders *in control* zijn. Het Beoordelingsframework Dijkeninformatie biedt een concreet handvat om actueel inzichtelijk te maken hoeveel keringbeheerders weten van dijksterkte, prestaties en onzekerheden en vormt een hulpmiddel om te bepalen of het inwinnen van aanvullende informatie verantwoord en verstandig is.

In de volgende paragrafen wordt het nut van het Beoordelingsframework Dijkeninformatie voor de verschillende onderdelen van de beheerscyclus van een waterkering nader toegelicht.



Figuur 2.1: Illustratie met goede en toegankelijke dijkeninformatie wordt de Nederlandse dijk toekomstbestendig (door: Sjef Laboyrie, Fugro)

2.1 *Dijkeninformatie in relatie tot de beheerscyclus van de waterkering*

In Nederland wordt waterveiligheid in meerdere lagen gerealiseerd, waarbij een kwalitatief goed systeem van primaire en secundaire waterkeringen de primaire maatregel is om het gevaar van overstromingen te beperken.

Deze lagenbenadering (geschetst in figuur 2-2 links) bestaat in algemene zin uit:

1. Preventie: de kans op een overstroming kleiner te maken (1e laag),
2. Gevolgen beperken (1e en 2e laag)
3. Kwetsbaarheid beperken (calamiteitenzorg, evacuatieroutes en noodhulp (2e en 3e laag).

Figuur 2.2: Meerlaagse veiligheid

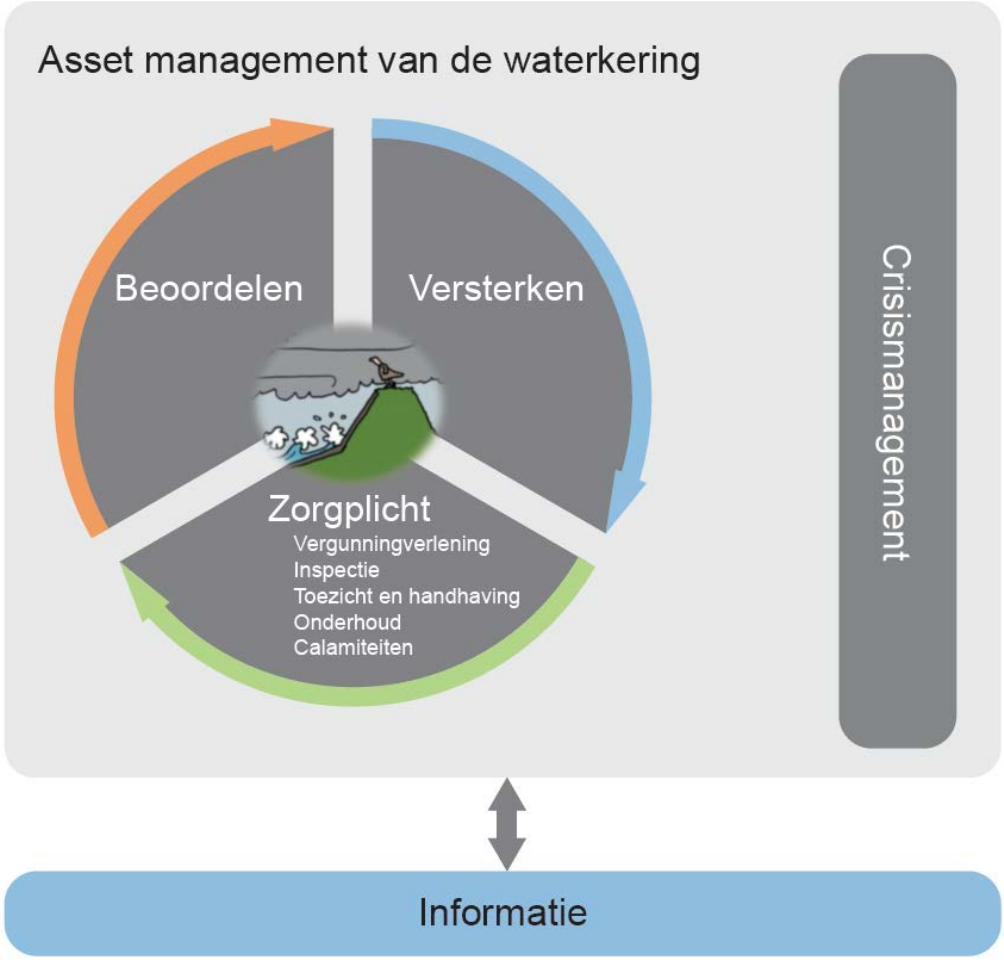
Waterkeringen zijn de primaire maatregel (laag 1) tegen overstromingen. Het belang van sterke waterkeringen staat buiten kijf en de erkenning hiervan blijkt bijvoorbeeld uit het feit dat de normering van primaire waterkeringen op nationaal niveau wettelijk is vastgelegd. Het beheer van een waterkering omvat verschillende taken, het totaal van die taken kan vanuit een asset management perspectief beschreven worden. Asset management draait hierbij om het vinden van een (optimale) balans tussen prestatie (veiligheidsniveau), risico en kosten gedurende de levenscyclus van een waterkering. Dijkeninformatie past goed binnen dit kader, omdat een kwantitatieve onderbouwing van asset management hierin ook een indicatie geeft van de invloed van nieuwe informatie op de resulterende kwaliteit, kosten en risico's. Zo kan vanuit dit perspectief voor de beheerscyclus als geheel het nut van informatie worden onderbouwd, en geldt tegelijkertijd informatie als gedeelde basis voor alle verschillende beheersfasen.

Binnen het waterveiligheidsbeleid wordt onderscheid gemaakt tussen een aantal fasen die binnen de beheerscyclus rol spelen. Deze drie fasen zijn weergegeven in figuur 2.3. Om te beginnen worden primaire waterkeringen iedere 12 jaar beoordeeld, hierbij wordt in feite het prestatieniveau opnieuw bepaald. Wanneer dit niveau niet meer voldoende is als gevolg van externe factoren zoals klimaatverandering of nieuwe kennis wordt de versterking mede gefinancierd door het rijk en wordt de kering opgenomen in het nationale Hoogwaterbeschermingsprogramma. Tegelijkertijd is er de zorgplicht, waarin keringbeheerders de verplichting hebben de kering aan de wettelijke normen te laten voldoen en het hiervoor noodzakelijke preventieve beheer en onderhoud te verzorgen. Tot slot is er een aparte taak te onderscheiden in het crisismanagement bij overstromingen (onderscheiden van calamiteitenmanagement wat onderdeel is van de zorgplicht). Hoewel bij regionale keringen de structuur van bestuurlijke verantwoordelijkheid anders is ingericht is technisch gezien het beheersproces vergelijkbaar.

Voor elk van de taken die wordt uitgevoerd is informatie over de huidige prestatie van de waterkering de belangrijkste sturingsvariabele. Inzicht in deze prestatie, de manier waarop die prestatie tot stand komt, en met name de zekerheid van dit inzicht is belangrijke sturingsinformatie voor alle onderdelen van effectieve hoogwaterbescherming. Om tot een goede en geintegreerde aanpak van deze onderdelen te komen is het van belang dat er een gedeelde informatiebasis is, een zogeheten 'single-point-of-truth', waarbij voor iedere taakstelling gebouwd wordt op dezelfde sturingsinformatie. In onderstaande paragrafen is voor de 4 hoofdtaken van het keringbeheer kort toegelicht hoe het beoordelingsframework informatiekwaliteit de uitvoering van deze taken verbeterd en wordt tevens het belang van een gedeeld informatiebeeld toegelicht.

Twee hoofdvragen zijn hiervoor van cruciaal belang:

- Hoe betrouwbaar is de dijkeninformatie ten grondslag aan het handelen van keringbeheerders?
- Hoe wordt die informatie gebruikt binnen de organisatie?



Figuur 2.3: Asset management van waterkeringen en de rol van informatie in het geheel. De dijk is voor elke taak dezelfde, daarmee zou de data en informatie van die gebruikt voor die verschillende taken consistent moeten zijn.

Zorgplicht

De zorgplicht bestaat uit een vijftal kerntaken, welke zijn benoemd in figuur 2.3. Voor al deze kerntaken is voldoende beschikbare en betrouwbare informatie nodig om aantoonbaar in control te zijn. Burgers verlangen in steeds grotere mate transparantie en navolgbare processen van haar overheid. Om transparantie rondom keringbeheer mogelijk te maken is inzicht in up-to-date dijkeninformatie van belang om te kunnen laten zien of een waterkering voldoet aan de wettelijke eisen of niet. Binnen de zorgplicht vergroot betere informatie het handelingsperspectief omdat de prestatie beter en betrouwbaarder in beeld is. Daardoor kan met onderhoudsingrepen, noodmaatregelen en gerichte inspecties onderbouwd en adequaat ingespeeld worden op het gedrag en de staat van de dijk.

Beoordeling

Door de opzet van de beoordeling met een wettelijk beoordelingsinstrumentarium (WBI) is geborgd dat waterkeringen op een uniforme manier beoordeeld worden en de prestatie eens per twaalf jaar op vergelijkbare wijze is bepaald. De beschikbaarheid en betrouwbaarheid van dijkeninformatie kan grote invloed hebben op het beoordelingsresultaat. Zo kan het voorkomen dat 2 dijkvakken worden afgekeurd waarbij voor het ene dijkvak geldt dat grootschalig grondonderzoek is uitgevoerd, jarenlang is gemonitord en diverse full-scale proeven zijn gedaan, en voor het andere dijkvak de onderliggende informatie het minimum is wat vereist is om te beoordelen. Een voorbeeld hiervan is (fictief) geschetst in figuur 2.5. Deze achtergrond is echter niet zichtbaar in het beoordelingsresultaat, terwijl het wel een indicatie geeft van de mate van inzicht in de betreffende kering. De betrouwbaarheid van het beoordelingsresultaat is bij meer inzicht groter, waardoor de kans op het treffen van de juiste maatregelen groter is.

Versterken

Als een willekeurig dijktraject aangemerkt is om te versterken neemt de waarde van dijkeninformatie direct toe. Versterkingsopgave gaan immers gepaard met grote investeringen. Als er meer bekend is over de dijkopbouw en de hydrologie in en rondom de waterkering, is het mogelijk het ontwerp van de versterking met meer nauwkeurigheid te maken. Het slim en/of slank uitwerken van een versterkingsopgave is alleen mogelijk als de beschikbaarheid en betrouwbaarheid van dijkeninformatie voldoende is om onzekerheden te kwantificeren en/of te verdisconteren in een meer robuust ontwerp.

Omgekeerd, het hebben van onbetrouwbare informatie of onvoldoende inzicht in de opbouw en het gedrag van de vergroot de kans dat een versterking inefficient is. De gevolgen hiervan kunnen groot zijn: verkeerde ontwerpaannames, financiële of plan-technische tegenvallers tijdens de uitvoering, het versterken terwijl het wellicht niet nodig is of het opleveren van een onveilige (of onjuist) versterkte dijk.

De aanloop van een versterkingsopgave geeft daarom in alle gevallen tenminste de aanleiding om te bepalen welke informatie nodig om:

- de scope van een versterking te verkleinen;
- uitvragen aan de markt beter te specificeren;
- een versterkingsontwerp te optimaliseren (kosten te besparen);
- de dijkopbouw en de hydrologie van de dijk in kaart te brengen;
- op veilige wijze de versterkingsopgave te realiseren;
- de risico's rondom de versterkingsopgave te identificeren, evalueren en te beheersen;
- een "*Raad van State - proof*" en een uitlegbaar proces;
- efficiënter te kunnen versterken.

Om een rationele afweging te maken over het inwinnen van informatie dienen tenminste de kosten van inwinning en de waarde van deze informatie beschouwd te worden.

Tijdens de uitvoering kan dijkeninformatie helpen om:

- bij te sturen tijdens te uitvoering (optimalisatie van ophoogfaseringen);
- inzicht te hebben in de actuele veiligheid tijdens versterken;
- risico's te beheersen.

Bij het aanbesteden van een versterkingsopgave kunnen eisen rondom het vergaren van dijkeninformatie tijdens de uitvoering risico's aanzienlijk reduceren (bijvoorbeeld het risico op taludinstabiliteit of het niet behalen van restzettingseisen) en de kwaliteit van uitvoering vergroten.

Crisismanagement

Het doel van crisismanagement is om de gevolgen van een (dreigende) overstroming te minimaliseren. Omdat er in Nederland een sterke focus ligt op de preventieve beschermingslaag, hebben onzekerheden over de staat (en sterkte) van onze keringen grote impact op het crisismanagement.

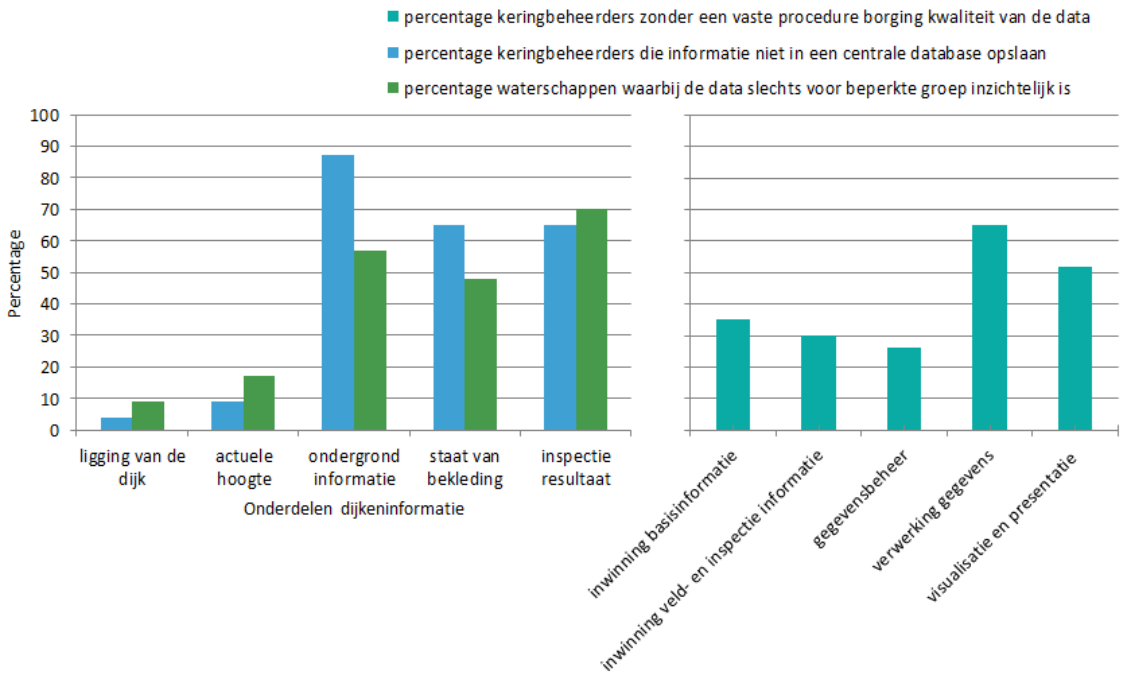
Twee voorbeelden ter illustratie zijn:

- wanneer de sterkte van de dijk zeer onzeker is zal in sommige gevallen ten onrechte en in sommige gevallen voor niets geëvacueerd worden. Goed inzicht in de dijkeninformatie geeft extra onderbouwing voor dergelijke besluiten en maakt bewust van de onzekerheid hieromtrent, wat beleidsmakers extra houvast geeft bij dergelijke beslissingen.
- wanneer de informatie over het gedrag van de dijk onbetrouwbaar is bemoeilijkt dit het efficiënt inzetten van noodmaatregelen. Hierdoor kan het voorkomen dat noodmaatregelen niet worden ingezet op de echt kritieke punten of voor de echt kritieke mechanismen. Denk hierbij aan de inzet van zandzakken voor piping (opkisten), golfoverslag (kruin verhogen) of macrostabiliteit (teen verzwaren).

Inzicht in de beschikbaarheid en betrouwbaarheid van dijkeninformatie kan bijdragen aan crisismanagement. Als dijksterkte-informatie expliciet kan worden meegenomen bij beslissingen rondom dreigende overstromingen, kan dit bijdragen aan de kwaliteit van besluiten die onder vaak hoge druk moeten worden genomen. In dergelijke situaties is het van belang dat actuele informatie helder, compleet en betrouwbaar beschikbaar gesteld wordt aan de verantwoordelijke autoriteiten en experts.

2.2 *Omgang met dijkeninformatie*

Het management van dijkeninformatie beïnvloedt het handelingsperspectief en keringbeheer. Uit onderzoek naar de gegevenshuishouding van primaire waterkeringen[1] bij 20 waterschappen en 4 regionale dienstonderdelen van Rijkswaterstaat blijkt dat gegevens voor de ondergrond, bekleding en inspecties niet goed op orde zijn. Wat wel blijkt is dat hier aandacht voor is, getuige het feit dat er tal van verbeterprojecten lopen waarin sterke focus is op uniformering en standaardisering.



Figuur 2.4: Onderzoek naar ontsluiten van dijkeninformatie, bron: Informatiehuis Water[1], 2015

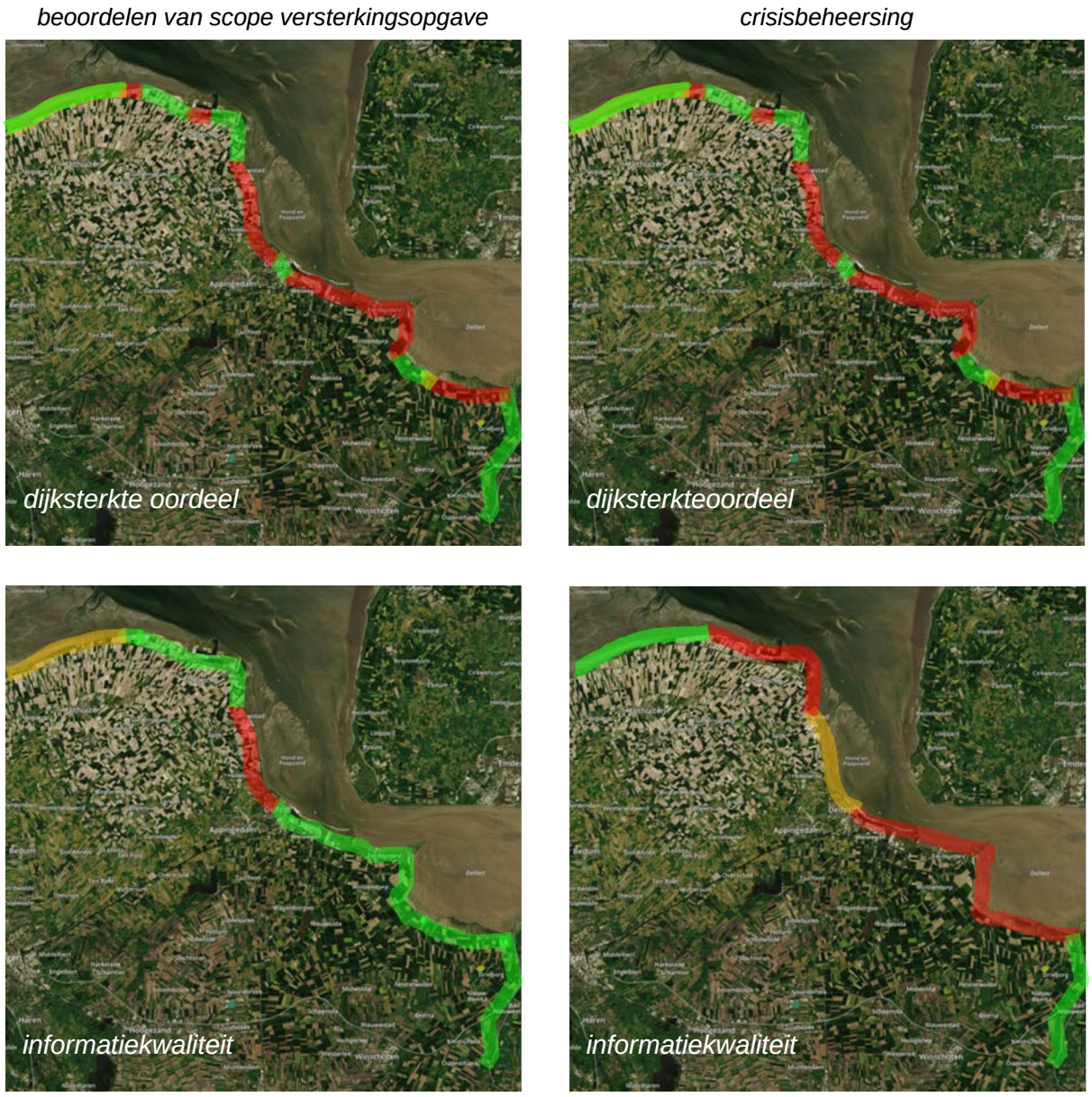
Uit de grafieken van figuur 2-4 valt af te leiden dat:

- Gegevens aangaande de ligging en hoogte van de kering goed toegankelijk zijn;
- De historie van ondergrondgegevens en data over bekledingen in 40-50 % van de gevallen niet wordt bijgehouden;
- Inspectieresultaten, ondergrondgegevens en gegevens over bekledingen in ten minste de helft van de gevallen niet centraal worden opgeslagen en gedeeld;
- Er zelden vaste procedures voor de kwaliteitsborging van gegevensbeheer zijn;

Dit beeld laat zien dat de 'single-point-of-truth' en een actueel beeld rondom dijksterkte informatie bij weinig beheerders de dagelijkse praktijk is. Daarom wordt naast kwaliteit ook beschikbaarheid meegenomen in het Beoordelingsframework Dijkeninformatie.

Expliciet inzicht in dijksterkte en een actueel beeld van overstromingsrisico's zijn in het onderzoek van het Informatiehuis Water buiten beschouwing gelaten. Het Watermanagementcentrum Nederland (WMCN) van Rijkswaterstaat te Lelystad geeft aan dat keringbeheerders in een crisis situatie verantwoordelijk zijn om dergelijke informatie aan te leveren. Het WMCN heeft via haar systeemen inzicht in de ontwikkeling van het weer, waterstanden en golfoploop. De door de WMCN gebruikte systemen geven eindgebruikers geen inzicht in actuele dijksterkte informatie.

De beschikbaarheid van actuele dinformatie over de dijk is met name in kritieke (hoogwater) situaties essentieel om de juiste keuzes te kunnen maken. Inzicht in actuele dijksterkte ondersteunt tevens het prioriteren van dijkversterkingsopgaven. In de uitvoering van dijkversterkingen geldt dat tijdelijk de dijk tijdelijk meer kwetsbaar is. Met inzicht in actuele dijksterkte, is het mogelijk tijdens versterkingsopgaven te kunnen te anticiperen bij een dreigend hoogwater. Het belang hiervan wordt onderschreven met (nieuwe) initiatieven die dit faciliteren, zoals het Waterveiligheidsportaal, implementatie van geo-risico management in versterkingsopgaven en monitoring gedurende versterkingen.

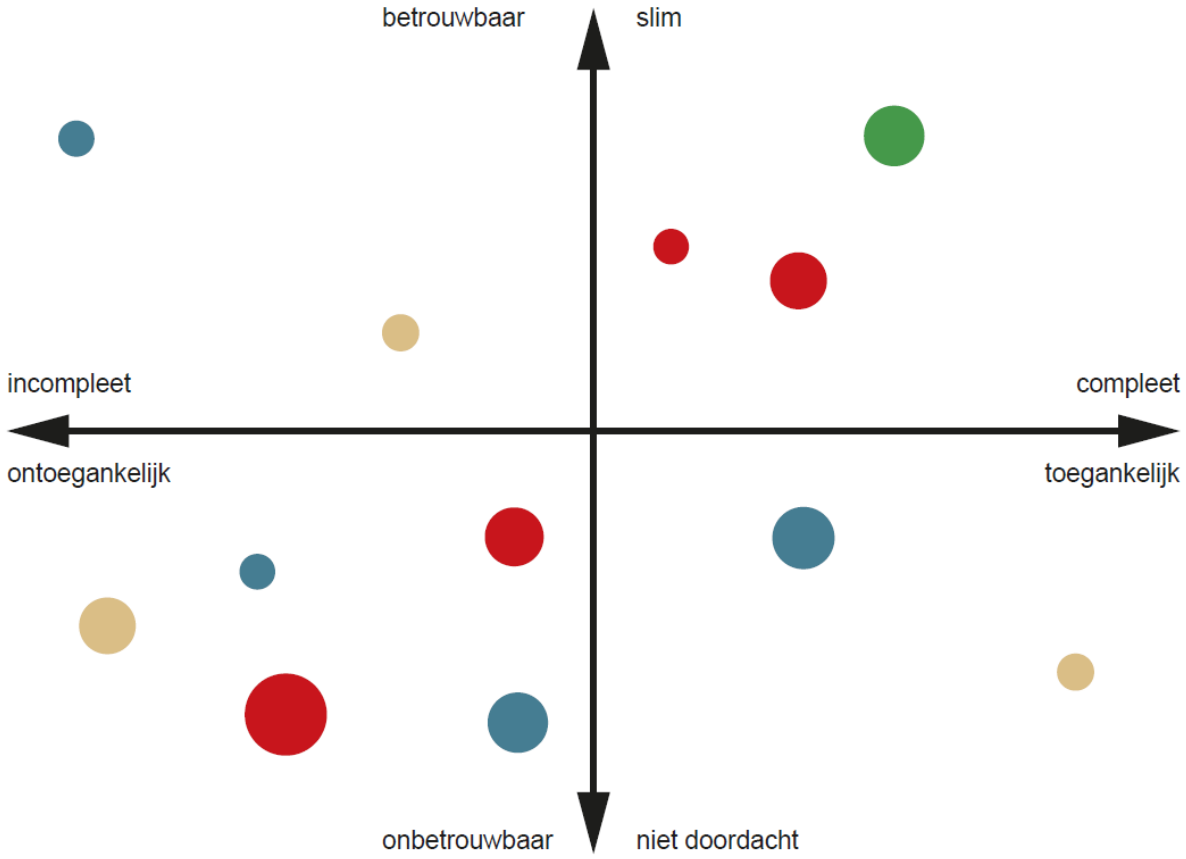


Figuur 2.5: Fictieve beoordeling van een beoordelingsresultaat en de score van onderliggende informatiekwaliteit (groen = 4-5 sterren, geel = 3 sterren, rood = 1-2 sterren)

2.2.1 *Huidige situatie technische kwaliteit dijkeninformatie*

Het snelste antwoord op de vraag of een dijk voldoende sterk is, is een verwijzing naar het toets- of beoordelingsresultaat. De betrouwbaarheid en beschikbaarheid van de gebruikte data en informatie om tot een dergelijk oordeel te komen kan onderliggend nogal variëren. Het oordeel rondom dijksterkte kan heel anders zijn dan een beoordeling van de kwaliteit en beschikbaarheid van gebruikte informatie (zie figuur 2.5). Dit heeft effect op de kwaliteit van het nemen van besluiten, bijvoorbeeld bij het bepalen van de scope van versterkingsopgaven, het aanbesteden van versterkingsopgaven, maar ook bij crisisbeheersing tijdens hoog water.

Als een twintigtal dijken beoordeeld wordt op de mate van beschikbare dijkeninformatie en de mate van betrouwbaarheid van die informatie, dan zijn verschillende varianten mogelijk. In Figuur 2.6 is dit conceptueel gegeven. De gekleurde cirkels staan voor individuele dijksecties. Of de beschikbaarheid en betrouwbaarheid van de informatie voldoende is om op verantwoorde wijze de dijk te beheren is afhankelijk van de dijksterkte, het beheersregime en overstromingsrisico's. Belangrijk is om op te merken dat een dergelijke cirkel voor iedere dijksectie in Nederland te tekenen is. De precieze positie is echter doorgaans niet bekend en wordt niet systematisch bepaald.

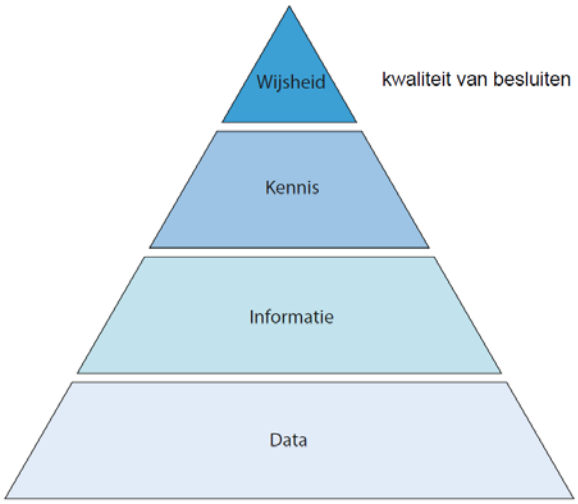


Figuur 2.6: Overzicht kwaliteit en het gebruik van dijkeninformatie per dijk (elke bol stelt een dijktraject voor)

Naast de grote verschillen die er zijn rondom de beschikbaarheid en betrouwbaarheid van dijkeninformatie, wordt het op orde brengen van informatie gestuurd vanuit losse vragen. Vraagstukken rondom het inwinnen van informatie en het analyseren daarvan worden geïnitieerd doordat bijvoorbeeld een versterkingsopgave speelt, er een beoordeling moet plaatsvinden of omdat benodigde gegevens nodig zijn voor vergunningverlening rondom ontwikkelingen op/nabij de dijk. Dit lineaire en vraag georiënteerde proces maakt het complex om integrale afwegingen te maken rondom informatie-inwinning.

2.2.2 Data, informatie, kennis en wijsheid

De kwaliteit van besluiten (wijsheid) over dijkveiligheid is afhankelijk van de beschikbaarheid en betrouwbaarheid van data, informatie en areaalkennis. Om de best geinformeerde en beschermde delta te zijn, dient de beschikbaarheid en betrouwbaarheid van data, informatie, inzichten (kennis) van hoog niveau te zijn en dient aantoonbaar de kwaliteit van besluiten (decision quality, ofwel DQ, een term geïntroduceerd door Howard 1966[2]) geborgd te zijn. Deze 4-eenheid wordt in de literatuur over informatie- en kennismanagement ook wel de DIWK hiërarchie genoemd. In een studie van Jessica Rowley (2007)[3] naar de verschijningsvormen van de DIKW hiërarchie zijn de gehanteerde definities van data, informatie, kennis en wijsheid uit vakliteratuur beschreven.[*] Het nut en de noodzaak van het inwinnen van meetdata van dijken hangt samen met beslisproblemen, de kwaliteit van interpretaties en areaalkennis van het beheergebied.



Figuur 2.7: Data, Informatie, kennis en wijsheid (kwaliteit van besluiten)

Om tot een eenduidig begrip te komen citeren wij een breed gebruikte studie van Rowley[3] naar de verschijningsvormen van de gehanteerde definities van data, informatie, kennis en wijsheid uit vakliteratuur beschreven. Wij distilleren hieruit een viertal definities:

Data bestaan uit objectieve observaties (metingen), signalen of vastgelegde beschrijvingen. Data wordt gekenmerkt door een ongeorganiseerd karakter zonder context en/of interpretatie.

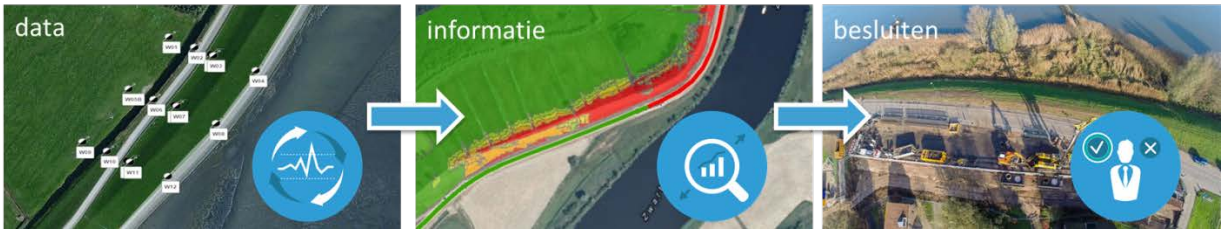
Informatie wordt veelal gedefinieerd als de opwaardering van data. Informatie is verwerkte, georganiseerde, gestructureerde data. Om van (meet)data betrouwbare en bruikbare informatie te maken, zijn context en analyse noodzakelijk. Kwaliteit van informatie wordt bereikt wanneer informatie een betekenis heeft, voldoende betrouwbaar is, gebasseerd is op geschikte gegevens en met een juist oordeel tot stand is gekomen. Onzekerheid, afhankelijkheid en beperkingen van de informatie horen bekend te zijn.

De definitie van kennis is diffuser. Kennis wordt veelal gezien als een eigenschap van de mens. *Kennis wordt ook wel gedefinieerd als een combinatie van data en informatie, waarbij expertise, vaardigheden en ervaring wordt toegevoegd.* Kennis is dan een eigenschap dat gebruikt kan worden voor besluitvorming. De hiërarchie maakt geen onderscheidt tussen expliciete en impliciete kennis. Expliciete kennis is die kan worden vastgelegd in informatiesystemen en derhalve toegankelijk en eenvoudig deelbaar is. Implicitie kennis is niet vastgelegd en lastig toegankelijk.

[*] De definities betreffen een vrije samenvatting uit: *The wisdom hierarchy: representations of the DIKW hierarchy*, Jennifer Rowley (2007)[3]

Wijsheid is het meest vage begrip in de hiërarchie. Wij hanteren de volgende beschrijving:
Wijsheid geeft tenminste de mogelijkheid om kritisch en pragmatisch te kunnen handelen in elke situatie. Waarbij het beschikken van kennis en inzicht een voorwaarde is, om in elke situatie, voor elk beslisprobleem geïnformeerd te kunnen handelen.

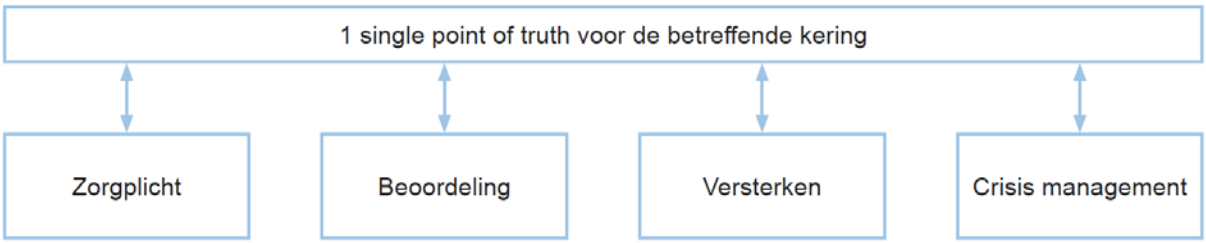
In figuur 2.8 is het onderscheid tussen data, informatie en besluiten geïllustreerd met een voorbeeld uit het waterkeringbeheer.



Figuur 2.8: Illustratie van de samenhang data, informatie en kennis door inzicht in de keten van een metingen, ondergrondschematisering en het nemen van een besluit tot het versterkenvan een dijksectie.

2.2.3 *De best geïnformeerde delta: gewenste situatie rondom dijkeninformatie*

Integrale informatievoorziening voor waterkeringen, waarbij alle betrokkenen vanuit verschillende disciplines toegang hebben tot dezelfde actuele informatie. Voor eindgebruikers is er sprake van een “single point of truth” waarbij voor alle informatie de achterliggende data en interpretaties beschikbaar zijn (zie figuur 2.9). De beschikbare dijkeninformatie dient op begrijpelijke wijze, geo-gerefereerd gepresenteerd te worden, gemakkelijk toegankelijk te zijn en actueel te zijn.

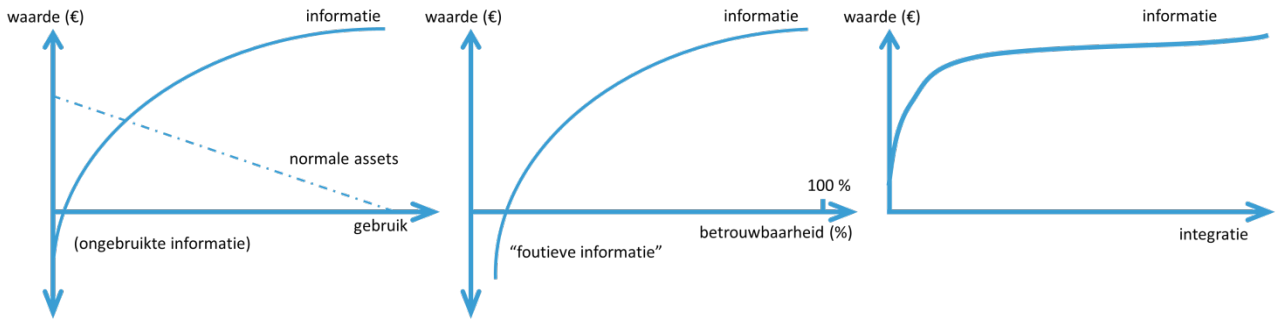


Figuur 2.9: Voorstel: Single Point of Truth (SPOT) voor informatie toegankelijk voor de hele keten van waterkeringbeheer

Hoeveel informatie er beschikbaar moet zijn en welke betrouwbaarheid die informatie moet hebben, hangt af van de besluiten die gedurende de levenscyclus gemaakt moeten worden. Bij de inrichting van de informatievoorziening moet rekening worden gehouden met vijf relevante wetmatigheden rondom (dijken)informatie volgens Moody en Walsh[4].

Deze wetmatigheden zijn toegelicht in figuur 2.10 en bestaan uit:

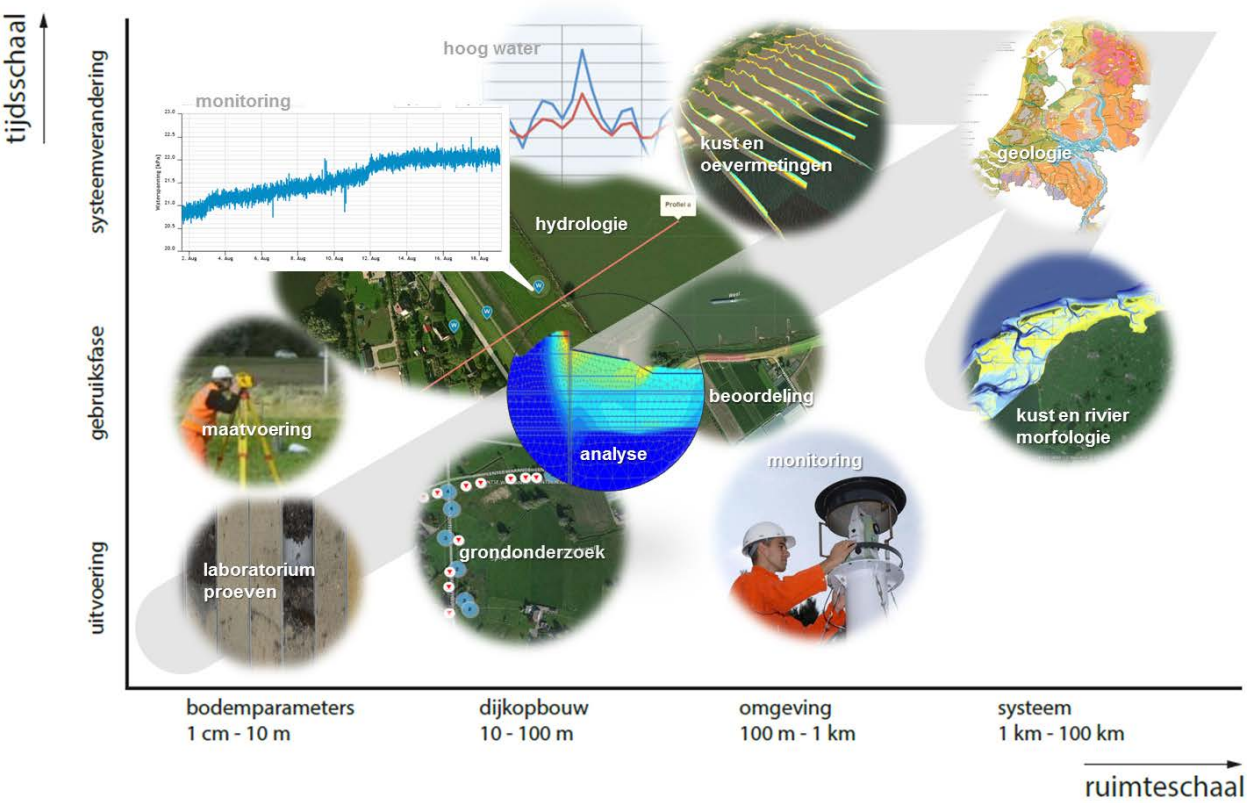
- Informatie is (oneindig) deelbaar;
- De waarde (en betrouwbaarheid) van informatie stijgt naar mate deze informatie vaker en binnen een grotere groep eindgebruikers wordt gebruikt;
- Als de betrouwbaarheid van informatie groter is, neemt de waarde van deze informatie ook toe.
- Meer informatie is niet per definitie beter;
- Onbetrouwbare of foutieve informatie kan leiden tot onnodige kosten. Net als niet gebruikte informatie. Zorg ervoor dat de betrouwbaarheid van informatie in beeld is.



Figuur 2.10: De waarde van informatie stijgt naar mate de informatie vaker wordt gebruikt.

De waarde van informatie neemt toe met het gebruik en informatie is (oneindig) deelbaar: informatie kan voor meerdere functies gebruikt worden en heeft voor alle functies waarde. Met andere woorden: de informatie over de prestatie van de waterkering moet in alle fasen van aanleg tot afkeuren gebruikt en gedeeld worden om deze goed te benutten. Dat vergroot de waarde voor keringbeheer.

Verschillende soorten dijkeninformatie
Afhankelijk van het beslisprobleem zijn verschillende soorten dijkeninformatie van belang. Gedurende de levenscyclus van een waterkering geldt dat informatie van klein detailniveau (grondeigenschappen) tot macroniveau (systeemcondities) van belang kan zijn. In figuur 2.10 is overzicht gegeven van een aantal mogelijke soorten van relevante informatie voor keringbeheer gekoppeld aan een tijdsschaal en een ruimteschaal (niveau waarop de informatie wordt ingewonnen).



Figuur 2.11: Tijd en ruimteschalen van dijkeninformatie

Zo is systeemkennis relevant voor de ontwikkeling van systeemveranderingen zoals de hydraulische belastingen en speelt geologie en morfologie een belangrijke rol bij erosieproblematiek. Bij het realiseren van versterkingsopgaven is er op hoog detailniveau inzicht nodig in sterkte- en consolidatieparameters, de (on)doorlatendheid van (dek)lagen en helpt gedetailleerd of risicogestuurd grondonderzoek bij het optimaliseren van het ontwerp. Om aantoonbaar *in control* te zijn is data, informatie en inzicht op alle niveau's noodzakelijk, daarbij is het belangrijk om per dijksectie te weten welke informatie op welk niveau cruciaal is om de prestatie van de betreffende dijksectie te kennen. Het benodigd detailniveau kan per dijktraject echter sterk verschillen.

De betrouwbaarheid van individuele metingen, proeven en andere gegevens dient altijd, los van het totaalbeeld van beschikbare informatie, beschouwd te worden,alvorens de gegevens worden vertaald naar schematisering geschikt voor beoordelen of ontwerpen.

3 BEOORDELINGSFRAMEWORK DIJKENINFORMATIE

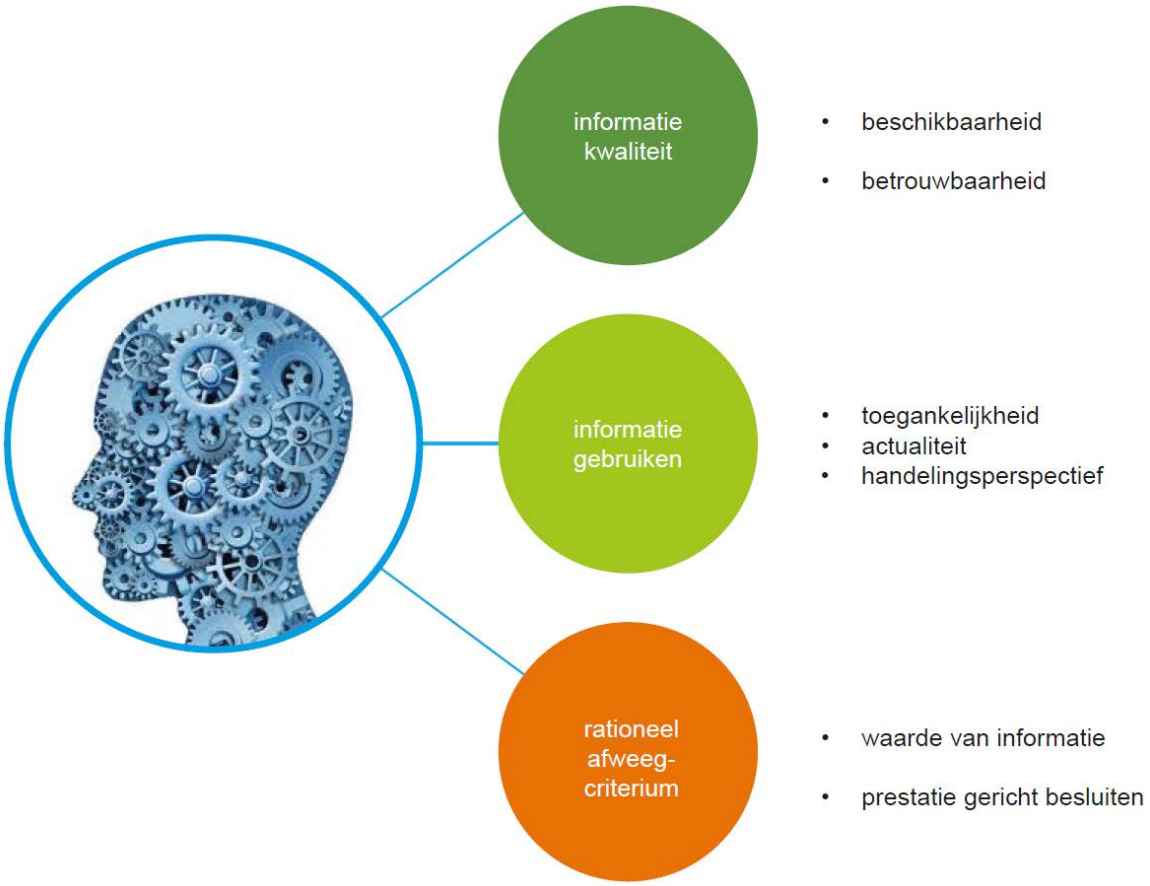
Het beoordelingsframework dijkeninformatie heeft als doel het expliciet maken van de mate van inzicht in het gedrag van een bepaalde dijksectie. Zodat beoordeeld kan worden of er sprake is van voldoende feitelijke informatie om aantoonbaar *in control* te zijn en dijksterkte op betrouwbare wijze kan worden afgeleid. Beheerorganisaties en crisis management worden daarmee beter in staat gesteld om te beoordelen of er voldoende inzicht is om besluiten te kunnen nemen. Inzicht in de kwaliteit van de beschikbare data en informatie zorgt ervoor dat besluiten bij het beoordelen, prioriteren, onderhouden, inspecteren en versterken van waterkeringen beter worden genomen. Daarmee wordt de kwaliteit van besluiten vergroot. Daarmee wordt geld verdiend en worden in tijden dat het echt spannend wordt betere besluiten genomen over te nemen noodmaatregelen.

Het beoordelingsframework dijkeninformatie bestaat uit:

- een beoordelingssystematiek voor informatiekwaliteit;
- een beoordelingssystematiek voor gebruik van dijkeninformatie;
- een rationeel afwegingscriterium voor besluiten over het inwinnen van dijksterkte-informatie.

Het beoordelen van informatiekwaliteit vormt de kern van het beoordelingsframework. Het beoordelen voor het gebruik van dijkeninformatie is een voorwaarde voor de kwalificatie van de informatiekwaliteit. Het rationeel afwegingscriterium is een instrument om te kunnen bepalen wanneer het inzicht in de dijk optimaal is.

Gezamenlijk vormt het beoordelingsframework een handvat om inzicht te krijgen in de mate waarin een keringbeheerder aantoonbaar *in control* is. De beschikbaarheid en betrouwbaarheid van dijkeninformatie en het procesmatig vastleggen van een expliciete afweging rondom informatie inwinning vormen de bewijslast hiervoor.



Figuur 3.1: Schematisch overzicht van het beoordelingsframework dijkeninformatie

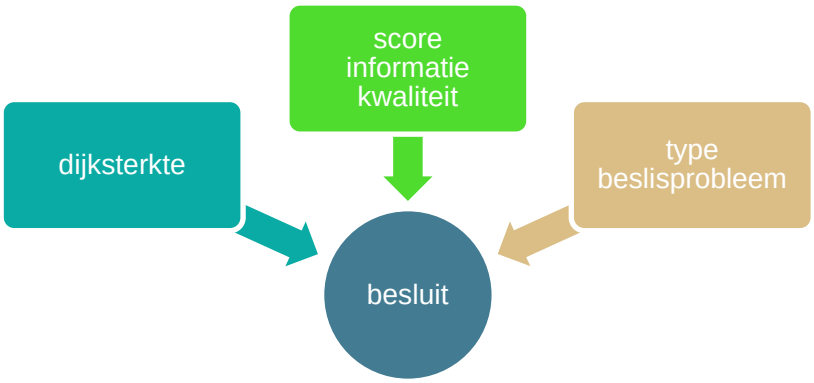
3.1 *Toepassing van het framework, uitgangspunten en de kwaliteit van besluiten*

Het framework is primair ontwikkeld om expliciet inzichtelijk te maken wat de mate van inzicht is in de dijksterkte van een dijksectie. Dat inzicht bepaalt namelijk voor een belangrijk deel de kwaliteit van besluitvorming. De mate van inzicht wordt uitgedrukt in informatiekwaliteit. De kwaliteit van informatie wordt hier namelijk bepaald door de waarde die de beschikbare data en informatie heeft voor het inzicht in de dijksterkte. In de figuur hieronder is deze hiërarchie schematisch weergegeven.

Figuur 3.2: Van data naar informatie tot (optimaal) inzicht en prestatie gericht besluiten nemen over kering beheer

Het beoordelingsframework richt zich op *inzicht* van de dijksterkte van een bepaalde dijksectie en niet alleen op de beschikbare data. De score die uit het beoordelingsframework volgt is vervolgens input voor ieder besluit dat wordt genomen over de betreffende dijksectie. Het besluit kan gaan over alle in hoofdstuk 2 toegelichte taken op het gebied van waterkeringen. Voor het nemen van een besluit vormt het inzicht in de dijksterkte de basis. Hoe dit inzicht wordt gebruikt is afhankelijk van het type besluit. De consequenties van een besluit spelen een rol hoe het inzicht wordt gebruikt. Ook de tijd die er is om een besluit te nemen speelt hierin een rol. In een crisissituatie is zeer beperkte tijd om het inzicht te vergroten of te analyseren.

Voor waterkeringen is het tevens nodig om expliciet stil te staan bij de waarde van het inzicht in de dijksterkte. In welke mate mag er vanuit worden gegaan dat dat inzicht betrouwbaar is? Het antwoord op deze vraag is de score informatiekwaliteit uit dit framework. Met deze input kan worden onderbouwd of het nodig is om het inzicht te vergroten, wanneer daar tijd voor is. Of wanneer hier geen tijd voor is, kan rekening worden gehouden met de onzekerheid in het inzicht bij het nemen van een besluit. Het figuur hieronder geeft een illustratie van de input die nodig is om een besluit te nemen.



Figuur 3.3: Noodzakelijke input voor een besluit gerelateerd aan een dijksectie.

De score informatiekwaliteit is relevant voor ieder beslisprobleem gerelateerd aan waterkeringen. Voor ieder beslisprobleem is de benodigde mate en niveau van inzicht verschillend. Het framework is niet opgezet om een score van informatiekwaliteit per beslisprobleem te geven. Voor elk beslisprobleem is belangrijk om een besluit te nemen over de indeling en maximale lengte van dijksecties. De dijksectie moet niet kleiner zijn dan nodig en niet groter dan hanteerbaar. De lengte kan door verschillende factoren worden bepaald. Het beslisprobleem bepaalt de factoren die hierin doorslaggevend zijn. De fysieke kenmerken van de kering, de opbouw van de ondergrond, de omgeving van de kering of de verschillen in hydraulische belastingen kunnen allemaal factoren zijn die van invloed zijn op de sectielengte.

De volgende uitgangspunten gelden bij de inzet van het beoordelingsframework:

- Het framework beoordeelt of er voldoende inzicht in de dijksterkte is om onderbouwde besluiten te nemen. De hoeveelheid benodigde informatie is daarom afhankelijk van de specifieke situatie.
- Het framework dient onafhankelijk van beslisproblemen te worden toegepast;
- Afhankelijk van een beslisprobleem in de levenscyclus van een waterkering kan een bepaalde score voldoende of onvoldoende zijn;
- De ruimtelijke schaal voor het opmaken van een score betreft een dijksectie met een maximale lengte van 250 meter;
- Informatiekwaliteit heeft betrekking op alle beschikbare informatiebronnen; de betrouwbaarheid van individuele meetpunten wordt buiten beschouwing gelaten;
- Een score is altijd een momentopname, als nieuwe informatie beschikbaar komt, dient het framework opnieuw doorlopen te worden.
- Het beoordelingsframework behandelt informatiekwaliteit en informatiegebruik onafhankelijk van elkaar;
- Het framework is niet geschikt om individuele datasets, onderzoekspunten, monitoringsdata en/of meetcampagnes te beoordelen.

Een beoordelingssystematiek specifiek gericht op monitoring is beschreven in de Handreiking Life Cycle Monitoring in het kader van de POV Macrostabiliteit[5].

Informatiekwaliteit en informatiegebruik gaan hand-in-hand, een dijksectie dient altijd beoordeeld te worden op zowel informatiekwaliteit als informatiegebruik. Het totaaloordeel bestaat uit twee scores. Om te stijgen op de sterrenladder zijn hulpvragen en een rationeel afwegingscriterium beschikbaar. Het einddoel van het toepassen van het beoordelingsframework is een interactieve kaart waarin actueel inzicht wordt geboden in de beschikbaarheid en betrouwbaarheid van dijkeninformatie voor alle waterkeringen.

Figuur 3.4: Voorbeeld van een interactieve sterrenkaart als resultaat van het toepassen van het beoordelingsframework dijkeninformatie. Een ster arceert dijkvakken rood, twee sterren oranje, drie sterren geel en vier/vijf sterren groen.

3.2 *Beoordelingsframework informatiekwaliteit*

Het beoordelingsframework informatiekwaliteit is een sterrensysteem. De score op informatiekwaliteit reikt van één ster tot vijf sterren. In het framework is per score een niveau van het inzicht in de kering gedefinieerd.

Tabel 3-1: Beoordelingsframework informatiekwaliteit

Score	Prestatie informatiekwaliteit	Praktijkvoorbeelden
★ **Onvoldoende data beschikbaar** *Onzekere veiligheid*	De kwaliteit en bruikbaarheid van de data is onvoldoende aangetoond.	▪ Na toetsresultaat grote consequentieanalyse voor versterking. ▪ Ommelanderzeedijk vijf jaar geleden. ▪ Nagenoeg geen veldwerk uitgevoerd. ▪ Tegenstrijdige en/of niet gevalideerde data.
★→★★ valideren van beschikbare gegevens en beoordelen betrouwbaarheid van de data		
★★ **Gevalideerde data beschikbaar** *Onzekere veiligheid*	Beschikbare data is voldoende beschreven en betrouwbaar.	▪ Laag detailniveau veldwerk. ▪ Meerdere bronnen beschikbaar die elkaar bevestigen. ▪ Consistente set van gegevens.
★★→★★★ van data naar veiligheidsinformatie: uitvoeren van een gevoeligheidsanalyse		
★★★ **Basiskwaliteit inzicht in de kritieke elementen van de dijk**	Voldoende gevalideerde data beschikbaar voor inzicht in dijksterkte. Het inzicht betekent: (1) relevante faalmechanismen in beeld, (2) onzekerheden geïdentificeerd en (3) kritieke parameters bekend.	▪ Voldoende detailniveau veldonderzoek om een gevoeligheidsanalyse uit te kunnen voeren. ▪ Expliciete afweging over benodigd onderzoek. ▪ Aantoonbaar gebruik maken van alleen betrouwbare dijkeninformatie, bij inconsisenties wordt direct actie ondernomen om de basiskwaliteit op orde te krijgen.
★★★→★★★★ geïdentificeerde onzekerheden kwantificeren en onzekerheden voldoende klein maken		
★★★★ **Voldoende inzicht om onderbouwde besluiten te nemen** *Aantoonbaar gecontroleerde onzekerheid*	Alle noodzakelijke informatie voor beslisproblemen is beschikbaar. Alle geïdentificeerde onzekerheden zijn expliciet in beeld.	▪ Veldwerk en meetcampagnes volgens professionele inzetten, blinde vlekken voorkomen. ▪ Toepassen gebiedsdekkende (3D) surveys en/of analyse. ▪ Detailniveau bereikt tijdens het opstellen van een Uitvoerings Ontwerp in een versterkingsopgave. ▪ Onzekerheden hebben geen invloed op het veiligheidsoordeel bij beoordeling en/of het dijkontwerp.
★★★ ★→★★★★★ kosten-baten afweging maken: waarde van meer informatie vs kosten van inwinnen		
★★★★★ **Optimaal inzicht in het gedrag van de dijk**	Meer informatie beschikbaar, waardoor betere besluiten genomen kunnen worden. Aantoonbaar het economisch meest voordelig inzicht in de dijksterkte.	▪ Na afweging specialistisch (grond- en lab) onderzoek uitgevoerd. ▪ Stress-tests uitgevoerd op representatieve deelsectie op niveau van de Ommelanderzeedijk (Livedijk XL), Dijken Op Veen, mits economisch verantwoord door kosten-baten afweging.

3.2.1 Toelichting op de scores van één naar vijf sterren

Inzicht in de kering is een combinatie van data, informatie en kennis. Data over de dijk is de basis voor het inzicht in de sterkte en het gedrag van de dijk. Zoals data eerder is gedefinieerd zijn data naast de metingen, ook observaties en beschrijvingen van de dijk zelf en alle andere elementen die invloed hebben op het inzicht. Wanneer data beschikbaar is, wordt de dijk met minstens 1 ster beoordeeld. Met deze ruime definitie hebben alle waterkeringen in Nederland, primair, regionaal of anders minstens 1 ster informatiekwaliteit.

Op het moment dat data is gevalideerd is de data: (1) voldoende beschreven, zodat validatie mogelijk is, (2) de data begrijpelijk, zodat iemand heeft kunnen beoordelen dat de data betrouwbaar is. Die beoordeling betreft het verifiëren van de data met andere data, informatie of kennis. In het geval dat de data over de dijk gevalideerd is, wordt de dijk met minstens 2 sterren beoordeeld.

Gevalideerde data levert echter nog geen inzicht in de dijksterkte en kwetsbaarheden van een waterkering op. Alleen betrouwbare data inwinnen is dus nooit voldoende om met zekerheid een onderbouwd besluit te kunnen nemen. Inzicht in de dijk betekent dat kennis beschikbaar is over het gedrag van de dijk. Het is duidelijk welke faalmechanismen relevant zijn voor de desbetreffende dijk, welke onzekerheden er zijn over de sterkte van de dijk en wat de kritieke parameters zijn.

Door een gevoeligheidsanalyse uit te voeren kunnen deze parameters worden bepaald en kan de dijksectie met 3 sterren worden gewaardeerd. Het is mogelijk om besluiten te nemen bij een score van 3 sterren. In dat geval moet een besluit genomen worden in de wetenschap dat mogelijk kritische informatie ontbreekt.

Bij 4 sterren is alle noodzakelijke informatie beschikbaar om een afgewogen besluit te kunnen nemen. Onzekerheden zijn bij deze score verkleind tot het acceptabele niveau en expliciet gemaakt. Er zijn hiervoor twee mogelijkheden: 1) het nemen van fysieke maatregelen of 2) voldoende informatie inwinnen en hiermee de onzekerheden voldoende klein maken. Voor een dijksectie met 4 sterren geldt dat er voldoende inzicht is om aantoonbaar in control te zijn als het gaat om zorgplicht, beoordelen, versterken en in tijden van crisis.

De stap om 5 sterren te behalen is de stap van voldoende naar optimaal inzicht. Optimaal is hier een economisch begrip en kan zich ook wel laten vertalen in economisch meest voordelig inzicht in de dijksterkte. Optimaal inzicht is bereikt als is aangetoond dat meer inzicht in de kering niet lonend is. Om deze stap te realiseren, kan het rationeel afwegingscriterium worden gebruikt.

Gedurende de levenscyclus van een waterkering zal nieuwe informatie over het gedrag en de staat van de kering beschikbaar komen. Zodra dat het geval is, dient opnieuw te worden bepaald of deze informatie impact heeft op de informatiekwaliteit en het kennis/inzicht van de kering. Verdere toelichting is te lezen in bijlage 1.

“We willen ons werk goed kunnen uitvoeren.
Daar hoort bij dat wij als waterschap volledig
willen we weten hoe onze dijken in elkaar zitten.

Alle betrokken bij keringbeheer moet direct
toegang hebben tot de relevante dijkeninformatie.”

Bert Koster
Specialist Waterveiligheid Waterschap Drents
Overijsselse Delta[6]

De IJssel tussen Arnhem en Kampen, https://beeldbank.rws.nl, Rijkswaterstaat / Joop van Houdt

3.3 *Beoordelingsframework Informatiegebruik*

Het beoordelen van de wijze waarop keringbeheerders omgaan met dijkeninformatie kan aan de hand de beoordelingssystematiek voor informatiegebruik. Er zijn vijf niveaus waarop het handelingsperspectief van één tot vijf sterren is beschreven (zie tabel 3.2). Per score is kwalitatief beschreven hoe de organisatie binnen keringbeheer haar informatievoorziening op orde heeft. Daarnaast zijn ter ondersteuning praktijkvoorbeelden beschreven. De beoordeling van informatiegebruik bepaald in welke mate keringbeheerders toegang hebben tot (actuele) gegevens rondom dijksterkte.

Tabel 3-2: Beoordelingsframework informatiegebruik

Handelingsperspectief	Informatiegebruik	Praktijkvoorbeeld
★ **Handelen met beperkte data en informatie**	▪ Informatie is niet digitaal beschikbaar. ▪ Het kost tijd om informatie centraal te stellen en juist te interpreteren. ▪ Informatie is niet direct bruikbaar voor verschillende beslisproblemen. ▪ Metadata niet op orde	▪ Papieren archief ▪ Data niet op dijksectie niveau beschikbaar
★ → ★★ Digitaliseren van relevante dijkeninformatie		
★★ **Data digitaal beschikbaar en toegankelijk**	▪ Informatie is digitaal opgeslagen op dijksectieniveau.	▪ Alle gegevens digitaal beschikbaar, maar niet geo-gerefereerd.
★★ → ★★★ Geo-refereren van gegevens en opzetten GIS		
★★★ **Basisniveau** **Handelen op basis van beschikbare GIS bestanden, niet op basis van alle informatie besluiten nemen**	▪ Data beschikbaar binnen de gehele organisatie voor verschillende beslisproblemen ▪ Alle achterliggende data van analyses in bezit van het waterschap en digitaal toegankelijk.	▪ Inzet GIS ▪ Alle gegevens geo-gerefereerd beschikbaar ▪ Voorbeeld: GeoNet (HHNK)
★★★ → ★★★★ Toegankelijk maken tot beschikbare informatie op dijkvakniveau		
★★★★ **Alle informatie centraal beschikbaar**	▪ Informatie is snel beschikbaar. ▪ Informatie is centraal beschikbaar, voor iedereen ▪ Veiligheidsoordeel, inspectieresultaten en beoordelingsresultaten in het veld toegankelijk	▪ Inzet online GIS met toegang voor betrokkenen inclusief metadata ▪ Voorbeeld: DDSC (Waternet)
★★★★ → ★★★★★ Informatievoorziening rondom dijksterkte en belasting inrichten op actualiteit		
★★★★★ **Single Point of Truth (SPOT) voor de gehele keten van waterveiligheid**	▪ Informatie is actueel (real-time) en compact *(to the point)* gericht op beslissingsondersteuning. ▪ Risicobenadering toegepast (faalkans x gevolgen)	▪ Decision Support Systems ▪ Alle dijksterkte informatie, informatie voor risicobeheersing realtime toegankelijk via dashboards

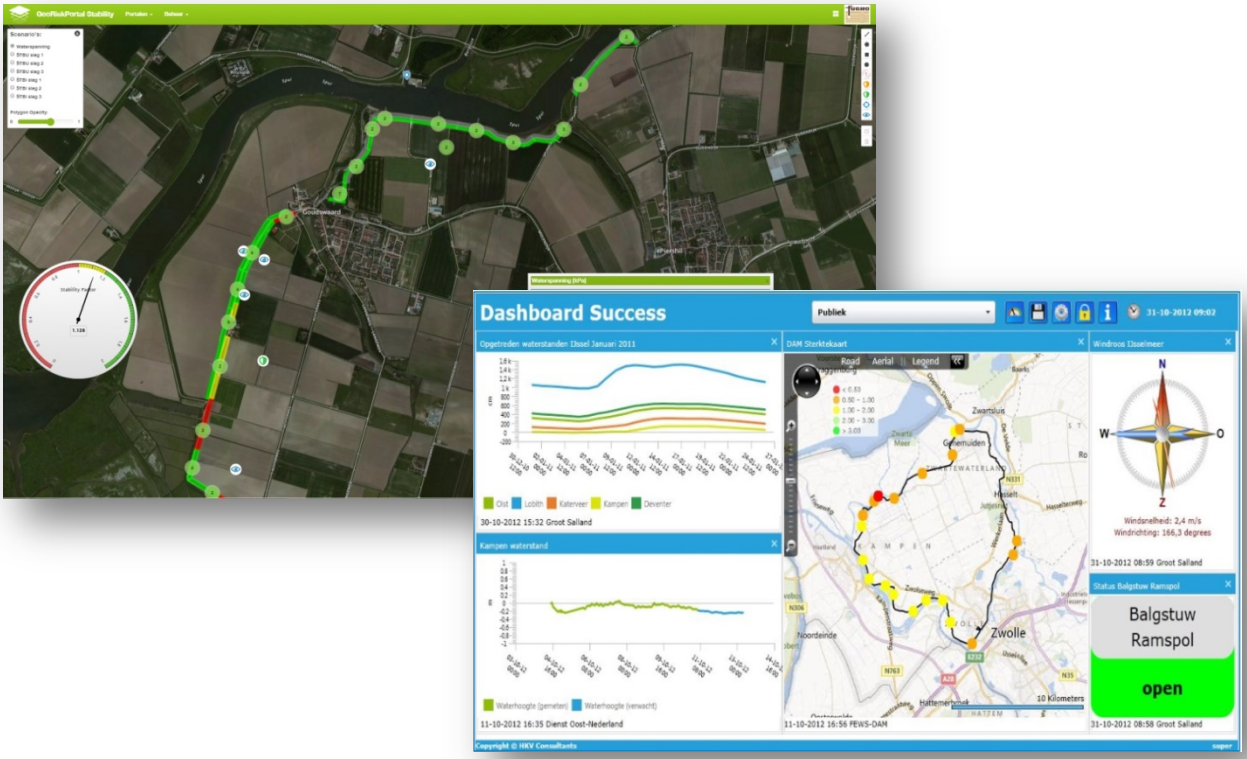
Technologische ontwikkeling en de mate van digitalisering staan in het huidige keringbeheer in veel gevallen ver uit elkaar. Enerzijds zijn papieren archieven met bijvoorbeeld geologische kaarten of technisch tekenwerk van onschatbare waarde (en vaak niet digitaal beschikbaar). Anderzijds, in crisissituaties zijn digitale omgevingen wellicht niet meer toegankelijk. .Het ultieme doel is een single point of truth, zodat op cruciale momenten, geïnformeerd besluiten genomen kunnen worden. De voordelen hiervan zijn benoemd in paragraaf 2.2.3.

De ontsluiting van beschikbare informatie is essentieel om inzicht in dijksterkte goed te kunnen gebruiken in besluitvorming. Dit is een uitdaging om efficiënt in te richten, gezien de grote hoeveelheid data en grote hoeveelheid mogelijkheden om informatie te visualiseren. Technologisch worden steeds vaker decision support systemen of dashboards ingezet om slimmer om te gaan met de grote hoeveelheden (relevante) informatie die digitaal beschikbaar is.

Integrale dashboards ondersteunen tegenwoordig besluiten bij:

- Het nemen van noodmaatregelen;
- Het (veilig) versterken van dijken;
- Prestatie gericht onderhoud (asset integrity);
- Prioritering en rapportage van hoogwaterbescherming (het waterveiligheidsportaal);
- Inspecties en beheer.

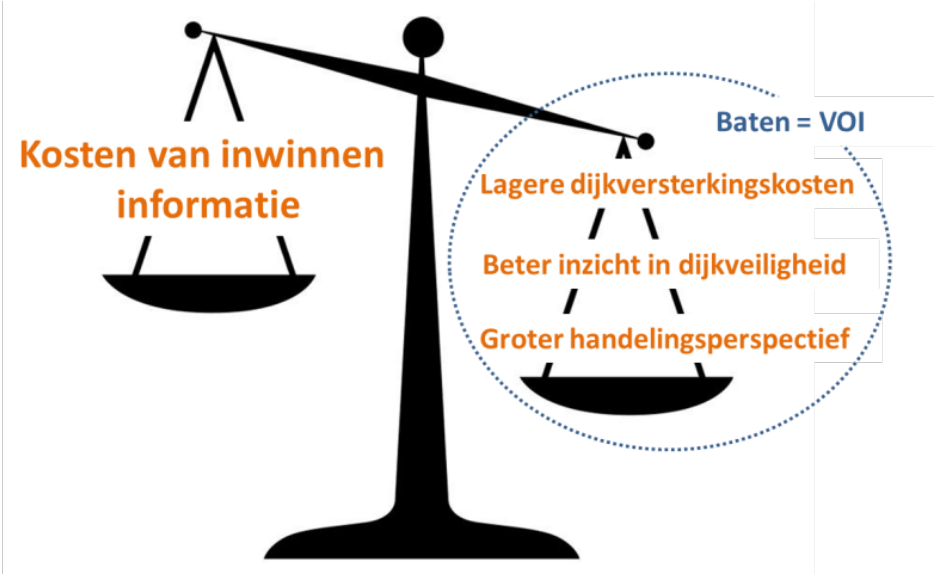
Voorbeelden hiervan zijn een online dashboard dat wordt gebruikt voor uitvoeringsbegeleiding van een dijkversterking uit het HBWP (GeoRiskPortal Spui Oost, 2015-2016) en het Dashboard Success waarin de koppeling is gemaakt tussen dijksterkte, overstromingsrisico's en hydraulische data (zie onderstaande figuur 3.5).



Figuur 3.5: Operationele dashboards: aantoonbaar in control en veiligheid als service voor keringbeheer (links) of tijdens dijkversterkingen (rechts)

3.4 *Rationeel Afwegingscriterium*

Het afwegingscriterium (figuur 3.6) richt zich op de vraag of inwinning in economische zin loont. Andere factoren, zoals individuele slachtofferrisico's en groepsrisico's, vertraging in de uitvoering, budgetbeperking, reputatieschade en milieuaspecten, kunnen ook een reden zijn om extra data en informatie wel of niet in te winnen. Bij een dergelijke afweging kunnen deze factoren ook mee genomen worden.



Figuur 3.6: Schematische weergave van het afwegingscriterium: de kosten van informatie versus de waarde van informatie (VOI = Value of Information)

Het afwegingscriterium bestaat uit een eenvoudige, gedetailleerde en geavanceerde variant. Afhankelijk van de complexiteit van het vraagstuk is snel inzicht te krijgen of het nuttig is meer informatie in te winnen.

Voor deze rationele afweging zijn is het essentieel om:

1. Breder te kijken dan het beslisprobleem zelf: wanneer de vraag voor inwinning voortkomt uit een ontwerp moet ook gekeken worden naar eventuele voordelen voor andere taken, zoals zorgplicht, beoordeling en crisisbeheersing.
2. De afweging te bespreken met anderen die verantwoording dragen voor (één van de) processen rondom de desbetreffende waterkering:alle betrokken betrekken bij de afweging. Dit om voordelen in andere onderdelen van het beheersproces boven water te krijgen.

Punt 2 draagt bij om het informatiegebruik in beeld te krijgen en eventueel te vergroten. Voor deze stap is het belangrijk dat alle betrokkenen een gedeeld beeld van de kering hebben. De score voor informatiegebruik zal hiervoor minimaal 4 sterren moeten zijn. Wanneer dit niet het geval is kunnen voordelen van een inwinactie niet goed op waarde worden geschat omdat betrokkenen over ongelijke informatie/beelden beschikken.

3.4.1 Eenvoudige aanpak

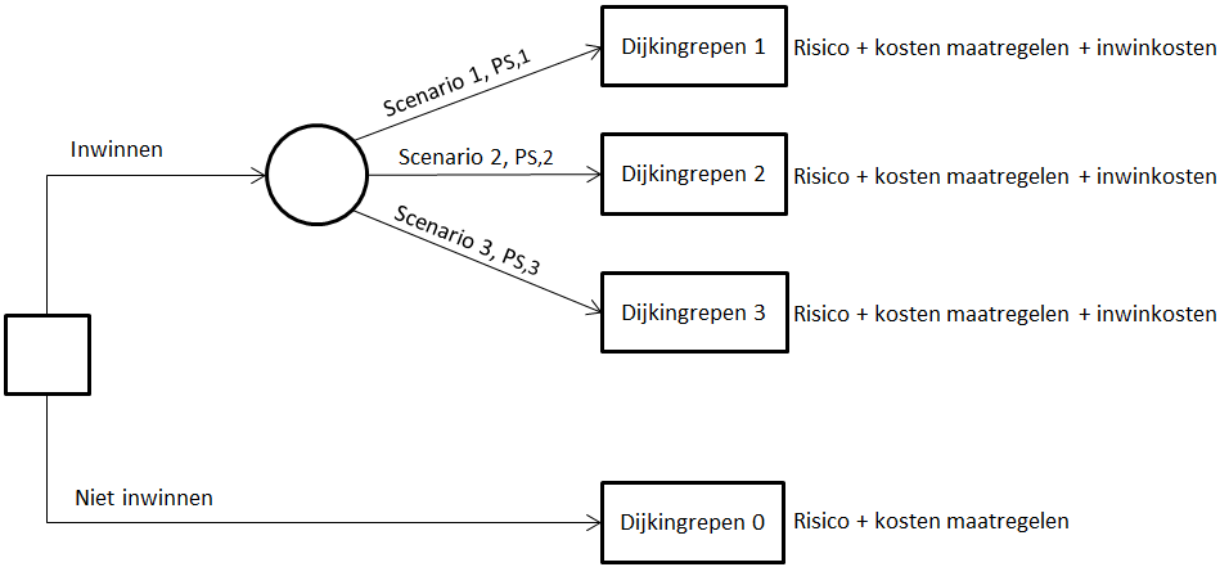
De eenvoudige aanpak is een snelle analyse van de verwachte baten van de inwinactie versus de kosten. Baten bestaan hierbij uit ofwel kostenreductie (van een ingreep), ofwel overstromingsrisico-reductie (slachtoffers en economische schade per jaar). De baten worden hier in geld uitgedrukt.

De eenvoudige aanpak bestaat uit de volgende stappen:
1. Bepaal de kosten van de inwinactie.
2. Schat het effect van de inwinactie (baten):
   a. Welk effect dit heeft op de kosten (van bijv. beheer of een versterking)?
   b. Welk effect dit heeft op de overstromingsrisico's (reductie slachtoffers en economische schade per jaar)?
3. Bepaal of de baten (totale kosten- en risicoreductie) opwegen tegen de kosten van de actie.

Als het inschatten van de waarde van de informatie die beschikbaar komt als gevolg van een nieuwe inwinactie niet direct met bovenstaande vragen te beantwoorden is, is een gedetailleerde aanpak noodzakelijk. Hierin worden verschillende scenario's (uitkomsten) van het uit te voeren onderzoek beschouwd.

3.4.2 Gedetailleerde aanpak

De gedetailleerde aanpak betreft een verdieping op de eenvoudige aanpak aan de hand van een beslisboom (zie figuur 3.7). Doel van het afwegingscriterium is het expliciet maken van mogelijke kansen als besloten wordt nieuwe informatie in te winnen en risico's als besloten wordt om niet meer gegevens in te winnen. Met de gedetailleerde aanpak wordt beschreven hoe er een expliciete afweging kan worden gemaakt rondom het inwinnen van nieuwe informatie met als doel het verkleinen van onzekerheden. Opgemerkt wordt dat op voorhand niet altijd met zekerheid kan worden vastgesteld dat het inwinnen van nieuwe data en het vertalen van deze data naar nieuwe inzichten onzekerheden ook daadwerkelijk verkleind.



Figuur 3.7: Beslisboom voor het inwinnen van extra dijkinformatie.

De gedetailleerde analyse bestaat uit zeven stappen:

1. **Opstellen uitgangspunten**
   Stel de uitgangspunten vast, deze bestaan uit het beschrijven van de benodigde maatregelen, de hieraan gerelateerde kosten K_0 [€] en het bijbehorende overstromingsrisico R_0 [€/jaar] bestaande uit de kans op falen van het dijktraject en het gevolg.

2. **Vaststellen bepalende parameters en definieren inwinactie en schat de kosten**
   Definieer waarop (bijv. welke parameter) de inwinactie invloed heeft. Bepaal voorziene inwinactie en de kosten van de inwinactie K_{inwin} [€].

3. **Definitie van scenario's**
   Definieer drie scenario's die mogelijk zijn ná uitvoeren van de inwinactie – dit is in feite een expertinschatting van de gevolgen van inwinnen. Bijvoorbeeld:
   a. Scenario 1: tegenvallend resultaat (en daardoor zwaardere maatregelen)
   b. Scenario 2: verwachte uitkomst (forse verkleining van onzekerheid en daardoor minder zware maatregelen)
   c. Scenario 3: gunstige uitkomst (parameter gunstiger dan verwacht en daardoor nog minder zware maatregelen)

4. **Afschatten kansen**
   Geef kansen aan de drie scenario's $P_{S,1}$, $P_{S,2}$ en $P_{S,3}$ respectievelijk, waarbij geldt dat de som van de kansen gelijk is aan 1. Zie figuur 3.7.

5. **Definitie van maatregelen en risico's**
   Bepaal voor elk scenario i de bijbehorende maatregelen, de overstromingsrisico R_i [€/jaar] en de kosten van de maatregelen, waarin $K_{i,j}$ [€] staat voor de kosten van maatregel j.

6. **Doorrekenen jaarlijkse equivalente kosten**
   Bepaal de jaarlijkse equivalente kosten. Hiermee kunnen verschillende maatregelen met andere planperiodes (bijvoorbeeld versterking en onderhoud) makkelijk worden vergeleken. De jaarlijkse equivalente kosten worden voor twee situaties bepaald: (i) zonder de inwinactie, JEK_0 en (ii) met de inwinactie, JEK_S. Hiervoor kan, onder de aanname van een constant veiligheidsniveau* (o.m. beschreven in Klerk et al. [12]) de volgende formule gehanteerd worden.

   De jaarlijkse kosten bestaan uit:

   De kans op scenario 1 x (de kosten van de maatregelen + het risico)
   +
   De kans op scenario 2 x (de kosten van de maatregelen + het risico)
   +
   De kans op scenario 3 x (de kosten van de maatregelen + het risico).

   In formule vorm:
   $$JEK_0 = M_0 + R_0$$
   Uitgeschreven bestaat deze formule uit drie scenario's:

* In werkelijkheid zal de sterkte van een waterkering in de loop van de tijd in meer of mindere mate afnemen. Dit wordt in de gedetailleerde methode niet meegenomen, in de geavanceerde methode wel.

$$JEK_S = P_{s,1} \cdot (M_1 + R_1) + P_{s,2} \cdot (M_2 + R_2) + P_{s,3} \cdot (M_3 + R_3)$$

waarin M [€] staat voor de kosten van verschillende maatregelen verdisconteerd over de planperiodes. Bijvoorbeeld, de kosten voor drie maatregelen in het geval van scenario i worden als volgt afgeleid:

$$M_i = \frac{K_{i,1}}{A_1} + \frac{K_{i,2}}{A_2} + \frac{K_{i,3}}{A_3}$$

waarin A_j [-] is de annuïteitenfactor voor een gegeven planperiode horend bij maatregel j. Deze is afhankelijk van de te beschouwen planperiode en de discontovoet. Tabel 3-1 geeft waarden voor de annuïteitenfactor voor verschillende planperiodes. Bij kort-cyclische investeringen, bijvoorbeeld in onderhoud, geldt dat de planperiode de lengte heeft gelijk aan het interval tussen twee maatregelen.

Tabel 3-1 relatie tussen planperiode en annuïteitenfactor, uitgaande van de standaard risicovrije discontovoet van 3%, conform advies van de Werkgroep Discontovoet [7].

Planperiode [jaar]	Annuïteitenfactor [-]
5	4.6
10	8.5
25	17
50	26
100	32
> 100	33

7. Kosten en baten analyse

Bepaal de verhouding tussen de baten en de inwinkosten. De baten worden gedefinieerd als het verschil tussen de som van risico en kosten zonder inwinning en de som van risico en kosten inclusief de inwinning. Let op, hierbij moeten ook de kosten van inwinning nog gedeeld worden door de annuïteitenfactor A_{max} [-], voor de langste planperiode van alle investeringen.

$$\frac{Baten}{Kosten} = \frac{\mathrm{JEK}_0 - \mathrm{JEK}_S}{\mathrm{K}_{inwin} / A_{\max}}$$

Indien de verhouding groter is dan 1, dan is de inwinactie nuttig (baten > kosten), anders is de actie niet economisch verantwoord (baten < kosten).

Bij deze aanpak kunnen de volgende kanttekeningen worden geplaatst.

- De kosten betreffen hier de jaarlijkse equivalente kosten voor alle investeringen (beheer, versterking, inspectie, onderhoud, enz.). Daarom is het van belang om, wanneer voor het beschouwde beslisprobleem de inwinactie niet efficiënt blijkt, breder te kijken door een vergelijkbare analyse te doen voor andere onderdelen van de beheercyclus. Dit dient te worden gedaan in samenspraak met de voor de desbetreffende onderdelen verantwoordelijke personen.
- Omdat het een vergelijking tussen twee strategische keuzes betreft (wel/niet inwinnen) zijn de absolute waarden niet zozeer van belang, maar is vooral van belang dat relatieve kostenbesparingen en bijvoorbeeld de relatieve reductie van de overstromingskans goed worden meegenomen. Zo kan de vergelijking van de kosten van wel/niet inwinnen vrij snel gemaakt worden.
- Naast directe baten kan informatie inwinnen ook indirecte baten opleveren. Met indirecte baten worden hier baten bedoeld, die geen verbinding hebben tot de beschouwde dijkstrekking. In geval van een beslissing om extra informatie in te winnen voor een ontwerp, kan dit niet alleen een kostenreductie voor de versterking opleveren, maar de extra informatie kan ook van waarde zijn bij de beoordeling van het aansluitende deel van de kering

Een dergelijke afweging kan in sommige gevallen een zeer praktische insteek hebben. Een voorbeeld daarvan schetst Bert Koster (specialist waterveiligheid van het Waterschap Drents Overijsselse Delta) in een interview. Hij heeft budget aangevraagd en gekregen om continue metingen uit te voeren op aandachtslocaties tot en met 2023 in het kader van de Wettelijke Beoordeling van 2013. Hij schetst: "*Het al nu inzetten van de peilbuizen levert veel meer informatie op (dit levert baten op in de vorm van beter inzicht in de dijkveiligheid) dan het inzetten van de peilbuizen net voor (of na) de beoordeling. De kosten zullen dan een beetje hoger zijn, echter de waarde van de data vele malen hoger.*"

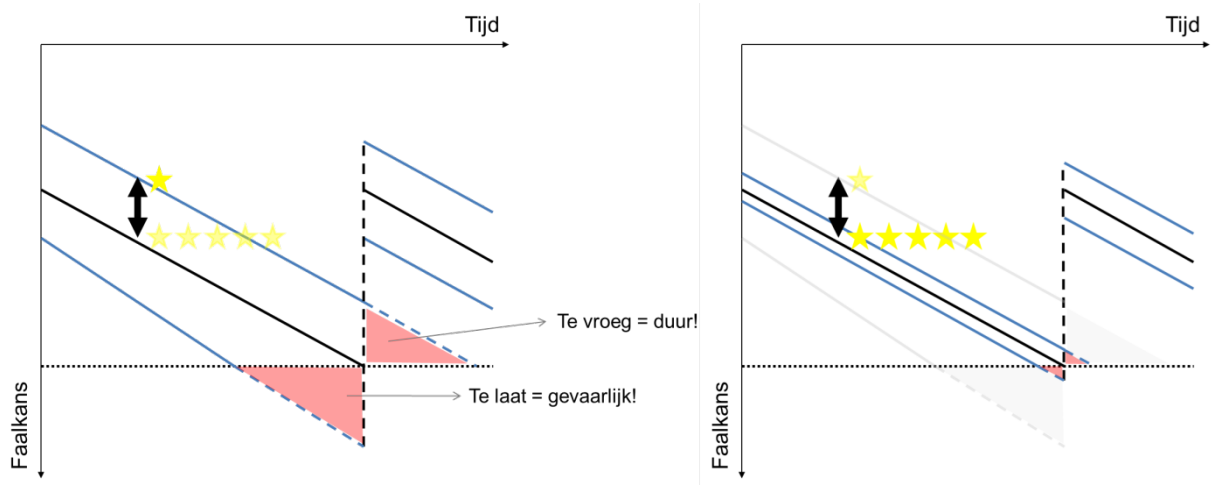
Een geavanceerde aanpak om rationeel af te wegen of het inwinnen van nieuwe informatie loont, is beschreven in bijlage 2.

4 BUSINESSCASE DIJKENINFORMATIE OP ORDE

Dit hoofdstuk beschrijft de business case die er is om een score van 5 sterren van informatiekwaliteit te willen nastreven en de rol van het beoordelen van informatiekwaliteit gedurende de levenscyclus van een waterkering. In de business cases is voor een aantal beslisproblemen geïllustreerd wat de potentiele baten zijn van het gebruik van kwalitatief betere informatie. Bij waterkeringen wordt daarbij aangehouden dat de baten van een dijk bestaan uit risicoreductie, wat eigenlijk vermeden kosten zijn.

4.1 *Business case versterken*

De eerste business case heeft betrekking op een enkele dijkstrekking. Figuur 4.1 geeft schematisch weer hoe het veiligheidsniveau verloopt in de tijd. Wanneer slechte informatiegebruikt wordt, waardoor de dijksterkte verkeerd wordt ingeschat kan dat op verschillende manieren geld kosten, ofwel in de vorm van een verhoogd risico, of in de vorm van hogere kosten. Opgemerkt moet worden dat wanneer hogere kosten gemaakt worden dit vaak tot extra risicoreductie zal leiden, wat eigenlijk baten zijn. Omdat wordt uitgegaan van een economisch optimale norm is dit echter altijd inefficiënt. In deze paragraaf wordt een aantal voorbeelden gegeven van mogelijke inefficiënties bij versterken, die veroorzaakt worden door het uitgaan van slechte informatie.



Figuur 4.1: De faalkans van een dijksectie bij lage kwaliteit informatie (links) en hoge kwaliteit informatie (rechts)

Realiseren van een te zware versterkingsmaatregel, gevolg: onnodig hoge kosten

Bij waterkeringen en eigenlijk bij aanleg van constructies in algemene zin, worden onzekerheden ‘opgevangen’ door (hogere) veiligheidsfactoren te hanteren. Een voorbeeld van een dergelijke factor is, is de schematiseringsfactor. Hierbij is het mogelijk om bij het beter in kaart brengen van onzekerheden een slanker ontwerp te realiseren. Omgekeerd betekent dit dat, wanneer met een ongunstige schematiseringsfactor aangelegd wordt, het voor de hand ligt dat de betreffende kering met extra informatie slanker (en daarmee goedkoper) had kunnen worden gerealiseerd. In dat geval wordt, wanneer de kosten van informatie lager zijn dan de kosten van het hanteren van een hoge schematiseringsfactor, suboptimaal aangelegd. In het kader wordt een voorbeeld gegeven van de potentiele consequenties.

Voorbeeld: te zwaar uitgevoerde versterkingsmaatregel
Een waterschap wil een dijkvak van een kilometer lengte versterken. Daarbij geldt dat bij een benodigde bermbreedte van > 10 meter diverse huizen moeten worden gesloopt of een constructieve oplossing moet worden gekozen. Omdat het ontwerp gebaseerd wordt op mager en slecht uitgevoerd grondonderzoek wordt de stabiliteit van de kering fors onderschat. Geconcludeerd wordt is dat enkel een berm van 30 meter of een damwandconstructie reële oplossingen zijn. De totale kosten bedragen 12 M€ voor de versterking met berm (incl. grondaankoop) en 18 M€ voor de damwandconstructie. Uit het grondonderzoek zou kunnen volgen dat de investeringskosten gereduceerd worden tot een versterking van 10 m berm, kosten ≈6M€. In dat geval zijn de baten van het uitvoeren van nieuw grondonderzoek in de orde van 6M€ (kosten van grondonderzoek zelf even buiten beschouwing gelaten).

Versterken, terwijl dijksterkte nog voldoende is, te vroege en/of onnodige investering
In deze situatie is het veiligheidsniveau nog voldoende. Wanneer te vroeg wordt geinvesteerd is volgens het principe van de Netto Contante Waarde (correctie volgens tabel 4-1) de investering duurder dan wanneer deze kan worden uitgesteld. Bij een discontovoet van 3% gelden volgens de werkgroep discontovoet[7] de volgende Netto Contante Waardes voor een investering van 10M€. Hieruit volgt dat een investering 10 jaar uitstellen een winst van ongeveer 30% oplevert. Hierbij moet worden opgemerkt dat dan dus kan worden gegarandeerd dat pas na 10 jaar de normfaalkans wordt overschreden.

Tabel 4-1 Correctie voor de netto contante waarde

Jaar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kosten	10.0	9.7	9.2	8.9	8.6	8.4	8.1	7.9	7.7	7.4

Wanneer op basis van slechte informatie een versterking 10 jaar te vroeg wordt uitgevoerd levert dit dus potentieel een extra kostenpost van 30% op.

Te lichte of verkeerde versterkingsmaatregel toepassen: gevolg een verhoogd risico
In bovenstaande voorbeelden zijn vooral kostenbesparingen relevant geweest. Echter, de waterkering beschermt tegen overstromingen en realiseert baten door het risico te reduceren. In Nederland worden (primaire) keringen aangelegd op basis van een economisch optimale norm, wat betekent dat overschrijden van de faalkanseis resulteert in een onacceptabel hoog risico. Bij slechte informatie is er dus de mogelijkheid dat zich onbekende zwakke schakels bevinden in een dijktraject.

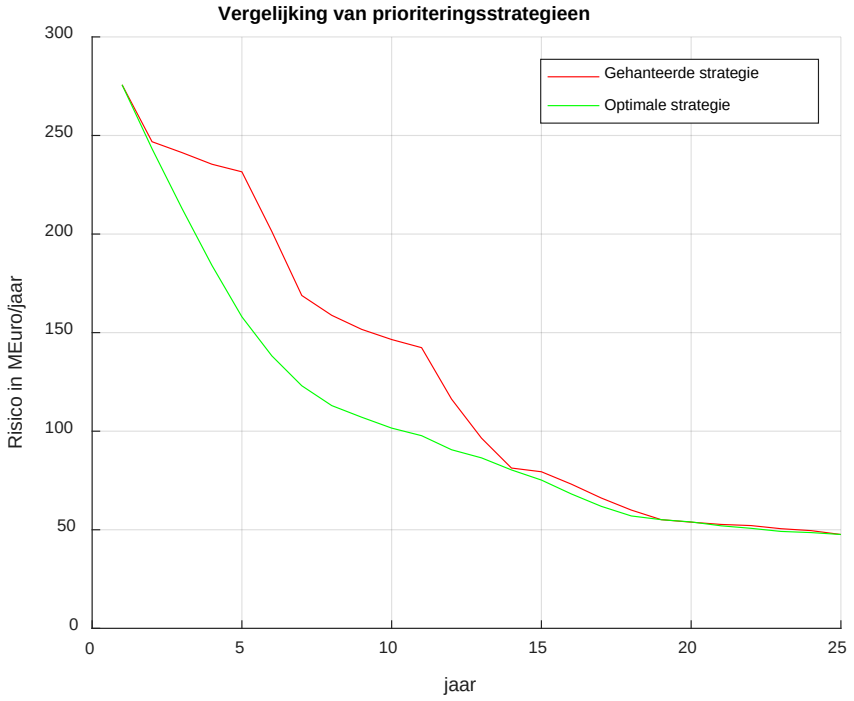
Voorbeeld: niet gesignaleerde zwakke schakel
Voor een dijktraject wordt het actuele risico ingeschat op 1 M€/jaar. Een van de dijkvakken is hierbij goedgekeurd in de laatste beoordelingsronde, maar dit is gebeurd op basis van zeer slechte informatie. In werkelijkheid is het dijkvak zeer pipinggevoelig en had op basis daarvan afgekeurd moeten worden. Doordat dit hierdoor een zwakke schakel is in het traject is het werkelijke actuele risico 1,5 M€/jaar, met een bijdrage van ongeveer 35% door het onterecht goedgekeurde dijkvak. Het niet signaleren van deze zwakke schakel kost hierdoor in feite 0,5 M€/jaar, ofwel het risico is orde 30% hoger.

4.2 *Business case prioriteren van versterkingsopgaven*

In Nederland worden dijkversterkingen geprioriteerd op basis van afstand tot de norm. Bij risicogebaseerde normen is dit in feite een vorm van risicogebaseerd prioriteren, dus projecten waarbij de risicoreductie het grootst is worden het eerst uitgevoerd. Daarbij wordt in de praktijk de prioriteringsvolgorde nog wat bijgestuurd aan de hand van andere aspecten die een rol spelen. Prioriteren op basis van op basis van slecht geinformeerde dijksterktebepalingen levert naast hogere kosten ook in de prioritering inefficiënties op. Dit wordt wederom geillustreerd met een voorbeeld.

Voorbeeld: risicogebaseerd prioriteren op basis van slechte dijksterkte-informatie
Op de prioriteringslijst voor een versterkingsprogramma staan 25 projecten. De projecten hebben allemaal kosten gelijk aan het budget wat jaarlijks beschikbaar is voor versterkingen. Daardoor wordt ieder jaar 1 van de projecten uitgevoerd en is na 25 jaar het systeem op orde. In de vergelijking laten we discontovoet en economische groei (en daarmee toename van het risico) buiten beschouwing. Alle dijksecties hebben een geschat risico tussen de 1 en 25 M€/jaar. De kwaliteit van de informatie is echter niet bekend. In werkelijkheid wordt voor ongeveer 1/3e van de dijksecties de faalkans 2x te laag ingeschat, voor 1/3e goed en voor 1/3e een factor 2 te hoog.

Figuur 4.2 vergelijkt de prioriteringsvolgorde voor risicogebaseerd prioriteren op basis van de bekende faalkansen versus de werkelijke faalkansen. Hoewel het eindresultaat hetzelfde is, is het risico gedurende de 25 jaar voor een groot deel van de tijd hoger. Dit extra risico is een direct gevolg van het prioriteren op basis van gebrekkige informatie.



Figuur 4.2: Informatie gedreven prioriteitsstrategie vs traditionele strategie

4.3 *Business case crisismanagement*

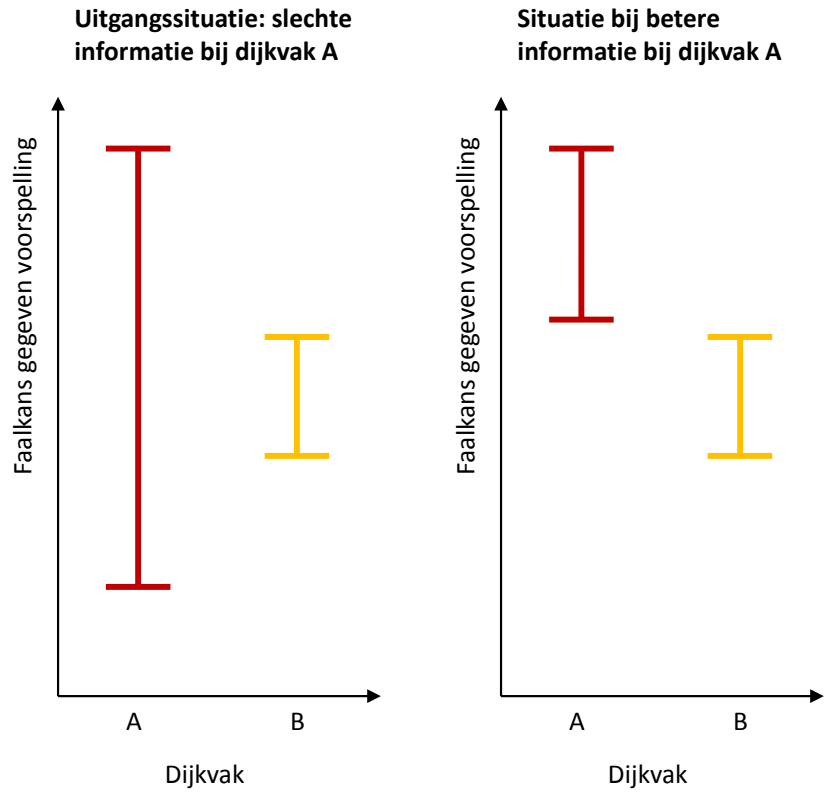
Ook bij crisismanagement is beschikken over goede informatie essentieel voor het nemen van de juiste beslissing. Op basis van deze informatie wordt immers besloten of over moet worden gegaan tot evacuatie, waar noodmaatregelen moeten worden getroffen en waar extra dijkwacht nodig is.

Bijgevoegd voorbeeld geeft een aanvullend voorbeeld van een keuze die in een dergelijke situatie gemaakt zal moeten worden.

Voorbeeld: toepassing noodmaatregelen
In dit voorbeeld moet een beheerder in een crisissituatie beslissen over de toepassing van het laatste deel van zijn voorraad zandzakken. Er zijn 2 dijkvakken waar de situatie enigszins kritiek is, voor beide is exact dezelfde kans op falen gegeven de voorspelde waterstand afgegeven.

In Figuur 4.3 (linkerpaneel) is daarnaast ook de onzekerheid in deze voorspelling weergegeven die volgt uit de kwaliteit van informatie. Hierin is te zien dat bij dijkvak A de voorspelling uiterst onzeker is. Dit maakt de keuze voor de beheerder uitermate complex, omdat hij bij zowel de keuze voor A als voor B een aanzienlijke kans heeft dat dit niet de meest optimale keuze was.

Bij reduceren van de onzekerheid wordt dit beeld scherper en kunnen dergelijke keuzes eenvoudiger gemaakt worden. In het rechterpaneel is een mogelijk effect hiervan schematisch weergegeven. Hieruit volgt dat de beheerder nu op onderbouwde wijze voor aanpak van dijkvak A zal kiezen.



Figuur 4.3: Toelichting grote onzekerheid en kleine onzekerheid

4.4 *Voorbeelden toepassing in de levenscyclus van een fictieve dijk*

Gedurende de levenscyclus van de dijk is het actuele beslisprobleem en de actuele kwaliteit van informatie voortdurend aan verandering onderhavig. In onderstaande tabel (4-2) is een conceptuele 'informatielevenscyclus' van een waterkering geschetst. Per onderdeel wordt kort en bondig de context geschetst en een score rondom informatiekwaliteit benoemd en toegelicht.

Tabel 4-2: Voorbeelden van toepassing van het framework gedurende de levenscyclus van een dijk

Fase	Omschrijving	Informatiekwaliteit
Beoordeling	De dijk wordt beoordeeld en afgekeurd op piping. De veiligheid voor macrostabiliteit wordt voldoende bevonden. Voor de beoordeling is enkel een tamelijk grote (wat oudere) set sonderingen gebruikt voor de ondergrond schematisering.	Score 1* Want: geen verificatie data met een 2e informatiebron.
Beoordeling	Naast sonderingen worden geologische kaarten geraadpleegd ter verificatie. Deze nieuwe informatie bevestigt de bodemopbouw, de ondergrond schematisering wordt iets aangescherpt.	Score 2* Want: de geologische kaart bevestigt in grote lijnen de eerdere ondergrondschematisering. Dus 2 geverifieerde bronnen
Ontwerp	De afgekeurde dijk wordt aangemeld bij het HWBP. Er wordt een gevoeligheidsanalyse naar kritische aspecten uitgevoerd. Hierbij komt aan het licht dat er onduidelijkheid is over de doorlatendheid van de afdekkende kleilaag. Dit is bepalend voor het voorkeursalternatief: (wel/geen pipingscherm noodzakelijk).	Score 3* Gevoeligheidsanalyse is uitgevoerd maar de gevoeligheid is nog aanwezig.
Ontwerp	Om tot een eenduidig voorkeursalternatief te komen zijn aanvullende labproeven (korrelverdelingen, doorlatendheidstests) en een viertal falling-head proeven (uitgevoerd op vier geinstalleerde peilbuizen voorzien om de doorlatendheid van de kleilaag beter te bepalen. Hieruit blijkt dat deze hoger is dan aanvankelijk gedacht wat de gevoeligheid van het voorkeursalternatief voor deze parameter elimineert. Andere aspecten uit de gevoeligheidsanalyse hebben geen invloed op het beslisprobleem.	Score 4* Gevoeligheden zijn geelimineerd
Breder afwegen	Er is nu een voldoende vast beeld om een beoordeling van 3* te kunnen geven voor de dijk als geheel. Om te kijken wat verder nog relevante informatie kan zijn wordt gekeken naar de kosten en baten van het inwinnen van data middels een 3-jarig monitoringsprogramma, een extra set boringen en een full-scale belastingstest. Hieruit blijkt dat enkel de extra set boringen een positieve kosten-/baten verhouding heeft, het monitoringsprogramma heeft een te lage verwachte Return on Investment. De boringen worden uitgevoerd	Score 5* Rationeel afwegingskader is gehanteerd, de rendabele maatregelen zijn getroffen
Uitvoering	Er wordt besloten om op basis van de beschikbare informatie een dijk aan te leggen. Hierbij is een live monitoringssysteem geen onderdeel van het uiteindelijke ontwerp, tijdens de uitvoering worden zettingen, vervormingen en freatische niveaus op grote schaal gemeten. Deze informatie wordt via een interactief monitoringsportaal per kwartier ontsloten.	Score 5*

Fase	Omschrijving	Informatiekwaliteit
Beheer	De dijk is vorig jaar opgeleverd, aan de hand van de meetinformatie uit de uitvoering kan de aannemer aantonen dat de dijk conform plan is aangelegd. Er wordt een back-analyse uitgevoerd waarmee de kwaliteit van opleveren is aangetoond. Daarnaast zijn in een nazorgperiode van 2 jaar intensiever inspecties uitgevoerd (6 x per jaar). Deze informatie is intern geëvalueerd en is online beschikbaar voor dijkbeheerderes.	Score 5* Het beeld van voor en tijdens uitvoering is bevestigd met nieuwe informatie.
Beheer	Na 6 jaar reguliere inspectie ontstaan na een recent hoogwater (1/40 jr^{-1}) twijfels over de veiligheid op piping. Er is op kleine schaal zandtransport waargenomen in de teensloot. Dit is op basis van het ontwerp en de voorspelde zettingen niet verklaarbaar. De verwachting is dat het meenemen van deze informatie tot een flinke daling in het geschatte veiligheidsniveau zal leiden. Omdat deze observatie in strijd is met alle andere informatie die beschikbaar is over de kering moeten de informatiebronnen opnieuw geverifieerd worden.	Score 1* Met de nieuw beschikbare informatie is niet tot een coherent, geverifieerd beeld te komen.
Beoordeling	De eerste beoordeling na de versterking wordt uitgevoerd. Gedurende de afgelopen jaren is geen oorzaak gevonden voor het zandtransport. Daarom moet met een zeer conservatieve aanname voor de doorlatendheid worden gerekend. Als gevolg hiervan wordt de dijk afgekeurd op piping. Hierbij is echter een parameter zeer conservatief geschematiseerd op basis van 1 observatie en weinig data.	Score 1* Er wordt beoordeeld op basis van zeer slechte informatie
Beoordeling	Naar aanleiding van de beoordeling is besloten om een full scale test uit te voeren om zo de observatie van een aantal jaren terug nader te kunnen duiden. Hoewel de technische beperkingen aanzienlijk zijn geeft de test veel inzicht en er blijkt dat plaatselijk zand met een lagere d70 is gebruikt, waardoor de doorlatendheid daar groter is. Dit verschil is enkel zichtbaar bij hoog water, waardoor het tijdens en na de uitvoering niet aan het licht kwam. Hierdoor blijkt de dijk op dat punt terecht afgekeurd op piping.	Score 5* Hoewel de dijk is afgekeurd is de tegenstrijdigheid in de informatie wel geduid. Daardoor is het beeld van de kering weer geverifieerd en gaat de score terug naar het oude niveau.
Ontwerp/ Uitvoering	De dijk wordt lokaal afgegraven en het zand uit de kern wordt vervangen door zand met een voldoende hoge d70-waarde. Na uitvoering wordt voor het opnieuw aangelegde deel de nieuwe d70 geverifieerd met een monster. Hieruit blijkt dat het conform plan is aangelegd	Score 5* Hoewel de dijk is versterkt is de kwaliteit van informatie nog steeds vergelijkbaar. Het veiligheidsniveau is wel hoger.

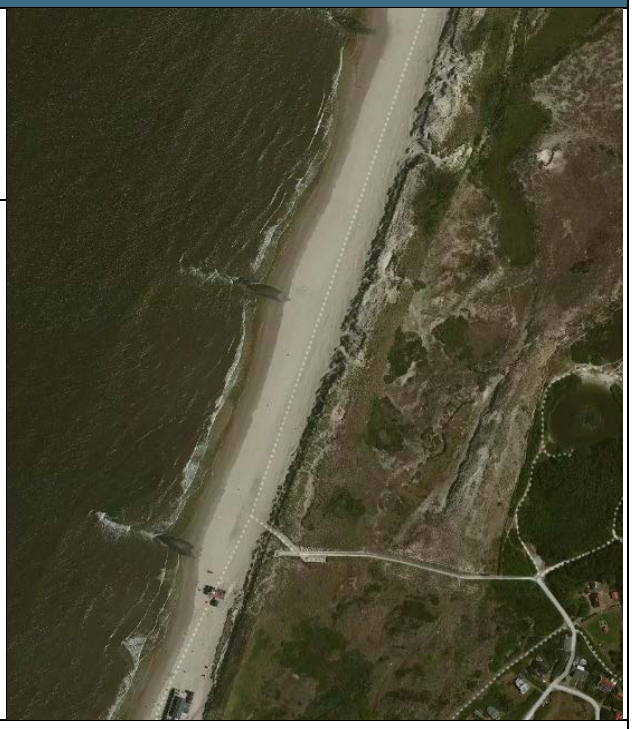
5 Voorbeeld cases

Om te illustreren hoe het beoordelingsframework werkt zijn een zestal cases uitgewerkt. De cases zijn fictief en geannonimiseerd, maar gebasseerd op echt beschikbare data. De volgende keringbeheerderes hebben bijgedragen door informatie te verstrekken, hadden open data beschikbaar of hebben geholpen voorbeelden (deels fictief gemaakt) te selecteren:

- WDO Delta
- Noorderzijlvest
- Hollands Noorderkwartier
- Rijkswaterstaat kustlijnzorg
- Private keringbeheerders

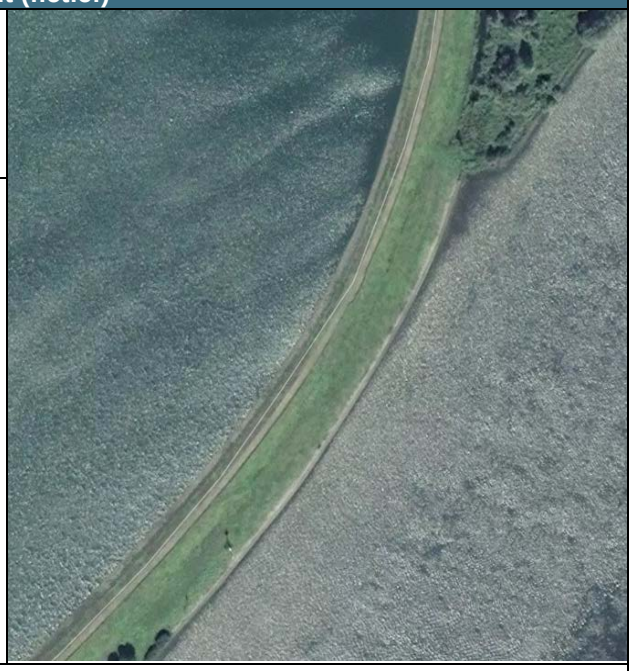
5.1 *Case Informatiekwaliteit - beoordeling zachte kust*

Het beoordelen van informatiekwaliteit kan, afhankelijk van het type kering, zeer snel worden gedaan, mitst alle informatie op orde is. De beoordeling van onze zachte kust is hiervoor als voorbeeld genomen.

Beoordeling informatiekwaliteit duin (fictief)	
Context: Onze zachte kust bestaat uit één of meerdere duinenrijen, een strand en kustlijn. De Basis Kust Lijn en een voldoende groot volume van het duin beschermen het achterland tegen hoogwater en golfaanval.	
Beschikbare informatie: Hydraulische randvoorwaarden, een periodiek ingewonnen digitaal terrein model (DTM). Jaarlijks worden hiervoor kustmetingen metingen uitgevoerd en volume berekeningen gedaan (met een geschatte nauwkeurigheid ± 15-20 m^3 voor een groot aantal profielen). Met een gemiddeld hoogteprofiel en het berekende volume worden afslagberekeningen gedaan. Tevens wordt in het kader van kustlijnzorg jaarlijks de 10-jarige trend van de basiskustlijn bepaald. Wanneer nodig worden tijdig suppleties uitgevoerd.	
Beoordeling: Als aangetoond kan worden dat er voldoende volume aan zachte zeewering aanwezig is en wordt voldaan aan afslagcriteria is er sprake van 4 sterren aan informatie kwaliteit. Met het eenvoudig afwegingscriterium kan snel worden aangetoond dat dat meer informatie niet leidt tot optimalisatie van (bijvoorbeeld) kustbeheer. Dus is er sprake van een 5 sterren score. De toewijzing van deze score is dan afhankelijk van de score informatiegebruik. Zonder toegankelijke informatie, immers geen informatiekwaliteit. Als deze informatie voor betrokkenen eenduidig toegankelijk en actueel is, kunnen 5 sterren worden toegekend.	

5.2 *Case Informatiekwaliteit - Oeverstabiliteit*

Als voor een specifiek probleem aanleiding geeft om enkel een bepalend faalmechanisme te onderzoeken, kan gericht een beoordeling op de beschikbaarheid en betrouwbaarheid van benodigde informatie worden uitgevoerd.

Beoordeling informatiekwaliteit oeverstabiliteit (fictief)	
Context: Kleine schade aan de bestorting van de oever van een rivierdijk is aanleiding voor een beoordeling op oeverstabiliteit.	
Beschikbare informatie: Stroomsnelheden, bathymetrische data waaruit oeverprofielen zijn te distilleren, ingemeten drie jaar voorafgaand aan het onderzoek en oeverprofielen die acht jaar voorafgaand zijn uitgevoerd. Uit een verschilanalyse blijkt dat er in zeer beperkte mate sprake is van een versteiling van het talud en er mogelijk in geringe mate erosie is opgetreden. Een set sonderingen is beschikbaar waaruit de relatieve dichtheid kan worden afgeleid. Er is bekend dat in het gebied in het verleden zettingsvloeiing is opgetreden.	
Beoordeling: Zonder gevoeligheidsanalyse is er sprake van 1 tot 2 sterren aan informatie. Er wordt een analyse naar de gevoeligheid voor zettingsvloeiing uitgevoerd. Dit biedt inzicht in het nut/de noodzaak nader onderzoek uit te voeren. Het blijkt dat zettingsvloeiing niet uit te sluiten is. Optreden van de overige faalmechanismen kan worden uitgesloten. Er is sprake van een score van drie sterren op informatiekwaliteit. Besloten wordt om een aanvullende survey uit te voeren (data inwinnen), de onderwateroever in kaart te brengen (interpretatie) en een herbeoordeling uit te voeren (analyse). De resultaten geven voldoende aanleiding om te besluiten een bestorting aan te brengen. Met het realiseren van de bestorting en de kwaliteit van uitvoering te controleren, is er aantoonbaar gemaakt dat er geen sprake meer is van mogelijke oeverinstabiliteit. Na uitvoering zullen periodiek surveys worden uitgevoerd om de staat van onderhoud te controleren. Score: vier sterren.	

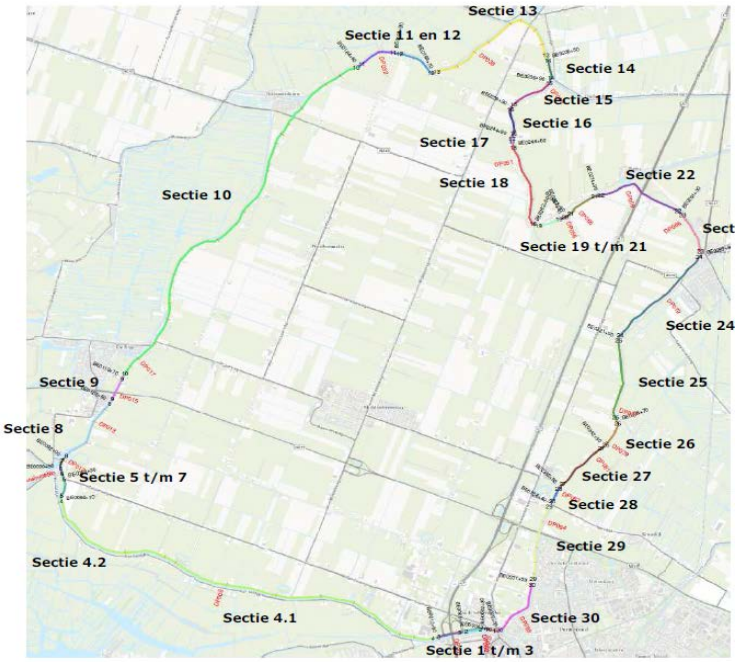
5.3 *Case Boezemkade langs de Beemster*

In 2015 zijn in de opdracht van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier de boezemkades langs de Beemster getoetst op macrostabiliteit binnenwaarts (STBI), macrostabiliteit buitenwaarts (STBU), microstabiliteit (STMI) en piping (STPH). Het Hoogheemraadschap[14] heeft de case en onderliggend beoordelingsrapport van Ter Schiphorst[8] beschikbaar gesteld. De lengte van het getoetste traject is 38,3 km. Het traject is verdeeld in 30 secties, zie onderstaande figuur. In de technische beoordeling zijn alle beschouwde secties goedgekeurd op STPH en STMI; meerdere secties zijn afgekeurd op STBI of STBU.

Case Boezemkade Beemster

Context:
In deze case passen we het framework dijkeninformatie op sectie 20[†] (dijkpaal BE0267+40 tot BE0268+60) toe met als doel om de kwaliteit van de informatie die ten grondslag ligt aan de technische toetsing te beoordelen. In de case ligt de focus op de vier genoemde beoordelingssporen, andere sporen worden dus niet beschouwd.

Sectie 20 is afgekeurd op STBU en goedgekeurd op de drie overige beoordelingssporen. “Sectie 20 is de kortste sectie (120 m) en bevindt zich aan Beets. De weg ligt op de kruin en de kade wordt gekenmerkt als ‘grijze kade’. De kade ligt aan de Beemsterringvaart.”



Beschikbaarheid en validatie van gegevens
Omdat iedere dijksectie standaard begint met 1 ster wordt eerst gekeken of de informatie van voldoende kwaliteit is om 2 sterren toe te kennen.

In de technische beoordeling worden o.a. resultaten van het veld- en laboratoriumonderzoek uit 2008 en 2014, en van het aanvullend grondonderzoek uit 2015 gebruikt. Het veldonderzoek bestond in totaal uit 400 sonderingen, 263 handboringen, 17 pulsboringen en 74 peilbuizen verspreid over een aantal afzonderlijke inwinprojecten. In het laboratoriumonderzoek zijn op basis van grondmonsters o.a. droge en natte volumegewicht en korrelverdeling bepaald. Het grondonderzoek uit 2008 bevatte lengteprofielen, die in 2014 aangevuld zijn.

Het beschikbare onderzoek laat zien dat de bodemopbouw vrij homogeen is met (i) een kern van klei, (ii) een dik pakket van Hollandveen in de kruin tussen -4,20 t/m -1,60 m+NAP en (iii) een pakket van klei op gemiddeld -4,20 m+NAP waarbij tussen secties 1 t/m 11 en 12 t/m 30 verschil zichtbaar is.

De homogeniteit kan verklaard worden door het feit dat de Beemster een ingepolderd gebied is, waardoor alle keringen ongeveer tegelijkertijd zijn aangelegd. Verder zijn de sterkteparameters vooral op basis van de proevenverzameling van het Hoogheemraadschap geschat. Het consistente beeld van de gegevens betekent ook dat de gegevens onderling gevalideerd zijn.

In sectie 20 zijn twee sonderingen uitgevoerd en beschikbaar (in de kruin en teen). Wegens het homogene beeld is er geen reden om aan te nemen dat het aantal van de sonderingen onvoldoende is of dat er meer grondonderzoek nodig is in algemene zin. Als gevolg hiervan worden 2 sterren aan sectie 20 toegekend.

Wel moet opgemerkt worden dat het afleiden van sterkteparameters op basis van een regionale proevenverzameling een risico inhoudt: er wordt immers niet geverifieerd met lokale data.

Gevoeligheidsanalyse

Sectie 20 is goedgekeurd op piping wegens een dikke kleilaag, die het ontstaan van het intredepunt voorkomt (geen risico op hydraulische kortsluiting). Er worden geen andere gevoeligheden gezien, daarom kunnen voor STPH 3 sterren worden toegekend.

In de beoordeling is er vanuit gegaan dat sectie 20 (veenkade) niet droogtegevoelig is. De volgende motivatie is gegeven: “Omdat het veen binnen alle secties in de kruin is ingesloten door een gemiddeld 3,0 meter dikke kleilaag en (op een enkele uitzondering) binnen alle secties geen veen in de teen van de kade aangetroffen wordt, is het niet reëel dat de kade dermate uitdroogt om als droogtegevoelig te worden beoordeeld. Hierdoor worden de kades niet droogtegevoelig geacht.[8] Opgemerkt wordt dat in de technische beoordeling geen aandacht aan bijv. horizontaal afschuiven besteed is. Het faalmechanisme ‘horizontaal afschuiven’ kan door droogte veroorzaakt worden en leidde in 2003 tot een doorbraak in de veenkade bij Wilnis. Het niet optreden van horizontaal afschuiven is niet nader beschouwd, en zou zeker moeten worden aangetoond met een gevoeligheidsanalyse.

De faalmechanismen STBI en STBU zijn met behulp van D-GeoStability beoordeeld. Echter is in de beoordeling geen gevoeligheidsanalyse van de sterkteparameters uitgevoerd[*]. Opgemerkt wordt de secties 18, 20 en 21 op STBU afgekeurd zijn, terwijl sectie 19 wel goedgekeurd is. Deze afwijking lijkt in tegenstelling te zijn met de homogeniteit van de grondopbouw maar valt te verklaren omdat bij sectie 19 de kade wat breder is. Bij STBU is een aantal oorzaken (o.a. peil bij droogte en peilval) uitgesloten, de argumentatie daarvoor lijkt wat mager. Voor baggerwerkzaamheden is wel geborgd dat dit wordt afgestemd met de afdeling waterkeringen. Door het ontbreken van inzicht in de gevoeligheid voor de aannames van sterkteparameters kunnen voor zowel STBI als STBU niet meer dan 2 sterren worden toegekend.

Bij de beoordeling van STMI is er vanuit gegaan dat er geen zandtransport plaats kan vinden, omdat er geen zand in de boezemkade voorkomt. Dat is in tegenspraak met sommige informatiebronnen, waarin wel een zandlaag aanwezig is (bijv. sonderingen in de buurt van A7 snelweg laten een zandlaag zien). De hypothese is dat dit afkomstig is uit het wegcunet, maar dit is niet verder aangetoond. Hoewel het waarschijnlijk is dat STMI niet zal optreden zou dit met een beperkt aanvullend onderzoek eenvoudig aangetoond kunnen worden. Opgemerkt wordt dat bijv. de Ommelanderzeedijk(LiveDijk XL) in de 3de toetsronde op STMI goedgekeurd was. Na de grootschalige meetcampagne is gebleken dat de dijk afgekeurd had moeten worden op STMI. Daarom kan voor STMI niet meer dan 2 sterren worden toegekend, de gevoeligheid is immers niet nader onderzocht. Voor STPH kan dus doorgegaan worden met de volgende stap. Voor STMI, STBI en STBU wordt 2 sterren toegekend.

Onzekerheden expliciet maken

Voor de beoordelingsspoor STPH zijn de onzekerheden gekwantificeerd en voldoende klein. Daarom wordt 4 sterren aan sectie 20 toegekend als het om de dijkeninformatie voor STPH gaat.[**]

Rationeel afwegen

Er zijn geen redenen gevonden om 5 sterren aan sectie 20 toe te kennen voor STPH omdat er geen rationele afweging expliciet is gemaakt. Opgemerkt moet worden deze afweging waarschijnlijk tamelijk eenvoudig is omdat optreden van STPH uitgesloten is. De kans dat aanvullende informatie een ander beeld geeft is daarom nihil. De verwachting is dat de eenvoudige aanpak van het rationeel afwegingscriterium voldoet om tot 5 sterren te komen.

[*] N.B. tegenwoordig wordt standaard een gevoeligheidsanalyse bij de beoordeling van STBU uitgevoerd.

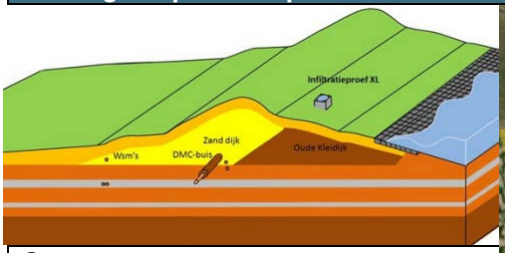
[**] In dit specifiek geval is er voor één mechanisme voldoende informatie beschikbaar om een hogere score toe te kennen. Echter de laagste score telt voor het opmaken van het eindoordeel.

Reflectie op de case Beemster

De case Beemster is een praktische toepassing van het beoordelingsframework. Daaruit blijkt dat het framework bruikbaar is. Tegelijkertijd blijkt ook, met name omdat de vraagstelling van het framework voor informatiekwaliteit verschilt van de vragen die doorgaans gesteld worden, dat het lastig is om direct een zeer hoge score te behalen. De verwachting is dat in eerste instantie veel dijkvakken 2 sterren zullen scoren. Tegelijkertijd is dit in sommige gevallen waarschijnlijk zeer makkelijk te verhogen naar 4 of zelfs 5 sterren middels een eenvoudige gevoeligheidsanalyse (zie bijvoorbeeld het oordeel voor STPH in de case). Binnen de case is met name gekeken naar de mechanismen die in het toetsrapport zijn beschreven. Daarnaast is een aanvullende opmerking gemaakt over het mechanisme horizontaal afschuiven. Bij een daadwerkelijke beoordeling van informatiekwaliteit is het echter essentieel om aandacht te besteden aan ‘vergeten mechanismen’. Wanneer op basis van (summiere) gegevens een mechanisme simpelweg wordt uitgesloten kunnen de gevolgen groot zijn wanneer dit mechanisme naderhand toch relevant blijkt. De Ommelanderzeedijk is hier een sprekend voorbeeld van.

5.4 *Case Informatiekwaliteit Zeedijk*

Om de toepassing van het framework dijkeninformatie te schetsen is onderstaande case uitgewerkt. De case is geïnspireerd op de Ommelanderzeedijk. Op onderdelen wijkt de case af van de werkelijkheid. De beschrijvingen en toekenning van de scores zijn dan ook fictief.

Case: geïnspireerd op de Ommelanderzeedijk en Livedijk XL proef (deels fictief)		
		
Context: We beschouwen een grote dijksectie van ongeveer 40 km lengte. Hiervan is 12 km afgekeurd in de derde verlengde toetsronde op macrostabiliteit en bekleding. Op sommige trajecten is meer informatie beschikbaar dan op andere trajecten. We zoomen in op één dijksectie met een lengte van een kilometer. Waar deze sectie zich bevindt is onzeker.		
Beschikbare informatie: Er zijn 20 sonderingen beschikbaar, gemiddeld elke 100 m twee stuks: één op het binnentalud, en afwisselend één op de kruin of op het voorland. Op basis van de sonderingen is de cohesieve deklaag op het binnentalud is overal voldoende dik om opbarsten te voorkomen. De sonderingen op de kruin laten een coherent beeld zien van de opbouw van het dijklichaam. Gedurende de Sinterklaasstorm is met peilbuismetingen (2 stuks) de grondwaterstand gemeten. Beide metingen laten ongeveer dezelfde grondwaterstand zien.	Vraag: is deze informatie voldoende om de betreffende dijksectie te beoordelen? Welke score heeft deze dijk als het gaat om informatiekwaliteit? 1, 2, 3, 4 of 5 sterren.	Score ★ één ster Uitleg Er is slechts gebruik gemaakt van één bron om een schematisering en beoordeling te maken. Er is welliswaar een monitoringscampagne uitgevoerd, maar twee peilbuismetingen zijn onvoldoende om met voldoende zekerheid te bepalen of de dijk hydologisch gezien zich hetzelfde gedraagd bij hoogwater. Detailniveau veldwerk onvoldoende om tot een betrouwbare schematisering te komen. Aanbeveling voor drie sterren (★★★): verificatie van bodemopbouw met een technische tekening, een geologische kaart en een paar boringen, alsmede een gevoeligheidsanalyse naar dominante (faal)mechanismen.
Er zijn op deze sectie 2 sonderingen, uitgevoerd op de kruin, aanwezig. De hieruit afgeleide bodemopbouw komt nauw overeen met de bouwtekening (jaar 1962). Een viertal peilbuismetingen op de kruin	Score	Score ★: een ster (of ★★ twee sterren) Uitleg Er zijn meer dan twee bronnen gebruikt die gezamelijk een coherent beeld geven van de

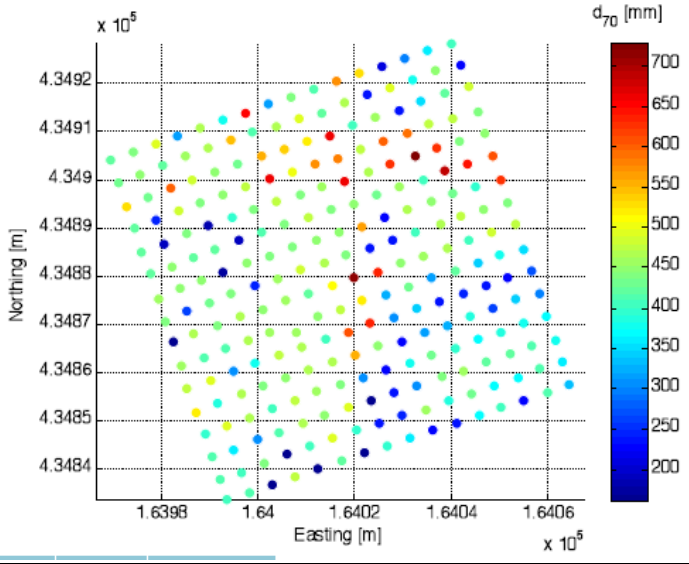
laat zien dat bij de Sinterklaasstorm de grondwaterstand tussen NAP + 2,2 m en NAP 2,6 m is. Deze grondwaterstand komt overeen met de schematisering die gebruikt is in de 3e verlengde toetsronde. De twee sonderingen zijn gebruikt voor de ondergrondschematisering. De sectie is goedgekeurd op het mechanisme macrostabiliteit.		dijkopbouw bij de kruin. Echter in langsrichting zijn maar twee onderzoekspunten beschouwd om een gehele dijksectie (lengte 1 km) te beoordelen. De schematisering uit de toetsing basseerd zich op dezelfde data. Dus deze derde bron is niet onafhankelijk van de eerste twee bronnen. De monitoring is waardevol, maar leidt pas tot een betrouwbaar inzicht in het gedrag van de grondwaterstand als de ondergrond-schematisering betrouwbaar kan worden uitgevoerd.
Er zijn 20 sonderingen beschikbaar, gemiddeld elke 100 m twee stuks: één op het binnentalud, en afwisselend één op de kruin of op het voorland. Er is een betrouwbare geologische kaart beschikbaar, waarmee de aanwezigheid van zandbanen kan worden uitgesloten. Op basis van de sonderingen is de cohesieve deklaag op het binnentalud is overal voldoende dik om opbarsten te voorkomen. Er is met EM-metingen vastgesteld dat de deklaag overal aanwezig is. De sonderingen op de kruin laten een coherent beeld zien van de opbouw van het dijklichaam. Gedurende de Sinterklaasstorm is met peilbuismetingen (2 stuks) de grondwaterstand gemeten. Beide metingen laten ongeveer dezelfde grondwaterstand zien. Er is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd naar de stijghoogte respons in het 1e watervoerende pakket.	Vraag: is deze informatie voldoende om de betreffende dijksectie te beoordelen? Welke score heeft deze dijk als het gaat om informatiekwaliteit? 1, 2, 3, 4 of 5 sterren.	Score ★★ twee sterren Uitleg Onafhankelijke informatie leidt tot een betrouwbaar beeld van de dijkopbouw. Niet op alle onderdelen zijn onzekerheden met een gevoeligheidsanalyse expliciet gemaakt. Aanbeveling voor drie ★★ ★ of ★ ★ ★ ★ vier sterren: Uitvoeren gevoeligheidsanalyse waarbij alle mechanismen worden beschouwd. Afhankelijk van het resultaat van deze analyse zijn de bepalende parameters voor het optreden van (faal)mechanismen al dan niet voldoende in kaart gebracht. Dit bepaald of er 3 of 4 sterren worden gescoord. Als we rekenen met een stijghoogte respons van 100%, en de deklaag op het binnentalud is nog steeds voldoende dik, dan is op een sub-onderdeel een score van 5 behaald.
Uit de derde verlengde toetsronde is gebleken dat grote deelsecties niet voldoen aan de gestelde eisen. De dijkgraaf wil ten eerste gewoon weten hoe onze dijken zich gedragen onder bepaalde omstandigheden en wanneer zij maatregelen moeten nemen zoals versterken, preventief beheer en/of noodmaatregelen bij (dreigend) hoogwater en/of bij schade. In het kader van Livedijk XL wordt een onderzoek uitgevoerd, bestaande uit een monitoringscampagne en een stress-test. Waterspanningsmeters, peilbuizen en neerslagmetingen worden uitgevoerd. Lokaal wordt een DMC buis geïnstalleerd én wordt een infiltratieproef gedaan. Het beschikbare grondonderzoek leidt tot een betrouwbare schematisering voor de		Score ★★★★ Uitleg De keringbeheerder is aantoonbaar in control omdat alle onzekerheden expliciet zijn gemaakt en op basis van betrouwbare informatie tot een beoordeling gekomen is. De score is niet onveranderlijk. Als nieuwe informatie leidt tot nieuwe inzichten, kan onzekerheid rondom deze inzichten leiden tot een minder hoge score. De score is onafhankelijk van het toetsoordeel.

beoordeling van macrostabiliteit en piping. Met een gevoeligheidsanalyse zijn onzekerheden rondom de bepalende parameters in kaart gebracht en expliciet gemaakt.		
De stresstest bevestigd het toetsresultaat. De dijk voldoet op basis van de gegevens en berekeningen aan de gestelde eisen. Uit het onderzoek blijkt dat de doorlatendheid van de teenconstructie cruciaal is voor het functioneren van de dijk. Er niet bekend of overal deze teenconstuctie goed is uitgevoerd.		Score ★ Uitleg Een cruciaal onderdeel van de dijk is op de sectie met een lengte van 1 km niet voldoende in kaart gebracht. Bij disfunctioneren van de teenconstructie is een verkeerde schematisering gebruikt in de toetsing. Dit introduceert een veiligheidsrisico. De beheerder is verplicht om de teenconstructie nader te beschouwen en disfunctioneren uit te sluiten. Als dat is gedaan: score ★★★★★.

5.5 *Case: detail-onderzoek naar variabiliteit van een specifieke parameter*

Om te schetsen dat meer informatie niet altijd leidt tot een hogere betrouwbaarheid is onderstaand voorbeeld gekozen. Onderzoek (van meer wetenschappelijke aard) heeft zich gericht op de distributie van korreldiameters aan de hand van een groot aantal handboringen.

Tabel 5-1 Case: samenvatting onderzoek korreldiameter D70, bron: onderzoek Proeftuin IJzendoorn, Waterschap Rivierenland, Arcadis in het kader van de POV piping.

d70 korreldiameter in proeftuin langs de waal	
Context: Doel van het onderzoek is het inzichtelijk maken van de locale heterogeniteit van de ondergrond; niet gericht op een specifiek faalmechanisme en het bepalen van de invloed op de rekenwaarde d70.	
Beschikbare informatie: Het onderzoek is uitgevoerd door in een proeftuin met een oppervlakte van 75x75 m langs een rivier 256 handboringen uit te voeren tot een diepte van maximaal 2,60 m. Allen met een h.o.h. afstand van 5,0 m.	
Technische beschrijving: De deklaagdikte en de d70 variëren sterk op zeer kleine afstand: - H.o.h. 5 m - d70: 250-750 mu - Deklaagdikte 0,5 – 2,0 m	Beoordeling: Score o.b.v. enkel deklaagdikte en d70: vijf sterren Score informatiekwaliteit van de gehele dijk: De score is afhankelijk van de gevoeligheid voor de d70 en de deklaagdikte.

Het voorbeeld in tabel 5-1 geeft aan dat onzekerheid rondom een specifieke parameter, zelfs als zeer intensief onderzoek is uitgevoerd, niet altijd kan leiden tot een aanscherping van de specifieke parameter. Het is dus van belang om af te wegen in hoeverre een bepaalde parameter impact heeft op de dijkveiligheid en rationeel af te wegen of meer informatie leidt tot een vergroot inzicht.

6 BEPLEITING

6.1 *Pleidooi*

Het beoordelingsframework voor dijkeninformatie is opgesteld om bewustwording te kweken rondom de waarde van dijkeninformatie. Wanneer het inzicht in het gedrag van de dijk en een veiligheidsoordeel onderbouwd is met actuele data en informatie is een keringbeheering aantoonbaar *in control*. Het beoordelingsframework voor dijkeninformatie draagt bij om de mate van inzicht in onze waterkeringen expliciet te maken en geeft een handvat hoe keringbeheerders dit inzicht te vergroten. De beschikbaarheid en betrouwbaarheid van informatie van waterkeringen gaat hand-in-hand met het toegang tot en het gebruik van deze informatie.

Bij de ontwikkeling van het framework is veelvuldig gebruik gemaakt van kennis en ervaring uit het veld en is het framework getest en besproken met de beoogde gebruiker. Gebleken is dat met de methode consistente score kan worden geformuleerd (Capability Maturity Model, afgekort CMM, level 2). Om ervoor te zorgen dat we de best beveiligde delta ter wereld blijven, is er een impuls nodig om de informatievoorziening rondom dijken te verder verbeteren en te professionaliseren. De doorontwikkeling en implenentatie van het beoordelingsframework dijkeninformatie is een concrete stap voorwaarts om naast de één van de meest veilige delta's ook aantoonbaar de best geïnformeerde delta te worden.

6.2 *Aanbevelingen en voorgestelde verbeteragenda*

Op de korte termijn 3-6 maanden

- Het toepassen van het beoordelingsframework in tenminste drie complexe cases geselecteerd door keringbeheerders in de fase voorafgaand aan een scope verkenning van een HWBP project (laagurgente, afgekeurde vakken);
- Het toepassen van het beoordelingsframework voor informatiegebruik binnen de organisatie van tenminste drie keringbeheerders;
- Het evalueren van deze cases en lessons learnt implementeren in een definitief framework (doorontwikkeling naar van het framework naar CMM level 3 tot 4);
- Het formuleren van ondersteunende teksten voor uitvragen van dijkversterkingsopgaven om de informatiekwaliteit en het informatiegebruik tijdens versterkingen beter te benutten (thema's monitoring, risico-beheersing, uitvoeringskwaliteit en overdracht naar beheer).

Op de midden-lange termijn 6-12 maanden

- Het opzetten van een digitale toolbox voor de toepassing van het beoordelingsframework bestaande uit een online scoringstool en een tool voor het afwegingscriterium.
- Een scorekaart voor drie beheergebieden, waar op dijksectie niveau de informatiekwaliteit met een sterrenscore beschreven is en op organisatorisch niveau een het informatiegebruik is beoordeeld;
- Het organiseren van een sessie met bijvoorbeeld ENW-techniek en/of de stuurgroep Zorgplicht van STOWA om de waarde en het draagvlak voor verdere implementatie te toetsen.

Op de lange termijn 12-24 maanden

- Het realiseren van een basiskwaliteit voor dijkeninformatie bij alle keringbeheerders als onderdeel van de Zorgplicht en het opzetten van een landelijke openbare scorekaart. Daarbij dient op dijksectie niveau de informatiekwaliteit met een sterrenscore beschreven te zijn en op organisatorisch niveau het informatiegebruik te zijn beoordeeld.
- Opzet platform dijkeninformatie met een agenderende en onderzoekende functie naar de toepassing van nieuwe IT ontwikkelingen (Big Data/Machine Learning) binnen de waterkeringswereld.

6.3 *Afsluiting*

Dijkeninformatie ligt ten grondslag aan alle besluiten op en rond de dijk. Het beoordelingsframework geeft een eerste impuls aan een toekomst waarin we niet alleen toegankelijke en complete informatie hebben over onze dijken, maar bovenal een compleet begrip van hun gedrag. Want alleen dan krijgt deze informatie echt waarde voor de beheerder. Wij kijken er naar uit om hieraan verder bij te dragen.

7 LITERATUUR

1. Informatiehuis Water' Resultaten Quickscan gegevenshuishouding Nederlandse Waterbeheerders, 2015

2. Howard, R.A., Hertz, D. B., and Melese, J., Decision Analysis: Applied Decision Theory, New York: John Wiley & Sons, Inc., 1966.

3. Rowley J., The wisdom hierarchy: representations of the DIKW hierarchy, 2007

4. D. Moody & P. Walsh, Measuring The Value of Information: An Asset Valuation Approach, 1996

5. Koelewijn, A.R., Van der Meer, M.T., Wijenborg A, en Konstantinou M,.Handreiking Life Cycle Monitoring in het kader van de POV Macrostabiliteit, 2016

6. Interview met Bert Koster en Henri Boschman, Waterschap Drentse Overijsselse Delta, 12 januari 2017

7. Werkgroep Discontovoet. *Rapport werkgroep discontovoet 2015*. (2015).

8. L.C. ter Schiphorst, “Boezemkaden Beemster, Technische toets op stabilitiet”, Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, 13 fabruari 2015

9. Waterschap Rivierenland en Arcadis, Project Overstijgende Verkenning Piping, Onderzoek Proeftuin IJzendoorn, 2016

10. Schweckendiek, T. On reducing piping uncertainties: A Bayesian decision approach. (2014).

11. Klerk, W. J., Kanning, W., van der Meer, M. T. & Nieuwenhuis, J. W. The role of structural health monitoring in life-cycle management of dikes: a case study in the north of the Netherlands. in *IALCCE2016* (in press, 2016).

12. Klerk, W. J., Heijer, F. den & Schweckendiek, T. Value of information in life-cycle management of flood defences, in Safety and Reliability of Complex Engineered Systems 931–938 (CRC Press, 2015).

13. Wojciechowska, K. A. Advances in Operational Flood Risk Management in the Netherlands, Delft University of Technology, 2015

14. Interview met Nelle Jan van Veen, Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, 25 januari 2017

BIJLAGE 1 HANDVAT BEOORDELEN INFORMATIEKWALITEIT

Toelichting op het handelingsperspectief op de sterren-ladder

Paragraaf 3.2 beschrijft het beoordelingsframework voor de kwaliteit van dijkeninformatie. In tabel 3.1 uit die paragraaf zijn de verschillende definities per score beschreven. Voorliggende bijlage biedt een gedetailleerd beeld hoe systematisch een score tot stand komt en welke vragen daarbij horen.

Van 1 naar 2 sterren: is de beschikbare data gevalideerd?

Voor 2 sterren dient de beschikbare data voldoende beschreven, bruikbaar en betrouwbaar te zijn. Het valideren van beschikbare data heeft een sterke relatie met het framework informatiegebruik, Dit framework wordt nader toegelicht in paragraaf 3.3. De toegankelijkheid, beschikbaarheid en consistentie van de data is een voorwaarde om data ook te kunnen valideren. In het intermezzo hieronder wordt dit nader zichtbaar.

Intermezzo 1: Kader beoordeling datakwaliteitsmodel

Om data te kunnen beoordelen is het belangrijk dat data voldoende beschreven is. In de ISO standaarden 25012 (data quality model) en 25024 (measurement of data quality) zijn de onderwerpen benoemd die beschreven moeten worden om data te kunnen duiden en gebruiken. Dit wordt vaak aangeduid met metadata. In tabel 3.2 is een samenvatting gegeven van die onderwerpen.

Tabel B1.1: Onderwerpen die moeten worden beschreven voor begrip van data
Afgeleid uit presentatie Huibert-Jan Lekkerkerk (2017) "Naar een datamanagement filosofie"

Herleidbaarheid	Wat zijn de bronnen van deze data? Zijn deze bronnen betrouwbaar?
Compleetheid	Zijn alle gegevens beschikbaar?
Consistentie	Zijn de data consistent met andere informatie?
Actualiteit	Wanneer zijn ze voor het laatst bijgewerkt?
Toegankelijkheid	Is de data toegankelijk?
Beschikbaarheid	Is de data beschikbaar?
Overdraagbaarheid	Is de data ook elders te gebruiken?

Wanneer deze vragen zijn beantwoord en de vragen over de juistheid en consistentie positief zijn beantwoord kan de stap worden gezet naar 2 sterren. Voor deze onderdelen is het belangrijk om een vergelijking te maken met tenminste één andere bron. Deze bron kan een andere databron zijn of bijvoorbeeld een expert, die met behulp van andere informatie de juistheid en consistentie kan toetsen.

Indien blijkt dat de informatie consistent is, dan is het mogelijk om van 1 naar 2 sterren te gaan. Indien er inconsistenties gevonden zijn (bijv. tegenstrijdige informatie), dan is een nader onderzoek nodig om het overstappen van 1 naar 2 sterren mogelijk te maken. Het onderzoek kan bestaan uit:

- verklaren van de verschillen,
- beargumenteerde eliminatie van sommige databronnen (bijvoorbeeld: is de bron nog actueel?, heeft de bron een goede reputatie?) en/of,
- genereren van nieuwe databronnen (bijvoorbeeld: door het uitvoeren van nieuwe proeven).

Van 2 naar 3 sterren: Expliciet een gevoeligheidsanalyse uitvoeren

Om van 2 naar 3 sterren te gaan dient naast een voldoende detailniveau veldonderzoek ook een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd te worden. Het doel van de gevoeligheidsanalyse is om onzekerheden expliciet te maken, zodat er een besluit kan worden genomen hoe met die onzekerheden moet worden omgegaan. In de gevoeligheidsanalyse:

- wordt de relevantie van alle faalmechanismen beschouwd,
- worden onzekerheden expliciet gemaakt (bepalen onzekerheid van de basisschematisering en de onzekerheid van individuele parameters);
- op basis van die onzekerheden worden kritieke parameters (binnen de faalmechanismen) benoemd.

Als de onzekerheid zodanig groot is dat keuzes in het beheer hierdoor beïnvloed worden, is er onvoldoende inzicht in het gedrag van de dijk en is meer informatie inwinnen noodzakelijk om naar 4 sterren te gaan. Bij 3 sterren informatiekwaliteit is bekend wat de kritieke elementen van een dijksectie zijn, maar zijn de onzekerheden van één of meer elementen nog zo groot dat besluiten niet voldoende geïnformeerd genomen kunnen worden.

Voor een dijksectie de gevoeligheidsanalyse voor verschillende vraagstukken ondersteuning bieden om te bepalen welke informatie noodzakelijk is voor beslisproblemen. Voorbeelden hiervan zijn:

1. Uit een gevoeligheidsanalyse blijkt dat een dijkontwerp mogelijk niet voldoet aan de gestelde norm bij een ongunstige doorlatendheid van een cohesieve tussenlaag. Onderzoek naar deze doorlatendheid kan bepalend zijn voor het realiseren een veilig dijkontwerp.
2. Bij een beoordeling blijkt dat een stijghoogterespons van 60% leidt tot voldoende opbarstveiligheid. Deze kritische parameter voor het bepalen van de veiligheid is echter nog nooit gemeten en mogelijk bepalend voor het beoordelingsresultaat.
3. Prioritering bij dijkbewaking: tijdens hoogwater zijn er slechts 5 dijkwachters om 200 km te inspecteren. De beoordeling op piping toont meer dan 400 kwetsbare locaties. Inzicht in locaties waar meer of minder informatie beschikbaar is kan de prioritering van inspecteren verbeteren.

Van 3 naar 4 sterren informatiekwaliteit: Zijn alle onzekerheden in beeld en voldoende klein?

Voor de overstap van 3 naar 4 sterren gaat het erom te beoordelen of de onzekerheden voldoende klein zijn voor daadwerkelijk inzicht te hebben in het gedrag van de betreffende dijksectie. Dit betekent dat voldoende informatie beschikbaar is om een geïnformeerd besluit te nemen. Zoals aangegeven is de gevoeligheidsanalyse de basis om dit te kunnen bepalen. Zonodig is extra data of informatie nodig om de onzekerheden te verkleinen. Een alternatief is een (ontwerp)maatregel te nemen die voldoende robuust is. Of onzekerheden voldoende klein zijn, kan steeds gecontroleerd worden door de gevoeligheidsanalyse steeds te updaten met nieuw ingewonnen/verzamelde, gevalideerde data. Soms lukt het niet om onzekerheden voldoende te verkleinen om een geïnformeerd besluit te kunnen nemen. In dat geval is het wellicht mogelijk de onzekerheden te elimineren door een fysieke oplossing (bijvoorbeeld een robuust versterkingsontwerp). Wanneer 4 sterren behaald zijn is het inzicht in het gedrag van de kering op orde. Bij het nemen van een besluit mag er dan vanuit worden gegaan dat het verder verkleinen van onzekerheden geen invloed zal hebben op de richting van het besluit. In paragraaf 4.3 wordt dit geïllustreerd.

Van 4 naar 5 sterren informatiekwaliteit: Is aangetoond dat meer informatie inwinnen niet loont?
Om van 4 naar 5 sterren te gaan kan het rationeel afwegingscriterium te worden toegepast en dient meer informatie te worden ingewonnen als dat nodig is. Het rationeel afwegingskader wordt nader toegelicht in paragraaf 3.4.Het afwegingscriterium kan op drie niveaus worden uitgewerkt:

- Eenvoudige aanpak: quick-scan met afweging om duidelijk lonende inwinacties te herkennen en uit te kunnen voeren.
- Gedetailleerde aanpak: verder uitgewerkte afweging wanneer op basis van de eenvoudige afweging geen eenduidig beeld ontstaat.
- Geavanceerde aanpak: vervolgstap wanneer gedetailleerde afweging geen eenduidig beeld geeft.

Vijf sterren betekent optimaal inzicht in de dijk. Optimaal is hier een economisch begrip, draaiend om de vraag: is de verwachte waarde van nader in te winnen informatie, voor alle beschikbare mogelijke methoden of acties van inwinnen, groter dan de kosten die nodig zijn om dit uit te voeren of niet? Het rationeel afwegingscriterium is een hulpmiddel om het antwoord op deze vraag expliciet te maken. Dit helpt keringbeheerders om besluiten over data en informatiewinning te onderbouwen. Het expliciet maken van het antwoord op deze vraag geeft tevens handvatten om als keringbeheerder transparant te maken waarom bepaalde data en informatie wel of niet worden ingewonnen.

Voor een score van 5 sterren, middels het doorlopen van het afwegingskader, moet worden aangetoond dat meer informatie niet lonend is. Als uit het afwegingscriterium blijkt dat een inwinactie lonend is, zal deze actie voor een toekenning van 5 sterren ook uitgevoerd moeten zijn. Wanneer het rationeel afwegingskader is gebruikt en een eventuele inwinactie voor extra informatie is uitgevoerd kan bij een bevestiging van het eerdere beeld t.a.v. dijksterkte de stap van 4 naar 5 sterren gemaakt worden. Als nieuwe informatie leidt tot andere inzichten, dan dienen voorgaande stappen weer doorlopen te worden om aan te tonen dat het inzicht in dijksterkte optimaal is.

BIJLAGE 2 AFWEGINGSCRTERIUM, GEAVANCEERDE AANPAK

Geavanceerde aanpak van het rationele afwegingscriterium

Waar de gedetailleerde aanpak bedoeld is om een relatief snelle inschatting te kunnen geven van kosten en baten van inwinning, en erg leunt op de inschatting van experts t.a.v. de effectiviteit van de inwinactie wordt dit in de geavanceerde aanpak verder uitgewerkt en verfijnd.

Het inwinnen van extra dijkeninformatie is een economisch beslisprobleem: het inwinnen van de informatie kost geld, maar resulteert in baten, die ook in geld uitgedrukt kunnen worden. Voorbeelden van de baten zijn lagere dijkversterkingskosten (als het gevolg van een betere inschatting van de dijksterkte door nieuwe informatie), een vergroot handelingsperspectief of een beter inzicht in de faalkans wat leidt tot doelmatigere investeringsbeslissingen.

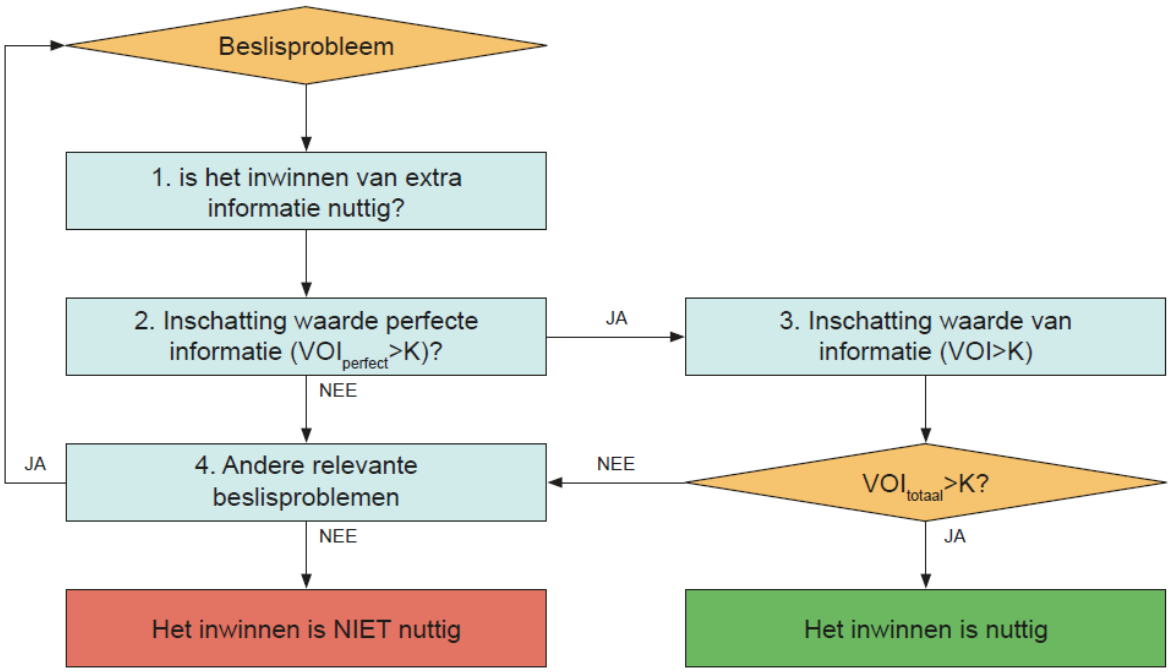
In deze context worden de baten doorgaans de waarde van informatie (*VOI – 'Value Of Information'*) genoemd. In feite is deze VOI de afname van kosten en risico door het toevoegen van een observatie, waarbij het effect van de observatie volgens een Bayesiaanse benadering wordt meegenomen (zie Intermezzo 2). Indien de kosten lager zijn dan de baten, dan is het inwinnen van extra informatie economisch verantwoord (en vice versa). Door deze vergelijking uit te werken kan de keuze voor inwinnen van nieuwe informatie onderbouwd worden. De geavanceerde aanpak is uitgewerkt in figuur B2-1.

Intermezzo 2: Bayesiaanse benadering

Bij analyses van de Value of Information (VOI) wordt doorgaans uitgegaan van een Bayesiaanse aanpak. Dit is gestoeld op de theorie van Thomas Bayes (1702 - 1761) waarbij aan de hand van voorwaardelijke kansen wordt ingeschat hoe de priori inschatting (van bijvoorbeeld de kansverdeling van een parameter) gegeven een observatie. Door beide informatiebronnen met Bayesian inference te combineren wordt een posterior verdeling gevonden die gebaseerd is op beiden. Op deze wijze kunnen observaties op relatief eenvoudige wijze worden meegenomen in kansschattingen. De reden dat voor een dergelijke analyse de Bayesiaanse benadering geschikt is, is omdat hierin naast de onzekerheid van de parameter (de priori inschatting), ook de observaties onzeker worden gesteld. Zo kan gerekend worden met een onzekere opbrengst van het inwinnen van informatie, wat een kosten-baten analyse mogelijk maakt.

De stappen die hierin worden genomen worden hieronder verder uitgewerkt in vier stappen, samengevat in onderstaande twee onderdelen:

- Er wordt eerst gekeken naar een enkel beslisprobleem, wanneer de VOI daarvoor niet hoger is dan de kosten wordt aangevuld met waarde vanuit andere beslisproblemen.
- In de bepaling van de VOI wordt eerst uitgegaan van de $VOI_{perfect}$, oftewel de waarde van perfecte informatie over een bepaald aspect. Perfecte informatie betekent hier dat er geen enkele onzekerheid meer is over bijvoorbeeld het relevante ondergrondscenario of een bepaalde parameter. Wanneer de $VOI_{perfect}$ niet groter is dan de kosten zal voor dat beslisprobleem de inwinactie nooit rendabel zijn (een inwinactie levert immers nooit perfecte informatie). In dat geval wordt gekeken of dit voor een ander beslisprobleem wel zo is, wanneer dit zo is kan de VOI nauwkeuriger bepaald worden, anders is een inwinactie per definitie niet rendabel.



Figuur B.2-1 Stroomschema geavanceerde aanpak rationeel afwegingscriterium

1. Is het inwinnen van extra informatie nuttig?

De waarde van informatie (VOI) wordt voor een specifiek beslisprobleem bepaald. Beschouw een beslisprobleem, waarin een beslisser nadenkt over het toepassen van een maatregel, die de faalkans van een dijk (P_f) met een factor f_0 (tussen 0 en 1) reduceert. De kosten van de maatregel (C), de kosten van de actie tot inwinnen (C_I) en de gevolgen van falen van de kering (D) worden in geld uitgedrukt. Om een correcte vergelijking te maken wordt hier wederom gebruik gemaakt van jaarlijkse equivalente kosten. Hierbij geldt dat:

$$C_A = \frac{C}{A_{t_C}}$$

Waarbij C_A de jaarlijkse equivalente kosten zijn van de kosten C, en A_{tc} de annuïteitenfactor is die wordt berekend volgens:

$$A_{t_C} = \frac{1 - \frac{1}{(1+r)^t}}{r}$$

Waarin r is de risicovrije discontovoet (3% conform[1]), en t de periode waarvoor de investering geldig is (bijv. de planperiode van een versterking).

Gegeven dat de beslisser de kosten wil minimaliseren, zijn de verwachte totale jaarlijkse equivalente kosten (TC_A) van het beslisprobleem gelijk aan:

$$E(TC_A) = \{\text{wel maatregel, geen maatregel}\} = \min\left\{C_A + P_f \cdot f_0 \cdot D, P_f \cdot D\right\}$$

Stel vervolgens dat de beslisser extra informatie met betrekking tot de dijksterkte kan inwinnen: observatie(s) d. Gebruik van de observaties leidt tot de geüpdatet dijkfaalkans $P(f \mid d)$ en de verwachte kosten (nog zonder de kosten van de inwinactie):

$$E(\mathrm{TC}_A \mid d) = \min\left\{C_A + P(f \mid d)\cdot f_0 \cdot D, P(f \mid d)\cdot D\right\}$$

Opgemerkt wordt dat de observaties d onzeker zijn: de waarde van informatie wordt geschat omdat de informatie zelf nog niet ingewonnen is. De verwachte kosten van de beslissing, inclusief de onzekere observaties d, worden afgeleid door de aannemelijkheidsfunctie (likelihood) van de observaties L(d) te gebruiken:

$$\int L(d)\cdot E(\mathrm{TC}_A \mid d)dd = \int L(d)\cdot \min\left\{C_A + P(f \mid d)\cdot f_0 \cdot D, P(f \mid d)\cdot D\right\} dd$$

De aannemelijkheidsfunctie geeft hierbij de kansdichtheid weer gegeven de observatie(s). Dit kan op verschillende wijzen gedaan worden, zie hiervoor Intermezzo 3.

De waarde van informatie (VOI) wordt dan bepaald als het verschil tussen de verwachte kosten zonder de observaties en de verwachte kosten inclusief de observaties:

$$VOI_A = E(\mathrm{TC}_A) - \int L(d)\cdot E(\mathrm{TC}_A \mid d)dd$$

Indien de jaarlijkse equivalente kosten van verkrijgen van de observaties (C_I) lager zijn dan de VOI (jaarlijks equivalent), dan is het inwinnen van de observaties economisch verantwoord. Hierbij is het zinvol om, analoog aan de gedetailleerde methode ook een scenariogebaseerde aanpak te hanteren. Hierbij worden de verwachte kosten voor ieder scenario berekend en vervolgens gewogen met de scenariokansen en opgeteld.

Intermezzo 3: modelleren van de kans op observaties

Het modelleren van de invloed van toevoegen van informatie uit onzekere observaties wordt gedaan door middel van Bayesian inference. Voor het definiëren van de onzekere informatie in modellen voor waterkeringen kunnen onderstaande methoden worden gebruikt:

- *Verdeling van onzekere observaties: de eerste optie is het definiëren van een verdeling van onzekere observaties. Hierbij wordt een kansverdeling geschat van de verwachte geobserveerde waarden. Deze methode is, wanneer geen werkelijke meetwaarden beschikbaar zijn, vooral geschikt om in te schatten wat het effect is van het verkleinen van de spreiding van een parameter. Voorbeelden hiervan zijn gegeven in een artikel door Schweckendiek [10].*
- *Wanneer er kans bestaat dat ook het gemiddelde van de a priori verdeling verkeerd geschat is kan een scenario gebaseerde aanpak uitkomst bieden. Hierbij wordt een aantal scenario's voor gedefinieerd, met bijbehorende scenariokansen (analoog aan de gedetailleerde aanpak). Vervolgens wordt door observaties uit deze scenario's te simuleren de verdeling van de scenariokansen geüpdatet. Een voorbeeld hiervan is gegeven in Klerk et al [11].*

2. Inschatting waarde van perfecte informatie ($VOI_{perfect}>C_I$)

Opgemerkt wordt dat vaak eerst de waarde van perfecte informatie $VOI_{perfect}$ wordt bepaald. Deze waarde is makkelijker en sneller te bepalen dan de waarde van imperfecte informatie (dus met onzekerheid over de observaties, hierbij is immers geen inschatting nodig in hoeverre de te nemen maatregel de onzekerheid van een parameter zal verkleinen. Bovendien, indien $VOI_{perfect}$ lager is dan de kosten van het inwinnen van de informatie (C_I), dan is de VOI ook lager dan de kosten, in dat geval is inwinnen dus niet rendabel*. Voor de afleiding van $VOI_{perfect}$ wordt verderop in deze bijlage een voorbeeld gegeven. Wanneer de $VOI_{perfect}$ hoger is dan de kosten kan de VOI in meer detail uitgewerkt worden met behulp van de hierboven genoemde formules.

3. Inschatting waarde van informatie ($VOI>C_I$)

Deze stap is relevant wanneer de VOI voor perfecte informatie hoger is dan de kosten. In dat geval is het waardevol zijn om de VOI nauwkeuriger te bepalen. Hiervoor moet conform de aanpak bij punt 1 een inschatting worden gemaakt van de onzekerheidsreductie door de inwinactie en de effecten hiervan op het handelen. Een voorbeeld hiervan is uitgewerkt in deze bijlage.

4. Andere relevante beslisproblemen?

Wanneer vanuit het beschouwde beslisprobleem de VOI niet groter is dan de kosten, is vanuit dat beslisprobleem informatie inwinnen niet rendabel. Door een ander type ingreep erin te betrekken kan de scope van de analyse verbreed worden en is de potentiele VOI hoger. Hierbij is van belang dat voor alle beslisproblemen de invloed van extra informatie op de te verrichten handelingen goed wordt ingeschat. Dus invloed op versterkingskosten, inspectie-intervallen, onderhoudsacties etc. Voor beslisproblemen over het nemen van noodmaatregelen is meer informatie beschreven door Wojciechowska[13]. Wanneer bovenstaande stappen correct doorlopen zijn kan een zo objectief mogelijke inschatting gegeven worden van het al dan niet nuttig zijn van een bepaalde inwinactie. Dit dient gedaan te worden voor alle mogelijk relevante beslisproblemen, en resulteert in een inschatting van de totale waarde van informatie (VOI_{totaal}).

Opgemerkt moet worden dat in bovenstaande aanpak, een tweetal aspecten die van belang kunnen zijn voor de inschatting van de VOI redelijk rudimentair zijn benaderd. Hoe hiermee kan worden omgegaan wordt hieronder kort toegelicht.

<u>Schade en faalkans zijn constant in de tijd</u>

In de formuleringen is telkens uitgegaan van een constante schade en een constante faalkans gedurende de levensduur. In werkelijkheid neemt echter vaak de schade toe (of af) door economische groei (of krimp), en de faalkans verandert in de tijd door bijvoorbeeld zettingen. Dit kan in rekening worden gebracht door niet uit te gaan van een constant jaarlijks risico en dit mee te nemen in de berekening van de jaarlijkse equivalente kosten (TC_A), maar door met behulp van de discontovoet het Netto Contante Risico (NCR), d.w.z. het totale risico over de planperiode, te berekenen. Door dit vervolgens om te rekenen naar jaarlijks risico met behulp van de annuiteitenfactor kan de verandering in risico worden meegenomen.

* Het geldt dat de waarde van de perfecte informatie ($VOI_{perfect}$) <u>altijd</u> hoger of gelijk is aan de waarde van imperfecte informatie (VOI) omdat deze resulteert in een kleinere onzekerheid over de beslissing.

Uitgaande van een planperiode t_{plan}, ziet dit er als volgt uit:

$$NCR = \sum_{i=1}^{t_{plan}} \frac{P_{f,i} \cdot D_i}{(1+r)^i}$$

Waarin t_{plan} is de planperiode, i het betreffende jaar, en $P_{f,i}$ en D_i de faalkans en schade in jaar i. r is hierin de risicovrije discontovoet. Door het berekende NCR vervolgens om te rekenen naar jaarlijks equivalent risico kan de verandering van risico in de tijd in rekening worden gebracht. Dit kan worden gedaan volgens:

$TR_A = \frac{NCR}{A_{t_{plan},r}}$ met $A_{t_{plan},r} = \frac{1 - \frac{1}{(1+r)^{t_{plan}}}}{r}$ waarin A_{tplan} de annuïteitenfactor is voor de periode waarover het risico is verdisconteerd.

<u>Onzekerheid van toename van informatie in de tijd, gegeven een inwintechniek</u>

Een aspect wat niet is belicht in voorgaande paragraaf, maar wel aandacht krijgt in voorbeelden uit de literatuur [10, 11], is de toename van informatie in de tijd voor een gegeven inwintechniek. Het is lastig om hier een algemene oplossing voor te geven, maar voor bijvoorbeeld sonderingen zal de toename van informatie anders verlopen dan voor een monitoringsprogramma. Waar de informatie uit nieuwe sonderingen vrij snel beschikbaar is en geen andere voorwaarden (zoals bijvoorbeeld een extreem hoogwater) kent om waardevol te zijn, geldt voor een monitoringsprogramma met bijvoorbeeld waterspanningsmeters dat er ook daadwerkelijk iets relevants moet worden gemeten. Wanneer er bijvoorbeeld slechts eens per 10 jaar water op een voldoende niveau tegen de dijk staat zodat monitoring relevante informatie oplevert is er ruime tijd nodig om zeker te zijn dat er ook daadwerkelijk extra informatie wordt ingewonnen. Dit kan grote invloed hebben op de mate waarin een techniek rendabel is.

Bayesian updating – theoretisch voorbeeld

Beschouw een stochast X, die twee waarden (x_1 en x_2) kan nemen:

$$P(X = x_1 \mid \theta) = \theta$$
$$P(X = x_2 \mid \theta) = 1 - \theta$$

De kans op waarde x_1 is gelijk aan θ en de kans op waarde x_2 is 1-θ. In dit voorbeeld is parameter θ onzeker en kan ook twee waarden, a en b (beide <1), nemen:

$$P(\theta = a) = p$$
$$P(\theta = b) = 1 - p$$

De kans op waarde a is p en de kans op waarde b is 1-p. Het toepassen van de wet van de totale kans leidt tot:

$$P(X = x_1) = P(X = x_1 \mid \theta = a) \cdot P(\theta = a) + P(X = x_1 \mid \theta = b) \cdot P(\theta = b) = a \cdot p + b \cdot (1 - p)$$
$$P(X = x_2) = 1 - a \cdot p - b \cdot (1 - p)$$

De bovenstaande kansverdeling is de **a-priori** verdeling van stochast X. Stel voor dat observaties d van stochast X beschikbaar zijn. Deze observaties kunnen als volgt gebruikt worden om de kansverdelingen van θ en X te updaten. De **likelihood** van observaties d (ofwel de kans op observaties d) gegeven θ = a is:

$$L(d \mid \theta = a) = a^N \cdot (1 - a)^M$$

waar N is het aantal observaties gelijk aan x_1 en M is het aantal observaties gelijk aan x_2. Analoog, de likelihood van observaties d gegeven θ = b is:

$$L(d \mid \theta = b) = b^N \cdot (1 - b)^M$$

Opgemerkt wordt dat de likelihood van observaties d gelijk is aan:

$$L(d) = L(d \mid \theta = a) \cdot P(\theta = a) + L(d \mid \theta = b) \cdot P(\theta = b) = a^N \cdot (1 - a)^M \cdot p + b^N \cdot (1 - b)^M \cdot (1 - p)$$

Door gebruikt te maken van **het theorema van Bayes** wordt de kans dat θ = a, gegeven observaties d, als volgt afgeleid:

$$P(\theta = a \mid d) = \frac{L(d \mid \theta = a) \cdot P(\theta = a)}{L(d)} = \frac{a^N \cdot (1 - a)^M \cdot p}{L(d)}$$

en de kans dat θ = b, gegeven observaties d, is:

$$P(\theta = b \mid d) = \frac{L(d \mid \theta = b) \cdot P(\theta = b)}{L(d)} = \frac{b^N \cdot (1 - b)^M \cdot (1 - p)}{L(d)}$$

De bovenstaande kansverdeling is de **a-posteriori** verdeling van stochast θ. Gegeven deze verdeling, is de **a-posteriori** verdeling van stochast X beschreven door:

$$P(X = x_1 \mid d) = P(X = x_1 \mid \theta = a) \cdot P(\theta = a \mid d) + P(X = x_1 \mid \theta = b) \cdot P(\theta = b \mid d)$$
$$= \frac{a^{N+1} \cdot (1-a)^M \cdot p + b^{N+1} \cdot (1-b)^M \cdot (1-p)}{L(d)}$$

$$P(X = x_2 \mid d) = 1 - \frac{a^{N+1} \cdot (1-a)^M \cdot p + b^{N+1} \cdot (1-b)^M \cdot (1-p)}{L(d)}$$

Stel voor dat stochast X een rol in een dijkfaalmechanisme spelt. De a-priori kans op falen van een dijk kan als volgt opgeschreven worden:

$$P_f = P(falen) = P(falen \mid X = x_1) \cdot P(X = x_1) + P(falen \mid X = x_2) \cdot P(X = x_2)$$

en de a-posteriori faalkans (dus gegeven observaties d) is:

$$P(f \mid d) = P(falen \mid d) = P(falen \mid X = x_1) \cdot P(X = x_1 \mid d) + P(falen \mid X = x_2) \cdot P(X = x_2 \mid d)$$

Value of information – theoretisch voorbeeld

Beschouw een beslisprobleem, waarin een beslisser nadenkt over het toepassen van een maatregel, die de faalkans van een dijk (P_f) met factor f_0 (tussen 0 en 1) reduceert. De kosten van de maatregel (C) en de gevolgen van falen van de kering (D) worden in geld uitgedrukt.

Om een correcte vergelijking te maken wordt hier wederom gebruik gemaakt van jaarlijkse equivalente kosten. Hierbij geldt dat:

$$C_A = \frac{C}{A_{t_C}}$$

Waarbij C_A de jaarlijkse equivalente kosten zijn van de kosten C, en A_{tc} de annuïteitenfactor is die wordt berekend volgens:

$$A_{t_C} = \frac{1 - \frac{1}{(1+r)^t}}{r}$$

Waarin r is de risicovrije discontovoet (3% conform[7]), en t de periode waarvoor de investering geldig is (bijv. de planperiode van een versterking).
Gegeven dat de beslisser de kosten wil minimaliseren, zijn de verwachte totale jaarlijkse equivalente kosten (TC_A) van het beslisprobleem gelijk aan:

$$E(TC_A) = \{\text{wel maatregel, geen maatregel}\} = \min\left\{C_A + P_f \cdot f_0 \cdot D, P_f \cdot D\right\}$$

Stel vervolgens dat de beslisser extra informatie met betrekking tot de dijksterkte kan inwinnen: observatie(s) d. Gebruik van de observaties leidt tot de geüpdatet dijkfaalkans $P(f \mid d)$ en de verwachte kosten:

$$E(\mathrm{TC}_A \mid d) = \{\text{wel maatregel, geen maatregel}\} = \min\left\{C_A + P(f \mid d) \cdot f_0 \cdot D, P(f \mid d) \cdot D\right\}$$

Opgemerkt wordt dat de observaties d onzeker zijn: de waarde van informatie wordt geschat omdat de informatie zelf nog niet ingewonnen is. De verwachte kosten van de beslissing, inclusief de onzekere observaties d, worden afgeleid door de aannemelijkheidsfunctie (likelihood) van de observaties L(d) te gebruiken:

$$\int L(d) \cdot E(\mathrm{TC}_A \mid d) dd = \int L(d) \cdot \min\left\{C_A + P(f \mid d) \cdot f_0 \cdot D, P(f \mid d) \cdot D\right\} dd$$

De waarde van informatie (VOI) wordt dan bepaald als het verschil tussen de verwachte kosten zonder de observaties en de verwachte kosten inclusief de observaties:

$$VOI_A = E(\mathrm{TC}_A) - \int L(d) \cdot E(\mathrm{TC}_A \mid d) dd$$

Indien de jaarlijkse equivalente kosten van verkrijgen van de observaties lager zijn dan de VOI (jaarlijks equivalent), dan is het inwinnen van de observaties economisch verantwoord.

Om een snelle inzicht in de kosten van het inwinnen van observaties te krijgen, kan de **waarde van perfecte informatie** eerst bepaald worden. Indien de kosten hoger zijn dan de waarde van perfecte informatie, dan is het inwinnen van de observaties niet kosten-optimaal (en VOI hoeft niet bepaald te worden). Stel voor dat de waarde van stochast X (die gelijk is aan x_1 of x_2) voor de beslisser bekend is, dan zijn de verwachte kosten gelijk aan:

$$E(TC_A \mid x_1) = \min\left\{C_A + P(falen \mid X = x_1) \cdot f_0 \cdot D, P(falen \mid X = x_1) \cdot D\right\}$$

of

$$E(TC_A \mid x_2) = \min\left\{C_A + P(falen \mid X = x_2) \cdot f_0 \cdot D, P(falen \mid X = x_2) \cdot D\right\}$$

De gecombineerde verwachte kosten zijn dan:

$$E_{perfect} = P(X = x_1) \cdot E(TC_A \mid x_1) + P(X = x_2) \cdot E(TC_A \mid x_2)$$

en de waarde van perfecte informatie is gedefinieerd als:

$$VOI_{perfect} = E(TC_A) - E_{perfect}$$

Bayesian updating – doorlatendheid rekenvoorbeeld
Stel voor daar de kansverdeling van de doorlatendheid (stochast X) van een zandlaag als volgt beschreven wordt:

$$P(X = 0.00001 \mid \theta) = \theta$$
$$P(X = 0.0002 \mid \theta) = 1 - \theta$$

Terwijl heeft parameter θ de volgende kansverdeling:

$$P(\theta = 0.5) = 0.4$$
$$P(\theta = 0.2) = 0.6$$

Gegeven deze informatie, is de a-priori kansverdeling van de doorlatendheid gegeven door:

$$P(X = 0.00001) = 0.5 \cdot 0.4 + 0.2 \cdot 0.6 = 0.32$$
$$P(X = 0.0002) = 0.68$$

Stel voor dat observaties van de doorlatendheid beschikbaar zijn. Deze observaties zijn: d = (0.00001, 0.00001, 0.00001, 0.00001, 0.0002, 0.0002, 0.00001). De likelihood van observaties d gegeven θ = 0.5 is:

$$L(d \mid \theta = 0.5) = 0.5^5 \cdot (1 - 0.5)^2 = 0.0078$$

De likelihood van observaties d gegeven θ = 0.2 is:

$$L(d \mid \theta = 0.2) = 0.2^5 \cdot (1 - 0.2)^2 = 0.0002048$$

Verder is de likelihood van observaties d als volgt:

$$L(d) = 0.0078 \cdot 0.4 + 0.0002048 \cdot 0.6 = 0.0032$$

De a-posteriori kansverdeling van θ gegeven observaties d is:

$$P(\theta = 0.5 \mid d) = \frac{L(d \mid \theta = 0.5) \cdot P(\theta = 0.5)}{L(d)} = \frac{0.0078 \cdot 0.4}{0.0032} = 0.9622$$

$$P(\theta = 0.2 \mid d) = \frac{L(d \mid \theta = 0.2) \cdot P(\theta = 0.2)}{L(d)} = \frac{0.0002048 \cdot 0.6}{0.0032} = 0.0378$$

en de a-posteriori kansverdeling van X gegeven observaties d is:

$$P(X = 0.00001 \mid d) = 0.5 \cdot 0.9622 + 0.2 \cdot 0.0378 = 0.49$$
$$P(X = 0.0002 \mid d) = 0.5 \cdot 0.9622 + 0.8 \cdot 0.0378 = 0.51$$

De analyse laat zien dat na het inwinnen van observaties d is de kans dat de doorlatendheid waarde 0.00001 neemt hoger geworden (van 0.32 naar 0.49). Dat klopt met de observaties, als in de set de waarden 0.00001 en 0.0002 respectievelijk 5 en 2 keer voorkomen. Stel voor dat observaties d bestaan uit: (0.0002, 0.00020.0002, 0.0002, 0.0002, 0.0002, 0.0002). Dan leiden vergelijkbare berekeningen tot de volgende a-posteriori kansverdeling van X:

$$P(X = 0.00001 \mid d) = 0.21$$
$$P(X = 0.0002 \mid d) = 0.79$$

De kans dat de doorlatendheid waarde 0.00001 neemt is in dit geval lager geworden (van 0.32 naar 0.21), wat ook met de observaties consistent is.

Bayesian updating – dijkfaalkans rekenvoorbeeld

Dit voorbeeld presenteert een faalkansanalyse voor het faalmechanisme piping. Tabel B.2.1 geeft parameters van de relevante stochasten weer. In dit voorbeeld wordt voor gemak alleen één waarde van de lokale waterstand beschouwd. Verder worden twee kansverdelingen (a-priori en a-posteriori) van de doorlatendheid gebruikt. Door gebruik te maken van deze kansverdelingen worden vervolgens a-priori en a-posteriori dijkfaalkansen afgeleid.

Tabel B.2.1. Definities van stochasten, piping faalmechanisme.

Parameter	Distribution	Gemiddelde/Waarde	Standaardafwijking
Waterstand [m+NAP]	-	7.058	-
Polderpeil [m+NAP]	Normaal	4.2	0.1
Deklaagdikte [m]	Log-normaal	4.28	1.1
Kwelweglengte [m]	Log-normaal	21.05	2.105
Dikte zandlaag [m]	Log-normaal	23.28	4.74
Doorlatendheid [m/s]	Discreet	a-priori, zie (1) a-posteriori, zie (2)	-
Korreldiameter d_{70} [m]	Log-normaal	3.0×10^{-4}	3.6×10^{-5}

$$P(X = 0.00001) = 0.32$$
$$P(X = 0.0002) = 0.68 \qquad (1)$$
$$P(X = 0.00001 \mid d) = 0.49$$
$$P(X = 0.0002 \mid d) = 0.51 \qquad (2)$$

met d = (0.00001, 0.00001, 0.00001, 0.00001, 0.0002, 0.0002, 0.00001).

De analyse begint met het afleiden van de dijkfaalkansen gegeven doorlatendheid 0.00001 en 0.0002. De dijkfaalkansen zijn met Crude Monte Carlo berekend en zijn als volgt:

$$P(falen \mid X = 0.00001) \approx 0 \text{ en } P(falen \mid X = 0.0002) = 0.2121$$

De a-priori dijkfaalkans is dan gelijk aan:

$$P_f = P(falen \mid X = 0.00001) \cdot P(X = 0.00001) + P(falen \mid X = 0.0002) \cdot P(X = 0.0002)$$
$$\approx 0.2121 \cdot 0.68 = 0.1442$$

en de a-posteriori dijkfaalkans is:

$$P(f \mid d) = P(falen \mid X = 0.00001) \cdot P(X = 0.00001 \mid d) + P(falen \mid X = 0.0002) \cdot P(X = 0.0002 \mid d)$$
$$\approx 0.2121 \cdot 0.51 = 0.108$$

Omdat de a-posteriori kans op doorlatendheid gelijk aan 0.0002 lager is dan de a-priori kans, is ook de a-posteriori faalkans lager dan de a-priori faalkans.

Value of information – rekenvoorbeeld

Beschouw een maatregel, die de kans op falen van een dijk met factor 10 reduceert (f_0 = 0.1). De kosten van de maatregel zijn 13 (C_A = 13) en de gevolgen van een dijkdoorbraak zijn gelijk aan 100 (D = 100). De a-priori en a-posteriori dijkfaalkansen zijn respectievelijk 0.1442 en 0.108 (zie de vorige paragraaf).

Gegeven deze informatie, zijn de verwachte kosten als volgt berekend:

$$E(TC_A) = \min\left\{C_A + P_f \cdot f_0 \cdot D, P_f \cdot D\right\} = \min\{13 + 0.1442 \cdot 0.1 \cdot 100, 0.1442 \cdot 100\} = 14.42$$

$$E(TC_A \mid d) = \min\left\{C_A + P_{f,d} \cdot f_0 \cdot D, P_{f,d} \cdot D\right\} = \min\{13 + 0.108 \cdot 0.1 \cdot 100, 0.108 \cdot 100\} = 10.85$$

met d = (0.00001, 0.00001, 0.00001, 0.00001, 0.0002, 0.0002, 0.00001).

Opgemerkt wordt dat de kosten met de a-posteriori faalkans ($E(TC_A|d)$) lager zijn dan de kosten met de a-prior faalkans ($E(TC_A)$). Dat is echter niet altijd het geval. Indien d = (0.0002, 0.0002, 0.0002, 0.0002, 0.0002, 0.0002, 0.0002), dan is de a-posteriori faalkans gelijk aan 0.168 en zijn de verwachte kosten $E(TC_A|d)$ gelijk aan 14.68. Tabel B.2.2 geeft een overzicht van $E(TC_A|d)$ voor verschillende datasets d.

Opgemerkt wordt dat Tabel 2 alleen een klein deel van de mogelijke datasets behandelt. In dit voorbeeld is het totale aantal datasets gelijk aan 2^7 = 128. Figuur 1 presenteert likelihood L(d) van de datasets, waarin dataset no. 1 bestaat uit (0.00001, 0.00001, 0.00001, 0.00001, 0.00001, 0.00001, 0.00001) en dataset no. 128 bestaat uit (0.0002, 0.0002, 0.0002, 0.0002, 0.0002, 0.0002, 0.0002). De som van de likelihood-waarden is gelijk aan 1.

De waarde van informatie VOI wordt vervolgens bepaald aan de hand van de volgende formule:

$$VOI = E(TC_A) - \int L(d) \cdot E(TC_A \mid d) dd$$

en in dit voorbeeld:

$$VOI = 14.42 - 13.4556 = 0.67$$

Dat betekent dat de kosten van het inwinnen van extra informatie (C_I) niet hoger dan 0.67 mogen zijn. Indien de kosten hoger zijn dan 0.67, dan is het inwinnen van de extra informatie niet kosten-optimaal en kost het inwinnen meer dan de baten.

Merk op dat indien stochast X = 0.00001, dan zijn de verwachte kosten gelijk aan:

$$E(TC_A \mid x_1) = \min\left\{C_A + P(falen \mid X = 0.00001) \cdot f_0 \cdot D, P(falen \mid X = 0.00001) \cdot D\right\}$$
$$= \min\{13 + 0 \cdot 0.1 \cdot 100, 0 \cdot 100\} = 0$$

Indien stochast X = 0.0002, dan zijn de verwachte kosten als volgt:

$$E(TC_A \mid x_2) = \min\left\{C_A + P(falen \mid X = 0.0002) \cdot f_0 \cdot D, P(falen \mid X = 0.0002) \cdot D\right\}$$
$$= \min\{13 + 0.2121 \cdot 0.1 \cdot 100, 0.2121 \cdot 100\} = 15.121$$

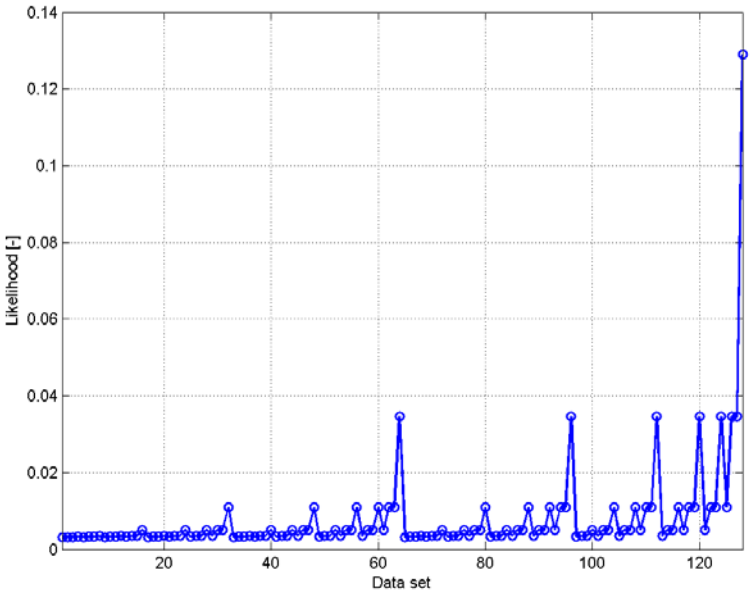
De waarde van perfecte informatie is dan gelijk aan:

$$VOI_{perfect} = E(TC_A) - E(TC_A \mid x_1) \cdot P(X = 0.00001) - E(TC_A \mid x_2) \cdot P(X = 0.0002)$$
$$= 14.42 - 15.121 \cdot 0.32 = 9.58$$

Indien de kosten C_I hoger zijn dan de waarde van perfecte informatie (9.58), dan is het inwinnen van de informatie niet kosten-optimaal. In een dergelijk geval hoeft de waarde van informatie VOI niet bepaald te worden. Indien de kosten C_I lager zijn dan de waarde van perfecte informatie, dan moet nog steeds de waarde van informatie VOI bepaald worden.

Tabel B.2.2. Overzicht van verwachte kosten $E(TC_A|d)$ voor verschillende datasets.

Dataset d	P(X=0.00001|d)	P(f|d)	$E(TC_A\|d)$
(0.00001, 0.00001, 0.00001, 0.00001, 0.00001, 0.00001, 0.00001)	0.499	0.106	10.62
(0.00001, 0.00001, 0.00001, 0.00001, 0.00001, 0.00001, 0.0002)	0.497	0.107	10.67
(0.00001, 0.00001, 0.00001, 0.00001, 0.00001, 0.0002, 0.0002)	0.489	0.108	10.85
(0.00001, 0.00001, 0.00001, 0.00001, 0.0002, 0.0002, 0.0002)	0.459	0.115	11.47
(0.00001, 0.00001, 0.00001, 0.0002, 0.0002, 0.0002, 0.0002)	0.384	0.131	13.06
(0.00001, 0.00001, 0.0002, 0.0002, 0.0002, 0.0002, 0.0002)	0.285	0.152	14.52
(0.00001, 0.0002, 0.0002, 0.0002, 0.0002, 0.0002, 0.0002)	0.227	0.164	14.64
(0.0002, 0.0002, 0.0002, 0.0002, 0.0002, 0.0002, 0.0002)	0.207	0.168	14.68



Figuur B3. Likelihood $L(TC_A|d)$ van de mogelijke datasets.

Opmerkingen

1. De a-priori kansverdeling van stochast X is bekend in de benadering.
2. De likelihood van de mogelijke datasets kan bepaald worden.
3. De waarde van informatie (VOI) wordt vóór de meetcampanie afgeleid, de observaties zijn onzeker in deze context.
4. Een beslisprobleem is nodig om de waarde van informatie te bepalen.
5. De waarde van informatie is afhankelijk van een beslisprobleem.
6. Indien de waarde van perfecte informatie lager is dan de kosten van het inwinnen van de informatie, dan is ook de waarde van informatie lager dan de kosten.
7. $VOI_{perfect} \geq VOI \geq 0$.

BIJLAGE 3 TOELICHTING OP GEBRUIK

Het beoordelingsframework kan door veel verschillende partijen gebruikt worden. De doelgroep die hier het meest mee in aanraking komt, bestaat uit de waterschappen en dijkinspecteurs. Zij zijn dagelijks bezig met de sterkte van de waterkeringen en kunnen hierin ondersteund worden door het beoordelingsframework. Daarnaast zijn er diverse partijen waarvoor het een handig hulpmiddel is maar die het minder intensief nodig zullen hebben.

Voor bestuurders en technische adviseurs kan het gebruik van het framework helpen om een prioritering aan te brengen in de dijkversterkingsprojecten. De scorekaart kan ook gebruikt worden tijdens crisis situaties. Als keringbeheerders de kwaliteit van dijkeninformatie delen, kan er snel inzicht verkregen worden in (potentiële) zwakke plekken.

Tabel B-2.1: Overzicht gebruikers en nut/noodzaak beoordelingsframework

	Reden voor gebruik	Benodigde actie om profeit te hebben van het framework	Welk onderdeel van het framework draagt bij?
Bestuurder	Bepalen of een organisatie aantoonbaar in control is. Inzicht in de kwaliteit van onderliggende informatie bij besluiten rondom keringbeheer. Prioritering van dijksterkte opgaven.	Het raadplegen van de scorekaart. Expliciet vragen naar het niveau van informatiekwaliteit bij het nemen van investerings-beslissingen of besluiten die de waterveiligheid direct raken.	Eindscore voor informatiegebruik en informatiekwaliteit.
Projectleider	Om in het kader van besluiten inzicht te hebben in de aanwezige onzekerheid rondom de dijksterkte. Aan te kunnen geven wat de betrouwbaarheid is van (beoordelings)resultaten en/of advies. Besluiten te nemen over het inwinnen van gegevens. Bijvoorbeeld bij: beoordelingen, het uitvragen en/of voorbereiden van versterkingsopgaven.	Bepalen voor welke besluiten inzicht in de beschikbaarheid en betrouwbaarheid van dijkeninformatie relevant is. De eindscore op waarde kunnen schatten en het handelingsperspectief hierop aan te passen. Navraag te doen naar de achterliggende onderbouwing en deze te bespreken met betrokken beoordelaars.	Eindscore voor informatiekwaliteit en de daarbij behorende toelichting op het niveau van dijktrajecten. Het rationeel afwegingscriterium (eenvoudig/gedetailleerd).
Expert	Het opstellen van de score of het leveren van complex advies gedurend de life cycle van een waterkering. Bijvoorbeeld bij: versterkingsvraagstukken, dreigend hoog water, prioritering van versterkingsopgaven of complex onderhoud.	Het bepalen van de deelscores aan de hand van de methode wie wordt geboden en de vigerende professionele standaarden. Het interpreteren van de score en achterliggende data.	Onderliggende onderbouwing voor het bepalen van de informatiekwaliteit en het informatiegebruik. Het rationeel afwegingscriterium (gedetailleerd/geavanceerd)

BIJLAGE 4 WORKSHOPS MET KERINGBEHEER EN INTERVIEWS

Om het beoordelingsframework voor dijkeninformatie op te stellen is met een groot aantal professionals van gedachten gewisseld. In deze bijlage wordt een overzicht gepresenteerd van de interactie die er met keringbeheerders bij Rijkswaterstaat en de Waterschappen en specialisten is geweest. Enkel formele gesprekken zijn door ons benoemd.

Sessies met Waterschappen:

- Waterschap Drentse Overijsselse Delta: op 12 januari 2017 met Bert Koster en Henri Boschman
- Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier: op 25 januari 2017 met Nelle Jan van Veen
- Waterschap Hollandse Delta: op 3 februari 2017 met Henri van der Meijden, Pieter Quist, Jan-Kees Bossenbroek

Overzicht workshops:

- Workshop Dijkeninformatie Symposium Flood Control IJkdijk (30 professionals)
- Workshop beoordelingsframework informatiekwaliteit waterveiligheid: 8 december 2016 (ca. 2 uur) in Utrecht voor RWS Werkgroep Waterkeren (10 keringbeheerders van Rijkswaterstaat)
- 2 workshops tijdens de WBI dag op 15 december 2016 (ca. 1 uur per workshop) voor deelnemers van de dag (70 professionals, grofweg 25 keringbeheerders)
- Workshop in het kader van “Databeheer WBI en de nieuwe normering” (wateropleidingen) op 14 februari 2017 in Utrecht (ca. 1 uur)
- Presentatie afdeling waterkeringen WVL, Rijkswaterstaat, 21 februari 2017

Gesprekken met specialisten/betrokkenen:

- Beoordelingssystematiek Monitoring, André Koelewijn, specialist R&D Dijkentechnologie bij Deltares, 7 november 2016
- Omgaan met dijkeninformatie, Hoite Detmar van Rijkswaterstaat, November 2016
- Omgaan met onzekerheden, Oswaldo Morales van de Technische Universiteit Delft, 22 november 2016
- Bayesian Decisions, Noel van Erp van TUDelft op 29 november 2016
- Zeepkistenpresentatie Programmadirectie HWBP, december 2016
- Bezoek Watermanagementcentrum, Rijkswaterstaat Lelystad, 10 februari 2017
- Omgaan met dijkeninformatie, Harold van Waveren, topspecialist waterveiligheid, Rijkswaterstaat, 10 februari 2017.

Workshops voor testen van het framework, Verslag door Felix van Zoest, Rijkswaterstaat

In december zijn drie workshops georganiseerd gericht op het testen van het framework met keringbeheerders uit de praktijk. De eerste workshop was georganiseerd voor keringbeheerders, de tweede en derde workshop vond plaats voor een breder publiek dat aanwezig was tijdens de Landelijke Beoordelingsdag.

Introductie

In het voorjaar van 2016 is geagendeerd dat dijkeninformatie een zwakke schakel is voor de waterveiligheid in Nederland. Gesteund door STOWA, HWBP en Rijkswaterstaat wordt een beoordelingsframework dijkeninformatie opgezet, waarmee in kaart kan worden gebracht hoeveel inzicht we hebben in de sterkte van onze dijken. Dit doen we informatie-gedreven, door te kijken naar

de beschikbaarheid en betrouwbaarheid van onderliggende data en informatie. Het framework *-in ontwikkeling-* helpt keringbeheerders en bestuurders om geïnformeerde besluiten te nemen rondom het beoordelen, beheren, versterken en de crisisbeheersing van dijken. Omdat dit framework voor keringbeheerders ontworpen wordt, is het van belang om tijdens de ontwikkeling conceptversies met keringbeheerders en andere betrokkenen te testen. Op deze manier kan het framework afgestemd worden op behoefte en wensen van de toekomstige gebruikers.

Doel

Het doel van de workshops is om feedback te verzamelen over het framework voor het beoordelen van informatiekwaliteit. De deelnemers werden uitgenodigd om te werken aan meerdere cases. Centraal daarin stond het beoordelen van informatiekwaliteit op basis van een beknopte beschrijving over een fictief dijktraject met een lengte van 1 km.

Workshop 1: Testen Beoordelingsframework met keringbeheerders

Datum: 08-12-2016
Locatie: Vechtclub, Utrecht
Deelnemers: 10 keringbeheerders Rijkswaterstaat

Plenaire sessie

We zijn van start gegaan met een plenaire sessie waarin een case werd voorgelegd aan de groep. Vervolgens kregen ze twee minuten om de kwaliteit van de beschikbare informatie een score toe te kennen (1-5 sterren). Na elke case werden de scores genoteerd en besproken.

Tabel 1: Score plenaire sessie, de omkaderde scores geven onze eigen scores aan.

Sterren \ Case	1	2	3	4	5
1	0	0	0	0	2
2	6	5	1	0	4
3	1	4	8	0	3
4	1	0	0	3	0
5	0	0	0	6	0

Opvallende uitkomsten:

- In de eerste twee cases scoorden alle deelnemers hoger dan de score die we zelf aan de case gaven.
- Bij case drie scoorden alle deelnemers lager dan de score die we zelf aan de case gaven.
- Bij case vier gaf de meerderheid dezelfde score dan de initiatiefnemers.

Groepsessie

Tijdens het tweede deel van de workshop is de groep in drie subgroepen verdeeld. De drie groepen kregen ditmaal acht cases voorgelegd die met één score beoordeeld moesten worden.

Tabel 2: Score groepsessie, de omkaderde scores geven onze eigen scores aan.

Sterren \ Case	1	2	3	4	5	6	7	8
1	3	1	1	0	0	3	1	1
2	0	2	2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	3	0	0	0	0
4	0	0	0	0	3	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	1	0

* een groep niet aan toegekomen
** twee groepen niet aan toe gekomen

Opvallende uitkomsten:

- Er was regelmatig onenigheid binnen een groep. Omdat er slechts één score doorgegeven mocht worden, werd er vaak voor het gemiddelde van de individuele groepsleden gekozen.
- Zes van de acht cases zijn beoordeeld door alle drie de groepen. In vier van deze zes cases gaven de groepen, onafhankelijk van elkaar, dezelfde score. In al deze gevallen kenden de groepen dezelfde score toe als wijzelf.
- Bij case 7 kwamen twee van de drie groepen tot een score. De twee scores waren 1 ster en 5 sterren, een groter contrast is niet mogelijk. Uit de bijbehorende discussie werd benoemd dat er een groot verschil is tussen data en informatie en dit was niet voor iedereen duidelijk. Als een beheerder veel en goede data heeft, betekent dat niet automatisch dat de informatie die hieruit komt van goede kwaliteit is.

Workshop 2 en 3: Testen Beoordelingsframework op Landelijke Beoordelingsdag

Datum:	15-12-2016
Locatie:Jaarbeurs,	Utrecht
Deelnemers:	± 70 keringbeheerders, adviseurs en onderzoekers verdeeld over twee sessies

Verslag workshop Landelijke beoordelingsdag

Op de Landelijke Beoordelingsdag hebben we twee workshopsessies van een uur georganiseerd. Tijdens deze workshops hebben we respectievelijk 7 en 4 cases behandeld. De workshops zijn bijgewoond door een breed publiek; waterschappen, ingenieursbureaus, kennisinstituten en de overheid waren vertegenwoordigd.

Tabel 1: Eerste ronde, de omkaderde scores geven onze eigen scores aan.

Sterren \ Case	1	2a	2b	3	4a	4b	5	6
1	0	6	0	1	5	-	0	0
2	3	0	6	4	1	-	0	2
3	2	0	0	1	0	-	4	0
4	1	0	0	0	0	-	2	2
5	0	0	0	0	0	-	0	0

Opvallende uitkomsten:
- In de eerste case scoorden alle deelnemers allemaal hoger dan de score die we zelf aan de case gaven maar in de twee volgende cases scoorden alle groepen onafhankelijk van elkaar hetzelfde als wij.
- Bij case 6 is er een relatief grote spreiding van de scores.

Tabel 2: Tweede ronde, de omkaderde scores geven onze eigen scores aan.

Sterren \ Case	1	2a	2b	3	4a	4b
1	0	7	2	-	-	0
2	4	0	5	-	-	0
3	2	0	0	-	-	1
4	1	0	0	-	-	5
5	0	0	0	-	-	1

Opvallende uitkomsten en algemene bevindingen/lessen:
- Met uitzondering van de eerste case scoort de meerderheid van de groepen hetzelfde als wij. Dit wekt de indruk dat het mogelijk is om een objectief beoordelingsframework op te kunnen stellen.
- Het overgrote deel van de deelnemers heeft aangegeven dat het beoordelen van de kwaliteit van dijkeninformatie heel relevant is, niet alleen bij het opzetten van een beoordeling, maar ook om na te denken over benodigd vervolgonderzoek;
- Het beoordelingsframework biedt de mogelijkheid om de informatievoorziening op waarde te schatten, maar de sterrenscore is afhankelijk van de context (locatie, geschiedenis, mechanisme, doel van het opmaken van de score);
- Het expliciet benoemen van de betrouwbaarheid van de data en bewustwording rondom de kwaliteit van beschikbaar onderzoek is van belang. Om de onafhankelijkheid van een dergelijk oordeel te vergroten zijn er suggesties gedaan om sterrenscores door collega waterschappen en/of door onafhankelijk adviseurs te laten uitvoeren.
- Discussie over de te geven score is minstens zo belangrijk als de score zelf.
- Het lijkt of alle deelnemers even moet wennen aan de manier van scoren en eerst een voorbeeld nodig hebben om de werkwijze door te krijgen. Je ziet dit terug in de uitslagen van de workshops: de eerste keer dat mensen in aanraking komen met ons framework, scoort niemand dezelfde score als wij.

Een derde van de deelnemers heeft aangegeven dat het gepresenteerde framework (dat nog volop in ontwikkeling is) nu al kan helpen bij zijn/haar werkzaamheden. Op basis van waardevolle feedback van de deelnemers wordt het framework verder uitgewerkt. Meer dan 20 deelnemers hebben aangegeven graag bij te dragen aan de verdere ontwikkeling door echte cases aan te dragen en/of nieuwe versies van het framework uitvoerig te testen.