



ROBAMCI programma rapportage

Groeirapport geschreven tijdens het programma



ROBAMCI programma rapportage

Groeirapport geschreven tijdens het programma

Auteur(s)

Frank den Heijer

Partners

ARCADIS Nederland B.V.
Asset Insight B.V.
BZ Ingenieurs en Managers B.V.
Cenosco B.V.
Copernicos Groep B.V.
CMS Assetmanagement
DELTARES
Fugro GeoServices B.V.
Gemeente Almere
Gemeente Delfzijl
HKV Lijn in Water B.V.
Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier
Hoogheemraadschap van Rijnland
InTech B.V.
IV Infra B.V.
KYL B.V.
Partners4UrbanWater
Rijkswaterstaat
Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA)
Sweco
Stichting Flood Control IJkdijk
Target holding
TNO
TU Delft Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen
Volker Wessels Telecom Infra
Waterschap Brabantse Delta
Waterschap Hollandse Delta
Waterschap Noorderzijlvest
Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V.



ROBAMCI programma rapportage

Groeirapport geschreven tijdens het programma

Opdrachtgever	TKI Deltatechnologie p/a Vereniging van Waterbouwers
Contactpersoon	
Referenties	Samenwerkingsovereenkomst ROBAMCI fase 1, 2015. Samenwerkingsovereenkomst ROBAMCI fase 2, 2016. Samenwerkingsovereenkomst ROBAMCI fase 3, 2017. Samenwerkingsovereenkomst ROBAMCI fase 4, 2018.
Trefwoorden	Assetmanagement, Risico gestuurd beheer, water infrastructuur.

Documentgegevens

Versie	0.1
Datum	03-03-2020
Projectnummer	11201843-000
Document ID	11201843-000-ZWS-0018
Pagina's	129
Status	definitief

Auteurs(s)

	Frank den Heijer	

Doc. Versie	Auteur	Controle	Akkoord	Publicatie
0.1	Frank den Heijer 	Hans Korving 	Gerard Blom 	

Samenvatting

Publieke organisaties zorgen voor de fysieke infrastructuur in Nederland

Publieke organisaties leggen infrastructuur aan om bepaalde maatschappelijke functies te faciliteren en houden die in stand. Deze verantwoordelijkheid is samengevat onder de noemer asset management. De kern van asset management is het vinden en bewaren van de balans tussen de kwaliteit (service levels van functies en assets), de kwetsbaarheid (restrisico's bij functieverlies) en de kosten (aanleg, beheer en onderhoud). Naar schatting wordt in Nederland door RWS, waterschappen en gemeenten jaarlijks ongeveer 16 miljard Euro ingezet voor aanleg, beheer en onderhoud van landelijke, regionale en gemeentelijke (publieke) infrastructuur zoals wegen, dijken, kunstwerken, waterlopen, ondergrondse infrastructuur en waterzuivering. Daarvan wordt ca. 6 miljard besteed in de waterbouw en waterveiligheid.

De toenemende complexiteit vraagt om een systeemaanpak

De afwegingen om de balans tussen kwaliteit, kwetsbaarheid en kosten te bewaren worden steeds complexer in het besef dat de samenleving vraagt om transparante keuzes en verantwoording van belastinggelden, en dat de maatschappij verwacht dat verbeteringen en onderhoud over de sectoren heen wordt afgestemd. De complexiteit neemt toe naarmate er meer functies en beheerders onderdeel uitmaken van hetzelfde beslisvraagstuk. Dit speelt met name in de watersector. Bovendien staat Nederland aan de vooravond van het bereiken van de einde van de levensduur van een groot deel van het arsenaal aan infrastructuur: we spreken over grote vervangingsopgaven. Klimaatverandering, bodemdaling, maatschappelijke opgaven en nieuwe kennis zijn belangrijke aanjagers waarom beslissingen over aanleg, beheer en onderhoud van infrastructuur steeds meer worden onderbouwd met een systematische en systeem-georiënteerde aanpak.

ROBAMCI maakt een integrale afweging mogelijk

In het programma ROBAMCI is tussen 2015 en 2019 de toepassing van assetmanagement in de watersector verkend. In 4 fasen van ROBAMCI zijn 14 cases uitgevoerd met actuele beheervraagstukken. Verder is er een Framework of analysis opgezet, en zijn de voor de analyse benodigde software-tools ontwikkeld. Er zijn in totaal ca. 50 rapporten en papers geschreven. Tenslotte is een serious game gemaakt, gepubliceerd en een website opgezet waarop alle rapporten en de serious game beschikbaar zijn. ROBAMCI heeft het volgende opgeleverd:

- Een aanpak van anticiperend, systeemgericht en integraal asset management die kwantitatieve informatie biedt voor asset management beslissingen in de tijd
- Deze aanpak is getest op actuele beheervraagstukken. Hieruit blijkt dat de aanpak een meerwaarde levert op verschillende dimensies: prestaties (Kwaliteit), maatschappelijk risico (Kwetsbaarheid) en kosten.
- Samenwerking tussen overheid, markt en kennisinstellingen. In de uitvoering van de cases bleek dat alle drie de hoeken van de gouden driehoek vanuit hun eigen rol, kennis en ervaring meerwaarde leveren.

Een belangrijke bevinding uit ROBAMCI is dat door de schaal van het vraagstuk te vergroten (in ruimte, tijd, zoekrichtingen) nieuwe oplossingen binnen bereik komen. De schaal waarop prestaties, risico's en kosten worden geoptimaliseerd moet daarom nadrukkelijk worden opgevat als een vrijheidsgraad in plaats van als een gegeven.

ROBAMCI biedt handvatten om integraal, systeem-georiënteerd, risico-gebaseerd, anticiperend asset management in de watersector te kunnen uitvoeren.

De in het programma gevormde ambassadeursgroep gaf aan: 'ROBAMCI biedt inzicht en overzicht in kansen en bedreigingen van mogelijkheden om de toenemende complexiteit in infrastructurele ontwikkelingen in samenhang met/onder invloed van relevante maatschappelijke ontwikkelingen beheersbaar te houden voor/in Nederland. Inzicht bieden betekent nu risico's, prestaties en kosten berekenen voor assetmanagement vraagstukken in hun context.'

Transitie van de watersector

De kern van de transitie moet in de beheerorganisaties van de publieke infrastructuur plaatsvinden. ROBAMCI heeft met de voorbeelden en de ontwikkelde tools getoond dat deze transitie mogelijk is kan deze transitie faciliteren. De sector kan in risico-gebaseerd en systeem georiënteerd assetmanagement groeien door:

- Interventies te baseren op het in stand houden van *systeemfuncties* in plaats van uit te gaan van prestatie-eisen aan en in stand houden van individuele assets.
- Interventies *tijdig* te doen, zodat ze planmatig kunnen worden voorbereid en uitgelijnd of meegekoppeld met andere ingrepen, ook die van andere beheerders.
- Interventies te optimaliseren over het systeem/netwerk en over de levensduur, op basis van kennis over de *conditie* van de asset, het bijbehorend risico, en de *veroudering/verandering* ervan gedurende de levensduur.

Er is een masterplan nodig ten behoeve van de realisatie van de transitie in de sector. Daarin moeten inhoud en vorm verder worden uitgewerkt. Van belang is dat er een routekaart voor deze transitie wordt opgezet waaraan de voortgang is af te meten.

Referenties

www.robamci.nl

Over Deltares

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme innovaties, oplossingen en toepassingen voor mens, milieu en maatschappij. We richten ons voornamelijk op delta's, kustregio's en riviergebieden. Omdat het beheer van deze dichtbevolkte en kwetsbare gebieden complex is, werken we nauw samen met overheden, ondernemingen, kennisinstellingen en universiteiten in binnen- en buitenland. Ons motto is 'Enabling Delta Life'.

Als toegepast kennisinstituut zijn we succesvol wanneer onze kennis wordt verzilverd in en voor de samenleving. We stellen hoge eisen aan de kwaliteit van onze kennis en adviezen, rekening houdend met nieuwe wetenschappelijke inzichten, maar ook met de gevolgen die onze adviezen hebben voor milieu en samenleving.

Al onze opdrachten en projecten leveren een bijdrage aan het verstevigen van de kennisbasis. We kijken vanuit een lange termijn perspectief, naar bijdragen voor de oplossingen voor nu. Wij hechten zeer aan openheid en transparantie. Die houding is onder meer terug te zien in het vrij toegankelijk maken van de door Deltares ontwikkelde software en modellen. Open source werkt, is onze vaste overtuiging. Deltares heeft ruim 800 medewerkers en is gevestigd in Delft en Utrecht.

www.deltares.nl

Inhoud

	Samenvatting	4
1	Inleiding	9
1.1	Probleembeschrijving	9
1.2	Doel	11
1.3	Focus	12
1.4	Ambitie	12
1.5	Impact	12
1.6	Leeswijzer	13
2	Aanpak en organisatie	14
2.1	Aanpak op hoofdlijnen	14
2.2	Organisatie en samenwerking	15
2.3	Fasering op hoofdlijnen	16
2.4	Opzet werkpakketten	18
2.5	Aansturing, bemensing en financiering	18
3	Framework of Analysis	19
3.1	Aanleiding en aanpak	19
3.2	Resultaten fase 1	19
3.3	Ontwikkelingen fase 2	22
3.4	Ontwikkelingen fase 3	26
3.5	Ontwikkelingen fase 4	31
4	Cases	36
4.1	Rol van cases in ROBAMCI	36
4.2	Waterkering Noorderzijlvest – potentie van monitoring voor life cycle management	37
4.3	Gemaal IJmuiden – potentie van systeembenadering	39
4.4	Kust – handelen vanuit de zorg voor meerdere functies	42
4.5	Ondergrond – handelen vanuit meerdere functies en beheerders	43
4.6	Casus Baggeren waterlopen Hollandse Delta	46
4.7	Casus Zeehaventoegang Delfzijl	50
4.8	Casus Gerichte rioolreiniging DWA-riolen Almere	54
4.9	Casus Risico gebaseerde dijkverhogingen HHNK	58
4.10	Casus Risicogestuurd Inspecteren Oesterdam	61
4.11	Casus Risicogestuurd beheer bij vervuiling en zetting van hemelwaterriolen Almere	65
4.12	Regionale waterkering Alphen aan de Rijn	69
4.13	Inzet flexibele maatregelen in Oude Rijn gebied	72
4.14	Utopia de regenwaterriool vrije stad	77
4.15	Toekomstbestendige Mark – Dintel – Vliet boezem	83
5	Synthese en Business Case	89
5.1	Aanleiding en aanpak	89
5.2	Schatting omvang GWW sector (ROBAMCI fase 1 en 2)	90
5.3	Analyse kwantitatieve cases (ROBAMCI fase 2 en 3)	93
5.4	Leerpunten voor implementatie (ROBAMCI fase 3 en 4)	96
5.5	Conclusies	102
6	Kennisuitwisseling, Serious Games en Communicatie	103

6.1	Rol in programma	103
6.2	Resultaten fase 1	103
6.3	Resultaten fase 2 en 3	105
6.4	Resultaten fase 4	107
7	Conclusies en aanbevelingen	109
7.1	Eerste conclusies na fase 1	109
7.2	Boodschap in concept	109
7.3	Ambassadeursgroep uit de gouden driehoek	110
7.4	Conclusies na fase 4	110
7.4.1	Aanleiding	110
7.4.2	Tools en cases	111
7.4.3	Verdere implementatie	112
7.5	Aanbevelingen	113
A	Assetmanagement	115
A.1	Inleiding asset management	115
A.1.1	Asset management	115
A.1.2	Rollen en taken	115
B	Programmaorganisatie	117
B.1	Aansturing	117
B.2	Bemensing	117
C	Financiering	119
D	Framework en Rijkswaterstaat	121
E	Producten	126

1 Inleiding

1.1 Probleembeschrijving

Er liggen onbenutte kansen voor efficiency in de GWW-sector, omdat onvoldoende wordt ingezet op integraal en samenhangend beheer van de assets voor het in stand houden van functies in het publieke domein.

Systematisch risico-gebaseerd beheer van publieke assets in de Grond-, Weg- en Waterbouw-sector (GWW-sector), zoals dijken, kunstwerken, waterlopen en ondergrondse infrastructuur is minder ver ontwikkeld dan in veel andere sectoren. Daarmee blijven efficiencykansen onbenut. De (financiële) afwegingen en een efficiënte inpassing van infrastructuur worden steeds complexer. Beheerders binnen en buiten Nederland zijn zich in toenemende mate bewust van de noodzaak van een systematische en transparante aanpak om het systeem van assets en hun functies te beheren, en de ermee gemoeide uitgaven te verantwoorden.

Kennis over, ervaring met en data van assets zijn versnipperd. Er is weinig integrale focus in de governance en organisatie van het beheer van de functies van publieke assets, waardoor informatie, kennisontwikkeling en besluitvorming op verschillende niveaus elkaar onvoldoende versterken.

Naar schatting wordt in Nederland door RWS en Waterschappen jaarlijks ongeveer 16 Miljard Euro ingezet in landelijke, regionale en gemeentelijke (publieke) infrastructuur zoals wegen, waterwegen, rioleringen, waterzuivering en waterveiligheid, waarvan naar schatting 6 Miljard Euro in de natte sector (De Bel, 2019). In met name de industrie heeft asset management een sterkere ontwikkeling doorgemaakt dan in het publieke domein. Voor sommige sectoren van publieke assets, zoals wegen en waterzuiveringen, is de ontwikkeling verder dan andere types infrastructuur zoals voor waterkeringssystemen.

Asset management wordt al toegepast zolang er infrastructuur wordt gebouwd. Publieke organisaties hebben als doel om bepaalde maatschappelijke functies te faciliteren en leggen daartoe infrastructuur aan en houden die in stand. Daarmee is asset management van belang voor het realiseren van de doelstellingen van organisaties. Voor zowel private als publieke organisaties is de kern van asset management het vinden en bewaren van de balans tussen de kwaliteit (service levels van functies en assets), de kwetsbaarheid (de restrisico's bij functieverlies) en de kosten van aanleg, beheer en onderhoud.

Momenteel ontwikkelt asset management zich tot een vakgebied waarmee beslissingen over aanleg, beheer en onderhoud van infrastructuur worden onderbouwd met een systematische en systeem-georiënteerde aanpak, zie ook bijlage A voor een omschrijving van Assetmanagement. Er is een aantal trends zichtbaar die de urgentie aangeven van het implementeren van een systematische risk-based aanpak voor 'publieke assets'. Ze hebben betrekking op de *transparante en efficiënte* aanwending van de schaarse (financiële) middelen:

- Het minimaliseren van kosten bij gegeven normen, eisen of standaarden verschuift naar een zorgvuldige afweging op maat tussen kosten, kwaliteit en kwetsbaarheid.
- De aandacht verschuift van een focus op de kwaliteit van individuele assets zoals een sluis of een dijkvak, naar een focus op de kwaliteit / functionaliteit van een netwerk of asset portfolio.

- Er is ook een verschuiving zichtbaar van aandacht voor nieuwbouw naar aandacht voor de *gehele life cycle*, met speciale aandacht voor instandhouding en levensduurverlenging van bestaande assets. Risico's en kosten van maatregelen in de gehele levenscyclus worden beschouwd, evenals de meekoppel- en ontwikkelkansen.
- Ook organisatorisch worden kosten voor aanleg en onderhoud meer en meer verbonden via geïntegreerde contractvormen.
- Er zijn steeds meer (meet)gegevens beschikbaar en de mogelijkheden om met IT veel *informatie en ontwikkelingsscenario's* te genereren nemen toe. De lange termijn planning kan daarmee gebaseerd worden op een voorspelling van de veroudering.

De afwegingen om de balans tussen kosten, kwaliteit en kwetsbaarheid te bewaren worden in deze context steeds complexer. Er lijkt een groeiende marktbehoefte naar ondersteuning op het gebied van asset management door *kwantitatieve beslismodellen* die invulling geven aan besluitvorming onder onzekerheid. Risk Based Asset Management biedt een uitstekende en uniforme basis voor beslissingen over maatregelen in en onderhoud van de asset portfolio. Bij veel beheerders van publieke assets zijn werkgroepen asset management opgericht of in oprichting. De uitdaging is dat asset portfolio's vaak groot en divers zijn. Informatie management heeft daarom momenteel veel aandacht. Risico denken helpt beheerders omdat het een verband aanbrengt tussen het functioneren van hun asset portfolio en de kwetsbaarheid ervan.

Een specifiek onderdeel van het probleem bij 'public assets' zoals waterkeringen is dat het vaak alleen maar een kostenpost is in de begroting. De baten / inkomsten die met de assets worden gegenereerd bestaan vaak uit 'vermeden schade' en de baten liggen vaak bij derden. Daarom staan ze niet op de balans van de beheerder. Dit is een belangrijk verschil met de private sector.

Beheerders kunnen desondanks veel efficiency winnen met het implementeren van risk based asset management, omdat daarmee onderbouwd kosteneffectieve beslissingen kunnen worden genomen. Onder andere doordat:

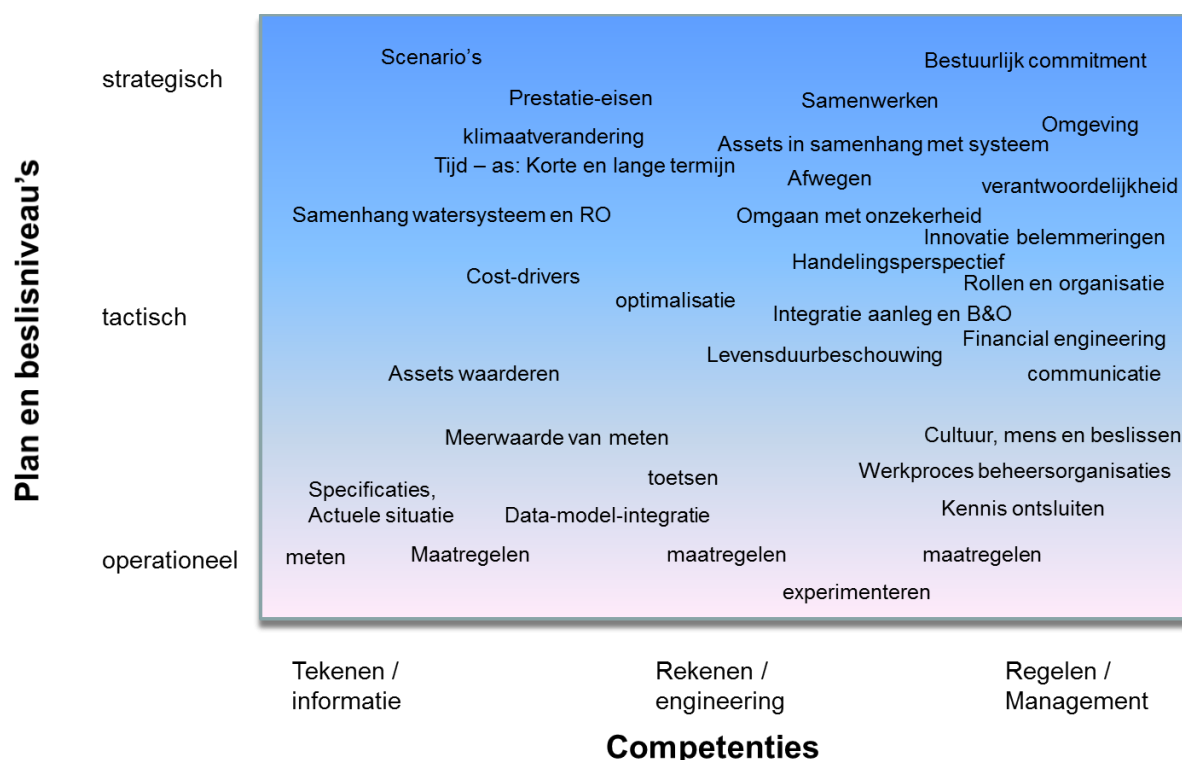
- Scherpere beeldvorming van de actuele toestand dure ad-hoc maatregelen voorkomt.
- Scherpere inschatting van de verouderingsprocessen in combinatie met monitoring tot verbeterde planning van aanleg en onderhoud, en waar mogelijk dus tot uitstel van investeringen leidt.
- Scherpere inschatting van kansen en risico's van innovatieve maatregelen de faalkosten in de levensduur verminderen.
- Optimalisatie van normen / service levels tot verminderde investering of tot vermeden gevolgen van functieverlies leidt.
- Optimalisatie van life-cycle-costs, planning en prioritering van maatregelen, ook over beheersgrenzen heen, de Total Cost of Ownership (TCO) verlaagt.
- Adaptatiestrategieën het beheer vanuit een lange termijnperspectief vormgeven om aan te sluiten op de onzekere toekomst.

Andere mogelijk belemmerende factoren zijn:

- Kennis en ervaring van en data over verschillende assets in de ketens of netwerken zijn vaak versnipperd zowel tussen als binnen verschillende organisaties.
- De focus van asset management is niet op alle beslisniveaus hetzelfde en de verschillende niveaus hebben ook behoefte aan verschillende 'soorten' informatie, zoals geïllustreerd in Figuur 1.1.

Afhankelijk van beslisniveau, managementniveau (competentie) en plaats in de 'gouden driehoek' kunnen stakeholders verschillende inzichten hebben over nut en noodzaak van asset management en de daarbij behorende informatiebehoefte en invloed op het beslisproces.

Risico gestuurd management van infrastructuur is een relatief nieuw begrip, voor publieke infrastructuur nog meer dan voor private. De uitdaging binnen ROBAMCI is om concrete invulling te geven aan risico gestuurd management voor publieke infrastructuur.



Figuur 1.1 Beeld van karakter en breedte van het veld asset management

1.2 Doel

Doel van het project is om kennis, methoden en tools te ontwikkelen en implementeren, waarmee ten eerste significante efficiencywinst kan worden bereikt over de levensduur van 'publieke assets', en ten tweede de transparantie van het beslisproces over aanleg, beheer en onderhoud en verbetering/vervanging wordt vergroot. De te bereiken efficiency zal geïllustreerd worden met een business estimate voor toepassing in de GWW-sector.

Subdoelen om dit te bereiken zijn:

- Hanteerbaar maken van complexe afwegingen over de functionaliteit en kwaliteit van het systeem en de daarin liggende assets m.b.v. informatie over risico's en kansen in relatie tot beslissingen over beheer.
- Vergroten van de transparantie van de beslismodellen en *best practices* voor de onderbouwing van beslissingen over de assetportfolio en het in stand houden ervan.
- Optimaal gebruiken en integreren van bestaande data en inspectietechnieken, en kennis en ervaring vanuit de verschillende stakeholders en sectoren.
- Opzetten van een business case om de efficiëntiewinst in de GWW-sector te illustreren.

- Ontwikkelen van tools om de impact van onzekerheden te integreren in het besluitvormingsproces, waardoor risicogebaseerde besluitvorming mogelijk wordt.
- Ontwikkelen van een serious game om de bewustwording in de sector t.a.v. risk-based asset management te stimuleren.

1.3 Focus

De focus van het programma is het *verbinden* van relevante data, kennis en praktijk ervaring, het *verbinden* van techniek, risico analyse en beslismodellen, het *comprimeren* van de veelheid aan informatie, en het *presenteren* ervan ten behoeve van risk informed decision making.

De verbinding is nodig om de complexe puzzel van het fysisch systeem, de risico analyse, econometrie, mogelijke scenario's, mogelijke maatregelen en beslismodellen te kunnen integreren tot een hanteerbaar concept: Risk and Opportunity Based Asset Management for Critical Infrastructures. Het presenteren van een zo veelzijdige opgave is een belangrijk aspect om draagvlak te creëren bij de verantwoordelijke bestuurders.

1.4 Ambitie

De ambitie bij de aanvang van het project was om in de GWW-sector 1 miljard Euro efficiencywinst te boeken op de (destijds geschatte) 10 -15 miljard Euro die jaarlijks in Nederland wordt besteed. Ongeveer een derde daarvan wordt besteed aan de natte infrastructuur voor waterveiligheid en watermanagement (Rijk, waterschappen en gemeenten). Ervaringen in andere sectoren laten efficiencywinsten zien tot 20% door het systematisch invoeren van systeemgericht en risicogebaseerd asset management. Mogelijk dat deze percentages voor de conservatieve waterbouwsector nog hoger kunnen zijn. De ambitie van een efficiencywinst van 1 miljard Euro per jaar is dan een voorzichtige schatting.

In de loop van het project is deze ambitie anders geformuleerd, omdat het hoofddoel van beheerders en bestuurders is om te komen tot een transparante afweging tussen kosten, prestaties en risico's, en niet het bereiken van een kostenbesparing, al zou dat wel een bijkomend voordeel zijn.

Daarnaast wordt getracht met dit project een krachtige verbinding te creëren tussen de verschillende elementen in de keten van data, informatie, begrip, handelingsperspectieven en bedrijfsvoering van de publieke kritieke infrastructuur. Om dit mogelijk te maken worden binnen ROBAMCI verschillende tools ontwikkeld.

1.5 Impact

In hoofdlijn levert het project significante impact op twee velden:

- **Efficiencyverbetering** door verminderen TCO (Total Cost of Ownership) bij een vastgestelde leveringszekerheid (service level). De kosten om deze leveringszekerheid te blijven bieden zullen naar verwachting flink kunnen toenemen door klimaatverandering en vervangingsopgaven van de infrastructuur van na de Tweede Wereldoorlog. Het gaat dus om een **relatieve vermindering van de TCO, ofwel minder meerkosten**. Gezien de resultaten in andere velden kan verwacht worden dat dit leidt tot een maatschappelijke kostenreductie van minimaal 1 miljard Euro per jaar op de totale investering van 16 miljard Euro per jaar in aanleg, beheer en onderhoud in de GWW-sector. Andersom geformuleerd wordt de kwaliteit van de assetportfolio verbeterd bij gelijkblijvend investeringsniveau omdat er efficiënter wordt gewerkt.

- **Uitwisseling van kennis en ervaringen** tussen de verschillende organisaties die actief zijn op het beheer van infrastructuur. Er wordt een kapstok geboden om te leren van ervaringen over de grenzen van de eigen organisatie heen om daarmee als Nederlandse GWW-sector een sterke positie internationaal te verwerven. Door deze samenwerking en de terugkoppeling naar de kennisagenda ontstaat een verbeterende basis voor transparant en efficiënt beheer van de asset portfolio.

1.6 Leeswijzer

Dit rapport is opgesteld als groeidocument. Het heeft de vorm van een eindrapport. Na afloop van elke fase zal het rapport verder worden aangevuld. Daarnaast worden de discussie en conclusies geactualiseerd. Deze versie van het rapport beschrijft de stand van zaken na afronding van fase 4.

De opzet komt overeen met eindrapporten van andere, grote onderzoeksprojecten. Het rapport start met de aanleiding en doelstelling en aanpak en organisatie in de eerste hoofdstukken. Daarna komen een aantal hoofdstukken met de resultaten per casus en per ontwikkelingslijn. Tenslotte volgt een aantal hoofdstukken met de Business estimate, de aanpak van de kennisverspreiding, de suggesties voor implementatie en conclusies en discussie. In de bijlagen is meer detailinformatie over het programma gegeven, inclusief de lijst met producten. Verwijzingen naar literatuurbronnen zijn in de achtergrondrapporten opgenomen. In dit rapport zijn alleen verwijzingen naar de achtergrondrapporten opgenomen.

2 Aanpak en organisatie

2.1 Aanpak op hoofdlijnen

De doelstelling van het programma is breed en uitdagend. Er is een aantal factoren dat van belang is voor een succesvol programma:

- Gebruik van ervaring binnen de sector, ervaring van andere sectoren, definities andere sectoren, ervaring in het buitenland.
- Verbinden en integreren van 3 kennis- en ervaringsvelden: techniek, risicoanalyse en econometrie.
- Toepassing van ontwikkelde kennis, methoden, tools en best practices op actuele vraagstukken, die spelen op verschillende schaalniveaus van ruimte en tijd.
- Zorgen voor flexibiliteit in de uitvoering zodat ingespeeld kan worden op resultaten.
- Aansluiting bij besluitvormingsprocessen in de praktijk.

Met een aantal duidelijke stuurlijnen voor de koers en kwaliteit wordt gezorgd dat deze factoren zo goed mogelijk worden ingevuld, dat er flexibel op bevindingen kan worden gereageerd en dat in een tijdsbestek van ongeveer 4 jaar een duidelijk resultaat kan worden behaald met voldoende draagvlak.

De stuurlijnen voor ROBAMCI zijn:

- **Samenwerking in de Gouden Driehoek.** Deze samenwerking leidt tot het gebruik van ervaringen in de gehele sector. In paragraaf 2.2 is de samenstelling en motivatie nader beschreven.
- **Cases uit de praktijk sturen de ontwikkeling.** De ruggengraat van het programma bestaat uit cases. Daarmee wordt in de praktijk van de beheerders inzichtelijk gemaakt welke methoden en technieken beschikbaar zijn om transparantie en efficiëntie te vergroten. Tevens wordt getoond welke mogelijkheden dat biedt voor de besluitvorming. De cases dekken gezamenlijk zo goed mogelijk de breedte van de GWW sector.
- **Ontwikkeling van tools parallel aan en gestuurd door de cases.** Het verbinden van de disciplines techniek, risicoanalyse en econometrie gebeurt vaak in kosten baten analyses voor beleidsvoorbereiding, dus op Strategisch niveau. Op Operationeel niveau gebeurt dit ook, bijvoorbeeld bij een vervangingsbesluit over een onderdeel/object, maar dan is de optimalisatie vrijheid vaak veel geringer. Op Tactisch niveau is het integreren van deze drie disciplines minder aan de orde, terwijl daar toch grote kansen liggen om te prioriteren in de ruimte en plannen in de tijd. Om deze complexe, met vele vrijheidsgraden omgeven opgave te kunnen invullen, is tooling nodig waarin de drie disciplines aan elkaar worden verbonden.
- **Connectie met en tussen beheerders.** Het programma wil een ontwikkeling in de publieke infrastructuur in gang zetten en is daarmee van en voor beheerders. Daarom is de verbinding met hen cruciaal. Tevens is het belangrijk dat beheerders ervaringen uitwisselen en nieuwe mogelijkheden voor cases aandragen. Om de connectie met de verschillende lagen van beheersorganisaties te vergroten wordt een Peer to Peer netwerk opgezet en worden serious games ontwikkeld.

- **Flexibele uitvoering.** Gedurende 4 cycli wordt een aantal case studies uitgevoerd. De synthese ervan geeft aan welke best practices, methoden en technieken vanuit de verschillende velden goed toepasbaar zijn en welke verder ontwikkeld of gegeneraliseerd moeten worden. Bij het zoeken naar nieuwe cases wordt hier rekening mee gehouden. Van belang is ook dat er voldoende verschillende beheerders betrokken zijn, van zowel rijk, waterschappen als gemeenten. Op basis van analyse per fase wordt bekeken in welke delen van de GWW sector nieuwe cases moeten worden gezocht en uitgevoerd om een voldoende betrouwbare business case te krijgen.

2.2 Organisatie en samenwerking

De betrokken partijen in dit project bestaan uit bedrijven, kennisinstellingen en overheden. Zie onderstaande Tabel 2.1 voor de deelnemers (in een of meer van de 4 fasen) van ROBAMCI.

Tabel 2.1. Betrokken partijen in ROBAMCI

Bedrijfsleven	Kennisinstellingen	Overheden / overig	Relevante Netwerken
Fugro Arcadis Witteveen+Bos Grontmij / SWECO Volker Wessels Telecom HKV IJin in Water BZIM Intech Target Holding Cenosco Kyl IV-Infra Copernicos Groep Partners4UrbanWater CMS Assetmanagement Asset Insight	Flood Control IJkdijk TU Delft (CiTG en TBM) TNO Deltares	Waterschappen en hoogheemraadschappen: - Hollands Noorderkwartier - Noorderzijvest - Hollandse Delta - HH van Rijnland - Brabantse Delta - Stichtse Rijnlanden STOWA Rijkswaterstaat - WVL - GPO Gemeenten - Almere - Delfzijl Mogelijke gebruikers: Waterschappen en Hoogheemraadschappen, gemeenten, HWBP, Rijkswaterstaat, Deltaprogramma, Consultants en aannemers	NGI- Platform Asset Man. RWS hoofdkennisveld AM, InfraQuest, Water Ontmoet Water IAMPRO Programma's RWS: SLA-PDS, HWBP, WBI, OI 2018, Multiwaterwerk, VNR

Partijen binnen de Gouden Driehoek hebben elk hun eigen inbreng t.a.v. het gebruik en bezit van data, praktijk ervaring en kennis. Geen van de betrokkenen is even sterk op alle drie de gebieden, maar gezamenlijk zijn zij dat wel. Samenwerking tussen de partners binnen dit project is aantrekkelijk om alle data, kennis en ervaring te kunnen bundelen en de verbinding tussen de schakels te kunnen verbeteren.

De motivatie om met elkaar als Gouden Driehoek samen te werken is gebaseerd op de wens om een integrale en samenhangende aanpak te kunnen ontwikkelen voor Risk and Opportunity Based Asset Management en deze in de praktijk toe te kunnen passen.

Deze benadering waarbij de kennis over, ervaring met en data van assets niet langer versnipperd zijn, levert ons een duurzaam concurrentievoordeel op. De bundeling van onze krachten levert meerwaarde op welke voldoet aan de behoeften van opdrachtgevers op dit gebied.

Daarnaast heeft elk van de drie hoeken van de gouden driehoek individueel voordeel van de samenwerking:

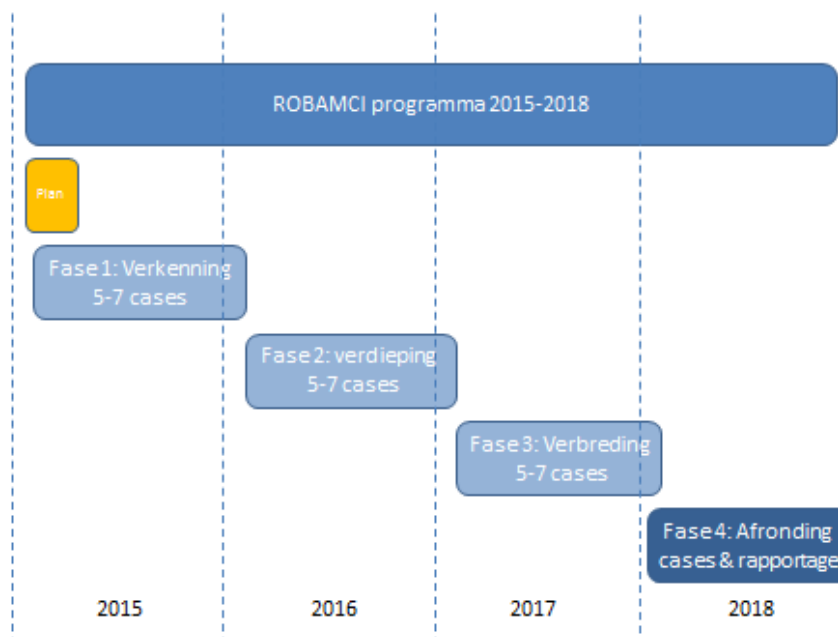
- **Overheid.** Een besparing op de maatschappelijke kosten is voor de overheid niet voldoende. Er ontstaat momenteel op diverse velden een enorme uitdaging doordat veel naoorlogse infrastructuur aan vernieuwing toe is door technische of functionele veroudering. Dit eist niet alleen teveel van de schaarse middelen in korte tijd, het vraagt tegelijkertijd veel inzicht in de effecten van keuzes op langere termijn. Ook zijn er belemmeringen door bijvoorbeeld regelgeving. Dit project biedt hulpmiddelen om dit inzicht te genereren en *best practices* om het handelingsperspectief te verkennen.
- **Kenniswereld.** De kenniswereld heeft praktijkervaringen nodig om de waarde van kennis en kennisleemtes in het beslisproces rond de GWW infra te kunnen inschatten, en hiermee keuzes te maken voor een kennis- en innovatieagenda die krachtig inspeelt op de behoefte aan een robuuste bedrijfsvoering van asset portfolio's. Daarnaast is internationale kennisuitwisseling waardevol voor andere partners in de driehoek.
- **Bedrijfsleven.** Het bedrijfsleven speelt met dit project in op de trend om DB, DBM, of DBFM contracten te maken, waarin (een deel van) de levensduur hun verantwoordelijkheid wordt. Zij kunnen met de ontwikkelde tools en kennis risico's beter inschatten en afdekken.

2.3 Fasering op hoofdlijnen

Het ROBAMCI project liep van zomer 2015 tot zomer 2019. Hierbinnen zijn vier fasen onderscheiden: Plan, Verkenning, Verdieping, Verbreding, Verbinding en Afronding (Figuur 1.2). Na de zomer 2019 is het eindsymposium voorbereid wat begin 2020 gepland staat.

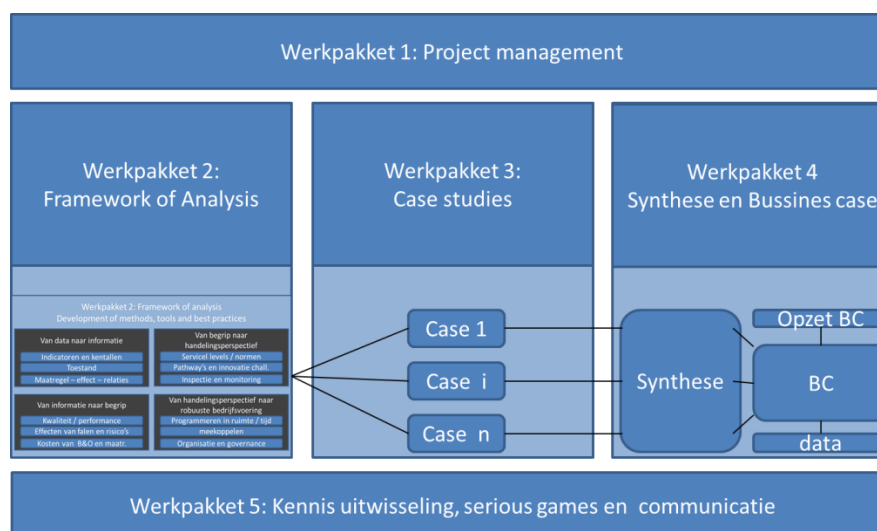
Fase 1 was gericht op Verkenning. Vervolgens komt in fase 2 Verdieping en Verbreding aan bod. In fase 3 heeft Verbinding, dus onderlinge samenhang, centraal gestaan naast verdere Verdieping en Verbreding. Het verbinden van de cases door middel van de generieke werkpakketten om zo de boodschap van ROBAMCI voor de GWW sector te kunnen onderbouwen. In fase 4 was het gezamenlijke doel de meerwaarde van ROBAMCI aan te tonen en te zorgen dat die meerwaarde goed gecommuniceerd kan worden naar de beheerders van publieke assets.

Gedurende het gehele programma wordt een aantal activiteiten parallel aan de case studies uitgevoerd. Het gaat om (internationale) praktijk en literatuur van verschillende sectoren, de ontwikkeling van een framework of analysis, serious games die de besliscontext inzichtelijk maken, en een open netwerk voor Peer tot Peer uitwisseling van ervaringen.



Figuur 1.2. Aanpak programma en fasering op hoofdlijnen.

In fase 1 t/m 4 is parallel gewerkt in vijf werkpakketten (zie Figuur 1.3). Elk werkpakket levert zijn eigen bijdrage aan het eindresultaat van ROBAMCI. De lijn in de werkpakketten is als volgt. In werkpakket 2 zijn nieuwe tools (Probabilistische Tool Kit en Informatie Kwaliteits Model) ontwikkeld voor besluitvorming over asset management. Deze tools zijn binnen werkpakket 3 toegepast op een aantal praktijkcases. De resultaten zijn samengebracht tot een business case in werkpakket 4. Werkpakket 5 droeg zorg voor de communicatie van dit samenhangende geheel aan resultaten op een toegankelijke manier. Hiervoor is onder andere een serious game ontwikkeld. Werkpakket 1 is overkoepelend en bedoeld om de samenhang tussen de andere werkpakketten te bewaken.



Figuur 1.3. Opzet van de werkpakketten van ROBAMCI.

2.4 Opzet werkpakketten

Onderstaand wordt de inhoud van de verschillende werkpakketten kort toegelicht.

Werkpakket 1: Projectmanagement. Coördinatie van het project en tussen de verschillende partners. Bewaken van de samenhang tussen de werkpakketten onderling.

Werkpakket 2: Framework of Analysis. Samenhangend raamwerk van kennis, methoden, tools en best practices voor het voorbereiden van beslissingen op strategisch, tactisch en operationeel niveau, toepasbaar voor infrastructuur in beheer van de overheid.

Werkpakket 3: Case studies. Aan de hand van praktijkcases testen van toepasbaarheid van ontwikkelde asset management tools en identificeren van (toekomstige) ontwikkelbehoefte voor tools.

Werkpakket 4: Synthese en business case, in de loop van het project hernoemd tot Business Estimate. Synthese van de cases, en het opstellen van de business case voor de GWW-sector als geheel. Samenbrengen van de resultaten van de cases geeft invulling aan de boodschap van ROBAMCI t.a.v. efficiencywinst in de GWW sector.

Werkpakket 5: Kennisuitwisseling, communicatie en serious game. Faciliteren van een netwerk van kennisuitwisseling en brede bewustwording van de potentie van asset management in de GWW-sector. Voor de communicatie van de meerwaarde en boodschap van ROBAMCI en het vergroten van de bewustwording in de GWW sector t.a.v. asset management zijn o.m. een serious game en een website ontwikkeld.

2.5 Aansturing, bemensing en financiering

In Bijlage B is de interne organisatie van het programma beschreven, zowel de aansturing als de bemensing. In bijlage C is de financiering samengevat.

3 Framework of Analysis

3.1 Aanleiding en aanpak

Een van de grondgedachten achter ROBAMCI is dat veel asset en lifecycle management vraagstukken in de grond hetzelfde zijn, maar dat de toepassing kan verschillen. Doel van het programma is daarom het ontwikkelen van een generiek en samenhangend raamwerk van kennis, methoden, tools en best practices voor het voorbereiden van beslissingen op strategisch, tactisch en operationeel niveau dat toepasbaar is voor infrastructuur in beheer van de overheid.

Uit de literatuur blijkt dat in veel toepassingsgebieden aan asset management wordt gedaan, maar dit gebeurt vaak zonder het concreet te benoemen. In dit laatste schuilt ook een veelvoorkomend probleem: hoewel vaak een groot deel van de fasen van de levenscyclus op de een of andere manier aan bod komen, gebeurt dit niet op een integrale en systematische manier. Dit komt mogelijk doordat actoren veelal maar voor een deel van het proces verantwoordelijk zijn, bijvoorbeeld voor een ontwerpfase, en onvoldoende communiceren en/of niet de juiste informatie uitwisselen met de verantwoordelijke actoren uit andere fasen.

In werkpakket 2 'Framework of Analysis' is een generieke aanpak voor onderbouwing van beslissingen opgesteld die bruikbaar is voor de verschillende case studies binnen het ROBAMCI-project. Er is een algemeen raamwerk ontwikkeld, waarmee cases kunnen worden gestructureerd en besluitvorming over asset management kwantitatief kan worden onderbouwd.

De ontwikkeling van het framework is een iteratief proces, waarbij voortdurend terugkoppeling vanuit cases gebruikt is om inhoudelijk verder aan te scherpen. Hierbij is het dus zaak om de overeenkomsten tussen cases goed te kunnen herkennen en gebruiken, zodat ervaringen uit het ene toepassingsgebied benut kunnen worden in een andere toepassing. Op deze manier is gedurende het project een framework ontwikkeld dat aansluit op de beheerpraktijk en aan de diversiteit van publieke organisaties. Zo kan sturen op prestaties, risico's en kosten praktisch hanteerbaar worden gemaakt, los van de precieze organisatorische context.

Uitgangspunt is dat het te ontwikkelen framework is ingestoken vanuit de inhoudelijke kant, en niet vanuit het proces, wat vaak gebruikelijk is. Reden hiervoor is dat processen vaak beheerdersafhankelijk zijn. Het doel van ROBAMCI is juist om methoden te ontwikkelen die beheerderonafhankelijk zijn. Daarmee verbindt ROBAMCI twee elementen die tot de directe verantwoordelijkheid van beheerders van infrastructuur behoren: de data die de toestand van de infrastructuur en het systeem beschrijven, en de te nemen beslissingen over onderhoud en ontwikkeling van die infrastructuur en het systeem.

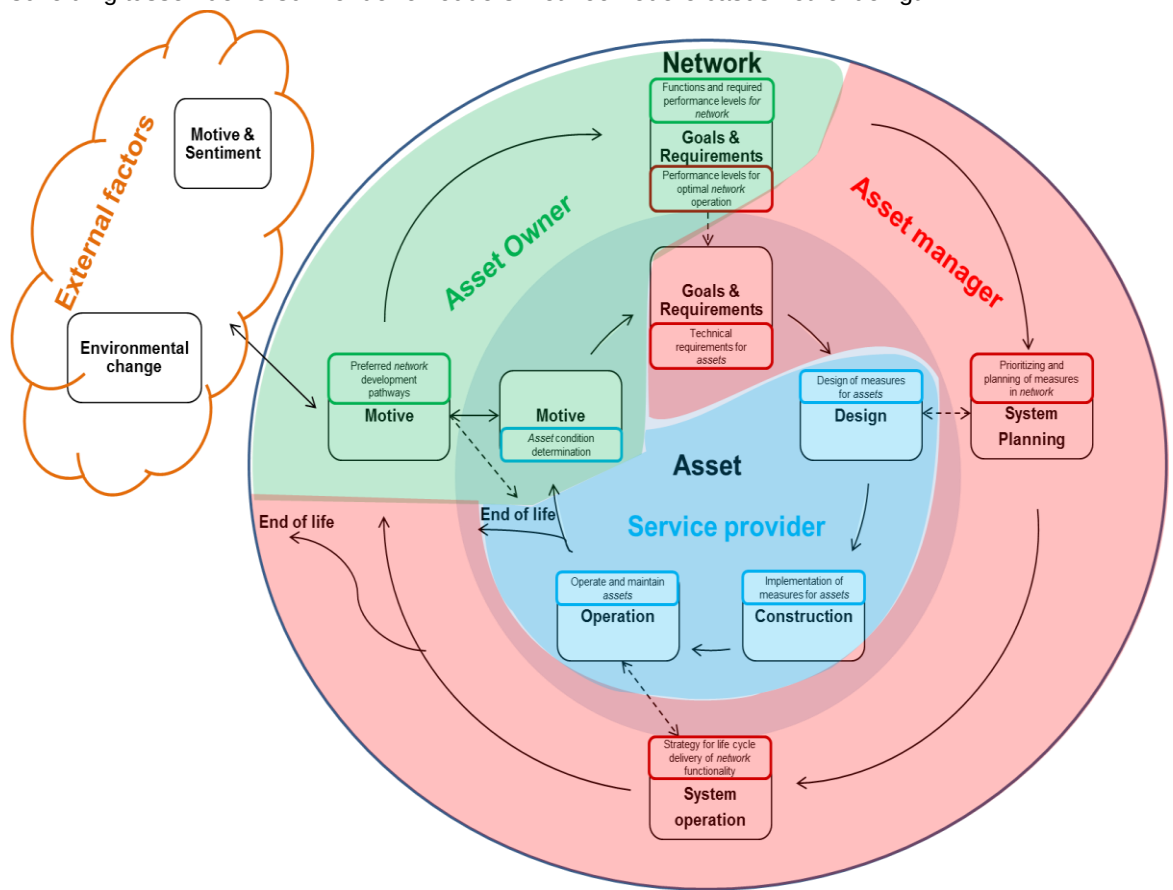
3.2 Resultaten fase 1

In fase 1 is het framework voor ROBAMCI ontwikkeld. Dit framework bestaat uit 3 hoofdonderdelen, die gezamenlijk handen en voeten moeten geven aan de verbinding tussen de data en de beslissingen:

- Processchema voor Life cycle management (LCM)
- Informatiekwaliteitsmodel (IKM)
- Blauwdruk voor kwantitatieve onderbouwing van LCM

Het eerste onderdeel is een processchema voor lifecycle management. In dit schema worden de verschillende fasen van de levenscyclus, die nu vaak nog afzonderlijk beschouwd worden, geïntegreerd.

Er is een verband gelegd tussen asset management van netwerken en individuele assets/objecten, en de verschillende rolhouders (asset eigenaar, asset manager en service provider) die in de levenscyclus een rol spelen, zie Figuur 3.1. Opgemerkt moet worden dat de scheiding tussen de verschillende rolhouders niet voor iedere casus hetzelfde ligt.



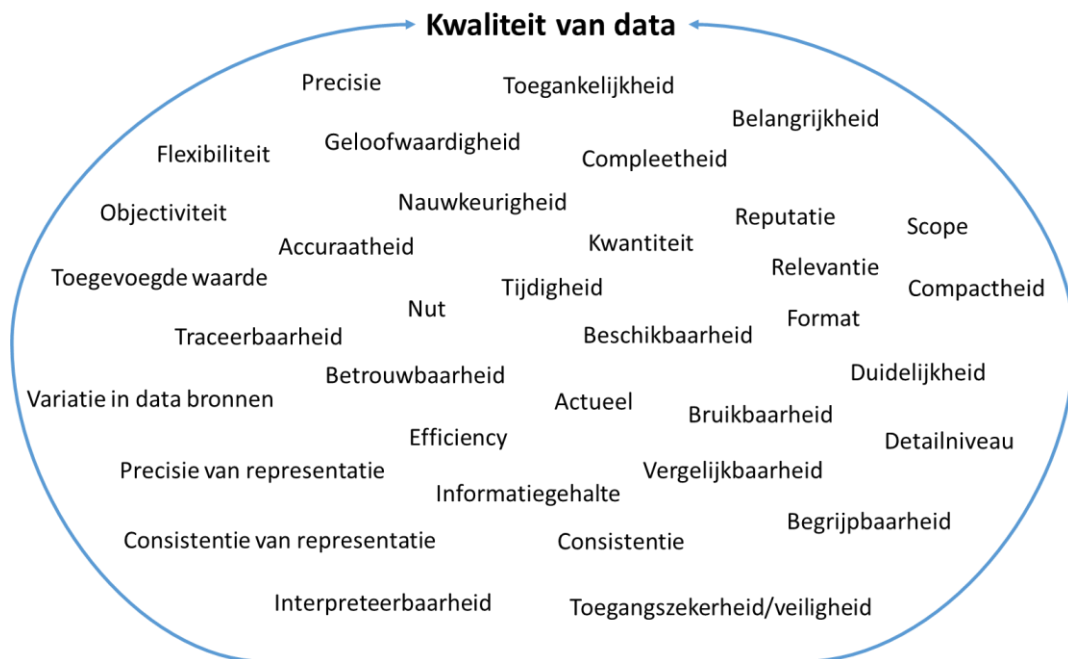
Figuur 3.1. Processchema voor lifecycle management van infrastructuur.

Cruciaal in de implementatie van dit framework is de relatie tussen de verschillende fasen in de levenscyclus en met name de uitwisseling van informatie tussen deze fasen, uit de literatuur blijkt dat deze uitwisseling vaak mis gaat.

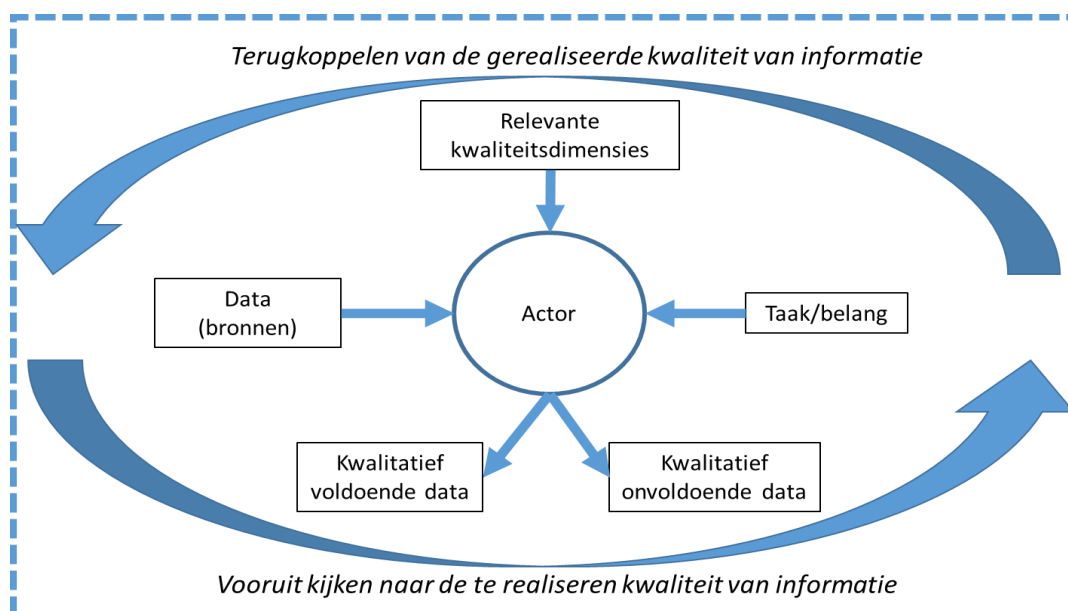
Daarom is als tweede onderdeel van het framework is een model ontwikkeld voor het definiëren van kwaliteitseisen voor informatie en het toetsen van informatiekwaliteit, het Informatie KwaliteitsModel, IKM).

Het informatiekwaliteitsmodel is conceptueel uitgewerkt en heeft een plaats gekregen binnen het kader van asset management en lifecycle management. Dit model kan dienen om de term 'data op orde', die vaak in relatie tot lifecycle management gebruikt wordt handen en voeten te geven.

Figuur 3.2 geeft een beeld van de verschillende dimensies van datakwaliteit. Deze zijn te ordenen en toe te kennen aan verschillende fasen van de levenscyclus en verschillende beslisvraagstukken. Dit model kan bijdragen aan het beter integreren van verschillende fasen in de levenscyclus. In Figuur 3.3 is een algemeen processchema voor het beoordelen van informatiekwaliteit weergegeven.



Figuur 3.2. Kwaliteitsdimensies van data



Figuur 3.3. Processchema voor het beoordelen van datakwaliteit

Het derde onderdeel van het framework is een blauwdruk hoe lifecycle Management (LCM) kwantitatief ondersteund kan worden. Dit is erop gericht om tools en modellen, die veelal al beschikbaar zijn, geïntegreerd inzetbaar te maken in een lifecycle management context. In Figuur 3.4 is hier een eerste beeld van gegeven.

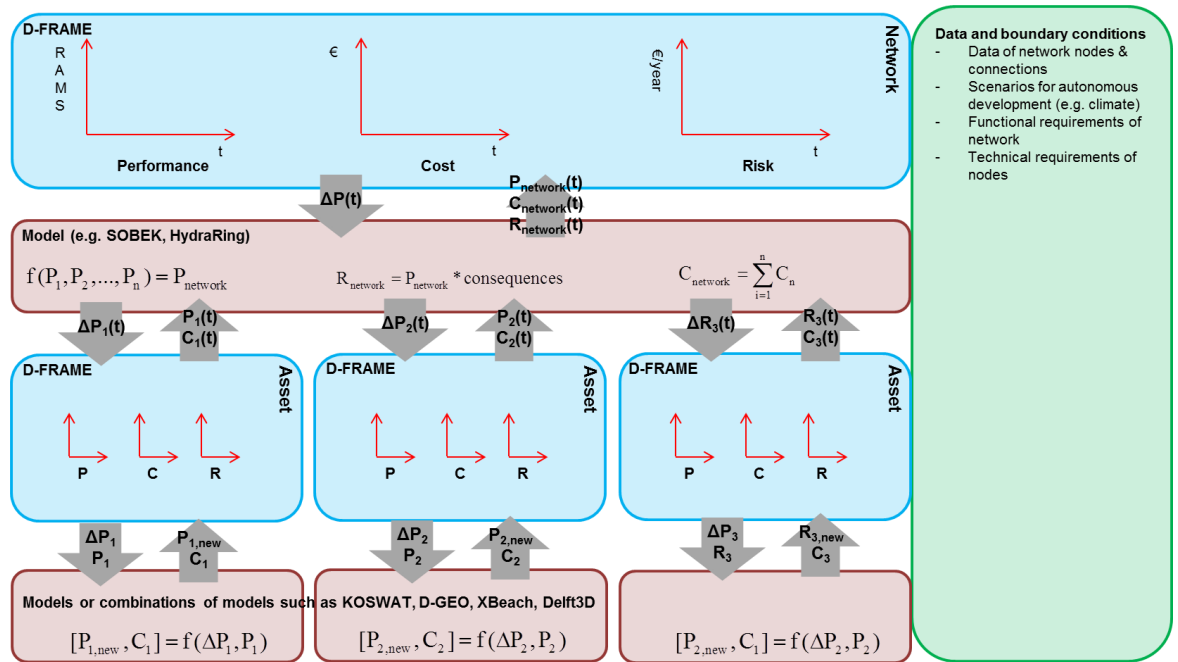
Belangrijke element van deze blauwdruk is dat de indicatoren voor alle vraagstukken dezelfde zijn: prestaties, kosten en risico's. Verder is belangrijk dat de vraagstukken over de gehele levenscyclus worden bekeken. Dus voor alle indicatoren geldt dat de ontwikkeling in de tijd van belang is.

De blauwdruk beschrijft in hoofdlijn uit de integratie van drie analyse:

- de technische toestand van infrastructuur of systeem, en de veroudering;
- de risicoanalyse over de levenscyclus;
- en de econometrische analyse.

De manier waarop dit wordt ingevuld en het gebruik van het IKM als ingang voor deze LCM-analyses is een doel in de volgende fasen.

Lifecycle analysis of network using D-FRAME



Figuur 3.4. Voorbeeld opzet life cycle management tool.

De drie onderdelen van het framework zullen in de volgende fasen van ROBAMCI als onderdeel van de case studies verder verbeterd en ingevuld worden. In bijlage D is een notitie opgenomen waarin beschreven wordt hoe het framework aansluit bij lifecycle management processen bij beheerders/RWS.

3.3 Ontwikkelingen fase 2

In fase 2 zijn zowel het informatiekwaliteitsmodel als de ROBAMCI tools verder ontwikkeld. De tools zijn in een drietal cases toegepast, waarbij zoals verwacht voordeel behaald is door de generieke opzet. In de casus baggeren is het IKM toegepast, maar dit was niet erg succesvol. De oorzaak is dat de beschikbare data vrij snel werd geclassificeerd als onvoldoende van kwaliteit. Daarom zal in het vervolg van ROBAMCI meer gefocust worden op het raadplegen van experts om informatie in te winnen, aangezien te verwachten is dat dit bij meer toekomstige cases het geval zal zijn.

In fase 2 van ROBAMCI is de ontwikkeling van het Framework of Analysis voortgezet. Waar in fase 1 de focus lag op verkennen, resulterend in een literatuurstudie en een globale opzet voor het conceptueel kader is in fase 2 de focus gelegd op verdiepen en met name ook toepassen van het framework.

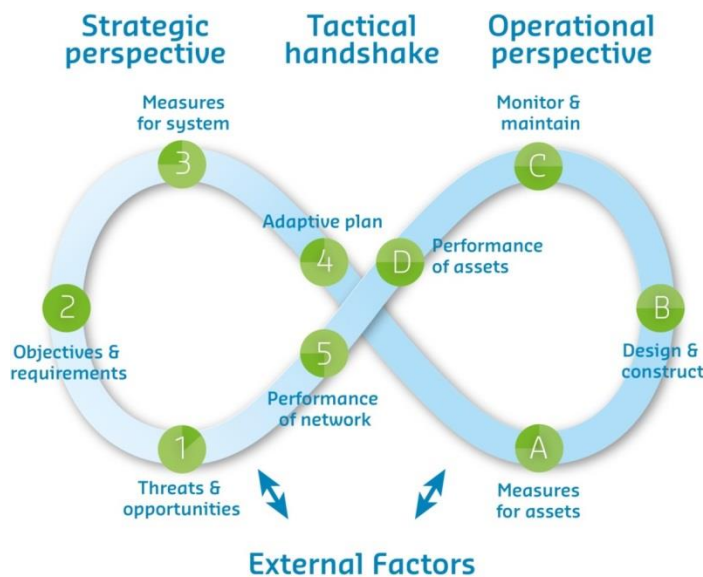
De hoofdactiviteiten van fase 2 zijn:

- Ontwikkelen van de ROBAMCI tools, en toepassing in cases.
- Ontwikkelen van het Informatiekwaliteitsmodel en toepassen in 1 van de cases.
- Aanscherpen van het framework.

Daarnaast is in de plannen van alle cases zoveel mogelijk gepoogd het framework te volgen en de rekentools in te zetten.

Generiek raamwerk

Het conceptuele kader is (met name) op basis van literatuuronderzoek ontwikkeld in fase 1 van ROBAMCI. Dit kader is afdoende om de cases te positioneren en daarom is er niet veel extra aan ontwikkeld. Noemenswaardig om te melden is dat binnen het EU-project FAIR een vergelijkbaar schema is ontwikkeld (zie figuur 3.5). Het schema van FAIR is specifiek gericht op (systemen van) waterkeringen, maar bevat veel van dezelfde ingrediënten en stappen.



Figuur 3.5. Framework zoals ontwikkeld binnen EU Interreg FAIR. Zie voor meer informatie:

www.northsearegion.eu/fair/

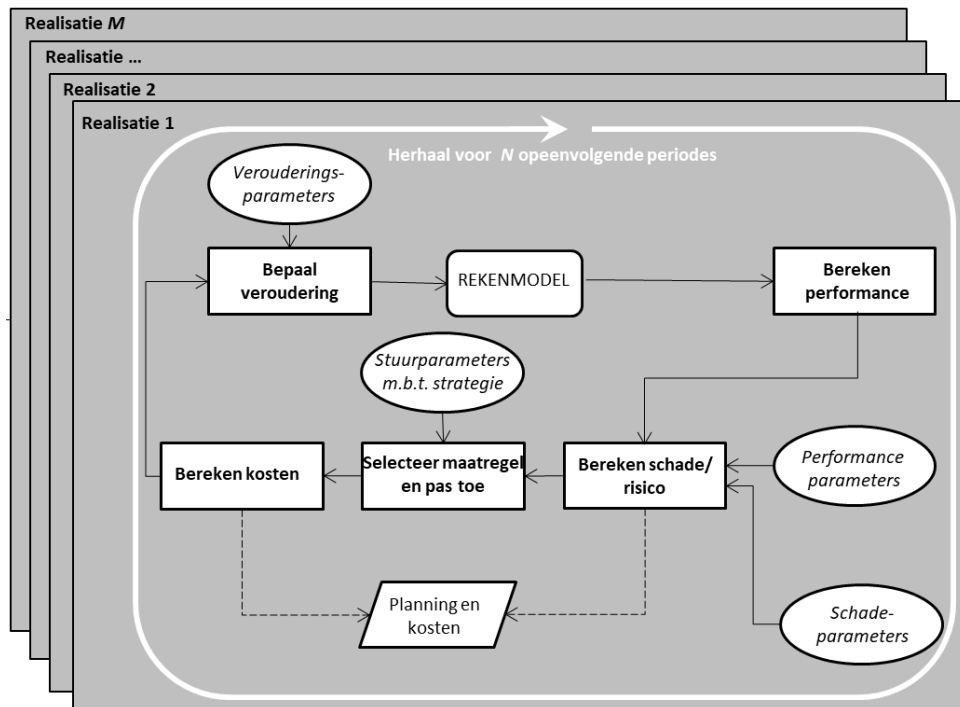
ROBAMCI tools in fase 2

Het tweede onderdeel van het framework is het opzetten van een toolbox met generieke tools om vraagstukken met betrekking tot asset management kwantitatief te analyseren en besluitvorming te onderbouwen. In fase 1 is daarvoor een schematisch ontwerp gemaakt. In fase 2 zijn de ROBAMCI tools ontwikkeld en toegepast op 3 cases:

- Risicogestuurd rioolbeheer.
- risicogestuurd baggeren.
- LCC gebaseerd beheren van regionale waterkeringen.

Als basis voor de ROBAMCI tools is de Probabilistic Toolkit (PTK) gebruikt. De PTK is een applicatie waarmee faalkansen kunnen worden berekend van constructies of systemen. Specifieke kracht van de PTK is dat probabilistische technieken makkelijk kunnen worden gebruikt in combinatie met een grenstostandsfunctie die wordt beschreven door Eindige Elementen Modellen (EEM), bijvoorbeeld hydrologische of geotechnische rekenmodellen. De PTK bevat al technieken voor probabilistische berekeningen, en is ingericht op het eenvoudig maken en toevoegen van adapters voor nieuwe typen EEM modellen.

De ontwikkeling is gedaan aan de hand van de case studie risicogestuurd baggeren. Aan de hand van het schema uit figuur 3.6 is invulling gegeven aan de methodiek.



Figuur 3.6. Opzet methodiek ROBAMCI tools fase 2

Tot op heden was het enkel mogelijk om aan de hand van kansverdelingen en een grenstoestandsfunctie (met daarin bijv. een analytische functie, of tabellen gebaseerd op een vooraf te draaien EEM-model) een momentane faalkans van een systeem te bepalen. Voor een asset management analyse is echter meer nodig, zo zijn de blokken veroudering, (beheers)kosten en risico toegevoegd. De gele blokken horen tot de Probabilistic Toolkit.

Onderstaand worden de verschillende onderdelen van de ROBAMCI tools die zijn ontwikkeld in fase (1 en) 2 kort omschreven:

- Invoer
 - Bedrijfswaarden: bedrijfswaarden zijn de voor een beheerder belangrijkste waarden aan de hand waarvan hij een strategie en zijn prestaties beoordeelt. Deze bedrijfswaarden kunnen worden ingevoerd/gekozen aan de hand van in- en uitvoerparameters van het model.
 - Kansen: Aan de hand van een aantal events of kansverdelingen van de randvoorwaarden kan het model gedraaid worden.
- PTK
 - Model: het model, in veel cases een SOBEK-model, wordt gebruikt om de systeemprestaties te berekenen. Deze is op generieke wijze gekoppeld aan de ROBAMCI tools. Belangrijk onderdeel gedurende de ontwikkeling was dat een SOBEK model vaak uit honderden knopen en takken bestaat, wat het toekennen en wijzigen van waarden aan variabelen omslachtig maakt. En dit is nodig als er een strategie moet worden ingebracht of gewijzigd.

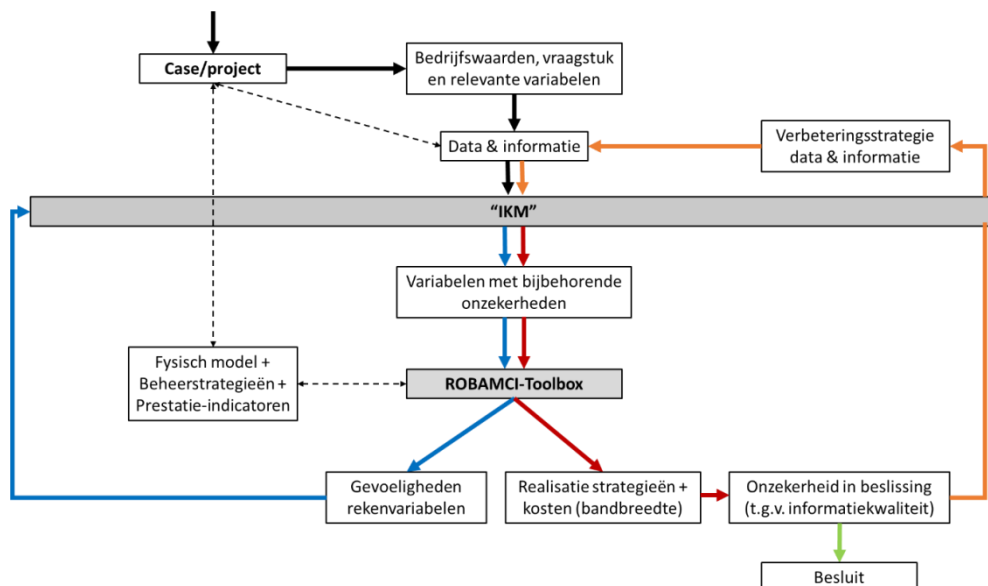
- Veroudering: Een belangrijke aanpassing is dat de Probabilistic Toolkit in een 'loop' kan worden gedraaid. Hiermee kan een verloop van meerdere jaren worden doorgerekend. Door het sequentieel draaien van modellen kan eerst veroudering worden berekend, en vervolgens het effect op de prestatie (bijv. op basis van een SOBEK-model). In principe kan ieder willekeurig verouderingsmodel worden geïmplementeerd.
- Scripting/Beheertool
 - Beheerstrategie: De beheerstrategie omvat alle mogelijke ingrepen die als onderdeel van een strategie kunnen worden gedaan. Deze kunnen verschillende vormen hebben:
 - tijdsgebonden: bijv. "als t=5 voer actie X uit."
 - conditioneel op de prestatie: bijv. "als Pf>0.1 voer actie Y uit."
 - conditioneel op een modelparameter: bijv. "als diepte op punt Sloot16_3.2km < 0.2 voer actie Z uit."

De beheerstrategie wordt uitgevoerd met behulp van een aparte module omdat deze niet in de generieke structuur van de PTK past. In een later stadium kan mogelijk functionaliteit die wel generiek is worden opgenomen in de ROBAMI tools.
 - Schadefuncties en schade: om een risico te berekenen moeten ook schadefuncties worden toegevoegd, deze relateren modeluitvoer aan schade. Deze schade kan vervolgens worden berekend om zo samen met de ingevoerde kansen tot een risico te komen.
- Uitvoer
 - Beheerskosten: aan de hand van de uitgevoerde strategie en de genomen maatregelen worden beheerskosten berekend, dit is onderdeel van de Beheer Tool.
 - Risico: aan de hand van de schadeberekening en de ingevoerde kansen wordt een jaarlijks risico berekend.
 - Prestaties: ook kunnen diverse prestatie-indicatoren zoals faalkansen worden afgeleid uit de modelresultaten.

Informatiekwaliteitsmodel in fase 2

In fase 1 is een inventarisatie gemaakt van de verschillende dimensies van informatiekwaliteit en is een start gemaakt met de ontwikkeling van een 'Informatiekwaliteitsmodel' (IKM). Er was bij afronding van die fase een literatuurstudie uitgevoerd met als resultaat een modelconcept. Er was nog geen sprake van een uitgewerkt model, concrete tools of een werkvorm. Ook heeft er in de eerste fase nog geen toepassing op praktische cases plaatsgevonden.

In fase 2 is het conceptmodel van fase 1 doorontwikkeld naar een uitgewerkt proces(schema) dat in combinatie met de ROBAMCI tools in praktische cases kan worden toegepast. De nodige aandacht is besteed aan het positioneren van het IKM binnen ROBAMCI-casussen en het verbinden van het IKM met de ROBAMCI tools. Uiteindelijk is het IKM gebruikt als een hulpmiddel om spreiding en onzekerheden in inputvariabelen van een fysisch model te kwalificeren en te kwantificeren als stochastische invoer. De ROBAMCI tools kan een fysisch model hiermee probabilistisch doorrekenen. De inbedding van het IKM is weergegeven in figuur 3.7.



Figuur 3.7. Positionering van het IKM binnen cases en projecten

In de praktijk zijn er grofweg 3 paden waarmee dit proces wordt doorlopen:

- Van case naar besluit



Bij dit pad wordt data en informatie beoordeeld met het IKM, vervolgens gebruikt in de ROBAMCI tools, nader aangescherpt en vervolgens leidt deze tot een beslissing voor een assetmanagement vraagstuk.

- Van case naar aanscherping



In dit pad wordt de data en informatie direct als onvoldoende voor het besluit beoordeeld, deze moet eerst nader worden aangescherpt.

- Van case naar handelingsperspectief



In dit pad wordt data en informatie gebruikt als input voor een gevoeligheidsanalyse. Vervolgens kan aan de hand van de grootste gevoeligheden een handelingsperspectief worden afgeleid voor het inwinnen van waardevolle informatie.

Als ondersteuning voor het IKM zijn verschillende instrumenten ontwikkeld die de beoordeling van kwaliteit van data en informatie ondersteunen.

3.4 Ontwikkelingen fase 3

Ook in fase 3 zijn de ROBAMCI tools verder ontwikkeld. De focus lag op het generieker maken van de tools en het vereenvoudigen van het gebruik d.m.v. een gebruikersinterface voor gegevensinvoer. Daarnaast is het IKM verbeterd en concreter ingevuld dan in fase 2. Aan de hand van de ervaringen met de tools in fase 3 is een ontwerp gemaakt van het eindproduct.

Generiek raamwerk

In fase 3 is het conceptuele raamwerk opnieuw niet aangepast. Er is ook niet expliciet getoetst of het nog aansluit op de uitgevoerde cases in fase 2 en 3. Plan is om deze toets in fase 4 wel te doen.

ROBAMCI tools in fase 3

De grote uitdaging is om aan het eind van de rit een set generieke tools te hebben die ons helpen bij het oplossen van de diverse AM vraagstukken uit de GWW sector. Daarom zijn bij de start van fase 3 specificaties opgesteld waaraan de eindproducten van het framework of analysis moeten voldoen.

In de eerste plaats om zijn de nieuwe cases gekoppeld aan de ROBAMCI tools. Waar nodig zijn 'stekkers' gemaakt om deze cases te laten aansluiten op de tools. Enkele onderdelen uit de ROBAMCI tools die nog case-specifiek waren opgezet voor de cases uit fase 2 zijn voorzover mogelijk generieker gemaakt. Dit is gedaan aan de hand van de eisen en wensen vanuit de cases in fase 3. Om de ROBAMCI tools operationeel te houden voor de cases in fase 3 zijn bugs verholpen en kleine verbeteringen doorgevoerd in de software code.

De ROBAMCI tools zijn op het onderdeel PTK (Probabilistische Toolkit) op verschillende facetten uitgebreid (o.a. tijd-as in risicobepaling en interventies in systeemtoestand tijdens berekening). Ook is een generieke schil gebouwd waarop nieuwe cases kunnen aansluiten. In principe kunnen alle numerieke modellen worden aangesloten. De aansluiting vindt op twee manieren plaats, namelijk de aansluiting van de invoer- en uitvoergegevens en de aansluiting van het rekenmodel.

In fase 3 is de gebruiksvriendelijkheid verbeterd aan de hand van gebruikerservaringen. De focus lag hierbij op een handige manier om gegevens over het netwerk of object te kunnen invoeren in de ROBAMCI tools.

Voor de gebruikersinterface is een Proof of concept ontwikkeld voor de case 'Vervuiling riolering Almere' uit fase 2. Omdat de wensen voor gegevensinvoer zeer case specifiek kunnen zijn, is gekozen voor een oplossing waarbij het netwerk of object eenvoudig geëxporteerd kan worden naar QGIS. Vervolgend kunnen in QGIS selecties gemaakt worden en kenmerken (bijv. verouderingssnelheden) toegevoegd worden om die daarna weer te exporteren naar de ROBAMCI tools.

De ROBAMCI tools zijn in fase 3 toegepast voor de volgende cases:

- Risico-gestuurd beheer bij vervuiling en zetting van hemelwaterriolen;
- Risico-gestuurd inspecteren voor de Oesterdam;
- Regionale waterkering Rijnland (met verschillende functies en beheerders).

Informatiekwaliteitsmodel in fase 3

Het kwantitatief onderbouwen van besluitvorming t.a.v. asset management wordt vaak gebaseerd op informatie afkomstig uit data. Een goed onderbouwde beslissing vereist kwalitatief goede data. Het Informatie Kwaliteitsmodel (IKM) is ontwikkeld om te kunnen beoordelen of de data van voldoende kwaliteit is om een onderbouwde beslissing op te baseren. Met behulp van het IKM willen we het effect laten zien van verschillen in informatiebeschikbaarheid en kwaliteit op de besluitvorming rondom asset management.

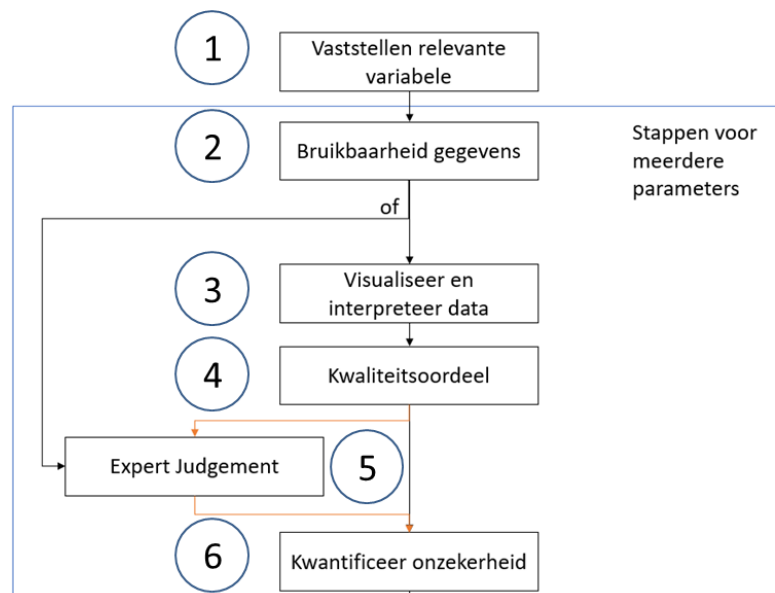
In fase 3 is het IKM verder ontwikkeld aan de hand van ervaringen uit de cases en is getracht het IKM gebruiksvriendelijker te maken.

Als startpunt van de ontwikkeling van het IKM in fase 3 is een set vragen opgesteld waarop met behulp van het IKM zo objectief mogelijk antwoord gegeven moet kunnen worden:

- Helpt monitoring bij de besluitvorming over een AM vraagstuk?
- Wat zijn de belangrijkste stochasten voor het gemodelleerde systeemgedrag?
- Is er voldoende data beschikbaar om het vraagstuk te beantwoorden?
- Welke gegevens moeten aanvullend verzameld worden?
- Welke kwaliteit van data is vereist voor het besluit?
- Met welke kwaliteit kan er gemeten worden?
- Hoe moet worden omgegaan met onvolledige datasets?

In fase 3 is de kern van het IKM hernoemd naar het Datakwaliteitsmodel (DKM), omdat dit de lading beter dekt. Het DKM maakt de onzekerheid in data op een uniforme manier inzichtelijk en koppelt deze aan een specifiek AM vraagstuk. Hiervoor is het nodig om informatie te maken van die data. Dit betekent dat de data in de context van de toepassing geplaatst wordt. Met het DKM wordt de kwaliteit van de data in beeld gebracht. Afhankelijk van de toepassing is deze kwaliteit wel of niet goed genoeg.

Binnen het DKM wordt de data op een systematische manier beoordeeld en van een kwaliteitsoordeel voorzien. Het DKM is in 6 stappen opgedeeld waarin tot een kwaliteitsoordeel wordt gekomen (zie figuur 3.8).



Figuur 3.8. Processchema Datakwaliteitsmodel (DKM)

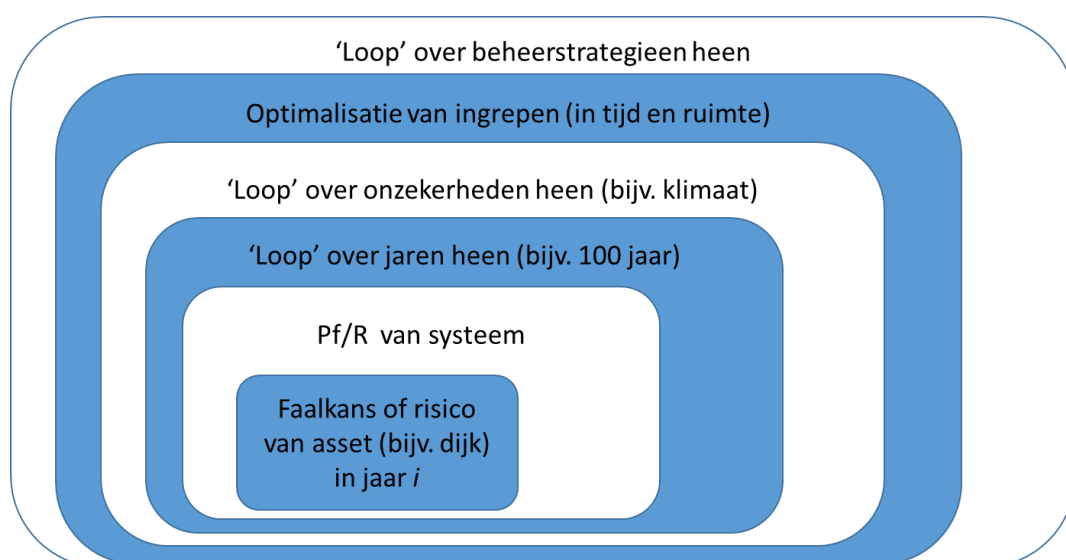
Het proces om de datakwaliteit in beeld te brengen in relatie tot het AM vraagstuk verloopt als volgt. Eerst wordt vastgesteld wat de relevante variabelen zijn (stap 1). Vervolgens wordt per variabele beoordeeld of er bruikbare data aanwezig is (stap 2). De beschikbare data wordt gevisualiseerd met behulp van een aantal eenvoudige visualisatiemethoden (stap 3). Op basis van de visualisatie van de data wordt een kwaliteitsoordeel over de data geformuleerd (stap 4). Hiermee wordt beoordeeld of de data betrouwbaar genoeg is om te gebruiken bij het vervolg. De kwaliteitsbeoordeling is gebaseerd op de criteria uit het Framework Dijkinformatie (Wojciechowska, Klerk, der Hammen, & Pot, 2017). Hiermee wordt een kwaliteitsoordeel over de data gegeven van 1 tot 5 sterren. Op basis van het kwaliteitsoordeel wordt bepaald of voor de invoer in de ROBAMCI tools nog aanvullende expert schattingen benodigd zijn. NB: als geen data beschikbaar is, wordt gebruik gemaakt van expertschattingen. Hieraan kan geen objectief kwaliteitsoordeel worden toegekend.

Nadat met behulp van het Datakwaliteitsmodel (DKM) de kwaliteit van de beschikbare informatie bepaald is, wordt de doorwerking van deze datakwaliteit op de prestatie van het gehele systeem inzichtelijk gemaakt met behulp van de ROBAMCI tools.

In fase 4 zal het DKM nog worden uitgebreid met een module voor kosten-baten analyses. Hiermee kunnen verschillende strategieën worden afgewogen, bijvoorbeeld het verzamelen van aanvullende informatie om de betrouwbaarheid van het oordeel te vergroten, het introduceren van een alternatieve inspectiemethode, of het uitvoeren van een ingreep in het systeem om het risico van falen te reduceren.

Ontwerp ROBAMCI tools fase 4

Naar aanleiding van de ervaringen met de ROBAMCI tools in fase 3 en de vragen vanuit de cases is een schets gemaakt voor de uiteindelijke versie van de ROBAMCI tools. Op hoofdlijnen moeten de ROBAMCI tools op verschillende schaalniveaus optimalisaties t.a.v. asset management kunnen uitvoeren (zie figuur 3.9). De huidige versie zal in fase 4 op basis van dit ontwerp worden uitgebreid.



Figuur 3.9. Schaalniveaus in optimalisatie van asset management binnen ROBAMCI tools

De huidige versie van de ROBAMCI tools (fase 3) produceert faalkansen die het functioneren van een systeem (watersysteem, dijk met achterliggend gebied, etc.) in de tijd representeren. In deze faalkansen is ook de invloed van beheeracties en onzekerheden in de veroudering meegenomen. Met de versie van de ROBAMCI tools aan het eind van fase 4 moet ook de optimale planningsvolgorde van die beheeracties bepaald kunnen worden en moeten de resultaten voor verschillende strategieën en scenario's onderling kunnen worden vergeleken en afgewogen. Hiervoor wordt in fase 4 een planningstool ontwikkeld. De planningstool leidt uit de berekende systeemprestaties en faalkansen van alle realisaties voorzover mogelijk de optimale planningsvolgorde van de beheeracties af.

In onderstaand kader wordt de technische werking van de ROBAMCI tools toegelicht (zie ook figuur 3.10).

ROBAMCI tools

Het beoogde instrumentarium bestaat uit een algemeen deel dat o.a. de probabilistische berekeningen over de levensduur faciliteert, de planning van beheeracties in de tijd optimaliseert en de prestaties onder verschillende beheerstrategieën en toekomstscenario's naast elkaar zet en een specifiek deel dat de momentane prestaties van het systeem voor een casus onder bepaalde systeemcondities en belastingen doorrekent. Het algemene deel noemen we hier de ROBAMCI tools, het specifieke deel het model.

Per casus is een model beschikbaar. Dit model berekent op basis van een set invoergegevens de prestaties van het systeem in een bepaalde verouderingstoestand. Bij prestaties moet gedacht worden aan waterstanden of dijkhoogtes. De berekeningen worden uitgevoerd met als uitgangspunt een bepaalde beheerstrategie en mogelijk ook een bepaald toekomstscenario. De systeemprestaties hebben betrekking op het handhaven van een bepaalde functie of functies, bijvoorbeeld waterveiligheid of schoon water.

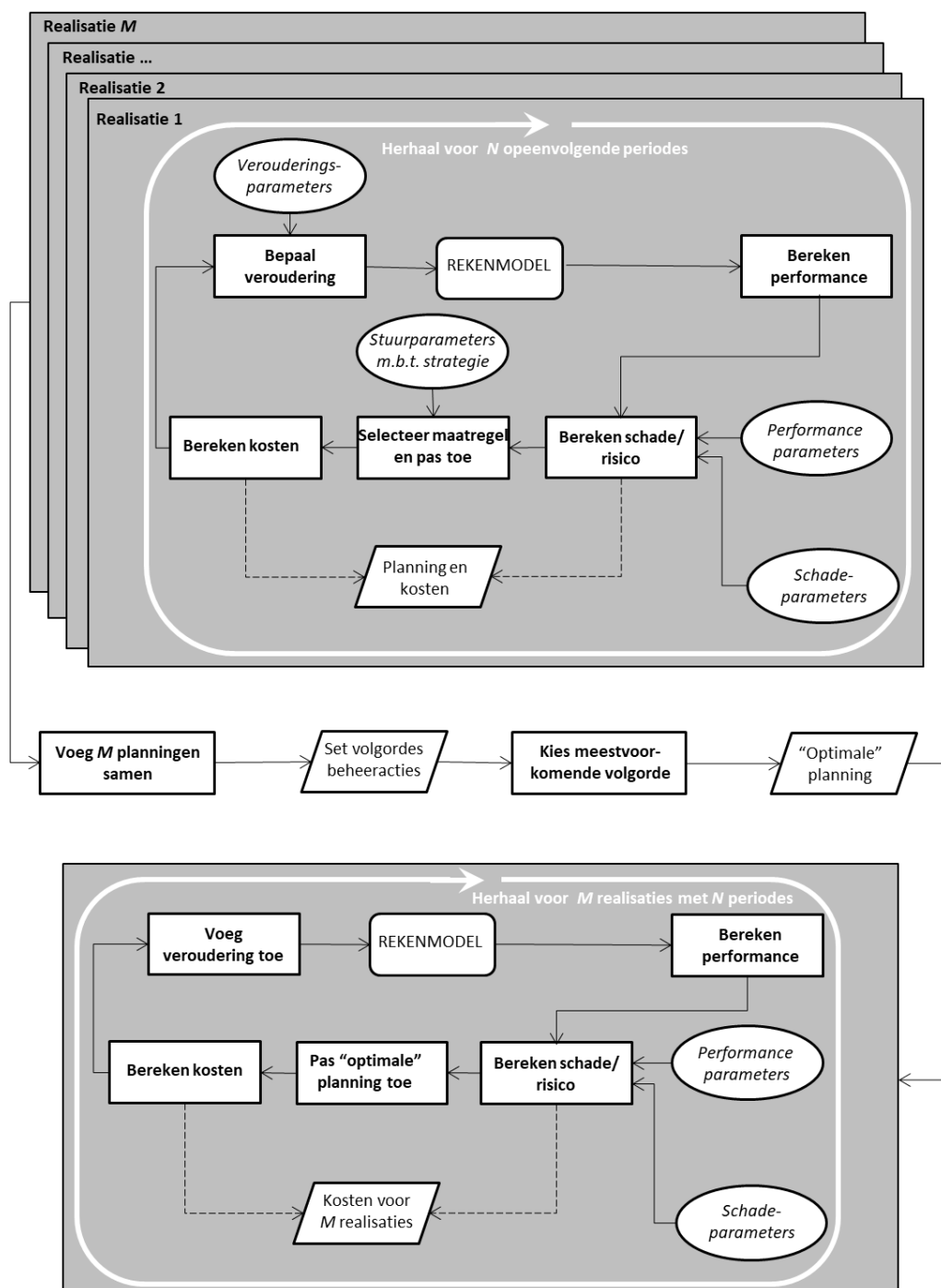
In de ROBAMCI tools kunnen maatregelen toegepast worden om te blijven voldoen aan de vereiste systeemfunctie(s). De keuze om wel of geen maatregel te treffen gebeurt op basis van berekende systeemprestaties en stuurparameter(s) afkomstig uit de gekozen beheerstrategie. Een mogelijke stuurparameter is de waterstand of slibdikte waarbij gebaggerd moet worden. Het nemen van een maatregel betekent voor het model dat de modelparameter die aan veroudering onderhevig is wordt aangepast (bijvoorbeeld een groter doorstroomprofiel door verkleinen van de sliblaagdikte). De kosten die verbonden zijn aan alle uitgevoerde maatregelen worden vastgelegd.

De berekeningen worden een groot aantal keren herhaald om veroudering van objecten in de tijd na te bootsen, bijvoorbeeld telkens voor een periode van 1 jaar een nieuwe berekening, we krijgen dan de film die bijvoorbeeld de toename van de risico's weergeeft. De veroudering van objecten in het systeem of netwerk wordt verdisconteerd in verouderingsparameters in het model zoals slibaangroei per jaar of daling van de kruinhoogte van de dijk. Er kan rekening worden gehouden met onzekerheden door de verouderingsparameter als stochast in het model op te nemen. Bij elke nieuwe tijdstap in de berekening wordt de veroudering verdisconteerd in een aanpassing van de verouderingsparameter, bijvoorbeeld toename van de sliblaagdikte. Om de invloed van onzekerheden in de veroudering te kwantificeren, wordt telkens opnieuw een random waarde van de verouderingsparameter getrokken uit een kansverdeling. Bij elke nieuwe tijdstap kunnen maatregelen worden getroffen aan objecten in het systeem om te blijven voldoen aan de vereiste systeemprestaties.

Uit de berekeningen voor alle tijdstappen in de beschouwde levensduur van het netwerk (= de film) volgt een planning van de ingrepen en de bijbehorende kosten (incl. contante waarde). De planning bestaat een lijst met ingrepen in een bepaalde tijdsvolgorde.

Als onzekerheden worden meegenomen, geeft dit resultaten voor verschillende realisaties van de verouderingssnelheid. Bij elke realisatie van de veroudering hoort mogelijk een andere planningsvolgorde voor de beheeracties.

In de set planningen wordt gezocht naar de planningsvolgorde die over alle realisaties van de veroudering leidt tot de minste 'spijt' bij de asset manager over genomen beheerbeslissingen. Voor zover mogelijk wordt 'spijt' vertaald naar kosten. Idealiter zou hiervoor een optimalisatie over alle realisaties van de veroudering uitgevoerd worden. Dit is gezien de rekentijden nu nog niet haalbaar. Daarom is ervoor gekozen om uit alle doorgerekende trekkingen van de verouderingssnelheid, de bijbehorende meest voorkomende planningsvolgorde te beschouwen als de optimale volgorde.



Figuur 3.10. Schetsontwerp voor eindversie van ROBAMCI tools

3.5 Ontwikkelingen fase 4

Ook in fase 4 zijn de ROBAMCI tools verder ontwikkeld. De focus lag op het toevoegen van een tool voor de planning van interventies en het vereenvoudigen van het gebruik d.m.v. het verder verbeteren van de gebruikersinterface. Daarnaast is het IKM uitgebreid met een kosten baten analyse.

Generiek raamwerk

In fase 4 is het conceptuele raamwerk wederom niet aangepast.

Informatie/datakwaliteitsmodel in fase 4

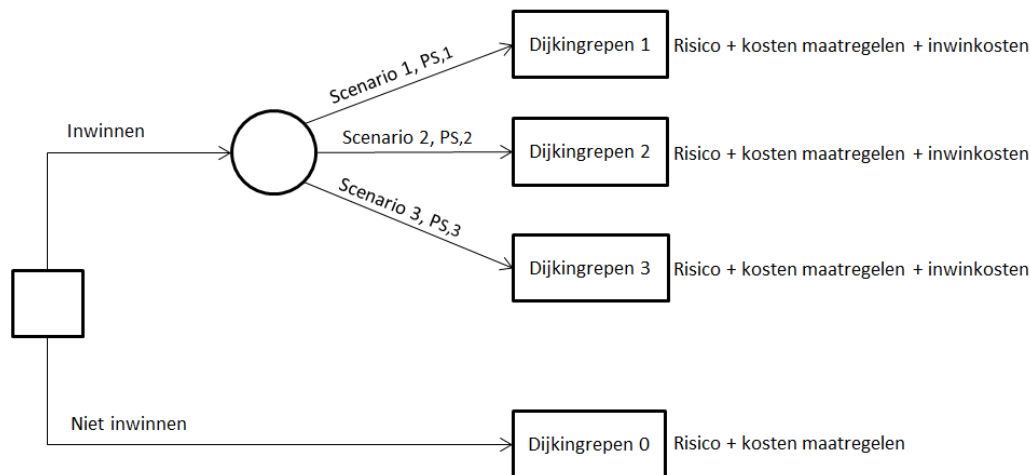
In fase 4 is het datakwaliteitsmodel (DKM) uitgebreid met een module voor kosten-baten analyses (KBA). Hiermee kunnen verschillende strategieën voor aanvullend meten worden afgewogen, bijvoorbeeld het verzamelen van aanvullende informatie om de betrouwbaarheid van het oordeel te vergroten, het introduceren van een alternatieve inspectiemethode, of het uitvoeren van een ingreep in het systeem om het risico van falen te reduceren. Met een KBA wordt een kwantitatieve inschatting gemaakt van de kosten en de baten van een strategie. Hoe meer informatie bekend is, hoe beter de inschatting wordt.

In het DKM is een systematiek uitgewerkt voor kosten-batenanalyses. Er worden drie mogelijke situaties onderscheiden die ten grondslag kunnen liggen aan de KBA om te bepalen of aanvullend meten de moeite loont:

- 1 Bepaling van meetstrategie t.b.v. afwegingen over het investeringsmoment. De afweging heeft betrekking op meerdere parameters die bepalend zijn voor de prestatie van de asset.
- 2 Bepaling van meetstrategie t.b.v. afwegingen over toepassing van een strategie in de tijd. De afweging heeft betrekking op meerdere parameters die bepalend zijn voor de prestatie van de asset.
- 3 Optimalisatie van het uit te voeren onderzoek. In dit geval wordt slechts één parameter beschouwd.

Om de KBA te kunnen uitvoeren wordt voor de te beschouwen situatie een basisscenario geformuleerd. De alternatieven worden afgezet tegen dit basisscenario. De gedetailleerde uitwerking van de kosten-batenanalyse is afhankelijk van de case. Als bijvoorbeeld een (in tijd) gefaseerde strategie wordt afgewogen, kan tevens na elke stap de kosten-batenanalyse worden geactualiseerd op basis van nieuwe informatie. Hiermee wordt stapsgewijs de kosten-batenanalyse steeds kwantitatiever. Dat kan betekenen dat een vooraf bedachte strategie niet volledig wordt uitgevoerd, omdat de verwachte baten niet groot meer zijn.

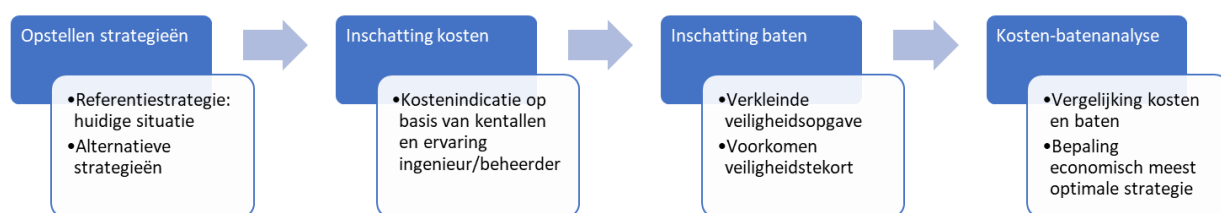
Met behulp van een beslisboom (Figuur 3.11) kunnen meerdere scenario's worden afgewogen. Per scenario worden de verwachte baten (baten minus kosten) geschat, samen met de kans dat dit scenario voorkomt. Een beslisboom kan niet alleen gebruikt worden om afwegingen te maken over het juiste investeringsmoment (situatie 1), maar ook afwegingen over toepassing van een strategie in de tijd (situatie 2). De analyse wordt dan toegepast om de kosten over de beschouwde periode te bepalen. Dan moeten toekomstige kosten gecorrigeerd worden voor de inflatie. Dit wordt gedaan met behulp van jaarlijks equivalente kosten. De equivalente kosten worden bepaald door de totale kosten per strategie te delen door een annuïteitenfactor die hoort bij de periode waarin de strategie wordt uitgevoerd. Hierbij moet rekening worden gehouden met de periode waarin de kosten worden gemaakt.



Figuur 3.11. Voorbeeld van een beslisboom (Wojciechowska, Klerk, der Hammen & Pot, 2017)¹

Een kostenbatanalyse (KBA) is onderdeel van het IKM. Hiermee kan bijv. beoordeeld worden of het kosteneffectief is om meer of beter te meten. In de praktijk bleek dat het toepassen van de voorgestelde KBA in de cases lastig was, met name vanwege ontbreken van gegevens. Daarnaast is gebleken dat de de voorgestelde KBA te ingewikkeld is. Daarom wordt geadviseerd de kostenbatenanalyse nog aan te passen.

De hoofdlijn voor de uitwerking van de KBA is als volgt (Figuur 3.12). Eerst worden verschillende mogelijke strategieën opgesteld. Daarbij is de huidige situatie altijd de referentiestrategie. Deze beschrijft de kosten en baten wanneer op dezelfde manier verdergegaan wordt. Na het opstellen van de scenario's wordt een inschatting gemaakt van de kosten van elk van de strategieën. Dit wordt gedaan aan de hand van kentallen en kennis en ervaring van de beheerder. Aansluitend worden ook de baten ingeschat. Dit wordt gedaan door te bepalen wat de verwachte verandering in prestaties is door meer/betere metingen. Bijv. vermindering in het veiligheidstekort bij een dijk. Een vermindering in veiligheidstekort resulteert in een verkleining van de versterkingsopgave en dus lagere uitvoeringskosten. Maar het is ook mogelijk dat de baten negatief zijn, bijvoorbeeld doordat de prestatie op basis van metingen minder goed blijkt. Dit betekent dat de sterkte van de kering in eerste instantie niet goed in beeld was en dat een potentieel veiligheidstekort wordt voorkomen. Dus een positief effect in termen van baten.



Figuur 3.12. Stroomschema kostenbatenanalyse

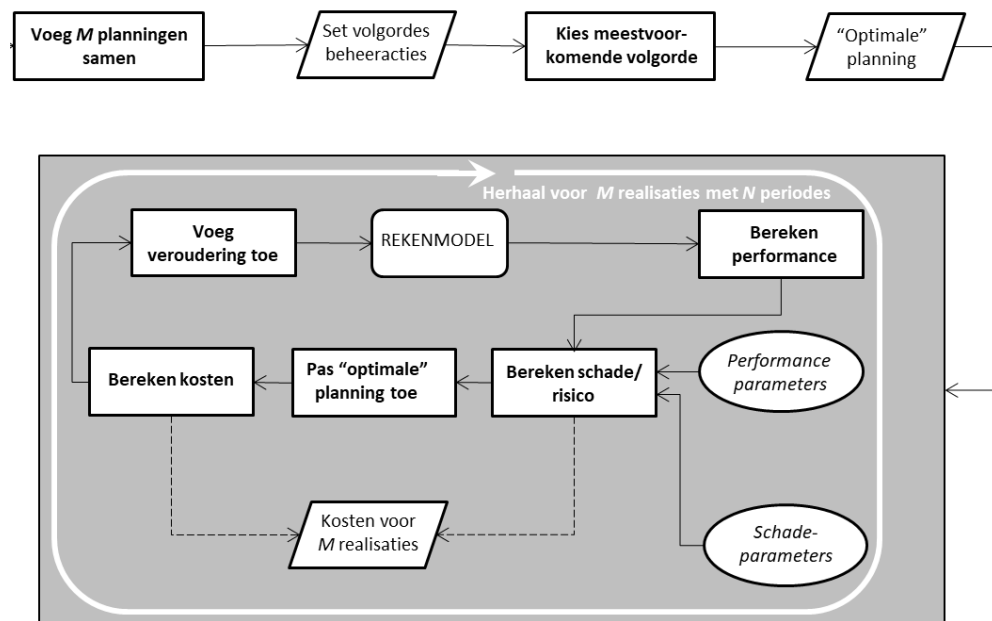
Een kostenbatanalyse (KBA) is zo onderdeel van het IKM/DKM. Hiermee kan bijv. beoordeeld worden of het kosteneffectief is om meer of beter te meten.

¹ Wojciechowska, K., Klerk, W., der Hammen, J., & Pot, R. (2017). Beoordelingsframework Dijkeninformatie. STOWA, RWS-WVL, HWBP.

De uitkomsten van het IKM, in de vorm van onzekerheidsmarges voor de belangrijke data, kunnen vervolgens gebruikt worden als input voor de ROBAMCI-tools. Daarmee kan de prestatie van de asset bepaald worden, inclusief bandbreedte veroorzaakt door de onzekerheid in de parameter(s).

ROBAMCI tools in fase 4

In fase 4 is aan de ROBAMCI tools een module toegevoegd om de optimale planningsvolgorde van beheeracties te kunnen bepalen (Figuur 3.13). De planningstool leidt, voor zover mogelijk, de optimale planningsvolgorde van de beheeracties af uit de berekende systeemprestaties en faalkansen van alle realisaties van “veroudering” inclusief onzekerheden. De planningstool is een aanvulling op de eerdere versie van de ROBAMCI tools waarin alleen faalkansen berekend werden om het functioneren van een systeem (watersysteem, dijk met achterliggend gebied, etc.) in de tijd te representeren. In deze faalkansen kan ook de invloed van beheeracties en onzekerheden in de veroudering en andere exogene invloeden meegenomen worden.



Figuur 3.13. Onderdeel van de ROBAMCI tools om “optimale” planning te bepalen inclusief kosten en risico's

De planningstool werkt als volgt. In de berekeningen voor achtereenvolgende jaren wordt een beheerstrategie toegepast om te blijven voldoen aan de vereiste systeemfunctie(s). De keuze om wel of geen maatregel toe te passen in een specifiek jaar gebeurt op basis van een vergelijking van berekende systeemprestaties en bepaalde stuurparameter(s) uit de beheerstrategie. Bijvoorbeeld de waterstand in relatie tot de dijkhoogte of de slibdikte waarbij gebaggerd moet worden. Het nemen van een maatregel heeft als modelmatige consequentie dat de bepalende modelparameter wordt aangepast. Bijvoorbeeld een groter doorstroomprofiel door verkleinen van de sliblaagdikte.

Gedurende de berekeningen worden alle uitgevoerde maatregelen vastgelegd inclusief tijdstip en kosten (incl. contante waarde). Deze lijst met ingrepen vormt de planning. Elke planning hoort specifiek bij de “film” van de systeemprestaties die is afgeleid met een specifieke modelberekening voor alle tijdstappen in de beschouwde levensduur van het systeem en de bijbehorende trekkingen uit de onzekere variabelen.

Doordat onzekerheden een rol spelen en deze als stochast in het model worden meegenomen, geeft dit verschillende planningen voor verschillende trekkingen van de onzekere variabelen.

In de set planningen die daaruit ontstaat wordt gezocht naar de planningsvolgorde die over alle realisaties leidt tot een zo optimaal mogelijk resultaat voor de assetmanager.

Een manier van wegen is te zorgen voor de minste 'spijt' bij de asset manager over genomen beheerbeslissingen. Voor zover mogelijk wordt 'spijt' vertaald naar kosten.

Idealiter zou voor het bepalen van de optimale planningsvolgorde een optimalisatie over alle realisaties van de onzekere variabelen uitgevoerd moeten worden. Dit is gezien de rekentijden (nog) niet haalbaar. Daarom wordt uit alle planningen een gemiddelde planning afgeleid. Deze planning wordt beschouwd als de "optimale" volgorde van maatregelen in de tijd.

Daarnaast zijn de ROBAMCI tools uitgebreid met twee opties die de benodigde rekentijden kunnen beperken:

- De mogelijkheid om de beheeracties te optimaliseren op basis van vooraf berekende **lookup tabellen** is toegevoegd. In deze tabel zijn alle combinaties van mogelijke systeemtoestanden en ingrepen vertegenwoordigd. Met behulp van Monte Carlo simulatie wordt hier een trekking uit gedaan waarna de faalkans en kosten bepaald kunnen worden. Hierdoor zijn in de optimalisatie van de beheerstrategie geen complete berekeningen meer nodig.
- De ROBAMCI tools bieden nu ook de mogelijkheid om de berekeningen uit te voeren op een **rekencluster**. Hiervoor worden alle rekenbestanden met de ROBAMCI tools klaargezet. Vervolgens kunnen de rekenbestanden geëxporteerd worden naar een rekencluster. Nadat daar de berekeningen zijn uitgevoerd, kunnen de resultaten weer geïmporteerd worden in de ROBAMCI tools voor visualisatie en analyse.

De eerste versnellingsoptie (lookup tabellen) is in alle cases van fase 4 succesvol toegepast, de tweede (rekencluster) is alleen gebruikt voor de case van HDSR (Flexibele maatregelen als aanvulling op regulier beheer).

4 Cases

4.1 Rol van cases in ROBAMCI

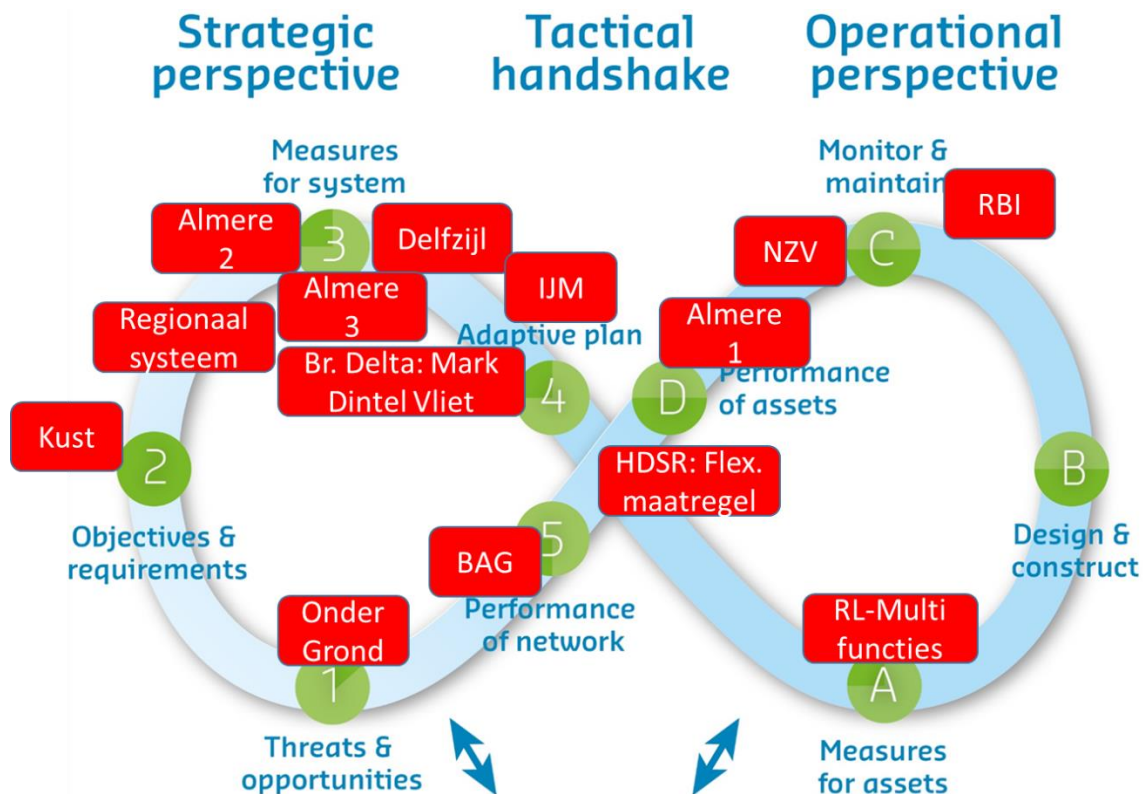
In ROBAMCI wordt aan de hand van concrete cases uit de 'natte' GWW sector aangetoond dat de ROBAMCI aanpak zorgt voor een beter presterend systeem met minder onverwachte kosten. Om de boodschap van ROBAMCI voor de sector te kunnen onderbouwen wordt een samenhangend raamwerk ontwikkeld van kennis, methoden, tools en best practices ter ondersteuning van beslissingen op strategisch, tactisch en operationeel niveau over asset management. Om de efficiencywinst voor de sector in beeld te brengen worden de resultaten van de cases samengebracht door middel van een 'business estimate'.

Het instrumentarium is/wordt gedurende de looptijd van ROBAMCI lerend ontwikkeld door tools te maken die passen bij de vragen uit de case studies en die vervolgens gelijk toe te passen in die cases. De grote uitdaging is om aan het eind van de rit een set generieke tools te hebben die ons helpen bij het oplossen van de diverse AM vraagstukken uit de GWW sector. Dus tools die meer bieden dan een oplossing voor de cases waarbinnen ze zijn ontwikkeld.

Uit bovenstaande blijkt dat de cases de ruggengraat vormen van ROBAMCI. In figuur 4.0a zijn de cases uit fase 1 t/m 4 weergegeven. Om een indruk te geven waar de cases zich bevinden in de AM cyclus zijn ze in figuur 4.0b afgebeeld op het framework zoals ontwikkeld binnen EU Interreg FAIR (www.northsearegion.eu/fair/) en in dit rapport opgenomen onder paragraaf 3.3.



Figuur 4.0a. Positionering van ROBAMCI cases in Nederland



Figuur 4.0b Positionering van ROBAMCI cases in AM framework (www.northsearegion.eu/fair/)

Dit hoofdstuk geeft per uitgevoerde case studie een samenvatting van de aanpak, de belangrijkste bevindingen en de bijdrage aan de boodschap van ROBAMCI.

4.2 Waterkering Noorderzijlvest – potentie van monitoring voor life cycle management

Nabij Delfzijl is een van de LiveDijken uit het FloodControlIJKdijk programma opgezet bij een waterkering beheerd door Waterschap Noorderzijlvest, ook wel aangeduid met LiveDijk XL. Er is door onder meer monitoring een grote hoeveelheid informatie over de sterkte van de dijk en het gedrag onder extreme omstandigheden ingewonnen. Deze nieuwe informatie resulteerde in een flinke verandering van de inschatting van de sterkte van de kering: deze bleek veel sterker dan aanvankelijk gedacht.

Na een succesvol monitoringsprogramma van 5 jaar is aan ROBAMCI gevraagd om de kosten en baten van monitoring te evalueren vanuit een life-cycle perspectief, en een methode te ontwikkelen om deze ook op voorhand in te kunnen schatten voor verschillende strategieën ten aanzien van het gebruik van monitoren voor beslissingen over dijkversterkingen. De methode en het bijbehorend rekenmodel is opgezet aan de hand van de LiveDijk XL bij Delfzijl, en daarna toegepast op een waterkering bij Veessen waar zich een andere LiveDijk bevindt.

Het rekenmodel kwantificeert de ontwikkeling van kosten, baten en risico's in de tijd voor verschillende investeringsstrategieën voor waterkeringen. Het ondersteunt ook de integratie van verschillende fasen in de levenscyclus, met daarbij in het bijzonder aandacht voor het meenemen van baten van monitoring. Hiermee kan inzicht worden verkregen onder welke omstandigheden monitoring een goede investering kan zijn. De beheerder kan aan de hand van relatief eenvoudige invoer een indruk krijgen van de potentiële baten van verschillende strategieën en maatregelen in de tijd.

Het rekenmodel kan ook worden gebruikt voor het afwegen van alternatieve (innovatieve) dijkversterkingsmethodes met sterk verschillende onderhoudsinspanningen, zoals het DMC-systeem ('Dike Monitoring and Conditioning').

In (Klerk, 2016) is het resultaat van deze casus gerapporteerd. Er is een proof of concept gegeven van het meenemen van (verwachte) monitoringsresultaten in lifecycle kosten-/baten analyses. Daarmee kunnen verschillende strategieën met en zonder monitoring kwantitatief worden vergeleken. De volgende strategieën zijn beschouwd voor de LiveDijk bij Delfzijl en Veessen:

- Traditioneel versterken zonder monitoren (referentie);
- Versterken met projectmonitoring (tijdens de voorbereiding van de versterking);
- Lifecycle monitoring (monitoren vanaf halverwege de versterkingsscyclus).

Bij Veessen is de traditionele versterking vergeleken met een bij aanleg goedkope maar meer onderhouds-intensieve maatregel (DMC-systeem).

Uit de vergelijking wordt geconcludeerd dat voor de waterkering bij Noorderzijlvest monitoring een zeer groot rendement heeft, ca. 50% op de kosten van de eerste versterking en naar schatting ca. 30% op de life cycle cost. En bij Veessen is door toepassing van het DMC monitoringsysteem een bermversterking, met bijbehorende herplaatsing van een aantal huizen voorkomen.

In algemenere zin onderbouwt de analyse dat het rendement van monitoring erg afhankelijk is van de bij aanvang al aanwezige kennis van dijk en ondergrond, en van het optreden van hoogwater tijdens de monitoringsperiode. In Figuur 4.1 is een voorbeeldsituatie gegeven met 3 mogelijke ondergrondscenario's elk resulterend in een andere ligging van de freatische lijn. Met waterspanningsmeters kan bepaald worden welk scenario het meest waarschijnlijk is. Hoe hoger een optredende buitenwaterstand is, hoe meer informatie monitoring geeft over het werkelijk aanwezige ondergrondscenario. Nu is in de onderhavige situatie gedurende de periode van monitoring een hoge waterstand gemeten, wat dus veel informatie gaf over de kering.

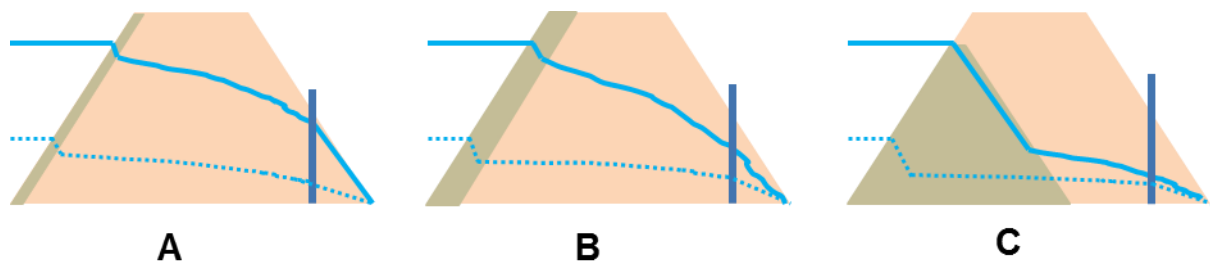
In (Klerk, 2016) is onderbouwd dat in situaties met een reeds afgekeurde waterkering een gemiddeld rendement van 10-15% op de life cycle cost mag worden verwacht. Dit betreft echter de investeringskosten, wanneer ook de overstromingsrisicokosten worden meegenomen wordt de kostenreductie in principe nog groter. Echter, wanneer een versterkingsmaatregel aan een afgekeurde waterkering wordt uitgesteld ten behoeve van een monitoringsprogramma kan dit omslaan: er wordt dan een aanvullend risico genomen door het inlassen van een monitoringsperiode. Daarom moet altijd het risico worden meegenomen in de afweging om te gaan monitoren. Vanuit dit perspectief blijkt het toepassen van lifecycle monitoring (vanaf ca. halverwege de levenscyclus) doorgaans gunstiger dan projectmonitoring (na afkeuren). Er is dan meer tijd beschikbaar en er hoeft geen aanvullend risico te worden genomen. Opgemerkt moet worden dat in de praktijk er zelden direct na afkeuren wordt versterkt.

In Klerk et al. (2019) is de aanpak die in deze casus is gehanteerd op meer algemeen niveau uitgewerkt. Hieruit volgen op vergelijkbare conclusies: in de meeste gevallen leidt monitoring tot significante kostenreductie.

[1]W. J. Klerk, T. Schweckendiek, F. den Heijer, and M. Kok, "Value of Information of Structural Health Monitoring in Asset Management of Flood Defences," *Infrastructures*, vol. 4, no. 3, p. 56, Aug. 2019.

De casus leidt tot een aantal interessante conclusies:

- Het rekenmodel is geschikt om als hulpmiddel te dienen voor lifecycle analyses en afwegingen tussen inspectie, verschillende typen versterkingen en monitoring.
- Het rekenmodel geeft een beeld van de totale lange termijn kosten voor verschillende strategieën: versterken zonder monitoren, versterken met projectmonitoring (tijdens de voorbereiding van de versterking) en lifecycle monitoring (halverwege de levenscyclus).
- Door monitoring wordt een gedetailleerder beeld verkregen van de staat van de kering wat kan leiden tot economische voordelen op 3 onderdelen:
 - Voorkomen dat onnodig risico wordt gelopen.
 - Verkleining van de versterkingsopgave.
 - Uitstel van de versterking.
- Hoe hoger de waterstand bij een meting hoe meer informatie deze oplevert. Een hoge waterstand brengt echter ook een hoger risico met zich mee.
- Het uitstellen van een versterking om te monitoren leidt tot een hoger risico, maar in veel gevallen ook tot lagere kosten. De afweging of monitoring in dergelijke gevallen de moeite waard is, is een afweging tussen monitoringskosten, verwachte kostenbesparing en extra risico. Deze afweging wordt door het rekenmodel ondersteund.
- Life cycle monitoring (vanaf halverwege de versterkingscyclus) heeft het voordeel dat er meer tijd beschikbaar is, dit resulteert erin dat een beheerder de tijd kan nemen om te monitoren en zo niet het risico loopt een versterking uit te moeten stellen, wat bij projectmonitoring wel het geval is. Bijkomend voordeel is dat de beheerder tijdig op de hoogte is van aankomende ingrepen en zo beter kan anticiperen.



Figuur 4.1. Voorbeeldsituatie met 3 mogelijke ondergrondscenario's elk resulterend in een andere ligging van de freatische lijn bij toetspeil (doorgetrokken lijn), en dagelijkse omstandigheden (gestippelde lijn). Met de waterspanningsmeter (donkerblauw) kan aan de hand van een meting bepaald worden welk scenario het meest waarschijnlijk is. Hoe hoger een actuele gemeten buitenwaterstand ligt, hoe meer informatie over het werkelijk aanwezige ondergrondscenario.

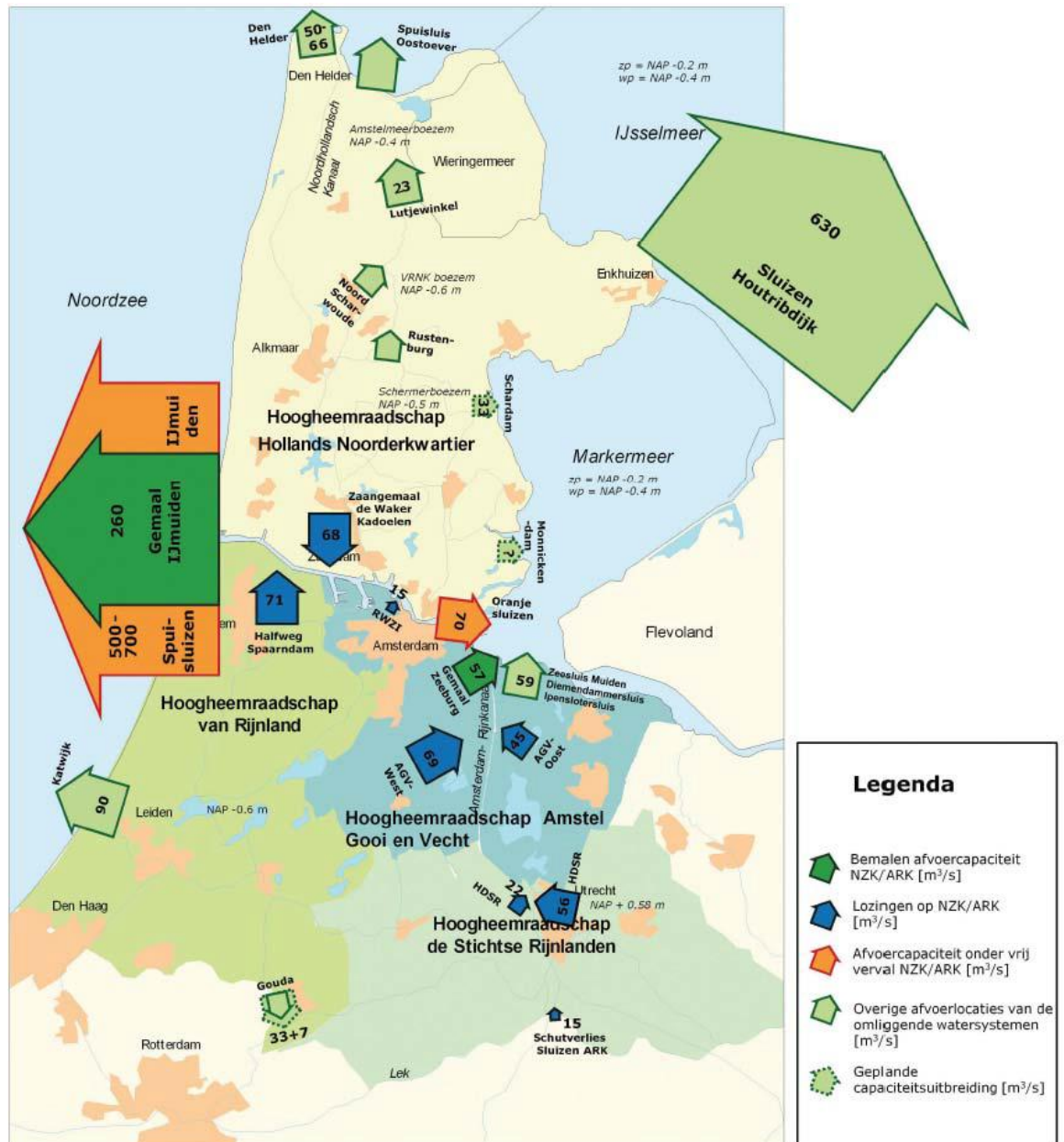
4.3 Gemaal IJmuiden – potentie van systeembenadering

Het gemaal- en spuicomplex IJmuiden vervult een belangrijke rol in de afvoer van water vanuit vier achterliggende waterschappen, zie Figuur 4.2. Dit watersysteem kent naast het gemaal- en spuicomplex IJmuiden nog enkele andere kunstwerken die water kunnen afvoeren. Deze casus is beschreven in Wessels et al. (2016).

Bij een vervangingsopgave van kunstwerken kan het kunstwerk op zichzelf worden beschouwd. Een dergelijke afbakening kan leiden tot suboptimale beslissingen. Door het toevoegen van een systeemperspectief, d.w.z. het kunstwerk als onderdeel van een systeem, kan blijken dat vergelijkbare prestaties voor minder geld kunnen worden gerealiseerd. Als bijvoorbeeld een kunstwerk op technische eisen is afgekeurd maar de functie kan (deels) door andere kunstwerken worden overgenomen is het mogelijk het systeem met beperkte ingrepen (aan het betreffende kunstwerk en omliggende kunstwerken) voor langere tijd op orde te houden.

Doel van de casus is om de potentie te onderzoeken van een integrale beschouwing waarmee de kosten voor renovatie en vervanging van verschillende objecten op verschillende momenten in de tijd kunnen worden afgewogen tegen de maatschappelijke belangen en waarin invloed van de onzekerheid over toekomstscenario's voor bv. zeespiegelstijging is meegenomen. Het is een complex systeem met verschillende "draaiknoppen", en het is daarom een goede case om de potentie van systeemoverwegingen te toetsen.

Daartoe zijn in deze case studie adaptatiepaden op systeemniveau geschetst, en is gekeken naar de maatschappelijke gevolgen van die adaptatiepaden. Daarmee is de eis aan het object (in dit geval "leveren van een bepaald debiet per seconde") losgelaten. Zo kunnen ingrepen aan verschillende objecten op verschillende momenten (strategieën) worden vergeleken aan de hand van risico's op systeemniveau.



Figuur 4.2. Studiegebied casus IJmuiden (Bron: RWS, programma VONK)

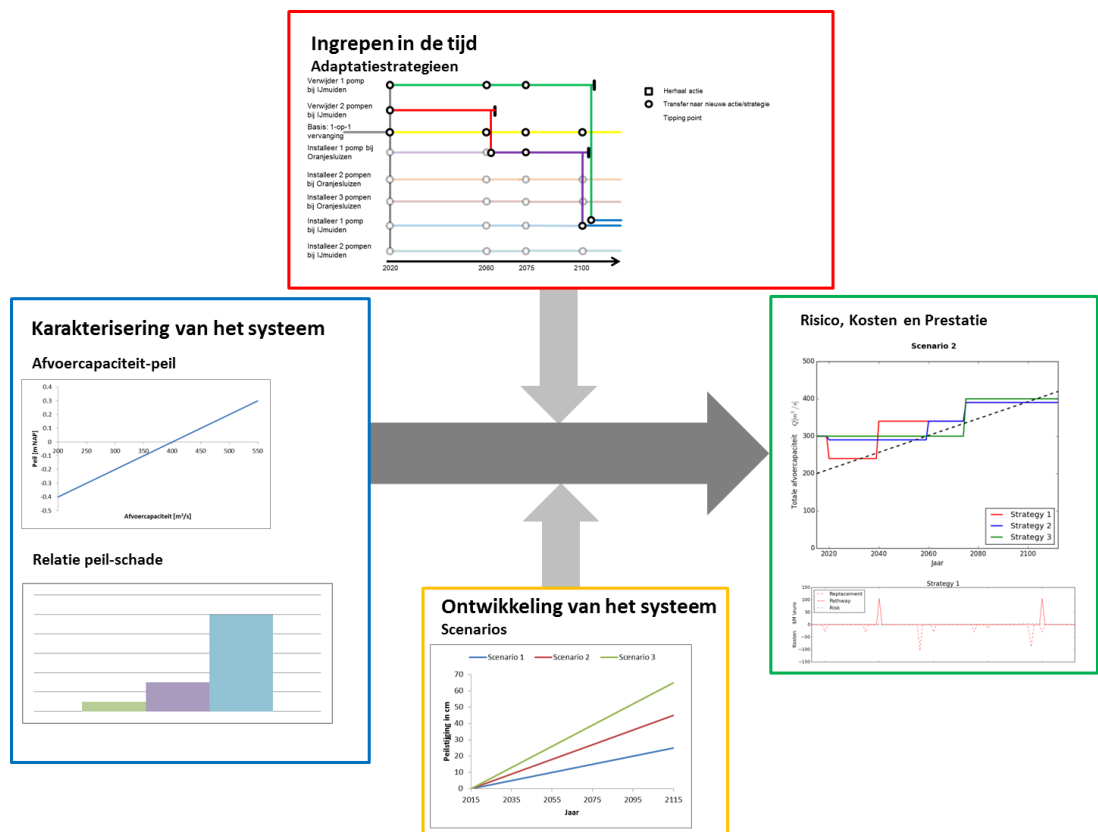
In Figuur 4.3 is een indruk van de gevolgde aanpak gegeven:

- Het verband tussen streefpeil en schade is afgeleid.
- Verschillende scenario's voor zeespiegelstijging zijn beschouwd.
- Verschillende adaptatiepaden zijn beschouwd.
- Vanuit het uitgangspunt dat in de levensduur altijd genoeg pompcapaciteit moet zijn, zijn de ingrepen in het systeem afgeleid en de daarbij behorende kosten bepaald.

Om de berekeningen beperkt te houden zijn vereenvoudigingen gedaan aan de schematisering van het systeem. Het is beschouwd als een kombergingssysteem zodat pompcapaciteit overal in het systeem een direct en ook hetzelfde effect heeft. De keuze van het streefpeil blijkt zeer van invloed op de totale kosten.

Die vergelijking is voor 3 mogelijke adaptatiepaden gedaan, elk met ingrepen aan de pompcapaciteit in het systeem. Er is in de adaptatiepaden rekening gehouden met de resterende levensduur van 10 relevante (pomp)objecten in het systeem, bij IJmuiden, de Oranjesluizen, de Beatrixsluis, en het Gemaal te Gouda. De 3 adaptatiepaden zijn doorgerekend voor 3 verschillende scenario's voor de zeespiegelstijging. De life cycle cost zijn uitgedrukt in de contante waarde van de kosten.

Als ervan uitgegaan wordt dat de 3 beschouwde toekomstscenario's een even grote kans van optreden hebben, blijkt in dit geval het adaptatiepad van een 1-op-1 vervanging (geel in de figuur) bijna de goedkoopste strategie (<1% verschil met het groen-blauwe adaptatiepad). In deze strategie is gekozen voor hoge investeringen en lage risico's. Als gekozen wordt voor een andere verhouding, dan kunnen vooral de investeringskosten lager uitvallen (ca. 10 – 15%). De maatschappelijke kosten van de strategieën verschillen onderling en per scenario wel fors, in de orde van 10-tallen procenten. Dit komt met name omdat de risico's fors kunnen verschillen.



Figuur 4.3 Aanpak kwantitatieve vergelijking adaptatiepaden

De conclusies kunnen als volgt worden samengevat:

- De integrale beschouwing leidt ten opzichte van het 1 op 1 vervangen tot een toename van het handelingsperspectief van beheerders. Er is duidelijk meer mogelijk dan een 1 op 1 vervanging van kunstwerken in het geval van einde technische of einde functionele levensduur. Kern van de potentie ligt in het centraal stellen van behoud van de systeemfunctie, in plaats van een object.
- De geïntegreerde systeem- en risico-gebaseerde aanpak is efficiënter door:
 - Risico's te nemen die maatschappelijk acceptabel zijn.
 - Te investeren op de juiste momenten en locaties.
 - Risico-gebaseerde normen te gebruiken als grondslag voor investeringen.Zonder die aanpak zouden er onnodige investeringen kunnen worden gedaan in bijvoorbeeld extra capaciteit bij IJmuiden.

Het blijft nodig om goed naar uitgangspunten te kijken. Met de gedane aannames blijkt dat de totale kosten zeer gevoelig zijn voor het gekozen streefpeil: relatief kleine overschrijdingen kunnen het risico snel laten oplopen. Daarom is de afleiding van een norm of peil-eis op basis van de effecten van peiloverschrijding, zeer belangrijk om op systeemniveau efficiënte beslissingen te kunnen nemen.

4.4 Kust – handelen vanuit de zorg voor meerdere functies

De Nederlandse kust is een asset van groot maatschappelijk belang. Hierbij is de vraag actueel of de uitvoering van zandsuppleties door Rijkswaterstaat nog beter afgestemd kan worden op de maatschappelijke wensen, met andere woorden of de levensduurkosten beter in evenwicht te brengen zijn met de risico's van falen.

Aanleiding voor de casus Kust was enerzijds een toenemende vraag om de asset management technieken ook op de kust toe te passen en anderzijds de steeds toenemende mogelijkheden (tools, data) om dit in het complexe kust systeem te kunnen doen. Hierbij moet de analyse een goede aansluiting geven bij het primaire proces van Kustlijnzorg.

Doel van de casus is om met een vergelijkende analyse te onderzoeken of de 'twee werelden' van asset management en Kustlijnzorg kunnen worden verbonden. Het doel is om ervaring op te doen met risico gestuurd asset management als denklijn om de doelmatigheid van het programma Kustlijnzorg in beeld te brengen en na te gaan of er optimalisatiekansen zijn.

Er is gekeken naar 2 functies van de kust: veiligheid en recreatie. De Nederlandse zandige kust is ca. 300 km lang. Ca. 50 km daarvan wordt meer of minder intensief gebruikt voor recreatie. Er zijn kentallen voor kosten van suppleties en baten van recreatie en veiligheid gebruikt.

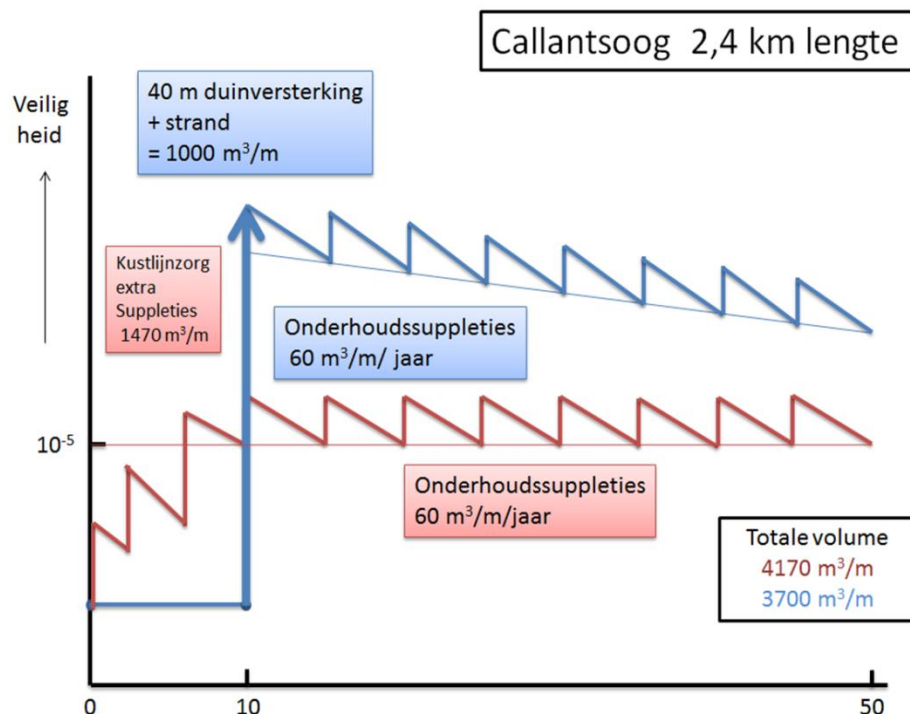
In de studie is op 3 schaalniveaus gekeken naar kosten en baten van kustonderhoud: de gehele Nederlandse kust, de Hollandse Kust en locatie Callantsoog als zwakke schakel:

- Op het schaalniveau van de gehele Nederlandse kust:
 - In het algemeen geldt dat voor de meeste kustvakken langs de Nederlandse kust de baten van het kustonderhoud positief zijn vanwege de vermeden kosten aan herstelwerkzaamheden van de kust en baten aan kustrecreatie.
 - De doelmatigheid van de suppleties in het Waddengebied kunnen niet worden aangetoond vanuit het kosten-batensaldo.

- Op het schaalniveau van de Hollandse kust: de doelmatigheid van de zandsuppleties langs de Hollandse kust die in de jaren 2001-2012 werden uitgevoerd (kustlijn zorg plus zwakke schakels plus zandmotor) is voor 75% te verantwoorden uit de vermeden schade aan de zeewering (veiligheid) en baten voor recreatie. De overige 25% van het suppletievolume is niet direct te verantwoorden uit genoemde baten; hier liggen optimalisatiemogelijkheden die nader uitgewerkt kunnen worden.
- Op het schaalniveau van de zwakke schakel Callantsoog: uit een specifieke vergelijking blijkt dat de kosten van een eenmalige kustversterking hoger zijn dan een geleidelijke versterking met kustlijn zorg, zie ook Figuur 4.4.

Er kunnen op grond van de casus een aantal conclusies worden getrokken:

- Een kwantitatieve risicoanalyse vanuit een asset management oogpunt levert aanvullende informatie die gebruikt kan worden bij het inschatten van de doelmatigheid van het programma Kustlijn zorg,
- Voor de Hollandse kust wordt een deel van de suppleties uitgevoerd op strekkingen waar zowel de veiligheid niet in het geding is als weinig baten uit recreatie aanwezig zijn. Een reductie van de kosten voor de Hollandse kust tot orde 25% wordt hier mogelijk geacht.

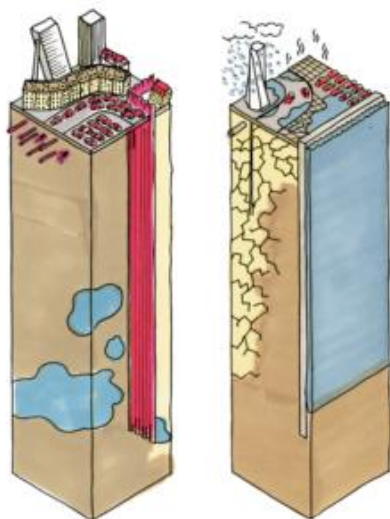


Figuur 4.4. Twee varianten van kust onderhoud: een eenmalige duinversterking gevolgd door regelmatige onderhoudssuppleties (blauw) en extra kustlijn zorg tot normniveau gevolgd door regelmatige onderhoudssuppleties (rood).

4.5 Ondergrond – handelen vanuit meerdere functies en beheerders

De ondergrond wordt steeds meer herkend en ingezet bij het oppakken van maatschappelijke opgaven en het vervullen van maatschappelijke behoeften.

In Nederland hebben we het dan over opgaven zoals klimaatverandering, watervoorziening en – veiligheid, voedselvoorziening, verstedelijking, gezonde leefomgeving, mobiliteit en transport, grondstoffen- en energievoorziening. Door toenemende druk op de ruimte en gebruik van de functies die de ondergrond biedt wordt de noodzaak tot ondergrondbeheer steeds belangrijker.



Figuur 4.5. Het diverse gebruik van de ondergrond noodzaakt tot assetmanagement aanpak

Vanwege onbekendheid met wat onder onze voeten allemaal aanwezig en mogelijk is (zie Figuur 4.5, worden functies vanuit de ondergrond nu nauwelijks ingezet. Er worden in het stedelijk gebied talloze projecten uitgevoerd waarbij het ruimtegebruik ervan in de ondergrond onbewust ten koste gaat van andere functies. Daardoor worden kansen gemist en er ontstaat in sommige gevallen schade. Voorliggende casus heeft in tegelstelling tot de andere in fase 1, geen kwantitatief karakter, maar verkend hoe het proces van assetmanagement er voor de inrichting van de ondergrondse ruimte uit kan zien.

Door met de bril van AssetManagement van de Ondergrond (AMO) te kijken, worden de waarde en het belang van de ondergrond voor het functioneren van de stad, nu en in de toekomst, duidelijk zichtbaar. Assetmanagement helpt om de waardering van de ondergrond een plek te geven in investeringsprogramma's die nu voor een aantal kapitaalgoederen vanzelfsprekend is. Er zijn verschillende redenen waarom AMO nu opportuun is:

- 1 Door de decentralisatie komt verantwoordelijkheid voor ondergrondbeheer bij decentrale overheden te liggen. AMO kan gestructureerde methode bieden om hier invulling aan te geven;
- 2 Besparing: voorkomen kosten en vermeden baten (minder graaf- en hinderkosten en (faal)kosten);
- 3 Toenemende drukte in ondergrond het maken van afwegingen steeds lastiger wordt. Op basis van welke gegevens maak je keuzes? Het in kaart brengen van waarden, risico's en kosten kan beslissingen ondersteunen;
- 4 Asset management kan een taal bieden om beter tussen verschillende beleidsvelden, maar ook tussen verschillende managementlagen te overleggen en communiceren over de keuzes die gemaakt worden.

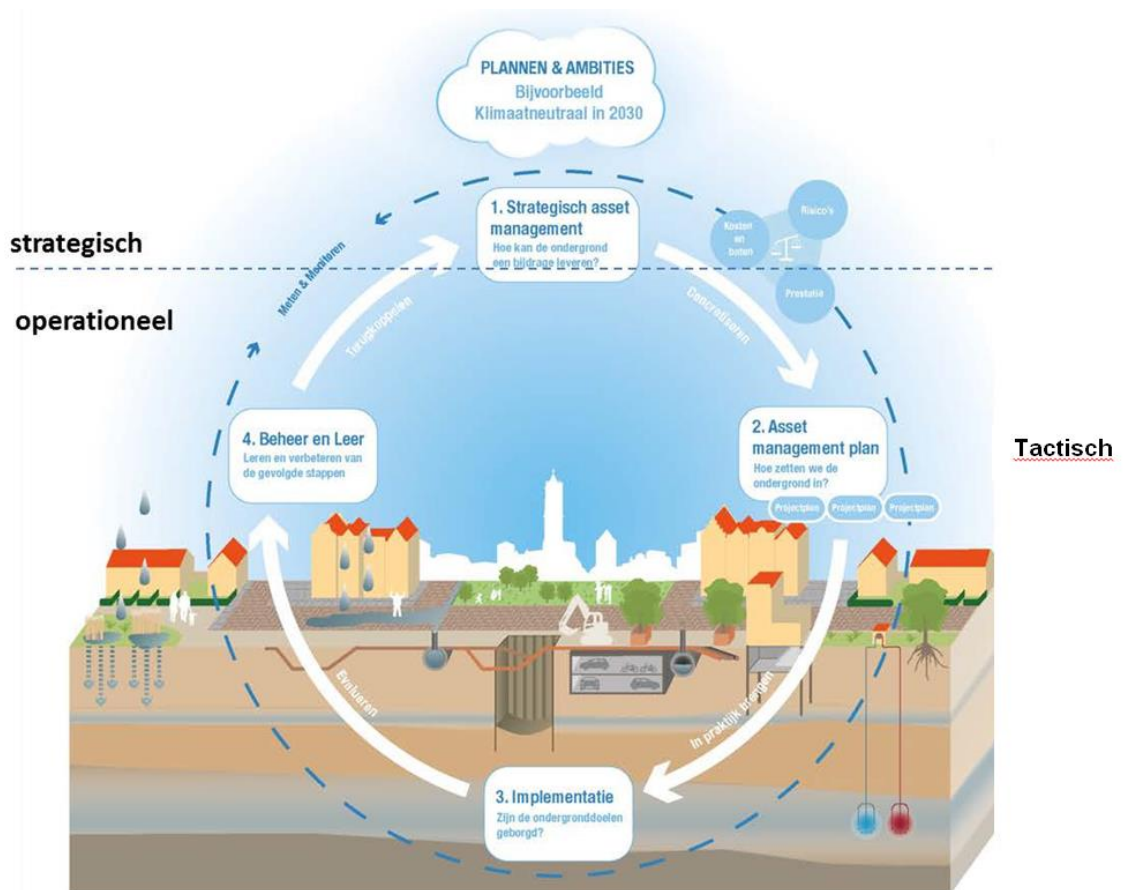
De resultaten van de casus worden uitgebeeld in Figuur 4.6. Het proces heeft een cyclisch karakter en is een specifiekere vorm van het algemene framework van ROBAMCI.

Een cyclus begint op strategisch niveau, bij de plannen en ambities van de gemeente:

- In **stap 1** worden de doelen en ambities (maatschappelijke opgaven) van de organisatie verzameld en gekeken hoe de ondergrond kan bijdragen om deze doelen te halen. Wanneer dit het geval is, wordt dat vastgelegd in een Strategisch Asset management Plan (SAMP). Op het moment dat vastgesteld is wat de benodigde prestaties van assets zijn, moeten activiteiten worden uitgevoerd om hieraan te kunnen voldoen.
- Dit is het moment dat het asset management proces overgaat naar tactisch/operationeel niveau: Hoe we de ondergrond inzetten en waar, hoe beheer plaats gaat vinden, risico's worden beheerd en budget wordt ingezet wordt vastgelegd in **stap 2** in het Asset Management Plan (AMP). Omdat asset management in de meeste gemeentes nu niet is ingevuld voor de ondergrond, geeft het projectniveau handelingsperspectief om asset management van de ondergrond te gaan implementeren. Op projectniveau worden concrete plannen gemaakt en uitgevoerd.
- In **stap 3** worden de plannen in praktijk geïmplementeerd. Daarbij is het van belang om voor de ondergrond te blijven checken of de doelstellingen worden geborgd.
- **Stap 4** bestaat uit de onderdelen beheer en leer. Door middel van continu meten en monitoren wordt gecheckt of de vastgestelde functies en bijhorende assets nog voldoen aan de plannen en ambities van de organisatie en vice versa. Dit maakt het mogelijk om te leren en bij te sturen tijdens uitvoering, om zo uiteindelijk de organisatiedoelen zo goed en effectief mogelijk te bereiken. Evaluatie en terugkoppeling binnen verschillende stappen is essentieel voor de werking van asset management.

Het proces is kwalitatief op twee cases voor twee verschillende gemeenten toegepast. Conclusie is dat AMO op het juiste spoor lijkt te zitten door asset management te gebruiken voor ondergrondbeheer, maar er zijn nog een aantal worstelingen rond:

- **Verbinding tussen asset management niveaus.** Het is lastig om van strategisch naar tactisch/operationeel niveau te gaan. Op strategisch niveau ondergrondfuncties identificeren die bijdragen aan stedelijke doelstellingen is één ding, maar de doorwerking naar daadwerkelijke inzet in projecten is lastig. Dit vraagt om een andere manier van werken. Waarbij de beheerders en ondergronddeskundigen meedenken bij de planvorming en waarbij meer in gebiedsbeheer wordt gedacht dan in losstaande projecten;
- **Denken in systeemfuncties.** Het is lastig om van objecten naar functies te gaan in asset management en in projecten. Vaak wordt worden projecten als business as usual opgepakt. Alternatieven onderzoeken vraagt om een helikopter blik en de mogelijkheid en wil om meekoppelkansen te zien. In veel projecten wordt dat gezien als extra werk, of de projectdynamiek leent zich niet voor een bredere blik, waardoor kansen niet verzilverd kunnen worden;
- **Doelstellingen SMART maken, meten en monitoren en leren.** Hoe realiseer je dat binnen een gemeente? De gemeente is niet ingericht op asset management van natuurlijke functies binnen gebieden, maar werkt vaak projectgericht. Ook dit vraagt om een andere manier van werken;
- **Inpassen van AMO in de huidige gemeentelijke omgeving.** Er zijn meerdere betrokkenen. Is het nodig om vanuit het management fiat te krijgen om AMO toe te gaan passen en de manier van werken drastisch aan te passen. Of kunnen we met kleine stapjes al aan de gang (laaghangend fruit)?
- **Taal.** Zoals aangegeven moet de bewoording/taal beter aansluiten/ herkenbaar zijn bij betrokkenen. Het oprichten van een Community of Practice "Asset Management van de Ondergrond" (CoP-AMO) is daarbij behulpzaam gebleken.



Figuur 4.6. Samenvatting van het proces

4.6 Casus Baggeren waterlopen Hollandse Delta

Aanleiding

Waterschap Hollandse Delta (WSHD) voert baggerwerkzaamheden uit met een vaste cyclus van 6 jaar. De totale kosten van deze baggercyclus zijn ongeveer 50 M€. Bij het baggeren wordt slib verwijderd zodat de watergang weer voldoet aan de afmetingen zoals vastgelegd in de legger.

Het baggeren heeft twee doelen die een directe relatie hebben met bedrijfswaarden van het waterschap: (1) het in stand houden van de afvoercapaciteit van de watergangen (waterkwantiteit) en (2) het op orde houden van de ecologie (waterkwaliteit). Daarnaast zijn er nog doelen voor het baggeren die een relatie hebben met functies ten bate van andere stakeholders dan het waterschap (bijvoorbeeld vaardiepte, recreatie of wateroverlast door gehinderde uitstroming vanuit de riolering).

Het waterschap heeft het bestuurlijk voornemen om over te gaan op risicogestuurd baggeren. De aanname is dat hiermee besparingen (of een betere prestatie tegen dezelfde kosten) zijn te realiseren, omdat enkel nog wordt gebaggerd wanneer dit vanuit de functionele eisen die gesteld worden aan de watergangen (bijvoorbeeld afvoercapaciteit, waterkwaliteit of vaardiepte) noodzakelijk is.

Door middel van een case studie in Spijkenisse (figuur 4.7) wil WSHD onderzoeken of de huidige cyclische benadering voor baggeren kosteneffectief is, of dat beter kan worden overgestapt naar een risicogestuurde aanpak.



Figuur 4.7. Studiegebied Spijkenisse

Doel

Het doel van de case studie was oorspronkelijk om drie baggerstrategieën voor Spijkenisse en omgeving te vergelijken op basis van kosten, prestaties en risico's. Dit zijn op hoofdlijnen:

- 1 Cyclisch baggeren met een vaste periode (dit is de huidige aanpak),.
- 2 Risicogestuurd baggeren aan de hand van inspecties en monitoring, waarbij gebaggerd wordt als een kritieke waarde wordt overschreden.
- 3 Een combinatie van deze strategieën.

Gedurende de uitvoering zijn in overleg de te beschouwen strategieën aangepast. De reden is dat zowel voor wateroverlast/inundatie gebaggerd kan worden als voor waterkwaliteit/ecologie. Beide doelstellingen vragen een andere baggeraanpak en op voorhand is niet duidelijk waar welke benadering maatgevend is. De volgende situaties zijn doorgerekend:

- Voor wateroverlast/inundatie wordt niet gebaggerd waar de overlast optreedt, maar waar het verhang benedenstrooms te groot is vanwege teveel slib in de watergang. Doel van de baggerwerkzaamheden is het herstel van het doorstroomprofiel.
- Voor waterkwaliteit/ecologie is het doel van het baggeren het verwijderen van de sliblaag die worteling van waterplanten hindert en mogelijk troebelheid veroorzaakt. Er wordt dus gebaggerd op plekken waar de sliblaag te dik is en daardoor ter plaatse de ecologie hindert.

Vergelijking baggerstrategieën

Als noodzakelijke eerste stap voor een onderbouwde risicogebaseerde baggerstrategie is onderzocht in welke watergangen baggeren voor waterkwaliteit maatgevend is en in welke watergangen baggeren voor wateroverlast/inundatie.

Hiervoor zijn met de Probabilistische Toolkit (PTK) van ROBAMCI de volgende berekeningen uitgevoerd:

- (0) Basisberekening zonder baggeren als referentie.
- (1) Berekening voor baggeren met vaste frequentie (= huidige aanpak).
- (2) Berekening met baggeren voor waterkwaliteit/ecologie en variabele frequentie.
- (3) Berekening met baggeren voor waterkwantiteit/inundatie en variabele frequentie.

Op basis van deze berekeningen is geëvalueerd of waterkwaliteit maatgevend is voor alle watergangen, of dat er ook watergangen zijn waar de functie ten aanzien van waterkwantiteit in het gedrang komt als waterkwaliteit leidend is.

Beschrijving ecologische systeemtoestand

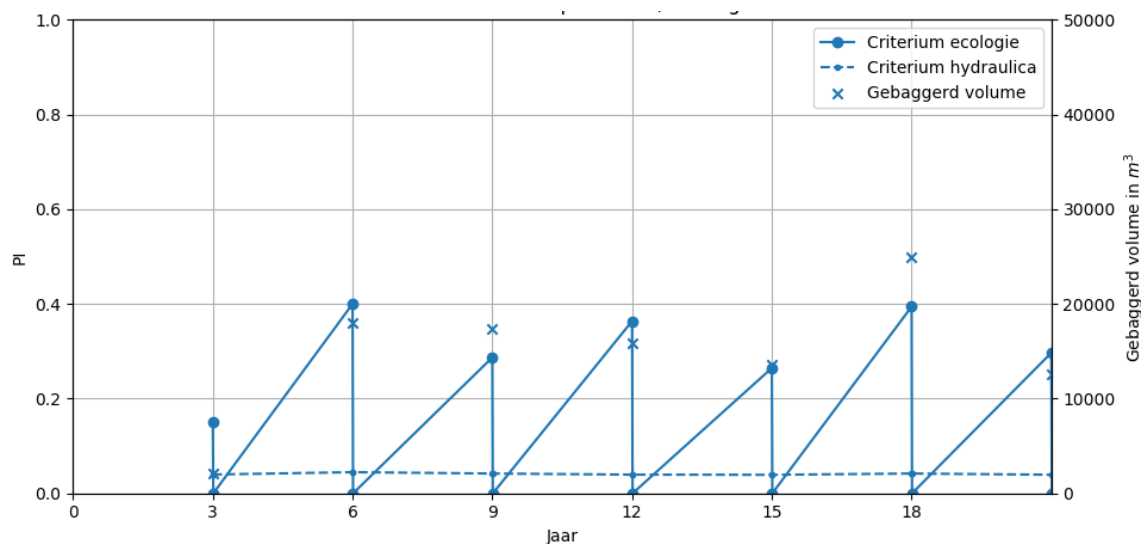
Voorafgaand aan de modelberekeningen is de ecologische systeemtoestand geïnventariseerd op basis van metingen en waarnemingen. Dit vormt een afspiegeling van de werkelijke situatie inclusief slibaanwas en baggeringrepen. Hieruit blijkt dat er over het gebied grote verschillen zijn. In sommige watergangen groeien volop ondergedoken waterplanten, maar in de meeste watergangen zijn er nagenoeg geen. Ook zijn er ruimtelijke verschillen in de sturende factoren voor de waterkwaliteit (lichtklimaat, slib, etc.).

Ten aanzien van baggeren is de voorlopige conclusie dat in de watergangen op Putten baggeren vanuit waterkwaliteitsoogpunt in een deel van de gevallen wenselijk is, maar in andere watergangen niet nodig lijkt of zelfs onwenselijk is. Waarschijnlijk valt winst te behalen door het baggerbeleid beter af te stemmen op de lokale condities, zoals huidige ecologische toestand, waterkwaliteit, dimensies, hydrologie, slibaanwas en andere factoren (zoals doorzicht) die bepalend zijn voor de ecologische waterkwaliteit.

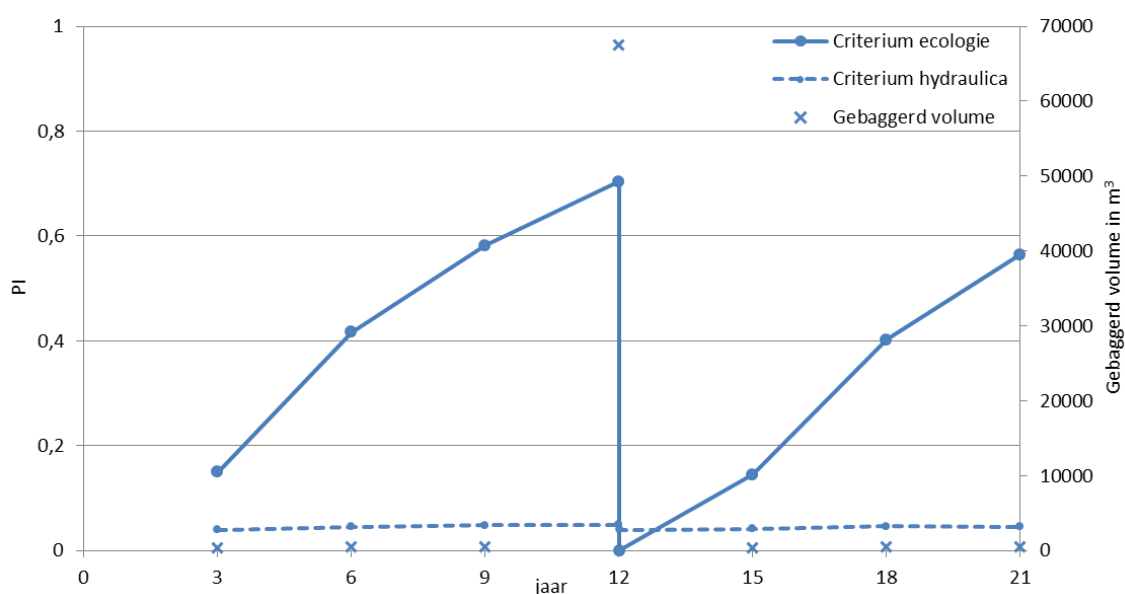
Resultaten modelberekeningen

Op de meeste locaties wordt als eerste het criterium voor ecologie overschreden. Voor het landelijk gebied geldt zelfs dat dit voor alle locaties maatgevend is. In stedelijk gebied blijkt dat op een beperkt aantal locaties wateroverlast maatgevender is dan ecologie. Dit kan samenhangen met een te krap watersysteem rondom die locaties, waardoor een aparte risicogestuurde baggeraanpak noodzakelijk kan zijn voor die systeemdelen. Het is ook mogelijk dat de meting van de drempelhoogte van de riooloverstort niet klopt. Advies is deze hoogtes goed te controleren in overleg met de gemeente Spijkenisse.

Het baggeren in de derde strategie ('baggeren voor waterkwantiteit/inundatie') is een stuk goedkoper dan in de tweede strategie ('baggeren voor waterkwaliteit/ecologie'). De prestatie van het systeem t.a.v. ecologie gaat er wel flink op achteruit (zie figuur 4.8 en 4.9). Strategie 2 is iets goedkoper dan strategie 1 (de huidige aanpak). Dit zou binnen de onzekerheidsmarge van de resultaten kunnen liggen, maar dat is niet getoetst. Wel geeft het aan dat optimalisaties mogelijk zijn in de baggerstrategie als een baggerfrequentie groter dan 1x per 6-7 jaar wordt gekozen. Hoeveel precies en in welke delen van het watersysteem zal met nieuwe berekeningen met de ROBAMCI tools getoetst moeten worden.



Figuur 4.8. Prestatie indicatoren per baggerronde, strategie 2



Figuur 4.9. Prestatie indicatoren per baggerronde, strategie 3

Conclusies

In tabel 4.1 zijn de rekenresultaten per strategie samengevat. Hieruit blijkt dat strategie 2 iets goedkoper is dan strategie 1 (ook in netto contante waarde). De verbetering in maximale afwijking van de gewenste prestaties is bij strategie 2 iets beter dan bij strategie 1, maar de verbetering in gemiddelde afwijking van de gewenste prestaties is juist bij strategie 1 iets beter dan bij strategie 2. Strategie 3 is veel goedkoper dan de andere twee, maar scoort veel slechter op prestaties.

Tabel 4.1 Kosten en prestaties per baggerstrategie

		Kosten (miljoen Euro)	Netto contant (miljoen Euro)	PI ecologie gem. (-)	PI ecologie max. (-)
Strategie 0	‘niet baggeren’	0	0	0,62	0,83
Strategie 1	‘huidig’	3,4	2,4	0,27	0,42
Strategie 2	‘slibdikte/ecologie’	3,2	2,2	0,31	0,40
Strategie 3	‘waterstand’	1,6	1,1	0,42	0,70

Op de meeste locaties wordt als eerste het criterium voor ecologie overschreden. Voor het landelijk gebied geldt zelfs dat voor alle locaties ecologie maatgevend is. Belangrijk aandachtspunt hierbij is wel dat de berekeningen zijn uitgevoerd voor een bui met een herhalingsstijd van 5 jaar.

In stedelijk gebied blijkt dat op een beperkt aantal locaties wateroverlast maatgevender is dan ecologie voor besluiten over baggeren. Het is verstandig om hier goed naar te kijken, omdat dit kan samenhangen met een te krap watersysteem rondom die locaties of met een verkeerd ingemeten drempelhoogte.

Het baggeren in de derde strategie is iets goedkoper dan in de tweede strategie zonder dat de prestatie van het systeem erop achteruit ging. Dit zou binnen de onzekerheidsmarge van de resultaten kunnen liggen, maar dat is niet getoetst. Wel geeft het aan dat optimalisaties mogelijk zijn in de strategie als een baggerfrequentie groter dan 1x per 6-7 jaar wordt gekozen. Berekeningen voor verdere optimalisatie zijn in het kader van ROBAMCI niet uitgevoerd.

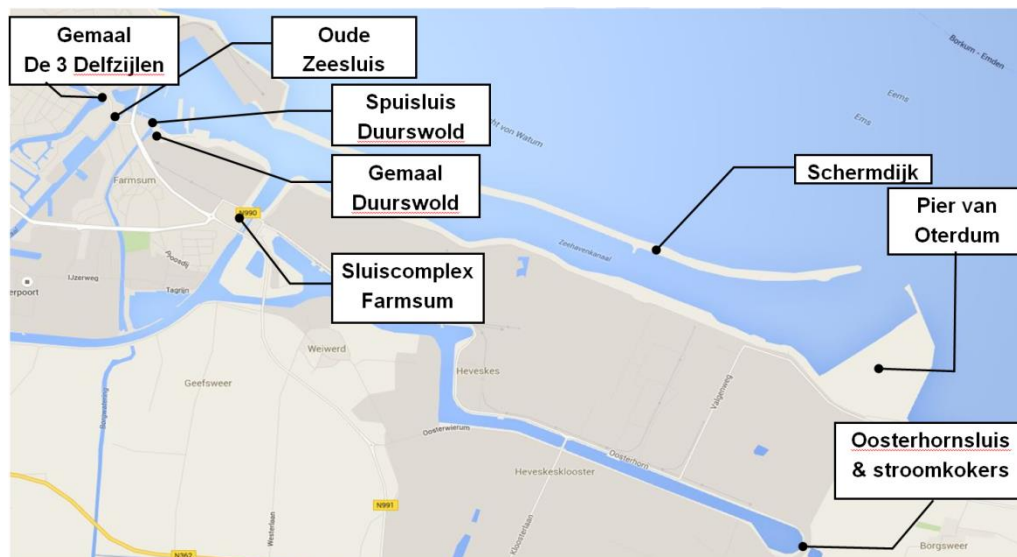
4.7 Casus Zeehaventoegang Delfzijl

De onderzoeksvraag bij de zeesluis van Delfzijl was of de vervanging van de zeesluis, gelet op de verschillende functies van het watersysteem rondom Delfzijl, nu of in een later stadium op het MIRT (Meerjarenprogramma Infrastructuur, Ruimte en Transport) zou moeten komen. In een eerder stadium was deze vraag ook aan de orde gekomen², waarbij alleen naar directe baten voor de scheepvaart was gekeken. Binnen het ROBAMCI onderzoek wordt gekeken of, indien er vanuit een systeem perspectief wordt gekeken er een meerwaarde kan worden aangetoond.

Het sluizencomplex van Delfzijl bij Farmsum bestaat uit een recreatiesluis en een zeesluis voor de beroepsvaart bij de overgang Eemskanaal naar de Waddenzee via de haven van Delfzijl. Gelet op groot onderhoud in 2014, is de verwachting dat de technische staat van de zeesluis nog tot 2050 voldoende is. De zeesluis en het Eemskanaal zijn onderdeel van de vaarweg Lemmer – Delfzijl, die geschikt wordt gemaakt voor klasse Va schepen en tweebaksduwvaart in gestrekte formatie. Bij voltooiing van deze werkzaamheden vormt de zeesluis bij Farmsum dan het laatste knelpunt voor passage van met name tweebaksduwvaart in gestrekte formatie.

Nabij het centrum van Delfzijl ligt de voormalige oude zeesluis, die nu een spuifunctie heeft. Ook het gemaal De Drie Delfzijlen, de spuisluis Duurswold en het gemaal Duurswold dragen bij aan de afvoer van water naar zee. Waterveiligheid in de omgeving wordt geborgd door de zeedijk tussen Eemshaven en Delfzijl die momenteel wordt versterkt, zie ook Figuur 4.10.

² Bückmann, B. Witmond, J. Roozenbeek, 2007, MIT-verkenning sluizen Delfzijl



Figuur 4.10: Overzicht waterkerende kunstwerken Delfzijl

Wensen en ambities

In workshops met regionale stakeholders zijn voor de waarden waarop het systeem invloed heeft een aantal wensen en ambities vastgesteld:

- Binnenvaart: meekomen met landelijke trend van grotere schepen, mogelijk maken van tweebaksduwvaart in gestrekte formatie, herstel van de concurrentiepositie.
- Recreatievaart: langs het centrum leiden om het maritieme karakter van Delfzijl te versterken, meer recreanten ('droog' en 'nat') te trekken en hiermee de leefbaarheid vergroten.
- Waterveiligheid: verlagen of verwijderen van de damwand aan de zeezijde van het centrum van Delfzijl om de ruimtelijke kwaliteit te verhogen en de waterveiligheid te borgen door een alternatieve maatregel.
- Waterkwaliteit: handhaven van het huidige niveau en waar mogelijk reduceren van de zoutindringing (met name in droge periodes).
- Wonen en werken: op dit moment is er in de gemeente Delfzijl een forse terugloop in het inwonertal en een hogere werkloosheid dan het landelijk gemiddelde. De ambitie is om deze trend tegen te gaan en de leefbaarheid voor de bewoners, werknemers en bezoekers op peil te houden. Het behoud van bestaande en stimuleren van nieuwe werkgelegenheid is hierin een belangrijke factor.

Projectalternatieven

Om invulling te geven aan de verschillende eisen en ambities zijn er, naast het handhaven van de referentiesituatie, een aantal projectalternatieven opgesteld (Tabel 4.2):

- **Alternatief 1:** Grotere sluis vlak naast huidige locatie bij Farmsum. De recreatievaart wordt verplaatst naar de oude zeesluis. Om dit mogelijk te maken wordt de spuifunctie naar de Pier van Oterdum verplaatst (buiten de haven), in combinatie met de ontwikkeling van zoet-zout natuur.
- **Alternatief 1-ZN:** Alternatief 1, zonder spuimiddel bij Oterdum maar met een spuifunctie bij de sluisen van Farmsum. Er wordt geen zoet-zout natuur gerealiseerd en de waterkwaliteit in Oosterhornhaven wordt niet verbeterd.
- **Alternatief 2:** Zeesluis wordt verplaatst naar het Zeehavenkanaal. De primaire kering wordt verplaatst naar de Schermdijk en Handelskade Oost, zodat de damwandconstructie in het centrum geheel kan worden verwijderd. De zeehaven wordt binnenhaven.

Alternatief 3, waarbij naast een grotere sluis een stormvloedkering wordt gerealiseerd, zal net als Alternatief 2 de vastgoedwaarde van woningen verhogen door de toename van de ruimtelijke kwaliteit. Die toename staat bij uitvoering op dit moment, niet in verhouding tot de noodzakelijke kosten. Mogelijk dat Alternatief 3 in de toekomst wel gunstig is, wanneer de opgave vanuit waterveiligheid sterk toeneemt. Op dit moment is deze afweging niet mogelijk. Duidelijk is dat Alternatief 2 met een zeesluis in het Zeehavenkanaal veel ongunstiger is dan Alternatief 3 met een stormvloed kering. Alternatief 3 kan ook op een later moment worden uitgevoerd bij een keuze voor Alternatief 1: de ruimtelijke ontwikkelingsmogelijkheden worden door Alternatief 1 niet wezenlijk beperkt.

Tabel 4.3: Saldo van de verschillende alternatieven in miljoenen € in contante waarde

Beschrijving	Alternatief 1	Alternatief 1-ZN	Alternatief 2	Alternatief 3	Alternatief 3-ZN
Nieuwe sluis bij Farmsum, inclusief bellenscherm	88	88		88	88
Spuimiddel in oude zeesluis Farmsum		17,5			17,5
Recreatiesluis	5	5		5	5
Aanpassing Damsterhaven	0,25	0,25		0,25	0,25
Nieuwe sluis in zeehavenkanaal, inclusief bellenscherm			300		
Aanpassing primaire kering			40	30	30
Spuimiddel in zeehavenkanaal			50		
Spuimiddel Oterdum en zoet-zout natuur	55			55	
Nieuwe stormvloedkering in zeehavenkanaal				100	100
Totaal Kosten	148	111	390	278	241
Vermeden kosten referentie	34,8	34,8	34,8	34,8	34,8
Scheepvaart	27,9	27,9	(47,6)	27,9	27,9
Uitgifte industrieterreinen GSP	12,5	12,5	pm	12,5	12,5
Recreatievaart	5,1	5,1	2,5	5,1	5,1
Toerisme	13,8	6,9	6,9	13,8	6,9
Wonen	28,6	28,6	36,1	36,1	36,1
Zoet-zout natuur	pm			pm	
Waterkwaliteit	pm			pm	
Totaal Baten	123	116	33	130	123
Saldo van kosten en baten	-26	5	-357	-148	-118

De conclusie is dus dat er geen duidelijke voorkeur is voor het referentie alternatief, Alternatief 1 of Alternatief 1 – ZN. Het referentiealternatief en Alternatief 1-ZN scoren ongeveer gelijk. Alternatief 1 scoort in de analyse iets ongunstiger, maar hier zijn baten voor betere waterkwaliteit en zoet-zout natuur niet doorgerekend in de analyse (positieve pm posten).

De gevoeligheidsanalyse in Tabel 4.4 laat zien dat de rentabiliteit van de alternatieven samenhangt met de gekozen scenario's voor economische ontwikkelingen in Delfzijl. Vanwege het negatieve saldo van Alternatief 2 en Alternatief 3 is de gevoeligheidsanalyse alleen gemaakt voor de alternatieven 1 en 1-ZN. De baten variëren met name met de prognoses rondom groei van de scheepvaartsector en de daarmee gepaard gaande vraag naar industrieterreinen voor Groningen Seaports (GSP). De afname van het aantal inwoners van Delfzijl en de daarmee samenhangende afnemende vraag naar woningen is ook een belangrijke factor in de verwachte baten. In het lage scenario lijkt er een voorkeur te zijn voor de referentie vanwege de afnemende score voor de alternatieven, terwijl er bij een hoger groei scenario een duidelijke voorkeur is voor Alternatief 1 of Alternatief 1-ZN. Indien de zeesluis in 2030 vervangen wordt, zoals in de studie van 2007 was aangenomen, scoren de alternatieven veel beter. In dat geval zou Alternatief 1-ZN een positief saldo van € 20 miljoen ten opzichte van de referentie krijgen.

Tabel 4.4: Gevoeligheidsanalyse MKBA zeesluis Farmsum. Bedragen in miljoenen € in contante waarde

Beschrijving	Laag		Gemiddeld		Hoog	
	Alternatief 1	Alternatief 1-ZN	Alternatief 1	Alternatief 1-ZN	Alternatief 1	Alternatief 1-ZN
Onderhoud oude sluis Farmsum						
Nieuwe sluis bij Farmsum en spuimiddel, (NCW) in 2050						
Nieuwe sluis bij Farmsum, inclusief bellenscherm	88	88	88	88	88	88
Spuimiddel in oude zeesluis Farmsum		17,5		17,5		17,5
Recreatiesluis	5	5	5	5	5	5
Aanpassing Damsterhaven	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Nieuwe sluis in zeehavenkanaal, inclusief bellenscherm						
Aanpassing primaire kering						
Spuimiddel in zeehavenkanaal						
Spuimiddel Oterdum en zoet-zout natuur	55		55		55	
Nieuwe stormvloedkering in zeehavenkanaal						
Totaal Kosten	148	111	148	111	148	111
Vermeden kosten referentie	34,8	34,8	34,8	34,8	34,8	34,8
Scheepvaart	20,8	20,8	27,9	27,9	38,6	38,6
Uitgifte industrieterreinen GSP	6,5	6,5	12,5	12,5	28,6	28,6
Recreatievaart	3,4	3,4	5,1	5,1	7,0	7,0
Toerisme	8,9	4,5	13,8	6,9	17,9	9,0
Wonen	19,4	19,4	28,6	28,6	38,3	38,3
Zoet-zout natuur	+ pm		+ pm		+ pm	
Waterkwaliteit	+ pm		+ pm		+ pm	
Totaal Baten	94	89	123	116	165	156
Saldo van kosten en baten	-54	-21	-26	5	17	45

De gevolgde methode van het analyseren van alle veranderingen in het watersysteem rondom Delfzijl laat zien dat een systeemaanpak meerwaarde heeft ten opzichte van een object-georiënteerde aanpak. In een eerdere studie, waarbij alleen gekeken werd naar de zeesluis en het effect op baten t.o.v. verhoging van de efficiency van de scheepvaart werd een sterk negatief saldo berekend van vergroting van de zeesluis. De systeemaanpak laat zien dat de baten veel breder zijn dan alleen baten van efficiëntieverhoging in de scheepvaart en dat interventies vanuit een systeemaanpak kansen bieden aan gebiedsontwikkeling. Interventies gericht op synergie tussen de verschillende componenten van meerdere functies hebben duidelijk grotere gezamenlijke baten dan interventies gericht op het functioneren van de individuele componenten.

4.8 Casus Gerichte rioolreiniging DWA-riolen Almere

In Nederland ligt circa 110.000 km riool. Het riool wordt gebruikt om:

- de volksgezondheid te beschermen door contact met afvalwater te voorkomen
- wateroverlast te voorkomen door overtollig regenwater af te voeren
- het milieu te beschermen door het afvalwater zoveel mogelijk te zuiveren.

Door het afvalwater vervuult de riolering. Om de transportcapaciteit van de riolen op peil te houden en verstopping te voorkomen worden riolen gereinigd. In heel Nederland (en daarmee ook in Almere) wordt gewerkt met vaste reinigingsfrequenties of gereageerd op incidenten (verstoppingen). Bij beide strategieën kunnen vraagtekens worden gezet ten aanzien van efficiëntie en effectiviteit.

In Almere treden vanwege de bodemopbouw ongelijkmatige zettingen op. Hierdoor is de afstroming van de riolering niet op alle plaatsen gewaarborgd. Op de plaatsen waar de afstroming niet gewaarborgd is, kan extra vuilophoping optreden.

In deze case zijn twee vragen onderzocht:

- 1 Is het mogelijk om op basis van zettingsgegevens te bepalen waar en wanneer het riool gereinigd moet worden?
- 2 Is het mogelijk om op basis van de zettingsgegevens de reinigingsstrategie van DWA riolen te optimaliseren?

Zetting als indicator voor reinigingsmoment

Sinds een aantal jaren verzamelt de gemeente Almere relatief veel informatie over de fysieke toestand van de riolering, de uitgevoerde rioolreinigingen en de opgetreden incidenten. Deze informatie is geanalyseerd en gecombineerd met informatie over zettingen. Op basis van deze informatie is het niet gelukt een verband aan te tonen tussen zettingen en incidenten. Dit betekent echter niet dat er geen verband is. De volgende oorzaken hebben de analyses beïnvloed waardoor een mogelijk verband niet aantoonbaar was:

- Het aantal klachten in Almere over het functioneren van de vuilwaterriolen is relatief beperkt. In de periode 2007-2014 zijn 851 klachten geregistreerd over het functioneren van het vuilwaterriool. Het relatief beperkte aantal klachten maakt het moeilijk om een statistisch significant verband aan te tonen.
- De klachten zijn geregistreerd op basis van postcode van de melder en niet op basis van de locatie van de oorzaak van de klacht. Dit maakt het koppelen van oorzaak (zetting) en gevolg (verstopping) moeilijk omdat de exacte locaties niet bekend zijn.
- Het verschil in gebiedstype. De gebieden in Almere zijn verschillend qua leeftijd, methode van bouwrijp maken en type ondergrond. Deze verschillen leiden tot verschillende verouderingsprocessen en dat bemoeilijkt de analyses.
- De hoeveelheid slib die uit de riolering wordt verwijderd wordt geregistreerd op wijkniveau. Dit is momenteel het hoogst haalbare, maar te grof voor nauwkeurige analyses.
- Een deel van de strengen (aandachtstrengen) worden al vaker gereinigd om verstoppingen te voorkomen. Dit beïnvloedt de analyseresultaten.

Sinds 2009 reinigt Almere de riolen voor het afvalwater frequenter dan voorheen, namelijk eens per drie jaar.

Bij elke reinigingsronde worden de zinkers drooggezet, volledig gereinigd en geïnspecteerd. De zinkers worden daarnaast ook jaarlijks doorgespoten. Uit de analyses is wel gebleken dat de aanpassingen in de reinigingsstrategie tot een afname van de meldingen heeft geleid. Daarnaast is uit de besprekingen met de gemeente Almere gebleken dat een toename van het aantal meldingen in een aantal wijken samenvalt met uitgestelde reinigingsactiviteiten.

Om in de toekomst betere analyses te kunnen maken is het noodzakelijk om de informatie over de hele levenscyclus van de riolering vast te leggen. Dit betreft zowel informatie over de aanleg, het onderhoud, de vervuiling en de meldingen. Daarnaast is het noodzakelijk om de registratie van meldingen verder te verbeteren en een terugkoppeling te maken met de uitgevoerde acties en de exacte locatie van de acties.

Optimalisatie van de reinigingsfrequentie van DWA-riolen

Omdat het niet mogelijk was om op basis van de beschikbare informatie een verband aan te tonen tussen zettingen en meldingen is gedurende het project de aanpak aangepast. Voor het rioleringsgebied “Muziekwijk” is op basis van theoretische aannames een analyse gemaakt van het effect van vervuiling op het huidige functioneren van de vuilwaterriolering. Vervolgens zijn verschillende reinigingsstrategieën vergeleken op basis van de kans op verstopping. Dit is de impact uitgedrukt in het aantal getroffen huishoudens en de beheerkosten.

De reinigingsstrategieën verschillen van elkaar op de volgende punten en zijn weergegeven in tabel 4.5:

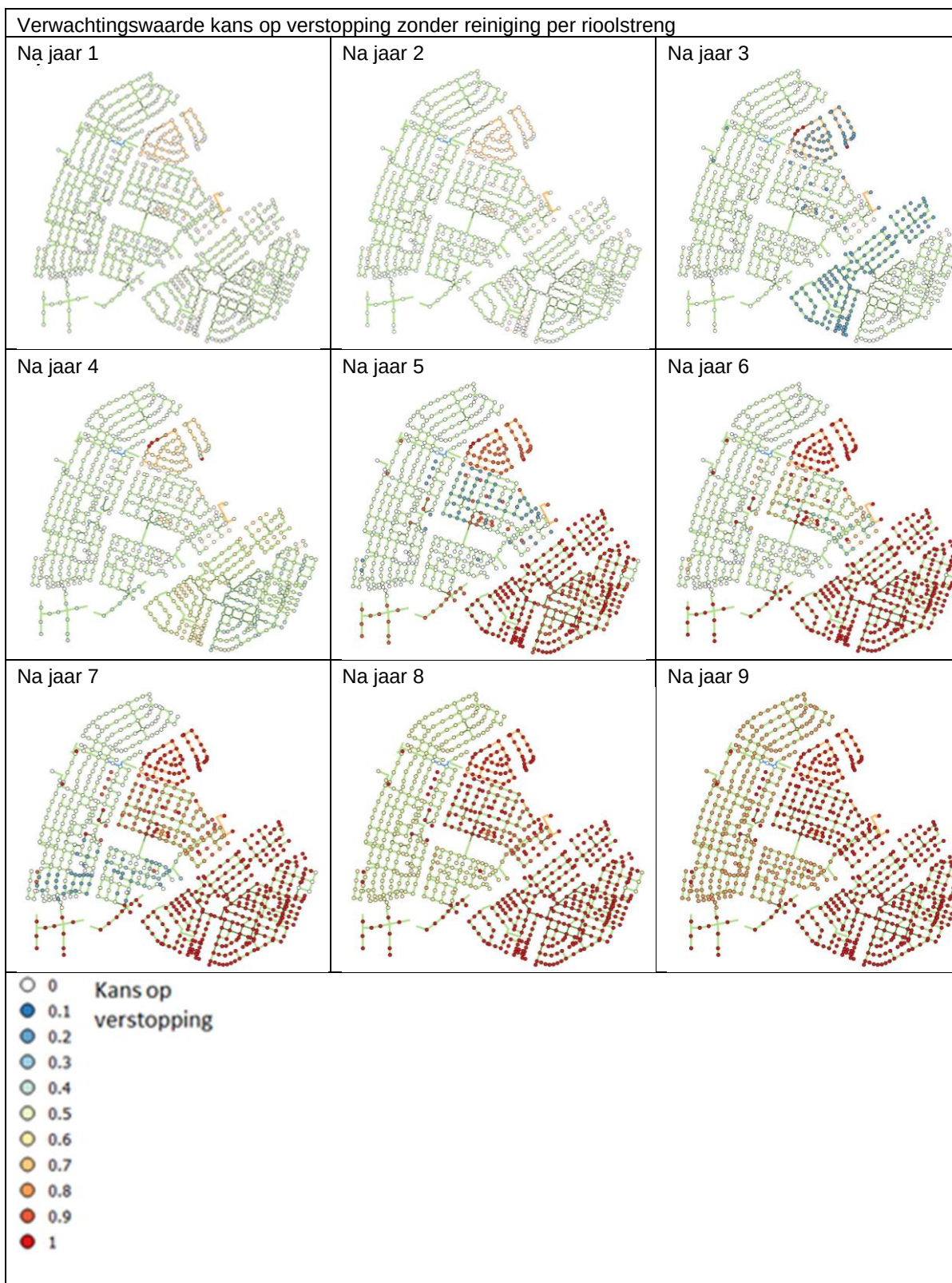
- Frequentie van reinigen: 2, 3, 4, of 6 jaar;
- Reinigingsomvang;
- alle leidingen;
- leidingen met een diameter <250 mm;
- leidingen met verloren berging³;
- een combinatie van bovenstaande opties.

Tabel 4.5 Reinigingsstrategieën

Code	Beschrijving reinigingsstrategie
Geen Beheer	Geen reinigingsstrategie: dit toont hoe en waar de problemen zich ontwikkelen door de jaren
B3	Elke 3 jaar alle buizen reinigen (huidige strategie)
B4	Elke 4 jaar alle buizen reinigen
B6	Elke 6 jaar alle buizen reinigen
B6 VB2	Elke 6 jaar alle buizen reinigen, elke 2 jaar de buizen met verloren berging reinigen
B6 VB3	Elke 6 jaar alle buizen reinigen, elke 3 jaar de buizen met verloren berging reinigen
B6 VBPLUS2	Elke 6 jaar alle buizen reinigen, elke 2 jaar de buizen met verloren berging en de buizen kleiner dan 250 mm reinigen
B6 VBPLUS3	Elke 6 jaar alle buizen reinigen, elke 3 jaar de buizen met verloren berging en de buizen kleiner dan 250 mm reinigen

Voor alle reinigingsstrategieën zijn de kosten en baten bepaald over een periode van 9 jaar. Om rekening te houden met de onzekerheid in de vervuilingssnelheid zijn voor elk jaar 25 scenario's met verschillende vervuilingssnelheden doorgerekend. De vervuilingssnelheden zijn random getrokken binnen een vooraf gedefinieerde bandbreedte. Op basis van de uitkomsten van de modelberekeningen is de kans op verstopping en de verwachte impact van de verstoppingen berekend (zie als voorbeeld figuur 4.11). De impact bestaat uit de kans op verstopping vermenigvuldigd met het aantal getroffen huishoudens. Daarnaast zijn de beheerkosten van de verschillende strategieën in beeld gebracht.

³ De verloren berging in een rioolstelsel is het gedeelte van de riolering dat niet uit zichzelf leeg kan stromen. Het ontstaat doordat leidingen verzakken, of doordat bij de aanleg riolen onder tegenschot zijn aangelegd.



Figuur 4.11 Jaarlijkse kans op verstopping zonder reiniging gedurende 9 jaar.

Aangenomen dat de theoretische aannames kloppen, dan blijkt uit de uitgevoerde analyses dat de gemeente Almere momenteel een vrij conservatieve (weinig risico's) reinigingsstrategie hanteert.

Sinds 2009 heeft de gemeente de reinigingsfrequentie opgevoerd tot minimaal eens per 3 jaar (aandachtsriolen vaker). Hierdoor is het aantal meldingen verminderd en de impact van mogelijke verstoppingen is na 3 jaar relatief beperkt.

Voor Muziekwijk is op basis van de gebruikte theoretische getallen bepaald wat de verwachte effecten zijn van gedifferentieerde reinigingsstrategie (Tabel 4.6). Bij de twee meest veelbelovende alternatieven worden de leidingen met een diameter kleiner dan 250 mm of met verloren berging om de 2 of 3 jaar gereinigd. De overige leidingen worden elke 6 jaar gereinigd. Bij de eerste variant (B6 VB2 alles reinigen om de 6 jaar en een deel om de 2 jaar) neemt de kans op verstopping af en zijn de kosten 20% lager ten opzichte van de strategie waarbij alle riolen met dezelfde frequentie worden gereinigd. Bij de tweede variant (B6 VB3 alles reinigen om de 6 jaar en een deel om de 3 jaar) neemt het risico op verstoppingen iets toe en zijn de kosten circa 30% lager ten opzichte van de strategie waarbij alle riolen met dezelfde frequentie worden gereinigd.

Tabel 4.6 Resultaten per reinigingsstrategie na een periode van 6 jaar

Resultaten per reinigingsstrategie na een periode van 6 jaar			
Strategie	Kans op verstopping na 6 jaar [%]	Verwachte aantal getroffen huishoudens na 6 jaar [-]	Totale reinigingskosten na 6 jaar [Euro]
Geen Beheer	52%	10.645	0
B3	3%	516	112.000
B4	30%	4.308	56.000
B6	50%	10.288	56.000
B6 VB2	14%	2.925	81.000
B6 VB3	17%	3.525	69.000
B6 VBPLUS2	0.4%	79	92.000
B6 VBPLUS3	4%	872	74.000

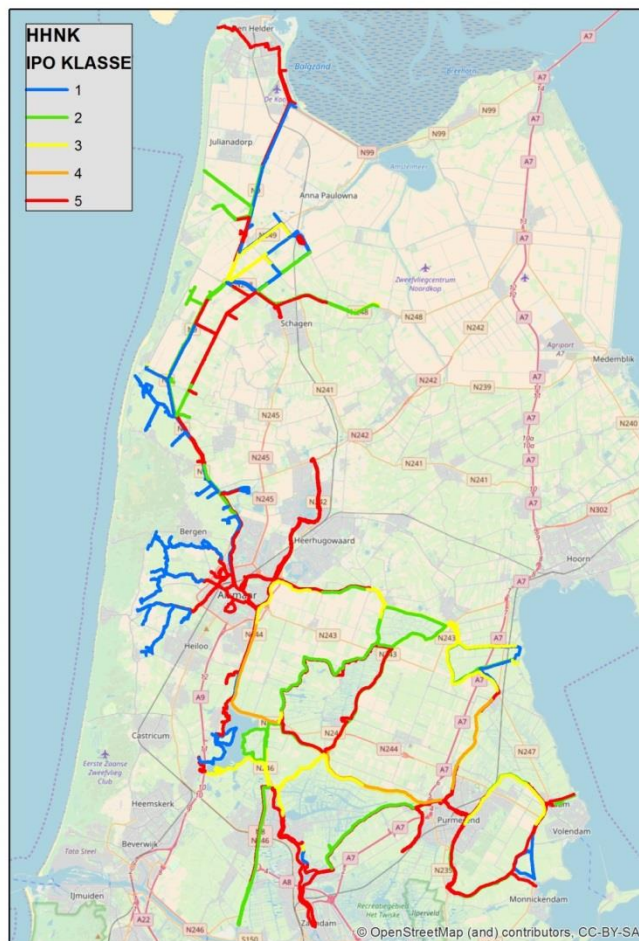
De huidige reinigingsstrategie van Almere (B3, basis frequentie van 3 jaar voor alle vuilwaterriolen, hogere frequentie aandachtsriolen) lijkt op basis van de uitgevoerde analyse een effectieve strategie om verstoppingen te voorkomen. Op basis van de uitkomsten van de berekeningen is echter de verwachting dat verdere optimalisatie van de reinigingsstrategie t.a.v. de verhouding tussen kosten, risico's en prestaties mogelijk is.

Voordat de beschreven strategie daadwerkelijk geïmplementeerd kan worden is het belangrijk om meer inzicht te krijgen in de vervuilingssnelheid van de verschillende rioolleidingen. Geadviseerd wordt om het komende jaar /de komende jaren de vervuilingssnelheid in beeld te brengen door middel van een monitoringsprogramma. Daarnaast wordt geadviseerd meer aandacht te besteden aan het registreren van meldingen en de gegevens die van invloed zijn op de kwaliteit van de riolering.

4.9 Casus Risico gebaseerde dijkverhogingen HHNK

Deze casus betreft de vergelijking van 3 strategieën voor versterking (verhoging) van waterkeringen binnen de jurisdictie van het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK). De casus richt zich op de ruim 1.000 km regionale waterkeringen van de Schermerboezem die het polderlandschap en hierin liggende dorpen en steden beschermen tegen overstroming vanuit de grote kanalen/boezems (Figuur 4.12). Deze waterkeringen verzakken door bodemdaling en inklinking, waardoor hun prestaties op het gebied van hoogwaterbescherming afnemen en het risico toeneemt.

De snelheid van de zetting is geschat, maar is onzeker, grotendeels als gevolg van onzekerheid in de ondergrondse bodemsamenstelling. Elke dijktraject binnen het portfolio heeft een veiligheidsnorm (IPO-klasse), die wordt gegeven als een maximaal acceptabele faalkans. De normen zijn zodanig afgeleid dat ze overeenkomen met aanvaardbare risiconiveaus, die zijn berekend als onderdeel van een nationale overstromingsrisicobeoordeling.



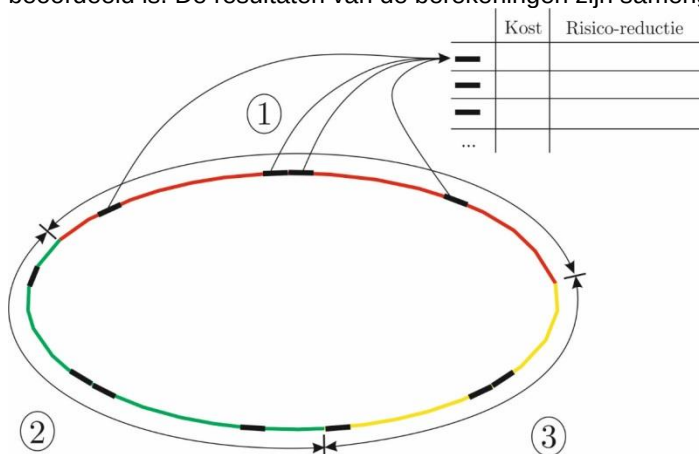
Figuur 4.12 IPO klassen voor de regionale waterkeringen bij HNK (van de Schermerboezem)

In deze casus komen 3 aspecten aan de orde, die bepalen wanneer en op welke wijze een waterkering wordt versterkt:

- (1) Momenteel is de beslissing om de regionale waterkeringen van HNK te verhogen gebaseerd op een criterium dat niet direct is gekoppeld aan de veiligheidsnorm, namelijk: wanneer de kering onder maalstoppeil + waakhoogte daalt, komt deze in aanmerking voor een project (verhoging). Maalstoppeil (MSP) is het waterpeil waarbij pompen van polder naar boezem niet langer is toegestaan, en wordt verondersteld een zeldzaam (extreem) waterniveau te zijn. Waakhoogte (WH) is een buffer die wordt toegewezen om rekening te houden met golven. Het probleem met deze aanpak is dat de beheerders het daadwerkelijke risico niet kunnen vaststellen, waardoor het onduidelijk is of hun investeringen in dijkverhoging een groot of klein risico afdekken.

- (2) Wanneer een dijk moet worden verhoogd, wordt dit in de huidige systematiek gedaan als een groot Verbetering Boezemkades (VBK) project, dat substantiële vergunningen vereist en waarin een versterking de levensduur krijgt van 30 jaar, rekening houdend met een geschatte autonome bodemdaling (zetting). Er zijn voordelen aan een overgang naar onderhoud-gebaseerde dijkverhoging, waarbij de levensduur korter is (~15 jaar). De voordelen van deze strategie zijn de volgende: het vergunningen traject is eenvoudiger, er is minder (snelle) zetting als gevolg van minder ophoging, en de beheerders houden meer gevoel met de toestand van hun dijk, omdat ze vaker terugkomen. Op basis hiervan werd verondersteld dat de op onderhoud gebaseerde strategie meer kosteneffectief is dan de huidige strategie, maar er was geen tool of methode om die hypothese te kunnen beoordelen.
- (3) Er is interesse in alternatieve dijkverbeteringsmethodes en bijbehorende verbeteringsritmes (life cycle) voor plekken waar verhogingen nodig zijn, maar waar weinig tot geen ruimte is om een dijk te verbreden om de stabiliteit te garanderen. Hiervoor zijn vaak damwanden gebruikt die voor een langere periode worden ontworpen. In deze casus, kijken we naar een alternatieve methode: DMC (dike monitoring and conditioning). Het DMC systeem gebruikt metingen om de waterspanning in een dijk te bewaken en bij te sturen door het onttrekken of toevoeren van water in de dijk door middel van een buizensysteem. De vraag is of de life-cycle-efficiëntie van het DMC systeem op kan tegen traditionele damwanden.

In deze casus is een methode ontwikkeld voor het risico-gebaseerd afwegen van drie verschillende strategieën voor het verhogen van regionale waterkeringen, waarmee bovengenoemde aspecten kunnen worden afgewogen: (1) de huidige dijkverhogingsstrategie, (2a) de op risico gebaseerd strategie met grote projecten, en 2b) de op risico-gebaseerde strategie met onderhoudsprojecten. De risico-gebaseerde methode beschouwt het risico voor het hele systeem, en kiest elk jaar (indien het risico te hoog wordt door bodemdaling) de meest effectieve dijktrajecten om te verhogen, om het risico weer onder de norm te brengen (Figuur 4.13). De methode houdt rekening met onzekerheid van de autonome bodemdaling (zakkingen). De methode is in een tool gebouwd waarmee de kosteneffectiviteit van de drie strategieën beoordeeld is. De resultaten van de berekeningen zijn samengevat in tabel 4.7.



Figuur 4.13 Illustratie van een keringsysteem met drie gevolgtrajecten, waarbij elk gevolgtraject meerdere dijkvakken bevat die te laag zijn gezakt. De kosten en risico-reductie van elk gevolgtraject wordt berekend om te beslissen welk traject als eerst wordt verhoogd.

Tabel 4.7 Mediane kosten voor een periode van 100 jaar, in MEuro's, voor de drie strategieën, en voor twee waarden van de rentevoet.

Berekening	Beschrijving	Rentevoet	Investeringsen	Investeringsen + Risico
			(uitgaven, mediaan) [M€]	(uitgaven, mediaan) [M€]
$S1_0$	Hoogte: MSP + WH	0,0%	688	6855
$S2_0$	Risico: Grote projecten	0,0%	629	722
$S2b_0$	Risico: Onderhoud	0,0%	523	618
$S1_{2,5}$	Hoogte: MSP + WH	2,5%	177	1707
$S2_{2,5}$	Risico: Grote projecten	2,5%	172	203
$S2b_{2,5}$	Risico: Onderhoud	2,5%	131	162

De resultaten van de casus leiden tot de volgende conclusies:

- Het risico niveau met de huidige strategie van dijkverhogingen is hoger dan men had verwacht;
- De huidige strategie voor dijkverhogingen is het duurste, maar ook het minst effectief (hoogste risico);
- De risico-gebaseerde onderhoudsstrategie met levensduur van 15 jaar (ipv grote projecten met een levensduur van 30 jaar) is meest gunstig;
- Het gebruik van het DMC systeem is even effectief als een damwand, en kan dus een optie zijn wanneer er andere voordelen van DMC worden gezien;
- De absolute waarden van de kosten en de risico's van de strategieën zijn vrij gevoelig voor de keuze van de rentevoet, maar het resultaat – welke strategie het meest effectief is – blijft hetzelfde.

De ROBAMCI-tool die ontwikkeld is voor deze casus is generiek opgebouwd zodat hij zonder veel moeite toegepast kan worden bij andere stelsels regionale waterkeringen. NB. Plan is om de ROBAMCI tool uit te breiden zodat het kan worden gebruikt voor het maken van meerjarenplanningen van investeringen.

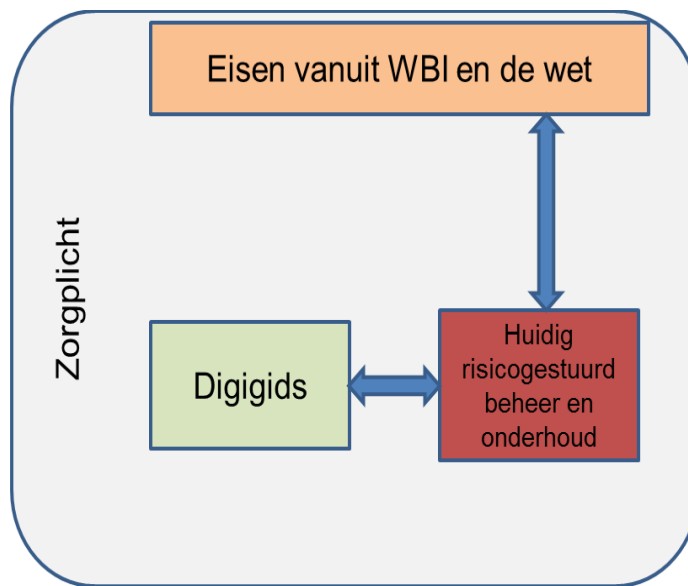
Samengevat: met de ROBAMCI aanpak en tools kunnen we verschillende strategieën vergelijken voor het beveiligen van de Schermerboezem tegen overstromen, op basis van risico's. Tevens kunnen we een onderbouwde planning maken om op de juiste locatie, op de juiste moment de juiste investering te doen.

4.10 Casus Risicogestuurd Inspecteren Oesterdam

Met de overgang naar het nieuwe Wettelijke Beoordelings Instrumentarium (WBI2017) worden de primaire keringen eens in de twaalf jaar in detail getoetst. Met de invoering van de zorgplicht is de beheerder verantwoordelijk voor het beheersen van het risico voor de hoogwaterfunctie middels het aantoonbaar treffen van de benodigde maatregelen zijnde beheer, onderhouden en inspectie.

In deze case is voor de Oesterdam de vraag beantwoord of de huidige visuele inspectie gebaseerd op de Digigids geschikt is om aan te tonen dat de Oesterdam aan de veiligheidseisen voldoet. Het doel van de case is om voor de Oesterdam te komen tot een duidelijker samenhang tussen de eisen vanuit het Wettelijk Beoordelings Instrumentarium (WBI), de middelen voor inspectie vanuit de Digigids en de nu door de beheerder (RWS) gehanteerde aanpak van risico-gestuurd inspecteren en het daaraan gekoppelde onderhoud.

Daarnaast is er geïnventariseerd of de visuele inspecties op basis van de Digigids leiden tot voldoende inzicht in het functioneren van de kering of dat aanvullende metingen/inspecties noodzakelijk zijn om de veiligheid te kunnen garanderen.



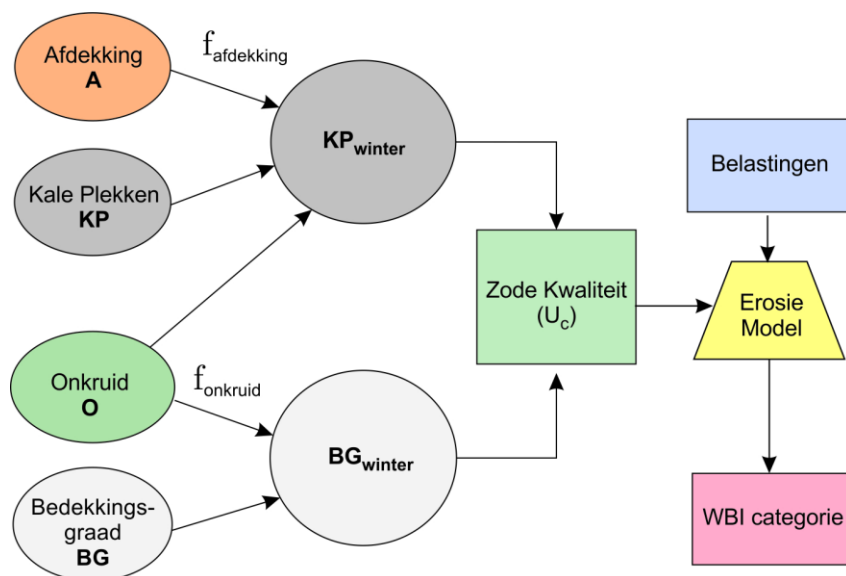
Figuur 4.14 Relatie zorgplicht, WBI, Digigids, en beheer en onderhoud

Voor het toetspoot 'graserosie buitentalud' en meer in het bijzonder het deelmechanisme 'erosie door golfoploop' is voor vier schadebeelden onderzocht hoe visuele inspectie gekoppeld kan worden aan de WBI beoordelingscategorieën. De volgende vier schadebeelden zijn in de beschouwing meegenomen:

- Afdekking;
- Kale plekken;
- Onkruid;
- Bedekkingsgraad.

Erosie door golfoploop wordt in WBI2017 beoordeeld met behulp van het erosiemodel "cumulatieve overbelastingmodel". Hieruit blijkt dat met name de kwaliteit van de graszode bepalend is voor de beoordeling van het toetspoot grasbekleding buitentalud – golfoploop. In WBI2107 wordt met de termen "gesloten", "open" en "fragmentarisch" een indicatie gegeven voor de kwaliteit van de grasmat en daarmee de erosiebestendigheid van de bekleding. Voor de Oesterdam hebben we voor twee representatieve doorsnede profielen met het cumulatieve overbelastingmodel getoetst of de grasbekleding aan de norm voldoet voor "gesloten", "open" en "fragmentarische" grasmat. Hieruit blijkt dat voor de Oesterdam de grasbekleding voldoet aan de norm in het geval van een gesloten of een open zode. Fragmentarische graszoden moeten te allen tijde voorkomen worden, aangezien dan niet meer aan de veiligheidsnorm voldaan wordt.

Met deze kennis is de uitdaging vervolgens om op basis van inspectiegegevens aan te tonen dat de graszode tijdens het winterhalfjaar (stormseizoen) niet zal verslechteren tot fragmentarisch (afkeuring op basis van WBI beoordeling), zie Figuur 4.15, waarin ^fafdekking en ^fonkruid de verouderingsprocessen in het winterhalfjaar beschrijven. Echter de Digigids classificeert de kwaliteit van de grasmat niet als "gesloten", "open" of "fragmentarisch", maar als "goed", "redelijk", "matig" of "slecht". De schadebeelden uit de Digigids blijken daardoor niet 1-op-1 te relateren te zijn aan de WBI beoordelingscategorieën. De belangrijkste constatering in deze case is dan ook dat de visuele inspecties op basis van de Digigids niet afdoende zijn voor de beheerder van de Oesterdam om aan te tonen dat aan de zorgplicht voldaan wordt.



Figuur 4.15 Schematische weergave verbanden schadebeelden en WBI categorie

In deze case is een voorstel gedaan tot verbetering van de visuele inspectiemethode en een model om de inspectieresultaten te vertalen naar een waterveiligheidsoordeel. Door de visuele inspectie te koppelen aan WBI beoordelingscategorieën kan de beheerder door middel van inspectie aantonen dat de kering voldoet aan de veiligheidseisen en dat daarmee aan de zorgplicht voldaan wordt.

In het achtergrondrapport (zie voor verwijzing bijlage E) zijn eisen opgesteld waaraan visuele inspecties (voor de vier beschouwde schadebeelden) moeten voldoen om een eenduidige uitspraak te kunnen doen over de zodekwaliteit van de grasbekleding. De volgende variabelen moeten worden geregistreerd bij de visuele inspectie (per 25 m²):

- Datum inspectie.
- Locatie inspectie.
- Lengte en breedte afdekking.
- Lengte en breedte kale plekken.
- Percentage onkruid dat verspreid aanwezig is over het oppervlak.
- Lengte en breedte van ieder cluster onkruid, indien aanwezig.
- Bedekkingsgraad als percentage tussen 0% en 100%.

De resultaten van deze visuele inspecties zijn invoer voor de prognose van de zodekwaliteit in het winterhalfjaar. Met behulp van spreadsheet model (zie Figuur 4.16 – Figuur 4.18) wordt op basis van de huidige inspecties een prognose voor de kwaliteit van de graszode in het stormseizoen bepaald. Hieruit volgt of menselijk ingrijpen nodig is.

Door systematisch en op uniforme wijze de visuele inspecties over de tijd te registreren kan meer inzicht in het verouderingsproces van (onderliggende factoren van) de schadebeelden worden verkregen en kunnen de modelprognoses worden verbeterd. Dit biedt weer de mogelijkheid om de voorgestelde inspectie-intervallen aan te scherpen, en de invloed van menselijk ingrijpen in te schatten en het onderhoudsregime te optimaliseren.

De aanpak is toepasbaar op andere schadebeelden en faalmechanismen. Op dit moment zijn de verouderingsparameters nog niet op expert judgement of waarnemingen gebaseerd.

Door structureel de visuele inspecties uit te voeren volgens bovenstaande aanpak, ontstaat onderbouwend materiaal om de verouderingsparameters op basis van deze waarnemingen (en eventueel in combinatie met expert judgement) te bepalen.

Inspectie maand	Afdekking		Kale Plekken		Onkruid (verspreid)		Onkruid (geclusterd)		Bedekkingsgraad
	Lengte (cm)	Breedte (cm)	Lengte (cm)	Breedte (cm)	Verspreid? (1/0)*	Percentage	Lengte (cm)	Breedte (cm)	Percentage
6	100	30	15	10	1	10	20	10	95
juni	10	6	10	20					

Figuur 4.16 *Tabblad invoerscherm inspecties*

Expertinvoer				
Drempel	20	area (cm^2) above which an open spot is considered a 'kale plek'		
Onkruid factor	1	fraction of onkruid that becomes open in the winter		
Maand #	Afdekking factor	Naam maand		
1	0.05	januari		
2	0.05	februari		
3	0.05	maart		
4	0.05	april		
5	0.05	mei		
6	0.05	juni		
7	0.05	juli		
8	0.05	augustus		
9	0.05	september		
10	0.05	oktober		
11	0.05	november		
12	0.05	december		

Figuur 4.17 *Tabblad expertschattingen c.q. instellingen modelparameters*

Afdeking (nu)		Kale plekken (bvw Afdeking_nu)			Kale Plekken			Onkruid (verspreid)	Onkruid (clusters)			Bedekkingsgraad		
Grootte (cm2)	Grootte (cm2)	Boven drempelwaarde?	Groter dan 15x15 cm2?	Aantal plekken groter dan drempelwaarde	Grootte (cm2)	Boven drempelwaarde?	Groter dan 15x15 cm2?	Aantal plekken groter dan drempelwaarde	Percentage (berekend)	Grootte (cm2)	Boven drempelwaarde?	Groter dan 15x15 cm2?	Aantal plekken groter dan drempelwaarde	Percentage
3000	150	1	0	1	150	1	0	2	10	200	1	0	1	95
60	3	0	0		200	1	0			0	0	0		
0	0	0	0		0	0	0			0	0	0		
0	0	0	0		0	0	0			0	0	0		
0	0	0	0		0	0	0			0	0	0		
Berekeningen														
Aantal kale plekken (winter)					4									
Aantal kale plekken (winter) > 15 cm x 15 cm					0									
KP (winter)		0	-----> KP interpretation											
B/G (winter) %		85	1		max 5 kale plekken of NO more than 15 cm x 15 cm (I did NOT include the area that this relates to (1 m2), or the criterion that no more than 5 in 25 m2) -> gesloten zode more than 5 kale plekken OR at least no more than 15 cm x 15 no additional criteria									

Figuur 4.18 Tabblad modelberekeningen

Het advies aan Rijkswaterstaat is om een werkgroep samen te stellen die de huidige inspectienormen en richtlijnen in één handboek samenvat. Voor een juiste input voor dit handboek wordt geadviseerd het opgestelde model binnen deze case uit te breiden met alle schadebeelden en andere faalmechanismen, zoals genoemd in de Digigids en WBI2017.

Door dit voor alle schadebeelden te doen, is direct de koppeling met de waterveiligheid gemaakt en kan de beheerder bij een correcte registratie van de inspectiegegevens het risico op functieverlies van de assets aantoonbaar beheersen en inspectie-intervallen afstemmen op verouderingssnelheden.

Met de juiste registratie van de juiste parameters en het regelmatig en met een vast interval inspecteren kan ook een stap worden gezet naar een meer gedetailleerde risicoanalyse van de Oesterdam. Op basis daarvan kan vervolgens gedifferentieerd worden in inspectie-intervallen voor verschillende secties. Risicovolle secties kunnen dan vaker geïnspecteerd worden dan secties met weinig risico. Ook deze aanpak kan in het handboek opgenomen worden.

4.11 Casus Risicogestuurd beheer bij vervuiling en zetting van hemelwaterriolen Almere

De hemelwaterriolen in Almere hebben als functie om wateroverlast te voorkomen door overtollig regenwater af te voeren. De capaciteit van de hemelwaterriolen neemt in de loop van de tijd af door onder andere:

- Vervuiling van de riolen door inspoelend straatvuil en inspoelend zand bij openstaande verbindingen;
- Zetting van het maaiveld, waardoor de drooglegging (verschil tussen het [maaiveld](#) en het [polderpeil](#) aangeduid) afneemt en het maximaal beschikbare verhang tussen maaiveld en oppervlaktewaterpeil vermindert.

Om de afvoercapaciteit van de hemelwaterriolering op peil te houden en hinder, overlast en schade te voorkomen is onderhoud noodzakelijk. Vaak is dit onderhoud gebaseerd op vaste onderhoudsfrequenties of wordt gereageerd op incidenten (verstoppingen). Bij beide strategieën kunnen vragen gesteld worden over de efficiëntie en effectiviteit.

Hemelwaterriolen worden in Almere elke 12 jaar gereinigd en geïnspecteerd. Om onnodig beheer te voorkomen schouwt de gemeente de riolen voordat deze gereinigd worden. In deze case is onderzocht of er kansen liggen om het reinigen van de hemelwaterriolen te optimaliseren.

Voor de wijken Muziekwijk en Waterwijk-Oost is onderzocht in welke mate de gevolgen van veroudering van de HWA-riolen (zetting en vervuiling) gecompenseerd kunnen worden door het aanpassen van de beheerstrategie en of door rekening te houden met de risico's, de (meer)kosten van de aangepaste beheerstrategie beperkt kunnen worden. Hiervoor zijn de volgende activiteiten/deelonderzoeken uitgevoerd:

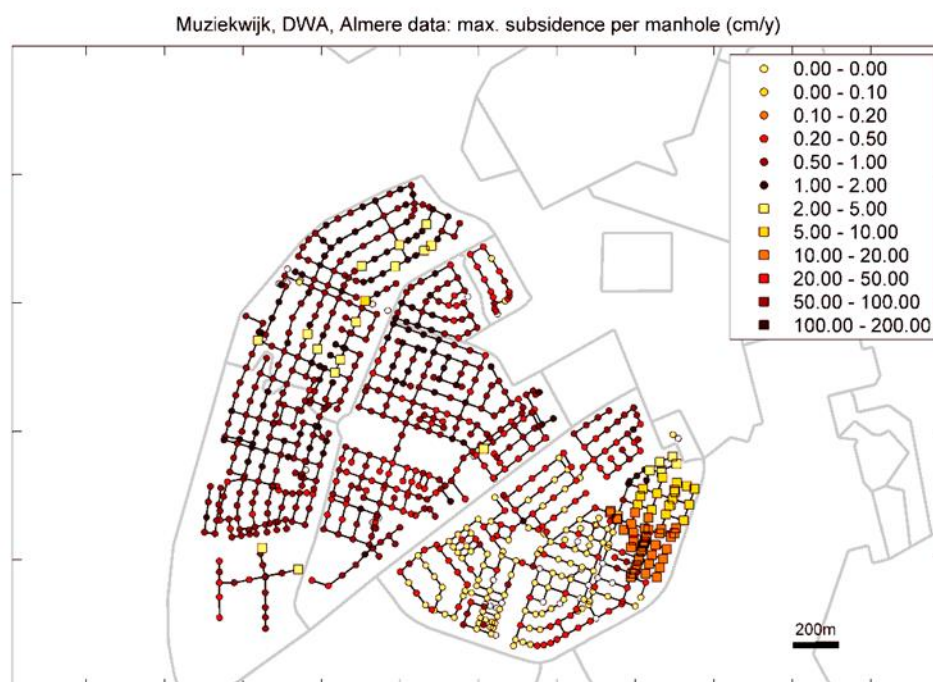
- Opstellen van een risicomatrix voor de gemeente Almere.
- Overzicht maken van de optredende zettingen in Almere.
- Bepalen van de effecten van zettingen en vervuiling op het functioneren van de HWA-stelsel.
- Bepalen van de kritieke leidingen in de HWA-stelsels.
- Bepalen van "hotspots", waar water op straat grotere negatieve gevolgen heeft.
- Opstellen van beheerstrategieën.
- Analyseren van de kosten en baten van de beheerstrategieën.

Zettingen

Het eerste deel onderzoek dat is uitgevoerd is voor het project gebied is een analyse gemaakt van de opgetreden zettingen. Deze gegevens zijn gebruikt als input voor de modelberekeningen. Figuur 4.19 geeft een overzicht van de opgetreden zettingen in Muziekwijk in Almere

Voor de zettingsanalyse is gebruik gemaakt van drie data bronnen: (1) metingen van de putdekselhoogtes afkomstig van de gemeente, (2) AHN (Actueel Hoogtebestand Nederland) data, (3) satelliet metingen (SkyGeo). De belangrijkste conclusies van deze analyse zijn:

- De zettingen over de jaren heen zijn niet constant, maar variëren in de tijd. Dit geldt zowel voor Muziekwijk als voor Waterwijk.
- De zettingen per wijk kunnen ruimtelijk sterk verschillen. In Muziekwijk is deze variatie het sterkst aanwezig, in Waterwijk in iets mindere mate.
- Zettingen berekend op basis van de door de gemeente gemeten putdekselhoogtes worden het meest betrouwbaar geacht, omdat deze veel meer lijken op zettingen op basis van het AHN dan zettingen op basis van satellietmetingen (SkyGeo).



Figuur 4.19 Maximale zetting per putdeksel in Muziekwijk voor de jaren 1998-2017 (zettingen > 10 cm/jaar zijn niet meegenomen in de analyse)

Effecten van zettingen en vervuiling op de riolering

Het effect van ongelijkmatige zetting en/of vervuiling op het hydraulisch functioneren van de regenwaterriolering in 2050 is bepaald ten opzichte van de huidige situatie (2018).

De aanpak op hoofdlijnen is als volgt. Het HWA-stelsel van Almere is gemodelleerd. De referentiesituatie (situatie 2018) is doorgerekend met een ontwerp-bui. De periode van 2018 tot 2050 is vervolgens in 16 rondes van elk 2 jaar doorgerekend. Dit is gelijk aan de terugkeerperiode van de ontwerp-bui.

Om vervuiling van de riolen op de juiste manier mee te nemen in de modellering is met de 25 jaar neerslagreeks van het KNMI uit de Bilt een analyse uitgevoerd van de stroomsnelheden in de tijd per buis. Op basis van deze uitkomsten is bepaald hoe vaak de buis schoonspoelt als gevolg van hevige neerslag. Als de buis niet schoonspoelt, dan is in het model opgenomen dat deze leiding eens per 12 jaar (mechanisch) gereinigd wordt.

De ROBAMCI tools doen bij elke herhaling van de berekening een aanpassing in het model ten aanzien van de vervuiling, de zetting of een combinatie van beide. De volgende situaties zijn opgenomen in de analyse: de volgende aanpassingen aan het Sobekmodel:

- 1 Zetting: De ROBAMCI tool trekt voor elke put een onafhankelijke zetting uit de zettingstochast van de betreffende wijk en verwerkt dit in het model door het maaiveld ter hoogte van een put te verlagen.
- 2 Vervuiling: De ROBAMCI tool trekt voor elke buis waar slibangroei kan optreden een jaarlijkse slibangroei uit een uniforme kansverdeling. De aanname is dat de aangroei jaarlijks tussen de 0 en 3 cm kan bedragen. De slibangroei is verwerkt in het model door de buisdiameter te verkleinen.
- 3 Combinatie: De ROBAMCI tool voert de handelingen voor zetting en vervuiling tegelijk uit.

Voor elke doorgerekende situatie is voor elke put de gemiddelde maximale hoeveelheid water op straat (m^3) en de bijbehorende standaarddeviatie bepaald. Op basis van de gemiddelden en de spreiding is het 90%-betrouwbaarheidsinterval rondom de kans op water op straat bepaald voor een gegeven jaar (bijvoorbeeld 2050).

De belangrijkste conclusies uit deze analyse zijn:

- Zetting van het maaiveld leidt tot een afname van de drooglegging. Hierdoor neemt de kans van water op straat toe. De mate waarin deze kans toeneemt, verschilt per wijk.
- Vervuiling zorgt voor dichtslibben van de rioolbuizen, waardoor de afvoercapaciteit afneemt. Hierdoor neemt de kans van water op straat toe. De mate waarin deze kans toeneemt, verschilt per wijk.
- Door de combinatie van zetting en vervuiling nemen zowel de afvoercapaciteit als de drooglegging af, waardoor de kans op water op straat versterkt wordt ten opzichte van de afzonderlijke effecten. De mate waarin deze kans toeneemt, verschilt per wijk.
- De invloed van zetting is kleiner dan de invloed van vervuiling voor de toename in de kans op water op straat.
- Als gevolg van de optredende stroomsnelheden tijdens neerslaggebeurtenissen spoelen delen van het stelsel regelmatig schoon. Met name de "aorta's" (hoofdleidingen naar uitstroompunten) van de stelsels worden schoongespoeld. De doodlopende uiteinden worden niet schoongespoeld.

Kritische elementen en locaties

Een regenwaterstelsel bestaat uit een (groot) aantal putten en leidingen. Voor het functioneren van de riolering zijn niet alle leidingen even belangrijk. In de kwaliteitseisen die gesteld worden aan leidingen en het daarbij behorende onderhoud maakt de gemeente Almere momenteel geen onderscheid tussen leidingen op basis van belangrijkheid.

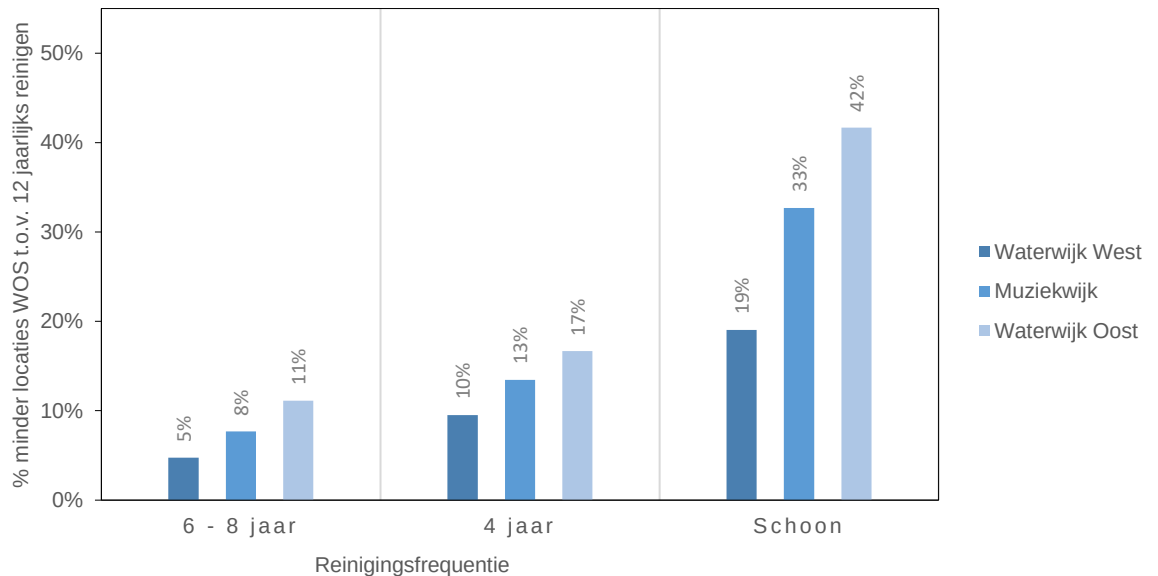
Differentiatie in kwaliteitseisen en onderhoud van leidingen op basis van dit criterium levert mogelijk efficiency winst op. Daarom zijn de leidingen in Muziekwijk en Waterwijk-Oost geordend op basis van de mate van belangrijkheid. De mate van belangrijkheid kan gebruikt worden als input voor de onderhoudsstrategie. Aan leidingen die belangrijk zijn voor het functioneren kunnen hogere eisen gesteld worden dan aan de andere leidingen. Hogere eisen kunnen vervolgens leiden tot een hogere reinigingsfrequentie.

De belangrijkste conclusies uit deze analyse zijn:

- Voor het functioneren van de riolering zijn de volgende leidingen het belangrijkste.
- Leidingen richting gemalen (voor DWA-stelsel).
- Leidingen richting uitstroompunten (voor RWA-stelsel).
- Leidingen die, als ze geblokkeerd raken, ervoor zorgen dat bepaalde putten of gebieden geïsoleerd raken van uitstroompunten.
- De ontsluitingswegen zijn de meest kritische locaties in de beschouwde wijken. In Muziekwijk zijn meerdere risicolocaties voor stremming van hoofdautowegen en wijkontsluitingswegen.

Beheerstrategieën

Op basis van de uitkomsten van de uitgevoerde analyse is een voorstel gedaan voor een aangepaste reinigingsstrategie van de hemelwaterstelsels in Almere. Uit de analyses is gebleken dat door de optredende stroomsnelheden tijdens heftige buien de “aorta’s” van de riolering schoonspoelen. Als de gebruikte aannames kloppen gaat de opbouw van vervuiling dermate snel dat een hoge reinigingsfrequentie nodig is om wateroverlast tegen te gaan (zie onderstaande figuur 4.20). De figuur laat zien dat de kans op water op straat 19 – 42% kleiner is als de hemelwaterriolen schoon (net gereinigd) zijn in vergelijking met de situatie dat het riool 12 jaar niet gereinigd is. Na vier jaar niet reinigen is de kans op water op straat nog maar 10-17% kleiner en na 6-8 jaar 5-11%. Daarnaast laten de analyses zien dat de doodlopende strengen niet schoonspoelen en bij blokkades relatief kritisch zijn.



Figuur 4.20 Effect van het aanpassen van de reinigingsfrequentie op het aantal locaties met water op straat

Op basis van de uitkomsten van de analyse zijn de belangrijkste conclusies voor de beheerstrategieën:

- Voor het optimaal laten functioneren van het hemelwaterstelsel moet de vervuiling van doodlopende strengen worden tegengegaan. Dit kan door:
 - Aanpassing in de reinigungsstrategie
 - Aangepast beheer van de straatkolken
- Zettingen zorgen enerzijds voor een toename van de kans op water op straat, maar anderzijds voor een afname van de kans op water in woningen en gebouwen.
- Als gezakte straten waterrobuust worden ingericht, kunnen ze worden gebruikt als waterberging. Belangrijke aandachtspunten hierbij zijn:
 - Blijven beschermen van de volksgezondheid door actief tegengaan van futaansluitingen.
 - Het verweken van wegfundering moet voorkomen worden vanwege stabiliteit. Hiermee moet bij de inrichting van de openbare ruimte rekening worden gehouden door te zorgen dat water zo kort mogelijk in de wegfundering blijft staan.
 - De stad moet tijdens extreme neerslag toegankelijk blijven voor hulpdiensten.

Met het huidige onderhoud vallen alle leidingen in de laagste risicocategorie. De daarbij behorende faalkosten nemen daardoor niet af als het onderhoud wordt aangepast. Door het aanpassen van de onderhoudsstrategie neemt het risico van water op straat af (circa 15% minder putten waar water op straat wordt berekend), maar met de gebruikte methodologie is dit niet te vertalen naar een vermindering van de faalkosten. De onderhoudskosten in combinatie met de faalkosten zijn qua orde van grootte gelijk voor de verschillende strategieën.

De hemelwater riolen worden nu nadat ze gereinigd zijn altijd geïnspecteerd. Als de combinatie reinigen inspecteren wordt losgelaten nemen de kosten logischerwijs af. Als inspectie in de eerste 2 reinigungs rondes na aanleg (jaar 12 en 24) achterwege wordt gelaten (dus pas riolen inspecteren als ze 36 jaar oud zijn) zullen de jaarlijkse kosten afnemen met circa 10%. De risico's nemen dan weliswaar iets toe, maar de aanname is dat de eerste twee inspectie rondes niet zo veel toevoegen als het riool goed is aangelegd. De reden is dat het riool dan nog niet op de helft van de verwachte levensduur zit.

4.12 Regionale waterkering Alphen aan de Rijn

In het beheergebied van het Hoogheemraadschap van Rijnland liggen veel regionale waterkeringen die naast waterkeren ook andere functies dienen, zoals wegtransport, vaarwegtransport, recreatie en natuur. Het systeem bestaat dan uit meerdere objecten (assets), zoals een dijklichaam, weg, vaarweg, beschoeiing/damwand, fietspad. De verschillende assets hebben tevens verschillende beheerders. Aan de hand van een pilot is in kaart gebracht welke voor- en nadelen verschillende strategieën hebben voor beheer en onderhoud voor de gehele levensduur van assets voor de verschillende functies rondom regionale keringen.

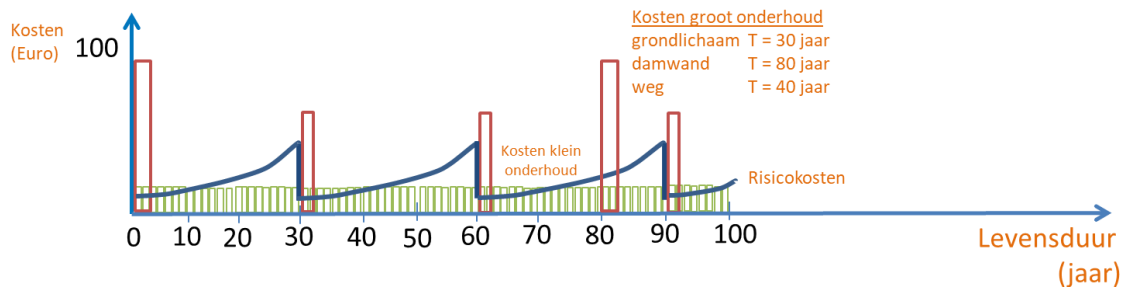
De pilot richt zich op de kade van de Zuid- en Noordpolder langs de Oude Rijn (tussen de kruising met het Aarkanaal in het westen tot aan Zwammerdam in het oosten). In de huidige situatie dient het dijklichaam een waterkerende functie. Het vaarwegprofiel van de Oude Rijn wordt middels een beschoeiing of damwand in stand gehouden. Deze damwand is niet aangebracht om als waterkering te dienen. Op het dijklichaam ligt een asfaltweg. Het dijklichaam is in beheer bij het hoogheemraadschap, de vaarweg bij de provincie en de weg bij de gemeente

Een overstroming van de Oude Rijn bij toetspeil (een waterstand die met een kans van 1/1000 per jaar voorkomt) veroorzaakt waterdieptes tussen de 0,5 en 2,0 meter in de Zuid- en Noordpolder.

Het gebied rond de Molentocht is lager gelegen, waardoor de waterdieptes toenemen tot circa 4 meter. Bij een overstroming worden ca 1200 inwoners getroffen (natte voeten) en is de economische schade in de orde van 115 miljoen Euro.

Aanpak

De totale maatschappelijke kosten worden voor de 3 mogelijke strategieën vergeleken. Het principe van deze maatschappelijke kosten is in onderstaande figuur 4.21 geschetst: levensduurkosten voor aanleg en onderhoud voor alle componenten worden samen met de risicokosten van een overstroming opgeteld tot een virtueel bedrag. Dit bedrag representeert de levensduurkosten, en maakt het mogelijk om strategieën met verschillende investeringsritmes onderling te vergelijken. De in de tijd benodigde investeringen worden verdisconteerd tot virtuele kosten in het heden en opgeteld tot levensduurkosten die nodig zijn om de functie in stand te houden. Gelet op de levensduur van de damwand (ca 100 jaar) is een periode van 200 jaar gekozen voor het beschouwen van alle levensduurkosten.



Figuur 4.21 Het principe van deze maatschappelijke kosten in de levensduur

De berekening van de levensduurkosten en risico's zijn als volgt samen te vatten. Uit de actuele kruinhoogte, en de verwachte zetting, wordt het verloop van de kruinhoogte in de tijd bepaald. Uit de kans op het optreden van waterstanden, en vereiste toeslagen daarop, wordt dit vertaald in een faalkans van de dijk op elk moment gedurende de levensduur, en in risico's. Op het moment gedurende de levensduur dat deze kans groter wordt dan het vereiste veiligheidsniveau, moet de dijk worden verbeterd. De ingrepen worden zodanig gedimensioneerd dat de dijk gemiddeld eens per 30 jaar wordt verbeterd. Uit de samenstelling van alle ingrepen gedurende de levensduur worden de geprognostiseerde levensduurkosten en -risico's bepaald.

Strategieën en levensduurkosten

In onderstaande figuur 4.22 zijn de 3 strategieën geschetst voor het voldoen aan de waterkerende functie, met in blauw de componenten die voor de waterveiligheid zorgen. Strategie 1 representeert de referentie, de huidige aanpak.



Figuur 4.22 Overzicht van de 3 beschouwde strategieën.

De strategieën zijn vergeleken voor 2 systeemtoestanden bij aanvang: a) de componenten op orde, en b) de componenten hebben nog een restlevensduur. Voor beide varianten is zowel een deterministische als een probabilistische berekening gemaakt.

In onderstaande tabel 4.8 zijn de resultaten samengevat, waarbij voor de probabilistische berekeningen alleen de verwachtingswaarde (mediaan, 50% percentiel) is gepresenteerd. In geel zijn de maatschappelijk laagste kosten voor een variant aangegeven. De verdeling van de kosten over de betrokken stakeholders is in alle drie de strategieën verschillend. In de tabel zijn de investerings- en onderhoudskosten voor het waterschap tussen haakjes aangegeven. In groen is in elke rij de strategie gegeven met de laagste kosten voor het waterschap. Dat is in alle gevallen de referentie strategie: de huidige aanpak.

Tabel 4.8 Samenvatting resultaten

Systeemtoestand op T=0	berekeningsvariant	Strategie 1 (referentie)	Strategie 2	Strategie 3
a) Systeem op orde brengen	Deterministisch	41,3 (7,8)	40,6 (20,6)	39,7 (14,8)
	Probabilistisch (50%p)	40,8 (7,0)	40,4 (18,5)	37,0 (13,2)
b) Status quo – uitnutten toestand	Deterministisch	31,9 (1,1)	32,2 (14,0)	39,7 (14,8)
	Probabilistisch (50%p)	29,8 (0,8)	28,0 (11,2)	36,5 (13,0)

Als besloten wordt dat het systeem eerst op orde wordt gebracht, dus dat damwand en dijk direct op ontwerpniveau worden gebracht, dan is strategie 3, waarin de damwand de waterkerende functie geheel overneemt, 9% goedkoper dan de referentie.

Als besloten wordt het systeem in de huidige situatie nog zoveel mogelijk uit te nutten, dan komt de investering pas veel later in de tijd, en is strategie 2 interessant, waarin damwand en dijklichaam samen de waterkerende functie opnemen. Deze is 6% goedkoper dan de referentie, en 23% goedkoper dan strategie 3.

Strategie 1 (de referentie / huidige aanpak) is alleen optimaal als we onzekerheden zouden negeren en uitgaan van een deterministische berekening, en als we het systeem uitnutten. De kosten wijken overigens minder dan 1% af van strategie 2, dus dit is niet onderscheidend te noemen.

Andere prestatie-effecten

Daarnaast is ook gekeken naar de met verschillende strategieën samenhangende verantwoordelijkheden en juridische en bestuurlijke afhankelijkheden die daarmee ontstaan. De strategieën zijn met een multicriteria analyse tegen elkaar afgewogen. Enerzijds op meetbare criteria, zoals de kosten en risico's en de veiligheidsprestatie. Anderzijds op een heel aantal niet-meetbare criteria en prestaties, zoals integraliteit / mee koppelkansen, beschikbaarheid gegevens, inpassing, landschaps-/ecologische en cultuur-historische waarden, flexibiliteit, en duurzaamheid. Hieruit blijkt dat strategie 2 het beste scoort.

Conclusies

- Als de kosten voor het waterschap het belangrijkste criterium is, dan is de huidige strategie het meest optimaal (de betrokken overheden zorgen individueel voor de instandhouding van de functie onder hun verantwoordelijkheid), in combinatie met het uitnutten van het gehele systeem.
- Als we kiezen voor minimalisatie van de maatschappelijke kosten en risico's leiden tot strategie 2 (de gehele veiligheidsfunctie laten opvangen door de combinatie van dijk en damwand), in combinatie met het uitnutten van het systeem.
- De maatschappelijk optimale varianten leiden tot een efficiëntie van 5-10%. Belangrijk hierin is de toestand van de damwand en de vervangingsstrategie daarvan. Als de levensduur van de damwand nog enkele decennia zou zijn, worden de systeemlevensduur kosten teruggebracht tot ca 25%. Deze optie past bij een keuze voor strategie 2 of 3.
- De strategieën hebben een verschillend risicoprofiel omdat de restveiligheid in de tijd voor een damwand en voor een dijk verschillen. De risico's van strategie 3 zijn ca 50% van de risico's bij strategie 1.

- Uitnutten lijkt wel een erg belangrijke optie. Alle uitstel door bijvoorbeeld een scherpere inschatting van de status quo, is direct zeer batig. Meer informatie over de status quo, in combinatie met bijvoorbeeld een beoordeling op maat levert in potentie besparing op.
- De probabilistische analyses laten een zeer grote spreiding zien in de resultaten van de kosten en risico's over de levensduur, ze kunnen ca 50% groter en kleiner zijn dan de mediane waarde. Voor een meerjaren begroting waarin een strategie op portfolioniveau wordt opgenomen zal deze spreiding weer voor een deel uitmiddelen richting de mediane waarde.
- De prestaties die niet eenvoudig in geld uit te drukken zijn leiden, via een multicriteria analyse waarin ook de kosten en risico's zijn betrokken, tot strategie 2 (veiligheidsfunctie wordt geleverd door dijk en damwand). Deze strategie biedt de beste kansen voor mee koppelen, inpassing, behoud van waarden en adaptiviteit.
- De kwaliteit van de analyse is hoog, alhoewel de kwaliteit van de gebruikte invoer kan worden verhoogd. De vergelijking tussen de strategieën wordt slechts beperkt door de invoer beïnvloed, zoals blijkt uit de gevoeligheidsanalyse met de zettingssnelheid.
- De gepresenteerde participatie- of samenwerkingsladder biedt inzicht in hoe de strategieën scoren in termen van samenwerking. Strategie 1 zit heel laag op die ladder, strategie 3 hoog. Idealiter, als alle stappen in de ladder zijn benut, worden kennis, middelen en capaciteit gedeeld en wordt ook de samenwerking op geografische schaal vormgegeven. Juridisch zijn waterkering en andere functies op dit moment gescheiden.

Met deze conclusies kan worden gesteld dat voorliggende methode en uitwerking model kan staan voor de aanpak van het gehele areaal aan waterkeringen in Rijnland voor het ontwikkelen van het beleid ten aanzien van samenwerking met medebeheerders.

4.13 Inzet flexibele maatregelen in Oude Rijn gebied

Het Oude Rijngebied is gelegen in het Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden (HDSR). Het gebied bestaat uit ca. 20 polders die via gemalen afvoeren op het Oude Rijn boezemsysteem. Bij droogte, wateroverlast en kwaliteitsproblemen worden door HDSR soms mobiele pompen (ofwel: flexpompen) ingezet. Daarnaast bestaat de mogelijkheid om bepaalde polders als bergingsgebied in te zetten om zo extra buffercapaciteit te creëren. Tijdens een dergelijke inzet is het zeer wenselijk om waardevolle delen in de polder te beschermen met barriers.

De onderzoeksvraag in deze casus was welke flexibele beheersmaatregelen HDSR bij dreiging of in het geval van calamiteiten (extreme neerslagbuien) het beste kan inzetten als aanvulling op de huidige (niet-flexibele) assets, zoals gemalen en waterlopen, voor het effectief en efficiënt afvoeren van de neerslag?

Er zijn 6 flexpompen op voorraad om ingezet te worden, deze hebben een capaciteit van 0,5 m³/s. HDSR had al met behulp van een SOBEK3 model onderzocht wat het effect is van inzet van flexpompen voor de neerslagsituatie zoals opgetreden in december 2016. De belangrijkste conclusies voor deze neerslagsituatie waren:

- Een flexibele pomp is zinvol om de duur van de inundatie te verkorten, als die geplaatst is in het peilgebied waar de inundatie optreedt.
- De inzet van een flexpomp heeft geen invloed op de piek van de afvoergolf.

In Figuur 4.23 is een overzicht gegeven van de locaties van flexpompen en bergingsgebieden die in deze casus zijn beschouwd.



Flexpompn:

- 1_I Zegveld
- 1_{II} Lange Weide naar Dubbele Wiericke
- 2_I Haanwijk
- 2_{II} Rapijnen
- 3_I Waardsedijk
- 3_{II} Enkele Wiericke naar de Gekanaliseerde Hollandsche IJssel

Bergingsgebieden:

- A_I Noordzijderpolder
- A_{II} Meijepolder
- B Snelrewaard-west
- C Groot-Hekendorp

Figuur 4.23 locaties flexibele maatregelen.

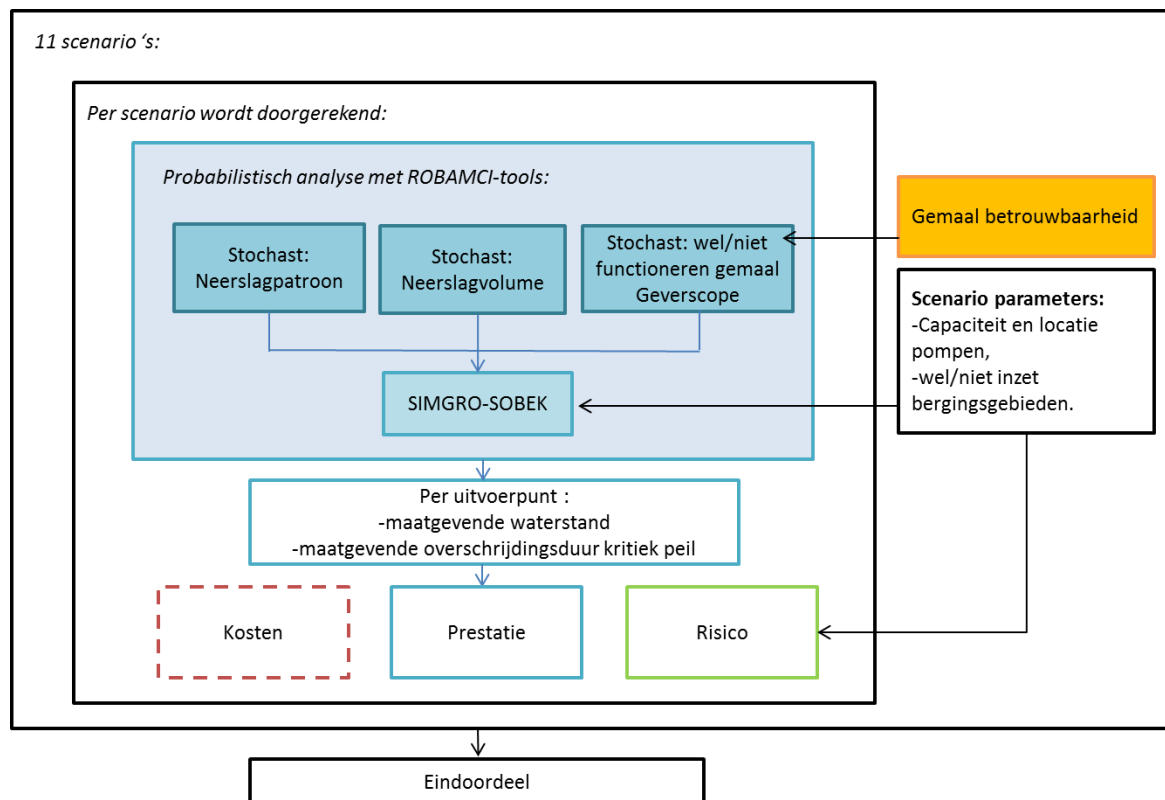
Aanpak

Binnen dit ROBAMCI-project worden scenario's met verschillende combinaties van meerdere typen flexibele maatregelen (flexpompn en bergingsgebieden) beoordeeld op prestatie en risico. Er zijn 11 scenario's van combinaties van maatregelen met flexpompn en bergingsgebieden gedefinieerd, zie tabel 4.9. De "prestatie" van de maatregelen wordt bekeken aan de hand van de vergelijking met een referentie-case.

Tabel 4.9 Scenario's

nr	Naam	Flexpompn	Bergingsgebied
1	referentie	geen	geen
2	1A	Zegveld + Lange Weide	Noordzijderpolder & Meijepolder
3	1B	Zegveld + Lange Weide	Groot Hekendorp
4	1C	Zegveld + Lange Weide	Snelrewaard-West
5	2A	Haanwijk + Rapijnen	Noordzijderpolder & Meijepolder
6	2B	Haanwijk + Rapijnen	Groot Hekendorp
7	2C	Haanwijk + Rapijnen	Snelrewaard-West
8	3A	Waardsedijk + Enkele Wiericke	Noordzijderpolder & Meijepolder
9	3B	Waardsedijk + Enkele Wiericke	Groot-Hekendorp
10	3C	Waardsedijk + Enkele Wiericke	Snelrewaard-West
11	Alles aan	Zegveld + Lange Weide Haanwijk + Rapijnen Waardsedijk+Enkele Wiericke	Noordzijderpolder & Meijepolder Groot Hekendorp Snelrewaard-West

Een schematische weergave van de aanpak is gegeven in Figuur 4.24. Het blauw omlijnde blok geeft de "prestatie" beoordeling aan en het groen omlijnde blok het "risico". Het rood gearceerde blok "kosten" is onderdeel van de basisprincipes van assetmanagement, maar is in deze casus niet uitgewerkt.



Figuur 4.24 Schematische weergave aanpak

Prestatie

Als prestatie-indicatoren worden beschouwd: het effect op de maatgevende waterstanden, en de bijbehorende overschrijdingsduur. De maatgevende waterstand is hier de waterstand met een herhalingsduur van 100 jaar (99%-percentiel).

Om deze waterstanden te bepalen is in de ROBAMCI-tools een probabilistisch raamwerk opgezet. In de probabilistische berekeningen worden bepalende parameters als stochast meegenomen (zie het blauwe blok in Figuur 4.24). Bij de waterstandsberekeningen met de gekoppelde modellen SIMGRO (grondwater) en SOBEK (oppervlaktewater) worden de flexpompen automatisch aangestuurd op basis van berekende waterstanden bij de pompen in het gebied.

Ook de betrouwbaarheid van de vaste gemalen in het gebied heeft invloed op de piekwaterstanden (oranje blok in Figuur 4.24). Onder betrouwbaarheid wordt verstaan: "Het in werking zijn van het gemaal, wanneer dit met betrekking tot peilbeheer noodzakelijk is". Om te verkennen wat falen (onbetrouwbaarheid) van een gemaal voor effect heeft, is voor één gemaal (gemaal Geverscope) de faalkans als stochast meegenomen. Ten behoeve van het kwantificeren van de faalkans is een statistische analyse gedaan. De resultaten van statistische analyse geven een gemiddelde waarde voor de betrouwbaarheid van 99,8%, wat betekent dat de gemalen gemiddeld 0,2% van de tijd niet hebben gedraaid de afgelopen 10 jaar terwijl dit op basis van de waterpeilen boven en onderstroom wel gewenst was geweest.

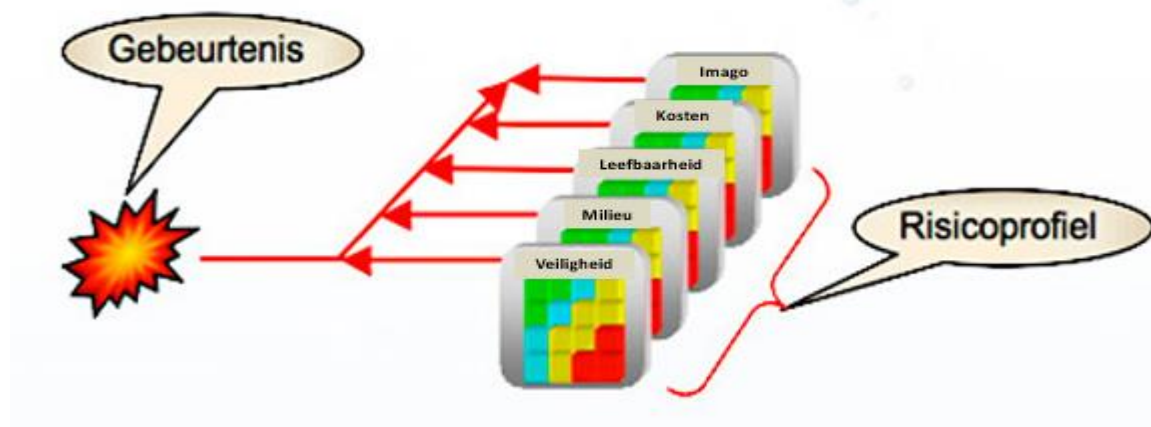
Om een kwaliteitsoordeel te geven van de waarde van deze analyse is de datakwaliteit beschouwd. De beschikbare data betroffen tijdreeksen van 10 jaar voor 22 gemalen. Na filtering zijn er voor de statistische analyse datasets van 15 gemalen gebuikt, welke zich over een vergelijkbare periode strekken. Het kwaliteitsoordeel wordt gebaseerd op 5 criteria: Beschikbaarheid van data, Anomalieën (uitschieters), aantal datareeksen over vergelijkbare periode, ruimtelijke verdeling van meetpunten, en de kwaliteit van de meetmethode. Analyse van de data laat zien dat er tussen de gemalen onderling grote verschillen zijn.

Als een anomalie van een gemaal dat reeds vervangen is buiten beschouwing wordt gelaten is de gemiddelde score voor de datakwaliteit van de tijdreeksen 4 (van de 5) sterren volgens de IKM methodiek. In het IKM is bepaald dat bij een score van 4 sterren de data een goede beschrijving geeft van het systeem.

Uit de resultaten van de probabilistische berekeningen met deze gemaalfaalkansen als uitgangspunt blijkt dat bergingsgebied A (Noordzijderpolder & Meijepolder) doorgaans een minimaal effect heeft op de maatgevende waterstanden. Bergingsgebieden B (Snelrewaard-West) en C (Groot Hekendorp) hebben zo goed als geen effect. Flexpompen laten een lokaal positief effect zien, echter dit gaat gepaard met een negatief effect op andere locaties in het gebied. Negatieve effecten worden veroorzaakt doordat bij zwaardere belasting van de boezem door de flexpomp, het maalstoppeil eerder wordt ingesteld.

Risico

De flexibele maatregelen zijn tevens beoordeeld op risico. In een eerste stap is voor 9 scenario's een kwalitatieve risico scan uitgevoerd. Hiervoor zijn met HDSR risicomatrices opgesteld voor vijf bedrijfswaarden (Veiligheid, Milieu (natuur), Leefbaarheid, Proces, Kosten en Imago, zie Figuur 4.25). De risicomatrices zijn op basis van expert judgement ingevuld waarbij risico's zijn benoemd bij deze vijf bedrijfswaarden. Samen geven deze matrices een risicoprofiel.



Figuur 4.25 Schematische weergave kwalitatief afleiden risico profiel

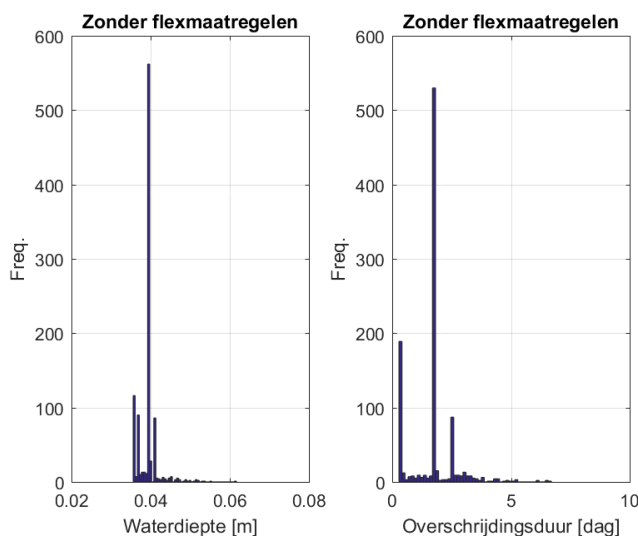
Uit de resultaten volgt net als bij de prestatie berekeningen, dat inzet van de bergingsgebieden relatief niet gunstig is. Dit oordeel is met name gebaseerd op de ingeschatte operationele risico's van dit moment op basis van de huidige ervaringen. Het risico wordt daarnaast hoog geacht dat het een ernstig effect heeft op veiligheid en imago. De inzet van flexpompen kan op basis van deze kwalitatieve risico analyse wel worden aanbevolen.

In een tweede stap is een kwantitatieve risico analyse uitgevoerd voor een peilgebied. Risico is het product van de kans dat een gebeurtenis optreedt en het effect bij het optreden van die gebeurtenis ($\text{risico} = \text{kans} * \text{effect}$). Er zijn voor verschillende locaties in het gebied kansverdelingen van maximale waterstanden en overschrijdingsduur van kritieke peilen met de Probabilistic Toolkit (PTK) afgeleid. Voor het afleiden van de verwachte schade in een peilgebied is een quick-scan methode gebruikt.

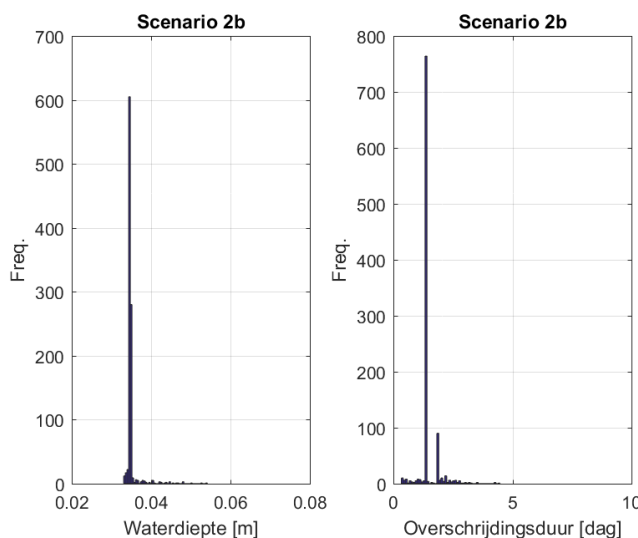
Deze aanpak wordt uitgewerkt voor peilgebied PG0765 ten zuiden van Woerden. Het is vooral een agrarisch gebied met tientallen boerderijen. Verder loopt A12 door het gebied heen. Voor dit peilgebied zijn maximale waterstanden en overschrijdingsduur van het kritieke peil (-1.53 m+NAP) berekend voor verschillende combinaties van randvoorwaarden (neerslagvolume en neerslagpatroon).

Deze berekeningen zijn uitgevoerd voor twee scenario's: referentie en scenario 2b (o.a. een flexpomp bij gemaal Rapijnen). De onderstaande figuren (Figuren 4.26 en 4.27) presenteren histogrammen van de waterdieptes en overschrijdingsduur van het kritieke peil. Duidelijk is te zien dat scenario 2b gemiddeld een lagere maximale waterstand geeft en een kortere overschrijdingsduur van het kritieke peil.

In een rekenvoorbeeld is aangenomen dat ca 3 cm waterdiepte tot 1,0 Mln Euro schade leidt per dag overstromingsduur. Door integratie van het product van de kansverdeling (als functie van de overschrijdingsduur van het kritieke peil en de inundatiediepte) met deze schadefunctie, is de verwachtingswaarde van de schade in het gebied afgeleid. De verwachte schade bedraagt in dit rekenvoorbeeld 1,8 mln Euro per jaar voor het referentie scenario en 1,5 mln Euro per jaar voor scenario 2b. Het verschil is dus de directe winst van de extra flexpomp! In dit rekenvoorbeeld zorgt de inzet van de flexmaatregelen voor een reductie van het risico.



Figuur 4.26 Histogram inundatiediepte en overschrijdingsduur van het kritieke peil peilgebied PG0765, referentie (zonder flexmaatregelen).



Figuur 4.27 Histogram inundatiediepte en overschrijdingsduur van het kritieke peil peilgebied PG0765, scenario 2b.

Conclusies

Uit deze analyse naar de inzet van flexibele maatregelen tijdens calamiteiten (extreme neerslagbuien) in het Oude Rijngebied worden de volgende conclusies getrokken:

- In de prestatieanalyse zijn de effecten van inzet van combinaties van flexibele maatregelen als pompen, barriers en bergingsgebieden op de maatgevende waterstand en overschrijdingsduren bepaald. Er zijn 11 scenario's geanalyseerd van combinaties van typen maatregelen en locaties in het Oude Rijngebied. Uit de resultaten blijkt dat bergingsgebieden een minimaal positief effect hebben op de maatgevende waterstanden. De bijdrage van de barriers als flexibele maatregel lijkt vooralsnog marginaal. De flexpompen kunnen lokaal wel zorgen voor een verlaging van de waterstand en/of een verkorting van de inundatieduur.
- Geconcludeerd moet worden dat het belangrijk is om het systeem goed te kennen om kansrijke combinaties van maatregelen (samen een 'scenario') te kunnen kiezen. Immers een flexpomp op de verkeerde plaats kan lokaal averechts werken, of het overlastprobleem verschuiven. Bij elke bui kan weer een andere locatie gunstig zijn.
- In deze studie zijn kwalitatieve risicomatrices opgezet om de flexibele maatregelen te toetsen aan de relevante bedrijfswaarden (kosten, veiligheid, imago, natuur, leefbaarheid) van de organisatie HDSR als geheel. Het ingeschatte risico voor inzet van barriers wordt hoog ingeschat. Dit komt omdat de faalkans hoog wordt ingeschat (door gebrek aan ervaring bij het waterschap) en ook omdat de gevolgen van falen een ernstig effect hebben op veiligheid en imago. De inzet van flexpompen wordt wel aanbevolen. Risico's rond personele inzet zijn bepalend voor de effectiviteit van de inzet van flexpompen.
- Uit een indicatieve risicoberekening voor een van de peilgebieden voor 2 scenario's volgt dat de effecten significant kunnen zijn. In het rekenvoorbeeld zorgt de inzet van de flexmaatregelen van scenario 2b voor een reductie van bijna 20% van het risico ten opzichte van de referentie. Het verschil is dus de directe winst van de extra flexpomp!

De overall conclusie: Uit de analyses blijkt dat de flexpompen de grootste potentie hebben de maximale waterstanden te verlagen en de inundatieduur te verkorten. Flexpompen hebben daarnaast ook een gunstig risicoprofiel op de vijf beschouwde bedrijfswaarden.

4.14 Utopia de regenwaterriool vrije stad

In Almere ligt een gescheiden rioolstelsel. Aangenomen wordt dat de technische levensduur van het riool circa zestig jaar is. De riolering wordt beheerd door de gemeente. De riolering is niet ontworpen op het afvoeren van extremere neerslaggebeurtenissen die, als gevolg van klimaatverandering, naar verwachting steeds vaker gaan optreden.

Vanwege de klimaatverandering worden in Nederland steeds meer hemelwatersystemen aangelegd (en omgebouwd) waarbij regenwater zoveel mogelijk wordt vastgehouden en vertraagd afgevoerd naar grond- en oppervlaktewater. Door het toepassen van voorzieningen op particulier terrein wordt de piekbelasting naar de openbare voorzieningen verlaagd en kan de noodzakelijke afvoer capaciteit van de openbare voorzieningen beperkt worden. Voorbeelden van deze voorzieningen op/in particulier terrein zijn infiltratiekratten, groene daken of waterreservoirs voor het gebruik van water. Voorbeelden van voorzieningen op/in openbaar terrein zijn infiltratievoorzieningen, wadi's, en hol liggende straten met een waterafvoerende functie.

Een deel van de gemeenten is bezig, of overweegt, over te schakelen op zogenaamde regenwaterrioolvrije systemen. Hierbij wordt het regenwater niet door middel van leidingsystemen afgevoerd, maar verwerkt door middel van een combinatie van voorzieningen die het mogelijk maken om water te bergen, te infiltreren en oppervlakkig af te voeren.

In deze casus is voor Muziekwijk in Almere onderzoek gedaan naar de mogelijkheden om het regenwater zonder rioolbuis af te voeren naar het oppervlakte water, waarbij in 1 variant een deel van het water wordt geborgen bij particulieren.

De regenwaterrioolvrije stad brengt nieuwe risico's mee. Particulieren worden "mede beheerders" en gemeente moeten nieuwe voorzieningen met dubbelfuncties (hemelwater-weg, hemelwater-groen) gaan beheren. In deze case studie is een overzicht gegeven van de mogelijke ontwikkelingen, de daarbij behorende kosten en risico's en wordt dit afgezet tegen een "traditioneel" gescheiden rioolsysteem.

Aanpak

Er is een risicoanalyse en een kosten-baten analyse gedaan voor verschillende ontwerpvarianten. Van deze varianten is zijn de faalmechanismen en -kansen geschat, en hoe deze faalkansen worden beïnvloedt door veroudering. Daarna is nagegaan wat hoe de risico's van een verouderend regenwaterrioolvrij ontwerp verlopen in de levensduur. Tenslotte zijn de aanleg- en beheerkosten van een regenwaterrioolvrij ontwerp vergeleken met een traditioneel ontwerp.

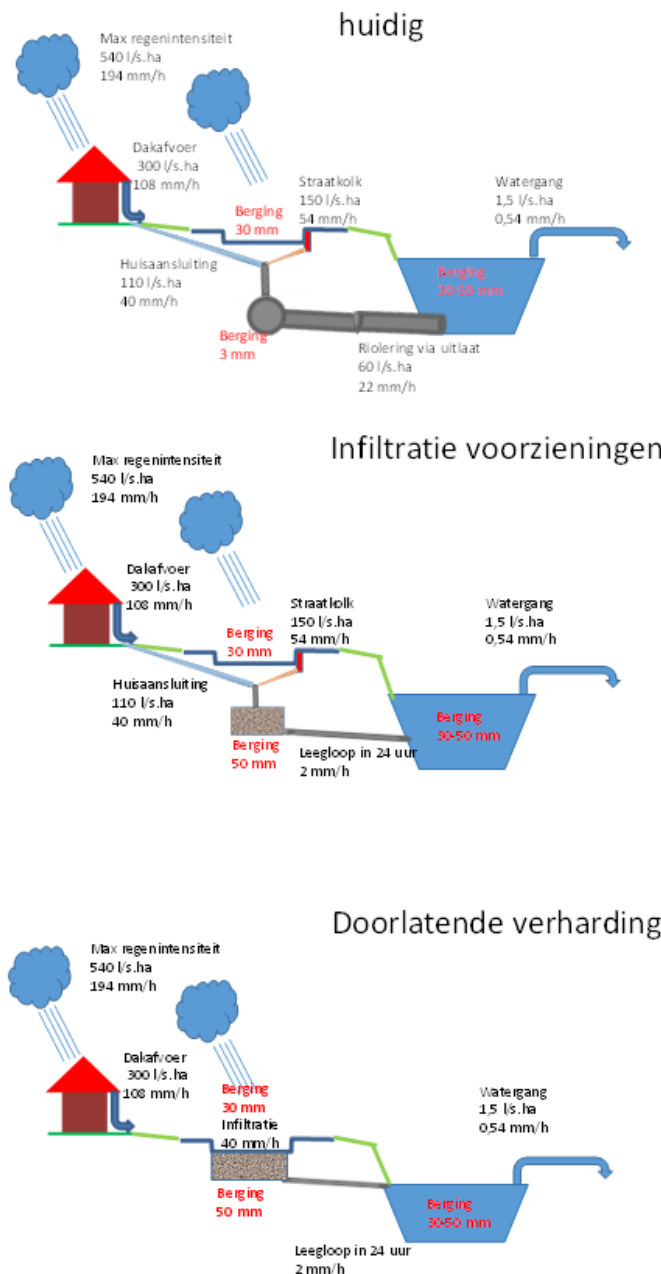
Drie ontwerp varianten

Almere kent een traditioneel gescheiden rioolstelsel met relatief veel berging in het oppervlaktewater en vrij ruime afmetingen van het oppervlaktewater. Onderzoek naar "de zwakste schakel" heeft laten zien dat het hemelwaterriool nu de zwakste schakel is, gevolgd door de straatkolken. Het oppervlaktewater heeft de minste invloed. Het bovenste deel van Figuur 4.28. geeft een schematisch overzicht van de huidige situatie.

In een regenwaterrioolvrije stad wordt ondergrondse afvoer via buizen niet meer toegepast. Gezien het beperkte maaiveldverhang in Almere is afvoer over het maaiveld naar de huidige watergangen niet haalbaar. Daarom wordt in dit project het toepassen van infiltratie naar de bodem als oplossingsrichting verkend. Daarvoor bestaan 2 principe oplossingen:

- het regenwaterriool wordt vervangen door een infiltratievoorziening (zie het middelste deel van Figuur 4.28).
- Het regenwaterriool wordt vervangen door doorlatende verharding en huisaansluitingen en kolkleidingen worden verwijderd (zie het onderste deel van Figuur 4.28).

De tweede variant is verder uitgewerkt en getoetst.



Figuur 4.28. Schetsen en karakteristieken van de beschouwde ontwerpvarianten

Faalkansen en veroudering

De Faalkansen zijn gerelateerd aan de faalkansen in de huidige situatie, bij een belasting op het systeem door een standaard bui. Door de tijd heen zal het aangelegde systeem verouderen. Dit heeft capaciteitsverlies tot gevolg. Om de effecten hiervan te simuleren op het hydraulisch functioneren gedurende een levensduur van 50 jaar worden vijf verouderingsprocessen meegenomen. Afhankelijk van het proces worden deze jaarlijks hersteld of zal het langzaam steeds verder verslechteren. De beschouwde processen betreffen:

- 1 Uitval voorzieningen particulierterrein (*jaarlijks herstellen*);
- 2 Afname inhoud bergingspakketten in de straat;
- 3 Afname doorlaatbaarheid (afvoercapaciteit) bergingspakketten;
- 4 Dichtslibben infiltratiekolken (*jaarlijks herstellen*);
- 5 Afname doorlaatbaarheid en drainagecapaciteit overige bodem.

De betrouwbaarheid van het regenwaterrioolvrij-concept is geanalyseerd met behulp van de probabilistische toolkit (PTK). Het ontwerp van het regenwaterrioolvrij-concept is gemodelleerd in het softwarepakket SOBEK 2 Urban. De referentiesituatie (situatie bij oplevering) is doorgerekend met een bui van 70 mm in een uur. Vervolgens is een periode van 50 jaar doorgerekend in 25 rondes van elk 2 jaar. Voor elke ronde zijn de vijf bovengenoemde processen als stochastische variabelen beschouwd. Er zijn twee cases doorgerekend:

- Case Particulier & Openbaar (P&O): In deze case zijn zowel maatregelen op particulier terrein als in openbaar gebied toegepast om het hemelwater te verwerken.
- Case Openbaar (O): in deze case zijn alleen maatregelen in het openbare gebied toegepast om het hemelwater te verwerken.

Effecten

In Figuur 4.29 is een overzicht weergegeven van het bestaande gescheiden stelsel en de locaties waar bij een gekozen bui in 2050 wel water op straat wordt berekend en in de huidige situatie niet, als gevolg van zetting. De afbeelding laat zien dat in de loop van de tijd het aantal locaties waar water op straat wordt berekend sterk toeneemt. Bij de vergelijking van de resultaten voor de verschillende ontwerpen wordt de huidige situatie als referentie situatie gebruikt.



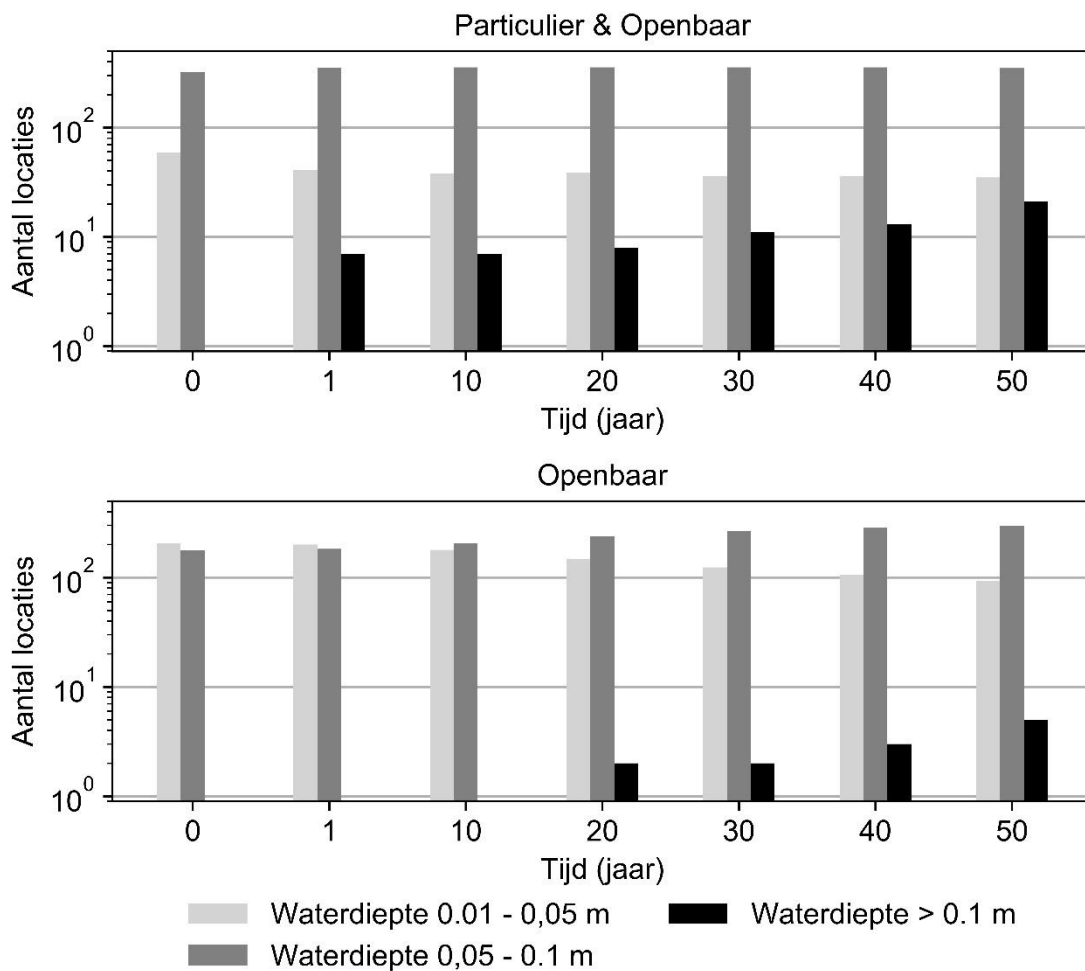
Figuur 4.29. Verschil in water op straat locaties bij een gekozen bui in 2050 ten opzichte van 2018 als gevolg van 32 jaar zetting. De linker afbeelding toont Muziekwijk en de rechter afbeelding Waterwijk.

Voor de gemiddelde waterdiepte en duur van water op straat zijn illustratief voor de ontwikkeling van het functioneren van de voorziening. Schade en overlast zijn echter afhankelijk van de maximale waterstanden. Wanneer de waterdiepte groter is dan de hoogte van de stoepranden neemt de kans op overlast sterk toe. Aangenomen is dat de stoepranden circa 10 cm hoog zijn.

In Figuur 4.30 is het aantal locaties weergegeven met een bepaalde waterdiepte (let op: logschaal).

De afbeelding laat zien dat bij de variant P&O in jaar 0 geen locaties zijn met een waterdiepte > 0,1m maar dat vanaf jaar 1 het aantal locaties met een waterdiepte >0,1 toeneemt van 7 tot 21 in het jaar 50. Bij variant Openbaar zijn na 20 jaar 2 locaties met een waterdiepte > 0,1 m. Het aantal neemt toe tot 5 in jaar 50. Het aantal locaties met een waterdiepte tussen 0,05 en 0,01 m is vrijwel constant (350) bij de variant P&O en neemt bij de variant Openbaar toe van 200 tot 300.

Muziekwijk



Figuur 4.30 Overzicht van het aantal locaties met een bepaalde waterdiepte

Op basis van de uitgevoerde risico analyse kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Met het huidige gescheiden stelsel worden bij een bui van 70 mm in een uur op een groot aantal (circa 50%) locaties waterdieptes berekend van meer dan 0,1 m. Dit betekent dat bij deze locaties kans bestaat op schade.
- De kans op schade neemt toe als het stelsel veroudert.
- Ten opzichte van de huidige situatie met een gescheiden stelsel zijn de voorgestelde ontwerpen van regenwaterrioolvrije systemen veel robuuster. Voor het jaar van aanleg zijn de waterdieptes overal < 0,1m en is de duur van water op straat < 6 uur.
- De robuustheid van het systeem met voorzieningen op particulier terrein en in openbaar gebied staat of valt met het beheer van het systeem door de particulier. Als de particulieren de systemen niet onderhouden of in stand houden neemt de kans op wateroverlast sterk toe, zowel wat betreft de duur als de optredende waterdieptes.

Kosten

De kosten van de aanleg en het onderhoud (inspectie, reiniging) van de verschillende stelsels, zijn bepaald op basis van standaard kentallen. De samengevatte resultaten zijn gegeven in tabel 4.10. De extra investeringskosten voor een regenwaterrioolvrij ontwerp bedragen dus ca. 12 miljoen euro voor de beschouwde Muziekwijk.

Tabel 4.10 Overzicht aanleg en beheer kosten

	Kosten Totaal (Mln €)
Gescheiden stelsel	7.4
Particulier & Openbaar	20.0
Openbaar	19.2

De baten van een regenwaterrioolvrijstelsel bestaan uit vermeden schade door wateroverlast. Uitgaande van een levensduur van 50 jaar moet de vermeden schade 240.000 euro per jaar zijn om dit bedrag te compenseren. Een globale analyse geeft aan dat de vermeden schade naar verwachting minder is.

Conclusies

Op basis van dit verkennende onderzoek wordt geconcludeerd dat:

- Het huidige gescheiden stelsel van Muziekwijk niet in staat is om extreme neerslag (70mm/hr) te verwerken. Op circa de helft van de locaties worden waterstanden >0,1m berekend en de gemiddelde duur van water op straat is 2 a 3 uur.
- Met een regenwaterrioolvrij concept kan een robuust systeem ontworpen worden voor Muziekwijk. Het systeem bestaat uit een infiltratiepakket dat gevoed wordt door middel van kolken.
- Bij het regenwaterrioolvrije ontwerp zijn de laagste locaties in het gebied het meest kwetsbaar voor wateroverlast, terwijl bij een gescheiden systeem de combinatie van maaiveld hoogte en de afstand tot het uitstroompunt bepalend is voor de kans op overlast.
- Het systeem is het meest robuust als het volledig in het openbaar gebied wordt gerealiseerd en wordt onderhouden door de gemeente. Als particulieren verantwoordelijk zijn voor het realiseren van een deel van de berging op hun eigen terrein neemt de robuustheid van het systeem af.

- De kosten voor een regenwaterrioolvrij ontwerp zijn circa 3x zo hoog als de kosten voor een gescheiden stelsel. De vermeden jaarlijkse schade is naar verwachting lager dan de benodigde extra investeringskosten.
- Naast de vermeden jaarlijkse schade zijn er wel bijkomende baten zoals verminderde kans op imagoschade, betere bereikbaarheid en minder veiligheidsrisico's.
- Aangezien de kosten voor maatregelen op particulierterrein qua orde grootte vergelijkbaar zijn met maatregelen op openbaarterrein en de robuustheid met maatregelen op particulier terrein afneemt lijkt het niet raadzaam om particulieren een actieve taak te geven bij het verwerken van hemelwater op eigen terrein.

4.15 Toekomstbestendige Mark – Dintel – Vliet boezem

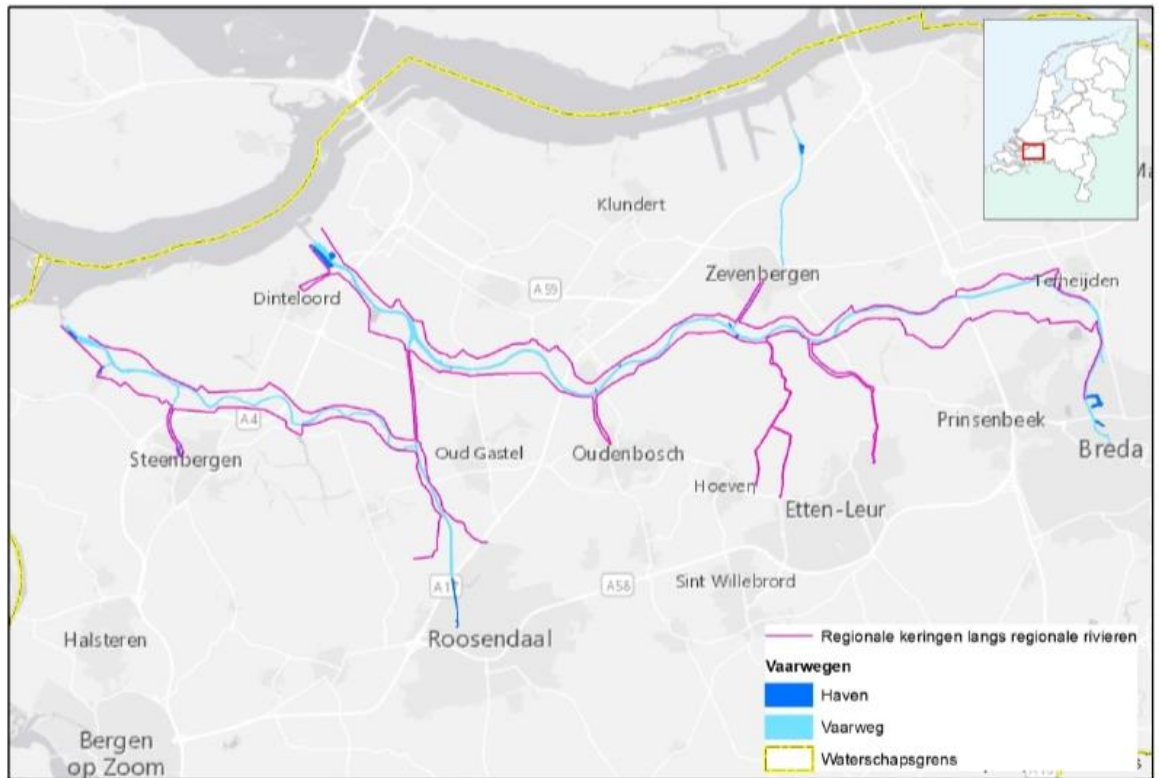
Het waterschap Brabantse Delta beheert de Mark-Dintel-Vliet boezem, zie Figuur 4.31. De boezem vervult de functie van vaarweg (klasse IV), water- en sediment afvoer, en watervoorziening van het omliggende gebied. De regionale keringen langs de boezem vervullen de waterveiligheidsfunctie en fungeren ook als drager voor de weg en voor recreatie. De boezem vervult daarnaast een ecologische en natuurfunctie.

De eigenschappen van de boezem en het beheer ervan, en de bediening van de kunstwerken, vormen gezamenlijk de randvoorwaarden waarbinnen de functies worden vervuld, zoals waterveiligheid, scheepvaart en waterkwaliteit. De boezem is met een tweetal sluiscomplexen verbonden met het Volkerak-Zoommeer (VZM), waar het onder normale omstandigheden onder vrij verval op afwatert.

Veel regionale keringen langs de Mark-Dintel-Vliet boezem zijn afgekeurd. Het gaat om in totaal ca 100 km. Bij het nadenken over oplossingsrichtingen speelt nadrukkelijk de vraag welke dijkversterkings- en inrichtingsmaatregelen en welk beheer toekomstbestendig zijn. Hoe bereiden deze voor op bijv. (onzekere) klimaatverandering, en wat bepaalt wat toekomstbestendigheid precies inhoudt in het Mark-Dintel-Vliet boezem.

Ook speelt de vraag of er oplossingsrichtingen of beheerstrategieën zijn die kunnen bijdragen aan het beheer van meerdere functies, zoals de vraag of baggeren van de vaarweg ook gunstig kan zijn voor peilbeheersing en veiligheid.

Tenslotte speelt de vraag hoe interventies het beste ingepland kunnen worden in ruimte en tijd, gegeven een bepaalde oplossingsrichting of beheerstrategie.



Figuur 4.31 Kaart Projectgebied (Waterschap Brabantse Delta).

Doel van de voorliggende casus is om te onderzoeken of de ROBAMCI aanpak geschikt is voor een verkenning van de wisselwerking tussen vaarwegbeheer en het beheer van regionale keringen in de Mark-Dintel-Vliet boezem.

Meer specifiek is het doel van de casus tweeledig:

- een aantal beheerstrategieën voor functie “waterveiligheid” te vergelijken op systeemlevensduurkosten; en
- binnen strategieën te kijken naar de effecten/optimalisatiemogelijkheden voor een aantal varianten van de interventieplanning (bijv. gericht op minimale risico's of maximale kwaliteit).

Bijkomend resultaat kan zijn dat er een indruk ontstaat van de, binnen de gegeven randvoorwaarden, belangrijkste onzekere systeem eigenschappen, van begrippen als toekomstbestendigheid en adaptiviteit; en mogelijk als blijkt dat er no-regret maatregelen zijn die in meerdere strategieën voorkomen.

Aanpak

Het systeem wordt voor één functie, namelijk waterveiligheid, ingepast in de ROBAMCI tools. Met deze tools worden de faalkansen van waterkeringen, diepte van de watergangen, kosten van interventies (maatregelen) en overstromingsrisico's in het gebied over een periode van 100 jaar gemodelleerd.

Voor het functioneel verouderen van het systeem zijn een aantal grootheden geïdentificeerd die in de tijd variëren, zoals:

- Afvoer bij Trambrug en inzetfrequentie van het Volkerak-Zoommeer nemen toe als het gevolg van klimaatverandering;
- Baggeraanwas stijgt per jaar;
- Overstromingsschade in het gebied neemt toe als het gevolg van economische ontwikkelingen.

Het verouderen van het systeem leidt tot stijging van de faalkansen van waterkeringen, de gevolgen van een overstroming en dus ook de overstromingsrisico's (kans x gevolg) in de tijd. Om de overstromingsrisico's in het gebied te beheersen worden in deze studie twee maatregelen beschouwd, namelijk:

- Ophogen van dijken;
- Baggeren van de watergangen.

De maatregelen worden als volgt in de ROBAMCI tools gemodelleerd. Het ophogen van een dijkvak gebeurt zodra de faalkans van het dijkvak de veiligheidsnorm (1/100 per jaar) overschrijdt. Het baggeren gebeurt zodra een drempelwaarde in één van de watergangen wordt bereikt. Beide maatregelen brengen kosten met zich mee. Om inzicht in effectiviteit van de maatregelen te verkrijgen worden de kosten bij de bijbehorende overstromingsrisico's opgeteld. Hierbij worden vier strategieën beschouwd:

- 1 Niets doen;
- 2 Alleen baggeren;
- 3 Alleen dijken ophogen;
- 4 Dijken ophogen en baggeren.

Het waterschap Brabantse Delta heeft binnen de Mark-Dintel-Vliet boezem een flinke achterstand wat betreft het baggeren van het systeem. Dit betekent dat er veel meer bagger in het systeem aanwezig is dan gewenst. Dit heeft zowel voor de scheepvaart als voor de waterveiligheid implicaties. BZIM heeft samen met Deltares een informatiekwaliteitsmodel (IKM) ontwikkeld binnen ROBAMCI. In het model wordt de betrouwbaarheid van data en informatie expliciet beoordeeld. Met behulp van het IKM wordt de mate van baggeraanwas in de Mark-Dintel-Vliet boezem geanalyseerd.

Resultaten risico analyse

De resultaten van de analyse bestaan uit de faalkans, de dijkhoogte en de kosten per dijkvak voor de vier strategieën (1 - niets doen, 2 - alleen baggeren, 3 - alleen ophogen, 4 - baggeren en ophogen) over een periode van 100 jaar. De kosten zijn gelijk aan de som van het overstromingsrisico en de kosten van maatregelen. De resultaten voor de kosten voor het gehele gebied zijn gegeven in Tabel 4.11.

Tabel 4.11. Totale kosten (over 100 jaar) van verschillende strategieën.

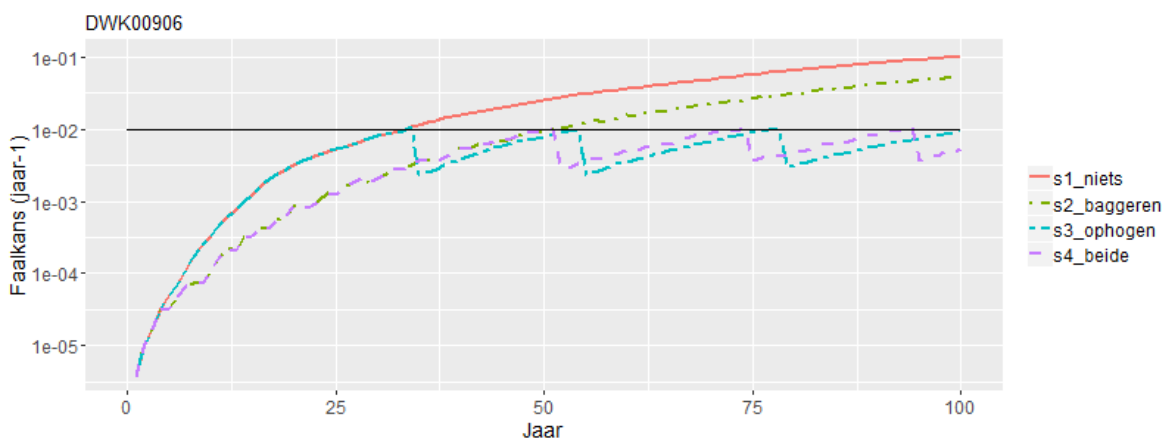
Strategie	Beschrijving	Totale kosten [mln €]
1	Niets doen	58925
2	Baggeren	52344
3	Dijken ophogen	3562
4	Dijken ophogen en baggeren	3592

De voorkeursstrategie verschilt echter onderling per dijkvak. Om een beeld te geven zijn twee dijkvakken gekozen die representatief zijn voor het beneden- en bovenstroomse deel van het gebied, zie voor de locaties Figuur 4.32. In locatie A liggen er oude zeedijken, en leidt de strategie 'niets doen' tot de minste kosten

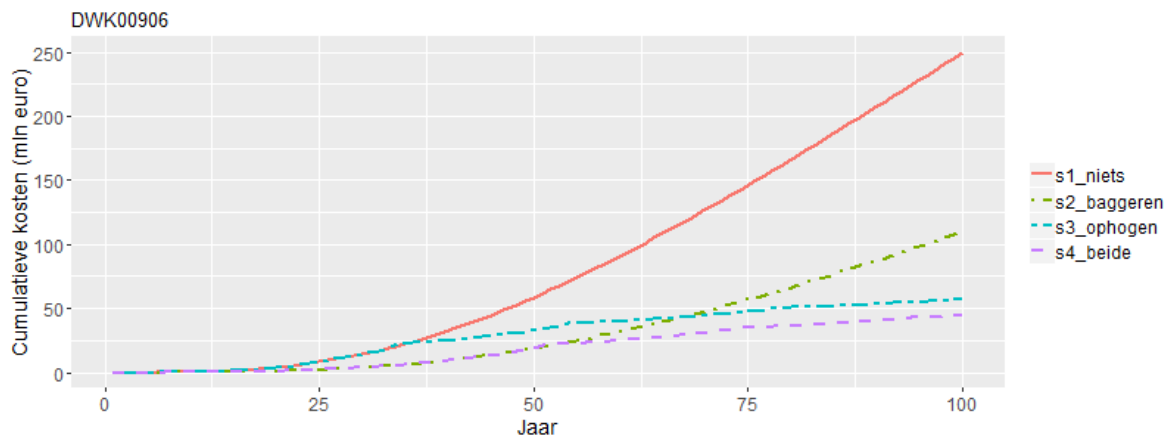


Figuur 4.32 Locaties van representatieve dijkvakken (A en B).

Geheel anders zijn de resultaten voor locatie B (dijkvak DWK00906), weergegeven in Figuur 4.33. De faalkans voor strategie 1 loopt steeds verder op naarmate de tijd vordert: dat wordt veroorzaakt door de stijging van rivierafvoeren, inzetfrequentie van het VZM en baggeraanwas. Strategie 3 loopt in het begin mee, maar na ca. 35 jaar neemt de faalkans abrupt af door dijkverhoging, aangezien de veiligheidsnorm van 1/100 per jaar is bereikt. Daarna volgt een zigzag-patroon waarbij de faalkans geleidelijk stijgt in de tijd, en plotseling afneemt als een ophoging plaatsvindt. Voor strategie 2 en 4 neemt de faalkans na 5 jaar af in vergelijking tot de andere twee strategieën, aangezien op dit moment de eerste keer wordt gebaggerd. Ook na deze keer wordt nog vele malen regelmatig gebaggerd, waardoor de faalkans relatief lager blijft. Het effect hiervan is duidelijk zichtbaar voor strategie 4, waar ca. 5 jaar later wordt begonnen met dijkophogen. Het uiteindelijke effect van al deze strategieën wordt getoond in de cumulatieve kosten, in Figuur 4.34. De kosten voor strategie 1 zijn het hoogst, aangezien hier geen maatregelen genomen worden en daardoor vaker een falen plaatsvindt. Strategie 3 is eerst nog duurder dan de strategie 2, maar na ca. 70 jaar blijkt de strategie 2 toch duurder, aangezien de grotere faalkans extra overstromingsrisico meebrengt. De goedkoopste strategie blijkt een combinatie van ophogen en baggeren (strategie 4), waarbij het baggeren ervoor zorgt dat pas later met dijkophogen begonnen dient te worden.



Figuur 4.33 Faalkans voor representatieve locatie B.



Figuur 4.34 Cumulatieve kosten voor representatieve locatie B.

Gebaseerd op de totale kosten verschilt dus per dijkvak welke strategie de voorkeur heeft. De ruimtelijke verdeling van de voorkeursstrategie is weergegeven in Figuur 4.35. Duidelijk zichtbaar is dat aan de westkant strategie 1 (niets doen) de voorkeur heeft, terwijl dit in het oosten voor strategie 4 (ophogen en baggeren) geldt. Strategie 2 (alleen baggeren) en 3 (alleen ophogen) komen in deze case slechts sporadisch voor.



Figuur 4.35 Ruimtelijke verdeling van voorkeursstrategie.

Voor dijkvakken waarvoor strategie 4 voorkeur geeft (paars gekleurde dijkvakken in Figuur 4.35) is de opbouw van de totale kosten nader geanalyseerd.

Zoals te verwachten zijn de grootse overstromingsrisico's meestal te vinden voor dijkvakken met de hoogste IPO-klasse. Voor de meeste dijkvakken heeft het overstromingsrisico het grootste aandeel in de totale kosten.

Gemiddeld worden de dijkvakken ca. 5 keer verhoogd in een periode van 100 jaar; de gemiddelde totale verhoging bedraagt ca. 60 cm. In de meeste gevallen worden de versterkingen regelmatig over de periode van 100 jaar verdeeld. Dat biedt kansen voor het gelijktijdig aanpakken van verschillende dijkvakken.

Resultaten IKM

Met behulp van het Informatie Kwaliteits Model (IKM) is de mate van baggeraanwas in de Mark-Dintel-Vliet boezem geanalyseerd. Dit vond plaats aan de hand van Multibeam-metingen, uitgevoerd door het waterschap over de afgelopen jaren. Uit de analyse zijn in verschillende deelgebieden verschillende maten van gemiddelde jaarlijkse baggeraanwas gevonden met verschillende maten van variatie in ruimte en tijd. De resultaten zijn gegeven in Tabel 4.12.

Het kwaliteitsoordeel van de data is gebaseerd op verschillende onderdelen, zoals de beschikbaarheid van data, uitschieters in de data, de gebruikte meetmethode, validatie van de data, enz. Wat betreft de betrouwbaarheid van de data, is in de toepassing van het IKM gebleken dat de kwaliteit van de data niet over de gehele Mark-Dintel-Vliet boezem gelijk is. De resultaten zijn opgenomen in Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Samenvatting resultaten baggeraanwas.

Deelgebied	Gemiddelde [cm/jaar]	95% betrouwbaarheidsinterval [cm]	Kwaliteitsoordeel data [-]
1	1,91	1,55	☆☆☆☆
2	0,18	2,30	☆☆☆
3	2,60	1,6	☆☆☆☆
4	1,57	5,29	☆☆☆
5	1,07	1,61	☆☆☆☆
6	1,63	-	☆☆

Conclusie

Uit de analyses blijkt dat over het gehele systeem bekeken strategie 3 (dijken ophogen) het voordeligst is, gevolgd door strategie 4 (dijken ophogen en baggeren). Als echter per dijkvak beschouwd wordt welke strategie het voordeligst is, dan is een kenmerkende ruimtelijke verdeling zichtbaar. In het westen, waar de minimale dijkhoogtes het hoogst zijn vanwege de aanwezigheid van oude zeedijken, is de strategie 'niets doen' het voordeligst. In het oosten is de voorkeursstrategie echter 'dijken ophogen en baggeren'. Deze strategie 4 is hier voordeliger dan strategie 3, aangezien het baggeren zorgt voor een kleinere toename in faalkans, waardoor pas op een later moment de duurdere investering van het dijkophogen nodig is.

Deze casus laat zien dat de ROBAMCI aanpak geschikt is om te komen tot een voordelige beheerstrategie voor de Mark-Dintel-Vliet boezem over een periode van 100 jaar.

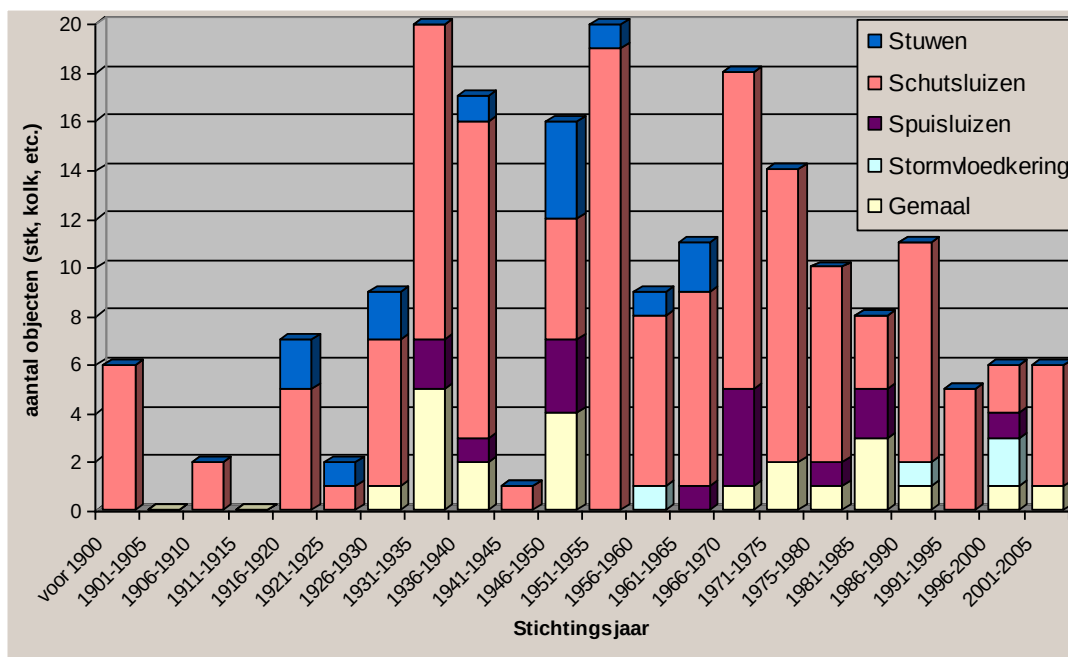
Verder wordt geconcludeerd:

- In de gepresenteerde aanpak worden dijkvakken met de hoogste faalkans als eerste versterkt. Dat kan theoretisch betekenen dat dijkvakken met hoge faalkans, maar weinig schade in het achterland, als eerste versterkt worden. Alternatief voor deze aanpak is het versterken op basis van overstromingsrisico's, waarin faalkans en gevolgen gecombineerd worden.
- De inzet van het Volkerak-Zoommeer heeft vooral effect op waterstanden in het benedenstroomse gedeelte van het gebied. Het effect van de inzet is nihil op waterstanden bovenstrooms en juist dijken bovenstrooms voldoen niet aan de norm en/of beschermen een gebied met relatief veel overstromingsschade.
- In deze studie is geen rekening met eventueel falen van de sluizen bij Benedensas en Dintelsas gehouden. Falen van deze sluizen tijdens de inzet van het Volkerak-Zoommeer kan aanzienlijke waterstanden in de Mark-Dintel-Vliet boezem opleveren. Naar verwachting zou dus het meenemen van de sluizen tot een aanpassing van momenten en mate van investeringen leiden.
- In de toepassing van het IKM op de baggeraanwas is gebleken dat de kwaliteit van de data niet over het gehele Mark-Dintel-Vliet systeem gelijk is. Er zijn een aantal locaties waar de datakwaliteit goed is, maar ook een aantal locaties waar de datakwaliteit beter kan. Met een betere datakwaliteit kan de baggeraanwas nauwkeuriger en betrouwbaarder bepaald worden.
- Hoewel er enkele vereenvoudigingen in deze studie doorgevoerd zijn, is de ROBAMCI-aanpak waardevol als *proof of concept*. De ROBAMCI-benadering maakt het mogelijk om het systeem als geheel te beschouwen, mogelijke toekomstige veranderingen in het klimaat (zoals hogere afvoeren en inzetfrequentie van het VZM) mee te nemen en verschillende beheerstrategieën te combineren en optimaliseren.

5 Synthese en Business Case

5.1 Aanleiding en aanpak

Veel van de nationale publieke infrastructuur bereikt in de komende decennia het einde van haar technische levensduur. In Figuur 5.1 is het stichtingsjaar van de natte kunstwerken van het rijk getoond, waarvan veel vlak voor en na de Tweede Wereldoorlog zijn gebouwd. Ondertussen is het merendeel van de kunstwerken dus meer dan 70 jaar oud. Daarnaast is in de tussentijd het gebruik veranderd en zijn nieuwe technieken en systemen ontwikkeld.



Figuur 5.1. Aanleg van kunstwerken t.b.v. waterveiligheid en watersysteem, uitgedrukt in aantallen kunstwerken.

De hypothese van ROBAMCI is dat risk-based en systeem georiënteerd assetmanagement, waarbij zowel naar de technische levensduur als de huidige prestaties wordt gekeken, de efficiëntie van assetmanagement in de GWW sector kan verhogen. Bij aanvang van het ROBAMCI programma werd verondersteld dat jaarlijkse uitgaven in de GWW sector tussen € 10 – 15 miljard lagen. Ervaringen vanuit andere sectoren (bv industrie) laten zien dat met risk-based assetmanagement 10 – 20% efficiëntiewinst te behalen is door effectievere interventies en prestatieverbeteringen.

Het doel van het werkpakket *Synthese en Business Case* is om na te gaan of dit efficiëntievoordeel ook behaald kan worden in de GWW sector, en zo ja, in welke mate en op welke wijze. Een hogere efficiëntie in de sector betekent dat middelen effectiever kunnen worden ingezet, wat ruimte biedt om bijvoorbeeld de kwaliteit van infrastructuur en systeem(diensten) te verbeteren.

De aanpak van het werkpakket *Synthese en Business Case* bestaat in hoofdlijnen uit het inrichten van twee vertaalslagen:

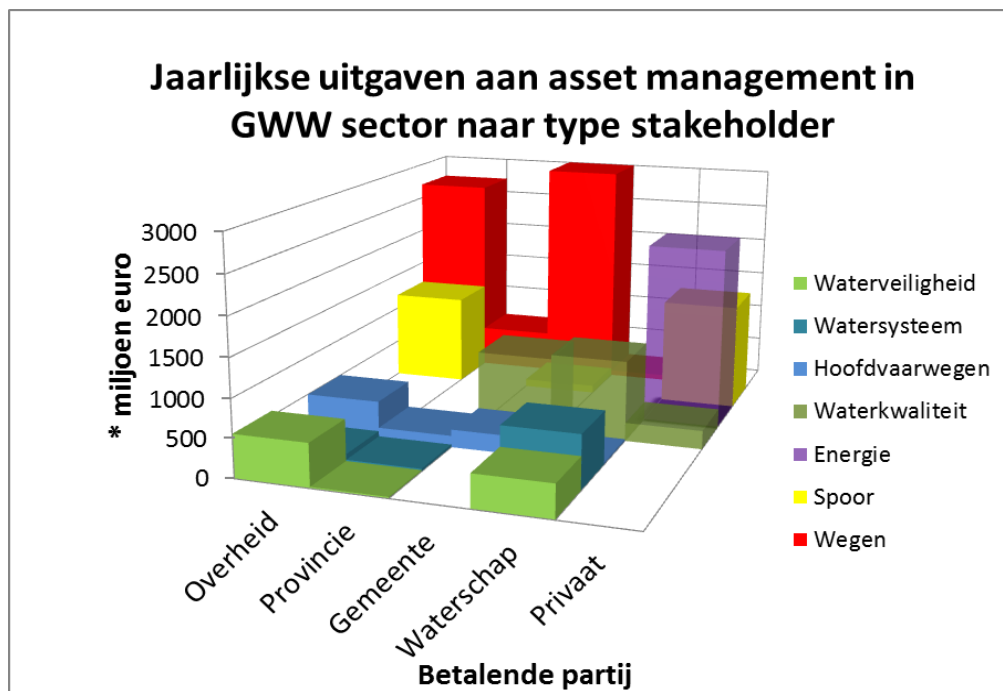
- Vertaling van het onderzoek in de individuele casussen naar een business case op case-niveau: hoeveel heeft de aanpak in de context van de case gebracht op gebied van te behalen efficiëntieverbetering en hoe kan dit worden verzilverd door de asset eigenaar?
- Vertaling van het resultaat uit de cases naar een business case voor de desbetreffende (deel)sector. Dit bestaat uit twee onderdelen. Enerzijds wordt beoordeeld hoe representatief de casus is voor de gehele deelsector en wat dat betekent voor de opschaalbaarheid van de resultaten uit de cases naar de sector. Anderzijds wordt in de business case ook gekeken of de stap naar risico- en systeemgestuurd asset management te maken is binnen de huidige praktijk van asset management, en welke veranderingen dan nodig zijn, en wat die vergen. Hiertoe is het nodig om een goed beeld te hebben van de institutionele en organisatorische praktijk, en de huidige 'maturity' of volwassenheid van de sector op verschillende dimensies van asset management.

De aanpak van de Synthese en Business Case kan worden samengevat als een zoektocht naar een efficiënte combinatie van omvang en groeipotentie. Voor het invullen van de bovengenoemde vertaalslagen wordt een aantal stappen doorlopen:

- Bepalen van de omvang per deelsector.
- Analyse van de cases op resultaat en opschaalbaarheid naar de (deel)sector.
- Analyse van de maturity van de deelsector en de groeipotentie.
- Samenstellen van een Business Case voor de gehele GWW sector.

5.2 Schatting omvang GWW sector (ROBAMCI fase 1 en 2)

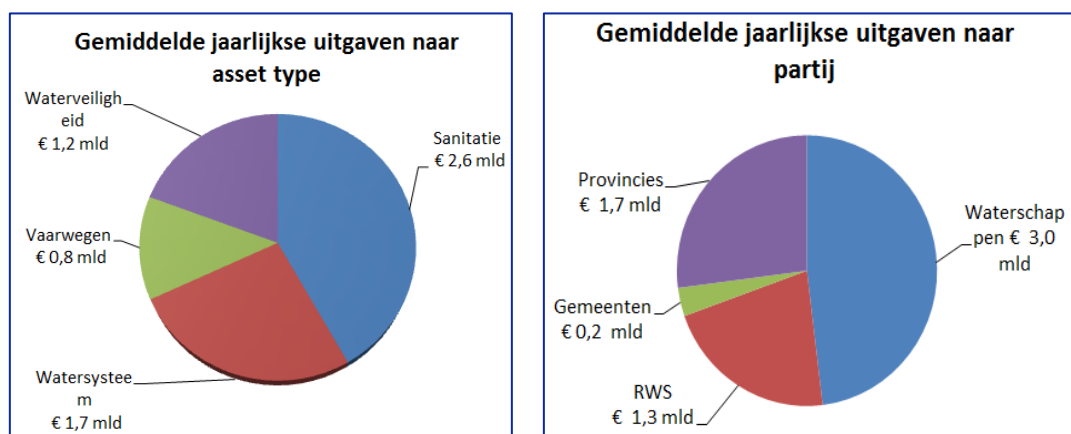
De sector is in de breedte geanalyseerd op omvang van investeringen in assets (aanleg, vervanging, B&O) en een stakeholderanalyse op hoofdlijnen (wie zijn de belangrijkste spelers in de deelsectoren). Daarnaast is vanuit de casestudies bekeken wat de ontwikkelde methodes en tools kunnen betekenen voor de verschillende GWW sectoren in Nederland, en hoe opschaalbaar deze zijn. Tenslotte zijn een aantal aandachtspunten voor de invoering van risk-based en systeem georiënteerd assetmanagement aangegeven. Onderstaand worden de conclusies vanuit het werkpakket beschreven.



Figuur 5.2 Weergave jaarlijkse uitgaven naar sector en partij in miljoenen euro's.

In het rapport *De waarde van Smart Maintenance voor de Nederlandse Infrastructuur – overzicht uitgaven*, (Van de Kerkhof, 2018 zie voor literatuurverwijzing het rapport WP4, Kok, 2018) worden de overheidsuitgaven aan publieke infrastructuur berekend: in totaal zijn de uitgaven geschat op € 16 miljard in 2017. Dit komt overeen met de schatting van de uitgaven in fase 1 van ROBAMCI – € 16,5 miljard. Van de Kerkhof et al. (2018) geven ook een indicatie van de bestemming van de gereserveerde bedragen in de periode 2020-2030: 10% vervanging, 27% nieuwbouw, 40% onderhoud, 23% reconstructie bestaande infrastructuur. Een onderverdeling naar deelsector en beheerorganisatie is weergegeven in Figuur 5.2.

Overheidsuitgaven in de natte GWW Sector liggen op ongeveer € 6 miljard: het zwaartepunt van de uitgaven ligt bij het watersysteem (onder andere vaarwegbeheer, sluizen, bruggen) en sanitatie (riolen en RWZI). De waterschappen geven het meeste geld uit, jaarlijks zo'n € 3 miljard (Figuur 5.3).



Figuur 5.3: Overzicht gemiddelde jaarlijkse uitgaven naar asset type in de natte GWW sector en per overheidsinstantie

Er valt een aantal observaties te maken over deze inventarisatie en het resultaat ervan:

- Het werkelijke gemiddelde bedrag zal schommelen over de tijd door uitvoering van grootschalige projecten. Er is namelijk moeilijk onderscheid aan te brengen tussen investeringen in aanleg van geheel nieuwe assets, en kosten voor beheer en onderhoud en vervanging van bestaande assets. Er is alleen gekeken naar het gemiddelde van uitgaven over de afgelopen jaren. Langjarige trends en toekomstverwachtingen, zoals de energietransitie, zijn hierin niet meegenomen.
- De gemaakte inventarisatie is niet compleet. Het is niet gelukt van alle (deel)systemen de investeringen in kaart te brengen, zoals bruggen; sluizen; kademuurs; (internationale) olieleidingen; internetkabels, etc. Daarnaast is onduidelijk of de faalkosten zijn inbegrepen in de jaaropgaven van de verschillende sectoren. De schatting van € 16,5 miljard is naar verwachting dus een ondergrens. De omvang zal in werkelijkheid dus nog hoger liggen.
- De meeste uitgaven worden gedaan in de sector wegen (ca. € 6 miljard). Deze sector wordt op ruime afstand gevolgd door spoor (ca. € 2,5 miljard), energie (ca. € 2 miljard) en drinkwater (ca. € 2,5 miljard). Watersysteembeheer (< € 1 miljard), (hoofd)vaarwegen (< € 1 miljard) en waterveiligheid (< € 1 miljard) lijken in verhouding relatief kleinere spelers te zijn. Dit geeft op het eerste gezicht het idee dat een besparing van bijvoorbeeld 10% ten gevolge van beter asset management, het meest oplevert in de sectoren met de grootste omvang, maar de indruk is dat juist die sectoren al een grotere ontwikkeling hebben doorgemaakt, zodat dat de potentie in die sectoren geringer is.

Analyse kwalitatieve cases en opschaalbaarheid

In het begin van het ROBAMCI onderzoek zijn 3 cases gedaan die slechts een kwantitatief karakter hadden. Uit deze cases zijn de onderstaande conclusies te trekken voor de synthese van de resultaten en de opschaalbaarheid.

Waterkering Noorderzijlvest – potentie van monitoring voor life cycle management

Bij de case 'waterkeren' is gekeken naar een kwantitatieve onderbouwing van de keuze om een dijkversterking uit te voeren op basis van monitoren versus (direct) versterken zonder extra data uit monitoring.

Omdat in de voorliggende situatie een hoge waterstand werd gemeten tijdens de monitoringperiode, is het rendement zeer hoog (ca. 30%). Meer in het algemeen geldt dat in situaties waarin een waterkering is afgekeurd en we niet zeker zijn over de kwaliteit van de beschikbare informatie, met monitoring een flinke reductie in de versterkingskosten kan worden bereikt (netto ca. 10 - 15%).

Dit resultaat is opschaalbaar voor de situaties waar er onzekerheid bestaat over informatie over conditie van de dijk, die in principe kan worden verkregen door meten en monitoren

Gemaal IJmuiden – potentie van systeembenadering

In deze casus is gekeken naar optimalisatie van een netwerk van kunstwerken, voor één functie (waterveiligheid). Het doel was om investeringsbeslissingen voor het gemaal en spuisluis bij IJmuiden te ondersteunen vanuit een systeembenadering. Kosten, prestaties en risico's zijn vergeleken voor drie strategieën ten aanzien van pompcapaciteit.

Er is aangetoond dat een systeembenadering het handelingsperspectief en de efficiency vergroot. In het specifieke geval van IJmuiden was het verschil tussen de verschillende strategieën in de orde van 10-tallen procenten. Ten aanzien van een als referentie aangenomen 1 op 1 vervanging blijkt de winst van de systeembenadering voor de Total Cost of Ownership in de meest optimale strategie met 10 - 15 % kunnen worden gereduceerd.

Over de opschaalbaarheid valt helaas niet veel te zeggen. Daarvoor is IJmuiden een te specifiek kunstwerk. Hoewel in dit geval slechts één functie en één systeem is bekeken (waterveiligheid), werd duidelijk de meerwaarde aangetoond van de systeemaanpak, die van toepassing is op alle kunstwerken (en ook assets in andere deelsectoren) waar meerdere assets “gekoppeld” zijn door eenzelfde functie en elkaar beïnvloeden of aanvullen.

Kust – handelen vanuit de zorg voor meerdere functies

Er is in deze casus gekeken naar kustonderhoud voor 2 van de 5 functies; waterveiligheid en recreatie. Uit de inventarisatie binnen de case blijkt dat er matige tot intensieve recreatie plaats vindt op ca. 50 van de 300 km zandige kust. Voor het deelsysteem Hollandse Kust is berekend dat 75% van de gemaakte kosten te verantwoorden zijn uit de vermeden schade aan de zeewering (veiligheid) en baten voor recreatie; de overige 25% van de suppletie uitgaven is niet direct te relateren aan baten voor de 2 beschouwde functies.

Het is een te eenvoudige benadering om te stellen dat op 25% van de suppletie locaties kosten kunnen worden gereduceerd. Hierbij speelt ook dat er maar naar 2 van de 5 functies is gekeken. Voor een berekening van mogelijke efficiëntieverbetering is het nodig om van meer baten een kwantitatieve duiding te kennen. Wel is duidelijk dat met deze aanpak er meer inzicht kan worden gekregen over de economische rationale voor meer gerichte aanpak van kustsuppleties. Voorlopig wordt uitgegaan van een mogelijke kostenreductie van 10%.

Er zit ook een duidelijke governance component in casus. Het Rijk is beheerder en suppleert voor alle functies van de kust. Dat gebeurt door evenveel zand aan de kust toe te voegen als er “verdwijnt” door zeespiegelstijging. De kosten van dit beleid is gericht op het duurzaam in stand houden van het kustfundament, en kan worden toegerekend aan bepaalde locaties, maar heeft een breder doel dan alleen het betreffende eiland of kustvak. De vraag dringt zich op of naast een technische ook een meer kwantitatieve econometrische insteek een betere basis biedt voor het bepalen van welke functies op welke manier worden onderhouden, en of daar economische voordelen uit te behalen zijn. Ook grootschalige suppleties (zandmotor) kunnen met deze aanpak economisch worden bekeken.

Ondergrond – handelen vanuit meerdere functies en beheerders

In deze proces-verkenning wordt onderkend dat voor de ondergrondse ruimte evenals voor de bovengrondse een inrichtingsvraagstuk voorligt die een systematische aanpak rechtvaardigt.

Bijzonder is dat er onder de grond zowel meerdere functies als meerdere beheerders een rol spelen. Dat impliceert dat de governance een integraal onderdeel moet zijn van het asset management.

5.3 Analyse kwantitatieve cases (ROBAMCI fase 2 en 3)

In het ROBAMCI onderzoek zijn naar kwalitatieve cases ook een aantal kwantitatieve cases uitgevoerd. Binnen deze cases is op meer detail een inschatting gemaakt van risk-based en systeem georiënteerd assetmanagement. Dit betreft binnen alle cases assets binnen het watersysteem (watergangen, gemalen, spuisluizen, kademuuren, etc), sanitatie (riolen en rioolwaterzuiveringsinstallaties), waterveiligheid (primaire en regionale keringen, waterkerende kunstwerken) en scheepvaart (kanalen, rivieren, sluizen, etc).

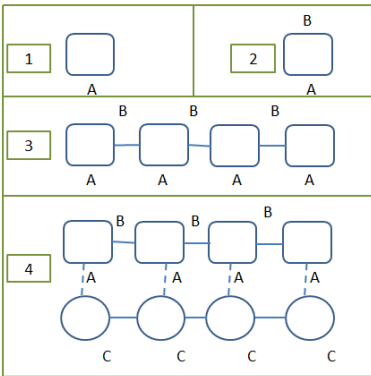
Uit deze casussen zijn drie 'meerwaarde mechanismen' gedestilleerd van 'Risk and Opportunity Based Asset Management':

- 1 **Risicogebaseerd:** Het uitgangspunt is een werkwijze waarbij interventies gebaseerd zijn op het risico als gevolg van falen van een object (hoe verandert de kans op falen over de tijd en wat is impact op de prestatie bij falen) in plaats van een standaard werkwijze waarbij de interventie alleen gebaseerd is op tijd (onderhoud bijv. na 1 week of na 100 draaiuren).
- 2 **Conditiegebaseerd:** Het uitgangspunt is een werkwijze waarbij gekeken wordt naar de actuele conditie van een object in plaats van standaard onderhoud dat alleen gebaseerd is op tijd. Voor conditiegebaseerd onderhoud is meer informatie nodig om een beter beeld van het degradatieverloop te krijgen, bijvoorbeeld door de conditie per asset te monitoren.
- 3 **Functie/ keten optimalisatie:** Dit is een werkwijze waarbij gekeken wordt naar de prestatie-eisen en toelaatbare risico's vanuit de systeemfuncties in plaats van prestatie-eisen van individuele assets. Hierbij wordt niet slechts de hoofdfunctie van het object of netwerk beschouwd, maar ook andere (secundaire) functies van het systeem van assets. Door samenwerking met andere asset eigenaren in het systeem kan meerwaarde ontstaan uit optimalisatie op systeemniveau.

Bij risicogestuurd assetmanagement worden activiteiten niet gebaseerd op een generieke, periodieke aanpak, maar op netwerkrisico's. Bij conditiegestuurd assetmanagement worden activiteiten ingericht op basis van een actueel geïnformeerd beeld van het degradatieverloop per asset. Bij functie/keten optimalisatie gaat het om het optimaliseren van assetmanagement over verschillende (neven)functies van een asset, in relatie met de omgeving, zie Tabel 5.1.

Tabel 5.2 geeft een overzicht van welk meerwaardemechanisme in elke casus wordt gedemonstreerd. De resultaten van deze casussen – in de meeste gevallen uit te drukken in een % efficiëntiewinst – door kostenbesparing, prestatieverbetering of vermindering van het risico – worden gebruikt in de business estimate om de vertaalslag te maken naar de mogelijke efficiëntiewinst in de hele sector. Resultaten uit de casussen wijzen op een potentiële efficiëntiewinst tussen 5 en 20%. Hierbij is echter de maturity van de verantwoordelijke organisatie bepalend of deze efficiency winst ook kan worden behaald.

Tabel 5.1 Overzicht van verschillende stappen die kunnen worden gezet in optimalisatie van assetmanagement over verschillende functies/ ketens.

		Toelichting	Voorbeeld
	1	1 object, 1 functie	1 sluis: beschouwd op functie scheepvaart
	2	1 object, meerdere functies	1 sluis: beschouwd op functies scheepvaart, waterveiligheid.
	3	Netwerk, meerdere functies	Meerdere sluizen in waterweg, beschouwd op scheepvaart + waterveiligheid
	4	Netwerk, meerdere functies per asset, in relatie tot omgeving	Meerdere sluizen in waterweg, beschouwd op scheepvaart + waterveiligheid, met aandacht voor lokale ambities (bijvoorbeeld aantrekken recreatie / bepaald type industrie, waterkwaliteit)

Tabel 5.2 Overzicht van casussen in ROBAMCI WP3, het type infrastructuur waar de casus over gaat en het meerwaarde mechanisme(n) die worden gedemonstreerd.

	Casus	Type infrastructuur	Gedemonstreerd Mechanisme(n)
Kwantitatief	Assetmanagement van de Ondergrond	Ondergrond	Functie/keten optimalisatie
	Assetmanagement van de kust	Waterveiligheid (kustfundament)	Functie/keten optimalisatie, risicogebaseerd
	Systeembenadering gemaal IJmuiden	Waterveiligheid (Kunstwerken)	Risicogebaseerd, Functie/keten optimalisatie
Kwantitatief	Livedijk XL Noorderzijlvest	Waterveiligheid (primaire dijken)	Conditiegebaseerd
	Regionale waterkeringen Noord-Holland	Waterveiligheid (regionale dijken)	Risicogebaseerd, Conditiegebaseerd
	Risicogestuurd baggeren Spijkenisse	Watersysteem (watergangen)	Risicogebaseerd / prestatiegebaseerd
	Gerichte rioolreiniging Almere (2 cases)	Sanitatie (Riolering)	Risicogebaseerd, functie/ketenoptimalisatie
	Watersysteem Zeesluis Delfzijl	Water systeem/ water-veiligheid (kunstwerken)	Functie/ketenoptimalisatie, Conditiegebaseerd
	Regionaal systeem Rijnland	Waterveiligheid, (regionale dijken)	Functie/ketenoptimalisatie, Risicogebaseerd
	Risico-gebaseerd inspecteren Oesterdam	Waterveiligheid, (primaire dijken)	Risicogebaseerd, Conditiegebaseerd

Verzilveren meerwaarde – adoptie en maturity

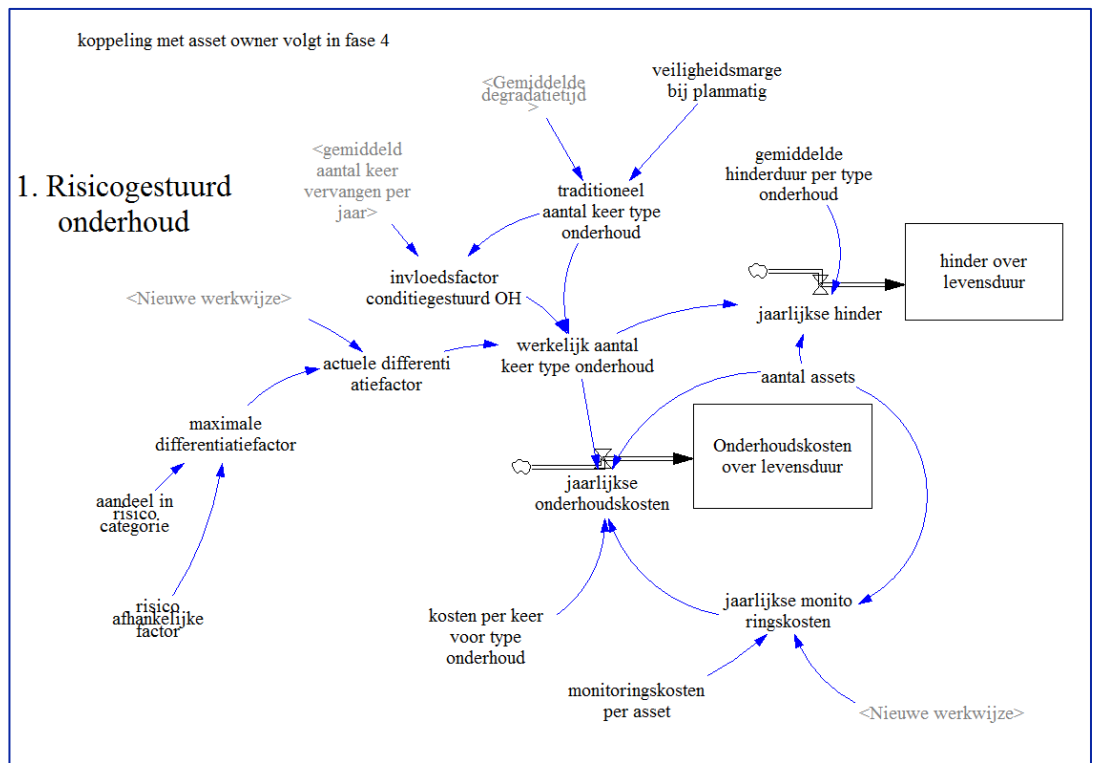
Om de mogelijke meerwaarde van risico gestuurd asset management zoals binnen het ROBAMCI programma ontwikkeld te kunnen realiseren, zijn aanpassingen nodig in de huidige Institutionele en organisationele praktijk van de verschillende stakeholders binnen het asset management van de GWW sector. Hoeveel en wat er moet gebeuren om de drie beschreven ‘meerwaarde mechanismen’ te kunnen realiseren verschilt per instantie.

De huidige ‘volwassenheid’ (*maturity*) in assetmanagement van een specifieke instantie is daarbij het vertrekpunt. In hoeverre worden asset management aspecten als informatiemanagement, interne en externe afstemming en beslissingen over beheer op een gestandaardiseerde wijze uitgevoerd? In een analyse op basis van 13 interviews naar de ‘maturity’ in beheer van regionale keringen door RWS en waterschappen ligt het gemiddelde niveau op 2,5 uit 4: Er wordt gewerkt aan gestandaardiseerde processen, maar deze zijn nog niet overal uitontwikkeld en succesvol ingevoerd.

De snelheid waarmee een nieuwe werkwijze in assetmanagement kan worden ingevoerd (*geadopteerd*) is afhankelijk van een aantal factoren, op te delen in drie categorieën: 1) de wil om te veranderen – in verschillende lagen van de organisatie, 2) de capaciteit – financieel, maar vooral ook in personeel en kennis en ervaring, en 3) de haalbaarheid – afhankelijk van de organisatiecultuur, en beïnvloed door kennisuitwisseling en –opbouw.

Resultaten – systeem dynamisch business estimate model

In fase 3 is een begin gemaakt met het opstellen van een systeem dynamisch ‘business estimate’ model (Figuur 5.4), waarmee de nationale opschaling van mogelijke in de cases gevonden voordelen van risk based assetmanagement kunnen worden gemodelleerd in de tijd.



Figuur 5.4 Eerste versie uitwerking meerwaardemechanisme 'Risicogestuurd asset management'. Elke factor in de figuur is gekoppeld aan kwantitatieve data over de assets zoals verzameld in de drie sporen - omvang assetmanagement, potentiële meerwaarde op basis van de casussen, en gegevens over maturity en adoptie.

Het voordeel van zo'n model ten opzichte van een statische analyse is dat hiermee ook niet-lineair tijdsafhankelijk gedrag van complexe systemen kwantitatief in kaart kan worden gebracht – zo kan in de uiteindelijke 'business estimate' bijvoorbeeld makkelijk rekening worden gehouden met de "maturity" en de snelheid (adoptie-capaciteit) waarmee innovatie door de sector wordt opgepakt, en met de invloed van eventuele strategische beslissingen om dit te stimuleren. Het systeem dynamisch model maakt ook inzichtelijk hoe de verschillen in kennis en kunde tussen organisaties van invloed zijn op de nationale implementatie van de ROBAMCI aanpak. Samenvattend: met de aanpak met het systeem dynamisch model worden aandachtspunten geïdentificeerd, die, afhankelijk van de huidige maturity van een organisatie, helpen de ROBAMCI methode binnen organisaties toe te passen, en daarmee van belang zijn voor nationale opschaling.

5.4 Leerpunten voor implementatie (ROBAMCI fase 3 en 4)

Bij het uitwerken van de casussen werd duidelijk dat met een theoretisch te behalen efficiëntiewinst door gebruik van de voorliggende methoden/tools nog niet direct toepasbaar en opschaalbaar zijn door de verschillende asset beheerders. De institutionele setting, de rol en belangen van verschillende partijen (veelal overheden) die actief zijn in de GWW sector en ook mogelijke andere stakeholders (zowel publiek en privaat) kunnen de ontvankelijkheid van een sector voor toepassing van assetmanagement beïnvloeden. Zo worden besluiten in de GWW sector vaak niet (alleen) op basis van (prestatie) efficiëntie bepaald, maar zijn ook politieke en andere overwegingen van belang. Hierbij speelt ook de 'volwassenheid' die asset management in de sector heeft een belangrijke rol.

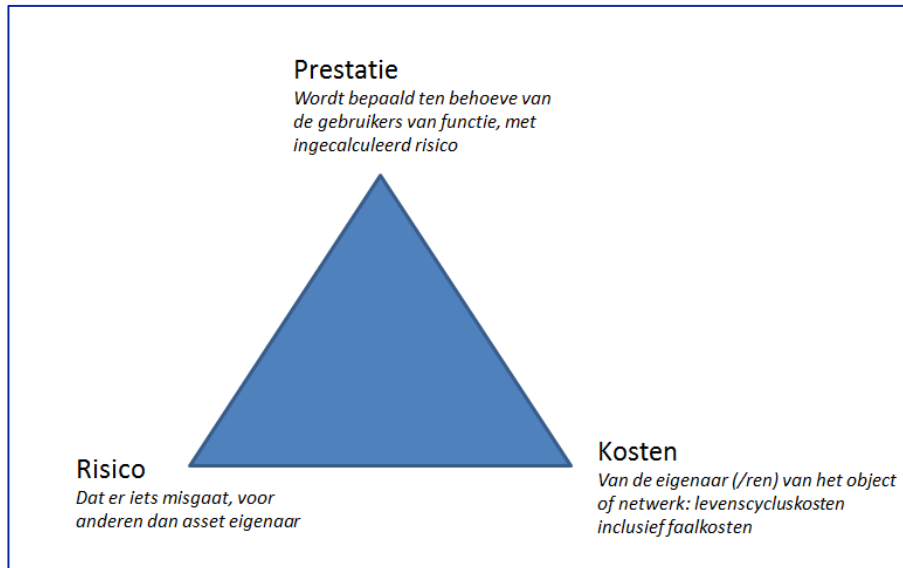
Om ervoor te zorgen dat asset management succesvol wordt ingevoerd bij de verschillende stakeholders, is – naast het aantonen van de meerwaarde via case studies – nader onderzoek nodig naar de wijze waarop partijen opereren (bijv. mate van samenwerking, regelgeving, besluitvorming, wijze van financiering) en welke stappen nodig zijn om de ontvankelijkheid voor voorliggende methoden te vergroten.

Om een goede business estimate te kunnen maken is het essentieel dat bij het opstellen en uitvoeren van de casussen hiervoor voldoende aandacht is. Hierbij is een heldere analyse van de (kosten en prestaties) van de huidige AM aanpak in elke case het vertrekpunt om de meerwaarde van de ROBAMCI werkwijze te kunnen omschrijven. Daarnaast moet in elke casus aandacht zijn voor de opschaalbaarheid van resultaten. Hoe representatief is de situatie voor vergelijkbare assets en beheerders buiten het gebied van de casus?

Voor het analyseren van wat er nodig is om de meerwaarde die de ROBAMCI aanpak in de verschillende case studies biedt te kunnen kwantificeren en te vertalen naar een bredere toepassing in de relevante sectoren. Hiervoor is het niet alleen noodzakelijk een business estimate te kunnen geven van de potentiële efficiëntiewinst, maar is het ook nodig om een stappenplan of visie te communiceren met daarin maatregelen die de overgang naar een nieuwe werkwijze kunnen faciliteren en versnellen. Het systeem dynamisch model geeft hiervoor inzicht in de verschillende aandachtspunten.

De drie onderzochte mechanismen (Risicogebaseerd, Conditiegebaseerd en Functie/ keten optimalisatie) leveren via verschillende wegen meerwaarde aan het assetmanagement in Nederland, waarbij het draait om een goede balans in de driehoek kosten, prestatie en risico. Hoewel het gaat om publieke infrastructuur ten behoeve van de maatschappij, is het goed te realiseren dat elke 'hoek' uit deze driehoek een andere doelgroep of 'baathouder' heeft (Figuur 5.5). De kosten van asset management van publieke infrastructuur liggen bij de asset eigenaar – en indirect bij de belastingbetaler. Het gewenste prestatieniveau van een asset wordt bepaald door de asset eigenaar, maar heeft vooral impact op de gebruikers van de functie. Het risico van falen kan worden beheerst door de eigenaar, maar vanwege het maatschappelijke karakter van de diensten ligt de impact van het risico van falen bij andere maatschappelijke actoren, die niet alle gebruikers van de functie zijn.

Wat een optimale assetmanagement strategie is hangt dus af van het perspectief of de baathouder waarvoor wordt geoptimaliseerd. Zo kan een onderscheid gemaakt worden tussen optimalisatie vanuit het perspectief van de beheerder en optimalisatie ten behoeve van de gebruiker:



Figuur 5.5 Impact van assetmanagement – baathouders.

- 1 Optimalisatie voor individuele beheerder (operationeel niveau). Prestatie-eisen en maximaal risico liggen vast, vaak al politiek bepaald of op basis van een welvaartsanalyse (bijvoorbeeld de nieuwe normeringen van primaire keringen). De beheerder kan op basis van risico gebaseerd assetmanagement de middelen efficiënter inzetten, zodat met dezelfde middelen meer kan worden bereikt. Dit is aantrekkelijk in een context waarin jaarlijkse budgetten onder druk staan en/of de opgave groter is dan initieel ingeschat (zoals de vervangingsopgaven in de waterveiligheid en kunstwerken).
- 2 Optimalisatie maatschappelijke meerwaarde (strategisch niveau): hierbij worden ook het risico en de prestatie bepaald en wordt binnen de drie factoren – kosten, prestatie en risico- gezocht naar een optimale balans. Dat kan bijvoorbeeld door ook risico en prestatie uit te drukken in kwalitatieve waarden. In veel (maar niet alle gevallen) kunnen deze ook worden uitgedrukt in monetaire effecten of baten. Dit kan bijvoorbeeld met een MKBA.

Verzilpering van de meerwaarde van ROBAMCI

De mate waarin de meerwaarde van kwantitatief risico gestuurd assetmanagement kan worden geëffectueerd is afhankelijk van de maturity van organisaties en van de adoptiecapaciteit. Deze worden hieronder uitgewerkt en globaal gemodelleerd met een systeem-dynamisch model. Daarmee is een vingeroefening gedaan voor waterkeringen, waarmee zowel de opschaalbaarheid naar de gehele levenscyclus als naar landelijk niveau zijn verkend.

Maturity

Binnen de organisatietheorie worden maturity modellen toegepast om de effectiviteit van organisaties in het uitvoeren van bepaalde taken te beschrijven. Met behulp van een maturity assessment kunnen sterke en zwakke kanten van organisaties op bepaalde vlakken geïdentificeerd worden.

De stand van zaken assetmanagement in Nederlandse GWW sector is voor de start van ROBAMCI geïnventariseerd door Wijnia & Herder (2010). Zij hebben in 30 interviews met asset managers van een aantal infrastructuren in Nederland⁴ obstakels en uitdagingen voor het introduceren en implementeren van assetmanagement geanalyseerd.

⁴ Gas en olie, elektriciteit, weg & spoor, drinkwater, waterwegen en overstromingsbescherming, telecomunicatie, 'service providers'

De auteurs identificeren een aantal obstakels en uitdagingen:

- Hoewel assetmanagement als onderwerp de afgelopen decennia voet aan de grond heeft gekregen (vooral voortkomend vanuit operationeel niveau) is het concept nog niet volledig doorgedrongen tot strategisch niveau. Op dit niveau worden vooral de kansen tot hogere kostenefficiëntie en daaruit volgende kostenreductie onderkend, maar niet de kans tot hogere prestaties.
- Waar voorheen vooral gebruik of 'tijdsgebaseerd' preventief onderhoud werd uitgevoerd, wordt dit steeds vaker gedaan op basis van condities. Een volgende stap zou een verandering in het onderhoudsparadigma inhouden, waarin wordt onderhouden op basis van levenscyclus-kosten, -prestaties, en -risico's.
- Er is onvoldoende vertrouwen in - en gebruik van – prestatie modellen en kwantitatieve data. Hierdoor wordt in de praktijk nog weinig gebruikt gemaakt van de mogelijkheid de prestatie van assets te voorspellen: initiatieven blijven hangen op operationeel niveau. Managers behouden een voorkeur voor het inrichten van assetmanagement op basis van historische data, hoewel tegelijkertijd toegang tot deze data vaak een probleem vormt.
- Veel infrastructuren in Nederland zijn oud en toe aan extra onderhoud of vervanging. Dit is een belangrijke uitdaging op gebied van assetmanagement: hoe maak je de optimale keus in de inrichting van werkzaamheden, en hoe bereid je de organisatie voor op de benodigde extra werkzaamheden? Aandacht voor de menselijke factor hierin is van belang: welke skills en competenties zijn nodig om op termijn assetmanagement goed te laten verlopen?
- IT en support spelen een belangrijke rol in assetmanagement: hoe kunnen zij ervoor zorgen dat de juiste data op het juiste moment bij de juiste personen beland?

Volker, Lei, & Ligtoet (2011) hebben een maturity model ontwikkeld voor assetmanagement van infrastructuur, en dit toegepast op Rijkswaterstaat: de '*Infrastructure Management Maturity Matrix*' (IM³). De studie concludeert met een aantal noodzakelijke prioritaire veranderingen:

- 1 Er moet een vertaalslag worden gemaakt van de belangen en wensen van externe stakeholders en huidige prestaties van assets over de levenscyclus naar een aanpak op basis van functionele asset netwerken en – doelstellingen;
- 2 Dit vereist grotere budgetflexibiliteit (bijvoorbeeld omdat beheer niet langer per object wordt gedaan, maar ingepland over het hele netwerk van objecten) en uniformiteit in risk management processen;
- 3 Updaten en integreren van databases en uniformiseren van datasystemen;
- 4 Uitvoeren kennisprogramma voor werknemers die nog onbekend zijn met assetmanagement principes: performance assessments en externe audits.

In ROBAMCI fase 3 is het IM³ model toegepast in 13 interviews met asset managers van regionale keringen bij Rijkswaterstaat en waterschappen. Het resultaat geeft aan dat hoewel het concept veelal is doorgedrongen, is er nog een weg te gaan naar professionalisatie (en optimalisatie) van assetmanagement. Uit het onderzoek ontstaat het beeld dat de waterschappen en RWS zich veelal rondom niveau basis/standaard bevinden (niveau 2 en 3 op een schaal van 5): het belang van standaardisering en lange-termijn strategieën wordt onderkend, maar dit is nog niet volledig doorgevoerd in de organisatie.

De verschillen per organisatie zijn significant. Met name organisaties die een accommoderende stijl van assetmanagement toepassen scoren gemiddeld hoog: kenmerkend is dat de primaire functie van de asset centraal staat in beheer, maar dat er een open houding naar ontwikkelingen en omgeving is. Lage scores worden behaald door organisaties met een meer 'beherende stijl' van assetmanagement, sterk gericht op de primaire assetfuncties en beheren van assets via een eigen werkwijze: de focus op kerntaken belemmert samenwerking met andere partijen en het optimaliseren over meerdere functies van een object.

Adoptie

Met verandering van '*business as usual*' in assetmanagement naar een risicogestuurde, systeemgerichte werkwijze wordt een nieuwe weg ingeslagen. Een meer integrale aanpak van problemen, oplossingen en ontwerpstrategieën, over object- en 'functiegrenzen heen begint in de strategische en tactische laag van asset owners en beheerders. Uiteindelijk vraagt adoptie van nieuwe werkwijzen om verandering van werkprocessen in alle lagen van de organisatie. Adoptie is een moeilijk proces dat erg lang kan duren, vooral als bepaalde regels, procedures en werkvormen al lang geïstitutionaliseerd zijn in de organisatie. Bij systeemgericht assetmanagement voor meerdere functies zijn verschillende organisaties betrokken. Dit multi-actor karakter van systeemgericht, risicogebaseerd assetmanagement vormt een extra uitdaging in het veranderproces dat nodig is om tot deze werkwijze te komen. Uit de studie (van Rossum, S. 2018) binnen ROBAMCI kunnen de volgende conclusies worden getrokken;

- Maximaliseren van de adoptie vereist kennis en capaciteit. Technische capaciteiten en voorzieningen zijn essentieel om RBAM succesvol te kunnen implementeren.
- Succesvolle RBAM is niet alleen afhankelijk van de interne bedrijfsvoering, maar vereist adequate afstemming met andere actoren. Wanneer de maturity van een organisatie laag is ten aanzien van externe afstemming, zal dit leiden tot een lage adoptiegraad en dus tot trage adoptie. Hierdoor zullen potentiële efficiëntie winsten van RBAM pas op een later tijdstip worden bereikt.

Schaalvoordeel, leereffecten, adaptieve verwachtingen en netwerk economieën zijn in de literatuur geïdentificeerd als oorzaken van de stijgende rendementen (Arthur, 1994). De stap naar een ander werkproces kan op korte termijn echter onaantrekkelijk zijn voor een organisatie. Dit kan de adoptie van technische innovatie hinderen en staat bekend als "technologische lock-in" (Foxon, 2002). Daarnaast moet verandering op gang komen door menselijke interactie die weer sterk beïnvloedt worden door regels, wetten, procedures, normen en waarden: formele en informele instituties. Ook hier spelen de rendementen pas op langere termijn, en zorgen voor een "institutionele lock-in" (Pierson, 2000). Deze twee vormen van 'lock-in', waarbij een organisatie drempels of onwil ervaart om te veranderen, staan niet los van elkaar: technologische systemen zijn vaak ingebed in institutionele structuren. De literatuur van institutionele verandering geeft aan dat initiatie voor institutionele verandering van buitenaf moet komen (Baum, 1994; Capoccia & Kelemen, 2007; Greif & Laitin, 2004). Oliver (1992) presenteert in zijn betoog drie belangrijke bronnen van waaruit de institutionele verandering kan voortkomen:

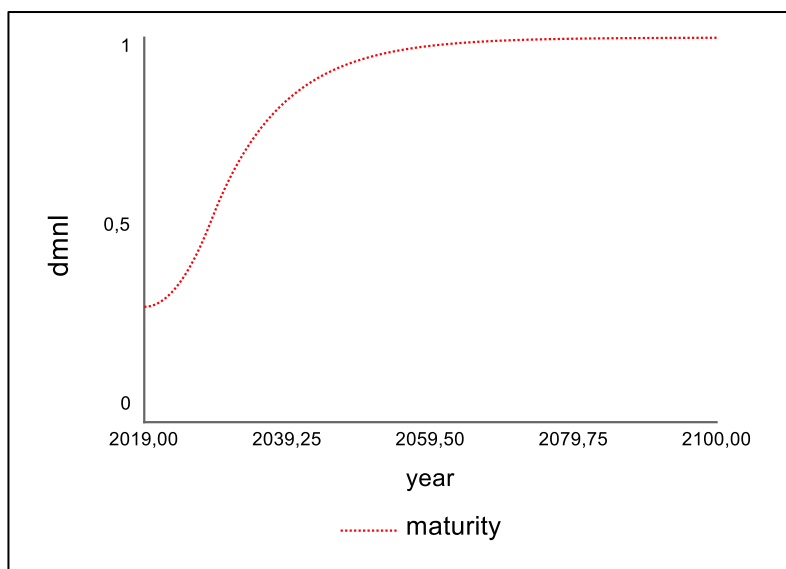
- Functionele druk, vaak gekoppeld aan omgevingsveranderingen, zoals de vergroting van concurrentie voor organisaties.
- Politieke druk, voornamelijk veroorzaakt door een shift in onderliggende machtsverdeling.
- Sociale druk, zoals de verandering van wetten en regels of sociale verwachtingen die de acceptatie en implementatie van een bepaalde praktische norm of werkwijze belemmeren.

Om in Nederland de benodigde institutionele veranderingen te bewerkstelligen die nodig zijn om richting risicogebaseerd, systeemgericht assetmanagement te groeien, moet de 'incentive' voor verandering dus van buitenaf komen: uit een van deze dimensies, bijvoorbeeld de noodzaak van hogere prestaties onder druk van klimaatverandering of politieke druk door afnemende budgetten voor bepaalde activiteiten.

Verzilveren meerwaarde: een verkenning met een systeem-dynamisch model

De drie 'meerwaarde' mechanismen van ROBAMCI worden samengebracht in een zogenaamd 'systeem-dynamisch' model.

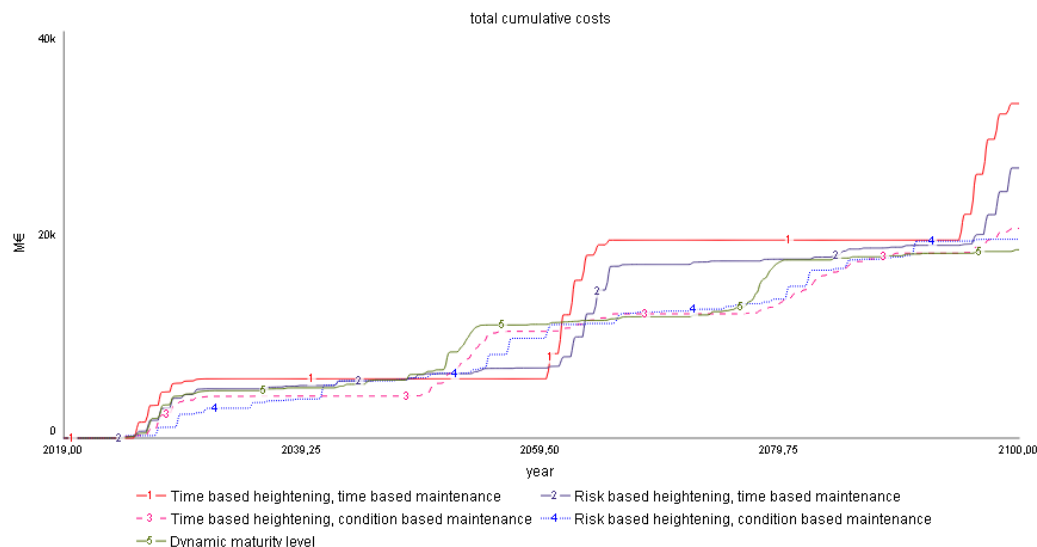
Met een dergelijk model kan niet-lineair gedrag van complexe systemen kwantitatief in kaart worden gebracht, en kan naar de gehele levenscyclus en het gehele areaal worden opgeschaald – zo kan in de uiteindelijke 'business estimate' bijvoorbeeld rekening worden gehouden met de snelheid waarmee innovatie door de sector wordt opgepakt, en de invloed van eventuele strategische beslissingen om dit te stimuleren, zie bv Figuur 5.6.



Figuur 5.6 Verloop van de maturity in de tijd

Om de mogelijke meerwaarde die ROBAMCI biedt te kunnen verzilveren laat het gebruik van het systeem-dynamisch model zien dat kennisontwikkeling en aanpassingen binnen de praktijk van assetmanagement essentieel zijn voor een effectieve invoering van de ROBAMCI methodiek van assetmanagement. Hoeveel en wat deze aanpassingen zijn verschilt per organisatie. De huidige 'volwassenheid' (*maturity*) van de organisatie binnen het assetmanagement is daarbij het vertrekpunt. Hierbij zijn met name kennis van en informatie over assets, strategie en planning en risicomanagement belangrijke aspecten. De snelheid waarmee een organisatie de ROBAMCI werkwijzen kan adopteren wordt beïnvloed door factoren als de aanwezigheid van een duidelijke strategie/beleid, de aanwezigheid van voldoende kennis en capaciteit.

Het onderzoek met het systeem-dynamisch model laat zien dat toename in toepassing van risicogestuurd onderhoud leidt tot een hogere efficiency; met dezelfde kosten zijn betere prestaties te behalen (lagere risicokosten: minder risico's, minder schade). Er zijn verschillende varianten doorgerekend (Figuur 5.7). De modelbevindingen geven aan dat efficiëntiewinsten van ca. 10 % -15 % mogelijk zijn. Hierbij wordt tevens geïllustreerd dat de maturity van een organisatie leidend is bij de invoering van de ROBAMCI werkwijze; zonder voldoende aandacht voor kennisontwikkeling zal adoptie van RBAM slechts langzaam verlopen.



Figuur 5.7: Totale kosten en verloop min de tijd in mln euro (illustratief)

5.5 Conclusies

De totale omvang van de uitgaven in de GWW sector liggen in de orde van grootte van € 16 - 20 miljard per jaar. In totaal worden huidige uitgaven in de natte sector geschat op € 6 miljard per jaar door de verschillende overheden gezamenlijk.

De meerwaarde van kwantitatief risico gebaseerd assetmanagement kan worden gezien vanuit drie werkwijzen: bij conditiegestuurd assetmanagement worden activiteiten ingericht op basis van een actueel beeld van het degradatieverloop per asset. bij risicogestuurd assetmanagement worden de activiteiten gestuurd op basis van netwerkrisico's per functie. Bij functie/keten optimalisatie gaat het om het optimaliseren van assetmanagement over alle functies van een asset in een systeem. De invulling van assetmanagement is afhankelijk van het perspectief van waaruit wordt geoptimaliseerd: focus op kosten, risico's of prestaties. Wat optimaal assetmanagement is kan daarmee van afhangen van tijd, netwerk, beheerder, en omgeving.

Uit de bottom-up aanpak met de casussen is gebleken dat de ROBAMCI aanpak een meerwaarde levert op de verschillende dimensies: prestaties, (maatschappelijk) risico en kosten, wat een efficiencywinst kan opleveren van 5-20%. In een eerste illustratie met het systeem-dynamische business estimate model op asset type 'waterkeringen', waarin resultaten uit de casussen en andere studies worden geëxtrapoleerd naar de hele levenscyclus en het hele areaal aan keringen is de eerste schatting dat met een risico-gebaseerde aanpak zo'n 10% - 15 % efficiëntiewinst is te behalen.

Daarnaast lijkt een modellering met een systeem-dynamisch model een goed inzicht te geven in het belang van capaciteitsontwikkeling binnen organisaties die conditiegestuurd en/of risicogestuurd asset management willen invoeren.

6 Kennisuitwisseling, Serious Games en Communicatie

6.1 Rol in programma

Een randvoorwaarde voor het slagen van het programma is dat de resultaten van het programma gecommuniceerd worden met stakeholders. Daarnaast dienen de onderzoeken en resultaten nauw aan te sluiten op bestaande wensen en de praktijksituatie. Dan is de kans groter dat de uitkomsten uiteindelijk ook gebruikt gaan worden. Om dit te realiseren is het noodzakelijk dat potentiële gebruikers en stakeholders goed geïnformeerd zijn over en betrokken worden bij het programma. Die betrokkenheid is een voorwaarde voor het slagen van het programma.

Om het programma representatief voor de hele GWW sector maken, zijn verdeeld over vier fases verschillende case studies uitgewerkt. Naast gerichte activiteiten op het delen van kennis en informatie uit eerdere cases is tot en met fase 4 proactief naar nieuwe case studies gezocht. Zo zijn steeds meer stakeholders betrokken bij de uiteindelijk uitgevoerde 14 cases.

Binnen WP5 lag de focus op het communiceren met het programma en de omgeving. Enerzijds om inzichten en resultaten te delen, anderzijds om aandacht en interesse voor het programma verder uit te bouwen en met gebruikers en stakeholders in gesprek te komen.

De aanpak van Werkpakket 5 bestond daarom uit verschillende onderdelen die gericht zijn op communicatie en kennisdeling met betrekking tot ROBAMCI tussen de deelnemers en stakeholders en het aantrekken en ontwikkelen van nieuwe case studies. Er zijn diverse communicatie en kennisuitwisselingsvormen (Wiki, website, presentaties, serious games, etc.) opgezet en ontwikkeld om te communiceren met stakeholders over het project, de voortgang, interessante testlocaties en de voordelen voor de GWW sector. Het resultaat hiervan is dat de betrokkenheid van partners en gebruikers vergroot wordt, wat heeft gezorgd voor draagvlak en participatie door uiteindelijk 30 partners.

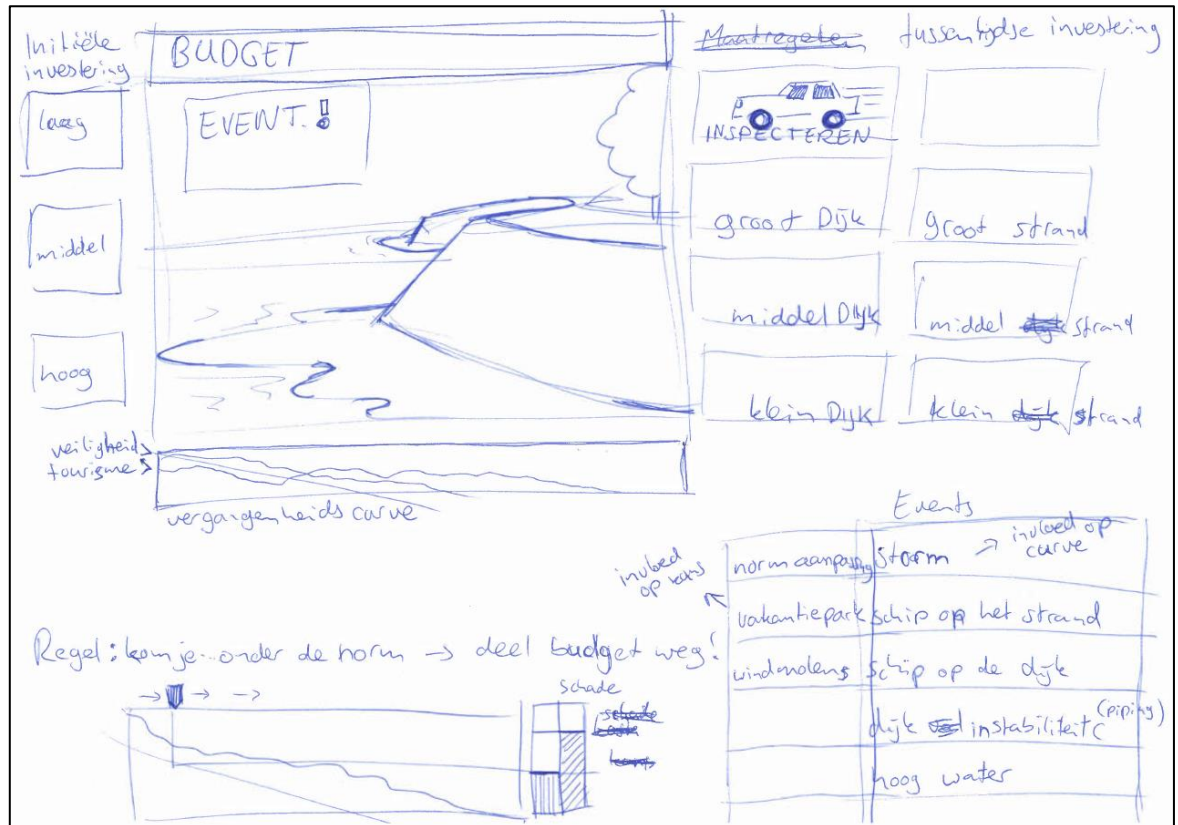
6.2 Resultaten fase 1

In Fase 1 is een analyse gemaakt van potentiële deelnemers en hebben diverse gesprekken plaatsgevonden met bestaande en potentiële stakeholders over de wensen en aansluiting met de huidige asset management doelstellingen binnen hun organisatie. Er zijn verschillende communicatiematerialen opgezet zoals een brochure, factsheets en Wiki waarmee informatie beschikbaar is gesteld voor deelnemers en stakeholders. Daarnaast zijn op een aantal congressen presentaties verzorgd en zijn artikelen en notities geschreven over bevindingen uit of mogelijke toepassingen van het ROBAMCI programma. Van de verschillende case studies en tussenrapportages zijn presentaties en publicaties/rapporten gemaakt die gedeeld zijn en via de Wiki beschikbaar zijn gesteld.

Serious gaming biedt kansen om de aandacht voor risicogestuurd asset management en de resultaten uit ROBAMCI onder de aandacht van een breed publiek te brengen, zie ook Figuur 6.1. Er is een plan opgezet voor het maken van een serious game framework dat in fase 2 ontwikkeld zal worden. Op dit generieke framework kunnen voor verschillende casus specifieke toepassingen ontwikkeld worden.

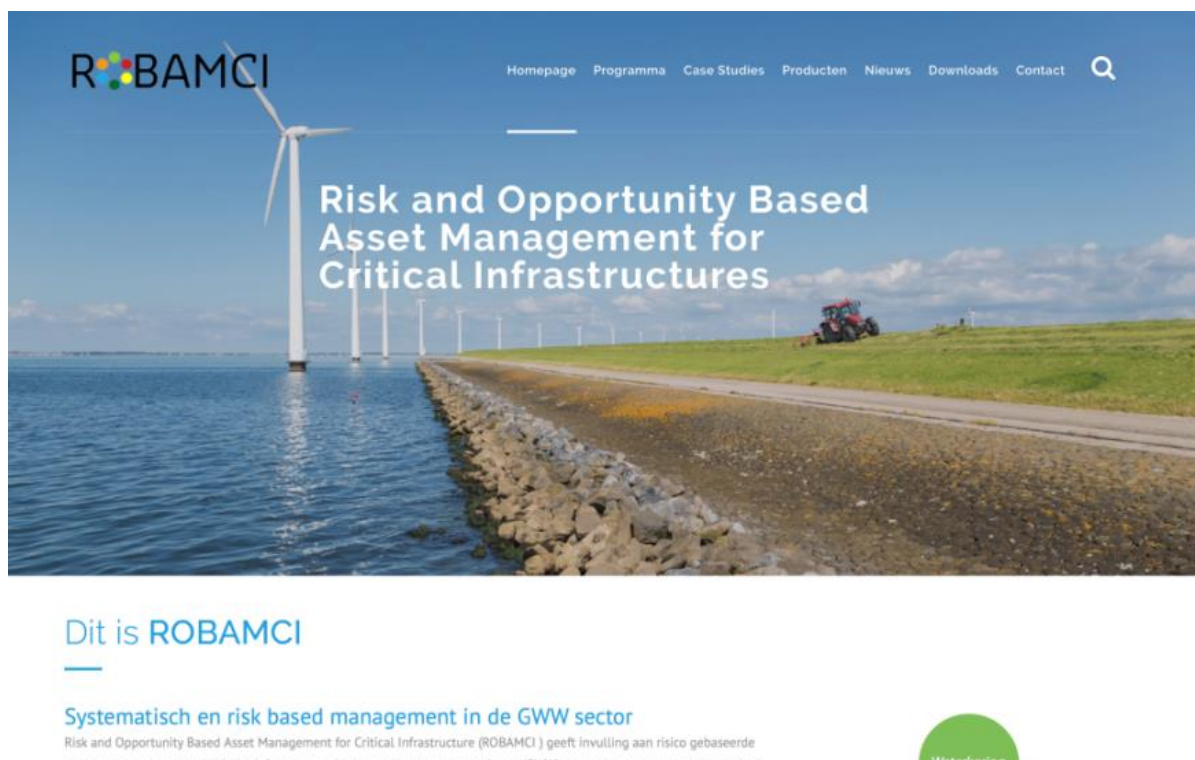
Tot slot zijn sessies met de ROBAMCI deelnemers georganiseerd om nieuwe kansen in beeld te krijgen en de neuzen beter te richten en is er regelmatig meegedacht met de andere werkpakketten.

Onder andere door al deze activiteiten zijn nieuwe cases naar voren gekomen voor fase 2 en mogelijk fase 3 en/of 4.



Figuur 6.1. Schets Serious game

In fase 1 is door middel van diverse gesprekken en sessies met partners en stakeholders, een basis gelegd voor gerichte activiteiten naar potentiële deelnemers voor case studies fase 2 en verder. Daarnaast is met de opzet van een brochure, basispresentatie en Wiki een start gemaakt in de ontwikkeling van diverse communicatiematerialen die gebruikt kunnen worden bij presentaties voor beurzen/symposia. In de volgende fase zullen deze communicatiematerialen geprofessionaliseerd worden in een herkenbare stijl (zie Figuur 6.2), zal de inhoud worden aangevuld en zal de Wiki worden omgezet in een website.



Figuur 6.2. Herkenbare ROBAMCI stijl

6.3 Resultaten fase 2 en 3

In fase 2 zijn communicatiestrategie sessies georganiseerd waarin gerichte activiteiten zijn vastgesteld zoals het benaderen van potentiële stakeholders voor nieuwe cases en verkennen van mogelijkheden om bestaande cases te verlengen.

Er is een nieuwe stijl voor alle communicatiematerialen opgezet (figuur 6.2) op basis waarvan de algemene brochure en presentatie zijn aangepast. Voor congressen is een banner gemaakt. Om geïnteresseerden snel en efficiënt te kunnen informeren over de activiteiten en resultaten van ROBAMCI programma is een interactieve presentatie in PDF formaat gemaakt. Deze is eerst beschikbaar gesteld op de Wiki die gebruikt wordt voor de uitwisseling van documenten tussen de partners en stakeholders van het programma. Voor het verbeteren van de interne communicatie en uitwisseling van kennis is een Sharepointsite ontwikkeld die de Wiki heeft vervangen.

Voor externe promotie is de website robamci.nl (figuur 6.3) ontwikkeld. De website bevat onder andere de rapportages en presentaties van de casestudies, de generieke werkpakketten, de brochure en interactieve PDF, en wordt daartoe regelmatig ge-update.

Ontwikkelde producten

In het onderzoeksprogramma zijn producten ontwikkeld die gebruikt worden voor communicatie en trainingen, het maken van een algemeen raamwerk en het bepalen van de potentie



Deze interactieve presentatietechniek biedt de mogelijkheid om onderzoeksresultaten in combinatie met relevante geografische data en kaartinformatie te presenteren aan een breed publiek.



Serious game

Een spel is ontwikkeld om asset managers en betrokken kennis te laten maken met de mogelijkheden en werking van de ROBAMCI onderzoeksresultaten.



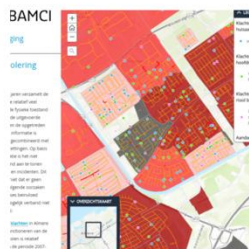
Algemeen raamwerk

Het Framework of Analysis is een raamwerk dat bestaat uit kennis, methoden, tools en best practices voor het voorbereiden van beslissingen op strategisch, tactisch en operationeel niveau voor beheerders van infrastructuur.



Potentie

Met de Synthese & Business case wordt de toepassing van het Framework of Analysis vertaald naar potentiële effectiviteit in case studies en de GWW sector in Nederland.



Figuur 6.3. Producten op website robamci.nl

In de periode 2016 t/m 2018 is het ROBAMCI programma actief gepromoot tijdens bijeenkomsten van ROBAMCI, het FloodControl IJkdijk symposium en de Inspectiedag Waterkeringen.

In fase 3 is meer focus gelegd op het verbeteren van alle communicatiemiddelen en promotie van het programma bij waterbeheerders en gemeenten. Bij diverse bezoeken en evenementen is ROBAMCI onder de aandacht gebracht. Om het principe van risicogestuurd beheer op een interactieve manier aan een brede groep van assetbeheerders kenbaar te maken is een eerste versie van een Serious Game ontwikkeld die in fase 3 verder is uitgewerkt.

Er zijn verschillende verbeteringen aangebracht aan de website robamci.nl aangezien dit de belangrijkste toegang is tot informatie voor geïnteresseerden. Op de website zijn alle publicaties toegevoegd en zijn verschillende interactieve elementen opgenomen zoals een verbeterde versie van de Serious Game (figuur 6.4) en een StoryMap van de case Rioolreiniging Almere.



Figuur 6.4. Producten op website robamci.nl

De Serious Game is gebaseerd op de waterkeringen case van Rijnland. In de game zijn drie assets opgenomen die op drie levels beheerd kunnen worden. Met de game kunnen activiteiten met betrekking tot versterken, investeren, beheren en inspecteren uitgevoerd worden waarbij kosten en risico-afwegingen gemaakt dienen te worden. De game is voor een breed publiek te begrijpen en leert de gebruiker spelenderwijs wat risicogestuurd beheer inhoudt.

In de StoryMap wordt op een eenvoudige en interactieve manier uitleg gegeven over de opzet, resultaten en conclusies van de case Rioolreiniging Almere. De StoryMap geeft de gebruiker de mogelijkheid om interactief via geografische themakaarten van de gemeente Almere informatie naar boven te halen.

Voor de positionering van ROBAMCI in de markt is een voorbereidingsgroep voor ambassadeurs op bestuursniveau geformeerd. Zij kijken gezamenlijk naar de mogelijkheden om de ontwikkelde kennis en producten van het ROBAMCI zo te vertalen dat ze aansluiten bij de vragen en beleving van key stakeholders, en ze daardoor beter zichtbaar te maken. De ambassadeurs zouden bij voorkeur ook moeten helpen bij het ontwikkelen van draagvlak voor vervolgactiviteiten na 2019 als het ROBAMCI programma is geëindigd.

6.4 Resultaten fase 4

In fase 4 zijn verschillende nieuwe promotiematerialen ontwikkeld en bestaande aangevuld of aangepast.

Voor onder andere de Inspectiedag Waterkeringen zijn nieuwe brochure, corporate presentatie, korte introductie-film en banners gemaakt. Aan de bestaande banner zijn de nieuwe stakeholders en partners toegevoegd. Daarnaast is een banner ontworpen die een overzicht geeft van de uitgevoerde Case studies. De banners zullen ook gebruikt worden voor het eindsymposium.

De website is aangepast van een projectwebsite naar een themawebsite die het principe van ROBAMCI promoot en waarin ook verder wordt gekeken dan het einde van het Programma.



Op de website zijn de Cases studies aangevuld met de laatste resultaten en rapportages. Hetzelfde is gedaan voor de Corporate presentatie.

Er is een korte animatiefilm gemaakt waarin een karakter het principe van ROBAMCI op een luchtige manier uitlegt. De korte film is gemaakt voor een brede groep van potentiële stakeholders van het ROBAMCI principe.

Aan de Serious game zijn verschillende inhoudelijke aanpassingen gedaan en is ook een vierde module toegevoegd die een voorgeprogrammeerd onderhoudsprogramma laat zien in de tijd. Deze module laat gebruikers zien hoe assets geautomatiseerd optimaal kunnen worden beheerd op basis van een beoogde balans in functie, kosten en risico. Zo wordt de meerwaarde van ROBAMCI goed zichtbaar.



De ontwikkelde marketingproducten zijn via de partners uit WP5 gepromoot in verschillende bijeenkomsten en evenementen. Daarnaast is actief deelgenomen aan de Ambassadeursgroep. Zij hebben gekeken naar de mogelijkheden om ROBAMCI na 2019 voort te zetten en naar de inhoud en opzet van het eindsymposium.



7 Conclusies en aanbevelingen

7.1 Eerste conclusies na fase 1

In ROBAMCI is de toepassing van assetmanagement op de GWW sector verkend. Er zijn in totaal ca. 50 rapporten en papers geschreven, zie bijlage E voor een overzicht per werkpakket en per casus. De conclusies zijn aan de hand van de cases gegroeid. Een eerste indruk van de conclusies groeide al vroeg in het programma:

- Een meer kwantitatieve invulling heeft toegevoegde waarde voor systeembegrip in ruimte en tijd.
- Risicosturing en systeembenadering kunnen leiden tot grotere efficiency en een ruimer handelingsperspectief.
- De complexiteit neemt toe naarmate er meer functies en beheerders onderdeel uitmaken van hetzelfde besluitvraagstuk. Dit speelt met name in de watersector.

In paragraaf 7.2 is de concept boodschap van het programma weergegeven die na afronding van fase 1 is geschreven, en als ingang is gebruikt om feedback te zoeken bij een groep ervaren adviseurs vanuit gouden driehoek. De resultaten van die gesprekken zijn samengevat in 7.3. De conclusies na afloop van het gehele programma zijn samengevat in paragraaf 7.4, en de aanbevelingen in 7.5.

7.2 Boodschap in concept

Na afronding van fase 1 is een eerste concept van de boodschap opgesteld:

- De publieke GWW infra in NL verouderd en de kosten voor instandhouding nemen toe:
 - Jaarlijks wordt bijna 20 Miljard Euro besteed om de infrastructuur in stand te houden en aan kosten als gevolg van faalincidenten. Dit zijn momenteel de jaarlijkse Total Costs of Ownership (TCO).
 - Intensiever gebruik en klimaatverandering vergroten de relatieve veroudering. De vraag naar grotere prestaties, veranderende regelgeving en toenemende kosten van faalincidenten door achterstanden vergroten de druk op de middelen.
- In ROBAMCI is onderbouwd dat deze TCO sterk kunnen worden beperkt als:
 - Interventies gebaseerd worden op het instandhouden van systeemfuncties in plaats van het instandhouden van individuele assets
 - Interventies tijdig gedaan worden, zodat ze planmatig kunnen worden voorbereid en uitgelijnd of meegekoppeld met andere ingrepen (ook die van andere beheerders).
- Deze verbeterslag t.a.v. asset management in de GWW sector is te bereiken door:
 - Normen uit te drukken in termen van aanvaardbaar risico op verlies van systeemfunctie.
 - Afwegingen te baseren op gekwantificeerde risico's en de verandering ervan door veroudering te voorspellen.
 - Samenwerking van de verschillende beheerders bij het plannen en voorbereiden van interventies.
- Met ROBAMCI is aan de hand van 15 concrete voorbeelden, verdeeld over het gehele veld van de publieke GWW sector, dat de TCO met deze aanpak afnemen (t.o.v. de stijgende kosten door klimaatverandering en vervangingsopgaven) met 10%-20%.
- Met de ROBAMCI aanpak kan effectiever omgegaan worden met het beschikbare budget ten bate van de prestaties en het beperken van faalrisico's van de infra.
- Er is een masterplan nodig ten behoeve van de realisatie van deze transitie in de sector.

7.3 Ambassadeursgroep uit de gouden driehoek

In de loop van fase 2 en 3 is de voorbereidingsgroep voor de ambassadeurs in het leven geroepen. De eerste gesprekken leidden tot de conclusie dat geld niet de primaire driver is voor risico gestuurd AM. Het gaat om het doel dat bereikt moet worden. De boodschap zal daarom worden bijgesteld in de loop van de eindfase van ROBAMCI. Enkele noties:

- De maatschappelijk en bestuurlijke vraagstukken van de (nabije) toekomst zijn vaak gekoppelde economische, ruimtelijke, technische en milieu vraagstukken. Deze vraagstukken moeten integraal opgelost worden, omdat ze afhankelijk van elkaar zijn. Oplossingen als “we doen het altijd al zo” volstaan niet meer, omdat de te verwachten toekomstige veranderingen niet vergelijkbaar zijn met de ervaring uit het verleden.
- ROBAMCI biedt inzicht en overzicht in kansen en bedreigingen van mogelijkheden om de toenemende complexiteit in infrastructurele ontwikkelingen in samenhang met/onder invloed van relevante maatschappelijke ontwikkelingen beheersbaar te houden voor/in NL. Inzicht bieden betekent nu risico's, prestaties en kosten berekenen voor AM vraagstukken in hun context.
- De genoemde ontwikkelingen maken integrale toepassing van ontwikkelde kennis, kunde en technologie noodzakelijk. Overheden kunnen dit niet alleen. Gezamenlijk staan we voor de uitdagingen: overheid, kennis en bedrijven. Ten aanzien van samenwerken aan complexe problemen die van organisatie-overstijgende omvang zijn moet de vraag worden gesteld: Is jouw organisatie bevoegd/capabel om de benodigde besluiten te nemen om de problemen waarvoor wij gezamenlijk gesteld staan op te lossen?

7.4 Conclusies na fase 4

ROBAMCI heeft resultaten en conclusies opgeleverd die gebundeld zijn onder de volgende noemers

- Aanleiding
 - Potentieel van assetmanagement voor infrastructuur in de publieke sector
 - Drijfveer voor integraal, samenhangend, systeem- en risico gebaseerd
- Tools en cases
 - Ondersteuning met tools en technieken
 - Resultaten uit de case studies
- Verdere implementatie
 - ROBAMCI als 'enabler' van assetmanagement met een standaard aanpak
 - ROBAMCI als 'enabler' voor het goede gesprek in en tussen organisaties
 - ROBAMCI als 'enabler' van de transitie

De conclusies worden hieronder achtereenvolgens onder deze noemers samengevat. In de achtergrond rapporten die voor elk uitgevoerd onderdeel beschikbaar zijn, is detail informatie opgenomen.

7.4.1 Aanleiding

Potentieel van assetmanagement voor infrastructuur in de publieke sector

- Asset management wordt al toegepast zolang er infrastructuur wordt gebouwd met als doel om bepaalde maatschappelijke functies te faciliteren. Publieke organisaties leggen daartoe infrastructuur aan en houden die in stand. De kern van asset management is het vinden en bewaren van de balans tussen de kwaliteit (service levels van functies en assets), de kwetsbaarheid (restrisico's bij functieverlies) en de kosten (aanleg, beheer en onderhoud).
- Naar schatting wordt in Nederland door RWS, waterschappen en gemeenten jaarlijks ongeveer 16 miljard Euro ingezet voor aanleg, beheer en onderhoud van landelijke, regionale en gemeentelijke (publieke) infrastructuur zoals dijken, kunstwerken, waterlopen, ondergrondse infrastructuur en waterzuivering. Daarvan wordt ca. 6 miljard besteed in de waterbouw en waterveiligheid.

Drijfveer voor integraal, samenhangend, systeem- en risicogebaseerd assetmanagement

- De afwegingen om de balans tussen kwaliteit, kwetsbaarheid en kosten te bewaren worden steeds complexer door o.m. grote vervangingsopgaven, klimaatverandering en aanpassingen van normen. Klimaatverandering, maatschappelijke opgaven en nieuwe kennis zijn belangrijke redenen waarom beslissingen over aanleg, beheer en onderhoud van infrastructuur steeds meer worden onderbouwd met een systematische en systeem-georiënteerde aanpak.
- In de industrie heeft asset management al een veel sterkere ontwikkeling doorgemaakt dan in het publieke domein. Omdat in de GWW sector momenteel nog maar zeer beperkt ingezet wordt op integraal, samenhangend en risico-gebaseerd beheer van de assets in het publieke domein, liggen er kansen voor efficiencyverbetering.
- De maatschappelijk en bestuurlijke vraagstukken van de toekomst zijn vaak gekoppelde economische, ruimtelijke, technische en milieu vraagstukken die om een integrale oplossing vragen. Oplossingen als “we doen het altijd al zo” volstaan niet meer, omdat de te verwachten toekomstige veranderingen niet vergelijkbaar zijn met ervaringen uit het verleden.

7.4.2

Tools en cases

Ondersteuning met tools en technieken

- Afwegingen tussen kwaliteit, kwetsbaarheid en kosten vragen om technieken die de actuele technische status, de invloed van veroudering van assets, de invloed van een veranderende context (omgeving en klimaat) en de daaraan gekoppelde risico's op de juiste manier vertalen naar een handelingsperspectief voor de beheerder. Om naar de toekomst te kunnen kijken en het verwachte effect van beheermaatregelen te kunnen bepalen en strategieën afwegen, moeten kwantitatieve systeemanalyses met modellen deze aspecten faciliteren. De ROBAMCI tools bestaan:
 - uit een vraagstuk-specifiek deel dat de prestaties bepaalt. Dit bevat het door de beheerder gebruikte en vertrouwde model om het gedrag te simuleren onder bepaalde systeemcondities en belastingen, zoals bijvoorbeeld SOBEK.
 - uit een generiek deel dat de prestatie, risico's en kosten over de levensduur faciliteert (incl. veroudering en onzekerheden), en de planning van beheeracties in de tijd optimaliseert voor verschillende beheerstrategieën en toekomstscenario's.In dit generieke deel kunnen op basis van een gekozen (vraagstuk-specifieke) beheer strategie in het rekenmodel automatisch maatregelen gemodelleerd / toegepast worden waarbij het systeem blijft voldoen aan de vereiste systeemfunctie(s). De keuze om op een zeker tijdstip in de levensduur wel of geen maatregel te treffen wordt gebaseerd op de (dan actuele) berekende systeemprestaties en de stuurparameter(s) uit de beheerstrategie.
- De ROBAMCI tools faciliteren daarmee het zoeken van een passende balans tussen prestaties, risico's kosten over de levensduur. Er wordt dus gekeken naar life cycle performance, life cycle risks en life cycle costs.
- Het DataKwaliteitsModel (DKM) verbindt data en informatiekwaliteit aan de te nemen beslissing. Waar vaak gebruik wordt gemaakt van beschikbare data moet een strategie voor meten en monitoren zorgen voor de beschikbaarheid van passende data afgestemd op de gewenste kwaliteit van de beslissing.

Resultaten uit de case studies

- de meerwaarde van kwantitatief risico gebaseerd assetmanagement kan worden gezien vanuit drie werkwijzen: bij conditiegestuurd assetmanagement worden activiteiten ingericht op basis van een actueel beeld van het degradatieverloop per asset. Bij risicogestuurd assetmanagement worden de activiteiten gestuurd op basis van netwerkrisico's per functie. Bij functie/keten optimalisatie gaat het om het optimaliseren van assetmanagement over alle functies van een asset in een systeem.

- Uit de cases is gebleken dat de ROBAMCI aanpak een meerwaarde levert op de verschillende dimensies: prestaties, (maatschappelijk) risico en kosten, wat leidt tot een efficiencywinst van 5-20%. Opgemerkt moet worden dat het gaat om een efficiency winst ten opzichte van de naar verwachting fors stijgende opgave, zodat verwacht moet worden dat de kosten nog steeds stijgen.
- Door de schaal van het vraagstuk te vergroten (in ruimte, tijd, zoekrichtingen) komen nieuwe oplossingen binnen bereik. De schaal waarop prestaties, risico's en kosten worden geoptimaliseerd moet daarom nadrukkelijk worden opgevat als een vrijheidsgraad in plaats van als een gegeven.
- Er moet nadrukkelijk aandacht zijn voor de uitwisseling van informatie tussen de verschillende beslisniveaus en schaalniveau's. Dit is een van de belangrijkste aspecten van het toepassen van lifecycle management, en wordt nog van groter belang als de schaal en tijdshorizon variabelen zijn.
- De invulling van 'optimaal' assetmanagement is afhankelijk van het perspectief van waaruit wordt geoptimaliseerd: focus op kosten, risico's of prestaties. Wat optimaal assetmanagement is kan daarmee van afhangen van tijd, netwerk, beheerder, en omgeving.

7.4.3

Verdere implementatie

Robamci als 'enabler' van assetmanagement met een standaard aanpak

- ROBAMCI is erop gericht om de kwaliteit van beslissingen over asset management op operationeel, tactisch en strategisch niveau te ondersteunen.
- Grondgedachte van ROBAMCI is dat veel asset management vraagstukken in de basis hetzelfde zijn. Doel van het programma is daarom het ontwikkelen van een generiek en samenhangend raamwerk van kennis, methoden, tools en best practices dat toepasbaar is voor het voorbereiden van beslissingen over beheer van infrastructuur in beheer van de overheid.
- De kennis die binnen ROBAMCI ontwikkeld is, is openbaar en beschikbaar via www.robamci.nl. De ROBAMCI tools zijn modulair ontwikkeld, zodat ze ook te "stekkeren" zijn met bestaande tools van derden of nog te ontwikkelen nieuwe tools. De ROBAMCI tools zijn ontwikkeld aan de hand van de vragen uit de 14 cases die zijn aangedragen door de deelnemende beheerders. Samen dekken die een significant deel van het assetmanagement domein van de natte infrastructuur

•

Robamci als 'enabler' voor het goede gesprek in en tussen organisaties

- Naast rekentechnieken vraagt implementatie van asset management in de GWW sector een bepaalde 'maturity' van de sector ten aanzien van de toepassing. De institutionele setting, de rol en belangen van verschillende partijen (veelal overheden) die actief zijn en ook mogelijke andere stakeholders (zowel publiek en privaat) kunnen dit beïnvloeden. Dit vereist een inschatting van de impact van de huidige status van de sector ('maturity') op de kansen om de meerwaarde van asset management te benutten (adoptie). Een inschatting met een dynamisch model kan behulpzaam zijn bij het vinden van de kernfactoren die de adoptiesnelheid bepalen.
- De verschillen in maturity per organisatie zijn significant. Met name organisaties die een accommoderende stijl van assetmanagement toepassen scoren gemiddeld hoog. Kenmerkend is dat de primaire functie van de asset centraal staat in beheer, maar dat er een open houding naar ontwikkelingen en omgeving is. Lage scores worden behaald door organisaties met een meer 'beherende stijl' van assetmanagement, sterk gericht op de primaire assetfuncties en beheren van assets via een eigen werkwijze: de focus op kerntaken belemmert samenwerking met andere partijen en het optimaliseren over meerdere functies van een object.
- De ROBAMCI cases hebben geholpen om de beheerders het goede gesprek te laten voeren: 'De case helpt het hoogheemraadschap [...] het goede gesprek te voeren op weg naar een programma dat steeds meer integraal – en op basis van de functies van de netwerken wordt opgesteld'. 'Uit dit project komt naar voren dat een benadering zoals die gekozen is in dit onderzoek, meerwaarde heeft ter ondersteuning voor besluitvorming'.

ROBAMCI als 'enabler' van de transitie

Het ROBAMCI programma heeft de drijfveer voor, en potentie van een transitie naar meer systeem georiënteerd en risico gebaseerd assetmanagement getoond. De kern van de transitie moet in de beheerorganisaties van de publieke infrastructuur plaatsvinden. Uit de literatuur blijkt dat, om de daarvoor benodigde institutionele verandering te bewerkstelligen, de 'incentive' van buitenaf moet komen: uit functionele (klimaatverandering, bodemdaling), politieke of sociale druk.

- ROBAMCI heeft met de voorbeelden en de ontwikkelde tools getoond dat deze transitie mogelijk is, en kan deze transitie faciliteren. De ambassadeursgroep gaf aan: 'ROBAMCI biedt inzicht en overzicht in kansen en bedreigingen van mogelijkheden om de toenemende complexiteit in infrastructurele ontwikkelingen in samenhang met/onder invloed van relevante maatschappelijke ontwikkelingen beheersbaar te houden voor/in Nederland. Inzicht bieden betekent nu risico's, prestaties en kosten berekenen voor assetmanagement vraagstukken in hun context.'

7.5 Aanbevelingen

De aanbevelingen uit het ROBAMCI programma zijn gebaseerd op de bevindingen uit de cases en generieke werkpakketten, de discussies met de beheerders die cases hebben aangedragen, de discussie in de stuurgroep, en de discussies met de ambassadeursgroep uit de gouden driehoek. Het heeft aanbevelingen opgeleverd die gebundeld zijn onder de volgende noemers

- Inhoud van de transitie;
- Vorm van de transitie;
- Weg waarlangs de transitie tot stand kan komen.

De aanbevelingen worden hieronder achtereenvolgens onder deze noemers samengevat.

Inhoud van de transitie

De sector kan naar risico-gebaseerd en systeem georiënteerd assetmanagement toe groeien door:

- Interventies te baseren op het in stand houden van **systeemfuncties** in plaats van uit te gaan van prestatie-eisen aan en in stand houden van individuele assets.
- Interventies **tijdig** te doen, zodat ze planmatig kunnen worden voorbereid en uitgelijnd of meegekoppeld met andere ingrepen, ook die van andere beheerders.
- Interventies te optimaliseren over het systeem/netwerk en over de levensduur, op basis van kennis over de **conditie** van de asset, het bijbehorend **risico**, en de **veroudering/verandering** ervan gedurende de levensduur.

Vorm van de transitie

Voor deze verbeter slag t.a.v. asset management in de sector is het behulpzaam om:

- Normen uit te drukken in termen van aanvaardbaar risico op verlies van systeemfunctie.
- Afwegingen te baseren op gekwantificeerde risico's en de verandering ervan door veroudering te voorspellen.
- Van de verschillende beheerders van delen van een systeem of netwerk te vragen / vergen dat er wordt samengewerkt bij het plannen en voorbereiden van interventies.

Weg waarlangs de transitie tot stand kan komen

Uiteraard zijn er vele wegen waarlangs de transitie kan worden bereikt. Een aantal grootste gemene delers zijn:

- Het vormen van een community. Daarvoor heeft geen nieuw platform te worden opgericht. Mogelijk kan worden aangesloten bij een platform wat in de beoogde sector al actief is, zoals iAMPRO (infrastructuur AssetManagement Professional) of Platform WoW (Water ontmoet Water).
- Verder is standaardisatie van belang: toepassing van het binnen ROBAMCI ontwikkelde instrumentarium zorgt er onder andere voor dat de kwaliteit van gevonden oplossingen geborgd wordt en dat oplossingen vergelijkbaar zijn met andere oplossingen die ook met dit instrumentarium zijn gemaakt. Dit helpt om als community één taal te gaan spreken, waardoor de adoptie van het gedachtengoed in de sector wordt vergroot.
- Voor het plannen van interventies over de levensduur is data nodig die aangeeft hoe snel het verouderingsproces gaat, en kennis van wat de belangrijkste factoren daarin zijn. Die data heeft in veel van de cases ontbroken of was beperkt aanwezig. Het is van belang dat met het inwinnen daarvan een systematische start wordt gemaakt, zoals dat ooit ook gedaan is met het meten van waterstanden, windsnelheden, temperaturen, etc..

Er is een masterplan nodig ten behoeve van de realisatie van de transitie in de sector. Daarin moeten bovengenoemde inhoud en vorm verder worden uitgewerkt. Van belang is dat er een routekaart voor deze transitie wordt opgezet waaraan de voortgang is af te meten.

A Assetmanagement

A.1 Inleiding asset management

A.1.1 Asset management

Definities

In Figuur 1.1 in Hoofdstuk 1 is een beeld gegeven van de breedte en veelzijdigheid van asset management. Het British Standard Institute (BSI) geeft als definitie voor asset management: *“Systematic and coordinated activities and practices through which an organization optimally and sustainably manages its assets and asset systems, their associated performance, risks and expenditures over their life cycles for the purpose of achieving its organizational strategic plan.”*

Meer populaire definities zijn (Institute of Asset Management, IAM):

- *‘The coordinated activities of an organization to realize value from assets’;*
- *‘Asset management is the art and science of making the right decisions’.*

Het karakter van asset management is volgens IAM: *Multi-disciplinary, Systematic, Systems-oriented, Risk-based, Optimal, Integrated and Sustainable (long term effects)*

Probleem bij deze algemene definities is dat ze nauwelijks leiden tot een concreet beeld, omdat ze gelden voor een keur aan typen assets. In de ISO 55000 worden wel stappenplannen en methoden en technieken benoemd. Herder (2011) geeft een overzicht van de state of the art en in literatuur zoals Sayers (2012) wordt voor waterinfra een meer concreet beeld geschetst van het planning-deel van asset management.

Voor publieke asset managers is het organisatiedoel primair de transparante en efficiënte aanwending van middelen voor het vervullen van de maatschappelijke functies. Het gaat dan om de balans tussen investeringen en beheer en onderhoud van infrastructuur bij een beschreven service niveau binnen acceptabele risico's van uitval van de (primaire) dienst(en) van de infrastructuur. Hierbij wordt niet alleen gekeken naar kosten van investeringen maar ook naar kosten van preventief en curatief onderhoud. Dit wordt beschreven als Total Costs of Ownership (TCO). Asset management heeft dan als doel om te zoeken naar de (economisch) optimale balans tussen TCO en leveringszekerheid. Hierbij wordt niet alleen gekeken naar de 'harde' data, maar ook naar de maatschappelijke acceptatie in (tijdelijke) onderbreking van de (publieke) dienst die wordt geleverd door de infrastructuur. Een belangrijk aspect van asset management is risico beheersing, waarbij de kans op falen (van de infrastructuur) en de daardoor optreden effecten (schade, uitval) in beeld worden gebracht en op kosten worden gesteld.

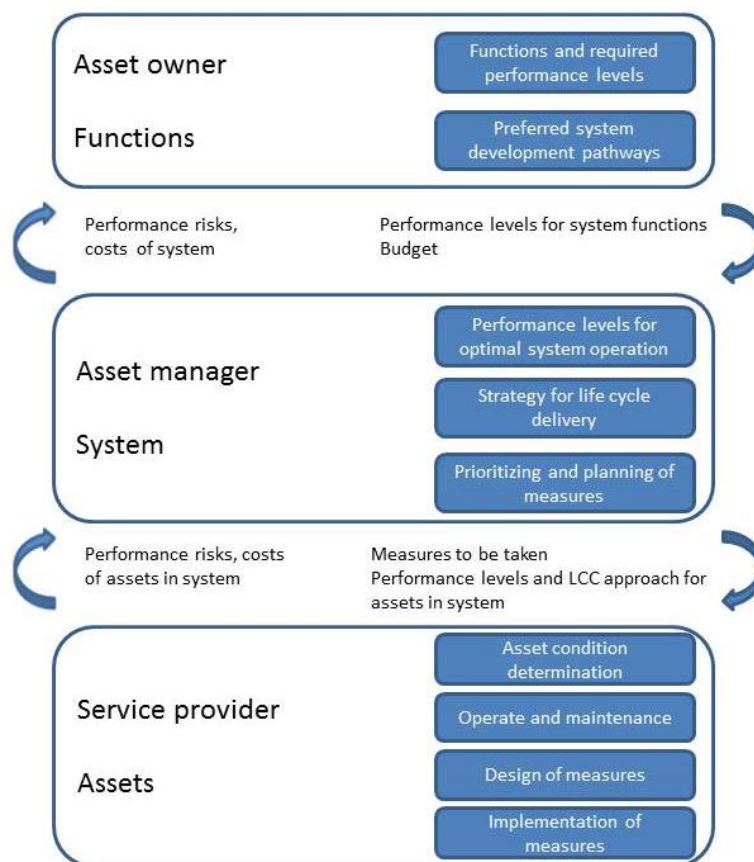
A.1.2 Rollen en taken

In de literatuur worden verschillende rollen en taken onderscheiden. In Figuur A1 staan drie groepen rolhouders die acteren op strategisch, tactisch en operationeel niveau met typische takenpakketten die horen bij de verschillende niveaus:

- De asset eigenaar, die zich concentreert op de te vervullen functie en lange termijnvisie. Een voorbeeld van een activiteit op dit niveau is het afleiden van optimale normen of service levels, zoals de normen voor waterveiligheid.
- De asset manager, die zich concentreert op het in stand houden van de systeemfuncties via planning van maatregelen. Een voorbeeld van een activiteit op dit niveau is het inrichten van een strategie voor onderhoud van een systeem of netwerk.
- De asset beheerder, die zich concentreert op het in stand houden van individuele assets. Een voorbeeld van een activiteit op dit niveau is het vaststellen van de actuele conditie van een asset, zoals de toetsing van een waterkering.

Alle rolhouders dragen met hun taken bij aan een robuuste bedrijfsvoering, waarbij robuust een aantal kernwaarden samenvat: transparant, efficiënt, veerkrachtig, etc. In alle rollen komen de stappen voor:

- Van data naar informatie. Deze informatie kan bijvoorbeeld bestaan uit kentallen om de toestand van een asset of asset portfolio in uit te drukken. Of uit relaties tussen maatregelen en de effecten ervan op het functioneren.
- Van informatie naar begrip van het systeem of portfolio. Dit begrip kan bijvoorbeeld bestaan uit een beoordeling van de kwaliteit op basis van de informatie, of uit inzicht in effecten van falen en kosten van maatregelen.
- Van begrip naar handelingsperspectieven. Handelingsperspectieven kunnen zijn het bepalen van optimale normen of service levels, voorkeursstrategieën of adaptatie paden, maar ook de aanpak van inspectie en monitoring, of van organisatievormen.
- Van handelingsperspectief naar een robuuste bedrijfsvoering. De bedrijfsvoering betreft het daadwerkelijk kiezen en realiseren van een handelingsperspectief, zoals het inpassen van een strategie in de programmering van maatregelen in ruimte en tijd, het inpassen van meekoppelkansen, of het aanpassen van de organisatie of governance.

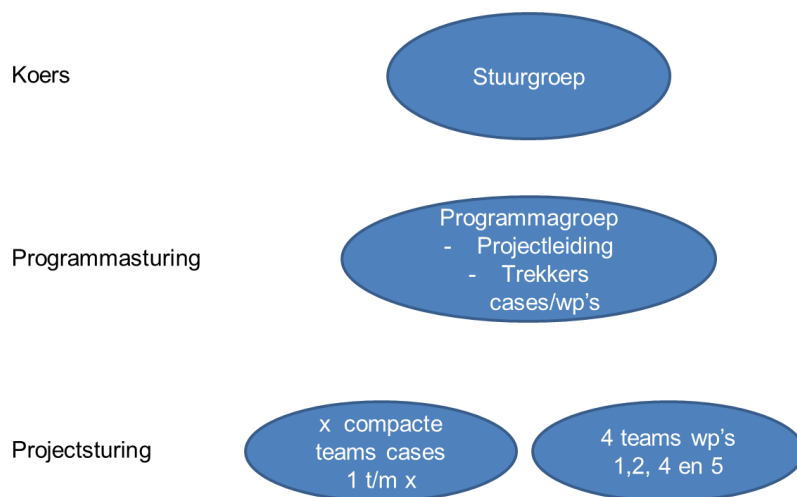


Figuur A1. Rolhouders en taken in de Asset Management keten.

B Programmaorganisatie

B.1 Aansturing

Binnen de organisatie van ROBAMCI worden 3 lagen onderscheiden. In de onderste laag 'Projectsturing' bevinden zich de werkpakketten en de personen die dit uitvoeren. Daarboven bevindt zich de 'Programmasturing', bestaande uit projectleiding en vanuit ieder werkpakket of case de trekker. Daarboven staat een stuurgroep die de algemene richting van ROBAMCI bepaalt en overziet. Deze stuurgroep bestaat uit één vertegenwoordiger per deelnemende partij. Deze komt 1 a 2 maal per jaar bijeen.



Figuur B.1. Overzicht projectorganisatie

B.2 Bemensing

In de programmasturing zijn alle cases en werkpakketten vertegenwoordigd. De bemensing is weergegeven in Tabel B1. Deze programmagroep is maandelijks bijeengekomen om de samenhang tussen de werkpakketten te bespreken.

Tabel B.1. Overzicht van trekkers van de werkpakketten en cases

Rol	Naam trekker	Organisatie/instelling
Werkpakket 1 Projectmanagement	Frank den Heijer Ben van Kester	Deltares Deltares
Werkpakket 2 Framework of Analysis	Wouter Jan Klerk Hans Korving	Deltares Deltares (vanaf '17)
Werkpakket 3 Case studies	-	-
Waterkeren	Martin van der Meer Johan Offermans	Fugro Arcadis
Kust	Joost Stronkhorst	Deltares
Assetmanagement van de Ondergrond	Linda Maring	Deltares
Kunstwerken – Gemaal IJmuiden	Jos Wessels	TNO Bouw
Baggeren Hollandse Delta	Hans Korving	Witteveen&Bos (tot '17)
Riolering Almere (=3 maal)	Didrik Meijer	Deltares
Zeetoegang Delfzijl	Mark de Bel	Deltares
Regionale waterkeringen Hollands HNK	Kathryn Roscoe	Deltares
Risico gestuurde Inspectie Oesterdam	Annegien Tijssen	Deltares
Regionaal keringssysteem Rijnland	Willem de Vries	Intech
Inzet flexibele maatregelen in Oude Rijngebied	Annette Kieftenburg	Deltares
Toekomstbestendige Mark-Dintel-Vliet boezem	Dana Stuparu	Deltares
Werkpakket 4 Synthese & Business Case	Janneke IJmker	Deltares
	Sien Kok	Deltares
Werkpakket 5 Kennisuitwisseling	Sjaak van Popering	KYL

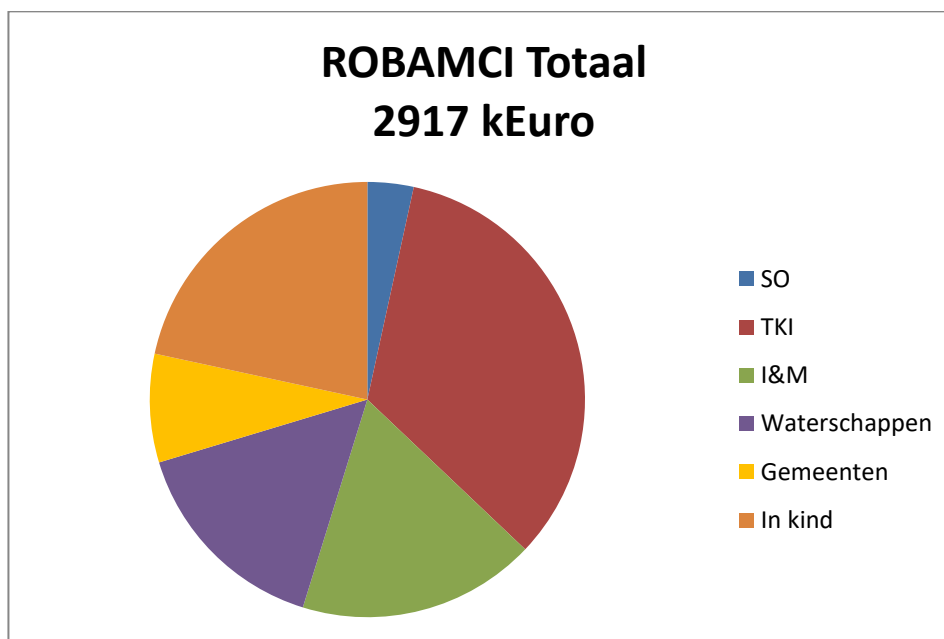
C Financiering

De financiering bedroeg in totaal bij 3 Mln Euro en is bijeengekomen via 5 typen financiers, die alle significant hebben bijgedragen. In onderstaande tabel en figuur C1 is de verdeling weergegeven. In Figuur C2 is de verdeling per fase

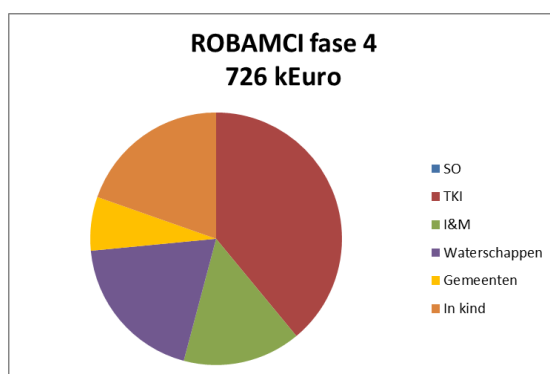
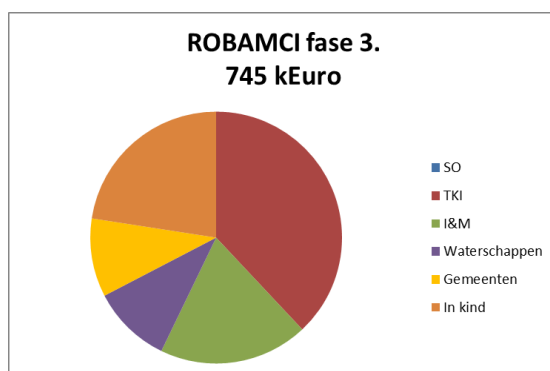
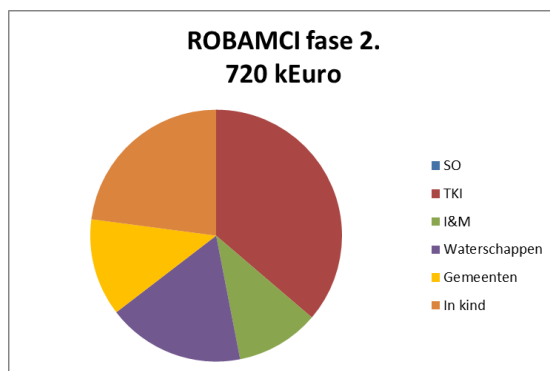
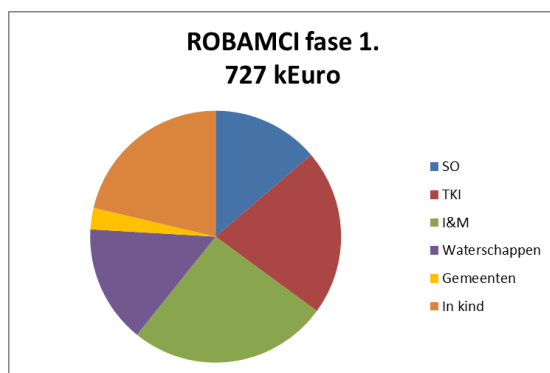
In totaal zijn in fase 1 t/m 3 betrokken bij de financiering:

- 16 marktpartijen.
- 3 kennisinstellingen (Deltares, TNO, TUDelft).
- Stichting Flood Control IJkdijk.
- 2 diensten van het Rijk (RWS, DGRW).
- Lagere overheden (6 waterschappen, STOWA, gemeenten).

ROBAMCI	EZ	I&M	Waterschappen	Gemeenten	In kind bijdragen	Totaal
	SO en TKI subsidies	RWS (KPP) en DGRW	Waterschappen en FC IJkdijk		Privaat & andere kennisinstellingen	
Fase 1	255	187	110	20	155	727
Fase 2	261	77	127	90	165	720
Fase 3	283	143	76	75	168	745
Fase 4	283	110	140	50	143	726
Totaal	1082	517	453	235	631	2917



Figuur C.1. Verdeling van de bijdragen over de financiers



Figuur C.2. Verdeling van de bijdragen over de financiers, uitgesplitst per fase

Framework ROBAMCI en aansluiting op lifecycle management processen bij beheerders

Inleiding

Life Cycle Management gaat over het managen van risico's, kosten en prestaties vanuit een levenscyclus optiek. Life Cycle Management zou je kunnen beschouwen als een aandachtsgebied binnen het brede gebied van Asset Management. Op het gebied van asset management zijn binnen de GWW-sector flinke ontwikkelingen gaande, die de processen van zowel grote als kleine beheersorganisaties veranderen. Uit ervaring blijkt dat een focus op lifecycle management significante efficiencywinst oplevert, maar blijkt ook dat implementatie in het werkproces vaak lastig is (Fuchs et al. 2014). Deel van de hindernissen liggen op het organisatorische vlak (in hoeverre is men in de organisatie bereid om vanuit de life-cycle te handelen in de plaats van korte termijn beheersing van kosten, prestaties en risico's) maar andere beperkingen liggen op het gebied van kennis en techniek; Ook als een organisatie LCM omarmt, dan ontbreken vaak de tools en de methodieken om dit doelmatig te doen. Het ROBAMCI-programma ('Risk and Opportunity Based Asset Management for Critical Infrastructures') richt zich op het ontwikkelen van de tools en technieken, en heeft als doelstelling om methoden, tools en best practices te genereren die de implementatie van kwantitatief onderbouwd asset management mogelijk maken. Daarnaast wordt een nationale business case opgesteld om de voordelen van deze aanpak te etaleren. ROBAMCI beoogt dit te doen vanuit technisch-inhoudelijk perspectief, om zo een diversiteit aan beheersorganisaties, onafhankelijk van hun precieze interne proces, te kunnen ondersteunen. In dit memo wordt een framework toegelicht waarin data, techniek en beslismodellen op elkaar aansluiten en elkaar versterken. Zo wordt met het framework handen en voeten gegeven aan Life Cycle Management. De achtergrond van het framework is nader beschreven in Klerk et al. (2015).

Samenhang Life Cycle Management (LCM) en Asset Management (AM)

De betekenis van Asset Management is, als generiek kader, vastgelegd in de ISO55000. Hiermee staan de contouren van het begrip gedefinieerd, waarbinnen organisaties specifiek hun invulling kunnen geven. Belangrijk daarbinnen is de relatie tussen een "Asset Owner", "Asset Manager" en "Service Provider". De ISO geeft aan dat tussen deze partijen duidelijke afspraken gemaakt moeten worden over risico's, kosten en prestaties en dat deze afspraken aantoonbaar beheerst moeten worden over de levenscyclus. In de praktijk spelen binnen de levenscyclus verschillende partijen een rol. vanuit de gedachte van LCM moeten afspraken tussen deze partijen niet alleen gaan over de prestaties, risico's en kosten binnen de periode van de te sluiten overeenkomst, maar ook over de te verwachten effecten in de periode erna. LCM gaat over het maken van goede afspraken over Life Cycle Kosten (LCC), de Life Cycle Prestaties (LCP) en Life Cycle Risico's (LCR) en over de bewaking hiervan. Bewaken gaat niet alleen over de handhaving van deze afspraken zelf, maar ook over het signaleren van veranderingen in de omgeving die invloed hebben op de validiteit van deze afspraken. Dus: tijdig signaleren wanneer de huidige afspraken niet meer voldoen. Om dit te kunnen is het van belang om kosten en prestaties in de tijd te kunnen monitoren en voorspellen.

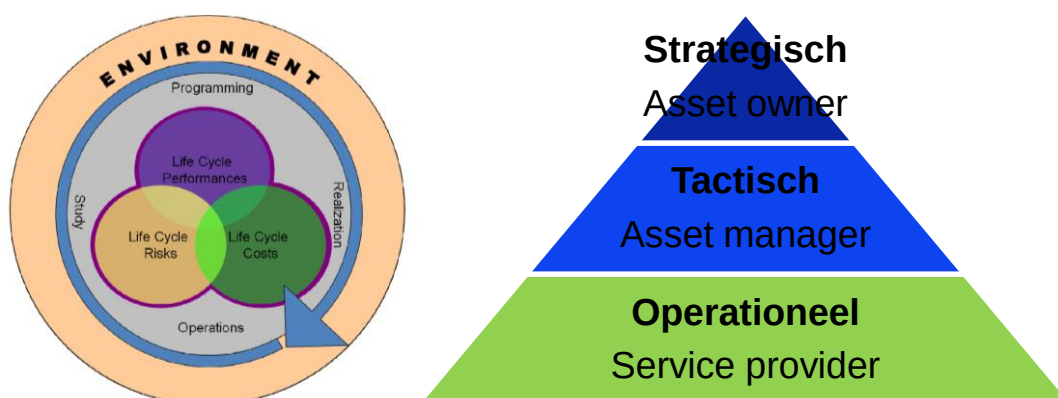
Wat wordt binnen beheersorganisaties gedaan aan LCM?

Binnen veel beheersorganisaties wordt inspanning geleverd om Asset Management breder en systematischer te gaan toepassen.

Dit gebeurt bijvoorbeeld door de ISO55000 te implementeren. Hiermee is nog geen optimaal Life Cycle Management geborgd, maar desondanks zijn er ook al concrete voorbeelden van LCM. Zo wordt bij Rijkswaterstaat in aanlegprojecten tussen de Asset Manager en Asset Owner niet alleen een afspraak gemaakt over de investeringskosten, maar ook over de Life Cycle Cost effecten over de levensduur.

Ook zijn er positieve ervaringen bij Design en Construct contracten, bijvoorbeeld door te gunnen op Life Cycle Cost in plaats van de laagste prijs. Een ander voorbeeld van LCM in de relatie Service Provider – Asset Manager zijn de geïntegreerde contractvormen zoals DBFM contracten. Hierin worden voor een aanzienlijk deel van de levenscyclus van een object afspraken gemaakt over risico's, kosten en prestaties. Dergelijke contracten stimuleren het beter beheer van assets gedurende het contract, en daarmee (een aanzienlijk deel van) de levenscyclus. De opdrachtnemer kiest dus oplossingen die niet alleen in de aanlegfase voordelig zijn, maar ook op de langere termijn. Dat levert dus een betere balans tussen kosten, prestaties en risico's over een langere periode.

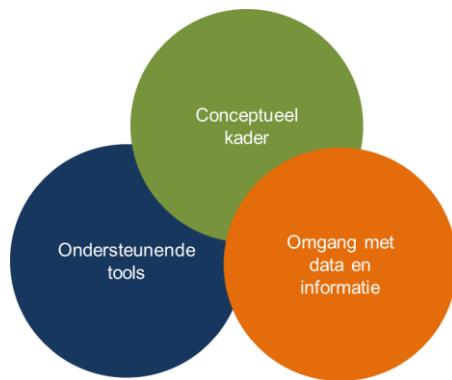
Een van de grote uitdagingen van Life Cycle Management is de overgang tussen verschillende fasen van de levenscyclus (Fuchs et al. 2014). Het blijkt een uitdaging om eisen in de vorm van prestaties, kosten en risico's tussen fasen in de levenscyclus goed over te dragen, terwijl dit essentieel is voor het LCM-proces. Een andere uitdaging is om systematisch te monitoren hoe onderdelen het functioneren van assets beïnvloeden, en hoe assets het functioneren van netwerken beïnvloeden. Dit verbetert het inzicht in het functioneren van het systeem, waardoor ook het handelingsperspectief scherper en groter wordt. Dit vereist een integratie van data, technische kennis, ervaring en beslismodellen en -processen. Anders is het niet praktisch mogelijk om, over de fasen van de levenscyclus, de prestaties, kosten en risico's goed in kaart te brengen en als stuurvariabelen te gebruiken.



Figuur D.1 Links: Life Cycle Management (Fuchs et al. 2014), Rechts: Asset Management piramide met onderscheid tussen drie niveaus en rolhouders.

Wat beoogt het ROBAMCI framework?

Doel van ROBAMCI is om aan de hand van concrete cases het belang en nut van risicogestuurd asset management aan te tonen. Het doel van het framework is om op systeemfunctie en assetniveau, concrete handvatten te geven om dit in de praktijk van beheerorganisaties van publieke infrastructuur toe te passen. Het gaat dus over concrete handvatten om risico's, prestaties en kosten over de levenscyclus te kunnen voorspellen, monitoren en beheersen. Het ROBAMCI framework dient hierbij om cases uit te lijnen en structuur te bieden, en daarnaast om een gestructureerde kwantitatieve aanpak mogelijk te maken. Voor dat laatste worden in concrete cases met fysische modellen onderbouwde beslisondersteunende tools ontwikkeld. Ontwikkeling van het framework is een iteratief proces, waarbij voortdurend terugkoppeling vanuit cases gebruikt wordt om inhoudelijk verder aan te scherpen. Op deze manier wordt er in de looptijd van een aantal jaren een framework ontwikkeld wat aansluit op de beheerspraktijk, daarbij rechtdoend aan de diversiteit van publieke organisaties. Zo kan los van de precieze organisatorische context, sturen op LCM-parameters praktisch hanteerbaar worden gemaakt.



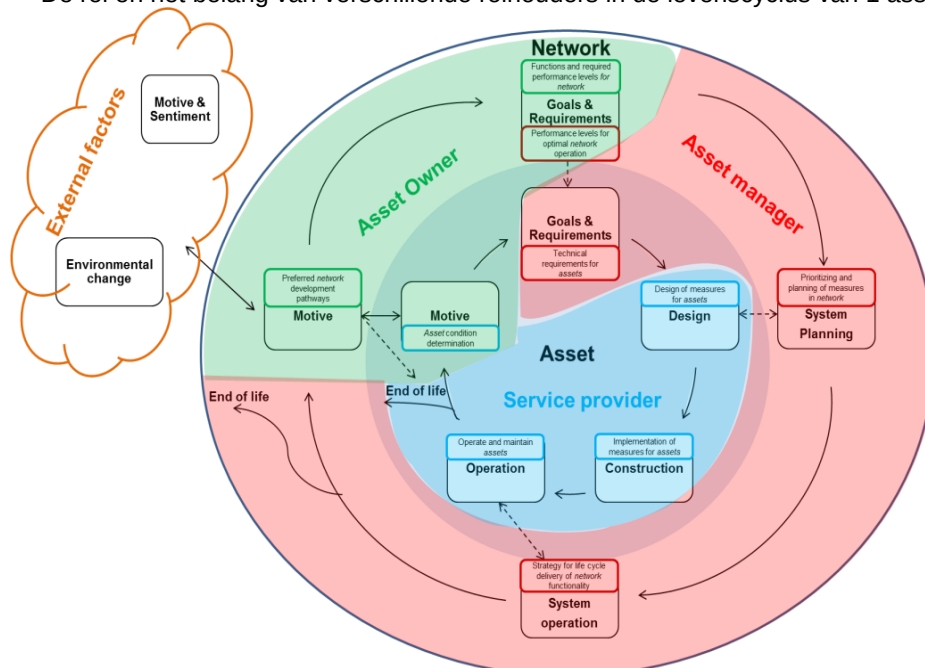
Figuur D.2. Opzet van het ROBAMCI framework

Hoe ziet het ROBAMCI framework eruit?

Het ROBAMCI framework bestaat uit 3 onderdelen: een conceptueel kader in de vorm van een processchema, een blauwdruk voor ondersteunende tools en een informatiekwaliteitsmodel, waarmee de kwaliteit van informatie in de context van de beslissing kan worden beoordeeld. Deze drie onderdelen dienen in samenhang gezien te worden (Figuur D.2).

Het processchema (Figuur D.3) is het centrale onderdeel van het framework en lijkt sterk op het schema uit Figuur D.1. Het is tot stand gekomen op basis van een literatuurstudie en ervaring uit de cases. Hieruit bleek dat er een aantal zaken specifieke aandacht verdienen als het gaat om publieke infrastructuur, deze hebben daarom een plaats gekregen in het schema:

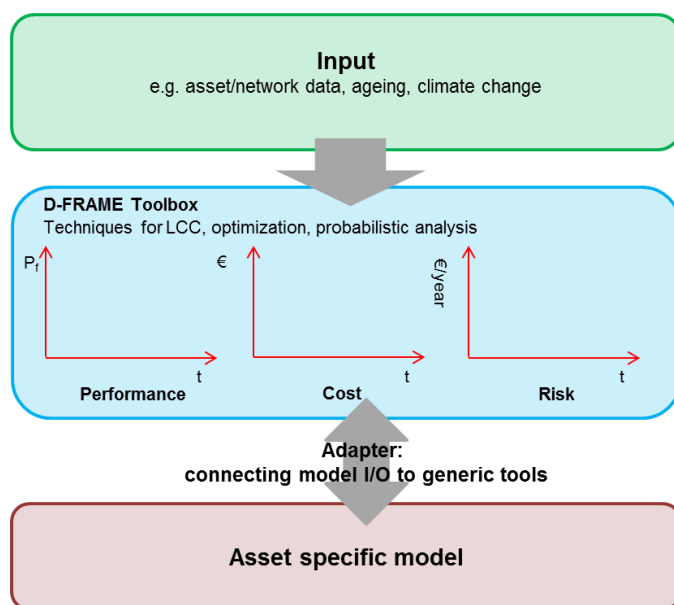
- De relatie tussen assets en netwerken wat aansluit op de ontwikkeling om meer te sturen op niveau van functioneren (Fuchs et al. 2014);
- De invloed van de omgeving op het LCM-proces en de toenemende aandacht voor lange termijneffecten;
- De rol en het belang van verschillende rolhouders in de levenscyclus van 1 asset of netwerk.



Figuur D.3. Processchema als onderdeel van het ROBAMCI framework

Het tweede onderdeel van het framework is een blauwdruk voor een beslissondersteunend systeem waarmee ingrepen in de levenscyclus kwantitatief kunnen worden onderbouwd op hun kosten, prestaties en risico's, gedurende de levensduur (zie Figuur D.4).

Binnen dit systeem worden bestaande modellen gekoppeld aan meer generieke methoden, bijvoorbeeld voor LCC-analyses, probabilistische berekeningen en optimalisaties. Op deze manier kan met bestaande modellen een analyse van indicators als lifecycle performance, risk en cost worden gemaakt.



Figuur D.4. Conceptuele opzet van de toolbox, voor nu D-Frame genoemd. Te zien is de gelaagdheid: het blauwe vlak, de generieke toolbox is via een adapter verbonden met asset specifieke modellering. Door het modulaire karakter kunnen generieke technieken met ieder model worden gebruikt. In de loop der tijd kunnen steeds meer modellen aan de toolbox gekoppeld worden.

Het laatste onderdeel van het framework is een informatiekwaliteitsmodel. Hierin is een concept ontwikkeld voor het beoordelen van de kwaliteit van informatie aan de hand van een aantal dimensies. Deze zijn ingedeeld naar type beslissing (strategisch, tactisch, operationeel) en kunnen als leidraad dienen voor het beoordelen of beschikbare informatie voldoende is om een adequate beslissing te nemen (Figuur D.5). Het informatiekwaliteitsmodel moet een belangrijke rol gaan spelen in de overgang tussen fasen in de levenscyclus, omdat blijkt dat juist de interface tussen verschillende fasen, bijvoorbeeld aanleg en beheer (Fuchs et al. 2014), vaak problemen oplevert en eisen en informatie niet goed worden doorgegeven.

Waar liggen de kansen op aansluiting van het framework op de beheerspraktijk?

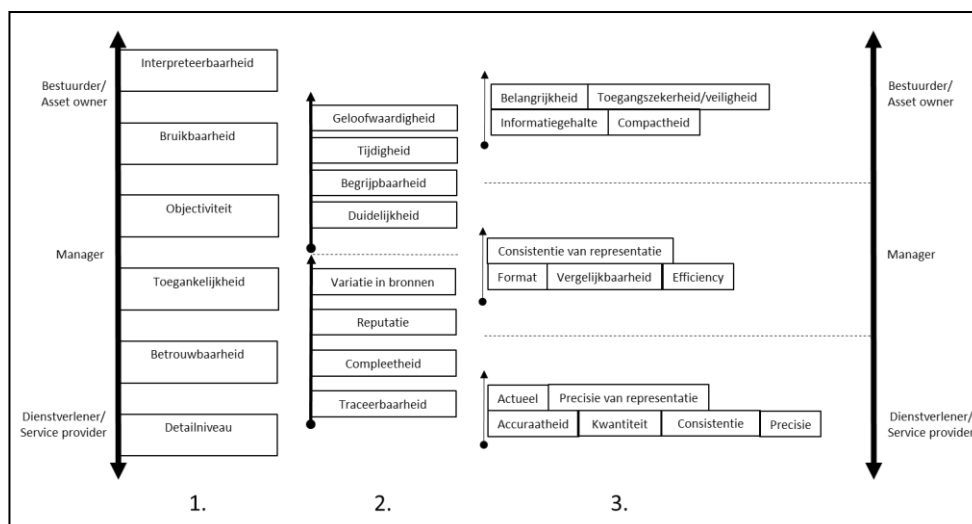
Het processchema wat is ontwikkeld sluit erg aan op Figuur D.1, als toevoeging is onderscheid gemaakt tussen assets en netwerken en tussen verschillende rolhouders. Juist de interface tussen asset en netwerk is vaak lastig, daar kan dit framework extra handvatten voor bieden. De combinatie met een toolbox, waar voor beheerders bekende en vertrouwde fysische modellen gekoppeld worden aan technieken voor lifecycle analyses kan zinvol zijn omdat hierin het lifecycle perspectief en de fysische kennis en ervaring van zijn assets geïntegreerd worden. Dat kan het doorvoeren van LCM versnellen, omdat technische inhoud en lifecycle afwegingen gekoppeld worden.

Tot slot blijkt uit onder meer het paper van Fuchs et al. (2014) dat vaak de overgang tussen fasen in de levenscyclus lastig is, bijvoorbeeld tussen aanleg en beheer.

Met het informatiekwaliteitsmodel wordt een middel gegeven om houvast te krijgen op de kwaliteit van de informatie die beschikbaar is en of deze van voldoende kwaliteit is om de taakstelling goed uit te voeren. Dit kan de overgang tussen fasen in de levenscyclus vergemakkelijken.

Met het framework als geheel wordt het mogelijk om prestaties, risico's en kosten in de tijd te monitoren en voorspellen, waardoor tijdig ingespeeld kan worden op veranderende prestaties, en het handelingsperspectief hierdoor beter benut kan worden.

Door aan de hand van praktische cases het framework verder te ontwikkelen wordt gewaarborgd dat het ook een praktisch toepasbaar framework is. Hiervoor is het van belang dat cases de vragen aansluiten op het framework zodat de coherentie tussen cases en centrale onderdelen van ROBAMCI, maar ook de aansluiting op praktische beheerdersvragen gewaarborgd blijft. Zo ontstaat een koppeling waarbij cases ook weer profiteren van het framework, omdat hierin vanuit andere cases ervaringen beschikbaar zijn die bruikbaar zijn voor de specifieke vraag van de case.



Figuur D.5. Indeling dimensies van informatiekwaliteit. Naast iedere rolhouder staan de voor hem belangrijkste dimensies. Deze indeling kan als leidraad dienen voor het evalueren van kwaliteit van informatie in en tussen verschillende fasen van de levenscyclus.

Referenties

- Fuchs, G.H.A.M. et al., 2014. A business case of the estimated profit of Life Cycle Management principles. In H. Furuta, D. M. Frangopol, & M. Akiyama, eds. *Life-Cycle of Structural Systems: Design, Assessment, Maintenance and Management*. CRC Press.
- Klerk, W.J. et al., 2015. *Framework voor lifecycle management van publieke kritieke infrastructuur - Inventarisatie en framework versie 0*, Deltares report 1220047-002-GEO-0005.

Werkpakket 1

Heijer, F. den, 2015. ROBAMCI, Risk and Opportunity Based Asset Management for Critical Infrastructures, Koepelplan 2015-2018, juli 2015.

Heijer, F. den, 2015. ROBAMCI, Risk and Opportunity Based Asset Management for Critical Infrastructures, Werkplan 2015, Eerste fase: verkenning, juli 2015.

Samenwerkingsovereenkomst Ondernemer-Onderzoeksorganisatie. ROBAMCI fase 1, Verkenning, juli 2015.

Heijer, F. den, 2016. ROBAMCI voortgangsrapportage 2015, Deltares, december 2016

Heijer, F. den, 2016. ROBAMCI, Risk and Opportunity Based Asset Management for Critical Infrastructures, Werkplan fase 2: verbreding en verdieping, juni 2016.

Samenwerkingsovereenkomst Ondernemer-Onderzoeksorganisatie. ROBAMCI fase 2, Verbreding en verdieping, juni 2016.

Heijer, F. den, 2017. ROBAMCI, Risk and Opportunity Based Asset Management for Critical Infrastructures, Werkplan fase 3, Verbreding, verdieping en verbinding, juli 2017.

Samenwerkingsovereenkomst Ondernemer-Onderzoeksorganisatie. ROBAMCI fase 3, Verbreding, verdieping en verbinding, juli 2017.

Heijer, F. den, 2018. ROBAMCI, Risk and Opportunity Based Asset Management for Critical Infrastructures, Werkplan fase 4, juli 2018.

Samenwerkingsovereenkomst Ondernemer-Onderzoeksorganisatie. ROBAMCI fase 4, juli 2018.

Heijer, F. den, 2020a. Samenvattend eindrapport ROBAMCI, Groeirapport met stand van zaken t/m fase 4, 1230174-000-ZWS-0021, mrt 2020.

Heijer F. den, 2020b. Eindrapport ROBAMCI, maart 2020.

Heijer F. den, 2020c. Samenvatting ROBAMCI, maart 2020.

Werkpakket 2

Klerk, W.J. et. al, 2015. Framework voor lifecycle management van publieke kritieke infrastructuur. Inventarisatie en framework versie 0, 1220047-002-GEO-0005, Deltares, december 2015. Addendum: Framework ROBAMCI en aansluiting op lifecycle management processen bij beheerders, maart 2016.

Klerk, W.J., Heijer, F. den, 2016. A framework for life-cycle management of public infrastructure, IALCCE 2016. Published in: Life-Cycle of Engineering Systems: Emphasis on Sustainable Civil Infrastructure, Bakker, Frangopol & van Breugel (Eds), pg 101, ISBN 978-1-138-02847-0, 2017.

Van Stokkum, J., Pals, N., Zomer, W. (2017). Informatiekwaliteitsmodel – Rapportage. ROBAMCI - fase 2 - Werkpakket 2, juli 2017

Klerk, W.J. (2017). Resultaten fase 2 WP2 - Framework of Analysis, september 2017.

Visser, M. (2018). Memo. Editing Probabilistic Toolkit tables in QGIS. A workflow aided with two Python scripts

Rinsema, J.G., Pals, N., Zomer, W. (2017). Informatie Kwaliteitsmodel. Rapportage Fase 3 ROBAMCI, april 2018

Korving, H., 2019. WP2 Framework of Analysis, 11201843-006-ZWS-0001, december 2019.

Rinsema, J.G., 2019 Informatie Kwaliteitsmodel, Rapportage fase 4 Robamci. J.G. Rinsema, J.J.C. Bink, W.S. Zomer, BZIM, november 2019.
ROBAMCI Tools

Leunge, L. Structuur schets ROBAMCI Tools

Werkpakket 3

Klerk, W.J. et. al., 2016 Beschrijving asset management tool waterkeringen versie 0.9, ROBAMCI fase 1: casus waterkeren, 1221086-000-ZWS-002, Deltares, juli 2016. Met bijbehorend rekenmodel.

Klerk, W.J. et. al., 2016 Structural health monitoring in strategies for life-cycle management of dikes: a case study in the north of the Netherlands, IALCCE 2016. Published in: Life-Cycle of Engineering Systems: Emphasis on Sustainable Civil Infrastructure, Bakker, Frangopol & van Breugel (Eds), pg 115, ISBN 978-1-138-02847-0, 2017.

Wessels, J, et. al., 2016 ROBAMCI Case Kunstwerken - Gemaal IJmuiden. Juni 2016. Met bijbehorend excelbestand met rekenmodel.

Wiel, W.D. van der., 2016. A system approach for replacement strategy of hydraulic structures, IALCCE 2016. Published in: Life-Cycle of Engineering Systems: Emphasis on Sustainable Civil Infrastructure, Bakker, Frangopol & van Breugel (Eds), pg 103, ISBN 978-1-138-02847-0, 2017.

Stronckhorst, J., Buren, R. van., 2015. Assetmanagement en kustlijnverzorging, 1220047-002, Deltares, 2015. Met bijbehorend excelbestand met rekenmodel.

Maring, L., Blaauw, M. Asset Management van de Ondergrond (AMO), uitkomsten van de Community of Practice AMO, Deltares Rapport 1210455-000-BGS-0013, juli 2016.

Blaauw, M., Maring, L., 2016. Assetmanagement of the subsurface: A new way to manage subsurface functions?, IALCCE 2016. Published in: Life-Cycle of Engineering Systems: Emphasis on Sustainable Civil Infrastructure, Bakker, Frangopol & van Breugel (Eds), pg 106, ISBN 978-1-138-02847-0, 2017.

Maring, L., Blaauw, M. Asset management to support urban land and subsurface management, Published in: Science of the Total Environment 615 (2018) 390-397.

Korving, H., et al. (2018). ROBAMCI: fase 2 (2016-2017). Case risicogestuurd baggeren, 1230174-052-ZWS-0001, april 2018.

Bel, M. de, et al. (2017). Waardensysteem zeeluis Delfzijl, 1230174-003-ZWS-0006, juni 2017.

Meijer, D., et al. (2017). Case gerichte rioolreiniging Almere, 1230174-053-ZWS-0004, 2017.

Roscoe, K., Lips, N. Risico-gebaseerde dijkverhogingen – een ROBAMCI casus met Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, 1230174-003-ZWS-0013, 28 augustus 2018

Tijssen, A., Roscoe, K., Nicolai, R., Bink, J., Faes, R., Sap, J. Risico-gestuurd inspecteren voor de Oesterdam, 11200692-003-ZWS-0004, 1 november 2018.

Meijer, D., et al. (2018). Risicogestuurdbeheer bij vervuiling en zetting van hemelwaterriolen Almere, 2017

Klerk, W.J., K.L. Roscoe, A. Tijssen, R.P. Nicolai, J. Sap en F. Schins 2018 Risk based inspection of flood defence dams: an application to grass revetments. IALCCE2018. Published in: Life Cycle Analysis and Assessment in Civil Engineering: Towards an Integrated Vision. Caspeelee, Taerwe & Frangopol (eds.). CRC Press. ISBN 9781351857567

Heijer, F. den, 2019. Casus regionale waterkering Rijnland, ROBAMCI fase 3. F. den Heijer (Deltares), M.

Zethof, G. Depuits (beiden HKV), E. Both-Pols (Arcadis), J.G. Rinsema (BZIM), W. de Vries (Intech). Deltares, 11200692-003-ZWS-0005, mei 2019.

Meijer, D., 2019. Utopia: de regenwaterriool vrije stad!?, D. van Dijk (HKV), J. Langeveld (Partners4Urbanwater), D.Meijer (Deltares), Deltares, 11201843-007-ZWS-0005, oktober 2019.

Kieftenburg, A., 2019. Casus Inzet flexibele maatregelen in Oude Rijngebied, ROBAMCI fase 4. A.

Kieftenburg, N. Kramer, K. Wojciechowska, R. Brinkman, H. Korving (allen Deltares), S. Groot, D. Honingh (beiden HKV), S. Roelofs, J. Bink (beiden BZIM), S. Marell (CMS-AM), A.van Veldhoven (HDSR), Deltares, 11200692-004-ZWS-0001, juli 2019.

Wojciechowska, K., 2019. Toekomstbestendige Mark-Dintel-Vliet Boezem, Robamci fase 4. W. van der Wiel, P. Houtman (beiden IV infra), J. Bink (BZIM), K. Wojciechowska, D. Stuparu, F. den Heijer (allen Deltares), K.J. Douben (WSBD). Deltares, 11201843-007-ZWS-0008, juni 2019.

Werkpakket 4

IJmker-Van Gent, J., Kok, S., 2017. WP4 Business case / synthese. ROBAMCI fase 1. Een eerste verkenning naar de potentie van risicogestuurd assetmanagement in de GWW-sector in Nederland. 1220226-006-ZWS-001, Deltares, 2017. Met bijbehorend excelbestand.

Kok, S., Sardjoe, N., 2018. ROBAMCI (WP4) Business estimate en synthese fase 2 &3. Een analyse van de potentie van risicogebaseerd systeemgericht assetmanagement in de natte GWW sector op basis van concrete casussen. 1230174-004-ZWS-0001, oktober 2018.

Bel, M., de, Sardjoe, N., 2019. Eindrapport ROBAMCI (WP4), Business estimate and synthese, Een analyse van de economische potentie van risico- en conditie gestuurd en systeemgericht assetmanagement in de natte GWW sector. Deltares, november 2019.

Werkpakket 5

Factsheet ROBAMCI

Banners ROBAMCI

Wiki ROBAMCI (na fase 2 ontmanteld ten bate van de website)

Popering, S. van. Plan aanpak serious gaming, 2016.

Serious game versie fase 2

Serious game versie fase 3 (op website)

Serious game versie fase 4 (op website)

Storymap Gerichte rioolreiniging Almere (op website, <http://www.robamci.nl/storymap-gerichte-rioolreiniging-almere/>)

Animatiefilm