


Handreiking Life Cycle Monitoring – Groene Versie

Geotechnische monitoring van dijken
Project 3.2A4, cluster Monitoring van Sterkte

POV

MACRO
STABILITEIT



Auteurs: A.R. Koelewijn & M.T. van der Meer

Datum: Maart 2019

Titel

Handreiking Life Cycle Monitoring – Groene Versie

Project

1230123-010

Pagina's

34 (+ 8 bijlagen)

Kenmerk

1230123-010-GEO-0002

Trefwoorden

Monitoring, kwaliteit, dijken, beheer en onderhoud, beoordelen, afkeuren, ontwerp, uitvoering





Samenvatting

Dijkmonitoring wordt uitgevoerd om relevante onzekerheden ten aanzien van de waterveiligheid te verkleinen. De vereiste kwaliteit is daarbij afhankelijk van de specifieke doelstellingen voor een specifiek dijkgedeelte. Met behulp van deze Handreiking Life Cycle Monitoring kan tot een afgewogen aanpak worden gekomen waarmee over de gehele levenscyclus van een dijk tot een oplossing van voldoende kwaliteit wordt gekomen.

Bij het vaststellen van de doelen van een dijkmonitoringssysteem hoort de vraag of er naast het gebruik in de huidige fase ook al geanticipeerd wordt op de hiernavolgende fase(n). De geschiktheid van een meetinstrument of meetmethode wordt vervolgens bepaald door de te meten parameters en de omstandigheden waarin deze moeten worden gemeten. De kwaliteit van een in beginsel geschikte meting wordt tenslotte bepaald door de nauwkeurigheid, de betrouwbaarheid (beschikbaarheid en tijdigheid) en de controleerbaarheid van de meetdata verkregen met de verschillende typen sensoren (inclusief visuele inspecties en eenmalig onderzoek zoals boringen en sonderingen).

Als hulpmiddelen zijn bij deze handreiking twee beoordelingsmatrices ontwikkeld. De eenvoudige beoordelingsmatrix is geschikt voor toepassing op een enkele dwarsdoorsnede of als snelle, globale check van een complexere situatie. De uitgebreide beoordelingsmatrix en methode zijn meer geschikt om op grotere dijktrajecten toe te passen om de sterktes en zwaktes van een dijkmonitoringsoplossing inzichtelijk te maken.

In deze handreiking wordt de systematiek toegelicht en geïllustreerd aan de hand van een viertal praktijkvoorbeelden, verdeeld over de typische levenscyclus van dijken.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf Review	Paraaf Goedkeuring	Paraaf
1	juni 2018	dr. ir. A.R. Koelewijn ir. M.T. van der Meer	ir. S.W. Bakkenist MBA ing. W.S. Zomer MSc.	ir. L. Voogt	
2	augustus 2018	dr. ir. A.R. Koelewijn ir. M.T. van der Meer	ing. A.P.C. Rozing	ir. L. Voogt	
3	maart 2019	dr. ir. A.R. Koelewijn ir. M.T. van der Meer	 ing. P. Kraaijenbrink  <small>M.T. van der Meer</small>	 ing. A.T. Aantjes	

Status

Groene Versie

Inhoud

1	Inleiding	1
1.1	Kader	1
1.2	Achtergrond	2
1.3	Handreiking Life Cycle Monitoring	3
1.4	Begrippen en definities	3
1.5	Leeswijzer	5
2	Kern Handreiking Life Cycle Monitoring	6
3	Motivatie van Life Cycle Monitoring	7
3.1	Levensfasen van een dijk	7
3.2	Dijk informatie en dijk monitoring	8
3.3	Stappenplan	11
4	Beoordelingssystematiek	13
4.1	Opzet	13
4.2	Eenvoudige beoordelingsmatrix	14
4.3	Uitvoerige beoordelingsmatrix	14
5	Gebruik van de Handreiking Life Cycle Monitoring	16
5.1	Inleiding	16
5.2	Onderlinge interactie	16
5.3	Gebruik door opdrachtgevers en beheerders voor de vraagspecificatie	16
5.4	Gebruik door ontwerpers, adviseurs en aannemers voor ontwerp monitoringsplan	17
5.5	Gebruik door leveranciers van sensoren en van monitoringssystemen	18
5.6	Gebruik voor verbetering interactie tussen betrokkenen	18
6	Voorbeelden	19
6.1	Inleiding	19
6.2	Gebruiksfase: Schoonhovense Veer – Langerak (SLA)	19
6.2.1	Beschrijving project	19
6.2.2	Monitoringsconfiguratie	21
6.2.3	Eenvoudige beoordeling	21
6.2.4	Uitvoerige beoordeling	22
6.2.5	Conclusies	23
6.3	Beoordelingsfase: Peerenboom – Genderen (PEG)	23
6.3.1	Beschrijving project	23
6.3.2	Monitoringsconfiguratie	24
6.3.3	Eenvoudige beoordeling	24
6.3.4	Conclusies	25
6.4	Ontwerpfase: Krachtige IJsseldijk Krimpenerwaard (KIJK)	25
6.4.1	Beschrijving project	25
6.4.2	Monitoringsconfiguratie	26
6.4.3	Eenvoudige beoordeling	27
6.4.4	Uitvoering beoordeling	27
6.4.5	Conclusies	28



augustus 2018, concept

6.5	Uitvoeringsfase: Kinderdijk – Schoonhovense Veer (KIS)	28
6.5.1	Beschrijving project	28
6.5.2	Monitoringsconfiguratie	30
6.5.3	Eenvoudige beoordeling	31
6.5.4	Uitvoerige beoordeling	31
6.5.5	Conclusies	32
7	Referenties	33
Bijlagen		
A	Eenvoudige beoordelingsmatrix	A-1
B	Uitvoerige beoordelingsmatrix	B-1
C	Case SLA – ingevulde matrices	C-2
D	Case PEG – ingevulde matrix	D-1
E	Case KIJK – ingevulde matrices	E-2
F	Case KIS – ingevulde matrices	F-1
G	Inzetbaarheid van glasvezelmetingen	G-1
H	ENW-advies over deze handreiking	H-1

1 Inleiding

1.1 Kader

Voor het beheer van dijken is het van groot belang om te weten in hoeverre aan de geldende veiligheidseisen wordt voldaan. Wanneer dit niet langer het geval dreigt te zijn, dan moeten tijdig de voorbereidingen worden getroffen voor een versterking. Meten en monitoren van dijken vormen hulpmiddelen om de sterkte van een dijk voor uiteenlopende faalmechanismen vast te stellen.

Deze Handreiking Life Cycle Monitoring richt zich met name op de monitoring van de geotechnische sterkte, dat wil zeggen op de effecten van in de tijd veranderende belastingen en condities op de geotechnische sterkte van de dijk, te meten als veranderende grondwaterstromingen, waterspanningen, vervormingen, gasvorming, structuur- en scheurvorming, trillingen, en dergelijke.

Naast monitoring met sensoren zijn ook inspecties van belang, dat wil zeggen het visueel vaststellen (en vastleggen) van belastingen en condities en de hierdoor veroorzaakte schadebeelden. Hiervoor wordt verwezen naar DigiSpectie en het programma Professionalisering Inspectie Waterkeringen (PIW).

Om het geheel goed te kunnen interpreteren, zullen gelijktijdig ook de belastingen en de omgevingscondities moeten worden gemonitord, zoals indicatief weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 1.1 Samenhangende aspecten

	belastingen en condities	sterkte
inspectie	schadebeelden – zie DigiSpectie	
meetbare veranderlijke (te monitoren) parameters	waterstand, golven, verkeer, temperatuur, trillingen, ...	horizontale en verticale vervorming, grondwaterstand, grondwaterstroming, waterspanning, gasvorming, ...

Met de aanname dat een systematische aanpak van monitoring over de gehele levenscyclus van een dijk de onzekerheden ten aanzien van de veiligheid op efficiënte wijze zal verkleinen, is binnen één van de technisch ingestoken projectoverstijgende verkenningen (POV's) van het Hoogwaterbeschermingsprogramma, te weten de POV Macro stabiliteit, een handreiking ontwikkeld om de aanpak van monitoring bij dijken over de hele levenscyclus op uniforme wijze op basis van kwaliteit te beoordelen. Het uitvoeren van deze kwaliteitsbeoordeling zal het inzicht vergroten in wat er in de gegeven situatie nuttig en voldoende is en daarmee handvatten geven ter verbetering van de dijkmonitoring zelf, de beoordeling van de dijk en het kundig beheer van de dijk als geheel.

Momenteel is er ondanks de gedetailleerde richtlijnen en handreikingen voor de beoordeling van de sterkte van dijken veelal sprake van een grote mate van subjectiviteit en onzekerheid als gevolg van de grote variatie in de kennis over dijken en in hoeverre deze betrokken wordt bij de beoordeling. Dit gaat ten koste van de waterveiligheid doordat enerzijds dijken mogelijk ten onrechte worden afgekeurd waardoor de beschikbare middelen ondoelmatig worden ingezet, anderzijds worden dijken mogelijk ten onrechte goedgekeurd waarbij er sprake is van

een waterveiligheidstekort. Doelmatige monitoring van dijken gedurende de gehele levenscyclus draagt bij aan een nauwkeuriger inzicht in de dijksterkte, waarmee betere besluitvorming mogelijk is door een doelmatiger dijkbeheer, ofwel beter *asset management*.

1.2 Achtergrond

Asset management van een dijk houdt in dat de optimale prestatie uit de dijk gehaald wordt tegen acceptabele risico's en aanvaardbare kosten, gemeten over de gehele levenscyclus van de dijk. Efficiënt asset management van dijken vergt een systematische planning van dijkmonitoringactiviteiten. Dijkmonitoring, bestaande uit metingen en inspecties met perspectief op vereiste vervolghandelingen, kan bijdragen aan het significant verkleinen van onzekerheden omtrent het gedrag van de dijk. Voor elk dijkveiligheidsproject, in elke fase van deze cyclus, moet om die reden een dijkmonitoringsplan worden opgesteld en geactualiseerd als de omstandigheden ingrijpend wijzigen.

Het is belangrijk bij het plannen van dijkmonitoring de volgende fase in de cyclus ook mee te nemen. Deze actie wordt in de huidige praktijk doorgaans genegeerd. Hierdoor ontbreekt vaak cruciale informatie in een volgende fase, terwijl deze er wel had kunnen zijn indien de planning van dijkmonitoring vanuit de totale levenscyclus zou zijn beschouwd (Life Cycle Monitoring). Dit komt doordat de verantwoordelijkheid voor monitoring in verschillende fasen doorgaans bij verschillende partijen wordt gelegd. Tijdens de uitvoering van een dijkversterking bijvoorbeeld ligt dit bij de aannemer die het werk uitvoert. Daarna wordt het beheer overgenomen door de dijkbeheerder (het waterschap). De continuïteit van metingen, die cruciaal kan zijn voor de cyclus als geheel, zal hierdoor in de praktijk vaak verloren gaan. Uitgaande van de zorgplicht van de dijkbeheerder kan deze continuïteit in alle fasen, ook de relatief kort durende maar intensieve fasen van ontwerp en uitvoering van een dijkversterking, worden gewaarborgd. Hiervoor is het van belang om 'het nut van het eerder weten' expliciet in de planning van dijkmonitoring te beschouwen.

De keuze voor een bepaalde dijkmonitoringsstrategie, meestal niet meer dan de keuze voor een bepaalde dijkmonitoringstechniek, was in veel gevallen een overwegend *case-by-case* benadering waarvoor een uniforme beoordelingssystematiek ontbrak. Door deze wijze is het voor bij dijkmonitoring betrokken partijen lastig om de 'kwaliteit' van de toepassing van een dijkmonitoringsplan of een dijkmonitoringstechniek op waarde te schatten, bijvoorbeeld omdat er niet duidelijk is hoe een criterium als 'flexibiliteit' of 'gebruiksgemak' ingeschat moet worden.

Bij de opzet van de POV Macro stabiliteit is de volgende motivatie voor dit onderdeel gegeven:

Door meer te doen aan gerichte monitoring kan een beter beeld van het gedrag van de waterkering (bij hoogwater) worden verkregen en dus ook een beter beeld van de sterkte. Uiteindelijk is de wens om tot een Life Cycle Monitoring te komen waarbij gedurende de gehele levenscyclus (beheerfase, afkeurfase, ontwerpfase en uitvoeringsfase) de monitoring optimaal wordt ingezet en informatieoverdracht tussen de fasen is geborgd. Een dijkversterking kan dan nauwkeuriger en met meer zekerheid worden ontworpen (Kernteam POVM, 2015:5)

De Handreiking Life Cycle Monitoring kan de huidige praktijk verbeteren door middel van een kwalitatieve beoordelingssystematiek voor dijkmonitoringssystemen die concrete handvatten biedt voor gerichte verbetering op de onderdelen waarbij dat gewenst is.

1.3 Handreiking Life Cycle Monitoring

Met deze Handreiking Life Cycle Monitoring (HLCM) wordt beoogd om een uniforme beoordelingssystematiek voor een dijkmonitoringplan op te stellen waarin de levenscyclus van de waterkering centraal staat. Deze handreiking moet kunnen worden gebruikt door:

- Opdrachtgevers, voor het maken van een projectspecifiek beoordelingssysteem en het beoordelen van de ingekomen aanbiedingen.
- Gebruikers: voor het bepalen van de gebruikswaarde van een monitoringsysteem en het terugkoppelen van verbetermogelijkheden.
- Ontwerpers, voor het onderbouwen van de gemaakte keuzes bij het ontwikkelen, optimaliseren en detailleren van een dijkmonitoringplan.
- Sensorleveranciers: voor het ontwikkelen van sensorspecificaties naar toepassing en kwaliteit en de ontwikkeling van installatieprotocollen.

Deze Handreiking Life Cycle Monitoring (HLCM) is in twee fasen ontwikkeld. Binnen fase 1 is een concept kwaliteitsbeoordelingssysteem voor dijkmonitoring ontwikkeld. Dit is vervolgens toegepast in een viertal referentieprojecten die zich in uiteenlopende fasen van de levenscyclus bevonden. Het concept is ondertussen verbeterd aan de hand van de opgedane ervaringen. Een toelichting op c.q. verantwoording van het proces dat daarbij is doorlopen is gegeven in een achtergrondrapportage (Koelewijn & Van der Meer, 2019). De HLCM wordt geschikt geacht voor toepassing in de praktijk, waarbij terugkoppeling van de ervaringen via het Netwerk Dijkmonitoring sterk wordt aanbevolen om over enige tijd tot een verbeterde versie te kunnen komen, eventueel als onderdeel van een 'Ontwerpkader dijkmonitoring'.

1.4 Begrippen en definities

Rond dijkmonitoring zijn veel ontwikkelingen gaande, daardoor is er vaak sprake van begripsverwarring. Om bij te dragen aan meer eenduidigheid op dit gebied is hier een aantal begrippen vastgelegd.

Dijkmonitoring

Het geheel van tijdgebonden, waar nodig herhaalde, metingen en inspecties in of aan een dijk of de relevante omgeving daarvan, en de tijdige verwerking van die metingen en inspecties, om indien nodig te kunnen besluiten tot onderbouwde wijzigingen of uit te voeren handelingen ten aanzien van de dijk en zijn omgeving, het beheer van de dijk of de monitoring ervan. (Gebaseerd op Van den Berg & Koelewijn (2014)).

Dijkmonitoring omvat daarmee niet alleen data-inwinning met sensoren (in-situ of op afstand), maar bijvoorbeeld ook visuele inspecties, periodieke inmetingen van de geometrie of de bathymetrie, een eenmalige boring in een niet-zettingsgevoelig gebied, natuurwaarden of de gemoedstoestand van omwonenden: alle soorten metingen die nodig kunnen zijn om zo nodig passende actie te kunnen ondernemen. Andere definities die gehanteerd worden, zijn beperkt tot *herhaalde* metingen (daarbij effectief eenmalig onderzoek uitsluitend) (Hopman et al., 2011), metingen met alleen instrumenten (Ng & Oswald, 2010) of omvatten ook voorspellingen van bijvoorbeeld het einde van de levensduur (Bles et al., 2015). Ook de vermaarde geotechnisch monitoringsexpert Dunnicliff (1988, 1999) heeft het over herhaalde metingen met instrumenten en rekent daarbij ook 'het menselijk oog gekoppeld aan het brein van een intelligente mens' (citaat van Peck (1972)) tot instrument en legt dusdanige nadruk op nut en kosteneffectiviteit dat onnodige herhalingen in de praktijk uitgesloten kunnen worden.

Life Cycle Monitoring voor dijken

Het planmatig opstellen, uitvoeren en optimaliseren van dijkmonitoring als een integraal geheel over de levensduur van de dijk.

Het doel van dijkmonitoring kan variëren, afhankelijk van de fase in de asset management-cyclus van de dijk. Uit het doel volgt de informatiebehoefte, en daarmee ook de te meten (meetbare) parameters. Het is verstandig om naast het doel van de huidige fase ook rekening te houden met de doelen voor de volgende fasen (de life cycle component).

Dijkmonitoringsplan

Plan van aanpak voor het leveren van de voor de dijk gevraagde of benodigde monitoringsinspanning. Dit omvat minimaal de benodigde informatiedragers die worden gebruikt voor de beoordeling van dit plan.

Meetconfiguratie

De meetopstelling van de ingezette sensoren (aantallen met de locaties in drie dimensies) om de te monitoren parameters te meten.

Dijkmonitoringssysteem

De infrastructuur die nodig is voor het verrichten van metingen aan dijken en het tijdig verwerken van die metingen.

Het gaat hierbij dus niet alleen om het geheel van de instrumenten en de opslag van meetgegevens, maar ook de toetsing en verwerking ervan binnen een relevant tijdsbestek.

Sensor

Instrument waarmee een waarneming wordt gedaan.

Dit kan zowel in situ als van enige afstand zijn, op één punt, langs een lijn, over een vlak of van een volume. Ook menselijke waarnemers kunnen hierbij als sensor worden beschouwd.

Geschiktheid

De mate waarin met de sensor / het instrument de vereiste parameters kunnen worden gemeten in de omstandigheden waarin moet worden gemeten

Kwaliteit

De 'kwaliteit' van een meting, vooropgesteld dat vooraf de geschikte meetmethode en/of meetinstrument is gekozen, is een combinatie van

- *nauwkeurigheid,*
- *betrouwbaarheid (beschikbaarheid, leveringszekerheid, tijdigheid),*
- *controleerbaarheid (begrijpelijkheid, redundantie, cross-checks).*

Nauwkeurigheid

De nauwkeurigheid betreft de bandbreedte, met daarin bijdragen van de sensor zelf en de plaatsing daarvan (de zekerheid over de positie en de nauwkeurigheid van de inmeting), en de mogelijke variatie in de loop van de tijd, zowel door sensordrift als door mogelijke fysieke verplaatsing van de sensor zelf.

Betrouwbaarheid

De betrouwbaarheid heeft betrekking op de mate waarin de beoogde tijdreeks compleet is en hangt zowel samen met de beschikbaarheid tijdens kritieke

omstandigheden als de algemene beschikbaarheid (negatief bepaald door 'willekeurige' uitval), dit laatste is te bepalen uit historische gaten in de tijdreeks, het eerste is in te schatten uit de gevoeligheid van het dijkmonitoringssysteem voor kritieke omstandigheden (ontwerp én uitvoering) en uit de algemene beschikbaarheid.

Controleerbaarheid

De controleerbaarheid heeft zowel te maken met ernstige verstoringen van de meetwaarden als de aannemelijkheid van de optredende veranderingen, wat met cross-checks kan worden bepaald (bijvoorbeeld onder een ophoging laten zakbaken een geleidelijke daling zien die overeenstemt met de afname van de wateroverspanningen gemeten met waterspanningsmeters).

Deze kwaliteitsdefinitie geldt niet alleen voor monitoring, deze kan ook worden gebruikt voor andere metingen. Bijvoorbeeld voor geofysische metingen geldt dat de kwaliteit, gegeven de keuze van een geschikte methode wordt bepaald door de kwaliteit van de meettechnicus in het veld, de beschikbare of gelijktijdig te verwerven steuninformatie, de gekozen meetstrategie en uiteindelijk door de dataprocesing waarin onder andere de cross-checks worden uitgevoerd.

1.5 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de kern van Life Cycle Monitoring kort weergegeven. In hoofdstuk 3 wordt nader ingegaan op het begrip Life Cycle Monitoring en de meerwaarde daarvan. In hoofdstuk 4 wordt de beoordelingssystematiek voor monitoringssystemen bij dijken uitgelegd – dit is de feitelijke handreiking. In hoofdstuk 5 wordt ingegaan op het gebruik van de HLCM door uiteenlopende partijen. Hoofdstuk 6 bevat een viertal concrete voorbeelden voor dijken in de vier verschillende fasen van de levenscyclus.

2 Kern Handreiking Life Cycle Monitoring

Dijkmonitoring wordt uitgevoerd om relevante onzekerheden ten aanzien van de waterveiligheid te verkleinen, in alle levensfasen van de waterkering. Het doel van dijkmonitoring kan zijn het verkleinen van de scope, de uitvoeringsrisico's, de bouwtijd en/of de bouwkosten, maar bijvoorbeeld ook het leggen van een goede informatiebasis voor het beheer en onderhoud na oplevering, of kennisontwikkeling, of overige belangen van derden.

Met behulp van deze Handreiking Life Cycle Monitoring kan tot een afgewogen aanpak worden gekomen waarmee over de gehele levenscyclus van een dijk tot een geschikte oplossing van voldoende kwaliteit wordt gekomen.

Uit het doel in de betreffende levensfase volgt welke parameters in welke omstandigheden moeten worden gemeten, zodat de geschiktheid van een bepaald meetsysteem kan worden gecontroleerd. Vervolgens kan de kwaliteit van de metingen worden vastgesteld, die wordt bepaald door de nauwkeurigheid, betrouwbaarheid (beschikbaarheid en tijdigheid) en de controleerbaarheid van de meetdata verkregen met de verschillende typen sensoren (inclusief visuele inspecties en eenmalig onderzoek zoals boringen en sonderingen) gerelateerd aan het beschouwde faalmechanisme en de beschouwde dijk.

Als hulpmiddelen zijn bij deze handreiking twee beoordelingsmatrices ontwikkeld. De eenvoudige beoordelingsmatrix is geschikt voor toepassing op een enkele dwarsdoorsnede of als snelle, globale check van een complexere situatie. De uitgebreide beoordelingsmatrix en bijbehorende methode zijn meer geschikt om op grotere dijktrajecten toe te passen om de sterktes en zwaktes van een dijkmonitoringsoplossing helder te krijgen.

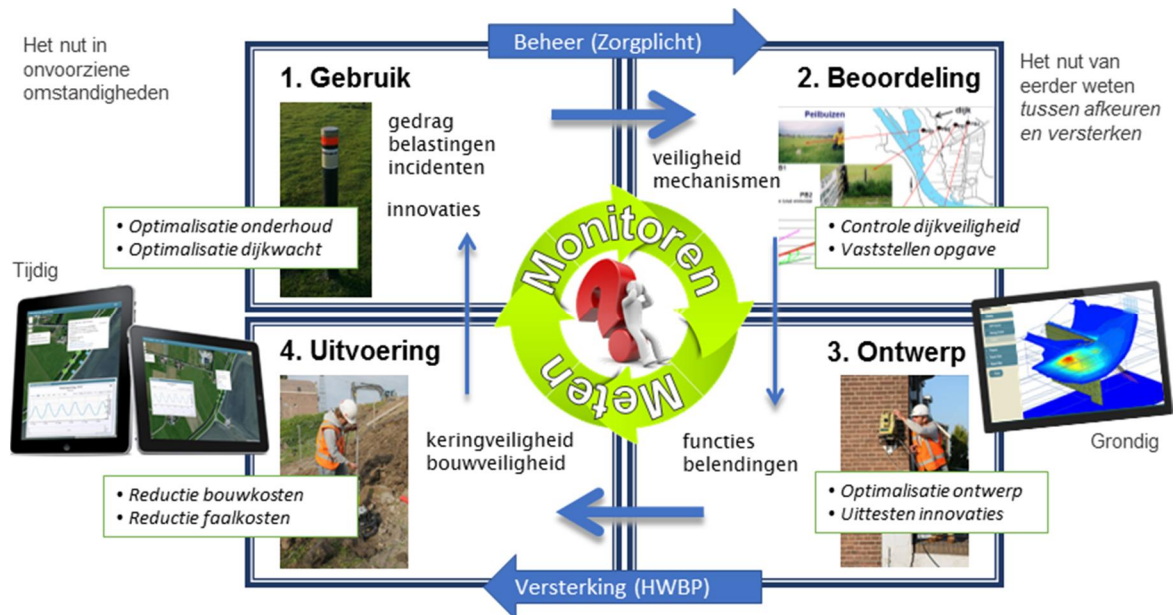
Uit de voorbeelden zijn veel lessen te trekken. Bijvoorbeeld tijdig beginnen blijkt telkens weer van groot belang te zijn. Naderhand kunnen aanpassingen worden gemaakt om het dijkmonitoringssysteem te verbeteren en beter aan te laten sluiten op kennisvragen over waterveiligheid, al dan niet op basis van inmiddels reeds verkregen waarnemingen.

Het Expertise Netwerk Waterkeringen heeft na een beoordeling geadviseerd om deze handreiking door te ontwikkelen tot een complete handreiking, waarvoor de huidige versie een prima basis vormt – zie bijlage H.

3 Motivatie van Life Cycle Monitoring

3.1 Levensfasen van een dijk

Life Cycle Monitoring heeft betrekking op alle fasen die bij dijken achtereenvolgens doorlopen worden: ontwerp, uitvoering, beheer en afkeuren. De algemene praktijk in Nederland is dat deze cyclus herhaaldelijk doorlopen wordt, vaak al eeuwenlang. Figuur 3.1 geeft een raamwerk met vier levensfasen van de dijk en/of het dijkversterkingsproject, startend bij gebruik en beheer, vervolgens de beoordeling (inclusief na afkeuren het vaststellen van de scope van een benodigde versterking), het ontwerp van een versterking en de uitvoering daarvan, waarna er weer een nieuwe cyclus start. In de figuur is aangegeven wat het nut van eerder monitoren in een beschouwde fase kan zijn voor een volgende fase.



Figuur 3.1 Monitoring in de verschillende levensfasen van een dijk

Deze fasen vormen een samenhangende keten, die in de werkpraktijk van vandaag vaak nog niet als één geheel wordt benaderd. Het gevolg daarvan is dat er in iedere fase problemen optreden die bij voldoende anticipatie in de vorige fase(n) vermeden hadden kunnen worden. Voorbeelden hiervan zijn waterspanningsmetingen in de ontwerpfase die meteen na afkeuren op basis van de beoordeling hadden kunnen worden gestart, of metingen uit de ontwerpfase of uitvoeringsfase die bij de overgang naar de uitvoeringsfase of naar de gebruiksfase niet op adequate wijze worden overgedragen zodat deze in de beheerfase (bijvoorbeeld ten behoeve van de periodieke veiligheidsbeoordeling of een onnodig vroeg ingezette ontwerpfase) niet toegankelijk zijn.

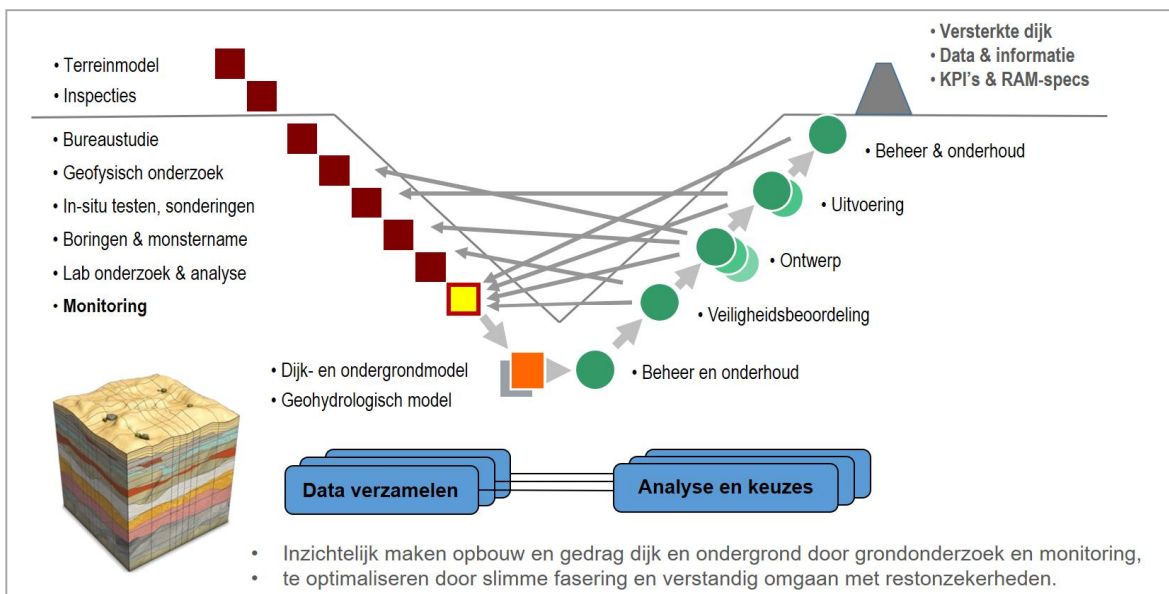
Het ontbreken van dit 'cyclus-denken' leidt tot grote, onnodige verspillingen en vertragingen in projecten. In het verleden verloren gegane gegevens kunnen doorgaans niet meer worden teruggehaald, maar dit vormt wel een goede reden om naar de toekomst toe te voorkomen dat opnieuw essentiële gegevens verloren gaan (Van den Berg et al., 2015:48). De monitoring van een dijk wordt daarom idealiter zó ingericht dat voldoende rekening wordt gehouden met de informatiebehoefte van niet alleen de huidige fase of zelfs maar het huidige moment, maar ook met de volgende fase of fasen, of zelfs met de volgende cyclus. Hierbij wordt expliciet gekeken naar de ervaringen, eisen en behoeften uit de vorige levensfasen.

Er zijn meerdere startpunten mogelijk, bijvoorbeeld vanuit de gebruiksfase (via de zorgplicht) of vanuit de ontwerpfase (dijkversterking). In bovenstaande figuur zijn deze allebei aangegeven. De ervaringsbasis begint in het gebruik (beheer), daarom is de zorgplicht normaliter het meest logische startpunt, zeker vanuit de dijkbeheerder bezien. Deze Handreiking Life Cycle Monitoring, geïnitieerd vanuit één van de projectoverstijgende verkenningen van het Hoogwaterbeschermingsprogramma, hanteert de dijkversterking als startpunt. De principes zijn niet veel anders. Wel spelen er door deze keuze ten dele andere complicaties ten aanzien van financiën, vergunningen, doorlooptijd en wijze van organiseren.

De bovenste helft van figuur 3.1 betreft zorgplicht en beoordeling. De onderste helft betreft dijkversterkingen. De linkerhelft vraagt om real-time informatie, omdat het daar gaat om het tijdig constateren van afwijkingen en incidenten, waarop tijdig actie ondernomen moet worden. De rechterhelft kan in relatieve rust worden doorlopen, met tijd voor grondige analyses. Met Life Cycle Monitoring wordt er voor gezorgd dat elk kwadrant beter kan profiteren van het voorgaande kwadrant. Dit staat of valt met goed datamanagement.

3.2 Dijk informatie en dijk monitoring

Dijk monitoring maakt onderdeel uit van een totaalpakket aan dijk informatie, die wordt verzameld en benut gedurende de gehele levenscyclus van een dijk. Figuur 3.2 toont de opbouw van het geodetische, geotechnische en geohydrologische data- en informatie-systeem, in de vier opeenvolgende levensfasen, niet geheel willekeurig startend bij de periodieke beoordeling. Die zal op een gegeven moment leiden tot afkeuren. Vanaf het moment van afkeuren tot het weer opleveren van de versterkte dijk aan de beheerder zal de informatiebehoefte veranderen en het informatiesysteem stap voor stap worden aangevuld en verbeterd. Daarbij wordt voortgebouwd op hetgeen uit het verleden al bekend en behouden is.



Figuur 3.2 Dijk monitoring als onderdeel van data-inwinning in het dijkbeheer (eenmalig doorlopen cyclus)

De planperiode waarop een dijk wordt ontworpen is over het algemeen 50 jaar, terwijl de levensduur van een dijk normaliter vele honderden jaren bedraagt. Gedurende de levensduur van de dijk zal deze cyclus dus vele malen worden doorlopen. Bij levenscycluskostenanalyses (LCC-analyses) wordt wel een zichtperiode tot 100 jaar gehanteerd.

De volgende hiërarchische opsomming biedt een logisch overzicht waar alle aspecten van dijkmonitoring in naar voren komen:

- ❖ Doel Life Cycle Monitoring
 - Informatieverzameling gedurende alle fasen van de levenscyclus teneinde onzekerheden omtrent het gedrag van de kering te verkleinen en waar nodig in te grijpen
 - Keuze te meten parameters (zie hiervoor bijvoorbeeld Figuur 3.3 – op de website www.dijkmonitoring.nl is het tijdig detecteren van faaloorzaken van dijken gekoppeld aan het nut van beschikbare meettechnieken en de daarmee te meten parameters)
- ❖ Geschiktheid van de gehele monitoringsconfiguratie en individuele sensoren inclusief visuele inspecties
 - Parameters
 - Meetbaarheid
 - Directe relatie met fenomeen
 - Indirecte relatie met fenomeen
 - Waarschuwingspotentie
 - Beschikbare handelingsperspectief
 - Conditie
 - Ligging in terrein
 - Grondlaag
 - Positie t.o.v. grondwater
 - Weer en wind
 - Mate van blootstelling
 - Temperatuur en schommelingen daarin
 - Zoet, brak of zout water
 - Bouwproces
 - Schade van bouwproces
 - Hinder voor bouwproces
- ❖ Kwaliteit van de gehele monitoringsconfiguratie en individuele sensoren inclusief visuele inspecties
 - Nauwkeurigheid
 - Sensor (of inspecteur)
 - Bereik
 - Nauwkeurigheid
 - Resolutie
 - Herhaalbaarheid
 - Meetfrequentie
 - Installatie
 - Nulmeting
 - Invloed zettingen
 - Betrouwbaarheid
 - Beschikbaarheid
 - Meetperiode
 - Kritische fasen
 - Leveringszekerheid
 - Doorgifte van gegevens
 - Opslag van gegevens
 - Tijdigheid
 - Beslissen
 - Sturen
 - Ingrijpen

- Robuustheid
 - Onderhoudsbehoefte
 - Reserves
- Controleerbaarheid
 - Begrijpelijkheid
 - Onafhankelijke cross-checks
 - Redundantie
- ❖ Producten
 - Monitoringsplan
 - Periodieke rapportages
 - Overdrachtsdocumenten
- ❖ Nut
 - Goedkoper (m.b.t. voorziene en voorzienbare zaken en gebeurtenissen)
 - Op tijd (m.b.t. onvoorziene en onvoorzienbare zaken en gebeurtenissen)

	grondwaterdruk (variatie)	(laminaire) stromingsdruk grondwater (materiaaltransport)	(laminaire) stromingsdruk water	turbulente stromingsdruk water	golflappen	aanwezigheid grondwater	aanwezigheid water	aanwezigheid zuurstof	temperatuur	vervormingsverschillen (grond-constructie)	statische belasting (bv effectief grondgewicht)	dynamische belasting (bv verkeer)	mechanische belasting	chemische belasting (zout, zuurgraad)
1 Transport grondmateriaal door interne erosie (achterloopsheid)		■												
2 Transport grondmateriaal door interne erosie (onderloopsheid)		■												
3 Erosie bodembescherming voor-/achterland			■	■										
4 Erosie bodembescherming in het kunstwerk			■	■										
5 Vervormingsverschil tussen civiele delen en omgeving onder water			■	■										
6 Vervormingsverschil tussen civiele delen en omgeving boven water			■	■	■									■
7 Instabiliteit van taluds	■	■												
8 Aantasting funderingspalen door schimmels en bacterien						■	■	■	■					
9 Aantasting funderingspalen door 'beestjes'						■	■	■	■					
10 wapeningscorrosie beton onder waterstand						■	■	■	■					■
11 wapeningscorrosie beton boven waterstand						■	■	■	■					■
12 corrosie van ankerstaven/verankering						■	■	■	■					■
13 vermoeiing van staal				■	■									
14 betondegradatie (alkali-silica-reactie ASR)						■	■							
15 degradatie/verbrossing van de voegen bij metselwerk						■	■			■				■
16 degradatie/verbrossing van de stenen bij metselwerk						■	■			■				■
17 corrosie grond(water)kerende damwanden						■	■	■	■					■
18 transport grondmateriaal door grondkerende wanden		■	■	■	■									
19 corrosie van kwelschermen						■	■	■	■					■
20 verborgen gebreken in wanden die zich pas later openbaren	■			■							■	■	■	■
21 verzakking van paalfundering (hoogteverlies kunstwerk)	■	■									■	■		
22 horizontale vervormingen van paalfundering (plaatsvastheid kunstwerk)										■	■	■		
23 vervormingsverschillen fundering (horizontaal/verticaal/rotatie, leidend tot scheurvorming kunstwerk)										■	■	■		
24 vervormingen van wanden	■			■							■	■		
25 opdrijven van de constructie	■										■	■		
26 constructief falen door veranderde regelgeving													■	
27 constructief falen door veranderde belastingen (bijv. stootbelastingen)													■	
28 verstopping van drainagesystemen die constructie beïnvloedt		■				■	■	■						

Figuur 3.3 Voorbeeld van een matrix van faaloorzaken en meetbare parameters voor een waterkerende constructie (Lassing, 2017; overgenomen in Koelewijn & Van der Meer, 2018)

3.3 Stappenplan

Bij het ontwerpen, installeren en gebruiken van een monitoringsysteem worden altijd min of meer dezelfde stappen doorlopen. De in deze Handreiking gegeven beoordelingsmethoden kunnen in beginsel in alle stappen worden gebruikt.

Deze stappen zijn:

1. Opstellen *monitoringsplan* met sensor- en locatiekeuze;
2. *Installatie* van de sensoren;
3. Data beschikbaar stellen met *portals*;
4. Periodiek rapporteren in *monitoringsrapportages*;
5. *Overdracht* naar volgende fase.

Ad 1 Monitoringsplan:

Een (geotechnisch) monitoringsplan bevat onder andere:

- Omschrijving en afbakening te monitoren gebied in de ruimte, situatiebeschrijving zoals begrepen;
- Het doel van de monitoring in deze en wellicht ook volgende fasen: de te monitoren (geotechnische) aspecten, bv. zetting, waterspanning, sterkte te gebruiken grond;
- Toezicht en uitvoeringsbegeleiding;
- Overzicht van de monitoringsacties per bouwfase;
- Wijze van monitoring, waaronder:
 - instrument- en apparatuurkeuze;
 - tekeningen met aantallen en posities van meet-/monitoringsystemen;
 - plaatsing;
 - nulmeting;
 - te verzamelen meetgegevens;
 - specificaties gekozen sensorinstellingen, meetfrequenties, grenswaarden;
 - specificaties data- en informatiemanagementsysteem;
- Beoogde corrigerende maatregelen;
- Wanneer verwijderen en de wijze van verwijdering;
- Wat te behouden en hoe af te werken;
- Borging van de kwaliteit van de meet-/monitoringsapparatuur/metingen;
- Borging van de kwaliteit van plaatsing van apparatuur;
- Onderbouwing van de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van de metingen;
- Handelswijze bij uitval;
- Wijze en frequentie van verslaglegging;
- Verbinding met voorgaande levensfase en opvolgende levensfase.

Ad 2 Installatie:

Naast een juiste sensor- en locatiekeuze is ook de kwaliteitscontrole en installatie van de sensoren van groot belang. Dit dient goed te worden begeleid, vastgelegd en te worden gecontroleerd.

Ad 3 Portals:

De gebruikswaarde voor het beheersen van uitvoeringsrisico's en dergelijke wordt in belangrijke mate bepaald door de tijdige beschikbaarheid van data voor alle beoogde gebruikers. Ook kunnen gebruikers hiermee de kwaliteit van de monitoringsinformatie controleren: is de informatie beschikbaar op belangrijke momenten en bevestigen de metingen de beoogde geclaimde nauwkeurigheid en betrouwbaarheid?

Ad 4 Monitoringsrapportages:

Het monitoringsrapport wordt bijvoorbeeld maandelijks geactualiseerd. Dit bevat onder andere:

- Gegevens monitorlocatie;
- Datum en tijdstip van monitoring;
- Meetresultaten;
- Interpretatie van meetresultaten;
- Gerealiseerde corrigerende maatregelen (indien van toepassing).

Ad 5 Overdracht:

Na uitvoering van een dijkversterking volgt de overdracht van de versterkte dijk naar het beheer en onderhoud (zie Figuur 3.2). Deze overdracht is inclusief alle voor het toekomstig beheer mogelijk nuttige data en informatie uit de ontwerp- en uitvoeringsfase. De dijkmonitoring maakt hier uiteraard onderdeel van uit, om hiermee de sterkteontwikkeling en het gedrag van de dijk na oplevering te kunnen blijven volgen. Aandachtspunten bij oplevering zijn:

- Overdracht meetresultaten na oplevering aan het beheer;
- Werkwijze afwerking peilbuizen t.b.v. behoud voor onbepaalde tijd;
- Werkwijze afwerking waterspanningsmeters t.b.v. behoud voor onbepaalde tijd.

In hoofdstuk 5 worden specifieke aanwijzingen gegeven hoe de methoden kunnen worden gebruikt in de verschillende stappen door verschillende beoogde gebruikers.

4 Beoordelingssystematiek

4.1 Opzet

Binnen het kader van de Handreiking Life Cycle Monitoring is een beoordelingssystematiek voor dijkmonitoringsoplossingen opgesteld. Het centrale element hierin is een beoordelingsmatrix, die door opdrachtgevers, beheerders, ontwerpers, adviseurs en sensorleveranciers kan worden gebruikt voor het waarden en optimaliseren van dijkmonitoringsystemen. Op basis van de eerste ervaringen (zie ook hoofdstuk 6) is een onderscheid gemaakt naar twee niveaus:

- eenvoudige beoordelingssystematiek, bijvoorbeeld om snel een globale indruk te krijgen, of voor een project van gering belang;
- uitvoerige beoordelingssystematiek, bijvoorbeeld voor een omvangrijk dijkversterkingsproject of de beoordeling van een heel dijktraject.

Bij elk niveau is een beoordelingsmatrix ontwikkeld, in de vorm van invultabellen in een Excel-spreadsheet. Deze tabellen vormen een *hulpmiddel* om de kwaliteit van een dijkmonitoringssysteem te beoordelen. De tabellen bevatten ook Life Cycle Monitoring-beoordelingsaspecten, zoals het anticiperen bij het ontwerp van het dijkmonitoringssysteem op de informatiebehoefte in de volgende fase(n) van de levenscyclus en de invulling van het datamanagement voor het faciliteren van informatieoverdracht naar de volgende fasen. Deze aspect vormen bij het gebruik van de matrices een normaal onderdeel bij het vaststellen van de kwaliteit. In de matrices zijn ook de voor leveranciers relevante beoordelingsaspecten opgenomen.

Bij zowel het eenvoudige als het uitvoerige beoordelingsniveau wordt een vragenlijst afgewerkt, zie bijlagen A en B. Een belangrijke eerste vraag is, waar dijkmonitoring voor moet (of kan) worden gebruikt in deze specifieke situatie. Dit is noodzakelijk om de situatie goed te leren kennen, waarbij ook de vraag naar voren kan komen of monitoring wel een geschikt hulpmiddel vormt.¹ Verder moet bedacht worden welke kwaliteit vereist is. Soms is een bepaald mechanisme minder belangrijk; dan is een lagere kwaliteit voor de te monitoren parameters wellicht acceptabel.

De beoordeling van een monitoringssysteem kan zowel worden gedaan voor een systeem dat al geïnstalleerd is, als voor een systeem dat wordt ontworpen voor een bepaalde situatie. Het uitvoeren van de beoordeling kan verbeterpunten aan het licht brengen voor zowel het dijkmonitoringssysteem als voor de dijk als geheel (bijvoorbeeld doordat de doorlatendheid of de zettingssnelheid hoger blijkt te zijn dan verwacht). Bij de uitvoerige beoordeling moet bovendien expliciet worden aangegeven welk kwaliteitsniveau per kwaliteitsaspect vereist is. Deze beoordelingssystematiek kan daarvoor ook de discussie ondersteunen: doorgaans kent betere kwaliteit immers zowel een hogere opbrengst (bijvoorbeeld scherpere parameterkeuze of schematiseringsfactor) als een hogere prijs.

In de eenvoudige beoordelingsmatrix moeten per cluster telkens twee vragen beantwoord worden. In de uitvoerige versie zijn dit drie of vier vragen, waarbij de betrouwbaarheid van de sensordata desgewenst ook nog per sensortype kan worden beantwoord.

¹ Als bijvoorbeeld een handelingsperspectief ontbreekt omdat er onvoldoende tijd is om adequaat te handelen zodra de meetwaarden daar aanleiding toe geven, dan is er voor het geheel een andere aanpak nodig en niet slechts voor de wijze van monitoren.

4.2 Eenvoudige beoordelingsmatrix

De eenvoudige beoordelingsmatrix is weergegeven in bijlage A, ingevulde versies voor vier concrete voorbeelden zijn te vinden in bijlagen C t/m F.

De kwaliteitsaspecten zijn geformuleerd als *Key Performance Indicators* of Kritieke Prestatie Indicatoren (KPI's). Een KPI is een maatstaf om prestaties van systemen of organisaties kwalitatief te analyseren. De geleverde prestatie op een KPI wordt uitgedrukt met een kwaliteitsklasse. Voor de eenvoudige beoordelingsmatrix wordt gebruik gemaakt van een driepuntschaal, variërend van 'laag' via 'gemiddeld' naar 'hoog'. Visueel is dit uitgedrukt met de kleuren van een verkeerslicht dat van kleur kan verschieten op basis van de antwoorden. Per cluster dienen telkens twee vragen beantwoord te worden. Daarbij komen de volgende vragen (kwaliteitsaspecten) aan bod:

1. Voor de hoofdvraag of de juiste informatie wordt verkregen, wordt gekeken of het met het dijkmonitoringssysteem mogelijk is om de mogelijke bouw- en veiligheidsrisico's en optredende fenomenen te signaleren en van elkaar te onderscheiden, en of het vanuit technisch oogpunt mogelijk is om de metingen te koppelen aan een beslissing. Dit staat nog los van de daarvoor benodigde tijd en de organisatorische aspecten. De benodigde tijd komt bij het volgende kwaliteitsaspect aan de orde, terwijl de organisatorische aspecten buiten de scope van deze eenvoudige beoordelingsmatrix vallen, al kan de constatering van een probleem op dit punt natuurlijk wel de aanleiding vormen voor aanpassingen.
2. Voor de tijdige beschikbaarheid van monitoringsgegevens ligt in de eenvoudige beoordelingsmatrix de nadruk op de beschikbaarheid van nulmetingen (metingen voorafgaand aan ingrijpende werkzaamheden en/of grote belastingen) en de waarschuwingstijd: zijn de metingen tijdig beschikbaar om adequaat te kunnen handelen? Ook hierbij komt zijdelings de vraag aan de orde of de organisatie zodanig is ingericht dat adequaat handelen tijdig mogelijk is.
3. Bij het kwaliteitsaspect 'gebruikswaarde' gaat het enerzijds om de mogelijkheden om de bouw- en veiligheidsrisico's concreet te reduceren met behulp van de dijkmonitoringsdata en anderzijds om de mogelijkheden om bijvoorbeeld tot een flexibeler projectuitvoering te komen, zoals een aanscherping van de periode van extra overhoogte waardoor de grondstoffenbalans gemakkelijker kan worden ingevuld.
4. Het laatste kwaliteitsaspect betreft de betrouwbaarheid van de informatie. Hier gaan de vragen over de mogelijkheden om de data te valideren, bijvoorbeeld met onafhankelijke cross-checks met verschillende meetprincipes (bij een ophoging bijvoorbeeld door zakbaken en waterspanningsmeters bij elkaar te plaatsen), en over de robuustheid van het systeem. Hiermee wordt de mate waarin het dijkmonitoringssysteem bestand is tegen uitval van één of meer onderdelen bedoeld.

Voor de navolgbaarheid en reproduceerbaarheid in de toekomst van genomen besluiten wordt sterk aanbevolen om bij iedere score ook een motivatie aan te geven.

De uiteindelijke score op de vier clusters van kwaliteitsaspecten kan een aanleiding vormen om het dijkmonitoringssysteem gericht te verbeteren of anderszins aan te passen.

4.3 Uitvoerige beoordelingsmatrix

De uitvoerige beoordelingsmatrix is weergegeven in bijlage B, met concrete voorbeelden voor een drietal situaties in bijlagen C, E en F.

De kwaliteitsaspecten zijn weer geformuleerd als Key Performance Indicators. Voor de uitvoerige beoordelingsmatrix wordt gebruik gemaakt van een vijfpuntsschaal, met scores uitgedrukt in een cijfer variërend van 1 (lage kwaliteit) tot 5 (hoge kwaliteit). Per aspect is elke kwaliteitsklasse afgebakend door een beschrijving van de prestatie. Wanneer niet geheel aan de omschrijving behorend bij een bepaalde kwaliteitsklasse Q wordt voldaan, dan wordt teruggevallen op de lagere klasse. Daardoor is het ook mogelijk om de (niet omschreven) score 0 te bereiken.

Voor elke kwaliteitsaspect is een gedetailleerde omschrijving gegeven in de beoordelingsmatrix.² In het blok naast de omschrijvingen voor de kwaliteitsklassen 1, 2 en 3 kan de onderbouwing worden ingevuld voor de gegeven score, die naast de omschrijving van kwaliteitsklasse 5 kan worden ingevuld (een geheel getal van 1 t/m 5, of 0). De ingevulde scores worden overgenomen op de samenvatting in de laatste sheet.³

Voor het laatste cluster, de betrouwbaarheid van sensordata, geldt dat het lastig en soms ook ongewenst kan zijn om alle sensoren in één keer te beoordelen. Vaak worden immers verschillende meetsystemen gebruikt, waarvan de kwaliteit soms sterk uiteenloopt. Daarom is eerst een scoretabel opgenomen voor het systeem als geheel, waarna per sensortype een afzonderlijke score mogelijk is op de aspecten nauwkeurigheid, beschikbaarheid en controleerbaarheid. Standaard is voorzien in drie sensortypen, indien nodig kan de lijst verder worden uitgebreid door het laatste blok zo vaak als nodig te kopiëren.

De sheet met de samenvatting van de scores bevat in de laatste kolom de 'vereiste score'. Deze vereiste score vormt, hoe ogenschijnlijk klein en bijna verborgen dit ook is in de invul-sheets, een belangrijk onderdeel van deze Handreiking Life Cycle Monitoring: enerzijds wordt elk dijkmonitoringssysteem volgens dezelfde maatstaven beoordeeld, anderzijds kunnen de doelen die met een dijkmonitoringssysteem worden nagestreefd sterk uiteenlopen. Bijvoorbeeld een systeem waarbij met peilbuizen gedurende een aantal jaren de respons van de zandlaag op het buitenwater wordt gemeten om dit te gebruiken in de periodieke veiligheidsbeoordeling kan voor de meeste kwaliteitsaspecten aan een veel lager niveau voldoen dan een systeem waarbij de uitvoeringsstabiliteit moet worden bewaakt in het stormseizoen en waarbij het tijdig verwijderen van een deel van de aangebrachte belasting tot de reële beheersmaatregelen behoort (POV Macrostabiliteit, 2016).

Door ook de vereiste score vast te stellen kan worden bepaald of een dijkmonitoringssysteem voldoet of niet, en kan zo nodig gericht worden gewerkt aan de benodigde verbeteringen. Voor de benodigde scores kan de voorlaatste sheet worden ingevuld. Deze is praktisch hetzelfde als de voorgaande sheet. Ook hieruit worden de scores overgenomen in de samenvattende, laatste sheet. De behaalde score op elk kwaliteitsaspect kleurt groen als tenminste de vereiste score is behaald, en rood als dat niet het geval is. Bij een overgekwalificeerd systeem is de vraag gerechtvaardigd of enige terugschaling zinvol, doelmatig en mogelijk is.

² Mogelijk de grootste verbetering tussen de eerste versie en de huidige versie betreft de omschrijvingen bij de verschillende kwaliteitsklassen. Het is daardoor zeer denkbaar dat sommige omschrijvingen verbeterd kunnen worden. Feedback hierover naar de auteurs (andre.koelewijn@deltares.nl en/of m.vandermeer@fugro.com) wordt daarom op prijs gesteld, zodat dit in de volgende versie kan worden meegenomen.

³ Bij de eerste versie is daarbij gewerkt met een kleurenschaal en een semi-grafische weergave van de scores. Dit bleek echter verschillend geïnterpreteerd te worden en leidde bovendien af in de discussie over de inhoudelijke waarde van het besproken monitoringssysteem. De weergave is daarom vereenvoudigd.

5 Gebruik van de Handreiking Life Cycle Monitoring

5.1 Inleiding

Het gebruik van de HLCM hangt mede af van de rol van de gebruikende partij en de projectfase waarvoor het dijkmonitoringsplan is of wordt opgesteld. Vooralsnog zijn drie partijen onderscheiden: de opdrachtgevers/beheerders, de ontwerpers, adviseurs & aannemers, en de leveranciers van sensoren en dijkmonitoringssystemen. Voor elk van die partijen worden de gebruiksdoelen en de gebruiksmogelijkheden nader omschreven in §5.3 t/m §5.5. Daarvoor wordt in §5.2 nader ingegaan op de interactie bij het invullen van de beoordelingsmatrices.

5.2 Onderlinge interactie

Er is gezocht naar een manier om de meerwaarde van onderlinge interactie en voorbereiding te kunnen waarderen. Dit onderwerp blijkt al tamelijk uitvoerig te zijn onderzocht voor de aardbevingsgevoeligheid van de Amerikaanse nucleaire industrie (Hanks et al., 2009). Hierin worden vier niveaus onderscheiden. Naar analogie hiervan zouden voor de HLCM de volgende vier niveaus kunnen worden onderscheiden:

1. De scores worden bepaald door iemand die goed bekend is met zowel het dijktraject als met dijkmonitoring. Vervolgens wordt dit gereviewd door een vakgenoot die eveneens bekend is met het dijktraject en met dijkmonitoring.
2. De scores worden bepaald in overleg met het team van (technisch) deskundigen dat bij het dijktraject betrokken is (dit is de werkwijze zoals gehanteerd in de workshops) en een expert op gebied van dijkmonitoring.
3. De scores worden aanvankelijk bepaald door iemand die goed bekend is met zowel het dijktraject als met dijkmonitoring. Vervolgens wordt dit besproken in het team van deskundigen dat bij het dijktraject betrokken is en worden de definitieve scores bepaald.
4. De scores worden vooraf bepaald door alle leden van het team van deskundigen dat bij het dijktraject betrokken is, waarna de verschillen besproken worden en de definitieve scores worden bepaald.

Bij de cases is niveau 2 toegepast, zie hoofdstuk 6. De discussies die daarbij ontstonden, met de handreiking als richtinggevende leidraad, leidden bij alle betrokkenen tot een beter begrip en inzicht in de situatie. Dit leek al een duidelijke meerwaarde te hebben ten opzichte van niveau 1, het solitair invullen van de beoordelingsmatrices door één of meer betrokkenen, zonder verdere interactie.

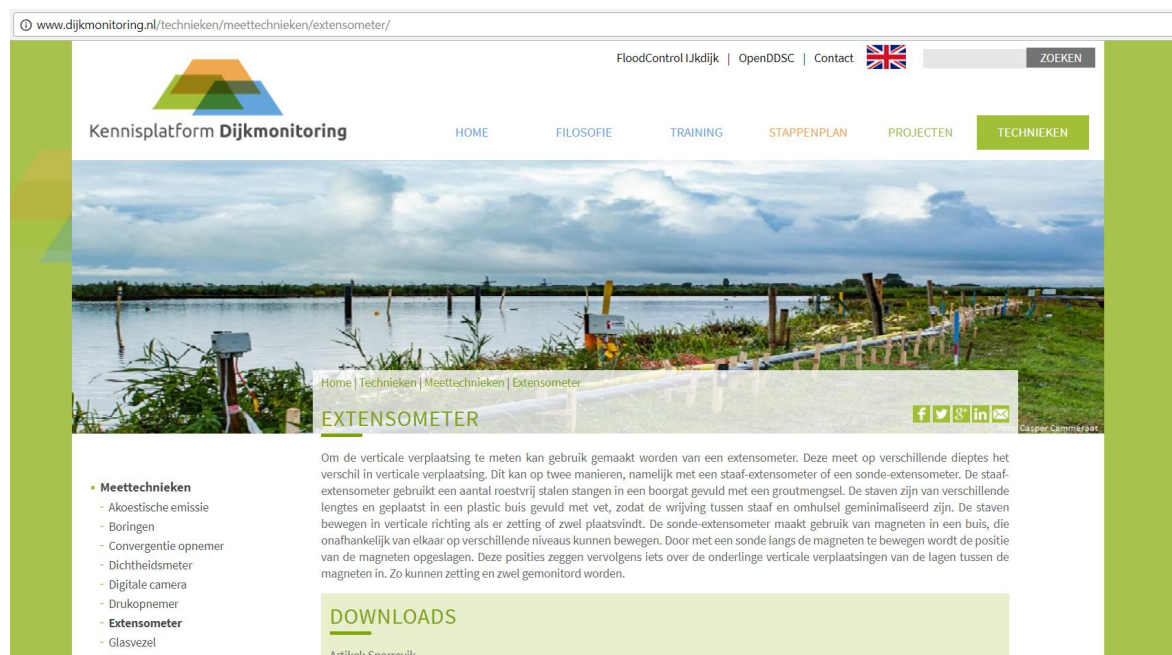
5.3 Gebruik door opdrachtgevers en beheerders voor de vraagspecificatie

Monitoring dient te worden ingezet om specifieke vragen ten aanzien van een constructie te beantwoorden (Van den Berg & Koelewijn, 2014). Het is de taak en verantwoordelijkheid van de opdrachtgever om de vragen te (laten) definiëren en vervolgens te beoordelen welke vorm van monitoring geschikt en voldoende is om de vraag op een doelmatige wijze te beantwoorden.

De beoordelingsmatrices zijn ontwikkeld voor de beoordeling van mogelijke dijkmonitoringsystemen op de doelmatigheid. Dat begint in principe met het vaststellen van het vereiste kwaliteitsniveau op elk kwaliteitsaspect gerelateerd aan specifieke doelstellingen. De beoordeling van concrete oplossingen kan daarna plaatsvinden. Andersom is het ook mogelijk om te starten met een basisontwerp en daarna met behulp van de beoordelingsmatrix te

bedenken op welke punten dit basisontwerp kan worden vereenvoudigd of moet worden verbeterd.

Om de informatiebehoefte te kunnen vertalen naar te overwegen monitoringssystemen dient de opdrachtgever / de beheerder uiteraard te weten welke mogelijkheden er in de markt beschikbaar zijn, en wat daarvan als 'state of the art' of als 'innovatief' kan worden beschouwd. Deze informatie is te vinden op de website dijkmonitoring.nl. De website bevat onder andere specifieke informatie over meettechnieken.



Figuur 5.1 Screenshot website dijkmonitoring.nl

5.4 Gebruik door ontwerpers, adviseurs en aannemers voor ontwerp monitoringsplan

De rol van ontwerpers van dijkmonitoringsoplossingen is om de informatiebehoefte van de opdrachtgever om te zetten in een basisconfiguratie die geschikt is om te meten wat gemeten moet worden en die voldoet aan het vereiste kwaliteitsprofiel. Het resultaat wordt door de ontwerper vastgelegd in een monitoringsplan, waarmee de opdrachtgever het ontwerp kan (laten) beoordelen. In paragraaf 3.3 is een eerste opsomming gegeven van de in een monitoringplan op te nemen onderwerpen.

Het is verstandig om bij de concrete invulling aan te sluiten op de beschikbare ervaring van de beheerder en ook gebruik te maken van andere ervaringen in de GWW sector, bijvoorbeeld CUR 223 Richtlijn meten en monitoren van bouwputten (2010).

Het monitoringsplan kan worden beoordeeld op geschiktheid en kwaliteit met behulp van de beoordelingsmatrices. De beoordelingsmatrices kunnen tevens door de ontwerpende partij worden gebruikt om de kwaliteit van verschillende varianten te bepalen en een selectie voor een voorkeursalternatief te maken. Door deze naast het gevraagde kwaliteitsprofiel te leggen kan tevens een indicatie worden verkregen van de verwachte beoordeling door de opdrachtgever.

5.5 Gebruik door leveranciers van sensoren en van monitoringssystemen

Het aantonen van de geschiktheid en technische kwaliteit van sensoren is de primaire rol van de sensorleverancier bij het indienen van het dijkmonitoringsplan. De kwaliteitsaspecten die door de leveranciers moeten worden aangetoond zijn met name:

- nauwkeurigheid (rekening houdend met een meetbereik afgestemd op realistische waarden, en de factory acceptance test (FAT), site acceptance test (SAT) en installatie);
- betrouwbaarheid (tijdige levering in relevante omstandigheden, robuustheid);
- controleerbaarheid (onafhankelijke cross-checks, tussentijdse ijking).

Dit betreft niet alleen de sensor, maar ook de installatie. De uitvoerige beoordelingsmatrix geeft daarom ook richtlijnen voor sensorleveranciers omtrent kwaliteitsaspecten van installatie en service. Per sensor dient te worden aangegeven welke installatiekeuzes zijn gemaakt en hoe deze leiden tot welke kwaliteitsklasse.

Het is de taak van leveranciers om de documentatie van de kwaliteitsborging te ontwikkelen volgens de beoordelingssystematiek. De aan te leveren informatie betreft installatieprotocollen, testresultaten van de gebruikte sensors en een service level agreement. Hierbij kan ook gebruik worden gemaakt van de principes gehanteerd bij de sensorvalidatietest in het IJkdijk-ontwikkelprogramma (De Vries et al., 2013ab).

Binnen de POV Macrostabiliteit is een protocol ontwikkeld voor de instrumentselectie en plaatsing van waterspanningsmeters (Hogervorst et al., 2018). Als onderdeel van de ontwikkeling van deze handreiking is een expertworkshop gehouden over de mogelijkheden van glasvezelmetingen in dijken (Koelewijn & Van der Meer, 2018). Vanwege de herkomst van een onmisbaar gedeelte van de besproken kennis is deze workshop in het Engels gehouden; een grotendeels Nederlandstalige samenvatting is weergegeven in bijlage G.

5.6 Gebruik voor verbetering interactie tussen betrokkenen

De interactie tussen de verschillende betrokkenen, zowel opdrachtgevers, ontwerpers, adviseurs, leveranciers als andere belanghebbenden uit verschillende fasen van de levenscyclus, zoals bereikt kan worden met workshops horend bij de hogere niveaus zoals beschreven in §5.2, is van groot belang voor een goed begrip van de informatiebehoefte voor de betreffende dijk en de informatie die het dijkmonitoringssysteem kan leveren.

Bij de workshops die in het kader van de ontwikkeling van deze Handreiking Life Cycle Monitoring zijn gehouden, kwam de waarde van deze interactie duidelijk naar voren.

6 Voorbeelden

6.1 Inleiding

De voorbeelden in dit hoofdstuk zijn opgenomen ter illustratie van de toepassing van deze Handreiking Life Cycle Monitoring en het gebruik van de beoordelingsmatrices. Er zijn vier voorbeelden, één voor elke fase uit de levenscyclus. Alle voorbeelden hebben weliswaar betrekking op macrostabiliteitsoplossingen, maar zijn uiteraard breder toepasbaar. Het eerste voorbeeld, betreffende de ontlastputten in het dijktraject Schoonhovense Veer - Langerak (SLA), betreft zelfs een oplossingsrichting die doorgaans eerder voor piping wordt toegepast.

De keuze van de voorbeelden sluit deels aan bij de referentieprojecten die in de POVM waren gedefinieerd. Daar zijn vervolgens voorbeelden uit de beheerfase en de fase na afkeuren bij gezocht. Drie van de vier voorbeelden zijn gebaseerd op telkens twee workshops die met de voorlopige versie van deze Handreiking zijn uitgevoerd. De resultaten hieruit zijn naderhand vertaald naar de huidige versie. Het vierde voorbeeld is uitgevoerd aan de hand van de nieuwe versie, zij het dat in de eerste workshop werd geconcludeerd dat deze case, in de beoordelingsfase, te beperkt van omvang is om een uitvoerige analyse zinvol te laten zijn.

De workshops zijn uitgevoerd volgens het tweede niveau zoals in §5.2 is gedefinieerd: de scores zijn bepaald in overleg met het team van (technisch) deskundigen dat bij het dijktraject betrokken is met vertegenwoordigers van opdrachtgever en opdrachtnemer. Nadere details van de oorspronkelijke invulling bij de workshops en een onderbouwing van de omzetting voor de drie voorbeelden die met de oude versie zijn ingevuld, zijn te vinden in de achtergrondrapportage bij deze handreiking (Koelewijn & Van der Meer, 2019).

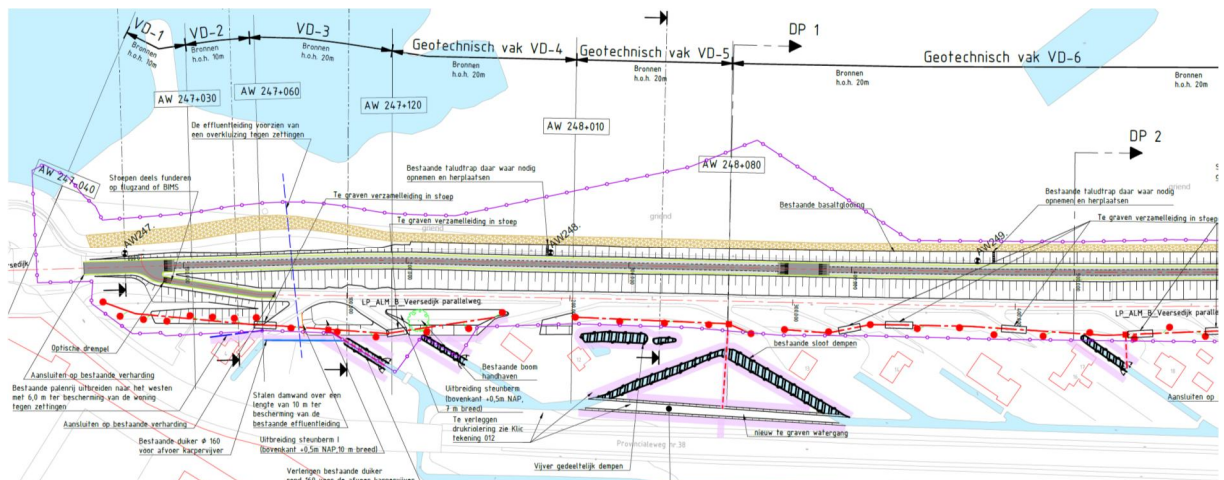
Voor drie van de vier dijktrajecten zijn twee workshops kort na elkaar gehouden, zodat de tweede workshop hoe dan ook goed voorbereid was door de deelnemers.

6.2 Gebruiksfase: Schoonhovense Veer – Langerak (SLA)

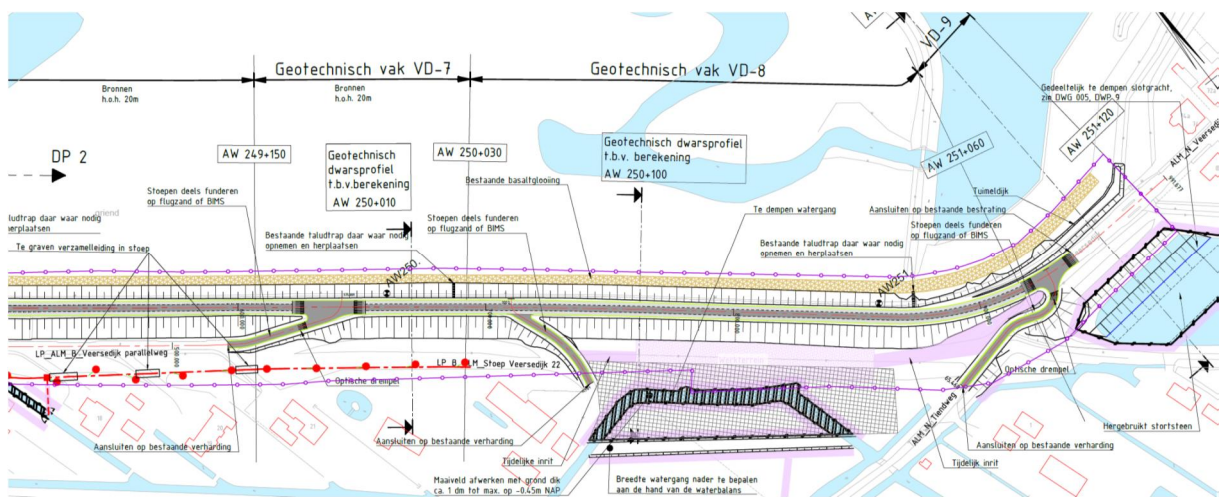
6.2.1 Beschrijving project

De dijkversterking Schoonhovense Veer – Langerak is hoofdzakelijk uitgevoerd in 2015. Deze dijkversterking is in belangrijke mate noodzakelijk geweest door de erosie van een kleilaag op de bodem van de Lek, waardoor de intredeweerstand voor enkele zandpakketten aanzienlijk is verlaagd. Hierdoor bleef er onvoldoende veiligheid tegen het faalmechanisme macrostabiliteit (met opdrijven) over. De versterking van de Veersedijk, uitgevoerd in de jaren '90 van de vorige eeuw, was daardoor niet meer toereikend.

Waterschap Rivierenland heeft aangedrongen op een innovatieve oplossing, omdat het aanleggen van brede steunbermen vanuit maatschappelijk, landschappelijk en cultuurhistorisch oogpunt ongewenst werd geacht. Er is gekozen voor een ontwerp waarbij de versterking voornamelijk bestaat uit een groot aantal ontlastputten die grondwater uit de zandlagen onder vrij verval lozen op de binnendijkse sloot. Bovenaanzichten voor de Veersedijk, met de putten aangegeven als dikke rode stippen en de verzamelleiding tussen de putten aangegeven met een verbindende gestreepte lijn zijn weergegeven in Figuur 6.1 en Figuur 6.2. Voorbij de vesting Nieuwpoort, aan de oostkant van de Veersedijk, is deze oplossing voortgezet tot aan het buurtschap De Waal. Op dat gedeelte is op enkele plaatsen een kleine grondaanvulling aangebracht.



Figuur 6.1 Ontwerp SLA voor Veersedijk-West



Figuur 6.2 Ontwerp SLA voor Veersedijk-Oost

De onderlinge afstand van de bronnen bedraagt volgens het ontwerp doorgaans 20 meter. De bronnen staan in het binnentalud of in de binnenteen. Het ontwerp is gebaseerd op een verfijning van het regionaal grondwatermodel 'Moria', waarvoor gebruik gemaakt is van metingen in 72 peilbuizen verdeeld over 13 meetraaien. Het hoogwater van 2011 maakt deel uit van de meetreeks. Ongeveer tien jaar geleden werd ontdekt dat de peilbuizen aanmerkelijk sterker reageerden dan in de jaren '80 en '90. Dit kon alleen worden begrepen uit de verandering in de bodemweerstand, hetgeen de aanleiding vormde tot de recente versterking.

Er zijn in totaal ongeveer 140 bronnen aangebracht. Op basis van tussentijdse pompproeven konden hier en daar enkele bronnen worden weggelaten, maar op enkele andere plaatsen moesten bronnen worden bijgeplaatst. Ook is het uitstroomniveau bij een aantal bronnen zo laag afgesteld dat deze ook onder dagelijkse omstandigheden al water leveren. De geohydrologische situatie is dusdanig dat de invloedszone van iedere bron slechts klein is; er is nauwelijks sprake van overlapping van de zones waarin de stijghoogte verlaagd is. Dat betekent in de praktijk dat als één bron uitvalt, dit wat betreft de stijghoogteverlaging nauwelijks door de naastgelegen bronnen zal worden opgevangen.

Iedere bron is aangesloten op een verzamelleiding waardoor het water wordt afgevoerd naar een verzamelput van waaruit het op de sloot wordt geloosd. Er zijn in totaal vier van dergelijke putten met vanuit iedere put twee verzamelleidingen. Voor het gedeelte Veersedijk is er één verzamelput. Overigens is het in principe eenvoudig mogelijk om iedere bron afzonderlijk van een bemaling te voorzien.

6.2.2 Monitoringsconfiguratie

De monitoring is hier ontworpen met de volgende doelen:

1. Verificatie van het geohydrologisch model
2. Alarmering, om de beheerder in actie te laten komen als het systeem faalt
3. Beheer, om bij dagelijkse omstandigheden te bepalen hoe snel veroudering optreedt, bijvoorbeeld door dichtvallen van de bronnen
4. Bepaling van de waterbelasting op het poldersysteem

De bronnen zijn uitgerust met peilbuizen, waarbij om en om niveaumeters zijn aangebracht. De helft van de circa 140 bronnen is dus voorzien van peilbuismetingen. Bij de andere bronnen zou dit gemakkelijk kunnen worden toegevoegd. Daarnaast zijn er enkele tientallen peilbuizen los van de bronnen aangebracht, in de meeste gevallen halverwege tussen twee bronnen in. Het totale aantal van deze peilbuizen is ongeveer vier keer zo klein als het aantal bronnen.

Voor elk van de instrumenten is een waarschuingswaarde en een alarmwaarde vastgesteld. Dit is voor de instrumenten in de bronnen gedaan op basis van zowel het geohydrologisch model als op basis van de stabiliteitsberekeningen (gebaseerd op gedraineerde berekeningen van vóór het WBI) en voor de andere instrumenten op basis van alleen de stabiliteitsberekeningen. Opgemerkt wordt dat er bij deze waarschuings- en alarmwaarden voor de instrumenten in de bronnen dus tweemaal sprake is van modelonzekerheid. De waarden zijn op pragmatische wijze vastgesteld met de mogelijkheid om deze te heroverwegen op basis van nieuwere metingen. Hoe deze waarden zijn vastgesteld bleek niet gedocumenteerd te zijn.

De verzamelputten zijn ieder voorzien van een debietmeter om te voldoen aan het vierde doel van de monitoring. Iedere debietmeter is dus aangesloten op in totaal 30 à 40 bronnen.

Het uitlezen van de instrumenten en de doorgifte van de metingen is ingepast in het systeem dat Waterschap Rivierenland hier al voor had. Daarbij wordt opgemerkt dat de hoeveelheid data uit dit specifieke systeem dat voor SLA is opgezet als erg groot wordt ervaren. Contractueel zijn de validatie van de data en ook het correctief onderhoud (vervanging van instrumenten die stuk gaan) bij het waterschap ondergebracht, voor het overige wordt het onderhoud uitgevoerd door de aannemer. De presentatie van de data kan zowel grafisch als tabellarisch plaatsvinden en gebeurt eveneens in een bestaand systeem dat draait bij Waterschap Rivierenland.

6.2.3 Eenvoudige beoordeling

De oplossing lijkt kwetsbaar voor verdere verslechtingen in de geohydrologische situatie. Daarbij geldt dat de vele instrumenten praktisch allemaal in dezelfde lijn in het dwarsprofiel staan, waardoor er betrekkelijk weinig informatie is over het verloop van de stijghoogte tussen rivierpeil en polderpeil. Voor de primaire doelstellingen gerelateerd aan het functioneren van de bronnen is dit geen probleem, maar voor een bredere beschouwing van de macrostabiliteit is dit niet optimaal.

Nadat de situatie in kaart is gebracht, is als quick scan de eenvoudige beoordelingsmatrix ingevuld. De samenvatting is weergegeven in Figuur 6.3. De volledige onderbouwing is terug te vinden in bijlage C (eerste twee pagina's). De juiste informatie ten aanzien van de risico's en fenomenen wordt verkregen en de metingen kunnen gebruikt worden voor relevante beslissingen, voor zover het gehanteerde geohydrologische model correct is en blijft. De metingen zijn tijdig beschikbaar (mits de waarschuingswaarden voldoende scherp zijn) en er zijn goede nulmetingen beschikbaar. Ook de gebruikswaarde wordt hoog geacht. Over de betrouwbaarheid van de informatie bestaat enige twijfel, niet ten aanzien van de robuustheid van het systeem, maar wel ten aanzien van de validatiemogelijkheden.

Eenvoudige beoordelingsmatrix laatste aanpassing: 31-Aug-18
 SLA gedeelte Veersedijk door: ARK

KWALITEITSASPECT		KWALITEITSKLASSE		
		Laag	Gemiddeld	Hoog
A	Juiste informatie			
B	Tijdig beschikbaar			
C	Gebruikswaarde			
D	Betrouwbare informatie			

Figuur 6.3 Resultaat beoordeling SLA met eenvoudige beoordelingsmatrix (onderbouwing in bijlage C, pagina 1-2)

Een algemene opmerking die naar voren kwam tijdens de eerste workshop betrof de onduidelijkheid ten aanzien van de gerealiseerde en benodigde meetnauwkeurigheid bij de waterspanningsmeters, rekening houdend met de plaatsingsnauwkeurigheid, de inmeting van de plaatshoogte, de instrumentnauwkeurigheid, de instrumentdrift en verplaatsing (zakking) van het instrument zelf.

6.2.4 Uitvoerige beoordeling

Vervolgens is in een tweede workshop de uitvoerige beoordelingsmatrix ingevuld. De samenvatting hiervan is weergegeven in Figuur 6.4. De onderbouwing van de scores voor elk onderdeel is te vinden in bijlage C, pagina 3 en 4. Destijds is niet vastgesteld wat voor elk onderdeel de vereiste score zou moeten zijn, dit is slechts voor een enkel punt expliciet aan de orde geweest. Zodoende kan niet worden vastgesteld of dit dijkmonitoringssysteem aan alle vereisten voldoet, of dat het daar op onderdelen ver bovenuit gaat. Over het geheel genomen zijn veel scores opvallend hoog te noemen. Door de deelnemers wordt dit in verband gebracht met de aandacht en zorg die in het recent afgeronde dijkversterkingsproject besteed is aan het dijkmonitoringssysteem.

Samenvatting scores uitvoerige beoordelingsmatrix SLA gedeelte Veersedijk		aanpassing:	31-Aug-18
		door:	ARK
		Score	Vereiste score
1	Informatiebehoefte dijkveiligheid		
1a	Signalering van de relevant geachte faalmechanismen	5	0
1b	Kans op nuttige bijvangst (andere fenomenen, omgeving, <i>unknown unknowns</i>)	1	0
1c	Robuustheid voor variaties in belasting, geometrie en ondergrondeigenschappen	4	0
1d	Meetprincipes (lokaal/direct vs. elders/indirect)	4	0
2	Tijdige beschikbaarheid		
2a	Kwaliteit meetreeks (beschikbaarheid nulmetingen, duur van de meetperiode)	5	0
2b	Signaleringssnelheid (van optreden fenomeen tot waarschuwing/alarmering)	5	0
2c	Instandhouding systeem (tijdige vervanging met analyse van de noodzaak daartoe)	3	0
3	Gebruikswaarde		
3a	Gebruiksgemak (heldere presentatie van gegevens per gebruikersgroep)	4	0
3b	Flexibiliteit en handelingsperspectief (vergroting mogelijkheden, ook buiten waterveiligheid)	1	0
3c	Projectbeheersing (risicoreductie en rendement op investering)	2	0
3d	Overdraagbaarheid van informatie (naar andere gebruikers in zelfde en volgende fase(n))	3	0
4	Betrouwbaarheid sensordata (ALLEEN WATERSPANNINGSMETERS)		
4a	Nauwkeurigheid (FAT, SAT, drift en verplaatsing)	3	0
4b	Beschikbaarheid (random uitval en uitval onder bijzondere omstandigheden)	3	3
4c	Controleerbaarheid (correlatie van meetwaarden tussen instrumenten)	3	0

Figuur 6.4 Samenvatting beoordeling SLA met uitvoerige beoordelingsmatrix

6.2.5 Conclusies

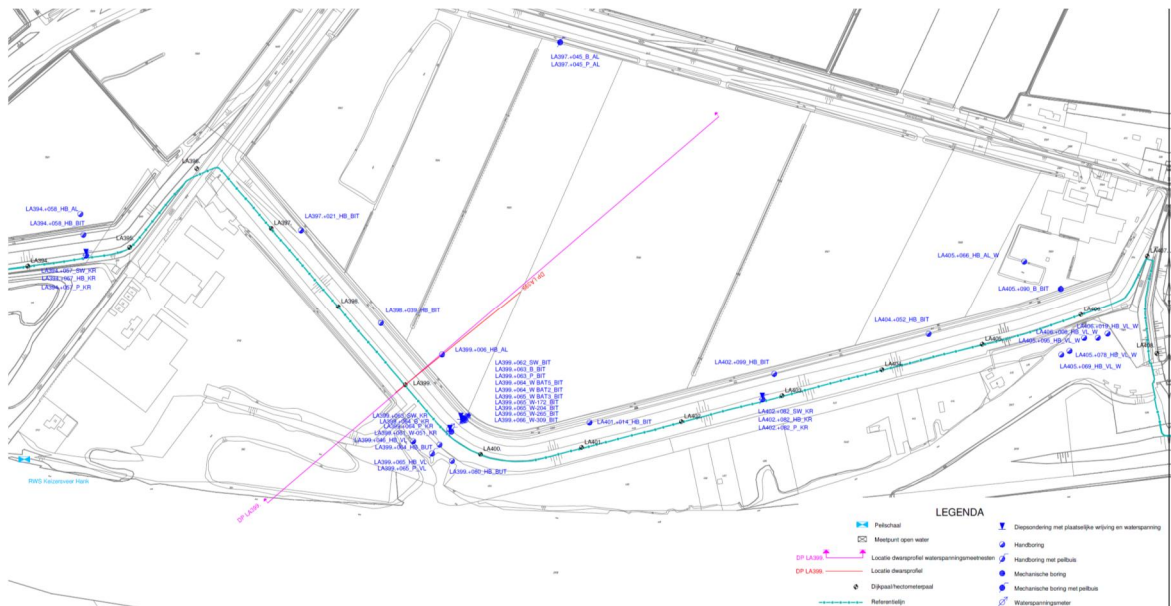
Het dijkmonitoringssysteem is goed tot zeer goed passend bij de voor de in dit project vooraf vastgestelde monitoringsdoelen. Wel worden aanzienlijk lagere scores behaald op aspecten waarbij mede naar andere faalmechanismen en mogelijke systeemveranderingen wordt gekeken. Geohydrologische systeemveranderingen die vergelijkbaar zijn met de veranderingen die de aanleiding hebben gevormd voor de recente dijkversterking, namelijk erosie van de rivierbodem, kunnen niet goed onderscheiden worden in het beheer van het huidige systeem. Eventueel optredende veranderingen vergen een uitbreiding van de instrumentatie en een nadere analyse om onderscheid te kunnen maken tussen het functioneren van de bronnen en bijvoorbeeld aanslibbing van de rivierbodem.

6.3 Beoordelingsfase: Peerenboom – Genderen (PEG)

6.3.1 Beschrijving project

Bij de toetsing van de veiligheid van de waterkeringen voor dijkkringgebied 24, het Land van Altena, in de derde toetsronde (2006-2011) is geconcludeerd dat enkele gedeeltes van het traject Peerenboom – Genderen, langs de Bergsche Maas, onvoldoende veiligheid kennen tegen binnenwaartse macrostabiliteit en piping [Waterschap Rivierenland, 2010]. Dit geldt onder andere voor het gedeelte tussen de A27 bij Hank en het Peerenboomsche Gat, waarvan een bovenaanzicht is getoond in Figuur 6.5.

In de rapportage wordt voor de stabiliteitsberekeningen met name gewezen op de grote onzekerheid ten aanzien van de sterkte van het aanwezige veen. Daarnaast is er ook sprake van grote onzekerheid in hoeverre de stijghoogte in de aanwezige tussenzandlagen beïnvloed wordt door de buitenwaterstand. Na deze conclusie, ondersteund door de resultaten uit VNK2, is dit dijkvak betrekkelijk hoog op de HWBP-lijst van te versterken dijkvakken geplaatst; de versterking was gepland voor 2018.



Figuur 6.5 Situatie Hank – Peerenboomsche Gat met grondonderzoekspunten

6.3.2 Monitoringsconfiguratie

In het voorjaar van 2014 is hier grondonderzoek uitgevoerd als eerste fase in de voorbereiding van een dijkversterking met HWBP-projectcode 22C. Op monsters uit 8 handboringen en 4 mechanische boringen zijn nadere proeven uitgevoerd. Er zijn in één dwarsprofiel (LA399+065) 3 peilbuizen, 3 BAT-sondes en 5 waterspanningsmeters geplaatst. De BAT-sondes zijn betrekkelijk snel weer verwijderd. Daarnaast is op één locatie een ‘losse’ peilbuis geplaatst (LA397+045, in het achterland) en zijn bij een andere locatie daarvoor de voorbereidingen getroffen bij de afwerking van een boorgat (LA402+082, in de kruin)

In de loop van 2016 is op grond van de beschikbare resultaten kwalitatief geconcludeerd dat het veiligheidstekort bij nader inzien, op basis van de ingewonnen gegevens, waarschijnlijk minder groot is dan aanvankelijk was verondersteld. Dit volgde mede uit de beperkte respons in een gedeelte van de zandlagen, al is er in de twee jaar waarin er is gemeten geen significant hoogwater gepasseerd. Daarop is de dijkversterking uitgesteld naar ongeveer 2030. Hierdoor is de financiële grond voor de monitoring vervallen – het valt immers niet meer onder een voorverkenning behorende bij een dijkversterking. Tegelijkertijd zijn de budgetten voor beheer te beperkt om een dijkvak als dit, dat vermoedelijk in beperkte mate niet aan de veiligheidseisen voldoet (of mogelijk wel voldoet) in deze mate te monitoren, laat staan om de monitoring te vervolgen met een tweede fase waarbij ook in enkele andere dwarsdoorsneden gericht monitoring wordt geplaatst om zo het gehele dijkvak (d.w.z. het grootste deel van de dijk zoals getoond in Figuur 6.5) opnieuw te kunnen beoordelen, nu met veel meer relevante informatie over de ondergrond.

6.3.3 Eenvoudige beoordeling

De situatie is eerst beoordeeld met de vernieuwde versie van de eenvoudige beoordelingsmatrix. Hierbij ontstond een discussie of deze beoordeling moest plaatsvinden voor de huidige situatie *onder de aanname dat er nog een vervolgfase zou worden uitgevoerd*, of dat de in de vorige paragraaf beschreven tweede fase geschrapt zou worden. De slotsom was dat een vervolgfase zou worden aangenomen, maar er is ook nagedacht over de score wanneer die vervolgfase geschrapt zou worden (NB: zonder een voorschot te nemen op de uitkomsten van die vervolgfase). De samenvatting hiervan is getoond in Figuur 6.6.

Eenvoudige beoordelingsmatrix PEG na fase vóór fase 2		aanpassing: 31-Aug-18 door: ARK				
KWALITEITSASPECT		KWALITEITSKLASSE			Toelichting bepalende aspecten	
		Laag	Gemiddeld	Hoog		
A	Juiste informatie				Begrip risico's en fenomenen	Koppeling met beslissing
B	Tijdig beschikbaar				Nulmeting(en)	Waarschuwingstijd
C	Gebruikswaarde				Risicoreductie	Opportuniteitsvergroting
D	Betrouwbare informatie				Data-validatie (cross-checks)	Robuustheid

Figuur 6.6 Resultaat beoordeling PEG met eenvoudige beoordelingsmatrix (voor onderbouwing zie bijlage D)

Over het geheel genomen wordt een goede score behaald: er is sprake van een goede, effectieve monitoring. Dat blijkt ook uit het feit dat de gestelde doelen lijken te worden gehaald: er is meer duidelijkheid verkregen over het veiligheidsoordeel, zelfs zoveel dat de prioritering van de versterking van dit afgekeurde dijkvak ingrijpend is aangepast. Dat heeft ook geleid tot de enige lage score op een onderdeel, namelijk een '0' bij het aspect 'Gebruikswaarde', bij het onderdeel 'Opportuniteitsvergroting'. Er is geen sprake meer van een project, geen gebruiker, en daardoor ook geen vergroting van de projectmogelijkheden.

Het getoonde resultaat is behaald onder de aanname dat deze eerste fase opgevolgd wordt door een fase waarin de betekenis van de uitkomsten voor één dwarsdoorsnede voor het gehele dijkvak wordt onderzocht (door onderzoeken en waar mogelijk uitsluiten van scenario's en het scherper krijgen van representatieve parameters). Wanneer er geen tweede fase komt, dan kan voor het kwaliteitsaspect 'Juiste informatie', onderdeel 'Koppeling met beslissing' (A2) slechts een score van 0,5 worden toegekend, waardoor de kwaliteitsklasse terugvalt naar de middelste klasse (geel). Ook kan dan voor het kwaliteitsaspect 'Betrouwbare informatie', onderdeel 'Data-validatie (cross-checks)' (D1) slechts een score van 0,5 worden toegekend, zodat ook deze kwaliteitsklasse omlaag gaat naar de middelste klasse (geel). Het overzicht ziet er dan veel minder goed uit.

Na de eenvoudige beoordeling is geconcludeerd dat het bij een dergelijke bescheiden projectomvang afdoende kan zijn om alleen de eenvoudige beoordelingsmatrix toe te passen.

6.3.4 Conclusies

Voor deze case kan worden geconcludeerd dat er een betrekkelijk bescheiden, maar waardevol dijkmonitoringssysteem voor deze fase van de levenscyclus ('na afkeuren') is aangebracht, hetgeen ook blijkt uit het uitstel van de dijkversterking met ongeveer 12 jaar. De score voor het dijkmonitoringssysteem wordt echter beduidend minder goed wanneer er geen verdere opvolging wordt gegeven aan de huidige monitoring.

6.4 Ontwerpfase: Krachtige IJsseldijk Krimpenerwaard (KIJK)

6.4.1 Beschrijving project

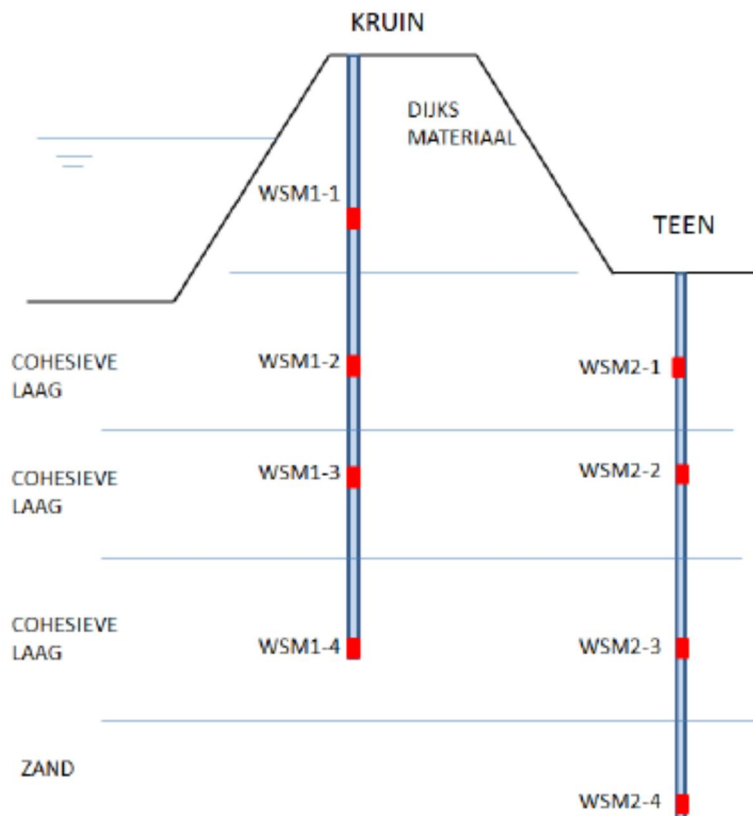
In de derde toetsronde bleek circa 10 km van de dijk langs de Hollandse IJssel, aan de zijde van de Krimpenerwaard, tussen Gouderak en Krimpen aan de IJssel, niet te voldoen aan de veiligheidsnorm. Ondertussen werd een aanscherping van de veiligheidsnorm voorbereid en bovendien een aanpassing van de beoordelingsmethode. In het kader van het ontwerp van de dijkversterking voor deze "Krachtige IJsseldijken Krimpenerwaard" (KIJK) zijn onder meer de uitgangspunten en de scope van het project opnieuw beschouwd (Weijland & Stoop, 2016; Stuij et al., 2016). Vrijwel het gehele beschouwde traject is daarbij als onvoldoende beoordeeld. Daarbij vormt het faalmechanisme binnenwaartse macrostabiliteit verreweg het

grootste probleem. Het dijkversterkingsproject KIJK was bij de beoordeling nog in een betrekkelijk vroeg gedeelte van de ontwerpfase.

6.4.2 Monitoringsconfiguratie

Voor het project KIJK wordt relatief veel inspanning verricht op het gebied van actuele sterkte en probabilistische analyses. Het cluster 'Nauwkeuriger rekenmethodieken' binnen de POV Macro stabiliteit heeft zich met het project 'Beter benutten actuele sterkte' gericht op de analyse van enkele delen van het traject, waarbij gebruikmakend van historische gegevens tot een scherper oordeel kon worden gekomen (Visschedijk & Van der Krogt, 2017). De meeste ervaringen hieruit zijn overigens verwerkt in een algemeen toepasbare handreiking voor dergelijke analyses (Kanning & Schweckendiek, 2016).

Parallel aan deze ontwikkeling is een viertal dwarsdoorsnedes met grotendeels waterspanningsmeters geïnstumenteed om daarmee de respons op met name de wisselingen in de buitenwaterstand te monitoren (Stuij et al., 2016). Een principeschets is weergegeven in Figuur 6.7. De meetraaien bevinden zich ter plaatse van HMP 25.5+50, 29.5+40, 31.9+40 (BAT-sondes, alleen onder de kruin) en 35.8+80 (onder de kruin) / 35.9+00 (onder de teen). Er zijn in totaal 28 instrumenten (waterspanningsmeters) toegepast.



Figuur 6.7 Principeschets van de meetopstelling van waterspanningsmeters (geïllustreerd voor dwarsprofiel HMP 25.5+50)

De waterspanningsmetingen zijn begin 2016 gestart en worden dagelijks geüpload naar een via het internet toegankelijke locatie. Na enkele maanden zijn er enkele waterspanningsmeters bijgeplaatst, deels ter vervanging van defecte exemplaren en deels ter completering van de meetreeks.

6.4.3 Eenvoudige beoordeling

Er is eerst een quick scan uitgevoerd met behulp van de eenvoudige beoordelingsmatrix. De samenvatting van de uitkomst is weergegeven in Figuur 6.8. De scores op de beide vragen per kwaliteitsaspect en de motivatie zijn te vinden in bijlage E, pagina 1.

Eenvoudige beoordelingsmatrix KIJK - 4 Fugro-raaien		aanpassing: 30 augustus 2017 door: ARK				
KWALITEITSASPECT		KWALITEITSKLASSE			Toelichting bepalende aspecten	
		Laag	Gemiddeld	Hoog		
A	Juiste informatie				Begrip risico's en fenomenen	Koppeling met beslissing
B	Tijdig beschikbaar				Nulmeting(en)	Waarschuwingstijd
C	Gebruikswaarde				Risicoreductie	Opportuniteitsvergroting
D	Betrouwbare informatie				Data-validatie (cross-checks)	Robuustheid

Figuur 6.8 Resultaat beoordeling KIJK met eenvoudige beoordelingsmatrix

Op de meeste kwaliteitsaspecten wordt een middenscore behaald. De hoge score op 'tijdige beschikbaarheid' is te verklaren vanuit het doel van deze monitoring, namelijk het aanscherpen van parameterwaarden voor het ontwerp, zodat het ruimschoots voldoende is dat de data eenmaal per etmaal wordt geleverd.

6.4.4 Uitvoering beoordeling

Vervolgens is een meer gedetailleerde beoordeling uitgevoerd met behulp van de meer gedetailleerde scoringsmatrix. De samenvatting hiervan is weergegeven in Figuur 6.9. De onderbouwing van de scores per onderdeel is te vinden in bijlage E, pagina 2 en 3. Voor deze case is niet bepaald wat de vereiste score per onderdeel zou moeten zijn, zodat ook niet onderbouwd kan worden in hoeverre dit systeem aan de vereisten voldoet.

Samenvatting scores uitvoering beoordelingsmatrix KIJK - 4 Fugro-raaien		aanpassing: 30-Aug-17 door: ARK	
		Score	Vereiste score
1	Informatiebehoefte dijkeiligheid		
1a	Signalering van de relevant geachte faalmechanismen	3	0
1b	Kans op nuttige bijvangst (andere fenomenen, omgeving, <i>unknown unknowns</i>)	1	0
1c	Robuustheid voor variaties in belasting, geometrie en ondergrondeigenschappen	1	0
1d	Meetprincipe (lokaal/direct vs. elders/indirect)	2	0
2	Tijdige beschikbaarheid		
2a	Kwaliteit meetreeks (beschikbaarheid nulmetingen, duur van de meetperiode)	3	0
2b	Signaleringssnelheid (van optreden fenomeen tot waarschuwing/alarmering)	1	0
2c	Instandhouding systeem (tijdige vervanging met analyse van de noodzaak daartoe)	3	0
3	Gebruikswaarde		
3a	Gebruiksgemak (heldere presentatie van gegevens per gebruikersgroep)	3	0
3b	Flexibiliteit en handelingsperspectief (vergroting mogelijkheden, ook buiten waterveiligheid)	1	0
3c	Projectbeheersing (risicoreductie en rendement op investering)	2	0
3d	Overdraagbaarheid van informatie (naar andere gebruikers in zelfde en volgende fase(n))	3	0
4	Betrouwbaarheid sensordata (systeem als geheel)		
4a	Nauwkeurigheid (FAT, SAT, drift en verplaatsing)	2	0
4b	Beschikbaarheid (random uitval en uitval onder bijzondere omstandigheden)	2	0
4c	Controleerbaarheid (correlatie van meetwaarden tussen instrumenten)	2	0

Figuur 6.9 Samenvatting beoordeling KIJK met uitvoering beoordelingsmatrix

Bij nadere beschouwing worden wisselende scores gehaald binnen de meeste kwaliteitsaspecten. Nergens wordt een score boven de 3 gehaald, maar er worden bij de eerste drie

kwaliteitsaspecten ook telkens scores van 1 gehaald. Dit heeft voor een deel te maken met de wijze waarop het dijkmonitoringssysteem is ingestoken en voor een deel met de manier waarop met het dijkmonitoringssysteem wordt omgegaan. Het huidige systeem zou met kleine aanpassingen, met name in organisatorische zin, aanzienlijk verbeterd kunnen worden. Concrete verbeteringen betreffen vaker kijken of de data wel binnenkomt, en kijken of de meetwaarden aannemelijk zijn. Daarbij geldt echter ook dat de meeste van de mogelijke aanpassingen voor het beoogde monitoringsdoel niet relevant zouden zijn. Het grootste bezwaar vormt het gebrek aan mogelijkheden om de gemeten stijghoogten te valideren. Dit werd al bij de eenvoudige beoordeling geconstateerd.

Omdat er alleen waterspanningsmeters zijn toegepast, is een uitsplitsing naar sensortype voor het laatste kwaliteitsaspect niet aan de orde.

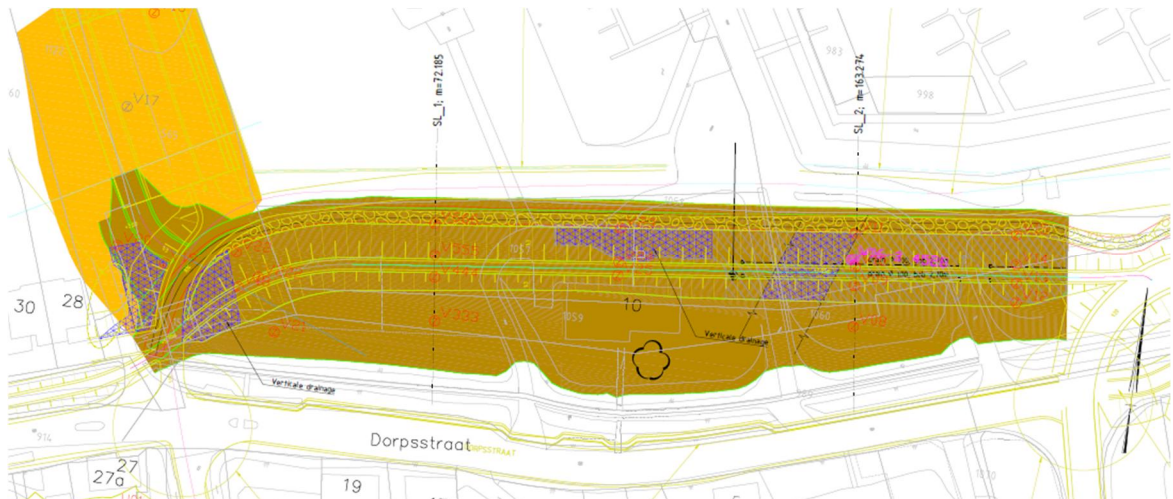
6.4.5 Conclusies

- Er bestaat onzekerheid over de juistheid van de gemeten drukhoogten, waarbij geldt dat validatie niet goed mogelijk is.
- Voor het overige is er sprake van een dijkmonitoringssysteem dat op zich goed voldoet voor het doel waarvoor het is ontwikkeld.
- Daarnaast is geconstateerd dat het met de beschikbare apparatuur betrekkelijk eenvoudig zal zijn om het dijkmonitoringssysteem aan te passen tot een systeem dat ook bij dreigende hoogwatercalamiteiten zou kunnen worden ingezet (vooropgesteld dat de metingen voldoende betrouwbaar zijn).

6.5 Uitvoeringsfase: Kinderdijk – Schoonhovense Veer (KIS)

6.5.1 Beschrijving project

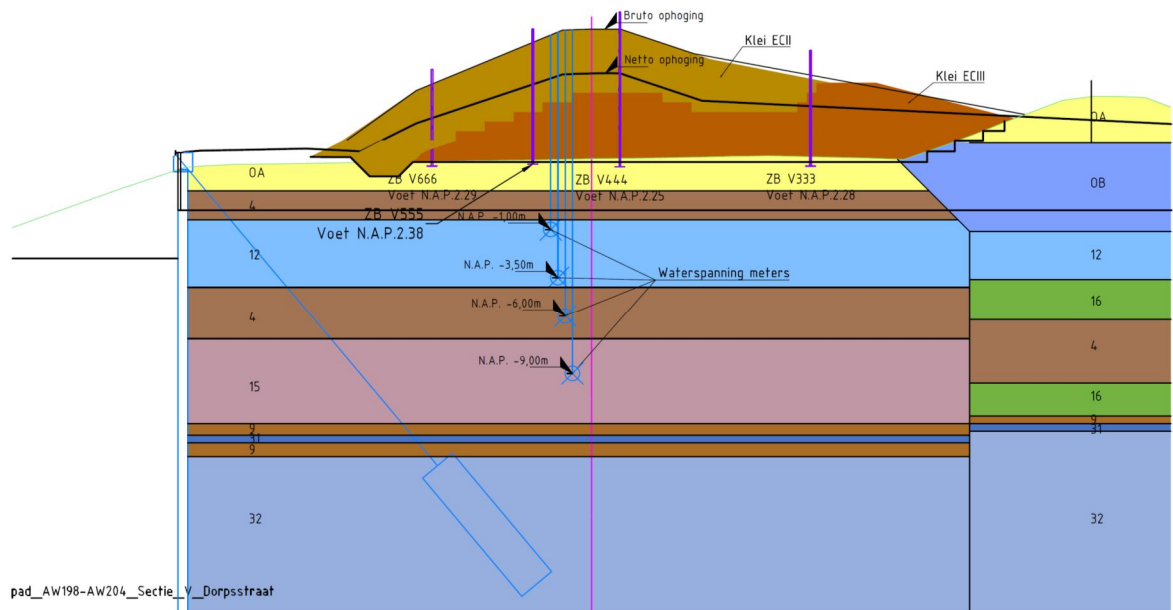
Het voor deze fase geselecteerde dijkvak betreft Sectie V van het dijkversterkingsproject Kinderdijk – Schoonhovense Veer. Dit is de zogenoemde Klimaatdijk bij Streefkerk. Het gaat hier om een buitenwaartse versterking met een relatief grote bruto ophoging van circa 10 m die in circa 1,5 jaar wordt gerealiseerd. Het vak is in te delen in twee secties: een sectie met en een sectie zonder verticale drains. In de laatste zijn drains achterwege gelaten in verband met de aanwezigheid van puin in de ondergrond. Een bovenaanzicht is gegeven in Figuur 6.10. Op het moment van beoordeling (november 2016) waren de ophoogwerkzaamheden bij dit vak stilgelegd in verband met het gesloten seizoen.



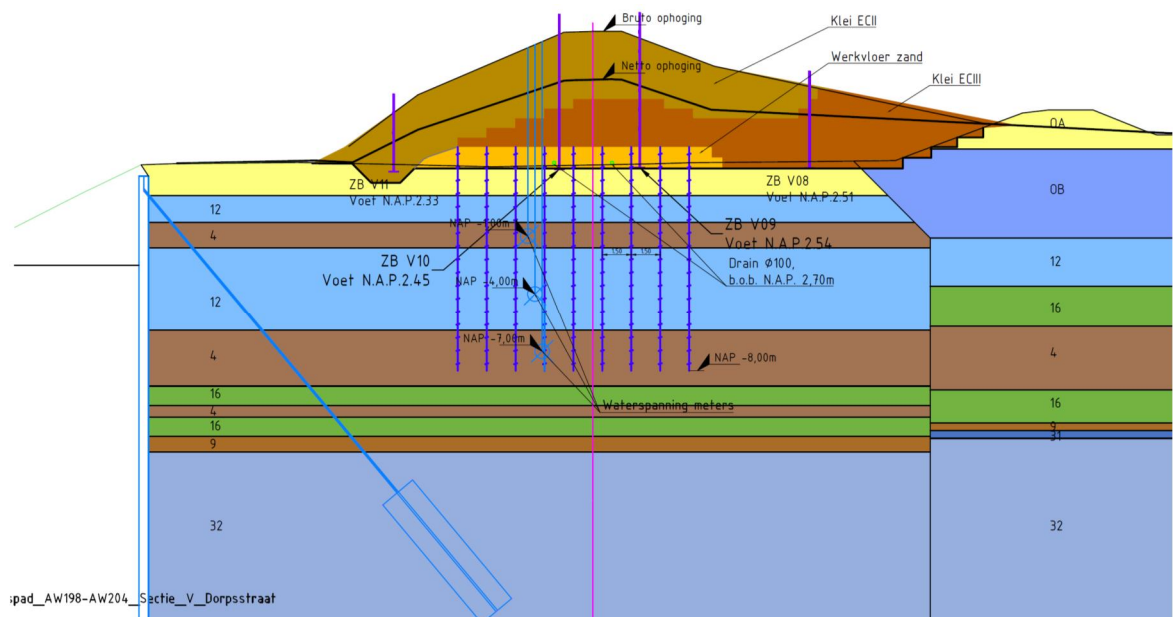
Figuur 6.10 Bovenaanzicht Klimaatdijk bij Streefkerk

In het bovenaanzicht zijn de twee onderscheiden representatieve dwarsprofielen aangegeven:

- Profiel SL1 in de sectie zonder verticale drains, aangegeven in Figuur 6.11. De bruto ophoging op het moment van beoordelen bedraagt circa 4,0 m, na de winter is hier nog circa 3,7 m op te hogen.
- Profiel SL2 in de sectie met verticale drains, aangegeven in Figuur 6.12. De bruto ophoging op het moment van beoordelen bedraagt circa 4,3 m, na de winter is hier nog circa 3,0 m op te hogen.



Figuur 6.11 Dwarsprofiel SL1 (zonder verticale drainage) inclusief bodemopbouw en instrumentatie



Figuur 6.12 Dwarsprofiel SL2 (met verticale drainage) inclusief bodemopbouw en drainage

De damwand heeft een positief effect op de (uitvoerings-)stabiliteit van het grondlichaam: alle maatgevende glijvlakken zijn hierdoor relatief ondiep en treden uit in de buitenteen van de nieuwe ophoging.

Ter vergelijking is ook het aangrenzende vak W bij de beoordeling betrokken. Dat is een gewone buitendijkse versterking zonder damwand, met alleen waterspanningsmeters en zakkaken en een verwaarloosbaar geachte kans op squeezing.

6.5.2 Monitoringsconfiguratie

Bij dit project worden de volgende doelen worden nagestreefd door middel van monitoring:

1. Stuurinformatie ten behoeve van de ophoogwerkzaamheden: stabiliteit en zettingen.
Beslissing: al dan niet vrijgave voor volgende ophoogslag van 1,0 m (in verband met de benodigde verdichting wordt deze aangebracht in twee slagen van elk 0,5 m).
2. Veiligheidsinformatie ten tijde van het gesloten seizoen (het werk ligt stil, maar er wordt wel doorgemeten en wanneer een bepaalde waterstand overschreden dreigt te worden, worden eventueel noodzakelijke maatregelen getroffen, zoals het tijdelijk verwijderen van een deel van de ophoging).
3. In kaart brengen van de omgevingsrisico's. Dit speelt alleen een rol bij het pand Dorpsstraat 28. Daar is een aparte voorziening getroffen in de vorm van een handmatig uitgelezen hellingmeetbuis.

Monitoring over de gehele levenscyclus blijkt hier niet op planmatige wijze aan de orde te zijn: er is geen nulmeting en er is geen handhaving van de aangebrachte monitoring na oplevering, al kan de in deze uitvoeringsfase verzamelde data in de toekomst mogelijk nog wel van nut zijn, ook zonder voortzetting van de meetreeks. De uiteindelijk gerealiseerde monitoringsconfiguratie is uitgebreider dan de oorspronkelijke aanbieding. De meeste monitoringspunten staan in of vlakbij de representatieve dwarsprofielen (zie ook Figuur 6.11 en Figuur 6.12):

- SL1: 4 zakkaken en waterspanningsmeters op 4 diepten bij de zakbaak in de buitenkruinlijn
- SL2: 4 zakkaken en waterspanningsmeters op 3 diepten bij de zakbaak in de buitenkruinlijn

Zakkaken:

Er zijn 3 tot 4 zakkaken per raai, ter plaatse van: buitenteen, knikpunt buitentalud, buitenkruinlijn en binnenkruinlijn. De raaien liggen h.o.h. 40 m. De zakkaken zijn op het maaiveld geplaatst vóór aanvang van de ophoogwerkzaamheden. Deze worden wekelijks met GPS ingemeten door landmeters, dus de ruis in de tijdreeks kan enkele decimeters bedragen. Bovendien duurt het om planningstechnische redenen soms tot anderhalve week na een ophoging voordat een nieuwe meting wordt uitgevoerd, hoewel in het monitoringsplan wel is voorgeschreven om binnen 1 dag na een ophoging te meten.

Waterspanningsmeters:

De waterspanningsmeters staan ter plaatse van 2 zakbaaklocaties in de buitenkruinlijn, op meerdere dieptes (4 stuks bij SL1 en 3 stuks bij SL2). Deze zijn geplaatst na het aanbrengen van een drainagelaag van 1 meter dikte en na het plaatsen van de drains. Er is dus geen nulmeting. De metingen worden iedere 10 minuten gedaan. Elke ochtend komt om 8:00 uur een update van de meetdata beschikbaar via een portal. Er is een goedkoop type waterspanningsmeter gebruikt met een maximale meetfout van 25 cm (0,25% van het meetbereik van 1000 kPa). De instrumenten zijn geplaatst aan een gasbuis, zodat het instrument mogelijk sneller zakt dan zijn directe omgeving als gevolg van negatieve kleeft

langs de buis (met als potentieel voordeel dat de positie van de sensor tijdens de monitoring nog kan worden gemeten).

Hellingmeetbuizen:

Alleen in hoekje bij het door de ophoging in potentie bedreigde pand Dorpstraat 28 is een hellingmeetbuis aangebracht. Dit valt buiten de beschouwde referentieprofielen. Verdere hellingmeetbuizen zijn niet nodig geacht in verband met de stabiliserende invloed van de damwand.

Visuele inspecties:

Visuele inspecties vinden plaats door de landmeter bij de opname van de zakbaken en het inmeten van de panden. Hier is echter geen specifieke instructie voor gegeven. Daarnaast vindt via de omgevingsmanager terugmelding plaats van observaties van omwonenden.

Aanvullende informatie ten tijde van de beoordelingssessies:

De opgetreden zetting bedroeg begin november 2016 slechts 2/3 van de oorspronkelijke zettingsverwachting, op het moment dat ongeveer 4 van de 7 m netto ophoging was gerealiseerd. Daarbij is de ruis-term in verband met heterogeniteit geschat op circa 0,25 m. De meetonnauwkeurigheid in de plaatshoogte en de modelonnauwkeurigheid zijn echter buiten beschouwing gelaten.

6.5.3 Eenvoudige beoordeling

Er is eerst een quick scan uitgevoerd met behulp van de eenvoudige beoordelingsmatrix. De samenvatting van de uitkomst is weergegeven in Figuur 6.13. De scores op de beide vragen per kwaliteitsaspect en de motivatie zijn te vinden in bijlage F, pagina 1.

Eenvoudige beoordelingsmatrix		aanpassing: 30-Aug-18			
Dijkversterking KIS, vak V (klimaatdijk)		door: ARK			
KWALITEITSASPECT	KWALITEITSKLASSE			Toelichting bepalende aspecten	
	Laag	Gemiddeld	Hoog		
A	Juiste informatie			Begrip risico's en fenomenen	Koppeling met beslissing
B	Tijdig beschikbaar			Nulmeting(en)	Waarschuwingstijd
C	Gebruikswaarde			Risicoreductie	Opportuniteitsvergroting
D	Betrouwbare informatie			Data-validatie (cross-checks)	Robuustheid

Figuur 6.13 Resultaat beoordeling KIS met eenvoudige beoordelingsmatrix

Het monitoringsysteem is op het eerste gezicht redelijk tot goed te noemen. Een belangrijk minpunt betreft het gebrek aan nulmetingen (metingen van voor de eerste ophoging). Wel zijn de metingen snel beschikbaar en er kunnen snel en goed onderbouwd aanpassingen van het ophoogschema worden doorgevoerd, waardoor optimalisaties op basis van het werkelijke zettingsverloop goed mogelijk zijn. Doordat de waterspanningsmeters bij zakbaken zijn geplaatst, is een goede cross-validatie mogelijk.

6.5.4 Uitvoerige beoordeling

Vervolgens is een meer gedetailleerde beoordeling uitgevoerd met behulp van de meer gedetailleerde scoringsmatrix. De samenvatting hiervan is weergegeven in Figuur 6.14. De onderbouwing van de scores per onderdeel is te vinden in bijlage F, pagina 2 t/m 4. Er is ook voor deze case niet bepaald wat de vereiste score per onderdeel zou moeten zijn, zodat ook niet onderbouwd kan worden in hoeverre dit systeem aan de vereisten voldoet.

Samenvatting scores uitvoerige beoordelingsmatrix <i>Dijkversterking KIS, vak V (klimaatdijk)</i>		aanpassing: 30-Aug-18 door: ARK	
		Score	Vereiste score
1	Informatiebehoefte dijkveiligheid		
1a	Signalering van de relevant geachte faalmechanismen	2	0
1b	Kans op nuttige bijvangst (andere fenomenen, omgeving, <i>unknown unknowns</i>)	2	0
1c	Robuustheid voor variaties in belasting, geometrie en ondergrondeigenschappen	3	0
1d	Meetprincipes (lokaal/direct vs. elders/indirect)	3	0
2	Tijdige beschikbaarheid		
2a	Kwaliteit meetreeks (beschikbaarheid nulmetingen, duur van de meetperiode)	1	0
2b	Signaleringssnelheid (van optreden fenomenen tot waarschuwing/alarmering)	4	0
2c	Instandhouding systeem (tijdige vervanging met analyse van de noodzaak daartoe)	3	0
3	Gebruikswaarde		
3a	Gebruiksgemak (heldere presentatie van gegevens per gebruikersgroep)	4	0
3b	Flexibiliteit en handelingsperspectief (vergroting mogelijkheden, ook buiten waterveiligheid)	4	0
3c	Projectbeheersing (risicoreductie en rendement op investering)	4	0
3d	Overdraagbaarheid van informatie (naar andere gebruikers in zelfde en volgende fase(n))	2	0
4	Betrouwbaarheid sensordata (systeem als geheel)		
4a	Nauwkeurigheid (FAT, SAT, drift en verplaatsing)	2	0
4b	Beschikbaarheid (random uitval en uitval onder bijzondere omstandigheden)	3	0
4c	Controleerbaarheid (correlatie van meetwaarden tussen instrumenten)	3	0
4-1	Betrouwbaarheid voor sensortype 1: waterspanningsmeters		
4a1	Nauwkeurigheid (FAT, SAT, drift en verplaatsing)	2	0
4b1	Beschikbaarheid (random uitval en uitval onder bijzondere omstandigheden)	3	0
4c1	Controleerbaarheid (correlatie van meetwaarden tussen instrumenten)	3	0
4-2	Betrouwbaarheid voor sensortype 2: zakbaken		
4a2	Nauwkeurigheid (FAT, SAT, drift en verplaatsing)	3	0
4b2	Beschikbaarheid (random uitval en uitval onder bijzondere omstandigheden)	3	0
4c2	Controleerbaarheid (correlatie van meetwaarden tussen instrumenten)	3	0

Figuur 6.14 Samenvatting beoordeling KIS met uitvoerige beoordelingsmatrix

In grote lijnen komt de tevredenheid over de snelheid en de waarde van het dijkmonitoringssysteem voor de primaire gebruikers wel naar voren in de relatief hoge scores voor de onderdelen 2b, 3a, 3b en 3c. Daarentegen blijkt ook het effect van het ontbreken van goede nulmetingen: voor het onderdeel 'kwaliteit meetreeks' (2a) wordt een lage score behaald. Bij deze beoordeling kon onderscheid worden gemaakt naar de verschillende typen instrumenten die zijn toegepast; waterspanningsmeters en zakbaken. De kwaliteit van beide systemen ontloopt elkaar niet veel.

6.5.5 Conclusies

Er is sprake van een voor de gebruikers waardevol systeem, dat echter belangrijke tekortkomingen kent door het ontbreken van goede nulmetingen.

Bij de onderlinge vergelijking van de resultaten van de eenvoudige en de uitvoerige beoordelingsmatrices valt het op dat het eerste kwaliteitsaspect, over de informatiebehoefte, bij een nadere uitsplitsing op onderdelen en motivatie daarbij een stuk lager scoort dan bij de eerste indruk. In hoeverre dit een probleem vormt, hangt echter af van de projectspecifieke vereisten.

7 Referenties

Van den Berg & Koelewijn, 2014

Frans P.W. van den Berg & André R. Koelewijn, *Monitoringsfilosofie voor de Nederlandse waterkeringen*, *Geotechniek* **18**(3):30-34.

Van den Berg et al., 2015

Frans van den Berg, Meindert Van, Jasper van de Hoef, Wijnand Jelier, Ellen Roks, Dirk van Schie & Ruud Termaat, *Projectoverstijgende Verkenning Macrostabieliteit, Plan van Aanpak*, Waterschap Rivierenland, Tiel, mei 2015, 86 pp.

Bles et al., 2015

Thomas Bles, Joost Bredeveld & Willy Peelen, *Verlichten vervangingsopgave natte kunstwerken door monitoring*, *Natte Kunstwerken van de Toekomst*, Deltares – TNO – Marin, Delft, december 2015, 32 pp.

CUR 223, 2010

CUR-rapport 223, *Richtlijn Meten en Monitoren van bouwputten – Instrument voor kwaliteits- en risicomanagement*, Stichting CURNET, Gouda, 2010.

Dunnicliff, 1988

J. Dunnicliff, *Geotechnical Instrumentation for Monitoring Field Performance*, Wiley, New York, 1988, 577 pp.

Dunnicliff, 1999

J. Dunnicliff, *Systematic approach to planning monitoring programs using geotechnical instrumentation: An update*, *Field Measurements in Geomechanics* (red. Leung, Tan & Phoon), Balkema, Rotterdam, 1999. ISBN 90-5809-066-3.

Hanks et al., 2009

Thomas C. Hanks, Norm A. Abrahamson, David M. Boore, Kevin J. Coppersmith & Nichole E. Knepprath, *Implementation of the SSHAC Guidelines for Level 3 and 4 PSHAs – Experience gained from actual applications*, U.S. Geological Survey, Reston, Virginia, 2009, v+66 pp.

Hogervorst, 2018

F. Hogervorst, *Protocol plaatsing waterspanningsmeters*, concept-rapportage 1417-0042-000.R02, Fugro, Leidschendam, 8 januari 2018, 82 pp.

Hopman et al., 2011

Victor Hopman, Pauline Kruiver, André Koelewijn & Ton Peters, *How to create a smart levee*, *Proceedings 8th International Symposium on Field Measurements in Geomechanics*, Berlijn, 12-16 september 2011, 12 pp.

Kernteam POVM, 2015

Kernteam POVM, *Project Overstijgende Verkenning Macrostabieliteit (POVM), Oplegnotitie Plan van Aanpak*, 19 mei 2015, 11 pp.

Koelewijn & Van der Meer, 2018

A.R. Koelewijn & M.T. van der Meer, *The use of fibre optics in water retaining structures – report of an expert workshop*, rapportage 1230123-010-GEO-0004, Projectoverstijgende Verkenning Macrostablieiteit, Cluster Monitoring van Sterkte, Project 3.2A4, Tiel, augustus 2018, 190 pp.

Koelewijn & Van der Meer, 2019

A.R. Koelewijn & M.T. van der Meer, *Achtergrondrapportage Handreiking Life Cycle Monitoring*, rapportage 1230123-010-GEO-0003, Projectoverstijgende Verkenning Macrostablieiteit, Cluster Monitoring van Sterkte, Project 3.2A4, Tiel, maart 2019.

Lassing, 2017

Babette Lassing, *Monitoring hydraulic structures with fiber optic*, TNO, Delft, september 2017, 24 pp.

Ng & Oswald, 2010

Gordon Ng & Kyle Oswald, *Levee monitoring system, better management through better information*, CEE 180: Engineering Systems, april 2010, 1-12.

Peck, 1972

Ralph B. Peck, *Observation and instrumentation. Some elementary considerations*. Highway Focus **4**(2):1-5.

POV Macrostablieiteit, 2016

POV Macrostablieiteit, *Handreiking “Bouwen in het gesloten seizoen aan primaire waterkeringen”*, Tiel, 18 mei 2016.

De Vries et al., 2013a

G. de Vries, C.K.E. ter Brake, H. de Bruijn, A.R. Koelewijn, H. van Lottum, E.A.F. Langius & W.S. Zomer, *Dijkmonitoring: beoordeling van meettechnieken en visualisatiesystemen, Eindrapport All-in-one Sensor Validatie Test*, rapportage 2013-09, STOWA/Stichting IJkdijk, Amersfoort, 2013, 108 pp. ISBN 978-90-5773-592-9.

De Vries et al., 2013b

G. de Vries, A.R. Koelewijn & H.T.J. de Bruijn, *Inzicht in functionaliteit van dijkmonitoringsystemen*, Land+Water **53**(11):24-25.

Waterschap Rivierenland, 2010

Waterschap Rivierenland, *Veiligheidstoetsing dijkkringgebied 24, Laan van Altena*, definitief, Tiel, september 2010.



A Eenvoudige beoordelingsmatrix

Eenvoudige beoordelingsmatrix
projectnaam

aanpassing: datum
door: naam

KWALITEITSASPECT	KWALITEITSKLASSE		
	Laag	Gemiddeld	Hoog
A	Juiste informatie		
B	Tijdig beschikbaar		
C	Gebruikswaarde		
D	Betrouwbare informatie		

Toelichting bepalende aspecten	
Begrip risico's en fenomenen	Koppeling met beslissing
Nulmeting(en)	Waarschuwingstijd
Risicoreductie	Opportuniteitsvergroting
Data-validatie (cross-checks)	Robuustheid

Bepalende aspecten

Per kwaliteitsaspect twee vragen te beantwoorden

Score Motivatie
(0-1, 0=nee, 1=ja)

- A1 Zijn de mogelijke risico's en fenomenen te signaleren en te onderscheiden?
- A2 Kan de informatie uit de metingen gebruikt worden voor beslissingen (los van de beschikbare tijd en de organisatie)?
- B1 Zijn er goede nulmetingen beschikbaar voorafgaand aan ingrijpende werkzaamheden of grote belastingen?
- B2 Zijn metingen tijdig beschikbaar om handelingen adequaat op aan te passen? Is de waarschuwingstijd voldoende?
- C1 Biedt de monitoring concrete mogelijkheden om de risico's te reduceren?
- C2 Vergroot de monitoring de projectmogelijkheden?
- D1 Kan de data gevalideerd worden? (Zijn cross-checks mogelijk?)
- D2 Is het systeem robuust uitgevoerd? (Uitval van 'cruciale' instrumenten is niet fataal voor het functioneren)



B Uitvoerige beoordelingsmatrix

Handreiking Life Cycle Monitoring - Uitvoerige beoordelingsmatrix met scoring en onderbouwing		
Projectnaam	Datum laatste aanpassing	Naam
1 Informatiebehoefte dijkeiligheid	Q Prestatie per kwaliteitsklasse Q	Onderbouwing
1a Signalering van de relevant geachte faalmechanismen	1 Detectie is alleen mogelijk bij geïdealiseerde omstandigheden	
	2 Detectie van de relevante faalmechanismen is waarschijnlijk mogelijk, maar eventuele uitval van één of enkele instrumenten is daarvoor funest	
	3 Detectie van de relevante faalmechanismen is te verwachten, ook bij de gebruikelijke uitval en bij de te verwachten variatie in de ondergrond	
	4 De instrumentatie is afgestemd op de onderzochte heterogeniteit en het systeem is bestand tegen optredende uitval	score:
	5 Flexibel, adaptief systeem gebaseerd op de onderzochte heterogeniteit en waar nodig vinden aanpassingen plaats op basis van de interpretatie van de gemeten data	
1b Kans op nuttige bijvangst	1 De monitoring is strikt gericht op het als maatgevend bepaalde faalmechanisme	
Detectie van andere fenomenen, omgevingsaspecten en <i>unknown unknowns</i>	2 De monitoring is zo ingericht dat het optreden van andere faalmechanismen opgemerkt zou kunnen worden	
	3 Bij de monitoringsopzet is rekening gehouden met het eventueel optreden van andere faalmechanismen	
	4 Andere faalmechanismen kunnen onderscheiden worden, waarbij het systeem voor het noodzakelijke onderscheid waar nodig ook voorzien is van aanvullende instrumentatie	score:
	5 Als klasse 4, met bovendien flexibiliteit en aanpassing naar veranderende omstandigheden op basis van de metingen	
1c Robuustheid voor variaties in belasting, geometrie en ondergrondeigenschappen	1 De instrumentatie is geplaatst in de representatief geachte doorsnede(n), hydraulische randvoorwaarden worden van elders betrokken	
	2 Met de locaties van de instrumentatie is rekening gehouden met grote variaties in de geometrie en de ondergrond (indien bekend), de hydraulische randvoorwaarden worden dusdanig in de buurt gemeten dat er geen grote verschillen zijn met de plaatselijke situatie	
	3 Met de locaties van de instrumentatie is rekening gehouden met de aanwezige variatie in de geometrie en de ondergrond, te onderscheiden belastingregimes kunnen worden gemeten en de afwijking door plaatsverschillen in de belasting is klein ten opzichte van de omvang van de belasting	
	4 De instrumentatie is afgestemd op de aanwezige variatie in de geometrie en de ondergrond, de belastingen worden lokaal bepaald of komen daar praktisch gezien mee overeen	score:
	5 Als klasse 4, met flexibiliteit en aanpassing naar veranderende omstandigheden op basis van de metingen	
1d Meetprincipe	1 De gemeten parameters zijn indirect te relateren aan een (faal)mechanisme maar er wordt géén indicatie verkregen van de zone van optreden	
Lokaal/direct versus elders/indirect	2 De gemeten parameters zijn indirect te relateren aan een (faal)mechanisme en er wordt een indicatie verkregen voor de zone van optreden	
	3 De gemeten parameters zijn direct te relateren aan een (faal)mechanisme en er wordt een indicatie verkregen voor de zone van optreden	
	4 De gemeten parameters zijn direct te relateren aan een (faal)mechanisme en worden gemeten in de zone waar dit optreedt	score:
	5 De gemeten parameters zijn direct te relateren aan een (faal)mechanisme en worden gemeten in de zone waar dit <i>ontstaat</i>	
2 Tijdige beschikbaarheid	Q Prestatie per kwaliteitsklasse Q	Onderbouwing
2a Kwaliteit meetreeks	1 Er zijn geen nulmetingen beschikbaar en de meetperiode is waarschijnlijk te kort om bruikbare metingen op te leveren	
Beschikbaarheid nulmetingen, duur van de meetperiode	2 Er zijn nulmetingen beschikbaar, maar de meetperiode is waarschijnlijk te kort om bruikbare metingen op te leveren	
	3 Er zijn nulmetingen beschikbaar en de meetperiode zal naar verwachting bruikbare metingen opleveren	
	4 Er zijn nulmetingen beschikbaar en de meetperiode is ruimschoots langer dan de statistische herhalingsstijd van bruikbare variaties in de meetreeks	score:
	5 Er zijn nulmetingen beschikbaar en de meetperiode is ruimschoots langer dan de statistische herhalingsstijd van bruikbare variaties in de meetreeks, bovendien kan de meetperiode indien nodig worden verlengd	
2b Signaleringsnelheid	1 Er is geen aandacht voor signalering (de meetdata wordt periodiek verwerkt, maar zonder rekening te houden met snelle escalatie op basis van de data)	
Van optreden fenomeen tot waarschuwing/alarmering	2 De data wordt veel sneller (geautomatiseerd) gecontroleerd op eventuele fouten of tekortkomingen dan de snelheid waarmee de relevante mechanismen zich ontwikkelen, bij mogelijke problemen vindt controle van het monitoringssysteem plaats, daarna vindt eventueel opvolging plaats	
	3 Als 2, met periodieke controle door geotechnisch/geofysisch/geohydrologisch expert met opvolgende acties om tekortkomingen op te lossen	
	4 Als 3, met onmiddellijke controle door geo-expert en opvolgende acties bij overschrijding van waarschuwings- of alarmwaarden	score:
	5 Als 4, geïntegreerd met voorbereide mobilisatie van materieel (integratie metingen met actieplan beheerder in samenwerking met aannemer(s))	
2c Instandhouding systeem	1 Er is niet voorzien in vervanging van componenten die niet meer functioneren	
Tijdige vervanging met analyse van de noodzaak daartoe	2 Nadat gebleken is dat componenten niet meer functioneren wordt tot vervanging overgegaan.	
	3 Zodra componenten niet meer blijken te functioneren worden deze vervangen (de meest gangbare componenten zijn op voorraad beschikbaar)	
	4 Periodieke analyse in hoeverre het bestaande monitoringssysteem voortgezet moet worden, met vervanging van componenten die niet meer functioneren (of tijdige vervanging bij het verstrijken van de levensduur)	score:
	5 Periodieke herziening van het monitoringssysteem als geheel, met mogelijke uitbreiding of inkrimping en daarbij waar nodig passende vervanging/vernieuwing	
3 Gebruikswaarde	Q prestatie per kwaliteitsklasse Q	Onderbouwing
3a Gebruiksgemak	1 De meetdata zijn als getalswaarden beschikbaar	
Heldere presentatie van gegevens per gebruikersgroep	2 Als 1, de meetdata zijn bovendien beschikbaar in grafiekvorm	
	3 Als 2, waarbij er sprake is van passend gekozen vaste combinaties van data t.b.v. grafieken	
	4 Als 3, selecteerbaar via een toegankelijk geografisch informatiesysteem	score:
	5 Als 4, met in de grafieken (en bij eventuele tabellen) fysieke begrenzingen zoals de kruinhoogte en het maaiveld aangegeven	
3b Flexibiliteit en handelingsperspectief	1 Het monitoringssysteem biedt geen verdere mogelijkheden	
Vergroting van mogelijkheden, ook buiten waterveiligheid	2 Het monitoringssysteem levert informatie met betrekking tot de ontwikkeling van mechanismen (naast falen ook bijvoorbeeld consolidatie en kruip) waarmee een flexibeler planning of uitvoering in beperkte mate mogelijk is	
	3 Het monitoringssysteem levert informatie met betrekking tot de ontwikkeling van mechanismen waarmee een flexibeler planning of uitvoering in redelijke mate mogelijk is	
	4 Het monitoringssysteem levert vroegtijdig informatie met betrekking tot de ontwikkeling van mechanismen waarmee een flexibeler planning of uitvoering in ruime mate mogelijk is	score:
	5 Als 4, met geïntegreerde voorspellingsmethoden (voor bijvoorbeeld zetting of stabiliteit)	
3c Projectbeheersing	1 Er is geen aandacht voor risicomanagement (het monitoringssysteem speelt hierbij geen rol van betekenis)	
Risicoreductie en rendement op investering	2 Er zijn beoordelings-schematiseringen beschikbaar waarmee de meetdata vergeleken kan worden	
	3 Er zijn meerdere scenario's opgesteld die afhankelijk van de meetwaarden relevant kunnen worden	
	4 Uitgaande van één of meer basisscenario's wordt met behulp van de meetdata regelmatig een update gemaakt waarmee het handelen wordt aangepast	score:
	5 Uitgaande van één of meer basisscenario's wordt met behulp van de meetdata regelmatig een update gemaakt inclusief een vooruitblik waarop het handelen (inclusief de configuratie van het monitoringssysteem) wordt aangepast	
3d Overdraagbaarheid van informatie	1 Het monitoringssysteem en de omgang daarmee zijn alleen gericht op het nu	

	Naar andere gebruikers in zelfde en in volgende fase(n) van de levenscyclus	2	Het monitoringssysteem is uitsluitend gericht op de huidige levensfase uit de cyclus; er vindt geen overleg plaats over de volgende levensfase	
		3	Het monitoringssysteem is mede afgestemd op de volgende levensfase, in overleg met in elk geval de opdrachtgever	
		4	Het monitoringssysteem is mede afgestemd op de volgende levensfase, in overleg met de belangrijkste huidige en toekomstige stakeholders	score:
		5	Er is een integraal afgewogen monitoringplan over de gehele levenscyclus in afstemming met relevante stakeholders (voor iedere fase tenminste één) NB: dit integrale plan hoeft nog niet volledig ontwikkeld en geïmplementeerd te zijn, sommige delen zullen immers pas in toekomstige levensfasen opportuun zijn	
4	Betrouwbaarheid sensordata (systeem als geheel)	Q	prestatie per kwaliteitsklasse Q	Onderbouwing
4a	Nauwkeurigheid	1	FAT, SAT of installatierapporten ontbreken	
	Factory Acceptance Tests, Site Acceptance Tests, sensordrift en fysieke verplaatsing van de sensor	2	Specificaties zijn beschikbaar (en voldoen voor het redelijkerwijs te verwachten verloop van de meetwaarden gedurende de gewenste levensduur), kalibratiewaarden zijn beschikbaar en de installatie is uitgevoerd zoals voorgeschreven door ervaren mensen (ervaring blijkt uit referenties met betrekking tot goed functionerende vergelijkbare instrumenten), er is een logboek	
		3	Als 2, met voldoende nauwkeurigheid over het gehele fysiek denkbare meetbereik (situatieafhankelijk) en met beschikbare protocollen en handleidingen voor de instrumenten en het functioneren ervan is gecontroleerd, er wordt een logboek bijgehouden, er zijn onderbouwde schattingen om de verplaatsing van de sensor te bepalen	
		4	Als 3, met regelmatig te vervangen en/of kwetsbare onderdelen in reserve en aantoonbare zorg voor onderhoud, er zijn schattingen van de sensordrift beschikbaar en periodieke inmetingen om de verplaatsing van de sensor te bepalen	score:
		5	Als 4, met regelmatig te vervangen en/of kwetsbare onderdelen in reserve en aantoonbare zorg voor onderhoud, er zijn onderbouwde inschattingen van de sensordrift beschikbaar	
4b	Beschikbaarheid	1	Onder min of meer kritieke omstandigheden zal het systeem niet meer functioneren en/of na oplevering van het systeem zijn er geen garanties over de levering van de meetdata	
	Mate van afwezigheid van willekeurige uitval in de tijd en uitval onder bijzondere omstandigheden zoals hoogwater of extreme droogte, zowel voor metingen als voor doorgifte van data	2	Onder kritieke omstandigheden zal er waarschijnlijk nog wel worden gemeten, maar de doorgifte van data is onzeker (data is dan pas naderhand beschikbaar), voor de datadoorgifte worden publieke communicatiekanalen gebruikt, indien relevant kan de data onder normale omstandigheden eens per etmaal worden doorgegeven	
		3	Metingen onder kritieke omstandigheden zullen beschikbaar zijn, de data kan indien gewenst ieder uur worden doorgegeven met een regelmatig onderhouden systeem via publieke communicatiekanalen, storingen in de doorgifte worden binnen 24 uur opgelost	
		4	Het systeem zal ook onder kritieke omstandigheden functioneren, de data kan indien gewenst <i>near real time</i> (= met minder dan 1 minuut vertraging) worden doorgegeven met een regelmatig onderhouden systeem dat ook onder kritieke omstandigheden kan functioneren, maar wel gebruik maakt van publieke communicatiekanalen	score:
		5	Als 4, met indien nodig een alternatief communicatiesysteem dat ook onder kritieke omstandigheden zal functioneren	
4c	Controleerbaarheid	1	Er is sprake van losse metingen, zonder onderling verband	
	Correlatie van meetwaarden tussen instrumenten en met omstandigheden, <i>common sense</i>	2	Ad-hoc kunnen verbanden worden gelegd	
		3	Relevante veranderingen in het ene instrument zouden bevestigd moeten worden door veranderingen in andere instrumenten	
		4	Meetwaarden worden volgens meerdere scenario's gecheckt op onderlinge samenhang	score:
		5	Verschillende mogelijke verbanden kunnen met (of door) het systeem gedetecteerd worden; daarvan afwijkende patronen worden ook als zodanig herkend	
4-1	Betrouwbaarheid sensordata (SENSORTYPE 1)	Q	prestatie per kwaliteitsklasse Q	Onderbouwing
4a	Nauwkeurigheid	1	FAT, SAT of installatierapporten ontbreken	
	Factory Acceptance Tests, Site Acceptance Tests, sensordrift en fysieke verplaatsing van de sensor	2	Specificaties zijn beschikbaar (en voldoen voor het redelijkerwijs te verwachten verloop van de meetwaarden gedurende de gewenste levensduur), kalibratiewaarden zijn beschikbaar en de installatie is uitgevoerd zoals voorgeschreven door ervaren mensen (ervaring blijkt uit referenties met betrekking tot goed functionerende vergelijkbare instrumenten), er is een logboek	
		3	Als 2, met voldoende nauwkeurigheid over het gehele fysiek denkbare meetbereik (situatieafhankelijk) en met beschikbare protocollen en handleidingen voor de instrumenten en het functioneren ervan is gecontroleerd, er wordt een logboek bijgehouden, er zijn onderbouwde schattingen om de verplaatsing van de sensor te bepalen	
		4	Als 3, met regelmatig te vervangen en/of kwetsbare onderdelen in reserve en aantoonbare zorg voor onderhoud, er zijn schattingen van de sensordrift beschikbaar en periodieke inmetingen om de verplaatsing van de sensor te bepalen	score:
		5	Als 4, met regelmatig te vervangen en/of kwetsbare onderdelen in reserve en aantoonbare zorg voor onderhoud, er zijn onderbouwde inschattingen van de sensordrift beschikbaar	
4b	Beschikbaarheid	1	Onder min of meer kritieke omstandigheden zal het systeem niet meer functioneren en/of na oplevering van het systeem zijn er geen garanties over de levering van de meetdata	
	Mate van afwezigheid van willekeurige uitval in de tijd en uitval onder bijzondere omstandigheden zoals hoogwater of extreme droogte, zowel voor metingen als voor doorgifte van data	2	Onder kritieke omstandigheden zal er waarschijnlijk nog wel worden gemeten, maar de doorgifte van data is onzeker (data is dan pas naderhand beschikbaar), voor de datadoorgifte worden publieke communicatiekanalen gebruikt, indien relevant kan de data onder normale omstandigheden eens per etmaal worden doorgegeven	
		3	Metingen onder kritieke omstandigheden zullen beschikbaar zijn, de data kan indien gewenst ieder uur worden doorgegeven met een regelmatig onderhouden systeem via publieke communicatiekanalen, storingen in de doorgifte worden binnen 24 uur opgelost	
		4	Het systeem zal ook onder kritieke omstandigheden functioneren, de data kan indien gewenst <i>near real time</i> (= met minder dan 1 minuut vertraging) worden doorgegeven met een regelmatig onderhouden systeem dat ook onder kritieke omstandigheden kan functioneren, maar wel gebruik maakt van publieke communicatiekanalen	score:
		5	Als 4, met indien nodig een alternatief communicatiesysteem dat ook onder kritieke omstandigheden zal functioneren	
4c	Controleerbaarheid	1	Er is sprake van losse metingen, zonder onderling verband	
	Correlatie van meetwaarden tussen instrumenten en met omstandigheden, <i>common sense</i>	2	Ad-hoc kunnen verbanden worden gelegd	
		3	Relevante veranderingen in het ene instrument zouden bevestigd moeten worden door veranderingen in andere instrumenten	
		4	Meetwaarden worden volgens meerdere scenario's gecheckt op onderlinge samenhang	score:
		5	Verschillende mogelijke verbanden kunnen met (of door) het systeem gedetecteerd worden; daarvan afwijkende patronen worden ook als zodanig herkend	
4-2	Betrouwbaarheid sensordata (SENSORTYPE 2)	Q	prestatie per kwaliteitsklasse Q	Onderbouwing
4a	Nauwkeurigheid	1	FAT, SAT of installatierapporten ontbreken	
	Factory Acceptance Tests, Site Acceptance Tests, sensordrift en fysieke verplaatsing van de sensor	2	Specificaties zijn beschikbaar (en voldoen voor het redelijkerwijs te verwachten verloop van de meetwaarden gedurende de gewenste levensduur), kalibratiewaarden zijn beschikbaar en de installatie is uitgevoerd zoals voorgeschreven door ervaren mensen (ervaring blijkt uit referenties met betrekking tot goed functionerende vergelijkbare instrumenten), er is een logboek	

		3	Als 2, met voldoende nauwkeurigheid over het gehele fysiek denkbare meetbereik (situatieafhankelijk) en met beschikbare protocollen en handleidingen voor de instrumenten en het functioneren ervan is gecontroleerd, er wordt een logboek bijgehouden, er zijn onderbouwde schattingen om de verplaatsing van de sensor te bepalen	
		4	Als 3, met regelmatig te vervangen en/of kwetsbare onderdelen in reserve en aantoonbare zorg voor onderhoud, er zijn schattingen van de sensordrift beschikbaar en periodieke inmetingen om de verplaatsing van de sensor te bepalen	score:
		5	Als 4, met regelmatig te vervangen en/of kwetsbare onderdelen in reserve en aantoonbare zorg voor onderhoud, er zijn onderbouwde inschattingen van de sensordrift beschikbaar	
4b Beschikbaarheid		1	Onder min of meer kritieke omstandigheden zal het systeem niet meer functioneren en/of na oplevering van het systeem zijn er geen garanties over de levering van de meetdata	
Mate van afwezigheid van willekeurige uitval in de tijd en uitval onder bijzondere omstandigheden zoals hoogwater of extreme droogte, zowel voor metingen als voor doorgifte van data		2	Onder kritieke omstandigheden zal er waarschijnlijk nog wel worden gemeten, maar de doorgifte van data is onzeker (data is dan pas naderhand beschikbaar), voor de data doorgifte worden publieke communicatiekanalen gebruikt, indien relevant kan de data onder normale omstandigheden eens per etmaal worden doorgegeven	
		3	Metingen onder kritieke omstandigheden zullen beschikbaar zijn, de data kan indien gewenst ieder uur worden doorgegeven met een regelmatig onderhouden systeem via publieke communicatiekanalen, storingen in de doorgifte worden binnen 24 uur opgelost	
		4	Het systeem zal ook onder kritieke omstandigheden functioneren, de data kan indien gewenst <i>near real time</i> (= met minder dan 1 minuut vertraging) worden doorgegeven met een regelmatig onderhouden systeem dat ook onder kritieke omstandigheden kan functioneren, maar wel gebruik maakt van publieke communicatiekanalen	score:
		5	Als 4, met indien nodig een alternatief communicatiesysteem dat ook onder kritieke omstandigheden zal functioneren	
4c Controleerbaarheid		1	Er is sprake van losse metingen, zonder onderling verband	
Correlatie van meetwaarden tussen instrumenten en met omstandigheden, <i>common sense</i>		2	Ad-hoc kunnen verbanden worden gelegd	
		3	Relevante veranderingen in het ene instrument zouden bevestigd moeten worden door veranderingen in andere instrumenten	
		4	Meetwaarden worden volgens meerdere scenario's gecheckt op onderlinge samenhang	
		5	Verschillende mogelijke verbanden kunnen met (of door) het systeem gedetecteerd worden; daarvan afwijkende patronen worden ook als zodanig herkend	score:
4-3 Betrouwbaarheid sensordata (SENSORTYPE 3)		Q	prestatie per kwaliteitsklasse Q	Onderbouwning
4a Nauwkeurigheid		1	FAT, SAT of installatierapporten ontbreken	
Factory Acceptance Tests, Site Acceptance Tests, sensordrift en fysieke verplaatsing van de sensor		2	Specificaties zijn beschikbaar (en voldoen voor het redelijkerwijs te verwachten verloop van de meetwaarden gedurende de gewenste levensduur), kalibratiewaarden zijn beschikbaar en de installatie is uitgevoerd zoals voorgeschreven door ervaren mensen (ervaring blijkt uit referenties met betrekking tot goed functionerende vergelijkbare instrumenten), er is een logboek	
		3	Als 2, met voldoende nauwkeurigheid over het gehele fysiek denkbare meetbereik (situatieafhankelijk) en met beschikbare protocollen en handleidingen voor de instrumenten en het functioneren ervan is gecontroleerd, er wordt een logboek bijgehouden, er zijn onderbouwde schattingen om de verplaatsing van de sensor te bepalen	
		4	Als 3, met regelmatig te vervangen en/of kwetsbare onderdelen in reserve en aantoonbare zorg voor onderhoud, er zijn schattingen van de sensordrift beschikbaar en periodieke inmetingen om de verplaatsing van de sensor te bepalen	score:
		5	Als 4, met regelmatig te vervangen en/of kwetsbare onderdelen in reserve en aantoonbare zorg voor onderhoud, er zijn onderbouwde inschattingen van de sensordrift beschikbaar	
4b Beschikbaarheid		1	Onder min of meer kritieke omstandigheden zal het systeem niet meer functioneren en/of na oplevering van het systeem zijn er geen garanties over de levering van de meetdata	
Mate van afwezigheid van willekeurige uitval in de tijd en uitval onder bijzondere omstandigheden zoals hoogwater of extreme droogte, zowel voor metingen als voor doorgifte van data		2	Onder kritieke omstandigheden zal er waarschijnlijk nog wel worden gemeten, maar de doorgifte van data is onzeker (data is dan pas naderhand beschikbaar), voor de data doorgifte worden publieke communicatiekanalen gebruikt, indien relevant kan de data onder normale omstandigheden eens per etmaal worden doorgegeven	
		3	Metingen onder kritieke omstandigheden zullen beschikbaar zijn, de data kan indien gewenst ieder uur worden doorgegeven met een regelmatig onderhouden systeem via publieke communicatiekanalen, storingen in de doorgifte worden binnen 24 uur opgelost	
		4	Het systeem zal ook onder kritieke omstandigheden functioneren, de data kan indien gewenst <i>near real time</i> (= met minder dan 1 minuut vertraging) worden doorgegeven met een regelmatig onderhouden systeem dat ook onder kritieke omstandigheden kan functioneren, maar wel gebruik maakt van publieke communicatiekanalen	score:
		5	Als 4, met indien nodig een alternatief communicatiesysteem dat ook onder kritieke omstandigheden zal functioneren	
4c Controleerbaarheid		1	Er is sprake van losse metingen, zonder onderling verband	
Correlatie van meetwaarden tussen instrumenten en met omstandigheden, <i>common sense</i>		2	Ad-hoc kunnen verbanden worden gelegd	
		3	Relevante veranderingen in het ene instrument zouden bevestigd moeten worden door veranderingen in andere instrumenten	
		4	Meetwaarden worden volgens meerdere scenario's gecheckt op onderlinge samenhang	
		5	Verschillende mogelijke verbanden kunnen met (of door) het systeem gedetecteerd worden; daarvan afwijkende patronen worden ook als zodanig herkend	score:



C Case SLA – ingevulde matrices

KWALITEITSASPECT	KWALITEITSKLASSE		
	Laag	Gemiddeld	Hoog
A	Juiste informatie		
B	Tijdig beschikbaar		
C	Gebruikswaarde		
D	Betrouwbare informatie		

Toelichting bepalende aspecten	
Begrip risico's en fenomenen	Koppeling met beslissing
Nulmeting(en)	Waarschuwingstijd
Risicoreductie	Opportuniteitsvergroting
Data-validatie (cross-checks)	Robuustheid

Bepalende aspecten

Per kwaliteitsaspect twee vragen te beantwoorden

Score

(0-1, 0=nee, 1=ja)

Motivatie

A1 Zijn de mogelijke risico's en fenomenen te signaleren en te onderscheiden?

0.5

Er worden vooral peilbuisdataloggers en enkele debietmeters gebruikt om de gestelde doelen te bereiken. De peilbuizen staan in één zandlaag, op één plaats in de dwarsdoorsnede. Als er door de aannemer een robuust ontwerp is gemaakt - d.w.z., als de waterspanning niet boven een bepaald niveau uitkomt, dan is het goed - dan kan hiermee genoeg informatie worden verkregen. Maar voor het controleren van het model is dat veel moeilijker, en dan moet er nader worden gekeken naar de berekeningen. En wie is verantwoordelijk voor wat? Er is sprake van een DMC-contract, dus dit ligt ook bij de aannemer. Nu is er één alarmwaarde: wordt daar onder gebleven? Dan 'ja' op de doelen alarmering en prestatiemeting bron (beheer). Validatie van de modellering is hier extra belangrijk geworden, maar de realisatie daarvan is moeilijker geworden.

A2 Kan de informatie uit de metingen gebruikt worden voor beslissingen (los van de beschikbare tijd en de organisatie)?

1

Ja, afgezien van de hierboven geconstateerde complicaties t.a.v. het geohydrologisch model.

B1 Zijn er goede nulmetingen beschikbaar voorafgaand aan ingrijpende werkzaamheden of grote belastingen?

1

Er is sprake van een nulmeting als de bron niet loopt. Die situatie kan desnoods geforceerd worden gecreëerd, dus een nulmeting is beschikbaar of beschikbaar te krijgen.

B2	Zijn metingen tijdig beschikbaar om handelingen adequaat op aan te passen? Is de waarschuwingstijd voldoende?	0.75	<i>De meetwaarden worden 2x per dag doorgegeven, maar een overschrijding van de alarmwaarden wordt direct doorgegeven. Maar tijdigheid is ook afhankelijk van de mobilisatie van maatregelen, zoals een (nood)pomp. Dat kost al snel 12-24 uur. Is het waarschuwningsniveau laag genoeg? Het systeem is doordat de geohydrologische reikwijdte hier erg klein is, betrekkelijk gevoelig - haast iedere bron staat praktisch op zichzelf. Wel is uitval van meerdere bronnen nodig om een glijvlak te krijgen dat voldoende groot is om de veiligheid te bedreigen. Een langere meetreeks zal beter inzicht geven in de gevoeligheid.</i>
C1	Biedt de monitoring concrete mogelijkheden om de risico's te reduceren?	1	<i>De belangrijkste reductie is gevonden in het beheer (wel/geen monitoring). Bovendien kan op basis van de monitoring een eventuele noodmaatregel beter worden ontworpen.</i>
C2	Vergroot de monitoring de projectmogelijkheden?	0.75	<i>Kunnen er kosten worden bespaard? Voor de validatie is het huidige systeem wel bruikbaar, maar als de weerstand verandert, is onderscheid nodig tussen rivierintredeweerstand, formatieweerstand en putintredeweerstand - en daarvoor zijn er echt meer meetpunten in de dwarsdoorsnede nodig. Het huidige systeem kan wel inzicht bieden waar daarvoor de belangrijkste locaties zijn.</i>
D1	Kan de data gevalideerd worden? (Zijn cross-checks mogelijk?)	0.5	<i>Er wordt gebruik gemaakt van cross-checks en onafhankelijke metingen. De metingen vormen als het ware een controle op elkaar. Maar hoeveel instrumenten zitten hier in één potentieel glijvlak? Dit is een situatie met een oprijfprobleem, met een relatief lang glijvlak (in lengterichting van de dijk). Dat levert dan 2 à 3 bronpeilbuizen + meestal 1 veldpeilbuis per glijvlak. Omdat de filters in verschillende formaties kunnen zitten, is validatie daarom maar in beperkte mate mogelijk. Goede validatie zou al snel een verdubbeling betekenen (evt. in andere richting, daarmee de informatiewaarde (aspect A1) verhogend).</i>
D2	Is het systeem robuust uitgevoerd? (Uitval van 'cruciale' instrumenten is niet fataal voor het functioneren)	1	<i>Dit punt roept een discussie op hoe lang je op de juistheid van je metingen kunt vertrouwen (zie ook aspect D1). "In principe heb je het hele systeem niet nodig" - aldus de aannemer/ontwerper... Bij hoogwater wordt er bovendien patrouille gelopen. De systeemstatus is dan bekend. Alleen bij bliksemingslag is er een (beperkt) probleem, want dan valt in één keer een complete streng uit. De Veersedijk bestaat uit twee strengen. Dan valt het automatische deel uit, maar handmatig is dat hier op te vangen, mede omdat het hier om peilbuizen gaat.</i>

Handreiking Life Cycle Monitoring - Uitvoerige beoordelingsmatrix met scoring en onderbouwing			ARK
SLA gedeelte Veersedijk		Datum laatste aanpassing: 31 augustus 2018	
1 Informatiebehoefte dijkveiligheid	Q	Prestatie per kwaliteitsklasse Q	Onderbouwing
1a Signalering van de relevant geachte faalmechanismen	1	Detectie is alleen mogelijk bij geïdealiseerde omstandigheden	De metingen vinden plaats op één lijn, maar als er één instrument niet functioneert zullen de naastliggende instrumenten het over kunnen nemen, onder de aanname dat afschuiven alleen over een grotere afstand kan optreden. Wanneer een afschuiving over een kortere afstand optreedt, dan is deze waarschijnlijk te klein om tot inundatie te leiden. Bij falen van de verzamelleiding is er echter sprake van een groot gebied met stabiliteitsverlies. Bij falen van een individueel instrument kan over ruim 60 meter geen informatie verkregen worden. Uitval van één waterspanningsmeter is problematisch in de zin dat er dan essentiële informatie ontbreekt in de automatische registratie (er is geen sprake van redundantie), maar dat wordt dan wel gedetecteerd en dan kan er handmatig worden gemeten. Aanvullende instrumenten, ook in tussengelegen niet-beïnstuurde bronnen kunnen worden geplaatst, daar zijn voorzieningen voor. Veel hangt af van de organisatie; de menselijke component is wezenlijk voor de score.
	2	Detectie van de relevante faalmechanismen is waarschijnlijk mogelijk, maar eventuele uitval van één of enkele instrumenten is daarvoor funest	
	3	Detectie van de relevante faalmechanismen is te verwachten, ook bij de gebruikelijke uitval en bij de te verwachten variatie in de ondergrond	
	4	De instrumentatie is afgestemd op de onderzochte heterogeniteit en het systeem is bestand tegen optredende uitval	score:
	5	Flexibel, adaptief systeem gebaseerd op de onderzochte heterogeniteit en waar nodig vinden aanpassingen plaats op basis van de interpretatie van de gemeten data	5
1b Kans op nuttige bijvangst	1	De monitoring is strikt gericht op het als maatgevend bepaalde faalmechanisme	De data wordt primair verzameld voor de veiligheidstoetsing. De geohydrologische modellering controleren is bijkomstig. Dat vergt echter wel aanvullende metingen in het dwarsprofiel, waarin niet is voorzien. Het systeem is voor één doel opgezet, met de aanname dat er geen veranderingen optreden - ook geen veranderingen vergelijkbaar met de veranderingen welke de aanleiding vormden voor de meest recente dijkversterking.
Detectie van andere fenomenen, omgevingsaspecten en <i>unknown unknowns</i>	2	De monitoring is zo ingericht dat het optreden van andere faalmechanismen opgemerkt zou kunnen worden	
	3	Bij de monitoringsopzet is rekening gehouden met het eventueel optreden van andere faalmechanismen	
	4	Andere faalmechanismen kunnen onderscheiden worden, waarbij het systeem voor het noodzakelijke onderscheid waar nodig ook voorzien is van aanvullende instrumentatie	score:
	5	Als klasse 4, met bovendien flexibiliteit en aanpassing naar veranderende omstandigheden op basis van de metingen	1
1c Robuustheid voor variaties in belasting, geometrie en ondergrondeigenschappen	1	De instrumentatie is geplaatst in de representatief geachte doorsnede(n), hydraulische randvoorwaarden worden van elders betrokken	Er is minimaal elke 40 meter een meetpunt. In de loze peilbuizen kan dit worden aangevuld tot pakweg iedere 20 m, zelfs tijdens een hoogwater. De uitbreidingsmogelijkheden zijn hiervoor aanwezig. Ook kunnen extra peilbuizen in het dwarsprofiel worden toegevoegd, buiten de putten. Bij de huidige monitoringsopzet is echter alleen rekening gehouden met binnenwaartse macrostabiliteit (met opdrijven) met de huidige geohydrologische situatie. Het bepalen en herkennen van andere situaties. Belastingen worden in de buurt gemeten. Score 4, omdat veranderende omstandigheden niet goed uit de metingen kunnen worden gehaald.
	2	Met de locaties van de instrumentatie is rekening gehouden met grote variaties in de geometrie en de ondergrond (indien bekend), de hydraulische randvoorwaarden worden dusdanig in de buurt gemeten dat er geen grote verschillen zijn met de plaatselijke situatie	
	3	Met de locaties van de instrumentatie is rekening gehouden met de aanwezige variatie in de geometrie en de ondergrond, te onderscheiden belastingregimes kunnen worden gemeten en de afwijking door plaatsverschillen in de belasting is klein ten opzichte van de omvang van de belasting	
	4	De instrumentatie is afgestemd op de aanwezige variatie in de geometrie en de ondergrond, de belastingen worden lokaal bepaald of komen daar praktisch gezien mee overeen	score:
	5	Als klasse 4, met flexibiliteit en aanpassing naar veranderende omstandigheden op basis van de metingen	4
1d Meetprincipe	1	De gemeten parameters zijn indirect te relateren aan een (faal)mechanisme maar er wordt géén indicatie verkregen van de zone van optreden	De stijghoogte wordt direct gemeten, in het gebied waar glijvlakken potentieel optreden - de stabiliteit is een afgeleide van de (variabele) stijghoogte en de (grotendeels constante) grondeigenschappen.
Lokaal/direct versus elders/indirect	2	De gemeten parameters zijn indirect te relateren aan een (faal)mechanisme en er wordt een indicatie verkregen voor de zone van optreden	
	3	De gemeten parameters zijn direct te relateren aan een (faal)mechanisme en er wordt een indicatie verkregen voor de zone van optreden	
	4	De gemeten parameters zijn direct te relateren aan een (faal)mechanisme en worden gemeten in de zone waar dit optreedt	score:
	5	De gemeten parameters zijn direct te relateren aan een (faal)mechanisme en worden gemeten in de zone waar dit ontstaat	4
2 Tijds beschikbaarheid	Q	Prestatie per kwaliteitsklasse Q	Onderbouwing
2a Kwaliteit meetreeks	1	Er zijn geen nulmetingen beschikbaar en de meetperiode is waarschijnlijk te kort om bruikbare metingen op te leveren	Er zijn goede nulmetingen beschikbaar en er wordt voor onbepaalde tijd het hele jaar door gemeten.
Beschikbaarheid nulmetingen, duur van de meetperiode	2	Er zijn nulmetingen beschikbaar, maar de meetperiode is waarschijnlijk te kort om bruikbare metingen op te leveren	
	3	Er zijn nulmetingen beschikbaar en de meetperiode zal naar verwachting bruikbare metingen opleveren	
	4	Er zijn nulmetingen beschikbaar en de meetperiode is ruimschoots langer dan de statistische herhalingsperiode van bruikbare variaties in de meetreeks	score:
	5	Er zijn nulmetingen beschikbaar en de meetperiode is ruimschoots langer dan de statistische herhalingsperiode van bruikbare variaties in de meetreeks, bovendien kan de meetperiode indien nodig worden verlengd	5
2b Signaleringsnelheid	1	Er is geen aandacht voor signalering (de meetdata wordt periodiek verwerkt, maar zonder rekening te houden met snelle escalatie op basis van de data)	Bij overschrijding van een waarschuwings- en het alarmniveau is de data vrijwel direct beschikbaar en wordt dit door deskundigen beoordeeld, waarbij er al snel ook ter plekke wordt gekeken. Dit is geïntegreerd met een actieplan waarvoor het benodigde materieel en de benodigde materialen al strategisch zijn opgesteld. Daarbij is ook al rekening gehouden met de situatie bij hoogwater. Vals alarm wordt in de praktijk beschouwd als een goede calamiteitenoefening.
Van optreden fenomeen tot waarschuwing/alarmering	2	De data wordt veel sneller (geautomatiseerd) gecontroleerd op eventuele fouten of tekortkomingen dan de snelheid waarmee de relevante mechanismen zich ontwikkelen, bij mogelijke problemen vindt controle van het monitoringssysteem plaats, daarna vindt eventueel opvolging plaats	
	3	Als 2, met periodieke controle door geotechnisch/geofysisch/geohydrologisch expert met opvolgende acties om tekortkomingen op te lossen	
	4	Als 3, met onmiddellijke controle door geo-expert en opvolgende acties bij overschrijding van waarschuwings- of alarmwaarden	score:
	5	Als 4, geïntegreerd met voorbereide mobilisatie van materieel (integratie metingen met actieplan beheerder in samenwerking met aannemer(s))	5
2c Instandhouding systeem	1	Er is niet voorzien in vervanging van componenten die niet meer functioneren	Bij uitval van instrumenten wordt beoordeeld of deze vervangen moeten worden door nieuwe. (Alleen in deze HLCM-workshops komt aan de orde in hoeverre het systeem grondige uitbreiding behoeft loodrecht op de huidige lijn waarin alle instrumenten staan.)
Tijdige vervanging met analyse van de noodzaak daartoe	2	Nadat gebleken is dat componenten niet meer functioneren wordt tot vervanging overgegaan.	
	3	Zodra componenten niet meer blijken te functioneren worden deze vervangen (de meest gangbare componenten zijn op voorraad beschikbaar)	
	4	Periodieke analyse in hoeverre het bestaande monitoringssysteem voortgezet moet worden, met vervanging van componenten die niet meer functioneren (of tijdige vervanging bij het verstrijken van de levensduur)	score:
	5	Periodieke herziening van het monitoringssysteem als geheel, met mogelijke uitbreiding of inkrimping en daarbij waar nodig passende vervanging/vernieuwing	3

3	Gebruikswaarde	Q	prestatie per kwaliteitsklasse Q	Onderbouwing
3a	Gebruiksgemak	1	De meetdata zijn als getalswaarden beschikbaar	Er zijn direct grafieken oproepbaar, waarbij met een kaartje wordt getoond waar dit is. score: 4
	Heldere presentatie van gegevens per gebruikersgroep	2	Als 1, de meetdata zijn bovendien beschikbaar in grafiekvorm	
		3	Als 2, waarbij er sprake is van passend gekozen vaste combinaties van data t.b.v. grafieken	
		4	Als 3, selecteerbaar via een toegankelijk geografisch informatiesysteem	
		5	Als 4, met in de grafieken (en bij eventuele tabellen) fysieke begrenzingen zoals de kruinhoogte en het maaiveld aangegeven	
3b	Flexibiliteit en handelingsperspectief	1	Het monitoringssysteem biedt geen verdere mogelijkheden	Het systeem is volledig gericht op de situatie zoals deze ten tijde van het ontwerp aanwezig was, waarbij de <i>fine-tuning</i> tijdens de uitvoering heeft plaatsgevonden. Veranderingen ten opzichte van een basisscenario worden binnen het systeem feitelijk genegeerd. score: 1
	Vergroting van mogelijkheden, ook buiten waterveiligheid	2	Het monitoringssysteem levert informatie met betrekking tot de ontwikkeling van mechanismen (naast falen ook bijvoorbeeld consolidatie en kruip) waarmee een flexibeler planning of uitvoering in beperkte mate mogelijk is	
		3	Het monitoringssysteem levert informatie met betrekking tot de ontwikkeling van mechanismen waarmee een flexibeler planning of uitvoering in redelijke mate mogelijk is	
		4	Het monitoringssysteem levert vroegtijdig informatie met betrekking tot de ontwikkeling van mechanismen waarmee een flexibeler planning of uitvoering in ruime mate mogelijk is	
		5	Als 4, met geïntegreerde voorspellingsmethoden (voor bijvoorbeeld zetting of stabiliteit)	
3c	Projectbeheersing	1	Er is geen aandacht voor risicomanagement (het monitoringssysteem speelt hierbij geen rol van betekenis)	Er is één basisscenario, aangepast naar elke bemeeten dwarsdoorsnede, waarmee de metingen geëvalueerd worden. score: 2
	Risicoreductie en rendement op investering	2	Er zijn beoordelingsschematiseringen beschikbaar waarmee de meetdata vergeleken kan worden	
		3	Er zijn meerdere scenario's opgesteld die afhankelijk van de meetwaarden relevant kunnen worden	
		4	Uitgaande van één of meer basisscenario's wordt met behulp van de meetdata regelmatig een update gemaakt waarmee het handelen wordt aangepast	
		5	Uitgaande van één of meer basisscenario's wordt met behulp van de meetdata regelmatig een update gemaakt inclusief een vooruitblik waarop het handelen (inclusief de configuratie van het monitoringssysteem) wordt aangepast	
3d	Overdraagbaarheid van informatie	1	Het monitoringssysteem en de omgang daarmee zijn alleen gericht op het nu	Het systeem is niet van de uitvoeringsfase in de beheerfase terechtgekomen, dus in de langsturende fase. De meetreeks die in deze langjarige fase wordt verkregen, zal - met de aangegeven beperkingen - ook bruikbaar zijn in de fase na afkeuren zodra die wordt bereikt en nuttig zijn voor het ontwerp - al is uitbreiding dan hoogstwaarschijnlijk echt noodzakelijk. Voor de score wordt de omschrijving van 3 bereikt. score: 3
	Naar andere gebruikers in zelfde en in volgende fase(n) van de levenscyclus	2	Het monitoringssysteem is uitsluitend gericht op de huidige levensfase uit de cyclus; er vindt geen overleg plaats over de volgende levensfase	
		3	Het monitoringssysteem is mede afgestemd op de volgende levensfase, in overleg met in elk geval de opdrachtgever	
		4	Het monitoringssysteem is mede afgestemd op de volgende levensfase, in overleg met de belangrijkste huidige en toekomstige stakeholders	
		5	Er is een integraal afgewogen monitoringsplan over de gehele levenscyclus in afstemming met relevante stakeholders (voor iedere fase tenminste één) NB: dit integrale plan hoeft nog niet volledig ontwikkeld en geïmplementeerd te zijn, sommige delen zullen immers pas in toekomstige levensfasen opportuun zijn	
4	Betrouwbaarheid sensordata (ALLEEN WATERSPANNINGSMETERS)	Q	prestatie per kwaliteitsklasse Q	Onderbouwing
4a	Nauwkeurigheid	1	FAT, SAT of installatierapporten ontbreken	Er wordt voldaan aan de omschrijving voor een score van 3. score: 3
	Factory Acceptance Tests, Site Acceptance Tests, sensordrift en fysieke verplaatsing van de sensor	2	Specificaties zijn beschikbaar (en voldoen voor het redelijkerwijs te verwachten verloop van de meetwaarden gedurende de gewenste levensduur), kalibratiewaarden zijn beschikbaar en de installatie is uitgevoerd zoals voorgeschreven door ervaren mensen (ervaring blijkt uit referenties met betrekking tot goed functionerende vergelijkbare instrumenten), er is een logboek	
		3	Als 2, met voldoende nauwkeurigheid over het gehele fysiek denkbare meetbereik (situatieafhankelijk!) en met beschikbare protocollen en handleidingen voor de instrumenten en het functioneren ervan is gecontroleerd, er wordt een logboek bijgehouden, er zijn onderbouwde schattingen om de verplaatsing van de sensor te bepalen	
		4	Als 3, met regelmatig te vervangen en/of kwetsbare onderdelen in reserve en aantoonbare zorg voor onderhoud, er zijn schattingen van de sensordrift beschikbaar en periodieke metingen om de verplaatsing van de sensor te bepalen	
		5	Als 4, met regelmatig te vervangen en/of kwetsbare onderdelen in reserve en aantoonbare zorg voor onderhoud, er zijn onderbouwde inschattingen van de sensordrift beschikbaar	
4b	Beschikbaarheid	1	Onder min of meer kritieke omstandigheden zal het systeem niet meer functioneren en/of na oplevering van het systeem zijn er geen garanties over de levering van de meetdata	Het systeem is wat betreft de inwinning en doorgifte van data zodanig robuust uitgevoerd, met terugvalopties en snelle vervanging bij uitval van onderdelen, dat een score van 3 hier wordt behaald. <i>Near real time</i> (voor een score van 4) functioneren is niet vanzelfsprekend onder kritieke omstandigheden, maar dat wordt hier ook niet nodig geacht, zo blijkt uit de discussie. score: 3
	Mate van afwezigheid van willekeurige uitval in de tijd en uitval onder bijzondere omstandigheden zoals hoogwater of extreme droogte, zowel voor metingen als voor doorgifte van data	2	Onder kritieke omstandigheden zal er waarschijnlijk nog wel worden gemeten, maar de doorgifte van data is onzeker (data is dan pas naderhand beschikbaar), voor de datadoorgifte worden publieke communicatiekanalen gebruikt, indien relevant kan de data onder normale omstandigheden eens per etmaal worden doorgegeven	
		3	Metingen onder kritieke omstandigheden zullen beschikbaar zijn, de data kan indien gewenst ieder uur worden doorgegeven met een regelmatig onderhouden systeem via publieke communicatiekanalen, storingen in de doorgifte worden binnen 24 uur opgelost	
		4	Het systeem zal ook onder kritieke omstandigheden functioneren, de data kan indien gewenst <i>near real time</i> (= met minder dan 1 minuut vertraging) worden doorgegeven met een regelmatig onderhouden systeem dat ook onder kritieke omstandigheden kan functioneren, maar wel gebruik maakt van publieke communicatiekanalen	
		5	Als 4, met indien nodig een alternatief communicatiesysteem dat ook onder kritieke omstandigheden zal functioneren	
4c	Controleerbaarheid	1	Er is sprake van losse metingen, zonder onderling verband	Alleen de waterspanningsmetingen worden met elkaar vergeleken, geen verschillende typen metingen. Daarbij wordt bij significante veranderingen in een concrete waterspanningsmeter een vergelijking gemaakt met de naburige waterspanningsmeters. score: 3
	Correlatie van meetwaarden tussen instrumenten en met omstandigheden, <i>common sense</i>	2	Ad-hoc kunnen verbanden worden gelegd	
		3	Relevante veranderingen in het ene instrument zouden bevestigd moeten worden door veranderingen in andere instrumenten	
		4	Meetwaarden worden volgens meerdere scenario's gecheckt op onderlinge samenhang	
		5	Verschillende mogelijke verbanden kunnen met (of door) het systeem gedetecteerd worden; daarvan afwijkende patronen worden ook als zodanig herkend	



D Case PEG – ingevulde matrix

KWALITEITSASPECT		KWALITEITSKLASSE		
		Laag	Gemiddeld	Hoog
A	Juiste informatie			
B	Tijdig beschikbaar			
C	Gebruiksw aarde			
D	Betrouw bare informatie			

Toelichting bepalende aspecten	
Begrip risico's en fenomenen	Koppeling met beslissing
Nulmeting(en)	Waarschuw ingstijd
Risicoreductie	Opportuniteitsvergroting
Data-validatie (cross-checks)	Robuustheid

Bepalende aspecten

Per kwaliteitsaspect twee vragen te beantwoorden

Score

(0=1, 0=nee, 1=ja)

Motivatie

A1	Zijn de mogelijke risico's en fenomenen te signaleren en te onderscheiden?	1	<i>Risico's zijn: twijfel over het STBI-oordeel en de sterke-eigenschappen. Ook is een waterspanningsbeeld nodig voor informatie over tussenzandlagen. De basisinformatie moest op orde worden gebracht, vooral m.b.t. de stijghoogte in de zandlagen en de sterkte van de veenlaag. Voor de sterkte-eigenschappen en voor de schematisering van het gehele dijkvak is het fase-2 onderzoek nog steeds nodig.</i>
A2	Kan de informatie uit de metingen gebruikt worden voor beslissingen (los van de beschikbare tijd en de organisatie)?	1	<i>Nu, na fase 1, lijken er voldoende gegevens beschikbaar binnen één dwarsprofiel (afgezien nog van de sterkte-eigenschappen), maar nog niet in lengterichting. De score is ervan uitgaande dat fase 2 doorgaat. Zo niet, dan is de score slechts 0,5.</i>
B1	Zijn er goede nulmetingen beschikbaar voorafgaand aan ingrijpende werkzaamheden of grote belastingen?	1	<i>Ja, deze hele (afkeur)fase is te beschouwen als nulmeting.</i>
B2	Zijn metingen tijdig beschikbaar om handelingen adequaat op aan te passen? Is de waarschuwingstijd voldoende?	1	<i>Ja, doordat de versterking in hoge mate is vertraagd (versterking pas in 2030 i.p.v. 2018)</i>
C1	Biedt de monitoring concrete mogelijkheden om de risico's te reduceren?	1	<i>Ja, er is nu de verwachting van een stabiel, positief oordeel voor het dwarsprofiel. Maar de informatie is nu nog te beperkt voor een oordeel over het gehele dijkvak (er is als 'steunmonitoring' uitbreiding nodig met peilbuizen in andere raaien). De continuïteit van de veenlaag is duidelijk, nu is er meer informatie voor de detailmonitoring (fase 2 - door deze fase 1 zijn daarop kostenbesparingen mogelijk). NB: er heeft nog géén analyse plaatsgevonden (los van de HLCM-workshop).</i>
C2	Vergroot de monitoring de projectmogelijkheden?	0	<i>Er is momenteel geen project, er is geen gebruiker. Dus ook geen vergroting van mogelijkheden.</i>
D1	Kan de data gevalideerd worden? (Zijn cross-checks mogelijk?)	1	<i>Bij uitvoering van fase 2 wel. Tot nu toe slechts in beperkte mate (als fase 2 niet doorgaat: score max. 0,5)</i>
D2	Is het systeem robuust uitgevoerd? (Uitval van 'cruciale' instrumenten is niet fataal voor het functioneren)	1	<i>Als er iets uitvalt is er nog ruimschoots de tijd om dit op te lossen</i>



E Case KIJK – ingevulde matrices

KWALITEITSASPECT		KWALITEITSKLASSE		
		Laag	Gemiddeld	Hoog
A	Juiste informatie			
B	Tijdig beschikbaar			
C	Gebruiksw aarde			
D	Betrouw bare informatie			

Toelichting bepalende aspecten	
Begrip risico's en fenomenen	Koppeling met beslissing
Nulmeting(en)	Waarschuwingstijd
Risicoreductie	Opportuniteitsvergroting
Data-validatie (cross-checks)	Robuustheid

Bepalende aspecten

Per kwaliteitsaspect twee vragen te beantwoorden

Score

(0=1, 0=nee, 1=ja)

Motivatie

A1 Zijn de mogelijke risico's en fenomenen te signaleren en te onderscheiden?

0.5

Er is geen directe meting van macrostabiliteit, maar metingen bedoeld voor een betere schematisering van sommen. Er moet daarom eerst een model aan worden gekoppeld.

A2 Kan de informatie uit de metingen gebruikt worden voor beslissingen (los van de beschikbare tijd en de organisatie)?

1

Ja, mits meegenomen in de analyses. Dagelijks doorgezonden, ook denkbaar bij 'trage' calamiteiten.

B1 Zijn er goede nulmetingen beschikbaar voorafgaand aan ingrijpende werkzaamheden of grote belastingen?

1

Dit zijn in zekere zin alleen nog maar nulmetingen.

B2 Zijn metingen tijdig beschikbaar om handelingen adequaat op aan te passen? Is de waarschuwingstijd voldoende?

1

De metingen komen eenmaal per etmaal binnen, terwijl er sprake is van een getijde- en stormregime. In die zin zijn handelingen niet aanpasbaar. Maar: voor het verkrijgen van ontwerpwaarden wél, zoals hier de bedoeling is.

C1 Biedt de monitoring concrete mogelijkheden om de risico's te reduceren?

0.5

De metingen zijn opgezet om het risico van verkeerd schematiseren van de waterspanningen te verkleinen. Onderkend wordt dat dit ook tot te verstrekkende conclusies kan leiden.

C2 Vergroot de monitoring de projectmogelijkheden?

1

Ja, de hele monitoring is erop gericht om de vereiste versterking zo accuraat mogelijk te maken.

D1 Kan de data gevalideerd worden? (Zijn cross-checks mogelijk?)

0.25

Raaien kunnen niet met elkaar worden vergeleken, dat kan alleen binnen één raai of met metingen uit het verleden uit de buurt. Bij enkele locaties staan peilbuizen. Maar: "Als één instrument er een halve meter naast zit, is er geen enkele manier om dat te signaleren."

D2 Is het systeem robuust uitgevoerd? (Uitval van 'cruciale' instrumenten is niet fataal voor het functioneren)

1

Redelijk redundant, uitval van één instrument is niet dramatisch.

Handreiking Life Cycle Monitoring - Uitvoering beoordelingsmatrix met scoring en onderbouwing		30 augustus 2017	ARK
KLUK - 4 Fugro-raaien			
1 Informatiebehoefte dijkeveiligheid	Q Prestatie per kwaliteitsklasse Q		Onderbouwing
1a Signalering van de relevant geachte faalmechanismen	1 Detectie is alleen mogelijk bij geïdealiseerde omstandigheden		Vier raaien op 10 km is wel weinig, dit levert alleen een indicatie. Waterspanningen zijn bepalend, maar een beetje uitval is niet funest. In lengterichting gaat het hier echter niet goed (score 4 valt daarom af).
	2 Detectie van de relevante faalmechanismen is waarschijnlijk mogelijk, maar eventuele uitval van één of enkele instrumenten is daarvoor funest		
	3 Detectie van de relevante faalmechanismen is te verwachten, ook bij de gebruikelijke uitval en bij de te verwachten variatie in de ondergrond		
	4 De instrumentatie is afgestemd op de onderzochte heterogeniteit en het systeem is bestand tegen optredende uitval		score:
	5 Flexibel, adaptief systeem gebaseerd op de onderzochte heterogeniteit en waar nodig vinden aanpassingen plaats op basis van de interpretatie van de gemeten data		3
1b Kans op nuttige bijvangst	1 De monitoring is strikt gericht op het als maatgevend bepaalde faalmechanisme		De kans is heel klein om iets anders te meten en dat ook te beseffen / detecteren bij de analyse. Er is een hele kleine kans om infiltratie door overslag of extreme neerslag te meten, verkeersbelasting door geparkeerde zware trucks wordt niet bijgehouden. Leuke informatie die wél erbij komt is het vermoeden van gasvorming (geen concrete meting). Het systeem blijkt dus zo te zijn ingericht dat er andere dingen kunnen worden opgemerkt.
Detectie van andere fenomenen, omgevingsaspecten en <i>unknown unknowns</i>	2 De monitoring is zo ingericht dat het optreden van andere faalmechanismen opgemerkt zou kunnen worden		
	3 Bij de monitoringsopzet is rekening gehouden met het eventueel optreden van andere faalmechanismen		
	4 Andere faalmechanismen kunnen onderscheiden worden, waarbij het systeem voor het noodzakelijke onderscheid waar nodig ook voorzien is van aanvullende instrumentatie		score:
	5 Als klasse 4, met bovendien flexibiliteit en aanpassing naar veranderende omstandigheden op basis van de metingen		1
1c Robuustheid voor variaties in belasting, geometrie en ondergrondeigenschappen	1 De instrumentatie is geplaatst in de representatief geachte doorsnede(n), hydraulische randvoorwaarden worden van elders betrokken		De meetraaien worden geacht een indicatie te geven van reële waarden van waterspanningen en veranderingen daarin door variaties in de buitenwaterstand (die alleen bij de stormvloedkering wordt gemeten, dus vrij ver van de meeste meetraaien). Als zodanig mogen de meetraaien wel als representatief worden beschouwd. De score is daarmee niet hoger dan 1.
	2 Met de locaties van de instrumentatie is rekening gehouden met grote variaties in de geometrie en de ondergrond (indien bekend), de hydraulische randvoorwaarden worden dusdanig in de buurt gemeten dat er geen grote verschillen zijn met de plaatselijke situatie		
	3 Met de locaties van de instrumentatie is rekening gehouden met de aanwezige variatie in de geometrie en de ondergrond, te onderscheiden belastingregimes kunnen worden gemeten en de afwijking door plaatsverschillen in de belasting is klein ten opzichte van de omvang van de belasting		
	4 De instrumentatie is afgestemd op de aanwezige variatie in de geometrie en de ondergrond, de belastingen worden lokaal bepaald of komen daar praktisch gezien mee overeen		score:
	5 Als klasse 4, met flexibiliteit en aanpassing naar veranderende omstandigheden op basis van de metingen		1
1d Meetprincipe	1 De gemeten parameters zijn indirect te relateren aan een (faal)mechanisme maar er wordt géén indicatie verkregen van de zone van optreden		De waterspanningsmetingen in een beperkt aantal raaien zijn te koppelen aan een stabiliteitsmodel. De metingen worden als indicatie gebruikt voor een groter gebied en geven daardoor alleen een indicatie van de zone van optreden: score 2 (alleen als het slechts om deze vier raaien zou gaan, zou een score van 4 of eventueel 5 kunnen worden bereikt).
Lokaal/direct versus elders/indirect	2 De gemeten parameters zijn indirect te relateren aan een (faal)mechanisme en er wordt een indicatie verkregen voor de zone van optreden		
	3 De gemeten parameters zijn direct te relateren aan een (faal)mechanisme en er wordt een indicatie verkregen voor de zone van optreden		
	4 De gemeten parameters zijn direct te relateren aan een (faal)mechanisme en worden gemeten in de zone waar dit optreedt		score:
	5 De gemeten parameters zijn direct te relateren aan een (faal)mechanisme en worden gemeten in de zone waar dit ontstaat		2
2 Tijds beschikbaarheid	Q Prestatie per kwaliteitsklasse Q		Onderbouwing
2a Kwaliteit meetreeks	1 Er zijn geen nulmetingen beschikbaar en de meetperiode is waarschijnlijk te kort om bruikbare metingen op te leveren		Er is naast het dagelijkse getij ook één (niet al te hoge) hoogwatersituatie geweest, zodat de meetperiode lang genoeg is geweest. Overigens was de opgetreden waterstand statistisch niet te verwachten, daarom een score 3.
Beschikbaarheid nulmetingen, duur van de meetperiode	2 Er zijn nulmetingen beschikbaar, maar de meetperiode is waarschijnlijk te kort om bruikbare metingen op te leveren		
	3 Er zijn nulmetingen beschikbaar en de meetperiode zal naar verwachting bruikbare metingen opleveren		
	4 Er zijn nulmetingen beschikbaar en de meetperiode is ruimschoots langer dan de statistische herhalingsduur van bruikbare variaties in de meetreeks		score:
	5 Er zijn nulmetingen beschikbaar en de meetperiode is ruimschoots langer dan de statistische herhalingsduur van bruikbare variaties in de meetreeks, bovendien kan de meetperiode indien nodig worden verlengd		3
2b Signaleringssnelheid	1 Er is geen aandacht voor signalering (de meetdata wordt periodiek verwerkt, maar zonder rekening te houden met snelle escalatie op basis van de data)		Het systeem is niet opgezet met het doel om te waarschuwen of te alarmeren bij dreigende situaties. De enige signalering (zonder alarmering) betreft eventuele uitval van instrumenten. Bij het opgetreden hoogwater is niet eens gekeken of er wel data binnenkwam. Wel vindt periodieke verwerking van de data plaats.
Van optreden fenomeen tot waarschuwing/alarmering	2 De data wordt veel sneller (geautomatiseerd) gecontroleerd op eventuele fouten of tekortkomingen dan de snelheid waarmee de relevante mechanismen zich ontwikkelen, bij mogelijke problemen vindt controle van het monitoringssysteem plaats, daarna vindt eventueel opvolging plaats		
	3 Als 2, met periodieke controle door geotechnisch/geofysisch/geohydrologisch expert met opvolgende acties om tekortkomingen op te lossen		
	4 Als 3, met onmiddellijke controle door geo-expert en opvolgende acties bij overschrijding van waarschuwings- of alarmwaarden		score:
	5 Als 4, geïntegreerd met voorbereide mobilisatie van materieel (integratie metingen met actieplan beheerder in samenwerking met aannemer(s))		1
2c Instandhouding systeem	1 Er is niet voorzien in vervanging van componenten die niet meer functioneren		Bij de selectie was uitgegaan van een meelduur van een half jaar, deze is inmiddels overschreden. Enkele instrumenten waarbij gasopgophoping optrad (controleerbaar via de respons op het getij) zijn inmiddels vervangen. Het is onduidelijk hoe lang zal worden doorgegaan met meten en wat daarbij de gronden vormen voor de beslissing, daarom geen score 4, maar wel 3.
Tijdige vervanging met analyse van de noodzaak daartoe	2 Nadat gebleken is dat componenten niet meer functioneren wordt tot vervanging overgegaan.		
	3 Zodra componenten niet meer blijken te functioneren worden deze vervangen (de meest gangbare componenten zijn op voorraad beschikbaar)		
	4 Periodieke analyse in hoeverre het bestaande monitoringssysteem voortgezet moet worden, met vervanging van componenten die niet meer functioneren (of tijdige vervanging bij het verstrijken van de levensduur)		score:
	5 Periodieke herziening van het monitoringssysteem als geheel, met mogelijke uitbreiding of inkrimping en daarbij waar nodig passende vervanging/vernieuwing		3
3 Gebruikswaarde	Q prestatie per kwaliteitsklasse Q		Onderbouwing
3a Gebruiksgemak	1 De meetdata zijn als getalswaarden beschikbaar		De meetdata is toegankelijk als getalswaarden en in grafiekvorm.
Heldere presentatie van gegevens per gebruikersgroep	2 Als 1, de meetdata zijn bovendien beschikbaar in grafiekvorm		
	3 Als 2, waarbij er sprake is van passend gekozen vaste combinaties van data t.b.v. grafieken		
	4 Als 3, selecteerbaar via een toegankelijk geografisch informatiesysteem		score:
	5 Als 4, met in de grafieken (en bij eventuele tabellen) fysieke begrenzingen zoals de kruinhoogte en het maaiveld aangegeven		3
3b Flexibiliteit en handelingsperspectief	1 Het monitoringssysteem biedt geen verdere mogelijkheden		Het dijkmonitoringssysteem levert een indicatie van de freatic lijn en de stijghoogten in en onder de dijk, alsmede de veranderingen daarin onder invloed van de verandering van de buitenwaterstand. Dit is weliswaar van groot belang voor het ontwerp, maar levert geen verdere mogelijkheden.
Vergroting van mogelijkheden, ook buiten waterveiligheid	2 Het monitoringssysteem levert informatie met betrekking tot de ontwikkeling van mechanismen (naast falen ook bijvoorbeeld consolidatie en kruip) waarmee een flexibeler planning of uitvoering in beperkte mate mogelijk is		
	3 Het monitoringssysteem levert informatie met betrekking tot de ontwikkeling van mechanismen waarmee een flexibeler planning of uitvoering in redelijke mate mogelijk is		
	4 Het monitoringssysteem levert vroegtijdig informatie met betrekking tot de ontwikkeling van mechanismen waarmee een flexibeler planning of uitvoering in ruime mate mogelijk is		score:
	5 Als 4, met geïntegreerde voorspellingsmethoden (voor bijvoorbeeld zetting of stabiliteit)		1
3c Projectbeheersing	1 Er is geen aandacht voor risicomangement (het monitoringssysteem speelt hierbij geen rol van betekenis)		Het dijkmonitoringssysteem levert data op die vergeleken wordt met de standaard-schematiseringen. Deze worden geacht conservatief te zijn en lokale meetdata levert daarbij over het algemeen een besparing op de kosten van de dijkversterking op. In dit geval is er een spanningsveld ten aanzien van de algemene geldigheid van de lokale meetraaien voor grotere delen van het dijkversterkingstraject. De geringe respons op het buitenwater is echter dermate consistent dat dit tot goed bruikbare resultaten leidt.
Risicoreductie en rendement op investering	2 Er zijn beoordelings-schematiseringen beschikbaar waarmee de meetdata vergeleken kan worden		
	3 Er zijn meerdere scenario's opgesteld die afhankelijk van de meetwaarden relevant kunnen worden		
	4 Uitgaande van één of meer basisscenario's wordt met behulp van de meetdata regelmatig een update gemaakt waarmee het handelen wordt aangepast		score:
	5 Uitgaande van één of meer basisscenario's wordt met behulp van de meetdata regelmatig een update gemaakt inclusief een vooruitblik waarop het handelen (inclusief de configuratie van het monitoringssysteem) wordt aangepast		2
3d Overdraagbaarheid van informatie	1 Het monitoringssysteem en de omgang daarmee zijn alleen gericht op het nu		De huidige monitoring, in de (vroeg) ontwerpfase, is ook nog bruikbaar tot en met de beheerfase. Er is wel overleg geweest met de stakeholder die verantwoordelijk is voor het beheer, maar niet met een stakeholder die relevant is voor de uitvoeringsfase. Dit leidt tot een score van 3.
Naar andere gebruikers in zelfde en in volgende fase(n) van de levenscyclus	2 Het monitoringssysteem is uitsluitend gericht op de huidige levensfase uit de cyclus; er vindt geen overleg plaats over de volgende levensfase		
	3 Het monitoringssysteem is mede afgestemd op de volgende levensfase, in overleg met in elk geval de opdrachtgever		
	4 Het monitoringssysteem is mede afgestemd op de volgende levensfase, in overleg met de belangrijkste huidige en toekomstige stakeholders		score:

		5	Er is een integraal afgewogen monitoringsplan over de gehele levenscyclus in afstemming met relevante stakeholders (voor iedere fase tenminste één) NB: dit integrale plan hoeft nog niet volledig ontwikkeld en geïmplementeerd te zijn, sommige delen zullen immers pas in toekomstige levensfasen opportuun zijn	3
4 Betrouwbaarheid sensordata (systeem als geheel)		Q	prestatie per kwaliteitsklasse Q	Onderbouwing
4a Nauwkeurigheid		1	FAT, SAT of installatierapporten ontbreken	Er wordt voldaan aan de omschrijving voor een score 2, voor wat betreft de verplaatsing van de sensoren en de nauwkeurigheid als gevolg van de inmeting bij de plaatsing is er te veel onzekerheid om een score 3 toe te kunnen kennen. Ook wordt er geen logboek bijgehouden.
	Factory Acceptance Tests, Site Acceptance Tests, sensordrift en fysieke verplaatsing van de sensor	2	Specificaties zijn beschikbaar (en voldoen voor het redelijkerwijs te verwachten verloop van de meetwaarden gedurende de gewenste levensduur), kalibratiewaarden zijn beschikbaar en de installatie is uitgevoerd zoals voorgeschreven door ervaren mensen (ervaring blijkt uit referenties met betrekking tot goed functionerende vergelijkbare instrumenten), er is een logboek	
		3	Als 2, met voldoende nauwkeurigheid over het gehele fysiek denkbare meetbereik (situatieafhankelijk) en met beschikbare protocollen en handleidingen voor de instrumenten en het functioneren ervan is gecontroleerd, er wordt een logboek bijgehouden, er zijn onderbouwde schattingen om de verplaatsing van de sensor te bepalen	
		4	Als 3, met regelmatig te vervangen en/of kwetsbare onderdelen in reserve en aantoonbare zorg voor onderhoud, er zijn schattingen van de sensordrift beschikbaar en periodieke inmetingen om de verplaatsing van de sensor te bepalen	score:
		5	Als 4, met regelmatig te vervangen en/of kwetsbare onderdelen in reserve en aantoonbare zorg voor onderhoud, er zijn onderbouwde inschattingen van de sensordrift beschikbaar	2
4b Beschikbaarheid		1	Onder min of meer kritieke omstandigheden zal het systeem niet meer functioneren en/of na oplevering van het systeem zijn er geen garanties over de levering van de meetdata	In de concrete, 'dagelijkse' uitvoering wordt er onvoldoende naar de data gekeken om te kunnen stellen dat aan de omschrijving voor een score 3 wordt voldaan, de praktijk heeft uitgewezen dat het huidige dijkmonitoringssysteem wel aan de omschrijving voor kwaliteitsklasse 2 voldoet.
	Mate van afwezigheid van willekeurige uitval in de tijd en uitval onder bijzondere omstandigheden zoals hoogwater of extreme droogte, zowel voor metingen als voor doorgifte van data	2	Onder kritieke omstandigheden zal er waarschijnlijk nog wel worden gemeten, maar de doorgifte van data is onzeker (data is dan pas naderhand beschikbaar), voor de datadoorgifte worden publieke communicatiekanalen gebruikt, indien relevant kan de data onder normale omstandigheden eens per etmaal worden doorgegeven	
		3	Metingen onder kritieke omstandigheden zullen beschikbaar zijn, de data kan indien gewenst ieder uur worden doorgegeven met een regelmatig onderhouden systeem via publieke communicatiekanalen, storingen in de doorgifte worden binnen 24 uur opgelost	
		4	Het systeem zal ook onder kritieke omstandigheden functioneren, de data kan indien gewenst <i>near real time</i> (= met minder dan 1 minuut vertraging) worden doorgegeven met een regelmatig onderhouden systeem dat ook onder kritieke omstandigheden kan functioneren, maar wel gebruik maakt van publieke communicatiekanalen	score:
		5	Als 4, met indien nodig een alternatief communicatiesysteem dat ook onder kritieke omstandigheden zal functioneren	2
4c Controleerbaarheid		1	Er is sprake van losse metingen, zonder onderling verband	De raaien liggen ver uit elkaar, maar een overkoepelend beeld is er wel uit te distilleren. Binnen één raai is bevestiging uit naburige instrumenten niet goed te verkrijgen, daarvoor is het aantal instrumenten te gering, met name in dezelfde grondlagen.
	Correlatie van meetwaarden tussen instrumenten en met omstandigheden, <i>common sense</i>	2	Ad-hoc kunnen verbanden worden gelegd	
		3	Relevante veranderingen in het ene instrument zouden bevestigd moeten worden door veranderingen in andere instrumenten	
		4	Meetwaarden worden volgens meerdere scenario's gecheckt op onderlinge samenhang	score:
		5	Verschillende mogelijke verbanden kunnen met (of door) het systeem gedetecteerd worden; daarvan afwijkende patronen worden ook als zodanig herkend	2
4-1 Betrouwbaarheid sensordata (SENSORTYPE 1)		Q	prestatie per kwaliteitsklasse Q	Onderbouwing
4a Nauwkeurigheid		1	FAT, SAT of installatierapporten ontbreken	
	Factory Acceptance Tests, Site Acceptance Tests, sensordrift en fysieke verplaatsing van de sensor	2	Specificaties zijn beschikbaar (en voldoen voor het redelijkerwijs te verwachten verloop van de meetwaarden gedurende de gewenste levensduur), kalibratiewaarden zijn beschikbaar en de installatie is uitgevoerd zoals voorgeschreven door ervaren mensen (ervaring blijkt uit referenties met betrekking tot goed functionerende vergelijkbare instrumenten), er is een logboek	
		3	Als 2, met voldoende nauwkeurigheid over het gehele fysiek denkbare meetbereik (situatieafhankelijk) en met beschikbare protocollen en handleidingen voor de instrumenten en het functioneren ervan is gecontroleerd, er wordt een logboek bijgehouden, er zijn onderbouwde schattingen om de verplaatsing van de sensor te bepalen	
		4	Als 3, met regelmatig te vervangen en/of kwetsbare onderdelen in reserve en aantoonbare zorg voor onderhoud, er zijn schattingen van de sensordrift beschikbaar en periodieke inmetingen om de verplaatsing van de sensor te bepalen	score:
		5	Als 4, met regelmatig te vervangen en/of kwetsbare onderdelen in reserve en aantoonbare zorg voor onderhoud, er zijn onderbouwde inschattingen van de sensordrift beschikbaar	n.v.t. - er is slechts één sensortype
4b Beschikbaarheid		1	Onder min of meer kritieke omstandigheden zal het systeem niet meer functioneren en/of na oplevering van het systeem zijn er geen garanties over de levering van de meetdata	
	Mate van afwezigheid van willekeurige uitval in de tijd en uitval onder bijzondere omstandigheden zoals hoogwater of extreme droogte, zowel voor metingen als voor doorgifte van data	2	Onder kritieke omstandigheden zal er waarschijnlijk nog wel worden gemeten, maar de doorgifte van data is onzeker (data is dan pas naderhand beschikbaar), voor de datadoorgifte worden publieke communicatiekanalen gebruikt, indien relevant kan de data onder normale omstandigheden eens per etmaal worden doorgegeven	
		3	Metingen onder kritieke omstandigheden zullen beschikbaar zijn, de data kan indien gewenst ieder uur worden doorgegeven met een regelmatig onderhouden systeem via publieke communicatiekanalen, storingen in de doorgifte worden binnen 24 uur opgelost	
		4	Het systeem zal ook onder kritieke omstandigheden functioneren, de data kan indien gewenst <i>near real time</i> (= met minder dan 1 minuut vertraging) worden doorgegeven met een regelmatig onderhouden systeem dat ook onder kritieke omstandigheden kan functioneren, maar wel gebruik maakt van publieke communicatiekanalen	score:
		5	Als 4, met indien nodig een alternatief communicatiesysteem dat ook onder kritieke omstandigheden zal functioneren	n.v.t. - er is slechts één sensortype
4c Controleerbaarheid		1	Er is sprake van losse metingen, zonder onderling verband	
	Correlatie van meetwaarden tussen instrumenten en met omstandigheden, <i>common sense</i>	2	Ad-hoc kunnen verbanden worden gelegd	
		3	Relevante veranderingen in het ene instrument zouden bevestigd moeten worden door veranderingen in andere instrumenten	
		4	Meetwaarden worden volgens meerdere scenario's gecheckt op onderlinge samenhang	score:
		5	Verschillende mogelijke verbanden kunnen met (of door) het systeem gedetecteerd worden; daarvan afwijkende patronen worden ook als zodanig herkend	n.v.t. - er is slechts één sensortype

Overzicht beoordeling monitoringssysteem

Samenvatting scores uitvoerige beoordelingsmatrix <i>KJK - 4 Fugro-raaien</i>		aanpassing: door:	30-Aug-17 ARK
		Score	Vereiste score
1	Informatiebehoefte dijkveiligheid		
1a	Signalering van de relevant geachte faalmechanismen	3	0
1b	Kans op nuttige bijvangst (andere fenomenen, omgeving, <i>unknown unknowns</i>)	1	0
1c	Robuustheid voor variaties in belasting, geometrie en ondergrondeigenschappen	1	0
1d	Meetprincipe (lokaal/direct vs. elders/indirect)	2	0
2	Tijdige beschikbaarheid		
2a	Kwaliteit meetreeks (beschikbaarheid nulmetingen, duur van de meetperiode)	3	0
2b	Signaleringssnelheid (van optreden fenomeen tot waarschuwing/alarmering)	1	0
2c	Instandhouding systeem (tijdige vervanging met analyse van de noodzaak daartoe)	3	0
3	Gebruikswaarde		
3a	Gebruiksgemak (heldere presentatie van gegevens per gebruikersgroep)	3	0
3b	Flexibiliteit en handelingsperspectief (vergroting mogelijkheden, ook buiten waterveiligheid)	1	0
3c	Projectbeheersing (risicoreductie en rendement op investering)	2	0
3d	Overdraagbaarheid van informatie (naar andere gebruikers in zelfde en volgende fase(n))	3	0
4	Betrouwbaarheid sensordata (systeem als geheel)		
4a	Nauwkeurigheid (FAT, SAT, drift en verplaatsing)	2	0
4b	Beschikbaarheid (random uitval en uitval onder bijzondere omstandigheden)	2	0
4c	Controleerbaarheid (correlatie van meetwaarden tussen instrumenten)	2	0
4-1	<i>Betrouwbaarheid voor sensortype 1: er is slechts één sensortype, dit is hierboven beschouwd</i>		
4a1	Nauwkeurigheid (FAT, SAT, drift en verplaatsing)	n.v.t.	0
4b1	Beschikbaarheid (random uitval en uitval onder bijzondere omstandigheden)	n.v.t.	0
4c1	Controleerbaarheid (correlatie van meetwaarden tussen instrumenten)	n.v.t.	0
4-2	<i>Betrouwbaarheid voor sensortype 2: ...</i>		
4a2	Nauwkeurigheid (FAT, SAT, drift en verplaatsing)	n.v.t.	0
4b2	Beschikbaarheid (random uitval en uitval onder bijzondere omstandigheden)	n.v.t.	0
4c2	Controleerbaarheid (correlatie van meetwaarden tussen instrumenten)	n.v.t.	0
4-3	<i>Betrouwbaarheid voor sensortype 3: ...</i>		
4a3	Nauwkeurigheid (FAT, SAT, drift en verplaatsing)	n.v.t.	0
4b3	Beschikbaarheid (random uitval en uitval onder bijzondere omstandigheden)	n.v.t.	0
4c3	Controleerbaarheid (correlatie van meetwaarden tussen instrumenten)	n.v.t.	0
4-#	<i>Betrouwbaarheid voor sensortype #: bijvoorbeeld ... (zover nodig verder kopiëren)</i>		
4a#	Nauwkeurigheid (FAT, SAT, drift en verplaatsing)		
4b#	Beschikbaarheid (random uitval en uitval onder bijzondere omstandigheden)		
4c#	Controleerbaarheid (correlatie van meetwaarden tussen instrumenten)		



F Case KIS – ingevulde matrices

KWALITEITSASPECT		KWALITEITSKLASSE		
		Laag	Gemiddeld	Hoog
A	Juiste informatie			
B	Tijdig beschikbaar			
C	Gebruiksw aarde			
D	Betrouw bare informatie			

Toelichting bepalende aspecten	
Begrip risico's en fenomenen	Koppeling met beslissing
Nulmeting(en)	Waarschuw ingstijd
Risicoreductie	Opportuniteitsvergroting
Data-validatie (cross-checks)	Robuustheid

Bepalende aspecten

Per kwaliteitsaspect twee vragen te beantwoorden

Score **Motivatie**
 (0=1, 0=nee, 1=ja)

- | | | | |
|----|--|-----|--|
| A1 | Zijn de mogelijke risico's en fenomenen te signaleren en te onderscheiden? | 1 | |
| A2 | Kan de informatie uit de metingen gebruikt worden voor beslissingen (los van de beschikbare tijd en de organisatie)? | 1 | |
| B1 | Zijn er goede nulmetingen beschikbaar voorafgaand aan ingrijpende werkzaamheden of grote belastingen? | 0 | <i>Er is geen nulmeting van voor de eerste ophoging beschikbaar. Daardoor was het ook niet meer mogelijk om de uitvoering aan te sturen op basis van de consolidatiegraad. Later is gekozen om te rekenen met de gemeten waterspanningen.</i> |
| B2 | Zijn metingen tijdig beschikbaar om handelingen adequaat op aan te passen? Is de waarschuwingstijd voldoende? | 1 | <i>De metingen zijn tijdig beschikbaar, zoals in de praktijk ook blijkt.</i> |
| C1 | Biedt de monitoring concrete mogelijkheden om de risico's te reduceren? | 0.5 | <i>Enerzijds wel, wat ook blijkt uit de onderbouwde zettingsreductie en de aansturing van de uitvoering, maar hier staat in negatieve zin tegenover dat er onverklaarbare horizontale deformaties zijn.</i> |
| C2 | Vergroot de monitoring de projectmogelijkheden? | 1 | <i>Met de monitoring is het mogelijk om de in totaal te verwachten zetting nauwkeuriger in te schatten; doordat al gebleken is dat deze een derde kleiner is dan verwacht, is reductie in kosten én materieelinzet mogelijk. In het algemeen geldt dat de inzet van extra overhoogte hiermee beter gedoseerd kan worden.</i> |
| D1 | Kan de data gevalideerd worden? (Zijn cross-checks mogelijk?) | 1 | <i>Cross-checks zijn goed mogelijk doordat de waterspanningsmeters juist bij de zakkaken staan.</i> |
| D2 | Is het systeem robuust uitgevoerd? (Uitval van 'cruciale' instrumenten is niet fataal voor het functioneren) | 0.5 | <i>Er zijn betrekkelijk weinig meetpunten, waardoor het systeem gevoelig is voor uitval. Hier staat echter een goede praktijkervaring tot dusverre [moment van de eerste workshop] tegenover, namelijk dat slechts 10% van de zakkaken uitgevallen is en slechts 2 waterspanningsmeters stuk zijn over het geheel van KIS.</i> |

Handreiking Life Cycle Monitoring - Uitvoerige beoordelingsmatrix met scoring en onderbouwing			
Dijkversterking KIS, vak V (klimaatdijk)		30-08-18	ARK
1 Informatiebehoefte dijkveiligheid	Q Prestatie per kwaliteitsklasse Q	Onderbouwing	
1a Signalering van de relevant geachte faalmechanismen	1 Detectie is alleen mogelijk bij geïdealiseerde omstandigheden	Het faalmechanisme is macrostabiliteit. De uitval van instrumenten is wat kleiner dan gebruikelijk. Er is redelijk wat onderzoek uitgevoerd, per sectie is gerekend met een maatgevende ondergrond en met de daar aanwezige ondergrond is rekening gehouden. Er zijn echter geen sonderingen / boringen uitgevoerd nabij elke plaats waar een waterspanningsmeter is geplaatst, daardoor geen score 3.	
	2 Detectie van de relevante faalmechanismen is waarschijnlijk mogelijk, maar eventuele uitval van één of enkele instrumenten is daarvoor funest		
	3 Detectie van de relevante faalmechanismen is te verwachten, ook bij de gebruikelijke uitval en bij de te verwachten variatie in de ondergrond		
	4 De instrumentatie is afgestemd op de onderzochte heterogeniteit en het systeem is bestand tegen optredende uitval	score:	
	5 Flexibel, adaptief systeem gebaseerd op de onderzochte heterogeniteit en waar nodig vinden aanpassingen plaats op basis van de interpretatie van de gemeten data	2	
1b Kans op nuttige bijvangst	1 De monitoring is strikt gericht op het als maatgevend bepaalde faalmechanisme	Uit de situatie volgt dat er haast geen andere faalmechanismen opgemerkt kunnen worden. Maar door handmatige uitlezingen te hanteren voor de zakbaken, zijn visuele inspecties door degene die deze uitlezingen uitvoert, bewust ingebouwd. Ook is er voorzien in waarnemingen van bijzondere situaties door omwonenden, via de omgevingsmanager. Hier is echter niet expliciet rekening mee gehouden (daarom geen score 3).	
Detectie van andere fenomenen, omgevingsaspecten en <i>unknown unknowns</i>	2 De monitoring is zo ingericht dat het optreden van andere faalmechanismen opgemerkt zou kunnen worden		
	3 Bij de monitoringsopzet is rekening gehouden met het eventueel optreden van andere faalmechanismen		
	4 Andere faalmechanismen kunnen onderscheiden worden, waarbij het systeem voor het noodzakelijke onderscheid waar nodig ook voorzien is van aanvullende instrumentatie	score:	
	5 Als klasse 4, met bovendien flexibiliteit en aanpassing naar veranderende omstandigheden op basis van de metingen	2	
1c Robuustheid voor variaties in belasting, geometrie en ondergrondeigenschappen	1 De instrumentatie is geplaatst in de representatief geachte doorsnede(n), hydraulische randvoorwaarden worden van elders betrokken	Zakbaken in dwarsprofielen op 40 m uit elkaar. Traject KIS is ingedeeld in veel vakken, hier is binnen het beschouwde vak V nog onderscheid gemaakt tussen oost en west. Profielmetingen voor en na verschillende ophoogslagen bepalen het verschil tussen een score van 3 of van 4. In de praktijk gaat er wel een week tot anderhalve week overheen voordat de zakbaken na een ophoging worden ingemeten. De waterspanningsmeters komen minder frequent voor. Om beide laatste redenen geen 4 maar 3.	
	2 Met de locaties van de instrumentatie is rekening gehouden met grote variaties in de geometrie en de ondergrond (indien bekend), de hydraulische randvoorwaarden worden dusdanig in de buurt gemeten dat er geen grote verschillen zijn met de plaatselijke situatie		
	3 Met de locaties van de instrumentatie is rekening gehouden met de aanwezige variatie in de geometrie en de ondergrond, te onderscheiden belastingregimes kunnen worden gemeten en de afwijking door plaatsverschillen in de belasting is klein ten opzichte van de omvang van de belasting		
	4 De instrumentatie is afgestemd op de aanwezige variatie in de geometrie en de ondergrond, de belastingen worden lokaal bepaald of komen daar praktisch gezien mee overeen	score:	
	5 Als klasse 4, met flexibiliteit en aanpassing naar veranderende omstandigheden op basis van de metingen	3	
1d Meetprincipe	1 De gemeten parameters zijn indirect te relateren aan een (faal)mechanisme maar er wordt géén indicatie verkregen van de zone van optreden	Vervormingen en waterspanningen worden gemeten; dit is de bewezen combinatie daarvoor. Waterspanningen echter maar in één dwarsdoorsnede, op meerdere dieptes.	
Lokaal/direct versus elders/indirect	2 De gemeten parameters zijn indirect te relateren aan een (faal)mechanisme en er wordt een indicatie verkregen voor de zone van optreden		
	3 De gemeten parameters zijn direct te relateren aan een (faal)mechanisme en er wordt een indicatie verkregen voor de zone van optreden		
	4 De gemeten parameters zijn direct te relateren aan een (faal)mechanisme en worden gemeten in de zone waar dit optreedt	score:	
	5 De gemeten parameters zijn direct te relateren aan een (faal)mechanisme en worden gemeten in de zone waar dit <i>ontstaat</i>	3	
2 Tijdige beschikbaarheid	Q Prestatie per kwaliteitsklasse Q	Onderbouwing	
2a Kwaliteit meetreeks	1 Er zijn geen nulmetingen beschikbaar en de meetperiode is waarschijnlijk te kort om bruikbare metingen op te leveren	Nulmetingen ontbreken bij de waterspanningsmetingen, maar zijn wel beschikbaar bij de zakbaken. Er moet nog 1/3 van de ophoging worden aangebracht, daardoor gaat de restzetting/prognose lastig worden, ook door het gebrek aan meettijd.	
Beschikbaarheid nulmetingen, duur van de meetperiode	2 Er zijn nulmetingen beschikbaar, maar de meetperiode is waarschijnlijk te kort om bruikbare metingen op te leveren	Voor het aspect ophoging/stabiliteit is de reeks goed genoeg voor score 3, maar voor het aspect restzetting is de planning van de duur van de uitvoering te kort gegeven het beschikbare grondonderzoek en de beschikbare metingen, daarom een score 1.	
	3 Er zijn nulmetingen beschikbaar en de meetperiode zal naar verwachting bruikbare metingen opleveren		
	4 Er zijn nulmetingen beschikbaar en de meetperiode is ruimschoots langer dan de statistische herhalingsijd van bruikbare variaties in de meetreeks	score:	
	5 Er zijn nulmetingen beschikbaar en de meetperiode is ruimschoots langer dan de statistische herhalingsijd van bruikbare variaties in de meetreeks, bovendien kan de meetperiode indien nodig worden verlengd	1	
2b Signaleringssnelheid	1 Er is geen aandacht voor signalering (de meetdata wordt periodiek verwerkt, maar zonder rekening te houden met snelle escalatie op basis van de data)	De meetdata wordt primair gebruikt als stuurinformatie bij het bouwproces. Er is geen sprake van automatische dataverwerking, maar op basis van triggers in de uitvoering en door aankomend hoogwater wordt de data verwerkt in berekeningen, waarna passende actie volgt. Binnen een dag kan op een onverwachte situatie actie zijn ondernomen (elders bij KIS is hier ervaring mee opgedaan met een gecontroleerde situatie bij een gasleiding). Daarom past een score 4 (er is geen sprake van integratie met een actieplan wat voor een score van 5 vereist is).	
Van optreden fenomeen tot waarschuwing/alarmering	2 De data wordt veel sneller (geautomatiseerd) gecontroleerd op eventuele fouten of tekortkomingen dan de snelheid waarmee de relevante mechanismen zich ontwikkelen, bij mogelijke problemen vindt controle van het monitoringssysteem plaats, daarna vindt eventueel opvolging plaats		
	3 Als 2, met periodieke controle door geotechnisch/geofysisch/geohydrologisch expert met opvolgende acties om tekortkomingen op te lossen		
	4 Als 3, met onmiddellijke controle door geo-expert en opvolgende acties bij overschrijding van waarschuwings- of alarmwaarden	score:	
	5 Als 4, geïntegreerd met voorbereide mobilisatie van materieel (integratie metingen met actieplan beheerder in samenwerking met aannemer(s))	4	
2c Instandhouding systeem	1 Er is niet voorzien in vervanging van componenten die niet meer functioneren	De waterspanningsmeters worden na uitvallen vervangen, dit is op het totale KIS-project tot nu toe twee keer gebeurd. Het is niet duidelijk hoe snel dit is gebeurd en of de instrumenten op voorraad beschikbaar waren, dit is echter wel aannemelijk. Een afweging of vervanging wel nodig was, heeft hierbij niet plaatsgevonden, daarom score 3 voor de waterspanningsmeters. Uitvallende zakbaken worden niet vervangen omdat dit onhaalbaar wordt geacht en ook enige redundantie wordt verondersteld aanwezig te zijn in het ontwerp. Dit leidt tot een overall-score van 3 (een lagere score vanwege de zakbaken lijkt niet terecht).	
Tijdige vervanging met analyse van de noodzaak daartoe	2 Nadat gebleken is dat componenten niet meer functioneren wordt tot vervanging overgegaan.		
	3 Zodra componenten niet meer blijken te functioneren worden deze vervangen (de meest gangbare componenten zijn op voorraad beschikbaar)		
	4 Periodieke analyse in hoeverre het bestaande monitoringssysteem voortgezet moet worden, met vervanging van componenten die niet meer functioneren (of tijdige vervanging bij het verstrijken van de levensduur)	score:	
	5 Periodieke herziening van het monitoringssysteem als geheel, met mogelijke uitbreiding of inkrimping en daarbij waar nodig passende vervanging/vernieuwing	3	

3	Gebruikswaarde	Q	prestatie per kwaliteitsklasse Q	Onderbouwing
3a	Gebruiksgemak	1	De meetdata zijn als getalswaarden beschikbaar	Er is een uitgebreid, toegankelijk informatiesysteem (voldoende voor een score van 4). Bij de zakbaken is er ook sprake van een koppeling met de fysieke werkelijkheid, maar niet bij de waterspanningsmeters.
	Heldere presentatie van gegevens per gebruikersgroep	2	Als 1, de meetdata zijn bovendien beschikbaar in grafiekvorm	
		3	Als 2, waarbij er sprake is van passend gekozen vaste combinaties van data t.b.v. grafieken	
		4	Als 3, selecteerbaar via een toegankelijk geografisch informatiesysteem	
		5	Als 4, met in de grafieken (en bij eventuele tabellen) fysieke begrenzingen zoals de kruinhoogte en het maaiveld aangegeven	
				score: 4
3b	Flexibiliteit en handelingsperspectief	1	Het monitoringssysteem biedt geen verdere mogelijkheden	Het systeem voldoet aan een score 4, maar de berekeningen zijn niet in het systeem geïntegreerd; dit wordt 'handmatig' gedaan.
	Vergroting van mogelijkheden, ook buiten waterveiligheid	2	Het monitoringssysteem levert informatie met betrekking tot de ontwikkeling van mechanismen (naast falen ook bijvoorbeeld consolidatie en kruip) waarmee een flexibeler planning of uitvoering in beperkte mate mogelijk is	
		3	Het monitoringssysteem levert informatie met betrekking tot de ontwikkeling van mechanismen waarmee een flexibeler planning of uitvoering in redelijke mate mogelijk is	
		4	Het monitoringssysteem levert vroegtijdig informatie met betrekking tot de ontwikkeling van mechanismen waarmee een flexibeler planning of uitvoering in ruime mate mogelijk is	
		5	Als 4, met geïntegreerde voorspellingsmethoden (voor bijvoorbeeld zetting of stabiliteit)	
				score: 4
3c	Projectbeheersing	1	Er is geen aandacht voor risicomanagement (het monitoringssysteem speelt hierbij geen rol van betekenis)	Met de meetdata wordt regelmatig een update gemaakt waar het handelen daadwerkelijk op wordt aangepast. De configuratie van het monitoringssysteem staat echter niet ter discussie.
	Risicoreductie en rendement op investering	2	Er zijn beoordelingsschematiseringen beschikbaar waarmee de meetdata vergeleken kan worden	
		3	Er zijn meerdere scenario's opgesteld die afhankelijk van de meetwaarden relevant kunnen worden	
		4	Uitgaande van één of meer basisscenario's wordt met behulp van de meetdata regelmatig een update gemaakt waarmee het handelen wordt aangepast	
		5	Uitgaande van één of meer basisscenario's wordt met behulp van de meetdata regelmatig een update gemaakt inclusief een vooruitblik waarop het handelen (inclusief de configuratie van het monitoringssysteem) wordt aangepast	
				score: 4
3d	Overdraagbaarheid van informatie	1	Het monitoringssysteem en de omgang daarmee zijn alleen gericht op het nu	Het systeem is alleen gericht op de uitvoeringsfase, daarna wordt het in principe geheel verwijderd.
	Naar andere gebruikers in zelfde en in volgende fase(n) van de levenscyclus	2	Het monitoringssysteem is uitsluitend gericht op de huidige levensfase uit de cyclus; er vindt geen overleg plaats over de volgende levensfase	
		3	Het monitoringssysteem is mede afgestemd op de volgende levensfase, in overleg met in elk geval de opdrachtgever	
		4	Het monitoringssysteem is mede afgestemd op de volgende levensfase, in overleg met de belangrijkste huidige en toekomstige stakeholders	
		5	Er is een integraal afgewogen monitoringsplan over de gehele levenscyclus in afstemming met relevante stakeholders (voor iedere fase tenminste één) NB: dit integrale plan hoeft nog niet volledig ontwikkeld en geïmplementeerd te zijn, sommige delen zullen immers pas in toekomstige levensfasen opportuun zijn	
				score: 2
4	Betrouwbaarheid sensordata (systeem als geheel)	Q	prestatie per kwaliteitsklasse Q	Onderbouwing
4a	Nauwkeurigheid	1	FAT, SAT of installatierapporten ontbreken	Voor de waterspanningsmeters een score van 2, voor de zakbaken een score van 3. Hier geldt de laagste van beide scores.
	Factory Acceptance Tests, Site Acceptance Tests, sensordrift en fysieke verplaatsing van de sensor	2	Specificaties zijn beschikbaar (en voldoen voor het redelijkerwijs te verwachten verloop van de meetwaarden gedurende de gewenste levensduur), kalibratiewaarden zijn beschikbaar en de installatie is uitgevoerd zoals voorgeschreven door ervaren mensen (ervaring blijkt uit referenties met betrekking tot goed functionerende vergelijkbare instrumenten), er is een logboek	
		3	Als 2, met voldoende nauwkeurigheid over het gehele fysiek denkbare meetbereik (situatieafhankelijk!) en met beschikbare protocollen en handleidingen voor de instrumenten en het functioneren ervan is gecontroleerd, er wordt een logboek bijgehouden, er zijn onderbouwde schattingen om de verplaatsing van de sensor te bepalen	
		4	Als 3, met regelmatig te vervangen en/of kwetsbare onderdelen in reserve en aantoonbare zorg voor onderhoud, er zijn schattingen van de sensordrift beschikbaar en periodieke metingen om de verplaatsing van de sensor te bepalen	
		5	Als 4, met regelmatig te vervangen en/of kwetsbare onderdelen in reserve en aantoonbare zorg voor onderhoud, er zijn onderbouwde inschattingen van de sensordrift beschikbaar	
				score: 2
4b	Beschikbaarheid	1	Onder min of meer kritieke omstandigheden zal het systeem niet meer functioneren en/of na oplevering van het systeem zijn er geen garanties over de levering van de meetdata	Beide typen sensoren voldoen aan een score van 3, de samenvoeging van beide databronnen leidt niet tot verlaging van deze score.
	Mate van afwezigheid van willekeurige uitval in de tijd en uitval onder bijzondere omstandigheden zoals hoogwater of extreme droogte, zowel voor metingen als voor doorgifte van data	2	Onder kritieke omstandigheden zal er waarschijnlijk nog wel worden gemeten, maar de doorgifte van data is onzeker (data is dan pas naderhand beschikbaar), voor de datadoorgifte worden publieke communicatiekanalen gebruikt, indien relevant kan de data onder normale omstandigheden eens per etmaal worden doorgegeven	
		3	Metingen onder kritieke omstandigheden zullen beschikbaar zijn, de data kan indien gewenst ieder uur worden doorgegeven met een regelmatig onderhouden systeem via publieke communicatiekanalen, storingen in de doorgifte worden binnen 24 uur opgelost	
		4	Het systeem zal ook onder kritieke omstandigheden functioneren, de data kan indien gewenst <i>near real time</i> (= met minder dan 1 minuut vertraging) worden doorgegeven met een regelmatig onderhouden systeem dat ook onder kritieke omstandigheden kan functioneren, maar wel gebruik maakt van publieke communicatiekanalen	
		5	Als 4, met indien nodig een alternatief communicatiesysteem dat ook onder kritieke omstandigheden zal functioneren	
				score: 3
4c	Controleerbaarheid	1	Er is sprake van losse metingen, zonder onderling verband	In de raaien met waterspanningsmeters staan ook zakbaken; deze leveren verschillende typen metingen op die echter wel sterk verband met elkaar zouden moeten houden omdat de oorzaken van veranderingen grotendeels gemeenschappelijk zijn, namelijk zetting. Dat is echter wel het enige scenario waarvan wordt uitgegaan, daarom een score 3.
	Correlatie van meetwaarden tussen instrumenten en met omstandigheden, <i>common sense</i>	2	Ad-hoc kunnen verbanden worden gelegd	
		3	Relevante veranderingen in het ene instrument zouden bevestigd moeten worden door veranderingen in andere instrumenten	
		4	Meetwaarden worden volgens meerdere scenario's gecheckt op onderlinge samenhang	
		5	Verschillende mogelijke verbanden kunnen met (of door) het systeem gedetecteerd worden; daarvan afwijkende patronen worden ook als zodanig herkend	
				score: 3

4-1	Betrouwbaarheid sensordata (WATERSPANNINGSMETERS)	Q	prestatie per kwaliteitsklasse Q	Onderbouwing
4a	Nauwkeurigheid	1	FAT, SAT of installatierapporten ontbreken	Er zijn specificaties en kalibratiewaarden beschikbaar, de installatie is gedaan door ervaren mensen en er is een logboek. Met verplaatsing van de sensoren wordt echter geen rekening gehouden (terwijl dit wel de meetwaarden beïnvloedt en vanwege de zettingen ook waarschijnlijk is), daarom een score 2.
	Factory Acceptance Tests, Site Acceptance Tests, sensordrift en fysieke verplaatsing van de sensor	2	Specificaties zijn beschikbaar (en voldoen voor het redelijkerwijs te verwachten verloop van de meetwaarden gedurende de gewenste levensduur), kalibratiewaarden zijn beschikbaar en de installatie is uitgevoerd zoals voorgeschreven door ervaren mensen (ervaring blijkt uit referenties met betrekking tot goed functionerende vergelijkbare instrumenten), er is een logboek	
		3	Als 2, met voldoende nauwkeurigheid over het gehele fysiek denkbare meetbereik (situatieafhankelijk!) en met beschikbare protocollen en handleidingen voor de instrumenten en het functioneren ervan is gecontroleerd, er wordt een logboek bijgehouden, er zijn onderbouwde schattingen om de verplaatsing van de sensor te bepalen	
		4	Als 3, met regelmatig te vervangen en/of kwetsbare onderdelen in reserve en aantoonbare zorg voor onderhoud, er zijn schattingen van de sensordrift beschikbaar en periodieke inmetingen om de verplaatsing van de sensor te bepalen	
		5	Als 4, met regelmatig te vervangen en/of kwetsbare onderdelen in reserve en aantoonbare zorg voor onderhoud, er zijn onderbouwde inschattingen van de sensordrift beschikbaar	
				score: 2
4b	Beschikbaarheid	1	Onder min of meer kritieke omstandigheden zal het systeem niet meer functioneren en/of na oplevering van het systeem zijn er geen garanties over de levering van de meetdata	Voor de waterspanningsmeters voldoet het systeem aan de vereisten voor een score van 3.
	Mate van afwezigheid van willekeurige uitval in de tijd en uitval onder bijzondere omstandigheden zoals hoogwater of extreme droogte, zowel voor metingen als voor doorgifte van data	2	Onder kritieke omstandigheden zal er waarschijnlijk nog wel worden gemeten, maar de doorgifte van data is onzeker (data is dan pas naderhand beschikbaar), voor de datadoorgifte worden publieke communicatiekanalen gebruikt, indien relevant kan de data onder normale omstandigheden eens per etmaal worden doorgegeven	
		3	Metingen onder kritieke omstandigheden zullen beschikbaar zijn, de data kan indien gewenst ieder uur worden doorgegeven met een regelmatig onderhouden systeem via publieke communicatiekanalen, storingen in de doorgifte worden binnen 24 uur opgelost	
		4	Het systeem zal ook onder kritieke omstandigheden functioneren, de data kan indien gewenst <i>near real time</i> (= met minder dan 1 minuut vertraging) worden doorgegeven met een regelmatig onderhouden systeem dat ook onder kritieke omstandigheden kan functioneren, maar wel gebruik maakt van publieke communicatiekanalen	
		5	Als 4, met indien nodig een alternatief communicatiesysteem dat ook onder kritieke omstandigheden zal functioneren	
				score: 3
4c	Controleerbaarheid	1	Er is sprake van losse metingen, zonder onderling verband	De metingen van de waterspanningsmeters worden onderling vergeleken en in verband gebracht met de ophoging, laagtype en laagdikte waar deze in geplaatst zijn. Hierbij wordt alleen rekening gehouden met zettingsgerelateerde verschijnselen.
	Correlatie van meetwaarden tussen instrumenten en met omstandigheden, <i>common sense</i>	2	Ad-hoc kunnen verbanden worden gelegd	
		3	Relevante veranderingen in het ene instrument zouden bevestigd moeten worden door veranderingen in andere instrumenten	
		4	Meetwaarden worden volgens meerdere scenario's gecheckt op onderlinge samenhang	
		5	Verschillende mogelijke verbanden kunnen met (of door) het systeem gedetecteerd worden; daarvan afwijkende patronen worden ook als zodanig herkend	
				score: 3
4-2	Betrouwbaarheid sensordata (ZAKBAKEN)	Q	prestatie per kwaliteitsklasse Q	Onderbouwing
4a	Nauwkeurigheid	1	FAT, SAT of installatierapporten ontbreken	De zakbaken voldoen in deze praktijk aan de vereisten voor een score van 3.
	Factory Acceptance Tests, Site Acceptance Tests, sensordrift en fysieke verplaatsing van de sensor	2	Specificaties zijn beschikbaar (en voldoen voor het redelijkerwijs te verwachten verloop van de meetwaarden gedurende de gewenste levensduur), kalibratiewaarden zijn beschikbaar en de installatie is uitgevoerd zoals voorgeschreven door ervaren mensen (ervaring blijkt uit referenties met betrekking tot goed functionerende vergelijkbare instrumenten), er is een logboek	
		3	Als 2, met voldoende nauwkeurigheid over het gehele fysiek denkbare meetbereik (situatieafhankelijk!) en met beschikbare protocollen en handleidingen voor de instrumenten en het functioneren ervan is gecontroleerd, er wordt een logboek bijgehouden, er zijn onderbouwde schattingen om de verplaatsing van de sensor te bepalen	
		4	Als 3, met regelmatig te vervangen en/of kwetsbare onderdelen in reserve en aantoonbare zorg voor onderhoud, er zijn schattingen van de sensordrift beschikbaar en periodieke inmetingen om de verplaatsing van de sensor te bepalen	
		5	Als 4, met regelmatig te vervangen en/of kwetsbare onderdelen in reserve en aantoonbare zorg voor onderhoud, er zijn onderbouwde inschattingen van de sensordrift beschikbaar	
				score: 3
4b	Beschikbaarheid	1	Onder min of meer kritieke omstandigheden zal het systeem niet meer functioneren en/of na oplevering van het systeem zijn er geen garanties over de levering van de meetdata	De metingen worden handmatig verricht, waarmee desgewenst een score van 3 kan worden bereikt.
	Mate van afwezigheid van willekeurige uitval in de tijd en uitval onder bijzondere omstandigheden zoals hoogwater of extreme droogte, zowel voor metingen als voor doorgifte van data	2	Onder kritieke omstandigheden zal er waarschijnlijk nog wel worden gemeten, maar de doorgifte van data is onzeker (data is dan pas naderhand beschikbaar), voor de datadoorgifte worden publieke communicatiekanalen gebruikt, indien relevant kan de data onder normale omstandigheden eens per etmaal worden doorgegeven	
		3	Metingen onder kritieke omstandigheden zullen beschikbaar zijn, de data kan indien gewenst ieder uur worden doorgegeven met een regelmatig onderhouden systeem via publieke communicatiekanalen, storingen in de doorgifte worden binnen 24 uur opgelost	
		4	Het systeem zal ook onder kritieke omstandigheden functioneren, de data kan indien gewenst <i>near real time</i> (= met minder dan 1 minuut vertraging) worden doorgegeven met een regelmatig onderhouden systeem dat ook onder kritieke omstandigheden kan functioneren, maar wel gebruik maakt van publieke communicatiekanalen	
		5	Als 4, met indien nodig een alternatief communicatiesysteem dat ook onder kritieke omstandigheden zal functioneren	
				score: 3
4c	Controleerbaarheid	1	Er is sprake van losse metingen, zonder onderling verband	De metingen van verschillende zakbaken worden met elkaar vergeleken, verschillen moeten logisch zijn (meer zakking bij meer ophoging/dikker slappe-lagenpakket).
	Correlatie van meetwaarden tussen instrumenten en met omstandigheden, <i>common sense</i>	2	Ad-hoc kunnen verbanden worden gelegd	
		3	Relevante veranderingen in het ene instrument zouden bevestigd moeten worden door veranderingen in andere instrumenten	
		4	Meetwaarden worden volgens meerdere scenario's gecheckt op onderlinge samenhang	
		5	Verschillende mogelijke verbanden kunnen met (of door) het systeem gedetecteerd worden; daarvan afwijkende patronen worden ook als zodanig herkend	
				score: 3

Overzicht beoordeling monitoringsysteem

Samenvatting scores uitvoerige beoordelingsmatrix <i>Dijkversterking KIS, vak V (klimaatdijk)</i>		aanpassing: 30-Aug-18 door: ARK	
		Score	Vereiste score
1	Informatiebehoefte dijkveiligheid		
1a	Signalering van de relevant geachte faalmechanismen	2	0
1b	Kans op nuttige bijvangst (andere fenomenen, omgeving, <i>unknown unknowns</i>)	2	0
1c	Robuustheid voor variaties in belasting, geometrie en ondergrondeigenschappen	3	0
1d	Meetprincipes (lokaal/direct vs. elders/indirect)	3	0
2	Tijdige beschikbaarheid		
2a	Kwaliteit meetreeks (beschikbaarheid nulmetingen, duur van de meetperiode)	1	0
2b	Signaleringssnelheid (van optreden fenomeen tot waarschuwing/alarmering)	4	0
2c	Instandhouding systeem (tijdige vervanging met analyse van de noodzaak daartoe)	3	0
3	Gebruikswaarde		
3a	Gebruiksgemak (heldere presentatie van gegevens per gebruikersgroep)	4	0
3b	Flexibiliteit en handelingsperspectief (vergroting mogelijkheden, ook buiten waterveiligheid)	4	0
3c	Projectbeheersing (risicoreductie en rendement op investering)	4	0
3d	Overdraagbaarheid van informatie (naar andere gebruikers in zelfde en volgende fase(n))	2	0
4	Betrouwbaarheid sensordata (systeem als geheel)		
4a	Nauwkeurigheid (FAT, SAT, drift en verplaatsing)	2	0
4b	Beschikbaarheid (random uitval en uitval onder bijzondere omstandigheden)	3	0
4c	Controleerbaarheid (correlatie van meetwaarden tussen instrumenten)	3	0
4-1	<i>Betrouwbaarheid voor sensortype 1: waterspanningsmeters</i>		
4a1	Nauwkeurigheid (FAT, SAT, drift en verplaatsing)	2	0
4b1	Beschikbaarheid (random uitval en uitval onder bijzondere omstandigheden)	3	0
4c1	Controleerbaarheid (correlatie van meetwaarden tussen instrumenten)	3	0
4-2	<i>Betrouwbaarheid voor sensortype 2: zakbaken</i>		
4a2	Nauwkeurigheid (FAT, SAT, drift en verplaatsing)	3	0
4b2	Beschikbaarheid (random uitval en uitval onder bijzondere omstandigheden)	3	0
4c2	Controleerbaarheid (correlatie van meetwaarden tussen instrumenten)	3	0

G Inzetbaarheid van glasvezelmetingen

G.1 Inleiding

Op 8 september 2017 is een besloten Engelstalige expert workshop gehouden over het gebruik van glasvezelmeettechnieken in waterkerende constructies, met daarbij de nadruk op dijken. De volgende personen waren daarbij aanwezig:

- Daniele Inaudi (Smartec, Zwitserland)
- Martijn Louws (Fugro)
- Babette Lassing (TNO)
- Bernard van der Kolk (Deltares)
- Michael Iten (Marmota, Zwitserland)
- Mark van Bezooijen (BREM)
- Gust van Lysebetten (BBRI, België)
- Silvia Bersan (Universiteit van Padua, Italië)
- Jürgen Dornstädter (GTC Kappelmeyer, Duitsland)
- Régis Blin (Smartec, Zwitserland)
- Martin van der Meer (Fugro)
- André Koelewijn (Deltares)

Alle presentaties en aanvullende, ondersteunende teksten zijn samen met de aantekeningen gebaseerd op de presentaties en discussies opgenomen in Koelewijn & Van der Meer (2018b). De samenvatting van de discussie aan het einde van de workshop en de algemene samenvatting van de workshop naar aanleiding van alle presentaties en teksten is hierna overgenomen, op een figuur en een tabel na geheel in het Nederlands.

G.2 Conclusies aan het einde van de workshop

Er is overeenstemming over dat:

- De gezamenlijke aanwezige partijen kennis- en marktleiderschap kunnen claimen voor glasvezelmonitoring van dijken en constructies;
- Een bruikbaar overzicht van glasvezelmonitoring van dijken en constructies is gepresenteerd;
- De technologie voldoende is ontwikkeld om onderscheid te kunnen maken tussen state-of-the-art mogelijkheden en innovaties.

Alle presentatoren bevelen aan om voorbeelden van concrete cases te documenteren waarmee:

- Getoond wordt hoe een systeem ontworpen kan worden en waar de sensoren geplaatst dienen te worden;
- De gebruikswaarde maar ook het risico van fouten wordt getoond;
- Wat er gedaan moet worden om betrouwbare resultaten te verkrijgen en grote fouten te vermijden.

In een laatste rondgang werden de volgende uitspraken gedaan door de aanwezigen:

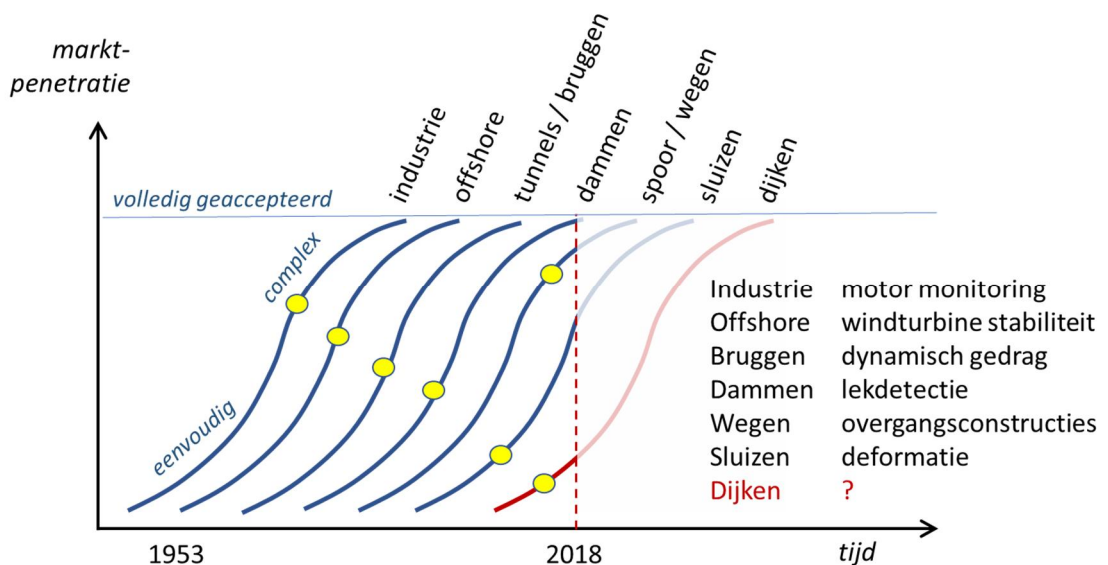
- Glasvezels zijn bewezen, toepasbare technologie, zoals getoond is in de presentaties. Deze state-of-the-art monitoringstechnologie is daarom beschikbaar als hulpmiddel om calamiteiten en catastrofes te vermijden: 'apply or explain,' ofwel 'pas het toe, of zorg dat je kunt uitleggen waarom je dat niet hebt gedaan.'

- Er zijn professionele marktpartijen beschikbaar; de toepassing is niet hypergeavanceerd maar vereist wel professionele inzet.
- Visuele inspecties zijn niet genoeg om het gedrag en de bijbehorende risico's van constructies te doorgronden.
- Meer informatie en voorbeelden zijn nodig met betrekking tot de kosteneffectiviteit van glasvezeltoepassingen. Er is maatwerk nodig.
- Naast glasvezeltechnieken zijn ook andere ruimtelijk gespreide methoden zoals LIDAR enz. nodig om de veiligheid beter in kaart te krijgen.
- Glasvezeltechnieken kunnen erg kosteneffectief zijn voor lange dijkstrekkingsen.
- Neem alle fasen van de levenscyclus van de dijk mee.
- Er is een combinatie nodig van sensoren, ICT en modellen. Modelontwikkeling is nodig.
- Al bij betrekkelijk lage hoogwaterstanden kan relevante 2D-informatie worden verkregen – indicaties van de zwakke plekken omvatten dan al meer dan 95% van alle zwakke plekken, zodat daarvoor passende maatregelen kunnen worden genomen.
- Gebruik glasvezeltechnieken voor de veilige introductie van pipingmaatregelen die weinig ruimte innemen, zoals het verticaal zanddicht geotextiel en de grofzandbarrière.
- Lange meetreeksen verkregen door langdurige, permanente monitoring hebben veel potentie, onder meer voor de detectie van (aanvankelijk!) traag verlopende processen. Glasvezeltechnologie maakt dit mogelijk.

G.3 Samenvatting

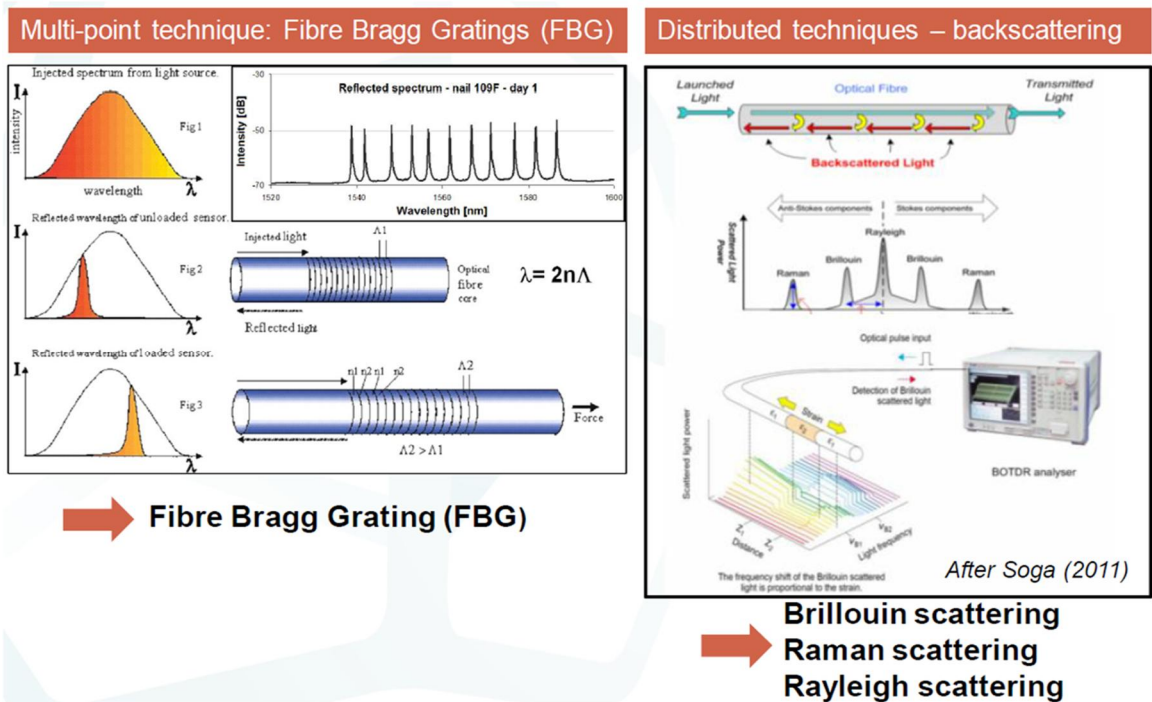
Glasvezelmeettechnieken behoren tot de monitoringstechnieken waarvan de waarde voor het gebruik voor dijken en aanverwante constructies inmiddels is bewezen. Deze technieken behoren derhalve tot de state-of-the-art mogelijkheden die een bredere toepassing verdienen.

Naarmate de ervaring met deze technieken toeneemt, zal de marktacceptatie ook verder toenemen en zullen deze meer en meer tot de gangbare technieken gaan behoren, zoals glasvezelmeettechnieken in andere sectoren reeds tot de gangbare technieken behoren, zoals met diverse voorbeelden geïllustreerd is in figuur G.1.



Figuur G.1 Marktpenetratie van glasvezeltechnieken in verschillende sectoren

De karakteristieken van de meest toegepaste technieken zijn geïllustreerd en aangegeven in figuur G.2 en tabel G.1. Tot slot zijn de huidige toepassingsgebieden aangegeven in tabel G.2.



Figuur G.2 Voornaamste glasvezeltechnieken met meervoudige sensoren

Tabel G.1 Eigenschappen van verschillende glasvezeltechnieken (HF = hoogfrequent, LF = laagfrequent)

OF Techn.	Strain [accuracy]	Temp. [accuracy]	Type of measurement		Readout cost Sensor Cost
FBG	Yes [1 μ strain]	Yes [0.1 $^{\circ}$ C]	Multi-point Single-ended HF	Up to 30 sensors on 1 line L_{tot} up to 1-10km	Low to Moderate High
Brillouin scattering	Yes [10-30 μ strain] => now up to 2-5 μ strain!	Yes [1.0 $^{\circ}$ C]	Distributed Double-ended	ϵ_{av} or T_{av} for 0.5-1.0m => Now up to 0.20m! L_{tot} up to 10-25km	Moderate to High Low
Raman scattering	No	Yes [0.1 $^{\circ}$ C]	Distributed Both	ϵ_{av} or T_{av} for 0.5-1.0m L_{tot} up to 10-15km	Moderate Low
Rayleigh scattering	Yes [2-5 μ strain]	Yes [0.2-0.4 $^{\circ}$ C]	Distributed Single-ended LF	ϵ_{av} or T_{av} for 5mm-10mm L_{tot} up to 80m (1-2km)	High Low

Tabel G.2 Toepassingsgebieden van glasvezeltechnieken

Onderwerp	Aspect	Toelichting	
Parameter	<ul style="list-style-type: none"> - rek - temperatuur - akoestiek en trillingen - inclino - druk 	<ul style="list-style-type: none"> - krachten in constructie - lekkage detectie - dynamisch gedrag - deformaties - schip & motor monitoring 	<ul style="list-style-type: none"> - bv. sluisdeur - bv. dammen - bruggen, windturbines - olie en gas industrie
Techniek	<ul style="list-style-type: none"> - Fiber Bragg Gratings - Distributed techniques - End point techniques 	<ul style="list-style-type: none"> - Brillouin / Raman / Rayleigh backscattering 	
Uitlezing	<ul style="list-style-type: none"> - FAZ interrogator - DiTeSt / DiTemp 	<ul style="list-style-type: none"> - voor FBG - voor Distributed techniques 	
Installatie	<ul style="list-style-type: none"> - verloren, met grout - verloren, vast op staal - terugwinbaar 	<ul style="list-style-type: none"> - ankerstang, koker op damwand - op damwand, wapeningskabel, MV paal - bv. multi-extensiometer 	in-lab or in-situ (tent)
ICT	<ul style="list-style-type: none"> - data management - visualisatie 	<ul style="list-style-type: none"> - real-time beschikbaar in kritieke periodes - commerciële software 	<ul style="list-style-type: none"> - kwaliteitscontrole - sturen, ingrijpen
Nut	<ul style="list-style-type: none"> - beoordeling en ontwerp - risicobeheersing 	<ul style="list-style-type: none"> - modelleren faalmechanismen (voorzien) - uitvoering en zorgplicht (incl. onvoorzien) 	<ul style="list-style-type: none"> - parametrisering - opletten



H ENW-advies over deze handreiking

Het Expertise Netwerk Waterveiligheid is in september 2018 gevraagd om een advies over de toenmalige versie van de HLCM. Dit is weergegeven op de volgende pagina's.

De HLCM is op basis van dit advies op enkele punten aangepast, zo is er is een ondertitel toegevoegd, figuur 3.1 is uitgebreid en beter toegelicht, en er zijn enkele nuanceringen ingevoegd, evenals verwijzingen naar websites van het programma Professionaliseren Inspectie Waterkeringen en het Netwerk Dijkmonitoring.

 College van Dijkgraaf en Heemraden van
Waterschap Rivierenland
Postbus 599
4000 AN Tiel

Onderwerp:	Adviesvraag POV M Handreiking Life Cycle Monitoring	Ons kenmerk:	ENW-19-01
Datum:	4 januari 2019	Uw kenmerk:	2018107588/2018108665
Bijlagen:	-	Contactpersoon:	ir. M. Hazelhoff
Afschrift aan:	Wagener (HWBP), Busch (DGWB), Jongmans (WSRL), Van Schie (POV M).	Functie:	ENW-coördinator
		E-mail:	marieke.hazelhoff@rws.nl
		Telefoon:	06-46 93 57 46

Geacht college,

De Projectoverstijgende Verkenning Macrostabiliteit (POV|M) heeft in september 2018 het ENW om advies gevraagd over de concept Handreiking Life Cycle Monitoring en het bijbehorende achtergronddocument (kenmerk 2018107588/2018108665).

In het rapport wordt het belang van tijdige monitoring en de bewustwording van faseovergangen (van beheer en beoordeling, via ontwerp en uitvoering weer naar beheer) aangekaart. Daarbij wordt gestimuleerd om kwaliteitskeuzes rationeel te maken en te borgen. De handreiking focust op de kwaliteit van monitoringsgegevens, die bestaat uit gebruikswaarde en betrouwbaarheid.

Aan het ENW zijn door u de volgende drie vragen gesteld:

1. Is de voorliggende Handreiking Life Cycle Monitoring voldoende compleet en bruikbaar voor dijkbeheerders om rationele kwaliteitskeuzes te kunnen maken voor de lifecycle monitoring van waterkeringen?
2. Is het belang van monitoring in verband met de faseovergangen (beheer-beoordeling-ontwerp-uitvoering-beheer) voldoende helder beschreven?
3. Zijn er concrete aanbevelingen ten aanzien van de implementatie en de borging van de lifecycle monitoringssystematiek?

Voor het advies zijn de door de POV|M beschikbaar gestelde documenten bestudeerd, namelijk de voorlopige brief HLCM september 2018, de Handreiking Life Cycle Monitoring (concept), de achtergrondrapportage bij de Handreiking Life Cycle Monitoring (concept) en de beoordelingsmatrices HLCM (laatste conceptversie).

Algemeen

Het ENW is van mening dat het opstellen van deze handreiking een goed initiatief is geweest van de POV|M. Het ENW benoemde het belang hiervan al eerder in het strategische advies '*Beter Leren Keren door veldmetingen en monitoring*' van oktober 2017. Het ENW onderstreept nadrukkelijk het belang van langdurige monitoring en de meerwaarde die het op kan leveren in diverse fasen van de levensduur van de waterkering.

Het ENW waardeert dat er bij het opstellen van de handreiking meerdere partijen betrokken zijn geweest, en eveneens dat het concept getoetst en verbeterd is aan de hand van vier projectcases. Dit komt de kwaliteit ten goede en maakt de potentiële gebruikersgroep groter. Een daadwerkelijke toepassing van de voorgestelde aanpak bij een waterkeringbeheerder kan het rapport nog verder brengen en een sterkere verbinding met in de praktijk gehanteerde systemen borgen.

Het ENW is daarentegen wel van mening dat de titel van de handreiking een grotere ambitie suggereert dan wordt waargemaakt. Voor een volledige handreiking ligt de nadruk nu nog teveel op de sensortechnologie en de aanleg- en versterkingsfase en is er minder aandacht voor de toepassing en mogelijke meerwaarde van monitoring in de andere fasen van de levenscyclus van de kering. Bovendien wordt beperkt ingegaan op het ontwerpen van een monitoringsysteem voor een bepaald doel en de relevantie van het monitoringsysteem in zijn algemeenheid.

Beantwoording van de vragen

1. *Voldoende compleet en bruikbaar*

Het ENW vindt het positief dat er een document is opgesteld waarin aandacht wordt besteed aan nut en noodzaak, toepasbaarheid en kwaliteit van monitoringssystemen. De handreiking maakt inzichtelijk welke aspecten van verschillende meettechnieken bepalend zijn voor het gebruik.

De handreiking zegt veel over de kwaliteit van systemen, maar helpt nog te weinig bij het bepalen óf een monitoringsysteem nodig is. En als dit het geval is, wélk systeem dan nodig is. Dit is in de ogen van het ENW voor beheerders wel een hele relevante vraag, waarbij de handreiking het hulpmiddel moet zijn om deze vraag te kunnen beantwoorden.

De handreiking biedt veel informatie over met name sensoren. Andere middelen voor monitoring, zoals visuele inspecties en incidentenrapporten, worden buiten beschouwing gelaten. Bovendien is de toepasbaarheid van monitoring voor andere faalmechanismen dan macrostabiliteit en in watersystemen waar macrostabiliteit niet dominant is, niet evident.

Het is goed dat de afweging wordt ondersteund met een Excelwerkmap. De tabellen zijn gebruikersvriendelijk, maar vergen de nodige kennis en interpretatie. De waarde van de uitkomst hangt daarmee sterk samen met de deskundigheid van de invuller en een genuanceerde interpretatie van de kleurcodes. Deze wordt nog onvoldoende ondersteund vanuit de handreiking.

De beoordeling van de monitoringssystemen is ook afhankelijk van de vraag of opdrachtgevers in staat zijn de vragen te formuleren waar monitoring een antwoord op moet geven. Het zou goed zijn wanneer de handreiking meer ondersteuning biedt bij het opstellen van een goede vraagstelling.

2. *Belang faseovergangen*

Een integrale aanpak en samenwerking zijn belangrijk bij het verbinden van faseovergangen. Goede monitoring kan daarin een belangrijke factor zijn, maar is niet allesbepalend. Het ENW is van mening dat dit belang goed wordt aangeduid in de handreiking, maar dat er overwegend geredeneerd wordt vanuit de aanlegfase. Een afweging voor het plaatsen van een monitoringsysteem kan ook in andere fasen gemaakt



worden en kan mogelijk meer implicaties met zich meebrengen dan bij de aanleg. Deze overweging meenemen in de handreiking zou de lifecycle benadering meer benadrukken.

Het ENW vindt ook dat het waardevol zou kunnen zijn om aandacht te besteden aan de organisatorische kant van de implementatie van monitoringssystemen. Door bijvoorbeeld te beschrijven welke voorwaarden gesteld kunnen worden aan de implementatie van het systeem in de beheerorganisatie en aan het beheer van data.

Overigens vindt het ENW dat data-inwinning, net als de periodieke beoordeling van de waterkeringen, geen afzonderlijke doelen zijn, maar onderdeel uitmaken het beheer van waterkeringen.

3. Implementatie en borging

Het ENW is van mening dat lifecycle monitoring zeer aanbevelenswaardig is, maar altijd in dienst van een ander (beheer)doel staat. Daarom wordt geadviseerd om de implementatie en borging nadrukkelijk op te pakken in nauwe samenhang met de toekomstige gebruikers van de handreiking, zoals beheerders, adviseurs en aannemers.

Conclusie

De handreiking is een nuttige aanvulling op bestaande handreikingen en methodieken en is ook praktisch toepasbaar gemaakt door de bijbehorende Excelwerkmapp. Het bereik van de handreiking is op dit moment echter nog te beperkt, zowel in geotechnisch als geografisch opzicht, en de handreiking biedt nog niet alle handvatten die de beheerder nodig heeft om onderbouwde keuzes voor (lifecycle) monitoringssystemen te maken. Ook vindt het ENW dat de handreiking meer zou moeten aansluiten bij alle beheertaken van de waterkeringbeheerder (beheer en onderhoud, beoordelen, aanleg en versterken) en de gehele levenscyclus van de kering. Daar is ook vanuit de praktijk van de beheerder behoefte aan en maakt dat de belangrijke mogelijkheden van monitoring kunnen worden benut om continu aan te tonen dat de dijk voldoet aan bepaalde faalkanseisen. Dit kan kortcyclische versterkingen ondersteunen en daarmee aanzienlijke maatschappelijke en financiële winst opleveren.

Het ENW adviseert om de handreiking Life Cycling Monitoring door te ontwikkelen tot een complete handreiking. De huidige versie is daarvoor een prima basis. Een kopie van dit advies wordt daarom ook gestuurd aan DGWB en het Hoogwaterbeschermingsprogramma.

Wij hopen u naar tevredenheid van advies te hebben voorzien.

Hoogachtend,

Ir. H.H.G Dijk
Voorzitter van het Expertise Netwerk Waterveiligheid