

# Pilot JLD-Dijkstabilisator Watergraafsmeer

Onderzoeksvraag 12 - beoordelingsmethode

projectnummer 413509  
definitief revisie 01  
1 maart 2019

# Inhoudsopgave

Blz.

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>1</b>
1.1	Achtergrond	1
1.2	Voorliggende rapportage	2
1.3	Vraagstelling	3
1.4	Leeswijzer	3
<b>2</b>	<b>Aanpak periodieke beoordelingsmethode</b>	<b>4</b>
2.1	Wijze van beoordelen	4
2.1.1	Eenvoudige toets & benodigde informatie	5
2.1.2	Toets op maat	6
2.1.3	Te beoordelen faalmechanismen	7
<b>3</b>	<b>Benodigde gegevens en monitoring</b>	<b>9</b>
3.1	Benodigde gegevens uit het opleverdossier	9
3.2	Life Cycle Monitoring (LCM) voor de JLD-Dijkstabilisator	11
<b>4</b>	<b>Conclusie</b>	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>Bibliografie</b>	<b>14</b>

# 1 Inleiding

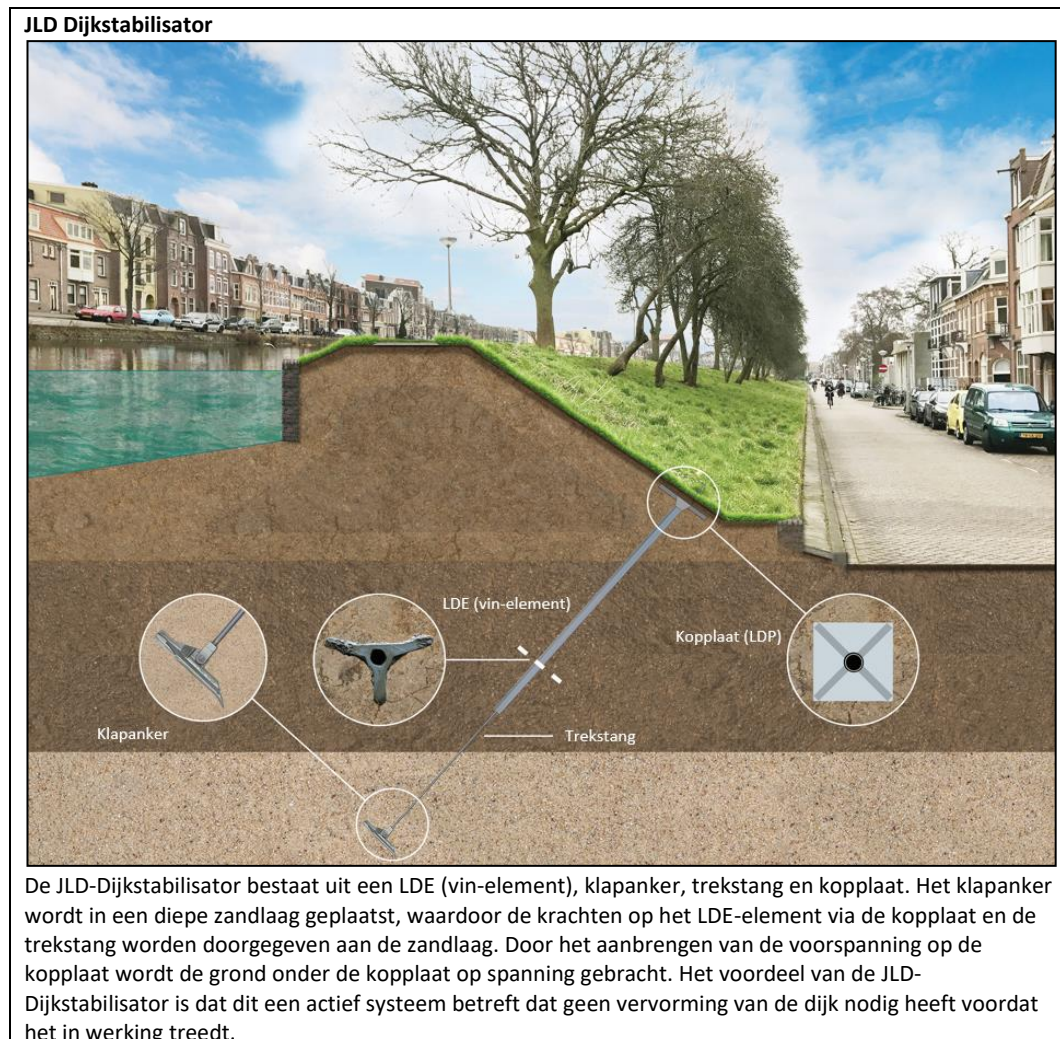
## 1.1 Achtergrond

De JLD-Dijkstabilisator is een nieuwe dijkversterkingsmethode. Voor de ontwerpbaarheid en aantoonbaarheid van deze methode is een pilotproject in combinatie met praktijkproeven opgezet. De resultaten van het pilotproject en de praktijkproeven hebben als doel de (door)ontwikkeling van deze innovatie en het leveren van afdoende onderbouwing voor een ENW-acceptatie mogelijk te maken.

In een voorgaande fase zijn reeds diverse veldproeven uitgevoerd ten behoeve van de ontwikkeling en onderbouwing van de techniek. Deze veldproeven hebben antwoord gegeven op de meeste vragen rond deze innovatieve techniek maar niet alle vragen zijn hiermee beantwoord. De resterende vragen kunnen worden beantwoord met de resultaten van de pilot en de aanvullende veldproeven. In samenwerking met Waterschap Amstel, Gooi en Vecht is besloten een pilotproject uit te voeren. Als pilotproject is gekozen de versterking van de Ringdijk te Watergraafsmeer in Amsterdam. Daarbij is een team van JLD Contracting, Antea Group en Deltares betrokken.

Na uitvoeren van de veldproeven is op basis van de postdictie een ontwerpmethode opgesteld voor de JLD-Dijkstabilisator. Het onderzoek uitgevoerd in de postdictie en de hierop gebaseerde ontwerpmethoden zijn voorgelegd aan de ENW. De ENW heeft aangegeven dat het onderzoek en de ontwerpmethoden voldoende basis bieden voor verdere ontwikkelingen. Het ENW heeft hierbij wel enkele kennisvragen opgesteld die in de verdere doorontwikkeling beantwoord moeten worden. De kennisvragen van de ENW zijn bij aanvang van het pilotproject in Watergraafsmeer gecombineerd met kennisvragen die specifiek gelden voor de pilotlocatie en de dijkversterking van de Ringdijk. In totaal betreft het negentien onderzoeksvragen die beantwoord moeten worden op basis van de pilot en de aanvullende veldproeven. Een aantal van deze vragen dienen voorafgaand aan het DO van het pilotproject te zijn beantwoord. Voor verder onderzoek en voor de beantwoording van deze onderzoeksvragen worden de volgende proeven en het eerder genoemde pilotproject uitgevoerd en gemonitord:

- Voorspanproeven te Purmerend;
- Interactieproef Veen te Broek in Waterland;
- Pilotproject Ringdijk Watergraafsmeer.



## 1.2 Voorliggende rapportage

Voorliggend rapport betreft het resultaat van onderzoeksvraag 12. Deze onderzoeksvraag betreft de beoordelingsmethode inclusief te monitoren parameters van een dijk uitgerust met de JLD-Dijkstabilisator.

Hoofddoel van de rapportage betreft het beantwoorden van onderzoeksvraag 12, welke is geformuleerd in de volgende paragraaf. Voor een gedetailleerde beschrijving van de aanpak van de onderzoeksvraag wordt verwezen naar het Plan van Aanpak van onderzoeksvraag 12 [1].

### 1.3 Vraagstelling

Onderzoeksvraag 12 bevat de volgende hoofdvraag: Hoe dient de JLD-Dijkstabilisator beoordeeld worden gedurende zijn levensduur en welke parameters dienen hiervoor te worden gemonitord?

Het doel van deze onderzoeksvraag is het opstellen van een beoordelingsmethode waarmee waterkeringen die zijn versterkt met de JLD-Dijkstabilisator periodiek te getoetst kunnen worden, zonder dat er een volledige eindige elementen berekening dient te worden gemaakt.

De onderzoeksvraag wordt beantwoord middels de onderstaande deelvragen:

#### *Deelvragen*

- Met welke methode kan een waterkering met toegepaste JLD-Dijkstabilisator worden beoordeeld?
- Welke parameters dienen te worden gemonitord om de waterkering met toegepaste JLD-Dijkstabilisator te kunnen beoordelen?

### 1.4 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 bevat de beoordelingsmethode voor het toetsen van een waterkering met JLD-Dijkstabilisator. Dit hoofdstuk geeft antwoord op de eerste deelvraag. In Hoofdstuk 3 zijn de parameters benoemd die benodigd zijn om de voorgestelde methode uit Hoofdstuk 2 uit te voeren, wat de tweede deelvraag beantwoordt. In Hoofdstuk 4 is een conclusie benoemd waarin de onderzoeksvraag is beantwoord.

## 2 Aanpak periodieke beoordelingsmethode

De eerste deelvraag bevat de vraag hoe een beoordelingsmethode eruitziet waarmee de versterkte dijk met de JLD-Dijkstabilisator getoetst kan worden zonder dat er een volledige herberekening moet worden gemaakt.

Regionale waterkeringen worden beoordeeld conform de ‘Leidraad Toetsen op Veiligheid Regionale Waterkeringen’ [2]. Deze leidraad bevat geen expliciete handvatten voor het beoordelen van nieuwe technieken.

Primaire keringen dienen periodiek beoordeeld te worden zoals vastgelegd in de Waterwet. De wijze van beoordelen is vastgelegd in het Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium (WBI). Hierin is wel beschreven hoe de beoordeling van technische innovaties kan worden uitgevoerd. Dit is beschreven in Bijlage III van de wettelijke regeling [3]. Bij de beoordeling van technische innovaties is er een sterke relatie met het ontwerp. Het is daarom belangrijk de ontwerpfase en uitvoeringsfase zodanig in te richten dat toekomstige beoordelingen op basis van de dan beschikbare ontwerp- en revisiegegevens kunnen worden uitgevoerd. In dit hoofdstuk zijn de aspecten beschreven die nodig zijn om een beoordeling conform het WBI uit te kunnen voeren. Deze aspecten zijn gebaseerd op de beoordelingsmethode van primaire waterkeringen, maar zijn evenzeer bruikbaar voor het uitvoeren van een toetsing van regionale waterkeringen waarbij de JLD-Dijkstabilisator is toegepast.

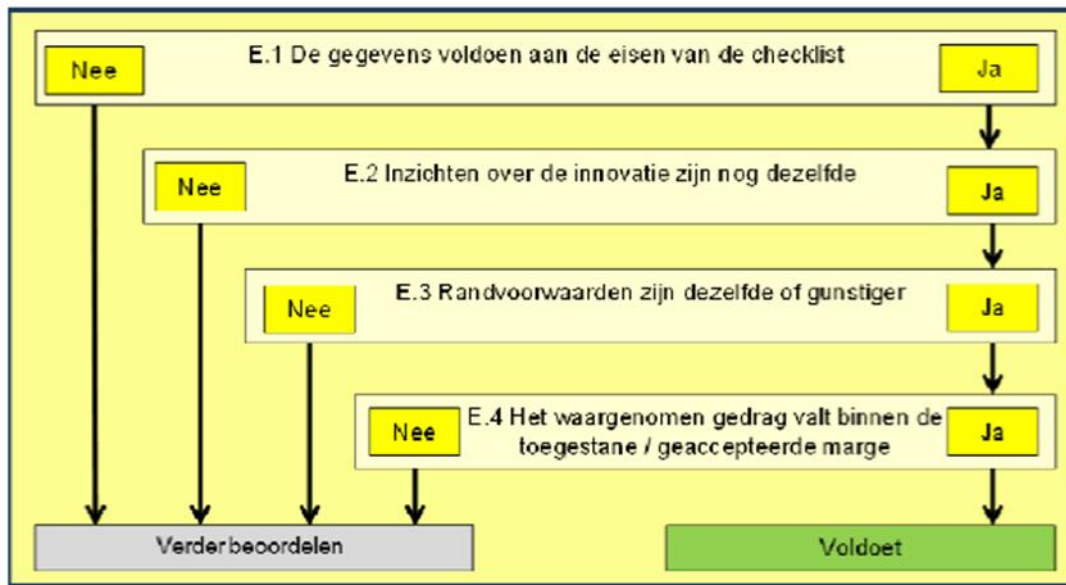
### 2.1 Wijze van beoordelen

Het WBI kent een specifieke beoordeling voor innovaties: het beoordelingsspoor Technische Innovatie [3]. De beoordeling van technische innovaties bestaat uit een eenvoudige toets of een toets op maat.



## 2.1.1 Eenvoudige toets & benodigde informatie

Onderstaand is het beoordelingsschema voor de eenvoudige toets voor Technische Innovaties weergegeven.



Figuur 2-1 Beoordelingsschema WBI Technische Innovaties

### Stap E.1

Om de beoordeling uit te kunnen voeren met de Eenvoudige toets zijn voldoende gegevens benodigd. Deze zijn in hoofdstuk 3 uitgewerkt voor de JLD-Dijkstabilisator. Op hoofdlijnen betreft dit de volgende gegevens:

- Een volledig opleverdossier met revisiegegevens;
- Monitoring van de voorspanning;
- Monitoring van het vervormingsgedrag rondom de kopplaat van de JLD-Dijkstabilisator.

Deze gegevens dienen voorhanden te zijn bij de beheerder van de waterkering.

### Stap E.2

In POV-M publicatie Vernagelingstechnieken staan alle inzichten over de innovatie beschreven. Indien de inzichten over de werking én de berekeningswijze gelijk gebleven zijn kan deze stap met ja beantwoord worden. Afhankelijk van de nieuwe inzichten kan de berekeningswijze eventueel worden aangepast. Deze aanpassing dient duidelijk te worden gerapporteerd en goed onderbouwd te worden (toets op maat).

### Stap E.3

Het betreft hier een controle of de maatgevende waterstand, de stijghoogte in de zandlaag of zandlagen en de geometrie niet leiden tot zwaardere belasting op de waterkering en de JLD-Dijkstabilisator.

### Stap E.4

Indien de gemeten voorspanning tussen aanleg en het beoordelingsmoment binnen de in het ontwerp bepaalde bandbreedte ligt én de vervorming van de grond rondom de kopplaat en de

waterkering in dezelfde ordegrootte ligt als bepaald in het ontwerp kan deze stap met ja worden beantwoord.

Indien bovenstaande stappen met “ja” zijn beantwoord, kan op basis van de gemeten voorspanning geconcludeerd worden of de JLD-Dijkstabilisator voldoende veiligheid levert. Hiervoor dient de voorspanning tussen de in het ontwerp bepaalde onder- en bovengrens te liggen.

## 2.1.2 Toets op maat

Indien één van de beoordelingsstappen E.1 t/m E.4 met nee beantwoord worden, dan zal een (gedeeltelijke) herberekening noodzakelijk zijn. Welke herberekeningen noodzakelijk zijn, is afhankelijk van de antwoorden op de stappen E.1 t/m E.4:

### E.1: gegevens niet op orde

In dit geval zullen de benodigde gegevens verzameld dienen te worden. Indien het (revisie)ontwerp niet te achterhalen is, zal een volledige herberekening noodzakelijk zijn. De overige gegevens zijn aan te vullen door monitoring en/of inspectie.

### E.2 inzichten in de innovatie zijn veranderd

Indien de inzichten in de werking van de JLD-Dijkstabilisator veranderd zijn, zal nagegaan moeten worden wat impact hiervan op de veiligheid is. Welke herberekeningen noodzakelijk zijn, is afhankelijk van de veranderde inzichten. Naar alle waarschijnlijkheid is minimaal een herberekening van de gehaalde stabiliteitsfactor en een controle op de optredende snedekrachten noodzakelijk. Mogelijk dienen ook de constructieve onderdelen herberekend te worden of is een controle op de vervormingen over de levensduur noodzakelijk.

### E.3: de randvoorwaarden zijn ongunstiger

Indien de maatgevende waterstand beperkt (<0,15 m) hoger wordt dan in het ontwerp én de daardoor optredende verandering in stijghoogte niet leidt tot een oprijfsituatie zal er doorgaans weinig veranderen en kan volstaan worden met een controle op de gehaalde stabiliteitsfactor en de optredende snedekrachten.

Indien de maatgevende waterstand meer dan 0,15 m hoger is dan in het ontwerp is waarschijnlijk een volledige herberekening noodzakelijk. Hetzelfde geldt voor sterkere stijgingen van de stijghoogte(n) of indien de verhoogde stijghoogte tot een oprijfsituatie leidt.

Bij een verandering in geometrie en/of verandering in de grondopbouw achter de dijk dient door een expert ingeschat te worden of en zo ja welke herberekeningen noodzakelijk zijn. Als eerste indicatie kan ook hier eerst de gehaalde stabiliteitsfactor en de optredende snedekrachten berekend worden.



E.4: het waargenomen gedrag valt buiten de toegestane/geaccepteerde marge

Indien het waargenomen gedrag buiten de toegestane marge ligt, dient achterhaald te worden waardoor dit komt en dient in de meeste gevallen een volledige herberekening plaats te vinden.

### 2.1.3 Te beoordelen faalmechanismen

De JLD-Dijkstabilisator is gericht op de verbetering van de macrostabiliteit binnenwaarts. De JLD-Dijkstabilisator is daarom alleen van invloed op de beoordeling van het faalmechanisme macrostabiliteit binnenwaarts (STBI).

Voor de overige toetssporen gelden de volgende aspecten:

Hoogte

De hoogte kan worden beoordeeld middels het WBI. De JLD-Dijkstabilisatoren hebben geen invloed op de beoordeling van dit toetsspoor.

Piping en heave

De JLD-Dijkstabilisator doorsnijdt het pakket met slecht doorlatende lagen. Daardoor bestaat de mogelijkheid dat tijdens de uitvoering een verbinding tussen de diepe watervoerende lagen en het maaiveld wordt gemaakt. De invloed van de JLD-Dijkstabilisator op de onderdelen opbarsten, piping en heave is echter beperkt ingeschat op grond van de onderstaande redenen:

- Praktijkproeven in een gebied met klei op zand in Purmerend met een continue stijghoogte van 0,5 m boven het maaiveld gaven gedurende een periode van 5 maanden geen opbarsten, geen kwel en geen zandmeevoerende wellen.
- Op de pilotlocatie te Watergraafsmeer is het voorkomen van kwel door het LDE op voorhand al uitgesloten (zie de rapportage van onderzoeksvraag 7 & 11).
- De uitvoering geeft een verstoring van de bodem, t.g.v. het grondverdringend inbrengen van het klapanker en de drijfstang, echter wordt deze verstoring ook weer opgevuld met natuurlijke zwel van de bodem en het grondverdringend inbrengen van het LDE-element. Hierdoor worden er dan ook geen holle ruimtes in een dijklichaam gecreëerd.

Desondanks dient tijdens de ontwerpfase wel een analyse op piping en heave te worden uitgevoerd. Voor het controleren op piping en heave kan het volgende toetscriterium worden toegepast. Achtergrondinformatie hierover is terug te vinden in de rapportage met betrekking tot onderzoeksvraag 7 & 11.

$$\Delta H - 0,3D < 0$$

Hierbij is:

- $\Delta H$  Kweldruk / wateroverdruk (= stijghoogte watervoerende laag – hoogte uittredepunt bovenkant LDE) [m]
- D Dikte deklaag [m]

Indien op basis van de analyse piping en heave niet zijn uit te sluiten, kan tijdens de uitvoering preventief een deel van het gat dat gemaakt wordt bij het plaatsten van het klapanker met bijvoorbeeld bentoniet worden gedicht. Bij een goed ontwerp is tijdens de beheerfase piping en heave ten gevolge van het inbrengen van de JLD-Dijkstabilisator niet aan de orde.

Micro-instabiliteit:

Micro-instabiliteit treedt op bij het verzadigen van het binnentalud. Daarbij treden zanddeeltjes uit of wordt een kleidek opgedrukt. Er zijn geen aanwijzingen dat de aanwezigheid van vernageling een ongunstige invloed heeft op dit onderdeel. Het is echter wel plausibel dat de aanwezigheid van een vernagelingstechniek een positieve invloed heeft op de weerstand tegen opdrukken, wanneer de kopplaat op of in de opdrukgevoelige laag zit. Het is conservatief om deze gunstige invloed niet mee te nemen. Wel dient gecontroleerd te worden of de positie van een nagel in het dijklichaam eventueel tot kwel kan leiden. Dit geldt met name indien de nagel dicht bij het buitentalud/de buitenteen ligt of indien een laag met overspannen water doorsneden wordt.

Macrostabieliteit buitentalud:

De JLD-Dijkstabilisator heeft geen effect op dit spoor, de beoordeling kan conform het WBI worden uitgevoerd.

Stabiliteit bekleding:

Omdat de kopplaat van de JLD-Dijkstabilisator onder het maaiveld wordt afgewerkt heeft deze geen invloed op de bekleding op het talud en de kruin. Hierdoor kan de beoordeling van de bekleding (STBK) uitgevoerd worden conform het WBI. Het onderhoud aan de voorspanning van de JLD-Dijkstabilisator kan impact hebben op de erosiebestendigheid van de grasmat op het binnentalud. Indien het onderhoud aan de voorspanning goed wordt uitgevoerd zal deze impact beperkt en tijdelijk zijn. Bij het onderhoud wordt een plag van circa 30 cm boven de naspanbout los gestoken en na het onderhoud weer teruggeplaatst zodat deze alleen rondom weer hoeft vast te groeien. Geadviseerd wordt om voor de beoordeling een visuele inspectie van de grasmat boven de kopplaten uit te voeren om dit te controleren.

## 3 Benodigde gegevens en monitoring

### 3.1 Benodigde gegevens uit het opleverdossier

#### 1. Ontwerprandvoorwaarden en kwaliteitsborging

Voor het uitvoeren van de beoordeling dienen alle ontwerprandvoorwaarden volledig herleidbaar te zijn. Uit de documentatie moet ook blijken dat de ontwerpuitgangspunten zijn opgesteld conform POVM Publicatie Vernagelingstechnieken [4]. Ook de controle proeven zoals beschreven in deze POVM publicatie dienen te worden uitgevoerd (par. 7.4.3).

#### 2. Uiterste grenstoestand (UGT) waterkeringsveiligheid

De ontwerpberekeningen zijn gebaseerd op de uiterste grenstoestand van de waterkering. Concreet betekent dit dat het ontwerp gebaseerd is op de UGT voor de wrijving van het LDE-element, de voorspanning, de funderingsberekening kopplaat, de houdkracht van het klapanker en de berekening constructieve onderdelen. Voor vervormingen is de bruikbaarheidsgrenstoestand (BGT) aangehouden.

In het ontwerprapport dient duidelijk te zijn beschreven hoe de UGT is bepaald. De uitgewerkte faalkansenboom met bijbehorende toelichting kan als onderbouwing dienen. Van belang is dat ook de (hydraulische) randvoorwaarden behorend bij de UGT goed zijn vastgelegd.

#### 3. Marges en toleranties aanleg- en inregelfase, vastleggen as-built

Per project worden in de ontwerpfase de aanlegtoleranties bepaald en gespecificeerd, zie hoofdstuk 5 en hoofdstuk 6 van de POVM Publicatie Vernagelingstechnieken. Voor vernagelingstechnieken dient bij de aanleg per nagel de afwijking te zijn geverifieerd. Dit betreft per locatie de volgende afwijking:

- Plaatsingshoek;
- Lengte JLD-Dijkstabilisator;
- Locatie kopplaat (x,y,z).

Standaard gelden de volgende toleranties voor de aanleg, per project kunnen de toleranties worden geoptimaliseerd.

- Plaatsingshoek: tolerantie maximaal 1,0°;
- lengte JLD-Dijkstabilisator: tolerantie maximaal 100 mm;
- locatie kopplaat: tolerantie maximaal 50 à 100 mm.

Vastgelegd dient te zijn of de uitvoering binnen de gestelde marges en toleranties is uitgevoerd. Dit kan het beste weergegeven worden, op een as-built of controletekening met per nagel de gemeten afwijkingen.

Indien er een deel van de dijkvernageling buiten toleranties is aangelegd, dient herleidbaar te zijn wat het effect hiervan is op de veiligheid en levensduur van de dijkverbetering.

Als de procedure conform hoofdstuk 7.4 van de POVM Publicatie Vernagelingstechnieken [5] is gevolgd dan zijn in dat geval herberekeningen uitgevoerd en beschikbaar in het opleverdossier.

Direct na aanleg is er een periode waarin de kering mogelijk tijdelijk niet voldoet aan de vereiste sterkte. Dit kan bijvoorbeeld veroorzaakt worden doordat wateroverspanningen nog niet volledig gedissipeerd zijn. Aandachtspunten voor deze fase zijn:

- a. De inregelperiode bedraagt maximaal 4 jaar (conform hoofdstuk 6.2 Grondslagen voor hoogwaterbescherming [6]). De overstromingskans mag tijdens deze periode niet lager zijn dan de overstromingskans direct voorgaand aan de versterking.
- b. De voorspanning dient na maximaal 4 jaar tussen de in het ontwerp bepaalde boven en ondergrens te liggen.
- c. Restzettingseisen zijn niet maatgevend voor het ontwerp van de JLD-Dijkstabilisator. Aan de JLD-Dijkstabilisator worden daarom geen separate restzettingseisen gesteld. Hoe in het ontwerp omgegaan wordt met zettingen is beschreven in de hoofdstukken 5 en 6 van de POVM Publicatie Vernagelingstechnieken [5].

#### 4. Marges en tolerantie gebruiksfase

In het ontwerp dienen de marges en toleranties voor de gebruiksfase gedefinieerd te zijn. Dit betreft de volgende marges en toleranties.

- a. Minimaal en maximaal toelaatbare voorspanning.
- b. Vervorming:
  - i. Geen eisen voor maximale vervorming;
  - ii. Bij grote vervorming van dijklichaam of rondom kopplaat dient er een analyse te worden uitgevoerd naar de oorzaak hiervan. Dit is identiek aan beheer van groene dijken.
- c. Veroudering:

Aanbevolen wordt om per beoordelingsronde minimaal twee JLD-Dijkstabilisatoren te verwijderen. Hiervoor kunnen één of meerdere proefvelden langs dijktraject worden ingericht. De locatie van deze extra JLD-Dijkstabilisatoren moet per project worden opgenomen in het beheerplan. Extra JLD-Dijkstabilisatoren kunnen voor dit doel ook in de dijk zelf worden geplaatst. Bij verwijderen kunnen er echter beschadigingen ontstaan of kunnen er holle ruimtes achterblijven. Dit wordt daarom afgeraden.

Getrokken JLD-Dijkstabilisatoren kunnen visueel gecontroleerd worden. De actuele sterkte kan bepaald worden door het uitvoeren van sterkteproeven op de kopplaat, het LDE en de trekstang in een laboratorium. Tijdens het verwijderen kunnen een aantal eigenschappen worden gemeten, zoals

- benodigde trekkracht tot bezwijken;
- vervorming (positie ankerstang);
- deformatiemeting dijklichaam.

### 3.2 Life Cycle Monitoring (LCM) voor de JLD-Dijkstabilisator

In de onderstaande tabel is de monitoringsbehoefte voor de JLD-Dijkstabilisator weergegeven.

Tabel 3-1 Overzicht monitoringsbehoefte per fase

Fase	Type monitoring	
<i>Beheerfase &amp; Afkeurfase</i>	Waterspanningen	Ter controle ontwerpcondities. Specifiek belangrijk voor: <ul style="list-style-type: none"><li>• Houdkracht nagel en klapanker</li><li>• Fundering kopplaat</li></ul>
	Vervormingen	Ter controle vervormingspredicties ontwerp
	Voorspanning	Ter controle minimaal benodigde voorspanning en interventiewaarden voor opnieuw aanspannen

Bij deze monitoring dient een beheerplan met monitoringsplan beschikbaar te zijn. Hierin dienen in ieder geval de volgende aspecten aan bod te komen:

Gegevens over de monitoring:

- Locaties van de monitoring;
- Type, nauwkeurigheid en vervangbaarheid van de monitoring;
- Robuustheid tegen schade (bv. water, vorst, veenzuren);
- Benodigd onderhoud aan de monitoring.

Gegevens over de verkregen informatie voor het beheer:

- Interventiewaarden, beheermaatregel en beheermaterieel;
- Extreme hoge waarden, waarbij risico's bestaan om constructief falen en beheer onverantwoord is.

Gegevens over het data- en informatiebeheer:

- Huidig databeheer van de waterkeringsbeheerder, format, locatie, e.d.;
- Hoe wordt de data omgezet in informatie?;
- Toekomstige dataopslag. Het is reëel om te denken dat in een periode van 100-jaar er diverse technologische ontwikkelingen plaatsvinden. Aandacht dient te zijn voor de omgang daarmee.

De werking van de JLD-Dijkstabilisator kan real-time worden gevolgd aan de hand van de voorspanning. De voorspanning zal derhalve ook gemonitord moeten worden. Hierbij spelen twee aspecten een rol. Het eerste is het inplannen van het eerst volgende beheermoment van de voorspanning voor de JLD-Dijkstabilisator. Het tweede is het meten van het gedrag van de JLD-Dijkstabilisator en van de dijk tijdens hoogwater situaties. Het eerste kan met een relatief lage meetintensiteit en een grote reactie tijd. Het tweede behoeft een hogere meetintensiteit en een korte reactie tijd. Om echt inzicht te krijgen in het gedrag van de dijk bij hoogwater, is het noodzakelijk om ook andere zaken te meten, zoals waterspanningen en grondwaterstanden.

Hier onder is de LCM met betrekking tot de voorspanning van de JLD-Dijkstabilisator langs de vijf hoofdcriteria van de Handreiking LCM gelegd. Er kan op alle criteria het hoogst haalbare monitoringsniveau behaald worden.

Tabel 3-2 Beschrijving monitoring voorspanning op basis van de 5 hoofdcriteria LCM

Criteria	benodigheden ten behoeve van: Beheermoment voorspanning bepalen	Benodigheden ten behoeve van: Gedrag dijk en JLD-Dijkstabilisator tijdens hoogwater
Informatie behoefte dijkveiligheid	Minimaal 20% van de dijkstabilisatoren	Minimaal 10 per 500 m, inclusief redundantie minimaal 20 per 500 m.  Geeft vervormingen van de dijk als nuttige bijvangst.
	Bij een ontwerp wordt ook rekening gehouden met toekomstige ontwikkelingen/versterkingen. Het verdient aanbeveling om daar bij de opzet van de LCM rekening mee te houden (bijvoorbeeld uitbreidbaarheid van de monitoring).	
Parameters en faalindicatoren	Afname van de voorspanning tot een kritische waarde.	Verandering van de spanning tijdens een hoogwaterperiode. Controle op eventuele overschrijding van de maximaal toelaatbare voorspanning. Duidt op gevoelige plekken. Kansen om monitoring te combineren met andere informatie (waterspanningen, peilbuizen, buitenwaterstanden, neerslag, temperatuur, dag-nacht cyclus)
	Interventiewaarden van de voorspanning vastleggen in monitoringsplan. Sensor kiezen die het meetbereik tussen minimaal benodigde en maximaal toelaatbare voorspanning aan kan. Met het bepalen van de interventiewaarden rekening houden met de nauwkeurigheid van de sensor.	
Tijdsaspecten	Lage meetfrequentie (bijvoorbeeld 1x per week of maand) en lange responstijd (circa 1 maand)	Hoge meetfrequentie (Bijvoorbeeld 1x per uur) en beperkte responstijd (uren)
	De meetfrequentie van de sensor is op afstand aanpasbaar, daardoor kan bij een hoogwatersituatie met minimale inspanning een hogere meetfrequentie worden aangehouden dan bij een dagelijkse situatie.  De meetperiode is in principe de gehele levensduur van de dijk(stabilisator).	
Betrouwbaarheid sensordata	Rondom aanleg sensoren verifiëren. Sensoren geleverd onder certificaat. Bij aanleg redundantie qua sensoren aanbrengen. In principe bij onderhoud voorspanning defecte sensoren vervangen. Bij onderhoud voorspanning ook overige sensoren verifiëren met de nieuw aangebrachte voorspanning.	
Gebruikswaarde dijk informatie	Informatie geeft inzicht in: <ul style="list-style-type: none"> <li>de beheermomenten van de voorspanning</li> <li>informatie ten behoeve van de beoordeling en de zorgplicht</li> <li>handelingsperspectieven tijdens hoogwater en levert input aan calamiteitenplan</li> </ul> Opstellen monitoringsplan, beheerplan en dataplatform in samenspraak met beheerder en specialist op het gebied van waterkeringen.	

Er kan geoptimaliseerd worden in de beheerkosten door meer JLD-Dijkstabilisatoren te monitoren op voorspanning. Indien elke JLD-Dijkstabilisator wordt gemonitord, is exact aan te geven waar bijzonder onderhoud nodig is. Indien 1 op de 5 stabilisatoren wordt gemonitord, dienen er in het bijzonder onderhoud bij geconstateerde afwijking van de voorspanning 10 stabilisatoren te worden gecontroleerd.



## 4 Conclusie

Met behulp van de resultaten van de behandelde deelvragen in hoofdstuk 3 en 4 kan Onderzoeksvraag 12: *'Opstellen beoordelingsmethode inclusief te monitoren parameters gedurende levensduur'* beantwoord worden.

De beoordelingsmethode van de JLD-Dijkstabilisator is gemaakt op basis van de beoordelingsmethode van technische innovaties conform het WBI 2018. Deze methode uit het WBI is ontwikkeld voor primaire waterkeringen, maar de behandelde stappen en parameters zijn evenzeer relevant voor het uitvoeren van een toetsing van regionale waterkeringen waarbij een de JLD-Dijkstabilisator is toegepast.

De beoordeling van de JLD-Dijkstabilisator bestaat uit een eenvoudige toets en eventueel een toets op maat. In eerste instantie wordt een eenvoudige toets uitgevoerd. Er komt er geen positief oordeel uit de eenvoudige toets als er niet voldoende gegevens beschikbaar zijn om de eenvoudige beoordeling uit te voeren, en/of er zijn nieuwe inzichten met betrekking tot de technische innovatie en/of de hydraulische randvoorwaarden zijn ongunstiger geworden. Er kan een toets op maat uitgevoerd te worden bij een onvoldoende beoordeling op basis van de eenvoudige beoordeling. Deze toets op maat zal in veel gevallen neerkomen op een gedeeltelijke of volledige herberekening van het ontwerp. Hiervoor zijn handvatten gegeven in de toets op maat, zie paragraaf 2.1.2.

Om deze beoordelingen succesvol uit te kunnen voeren dienen verschillende parameters gemonitord te worden, zowel tijdens de aanlegfase als tijdens de beheerfase. Tijdens alle fases dienen (incidenteel) de waterspanningen in de dijk en de vervormingen van zowel de kopplaat als het maaiveld van de dijk worden gemeten. Daarnaast dienen vanaf de uitvoering ('continu') de voorspanning van de JLD-Dijkstabilisator te worden gemeten. In hoofdstuk 4 zijn handvatten voor de monitoring gegeven. Tevens dient een beheerplan met een monitoringsplan voor de beheerfase aanwezig te zijn.

## 5 Bibliografie

- [1] Antea Group, „181107-04313509-PvA\_ onderzoeksvraag\_12\_DEF\_V03,” 2018.
- [2] STOWA, „Leidraad toetsen op veiligheid regionale waterkeringen,” Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, Amersfoort, 2015.
- [3] Rijkswaterstaat, Ministerie van Verkeer en Milieu, „Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017. Bijlage III Sterkte en veiligheid,” december 2016.
- [4] POV Macro-Stabiliteit, „Publicatie Vernagelingstechnieken,” 2018.
- [5] Antea Group, „POV-M Publicatie Vernagelingstechnieken,” 2019.
- [6] Expertisenetwerk Waterveiligheid (ENW), „Grondslagen voor hoogwaterbescherming,” november 2017.
- [7] POV Macrostabiliteit, „POVM Rekentechnieken, EEM toepassing binnen het ontwerp,” 2018.

---

## Over Antea Group

Van stad tot land, van water tot lucht; de adviseurs en ingenieurs van Antea Group dragen in Nederland sinds jaar en dag bij aan onze leefomgeving. We ontwerpen bruggen en wegen, realiseren woonwijken en waterwerken. Maar we zijn ook betrokken bij thema's zoals milieu, veiligheid, assetmanagement en energie. Onder de naam Oranjewoud groeiden we uit tot een allround en onafhankelijk partner voor bedrijfsleven en overheden. Als Antea Group zetten we deze expertise ook mondiaal in. Door hoogwaardige kennis te combineren met een pragmatische aanpak maken we oplossingen haalbaar én uitvoerbaar. Doelgericht, met oog voor duurzaamheid. Op deze manier anticiperen we op de vragen van vandaag en de oplossingen van de toekomst. Al meer dan 60 jaar.

---

## Contactgegevens

### **Antea Group**

Rivium Westlaan 72  
2909 LD CAPELLE A/D IJSSEL  
Postbus 8590  
3009 AN ROTTERDAM

E. [www.anteagroup.nl](http://www.anteagroup.nl)

### **JLD Contracting BV**

Wieder 23  
1648 GA DE GOORN  
Postbus 144  
1135 ZK EDAM

E. [www.JLDcontracting.com](http://www.JLDcontracting.com)

### **Copyright © 2018**

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, elektronisch of op welke wijze dan ook, zonder schriftelijke toestemming van de auteurs.