

# Vorbereiding cruciaal bij versterking dijkgrasbekleding

**Versterkingsmaatregelen voor de grasbekleding van rivierdijken kunnen succesvol zijn in het reduceren van de faalkans van de kering. De belangrijke randvoorwaarden hierbij zijn dat de maatregel logistiek goed is voorbereid, de detectiefaalkans laag is en het plaatsingsteam is getraind.**

Waterschappen passen tijdelijke versterkingsmaatregelen toe op zwakke plekken in de waterkeringen, zo worden bekrammingen aangebracht om de grasbekleding te versterken. Een bekramming is een op de grasbekleding gefixeerd geotextiel met als doel erosie van de grasbekleding tegen te gaan. In de huidige praktijk is de bijdrage van dergelijke maatregelen aan de veiligheid van de waterkering vaak niet bekend. Uit onderzoek blijkt dat de betrouwbaarheid van deze maatregelen in grote mate wordt gedomineerd door de detectie van de zwakke plek, besluitvorming, logistiek en plaatsing van de maatregel. De effectiviteit wordt uitgedrukt in een faalkansreductie. Het bepalen van deze effectiviteit is gewenst omdat het inzicht geeft in de bijdrage aan de sterkte van de dijk. Daarnaast kan het helpen bij het verbeteren van de huidige praktijk. Het onderzoek is uitgevoerd aan de TU Delft en richt zich op de effectiviteit van versterkingsmaatregelen voor de grasbekleding op het buitentalud van rivierdijken. De studie is uitgevoerd bij HKV Lijn in water in samenwerking met de Wiki-Noodmaatregelen werkgroep.

## IN 'T KORT - Versterking

Waterschappen passen versterkingen toe op zwakke plekken in de waterkeringen

Een van deze tijdelijke versterkingen is het aanbrengen van bekrammingen

Een bekramming is een op de bekleding gefixeerd geotextiel

In de huidige praktijk is de bijdrage van dergelijke maatregelen vaak niet bekend



Oefening plaatsing bekramming waterschap Drents Overijsselse Delta en Nationale Reserve (NATRES) 16-09-2017.

king met de Wiki-Noodmaatregelen werkgroep. In deze werkgroep werken waterbeheerders samen aan het verbeteren van de praktijk van tijdelijke versterkingsmaatregelen. In dit onderzoek is onderscheid gemaakt tussen zwakke plekken die bekend zijn bij het waterschap en zwakke plekken die gevonden worden tijdens hoogwaterinspectie. Deze twee opties zijn onderzocht in twee verschillende case studies. Een voorbeeld van een bekende zwakke plek is een recent ingezaaide grasbekleding die nog niet op sterkte is.

## Methode

Tijdelijke versterkingsmaatregelen kenmerken zich door de beperkte tijd waarin deze aangebracht moeten worden en de afhankelijkheid van menselijk handelen. De faalkans van de versterkingsmaatregel wordt bepaald door de combinatie van (1) detectie van de zwakke plek, (2) plaatsing van de maatregel en (3) constructief falen van de maatregel zelf. Als de maatregel succesvol is, zal de sterkte van

de waterkering toenemen en daarmee de faalkans van de kering reduceren. Als de maatregel faalt, dan blijft de sterkte van de kering zoals die is. De faalkans van de versterkingsmaatregel is bepaald aan de hand van een gebeurtenisboom. De individuele faalkansen bestaan uit faalkansen bepaald door menselijk handelen en de constructieve faalkansen. Het OPSCHEP-model, dat onder meer wordt gebruikt voor de stormvloedkering, is gebruikt voor het kwantificeren van de menselijke component in de faalkansanalyse. De faalkansreductie van de waterkering, door de bekramming, is berekend aan de hand van een Monte Carlo analyse. In deze analyse is rekening gehouden met de drie onzekerheidscomponenten van de versterkingsmaatregel: de faalkans van, de benodigde tijd voor het aanbrengen van de maatregel en het effect van het geotextiel op de erosiesnelheid van de grasbekleding. Voor het onderzoek is data verzameld tijdens de hoogwateroefening Deining en Doorbraak

(september 2017) en een workshop met diverse waterbeheerders.

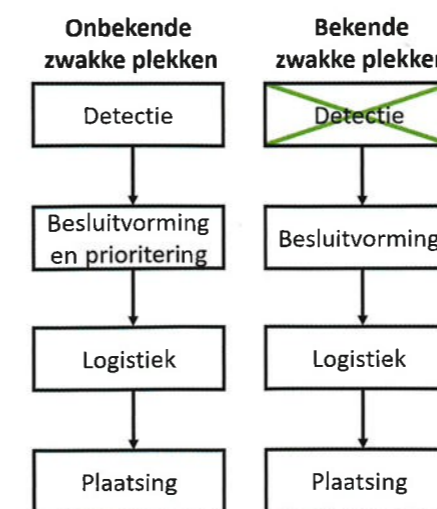
## Grafiek

Visualisatie van het conceptuele model levert een grafiek op die het verloop van de faalkans van de waterkering schematisch weergeeft als functie van de benodigde tijd om de versterkingsmaatregel aan te brengen. Als er veel tijd nodig is om de maatregel te plaatsen (tweede horizontale gedeelte) heeft de maatregel geen effect en is de faalkans van de waterkering bepaald door de hydraulische omstandigheden en de actuele sterkte van de dijk. Als er weinig tijd benodigd is voor het aanbrengen van de maatregel (eerste horizontale gedeelte) zal de faalkans van de waterkering reduceren door de versterkingsmaatregel.

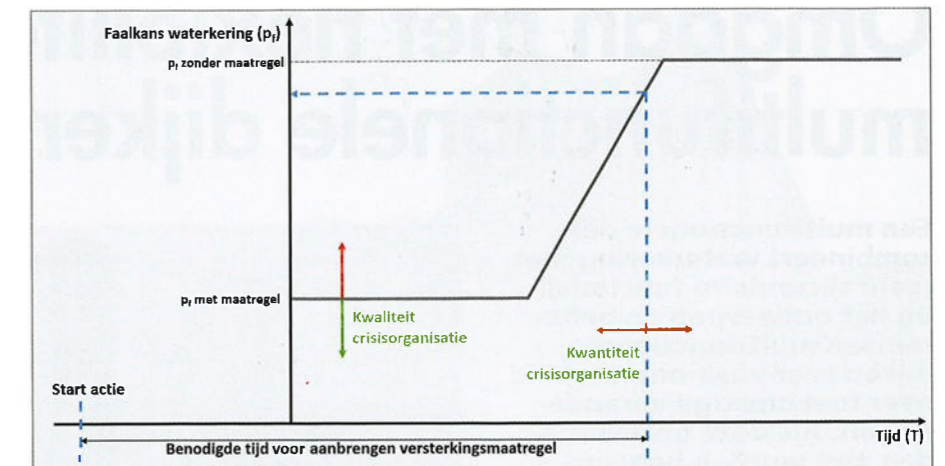
De grootte van de reductie hangt af van de faalkans van de maatregel zelf en het effect van een succesvol aangebrachte maatregel op de erosiesnelheid. Tussen de twee horizontale asymptoten neemt de effectiviteit af en de faalkans toe als functie van de benodigde tijd voor plaatsing. Deze benodigde tijd wordt beïnvloed door de logistiek, detectie (inclusief besluitvorming) en de plaatsing van de maatregel. De faalkans van de maatregel wordt bepaald door de kwaliteit van de crisisorganisatie. De kwantiteit van de crisisorganisatie is bepalend voor de benodigde tijd voor het aanbrengen van de versterkingsmaatregel.

## Detectie cruciaal

De activiteiten die nodig zijn voor het aanbrengen van de bekrammingen zijn seriegeschakeld. De faalkans van de maatregel voor bekende zwakke plekken is lager dan die voor de schades die nog gevonden dienen te worden tijdens de hoogwaterinspectie. Dit is



Seriesysteem voor aanbrengen maatregel.



Visualisering van het conceptueel model.

het gevolg van het ontbreken van de detectiefase, dit heeft zowel op de faalkans als op de benodigde tijd een positief effect. Een lage plaatsingsfaalkans zal voor onbekende zwakke plekken alleen effectief zijn als detectie en prioritering ook op orde is. Op basis van dit onderzoek en observaties tijdens de hoogwateroefening Deining en Doorbraak blijkt dat de detectie cruciaal is. Op basis van de case studies die onderzocht zijn in dit onderzoek is een reductiefactor in faalkans voor bekende zwakke plekken gevonden van 4 tot 32, afhankelijk van de kwaliteit en kwantiteit van de crisisorganisatie. Voor onbekende zwakke plekken is deze reductiefactor 1 (geen reductie) tot 14. De effectiviteit neemt voor de onbekende zwakke plekken sterk af naarmate het aantal zwakke plekken toeneemt. De effectiviteit is te verbeteren door de faalkans van de maatregel te verlagen. Een hogere kwaliteit van de crisisorganisatie verlaagt deze faalkans. Logistieke voorbereiding, realistische oefeningen en een hoog kennisniveau van de dijkspecteurs zijn componenten die een grote invloed hebben op deze faalkans. De inzet van ongetraind personeel tijdens crisissituaties zorgt voor een hogere faalkans van de maatregel. Vermindering van de benodigde tijd (kwantiteit) voor het aanleggen van de maatregel is op basis van de case studies met name van belang voor de nog niet bekende zwakke plekken. Logistieke voorbereiding, meer mensen om de maatregel uit te voeren en realistische oefeningen verminderen de aanlegtijd.

## Prioritering

Voor meerdere zwakke plekken zal de prioritering een belangrijk onderdeel zijn in de crisisorganisatie. Op basis van observaties tijdens de hoogwateroefening Deining en

Doorbraak en de workshop is gebleken dat het prioriteren van verschillende zwakke plekken gevoelig is en een grote negatieve invloed kan hebben op de effectiviteit. Uit de Deining en Doorbraak oefening bleek eens te meer dat het bewaken van de dijken door dijkwachters tot gevolg heeft dat het totaal aantal meldingen van (terechte en onterechte) zwakke plekken groot is. Deze meldingen moeten geprioriteerd worden onder tijdsdruk, vermoeidheid en hectiek.

## Methodes breed inzetbaar

Uit het onderzoek blijkt dat er nog wel winst is te behalen bij het nemen van maatregelen; vooral voor de zwakke plekken die tijdens hoogwater gevonden worden. Dit onderzoek kan een bijdrage leveren aan een kwantitatieve, risicogebaseerde afweging binnen de waterschappen voor het toepassen van tijdelijke maatregelen gedurende extreme condities. De methodes die ontwikkeld zijn in dit onderzoek kunnen ook toegepast worden op andere maatregelen voor andere faalmechanismen. De gestelde doelen, effectiviteit en faalkansen van handelingen kunnen dan worden geobserveerd tijdens oefeningen. Het is belangrijk dat de oefeningen worden gekoppeld aan een monitoringsprogramma. Op basis van de bevindingen tijdens de oefeningen en een helder geformuleerd doel van de crisisorganisatie kan doelmatig geïnvesteerd worden in deze organisatie.

*Guido van Rinsum is op dit onderwerp afgestudeerd; Bas Jonkman is hoogleraar integrale waterbouwkunde; Kasper Lendering is onderzoeker hydraulische structuren en overstromingsrisico (allen aan TU Delft); Bas Kolen is directeur Onderzoek en Ontwikkeling en Fred Havinga is specialist Veiligheid en Risico (beiden bij HKV Lijn in water).*