

Voorbeeld toepassing monitoring voor onderzoek waterkeringen

Titel

Monitoring traject Willemstad-Noordschans

Keywords

Peilbuis, Peilbuizen, Monitoring, WBI, beoordeling, piping

Indiener voorbeeld

BZ Ingenieurs en Managers

Aanleiding onderzoek

Waterschap Brabantse Delta is momenteel bezig met de beoordeling van de primaire keringen conform het Wettelijk BeoordelingsInstrumentarium (WBI). Onderdeel van het areaal is het traject Willemstad-Noordschans. Een deel van dit traject is in de verlengde derde toetsronde afgekeurd voor piping en macrostabiliteit binnenwaarts. In opdracht van het waterschap Brabantse Delta is onderzoek gedaan naar de te volgen meet- en monitoringstrategie voor het (pilot)traject Willemstad-Noordschans. Het waterschap Brabantse Delta heeft voornemens voor het uitbreiden van haar meetnet. Het wordt beoogd om het gedrag van de dijk op het betreffende traject beter in beeld te krijgen waardoor de beoordeling mogelijk kan worden aangescherpt. Een van deze uitbreidingen betreft het plaatsen van nieuwe peilbuisraaien voor het aankomende stormseizoen (oktober 2018-april 2019) en het uitvoeren van geofysische metingen.

Doel onderzoek/ probleemstelling

Het uitbreiden van inzicht in de sterkte en gedrag van de dijk ter plaatse van het traject Willemstad-Noordschans is gedaan door onder andere het uitvoeren van geofysische metingen en het analyseren van stijghoogte data in grondlagen. Voor dit WBI-voorbeeld wordt er gefocust op de toepassing ten behoeve van de beoordeling op het faalmechanisme piping, welke een hoofdreden vormt voor het waterveiligheidsstekort op dit traject. Tijdens de analyse is de toepassing van data verkregen door middel van peilbuizen waardevol gebleken, wat aanleiding gaf tot het uitbreiden van het peilbuizen monitoringsnet.

Voor de beoordeling op piping kunnen gegevens van peilbuismetingen in watervoerende lagen waardevol zijn. Het aantonen dat een aangenomen zandlaag als tussenzandlaag fungeert, in plaats van watervoerende laag, kan resulteren in het schematiseren van een dikkere deklaag, waardoor opbarsten mogelijk onwaarschijnlijk wordt. Ook het schematiseren van de uittrede weerstand kan hierdoor worden aangescherpt (0.3d regel). Daarbij kan het uitsluiten van inzijing op het voorland op basis van peilbuismetingen leiden tot het schematiseren van grotere kwelweglengtes. Samengevat heeft het plaatsen van nieuwe peilbuisraaien als doel:

1. Het onderscheiden van zandlagen die wel of niet in contact staan met het buitenwater.
2. Inzijing van water op het voorland vaststellen of uitsluiten.

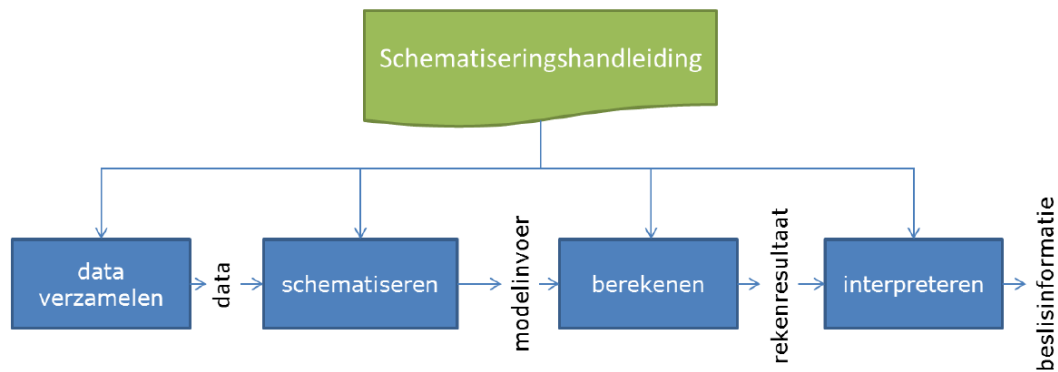
3. Het aanscherpen van de dempingsfactor t.b.v. deelmechanismen opbarsten en heave.

Omdat het toepassen van geofysische metingen expliciet in andere voorbeelden zijn behandeld, ligt de focus in dit voorbeeld met name op data gewonnen uit peilbuizen.

Type voorbeeld

Voor dit voorbeeld wordt het beoogd dat het toepassen van onder andere (aanvullende) peilbuismetingen gebruikt kan worden om een bijdrage te leveren bij het nauwkeuriger beoordelen van het risico op het optreden van het faalmechanisme piping.

De fasering in het ontwerpen (in geval van versterkingsopgave) is ongeveer gelijk aan de fasering in de beoordeling (zie figuur 1). De beschikbare data is toegepast in de fase data verzamelen en vervolgens gebruikt om te schematiseren, berekenen en interpreteren met de terugkoppeling naar aanvullend data verzamelen. De aanvulling op het meetnet bevindt zich nu in de data verzamel fase.



Figuur 1: faseringsschema beoordelen

De beoordeling wordt tevens opgedeeld in drie fasen, namelijk de eenvoudige toets, de gedetailleerde toets en de toets op maat. De beschreven monitoringsmethode kan worden toegepast in:

- Eenvoudige toets – Dikte deklaag (welke watervoerende laag toets je), voor het bepalen van veilige afmetingen van de kering.
- Gedetailleerde toets – Deelmechanisme opbarsten en heave: dempingsfactor aanpassen en de dikte van de deklaag realistischer schematiseren. Voor terugschrijdende erosie: de dikte deklaag realistischer schematiseren voor de uittredeweerstand (0.3d regel).
- Toets op maat – Vrij voor beoordelaar, er kan gedacht worden aan tijdsafhankelijkheid. De toets op maat is niet aan de orde geweest bij dit voorbeeld.

Status voorbeeld

De data van bestaande peilbuizen en geofysische is geanalyseerd voor de toepassing bij de beoordeling conform WBI2017. Er is tevens advies gegeven voor de plaatsing van aanvullende peilbuizen om de beoordeling verder aan te scherpen, hiervoor wordt komend stormseizoen data ingewonnen (2018-2019). Op dit moment wordt er dus

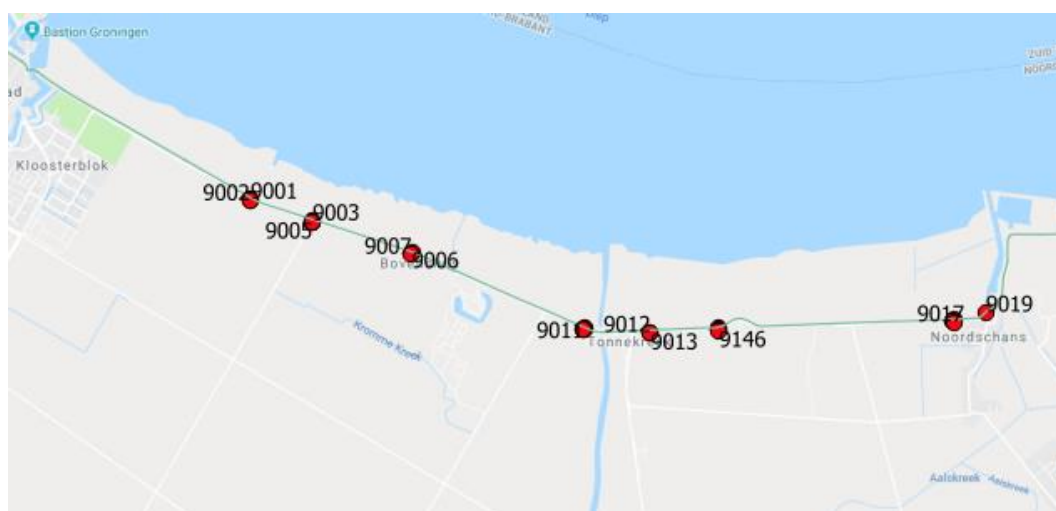
beperkt gebruik gemaakt van de data, hierbij moet het concrete effect van de aanvullende metingen op de beoordeling nog blijken.

Casebeschrijving

Algemeen

Het traject Willemstad-Noordschans is in de tweede en derde toetsronde goedgekeurd. In de verlengde derde toetsronde is besloten toch gedetailleerder te kijken naar delen van het traject. In de verlengde derde toetsronde is op basis van aanvullende analyses een deel van het traject Willemstad-Noordschans afgekeurd voor de faalmechanismen piping en macrostabiliteit binnenwaarts.

Waterschap Brabantse Delta monitort zijn keringen, hierbij wordt met name gebruik gemaakt van peilbuizen. Op het traject Willemstad-Noordschans worden 23 peilbuizen gemonitord op locaties aangegeven in figuur 2. Brabantse Delta heeft ervaring met monitoring en ziet daarmee de potentie van dijkmonitoring. Hierbij wordt gebruik gemaakt van meet en monitoringstechnieken aansluitend aan de actuele staat van kennis voor het beheer van hun waterkeringen.



Figuur 2: bestaande meetnet Willemstad-Noordschans

Opzet onderzoek

Het uitgevoerde onderzoek omvatte de volgende onderdelen:

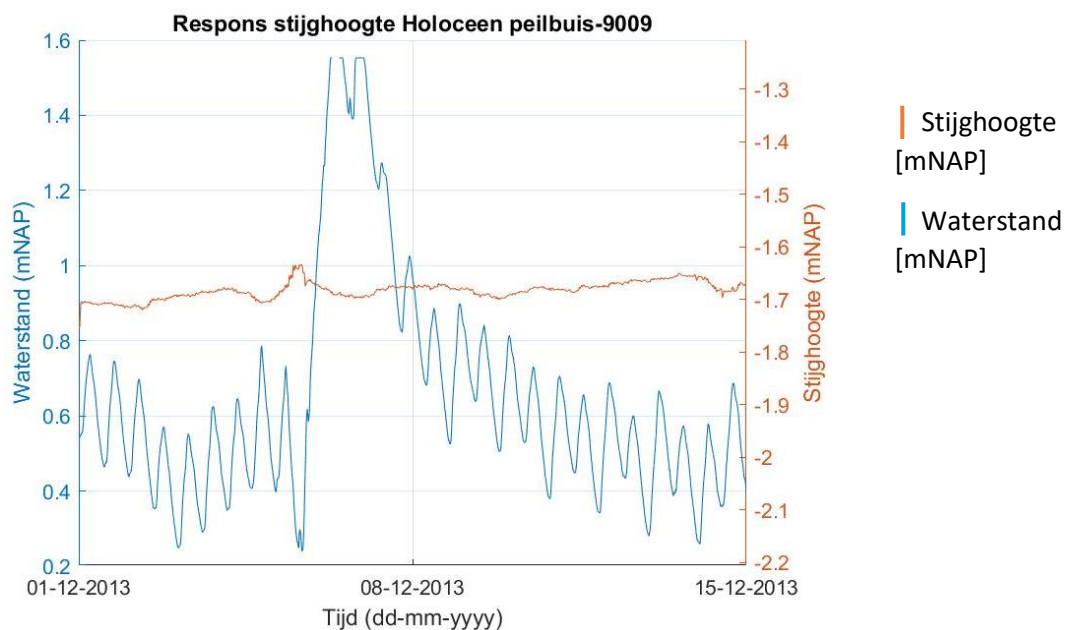
- Traject analyse: in de traject analyse zijn beschikbare databronnen geïnventariseerd en is er een faalkansen analyse conform het WBI uitgevoerd.
- Gevoeligheidsanalyse: Op basis een gevoeligheidsanalyse is er verkend wat op dit traject de meest gevoelige parameters zijn. De gevoeligheidsanalyse bestaat uit het evalueren van het effect van aanpassingen aan invoer parameters in de analyse.
- Oordeel bestaande meetnet: De uitkomsten van de gevoeligheidsanalyse zijn als basis gebruikt om een oordeel te geven over het bestaande monitoringsnet en over mogelijke verbeteringen van dit monitoringsnet om de beoordeling aan te scherpen.
- Advies aanvullend monitoren: op basis van een kosten-batenanalyse is advies gegeven over de meest optimale verbetering van het monitoringsnet.

Resultaten onderzoek

Traject analyse:

Beschikbare databronnen zijn geanalyseerd en beoordeeld op toepasbaarheid voor de beoordeling. Bij de verdere uitwerking van de analyse is er gefocust op peilbuizen: binnen het traject zijn 7 peilbuis raaien reeds geïnstalleerd bestaande uit 2 of 3 peilbuizen. Verder is er in Noordschans een peilbuis geïnstalleerd die geen onderdeel is van een raai. Op basis van tijdsgebonden data van waterstanden en stijghoogten gemonitord met het bestaande meetnet, is voor elk van deze peilbuizen bepaald of deze wel of niet reageert op de buitenwaterstand. Wanneer dit niet het geval bleek, is geconcludeerd dat de betreffende peilbuis niet in een watervoerende zandlaag is geïnstalleerd.

Een voorbeeld is gegeven in figuur 3, waarbij geconcludeerd is dat de betreffende peilbuis in het achterland in een niet-watervoerende laag is geïnstalleerd. Dit is voor alle peilbuizen in het bestaande monitoringsnet gedaan.



Figuur 3: Peilbuis data en waterstanden over tijd

Vervolgens is het traject opgedeeld in delen met homogene grondopbouw op basis van beschikbaar grondonderzoek. Deze 7 'deeltrajecten' zijn weergegeven in figuur 4.



Figuur 4: deeltrajecten Willemstad-Noordschans

Door het onderscheiden van watervoerende lagen en zandlagen die als tussenlagen fungeren is de stochastische ondergrond schematisatie voor piping aangescherpt. Daarnaast is beoordeel op welke locaties zandlagen worden afgesloten door afsluitende lagen in het voorland die inzijging voorkomen bij hoog water. Omdat is gebleken dat er maar 2 van de 23 peilbuizen in watervoerende lagen is geïnstalleerd, is er onvoldoende informatie voor het aanpassen van de initiële dempingsfactor.

Door het gebruik van de beschikbare peilbuismetingen zijn de faalkansen van enkele scenario's erg verkleind (2 scenario's naar faalkans 1/132082). Echter zijn er nog steeds scenario's (faalkans 1/210) die de goedkeuring van het traject voorkomen.

Gevoeligheidsanalyse:

Uit de uitgevoerde gevoeligheidsanalyse voor het traject is geconcludeerd dat op basis van de huidige schematisatie, voornamelijk het aanscherpen van de kwelweglengte en de doorlatendheid een effect heeft op de uiteindelijke faalkans. Naast de aanscherping van de parameters kan het aanvullende onderzoek tevens gericht worden op de daadwerkelijke voorkomens van de meest ongunstige scenario's, zodat de problematische deeltrajecten duidelijker worden.

Gebruik van peilbuismetingen voor het aanscherpen van de dempingsfactor t.b.v. deelmechanismen opbarsten en heave bleek voor deze case niet van meerwaarde doordat de faalkans voor terugschrijdende erosie in dit geval dominant blijft.

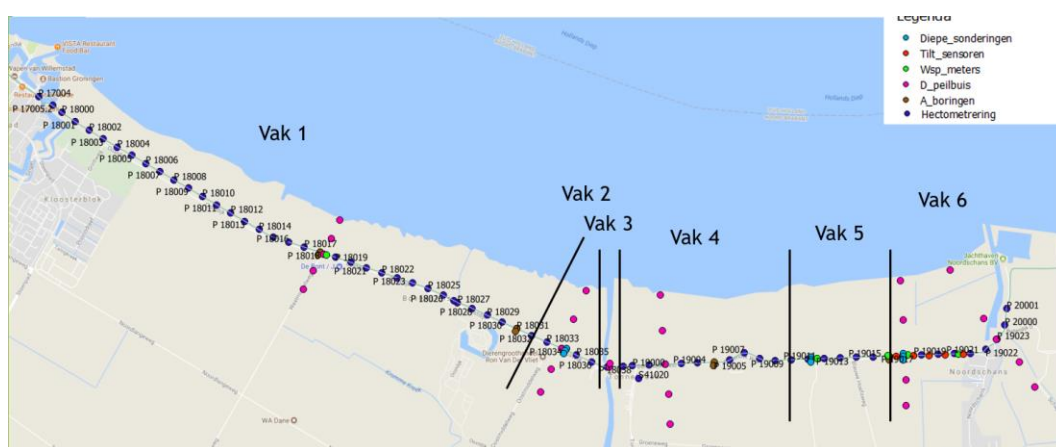
Oordeel huidige monitoringsnet:

Op basis van het huidige monitoringsnet lijkt het alsof er op geen enkele locatie inzijging plaats vindt via de peilbuis als het voorland onder water staat. Dit is echter op basis van het huidige meetnet, niet over het gehele traject aan te nemen. Daarom is besloten om dit aspect voor het volledige areaal nader te onderzoeken.

Advies aanvullend monitoren:

Er is advies gegeven om per deeltraject (homogene grondopbouw) 1 peilbuisraai te installeren in de beoogde watervoerende laag (figuur 5). Een peilbuisraai bestaat uit 2 peilbuizen in het voorland, 1 in de kering en 2 in het achterland:

- Een peilbuis achter de zomerkade (voorland)
- Een peilbuis halverwege tussen de teen buitenwaarts en de zomerkade (met een marge van 10 meter rond het benoemde punt) (voorland)
- Een peilbuis in de kruin
- Een peilbuis tussen binnenteen en kwelsloot (achterland)
- Een peilbuis op een afstand van 150 meter binnenwaarts (achterland)



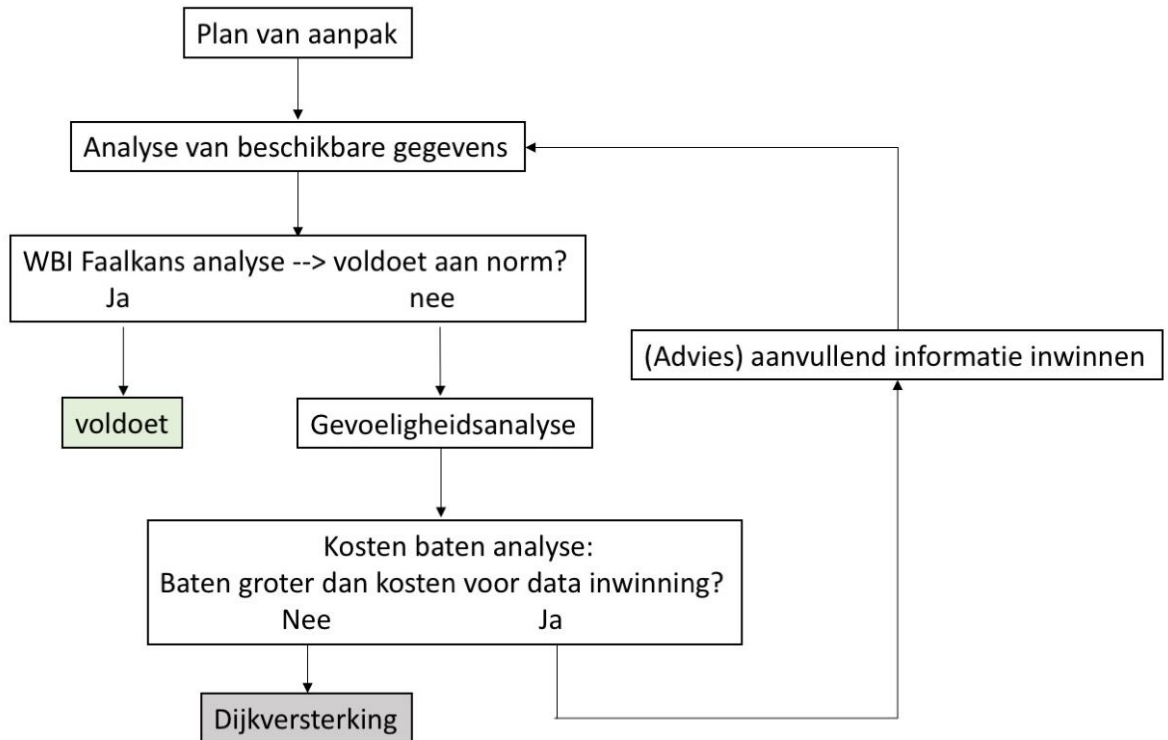
Figuur 5: Geadviseerde peilbuislocaties

Hiermee wordt verwacht piping op het gehele traject te kunnen uitsluiten (faalkans voldoende klein te achten) door:

1. De zandlaag te vinden die daadwerkelijk in contact staat met de buitenwaterstand
2. Inzijing van water op het voorland uit te sluiten, waardoor een veel langere kwelweglengte in rekening gebracht kan worden

Beslisproces en uitvoeringsschema

Het toepassen van meten en monitoring is een iteratief proces, weergegeven in het uitvoeringsschema in figuur 6. Na het afkeuren van een dijktraject zal de afweging gemaakt moeten worden of en hoe het inwinnen van meer data van meerwaarde kan zijn.



Figuur 6: uitvoeringsschema monitoringsstrategie

Meetnauwkeurigheid en frequentie

Voor de toepassing van data gewonnen uit het monitoren van stijghoogten door middel van peilbuizen, zijn gegevens tijdens (extreme) hoogwater situaties van grootste waarde. Het meten van de stijghoogte met een tijdsinterval van een uur volstaat; indien mogelijk is het kunnen wijzigen van de dit interval naar eens per kwartier tijdens periode van hoogwater een meerwaarde

Benodigde kennis

Voor het toepassen van monitoring door middel van peilbuizen moet voor het betreffende traject voldoende inzicht zijn in de aanwezige grondlagen. Deze gegevens bepalen namelijk in grote mate de optimale locaties en diepten van te plaatsen peilbuizen. Daarnaast is deze informatie benodigd voor het interpreteren van de ingewonnen data uit peilbuismonitoring. Deze informatie komt beschikbaar bij het analyseren van voldoende boringen en sonderingen op het traject. Het interpreteren en extrapoleren van peilbuisdata vergt specialistische kennis betreffende de faalmechanismen en geohydrologisch gedrag van de aanwezige grondopbouw. Betreffende het analyseren van deze vrijgekomen data wordt verwacht dat dit uitgevoerd kan worden met basiskennis in data-analyse, in combinatie met geotechnische kennis.

Kosten en baten

Voor dit voorbeeld zijn de totaal geraamde kosten voor het geadviseerde aanvullend onderzoek 135k€-181k€ per kilometer (voor STBI en STPH). Voor enkel het plaatsen van de extra peilbuizen is een bedrag van 10k€ geraamd, met monitoringskosten van 13k€ per jaar bij meerjarige monitoring. Naar verwachting kan het volledige vak worden

goedgekeurd voor piping. Dit heeft ook met name de reden dat kan worden aangetoond dat het pakket van slecht doorlatende lagen in het voorland een homogene dikte heeft door beschikbare vlakdekkende informatie. De baten zijn de voorkomen kosten voor een dijkversterking, geraamd op 7,6M€ per km (voor STBI en STPH).

Dilemma's en gevoeligheidsanalyse

Het dilemma bij het inwinnen van aanvullende informatie zit met name bij het maken van extra kosten voor het inwinnen van data waarbij het niet compleet zeker is of het traject op basis van de aanvullende informatie wel zal voldoen aan het betreffende faalmechanismen. Echter zal meer informatie altijd leiden tot een vergroot inzicht in de prestatie van de dijk. Op basis van een gevoeligheidsanalyse (waar valt er te verbeteren) en een kosten-batenanalyse (welke verbetering is optimaal) moet afgewogen worden of het inzicht voldoende wordt vergroot om af te kunnen wegen tegen de kosten van data inwinning tegenover een dijkversterking.

In de afgelopen drie jaar is een waterstand waarbij het voorland onder water staat 2 à 4 keer voorgekomen. Daarom is het realistisch bevonden om de monitoringsvragen hier ten dele van afhankelijk te maken: er is immers een reële kans dat er binnen voor de beheerder afzienbare tijd (3 à 7 jaar) opnieuw een dergelijke waterstand zal optreden.

Verificatie

Om de juiste werking van de peilbuizen te waarborgen wordt geadviseerd om minimaal drie keer per jaar de functionaliteit van de stijghoogtemeter te controleren (oktober, januari en april) gedurende 2-3 x een hoogwaterperiode/ periode waarbij het voorland onder water staat. Dit moet geïntegreerd worden in het reguliere beheer. Daarnaast moet indien om praktische reden een andere locatie wordt voorgesteld voor de peilbuizen, alle peilbuizen in dezelfde raai zodanig worden verplaatst dat de peilbuizen in één lijn, loodrecht op de primaire kering staan.

Rekenfiles en documentatie

-