

Extra onderzoek bespaart miljoenen voor dijkversterking

Aanvullende expertschattingen en extra meten, monitoren, analyseren en modelleren heeft de opgave voor het dijktraject Den Oever-Den Helder aanzienlijk gereduceerd. Daarmee zijn vele miljoenen euro's bespaard voor de plan- en uitvoeringsfase van de dijkversterking.

Het dijktraject Den Oever-Den Helder, bestaande uit de Balgzanddijk, Amsteldiepdiijk en Wieringer Zeewering, voldeed niet aan de veiligheidseisen van de oude Waterwet en is daarom opgenomen in het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP). Omdat in 2017 zowel de Waterwet als de beoordelingsregels wijzigden, is het 22 km lange dijktraject nogmaals beschouwd.

Met een consequentieanalyse is het dijktraject beoordeeld volgens de nieuwe normen met het Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium (WBI2017). Hieruit volgt dat de overstromingskans van het dijktraject groter is dan vereist. Er resteert een veiligheidsopgave voor de buitenbekleding en de (macro) stabiliteit van de kering, verspreid over meerdere dijkvakken.

Gevoeligheden verkend

De consequentieanalyse heeft op enkele onderdelen resultaten opgeleverd die niet stroken met de ervaringen en inzichten van de beheerder van de dijk, het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK). De opgave is op enkele beoordelingsaspecten nog

IN 'T KORT - Dijkversterking

Het dijktraject Den Oever-Den Helder voldeed niet aan de veiligheidseisen

De overstromingskans van het dijktraject is groter dan vereist

Onderzocht is of de veiligheidsopgave verantwoord is te optimaliseren

De stijghoogtes hebben een grote invloed op de veiligheidsopgave



De kaart laat zien welke opgave is gesteld voor het dijktraject en waar de peilbuizen zijn geplaatst.

aanzienlijk. Daarom is ervoor gekozen om in de verkenningsfase, samen met Royal HaskoningDHV, HKV en Deltares, te onderzoeken of de veiligheidsopgave verantwoord is te optimaliseren en mogelijk te verkleinen. Allereerst zijn daarvoor de gevoeligheden van de verschillende uitgangspunten op het veiligheidsoordeel in kaart gebracht. Zo is er voor het beoordelingsspoor macrostabiliteit onderzoek gedaan naar de relatie tussen de grootte van de stabiliteit en de ligging van voor een overstroming bepalend glijvlak (faaldefinitie) en is een probabilistische analyse uitgevoerd (Land+Water 7/8, 2018: 'Probabilistische analyse macrostabiliteit: meer inzicht in berekeningsresultaat'). Voor de bekledingsopgave is een expertschatting van overstromingskans uitgevoerd, uitgaande van de geschiedenis en opbouw van de dijk en de verwachte wijze van falen bij extreme condities (het verhaal van de dijk). Dit om te bepalen welke (deel)mechanismen, ook wel gebeurtenissen genoemd, de overstromingskans bepalen (Land+Water 12, 2018: 'Het verhaal van de dijk gekwantificeerd'). Daarnaast is er een doorkijk gemaakt naar de ontwikkeling van de veiligheid in de tijd als gevolg van klimaatverandering en veroudering van de dijk.

Waterstanden

Uit de verschillende analyses volgde dat de stijghoogtes (grondwaterstand) in en onder de dijk een grote invloed hebben op de uitgangspunten en daarmee op de veiligheidsopgave. Bij extreme condities ontstaat er een groot verschil tussen de waterstand op de Waddenzee en de waterstand aan de binnenzijde van de dijk. Daardoor lopen de stijghoogtes in en onder de dijk op en neemt de sterkte af. De gevoeligheidsanalyses lieten zien dat de onzekerheden in de grondwaterstand in de dijk en de stijghoogtes onder de dijk (bij een hoogwatersituatie) relatief groot waren. Het verkleinen van deze onzekerheid bleek meer bepalend voor de overstromingskans dan modelonderzoek of het uitvoeren van meer grondonderzoek. Het HHNK heeft daarom besloten om aan de hand van peilbuizen op het dijktraject nader onderzoek te doen naar de stijghoogtes in en onder de dijk.

Metten = weten

Van zeer extreme condities is doorgaans geen meetinformatie beschikbaar. Dus om de stijghoogtes bij extreme condities te bepalen, worden metingen bij minder extreme of dagelijkse condities geëxtrapoleerd met behulp van een geohydrologische model. Dat

was hier goed mogelijk vanwege de verwachte variaties van het buitenwater (getij en windopzet). Om meetinformatie te verkrijgen zijn eind 2018 op elf locaties tussen Den Helder en Den Oever raaien met peilbuizen geplaatst. Het peilbuizenet en het meetniveau is hierbij afgestemd op de onzekerheden. Specifiek voor asfaltbekleding is de stijghoogte vlak achter de bekleding gemeten. Voor macrostabiliteit is met name het verloop van de stijghoogte in de verschillende zandige lagen (wadzanden, maar ook Pleistocene lagen) in dwarsrichting van de dijk (respons) in kaart gebracht.

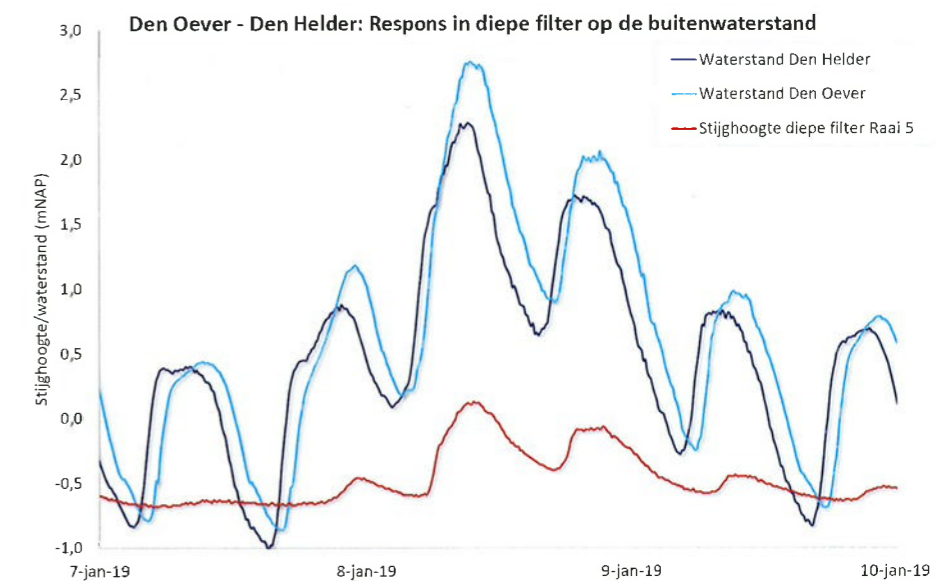
Stormachtig weer

Net nadat het meetsysteem operationeel was, trad op 8 januari een hoge waterstand op. De hoge waterstand was het gevolg van het samenvallen van een springvloed met een noordwesterstorm waardoor waterstanden tot boven de NAP+ 2,5 m zijn opgetreden. Hoewel dit nog niet in de buurt komt bij de ontwerpwaterstanden (hoger dan NAP+ 4,5 m), was het optreden van deze waterstand een meevaller, omdat metingen van hoge waterstanden de betrouwbaarheid van de extrapolatie vergroot. De uitgevoerde metingen zijn in combinatie met schematiseringen en computermodellen (o.a. met Plaxflow (2D)) gebruikt om de geohydrologische schematisering (gedrag) van de dijk te verfijnen.

Bij het schematiseren wordt uitgegaan van verschillende geohydrologische parameters. Doorlatendheden zijn hierbij de belangrijkste parameters. Deze zijn vastgesteld op basis van correlaties tussen de doorlatendheid en beschikbare korrelverdelingen (d60/d10) en in-situ bepalingen. In de doorlatendheden blijft echter een relatief grote onzekerheid bestaan, daarom zijn ook 'slugtests' uitgevoerd. Hierbij



Hier zijn de peilbuizen zichtbaar.



Waterstanden en stijghoogte.

is de doorlatendheid van de zandlagen bepaald door de peilbuizen deels te vullen met water en vervolgens te meten hoe snel het peil zakt. Om de resterende onzekerheid te verkleinen is het model (grondopbouw, modelrandvoorwaarden en parameters) gekalibreerd aan de gemeten stijghoogtes tijdens de januari storm. Hierbij zijn vooral de doorlatendheden zodanig aangepast dat na de kalibratie de gemeten waterdrukken in de dijk overeen komen met de berekende waterdrukken.

Extreme condities

De januaristorm zorgde er voor dat de betrouwbaarheid van de voorspelling werd verhoogd. Op basis van die informatie is gemodelleerd hoe hoog de stijghoogtes kunnen worden bij de extreme condities voor diverse zichtperiodes. Met de uitkomsten zijn de stabiliteit van de dijk en de sterkte van het asfalt bij extreme condities bepaald. Er is gekeken naar de huidige omstandigheden en naar toekomstige omstandigheden waarbij bodemdaling en klimaatverandering zijn meegenomen.

Voor het meten van de respons van de waterdrukken in de zandlaag direct onder de deklaag (wadzand) zijn zogenaamde responsgrafieken opgesteld. In deze grafieken wordt de gemeten stijghoogte in de zandlagen uitgezet tegen de, op hetzelfde tijdstip gemeten, buitenwaterstand. Hierbij is zowel de respons bepaald op het reguliere getij als de verandering van deze respons bij de hogere waterstanden, opgetreden tijdens de januaristorm van dit jaar. Op basis van statistiek is de verwachtingswaarde voor de respons afgeleid. Deze zijn gebruikt voor het bepalen van de stijghoogte onder extreme

omstandigheden op basis waarvan macrostabiliteit is beoordeeld.

Significant verkleind

De opgave voor het dijktraject is aanzienlijk gereduceerd door het nader onderzoek. Naast aanvullende expertschattingen heeft het aanvullend meten, monitoren, analyseren en modelleren veel opgeleverd. Op basis van de monitoringsdata zijn eerdere geohydrologische uitgangspunten aangepast. Dit leidde tot verkleining van onzekerheden en aanscherping van de schematiseringen bij de beoordeling van de macrostabiliteit en bekleding. Het peilbuizenonderzoek en de bijbehorende analyses hebben gezorgd voor een halvering van de opgave voor binnenwaartse macrostabiliteit en het volledig verdwijnen van de opgave voor buitenwaartse macrostabiliteit. De opgave voor asfaltbekleding is gereduceerd tot 25 procent van het dijktraject. Daarmee zijn vele miljoenen euro's bespaard voor de plan- en uitvoeringsfase van de dijkversterking. Om dit mogelijk te maken is – in verhouding tot de dijkversterkingskosten – slechts een gering budget ingezet en is in verhouding een geringe (doorlooptijd) benodigd geweest voor aanvullende monitoring en analyse. Op basis van de geoptimaliseerde veiligheidsopgave is HHNK momenteel bezig om met betrokken partijen uit de omgeving te bepalen welke versterkingsmaatregelen passen bij het gebied.

Goatske de Vries is innovatiecoördinator bij de landelijke programmadirctie van het HWBP (was technisch manager bij HHNK); Jan Tigchelaar is senior adviseur Waterkeringen bij HKV-lijn-in-water; Lars Hoogduin is technisch manager bij Royal HaskoningDHV en Huub de Bruijn is senior adviseur geotechniek bij Deltares.