

Van hoogtemetingen naar het toetsen van waterkeringen

Hoogtemetingen kunnen tegenwoordig relatief gemakkelijk vanuit de lucht worden ingevlogen door het scannen van het geobserveerd gebied met laserapparatuur. Deze methode - vaak laseraltimetrie genoemd - wordt op grote schaal in Nederland ingezet.

Voor waterbeheerders is laseraltimetrie voor meerdere doeleinden interessant. Eén hiervan is dat hoogtegegevens belangrijk zijn voor het toetsen van primaire en regionale keringen. De gegevens van laseraltimetrie zijn bij uitstek geschikt voor de toetsing, maar niet direct inzetbaar. De gegevens moeten namelijk eerst geschematiseerd worden naar een bruikbaar formaat voor de toetsing. In dit artikel laten we zien hoe Waterschap Rivierenland laseraltimetriegegevens gebruikt voor de toetsing van zijn primaire keringen. De gehanteerde methode is geschikt voor het rekenen met grote aantallen (duizenden) dwarsprofielen en is daarmee ook toepasbaar voor regionale keringen.

Primaire keringen moeten, zo is in de Wet op de waterkeringen vastgelegd, in Nederland elke vijf jaar op veiligheid worden getoetst. Primaire keringen beschermen Nederland tegen overstromingen vanuit de Noordzee, de Rijn en de Maas en de grote meren. Het ministerie van Verkeer en Waterstaat stelt voor de toetsing van deze keringen de randvoorwaarden vast; de beheerders voeren de toetsing vervolgens uit. Op dit moment wordt hard gewerkt aan het volbrengen van de in 2007 begonnen derde toetsronde (eerdere toetsrondes waren in 1996 en 2001).

Ook Waterschap Rivierenland, beheerder van de dijkkringen 16, 23, 24 en 37 t/m 43 (zie afbeelding 1), is bezig met het voltooien van zijn werkzaamheden voor de derde wettelijke toetsronde. Medio volgend jaar moeten de resultaten van deze toetsing klaar zijn en worden toegeleverd aan de provincies. Gedeputeerde Staten controleert en uniformeert de resultaten van het waterschap en stelt vervolgens de gegevens beschikbaar aan het ministerie van Verkeer en Waterstaat. Zij stelt een landelijk dekkende toetsrapportage op die ter goedkeuring wordt aangeboden aan de Eerste en Tweede Kamer.

Het waterschap heeft in de derde toetsronde voor de eerste keer op grote schaal laseraltimetrie ingezet voor de toetsing¹. De belangrijkste reden voor deze keuze is dat laseraltimetrie een nauwkeurig, actueel en gedetailleerd beeld geeft van de hoogte van de dijken.

Deeltoets golfoverslag

In dit artikel richten wij ons vooral op de inzetbaarheid van laseraltimetrie op één onderdeel van de toetsing, namelijk op het faalmechanisme 'golfoverslag' en overtopping van de dijk' oftewel de hoogtetoets. Overigens is laseraltimetrie ook op andere onderdelen van de toetsing

inzetbaar. Om op 'overtopping' te toetsen, is alleen de dijkhoogte van belang, maar bij 'golfoverslag' is het ook noodzakelijk te weten hoe de golven op het dijktaalud breken. Daarvoor is informatie nodig over het hoogteverloop van het buitentalud, de bekleding en de dijknormaal van het talud. De gegevens van de laseraltimetrie zijn gebruikt om het hoogteverloop van de dijken, die deel uitmaken van de dijkkringen, in kaart te brengen. Voor waterkerende kunstwerken die ook in de dijkkringen liggen, zijn andere bronnen van informatie noodzakelijk en kan laseraltimetrie niet worden ingezet. Als we bijvoorbeeld een coupure op hoogte willen toetsen, voldoet laseraltimetrie niet, omdat de kans groot is dat de coupure open was tijdens het inwinnen van de data en een dermate 'smalle' constructie is dat de hoogte niet goed is in te winnen. In het algemeen geldt dat bij zeer steile wanddelen de hoogtegegevens binnen een gridcel te veel gemiddeld worden bij laseraltimetrie, zodat een inaccuraat beeld ontstaat.

Het laseraltimetrie-hoogtemodel dat beschikbaar is voor de primaire keringen in het beheergebied van Rivierenland, is tussen 2004 en 2008 ingewonnen en geeft, op het dijktracé van de keringen, de hoogtemetingen weer op een grid van 0,5 bij 0,5 meter.

Afb. 1: Overzicht van het beheergebied.



De hoogtemetingen zijn gecorrigeerd voor maaiveldhoogten, zodat bebouwing en begroeiing niet in het dijktaalud terechtkomen. De nauwkeurigheid van de gemeten hoogten bedraagt enkele centimeters en is afhankelijk van het hoogteverloop binnen de gridcel.

Trekken van dwarsprofielen

Bij Waterschap Rivierenland is ervoor gekozen om met een vaste onderbreking van 100 meter dwarsdoorsneden uit de laseraltimetriedata te genereren die op het dijktracé liggen. Zo zijn dwarsprofielen verkregen van het buitentalud, die benodigd zijn voor de hoogtetoets. Een voorbeeld van dit procédé laat afbeelding 3 zien. Hier toont de rode lijn de plekken waar dwarsdoorsneden zijn getrokken voor dit deel van de dijk. De blauwe lijn laat de ligging van de buitenkruin zien. Men had ook kunnen kiezen voor een variabele interval bij de plaatsing van de dwarsprofielen, zodat voor dijkdelen die

bekend staan als minder robuust, meer profielen konden worden gekozen. Bij de dijkringen in het beheergebied van Rivierenland was hier echter geen aanleiding toe.

De locatie van de buitenkruin en de buitenteen voor de dijktracés is apart door het waterschap aangeleverd. Deze locaties zijn gebruikt om het buitentalud (vanaf de buitenteen tot de buitenkruin van het dijkprofiel) vast te stellen. In een aantal gevallen was de exacte ligging van de teenlijn van de dijk moeilijk te definiëren. Dan houdt men het diepst gelegen punt op het buitentalud als teen van de dijk aan. Het belangrijkste is de ligging van de buitenkruin goed te bepalen; hiermee wordt immers de hoogte van het dijkdeel vastgesteld.

Naast het hoogteverloop is ook informatie over de bekledingen noodzakelijk. Deze informatie wordt door het waterschap

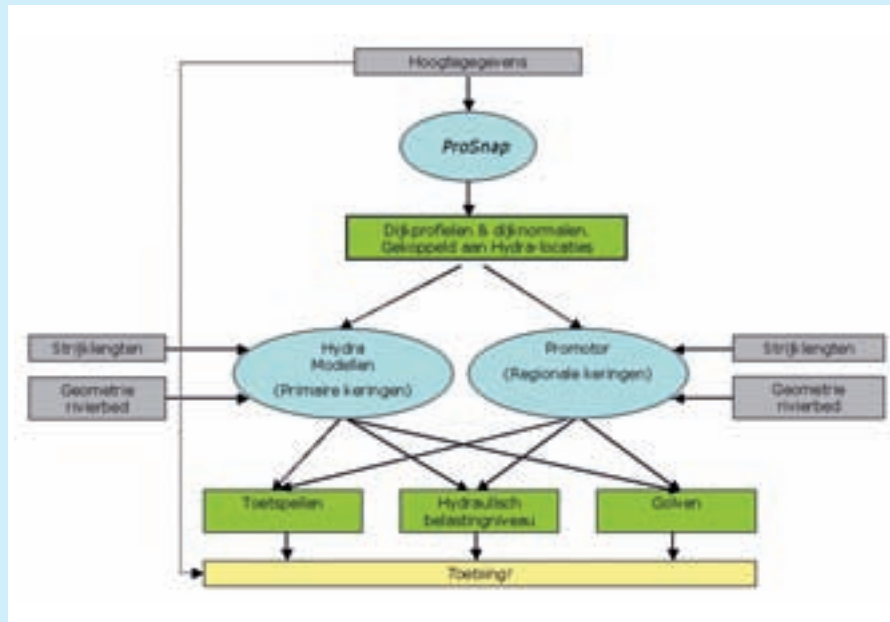
beheerd in een geografisch datasysteem. Met behulp daarvan zijn - op eenzelfde wijze als bij de laseraltimetriedata - de bekledingen op elk talud vastgesteld. Bekledingstypen worden voor golfoverslagberekeningen omgezet in een ruwheidsfactor, die aangeeft in welke mate de golven worden gebroken. Grasbekledingen geven in het algemeen de grootste golfloop. De dijknormalen voor elk profiel zijn bepaald op basis van de richting van de getrokken dwarsprofielen. Deze richting is gelijk aan de loodrechte hoek op de buitenkruinlijn, waarbij de ligging van de teen van de dijk de uiteindelijke oriëntatie bepaalt.

Toetsingsmodellen

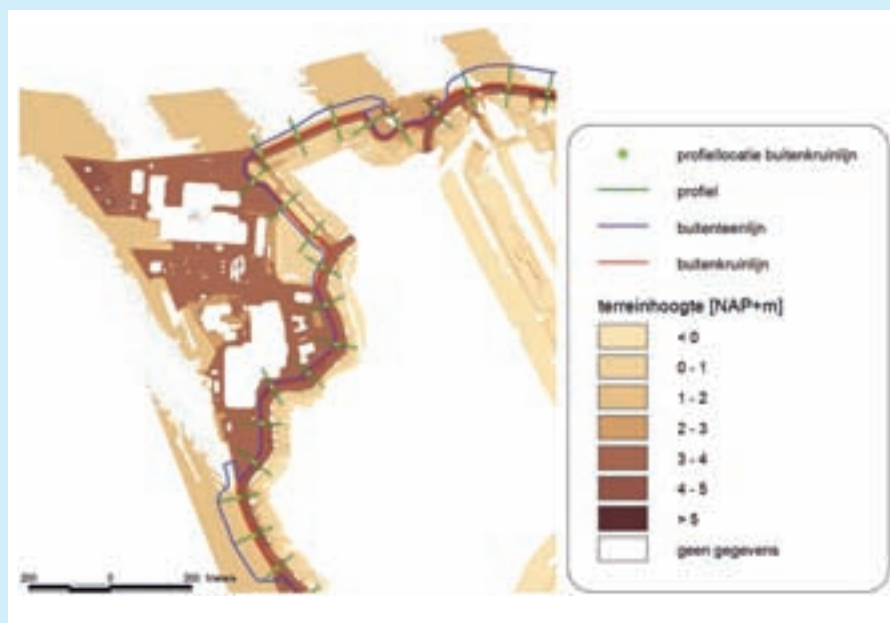
Vervolgens kan de toetsing worden uitgevoerd met het daartoe door het ministerie van Verkeer en Waterstaat geleverde toetsinstrumentarium. Het bestaat uit de verzameling van de zogeheten Hydramodellen. Rivierenland heeft bij de hoogtetoets gebruikt gemaakt van de modellen Hydra-B en Hydra-R^{2),3)}. Deze gebruiken de module 'PC-overslag' om de hydraulische belasting bij golfoverslag te bepalen voor verschillende overslagdebieten. Doordat deze module eisen stelt aan het door te rekenen dijkprofiel, en ook het Hydramodel zelf eisen stelt vanwege de probabilistische rekenslag die wordt gemaakt, is niet elk willekeurig dijkprofiel door te rekenen. Dit betekent dat voordat met de Hydramodellen kan worden gerekend, dijkprofielen geschematiseerd moeten worden.

In vorige hoogtetoetsen werd dit vaak handmatig gedaan. Maar omdat nu met veel meer dijkprofielen wordt gerekend (circa 5000 voor het waterschap), is een automatische procedure tot stand gekomen voor de schematisatie van de dwarsprofielen uit de laseraltimetriedata. Deze resulteerde in een programma dat de ruwe profielen uit de data genereert en hierbij de dijknormaal bepaalt, het profiel omzet naar een Hydraprofiel dat aan alle eisen voldoet en dat aan het dichtstbijzijnde Hydraprofiel koppelt.

Afb. 2: Het schema voor het bepalen van de toetsbelastingen.



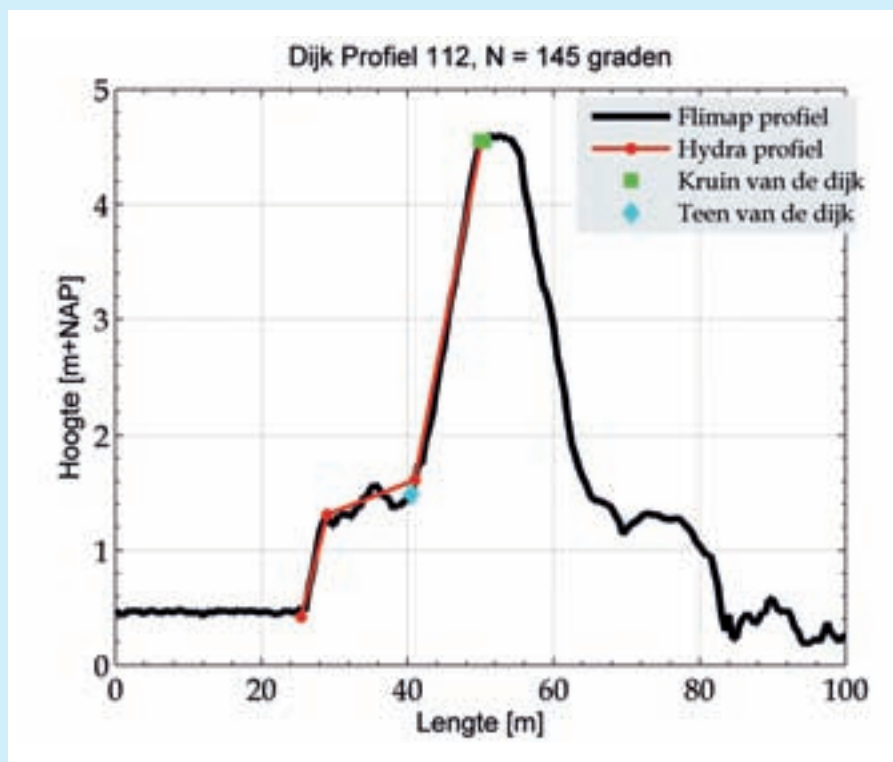
Afb. 3: Flimap profielen.



Schematiseren

Drie uitgangspunten zijn gehanteerd om de laseraltimetrie-profielen automatisch te schematiseren: de karakteristieken van het profiel moeten zoveel mogelijk behouden blijven, er moet worden voldaan aan de eisen die gesteld worden binnen de Hydramodellen én het profiel moet vanwege de rekentijd geen onnodige detaillering kennen. Deze uitgangspunten kunnen botsen in het geval dat de eisen uit de Hydramodellen te rigide zijn om een goede gelijkheid met het originele profiel te kunnen waarborgen. In dat geval wordt er voor gekozen om handmatig een profiel door te rekenen dat een hogere golfbelasting geeft op de kruin dan het originele profiel.

In afbeelding 4 is een voorbeeld te zien van een geschematiseerd profiel dat goed aansluit bij het originele laseraltimetrie-profiel. Bij de getoetste dijkringen van Rivierenland was dit voor 97 procent van de automatisch geschematiseerde profielen het geval. Circa 180 dijkprofielen (de resterende



Afb. 4: Voorbeeldprofiel.

drie procent) zijn naderhand handmatig aangepast.

Het aantal getoetste dijkprofielen maakt een goede archivering van de resultaten noodzakelijk. Omdat berekeningsresultaten uit vorige toetsrondes soms lastig waren te achterhalen, heeft het waterschap besloten per getoetst profiel een logboek aan te leggen. Daarin zijn alle belangrijke kenmerken van het profiel vastgelegd en zijn ook het toetsoordeel en het uiteindelijke beheerdersoordeel toegevoegd. Dit logboek is eveneens van belang bij andere sporen van de toetsing, omdat daar ook de laseraltimetriegegevens en gegevens uit de hoogtetoets gebruikt gaan worden. Zo is bijvoorbeeld voor de bekledingentoets weer een aantal van dezelfde gegevens in te zetten dat ook bij de hoogtetoets is gebruikt. Ook bij de stabiliteitstoetsen is een deel van de gegevens opnieuw te gebruiken.

Toetsing regionale keringen

De inzet van laseraltimetrie speelt ook bij de toetsing van regionale keringen. Voor deze

keringen is zelfs de noodzaak tot gebruik van laseraltimetrie groter, omdat aan legger en beheerregisters van deze keringen vaak nog gewerkt wordt. Daardoor zijn deze gegevens niet altijd beschikbaar. De programmatuur die voor de automatische schematisering van de profielen is gebruikt bij de primaire keringen, is ook geschikt om de invoerprofielen te bepalen voor het toetsingsmodel dat wordt gebruikt bij het toetsen van de regionale keringen in de provincies Zuid- en Noord-Holland en Utrecht⁴⁾.

Daarnaast zal bij de vierde toetsronde, die in 2011 begint, waarschijnlijk voor de eerste keer naast de gebruikelijke Hydramodellen ook proefgedraaid worden met het toetsinstrumentarium PC-Ring dat binnen het project 'Veiligheid Nederland in Kaart' is ontwikkeld. Ook hiervoor kan de ontwikkelde programmatuur namelijk gebruikt worden.

Toekomstmogelijkheden

Het toetsen van de primaire (en regionale) keringen aan de wettelijk gestelde veiligheidsnorm is een belangrijke en veelom-

vattende taak van de beheerders van de waterkeringen. Voor Rivierenland werkt laseraltimetrie bij toetsing van de primaire keringen en de wijze waarop deze is verwerkt, tot nu toe goed. Daarom wil Rivierenland de ontwikkelde programmatuur voor deze derde toetsronde ook inzetten voor toekomstige toetsingen en de toetsing van regionale keringen. Daarvoor voorziet het waterschap een uitbreiding en verdere professionalisering van de gebruikte programmatuur, die het graag samen met collega-waterschappen wil uitvoeren. Een belangrijke wens is bijvoorbeeld dat in de automatische schematisatie van de dwarsprofielen grote afwijkingen ten opzichte van het originele model direct worden gediagnosticeerd en teruggekoppeld aan de gebruiker als mogelijke aandachtspunten. Dit procédé moet nu nog handmatig worden doorlopen.

Bij het bespreken in de Tweede Kamer van de landelijke rapportage van de tweede toetsronde wenste deze dat het procentuele aandeel van de primaire waterkeringen waarvoor geen toetsoordeel kon worden afgegeven in de tweede toetsronde, significant zou afnemen in de derde toetsronde. Met het ontwikkelen van de huidige programmatuur en het procédé waarmee de toetsing is doorlopen, is het nu mogelijk met de hoogtetoets tot een dekkend oordeel over het gehele beheergebied te komen.

Nelle Jan van Veen (HKV Lijn in Water)
Stefan van den Berg (Waterschap Rivierenland)

NOTEN

- 1) Van Veen C., F. Havinga en A. Nederpel (2009). Berekeningen ten behoeve van de hoogtetoets HR2006 Waterschap Rivierenland. HKV Lijn in Water.
- 2) HKV Lijn in Water (2006). Gebruikershandleiding Hydra-B, versie 3.4.
- 3) HKV Lijn in Water (2006). Gebruikershandleiding Hydra-R voor HR2006, versie 1.1.
- 4) Kuijper B., J. Stijnen en C. Geerse (2008). Gebruikershandleiding Promotor, versie 2.1. HKV Lijn in Water.