

## **Keywords**

GEKB, dijkprofiel, voorland

## **Contactpersoon**

Marit Zethof

## **Type voorbeeld**

Het voorbeeld heeft betrekking op het beoordelingsspoor Grasbekleding erosie kruin en binnentalud (GEKB) met focus op het schematiseren van het dijkprofiel en het voorland.

## **Status voorbeeld**

Afgestemd met ILT

## **Casebeschrijving**

De case betreft het beoordelingsproces voor het faalmechanisme GEKB van dijktraject 13-5, dat aan de Waddenzee ligt (zie Figuur 1). Op de Waddenzee kan hoogwater ontstaan door een combinatie van storm en getij.

De beheerder van dit traject is Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK). Het traject is ca. 10,3 km lang en bestaat uit de Amsteldiepdijk (2,3 km) en Balgzanddijk (8,0 km). Voor dit traject is de signaleringswaarde 1/3.000 per jaar. De ondergrens is 1/1.000 per jaar.



Figuur 1: Dijktraject 13-5.

## **Beslisproces**

De beoordeling van dijktraject 13-5 op het faalmechanisme GEKB vindt plaats aan de hand van faalkansberekeningen en betreft dus de gedetailleerde toets. De beoordeling bestaat uit twee hoofd stappen:

- Stap G.1: Voldoet aan de toepassingsvoorwaarden rekenmodel gedetailleerde toets;
- Stap G.2: Analyse van belasting en sterkte (faalkansberekeningen).

Het uitvoeren van deze stappen vereist keuzes met betrekking tot:

- Schematisering van de dijkprofielen (buitentalud, kruinhoogte) en voorlanden;
- Kwalificeren van grasbekleding (open, gesloten of fragmentarische zode);
- Software (Riskeer of Hydra-NL).

In dit voorbeeld wordt ingegaan op de keuzes met betrekking tot de schematisering van de dijkprofielen.

### **Dilemma's en gevoeligheidsanalyse**

Bij de schematisering van de dijkprofielen is de schematiseringshandleiding hoogte (RWS – WV, 2016a) gevolgd. Dit betekent dat voor het schematiseren wordt uitgegaan van relatief uniforme dijkvakken. Bij grote variaties moet een vak worden gesplitst. Kleine variaties in geometrie worden meegenomen bij de keuze van een representatief profiel. De schematiseringshandleiding beschrijft dat binnen een dijkvak het dwarsprofiel met (1) de laagste kruin, (2) de gladste profieldelen en (3) de kleinste bermbreedte als representatief gekozen moet worden.

De vraag is hoe een dergelijk representatief profiel wordt bepaald. De locatie met de kleinste bermbreedte is in de meeste gevallen namelijk niet dezelfde locatie als de locatie met de laagste kruinhoogte. Daarnaast heeft ook de taludhelling invloed op de faalkans voor GEKB. Ten derde is de vraag hoe gedetailleerd de analyse moet zijn om het representatieve profiel in kaart te brengen. Zeer lokale verlagingen als gevolg van een te hoge mate van detaillering geven mogelijk een vertekend beeld van de sterkte van de dijk. In de beoordeling van de Balgzanddijk en Amsteldiepdijk is per dijkpaal een dijkvak gekozen. Hierdoor is uitgegaan van een dijkvak ter grootte van 100 m. Een hogere mate van detaillering wordt niet uitvoerbaar geacht.

In de beoordeling is de geometrie van de Balgzanddijk en Amsteldiepdijk als eerste in kaart gebracht met behulp van het AHN2. Per dijkvak is een dwarsdoorsnede in het AHN2 gemaakt; deze zijn gekoppeld aan de dijkpalen. De dwarsprofielen zijn vervolgens onderling vergeleken. Hieruit is op te maken dat de dijk een relatief uniforme geometrie heeft, waardoor er niet tot nauwelijks sprake is van sterk afwijkende doorsneden (zie Figuur 2). De dwarsdoorsneden op basis van het AHN2 zijn vervolgens vergeleken met de basisgegevens van HHNK zoals de legger, dit om mogelijke meetonnauwkeurigheden of recente wijzigingen (die nog niet zijn verwerkt in het AHN2) in kaart te brengen. Hieruit blijkt dat de data uit het AHN2 goed overeen komt met de basisgegevens. Het AHN2 is daarom als belangrijkste databron voor de schematisatie verondersteld. Omdat de geometrie weinig varieert is het profiel bij de dijkpaal (die het centrum van het dijkvak beschrijft) representatief gesteld voor het hele dijkvak. Het zoeken naar een dwarsprofiel met (i) de gladste bekledingsdelen en (ii) de kleinste bermbreedte is daarmee niet nodig.

Voor de schematisatie van de dwarsdoorsneden is de profielgenerator gebruikt. Het automatisch geschematiseerde profiel is in de profielgenerator bijgesteld op basis van beheerdersinzicht en vervolgens ingevoerd in Hydra-NL en Ringtoets (Figuur 3).



Figuur 2: Analyse dwarsdoorsneden op basis van AHN2.



Figuur 3: Schematisatie van een dwarsdoorsnede (oranje profiel) en het AHN (grijze profiel).

Aan een representatief profiel is de laagste kruinhoogte binnen het dijkvak toegekend (conform de schematiseringshandleiding hoogte). Bij de bepaling van de representatieve (laagste) kruinhoogte is per strekkende meter de kruinhoogte van de dijk bepaald. Vervolgens is de laagste kruinhoogte binnen een dijkvak van 100 m als representatief verondersteld voor het hele dijkvak. Door per meter de kruinhoogte van de dijk in kaart te brengen worden lokaal lagere delen niet over het hoofd gezien. Indien sprake is van meer ruimtelijke variatie binnen een dijkvak van 100 m is dit mogelijk een te strikte werkwijze, omdat zeer lokale verlagingen als representatief voor een dijkvak worden verondersteld.

### Schematiseren van voorlanden

Een voorland reduceert golfcondities bij de dijkteen. Berekeningen zonder de schematisatie van een voorland zijn conservatiever dan berekeningen met een voorland. Het is dus belangrijk om zorgvuldig de voorlandlocaties te identificeren. Bij analyses zonder voorland op een locatie waar het voorland wél een rol speelt, worden grote faalkansen berekend. De schematiseringshandleiding schrijft voor de beoordeling eerst uit te voeren zonder voorlanden. Indien het beoordelingsresultaat niet in categorie I valt (30x gunstiger dan de signaleringswaarde), moeten de voorlanden alsnog worden meegenomen. In de eerste verkenning bleek dat het beoordelingsresultaat zonder voorlanden in categorie I valt. Verder beoordelen is daarom niet noodzakelijk. In de beoordeling van de Balgzanddijk en Amsteldiepdijk is in samenspraak met de beheerder gekozen om voorlanden wel mee te schematiseren (indien aanwezig). Dit om zo goed mogelijk aan te sluiten op de situatie in het veld en het effect van voorlanden in beeld te brengen.

De vraag is wanneer men spreekt van een voorland. Indien er een voorland aanwezig is, dient men te bepalen of dit wel of niet geschematiseerd dient te worden. Conform de schematiseringshandleiding hydraulische condities bij de dijkteen (RWS – WV, 2016b) gelden hierbij de volgende eisen:

1. Het voorland is langer dan 50 m.
2. Het maximale bodemniveau van het voorland ligt significant hoger dan het bodemniveau ter plaatse van de gekozen representatieve uitvoerlocatie.
3. De bodemcontouren van het voorland lopen (ongeveer) parallel aan de waterkering.
4. De bodemhelling van het voorland is nergens steiler dan 1:10. Een negatieve helling (flauwer dan 1:10) is toegestaan.
5. Het minimale bodemniveau van het voorland ligt niet lager dan het bodemniveau van de gekozen representatieve uitvoerlocatie.
6. Het voorland is standzeker.

Van de bovenstaande eisen is de tweede het minst eenduidig. Wat betekent dat het voorland significant hoger dan de uitvoerlocatie ligt? Hoe groot is 'significant'? Helpdesk Water was gevraagd om deze eis te verduidelijken. Het antwoord van het helpdesk was: "Er valt geen absolute maat te

geven voor wanneer bodemniveau significant hoger ligt. Als praktische indicatieve richtlijn is overigens een bodemverhoging tot 20 cm in de meeste gevallen als 'niet-significant' te beschouwen en een bodemverhoging van 50 cm of groter als 'significant'. Al zijn er uiteraard situaties te bedenken waarbij 20 cm toch wel effect heeft en andere situaties waarbij 50 cm geen effect heeft.”

Met behulp van AHN2 kwamen er twee locaties naar voren waar een voorland mogelijk een golfreducerende rol speelt. Uit het AHN2 blijkt dat het bodemniveau van het voorland tot 0,60 m hoger ligt dan het bodemniveau van de uitvoerlocatie. In Figuur 4 zijn de twee locaties weergegeven waar het voorland hoger ligt dan het gemiddeld hoog water. Hier is het voorland daarom begroeid en het meest standzeker. De locaties waar het voorland hoger ligt dan het gemiddeld hoogwater zijn daarom als voorland aangemerkt. Op de overige locaties is het verschil tussen de hoogte van het voorland en het bodemniveau veel kleiner. Deze zijn daarom niet aangemerkt als voorland.

Vervolgens is de vraag of de aanwezigheid van het voorland invloed heeft op de berekende faalkans voor GEKB. De waterdiepte op het voorland is op deze locaties orde grootte twee golfhoogtes. De golfreducerende werking van het voorland is waarschijnlijk beperkt.

In de beoordeling van traject 13-5 is besloten om het voorland op locaties 1 en 2 wel mee te nemen. De voorlandprofielen zijn afgeleid conform de schematiseringshandleiding hydraulische condities bij de dijkteen en geschematiseerd als een loodrechte lijn vanaf de dijkteen tot aan de lijn die de uitvoerlocaties met elkaar verbindt – zie een voorbeeld bij dijkpaal 6.8 in Figuur 5 (het dijkvak hoort bij Locatie 1).

Bij dijkpaal 6.8 is de faalkans (uitgaande van de open zode) gelijk aan ca. 1/6.500.000 per jaar. De faalkans van het dijkvak valt daarmee in categorie I. Faalkansberekeningen zonder het voorland geven faalkans 1/4.700.000 per jaar, hiermee valt de faalkans van het dijkvak dus ook in categorie I. Uit de gevoeligheidsanalyse blijkt dat de verhoging van de faalkans correspondeert met ca. 0,15 m verlaging van de kruinhoogte.

In de beoordeling van traject 13-5 hebben voorlanden dus geen invloed op het eindoordeel en is de bijdrage aan de faalkans niet significant. Figuur 5 beschrijft het werkproces om de impact van voorlanden inzichtelijk te maken.





Overzicht van locaties met voorland

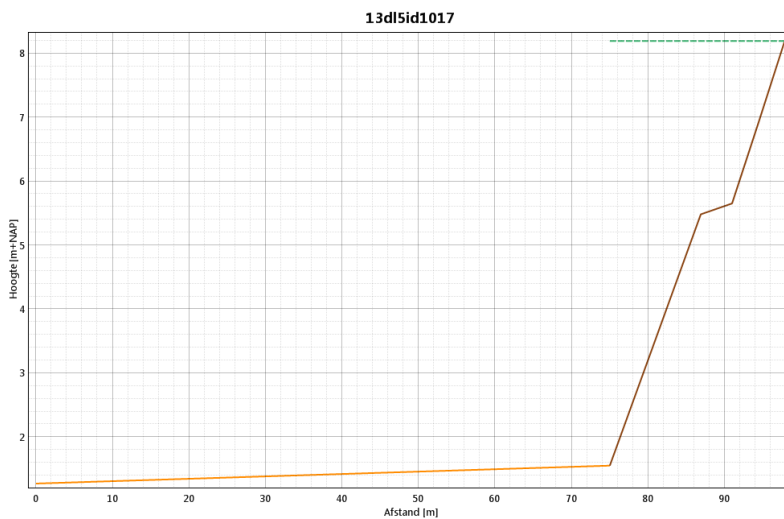


Locatie 1



Locatie 2

Figuur 4: Locatie van voorlanden.



Figuur 5: Dijk- en voorlandprofiel bij dijkpaal 6.8.



Figuur 6: Werkproces bij de van bepaling van de impact van voorlanden.

#### **Bronnen**

RWS – WVL, 2016a. Schematiseringshandleiding Hoogte , Rijkwaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving - Ministerie van Infrastructuur en Milieu, status: definitief, december 2016

RWS – WVL, 2016b. Schematiseringshandleiding hydraulische condities bij de dijkteen , Rijkwaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving - Ministerie van Infrastructuur en Milieu, status: definitief, december 2016

RWS – WVL, 2017. Schematiseringshandleiding Grasbekleding, Rijkwaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving - Ministerie van Infrastructuur en Milieu, status: definitief, januari 2017