

Samenvatting

In opdracht van het Deltaprogramma Kust is in kaart gebracht hoe het gesteld is met de huidige veiligheid van de Nederlandse kust. Als maat voor de veiligheid is de *overstromingskans* van de kustverdediging genomen. Deze overstromingskans kan opgevat worden als de kans op falen van een willekeurige locatie langs de kering, zodanig dat een overstroming optreedt in binnendijks gebied.

Voor elke JarKus-raai langs de Nederlandse kust zijn voor het jaar 2011 faalkansen berekend, zowel voor *duinen* als voor *dijken*. Hiermee is als het ware een foto met hoge resolutie beschikbaar gekomen die de kustveiligheid anno nu toont.

Positionering

Het onderzoek is sterk gerelateerd aan drie grote landelijke projecten, namelijk WaterVeiligheid 21e eeuw (WV21, tegenwoordig Deltaprogramma Veiligheid geheten), Veiligheid Nederland in Kaart (VNK) en Toestand van de Kust (binnen Rijkswaterstaat Beheer & Onderhoud Kust). Dit kader is als volgt:

- WV21: Bij de WV21-studies wordt ervan uit gegaan dat de waterkeringen exact voldoen aan de huidige wettelijke norm. Deze situatie zou zich in principe voordoen na uitvoering van de lopende verbeterprojecten en -programma's rond 2015-2020. In de WV21-studies is ervan uit gegaan dat de risicobijdrage van de zachte keringen langs de kust klein is vergeleken met harde keringen. In de huidige studie is die aanname gecontroleerd vanuit het perspectief van kansen.
- VNK: Bij VNK worden de actuele overstromingsrisico's per dijkkring geanalyseerd. In 2014 zullen naar verwachting alle dijktringen zijn geanalyseerd en is een landelijk beeld beschikbaar. De voorliggende studie biedt nu al dit landsdekkende beeld voor de kust, bovendien op een fijnmaziger schaal dan VNK, omdat elke individuele raai is beschouwd.
- Toestand van de Kust: binnen dit kader wordt gefocust op meerdere aspecten van de kust (bijvoorbeeld recreatie en ecologie) in relatie tot veranderingen in faalkansen. De koppeling van deze trends met zandsuppleties neemt hierbij een centrale rol in. In het voorliggende rapport is niet gekeken naar veranderingen, maar naar de veiligheid in absolute zin.

Methodiek

Voor de berekeningen voor elke JarKus-raai is het programma PC-Ring gebruikt. Hiermee sluit dit onderzoek aan bij de werkwijze van VNK, waarbinnen dit programma standaard wordt gebruikt. Dit programma berekent een faalkans voor een bepaald faalmechanisme.

Voor *duinen* is het faalmechanisme *duinafslag* gehanteerd. Hierbij is met DUROS+ de kans berekend dat de eerste duinenrij van een duinmassief wegslaat bij een storm. De basis - DUROS+ voor de eerste duinenrij - is dus vergelijkbaar met de methode van de toetsing. Indien achter de eerste duinenrij meerdere duinenrijen aanwezig zijn, is de faalkans in waarde gecorrigeerd aan de hand van de omvang van het gehele duinmassief.

Voor *dijken* zijn de faalmechanismen *overloop* en *golfoverslag* beschouwd. Hierbij is de kans berekend dat een dijk bezwijkt door ofwel een hoge waterstand, ofwel sterke golfslag. Zoals gebruikelijk bij zeedijken, zijn de mechanismen piping en stabiliteit niet beschouwd, omdat extreme belasting bij zeedijken van relatief korte tijdsduur zijn.

Het onderzoek is van beperkte omvang geweest in vergelijking met een project als VNK en met de toetsing volgens de wettelijke normen. Daarom zijn de volgende kanttekeningen van belang

bij het interpreteren van de resultaten:

- De resultaten zijn geldig voor de *huidige situatie* (2011). De resultaten tonen als het ware een foto met een hoge resolutie, die de veiligheid van de kust op dat moment representeert. Omdat de kust onder invloed staat van verschillende natuurlijke processen en menselijke invloeden, kan de situatie na verloop van jaren op bepaalde (dynamische) plekken significant zijn gewijzigd.
- De berekening van de sterkte van *dijken en duinen* verschilt fundamenteel. Noodzakelijkerwijs is daarom ook de definitie van falen en het meenemen van eventuele reststerkte verschillend. Het vergelijken van de berekende faalkansen voor dijken en duinen dient daarom ook met de nodige voorzichtigheid te gebeuren.
- Het duinafslagmodel DUROS+ is toegepast voor *alle duinen* langs de Nederlandse kust. DUROS+ is ontwikkeld op basis van een niet gekromde zandige kust, en met name gevalideerd voor duinen met een geometrie als aanwezig langs de Hollandse kust. De nauwkeurigheid van de resultaten is dan ook beperkt bij locaties met een gekromde kustlijn, significante stroomsnelheden, zandbanken voor de kust of een grillige profielvorm.
- De methode voor het corrigeren van de faalkansen vanwege meervoudige duinenrijen houdt geen rekening met eventuele *tweedimensionale effecten* zoals achterloopsheid van de eerste duinenrij. De methode is daarom niet toegepast op locaties waar na bezwijken van de eerste duinenrij duidelijk meerdimensionale effecten een rol gaan spelen. Aangeven of zulke effecten een rol spelen is echter niet altijd zonder detailanalyse mogelijk. Op bepaalde locaties heeft de correctie daarom mogelijk tot een te lage faalkans geleid.
- De aanwezigheid van *stabiele constructies* als boulevards en kades in de duinen is genegeerd. Aangenomen is dat deze werkwijze leidt tot een conservatieve schatting van de faalkans. Er is echter onvoldoende kennis beschikbaar om deze aanname wetenschappelijk te onderbouwen.
- Bij de Waddeneilanden is op verschillende plaatsen sprake van golfreductie door relatief ver uit de kust liggende zandbanken. Deze reductie is niet meegenomen de berekeningen.

Resultaat per raai

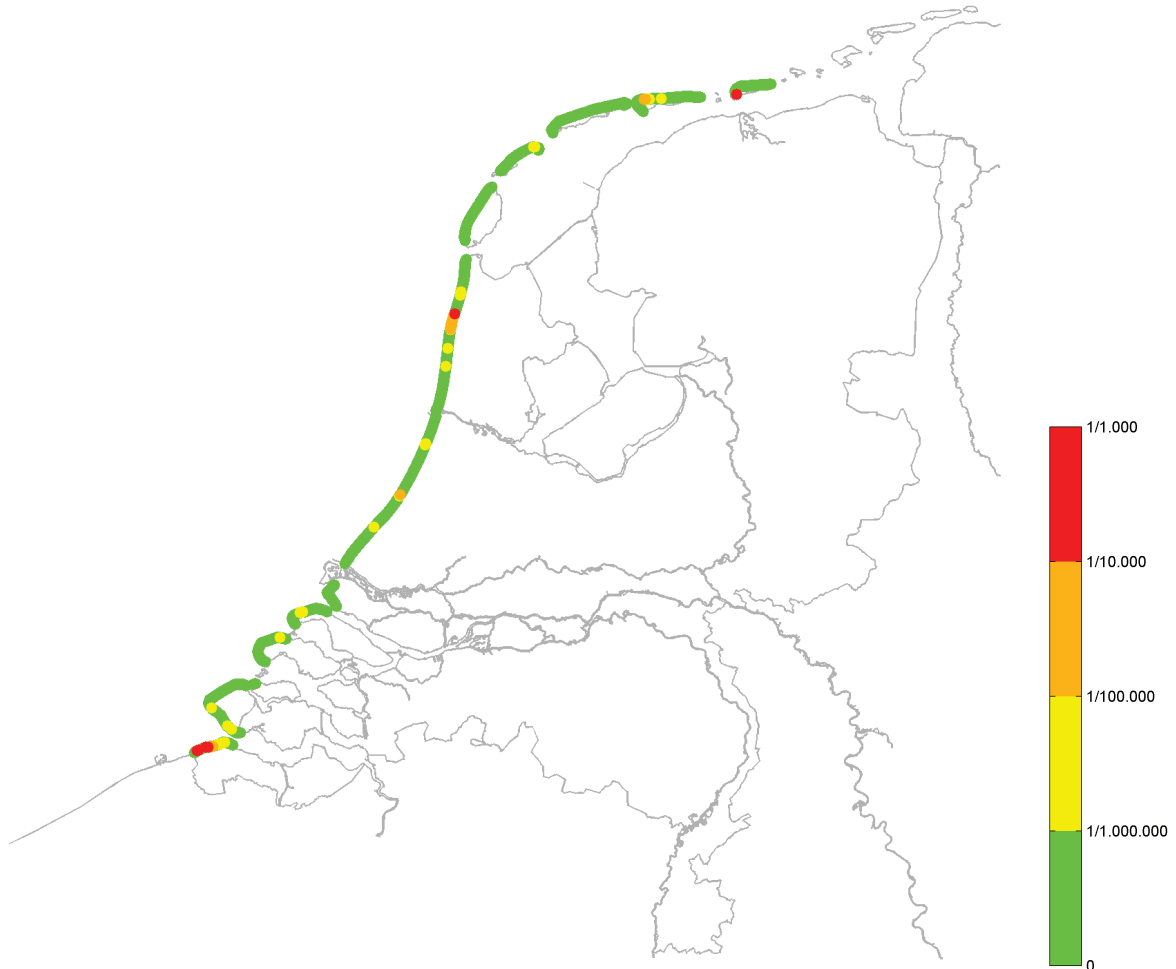
Het resultaat van de berekeningen is samengevat in de figuur op de volgende pagina. Hierbij zijn zowel duinen (het *gehele* duinmassief) als zeedijken getoond.

De hoogste overstromingskansen per JarKus-raai zijn berekend langs de Hondsbossche en Pettemer zeewering in Noord-Holland en verschillende harde zeeweringen in Zeeuws-Vlaanderen. Op beide locaties ligt direct naast de dijken ook een duinvak met een relatief hoge faalkans (rekening houdend met het gehele duinmassief). Verder is bij de westelijke eilandkop van Schiermonnikoog een faalkans van ongeveer eens per 10.000 per jaar berekend (rood weergegeven). JarKus-raaien met faalkansen tussen eens per 10.000 en 100.000 jaar (oranje weergegeven) zijn verder te vinden op Ameland (3 raaien) en bij Katwijk.

Voor het overgrote gedeelte is de faalkans van de zeewering kleiner dan één miljoenste per jaar (de 'groene gebieden'). Circa 85% van alle zeeweringen heeft zelfs een kans die kleiner is dan eens per 100 miljoen jaar. Een overstroming met deze kans van optreden kan buiten beschouwing gelaten worden: de faalkans is verwaarloosbaar.

Resultaat per kustvak

Tevens is nagegaan hoe groot de kans is dat er ergens binnen een kustvak een overstroming optreedt en het achterliggende dijkringgebied inundeert. Daartoe zijn de faalkansen per raai gecombineerd tot een overstromingskans per kustvak. Deze overstromingskansen kunnen vervol-



Faalkansen langs de gehele Nederlandse kust, voor zowel duinen (het gehele duinmassief) als zeedijken, voor de situatie van 2011. De faalkansen zijn gegeven op jaarbasis (1/10.000 betekent bijvoorbeeld eens per tienduizend jaar).

gens bijvoorbeeld worden gelegd naast een (binnen de WV21-studies ontwikkeld) scenario met overstromingskansen die gelden voor de situatie waarbij alle keringen precies aan de wettelijke norm voldoen, na uitvoering van de lopende en de tot 2020 geplande verbeterprojecten.

Hoewel de kustvakken niet volledig overeenkomen met de WV21 ringdelen, leiden de resultaten wel tot meer inzicht in de actuele veiligheidsituatie van de Noordzeekust. Daarmee geeft het onderzoek ook meer inzicht in een eventuele veiligheidsopgave met het oog op maatschappelijk aanvaardbare overstromingskansen in 2050 (welke binnen de WV21-studies zullen worden vastgesteld).

De berekende overstromingskans voor de Noordzeekust in 2011 is veelal laag tot zeer laag in vergelijking met de geschatte overstromingskansen, wanneer alle waterkering precies aan de huidige wettelijk norm voldoen:

- De overstromingskans van Schiermonnikoog, Ameland, Zuid-Holland, Goeree en Walcheren is 2.5 tot 10× lager dan de schatting.
- De overstromingskans van Vlieland en Schouwen is ongeveer 100× lager dan de schatting.
- De overstromingskans van Terschelling, Texel, Voorne en Noord-Beveland is (veel) meer dan 100× lager dan de schatting.

Alleen Noord-Holland en Zeeuws-Vlaanderen vormen hierop een uitzondering. Hier wordt de kust echter de komende jaren versterkt, waardoor de overstromingskans naar verwachting zal afnemen.

Conclusies

Uit het onderzoek zijn de volgende conclusies naar voren gekomen:

1. De voor 2011 berekende faalkansen langs de Noordzeekust zijn in het algemeen laag tot zeer laag. Ongeveer 85% van de zeewering heeft een verwaarloosbare faalkans. Minder dan 1% van de waterkeringen heeft een faalkans tussen 1/10.000 per jaar en 1/1.000 per jaar. Deze trajecten zijn veelal opgenomen in de lopende of geplande verbeterprogramma's.
2. In Nederland zijn de dijken over het algemeen zwakker dan de duinen. De berekende faalkansen voor dijken zijn sterk afhankelijk van het gehanteerde kritieke overslagdebiet. De faalkans neemt vooral sterk af bij een toenemend kritiek overslagdebiet tussen 0.1 en 10 l/s/m. De waarde van 10 l/s/m is in deze studie als uitgangspunt gehanteerd.
3. De WV21-rapporten gaan ervan uit dat de zandige zeeweringen een kleine bijdrage leveren aan het overstromingsrisico vergeleken met de harde keringen. De kansen op falen van de zachte keringen zijn ook in dit onderzoek aanzienlijk kleiner gebleken dan van de harde keringen. De aanname van de WV21-rapporten is dus juist, mits de gevolgen van het falen van dijken en duinen vergelijkbaar van omvang zijn (omdat risico = kans \times gevolg).
4. Het beeld ten aanzien van zwakke plekken langs de kust komt grotendeels overeen met de huidige, veronderstelde inzichten.