

Kadebreuk, een calamiteit?

PETER-JULES VAN OVERLOOP, NELEN & SCHUURMANS HYDROINFORMATICS

KEES ROOD, HOOGHEEMRAADSCHAP HOLLANDS NOORDERKWARTIER

HANS EIKELENBOOM, PROVINCIE NOORD-HOLLAND

WYTZE SCHUURMANS, NELEN & SCHUURMANS CONSULTANTS / TU DELFT

Wat gebeurt er precies als een boezemkade doorbreekt en kunnen dan nog maatregelen worden genomen om de schade te beperken? Met behulp van modelsimulaties zijn deze vragen onderzocht. De hydraulische capaciteit van boezemkanalen blijkt een bepalende factor te kunnen zijn voor het instroomdebiet naar de polders. Hierdoor kan een polder veel langzamer vollopen dan in eerste instantie wordt verwacht en bestaat nog tijd om noodmaatregelen te nemen. De resultaten zijn van belang voor een adequaat calamiteitenbeheer, maar ook voor de normering van de boezemkaden. De normering is immers gebaseerd op de verwachte schade na kadedoorbraak.

In principe zal men een kadebreuk altijd willen voorkomen, maar de kosten van het kadebeheer moeten worden afgewogen tegen de baten. Een rationele methode om de ernst van een kadebreuk te beoordelen is de risicobenadering: het risico is gelijk aan de kans op een kadebreuk maal de gevolgschade. Deze risicobenadering ligt ten grondslag aan de IPO-richtlijn ter bepaling van het veiligheidsniveau van boezemkaden. In deze leidraad is de toelaatbare kans van een kadedoorbraak gerelateerd aan de gevolgschade van een doorbraak. Bij een hoge gevolgschade is de toelaatbare kans op 1:1000 jaar (eens in de 1000 jaar) gesteld, terwijl bij weinig gevolgschade 1:10 jaar voldoet. Dit wil overigens niet zeggen dat de kans op een breuk van de kade eens in de tien jaar bedraagt. Deze kans is namelijk de gecombineerde kans op het bereiken van het maximum boezempeil en het bezwijken van de kade, en ligt veelal in de orde van $1:100 \times 1:10 = 1:1000$ voor de laagste klasse.

De gevolgschade vormt daarmee de basis voor de normering. Deze wordt bepaald door het grondgebruik en de diepte van het water na inundatie. Veel waterschappen bepalen de diepte op basis van een balansvergelijking. Daarbij wordt de boezem als een bak beschouwd die bij een doorbraak leegstroomt in een andere bak, de polder. De bresgrootte en diepte is bepalend voor de snelheid waarmee de polder volstroomt. Door het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier en de Provincie Noord-Holland is in het kader van de normering van boezemkaden een studie uitgevoerd naar de stabiliteit en de gevolgen van een boezemkadebreuk.

Kadebreuk

Het bezwijken van een boezem begint meestal met een kleine opening, die in enkele uren uitgroeit tot een aanzienlijke bres¹⁾. De uiteindelijke omvang van de bres is moeilijk te voorspellen en hangt onder meer af van het materiaal, de conditie van de kering en de waterstand in de boezem.

Om het inundatieverloop in de polder nauwkeurig te onderzoeken is een gecombineerd één- en tweedimensionaal model van de boezem en polder gemaakt (Sobek). Met het model zijn verschillende doorbraken gesimuleerd voor één specifieke polder. Daarnaast is gebruik gemaakt van een gecombineerd ééndimensionaal model van de boezem en een bakmodel van de polder om het inundatie-

schadeverloop voor het gehele beheersgebied van Hollands Noorderkwartier in kaart te brengen.

Op basis van alleen een balansbenadering was berekend dat de polder na één dag vol water zou staan. Daarbij was een bresbreedte van 50 meter aangehouden. Het inundatieproces blijkt echter veel langzamer te verlopen. Het 'langzame' inundatieproces wordt veroorzaakt door de beperkte hydraulische capaciteit van het boezemkanaal. Het boezemstelsel werkt daarbij als een flessenhals. Wanneer wordt gekeken naar de waterstanden in het boezemkanaal, dan is de flessenhals duidelijk zichtbaar. Op een paar kilometer afstand van de bres is de daling van de waterstand nauwelijks merkbaar. Eenzelfde fenomeen is bekend bij te grote gemalen die een kanaal kunnen 'leegtrekken'.

Doorbraken op andere gesimuleerde locaties in de boezem leverden eenzelfde resultaat, maar er zijn ook locaties, met name in de buurt van grote meren, waar het inundatieproces wel snel verloopt.

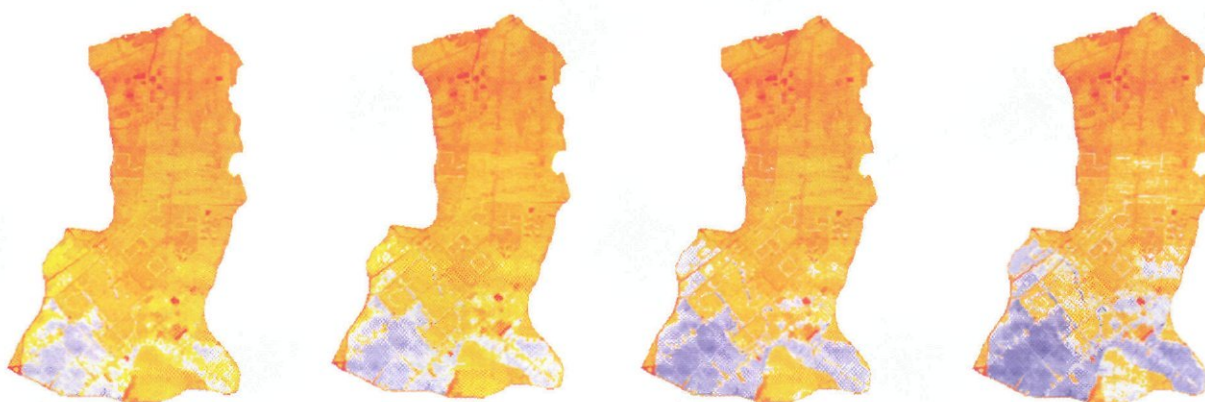
Schade

De inundatieschade die optreedt als gevolg van een kadebreuk is berekend met het HIS-schademodel. De schade wordt bepaald door de inundatiediepte en het grondgebruik. Wanneer voor de polder Heerhugowaard wordt gerekend met een balansmodel, dan is de maximale schade die na één dag wordt bereikt circa 800 miljoen euro. Volgens de meer nauwkeurige benadering bedraagt de schade slechts 50 miljoen euro en wordt de maximale schade pas na tien dagen bereikt.

Gelet op de grote verschillen is het de moeite waard om te onderzoeken of het mogelijk is om noodmaatregelen te nemen om de instroom zo snel mogelijk te stoppen en

Afb. 1 Verschil in modelbenadering voor de bepaling van de maximum waterdiepte, het inundatieverloop en de details in de voorbeeldpolder.

Schematische weergave		Modelbenadering		
Boezem	Polder	Boezem	Polder	
		0-D	0-D	← maximum
		1-D	0-D	← verloop
		1D	2-D	← voorbeeldpolder



Afb. 2: Simulatieresultaten met een tweedimensionaal model voor een dijkdoorbraak na drie, zes, twaalf en 24 uur.

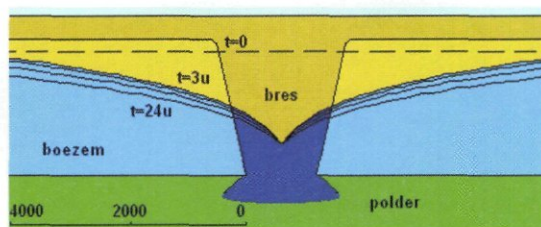
zodoende de schade te beperken. Afbeelding 6 geeft de maximale schade per polder aan die optreedt als we er vanuit gaan dat de maximale inundatie optreedt. Dat wil zeggen dat een polder geheel volloopt en de boezem leegloopt. De indeling in schadeklassen komt overeen met de IPO-richtlijn.

Noodmaatregelen

Een veelgebruikte methode om de schade te beperken is compartimentering van de boezem. Door een deel van de boezem af te sluiten wordt voorkomen dat de gehele boezem leegloopt. Een probleem is dat de locatie van de bres onvoorspelbaar is. Dit vereist een groot aantal waterkeringen. Dit maakt de compartimenteringsmaatregel kostbaar.

In tabel 1 is de invloed weergegeven op de maximale waterdiepte en het berekende schadebedrag als de boezem in twee of vier delen wordt gecompartmenteerd of wanneer na één of twee dagen wordt ingegrepen en het inundatieproces wordt gestopt. Wat opvalt is dat door compartimentering een reductie van maximaal 40 procent kan worden bereikt en door tijdig ingrijpen een reductie van maximaal 60 procent van de potentiële schade.

Een mogelijkheid is om de compartimentering op een meer provisorische wijze te realiseren. Daarbij spelen twee vragen een rol: Waar moeten de toevoerkanalen worden afgesloten en wat is een haalbare methode om de kanalen af te sluiten? Om de eerste vraag te beantwoorden is de waterbeweging in de buurt van de bres in meer detail onderzocht. Over een lengte van circa vijf kilometer loopt de snelheid op van 0.1 tot 0.5 m/s vlakbij de bres. Een stroomsnelheid van 0.1 m/s is voldoende klein om het kanaal af te kunnen sluiten. Tijdens het afsluiten wordt het doorstroombrofiel verkleind en kunnen lokaal hogere snelheden optreden met het gevaar van uitschuring van het kadeprofiel. Een ander aandachtspunt is de inwaartse



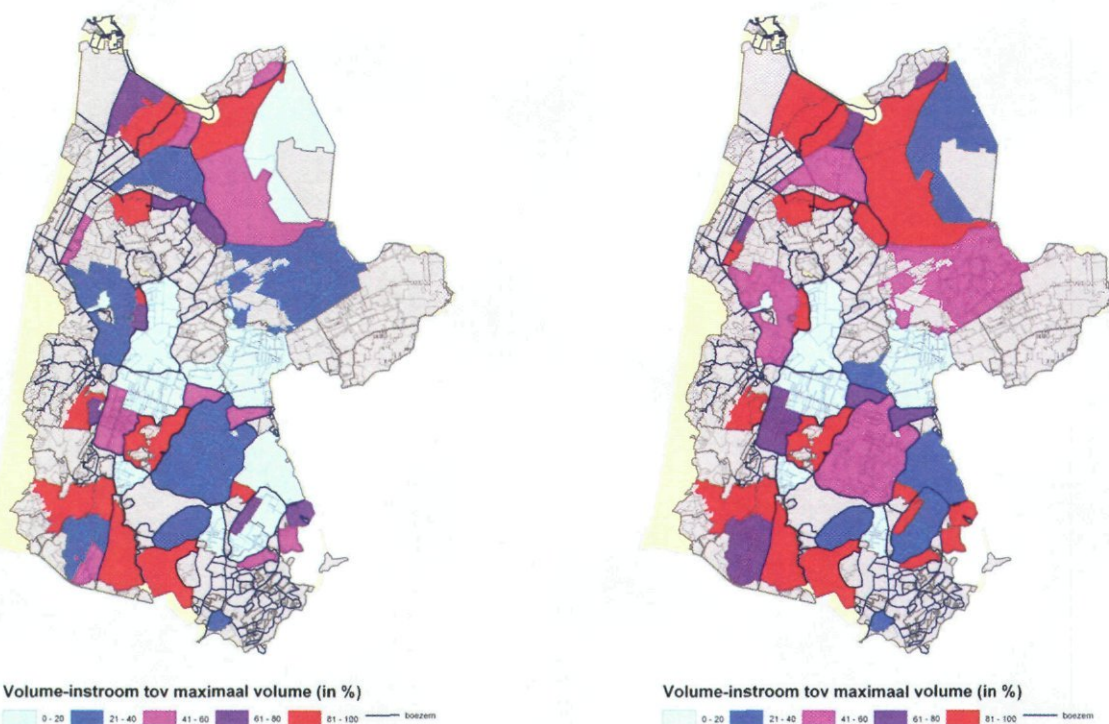
Afb. 3 Verhanglijn in de boezem na een kadebreuk.



Afb. 4 Als gevolg van de hydraulische werking van de boezem (flessenhals) verloopt het inundatieproces langzamer dan verwacht

Tabel 1. Invloed van de maatregelen op de waterdiepte en de gevolgschade.

	geen maatregelen	compartimentering		ingreep na	
		1/2 boezem	1/4 boezem	één dag	twee dagen
inundatiediepte	1.09 m	0.85 m	0.69 m	0.35 m	0.41 m
schade	4.9 miljard euro	3.9 miljard euro	3.0 miljard euro	1.9 miljard euro	2.1 miljard euro



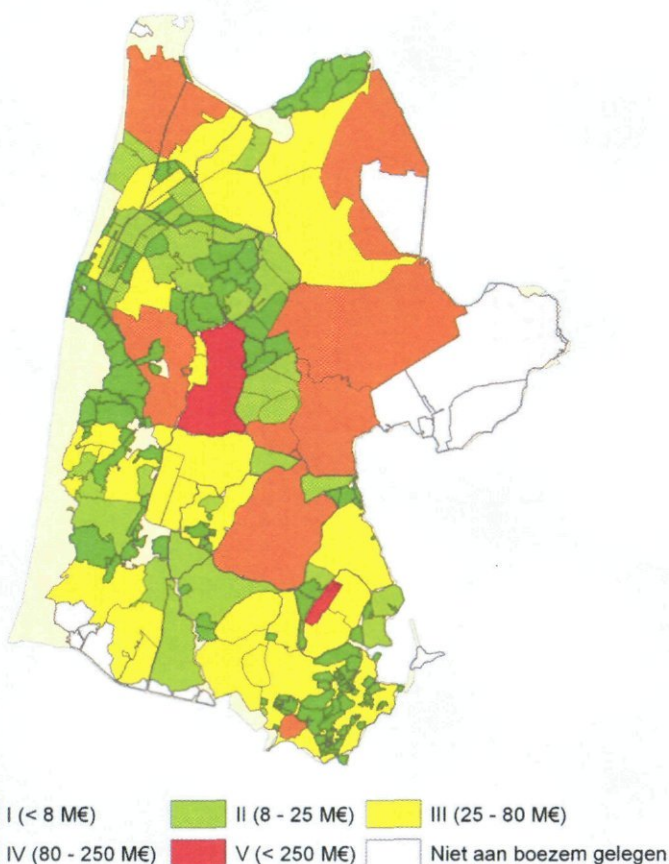
Afb. 5: Relatieve vulling na 24 (links) en 48 uur (rechts) na een doorbraak van de boezemkade voor een aantal doorgerekende polders.

instabiliteit door de snelle daling van de waterstand, waarbij grondwater uit het verzadigde profiel uitreedt. Op een afstand van vijf kilometer van de bres is de daling echter gering en

is het gevaar van een nieuwe bres buiten het afgesloten gebied gering.

In de studie zijn verschillende mogelijk-

Afb. 6: De maximale schade per polder bij maximale inundatie, ingedeeld conform de IPO-richtlijn.

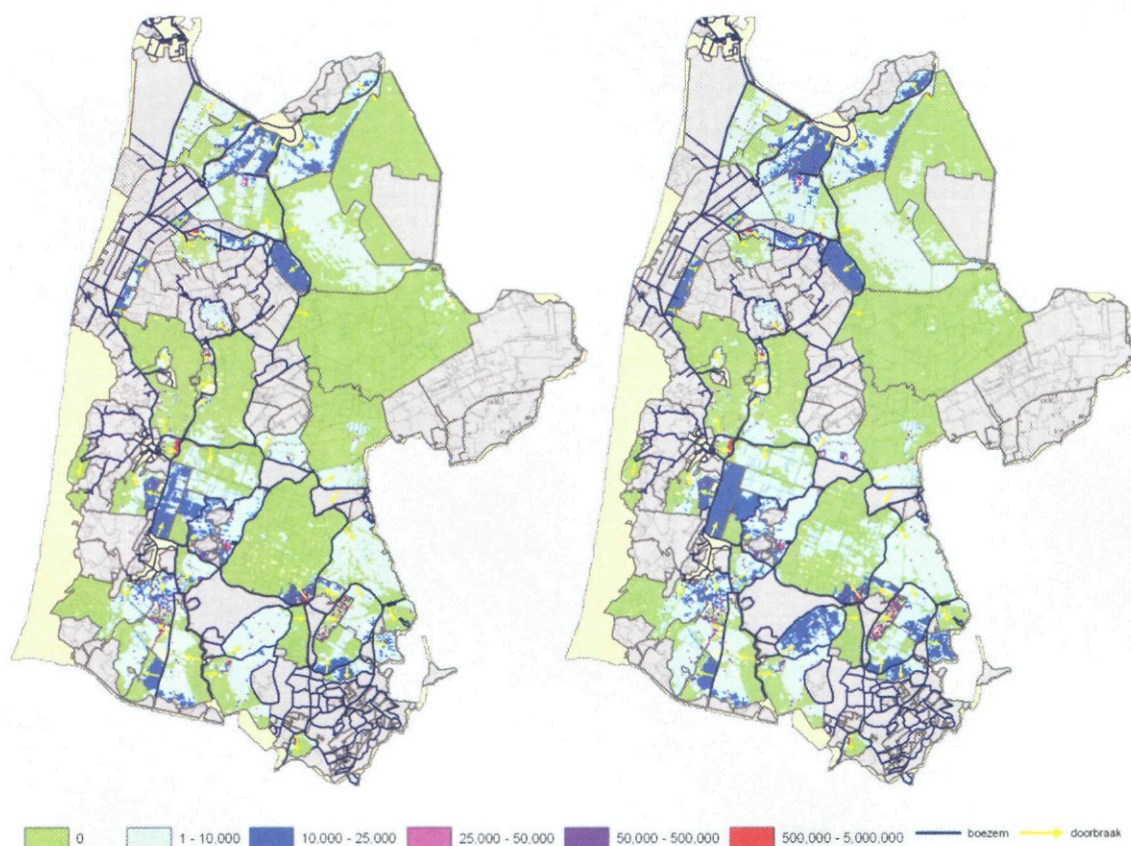


heden beschouwd. Het afzinken van een groot voorwerp, zoals een boot of container heeft als voordeel dat het profiel in korte tijd wordt vernauwd. Het nadeel is echter dat geen volledige afsluiting plaatsvindt, waardoor het effect mogelijk contraproductief is. Wanneer wordt aangenomen dat het profiel voor 80 procent door het obstakel wordt gedicht, dan zal hierdoor de stroomsnelheid plaatselijk sterk toenemen, maar wordt het instroomdebiet naar de polder nauwelijks geremd. Een betere methode om het kanaal af te sluiten vormt een provisorische dam van zandzakken, een damwand of schorbalken bij bruggen of andere kunstwerken.

Voorwaarde voor een daadkrachtig calamiteitenbeheer is een goed doortimmerd calamiteitenplan en bijbehorend materieel.

Conclusies

De schade als gevolg van een boezemkadebreuk kan aanmerkelijk worden overschat, wanneer geen rekening wordt gehouden met de mogelijkheid om noodmaatregelen te nemen. Boezemkanalen hebben een beperkte hydraulische capaciteit en werken als een flessenhals, waardoor het uitstroomdebiet wordt geremd. In de buurt van boezemmeren en langs grote boezemkanalen is dit effect vanzelfsprekend minder. Doordat het proces vaak langzaam verloopt, is er tijd om noodmaatregelen te nemen. De keuze van de meest geschikte noodmaatregel is niet evident en een goed doortimmerd calamiteitenplan is daardoor nodig. Wanneer het gat binnen 24 uur



Afb. 7: De ruimtelijke detaillering van de schadeberekeningen, waarbij per gridcel van één hectare de schade in beeld is gebracht.

kan worden gedacht, kan de gevolgschade tot een factor 10 worden gereduceerd. Daarmee wordt het risico van de kadebreuk aanmerkelijk teruggedrongen. Overwogen moet worden of bij het vaststellen van de normering van boezemkaden rekening gehouden moet worden met de mogelijkheid om noodmaatregelen te nemen.

LITERATUUR

- 1) Visser P. (1998). Communications on Hydraulic and Geotechnical Engineering. Breach growth in sand-dikes. Dissertatie Technische Universiteit Delft.
- 2) Sobek manual and technical reference (2000). WLDelft Hydraulics.
- 3) Folkerts D. (2003). Na de dijkdoorbraak. Afstudeerrapport

Technisch Universiteit Delft.

- 4) Chow V. (1959). Open-Channel hydraulics. McGraw-Hill Book Co. Inc.
- 5) HIS-schademodule (2000). Dienst Weg- en Waterbouwkunde.
- 6) Hollands Noorderkwartier (2003). Rapportage in het kader van de BWN-studie in het Hollands Noorderkwartier.
- 7) BWN-werkgroep Boezemkade (2003). Rapportage fase 2. Nelen & Schuurmans Consultants, ABF-research en Geo-Delft.

Afb. 8 Het provisorisch afsluiten van een kanaal.

