



Compartimentering boezem Amstel, Gooi en Vecht resulteert in aanzienlijke schadereductie

MAARTEN SPIJKER, HYDROLOGIC

MARJA VAN KEULEN, HOOGHEEMRAADSCHAP VAN AMSTEL, GOOI EN VECHT

LAMBERT VENDRIK, HOOGHEEMRAADSCHAP VAN AMSTEL, GOOI EN VECHT

JANNEKE DE GRAAF, HYDROLOGIC

De zomer van 2003 heeft met gebeurtenissen bij Wilnis, Stein en Rotterdam aangetoond dat het falen van een kade niet alleen samenhangt met extreem waterbezwaar. Het kan ook het gevolg zijn van extreme droogte of zelfs terreur. Het besef dat een kade onverwacht kan falen, dwingt de waterbeheerder om door slim handelen de negatieve gevolgen van een kadedoorbraak zoveel mogelijk te beperken. Uit onderzoek in het beheersgebied van Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht blijkt dat compartimentering van boezemwateren een uitermate effectieve en efficiënte maatregel is om de schade bij een kadedoorbraak sterk te reduceren. Daarom is het noodzakelijk om bij veiligheidsbeschouwingen meer dan voorheen in te zetten op compartimentering, met name in gebieden met een grote maatschappelijke waarde.

Het is voor een waterbeheerder een verstandig uitgangspunt om te allen tijde rekening te houden met het falen van een kade. Naast bekende faalmechanismen als overloop en stabiliteitsverlies kan hierbij ook worden gedacht aan terreur en breuken in gas- en waterleidingen. Met het verstevigen en op hoogte brengen van kaden kan de faalkans van een kade worden verminderd, maar falen kan nooit helemaal worden uitgesloten.

Wij pleiten daarom voor maatregelen waarmee het risico (kans x schade) van een kadedoorbraak wordt verminderd, in plaats van maatregelen die alleen gericht zijn op het minimaliseren van de faalkans van een kade. Met een maatregel als compartimentering kan het overstromingsrisico in het te beschermen gebied sterk worden verminderd. Door compartimenteringswerken in korte tijd na een kadedoorbraak te sluiten, kunnen delen van de boezem van elkaar worden gescheiden en kan de uitstroom naar een lager gelegen polder aanzienlijk worden beperkt.

Dit artikel beschrijft het onderzoek naar de potentie van compartimentering en laat de interessante en opmerkelijke resultaten van

het onderzoek zien. Het onderzoek is in opdracht van de provincies Utrecht en Noord-Holland en het Hoogheemraadschap van Amstel, Gooi en Vecht (AGV) uitgevoerd door

Kadedoorbraak bij Wilnis.



HydroLogic. Het artikel is een vervolg op het artikel in de vorige H_2O (nr. 2) over het realistisch benaderen van de schade als gevolg van een kadebreuk.

Beschrijving methode

Het doel van dit onderzoek is het bepalen van de schadereductie als gevolg van compartimentering. Hiertoe is een methode ontwikkeld waarin vier stappen zijn te onderscheiden: stap 1: vaststellen van een alternatief met compartimenteringslocaties; stap 2: bepalen van het uitstroomdebiat bij een kadedoorbraak; stap 3: het vlakdekkend bepalen van inundatie en gevolgschade; stap 4: risico-analyse: vergelijking investering met schadereductie.

De basis voor de methode is een kaart waarop het gehele boezemsysteem naar karakteristieke boezemtypen is ingedeeld. De boezem van Amstel, Gooi en Vecht is op basis van verschillende criteria, zoals het hydraulisch profiel en de aanwezigheid van grote wateroppervlakken, in vijf typen ingedeeld. De wijze waarop dit gebeurt, is beschreven in het artikel 'Verbeterde methode voor bepaling schade bij doorbraak boezemkaden' 1).

Compartimentering kan op verschillende schaalniveaus worden doorgevoerd. Van alleen het scheiden van de grote boezem(sub)-systemen tot het afkoppelen van de kleinere boezemkanalen. In het gebied van het Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht is bijvoorbeeld een groot aantal BWO-keringen (Wet Bescherming Waterstaatswerken in Oorlogstijd) aanwezig. Deze keringen kunnen verschillende kleine watergangen loskoppelen van grote waterlopen zoals de Amstel en het Amsterdam-Rijnkanaal.

In stap 1 wordt het compartimenterings-alternatief opgesteld. Dit geeft aan op welke locaties compartimenteringswerken worden geplaatst. In dit onderzoek is gekozen voor een ambitieus alternatief, waarbij op elk boezemknooppunt een afsluitwerk is geplaatst. In het project is ervan uitgegaan dat de kunstwerken binnen een half uur na het falen van de kade kunnen worden ingezet.

Het opgestelde alternatief bestaat uit 55 compartimenteringswerken die op een gemiddelde afstand van vijf tot acht kilometer van elkaar liggen. Van deze werken bestaat 60 procent reeds: de BWO-keringen.

In stap 2 wordt voor elk boezemtype het uitstroomdebiet na kadedoorbraak met het hydrodynamische model Sobek berekend. In afbeelding 1 is voor één boezemtype het uitstroomdebiet tegen de tijd uitgezet voor verschillende vormen van compartimentering, die verschillen in de gemiddelde afstand waarop deze werken van elkaar zijn geplaatst. Deze grafiek maakt het effect van compartimentering zeer expliciet. Het blijkt dat met beide vormen van compartimentering het totale uitstroomdebiet bij een doorbraak aanmerkelijk wordt verminderd. Het grootste effect wordt bereikt met de meest ambitieuze vorm van compartimentering (rode lijn). Deze vorm, waarin de compartimenteringswerken op een gemiddelde afstand van vijf kilometer

van elkaar zijn geplaatst, is in dit onderzoek toegepast.

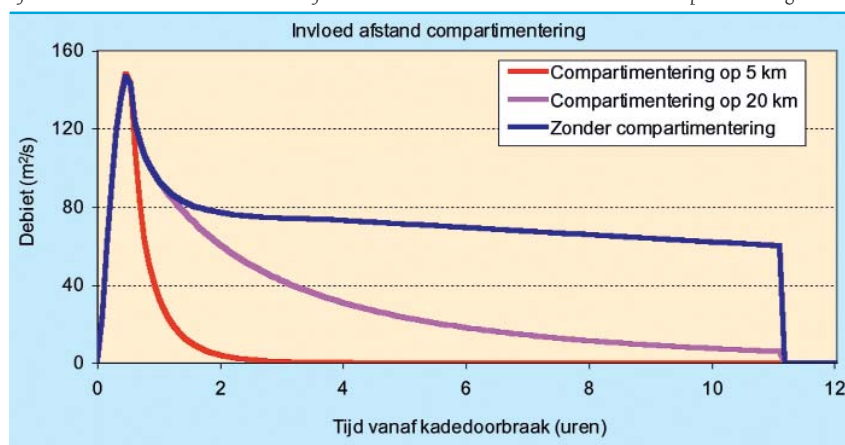
Voor het bepalen van het effect van compartimentering wordt in stap 3 het kadedoorbraak-inundatiemodel (KDIM) met 200 kadedoorbraken doorgerekend. Dit grote aantal simulaties is nodig om de ruimtelijke verschillen in bijvoorbeeld de ventielwerking van het boezemsysteem voldoende mee te nemen. Het door HydroLogic ontwikkelde model is in H₂O nr. 2 beschreven.

Uit de berekeningen volgen 200 inundatiekaarten. Voor het geïnundeerd oppervlak

wordt op basis van de gemiddelde inundatiediepte en de schadefuncties de schade per gridcel berekend. Deze schade wordt per polder gesommeerd.

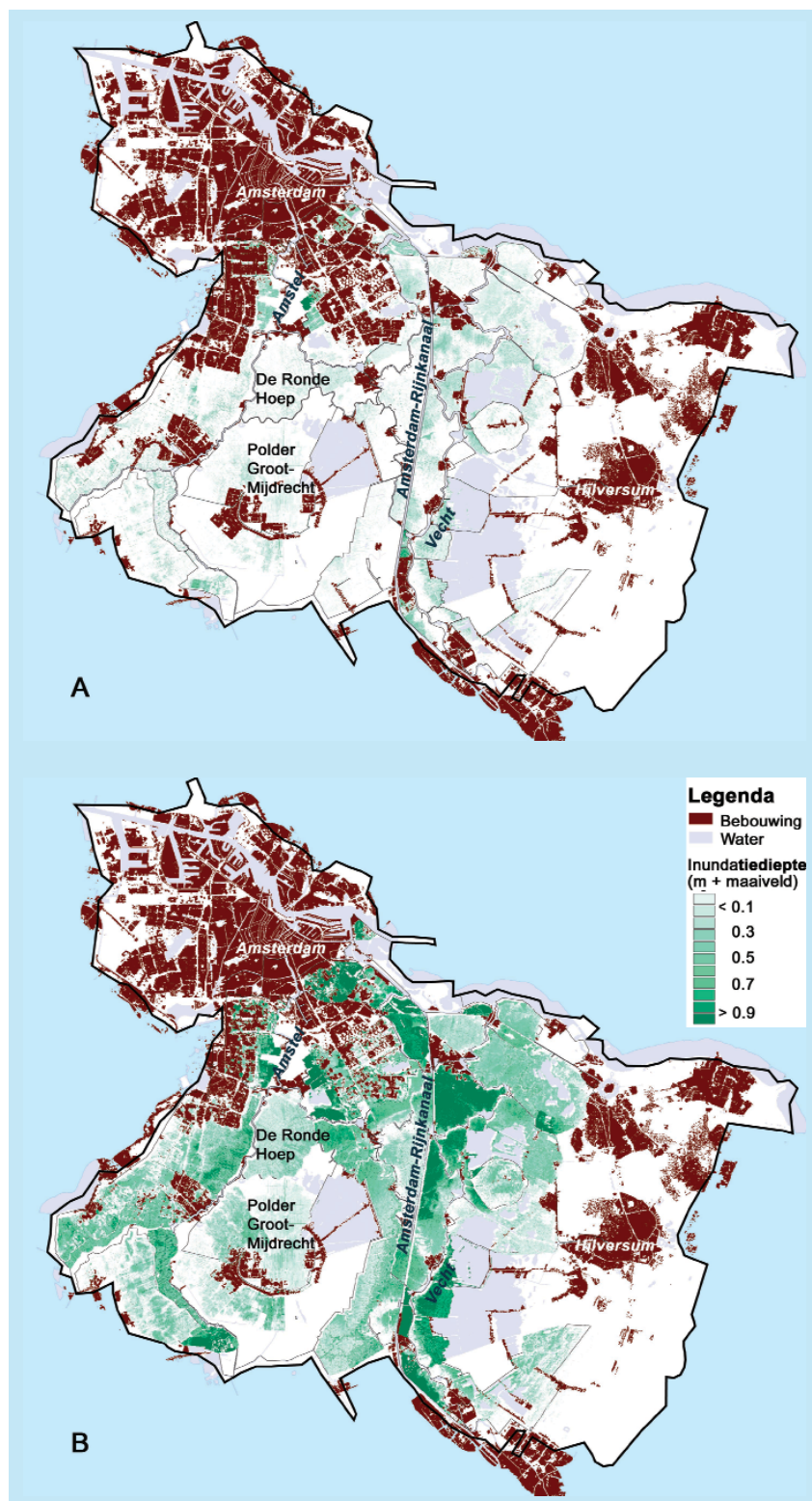
In stap 3 is de absolute schadereductie met compartimentering berekend. Deze waarde geeft echter nog weinig informatie over de kosteneffectiviteit van compartimentering. Deze is in stap 4 berekend door het risico (kans x schade) te vergelijken met de investerings- en exploitatiekosten van de voorgestelde compartimenteringswerken. Dit alles is verdisconteerd naar schade per jaar.

Afb. 1: Berekende uitstroomdebieten bij een kadedoorbraak met verschillende vormen van compartimentering.



Compartimenteringswerk (BWO-kering) in het beheersgebied van het Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht.





Afb. 2: Geïnnundeerd oppervlak en inundatiediepte met (A) en zonder compartimentering (B).

Resultaten

Afbeelding 2a toont het maximaal te inunderen gebied bij inzet van compartimentering; afbeelding 2b laat de situatie zonder compartimentering zien. De verschillen tussen beide figuren zijn groot, zowel qua inundatieoppervlak als inundatiedieptes. De inundatiedieptes langs het Amsterdam-Rijnkanaal en de Amstel,

maar ook in polders als Groot-Mijdrecht en De Ronde Hoep nemen aanzienlijk af. Dit duidt op een aanzienlijke potentie van compartimentering voor het verminderen van het overstromingsrisico.

Afbeelding 3 toont de inundatieschadereductie per polder. Deze bedraagt gemiddeld

circa 30 miljoen euro, met uitschieters in de economisch hoogwaardige gebieden. Dit is zichtbaar in en rondom de stedelijke kernen Amsterdam en Amstelveen. Schade aan woonarken, verzakking van huizen langs de kade, directe schade aan de waterkering, emotionele en imago schade zijn buiten het onderzoek gehouden. Deze typen schade zouden als een vast bedrag in de methodiek kunnen worden meegenomen. Voor de vergelijking tussen wel en geen compartimentering maakt dit echter geen verschil.

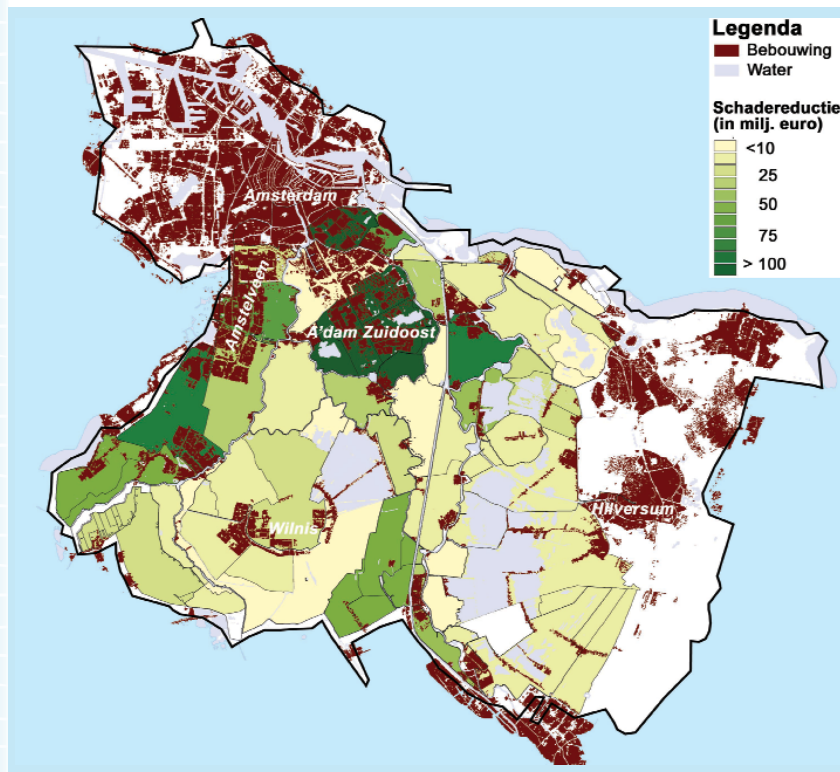
Voor de schade per jaar is het risico bepaald op basis van de huidige indeling in IPO-veiligheidsklassen, rekening houdend met het feit dat de werkelijke faalkans een orde lager ligt. Tevens zijn de kosten voor de compartimenteringswerken berekend. Hierbij is gebruik gemaakt van zoveel mogelijk bekende gegevens van bestaande of ontworpen kunstwerken.

In het doorgerekende compartimenteringsalternatief zijn 55 werken ingezet, waarvan 60 procent bestaande en 40 procent nog ontbrekende kunstwerken. Afhankelijk van de precieze grootte van een te realiseren compartimenteringswerk, variëren de investeringskosten van één tot tien miljoen euro per kunstwerk. De kosten voor het opwaarderen van een bestaand werk zijn op de helft van dit bedrag gesteld. Verder zijn de exploitatiekosten over 50 jaar op gemiddeld de helft van de kosten voor een nieuw kunstwerk geschat. Samengevat bedragen de totale kosten voor het implementeren van het voorgestelde compartimenteringsalternatief voor een periode van 50 jaar circa 175 miljoen euro.

In tabel 1 zijn de resultaten van de kostenanalyse gegeven. Voor een periode van 50 jaar blijkt het doorvoeren van compartimentering uitermate kosteneffectief te zijn in het verminderen van het risico van het falen van een kade. De schadereductie over die periode bedraagt namelijk meer dan een half miljard euro ten opzichte van de huidige situatie.

Naast het verminderen van het risico heeft compartimentering een aantal bijkomende voordelen:

- Met een goed compartimenteringssysteem kan worden voorkomen dat de scheepvaart in een groot gebied na een kadedoorbraak wordt verstoord;
- Door boezemcompartimentering kan bij een doorbraak van een waterkering de schade aan natuurwaarden worden beperkt. Hierbij kan worden gedacht aan het stromen van vissen door de bres of schade aan natuurvriendelijke oevers;



Afb. 3: Potentiële schadereductie na het inzetten van compartimentering.

- Boezemcompartimentering kan ook effectief worden ingezet voor andere doeleinden zoals een milieucalamiteit of bij omkering van de stroomrichting bij extreme droogte (zoals op de Amstel in de zomer van 2003).

Naast deze voordelen heeft compartimentering ook een aantal beperkingen, die in meer of mindere mate op het gebied van Amstel, Gooi en Vecht van toepassing zijn. Een nadeel van (vaste) compartimentering kan zijn dat bij een kadedoorbraak in een hoogwatersituatie de afvoer van de boezem moet kunnen worden gewaarborgd. In het besproken gebied speelt dit minder vanwege het grote aantal 'bypasses' in het boezemsysteem. Verder kan het voorkomen dat een compartimenteringswerk niet kan worden gesloten vanwege te hoge stroomsnelheden dichtbij de bres. Bij Wilnis lukte het overigens wel om op betrekkelijk korte afstand van de bres te compartimenteren. Een andere mogelijke beperking betreft de optredende schade door het droogvallen van het boezem-

compartiment. Een voordeel hierbij is wel dat schade buiten het gecompartmenteerde gedeelte wordt voorkomen.

Conclusie

Uit dit onderzoek blijkt dat compartimentering een zeer kosteneffectieve maatregel is om het risico van kadedoorbraken te verminderen. Voor een periode van 50 jaar bedraagt de kostenreductie (schadereductie minus investering) met het grootschalig inzetten van compartimenteringswerken meer dan een half miljard euro in vergelijking met de huidige situatie. Tevens wordt met compartimentering extra veiligheid voor de burger gecreëerd vanwege de aanmerkelijk lagere inundatiedieptes, die na het falen van een kade optreden.

Wanneer een kade niet aan de norm voldoet, kan het gebrek aan veiligheid worden gecompenseerd door het uitvoeren van kadeversterkingswerken of het plaatsen van compartimenteringswerken. Afhankelijk van de kosten van kadeversterking en de lengte waarover dit moet gebeuren, is compartimen-

tering meer of minder interessant. Het huidige beeld is dat compartimentering vooral in bebouwde gebieden vanuit financieel oogpunt de voorkeur geniet. De compartimenteringswerken moeten dan wel tijdig kunnen worden ingezet.

Compartimenteringswerken zijn zeer effectieve beschermingsconstructies van maatschappelijk waardevolle gebieden. Toch is de aandacht voor deze constructies de laatste jaren klein. Uit het onderzoek blijkt dit onterecht is. In deze tijd van efficiëntie kunnen waterbeheerders het zich niet permitteren om, bij de calamiteitenbestrijding en het ontwerp van watersystemen, deze constructies niet in beschouwing te nemen. Wij pleiten voor een hernieuwde aandacht op de inzet van, de soms al aanwezige maar vergeten, compartimenteringswerken. 

LITERATUUR

Spijker M., A. Evers, H. Eikelenboom en J. de Graaf (2005).

Verbeterde methode voor bepaling schade bij doorbraak boezemkaden. H₂O nr. 2, pag. 29-32.

Kosteneffectiviteit van compartimentering van de boezem van Amstel, Gooi en Vecht (in miljoen euro).

	schade (per jaar)	schade (50 jaar)	compensatie- kosten (50 jaar)	totaal (50 jaar)
referentie	17,2	860	-	860
compartimentering	2,2	109	175	284