



JaapJan Zeeberg, Hoogheemraadschap van Rijnland
 Jaap Stoop, Hoogheemraadschap van Rijnland
 Marlies Zantvoort, HydroLogic
 Bouke Rijnaker, Hoogheemraadschap van Rijnland

Maatwerk voor polderkaden

De waterschappen in West-Nederland zijn begonnen met een grootschalige versterking van de regionale dijken om deze aan de huidige, strengere normen te laten voldoen. De veiligheidseisen voor de dijken (de provinciale normering van de regionale keringen) volgen uit een maatschappelijke afweging van kosten en baten. De gevolgen van een overstroming oftewel de economische schade en de kans op slachtoffers bepaalt de investering die gedaan wordt en bepaalt ook de zwaarte van de dijk. De programma's ter versterking van de dijken vertegenwoordigen over een periode van tien jaar een waarde van meer dan één miljard euro. Deze kosten zullen in de waterschapsbelastingen worden doorverrekenend. De hoge kosten en ingrijpende gevolgen voor de gebruikers van een dijk roepen de vraag op of dijkversterking op de vastgestelde norm in alle situaties effectief is en in verhouding staat tot het 'probleem'.

Het Gerechtshof in Amsterdam oordeelde afgelopen juni dat het Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht als eigenaar van de dijk aansprakelijk is voor de schade die is ontstaan als gevolg van de dijkverschuiving bij Wilnis. 'Wilnis' was in 2003 aanleiding om naast de boezemkaden ook de polderkaden te normeren en, zodoende, wettelijke kaders voor beheer en aansprakelijkheid te scheppen. De definitie en sterkte-eisen van polderkaden verschilt per waterschap. In tegenstelling tot boezemkaden, die een veel groter watervolume keren, leidt een doorbraak van een polderkade zoals bij Wilnis in de meeste gevallen wel tot overlast maar niet tot gevaar. De kosten voor de benodigde kadeverbetering om aan de norm te voldoen, zijn daarentegen tweemaal hoger dan die voor boezemkaden en bedragen in een periode van 30 jaar honderden miljoenen euro's. De vraag is daarom op welke wijze

deze polderkaden kostenefficiënt kunnen worden verbeterd.

Kosten-batenanalyse

Het Hoogheemraadschap van Rijnland staat, uitgaande van de huidige IPO-veiligheidsnormering, voor de taak om in het beheergebied de komende tien jaar circa honderd kilometer aan polderkaden te verstevigen en tweehonderd kilometer boezemkaden. Herijking van de schadeberekening van doorbraak van polderkaden met gedetailleerde overstromingsmodellen laat zien dat de eerdere (IPO-)normering voor veel polders te zwaar is, onder andere doordat geen rekening is gehouden met schadebepalende maatregelen (compartimentering)¹⁾.

De polderkaden zijn veelal veendijken waarvan de sterkte en stabiliteit moeilijk te meten is, maar die op verschillende punten niet voldoen aan de vastgestelde

normen. De dijken zijn vaak overblijfsels van de ontvening en begrenzen diepe droogmakerijen. Het veenweidegebied in deze streek daalt als gevolg van oxidatie en zetting van het veenpakket met gemiddeld één centimeter per jaar²⁾. Dijkverzuring heeft tot gevolg dat de dijken sneller verzakken. Dit bemoeilijkt het ontwerp van robuuste keringen, oftewel keringen die op de (middel)lange termijn (30 jaar) aan de normen voldoen en aan te passen zijn.

Voor de Middelburg en Tempel Polder (MT-polder), tussen Waddinxveen, Bodegraven en Gouda, is een kosten-batenanalyse uitgevoerd van maatregelen om de polder 'voldoende' veilig te maken. De MT-polder is een droogmakerij met een gemiddelde maaiveldhoogte van NAP -5 m, meer dan drie meter dieper dan de omgeving, en een omtrek van 15 km. De waterdiepte in de polder bij een doorbraak vanuit de Gouwe en Oude Rijn (boezemwater) en de Hollandse IJssel of Lek (primaire water) loopt op tot twee meter^{1),2)}. De schade aan woningen en de hoogwaardige tuinbouw (sier- en heester-teelt) in het gebied bedraagt in dat geval 86 miljoen euro. Voor de polderkaden langs de MT-polder zijn inundatieschaden berekend, afhankelijk van doorbraaklocatie, van 10 tot 37 miljoen euro, uitgaande van volledig leeglopen van het hoger gelegen water (waaronder de Reeuwijkse plassen) totdat er evenwicht is bereikt.

Op basis daarvan zijn de polderkadevakken langs de MT-polder deels in te delen in veiligheidsklasse II (1/30 jaar) en deels in veiligheidsklasse III (1/100 jaar). Omdat Rijnland

De zuidoostelijke hoek van de Middelburg en Tempel Polder.



er indertijd voor gekozen heeft veiligheidsklasse III als ondergrens te hanteren, is de gehele polderkade-ring rond de MT-polder genormeerd in IPO-klasse III. Met een overstromingssimulatie is de gevolgschade van doorbraak van polderkaden preciezer berekend. Op basis daarvan kan de afweging worden gemaakt of de versterkingskosten in verhouding staan tot de hiermee te realiseren baten (vermindering overstromingsrisico).

Gevolgschade en mogelijke oplossingen

Gevolgschade

De MT-polder kan vanuit alle omliggende polderwatergangen overstromen. Gemodelleerd zijn een doorbraak vanuit de Wonnewetering met toestroming vanuit de Reeuwijkse plassen (zomerpeil) en een doorbraak van de Spoelwijkschedijk na extreme neerslag in de Gouwepolder (zie afbeelding 1). Een doorbraak aan de oostkant, vanuit de Wonnewetering, leidt tot de grootste overstromingsschade (vier miljoen euro). Bij deze doorbraak inundeert laaggelegen bebouwing. Het grootste deel van Tempel en bijna heel Reeuwijk-Dorp blijven echter droog. De gemiddelde inundatiediepte ligt tussen de 0,2 en 0,3 meter. Het water is binnen een paar uur na doorbraak bij Tempel, maar de verhoogde wegen door deze plaats inunderen niet. Er blijft hierdoor een evacuateroute open. Een doorbraak vanuit het westen, de Gouwepolder heeft een veel geringer gevolg (schade één miljoen euro).

Bescherming woonkernen en objecten

Gerichte bescherming van de stedelijke kernen met een lage kade zou een alternatief kunnen zijn voor het versterken van de gehele polder. Bescherming van Reeuwijk-Dorp tegen dijkdoorbraken vanuit het omliggend polderwater blijkt niet nodig te zijn. Het stedelijk gebied van deze plaats inundeert volgens de modelberekeningen niet. Enkele woningen en bedrijven in de omgeving van Tempel inunderen bij doorbraak vanuit de Wonnewetering wel. Door de lijnbebouwing in drie richtingen is het niet kosteneffectief om een vaste kade aan te leggen die lang genoeg is om heel Tempel te beschermen; losse objecten zouden wel kunnen worden beschermd. Volgens HIS-SSM bedraagt de schade aan een boerderij met 5.000 m² erf en een bedrijf met tien arbeidsplaatsen bij een inundatiediepte van 0,25 meter (Wonnewetering) respectievelijk 30.000 en 75.000 euro.

Compartimentering

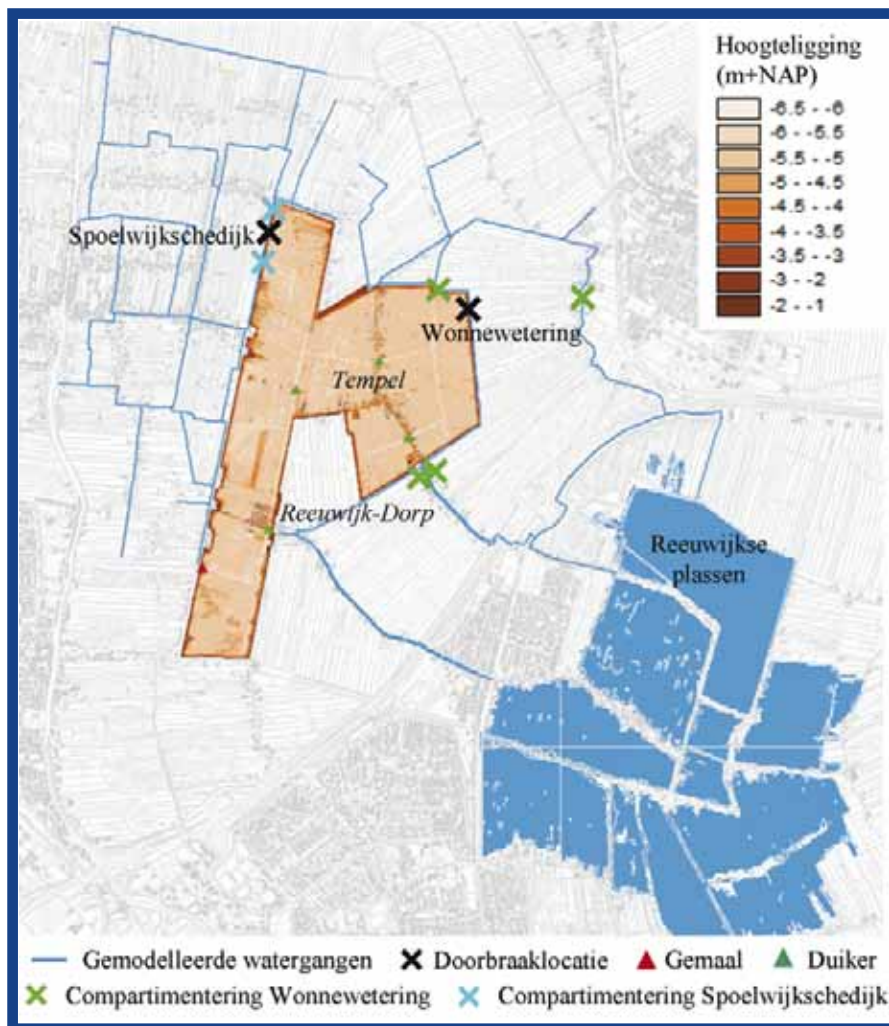
Compartimentering is een simpele maatregel om de uitstroom van water na de doorbraak van een polderkade te beperken. De watergangen worden binnen drie uur na mobilisatie verondersteld te kunnen zijn gesloten door het storten van zogeheten *big bags* aan beide zijden van de bres (Rijnland). De gevolgschade na dijkdoorbraak vanuit de Wonnewetering vermindert daardoor met meer dan 70 procent van vier miljoen naar één miljoen euro. De gevolgschade na dijkdoorbraak vanuit de Gouwepolder vermindert met 90 procent van één miljoen naar 100.000 euro. Snelle compartimentering

is ook de belangrijkste maatregel om groot-schalige schade aan het bovenland, namelijk het inzakken van sloten en beschadigen van funderingen, te voorkomen.

Kosten dijkverbetering en onderhoud

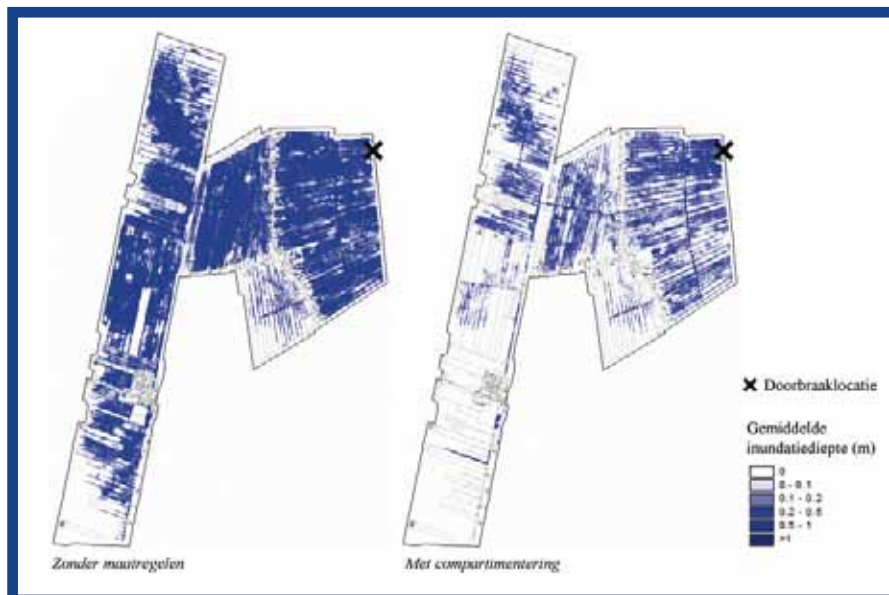
De polderkaden rond de MT-polder scoren slecht in de conventionele geotechnische

toetsing. Om de versterkingskosten door te rekenen, zijn zeven kadeprofielen geselecteerd die elk representatief zijn voor bepaalde gedeeltes van de kadering⁴⁾. De norm voor een klasse III-kade is 0,90 en voor klasse I 0,80. Het resultaat van de stabiliteitstoets is voor de helft van de polder 0,50 (macrostabiliteit binnenwaarts) en 0,45



Afb. 1: De modellering van de MT-polder met de doorbraak- en compartimenteringslocaties.

Afb. 2: Inundatie van de MT-polder als gevolg van een doorbraak vanuit de Wonnewetering. Links zijn geen maatregelen genomen, rechts zijn de polderwatergangen gecompartmenteerd.



(macrostabiliteit buitenwaarts). De kade moet worden verhoogd met klei van NAP -1,73 m tot NAP -1,50 m.

Om de stabiliteit binnenwaarts aan de norm te laten voldoen, kunnen plaatselijk de (teen) sloten met tien meter worden verlegd en zou de kade met 0,9 meter klei (25 kuub per meter, twee slagen) moeten worden verzwaard. De stabiliteit buitenwaarts, dus naar de hoger gelegen poldersloot toe, zal binnen het huidige profiel over grote lengten moeten worden vergroot. Ervan uitgaande dat dit gerealiseerd wordt zonder het profiel van de langsegelegen watergang te verkleinen en ook niet door binnenwaarts terugleggen van de kade, is hiervoor een zware damwandconstructie nodig. De totale kosten komen daarmee op ongeveer 5.000 euro per meter. Gezien de hoge kosten van een stalen damwand (3.100 euro per meter) zou een tussenoplossing kunnen zijn dat het buitentalud richting het water wordt verflauwd ten koste van de huidige sloot, mogelijk met toevoeging van houten beschoeiing. Het binnentalud kan vervolgens met klei worden verzwaard zonder de teensloot te verplaatsen. Dit zal een aanzienlijke verbetering van de binnenwaartse stabiliteit opleveren, al zal de normstabiliteit vermoedelijk niet helemaal gehaald kunnen worden. De kosten van de kadeverbetering blijven zo beperkt tot maximaal 2.500 euro per meter. Dit is echter nog altijd het dubbele van de gemiddelde boezemkade. Dit komt doordat de taluds van de polderkaden veel breder zijn (30 tot 40 meter (1:9)) dan die van de vaak meer kleiige boezemkaden (1:3).

Bij een volledige versterking (zie eerste punt in de tabel) wordt de kade in diverse slagen verbreed en opgehoogd totdat deze voor een periode van 15 jaar voldoende veilig is. Na 15 jaar wordt de kade verder versterkt.

Het geconsolideerde veen zal dan ook aan sterkte hebben gewonnen. Door de kadeversterking zal de stabiliteit niet in één keer maar geleidelijk toenemen, afhankelijk van de consolidatie in de ondergrond. Met deze maatregel wordt de kade op normveiligheid gebracht en gehouden, waarmee een hoog beveiligingsniveau tegen overstromen bestaat. Ook bij de minder zware verbetering van de dijk (het tweede punt), een tussenvariant waarbij een afgemeten, op de situatie toegesneden reconstructie plaatsvindt, zal tussentijds groot onderhoud noodzakelijk zijn. De normveiligheid wordt op deze manier niet helemaal gerealiseerd, maar de veiligheid tegen overstromen verbetert aanzienlijk ten opzichte van de huidige situatie. Een derde alternatief is dat de veiligheid tegen overstromen met ophoging (onderhoud) zoveel mogelijk wordt gehandhaafd op het huidige niveau. De stabiliteit van de kade neemt daarmee geleidelijk af, wat op termijn om verbetermaatregelen vraagt.

Afweging schadebeperkende maatregelen

Dijkversterkingen bieden geen absolute veiligheid tegen overstromingen: de dijken worden op een maatschappelijk geaccepteerd sterkteniveau gebracht. Ook de bebouwingsplannen voor diepe polders houden rekening met overstroming. Het '1,3 meter plan' van de projectgroep Hotspot Zuidplaspolder concentreert bebouwing in de delen van de polder die volgens de overstromingsmodellen niet snel onderlopen. Het plan voorziet in de bouw van drijvende woningen, paalwoningen of terpen tot een hoogte van 1,3 meter boven het maaiveld⁹. Wanneer de kosten van dijkverzwaring (en bijkomende negatieve effecten) niet in redelijke verhouding staan tot de veiligheidswinst, kan gekozen worden om te investeren in gevolgbeperkende maatregelen,

aanpassing van de ruimtelijke ordening en minimale dijkverzwaring⁶. Compartimentering van watergangen is in ieder geval bij polderkaden een doeltreffende maatregel om het overblijvende risico te hanteren.

Voor de meeste polderkaden in het Rijnlandgebied (uitgezonderd die langs grote wateren en in stedelijk gebied) zijn traditioneel onderhoud en ophoging over een periode van 30 jaar het meest kostenefficiënt. Goed onderhoud, compartimentering en plaatselijke reconstructie handhaven de overstromingsveiligheid op tenminste het huidige niveau. Snelle compartimentering is ook een belangrijke maatregel om grootschalige schade aan het bovenland te beperken: het inzakken van oevers van watergangen en beschadigen van funderingen. Voor boezemkaden kan een dergelijk maatregelenpakket het verschil maken tussen dijkverzwaring klasse III en klasse V. Overigens is er maar een gering kostenverschil tussen deze kadeklassen. Het verschil zit in de hoeveelheid aan te brengen klei: dit is voor een klasse III-kade circa tien procent minder dan voor een klasse V-kade.

De directe kosten van het op orde brengen van de Middelburg- en Tempelpolder (80 miljoen euro voor normveiligheid en 40 miljoen euro voor de tussenvariant) staan in geen verhouding tot de schade en overlust bij een mogelijke doorbraak (één miljoen euro). Het gevaar voor de inwoners van de polder is erg klein. Dergelijke kadevakken, met een schadeverwachting kleiner dan 2,5 miljoen en afwezigheid van direct (levens)gevaar, zouden buiten de huidige normering kunnen blijven. De stabiliteits-eisen van de huidige provinciale normering zijn ook in de laagste klasse (1/10 jaar) voor veel veenkaden te zwaar. Op basis van geotechnisch onderzoek zouden de sterkte-eisen voor zeer venige kaden binnen klasse I kunnen worden herzien. Voor overige polderkaden langs grote wateren of door bebouwing, waarbij risico bestaat voor verzakkingen, schade aan funderingen en persoonlijk gevaar, kunnen alle veiligheidsklassen gelden. Zo blijven de polderkaden binnen het wettelijk kader van de regionale keringen en worden de maatschappelijke kosten voor overstromingsveiligheid evenwichtiger verdeeld.

Kostenoverzicht herstel polderkaden Rijnland.

maatregel	frequentie	prijs per km	MT-polder 15 km (30 jaar)	Rijnlandgebied 100 km (30 jaar)
versterken	30 jaar (1x)	5,0 miljoen	75 miljoen	500 miljoen
+ onderhoud	15 jaar (1x)	0,15 miljoen	2,25 miljoen	15 miljoen
verhoging	30 jaar (1x)	2,5 miljoen	37,5 miljoen	250 miljoen
+ onderhoud	15 jaar (1x)	0,15 miljoen	2,25 miljoen	15 miljoen
onderhoud 3x	10 jaar (3x)	0,15 miljoen	6,75 miljoen	45 miljoen

Geotechnisch onderzoek en modellering

Voor het bepalen van sterkteparameters zijn in de jaren negentig celproeven vervangen door triaxiaalproeven. Veel (veen)kaden die in het verleden met de waarden uit celproeven zijn goedgekeurd, zouden nu moeten worden afgekeurd. Het bepalen van de schuifsterkte bij hogere rekpercentages in triaxiaalproeven kan naar verwachting het verschil overbruggen. Totdat hierover duidelijkheid is, grijpen we daarom terug op de resultaten van de celproeven uit de periode 1970-1990 door het Centrum Onderzoek Waterkeringen (synthese Deltares, J. Heemstra & H. Kruse, 2009). Het ontwerp van kadeversterkingen met deze waarden blijkt goed te kloppen met de beheerervaring. Het Actueel Hoogtebestand Nederland is de belangrijkste invoer van het toegepaste Sobek Channel Flow overstromingsmodel³. Dit maakt gebruik van het 'Calamiteiten Informatie Systeem' van Rijnland, met aandacht voor onderdoorgangen van wegen. e.d. Overstromingsrisico is dynamisch en op langere termijn gekoppeld aan de ruimtelijke ordening.

LITERATUUR

- 1) Spijker M. (red). (2009). Bouwstenen voor overstromingsveiligheid in Rijnland. HydroLogic / Hoogheemraadschap van Rijnland.
- 2) Zeeberg J.J. (red.) (2009). Waterkering en veiligheid. Dijkversterking door het Hoogheemraadschap van Rijnland.
- 3) Zantvoort M., F. van Kruijningen, N. ten Heggeler en M. Spijker (2008). 2D-modellieren waardevol voor regionaal waterbeheer. H₂O nr. 13, pag. 41-44.
- 4) Halter W. en R. Leuvinck (2009). Principe-ontwerp kadeversterking MT-polder. Fugro.
- 5) Van den Dobbelaere A., A. Lassen en M. Fremouw (2008). Hotspot Zuidplaspolder: het 1,3-meter Plan en Voorbeeldproject Moordrecht. TU Delft Xplorelab en Provincie Zuid-Holland.
- 6) Pols L., P. Kronberger, N. Pieterse en J. Tennekens (2007). Overstromingsrisico als ruimtelijke opgave. Ruimtelijk Planbureau.