

## Bescherming door multifunctionele waterkeringen

Chen, Xuexue; Kothuis, Baukje; Voorendt, Mark

**Publication date**  
2017

**Published in**  
Land + Water: vakblad voor civiel- en milieutechniek

**Citation (APA)**  
Chen, X., Kothuis, B., & Voorendt, M. (2017). Bescherming door multifunctionele waterkeringen. *Land + Water: vakblad voor civiel- en milieutechniek*, 207(7/8), 2-23.

**Important note**  
To cite this publication, please use the final published version (if applicable).  
Please check the document version above.

**Copyright**  
Other than for strictly personal use, it is not permitted to download, forward or distribute the text or part of it, without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license such as Creative Commons.

**Takedown policy**  
Please contact us and provide details if you believe this document breaches copyrights.  
We will remove access to the work immediately and investigate your claim.

## Bescherming door multifunctionele waterkeringen

Wereldwijd wordt een groeiend aantal mensen en bezittingen door waterkeringssystemen beschermd tegen overstromingen. De Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling (OECD) schat dat in het jaar 2070 in grote havensteden wereldwijd 140 miljoen mensen en 30 000 miljard euro aan economische waarde beschermd worden. Die bescherming is echter niet vanzelfsprekend.

Waterkeringssystemen verouderen, dus ze vergen regelmatig onderhoud en aanpassing. Verbeteringen zijn ook nodig omdat overstromingsnormen hoger worden door bevolkingsgroei, toenemende economische waarde van de beschermde gebieden en een voorspelde stijging van hoge waterstanden. Tenslotte zijn nieuwe waterkeringssystemen nodig wanneer groeiende steden nieuwe wijken in gebruik nemen.

Verbetering van bestaande waterkeringssystemen en reductie van overstromingsrisico's in nieuw bebouwde gebieden vergen flinke investeringen, maar er zijn niet altijd voldoende financiële middelen beschikbaar om de kosten te dekken. Een andere complicerende factor is de stedelijke druk om voortdurend meer landoppervlak te gebruiken. Dit conflicteert regelmatig met de ruimte die waterkeringen innemen. Verder leveren onzekerheden over klimaatverandering en economische ontwikkelingen problemen op bij het vaststellen van een beschermingsniveau tegen overstromingen. Deze gecombineerde complexiteit vraagt om technologische en institutionele innovaties. Een van deze innovaties is het concept 'multifunctionele waterkeringen', bijvoorbeeld zoals geadresseerd in het rapport van de Commissie Veerman 2008. In haar advies aan de Nederlandse regering over de toekomstige hoogwaterbeschermingsstrategie stelde deze commissie voor om geïntegreerde en multifunctionele oplossingen te ontwikkelen op locaties waar gebrek is aan ruimte. Functioneel voor waterveiligheid en tegelijkertijd een manier om extra maatschappelijke waarde te creëren.

### *Combinatie van functies*

Multifunctionele waterkeringen zijn constructies die land niet alleen beschermen tegen overstroming vanuit oceanen, zeeën, rivieren, meren en andere waterwegen, maar daarnaast ook andere functies dienen. Combineren van 'andere' functies in waterkeringen komt in beeld

- als noodzakelijke verbeteringen van waterkeringen conflicteren met stedelijke functies,
- als doorgaande verstedelijking meer ruimte vraagt,
- als publieke fondsen onder druk staan, of
- als belanghebbenden voorheen ondenkbare functiecombinaties nastreven, zoals een crematorium of parkeergarage in een dijk.

Dit artikel richt zich op de combinatie van water keren met functies die worden vervuld door gebouwen en objecten (anders dan waterbouwkundige kunstwerken en infrastructuren), met een hoge mate van constructieve integratie.

Een bekend voorbeeld van een constructief geïntegreerde multifunctionele waterkering is het rivierfront langs de IJssel in Kampen. De waterkering is daar plaatselijk geïntegreerd in de huizen langs de kade. Dat betekent dat het onderste deel van de gevels van deze huizen waterkerend is. Bij dreigend hoogwater kunnen deuringangen en ventilatieroosters worden afgedicht. Bij onderbrekingen van de huizenrij en bij kruisende straten zijn er ook voorzieningen om tijdelijk bescherming te bieden, zoals schotten en schuiven. Een vergelijkbaar voorbeeld is de Voorstraat in Dordrecht, waar de waterkerende muren zijn gesitueerd aan de van het water afgekeerde zijde van de winkels. Dat betekent dat er bij hoogwater een laag water in de winkels staat. Door waterkerende maatregelen kan dat water de huizen echter niet verlaten en zo zorgen zij er voor dat het binnendijkse gebied niet overstroomt.



*Kampen: Huizen langs de IJsselkade met voorzieningen om deuropeningen waterdicht te maken tot aan de waterkerende hoogte*

Ook de kades van de *Hafencity* in Hamburg worden vaak genoemd als voorbeelden van multifunctionele waterkeringen. Hoewel de appartementenblokken langs de Elbe wel de waterkerende façades hebben, beschermen ze slechts zichzelf, en niet het achterliggende gebied. Een beter voorbeeld van een multifunctionaliteit van een kademuur is te vinden in Zwijndrecht, waar de muur onderdeel is van een ondergrondse parkeergarage. Hierbij is een hoge mate van integratie van functies bereikt: Aan de ene kant van de muur staan auto's geparkeerd en aan de andere kant stroomt de Oude Maas. Deze multifunctionele waterkering beschermt een buitendijks gebied, maar niet een volledig dijkkringgebied. Dat doet de primaire waterkering, in de vorm van een traditionele dijk die ca. 200 meter verder ligt.



*Hamburg: Appartementenblokken langs de Elbe, die wel water keren, maar niet het achterliggende land beschermen*

#### *Ontwerp van multifunctionele keringen*

Het ontwerpen van geïntegreerde en duurzame multifunctionele waterkeringen is een complexe uitdaging, waar verschillende wetenschappelijke disciplines voor nieuwe inzichten en oplossingen kunnen zorgen. Deze uitdaging is opgepakt door een groep onderzoekers van de Technische Universiteit Delft, Universiteit Twente, en Wageningen Universiteit & Research. Zij werken samen in een

onderzoeksprogramma dat wordt medegefinancierd door de Stichting voor de Technische Wetenschappen, tegenwoordig TTW: Toepaste en Technische Wetenschappen.

Een eerste en aanzienlijke uitdaging voor multifunctionaliteit zijn bestuur- en beheeraspecten. De verantwoordelijkheid voor een multifunctioneel object is namelijk niet eenduidig. De waterschappen en Rijkswaterstaat zijn 100% verantwoordelijk voor overstromingsbescherming, en hebben daardoor andere belangen dan bijvoorbeeld huiseigenaren of andere gebruikers van waterkeringsystemen. Dit kan leiden tot conflicten die tot nog toe vaak zijn vermeden door te kiezen voor monofunctionele waterkeringen. Daarnaast zorgen de onzekerheden in de vastgoedontwikkelingen voor complicaties bij de implementatie van een effectieve strategie voor bestuur en beheer. Een volgend probleem is dat vanuit het oogpunt van integratie in bebouwde gebieden, waterkeringen vaak als ongewenste of 'lelijke' objecten in de omgeving worden ervaren. Verder worden in de toekomst benodigde aanpassingen aan waterkeringsystemen bemoeilijkt door verschillende tijdschalen: de levensduur van te combineren functies wijkt vaak af van de levensduur van de waterkering. Dit vraagt om aanpasbare en flexibele oplossingen. Tenslotte moet overeenstemming worden gevonden over de manier waarop de betrouwbaarheid van gecombineerde systemen kan worden vastgesteld. Dat is vooral noodzakelijk omdat het fysische gedrag van objecten in waterkeringen nog niet afdoende is bestudeerd.



*Kade in Zwijndrecht langs de Oude Maas. Onder de kade is een parkeergarage gesitueerd.*

In het programma 'Integraal ontwerp van multifunctionele waterkeringen' waren al deze aspecten onderwerp van onderzoek. Van verschillende perspectieven hebben wetenschappelijk onderzoekers onder andere de casussen Katwijk aan zee (structurele evaluatie en adaptieve planning), Zutphen (dijkring betrouwbaarheid), Millingen aan de Rijn (golfoverslag en afschuiving), de Lekdijk (piping erosie), Vlissingen (flexibiliteit) en Kinderdijk-Schoonhovense Veer (synchroniseren en anticiperen), de Waddenzee (kwelders), Rotterdam Feijenoord (adaptieve planning) en het Dakpark (constructieve evaluatie, visuele ontwerpstrategieën en besluitvorming) geanalyseerd en nieuwe of aanvullende kennis ontwikkeld. Maar niet alleen Nederlandse projecten zijn onderzocht: ook Wenduine, België (golfoverslag), Groot Brittanië (kennisoverdracht), Can Tho, Vietnam (flexibele infrastructuur), en in de USA New York (adaptieve planning) en een groot onderzoek in de Houston Galveston Bay in Texas (governance en hydraulische systeemvisie voor een 'Deltaplan') waren onderwerp van onderzoek. Op het gebied van governance zijn tools ontwikkeld voor complementaire besluitvorming (de 'Dilemma-cube'), het betrekken van stakeholders in het ontwerp ('CIGAS') en voor samenwerking op de grens van water en land ('Zoden aan de dijk'). Een uitgebreid overzicht van al deze case studies, tools en achterliggende kennis die daarvoor ontwikkeld is, is te vinden in het boek '*Integral design of multifunctional flood defenses. Multidisciplinary examples and approaches*', digitaal vrij verkrijgbaar via de TU Delft 'Research Repository' en gratis opvraagbaar als boek via de auteurs\*.

In twee vervolgartikelen in dit blad wordt verder ingegaan op twee van deze onderzoeken. Het eerste gaat over de constructieve aspecten die specifiek zijn voor multifunctionele waterkeringen en het tweede gaat over het ontwerpproces.

Een van de projecten binnen het onderzoeksprogramma betreft het bepalen van de krachten van overslaande golven op huizen, die zijn gesitueerd op zeedijken. Het onderzoek vergrootte het inzicht in de hydraulische impact van overslaande golven en ontwikkelde een praktische aanpak voor de beoordeling van de kwetsbaarheid van gebouwen op zeedijken. Dit is toegepast op een multifunctionele waterkering in België, maar de resultaten kunnen in het algemeen worden gebruikt voor het ontwerp en de toetsing van multifunctionele dijken in laaggelegen, dichtbevolkte gebieden.

Een ander onderzoeksproject richtte zich op het ontwerpproces van multifunctionele waterkeringen. Het ontwerp van deze keringen is namelijk complexer dan van traditionele keringen. De aanpak van ruimtelijke ontwerpers en technische ontwerpers is namelijk verschillend, en de constructieve compositie van multifunctionele waterkeringen is ingewikkelder en meer divers dan van traditionele keringen. Daarom werd in dit onderzoek een ontwerpmethodiek ontwikkeld waarbij zowel de creativiteit en het experimentele karakter van ruimtelijk ontwerpers, als de systematische en doelgerichte aanpak van waterbouwkundige ingenieurs een plaats krijgen.

\* Voor digitale versie zie: [respository.tudelft.nl](https://respository.tudelft.nl); boek aan te vragen per mail: [b.l.m.kothuis@tudelft.nl](mailto:b.l.m.kothuis@tudelft.nl)

Xue Xue Chen, Baukje Kothuis en Mark Voorendt zijn onderzoekers aan de TU Delft.