

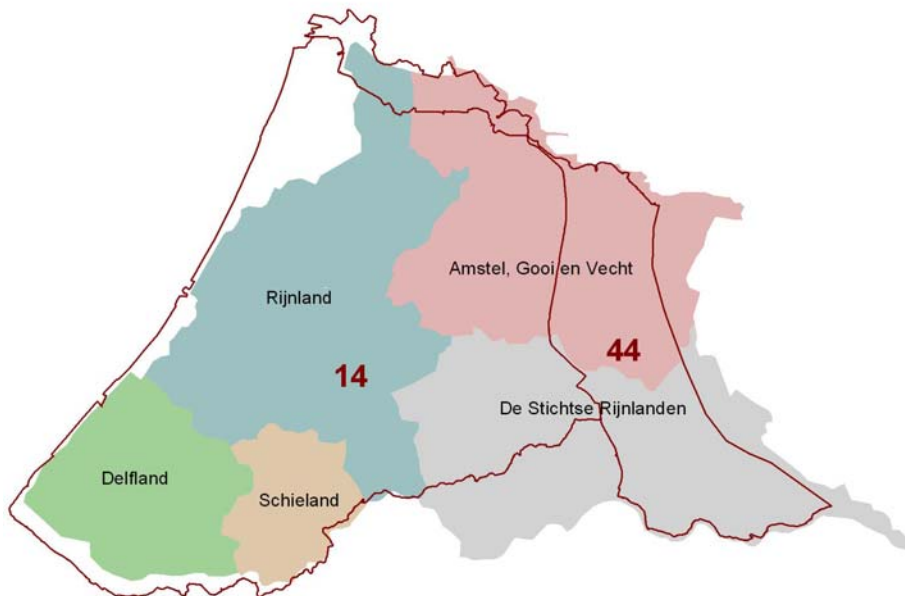
## **DE WAARDE VAN NORMEN EN DE EFFECTEN VAN KLIMAATVERANDERING, BODEMDALING EN VERANDEREND GRONDGEBRUIK**

### **Toetsing hoogten boezemkaden binnen dijkkring 14 en 44**

Nederland heeft duizenden kilometers boezemkaden. Deze liggen binnen de primaire dijkringen en hebben een direct kerende functie. Bij Terbregge en Wilnis zijn in 2003 stukken kaden afgeschoven waardoor veel schade en overlast is opgetreden. Het ging om kleinere deelsystemen van het boezemstelsel. Omdat tijdig actie is genomen, liep er maar weinig water de polder in. Bij grotere systemen kan de overlast en schade bij kadebreuk echter vele malen groter zijn. Door klimaatverandering, bodemdaling en veranderingen in grondgebruik zal de schade bij kadedoorbraak in de toekomst nog verder toenemen. De invloed van deze aspecten op de vereiste kruinhoogten van de boezemkaden binnen dijkkring 14 en 44 zijn onderzocht.

### **Normering**

Voor primaire waterkeringen gelden in Nederland veiligheidsnormen van 1:1250 voor het Rivierengebied tot 1:10000 jaar voor Zuid-Holland (dijkkring 14). Door het Interprovinciaal Overleg (IPO) is een richtlijn opgesteld om ook het veiligheidsniveau van de boezemkaden ruimtelijk gedifferentieerd te bepalen. De IPO-richtlijn sluit aan bij de leidraad 'Toetsen van Boezemkaden' van de Technische Adviescommissie Waterkeringen. In het project 'Veiligheid Boezemkaden' is gebruik gemaakt van deze richtlijn om de vereiste kruinhoogten van boezemkaden binnen dijkkring 14 en 44 te bepalen. De actuele kruinhoogten zijn getoetst aan deze vereiste kruinhoogten; de toetsing van de stabiliteit van de boezemkaden volgt later (valt buiten de scope van deze studie). Afbeelding 1 geeft een overzicht van het studiegebied: de dijkringen 14 en 44 en het daarbinnen gelegen beheersgebied van de hoogheemradschappen Delfland, Rijnland, Schieland, De Stichtse Rijnlanden en Amstel, Gooien Vecht.



Afbeelding 1: overzicht studiegebied

### **Werkwijze**

Om te weten hoe hoog de boezemkaden moeten zijn, is het van belang hoe hoog de waterstand in de boezem kan stijgen. Welke waterstanden treden er met welke frequentie op in het boezemsysteem? Hiervoor is gebruik gemaakt van berekeningen met SOBEK-modelschematisaties. Deze bevatten de gebiedskenmerken van het polder- en boezemsysteem. De berekeningen zijn uitgevoerd met histori-

sche neerslagreeksen en met opgeschaalde buien. Hierin worden ook maatregelen gesimuleerd zoals het instellen van maalstops van polders en het gebruik maken van bergingslocaties. Voor de boezemwaterstanden bij verschillende herhalingstijden is vervolgens per polder met de IPO-richtlijn bepaald wat de inundatiediepten in de polder zijn in geval van falen van een boezemkade. In plaats van het relatief eenvoudige IPO-schademodel is gebruik gemaakt van het HIS-SSM (Hoogwater Informatie Syteem - Schade Slachtoffer Module) om de schade te bepalen. Deze module onderscheidt meer schadecategorieën en bevat nauwkeuriger schadefuncties, en geeft daarom een beter inzicht in de optredende schade. In het onderzoek is geen rekening gehouden met slachtoffers als gevolg van inundatie. Conform de IPO-richtlijn is op basis van de berekende schade in de polder de veiligheidsklasse van de polder en de norm (herhalingstijd) voor het boezempeil en vereiste kruinhoogte vastgesteld (zie tabel 1). Bij toenemende inundatieschades in de polder geldt een strengere norm. De vereiste kruinhoogte is per kadevak langs een polder bepaald uit de som van het maatgevend boezempeil inclusief windopzet en de waakhoogte.

**Tabel 1: grenzen veiligheidsklassen volgens IPO-richtlijn**

veiligheidsklasse	norm	gevolgschade (miljoen euro, afgerond)
1	1:10	< 7,9
2	1:30	7,9 – 25
3	1:100	25 – 79,4
4	1:300	79,4-249,6
5	1:1000	> 249,6

### Scenario's

In de studie is onderzocht wat de effecten zijn van klimaatverandering, bodemdaling en toekomstig grondgebruik (o.a. toename stedelijk gebied) op de optredende schades en daarmee op de indeling van de polders in veiligheidsklassen en de vereiste kruinhoogten van de kaden. Het betreft scenario's voor klimaatverandering en bodemdaling in 2050 en het toekomstig grondgebruik tot 2030. Ook de gecombineerde effecten zijn onderzocht. Op basis hiervan hebben de waterschappen belangrijke informatie hoe gevoelig de huidige indeling in veiligheidsklassen is voor veranderingen in klimaat, maaiveldniveau's en grondgebruik. De veiligheidsklasse bepaalt overigens niet alleen het bijbehorende maatgevend boezempeil maar ook de stabiliteitsfactor.

### Klimaatverandering

In het Nationaal Bestuursakkoord Water en Waterbeheer 21<sup>e</sup> eeuw zijn klimaatscenario's opgesteld en wordt geadviseerd het middenscenario te gebruiken. In dit onderzoek is echter gekozen voor het hoge scenario (2 °C temperatuurstijging in 2050) als een worst-caseanalyse met als argument: 'komt het niet in 2050, dan komt het wel in 2100'. Door de temperatuurstijging verandert de neerslagstatistiek: de neerslaghoeveelheden en intensiteiten nemen toe. Herhalingstijden van boezemwaterstanden veranderen hierdoor. Zonder maatregelen kan bij dezelfde herhalingstijd in vergelijking met de huidige situatie een hoger boezempeil bereikt worden. Hierdoor veranderen bij falen van de kade de inundatiediepte in de polder en de optredende economische schade, waardoor de polder mogelijk in een hogere veiligheidsklasse wordt ingedeeld. Dan geldt een strengere norm en worden de vereiste kruinhoogten hoger.

Bij het doorrekenen van de SOBEK-schematisaties met buien en neerslagreeksen waarin de klimaatverandering is verwerkt, is ook rekening gehouden met maatregelen in de infrastructuur waartoe nu reeds besloten is. Door deze maatregelen (zoals de aanleg van bergingslocaties en uitbreiding van de boezemgemaalcapaciteit) kunnen de maatgevende boezempeilen ondanks de klimaatverandering toch min of meer gelijk blijven of zelfs dalen. Zo heeft het hoogheemraadschap van Delfland alle waterhuishoudkundige maatregelen waartoe in de ABC Delfland-studies (Afvoer BergingsCapaciteit Delfland) is besloten, al in de schematisatie verwerkt. Het hoogheemraadschap van Rijnland heeft in de berekeningen al rekening gehouden met de uitbreiding van de gemaalcapaciteit bij Katwijk en 2 piekbergingslocaties bij Stompwijk en Zwaansbroek. Terwijl als gevolg van alleen de klimaatverandering de veiligheidsklasse in meerdere polders zou toenemen, neemt als gevolg van de nu al geplande maatregelen de veiligheidsklasse slechts in 5 polders toe en zou deze in 2 polders zelfs afnemen.

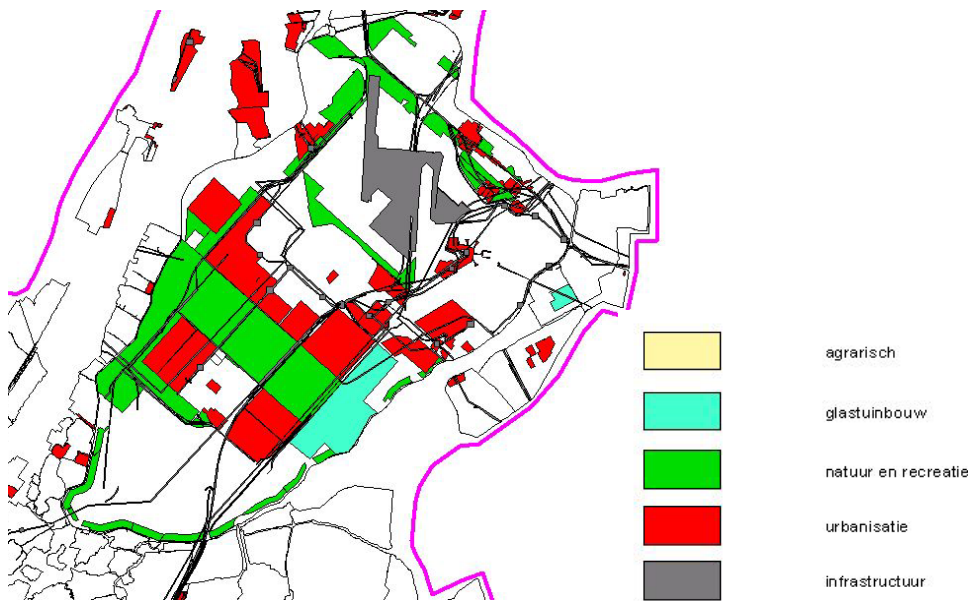
## Bodemdaling

Het maaiveldniveau in 2050 is bepaald aan de hand van het extreme scenario afkomstig uit de bodemdalingenbestanden van het RIZA. De bodemdaling varieert over het studiegebied van vrijwel geen bodemdaling tot gebieden met een bodemdaling van 1 cm per jaar. Door de bodemdaling kunnen gebieden die in de huidige situatie nog niet of nauwelijks onderlopen, in te toekomst wel met aanzienlijke schade bij kadedoorbraak te maken krijgen.

De studie toont aan dat in de beheersgebieden van de 5 hoogheemraadschappen de overstromingschade toeneemt als gevolg van bodemdaling. In het beheersgebied van De Stichtse Rijnlanden leidt het bodemdalingsscenario tot grotere veranderingen in veiligheidsklassen dan de scenario's voor klimaatverandering of verandering in grondgebruik. Dat komt enerzijds omdat er relatief grote bodemdalingen worden verondersteld en anderzijds doordat klimaatverandering nauwelijks effect op maatgevende boezempeilen heeft door maalstops en de veranderingen in grondgebruik in een groot aantal polders gering zijn.

## Veranderend grondgebruik

Het toekomstig grondgebruik is afgeleid uit de Nieuwe Kaart van Nederland 2010-2030. Er is onderscheid gemaakt in 'harde' plannen, dat wil zeggen de plannen die voor 2010 in een vergevorderd stadium van de besluitvorming zijn en 'zachtere' plannen die nog in de visievormingsfase verkeren. Voor alle beheersgebieden is een ontwikkelingskaart opgesteld, waarop de toekomstige verstedelijkingsopgave, de infrastructuur, de glastuinbouwgebieden, natuur- en recreatiegebieden en tot slot de agrarische gebieden staan weergegeven. De toekomstige ontwikkelingen van de Haarlemmermeerpolder zijn als voorbeeld in afbeelding 2 weergegeven.



Afbeelding 2: ontwikkelingskaart Haarlemmermeerpolder (Rijnland)

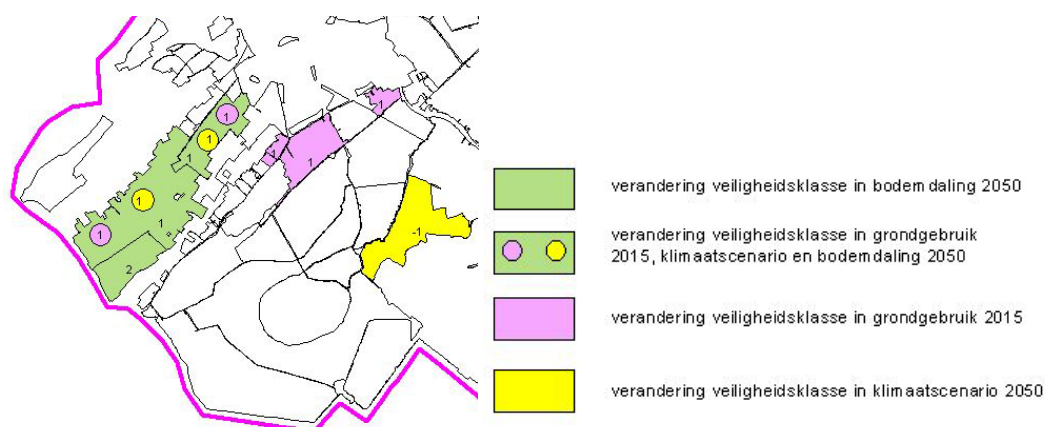
De schade is berekend op basis van het veranderd grondgebruik. Het gaat dan om het verschil tussen het huidige grondgebruik en het toekomstige grondgebruik. De schade in stedelijk gebied is vaak meer dan 2 maal zo groot als de schade in glastuinbouwgebied. Indien het areaal stedelijk gebied toeneemt zal de schade zelfs met een factor 100 toenemen ten opzichte van landbouwgronden. Door geplande stedelijke uitbreidingen neemt de overstromingsschade dusdanig toe dat een groot aantal polders in een hogere veiligheidsklasse moeten worden ingedeeld. De vereiste kruinhoogten worden dus hoger. Als het areaal stedelijk gebied in de Haarlemmermeerpolder toeneemt, neemt de inundatieschade met een factor 2 toe. In de huidige situatie is de polder in veiligheidsklasse 5 ingedeeld. In principe kan deze in een hogere veiligheidsklasse (6) ingedeeld worden waar bijvoorbeeld een herha-

lingstijd van 1:3000 bij hoort. In de IPO-richtlijn zal een range voor de schades groter dan 250 miljoen euro toegevoegd moeten worden.

In de beheersgebieden van Rijnland, Delfland, Schieland en Amstel, Gooi en Vecht heeft het scenario van veranderend grondgebruik het grootste effect op de indeling in veiligheidsklassen en daarmee op de vereiste kruinhoogten.

### Combinatie effecten

Een combinatie van de 3 scenario's geeft inzicht in de gevolgen van een combinatie van klimaatverandering, bodemdaling en toekomstig grondgebruik in 2050. De inundatieschade stijgt als gevolg van klimaatverandering, bodemdaling en toekomstig grondgebruik in een groot aantal polders. Een groot aantal polders wordt ook in een hogere veiligheidsklasse ingedeeld. Voor het zuidwestelijk deel van het beheersgebied van Rijnland wordt in afbeelding 3 de verandering in veiligheidsklassen weergegeven.



Afbeelding 3: verandering in veiligheidsklassen bij combinatie van effecten (zuidwestelijk deel Rijnland)

De veiligheidsklasse neemt in een aantal polders toe als gevolg van de enkelvoudige effecten. Ook nemen de veiligheidsklassen toe bij een combinatie van meerdere effecten. Uit deze studie is gebleken dat de inundatieschade met maximaal 8,5 miljard euro toeneemt in de Haarlemmermeerpolder. Er zijn enkele polders waarvan de indeling van klasse 1 (huidige situatie) naar klasse 5 (gecombineerd scenario) veranderd.

### Discussie onderzoek

Het onderzoek is medio 2004 afgerond en de waterschappen gebruiken de resultaten bij het bestuurlijk proces van vaststelling van de vereiste kruinhoogten van de boezemkaden. Bij het gebruik van resultaten van de studie spelen de volgende aspecten een rol:

- *Wel of geen rekening houden met compartimentering of ander menselijk ingrijpen.*  
Volgens de IPO-richtlijn wordt bij kadedoorbraak uitgegaan van het volledige leeglopen van de boezem in een polder. In de praktijk wordt echter de toevoer van het boezemwater vaak sterk verminderd door de beperkte capaciteit van de boezemwatergangen ("ventielwerking"), waardoor het dagen kan duren voordat volledige inundatie heeft plaatsgevonden. Gedurende die tijd zullen waterschappen noodmaatregelen treffen om de inundatieschade te beperken, door het toepassen van een compartimentering of het ter plaatse dichten van een bres. Als hiermee rekening gehouden wordt bij de normering, zouden de vereiste kruinhoogten lager kunnen worden. De vraag is echter of dit menselijk handelen in de huidige normering meegenomen kan en mag worden of dat hierdoor strengere normen gehanteerd moeten worden.
- *Schade aan boezemkaden bij compartimentering.*  
Door compartimentering neemt de mogelijke schade in polders af. De schade aan boezemkaden kan echter hoger uitvallen doordat boezempeilen sneller dalen, zoals een recent onderzoek van het hoogheemraadschap Rijnland aantoonde. Bij het regulier onderhoud aan de kaden waarbij

ophoging plaatsvindt kan het waterschap ervoor kiezen om rekening te houden met compartimentering of andere maatregelen voor de bepaling van de vereiste kruinhoogte.

- *Welke normen zijn maatschappelijk acceptabel?*  
Behalve de technische bepaling van vereiste kruinhoogten conform de IPO-richtlijn is voor de waterschappen de maatschappelijke acceptatie van belang. In hoeverre is het acceptabel als een grote polder met een deel stedelijk gebied in een hogere veiligheidsklasse valt als een kleine polder met stedelijk gebied?
- *Systeemwerking.*  
De IPO-richtlijn resulteert in ruimtelijk gedifferentieerde normen voor de kruinhoogten van boezemkaden, die op basis van de schade per polder bij een individuele kadebreuk zijn bepaald. Er is hierbij geen rekening gehouden met het feit dat een falen van een kade langs polder X de kans van falen langs polder Y beïnvloedt ('systeemwerking'). De praktijkervaring van de Tussenklappolder in Groningen heeft aangetoond dat het falen van een kade een negatieve invloed heeft op de stabiliteit van de tegenoverliggende kade van een andere polder.
- *De berekende schades zijn indicatief.*

In de studie is gebleken dat niet alle vormen van landgebruik in HIS-SSM zijn opgenomen. Zo ontbreken bollenteelt en bomen/heesterteelt; een hoogwaardig grondgebruik dat vooral in het beheersgebied van Rijnland voorkomt. De IPO-richtlijn houdt geen rekening met peilscheidende obstakels in de polder (polderkaden, infrastructuur zoals spoorwegen e.d.), 2D dynamische effecten, of de overloop van water van een polder naar een andere polder. In het onderzoek is met deze laatste mogelijkheid wel rekening gehouden.

### **Conclusie**

Voor elk waterschap zijn de actuele kruinhoogten en/of legger-kruinhoogten vergeleken met de berekende vereiste kruinhoogten. Hieruit is berekend hoeveel kilometers kade verhoogd zouden moeten worden. De analyse van de scenario's voor klimaatverandering, bodemdaling en verandering grondgebruik heeft de gevoeligheid laten zien van de indeling in veiligheidsklassen en de vereiste kruinhoogten. Het gecombineerde scenario heeft aangetoond dat de effecten elkaar kunnen versterken. Het onderzoek heeft de waterschappen nuttige informatie gegeven om de normering van boezemkaden vast te stellen en daarbij te anticiperen op waarschijnlijke toekomstige ontwikkelingen. Deze en andere recente studies dragen bij aan de discussie over normering en hoe de normen bepaald kunnen worden. Wellicht dat op basis van de recente ervaringen binnenkort de tijd rijp is om de IPO-richtlijn te actualiseren.

### Literatuurlijst

- Ingenieursbureau BCC en WL Delft Hydraulics, maart 2004, Toetsing kruinhoogten boezemkaden binnen dijkkring 14 en 44, deelrapporten waterschappen Schieland, Rijnland, Delfland, Amstel, Gooi en Vecht en de Stichtse Rijnlanden.
- Interprovinciaal Overleg, november 1999, IPO-richtlijn ter bepaling van het veiligheidsniveau van boezemkaden.

**Auteurs:** ir. E. Peijnenborgh (ingenieursbureau BCC)  
ir. G.F. Prinsen (WL | Delft Hydraulics)  
ing. P.J. Hofman (provincie Zuid-Holland)  
ir. F.E. van Kruiningen (hoogheemraadschap van Rijnland)