



**Kennis  
voor  
Klimaat**

# Klimaatdijk Een verkenning





# Klimaatdijk Een verkenning

## Auteurs

M. Hartog <sup>1)</sup>

J.M. van Loon-Steensma <sup>2)</sup>

H. Schelfhout <sup>3)</sup>

P.A. Slim <sup>4)</sup>

A. Zantinge <sup>1)</sup>



- 1) Grontmij Nederland bv
- 2) Wageningen UR
- 3) Deltares
- 4) Wageningen UR, Alterra

KvK rapportnummer  
ISBN

KvK 011/09  
978-94-90070-11-3

Dit project (VBR-04 Verkennen brede dijken) is uitgevoerd in het kader van het nationaal onderzoeksprogramma Kennis voor Klimaat. Dit onderzoeksprogramma wordt medegefinancierd door het Ministerie van VROM.

### **Disclaimer**

De voorliggende verkenning maakt deel uit van een reeks verkenningen naar de *State of Art* voor een aantal belangrijke adaptatie thema's die ter voorbereiding op de daadwerkelijke start van het nationaal onderzoeksprogramma *Kennis voor Klimaat* op verzoek van de directie van *Kennis voor Klimaat* is uitgevoerd. Het betreffen verkenningen op zowel natuurwetenschappelijke en technische als sociaal wetenschappelijke onderwerpen. Doel van de verkenningen was om na te gaan welke kennis beschikbaar is voor het betreffende adaptatie thema en welke kennisleemtes er zijn. De *State of Art* overzichten zijn niet alleen bedoeld als advies aan de directie en programmaraad van *Kennis voor Klimaat* m.b.t. de inhoudelijke afbakening van het onderzoeksprogramma, maar ook als achtergrond informatie over een aantal belangrijke adaptatie thema's voor een brede doelgroep. *Kennis voor Klimaat* stelt daarom de *State of Art* verkenningen via haar website [www.kennisvoorklimaat.nl](http://www.kennisvoorklimaat.nl) vrij beschikbaar, maar de inhoud van de verkenning valt onder verantwoordelijkheid van de auteurs die ook zelf de review van de verkenningen hebben georganiseerd door een concept aan een groep van wetenschappers, experts en betrokkenen voor te leggen.

### **Copyright @ 2009**

Nationaal Onderzoekprogramma Kennis voor Klimaat (KvK). Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd, in geautomatiseerde bestanden opgeslagen en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm, geluidsband of op welke andere wijze ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het Nationaal Onderzoekprogramma Kennis voor Klimaat. In overeenstemming met artikel 15a van het Nederlandse auteursrecht is het toegestaan delen van deze publicatie te citeren, daarbij gebruik makend van een duidelijke referentie naar deze publicatie.

### **Aansprakelijkheid**

Hoewel uiterste zorg is besteed aan de inhoud van deze publicatie aanvaarden de Stichting Kennis voor Klimaat, de leden van deze organisatie, de auteurs van deze publicatie en hun organisaties, noch de samenstellers enige aansprakelijkheid voor onvolledigheid, onjuistheid of de gevolgen daarvan. Gebruik van de inhoud van deze publicatie is voor de verantwoordelijkheid van de gebruiker.



## Inhoudsopgave

Summary .....	5
Samenvatting.....	7
1. Inleiding .....	9
1.1 Aanleiding en doel van deze verkenning .....	9
1.2 Initiatief Klimaatdijk.....	10
1.3 Leeswijzer .....	10
2. De Klimaatdijk .....	13
2.1 De actualiteit.....	13
2.2 Wat is de Klimaatdijk? .....	17
2.3 De Klimaatdijk als integrale maatregel om overstromingsrisico's te beperken .....	19
2.4 Rol Klimaatdijk in organisatie rampenbeheersing .....	20
3. Aspecten m.b.t. het toepassen van Klimaatdijken .....	23
3.1 Inleiding .....	23
3.2 Tijdshorizon .....	23
3.3 Technische eisen in relatie tot faalmechanismen .....	24
3.4 Veiligheidsnormen.....	29
3.5 Toetsen .....	30
3.6 Ontwerpen.....	30
3.7 Ruimtelijke inpassing .....	31
3.8 Beheer en onderhoud .....	32
3.9 Gebruiksmogelijkheden.....	32
3.10 Landschap.....	33
3.11 Natuur.....	34
3.12 Cultuurhistorie .....	35
3.13 Kosten en Baten.....	35
3.14 Bestuurlijke aspecten .....	36
3.15 Maatschappelijke aspecten.....	37
3.16 Wet- en regelgeving .....	37
3.17 Verzekerbaarheid .....	38
4. Relevante programma's, initiatieven en praktijkvoorbeelden .....	39
4.1 Inleiding .....	39
4.2 Enkele praktijkvoorbeelden .....	41
5. Kennisleemtes en kennisvragen .....	45
5.1 Technische (ontwerp)vragen over de Klimaatdijk .....	45
5.2 Vragen met betrekking tot ruimtelijke inpassing van de Klimaatdijk .....	45
5.3 Vragen over normen, toetsen, beheer en onderhoud.....	45
5.4 Maatschappelijke vragen met betrekking tot het realiseren van de Klimaatdijk .....	46
6. Recente literatuur en informatie .....	47



---

Bijlagen: Achtergrond informatie Klimaatdijk .....	51
Bijlage 1 .....	53
Beleid(snotities) en adviezen .....	53
Programma's en projecten .....	56
Technische leidraden en voorschriften .....	62
Onderzoeks- en onderwijsinstellingen .....	62
Bijlage 2 Veiligheidsnormen per dijkringgebied.....	65
Bijlage 3 Achtergronden huidige veiligheidsnormen .....	67
Bijlage 4 Vergelijking faalmechanismen huidige dijken en de Klimaatdijk .....	71
Bijlage 5 Verdeling van de faalkansen per faalmechanisme.....	77
Bijlage 6 Technische leidraden en voorschriften .....	79
Bijlage 7 Verslag Expertmeeting .....	83



## Summary

### Introduction

Climate change, land subsidence and the increasing economic value of property and activities in flood-prone areas justify the question of how we can maintain flood protection in the Netherlands at its current level, or even improve it. The changing social, scientific and technical developments and insights of our day mean that the time is ripe to consider alternatives for flood protection, other than the customary call to raise the dikes yet higher, time and again.

### The Climate Dike

The Climate Dike is a logical addition to the current practice of raising and reinforcing dikes. A Climate Dike is defined here as 'a collective term for design components that result in flood defences so robust that they are virtually impossible to breach, and thus offer lasting protection, even in the face of ongoing climate change'.

The Climate Dike concerns a type of dike that allows some wave overflow and even a limited amount of flooding, but which prevents the uncontrolled catastrophic dike breaks associated with devastating flooding of the hinterland. The number of potential victims and the resulting damage are therefore in no way comparable to those incurred when a traditional dike breaks. The risk, calculated as a product of the probability of occurrence and the resulting damage, is therefore drastically reduced. Another feature of the Climate Dike is its integrated multi-functional character. On it, a wider range of socio-economic interests can be built than on traditional dikes. This means that greater opportunities for financing also become available.

Before the Climate Dike can be approached as a serious alternative, clarity is needed on the relevant information, experience, policy and knowledge that exists (and does not yet exist). The current inventory was conducted with that requirement in mind.

The authors looked at, among others, projects that presented problems and challenges similar to those expected in development of a Climate Dike. These relate, among others, to technical, economic, social and spatial issues.

### A long time horizon

Because of its more multidisciplinary character, development of a Climate Dike requires a longer time horizon than a traditional dike. The current system of 5-yearly testing, in which dikes that fail to meet current safety standards are immediately subjected to an urgent upgrade trajectory, provides an inadequate framework for developing the Climate Dike.

In the current system, evolving scientific insights, environmental conditions and safety requirements could mean that even immediately after a dike has been strengthened, the next reinforcement is just around the corner. Such a situation is clearly undesired for a multifunctional Climate Dike with, for example, buildings on it. Also, after its construction, a Climate Dike has to be able to guarantee safety for many more decades than a traditional dike, and to do so in a way that other interests can build on, literally and figuratively. A longer planning horizon and new means of anticipating on future developments are therefore essential.

### Challenging

The Climate Dike has no set dimensions or form, though it does tend to be wider and less steep than traditional dikes and include a protection zone parallel to existing flood defences. It goes without saying that not every aspect of the Climate Dike concept, which is often broad in both functional and physical terms, will be applicable at every location.

One of the many challenges arising in applying the Climate Dike concept is the question of how to effectively look ahead over an extremely long stretch of time (for example, a century), since we cannot predict with any certainty how society will look after such a long period. How can ideas and procedures be tailored to as yet unknown future developments? How can we best ensure the ability to adapt to new situations and insights?



One of the complexities involved in developing a Climate Dike is the use of space. How can the required space be secured without having to demolish large numbers of buildings and infrastructure and without excluding large zones of land from any possible socio-economic activity, perhaps for many decades?

### **Costs and benefits**

A Climate Dike is costly, if one limits the field of vision to the safety aspect and the traditional time horizon of 50 years. Broaden the view to bring in multiple interests that over a longer time period can, literally and figuratively, build on the presence of the Climate Dike, then this form of flood protection becomes much more financially attractive. Certainly when considering other options for flood protection, such as compartmentalisation dikes or the raising of immense tracts of land.

### **Law and legislation**

To give designers and managers of flood defences more opportunity to develop the Climate Dike, modifications are required in current design guidelines and technical prerequisites. Also, it must be made clear whether and how a Climate Dike is to be subjected to the 5-yearly testing cycle. Is such testing needed if the dike is considered to be virtually impossible to breach? How do we deal with the probability of flooding versus the risk of a dike break?

Current law and legislation are geared fairly specifically to the traditional dike. Alternative concepts such as the Climate Dike call for modified policies, laws and legislation, as well as newly formulated design requirements and prerequisites. Or it will have to be made clearer how these should be interpreted for such innovative concepts.



## Samenvatting

### Inleiding

Klimaatverandering, een dalende bodem en een steeds hogere economische waarde, legitimeert de vraag hoe we de hoogwaterbescherming in ons land op het huidige peil kunnen houden of zelfs verbeteren. De huidige maatschappelijke, wetenschappelijke en technische ontwikkelingen en inzichten, maken de tijd rijp om na te denken over andere concepten voor waterveiligheid dan het gangbare principe van de dijk steeds maar weer iets verder ophogen.

### Klimaatdijk

Een logische aanvulling op de huidige praktijk van dijkverhoging en verzwaring is het concept 'Klimaatdijk'. Een Klimaatdijk wordt hier gedefinieerd als 'een verzamelterm van inrichtingsvormen waarbij de waterkering zo robuust is dat deze niet doorbreekt en dus blijvende veiligheid biedt'. Het concept van de Klimaatdijk richt zich op een dijk waarover enige golfoverslag en zelfs beperkte overstroming mogelijk is, maar waarbij oncontroleerbare dijkdoorbraken met allesverwoestende overstromingen van het achterland wordt uitgesloten. Het aantal potentiële slachtoffers en de optredende schade staan hierdoor in geen verhouding tot de gevolgen van een complete doorbraak van een traditionele dijk. Het risico, als product van kans en gevolgschade, neemt daardoor drastisch af.

Een ander kenmerk van de Klimaatdijk is het integrale multifunctionele karakter. Hierop kan een veel breder scala aan sociaal-economische belangen opgebouwd worden dan nu het geval is. Ook de financieringsmogelijkheden nemen daardoor toe.

Om de Klimaatdijk als serieus concept te kunnen beschouwen, dient duidelijk te zijn welke kennis en ervaring er hierover reeds bestaat (of juist nog niet bestaat). In dat licht is deze verkenning uitgevoerd.

Hierbij is onder meer gekeken naar projecten waarbij zich vergelijkbare problemen en uitdagingen voordoen als te verwachten zijn voor een Klimaatdijk. Dit kunnen onder andere technische, economische, sociaal-maatschappelijke of ruimtelijke kenmerken zijn.

### Een ruime tijdhorizon

Vanwege het meer multidisciplinaire karakter vergt de realisatie van een Klimaatdijk een ruime tijdshorizon. De huidige systematiek van de 5-jaarlijkse toetsing en bij afkeuring een urgente versterkingsnoodzaak, schept onvoldoende randvoorwaarde voor een Klimaatdijk.

Verandering van wetenschappelijke inzichten, randvoorwaarden of voorschriften kunnen er momenteel toe leiden dat direct na een dijkversterking, de volgende dijkversterking zich al aandient. Voor een multifunctionele Klimaatdijk met bijvoorbeeld bebouwing erop, is zoiets uiteraard geen pré. Ook een Klimaatdijk moet na aanleg voor vele decennia de veiligheid kunnen garanderen en dan op een manier waar andere belangen letterlijk en figuurlijk op kunnen bouwen. Een ruimere planningshorizon en een andere wijze van anticiperen op toekomstige ontwikkelingen is daarom noodzakelijk.

### Uitdagend

Een Klimaatdijk kan bestaan in diverse vormen en vergt dan ook locatiespecifiek maatwerk. Het spreekt voor zich dat niet elke variant van dit, in zowel functioneel als fysiek opzicht, vaak brede concept op elke locatie toepasbaar is.

Een van de vele uitdagingen die bij het concept Klimaatdijk om de hoek komt kijken, is de vraag hoe op effectieve wijze over zeer lange termijn (bijvoorbeeld een eeuw) vooruit gekeken kan worden zonder dat er goed te voorspellen valt hoe de maatschappij er over zo'n lange periode uit zal zien. Hoe kunnen concepten en procedures worden toegerust op nog onbekende toekomstige ontwikkelingen en hoe kan de capaciteit tot aanpassing aan nieuwe inzichten daarbinnen het beste worden gewaarborgd?

Eén van de complexiteiten die daarbij komt kijken is het ruimtegebruik. Hoe wordt de benodigde ruimte voor een Klimaatdijk verworven, zónder daarbij veel bebouwing en infrastructuur te moeten afbreken en zónder daarvoor decennia lang een grote zone te hoeven vrijwaren van elke mogelijke sociaal-economische activiteit.



**Kosten en baten**

Een Klimaatdijk is duur, indien men het blikveld enkel beperkt tot het veiligheidsaspect met een tijdshorizon van 50 jaar. Verbreedt het blikveld zich echter tot meerdere belangen die voor een langere periode letterlijk dan wel figuurlijk kunnen bouwen op de aanwezigheid van deze Klimaatdijk, dan wordt deze vorm van hoogwaterbescherming financieel veel aantrekkelijker. Zeker wanneer ook andere opties voor hoogwaterbescherming zoals het aanleggen van compartimenteringdijken of het ophogen van grote stukken land in de analyse worden meegenomen.

**Wet- en regelgeving**

Om ontwerpers en beheerders van waterkeringen meer gelegenheid te geven om een Klimaatdijk te realiseren, is aanpassing van de huidige ontwerprichtlijnen en technische randvoorwaarden noodzakelijk. Ook moet helder zijn of en hoe een Klimaatdijk aan een 5-jaarlijkse toetsing onderworpen dient te worden; is toetsen noodzakelijk als je stelt dat de dijk doorbraakvrij is? Hoe gaan we om met kansen van overstroming versus doorbraak?

Huidige wet- en regelgeving is vrij specifiek toegerust op de traditionele dijk. Voor andere concepten zoals een Klimaatdijk moeten beleid, wet- en regelgeving alsmede ontwerpeisen en -randvoorwaarden, worden aangepast of zal duidelijker moeten worden hoe zij voor deze concepten dienen te worden geïnterpreteerd.

**Kennisvragen**

Naast veel informatie heeft de verkenning en de expertmeeting een groot aantal vragen van zowel technische als maatschappelijke aard opgeleverd. Verder onderzoek naar deze aspecten is wenselijk om het concept Klimaatdijk verder te ontwikkelen en op meer plaatsen toe te passen.

## 1. Inleiding

### 1.1 Aanleiding en doel van deze verkenning

Hoogwaterbescherming staat in ons laag gelegen Nederland van oudsher hoog op de agenda. Dankzij de in de afgelopen eeuwen ontwikkelde waterbouwtechnische infrastructuur en een efficiënt waterbeheer en –beleid hebben we ons land tot een veilig Deltagebied gemaakt.

Rampen elders in de wereld, maar ook de hoogwaters in onze rivieren in 1993 en 1995, herinneren ons er echter regelmatig aan dat het veilig houden van ons land continue aandacht vraagt. Niet alleen in de vorm van onderhoud en aanpassing van bestaande waterbouwkundige infrastructuur, maar ook in het beleid voor de waterveiligheid. Ontwikkelingen in onze omgeving, economie, bevolking én nieuwe wetenschappelijke inzichten leiden immers voortdurend tot nieuwe opgaven voor de bescherming tegen hoogwater.

Klimaatverandering en de daarmee samenhangende versnelde zeespiegelstijging, extreme zomerneerslag en extreme rivierafvoeren zijn daarvan voorbeelden. Hoewel er nog vele onzekerheden zijn, laten Nederlandse klimaatscenario's van het KNMI zien dat de bedreigingen toenemen. Projecties laten zien dat de zeespiegel tussen 1990 en 2100 met 35 tot 85 cm kan stijgen en dat piekafvoeren van rivieren met name in de winter toenemen, net als extremen in lokale neerslag (KNMI; 2006). De combinatie van klimaateffecten en bodemdaling leidt in grote delen van Nederland tot extra kwetsbaarheid ten aanzien van overstromingen.

Er wordt op dit moment al veel geïnvesteerd om de kansen op overstromingen te beperken. Belangrijke programma's daarvoor zijn bijvoorbeeld het Hoog Water Beschermingsprogramma, PKB Ruimte voor de Rivier en Zwakke Schakels aan de kust. Toch lijkt er bij versnelde zeespiegelstijging en piekafvoeren van rivieren meer nodig om ook in de toekomst klimaatbestendig te blijven. Er wordt dan ook gezocht naar nieuwe vormen van klimaatbestendige hoogwaterbescherming, ideeën en/of initiatieven hiervoor zijn bijvoorbeeld deltadijken, brede dijken, doorbraakvrije dijken, terpendijken, superdijken, etc. De Klimaatdijk is ook zo'n veelbelovend initiatief voor een duurzame, toekomstgerichte beschermingsstrategie

#### Wat is de Klimaatdijk

De Klimaatdijk is een verzamelterm van inrichtingsvormen waarbij de waterkering zo robuust is dat deze niet doorbreekt, ook als de Klimaatdijk zou overstromen. De Klimaatdijk biedt dus blijvende veiligheid, ook als het klimaat in de toekomst verder verandert.

Een Klimaatdijk bestaat uit een multifunctionele, robuuste beschermingszone die past in haar omgeving (zie afbeelding 1.1). De Klimaatdijk kan verschillende verschijningsvormen aannemen, zoals brede dijken, terpen, overslagbestendige dijken en tal van innovatieve oplossingen. Ook combinaties daarvan met een meer gangbare waterkering behoren daartoe.



Afbeelding 1.1 Schematische weergave van de Klimaatdijk



De Klimaatdijk lijkt voor het kwetsbare en dichtbebouwde Nederland een aantrekkelijke adaptatiemaatregel. Dit was voor het nationaal onderzoeksprogramma Kennis voor Klimaat aanleiding om een korte verkenning te laten uitvoeren naar beschikbare informatie, kennis, ervaring en beleid en eventuele kennisleemtes en belangrijke onderzoeksvragen met betrekking tot de Klimaatdijk. Kennis voor Klimaat is immers het wetenschappelijk programma ter ondersteuning van het nationale programma Adaptatie Ruimte en Klimaat (ARK) van VROM, VenW, LNV, EZ, IPO, VNG en de Unie van Waterschappen en wil via samenwerking tussen de Nederlandse overheid, het bedrijfsleven en wetenschappers, toegepaste kennis ontwikkelen om tijdig beslissingen voor de lange termijn af te stemmen op de gevolgen van klimaatverandering.

'Klimaatdijk; een verkenning' is een verkenning naar relevante informatie, ervaringen, beleid en kennis met betrekking tot de Klimaatdijk. Naast het maken van een 'state-of-the-art' overzicht van de relevante beschikbare informatie en kennis op het gebied van Klimaatdijken, relevant beleid, relevante onderzoeksprogramma's of ontwikkelingen, onderzoeksinstellingen, onderzoekers, de belangrijkste literatuur en kennisleemtes is een belangrijk doel van de verkenning om kennisvragen te identificeren die door Kennis voor Klimaat (of anderen) opgepakt zouden moeten worden.

Het 'state-of-the-art' overzicht is bedoeld voor: betrokkenen binnen Kennis voor Klimaat, waaronder de hotspot coördinatoren die deze informatie kunnen gebruiken voor het ontwikkelen van hun onderzoeksvragen en onderzoeksvoorstellen en voor de ontwikkeling van een adaptatiestrategie voor hun hotspot alle geïnteresseerde onderzoekers, beleidsambtenaren en andere doelgroepen voor de Directie en Programmaraad van Kennis voor Klimaat als input voor het afbakenen van doelen en thema's voor de 2e (en eventueel volgende) tranche in het programma.

De verkenning heeft gebruik gemaakt van divers onderzoek waaronder de recent verschenen quick scan naar doorbraakvrije dijken 'De dijk van de toekomst' van Silva en van Velzen (2008). In deze quick scan staan veel aspecten die van belang zijn voor doorbraakvrije dijken helder beschreven en in het rapport staan duidelijke illustraties. In paragraaf 2.1 van deze verkenning wordt de aanleiding en de resultaten van de quick scan kort geschetst.

De concept verkenning en de geïdentificeerde kennisleemtes en daaruit voortvloeiende onderzoeksvragen zijn aan een brede groep experts vanuit zowel wetenschap, beleid als bedrijfsleven voorgelegd met de vraag of zij deze verkenning eventueel kunnen aanvullen en zij de geïdentificeerde kennisleemtes en daaruit voortvloeiende onderzoeksvragen herkennen. Het is verslag van deze bijeenkomst is in bijlage 7 bijgevoegd.

## **1.2 Initiatief Klimaatdijk**

De verkenning wordt mede gefinancierd door CUR bouw & infra en past binnen het kennisprogramma Klimaatdijk van het 'Initiatief Klimaatdijk' dat is ontstaan vanuit het Waterinnovatieprogramma (WINN) van Rijkswaterstaat. Uitdaging van dat initiatief is om een systeemsprong te maken in het Nederlandse dijkdenken zodat de Nederlandse samenleving een veilige, mooie en duurzame bescherming krijgt tegen hoogwater. Het streefdoel is een robuust, veilig systeem dat slechts om de 100 jaar hoeft te worden aangepast en tevens de combinatie van functies mogelijk maakt. Nu en in de toekomst. Het Platform Klimaatdijk (dat onderdeel uitmaakt van het Initiatief Klimaatdijk) brengt het concept Klimaatdijk bij alle belanghebbenden onder de aandacht en werkt aan het bewustmaken van het concept Klimaatdijk.

De voorliggende verkenning vormt de eerste aanzet van het 'Werkboek Klimaatdijk'. Dat is een zich permanent ontwikkelend document dat voortdurend wordt aangevuld met nieuwe kennis, ervaringen, voorbeelden en inzichten met betrekking tot zowel technische aspecten als tot sociaal economische en juridische aspecten en is bedoeld om de daadwerkelijke toepassing van Klimaatdijken te ondersteunen.

## **1.3 Leeswijzer**

In hoofdstuk 2 wordt het concept Klimaatdijk als preventieve maatregel voor blijvende veiligheid tegen overstromingsrisico's ten gevolge van klimaatverandering verder toegelicht. Relevante technische en maatschappelijke aspecten met betrekking tot de toepassing van Klimaatdijken in Nederland worden in hoofdstuk 3 geschetst.



Hoofdstuk 4 geeft een overzicht van relevante programma's, projecten en initiatieven zowel in Nederland als in het buitenland.

In hoofdstuk 5 zijn de belangrijkste kennisleemtes m.b.t. de technische en maatschappelijke aspecten op het gebied van Klimaatdijken en de belangrijke kennisvragen benoemd welke ten behoeve van de nationale en regionale adaptatie door middel van Klimaatdijken zouden moeten worden opgepakt.

In de bijlagen is achtergrond informatie m.b.t. de Klimaatdijk bijgevoegd, zoals een korte beschrijving van de relevante kennisprogramma's en projecten, de veiligheidsnormen per dijkkringgebied, de achtergronden huidige veiligheidsnormen, een vergelijking van faalmechanismen huidige dijken en Klimaatdijken, een voorbeeld faalkansverdeling mechanismen over dijkkring en een overzicht technische leidraden en voorschriften opgenomen. Ook is het verslag van de expertmeeting bijgevoegd.





## 2. De Klimaatdijk

### 2.1 De actualiteit

#### 2.1.1 Actualisatie beleid hoogwaterbescherming

Momenteel is er in Nederland, onder andere naar aanleiding van rampen elders in de wereld, de hoogwaters in 1993 en 1995, ontwikkelingen in economie en bevolking en nieuwe wetenschappelijke inzichten (bijvoorbeeld met betrekking tot golfsterkte of klimaatverandering) veel aandacht voor de bescherming tegen overstromingen. Sinds 1996 vindt eens in de vijf jaar een wettelijk verplichte toetsing van de kwaliteit van de primaire waterkeringen plaats. Dit wordt gedaan omdat in de loop van de tijd maatgevende waterstanden en golven voor dijken kunnen veranderen door nieuwe inzichten en rekenmethoden, door lagere of hogere rivierafvoeren, meer storm en stijging van de zeespiegel en/of aanpassing van de normhoogte. Uit de resultaten van de tweede toetsing in 2006 bleek dat onze veiligheid tegen overstromingen niet op orde is: 19 % van de dijken voldoet niet aan de wettelijk norm en van 35% weten we dat niet zeker [Ministerie V&W, 2006]. Om de veiligheid weer op orde te brengen, worden programma's als het Hoog Water Beschermingsprogramma, het project Zeeweringen, het project Maaswerken, Ruimte voor de Rivier en Zwakke Schakels aan de kust uitgevoerd.

De basis voor het huidige Nederlandse beschermingsbeleid tegen overstromingen is in de jaren '50 van de vorige eeuw door de Deltacommissie gelegd. De eerste Deltacommissie ging uit van een ontwerppeil en een ramppeil, waarbij respectievelijk een herhalingskans van 1/10.000 en 1/125.000 per jaar hoorde. Om er voor te zorgen dat dit peil nog voldoende veilig kan worden gekeerd werd bij de berekening van de golfoploop uitgegaan van zeer beperkte golfoverslag (behorend bij 2% van het aantal golven). In bijlage 3, Achtergronden huidige veiligheidsnormen, wordt hier meer uitgebreid op ingegaan.

Ons land is sinds die tijd veranderd. De economische waarde achter de dijken, maar ook het aantal bewoners van laaggelegen gebieden, is de afgelopen decennia aanzienlijk toegenomen. In onze delta leven vandaag de dag 9 miljoen Nederlanders beneden NAP. In dit gebied wordt 65% van het Bruto Nationaal Product verdiend. De ruimtelijke inrichting van ons land zal zich ook in de toekomst blijven ontwikkelen. Verder laten alle klimaatscenario's van het KNMI (2006) voor de komende decennia een stijging zien van zowel de zeespiegel als de rivierafvoeren en wordt gesproken van een Klimaatcrisis, waarbij voorspellingen van deze stijging nog steeds naar boven worden bijgesteld.

De Staatssecretaris van Verkeer en Waterstaat, mw drs M.H. Schultz van Haegen, concludeert naar aanleiding hiervan in de Voortgang verkenning Waterveiligheid 21e eeuw (dec. 2006): 'zowel de bedreiging vanuit de zee en de rivieren als de mogelijke gevolgen van overstromingen nemen toe. Een grootschalige overstroming kan in dit laaggelegen gebied én in het rivierengebied grote schade aanrichten en zal onze maatschappij voor langere tijd ontwrichten. Wat dit kan betekenen is wederom duidelijk geworden na de overstromingen in New Orleans en Oost-Europa. Het is een permanente opgave voor ons land om hier in de toekomst goed tegen beschermd te blijven'. Eind 2008 heeft het Ministerie van V&W de hoofdlijnen van het waterveiligheidsbeleid voor de 21e eeuw in een ontwerp Nationaal Waterplan gepresenteerd. Aanleiding voor het project Waterveiligheid 21e eeuw [WV21] van het Directoraat-Generaal Water (DG Water) van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat was de vraag of het huidige waterveiligheidsbeleid aan actualisering en modernisering toe was. In het synthesesdocument over de voortgang van het project WV21 [min. V&W, 2008] wordt geconstateerd dat naast het voorkomen van een overstroming ook de beperking van gevolgen en een goed georganiseerde rampenbeheersing voorwaarden zijn om een duurzaam bewoonbaar en veilig Nederland te realiseren. Het voorkomen van overstromingen (preventie) is de eerste en belangrijkste laag van het waterveiligheidsbeleid in drie lagen.

Modernisering van het preventiebeleid richt zich behalve op de veiligheidsnormering (type en hoogte) onder meer op het ontwikkelen en introduceren van nieuwe dijkconcepten. Als voorbeelden worden Deltadijken (robuuste of brede dijken), het toepassen van dijkdeuvels en het monitoren van de toestand van dijken genoemd. Ook wordt aandacht besteed aan het concept van overslagbestendige dijken. Ook wordt aangegeven dat na 2050 moet worden bekeken hoe moet worden omgegaan met de Oosterscheldekering.



### 2.1.2 Aandacht voor doorbraakvrije dijken

In het kader van het project WV21 is een quick scan [De dijk van de toekomst? Quick scan Doorbraakvrije dijken, Wim Silva en Emiel van Velzen, oktober 2008] uitgevoerd naar het concept van doorbraakvrije dijken. Wanneer het mogelijk is om een dijk te maken die praktisch niet kan doorbreken, worden immers catastrofale overstromingen uitgesloten. In de quick scan is gekeken of het concept van doorbraakvrije dijken realistisch is: welke aanpassingen vereist het doorbraakvrij maken van onze dijken, hoeveel ruimte is daarvoor nodig en hoe hoog zijn de kosten?

Er is gekeken naar dijken die direct bescherming bieden tegen overstroming vanuit zee, het IJsselmeer, het Markermeer en de grote rivieren. De toestand van de dijken rond 2015, wanneer volgens planning alle dijken op orde zijn, is als uitgangssituatie genomen en er is ook een doorkijk naar een planperiode van 50 jaar gegeven. In de studie is onder doorbraakvrij verstaan dat de kans op falen door piping of macro-instabiliteit binnenwaarts honderd keer zo klein is als volgens de huidige eisen. Als uitgangspunt is gekozen dat bij extreme omstandigheden wel golven over de dijk mogen slaan die enige wateroverlast veroorzaken.

Silva en Van Velzen concluderen dat de huidige dijken met relatief beperkte aanpassingen doorbraakvrij te maken zijn. De benodigde maatregelen bestaan uit het verflauwen van binnentaluds, het zorgen voor een goede grasbekleding en het aanbrengen van bermen van maximaal 20 meter breed en 1 meter extra verhoging.

Specifiek langs de kust, meren en estuaria zijn sterkere bekledingen op het buitentalud nodig. Het ruimtebeslag is hiermee relatief beperkt. Ook economisch gezien is het doorbraakvrij maken van dijken een realistische optie. In het rivierengebied en langs het IJsselmeer wegen de kosten op tegen de economische baten. Langs de zee zijn de kosten iets hoger dan de economische baten, maar het wegvallen van de kans op grote aantallen slachtoffers kan deze meerkosten acceptabel maken. In totaal kost het volgens Silva en van Velzen ca. 6,5 miljard om alle dijken langs de zee, de estuaria, de grote rivieren doorbraakvrij te maken. Als deze dijken bovendien klimaatbestendig gemaakt moeten worden, dan is een kleine 5 miljard euro extra nodig. Hierbij wordt aangenomen dat dijken langs de zee, estuaria en grote meren een halve meter extra hoogte moeten hebben om gedurende 50 jaar berekend te zijn op zeespiegelstijging en dat klimaatverandering in de bovenrivieren geen extra eisen stellen aan doorbraakvrije dijken.

De voorgestelde doorbraakvrije dijken langs de zee zijn goed in te passen in het landschap. In het rivierengebied en bij historische IJsselmeerdijken kunnen binnendijkse aanpassingen lastiger inpasbaar zijn. In de afgelopen jaren is in het rivierengebied gebleken dat met voldoende aandacht goede oplossingen gevonden worden. Buitendijkse aanpassingen kunnen eventueel een alternatief zijn. Volgens Silva en Van Velzen zijn 'superdijken' van honderd meter breed niet noodzakelijk om de kans op een overstroming vrijwel tot nul te reduceren. Dergelijke dijken kunnen volgens hen voor andere functies wel aantrekkelijk zijn.

### 2.1.3 Advies van de Deltacommissie 2008

De Deltacommissie presenteerde in de zomer van 2008 een advies voor duurzame ontwikkeling van de Nederlandse kust en het achterland voor de langere termijn 2100 en 2200 [Samen werken met water - Een land dat leeft, bouwt aan zijn toekomst]. De Deltacommissie gaat ervan uit dat de huidige veiligheidsnormen minstens met een factor 10 moeten worden verhoogd en noemt in haar rapport dat

**'te allen tijde vermeden moet worden dat door diepe bressen langdurig en met veel geweld grote hoeveelheden water kunnen binnenstromen' en beveelt hiervoor het concept van de 'Deltadijken' aan: dijken die door hun breedte, hoogte of interne constructie zo sterk zijn, dat een plotselinge onbeheersbare overstroming vrijwel uitgesloten is. De precieze uitvoering vereist plaatselijk maatwerk. Het kan in de vorm van een doorbraakbestendige dijk, in de vorm van een extra hoge dijk, een heel brede dijk, of een van binnen extra versterkte dijk (door het aanbrengen van damwanden)'.**

Het gaat er om de risico's (ofwel de kansen, ofwel de gevolgen of een combinatie van beide) op een (economisch) optimale manier te verminderen. Punt van aandacht is dat Deltadijken alleen dan effectief zijn, als er geen zwakke schakels in de dijkkring zijn. Wanneer infrastructuur in of op een dijk wordt ondergebracht, ontstaat echte ruimtewinst en ruimtelijke kwaliteit. In het advies wordt de Klimaatdijk als uitvloeisel van dit principe genoemd. Voor meer informatie en achtergronden met betrekking tot het advies zie ook [www.deltacommissie.com](http://www.deltacommissie.com).

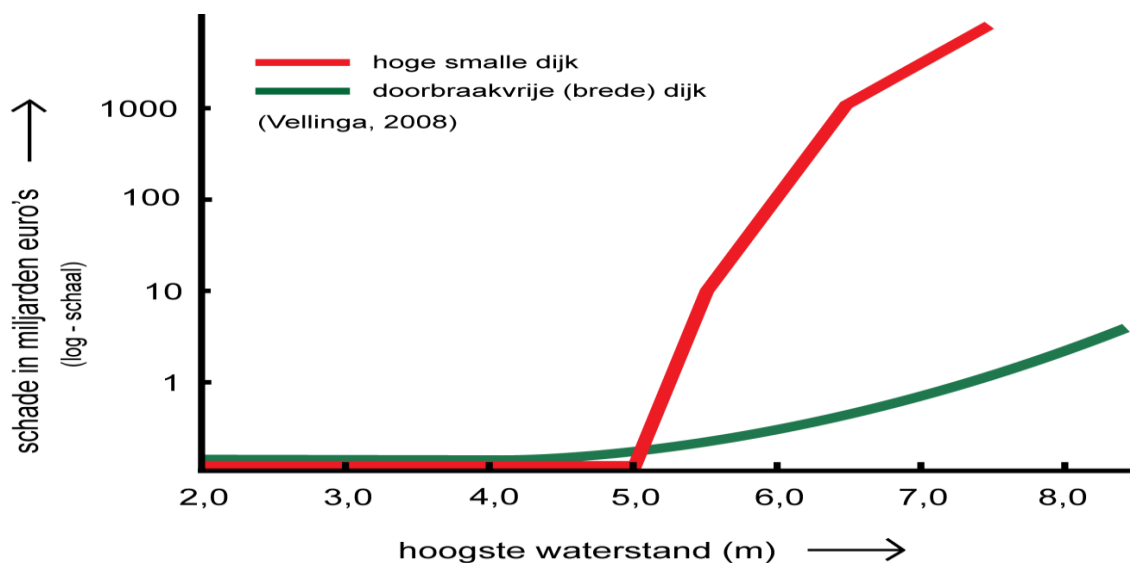


In een kritische beschouwing van het rapport van de Deltacommissie acht Vrijling (2008) een dergelijke verhoging van de huidige veiligheidsnorm wegens de toegenomen waarde van het achterland gerechtvaardigd. Hij stelt echter wel dat de formulering van de Deltacommissie ten aanzien van dit veiligheidsniveau nauwelijks een verandering behelst ten opzichte van de huidige stand van zaken. De eerste Deltacommissie (1960) ging immers uit van een ontwerppeil en een ramppeil, waarbij respectievelijk een herhalingskans van 1/10.000 en 1/125.000 per jaar hoorde. Volgens Vrijling bestempelt de nieuwe Deltacommissie in feite eerst deze 1/10.000 tot ramppeil, om de bijbehorende herhalingskans vervolgens met eerdergenoemde factor 10 te verhogen. Welbeschouwd valt dit dus te interpreteren als een verlaging met een factor 4/5 in plaats van een verhoging met een factor 10.

Deze kanttekening bij de formulering in het Deltarapport lijkt echter niets af te doen aan het heersende beeld dat een hoger veiligheidsniveau wenselijk is. In deze verkenning Klimaatdijk is er daarom vanuit worden gegaan dat een hoger veiligheidsniveau, op middellange termijn, wenselijk is.

#### 2.1.4 Voordelen doorbraakvrije dijken

Ook prof. Pier Vellinga gaat in zijn inaugurele rede aan de Wageningen Universiteit (2008) in op de voordelen van doorbraakvrije dijken. Vellinga constateert dat er drie concepten zijn voor het beschermen van Nederland tegen hoogwater en het omgaan met zoutindringing: 'aanvallend verdedigen': de zoute zee volledig buiten de deur houden, door een sterk hoog duin (of dijk, eventueel met eilanden) ver in zee, van Cadzand tot aan Borkum; verdedigen binnen de huidige contouren met 2 varianten: open en gesloten kust; 'selectief terugtrekken', waarbij de investeringen verschuiven naar hogere gronden.



Figuur 2.1 Tentatieve schadekromme voor smalle en brede dijk [Vellinga, 2008]

De Deltacommissie heeft gekozen voor het verdedigen tegen hoog-water binnen de huidige contouren. Deze variant biedt een hogere milieu- en natuurkwaliteit en biedt op lange termijn, als de zeespiegel verder stijgt en de rivier meer afvoert, meer perspectief en flexibiliteit. Met de keuze voor de open variant kunnen we volgens Vellinga de bescherming tegen stormvloed en hoge rivierafvoer op vier verschillende manieren vormgeven:

grote Dijkringen; zoals nu met hogere dijken en duinen;  
kleine Dijkringen / verdere compartimentering van Nederland  
wonen en werken op terpen; Nederland ophogen;  
doorbraakvrije dijken, bijvoorbeeld bredere en daardoor veel sterkere dijken op huidige hoogte.





Als voordelen van de 'Doorbraakvrije Dijken' noemt Vellinga (2008):  
 brengt het aantal slachtoffers in geval van overstroming sterk terug en de schade bij overstroming is veel kleiner dan bij een dijkdoorbraak: een overstroming geeft een tijdelijk probleem van wateroverlast (zie figuur 2.1);  
 uitvoering is technisch goed mogelijk en vraagt minder ruimte en geld dan compartimentering of een selectieve ophoging van het land en biedt meer veiligheid;  
 In geval van uitvoering als brede dijk biedt het nieuwe planologische mogelijkheden en financieringsmogelijkheden.  
 Een nadeel is dat het veel tijd en bestuurlijke kracht kost om dit beleid door te voeren.

### 2.1.5 Andere studies en ideeën

Ook in het kader van WINN, een innovatieprogramma van RWS, wordt onderzoek verricht naar nieuwe, innovatieve oplossingen voor problemen die met waterbeheer te maken hebben, bijvoorbeeld naar een manier om dijken te verstevigen zonder extra ruimte te gebruiken, maar ook naar ideeën om waterbouw met natuurontwikkeling te combineren. Er wordt geëxperimenteerd met het gebruik van de ruimte buiten de dijken, met nieuwe manieren om baggerslib te benutten, met kustversteviging en met energiewinning uit water.

Eind 2008 is op initiatief van DG Water en de (Besluit Subsidies Investerings Kennisinfrastructuur (BSIK-)onderzoeksprogramma's 'Klimaat voor Ruimte' en 'Leven met Water' (zie bijlage 1), de haalbaarheidsstudie 'Aandacht voor Veiligheid' van Jeroen Aerts, Ton Sprong en Bert Bannink (2008) verschenen. De studie gaat over de veiligheid van Nederland ten aanzien van overstromingen, klimaatverandering en de inrichting van Nederland op de lange termijn [2040, 2100 en de verre toekomst].

De ontwikkeling van waterveiligheid op de lange termijn is complex en is afhankelijk van een aantal factoren die elk zijn omgeven met een grote onzekerheid o.a. met betrekking tot de effecten als gevolg van klimaatverandering. Het ontwikkelen van mogelijke oplossingsrichtingen voor waterveiligheid is ook ingewikkeld omdat ze nauw zijn verweven met de ruimtelijke inrichting (locatiekeuze, inrichting en bouwwijze). Ruimte voor oplossingsrichtingen is schaars in Nederland en die schaarste zal de komende decennia alleen nog maar toenemen.

In het rapport worden als bestaande ideeën mbt oplossingsrichtingen opgesomd:

**Business as Usual (BAU):** deze oplossingsrichtingen gaan uit van extra 'beschermen' door het beperken van overstromingskansen door waterkeringen als dijken en duinen. De studie laat zien dat technisch gezien BAU ook mogelijk is onder extreme zeespiegelstijging (150 cm/eeuw), maar dat er grote uitdagingen zijn tegen vaak hoge kosten.

**Ruimte voor Water:** water is sturend en ruimtelijke maatregelen zoals rivierverruiming krijgen voorrang. Maatregelen als een brede overstroombare dijk worden genoemd.

**Terugtrekken:** verspreid over enkele honderden jaren kan als niet meer wordt geïnvesteerd in waterkeringen en niet meer gebouwd wordt beneden +5 m NAP lijn een strategische terugtrekking plaatsvinden van de lagere gronden (waarbij de Randstad behouden blijft).

**Tweede kustlijn:** er wordt voor de gehele kust een dijk gevormd als nieuwe kustverdediging.

**Rivieren:** door het zoveel mogelijk vrijhouden van het rivierengebied kan tijdelijk water worden geborgen.

**Eilanden & brede kust:** Kustverbreding en eilanden voor de kust hebben als voornaamste doel de veiligheid te waarborgen en de ruimtedruk van de Randstad te verminderen.

Aerts et al hebben gekeken naar twee oplossingsrichtingen. Enerzijds naar een Business as Usual (BAU) oplossingsrichting die zich richt op het handhaven van de huidige kans op overstromingen. Anderzijds is een ruimtelijke ordeningsvariant ontwikkeld, Nederland Omhoog, die enkel als doel heeft de potentiële gevolgschade van een overstroming te beperken. De oplossingsrichting Nederland Omhoog gaat uit van het idee om met lokaal gewonnen zand en zand uit de Noordzee, locaties voor nieuwe stadswijken en industriegebieden in laag Nederland op te hogen tot een veilige hoogte van +5 m boven het NAP. Ook is gekeken naar een combinatieoplossingsrichting 'Randstad Veilig' waarin rondom de Randstad superdijken worden ontwikkeld over een periode van ongeveer 100 jaar. Dit gebeurt door een combinatie van het ophogen van nieuwbouw en het (in de loop der jaren) verbinden van opgehoogde wijken tot superdijken. Volgens de studie levert dijkversterking de hoogste reductie op in het schaderisico (bij de in de studie gehanteerde scenario's).



Verder zijn de afgelopen periode diverse prijsvragen uitgezet die tot nieuwe ideeën hebben geleid. Zo heeft de prijsvraag die door Rijkswaterstaat was uitgezet voor een nieuwe, klimaatbestendige Afsluitdijk tot een aantal interessante concepten geleid waarin o.a. natuurontwikkeling met veiligheid wordt gecombineerd. Door verschillende waterschappen worden op dit moment oriënterende studies gedaan. In Flevoland wordt onderzocht wat de (on)mogelijkheden van een Superdijk zijn. Waterschap Rivierenland onderzoekt alternatieven voor dijkversterking in het kader van een MER dijkversterking. De Doorbraakvrije dijk bij Keent is een proef op initiatief van de provincie Noord-Brabant in het kader van een MER dijkversterking. De Overslagproef is een initiatief van Project Zeeweringen (in samenwerking RWS Zeeland, WZE en WZV). De IJkdijk is een initiatief van Stichting IJkdijk (ws Hunze en Aa's, TNO, Geodelft en andere partijen).

## 2.2 Wat is de Klimaatdijk?

Er wordt op dit moment veel geïnvesteerd om de kansen op overstromingen te beperken. Belangrijke programma's daarvoor zijn bijvoorbeeld het Hoog Water Beschermingsprogramma, PKB Ruimte voor de Rivier en Zwakke Schakels aan de kust. Toch lijkt er bij versnelde zeespiegelstijging en piekafvoeren van rivieren meer nodig om ook in de toekomst klimaatbestendig te blijven. Er wordt dan ook gezocht naar nieuwe vormen van klimaatbestendige hoogwaterbescherming, ideeën en/of initiatieven hiervoor zijn bijvoorbeeld deltadijken, brede dijken, doorbraakvrije dijken, terpendijken, superdijken, etc. De Klimaatdijk is ook zo'n veelbelovend initiatief voor een duurzame, toekomstgerichte beschermingsstrategie.

De Klimaatdijk is een verzamelterm van inrichtingsvormen waarbij de waterkering zo robuust is dat deze niet doorbreekt, ook als de Klimaatdijk zou overstromen. De Klimaatdijk biedt dus blijvende veiligheid, ook als het klimaat in de toekomst verder verandert.

Een Klimaatdijk bestaat uit een multifunctionele, robuuste beschermingszone die past in haar omgeving (zie afbeelding 2.2). De Klimaatdijk kan verschillende verschijningsvormen aannemen, zoals brede dijken, terpen, overslagbestendige dijken en tal van innovatieve oplossingen. Ook combinaties daarvan met een meer gangbare waterkering behoren daartoe.

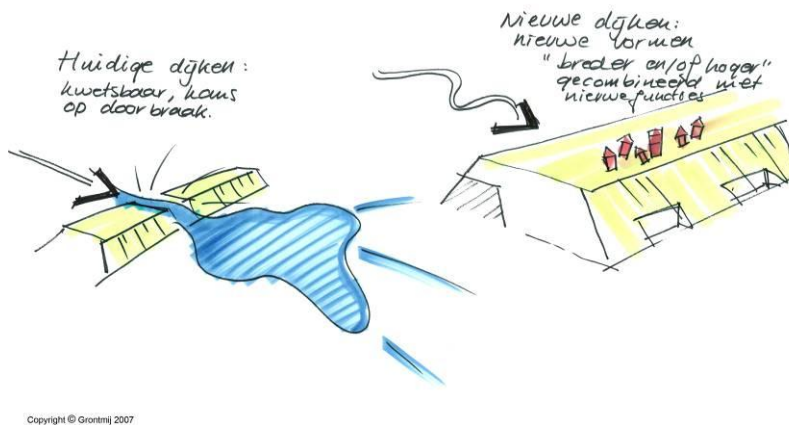
In de Leidraad Rivieren [min. V&W, 2007] wordt de volgende definitie voor robuust ontwerpen van een dijk of rivierverruimende maatregel gebruikt: 'Goed (robuust) ontwerpen betekent: in het ontwerp rekening houden met toekomstige ontwikkelingen en onzekerheden, zodat het uitgevoerde ontwerp tijdens de planperiode blijft functioneren zonder dat ingrijpende en kostbare aanpassingen noodzakelijk zijn, en dat het ontwerp uitbreidbaar is indien dat economisch verantwoord is'.



Afbeelding 2.2 Schematische weergave van de Klimaatdijk



In het dichtbebouwde en –bevolkte Nederland lijkt zo'n tot medegebruik uitnodigende Klimaatdijk een aantrekkelijke, duurzame en toekomstgerichte manier om ons land tegen overstroming te beschermen. De Klimaatdijk is geen blauwdruk, maar maatwerk. Het is een oplossingsrichting die afgestemd kan worden op de plaatselijke randvoorwaarden. Die afstemming kan bijdragen aan draagvlak bij lokaal bestuur en burgers en daarmee ook voor innovatie in het dijkdenken. In deze paragraaf zijn een aantal afbeeldingen van mogelijke vormen en voorkomens van een Klimaatdijk opgenomen.

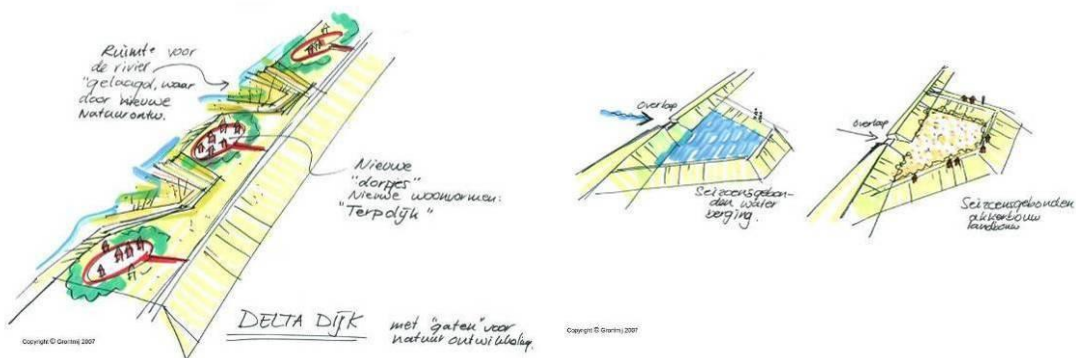


**Afbeelding 2.3 Huidige en 'nieuwe' Klimaatdijken**

Vanuit de veiligheidsbenadering kan onderscheid worden gemaakt in een seriesysteem en een parallelsysteem.

Bij een seriesysteem is sprake van een enkelvoudig systeem in de vorm van één ketting als verdedigingslinie, waarbij door het falen van één schakel (een dijkvak of een kunstwerk) het hele systeem faalt. Voorbeelden van een seriesysteem zijn: brede dijken, terpen verbonden door dijken, overslagbestendige dijken en doorbraakvrije dijken [Da Silva, 2008].

Bij een parallelsysteem is er sprake van een meervoudig systeem, waarbij het falen van één schakel in de primaire ketting niet direct tot falen van het totale systeem leidt. Daarbij leveren dus allebei de kettingen een bepaalde bijdrage aan de veiligheid van het totale systeem. Voorbeelden van een parallelsysteem zijn dubbele dijken (dijk met voor- of achterliggende kering) of een 'derde dijk' welke parallel aan de zomer- en winterdijk ligt.



**Afbeelding 2.4 Mogelijke vormen van Klimaatdijken**

Ook nu al zijn er bestaande keringen die vanwege de dimensies of constructie als Klimaatdijk kunnen worden betiteld. Voorbeelden daarvan zijn over-gedimensioneerde dijken (bijvoorbeeld als gevolg van snelweg op de kruin) of dijken met een hoog en breed voorland of achterland. Een ander voorbeeld zijn combinaties van een grondlichaam met een harde constructie of een innovatieve constructie,

zoals dijken met terpen of dijken met een stabiliteitscherm en cement-grond-kolommen (Mixed-in-Place).

In deze verkenning is vooral gekeken naar de kansen voor de Klimaatdijk m.b.t. primaire waterkeringen (categorie A en B). Vanuit de gevolgenkant zijn er echter argumenten om ook naar de kansen van de Klimaatdijk m.b.t. de regionale keringen te kijken.

Primaire waterkeringen worden onderverdeeld in 3 categorieën:

- categorie A; Direct buitenwater kerende keringen
- categorie B; Direct waterkerende dijkringverbindende keringen
- categorie C; Indirect waterkerende keringen.

De primaire waterkeringen zijn meestal gedimensioneerd op de bestaande wettelijke overschrijdingskans van de waterstand. De Klimaatdijk is een basisdijk die zo robuust is en zoveel flexibiliteit in ruimtelijke zin kent, dat deze niet alleen nu, maar ook in de toekomst voldoet aan die wettelijk gestelde richtlijnen. Vanwege deze overdimensionering is er ruimte om de dijk naast primaire waterkering ook te gebruiken voor andere doeleinden. Bijvoorbeeld om op of in te bouwen, wegen op of onder de dijk aan te leggen, of voor functies zoals recreatie, natuur of landbouw.

In feite zijn de bestaande primaire waterkeringen van Categorie B en C onderdeel van een parallelsysteem. Immers deze moeten in combinatie met de Categorie A keringen de veiligheid van de dijkringgebieden waarborgen.



**Afbeelding 2.5** Mogelijke vormen van Klimaatdijken

### 2.3 De Klimaatdijk als integrale maatregel om overstromingsrisico's te beperken

Uitgangspunt bij de bepaling van de huidige veiligheidsnormen is een risicobenadering. Het risico wordt gedefinieerd als het product van kans en gevolg (kans x gevolg). Bij de veiligheidsnormen wordt dus naast de kans op een overstroming ook rekening gehouden met de gevolgen van dijkdoorbraken. Aan een gebied waar minder mensen wonen en met minder economische activiteiten wordt een andere veiligheidsnorm toegekend dan in een hoog verstedelijkt gebied met veel economische waarde. In Bijlage 2 staan de veiligheidsnormen per dijkringgebied aangegeven.

Om het overstromingsrisico goed te kunnen beoordelen is een integrale aanpak nodig, die uitgaat van kansen en gevolgen en de in het te beschermen gebied aanwezige functies en waarden. Het is echter erg moeilijk om de absolute overstromingskans te berekenen vanwege onzekerheden in de rekenmethodiek. Wel kan het relatieve effect van maatregelen op de kans op overstroming worden bepaald. De huidige benadering gaat uit van de wettelijk vastgestelde kans op overschrijding van een waterstand, maar zal naar het zich laat aanzien binnen een aantal jaren moeten worden geijkt c.q. bijgesteld op basis van de kans op overstroming van de te beschermen gebieden. De Deltacommissie (2008) adviseert om de kans op overstroming minstens met een factor 10 te verminderen ten opzichte van de huidige veiligheidsnormen.

De inrichting van een gebied is sterk bepalend voor de gevolgen. Voor slachtoffers zijn er op dit moment nog geen criteria. Voor het plaatsgebonden risico (soms ook wel individueel risico genoemd) kan worden aangesloten bij de systematiek van externe veiligheid. Dit betreft eisen voor de gevolgen van ongevallen bij industrie, transport en opslag van gevaarlijke stoffen, treinemplacementen en luchtverkeer. In het rapport van de Deltacommissie (2008) wordt daarvoor een waarde van 1 miljoenste ( $10^{-6}$ ) genoemd. Voor het groepsrisico zijn er (nog) geen criteria. Gedurende de afgelopen tijd is het accent vooral op de kans komen te liggen en lijkt er minder aandacht voor de gevolgen.

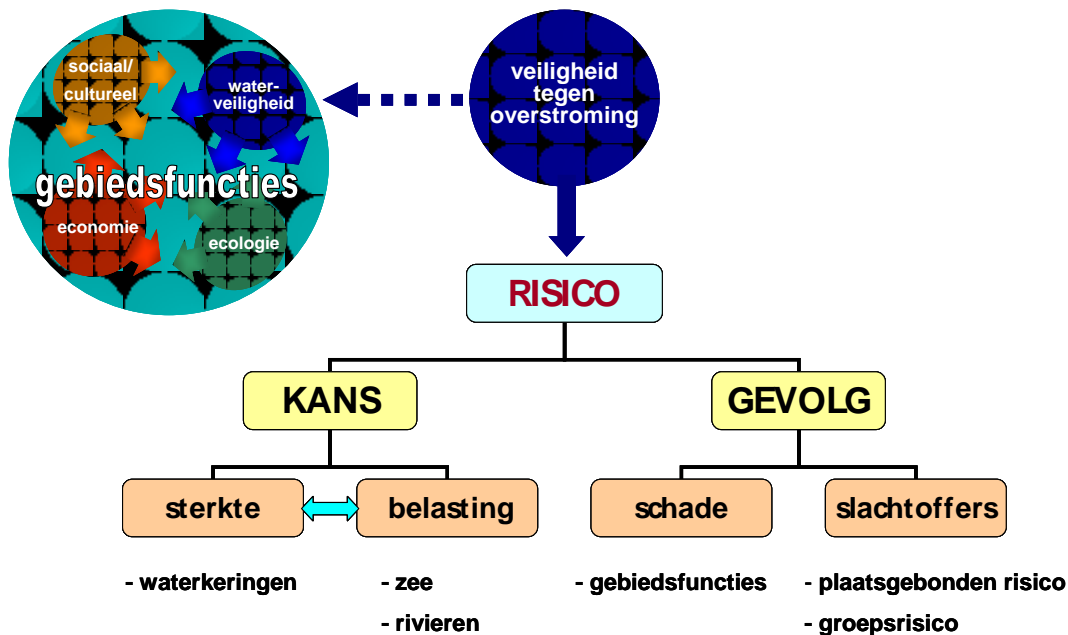


In het Europese Interreg-project Climate Proof Areas wordt in de pilot Schouwen-Duiveland op een integrale wijze gekeken naar de kansen en de gevolgen voor alle in het gebied te beschermen functies en waarden. In afbeelding 2.6 is dat schematisch weergegeven.

Waterveiligheid wordt niet meer apart maar als één van de gebiedsfuncties naast de economische, ecologische en sociaal-culturele functies gezien. Daarmee komt een verbinding met de ruimtelijke ordening tot stand. Door het maken van een afwegingskader - bijvoorbeeld in de vorm van een klimaattoets - ontstaat de mogelijkheid om verschillende inrichtingsvarianten en oplossingen, waaronder de Klimaatdijk, vanuit een breed perspectief te beoordelen beter met elkaar te vergelijken.

Een Klimaatdijk heeft, afhankelijk van de uitwerking, een effect op zowel de kans (sterke en belasting) als op de gevolgen (schade en slachtoffers).

Robuuste Klimaatdijken reduceren de kans op een overstroming en daarmee op doorbraak via minimalisering van de kans op golfoverslag, piping en afschuiving, waardoor enkel overloop als dominant faalmechanisme overblijft (zie paragraaf 3.3). Bovendien kunnen aan de gevolgenkant bij toepassing van parallelsystemen en veiligheidszones ook de schade en slachtoffers worden beperkt. Ook kan de Klimaatdijk functies voor wonen (boven NAP) en infrastructuur vervullen, en daarmee de gevolgen van overstroming beperken. Bij mogelijke overstroming kan de Klimaatdijk verder een tijdelijke uitwijkplaats voor de bewoners van het omliggende lager gelegen gebied vormen. De Klimaatdijk biedt dus mogelijkheden voor risicoreductie aan zowel de kans- als aan de gevolgenkant. Een ketting is echter zo sterk als de zwakste schakel. Het risico in een dijkkring wordt pas gereduceerd wanneer de dijkkring is omsloten door waterkeringen van eenzelfde hoog veiligheidsniveau. Dit zou waterbeheerders er echter niet van moeten weerhouden om alvast na te denken over de aanleg van robuuste, klimaatbestendige dijken op plaatsen waar dat kan, zodat die mogelijk in de toekomst uitgebreid kunnen worden tot de gehele dijkkring.



Figuur 2.6 Overstromingsrisico in gebiedsgerichte aanpak (Schelfhout, 2008)

#### 2.4 Rol Klimaatdijk in organisatie rampenbeheersing

Eind 2008 heeft het Ministerie van V&W de hoofdlijnen van het waterveiligheidsbeleid voor de 21e eeuw in een ontwerp Nationaal Waterplan gepresenteerd. In het synthesedocument over de voortgang van het project WV21 [min. V&W, 2008] wordt geconstateerd dat naast het voorkomen van een overstroming ook de beperking van gevolgen en een goed georganiseerde rampenbeheersing voorwaarden zijn om een duurzaam bewoonbaar en veilig Nederland te realiseren. Het voorkomen



van overstromingen (preventie) is de eerste en belangrijkste laag van het waterveiligheidsbeleid in drie lagen.

De Klimaatdijk is primair gericht op het voorkomen van doorbraken, maar sluit overstroming en daarmee wateroverlast niet uit. Een Klimaatdijk kan zoals genoemd bij overstroming een tijdelijke uitwijkplaats vormen voor bewoners van het omliggend lager gelegen gebied. Voor een Klimaatdijk die daadwerkelijk zo robuust is dat doorbraak uitgesloten is, zou geen rampenbeheersing nodig zijn, maar ook in het geval van rampen kan een aaneengesloten stelsel van robuuste waterkering een goede basis vormen voor de infrastructuur die nodig is voor de organisatie van rampenbeheersing.





### 3. Aspecten m.b.t. het toepassen van Klimaatdijken

#### 3.1 Inleiding

Of een Klimaatdijk op een bepaalde plek haalbaar, toepasbaar en wenselijk is, is afhankelijk van een groot aantal, vaak plaatsgebonden aspecten. In dit hoofdstuk worden deze aspecten beschouwd voor de huidige situatie en de situatie voor de Klimaatdijk. Achtereenvolgens worden tijdshorizon, technische eisen in relatie tot faalmechanismen, veiligheidsnormen, toetsen, ontwerpen, ruimtelijke inpassing, beheer en onderhoud, gebruiksmogelijkheden, landschap, natuur, cultuurhistorie, kosten en baten, bestuurlijke aspecten, maatschappelijke aspecten, wet- en regelgeving en verzekerbaarheid behandeld.

#### 3.2 Tijdshorizon

##### Huidige situatie

Momenteel is de tijdshorizon voor de technische aspecten van de aanleg van dijken ca. 50 tot 100 jaar. Vervolgens wordt elke 5 jaar getoetst of de dijken nog voldoen aan het wettelijk vastgestelde veiligheidsniveau. Indien de dijken niet meer voldoen aan dit niveau, wordt per direct een herstel- en verbeteringstraject in gang gezet. Hierdoor hebben de resultaten van de 5-jaarlijkse toetsingsronde een grote rol in de agenda van de waterschappen, en lijkt het soms dat er minder aandacht is voor de langere termijn dan voor urgente herstelwerkzaamheden.

De vastgestelde veiligheidsniveaus, maximaal optredende en toelaatbare golfhoogte, waterstanden en daaruit afgeleide normeringen zijn voornamelijk gebaseerd op statistische berekeningen en extrapolaties van meetresultaten uit het verleden. Nieuwe kennis en inzichten kunnen tot veranderingen in de normen leiden, en daarmee tot nieuwe herstel- en verbeteringstrajecten (ook als deze net zijn uitgevoerd). Ten behoeve van (mogelijk) toekomstige dijk aanpassingen, worden sociaaleconomische initiatieven en ontwikkelingen in de dijkzone zo beperkt mogelijk toegelaten. Overigens wordt momenteel bij dijkversterkingen al met een zichthorizon van 12 jaar extra gewerkt en wordt ook gekeken of de dijkversterkingplannen een latere dijkversterking niet bemoeilijken.

##### Klimaatdijk

Klimaatverandering is een langdurig proces en dit geeft ons enige tijd om ons aan de verwachte effecten aan te passen. De realisering van de Klimaatdijk mag daarom enkele decennia duren of in de tijd meegroeien en is gericht op de (onzekerheden in de) veranderingen in de komende 100 tot 200 jaar, met daarin aandacht voor de in de klimaatscenario geschetste extremen. De uitdaging is om voor de korte termijn flexibele oplossingen te vinden die voldoen aan het vigerende veiligheidsbeleid en die sporen met de ruimtelijke ontwikkelingsplannen en voor de langere termijn robuust en duurzaam zijn. Dat geldt overigens ook voor de belangenafweging bij MER-procedures voor dijkversterkingplannen.

De Klimaatdijk moet (op den duur) zo robuust zijn, dat nieuwe inzichten, rekenmethoden of verwachtingen niet tot nieuwe aanpassingen leiden. Voor de Klimaatdijk zijn (net als voor de huidige dijken en dijkversterkingprogramma's) verschillende tijdshorizonnen van belang. Zo geldt voor bestemmings- en structuurplannen een planperiode van 5 tot 20 jaar. Voor de beoordeling van de actuele veiligheid worden de bestaande waterkeringen elke 5 jaar getoetst, terwijl voor dijkontwerpen wordt uitgegaan van een planperiode van 50 jaar of 100 jaar met peilstijgingen op basis van gemiddelde klimaatscenario's. De regelgeving op dat punt is al in beweging. Zo wordt bij dijkversterkingen al met een zichthorizon van 12 jaar extra gewerkt en wordt ook gekeken of de dijkversterkingplannen een latere dijkversterking niet bemoeilijken.

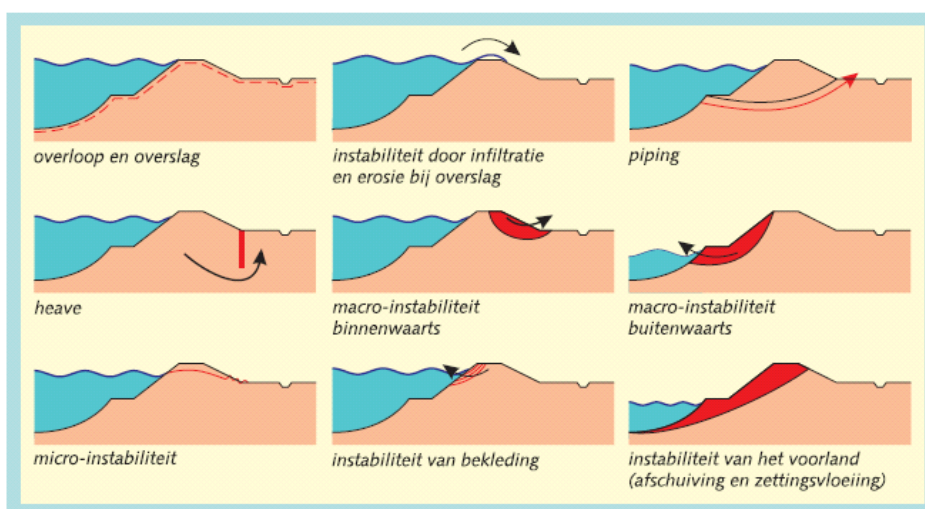
Een dijk die robuust genoeg is om tientallen decennia mee te gaan (zonder aanpassingen) - en waarbij het risico op afkeuring beperkt is tot een grotere overslag in plaats van een verhoogd doorbraakrisico - biedt betere perspectieven op het combineren van de veiligheidsfunctie met andere functies, en daarmee voor investeringen. Voor investeringen (door bedrijfsleven, ten behoeve van bewoning of voor infrastructuur) is de langere tijdshorizon van de Klimaatdijk een belangrijk aspect.



### 3.3 Technische eisen in relatie tot faalmechanismen

In 'Voorschrift Toetsen op Veiligheid VTV-2006' [Ministerie van V&W, 2006] staan de volgende faalmechanismen voor dijken beschreven:

overloop en golfoverslag;  
 instabiliteit door infiltratie en erosie bij golfoverslag;  
 piping;  
 heave;  
 macro-instabiliteit binnenwaarts;  
 macro-instabiliteit buitenwaarts;  
 micro-instabiliteit;  
 instabiliteit van bekleding;  
 instabiliteit van het voorland.



**Afbeelding 3.1 Faalmechanismen van dijken (bron: VTV)**

Een aparte categorie vormt het falen van de dijk als gevolg van verstoringzones door de aanwezigheid van Kunstwerken en constructies niet-waterkerende objecten in de invloedssfeer van de dijk. De belangrijkste categorieën van niet-waterkerende objecten, die een nadelige invloed kunnen uitoefenen op de waterkerende functie, zijn bebouwing, begroeiing en pijpleidingen. Op deze categorie wordt in bijlage 4 verder ingegaan. Hierna volgt een korte beschrijving van de faalmechanismen van dijken. De huidige ontwerpmethoden gaan nog uit van een afzonderlijke beoordeling van de faalmechanismen, waarbij voor enkele faalmechanismen (m.n. overloop/golfoverslag en afschuiving) rekening wordt gehouden met lengte-effecten. In bijlage 4 worden de faalmechanismen van huidige dijken t.o.v. de Klimaatdijk uitgebreid beschreven. De per faalmechanisme geldende veiligheidseisen en -criteria zijn te vinden in de verschillende leidraden en voorschriften (voor overzicht zie bijlage 6).



**Afbeelding 3.2 Golfoverslag (bron: VTV)**



### 3.3.1 Overloop en golfoverslag

De kruin van de dijk moet in eerste instantie hoog genoeg zijn om overloop te voorkomen; dit is de situatie dat de maatgevende waterstand boven de kruin uitstijgt. In tweede instantie is golfoverslag van belang, waarbij de waterkering faalt door een te groot overslagdebiet. Dit overslagdebiet kan leiden tot falen van de waterkering door het bezwijken van de bekleding op de kruin en/of het binnentalud of door een onbeheersbare situatie achter de kering als gevolg van te groot waterbezwaar.

#### Huidige situatie

Bij de bepaling van de minimaal vereiste kruinhoogte van dijken wordt een beperkt overslagdebiet toegestaan. Uit recente overslagproeven is gebleken dat bij een gesloten grasmat zonder obstakels (afrasteringen etc.) op het binnentalud van een zeedijk, 30 l/s/m haalbaar is. Als de golfoverslag substantieel hoger wordt, wordt de kans groot geacht dat de bekleding begint te bezwijken. Indien de waakhogte voor overslag kleiner is dan 0,50 m wordt i.v.m. onzekerheden en bereikbaarheid van de kruin een minimum waakhogte van 0,50 m t.o.v. het ontwerppeil aangehouden. Overloop is dan het dominante faalmechanisme. Bij overloop is de stroomsnelheid van het over de dijk stromende water bepalend. In de Leidraad Rivieren (zie bijlage 6) wordt i.v.m. onzekerheden in de rivierafvoer de waakhogte verhoogd met een robuustheidstoets van 30 cm. Het is van vitaal belang dat de kruin hoog genoeg is en de bekleding op de kruin en het binnentalud voldoet en in goede staat van onderhoud verkeert.

De sterkte van een dijk wordt in hoge mate bepaald door de erosiebestendigheid van de bekleding. Wanneer stroming, golfaanval of golfoverslag niet leiden tot erosie, zal er in de regel geen probleem optreden. Doordat erosie zeer ernstige gevolgen kan hebben voor hoge smalle dijken, is het optreden ervan iets dat binnen het hedendaagse veiligheidsbeleid ten allen tijde voorkomen moet worden. In de praktijk worden de dijken momenteel meestal bedekt door grasland met bijvoorbeeld beweiding door schapen, of een steenbekleding dan wel bestrating, zoals zetsteen, stort-/breuksteen, basalt(on) of asfalt. Er zijn ook innovatieve methoden zoals gewapend gras (kunststof weefsels) en elastocoast (verkitte stortsteen).

In de huidige ontwerp praktijk wordt gebruik gemaakt van de overbelastingsbenadering, waarbij de kans op overschrijding van het toegestane overslagdebiet gelijk wordt gesteld aan de veiligheidsnorm. Hierbij wordt in de regel de norm op een dijkvak gelegd. Uitzondering daarop is het benedenrivierengebied, waarbij de norm op de dijkkring wordt gelegd. De kans op overbelasting van de dijkkring is, afhankelijk van de bedreiging, de lengte van de dijkkring, de dijkprofielen en het overslagcriterium, een factor 2 tot 10 groter dan de kans op overbelasting van een dijkvak.

#### Klimaatdijk

Over een brede en doorbraakvrije Klimaatdijk zullen de nadelige gevolgen van golfoverslag substantieel minder zijn. Er kan een grotere overslag worden geaccepteerd, waardoor de dijk ook een beperktere hoogte zou kunnen hebben. Golfoverslag kan de dijkbekleding aantasten, maar beschadigingen zullen beperkt blijven tot de kruin en een kleine zone aan het binnentalud van het dijklichaam. Bij een brede dijk zal het geen doorbraak tot gevolg hebben. Herstelkosten aan de dijk zullen dan ook lager zijn dan wanneer de overslag tot een doorbraak geleid zou hebben. Water dat als gevolg van overslag van een dijk in het achtergelegen gebied terecht komt leidt tot (relatief beperkte) wateroverlast. De (financiële) consequenties van wateroverlast zijn beduidend lager dan die van een overstroming. Bij een (multifunctionele) Klimaatdijk is de bereikbaarheid van de kruin ingeval van calamiteiten bij hoogwater wel een aandachtspunt.

Ook bij een Klimaatdijk is het onwenselijk dat erosie optreedt aan het buiten- of binnentalud van de dijk. Door het toestaan van meer overslag wordt de golfbelasting aan de binnenzijde en daarmee de kans op falen van de bekleding groter. In de quick scan doorbraakvrije dijken (Silva en van Velzen, 2008) is geconcludeerd dat daardoor de bekledingen 15 tot 25% zwaarder moeten worden ontworpen en tot een hoger niveau moeten worden aangebracht. Doordat de consequenties van erosie van een Klimaatdijk voor het achterland minder ernstig zullen zijn dan voor een reguliere dijk, maakt dit de weg vrij voor meer gebruiksmogelijkheden van de taludhelling alsmede voor het beoordelen van de effectiviteit van innovatieve maatregelen tegen erosie.



### 3.3.2 Instabiliteit door infiltratie en erosie bij golfoverslag

#### Huidige situatie

Bij overslag zal water infiltreren in de toplaag van het binnentalud. Hierdoor kan een verzadigde infiltratiezone ontstaan, waarin de korrelspanningen laag zijn en daarmee ook de weerstand tegen afschuiven; tegelijkertijd zijn het volumegewicht en daarmee de aandrijvende kracht hoog. Beide effecten hebben een negatieve invloed op de stabiliteit van de toplaag, die zich het eerst zal manifesteren door vervormingen en scheuren evenwijdig aan de kruin. Overslagwater kan leiden tot erosie van het binnentalud; scheurvorming zal dit proces bevorderen.

#### Klimaatdijk

Bij een brede Klimaatdijk zal het faalmechanisme infiltratie, indien er na falen door infiltratie nog voldoende restbreedte van de kruin aanwezig is, geen wezenlijke bijdrage meer leveren aan het falen van de waterkering. De minimaal benodigde restbreedte moet nog wel, in combinatie met falen van het restprofiel, nader worden bepaald. Voor het ontwerp van de kruinhoogte zal ook de overstap worden gemaakt van een overbelastingsbenadering naar een faalkansbenadering, die rekening houdt met lengte-effecten en onzekerheden in de hydraulische randvoorwaarden, de breedte van de dijk en de sterkte van de bekleding. In afwachting daarvan zullen voorlopig robuuste ontwerpuitgangspunten voor Klimaatdijken moeten worden bepaald. Ook de verdeling van de faalkansruimte van de faalmechanismen over de dijkkring speelt daarbij een rol.

### 3.3.3 Piping en heave

Stabiliteitverlies door piping kan ontstaan wanneer teveel gronddeeltjes uit de onderliggende grondlagen worden meegevoerd door een kwelstroom bij (langdurige) hoge buitenwaterstanden. De interne erosie wordt zichtbaar aan de binnenzijde van de dijk, doordat in sloten of op het maaiveld met het opwellende water zand wordt meegevoerd. Dit proces wordt ook wel 'zandmeevoerende wellen' genoemd.

Onder heave wordt het ontstaan van drijfzand bij verticaal uittredend grondwater verstaan. Heave kan optreden in situaties, waarbij een geconcentreerde verticale kwelstroming optreedt, bijvoorbeeld achter een kwelscherm aan de binnenzijde van de dijk.

#### Huidige situatie

Piping is mede afhankelijk van de weerstand tegen opbarsten. Opbarsten treedt op bij de aanwezigheid van slappe ondergrond, waarbij de opwaartse druk onder het slappe lagenpakket zodanig toeneemt dat dit niet meer gecompenseerd kan worden door het eigen gewicht van de slappe lagen. In de huidige veiligheidsfilosofie wordt er van uitgegaan dat de kans op opbarsten voldoende klein is als het gewicht van de slappe lagen een factor 1,2 maal zo groot is als de waterdruk onder deze lagen. De veiligheid tegen piping wordt uitgedrukt in de kwelweglengte, dit is een functie van het verval over de kering (buitenwaterstand minus polderpeil) en de eigenschappen van de ondergrond. Indien niet aan de benodigde kwelweglengte wordt voldaan is een pipingberm en/of een verticaal scherm nodig. Indien mogelijk kan ook worden gekozen voor een horizontale voorziening aan de buitenzijde in de vorm van een afdekkende kleilaag op het voorland.

#### Klimaatdijk

De kans op piping bij Klimaatdijken is sterk afhankelijk van de vorm die de Klimaatdijk in een bepaalde situatie heeft (doorbraakvrij, breed). Ook voor de huidige situatie is de kans op piping lastig in te schatten. In het kader van het project VNK (Veiligheid van Nederland in Kaart) wordt de kans op piping nader onderzocht. In de RBSO-studie (Rampenbeheersingsstrategie Overstromingen Rijn en Maas) is op basis van globale analyses gesteld dat een verhoging van de buitenwaterstand van 0,5 m zal leiden tot een 10 maal hogere kans op piping.

In de quick scan doorbraakvrije dijken is uitgegaan van een factor 100 kleinere kans op piping/opbarsten. Deze kans is verdisconteerd door een combinatie van een extra peilverhoging van 50 cm (dit is ongeveer de decimeringshoogte, waarbij de kans op de bijbehorende waterstand is een factor 10 kleiner dan de veiligheidsnorm) met een aangepaste berm. Bij een planperiode van 50 jaar is dan een 10 m langere en 1 m hogere binnenberm nodig dan voor een traditionele dijk. Bij een aantal verschijningsvormen van de Klimaatdijk (brede dijken) kunnen deze aangepaste bermhoogtes en lengtes inherent onderdeel uitmaken van het dijklichaam.

### 3.3.4 Macro-instabiliteit binnenwaarts



Afbeelding 3.3 Afschuiving (bron: VTV)

Hiermee wordt het afschuiven van grote delen van het dijklichaam bedoeld. Dit faalmechanisme treedt op langs rechte of gebogen glijvlakken of door plastische zones, waarin door overbelasting geen krachtenevenwicht meer aanwezig is. De sterkte-eigenschappen en de waterspanningen in, onder en naast de dijk bepalen de weerstand tegen afschuiven. Dit fenomeen kan zich voordoen aan de binnenzijde (bij een hoge buitenwaterstand) of aan de buitenzijde (bij een snelle val van de buitenwaterstand na maatgevend hoogwater). Een bijzondere situatie kan zich voordoen als een watervoerende zandlaag in de ondergrond wordt afgedekt met een slecht doorlatend klei-/veenpakket. Bij een hoge buitenwaterstand zal dan de waterspanning in de diepere zandlaag relatief snel oplopen, waardoor het bovenliggende, slecht doorlatende klei-veenpakket aan de binnenzijde van de dijk omhoog wordt gedrukt door de opwaartse waterdruk. Dit verschijnsel wordt ook wel 'opdrijven' genoemd en heeft een ongunstig effect op de macrostabiliteit. Een bijzonder faalmechanisme is horizontaal afschuiven, dat na de doorbraak van de kaden bij Wilnis en Terbregge weer onder de aandacht is gekomen.

#### Afschuiving binnenwaarts

##### Huidige situatie

De veiligheid tegen macro-instabiliteit aan de binnenzijde wordt uitgedrukt in de stabiliteitsfactor. Daarbij moet de aanwezige stabiliteitsfactor voldoen aan de vereiste stabiliteitsfactor, die schadefactor wordt genoemd. De schadefactoren variëren tussen 1,01 en 1,11. Als niet aan de schadefactor wordt voldaan is een stabiliteitsberm en/of een verticaal scherm nodig.

##### Klimaatdijk

Voor Klimaatdijken kan dezelfde methodiek als voor traditionele dijken worden gevolgd. Het enige verschil is dat de toelaatbare kans op instabiliteit kleiner moet zijn, bijvoorbeeld met een factor 100. Dat komt overeen met een schadefactor van 1,13 tot 1,20. Indien hieraan niet kan worden voldaan kan de restbreedte van de kruin bij de analyse worden betrokken. Indien er na een afschuiving voldoende restbreedte resteert, kan in combinatie met falen van het restprofiel, worden volstaan met een lagere schadefactor. Voor de bepaling van de benodigde restbreedte is er nog geen standaardrecept, dus dit moet wel nader worden onderbouwd. Dat geldt ook de bepaling van de minimaal benodigde restbreedte.

### 3.3.5 Macro instabiliteit buitenwaarts

##### Huidige situatie

De methode van schadefactoren is hetzelfde als voor afschuiving binnenwaarts, met als enige verschil dat de toelaatbare kans op instabiliteit buitenwaarts een factor 10 groter mag zijn dan voor glijcirkels in zone 1 die samenvallen met extreem hoogwater. De schadefactoren variëren tussen 0,93 en 1,02.



### Klimaatdijk

Wanneer de kans voor de Klimaatdijk een factor 100 kleiner zou moeten zijn, dan zou voor een Klimaatdijk een veiligheidsnorm van 1,07 tot 1,14 gelden. Indien hieraan niet kan worden voldaan kan, net als bij afschuiving binnenwaarts, de restbreedte van de kruin bij de analyse worden betrokken.

#### 3.3.6 Micro-instabiliteit

##### Huidige situatie

Dit faalmechanisme betreft het verlies van stabiliteit van grondlagen met een zeer beperkte dikte aan de oppervlakte van het binnentalud onder invloed van door het dijklichaam stromend water. Hierbij komt de bedreiging dus van binnenuit: eventuele problemen worden veroorzaakt door een hoge freatische lijn in de dijk. Door het uitstromend grondwater kan materiaal uit de kern van de dijk wegspoelen of kan instabiliteit van de toplaag ontstaan. Als op het binnentalud een ondoorlatende kleilaag aanwezig is, kan deze er door het grote potentiaalverschil worden afgedrukt.

### Klimaatdijk

Ingeval van een bredere dijk kan de restbreedte tot een betere beoordeling leiden dan een traditionele dijk.

#### 3.3.7 Instabiliteit van bekleding

##### Huidige situatie

De bekleding van het buitentalud biedt bescherming tegen erosie van het dijklichaam. De bekleding kan bezwijken door golfaanval of door statische wateroverdruk onder de bekleding, waarna de golven direct de kern van de dijk bedreigen. De eisen voor bekledingen zijn afhankelijk van het type dijk (zee-, meer- of rivierdijk), het type bekleding (gras, steen of asfalt) en de plaats daarvan op het buitentalud (onder water, in de golfklapzone of golfploopzone). Bij falen van de bekleding kan de reststerkte van het onderliggende materiaal nog soelaas bieden. Zie ook bijlage 6 voor de relevante leidraden en technische rapporten. De faalkans van een bekleding kan nog niet goed worden bepaald.



### Klimaatdijk

De beoordeling geschiedt op dezelfde wijze als voor een traditionele dijk. Daarbij zal een lagere faalkans moeten worden verdisconteerd. Bij toepassing van een hoger overslagdebiet zullen niet alleen de bekleding op de kruin en het binnentalud zwaarder worden belast, maar ook de bekleding op het buitentalud in de golfklapzone en in de golfploopzone. In de quick scan doorbraakvrije dijken [Silva en van Velzen, 2008] wordt gesteld dat daardoor de bekleding van zeedijken 10 tot 25% zwaarder moet worden ontworpen en tot een hoger niveau op het talud moet worden doorgetrokken.

Afbeelding 3.4. Verzakking steenbekleding (bron: VTV)

#### 3.3.8 Instabiliteit van het voorland

##### Huidige situatie

Hierbij is sprake van twee verschillende faalmechanismen, namelijk afschuiving en zettingvloeiing. Wanneer een vooroever is opgebouwd uit slappe klei- en veenlagen of verwekinggevoelig zand, moet rekening worden gehouden met grootschalige afschuivingen en zettingvloeiing van de vooroever. Bij zettingvloeiing ondergaat een massa verzadigd zand grote verplaatsingen als gevolg van verweking. De verweking wordt veroorzaakt doordat zandlagen met een losse pakking worden belast door schuifspanningen en daardoor wordt gedwongen tot volumeverkleining. Daardoor ontstaan wateroverspanningen en neemt de schuifsterkte van de grond af.



## Klimaatdijk

Het proces van verweking van het voorland zal bij een Klimaatdijk niet anders zijn, tenzij gerichte maatregelen worden getroffen deze verweking te voorkomen. Wel kan een Klimaatdijk, bijvoorbeeld uitgevoerd als brede dijk, door zijn grote breedte, afschuiving van het voorland als het ware 'opvangen'.

### 3.4 Veiligheidsnormen

#### Huidige situatie

Preventieve maatregelen (waterkeringen) zijn gericht op het beperken van de kans van het vóórkomen van overstromingen en vormen van oudsher de kern van het waterveiligheidsbeleid. De primaire waterkeringen zijn de belangrijkste keringen die ons land beschermen tegen overstromingen vanuit de Noordzee, de grote rivieren en het IJssel- en Markermeer.

Sinds 1996 kennen we de Wet op de waterkering, waarin de vijfjaarlijkse toetsing van de kwaliteit van de (primaire) waterkeringen is vastgelegd. Deze worden gezien als een APK-keuring waarbij gekeken wordt of de waterkeringen nog voldoen aan de wettelijke normen die zijn vastgelegd in de Wet op de waterkering. Zo weten we waar zwakke plekken in de keringen zitten en waar maatregelen noodzakelijk zijn.

De Wet op de waterkering richt zich op het waarborgen van de staat van de primaire waterkeringen. Deze wet schrijft nu een normering voor op basis van overschrijdingskansen. Deze normen zijn afgeleid van waterstanden die de kering veilig moet kunnen keren. Het hanteren van een ander type norm - bijvoorbeeld een overstromingskans - is op basis van de huidige wet mogelijk. Dit dient dan te gebeuren bij Algemene Maatregel van Bestuur. De veiligheidsnormen gelden zowel voor het ontwerp als voor de toetsing. Hiervan afgeleide specifieke toets- en ontwerpregels worden gevat in Leidraden. De veiligheidsnormen voor primaire waterkeringen zijn per dijkkringgebied vastgelegd in de Wet op de waterkering. Afhankelijk van de ligging en de te beschermen economische waarden varieert de veiligheidsnorm tussen 1/1250 en 1/10000 per jaar. Voor de dijkkringgebieden langs de Maas is voor de Maaskaden recent een voor de Maaskaden specifieke veiligheidsnorm van 1/250 per jaar afgeleid. Dit lijkt voornamelijk een financiële oorzaak te hebben, daar de regionale keringen niet landelijk worden gefinancierd. Een totaal overzicht van de per dijkkringgebied geldende veiligheidsnorm staat in bijlage 2. De achtergronden van de veiligheidsnormen zijn samengevat in bijlage 3.

De veiligheidsnorm is in de wet gedefinieerd als "de gemiddelde overschrijdingskans - per jaar - van de hoogste waterstand waarop de tot directe kering van het buitenwater bestemde primaire waterkering moet zijn berekend, mede gelet op overige het waterkerend vermogen bepalende factoren". Deze kans heeft betrekking op de primaire waterkeringen van categorie a (direct buitenwater kerend). De wet biedt de mogelijkheid om over te stappen naar de gemiddelde kans op overstroming door bezwijken van de primaire waterkering. In bijlage 3 is daarvan een voorbeeld gegeven uit de huidige ontwerppraktijk in het benedenrivierengebied.

De Wet op de Waterkering voorziet niet in de verschillende onafhankelijke bedreigingen voor eenzelfde dijkkring [Matthijs Kok, 2008]. Noord-Holland kent bijvoorbeeld zowel een bedreiging vanuit de Noordzee als vanuit het IJssel-/Markermeer. Kosten van schade en verbeteringen zijn uiteraard heel verschillend voor deze afzonderlijke bedreigingen. Een beschermingsnorm per type bedreiging zou daarom volgens Kok een logischer benadering zijn.

#### Klimaatdijk

De ambitie van de staatssecretaris is een toepassing van de uit de Wet op de waterkering volgende systematiek die de recente inzichten in kansen op en gevolgen van overstromingen beter benut en meer ruimte biedt voor toekomstvast, robuust ontwerpen. Daarbij zal ook worden gekeken naar de lange termijn financiering van waterveiligheid.

Dit houdt onder andere in dat de actuele (technische) kennis en inzichten met betrekking tot het bezwijken van waterkeringen (onder andere over faalmechanismen) optimaal moet worden benut. De overstap naar een type normering op basis van overstromingskansen lijkt perspectief te bieden. Deze normering dient verder qua hoogte aan te sluiten bij de actuele te beschermen waarden. De hoogte van de normen zal periodiek geëvalueerd moeten worden.



Een nauwkeuriger inzicht in de specifieke gevolgen van overstromingen kan de basis bieden om meer ruimte voor normdifferentiatie te creëren.

Vooralsnog zal de landelijke toetsing volgens het huidige wettelijk systeem worden voortgezet. Voor een overgang naar een aangepaste toepassing van de wettelijke systematiek is aanvullend onderzoek essentieel. Inzichten uit het project Veiligheid Nederland in Kaart zijn hierbij van belang. In dit studieproject worden de kansen op en gevolgen van overstromingen landsdekkend in beeld gebracht. Het is niet vanzelfsprekend dat aanpassing van de wet uiteindelijk nodig zal zijn. De geschikte (juridische) vorm zal nog moeten worden bezien. Vooralsnog blijft men uitgaan van de huidige wettelijke normering op basis van overschrijdingskansen en onderliggende ontwerp- en toetsvoorschriften.

Omdat herijking van de veiligheidsnormen op basis van overstromingskansen nog moet gebeuren is op dit moment nog geen harde wettelijke overstromingskansen beschikbaar. Omdat voor een aantal faalmechanismen wel al faalkansen kunnen worden bepaald, kunnen deze als referentie dienen om de invloed van Klimaatdijken ten opzichte van traditionele dijken in beeld te brengen. Hulpmiddel daarbij is een verdeling van faalkansen per faalmechanisme en dijkvak over de totale dijkkring.

### 3.5 Toetsen

#### Huidige situatie

De veiligheidstoetsing wordt periodiek (elke 5 jaar) uitgevoerd op basis van instrumentarium dat door de minister van Verkeer en Waterstaat wordt vastgesteld. Het instrumentarium bestaat uit een Randvoorwaardenboek (betreft waterstanden en golven per watersysteem) en het Voorschrift Toetsen op Veiligheid (betreft toetsmethoden, veiligheidseisen en –criteria per type waterkering), dat bestaat uit 12 Katernen. De toetsing van de kruinhoogte en de geotechnische mechanismen geschiedt volgens Katern 5 Dijken en dammen. De toetsing van de bekledingen staat in Katern 8 Bekledingen. Wanneer de dijk wordt afgekeurd, wordt zo snel mogelijk begonnen met het verbeteren van de dijk. De toetsingsfase van de dijk, richt zich daarbij vrijwel uitsluitend op de eerstvolgende 5 jaar.

#### Klimaatdijk

Zoals eerder genoemd, heeft de Klimaatdijk een lange tijdshorizon. De Klimaatdijk is gericht om voor een langere periode (100 tot 200 jaar) veiligheid te bieden en is (uiteindelijk) zo robuust dat veranderingen in kennis, inzichten en verwachtingen (in extremen) niet tot aanpassingen leiden. Een toetsingsbeleid waarin slechts 5 jaar vooruitgekeken wordt, lijkt daarom ontoereikend.

De Klimaatdijk zou meer gebaat zijn bij een systeem waarbij dijken niet enkel worden goed- of afgekeurd, maar waarbij voor de goedgekeurde dijken toch een inschatting gemaakt wordt hoe lang zij nog voldoen en bij een afgekeurde dijk welke maatregelen nodig zijn om deze klimaatbestendig te maken. Door deze dijken bijvoorbeeld in te delen in klassen en de noodzaak tot het nemen van maatregelen langer vooraf te zien aankomen, kan tijdig worden begonnen met het realiseren van een Klimaatdijk (zie ook paragraaf Tijdshorizon). Daarnaast geeft een dergelijke toetsingsmethodiek meer zekerheid aan de belanghebbenden van andere gebruiksfuncties op en rond de Klimaatdijk.

### 3.6 Ontwerpen

#### Huidige situatie

Dijken worden zo ontworpen dat zij gedurende 50 jaar voldoende bescherming kunnen bieden tegen te verwachten golven en waterstanden. De leidraad Rivieren gaat voor versterkingen in landelijke gebieden uit van een planperiode van 50 jaar en in stedelijke gebieden van 100 jaar. De dijk dient hierbij zo ontworpen te zijn dat de belangrijkste faalmechanismen niet zullen optreden. Zoals genoemd, zijn deze faalmechanismen micro-instabiliteit (piping of zandmeevoerende wellen), macro-instabiliteit (afschuiven, verzakken), opdrijven / opbarsten, en erosie van het dijklichaam door ontoereikende bekleding (zie ook bijlage 4).

Naast de keuze van het materiaal, zijn de afmetingen van de dijk hierbij het belangrijkste middel om de faalkansen te verkleinen. In grote lijnen kan gesteld worden dat hoe zwaarder of groter de dijk, hoe kleiner de faalkansen. Omdat een grotere dijk zowel procedureel als financieel ingewikkelder is, wordt de dijk niet zwaarder ontworpen dan noodzakelijk is om de faalkansen op normniveau te brengen. De kans dat de dijk substantieel langer aan de vigerende normen zal blijven voldoen dan de periode waarvoor zij ontworpen is, wordt daarmee geminimaliseerd.



## Klimaatdijk

Een Klimaatdijk is zo robuust dat de kans op falen sterk afneemt. Een Klimaatdijk is breder, hoger en/of sterker is dan een reguliere dijk. Er is echter (nu) niet overal voldoende ruimte beschikbaar voor een brede dijk. Zo is in het rivierengebied verbreding in de richting van de rivier doorgaans geen optie en is vanwege sociaal-maatschappelijke en cultuurhistorische redenen vaak weinig ruimte aan de binnenzijde beschikbaar. In dergelijke situaties moeten andere, plaatsgebonden oplossingen gezocht worden zoals het toepassen van damwanden of het volledig erosiebestendig maken van zowel het binnen- als buitentalud van de dijk of dubbele dijken. Robuust ontwerpen betekent ook het anticiperen op in de toekomst noodzakelijke verzwaringen. Nu is dat op relatief bescheiden schaal gerealiseerd in de vorm van profielen van vrije ruimte.

Overigens zijn er op dit moment ook al dijken die zonder aanvullende technische maatregelen al kunnen voldoen aan het predicaat Klimaatdijk. Dat zijn bijvoorbeeld dijken met hoog en breed voorland of achterland, dijken met harde constructies in de kruin of aan de binnenzijde, voorlandkeringen en slaperdijken. Op de verwachte stijging van rivierafvoeren de komende eeuw, wordt reeds ingespeeld door het uitvoeren van PKB-maatregelen in het kader van het programma Ruimte voor de Rivier. Urgente verhogingen van de rivierdijken zijn op veel plaatsen dan ook niet nodig. De ruime planningshorizon die veelal nodig zal zijn om de Klimaatdijk te realiseren met een integrale combinatie van verschillende gebruiksfuncties, is hierdoor op diverse plekken beschikbaar.

### 3.7 Ruimtelijke inpassing

#### Huidige situatie

De 'traditionele' dijk kent een min of meer vaste ruimteclaim. Afhankelijk van de vereiste hoogte is er, gezien het gewenste profiel, een vooraf bekende ruimte nodig de dijk te kunnen realiseren. Vooruitkijkend is in veel gevallen een 'profiel van vrije ruimte' benoemd. Dit is een ruimteclaim waarin toekomstige dijkverzwaring kan worden gerealiseerd en wordt bepaald door het maatgevende faalmechanisme (afschuiven, gevaar voor piping en opbarsten). Deze ruimte kan tientallen meters bedragen, gerekend vanuit het hart van het dijklichaam. In dat profiel van vrije ruimte wordt over het algemeen geen hoogwaardig ruimtegebruik toegestaan. Het realiseren van bebouwing is daar aan banden gelegd. Op de dijken zelf worden soms (secundaire) wegen aangelegd en vindt begrazing plaats.

De actoren bij inpassing zijn:

Rijkswaterstaat	prioritering en subsidiëring dijkversterking, toestemming buitendijks bouwen in rivieren
Provincie	MER-procedure goedkeuring dijkversterkingsplannen en (nu nog) wijziging bestemmingsplannen (gaat naar gemeenten)
Gemeente	bij nieuwe WRO: wijziging bestemmingsplannen
Waterschap	toetsing, ontwerp, dijkversterking en beheer en onderhoud
Ontwikkelaars	nu weinig, sporadisch initiatief hetgeen kan leiden tot meervoudig gebruik

#### Klimaatdijk

Waar een 'traditionele' dijk een vaste ruimteclaim kent biedt de Klimaatdijk meervoudige gebruiksmogelijkheden. Een Klimaatdijk hoeft niet alleen ruimte te kosten het kan ook ruimte opleveren. De meest voor de hand liggende mogelijkheid is het zodanig verbreden van een dijklichaam dat daarop ook veilig en droog kan worden gebouwd. Altijd zal daar de afweging bij moeten worden gemaakt of dat economisch haalbaar is. Ook valt te denken aan verhogingen waarbij natte landbouwgrond (direct achter een dijklichaam) kan worden opgewaardeerd (landbouw op de teen). Eigendom en beheer kunnen dan echter bij verschillende partijen liggen. Om juridische en aansprakelijkheidsredenen is dit een meer complexe maar niet onmogelijke situatie. Bij b.v. wegen is dit een veelvoorkomende situatie. Bij het inpassen van de Klimaatdijk zijn dezelfde actoren betrokken als bij de huidige dijken. Wellicht is een meer nadrukkelijke rol voor de provincie weggelegd waar het gaat om het laten landen van innovaties en het ruimtelijk inpassen, met name vanuit de gedachte van het meer multifunctioneel gebruik van onze hoogwaterbescherming.



### 3.8 Beheer en onderhoud

#### Huidige situatie

De waterschappen, hoogheemraadschappen en waterdistricten van RWS zijn verantwoordelijk voor het beheer en het onderhoud van waterkeringen. In de praktijk is dat soms door middel van een overeenkomst of protocol geheel of gedeeltelijk neergelegd bij een andere instantie. Zeedijken zijn de 'rotsen' van onze verder zandige kustlijn, en hebben daarom een heel eigen flora en fauna. Veiligheid en natuur kunnen elkaar versterken bij een goed beheer van zeedijken. Uit onderzoek blijkt dat een langdurig onbemest en gehooide dijkwal de hoogste worteldichtheid en erosiebestendigheid heeft. Door beheermaatregelen zoals maaien, afvoeren en/of extensief begrazen ontstaat een relatief stevige, kruidenrijke grasmat. Zo wordt de dijk ook beter bestand tegen overslaand water.

#### Klimaatdijk

Zou een traditionele dijk nog in de problemen kunnen komen als gevolg van een niet stevige grasmat, een Klimaatdijk is hier beter tegen bestand en hoeft daardoor ook minder frequent te worden gemonitord.



**Afbeelding 3.5. en 3.6. Hondsbossche Zeewering. Links: ongemaaide vegetatie met geringe erosiebestendigheid; rechts: onbegraasd binnentalud met muizenholletjes (foto's Joep Frissel).**

### 3.9 Gebruiksmogelijkheden

#### Huidige situatie

Op dit moment is het ruimtegebruik op en direct nabij onze hoogwaterkeringen beperkt. Dit heeft meerdere oorzaken waarvan de mogelijkheden tot aanpassing in de toekomst en het onderhoud enkele belangrijke zijn. Het gebruik van dijken en keringen is over het algemeen beperkt tot (secundaire) wegen en weidegrond. In sommige gevallen is de dijk in gebruik als grasland en telt als zodanig mee als onderdeel voor het mestquotum van de betreffende agrariër.

In een aantal gevallen zijn primaire keringen volledig opgenomen in de infrastructuur (bebouwing en wegen) en zijn als zodanig niet herkenbaar in het landschap (bijvoorbeeld de dijk langs de Nieuwe Waterweg).

Dijkbeheerders zijn over het algemeen terughoudend in het afgeven van vergunningen om activiteiten te ontplooiën op en om een traditionele dijk. Los van de mogelijke bedreigingen die bepaalde activiteiten kunnen hebben op de stabiliteit van een dijk, is ook de interpretatie en de geldigheidsduur van een eenmaal afgegeven vergunning hier debet aan. Tot nu toe wordt er vaak vanuit gegaan dat wanneer een vergunning of ontheffing eenmaal is verleend, hiermee een soort eeuwig durend recht is verworven. Dit verklaart deze terughoudende opstelling van overheden als het gaat om het toestaan van activiteiten in de dijkzone.

### Klimaatdijk

Op en in een Klimaatdijk kunnen vanwege haar robuuste karakter meerdere functies een plek krijgen. De Klimaatdijk kan bijvoorbeeld worden gebruikt voor de aanleg van infrastructuur op of in de dijk. Ook kan op of in de Klimaatdijk worden gebouwd. De bebouwing zelf kan zelfs onderdeel uitmaken van de waterkering van de Klimaatdijk.

De veiligheid mag vanzelfsprekend niet in het geding zijn. Daarom zou een duidelijke omschrijving van gebruiksmogelijkheden per functie en per situatie moeten worden gemaakt. Streven hierbij zou wel moeten zijn dat dit op zo'n wijze gebeurt, dat hier in de (verre) toekomst geen onduidelijkheid over zal bestaan.

Ook kan gedacht worden om ten behoeve van de gebruiksfunctie van de Klimaatdijk een vergunningstelsel te ontwikkelen waarbij aangegeven wordt tot welk jaar de vergunning geldig blijft. Na afloop van deze termijn bestaat de mogelijkheid dat de vergunningverstrekkende overheid de vergunning intrekt of niet verlengt. Ondernemers hebben hierdoor een vooraf bekende termijn om hun investeringen terug te verdienen. Tevens weten zij vooraf dat ze vroeg of laat na afloop van deze termijn, te maken krijgen met ingrepen in de dijkzone. Na deze termijn zal de overheid geen schadevergoedingen meer hoeven te betalen, aangezien de noodzaak tot ingrijpen reeds bekend was voordat de investering plaatsvond.

Vergunningen en ontheffingen zouden dus meer gericht moeten zijn op toekomstige aanpassingen van de dijk. Niet door - bij gebrek aan langetermijnplanning - elke vorm van gebruik in de dijkzone tegen te houden, maar juist door een gedegen langetermijnplanning waarin diverse sociaal-economische functies op duurzame wijze geïntegreerd worden met de veiligheidsfunctie van de dijk. Een multifunctionele Klimaatdijk die ook blijft voldoen bij veranderende fysieke kenmerken en/of herdefiniëring van het veiligheidsniveau, lijkt hiervoor een uitgelezen mogelijkheid. Een brede dijk is daardoor ook duurzamer dan een traditionele dijk.

### 3.10 Landschap

#### Huidige situatie

Dijken zijn in Nederland een belangrijk onderdeel van het landschap. Zij bepalen langs de grote rivieren en meren, en ook in de kustzone voor een deel het landschap. Het hoger maken en aanpassen van dijken ten behoeve van de veiligheid heeft effect op het landschap en daarmee ook op de aantrekkelijkheid van het landschap en bijvoorbeeld de aantrekkelijkheid voor recreatie. Met steeds hogere en defensievere dijken wordt de afstand tussen water en land steeds groter.



**Afbeelding 3.7. en 3.8. Links: rivierdijk, Waterschap Rijn en IJssel (foto Joep Frissel); rechts: Waddenzeedijk Ameland, Wetterskip Fryslân (foto Ivan Moysiyenko).**

#### Klimaatdijk

Ook een Klimaatdijk heeft effect op het landschap, maar een Klimaatdijk zou er wel voor kunnen zorgen dat er visueel en qua gebruik contact blijft met rivieren en de zee. Robuuste, multifunctionele dijken kunnen door hun medegebruik het contact met de zee juist ook in stand houden en versterken. De Klimaatdijk kan zelf een verrijking voor het landschap vormen. Dit vormt een belangrijke uitdaging bij het ontwerp van een Klimaatdijk.



### 3.11 Natuur

#### Huidige situatie

De dynamische waterkeringen van de zachte kust (strand, zeereep) leveren dynamische natuurwaarden op die ook internationaal hoog worden gewaardeerd. Veel van deze gebieden zijn niet alleen door nationale wet- en regelgeving beschermd, maar genieten ook bescherming als Europees erfgoed (Natura 2000). De destijds hoge natuurwaarden van onze dijken komt nog voor in het Verkade-album 'Onze Grootte Rivieren' (Jac.P. Thijsse 1938). Daar worden de kleurrijke bloemdijken nog in al hun glorie getoond. Door steeds weerkerende aanpassingen aan veranderende veiligheidseisen voor de korte termijn, en door minder goed beheer, is aan de natuurwaarden veel afbreuk gedaan.

#### Klimaatdijk

De meer statische natuur van de harde waterkeringen is minder dynamisch, en kent om hoge natuurwaarden te bereiken een langere ontwikkelingstijd. Daar grijpt het concept van de Klimaatdijk met haar lange tijdhorizon, op in. Stabiele situaties scheppen betere kansen voor een hoge biodiversiteit. Een Klimaatdijk is klaar voor een lange periode. Het beheer moet dan wel constant blijven (een belangrijk natuurbeheerprincipe), maar kan dan op den duur weer kleurrijke bloemdijken opleveren.

Combinatie van een zachte en een harde waterkering, zoals nu op een enkele plaats gerealiseerd, vereist ook een omslag in ons denken: tegen een dijk opstuvend zand (of achter een dijk neerslaand zand) hoeft niet negatief te zijn (niet passend in het concept van dijk noch duin), maar kan juist een meerwaarde opleveren voor veiligheid en natuur.

'Eco-engineering' is het sleutelwoord voor het inzetten van natuurlijke processen bij kustveiligheid, ook bij de Klimaatdijk, zoals op- en aanstuiving van zand, en opslibbing die de zeespiegelrijzing kan bijhouden.

Dijken met een hoog en breed voorland, en dijken met een hoog en breed achterland leveren voordelen voor het behoud of de ontwikkeling van natuurwaarden. Dit voorland kan uit buitendijkse kwelders of schorren bestaan (beheer, onderhoud, ontwikkeling) met hoge Natura 2000-natuurwaarden. Door opslibbing meegroeïend met de zeespiegel wordt een klimaatbuffer in stand gehouden die een deel van de energie van de aanstormende golven absorbeert. Voor Klimaatdijken met een achterland geldt dit niet, maar daar zijn ontwikkelingsmogelijkheden voor andere natuur aanwezig (zout, brak, zoet; of indien hoog en droog gelegen, natuur voor droge omstandigheden), Dijken met een voorlandkering (zomerpolders) of met een achterliggende slaperdijk, en weinig tot geen menselijke bewoning, ondervinden in het tussengebied bij enige wateroverlast niet alleen minder schade, maar kunnen ook grote natuurwaarden herbergen (Noard-Fryslân Bûtendyks, Vereenigde Harger en Pettemerpolder).

Andere vormen van de Klimaatdijk leveren ook goede kansen voor natuurontwikkeling. Bij wisselpolders kan alternerend de opslibbing de zeespiegel bijhouden en daarna tot landbouwgrond dienen. Overlopdijken en (drie)dubbele dijken kunnen zilte en brakke achterliggende respectievelijk tussenliggende natuur opleveren, naar analogie van inlagen, karrevelden en wat dies meer zij. Brakke en zilte natuur wordt hoog gewaardeerd omdat deze juist door waterstaatkundige werken om de kustveiligheid, de laatste halve eeuw in Nederland zeer is achteruitgegaan.

Veelal wordt gemeend dat de huidige vigerende wet- en regelgeving ter bescherming van natuurwaarden een hindernis is voor een goede kustverdediging. De Vogel- en Habitatrictlijnen en Natura2000 hoeven dat echter niet te zijn. Klimaatdijken kunnen naar gelang de lokale situatie naar binnen of naar buiten worden uitgelegd, en aangrenzende Natura2000-gebieden kunnen daarbij worden gerespecteerd. Eventueel zijn er mogelijkheden voor mitigatie en compensatie.

Vanuit een oogpunt van natuur lijkt een multifunctioneel gebruik van de Klimaatdijk voor landbouwproductie minder zinvol. Meest voor de hand liggend is in dat geval weidebouw. Begrazing met landbouwhuisdieren (al of niet gescheperd) en/of hooiwinning, kan leiden tot hoge natuurwaarden en een goede erosiebestendigheid van de grasmat.



**Afbeelding 3.9 en 3.10. Links: bloemdijken; rechts: Nolledijk ten westen van Vlissingen met opstuivend zand. (foto's Joep Frissel)**

### 3.12 Cultuurhistorie

#### Huidige situatie

De bescherming tegen overstroming (vanuit zee en door de rivieren in de delta) heeft het karakter van laaggelegen Nederland voor een belangrijk deel gevormd. Zeedijken en rivierdijken, met vaak karakteristieke dijkbebouwing (waaronder monumenten) en historische waterbouwtechnische werken en andere vormen van hoogwaterbescherming zoals terpen zijn dan ook belangrijke cultuurhistorische elementen in het Nederlandse landschap. Diverse dijktrajecten staan daarom (soms als onderdeel van een ander element) als waardevol aangegeven in de Cultuurhistorische Waardenkaart van Nederland die in het kader van het project Belvédère (1999) is vervaardigd. Het devies van Belvédère is 'Behoud door ontwikkeling': door nieuwe gebruiksmogelijkheden te zoeken worden oude landschappen en bouwwerken bewaard. Evenzeer gaat het om 'ontwikkeling door behoud': door zuinig te zijn op ons cultureel erfgoed investeren we in ontwikkeling en versterking van identiteit, kennis, woongenot, vestigingsklimaat en toeristisch potentieel.

Bij aanpassing van dijken wordt in het riviereengebied in het algemeen gezocht naar mogelijkheden om de binnendijk aan te passen. De karakteristieke dijkbebouwing is echter juist vaak tegen deze binnenkant gebouwd. Daarom wordt om deze (cultuurhistorische waardevolle) bebouwing te beschermen op sommige plekken gekozen voor versterking in de vorm van damwanden. Versterking binnendijks van de historische IJsselmeerdijken, met hun holle profiel, zou de cultuurhistorische waarde van deze dijken sterk aantasten.

#### Klimaatdijk

De opgave met betrekking tot bescherming tegen de effecten van klimaatverandering zullen forse ruimtelijke ingrepen vragen. Vanwege haar diversiteit aan vormen, kan de Klimaatdijk een instrument zijn voor een verbinding tussen cultuurhistorie en ruimtelijke inrichting. Zo kan bijvoorbeeld door de aanleg van een dubbele of driedubbele dijk een cultuurhistorisch waardevol dijktraject met eventuele bebouwing behouden blijven.

Door te zoeken naar een goede ruimtelijke inpassing van de Klimaatdijk in haar omgeving, kan de Klimaatdijk ook zelf een nieuw cultuurhistorisch element worden, of er aan bijdragen. De Klimaatdijk wordt dan een investering waarvan latere generaties naast veiligheid ook esthetisch profijt kunnen trekken. Het is daarom belangrijk dat alle maatschappelijk betrokken partijen intensief nadenken en met elkaar spreken over de inpassing van de Klimaatdijk in het bestaande landschap.

### 3.13 Kosten en Baten

#### Huidige situatie

Aan het aanpassen van de huidige dijken zijn jaarlijks hoge kosten verbonden. Circa 1 miljard euro wordt per jaar door de waterschappen uitgegeven aan het oprde houden van de hoogwaterbescherming. Een verandering in de te hanteren normering, als gevolg van bijvoorbeeld klimaatverandering, vallen deze kosten naar verwachting hoger uit.



## **Klimaatdijk**

Ook aan de aanleg van Klimaatdijken zijn hoge kosten verbonden. Er zijn recentelijk diverse studies verschenen die de kosten van het aanpassen van dijken inzichtelijk maken.

Zo kost het volgens Silva en van Velzen (2008) in totaal ca. 6,5 miljard om alle dijken langs de zee, de estuaria, de grote rivieren doorbraakvrij te maken. Als deze dijken bovendien klimaatbestendig gemaakt moeten worden, dan is een kleine 5 miljard euro extra nodig. Hierbij wordt aangenomen dat dijken langs de zee, estuaria en grote meren een halve meter extra hoogte moeten hebben om gedurende 50 jaar berekend te zijn op zeespiegelstijging en dat klimaatverandering in de bovenrivieren geen extra eisen stellen aan doorbraakvrije dijken.

Aerts et al (2008) hebben berekend dat de kosten voor een BAU (Business As Usual) variant waarin het huidige beleid van dijkversterkingen, zandsuppleties en rivierverruiming wordt doorgezet, niet uitzonderlijk hoog zijn. De jaarlijkse kosten van de BAU oplossingsrichting is 0,3 tot 0,7 miljard euro/jaar voor respectievelijk 60 cm en 150 cm zeespiegelstijging per jaar. Door naast de BAU variant nieuwbouw op te hogen tot + 5 m NAP neemt het schaderisico met een factor 2 af (t.o.v. overstromingsbestendig bouwen). De kosten van opgehoogde nieuwbouwhuizen zijn hoger en variëren tussen de 0,4 en 1,7 miljard euro/jaar. Volgens de studie levert dijkversterking de hoogste reductie op in het schaderisico (bij de in de studie gehanteerde scenario's).

De combinatie van verschillende gebruiksmogelijkheden binnen het Klimaatdijk-concept, zorgt er voor dat er meerdere belangen baat kunnen hebben bij de aanleg van de dijk. Doordat de Klimaatdijk meer dan enkel het veiligheidsdoel dient, kan de aanleg dan ook vanuit meerdere disciplines en belangen worden bekostigd. De verdeling van de kosten over de verschillende belangen vormt hierbij wel een aandachtspunt.

Verder dient ook de tijdshorizon in beschouwing te worden genomen. Een Klimaatdijk kan als relatief duur worden bestempeld indien men zich in de analyse beperkt tot enkel een veiligheidsbelang met een tijdshorizon van 50 jaar. Verbreedt het blikveld zich echter tot meerdere belangen die voor een langere periode letterlijk dan wel figuurlijk kunnen bouwen op de aanwezigheid van deze Klimaatdijk, dan wordt deze vorm van hoogwaterbescherming financieel veel aantrekkelijker.

### **3.14 Bestuurlijke aspecten**

#### **Huidige situatie**

Binnen het Nederlandse waterveiligheidsbeleid spelen diverse overheden een rol. De nationale overheid stelt de veiligheidsnormen vast. Regionale beheerders zoals de waterschappen zijn verantwoordelijk voor het beheer en onderhoud van de waterkeringen. Op deze taken wordt toezicht gehouden door de Provincie.

Op dit moment lopen verschillende landelijke programma's om de veiligheid van Nederland op orde te brengen. De belangrijkste hiervan zijn de programma's 'Zwakke schakels van de kust', het 'Hoogwater beschermingsprogramma' (HWBP) en het programma 'Ruimte voor de Rivier'. Deze programma's worden gefinancierd door het Rijk.

De Ruimte voor de Rivier projecten worden doorgaans getrokken door provinciale of lokale overheden, omdat deze projecten naast veiligheid veel meer thema's omvatten, zoals natuur, economie, infrastructuur, archeologie, wonen. Bij elke ingreep dient onder andere rekening gehouden te worden met de provinciale streekplannen en gemeentelijke bestemmingsplannen en de door het waterschap vastgelegde eisen aan de betreffende waterkering.

Het streven naar een vergroot ambitieniveau ten aanzien van een duurzaam en klimaatbestendig waterbeheer is door het kabinet in 2007 met de Watervisie ingezet. De visie van de Deltacommissie (2008) is door het kabinet onderschreven waarbij het Nationaal Waterplan de eerste beleidsmatige uitwerking is. In 2009 komt het kabinet met het ontwerp van een Deltawet en een Deltaprogramma. Voor wat onder andere de waterveiligheid betreft wordt gedacht aan een belangrijke rol voor een zogenaamde Deltaregisseur.



## **Klimaatdijk**

Een meer integrale aanpak van de waterveiligheid, zal in veel gevallen een grotere betrokkenheid van verschillende overheden en partijen vergen. Een Klimaatdijk heeft alleen kans van slagen als de verschillende betrokken overheden goed samenwerken om plannen te realiseren. Wet- en regelgeving moet op elkaar afgestemd worden. Om de Klimaatdijk op geslaagde wijze in te passen in het Nederlandse waterbeheer, zal het concept moeten worden ingepast in de huidige systematiek van periodieke veiligheidstoetsing, de dijkversterkingen (ontwerp) en het beheer (ruimtereservering). De integrale benadering en het benodigde ruimte- en materiaalgebruik van de Klimaatdijk, dragen eraan bij dat planfase, besluitvorming en uitvoering van een Klimaatdijk meer tijd vergen.

### **3.15 Maatschappelijke aspecten**

#### **Huidige situatie**

Werkzaamheden aan onze hoogwaterbescherming in de vorm van dijkverbetering gaan vaak gepaard met maatschappelijke en publieke belangen. In de jaren '70 van de vorige eeuw leidden afbraak van woningen en onteigening tot onrust onder de bevolking. Bij volgende dijkversterkingen werd hiermee rekening gehouden door optimaal gebruik te maken van combinaties van buitenwaartse versterking en het toepassen van alternatieven. In veel gevallen is rekening gehouden met toekomstige verzwaringen door het benoemen van vrijwaringzones. Toch is het daarbij onvermijdelijk dat ook dan onrust en overlast ontstaat. Het is niet uitzonderlijk wanneer een dijkverzwaring binnen 20 jaar wordt opgevolgd door een volgende dijkverzwaring. Hiervoor bestaat in het algemeen weinig begrip bij betrokkenen.

#### **Klimaatdijk**

Het meer robuust ontwerpen houdt in dat ook verder in de toekomst wordt gekeken. De hoogwaterbescherming wordt zodanig vormgegeven dat de frequentie van aanpassingen wordt geminimaliseerd. Zo wordt het mogelijk dat meer langdurige ontwikkeling van waarden (infrastructuur, maar ook natuurwaarden) op en rond de Klimaatdijk mogelijk wordt. Het gevolg daarvan is minder frequent ingrijpen en het voorkomen van onrust en verstoring. Hoewel het robuust ontwerpen aanvankelijk tot meer onrust kan leiden (de werkzaamheden zijn wellicht meer ingrijpend) levert dit naar verwachting voor de (middel)lange termijn rust op.

### **3.16 Wet- en regelgeving**

#### **Huidige situatie**

Het ontwerp van waterkeringen dient te voldoen aan de 'Keur' en aan de 'Legger'. De Keur is een verzameling van door het waterschap opgestelde regels waar de waterkering in algemene zin aan dient te voldoen. De Legger is een nadere uitwerking hiervan die de specifieke eisen per locatie beschrijft. Gezamenlijk geven de Keur en de Legger dus voor een bepaalde waterkering aan hoe deze eruit moet zien en waaraan deze moet voldoen. Een eis die vrijwel altijd in de Keur is opgenomen, is dat de Kernzone gevrijwaard moet blijven van vergravingen, bouwwerken, etc. De Kernzone omvat het minimale profiel dat nodig is om het vereiste veiligheidsniveau te realiseren en zal bij een groter dijklichaam dus vooral beperkt zijn tot het buitenste gedeelte. Deze zone moet onaangetast blijven. De beschermingszone omvat de directe omgeving van de Kernzone (is dus vaak groter). Voor ingrepen in de beschermingszone is een ontheffingsaanvraag nodig, voornamelijk met als doel dat het Waterschap kan registreren wat er in deze zone gebeurt en aanwezig is. De Nota Ruimte omvat algemenere richtlijnen voor de ruimtelijke ordening in de dijkzone. Hierin is onder andere het beleid opgenomen om langs de dijken ruimte vrij te houden van bebouwing en andere permanente obstakels. Deze 'vrijwaringszone' beslaat 175 meter buitendijks respectievelijk 125 m binnendijks. De doelstelling van deze vrijwaringszone betreft een ruimtereservering voor toekomstige dijkversterkingen. Wanneer echter meer onteigend moet worden dan voor de veiligheid strikt noodzakelijk zijn de bezwaarmogelijkheden van derden ruim aanwezig. De WRO / Waterwet bieden hiervoor wel mogelijkheden maar er is op dat punt nog een grote bestuurlijke terughoudendheid. De belangrijkste andere wetten en regelgeving met betrekking tot dit onderwerp zijn reeds genoemd in paragraaf Veiligheidsnormen en toetsing.



## **Klimaatdijk**

De vereisten uit Keur en Legger zijn gebaseerd op het idee dat een aantasting van de Kernzone op korte termijn desastreuze gevolgen kan hebben. Met een doorbraakvrije dijk is in het opstellen van Keur en Legger feitelijk geen rekening gehouden. Daarom lijkt het een voor de hand liggende stap om Keur en Legger te herzien waarbij ook wordt vastgelegd hoe deze regels geïnterpreteerd en gehanteerd dienen te worden bij de realisatie van een Klimaatdijk. Ook met betrekking tot de Nota Ruimte is de vraag legitiem in hoeverre deze geschikt is voor een Klimaatdijk. De Klimaatdijk is immers per definitie al breed genoeg om doorbraakrisico's nagenoeg uit te sluiten. Niet alleen zullen nieuwe ingrepen per definitie nog decennia op zich laten wachten, ook hoeven latere dijkverhogingen niet meer noodzakelijkerwijs gepaard te gaan met een toename van de breedte.

### **3.17 Verzekerbaarheid**

#### **Huidige situatie**

Uitzonderingen daargelaten is het hedendaagse Nederlandse waterveiligheidsbeleid gebaseerd op smalle hoge dijken. De verschillende faalmechanismen die een dergelijke dijk kunnen bedreigen (zoals overslag, piping, afschuiving, verzakking) kunnen leiden tot een doorbraak van de dijk en een volledige overstroming van het achterland. De dijken worden er daarom op ontworpen dat de kans op optreden van deze faalmechanismen bijzonder klein is. Wanneer het echter toch optreedt en een overstroming plaatsvindt, zijn de gevolgen zowel maatschappelijk als financieel desastreus. Nederland neemt in Europa een uitzonderingspositie in met de onmogelijkheid om een verzekering af te sluiten tegen overstromingen (De Water # 134). In Nederland vindt een aanzienlijk deel van de investeringen in economie en woongebieden juist plaats in de meest lage en kwetsbare gebieden. Ondertussen wordt er vanuit gegaan dat de Overheid kan garanderen dat de kans op een overstroming verwaarloosbaar is, en hier dientengevolge ook geen rekening mee gehouden laat staan een verzekering tegen afgesloten hoeft te worden. Zolang verwacht mag worden dat de uit te keren schadebedragen bij een overstroming de premie-inkomsten van een verzekeraar excessief overstijgen, zal geen verzekeraar zich hieraan wagen.

#### **Klimaatdijk**

Een doorbraakbestendige Klimaatdijk zal de schade aan het achterland beperken wanneer water over de dijk komt. De gevolgen blijven immers beperkt tot enige wateroverlast in plaats van een allesverwoestende overstroming. Het spreekt voor zich dat een verzekeraar beter in staat is om bijvoorbeeld voor een hele woonwijk een nieuwe vloerbedekking te vergoeden, dan voor de volledige bevolking van diezelfde woonwijk een heel nieuw huis te laten bouwen.

Doordat de Klimaatdijk niet alleen de kans op calamiteiten beperkt, maar ook de ernst ervan, zou een beter uitgangspunt geboden kunnen worden om de verzekerbaarheid tegen overstromingen naar een hoger peil te brengen. Er zijn echter wel diverse kanttekeningen te plaatsen bij het nut en de noodzaak hiervan.

Vanuit macro-economisch perspectief moet de keuze gemaakt worden op welke wijze vergoeding van overstromingsschade zou moeten plaatsvinden; via verzekeringen of via belastingen.

Aan verzekeren kleven diverse praktische nadelen en problemen. Door de lage frequentie van voorkomen van overstromingen in combinatie met de hoge schade die ermee gepaard gaat, zijn verzekeraars nauwelijks in staat een acceptabel premiebedrag vast te stellen zonder bij een overstroming een faillissement te riskeren. Langdurig juridisch getouwtrek doordat de verzekeraar de waterkering behorende overheid aansprakelijk probeert te stellen, is ook niet uit te sluiten. Op de voor- en nadelen van de verzekerbaarheid wordt door J.K. Vrijling nader ingegaan in het artikel "Verzekeren tegen Grote Overstromingen" (2008), waarbij de verzekeringsoptie niet de meest logische keuze lijkt te zijn. Ook het ENW stelt in een advies [ENW 2008; Advies # 2008-011] dat om meerdere redenen een dergelijk verzekeringssysteem vanuit macro-economisch perspectief een onvoordelige keuze zou zijn.



## 4. Relevante programma's, initiatieven en praktijkvoorbeelden

### 4.1 Inleiding

Nederland heeft in de afgelopen eeuwen een efficiënt waterbeheer en beleid m.b.t. de waterveiligheid en dijken ontwikkeld. Het ontwerpen, toetsen en onderhouden van de dijken is vastgelegd in verschillende technische leidraden en voorschriften. Het beleid is vertaald naar diverse programma's en projecten. In deze verkenning is een inventarisatie gemaakt van beleid en relevante programma's en voorschriften die relevant zijn voor de Klimaatdijk. In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de relevante beleidsdocumenten, programma's en projecten en wordt een aantal voorbeelden van initiatieven beschreven; in bijlage 1 staan de programma's en initiatieven kort beschreven.

#### Beleid

Wet op de Waterkering (1995)  
Waterveiligheid 21<sup>e</sup> eeuw (2005)  
Planologische Kernbeslissing Ruimte voor de Rivier (PKB, 2006)  
Veiligheid Nederland in Kaart (VNK) (gestart in 2006)  
Advies door de Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid – Klimaatstrategie – tussen ambitie en realisme (2006)  
Advies van de Adviescommissie Water – Veiligheid tegen overstromen (2006)  
Watervisie Kabinet (2007)  
Beleidsnota Waterveiligheid (2008)  
Advies 2e Deltacommissie  
Nationaal Waterplan (2008)  
Provinciale Waterplannen (2009)

#### Programma's/onderzoek

Hoogwaterbeschermingsprogramma  
Klimaat voor Ruimte  
Aanpassing Ruimtelijke ordening aan Klimaatverandering (ARK)  
NWO Kust en Zee programma  
Flood Control 2015  
Ruimte voor de Rivier  
Building with Nature  
Waddenacademie en Waddenfonds  
Programma Zwakke Schakels

#### Projecten

Interreg:  
ComCoast,  
Climate Proof Areas (CPA is opvolger van ComCoast)  
Overzicht van de pilots onder het CPA project  
Nederland: Schouwen-Duiveland  
Duitsland: Wesermarsch  
Zweden: Arvika  
Engeland: Wicken Fenn en Titchwell Marsh  
Waterinnovatie Rijkswaterstaat (WINN):  
INSIDE  
Hoogwaterproof bouwen  
Rijke Dijk  
Doorwerking  
Project Zeeweringen  
Project Maaswerken  
Integrale Verkenning Maas 2  
Sterkte en Belasting Waterkeringen (SBW)  
Europese project NEW!Delta  
De dijk van de toekomst? – Quick Scan Doorbraakvrije Dijken  
Verkenkende beoordeling toepassingsmogelijkheden van de doorbraakvrije dijk [H+N+S  
Landschapsarchitecten, 2008]  
Waterrobuust Bouwen – Robuust (her)ontwikkelen van stedelijk gebied





Doorbraakvrije dijken, maatregelen voor binnendijkse macrostabiliteit en piping  
Ondergronds bouwen  
Klimaatbestendigheid van Nederland Waterland  
Project Aandacht voor Veiligheid  
Project Kennisbasis Staat en Toekomst van de Delta

### **Technische leidraden en voorschriften**

In bijlage 6 is een overzicht opgenomen van de in de loop der tijd uitgebrachte leidraden, technische rapporten, richtlijnen en voorschriften. Daarvan zijn voor de Klimaatdijk de volgende in elk geval relevant:

voorschrift Toetsen op Veiligheid [VTV-2006]  
hydraulische randvoorwaardenboek [HR-2006]  
leidraad Rivieren  
technisch rapport Ontwerpbelastingen voor rivierdijken  
technisch rapport Waterkerende Grondconstructies  
addendum technisch rapport Waterkerende Grondconstructies  
leidraad Zee- en Meerdijken  
technisch rapport Golfoploop en golfoverslag dijken  
technisch rapport Zandmeevoerende Wellen  
leidraad voor toepassing van asfalt in de waterbouw  
technisch rapport Asfalt voor waterkeren  
technisch rapport Erosiebestendigheid van grasland als dijkbekleding  
technisch rapport Steenzettingen  
technisch rapport Klei voor dijken  
rapport Grasmatt als dijkbekleding

### **Initiatief Klimaatdijk**

Binnen het 'Initiatief Klimaatdijk' zijn 3 programmalijnen te onderscheiden [Ministerie V&W, Klimaatdijk, het nieuwe dijkdenken; Visieboek 02 november 2008]:

- Het platform Klimaatdijk en het netwerk Klimaatdijk.
- Het netwerk Klimaatdijk verbindt verschillende betrokken partijen (zoals gemeenten, waterschappen, bedrijven en kennisinstellingen) in een netwerk waarbinnen het platform de centrale spil vormt.
- Het kennisprogramma Klimaatdijk.

Ontwikkeling, ontwerp, aanleg en onderhoud van dijken in combinatie met ruimtelijke inrichting vraagt veel kennis vanuit vele disciplines. Via dit programma worden alle benodigde en beschikbare kennis in de diverse disciplines geïnteriseerd, ervaringen verzameld en vastgelegd en kennisleemtes geïdentificeerd, en mogelijke kennisblokkades onderkend. Alle informatie, ervaring en kennis wordt via een zich permanent ontwikkelend 'Werkboek Klimaatdijk' beschikbaar gesteld. Via een 'kennisontwikkelingsplan' wordt initiatief tot de noodzakelijke kennisontwikkeling genomen en worden oplossingen voor kennisblokkades aangedragen.

Het uitvoeringsprogramma Klimaatdijk.

Einddoel van het 'Initiatief Klimaatdijk' is brede toepassing van de ontwikkelde concepten. Het uitvoeringsprogramma richt zich op concretisering, het leren en kennisdelen vanuit de huidige praktijk, op het aanhaken op actuele ontwikkelingen en het inspelen op concrete behoeften vanuit de praktijk)

## 4.2 Enkele praktijkvoorbeelden

Er zijn al diverse voorbeelden van hoogwaterbeschermingen die het predicaat Klimaatdijk kunnen dragen. In deze paragraaf zijn ter illustratie een aantal van deze voorbeelden opgenomen.

### Comcoast Perkpolder (Zeeland) (bron: Comcoast facts)



Afbeelding 4.1 Veerhaven Perkpolder (bron: Comcoast facts)

Sinds het veer Kruiningen-Perkpolder uit de vaart is genomen, heeft de veerhaven van Perkpolder zijn functie verloren. De gemeente Hulst wil het gebied nieuwe functies geven om de leefbaarheid te waarborgen. In het gebied van de voormalige veerhaven gaat het om de functies:

- een jachthaven;
- natuurontwikkeling;
- een hotel;
- nieuwe (recreatie)woningen;
- een golfbaan.

ComCoast ontwikkelt ideeën voor een brede waterkeringzone die mogelijkheden biedt voor meerdere gebruiksvormen. Perkpolder is één van de pilots waar ComCoast deze ideeën in de praktijk analyseert, demonstreert en evalueert. Ideeën die zijn verwerkt in het plan voor Perkpolder: Een hooggelegen Bastion met bewoning, hotel en jachthaven. Dit Bastion ligt zo hoog dat het berekend is op 200 jaar zeespiegelstijging. Een buffer voor de nieuwe zeedijk in de vorm van een schor. Het schor beschermt de dijk tegen golven. De aanslibbing van het schor zal naar verwachting gelijke tred houden met de zeespiegelstijging. De oude zeedijk fungeert als golfbreker. De Grote Perkpolder is een voorbeeld van een brede waterkeringzone. Voorlopig is de zeedijk nog voldoende veilig. In de toekomst (50 à 100 jaar) zal, bij verdergaande zeespiegelstijging, de zeedijk overslagbestendig gemaakt kunnen worden. In extreme omstandigheden kan dan water over de zeedijk slaan zonder dat de veiligheid in het geding komt. Het schetsontwerp houdt nu al rekening met overslaand water: in het gebied tussen de dijken komen recreatiewoningen op palen en/of terpen, zilte recreatienatuur en extensieve of zilte landbouw.

ComCoast ondersteunt de samenwerking tussen de betrokken partijen tijdens de planvorming en de uitvoering van de gebiedsontwikkeling in Perkpolder. Voor overheden heeft Comcoast een ontwerpatelier georganiseerd waarbij de gemeente Hulst, Provincie Zeeland, het Waterschap Zeeuws-Vlaanderen en Rijkswaterstaat gezamenlijk de inrichtingsmogelijkheden hebben verkend. De resultaten van het ontwerpatelier hebben in belangrijke mate bijgedragen aan het Schetsontwerp, dat gezamenlijk door de publieke en private partijen tot stand is gekomen. In de zomer van 2006 is het schetsontwerp aan de gemeenteraad en de plaatselijke bevolking gepresenteerd. Na de zomer vullen de partijen het schetsontwerp verder in. In het najaar sluiten de overheden en marktpartijen een samenwerkingsovereenkomst voor verdere uitwerking van het plan. Belanghebbenden krijgen de gelegenheid op het plan te reageren. Het ComCoast project Perkpolder loopt van april 2004 tot eind 2007.



### Fort Ellewoutsdijk (Zeeland) [Comcoast facts]

Voor het dorp Ellewoutsdijk liggen twee zeedijken met daar tussenin het fort Ellewoutsdijk. De landwaartse dijk is de officiële zeeverende dijk, de zeewaartse dijk is ouder en lager. De landwaartse dijk voldoet niet meer aan de normen uit de Nederlandse wet. Dijkverhoging zou echter ten koste



gaan van het fort. ComCoast onderzocht daarom of het mogelijk is om de dijken niet te verhogen, maar de bekleding wel sterker te maken. In extreme situaties kunnen de hoogste golven dan over de zeewaartse dijk slaan zonder dat de dijken daardoor bezwijken. Als de storm bedaard is, wordt het overgeslagen water weggepompt. Deze nieuwe oplossing komt tegemoet aan de eisen voor veiligheid en de wens om het historische fort te behouden. Projectbureau Zeeweringen heeft samen met ComCoast deze innovatieve dijkversterking voor Ellewoutsdijk ontwikkeld.

Afbeelding 4.2 Fort Ellewoutsdijk (Zeeland) [Comcoast facts]

### Kaap de Goede Hoek (Zuid Holland) [AM Wonen; www.am.nl]



In de rij van kustlocaties neemt Hoek van Holland een zeer bijzondere plaats in. Het oriënteert zich op de Nieuwe Waterweg, maar ligt ook aan zee en de duinen. De nieuwbouwlocatie Kaap de Goede Hoek ligt precies op het snijpunt van rust, natuur en ruimte van het kustlandschap en dynamiek en kracht van de Rotterdamse wereldhaven. Tegen deze uitdagende achtergrond wordt een uniek gebied ontwikkeld, genaamd Kaap de Goede Hoek. Het is een duinlocatie waar trapsgewijs wordt gebouwd op een van oorsprong natuurlijk duin dat wordt ingericht om op te kunnen bouwen.

Afbeelding 4.3 Kaap de Goede Hoek (Zuid Holland) [AM Wonen; www.am.nl]

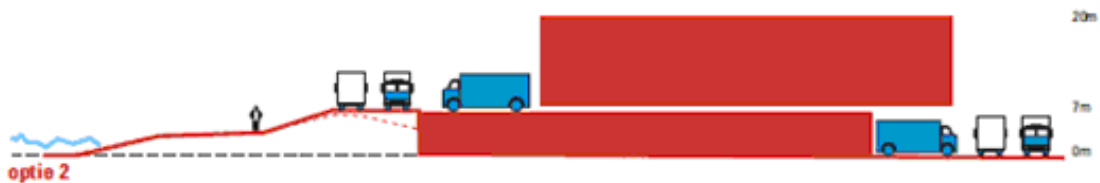
### Multidisciplinaire dijkversterking Dordrecht

In Dordrecht ligt aan de westzijde van de Dordtse Kil een havengebied en verschillende bedrijventerreinen (Kil I, Kil II en Kil III). Voor de aanleg van een nieuwe uitbreiding van het bedrijventerrein met ca 60 ha (bedrijventerrein Kil IV) kijkt men naar de dijk voor de verbetering van de interne aansluitingen tussen de bedrijventerreinen en naar innovatieve mogelijkheden tot meervoudig ruimtegebruik. Doelstelling is een dijk te ontwerpen die als een belangrijke transport-as kan dienen en een maximale flexibiliteit naar toekomstig ruimtegebruik garandeert. In werkateliers zijn veel dijktypen vergeleken waarbij zowel smalle dijklichamen (gesteund door damwanden) als de Klimaatdijk de revue zijn gepasseerd.

Het nieuwe bedrijventerrein moet de mogelijkheid bieden tot zeer intensief gebruik, mogelijke stapeling van bedrijven en de faciliteiten voor regionale distributie centra (RDC). In dit project is zodoende geen sprake van een brede uit zand opgebouwde dijk. Wel is het een voorbeeld van multifunctioneel ruimtegebruik waarin de veiligheidsfunctie wordt verweven met economische activiteiten. Hoewel deze economische activiteiten feitelijk buiten de kernzone plaatsvinden, laat dit project wel zien hoe een doorbraakvrije en overslagbestendige dijk gerealiseerd kan worden door de veiligheidsfunctie met andere functies te integreren.

Daarom is uiteindelijk gekozen voor een dijk met de volgende dimensies:  
dijk 7 m hoog t.o.v. maaiveld (hoogte van 1-bedrijfslaag);  
weg boven op de kruin van de dijk (ontsluiting op niveau van 2<sup>e</sup> bedrijfslaag, gestapelde bedrijvigheid);  
extra overhoging van de dijk (in dit geval 2 m) en extra breedte van de dijk maakt het mogelijk om tot tegen het dijklichaam aan te bouwen (blijft buiten kernzone)  
het vergrote dijklichaam biedt genoeg mogelijkheden om leidingen, kabels en andere voorzieningen buiten de veiligheidszone aan te leggen.

Hieronder een plaatje van een voorstel van BNB Architecten in Weesp. In het Dordtse geval zullen de bedrijven op maaiveld aan de binnenzijde ontsloten worden terwijl de bedrijven op 1<sup>e</sup> niveau vanaf de dijk worden ontsloten.



**Afbeelding 4.4 Voorstel van BNB Architecten in Weesp**

### **Hafencity Hamburg**

In Hamburg zorgt de combinatie van een hoge waterstand in de Elbe en een stormvloed in de Duitse bocht eens in de paar jaar voor overstromingen. Toch worden er grootschalige buitendijkse projecten ontwikkeld nabij de binnenstad (Hafencity, Speicherstadt). Wonen mag in dit gebied alleen boven + 7.50 m boven NAP en op dat niveau zijn ook vlucht- en hulpwegen aangelegd. De verdiepingen beneden dit niveau worden wel waterwerend gebouwd, maar moeten ook evacueerbaar zijn. Hier is ruimte voor functies als garages, kantoren of horeca. De ontwikkelaars en eigenaren zijn zelf verantwoordelijk voor hun gebouwen, maar moeten hun plannen wel laten toetsen aan het "Masterplan Hochwasserschutz" en de bouwvoorschriften.

### **Superdijken Japan [Ruimtelijk Planbureau, 2007]**

De superdijk is een Japans concept. Hier liggen langs de (tsunami- en tyfoongevoelige) kust waterkeringen van een dusdanige breedte en hoogte dat het geen probleem is om de functie waterkeren te combineren met de functie wonen of de functie stadspark. Het Ruimtelijk Planbureau ziet voor de Nederlandse context m.b.t. de superdijk een aantal problemen ten aanzien van het benodigde ruimtebeslag, zettingen (dus hoe lang gaat deze maatregel mee als er geen woningen kunnen worden gesloopt om ophoging mogelijk te maken), de benodigde termijn om hier een gebiedsdekkende oplossing van te maken en de kosten hiervan (die moeten vooral door particuliere investeringen tot stand worden gebracht). Voorbeeld in Nederland die als superdijk zijn aan te merken zijn de Vierhavenstrip (i.o.) in Rotterdam en het dakpark op kantoren op de Zeedijk. Ook de nieuwe zeewering als strandpromenade in Zandvoort is als een voorbeeld te zien.

### **Planstudies Zwakke Schakels [procesplan Zwakke Schakels, 2003]**

Zwakke schakels zijn kustvakken die naar verwachting tussen nu en tweehonderd jaar (praktisch vooreerst vijftig jaar) na nu versterkt moeten worden om bij stijging van de zeespiegel, hogere stormfrequentie en op grond van nieuwe golfrandvoorwaarden aan eisen voor veiligheid tegen overstroming van het achterland te voldoen in samenhang met wensen ten aanzien van verbetering van de ruimtelijke kwaliteit.



**Afbeelding 4.5 Zandige kust (bron: procesplan Zwakke Schakels, 2003)**

Zowel in de derde Kustnota als in de Vijfde Nota over de Ruimtelijke Ordening wordt ingegaan op de zwakke schakels in de Nederlandse kust. Het gaat daarbij steeds om kustgedeelten gelegen in de provincies Noord-Holland, Zuid-Holland en Zeeland.

Er zijn al verschillende planstudies gestart of afgerond, waaronder: Versterking Zwakke Schakel Noordwijk en Scheveningen, Katwijk, de Hondsbossche en Pettemer Zeewering, de Duinen Kop van Noord-Holland.



## 5. Kennisleemtes en kennisvragen

In deze verkenning is een inventarisatie gemaakt van relevante informatie, ervaringen, beleid en kennis met betrekking tot de Klimaatdijk. De concept verkenning is voorgelegd aan een brede groep van experts. Uit zowel de verzamelde informatie en de expertmeeting kwam naar voren dat er vanuit diverse kanten kansen worden gezien voor Klimaatdijken als adaptatiemaatregel en er ook verschillende initiatieven worden genomen voor het realiseren van multifunctionele, robuuste waterkeringen. Wel zijn er nog verschillende vragen. Niet alleen technische vragen maar ook veel vragen omtrent de maatschappelijke aspecten en ruimtelijke inpassing van Klimaatdijken. In dit hoofdstuk zijn deze vragen benoemd. Het verslag van de expertmeeting is in bijlage 7 bijgevoegd.

### 5.1 Technische (ontwerp)vragen over de Klimaatdijk

- Kunnen bij het ontwerp van Klimaatdijken de huidige regels en voorschriften worden gebruikt?
- Welke (andere) technieken, uitvoeringswijzen en/of materiaalkeuzen zijn van toepassing op de verschillende verschijningsvormen van de Klimaatdijk?
- Hoeveel en welk materiaal is beschikbaar voor Klimaatdijken (zoals benodigd bij b.v. Brede Dijken)?
- Wat betekent de differentiatie in bodemopbouw voor de toepassingsmogelijkheden van de Klimaatdijk (problematiek slappe bodem en opdrijven/opbarsten achterland)?
- Wat betekent het toepassen van de Klimaatdijk voor kunstwerken, constructies en niet waterkerende objecten (begroeiing, bebouwing, (gas)leidingen etc.)?
- Hoe kunnen natuurlijke processen worden ingezet (eco-engineering) om een Klimaatdijk te realiseren?
- Er is behoefte aan illustratie of uitwerkingen van dwarsprofielen voor een aantal dijken (Traditioneel, Robuust, Doorbraakvrij, Klimaatdijk) voor verschillende situaties: Lintbebouwing, Slappe vs stevige ondergrond, Boerenland, Stedelijk gebied (Kampen, Zutphen, Dordrecht, Deventer, etc.), eventueel Wadden (bijv. verwaaiende duinzone en een polder aan de zuidkant zoals Ameland), Zandige duinzone (wel een ingewikkeld profiel uitkiezen dan), woningen in een keringzone, schoorbufferzone met tussendijkse kwelder. Hierbij bij voorkeur minstens 2 profielen (bijv. kwelder en een duin) waar er geen sprake is van een hoogwaterbeschermingslijn maar van een zone.
- (Hoe) kunnen mitigatiemaatregelen aan bestaande woningen of andere objecten worden ingezet om de waterkering te versterken?
- In 2050 wordt bekeken hoe moet worden omgegaan met de Oosterscheldekering [ontwerp Waterplan, 2008]. Welke mogelijkheden zou dit kunnen bieden voor de Klimaatdijk?

### 5.2 Vragen met betrekking tot ruimtelijke inpassing van de Klimaatdijk

- Kan er ruimte worden gereserveerd voor de robuuste Klimaatdijk en hoe moet dat dan?
- Kan de Klimaatdijk in het proces van ruimtelijke ordening worden geborgd? Zo ja, waar dan?
- Welke mogelijkheden bestaan om natuurbeleid te koppelen aan andere belangen?
- Hoe kan een programma als 'Building with Nature' bijdragen aan betaalbare Klimaatdijk oplossingen?
- (Hoe) kunnen Ruimtelijke Ontwikkelingen op, in of nabij een waterkeringzone, ingezet worden om de kering te versterken?
- Hoe ziet de beschermingszone die in het Nationaal Waterplan wordt genoemd eruit? De breedte afgestemd op KNMI 2006 scenario's 'Warm en Warm +??'.

### 5.3 Vragen over normen, toetsen, beheer en onderhoud

- De huidige toetsmethode (dijkvakbenadering) en ontwerpmethod (dijkringbenadering) zijn niet consistent. Hoe is dat (tijdelijk) op te lossen? (zou in de criteria moeten worden gezocht)
- Wat betekent de factor 10 van de Deltacommissie voor de huidige dijken en wat betekent het voor de Klimaatdijk
- Hoe moet een Klimaatdijk worden getoetst en wat zijn realistische normen?
- Welke aanpassingen zijn nodig in voorschriften en richtlijnen m.b.t. een efficiënte toetsing en ontwerp? En welke voorschriften en richtlijnen zijn dat dan?



- Hoe wordt bij het aanleggen en beheren van Klimaatdijken omgegaan met (aanpassingen aan) toetsbaarheid, toetsingscriteria, definiëring van het veiligheidsniveau (overslag vs doorbraak), implementatie in Technische Rapporten
- Welk veiligheidsbenadering moet worden toegepast (dijkvak of dijkkringbenadering? overbelasting, faalkansen of overstromingsrisico?)
- In welke mate vormt ontoereikende kennis over regels en richtlijnen een belemmering voor de innovatie Klimaatdijk?
- Welke (on)mogelijkheden biedt het huidige proces omtrent dijkaanleg (ontwerp, besluitvorming, procedure, planning, organisatie)? ten aanzien van de Klimaatdijk?
- Hoeveel water mag er achter een dijk staan (geen ontwateringnorm maar een overlastnorm) óf hoe definieer je veiligheid(sniveau) (overslag vs doorbraak)?
- Kan een afwegingskader worden gemaakt, bijvoorbeeld in de vorm van een klimaattoets, die helpt om verschillende inrichtingsvarianten en oplossingen voor hoogwaterbescherming, waaronder de Klimaatdijk vanuit een breed perspectief te beoordelen en beter met elkaar te vergelijken?

#### **5.4 Maatschappelijke vragen met betrekking tot het realiseren van de Klimaatdijk**

- Welke actor in het huidige hoogwaterbeschermingsproces is de meest aangewezen om de Klimaatdijk gerealiseerd te krijgen? M.a.w. wie neemt de regie?
- Kan de Klimaatdijk een rol spelen bij het verminderen van het sectorale denken omtrent hoogwaterbescherming?
- Is de huidige financieringswijze van onze hoogwaterbescherming geschikt om de innovatie Klimaatdijk te kunnen realiseren? Zo nee, wat zijn de knelpunten?
- Hoe zijn regelgeving en technische ontwerpen zodanig in te richten dat ze de mogelijkheden bieden (of zelfs stimuleren) om zeer ver vooruit te denken en te plannen (bijv. 200 jaar). Welke technische concepten gericht op een langere termijn, zijn hier te bedenken. Hoofdzaak is de capaciteit tot het aanpassen van inzichten, procedures, etc.
- Hoe ziet de transitie naar een robuust en duurzaam systeem eruit?
- Wanneer wordt geaccepteerd dat een Klimaatdijk mag overstromen, hoe is dan de verzekeraarbaarheid van deze (beperkte) gevolgschade te regelen (individueel of collectief verplicht)?
- Welke financieringsmogelijkheden en -varianten zijn er denkbaar?
- Wat zijn de kosten en baten van het nationaal toepassen van de Klimaatdijk (KBA op archetypen)? Ook afgezet tegen de huidige praktijk van dijkverhogingen en -verzwaren, ook rekening houdend met verschillende 'houdbaarheidstermijnen' van de dijktypen.
- Wat is financieel maatschappelijk aanvaardbaar bij het toepassen van de Klimaatdijk?
- Voldoet de huidige onteigeningspraktijk bij het toepassen van de Klimaatdijk?
- Hoe is een integrale gebiedsontwikkeling in een dijkzone in te zetten om kosten te drukken of het project zelfs winstgevend te maken (zoals ook bij bijvoorbeeld treinstations mogelijk blijkt)?
- Als bebouwing verwijderd / verplaatst / verhoogd zou moeten worden, kan er dan onderscheid gemaakt worden in (bijv. cultuurhistorisch) 'waardevolle bebouwing' en overige bebouwing? Hoe zou hiermee omgegaan moeten worden (bestuurlijk-juridisch, politiek, maatschappelijk/PR, financiering, etc.)
- Hoe wordt rekening gehouden met het 'menselijk aspect' (dijkhuisbewoners, vakantiehuisjes, strandtenten, 'individueel leed', etc.)? Iedereen wil aan/op de dijk wonen, dus óók de huidige gebruikers. (In het creëren van draagvlak voor een maatregel, is enthousiasme/tegenstand van huidige gebruikers wellicht de meest bepalende factor)



## 6. Recente literatuur en informatie

### Relevante publicaties

Adrichem, M.H.C. van, J.Y. Frissel & H.P.J. Huiskes, 2008. Bepaling van doorworteling en zodeparameters van dijkgrasland in Zeeland.

<http://www2.alterra.wur.nl/Webdocs/PDFFiles/Alterrapporten/AlterraRapport1757.pdf>

Adviescommissie Financiering Primaire Waterkeringen, 2006. Tussensprint naar 2015; Advies over de financiering van de primaire waterkeringen voor de bescherming van Nederland tegen overstroming.

Aerts, J., T. Sprong & B. Bannink (eds), 2008. Aandacht voor Veiligheid.

Deltacommissie, 2008. Samen werken met water - Een land dat leeft, bouwt aan zijn toekomst.

[www.deltacommissie.com](http://www.deltacommissie.com)

Frissel, J.Y. & E. Hazebroek, 2004. Vegetatie en Erosiebestendigheid van extensief beheer grasland op Waddendijk in Friesland. Effecten op de samenstelling zodedichtheid en doorworteling van de graszode, 7 jaar na beëindiging van de mestgift.

<http://www2.alterra.wur.nl/Webdocs/PDFFiles/Alterrapporten/AlterraRapport1083.pdf>

Frissel, J.Y., E. Hazebroek & Th.C.P. Melman, 2005. Extensief beheerd grasland op zeedijken. Effecten op de vegetatie en erosiebestendigheid en exploitatie van aangepast beheer na een periode van 13 jaar.

<http://www2.alterra.wur.nl/Webdocs/PDFFiles/Alterrapporten/AlterraRapport1084.pdf>

KNMI, 2006. KNMI Climate Change Scenarios 2006 for the Netherlands.

Knoeff, J.G., 2008. Doorbraakvrije dijken, maatregelen voor binnenwaartse macrostabiliteit en piping.

Knoeff, J.G. en E.J. Aukema, 2005. Contractuele risicoverdeling van geotechnische risico's, – Civiele techniek nummer 2 .

[http://www.deltares.nl/txmpub/files/?p\\_file\\_id=173](http://www.deltares.nl/txmpub/files/?p_file_id=173)

[http://www.verkeerenwaterstaat.nl/Images/FloodControl2015\\_tcm195-212843.pdf](http://www.verkeerenwaterstaat.nl/Images/FloodControl2015_tcm195-212843.pdf)

Kok, M., 2007. Enkele kanttekeningen bij de Wet op de Waterkering (Symposium 'Kijken Naar De Kust'; HKV lijn in water / TU Delft)

[http://www.hkv.nl/documenten/Enkele\\_kanttekeningen\\_bij\\_de\\_wet\\_op\\_waterkering\\_MK.pdf](http://www.hkv.nl/documenten/Enkele_kanttekeningen_bij_de_wet_op_waterkering_MK.pdf)

Ministerie van V&W, 2004. VTV: Voorschriften Toetsen op Veiligheid voor primaire waterkeringen.

Ministerie van V&W, 2006. Primaire waterkeringen getoetst. Landelijke rapportage Toetsing 2006.

Ministerie van V&W, 2006. Voortgang verkenning Waterveiligheid 21e eeuw.

Ministerie van V&W, 2007. Leidraad Rivieren, Expertise Netwerk Waterkeren.

Ministerie van V&W, 2008. Waterveiligheid 21e eeuw; Synthesedocument 2 juni 2008.

<http://www.xs4all.nl/~stive51/detalinks/080618DEFSynthese%20wv21.pdf>

Ministerie van V&W, 2008. Tijdschrift 'De Water', Nr 134;

[http://www.verkeerenwaterstaat.nl/onderwerpen/water/water\\_en\\_toekomst/120\\_magazine\\_de\\_water/](http://www.verkeerenwaterstaat.nl/onderwerpen/water/water_en_toekomst/120_magazine_de_water/)

Ministerie van V&W, 2008. Visiebeeldboek 02 November 2008. Klimaatdijk; het nieuwe dijkdenken.

<http://www.klimaatdijk.nl>

Rijkswaterstaat, 2003. Procesplan zwakke schakels in de Nederlandse kust; Bestuurlijk Overleg Kust. [http://www.verkeerenwaterstaat.nl/Images/Procesplan%20Zwakke%20Schakels\\_tcm195-101251.pdf](http://www.verkeerenwaterstaat.nl/Images/Procesplan%20Zwakke%20Schakels_tcm195-101251.pdf)





Rijkswaterstaat, 2007. Hydraulische randvoorwaarden primaire waterkeringen: voor de derde toetsronde 2006-2011 (HR 2006).

<http://www.verkeerenwaterstaat.nl/kennisplein/3/5/358304/HR2006.pdf>

Schelfhout, H.A., 2008. Uit presentatie over afstemmen waterveiligheid en ruimtelijke ordening.

Silva, W. & E. van Velzen, 2008. De dijk van de toekomst? Quicksan Doorbraakvrije Dijken, RWS.

Slim, P.A. & M.A.M. Löffler, 2007. Kustveiligheid en Natuur; een overzicht van kennis en kansen.

<http://www2.alterra.wur.nl/Webdocs/PDFFiles/Alterrapporten/AlterraRapport1485.pdf>

Steendam, G.J., W. de Vries, J.W. van der Meer, A. van Hoven, G. de Raat, & J.Y. Frissel, 2009. Influence of management and maintenance on erosive impact of wave overtopping on grass covered slopes of dikes; Tests. In: Samuels et al. (eds), Flood Risk Management: Research and Practice. Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-0-415-48507-4

[http://www.vandermeerconsulting.nl/downloads/stability\\_a/2008\\_steendam\\_devries.pdf](http://www.vandermeerconsulting.nl/downloads/stability_a/2008_steendam_devries.pdf)

Vellinga, P., 2008. Hoogtij in de Delta, inaugurele rede, Wageningen Universiteit, 16 oktober 2008.

Voskuilen, M.J., 2001. Dijkgraslandbeheer in West-Brabant. Alterra-rapport 320.3, Wageningen.

<http://www2.alterra.wur.nl/Webdocs/PDFFiles/Alterrapporten/AlterraRapport320.3.pdf>

Vrijling J.K., 2008. "Een toekomstvast advies of een donderpreek?; Het Deltaplan 2008 kritisch geanalyseerd". SPIL, nummer 5. [http://www.platteland-in-](http://www.platteland-in-perspectief.nl/afbeeldingen/pdf/spil_2008_05_15-18_vrijling.pdf)

[perspectief.nl/afbeeldingen/pdf/spil\\_2008\\_05\\_15-18\\_vrijling.pdf](http://www.platteland-in-perspectief.nl/afbeeldingen/pdf/spil_2008_05_15-18_vrijling.pdf)

Vrijling J.K., met advies van C.J.J. Eijgenraam & M. Kok; Expertise Netwerk Waterveiligheid, 2008; Verzekeren tegen Grote Overstromingen.

<http://www.xs4all.nl/~stive51/detalinks/ENW-V-08-12%20Artikel%20verzekeren%20grote%20overstromingen.pdf>

## LINKS

Naar nieuwsberichten, rapporten en publicaties over aan de Klimaatdijk gerelateerde onderwerpen:

Initiatief Klimaatdijk

<http://www.klimaatdijk.nl>

Klimaatdijk en vergelijkbare concepten in de media:

<http://www.nd.nl/pdf.php?id=33470>

[http://www.nrc.nl/binnenland/article1911195.ece/Heel\\_brede\\_dijken\\_waar\\_alles\\_op\\_mag](http://www.nrc.nl/binnenland/article1911195.ece/Heel_brede_dijken_waar_alles_op_mag)

[http://www.hoogwaterplatform.nl/index2.php?option=com\\_content&do\\_pdf=1&id=486](http://www.hoogwaterplatform.nl/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=486)

[http://www.waterforum.net/template\\_a1.asp?paginanr=6073](http://www.waterforum.net/template_a1.asp?paginanr=6073)

[http://www.telegraaf.nl/woonkrant/1531267/\\_Wonen\\_op\\_een\\_terp\\_.html?cid=rss](http://www.telegraaf.nl/woonkrant/1531267/_Wonen_op_een_terp_.html?cid=rss)

Inaugurele rede Pier Vellinga:

<http://www.kennisvoorklimaat.nl/nl/25222685->

[KVK\\_Nieuws.html?location=23641140359265,10026100,true,true](http://www.kennisvoorklimaat.nl/nl/25222685-KVK_Nieuws.html?location=23641140359265,10026100,true,true)

Grontmij

<http://www.grontmij.nl/site/nl->

[nl/Werkvelden/Water/Waterbouw/Producten+en+diensten/De+Terpendijk.htm](http://www.grontmij.nl/site/nl-Werkvelden/Water/Waterbouw/Producten+en+diensten/De+Terpendijk.htm)

<http://www.surfgroepen.nl/sites/kndw/Innovatie%20ontmoet%20locatie%203092008/De%20Klimaatdij>

[k%20factsheet%20def.pdf](http://www.surfgroepen.nl/sites/kndw/Innovatie%20ontmoet%20locatie%203092008/De%20Klimaatdij)

Deltacommissie

<http://www.deltacommissie.com/advies/achtergrondrapporten>

Rotterdam Climate Proof:

<http://www.transurban.nl/media/bestanden/stad%20water/Conferentie%20Rotterdam%20Waterstad/Arnoud%20Molenaar%20Rotterdam%20Climate%20Proof.pdf>







## **Bijlagen: Achtergrond informatie Klimaatdijk**

- Bijlage 1: Relevant Beleid, Kennisprogramma's & projecten, Leidraden en Kennisinstellingen
- Bijlage 2: Veiligheidnormen per dijkkringgebied
- Bijlage 3: Achtergronden huidige veiligheidsnormen
- Bijlage 4: Vergelijking faalmechanismen huidige dijken en de Klimaatdijk
- Bijlage 5: Verdeling van de faalkansen per faalmechanisme over de totale dijkkring
- Bijlage 6: Overzicht technische leidraden & voorschriften
- Bijlage 7: Verslag Expertmeeting





## Bijlage 1

### Relevant Beleid, Kennisprogramma's & projecten, Leidraden en Kennisinstanties

#### Beleid(snotities) en adviezen

##### Wet op de Waterkering (1995)

De duinen, dijken en kunstwerken die Nederland verdedigen tegen hoogwater vanuit zee, rivieren en grote meren worden de primaire waterkeringen genoemd. In de Wet op de Waterkering is bepaald dat deze waterkeringen iedere vijf jaar getoetst dienen te worden. Via deze keuring wordt bekeken of de waterkeringen nog voldoen aan de wettelijke eisen. De Wet op de Waterkering schrijft voor dat primaire waterkeringen elke 5 jaar worden getoetst aan de vigerende normen. Wanneer de kering niet meer voldoet, worden er versterking- en herstelplassen opgesteld. In de vigerende normen zijn hoogwaterbeschermingsmaatregelen veelal gericht op een periode van 50 jaar.

Link: [www.rijkswaterstaat.nl](http://www.rijkswaterstaat.nl)

##### Waterveiligheid 21<sup>e</sup> eeuw (2005)

Om vast te stellen of het preventieve beschermingsbeleid en de Wet op de Waterkering nog adequaat waren, heeft het Ministerie van V&W in 2005 de verkenning Waterveiligheid 21<sup>e</sup> Eeuw (WV21) gelanceerd. De voorgenomen koers m.b.t. de waterveiligheid is uitgewerkt in een beleidsnotitie waarin ook het rapport van de Deltacommissie is betrokken. In 2009 moet dit uitmonden in een nieuw Nationaal Waterplan.

Link: [www.helpdeskwater.nl](http://www.helpdeskwater.nl)

##### Planologische Kernbeslissing Ruimte voor de Rivier (2006)

Mede aan de hand van de hoogwaters van 1993 en 1995 heeft het Kabinet in 2006 de Planologische Kernbeslissing Ruimte voor de Rivier vastgesteld. Deze beleidslijn omvat een lange termijn visie waarin waterstands- en dus dijkverhoging zoveel als mogelijk moet worden voorkomen door het rivierbed te verruimen. De maatregelen moeten ertoe leiden dat uiterlijk in 2015 het Nederlandse rivierengebied een betere bescherming tegen hoogwater kent. Maatregelen als uiterwaard- en kribverlaging, zomerbedverdieping, obstakelverwijdering, hoogwatergeulen en dijkverleggingen vormen dan ook een belangrijk onderdeel van de te nemen maatregelen. Naast het hogere veiligheidsniveau neemt tegelijkertijd ook de ruimtelijke kwaliteit van het rivierengebied toe door de te nemen maatregelen.

##### Veiligheid Nederland in Kaart (start begin 2006)

Veiligheid Nederland in Kaart (VNK) is een door het ministerie van Verkeer en Waterstaat (V&W) geïnitieerde studie om overstromingsrisico's in beeld te brengen. Deze kansen op en de gevolgen van overstromingen van de dijkkringgebieden in Nederland worden hierbij per dijkkring volgens een nieuwe methode in kaart gebracht. Belangrijke onderdelen van het project vormen het inzicht in zwakke plekken in de dijkkring, de sterkte van kunstwerken en het omgaan met onzekerheden in kennis.

Link: [www.projectvnk.nl](http://www.projectvnk.nl)

##### Advies door de Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid – Klimaatstrategie – tussen ambitie en realisme (2006)

Het Adviesrapport 'Klimaatstrategie – Tussen ambitie en realisme' wordt door de opsteller WRR als volgt samengevat:

'Met Klimaatstrategie - tussen ambitie en realisme draagt de WRR drie oplossingssporen aan voor het klimaatprobleem: aanpassing aan een veranderend klimaat, de selectie van mondiaal perspectiefvolle mitigatieroutes tot het jaar 2050 en de internationale coördinatie die nodig is om die routes succesvol te gebruiken. In dit advies aan de regering worden complicerende factoren en onzekerheden voor het beleid blootgelegd en daarmee rekening houdende een strategie voor een effectief klimaatbeleid.

Deze strategie geeft richting voor de toekomst aan het Nederlandse klimaatbeleid binnen de EU en dat van de EU in wereldverband'

Link: <http://www.wrr.nl/content.jsp?objectid=3619>



## **Advies van de Adviescommissie Water – Veiligheid tegen overstromen (2006)**

Het door de Adviescommissie Water (AcW) van RWS uitgebrachte advies 'Veiligheid tegen Overstromen' wordt door de opstellers als volgt omschreven:

"De Adviescommissie Water (AcW) heeft advies uitgebracht over de uitvoering van het waterveiligheidsbeleid, tegen de achtergrond van de Verkenning Waterveiligheid 21e eeuw. Gezien het grote belang van de waterveiligheid in Nederland heeft de commissie ervoor gekozen om op dit moment een advies op hoofdlijnen uit te brengen. Dit advies dient gezien te worden als een validering en integratie van de probleemperecepties zoals die de afgelopen periode door een groot aantal gezaghebbende instituten zijn gepresenteerd"

Link: [www.verkeerenwaterstaat.nl](http://www.verkeerenwaterstaat.nl)

## **Watervisie (2007)**

De ministerraad heeft op voorstel van staatssecretaris Huizinga van Verkeer en Waterstaat de Watervisie 'Nederland veroveren op de toekomst' vastgesteld. In de Watervisie wordt beschreven in welke richting het beleid zich de komende jaren moet ontwikkelen om Nederland op de lange termijn klimaatbestendig te houden. Zo is het noodzakelijk om nu actie te ondernemen om ook in de toekomst één van de best beveiligde delta's ter wereld te blijven. Water zou meer sturend moeten zijn bij het inrichten van de ruimte. Daarnaast maakt de Watervisie duidelijk dat het water kansen biedt en niet los gezien kan worden van wonen, natuur, recreatie en economische ontwikkelingen.

De Watervisie geeft een nieuwe impuls aan het waterbeleid. De plannen, die nu uitgevoerd worden, zorgen ervoor dat Nederland de komende jaren veilig blijft. Maar verschillende rapporten over klimaatverandering maken duidelijk dat Nederland nu moet anticiperen op toekomstige ontwikkelingen. Een belangrijke stap daarin is de nieuw in te stellen Deltacommissie die zich gaat buigen over de bescherming van de Nederlandse kust en het achterland op de lange termijn (tot 2200). De commissie brengt in 2008 haar advies uit.

De Watervisie benadrukt de noodzaak van samenwerking om het waterbeleid aan te passen op de verwachte klimaatverandering. Daarnaast wil het kabinet een grotere bijdrage leveren aan het delen van kennis met ontwikkelingslanden en wil ze burgers meer betrekken bij het waterbeheer door bijvoorbeeld in het onderwijs 'water' een prominentere plek te geven.

In de Watervisie is gekozen voor vijf accenten waarin de speerpunten in het waterbeleid uiteengezet worden. De vijf accenten zijn:

1. Nederland maken we samen klimaatbestendig.  
Samenwerking met andere partijen zoals bestuurders, burgers, bedrijven en maatschappelijke organisaties, is onmisbaar bij het klimaatbestendig maken van Nederland. We moeten ver vooruit kijken om ook de kansen die de klimaatverandering ons biedt, te gebruiken. Zo gaat een nieuw in te stellen Deltacommissie zich buigen over de bescherming van de Nederlandse kust op de lange termijn (2100-2200).
2. Nederlanders maken met water een sterkere economie.  
Het kabinet wil door het combineren van verschillende functies in het waterbeheer economische kansen benutten. Zo kan ze bij de aanpak van de Afsluitdijk ook investeren in energiewinning, recreatie, transport of wonen.
3. Nederlanders leven duurzaam met water.  
Maatregelen tegen overstromingen, wateroverlast en verlies aan waterkwaliteit moeten worden gecombineerd met het verbeteren van de natuurwaarden. Daarnaast wil het kabinet verder investeren in relaties met andere landen waarmee Nederland het beheer van rivieren en zeeën deelt.
4. Nederland helpt met waterkennis wereldwijd.  
Het kabinet wil een grotere bijdrage leveren aan het oplossen van problemen rondom water in ontwikkelingslanden. Bovendien kan Nederland in andere landen ook kennis opdoen die in ons land goed te gebruiken is. Nederland heeft met verschillende landen al overeenkomsten gesloten om waterkennis te delen.
5. Nederlanders herontdekken leven met water.  
Het kabinet wil mensen meer betrekken bij de kansen die de klimaatverandering en de wateropgave met zich meebrengen. Een manier om dit te bereiken is door in het onderwijs meer aandacht te besteden aan water.



De Watervisie geeft een nieuwe impuls aan het waterbeleid. Dit is nodig omdat de meest recente rapporten over klimaatverandering duidelijk maken dat Nederland moet anticiperen op ontwikkelingen die na 2100 kunnen optreden. Een andere reden om het waterbeleid een nieuwe impuls te geven is de noodzaak om meer samenhang aan te brengen binnen het beleid. Projecten worden krachtiger, effectiever en relatief goedkoper als ze nog meer dan nu met elkaar worden verbonden. Daarnaast is het nodig om het duurzame waterbeleid verder uit te werken door water weer ruimte te geven en natuurlijke processen te herstellen. De Watervisie is het begin van het proces dat toewerkt naar een plan voor een klimaatbestendige waterhuishouding van Nederland: het Nationale Waterplan in 2009. Het Nationale Waterplan verschijnt één keer per zes jaar en legt de hoofdlijnen van het nationale waterbeleid vast. Het zesjaarlijkse plan vervangt de 4e Nota Waterhuishouding waarin op dit moment het waterbeleid is vastgelegd.

Link: [http://www.verkeerenwaterstaat.nl/Images/Watervisie\\_tcm195-194740.pdf](http://www.verkeerenwaterstaat.nl/Images/Watervisie_tcm195-194740.pdf)

### **Beleidsnota Waterveiligheid (2008)**

De bevindingen uit de verkenning WV21 vormen de basis van de agenda voor het toekomstige waterveiligheidsbeleid. De komende jaren zal worden gezien hoe vanuit een landelijk maar ook vanuit een regionaal perspectief gekomen kan worden tot een totaalpakket om een maatschappelijk verantwoorde bescherming tegen overstromingen te realiseren.

Daarbij zijn er drie aandachtsvelden:

1. Actualisatie van preventiebeleid (beperken van de káns op overstromingen),
2. Vergroten van de aandacht voor het beperken van gevolgen van overstromingen,
3. Vergroten van bewustzijn bij burgers, bedrijven en bestuurders

Link: [http://www.verkeerenwaterstaat.nl/Images/Waterveiligheid\\_tcm195-234751.pdf](http://www.verkeerenwaterstaat.nl/Images/Waterveiligheid_tcm195-234751.pdf)

### **Advies van de 2<sup>e</sup> DeltaCommissie (2008)**

Op verzoek van de Nederlandse regering heeft de Deltacommissie in september 2008 advies uitgebracht over de bescherming van Nederland tegen de gevolgen van klimaatverandering. Het advies is gericht op een klimaatbestendige waterhuishouding en waterveiligheidsbeleid op lange tot zeer lange termijn en omvat onder andere 12 concrete aanbevelingen waaronder het verhogen van de veiligheidsnorm en het ophogen van het IJsselmeerpeil.

Het advies en meer informatie is te vinden op: [www.deltacommissie.com](http://www.deltacommissie.com)

### **Nationaal Waterplan (2009)**

Het Nationaal Waterplan wordt door initiatiefnemer ministerie van Verkeer en Waterstaat als volgt geformuleerd:

**'Het Nationaal Waterplan geeft een visie op de klimaatbestendige inrichting van Nederland als waterland. Het Nationaal Waterplan is de opvolger van de 4e Nota Waterhuishouding en is het rijksplan voor het waterbeleid. De planperiode van de 4e Nota Waterhuishouding loopt af op 22 december 2009. Dit is ook de uiterste datum waarop volgens de Kaderrichtlijn Water de Stroomgebiedbeheerplannen moeten zijn vastgesteld. Het Nationaal Waterplan bevat, naast een langetermijnvisie en een streefbeeld voor 2040, een concreet uitvoeringsprogramma 2009-2015. Het plan wordt onder leiding van Staatssecretaris Tineke Huizinga in samenwerking met de ministeries van Volkshuisvesting Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, het Interprovinciaal Overleg en de Unie van Waterschappen. Het definitieve plan wordt uiterlijk eind 2009 door het kabinet vastgesteld.'**

Link: [www.verkeerenwaterstaat.nl](http://www.verkeerenwaterstaat.nl)

### **Provinciale Waterplannen**

Provinciale waterplannen vormen de basis van het hoogwaterbeschermingsbeleid en waterbeheer zoals dat wordt uitgevoerd door de waterschappen. De Nota Waterhuishouding en als opvolger daarvan het Nationaal Waterplan geeft in grote lijnen het landelijk beleid weer waaraan het waterbeheer dient te voldoen. De provinciale waterplannen geven hier concretere invulling aan. Daarmee scheppen ze tevens het kader waarop de waterschappen hun waterbeheer baseren. Bij de nadere uitwerking gaat het daarbij om:

het waarborgen van de veiligheid tegen overstromingen op het gebied van kustbescherming, regionale en primaire waterkeringen en buitendijkse gebieden;  
het realiseren van mooi en schoon water met betrekking tot waterkwaliteit, waternatuur en zwemwater;





het ontwikkelen van een duurzame zoetwatervoorziening met betrekking tot droogte, verzilting en drinkwatervoorziening;  
het realiseren van een robuust en veerkrachtig watersysteem met betrekking tot wateroverlast, waterbeheer, bodemdaling en stedelijk waterbeheer.

## Programma's en projecten

### Hoogwaterbeschermingsprogramma

Jaarlijks worden de verbeterplannen voor de hoogwaterbescherming evenals de bijbehorende kostenramingen vastgelegd in het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP). Dit is een landelijk programma waarin onder andere de financiering van de waterveiligheid wordt vastgelegd. Wanneer de beschikbare financiële middelen ontoereikend zijn om de benodigde verbeterplannen uit te voeren, wordt vanuit het HWBP bepaald welke plannen de hoogste prioriteit verdienen. Dit wordt gedaan door het speciaal voor dit programma in het leven geroepen Programmabureau, dat onderdeel uitmaakt van de Waterdienst van Rijkswaterstaat.

Link: [www.helpdeskwater.nl/waterkeren/hwbp](http://www.helpdeskwater.nl/waterkeren/hwbp)

### Klimaat voor Ruimte

Het BSIK (Besluit Subsidies Investerings Kennisinfrastructuur) onderzoeksprogramma Klimaat voor Ruimte doet onderzoek naar klimaatverandering en naar manieren hoe met de gevolgen ervan om te gaan. Het spitst zich toe op ruimtelijke ordening en waterbeheer. Binnen het programma zijn hotspots onderscheiden; deze richten zich op een bepaalde regio in Nederland die nu of in de toekomst te maken krijgen met klimaatverandering en waar ruimtelijke inrichtingsvraagstukken spelen.

Link: [www.klimaatvooruimte.nl](http://www.klimaatvooruimte.nl)

### Aanpassing Ruimtelijke ordening aan Klimaatverandering (ARK)

In 2006 zijn de ministeries VROM, VenW, LNV en EZ samen met de koepelorganisaties van de provincies (IPO), de gemeenten (VNG) en de waterschappen (UvW) op initiatief van het Rijk het ARK-programma (Nationaal Programma Adaptatie Ruimte en Klimaat) gestart. Gezamenlijk richten ze zich op het klimaatbestendig maken van Nederland, één van de grootste ruimtelijke opgaven van de eenentwintigste eeuw. Begin 2009 is de Nationale Adaptatieagenda gereed

Link: [www.maakruimtevoorklimaat.nl](http://www.maakruimtevoorklimaat.nl)

### NWO Kust en Zee programma

In 2005 werd geconstateerd dat het Nederlandse zee- en kust onderzoek versnipperd was. Eén nationaal programma voor zee- en kust onderzoek zou daarom de samenhang in het onderzoek ten goede komen. Doelstelling daarbij is een structuur te bieden waarin het totale Nederlandse Zee- en kustOnderzoek (ZKO) een plaats vindt, en aan te geven hoe door de betrokken instellingen middels gebundelde programma's gezamenlijk kan worden bijgedragen aan het beantwoorden van, met name maatschappelijk georiënteerde, onderzoeksvragen.

Dit ZKO omvat samenbindende keuzen gericht op wetenschappelijke analyse van *vijf maatschappelijke uitdagingen verbonden met het duurzaam behoud en gebruik van Zee en Kust*. Deze zijn veiligheid, economische opbrengst, natuur, ruimtelijke ordening en waterkwaliteit. In de nadere uitwerking tot concrete onderzoeksvragen, is in het ZKO een geografische opsplitsing gehanteerd naar Nederlandse kustzone, Noordzee en oceanen.

Link: [www.nwo.nl](http://www.nwo.nl)

### Flood Control 2015

Zoals de Kabinetsvisie op het waterbeleid 'Water Visie: Nederland veroveren op de Toekomst' aangeeft: Het is van levensbelang om een calamiteit vroegtijdig te zien aankomen en potentiële overstromingsrisico's goed te kennen. De innovaties van het programma Flood Control 2015 zorgen ervoor dat de juiste informatie op het juiste moment beschikbaar is om effectievere en efficiëntere beslissingen tijdens (dreigend) hoogwater te kunnen nemen.

Het programma Flood Control 2015 heeft drie doelen:

grotere waterveiligheid door betere risicobeheersing  
impulsen voor de economie

impulsen voor de Human Capital Roadmap Water (Dit is een initiatief van het Netherlands Water Partnership op het gebied van educatie) Link: [www.verkeerenwaterstaat.nl](http://www.verkeerenwaterstaat.nl)



### Ruimte voor de Rivier

Ruimte voor de Rivier is het uitvoeringsprogramma dat voortvloeit uit de Planologische Kernbeslissing Ruimte voor de Rivier. Het programma is gericht op het creëren van meer ruimte voor het rivierwater via bijvoorbeeld het verleggen van dijken, of het verlagen van uiterwaarden, om het riviereengebied beter te beschermen tegen overstromingen.

Link: [www.ruimtevoorderivier.nl](http://www.ruimtevoorderivier.nl)

### Building with Nature

Het project 'Building with Nature' richt zich op de ontwikkeling van nieuwe kennis die nodig is voor een duurzame inrichting van kust-, delta- en riviergebieden. De ontwerpen gaan uit van het ecosysteem en maken gebruik van natuurlijke processen. Dit zonder de economische randvoorwaarden te negeren. Vakgebieden als ecologie en techniek trekken in alle projectfasen samen op: samen ontwerpen, beoordelen, afwegen, bouwen en beheren. Dit project richt zich onder andere op de inrichting van de Zuidwestelijke Delta, o.a. het Oosterschelde gebied en hoe de natuurlijke zandstroom langs de Hollandse kust gebruikt kan worden voor kustbescherming.

Link: [www.verkeerenwaterstaat.nl](http://www.verkeerenwaterstaat.nl)

### Waddenfonds en Waddenacademie

Het Waddenfonds is een fonds voor extra investeringen in projecten in en rond de Waddenzee op ecologisch en economisch gebied. Het Waddenfonds heeft een bedrag van 800 miljoen beschikbaar. Dit bedrag zal binnen een periode van 20 jaar worden besteed. De Waddenacademie is een intermediaire organisatie die de kennisvragen vanuit de regio inventariseert ten behoeve van het maken van een onderzoeksagenda voor het Waddengebied.

Link: [www.waddenzee.nl](http://www.waddenzee.nl)

### Programma Zwakke Schakels

Er zijn 10 zwakke schakels in de kustverdediging geïdentificeerd, waarvan er de volgende 8 prioritair zijn:

- Kop van Noord-Holland
- Hondsbossche en Pettemer Zeewering
- Noordwijk (reeds uitgevoerd)
- Scheveningen (dijk in boulevard)
- Delflandse kust
- Flauwe Werk (reeds uitgevoerd)
- Zuidwest Walcheren
- West Zeeuws-Vlaanderen

Via het Programma Zwakke Schakels worden de kustverdediging op deze plaatsen versterkt.

Link: [www.verkeerenwaterstaat.nl/onderwerpen/water/kust\\_en\\_zee/projecten/zwakke\\_schakels](http://www.verkeerenwaterstaat.nl/onderwerpen/water/kust_en_zee/projecten/zwakke_schakels)

### Interreg programma's

De landen van de Europese Unie willen dat hun ruimte zich duurzaam en kwalitatief aantrekkelijk verbetert. Daarvoor is Interreg opgezet, een initiatief dat subsidies verleent aan creatieve, vernieuwende projecten op het gebied van Europese samenwerking aan duurzame ruimtelijke en regionale ontwikkeling. Interreg is gericht op drie verschillende vormen van samenwerking.

Grensoverschrijdende samenwerking (Interreg A)

Transnationale samenwerking (Interreg B)

Interregionale samenwerking (Interreg C)

Nederland doet mee aan Interreg A, Interreg B Noordwest Europa (NWE) en Noordzeeregio en Interreg C. Projecten worden uitgevoerd door partners uit minstens twee verschillende landen.

Interreg B gaat over transnationale samenwerking binnen grotere regio's. Nederland neemt deel aan twee van deze EU-regioprogrammas, n.l. Noordwest Europa (NWE) met als thema's innovatie; duurzame ontwikkeling, milieu; bereikbaarheid; aantrekkelijke regio's en 2. Noordzeegebied North Sea Region (NSR) met als thema's kennis en innovatie; duurzame ontwikkeling en milieu; bereikbaarheid; aantrekkelijke regio's. Voor de klimaatdijken zijn m.n. Interreg B projecten in het Noordzeegebied interessant. Projecten die onder dit programma vallen zijn ComCoast en diens opvolger Climate Proof Areas.

Link: [www.vrom.nl](http://www.vrom.nl)



## ComCoast

ComCoast is een door de EU gesubsidieerd Interreg project. ComCoast staat voor 'COMBined functions in COASTal defence zones'. Het project richt zich op het combineren van de veiligheid en het ruimtelijk gebruik in de kustzone. Multifunctionele waterkeringzones kunnen een geleidelijker overgang bieden van zee naar land, die de bevolking en het milieu in die kustgebieden ten goede komen en die economisch haalbaar zijn. Dit principe wordt/is op een aantal pilots toegepast, waaronder Perkpolder, Ellewoutsdijk maar ook op enkele locaties in Engeland, België, Duitsland en Denemarken.

Link: [www.comcoast.org](http://www.comcoast.org)

## INTERREG IV-b-project: Climate Proof Areas

Vervolg op het project ComCoast. Het Nederlandse doel is het klimaatbestendig maken, met behoud van de ecologische kwaliteit. Door waterkeringen op een innovatieve manier te integreren in de aanpalende gebieden ontstaan kansen voor recreatie, nieuwe vormen van landbouw en kan worden ingespeeld op demografische ontwikkelingen. Van brede waterkeringzone naar complete 'climate proof' gebiedsinrichting.

### Overzicht van de pilots onder het CPA project

A: Nederland: Schouwen-Duiveland

- Implementatieplan/investering: Ecobeach
- Implementatieplan/investering: Hangende stranden
- Zandsuppletie in Oosterschelde
- Hoogwatervrije weg
- Implementatieplan Brouwershaven
- Implementatieplan Scharendijke
- Megaterpen
- Verhogen bewustwording

B: Duitsland: Wesermarsch en havengebieden

- Implementatieplan Butjadingen
- Implementatieplan Verstedelijkt gebied
- Implementatieplan Landelijk gebied

C: Zweden

- Implementatieplan gemeente Arvika

D: Engeland: natuurgebieden

- Twitchwell Fenn
- Wicken Fen

Link: [www.climateproofareas.com](http://www.climateproofareas.com)

## Waterinnovatie Rijkswaterstaat (WINN)

WINN is een innovatieprogramma van Rijkswaterstaat gericht op nieuwe, innovatieve oplossingen voor problemen die met waterbeheer te maken hebben. WINN probeert nieuwe ideeën uit en demonstreert ze aan het publiek. Zo is WINN bijvoorbeeld op zoek naar een manier om dijken te verstevigen zonder extra ruimte te gebruiken, maar ook naar ideeën om waterbouw met natuurontwikkeling te combineren. Er wordt in verschillende pilots geëxperimenteerd met het gebruik van de ruimte buiten de dijken, met nieuwe manieren om baggerslib te benutten, met kustversteviging en met energiewinning uit water. WINN werkt en denkt vanuit vier thema's voor innovatie:

- Klimaat, veiligheid, ruimte en risico
- Sediment als grondstof
- Water en energie
- Doorwerking

Pilotprojecten WINN:

INSIDE: dijken van binnen verstevigen

Rijke dijk: natuurontwikkeling op de zeewering

Hoogwaterproof bouwen: veilig wonen aan het water



Water als grondstof: omgaan met droogte  
Kunstrif: golven tegenhouden om de kust te beschermen  
Combikering Den Helder: veilig wonen bij de dijk  
Ecobeach: het strand laten aangroeien  
Zandmotor: een tijdelijk eiland voor de kust  
ComCoast: een brede kustzone in plaats van een hoge dijk  
Climate Proof Areas: klimaatbestendige gebieden vanuit een integrale aanpak  
Waterberging als in een spons  
Link: [www.waterinnovatiebron.nl](http://www.waterinnovatiebron.nl)

## INSIDE

INSIDE staat voor INnovations on Stability Improvements enabling Dike Elevations. Dit betreft een aantal vernieuwende technieken voor het verbeteren van de macrostabiliteit van dijken als alternatief voor een oplossing in de vorm van een steunberm in grond. Er is een rapportage verschenen (CUR Bouw & Infra-publicatie 219), waarin de volgende drie innovatieve oplossingen worden beschreven:

- Mixed-in-Place (MIP)
- Dijkvernageling
- Dijkdeuvels

Deze oplossingen zijn met name interessant als er onvoldoende ruimte beschikbaar is voor het maken dijkverbreding met een traditionele steunberm.

## Project Zeeweringen

Project Zeeweringen is een samenwerkingsverband tussen Rijkswaterstaat Zeeland, Waterschap Zeeuwse Eilanden en Waterschap Zeeuws-Vlaanderen. Doel van dit samenwerkingsproject is het op peil brengen van de kwaliteit van de steenbekleding van de zeeweringen en daardoor het op het vereiste veiligheidsniveau (1:4000) brengen van de waterkeringen langs onder andere de Ooster- en Westerschelde.

Link: <http://www.zeeweringen.nl>

## Project Maaswerken

Naar aanleiding van de overstromingen in 1993 en 1995 is het besluit genomen om de Maas in de toekomst beter te beschermen tegen hoogwater. Daarnaast diende ook de Maas als scheepvaartroute gemoderniseerd te worden. Ook het ontwikkelen van grote stukken natuur in het Maasdal behoorde tot de doelstellingen van project Maaswerken. Nadat in 1997 dit integrale project was opgestart met voorbereiding, planvorming, vergunningen en proefprojecten, is in 2005 begonnen met de daadwerkelijke uitvoering van het project. De afronding van het project - samen te vatten als 'veiliger, meer natuur en beter bevaarbaar voor de beroepsscheepvaart' - dient in 2018 bereikt te zijn.

Link: <http://www.demaaswerken.nl>

## Integrale Verkenning Maas 2 (V&W 2006)

In het advies Integrale Verkenning Maas 2 (IVM2) geeft de Stuurgroep IVM2 (bestaande uit bestuurders van bestuurders van provincies, waterschappen, gemeenten langs de Maas, Rijkswaterstaat en de ministeries van VROM en LNV) aan welke maatregelen en ruimte benodigd zijn om in zowel nabije als verre toekomst het water in de maas veilig af te voeren. Belangrijk uitgangspunt hierbij is de hogere afvoeren die ten gevolge van klimaatverandering verwacht kunnen worden.

## Sterkte en Belasting Waterkeringen (SBW)

Om te bepalen of de waterkeringen nog voldoen aan de wettelijke normen, is het van belang om te weten wat de belastingen zijn waartegen de waterkeringen bestand moeten zijn en of de waterkering sterk genoeg is. Het programma Sterkte & Belastingen Waterkeringen (SBW) levert daarom inzicht in de sterkte van waterkeringen en in die belastingen. Op diverse manieren en op diverse locaties wordt daarvoor (langdurend) onderzoek uitgevoerd. Twee locaties waar continu metingen plaats vinden zijn [Petten](#) en de [Waddenzee](#). De uitkomsten van de onderzoeken worden gebruikt om de rekenregels en modellen voor sterkte en belastingen te verbeteren.

Link: <http://www.helpdeskwater.nl/waterkeren/sbw>



## **Europese project NEW!Delta**

Het NEW! Delta project balanceert tussen verbetering van de leefomgeving aan de ene kant en behoud van economische groei aan de andere kant. Tegen de achtergrond van de Europese Vogel- en habitatrictlijnen streeft het NEW! Delta project ernaar de bescherming van de Natura 2000 gebieden integraal onderdeel te laten uitmaken van de economische ontwikkeling van (zee)havens en riviermondingen. Tegelijkertijd biedt het NEW! Delta project kansen voor andere sociale, economische en maritieme ontwikkelingen. Het project bestaat uit 10 partners verspreid over 4 landen in Noord-West Europa (Engeland, Frankrijk, België en Nederland), te weten havenautoriteiten, (regionale) overheden en kennis- en onderzoeksinstituten. De provincie Zuid-Holland (NL) is leadpartner van het project. Het projectgebied strekt zich uit van Haute-Normandie en de Franse kust, via de Belgische en Nederlandse kust tot aan Noord-Holland en via de Noordzee en het Kanaal tot de zuidkust van Engeland. Het Interreg IIIb-project wordt medegefinancierd door het Europese regionale ontwikkelingsfonds.

Link: [www.NewDelta.org](http://www.NewDelta.org)

## **De dijk van de toekomst – Quick Scan Doorbraakvrije Dijken (oktober 2008)**

Dit document is meer uitgebreid beschreven in hoofdstuk 2 van het hoofddocument van deze kennisinventarisatie.

## **Verkennde beoordeling toepassingsmogelijkheden van de doorbraakvrije dijk [H+N+S Landschapsarchitecten, 2008]**

Deze verkenning gaat over de doorbraakvrije dijk in het landschap. Hier wordt de '(super)brede' dijk beschouwd, waarin niet alleen de waterkerende functie maar ook de andere functies, zoals wonen, kunnen worden opgenomen. In dat kader is een kaart gemaakt waar mogelijkheden en beperkingen voor toepassing van doorbraakvrije dijken liggen.

## **Waterrobuust Bouwen**

In het kader van het programma Beter Bouw- en Woonrijp Maken (BBWM) worden in een samenwerkingsverband tussen kennisinstituten, adviesbureaus en ontwikkelaars (bouwers en overheden) duurzame concepten ontwikkeld voor de (her)inrichting van stedelijk gebieden. Een van die concepten is het project Waterrobuust Bouwen. De ambitie is om een op de bouwwereld toegesneden werkpakket te maken over klimaatrobuust bouwen met daaraan gekoppelde oplossingsrichtingen. Aan de hand van cases worden maatregelen bedacht en uitgewerkt. Daarbij zijn zowel waterrobuust (in relatie tot wateroverschot en -tekort) als hittebestendig bouwen (in relatie tot temperatuurstijging) van belang.

## **Doorbraakvrije dijken, maatregelen voor binnenwaartse macrostabiliteit en piping**

In dit rapport wordt inzicht gegeven in de maatregelen die nodig zijn om rivierdijken doorbraakvrij te maken. Daarbij is alleen gekeken naar de faalmechanismen macro-instabiliteit binnenwaarts en piping.

## **Ondergronds bouwen**

Ter bevordering van (kennis en ervaring m.b.t.) ondergronds bouwen is het COB opgericht. Het COB (Centrum Ondergronds Bouwen en ondergronds ruimtegebruik) omschrijft zichzelf als "een publiek-privaat kennisnetwerk dat mogelijkheden en belemmeringen van ondergronds ruimtegebruik verkent. Het netwerk bestaat uit overheid, bedrijfsleven, kennisinstituten en maatschappelijke instellingen"

In de visie van het Centrum Ondergronds Bouwen (COB) draagt ondergronds ruimtegebruik essentieel bij aan de behoeften van de Nederlandse samenleving. De vragen hoe, waar en wanneer precies vergen genuanceerde antwoorden en duidelijke keuzes. Want eenmaal benut, laat de ruimte zeker de ondergrondse zich niet snel vrijmaken. Hoe eerder wordt gekozen voor het verkennen van ondergrondse opties, des te beter zijn we als samenleving in staat die mogelijkheden duurzaam te benutten. COB begrijpt dat die keuze niet eenvoudig is. Ondergronds ruimtegebruik vergt een extra investering, maar levert ook meer op.

Bron: [www.cob.nl](http://www.cob.nl)



## Klimaatbestendigheid van Nederland Waterland

Dit project is gestart in 2007 en loopt in 3 fasen tot medio 2009 wordt in opdracht van de Waterdienst van Rijkswaterstaat uitgevoerd door Deltares. Het doel van het project is om de consequenties van klimaatverandering op het waterbeheer in beeld te brengen. Gezocht wordt naar het moment dat zeespiegelstijging, extremere afvoeren en temperatuurstijging zo groot zijn geworden dat de huidige strategieën niet meer toereikend zijn. Het moment waarop dat het geval is wordt een omslagpunt of knikpunt genoemd. In de studie is een knikpunt gedefinieerd als een moment waarop het beheer en beleid heroverwogen zal worden. Bij de bepaling van knikpunten wordt gekeken naar de oorzaken daarvan, zoals ruimtelijke of technische grenzen, betaalbaarheid of maatschappelijke acceptatie. Bij de studie wordt onderscheid gemaakt in de verschillende watersystemen, t.w. de kust (Hollandse kust, Wadden en Zeeuwse Delta), het rivierengebied (beneden- en bovenrivierengebied) en het IJsselmeergebied. Daarbij worden analyses gemaakt van de volgende vraagstukken:

Veiligheid (bescherming tegen overstroming)

Economisch ruimtegebruik (watervoorziening en peilbeheer)

Natuur en cultuurwaarden (waterpeil, waterkwaliteit, areaal natte natuurgebied en connectiviteit).

De tussenresultaten van fase 1 zijn vastgelegd in het rapport De klimaatbestendigheid van Nederland Waterland – Verkenning van knikpunten in beheer en beleid van het watersysteem van oktober 2008. Daarvan is ook een beleidssamenvatting beschikbaar. Deze is evenals alle ander informatie beschikbaar via de link: [www.helpdeskwater.nl/water\\_en\\_ruimte/klimaatbestendigheid](http://www.helpdeskwater.nl/water_en_ruimte/klimaatbestendigheid)

## Project Aandacht Voor Veiligheid

Het project 'Aandacht voor veiligheid' is een brugproject tussen RWS (Directoraat Generaal Water) en de programma's 'Leven met Water' een 'Klimaat voor Ruimte' en wordt parallel ontwikkeld aan het Nationaal Adaptatieprogramma Ruimte en klimaat (ARK). Binnen dit onderzoeksprogramma is gekeken naar de thema's waterveiligheid, klimaatverandering en de mogelijk oplossingen op het gebied van ruimtelijke ordening. Het doel van dit project wordt geformuleerd als "Analyseren tot wanneer het huidige veiligheidsbeleid ten aanzien van overstromingen bestand is tegen veranderingen op de lange termijn op het gebied van klimaat, bodemdaling, ruimtegebruik en bestuurlijke veranderingen". Belangrijkste partijen binnen dit onderzoeksprogramma zijn de Vrije Universiteit Amsterdam, Wageningen Universiteit, TU Delft, KNMI en Deltares (WL |Delft Hydraulics, TNO-NITG, GeoDelft).

Link: [www.deltacommissie.com/doc/Aandacht%20voor%20veiligheid%20.pdf](http://www.deltacommissie.com/doc/Aandacht%20voor%20veiligheid%20.pdf)

## Project Kennisbasis Staat en Toekomst van de Delta

Deltares werkt de komende jaren aan een kennisbasis waarin beschreven wordt hoe het systeem van de Nederlandse delta in elkaar steekt. Het gaat daarbij om kennis over de toestand van de Delta, over de consequenties van veranderingen en over de mogelijkheden om knelpunten op te lossen of kansen te creëren. Die kennisbasis noemt Deltares de Staat van de Delta. Met de Staat van de Delta zoekt Deltares samenwerking met anderen om het plaatje verder in te vullen. De deskundigheid van Deltares ligt primair op het terrein van de natuurwetenschappelijke aspecten van de delta, maar een beschrijving van de delta is niet compleet als de sociale, economische en ruimtelijke aspecten daar geen deel van uitmaken. De eerste uitgave bestaat uit het boekje 'Onze Delta - Feiten, Mythen en Mogelijkheden' van 2008. Een tweede uitgave, die op korte termijn wordt uitgebracht is in voorbereiding.

Link: [www.deltares.nl](http://www.deltares.nl)



### Technische leidraden en voorschriften

Voor Klimaatdijken in de vorm van een grondconstructie zijn de belangrijkste documenten:

Toetsen	: Randvoorwaardenboek
	: Voorschrift Toetsen op Veiligheid
Ontwerpen	: LR Zee- en meerdijken
	: LR Rivieren
	: TR Ontwerpbelastingen voor rivierdijken
	: TR Waterkerende Grondconstructies
	: Addendum TR Waterkerende Grondconstructies
	: TR Zandmeevoerende wellen

Voor een volledig overzicht van leidraden en voorschriften zie bijlage 6.

In dit overzicht is nog niet opgenomen het inmiddels voor de toetsing van categorie-C keringen (indirect waterkerend) uitgebrachte Addendum HR-C (hydraulische randvoorwaarden) en het Addendum VTV-C (toetsmethoden).

### Onderzoeks- en onderwijsinstellingen

#### Technische Universiteit Delft

Kennis m.b.t. dijken wordt binnen de TU Delft met name ontwikkeld binnen de sectie waterbouwkunde van de faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen.

Relevante leerstoelen zijn o.a. Coastal Engineering van prof. dr. ir. Marcel Stive die zich vooral richt op geomorfologie en sediment transport, de leerstoel waterbouwkunde van prof. drs. ir. Han Vrijling en de parttime leerstoel Rivierbouwkunde van prof. dr. ir. Huub de Vriend. Ook binnen de faculteit Techniek, Bestuur en Management is kennis aanwezig m.b.t. binnendijkse wateren.

Link: <http://www.tu.nl>

#### Deltares

Aanknopingspunten voor klimaatdijken uit onderzoeksprogramma Deltares (kerndomeinen):

- Thema: Leven met Water - Veiligheid en Waterbouw
  - Veiligheid Zout - Inrichting en Integraal kustbeheer
  - Veiligheid Zoet – Duurzame rivier
  - Veiligheid Zoet – Veiligheidsfilosofie
  - Waterbouw - Waterbouwkunde voor klimaatadaptatie
  - Waterbouw - Innovatieve en Duurzame materialen
  - Waterbouw - Voortgaande Vernieuwingen in de Waterbouw
- Thema: Leven met Water - Waterbeheer en gebruik
  - Gezonde Watersystemen - Building with Nature
- Thema: Bouwen voor Ruimte - Bouwen en slappe bodem
  - Bouwen op slappe bodem - Beheerst Benutten van de Ondergrond
- Thema: Leefomgeving - Gebiedsontwikkeling en gezonde bodemsystemen
  - Water, ondergrond en ruimte - Klimaatadaptatie, water en RO
  - Water, ondergrond en ruimte - Duurzaam ruimtegebruik en Ondergrond
  - Water, ondergrond en ruimte - Ruimtelijke kwaliteit en ontwerp onderzoek
  - Gezonde bodemsystemen - Materiaal: aanpassen grondeigenschappen

Link: <http://www.deltares.nl>

#### Wageningen Universiteit en Researchcentrum

Onderzoek naar 'klimaatbestendige dijken' en daaraan gerelateerde onderzoeksthema's past met name in het kerngebied 'leefomgeving' (een van de drie kerngebieden van Wageningen UR) dat gericht is op natuur, landschap, landinrichting, het beheer van water en zee en de verschillende claims op de ruimte die met elkaar in conflict kunnen raken. Zo verricht Wageningen UR in opdracht van het ministerie van LNV beleidsondersteunend onderzoek uit naar het thema 'Versterking natuurbeleid Noordzee, kust, Wadden en Mariene EHS'. Het zogenaamde Wageningen UR IPOP programma *Zee- en kustzones* (2007-2010), dat vanuit IMARES wordt getrokken, is gericht op duurzaam gebruik en klimaatbestendige inrichting van de kust. Relevante thema's zijn o.a. Ecologisch



geoptimaliseerde kustverdediging (met aandacht voor harde en zachte kustverdediging),  
Klimaatbestendige metropool en Governance.

Binnen Alterra is voor de Klimaatdijk vooral relevante expertise bij het Centrum Landschap, dat zich richt op de zogenaamde 'groene planologie' en het Centrum Water & Klimaat.

#### Leerstoelen

Recent heeft Wageningen UR heeft een buitengewone leerstoel 'Klimaatverandering, Water en Veiligheid' ingesteld die wordt bekleed door prof. dr. ir. Pier Vellinga. De nieuwe leerstoel wil zich o.a. richten op het verder ontwikkelen van brede dijken. Hierbij zal aansluiting worden gezocht bij de voorstellen voor klimaatdijken en klimaatbuffers. Andere relevante leerstoelen zijn bijv. de leerstoel Landschaparchitectuur die door prof. dr. Jusuck Koh wordt bekleed en de leerstoel Landgebruikplanning van prof. dr. Arnold van der Valk.

#### BSc en MSc opleidingen

Hoewel Wageningen UR geen specifieke opleidingen kent op het gebied van dijken, bevatten diverse van de BSc opleidingen op het gebied van Omgevingswetenschappen en de MSc opleidingen op het gebied van Environmental and Landscape onderwijselementen met voor de 'Klimaatdijken' relevante kennis. Binnen diverse opleidingen is ruimte voor MSc thesis onderzoek naar 'Klimaatdijken' bijvoorbeeld binnen de MSc Landscape Architecture and Planning.

Link: <http://www.wur.nl>

#### Hogeschool van Van Hall Larenstein

Vanaf mei 2008 heeft Hogeschool Van Hall Larenstein in samenwerking met IMARES een lectoraat Marine Ecosystems Management. Het lectoraat wordt ingevuld door dr. Martin Baptist en is verbonden aan de opleiding Kust- en zeemanagement.

Link: [www.vanhall-larenstein.nl](http://www.vanhall-larenstein.nl)

#### Universiteit Utrecht

Ook binnen de Universiteit Utrecht is veel relevante expertise aanwezig, o.a. met betrekking tot rivieren en sediment maar ook met betrekking tot het waterrecht. Zo bekleedt mevrouw prof.mr. Marleen van Rijswijk de leerstoel Europees en nationaal waterrecht.

#### BSc en MSc opleidingen

Hoewel de Universiteit Utrecht geen specifieke opleidingen kent op het gebied van dijken, bevatten diverse van de BSc en MSc opleidingen onderwijselementen met voor de 'Klimaatdijken' wellicht relevante kennis.

Link: <http://www.uu.nl>

#### Vrije Universiteit Amsterdam

Voor de Klimaatdijk relevante kennis wordt o.a. door prof.dr. Jeroen Aerts binnen het Instituut voor Milieuvraagstukken (IVM) van de Vrije Universiteit Amsterdam (VU) ontwikkeld. De doelstelling van het instituut is bij te dragen aan de duurzame ontwikkeling en aan het behoud en verbetering van het milieu door wetenschappelijk onderzoek en onderwijs. De hoofdonderwerpen van het onderzoek zijn (internationale) milieuovereenkomsten, zoals over klimaatverandering en internationale handel; ruimtelijke milieuaspecten, met name in kustgebieden, stroomgebieden en stedelijke gebieden; de kwaliteit van milieu-informatie, voornamelijk het uitvoeren van metingen, normering en data-analyse; en industriële transformatie, met name milieumanagement in bedrijven en ontkoppeling van economische groei en milieubelasting.

Link: <http://www.vu.nl>

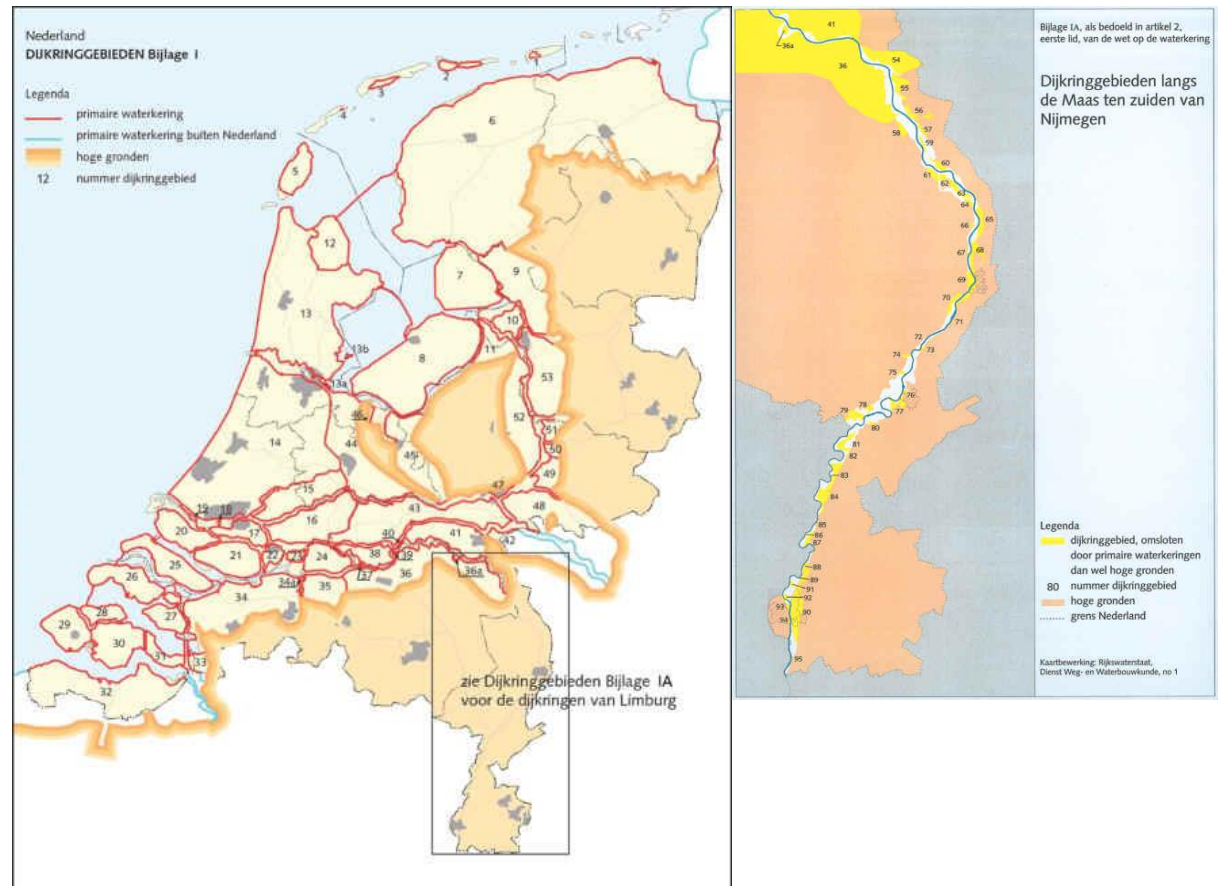






## Bijlage 2 Veiligheidsnormen per dijkringgebied

### Veiligheidsnormen per dijkringgebied (bron: Wet op de waterkering)



Nummer dijkringgebied	Veiligheidsnorm
54 t/m 94	1/250
40	1/500
9, 13b, 36 t/m 39 en 41 t/m 50	1/1250
1 t/m 4, 10, 11, 15, 16, 21 t/m 24 en 34 t/m 35	1/2000
5 t/m 8, 12, 13a, 17, 20 en 25 t/m 33	1/4000
13, 14, 18, 19	1/10000





## Bijlage 3 Achtergronden huidige veiligheidsnormen

### Inleiding

Na de watersnoodramp van 1953 heeft er een ontwikkeling plaatsgevonden in de veiligheidsfilosofie en de hieruit voortvloeiende veiligheidsbenadering. Dit heeft geleid tot veiligheidsnormen, eisen en criteria, die nodig waren voor de dimensionering van de te versterken dijken en werden vastgelegd in wetgeving en leidraden. De veiligheidsbenadering, met als maatstaf de veiligheid tegen overstroming van de dijkkringgebieden, loopt daar als een rode draad doorheen. In de loop van de tijd is daarbij ook voortschrijdend inzicht als gevolg van kennisontwikkeling betrokken, met als uitgangspunt dat er geen afbreuk werd gedaan aan de beoogde veiligheid en er geen trendbreuk plaatsvond. In het volgende zijn de belangrijkste stappen in de ontwikkeling gevat.

### Kust

Aan het eind van de jaren '50 van de vorige eeuw kwam de Deltacommissie tot de formulering van een Basispeil voor Hoek van Holland van NAP +5 m met een overschrijdingsfrequentie van 1/10.000 per jaar. Het basispeil was het vertrekpunt voor de bepaling van de ontwerppeilen van de dijkkringgebieden. De overschrijdingsfrequentie van 1/10.000 was gerelateerd aan (een op basis van een kosten-baten-analyse bepaalde) economisch optimale bescherming tegen overstroming van Centraal-Holland met een overschrijdingsfrequentie van 1/125.000 per jaar. De kosten-baten-analyse bestond uit het bepalen van een economisch optimum van de verwachtingswaarde van de schade na een overstroming - contant gemaakt voor de planperiode - versus de investeringen om de overstromingskans te reduceren. Het economisch optimum kan worden beschouwd als de kans op bezwijken van de dijkkring.

De Deltacommissie vond de marge tussen de overschrijdingfrequentie van het ontwerppeil en het economisch optimum acceptabel omdat:

een dijk, die is ontworpen op het keren van stormvloed met een overschrijdingsfrequentie van 1/10.000 jaar pas bij zwaardere stormvloed zou bezwijken;

de berekende maximale schade bij een dijkdoorbraak als een overschatting werd gezien, zodat een meer realistisch beschermingsniveau dan dit ongunstige scenario lager zou mogen liggen dan het berekende economisch optimum van 1/125.000 per jaar.

Voor het ontwerp van de dijken werd een ontwerppeil gedefinieerd met een overschrijdingsfrequentie van 1/10.000 per jaar met de volgende aanvullende richtlijnen:

golfoverslag	geen noemenswaardige overslag
golfploop	criterium 2% van het aantal golven
buistoten/-oscillaties	op plaatsen met weinig golfaanval en geringe waakhoogte
bodemdaling	15 tot 20 cm. per eeuw
klink	zakking/zetting van de aangebrachte dijk
waakhoogte	het verschil tussen kruinhoogte en ontwerppeil moet minimaal de som van de golfploop en de buistoten/-oscillaties zijn
overhoogte	50 cm bij nieuw aan te leggen dijken

Voor de sterkte van de dijk werd als eis gesteld dat het ontwerppeil moest kunnen worden gekeerd, mede gelet op de overige factoren die het waterkerend vermogen van de dijk kunnen beïnvloeden. Dit vormde het aanknopingspunt voor het stellen van aanvullende eisen aan de overige mechanismen. Voor afschuiving werd in die tijd nog rekening gehouden met een overall veiligheidsfactor van 1,4 of 1,5 op basis gemiddelde waarden voor de sterkte-eigenschappen van de grond.

Voor Noord-Holland werd dezelfde veiligheidsnorm gesteld als voor Centraal-Holland omdat de te beschermen belangen even groot werden geacht. Voor de andere dijkkringgebieden langs de kust werden de te beschermen belangen een factor 2,5 tot 7 lager geacht. Deze economische reductiefactor komt overeen met een verlaging van het ontwerppeil met 20 tot 60 cm. Op grond daarvan zijn veiligheidsnormen afgeleid tussen 1/4000 en 1/250 per jaar.



Over een dijkvak- of een dijkkringbenadering geven de Deltarapporten geen uitsluitel. Verondersteld moet worden dat het de Deltacommissie bekend was dat een dijk een driedimensionaal object is, met variaties van sterkte en belasting in de lengterichting en dus ook lengte-effecten (seriesysteemeffecten bij de kans op doorbraak). Echter daar is niets van opgeschreven, omdat men daar toen technisch verder geen handen en voeten aan kon geven. Daarom is het overstromingsprobleem gereduceerd tot een “doorsnede”-probleem, n.l. één belasting (waterstand en/of golfaanval) en één sterkte (kruinhoogte of grondeigenschappen), die representatief worden geacht voor de dijkstrekking c.q. het dijkvak dat wordt beschouwd. Dit is men later een ‘dijkvakbenadering’ gaan noemen, om onderscheid te maken met de toen in ontwikkeling zijnde dijkkringbenadering. Daarin werden variabiliteit van belasting en sterkte in de lengterichting van de dijk wel meegenomen.

In de modellering (dwarsprofiel) van de Deltacommissie is een dijkvak of dijkkring rekentechnisch niet relevant, hoewel de fysica natuurlijk niet ééndimensionaal is. De fysische realiteit gebiedt dat een benadering, die ook rekening houdt met de variatie van de belasting en de sterkte in de lengterichting van de dijk de enige juiste is. Echter de vraag is of de bijbehorende veiligheidsnorm daarbij hetzelfde moet zijn als volgens de adviezen van de Deltacommissie.

### Bovenrivieren

In 1956 werd in het bovenrivierengebied n.a.v. de watersnoodramp van 1953 de maatgevende afvoer vastgesteld op  $18.000 \text{ m}^3/\text{s}$  met een kans van voorkomen van  $1/3000$  per jaar. Ten grondslag aan deze norm lag de algemene redenering dat de riviergebieden economisch vergelijkbaar waren met Friesland, Groningen en Zeeland (veiligheidsnorm  $1/4000$  per jaar) maar dat de gevolgen van een overstroming door zoet water minder groot zouden zijn dan een overstroming door zout water. Wel werd i.v.m. onzekerheden in de afvoerverdeling op de splitsingspunten rekening gehouden met een toeslag, variërend tussen  $150$  en  $250 \text{ m}^3/\text{s}$ . Op basis van deze uitgangspunten zijn de maatgevende hoog waterstanden (MHW) berekend.

In 1975 was de maatschappelijke onrust over de gevolgen van rivierdijkversterkingen aanleiding om de commissie Becht in te stellen voor evaluatie van de gekozen norm van  $1/3000$  per jaar. Hierbij werd een beleidsanalytische aanpak gevolgd met als doel de landschappelijke, cultuurhistorische en sociaaleconomische waarden middels uitgekiend ontwerpen zoveel mogelijk te behouden. De belangrijkste conclusie van de commissie Becht was dat het verantwoord was om van een lagere veiligheidsnorm, n.l.  $1/1250$  per jaar, uit te gaan. De bijbehorende maatgevende afvoer werd daarmee, uitgaande van de statistische analyses zoals toegepast voor het Deltarapport,  $16.500 \text{ m}^3/\text{s}$ . De hieruit voortvloeiende maatgevende hoogwaterstanden waren  $20$  to  $30$  cm lager dan voorheen.

In 1985 werden met het verschijnen van de Leidraad voor het Ontwerpen van Rivierdijken, deel 1 bovenrivierengebied (LOR-1) de volgende ontwerpeisen geformuleerd:

de dijkhoogte moet gelijk zijn aan de maatgevende hoogwaterstand (MHW), vermeerderd met een zekere waakhoogte;

de hoogte van de constructie van de dijk moet voldoen aan de voorwaarde dat in de dijkkring de kans op doorbraak door golfoverslag, gezien over alle hoogwatertoppen beneden MHW, niet meer bedraagt dan  $10\%$  van de kans dat MHW wordt overschreden;

bij waterstanden gelijk of lager dan MHW dient de kans op doorbraak door andere oorzaken, zoals afschuiving of interne erosie, verwaarloosbaar klein te zijn.

Hierbij werden bij eis 2) voor het eerst een dijkringeffect in rekening gebracht door voor de berekening van de golfaanval uit te gaan van de ontwerpwindnelheden, die representatief zijn voor het dijkkringgebied. Tevens werd de mogelijkheid geboden om i.p.v. het  $2\%$ -criterium uit te gaan van een overslagcriterium: afhankelijk van de sterkte van de grasbekleding een toelaatbaar gemiddeld overslagdebiet van  $0,1$ ,  $1$  of  $10 \text{ l/s/m}$ . Daarbij komt de uit  $0,1 \text{ l/s/m}$  voortvloeiende overslaghoogte redelijk overeen met de oude  $2\%$ -waarde.

Voor afschuiving (binnenwaarts) werden de in het verleden gehanteerde overall-veiligheidsfactor van  $1,3$  (op basis van verwachtingswaarden van grondparameters, bepaald met celproeven) vertaald naar een veiligheidsfactor van  $1,1$  (op basis van rekenwaarden = karakteristieke waarden gedeeld door een materiaalfactor en een modelfactor van  $1,1$ ).

In 1992 was de aanhoudende maatschappelijke weerstand tegen dijkversterkingen aanleiding om de commissie Boertien in het leven te roepen. Hierbij werd naast statistische en economische analyses ook gekeken naar LNC-waarden en werd het begrip uitgekiend ontwerpen geïntroduceerd. Hierdoor



kon middels het op minimumbasis uitvoeren van versterkingswerken veel LNC-waarden (Landschap, Natuur en Cultuurhistorische waarden) worden gespaard. De belangrijkste conclusie was dat de maatgevende afvoer nog verder naar beneden kon worden bijgesteld, n.l. naar 15.000 m<sup>3</sup>/s. Voor de bepaling van de maatgevende waterstanden werd dezelfde werkwijze gevolgd als de commissie Becht, met dien verstande dat daarin geen onzekerheden werden verdisconteerd.

### **Benedenrivieren**

In het benedenrivierengebied zijn voor de afleiding van de ontwerppeilen verschillende combinaties van stormvloed en rivierafvoer bekeken. Verschillende combinaties kunnen n.l. leiden tot eenzelfde waterstand. Integratie van de overschrijdingsfrequenties van de verschillende combinaties leidt tot de totale overschrijdingsfrequentie van het beschouwde gebied. Via een omgekeerde aanpak zijn bij een ontwerppeil van NAP +5 m (met een overschrijdingsfrequentie van 1/10.000 per jaar) bij Hoek van Holland en een maatgevende rivierafvoer van 18.000 m<sup>3</sup>/s (met een kans van voorkomen van 1/3000 per jaar), de ontwerppeilen voor de benedenrivieren bepaald.

In 1989 werd met het verschijnen van de Leidraad voor het Ontwerpen van Rivierdijken, deel 2 benedenrivierengebied (LOR-2) een tweetal dijkringeffecten geïntroduceerd: voor overloop/golfoverslag werden twee rekenmodellen beschreven en werd de veiligheidsnorm representatief gesteld voor overbelasting van de dijkkring; voor afschuiving werd de partiële veiligheidsfactor tevens afgestemd op de veiligheidsnorm, de lengte van de dijkkring en het wel of niet samenvallen van een afschuiving met MHW.

Bij eis 1) werd om trendbreuk te voorkomen tevens de overstap gemaakt van 2% golfoploop voor een dijkvak naar 1 l/s/m golfoverslag voor de dijkkring.

Eis 2) leidde voor afschuiven binnenwaarts, afhankelijk van de lengte van de dijkkring tot schadefactoren variërend tussen 1,05 en 1,2. Deze werden toegepast in combinatie met een specifieke set materiaalfactoren, die 5% lager is dan LOR-1 en een modelfactor van 1,0. De aanpassing van de materiaalfactoren ten opzichte van LOR-1 was nodig om "trendbreuk" met de klassieke empirische werkwijze in het benedenrivierengebied te vermijden.

In 1995 is na de aanleg van de Maeslantkering en de Hartelkering in het Europoortgebied in het benedenrivierengebied de veiligheidsnorm van IJsselmonde verlaagd van 1/10.000 naar 1/4000 per jaar en zijn de veiligheidsnormen van vier dijkkringgebieden verlaagd van 1/4000 naar 1/2000 per jaar. De bijbehorende reductie van de maatgevende hoogwaterstanden varieert, afhankelijk van de afstand tot beschouwde lokatie van de Maeslantkering tussen 0 en 135 cm.





## Bijlage 4 Vergelijking faalmechanismen huidige dijken en de Klimaatdijk

### Faalmechanismen van dijken

De beoordeling van de veiligheid van dijkkringgebieden op basis van een volledig integrale benadering, die rekening houdt met lengte-effecten als gevolg van correlatie in de sterkte en de belasting tussen afzonderlijke dijkvakken en faalmechanismen, is nu nog niet mogelijk. De huidige ontwerpmethoden gaan nog uit van een afzonderlijke beoordeling van de faalmechanismen, waarbij voor enkele faalmechanismen (m.n. overloop/golfoverslag en afschuiving) rekening wordt gehouden met lengte-effecten. De per faalmechanisme geldende veiligheidseisen en -criteria zijn te vinden in de verschillende leidraden en voorschriften (voor overzicht zie bijlage 6). In het volgende wordt ingegaan op de technische eisen in relatie tot faalmechanismen. Hierbij wordt de huidige situatie ('traditionele' dijken) vergeleken met de situatie waarin een Klimaatdijk wordt toegepast.

### Overloop/golfoverslag

#### Huidige situatie

Bij de bepaling van de minimaal vereiste kruinhoogte van dijken (ook wel de dijktafelhoogte genoemd) wordt een beperkt overslagdebiet (0,1, 1 of 10 l/s/m) toegestaan. Uit recente overslagproeven is gebleken dat bij een gesloten grasmat zonder obstakels (afrasteringen etc.) op het binnentalud van een zeedijk, 30 l/s/m haalbaar is. Als de golfoverslag substantieel hoger wordt, wordt de kans groot geacht dat de bekleding begint te bezwijken. Indien de waakhoogte voor overslag kleiner is dan 0,50 m wordt i.v.m. onzekerheden en bereikbaarheid van de kruin een minimum waakhoogte van 0,50 m t.o.v. het ontwerppeil aangehouden. Overloop is dan het dominante faalmechanisme. Bij overloop is de stroomsnelheid van het over de dijk stromende water bepalend.

In de Leidraad Rivieren (zie bijlage 6) wordt i.v.m. onzekerheden in de rivierafvoer de waakhoogte verhoogd met een robuustheidtoeslag van 30 cm. Wanneer de dijk eenmaal bezwijkt, zijn - zeker in geval van een zeedijk - de gevolgen niet te overzien. Immers de hoeveelheid water, die ten gevolge van de doorbraak het achterland in kan stromen is enorm en de stroomsnelheden kunnen flink oplopen.

Om deze reden is het van vitaal belang dat de kruin hoog genoeg is en de bekleding op de kruin en het binnentalud voldoet aan het gestelde overslagcriterium en in goede staat van onderhoud verkeert. De sterkte van een dijk wordt in hoge mate bepaald door de erosiebestendigheid van de bekleding. Wanneer stroming, golfaanval of golfoverslag niet leiden tot erosie, zal er in de regel geen probleem optreden. Doordat erosie zeer ernstige gevolgen kan hebben voor hoge smalle dijken, is het optreden ervan iets dat binnen het hedendaagse veiligheidsbeleid te allen tijde voorkomen moet worden. In de praktijk worden de dijken momenteel meestal bedekt door grasland met bijvoorbeeld beweiding door schapen, of een steenbekleding dan wel bestrating, zoals zetsteen, stort-/breuksteen, basalt(on) of asfalt. Er zijn ook innovatieve methoden zoals gewapend gras (kunststof weefsels) en elastocoast (verkitte stortsteen).

Bij een overslagdebiet van meer dan 0,1 l/s/m kan door infiltratie van water in de kern van de dijk uitspoeling van kernmateriaal aan de binnenzijde plaatsvinden of de bekleding op het binnentalud in zijn totaliteit afschuiven. In dat geval moeten ook deze faalmechanismen worden beoordeeld. Tevens speelt in het ontwerp bij overslagdebieten groter dan 1 l/s/m de beheersbaarheid een rol. In dat geval wordt er van uitgegaan dat de dijkbeheerder bij calamiteiten in hoogwatersituaties niet goed in staat is om adequate maatregelen te nemen.

In de huidige ontwerppraktijk wordt gebruik gemaakt van de overbelastingsbenadering, waarbij de kans op overschrijding van het toegestane overslagdebiet gelijk wordt gesteld aan de veiligheidsnorm. Hierbij wordt in de regel de norm op een dijkvak gelegd. Uitzondering daarop is het benedenrivierengebied, waarbij de norm op de dijkkring wordt gelegd. De kans op overbelasting van de dijkkring is, afhankelijk van de bedreiging, de lengte van de dijkkring, de dijkprofielen en het overslagcriterium, een factor 2 tot 10 groter dan de kans op overbelasting van een dijkvak. Bij het ontwerp van de kruinhoogte zal ook de overstap worden gemaakt van een overbelastingsbenadering naar een faalkansbenadering, die rekening houdt met onzekerheden in de Hydraulische Randvoorwaarden (Rijkswaterstaat, 2007) en de sterkte van de bekleding. In afwachting daarvan zullen nadere afspraken moeten worden gemaakt over de ontwerpuitgangspunten voor Klimaatdijken.





## **Klimaatdijk**

Over een brede en doorbraakvrije Klimaatdijk zullen de nadelige gevolgen van golfoverslag substantieel minder zijn. Zodoende kan een grotere overslag toelaatbaar geacht worden, waardoor de dijk ook een beperktere hoogte zou kunnen hebben. Golfoverslag kan de dijkbekleding aantasten, maar beschadigingen zullen beperkt blijven tot de kruin en een kleine zone aan het binnentalud van het dijklichaam. Een doorbraak zal het niet tot gevolg hebben. Herstelkosten aan de dijk zullen dientengevolge vele malen lager zijn dan wanneer de overslag tot een doorbraak geleid zou hebben. Ook de (financiële) consequenties van het water dat aan de polderzijde van de dijk terecht komt, zijn vele malen minder ongunstig wanneer overslag tot een beperkte wateroverlast leidt, dan wanneer overslag een dijkdoorbraak en daarmee een overstroming teweeg brengt. Bij de nadere uitwerking is de bereikbaarheid van de kruin ingeval van calamiteiten bij hoogwater wel een aandachtspunt. Ook bij een Klimaatdijk is het onwenselijk dat erosie optreedt aan het buiten- of binnentalud van de dijk. Door het toestaan van meer overslag wordt de golfbelasting aan de binnenzijde en daarmee de kans op falen van de bekleding groter. In de quick scan doorbraakvrije dijken is geconcludeerd dat daardoor de bekledingen 15 tot 25% zwaarder moeten worden ontworpen en tot een hoger niveau moeten worden aangebracht. Doordat de consequenties van erosie van een Klimaatdijk voor het achterland minder ernstig zullen zijn dan voor een reguliere dijk, maakt dit de weg vrij voor meer gebruiksmogelijkheden van de taludhelling alsmede voor het beoordelen van de effectiviteit van innovatieve erosiebestendigheidmaatregelen.

Diverse onderzoeken zijn uitgevoerd (o.a. door Alterra / WUR) naar de erosiebestendigheid van verschillende vegetatietypen. Zulke onderzoeken bieden een goed uitgangspunt om de ruimte op en om de dijk voor uiteenlopende doelen efficiënt te kunnen benutten. Bij een Klimaatdijk hangt het veiligheidsniveau in veel beperktere mate af van de overslagbestendigheid. Hoewel een goede dijkbekleding hierdoor niet zijn relevantie verliest, biedt het meer mogelijkheden met betrekking tot het ruimtegebruik op en aan de binnendijkse zijde van de dijk. Mogelijk moet bij de Klimaatdijk bijvoorbeeld de overslagbestendigheid van de dijk anders worden beoordeeld. Leidend is het principe van 'eco-engineering' waarbij de natuur zoveel mogelijk wordt ingezet ten behoeve van de waterveiligheid. Bij de opbouw van Klimaatdijken zullen verschillende natuurtechnische aspecten een belangrijke rol spelen. Dikte en kleikwaliteit van de deklaag, eventuele aanleg van bijvoorbeeld een geotextiel, en de steilheid van het talud zijn onder andere van belang. En natuurlijk de erosiebestendigheid van de grasbekleding, ook van de bij dit concept brede kruin. Welke harde substraten zijn mogelijk als dijkbekleding, en welke leveren een hoge biodiversiteit?

Bij een brede dijk zal het faalmechanisme infiltratie, indien er na falen door infiltratie nog voldoende restbreedte van de kruin aanwezig is, geen wezenlijke bijdrage meer leveren aan het falen van de waterkering. De minimaal benodigde restbreedte moet nog wel, in combinatie met falen van het restprofiel, nader worden bepaald. Voor het ontwerp van de kruinhoogte zal ook de overstap worden gemaakt van een overbelastingsbenadering naar een faalkansbenadering, die rekening houdt met lengte-effecten en onzekerheden in de hydraulische randvoorwaarden, de breedte van de dijk en de sterkte van de bekleding. In afwachting daarvan zullen voorlopig robuuste ontwerpuitgangspunten voor Klimaatdijken moeten worden bepaald. Ook de verdeling van de faalkansruimte van de faalmechanismen over de dijkring speelt daarbij een rol (zie ook het voorbeeld van bijlage 5 voor een traditionele dijk).

## **Piping/heave**

### **Huidige situatie**

De pipingveiligheid wordt uitgedrukt in de kwelweglengte. Daarbij moet de aanwezige kwelweglengte minstens zo groot zijn als de benodigde kwelweglengte, die een functie is van het verval over de kering (buitenwaterstand minus polderpeil) en de eigenschappen van de ondergrond. Indien niet aan de benodigde kwelweglengte wordt voldaan is een pipingberm en/of een verticaal scherm nodig. Indien mogelijk kan ook worden gekozen voor een horizontale voorziening aan de buitenzijde in de vorm van een afdekkende kleilaag op het voorland. Piping is mede afhankelijk van de weerstand tegen opbarsten. Opbarsten treedt op bij de aanwezigheid van slappe ondergrond, waarbij de opwaartse druk onder het slappe lagenpakket zodanig toeneemt dat dit niet meer gecompenseerd kan worden door het eigen gewicht van de slappe lagen. In de huidige veiligheidsfilosofie wordt er van uitgegaan dat de kans op opbarsten voldoende klein is als het gewicht van de slappe lagen een factor 1,2 maal zo groot is als de waterdruk onder deze lagen.



## Klimaatdijk

De kans op piping kan op dit moment nog niet goed worden bepaald. Dit wordt momenteel in het kader van het project VNK (Veiligheid van Nederland in Kaart) nader onderzocht. In het kader van de RBSO-studie (Rampenbeheersingsstrategie Overstromingen Rijn en Maas) is op basis van globale analyses gesteld dat een verhoging van de buitenwaterstand van 0,5 m zal leiden tot een 10 maal hogere kans op piping. Deze waarde is bij de quick scan doorbraakvrije dijken toegepast. Daarin wordt tevens gesteld dat er bij toepassing van de eenvoudige regels van Bligh en Lane een lineair verband is tussen de peilstijging en de benodigde kwelweglengte. Bij een peilstijging van 50 cm is dan een 5 tot 10 m langere kwelweglengte nodig. Andersom geldt dat een 5 tot 10 m langere pipingberm bij gelijkblijvende buitenwaterstand een factor 10 kleinere kans op piping geeft.

Voor opbarsten is in (Knoeff, 2008) bij een opbarstveiligheid van 1,2 op basis van vuistregels, bij een veronderstelde variatiecoëfficiënt van 0,05 en betrouwbaarheidsindex van  $\beta = 3,6$  een kans op opbarsten van  $1/6000$  ( $1,5 \times 10^{-4}$ ) bepaald. Voor een 10 maal kleinere kans is een veiligheidsfactor voor opbarsten van 1,25 afgeleid.

In de quick scan doorbraakvrije dijken is uitgegaan van een factor 100 kleinere kans op piping/opbarsten. Deze kans is verdisconteerd door een combinatie van een extra peilverhoging van 50 cm (dit is ongeveer de decimeringshoogte, waarbij de kans op de bijbehorende waterstand een factor 10 kleiner is dan de veiligheidsnorm) in combinatie met een aangepaste berm. Bij een planperiode van 50 jaar is dan een 10 m langere en 1 m hogere binnenberm nodig dan voor een traditionele dijk.

## Afschuiving binnenwaarts

### Huidige situatie

De veiligheid tegen macro-instabiliteit aan de binnenzijde wordt uitgedrukt in de stabiliteitsfactor. Daarbij moet de aanwezige stabiliteitsfactor voldoen aan de vereiste stabiliteitsfactor, die schadefactor wordt genoemd. Indien niet aan de schadefactor wordt voldaan is een stabiliteitsberm en/of een verticaal scherm nodig. De voor het ontwerp aan te houden veiligheidsfactoren zijn onlangs in het kader van de Leidraad Rivieren aangepast (voor meer info zie Addendum Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies). Op basis daarvan wordt, afhankelijk van het gebied (boven- of benedenriviereengebied), de veiligheidsnorm en de lengte van de dijkkring 1,3 tot 0,1% van de veiligheidsnorm gereserveerd voor de toelaatbare kans op falen door macro-instabiliteit. De bijbehorende schadefactoren variëren tussen 1,01 en 1,11. Bij de beoordeling van de glijcirkels wordt een zonering toegepast, die rekening houdt met de gevolgen van een afschuiving. Deze genoemde schadefactoren gelden in zone 1 (voor glijcirkels, die de kruin doorsnijden) voor het geval dat de afschuiving samenvalt met extreem hoogwater. Voor glijcirkels die niet in de kruin doorsnijden (zone 2) gelden of in zone 1, die niet samenvallen met extreem hoogwater (maar bijv. met extreme neerslag) gelden dezelfde eisen als voor afschuiving buitenwaarts.

### Klimaatdijk

Voor Klimaatdijken kan dezelfde methodiek als voor traditionele dijken worden gevolgd. Het enige verschil is dat de toelaatbare kans op instabiliteit een factor 100 kleiner zou moeten zijn. Dat komt overeen met 0,013 tot 0,0001% van de veiligheidsnorm of een schadefactor van 1,13 tot 1,20. Indien hieraan niet kan worden voldaan kan de restbreedte van de kruin bij de analyse worden betrokken. Indien er na een afschuiving voldoende restbreedte resteert, kan in combinatie met falen van het restprofiel, worden volstaan met een lagere schadefactor. Voor de bepaling van de benodigde restbreedte is er nog geen standaardrecept, dus dit moet wel nader worden onderbouwd. Dat geldt ook de bepaling van de minimaal benodigde restbreedte.

## Afschuiving buitenwaarts

### Huidige situatie

De veiligheid tegen macro-instabiliteit aan de binnenzijde wordt uitgedrukt in de stabiliteitsfactor. Daarbij moet de aanwezige stabiliteitsfactor voldoen aan de schadefactor, die i.v.m. de minder ernstige gevolgen van een afschuiving, lager is dan de schadefactor voor afschuiving binnenwaarts. Indien niet aan de schadefactor wordt voldaan is een stabiliteitsberm en/of een verticaal scherm nodig.



De methodiek van schadefactoren is hetzelfde als voor afschuiving binnenwaarts, met als enige verschil dat de toelaatbare kans op instabiliteit buitenwaarts een factor 10 groter mag zijn dan voor glijcirkels in zone 1 die samenvallen met extreem hoogwater. De schadefactoren variëren tussen 0,93 en 1,02.

### **Klimaatdijk**

Voor Klimaatdijken kan dezelfde methodiek als voor traditionele dijken worden gevolgd. Het enige verschil is dat de toelaatbare kans op instabiliteit een factor 100 kleiner zou moeten zijn. Dat komt overeen met 0,13 tot 0,001% van de veiligheidsnorm of een schadefactor van 1,07 tot 1,14. Indien hieraan niet kan worden voldaan kan, net als bij afschuiving binnenwaarts, de restbreedte van de kruin bij de analyse worden betrokken

### **Micro-instabiliteit**

#### **Huidige situatie**

Bij micro-instabiliteit komt de bedreiging in de vorm van waterdrukken van binnenuit op de bekleding van het binnentalud. Indien niet aan de eisen dient het restprofiel na micro-instabiliteit bij de beoordeling van piping, afschuiving binnenwaarts en het falen van de bekleding te worden betrokken.

### **Klimaatdijk**

Ingeval van een bredere dijk kan de restbreedte tot een betere beoordeling leiden dan een traraditionele dijk.

### **Falen bekledingen**

#### **Huidige situatie**

De eisen voor bekledingen zijn afhankelijk van het type dijk (zee-, meer- of rivierdijk), het type bekleding (gras, steen of asfalt) en de plaats daarvan op het buitentalud (onder water, in de golfklapzone of golfloopzone). Bij falen van de bekleding kan de reststerkte van het onderliggende materiaal nog soelaas bieden. Zie ook bijlage 6 voor de relevante leidraden en technische rapporten. De faalkans van een bekleding kan nog niet goed worden bepaald.

### **Klimaatdijk**

De beoordeling geschiedt op dezelfde wijze als voor een traditionele dijk. Daarbij zal een lagere faalkans moeten worden verdisconteerd.. Bij toepassing van een hoger overslagdebiet zullen niet alleen de bekleding op de kruin en het binnentalud zwaarder worden belast, maar ook de bekleding op het buitentalud in de golfklapzone en in de golfloopzone. In de quick scan doorbraakvrije dijken wordt gesteld dat daardoor de bekleding van zeedijken 10 tot 25% zwaarder moet worden ontworpen en tot een hoger niveau op het talud moet worden doorgetrokken.

### **Falen kunstwerken en constructies**

#### **Huidige situatie**

Dit betreft waterkerende kunstwerken en bijzondere waterkerende constructies. Voor nadere definities wordt verwezen naar de Leidraad Kunstwerken (bijlage 6). Kunstwerken moeten volledig zelfstandig de waterkerende functie kunnen vervullen en worden anders beoordeeld dan dijken. Daarbij zijn wel de aansluitings- en overgangsconstructies tussen de kunstwerken en de dijken van belang. Bijzondere constructies, zoals bv. piping- en stabiliteitschermen worden ook anders beoordeeld dan dijken, maar moeten wel in combinatie met het aansluitende grondlichaam de waterkerende functie vervullen. In die zin zijn beide dus wel vanuit de veiligheidsbeschouwing aan elkaar gerelateerd (zie ook verdeling faalkansruimte over faalmechanismen in bijlage 5).

### **Klimaatdijk**

Bij de Klimaatdijk zijn kunstwerken enkel relevant ter plaatse van de aansluiting met de Klimaatdijk. De vraag is wel in hoeverre een eventuele hogere kans op falen van een kunstwerk dan de kans op falen van een Klimaatdijk door overige mechanismen acceptabel is. Een nader te bepalen faalruimteverdeling van de mechanismen over de dijkkring zou daar uitsluitsel over moeten geven.



## **Niet-waterkerende objecten**

### **Huidige situatie**

In principe moet bij het ontwerp de waterkering vrij zijn van niet-waterkerende objecten. Uitzonderingen zijn mogelijk onder voorwaarde dat bij het ontwerp rekening is gehouden met het falen daarvan. Bij knelpunten kunnen functiescheidende voorzieningen uitkomst bieden. De niet waterkerende objecten kunnen worden ingedeeld in de categorieën begroeiing (bomen en beplanting), bebouwing (woningen en bedieningsgebouwen), kabels en pijpleidingen (leidingkruisingen en langsleidingen) en overige (landhoofden, windmolens etc.). Voor de veiligheidsbeoordeling is de plaats van het object t.o.v. het waterkeringprofiel (in/op de kruin, in/op het talud of in/op het aansluitende maaiveld) van belang. Ingeval van mogelijke verstoringzones (bv. ontgrondingen als gevolg van omvallende bomen of leidinglekage/–explosie) beoordeeld. De bepaling van de faalkans is op dit moment enkel mogelijk voor pijpleidingen.

### **Klimaatdijk**

Voor een Klimaatdijk gelden in principe dezelfde eisen als voor een traditionele dijk. Ingeval van een brede dijk kunnen niet-waterkerende objecten worden toegestaan in de zone, waar de waterkerende functie niet ongunstig wordt beïnvloed door de aanwezigheid of het falen van het object. Dit dient per geval te worden bekeken.

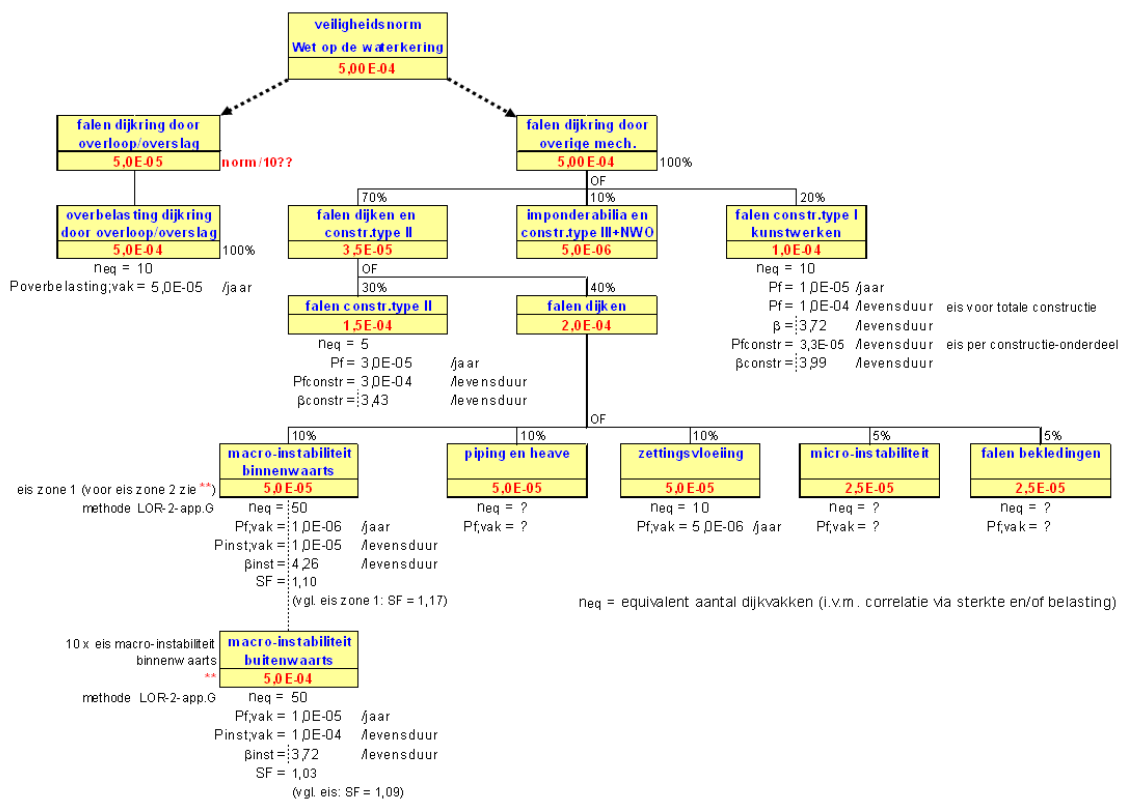




## Bijlage 5 Verdeling van de faalkansen per faalmechanisme

### Verdeling van de faalkansen per faalmechanisme over de totale dijkkring

Uit de ontwerppraktijk in het benedenrivierengebied is het volgende voorbeeld overgenomen dat een beeld geeft van de verdeling van de faalkansen per faalmechanisme over de totale dijkkring. Het basisprincipe is een integrale aanpak, waarbij de faalmechanismen niet afzonderlijk maar in onderlinge relatie tot het systeem, waarvan ze onderdeel zijn (de dijkkring), worden bekeken. Dit is een tussenstap naar een volledige dijkkringbenadering op basis van overstromingskansen. Hierbij wordt een dijkkring per faalmechanismen opgedeeld in secties (dijkvakken en kunstwerken/constructies en niet-waterkerende objecten) en wordt per sectie een taakstellende eis afgeleid. Daarbij is vanwege het verschil in de huidige uitgangspunten onderscheid gemaakt tussen overloop/overslag (overbelastingsbenadering) en overige mechanismen (faalkansbenadering). Uit het voorbeeld blijkt dat er ook nog een aantal witte vlekken zijn. Dit betreft de faalmechanismen piping, micro-instabiliteit en falen bekleding, waarvan de faalkansen nog niet goed kunnen worden bepaald. Hiervoor zullen de resultaten van het project veiligheid van Nederland in kaart moeten worden afgewacht.





## Bijlage 6 Technische leidraden en voorschriften

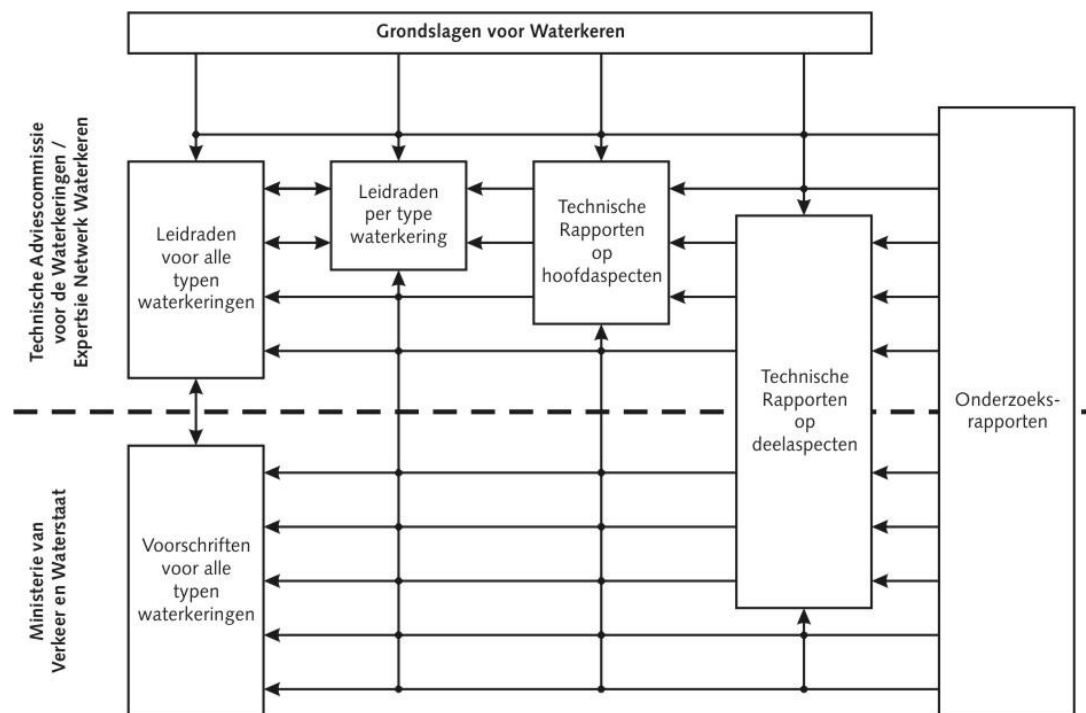
Overzicht en samenhang van de TAW/ENW-leidraden en -technische rapporten, voorschriften van het ministerie van Verkeer en Waterstaat en overige voorschriften en richtlijnen voor toetsen, ontwerpen en beheren van (primaire) waterkeringen

Dit is een overzicht van alle Leidraden en Technische rapporten (m.u.v. van Addendum HR-C en Addendum VTV-C). Al deze documenten kunnen worden gedownload via [www.helpdeskwater.nl](http://www.helpdeskwater.nl) en/of [www.tawinfo.nl](http://www.tawinfo.nl)

### Soorten publicaties:

- Grondslagen voor waterkeren
- Voor alle typen waterkeringen
- Per type waterkering
- Op hoofdaspecten
- Op deelaspecten
- Onderzoeksrapporten

### Samenhang tussen de verschillende soorten publicaties:





**Thema's:**

Veiligheidsfilosofie  
 Zandige kust  
 Dijken  
 Boezemkaden  
 Kunstwerken en bijzondere constructies  
 Bekleding  
 Belasting  
 Grondmechanische aspecten – water in de grond  
 Grondmechanische aspecten – grondgedrag  
 Stochastiek / probabilisme  
 Overstromingsrisico's  
 Omgevingsaspecten / LNC-waarden  
 Overige

Opmerking: In principe is de meest recente kennis, zoals vastgelegd in leidraden en technische rapporten, vigerend.

**Vigerende TAW/ENW-leidraden en -technische rapporten**

Grondslagen voor waterkeren	Technische Rapporten op hoofdaspecten per thema	Technische Rapporten op deelaspecten per thema
Grondslagen voor waterkeren	1998	<u>Zandige kust</u>
	Leidraad voor de beoordeling van de veiligheid van duinen als waterkering	<u>Kunstwerken</u>
	Basisrapport zandige kust	Leidraad voor constructie en beheer van vloeistofleidingen in en nabij waterkeringen 1971
<b>Leidraden voor alle typen waterkeringen</b>		Leidraad voor constructie en beheer van gasleidingen in en nabij waterkeringen 1973
-	<u>Dijken</u>	Leidraad voor ontwerp, beheer en onderhoud van constructies en vreemde objecten in, op en nabij waterkeringen 1976
	Basisrapport zee- en meerdijken	Technisch rapport kistdammen en diepwanden in waterkeringen 2004
	Technisch rapport waterkerende grondconstructies	
<b>Leidraden per type waterkering</b>	<u>Boezemkaden</u>	<u>Bekleding</u>
Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken	Technisch rapport voor het toetsen van boezemkaden	Leidraad voor toepassing van asfalt in de waterbouw (nu als <i>bijlage bij het Technisch rapport asfalt voor waterkeren</i> ) 1984
- Deel 1: bovenrivierengebied	1985	Leidraad cementbetonnen dijkbekledingen (CUR 119, niet meer leverbaar) 1984
- Deel 2: benedenrivierengebied + appendices	1989	Technisch rapport klei voor dijken 1996
Handreikingen commissie Boertien		Technisch rapport erosiebestendigheid van grasland als dijkbekleding 1998
- Handreiking visie-ontwikkeling	1994	Grasmat als dijkbekleding 1999
- Handreiking inventarisatie en waardering LNC-aspecten	1994	Technisch rapport asfalt voor waterkeren 2002
- Handreiking beleidsanalyse	1994	Technisch rapport steenzettingen 2003
- Handreiking constructief ontwerpen + bijlagen	1994	
- Handreiking ruimtelijk ontwerpen	1994	<u>Belasting</u>
Leidraad zee- en meerdijken	1999	Technisch rapport golfploep en golfoverslag bij dijken 2002
Leidraad zandige kust	2002	
Leidraad kunstwerken	2003	<u>Grondmechanische aspecten - water in de grond</u>
		Technisch rapport zandmeevoerende wellen 1999
		Technisch rapport waterspanningen bij dijken 2004
		<u>Grondmechanische aspecten - grondgedrag</u>
		Leidraad bij bodemonderzoek in en nabij waterkeringen 1988
		Technisch rapport geotechnische classificatie van veen 1994
		Onderzoeksrapport voor de bepaling van de actuele sterkte van rivierdijken 1996

**Overige vigerende voorschriften en richtlijnen voor toetsen, ontwerpen en beheren van (primaire) waterkeringen**

Grondslagen voor waterkeren	Op hoofdaspecten per thema	Op deelaspecten per thema
-	-	<u>Kunstwerken</u> Buisleidingsystemen (NEN 3650): 2003 - Deel 1: Algemeen (NEN 3650-1) - Deel 2: Staal (NEN 3650-2) - Deel 3: Kunststof (NEN 3650-3, ontwerpnorm) - Deel 4: Beton (NEN 3650-4, ontwerpnorm) - Deel 5: Gietijzer (NEN 3650, ontwerpnorm) Aanvullende eisen voor leidingen in kruisingen met belangrijke waterstaatswerken (NEN 3651) 2003 Ondergrondse pijpleidingen. Grondslagen voor de sterkteberekening (NPR 3659) 1996 - Aanvulling (NEN 3659/A1) 2003
<b>Voorschriften voor alle typen waterkeringen</b>		<u>Bekleding</u> Veiligheidsbeoordeling van asfaltbekledingen (V&W) 2005
Hydraulische randvoorwaarden 2001 voor het toetsen van primaire waterkeringen (V&W) 2001		
Voorschrift toetsen op veiligheid (V&W) 2004		
<b>Per type waterkering</b>		
-		

**Uit te brengen TAW/ENW-leidraden en -technische rapporten ♦**

Grondslagen voor waterkeren	Technische Rapporten op hoofdaspecten per thema	Technische Rapporten op deelaspecten per thema
-	-	<u>Grondmechanische aspecten - grondgedrag</u> Technisch rapport actuele sterkte van dijken 2006 (vervangt Onderzoeksrapport voor de bepaling van de actuele sterkte van rivierdijken)
<b>Leidraden voor alle typen waterkeringen</b>		
-		
<b>Leidraden per type waterkering</b>		
Leidraad rivieren 2006		

♦ onder voorbehoud

**Uit te brengen overige voorschriften en richtlijnen voor toetsen, ontwerpen en beheren van (primaire) waterkeringen ♦**

Grondslagen voor waterkeren	Op hoofdaspecten per thema	Op deelaspecten per thema
-	-	-
<b>Voorschriften voor alle typen waterkeringen</b>		
-		
<b>Per type waterkering</b>		
-		

♦ onder voorbehoud



## Vervallen TAW/ENW-leidraden en -technische rapporten

Grondslagen voor waterkeren	Technische Rapporten op hoofdaspecten per thema	Technische Rapporten op deelaspecten per thema
-	<u>Kunstwerken</u> Basisrapport waterkerende kunstwerken en bijzondere constructies (vervangen door Leidraad kunstwerken)	<u>Bekleding</u> Handboek voor dimensionering van gezette talusbekledingen (CUR 155) (vervangen door Technisch rapport steenzettingen)  <u>Grondmechanische aspecten - water in de grond</u> Technisch rapport voor controle op het mechanisme piping bij rivierdijken (vervangen door Technisch rapport zandmeevoerende wellen)  <u>Grondmechanische aspecten – grondgedrag</u> Leidraad cel- en triaxiaalproeven (celproef is afgeschaft, leidraad triaxiaalproeven is vervangen door NEN 5117)
<b>Leidraden voor alle typen waterkeringen</b>		
Leidraad toetsen op veiligheid (groene versie) 1996 (vervangen door versie 1999)		1992
Leidraad toetsen op veiligheid 1999 (vervangen door Voorschrift toetsen op veiligheid)		1994
<b>Leidraden per type waterkering</b>		
Leidraad zandige kust 1995 (vervangen door versie 2002)		
Leidraad waterkerende kunstwerken en bijzondere constructies 1997 (vervangen door Leidraad kunstwerken)		1988

## Vervallen overige voorschriften en richtlijnen voor toetsen, ontwerpen en beheren van (primaire) waterkeringen

Grondslagen voor waterkeren	Op hoofdaspecten per thema	Op deelaspecten per thema
-	-	<u>Kunstwerken</u> Pijpleidingcode (Provincie ZH) 1990 (vervangen door NEN 3650:1992, NEN 3650/C1:1996, NEN 3651:1994, NEN 3651/A1:1999, NEN 3652:1998 en NPR 3659:1996) Eisen voor stalen transportleidingsystemen (NEN 3650) 1992 - Correctieblad (NEN 3650/C1) 1996 (vervangen door NEN 3650:2003) Aanvullende eisen voor stalen leidingen in kruisingen met belangrijke waterstaatswerken (NEN 3651) 1994 - Wijzigingsblad (NEN 3651/A1) 1999 (vervangen door NEN 3650:2003 en NEN 3651:2003) Aanvullende eisen voor niet-stalen leidingen in kruisingen met belangrijke waterstaatswerken (NEN 3652) 1998 (vervangen door NEN 3650:2003 en NEN 3651:2003)
<b>Voorschriften voor alle typen waterkeringen</b>		
Hydraulische randvoorwaarden voor primaire waterkeringen (V&W) 1996 (vervangen door Hydraulische randvoorwaarden 2001 voor het toetsen van primaire waterkeringen)		
<b>Per type waterkering</b>		
-		

CUR Civieltechnisch Centrum Uitvoering Research en Regelgeving

Postbus 420, 2800 AK Gouda, [www.cur.nl](http://www.cur.nl)

ENW Expertise Netwerk Waterkeren

Postbus 5044, 2600 GA Delft, [www.enwinfo.nl](http://www.enwinfo.nl)

NEN Nederlandse norm

Nederlands Normalisatie-instituut NNI, Postbus 5059, 2600 GB Delft, [www.nen.nl](http://www.nen.nl)

NPR Nederlandse Praktijkrichtlijn

Nederlands Normalisatie-instituut NNI, Postbus 5059, 2600 GB Delft, [www.nen.nl](http://www.nen.nl)

TAW Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen

Postbus 5044, 2600 GA Delft, [www.tawinfo.nl](http://www.tawinfo.nl)

V&W Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde

Postbus 5044, 2600 GA Delft, [www.rws.nl/rws/dww/home/](http://www.rws.nl/rws/dww/home/)



## Bijlage 7 Verslag Expertmeeting

### Besprekingsverslag

Plaats Houten, 14 januari 2009 Referentienummer Kenmerk  
266934

Plaats bespreking  
Grontmij Houten

#### Aanwezig

- voorzitter dhr. P. Vellinga (Kennis voor Klimaat)
- Mevr.. J. Steenbergen (Grontmij)
- Dhr. Hans de Moel (VU)
- Dhr. S. Eijgenraam (Movares); vervanger van dhr. E. Oosterveld
- Mevr. J.M. van Loon-Steensma (Wageningen UR)
- Dhr. J. van de Graaff (TU Delft)
- Dhr. A. Oost (Deltares)
- Dhr.. K. Gielissen (UU)
- Dhr.. J.D. van Duyvenbode (RWS)
- Dhr.. A. van Berchum (RWS DZL)
- Dhr. H. Schelfhout (Deltares)
- Dhr. P. Slim (Alterra – Wageningen UR)
- Dhr. F. van den Berg – (Waterschap Rivierenland)
- Dhr. W. Epema (adviseur en lid ENW)
- Dhr. T. de Haan (topadviseur RWS en lid ENW)
- Dhr. A. Zantinge (Grontmij)
- Dhr.. M. Hartog (Grontmij)

#### Afwezig

Kopie aan

Betreft  
Klimaatdijk Expertmeeting

#### Programma expertmeeting:

Opening, vaststelling van het programma en kennismaking  
Korte toelichting op het nationaal onderzoeksprogramma *Kennis voor Klimaat* door dhr. P. Vellinga.  
Presentatie van de verkenning door M. Hartog.  
Discussie over belangrijke kennisvragen m.b.t. de Klimaatdijk  
Conclusie  
Afsluiting

#### Vragen en opmerkingen:

Omdat er momenteel veel nieuwe ideeën zijn over hoogwaterbescherming, is het verstandig om helder te omschrijven wat een Klimaatdijk is, en hoe de Klimaatdijk zich van andere dijken onderscheid.

De 2 doelstellingen 'veiligheid' en 'multifunctionaliteit' hoeven niet vanzelfsprekend samen te gaan en zouden daarom ook als afzonderlijke componenten beschouwd moeten worden. Als voor een



Klimaatdijk geldt dat de Klimaatdijk zowel 'doorbraakvrij' als 'multifunctioneel' is dan geldt dat elke Klimaatdijk doorbraakvrij is, maar niet elke doorbraakvrije dijk is een Klimaatdijk [p 11]'. Is multifunctionaliteit dan het doorslaggevend criterium is? Dit helder beschrijven.

Er zou meer nadruk moeten zijn op de uitbreidbaarheid (of gebrek daaraan) van klimaatdijkontwerp. Duidelijker benoemen wat er qua initiatieven en projecten reeds gaande is m.b.t. robuuste dijken. COMCOAST geeft behalve Perkpolder een nog veel grotere brede inventarisatie van mogelijke pilots. Robuust zou beschouwd kunnen worden als voorloper van doorbraakvrij.

Voorstel definitie 'Doorbraakvrij': er kan gedurende volledige hoogwaterperiode (dus meerdere uren) water overheen stromen zonder dat er desastreuze erosie plaatsvindt. Toekomstig klimaat is per definitie onzeker. Klimaatbestendig zou dus moeten betekenen dat ook als klimaatverandering sterker is dan verwacht (dus waterstand en/of golven nog hoger), dat dijk nog steeds voldoet.

Bepaling benodigde dijkhoogte gebeurt op basis van statistiek m.b.t hydraulische condities. Zulke statistieken zijn gebaseerd op meetresultaten, dus berusten altijd op de situatie in het verleden, niet die in de toekomst. De representativiteit van deze statistiek is daarmee per definitie discutabel. (Vergoeding van) overstromingsschade moet in macro-economisch perspectief beschouwd worden; dient schadevergoeding plaats te vinden via belastingen of via verzekeringen? (hierover bestaat een notitie van Han Vrijling).

Voor het succesvol in het NL waterbeheer invoeren van de Klimaatdijk is de volledige maatschappelijke context van belang. Wellicht is het nodig om het volledige bestel (wet- en regelgeving en procedures) op de schop te nemen.

Regelgeving verandert reeds in voor de Klimaatdijk gunstige richting. Zo wordt bij dijkversterkingen vaak al met een zichthorizon van 12 jaar extra gewerkt, en wordt ook gekeken of de dijkversterkingsplannen een latere dijkversterking niet bemoeilijken. Mogelijke en/of waarschijnlijke aanpassingen aan normen en regels worden doorgaans nog niet meegenomen in het plannings- en ontwerptraject.

Eigendom en beheer door verschillende partijen is (mede om juridische en aansprakelijkheidskwesies) lastiger maar niet onmogelijk. Bij wegen gebeurt dit bijv veel vaker. Vaak liggen beheer en eigendom bij zelfde partij (Waterschap) omdat dit het minste gedoe geeft; de eigenaar heeft doorgaans het meeste te vertellen. Keur & Legger kunnen echter wel regels opleggen aan particuliere eigendommen, waardoor het niet noodzakelijk bij zelfde partij hoeft te liggen. Als er meer grond onteigend moet worden dan voor veiligheid strikt noodzakelijk, zijn de bezwaarmogelijkheden (en kansen) van derden ruim aanwezig. Hoewel de WRO / Waterwet wel mogelijkheden biedt om grond te onteigenen om andere redenen dan enkel waterkeringsbelangen, is er om begrijpelijke redenen in de praktijk vaak een grote bestuurlijke terughoudendheid hierin. Anticiperen op de toekomst gebeurt nu voornamelijk door het hanteren van een vrijwaringszone / profiel van vrije ruimte. Door de algemeenheid hiervan ontbreekt vaak de noodzaak om een concretere langetermijn planning op te stellen.

De tijd dat partijen met een ecologische en/of landschapsarchitectonische achtergrond voornamelijk voorstander waren van smalle steil dijken als één smal lint door het landschap is reeds geruime tijd voorbij. Een multifunctionele dijkrichting spreekt deze partijen heden ten dagen meer aan. Tijd en meningen van verschillende partijen veranderen door de tijd en worden steeds integraler. Niet voor niets werken er tegenwoordig bijv biologen bij RWS en Civiel Technici bij Natuurmonumenten. Multifunctionaliteit moet niet gezien worden als een middel, maar als een doel t.b.v. €, PR, etc. Er zou geprobeerd kunnen worden om 'riviertaksgewijs' één landschapsarchitectuur op te zetten. Maak duidelijk onderscheid tussen termen als klimaatbestendig en robuust; duidelijk maken wat de onderscheidende criteria zijn; gevolgschade? 100% doorbraakvrij bestaat niet. Kans van 1:1.000.000 is niet 0. 'restrisiko' wordt minder. Evt gevolgschade mogelijk niet.

Fundamentele keuze is nodig; moeten we overal kunnen bouwen, of alleen in de hogere delen? De problematiek van openbreken (opbarsten?) en kwel in geval van hogere dijken, valt volgens recent onderzoek zeer mee.



Een Kosten Baten Analyse naar de schade en herstelkosten voor traditionele vs klimaatdijk is nodig. Dit kan zeer globaal en beknopt, mede omdat bij een klimaatdijk de kans zeer klein is. Schadefuncties zijn geïnventariseerd als onderdeel van VNK en zodoende gewoon opvraagbaar. In UK (Schotland) is ervaring met 'Dry proofing' en 'wet proofing'.

Een smalle robuuste dijk kan als zelfstandig grondlichaam nog zo geschikt zijn, maar kan nog steeds in zijn geheel bijvoorbeeld in een geul verdwijnen. Brede dijk kan dat niet. De Klimaatdijk moet niet gezien worden als iets nieuws dat tegen alle eerdere handelwijzen in gaat, maar juist als een logische opvolging daarop en een stap naar voren. De traditionele dijk moet geenszins gezien worden als ouderwets, narrow minded, tunnelvisie, etc, maar als een logische voorganger van de Klimaatdijk. De maatschappelijke kansen voor vernieuwende concepten zijn momenteel duidelijk groter dan in de laatste helft van de 20<sup>e</sup> eeuw. Spreek over Klimaatzone, sluit aan bij andere KVK-onderwerpen zoals Klimaatbuffers

### **Peilers / Thema's:**

Bestuurlijk / Juridisch → Regelgeving

Natuur

Waterbouw / Waterkeringstechnische zaken

Sociaal-maatschappelijke aspecten

Nodig:

- Monitoring van lopende projecten
- Onderzoek naar projectontwikkeling

**Profielen** maken van de doorsnede van verschillende typen dijken in verschillende omgeving (hierbij dient zowel de binnendijkse als buitendijkse ruimte beschouwd te worden):

- Traditioneel, Robuust, Doorbraakvrij, Klimaatdijk
- Lintbebouwing
- Slappe vs stevige ondergrond
- Boerenland
- Stedelijk gebied (Kampen, Zutphen, Dordrecht, Deventer, etc)
- evt Wadden (bijv verwaaiende duinzone en een polder aan de zuidkant zoals Ameland)
- Zandige duinzone (wel een ingewikkeld profiel uitkiezen dan)
- Woningen in een keringszone
- Schoorbufferzone met tussendijkse kwelder
- Minstens 2 profielen (bijv kwelder en een duin) waar er geen sprake is van een hoogwaterbeschermingslijn maar van een zone.

Vanuit VROM is er € 15 M beschikbaar gesteld aan ..... voor onderzoek naar klimaat- / natuurlijke dijken.

### **Mogelijke Kennisvragen:**

Hoe moet 'klimaatdijk' precies gedefinieerd worden? Welk criterium is doorslaggevend voor of iets wel of geen klimaatdijk is?

Hoe is er rekening te houden met bijv. 200 jaar vooruit denken; hoe is dit te combineren met technische ontwerpen en in regelgeving? Welke technische concepten gericht op een langere termijn, zijn hier te bedenken. Hoofdzaak is de capaciteit tot het aanpassen van inzichten, procedures, etc.

Hoe kunnen dijken enerzijds voor veel langere tijd toereikend gemaakt worden, maar kan tegelijkertijd de mogelijkheid open gehouden worden om in de toekomst flexibel te reageren.

Kennisvragen wellicht iets meer ook toespitsen op zandige kust. Dit maakt het completer.

Welke instrumenten zijn nodig om op decenniaschaal zulke plannen te verwezenlijken?

Welke mogelijkheden bestaan om natuurbeleid te koppelen aan andere belangen?

We hebben het steeds over de omgeving(splannen) betrekken bij de dijkversterkingnoodzaak. Is dit ook om te draaien? M.a.w. Hoe kunnen Ruimtelijke Ontwikkelingen op, in of nabij een waterkeringzone, ingezet worden om de kering te versterken?

Hoe kunnen benodigde mitigatiemaatregelen aan bestaande woningen of andere objecten, worden ingezet om de waterkering te versterken?

Eisen vs Toetsen; Wat zijn de eisen en hoe wordt getoetst? Welke criteria? Als het uitgangspunt is dat alles per definitie 100% veilig is, moet er dan überhaupt nog getoetst worden?

Ketting is zo sterk als de zwakste schakel; moet de veiligheid van kunstwerken met dezelfde factor worden verhoogd? Zo ja, is dit realistisch?



Hoe is een integrale gebiedsontwikkeling in dijkzone in te zetten om kosten te drukken of het project zelfs winstgevend te maken (zoals nu soms bij stations gebeurt)?

Als alle bebouwing verwijderd / verplaatst / verhoogd zou moeten worden, kan er dan onderscheid gemaakt worden in 'waardevolle bebouwing' (bv cultuurhistorisch) en overige bebouwing? Hoe zou hiermee omgegaan moeten worden (bestuurlijk-juridisch, politiek, maatschappelijk/PR, €, etc.)

Bepalend criterium is nog altijd geld en daarop volgend tijd.

Welke financieringsmogelijkheden en – varianten zijn er denkbaar?

Kosten & Aansprakelijkheid:

Wie betaalt wat voor schadevergoeding als de doorbraakvrije dijk toch doorbreekt?

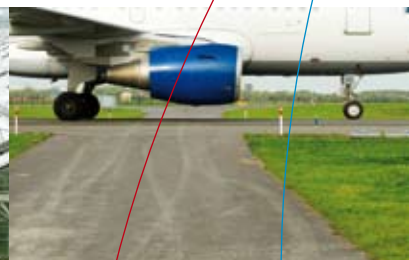
Hoe kan in kostenraming het best rekening gehouden worden met schadevergoedingen en onteigeningskosten

In hoeverre moeten onvoorziene kosten verhaald kunnen worden (in mindering gebracht op de baten) van degenen die er financieel profijt bij hadden?

Hoe wordt rekening gehouden met het menselijk aspect (dijkhuisbewoners, vakantiehuisjes, strandtenten, 'individueel leed', etc.)?. Iedereen wil aan/op de dijk wonen, dus OOK de huidige gebruikers. (In het creëren van draagvlak voor een maatregel, is enthousiasme/tegenstand van huidige gebruikers wellicht de meest bepalende factor)

We moeten ons niet laten hinderen door oude paradigma's

Pilotmogelijkheid; hoe zou het volledig weghalen van de Oosterscheldekering eruit kunnen zien?



Ontwikkelen van wetenschappelijke en toegepaste kennis voor een  
klimaatbestendige inrichting van Nederland en het creëren van een  
duurzame kennisinfrastructuur voor het omgaan met klimaatverandering

## Contactinformatie

Programmabureau Kennis voor Klimaat

Secretariaat:

p/a Universiteit Utrecht

Postbus 80115

3508 TC Utrecht

T +31 88 335 7881

E [office@kennisvoorklimaat.nl](mailto:office@kennisvoorklimaat.nl)

Communicatie:

p/a Alterra, Wageningen UR

Postbus 47

6700 AA Wageningen

T +31 317 48 6540

E [info@kennisvoorklimaat.nl](mailto:info@kennisvoorklimaat.nl)

[www.kennisvoorklimaat.nl](http://www.kennisvoorklimaat.nl)

