

# Functioneel Ontwerpproces Boezemkaden

## Inleiding

In het voorliggende document beschrijft het Hoogheemraadschap van Delfland het ontwerpproces voor het verbeteren van boezemkaden. Dit komt tot uitdrukking in de uitgangspunten die bij het ontwerpproces dienen te worden gehanteerd.

In het verleden beperkte het ontwerpproces zich tot het uitsluitend toepassen van een voorgeschreven kadeprofiel in grond, waaraan de term "robuust" werd verbonden. Robuustheid werd uitgedrukt in geometrische afmetingen, volgend uit technische ontwerpeisen. Als gevolg hiervan kon geen rekening worden gehouden met locatiespecifieke omstandigheden en (maatschappelijke) ontwikkelingen. Het Functioneel Ontwerpproces Boezemkaden biedt de mogelijkheid om hierop in te spelen en indien daar noodzaak voor is, maatwerk te kunnen toepassen bij het verbeteren van boezemkaden.

De initiatiefnemer van een kadeverbeteringsplan (meestal het Hoogheemraadschap van Delfland) kan het Functioneel Ontwerpproces Boezemkaden toepassen om in de planvormingfase tot een integraal afgewogen alternatief te komen. Het college van Dijkgraaf en Hoogheemraden heeft op basis van het Mandaatbesluit de bevoegdheid het kadeverbeteringsplan vast te stellen en is hiermee het orgaan dat beslist over de toepassing van de gehanteerde uitgangspunten.

Met het toepassen van het Functioneel Ontwerpproces Boezemkaden voldoet Delfland aan de veiligheidsnorm. Delfland realiseert verder de doelstelling een kadeverbetering tegen maatschappelijk verantwoorde kosten, efficiënt en met maatschappelijk draagvlak uit te voeren.

## Historie

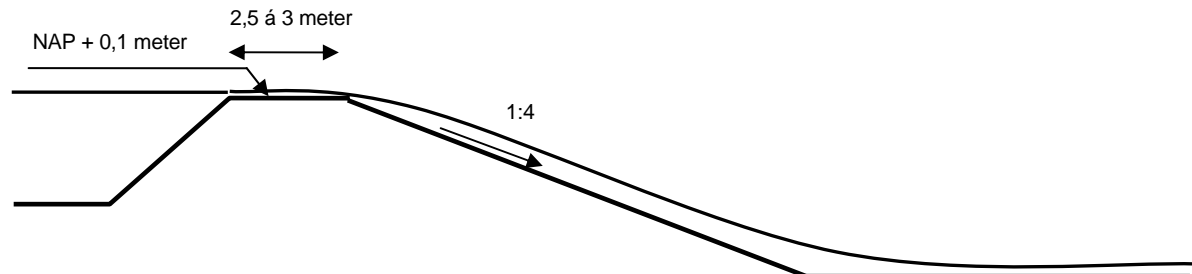
Door de wateroverlast in 1998 (figuur 1) was het noodzakelijk een aantal boezemkaden te verbeteren. Het betrof vooral de boezemkaden van de Woudsepolder langs de Zweth en de boezemkaden van polder Schieveen langs de Berkelsche Zweth. Op basis van de ervaringen zijn destijds de technische ontwerpeisen voor boezemkaden aangescherpt en vastgelegd in de nota 'Uitgangspunten verbetering boezemkaden'. In juni 1999 heeft de Verenigde Vergadering de nota vastgesteld (bijlage 1).



Figuur 1: Wateroverlast 1998 in beheersgebied Delfland

De technische ontwerpisen schreven het volgende voor:

1. De kruinhoogte minimaal op NAP + 0,10 meter.
2. Een kruinbreedte van 2,5 á 3 meter.
3. De helling van het talud aan polderzijde (binnentalud) niet steiler dan 1:4.
4. Rekening houden met een volledig met water verzadigd grondlichaam van de boezemkade, zowel tijdens het hoogwater als bij het droogmalen van ondergelopen polders na het hoogwater.
5. Boezemwaterstand tot kruinhoogte.
6. Bovenbelasting door verkeersbelasting en zandzakken.



Figuur 2: Schematische weergave technische ontwerpisen 1999

Kenmerkend voor het beleid uit 1999 was dat de veiligheid vertaald werd in harde maten vanuit de waterkeringtaak. Deze sectorale insteek was destijds noodzakelijk en werd maatschappelijk gedragen, gezien de toen recente ervaringen met wateroverlast. De gevolgen van dit beleid waren nog onbekend. Het Hoogheemraadschap van Delfland kon met dit beleid een aantal boezemkaden op voortvarende wijze verbeteren.

### Aanleiding Functioneel Ontwerpproces Boezemkaden

Door verschillende ontwikkelingen, met name in de afgelopen vijf jaar is het noodzakelijk de uitgangspunten voor het verbeteren van boezemkaden te actualiseren. Ervaring vormt niet langer de enige basis voor een ontwerp. Zo zijn voor boezemkaden veiligheidsnormen vastgesteld en is landelijk kennis ontwikkeld voor het ontwerpen van boezemkaden. Verder is de maatschappij meer betrokken geraakt bij kadeverbeteringen en verwacht zij van Delfland een integrale aanpak, mede gezien de toenemende ruimtedruk.

Voor de boezemkaden zijn de veiligheidsnormen vastgelegd in de Provinciale Verordening Waterkering West-Nederland (2006). Deze normen vertegenwoordigen de veiligheidseisen die als afkeurgrenzen dienen bij het toetsen van de boezemkaden. Landelijk is kennis ontwikkeld voor het toetsen van boezemkaden en vastgelegd door de Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA) in de Leidraad Toetsen op Veiligheid Regionale Waterkeringen (STOWA, groene versie, 2008). Ook voor het verbeteren van boezemkaden (bij toetsscore "onvoldoende") is kennis ontwikkeld en vastgelegd in de richtlijn van het Interprovinciaal Overleg (IPO-richtlijn ter bepaling van het veiligheidsniveau van boezemkaden) en in de handreiking van de STOWA (Handreiking Ontwerpen & Verbeteren Boezemkaden, 2008).

De maatschappij is kritischer en mondiger geworden en is een steeds grotere rol gaan spelen bij kadeverbeteringen. Daarnaast is de ruimtedruk binnen het beheersgebied van Delfland verder toegenomen. Nog maar zelden is sprake van puur technisch gedreven projecten, met de verbetering van de veiligheid als enig oogmerk. De maatschappij vraagt om een integrale aanpak waarbij meerdere doelen worden nagestreefd. Voorbeelden hiervan zijn het verbeteren van de ruimtelijke kwaliteit door het in stand houden en vergroten van zogeheten Landschap, Natuur en Cultuurhistorische waarden, maar ook het geschikt maken voor medegebruik (landbouw, wonen, recreatie) of het meekoppelen met doelen volgend uit de Kaderrichtlijn Water. Dit kan leiden tot knelpunten.

Bij kadeverbeteringen vormen flexibiliteit en maatwerk steeds meer belangrijke vereisten om maatschappelijk draagvlak te verkrijgen. Het Functioneel Ontwerpproces Boezemkaden biedt de mogelijkheid om deze aspecten mee te wegen. Uiteraard spelen financiën een belangrijke rol in de afweging.

## Functioneel ontwerpen

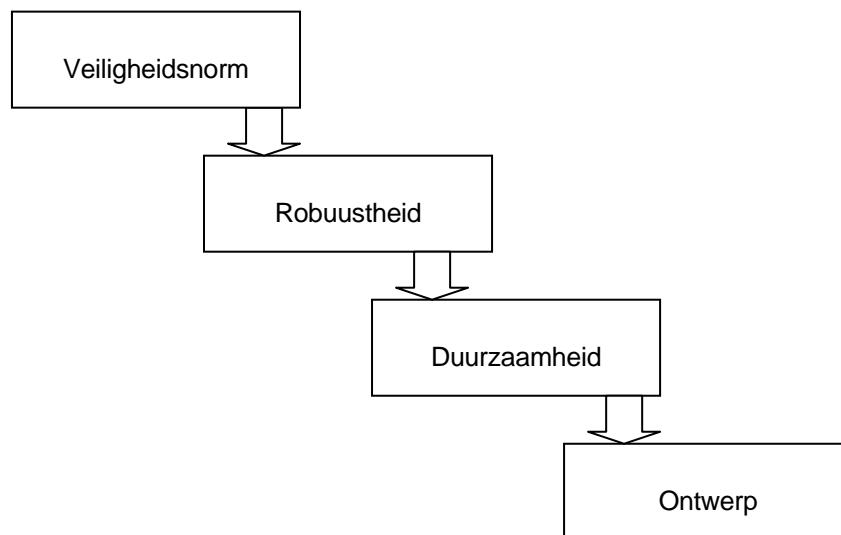
### Algemeen

Het Functioneel Ontwerpproces Boezemkaden beschrijft het raamwerk waarbinnen het ontwerpproces van boezemkaden dient te geschieden. Hiervan is sprake bij het verbeteren van een boezemkade die uit toetsing met de score “onvoldoende” komt of bij het aanpassen van een bestaande boezemkade als gevolg van een wijziging van de veiligheidsklasse en verder bij een nieuw aan te leggen boezemkade.

### *Toetsen versus ontwerpen*

Tussen het toetsen en ontwerpen van een waterkering bestaat een fundamenteel verschil. Bij het toetsen wordt gecontroleerd of de waterkering voldoet aan de veiligheidsnorm (afkeurgrens). Boven deze veiligheidseisen moet een marge aanwezig zijn om gedurende de toetsperiode te voldoen aan de veiligheidsnorm.

Bij het ontwerpen moet een bestaande boezemkade worden verbeterd of een nieuwe boezemkade worden aangelegd. Dit betekent dat een investering gepleegd wordt voor de toekomst, waarbij het ontwerp zodanig moet zijn dat de boezemkade gedurende de gehele levensduur van de constructie minimaal de voorgeschreven veiligheid biedt. Het is dan van belang een marge te hanteren boven de minimale veiligheidseisen. De toe te passen marge is opgebouwd uit een aantal onderdelen. Zie onderstaande figuur.



Figuur 3. Marges in het ontwerpproces

### *Veiligheidsnorm*

Bij het ontwerpen van boezemkaden staat veiligheid voorop. Het voldoen aan de veiligheid tegen overstroming conform de Provinciale Verordening is een harde randvoorwaarde. De norm geldt als minimale eis aan de waterkering, nu en in de toekomst.

### *Robuustheid*

Volgens de Leidraad Rivieren (Ministerie van Verkeer & Waterstaat, 2007) betekent robuust ontwerpen 'in het ontwerp rekening houden met toekomstige ontwikkelingen en onzekerheden, zodat het uitgevoerde ontwerp tijdens de levensduur van de constructie blijft functioneren zonder dat ingrijpende en kostbare aanpassingen noodzakelijk zijn, en dat het ontwerp uitbreidbaar is indien dat economisch verantwoord is' (zie voor mogelijke uitwerking hiervan de eerder genoemde IPO-richtlijn ter bepaling van het veiligheidsniveau van boezemkaden.). Voorbeelden van toekomstige ontwikkelingen en onzekerheden zijn een verhoging van het maatgevende boezempeil, verzwaring van de normen of nieuwe inzichten ten aanzien van de rekenmethoden. In het materiaal gebruik kan hiermee bijvoorbeeld rekening worden gehouden. Bij uitbreidbaarheid wordt een zodanig ontwerp gekozen dat een versterking relatief eenvoudig is uit te voeren. Het ruimtebeslag speelt hierbij een belangrijke rol.

### *Duurzaamheid*

Een ontwerp moet voldoen aan de veiligheid, nu en in de toekomst. De tijd waarbinnen de constructie moet blijven voldoen wordt vertaald in een marge voor duurzaamheid. Om hiermee rekening te kunnen houden in het ontwerp wordt gebruik gemaakt van factoren zoals gewenste levensduur van de constructie, onderhoudstermijn en het materiaalgebruik

### *Ontwerp*

In het ontwerp zijn marges gekozen waardoor een verbeterde of nieuwe boezemkade voldoet aan alle gestelde randvoorwaarden en uitgangspunten.

## Stappen in het Functioneel Ontwerpproces Boezemkaden

### *Stap 1. Basisvariant*

De basisvariant wordt globaal uitgewerkt en verschilt per locatie. De basisvariant is een kadeverbetering of nieuwe kade die wordt uitgevoerd in grond en voldoet aan de veiligheidsnorm. Het ontwerp is robuust, duurzaam, flexibel aanpasbaar, milieuvriendelijk en geeft invulling aan de overige (water)opgaven van Delfland. In het ontwerp is vanuit het waterkeringbeheer rekening gehouden met locatiespecifieke omstandigheden die eisen stellen aan (methoden van) onderhoud, bereikbaarheid van de waterkering in calamiteuze omstandigheden en (recreatief) medegebruik.

Bij het ontwerp van de basisvariant worden de kosten geraamd voor de realisatie inclusief het ruimen van objecten zoals woningen en bomen om het beoogde dwarsprofiel vrij te maken voor de kadeverbetering. Tevens wordt geïnventariseerd wie belanghebbenden zijn en wat hun belangen zijn. De belanghebbenden kunnen betrokkenen uit de directe omgeving van de te verbeteren kade zijn, maar bijvoorbeeld ook partijen met belangen in Landschap, Natuur en Cultuurhistorie.

### *Stap 2. Effecten basisvariant*

Op basis van de resultaten uit stap 1 wordt inzichtelijk gemaakt welke effecten te verwachten zijn. Hierbij dienen de financiële gevolgen inzichtelijk te zijn, maar ook de niet-financiële gevolgen zoals maatschappelijk draagvlak, ruimtelijke kwaliteit en inpassing, en belevingswaarde.

Bij het inventariseren van de effecten spelen mogelijke risicobronnen en de samenhang een belangrijke rol. Dit dient inzichtelijk te worden gemaakt met een risicoanalyse. Een methode hiervoor is bijvoorbeeld de risicomanagermethode (RISMAN-methode), waarmee in korte tijd van een integraal proces alle relevante risico's en de omvang ervan worden bepaald. De methode concentreert zich specifiek op de verkenning van de volgende aspecten:

- Geld: kosten van de procesverstoring, directe schade en gevolgschade.
- Tijd: optreden vertraging en het niet halen van de opleverdatum.
- Kwaliteit: impact van de verstoring op de kwaliteit van het eindproduct.

### *Stap 3. Voorstel maatwerk*

Op basis van de geraamde kosten en effecten van de basisvariant wordt een voorstel gemaakt voor het wel of niet toepassen van maatwerk. Voorkomen moet worden dat goedkoop duurkoop blijkt te zijn. Een goedkoop alternatief met klein maatschappelijk draagvlak kan ongunstiger uitwerken dan een maatschappelijk gedragen alternatief dat duurder is. Het besluit voor het toepassen van maatwerk ligt bij het college van Dijkgraaf en Hoogheemraden.

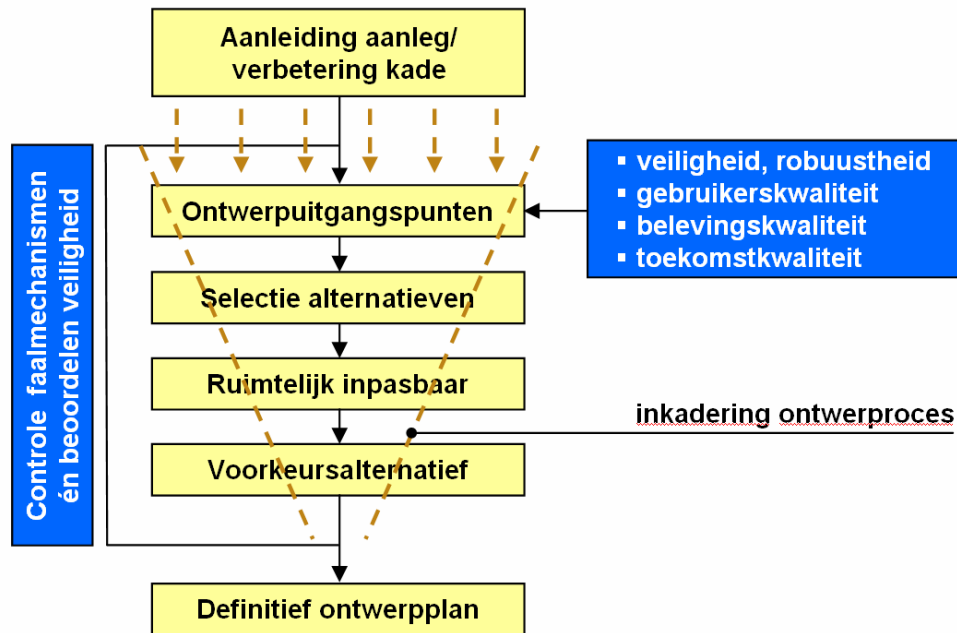
### *Stap 4. Toepassen maatwerk*

Indien het college van Dijkgraaf en Hoogheemraden heeft vastgesteld dat voor de kadeverbetering of nieuwe kade maatwerk van toepassing is, kan hiermee worden gestart.

De systematiek conform de Handreiking Ontwerpen & Verbeteren Boezemkaden (STOWA, concept januari 2008) kan worden gevolgd. Het belangrijkste kenmerk van deze systematiek is dat vanuit verschillende functies van de waterkering invulling wordt gegeven aan de ontwerpisen. Het ontwerpproces wordt gestart vanuit functionele eisen aan de waterkering, waarbij altijd aan de veiligheidsnorm moet worden voldaan. Het samenwerken met belanghebbenden speelt hierbij een belangrijke rol.

Op basis van de functionele eisen worden ontwerpvarianten ontwikkeld die vervolgens technisch uitgewerkt worden. De ontwerpvarianten worden beoordeeld op effecten. Het ontwerpproces is een iteratief proces, omdat zowel aan de kant van de functionele eisen als aan de kant van de technische uitwerking aanscherping mogelijk is. Voorbeelden van functionele eisen en technische uitwerking zijn weergegeven in bijlage 2. Het moge duidelijk zijn dat deze lijst niet uitputtend is en slechts ter illustratie dient.

Bij het opstellen van de functionele eisen, de criteria waarop de ontwerpvarianten worden beoordeeld en het afwegingskader is eveneens sprake van maatwerk, waarbij van grof naar fijn wordt gewerkt. Afhankelijk van de locatiespecifieke omstandigheden en omgevingsfactoren zal de uitwerking verschillen. In figuur 4 is een voorbeeld van dit proces schematisch weergegeven.



Figuur 4\*: Voorbeeld schematische weergave “grof naar fijn”  
(Bron: Handreiking Ontwerpen & Verbeteren Boezemkaden, STOWA, 2008)

Maatregelen of inspanningen om een vereist ontwerp te creëren kunnen strijdig zijn met andere belangen of een dergelijk ontwerp kan bij de aanleg duurder zijn. Het is van belang om deze zaken goed in kaart te brengen om de uitgangspunten vast te stellen en tot een juiste afweging te komen. Uiteindelijk wordt de gewenste balans bereikt.

\* Wanneer dit voorbeeld wordt toegepast moeten bij de stap “Ruimtelijk inpasbaar” tevens financiële consequenties en de beheerstoets worden betrokken.



# HOOGHEEMRAADSCHAP VAN DELFLAND

NO. : 99.02438  
 ONDERWERP : Uitgangspunten verbetering  
 boezemkaden

VV : 17 juni 1999  
 AGENDAPUNT : 11  
 STUK NO. : 1

BIJLAGE(N) : Delft, 18 mei 1999

## AAN DE VERENIGDE VERGADERING VAN DELFLAND,

In uw vergadering van 18 maart 1999 besloot u, overeenkomstig ons voorstel, de bestemming van de in de begroting 1999 gereserveerde budgetten voor de verbetering van boezem- en polderkaden en van de nog resterende kredieten voor kadeverbetering zo te wijzigen dat nog in 1999 uitvoering kan worden gegeven aan de reconstructie van twee boezemkaden die blijkens de ervaringen tijdens de wateroverlast van september 1998 spoedig verbetering behoeven. Deze kaden zijn de boezemkade van de Woudsepolder langs de Zweth en de boezemkade van de Polder Schieveen langs de Berkelsche Zweth. U trok daar de gevraagde kredieten van respectievelijk f 1.212.000,00 en f 1.700.000,00 voor uit.

Inmiddels zijn de ontwerpen voor beide verbeteringsprojecten nader uitgewerkt. Op basis van de ervaringen van september 1998 zijn daarbij, voor wat betreft de stabiliteit van de kaden, strengere ontwerpeisen in acht genomen dan voorheen gebruikelijk waren. Ook is daarbij in zekere mate geanticipeerd op invoering door de provincie, naar verwachting in de loop van dit jaar, van een stelsel van veiligheidsnormen waarvan de contouren nu reeds zichtbaar zijn. In het kader van laatstbedoeld stelsel zullen, afhankelijk van de te beschermen economische waarde in de betreffende polder, veiligheidsnormen van kracht worden met waarden voor de kans op bezwijken van de waterkering van niet meer dan eens per 10, 30, 100, 300 en 1.000 jaar. Deze normen zullen vertaling moeten vinden in nader te bepalen afmetingen van de waterkeringen, hetgeen vervolgens zal leiden tot wijziging van de legger van de binnenwaterkeringen, landscheidingen, boezemkaden, polderkaden en waterscheidingen.

De ervaringen van september vorig jaar hebben uitgewezen dat de ontwerpeisen voor wat betreft de stabiliteit van boezemkaden op de volgende aspecten moeten worden aangescherpt:

1. er moet rekening worden gehouden met de mogelijkheid dat de boezemwaterstand tot de hoogte van de kruin (of zelfs hoger) oploopt, zonder dat de stabiliteit van de kade daarbij in gevaar komt.  
 Bij de tot nu toe uitgevoerde kadeverbeteringen gold de eis dat de stabiliteit van de kaden toereikend moet zijn om een peilstijging in de boezem met 0,20 m veilig te kunnen weerstaan. Met een hogere stand werd geen rekening gehouden omdat bij een peilstijging van 0,15 m een maalstop voor de polderbemaling voorzien werd en verdere boezemstijging volgens de verwachting tot hoogstens nog eens 0,05 m beperkt zou blijven. De praktijk laat zien dat dit laatste niet juist is, mede omdat wegens de grote belangen in stedelijke polders en glastuinbouwpolders instelling van een maalstop in die gebieden zo lang mogelijk wordt uitgesteld.
2. langdurige regenval, voorafgaande aan de hoge boezemwaterstand en het inunderen van polders ten gevolge van extreme neerslag en/of het instellen van een maalstop kan tot gevolg hebben dat het grondlichaam van de boezemkade met water verzadigd raakt; dit heeft een negatief effect op de stabiliteit van de kade. Het droogmalen van ondergelopen polders na de wateroverlast heeft daarnaast ook extra negatieve gevolgen voor de kadestabiliteit. Tot nu toe werd met deze aspecten nauwelijks rekening gehouden.

3. de kruin van kaden moet een zodanige breedte hebben dat vierwielige voertuigen kunnen worden ingezet om daarover transport van materieel en materiaal te kunnen laten plaatsvinden. Dit betekent dat gestreefd moet worden naar een kruinbreedte van tenminste 2,5 à 3 m.

Voorheen werd een kruinbreedte van 1,5 à 2 m als juist toereikend beschouwd. Indien versterking met bijvoorbeeld zandzakken nodig is, kunnen op kaden met een dergelijke kruinbreedte de zandzakken echter slechts met handkracht worden verplaatst.

Het plaatsen van zandzakken op kaden die dreigen over te lopen en het inzetten van rijdend materieel daarbij geeft overigens wel een extra belasting waar die kaden op berekend moeten zijn.

4. in toekomstige gevallen van extreme neerslag waarbij de bergings- en bemalingscapaciteit van de boezem tekortschiet om overlopen van boezemkaden te voorkomen, zal zulks niet meer tot direct gevaar mogen leiden voor de veiligheid van de dan overlopende waterkeringen. Daarom moeten de boezemkaden die aan een dergelijk gevaar bloot kunnen komen te staan (zie hetgeen hierna is vermeld over de vereiste hoogte van de kaden), tegen overlopend boezemwater bestand zijn. Dit leidt bij die kaden tot een kruinbreedte als onder 2 genoemd en tot een helling van het talud aan de polderzijde ('binnentalud') van niet steiler dan ca 1:4.

Over de vereiste hoogte van boezemkaden valt te melden dat de invoering van het door de provincie op te leggen stelsel van veiligheidsnormen er toe zal leiden dat de huidige universele hoogte-eis van tenminste NAP + 0,10 m moet worden herzien. Naar het zich laat aanzien zal, volgens de methodiek voor het vaststellen van de toe te passen veiligheidsnorm, de minimaal vereiste hoogte, evenals de vereiste stabiliteit van het binnentalud, worden afgestemd op de waarde van de belangen in de gebieden die door de boezemkaden beschermd worden. Daarnaast zal echter ook rekening moeten worden gehouden met de effecten van harde wind, waardoor de waterstand aan de randen van het gebied van Delfland hoger wordt opgestuwd dan in het midden daarvan.

Teneinde bij de voorbereiding van de op handen zijnde kadeverbeteringsprojecten al rekening te kunnen houden met de toekomstige veiligheidsnormen voor boezemkaden, hebben wij het ingenieursbureau HKV 'lijn in water', hetzelfde bureau dat de wateroverlast van september 1998 evalueerde en maatregelen ter verbetering van de waterhuishouding onderzocht, opdracht gegeven op basis van de thans reeds bekende methode voor bepaling van de veiligheidsnormen, deze norm voor elk van de polders binnen Delfland te bepalen.

De aan de veiligheidsnorm te verbinden eisen ten aanzien van de stabiliteit van de kaden zullen, tezamen met de hiervoor onder 1 tot en met 4 vermelde overwegingen, in het ontwerp van de komende kadeverbeteringen direct en onverkort worden toegepast.

De uit de veiligheidsnorm voortvloeiende hoogte-eis, voor zover deze hoger mocht uitvallen dan de huidige eis van tenminste NAP + 0,10 m, kan niet direct bij de eerstvolgende kadeverbeteringen worden geëffectueerd. Eén reden hiervoor is dat de vereiste hoogte van een boezemkade mede in relatie tot die van de andere kaden moet worden gezien. Indien en voor zover boezemkaden op grond van de in te voeren veiligheidsnormen moeten worden verhoogd, zal dit zodanig moeten gebeuren dat de kaden die aan de strengste norm moeten voldoen eerder verhoogd worden dan de kaden waarvoor een lagere norm zal gelden. Een andere reden om niet direct van een aangescherpte hoogte-eis uit te gaan is het feit dat deze zeer sterk wordt bepaald door de mate waarin door het treffen van maatregelen ter verbetering van de peilbeheersing stijging van het boezempeil bij extreme regenval zal worden beperkt. Deze maatregelen zijn onderwerp van een afzonderlijke studie. Voorshands zal bij kadeverbetering derhalve worden uitgegaan van de thans geldende hoogte-eis.

Bij het opstellen van de voorlopige ontwerpen voor verbetering van de boezemkade van de Woudsepolder langs de Zweth en die van de Polder Schieveen langs de Berkelsche Zweth, aan de hand waarvan wij u in uw vergadering van 18 maart jl. voor deze kadeverbeteringen kredieten van f 1.212.000, respectievelijk f 1.700.000 vroegen, was al rekening gehouden met de hiervoor bedoelde nieuwe ontwerputgangspunten, vermeld onder de punten 1 en 2. De nieuwe eisen van een bredere kruin (punt 3) en een flauwere helling van het binnentalud (punt 4) waren echter nog niet verwerkt.



# HOOGHEEMRAADSCHAP VAN DELFLAND

ONTWERP-BESLUIT

VV : 17 juni 1999  
AGENDAPUNT : 11  
STUK NO. : 2

DE VERENIGDE VERGADERING VAN DELFLAND,

gezien het voorstel van dijkgraaf en hoogheemraden d.d. 18 mei 1999, no. 99.02438;

gelezen het advies van de commissies Waterbeheer en Financiën

**BESLUIT:**

akkoord te gaan met de voorgestelde nieuwe ontwerpeisen voor verbetering van boezem- en pol-  
derkaden.

Aldus besloten in de openbare vergadering van 17 juni 1999.

De verenigde vergadering voornoemd,  
de secretaris

de voorzitter

mr. B.J. Douwes

drs. P. Ressenaar, wnd. dijkgraaf



### Voorbeelden functionele eisen

- *Veiligheid tegen overstroming.* Dit is de primaire functie van de waterkering en vertaalt zich in de norm. Toestaan van andere functies moeten worden afgewogen tegen eisen uit oogpunt van veiligheid. Er kunnen eisen worden gesteld aan de waterkering tijdens een calamiteit. Bij het vaststellen van uitgangspunten voor een ontwerp spelen ook de verschillen tussen landelijk en stedelijk gebied een rol. In stedelijk gebied is een kadeverbetering veel ingrijpender. Het is daarom meestal aan te bevelen om in stedelijk gebied extra aandacht te besteden aan een ontwerp en/of reserveringen voor toekomstige verbeteringen.
- *Beheer en onderhoud.* Optimalisatie van de beheer- en onderhoudsinspanningen stelt eisen aan het ontwerp. In verband met beheer en onderhoud verdient het de aanbeveling het ontwerp zo te maken, dat enig achterstallig onderhoud niet leidt tot een snelle vergroting van de kans dat een faalmechanisme optreedt (reststerkte). Ook het niet-kwetsbaar maken van 'storingsgevoelige' onderdelen en constructies is een opgave voor het ontwerp. Van belang hierbij is ook de mate van uitbreidbaarheid en flexibiliteit van de constructie. Hier dient een relatie te liggen met het leggerprofiel.
- *Belevingswaarde.* Een boezemkade is een markant object in het landschap. Belangrijke aandachtspunten zijn:
  - Wanneer de kade in de Ecologische Hoofdstructuur (EHS) ligt, is compensatie van verlies aan natuurwaarden vereist, of er moet sprake zijn van de saldobenadering (zie spelregels EHS). Maar ook in andere gevallen kan compensatie wenselijk zijn.
  - Taluds bieden in het algemeen een geschikt leefgebied voor planten en dieren. Uitgangspunt is wel dat in het ontwerp van de kade rekening is gehouden met de hierdoor mogelijk optredende aantasting van het waterkerend vermogen (erosie).
  - Materialen met toxische stoffen, die schade opleveren voor planten of dieren moeten zo veel mogelijk vermeden worden (Handboek Natuurvriendelijke Oevers).
  - Het ontwerp houdt zo veel mogelijk de historie van het landschap en de kade zichtbaar.
- *Ruimtelijke inpassing.* De genoemde functies als integraal waterbeheer, verkeer/vervoer, woon-/werk-/leefmilieu en recreatie zijn veelal uit te drukken in een maatschappelijke aanvaarde marktwaarde. Dit geldt niet voor de LNC-waarden. Hiervoor ontbreken algemeen aanvaarde integrale beoordelingscriteria. Afwegen is niet een proces dat via vaste objectieve formules verloopt, maar berust op het stellen van doelen en het maken van keuzen. Door het formuleren van doelstellingen en het beargumenteerd maken van keuzen wordt de relatie tussen de waterkeringzorg (bij zowel aanleg, verbetering als dagelijks beheer) en de specifieke gebiedseigenschappen helder. Aangezien het kiezen van prioriteiten en doelen gebiedsspecifiek is, moet dit in elk kadetraject opnieuw gebeuren.
- *LNC-waarden/Ruimtelijke kwaliteit.* Bij kadeverbetering dient rekening te worden gehouden met de bestaande en de gewenste ruimtelijke kwaliteit. Deze kunnen tot uitdrukking komen via:
  - Landschap (L): Inrichting, bebouwing en beplanting, karakteristiek dijkprofiel, landschappelijke inpassing (beschermde dorps- of stadsgezichten), verkaveling, ontginning;
  - Natuur (N): via maatregelen voor de Ecologische Hoofdstructuur, instandhouding van Rode lijst soorten, beschermde natuurgebieden (Natuurbeschermingswet, Flora en Faunawet);
  - Cultureel erfgoed (C): Ontstaansgeschiedenis, met ondermeer Archeologische vindplaatsen (verdrag Malta), instandhouding van Cultuurhistorische monumenten.Het is aan te raden om in het begin van het kadeverbeteringsproject de uitgangspunten te formuleren voor zowel veiligheid als ruimtelijke kwaliteit. Hieruit kan het waterschap toetsingscriteria afleiden, waarna potentiële effecten in beeld kunnen worden gebracht. De toetsingscriteria kunnen bijvoorbeeld worden geformuleerd als mate van afbreuk van bestaande waarden, versnippering van natuur, verstoring.  
Daarnaast dient het LNC-beleid van derden in kaart worden gebracht. Dit biedt de mogelijkheid om bij kadeverbeteringen meerdere beleidsdoelen dan alleen de vereiste veiligheid te realiseren. Zo kunnen bijvoorbeeld nog niet gerealiseerde natuurvriendelijke oevers bij een kadeverbetering worden meegenomen. Dit vergt naast goede afstemming ook een actieve participatie van andere organisaties.
- *Wegverkeer, nutsvoorzieningen.* In verband met de hoge – en dus droge – ligging van een waterkering heeft deze veelal een verkeersfunctie. Tijdens een hoogwatersituatie kan het zijn dat de waterkering gebruikt dient te kunnen voor de evacuatie van een gebied, de aanvoer van reddingswerkers en herstellmateriaal voor eventuele reparatie. In deze situaties dient de verkeersbelasting meegenomen te zijn in het ontwerp. Ook worden waterkeringen gebruikt voor de

situering van kabels en leidingen. Bij aanleg of calamiteiten (lekkage of graafwerkzaamheden) kunnen deze de stabiliteit van de waterkering nadelig beïnvloeden.

- *Uitvoeringsaspecten*: Door de werkzaamheden kan overlast of schade ontstaan aan bebouwing, wegen, kabels en leidingen en andere objecten. Dit kan gebeuren door werkverkeer, aan- en afvoer van materiaal en materieel, trillingen, zettingen etc. Tijdens de voorbereiding moeten deze aspecten beschouwd worden en moeten zondig compenserende maatregelen of uitvoeringsmethoden worden voorgeschreven. Bij de vergunningen die zijn verleend kunnen voorwaarden gesteld zijn ten aanzien van de omgeving met betrekking tot natuur, milieu, rijroutes etc. Ook deze moeten in de voorbereiding en tijdens de uitvoering in acht genomen worden. Het is denkbaar dat uitvoeringsaspecten de ontwerpkeuzes mede bepalen of dat bepaalde ontwerpen niet of zeer moeilijk uitvoerbaar zijn in de gegeven omstandigheden. Het verdient daarom aanbeveling om de uitvoeringsaspecten al bij de eerste inventarisaties te betrekken.

### **Voorbeelden technische uitwerking**

- *Hydraulische belasting*.  
Ontwerppeil. De ontwerpwaterstand is een belangrijk gegeven bij een kadeverbetering. Vrijwel altijd is het maatgevende boezempeil al vastgesteld en bekend. Het is mogelijk dat in het kader van een kadeverbeteringsproject gekozen wordt voor het verlagen van het maatgevende boezempeil, als mogelijk alternatief in het iteratief maatwerkproces.  
Golfbelasting. Bij kaden met voorliggend open water speelt ook de golfaanval een rol. Om deze te kunnen bepalen moeten maatgevende windsnelheden beschikbaar zijn. Het vaststellen hiervan vergt een aparte studie. Als opwaaiing op de boezem of lokale opwaaiing een rol speelt, verdient het aanbeveling om de windsnelheden in combinatie met het maatgevende boezempeil vast te stellen, dat locatiespecifiek is. Een eventuele correlatie tussen de windsnelheid, richting en waterstand kan hierbij aan de orde komen.
- *Faalmechanismen*. Mogelijke maatregelen moeten worden benoemd per optredend faalmechanisme zoals hoogte, macrostabiliteit, piping, microstabiliteit, bekleding en droogte. Bij een ontwerp zullen de maatregelen meestal in samenhang worden beoordeeld. Maatregelen voor de hoogte en macrostabiliteit spelen daarbij vaak de hoofdrol. Het is vaak efficiënt om deze faalmechanismen eerst uit te werken en vervolgens het ontwerp op de overige faalmechanismen te controleren. Het is zinvol om voorafgaande aan het in detail bepalen van de maatregelen ook al de eisen en wensen vanuit andere functies en waarden in het proces te betrekken. Deze bepalen vaak mede de oplossingsrichting en het voortijdig onderkennen hiervan geeft een gerichte werkwijze. Zonodig kunnen naast maatregelen in grond het toepassen van bijzondere constructies worden overwogen zoals damwanden, kwelschermen en innovatieve oplossingen. De constructies nemen de waterkerende functie, of een deel daarvan, van de grondconstructie over. Een bijzondere constructie is over het algemeen niet flexibel en minder duurzaam, daarnaast vergt een constructie meestal meer onderhoud en is het operationele beheer arbeidsintensiever. Andere aspecten welke de (stabiliteit van de) kade nadelig kunnen beïnvloeden zijn het voorkomen van niet waterkerende objecten (NWO) zoals bebouwing, beplanting en kabels en leidingen. Bij een kadeverbetering wordt vaak gekeken of het mogelijk is de bestaande kabels en leidingen uit de kade te verwijderen.
- *Langsrichting*. Een ontwerp van een kadeverbetering is meer dan een aaneenschakeling van de verschillende dwarsprofielen. Bij het ontwerp in langsrichting komen zaken aan de orde zoals kunstwerken, bebouwing, bomen en op- en afritten. Het uiteindelijke ontwerp dient als geheel te voldoen aan de eisen. Omdat faalmechanismen zich niet noodzakelijkerwijs loodrecht op de kade afspelen, moeten hierbij ook 3-D effecten beschouwd worden. Het gaat daarbij om overlappingsen tussen verschillende principeoplossingen en ook om aansluit- en overgangsconstructies. Zonodig dienen hiervoor aparte berekeningen te worden gemaakt.
- *Specifieke omstandigheden*. Er kunnen afwijkende omstandigheden aan de orde zijn waar rekening mee gehouden moet worden en adequate maatregelen moeten worden opgesteld. Enkele voorbeelden zijn:
  - belasting door schepen (golven, aanvaring);
  - muskusratten en andere graverijen;
  - grondwateronttrekkingen;
  - tijdelijke verlagingen van de binnen- en buitenwaterstand.
- *Optimalisatie in het ontwerp*. Veelal wordt uitgegaan van conservatieve waarden voor rekenparameters. Door het uitvoeren van gedetailleerd onderzoek of geavanceerde rekenmethodes kan voor bepaalde knelpunten in het ontwerp (bijvoorbeeld ruimtegebrek) een aangescherpt ontwerp worden verkregen. Resultaten hiervan zijn het verkleinen van de bermbreedte of het steiler opzetten van de taludhellingen.